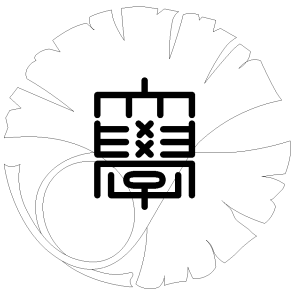
ISSN 1341-6278

研　究　成　果　報　告　書

令　和　元　年　度

Annual Report
2019



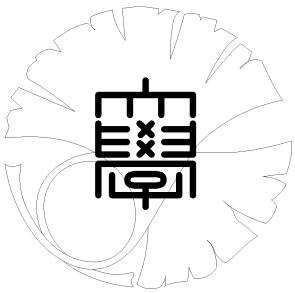
東京大学大学院数理科学研究科

Graduate School of Mathematical Sciences
The University of Tokyo

研　究　成　果　報　告　書

令　和　元　年　度

Annual Report
2019



東京大学大学院数理科学研究科

Graduate School of Mathematical Sciences
The University of Tokyo

序文

1992 年 4 月に設置された数理科学研究科は，当時の理学部数学教室，教養学部数学教室，教養学部基礎科学科第一基礎数学教室を母体とする独立研究科であり，設立から四半世紀余を経ました．本研究科は，大学院のみならず学部教育も主体的にその任務とする部局です．具体的には，東京大学前期課程の数学教育，理学部数学科の教育を担当するだけでなく，教養学部統合自然科学科の数理自然科学コースの教育の一端を担っています．これは，数理科学研究科創立当時から現在にいたる一貫した我々の立場です．

数学と諸科学の連携に大きく貢献できる人材を養成するため，2012 年に文部科学省の事業として採択された「数物フロンティア・リーディング大学院」(FMSP) は「優秀な学生を俯瞰力と独創力を備えて広く産学官にわたりグローバルに活躍するリーダーへと導くため， 産学官の枠を越えて博士前期・後期一貫した世界に通用する質の保証された学位プログラムを構築・展開し，大学院教育を改革すること」を目的とするものでした．同プログラムを継続的に受け継ぐものとして 2019 年度に東京大学国際卓越大学院教育プログラム (WINGS) の一環として数物フロンティア国際卓越大学院 (FMSP) が開設されました．WING-FMSP は学内では理学系研究科，経済学研究科，新領域創成科学研究科，工学系研究科，情報理工学系研究科， 医学系研究科，総合文化研究科，Kavli IPMU の連携によるプログラムです． FMSP の取り組みであった複数教員指導体制や「数物先端科学」,「数物連携先端科学」,「社会数理先端科学」,「社会数理実践研究」,「インターンシップ」などのコースワークは発展的に継承されます．

2019 年度における当研究科のメンバーの受賞等を紹介いたします．山本昌宏教授が 4 月 5 日のルーマニア科学アカデミーの総会で同アカデミーの名誉会員に選出されました．楠岡成雄名誉教授が日本保険・年金リスク学会 JARIP 学会賞を受賞しました．坂井秀隆准教授が「パンルヴェ型方程式系の研究」により 2019 年度日本数学会解析学賞を受賞しました．入江慶准教授が「接触・シンプレクティックトポロジーとストリングトポロジーの研究」により 2019 年度日本数学会幾何学賞を受賞しました．藤田宏名誉教授が「非線形偏微分方程式に対する関数解析学的手法の研究」により第 1 回日本数学会賞小平邦彦賞を受賞しました．吉田朋広教授が「確率過程の統計学の理論と応用」により第 8 回藤原洋数理科学賞大賞を受賞しました．2019 年度に数理に滞在された Yves Benoist 特任教授が，来日中にフランスの学士院における”Grand-Prix ”を受賞されました．橋詰健太氏（東京大学大学院数理科学研究科／日本学術振興会特別研究員 PD）が「極小モデル理論への新しいアプローチ」により日本数学会賞建部賢弘奨励賞を受賞しました．舘山翔太氏（早稲田大学理工学術院基幹理工学部　研究補助者／東京大学大学院数理科学研究科特任研究員）が「完全非線形偏微分方程式の Lp-粘性解の定性的性質の研究」日本数学会賞建部賢弘奨励賞を受賞しました．神保道夫名誉教授が著書「量子群とヤン・バクスター方程式」（丸善出版，2012 年；シュプリンガー，1990 年初版）により日本数学会出版賞を受賞しました

FMSP の活動である「社会数理実践研究」では地震班の D3 コース生　田森宥好さんの研究が，国際論文誌「Europhysics Letters (EPL)」に 2019 年 11 月に出版され，降雨班の D2 コース生　キム ミンギュさんの研究が，国際論文誌「Journal of Physics Communications」に 2020 年 2 月に出版されました． いずれも新領域創成科学研究科 矢野良輔特任助教との共著です．

2019 年度における当研究科の教員の異動は以下の通りでした．新井敏康教授が千葉大学から，桂利行名誉教授があらためて法政大学から東大数理の特任教授として，上坂正晃特任准教授が北海道大学から着任されました．河澄響矢准教授が教授に柏原崇人助教が准教授に

昇任されました．間瀬崇史特任助教が助教として着任されました．ストラスブール大学から Christine Vespa 准教授が特任准教授として 4 月から 6 月までパリ南大学から Yves Benoist 教授が特任教授として 10 月から 11 月までブルゴーニュ大学から Gwénaël Massuyeau 教授が特任教授として 10 月から 11 月まで, フランス国立科学研究センター/フランス高等科学研究所から Ahmed Abbes 研究員が特任教授として 10 月から 12 月まで滞在されました．石本健太特任助教が京都大学数理解析研究所准教授として劉逸侃特任助教が北海道大学電子科学研究所助教として栄転されました．研究科長をされていた河野俊丈教授が 3 月に退職され明治大学に移動されました．

東京大学のスーパーグローバル大学創成支援に係る戦略的パートナーシップ構築プロジェクトの催しとしては「Tokyo-Seoul Conference in Mathematics 2019 -Algebraic Geometry-」が 12 月に大講義室において開催されました．

アウトリーチとして 7 月に「高校生のための現代数学講座」が「いろいろな幾何学」をテーマとして開催され 10 月に「沼田氏中学生のための玉原数学教室」が開催されました．オープンキャンパスが 8 月に開催され，稲葉寿「人口の数学」金井雅彦「中学生にもわかるあみだくじの話し」田中公「三次方程式を解こう！」の講演が行われました．公開講座「数理科学の広がり」11 月に開催され，新井敏康「鳩はどこへ行った？」，松井千尋「対称性から見る世界 －ミクロからマクロまで－」，米田剛「流体運動の数学研究とその社会的意義」の講演が行われました．なお，例年秋に開催されている玉原での「群馬県高校生数学キャンプ」は台風のため中止となりました．

2020 年にはいってから，新型コロナウイルスへの対処による社会生活の全般の変容にともない，大学も大きな影響を受けました． 2020 年 3 月開催予定であった「数学の魅力 9―女子中高生のために ―」などいくつものイベントが新型コロナウイルス感染症拡大にともない中止されました．事態が急激に変わり, 講義，試験，セミナー，研究集会等の開催可能性・開催方法も検討を迫られました． 2020 年 3 月 23,24 日の学位記授与式・卒業式は，厳重な対策の上，縮小して執り行われました．2020 年 3 月 28 日には新型コロナウイルス感染症に関する駒場キャンパスのステージの「イエロー」から「オレンジ」への移行が宣言され，構内への立ち入りは大きく制限され, 正門以外の門は閉門となりました．今後の推移は予見できませんが，メンバーの安全と健康を第一にしながら数学の研究と教育の着実な歩みを粛々と積み重ねていくのが当研究科の役割かと思います．

この特異な状況にあって，例年にも増して，数理科学研究科の教育・研究活動を献身的に支え，教員たち・学生たちとご一緒に築いてくださっている事務職員の皆様のお力には，大きなものがあります． 深く感謝致します．

2019 年 9 月
東京大学大学院数理科学研究科
2019 年度数理科学専攻長
古田幹雄

目　次

序 文
個人別研究活動報告項目についての説明

1. 個人別研究活動報告

- 教授……1
- 准教授……６８
- 助教……１２２
- 特任教授……１２９
- 特任准教授……１４０
- 特任助教……１４６
- 連携併任講座 – 客員教授・准教授 …… １５０
- 学振特別研究員……１５２
- 特任研究員……１６９
- 協力研究員……１９８
- 博士課程学生……２０５
- 修士課程学生……２６９

2. 学位取得者

- 博士号取得者……２８２
- 修士号取得者……２８５

3. 学術雑誌 – 東大数理科学ジャーナル２６巻 ……２８９

4. 公開講座・研究集会等 ……２９０

5. 談話会 ……２９９

6. 公開セミナー ……３００

7. 日本学術振興会特別研究員採用者 (研究課題) リスト……３２０

8. 平成３０年度ビジターリスト ……３２２

CONTENTS

Preface
Format of the Individual Research Activity Reports

1. Individual Research Activity Reports
   - Professors ····· 1
   - Associate Professors ····· 68
   - Reseach Associates ····· 122
   - Project Professors ····· 129
   - Project Associate Professors ····· 140
   - Project Research Associates ····· 146
   - Special Visiting Chairs – Visiting (Associate) Professors ····· 150
   - JSPS Fellows ····· 152
   - Project Researchers ····· 169
   - Associate Fellows ····· 198
   - Doctoral Course Students ····· 205
   - Master's Course Students ····· 269
2. Graduate Degrees Conferred
   - Doctoral—Ph.D. : conferee, thesis title, and date ····· 282
   - Master of Mathematical Sciences : conferee, thesis title, and date ····· 285
3. Journal of Mathematical Sciences, The University of Tokyo, Vol. 26 ····· 289
4. Public Lectures, Symposiums, and Workshops etc ····· 290
5. Colloquium ····· 299
6. Seminars ····· 300
7. JSPS Fellow List ····· 320
8. Visitor List of the Fiscal Year 2018 ····· 322

個 人 別 研 究 活 動 報 告 項 目 の 説 明

A. 研究概要

- 研究の要約（日本語と英語）.

B. 発表論文

- 5 年以内（2015 〜2019 年度）のもので 10 篇以内．書籍も含む.
  但し、2019 年 1 月 1 日〜2019 年 12 月 31 日に出版されたものはすべて含む.

C. 口頭発表

- シンポジュームや学外セミナー等での発表で，5 年以内（2015 〜2019 年度）のもの
  10 項目以内.

D. 講義

- 講義名，簡単な内容説明と講義の種類.
- 講義の種類は,

  1. 大学院講義または大学院 ・4 年生共通講義
  2. 理学部 2 年生（後期）・ 理学部 3 年生向け講義
  3. 教養学部前期課程講義, 教養学部基礎科学科講義
  4. 集中講義

  に類別した.

E. 修士 ・ 博士論文

- 令和元年度中に当該教員の指導（指導教員または論文主査）によって学位を取得した者の
  氏名および論文題目.

F. 対外研究サービス

- 学会役員，雑誌のエディター，学外セミナーやシンポジュームのオーガナイザー等.

G. 受賞

- 過去 5 年の間の受賞.

H. 海外からのビジター

- JSPS 等で海外からのビジターのホストになった者は, 研究内容, 講演のスケジュール, 内容な
  どの簡単な紹介を書く．人数が多い場合は、主なものを 5 件までとした.

※ 当該項目に記述のないものは，項目名も省略した.

Format of the Individual Research Activity Reports

A. Research outline

- Abstract of current research (in Japanese and English).

B. Publications

- Selected publications of the past five years (up to ten items, including books).
  As an exceptional rule, the lists inclucle all the publications issued in the period 2019.1.1〜2019.12.31

C. Invited addresses

- Selected invited addresses of the past five years (symposia, seminars etc., up to ten items).

D. Courses given

- For each course, the title, a brief description and its classification are listed.

Course classifications are:

1. graduate level or joint fourth year/graduate level;
2. third year level (in the Faculty of Science);
3. courses in the Faculty of General Education*;
4. intensive courses.

*Courses in the Faculty of General Education include those offered in the Department of Pure and Applied Sciences (in third and fourth years).

E. Master's and doctoral theses supervised

- Supervised theses of students who obtained degrees in the academic year ending in March, 2019.

F. External academic duties

- Committee membership in learned societies, editorial work, organization of external symposia, etc.

G. Awards

- Awards received over the past five years.

H. Host of Foreign Visiter by JSPS et al.

- Brief activities of the visitors; topics, contents and talk schedules, up to five visitors

1. 個人別研究活動報告

Individual Research Activity Reports

教授 (Professors)

会田 茂樹 (AIDA Shigeki)

A. 研究概要

確率微分方程式の場合と同様, ラフパスで駆動される微分方程式 (=Rough differential equation, RDE と略記する) の解にも, オイラー近似,Milstein 近似, Crank-Nicolson 近似などの近似解が考えられ, 応用上重要である. 考えている方程式が時間区間 $[0,T]$ で定義されている場合, この区間の離散時点 $\{kT/N\}_{k=0}^{N}$ ($N \in \mathrm{N}$) と小区間 $[(k-1)T/N, kT/N]$ での駆動過程の増分を用いて真の解 X_t の近似解 $X_t^{(N)}$ が構成される. この近似に当たっての基本的な問題は

1. 分割を細かくした時の誤差 $X_t^{(N)} - X_t$ が 0 に収束するスピード ($N^{-\alpha}$ ($\alpha > 0$) のオーダーなど) の決定
2. オーダーが α とわかった場合, 正規化した誤差 $N^{\alpha}(X_t^{(N)} - X_t)$ の極限分布の決定

である. 駆動過程がセミマルチンゲールの場合, マルチンゲール性を用いて, 精細な理論が構築されている. しかし, 一般のガウス過程から定まるラフパスで駆動される RDE の場合は, マルチンゲール性を用いることができず, 過去のこれらの研究成果を適用できない. 一方, 次元が固定されたウィーナーカオスから定まる確率変数系の場合, モーメントの収束から分布の収束が従うという著しい結果 (4 次モーメント定理) が 2000 年代に Nualart, Peccati らにより得られ, 新しい中心極限定理が確立され始めた. これらの結果を用いて, 単純な 1 次元確率微分方程式の場合の研究が Nourdin らの周辺で行われた. 会田も永沼氏と共同で, Nourdin らの結果を拡張する形で 1 次元の場合に近似誤差の極限分布の決定を行った. 我々の関心のあるのは, 多次元の RDE の場合の正規化された近似誤差 $N^{-\alpha}(X_t^{(N)} - X_t)$ の場合に上記の 4 次モーメント定理を用いた解析に帰着させることだが, これについてはすでに様々な場合に何人かの研究者により研究が進められている (Firz, Riedel, Nualart, Tindel, etal.). 会田は, 永沼氏と共同で, パラメータ $\rho \in [0,1]$ を導入し, これらの近似過程 $X_t^{(N)}$ と真の過程 X_t を補間する新しい補間近似過程 $X_t^{(N,\rho)}$ を導入し ($X_t^{(N,0)} = X_t, X_t^{(N,1)} = X_t^{(N)}$), 近似誤差を評価する研究を進めている. 重要な点は, 補間近似過程はパラメータを含んでいるが, このパラメータに関する微分過程 $\partial_\rho^k X_t^{(N,\rho)}$ が N によらない一様な評価を持つことを示すことなどにある. さらに我々は, RDE の解のマリアバンの意味での微分可能性の新しい証明を得た. その証明の手法を組み合わせて, 極限分布の決定を進めているところである.

The same as Itô's stochastic differential equations, there are several approximation solutions to RDEs(=Rough differential equations), *e.g.*, the Euler, Milstein and Crank-Nicolson approximation. Let $X_t^{(N)}$ be an approximation to the solution X_t, where $N(\in \mathrm{N})$ corresponds to the mesh size of approximation solution. The basic problem is to determine the convergence speed of $X_t^{(N)} - X_t$ (*e.g.* $X_t^{(N)} - X_t = O(N^{-\alpha})$ as $N \to \infty$) and the identification of the limit distribution of the normalized error distribution of $N^{\alpha}(X_t^{(N)} - X_t)$ as $N \to \infty$. There have been many deep studies when the driving process of the SDE is a semimartingale. However, this theory cannot be applied to solutions to Gaussian RDEs. In this case, some people (Nourdin, Friz, Riedel, Nualart, Tindel, etal.) already studied the above problems by using the 4-th moment theorem which were obtained by Nualart and Peccati in 2000s. I also studied sim-

ilar kind of problems in the case of one dimensional SDEs jointly with Nobuaki Nanaguma extending the study of Nourdin.

I approach this problem by introducing an interpolation approximation processes $X_t^{(N,\rho)}$ ($\rho \in [0,1]$) where $X_t^{(N,0)} = X_t, X_t^{(N,1)} = X_t^{(N)}$ jointly with Naganuma. We also obtained a new proof of the Malliavin differentiability of the solution to RDE and we plan to apply the argument and method to the problem of the analysis of the limit distribution of the above problem.

B. 発表論文

1. S. Aida and N. Naganuma, "Error analysis for approximations to one-dimensional SDEs via the perturbation method", to appear in Osaka Journal of Mathematics, 2020.
2. S. Aida, T. Kikuchi and S. Kusuoka : "The rates of the L^p-convergence of the Euler-Maruyama and Wong-Zakai approximations of path-dependent stochastic differential equations under the Lipschitz condition", Tohoku Math. J. (2) 70 (2018), no. 1, 65–95.
3. S. Aida : "Semi-classical limit of Schrödinger operators in infinite dimensional spaces", Sugaku Expositions **29** (2016), 203–226.
4. S. Aida : "Asymptotics of spectral gaps on loop spaces over a class of Riemannian manifolds", J. Funct. Anal. **269** (2015), 3714–3764.
5. S. Aida : "Reflected rough differential equations", Stochastic Process. Appl. **125** (2015), 3570–3595.

C. 口頭発表

1. On a certain class of path-dependent stochastic differential equations, "Japanese-German Open conference on stochastic analysis 2019", 福岡大学, 2019 年, 9 月.
2. On a certain class of path-dependent stochastic differential equations, "New Directions in Stochastic Analysis: Rough Paths, SPDEs and Related Topics", ベルリン, ドイツ, 2019 年 3 月.
3. Weak Poincaré inequalities on path spaces : non-explosion case, "Tokyo one-day workshop on stochastic analysis and geometry", 東京大学大学院数理科学研究科, 2018 年 11 月.
4. 経路依存確率微分方程式について, "確率解析とその応用", 京都大学大学院理学研究科, 2018 年 7 月.
5. Rough differential equations containing path-dependent bounded variation terms, Workshop on "Mathematical finance and related issues", 大阪大学中之島センター, 2018 年, 3 月.
6. Asymptotics of spectral gaps on infinite dimensional spaces, Tokyo-Seoul conference in Mathematics –Probability Theory–, 東京大学, 2017 年, 12 月.
7. Asymptotics of spectral gaps on loop spaces, Metric Measure spaces and Ricci curvature, Max-Planck Institute for Mathematics, ボン, ドイツ, 2017, September.
8. Support theorem for reflected diffusion processes, RIMS 研究集会「確率論シンポジウム」, 京都大学数理解析研究所, 2016 年 12 月.
9. Rough differential equations containing path-dependent bounded variation terms, 研究集会「確率解析とその周辺」, 九州大学 (伊都キャンパス), 2016 年 11 月.
10. Reflected rough differential equations via controlled paths, Rough paths, Regularity structures and related topics, Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach, Germany, May, 2016.
11. On solution to reflected rough differential equations, Stochastic Analysis, 京都大学, 2015 年 9 月.
12. Asymptotics of spectral gaps on loop spaces over a class of Riemannian mani-

folds, 確率論と幾何学, 東京工業大学, 2015 年 11 月.

13. ラフパスで駆動された反射境界条件付き微分方程式について, 東北大学数学教室談話会, 東北大学大学院理学研究科, 2015 年 6 月.

D. 講義

1. 確率統計 I: 確率空間, 確率変数, 分布, マルコフ連鎖などの確率論の基礎事項およびルベーグ積分の簡単な導入を行った. (教養学部基礎科学科 4 年生向け講義)
2. 確率統計学 I: ルベーグ積分論の復習とルベーグ積分論に基づいた確率論の基礎 (独立性, 弱収束を含めた収束の諸概念, 大数の強法則, 中心極限定理などの極限定理) の解説を行った. (3 年生向け講義)
3. 確率解析学・確率統計学 XA : マルチンゲールに関する確率積分とそれに基づいた確率微分方程式の解析について講義した. (数理大学院・4 年生共通講義)

F. 対外研究サービス

1. Journal of Stochastic Analysis (Communications on Stochastic Analysis から名称変更) の associated editor
2. Journal of Mathematical Sciences, the University of Tokyo の編集委員

新井 敏康 (ARAI Toshiyasu)

A. 研究概要

強い集合論を順序数を用いて分析するとき, その分析により当該の集合論がある順序数までの超限帰納法の保存拡大になることを示すには, その分析が W. Buchholz による operator controlled derivations のような infinitary derivations を通してなされるなら, それを形式化するのに自然な枠組みは直観主義論理に基づく不動点に関する公理であろう. この考えから, 直観主義論理上で不動点を扱っている限り保存拡大を与えることを示した. その証明は, 直観主義論理では正論理式に関するカットを消去しても指数関数でしか証明が大きくならないことによる. また Gentzen-Takeuti の方法で有限の証明図を分析することによる Π_N-reflection の集合論の順序数解析を出版した. さらに, 集合上の写像のクラスでそれらを遺伝的有限集合に制限すると多項式時間で計算できるものを, Bellantoni-Cook に倣って構成した.

In analyzing strong set theories in terms of ordinals, the set theory is shown to be conservative over transfinite induction on ordinals. In showing the conservation, it is natural to formalize the analysis in intuitionistic fixed point theories when the analysis is done through infinitary derivations such as operator controlled derivations due to W. Buchholz. Based on this observation, an intuitionistic fixed point theory over set theory is shown to be a conservative extension of the set theory. It is crucial in the proof of the conservation that in eliminating cut inferences for positive cut formulas from intuitionistic derivations, the depth of the resulting derivations is bounded by an exponential function of the depth of the given derivation. An ordinal analysis of a set theory for Π_N-reflection is also published. The analysis is done through analyzing finite proof figures a lá Gentzen-Takeuti. Moreover following Bellantoni-Cook, a class of set-theoretic functions is introduced such that each function in the class is polynomial time computable when we restrict functions to hereditarily finite sets.

B. 発表論文

1. T. Arai : " Proof theory for theories of ordinals III:Π_N-reflection", Gentzen's centenary: the quest of consistency, eds. R. Kahle and M. Rathjen, pp. 357-424, Springer, 2015.
2. T. Arai : " Predicatively computable functions on sets", Arch. Math. Logic **54** (2015), 471–485.
3. T. Arai : "Intuitionistic fixed point theories over set theories", Arch. Math. Logic **54** (2015), 531–553.
4. 新井敏康 : "集合・論理と位相", 東京図書 2016 年 11 月
5. T. Arai : " Derivatives of normal func-

tions and ω-models", Arch. Math. Logic **57** (2018), 649–664.

6. T. Arai : "Cut-eliminability in second order logic calculus", Ann. Japan Asso. Phil. Sci., **27** (2018), 45–60.
7. T. Arai : "Proof-theoretic strengths of weak theories for positive inductive definitions", Jour. Symb. Logic **83** (2018), 1091–1111.
8. T. Arai : "Cut-elimination for ω_1", Ann. Pure Appl. Logic **169** (2018), 1246–1269.

C. 口頭発表

1. Axiomatizing some small classes of set functions, Program on sets and computations, IMS, NUS, Singapore, Apr. 2015.
2. Proof theory for set theories, Logic Colloquium 2015, Helsinki, Finland. Aug. 2015.
3. Finitary analyses of regularities, Operations, Sets, and Types, Bern, Switzerland. Apr. 2016.
4. 角田先生、証明論を分って下さい, 京都大学数理解析研究所研究集会「数学基礎論とその応用」, 2016 年 9 月.
5. 竹内の基本予想の意味論的証明, 科学基礎論学会秋の例会, 2016 年 11 月.
6. Proof-theoretic strengths of weak theories for positive inductive definitions, LMU München, Germany. Feb. 2018.
7. Some results in proof theory, Logic Colloquium 2019, Praha, Czech. Aug. 2019.
8. Mahlo classes for first-order reflections, Workshop on Proof Theory, Modal Logic and Reflection Principles (WORMSHOP 2019), Universitat de Barcelona, Spain. Nov. 2019.

D. 講義

1. 数学基礎論・応用数学 XD: 数学基礎論の入門講義として, 前半では 1 階論理を後半では計算理論を扱った. 前半の論理部では, 命題論理のコンパクト性定理, 演繹定理, 完全性定理を示した. 次に 1 階論理（述語論理）での完全性定理を Henkin の方法で示し, その系としてコンパクト性定理を証明した. Löwenheim-Skolem-Tarski の定理, 完全性に関する Vaught test を説明して, 代数閉体の公理系が標数を決めるごとに完全であることを示した. 後半の計算部では, まず coding が原始再帰的にできることを説明した. それから再帰的関数とレジスタ機械を定義して, レジスタ機械で計算できることと再帰的であることが同値であることを証明した. 計算可能性に関する Church's thesis を説明してから, 停止性問題が決定不能であること, さらに半群の語の問題, 論理的妥当性の判定も決定不能となることを示した. （数理大学院・4 年生共通講義）
2. 学術フロンティア講義「現代の数学-その源泉とフロンティア-」（教養学部前期課程講義）不完全性定理
3. 数学講究 XB：順序数解析一歩目（理学部数学科 4 年生オムニバス講義）
4. 数学講究 XA, 数学特別講究：テキスト, B. Cooper, "Computability Theory", J. Krajíček, "Proof Complexity", "数学基礎論". （理学部数学科 4 年生）

F. 対外研究サービス

京都大学数理解析研究所運営委員, 専門委員

石毛 和弘 (ISHIGE Kazuhiro)

A. 研究概要

1. 放物型方程式の解の対数凸性：1976 年に Brascamp-Lieb が対数凸性が熱流によって保存されることを示し, 偏微分方程式の解の冪凸性の研究が本格的に始まった. 私達は α-対数凸という新しい凸概念を導入し, 熱流が対数凸性より強い凸性である 2-対数凸性を保存することを示した. さらに, 2-対数凸性は熱流が保存する最も強い凸性であることも示した. これは Paolo Salani 氏 (フィレンツェ大), 高津飛鳥氏 (首都大) との共同研究に基づく.
2. 非斉次項付き scalar field equation：非斉次項をもった scalar field equation $-\Delta u+$

$u = u^p + \kappa\mu$ を R^N 上で考察した．ここで $N \geq 2$, $p > 1$, $\kappa > 0$, μ は compact 台をもつラドン測度とする．μ に関する適当な可積分条件の下, 私達は $1 < p < p_{JL}$ の範囲において可解性に関する完全分類を得ることに成功した．ここで p_{JL} は Joseph-Lundgren 指数である．この研究は岡部真也氏 (東北大), 佐藤得志氏 (宮城教大) と共同研究に基づく．

3. 放物型方程系における ODE 型解：弱連立放物型方程系のコーシー問題に現れる ODE 型解の詳細な漸近解析を行い, 解挙動と方程式系における拡散効果との関係を明らかにした．これは Eom Junyong 氏 (東大) との共同研究に基づく．
4. 半線形高階放物型方程式の可解性：高階放物型方程式の基本解による積分核に対する新しい優積分核を発見することにより, 半線形高階放物型方程式の可解性の十分条件の研究を行った．さらに可解性の必要条件の研究も行い, 合わせて, コーシー問題が解を持つための初期関数の持つ最強の特異性を同定した。これは岡部真也氏 (東北大), 川上竜樹氏 (龍谷大学) との共同研究に基づく．

1. Logconcavity for solutions to parabolic equations: In 1976 Brascmp-Lieb proved that logconcavity is preserved by the heat flow. This is a pioneering work for power concavity properties for solutions to partial differential equations. We introduce a new notion, α-logconcavity, and prove that the heat flow preserves 2-logconcavity which is stronger than logconcavity. Furthermore, we show that 2-logconcavity is the strongest concavity property preserved by the heat flow. This is a jonit work with Paolo Salani (Univ. of Florence) and Asuka Takatsu (Tokyo Metropolitan Univ.)
2. Scalar field equation with an inhomogeneous term: We consider a scalar field equation with a forcing term $-\Delta u + u = u^p + \kappa\mu$ in R^N, where $N \geq 2$, $p > 1$, $\kappa > 0$ and μ is a Radon measure in R^N with a compact support. Under a suitable integrability condition on μ, we give a complete classification of the solvability of problem (P) with $1 < p < p_{JL}$. Here p_{JL} is the so-called Joseph-Lundgren exponent. This is a joint work with Shinya Okabe (Tohoku Univ.) and Tokushi Sato (Miyagi Edu. Univ.)
3. ODE type solutions to parabolic system: We study the large time behavior of ODE type solutions appearing in the the Cauchy problem for a weakly coupled parabolic system. We obtain the precise description of the large time behavior of the solution and reveal the relationship between the behavior of the solution and the diffusion effect the nonlinear parabolic system has. This is a joint work with Eom Junyong (Univ. of Tokyo)
4. Solvability for a higher-order semilinear parabolic equation: We establish the existence of solutions of the Cauchy problem for a higher-order semilinear parabolic equation by introducing a new majorizing kernel. We also study necessary conditions on the initial data for the existence of local-in-time solutions and identify the strongest singularity of the initial data for the solvability of the Cauchy problem. This is a joint work with Shinya Okabe (Tohoku Univ.) and Tatsuki Kawakami (Ryukoku Univ.).

B. 発表論文

1. M. Fila, K. Ishige, T. Kawakami and J. Lankeit : “Rate of convergence in the large diffusion limit for the heat equation with a dynamical boundary condition", Asymptot. Anal. **114** (2019), 37–57.
2. K. Ishige, S. Okabe and T. Sato : “A su-

percritical scalar field equation with a forcing term", J. Math. Pures Appl. **128** (2019), 183–212.

3. K. Ishige, Y. Kabeya and A. Mukai : “Hot spots of solutions to the heat equation with inverse square potential", Appl. Anal. **98** (2019), 1843–1861.
4. K. Hisa and K. Ishige : “Solvability of the heat equation with a nonlinear boundary condition", SIAM J. Math. Anal. **51** (2019), 565–594.
5. K. Hisa and K. Ishige : “Existence of solutions for a fractional semilinear parabolic equation with singular initial data", Nonlinear Anal. **175** (2018), 108–132.
6. K. Ishige and A. Mukai : “Large time behavior of solutions of the heat equation with inverse square potential", Discrete Contin. Dyn. Syst. **38** (2018), 4041–4069.
7. Y. Fujishima, K. Ishige and H. Maekawa : “Blow-up set of type I blowing up solutions for nonlinear parabolic systems", Math. Ann. **369** (2017), 1491–1525.
8. K. Ishige, Y. Kabeya and E. M. Ouhabaz : “The heat kernel of a Schrödinger operator with inverse square potential", Proc. Lond. Math. Soc. **115** (2017), 381–410.
9. K. Ishige, T, Kawakami and H. Michihisa : “Asymptotic expansions of solutions of fractional diffusion equations", SIAM J. Math. Anal. **49** (2017), 2167–2190.
10. K. Ishige, N. Mizoguchi and P. Laurençot : “Blow-up behavior of solutions to a degenerate parabolic-parabolic Keller-Segel system", Math. Ann. **367** (2017), 461–499.

C. 口頭発表

1. Existence of solutions for a higher-order semi linear parabolic equation with singular initial data, Chemotaxis and Nonlinear Parabolic Equations, 北九州国際会議場, 2019 年年 11 月
2. Existence of solutions for a higher-order semi linear parabolic equation with singular initial data, 4th Swiss-Japanese PDE Seminar, I-site Namba, 大阪府立大, 2019 年 9 月
3. Large time behavior of ODE type solutions to a nonlinear parabolic system, RIMS 研究集会 “界面運動，力学系に現れる漸近問題への粘性解的手法とその周辺", 京都大学数理科学研究所, 2019 年 7 月
4. To Logconcavity and beyond, Viscosity Solutions and Related Topics, 東北大学, 2018 年 11 月
5. 放物型方程式の解の冪凸性, 東京大学大学院数理科学研究科談話会, 2018 年 6 月

D. 講義

1. 微分積分学 1 , 2 ：通年で微分積分学の基本的事柄につて講義を行った．(教養学部前期課程講義)
2. 解析学 V：線形偏微分方程式の解の定性的性質について講義を行った．(3 年生向け講義)

F. 対外研究サービス

1. 日本数学会理事
2. 日本数学会教育研究資金問題検討委員会委員長
3. 日本数学会函数方程式分科会評議委員
4. 日本数学会函数方程式分科会委員

H. 海外からのビジター

1. Matteo Bonforte (Universidad Autónoma de Madrid, Spain) 2020 年 1 月
2. Paolo Salani (University of Florence, Italy) 2020 年 1 月
3. Robert Laister (University of the West of England, UK) 2019 年 8 月, 9 月
4. Peter Poláčik (University of Minnesota, USA) 2019 年 6 月
5. Marek Fila (Comenius University, Slovakia) 2019 年 6 月

稲葉 寿 (INABA Hisashi)

A. 研究概要

主要な研究関心は, 生物学, 人口学, 疫学に表れる構造化個体群ダイナミクスモデルの数理解析，およびモデル開発による現象理解を発展させることである．最近の研究は以下のようである：

[1] 基本再生産数の理論： 一般的な時間的変動環境における個体群増殖の閾値条件を与える基本再生産数理論は，感染症疫学や人口学における最も基本的な重要性を持つ理論である．近年，これまでは扱うことのできなかった同次非線形モデルのゼロ解の安定性に関する基本再生産数が Thieme 等によって提起されたが，そこでは錐スペクトル半径の概念がキーとなる．この点から従来の線形理論をふりかえってみると，稲葉が提起した世代発展作用素のスペクトル半径が，一般変動環境における基本再生産数を与えることがわかる．一方，このような基本再生産数が，時間依存非線形系の解の安定性の指標になっているかどうかは，線形化安定性原理がないために明確ではない．そこで，時間依存システムの解発展作用素に対応する発展半群を考えれば，もとのシステムのゼロ解や周期解は，時間変数を含む拡張された状態空間における自律系の定常解としてとらえられる．そこで，発展半群を解作用素とする自律系に対する線形化安定性原理によって，変動環境における非線形系に対して，個体群の絶滅と存続に関する基本再生産数の閾値性を明らかにした (J. Math. Biol. 79, 731-764, 2019).

[2] 年齢構造化 SIRS 感染症モデル： 感染症において，一度回復した個体が，その免疫性を時間とともに減衰させて感受性集団に再帰する場合は，SIRS モデルとして定式化されるが，これまで年齢構造を考慮した SIRS モデルの定性解析は，SIR 型モデルに比較して困難であり，不十分であった．SIRS 型感染症は，力学系としては定性的に SIR 型感染症と似ているが，ワクチンによる制御はずっと困難であり，可制御性の閾値（再感染閾値）が存在することが実践的には大きな違いである．本研究では，大桑健人（東大数理），國谷紀良（神戸大学）との共同研究により，エンデミック定常解が，$R_0 > 1$ においてのみ現れ，分離混合の仮定の下で $|R_0 - 1|$ が十分に小であれば，前方分岐したエンデミック定常解は局所安定であることを示した．また，$R_0 > 1$ の場合は，基礎的な力学系が定める半流が一様に強パーシステントであることを示した．また数値計算によって，再感染閾値の出現を示した (Math. Biosci. Eng. 16(5), 6071-6102, 2019)．さらに，大桑健人とともに Aron によるブースト効果を考慮した SIRS モデルの検討をおこない，ブーストによる免疫状態におけるローカルタイムの任意時刻へのリセットが可能なようにモデルを拡張して，エンデミック定常解の分岐を調べ，後退分岐の可能性を示唆する結果を得た．

My main research interest has been to develop mathematical analysis for structured population dynamics models in biology, demography and epidemiology. Recent my concern focuses on the following two projects:

[1] Theory of the basic reproduction number: In the previous paper (J. Math. Biol. 65, 309-348, 2012), I proposed a new (most biologically natural) definition of the basic reproduction number R_0 for structured population in general time-heterogeneous environments based on the generation evolution operator (GEO). Using the mathematical definition for cone spectral radius, I showed that R_0 is given by the spectral radius of the generation evolution operator in the time-state space. Then as far as we consider linear population dynamics, R_0 is a threshold value for population extinction and persistence in time-heterogeneous environments. Using the idea of evolution semigroup, I proved that even for nonlinear systems, R_0 plays a role of a threshold value for population extinction in time-heterogeneous environments. For periodic systems, it is shown that supercritical condition $R_0 > 1$ implies existence of positive periodic solution. Applying the idea of R_0 in time-heterogeneous environment, I examined existence and stability of periodic solution in the age-structured SIS epidemic model with time-periodic parameters (J. Math. Biol. 79, 731-764, 2019).

[2] Age-structured SIRS epidemic models: In

this research, we investigated a SIRS epidemic model with chronological age structure in a demographic steady state. Although the age-structured SIRS model is a simple extension of the well-known age-structured SIR epidemic model, we have to develop new technique to deal with problems due to the reversion of susceptibility for recovered individuals. First we gave a standard proof for the well-posedness of the normalized age-structured SIRS model. Next we examined existence of endemic steady states by fixed point arguments and bifurcation method, where we introduced the next generation operator and the basic reproduction number R_0 to formulate endemic threshold results. Thirdly we investigated stability of steady states by the bifurcation calculation and the comparison method, and we have shown existence of a compact attractor and discussed the global behavior based on the population persistence theory. Finally we gave some numerical examples and discuss the effect of mass-vaccination on R_0 and the critical coverage of immunization based on the reinfection threshold (Math. Biosci. Eng. 16(5), 6071-6102, 2019). Subsequently, we investigated the Aron's SIRS epidemic model with waning and boosting of immunity. We have extended the basic model to recognize any time-reset of local time (recovered age) by boosting, and examined the possibility for backward bifurcation of endemic steady states to occur.

B. 発表論文

1. S. Iwami, J. S. Takeuchi, S. Nakaoka, F. Mammano, F. Clavel, H. Inaba, T. Kobayashi, N. Misawa, K. Aihara, Y. Koyanagi and K. Sato, Cell-to-cell infection by HIV contributes over half of virus infection, eLIFE, 2015;4:e0850. DOI: 10.7554/eLife.08150 (2015), pp.16.
2. S. Iwami, K. Sato, S. Morita, H. Inaba, T. Kobayashi, J. S. Takeuchi, Y. Kimura, N. Misawa, F. Ren, Y. Iwasa, K. Aihara and Y. Koyanagi, Pandemic HIV-1 Vpu overcomes intrinsic herd immunity mediated by tetherin, Scientific Reports 5:12256, DOI: 10.1038/srep12256 (2015), pp.8
3. 稲葉　寿, 基本再生産数 R_0 の数理, システム/制御/情報, Vol, 59, No. 12, pp. 1-6, 2015.
4. H. Inaba, Endemic threshold analysis for the Kermack–McKendrick reinfection model, 数理解析研究所講究録 1994, (2016), 28-40.
5. H. Inaba, Endemic threshold analysis for the Kermack–McKendrick reinfection model, Josai Mathematical Monographs vol. 9, (2016) 105-133.
6. T. Funo, H. Inaba, M. Jusup, A. Tsuzuki, N. Minagawa and S. Iwami, Impact of asymptotic infections on the early spread of malaria, Japan J. Indust. Appl. Math. DOI 10.1007/s13160-016-0228-6 (2016).
7. T. Kuniya, J. Wang and H. Inaba, A multi-group SIR epidemic model with age structure, Disc. Cont. Dyn. Sys. Ser. B 21(10) (2016) 3515-3550.
8. H. Inaba, Age-Structured Population Dynamics in Demography and Epidemiology, Springer Singapore, 2017, 555p.
9. K. Mizuta and H. Inaba, Persistence and extinction threshold for homogeneous dynamical models with continuous time and its applications, 数理解析研究所講究録 2087, (2018), 31-40.
10. H. Inaba, R. Saito and N. Bacaër, An age-structured epidemic model for the demographic transition, J. Math. Biol. 77(5), (2018), 1299-1339.
11. T. Kuniya, H. Inaba and J. Yang, Global behavior of SIS epidemic models with age structure and spatial heterogeneity, Japan J. Indust. Appl. Math. 35(2), (2018), 669-706.
12. 津谷 典子・稲葉 寿 (編著), 結婚と出生の分析, In: 「人口学事典」　第 14 章, 日本

人口学会編, 丸善出版, 2018 年 11 月

13. 稲葉 寿・金子 隆一 (編著), 人口再生産の分析，In: 「人口学事典」 第 15 章, 日本人口学会編, 丸善出版, 2018 年 11 月
14. 稲葉 寿，マッケンドリック方程式奇譚，日本数理生物学会ニュースレター，No.89, (2019), 19-26.
15. K. Okuwa, H. Inaba and T. Kuniya. Mathematical analysis for an age-structured SIRS epidemic model, Math. Bisci. Eng. 16(5), (2019), 6071-6102.
16. H. Inaba, The basic reproduction number R_0 in time-heterogeneous environments, J. Math. Biol. 79, (2019), 731-764.
17. 稲葉 寿, 「感染」を数理で解き明かす，In: 「感染る」（慶應義塾大学教養研究センター極東証券寄附講座 生命の教養学）赤江 雄一（編）／ 高橋 宣也（編），慶應義塾大学出版会，2019 年 9 月.

C. 口頭発表

1. Age-structured SIS epidemic model in a periodic environment, Innovative Mathematical Modeling for the Analysis of Infectious Disease Data (IMAID 2018), Hanabishi Hotel, Hakodate, Japan, 17-18 January, 2019.
2. An age-structured epidemic model for the demographic transition, Computational and Mathematical Population Dynamics 5, May 19-24, 2019, Fort Lauderdale, Florida USA.
3. 人口転換の数理モデル, 日本人口学会第 71 回大会, 2019 年 6 月 2 日, 香川大学幸町北キャンパス.
4. The basic reproduction number R_0 in time-heterogeneous environments, 神楽坂「感染症にまつわる数理」勉強会, 東京理科大学神楽坂キャンパス, 2019 年 7 月 26 日.
5. Backward bifurcation and some pitfalls, Summer shot course of infectious disease modeling, 2019, 5 August, 2019, The Institute of Statistical Mathematics, Tachikawa.
6. The basic reproduction number R_0 in time-heterogeneous environments, The 7th China-India-Japan-Korea International Conference on Mathematical Biology, University of Science and Technology, Beijing, August 14, 2019.

D. 講義

1. 統合自然科学セミナー: 生物数学に関する入門セミナー（統合自然科学科 2 年 A セメスター）
2. 数理経済学特論 I [微分方程式論]: 常微分方程式に関する入門的講義. (慶應義塾大学経済学部)
3. 応用保健医療管理学 [安定人口理論]: 安定人口モデルに関する入門的講義.（北海道大学大学院医学院）
4. 離散数理学概論： 感染症数理モデル，構造化人口モデルへの入門的講義（S セメスター大学院講義）

E. 修士・博士論文

1. (修士) 大桑健人 (OKUWA Kento): An epidemic model with distributed level of immunity chnage depending on the time since recovery.

F. 対外研究サービス

1. 日本数理生物学会会長
2. 日本人口学会理事・副会長
3. Mathematical Population Studies, Advisory Board.
4. 国立社会保障・人口問題研究所研究評価委員
5. The 1st Hungary-Japan Workshop on Delay Equations and Mathematical Epidemiology Thursday, 25th April 2019, 組織者.
6. 日本応用数理学会 2019 年会「感染症の数理モデル」, セッションオーガナイザー, 2019 年 9 月 5 日.
7. 第一回数理生物学若手の集い, 講師・メンター, 2019 年 9 月 13 日,

8.「現代数学のキーワード」，NHK 文化センター町田教室講師，2020 年 2 月 15 日.

H. 海外からのビジター

1. On 25 April 2019, we organized a workshop “The 1st Hungary-Japan Workshop on Delay Equations and Mathematical Epidemiology” at Komaba, to which we invited 4 mathematicians from University of Szeged, Hungary: Tibor Krisztin, Gabriella Vas, Diána Knipl and Gergely Röst. The workshop program is as follows:

   Program:
   Session 1: Delay Equations
   10:00-10:30 Tibor Krisztin (University of Szeged)
   A differential equation with a state-dependent queueing delay.
   10:35-11:05 Gabriella Vas (University of Szeged)
   Large-amplitude periodic orbits for delay differential equations.
   11:15-11:45 Akitoshi Takayasu (University of Tsukuba)
   Numerical validation of periodic orbit to delay differential equations via Newton-Kantorovich argument.
   11:50-12:20 Junya Nishiguchi (Tohoku University)
   Smooth dependence with respect to history in Sobolev space and constant delay: beyond Lipschitz continuous histories.
   Session 2: Mathematical Epidemiology
   14:00-14:30 Gergely Röst (University of Szeged)
   Pairwise approximations of non-Markovian epidemics on networks.
   14:35-15:05 Ryosuke Omori (Hokkaido University)
   Modelling the evolution of influenza towards its prediction.
   15:10-15:40 Sourav Kumar Sasmal (Aoyama Gakuin University, JSPS PD)
   T-cell mediated adaptive immunity and the role of antibody in dengue infection.
   15:40-16:00 20 minutes break
   16:00-16:30 Diána Knipl (University of Szeged)
   Population dynamics of epidemic and endemic states of drug-resistance emergence in infectious diseases.
   16:35-17:05 Toshikazu Kuniya (Kobe University)
   An application of a multi-group age-structured SIR epidemic model to the chlamydia epidemic in Japan.
   17:10-17:40 Yoichi Enatsu (Tokyo University of Science)
   Dynamical behavior of an SIS epidemic model with delays.

   Organizers:
   Yoichi Enatsu (Tokyo University of Science)
   Hisashi Inaba (The University of Tokyo)
   Toshikazu Kuniya (Kobe University)
   Yukihiko Nakata (Shimane University)
   Junya Nishiguchi (Tohoku University)
   Ryosuke Omori (Hokkaido University)
   Gergely Röst (University of Szeged)
2. Prof. Joel Cohen (The Rockefeller University and Columbia University) visited our institute from 1 July to 3 July to give lectures and to discuss research topics.

連携併任講座

連携併任講座の竹内康博教授（青山学院大学）とともに，2014 年度から駒場数理生物学セミナーを主催してきた．2019 年度は以下の報告がなされた：

1. 6 月 20 日： Eric Foxall 氏 (University of Alberta), Diffusion limit for the partner model at the critical value,
2. 7 月 1 日： Joel E. Cohen 氏 (The Rockefeller University and Columbia University), Taylor’s Law of Fluctuation Scal-

ing.

3. 7月11日： Dipo Aldila 氏 (Universitas Indonesia), Understanding The Seasonality of Dengue Disease Incidences From Empirical Data.
4. 8月1日： Yueping Dong 氏 (Central China Normal University), Mathematical study of the inhibitory role of regulatory T cells in tumor immune response.
5. 10月17日： Merlin C. Koehnke 氏 (Institute of Environmental Systems Research, School of Mathematics/Computer Science, Osnabrueck University), Complex spatiotemporal dynamics in a simple predator-prey model.
6. 10月17日： Horst Malchow 氏 (Institute of Environmental Systems Research, School of Mathematics/Computer Science, Osnabrueck University), Functional response of competing populations to environmental variability.

緒方 芳子 (OGATA Yoshiko)

A. 研究概要

量子系の統計力学の研究を行っている. 非平衡系については, 非平衡定常状態と呼ばれる, 熱平衡から大きく外れた定常状態について, 作用素環論及び関数解析をもちいて研究をすすめてきた. 非平衡定常状態とは, 例えば左右の温度が異なる無限物理系が, 時間無限大において至る状態のことである. 特に,V.Jaksic C.A.Pillet 教授とともに, 非平衡定常状態における熱的な外力に対する線型応答理論である Green-Kubo formula が, ある物理的に自然な条件の下満たされるということを数学的に厳密に示した. これをスピンフェルミオンモデル, 局所的に相互作用するフェルミオンモデルに適用することにより, これらのモデルにおいて Green-Kubo formula が成り立つことを示した. さらに,V.Jaksic C.A.Pillet,R.Seiringer 教授とともに, 非平衡系において時間反転対称性の破れが「いかに速く」破れていくかを定量的に議論した.

熱平衡系については, 一次元量子スピンモデルのある状態について, 大偏差原理が成り立つことを示した. また, 複数の物理量についての同時確率分布については, トレース状態についてに限り, 大偏差原理を得ることができた. この情報をもとに, 巨視的物理量（量子系であるから一般に非可換である）を可換な行列により近似することが出来ることを示した.

さらに量子スピン系の基底状態の研究を行っている. 量子力学において時間発展を与える演算子はハミルトニアンと呼ばれるが, 量子スピン系においては, これは自己共役な行列の列により表される. この行列の最低固有値と, のこりのスペクトルの間に (系のサイズについて) 一様なギャップが開いているか否かは基底状態の性質をきめる重要な問題である. 近年このギャップをもった系の分類が注目をあつめている. 一次元系について finitely correlated state と呼ばれる状態を基底状態としてもつサブクラスは, ある良い条件のもとスペクトルギャップを持つということが知られている. これを含むハミルトニアンのクラスで, スペクトルギャップを含むものを導入した. さらに, このクラスの物理的な５つの条件による特徴づけを行った. また一次元量子スピン系の SPT 相の分類問題を考え, 不変量を定義した.

I am working on Equilibrium, Nonequilibrium statistical mechanics of quantum systems, using operator algebra theory. About nonequilibrium systems, I mainly worked on a state called NESS(Nonequilibrium steady state), which is a steady state far from equilibrium. In particular, I proved Green-Kubo formula with Prof. V.Jaksic and Prof. C.A.Pillet, under some physically reasonable conditions. By using this result, we could prove Green-Kubo formula for locally interacting Fermion systems and spin Fermion systems. Furthermore, with Prof. V.Jaksic, Prof. C.A.Pillet, and Prof. R.Seiringer, I showed some function that appears in nonequilibrium statistical mechanics can be seen as a rate function of a hypothesis testing.

About equilibrium states, I am studying proba-

bility distributions in quantum systems. I studied one dimensional quantum spin model, and showed large deviation principle.
Using the large deviation principle for joint distributions in quantum spin systems with respect to the trace state, I showed that macroscopic observables can be approximated by commuting matrices in the norm topology.
I also study ground states of quantum spin systems. In this setting, Hamiltonian is given by a sequence of self-adjoint matrices. The existence of the uniform gap between the lowest eigenvalue and the rest of the spectrum is an important issue which decides the property of ground states. Recently, classification of such a gapped Hamiltonians attracts a lot of attentions. In the one dimension, I introduced a subclass which we can show the gap and characterized this class by five physical properties. I also defined an invariant of SPT phases in one dimensional quantum spin chains.

B. 発表論文

1. Y. Kawahigashi, Y. Ogata, E. Störmer, Normal states of type III factors Pacific Journal of Mathematics **267** (2014) 131–139.
2. S. Bachmann, Y. Ogata, C^1-Classification of gapped parent Hamiltonians of quantum spin chains, Comm. Math. Phys. **338** (2015) 1011–1042.
3. Y. Ogata, A class of asymmetric gapped Hamiltonians on quantum spin chains and its characterization I, Comm. Math. Phys. **348** (2016), 847–895.
4. Y. Ogata, A class of asymmetric gapped Hamiltonians on quantum spin chains and its characterization II, Comm. Math. Phys. **348** (2016), 897–957.
5. Y. Ogata, A class of asymmetric gapped Hamiltonians on quantum spin chains and its characterization III, Comm. Math. Phys.**352** (2017), 1205–1263.
6. Y. Ogata, H. Tasaki, Lieb-Schultz-Mattis type theorems for quantum spin chains without continuous symmetry Comm. Math. Phys. **372** (2019), 951–962.
7. S. Ejima, Y. Ogata, Perturbation theory of KMS states Ann. Henri Poincare 20 (2019), 2971–2986.
8. A. Moon, Y. Ogata, Automorphic equivalence within gapped phases in the bulk Journal of Functional Analysis **278** (2020), Issue 8, 108422
9. Y. Ogata, A Z_2-Index of Symmetry Protected Topological Phases with Time Reversal Symmetry for Quantum Spin Chains. Comm. Math. Phys. (2019) https://doi.org/10.1007/s00220-019-03521-5.

C. 口頭発表

1. Y. Ogata, A class of asymmetric gapped Hamiltonians on quantum spin chains and its characterization, Many-Body Quantum Systems and Effective Theories, Oberwolfach, 2016 年 9 月
2. Y. Ogata, A class of asymmetric gapped Hamiltonians on quantum spin chains and its characterization, QMath13, 2016 年 10 月
3. Y. Ogata Classification of gapped Hamiltonians on quantum spin chain,Mini Course Thematic semester Mathematical challenges in many-body physics and quantum information 2018 年 10 月
4. Y. Ogata Lieb-Schultz-Mattis type theorems for quantum spin chains without continuous symmetry, Quantum Information and Quantum Statistical Mechanics - Montreal, 2018 年 10 月
5. Classification of symmetry protected topological phases in quantum spin chain, NCGOA Spring Institute 2019 年 5 月 7 日
6. Classification of symmetry protected topological phases in quantum spin chains, BIRS-CMO WorkshopTopologi-

cal Phases of Interacting Quantum Systems 2019 年 6 月 3 日

7. Classification of SPT phases in quantum spin chains, Oberwolfach Workshop ID 1937 Many-Body Quantum Systems 2019 年 9 月 10 日
8. Classification of symmetry protected topological phases in quantum spin chains, Thematic program Quantum Information. Madrid 2019 年 9 月 19 日
9. A classification of pure states on quantum spin chains satisfying the split property with on-site finite group symmetries, Oberwolfach Workshop ID 1944 Subfactors and Applications 2019 年 10 月 28 日
10. Classification of symmetry protected topological phases in quantum spin chains, Rigorous statistical mechanics and related topics RIMS 京都大学 2019 年 11 月 19 日

D. 講義

1. 微分積分学:微分積分学の入門講義 (前期課程)
2. 解析学 VII: 関数解析学の入門講義 (前期課程)

E. 修士・博士論文

1. (修士) 松尾悠自 (MATSUO Yuji) Towards Weingarten calculus of twisted special unitary groups $SU_\mu(N)$

F. 対外研究サービス

1. Journal of Mathematical Physics Editorial Advisory Board
2. International Union of Pure and Applied Physics Commission C18 member
3. Journal of Statistical Physics associate editor
4. 数理物理 2019 Summer School 世話人

小木曽 啓示 (OGUISO Keiji)

A. 研究概要

1) Tien-Cuong Dinh 教授、Xun Yu 准教授と共同で次を示した：
(i) 3 次元以上の任意次元の滑らかな複素射影有理多様体であって、全自己同型群が離散的かつ非有限生成でありかつ実形式を同型類を除き無限個もつものが存在する。
(ii) $n \geq 3$ とするとき、n 次元の滑らかな複素射影有理多様体 V の $\mathrm{Aut}\,(V)/\mathrm{Aut}_0(V)$ が非有限生成ならば、V の小平次元 $\kappa(V)$ は $-\infty$ あるいは $n-2$ 以下の非負整数である。逆に、κ を $n-2$ 以下の任意の非負整数あるいは $-\infty$ とするとき、n 次元の滑らかな複素射影有理多様体 V で、$\kappa(V) = \kappa$ かつ全自己同型群が離散的かつ非有限生成でありかつ実形式を同型類を除き無限個もつものが存在する。
以上の結果は論文"T.C. Dinh, K. Oguiso, X. Yu, Projective rational manifolds with non-finitely generated discrete automorphism group and infinitely many real forms" (arXiv:2002.04737) にまとめた。公表後、Lesieutre 博士からは"a big improvement on my construction", Brion 教授からは"your results beautiful and definitive"といわれた。
2) Z. Reichstein、D. Rogalski、J. J. Zhang は、複素射影代数多様体の wild と呼ばれる自己同型 (自分自身と空集合以外に安定な代数的部分集合を有しない自己同型) の概念を導入し、2 次元以下の場合には wild な自己同型をもつ多様体はアーベル多様体に限ることを示し、高次元においてもアーベル多様体に限ると予想した。De-Qi Zhang 教授と共同で、この予想に関し次を得た：
3 次元以下であれば、アーベル多様体あるいはいくつかの特別な性質をもつ 3 次元カラビ・ヤウ多様体に限る。また、いずれの場合にも wild な自己同型のエントロピーは零になる。更に、2 次元以下の場合の簡単な別証明も与えた。
結果は"K. Oguiso, D.-Q. Zhang, Wild automorphisms of projective varieties, the maps which have no invariant proper subsets" (arXiv:2002.04437) にまとめ公表した。

1) With Professors Tien-Cuong Dinh and Xun

Yu, we proved the following :
(i) For each integer $n \geq 3$, there is a smooth complex projective rational variety V of dimension n, with discrete, not finitely generated $\mathrm{Aut}(V)$, and with infinitely many mutually non-isomorphic real forms.
(ii) Let V be a smooth complex projective variety of dimension $n \geq 3$. If $\mathrm{Aut}(V)/\mathrm{Aut}_0(V)$ is not finitely generated, then $\kappa(V) \in \{-\infty, 0, \ldots, n-2\}$. Conversely, for each pair of integers $n \geq 3$ and $\kappa(V) \in \{-\infty, 0, \ldots, n-2\}$, there is a smooth complex projective variety V of dimension n and of Kodaira dimension κ with discrete, not finitely generated $\mathrm{Aut}(V)$, and with infinitely many mutually non-isomorphic real forms.
See "T.C. Dinh, K. Oguiso, X. Yu, Projective rational manifolds with non-finitely generated discrete automorphism group and infinitely many real forms" (arXiv:2002.04737). Doctor Lesieutre says "a big improvement on my construction", and Professor Brion says "your results beautiful and definitive".
2) Let X be a projective variety and f a wild automorphism on X, i.e., whenever $f(Z) = Z$ for a (non-empty) Zariski-closed subset Z of X, we have $Z = X$. Z. Reichstein, D. Rogalski and J. J. Zhang conjectured that X has to be an abelian variety (and proved when $\dim X \leq 2$). This conjecture has been generally open for more than a decade. Jointly with Professor De-Qi Zhang, we confirm this conjecture when $\dim X \leq 3$ under the condition that X is not a Calabi-Yau threefold. We also show that f is of zero entropy when $\dim X \leq 3$ and provide a simpler proof in dimension ≤ 2.
See "K. Oguiso, D.-Q. Zhang, Wild automorphisms of projective varieties, the maps which have no invariant proper subsets" (arXiv:2002.04437).

B. 発表論文

1. K. Oguiso, X. Yu: "Minimum positive entropy of complex Enriques surface automorphisms" to appear in Duke Math. J. (accepted on March 2020).
2. K. Oguiso: "No cohomologically trivial non-trivial automorphism of generalized Kummer manifolds" to appear in Nagoya Math. J., https://doi.org/10.1017/nmj.2018.29 (Published online: 05 November 2018)
3. V. Lazic, K. Oguiso, Th. Peternell: "Nef line bundles on Calabi-Yau threefolds, I" to appear in Int. Math. Res. Not. IMRN, https://doi.org/10.1093/imrn/rnx191 (Published online 17 August 2018)
4. K. Oguiso, X. Yu: "Automorphism groups of smooth quintic threefolds", Asian J. Math. **23** (2019) 201–256.
5. K. Oguiso: "A few explicit examples of complex dynamics of inertia groups on surfaces—a question of Professor Igor Dolgachev", Transform. Groups **24** (2019) 545–561.
6. T.-C. Dinh, K. Oguiso: "A surface with discrete and nonfinitely generated automorphism group", Duke Math. J. **168** (2019) 941–966.
7. K. Oguiso: "Pisot units, Salem numbers, and higher dimensional projective manifolds with primitive automorphisms of positive entropy", Int. Math. Res. Not. IMRN (2019) no. 5, 1373–1400.
8. H. Esnault, K. Oguiso, X. Yu: "Automorphisms of elliptic K3 surfaces and Salem numbers of maximal degree", Algebr. Geom. **3** (2016) 496–507.
9. H. Esnault, K. Oguiso: "Non-liftability of automorphism groups of a K3 surface in positive characteristic", Math. Ann. **363** (2015) 1187–1206.
10. S. Cantat, K. Oguiso: "Birational automorphism groups and the movable cone theorem for Calabi-Yau manifolds of Wehler type via universal Coxeter groups", Amer. J. Math. **137** (2015) 1013–1044.

C. 口頭発表

1. K. Oguiso, “Projective rational manifolds with non-finitely generated discrete automorphism group and infinitely many real forms" (Video of my talk is available), Complex Dynamics, 27–31 January, 2020, CIRM, Luminy, France.
2. K. Oguiso, “On wild automorphisms of complex projective varieties", Degenerations, algebraic surfaces and related topics, December 16–18, 2019, Kobe University, Kobe, Japan.
3. K. Oguiso, “Non-finite generation problem of the discrete automorphism groups of smooth projective varieties", Differential Systems: from theory to computer mathematics, in honor of Prof. Katsunori Iwasaki’s and Prof. Nobuki Takayama’s 60th birthdays, December 3–6, 2019, U. Tokyo, Tokyo, Japan.
4. K. Oguiso, “Finite generation problem of the discrete automorphism group of a smooth projective variety and related problems", NCTS Mini-courses in Algebraic Geometry, four 100 minute lectures, October, 2019, NCTS, Taipei, Taiwan
5. K. Oguiso, “Finite generation problem of the discrete automorphism group of a smooth projective variety" (3 one hour lectures), Lecture Series in Algebraic Geometry, August 26 – September 27, 2019, Morningside Center of Mathematics, Beijing, China.
6. K. Oguiso, “A surface in odd characteristic with discrete and non-finitely generated automorphism group", Derived Categories and Geometry in Positive Characteristic, June 30– July 06, 2019, the Stefan Banach International Mathematical Center, Warsaw, Poland.
7. K. Oguiso, “Coble’s question and complex dynamics of inertia groups on K3 surfaces", Birational Geometry and Fano varieties dedicated to V. Iskovskikh, June 24–28, 2019, Steklov Mathematical Institute, Moscow, Russia.
8. K. Oguiso, “Minimum positive entropy of complex Enriques surface automorphisms", Special Session on Complex Geometry and Dynamical Systems, the Vietnam–USA Joint Mathematical Meeting, June 10–13, 2019, the International Center for Interdisciplinary Science and Education (ICISE), Quy Nhon, Vietnam.
9. K. Oguiso, “Complex dynamics of inertia groups on surfaces", Algebraic Geometry International Conference, June 3–7, 2019 KIAS, Seoul, Korea.
10. K. Oguiso, “Inertia Groups, Decomposition Groups and Smooth Projective Varieties with Nonfinite Generated Automorphism Groups", Algebraic, Complex and Arithmetic Dynamics, Simons Symposia, May 19–25, 2019, Schloss Elmau, Germany.

D. 講義

1. 数物先端科学 I/代数学 XG: János Kollár 教授の 2 つの論文に従い、任意の体 k（有限体や不完全体でもよい）上の 2 以上の任意次元の smooth な 3 次超曲面について、k 上単有理であることと k-有理点を少なくとも一つもつことが同値であることの証明、標数 0 の代数閉体上の滑らかな $n+1$ 次超曲面 $X \subset \mathrm{P}^{n+1}$（$n \geq 3$）が weakly superrigid であることの証明を、ほぼ self-contained な形で紹介した。学生さんの役に立ったかどうかは尋ねていないが、Kollár 教授の論文にある未解決問題に触発され、Stefan Schröer 教授との共同研究 "K. Oguiso, S. Schröer, Uniratonality and geometric unirationality for hypersurfaces in positive characteristics" arXiv:2002.09228 に発展したことは、少なくとも自分にとっては有益だった。
2. 学術フロンティア講義「現代の数学 ーその

源泉とフロンティアー」（教養学部前期課程講義、S ターム、A ターム、オムニバス形式）とりまとめ役をした。

E. 修士・博士論文

1. (博士) 長岡　大 (NAGAOKA Masaru): Studies of compactifications of affine homology 3-cells into del Pezzo fibrations
2. (修士) イ チュンヒョン (LEE Chunghyun): Relative dyamical degree of monomial maps
3. (修士) ワン ロン (WANG Long): On automorphisms and the cone conjecture for Enriques surfaces in odd characteristic

F. 対外研究サービス

1. one of NCTS Scholars
2. one of editors of J. Algebraic Geom.
3. one of editors of J. Math. Soc. Japan.
4. the vice chief editor of J. Math. Sci. Univ. of Tokyo.
5. 日本数学会学術委員会委員
6. 京都大学数理解析研究所運営委員会委員
7. 京都大学数理解析研究所専門員会委員
8. one of organizers of “　A few days conference on algebraic geometry, arithmetic and complex dynamics", 2019 年 12 月 26 日-12 月 27 日、北海道大学
9. one of organizers of “UTokyo-NTU Joint Symposium in Mathematics", 2019 年 12 月 9 日-12 月 10 日、東京大学大学院数理科学研究科
10. one of organizers of “Tokyo-Seoul Conference in Mathematics 2019 - Algebraic Geometry -", 2019 年 11 月 29 日–11 月 30 日、東京大学大学院数理科学研究科
11. one of organizers of “The 2nd International Undergraduate Mathematics Summer School", 2019 年 7 月 29 日–8 月 9 日、東京大学大学院数理科学研究科

H. 海外からのビジター

Professor Xun Yu (joint work, The 2019 Outstanding Paper Prize Winner of JMSJ) and Professor Tien-Cuong Dinh (joint work, ICM2018 invited speaker).

金井 雅彦 (KANAI Masahiko)

A. 研究概要

グロモフがいまで言うところの幾何学的群論を提唱してから約 30 年が経過し，近年はわが国においてもおおいに盛況を呈している．ところで，とくに「純度の高い」離散群を研究対象に選んだ場合，それを研究する手法が組み合わせ論のみに限定されてしまうことがある．しかし，魅力的な離散群の背後には，それが自然に作用する空間とその上の豊かな構造が存在するはずである．この指針のもと，2018 年度に引き続き 2019 年度も Thompson 群に関する研究を行った．

より具体的には，Thompson 群 F はいわゆる lattice-ordered group であるという認識から出発し，その lattice としての完備化を構成し，さらにその応用として，F の（群としての）内部自己同型に関する McCleary–Rubin の定理を再証明した．さらに，F の内部自己同型に関する Brin の結果の一部を力学系理論的視点に基づき，再構成した．これらはともに，愛媛大学の加藤本子氏との共同研究である．

About thirty years have passed since Gromov initiated what is nowadays called geometric group theory, and it has become a kind of popular field in mathematics in our country as well. If a group one picks up is, so to speak, a genuine “discrete” group, only combinatorics is avalable for him to investigate that group. On the contrary, in case the group he picks up is a rich one, he finds, behind the group, a nice space on which the group acts, and a wide variety of structures on the space that is invariant under the action. Under this guiding principle, I made the following researches, which are joint works with Motoko KATO in Ehime University, in the academic year 2019-20, following those made in the previous year 2018-19.

We started our researches with the observation that the Thompson group F is a so-called lattice-ordered group. Via a completion of it as

a lattice, we reproved a theorem of McClearly–Rubin on the automorphism of F (as a group). In addition, we reconstruct a part of the celebrated work of Brin again on the automorphisms of F based on a viewpoint from the theory of dynamical systems.

D. 講義

1.「数理科学基礎」,「同演習」: 学部 1 年生を対象とした必修教養科目.
2.「微分積分学 1 」,「数学基礎理論演習」: 学部 1 年生を対象とした必修教養科目.
3.「微分積分学 2 」,「微分積分学演習」: 学部 1 年生を対象とした必修教養科目.
4.「全学自由研究ゼミナール」:「作って，見て，触って理解する幾何学」と題したゼミナール．対象は主に学部 1 年生.
5.「幾何学 XD・微分幾何学 II」リーマン幾何学への入門，500 番台講義，対象は学部 4 年生および大学院生.
6.「社会数理実践研究」

E. 修士・博士論文

1. 鈴木彰「双曲空間内の部分多様体のガウス写像について」

F. 対外研究サービス

1. 日本数学会メモワール編集委員

河澄 響矢 (KAWAZUMI Nariya)

A. 研究概要

主たる関心は Riemann 面のモジュライ空間の位相を明らかにすることにある。近年は、Goldman Turaev Lie 双代数と写像類群および自由群の自己同型群のねじれ安定コホモロジーを中心に研究している。

1. (久野雄介氏 (津田塾大・学芸) との共同研究) 任意の境界つきの向きづけられた連結コンパクト曲面について、その 基本亜群の「完備亜群環」が Goldman Turaev Lie 双代数に関して対合的双加群となることを示した。これにより Johnson 準同型像の幾何的な制約条件が発見された。たとえば森田トレースは全てこの制約条件の外側にある [B8]。
2. (福原真二氏（津田塾大名誉教授）および久野氏との共同研究) 曲面上の基点つき単純閉曲線の対数における Turaev 余加群構造射の値に Bernoulli 数が現れることを証明し、同時に Bernoulli 数に関する Kronecker 関係式の一般化を定式化し証明した [B4]。
3. 種数 0 の境界付き曲面について、指数関数による群状展開に関する Turaev 余括弧積のテンソル表示を与えた [B6]。 Turaev 余括弧積のテンソル表示で完全に計算されたのは、これが初めてだった。
4. (Anton Alekseev 氏 (Genève 大), 久野氏および Florian Naef 氏 (MIT) との共同研究) 任意の向きづけられた連結コンパクト曲面について、曲面の基本群の生成系と接束の framing を適切に固定した場合に、対応する柏原 Vergne 問題を定式化し、正則ホモトピー版の Turaev 余括弧積が formal な記述をもつことを証明した。とくに、正則ホモトピー Turaev 余括弧積に由来する Johnson 準同型像の制約条件は榎本佐藤トレースによるものと同値である [B2][B5]。翻って、群状展開が Goldman 括弧積の形式表示を与えるならば、それは特殊・斜交展開の共役となることを証明した [B1]。以上の研究の副産物として空でない境界をもつ向きづけられた連結コンパクト曲面について framing のホモトピー集合における写像類群作用の軌道集合を計算した [B3]。
5. (久野氏および Naef 氏との共同研究) [B5] の考察の中心にある二重発散コサイクルを Turaev による gate derivative の二重版を用いて位相的に再構成し、[B5] の証明の位相的簡略化を行った。
6. (Christine Vespa 氏 (Strasbourg 大) との共同研究) 自由群の自己同型群のねじれ安定コホモロジーについて PROP 構造を導入した。
7. (Arthur Soulié 氏 (Glasgow 大) との共同研究) 写像類群のねじれ安定コホモロジー群であって、自明係数コホモロジー代数の上で自由とはならない例を発見し、この代

数の上での Tor 群を計算した。

8. Siegel 上半空間に由来する Laplace 作用素に関して Kawazumi-Zhang 不変量は、d'Hoker-Green-Pioline-Russo によって種数 2 で固有函数であることが示されている。これに対して非超楕円的種数 3 では固有函数ではないことを証明した。

My primary interest has been in clarifying the topology of the moduli space of compact Riemann surfaces. In this decade, I mainly study the Goldman-Turaev Lie bialgebra and the stable twisted cohomology of the mapping class group and the automorphism group of a free group.

1. (a joint work with Yusuke Kuno (Tsuda University)) We showed the free vector space over the fundamental groupoid on a compact borderd oriented surface is a Goldman-Turaev involutive bimodule. As an application, we found out a geometric constraint on the image of the Johnson homomorphism of the largest Torelli group [B8]. For example, all the Morita traces are outside of our constraint.
2. (a joint work with Shinji Fukuhara (Tsuda University) and Kuno) We proved that the Bernoulli numbers appear in the value of the Turaev comodule structure map at the logarithm of a based simple closed curve on a surface, and formulated and proved a generalization of Kronecker formula for the Bernoulli numbers [B4].
3. We computed the tensor description of the Turaev cobracket on the genus 0 bordered surface with respect to the group-like expansion coming from the exponential function [B6]. This was the first complete computation of the tensor description of the Turaev cobracket.
4. (a joint work with Anton Alekseev (U. Genève), Kuno and Florian Naef (MIT)) We formulated a variant of the Kashiwara-Vergne problem for any compact connected oriented surface with a generating system of its fundamental group and a suitable framing of its tangent bundle, and gave a formal description of a regular homotopy version of the Turaev cobracket on the surface. In particular, the constraint of the Johnson image coming from the regular homotopy Turaev cobracket is equivalent to that from the Enomoto-Satoh trace [B2][B5]. Moreover we prove that any group-like expansion inducing a formal description of the Goldman bracket is conjugate to a special/symplectic expansion [B1]. As a biproduct of these works, we computed the mapping class group orbits in the homotopy set of framings of a compact connected oriented surface with non-empty boundary [B3].
5. (a joint work with Kuno and Naef) Using a double version of Turaev's gate derivatives, we re-construct the double divergence, which plays a central role in [B5], topologically. This leads us to a topological abbreviation of the proof of [B5].
6. (a joint work with Christine Vespa (U. Strasbourg)) We introduced a PROP structure to the stable twisted cohomology of the automorphism group of a free group.
7. (a joint work with Arthur Soulié(U. Glasgow)) We discovered the first example of a module of the mapping class group whose stable cohomology group is NOT a free module over the stable cohomology algebra with trivial coefficients. Moreover we computed its Tor-group over the algebra.
8. With respect to the Laplacian coming from the Siegel upper-half space, the Kawazumi-Zhang invariant on the mod-

uli space of compact Riemann surfaces was proved to be an eigenfunction in genus 2 by d'Hoker-Green-Pioline-Russo. We proved it is not an eigen-function of the Laplacian in non-hyperelliptic genus 3.

B. 発表論文

1. A. Alekseev, N. Kawazumi, Y. Kuno and F. Naef: "Goldman-Turaev formality implies Kashiwara-Vergne", to appear in: Quantum Topology
2. A. Alekseev, N. Kawazumi, Y. Kuno and F. Naef: "The Goldman-Turaev Lie bialgebra in genus zero and the Kashiwara-Vergne problems", Adv. Math. **326** (2018) 1–53.
3. N. Kawazumi: "The mapping class group orbits in the framings of compact surfaces", Quarterly J. Math., **69** (2018) 1287–1302.
4. S. Fukuhara, N. Kawazumi and Y. Kuno: "Self-intersections of curves on a surface and Bernoulli numbers", Osaka J. Math., **55** (2018) 761–768.
5. A. Alekseev, N. Kawazumi, Y. Kuno and F. Naef: " Higher genus Kashiwara-Vergne problems and the Goldman-Turaev Lie bialgebra", C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. I. **355** (2017) 123–127.
6. N. Kawazumi: "A tensorial description of the Turaev cobracket on genus 0 compact surfaces", RIMS Kokyuroku Bessatsu **B66** (2017) 1–13.
7. N. Kawazumi and Y. Kuno: " The Goldman-Turaev Lie bialgebra and the Johnson homomorphisms", 'Handbook of Teichmueller theory', edited by A. Papadopoulos, Volume V, EMS Publishing House, Zurich, (2016) pp. 98–165.
8. N. Kawazumi and Y. Kuno: "Intersections of curves on surfaces and their applications to mapping class groups", Ann. Inst. Fourier. **65** (2015) 2711–2762.
9. N. Kawazumi: "Some algebraic aspects of the Turaev cobracket", preprint, arXiv: 1904.06686 (2019).

C. 口頭発表

1. Johnson homomorphisms and the Morita-Penner cocycle — a survey, 2018 年 9 月 13 日, 102e rencontre entre mathématiciens et physiciens théoriciens 'Combinatorics, topology, and biology,' IRMA, University of Strasbourg. (フランス)
2. Dehn twists and the Goldman-Turaev Lie bialgebra, 2018 年 11 月 30 日, 2018 Seoul-Tokyo Conference 'Geometry and Topology' KIAS, Seoul (韓国)
3. Formal description of the Goldman bracket, revisited, 2019 年 3 月 14 日, Séminaire GT3, IRMA, University of Strasbourg. (フランス)
4. The Turaev cobracket and gate double derivatives 2019 年 6 月 3 日, Conference: New developments in quantum topology, Department of Mathematics, University of California, Berkeley. (アメリカ合衆国)
5. グラフと曲線 2019 年 7 月 13 日, 高校生のための現代数学講座「いろいろな幾何学」東京大学玉原国際セミナーハウス
6. Gate double derivatives, 2019 年 7 月 18 日, 'Expansions, Lie algebras and Invariants', CRM, Montreal (カナダ)
7. Gate double derivatives, 2019 年 9 月 23 日, Geometry and Topology seminar, Mathematics Research Unit, University of Luxembourg (ルクセンブルク)
8. Formality of the Goldman bracket, Seminar "Homotopy Algebra and Geometry", 2019 年 9 月 27 日, Mathematics Research Unit, University of Luxembourg (ルクセンブルク)
9. A double version of Turaev's gate derivatives, Sé minaire Algèbre et topologie, 2019 年 10 月 22 日, IRMA, University of Strasbourg. (フランス)

10. ゴールドマン括弧積と写像類群, 研究集会「タイヒミュラー空間と双曲幾何学」, 2020 年 2 月 12 日, 静岡県男女共同参画センター

D. 講義

1. 常微分方程式: 常微分方程式の基礎。(教養学部理科一類 2 年生向け講義)
2. 幾何学 I・幾何学特別演習 I : C^∞ 多様体の入門講義および演習。(理学部 3 年生向け講義)

E. 修士・博士論文

1. (課程博士) 若月 駿 (WAKATSUKI Shun): Brane coproducts and their applications.
2. (課程博士) 石橋 典 (ISHIBASHI Tsukasa): Geometry of cluster modular groups.
3. (課程博士) 茅原 涼平 (CHIHARA Ryohei): SO(3)-invariant G_2-geometry.

F. 対外研究サービス

1. 研究集会「ジョンソン準同型とその周辺 2019」世話人, 2019 年 5 月
2. 研究集会「リーマン面に関連する位相幾何学」世話人, 2019 年 9 月
3. 研究集会「Super-Riemann surfaces and related topics」世話人, 2019 年 12 月
4. 日本数学会学術委員会委員, 2018 年 7 月から

H. 海外からのビジター

1. Arthur SOULIÉ, 19/06/10 -19/06/14, University of Strasbourg/attaché temporaire d'enseignement et de recherche, 写像類群のねじれ係数安定コホモロジーについて共同研究を進めた。
2. Florent SCHAFFHAUSER, 19/07/04 - 19/07/15, University of Strasbourg/USIAS Researcher, トポロジー火曜セミナー（7 月 9 日）「Mod 2 cohomology of moduli stacks of real vector bundles」
3. Anton ZEITLIN, 19/11/30 - 19/12/07, Louisiana State University/Assistant Professor, 研究集会「Super-Riemann surfaces and related topics」において連続講演（合計 7 時間 3 0 分）を行っていただいた。
4. Christine VESPA, 19/12/14 - 19/12/28, University of Strasbourg/Associated Professor, 写像類群および自由群の自己同型群のねじれ係数安定コホモロジーの PROP 構造について共同研究を進めた。

河東 泰之 (KAWAHIGASHI Yasuyuki)

A. 研究概要

Bultinck-Mariëna-Williamson-Şahinoğlu-Haegemana-Verstraete の最近の結果の数学的構造と，部分因子環論における対称双ユニタリ平坦接続およびチューブ代数の数学的構造が同一であることを証明した．より詳しくは，有限指数，深さ有限の部分因子環から生じる対称双ユニタリ平坦接続が，彼らの扱っているテンソルのすべての条件を満たすこと及び，それから生じるチューブ代数と彼らのテンソルから生じるエニオン代数が同型であることを示した．これより Verlinde 公式が成り立っていることが分かる．

We have shown that the mathematical structures in a recent work of Bultinck-Mariëna-Williamson-Şahinoğlu-Haegemana-Verstraete are the same as those of flat symmetric bi-unitary connections and the tube algebra in subfactor theory. More specifically, a system of flat symmetric bi-unitary connections arising from a subfactor with finite index and finite depth satisfies all their requirements for tensors and the tube algebra for such a subfactor and the anyon algebra for such tensors are isomorphic up to the normalization constants. The Verlinde formula follows from this identification.

B. 発表論文

1. M. Bischoff, Y. Kawahigashi, R. Longo, K.-H. Rehren, "Phase boundaries in algebraic conformal QFT", Commun. Math. Phys. **342** (2016), 1–45.

2. M. Bischoff, Y. Kawahigashi, R. Longo, K.-H. Rehren, "Tensor categories and endomorphisms of von Neumann algebras (with applications to Quantum Field Theory)", SpringerBriefs in Mathematical Physics Vol. **3**, 2015.
3. M. Bischoff, Y. Kwahigashi, R. Longo, "Characterization of 2D rational local conformal nets and its boundary conditions: the maximal case", Doc. Math. **20** (2015), 1137–1184.
4. S. Carpi, Y. Kawahigashi, R. Longo, M. Weiner, "From vertex operator algebras to conformal nets and back", Mem. Amer. Math. Soc. **254** (2018), no. 1213, vi+85 pp.
5. Y. Kawahigashi, "Conformal field theory, tensor categories and operator algebras", J. Phys. A **48** (2015), 303001, 57 pages.
6. Y. Kawahigashi, "A remark on gapped domain walls between topological phases", Lett. Math. Phys. **105** (2015), 893–899.
7. Y. Kawahigashi, "A relative tensor product of subfactors over a modular tensor category", Lett. Math. Phys. **107** (2017), 1963-1970.
8. Y. Kawahigashi, The relative Drinfeld commutant of a fusion category and α-induction, to appear in Internat. Math. Res. Notices. **2019** (2019), 6304–6316.
9. Y. Kawahigashi, "Conformal field theory, vertex operator algebras and operator algebras", Proceedings of the International Congress of Mathematicians, Vol. III, 2597–2616, World Scientific, Rio de Janeiro, 2018.
10. Y. Kawahigashi, A remark on matrix product operator algebras, anyons and subfactors, to appear in Lett. Math. Phys.

C. 口頭発表

1. Conformal field theory and operator algebras, Mini-course (three talks), Universidad Nacional Autónoma de MÃĽxico (Mexico), May 2019.
2. Anyons, matrix product operator algebras and subfactors, "Interactions between Noncommutative Analysis and Quantum Information Theory", Harbin (China), June 2019.
3. Anyons, matrix product operator algebras and subfactors, "The Mathematical Foundations of Conformal Field Theory and Related Topics", Chern Institute of Mathematics (China), June 2019.
4. Anyons, matrix product operator algebras and subfactors, "Operator Algebras and Applications", Simons Center for Geometry and Physics (U.S.A.), June 2019.
5. Matrix product operator algebras, anyons and subfactors, "In and Around Topological Physics", Beijing (China), July 2019.
6. Matrix product operator algebras, anyons and subfactors, "C^*-algebras", Oberwolfach (Germany), August 2019.
7. Matrix product operator algebras, anyons and subfactors, Functional Analysis Seminar, UCLA (U.S.A.), October 2019.
8. Matrix product operator algebras, anyons and subfactors, Operator algebra seminar, Fields Institute (Canada), November 2019.
9. Mathematics of topological quantum computing and operator algebras, "Indo-Japan Joint Workshop on Quantum Computing and Quantum Information", Indian Statistical Institute, Kolkata (India), January 2020.
10. Topological phases of matter, tensor categories and operator algebras, "Noncommutative Geometry and its Applica-

tions", National Institute of Science, Education and Research (India), January 2020.

D. 講義

1. 数理科学の研究フロンティア : 宇宙，物質，生命，情報 : 理研の若手研究者によるオムニバス講義のコーディネート．(教養学部 1,2 年生講義)
2. 解析学 VI・解析学特別演習 III : Fourier 解析と超関数．(理学部 3 年生講義)

E. 修士・博士論文

1. (修士) 粟津光 (AWAZU Hikaru): On the permanence properties of residually exact groups
2. (修士) 羽柴康仁 (HASHIBA Yasuhito): On central sequence algebras of tensor product von Neumann algebras
3. (博士) 野島遼 (NOJIMA Ryo): On Induction for Twisted Representations of Conformal Nets

F. 対外研究サービス

1. *Communications in Mathematical Physics* の editor.
2. *International Journal of Mathematics* の editor.
3. *Japanese Journal of Mathematics* の managing editor.
4. *Journal of Mathematical Physics* の associate editor.
5. *Journal of Mathematical Sciences, the University of Tokyo* の editor-in-chief.
6. *Reviews in Mathematical Physics* の associate editor.
7. Mathematical Physics Studies (Springer) の editor.
8. 日本数学会「第 23 回高木レクチャー」(京都大学数理解析研究所，2019 年 6 月 8 日) のオーガナイザー.
9. サマースクール数理物理「グラフの数理と物理」(東京大学大学院数理科学研究科，2019 年 8 月 23–25 日) のオーガナイザー.
10. "Subfactors and Applications" (Oberwolfach, Germany, 2019 年 10 月 27 日〜11 月 2 日) のオーガナイザー.
11. 日本数学会「第 24 回高木レクチャー」(東京大学数物連携宇宙研究機構，2019 年 12 月 8 日) のオーガナイザー.
12. "East Asian Core Doctoral Forum on Mathematics" (東京大学数物連携宇宙研究機構, 2020 年 1 月 14〜17 日) のオーガナイザー.
13. 「物質のトポロジカル相の理論的探究」(東京大学大学院数理科学研究科，2020 年 1 月 26〜28 日) のオーガナイザー.

儀我 美一 (GIGA Yoshikazu)

A. 研究概要

非平衡非線形現象の解析は、材料科学、流体力学のような自然科学だけではなく、産業技術にとっても重要である。そのために拡散現象を記述する非線形拡散方程式の数学解析は、現象に対しさまざまな理論を構築するうえで鍵となる。そのため、解の存在・一意性のような基礎的問題から解の解析的性質の解析を行った。典型的成果は以下のとおりである。

1. ナヴィエ・ストークス方程式 : 3 次元流の場合、初速度の大きさの制限をつけずに時間無限大までなめらかな解が存在するかは、有名な未解決問題で、2000 年に提示されたクレイ社の 7 つの難問のうちの 1 つになっている。一方で、地球の大気のような薄膜上の流体の場合、異方的ナヴィエ・ストークス方程式より導出されたプリミティブ方程式がしばしば用いられている。この方程式については 3 次元流であっても時間大域的な滑らか解の存在が知られている。しかし、そのためには、初期値の滑らかさの仮定をある程度必要としていた。ここでは、従来のヒルベルト空間の理論をエル・ピー空間に拡張したり、垂直方向と水平方向に異方性のある空間に拡張した。特に、スケール不変の初期値について可解性を示した。
2. 異常拡散流：汚染物質が土中を拡散する場合は、必ずしも通常の拡散方程式に従って

拡散しないことが知られている。この現象を記述するのに、時間分数冪微分を持つ拡散方程式が用いられている。この方程式については超関数論的な解の概念が知られているが、最大値原理に基づいた粘性解の概念はなかった。そこで、非線形方程式にも拡張できるように粘性解の概念を拡張した。問題が非局所的なので、粘性解の概念、特に比較原理を確立することは難しかったが、適切な枠組を見つけることにより解決した。

3. 結晶表面の成長速度：結晶表面の成長メカニズムとして、2 次元核生成によるものと、渦巻転位によるものの 2 つが典型的である。渦巻成長については、その成長を表す方程式は古くから知られているが、その成長速度については全くわかっていない。2 次元核生成の場合についてさえ、成長速度は研究されていなかった。その理由は、表面での水平方向への広がりの速さに、その等高線の曲率が関係して、2 階方程式になってしまうからである。数学解析では、時間無限大での解の挙動はハミルトン・ヤコビ方程式を中心に活発に研究されているが、その設定に含まれない問題である。この問題に対して、核生成が起こる場所の形状により、成長速度が大きく異なりうることを示した。このレベルでも新発見であった。

Analysis of nonlinear nonequilibrium phenomena is important not in natural sciences including materials science, fluid mechanics but also in industrial technology. Mathematical analysis on nonlinear diffusion equations is a key to form various theoretical foundation for phenomena. For this purpose we analyze not only fundamental problems like unique existence of a solution but also analytic properties of solutions. Here is explanation of our typical achievements.

1. Navier-Stokes equations: It is a famous open problem whether or not a smooth solution exists globally-in-time for three-dimensional flow when the initial velocity is not necessarily small. This problem became one of the famous seven unsolved mathematical problems posed by Clay Institute in 2000. If one considers a fluid in a thin film like the atmosphere, the primitive equation derived from some anisotropic Navier-Stokes equations is often used. For this equation, it is known that there exists a global smooth solution even for three-dimensional flow. However, in the original work, there requires some smoothness of initial data. In our research, we extend a Hilbert space theory to el pi spaces and anisotropic spaces, which distinguishes vertical and horizontal direction. In particular, we prove the solvability for initial data in a function space which is scaling invariant.
2. Anomalous diffusion flow: It is well-known that the conventional diffusion equation does not describe the diffusion phenomena of contaminated substance in the soil. To describe such phenomena, diffusion equation with fractional time derivative is introduced. The notion of a solution in the sense of distribution is well-known. However, the notion of viscosity solutions was not known. We extend the notion of viscosity solutions so that it applies nonlinear equations. Since the problem is non-local, it is difficult to establish the notion of viscosity solution, especially the comparison principle. We overcome this difficulty by introducing a suitable framework.
3. Growth rate of a crystal surface: There are two typical mechanisms of the growth of a crystal surface. One is by two-dimensional nucleations, the other is by screw dislocations. The equation which describes screw dislocations is well-known. However, its growth rate has been unknown. The growth rate

even for two-dimensional nucleation was not studied. The reason is that the horizontal spreading velocity depends on the curvature so that the equation becomes an equation of the second order. In mathematical analysis, large time behavior has been actively studied for the Hamilton-Jacobi equation. However, our setting is not included in such a theory. For this problem, we show that the growth rate depends on the shape of the nucleation place, which is a new discovery.

B. 発表論文

1. T.-H. Miura, Y. Giga and C. Liu : "An energetic variational approach for nonlinear diffusion equations in moving thin domains", Adv. Math. Sci. Appl. **27** (2018), 115–141.
2. R. Farwig, Y. Giga and P.-Y. Hsu : "On the continuity of the solutions to the Navier-Stokes equations with initial data in critical Besov spaces", Ann. Mat. Pura Appl. **198** (2019), 1495–1511.
3. Y. Giga, M. Muszkieta and P. Rybka : "A duality based approach to the minimizing total variation flow in the space H^{-s}", Jpn. J. Ind. Appl. Math. **36** (2019), 261–286.
4. Y. Giga, N. Kajiwara and K. Kress : "Strong time-periodic solutions to the bidomain equations with arbitrary large forces", Nonlinear Anal. Real World Appl. **47** (2019) 398–413.
5. Y. Giga, H. V. Tran and L. Zhang : "On obstacle problem for mean curvature flow with driving force", Geom. Flows **4** (2019), 9–29.
6. Y. Giga, Q. Liu and H. Mitake : "On a discrete scheme for time fractional fully nonlinear evolution equations", Asymptot. Anal., Pre-press (2019), 1–12.
7. Y. Giga, Z. Gu and P.-Y. Hsu : "Continuous alignment of vorticity direction prevents the blow-up of the Navier-Stokes flow under the no-slip boundary condition", Nonlinear Anal. **189** (2019), 111579.
8. Y. Giga, H. Mitake and H. V. Tran : "Remarks on large time behavior of level-set mean curvature flow equations with driving and source terms", Discrete Contin. Dyn. Syst. Ser. B, Online First (2019).
9. Y. Giga, M. Gries, M. Hieber, A. Hussein and T. Kashiwabara : "Analyticity of solusions to the primitive equations", Math. Nachr. **293** (2020), 284–304.
10. Y. Giga and Y. Ueda : "Numerical computations of split Bregman method for fourth order total variation flow", J. Comput. Phys. **405** (2020), 109114.

C. 口頭発表

1. On total variation flow type equations, PDE seminar series, Shangai New York University, China, 2019 年 4 月.
2. 数学特別講義「全変動流型方程式」／ 数理解析学特別講義「全変動流型方程式 A・B」, 北海道大学理学部, 2019 年 7 月.
3. 国際数学研究所ニセコの提案, 社会の持続的発展の鍵としての数学と数学の研究所の必要性, ニセコ町役場, 2019 年 9 月.
4. On the large time behavior of solutions to birth and spread type equations, Dynamics, Equations and Applications (DEA 2019), AGH University of Science and Technology, Poland, 2019 年 9 月.
5. 成長する結晶表面 – 現代微分方程式論への招待, 駒場サイエンス倶楽部, 東京大学教養学部統合自然科学科, 2019 年 11 月.
6. On total variation flow type equations, AustMS 2019, Monash University, Australia, 2019 年 12 月.
7. On total variation flow under dynamic boundary conditions, Qualitative Properties for Nonlinear Diffusion Equations, Graduate School of Mathematical Sci-

ences, The University of Tokyo, Japan, 2020 年 1 月.

D. 講義

1. 数物先端科学 Ⅳ, 解析学 XH : 微分方程式の解の一意性問題. (数理大学院・4 年生共通講義)
   微分方程式論、特に非線形方程式論においては、しばしば解の存在問題より一意性問題がより重要になる。本講義では、常微分方程式の非 Lipschitz 型の解の一意性（Osgood 条件）から始め、速度場が解に対して単調性を持つ場合、あるいは体積保存が成り立つような場合に、解の一意性がどこまでいえるかについて述べる。さらに、保存則やハミルトン・ヤコビ方程式といった偏微分方程式についての解の一意性を示す標準的な手法を紹介する。

E. 修士・博士論文

1. (課程博士) 古川 賢 (FURUKAWA Ken): On asymptotic behavior and maximal regularity of the Navier-Stokes equations and related problems (ナヴィエ・ストークス方程式とそれに関連する問題に対する漸近挙動と最大正則性について).
2. (修士) 佐藤 翔一 (SATO Shoichi): Equivalence of viscosity solutions and distributional solutions for the time-fractional heat equation (時間分数冪熱方程式の粘性解と超関数解の同値性).
3. (修 士) 鶴 橋 知 典 (TSURUHASHI Tomonori): Convex integration approach to a divergence equation (発散方程式に対する凸積分の方法について).

F. 対外研究サービス

〈委員会委員等〉

1. 科学技術政策研究所科学技術動向センター専門調査員 (2002 年–)
2. 日本応用数理学会評議員 (2006 年–)

〈雑誌のエディター〉

1. Advances in Differential Equations (Editor-in-chief)
2. Advances in Mathematical Sciences and Applications
3. Boletim da Sociedade Paranaense de Matemática
4. Calculus of Variations and Partial Differential Equations
5. Differential and Integral Equations
6. Evolution Equations and Control Theory
7. Hokkaido Mathematical Journal
8. Interfaces and Free Boundaries
9. Journal of Mathematical Fluid Mechanics
10. Journal of Mathematical Sciences, The University of Tokyo
11. Mathematische Annalen

〈研究集会のオーガナイズ〉

1. 儀我 美一, 須藤 孝一, 横山 悦郎, 表面・界面ダイナミクスの数理 17, 東京大学大学院数理科学研究科, 2019 年 4 月 17 日–19 日.
2. Yoshikazu Giga, Maria Schonbek, Tsuyoshi Yoneda, Recent topics on well-posedness and stability of incompressible fluid and related topics, Mathematical Sciences Research Institute, USA, 2019 年 7 月 22 日–8 月 2 日.
3. 栄 伸一郎, 小澤 徹, 儀我 美一, 久保 英夫, 黒田 紘敏, 坂上 貴之, 神保 秀一, 津田谷 公利, 浜向 直, 第 44 回偏微分方程式論札幌シンポジウム, 北海道大学理学部, 2019 年 8 月 5 日–7 日.
4. Yoshikazu Giga, Kohichi Sudoh, Etsuro Yokoyama, Mathematical Aspects of Surface and Interface Dynamics 18, Graduate School of Mathematical Sciences, The University of Tokyo, Japan, 2019 年 10 月 16 日–18 日.
5. Sumio Yamada, Yoshikazu Giga, Richard Schoen, Geometric Analysis and General Relativity, Graduate School of Mathematical Sciences, The University of Tokyo, Japan, 2019 年 11 月 21 日–23 日.

6. Yoshikazu Giga, Toshitake Kohno, Keiji Oguiso, Tsuyoshi Yoneda, UTokyo-NTU Joint Symposium in Mathematics, Graduate School of Mathematical Sciences, The University of Tokyo, Japan, 2019 年 12 月 9 日–10 日.

H. 海外からのビジター

1. Giuseppe Mingione (Università di Parma)
   (講演) Recent progresses in nonlinear potential theory, 第 101 回 PDE 実解析研究会, 東京大学大学院数理科学研究科, 2019 年 6 月 4 日.
2. Piotr Rybka (University of Warsaw)
   (講演) Ways to treat a diffusion problem with the fractional Caputo derivative, 第 102 回 PDE 実解析研究会, 東京大学大学院数理科学研究科, 2019 年 6 月 18 日.
3. Peter Topping (University of Warwick)
   (講演) Starting Ricci flow with rough initial data, 第 104 回 PDE 実解析研究会, 東京大学大学院数理科学研究科, 2019 年 11 月 19 日.
   (講演) Gradient flows for the harmonic map energy, Geometric Analysis and General Relativity, 東京大学大学院数理科学研究科, 2019 年 11 月 22 日.
4. Richard Schoen (University of California, Irvine)
   (講演) The problem of quasi-local mass in general relativity, Geometric Analysis and General Relativity, 東京大学大学院数理科学研究科, 2019 年 11 月 23 日.
5. Tobias Barker (École normale supérieure)
   (講演) Vorticity alignment vs vorticity creation at the boundary, UTokyo-NTU Joint Symposium in Mathematics, 東京大学大学院数理科学研究科, 2019 年 12 月 10 日.

連携併任講座

学習院大学　横山 悦郎

河野 俊丈 (KOHNO Toshitke)

A. 研究概要

1. ホロノミー表現と高次の圏への拡張

ホロノミー表現を函手として高次の圏に拡張する理論を確立した．多様体の基本群の線形表現は，平坦ベクトル束のホロノミー表現と対応するが，この構成を，K.-T. Chen による形式的ホモロジー接続を用いて，高次のホモトピー亜群の高次圏としての表現に拡張した．特に，超平面配置について，形式的ホモロジー接続を具体的に記述し，超平面配置の補集合のホモトピー 2 型について調べた．また，配置空間の場合に，高次の KZ 接続を定義し，これまでに得られいた KZ 方程式のモノドロミー表現と量子群との関係を圏化することについて研究した．応用として組みひもコボルディズムのなす 2 次の圏の表現を構成し，2 次元組みひもの位相不変量を定義した．

2. 組みひも群のホモロジー表現の量子対称性

組みひも群のホモロジー表現は，点付き円板の写像類群としての，配置空間のアーベル被覆のホモロジー群への作用として定義され，Krammer, Bigelow らによって研究された．KZ 方程式の解の超幾何関数による積分表示を用いて，組みひも群のホモロジー表現と KZ 方程式のモノドロミー表現との関連を明らかにした．共形場理論の場合は無限遠でレゾナントであり，共形ブロックへの組みひも群の表現は量子群の 1 のベキ根における表現の対称性をもつ．この場合に，積分サイクルの構造を詳しく調べて，KZ 方程式が，代数多様体の周期積分の満たす微分方程式として表されること，つまり，Gauss-Manin 接続として表示されることを示した．

1. Holonomy representations and their extension to higher categories

I established a theory to extend holonomy representations as functors in higher categories. Linear representations of the fundamental groups of manifolds correspond to the holonomy representations of flat vector bundles over the manifolds. I generalized this construction to higher categories. By means of the notion of formal homology connections due to K.-T. Chen I investigated the theory representa-

tions of homotopy path groupoids as higher categories. In particular, in the case of hyperplane arrangements, I gave an explicit description of formal homology connections and studied homotopy 2-types of the complement of hyperplane arrangements. I defined higher KZ connections for configuration spaces and investigated a categorification of the monodromy representations of KZ connections and quantum groups. As an application I constructed representations of the 2-category of braid cobordisms and defined topological invariants for 2-dimensional braids.

2. Quantum symmetry in homological representations of braid groups

Homological representations of braid groups are defined as the action of homeomorphisms of a punctured disk on the homology of an abelian covering of its configuration space. These representations were extensively studied by Krammer and Bigelow. I described a relation between homological representations of braid groups and the monodoromy representations of KZ connections based on solutions of the KZ equation expressed by hypergeometric integrals. I also studied the case of resonance at infinity appearing in conformal field theory and investigated the structure of integration cycles. In this case I described the symmetry by quantum groups at roots of unity. I showed that the KZ equation is represented as a differential equation satisfied by period integrals for certain algebraic varieties, and is expressed as a Gauss-Manin connection.

B. 発表論文

1. T. Kohno : *Higher holonomy maps of formal homology connections and braid cobordisms*, Journal of Knot Theory and Its Ramifications Vol. 26 (2016), 1642007 (14 pages), DOI: 10.1142/S0218216516420074
2. T. Kohno : *Quantum representations of braid groups and holonomy Lie algebras*, Advanced Studies in Pure Mathematics 72 (2017), 117-144.
3. T. Kohno : *Configuration spaces, KZ connections and conformal blocks*, Topology of Arrangements and Representation Stability, Oberwolfach Reports No.2 (2018), 52-54 DOI: 10.4171/OWR/2018/2
4. T. Kohno : *Homological representations of braid groups and the space of conformal blocks*, F. Callegaro et al. (eds.), Perspectives in Lie Theory, Springer INdAM Series 19, DOI 10.1007/978-3-319-58971-8, 2018.
5. T. Kohno : *Higher holonomies for hyperplane arrangements*, European Journal of Mathematics, (2019), 1-23 DOI 10.1007/s40879-019-00382-z
6. T. Kohno : *Higher holonomy and iterated integrals*, preprint, 2020.
7. 著書, 河野俊丈：結晶群, 共立出版，2015年, 200 ページ.

C. 口頭発表

1. Local systems on configuration spaces, KZ connections and conformal blocks, Topology of Arrangements and Representation Stability, Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach, January 2018.
2. Higher category extensions of KZ connections and representations of braid cobordisms, 101e rencontre entre mathématiciens et physiciens théoriciens, IRMA, Strasbourg, June 2018.
3. Introduction to representation theory of braid groups, The 1st International Undergraduate Mathematics Summer School Peking University, July 2018.
4. Quantum symmetry in homological representations of braid groups, East Asian Conference on Geometric Topology, Peking University, January 2019.
5. Mathematical forms - collection of ge-

ometric models at the University of Tokyo, Tokyo-Berkeley Symposium - Forms in Nature and Art, The University of Tokyo, January 2019.

6. Higher category extensions of holonomy maps and iterated integrals, The 14th Algebra-Analysis-Geometry Seminar, Kagoshima University, February 2019.
7. Higher category extensions of holonomy maps and iterated integrals, Higher structures in algebra, geometry and quantum field theory, University of Hamburg, February 2019.
8. Higher holonomy maps and iterated integrals, New trends in geometry and mathematical physics, CSF Monte Verità, August 2019.
9. Mathematical forms - geometric models, lattices and crystals, Design Innovation from Nature Symposium, Jacobs Hall, UC Berkeley, November 2019.
10. Higher holonomy maps and iterated integrals, Hyperplane Arrangements and Singularities, Graduate School of Mathematical Sciences, the University of Tokyo, December 2019.

D. 講義

1. 数学講究 XA，数学特別講究：一般ホモロジー，K 理論， トーション不変量などを扱った．(4 年生セミナー)
2. 数学講究 XB : 結晶群と幾何構造を扱った．(4 年生オムニバス講義)

E. 修士・博士論文

1. (課程博士) 浅尾泰彦 (ASAO Yasuhiko): Magnitude homology and Vietoris-Rips homology of geodesic metric spaces (測地的距離空間のマグニチュードホモロジー及びヴィートリス・リップスホモロジー)

F. 対外研究サービス

1. 数物フロンティア・リーディング大学院プログラム (FMSP) プログラム責任者
2. カブリ数物連携宇宙研究機構 (Kavli IPMU) 主任研究者（兼任）
3. Kyushu Journal of Mathematics, Editor.
4. Annales de l'Institut Henri Poincaré D, Editor.
5. East Asian Conference on Geometric Topology, Program Committee Member.

小林 俊行 (KOBAYASHI Toshiyuki)

A. 研究概要

2015–2019 の期間では，主に以下の 4 テーマの理論構築を行い，総計で約 1,400 ページの論文を著した。本文中では 2019 年の文献は後述の「B. 発表論文」における番号 [1], [2], ··· で表記する。

1. 対称性破れ作用素の構成と分類問題

筆者の長年のモチーフである「表現の分岐則」に関して，定性的理論から定量的理論に深化させるプログラムを提起した (日本数学会 70 周年記念企画特別講演 (文献 [1], [Progr. Math. '15])。

1.A.(定性的理論 1—有限性) 分岐則における重複度の有限性の幾何学的必要十分条件を発見 · 証明した [Persp. Math. 2014]。さらに，その判定条件を適用し，重複度を有限性を常に保証する対称対を分類した (松木敏彦氏と共著 [Transf. Group]).

1.B.（定性的理論 2—離散性）分岐則の離散性の判定条件 (Ann. Math., Invent. Math. '98) を極小表現に適用して離散的分岐則の生じるケースを分類した [Crelle J. 2015] (大島（芳）と共著)。

1.C.(定量的理論 1—対称性破れの微分作用素) 対称性破れ作用素の構成法 (F-method) を提唱した [Contemp. Math.]。さらに，**可視的作用**の一般理論と組み合わせて，Pevzner, Souček, Ørsted, 久保氏 等と共同で，さまざまな幾何的設定で F-method を適用し，新しい対称性破れの微分作用素の族を構成した (これらは Rankin–Cohen 作用素や Juhl の共形不変な作用素の一般化を与えている) ([Adv. Math. 2015]，[Selecta Math. 2016]，著書 [2])。

1.D. (定量的理論 2—対称性の破れの分類理論) 対称性破れ作用素を，非局所作用素まで含めて構成し，完全に分類するプログラムを提起し，その最初の成功例を与えた (著書 [1], 行列値への拡張は著書 [3], B. Speh と共同)。また，逆変換のた

めに “ホログラフィック変換” を導入した [4]。

2. 極小表現の大域解析

筆者は，表現論の通常の問題意識とは逆の視点で，極小表現をモチーフとした新しい大域解析の可能性を提唱した。特に L^2 模型の理論 (Memoirs AMS, 2011) の応用として，保型形式における，ある重複度 1 定理を証明した (G. Savin と共同，[Math. Z. 2015])．

3. 不連続群

筆者の長年のモチーフである「リーマン幾何学の枠組を越えた不連続群」について，スペクトル理論の構築に初めて踏み込んだ。幾何学的な準備として，離散群の作用の不連続性を量的に評価する sharpness という概念を導入し，高次元タイヒミュラー空間上で安定な離散スペクトラムを構成し，長編の論文 [Adv. Math. 2016] を出版した。さらに，長編の第 2 論文 [7] および [Progr. Math. 2017] で隠れた対称性を用いた微分作用素環の構造定理を証明し，それを “安定でない” スペクトラムの研究に活用した (F.Kassel と共著 [11,12])。

4. 非対称空間の大域解析

幾何学的群論の手法を援用し，非対称空間 G/H の正則表現が L^p 緩増加となるための必要十分条件を H が簡約の場合に証明し [J. Euro. Math. 2015]，それを H が一般の場合に拡張した (Y. Benoist と共同, 文献 [5])。

For the last five years, I have been working on the following research topics.

1. **Analysis on manifolds with group symmetries**

This is a challenge to the global analysis on homogeneous spaces beyond symmetric spaces.

1.A I introduced a notion of *real spherical manifolds* and established a geometric criterion for finite multiplicities in the induced/restricted representations [Adv.Math. 2013] with T.Oshima.

1.B Jointly with T. Matsuki, we classified all symmetric pairs that yield finite-multiplicity branching laws based on the criterion given in [Perspective Math. 2014].

1.C Jointly with Y. Benoist [J. Euro. Math. '15], we proved a criterion for L^p-temperedness of the regular representation on G/H in the generality that $G \supset H$ are pair of reductive groups, and in [5] for general H.

2. **Analysis on minimal representations**

Minimal representations are one of building blocks of unitary representations. Classic examples are the Weil representation. I proposed a *geometric approach* to minimal representations, by which we could expect a fruitful theory on global analysis by *maximal symmetries*. As an application of the theory of *unitary inversion operator* on the L^2-model that generalizes the Euclidean Fourier transform with G. Mano ([Memoirs of AMS, **1000**, (2011)]), we proved a global multiplicity-one theorem in automorphic form theory with G. Savin in [Math. Z. 2015].

3. **Analysis on locally symmetric spaces—beyond the Riemannian case**

Developing my long motif on discontinuous groups beyond the Riemannian case, I initiated the study on global analysis on locally non-Riemannian symmetric spaces with F. Kassel in [Adv. Math. 2016] and proved the existence of “stable spectrum” under deformation of discontinuous groups. Further new ideas are proposed in [Progr. Math. 2017] and [7,11,12].

4. **Restriction of representations: Branching problems and symmetry breaking operators**

4.A I accomplished the classification of the symmetric pairs (g, h) for which there exists an infinite-dimensional representation of G whose restriction to H is discretely decomposable in [Crelle 2015] with Y. Oshima, based on my earlier criterion [Invent. Math., Ann. Math. 1998].

4.B In the BGG category $\mathcal{O}$, I proposed a new effective method to find singular vectors (‘F-method’ [Contemp. Math. AMS, 2013]), and joint with B. Ørsted, V. Souček, P. Somberg, M. Pevzner, and T. Kubo determined explicit formulae of covariant differential operators in various geometric settings ([Adv. Math. 2015], [Selecta Math. 2016], and book [2]).

4.C With B. Speh, I classified *symmetry breaking operators* (SBOs) of principal series for a pair of Lorentz groups (books [1,3]), which give the first successful for the complete classification of SBOs. A part of this work is extended to higher rank case.

4.D As an "inversion" of the symmetry breaking, I introduced the concept of "holographic transform" joint with Pevzner [4].

B. 発表論文

(論文は 2019 年以降のもののみを記載する．2015 年 ～ 2018 年の論文は，各年度の Annual Report に記載．)

1. 小林俊行，表現の分岐則の最近の進展，日本数学会 70 周年記念特別企画，『数学』，論説，**71**(4), pp. 388–416, 2019.
2. T. Kobayashi, Admissible restrictions of irreducible representations of reductive Lie groups–Symplectic geometry and discretely decomposability, preprint, 20 pages. arXiv:1907.12964
3. T. Kobayashi, Branching laws of unitary representations associated to minimal elliptic orbits for indefinite orthogonal group $O(p,q)$, preprint, 37 pages. arXiv:1907.07994
4. T. Kobayashi and M. Pevzner, Inversion of Rankin–Cohen operators via holographic transform, preprint. 54 pages. arXiv: 1812.09733. To appear in Annales de l'Institut Fourier.
5. Y. Benoist and T. Kobayashi, Tempered homogeneous spaces, submitted for a special volume for Margulis, 32 pages. arXiv: 1706.10131. To appear in Margulis Festschrift. 34 pages.
6. T. Kobayashi and B. Speh, Distinguished representations of $SO(n+1,1) \times SO(n,1)$, periods and branching laws, preprint, 33 pages. arXiv: 1907.05890. accepted for publication in Simons Proceedings, Springer.
7. F. Kassel and T. Kobayashi. Invariant differential operators on spherical homogeneous spaces with overgroups. Journal of Lie Theory, **29**, 663–754, 2019.
8. T. Kobayashi. Conformal symmetry breaking on differential forms and some applications. In P. Kielanowski, A. Odzijewicz, and E. Previato, editors, Geometric Methods in Physics XXXVI workshop 2017, Trends in Mathematics, pages 289–308. Birkhäuser, Cham, 2019.
9. T. Kobayashi, Global analysis on manifolds and representation theory of reductive groups (多様体上の大域解析と簡約群の表現論 in Japanese), in RIMS Kôkyûroku **2139**, pp. 1–10. In:Developments in Representation Theory and Related Topics (ed. Yoshiki Oshima).
10. T. Kobayashi, A. Leontiev, Double Gegenbauer expansion of $|s-t|^{\alpha}$, Integral Transforms and Special Functions **30** (7):512–525, Published Online, 2019.
11. F. Kassel and T. Kobayashi, Spectral analysis on pseudo- Riemannian locally symmetric spaces, preprint, 6 pages. arXiv: 2001. 03292.
12. F. Kassel and T. Kobayashi, Spectral analysis on standard locally homogeneous spaces, preprint, 69 pages. arXiv: 1912.12601.

著書:

1. T. Kobayashi and B. Speh, "Symmetry Breaking for Representations of Rank One Orthogonal Groups ", Memoirs of American Mathematical Society, **238**, アメリカ数学会，2015 年, v+112 pages. ISBN: 978-1-4704-1922-6.
2. T. Kobayashi, T. Kubo, and M. Pevzner. Conformal Symmetry Breaking Operators for Differential Forms on Spheres, Lecture Notes in Mathematics. **2170**, Springer, 2016 年，ix+192 pages. ISBN:

978-981-10-2656-0.

3. T. Kobayashi and B. Speh. Symmetry Breaking for Representations of Rank One Orthogonal Groups II, Lecture Notes in Mathematics. **2234** Springer, 2018, xv+342 pages. ISBN:978-981-13-2900-5.
4. T. Kobayashi. 分担執筆，解説:リー群の表現論における最近の進展，In: 杉浦光夫『ユニタリ表現入門』, pages 214–242. 東京図書, 2018.

C. 口頭発表

1. Regular Representations on Homogeneous Spaces, (**1.A.**–**1.D.** では講演タイトル，内容は個々に異なるが，大きなテーマとしては同じなので 1 つにまとめる．) **1.A.** Representation Theory of Reductive Groups from Geometric and Analytic Methods (in honour of Simon Gindikin). Kavli IPMU, Japan, 27–28 January 2020; **1.B.** Regular Representations on Homogeneous Spaces. (plenary lecture). International Workshop: Lie Theory and Its Applications in Physics (LT-13). Varna, Blugaria, 17–23 June 2019; **1.C.** Regular Representations on Homogeneous Spaces. (opening lecture). RIMS Workshop: Developments in Representation Theory and Related Topics (orgznizer: Yoshiki Oshima). RIMS, Kyoto University, 9–12 July 2019; **1.D.** Regular Representations on Homogeneous Spaces. Dynamics of Group Actions: a conference in honor of Yves Benoist. Cetraro, Italy, 27–31 May 2019.
2. A Program for Branching Problems in the Representation Theory of Real Reductive Groups: Classification Problem of Symmetry Breaking Operators. Representation Theory inspired by the Langlands Conjectures (organized by B. Speh and P. Trapa), in connection with the AMS-AWM Noether lecture by Birgit Speh. Denver, USA, 17 January 2020.
3. Global Geometry and Analysis on Locally Symmetric Spaces—Beyond the Riemannian Case. (**3.A.**–**3.R.** では講演タイトル，内容は個々に異なるが，大きなテーマとしては同じなので 1 つにまとめる．) **3.A.** Global Analysis of Locally Symmetric Spaces with Indefinite-metric. Seminar. University of Padova, Italy, 3 June 2019. **3.B.** Global Analysis of Locally Symmetric Spaces with Indefinite-metric. Colloquium. Oklahoma State University, 3 May 2019. **3.C.** Global Analysis of Locally Symmetric Spaces with Indefinite-metric. Colloquium. Yale University, USA, 17 April 2019. **3.D.** Semisimple Symmetric Spaces and Discontinuous Groups: What I Learned from Professor Toshio Oshima. 大島利雄先生古希記念研究集会. Josai University, Tokyo, Japan, 26-27 December 2018. **3.E.** “Geometric Quantization and Applications” M. Vergne 教授記念集会. Luminy, France, 8-12 October 2018. **3.F.** Symposium on Representation Theory 2018. Tottori, Japan, 13-16 November 2018. **3.G.** Colloquium. Hiroshima University, Japan, 6 November 2018. **3.H.** (plenary lecture). The 65th Geometry Symposium. Tohoku University, Sendai, Japan, 28-31 August 2018. **3.I.** Glances at Manifolds: Aleksy Tralle 教授還暦記念研究集会. the Jagiellonian University, Krakow, Poland, 2-6 July 2018. **3.J.** Analysis on Manifolds with Symmetries and Related Structures. University of Bath, UK, 28-29 June 2016. **3.K.** Workshop: Deformation of Discrete Groups and Related Topics. Nagoya University, Nagoya, Japan, 17-18 February 2015. **3.L.** The 11th International Workshop: Lie Theory and Its Applications in Physics (LT-11). Varna,

Bulgaria, 15-21 June 2015. **3.M.** 談話会. Kyushu University, Fukuoka, Japan, 15 January 2015. **3.N.** Harmonic Analysis, Group Representations, Automorphic Forms and Invariant Theory: in honour of Roger Howe celebrating his 70th birthday (Howe 教授 70 歳記念研究集会). Yale University, USA, 1-5 June 2015. **3.O.** Seminar. Institut Élie Cartan de Lorraine, Nancy, France, 15 October 2015. **3.P.** Workshop: Branching Laws, Quantum Ergodicity, Wave Front Sets & Resonances (organized by M. Pevzner and P. Ramacher. Reims, France, 23-24 October 2015. (2 lectures). **3.Q.** Symposium on Representation Theory 2015, 伊豆長岡, Shizuoka, Japan, 17-20 November 2015. **3.R.** "Rigidity in geometry and spectral analysis on non-Riemnnnian locally homogeneous manifolds", Workshop: Deformation of Discrete Groups and Related Topics. Nagoya University, Nagoya, Japan, 17-18 February 2015.

4. The Kemeny Lectures 2017, I. "Universal sounds" of anti-de Sitter manifolds. The Kemeny lectures, II. Local to global-geometry of symmetric spaces with indefinite-metric, III. Analysis on locally pseudo-Riemannian symmetric spaces. Dartmouth College, USA, 3-5 May 2017.
5. Analysis of minimal representations-an approach to quantize nilpotent orbits. (**5.A.**–**5.C.** では講演タイトル，内容は個々に異なるが，大きなテーマとしては同じなので 1 つにまとめる．) **5.A.** Representation Theory at the Crossroads of Modern Mathematics: Alexandre Kirillov 教授 81 歳記念研究集会. Reims, France, 29 May-2 June 2017. **5.B.** (2 lectures). Analytic Representation Theory of Lie Groups. Kavli IPMU, The University of Tokyo, Japan, 1-4 July 2015. **5.C.** Conformal Geometry and Branching Problems in Representation Theory. Symposium on Representation Theory 2016. Okinawa, Japan, 29 November 29-2 December 2016. (連続講演).
6. Symmetry Breaking Operators in Conformal Geometry. (**6.A.**–**6.K.** では講演タイトル，内容は個々に異なるが，大きなテーマとしては同じなので 1 つにまとめる．) **6.A.** Branching Problems and Symmetry Breaking Operators. Geometry, Symmetry and Physics. Yale University, USA, 23 April 2019. **6.B.** Journées SL2R de théorie des représentations et analyse harmonique (Hubert Rubenthaler 教授退官記念研究集会). I.R.M.A., University of Strasbourg, France, 22-23 March 2018. **6.C.** (opening lecture). Joint meeting of X. International Symposium: Quantum Theory and Symmetries and XII. International Workshop: Lie Theory and Its Applications in Physics. Varna, Bulgaria, 19-25 June 2017. **6.D.** (plenary lecture), the XXXV Workshop on Geometric Methods in Physics. Bialowieza, Poland, 2-8 July 2017. **6.E.** Symposium on Representation Theory 2017. Isawa, Yamanashi, Japan, 28 November-1 December 2017. (plenary lecture), 日本. **6.F.** "Geometry and Analysis on Locally Symmetric Spaces with Indefinite-metric—after 145 years of Klein's Erlangen Program". Colloquium. Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Germany, 25 July 2017. **6.G.** Sophus Lie Seminar. Göttingen, Germany, 30 June-1 July 2017. **6.H.** Harmonic Analysis and the Trace Formula. Oberwolfach, Germany, 21-27 May 2017. **6.I.** AMS Special Session on Harmonic Analysis (Olafsson 教授 65 歳記念研究集会). Atlanta, USA, 4

January 2017. **6.J.** Conference on Geometry, Representation Theory and the Baum-Connes Conjecture (Baum 教授 80 歳記念研究集会). The Fields Institute, Toronto, Ontario, Canada, 18-22 July 2016. **6.K.** Geometry, Representation Theory, and Differential Equation, Kyushu University, Japan, 26-19 February 2016.

7. F-method for Constructing Symmetry Breaking Operators. (**7.A.**–**7.C.** では講演タイトル，内容は個々に異なるが，大きなテーマとしては同じなので 1 つにまとめる．) **7.A.** I. Abstract Branching Laws for Unitary Highest Weight Modules and Localness Theorem. **7.B.** V. Some Further Perspectives from the General Theory. (**7.A.** と **7.B.** は The 20th Hakuba Workshop on Number Theory in 2017: Automorphic Differential Operators on Siegel Modular Forms (organized by T. Ibukiyama の 5 回連続講演 (分担) の 2 つ). Nagano, Japan, 3-7 September 2017.) **7.C.** F-method III. Geometry, Representation Theory, and Differential Equations. Kyushu University, 16-19 February 2016.
8. Birth of New Branching Problems. 日本数学会 70 周年記念 企画特別講演, 日本数学会秋季総合分科会，関西大学, Japan, 15-18 September 2016.
9. Branching Laws for Infinite Dimensional Representations of Real Lie Groups; Symmetry Breaking Operators. (**9.A.**–**9.F.** では講演タイトル，内容は個々に異なるが，大きなテーマとしては同じなので 1 つにまとめる．) **9.A.** Joachim Hilgert 教授還暦記念研究集会. Paderborn, Germany, 23-27 July 2018. **9.B.** (plenary lecture). the 32nd International Colloquium on Group Theoretical Methods in Physics (Group32). Czech Technical University, Prague, Czech Republic, 9-13 July 2018. **9.C.** Representation theory, geometry, and quantization: the mathematical legacy of Bertram Kostant. MIT, USA, 28 May-1 June 2018. **9.D.** Workshop on New Developments in Representation Theory (opening lecture), Singapore, 14 March 2016. **9.E.** (2 回連続講演) Berkeley-Tokyo Winter School: Geometry, Topology and Representation Theory. University of California, Berkeley, USA, 8-19 February 2016. **9.F.** (opening lecture). Journees SL2R (Strasbourg, Lorraine, Luxembourg, Reims): Théorie des Representations et Analyse Harmonique. Institut Elie Cartan de Lorraine, France, 9-10 June 2016.
10. Finite Multiplicity Theorems and Real Spherical Varieties. 松本久義氏還暦記念研究集会, (opening lecture) Tokyo, March 27–29, 2019.

D. 講義

1. Representations of Lie groups, Yale University, 2019, USA (22 回の講義).
   (講義の概要) The aim of the lectures is to provide an introduction to infinite-dimensional representations of Lie groups by geometric and analytic methods with basic examples, followed by some recent topics on symmetry breaking (restriction of representations).
   (大学院・専門家対象)
2. 数理科学概論 I: フェルミ推定，微積分，Taylor 展開，偏微分，Lagrange の未定乗数法，近似と概算，微分方程式の初歩，多変数関数の積分を講義し，約 200 題の演習で講義を補った．(教養学部文科 1, 2 年生)
3. 数物先端科学 III ・幾何学 XE (数理大学院・4 年生共通講義): Quatenionic analysis and representation theory. (講義の概要) I start with the interaction of representation theory of Lie groups with various branches of mathematics, and explain the fundamental role of re-

ductive groups. I explained some classical formulas for quaternionic analysis as a generalization of complex analysis, and then explained "hidden symmetries" which are described in terms of infinite-dimensional representations of Lie groups and Lie algebras. Some of complicated formulas can be beautifully explained by representation-theoretic insight. For this, I also explained some general theory about how to understand sections for equivariant vector bundles.

4. 数学講究 XB（数理科学概説）「非可換調和解析と表現論」, (理学部数学科 4 年生), 2019 年 7 月 3 日.
5. Introduction to Representation Theory of Real Reductive Lie Groups and Branching Problems. (5 回 × 90 分, plenary lectures). The 2nd International Undergraduate Mathematics Summer School, 日露中韓の学生を対象，東京大学, 2019 年 7 月 29 日-8 月 2 日 (Organizers: T. Kohno, K. Oguiso)
6. 数学講究 XA, 数学特別講究，通年: テキスト "Non-abelian Harmonic Analysis" および，"リー群と表現論" (理学部数学科 4 年生)
7. Symmetry Breaking Operators, General Theory and Concrete Construction for Reductive Groups (2 lectures, opening). Summer School, Representation Theory of Lie Groups, Mathematical Physics, and Dynamical Systems. Université de Reims, France, 24-29 June 2019.

E. 修士・博士論文

1. (課程博士) 田森宥好氏 (TAMORI Hiroyoshi) : Classification and construction of minimal representations (極小表現の分類と構成)

F. 対外研究サービス

1. Kavli IPMU(数物宇宙連携機構), 上席科学研究員併任 (2009.8–2011.5); 主任研究員 (Principal Investigator) 併任 (2011.6–)

[ジャーナルのエディター]

2. Editor in Chief, Japanese Journal of Mathematics (日本数学会-Springer-Nature) (2006–)
3. Editor, International Mathematics Research Notices (Oxford 大学出版) (2002–)
4. Editor in Chief, Takagi Booklet, vol. 1–22 (日本数学会) (2006–)
5. Editor, Geometriae Dedicata (Springer) (2000–)
6. Editor, Advances in Pure and Applied Mathematics (de Gruyter) (2008–)
7. Editor, International Journal of Mathematics (World Scientific) (2004–)
8. Editor, Journal of Mathematical Sciences, The University of Tokyo (2007–)
9. Editor, Kyoto Journal of Mathematics (2010–)
10. Editor, Representation Theory (アメリカ数学会) (2015–2019)
11. Editor, AMS Translation Series (アメリカ数学会) (2016–)
12. Editor, Tunijian Journal of Mathematics (2017–)
13. Editor, Special Issue in commemoration of Professor Kunihiko Kodaira's centennial birthday (J. Math. Sciences, The University of Tokyo) (2015).
14. Editor, Special Issue in honor of Professor Masaki Kashiwara's 70th birthday (Publ. RIMS) 2017–.
15. Chief Editor, Mikio Sato's Collected Papers, (Springer-Nature).
16. 共立出版,『共立講座 数学探検（全 18 巻）』,『共立講座 数学の魅力（全 14 巻 + 別巻 1）』,『共立講座 数学の輝き（全 40 巻予定）』の 3 シリーズ編集委員
17. 編集委員，数学の現在 i, e, π, (with 斎藤毅，河東泰之)，東京大学出版会, 2016.

[学会・他大学の委員など]

18. ある国際数学者賞の授賞委員会: Prize

Committee (International Prize, 数学部門，国外) 2018.

19. ある国際数学者賞の授賞委員会: Prize Committee (International Award, 数学部門，国外) 2019–2020.
20. 審査委員: European Research Council (2010–)
21. 京都大学数理解析研究所運営委員 (2015–2017; 2017–2019)
22. 京都大学数理解析研究所専門委員 (2007–2009; 2009–2011; 2015–2017; 2017–2019)
23. 科学研究費等の審査委員: 日本 (JSPS), 米国 (NSF-AMS), EU, ドイツ, ルクセンブルク, 中華人民共和国･香港 (various years)
24. 審査委員: Prize Committee 日本数学会春季賞 · 秋季賞他 (anonymous) (various years)

[国際研究集会のオーガナイザーなど]

25. オーガナイザー, Integral Geometry, Representation Theory and Complex Analysis, Kavli Institute for the Physics and Mathematics of the Universe, 27–28 January 2020.
26. オーガナイザー, 高木レクチャー, 第 24 回 (東京大学 IPMU, 2019 年 12 月); 第 23 回 (京都大学数理研, 2019 年 6 月) (with Y. Kawahigashi, T. Kumagai, H. Nakajima, K. Ono and T. Saito).
27. オーガナイザー, Summer School on Representation Theory, リー群の群作用と大域解析に関するセミナー，玉原国際セミナーハウス，20–24 August 2019.
28. オーガナイザー, Summer School on Representation Theory, リー群の群作用と大域解析に関するセミナー，玉原国際セミナーハウス，19–23 August 2018.
29. オーガナイザー, Summer School on Representation Theory, リー群の群作用と大域解析に関するセミナー，玉原国際セミナーハウス，16–20 August 2017.
30. Scientific Committee, Visible Actions and Multiplicity-free Representations. XVIIth International Conference on Geometry, Integrability and Quantization. Varna, Bulgaria, 2016.
31. オーガナイザー, Summer School on Representation Theory, リー群の群作用と大域解析セミナー, 玉原国際セミナーハウス，10–14 August 2016.
32. オーガナイザー，Winter School 2016 on Representation Theory of Real Reductive Groups，東京大学大学院数理科学研究科，22–27 January 2016. Coorganized with Toshihisa Kubo and Hideko Sekiguchi.
33. オーガナイザー, Summer School on Representation Theory, リー群の群作用と大域解析セミナー, 玉原国際セミナーハウス，4–8 August 2015.
34. オーガナイザー，Analytic representation theory of Lie groups, 1–4 July 2015, Kavli 数物連携宇宙研究機構，東京大学.
35. オーガナイザー，Winter School 2015 on Representation Theory of Real Reductive Groups，東京大学大学院数理科学研究科，24–26 January 2015. Coorganized with Toshihisa Kubo, Hisayosi Matumoto and Hideko Sekiguchi.
36. オーガナイザー, 高木レクチャー, 第 15 回（東北大学，2015 年 6 月），第 16 回（東京大学，2015 年 11 月）, 第 17 回（京都大学数理研，2016 年 6 月），第 18 回（東京大学，2016 年 11 月）, 第 19 回（京都大学数理研，2017 年 7 月），第 20 回（東京大学，2017 年 11 月）第 21 回 (京都大学数理研, 2018 年 6 月)，第 22 回 (東京大学, 2018 年 11 月) (with Y. Kawahigashi, H. Nakajima, K. Ono and T. Saito)
37. オーガナイザー, リー群論･表現論セミナー (2007–present 東大; 2003–2007 RIMS; 1987–2001 東大)

G. 受賞

1. 日本数学会出版賞 (2019) 『数学の現在 i, e, π』東京大学出版会，(斎藤毅氏，河東泰之氏との共同受賞).
2. アメリカ数学会フェロー (2017) 「簡約リー群の構造論と表現論に対する貢献」

(Contribution to Structure Theory and Representation Theory of Reductive Lie groups).

3. 2015 JMSJ 論文賞 (The JMSJ Outstanding Paper Prize) 「極小表現の構成に関する論文 Minimal representations via Bessel operators」に関して」(J. Hilgert, J. Möllers との共同受賞).
4. 紫綬褒章 (Medal with Purple Ribbon)(2014) 「数学研究」.

H. 海外からのビジター

1. Yves Benoist, CNRS, Paris-Sud, France, September 30–December 1, 2019. 特任教授として数理科学特論 VIII を受け持ち、クライン群の講義を 8 回行い、また、緩増加表現の幾何的な種々の特徴付けの可能性に関する議論を行った。
2. Joseph Bernstein, Weizmann institute of science November 26, 2019– February 18, 2020. 高木レクチャーにおける一般講演から、学生・専門家向けの講演やセミナーを行い、また、不連続群の変形に対するスペクトルの挙動に関する議論を行った。
3. Simon Gindikin, Rutgers University, USA, January 20–February 10, 2020. 国際研究集会において積分幾何に関する講演を行い、また複素幾何に関する議論を行った。
4. Michael Pevzner, Reims University, France, January 27–30, 2020. 国際研究集会において、ホログラフィック変換に関する講演を行った。
5. Laura Geatti, University of Roma II Italy, January 24–28, 2020. 国際研究集会において、簡約群の作用する複素多様体の幾何的構造に関する講演を行った。

斎藤 秀司 (SAITO Shuji)

A. 研究概要

M.Kerz 氏と G.Tamme 氏との共同研究で**リジッド解析空間の K 理論**の構成を行った．この研究は Grothendieck が提出した**変動的ホッジ予想**からその動機を得ている (変動的ホッジ予想は, ホッジ予想よりは弱い予想だがアーベル多様体にたいしては同値である)．以下これを説明する．標数 0 の体 k 上の一変数級数環 $R = k[[t]]$ とその商体 $K = k((t))$ を考える．X は $S = \mathrm{Spec}R$ 上の射影的で滑らかなスキーム, $Y = X \otimes_R R/(t)$ をその特殊ファイバーとし, 制限写像 $\iota : K_0(X) \to K_0(Y)$ を考える．ここで一般にスキーム Z にたいし $K_0(Z)$ は Z 上のベクトル束全体の Grothendieck 群である．Grothendieck の変動的ホッジ予想とは，$K_0(Y)$ の元 α を $K_0(X)$ に持ち上げるための必要十分条件を，α のホッヂ理論的条件によって与えるものである．ホッジ予想は変動的ホッジ予想を導く．アーベル多様体にたいしては両者は同値である．Bloch-Esnault-Kerz と Morrow は, 変動的ホッジ予想に大きな進展をもたらした．整数 $n > 0$ にたいし $X_n = X \otimes_R R/(t^n)$ (Y の thickening) の Grothendieck 群の逆系 $K_0^{cont}(X) := \{K_0(X_n)\}_{n\geq 0}$ とその逆極限 $\hat{K}_0(X)$ にたいし，写像 ι が $K_0(X) \to \hat{K}_0(X) \to K_0(Y)$ と分解し，$\alpha \in K_0(Y)$ の持ち上げのプロセスを 2 段階に分けることができる．最初の持ち上げを**無限小変形持ち上げ**，次の持ち上げを**代数化**とよぶ．Bloch-Esnault-Kerz と Morrow は，前者の問題をほぼ一般的な状況で解決することに成功した．残された代数化の問題は，Grothendieck の偉業である形式的存在定理 (Formal Existence Theorem) を大きく一般化する難題である．ここで状況設定を一般化する．R を完備離付値環，π をその素元，K をその商体とする．上で考察した $R = k[[t]]$ と $K = k((t))$ はこの例である．X を $S = \mathrm{Spec}R$ 上の (射影的とも滑らかとも限らない) な形式的スキームとし，$X_n = X \otimes_R R/(\pi^n)$ とおく．リジッド解析空間の K 理論は高次代数的 K 群の逆系 $K_j^{cont}(X) := \{K_j(X_n)\}_{n\geq 0}$ をリジッド解析幾何的な視点から理解する理論である．Spt をスペクトラ全体の圏とし，pSpt でスペクトラの逆系全体の圏とする．pSpt の対象 $S = (S_i)_{(i\in I)}$ にたいしその j 次ホモトピー群をアーベル群の逆系 $\pi_j(S) = \{\pi_j(S_i)\}_{i\in I}$ として定義する．ここで $\pi_j(S_i)$ は S_j の安定ホモトピー群である．主定理の一つは以下のとおりである．

定理：Rig を K 上準コンパクトかつ分離的なリジッド解析空間のなす圏とする．このとき半変関

手 KH^{an} : Rig $\to$ pSpt が存在し次の性質を持つ．$\mathcal{X} \in$ Rig と，$\mathcal{X}$ の R 上の形式的スキームのモデル X で正則なものにたいし，アーベル群の逆系の長完全系列

$$\cdots \to G_j(Y) \to K_j^{cont}(X) \to \mathrm{KH}_j^{an}(\mathcal{X}) \to G_{j-1}(Y) \to K_{j-1}^{cont}(X) \to \mathrm{KH}_{j-1}^{an}(\mathcal{X}) \to \cdots$$

が存在する．ここで $Y = X \otimes_R R/(\pi)$ は X の特殊ファイバー、$G_j(Y)$ は Y の高次 G 群 (高次代数的 K 群の類似で Y 上のベクトル束の代わりに連接層の圏を用いて定義される) である．
簡単に言うと $\mathrm{KH}_j^{an}(\mathcal{X})$ は $G_j(Y)$ の差を除いて $K_j^{cont}(X)$ を記述する力を持つわけである．特に変動的ホッジ予想において重要だった $K_0^{cont}(X)$ を理解するには $\mathrm{KH}_0^{an}(\mathcal{X})$ を理解すればよいことになる．これにより変動的ホッジ予想の解決にリジッド解析幾何学の手法を応用することが期待される．

Motivated by works of Bloch-Esnault-Kerz and Morrow on Grothendieck's variational Hodge conjecture, I with M. Kerz and G. Tamme, constructed a new theory of analytic K-theory of rigid spaces. Let R be a complete discrete valuation ring with the quotient field K. Let $\pi \in R$ be a prime element. For a formal scheme X over $S = \mathrm{Spec}R$, put $X_n = X \otimes_R R/(\pi^n)$ and consider the pro-system of algebraic K-groups

$$K_j^{cont}(X) := \{K_j(X_n)\}_{n \geq 0}.$$

Our new theory provides its new understanding in the framework of rigid analytic geometry.
Let Spt be the category of spectra and pSpt be the category of pro-spectra, i.e. pro-systems of spectra. For an object $S = (S_i)_{(i \in I)} \in$ pSpt, define its homotopy group

$$\pi_j(S) = \{\pi_j(S_i)\}_{i \in I}$$

as a pro-system of the stable homotopy groups $\pi_j(S_i)$ of S_j. Then our main result is the following.

Theorem: Let Rig be the category of separated and quasi-compact rigid spaces over K. Then there exists a contravariant functor

$$\mathrm{KH}^{an} : \mathrm{Rig} \to \mathrm{pSpt}$$

such that for $\mathcal{X} \in$ Rig and a regular formal model X over R of $\mathcal{X}$, we have a long exact sequence of pro-abelian groups:

$$\cdots \to G_j(Y) \to K_j^{cont}(X) \to \mathrm{KH}_j^{an}(\mathcal{X}) \to G_{j-1}(Y) \to K_{j-1}^{cont}(X) \to \mathrm{KH}_{j-1}^{an}(\mathcal{X}) \to \cdots$$

where $Y = X \otimes_R R/(\pi)$ is the special fiber of X and $G_j(Y)$ is the G-theory of coherent sheaves on Y.

B. 発表論文

1. S. Saito : "Purity of reciprocity sheaves", Adv. in Math. (2020) to appear.
2. M. Kerz, S. Saito and G. Tamme : "K-theory of non-archimedean rings I", Documenta Math. (2020) to appear.
3. M. Kerz, S. Saito and G. Tamme : "Towards a non-archimedean analytic analog of the Bass-Quillen conjecture", J. Inst. Math. Jussieu. (2020) to appear.
4. S. Kelly and S. Saito : "Smooth blowup square for motives with modulus", Bulletin of the Polish Academy of Sciences - Mathematics. (2020) to appear,
5. F. Binda and S. Saito : "Relative cycles with moduli and regulator maps", J. Inst. Math. Jussieu. 18, no, 6 (2019) 1233–1293.
6. K. Rülling and S. Saito : "Higher Chow groups with modulues and relative Milnor K-theory", Trans. AMS. 370 (2018), 987–1104.
7. U. Jannsen, S. Saito and Y. Zhao : "Duality for relative logarithmic de Rham-Witt sheaves and wildly ramified class field theory over finite fields", Compositio Math. 154 (2018) 1306–1331.
8. S. Kelly and S. Saito: "Weight homology of motives", Internatinal Math. Research Notices. 13 , no. 1 (2017), 3938–3984.
9. B. Kahn, S. Saito and T. Yamaz : "Reciprocity sheaves, I", Compositio Math. 152 , no. 9 (2016), 1851–1898.
10. M. Kerz and S. Saito : "Chow group of 0-cycles with modulus and higher dimen-

sional class field theory", Duke Math. J. 165 , no. 15 (2016), 2811–2897 .

11. 斎藤秀司: “高次元類体論の現在-非アーベル化への展望と高次元 Hasse 原理 ", 日本数学会「数学」 67 , no. 3 (2015) 246–270 .

C. 口頭発表

1. K-theory of rigid spaces and topological Chow groups of algebraic varieties, Arithmetic and Algebraic Geometry 2015, January 27-31, 2015.
2. Motives with modulus, AMS algebraic geometry summer institute 2015, University of Utah, USA, July 13-31, 2015.
3. Motives with modulus, International Colloquium on K-theory, Tata Institute of Fundamental Research，Mumbai, India, January 6-14, 2015.
4. Purity for reciprocity sheaves, Generalizations of A^1-Homotopy Invariance in Algebraic Geometry and Homotopy Theory, Haus Kranich, Zinnowitz, Germany, April 3-8, 2016.
5. Purity for reciprocity sheaves, International conference in K-theory, Western Sydney University, Australia, August 16-20, 2016.
6. Purity of reciprocity sheaves and motive of modulus, Algebro-geometric and homotopical methods, Institut Mittag-Leffler, Stockholm, Sweden, April 4-14, 2017.
7. Rigid analytic K-theory, Motivic homotopy theory and refined enumerative geometry, University of Duisburg-Essen, Essen, Germany, April 9-14, 2018.
8. Rigid analytic K-theory, K-theory in algebraic geometry and number theory, Hausdorff Research Institute for Mathematics, Bonn Germany, May 15-19, 2017.
9. Motives with modulus and cdh descent for reciprocity sheaves, Algebraic K-theory and Arithmetic, Polish Academy of Sciences Conference Center, Bedlewo, Poland, August 20-16, 2017.
10. Motivic interpretation of Artin conductors, Conference on Algebraic Geometry and Number Theory on the occasion of Jean-Louis Colliot-Thelene's 70th birthday, Villa Finaly, Firenze, Italia, December 4-6, 2017.
11. Rigid analytic K-theory and p-adic Chern characters, The conference "Arithmetic Geometry : l-adic and p-adic aspects" , University of Tokyo, Tokyo Japan, September 10-14, 2018.
12. Rigid analytic K-theory and p-adic Chern characters, A conference 'Geometry: Local and Global' on the occasion of Prof. V. Srinivas's 60-th birthday, Tata Institute of Fundamental Research，Mumbai, India, October 1-5, 2018.
13. Theory of motives with modulus, Arithmetic and Algebraic Geometry 2019 on the occasion of Prof. Terasoma's 60-th birthday, University of Tokyo, Tokyo Japan, January 21-25, 2019.
14. Rigid analytic K-theory and p-adic Chern characters, Workshop on arithmetic geometry, Tokyo-Princeton at Komaba, March 18-22, 2019.
15. Theory of motives and ramification theory, Enriques Lecture, Seminar of Geometry and Algebra, University of Milano, February 11, 2020.

D. 講義

1. 代数幾何学・代数学 XG：エタールコホモロジー理論と代数的サイクルの理論の入門講義
2. 自然科学ゼミナール：ガロア理論の入門講義
3. フロンティア講義：整数論の入門講義

G. 受賞

フンボルト賞 (２０１７年)

斎藤 毅 (SAITO Takeshi)

A. 研究概要

剰余標数が $p > 0$ の完備離散付値体のガロワ群の上つき分岐群によるフィルトレーションを調べた．離散付値体の接空間を構成し，接空間の射が支配的となる拡大でフィルトレーションが保たれることを証明した．このことを使って，剰余体が完全体という古典的な場合に帰着させることにより，分岐群の次数商が F_p 線形空間であることを証明した．同じ方法により，ガロワ表現の導手が整数であるという Hasse–Arf の定理を剰余体が一般の場合に拡張した．分岐群の次数商が F_p 線形空間であることの，幾何的な方法による別の証明も与えた．この方法により，次数商の指標群から接空間の双対空間への単射を構成した．この構成により，整数環上の有限型の正則スキーム上の ℓ 進層に対し，その特性サイクルを各閉ファイバーの密開集合上で定義できる．以上の成果について，論文を準備中である．

I studied the filtration by upper ramification groups of Galois groups of a complete discrete valuation field of residue characteristic $p > 0$. I constructed the tangent space of discrete valuation field and proved that the filtration is preserved for extensions such that the morphism on the tangent spaces is dominant. Using this property, I proved that the graded quotients of ramification groups are F_p-vector spaces by reduction to the classical case where the residue field is perfect. By the same method, the Hasse-Arf theorem asserting the integrality of the conductor of Galois representations is generalized to arbitrary residue field case. I gave another geometric proof of the theorem that the graded quotients of ramification groups are F_p-vector spaces. This proof gives an injection from the character groups of graded quotients to twisted duals of the tangent space. This construction defines the characteristic cycle of an ℓ-adic sheaf on a regular scheme of finite type over the integer ring, on a dense open of each geometric closed fiber. I am preparing articles on the results.

B. 発表論文

1. K. Kato, T. Saito “Coincidence of two Swan conductors of abelian characters”, Épijournal de Géométrie Algébrique, epiga:5395, 11 novembre 2019, Volume 3
2. K. Kato, I. Leal, T. Saito “Refined Swan conductors mod p of one-dimensional Galois representations”, Nagoya Mathematical Journal 236 (2019), 134–182.
3. T. Saito “Ramification groups of coverings and valuations”, Tunisian Journal of Mathematics Vol. 1, No. 3, 373-426, 2019
4. T. Saito “On the proper push-forward of the characteristic cycle of a constructible sheaf”, Proceedings of Symposia in Pure Mathematics Volume: 97; 2018; Algebraic Geometry: Salt Lake City 2015, Part 2, 485-494
5. T. Saito, Y. Yatagawa “Wild ramification determines the characteristic cycle”, Annales Scientifiques de l’Ecole normale superieure, 50, fascicule 4 (2017), 1065-1079.
6. T. Saito “Characteristic cycle of the external product of constructible sheaves”, Manuscripta Mathematica, 154, Issue 1-2, 2017, pp 1-12.
7. T. Saito “Wild ramification and the cotangent bundle”, Journal of Algebraic Geometry, 26 (2017), 399-473.
8. T. Saito “The characteristic cycle and the singular support of a constructible sheaf”, Inventiones mathematicae, 207(2), (2017) 597-695,
9. T. Saito “Characteristic cycle and the Euler number of a constructible sheaf on a surface”, Kodaira Centennial issue of the Journal of Mathematical Sciences, the University of Tokyo, vol 22, (2015), 387-442.

C. 口頭発表

1. Graded Quotients of Ramification Groups of a Local Field with Imper-

fect Residue Field, January 7, 2020, International conference on arithmetic geometry 2020, TIFR, Mumbai.（インド）mercredi 22 janv. 2020, IHES.（フランス）

2. Etale Cohomology and the Characteristic Cycle, September 6, 2019, BICMR, Pekin University. （中国）
3. Ramification groups of a local field (with Ahmed Abbes and Kazuya Kato), September 5, 2019 CAS Beijing.（中国）
4. CC, Wild Ramification and Irregular Singularities, Sep 25, 2019 at IMPAN in Warsaw, Poland.（ポーランド）
5. Characteristic cycle of a constructible sheaf, Arithmetic Geometry in Carthage, Summer School, Tunisian Academy Beit al-Hikma, Carthage, Tunisia Thursday, June 20-21, 2019.（チュニジア）
6. Characteristic cycle of constructible sheaves and restriction to curves. "Arithmétique et géométrie algébrique", une conférence en l'honneur d'Ofer Gabber, à l'occasion de son soixantième anniversaire, à l'IHÉS, Vendredi 15 juin, 2018.（フランス）Cohomology of algebraic varieties CIRM October 19th, 2018. （フランス）
7. Characteristic cycle of an étale sheaf and its functoriality, Purdue University, September 24-28, 2018. （アメリカ）
8. Characteristic cycles and the conductor of direct image, Interactions between Representation Theory and Algebraic Geometry, the University of Chicago, August 22, 2017 （アメリカ）, p 進コホモロジーと数論幾何学， 東京電機大学 11 月 16 日, The Legacy of Carl Friedrich Gauss, Dec 18, 2017, TSIMF, Sanya,（中国）. Motives in Tokyo on the occation of Shuji Saito's 60th Birthday March 26, 2018, Univ. of Tokyo.
9. Characteristic cycle of an ℓ-adic sheaf, 数学会総合分科会，特別講演， 関西大学，2016 年 9 月 17 日，東北大学代数セミナー 2017 年 1 月 26 日， 第 12 回 鹿児島 代数・解析・幾何学セミナー 2017 年 2 月 13 日，JAMI 2017 Local zeta functions and the arithmetic of moduli spaces: A conference in memory of Jun-Ichi Igusa March 22-26, 2017 Johns Hopkins University（アメリカ）, Fukuoka International Conference on Arithmetic Geometry in 2017 April 20, (日本). Workshop on arithmetic geometry at Tambara 2017 May 22,（日本）. Algebraic Analysis in honor of Masaki Kashiwara's 70th birthday IHES, June 9 2017（フランス）. Algebraic Analysis and Representation Theory – In honor of Professor Masaki Kashiwara's 70th Birthday – RIMS June 28 （日本）. Regulators in Niseko 2017, 2017 年 9 月 4 日. Tokyo-Lyon Satellite Conference in Number Theory, Univ. of Tokyo, February 21 (Wed), 2018. 第 34 回京都賞記念ワークショップ「基礎科学部門」2018 年 11 月 12 日（月）京大数理研 Arithmetic and Algebraic Geometry 2019 - in honour of Professor Tomohide Terasoma's 60th birthday - January 25 (Fri), 2019 東大数理，CAS Beijing, September 4, 2019（中国）
10. On the characteristic cycle of a constructible sheaf, SAGA Orsay, 22/03/16,（フランス）. Hakodate workshop on arithmetic geometry 2016. Hakodate arena.（日本）6 月 1 日. Tokyo-Seoul at KIAS, June 16-17, 2016（韓国）. PANT July 11-15 2016 （台湾）.

D. 講義

1. 数理科学基礎＋微分積分学（通年）: 微積分（ 教養学部前期課程講義）
2. 全学自由ゼミナール：圏と層.（ 教養学部前期課程講義）

E. 修士・博士論文

1. (博士) 加藤 大輝 (KATO Hiroki): Wild ramication, the nearby cycle complexes,

and the characteristic cycles of ℓ-adic sheaves.

F. 対外研究サービス

1. 第 23, 24 回高木レクチャー　6 月 8 日，12 月 8 日オーガナイザー
2. Arithmetic Geometry in Carthage June 17-28, 2019 Tunisian Academy Beit al-Hikma, Carthage, Tunisia オーガナイザー
3. Journal of Algebraic Geometry, エディター
4. Documenta Mathematica, エディター
5. Japanese Journal of Mathematics, エディター

G. 受賞

日本数学会出版賞：『数学の現在』共編．2019 年 3 月 18 日

H. 海外からのビジター

A. Abbes (IHES, CNRS 主任研究員)
大学院講義 "Flattening theorem following Raynaud-Gruson and Guignard"を行った．
講義概要　The goal of this cours is to present two proofs of the following theorem of Raynaud-Gruson, the original one and a new one by Quentin Guignard:

Theorem 1. *Let X be a coherent scheme (i.e., quasi-compact and quasi-separated), $f\colon Y \to X$ a morphism of finite presentation, U a quasi-compact open subset of X and $\mathcal{F}$ a quasi-coherent $\mathcal{O}_Y$-module of finite type. Assume that the restriction of $\mathcal{F}$ to $Y \times_X U$ is a finitely presented $\mathcal{O}_{Y\times_X U}$-module which is flat over U. Then, there exists a blow-up $\phi\colon X' \to X$ such that:*
(i) *The center of the blow-up ϕ is a finitely presented closed subscheme of X, disjoint from U.*
(ii) *If Y' is the strict transform of the X-scheme Y along ϕ, then the strict transform $\mathcal{F}'$ of $\mathcal{F}$ along ϕ is finitely presented over $\mathcal{O}_{Y'}$ and flat over X'.*

This theorem is intimately related to rigid geometry. A variant for formal schemes plays a crucial role for the study of flatness in rigid geometry, which was Raynaud's main motivation. Moreover, Guignard's new proof unravels important features of rigid varieties, particularly their local structure, shedding new lights on the theory of adic spaces. This course is for students who have a basic knowledge in algebraic geometry. No knowledge of rigid geometry is required as I will not discuss the formal/rigid variant of the theorem.
滞在中は，p 進 Hodge 理論における相対 Hodge-Tate スペクトル系列に関する研究を行った．

齊藤 宣一 (SAITO Norikazu)

A. 研究概要

有限要素法，有限体積法，差分法による非線形放物型発展方程式の数値解析，特に，方程式の解の持つ性質を再現する数値計算スキームの提案とその誤差解析，および，誤差解析のための解析理論の構築を行っている．今年度の主な成果は次の通り．
1) 時空間変数係数を持つ 2 階の放物型偏微分方程式に対する空間半離散有限要素近似を考察した．この問題自体は古くから研究されており，多くの結果が知られているが，方程式の解や係数関数に関する最小限の正則性の仮定のもとで，最適な誤差評価を系統的に導出することは，容易ではなく，必ずしも，応用しやすい理論が知られているわけではなかった．そこで，まず，放物型問題に対応した双線型形式に対する inf-sup 条件を導出し，これを応用するという，いわば変分法的な方法で，$u - u_h$ に対する最適な誤差評価を導出した．ここで，u は放物型方程式の解，u_h は半離散有限要素近似方程式の解である．さらに，inf-sup 条件を応用して $\partial_t^q u_h$ に対する安定性を導いた．また，時間を DG 法で離散化した全離散近似を考察し，方程式の解や係数関数に関する最小限の正則性の仮定のもとで，最適な誤差評価を導出した．
2) R^n の球状領域で定義された半線形熱方程式の球対称解を計算するための新しい質量集中型の有限要素法を提案し，いろいろなノルムを用いて最適誤差評価を導出した．（中西徹との共同研究）．

My current research theme is development of numerical schemes to solve PDEs using computers, in addition to verification of them and their feasibility. Discretization of PDEs using finite element, finite difference, and finite volume methods is the central concern of my research. Some associated themes are the stability of solutions (numerical and approximate) and analysis of the asymptotic dependence of errors on discretization parameters.

1) I revisited a semidiscrete (in space) finite element approximation for a second-order parabolic equation in a polyhedral domain $\Omega \subset \mathrm{R}^d$, $d = 2, 3$. The coefficient functions may depend on both space and time variables. The space variable is discretized by the conforming P^k finite element method. The semidiscretization error $u - u_h$ is well studied so far, where u and u_h respectively represent the solutions of the parabolic equation and the resulting space semi-discrete equation. I succeeded in deriving several optimal-order error estimates by the variational method. Regularity assumptions on u and coefficient functions are minimal. I established the inf-sup conditions for the bilinear form associated with the parabolic equation as the key tool. Moreover, several stability results for $\partial_t^q u_h$, $q \geq 0$, are also derived as an application of the inf-sup condition. Finally, I applied those results to error analysis for the full discrete approximation by the DG time stepping method. Several optimal order error estimates are established.

2) We proposed new mass-lumping finite element schemes for solving spherically symmetric solutions of semilinear heat equations in n dimensional ball. The schemes enjoy the positivity preserving property and optimal order error estimates in several norms are derived. (This is a joint work with T. Nakanishi.)

B. 発表論文

1. N. Saito, Y. Sugitani, and G. Zhou: "Unilateral problem for the Stokes equations: the well-posedness and finite element approximation", Appl. Numer. Math. **105** (2016) 124–147.
2. G. Zhou and N. Saito: "The Navier-Stokes equations under a unilateral boundary condition of Signorini's type", J. Math. Fluid Mech. **18** (2016) 481–510.
3. G. Zhou and N. Saito: "Finite volume methods for a Keller-Segel system: discrete energy, error estimates and numerical blow-up analysis", Numer. Math. **135** (2017) 265–311.
4. T. Kemmochi and N. Saito: "Discrete maximal regularity and the finite element method for parabolic equations", Numer. Math. **138** (2018) 905–937.
5. M. Miyashita and N. Saito: "Hybridized discontinuous Galerkin method for elliptic interface problems: error estimates under low regularity assumptions of solutions", J. Sci. Comput. **76** (2018) 1657–1673.
6. N. Saito and Y. Sugitani: "Analysis of the immersed boundary method for a finite element Stokes problem", Numer. Methods Partial Differential Equations **35** (2019) 181–199.
7. Y. Ueda and N. Saito: "The inf-sup condition and error estimates of the Nitsche method for evolutionary diffusion-advection-reaction equations", Jpn. J. Ind. Appl. Math. **26** (2019) 209–238.
8. Y. Ueda and N. Saito: "Stability and error estimates for the successive-projection technique with B-splines in time", J. Comput. Appl. Math., **358** (2019) 266–278.
9. Y. Chiba and N. Saito: "Weak discrete maximum principle and L^∞ analysis of the DG method for the Poisson equation on a polygonal domain", Jpn. J. Ind. Appl. Math., **36** (2019) 809–834.
10. T. Nakanishi and N. Saito: "Finite element method for radially symmetric so-

lution of a multidimensional semilinear heat equation", Jpn. J. Ind. Appl. Math., **37** (2020) 165–191.

C. 口頭発表

1. Discrete maximal regularity and the finite element method for parabolic problems (invited lecture), CJK2016: The Sixth China-Japan-Korea Joint Conference on Numerical Mathematics, August 22-26, 2016, NIMS, Daejeon, Korea
2. Penalty methods and the immersed boundary method, International Seminar on Applied Mathematics for Real-world Problems II, October 28-29, 2016, Research Institute for Electronic Science (RIES), Hokkaido University
3. Convergence of the immersed-boundary finite-element method for the Stokes problem (invited lecture), ECM 2017: International Conference on Engineering and Computational Mathematics, May 31-June 2, 2017, The Hong Kong Polytechnic University, Hong-Kong, China
4. Banach–Nečas–Babuška の定理と DG time-stepping 法，RIMS 共同研究 (公開型) : 数値解析学の最前線—理論・方法・応用—，2017 年 11 月 8 日–10 日，京都大学数理解析研究所
5. N. Saito, Variational analysis of the discontinuous Galerkin time-stepping method for parabolic equations, International Workshop on Numerical Methods for Partial Differential Equations, March 26–28, 2018, The Hong Kong Polytechnic University, Hong-Kong, China
6. 数値解析の諸相，数値解析セミナー，2018 年 5 月 8 日，東京大学大学院数理科学研究科
7. Variational analysis of the DG time-stepping method for parabolic equations, CJK2018: The Seventh China-Japan-Korea Joint Conference on Numerical Mathematics, August 20–25, 2018, Shiinoki Cultural Complex, Kanazawa, Japan
8. Variational analysis of the DG time-stepping method for parabolic equations, The Japan-Taiwan Joint Workshop on Numerical Analysis and Scientific Computation, November 24-26, 2018, National Taiwan University, Taipei, Taiwan
9. Outlet boundary conditions for the Navier–Stokes equations, MS21: New Mathematical Tools for Clinical Medicine, The 6th International Conference on Computational and Mathematical Biomedical Engineering, June 10-12, 2019, Tohoku University, Sendai, Japan
10. Outlet boundary conditions for the Navier–Stokes equations, Mathematics and Computation for Clinical Problems: I, II and III, ICIAM 2019: The 9th International Congress on Industrial and Applied Mathematics, 15-19 July 2019, Valencia, Spain

D. 講義

1. 計算数理 I・計算数理：数値解析の入門講義．連立一次方程式・非線形方程式の解法，数値積分，常微分方程式の初期値問題，共役勾配法．(理学部・教養学部 3 年生向け講義．数理分類番号:353)
2. 計算数理 II・数値解析学：偏微分方程式の数値解析．熱方程式，Poisson 方程式に対する差分法や有限要素法．(数理大学院・4 年生共通講義．数理分類番号:551)
3. 計算数理演習：計算数理 I・計算数理の内容に沿った計算実習．(理学部・教養学部 3 年生向け講義．数理分類番号:451)
4. 学術フロンティア講義「近似を厳密に考える」1. 積分の値を求めること (6 月 6 日), 2. 方程式の解を求めること (6 月 27 日), 3. シミュレーションと多角形の形 (7 月 4 日)
5. 数学特別講義：有限要素法の数理．特に，鞍点型変分問題の Galerkin 近似と Stokes

問題への応用．(京都大学大学院理学研究科．集中講義．2019 年 11 月)

E. 修士・博士論文

1. (課程博士) 千葉悠喜 (CHIBA Yuki): Discontinuous Galerkin methods for elliptic problems.

F. 対外研究サービス

1. 東京大学国際卓越大学院・数物フロンティア国際卓越大学院 (WINGS-FMSP) プログラムコーディネーター
2. Journal of Scientific Computing 編集委員
3. Numerische Mathematik 編集委員
4. International Journal of Computer Mathematics 編集委員
5. Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics 編集委員
6. Journal of Mathematical Sciences, the University of Tokyo 編集委員
7. JSIAM Letters 編集委員
8. 日本数学会 社会連携協議会委員
9. 日本数学会 異分野・異業種研究交流会 (2019 年 10 月 26 日) 実行委員
10. 日本応用数理学会 代表会員
11. 日本応用数理学会「科学技術計算と数値解析」研究部会 幹事
12. 日本応用数理学会 2019 年度年会 (2019 年 9 月 3–5 日) 実行委員長
13. 日本応用数理学会三部会連携「応用数理セミナー」の開催 (2019 年 12 月 24 日，東京大学工学部)
14. 地方独立行政法人 神奈川県立産業技術総合研究所 (KISTEC) の講座講座『研究者，技術者のための応用数学』第 1 回「差分法の理論 1：境界値問題の数理と差分法」，第 2 回「差分法の理論 2：熱方程式の数理と差分法」，第 3 回「差分法の理論 3：安定性と収束性」，第 4 回「差分法の理論 4：有限体積法，有限要素法と差分法」(2019 年 11 月 27–29 日)

志甫 淳 (SHIHO Atsushi)

A. 研究概要

k を標数 $p > 0$ の完全体，W を k の Witt 環，K をその商体とする．k 上の代数多様体 X のクリスタリンコホモロジーは，X が固有かつ滑らかな場合に限って，W 上有限生成な良い整 p 進コホモロジー理論を与える．一般の k 上の代数多様体 X に対して，クリスタリンコホモロジーの拡張となる，W 上有限生成な，何らかの意味で「良い」整 p 進コホモロジー理論が存在するかという問題について考えた．

昨年度は，X の整過収束 de Rham-Witt コホモロジーが，捻れを割ったとしても無限生成になることがあり，従って良い整 p 進コホモロジーにはなりえないことを証明したが，その論文が今年度に受理された．これは V. Ertl 氏との共同研究である．

今年度は，X の固有かつ生成的にエタールな良い超被覆の対数的クリスタルコホモロジーについて考えた．これは常に有限生成 W 加群となるが，定義をするために超被覆をとる必要がある．1 次コホモロジーについてはこれが超被覆のとり方によらないこと，および 2 次以上のコホモロジーについては超被覆のとり方に依存することがあることを証明した．前半部分は，Andreatta–Barbieri-Viale により $p \geq 3$ のときに知られているが，我々は $p = 2$ のときにも通用する別の方法で証明した．これは V. Ertl 氏および J. Sprang 氏との共同研究である．

また，過収束アイソクリスタルの圏の淡中基本群についての研究を E. Ambrosi 氏と，非正則接続の de Rham コホモロジーとリジッドコホモロジーについての研究を J. Fresan 氏と行った．

Let k be a perfect field of characteristic $p > 0$, W the Witt ring of k and K the fraction field of W. Crystalline cohomology of a k-variety X gives a good integral p-adic cohomology theory which is finitely generated over W only when X is proper and smooth. We considered the problem whether there exists a 'good' integral p-adic cohomology theory (in some sense) for general k-variety X which is finitely generated over W and which extends crystalline cohomol-

ogy.

In the last academic year, we proved that the integral overconvergent de Rham-Witt cohomology of X can be infinitely generated even after modulo torsion and so it cannot be a good integral p-adic cohomology. In this academic year, the article on this study was accepted for publication. This is a joint work with V. Ertl.

In this academic year, we considered the log crystalline cohomology of a nice proper and generically etale hypercovering of X. This is always a finitely generated W-module, but we need to take a hypercovering to define it. We proved that the first cohomology is independent of the choice of the hypercovering, while the cohomology of degree equal or greater than 2 can depend on the choice. The former result is already known by Andreatta–Barbieri-Viale when $p \geq 3$, but we gave an alternative proof which works also in the case $p = 2$. This is a joint work with V. Ertl and J. Sprang.

Also, we studied on the Tannakian fundamental group of the category of overconvergent isocrystals with E. Ambrosi, and on the de Rham cohomology and rigid cohomology of irregular connections with J. Fresan.

B. 発表論文

1. B. Chiarellotto, V. Di Proietto and A. Shiho: "Comparison of relatively unipotent log de Rham fundamental groups", arXiv:1903.03361. (109 pages)
2. V. Ertl and A. Shiho: "On infiniteness of integral overconvergent de Rham-Witt cohomology modulo torsion", arXiv:1812.03720, to appear in Tohoku Math. J. (12 pages)
3. H. Esnault and A. Shiho: "Chern classes of crystals", Trans. Amer. Math. Soc. **371**(2019), 1333–1358.
4. K. Hirayama and A. Shiho: "On comparison between relative log de Rham-Witt cohomology and relative log crystalline cohomology", arXiv:1803.09245. (54 pages)
5. H. Esnault and A. Shiho: "Convergent isocrystals on simply connected varieties", Ann. Inst. Fourier, **68** (2018), 2109–2148.
6. V. Di Proietto and A. Shiho: "On the homotopy exact sequence for log algebraic fundamental groups", Doc. Math. **23**(2018), 543–597
7. K. S. Kedlaya and A.Shiho: "Corrigendum: Local and global structure of connections on nonarchimedean curves", Compositio Math. **153**(2017) 2658–2665.
8. 志甫 淳,「層とホモロジー代数」, 共立講座 数学の魅力 5 , 共立出版, 2016.
9. A. Shiho: "Notes on Generalizations of Local Ogus-Vologodsky Correspondence", J. Math. Sci. Univ. Tokyo **22** (2015), 793–875.
10. V. Di Proietto and A. Shiho: "On p-adic diffenrential equations on semistable varieties II", Manuscripta Math.**146** (2015) 179–199.

C. 口頭発表

1. On integral p-adic cohomology, Algebraic geometry and arithmetic geometry conference 2019, University of Science and Technology of China(中国), 2019 年 12 月 17 日.
2. On integral p-adic cohomology, Over and around sites in characteristic p, in honor of Bernard Le Stum, Università degli Studi di Padova(イタリア), 2019 年 9 月 18 日.
3. On the finiteness problem of integral overconvergent de Rham-Witt cohomology modulo torsion, Workshop on arithmetic geometry Tokyo-Princeton at Komaba, 東京大学大学院数理科学研究科, 2019 年 3 月 19 日.
4. On relative log de Rham-Witt complex, Arithmetic Geometry and de Rham Theory, VAST(ベトナム), 2018 年 12 月 4 日.
5. On de Jong conjecture, F-isocrystals and

families of algebraic varieties (a part of the Simons semester program 'Varieties: Arithmetic and Transformations'), IMPAN Warsaw(ポーランド), 2018 年 11 月 13 日.

6. Overconvergence and examples, F-isocrystals and families of algebraic varieties (a part of the Simons semester program 'Varieties: Arithmetic and Transformations'), IMPAN Warsaw(ポーランド), 2018 年 11 月 12 日.
7. On de Jong conjecture, Arithmetic Geometry: l-adic and p-adic aspects, 東京大学大学院数理科学研究科，2018 年 9 月 11 日.
8. On relative log de Rham-Witt complex, Arithmetic and Algebraic Geometry – A conference in honor of Ofer Gabber on the occasion of his 60th birthday, IHES(フランス), 2018 年 6 月 13 日.
9. Remarks on p-adic Fuchs theorem and p-adic local monodromy theorem, 代数セミナー，東北大学，2018 年 3 月 22 日.
10. Comparison of relatively unipotent log de Rham fundamental groups, p 進コホモロジーと数論幾何学 2, 東京電機大学，2017 年 11 月 16 日.

D. 講義

1. 数学 I : 1 変数関数の微分・積分についての講義を行った．(教養学部前期課程講義)
2. 代数学 III : 体の拡大とガロア理論についての講義を行った．(理学部 3 年生講義)
3. 数物先端科学 II・代数学 XH : 1 次元 p 進穴あき円板上の p 進微分方程式に関して，以下の事項についての講義を行った：微分加群および完備非アルキメデス体の一般論，スペクトル半径の計算に関する Christol-Dwork の定理，収束半径と生成収束半径に関する Dwork の移送定理，Frobenius 祖先および Frobenius 子孫，完備非アルキメデス微分体上の微分加群の (精) 分解定理，p 進穴あき円板上の微分加群の内在補助半径の変動および可解微分加群の (精) 勾配分解定理，p 進指数，p 進 Fuchs 定理，p 進局所モノドロミー定理，階数 1 の可解微分加群の構造.

F. 対外研究サービス

1. Journal of the Mathematical Society of Japan 編集委員.
2. 研究集会「代数的整数論とその周辺」(京都大学数理解析研究所) 運営委員会委員.

G. 受賞

第 13 回 (平成 28 年度) 日本学術振興会賞.

高木 俊輔 (TAKAGI Shunsuke)

A. 研究概要

今年度は，佐藤謙太との共同研究において，正標数の秋月・中野型の消滅定理について研究した．特に，孤立特異点しか持たない 3 次元大域的 F 正則射影多様体上の非常に豊富な直線束に対し，秋月・中野の消滅定理が成り立つことを証明した．この応用として，以下の 2 つの結果を得た．

(1) 3 次元大域的 F 分裂ファノ多様体の変形

X を標数 $p > 0$ の代数閉体上定義された，高々通常二重点しか持たない 3 次元大域的 F 分裂ファノ多様体とする．もし $-iK_X$ が非常に豊富であるような整数 $1 \leq i \leq p$ が存在するならば，X は非特異なファノ多様体に平坦変形できることを証明した．これは並河良典氏の結果の正標数への拡張に当たる．

(2) 局所完全交叉射影多様体の thickening に対する小平の消滅定理

Y を標数 $p > 0$ の完全体上定義された，高々完全交叉孤立特異点しか持たない 3 次元大域的 F 正則射影多様体とする．このとき，任意の自然数 $t \leq p$ に対し，Y の t 次 thickening Y_t は小平の消滅定理を満たすことを証明した．これは Bhatt-Blickle-Lyubeznik-Singh-Zhang の結果の正標数 3 次元の場合への拡張に当たる．

I've worked on AKizuki-Nakano type vanishing theorems in positive characteristic. In particular, in joint work with Kenta Sato, we prove that the Akizuki-Nakano vanishing theorem holds for very ample line bundles on glob-

ally F-regular 3-folds with only isolated singularities. We have the following two applications of this vanishing theorem.

(1) Deformations of globally F-split Fano 3-folds

Let X be a globally F-split Fano 3-fold over an algebraically closed field of characteristic $p > 0$ which has only ordinary double points. We prove that if there exists an integer $1 \leq i \leq p$ such that $-iK_X$ is very ample, then X is smoothable by a flat deformation. This is a generalization of a result of Yoshinori Namikawa to fields of positive characteristic.

(2) Kodaira vanishing theorem for thickenings of lci projective varieties

Let Y be a globally F-regular 3-fold over a perfect field of characteristic $p > 0$ which has only isolated complete intersection singularities. We prove that for each integer $t \leq p$, the t-th thickening Y_t of Y satisfies the Kodaira vanishing theorem. This is a generalization of a result of Bhatt-Blickle-Lyubeznik-Singh-Zhang to fields of positive characteristic in dimension three.

B. 発表論文

1. K. Sato and S. Takagi : "Weak Akizuki-Nakano vanishing theorem for globally F-split 3-folds", arXiv:1912.12074.
2. Y. Gongyo and S. Takagi : "Kollár's injectivity theorem for globally F-regular varieties", Eur. J. Math. **5** (2019), 872–880.
3. S. Takagi : "Finitistic test ideals on numerically Q-Gorenstein varieties", to appear in J. Algebra.
4. K. Sato and S. Takagi : "General hyperplane sections of threefolds in positive characteristic", to appear in J. Inst. Math. Jussieu.
5. S. Takagi and K.-i. Watanabe : "F-singularities: applications of characteristic p methods to singularity theory", Sugaku Expositions **31** (2018), 1–42.
6. B. Bhatt and K. Schwede and S. Takagi : "The weak ordinarity conjecture and F-singularities", Higher dimensional algebraic geometry, 11–39, Adv. Stud. Pure Math., 74, Math. Soc. Japan, Tokyo, 2017.
7. A. Singh, S. Takagi and M. Varbaro : "A Gorenstein criterion for strongly F-regular and log terminal singularities", Int. Math. Res. Not. IMRN **2017**, no.21, 6484–6522.
8. V. Srinivas and S. Takagi : "Nilpotence of Frobenius action and the Hodge filtration on local cohomology", Adv. Math. **305**, (2017), 456–478.
9. H. Dao and S. Takagi : "On the relationship between depth and cohomological dimension", Compos. Math. **152** (2016), no.4, 876–888.
10. Y. Gongyo and S. Takagi : "Surfaces of globally F-regular and F-split type", Math. Ann. **364** (2016), 841–855.

C. 口頭発表

1. Vanishing theorems on globally F-regular varieties, Special Conference on Commutative Algebra and its Interaction with Algebraic Geometry, USA, 2019 年 6 月.
2. Kodaira vanishing for thickenings in positive characteristic, 東京可換環論セミナー, 東京大学, 2019 年 11 月.
3. Kodaira vanishing for thickenings of globally F-regular threefolds, 第 41 回可換環論シンポジウム, 倉敷シーサイドホテル, 2019 年 11 月.
4. Weak Akizuki-Nakano vanishing for globally F-split 3-folds, Tokyo-Seoul Conference in Mathematics 2019 - Algebraic Geometry-, 東京大学, 2019 年 11 月.

D. 講義

1. 数理科学基礎 : 線型代数学の導入部分について講義した. (教養学部前期課程講義)
2. 線型代数学 I・II : 線型代数学の基礎事項について講義した. (教養学部前期課程講義)

3. 線型代数学演習：「線型代数学 II」に関する演習を行なった. (教養学部前期課程講義)
4. 数理科学概論 III（文科生）：有理数の完備化について講義した. (教養学部前期課程講義)
5. 代数学 XC・代数構造論 II：代数曲線論の基礎事項について講義した. (数理大学院・4 年生共通講義)

F. 対外研究サービス

1. Algebra & Number Theory 編集委員
2. Journal of the Korean Mathematical Society 編集委員
3. 岩波書店「数学叢書」編集顧問
4. 文部科学省 科学技術・学術政策研究所 科学技術動向研究センター専門調査員
5. 東京可換環論セミナー世話人
6. 研究集会「ファノ多様体及び関連する代数幾何学」(九州大学・11 月 13–15 日) 世話人
7. JAMI conference “Higher Dimensional Algebraic Geometry in honor of Prof. Shokurov’s 70th Birthday” (Johns Hopkins University・3 月 16–22 日) 日本側世話人

G. 受賞

1. 2019 年度日本数学会代数学賞 (2019 年 3 月)
2. 平成 29 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞 (2017 年 4 月)

高山 茂晴 (TAKAYAMA Shigeharu)

A. 研究概要

複素多様体間の正則平坦射 $f : X \to Y$ に対し, 所謂ファイバー積分により得られる Y 上の関数, またはそれに類するものは様々な場面において現れ, その研究は応用上不可欠である. 特に深く関係する先行研究として Barlet 氏による $\dim Y = 1$ の場合のものがある (1982 年). この研究の高次元化, $\dim Y > 1$, は様々な技術的な困難があり, 長い間為されてこなかったが, 射がトーリックである場合に理論を完成させた. 代数幾何学の枠組みでは射はトロイダルな場合に還元できるため, 応用上の不都合はあまりない.

For a holomorphic flat morphism $f : X \to Y$ between complex manifolds, functions on Y obtained by fiber integrals appear quite often and are important in various applications. A deeply related study has been done by Barlet in 1982 in the case $\dim Y = 1$. Although the higher dimensional case $\dim Y > 1$ has not been sdudied until now, because of various technical difficulties, we complete the theory in the case of toric morphisms. A restriction of the type of morphisms does not cause any troubles in applications in algebraic geometry, as it is known that morphisms are reduced to toroidal cases.

B. 発表論文

1. S. Takayama: “Moderate degeneration of Kähler-Einstein manifolds with negative Ricci curvature”, Publ. RIMS. **55** (2019) 779–793.
2. S. Takayama: “Moderate degenerations of Ricci-flat Kähler-Einstein manifolds over higher dimensional bases”, J. Math. Sci. Univ. Tokyo **26** (2019) 335–359.
3. S. Takayama: “A filling-in problem and moderate degenerations of minimal algebraic varieties”, Algebraic Geom. **6** (2019) 26–49.
4. M. Păun and S. Takayama: “Positivity of twisted relative pluricanonical bundles and their direct images”, J. Algebraic Geom. **27** (2018) 211-272.
5. G. Heier and S. Takayama: “ Effective degree bounds for generalized Gauss map images”, Advanced Studies in Pure Math., Math. Soc. Japan, **74** (2017) 203–235.
6. S. Takayama: “ Singularities of Narasimhan-Simha type metrics on direct images of relative pluricanonical bundles”, Ann. Inst. Fourier **66** (2016) 753–783.
7. S. Takayama: “ On moderate degenerations of polarized Ricci-flat Kähler man-

ifolds", Kodaira Centennial issue of J. Math. Sci. Univ. Tokyo **22** (2015) 469–489.

C. 口頭発表

1. Asymptotic expansions of fiber integrals and applications, 第 15 回代数・解析・幾何学セミナー, 鹿児島大学, 2020 年 2 月.
2. Asymptotic expansions of fiber integrals and application, Birational geometry and moduli spaces, オーストラリア (シドニー大学), 2019 年 12 月.
3. Asymptotic expansions of fiber integrals, Tianyuan International Workshop in Several Complex Variables 中国 (長春), 2019 年 7 月.
4. Degeneration of Kähler-Einstein manifolds, 2018 International conference on complex geometry and several complex variables, Chinese Academy of Sciences, 中国 (北京), 2018 年 7 月.
5. Moderate degeneration of Kähler-Einstein manifolds, Mini-workshop on Complex Geometry, KIAS, 韓国 (ソウル), 2017 年 12 月.
6. Moderate degeneration of Kähler-Einstein manifolds with negative Ricci curvature, 第 23 回複素幾何シンポジウム, 石川県文教会館, 2017 年 11 月.
7. ファイバー空間の相対標準束と充填問題, 代数学シンポジウム, 大阪大学, 2017 年 9 月.
8. Moderate degenerations of Calabi-Yau manifolds over higher dimensional bases, Analytic Methods in Algebraic Geometry Day, Northwestern Univ., シカゴ, アメリカ合衆国, 2017 年 3 月.
9. Positivity of the direct image of an adjoint bundle with multiplier ideal, 第 22 回複素幾何シンポジウム, 金沢県政記念 しいのき迎賓館, 2016 年 11 月.
10. 標準束の複素幾何学, 日本数学会 2016 年度秋季総合分科会 幾何学・トポロジー分科会合同 特別講演, 関西大学, 2016 年 9 月.

D. 講義

1. 微分積分学続論：1 年生の微分積分学で学んだ内容に続く, 多変数関数および写像の微分積分について講義した. (教養学部前期課程講義)
2. 複素解析学特論・解析学 XF：相対多重標準束の順像層の正値性について講義した. $f : X \to Y$ を複素多様体間の射影的な射, $K_{X/Y}$ をその相対標準束, $m \geq 2$ を整数とする. このとき, $K_{X/Y}$ は m 次 Narasimhan-Simha 計量と呼ばれる曲率カレントが半正の標準特異エルミート計量を許容する. 順像層 $f_*(mK_{X/Y})$ は標準的な特異エルミート計量でその曲率は半正かつ極小拡張性を持つものを許容する. この定理の主要部分は Paun-Takayama によるが, Hacon-Popa-Schnell による別証明がある. 講義では後者の議論に従って説明をした. 最良評価定数版の大沢-竹腰の L^2 拡張定理が本質的な役割を果たし, その適用方法について強調して説明をした. (数理大学院・4 年生共通講義)

E. 修士・博士論文

1. (課程博士) 岩井 雅崇 (IWAI Masataka): Studies on singular Hermitian metrics and their applications in algebraic geometry.

F. 対外研究サービス

1. (Organizer) 第 25 回複素幾何シンポジウム, 於 金沢県政記念しいのき迎賓館, 石川県金沢市, 2019 年 11 月.
2. (Organizer) Workshop "Complex Geometry 2019 Tokyo", 於 東京大学, 東京都目黒区, 2019 年 7 月.
3. (Organizer) 第 21 回多変数複素解析葉山シンポジウム, 於 湘南国際村センター, 神奈川県葉山町, 2019 年 7 月.
4. (Editor) Forum Mathematicum.
5. (学会役員) 日本数学会 出版委員会委員長.

G. 受賞

1. 2016 年度日本数学会幾何学賞. 業績題目：一般型代数多様体の多重標準写像の双有理

性に関する代数幾何的研究.

H. 海外からのビジター

1. Mihai Paun (Univ. Bayreuth, Germany), 2019 年 7 月, Positivity of direct image sheaves, and applications of Ohsawa-Takegoshi's L^2-extension theorem.

辻 雄 (TSUJI Takeshi)

A. 研究概要

p 進 Hodge 理論，p 進コホモロジー論およびそれらの応用について研究している．昨年度までの Matthew Morrow との共同研究により，Bhatt-Morrow-Scholze による新しい枠組みでの整 p 進 Hodge 理論の係数理論として，相対 Breuil-Kisin-Fargues 加群 (相対 BKF 加群）の理論を構築していた．この相対 BKF 加群は局所的には基底環 A_{inf} の平坦 q 接続付きベクトル束で記述される．本年度はこの局所的記述に関して以下の共同研究を行った．(i) 平坦 q 接続付き加群の平坦 q-Higgs 加群への相対 Frobenius に沿った降下．特に Frobenius 構造付きの場合，一意的に降下することを示した．(ii) Frobenius 付き相対 BKF 加群に伴う 基底環 A_{crys} の Frobenius 付き filtered crystal の構成．従来の有理係数の整 p 進 Hodge 理論との関係を明らかにした．filtration の構成において (i) の降下が鍵となる．(iii) 整 p 進 Hodge 理論の係数理論を与えると期待される別のアプローチとして Bhatt-Scholze による prism の理論がある．これに関し，基底環 A_{inf} のある種の収束性をみたす平坦 q 接続付きベクトル束の圏と基底環 A_{inf} の prismatic crystal の圏の間の圏同値を示した．特に Frobenius 付きでは，平坦 q 接続付きベクトル束，平坦 q-Higgs 束，prismatic crystal の間の圏同値が得られる．

Takeshi Tsuji is working on p-adic Hodge theory, p-adic cohomology and their applications. With Matthew Morrow, he had introduced the notion of relative Breuil-Kisin-Fargues modules (relative BKF modules) as a theory of coefficients for the integral p-adic Hodge theory in the new framework by Bhatt-Morrow-Scholze. Relative BKF modules are locally described in terms of vector bundles with flat q-connection with base ring A_{inf}. Concerning this local description, he studied the following with Morrow. (i) A descent of modules with flat q-connections to flat q-Higgs modules along the relative Frobenius. In particular, we have shown the unique descent when they are equipped with Frobenius structure. (ii) A construction of the filtered crystal with Frobenius with base ring A_{crys} associated to a relative BKF module with Frobenius, which clarifies the relation to the rational p-adic Hodge theory. The descent in (i) is the key to the construction of the filtration. (iii) We have the theory of prism by Bhatt-Scholze as another possible approach to a theory of coefficients for the integral p-adic Hodge theory. As a comparison of the two approaches, we have proved the equivalence between the category of vector bundles with flat q-connection with base ring A_{inf} satisfying certain convergence and that of prismatic crystals with base ring A_{inf}. In particular, equipping with Frobenius structure, we obtain equivalences among vector bundles with flat q-connection, flat q-Higgs bundles, and prismatic crystals.

B. 発表論文

1. T. Tsuji, *Crystalline* $\mathbb{Z}_p$*-representations and* A_{inf}*-representations with Frobenius*, to appear in the proceedings of Simons symposium: p-adic Hodge theory (2017).
2. T. Tsuji, *Notes on the local p-adic Simpson correspondence*, Math. Ann. **371** (2018), 795–881.
3. T. Tsuji, *Saturated morphisms of logarithmic schemes*, Tunisian Journal of Mathematics **1** (2019), 185–220.
4. A. Abbes, M. Gros and T. Tsuji, *The p-adic Simpson Correspondence*. Annals of Mathematics Studies **193**, Princeton University Press, 616pp., 2016 February.

C. 口頭発表

1. Coefficients in integral p-adic Hodge theory via generalized A_{inf}-representations, p-adic cohomology and arithmetic geometry 2019, 東北大学, 2019 年 11 月
2. Coefficients in integral p-adic Hodge theory, Arithmetic Geometry in Carthage, Tunis, Tunisia, 2019 年 6 月
3. Coefficients in Integral p-adic Hodge Theory via Generalized A_{inf}-representations and q-connections, Simons symposium: p-adic Hodge theory (2019), Elmau, Germany, 2019 年 4 月
4. (φ, Γ)-modules and formal moduli for Lubin-Tate formal groups, Workshop on arithmetic geometry, Tokyo-Princeton at Komaba, the University of Tokyo, 2019 年 3 月
5. Recent progress in integral p-adic Hodge theory. Tokyo-Lyon Conference in Mathematics, the University of Tokyo, 2018 年 2 月
6. The relative Fontaine-Laffaille theory and A_{inf} representations with Frobenius. Algebraic K-theory and arithmetic, Polish Academy of Sciences Conference Center, Będlewo, Poland, 2017 年 8 月
7. The relative Fontaine-Laffaille theory and A_{inf} representations with Frobenius. Simons Symposium on p-adic Hodge Theory, Schloss Elmau, Germany, 2017 年 5 月
8. p 進 Simpson 対応, 日本数学会 2017 年度年会，企画特別講演，首都大学東京，2017 年 3 月
9. On p-adic etale cohomology of perverse sheaves, 2015 Summer Research Institute on Algebraic Geometry, University of Utah, Salt Lake City, Utah, USA, 2015 年 7 月
10. On p-adic étale cohomology of perverse sheaves, Géométrie arithmÃľtique, théorie des représentations et applications, Centre International de Rencontres MathÃľmatiques (CIRM), Luminy, France, 2015 年 6 月

D. 講義

1. 代数学 XD·数理代数学概論 II：ホモロジー代数の講義（数理大学院・4 年生共通講義）
2. 数学 II：文科生向けの線形代数の入門講義．行列の導入，行列式，基本変形，行列の階数などを扱った．（教養学部前期課程講義）
3. 数学続論 XA・数理構造概論：p 進 Hodge 理論，p 進ガロア表現の入門講義．p 進 Hodge 理論は Hodge 理論の p 進体上の代数多様体における類似である．特異コホモロジーの類似として p 進エタール・コホモロジーが用いられる．従来の Hodge 理論と異なりエタール・コホモロジーには p 進体の絶対ガロア群が作用し，この作用は考えている代数多様体の数論的性質に関する情報を豊富に持っている．p 進 Hodge 理論は，この情報を微分形式などを用いて代数的・解析的に捉えようとする理論である．その過程で p 進体の絶対ガロア群の作用を調べる一般論が重要な役割を担う．本講義ではそのような一般論として，Hodge-Tate 表現，crystalline 表現，de Rham 表現，(φ, Γ) 加群の理論を紹介し，また楕円曲線・アーベル多様体の場合を中心に，p 進 Hodge 理論の比較定理とその証明を紹介した．（数理大学院・4 年生共通講義）

E. 修士・博士論文

1. (課程博士) 坂本龍太郎 (SAKAMOTO Ryotaro): A higher rank Euler system for the multiplicative group over a totally real field.
2. (修士) 白井涼太郎 (SHIRAI Ryotaro): q-deformation with (φ, Γ)-structure of the de Rham cohomology of the Legendre family of elliptic curves.

F. 対外研究サービス

1. Proceedings of Iwasawa 2017, Advanced Studies in Pure Mathematics, エディター

2. Journal of Mathematical Sciences, the University of Tokyo, エディター
3. Journal de Théorie des Nombres de Bordeaux, エディター

時弘 哲治 (TOKIHIRO Tetsuji)

A. 研究概要

(1) 近年、血管網を形成する内皮細胞は、細胞がお互いに追い付き追い越される「セル混合」と呼ばれる特異なふるまいを行うことが明らかになった。しかし、秩序だった血管の分岐構造の構成にこの複雑な内皮細胞動態がどのように寄与するか不明であった。これまでに内皮細胞動態を記述する離散力学系モデルを構成してきたが、本年はこの数理モデルを改良し、相互作用の異方性と遺伝子発現による VE-カドヘリン生成を取り入れた、楕円粒子による反位相振動子モデルを提案し、このモデルが、2 細胞動態、多細胞動態、遺伝子 KO 細胞の動態を定性的に説明できることを示した。
(2) ルール 184 fuzzy cellular automaton (FCA184) は、特殊な場合として交通流の基本モデルであるルール 184CA とバーガーズ方程式を含むため、交通流の一般的なモデルと考えることができる。この FCA184 に対して、基本図（密度-流量図）は 3 つの領域（自由走行、渋滞、2 周期状態）からなることを示した。2 周期状態は、実際の系で観察される混合状態 (synchronized mode) に対応すると考えられるが、基本図内の 2 次元の領域であり、自由走行および渋滞領域はその 1 次元的な境界であった。また、不安定な自由走行状態を除いて、すべての状態は安定であるが、漸近的に安定ではないことを証明した。遷移状態およびボトルネック効果についても数値的に検証した。また、低密度および高密度の極限を調べるために超離散化の手法を用い、一般的な初期条件下では、どの超離散化状態も有限の時間ステップで速度 1 の進行波状態に収束することを示した。

(1) Vascular endothelial cells (ECs) in angiogenesis exhibit inhomogeneous collective migration called “cell mixing”, in which cells change their relative positions by overtaking each other. However, how such complex EC dynamics lead to the formation of highly ordered branching structures remains largely unknown. To uncover hidden laws of integration, we improved the previous model for dynamics of ECs and proposed anti-synchronized elliptic particle model which has anisotropy of interactions and the effects of gene expression of VE-cadherin. We showed that it qualitatively reproduced the cell dynamics of two and more ECs and effects of knock out genes.
(2) The rule 184 fuzzy cellular automaton is regarded as a mathematical model of traffic flow because it contains the two fundamental traffic flow models, the rule 184 cellular automaton and the Burgers equation, as special cases. We show that the fundamental diagram (flux-density diagram) of this model consists of three parts: a free-flow part, a congestion part and a two-periodic part. The two-periodic part, which may correspond to the synchronized mode region, is a two-dimensional area in the diagram, the boundary of which is constituted by the free-flow and the congestion parts. We prove that any state in both the congestion and the two-periodic parts is stable, but is not asymptotically stable, while that in the free-flow part is unstable. Transient behaviour of the model and bottle-neck effects are also examined by numerical simulations. Furthermore, to investigate low or high density limit, we consider ultradiscrete limit of the model and show that any ultradiscrete state turns to a travelling wave state of velocity one in finite time steps for generic initial conditions.

B. 発表論文

1. Yuri Kominami, Tatsuya Hayashi, Tetsuji Tokihiro and Hideki Ushio, “A Novel Analysis of the Peptide Terminome Characterizes Dynamics of Proteolytic Regulation in Vertebrate Skeletal Muscle Under Severe Stress ”Proteomes 2019, 7(1), 6.
2. Naoko Takubo, Fumitaka Yura, Kazuaki Naemura, Ryo Yoshida, Terumasa Toku-

naga, Tetsuji Tokihiro and Hiroki Kurihara, “Cohesive and anisotropic vascular endothelial cell motility driving angiogenic morphogenesis ”Scientific Reports volume 9, Article number: 9304 (2019).

3. Masataka Kanki, Takafumi Mase and Tetsuji Tokihiro, “On the Coprimeness Property of Discrete Systems without the Irreducibility Condition”, SIGMA 14 (2018), 065, 17 pages.
4. Ryo Kamiya, Masataka Kanki, Takafumi Mase, and Tetsuji Tokihiro, “A two-dimensional lattice equation as an extension of the Heideman-Hogan recurrence”, J. Phys. A: Math. Theor. **51**, 125203 (2018) (16pages).
5. Tatsuya Hayashi, Tetsuji Tokihiro, Hiroki Kurihara, Fumimasa Nomura and Kenji Yasuda, “Integrate and fire model with refractory period for synchronization of two cardiomyocytes”, J. Theor. Biol., **437**, pp.141–148 (2018).
6. Tatsuya Hayashi, Tetsuji Tokihiro, Hiroki Kurihara and Kenji Yasuda: “Community effect of cardiomyocytes in beating rhythms is determined by stable cells”, Scientific Reports **7**, 15450 (2017).
7. Ryo Kamiya, Masataka Kanki, Takafumi Mase, and Tetsuji Tokihiro: “Coprimeness-preserving non-integrable extension to the two-dimensional discrete Toda lattice equation”, Journal of Mathematical Physics **58**, 012702 (2017).
8. K. Matsuya, F. Yura, J. Mada, H. Kurihara, T. Tokihiro, “A Discrete Mathematical Model for Angiogenesis”, SIAM Journal on Applied Mathematics, Volume 76 (2016) 2123-2417.
9. Masataka Kanki, Takafumi Mase and Tetsuji Tokihiro, “Singularity confinement and chaos in two-dimensional discrete systems”, J. Phys. A: Math. Theor. **49** 23LT01 (9pp) (2016).
10. Masataka Kanki, Yuki Takahashi and Tetsuji Tokihiro, “Graphs emerging from the solutions to the periodic discrete Toda equation over finite fields”, Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE Vol. 7 No. 3 (2016) 338-353.

C. 口頭発表

1. “Mathematical model for the dynamics of endothelial cells in angiogenesis”, The 38th JSST Annual International Conference on Simulation Technology, New Well City Miyazaki(Miyazaki, Japan), November 5-7 (2019).
2. “血管新生の数理モデル”, 非線形波動研究の多様性，九大応用力学研究所，2019 年，10 月 31 日
3. “AIMaP 研究集会から異分野融合共同研究へ”, 数学パワーが世界を変える 2019，東京ガーデンパレス，2019 年，3 月 10 日．
4. “液晶における転位と準周期性”, 結晶転位の先進数理解析， 九州大学，2018 年 9 月 10 日．
5. “Co-primeness preserving extensions of discrete integrable equations”, The 12th AIMS Conference on Dynamical Systems, Differential Equations and Applications, Taipei (Taiwan), July 5 - 9 (2018).
6. “On quasi-integrable extension of 2D Toda equation”, The 3rd China-Japan Joint Workshop on Integrable Systems, Shaanxi Normal University, Xi’an (China), August 19-22 (2016).
7. “Coprimeness as a quasi-integrability criterion for discrete equations”, Workshop "Topics on tropical geometry, integrable systems and positivity", Aoyama-gakuin University, Dec. 22-24 (2015).
8. “生命動態の数理–心筋細胞と血管新生の数理モデル- ”, 武蔵野大学数理工学シンポジウム 2015, 武蔵野大学有明キャンパス 2015 年 11 月 19,20 日
9. “生命動態の数理 –血管新生の数理モデル

を中心”, 第 16 回現象数理学コロキアム, 明治大学 中野キャンパス 2015 年 10 月 16 日.

10. “Mathematical modeling for angiogenesis”, ICIAM2015, Beijing (China), Aug. 10-15, 2015

D. 講義

1. 連続体力学：弾性体及び流体に関する入門講義を行った.（教養学部基礎科学科講義）
2. 現象数理 II・非線型数理：セルオートマトンの数理モデルへの応用について説明した.（数理大学院・4 年生共通講義）

E. 修士・博士論文

1. (修士) 大橋 遼 (OHASHI Haruka): Zero-range process における分解予想の証明
2. (修士) 篠塚 大雅 (SHINOZUKA Taiga): 2 次元バーガーズセルオートマトンの拡張と、その交差点での交差流への応用

F. 対外研究サービス

1. 日本応用数理学会　理事.
2. Journal of Physical Society of Japan, editor.
3. Journal of Mathematical Sciences, The University of Tokyo, editor.
4. Discrete Dynamics in Nature and Society, editor.

平地 健吾 (HIRACHI Kengo)

A. 研究概要

強擬凸領域とその境界の CR 構造を放物型幾何学の視点から研究している．本年度は CR 多様体とその上のレビ計量から定まるセゲー核の漸近展開の不変式論を用いた表示を与えた。これはベルグマン核の漸近展開に対して知られていた R. Graham による結果をレビ計量の曲率を含めた形で一般化したものである。特に、実 3 次元の球面においてはセゲー核の対数項が局所的に消える必要十分条件はレビ計量がそこで擬アインシュタインであることを証明した。

I have been working on the geometry of strictly pseudoconvex domains and CR structures on their boundaries from the point of view of Parabolic Geometry. This year, I have given an asymptotic expansion formula of the Szegö kernel, which is defined for a CR manifold equipped with a Levi metric, by using invariant theory. This can be seen as a natural generalization of the asymptotic expansion of the Bergman kernel due to Fefferman-Graham, in such a way that the expansion is given in terms of the curvature of the Levi metric. In particular, for 3-dimensional CR sphere, I prove that the log term of the Szegö kernel vanishes locally if and only if the Levi metric is pseudo-Einstein there.

B. 発表論文

1. K. Hirachi, C. Lübbe and Y. Matsumoto: Q-curvature of Weyl structures and Poincaré metrics, preprint 2015 [arXiv:1502.06537]
2. S. Alexakis and K. Hirachi: Integral Kähler Invariants and the Bergman kernel asymptotics for line bundles, Adv. Math. 308 (2017), 348–403
3. K. Hirachi, T. Marugame, Y. Matsumoto: Variation of total Q-prime curvature on CR manifolds, Adv. Math. 306 (2017), 1333–1376

C. 口頭発表

1. Slice theorem for CR structures on the sphere and its applications, Complex Analysis and Geometry - XXIII (Italy), June 2017, The 12th Korean Conference on Several Complex Variables (Korea), July 2017 and International Conference on Symmetry and Geometric Structures, Banach center (Poland), November 2017
2. Log term of the Bergman kernel and the deformation complex for CR structures, Math department colloquium, Princeton Univ. (USA), September 2017 and Taipei Conference on Geometric Invariance and Partial Differential Equations

(Taiwan), January 2018

3. Q and Q-prime curvature in conformal and CR geometry (3 lectures); Integral invariants on CR manifolds (50 min talk), JAMI, Johns Hopkins Univ. (USA), March 2018
4. Relative fundamental solution to the CR invariant powers of sub-Laplacian and the deformation complex of CR structures, Taipei Conference on Geometric Invariance and Partial Differential Equations, Institute of Mathematics, Academia Sinica (Taiwan), January 2019
5. Global invariants of strictly pseudoconvex domains, Mathematics Colloquium, UCSD (USA), February 2019
6. Invariant theory for the Szegö kernel, Progress in Several Complex Variables, Korea Institute for Advanced Study Seoul, (Korea), October 2019
7. The Monge-Ampère equations, the Bergman kernel, and geometry of pseudoconvex domains (5 lectures), Cauchy-Riemann Equations in Higher Dimensions, ICTS Bangalore (India), July–August 2019

D. 講義

1. 複素解析学 I, 同演習: 1 変数函数論の入門講義および演習 (数学科 2 年生)
2. 常微分方程式: 常微分方程式入門 (前期課程 2 年)

E. 修士・博士論文

1. (修士) 高橋 柾人 (TAKAHASHI Masato): On the extension of holomorphic functions from singular complex hypersurfaces to pseudoconvex domains

F. 対外研究サービス

1. 日本数学会 JMSJ 編集委員
2. 日本数学会 ASPM 編集委員
3. 日本数学会 教育委員会委員
4. Nagoya Journal of Mathematics 編集委員
5. Complex Analysis and its Synergies 編集委員
6. 多変数関数論葉山シンポジウム 組織委員

古田 幹雄 (FURUTA Mikio)

A. 研究概要

専門は 4 次元トポロジーとゲージ理論である. 特にゲージ理論の無限次元の幾何学としての側面を中心に研究をしている. 現在の中心的研究対象は Seiberg-Witten 方程式による 4 次元多様体の安定コホモトピー不変量と, それと関連した 3 次元多様体の Floer ホモトピー型である
同方程式は非線型偏微分方程式であるが, それの線形化の主要部分である Dirac 方程式の性質が大きく反映する. これと関連したテーマとして, 準古典近似が状態の厳密な個数を与えるための局所化のメカニズムがあり, また最近は, 物性物理に現れるトポロジカル相への数学的アプローチについても考察している.
2019 年度の主な成果として、次を得た：
(1) トーラス上の Dirac 作用素に対して、それを近似する正方格子上の離散版である Wilson-Dirac 作用素を考えると、近似が十分よいとき、両者の指数の一致する。この結果は、整数値の指数の場合にはすでに知られていたが、我々は、Z/2 値等の一般化された形で K 群レベルの一致として示した。(松尾信一郎、山下真由子、深谷英則、大野木哲也、山口哲の諸氏との共同研究)
Seiberg-Witten 方程式の安定個ホモトピー不変量は、Dirac 作用素による固有分解による有限次元近似が用いられた。それに対して、今回の議論は、偏微分方程式の有限次元近似を、空間の離散近似を用いて構成するものとして対照的である。
(2)　前年度の研究では、Atiyah-Patodi-Singer 境界条件を課した Dirac 作用素の指数とドメインウォールとの関連について、一次元高い空間と一次元高いドメインウォールを用いることによって幾何学的描像を与えた。前年度は、整数値不変量を η 不変量によって表示する Atiyah-Patodi-Singer 指数定理が主題であった。この議論の中で η 不変量とかかわらない部分はより一般的な状況に対して拡張可能である。2019 年度はとくに Z/2 値の指数などに対してこの議論を展開し、ドメインウォールを用いた表示を得た。(深谷英則、

大野木哲也、山口哲、松尾信一郎、山下真由子の諸氏との共同研究）昨年度の整数値不変量の公式は深谷・大野木・山口の物理的議論によって導出がそれ以前から知られていた。一方 Z/2 値指数についての今回の結果は公式としても新しい。

I have been studying 4-dimensional topology and gauge theory, in particular an aspect of gauge theory as infinite dimensional geometry. My current interest is a cohomotopy version of Seiberg-Witten invarariants and Seiberg-Witten Floer homotopy type, which are invariants of 4-manifolds and 3-manifolds respectively.

The linearlization of the Seiberg-Witten monopole equation has Dirac equation as its principal part, and the Seiberg-Witten invariants reflects some properties of the family index of Dirac operators. As related topics, I study the localization of solution of Dirac operators and also study a mathematical appoach to topological phase in material science.

Main results obtained in 2019 are as follows:

(1) Suppose a Dirac-type operator D on a torus is given. The Wilson-Dirac operators D_W on a regular lattice is its discretization. When D has *chiral symmetry*, an integer-valuded index is defined. Under this condition it is known that the index of D_W is equal to that of D if the approximation of the discretization is good enough. We gave an alternative proof of this statement as equality in a K group. Our proof is straightforwardly generalized to the cases with various symmetries. (Joint work with H. Fukaya, T. Onogi, T. Yamaguchi, S. Matsuo and Y. Yamashita.) Our argument can be regarded as a finite dimensional approximation of partial differential equations using discretization of space, while the stable cohomotopy Seiberg-Witten invariant was constructed using eigendecomposition associated with Dirac operator.

(2) In the work in the previous year we gave a geometric viewpoint to a relation between the index of the Dirac operator with the Atiyah-Patodi-Singer boundary condition and the Dirac operator with domain-wall. We embedded the space with domain-wall into another space with another domain-wall with one more higher dimension. In that work our main target was the Atiyah-Patodi-Singer index formula for the integer-valued index in terms of the η invariant. We can generalize our main picture, which is not directly related to the η-invariant, to the cases with various symmetries. In 2019 we developed this argument to the case of Z/2-valuded index to obtain a formula of this index using domain-wall. The formula for the integer-valuded index was known by Fukaya-Onogi-Yamaguchi, while the formula for Z/2-valuded index is new.

B. 発表論文

1. H. Fukaya, M. Furuta, S. Matsuo, T. Onobi, M. Yamachita, S. Yamatuchi “The AtiyahâĂŞPatodiâĂŞSinger Index and Domain-Wall Fermion Dirac Operators". Commun. Math. Phys. (2020). https://doi.org/10.1007/s00220-020-03806-0
2. M. Furuta and S. Matsuo: “The perturbation of the Seiberg-Witten equations revisited", by Journal of the Mathematical Society of Japan,J. Math. Soc. Japan 68 (2016), 1655-1668.
3. M. Furuta, Y. Kametani, H. Matsue and N. Minami: “Stable-homotopy Seiberg-Witten invariants and Pin bordisms", preprint.
4. M. Furuta and Y. Kametani: “Equivariant maps and KO^*-degree", arXiv:0502511v2 preprint.

C. 口頭発表

1. “Index of the Wilson-Dirac operator revisited: a discrete version of Dirac operator on a finite lattice", 理研 iTHEMS Math Seminar Talk, 2020 年 2 月
2. “The Atiyah-Patodi-Singer index theorem and domain walls", MATERIALS

RESEARCH MEETING 2019 Materials Innovation for Sustainable Development Goals, YOKOHAMA SYMPOSIA 2019 DECEMBER

3. “The Atiyah-Patodi-Singer index theorem and domain walls", International Molecule-type Workshop Frontiers in Lattice QCD and related topics 2019 April Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University
4. “The Atiyah-Patodi-Singer index theorem and domain-walls”, BEC2018X Variety and universality of bulk-edge correspondence in topological phases: From solid state physics to transdisciplinary concepts, 筑波大学 2018 年 12 月.
5. “Gauge theory and Finite dimensional approximation”, Gauge theory in Fukuoka, 福岡西陣プラザ・柳川かんぽの宿, 2018 年 2 月.
6. 「トポロジカル相とバルク・エッジ対応の数学的側面へのイントロダクション」, 日本数学会年会 企画特別講演 2017 年 3 月
7. “An introduction to Seiberg-Witten equations” Berkeley-Tokyo Winter School "Geometry, Topology and Representation Theory", UC Berkeley, February 2016 （米）
8. “Yang-Mills theory / Seiberg-Witten theory” 2015 SNU 4-Manifolds Workshop, Oak Valley, December 2015 （韓国）
9. “10/8-type inequalities and TQFT”, IGA/AMSI Workshop “Australia-Japan Geometry, Analysis and their Applications”, Adelaide University, October 2015（豪）
10. "10/8-type inequalities and TQFT" Trends in Modern Geometry & the 10th Pacific Rim Complex Geometry Conference, 東京大学, 2015 年 7 月

D. 講義

1. 数学 II：文系学生のための線形代数. 基本変形, 行列式, 階数 (教養学部前期課程講義)

E. 修士・博士論文

1. (課程博士) 浅野 知紘 (ASANO Tomohiro) Intersection number estimate of rational Lagrangian immersions in cotangent bundles via microlocal sheaf theory
2. （課程博士） 谷口正樹（TANIGUCHI Masaki） Gauge theory and its applications to 3 and 4-dimesional topology
3. (課程博士) 渡部 淳 (WATANABE Jun) Fibred cusp b-pseudodifferential operators and its applications

F. 対外研究サービス

1. Progress in the Mathematics of Topological States of Matter, 組織委員, 東北大学 AIMR, 2019 年 7-8 月.
2. 研究集会「4 次元トポロジー」組織委員, 大阪大学理学部, 2019 年 11 月.

山本 昌宏 (YAMAMOTO Masahiro)

A. 研究概要

私の研究領域は数理科学における逆問題である. 特に, 過剰決定なデータから発展方程式の係数や非斉次項のようなパラメータ、さらに方程式が成り立っている領域形状を決定するという逆問題の研究に従事している. これらの問題はコンピュータ断層撮影法などのように実用上の見地から重要な問題であり, その数学解析が大いに要求されているにも関わらず, そのような逆問題がたまたまアダマールの意味で適切でないために, その数学的研究は十分ではない. 私の主な興味は偏微分方程式に対する逆問題において適切性の構造を求め, それらの結果を数値解析と関連付けることである. 最近は非整数階拡散方程式の包括的な研究にとりくんでいる.

1. 2019 年度は査読付きの論文を 19 編を出版した (B 項の [1]-[19])。カーレマン評価による係数決定逆問題の一意性と条件付き安定性に関する研究成果、不均質媒質における異常拡散を記

述する非整数階拡散方程式に対する初期値・境界値問題などの数学解析 、ならびに Dirichlet-to-Neumann 写像によるリーマン計量決定逆問題の一意性などがある。

2. 産業界など現実の課題解決のために数学を応用することに従事している．数学はそれ自体で完結した理論体系であるだけではなく、抽象性と一般性ゆえに現実の問題の解決に大きな力を発揮できる。またそのような応用によって数学自体の発展につながることも期待できる。産学連携の活動を 2011 年度以降、継続して行っている。 2019 年度は以下のように産業界ならびに工学分野からの課題解決のためのスタデイグループ・ワークショップを組織した：
http://sgw2019.imi.kyushu-u.ac.jp/index.html
file:///C:/Users/myama58/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/B6TO42FE/fmsp20191216.pdf
企業や工学などの異分野から問題提示があり、院生を中心とした参加者により解決が図られた．また企業との個別の共同研究も行っている．特に 2 回目のスタデイ・グループでは、ヒップホップダンスの客観的な評価のための数理解析、自動車産業などの製造業における品質向上のための技術ならびに福島原発事故後の湖沼などの水質汚染対策に関連した諸課題の数理手法が議論された。

My research field is inverse problems in mathematical sciences. In particular, I am studiyng determination of parameters such as coefficients, nonhomogeneous terms in evolution equations and determination of shapes of domains from overdetermining data. Recently I have started to study fractional diffusion equations comprehensively.

1. I published 19 refereed journal articles in the fiscal year 2019 ([1]-[19] in section B). These works conver mathematical analysis for inverse problems such as the uniqueness and the conditional stability for inverse coefficient problems, forward problems such as initial-boundary value problems for fractional partial differential equations, the uniqueness in the inverse problems of determining Riemannian metrics by Dirichlet-to-Neumann map.

2. I have applied mathematics in oder to solve problems in the real world such as industry. Mathematics is not only a system of theories but also is powerful machinery for solutions of practical problems, by its character of abstraction and generalization. Moreover by applications, one expects more development of mathematics itself. In 2019 I continued activities of the mathematics for industry. I am one of the main organizers of "Study Group Workshop for Solving Problems from Industry and Engineering" in August and December of 2019 within FMSP Graduate School Program and Cooperative Math. Program:
http://sgw2019.imi.kyushu-u.ac.jp/index.html
file:///C:/Users/myama58/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/B6TO42FE/fmsp20191216.pdf
The first was co-organized with Institute of Mathematics for Industry of Kyushu University. Companies and engineers proposed problems and the participants composed mainly of graduate students have worked towards practical solutions. In particular, at the second Study Group, we discussed mathematical methods for several subjects related to an evalution system for danses, manufacuring techniques, and water contamination models after Fukushima nuclear power plant accident in March 2011. Moreover I have continued joint research projects with companies.

B. 発表論文

1. Elschner, Johannes; Hu, Guanghui; Yamamoto, Masahiro, “Single logarithmic conditional stability in determining unknown boundaries", Appl. Anal. **99** (2020) 725-746.
2. Imanuvilov, Oleg Yu. and Yamamoto, Masahiro, "Carleman estimate for linear viscoelasticity equations and an inverse source problem", SIAM J. Math. Anal. **52** (2020) 718-791.
3. Cheng, Jin, Liu, Yi-kan, Wang, Yan-bo

and Yamamoto, Masahiro, "Unique continuation property with partial information for two-dimensional anisotropic elasticity systems", Acta Math. Appl. Sin. Engl. Ser. **36** (2020) 3–17.

4. Li, Zhiyuan, Huang, Xinchi and Yamamoto, Masahiro, "Initial-boundary value problems for multi-term time-fractional diffusion equations with x-dependent coefficients", Evol. Equ. Control Theory **9** (2020) 153–179.
5. Imanuvilov, O. Yu. and Yamamoto, M, "Carleman estimate and an inverse source problem for the Kelvin-Voigt model for viscoelasticity", Inverse Problems **35** (2019) 125001, 45 pp.
6. Kian, Yavar and Yamamoto, Masahiro, "Reconstruction and stable recovery of source terms and coefficients appearing in diffusion equations", Inverse Problems **35** (2019) 115006, 24 pp.
7. Imanuvilov, Oleg Yu.; Yamamoto, Masahiro, "Stability for determination of Riemannian metrics by spectral data and Dirichlet-to-Neumann map limited on arbitrary subboundary", Inverse Probl. Imaging **13** (2019) 1213–1258.
8. Cannarsa, P., Floridia, G., Gögeleyen, F. and Yamamoto, M, "Inverse coefficient problems for a transport equation by local Carleman estimate", Inverse Problems **35** (2019) 105013, 22 pp.
9. Li, Zhiyuan and Yamamoto, Masahiro, "Unique continuation principle for the one-dimensional time-fractional diffusion equation", Fract. Calc. Appl. Anal. **22** (2019) 644-657.
10. Dou, Fangfang and Yamamoto, Masahiro, "Logarithmic stability for a coefficient inverse problem of coupled Schrödinger equations", Inverse Problems **35** (2019) 075006, 17 pp.
11. Li, Zhiyuan and Yamamoto, Masahiro, "Inverse problems of determining coefficients of the fractional partial differential equations", Handbook of fractional calculus with applications. Vol. 2, pp.443-464, De Gruyter, Berlin, 2019.
12. Li, Zhiyuan, Liu, Yikan, and Yamamoto, Masahiro, "Inverse problems of determining parameters of the fractional partial differential equations", Handbook of fractional calculus with applications. Vol. 2, pp. 431-442, De Gruyter, Berlin, 2019.
13. Liu, Yikan, Li, Zhiyuan, and Yamamoto, Masahiro, "Inverse problems of determining sources of the fractional partial differential equations", Handbook of fractional calculus with applications. Vol. 2, pp. 411-429, De Gruyter, Berlin, 2019.
14. Luchko, Yuri and Yamamoto, Masahiro, "Maximum principle for the time-fractional PDEs", Handbook of fractional calculus with applications, Vol. 2, pp. 299-325, De Gruyter, Berlin, 2019.
15. Cannarsa, Piermarco, Floridia, Giuseppe, and Yamamoto, Masahiro, "Observability inequalities for transport equations through Carleman estimates", Trends in control theory and partial differential equations, 69-87, Springer INdAM Ser., 32, Springer, Cham, 2019.
16. Huang, Xinchi; Li, Zhiyuan; Yamamoto, Masahiro, "Carleman estimates for the time-fractional advection-diffusion equations and applications", Inverse Problems 35 (2019), 045003, 36 pp.
17. Hömberg, Dietmar; Lu, Shuai; Yamamoto, Masahiro, "Uniqueness for an inverse problem for a nonlinear parabolic system with an integral term by one-point Dirichlet data", J. Differential Equations **266** (2019), 7525-7544.
18. Romanov, Vladimir G.; Yamamoto, Masahiro, "Recovering two coefficients in an elliptic equation via phaseless in-

formation", Inverse Probl. Imaging **13** (2019) 81-91.

19. Huang, Xinchi; Kian, Yavar; Soccorsi, Éric; Yamamoto, Masahiro, "Carleman estimate for the Schrödinger equation and application to magnetic inverse problems", J. Math. Anal. Appl. **474** (2019) 116-142.
20. Kian, Yavar, Soccorsi, Éric; Yamamoto, Masahiro, "On time-fractional diffusion equations with space-dependent variable order", Ann. Henri Poincaré **19** (2018) 3855-3881.
21. Kubica, Adam; Yamamoto, Masahiro; "Initial-boundary value problems for fractional diffusion equations with time-dependent coefficients", Fract. Calc. Appl. Anal. **21** (2018) 276-311.
22. Yu, Jie; Liu, Yikan; Yamamoto, Masahiro," Theoretical stability in coefficient inverse problems for general hyperbolic equations with numerical reconstruction", Inverse Problems **34** (2018) 045001, 30 pp.
23. Yamamoto, Masahiro, "Weak solutions to non-homogeneous boundary value problems for time-fractional diffusion equations", J. Math. Anal. Appl. **460** (2018) 365-381.
24. Kian, Y.; Oksanen, L.; Soccorsi, E.; Yamamoto, "M. Global uniqueness in an inverse problem for time fractional diffusion equations", J. Differential Equations **264** (2018) 1146-1170.
25. Beilina, L.; Cristofol, M.; Li, S.; Yamamoto, M., "Lipschitz stability for an inverse hyperbolic problem of determining two coefficients by a finite number of observations", Inverse Problems **34** (2018) 015001, 27 pp.

C. 口頭発表

1. Uniqueness and stability for inverse problems of determining shapes of moving sources, SIMAI 2018 Sapienza Università di Roma, Italy, 2 July 2018
2. Inverse source and coefficient problems for viscoelasticity equations, 28th IFIP Conference on Systems Modelling and Optimization, Universität Duisburg-Essen, Germany, 23 July 2018
3. Stability and uniqueness for inverse problems for transport equations, Workshop on Mathematical and Computational Challenges of Medical Imaging and Inverse Problems, Shanghai University of Finance and Economics, China, 14 August 2018
4. Inverse problems related to The Fukushima Daiichi Nuclear Disaster: applications of mathematics, Mathematical and Numerical Approaches for Multi-wave Inverse Problems CIRM, Marseille, 5 April 2019
5. The well-posedness for the direct problem and inverse problems for time-fractional partial differential equations: some fundamental studies, Nonlocal and Fractional Operators, Sapienza University of Rome 13 April 2019
6. Fundamentall studies for time-fractional partial differential equations + fractional diffusion equations backward in time, Numerical Methods for Fractional-Derivative Problems, Beijing Computational Science Research Center 27 April 2019
7. Inverse Problems for Compressible Viscous Fluids by Carleman Estimates, INdAM Intensive Period 2019, Shape optimization, control and inverse problems for PDEs, 10 June 2019 Universita degli Studi di Napoli Federico II
8. Inverse problems for fractional partial differential equations, Universita Roma Tre, 21 June 2019
9. Analyses for Inverse Problems Related to the Fukushima Daiichi Nuclear Dis-

aster: an Application of Mathematics, International Conference on Mathematics and Mathematics Education 12 July 2019, Sercuk University, Konya, Turkey

10. Applied Mathematical Analysis - resolutions of real-world problems and deepening of theories －ルーマニア科学者アカデミー名誉会員就任記念講演 Academy of Romanian Scientist 6 September 2019

D. 講義

1. 微分積分学 2 ならびに演習：教養学部前期課程講義、A セメスター、微積分の基礎
2. 数理科学概論 II (文科生)：教養学部前期課程講義、 A セメスター、線形代数
3. 解析学 XC：逆問題の入門講義で数学解析ならびに数値手法や応用事例の解説、理学部 3 年生向け講義、A セメスター
4. 社会数理実践研究：数理大学院

F. 対外研究サービス

1. Editorial board ” Journal of Inverse and Ill-posed Problems"、2011 年－現在
2. Editorial board of ”Journal of the China Society of Industrial and Applied Mathematics (J. of Chinese SIAM)"、2011 年—現在
3. ”Editorial board of ”Applicable Analysis"、2011 年ー現在
4. Board of ”The Journal of World Mathematical Review"
5. Advisor Board of ”Inverse Problems in Science and Engineering"、2011 年－現在
6. Editorial Board of ”Nonlinear Analysis: Real World Applications" 2011 年－現在
7. Fellow at Institute of Physics (Great Britain) 2011 年—2014 年
8. Honorary professor of East China Institute of Technology (China)
9. Guest Professor of Southeast University (Nanjing, China)
10. Senior researcher of Research Center of Nonlinear Problems of Mathematical Physics, Peoples’ Friendship University of Russia, Moscow

G. 受賞

1. the 2014 William F. Ames JMAA Best Paper Award
2. The Gold Medal for ”For Great Contributions in Mathematics", 2012, ロシア科学アカデミー・シベリア支部
3. Honorary Member of Academy of Romanian Scientists (2019 年 4 月より)

H. 海外からのビジター

1. Yavar Kian 20/03/07 - 20/05/05 Aix-Marseille University フランス、非整数階偏微分方程式の逆問題の共同研究
2. Piermarco Cannarsa 20/02/12-2020/02/19, University Rome Tor Vergata イタリア退化型放物方程式の逆問題の共同研究
3. Oleg Emanouilov 20/01/04 - 20/01/15 Colorado State University アメリカ、境界値逆問題ならびに粘弾性体の逆問題の共同研究
4. Kazufumi Ito 19/12/24 - 20/01/05 North Carolina State University　アメリカ材料科学の逆問題の共同研究
5. Mourad Choulli 19/08/08 - 19/08/15 University of Lorraine フランス楕円型方程式に関する逆問題の共同研究

吉田 朋広 (YOSHIDA Nakahiro)

A. 研究概要

擬似尤度解析、漸近決定理論、確率過程の統計学、極限定理、漸近展開、セミマルチンゲール、Malliavin 解析、計量ファイナンス、統計的学習理論、計算機統計を研究している：

1. Malliavin 解析と極限定理
2. 混合正規分布を極限を持つマルチンゲールに対する漸近展開の研究
3. マイクロストラクチャーノイズ下でのプレアベレージング推定量の漸近展開
4. Euler-Maruyama 近似誤差の漸近展開
5. Skorohod 積分の漸近展開
6. fractional Brownian motion の汎関数の漸近展開

7. Wiener 汎関数に対する一般展開公式
8. 擬似尤度解析の理論
9. 有限時間離散観測下でのボラティリティに対する擬似尤度解析とパラメトリック推定量の漸近展開
10. ジャンプフィルターと安定的なボラティリティ推定
11. 部分擬似尤度解析と長期記憶過程を成分に持つ統計モデルの推測理論
12. 擬似尤度解析と情報量規準
13. 確率過程のスパース推定
14. HY 推定法とリード・ラグ推定
15. 確率微分方程式に対する適合型推定アルゴリズム
16. 点過程とリード･ラグ､リミット･オーダー･ブック
17. 退化拡散過程の推定
18. 確率微分方程式に対するシミュレーション･統計解析ソフトウエアの開発 (YUIMA III プロジェクト)

I am studying quasi likelihood analysis, asymptotic decision theory, statistics for stochastic processes, limit theorems, asymptotic expansion, semimartingales, Malliavin calculus, quantitative finance, statistical machine learning and computational statistics:

1. Malliavin calculus and limit theorems
2. Asymptotic expansion for a martingale that has a mixed normal limit distribution
3. Asymptotic expansion of the pre-averaging estimator under microstructure noise
4. Asymptotic expansion in Euler-Maruyama approximation
5. Asymptotic expansion of Skorohod integrals
6. Asymptotic expansion of various functionals of a fractional Brownian motion
7. General expansion formula for Wiener functionals
8. Theory of the Quasi-Likelihood Analysis (QLA)
9. Quasi-Likelihood Analysis for volatility in finite time horizon and asymptotic expansion of the QLA estimators
10. Jump filters for stable volatility estimation
11. Partial Quasi-Likelihood Analysis and inference for a statistical model having long-memory components
12. Quasi-Likelihood Analysis and information criteria for model selection
13. Sparse estimation of stochastic processes
14. Applications of the HY estimator to lead-lag estimation
15. Adaptive estimation methods for stochastic differential equations
16. Statistical inference for point processes applied to lead-lag phenomena and limit order book
17. Estimation for a degenerate diffusion process
18. Statistical package for simulation and statistical analysis for stochastic differential equations (YUIMA III Project)

B. 発表論文

1. S. Iacus and N. Yoshida: “Simulation and Inference for Stochastic Processes with YUIMA: A Comprehensive R Framework for SDEs and Other Stochastic Processes", Springer, 2018
2. D. Nualart and N. Yoshida: “Asymptotic expansion of Skorohod integrals", Electronic Journal of Probability Volume 24, paper no. 119, 64 pages (2019)
3. C. Tudor and N. Yoshida: “Asymptotic expansion for vector-valued sequences of random variables with focus on Wiener chaos", Stochastic Processes and their Applications, 129, 9, (2019) 3499–3526
4. I. Muni Toke and N. Yoshida: “Analyzing order flows in limit order books with ratios of Cox-type intensities", Quantitative Finance online (2019)

5. C. Tudor and N. Yoshida: “High order asymptotic expansion for Wiener functionals", arXiv:1909.09019 (2019)
6. Y. Kinoshita and N. Yoshida: “Penalized quasi likelihood estimation for variable selection", arXiv:1910.12871 (2019)
7. T. Suzuki and N. Yoshida: “Penalized least squares approximation methods and their applications to stochastic processes", Japanese Journal of Statistics and Data Science (2020)
8. Muni Toke, I., Yoshida, N.: Marked point processes and intensity ratios for limit order book modeling arXiv:2001.08442 (2020)
9. Podolskij, M., Veliyev, B., Yoshida, N.: Edgeworth expansion for Euler approximation of continuous diffusion processes. Annals of Applied Probability, to appear
10. Gloter, A., Yoshida, N.: Adaptive and non-adaptive estimation for degenerate diffusion processes. arXiv:2002.10164 (2020)

C. 口頭発表

1. Global jump filters and quasi likelihood analysis for Volatility. CMStatistics 2018, Pisa, Italy, 2018.12.15 招待講演
2. Asymptotic expansion revisited: toward reconstruction of the asymptotic_term. The Second YUIMA Conference, Rome, Italy, 2019.3.22
3. Global jump filters and quasi-likelihood analysis for volatility. DynStoch2019, Delft, Holland, 2019.6.12
4. Adaptive and non-adaptive estimation of degenerate diffusion processes. The Third YUIMA Conference, Bressanone, Italy, 2019.6.27
5. Asymptotic expansion for functionals of a fractional Brownian motion. Fourth Conference on Ambit Fields and Related Topics 4-8 August, 2019, Sandbjerg Estate, Sønderborg, Denmark, 2019.8.6 招待講演
6. Asymptotic expansions in non-ergodic stochastic systems. 62nd ISI World Statistics Congress 2019, IPS-159, Kuala Lumpur Convention Center, Kuala Lumpur, Malaysia, 2019.8.23 招待講演
7. Asymptotic expansion of an anticipative functional. Asymptotic expansion and Malliavin calculus II, Institut Henri Poincaré, Paris, France, 2019.12.11
8. 確率過程の統計学の理論と応用. 第 8 回藤原洋数理科学賞授賞式/ピアノコンサート、慶應義塾大学、日吉、2019.9.28 大賞受賞者講演
9. 統計学と極限定理. ホームカミングデイ, 東京大学大学院数理科学研究科, 2019.10.19
10. Estimation for degenerate diffusion processes. CMStatistics, University of London, London, UK, 2019.12.15 招待講演

D. 講義

1. 確率過程論・確率統計学 III: マルチンゲールの定義、収束定理、不等式、中心極限定理、バックワードマルチンゲール、および連続時間マルチンゲールに関して解説した。(数理大学院・4 年生共通講義)
2. 確率統計学基礎・確率統計 II：統計モデルとしての多様な確率分布族と、それらに対する種々の統計推測法について解説した。確率構造の表現、確率変数、確率分布、離散分布、連続分布、期待値、積率、特性関数、多次元分布、共分散、独立性、指数型分布族、条件つき期待値、不偏推定、十分性、完備性、ラオ・ブラックウェルの定理、レーマン・シェフェの定理等を説明した。(理学部数学科、教養学部共通講義)
3. 数理統計学・確率統計学 II：数理統計学の入門講義。漸近理論の基礎について解説した。最尤推定、大数の法則と一様性、最小コントラスト推定、M 推定量の漸近正規性、ワンステップ推定量、尤度比検定、多項分布の検定、情報量規準に関して説明し

た。(数理大学院・4 年生共通講義)

4. 統計財務保険特論 V・確率統計学 XC：線形推測の基礎について解説した。確率分布の取り扱い、多変量正規分布、一般化逆行列、射影行列、t 分布、F 分布、ガウス・マルコフモデル、仮説検定、重回帰分析、分散分析、主成分分析、判別分析に関して説明した。(数理大学院・4 年生共通講義)
5. 統計財務保険特論 VII・数学続論ⅩG: 統計推測の漸近論を、疑似尤度解析の枠組みで、従属性の構造によらない方法で一般的に構成した。多項式型大偏差不等式と擬似尤度比確率場の収束により、推定量の極限定理、積率収束、ベイズ推定量の漸近挙動を示した。確率過程への応用を紹介した。(数理大学院・4 年生共通講義)
6. 統計財務保険特論 X・数学続論ⅩH: マルチンゲール中心極限定理を紹介し、統計学への応用に触れた。非エルゴード的統計学で用いられる混合型極限定理を証明した。さらに、金融高頻度データの統計解析への応用を紹介した。(数理大学院・4 年生共通講義)
7. 統計データ解析 II：統計ソフトウエア R を用いた多変量解析法の入門講義。R の使い方から始め、多変量分布のシミュレーション、重回帰分析、主成分分析、判別分析に関して基礎概念を紹介し、R によるデータ解析の方法を説明した。(前期課程講義)
8. 統計データ解析 I：統計ソフトウエア R の基本的な使い方と統計学の基礎概念を解説した。データのプロット、シミュレーションと極限定理、確率分布、基礎的な記述統計量とデータの集約、推定、検定、分散分析、回帰分析に関して話した。(前期課程講義)

E. 修士・博士論文

1. (論文博士) 木下 慶紀 (KINOSHITA Yoshiki): Asymptotic properties of the penalized quasi-likelihood estimators and their applications.
2. (論文博士) 鈴木 拓海 (SUZUKI Takumi): Penalized Least Squares Approximation Methods and Their Application to Stochastic Processes.
3. (修士) 山岸 颯 (YAMAGISHI Hayate): Asymptotic expansion of multiple Skorohod integrals by the commutation relation.

F. 対外研究サービス

1. 統計数理研究所リスク解析戦略研究センター客員教授
2. 日本アクチュアリー会評議員
3. Statistical Inference for Stochastic Processes, editorial board
4. 統計数理研究所運営会議委員
5. (公財) 生命保険文化センター理事
6. YUIMA Tutorial, Brixen-Bressanone, Italy, 2019.6.25-6.28, organizer
7. The Third YUIMA Conference, Bressanone, Italy, 2019.6.26-6.28, organizer
8. Asymptotic Expansion and Malliavin Calculus, Institut Henri Poincaré, Paris, France, 2019.12.11-12.12, organizer
9. Zoom in YUIMA Tutorial, Online, 2020.3.21-3.22, オーガナイザー

G. 受賞

第 8 回藤原洋数理科学賞大賞

H. 海外からのビジター

1. Nikolai Leonenko, Cardiff University, Wales, 2019.12.18-12.29. 統計数学セミナーで講演した。
2. Lorenzo Mercuri, University of Milan, Italy, 2020.1.28-2.15. 統計数学セミナーで講演した。

ウィロックス ラルフ (WILLOX Ralph)

A. 研究概要

今年は主として下記の 4 つの数理物理学と関係する課題について研究を行い，研究成果を得た．

- 去年の続きでパリ第 7 大学の Basile Grammaticos と Alfred Ramani と離散可積分系における特異点について共同研究を行った．非対称な「trihomographic form」

で表せる離散パンルヴェ方程式の特異点パターンの分類を発表する論文は現在投稿中であり，離散 KdV 方程式（格子上の離散可積分系の典型的な方程式）が持つ特異点の分類、及び特異点閉じ込めという性質を持たない特異点の発見を発表する論文は Journal of Physics A に掲載される予定である．

- 本研究科の Takafumi Mase，及びパリ第 7 大学の Basile Grammaticos と Alfred Ramani との共同研究で，高次元の双有理写像における特異点の構造と写像の反復合成による次数増大との関係を考察した．線形化可能な 2 階の方程式の coupling から得られる高次元の写像の特異点と次数増大との関係についての論文は現在作成中である．
- Takafumi Mase とフィンランドのトゥルク大学の Jarmo Hietarinta との共同研究で，2 次元の格子上で定義される差分方程式の代数的 entropy の計算に対して初期値問題の特徴が非常に大きい影響をもたらすことを明らかにした．この結果を発表する一つの論文は既に掲載済みであり [B.10]，もう一つの論文は現在作成中である．
- グラスゴー大学の Claire Gilson との共同研究で，超離散 KdV 方程式の逆散乱問題が厳密に構成できる undressing 変換と dressing 変換の繰り返しで完全に解けることを証明した．この証明と構成方法を発表する論文は既に掲載済みである [B.9].

The research I conducted over the past year was mainly concerned with the following 4 topics in mathematical physics.

- Continuing my joint research with Basile Grammaticos and Alfred Ramani (Université Paris VII), I studied the types of singularities that can appear in discrete integrable systems. A paper containing a classification of possible singularity patterns for discrete Painlevé equations that can be expressed in so-called *asymmetric trihomographic* form, is currently under peer review. Another paper, in which we present a classification of singularities that arise in the discrete KdV equation (the prototypical integrable lattice equation), as well as singularities for that equation that do not enjoy the singularity confinement property, will appear in Journal of Physics A.
- Together with Takafumi Mase (from this institute) and Basile Grammaticos and Alfred Ramani, I studied possible connections between the singularities that may arise in higher dimensional birational maps and the degree growth of the iterates of such maps. We are currently writing a paper detailing such a connection for maps obtained by coupling linearizable second order maps.
- In collaboration with Jarmo Hietarinta (Turku University, Finland), Takafumi Mase and I have elucidated the strong influence the specifics of the initial value problem have on algebraic entropy computations for difference equations that are defined on a two-dimensional lattice. A first paper announcing this result has already been published [B.10] and a second one is currently being written.
- Together with Claire Gilson (University of Glasgow), I succeeded in proving that the inverse scattering problem for the ultradiscrete KdV equation can be completely solved by iterations of explicitly constructable *undressing* and *dressing* transformations. Our paper explaining this proof and construction has already appeared [B.9].

B. 発表論文

1. A. Ramani, B. Grammaticos, R. Willox, T. Mase and J. Satsuma: “Calculating the algebraic entropy of mappings with unconfined singularities”, Journal

of Integrable Systems **3** (2018) xyy006 (16pp).

2. M. Hatifi, R. Willox, S. Colin and T. Durt: "Bouncing Oil Droplets, de Broglie's Quantum Thermostat, and Convergence to Equilibrium", Entropy **20** (2018) 780 (32pp).
3. B. Grammaticos, A. Ramani, R. Willox and T. Mase: "Detecting discrete integrability: the singularity approach", in *Nonlinear Systems and Their Remarkable Mathematical Structures: Volume I*, N. Euler (Ed.) (CRC Press, Boca Raton FL, 2018) pp 44–73.
4. T. Mase, R. Willox, A. Ramani and B. Grammaticos: "Singularity confinement as an integrability criterion", J. Phys. A: Math. Theor. **52** (2019) 205201 (29pp).
5. R. Willox: "Discrete solitons with internal degrees of freedom: discovered at last?", JPSJ News and Comments **16**, 05 (2019) (2pp).
6. B. Grammaticos, A. Ramani and R. Willox: "Restoring discrete Painlevé equations from an $E_8^{(1)}$-associated one", J. Math. Phys. **60** (2019) 063502 (16pp).
7. A. Ramani, B. Grammaticos, R. Willox and T. Tamizhmani: "Constructing discrete Painlevé equations: from $E_8^{(1)}$ to $A_1^{(1)}$ and back", Journal of Nonlinear Mathematical Physics **26** (2019) 520–535.
8. R. Willox: "振り子の揺れ", 数理科学 674 (2019), 32–33.
9. J.J.C. Nimmo, C.R. Gilson and R. Willox: "Darboux dressing and undressing for the ultradiscrete KdV equation", J. Phys. A: Math. Theor. **52** (2019) 445201 (36pp).
10. J. Hietarinta, T. Mase and R. Willox: "Algebraic entropy computations for lattice equations: why initial value problems do matter", J. Phys. A: Math. Theor. **52** (2019) 49LT01 (13pp).

C. 口頭発表

1. Rogue waves: a nonlinear paradigm relevant to quantum mechanics ?, FQXi workshop "Quantum Rogue Waves as Emerging Quantum Events", Ecole Centrale de Marseille, France, 2016 年 6 月.
2. Nonlinearity, non-locality and conservation laws, FQXi workshop "Quantum Rogue Waves as Emerging Quantum Events", Ecole Centrale de Marseille, France, 2016 年 6 月.
3. Full-deautonomisation or how to obtain the algebraic entropy of a map from singularity confinement, SIDE XII conference "Symmetries and Integrability of Difference Equations", Sainte-Adèle, Québec, Canada, 2016 年 7 月.
4. Singularity confinement, anticonfinement and algebraic entropy, AMS Fall Western Sectional Meeting, University of Denver, Denver, USA, 2016 年 10 月.
5. From singularity patterns to algebraic entropies, ISQS25 –the XXVth International Conference on Integrable Systems and Quantum Symmetries, Prague, Czech Republic, 2017 年 6 月.
6. ダルブー変換 と ボソン・フェルミオン対応: 記述, 応用と様々な二次的影響，数理科学の拡がり：可積分系・数理医学，松江市・島根県民会館，2017 年 8 月.
7. 特異点閉じ込めと代数的エントロピー II，非線形波動研究の新潮流 – 理論と応用 – 九州大学応用力学研究所 共同研究集会，九州大学，2017 年 11 月.
8. Solution to the direct and inverse scattering problems for the ultradiscrete KdV equation, Integrable systems, special functions and combinatorics, Sabhal Mòr Ostaig –the Gaelic College, the Isle of Skye, UK, 2019 年 6 月.
9. On the direct and inverse scattering problems for udKdV, China-Japan Joint Workshop on Integrable Systems 2019, 葉山, 2019 年 8 月.

10. Integrability tests for lattice equations – or why lattice equations are more interesting (and subtle) than ordinary mappings, Integrable Systems 2019, The University of Sydney, Australia, 2019 年 11 月.

D. 講義

1. 数理科学基礎（S1 ターム）: 微分積分学基礎の入門講義（教養学部前期課程 1 年生）
2. 数理科学基礎演習（S1 ターム）: 微分積分学基礎入門の演習（教養学部前期課程 1 年生）
3. 微分積分学 1（S2 ターム）: 微分積分学の入門講義（教養学部前期課程 1 年生）
4. 数学基礎理論演習（S2 ターム）: 微分積分学入門の演習（教養学部前期課程 1 年生）
5. 現象数理 II・現象数理学・非線形数理（S セメスター）: オムニバス形式で，様々な分野における自然現象を記述する数理モデルやセルオートマトンの構成法，及びそれらのモデルの解析について論じる講義（教養学部統合自然科学科数理自然科学 4 年生・理学部 4 年生・大学院生の共通講義）
6. 数値シミュレーション技法・グローバル教養特別演習 I（S セメスター）英語で行われる数理モデルと数値シミュレーションについての入門講義（教養学部後期課程 PEAK・USTEP 生）
7. 微分積分学 2（A セメスター）: 微分積分学の入門講義（教養学部前期課程 1 年生）
8. 微分積分学演習（A セメスター）: 微分積分学入門の演習（教養学部前期課程 1 年生）
9. 応用数学 XA・数物先端科学 IX（A セメスター）: 連続の無限次元可積分系について論じる講義（理学部 4 年生・大学院生の共通講義）

   内容：無限次元可積分系への入門として，様々な観点から非線形偏微分方程式における「可積分性」について講じた．対称性という概念から出発し，方程式の保存量や特殊解，またはハミルトン構造などについて説明し，無限次元可積分系に付随する線形問題（Lax pair）と保存量との関係，線形問題の拡張から得られる無限次元可積分系の階層と対称性（ダルブー変換）及び，その階層のタウ関数について講じた．

   Course contents: this course is intended as an introduction to the field of infinite dimensional integrable systems, focusing on several aspects of “integrability" for nonlinear partial differential equations. Starting from the notion of a “symmetry”, I first discussed the link with conserved quantities and Hamiltonian structures for such equations. In the latter half of the course I explained the link between the underlying linear structure (Lax pair) for integrable systems and the existence of infinitely many conservation laws, symmetries and tau functions for the associated integrable hierarchies.

F. 対外研究サービス

1. ソルヴェ 国際研究所「Instituts Internationaux de Chimie et Physique, fondés par E. Solvay」評議員.
2. Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical, Advisory Board Member.
3. Tokyo Forum 2019 – *Shaping the Future*, Tokyo (6/12/2019 – 8/12/2019). https://www.tokyoforum.tc.u-tokyo.ac.jp, Academic Committee member.

H. 海外からのビジター

1. Mariusz Białecki (Polish Academy of Sciences – Institute of Geophysics) 2019 年 10 月 20 日 ～ 31 日.

准教授 (Associate Professors)

足助 太郎 (ASUKE Taro)

A. 研究概要

葉層構造について，特性類や Fatou 集合に着目して研究した．特性類に関しては，特性類の変形と幾何構造の関係を主に調べた．また，Fatou 集合については，その形状の決定について主に調べた．

I studied characteristic classes of foliations and Fatou sets of transversely holomorphic foliations.

B. 発表論文

1. T. Asuke : "Transverse projective structures of foliations and infinitesimal derivatives of the Godbillon–Vey class", Internat. J. Math. **26** (2015), 1540001, 29pp.
2. T. Asuke : "Derivatives of secondary classes and 2–normal bundles of foliations", J. Math. Sci. Univ. Tokyo **22** (2015), 893–937.
3. T. Asuke : "Notes on 'Infinitesimal derivative of the Bott class and the Schwarzian derivatives'", Tohoku Math. J. **69** (2017), 129–139.
4. T. Asuke : "On deformations and rigidity of the Godbillon–Vey class", Geometry, Dynamics, and Foliations 2013, Advanced Studies in Pure Mathematics **72**, 2017, 1–18.
5. T. Asuke : "On Thurston's construction of a surjective homomorphism $H^{2n+1}(B\Gamma_n, \mathrm{Z}) \to \mathrm{R}$", by Tadayoshi Mizutani, Geometry, Dynamics, and Foliations 2013, Advanced Studies in Pure Mathematics **72**, 2017, 211–219 (translation).
6. T. Asuke : "Fatou and Julia sets of foliations", preprint (2019), arXiv:1809.06767, to appear in Jour. Math. Soc. Japan.

C. 口頭発表

1. 一次元特異葉層の Julia 集合に期待されるいくつかの性質について，「尾鷲微分トポロジー 2015 研究会」，尾鷲中央公民館（三重県），2015/8/12.
2. On derivatives of secondary classes for foliations，葉層構造と微分同相群 2015 研究集会，東京大学玉原国際セミナーハウス，2015/10/28.
3. 一次元特異葉層の Julia 集合について，秋田幾何セミナー，カレッジプラザ（秋田），2015/11/15.
4. Defining the Julia sets on $\mathrm{C}P^2$，複素解析幾何セミナー，東京大学，2016/4/11.
5. A Chern–Weil construction for derivatives of characteristic classes, Foliations 2016, Będlewo (Poland), 2016/7/16.
6. Characteristic classes for infinitesimal deformations of foliations, Workshop : Residues, dynamics and hyperfunctions, Hokkaido University (Sapparo), 2017/7/28.
7. A remark on the Fatou sets of foliations of $\mathrm{C}P^2$, Complex foliations, dynamics and geometry, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro (Brasil), 2018/7/24.

D. 講義

1. 数理科学基礎：主に微分積分学，線型代数学に関するごく基本的な事柄について講義した（教養学部前期課程講義）.
2. 数理科学基礎演習：上述の「数理科学基礎」に関する演習を行った（教養学部前期課程講義）.
3. 線型代数学：線型代数学の基礎的な事柄について講義した（教養学部前期課程講義）.
4. 数理科学基礎演習：微分積分学および線型代数学の基礎的な事柄に関する演習を行った（教養学部前期課程講義）.
5. 線型代数学演習：線型代数学の基礎的な事

柄に関する演習を行った（教養学部前期課程講義）.

6. 幾何学 III：多様体上の微分形式とベクトル場，およびベクトル解析に関する基本的な事柄について講義した（3 年生向け講義）.
7. 数学講究 XB（数理科学概説）：「ベクトル場と力学系」と題してベクトル場の力学系的な扱いの初歩について乳も運的な講義を行った（5/28, 4:55〜15:55）(4 年生向け講義）.

F. 対外研究サービス

1. 日本数学会評議員，2019 年度.
2. 葉層構造の幾何学とその応用（Workshop on geometry of foliations and its applications），2019 年 12 月 13 日 ∼15 日，京都教育大（共催）.
3. 葉層構造の幾何学とその応用（Workshop on geometry of foliations and its applications），2018 年 12 月 14 日 ∼16 日，京都教育大（共催）.
4. 葉層構造の幾何学とその応用（Workshop on geometry of foliations and its applications），2017 年 12 月 15 日 ∼17 日，京都教育大（共催）.
5. 葉層構造の幾何学とその応用（Workshop on geometry of foliations and its applications），2016 年 12 月 9 日 ∼11 日，京都教育大（共催）.
6. 複素解析的ベクトル場・葉層構造とその周辺（Workshop on holomorphic vector fields and foliations, and related topics），2015 年 12 月 11 日 ∼13 日，京都教育大（共催）.

G. 受賞

1. 審査委員の表彰（科学研究費補助金），2015 年

H. 海外からのビジター

1. Scárdua, Bruno (2015/10/1–2015/10/31): Working on foliations and gave a series of lectures on holomorphic foliations.

阿部 紀行 (ABE Noriyuki)

A. 研究概要

簡約群の表現論の研究を行っている．今年度は，主に正標数における簡約代数群の代数的な表現論に関する研究を行った．この表現論は，アフィン Weyl 群の組み合わせ論により支配される．特に，近年の研究によりアフィン Weyl 群の Hecke 環の圏化（Hecke 圏）が重要な役割を果たすことがわかってきた．昨年度はこの Hecke 圏の新しい定式化を与えた [2] が，今年度はその定式化を応用して，G_1T 加群の主ブロックに Hecke 圏の作用を与えた [1]．ただし G は考えている簡約代数群であり，G_1 は Frobenius 写像の核，T は G の極大トーラスである．G_1T を G に変えた際には，同様のことが Riche-Williamson により予想されており，この定理はその類似である．また，昨年度与えた Hecke 圏の新しい定式化に即して，その特異版の構成を試みた.

I study representation theory of reductive groups. In this year, I studied rational representation theory of algebraic reductive groups. Such representation theory is controlled by combinatorics of the affine Weyl group. By recent developements, it is known that categorifications of the Hecke algebra attached to the affine Weyl group (Hecke categories) play important roles. In the last year, I gave a new construction of such categories [2]. In this year, using this construction, I gave an action of a Hecke category on the principal block of G_1T-modules [1]. Here G is the reductive algebraic group we are considering, G_1 the Frobenius kernel and T a maximal torus of G. An analogous thing, replacing G_1T with G, is a conjecture of Riche-Williamson. I also tried to construct a singular Hecke category as an analogue of my construction in the last year.

B. 発表論文

1. N. Abe, “A Hecke action on G_1T-modules”, arXiv:1904.11350.
2. N. Abe, “On Soergel bimodules”, arXiv:1901.02336.

3. N. Abe, F. Herzig and M.-F. Vigneras, “Inverse Satake isomorphism and change of weight”, arXiv:1805.00244.
4. N. Abe, “Extension between simple modules of pro-ppp-Iwahori Hecke algebras”, arXiv:1705:00728.
5. N. Abe, “Parabolic inductions for pro-p-Iwahori Hecke algebras”, Advances in Mathematics Volume 355, 2019.
6. N. Abe, “A comparison between pro-p-Iwahori Hecke modules and mod p representations”, Algebra & Number Theory, Vol. 13 (2019), No. 8, 1959-1981.
7. N. Abe, “Involutions on pro-p-Iwahori Hecke algebras”, Represent. Theory 23 (2019), 57-87.
8. N. Abe, G. Henniart and M.-F. Vignéras, “On pro-p-Iwahori invariants of R-representations of reductive p-adic groups”, Representation Theory 22 (2018), 119-159.
9. N. Abe, G. Henniart and M.-F. Vignéras, “Modulo p representations of reductive p-adic groups: functorial properties”, Trans. Amer. Math. Soc. 371 (2019), 8297-8337.
10. N. Abe, “Change of weight theorem for pro-p-Iwahori Hecke algebras”, Around Langlands correspondences, Contemp. Math., vol. 691, Amer. Math. Soc., Providence, RI, 2017, pp. 1-13.

C. 口頭発表

1. On Soergel bimodules, 第 15 回代数・解析・幾何学セミナー, 鹿児島大学, 鹿児島, 2020 年 2 月 14 日.
2. On Soergel bimodules, Geometry and representation theory, Institut Henri PoincarÃĺ, Paris, France, 2020 年 1 月 31 日.
3. On Soergel bimodules, Arithmetic Geometry and Representation Theory, 富山, 2019 年 12 月 16 日.
4. A Hecke action on G_1T-modules, Modular Representation Theory, Clay Mathematics Institute, Oxford, 2019 年 10 月 3 日.
5. On Soergel bimodules, 2019 年度 RIMS 共同研究 (公開型) 「表現論とその周辺分野の進展」, 京都大学, 2019 年 7 月 11 日.
6. Mod p representations and pro-p-Iwahori Hecke algebra. 九大代数学セミナー, 九州大学, 2019 年 2 月 14 日.
7. Mod p representations and pro-p-Iwahori Hecke algebra, Number / Representation Theory seminar, Toronto University, 2019 年 1 月 23 日.
8. Mod p representations and pro-p Iwahori Hecke algebras, 2018 ICM satellite conference on Automorphic Forms, Galois Representations and L-functions, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018 年 7 月 25 日.
9. p 進代数群の法 p 表現と Hecke 環, 代数学コロキウム, 東京大学, 2018 年 4 月 18 日.
10. A classification theorem of irreducible admissible mod p representations and its consequences, Arithmetic Geometry and Related Topics, 愛媛大学, 2017 年 11 月 21 日.,
11. $q = 0$ におけるプロ p 岩堀 Hecke 環の既約表現の間の拡大について, 代数セミナー, 広島大学, 2017 年 10 月 6 日.

D. 講義

1. 数理科学基礎：微分積分学への架け橋となる講義を行った.（教養学部前期課程講義）
2. 数理科学基礎演習：上記科目の演習を行った.（教養学部前期課程講義）
3. 微分積分学：微分積分学に関する講義を行った.（教養学部前期課程講義）
4. 微分積分学演習：上記科目の演習を行った.（教養学部前期課程講義）
5. 全学自由科学ゼミナール：対称多項式の入門講義を行った.（教養学部前期課程講義）
6. 数学続論 XC / 群構造論：複素半単純 Lie 環の基礎事項から始め, 圏 $\mathcal{O}$ に関する講義を行った. 具体的な内容は以下の通りで

ある．(1) 複素半単純 Lie 環のルート系による構造の記述．(2) 有限次元既約表現の分類．(3) 圏 $\mathcal{O}$ の定義と基本性質，ブロック分解．(4) Soergel による射影対象の記述と Kazhdan-Lusztig 予想および Koszul 双対性．（数理大学院・4 年生共通講義）

F. 対外研究サービス

1. 日本数学会，雑誌 “数学”，常任編集委員（2019 年 7 月から）．
2. 日本数学会，情報システム運用委員会，専門委員．

伊藤 健一 (ITO Kenichi)

A. 研究概要

年度のはじめにシュタルクハミルトニアンのスペクトルに関するプレプリントを発表した．主定理として，レーリッヒの定理，極限吸収原理，放射条件評価が得られ，証明には，最近 Ito–Skibsted によって考案された交換子法が用いられる．これは足立氏（京都大学），板倉氏（神戸大学），Skibsted 氏（オーフス大学）との共同研究であり，来年度，学術誌上に出版されることが確定している．年度の中頃以降は Jensen 氏（オールボー大学）との共同研究を行い，低次元離散空間上の離散ラプラシアンに対し，そのレゾルベントの閾値周りでの漸近展開が得られた．展開式は超幾何関数を用いて表示され，極めて複雑な形状をしている．後者の結果については，現段階でプレプリントの公開が目前となっている．

In the beginning of the year I released a preprint on spectral properties of the Stark Hamiltonian. The main results are Rellich's theorem, the limiting absorption principle and the radiation condition bounds, and for the proofs we employ a commutator method recently proposed by Ito–Skibsted. This is a joint work with Adachi (Kyoto Univ.), Itakura (Kobe Univ.) and Skibsted (Aarhus Univ.), and is accepted for publication in a journal in the next year. From the middle of the year I started a joint work with Jensen (Aalborg Univ.), and obtained asymptotic expansions around thresholds of resolvent of the discrete Laplacian in low dimension. The expansions are expressed by hypergeometric functions, being highly complicated. The corresponding preprint will be published very soon.

B. 発表論文

1. K. Ito and E. Skibsted: “Time-dependent scattering theory on manifolds”, J. Funct. Anal. **277** (2019) 1423–1468.
2. K. Ito and A. Jensen: “Branching form of the resolvent at threshold for ultra-hyperbolic operators and discrete Laplacians”, J. Funct. Anal. **277** (2019) 965–993.
3. K. Ito and A. Jensen: “Resolvent expansion for the Schrödinger operator on a graph with infinite rays”, J. Math. Anal. Appl. **464** (2018) 616–661.
4. K. Ito and A. Jensen: “Resolvent expansion for the Schrödinger operator on a graph with infinite rays”, Tosio Kato Centennial Conference, RIMS Kôkyûroku (2018) **2074** 47–54.
5. K. Ito and A. Jensen: “Resolvent expansions for the Schrödinger operator on the discrete half-line”, J. Math. Phys. **58** (2017) 052101.
6. K. Ito and E. Skibsted: “Rellich's theorem and N-body Schrödinger operators”, Rev. Math. Phys. **28** (2016) 1650010.
7. K. Ito: “Rellich's theorem, limiting absorption principle and radiation condition on manifold with ends”, Spectral and Scattering Theory and Related Topics, RIMS Kôkyûroku (2015) **1975** 117–126,

C. 口頭発表

1. Hypergeometric expression for resolvent of the discrete Laplacian in low dimension, 日本数学会 2020 年度年会，一般講演, 日本大学, 2020 年 3 月（中止）.
2. Hypergeometric expressions for resol-

vents of the discrete Laplacians in low dimensions, 研究集会「第 29 回 数理物理と微分方程式」, ダイヤモンド瀬戸内マリンホテル, 岡山県玉野市, 2019 年 11 月.

3. Hypergeometric expressions for resolvents of the discrete Laplacians in low dimensions, The 17th Linear and Nonlinear Waves, 滋賀県立県民交流センター（ピアザ淡海）, 滋賀県大津市, 2019 年 10 月.
4. Commutator method for the Stark Hamiltonian, QMath14: Mathematical Results in Quantum Physics, Aarhus University, デンマーク王国, 2019 年 8 月.
5. Commutator method for the Stark Hamiltonian, 信州大学偏微分方程式研究集会, 信州大学, 2019 年 6 月.
6. Zeroth order conjugate operator in N-body Schrödinger operators, RIMS 共同研究（公開型）「量子場の数理とその周辺」, 京都大学, 2019 年 6 月.
7. Commutator method for the Stark Hamiltonian, 応用解析研究会, 早稲田大学, 2019 年 4 月.
8. Commutator methods for the Stark Hamiltonian, Workshop on “Spectral theory & semiclassical analysis”, Institut Mittag–Leffler, スウェーデン王国, 2019 年 2 月.
9. Rellich’s theorem for the Stark Hamiltonian, シュレーディンガー方程式の数理とその周辺 (Mathematics of Schrödinger Equations and Related Topics, in honor of Professor Kenji Yajima on his 70th birthday), 伊豆市立土肥公民館, 静岡県伊豆市, 2019 年 1 月.
10. Zeroth order conjugate operator in N-body Schrödinger operators, International Conference Spectral Theory and Mathematical Physics (STMP 2018), the Catholic University of Chile, チリ共和国, 2018 年 12 月.

D. 講義

1. 常微分方程式: 常微分方程式の基本事項に関する講義.（教養学部理科 II,III 類 2 年生）
2. 解析学 IV・解析学 IVa・解析学 IVb: 測度論およびルベーグ積分の基礎事項に関する講義. (理学部数学科 3 年生)
3. 解析学特別演習 I・解析学特別演習 Ia・解析学特別演習 Ib: 測度論およびルベーグ積分に関する演習. (理学部数学科 3 年生)
4. 解析学 XG・基礎数理特別講義 VI: 擬微分作用素の理論の入門的な内容を取り扱った．Schwartz 超関数論の基本的な部分を概観した後，擬微分作用素の定義，symbol calculus，Sobolev 空間への作用，（強型）Gårding の不等式を紹介し，最後に応用として線形偏微分作用素の局所可解性を論じた．より詳しく述べると，ある線形独立条件を満たす主要型偏微分作用素に対する局所可解性を，principal normality を用いて特徴付けた．（数理大学院・4 年生共通講義）
5. 数学講究 XB: 題目「超局所解析と偏微分方程式の特異性」（理学部数学科 4 年，60 分× 1 回のみ）
6. 数理科学概論: 題目「作用素の関数とその応用」（統合自然科学科 2 年，105 分× 1 回のみ）

E. 修士・博士論文

1. (博士) 平良 晃一 (TAIRA Kouichi): Spectral and scattering theory for generalized Schrödinger operators（一般化シュレディンガー作用素に関するスペクトル理論と散乱理論）.

F. 対外研究サービス

1. 研究集会「Schrödinger Operators and Related Topics – In honor of Professor Shu Nakamura on his sixtieth birthday –」学習院大学，2020 年 1 月 8–10 日，組織委員
2. 日本数学会函数方程式論分科会 情報委員委員長
3. 日本数学会 2019 年度 地方地区代議員（関東支部第 1 ブロック）
4. 東京大学解析学火曜セミナー 世話人

G. 受賞

1. 日本数学会函数方程式論分科会 第七回 (2015 年度) 福原賞

H. 海外からのビジター

1. Daniel PARRA 氏, 海外協力研究員, 2019 年 4 月 1 日–2019 年 10 月 31 日

今井 直毅 (IMAI Naoki)

A. 研究概要

混標数局所シュトゥーカのモジュライ空間に対する畳み込み射，双対射，捻り射を導入し，それらと混標数幾何学的佐武対応を用いて，GL_3 の内部形式の局所志村多様体に対して，Kottwitz 予想が成り立つことを証明した．さらに，GL_2 の一般の余指標で定まる混標数局所シュトゥーカのモジュライ空間に対する Kottwitz 予想が，尖点的 Langlands パラメータについて成り立つことを示した．一方で，一般の離散的 Langlands パラメータについては，Kottwitz 予想が成り立たないことを示した．

津嶋貴弘氏との共同研究において，有限ユニタリ群の Weil 表現の新谷リフトを幾何的に構成した．さらに，Weil 表現をコホモロジーに実現する代数多様体の mod ℓ コホモロジーを用いて mod ℓ Weil 表現及び mod ℓ Howe 対応について調べた．

We introduced convolution morphisms, duality morphisms and twist morphisms for the moduli space of mixed characteristic local shtukas. Using these and the mixed characteristic geometric Satake equivalence, we showed the Kottwitz conjecture for the local Shimura varieties of the inner forms of GL_3. Further, we showed that the Kottwitz conjecture holds for the moduli space of mixed characteristic local shtukas for GL_2 and a general cocharacter if the Langlands parameter is cuspidal. On the other hand, we showed that the Kottwitz conjecture does not hold in general for discrete Langlands parameters.

In a joint work with Takahiro Tsushima, we constructed Shintani lifts of the Weil representation of a finite unitary group geometrically. Further, we studied the mod ℓ Weil representation and the mod ℓ Howe correspondence using the mod ℓ cohomology of an algebraic variety whose cohomology realizes the Weil representation.

B. 発表論文

1. N. Imai and T. Tsushima : “Mod ℓ Weil representations and Deligne–Lusztig inductions for unitary groups”, preprint.
2. N. Imai : “Convolution morphisms and Kottwitz conjecture”, preprint.
3. N. Imai and T. Tsushima : “Shintani lifts for Weil representations of unitary groups over finite fields”, preprint.
4. I. Gaisin and N. Imai : “Non-semi-stable loci in Hecke stacks and Fargues’ conjecture”, preprint.
5. N. Imai and T. Tsushima : “Affinoids in the Lubin–Tate perfectoid space and simple supercuspidal representations I: tame case”, to appear in Int. Math. Res. Not.
6. N. Imai and T. Tsushima : “Geometric realization of the local Langlands correspondence for representations of conductor three”, to appear in Publ. Res. Inst. Math. Sci.
7. N. Imai and Y. Mieda : “Potentially good reduction loci of Shimura varieties”, Tunis. J. Math. **2** (2020), no. 2, 399–454.
8. N. Imai and T. Tsushima : “Local Jacquet–Langlands correspondences for simple supercuspidal representations”, Kyoto J. Math. **58** (2018), no. 3, 623–638.
9. N. Imai and T. Tsushima : “Stable models of Lubin–Tate curves with level three”, Nagoya Math. J. 225 (2017), 100–151.
10. K. Cesnavicius and N. Imai : “The remaining cases of the Kramer–Tunnell conjecture”, Compos. Math. **152** (2016), no. 11, 2255–2268.

C. 口頭発表

1. Convolution morphisms and Kottwitz conjecture, Caltech number theory seminar, Caltech, アメリカ, 2020 年 2 月 13 日.
2. Geometrization of the local langlands correspondence, 第 18 回北陸数論研究集会「数論における相互法則」, 金沢大学サテライト・プラザ, 2019 年 12 月 27 日.
3. Convolution morphisms, geometric Satake equivalence and Kottwitz conjecture, The conference on the Legacy of Élie Cartan, Tsinghua Sanya International Mathematics Forum, 中国, 2019 年 12 月 20 日.
4. Langlands functoriality in the geometrization of the local Langlands correspondence, New Developments in Representation Theory of p-adic Groups, Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach, ドイツ, 2019 年 10 月 2 日.
5. 局所 Langlands 対応の幾何化と関手性, 代数学シンポジウム, 東北大学, 2019 年 9 月 3 日.
6. Local Shimura varieties and the Fargues-Fontaine curve, RTG Research Workshop 2019, UC Berkeley, アメリカ, 2019 年 5 月 15 日, 16 日.
7. Deligne–Lusztig stack, International Conference on Arithmetic Geometry, In honor of Michael Rapoport's 71st birthday, Morningside Center of Mathematics, 中国, 2019 年 3 月 18 日.
8. Geometric realization of Heisenberg–Weil representations for finite unitary groups, Tokyo-Lyon Satellite Conference in Number Theory, 東京大学, 2018 年 2 月 21 日.
9. Non-semi-stable loci in Hecke stacks and Fargues' conjecture, UK-Japan Winter School 2018 on Number Theory, King's College London, イギリス, 2018 年 1 月 8 日.
10. Non-semi-stable loci in Hecke stacks and Fargues' conjecture, Master Lectures - The Legacy of Carl Friedrich Gauss, Tsinghua Sanya International Mathematics Forum, 中国, 2017 年 12 月 19 日.

D. 講義

1. 常微分方程式: 常微分方程式. (教養学部前期課程講義)
2. 代数と幾何: 線型代数. (理学部 2 年生 (後期))
3. 代数と幾何演習: 線型代数の演習. (理学部 2 年生 (後期))

E. 修士・博士論文

1. (修士) 齋藤 勇太 (SAITO Yuta): 異なる素元に対する過収束 Lubin–Tate (φ, Γ) 加群について.

F. 対外研究サービス

1. 第 63 回代数学シンポジウム プログラム責任者

G. 受賞

1. 第 11 回井上リサーチアウォード受賞 (2019 年 2 月)

H. 海外からのビジター

1. Jean-Stefan Koskivirta, JSPS 外国人特別研究員, 2018 年 11 月〜. He worked on Shimura varieties.
2. Ildar Gaisin, JSPS 外国人特別研究員, 2019 年 4 月〜. He worked on a geometrization of the local Langlands correspondence.
3. Jean-Francois Dat, Sorbonne University, 2019 年 4 月. He gave a talk on the local Langlands correspondence.

入江 慶 (IRIE Kei)

A. 研究概要

シンプレクティック幾何学における Floer 理論と、その応用として Hamilton 力学系の周期軌道について研究している。本年度の研究成果は以下の通りである。(1): Floer-Hofer-Wysocki は、ある種の Floer ホモロジーを用いてシンプレク

ティック・ベクトル空間の部分集合の「大きさ」を表す不変量（シンプレクティック容量）を定義していた。本年度発表したプレプリント “symplectic homology capaity of fiberwise convex sets and homology of loop spaces ” で fiberwise に凸な集合に対してその容量をループ空間のホモロジーを用いて表す公式を証明し、その応用として、凸体の容量はその境界上に現れる Hamilton 周期軌道の作用量の最小値と一致することを示した。後者の結果は Abbondandolo-Kang も得ており、彼らのアプローチと私のアプローチの関係については研究中である。(2): 一昨年度に発表した、ストリング・トポロジーと擬正則円盤に関するプレプリントを査読者のコメントを踏まえて改訂した（J. Topology に掲載予定）。(3): 三次元 Reeb 力学系に対する C^∞ 級閉補題に関するいくつかの考察を短い論文にまとめた（投稿中）。

I'm working on Floer theory in symplectic geometry and its applications to the study of periodic orbits of Hamiltonian dynamical systems. Research activities in this academic year are as follows. (1): Floer-Hofer-Wysocki defined symplectic capacity of subsets of symplectic vector spaces using a version of Floer homology. In a preprint “symplectic homology capacity of fiberwise convex sets and homology of loop spaces”, I proved a formula which computes capacities of fiberwise convex sets using homology of loop spaces. As an application, it is proved that the capacity of a convex body is equal to the minimum action of Hamiltonian periodic orbits on the boundary of the convex body. The latter result was also obtained by Abbondandolo-Kang, and relations between their approach and my approach are currently studied. (2): I revised a preprint on string topology and pseudo-holomorphic disks following comments of referees. This paper is to appear in J. Topology. (3): I wrote a short paper on a few remarks about C^∞-closing lemma for three-dimensional Reeb dynamics. This paper is submitted to a refereed journal.

B. 発表論文

1. K. Irie : “Chain level loop bracket and pseudo-holomorphic disks”, accepted to J. Topology.
2. K. Irie : “A chain level Batalin-Vilkovisky structure in string topology via de Rham chains”, Int. Math. Res. Not. IMRN 2018, no. 15, 4602–4674.
3. M. Asaoka and K. Irie : “ A C^∞-closing lemma for Hamiltonian diffeomorphisms of closed surfaces”, Geom. Funct. Anal. 26 (2016), no. 5, 1245–1254.
4. K. Irie : “Dense existence of periodic Reeb orbits and ECH spectral invariants”, J. Mod. Dyn. 9 (2015), 357–363.
5. K. Irie : “Hofer-Zehnder capacity of unit disk cotangent bundles and the loop product”, J. Eur. Math. Soc. (JEMS) 16 (2014), no. 11, 2477–2497.

C. 口頭発表

1. “Periodic Reeb orbits and minimal surfaces”, UK-Japan Winter School (Variational problems in Geometry and Mathematical Physics), University of Leeds（イギリス）, 2019 年 1 月
2. “Equidistributed periodic orbits of C^∞-generic three-dimensional Reeb flows”, Geometry and Everything (Fukaya 60), 京都大学, 2019 年 2 月
3. “Equidistributed pedioriodic orbits of C^∞-generic three-dimensional Reeb flows”, Analytic low-dimensional dynamics (Lyubich 60), Fields Institute（カナダ）, 2019 年 6 月
4. “Symplectic homology capacity of convex bodies”, Interactions of symplectic topology and Dynamical systems, Palazzone di Cortona （イタリア）, 2019 年 6 月
5. Symplectic 容量と Hamilton 力学系の周期軌道, 日本数学会秋期学会, 金沢大学, 2019 年 9 月

D. 講義

1. 位相幾何学 II・幾何学 XC（数理大学院・４年生共通）: ベクトル束とその特性類についての基礎事項。主な内容は以下の通り。(1): ベクトル束と主ファイバー束。(2): 分類空間、特に Grassmann 多様体。(3): Thom 同型と Euler 類。(4): Stiefel-Whitney/Chern/Pontryagin 類。(5): 同境群と特性数。
2. 数理科学基礎補修（教養学部前期課程）: 微積分と線形代数の初歩。
3. 大域解析学・数学続論 XE（数理大学院・４年生共通）: 定量的シンプレクティック幾何学の入門講義。主な内容は以下の通り。(1): シンプレクティック容量（特に Hofer-Zehnder 容量）の導入。Energy-Capacity 不等式とその応用（Gromov の圧縮不能性定理、シンプレクティック微分同相の C^0 剛性、Hamilton 微分同相群上の両側不変距離（Hofer 距離）の構成)。(2): Floer ホモロジーの概説。(3): Floer ホモロジーに付随するスペクトル不変量の定義、基本性質、応用として Energy-Capacity 不等式の証明。(4): シンプレクティック・ホモロジーの紹介。

G. 受賞

２０１９年度日本数学会幾何学賞

植田 一石 (UEDA Kazushi)

A. 研究概要

King's College London の Yankı Lekili 氏と共同で、ホモロジー的ミラー対称性の研究を行った。特に、次数付き行列因子化の圏が傾対象を持ち、捻られた変形を持たないような、孤立臨界点を持つ重み付き斉次多項式に対し、半普遍変形の底空間の正部分が傾対象の自己準同型代数の自明拡大代数に入る A_∞ 構造のモジュライ空間と同型になることを示し、これを用いて $n+1$ 次元アファイン空間の $n+2$ 次超曲面や、n 次元アファイン空間の $2n+2$ 次超曲面で分岐する 2 重被覆に対するホモロジー的ミラー対称性を証明した。

大阪大学の大川新之介氏及びイタリアのトリエステにある国際理論物理学センターの Tarig Abdelgadir 氏と共同で、非可換 del Pezzo 曲面の研究を行った。特に、1 次元 Calabi–Yau 圏を生成する球状対象の有限列に対し、この列の定める有向部分圏として、この圏を非可換正準因子として持つ非可換曲面が構成されるという観点によって、非可換 del Pezzo 曲面が統一的に理解されることを示した。

東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構の吉田豊氏と共同で、位相的捻りを加えた 3 次元 $\mathcal{N}=2$ の Chern–Simons matter 理論の研究を行った。特に、ゲージ群が $U(N)$ で、M 個の基本表現に属するカイラル多重項が入っている場合に、円周と曲面の直積の上の超対称 Wilson ループの相関関数が、Grassmann 多様体 $G(N,M)$ を標的とする K 理論的準写像不変量と一致することを予想し、種数 0 の場合に証明した。

We studied homological mirror symmetry with Yankı Lekili at King's College London. In particular, we proved the isomorphism of the positive part of the base space of the semiuniversal unfolding of a weighted homogeneous polynomial with an isolated critical point whose category of graded matrix factorizations admits a tilting object and the moduli space of A_∞-structures on the trivial extension algebra of the endomorphism algebra of the tilting object. We also applied this result to prove homological mirror symmetry for the n-dimensional affine hypersurface of degree $n+2$ and the double cover of the n-dimensional affine space branched along a degree $2n+2$ hypersurface.

We studied noncommutative algebraic geometry with Shinnosuke Okawa at Osaka University and Tarig Abdelgadir at the Abdus Salam International Center for Theoretical Physics. In particular, given a finite sequence of spherical objects generating a Calabi–Yau category of dimension 1, we construct a noncommutative surface containing the Calabi–Yau category as a noncommutative anticanonical divisor. This allows a uniform treatment of noncommutative del Pezzo surfaces.

We studied topologically twisted $\mathcal{N} = 2$ supersymmetric Chern–Simons matter theory in dimension 3. In particular, we conjectured that the correlation functions of Wilson loops in the theory with the $U(N)$ gauge group and M fundamental chiral multiplets on S^1 times a surface coincides with the K-theoretic quasimap invariant with the Grassmannian manifold $G(N, M)$ as the target, and proved it in genus 0.

B. 発表論文

1. A. Ito, M. Miura, and K. Ueda : "Projective reconstruction in algebraic vision", accepted for publication in Canadian Mathematical Bulletin.
2. Y. Nohara and K. Ueda : "Potential functions on Grassmannians of planes and cluster transformations", accepted for publication in Journal of Symplectic Geometry.
3. K. Ueda : "G_2-Grassmannians and derived equivalences", Manuscripta Math. 159 (2019), no. 3–4, 549–559.
4. K. Hashimoto and K. Ueda : "Reconstruction of general elliptic K3 surfaces from their Gromov–Hausdorff limits", Proc. Amer. Math. Soc. 147 (2019), no. 5, 1963–1969.
5. A. Ito, M. Miura, S. Okawa, and K. Ueda : "The class of the affine line is a zero divisor in the Grothendieck ring: via G2-Grassmannians", J. Algebraic Geom. 28 (2019), no. 2, 245–250.

C. 口頭発表

1. 3d $N = 2$ Chern-Simons matter theory and K-theoretic quasimap invariants of Grassmannians, Mirror Symmetry and Related Topics, 2019, 京都大学大学院理学研究科, 2019 年 12 月.
2. Periods and mirrors of noncommutative deformations of simple singularities, Categorical and Analytic Invariants in Algebraic Geometry VII, 大阪大学大学院理学研究科, 2019 年 11 月.
3. Moduli of A_∞-structures, Tilting Theory, Singularity Categories, and Noncommutative Resolutions, Casa Matemática Oaxaca, 2019 年 9 月.
4. Mirror symmetry for Grassmannians and cluster transformations, Conference on Fukaya Category and Homological Mirror Symmetry, 北京大学, 2019 年 8 月.
5. Mirror symmetry for Grassmannians and cluster transformations, International Workshop on Verlinde Algebras and Grassmannians, 中山大学, 2019 年 6 月.
6. Homological mirror symmetry for Milnor fibers of invertible polynomials, Who is Who in Mirror Symmetry, ロシア国立研究大学経済高等学院, 2019 年 5 月.

D. 講義

1. 幾何学 XG：シンプレクティック幾何について、Hamilton ベクトル場、運動量写像、Liouville–Arnold の定理などの基本的事項や、複素幾何との類似点、相違点、Riemann 幾何との関係などを復習した後、位相的ミラー予想、古典的ミラー予想、ホモロジー的ミラー予想、SYZ 予想などについて、背景とおおよその主張、それに相互の関係について紹介した。さらに、コンパクトな多様体に対するミラー対称性を非コンパクトな多様体に対するミラー対称性の変形として理解する (例えば、対数的 Calabi-Yau 多様体のミラーは対数的 Calabi-Yau 多様体であり、対数的 Calabi-Yau 多様体を部分コンパクト化することがミラー側では Landau-Ginzburg ポテンシャルを導入することに対応する) ことや、Kontsevich に始まる、Stein 多様体の深谷圏の Lagrange 骨格上の余層としての記述などについても議論した。
2. 構造幾何学：力学系の基礎事項に関する講義 (教養学部基礎科学科講義)
3. 構造幾何学演習：力学系の基礎事項に関する演習 (教養学部基礎科学科講義)

4. 自然科学ゼミナール：自然における微分方程式 (教養学部前期課程講義)

E. 修士・博士論文

1. (修士) 奥田 伸樹 (OKUDA Nobuki): ヒッチン系のフーリエ・向井変換の幾何ラングランズ双対性への変形
2. (修士) 小林 健太 (KOBAYASHI Kenta): L-infinity 構造のモジュライ

柏原 崇人 (KASHIWABARA Takahito)

A. 研究概要

ここ数年は「滑らかな領域に対する有限要素法の誤差評価」を研究しているが，本年度はその考え方を Stokes–Darcy 界面問題に対して応用した．境界で区切られた領域の「片側」のみが考察対象となる境界値問題と比べて，界面問題では界面を挟んだ「両側」の領域を考察する必要があるため，解析が複雑になる．特に界面条件として Beavers–Joseph–Saffman 条件を考える場合，界面に沿って接方向の流速は一般に不連続となることから，数値解法にもその不連続性を反映する必要がある．我々は区分一次の不連続有限要素を用いた数値計算スキームを開発し，さらに滑らかな界面を近似することで生じる領域摂動誤差も考慮した誤差評価を証明した．

I have been working on the finite element methods in smooth domains, which is applied to the Stokes–Darcy coupling problem this year. For boundary value problems, we only have to consider "one side" of regions separated by a boundary. However, in case of interfacial transmission problems, we need to take into account the "both sides" of regions touching an interface, which makes the analysis more involved. In particular, to deal with the Beavers–Joseph–Saffman interface condition, velocity generally becomes discontinuous along the interface, which should be reflected in numerical approximation. We developed numerical schemes using piecewise linear discontinuous finite elements, and established error estimates in which domain perturbation errors caused by approximation of a smooth interface are fully taken into account.

B. 発表論文

1. T. Kashiwabara, I. Oikawa, and G. Zhou: "Penalty method with Crouzeix–Raviart finite element approximation for the Stokes equations under the slip boundary condition", ESAIM: Math. Model. Numer. Anal. **53** (2019), 869–891.
2. G. Zhou, T. Kashiwabara, I. Oikawa, E. Chung, and M.-C. Shiue: "Some DG schemes for the Stokes–Darcy problem using P1/P1 element" Jpn. J. Ind. Appl. Math. **36** (2019), 1101–1128.
3. T. Kashiwabara and T. Kemmochi: "Pointwise estimates of linear finite element method for Neumann boundary value problems in a smooth domain", Numer. Math. **144** (2020), 553–584.
4. Y. Giga, M. Gries, M. Hieber, A. Hussein, and T. Kashiwabara: "Analyticity of solutions to the primitive equations", Math. Nach. **293** (2020), 284–304.
5. T. Kashiwabara and T. Kommochi: "Stability, analyticity, and maximal regularity for parabolic finite element problems on smooth domains", to appear in Math. Comp. (doi: 10.1090/mcom/3500)
6. G. Zhou, T. Kashiwabara, I. Oikawa, E. Chung, and M.-C. Shiue: "Analysis of penalty and Nitsche's methods for the Stokes–Darcy problem with a curved interface using DG approximation", preprint.

C. 口頭発表

1. Finite element analysis for a generalized Robin boundary value problem in a smooth domain, International Congress on Industrial and Applied Mathematics, Valencia (Spain), July 2019.
2. Some property of the L^2-projection to P1 functions and its application to 1D char-

acteristic FEM, International Congress on Industrial and Applied Mathematics, Valencia (Spain), July 2019.

3. Numerical approximation of the Stokes–Darcy problem using discontinuous linear elements, Mini Workshop on Recent Developments in Discontinuous Galerkin Methods, Univ. Tokyo (Japan), August 2019.
4. Semigroup and maximal regularity approach to the primitive equations, RIMS Gasshuku-style Seminar “Physical and mathematical applications to geophysical fluid problems”, Niseko (Japan), September 2019.
5. Remarks on the regularity of slip boundary value problems of friction type, Evolution Equations: Applied and Abstract Perspectives—in honour of Matthias Hieber’s 60th birthday—, CIRM, Luminy (France), October 2019.
6. Remarks on the regularity of slip boundary value problems of friction type, Russia-Japan Workshop “Mathematical analysis of fracture phenomena for elastic structures and its applications”, Novosibirsk (Russia), November 2019.
7. 滑らかな領域におけるノイマン境界値問題に対する有限要素法の最大値ノルム誤差評価について，数学教室談話会，愛媛大学，2020 年 1 月．

D. 講義

1. 線型代数学演習（教養学部前期課程講義・1 年生 A セメスター）
2. 微分積分学演習（教養学部前期課程講義・1 年生 A セメスター）

F. 対外研究サービス

1. 日本流体力学会年会「流体数理」セッションオーガナイザー
2. 2019 年度日本応用数理学会年会実行委員
3. 日本応用数理学会論文誌編集委員
4. 中学生のための玉原数学教室 (2019) 講師

G. 受賞

第 7 回藤原洋数理科学賞奨励賞 (2018)

H. 海外からのビジター

Feifei Jing (Northwestern Polytechnical University): She gave a talk on the DG and HDG methods for the variational inequality problems (August 2019).
Eric Chung (The Chinese University of Hong Kong): He gave a talk on Staggered hybridization for discontinuous Galerkin methods (August 2019).

加藤 晃史 (KATO Akishi)

A. 研究概要

箙 (quiver) とその変異 (mutation) は，クラスター代数とともに，可積分系・低次元トポロジー・表現論・代数幾何学・WKB 解析などさまざまな分野に共通して現れる構造として注目を集めている．特に，箙の変異列 (mutation sequence) とゲージ理論や 3 次元双曲多様体の関連が提唱され，その不変量を数学的に厳密に解析する手段の開発が必要となった．
私は寺嶋郁二氏 (東京工業大学) との共同研究において、与えられた箙変異の列 γ (quiver mutation loop = クラスター代数の exchange graph 上のループに相当) に対し、分配 q 級数 $Z(\gamma)$ と呼ばれる母関数を定義した。これは、以下のような著しい性質を持つ。(1) $Z(\gamma)$ は箙変異の列 γ の反転操作や巡回シフトのもとで不変であり、圏論的なモノドロミーの不変量と考えられる。(2) 箙変異の列 γ の変形に対し、量子ダイログと同様なペンタゴン関係式を満たす。(3) ADE 型ディンキン図形やそのペアから自然に定義される分配 q 級数は、アフィン・リー環に附随する coset 型共形場理論に現れるフェルミ型 (準粒子型) 指標公式に一致し、適当な q ベキ補正のもとで $Z(\gamma)$ は保型形式となる。(4) reddening sequence というクラスの箙変異列 γ に対し、分配級数は量子ダイログの積で表され、combinatorial Donaldson-Thomas invariant と一致する。
分配 q 級数の考え方は、周期境界条件でなくても、初期条件のみを指定した有限区間に対しても

適用可能である。この場合は終状態に対する自由端条件を表すために、c-vector で次数付けされた非可換トーラス値関数として考えるのが自然である。加藤は、寺嶋郁二氏と水野勇磨氏 (ともに東京工業大学) との共同研究において、Boltzmann weight を q-二項係数とする分配関数 (partition function) を導入し、その性質を調べた。この分配関数は、実は引数の異なる 2 つの分配 q 級数（組合せ論的 DT 不変量）の比として書けることが証明できる。その結果、分配関数もまた分配 q 級数が持つ様々な良い性質を引き継いでいる。
分配 q 級数や分配関数は組合せ論的データのみから定義され、箙が表す数学的対象の詳細には依らないので、双対性の背後にある共通の性質を追究する上で役立つと期待される。

Recently quivers and their mutations play pivotal role in mathematics and mathematical physics such as integrable systems, low dimensional topology, representation theory, algebraic geometry, WKB analysis, etc. There are various proposals which relate mutation sequences with gauge theories and/or three-dimensional hyperbolic manifolds. In order to study these proposals mathematically, it is useful to associate invariants with mutation sequences themselves.
In a recent joint work with Yuji Terashima (Tokyo Institute of Technology), we introduced a *partition q-series* $Z(\gamma)$ for a quiver mutation loop γ (a loop in a quiver exchange graph in cluster algebra terminology). This has following remarkable properties: (1) $Z(\gamma)$ is invariant under "inversion" and "cyclic shift" of γ; so it may be regarded as a monodromy invariant. (2) $Z(\gamma)$ satisfies pentagon identities, similar to those for quantum dilogarithms. (3) If the quivers are of Dynkin type or square products thereof, they reproduce so-called fermionic character formulas of certain modules associated with affine Lie algebras. They enjoy nice modular properties as expected from the conformal field theory point of view. (4) If a mutation sequence is reddening, then the partition q-series is expressed as an ordered product of quantum-dilogarithms; this coincides with the combinatorial Donaldson-Thomas invariant of the initial quiver.
The idea of partition q-series is also applicable to mutation sequences with free boundary conditions (as opposed to mutation loops with periodic boundary conditions). In the joint work with Y. Terashima and Y. Mizuno, we introduce a new type of invariants which uses q-binomial coefficients as local weights. This invariants turn out to be expressed as a ratio of two combinatorial DT invariants.
The definition of $Z(\gamma)$ requires only combinatorial data of quivers and mutation loops, and completely independent of the details of the problem. It is hoped that a deeper understanding of the partition q-series shed new lights on dualities and quantization.

B. 発表論文

1. A. Kato and Y. Terashima, *Quantum dilogarithms and partition q-series*, Communications in Mathematical Physics, 2015, **338**, 457–481, 1, doi : 10.1007/s00220-015-2323-y,
2. A. Kato and Y. Terashima, *Quiver mutation loops and partition q-series*, Communications in Mathematical Physics, 2015, **336**, 811–830, 2, doi : 10.1007/s00220-014-2224-5,
3. A. Kato, Y. Mizuno and Y. Terashima, *Quiver mutation sequences and q-binomial identities*, International Mathematics Research Notices, 2017, doi: 10.1093/imrn/rnx108

C. 口頭発表

1. "力学の変遷 —古典・量子・弦—" 日本数学会 市民講演会 東京工業大学 2019 年 3 月
2. "Quiver mutation loops and partition q-series" 研究集会「リーマン面に関連する位相幾何学」東京大学数理科学研究科 2017 年 9 月

3. “Quiver mutation loops and partition q-series” 特別講演 日本数学会無限可積分セッション首都大学東京 2017 年 3 月
4. “Quiver mutation loops and partition q-series” Tropical geometry and related topics 京都大学理学研究科数学教室 2016 年 3 月
5. “Quiver mutation loops and partition q-series” International Conference on Geometry and Quantization GEOQUANT 2015 Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT), Campus de Cantoblanco, Madrid, Spain, September 18, 2015.

D. 講義

1. 数理科学特別講義 A ：場の量子論における数理科学的手法。作用汎関数、経路積分と分配関数、摂動論、ゲージ対称性、行列模型、位相的場の理論、共形場理論など。(集中講義、熊本大学理学部/大学院共通、2019 年 11 月)
2. 現象数理 I : 解析力学の講義。Hamilton 力学系、Lagrange 形式、変分原理、Legengre 変換、保存則と対称性、シンプレクティック幾何学、正準変換、運動量写像、完全可積分系、など (3 年生向け講義)
3. 自然科学ゼミナール (展開科目) : 図形と多項式 ー David A. Cox, John Little, Donal O’Shea 著「Ideals, Varieties, and Algorithms」の輪講 (教養学部前期課程講義)
4. ベクトル解析 (教養学部前期課程講義)
5. 全学体験ゼミナール :数理物理への誘い：解析力学と相対性理論 (特殊・一般) への入門 (教養学部前期課程講義)

北山 貴裕 (KITAYAMA Takhiro)

A. 研究概要

基本群の表現に付随する位相不変量の低次元トポロジーにおける新しい応用を追究した．特に，ねじれ Alexander 多項式を用いて結び目のコンコーダンスを研究した．最近，Stefan Friedl と Mark Powell は結び目のホモトピーリボンコンコーダンスの古典的な Alexander 多項式に関する障害を与えた．実際，3 次元球面内の結び目が他の結び目にホモトピーリボンコンコーダントであるとき，後者の Alexander 多項式が前者のそれを割り切ることを彼らは示した．Stefan Friedl，Lukas Lewark，Matthias Nagel，Mark Powell との共同研究において，我々はこの結果をねじれ Alexander 多項式の場合にまで拡張した．応用として，Alexander 多項式が自明でない結び目の Seifert 形式に対して，次の条件を満たす結び目の無限族が存在することを示した．その族の各結び目は与えられた Seifert 形式を持ち，与えられた結び目とコンコーダントで，更に，その族の他の結び目にはホモトピーリボンコンコーダントでない．この結果は Seifert 形式では捉えられないような結び目のホモトピーリボンコンコーダント関係の繊細さを明らかにするものである．

I pursued new applications of topological invariants associated to representations of the fundamental group in low-dimensional topology. In particular, I studied the concordance of knots, using twisted Alexander polynomials. Recently, Stefan Friedl and Mark Powell presented an obstruction for the homotopy ribbon concordance of knots in terms of the classical Alexander polynomial. In fact, they proved that if a knot in the 3-sphere is homotopy ribbon concordant to another knot, then the Alexander polynomial of the latter divides that of the former. In joint work with Stefan Friedl, Lukas Lewark, Matthias Nagel and Mark Powell we generalized the result to the case of twisted Alexander polynomials. As an application we proved that for every Seifert form of a knot with nontrivial Alexander polynomial there exists an infinite family of knots satisfying the following: Each of them has the Seifert form, is concordant to the knot, and is not homotopy ribbon concordant to any other of them. This shows the subtlety of the homotopy ribbon concordance relation of knots, undetectable by Seifert forms.

B. 発表論文

1. S. Friedl, T. Kitayama and M. Nagel : “A note on the existence of essential tribranched surfaces", Topology Appl. **225** (2017) 75–82.
2. S. Friedl, T. Kitayama and M. Nagel : “Representation varieties detect essential surfaces", Math. Res. Lett. **25** (2018) 803–817.
3. T. Kitayama : “Twisted Alexander polynomials and incompressible surfaces given by ideal points", J. Math. Sci. Univ. Tokyo **22** (2015) 877–891.
4. T. Kitayama : “Normalization of twisted Alexander invariants", Internat. J. Math. **26** (2015) 1550077 (21 pages).
5. T. Kitayama, M. Morishita, R. Tange and Y. Terashima : “On certain L-functions for deformations of knot group representations", Trans. Amer. Math. Soc. **370** (2018) 3171–3195.
6. T. Kitayama and Y. Terashima : “Torsion functions on moduli spaces in view of the cluster algebra", Geom. Dedicata **175** (2015) 125–143.

C. 口頭発表

1. Representation varieties detect essential surfaces, Branched Coverings, Degenerations, and Related Topics 2016, 広島大学, 日本, 2016 年 3 月.
2. Representation varieties detect splittings of 3-manifolds, Rigidity School, Nagoya 2016, 名古屋大学, 日本, 2016 年 7 月.
3. Representation varieties detect splittings of 3-manifolds, The second Australia-Japan Geometry, Analysis and their Applications, 京都大学, 日本, 2017 年 1 月.
4. Representation varieties detect splittings of 3-manifolds, Invariants in Low-dimensional Topology, Korea Institute for Advanced Study, 韓国, 2017 年 5 月.
5. Representation varieties and essential surfaces, New Development in Teichmüller Space Theory, 沖縄科学技術大学院大学, 日本, 2017 年 11 月.
6. Torsion polynomial functions and essential surfaces, Low Dimensional Topology and Number Theory X, 九州大学, 日本, 2018 年 3 月.
7. Twisted Alexander polynomials and L^2-Euler characteristics, New development of low-dimensional topology, 四季の湯強羅青雲荘, 日本, 2018 年 12 月.
8. Character varieties and essential surfaces, The 14th East Asian Conference on Geometric Topology, 中国, 2019 年 1 月.
9. Character varieties and essential surfaces, Low-Dimensional Topology Workshop 2019, University of Regensburg, ドイツ, 2019 年 10 月.
10. Twisted Alexander polynomials and L^2-Euler characteristics, Global Analysis Seminar, University of Regensburg, ドイツ, 2019 年 12 月.

D. 講義

1. 数学 I : 微分積分学の基礎的内容についての文科生向けの講義.（教養学部前期課程講義）
2. 全学自由研究ゼミナール（トポロジー入門）: 松本幸夫著「トポロジー入門」（岩波書店）の輪講.（教養学部前期課程講義）
3. 大域幾何学概論・幾何学 XF : 講義題目は「指標多様体と低次元トポロジー 」である．本講義は指標多様体の幾何学の低次元トポロジーにおける応用について，幾つかの話題を紹介した．3 次元多様体内の曲面の性質を基本群の指標多様体及びその上の特別な関数を用いて捉えることを主要なテーマとした．講義では，Thurston ノルム，ねじれ Alexander 多項式，指標多様体，Bruhat-Tits の木，Culler-Shalen 構成，A-多項式，曲面部分群の分離性を取り上げた.（数理大学院・4 年生共通講義）

E. 修士・博士論文

1. (修士) 青木 大志 (AOKI Taishi): クラスター代数を用いた結び目不変量の構成とその計算例

木田 良才 (KIDA Yoshikata)

A. 研究概要

群作用の軌道同値関係をはじめとする測度付き同値関係は, 元々はフォンノイマン環の研究の中で生まれた対象であるが, 近年では離散群論と絡んだ研究も盛んである. 中でも, 可算離散群 G による確率測度空間 X への自由作用で測度を保つものに対し, それからできる軌道同値関係 $\mathcal{R}_{G\curvearrowright X}$ と G との関係を問う研究が盛んである. 群の従順性に関する研究が歴史的に有名であるが, 最近の私の研究では, 従順性を弱めた性質である内部従順性をテーマに研究を進めている. 内部従順性とは, 中心列の存在を関数解析的に定式化した性質であり, フォンノイマン環や同値関係の中心列との関連について古くからの研究が見られる. 1980 年代, Klaus Schmidt は次の問題を問うた: すべての内部従順群 G は, その作用 $G \curvearrowright X$ で軌道同値関係 $\mathcal{R}_{G\curvearrowright X}$ が中心列をもつようなものをもつか? この問題は未解決であり, 最近の研究はこの問題の解決に向けたものが多い. 可算離散群 G が Schmidt の問題で要求している作用をもつとき, G はシュミット性をもつという. このシュミット性が群のどのような操作の下で保たれるかを具体的な問題として設定し, 研究している. 今年度は, 中心群が有限であるような中心拡大について考察した. 作用の超積による解決を目指している.

Measured equivalence relations, including orbit equivalence relations arising from group actions, were originally introduced in the study of von Neumann algebras, and recently they are also well studied in the connection with the theory of discrete groups. Among others, for a countable group G and its measure-preserving action on a probability measure space X, the connection between the group G and the associated orbit equivalence relation $\mathcal{R}_{G\curvearrowright X}$ is well studied. It is well known that amenability of groups plays an important role in this study. My recent studies are focused on inner amenability, which is a weak notion of amenability and is a functional-analytic formuation of the existence of a central sequence. There are many studies which reveal its relationship with central sequences in von Neumann algebras and equivalence relations. In 1980s, Klaus Schmidt asked the following question: Does any inner amenable group G admit an action $G \curvearrowright X$ such that the orbit equivalence relation $\mathcal{R}_{G\curvearrowright X}$ admits a central sequence? This question is still open, and my recent studies aim to solve this. When a countable group G admits an action required in Schmidt's question, we say that G has the *Schmidt property*. I am studying under what kind of operations of groups the Schmidt property is preserved, e.g., whether the Schmidt property is preserved under central extensions with finite central group. I am expecting ultraproducts of actions to be useful for solving this question.

B. 発表論文

1. Y. Kida : "The modular cocycle from commensuration and its Mackey range", Operator algebras and mathematical physics, 139–152, Adv. Stud. Pure Math., 80, Math. Soc. Japan, Tokyo, 2019.
2. 木田良才 : "エルゴード群論", 数学 **70** (2018), 337–356.
3. Y. Kida : "Splitting in orbit equivalence, treeable groups, and the Haagerup property", Hyperbolic geometry and geometric group theory, 167–214, Adv. Stud. Pure Math., 73, Math. Soc. Japan, Tokyo, 2017.
4. Y. Kida : "Stable actions and central extensions", Math. Ann. **369** (2017), 705–722.
5. I. Chifan, Y. Kida, and S. Pant : "Primeness results for von Neumann algebras associated with surface braid groups",

Int. Math. Res. Not. IMRN **2016**, no. 16, 4807–4848.

6. I. Chifan and Y. Kida : "OE and W^* superrigidity results for actions by surface braid groups", Proc. Lond. Math. Soc. (3) **111** (2015), 1431–1470.
7. Y. Kida : "Stable actions of central extensions and relative property (T)", Israel J. Math. **207** (2015), 925–959.
8. I. Chifan, A. Ioana, and Y. Kida : "W^*-superrigidity for arbitrary actions of central quotients of braid groups", Math. Ann. **361** (2015), 563–582.
9. Y. Kida : "Stability in orbit equivalence for Baumslag-Solitar groups and Vaes groups", Groups Geom. Dyn. **9** (2015), 203–235.

C. 口頭発表

1. Groups with infinite FC-center have the Schmidt property, Measurable, Borel, and Topological Dynamics, CIRM (フランス), 2019 年 10 月.
2. Groups with infinite FC-center have the Schmidt property, Classification Problems in von Neumann Algebras, BIRS (カナダ), 2019 年 9 月.
3. 軌道同値関係への誘い, 談話会, 東京大学, 2019 年 6 月.
4. (1) Orbit equivalence relations generated by the Baumslag-Solitar groups, (2) Stable orbit equivalence relations, エルゴード理論の最近の発展, 京都大学数理解析研究所, 2018 年 10 月.
5. Inner amenable groupoids, 作用素環論の最近の進展, 京都大学数理解析研究所, 2018 年 9 月.
6. Central sequences in the full group and lifting problems, Operator Algebras at UCLA: A celebration of Masamichi Takesaki, UCLA (アメリカ), 2018 年 4 月.
7. 離散群のエルゴード理論の諸相, 日本数学会年会, 日本数学会賞春季賞受賞総合講演, 東京大学, 2018 年 3 月.
8. On a treeing arising from the Baumslag-Solitar group, Advances in non commutative geometry, Kyoto University, 2017 年 5 月.
9. Inner amenable groups, stable actions, and central extensions, The second Australia-Japan Geometry, Analysis and their Applications, Kyoto University, 2017 年 2 月.
10. Questions around stable equivalence relations, 作用素論・作用素環論研究集会, 前橋工科大学, 2016 年 10 月.

D. 講義

1. 数理科学基礎 (微積). 微分積分学を学ぶ上で必要になる基本事項について講義した. 二つのクラス (理二三 14–17 と理一 3, 11–13) を担当. (教養学部前期課程講義)
2. 数理科学基礎演習 (微積). 数理科学基礎の内容に沿った演習を行った. 理一 3, 11–13 のクラスを担当. (教養学部前期課程講義)
3. 微分積分学 1. 一変数関数のテイラー展開, 二変数関数の微分について講義した. 二つのクラス (理二三 14–17 と理一 3, 11–13) を担当. (教養学部前期課程講義)
4. 数学基礎理論演習 (微積). 微分積分学 1 の内容に沿った演習を行った. 理一 3, 11–13 のクラスを担当. (教養学部前期課程講義)
5. 微分積分学 2. 二変数関数のテイラー展開, 一変数・二変数関数の積分, 巾級数について講義した. 理二三 14–17 のクラスを担当. (教養学部前期課程講義)
6. 解析学 XE・表現論 : 軌道同値関係とパーコレーションについて講義した. 中でも, 離散群の非従順性と樹化可能部分同値関係の存在にまつわるフォンノイマンの問題, およびその周辺の話題を紹介した: (1) 群のケーリーグラフ上のランダムウォーク, Kesten による従順性の特徴付け. (2) Gaboriau-Lyons によるフォンノイマンの問題の解決, free minimal spanning forest を用いた樹化可能部分同値関係の構成 (Thom). (3) 群のケーリーグラフ上のパー

コレーション, 無限クラスターの個数とエンド数, the mass-transport technique, 無限クラスターの個数に関する閾値と群の非従順性. (4) グラフ理論における the max-flow min-cut theorem と Menger の定理. (5) マルコフ作用素のスペクトル半径が小さくなるような, 非従順群の有限生成系の構成 (Thom). (数理大学院・4 年生共通講義)

7. 実解析学 II : フーリエ変換と超関数について講義した. (教養学部基礎科学科講義)
8. 実解析学演習 II : 実解析学 II の内容に沿った演習を行った. (教養学部基礎科学科講義)

G. 受賞

1. 日本学術振興会賞, 2019 年 2 月.
2. 日本数学会賞春季賞, 2018 年 3 月.
3. 第 5 回作用素環賞, 2016 年 10 月.

小池 祐太 (KOIKE Yuta)

A. 研究概要

今年度は主に以下の 2 つのテーマについて研究を行った.

1. 高次元セミマルチンゲールの高頻度観測データから, その 2 次共変動行列の逆行列に対する統計推測を行う方法について研究した. 特に, 実現共分散行列を初期推定量として用いた際の de-biased weighted graphical Lasso estimator の漸近混合正規性を示し, 逆行列の各成分に対する (一様) 信頼区間の構成に応用した.
2. 独立確率ベクトルの和に対する超高次元中心極限定理における収束レートを改善する研究を行った. 次元を d, サンプル数を n とした場合, 既存の結果において知られている収束レートは $(\frac{\log^7 d}{n})^{1/6}$ であったが, これを $(\frac{\log^5 d}{n})^{1/4}$ に改善できることを証明した. さらに, 確率ベクトルの分布が等方的かつ対数凹な密度を持つ場合には, 収束レートを $(\frac{\log^3 d}{n})^{1/2}\log n$ へと更に改善できることを示した. 同時に, この収束レートは $\log n$ のオーダーを無視すれば最適であることも示した.

In this academic year, I have mainly studied the following two subjects:

1. I have developed a statistical inference theory for the inverse of the quadratic covariation matrix of a high-dimensional semimartingale observed at a high-frequency. In particular, I have shown the asymptotic mixed normality of the de-biased weighted graphical Lasso estimator with the realized covariance matrix as the initial estimator. I have also applied the result to constructing (uniform) confidence intervals of entries of the inverse matrix.
2. I have improved the convergence rate in an ultra high-dimensional central limit theorem for sums of independent random vectors. The convergence rate established in the existing literature was $(\frac{\log^7 d}{n})^{1/6}$, where d is the dimension of the random vectors and n is the sample size, but it has been shown that this rate can be improved as $(\frac{\log^5 d}{n})^{1/4}$. Moreover, when the laws of the random vectors are isotropic with log-concave densities, the rate can be further improved as $(\frac{\log^3 d}{n})^{1/2}\log n$. It has also been established that this rate is optimal up to $\log n$.

B. 発表論文

1. X. Fang, Y. Koike, “High-dimensional central limit theorems by Stein’s method”, preprint, arXiv:2001.10917 (2020).
2. V. Chernozhukov, D. Chetverikov, K. Kato, Y. Koike, “Improved central limit theorem and bootstrap approximation in high dimensions”, preprint, arXiv:1912.10529 (2019).
3. Y. Koike, “Notes on the dimension dependence in high-dimensional cen-

tral limit theorems for hyperrectangles", preprint, arXiv:1911.00160 (2019).

4. Y. Koike, "De-biased graphical Lasso for high-frequency data", preprint, arXiv:1905.01494 (2019).
5. Y. Koike, "High-dimensional central limit theorems for homogeneous sums", preprint, arXiv:1902.03809 (2019).
6. T. Hayashi, Y. Koike, "No arbitrage and lead-lag relationships", Statist. Probab. Lett. **154** (2019) 108530.
7. Y. Koike, Z. Liu, "Asymptotic properties of the realized skewness and related statistics", Ann. Inst. Statist. Math. **71** (2019) 703–741.
8. Y. Koike, N. Yoshida, "Covariance estimation and quasi-likelihood analysis", In: J. Chevallier, S. Goutte, D. Guerreiro, S. Saglio and B. Sanhaji, eds., Financial mathematics, volatility and covariance modelling, vol. 2 (2019), chap. 12. Routledge, pp 308–335.
9. Y. Koike, Y. Tanoue, "Oracle inequalities for sign constrained generalized linear models", Econom. Stat. **11** (2019) 145–157.
10. Y. Koike, "Mixed-normal limit theorems for multiple Skorohod integrals in high-dimensions, with application to realized covariance", Electron. J. Stat. **13** (2019) 1443–1522.
11. Y. Koike, "Gaussian approximation of maxima of Wiener functionals and its application to high-frequency data", Ann. Statist. **47** (2019) 1663–1687.

C. 口頭発表

1. Asymptotic mixed normality of realized covariance in high-dimensions, The 11th ICSA International Conference, Hangzhou, China, 2019 年 12 月.
2. De-biased graphical Lasso for high-frequency data, CMStatistics 2019, London, UK, 2019 年 12 月.
3. Asymptotic mixed normality of realized covariance in high-dimensions, ISI WSC 2019, Kuala Lumpur, Malaysia, 2019 年 8 月.
4. 高頻度データにおける高次元共分散行列の統計推測, データサイエンス・福島キャンプ 2019, 福島大学, 2019 年 8 月.
5. 高次元共分散行列推定に基づく最小分散ポートフォリオのパフォーマンス比較, 科研費 計量ファイナンス研究集会, 関西学院大学 大阪梅田キャンパス, 2019 年 8 月.
6. High-dimensional covariance estimation in YUIMA package, EMS 2019, Palermo, Italy, 2019 年 7 月.
7. Asymptotic mixed normality of realized covariance in high-dimensions, The 3rd KAFE-JAFEE International Conference on Financial Engineering, Busan, Korea, 2019 年 7 月.
8. High-dimensional covariance estimation in YUIMA package, The Third YUIMA Conference, Brixen-Bressanone, Italy, 2019 年 6 月.

D. 講義

1. 統計データ解析 II：多変量解析および時系列解析の基礎を R による実習を中心に扱った. (教養学部前期課程講義)
2. 統計データ解析 I：統計学の基礎 (記述統計量・極限定理・推定・検定など) を R による実習を中心に扱った. (教養学部前期課程講義)
3. データサイエンス特別講義: 「高次元データと多重検定」と題した集中講義を行った. (集中講義, 慶應義塾大学, 2019 年 11 月)

F. 対外研究サービス

1. 日本統計学会 広報理事 (2019 年 6 月から)
2. 日本金融・証券計量・工学学会 大会理事 (2019 年 8 月から)
3. "Asia-Pacific Financial Markets" Associate Editor (2019 年 8 月から)
4. 「第七回数理ファイナンス合宿型セミナー」世話人
5. 統計数理研究所 客員准教授

6. 首都大学東京 特任准教授

G. 受賞

1. 第 1 回 ISI 東京大会記念奨励賞, 2019 年 9 月.
2. 第 32 回小川研究奨励賞, 2018 年 9 月.

H. 海外からのビジター

1. Xiao Fang (The Chinese University of Hong Kong, Hong-Kong): December 26, 2019 – December 30, 2019. Collaborative research on Stein's method and high-dimensional central limit theorems.

權業 善範 (GONGYO Yoshinori)

A. 研究概要

今年度は数年前から行っていた Song Ruk Choi 氏との共同研究を仕上げた。内容は論文 [10] で、高余次元の動的曲線の錐に対する森・Batyrev 型の錐定理を調べた。また中村勇哉氏と Wei-Chung Chen 氏との共同研究で一般化された極小対数的食い違い係数の研究も行った。こちらは現在出版に向けて準備中である。

In this academic year, I worked out a joint work with Sung Ruk Choi. This is contained in the paper [10] and in this paper we study Mori–Batyrev type cone theorem fro movable curves in higher codimensions. Moreover I also studied generalized minimal log discrepancies with Yusuke Nakamura and Wei-chung Chen. Now we are preparing this paper for publishing.

B. 発表論文

1. O. Fujino and Y. Gongyo : "On log canonical rings" Higher dimensional algebraic geometry—in honour of Professor Yujiro Kawamata's sixtieth birthday, 159–169, Adv. Stud. Pure Math., **74**, Math. Soc. Japan, Tokyo, 2017.
2. P. Cascini, Y. Gongyo, and Karl Schwede : "Uniformbounds for strongly F-regular surfaces" Trans. Am. Math. Soc. **368**, No. 8, 5547–5563 (2016).,
3. Y. Gongyo, Z. Li, Z. Patakfalvi, K. Schwede, H. Tanaka, and H. R. Zong : "On rational connectedness of globally F-regular threefolds" Adv. Math. **280** (2015), 47âĂŞ-78,
4. Y. Gongyo and S. Takagi : "Surface of globally F-regular and F-split type" Math. Ann. **364** (2016), no. 3-4, 841–855.,
5. Y. Gongyo and S-i. Matsumura : "Versions of injectivity and extension theorems" Ann. Sci. Éc. Norm. Supér. (4) 50 (2017), no. 2, 479âĂŞ-502
6. Y. Gongyo, Y. Nakamura, H. Tanaka : "Rational points on log Fano threefolds over a finite field", J. Eur. Math. Soc. (JEMS) 21 (2019), no. 12, 3759–3795.
7. A. Broustet and Y. Gongyo : "Remarks on log Calabi–Yau structure of varieties admitting polarized endomorphism", Taiwanese J. Math. 21 (2017), no. 3, 569âĂŞ582,
8. S. Ejiri and Y. Gongyo : "Nef anti-canonical divisors and rationally concected fibrations", preprint, Compos. Math. 155 (2019), no. 7, 1444–1456.
9. Y. Gongyo and S. Takagi : "Kollár's injectivity theorem for globally F-regular varieties", Eur. J. Math. 5 (2019), no. 3, 872–880.
10. S. R. Choi and Y. Gongyo : "On a generalized Batyrev's cone conjecture", preprint, arXiv:2002.11071,

C. 口頭発表

1. A generailization of Batyrev's cone conjecture Algebraic Geometry in Auckland, University of Auckland, NZ, 16–20th December 2019
2. A generailization of Batyrev's cone conjecture , 都の西北代数幾何学シンポジウム 2019 26th–29th November, 2019
3. A generailization of Batyrev's cone conjecture , 成功大学, コロキウム, 台南, 14th

November, 2019

4. A generailization of Batyrev's cone conjecture , JHU AG seminar, 1st, October, 2019
5. ACC for LCT and Boundedness of Fano varieties after Birkar, Hacon, Mckernan, and Xu , 第 21 回多変数関数論葉山シンポジウム, 13th–16th July. 2019,
6. Nef anti-canonical divisors and rationally conncected fibrations, Birational Geometry and Fano varieties, Moscow, 24th–28th Jun. 2019,
7. A generailization of Batyrev's cone conjecture , Algebraic Geometry International Conference, KIAS, 3rd–7th Jun. 2019,
8. A generailization of Batyrev's cone conjecture , BGMS seminar at MSRI, 4th Apr. 2019,

D. 講義

1. 微分積分学続論：多変数の陰関数定理、逆関数定理、および積分の変数変換公式について講義した (教養学部前期課程講義)

E. 修士・博士論文

1. (博 士) 陳 韋 中 (Wei-Chung Chen): Boundedness of Weak Fano Pairs with Alpha-invariants and Volumes Bounded Below

F. 対外研究サービス

1. 代数幾何セミナーの世話人,
2. 代数幾何学サマースクール 2019 世話人,

坂井 秀隆 (SAKAI Hidetaka)

A. 研究概要

最近の結果は以下の通り.

1. ４次元パンルヴェ型方程式の分類を目的として，とくにフックス型方程式の変形理論に対応する場合の４種類の非線型方程式を，ハミルトン系の形で求めた.

2. フックス型方程式の変形理論から得られる４つの４次元パンルヴェ型方程式に対して，線型方程式の分岐しない場合の退化を考え，２２種類の４次元パンルヴェ型方程式と線型方程式との対応を与えた（川上拓志氏，中村あかね氏との共同研究).

3. 小木曽・塩田による有理楕円曲面の分類に対応するハミルトン系の分類を行い，双二次形式で作られるものを含むハミルトン函数と曲面の対応を調べた．また，ベックルント変換の構成なども行った.

4. 線型 q 差分方程式の中間畳み込みを構成し，その主要な性質に証明をつけた (山口雅司氏との共同研究).

5. ある q 離散パンルヴェ方程式の一般解を，AGT 対応の q 類似を使って構成した (神保道夫氏，名古屋創氏との共同研究).

My research interest is in theory of differential and difference equations in complex domains. In particular, I have been studying special functions and integrable systems in this field.

Recent results are as follows:

1. All of 4 4-dimesional Painlevé-type equations which is obtained from deformation theory of Fuchsian equations, were formulated and expressed in the form of Hamiltonian systems. This is motivated by an attempt to classify the 4-dimensional Painlevé-type equations.

2. We gave a correspondence between 22 4-dimensional Painlevé type equations and Fuchsian and non-Fuchsian linear differential equations. This is obtained from a degeneration scheme of the 4 4-dimensional Painlevé type equaitons which is calculated from deformation theory of Fuchsian equations. This study contains only unramified case, and ramified case would be another story (joint work with KAWAKAMI Hiroshi and NAKAMURA Akane).

3. We gave a classification of Hamitonian systems corresponding to Oguiso-Shioda's calssification of rational elliptic surfaces. We also construct a kind of Bäcklund transformations of the Hamiltonian systems.

4. We constructed “middle convolution” for linear q-difference equations of Fuchsian type. Some important properties of the transformation are proved (joint work with YAMAGUCHI Masashi).
5. We gave a concrete expression of general solutions of a q-Painlevé equation. We used q-analog of AGT correspodence. (joint work with JIMBO Michio and NAGOYA Hajime).

B. 発表論文

1. H. Sakai and M. Yamaguchi: “Spectral types of linear q-difference equations and q-analog of middle convolution”, Int. Math. Res. Not. IMRN (2017), no. 7, 1975âĂŞ2013.
2. M. Jimbo, H. Nagoya, and H. Sakai: “CFT approach to the q-PainlevÃĬ VI equation”, J. Integrable Syst. **2** (2017), no. 1, xyx009, 27 pp.
3. K. Hiroe, H. Kawakami, A. Nakamura, and H. Sakai: “4-dimensional Painlevé-type equations”, MSJ Memoirs, 37. Mathematical Society of Japan, Tokyo, 2018.

C. 口頭発表

1. Ordinary differential equations on rational elliptic surfaces: Integrable systems, symmetries, and orthogonal polynomials (ICMAT，Madrid, Spain) 2017 年 9 月.
2. Discrete Painlevé equations: Differential and Differece Equations (Laboratoire Paul Painlevé, Lille, France) 2015 年 10 月; Joint Mathematics Meetings AMS Special Session (Washington State Convvention Center, Seattle, USA) 2016 年 1 月.
3. A rigid, irreducible Fuchsian linear q-equation can be reduced to a 1st order equation by integral transformation: 25th International Conference on Integrable Systems and Quantum Symmetries (Czech Technical University, Prague, Czech) 2017 年 6 月.
4. CFT approach to the q-Painlevé equations (joint work with M. Jimbo and H. Nagoya): Asymptotic, Algebraic and Geometric Aspects of Integrable Systems (TSIMF, Sanya, China) 2018 年 4 月; 可積分系理論から見える数理構造とその応用 (京大数理研) 2018 年 9 月.
5. Discrete Hamiltonians of discrete Painlevé equations (joint work with T. Mase and A. Nakamura): Integral Systems Workshop 2019 (University of Sydney, Sydney, Australia) 2019 年 11 月.

D. 講義

1. 常微分方程式 : 常微分方程式に関する入門講義を行った (教養学部前期課程講義)
2. 数学 II : 文系向け線型代数学の入門講義 (教養学部前期課程講義)
3. 複素解析学 II : 複素解析学の講義 (3 年生)
4. 複素解析学 II 演習: 複素解析学 II の演習 (3 年生)

F. 対外研究サービス

1. Funcialaj Ekvacioj 編集委員

G. 受賞

2019 年度日本数学会解析学賞

逆井 卓也 (SAKASAI Takuya)

A. 研究概要

自由 Lie 代数のシンプレクティック微分 Lie 代数は, 曲面の写像類群, 計量グラフのモジュライ空間や 3 次元多様体の有限型不変量など, 様々な位相幾何的対象と関連した興味深い Lie 代数となっている. とくにその微分 Lie 代数の次数 1 で生成される部分 Lie 代数を決定することは曲面の写像類群に対する有理 Johnson 準同型の像を決定することと同等であり, 重要な問題となっている. 今年度は, 森田茂之氏, 鈴木正明氏との共同研究により, 第 6 Johnson 準同型の余核に現れていた新たな種の成分について, その構造を精密に調べた. とくに, 榎本-佐藤障害とガロア障害の関係などについて, その独立性を示すことができた.

加えて, 中嶋怜人氏, 斉藤諒氏とともに, 曲面のホモロジー同境群の高次元版となる群について, そのボルディズム準同型の構造を調べた.

The symplectic derivation Lie algebra of a free Lie algebra is an interesting mathematical object since it has a connection to mapping class groups of surfaces, the moduli space of metric graphs, finite type invariants of 3-dimensional manifolds etc. Especially, it is important to determine the subalgebra of the derivation Lie algebra generated by its degree 1 part, which turns out to be the same as the image of rational Johnson homomorphisms for mapping class groups of surfaces. This academic year, in a joint work with Shigeyuki Morita and Masaaki Suzuki, we investigated the cokernel which appeared in the 6th Johnson homomorphism. In particular, we show that the Enomoto-Satoh obstruction and Galois obstruction are independent.
Also, together with Reito Nakashima and Ryo Saito, we studied the structure of the bordism homomorphism for the group regarded as a higher dimensional analogue of the homology cobordism group of a surface.

B. 発表論文

1. T. Sakasai, S. Morita and M. Suzuki : "Integral Euler characteristic of $\mathrm{Out}F_{11}$", Experimental Mathematics **24** (2015) 93–97.
2. T. Sakasai, S. Morita and M. Suzuki : "Computations in formal symplectic geometry and characteristic classes of moduli spaces", Quantum Topology **6** (2015) 139–182.
3. T. Sakasai : "The Magnus representation and homology cobordism groups of homology cylinders", Journal of Mathematical Sciences, the University of Tokyo **22** (2015) 741–770.
4. T. Sakasai, S. Morita and M. Suzuki : "Structure of symplectic invariant Lie subalgebras of symplectic derivation Lie algebras", Advances in Mathematics **282** (2015) 291–334.
5. T. Sakasai, S. Morita and M. Suzuki : "An abelian quotient of the symplectic derivation Lie algebra of the free Lie algebra", Experimental Mathematics **27** (2018) 302–315.
6. T. Sakasai, S. Morita and M. Suzuki : "Symmetry of symplectic derivation Lie algebras of free Lie algebras", RIMS Kôkyuûoku Bessatsu **B66** (2017) 185–193.
7. T. Sakasai : "Johnson-Morita theory in mapping class groups and monoids of homology cobordisms of surfaces", Winter Braids Lecture Notes, **3** (2016) Course no IV, 1–25.
8. 逆井卓也：曲面の写像類群と自由群の外部自己同型群のコホモロジーに関するこれまでの歩みと最近の進展, 数学 第 70 巻 第 3 号, 日本数学会 (2018), 225–254.
9. T. Sakasai and G. Massuyeau : "Morita's trace maps on the group of homology cobordisms", To appear in Journal of Topology and Analysis.
10. T. Sakasai, S. Morita and M. Suzuki : "Torelli group, Johnson kernel and invariants of homology spheres", To appear in Quantum Topology.

C. 口頭発表

1. グラフホモロジーとモジュライ空間のホモロジー群, 種々の幾何学的構造と基本群に現れる様々な特性類とその不変量への応用, 国家公務員共済組合連合会下呂保養所, 2018 年 8 月.
2. Computations on Johnson homomorphisms, Cohomological study of mapping class groups and related topics, IRMA (フランス), 2018 年 9 月.
3. Torelli group, Johnson kernel and invariants of homology 3-spheres, トポロジー火曜セミナー, 東京大学, 2018 年 11 月.
4. Topological studies of moduli spaces of

Riemann surfaces and their generalizations, Quantum Math, 沖縄科学技術大学院大学, 2019 年 3 月.

5. グラフホモロジー: 定義と応用, ENCOUNTER with MATHEMATICS, 中央大学, 2019 年 3 月.
6. Computations on Johnson homomorphisms and their applications, Computational Problems in Low-dimensional Topology II, 沖縄科学技術大学院大学, 2019 年 4 月.
7. Johnson homomorphisms up to degree 7, ジョンソン準同型とその周辺 2019, 東京大学, 2019 年 5 月.
8. Computations in symplectic derivation Lie algebras and their applications, Graph complexes in algebraic geometry and topology, The University of Manchester (イギリス), 2019 年 9 月.
9. Higher dimensional extensions of Johnson homomorphisms via bordism groups, 低次元トポロジー in 白神 2019, あきた白神体験センター, 2019 年 11 月.
10. (1) Outer space and tropical curves, (2) Applications of the moduli space of tropical curves, リーマン面のモジュライ空間の諸相, 東京大学, 2020 年 1 月.

D. 講義

1. 数理科学基礎, 微分積分学 : 微分積分学の基礎について講義した. (教養学部前期課程講義)
2. 幾何学 II・幾何学特別演習 II : 位相空間のホモロジー群の基礎に関する講義と演習. (3 年生向け講義)
3. 数理科学セミナー II : 平岡裕章 著「タンパク質構造とトポロジー —パーシステントホモロジー群入門—」を 4 人の学生による輪講形式で講読した. (教養学部統合自然科学科講義)

E. 修士・博士論文

1. (課程博士) 関野 希望 (SEKINO Nozomu): Existence problems of fibered links.
2. (修士) 原子 秀一 (HARAKO Shuuichi): On characteristic classes of Q-manifolds.

F. 対外研究サービス

1. 研究集会: ジョンソン準同型とその周辺 2019 (2019 年 5 月, 東京大学), 世話人.
2. 研究集会: Super-Riemann surfaces and related topics (2019 年 12 月, 東京大学), 世話人.
3. 研究集会: リーマン面のモジュライ空間の諸相 (2020 年 1 月, 東京大学), 世話人.

H. 海外からのビジター

1. Gwénaël Massuyeau (Université de Bourgogne) stayed from October 1 to November 30, 2019 as a visiting professor, and gave a lecture course titled “Knots, categories of tangles and the Kontsevich integral”.

佐々田 槙子 (SASADA Makiko)

A. 研究概要

本年度は, 以下の二つのテーマで研究を行なった.

- 連結で対称かつ局所有限なグラフ X 上の配置空間に対する幾何的な性質の研究を行なった. 特に, 配置空間上の関数に作用する微分作用素の持つ性質を適切に反映する, 一様局所関数と一様局所形式という概念を導入した. これらを用いて, 一様局所コホモロジーを配置空間に対して定義し, その 0 次コホモロジーの次元が微分作用素の持つ保存量の数と一致することを示した. また, その応用として, グラフ X に群 G が自由に作用している時,G 不変な一様局所閉形式の積分が,G 不変な一様局所関数と,G の最大アーベル商の自由部分の生成元に対応する保存量から表されることを示した. 本研究は坂内健一氏, 亀谷幸生氏との共同研究である.
- 高橋-薩摩 (1990) により導入された箱玉系 (以下 BBS) は, ソリトン的なふるまいを持つセルオートマトンである. BBS に対して, 一般化流体力学極限, すなわ異なるサイズのソリトン密度の時空間変数に対するス

ケール極限での振る舞いを導出した. 極限におけるソリトンの時間発展を説明するため,Ferrari, Nguyen, Rolla and Wang が導入した離散的なソリトン分解の, 連続空間版に対応するソリトン分解を導入した. すなわち, 異なるサイズのソリトンの密度分布を, 時間発展が線形になるような「実効的な距離」にスケールする変換を行なった. さらに, 滑らかな初期分布に対しては, 極限におけるソリトンの時間発展がソリトンの局所的な「実効的スピード」により定まる偏微分方程式で表されることを示した. ここで得られた極限方程式は、可積分系に対する流体力学として近年盛んに研究されている一般化流体力学の理論から予想されるものと一致する. 本研究は David Croydon 氏との共同研究である.

This year, I worked on the following two problems.

- We consider a certain geometric structure on the configuration space on a connected symmetric locally finite graph X. We newly introduce the notion of uniform local functions and forms on the configuration space, which reflect well the structure of difference operators on the configuration space. Using this notion, we give the definition of the uniformlocal coholomogy of the configuration space and show that the dimension of its 0-th cohomology agrees with the number of conserved quantities of the difference operator. As an application, we consider the case when X has a free action of a group G, and prove that the integral of a G-invariant uniform local closed form may be expressed as the sum of a G-invariant uniform function and conserved quantities corresponding to each of the generators of the free part of the maximal abelian quotient of G. This is a joint work with Kenichi Bannai and Yukio Kametani.
- The box-ball system (BBS) was introduced by Takahashi and Satsuma as a simple example of a discrete soliton system. We deduce a generalized hydrodynamic limit for the box- ball system, which explains how the densities of solitons of different sizes evolve asymptotically under Euler scale space-time scaling. To describe the limiting soliton flow, we introduce a continuous state-space analogue of the soliton decomposition of Ferrari, Nguyen, Rolla and Wang (cf. the original work of Takahashi and Satsuma), namely we relate the densities of solitons of given sizes in space to corresponding densities on a scale of ‘effective distances’, where the dynamics are linear. For smooth initial conditions, we further show that the resulting evolution of the soliton densities in space can alternatively be characterised by a partial differential equation, which naturally links the time-derivatives of the soliton densities and the ‘effective speeds’ of solitons locally. The limiting hydrodynamic equation coincides with the equation predicted by the generalized hydrodynamics, which is the hydrodynamics for integrable systems with infinitely many conserved quantities and has been extensively studied recently. This is a joint work with David Croydon.

B. 発表論文

1. C. Bernardin, P. Gonçalves, M. Jara, M. Sasada and M. Simon : “From normal diffusion to superdiffusion of energy in the evanescent flip noise limit”, J. Stat. Phys. **159** (2015) no. 6, 1327–1368.
2. M. Sasada : “Spectral gap for stochastic energy exchange model with nonuniformly positive rate function", Ann. Probab. **43** (2015) no. 4, 1663–1711.

3. S. Tamaki, M. Sasada, and K. Saito : “Heat transport via low-dimensional systems with broken time-reversal symmetry”, Phys. Rev. Lett. 119 (2017), 110602.
4. M. Sasada : “On the Green-Kubo formula and the gradient condition on currents ”, Ann. Appl. Probab. 28, No. 5, (2018), 2727-2739.
5. K. Sato, M. Sasada : “Thermal Conductivity for Coupled Charged Harmonic Oscillators with Noise in a Magnetic Field”, Commun. Math. Phys. 361-3 (2018), 951-995.
6. K. Sato, M. Sasada and H. Suda : “ 5/6-Superdiffusion of energy for coupled charged harmonic oscillators in a magnetic field”, Comm. Math. Phys. 372-1 (2019), 151-182.
7. D. A. Croydon and M. Sasada : “Invariant measures for the box-ball system based on stationary Markov chains and periodic Gibbs measures”, Journal of Mathematical Physics, 60 083301 (2019).
8. O. Blondel, C. Erignoux, M. Sasada and M. Simon : “Hydrodynamic limit for a facilitated exclusion process”, Ann. Inst. H. Poincaré Probab. Statist., (2020), 667-714.
9. O. Blondel, C. Cances, M. Sasada and M. Simon : “Convergence of a degenerate microscopic dynamics to the porous medium equation”, Annales de l’Institut Fourier, accepted.
10. D. A. Croydon, T. Kato, M. Sasada and S. Tsujimoto : “Dynamics of the box-ball system with random initial conditions via Pitman’s transformation”, Memoirs of the AMS, accepted.

C. 口頭発表

1. Dynamics of the box-ball system with random initial conditions via Pitman’s transformation, XIX International Congress on Mathematical Physics, Centre Mont-Royal, Canada, 2018 年 7 月.
2. Dynamics of the box-ball system with random initial conditions via Pitman’s transformation, NYU-Shanghai - Kyoto University Young Probabilists’ Meeting, NYU-Shanghai, China, 2018 年 9 月.
3. ランダムな初期状態をもつ無限粒子箱玉系と Pitman の定理, 九州大学談話会, 九州大学, 2018 年 10 月.
4. Hydrodynamic limit for degenerate dynamics,17th International Symposium "Stochastic Analysis on Large Scale Interacting Systems", 京都大学 2018 年 11 月.
5. Dynamics of the box-ball system with random initial conditions via Pitman’s transformation, SIDE13, JR HAKATA CITY, 2018 年 11 月.
6. Some generalization of Pitman’ s transform and invariant measures for discrete integrable systems, Scaling limits & SPDEs: recent developments and future directions, Issac Newton Institute for Mathematical Sciences, United Kingdom, 2018 年 12 月.
7. 一般化 Pitman 変換と離散可積分系, 慶應確率論ワークショップ 2019, 慶應義塾大学日吉キャンパス, 2019 年 3 月.
8. Generalized Pitman’ s Transform and Discrete Integrable Systems, 第 12 回 日本数学会 季期研究所 (the 12th MSJ-SI), 九州大学, 2019 年 8 月.
9. The Box-ball System, Discrete Integrable Systems and Generalized Pitman’ s Transform, Fall 2019 Minerva Lectures, Columbia University U.S.A. 2019 年 9 月.
10. Discrete classical integrable systems and generalized Pitman’s transform, Particle Systems and PDE’s VIII, the University of Lisbon, Portugal, 2019 年 12 月.

E. 修士・博士論文

1. (修士) 高木 航平 (TAKAGI Kohei): On asymptotic optimality of KLUCB and KLUCB+ policies in multi-armed bandit problems（多腕バンディット問題における KLUCB 戦略と KLUB+ 戦略の漸近最適性について）
2. (修士) 林 晃平 (HAYASHI Kohei): Spatial-segregation limit for exclusion processes with two components under unbalanced reaction （不均衡反応下の二種排他過程に対する空間分離極限）

F. 対外研究サービス

1. 国立研究開発法人　理化学研究所　客員研究員
2. 数学オリンピック財団　評議員
3. 日本学術振興会　専門委員会委員

下村 明洋 (SHIMOMURA Akihiro)

A. 研究概要

関数解析やフーリエ解析の手法を用いて，発展方程式論や偏微分方程式の研究を行った．例えば，空間遠方でクーロンポテンシャルより緩やかに減衰する長距離型ポテンシャルを伴うハートリー・フォック型方程式の初期値問題について，小さい初期データに対して，分散性を持つ時間大域解の一意存在とその漸近形について検討した．それに関連して，実関数論についても検討を行った．偏微分方程式の古典理論にも取り組んだ．

I studied on the theory of evolution equations and partial differential equations by using functional analysis and Fourier analysis. For example, I considered the existence, uniqueness and the large time behavior of dispersive global solutions to the initial value problem of the Hartee-Fock type equation with a long-range potential for small initial data. I also studied real analysis. I worked on the classical theory of partial differential equations.

B. 発表論文

1. Y. Nakamura, A. Shimomura and S. Tonegawa: “Global existence and asymptotic behavior of solutions to some nonlinear systems of Schrödinger equations", Journal of Mathematical Sciences, The University of Tokyo **22** (2015), 771–792.

C. 口頭発表

1. 確率の計算いろいろ，高校生のための現代数学講座，東京大学玉原国際セミナーハウス，2016 年 7 月．

D. 講義

1. 初年次ゼミナール理科「解析学の基礎」: 数学的に厳密な微分積分学に関する文献の輪講．(教養学部前期課程，1 年生 理系，S セメスター)．
2. 偏微分方程式論：偏微分方程式の古典理論の入門講義．主に，調和関数，ポアソン方程式，熱方程式，波動方程式，1 階準線型偏微分方程式について講義した．(教養学部後期課程 統合自然科学科 3 年生，S セメスター)．
3. 数理科学セミナー I：集合と位相に関する輪講．(教養学部後期課程 統合自然科学科 3 年生，S セメスター)．
4. 基礎解析学概論・解析学 XB：実解析学の基礎の講義．主に，L^p-空間（の続論）とソボレフ空間の基礎について講義した．(数理大学院・4 年生共通講義，S セメスター)．
5. 全学自由研究ゼミナール：ルベーグ積分論に関する本の輪講．(教養学部前期課程，A セメスター)．
6. スペクトル理論・解析学 XD：スペクトル理論の基礎の講義．主に，無限次元ヒルベルト空間上の自己共役作用素のスペクトル分解とその周辺について講義した．(数理大学院・4 年生共通講義，A セメスター)．

F. 対外研究サービス

1. 研究集会 “Schrödinger Operators and Related Topics", 2020 年 1 月 8 日–10 日，学習院大学，組織委員．

2. 日本数学会 2020 年度 全国区代議員（評議員）.（2020 年 3 月から）

白石 潤一 (SHIRAISHI Junichi)

A. 研究概要

Affine screening operator に付随した screened vertex operators を用いて, 形式的無限級数 $f^{\widehat{gl}_N}(x,p|s,\kappa|q,t)$ (*non-stationary Ruijsenaars function*) を導入した. それは affine Laumon spaces の Euler characteristics を与える. パラメータ s と κ を適当に選ぶとき, 極限 $t \to q$ において $f^{\widehat{gl}_N}(x,p|s,\kappa|q,q/t)$ は, $\widehat{sl}_N$ の dominant integrable character に $1/(p^N;p^N)_\infty$ (即ち, $\widehat{gl}_1$ character) を乗じたものになる. 級数 $f^{\widehat{gl}_N}(x,p|s,\kappa|q,t)$ に関する幾つかの予想が得られた. それらを概観すれば以下の通り. まず, bispectral, 及び, Poincaré duality が成り立つと予想される. bispectral duality から, evaluation formula が従う. 主予想は次のようなことを主張する. (i) 級数 $f^{\widehat{gl}_N}(x,p|s,\kappa|q,t)$ を適当に規格化すれば, その極限 $\kappa \to 1$ を取ることができる, (ii) それを $f^{\mathrm{st.}\,\widehat{gl}_N}(x,p|s|q,t)$ とすれば, $f^{\mathrm{st.}\,\widehat{gl}_N}(x,p|s|q,t)$ は elliptic Ruijsenaars operator の固有関数を与える. Poincaré duality に関する予想の affine Toda limit $t \to 0$ を考察することで, 非定常 affine q-difference Toda operator $\mathcal{T}^{\widehat{gl}_N}(\kappa)$ を導入した. また, 特に affine q-difference Toda ($t \to 0$), 及び, elliptic Calogero-Sutherland ($q,t \to 1$) 方程式の極限において, 主予想の意味することを吟味した.

Based on the screened vertex operators associated with the affine screening operators, I introduced the formal power series $f^{\widehat{gl}_N}(x,p|s,\kappa|q,t)$ which I call the *non-stationary Ruijsenaars function*. We identify it with the generating function for the Euler characteristics of the affine Laumon spaces. When the parameters s and κ are suitably chosen, the limit $t \to q$ of $f^{\widehat{gl}_N}(x,p|s,\kappa|q,q/t)$ gives us the dominant integrable characters of $\widehat{sl}_N$ multiplied by $1/(p^N;p^N)_\infty$ (*i.e.* the $\widehat{gl}_1$ character). Several conjectures are presented for $f^{\widehat{gl}_N}(x,p|s,\kappa|q,t)$, including the bispectral and the Poincaré dualities, and the evaluation formula. The main conjecture asserts that (i) one can normalize $f^{\widehat{gl}_N}(x,p|s,\kappa|q,t)$ in such a way that the limit $\kappa \to 1$ exists, and (ii) the limit $f^{\mathrm{st.}\,\widehat{gl}_N}(x,p|s|q,t)$ gives us the eigenfunction of the elliptic Ruijsenaars operator. The non-stationary affine q-difference Toda operator $\mathcal{T}^{\widehat{gl}_N}(\kappa)$ is introduced, which comes as an outcome of the study of the Poincaré duality conjecture in the affine Toda limit $t \to 0$. The main conjecture is examined also in the limiting cases of the affine q-difference Toda ($t \to 0$), and the elliptic Calogero-Sutherland ($q,t \to 1$) equations.

B. 発表論文

1. J. Shiraishi, Affine screening operators, affine Laumon spaces and conjectures concerning non-stationary Ruijsenaars functions. J. Integrable Syst. 4 (2019), no. 1, xyz010, 30 pp.
2. A. Hoshino and J. Shiraishi, Macdonald polynomials of type C_n with one-column diagrams and deformed Catalan numbers, SIGMA Symmetry Integrability Geom. Methods Appl. 14 (2018), Paper No. 101, 33 pp.
3. Boris Feigin, Ayumu Hoshino, Masatoshi Noumi, Jun Shibahara, Jun'ichi Shiraishi, *Tableau Formulas for One-Row Macdonald Polynomials of Types C_n and D_n*, SIGMA, 11 (2015), 100, 21 pp.
4. Ayumu Hoshino, Masatoshi Noumi, Jun'ichi Shiraishi, *Some Transformation Formulas Associated with Askey-Wilson Polynomials and Lassalle's Formulas for Macdonald-Koornwinder Polynomials*, Moscow Mathematical Journal, Volume 15, Issue 2, April-June (2015) pp. 293-318.

C. 口頭発表

1. J. Shiraishi, Affine screening operators, affine Laumon spaces, and conjectures

concerning non-stationary Ruijsenaars functions, “Elliptic integrable systems, special functions and quantum field theory” 16-20 June 2019 Nordita, Stockholm.

2. 星野歩, 白石潤一, Kostka polynomials with one column diagrams of type B_n, C_n and D_n, 日本数学会年会, 2019 年 3 月 20 日, 東京工業大学
3. 星野歩, 白石潤一, Matrix inversion for Koornwinder polynomials with one-column diagram 日本数学会秋季総合分科会, 2018 年 9 月 24 日, 岡山大学
4. 星野歩, 白石潤一, 一列型 C, D 型 Macdonald 多項式の明示公式, 日本数学会年会, 2018 年 3 月 20 日, 東京大学
5. J. Shiraishi, Some conjectures about duality identities associated with affine root systems and screened vertex operators with toroidal structure, “Exact methods in low dimensional statistical physics” (from 25 July to 4 August, 2017, Institut d’Études Scientifiques de Cargèse).
6. 星野歩, 野海正俊, 白石潤一, 一行型 C_n 型 Macdonald 多項式のタブロー和表示, 日本数学会年会, 2015 年 3 月 23 日, 明治大学

D. 講義

1. 数理科学基礎, 及び, 演習, 2019 年度夏学期，教養学部 1 年生対象.
2. 線形代数学, 及び, 演習, 2019 年度夏冬学期，教養学部 1 年生対象.
3. 数学 II, 2019 年度夏学期，教養学部文系学生対象.
4. 数理科学基礎 (補修), 2019 年度冬学期，教養学部 1 年生対象.
5. 応用数学 XG, 数物先端科学 VIII, 2019 年度冬学期，4 年大学院対象. 非定常 Ruijsenaars 関数について

関口 英子 (SEKIGUCHI Hideko)

A. 研究概要

数理物理で現れる Penrose 変換を半単純 Lie 群の表現論の立場から研究しています. 特に, 等質多様体の幾何構造を用いて Penrose 変換の一般化を考察し, その中で, 特異な無限次元のユニタリ表現を具体的にとらえようと試みています.
Penrose 変換の像はサイクル空間上の偏微分方程式系を満たす場合があります. 変換群が実シンプレクティック群の場合, この偏微分方程式系を具体的に書き下し (青本–Gel’fand の超幾何微分方程式系を高階に一般化した形をしている), 逆にその大域解が全て Penrose 変換で得られることを証明しました.
発表論文 [Contemporary Mathematics, 2013] では，2 つの相異なる不定値グラスマン多様体上の Dolbeault コホモロジー群で実現される無限次元表現の間に絡作用素（ツイスター変換）が存在するためのパラメータと，表現の特異性について考察しました．次に従来の結果を非管状領域に拡張し, 続いてユニタリ表現をある対称対に関して制限したときの具体的な分岐則の公式を Penrose 変換を用いて決定しました．特に，その分岐則は無重複であり，さらに離散的に分解可能になります．口頭発表 [2,3] では 2 つの異なる複素多様体上で構成された無限次元表現が同型になることが Penrose 変換を用いて証明できる一例を示しました.

I have been studying so called the Penrose transform, which originated in mathematical physics. My view point is based on representation theory of semisimple Lie groups, especially, a geometric realization of singular (infinite-dimensional) representations via the Penrose transform. Our main concern is with the characterization of the image of the Penrose transform by means of a system of partial differential equations on the cycle space, e.g., a generalization of the Gauss–Aomoto–Gelfand hypergeometric differential equations to higher degree.
In [Contemporary Mathematics, 2013] I discussed intertwining operators between Dolbeault cohomologies on two indefinite Grass-

mannian manifolds, and studied a condition on the possible parameters in connection with singular representations. I have extended my previous results to non-tube domains of type AIII [Internat. J. Math., 2011], and found explicit branching laws with respect to symmetric pairs of certain family of infinite-dimensional representations which are realized in the spaces of Dolbeault cohomologies on non-compact complex homogeneous manifolds [Internat. J. Math., 2013].

B. 発表論文

1. H. Sekiguchi: 積分幾何学と表現論. 『数学の現在 π』, pp. 22–35. 東京大学出版会, 2016.
2. H. Sekiguchi : リー環とリー群, 朝倉書店, 数学辞典 (eds. 川又雄二郎, 坪井俊, 楠岡成雄, 新井仁之), (2016).

C. 口頭発表

1. Representations of semisimple Lie groups and Penrose transform, Tokyo-Lyon Conference in Mathematics (February 19-20, 2018, organizers: Taro Asuke, Étienne Ghys, Toshitake Kohno, Takashi Tsuboi), Graduate School of Mathematical Sciences, the University of Tokyo, February 20, 2018.
2. Representations of Semisimple Lie Groups and Penrose Transform, トポロジー火曜セミナー, リー群論・表現論セミナーと合同, 東京大学大学院数理科学研究科, September 26, 2017.
3. Representations of Semisimple Lie Groups and Penrose Transform, Colloquium, Reims University, France, September 27, 2016.

D. 講義

1. 数理科学基礎 (線型代数): (教養学部理科 II,III 類 1 年生講義 S1 ターム).
2. 線型代数学: (教養学部理科 II,III 類 1 年生講義 S2 ターム, A セメスター).
3. 数理科学概論 I (文科生): 多変数関数の偏微分, 極値問題, 重積分 (教養学部文科生 S セメスター).
4. 高校生のための現代数学講座「いろいろな幾何学」講義 (4): 正多面体, 2019 年 7 月 20 日, 東京大学玉原国際セミナーハウス.

F. 対外研究サービス

1. 日本数学会広報委員 (2017 年度–).
2. 日本数学会函数解析学分科会委員 (2017 年度–).
3. オーガナイザー, Integral Geometry, Representation Theory and Complex Analysis, Kavli Institute for the Physics and Mathematics of the Universe, 27–28 January 2020.

田中 公 (TANAKA Hiromu)

A. 研究概要

正標数における代数多様体の極小モデル理論が研究テーマである。代数幾何学には標数零の世界と正標数の世界があるが、標数零の世界で起こりえない現象が、正標数の世界で確認される事がある。典型的なものとして、ファイバー空間の一般ファイバーの特異点に関するものである。標数零の世界では、ファイバー空間の一般ファイバーは非特異になるが、正標数では同様の定理は成立しない。対処法の 1 つとして、一般ファイバーの代わりに生成ファイバーを考える手法がある。しかしながら、生成ファイバーは定義体が非完全体となり、非完全体上の代数幾何は代数閉体上の代数幾何と比べると複雑である。本年度は非完全体上の代数多様体に関して、論文 [7]–[9] を発表した。[7] では、非完全体上の代数多様体にいくつかの不変量を導入した。[8] では、非完全体上の対数的デルペッツォ曲面の捩れ線束を研究した。[9] では、非完全体上の幾何学的整な正則デルペッツォ曲面の有界性を証明した。また、論文 [10] において p-冪自由性という概念を導入した。

I study minimal model program for algebraic varieties in characteristic p. In algebraic geometry, there are two worlds: characteristic 0 and characteristic p. There are some phenomena that happen only in characteristic p. A typi-

cal example is the generic smoothness, which is a result on general fibres of fibrations. In characteristic 0, general fibres of fibrations are smooth. On the other hand, the same statement is no longer true in characteristic p. Thus, general fibres are not so useful in characteristic p. As a replacement of general fibres, it is a standard technique to consider generic fibres. A disadvantage of generic fibres is the fact that their base fields are imperfect. Basically, theory over imperfect fields is more complicated than the one over algebraically closed fields. In this academic year, I write three research papers [7]–[9] on algebraic varieties over imperfect fields. In [7], I introduce some invariants for algebraic varieties over imperfect fields. In joint work with Bernasconi [8], we study torsion line bundles on log del Pezzo surfaces over imperfect fields. In [9], I prove the boundedness of geometrically integral regular del Pezzo surfaces. In [10], I introduce the notion of p-power freeness.

B. 発表論文

1. H. Tanaka : "Minimal model program for excellent surfaces", Ann. Inst. Fourier (Grenoble) **68** (2018), no. 1, 345-376.
2. H. Tanaka : "Behavior of canonical divisors under purely inseparable base changes", J. Reine Angew. Math. **744** (2018), 237–264.
3. H. Tanaka : "Infinite dimensional excellent rings", Comm. Algebra **47** (2019), no. 2, 482–489.
4. P. Cascini, H. Tanaka : "Purely log terminal threefolds with non-normal centres in characteristic two", Amer. J. Math. **141** (2019), no. 4, 941–979.
5. A. Sannai, H. Tanaka : "Infinitely generated symbolic Rees algebras over finite fields", Algebra Number Theory **13** (2019), no. 8, 1879–1891.
6. Y. Gongyo, Y. Nakamura, H. Tanaka : "Rational points on log Fano threefolds over a finite field", J. Eur. Math. Soc. **21** (2019), no. 12, 3759–3795.
7. H. Tanaka : "Invariants of algebraic varieties over imperfect fields", preprint available at arXiv:1903.10113.
8. F. Bernasconi, H. Tanaka : "On del Pezzo fibrations in positive characteristic", to appear in Journal of the Institute of Mathematics of Jussieu.
9. H. Tanaka : "Boundedness of regular del Pezzo surfaces over imperfect fields", preprint available at arXiv:1905.00143.
10. H. Tanaka : "On p-power freeness in positive characteristic", preprint available at arXiv:1907.10561.

C. 口頭発表

1. Rational points for Fano varieties over finite fields and vanishing theorems for Witt vector cohomologies, 代数幾何セミナー, 東北大学, 2018 年 7 月.
2. On varieties of Fano type in positive characteristic, Modern Algebraic Geometry, 北京大学, 中国, 2018 年 7 月.
3. On minimal model program in positive characteristic, 代数幾何学城崎シンポジウム, 城崎, 2018 年 10 月.
4. On varieties of Fano type in positive characteristic, 2018 Fall Program of Moduli Spaces and Varieties, Shanghai Center of Mathematical Science, 中国, 2018 年 11 月.
5. On Witt analogues of the Kodaira vanishing theorem, Algebraic Geometry in Positive Characteristic and Related Topics, The University of Tokyo, Japan, 2018 年 12 月.
6. Del Pezzo fibrations in positive characteristic, Del Pezzo surfaces and Fano varieties, Heinrich Heine Universität Düsseldorf, Germany, 2019 年 7 月.
7. On Mori fibre spaces in positive characteristic, ファノ多様体及び関連する代数幾何学, 九州大学, 2019 年 11 月.
8. On Mori fibre spaces in positive char-

acteristic, Tokyo-Seoul Conference in Mathematics 2019 - Algebraic Geometry -, The University of Tokyo, Japan, 2019 年 11 月.

9. Rational points and minimal model program in positive characteristic, RIMS Symposia: Rational Points on Higher Dimensional Varieties, Research Institute for Mathematical Sciences, Japan, 2019 年 12 月.
10. On Mori fibre spaces in positive characteristic, Algebraic and Arithmetic Geometry Conference, the University of Science and Technology of China, China, 2019 年 12 月

D. 講義

1. 数理科学基礎：線型代数の導入部分に関する講義を行った. (S1 ターム、教養学部前期課程講義)
2. 線型代数学 1 ：線型代数の講義を行った. (S2 ターム、教養学部前期課程講義)
3. 線型代数学 2 ：線型代数の講義を行った. (A セメスター、教養学部前期課程講義)
4. 数理科学基礎演習：線型代数の導入部分に関する演習. (S1 ターム、教養学部前期課程講義)
5. 数学基礎理論演習：線型代数の演習. (S2 ターム、教養学部前期課程講義)
6. 線型代数学演習：線型代数の演習. (A セメスター、教養学部前期課程講義)
7. 代数学 I：群論と環論の講義を行った. (S セメスター、3 年生向け講義)
8. 代数学特別演習 I：群論と環論の演習. (S セメスター、3 年生向け講義)

E. 修士・博士論文

1. (修士) 高橋 誠志 (TAKAHASHI Seiji): 正標数の一般型極小曲面の自己同型群の位数について

寺田 至 (TERADA Itaru)

A. 研究概要

以前, Brauer diagram と updown tableau の対応を与える Stanley/Sundaram の対応を, 冪零線型変換と symplectic form と flag に関連するある代数多様体を構成して幾何的に解釈できることを示した (“Brauer diagrams, updown tableaux and nilpotent matrices”, J. Algebraic Combin. **14** (2001), 229–267) が, これに関連して, Springer による一般化された Steinberg 多様体を用いて Trapa が与えた, Brauer diagram と列の長さが偶数の標準盤との間の対応に関する研究を進めている. 特に, Trapa と類似の対応を上述の代数多様体に関して考えると, 通常の Robinson–Schensted 対応の一部が得られる. また, 形が λ/μ で重みが ν の Littlewood–Richardson tableau は, Grassmann 多様体とベキ零線型変換から決まるある代数多様体の既約成分を parametrize する. Azenhas の記述した, μ と ν を交換する Littlewood–Richardon tableau の間の全単射が, 双対空間の間の自然な対応から引き起こされる既約成分の間の全単射と一致することを示した (2010 年にコインブラ大学のセミナーおよび第 65 回ロタリンギア組合せ論セミナーで口頭発表し, 論文を投稿用に編集中). これに関連し, Azenhas の全単射の対合性の組合せ論的証明を, Azenhas の方針を途中まで用いながら完成した. これらを hive という概念を用いた形に言い換え, Azenhas, King 両氏との共同研究としてまとめた (arXiv:1603.05037 に保存 (109pp.), 大改訂版が出版済み [B1]). さらに, 冪単線型変換で固定される flag 全体のなす多様体とよく似た構造をもつ, 有限 abel p 群の組成列の集合およびその “係数拡大” に関する研究も続けている.

In relation to my former study on a geometric interpretation of Stanley and Sundaram’s correspondence between the Brauer diagrams and the updown tableaux by constructing an algebraic variety concerning nilpontent linear transformations, symplectic forms, and complete flags (“Brauer diagrams, updown tableaux and nilpotent matrices”, J. Algebraic Combin. **14** (2001), 229–267), some

progress has been made on the study of the correspondence between the Brauer diagrams and the standard tableaux with even column lengths, given by Trapa using Springer's generalized Steinberg variety. In particular, a correspondence similar to Trapa's for the algebraic variety mentioned above produces a part of the ordinary Robinson–Schensted corerspondence. In another direction, the Littlewood–Richardson tableaux of shape λ/μ and weight ν parametrize the irreducible components of a certain algebraic variety defined using the Grassmannian and a nilpotent linear transformation. The bijection between the Littlewood–Richardson tableaux switching μ and ν, as described by Azenhas, has been shown to coincide with the bijection between the irreducible components induced by a natural correspondence between the dual Grassmannians (talks were given at a seminar at University of Coimbra and at the 65th Séminaire Lotharingien de Combinatoire in 2010; the paper is under preparation for publication). A combinatorial proof of the involutiveness of Azenhas' bijection has been completed by following her method up to a certain point. These have been converted into collaborations with Azenhas and King using the notion of hives (a preprint was stored in arXiv:1603.05037 (109 pp.), and an extensively revised edition has been published [B1]). Also in progress is the study of the set of composition series of a finite abelian p-group and its "scalar extensions", which have a structure similar to the variety of flags fixed by a unipotent linear transformation.

B. 発表論文

1. I. Terada, R. C. King, and O. Azenhas: "The symmetry of Littlewood–Richardson coefficients: a new hive model involutory bijection", SIAM J. Discrete Math. **32** (2018) 2850–2899.

C. 口頭発表

1. On an involution on the set of Littlewood–Richardson tableaux—A module model for Azenhas' bijection, Algebraic and enumerative combinatorics in Okayama, 岡山大学大学院自然科学研究科, 2018 年 2 月.

D. 講義

1. 数理科学基礎演習 (線型代数部分)・数学基礎理論演習 (線型代数部分)・線型代数学演習：理系 1 年生の線型代数学の講義に対応する演習. (教養学部前期課程講義)
2. 代数学 II・代数学特別演習 II：環と加群の基礎理論と対応する演習. (3 年生向け講義)
3. 数学続論 XB・応用代数学：Young 図形に関連する組合せ論. Robinson–Schensted 対応と plactic monoid に関する基本的な事項をまとめたのち, Lascoux による, $sl(n, \mathrm{C})$ の有限次元表現とその Demazure module の指標を最高ウェイトに相当する単項式から生成する指標レベルの Demazure 作用素を tableau の集合に持ち上げたものと key (polynomial) の理論の原典の一部を読み解きながら紹介した.

長谷川 立 (HASEGAWA Ryu)

A. 研究概要

静的意味論の中に現れる動的情報の研究: プログラミング言語の数理モデルには大別して 2 種類ある。表示的意味論は計算の過程で変化しないものを捉えようとするモデルである。計算不変な式の意味を数学的に定式化するのがこの意味論である。他方，操作的意味論は計算の過程で変化するものを捉えようとするモデルである。プログラミング言語の特徴は，言語でありながら計算の概念を伴っているところにある。プログラミング言語で記述された式は実行可能なコードに変換されなければならない。そのためには計算がどのように進行するのかを数学的にモデル化する必要がでてくる。そのための意味論である。いわば表示的意味論は静的なモデルで，操作的意味論は動的なモ

デルである。
表示的意味論から操作的な情報がとり出せることがある。表示的意味論においては計算途中で変化するものはつぶしてしまっているので動的な情報は残っていないようにみえるが，不思議なことに操作的な性質を導き出すのにも使えることがある。Barendregt-Coppo-Dezani の型フィルターモデルによる特徴づけは古典的な結果である。その他にも Berger-Schwichtenberg による無評価正規化や de Carvalho による一連の結果もその一種である。表示的意味論は数学的な特徴づけが広く研究されており，圏論モデル等を通して他の数学分野との結びつきが深く理解されている。数学的に解析しやすい対象であり，操作的意味論を調べているだけでは難しい動的な情報がそこから得られることがある。
表示的意味論の中から動的な情報を得る方向での種々の研究を行っている。その一つとして行ったのは Barendregt-Coppo-Dezani の結果を値呼びの体系に拡張しようという方向である。本年度は (1) 線形論理の圏論的モデルの動的な再解釈，(2) 解析関手モデルの動的な性質の研究，(3) Chu 構成の具体的な構築等を行った。圏論に基づく線形論理の計算体系を以前提案したが，それに対する新しい重み付け関数を作り停止性の証明を簡略化にしたのが (1) に関する結果である。その圏論モデルの合流性を解析関手モデルで論じるのが (2) の研究テーマである。スター自律圏を構成する一般的方法として知られているのが (3) の Chu 構成である。具体的な圏においてエキゾチックな Chu 構成の例を作った。

Study of dynamic contents occurring in static semantics: There are generally two categories of mathematical models of programming languages. Denotational semantics gives models to capture the entities that do not altar in the process of computation. This semantics purposes to formalize the computationally invariant meaning of expressions. The operational semantics, the other category of models, provides the ways to capture the meaning that changes during computation. Programming languages unavoidably entails the notion of execution. The expressions written in the languages must be tranformed to executable codes. To this end we have to mathematically model how computation is processed. To put it another way, the denotational semantics gives static models, while the operational semanics dynamic.
We occasionally come to find operational contents in denotational models. Dynamic information is entirely lost in the denotational semanics, as anything involved in computation is collapsed and ignored. Weirdly, however, the denotational models incorporate operational information at times. A classic result is the computational characterization using filter models by Barendredt, Coppo, and Dezani. Other examples are evaluation-free normalization by Berger and Schwichtenberg, and a series of results by de Carvalho. Denotational semantics has mathematical backgrounds studied in depth, and it has close connection to various areas of mathematics through categorical semantics and others. Therefore we have relatively easy access to mathematical consequences through denotational semantics, which sometimes provides us with dynamic contents that are difficult to obtain if we view operational semantics alone.
We have carried out various researches to extract dynamic information from denotational models. One of the results is an extension of the results of Barendregt, Coppo and Dezani to systems of call-by-value calculus. In this year, we especially studied (1) dynamic reinterpretation of the categorical model of the linear logic, (2) studies of dynamic properties of the analytic functor model, (3) concrete formation of the Chu construction. We have proposed a computational system of the linear logic based on the categorical model. For (1), we gave a new weight function and facilitated the verification of normalization. The theme of (2) is to prove confluence of the categorical computation system using the analytic functor model. The

general method to construct star-autonomous categories is the Chu construction of (3). We built an example of exotic Chu construction in a concrete category.

D. 講義

1. 数学 I: 文系の学生のための微分積分の初歩．(教養学部前期課程講義)
2. 応用数学 XC: プログラミング言語の設計・実装のための数学的基礎．ラムダ計算や型理論，操作的意味論を扱った．(理学部 3 年生向け講義)

E. 修士・博士論文

1. (修士) 後藤 祐輝 (GOTO Yuki): Explicit construction of cofree precomonoids and comonoids for categorical model of linear logic.

林 修平 (HAYASHI Shuhei)

A. 研究概要

今年度は昨年度に行った研究を引き続き進めることにより次の 2 つのテーマに関して結果を得た.
(1) 昨年度は Mañé の Ergodic Closing Lemma を位相論的観点から拡張した asymptotic Closing Lemma を考えたが, 今年度は証明をかなり簡約化することに成功した．その応用として, コンパクト多様体 M 上の任意の C^1 diffeomorphism の最大リャプノフ指数を, C^1 位相で摂動した diffeomorphism に対する周期軌道における最大リャプノフ指数の上限により, 上から抑えられることを証明した.
(2) Shub のエンロピー予想を研究した．Shub のエンロピー予想とは, M 上の C^1 級写像 $f : M \to M$ の位相的エントロピー $h(f)$ と f が誘導するホモロジー準同型写像 $f_* : H_*(M, \mathrm{R}) \to H_*(M, \mathrm{R})$ のスペクトル半径 $s(f_*)$ に対する $\log s(f_*)$ を比較すると, $h(f) \geq \log s(f_*)$ が成立するという予想である．つまり f および f_* の繰り返しにより, M の点集合的トポロジーと $H_*(M, \mathrm{R})$ の代数的トポロジーが混合する度合いを比べるとき, 後者は前者を超えないという 70 年代に Shub により提起された, 力学系とトポロジーをつなぐ重要な予想である．f が C^∞ 級のときは Yomdin により 80 年代に解決されたが, 本来の予想である C^1 級の場合はまだ未解決である．これまでの最良の結果は 2013 年の Liao, Viana, Yang による diffeomorphism の場合の結果で, C^1 位相においてホモクリニック接触を示すもので近似できない場合に成立するというものであった．これを endomorphism の場合に拡張するために, 昨年度の研究においてある全確率集合内の点の前方軌道に沿った摂動で周期軌道を作る forward Ergodic Closing Lemma を開発した．今年度は実際にそれを適用して, endomorphism の前方軌道だけに注目しながら, diffeomorphism の場合に沿った議論により, ホモクリニック接触を示すもので C^1 近似できない, 臨界点を持たない endomorphism についてエンロピー予想を証明した.

In this academic year, as the continuation of the research in last academic year, I studied the following two subjects to obtain results.
(1) I considered an asymptotic Closing Lemma as an extension of Mañé's Ergodic Closing Lemma from the topological view points in the last academic year. In this academic year, I succeeded in simplifying the proof considerably. As its application, I proved that maximal Lyapunov exponents of a C^1 diffeomorphism on a compact manifold M is bounded from above by the supremum of the maximal Lyapunov exponents at periodic points for C^1-perturbed diffeomorphisms.
(2) I studied Shub's Entropy Conjecture. Shub's Entropy Conjecture claims that the topological entropy $h(f)$ of a C^1 map $f : M \to M$ is more than or equal to $\log s(f_*)$ for the spectral radius $s(f_*)$ of the induced homology homomorphism $f_* : H_*(M, \mathrm{R}) \to H_*(M, \mathrm{R})$. That is, by the iterations of f and f_*, when we compare the degree of mixing point set topology of M and the algebraic topology of M, the conjecture says that the latter does not exceed the former, which was raised by Shub in the 70's and is an important conjecture connecting dynamical systems and topology. It was solved when f is of class C^∞ by Yomdin in

the 80's, but the original conjecture for the C^1 case is remain unresolved. The best result until now had been the result in 2013 by Liao, Viana and Yang for the case of diffeomorphisms, that is, it holds for C^1 diffeomorphisms that cannot be C^1 approximated by one exhibiting homoclinic tangencies. In order to extend this to the endomorphisms case, I developed a forward Ergodic Closing Lemma creating periodic orbits along the forward orbits of points of a total probability set in the research of the last academic year. In this academic year, it was actually applied and by the arguments along the case of diffeomorphisms, focusing only on the forward orbits of endomorphisms, I proved the Entropy Conjecture for nonsingular endomorphisms that cannot be C^1 approximated by one exhibiting homoclinic tangencies.

B. 発表論文

1. S. Hayashi: "A C^1 closing lemma for nonuniformly partially hyperbolic diffeomorphisms of class $C^{1+\alpha}$", Dynamical Systems **30** (2015) 355–368.

2. S. Hayashi: "Sinks with relatively large immediate basins and a refinement of Mañé's C^1 generic dichotomy", Nonlinearity **29** (2016) 3597–3624.

3. S. Hayashi: "A forward Ergodic Closing Lemma and the Entropy Conjecture for nonsingular endomorphisms away from tangencies", Discrete Contin. Dyn. Syst. **40** (2020) 2285–2313.

C. 口頭発表

1. Applications of the extended ergodic closing lemma, 冬の力学系研究集会, 日本大学軽井沢研修所, 2016 年 1 月.

2. A C^2 generic property on the presence of ergodic measures with a numerically chaotic behavior, RIMS 研究集会「力学系とその関連分野の連携探索」, 京都大学 2016 年 6 月.

3. A refinement of Mañé's generic dichotomy for surface diffeomorphisms,「葉層構造と微分同相群 2017 研究集会」, Foliations and Diffeomorphisms Groups 2017, 東京大学玉原国際セミナーハウス, 2017 年 10 月.

4. On linearly entropy expansive diffeomorphisms, 「葉層構造と微分同相群 2018 研究集会」, Foliations and Diffeomorphisms Groups 2018, 東京大学玉原国際セミナーハウス, 2018 年 10 月.

5. An asymptotic closing lemma and its applications, 冬の力学系研究集会, 日本大学軽井沢研修所, 2019 年 1 月.

6. The forward Ergodic Closing Lemma for nonsingular C^1 endomorphisms, RIMS 研究集会「力学系 -新たな理論と応用に向けて-」 京都大学 2019 年 6 月.

D. 講義

1. 数学 I : 文科系の微積分学入門講義. (教養学部前期課程講義)

2. 全学ゼミナール「カオス力学系入門」: 1 次元力学系の入門講義. 2 次写像族やシャルコフスキーの定理を扱った.(教養学部前期課程講義)

3. 集合と位相・同演習 : 理学部数学科進学予定の学部 2 年生を主な対象とした講義および演習. (第 2 学年理学部専門科目)

F. 対外研究サービス

1. 2019 年度冬の力学系研究集会, 日本大学軽井沢研修所, 2020 年 1 月 10 日〜1 月 13 日, オーガナイザー.

松井 千尋 (MATSUI Chihiro)

A. 研究概要

1. **準局所保存量を用いた量子可積分系の緩和状態の記述**

一般的な孤立量子系は非平衡状態から熱的平衡状態へ緩和するのに対し，可積分系は

熱的平衡状態とは異なる定常状態へ緩和する．これは，可積分系がもつ多数の保存量により緩和過程が制限されることに起因する．熱力学で記述される大きな系ではエネルギーのような物理量が相加性を持つが，可積分系におけるいくつかの保存量は局所演算子でないにも関わらず相加性を持つことが知られている．このような準局所保存量に着目し，相加的かつ関数的に独立な保存量の組により可積分系の緩和状態が記述されることを示した．

2. 頂点作用素による隠れた超対称性の定式化
超対称性は超対称チャージとエネルギー作用素 (ハミルトニアン) により生成される．超対称性は並進対称性を含むため，離散系における定義には工夫が必要である．例えば，陽に超対称性を持たないいくつかの可積分量子スピン鎖では，システムサイズを変化させる演算子として超対称チャージを導入することで隠れた超対称性を定義できる場合がある．このような場合に対し，頂点作用素を用いて超対称チャージを定式化した．これにより，離散系に対して定義された超対称性がその連続極限で現れる超対称性と整合的であることを示した．

3. 量子群の高次元表現に対応する可解確率過程の構成
一次元多粒子ランダムウォークの一種である非対称単純排他過程は，量子群の基本表現で表される行列 (マルコフ行列) に従って時間発展する可解確率過程である．マルコフ行列として量子群の高次元表現を使うことで，各サイトが複数状態を取り得る新たな可解確率過程を構成した．ある行列がマルコフ行列であるためには非対角要素の非負性および各列のゼロ和が必要となり，フュージョン規則に従って構成した高次元表現をそのまま用いることはできない．量子群の高次元表現を適切に分解することにより，これら二つの条件を満たす行列が構成できることを示した．

1. **Description of long-time steady states of quantum integrable systems by quasilocal conserved quantities**
General isolated quantum systems relax from a nonequilibrium state to a thermal equilibrium state, whereas integrable systems relax to a steady state different from a thermal equilibrium one. This is because many conserved quantities of integrable systems restrict relaxation processes. Some of non-local conserved quantities of integrable systems are known to possess extensivity in a large system described by thermodynamics, in which physical quantities like energy possess extensivity. By focusing on such quasilocal conserved quantities, we showed that relaxation states of integrable systems are described by a set of functionally independent extensive conserved quantities.

2. **Vertex-operator formulation of hidden supersymmetry**
A supersymmetry is generated by supercharges and an energy operator (Hamiltonian). A supersymmetry needs to be modified on a discrete system, since it contains the translation symmetry which breaks in a discrete system. For instance, the actions of supercharges are redefined to change the system length on a certain class of integrable spin chains possessing a hidden supersymmetry. We formulate these supercharges by using vertex operators. Subsequently, we show the equivalence between the discrete analog of the supersymmetry on a spin chain and the supersymmetry on a system obtained as the continuum limit of the corresponding spin chain.

3. **Construction of stochastic processes associated with higher-dimensional representations of quantum groups**

The asymmetric simple exclusion process, one of 1-dimensional multi-particle random walks, is a solvable stochastic process whose time development is determined by a matrix given by the fundamental representations of quantum groups (Markov matrix). We construct new integrable stochastic processes by using the higher-dimensional representations of the quantum groups as Markov matrices. A Markov matrix must satisfy the positivity of non-diagonal elements and the zero-sum rule for each column. Therefore, the higher-dimensional representations constructed from the fusion rule cannot be used as a Markov matrix. We construct a matrix equipped with the two requirements above by decomposing the fused matrix in a proper way.

B. 発表論文

1. C. Matsui:“Multi-state asymmetric simple exclusion processes”, J. Stat. Phys. **158** (2015) 158–191.
2. C. Arita and C. Matsui:“Phase coexistence phenomena in an extreme case of the misanthrope process with open boundaries”, Europhys. Lett. **114** (2016) 60012.
3. C. Matsui:“Spinon excitations in the spin-1 XXZ chain and hidden supersymmetry”, Nucl. Phys. **B913** (2016) 15–33.
4. C. Matsui and T. Prosen:“Construction of the steady state density matrix and quasilocal charges for the spin-1/2 XXZ chain with boundary magnetic fields”, J. Phys. A: Math. Theor. **50** (2017) 385201.
5. C. Matsui:“Nonequilibrium physics in integrable systems and spin-flip non-invariant conserved quantities”, J. Phys. A: Math. Theor. in press https://doi.org/10.1088/1751-8121/ab72ae.

C. 口頭発表

1. “Spinon excitations in the spin-1 XXZ chain and hidden supersymmetry”, New Trends in Low-Dimensional Physics: Quantum Integrability and Applications, Chinese Academy of Sciences (China), 2016 年 9 月.
2. “Exact solvability of the boundary driven diffusive spin-1/2 XXZ chain with non-diagonal boundary magnetic fields”, INTEGRABILITY IN LOW-DIMENSIONAL QUANTUM SYSTEMS, MATRIX (Australia), 2017 年 6–7 月.
3. “Hidden supersymmetry behind the Fateev-Zamolodchikov spin chain”, Fall 2017 Chern-Simons Workshop “Integrability across mathematics and physics”, UC Berkeley (US), 2017 年 9 月.
4. “Quasilocal chargers of the XXZ spin chain and integrability of the boundary-driven diffusive system”, Non-Equilibrium Systems and Special Functions, MATRIX (Australia), 2018 年 1–2 月.
5. “Quasilocal charges and non-equilibrium behavior in integrable systems”, Correlations in Integrable Quantum Many-Body Systems, Wuppertal University (Germany), 2018 年 9 月.
6. “Non-Hermitian quasilocal charges and non-equilibrium behavior of the XXZ model”, International Workshop: Theoretical Developments and Experimental Progresses in Quantum Matter: Dynamics of Quantum Magnetism, Tsung-Dao Lee Institute (China), 2019 年 8 月.
7. “Nonequilibrium physics in integrable systems and spin-flip non-invariant conserved quantities”, Baxter 2020: Frontiers in Integrability, The Australian National University (Australia), 2020 年 2 月.

D. 講義

1. 数理科学基礎/線型代数学 1： 数理科学の高大接続部分，および線型代数の導入部分の講義
2. 非線形数理：様々な分野における自然現象を記述する数理モデルのオムニバス形式での講義
3. 線型代数学 2: 線型代数の基礎の講義
4. 現象数理 III/数理解析学概論：量子力学および統計力学の入門講義
5. 数理情報学：量子情報の導入部分に関する講義

F. 対外研究サービス

1. 日本物理学会誌編集委員
2. 科学技術予測センター専門調査員

G. 受賞

Topic 1 Poster Award, Statphys27 (Argentina), 2019 年 7 月

松尾 厚 (MATSUO Atsushi)

A. 研究概要

私は, 共形場理論に関連するさまざまな数学的構造の研究を行ってきたが, 現在では, 主として頂点作用素代数の対称性に関する研究を行っている.

この方向での私の研究成果の一つとして，偏三重系に附随する代数系の構成がある。これは，ある種の頂点作用素代数に三互換群が自己同型として作用することを示した宮本雅彦氏の研究を深化させたもので，そのような三互換群に対応するフィッシャー空間と呼ばれる構造から可換非結合的な代数を構成し，それによって三互換群の作用を理解するとともに，そのような三互換群を分類にすることに成功した。その後，この代数は松尾代数と呼ばれるようになり，現在では米国・英国・ベルギーなど複数の国の研究者によって精力的に研究が進められている。

最近では, A.P. Veselov 氏と共同で, 単純リー環の表現に対する一連の普遍公式を極小巾零軌道の言葉で言い換えることによって, 極小巾零軌道の Hilbert 級数の普遍公式が得られ, その系として, いわゆる随伴多様体の次数を表す公式が得られることを注意した.

今年度は，頂点作用素代数に作用する三互換群の構造について東京女子大学の山内博氏ほかと議論を行い，今後の研究の方向について検討を行った。また，単純リー環の表現に関する一連の普遍公式の一般化について熊本大学の川節和哉氏と議論を行い，Veselov 氏との共同研究で得られた未発表の研究成果を整理した。

I have been working on various mathematical aspects of two-dimensional conformal field theories. Currently, I am mainly working on symmetries of vertex operator algebras (VOAs).

One of my major achievements is a construction of commutative nonassociative algebras associated with partial triple systems. This is obtained by further investigating a result of M. Miyamoto that a 3-transposition group acts on a vertex operator algebra of a certain type, inteded to understand the action of such a 3-transposition group by constructing a commutative nonassociative algebra from the Fischer space corresponding to the 3-transposition group, and used to a complete classification of 3-transosition groups that act on vertex operator algebras in the way described by Miyamoto. Such an algebra is now called the Matsuo algebra associated with a partial triple system, and is studied further by researchers in many countries of the world such as USA, UK, and Belgium.

More recently, in a joint work with A.P. Veselov, we obtained a unversal formula, in the sense of P. Vogel, for Hilbert series of minimal nilpotent orbits by means of the three parameters that are known to express the dimensions of the adjoint and certain other representations of simple Lie algebras. As a corollary, in the same joint work, we derived a formula which describes the degrees of the adjoint varieties of the corresponding types.

This year, I discussed with H. Yamauchi on the actions of 3-transposition groups on vertex operator algebras as automorphisms and considered possible future directions of reseach. I

also discussed with K. Kawasetsu on generalization of universal formulas for simple Lie algebras and reconsidered our unpublished results obtained by out joint research with Prof. A.P. Veselov.

B. 発表論文

1. A. Matsuo and A.P. Veselov: “Universal formula for the Hilbert series of minimal nilpotent orbits", Proc. Amer. Math. Soc. **145** (2017), 5123–5130.
2. H. Maruoka, A. Matsuo and H. Shimakura, “Classification of vertex operator algebras of class S^4 with minimal conformal weight one”, J. Math. Soc. Japan, **68**, (2016), 1369–1388.
3. 松尾 厚: “単純 Lie 環に関する普遍公式について”, 第 28 回有限群論草津セミナー報告集, 2016.
4. 松尾 厚: “無限次元リー環と有限群—頂点作用素代数とムーンシャイン”, 数学の現在 i, 第 4 講, 東京大学出版会, 2016

C. 口頭発表

1. “Around Symmetries of Vertex Operator Algebras”, The International Conference and PhD-Master Summer School on Graphs and Groups, Representations and Relations, Novosibirsk State University, Novosibirski, Russia, August, 2018.
2. “On a universal formula for minimal nilpotent orbits”, RIMS 研究集会　有限群・代数的組合せ論・頂点作用素代数の研究, 京都大学数理解析研究所, 京都, 2016 年 12 月.
3. “単純リー環に関する普遍公式について”, 第 28 回有限群論草津セミナー, 草津セミナーハウス, 草津, 2016 年 7 月.
4. “Classification of vertex operator algebras of class S^4 with minimal conformal weight one”, Perspectives from vertex algebras, 京都大学理学部, 京都, 2015 年 7 月.

D. 講義

1. 数学 IIPEAK : 英語による線型代数の入門講義，(教養学部前期課程講義)
2. 常微分方程式 : 常微分方程式の入門講義，(教養学部前期課程講義)
3. 幾何学 XC（本郷） : 多様体の入門講義，(本郷キャンパス理学部 3 年生向け講義)

松本 久義 (MATUOTO Hisayosi)

A. 研究概要

私の専門は表現論特に実簡約群あるいは複素簡約リー代数の表現論である。　有限次元リー代数は簡約リー代数と冪零リー代数の半直和に分解するが、このことは自由度有限の対称性は簡約部分と冪零部分との組み合わせとして理解できることを意味する．冪零リー代数は可換リー代数の組み合わせとみなせるので、結局簡約リー群（代数）は非可換な対称性の本質的な部分を担っているとみなせる．実簡約群の表現の基本的な構成法としてその群をある放物型部分群で割った一般化旗多様体と言う等質空間の上の同変ベクトル束の切断の空間に実現される放物型誘導表現がある。特に同変直線束に対応する場合は退化系列表現と言われるクラスになるが、その構造は特別な例を除けば十分に解明されていない．この退化系列表現の間の準同型のうち微分作用素で表せるものつまり一般化旗多様体上の同変直線束の間の不変線形微分作用素は一般化された旗多様体をモデルとする、parabolic geometry の観点からもいわゆる山辺作用素の一般化と見ることが出来興味深い。このような微分作用素はスカラー型の一般化 Verma 加群の間の準同型と一対一に対応しており、スカラー型の一般化 Verma 加群の間の準同型を決定することは重要な問題である．スカラー型の一般化 Verma 加群とは、g を複素簡約リー代数、p をその放物型部分代数とするとき g の p の一次元表現からの誘導表現のことを指す．p が Borel 部分代数の時が Verma 加群である．Verma 加群の間の準同型を決定することは、Verma, Bernstein-Gelfand-Gelfand によって 1970 年前後あたりから知られている決定的な結果がある。(Verma は準同型の存在の十分条件を与え、Bernstein-Gelfand-Gelfand はそれ

が必要条件になっていることを示した. [Ve], [BGG]) 一般化 Verma 加群の場合は、1970 年代に Lepowsky が実半単純 Lie 代数の極小放物型部分代数の複素化の場合に Verma の結果を拡張するなど、基本的な結果を幾つか得たが同時に Verma 加群の場合に比べはるかに難しいことが認識されいまだ分類問題は一般的な状況では未解決である。Boe は p が極大かつ冪零根基が可換である場合に分類問題を解決した.([Bo]) 一般の極大放物型部分代数のばあいは [Ma1] によって解決された。[BGG] における Category $\mathcal{O}$ の各ブロックの圏としての構造が、整 Weyl 群の情報のみできまってしまうという有名な結果を確立した ([So]) のであるが, それを使うと一般化 Verma 加群は $\mathcal{O}$ の対象であるため [M1] で得た極大放物型部分代数の場合のスカラー型一般化 Verma 加群の間の準同型から組織的に一般の場合のスカラ型一般化 Verma 加群の間の準同型の存在が示せる これを elementary homomorphism という。この elementary homomorphism は Verma 加群の場合に [Ve] によって存在を示された準同型のスカラー型一般化 Verma 加群の場合への一般化になっている。上述の [BGG] の結果は Verma による準同型の合成によってすべての 0 でない Verma 加群の間の準同型が得られるというように言い換えられるのでそれに対応してスカラー型一般化 Verma 加群の間の 0 でない準同型はすべて elementary homomorphism の合成になっているという予想が定式化できこの予想が肯定的なら準同型の分類問題が解決できたことになる。
これまでにこの予想は以下の場合に肯定的であることがわかっている。

(A) 正規放物型部分代数の場合 ([Ma2])
g の放物型部分代数 p が正規であるとは p と共通の Levi part をもつ g の放物型部分代数は全て g の内部自己同型で移りあうことをいう。例えば実単純リー代数の極小放物型部分代数の複素化は $\mathrm{su}(m,n)$ ($|m-n|>1$), $\mathrm{so}^*(4n+2)$, EIII の場合を除けば全て正規である. p が正規である場合、スカラー型一般化 Verma 加群で regular integral である無限小指標を持つものの間の 0 でない準同型が存在するための必要条件が得られている。この必要条件は一般の正規の場合に予想を示すのには不十分であるが、「大体半分」ぐらいの場合は無限小指標が regular integral であるばあいには上記予想が肯定的であることが出てくる。

(B) A 型単純リー代数の場合 ([Ma3])
この場合は実質的に $\mathrm{g}=\mathrm{gl}_n(\mathrm{C})$ としても同じことである。 この場合は [K], [T], [Vo2,3] などで確立された mediocre region における traslation principle を用いて、上記予想は肯定的に解決されている。

(C) A 型以外の古典型リー代数の場合
現在はこの問題に取り組んでいる。 A 型の場合に適用した手法を B 型、C 型の場合に適用しようとすると残念ながら一般的な放物型部分代数の場合はうまく行かない。 ただし、正規の場合よりはかなり広いクラスに対しては (A) で得られた結果を拡張できる。例えば C 型の場合放物型部分代数の Levi part はランクの落ちた C 型」といくつかの gl たちの直和になっているがすべての gl のランクの偶奇が一致しているような場合である。 （ちなみに正規であるということは全ての gl のランクが等しいということである。） 無限小指標が regular という条件と言う条件のもとではこのようなことが示せ、これについては本年度中国 青島における国際研究集会 International Symposium on “ Advances and Perspectives in Representation Theory ” において発表し現在論文を執筆中である。
なお regular という条件については半分ぐらいの場合（C 型なら すべての gl のランクが奇数の場合）はこの条件がはずせると考えている。

My research interests are in representation theory, in particular representation theory of real reductive groups and complex reductive Lie algebras. A finite dimensional Lie algebra is a semidirect product of a reductive algebra and a nilpotent algebra. This fact more or less implies any finite-dimensional symmetry is understood as a combination of a reductive Lie group and a Lie nilpotent group. Nilpotent groups can be understood as combinations of abelian groups. So, reductive groups form essential parts of symmetries. Recently, I have been working mainly on the classification of the homomorphisms between scaler generalized

Verma modules.

Let g be a complex semisimple Lie algebra and let p be its parabolic subalgebra. The induced module of one-dimensional representation of p is called a (scalar) generalized Verma module. If p is a Borel subalgebra, it is called a Verma module. Classification of the homomorphisms between scalar generalized Verma modules is equivalent to that of equivariant differential operators between the spaces of sections of homogeneous line bundles on generalized flag manifolds. So, it is important from the viewpoint of the parabolic geometry. A sufficient condition for the existence of the homomorphisms between Verma modules is given by [Ve]. Bernstein, I. M. Gelfand, and S. I. Gelfand proved the condition of Verma is also a necessary condition. ([BGG])

Later, Lepowsky studied the generalized Verma modulescase and obtained some elementary results. As Lepowsky pointed out, the classification problem for homomorphisms between generalized Verma modules is much more difficult than the Verma modules. The problem is still open.

Boe ([Bo]) solved the existence problem in the case of parabolic subalgebras whose nilradical is commutative (so-called the Hermitian symmetric case). Later, I classified the homomorphisms between scalar generalized Verma modules associated with maximal parabolic subalgebras.([Ma1])

Soergel estabulished that blocks of category $\mathcal{O}$ are characterized in terms of integeral Weyl groups. ([So]) Using this result of Soergel, we explain how to construct a homomorphism between scalar generalized Verma modules associated to a general parabolic subalgebra from a homomorphism between scalar generalized Verma modules associated to a maximal parabolic subalgebra. We call such a homomorphism an elementary homomorphism.

I proposed the following conjecture.

Conjecture *An arbitrary nontrivial homomorphism between scalar generalized Verma modules is a composition of elementary homomorphisms.*

The conjecture in the case of the Verma modules is nothing but the result of Bernstein-Gelfand-Gelfand.

(A) normal case ([Ma2])

We call p normal, if each parabolic subalgebra which has a common Levi part with p is conjugate to p under some inner automorphism. Such parabolic subalgebras are easily classified. For example, the complexified minimal parabolic subalgebra of a real simple Lie algebra is normal except $\mathrm{su}(m,n)$ $(|m-n|>1)$, $\mathrm{so}^*(4n+2)$, and EIII. I obtained a necessary condition for existence of homomorphisms between scalar generalized Verma modules with regular integral infinitesimal characters. For classical algebras and "almost half" of normal p, the above necessary condition is also a sufficient condition. This implies that the conjecture is affirmative for regular integral infinitesimal characters. Such a parabolic subalgebra is called strictly normal. For example, the complexified minimal parabolic subalgebra of a real simple Lie algebra is normal except nonnormal case, $\mathrm{so}(p,q)$ $(p+q$: odd), and $\mathrm{sp}(n,n)$.

(B) The general linear algebras ([Ma3])

For $\mathrm{g}=\mathrm{gl}(n,\mathrm{C})$, I confirmed the conjecture. So, we obtain a classification of homomorphisms between scalar generalized Verma modules.

(C) The other classical Lie algebras

Unfortunately, the method of [Ma3] is not applicable to general parabolic subalgebras of other classical Lie algebras. However, using the method, we can generalize the result of (A) to a class of parabolic subalberas of simple Lie algebras of type B and C. At present, the assumption that the infinitesimal character is regular is necessary.

[BGG] J. Bernstein, I. M. Gelfand, and S. I. Gelfand, Structure of representations generated

by vectors of highest weight, *Funct. Anal. Appl.* **5** (1971), 1-8.

[Bo] B. Boe, Homomorphism between generalized Verma modules, *Trans. Amer. Math. Soc.* **288** (1985), 791-799.

[K] T. Kobayashi, Singular unitary representations and discrete series for indefinite Stiefel manifolds $U(p,q;\mathrm{F})/U(p-m,q;\mathrm{F})$, Mem. AMS, vol. 462, American Mathematical Society, 1992, 106 pp. ISBN 0-8128-2524-0.

[Ma1] H. Matumoto, The homomorphisms between scalar generalized Verma modules associated to maximal parabolic subalgebras, *Duke Math. J.* **131** (2006), 75-118.

[Ma2] H. Matumoto, On the homomorphisms between scalar generalized Verma modules. *Compositio Math* . **150** (2014), 877-892.

[Ma3] H. Matumoto, Homomorphisms between scalar generalized Verma modules for $\mathrm{gl}(n,\mathrm{C})$. Int. Math. Res. Not. **150** 2016, 3525-3547.

[So] W. Soergel, Kategorie $\mathcal{O}$, perverse Garben und Moduln über den Koinvarianten zur Weylgruppe, J. Amer. Math. Soc. **3** (1990), 421–445.

[T] P. E. Trapa, Annihilators and associated varieties of $A_{\mathrm{q}}(\lambda)$ modules for $U(p,q)$, *Compositio Math.* , **129** (2001), 1–45.

[Ve] D. N. Verma, Structure of certain induced representations of complex semisimple lie algebras, *Bull. Amer. Math. Soc.* **74** (1968), 160-166.

[Vo1] D. A. Vogan Jr., Gelfand-Kirillov dimension for Harish-Chandra modules, *Invent. Math.* **48** (1978), 75-98.

[Vo2] D. A. Vogan, Jr., Irreducibility of discrete series representations for semisimple symmetric spaces, in *Representations of Lie groups, Kyoto, Hiroshima, 1986*, 191–221, Advanced Studies in Pure Math **14**, Academic Press (Boston), 1988.

[Vo3] D. A. Vogan, Jr., *Unitary representations of reductive Lie groups*, Annals of Mathematics Studies **118**, Princeton University Press (Princeton), 1987.

B. 発表論文

1. Hisayosi Matumoto, Homomorphisms between scalar generalized Verma modules for $\mathrm{gl}(n.\mathrm{C})$, Int. Math. Res. Notices, **2016** (2016) 3525-3547.

C. 口頭発表

1. gl(n,C) のスカラー型一般化バルマ加群の間の準同型, Algebraic Lie Theory and Representation Theory 2015, 岡山いこいの村,2015 年 6 月
2. スカラー型一般化バルマ加群の annihilator について, RIMS 共同研究（公開型）「表現論とその周辺分野の広がり」 京都大学数理科学研究所 2017 年
3. On the homomorphisms between scalar generalized Verma modules for complex simple Lie algebras of type B and C, Representation theory of reductive Lie groups and algebras, 東京大学 2019 年 3 月 28 日
4. On the homomorphisms between scalar generalized Verma modules for complex simple Lie algebras of type B and C, International Symposium on “ Advances and Perspectives in Representation Theory ” Qingdao, China, October 17, 2019

D. 講義

1. 初年次ゼミナール理科 解析学の基礎についてグループ学習形式で体験型学習を行うもの
2. 全学自由研究ゼミナール (対称群の表現論) 群と表現論の基礎に触れたのち、対称群の既約表現のマクドナルドのアイデアによる構成と既約表現の分類について解説した.

E. 修士・博士論文

1. (修士) 下岡 嘉隆 (SHIMOOKA Yoshitaka): 3 重 Lagrangian Grassmannian への斜交群の対角作用と Maslov index およびその直交群における類似
2. (修 士) 鶴 崎 修 功 (TSURUSAKI Hisanori): Rank 2 symmetric Kac-

Moody Lie algebra において real root vector の張る空間に nilpositive element をもつ sl_2-triple

三枝 洋一 (MIEDA Yoichi)

A. 研究概要

p 進簡約代数群の表現を局所 Galois 表現によってパラメータ付ける局所ラングランズ対応に興味を持っている．特に，Rapoport-Zink 空間と呼ばれる p 進体上のリジッド空間の ℓ 進エタールコホモロジーと局所ラングランズ対応の関係を中心的なテーマとして研究を進めている．

今年度は主に，一般斜交群 GSp(4) に伴う Rapoport-Zink 空間のエタールコホモロジーと局所 Arthur 分類の関係について，伊藤哲史氏（京都大学）と共同で研究を行った．局所 Arthur 分類とは，大域的な保型表現の局所成分に現れる既約表現を，A パラメータと呼ばれる局所 Galois 表現の変種によってパラメータ付けるものであり，ある意味で局所ラングランズ対応の一般化にあたるものである．Rapoport-Zink 空間のエタールコホモロジー H^i_{RZ} に関して前年度までに得ていた，非尖点性，有限性，Zelevinsky 対合との関係などの結果と，p 進簡約代数群の表現の間の Ext 群に関する表現論的な結果を結び付けることで，H^i_{RZ} の超尖点部分を局所 Arthur 分類によって記述することに成功した．さらに，コホモロジー H^i_{RZ} を与える複体 $R\Gamma_{\mathrm{RZ}}$ を適切な導来圏において考えることで，局所 Arthur 分類の一部が精密に復元できることを明らかにした．局所 Arthur 分類の構成は，大域的な保型表現論を経由する間接的かつ複雑なものであったが，本年度に得られた結果によって，局所 Arthur 分類の一部に純局所的かつ幾何学的な解釈を与えることができる．論文は現在作成中である．

前年度に得た，p 進体上の斜交群および準分裂偶数次特殊直交群の単純超尖点表現に対する形式次数予想についての成果を論文にまとめた．また，2015 年度に行った整数論サマースクール「志村多様体とその応用」の講演内容を再度精査し，志村多様体のエタールコホモロジーおよびそれを用いた Galois 表現の構成に関する新たな知見を加えた報告集を作成した．

I am interested in the local Langlands correspondence, which parametrizes irreducible smooth representations of a p-adic reductive group by local Galois representations. More specifically, I am mainly working on the problem relating the ℓ-adic étale cohomology of the Rapoport-Zink spaces and the local Langlands correspondence.

This year, I mainly investigated the relation between the étale cohomology of the symplectic similitude group GSp(4) and the local Arthur classification, which was a joint work with Tetsushi Ito (Kyoto Univ.). The local Arthur classification parametrizes irreducible representations appearing as local components of global automorphic representations by A-parameters, which are variants of local Galois representations. It can be regarded as a generalization of the local Langlands correspondence in some sense. By combining my previous results on the étale cohomology H^i_{RZ} of the Rapoport-Zink space, such as non-cuspidality, finiteness and its relation to the Zelevinsky involution, with representation-theoretic results on the Ext group between representations of a p-adic reductive group, I succeeded to describe the supercuspidal part of H^i_{RZ} in terms of the local Arthur classification. Further, I found that a part of the local Arthur classification can be precisely recovered from the complex $R\Gamma_{\mathrm{RZ}}$ which gives rise to the cohomology H^i_{RZ}, regarded as an object of a suitable derived category. The original construction of the local Arthur classification requires the global theory of automorphic representations; it is indirect and complicated. The results obtained in this year provides a purely local and geometric interpretation on a part of the local Arthur classification. Now I am writing a paper about these results.

I completed a paper on the formal degree conjecture for simple supercuspidal representations of symplectic groups and quasi-split even special orthogonal groups over p-adic fields, which

had been obtained last year. I also reinvestigated the contents of the talks in Number Theory Summer School 2015 “Shimura varieties and their applications”, and published the proceedings of the summer school including some new observations.

B. 発表論文

1. Y. Mieda : “On the formal degree conjecture for simple supercuspidal representations”, preprint, arXiv:1908.11185.
2. Y. Mieda : “Parity of the Langlands parameters of conjugate self-dual representations of GL(n) and the local Jacquet-Langlands correspondence”, Journal of the Institute of Mathematics of Jussieu に採録決定済.
3. Y. Mieda : “On irreducible components of Rapoport-Zink spaces”, International Mathematics Research Notices に採録決定済.
4. N. Imai and Y. Mieda : “Potentially good reduction loci of Shimura varieties”, Tunisian Journal of Mathematics **2** (2020), 399–454.
5. Y. Mieda : “Note on weight-monodromy conjecture for p-adically uniformized varieties”, Proceedings of the American Mathematical Society **147** (2019), 1911–1920.
6. 三枝 洋一 : Arthur 分類とその応用, RIMS 講究録別冊「代数的整数論とその周辺 2016」に採録決定済.
7. N. Abe and Y. Mieda : “Jacquet functor and De Concini-Procesi compactification”, International Mathematics Research Notices **12** (2015), 3810–3829.

C. 口頭発表

1. Local Langlands correspondence and p-adic geometry, NTU Mathematics Colloquium, 国立台湾大学, 2020 年 3 月.
2. Introduction to the Langlands program, 国立台湾大学, 2020 年 3 月.
3. Local Saito-Kurokawa A-packets and ℓ-adic cohomology of Rapoport-Zink tower for GSp(4), Arithmetic Geometry and Representation Theory, 富山県民会館, 2019 年 12 月.
4. ある代数曲面のエタールコホモロジーと GL(3) の自己双対的でない保型表現の関係について, 早稲田大学整数論セミナー, 早稲田大学, 2019 年 7 月.
5. Local Shimura varieties and the Fargues-Fontaine curve, RTG Research Workshop 2019, UC Berkeley, 2019 年 5 月.
6. On the formal degree conjecture for simple supercuspidal representations, Workshop on arithmetic geometry, Tokyo-Princeton at Komaba, 東京大学, 2019 年 3 月.
7. Cohomology of perfectoid spaces and their reductions, with application to the local Langlands correspondence, Arithmetic and Algebraic Geometry 2019, 東京大学, 2019 年 1 月.
8. Toward Fargues’ conjecture for GL(3), Japan-Taiwan Joint Conference on Number Theory 2018, カンパーナホテル, 長崎県五島市, 2018 年 9 月.
9. Cohomology of affinoid perfectoid spaces and their reductions, Arithmetic and geometry of local and global fields, Tuan Chau（ベトナム）, 2018 年 6 月.

D. 講義

1. 保型関数論･代数学 XE: 大域 Langlands 対応の現状についての講義. 大域 Langlands 対応に関する最近の進展について, 主に Galois 表現の保型性の観点から解説を行った. 大域 Langlands 対応の正確な定式化を述べた後, Taylor-Wiles による保型性持ち上げの理論, およびその Calegari-Geraghty による改良を紹介し, その応用として, CM 体上の楕円曲線の佐藤・Tate 予想を導く保型性持ち上げ定理の証明を行った.（数理大学院・4 年生共通講義）
2. 全学自由研究ゼミナール（モジュラー曲線と数論幾何学）: モジュラー曲線を通して,

Weil 予想やフェルマー予想，ラングランズ予想等，現代整数論における大定理・大予想を概観する講義を行った．（教養学部前期課程講義）

3. 数理代数学：群とその表現（教養学部統合自然科学科講義）
4. 数理代数学演習：数理代数学の演習（教養学部統合自然科学科講義）

F. 対外研究サービス

1. 研究集会 “Workshop on Shimura varieties, representation theory and related topics 2019” オーガナイザー

三竹 大寿 (MITAKE Hiroyoshi)

A. 研究概要

研究対象として扱ってきたものは非線形偏微分方程式であり，特に Hamilton-Jacobi（HJ）方程式に重点を置いてきた．この HJ 方程式は，解析力学，幾何光学，最適制御，微分ゲームにおける重要な基礎方程式である．近年，同方程式に対する均質化，解の長時間挙動といった，基本的な漸近解析が著しく進展してきた．これらの解析では，偏微分方程式における粘性解理論が基本的な役割を果たしているが，私は従来の同理論に比べより一層，力学系理論との関連に注目してきた．具体的には，同方程式の背景にあるハミルトン系，又は確率ハミルトン系の関係を深めようとする弱 Kolmogorov-Arnold-Moser（KAM）理論，またその一般化について，その発展に貢献してきた．特に，今年度は，(a) HJ 方程式の均質化問題の収束率とその最適性，(b) 一般化エルゴード問題の解の存在と一意性構造，(c) 分数冪非線形偏微分方程式のレゾルベント型近似の導入とその収束，(d) 生成伝播モデル方程式の解の長時間挙動について取り組み，幾つかの結果を得ることができた．論文として，今年度に [1], [2], [3], [4]（B. 発表論文を参照）を発表した．

The main subject of my research is nonlinear Partial Differential Equations, and in particular I have made some special effort to the study on the Hamilton-Jacobi (HJ) equation. This equation is an important fundamental equation for various branches of science like classical mechanics, geometric optics, calculus of variations, optimal control and differential games. This year, I focused on problems related to various properties of viscosity solutions of Hamilton-Jacobi equations appearing in the context of classical mechanics and crystal growth. In particular, I have worked on the following topics: (a) Rate of convergence in periodic homogenization of HJ equations, (b) Generalized ergodic problems: existence and uniqueness structures of solutions, (c) Discrete schemes for time-fractional fully nonlinear evolution equations and their convergence, (d) The large-time behavior for the model equation appearing in crystal growth. I got several results and published papers [1], [2], [3], [4] below.

B. 発表論文

1. Y. Giga, H. Mitake, H. V. Tran : “Remarks on large time behavior of level-set mean curvature flow equations with driving and source terms, to appear in Discrete Contin. Dyn. Syst. Ser. B.
2. Y. Giga, Q. Liu, H. Mitake : “Discrete schemes for time-fractional fully nonlinear evolution equations and their convergence", to appear in Asymptot. Anal.
3. W. Jing, H. Mitake, H. V. Tran : “Generalized ergodic problems: existence and uniqueness structures of solutions", J. Differential Equations 268 (2020), no. 6, 2886–2909.
4. H. Mitake, H. V. Tran, Y. Yu, “Rate of convergence in periodic homogenization of Hamilton-Jacobi equations: the convex setting, Arch. Ration. Mech. Anal. 233 (2019), no. 2, 901–934.
5. Y. Giga, H. Mitake, T. Ohtsuka, H. V. Tran : “Existence of asymptotic speed of solutions to birth and spread type nonlinear partial differential equations", to appear in Indiana Univ. Math. J.
6. H. Mitake and K. Soga : “Weak KAM theory for discount Hamilton-Jacobi equa-

tions and its application", Calc. Var. Partial Differential Equations **57** (2018), no. 3, Art. 78, 32 pp.

7. H. Mitake and H. V. Tran : "On uniqueness sets of additive eigenvalue problems and applications", Proc. Amer. Math. Soc. **146** (2018), 4813–4822.
8. D. A. Gomes, H. Mitake and H. V. Tran : "The Selection problem for discounted Hamilton-Jacobi equations: some non-convex cases", J. Math. Soc. Japan **70** (2018), no. 1, 345–364.
9. H. Ishii, H. Mitake and H. V. Tran : "The vanishing discount problem and viscosity Mather measures. Part 2: boundary value problems", J. Math. Pures Appl. (9) **108** (2017), no. 3, 261–305.
10. H. Ishii, H. Mitake and H. V. Tran : "The vanishing discount problem and viscosity Mather measures. Part 1: the problem on a torus", J. Math. Pures Appl. (9) 108 (2017), no. 2, 125–149.

C. 口頭発表

1. 外力付き平均曲率流方程式の一般化ディリクレ問題について, 九州関数方程式セミナー，福岡大学，2020 年 1 月 24 日.
2. 退化粘性ハミルトン・ヤコビ方程式の解の長時間挙動, 京都大学 NLPDE セミナー, 京都大学，2019 年 12 月 20 日.
3. 退化粘性ハミルトン・ヤコビ方程式の弱 KAM 理論, 第 7 回ハミルトン系とその周辺, 京都大学，2019 年 12 月 19 日.
4. On birth and spread type nonlinear partial differential equations, Geometric and Analysis, 京都大学，2019 年 12 月 5 日.
5. On the generalized Dirichlet problem for graph mean curvature flow with driving force, RIMS 共同研究 (公開型)「非線形偏微分方程式における定性的理論」, 京都大学，2019 年 11 月 27 日.
6. The large-time profile for Hamilton–Jacobi–Bellman equations, New trends in Hamilton-Jacobi: PDE, Control, Dynamical Systems and Geometry, Fudan university, Shanghai，中国，2019 年 7 月 1 日.
7. On approximation of time-fractional fully nonlinear equations, Recent Progress in Nonlinear Partial Differential Equations, Beihang university, Beijing，中国，2019 年 6 月 28 日.
8. 退化粘性ハミルトン・ヤコビ方程式とその解の漸近形について, 金沢解析セミナー，金沢大学，2019 年 6 月 3 日.
9. 粘性ハミルトン・ヤコビ方程式に対する弱 KAM 理論とその応用, 第 688 回応用解析研究会，早稲田大学，2019 年 4 月 27 日.

D. 講義

1. ベクトル解析 (教養学部前期課程講義)
2. 常微分方程式 (教養学部前期課程講義)
3. 線形微分方程式論・解析学 VIII : 線形偏微分方程式の入門講義，放物型方程式を中心に，弱解の定義，正則性，漸近解析などを扱った.(数理大学院・4 年生共通講義)

F. 対外研究サービス

1. 研究集会「界面運動，力学系に現れる漸近問題への粘性解的手法とその周辺」を京都大学数理解析研究所において主催，2019 年 7 月 17 日–19 日.
2. 「数学の魅力 9」— 女子中高生のために —，講師，2020 年 3 月 8 日.（中止）

H. 海外からのビジター

1. Tianling Jin (香港科技大学/Hong Kong University of Science and Technology), Asymptotic behavior for higher order conformally invariant equations with isolated singularities，2019 年 7 月 17 日.
2. Yifeng Yu (カリフォルニア大学アーバイン校/University of California, Irvine), Optimal rate of convergence in periodic homogenization of Hamilton-Jacobi equations, 2019 年 7 月 18 日.

宮本 安人 (MIYAMOTO Yasuhito)

A. 研究概要

楕円型と放物型の偏微分方程式を研究している．10 年以上楕円型偏微分方程式を研究してきたが，楕円型で培った技術を用いて，直近の 2 年は放物型の研究にも力を注いできた．過去 5 年の具体的なテーマは次の通り：

1. **劣臨界方程式の変分法を用いた解構造の解明 [1]**: L^2 ノルム一定条件の元で，一般的な非線形項 $F(u)$ と遠方で 0 に減衰する負のポテンシャル項 $V(x)$ を持つエネルギー

$$\inf_{\|u\|_{L^2}^2=\alpha} \int_{\mathrm{R}^N} \frac{|\nabla u|^2}{2} + V(x)u^2 - F(u)dx$$

の最小エネルギー解の存在と非存在について論じた．

2. **優臨界方程式の解構造 [2,5,6,7]**: [7] では，広いクラスの非線形項を持つ優臨界半線形方程式 $\Delta u + f(u) = 0$ に対して，藤嶋陽平氏 (静岡大) によって発見された一般化スケール変換による極限方程式を導いた．さらに，ある変数変換でその極限方程式が，標準的な 2 つの方程式 $\Delta u + u^p = 0$ か $\Delta u + e^u = 0$ に変換されることを発見し，この性質を用いて球領域における正値球対称解の構造を明らかにした．[2] では優臨界の非線形項を持つ k-ヘシアン松隈型方程式の球対称解の構造，[5] では S^n 上の測地球領域における臨界又は優臨界 Emden-Fowler 方程式の正値球対称解の構造を明らかにした．[6] は，主要部が冪となる非線形項を持つ方程式 $\Delta u + f(u) = 0$ に対して，球対称ならば特異解が一意的に存在し，特異解における線形化固有値問題に対して弱固有値を定義し，その諸性質を明らかにした．

3. **放物型方程式系の可解性 [3]**: [7] で用いられた手法を元に，$\partial_t u = \Delta u + g(v)$, $\partial_t v = \Delta v + f(u)$ において f と g が e^u と同程度か速い大きい増大度を持つ方程式の可解性を研究した．具体的には，解が存在するための初期関数に関する必要十分条件を，一様局所 $L^{r_1}_{\mathrm{ul}}(\mathrm{R}^N) \times L^{r_2}_{\mathrm{ul}}(\mathrm{R}^N)$ 空間を用いて表した．

4. **固有値固有関数の明示的表示 [4]**: 一般的に線形 2 階常微分作用素の固有値と固有関数を明示的に表示する事は極めて困難であることが知られている．[4] は 1 次元区間 $(-1, 1)$ 上の Gel'fand 問題 $u'' + \lambda\ e^u = 0$ の Dirichlet 問題を考察し，若狭徹氏 (九州工大) が開発した手法を用いて，全ての正値解における線形化固有値問題の固有値と固有関数を明示的に表示することに成功した．

5. **$\Delta u + e^u = 0$ の非球対称特異解 [8]**: 領域 $\mathrm{R}^N \backslash \{0\}$ で空間次元 $4 \le N \le 10$ の場合に，本質的に異なる無限個の非球対称特異解を構成した．E. Dancer 等による先行研究で，$\Delta u + u^p = 0$ の場合に同種の結果があるが，それとは異なる手法を用いて，証明を大幅に簡略化した．

6. **２つの正値球対称解の交点数 [9,10]**: m-ラプラシアンや k-ヘシアンを含む，優臨界準線形楕円型方程式の正値球対称解を求めるための常微分方程式

$$r^{-(\gamma-1)}(r^\alpha |u'|^{\beta-1}u')' + |u|^{p-1}u = 0,\ r > 0$$

の 2 つの解（特異解と有界な解，または，２つの有界な解）の交点数を求めた．さらに対応する問題の分岐図式を決定した．この問題を通して，よく知られているジョセフ・ルンドグレン指数の一般化に相当する指数を決定した．この交点数に関する結果は，優臨界楕円型・放物型方程式の研究で中心的な役割を果たすと期待されている．

My research area is parabolic and elliptic equations. I am mainly studying elliptic problems for 10 years. However, I am recently interested in parabolic problems. Recent topics are listed below:

1. **Study of subcritical elliptic problems [1]** The existence and nonexistence of global minimizers of the L^2-constraint minimization problem

$$\inf_{\|u\|_{L^2}^2=\alpha} \int_{\mathrm{R}^N} \frac{|\nabla u|^2}{2} + V(x)u^2 - F(u)dx$$

are considered.

2. **Structure of solutions to supercritical problems [2,5,6,7]** In [7] the limit equation of $\Delta u + f(u) = 0$ with respect to a quasi-scaling introduced by Prof. Fujishima of Shizuoka Univ. is obtained. The striking feature is that this limit equation is equivalent to one of the canonical equations $\Delta u + u^p = 0$ or $\Delta u + e^u = 0$ through the quasi-scaling. Using this result, one can clarify the structure of the positive radial solutions of $\Delta u + \lambda f(u) = 0$.
3. **Solvability of positive solutions [3]** Using techniques of [7], we obtain necessary and sufficient conditions for the existence of a local-in-time solution of the system $\partial_t u = \Delta u + g(v)$ and $\partial_t v = \Delta v + f(u)$.
4. **Exact eigenvalues and eigenfunctions [4]** We consider the linearization problem of the Dirichlet problem $u'' + \lambda e^u = 0$ in $(-1, 1)$ at each solution. We obtain exact expressions of all eigenvalues and eigenfunctions of the linearization problem.
5. **Nonradial singular solution [8]** Infinitely many nonradial singular solutions of $\Delta u + e^u = 0$ in $\mathrm{R}^N \backslash \{0\}$, $4 \le N \le 10$, are constructed. E. Dancer *et al.* obtained a similar result for $\Delta u + u^p = 0$, $p_{\mathrm{S}} < p < p_{\mathrm{JL}}$. Here, p_{S} and p_{JL} denote the Sobolev and Joseph-Lundgren exponents, respectively. However, the proof is shorter and easier.
6. **The intersection numbers [9,10]** The intersection number between two solutions of

   $$r^{-(\gamma-1)}(r^\alpha |u'|^{\beta-1}u')' + |u|^{p-1}u = 0,\ r > 0$$

   is obtained in [9,10]. Moreover, the bifurcation diagram of the positive solutions of the associated bifurcation problem

   $$\Delta u + \lambda f(u) = 0 \text{ in } B,\ u = 0 \text{ on } \partial B$$

   is determined. We also obtain a generalized exponent of the Joseph-Lundgren type.

B. 発表論文

1. N. Ikoma and Y. Miyamoto "The compactness of minimizing sequences for a nonlinear schrödinger system with potentials", Calc. Var. Partial Differential Equations **59** (2020), Article number 48, 20pp.
2. Y. Miyamoto, J. Sanchez and V. Vergara, "Multiplicity of bounded solutions to the k-Hessian equation with a Matukuma-type source", Rev. Mat. Iberoam. **35** (2019), 1559–1582.
3. Y. Miyamoto and M. Suzuki, "Weakly coupled reaction-diffusion systems with rapidly growing nonlinearities and singular initial data", Nonlinear Anal. **189** (2019), 111576, 21 pp.
4. Y. Miyamoto and T. Wakasa, "Exact eigenvalues and eigenfunctions for a one-dimensional Gel'fand problem", J. Math. Phys. **60** (2019), 021506, 11pp.
5. A. Kosaka and Y. Miyamoto, "The Emden-Fowler equation on a spherical cap of S^n", Nonlinear Anal. **178** (2019), 110–132.
6. Y. Miyamoto and Y. Naito, "Singular extremal solutions for supercritical elliptic equations in a ball", J. Differential Equations **265** (2018), 2842–2885.
7. Y. Miyamoto, "A limit equation and bifurcation diagrams of semilinear elliptic equations with general supercritical growth", J. Differential Equations **264** (2018), 2684–2707.
8. Y. Miyamoto, "Infinitely many nonradial singular solutions of $\Delta u + e^u = 0$ in $\mathrm{R}^N \backslash \{0\}$, $4 \le N \le 10$", Proc. Roy. Soc. Edinburgh Sect. A **148** (2018), 133–147.
9. Y. Miyamoto and K. Takahashi, "Generalized Joseph-Lundgren exponent and intersection properties for supercriti-

cal quasilinear elliptic equations", Arch. Math. **108** (2017), 71–83.

10. Y. Miyamoto, "Intersection properties of radial solutions and global bifurcation diagrams for supercritical quasilinear elliptic equations", NoDEA Nonlinear Differential Equations Appl. **23** (2016), Article number 16, 24 pp.

C. 口頭発表

1. Pattern formation and the "hot spots" conjecture, Analysis seminar, Univercity College Dublin (Ireland), 2020 年 2 月 18 日.
2. Existence, uniqueness and convergence of the singular radial solution for supercritical semilinear elliptic equations, 基盤研究 (S)KICK OFF MEETING「発展方程式における系統的形状解析および前金解析」, 東大数理, 2019 年 10 月 4 日.
3. Stable standing waves of nonlinear schrödinger equations with potentials and general nonlinearities, 愛媛大学における微分方程式セミナー, 愛媛大学, 2019 年 8 月 23 日.
4. Stable standing waves of nonlinear schrödinger equations with potentials and general nonlinearities, 南大阪応用数学セミナー, 大阪市立大学, 2019 年 7 月 20 日.
5. Weakly coupled reaction-diffusion systems with rapidly growing nonlinearities and singular initial data, Comenuis Univ. (Slovakia), Seminar, February 21, 2019.
6. Stable standing waves of nonlinear schrödinger equations with potentials and general nonlinearities, Université de Lorraine at Nancy (France), Seminar, December 12, 2018.
7. Exact eigenvalues and eigenfunctions for a one-dimensional Gel'fand problem, Journée d'Analyse Non Linéaire, Université Paris-Sud (France), September 21, 2018.
8. (1)A limit equation and bifurcation diagrams of semilinear elliptic equations with general supercritical growth (Special Session 18) (2) Exact eigenvalues and eigenfunctions for a one-dimensional Gel'fand problem (Special Session 101), The 12th AIMS Conference on Dynamical Systems, Differential Equations and Applications, Taiwan Univ. (Taiwan), July, 2018.
9. Intersection number and applications for semilinear elliptic equations with general supercritical growth, 8th Euro-Japan Workshop on Blow-up, Tohoku Univ. (Japan), June 5, 2018.
10. 一般化スケール変換による極限方程式とその応用, 談話会, 東京工業大学理学院数学系, 2018 年 1 月 24 日.

D. 講義

1. 実解析学 I（S セメスター）: ルベーグ積分論（統合自然科学科 3,4 年生）
2. 実解析学演習 I（S セメスター）: ルベーグ積分論演習（統合自然科学科 3,4 年生）
3. 解析学 XA/数物先端科学 X（S セメスター）: 有界凸領域上の反応拡散方程式もしくは反応拡散系とそのシャドー系の Neumann 問題を考える．それらの問題の「安定定常解の形状がどのようになるか？」を論じた．（線形または非線形）ホットスポット予想と呼ばれる予想と深い関連があることを解説し，いくつか特殊な有界凸領域で証明した．さらに境界におけるホットスポットの数についても論じた．（数理大学院・4 年生共通講義）
4. 数理科学セミナー II（A セメスター）: 統合自然科学科のルベーグ積分の続きとなる内容（ルベーグ空間，ソボレフ空間）を行なった．（統合自然科学科 3 年生）

E. 修士・博士論文

1. (修士) 志村 智之 (SHIMURA Tomoyuki): L^2 束縛条件下における Kirchhoff 型方程式の global minimizer の存在と非存在
2. (修士) 渡部 潤 (WATABE Jun): ある形で

結合した増大の速い非線形項を持つ連立放物型偏微分方程式の時間局所解の存在と非存在

F. 対外研究サービス

1. 日本応用数理学会 2019 年度年会 実行委員
2. 研究集会「Qualitative Properties for Nonlinear Diffusion Equations」(2020 年 1 月 22 日〜23 日) の世話人 (石毛和弘氏 (東大), 川上竜樹氏 (龍谷大) と共に)

H. 海外からのビジター

1. Theó Giraudon (École Nationale des Ponts et Chausśees, France), インターシップ, 2019 年 8 月 1 日〜2020 年 1 月 28 日.

米田 剛 (YONEDA Tsuyoshi)

A. 研究概要

Clay 財団は 2000 年に、数学の未解決問題を 7 つ挙げた。そのうちのひとつが「3 次元 Navier-Stokes 方程式の滑らかな解は時間大域的に存在するのか、または解の爆発が起こるのか」である。この未解決問題は、Leray(1934) から始まり、Fujita-Kato(1964) による強解の結果によって飛躍的に進展したが、最終的な解決には至っていない。その原因として、流体方程式に本質的に内在する非線形相互作用を深く洞察する為の数学解析道具が十分にそろっていないからだと思われる。一方で、その非線形相互作用によって生成される乱流は、今も活発に研究が発展している。しかしながら、乱流研究サイドでも、非線形相互作用そのものを扱うのは大変難しく、「渦粘性」という近似概念、そして「統計」が主な解析道具となる (最近では「機械学習」も使われるようになってきている)。

上述の流体研究の現状を踏まえた上で、私の最近の主な研究結果は「乱流の素過程である vortex stretching (3D), vorrex thinning (2D) の数学解析」を推し進めたこと [2,3,4] と「微分同相写像群による非粘性流の非線形作用の洞察」にある [1]。特に [2][4] では vorex stretching と zeroth law との関連を明らかにした。Zeroth law とは、Navier-Stokes 方程式の粘性係数をゼロへ飛ばしたとき、解のエンストロフィー (渦度の L^2 ノルムの二乗) が粘性係数に反比例するオーダーで無限大に発散することである。これは、乱流が乱流であるための cornerstone の一つであり、特に Onsager 予想の起源となっているが、この zeroth law 自体の数理的理解を目指す研究は文字通り皆無であった (前述の「非線形相互作用」がその障壁となっていた)。それが可能になったのは、Bourgain-Li(2015) や Kiselev-Sverak(2014) 等による Euler 方程式研究の breakthrough が起きたからに他ならない。それら最新の解析手法を駆使することで、zeroth law と数学解析との接点を、世界で初めて明らかにすることが出来た。

また、非粘性流には微分同相写像群の深い構造が潜んでいる。そういった群を使った流体研究は V. Arnold: Ann. Inst. Fourier (1966) の次のような言及から始まったと言える「オイラーによる剛体の運動は R^3 の回転群上の左不変距離の測地線である。そのことを踏まえると、高次元非圧縮流体などの群に対しても同様の方程式を得ることができる。」Arnold のこの論文はかなり有名であるにもかかわらず、それに続く研究が (解析学サイドと比べて) 多くあるとは思えない。いずれにしても、この研究 field における最近の重要な結果 (と私は認識している) である Misiolek (IUMJ 1993) と Misiolek (Proc. AMS 1996) を出発点として、流体の非線形メカニズムの洞察を進めている。

以下、その最新の結果 [2] と [1] を説明したい。

- [2] 我々は、小スケールの渦と大スケールの反対称平行対の渦管を初期値とした場合の 3 次元 Navier-Stokes 流の洞察を進めた。そのような渦配置が「瞬間的な渦伸長」を引き起こすことを示し、更にそのメカニズムを使って、zeroth law が渦伸長によって生成されることを数学的に証明した。そういった Navier-Stokes 流を構成する際、大規模数値計算による Navier-Stokes 乱流の最新研究結果：Goto-Saito-Kawahara(2017) を参考にした。このような「瞬間的な渦伸長」こそが、今後、この zeroth law にまつわる乱流の数学解析を進

展させるカギとなるだろう。

- [1] 球面と楕円面上の非圧縮オイラー流の共役点の存在性を考えた。Misiołek (1996) では、微分幾何学的な判定条件（以下 M-criterion と呼ぶ）を構築し、その共役点の存在を示している。ただ、背後の多様体はもっぱら T^2 であり、球面や楕円面における共役点の存在性を論じた研究は存在しなかった。そこで我々はその M-criterion を使って、背後の多様体が楕円面となる非圧縮オイラー流における共役点の存在を示した。この楕円面が球に十分近くても良く、その点において「球」が critical manifold になっていることも明らかに出来た。なお、こういった共役点の存在性は、非粘性流の（微分幾何学的なメカニズムによる）完全な非線形性によって生成されていう点は特筆に値する。

My recent research interest is mathematical turbulence, in particular, to clarify the mechanism of vortex-stretching, vortex-thinning and shear-flow on various manifolds like ellipsoids. I would explain my recent results [2,3,1] in the following:

- [2] By DNS of Navier-Stokes turbulence, Goto-Saito-Kawahara (2017) showed that turbulence consists of a self-similar hierarchy of anti-parallel pairs of vortex tubes, in particular, stretching in larger-scale strain fields creates smaller-scale vortices. Inspired by their numerical result, we examined the Goto-Saito-Kawahara type of vortex-tubes behavior using the incompressible 3D Navier-Stokes equations. More precisely, we considered the NS equations under the following $2 + \frac{1}{2}$-dimensional situation: small-scale horizontal vortex blob being stretched by large-scale, anti-parallel pairs of vertical vortex tubes. We proved a modified version of the zeroth law (but very close to the actual zeroth-law) induced by such vortex-stretching.
- [3] In steady-state two dimensional turbulence, vortex thinning process is one of the attractive mechanism. By direct numerical simulation to the two-dimensional Navier-Stokes equations with small-scale forcing and large-scale damping, Xiao-Wan-Chen-Eyink (2009) found an evidence that inverse energy cascade may proceed with the vortex thinning mechanism. On the other hand, Alexakis-Doering (2006) calculated upper bound of the bulk averaged enstrophy dissipation rate of the state-state two dimensional turbulence. In particular, they showed it vanishes in the order Re^{-1}, when the external force is only on the single scale, and were emphasizing that, in this Re^{-1} scaling, the flow exhibits laminar behavior, since energy is concentrated at relatively long length scales (independent of Reynolds number). In [3], we showed that the vortex-thinning provides strictly slower vanishing order of the enstrophy dissipation than Re^{-1}.
- [1] Existence of a conjugate point in the incompressible Euler flow on a sphere and an ellipsoid is considered. Misiołek (1996) formulated a differential-geometric criterion (we call M-criterion) for the existence of a conjugate point in a fluid flow. In [1], it is shown that no zonal flow (stationary Euler flow) satisfies M-criterion if the background manifold is a sphere, on the other hand, there are zonal flows satisfy M-criterion if the background manifold is an ellipsoid (even it is sufficiently close to the sphere). The conjugate point is created by the fully nonlinear effect of the inviscid fluid flow with differential geometric mechanism.

B. 発表論文

1. T. Tauchi and T. Yoneda: Existence of a conjugate point in the incompressible Euler flow on an ellipsoid, submitted, arXiv:1907.08365
2. I.-J. Jeong and T. Yoneda: Vortex stretching and a modified zeroth law for the incompressible 3D Navier-Stokes equations, submitted, https://arxiv.org/abs/2001.02333
3. I.-J. Jeong and T. Yoneda: Enstrophy dissipation and vortex thinning for the incompressible 2D Navier-Stokes equations, submitted.
4. I.-J. Jeong and T. Yoneda: “A remark on the zeroth law and instantaneous vortex stretching on the incompressible 3D Euler equations", submitted.
5. L. Lichtenfelz and T. Yoneda: “A local instability mechanism of the Navier-Stokes flow with swirl on the no-slip flat boundary", to appear in J. Math. Fluid Mech.
6. E. Nakai and T. Yoneda: “New applications of Campanato spaces with variable growth condition to the Navier-Stokes equation", Hokkaido Math. J. **48** (2019) 99-140.
7. N. Kishimoto and T. Yoneda: “Global solvability of the rotating Navier-Stokes equations with fractional Laplacian in a periodic domain", Math. Ann. **372** (2018) 743-779.
8. G. Misiołek and T. Yoneda: “Continuity of the solution map of the Euler equations in Hölder spaces and weak norm inflation in Besov spaces", Trans. Amer. Math. Soc. **370** (2018), 4709-4730.
9. Y. Giga, S. Ibrahim, S. Shen and T. Yoneda: “Global well posedness for a two-fluid model", Diff. and Integral Eq. **31** (2018) 187-214.
10. N. Kishimoto and T. Yoneda: “A number theoretical observation of a resonant interaction of Rossby waves", Kodai Math. J. **40** (2017) 16–20.

C. 口頭発表

1. Instantaneous vortex stretching and energy cascade on the incompressible 3D Euler equations, National Chiao Tung University, Hsinchu, Taiwan, Aug. 13.
2. Recent topics on well-posedness and stability of incompressible fluid and related topics, Summer Graduate School, Mathematical Sciences Research Institute (MSRI), Berkeley, CA, USA, July 22, 2019 - Aug. 02 2019 (lecture on 23 and 29-2)
3. 瞬間的な渦伸長を生成する 3 次元 Euler 流・それに関連する zeroth law について，京都大学応用数学セミナー, Kyoto Unviersity, May 21 2019.
4. Instantaneous vortex stretching and energy cascade on the incompressible 3D Euler equations, KIAS workshop, Mathematics of Fluid Motion II: Theory and Computation, KIAS, Korea, Dec. 26-28 (talked at 27) 2018.
5. Instantaneous vortex-stretching and anomalous dissipation on the 3D Euler equations, The 12th AIMS Conference on Dynamical Systems, Differential Equations and Applications, National Taiwan University, Taipei, July 5-July 9 (talked at 7) 2018.
6. Instantaneous vortex-stretching and anomalous dissipation on the 3D Euler equations, 2018 International Conference on Mathematical Fluid Dynamics School of Mathematics and Information Science, Henan Polytechnic University, China, May 25-27 (talked at 27) 2018.
7. 様々な流体物理現象の数学解析：回転流体中の vortex breakdown と 2 次元乱流に現れる vortex thinning, 熊本大学応用解析セミナー, Dec. 2017.
8. An instability mechanism in the vorticity

on the axis for the axisymmetric Euler equations, Princeton Tokyo Mathematical Fluid Dynamics, Princeton University, Princeton, USA, Nov. 2017.

9. A remark on trajectory behavior along the axis for the axisymmetric Euler equations with large uniform rotation, 2017 Program on Analysis of PDE: 2D Hydrodynamics and related Issues, Fudan University, Shanghai, China, Oct.30–Nov. 3 2017.
10. Pulsatile flow の乱流遷移と Vortex breakdown に関する純粋数学的洞察の試み, SummerSchool 数理物理, University of Tokyo, Aug. 2017.

D. 講義

1. 常微分方程式：常微分方程式に関する講義をおこなった。特にポアンカレ・ベンディクソンの定理を丁寧に説明した（教養学部前期課程講義）
2. 応用数学 XF·基礎数理特別講義 VII: Euler 方程式の解の norm inflation に関する講義をおこなった。最初に二次元 Euler 方程式の基礎事項の説明を行い、次にそれら基礎概念を使って、大スケールの奇対称の渦が小スケールの渦を引き延ばす様子を説明した。(数理大学院・4 年生共通講義)
3. 全学自由研究ゼミナール：微分積分学を出発点として、ルベーグ積分とソボレフ空間に関する講義を行った。（教養学部前期課程講義）
4. 常微分方程式論・常微分方程式論演習：常微分方程式に関する講義・演習を行った。（教養学部基礎科学科講義）

E. 修士・博士論文

1. (論文博士) 中井　拳吾 (NAKAI Kengo): Machine-learning Construction of a Model and Refined Regularity Criterion on Fluid Equations
2. (修士)Hu Xin: Hydrodynamic Limit of Fractional Navier-Stokes Equation

F. 対外研究サービス

1. 書籍の出版，米田剛，数理流体力学への招待， SGC ライブラリ（サイエンス社）2020 年
2. オーガナイザー，Tokyo-NTU joint conference, UTokyo-NTU Joint Symposium in Mathematics (parallel session), University of Tokyo, (Dec.10 2019)
3. オーガナイザー，RIMS 合宿型セミナー（研究題目：物理と数学両アプローチによる地球流体力学の諸問題の追求）, Niseko, Hokkaido, Sep.6–10, 2019.
4. 2019 年度日本応用数理学会年会， 実行委員 (Sep. 3-5 2019)
5. オーガナイザー，Recent topics on well-posedness and stability of incompressible fluid and related topics, Summer Graduate School, Mathematical Sciences Research Institute (MSRI), Berkeley, CA, USA, July 22, 2019 - Aug. 02, 2019
6. 日本応用数理学会学会誌の編集委員会委員 (April 2017–Mar. 2020)
7. 流体力学会年会における「流体数理」のセッションオーガナイザー (2016,2017,2018,2019)
8. 公開講座, 流体運動の数学研究とその社会的意義, 『数理科学の広がり』　東京大学, Nov. 19, 2019.
9. オーガナイザー，中学生のための玉原数学教室（第 13 回），玉原国際セミナーハウス，Oct. 19, 2019.

H. 海外からのビジター

In-Jee Jeong (Korea Institute for Advanced Study (KIAS)) 2019 年 5 月 13 日〜5 月 17 日

助教 (Reseach Associates)

麻生 和彦 (ASOU Kazuhiko)

A. 研究概要

1. **演習問題の解説ビデオを利用した大学教養課程数学の教育実践**大学教養課程の講義において演習時間が十分に取れない場合、演習問題のプリントを配布し自習を促しているが、学生の解答に対して十分な解説がされているとはいえない。そこで、演習問題の詳細な解説ビデオを作成し、演習問題プリントを配布した数日後にインターネット上で公開することを行った。その結果、受講生のアンケートでは、講義期間中に解説ビデオを視聴したのは受講者の半数と少なかったが、視聴した学生は解説プリントよりも理解に役立ったとの回答を得ることができた。今後は、教育工学のインストラクショナル・デザインの知見を用い、講義全体を解説ビデオと対面講義が連動する反転授業としてデザインしていく。
2. **黒板講義の見たいところを受講者が自由に視聴可能な講義ビデオ配信システムの設計**数理ビデオアーカイブ・プロジェクトで収録している講演や講義ビデオを教育や研究で有効に活用するため、新たな講義ビデオの収録公開システムを、商用のビデオ公開システムをベースとして開発を行っている。システムの概要は、1. 黒板を使った数学の講義を固定したハイビジョンカメラで黒板全体を収録、2. 収録された映像を黒板だけの静止画と講演者を中心に切り取った動画に自動編集、3. 自動編集した黒板の静止画と講演者の動画を組み合わせた web ページを公開する機能を持つ。このシステムにより学習者は、黒板の見にくい小さな文字や数式を拡大して視聴することができるようになり、また以前に書かれた板書をいつでもストレスなく見返すことができるようになる。今後は開発したシステムを用いた学習効果の実証実験を行っていく。
3. **遠隔講義システムの開発**
   東大数理と IHES(フランス・パリ)、Morningside Center of Mathematics(中国・北京) の 3 地点で開催される「東京パリ数論幾何セミナー」の双方向遠隔中継の実践を通して、黒板を使った数学の講演を中継するための多地点システムの開発を行っている。今後は、開発したシステムを元に数理棟内の講義室 (002, 056 号室) や演習室 (052 号室) の遠隔セミナーシステムを効率よく運用できるようシステムを改善していく。
4. **数学に関連する資料の保存や管理，公開に関する調査研究**数理図書室に保管されていた代数的整数論国際会議 (1955)、函数解析学国際会議 (1969)、多様体論国際会議 (1973) などの講演音声テープ (計 297 本) を教育や研究を目的として長期的に活用するための保存方法の研究を行っている。

1. Educational practice of using the explainer video of math exercises
2. Development of video shooting method of the blackboard for video streaming
3. Depelopment of distance learning system
4. Research study on preservation, conservation and exhibition of mathematics material

C. 口頭発表

1. “数学コンテンツの活用について”, 研究集会「数理科学と分子生物学を融合する研究・教育のアウトリーチについて」, 東京大学玉原セミナーハウス, 2015 年 5 月.

F. 対外研究サービス

1. 日本数学会 情報システム運用委員会 専門委員
2. 数学教育学会 学会誌等電子化作業部会 委員

清野 和彦 (KIYONO Kazuhiko)

A. 研究概要

4 次元多様体における局所線形な群作用と滑らかな群作用の違いについて研究している。
昨年度、有限群が四次元多様体に滑らかに作用していてその作用で不変なスピン・シー構造があるとき、そのようなスピン・シー構造の一つとその複素共役を同時に考えることで滑らかな作用が満たすべき条件を導き出そうとしてうまくいかなかったので、今年度はスピン多様体に限定して本来のスピン構造も一緒に考えることにしてみた。しかし、今のところ手がかりはえられていない。

I have studied difference between locally linear group actions and smooth ones on 4-manifolds. I tried and failed, last year, to derive a constraints of smooth group actions from a $Spin^c$-structure which is invariant under a smooth action of finite group with its complex conjugate. Then, this year, limiting only for spin 4-manifolds, I tried to use a spin structure together with a $Spin^c$-structure and its complex conjugate to obtain constraints, but I have not obtained nothing so far.

D. 講義

1. 数理科学基礎演習：大学で数学を学ぶための基礎についての演習を行った。(教養学部前期課程理科 I 類 1 年生 S1 ターム)
2. 数理科学基礎演習：大学で数学を学ぶための基礎についての演習を行った。(教養学部前期課程理科 I 類 1 年生 S1 ターム)
3. 数学基礎理論演習：微分積分学と線型代数学の初歩についての演習を行った。(教養学部前期課程理科 I 類 1 年生 S2 ターム)
4. 数学基礎理論演習：微分積分学と線型代数学の初歩についての演習を行った。(教養学部前期課程理科 I 類 1 年生 S2 ターム)
5. 微分積分学演習：微分積分学の演習を行った。(教養学部前期課程理科 I 類 1 年生 A セメスター)
6. 微分積分学演習：微分積分学の演習を行った。(教養学部前期課程理科 I 類 1 年生 A セメスター)
7. 線型代数学演習：線型代数学の演習を行った。(教養学部前期課程理科 I 類 1 年生 A セメスター)
8. 線型代数学演習：線型代数学の演習を行った。(教養学部前期課程理科 I 類 1 年生 A セメスター)
9. 全学自由研究ゼミナール「多変数関数の微分」：多変数関数の微分について解説した。(教養学部前期課程 S セメスター)
10. 全学自由研究ゼミナール「電磁気学で使う数学」：多変数関数の積分とベクトル解析について解説した。(教養学部前期課程 A セメスター)

牛腸 徹 (GOCHO Toru)

A. 研究概要

位相的場の理論に付随する不変量に対して, “母空間” という見方から理解を深めることを試みている. そのために, シンプレクティック多様体のループ空間の半無限同変コホモロジーや “半無限同変 K 群” に入る構造を調べている. ここ数年の研究を通して, 筆者はシンプレクティック多様体のループ空間の同変 K 群には, 自然に差分作用素が作用することを確かめ, トーリック多様体やその完全交叉に対して, 対応する差分方程式やその解を求めた. その結果, これらの差分方程式やその解は, 量子コホモロジーから得られる微分方程式やその解のある種の “q-類似” になっていることが分かった. 筆者自身の定式化によれば, 同様の考察は, 同変 elliptic cohomology を用いても可能であるように思われるので, この場合に, どのような構造が得られることになるのか研究を続けているところである.

I have been trying to have a better understanding of various topological invariants associated with topological field theories from the viewpoint of “Bo-kuukan”. For that purpose, I have been studying the structure of the semi-infinite equivariant cohomology and “the semi-infinite equivariant K group” of the loop space of a

symplectic manifold. In the last few years, I found that there exists a natural action of difference operators on the equivariant K group of the loop space of a symplectic manifold, and I obtained the corresponding difference equation and its solutions in the case of a toric manifold and its complete intersection. As a result, I found that the difference equation and its solution so obtained are a kind of "q-analogue" of the differential equation and its solutions associated with their quantum cohomology. Using my formulation, the same consideration seems to be possible also in the case of the equivariant elliptic cohomology, and I have been studying to clarify what kind of structures we obtain in this case.

D. 講義

1. 数理科学基礎演習：教養一年生の S1 タームの演習
2. 数学基礎理論演習：教養一年生の S2 タームの演習
3. 微分積分学演習：教養一年生の A セメスターの微分積分学の演習
4. 線型代数学演習：教養一年生の A セメスターの線型代数学の演習
5. 全学ゼミナール「じっくり学ぶ数学 I」,「じっくり学ぶ数学 II」：教養一年生を対象に, 微積分学や線型代数学における基本的な考え方を順番に取り上げて説明した.

中村 勇哉 (NAKAMURA Yusuke)

A. 研究概要

(1) LSC 予想と PIA 予想を研究した. 商特異点に対して PIA 予想を証明し, その系として超商特異点に対して LSC 予想を証明することができた. また, 既存の理論を内包する理論を構築するため, 超商特異点に対する contact loci の基礎理論を整備した.

(2) generalized pair に対する極小ログ食い違い係数を研究した. 2 次元, 3 次元の場合に通常の対に対して知られていた結果を拡張したほか, フリップの停止問題との関連を調べた.

(1) I studied LSC conjecture and PIA conjecture. We proved PIA conjecture for quotient singularities and LSC conjecture for hyperquotient singularities. We also studied the theory of contact loci on hyperquotient singularities.
(2) I studied the minimal log discrepancies for generalized pairs. We generalized some results to our settings which have been known for usual pairs. We also studied the relation to the termination of flips.

B. 発表論文

1. Y. Nakamura: "Dual complex of log Fano pairs and its application to Witt vector cohomology", to appear in Int. Math. Res. Not. IMRN.
2. Y. Nakamura, H. Tanaka: "A Witt Nadel vanishing theorem for threefolds", Compos. Math. 156 (2020), no. 3, 435–475.
3. K. Hashizume, Y. Nakamura, H. Tanaka: "Minimal model program for log canonical threefolds in positive characteristic", to appear in Math. Res. Lett.
4. Y. Gongyo, Y. Nakamura, H. Tanaka: "Rational points on log Fano threefolds over a finite field", J. Eur. Math. Soc. (JEMS) 21 (2019), no. 12, 3759–3795.
5. M. Mustaţă, Y. Nakamura: "A boundedness conjecture for minimal log discrepancies on a fixed germ", Contemp. Math., 712 (2018), 287–306.
6. Y. Nakamura, J. Witaszek: "On base point free theorem and Mori dream spaces for log canonical threefolds over the algebraic closure of a finite field", Math. Z. 287 (2017), no. 3-4, 1343–1353.
7. Y. Nakamura : "On minimal log discrepancies on varieties with fixed Gorenstein index", Michigan Math. J. 65 (2016), no. 1, 165–187.
8. Y. Nakamura : "On semi-continuity prob-

lems for minimal log discrepancies", J. Reine Angew. Math. 711 (2016), 167–187.

9. D. Martinelli, Y. Nakamura, J. Witaszek: "On base point free theorem for log canonical threefolds over the algebraic closure of a finite field", Algebra Number Theory 9-3 (2015), 725–747.

C. 口頭発表

1. "Rational point problem on singular Fano varieties", Singularities and Arithmetics, 東北大学, 仙台, 2020 年 2 月.
2. "Rational point problem on singular Fano varieties", Algebraic Geometry Seminar, Michigan University, アメリカ, ミシガン, 2019 年 12 月.
3. "Rational point problem on singular Fano varieties", Algebraic Geometry Seminar, Princeton University, アメリカ, プリンストン, 2019 年 11 月.
4. "Rational point problem on singular Fano varieties", Number Theory/Algebraic Geometry Seminar, Boston College, アメリカ, ボストン, 2019 年 11 月.
5. "Rational point problem on singular Fano varieties", 数学講演会, 東京電機大学, 東京, 2019 年 6 月.
6. "A rational point problem on Fano varieties", Higher Dimensional Arithmetic Geometry, 熊本大学, 熊本, 2019 年 2 月.

D. 講義

1. 教養学部 1 年数学演習 (S ターム).
2. 社会数理実践研究 S 材料班.
3. 集中講義 (名古屋大学), 2019 年 6 月.

F. 対外研究サービス

1. (オーガナイザー) 第六回若手代数複素幾何研究集会, 岡山大学, 2019 年 8 月 5-8 日.
2. (オーガナイザー) 代数幾何学サマースクール 2018, 東京大学玉原国際セミナーハウス, 2019 年 8 月 10 日-8 月 13 日.

バオ ユアンユアン (BAO Yuanyuan)

A. 研究概要

Heegaard Floer ホモロジーは 3 次元多様体や結び目の位相不変量として知られている。この不変量の量子トポロジー的な意味を解明するのが本研究の主な目的である。三価空間グラフは、量子トポロジーにおいて、様々なところで重要な役割を担っている。私は、三価空間グラフの Heegaard Floer ホモロジーについての研究を行っている。今年度共同研究者 Zhongtao Wu 氏と共に、次の結果を得た。

G を向き付けられた三価空間グラフの図式とする。Sink や source となる頂点がないと仮定する。G に辺彩色 c を与える。G の辺に基点 δ を任意に選び、(G,δ) の Kauffman 状態の集合 $S(G,\delta)$ を考える。Kauffman 状態の定義についてここで詳しく述べないが、図式 G を利用して完全に組合わせ的に定義される。更に、図式 G と辺彩色 c を利用して Kauffman 状態の $\mathcal{A}$-次数と $\mathcal{M}$-次数を定義する。このとき、$S(G,\delta)$ によって生成されるチェーン複体 $C(G,\delta,c)$ が存在し、(G,δ,c) の Heegaard Floer ホモロジー（一つのバージョン）は $C(G,\delta,c)$ のホモロジーと同型であることが分かった。しかし、$C(G,\delta,c)$ の微分の様子がよくわからない。Kauffman 状態の $\mathcal{A}$-次数と $\mathcal{M}$-次数はそれぞれ Heegaard Floer ホモロジーの Alexander 次数と Maslov 次数に対応する。この結果は Ozsváth-Stipsicz-Szabó の特異結び目に関する結果の拡張であり、証明の手法も同様である。

以前、三価空間グラフ G と辺彩色 c に対し、Kauffman 状態を用いて多項式 $\Delta_{(G,c)}(t)$ を定義し、この多項式は一連の関係式を満たすことを証明した。これらの関係式を用いて $\Delta_{(G,c)}(t)$ と Viro の $U_q(\mathrm{gl}(1|1))$-Alexander 多項式の同値性を証明した。今年度の研究では、(G,δ,c) の Heegaard Floer ホモロジーの Euler 標数は $\Delta_{(G,c)}(t)$（故に Viro の $U_q(\mathrm{gl}(1|1))$-Alexander 多項式）であることを Kauffman 状態を通して説明できた。

Heegaard Floer homology is a topological invariant defined for a 3-dimensional manifold or a knot embedded in S^3. The main purpose of my research is to understand the quantum

topological meaning of this invariant. It is well-known that trivalent spatial graphs take on a big role in the construction of various quantum invariants for a 3-manifold or a knot. I have been studying the Heegaard Floer homology for a trivalent graph in recent years. This year, we obtained the following result, which is a joint work with Zhongtao Wu.

Let G be an oriented trivalent graph diagram without sink or source vertices. Assign an edge coloring c to G and choose a generic base point δ in G. Let $C(G,\delta,c)$ be a vector space generated by the set of Kauffman states of (G,δ). Here we omit the definition of a Kauffman state, which is defined combinatorially on the diagram G. Moreover, using (G,δ) and the coloring c we can define the $\mathcal{A}$-grading and $\mathcal{M}$-grading for each Kauffman state. Then we showed that there is a differential of $C(G,\delta,c)$ so that the homology of $C(G,\delta,c)$ is isomorphic to a certain version of the Heegaard Floer homology of (G,δ,c). However, we can not describe the precise form of the differential. This result is a generalization of Ozsváth-Stipsicz-Szabó's result on singular knot, and we used the same method as theirs.

In our previous researches, for an oriented trivalent graph G equipped with a positive balanced coloring c, we constructed an Alexander polynomial $\Delta_{(G,c)}(t)$ as a state sum over the Kauffman states. We showed that $\Delta_{(G,c)}(t)$ satisfies a series of relations, and using them we showed that the Alexander polynomial $\Delta_{(G,c)}(t)$ is equivalent to Viro's $U_q(\mathrm{gl}(1|1))$-Alexander polynomial of a graph. As a corollary of this year's research, via Kauffman states, we are able to show that the Euler characteristic of the Heegaard Floer homology of (G,δ,c) is $\Delta_{(G,c)}(t)$ (after adding a factor), which is therefore Viro's $U_q(\mathrm{gl}(1|1))$-Alexander polynomial.

B. 発表論文

1. Yuanyuan Bao, A topological interpretation of Viro's gl(1|1)-Alexander polynomial of a graph, Topology Appl., Vol. 267, (2019), pp. 106870, 25.
2. Yuanyuan Bao, Heegaard Floer homology for embedded bipartite graphs, 京都大学数理研講究録, No. 2129, (2019).
3. Yuanyuan Bao, Heegaard Floer homology for embedded bipartite graphs, 京都大学数理研講究録, No. 2004, (2016), pp.1–12.
4. Yuanyuan Bao, Polynomial splittings of Ozsváth and Szabó's d-invariant, Topology Proceedings, Vol. 46, (2015), pp 309 – 322.

C. 口頭発表

1. The Heegaard Floer homology of a trivalent graph defined on two Heegaard diagrams, Intelligence of Low-dimensional Topology, 京都大学, 2019 年 5 月.
2. A topological interpretation of Viro's $gl(1|1)$-Alexander polynomial of a graph, East Asia conference on Gauge theory and related topics, 京都大学, 2018 年 9 月.
3. The Alexander polynomial of a trivalent spatial graph and its MOY-type relations, 岡潔女性数学者セミナー, 奈良女子大学, 2017 年 12 月.
4. The Alexander polynomial of a colored trivalent graph and its MOY-type relations, 4 次元トポロジー, 大阪市立大学, 2017 年 11 月.
5. The Alexander polynomial of the balanced bipartite graph, 微分トポロジー 17, 電気通信大学, 2017 年 3 月.
6. Heegaard Floer homology for embedded bipartite graphs, Intelligence of Low-dimensional Topology, 京都大学, 2016 年 5 月.
7. Heegaard Floer homology for transverse graphs with sinks and sources, Atelier de travail franco-japonais sur la géométrie des groupes modulaires et des espaces de Teichmüller (日仏共同研究（タイヒミュ

ラー空間）小研究集会)，東京大学, 2015 年 11 月.

D. 講義

1. 数学 I ①(PEAK) : 一変数微分積分学入門.（PEAK 一年生向け講義, A セメスター）
2. 数学 I ②(PEAK) : 多変数微分積分学入門.（PEAK 一年生向け講義, S セメスター）
3. 数理科学基礎演習（教養学部前期課程, S1 セメスター）
4. 数学基礎理論演習（教養学部前期課程, S2 セメスター）
5. 線型代数学演習（教養学部前期課程, A セメスター）
6. 微分積分学演習（教養学部前期課程, A セメスター）

山本 宏子 (YAMAMOTO Hiroko)

A. 研究概要

反応拡散系などに現れるパターン形成問題が主な研究対象である．本年度は主に, 半線型波動方程式の反応拡散近似に取り組んだ. 反応拡散近似は, 微分方程式の解を多成分の反応拡散方程式系の解により近似することであり, 様々な方程式に対し, 性質の良い半線型放物型方程式の特性を適用できるという観点から, 理論, 応用の両面から重要な近似方法である．波動方程式と放物型方程式の解はそれぞれ, 有限伝播性, 無限伝播性という性質を持っている．本研究では, これらの解がどのような意味で近似できているかという点を調べ論文にまとめた.

My research is mainly concerned with reaction-diffusion systems and pattern formation. In this year, we studied a reaction-diffusion approximation of semilinear wave equations. Reaction-diffusion approximation is that a solution of a differential equation is approximated by a solution of reaction-diffusion system. This method attracts interest from a viewpoint that it is possible to apply the nature of semilinear parabolic system to various differential equations. A wave equation possesses propagation with a finite speed, while a parabolic equation has propagation with an infinite speed. Our research proposed a 2-component reaction-diffusion system whose solutions approximate those of a semilinear wave equation under some assumptions of a reaction term.

B. 発表論文

1. A. Sekisaka and H. Yamamoto, Instability in the nebula model of compressive viscous gases, *Phys. D* **403** (2020), 132290.
2. I. Takagi and H. Yamamoto, Locator function for concentration points in a spatially heterogeneous semilinear Neumann problem, *Indiana Univ. Math. J.* **68** (2019), 63–103.
3. M. Iida, H. Ninomiya and H. Yamamoto, A review on reaction-diffusion approximation, *J. Elliptic Parabol. Equ.* **4** (2018), 565–600.
4. H. Ninomiya, Y. Tanaka and H. Yamamoto, Reaction-diffusion approximation of nonlocal interactions using Jacobi polynomials, *Jpn. J. Ind. Appl. Math.* **35** (2018), 613–651.
5. H. Ninomiya, Y. Tanaka and H. Yamamoto, Reaction, diffusion and nonlocal interaction, *J. Math. Biol.* **75** (2017), 1203–1233.
6. Y. Tanaka, H. Yamamoto, H. Ninomiya, Mathematical approach to nonlocal interactions using a reaction-diffusion system, *Dev. Growth Differ.* **59** (2017), 388-395.
7. H. Yamamto, Concentration points in stationary solutions of spatially heterogeneous reaction-diffusion equation, Proceedings of 43rd Sapporo Symposium on Partial Differential Equations, *Hokkaido University technical report series in mathematics*, No. 175 (2018), 89–93 (査読なし).

C. 口頭発表

1. 星間ガスの自己重力不安定と中心多様体縮約, 若手による流体力学の基礎方程式研究集会, 名古屋大学, 2020 年 1 月.
2. 星間ガスの自己重力不安定と縮約方程式, 軽井沢グラフと解析研究集会, 日本大学軽井沢研修所, 2019 年 10 月.
3. 星間ガスの自己重力不安定化に対する縮約方程式, 東北大学応用数理解析セミナー夏合宿, 磐梯熱海温泉栄楽館, 2019 年 9 月.
4. 自己重力作用のある圧縮性粘性ガスの Jeans 不安定性, 界面現象の数り・モデリング研究合宿 2019, いするの家西原脩三記念館, 2019 年 7 月.
5. 波動方程式に関する反応拡散近似, Workshop on Nonlinear PDE in Numazu, 沼津市民文化センター, 2019 年 6 月.
6. 星間ガスの自己重力不安定化に対する縮約方程式と分岐解析, 2018 年度応用数学合同研究集会, 龍谷大学, 2018 年 12 月.
7. ある微分方程式に対する反応拡散近似, 東北大学応用数学セミナー, 東北大学, 2018 年 10 月.
8. いくつかの微分方程式に対する反応拡散近似, 東京大学応用解析セミナー, 東京大学, 2018 年 10 月.
9. Concentration points in stationary solutions of a spatially heterogeneous reaction-diffusion equation, 第 43 回偏微分方程式論札幌シンポジウム, 北海道大学, 2018 年 8 月.
10. 半線形波動方程式の反応拡散近似, 2017 年度秋季総合分科会 (函数方程式論分科会), 山形大学, 2017 年 9 月.

D. 講義

1. 数理科学基礎演習（微分積分学）: 教養学部前期課程講義, 微分積分学に関する演習を行った.
2. 数学基礎理論演習（微分積分学）: 教養学部前期課程講義, 微分積分学に関する演習を行った.
3. 微分積分学演習： : 教養学部前期課程講義, 微分積分学に関する演習を行った.

特任教授 (Project Professors)

大田 佳宏 (OHTA Yoshihiro)

A. 研究概要

応用数理解析を用いて、自動化ロボットに搭載する AI (Artificial Intelligence) の研究開発をアイソトープ総合研究センターなどと共同研究で行っている。複雑かつ繊細な作業とビッグデータ解析まで行う自律発見ロボットの開発をめざす。

現在は、自治体、企業、病院、研究機関などと連携することで融合研究を推進しており、特に応用分野としては放射性物質を使った薬の開発と、遺伝子の転写のメカニズムの解明をターゲットとしている。

遺伝子の転写とは、DNA 配列を鋳型に RNA polymerase II (RNAPII) という酵素によって遺伝子が読まれ RNA が合成される現象を指し「生命の基本原理」とも考えられている。一方で、転写の生成物である RNA は時間変異性が高く微小不均一性を持つため、細胞を用いた実験において高時間分解能の現象観察を行うことは難しいのが現状である。そこで、観察不可能な領域における高分解能の検証を可能とし、構築したモデルの再現性を保証するため、超離散系シミュレーションなどの数理科学的手法が必須となる。

我々はセルオートマトンを用いた RNAPII のシミュレーションによって、速度変化をしながら自由流として運動する転写の様子を再現した。この速度変化領域と前方の RNAPII との時空間の間隔によって RNAPII の衝突が起こることを示し、渋滞の発生する相転移の閾値も導出することができた。

一方で、生物医学分野における大規模次世代遺伝子解析装置などの実験手法の進歩によって、転写運動の基盤となるクロマチン構造が動的に変化していることもわかってきている。そのため、セルオートマトンを用いた転写モデルについても、サイトの動的変化まで取り入れたモデルを導入する必要性が出てきた。我々は本問題点を解決するため、確率セルオートマトンのモデルである ASEP を拡張し、DNA 構造が 3 次元的近傍にあるサイト間で写像を導入することで RNAPII の転移が可能となる新規モデルを構築した。この新規モデルのシミュレーション結果によって、一部の遺伝子についての細胞実験の結果を正確に再現することができた。

By leveraging applied mathematical analysis, the research and development of AI (Artificial Intelligence) for the automated robot as joint research with Isotope Science Center and others are ongoing. We target to develop an autonomous discovery robot that can perform complicated and delicate work and even big data analysis.

Currently, we are promoting integrated studies by collaborating with municipalities, leading companies, hospitals, research institutes, etc. In particular, as an application, we target our interests to develop drugs using radioactive substances and to elucidate the mechanism of the transcription of genes.

Transcription is a fundamental cellular process in which the RNA polymerase enzymes play a central role. In eukaryotes, RNA polymerase II (RNAPII) is responsible for this process, and genome-wide studies show that transcription by RNAPII is dynamically regulated. Due to the experimental difficulty in the molecular biological approach, the picture of the gene transcription remains snapshot rather than dynamical views. Therefore, to reveal the principles of transcription, the mathematical modeling and simulation by fusing deep spatiotemporal analysis of real data are crucial.

By the cellular automaton (CA) simulation of the mobility of RNAPII over long distances, we found that the RNAPII molecules move as a free flow state, though there exist regions of reduced velocity, as far as the time interval between nearest RNAPII molecules is larger than the time required for an RNAPII passing the exclusion length in the reduction region. If the

reduction is strong enough to reach a certain threshold, a transition occurs from the free flow state to the states with congested and repetitive flows.

On the other hand, by combining next-generation sequencing and chromosome conformation capture (3C), it becomes evident that chromatin domains representing the transcription basic structural units move dynamically within the nucleus. Therefore, it is required to apply this dynamical movement and configurational changes to the CA model.

We previously identified transitions of RNAPII in the spatial configuration of DNA. Our formulation was extending the asymmetric simple exclusion process (ASEP) and derived an analytical expression for the dwell time distribution of the RNAPIIs during transcription. Also, we adopt the RNAPII transfer methods by mapping n forward (or backward) jump routes and m proximal points. Then we show that the simulation results of this model are consistent with the experimental findings for actual gene transcriptions. After that, we will make a detailed comparison of the results from the realistic simulation for a specific gene with the experimental data obtained here. Studies in this model also emphasize RNAPII flow stability and a fault-tolerant system of the gene transcription.

B. 発表論文

1. Yoichi Nakata, Yoshihiro Ohta, Sigeo Ihara “Periodic orbit analysis for the deterministic path-preference traffic flow cellular automaton”, Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics (2019) 36:25-51.
2. Hosokawa Y, Hosokawa I, Shindo S, Ohta Y, Ozaki K, Matsuo T. “Alkannin inhibits CCL3 and CCL5 production in human periodontal ligament cells”, Cell Biology International, Volume 40, Issue 12, December 2016, Pages 1380–1385.

C. 口頭発表

1. 大田佳宏,「AI と数学が変える医療と危機管理」, 参議院 上公会, 2020 年 2 月 21 日, 参議院議員会館.
2. 大田佳宏,「AI Smart Robot Network」, 徳島県関西本部 共催 (公社) 関西経済連合会 ソーシャル・イノベーション・セミナー, 2020 年 2 月 20 日, 関西経済連合会.
3. 大田佳宏,「AI Smart Network -AI の様々な業界への適用事例-」, 徳島新聞 滴翠クラブ, 2020 年 2 月 13 日, 新聞放送会館.
4. 大田佳宏,「AI と日本の未来」, ジュピターテレコム 経営層向けセミナー, 2020 年 2 月 7 日, 丸の内トラストタワー N 館.
5. 大田佳宏, 徳島ビジネスフォーラム in 大阪, 2020 年 2 月 4 日, ホテル阪神大阪.
6. 大田佳宏,「AI Smart Robot Network」, 徳島広告協会/徳島新聞アド・クラブ新春合同講演会, 2020 年 1 月 29 日, 徳島グランヴィリオホテル.
7. 大田佳宏,「AI・IT 技術を活用した業務効率化について」, 徳島県庁トップセミナー, 2020 年 1 月 21 日, 徳島グランヴィリオホテル.
8. 大田佳宏, 総務省 グローバルコミュニケーション開発推進協議会および全体総括, 2019 年 11 月 22 日, 凸版印刷 NIPPON GALLERY.
9. 大田佳宏,「AI Smart Robot Network」, 第 125 回産業立地研修会, 2019 年 11 月 8 日, 中央大学駿河台記念館.
10. 大田佳宏, “Change The World”, PITCH CEATEC JAPAN 2019, 2019 年 10 月 17 日, 幕張メッセ.
11. 大田佳宏,「AI Smart Robot Network」, 日本数学会 2019 年度秋季総合分科会 数学連携ワークショップ, 2019 年 9 月 19 日, 金沢大学.
12. 大田佳宏, AI/SUM デモステージ登壇 2019 年 4 月 22 日, 日本経済新聞社 丸の内ビルディング.
13. 大田佳宏,「AI Smart Robot Network」, 2019 年 4 月 2 日, 人工知能未来社会経済戦略本部 自民党本部.

14. 大田佳宏,「AI SMART ROBOT NETWORK」, 鹿児島大学トップセミナー, 2019 年 2 月 14 日, 鹿児島大学.
15. 大田佳宏,「情報通信技術関連の企業としての AI の活用」, 徳島ビジネスマッチングデー in 東京 2018, 2018 年 11 月 1 日, ホテルオークラ東京.
16. 大田佳宏,「AI・ロボット技術の活用事例と今後の技術的進化」, 徳島経済同友会, 2018 年 10 月 22 日, 阿波観光ホテル.
17. 大田佳宏,「AI Smart Robot Network」, 平成 30 年度国立大学理学系学長会議, 2018 年 10 月 12 日, 徳島大学新蔵キャンパス.
18. 大田佳宏,「AI スマートロボットネットワーク」, とくしま経済飛躍サミット, 2018 年 10 月 11 日, ときわホール.
19. 大田佳宏,「AI Smart Robot Network」, 第 3 回ドリンクジャパンセミナー, 2018 年 6 月 28 日, 東京ビックサイト.
20. 大田佳宏,「AI スマートロボットネットワーク」, 一般社団法人徳島ニュービジネス協議会, 2018 年 6 月 16 日, 徳島グランヴィリオホテル.
21. 大田佳宏,「データ資産と AI を活用したビジネス価値の創造」, Google Leaders Circle, 2018 年 5 月 16 日, 六本木ヒルズ Google オフィス.
22. 大田佳宏,「AI スマートロボットネットワーク」, 徳島商工会議所金融部会主催公演会, 2018 年 4 月 19 日, 徳島ワシントンホテルプラザ.
23. 大田佳宏,「AI スマートロボットネットワーク」, 第 1 回 AI・RPA セミナー, 2018 年 2 月 26 日, 徳島県徳島市港産業株式会社本社.
24. 大田佳宏,「AI スマートロボットネットワーク」, 平成 29 年度徳島県産業教育振興会情報交換会, 2018 年 1 月 16 日, 徳島県徳島市ザ・グランドパレス.
25. 大田佳宏,「AI スマートロボットネットワーク」, 東京徳島産業経済倶楽部会合, 2017 年 11 月 30 日, 東京都千代田区学士会館.
26. 大田佳宏,「AI SMART ROBOT の研究開発とそのビジネスモデル」, 産学連携数理レクチャー, 2017 年 10 月 5 日, 理化学研究所大河内記念ホール.
27. 大田佳宏,「高度数学を用いた AI プロファイリング・スコアリングの金融・ヘルスケア分野への応用」, 2017 年 6 月 23 日, 一般社団法人 FinTech 協会.
28. Yoshihiro Ohta,「AI Smart Robot Network for Biomedical Analysis」, AI in Asia, 2017 年 3 月 6 日, 早稲田大学国際会議場井深大記念ホール.
29. 大田佳宏,「Dynamic Approaches to Living System in Cell Biology」, 第 68 回日本細胞生物学会大会　細胞生物学の生命動態研究シンポジウム, 2016 年 6 月 16 日, 京都テルサ大会議室.
30. 大田佳宏,「Cellular-automaton model of the cooperative dynamics of RNA polymerase II during the transcription process in human cells」, 文部科学省科学技術試験研究委託事業「数学・数理科学と諸科学・産業との協働によるイノベーション創出のための研究促進プログラム」生命ダイナミクスの数理とその応用, 2015 年 12 月 11 日, 東京大学大学院数理科学研究科大講堂.
31. 大田佳宏,「Ultradiscrete Modeling of Pol II dynamics for gene transcription」, BMB2015 第 38 回日本分子生物学会年会、第 88 回日本生化学会大会 合同大会, 2015 年 12 月 3 日, 神戸商工会議所 3 階 神商ホール B (第 27 会場).

D. 講義

1. 数理科学基礎： 理科 I 類 1 年生 (14, 15, 16 組) の必修科目 S1 ターム、および文科各類の選択科目.
2. 線型代数学： 理科 I 類 1 年生 (14, 15, 16 組) の必修科目 S2, A1, A2 ターム、および文科各類の選択科目.

桂 利行 (KATSURA Toshiyuki)

A. 研究概要

正標数において、K3 曲面、Enriques 曲面、楕円曲面、アーベル多様体、Calabi-Yau 多様体などの研究を行なっている。

自己同型群が有限な Enriques 曲面に含まれる nodal 曲線の数は有限個であることが知られているが、複素数体上の場合、nodal 曲線のなす configulation は、金銅誠之によって 7 種類に分類され、それぞれの場合の自己同型群の構造とモジュライ数が決定されている。標数 2 の代数的閉体上の Enriques 曲面は、Bombieri-Mumford による分類理論で指摘されたように singular, classical, supersingular の 3 つに分かれ、他の標数とは異なる様相を呈する。金銅誠之、G. Martin との共同研究で、標数 2 の有限自己同型群を持つ Enriques 曲面の nodal 曲線の configuration は、singular Enriques は 3 種類、classical Enriques は 8 種類、 supersingular Enriques は 5 種類に分類されるという結果を得、それぞれの場合に自己同型群の構造を与えた。singular Enriques 曲面の configuration の 3 種類は複素数体上で現れる configulation に全て含まれるが、classical と supersingular の場合は、そこに現れる VII 型の configuration は複素数体上で現れるものと同じであるが、この他の configuration は全て新規のものである。supersingular K3 曲面の単有理性の問題や、位数 3 の自己同型を有するアーベル曲面の構造についても M. Schuett との共同研究でいくつかの結果を与えた。

The subjects of my research are K3 surfaces, Enriques surfaces, elliptic surfaces, abelian varieties and Calabi-Yau varieties in positive characteristic. Lately, I've been studying Enriques surfaces in characteristic 2. Over complex number fields Enriques surfaces with finite automorphism group contains a finite number of nodal curves and S. Kondo classified these surfaces into 7 classes, using configurations of nodal curves. In positive characteristic, the number of nodal curves which are containd in Enriques surfaces with finite automorphism group is also finite, but the situation of their configurations is different. In particular, in charactersitic 2, Bombieri and Mumford showed that Enriques surfaces are divided into 3 classes, i.e., singular, classical and supersingular ones. As a joint work with S. Kondo and G. Martin, we showed that the configurations of nodal curves of Enriques surfaces with finite automorphism group in characteristic 2 are given as follows: 3 types for singular Enriques surfaces, 8 types for classical Enriques surfaces and 5 types for supersingular Enriques surfaces. We also gave the structures of finite automorphism groups. It is worth noticing that all three types for singular Enriques surfaces appear in charactersitic 0, but that the type which appears in characteristic 0 for other cases is only type VII. Jointly with S. Schuett, I also study the unirationality of K3 surfaces and the structure of abelian surfaces with automorphism of order 3, and gave some results.

B. 発表論文

1. T. Katsura and M. Schuett, Zariski K3 surfaces, accepted in Revista Matemática Iberoamericana, pp30.
2. T. Katsura, S. Kondo and G. Martin, On classification of Enriques surfaces with finite automorphism group in characteristic 2, Algebraic Geometry 7 (4) (2020), 390—459, doi:10.14231/AG-2020-012
3. T. Katsura and S. Kondo, On Enriques surfaces in characteristic 2 with finite group of automorphisms, J. Algebraic Geometry, 27 (2018), 173—202, doi.org/10.1090/jag/697.
4. T. Katsura, On the multi-canonical systems of quasi-elliptic surfaces in characteristic 3, the EMS Series of Congress Report, European Mathematical Society, 2018, 153—157.
5. T. Katsura, Lefschetz pencils on a certain hypersurface in positive characteristic, Advanced Studies. Pure Math.,74 (2017), 265–278
6. T. Katsura and S. Kondo, A 1-

dimensional family of Enriques surfaces in characteristic 2 covered by the supersingular K3 surfaces with invariant 1, The Journal Pure and Applied Mathematics Quarterly, 11(2015), 683—709.

7. T. Katsura, The Chern map on abelian surfaces, J. Algebra, 425 (2015), 85-106. http://dx.doi.org/10.1016/j.jalgebra.2014.10.052.

C. 口頭発表

1. Supersingular Richelot isogenies of curves of genus 2, 湯布院代数幾何学ワークショップ, 日本文理大学湯布院研修所, December 27, 2019.
2. T. Katsura, On the supersingular locus of the moduli space of principally polarized abelian varieties in positive characteristic, "Supersingular abelian varieties and related arithmetic", Nagoya Univ., September 30, 2019.
3. Algebraic geometry in positive characteristic, Research Seminar Algebraic Geometry, Leibniz University Hannover, August 15, 2019; Conference on Algebraic Geometry in Positive Characteristic and Related Topics, Univ. of Tokyo, Tokyo, December 18, 2018; （正標数の代数幾何学）2017 年度日本数学会代数学賞特別講演, 首都大学東京, March 26, 2017.
4. Zariski K3 surfaces, 第 6 回代数幾何研究集会—宇部—, 宇部高専, 宇部, January 13, 2019; "K3 surfaces and Related Topics", Nagoya Univ., December 20, 2017.
5. Construction of numerically trivial automorphism of Enriques surfaces in characteristic 2, Research Seminar Algebraic Geometry, Leibnitz Univ. Hannover, Germany, September 4, 2018.
6. Automorphism groups of Enriques surfaces with quasi-elliptic fibration in characteristic 2, Conference on Differential, Algebraic and Topological Methods in Complex Algebraic Geometry, Cetraro, Italy, September 10, 2018.
7. Classification of Enriques surfaces with finite automorphism groups in characteristic 2, Algebraic Geometry Conference, Hotel Libero, Busan, Korea, March 29, 2017; New Trends in Arithmetic and Geometry of Algebraic Surface, Banff International Research Station, Banff, Canada, March 17,2017; Arithmetic and Algebraic Seminar, University of Amsterdam, The Netherlands, September 5, 2017;"Conference on K3 surfaces and related topics", Korea Institute of Advanced Studies (KIAS), Korea, November 17, 2015.
8. Enriques surfaces in characteristic 2, Summer School 2016 of the IRTG "Moduli and Automorphic Forms", Vlieland, The Netherlands, August 31, 2016.
9. Configurations of smooth rational curves on superspecial K3 surfaces in small characteristics, "Algebraic Geometry Conference (IMPANGA 15)", Banach International Mathematical Center, Bedlevo, Poland, April 17, 2015; Research Seminar Algebraic and Arithmetic Geometry, Leibniz Univ. Hannover, Germany, March 5, 2015.
10. Theory of algebraic-geometric codes, "Some Aspects of Fundamental Mathematics", Tribhuvan Univ., Kirtipur, Nepal, November 23, 24, 25, 2015.

F. 対外研究サービス

1. 2016 年 6 月～2020 年 5 月 日本数学会理事長補佐
2. 2012 年度～2020 年度 藤原洋数理科学賞審査委員会委員長
3. 2018 年度 第 34 回京都賞基礎科学部門専門委員会委員長、審査委員会委員
4. 2018 年度 お茶の水女子大学外部評価委員会委員
5. 2019 年度 東北大学理学部・理学研究科外部評価委員会委員

G. 受賞

2017 年度日本数学会代数学賞

中川 淳一 (NAKAGAWA Junichi)

A. 研究概要

異分野融合に数学を活用し数学イノベーションを推進：(1) 数学により抽象化した枠組みのなかで現実世界の問題をとらえ、問題の根源を明らかにすること、(2) 数学により構築した枠組みをもとに既存技術の再構築を図り、ゼロベースから新しい技術概念を創出すること、(3) 技術の出口をつくり、技術概念の製造現場や社会への普及を図り、イノベーションに繋げること。そのため、国内外の人脈を背景に、世界最先端の数学理論を駆使して、ニーズに対応する技術を世界最速での提案を目指す。

I have used mathematics to create an interdisciplinary platform for dealing with the problems of industry and society. This is the concept of mathematical innovation: (1)Clarification of the principle of the problem by looking at the real-world problems an abstracted framework using mathematics (2)Reconstruction of the existing technical concept based on the constructed framework and creating new technological concept by “ think from zero ” using mathematics (3) Applying the technology and attempting to promote it among the manufacturing field and society, and leading them to innovation. With my domestic and international networks, I propose an appropriate technology toward industrial needs at the fastest speed in the world using cutting-edge mathematical theories.

B. 発表論文

1. T. Kumano, J. Nakagawa, A derivation of coincidence relations utilizing quaternion and matrix based on the hexagonal lattice for material engineers, International Journal of Mathematics for Industry, vol.11, No.1 (2019)
2. H. Hamada, S. Matsutani, J. Nakagawa, O. Saeki, M. Uesaka, An algebraic description of screw dislocations in SC and BCC crystal lattices , Pacific Journal of Mathematics for Industry, PJMI-D-16-00014R3 (2018)
3. 中川淳一, [インダストリアルマテアリアルズ] 数学と物質・材料との連携の展開, 応用数理 28 巻 4 号 (2018)
4. A. Micheletti, J. Nakagawa, A. A. Alessi, D. Morale, E. Villa, A germ-grain model applied to the morphological study of dual phase steel, Journal of Mathematics in Industry, 6(1), 1-24 (2016)
5. 山本昌宏, 中川淳一, 製鉄業における課題と逆問題：数学手法の汎用性と技術の横展開（その二）, 数学セミナー, 9 月号 (2016)
6. 山本昌宏, 中川淳一, 製鉄業における課題と逆問題：数学手法の汎用性と技術の横展開（その一）, 数学セミナー, 7 月号 (2016)
7. J. Nakagawa, Non-Stationary Analysis of Blast Furnace through Solution of Inverse Problems and Recurrence Plot, Mathematical Approach to Research Problems of Science and Technology, - Theoretical bases and mathematical modeling-, Ch.32, Springer International (2014)
8. M. Suzuki, K. Katsuki, J. Imura, J. Nakagawa, T. Kurokawa, K. Aihara, Simultaneous optimization of slab permutation scheduling and heat controlling for a reheating furnace, Journal of Process Control, 24 (2014) 225âĂŞ238

C. 口頭発表

1. 中川淳一, 東京大学大学院数理科学研究科社会連携講座「データサイエンスにおける数学イノベーション」が目指すもの, 日本応用数理学会 2019 年度年会, 東京大学数理科学研究科大講義室 2019.9.4
2. J. Nakagawa, Creating an Interdisciplinary Platform Based on Inverse Problems, International Conference on Inverse Problems、復旦大学 (2018.10.12-14)

3. 中川淳一，Algebraic Analysis of Orientation Relationship Created by Phase Transition in Crystals, 九大マス・フォア・インダストり研究集会「結晶の界面、転位、構造の数理」, 2017.8.23
4. 中川淳一, 製造プロセスにおける数理的研究の現状と、数理科学と物質・材料の連携の展開について, 日本数学会 2016 年度秋季総合分科会 数学連携ワークショップ ～物質材料科学に潜む「数理」を探る～, 関西大学, 2016.9.16
5. 中川淳一, 製造プロセスにおける数理的研究の現状と、数理科学と物質・材料の連携の展開について, 日本機械学会 2016 年度年次大会　産業に応える数学 －幾何・統計・計算数学からものづくりへ－, 九州大学, 2016.9.13
6. 数学協働プログラムワークショップ「MI^2（情報統合型物質・材料開発）と数学連携による新展開」,JST 東京本部, 2016.2.26

D. 講義

1. 社会数理先端科学 I 後期「数学・数理科学と諸科学・産業との連携に必要なコミュニケーション力を身につけるために」(1 月): 数学の裾野（数学と諸科学・工学・産業・社会との関わり）を広げることを目的に、自分の専門領域以外の人とのコミュニケーションの仕方を学ぶことを目的に、下記構成の講義を実施。1 新日本製鐵株式会社君津製鉄所の工場見学、2 自身の研究課題を判り易く説明し、出席者全員による議論と質疑応答の過程を通し、できるだけ平易な言葉で自分の考えを相手に伝え共感を得るためのコミュニケーション力を学ぶ。講義終了後に、自分の専門とする数学と実社会の関わりについてレポートを提出
2. 社会数理先端科学 II「東京大学大学院数理科学研究科社会連携講座が目指すもの」(９月２７日、１０月４日): 社会連携講座の主研究課題であるデータ科学と数学との関わりについて講義をした後、受講生の研究課題・研究分野におけるデータとは何か、直接データを扱うことがない人達は、自分の専門性を発揮できるようなデータの定義の仕方をレポート課題とした。
3. 社会数理実践研究　材料版（～2017.10)、対称班（2017.11～）
4. SGW2019, 結晶と準結晶を動機付けとする数学の問題, 九大, 東大 2019.7.26-7.30

F. 対外研究サービス

1. 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所　産業数学の先進的・基礎的共同研究拠点　運営委員会委員
2. ＪＳＴ　CREST 革新材料開発領域アドバイザー

藤原 毅夫 (FUJIWARA Takeo)

A. 研究概要

- **密度汎関数理論に基づいた強結合電子構造モデルと分子動力学法の確立:** 現在の第一原理電子構造理論は，原子の位置と種類を与えれば，系の基底状態の構造および物性を知ることができる．
  本研究では，数百万原子系の大規模固有値問題を解く効率的アルゴリズム開発（課題１），および数万原子系における数 10 ナノ秒に亘る全原子配置の変化を（固有値問題を忠実に解くことをせずに）追う分子動力学手法の開発（課題２）を行っている．2019 年度には，原子スケールでの環境の異方性の重要性を明らかにし，それを取り込む手法を開発した．

  Molecular Dynamics based on semi-empirical Hamiltonian: A novel tight-binding method is developed, based on the extended Hückel approximation, with referring the electronic structure and the total energy, obtained by the first principles method. We have shown that the importance of anisotropy of structures in several crystalline structures. The parameters of semi-empirical Hamiltonian are so adjusted by computer that the result can reproduce the those of the first principles calculation. The al-

gorithm for determining parameters has been established, and will be provided to a wide variety of researchers.

- **文科系学部における数学基礎教育の在り方：**実社会における数学の利用は，理系のみならず文科系も含めて至るところに広がりかつ深まっている．それにあわせて，最近のデータサイエンスの重要性が広く理解されるに至った．
  この課題に対しての一つの解決策として，文科系学生を対象としたより実用に近い講義の形を検討し，経済学部講義として実施している．この講義は経済学部学生だけでなく，広範囲の文系学生が受講している．講義内ではなるべく一般論ではなく実例に即して数学理論を講じ，それを体験する形で（手計算では困難な具体例をなるべく沢山）計算プログラム MATLAB で体験させるという方法を試みている．講義の内容に即して使用できる MATLAB マニュアルを作成し，MI センターのホームページを通して広く提供している．

  Basic education of mathematics in social sciences : Mathematics is an essential skill and deeply used everywhere in many disciplines including social sciences. We are currently developing a lecture style of mathematics for social sciences, is holding a lecture at the faculty of economics. In the class, we use MATLAB program to give students hands-on experience of applying mathematics to their topics.

B. 発表論文

1. T. Fujiwara, S. Nishino, S. Yamamoto, T. Suzuki, M. Ikeda, and Y. Ohtani, "Total-energy assisted tight-binding method based on local density approximation of density functional theory", Joul. Phys. Soc. Jpn. **87**, 064802 (2018).
2. S. Nishino, T. Fujiwara, N. Watanabe, and S. Yamamoto, "Parameter determination procedure for extended Hückel approximation and its application for solid-states electrolytes", J. Mol. Model. **21**, 169 (2015).
3. 三浦 沖，増田 勝也，坂田 加奈子，藤原 毅夫，“複数講義室をつなぐ講義のためのシステム開発”, 工学教育, vol.66, no.5, 13, (2018).
4. 坂田 加奈子，戸川 久美子，三浦 沖，藤原毅夫, “OCW 向け教育コンテンツ作成の効率化の試み”, 工学教育, vol.66, no.3, 73, (2018).
5. 藤原毅夫, “数学基礎教育を再考する”，数理科学（サイエンス社），vol.645，2017 年 3 月号， 59，(2017).
6. 藤原毅夫，“大学数学のお作法と無作法” (近代科学社 2019)
7. 浦川肇, 高木泉, 藤原毅夫編著, 代数学第 1 巻 藤原松三郎著, (内田老鶴圃 2019).
8. 浦川肇, 高木泉, 藤原毅夫編著, 数学解析第一編　微分積分学第 2 巻 藤原松三郎著, (内田老鶴圃 2017).
9. 浦川肇, 高木泉, 藤原毅夫編著, 数学解析第一編　微分積分学第 1 巻 藤原松三郎著, (内田老鶴圃 2016).
10. 藤原毅夫, 石井靖, “力学” (数理工学社 2016)
11. 藤原毅夫, 物質・材料テキストシリーズ “固体電子構造論", (内田老鶴圃 2015).

D. 講義

1. 「数理手法 V」　現代数学の入門講義．I. 位相と連続，2. 微分形式と多様体上の微積分，3. 群と表現，の概要を扱った．(工学部共通講義　2 年生（後期））
2. 「文科系のための解析・線形代数」．文科系の学生のための解析学および線形代数の概論．演習の時間がないが，週 2 回の講義の 1 回は MATLAB を用いて（実験的に）数学を体験するようにしている．（経済学部 3 年生）

F. 対外研究サービス

1. 東京都立小石川中等学校　SSH 運営指導委員
2. NPO 法人科学技術ソフトウェア研究センター理事長

村田 昇 (MURATA Noboru)

A. 研究概要

生体の学習機能を数理的にモデル化して工学に応用することに取り組んでいる．特に大量のデータからその確率的構造を獲得する統計的学習を対象に，様々な学習アルゴリズムの動特性や収束の解析を行っている．また，脳波，筋電，音声といった生体が発生する信号の生成機構にも興味を持ち，これらの解析に適した信号処理の方法を研究している．

We try to understand learning mechanisms of biological systems mathematically, and to apply them to a variety of problems in the field of engineering. Particularly, we focus on statistical learning, which enables us to capture the probabilistic structure inside a large amount of data, and analyze dynamics and convergence property of various learning algorithms. We are also interested in generating mechanisms of biological signals such as EEG (electroencephalogram), EMG (electromyogram), and voice, and we study on signal processing methods suitable for analyzing them.

B. 発表論文

1. S. Sonoda and and N. Murata: “Transport analysis of infinitely deep neural network”, Journal of Machine Learning Research, **20** (2019) 1–52.
2. T. Iwasaki, H. Hino, M. Tatsuno, S. Akaho and N. Murata: “Estimation of neural connections from partially observed neural spikes”, Neural Networks, **108** (2018) 172–191.
3. S. Sonoda, K. Nakamura, Y. Kaneda, H. Hino, S. Akaho, N.Murata, E. Miyauchi and M. Kawasaki: “EEG dipole source localization with information criteria for multiple particle filters”, Neural Networks, **108** (2018) 68–82.
4. Y. Fujimoto, H. Kikusato, S. Yoshizawa, S. Kawano, A. Yoshida, S. Wakao, N. Murata, Y. Amano, S. Tanabe and Y. Hayashi: “Distributed energy management for comprehensive utilization of residential photovoltaic outputs”, IEEE Transactions on Smart Grid, **9** (2018) 1216–1227.
5. S. Sonoda and N. Murata: “Neural network with unbounded activation functions is universal approximator”, Applied and Computational Harmonic Analysis, **43** (2017) 233–268.
6. H. Hino, J. Fujiki, S. Akaho and N. Murata: “Local intrinsic dimension estimation by generalized linear Modeling”, Neural Computation, **29** (2017) 1838–1878.
7. T. Kato, H. Hino and N. Murata: “Double sparsity for multi-frame super resolution”, Neurocomputing, **240** (2017) 115–126.
8. T. Chiba, H. Hino, S. Akaho and N. Murata: “Time-varying transition probability matrix estimation and its application to brand share analysis”, PLoS ONE, **12** (2017)
9. K. Takano, H. Hino, S. Akaho and N. Murata: “Nonparametric e-mixture estimation”, Neural Computation, **28** (2016) 2687–2725.
10. N. Shafeghat, M. Heidarinejad, N. Murata, H. Nakamura, T. Inoue: “Optical detection of neuron connectivity by random access two-photon microscopy”, Journal of Neuroscience Methods, **263** (2016) 48–56.

D. 講義

1. 数理科学続論 I：統計データ解析の入門講義，計算機実験によって確率的現象に慣れ，

統計推測法の意味を理解し，データ解析の方法を実習する．

2. 数理科学続論 J：統計データ解析の入門講義，高次元大規模データに潜む相関構造を発見し計量する多変量解析，および時系列データの基本的な解析法を学ぶ．

ブノア イブ (BENOIST Yves)

A. 研究概要

Research Director.
Paris-Saclay University

"Annual" report for the period Oct. 1st - Nov. 30th 2019

To the Dean of the Mathematic Department of the University of Tokyo.
I am very honored to have been chosen as a Visiting Professor in the Graduate School of Mathematics of the University of Tokyo for the period October-November 2019. My main activities during these two months were lecturing, thinking, collaborating and writing:

2. Thinking, collaborating and writing
I went on a project with Prof. T. Kobayashi. The main output is a 30 pages long joint paper (the fourth one of a series) called "Complex tempered homogeneous spaces".
Abstract: Let G be a semisimple complex Lie group and H a complex closed connected subgroup. We prove that the regular representation of G in the Hilbert space of square integrable functions on G/H is tempered if and only if the orthogonal of the Lie algebra of H contains regular elements.

D. 講義

1. 数理科学特論 VIII：I gave a graduate course whose title was "Kleinian groups". 90 minutes lectures once a week with about 14 attendents: 3 master students, 5 PhD student, 4 PostDoc , 2 faculties.
Here is the syllabus:
Kleinian groups are discrete groups of isometries of the hyperbolic space.
A. The hyperbolic space, its boundary and its isometries (2 lectures).
B. Limit set and convex cocompact subgroups (2 lectures).
C. Construction of discrete subgroups (1 lecture).
D. Hausdorff dimension, critical exponent and the Laplacian (4 lectures).
I also gave a colloquium talk on "Arithmeticity of discrete subgroups".

G. 受賞

1. In early October I received a "Grand-Prix" of the French Academy of Science.

マッシュヨウ グウェナエル (MASSUYEAU Gwénaël)

A. 研究概要

During the past few years, the research works of Gwénaël Massuyeau have been focused on the theory of finite-type invariants of 3-manifolds. He has been continuing his collaboration with Kazuo Habiro to construct TQFT-like functors on categories of 3-dimensional cobordisms, such as the category of "bottom tangles in handlebodies" which encapsulates mapping class groups of handlebodies. Those functors are always derived from universal finite-type invariants of links and closed 3-manifolds, such as the Kontsevich integral and the Le-Murakami-Ohtsuki invariant. Besides, G. Massuyeau has started explicit computations of the LMO invariant for some families of homology 3-spheres. A first step in this direction has been accomplished in a recent joint work with Delphine Moussard, where they prove a "splicing formula" for the LMO invariant. Those explicit computations could be useful to assess some conjectures relating finite-type invariants of integral homology 3-spheres and the Johnson fil-

tration of the mapping class group, as discussed in the recent work of S. Morita, T. Sakasai & M. Suzuki.

B. 発表論文

1. G. Massuyeau and V. Turaev : "Fox pairings and generalized Dehn twists", Ann. Inst. Fourier **63** (2013) 2403–2456.
2. G. Massuyeau and V. Turaev : "Quasi-Poisson structures on representation spaces of surfaces", Int. Math. Res. Not. **2014:1** (2014) 1–64.
3. G. Massuyeau and V. Turaev : "Brackets in the Pontryagin algebras of manifolds", Mém. Soc. Math. France **154** (2017) 138 pages.
4. G. Massuyeau : "Splitting formulas for the LMO invariant of rational homology three-spheres", Algebr. Geom. Topol. **14** (2014) 3553–3588.
5. G. Massuyeau and V. Florens, "A functorial extension of the abelian Reidemeister torsions of three-manifolds", Enseign. Math. **61** (2015) 161–210.
6. G. Massuyeau and V. Turaev : "Brackets in representation algebras of Hopf algebras", J. Noncomm. Geom. **12** (2018) 577–636.
7. G. Massuyeau : "Formal descriptions of Turaev's loop operations", Quantum Topol. **9** (2018) 39–117.
8. G. Massuyeau, V. Florens and J. Serrano de Rodrigo : "A functorial extension of the Magnus representation to the category of three-dimensional cobordisms", Fund. Math. **240** (2018) 221–263.
9. G. Massuyeau and T. Sakasai : "Morita's trace maps on the group of homology cobordisms", Preprint (2016), 35 pages, to appear in J. Topol. Anal.
10. K. Habiro and G. Massuyeau : "Generalized Johnson homomorphisms for extended N-series", J. Algebra **510** (2018) 205–258.

C. 口頭発表

1. Generalized Dehn twists on surfaces and surgeries in 3-manifolds, Tuesday Seminar on Topology, University of Tokyo, October 2019.
2. Generalized Dehn twists on surfaces and surgeries in 3-manifolds, Low-dimensional Topology Seminar, RIMS (Kyoto University), November 2019.
3. The Kontsevich integral for bottom tangles in handlebodies, Topology Seminar", University of Waseda, November 2019.

D. 講義

1. 数理科学特論 V・数学特別講義 V: Lectures on "Knots, categories of tangles and the Kontsevich integral". The set of knots in the ambient space is a fundamental object of study in low-dimensional topology. However it is difficult to apply algebraic methods directly to this set, which is too "narrow" to show interesting structures. One way to overcome this difficulty is to insert the set of knots into a well-structured and large-enough category. In these lectures, we have presented two such categories. On the one hand, we have reviewed the category T of "tangles" and, following works of V. Drinfeld, D. Bar-Natan, T. Le & J. Murakami, and others, we have explained the combinatorial construction of the "Kontsevich integral" Z as afunctor on T. On the other hand, we have presented the category B of "bottom tangles in handlebodies" which embeds naturally into the category of $(2+1)$-dimensional cobordisms and, reporting on a recent joint work with K. Habiro, we have extended Z to the category B. Finally, we have overviewed some important properties of this extended Kontsevich integral. (数理大学院・4 年生共通講義)

特任准教授 (Project Associate Professor)

上坂 正晃 (UESAKA Masaaki)

A. 研究概要

(1) 多様体拘束条件下での全変動流に関する離散数値解法

田口和稔氏 (東京大学)，榊原航也氏 (岡山理科大学)，儀我美一氏 (東京大学) との共同研究で，関数値がある多様体上に拘束されているようなベクトル値関数の全変動エネルギーの勾配流について，その数値計算法を確立した．回転群 $SO(3)$ などの多様体に関数値が拘束された条件下での全変動流は，結晶粒界のダイナミクスを記述する Kobayashi–Warren–Carter モデルなどの物理現象へ応用されているが，一般的な多様体拘束に適用可能な数値計算法についてはまだ確立されていなかった．

我々は，上記の問題について反復的解法により，全変動流の離散近似を求める手法を確立した．我々の手法では，各反復において解くべき最小化問題を線形化し，接空間上の最小化問題と近似することにより，計算を簡易化している．我々はさらにこの方法で構成された離散近似と，元の全変動流の間の厳密な誤差評価を得た．さらに数値計算によって，我々の手法が正しく全変動流の近似を与えることを実証した．本研究の結果は現在投稿中である．

(2) Kobayashi–Warren–Carter モデルの厳密特異極限

最小化問題においては，計算困難な汎関数に関して，その近似を与えるような別の形の汎関数を考えることが有益である．例えば，画像処理やセグメンテーション問題で利用される Mumford–Shah 型の汎関数は，関数の不連続集合の表面積を含んでいるため数値計算が困難であるが，Ambrosio と Tortorelli によって与えられた近似汎関数を用いることによって数値計算が非常に簡単になることがわかっている．

一方，Ambrosio–Tortorelli 汎関数と良く似た形を持つモデルに，多結晶物質の結晶粒界のダイナミクスを記述する Kobayashi–Warren–Carter モデルがある．AT 汎関数と KWC 汎関数の相違点は，AT 汎関数では勾配の絶対値の 2 乗で与えられる Dirichlet 汎関数の項が，KWC 汎関数では勾配の絶対値の 1 乗で与えられる全変動汎関数になっていることである．しかしこの違いは AT 汎関数と KWC 汎関数の振る舞いを決定的に異なるものにさせる．

今回，岡本潤氏 (東京大学) と儀我美一氏 (東京大学) との共同研究で，「関数のグラフの収束」というより細かい位相を用意し，さらに多価関数も許すことによって，1 次元での KWC 汎関数の精密な特異極限を特徴づけることに成功した．本研究の結果は現在投稿中である．

(1) A discrete numerical method for the total variation flow constrained in a manifold.

In collaboration with Kazutoshi Taguchi (University of Tokyo), Koya Sakakibara (Okayama University of Science), and Yoshikazu Giga (University of Tokyo), we have established a numerical method for the gradient flow of the total variation energy of a vector value function, where the function value is constrained on a manifold. A total variation flow under manifold constraints such as the rotation group $SO(3)$ has been applied to physical phenomena such as the Kobayashi–Warren–Carter model to describe the dynamics of grain boundaries, but a numerical method applicable to general manifold constraints has not yet been established.

We have established an iterative method for this problem to obtain a discrete approximation of the total variation flow. Our method simplifies the computation by linearizing the minimization problem to be solved at each iteration and approximating it to a minimization problem on tangent space. We further obtained a rigorous error estimate between the discrete approximation constructed by this method and the original total variation flow. Furthermore, numerical calculations demonstrate that our

method gives a correct approximation of the total variation flow. The results of this study are currently being submitted.

(2) The finer singular limit of Kobayashi–Warren–Carter model

For the minimization problem, it is useful to consider another form of a functional giving an approximation for a difficult function. For example, the Mumford–Shah type functional, which is used in image processing and segmentation problems, is difficult to compute numerically because it contains the surface area of a discontinuous set of functions, but it has been found that the approximate functional given by Ambrosio and Tortorelli is very easy to compute numerically.

On the other hand, the Kobayashi–Warren–Carter model, which describes the dynamics of grain boundaries in polycrystalline materials, is a model similar to the Ambrosio–Tortorelli functional. The difference between the AT and KWC functionals is that the term of the Dirichlet functional, given by the square of the absolute value of the gradient in the AT function, becomes a total variation functional, given by the square of the absolute value of the gradient in the KWC function. This difference, however, makes the AT and KWC functions behave decisively differently.

In collaboration with Jun Okamoto (The University of Tokyo) and Yoshikazu Giga (The University of Tokyo), we have succeeded in characterizing the precise singular limit of the KWC functional in one dimension by providing a finer topology of "graph convergence of functions" and by allowing multi-valued functions. The results of this study are currently being submitted.

B. 発表論文

1. Y. Giga, J. Okamoto, and M. Uesaka. A finer singular limit of a single-well Modica–Mortola functional and its applications to the Kobayashi–Warren–Carter energy. 2020, submitted.
2. Y. Giga, K. Sakakibara, K. Taguchi, and M. Uesaka. A new numerical scheme for constrained total variation flows and its convergence. 2019, accepted in *Numerische Mathematik*.
3. H. Hamada, S. Matsutani, J. Nakagawa, O. Saeki, and M. Uesaka. An algebraic description of screw dislocations in SC and BCC crystal lattices. *Pac. J. Math. Ind.* **10**, 3, 2018.
4. M. Uesaka and M. Yamamoto. Carleman estimate and unique continuation for a structured population model, *Appl. Anal.* **95**:3, 599–614, 2016.

C. 口頭発表

1. 逆問題への深層学習の応用とその数理解析，第 4 回軽井沢グラフと解析研究集会，日本大学軽井沢研修所，2019 年 10 月.
2. The well-posedness and its short-time asymptotics of the reaction-diffusion-particle model for camphor motion in two dimension, 9th International Congress on Industrial and Applied Mathematics, Valencia, Spain, 2019 年 7 月.
3. 表皮構造の数理モデルにおける細胞の扁平化と細胞の多面体形状について，第 24 回計算工学講演会，大宮ソニックシティ，2019 年 5 月.
4. 離散全変動写像流の数値計算法について，表面・界面ダイナミクスの数理 17，東京大学大学院数理科学研究科，2019 年 4 月.
5. The well-posedness and its short-time asymptotics of the reaction-diffusion-particle model for the camphor motion in two dimension，2018 China-Japan Workshop on Nonlinear Diffusion Problems, Shanghai, China, 2018 年 11 月.
6. A variational problem arising from the modeling of epidermal basement membrane and its analysis, A3 Foresight Program The 5th Joint Workshop, Mathematics of Biology, Fluid Dynamics and

Material Sciences, Gangneung, Korea, 2018 年 10 月.

7. 表皮基底膜のモデリングとその数理解析について，軽井沢グラフと解析研究集会，日本大学軽井沢研修所，2018 年 10 月.
8. Lie 群値写像の 1-調和写像流に関する時間離散化スキームについて，北陸応用数理研究会 2018，石川県政記念しいのき迎賓館，2018 年 2 月.
9. A discrete total variation flow with rotation matrix-valued function coming and directional data processing in crystal structure, Inverse problems and medical imaging, 東京大学大学院数理科学研究科，2018 年 2 月.

G. 受賞

1. 第 24 回計算工学講演会 ベストペーパーアワード，2019 年 5 月.

竹内 知哉 (TOMOYA Takeuchi)

A. 研究概要

逆問題、数理モデリング、数理最適化、アルゴリズム等の研究、ならびにこれらの研究を通して得られた知見を活用し企業と共同で製鉄業に現れる問題の実用解法の提案と実装を行っている。My research field is inverse problems, mathematical optimization, mathematical modeling and their application to real world problems arising from industry.

B. 発表論文

1. G. Tanaka, R. Nakane, T. Takeuchi, T. Yamane, D. Nakano, Y. Katayama and A. Hirose: “Spatially Arranged Sparse Recurrent Neural Networks for Energy Efficient Associative Memory”, IEEE Trans. Neural Netw. Learn. Syst, Vol. 31, no. 1, (2020) pp. 24-38.
2. T. Takeuchi, Y. Hirata, S. Horai, and K. Aihara: “Japan’s R&D Project of Ramp Forecasting Technology: A Forecast Integration Method", The 17th International Workshop, Stockholm, Sweden, 17-19 Oct, 2018.
3. T. Takeuchi: “The Proximal Method of Multipliers for a Class of Nonsmooth Convex Optimization", SEISAN KENKYU 70, 157-164, 2018.
4. S. Okuno, T.Takeuchi, S. Horai, K. Aihara and Y. Hirata: “Avoiding Underestimates for Time Series Prediction by State-Dependent Local Integration", METR 2017 - 22 November 2017.
5. K. Ito, B. Jin and T. Takeuchi: “On the Legendre tau method for fractional boundary value problems with a Caputo derivative”, Frac. Cal. Appl. Anal. vol. 19 (2016), pp. 357 - 378.
6. B. Jin and T. Takeuchi: “Lagrange optimality system for a class of nonsmooth convex optimization”, Optimization, vol. 65 (2016), pp. 1151 - 1166.
7. Y. Hirata, T. Takeuchi, S. Horai, H. Suzuki and K. Aihara: “Parsimonious description for predicting high-dimensional dynamics”, Scientific Reports, Vol. 5, Article No. 15736 (2015).
8. K. Ito, B. Jin and T. Takeuchi: “On the Sectorial Property of the Caputo Derivative Operator”, Applied Mathematics Letters 47 (2015), 43 - 46.
9. K. Ito and T. Takeuchi: “Immersed interface CIP for one dimensional hyperbolic equations”, Commun. Comput. Phys. 15 (2014), 96 - 114.
10. K. Ito, B. Jin and T. Takeuchi: “Multi-Parameter Tikhonov Regularization – An Augmented Approach”, Chin. Ann. Math. 35B(3) (2014), 383 - 398.

C. 口頭発表

1. A mathematical model for elastic-plastic composites and homogenization, Analysis, Control and Inverse Problems for PDEs, Napoli, Italy, November 26-30, 2018.

2. Prediction-step-dependent expert advice: Application to wind energy ramp forecasting, Grand Renewable Energy 2018 International Conference, PACIFICO Yokohama, 2018 年 7 月 19 日.
3. Augmented Lagrangian Methods for Convex Optimization, iTHES(RIKEN)-AIMR(Tohoku)-IIS(Tokyo) Joint Symposium: "New Horizon of Mathematical Sciences", Suzuki Umetaro Hall at RIKEN Wako campus, Japan, April 28, 2016.

D. 講義

1. 数理科学基礎・同演習：線型代数の講義と演習 (理科 I 類 1 年生 S1 ターム)
2. 線型代数学 1 ・同演習：線型代数の講義と演習 (理科 I 類 1 年生 S2 ターム)
3. 線型代数学 2 ・同演習：線型代数の講義と演習 (理科 I 類 1 年生 A セメスター)

ベェスパ クリスティン (VESPA Christine)

A. 研究概要

My research area lies at the intersection between algebra, algebraic topology and the theory of categories. My main interest concerns functor homology (i.e. homological algebra in functor categories) and its applications to compute stable homology of groups. Polynomial functors, introduced by Eilenberg and MacLane, play a central role in my research. In a joint work with Djament published in 2010 we obtain a general result describing the stable homology of a families of groups with twisted coefficient given by a covariant functor in terms of the stable homology with constant coefficients and functor homology.

1. (joint work with Djament) We apply in [B7] our general result mentioned above to the family of automorphisms groups of free groups. In this case, we prove that the corresponding functor homology for a covariant polynomial functor is trivial and we deduce that the stable homology of these groups with coefficients twisted by a covariant reduced polynomial functor is trivial.
2. (joint work with Hoffbeck) Recall that in a work of Pirashvili and Richter, Hochschild homology and cyclic homology of associative algebras were interpreted in terms of functor homology. In [B6] we obtain an interpretation of Leibniz homology of Lie algebras in terms of functor homology on a category associated to the operad $\mathcal{L}ie$.
3. (joint work with Hartl and Pirashvili) In [B5] we give a combinatorial description of polynomial functors from finitely generated free groups to abelian groups.
4. (joint work with Djament and Pirashvili) In [B4] we study the functor homology for the functors from finitely generated free groups to abelian groups. In particular we obtain that the global dimension of the category of polynomial functors of degree smaller or equal to d is $d-1$.
5. (joint work with Wambst) In [B3] we study properties of the category of cocommutative Hopf algebras for a field of characteristic zero. We prove that the abelian core of this category is the abelian subcategory of commutative and cocommutative Hopf algebras.
6. In [B2] I obtain explicit computations of functor homology for functors from finitely generated free groups to abelian groups. In particular, I compute extension groups between the tensor powers of the abelianization functor. By a result of Djament these computations let us to obtain stable homology of automorphisms groups of free groups with coefficients given by particular contravariant polynomial functors.
7. (joint work with Djament) In [B1] we extend the notion of polynomial functors

to functors from a symmetric monoidal category where the unit is an initial object. We introduced in particular a notion of polynomial functor which is well adapted to describe asymptotical polynomial phenomena. Our notions extend the usual notion of polynomial functors due to Eilenberg and MacLane.

8. (joint work with Powell) In [B8] we give a functorial description of higher Hochschild homology for a wedge of circles. We introduce the notion of outer functor corresponding to outer automorphisms of free groups.
9. (joint work with Djament and Touzé) In [B9] we obtain analogues of Steinberg's decompositions for functors from an additive category to vector spaces.

B. 発表論文

1. A. Djament and C. Vespa : "Foncteurs faiblement polynomiaux", Int. Math. Res. Not. IMRN (2019), no. 2, 321-391.
2. C. Vespa: "Extensions between functors from free groups." Bull. Lond. Math. Soc. 50 (2018), no. 3, 401-419.
3. C. Vespa and M. Wambst: "On some properties of the category of cocommutative Hopf algebras." North-West. Eur. J. Math. 4 (2018), 21-37.
4. A. Djament, T. Pirashvili and C. Vespa: "Cohomologie des foncteurs polynomiaux sur les groupes libres." Doc. Math. 21 (2016), 205-222.
5. M. Hartl, T. Pirashvili and C. Vespa: "Polynomial functors from algebras over a set-operad and nonlinear Mackey functors." Int. Math. Res. Not. IMRN (2015), no. 6, 1461-1554.
6. E. Hoffbeck and C. Vespa "Leibniz homology of Lie algebras as functor homology. J. Pure Appl. Algebra 219 (2015), no. 9, 3721-3742.
7. A. Djament and C. Vespa: "Sur l'homologie des groupes d'automorphismes des groupes libres à coefficients polynomiaux." Comment. Math. Helv. 90 (2015), no. 1, 33-58.
8. G. Powell and C. Vespa: "Higher Hochschild homology and exponential functors" arXiv:1802.07574 (2018)
9. A. Djament, A. Touzé and C. Vespa. "Décompositions à la Steinberg sur une catégorie additive" arXiv:1904.09190 (2019)

C. 口頭発表

1. Homology of functors from groups to abelian groups, 2015/06/30, Advances in Homotopy Theory (A conference in honour of Hans-Werner Henn on the occasion of his 60th birthday.) University of Strasbourg.
2. Stable homology of automorphism groups of free groups and functor homology, 2015/11/12, Workshop on automorphisms of free groups, centre for symmetry and deformation. University of Copenhagen
3. Stable homology of automorphism groups via functor homology, 2016/02/05, Workshop "Arrangements: topology, combinatorics and stability", University of Pisa.
4. Homologie de Leibniz des algèbres de Lie comme homologie de foncteurs, 2016/12/03, Journées du GDR Topologie Algébrique, Paris.
5. Polynomial functors and the Johnson filtration, 2017/05/26, Workshop "Johnson homomorphisms and related topics", The University of Tokyo.
6. Polynomial functors and homological stability, 2018/01/15, Workshop "Topology of Arrangements and Representation Stability", Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach.
7. Higher Hochschild homology as a func-

tor, 2018/12/05, Workshop Manifolds, Isaac Newton Institute for Mathematical Sciences. Cambridge.

8. Higher Hochschild homology as a functor, 2018/11/16, New trends in K-theory and homotopy theory (A conference in honor of Max Karoubi's 80th birthday). Paris
9. Higher Hochschild homology as a functor, 2019/04/23, Tuesday Seminar on Topology, The University of Tokyo.
10. Higher Hochschild homology as a functor, 2019/06/14, Seminar, Hokkaido University.

D. 講義

1. Functor homology: Theory and Applications. Special Lecture on Mathematical Sciences (The University of Tokyo) (April- June 2019)

F. 対外研究サービス

1. Member of the scientific committee of the GDR 2875 of the CNRS "Algebraic Topology and Applications" (2017-2020)

特任助教 (Project Research Associates)

田中 雄一郎 (TANAKA Yuichiro)

A. 研究概要

G を実簡約リー群、H を閉部分群とする。G の極小放物型部分群が G/H に開軌道を持つとき、H を実球部分群という。実簡約リー群に対する非可換調和解析と表現の分規則の理論を背景として、小林俊行氏は整数論サマースクール 1995 において次の予想を提示した。「G を実簡約リー群、H を簡約型実球部分群とする。G のある極大コンパクト部分群 K と可換部分空間 $\mathrm{a} \subset \mathrm{k}^{\perp}$ とが存在して、$G = K\exp(\mathrm{a})H$ が成り立つ。」この予想について、(G, H) が対称対であるときは Flensted-Jensen 氏 (J. Funct. Anal. **30** (1978))、Rossmann 氏 (Canad. J. Math. **31** (1979))、Lassalle 氏 (Ann. Sci. École Norm. Sup. (4) **11** (1978)) によって証明されている。また、エルミート対称空間上の S^1-束の場合は笹木集夢氏 (Geom. Dedicata **145** (2010), Proc. Japan Acad. Ser. A Math. Sci. **91** (2015)) によって、triple spaces の場合には Danielsen、Krötz、Schlichtkrull 三氏 (Geom. Dedicata **174** (2015)) によって証明された。さらに、簡約型と限らない一般の実球部分群 H に対し、ある有限集合 F, F' が存在して $G = F'KAFH$ が成り立つことが Knop、Krötz、Sayag、Schlichtkrull 四氏によって証明されている (Selecta Math. **21** (2015))。B. 発表論文 4 では、小林氏の予想が一般に正しいことを示した。

A real G-manifold of a real reductive group G is real spherical if a minimal parabolic subgroup has an open orbit on it. From the viewpoints of harmonic analysis on homogeneous spaces and branching problems for representations of real reductive groups, T. Kobayashi introduced the following conjecture in the 3rd Summer School on Number Theory 1995. "Let G be a real reductive algebraic group and H a real reductive algebraic subgroup. Suppose that G/H is real spherical. Then there exist a maximal compact subgroup K of G with the corresponding Cartan involution θ and an abelian subspace a of $\mathrm{g}^{-\theta}$ such that $G = K\exp(\mathrm{a})H$ holds." A Cartan decomposition of the form $G = KAH$ is known for reductive symmetric pairs (G, H) by M. Flensted-Jensen (J. Funct. Anal. **30** (1978)), M. Lassalle (Ann. Sci. École Norm. Sup. (4) **11** (1978)) and W. Rossmann (Canad. J. Math. **31** (1979)). In the non-symmetric setting, a Cartan decomposition is given for the circle bundles on the symmetric spaces of non-tube type by A. Sasaki (Geom. Dedicata **145** (2010), Proc. Japan Acad. Ser. A Math. Sci. **91** (2015)) and for the triple spaces by T. Danielsen, B. Krötz and H. Schlichtkrull (Geom. Dedicata **174** (2015)). Furthermore, F. Knop, Krötz, E. Sayag and Schlichtkrull (Selecta Math. **21** (2015)) proved that there exist finite subsets F and F' of G such that $G = F'KAFH$ holds for a general real spherical homogeneous space G/H (H can be non-reductive), where A is a split abelian subgroup of a minimal parabolic subgroup $P = MAN$ with PH open in G. The paper B. 4 below shows that Kobayashi's conjecture is true in general.

B. 発表論文

1. Yuichiro Tanaka, Double coset decomposition for reductive absolutely spherical pairs, preprint.
2. Yuichiro Tanaka, A Cartan decomposition for Gelfand pairs and induction of spherical functions, preprint.
3. Yuichiro Tanaka, Visible actions of compact Lie groups on complex spherical varieties, accepted for publication in Journal of Differential Geometry.
4. Yuichiro Tanaka, A Cartan decomposition for a reductive real spherical homogeneous space, accepted for publication in Kyoto Journal of Mathematics.

5. Yuichiro Tanaka, Geometry of multiplicity-free representations of SO(N) and visible actions, Acta Appl. Math. **142** (2016), 189–205.

C. 口頭発表

1. Yuichiro Tanaka，A Cartan decomposition for a reductive real spherical homogeneous space, 6th Tunisian-Japanese Conference, Mahdia, Tunisia, December 16, 2019.
2. 田中雄一郎, 複素球多様体への可視的作用とその応用, 日本数学会 2019 年度秋季総合分科会, 金沢大学 角間キャンパス, 2019 年 9 月 18 日.
3. 田中雄一郎，Introduction of symplectic techniques for group actions，Workshop on "Actions of Reductive Groups and Global Analysis"，東京大学玉原国際セミナーハウス，群馬県，2019 年 8 月 21 日.
4. 田中雄一郎，複素球多様体へのコンパクトリー群による可視的作用について，表現論とその周辺分野の進展，京都大学数理解析研究所，2019 年 7 月 10 日.
5. 田中雄一郎, 簡約型実球部分群に対するカルタン分解，2018 年度表現論ワークショップ，九州大学伊都キャンパス，2019 年 3 月 12 日.
6. 田中雄一郎，G 多様体上の固有関数について，Langlands and Harmonic Analysis (第 4 回), ホテルサンバリーアネックス，大分県，2019 年 3 月 6 日.
7. 田中雄一郎，Neeb 氏と Miglioli 氏の論文 Multiplicity freeness of unitary representations in sections of holomorphic Hilbert bundles の紹介，Workshop on "Actions of Reductive Groups and Global Analysis"，東京大学玉原国際セミナーハウス，群馬県，2018 年 8 月 20 日.
8. 田中雄一郎，A spectral set on a stack, Langlands and Harmonic Analysis (第 3 回), いこいの村富山, 富山県, 2018 年 3 月 15 日.
9. 田中雄一郎，球等質空間に対する松木分解と球関数の構成, 龍谷表現論セミナー, 龍谷大学経済学部教育・研究センター, 2018 年 2 月 7 日.
10. 田中雄一郎，Visible actions of compact Lie groups on Hamiltonian manifolds, 2017 年度表現論ワークショップ, 県民ふれあい会館, 鳥取県, 2018 年 1 月 6 日.

D. 講義

1. 数理科学基礎演習 (線型代数): 線型代数に関する演習 (教養学部前期課程講義)
2. 数学基礎理論演習 (線型代数): 線型代数に関する演習 (教養学部前期課程講義)
3. 微分積分学演習: 微積分に関する演習 (教養学部前期課程講義)
4. 複素解析学補習: 複素解析学に関する小テストの実施 (教養学部前期課程学生)

F. 対外研究サービス

1. 沼田市中学生のための玉原数学教室，玉原国際セミナーハウス，2019 年 10 月 19 日.

間瀬 崇史 (MASE Takafumi)

A. 研究概要

(1) 3 階以上の常差分方程式の特異点閉じ込めパターンと次数増大の関係について, 具体例を中心に調べた. 特に, 従属変数変換によって方程式の階数を上げた場合に, 特異点パターンや次数増大がどのように変化するのかについて詳しく調べた.
(2) 昨年度に引き続き, 格子方程式の次数増大について調べた. 特に, 次数増大を考えるうえで方程式の定義領域にどのような条件を課すべきかを議論した.
(3) 離散 Painlevé 方程式を, 離散 Hamilton 系 (ここでは母関数によって定まる正準変換の意味) として記述した. いくつかの型の方程式について, 母関数を対数関数や二重対数関数を用いて具体的に記述することができた.

(1) I studied discrete equations of rank 3 or higher. It is always possible to increase the rank of an equation by transforming its dependent variables. I studied how the singularity struc-

ture and the degree growth are affected by such transformations.
(2) I studied the degree growth of lattice equations. I discussed what conditions one should impose on a lattice equation when considering its degree growth.
(3) I expressed discrete Painlevé equations as discrete Hamiltonian systems, which here mean the canonical transformations defined by generating functions. Using the logarithm and dilogarithm functions, I was able to concretely express such generating functions in some cases.

B. 発表論文

1. J. Hietarinta, T. Mase, R. Willox, Algebraic entropy computations for lattice equations: why initial value problems do matter, *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical* 52 (2019): 49LT01.
2. R. Kamiya, M. Kanki, T. Mase, T. Tokihiro, Algebraic entropy of a multi-term recurrence of the Hietarinta-Viallet type, to appear in *RIMS Kôkyûroku Bessatsu*, arXiv:1812.08923.
3. B. Grammaticos, A. Ramani, R. Willox, T. Mase, Detecting discrete integrability: the singularity approach, *Nonlinear Systems and Their Remarkable Mathematical Structures*, N. Euler (Ed.) (CRC Press, Boca Raton FL, 2018), arXiv:1809.00853.
4. R. Kamiya, M. Kanki, T. Mase, N. Okubo, T. Tokihiro, Toda type equations over multi-dimensional lattices, *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical* 51 (2018): 364002.
5. R. Kamiya, M. Kanki, T. Mase, T. Tokihiro, Nonlinear forms of co-primeness preserving extensions to the Somos-4 recurrence and the two-dimensional Toda lattice equation –investigation into their extended Laurent properties–, *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical* 51 (2018): 355202.
6. T. Mase, Studies on spaces of initial conditions for nonautonomous mappings of the plane, *Journal of Integrable Systems* 3 (2018): xyy010.
7. M. Kanki, T. Mase, T. Tokihiro, On the coprimeness property of discrete systems without the irreducibility condition, *SIGMA* 14 (2018): 065.
8. A. Ramani, B. Grammaticos, R. Willox, T. Mase, J. Satsuma, Calculating the algebraic entropy of mappings with unconfined singularities, *Journal of Integrable Systems* 3 (2018): xyy006.
9. T. Mase, R. Willox, A. Ramani, B. Grammaticos, Integrable mappings and the notion of anticonfinement, *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical* 51 (2018): 265201.
10. R. Kamiya, M. Kanki, T. Mase, T. Tokihiro, Two dimensional lattice equation as an extension of the Heideman-Hogan recurrence, *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical,* 51 (2018): 125203.

C. 口頭発表

1. T. Mase, Integrability tests for lattice equations - or why initial value problems do matter, Integrable Systems 2019, Sydney (Australia), November 2019.
2. 間瀬崇史, 2 階差分方程式の初期値空間, 2019 年函数方程式Ａセミナー, 新潟県, 2019 年 3 月.
3. 間瀬崇史, ある方程式の次数増大について, 可積分系ウィンターセミナー 2019, 長野県, 2019 年 2 月.
4. T. Mase, R. Willox, A. Ramani, B. Grammaticos, Dynamical degrees and singularity patterns, International Conference on Symmetry and Integrability in Difference Equations, Fukuoka (Japan), November 2018.
5. 間瀬崇史, R. Willox, A. Ramani, B. Grammaticos, 特異点閉じ込めと代数的

エントロピー I, 非線形波動研究の新潮流 - 理論とその応用-, 九州大学応用力学研究所 (福岡), 2017 年 11 月.

6. T. Mase, Spaces of initial conditions for nonautonomous mappings of the plane, The Tenth IMACS International Conference on Nonlinear Evolution Equations and Wave Phenomena: Computation and Theory, Georgia (U.S.), March 2017.
7. 間瀬崇史, 非自励 2 階差分方程式の初期値空間, アクセサリー・パラメーター研究会 2017, 熊本大学理学部 (熊本), 2017 年 3 月.
8. T. Mase, Spaces of initial conditions for nonautonomous mappings of the plane, Workshop on Discrete Painlevé equations, Tokyo (Japan), December 2016.
9. 間瀬崇史, 多次元格子上の擬似可積分系, 可積分系数理の現状と展望, 京都大学数理解析研究所 (京都), 2016 年 9 月.

D. 講義

1. 微分積分学演習: 教養学部前期過程, A セメスター, 理科 I 類 1 年 (20–23). 微積分学の演習を行った.
2. 線型代数学演習: 教養学部前期過程, A セメスター, 理科 I 類 1 年 (20–23). 線型代数学の演習を行った.
3. 代数と幾何 (補習): 理学部 2 年生, A セメスター, 数学科進学予定者対象. 「代数と幾何」の補習授業を行った.
4. 数学学修相談室: 教養学部前期過程, S セメスター, A セメスター, 1–2 年生対象. 教養学部生からの数学に関する質問を受け付けた.

G. 受賞

1. 東京大学大学院数理科学研究科研究科長賞 (2015 年度)

連携併任講座 (Special Visiting Chairs)

☆客員教授 (Visiting Professors)

本間 充 (HOMMA Mitsuru)

A. 研究概要

「生活者の Web アクセスログデータを数理的モデルの検討」

生活者個人のアクセスログデータという Big Data の研究。Web アクセスログに加えて、モニターの属性データや、アクセスした Web 特徴情報から、データの活用方法や、新たな分析モデル。さらには、Web のアクセス行動の予測がについて研究を行っている。本研究では、実際の実データを活用して行っている。

Mathematical Models from the Big Data: a true web access data set

We are considering the Models for the Web Access Data. We can use the true Web Access data which are making from marketing survey monitors. We are thinking suitable models.

D. 講義

1. 社会数理先端科学 I (数理大学院)

横山 悦郎 (YOKOYAMA Etsuro)

A. 研究概要

主な研究テーマのひとつは，様々な環境条件に応じて千差万別に成長する結晶の形態（パターン）が出来る上がる仕組を，数理モデルを作って理論的・数値解析的に解明することである．特色としては，実験グループと積極的に共同研究を進める．例えば，国際宇宙ステーション「きぼう」における微小重力環境を使った過冷却水中での氷結晶の形態形成，タンパク質結晶，隕石中に含まれるコンドリュールという鉱物の形成などを行ってきた．そこでは実験結果の解析として画像処理の新しい手法・開発なども手がけている．東大での共同研究では，分子的尺度で平坦な結晶面（ファセット面）において不均一な過飽和度が存在する場合の安定な成長の厳密な取り扱いを数学的・数値解析的に考察した．また結晶成長のみならず，様々な現象の数理モデル確立が研究テーマである．

The morphological prediction of a crystal is interdisciplinary and is related to various subjects, transport and diffusion phenomena, physical chemistry of surface and interface, nucleation, chemical reactions, convection surrounding a crystal, and phase transformation, which involves a lot of mathematical problems. The formation of patterns during the growth of a crystal is a free-boundary problem in which the interface that separates the crystal from a nutrient phase moves under the influence of nonequilibrium conditions. The resulting patterns depend markedly on conditions in the nutrient phase, e.g. temperature and concentration, which influence the growth speed of each element of the interface. Furthermore, the growth speed of each element also depends on the local geometry of the interface, specifically on the interface curvature and the orientation of the interface relative to the crystal axes. One of my recent subjects is as follows : The growth of single ice crystals from supercooled water in presence of antifreeze glycoprotein impurity was studied under microgravity conditions in the Japanese Experiment Module “KIBO" of the International Space Station (ISS). We discussed the oscillations and accelerations of the growth rates of ice crystal.

B. 発表論文

1. Shunsuke Ibaraki, Ryuta Ise, Koichiro Ishimori, Yuya Oaki, Gen Sazaki, Etsuro Yokoyama, Katsuo Tsukamoto and Hiroaki Imai : “Oscillatory growth for

twisting crystals", Chemical Communications", **51**(2015)8516–8519.

2. 横山悦郎 : “雪の成長と形", 低温環境の科学事典, 河村公隆 編集代表, 朝倉書店 (2016)363–364.
3. Yoshinori Furukawa, Ken Nagashima, Shun-ichi Nakatsubo, Izumi Yoshizaki, Haruka Tamaru, Taro Shimaoka, Takehiko Sone, Etsuro Yokoyama, Salvador Zepeda, Takanori Terasawa, Harutoshi Asakawa, Ken-ichiro Murata and Gen Sazakii : “Oscillations and accelerations of ice crystal growth rates in microgravity in presence of antifreeze glycoprotein impurity in supercooled water", Scientific Reports 7, 43157; doi: 10.1038/srep43157 (2017).

C. 口頭発表

1. Morphology, roughening and instability, International Symposium & School on Crystal Growth Fundamentals, “New Insights into Crystal Growth Fundamentals: A tribute to Profs. Ichiro Sunagawa and Pieter Bennema”, Convention Hall of Hotel Sakan, Akiu, Sendai, Japan, November 3-7, 2018.
2. Time dependent change of tip velocities of a dendritic ice crystal in growing from supercooled water, 14th International Conference on the Physics and Chemistry of Ice, PCI-2018 in Zurich Switzerland, January 8-12.
3. Anisotropic impurity effect for ice crystal growth in supercooled water, 14th International Conference on the Physics and Chemistry of Ice, PCI-2018 in Zurich Switzerland, January 8-12.
4. 表面・界面ダイナミクスの数理入門 結晶の成長・溶解蒸発機構とその形態形成 1,2,3 , 表面・界面ダイナミクスの数理 17, 東京大学数理科学, 2019 年 4 月.
5. Anisotropy of surface kinetics based on Burton-Cabrera-Frank type model - history and review-, Université Grenoble Alpes, Séminaire le mardi 17 décembre á 15h55, 2019.

D. 講義

1. 数理科学総合セミナー 2 : 表面・界面ダイナミクスの数理 Mathematical Aspects of Surface and Interface Dynamics– 結晶の成長・溶解蒸発機構とその形態形成について入門となる解説と討論を行った.(数理大学院向け講義) 2019 年 4 月 17 日 (水)-4 月 19 日 (金) 056 号室 及び 2019 年 10 月 16 日 (水)-10 月 18 日 (金) 大講義室 056 号室.

F. 対外研究サービス

1. JOURNAL OF THE PHYSICAL SOCIETY OF JAPAN 編集委員
2. 表面・界面ダイナミクスの数理 17 and 18 組織委員

学振特別研究員 (JSPS Fellow)

大久保 勇輔 (OHKUBO Yusuke)

A. 研究概要

Ding-Iohara-Miki 代数（DIM 代数）と呼ばれるある Hopf 代数の表現論について研究を行った. DIM 代数とは affine 量子群のある種の一般化であり, 量子 toroidal 代数や楕円 Hall 代数とも呼ばれる. この代数が 2 次元共形場理論と 4 次元ゲージ理論のある種の双対性である AGT 対応の q-変形版や, 素粒子物理学の超弦理論において重要な役割を果たす. DIM 代数の 2 種類の表現（ただし自己同型写像を通して同値である）を用いて導入される intertwining 作用素は, refined topological vertex と呼ばれる Nekrasov 分配関数の重要な構成要素を実現することが知られている.

今年度は, この intertwining 作用素を複数合成し, ある表現に関してトレースを取ったものが, スペクトルパラメータを調整すれば, 白石潤一氏によって導入された非定常 Ruijsenaars 関数（の特殊化）を再現することを証明した. 非定常 Ruijsenaars 関数とは楕円 Ruijsenaars 関数の非定常化（Hamiltonian に時間依存性を持たせる変形）にあたる関数であり, あるパラメータを特殊化すると非定常楕円 Calogero-Sutherland 模型の固有関数を与えることが予想されている. さらに intertwining 作用素のある双対公式から, 非定常 Ruijsenaars 関数と Macdonald 関数の楕円 gamma 関数による持ち上げが本質的に同じであることを証明した. その他にも, Macdonald 関数を固有関数に持つある積分作用素を DIM 代数の intertwining 作用素を用いて構成した.

I studied representation theory of the Hopf algebra called the Ding-Iohara-Miki algebra (DIM algebra). The DIM algebra is a generalization of the affine quantum group and called the quantum toroidal algebra or the elliptic Hall algebra. This algebra play an important role in the q-deformed version of the AGT correspondence, the duality of 2D conformal field theories and 4D gauge theories. It is known that the intertwining operators which are introduced by two kinds of representations of the DIM algebra reproduce the refined topological vertex, the important building blocks of the Nekrasov partition functions.

In this year, we proved the non-stationary Ruijsenaars function introduced by Shiraishi can be reproduced from the intertwiners in some specialized case.

The non-stationary Ruijsenaars function corresponds to a 1-parameter deformation of the Ruijsenaars functions, which is conjectured to give the solution of the non-stationary elliptic Calogero-Sutherland equation in a certain limit. (Non-stationary means that the Hamiltonian depends on the time variable.) Moreover, We showed that the non-stationary Ruijsenaars function is essentially same as a lift of Macdonald functions to the elliptic hypergeometric functions. From the intertwining operators of the DIM algebra, we also constructed some integral operator whose eigenfunction is the Macdonald function.

B. 発表論文

1. M. Fukuda, Y. Ohkubo, J. Shiraishi, “Non-stationary Ruijsenaars functions for $\kappa = t^{-1/N}$ and intertwining operators of Ding-Iohara-Miki algebra,” arXiv:2002.00243 [math.QA].
2. M. Fukuda, Y. Ohkubo, J. Shiraishi, “Generalized Macdonald functions on Fock tensor spaces and duality formula for changing preferred direction,” arXiv: 1903.05905 [math.QA].
3. Y. Ohkubo, “Kac determinant and singular vector of the level N representation of DingâĂŞIoharaâĂŞMiki algebra,” Lett. Math. Phys. **109**, no. 1, 33 (2019) [arXiv:1706.02243 [math-ph]].
4. H. Awata, H. Kanno, A. Mironov,

A. Morozov, A. Morozov, Y. Ohkubo and Y. Zenkevich, "Generalized Knizhnik-Zamolodchikov equation for Ding-Iohara-Miki algebra," Phys. Rev. D **96**, no. 2, 026021 (2017) [arXiv:1703.06084 [hep-th]].

5. H. Awata, H. Kanno, A. Mironov, Al. Morozov, An. Morozov, Y. Ohkubo and Y. Zenkevich,"Anomaly in RTT relation for DIM algebra and network matrix models," Nucl. Phys. B **918**, 358 (2017), arXiv:1611.07304 [hep-th].
6. H. Awata, H. Kanno, A. Mironov, Al. Morozov, An. Morozov, Y. Ohkubo and Y. Zenkevich, "Toric Calabi-Yau threefolds as quantum integrable systems. $\mathcal{R}$-matrix and $\mathcal{RTT}$ relations," JHEP **1610**, 047 (2016), arXiv:1608.05351 [hep-th].
7. H. Awata, H. Kanno, T. Matsumoto, A. Mironov, Al. Morozov, An. Morozov, Y. Ohkubo and Y. Zenkevich, "Explicit examples of DIM constraints for network matrix models," JHEP **1607**, 103 (2016), arXiv:1604.08366 [hep-th].
8. H. Awata, H. Fujino and Y. Ohkubo, "Crystallization of deformed Virasoro algebra, Ding-Iohara-Miki algebra and 5D AGT correspondence," J. Math. Phys. **58**, no. 7, 071704 (2017) [arXiv:1512.08016 [math-ph]].

C. 口頭発表

1. Yusuke Ohkubo "Matrix element formula for the intertwiners of the Ding-Iohara-Miki algebra and its application," The 2nd Meeting for Study of Number theory, Hopf algebras and related topics, The University of Toyama, February 2020
2. 大久保勇輔, 白石潤一, 福田真之, 「Ding-Iohara-Miki 代数の 2N 価 intertwining 作用素の行列要素公式」日本数学会秋季大会, 金沢大学, 2019 年 9 月
3. 福田真之, 大久保勇輔, 白石潤一, 「Koornwinder 作用素の Fock 空間上での実現」、日本数学会秋季大会、山形大学、2019 年 9 月
4. Yusuke Ohkubo, "Free field representation of the Koornwinder operator,"Workshop and School "Topological Field Theories, String theory and Matrix Models - 2019," Lebedev Physical Institute (Moscow), August 2019
5. Yusuke Ohkubo, " Generalized Macdonald functions, AGT correspondence and intertwiners of DIM algebra," International Workshop Lie theory and its applications in physics, Bulgarian academy of science (Varna) June 2019
6. Yusuke Ohkubo, "Explicit formula for generalized Macdonald functions and q-deformed AGT correspondence," 研究集会「Algebraic Lie Theory and Representation Theory」, 山喜旅館（静岡県）2019 年 5 月
7. "Explicit formula for generalized Macdonald functions and proving q-deformed AGT conjecture," One day workshop of JSPS-RFBR joint project "Topological Field Theories and String Theory," Nagoya university, March 2019.
8. "Singular vectors of DIM algebra and generalized Macdonald functions arising from AGT correspondence," Keio High Energy Physics Seminars, Keio university, July 2018.
9. "Singular vectors of DIM algebra and generalized Macdonald functions arising from AGT conjecture," Representation Theory Seminar, Kyoto university, June 2018.
10. "Elliptic deformation of the quantum toroidal gl_n algebra," Seminar on Mathematical physics, The Natinal Research University Higher School of Economics (Moscow), March 2018

佐藤 光樹 (SATO Kouki)

A. 研究概要

本年度の研究では，野崎雄太氏・谷口正樹氏との共同研究として，インスタントン・フレアホモロジー上の実数値フィルトレーションに由来するホモロジー同境不変量を構成することに成功した．さらにその応用として，定値交差形式をもつコンパクト 4 次元多様体の境界として実現できないホモロジー 3 球面が無限に存在することを証明した．また，1 手術のフロイショフ不変量が負となる S^3 内の結び目については，正の $1/n$ 手術全体がホモロジー同境群の中で一次独立となっていることを証明した．

In this year, as joint work with Yuta NOZAKI and Masaki TANIGUCHI, we succeeded to construct a homology cobordism invariant derived from a real-valued filtration on the instanton Floer homology. As its application, we proved that there exist infinitely many homology 3-sphere which cannot obtained as the boundary of a compact 4-manifold with definite intersection form. Moreover, if the Frøyshov invariant of the 1-surgery on a knot in S^3, then the positive $1/n$-surgeries are linearly independent in the homology cobordism group.

B. 発表論文

1. K. Sato : “On eigenvalues of double branched covers”, Proc. Amer. Math. Soc. 147 (2019), no. 6, 2707–2722.

C. 口頭発表

1. The nu+ equivalence class of genus one knots, Geometry Topology Seminar, ジョージア工科大学, アメリカ合衆国, 2019 年 3 月.
2. Heegaard Floer ホモロジーに由来する結び目のコンコーダンス不変量, 第 6 6 回トポロジーシンポジウム, 秋田市・にぎわい交流館 AU（あう）, 2019 年 8 月.
3. 単連結な定値コボルディズムとホモロジー同境群, 日本数学会 2019 年度秋季総合分科会, 金沢大学, 2019 年 9 月.
4. Filtered instanton Floer homology and the homology cobordism group I, Gauge Theory Seminar, セントルイス・ワシントン大学, アメリカ合衆国, 2019 年 10 月.
5. Category of formal knot complexes, 研究集会「4 次元トポロジー」, 大阪大学理学部，2019 年 11 月.
6. Region-valued concordance invariant from Heegaard Floer homology, 4-Dimensional Topology and Gauge Theory, エスカル横浜, 2020 年 1 月.

高田 土満 (TAKATA Doman)

A. 研究概要

Atiyah-Singer の指数定理は，コンパクト多様体の解析的不変量（Dirac 作用素と呼ばれるある Fredholm 作用素の指数）が，実は位相的に計算できることを主張する定理である．その定理の無限次元版を与えるのが私の研究の大目標である．具体的には，次の問題を研究している：円周 S^1 のループ群 LS^1 の「固有かつ余コンパクト」な作用を持つ無限次元 $Spin^c$ 多様体に対し，非可換幾何学の枠組みを用いて指数定理を証明せよ．この問題は，Hamiltonian LS^1-space の幾何学的量子化に応用を持つ．

さて，上記の問題は，「局所コンパクト群同変の非コンパクト多様体に対する同変指数定理」の無限次元版である．その定理は，以下のように 3 段階に分けて記述できる：(1) 考えるべき Dirac 作用素は，「一般化された意味で」Fredholm になり解析的指数が定義できる．(2) その指数は，Index element と呼ばれる KK 群の元だけから決まる．(3) その Index element は Symbol element と呼ばれる $\mathcal{R}KK$ 群の要素だけから決まり，逆に Symbol element は Index element だけから決まる（K 理論的 Poincaré 双対）．

本年度は (3) の研究に当たった．正確には，Symbol element を与える写像である「K 理論的 Poincaré 双対写像」の無限次元化を目指して研究を行った．無限次元多様体は局所コンパクトでないため，$\mathcal{R}KK$ 群を素朴に定義することはできない．しかし，$\mathcal{R}KK$ 群の特別な場合である Segal の位相的 RK 理論は任意の位相空間に対して定義できる．したがって，一般の $\mathcal{R}KK$ 理論も，よ

り位相的な手法を用いることで，無限次元多様体に対して定義できても不思議ではない．これが素朴なアイディアで，本年度の研究の最大の成果は，「$\mathcal{R}KK$ 群を無限次元多様体に対して定義し，K 理論的 Poincaré 双対写像を構成した」というものである．昨年度定義した Index element に適用すると自然な $\mathcal{R}KK$ 群の元が得られるという意味で，この構成は「真っ当なもの」であると考えられる．この成果に関する論文は現在執筆中である．

The Atiyah-Singer index theorem states that an analytic quantity of a compact manifold (the index of the Dirac operator) can be computed in terms of algebraic topology. The big goal of my research is to formulate and prove an infinite-dimensional version of this theorem. Concretely, I have been studying the following problem: For an infinite-dimensional $Spin^c$-manifold equipped with an action of the loop group LS^1 of the circle group S^1, formulate and prove the index theorem in terms of noncommutative geometry. This problem has an application to the quantization of Hamiltonian LS^1-spaces.

The above problem is an infinite-dimensional version of the equivariant index theorem for a non-compact manifold equipped with a proper and co-compact action of a locally compact group. This theorem can be divided into three parts: (1) The equivariant Dirac operator is Fredholm in a generalized sense, and it has well-defined analytic index; (2) This index is determined by a KK-element called the "index element"; and (3) The index element is determined by the "symbol element" which is an element of the $\mathcal{R}KK$-group, and vice versa (K-theoretical Poincré duality).

In this year, I studied (3). More precisely I focused on the construction of an infinite-dimensional version of the K-theoretical Poincré duality map which maps the index element to the symbol element. At first sight one finds it impossible to define the $\mathcal{R}KK$-group of infinite-dimensional manifolds, because infinite-dimensional manifolds are non-locally compact. However, Segal's topological RK-group which is a special case of the $\mathcal{R}KK$-group, can be defined for arbitrary topological space. This suggests that it might be possible, by some much more topological methods, to define the $\mathcal{R}KK$-group for infinite-dimensional manifolds. Following this naive idea, I formulated the $\mathcal{R}KK$-group of infinite-dimensional manifolds, and I constructed an infinite-dimensional version of the K-theoretical Poincré duality map. This is the biggest outcome of this year. This construction is not strange in the sense that the map sends the index element constructed the last year by me to a certain natural element. I am writing a paper on this outcome.

B. 発表論文

1. D. Takata : "LT-equivariant Index from the Viewpoint of KK-theory A Global Analysis on the Infinite-dimensional Heisenberg Group", Journal of Geometry and Physics. **150** (2020).
2. D. Takata : "An infinite-dimensional index theorem and the Higson-Kasparov-Trout algebra", 1811.06811. preprint.
3. D. Takata : "A Loop Group Equivariant Analytic Index Theory for In finite-dimensional Manifolds", doctoral thesis (Kyoto university), (2018).
4. D. Takata : "Noncommutative geometry and an index theory of infinite-dimensional manifolds", In: Quantum Theory and Symmetries with Lie Theory and Its Applications in Physics Volume 1, Springer Proceedings in Mathematics and Statistics, **18**, (2018), pp. 377-381, Springer.
5. D. Takata : "An Analytic LT-equivariant Index and Noncommutative Geometry", Journal of Noncommutative Geometry, **13** (2019), no. 2, pp. 553âĂŞ586.
6. D. Takata : "Naturality of FHT isomor-

phism", Journal of GGT, **10**, 2016, pp. 1-41.

C. 口頭発表

1. An infinite-dimensional index theory and the Higson-Kasparov-Trout algebra, 作用素環セミナー，東京大学，2019 年 12 月
2. Loop group and an index theory for infinite-dimensional manifolds, Geometry and Topology Seminar, Washington University in St. Louis, April 2019.
3. Towards the infinite-dimensional-version index theorem: the latter half of the assembly map, The Pennsylvania State University (U.S.A.), March 2019.
4. Towards the infinite-dimensional-version index theorem: Poincaré duality, Noncommutative geometry seminar, The Pennsylvania State University (U.S.A.), February 2019.
5. 指数定理とその展開, ミラー対称性の諸相, 京都大学，2018 年 9 月.
6. Towards an infinite-dimensional index theorem, 作用素環の最近の進展，京都大学，2018 年 8 月.
7. Towards an infinite-dimensional index theorem, K-theory and index theory, Kyoto University, August 2018.
8. 無限次元多様体の解析的指数と KK 理論，愛媛大学談話会，愛媛大学，2018 年 5 月.
9. 無限次元多様体の解析的指数と KK 理論，火曜トポロジーセミナー，東京大学，2018 年 5 月.
10. An analytic index theory for infinite-dimensional manifolds and KK-theory, Workshop on Noncommutative Geometry and Representation Theory, Sichuan University (China), May 2018.

F. 対外研究サービス

1. Operator K-Theory in Geometry, Topology and Representation Theory (Gennadi Kasparov 70) ローカルオーガナイザー，2019 年 6 月.

土谷 昭善 (TSUCHIYA Akiyoshi)

A. 研究概要

全ての頂点が格子点となっている格子凸多面体の組合せ論，代数，幾何的な性質を中心に研究している．今年度の研究の中で特に次の 2 つの結果に関して説明する．

1. Nef 分割の具体的な構成:

反射的凸多面体は Gorenstein トーリック Fano 多様体と 1 対 1 に対応する格子凸多面体の重要なクラスである．Batyrev は反射的凸多面体の双対性を用いて，Calabi-Yau 超曲面のミラーペアーを構成する方法を提唱した．一方で，Batyrev と Borisov はその構成法の一般化として，nef 分割と呼ばれる反射的凸多面体のあるミンコフスキー分解，そしてその双対性から Calabi-Yau 完全交叉のミラーペアーを構成する方法を提唱した．しかし反射的凸多面体に比べて，nef 分割の具体例はあまり知られていなかった．そこでグレブナー基底などの可換環論の手法を用いることで，順序凸多面体，鎖凸多面体と呼ばれる有限半順序集合に付随する格子凸多面体から nef 分割の豊富な類を構成した（大杉英史氏と日比孝之氏との共同研究）．また単模配置と呼ばれる最適化問題等で重要な行列から同じく nef 分割の豊富な類を構成した（大杉英史氏との共同研究）.

2. Perfectly contractile graph と付随するトーリックイデアルの二次生成性:

Perfect graph はグラフ理論における重要なクラスである．あるグラフが perfect である必要十分条件は, それが odd hole も odd antihole も持たないことであり，この結果は Strong Perfect Graph Theorem と呼ばれ, 長い間未解決であった．この結果を用いることで，perfect graph の多面体的，また代数的特徴づけが与えられる．実際，あるグラフが perfect である必要十分条件は付随する安定集合凸多面体が圧搾的であることであり，さらにこれは付随するトーリックイデアルが任意の逆辞書式順序において squarefree となることと同値である．一方，Perfectly contractile graph は重要な perfect graph のクラスである．Perfectly contractile graph の特徴づけは未だに未解決であり，最重要課題である．実際，あるグラフが Perfectly contractile である必要十分条件はそれが odd hole, antihole, odd stretcher を持たない

ことであると予想されている．この解決に向け Perfectly contractile graph のトーリックイデアルについて調べた．そして perfect graph が perfectly contractile である必要十分条件は付随するトーリックイデアルが 2 次生成であるという予想を提唱した．実際，重要な perfectly contractile graph のクラスである Meyniel graph, perfectly orderable graph, clique separable graph に関してはこの予想が正しいことを示した（大杉英史氏と柴田和樹氏との共同研究）．特に，これまで 2 次生成が知られていた主要なグラフのクラスをすべて含んでおり，これまでの結果の大幅な改良にもなっている．

この他にも，格子凸多面体を中心に，旗多様体の“良い"部分多様体である Hessenberg 多様体のコホモロジー環の研究などにおいても結果を得ている（榎園誠氏，長岡高広氏，堀口達也氏との共同研究）．

I have studied lattice polytopes, which are convex polytopes all of whose vertices are lattice points, from viewpoints of combinatorics, algebra and geometry. I explain the following two results.

1. Many examples of nef-partitions:

Reflexive polytopes form one of the distinguised classes of lattice polytopes, which correspond to Gorenstein toric Fano varities. Batyrev gave explicit constructions of mirrors of Calabi-Yau hypersurfaces by using reflexive polytopes and their duality. On the other hand, Batyrev and Borisov gave explicit constructions of mirrors of Calabi-Yau complete intersections by using nef-partitions, which are Minkowski decompositions of reflexive polytopes, and their duality as a generalization of the Batyrev's construction. However, there are few (non-trivial) examples of nef-partitions in higher dimension. Therefore, I gave a large family of nef-partitions arising from order polytopes and chain polytopes, which are important lattice polytopes associated to finite partially ordered sets (in collaboration with Takayuki Hibi and Hidefumi Ohsugi). And I also gave a large family of nef-partitions arising from unimodular configurations, which are important matrices in integer programing by using algebraic methods of Gröbner basis (in collaboration with Hidefumi Ohsugi).

2. Perfectly contractile graphs and quadratic toric rings:

Perfect graphs form one of the distinguished classes of finite simple graphs. It is known that a graph is perfect if and only if it has no odd hole and no odd antihole as induced subgraphs, which is called the Strong Perfect Graph Theorem. By using this result, we can give polyhedral and algebraic characterizations of perfect graphs. In fact, a graph is perfect if and only if its stable set polytope is compressed, equivalently, the initial ideal of its toric ideal is squarefree with respect to any reverse lexicographic order. On the other hand, perfectly contractile graphs form an important class of perfect graphs. One of the most important open problems is to characterize perfectly contractile graphs. In fact, it is conjectured that a graph is perfectly contractile if and only if it has no odd hole, no antihole and no odd stretcher. In order to solve this problem, I studied the toric ideals of perfectly contractile graphs. In fact, I conjectured that a perfect graph is perfectly contractile if and only if the toric ideal is generated by quadratic binomials, and I showed that this conjecture is true for Meyniel graphs, perfectly orderable graphs and clique separable graphs, which are important classes of perfectly contractile graphs (in collaboration with Hidefumi Ohsugi and Kazuki Shibata).

Moreover, I obtained several results on lattice polytopes and the cohomology rings of Hessenberg varieties, which are “nice" subvarieties of flag varieties (in collaboration with Makoto Enokizono, Tatsuya Horiguchi and Takahiro Nagaoka).

B. 発表論文

1. T. Hibi, N. Li, T. X. Li, L. Mu and A. Tsuchiya : “Order-Chain Polytopes”, Ars

Math. Contemp. **16** (2019) 299–317.

2. T. Hibi, A. Higashitani, A. Tsuchiya and K. Yoshida : “Ehrhart polynomials with negative coefficients”, Graphs Combin. **35** (2019) 363–371.
3. A. Tsuchiya : “Ehrhart polynomials of lattice polytopes with normalized volumes 5”, J. Comb. **10** (2019) 283–290.
4. T. Hibi and A. Tsuchiya : “Reflexive polytopes arising from partially ordered sets and perfect graphs”, J. Algebraic Combin. **49** (2019) 69–81.
5. F. Liu and A. Tsuchiya : “Stanley's non-Ehrhart-positive order polytopes”, Adv. in Appl. Math. **108** (2019) 1–10.
6. T. Hibi, K. Matsuda and A. Tsuchiya : “Edge rings with 3-linear resolutions”, Proc. Amer. Math. Soc. **147** (2019) 3225–3232.
7. T. Hibi and A. Tsuchiya : “The depth of a reflexive polytope”, Arch. Math. (Basel) **113** (2019) 265–272.
8. T. Hibi, A. Tsuchiya and K. Yoshida : “Gorenstein simplices with a given δ-polynomial”, Discrete Math. **342** (2019) 111619.
9. T. Hibi and A. Tsuchiya : “Odd cycles and Hilbert functions of their toric rings”, Mathematics **8** (2020) 22.
10. A. Tsuchiya : “The reflexive dimension of $(0, 1)$-polytopes”, to appear in "Interactions with Lattice Polytopes," Springer Proceedings in Mathematics and Statistics.
11. T. Hibi, H. Ohsugi and A. Tsuchiya : “Integer decomposition property for Cayley sums of order and stable set polytopes”, to appear in Michigan Math. J.
12. T. Hibi and A. Tsuchiya : “Classification of lattice polytopes with small volumes”, to appear in J. Comb.
13. H. Ohsugi and A. Tsuchiya : “Enriched chain polytopes”, to appear in Israel J. Math.
14. T. Hibi and A. Tsuchiya : “Depth of an initial ideal”, to appear in "Combinatorial structures in algebra and geometry," Springer Proceedings in Mathematics and Statistics.
15. H. Ohsugi and A. Tsuchiya : “Nef-partitions arising from unimodular configurations”, to appear in Math. Nachr.
16. H. Ohsugi and A. Tsuchiya : “Enriched order polytopes and enriched Hibi rings", to appear in Eur. J. Math.
17. T. Hibi, K. Kimura, K. Matsuda and A. Tsuchiya : “Regularity and a-invariant of Cameron–Walker graphs", arXiv:1901.01509.
18. H. Ohsugi and A. Tsuchiya : “The h^*-polynomials of locally anti-blocking lattice polytopes and their γ-positivity", arXiv:1906.04719.
19. A. Tsuchiya : “Edge rings of bipartite graphs with linear resolutions", arXiv:1908.05678.
20. H. Ohsugi, K. Shibata and A. Tsuchiya : “Perfectly contractile graphs and quadratic toric rings", arXiv:1911.12345.
21. M. Enokizono, T. Horiguchi, T. Nagaoka and A. Tsuchiya : “Uniform bases for ideal arrangements", arXiv:1912.02448.
22. M. Enokizono, T. Horiguchi, T. Nagaoka and A. Tsuchiya : “An additive basis for the cohomology rings of regular nilpotent Hessenberg varieties", arXiv:1912.11763.

C. 口頭発表

1. Enriched Hibi rings，東京可換環論セミナー，東京大学 (東京)，2019 年 5 月 20 日.
2. Cayley sums of lattice polytopes and Oda's question，特異点論セミナー，日本大学 (東京)，2019 年 6 月 3 日.
3. Ehrhart theory and interior polynomials, Recent advances in matroids and Tutte polynomials, Hokkaido University (Hokkaido, Japan), July 22–26, 2019.
4. 格子凸多面体に付随する h^* 多項式と二

部グラフに付随する内部多項式，Japanese Conference on Combinatorics and its Applications (JCCA2019)，ミニシンポジウム (グラフ理論)，都城工業高等専門学校 (宮崎), 2019 年 8 月 27 日–29 日.

5. 反射的凸多面体とグレブナー基底，組合せ論と可換代数オータムセミナー，静岡大学 (静岡), 2019 年 9 月 28 日–30 日.
6. Gamma-positivity in Ehrhart theory, Discrete Geometric Structure Seminar, 北海道大学 (北海道), 2019 年 10 月 24 日.
7. Locally anti-blocking lattice polytopes and their h^*-polynomials, Commutative Algebra and Lattice Polytopes, RIMS (Kyoto, Japan), October 28 – November 1, 2019.
8. Two enriched poset polytopes, Toric Topology 2019 in Okayama, Okayama University of Science (Okayama, Japan), November 18–21, 2019.
9. Two enriched poset polytopes, Oberseminar DIGO: Diskrete Mathematik, Geometrie und Optimierung, Goethe-UniversitÃđt Frankfurt (Frankfurt, Germany), December 10,
10. Construction of nef-partitions via the technique on Gröbner bases，東京可換環論セミナー，東京大学 (東京)，2020 年 1 月 14 日.

橋詰 健太 (HASHIZUME Kenta)

A. 研究概要

今年度の主な研究は対数的標準対に関する極小モデル理論の研究であり、Zheng-Yu Hu 氏との共同研究である。この研究では、Birkar–Cascini–Hacon–M^{c}Kernan の 4 氏による川又対数的端末対に関する極小モデル理論を対数的標準対へ部分的に拡張することを行った。彼らの結果により双有理幾何学は大きな発展を遂げており、多くの最先端の結果の証明には彼らの結果が使われている。この結果の一部を対数的標準対に拡張することによって、幾つかの重要な定理を対数的標準対の枠組みに一般化できることが期待される。さらに、彼らの結果を対数的標準対に完全に一般化することができれば極小モデル理論が解決されることが現在知られている。Hu 氏との研究の結果、(X, Δ) を射影的対数的標準対とした場合、対数的標準因子が巨大かつ全ての対数的標準中心が 3 次元以下の場合、または Δ が豊富な有効因子を含む場合に (X, Δ) についての極小モデル理論を証明した。厳密には、上記の状況において、極小モデルの存在とアバンダンス予想を証明した。この結果により、Q-分解的な対数的標準ファノ型多様体が森夢空間であることや、極小モデルまたは森ファイバー空間の存在を仮定した場合の極小モデルプログラムの停止性など、川又対数的端末対における重要な結果の対数的標準対への一般化を得た。さらに対数的標準対に関する特別な標準束公式も得た。これらの結果をまとめたものは共著論文として J. Reine Angew. Math. 誌に掲載予定である。

また、対数的標準対の極小モデルプログラムによって得られる複数の極小モデルの関係についての研究も行った。具体的には、対数的標準対から始まる極小モデルプログラムによって 2 つの極小モデルが得られたとき、端射線収縮による小さな双有理射とフロップと呼ばれる双有理射の列で繋ぐことが可能であることが分かった。この結果を応用することによって、極小モデルプログラムによって得られる 2 つの極小モデルについて、構造層のコホモロジーの次元とカルティエ指数と呼ばれるものが一致することが分かった。これらの結果も、川又対数的端末対では知られていたが、対数的標準対では知られておらず、上記の Hu 氏との共同研究の応用の一つである。この結果は単著論文としてまとめ、とある学術雑誌に投稿中である。

The main theme of this year is a study of the minimal model theory for log canonical pairs, and this study is a joint work with Zheng-Yu Hu. In this theme, we partially generalized the minimal model theory for Kawamata log terminal pairs by Birkar–Cascini–Hacon–M^{c}Kernan to log canonical pairs. With their results, the birational geometry progressed significantly, and proofs of a lot of new results

needs their results. By extending their results partially to log canonical pairs, we may expect that we can generalize some important theorems to the frame work of log canonical pairs. Furthermore, it is known that full generalization of their results to log canonical pairs implies complete establishment of the minimal model theory. By the work with Hu, we proved the minimal model theory for projective log canonical pairs (X, Δ) in the case when its log canonical divisors is big and all lc centers are at most 3-dimensional, or Δ contains an effective ample divisor. With this result, we obtain a generalization of some important results for Kawamara log terminal pairs to log canonical pairs, for example, that Q-factorial varieties of log canonical Fano type are Mori dream spaces, and termination of log minimal model program under assumption on existence of log minimal models or Mori fiber spaces. Moreover, a special kind of canonical bundle formula for log canonical pairs was proved. These results will be published as a co-authored paper by J. Reine Angew. Math.

I also studied relations between log minimal models constructed with log minimal model program for a log canonical pair. More specifically, I proved that if we obtain two log minimal model constructed with log minimal model program starting with a log canonical pair, one can connect the two log minimal models by a sequence of extremal contractions and flops. By applying this result, I proved that dimensions of cohomology of structure sheaves and Cartier indices of the two log minimal models constructed with log minimal model program are the same. This result is contained in a single authored paper which is now submitted to a journal.

B. 発表論文

1. K. Hashizume : "Remarks on the abundance conjecture", Proc. Japan Acad. Ser A. Math. Sci. **92** (2016) 101–106.
2. K. Hashizume : "Finite generation of adjoint ring for log surfaces", J. Math. Sci. Univ. Tokyo **23** (2016) 741–761.
3. K. Hashizume : "On the Non-vanishing Conjecture and Existence of Log Minimal Models", Publ. Res. Inst. Math. Sci. **54** (2018) 89–104.
4. K. Hashizume : "Minimal model theory for relatively trivial log canonical pairs", Ann. Inst. Fourier (Grenoble) **68** (2018) 2069–2107.
5. K. Hashizume : "Remarks on special kinds of the relative minimal model program", Manuscripta Math. **160** (2019) 285–314.
6. K. Hashizume : "Non-vanishing theorem for lc pairs admitting a Calabi–Yau pair", Math. Res. Lett. **26** (2019) 1097–1113.
7. Kenta Hashizume, Yusuke Nakamura and Hiromu Tanaka : "Minimal model program for log canonical threefolds in positive characteristic", to appear in Math. Res. Lett.
8. K. Hashizume : "A class of singularity of arbitrary pairs and log canonicalizations", to appear in Asian J. Math.
9. K. Hashizume and Zheng-Yu Hu : "On minimal model theory for log abundant lc pairs", to appear in J. Reine Angew. Math.

C. 口頭発表

1. Minimal model program for log canonical threefolds in positive characteristic, 代数幾何学小研究集会, 大阪大学大学院理学研究科, 2018 年 2 月.
2. 極小モデル予想と非消滅予想, 日本数学会 2018 年度年会, 東京大学, 2018 年 3 月.
3. A class of singularity of arbitrary pairs and log canonicalizations, London-Tokyo Workshop In Birational Geometry, Imperial College London (イギリス), 2018 年 5 月.
4. A class of singularity of arbitrary pairs and log canonicalizations, Younger gen-

erations in Algebraic and Complex geometry V, 函館コミュニティプラザ G-スクエア, 2018 年 8 月.

5. A class of singularity of arbitrary pairs and log canonicalizations, DPMMS algebraic geometry seminar, University of Cambridge (イギリス), 2018 年 11 月.
6. On existence of small lc modification and log canonicalization for normal varieties, 代数幾何学セミナー, 大阪大学大学院理学研究科, 2019 年 1 月.
7. On existence of small lc modification and log canonicalization for normal varieties, 第 24 回代数若手研究会, 東京大学大学院数理科学研究科, 2019 年 2 月.
8. On minimal model theory for log canonical pairs with big boundary divisors, 代数幾何セミナー, 東京大学大学院数理科学研究科, 2019 年 5 月.
9. On minimal model theory for log canonical pairs with big boundary divisors, 代数幾何セミナー, 京都大学大学院理学研究科, 2019 年 11 月.
10. On minimal model theory for log canonical pairs with big boundary divisors, MAGIC seminar, Imperial College London (イギリス), 2020 年 1 月.

G. 受賞

2019 年度日本数学会賞建部賢弘奨励賞

藤田 直樹 (FUJITA Naoki)

A. 研究概要

Newton-Okounkov 凸体は偏極多様体およびその関数体上の付値から作られる凸体であり, トーリック多様体に対するモーメント多面体の拡張となっている. その理論は偏極多様体のトーリック退化を構成する系統的な枠組みを与えており, 旗多様体やシューベルト多様体の場合には, ストリング多面体, 中島-Zelevinsky 多面体, Feigin-Fourier-Littelmann-Vinberg 多面体などの表現論に由来する種々の特殊多面体をそれらの Newton-Okounkov 凸体として実現することができる. 本研究の目的の一つはクラスター代数の枠組みを用いてこれらの Newton-Okounkov 凸体たちの間の具体的な関係を与えることである.
クラスター代数は全正値性の理論や標準基底に対する組合せ論的なアプローチを発展させるために Fomin-Zelevinsky によって導入された概念である. Gross-Hacking-Keel-Kontsevich はクラスター代数の理論を用いて偏極多様体のトーリック退化を構成する一般的な枠組みを導入した. 今年度は Gross-Hacking-Keel-Kontsevich によるトーリック退化と Newton-Okounkov 凸体を関連付け, ストリング多面体と 中島-Zelevinsky 多面体がクラスター構造から生じる Newton-Okounkov 凸体として実現できることを証明した. この結果と 柏原-Kim による上側大域基底の g-ベクトルの理論を組み合わせることで, カルタン行列が対称である場合にストリング多面体および 中島-Zelevinsky 多面体がすべて tropicalized cluster mutation の繰り返しによって移り合うことが示される. この研究は芝浦工業大学の大矢浩徳氏との共同研究である.

A Newton-Okounkov body is a convex body constructed from a polarized variety with a valuation on the function field, which generalizes the notion of moment polytopes for toric varieties to arbitrary projective varieties. The theory of Newton-Okounkov bodies gives a systematic method of constructing toric degenerations of polarized varieties. In the case of flag varieties and Schubert varieties, their Newton-Okounkov bodies realize the following representation-theoretic polytopes: string polytopes, Nakashima-Zelevinsky polytopes, and Feigin-Fourier-Littelmann-Vinberg polytopes. One of our aim is to give concrete relations among these Newton-Okounkov bodies using the framework of cluster algebras.
Cluster algebras were introduced by Fomin-Zelevinsky to develop a combinatorial approach to total positivity and to the dual canonical basis. Gross-Hacking-Keel-Kontsevich showed that the theory of cluster algebras gives a general framework to obtain toric degener-

ations of polarized varieties. In this academic year, we related Gross-Hacking-Keel-Kontsevich's toric degenerations with Newton-Okounkov bodies, and realized string polytopes and Nakashima-Zelevinsky polytopes as Newton-Okounkov bodies arising from cluster structures. Combining this with Kashiwara-Kim's theory of g-vectors of the upper global basis, we proved that if the Cartan matrix is symmetric, then string polytopes and Nakashima-Zelevinsky polytopes are all related by tropicalized cluster mutations. This is joint work with Hironori Oya at Shibaura Institute of Technology.

B. 発表論文

1. H. Abe, N. Fujita, and H. Zeng: "Geometry of regular Hessenberg varieties", Transform. Groups に掲載予定.
2. N. Fujita and H. Oya: "Newton-Okounkov polytopes of Schubert varieties arising from cluster structures", preprint 2020, arXiv:2002.09912v1.
3. N. Fujita: "Polyhedral realizations of crystal bases and convex-geometric Demazure operators", Selecta Math. (N.S.) **25** (2019), Paper No. 74, 35 pages.
4. N. Fujita: "Newton-Okounkov bodies for Bott-Samelson varieties and string polytopes for generalized Demazure modules", J. Algebra **515** (2018), 408–447.
5. N. Fujita, E. Lee, and D. Y. Suh: "Algebraic and geometric properties of flag Bott-Samelson varieties and applications to representations", preprint 2018, arXiv:1805.01664v2.
6. N. Fujita: "Folding procedure for Newton-Okounkov polytopes of Schubert varieties", Comm. Algebra **46** (2018), 2666–2692.
7. M. Bernal Guillén, D. Corey, M. Donten-Bury, N. Fujita, and G. Merz: "Khovanskii bases of Cox-Nagata rings and tropical geometry", in Combinatorial Algebraic Geometry, Fields Inst. Commun. Vol. 80, Springer, New York, 2017, 159–179.
8. N. Fujita and H. Oya: "A comparison of Newton-Okounkov polytopes of Schubert varieties", J. Lond. Math. Soc. (2) **96** (2017), 201–227.
9. N. Fujita and S. Naito: "Newton-Okounkov convex bodies of Schubert varieties and polyhedral realizations of crystal bases", Math. Z. **285** (2017), 325–352.

C. 口頭発表

1. "Newton-Okounkov polytopes of flag varieties and tropicalized cluster mutations", 第 15 回代数・解析・幾何学セミナー, 鹿児島大学, 2020 年 2 月.
2. "Newton-Okounkov polytopes of flag varieties from cluster algebras", Toric Topology 2019 in Okayama, Okayama University of Science, 岡山, 日本, 2019 年 11 月.
3. "Classification of weak Fano Hessenberg varieties", Hessenberg varieties 2019 in Osaka, Osaka City University, 大阪, 日本, 2019 年 11 月.
4. "Newton-Okounkov bodies of Schubert varieties and tropicalized cluster mutations" (short talk), Degeneration Techniques in Representation Theory, MFO, Oberwolfach, ドイツ, 2019 年 10 月.
5. "Recursive constructions of Nakashima-Zelevinsky polytopes", 日本数学会 2019 年度秋季総合分科会・代数学分科会, 金沢大学, 2019 年 9 月.
6. "Cluster algebras and Newton-Okounkov bodies I, II, III" (lecture series), Intensive Lecture Series, IBS Center for Geometry and Physics, Pohang, 韓国, 2019 年 8 月.
7. "Newton-Okounkov bodies of flag varieties from their cluster structures", Mutations: Mirror Symmetry, Deformations, and Combinatorics, BIRS, Banff,

カナダ, 2019 年 8 月.

8. “Weak Fano Hessenberg varieties from Richardson varieties”, Algebraic Lie Theory and Representation Theory 2019, 静岡県伊東市, 2019 年 5 月.
9. “Tensor product representations from Newton-Okounkov bodies”, 第 15 回数学総合若手研究集会, 北海道大学, 2019 年 3 月.
10. “Nakashima-Zelevinsky polytopes from convex-geometric Demazure operators”, 南大阪代数セミナー, 大阪府立大学 I-site なんば, 2018 年 12 月.

戸次 鵬人 (BEKKI Hohto)

A. 研究概要

本年度は，昨年度まで研究してきた Hecke の積分公式の，コホモロジー論的解釈の研究を行った．ここで，Hecke の積分公式というのは，g 次代数体のゼータ関数を，GL_g の Eisenstein 級数のトーラス周期として表示する解析的な公式である．このような解析的な公式は，代数体が総実体や CM 体などの特殊な場合には，Harder, Sczech による研究をはじめとした先行研究において，Eisenstein コサイクルあるいは新谷コサイクルと呼ばれる特別なコサイクルを用いてコホモロジー論的に解釈され，その応用として，代数体のゼータ関数の臨界的な特殊値の研究が行われてきた．本年度の研究では，このようなコホモロジー論的解釈を一般の代数体の場合に与えることを目的に研究を行った．一般の代数体の場合，単数群の階数が小さくなることや，ゼータ関数の特殊値が非臨界的であることが難点となっているが，Vlasenko-Zagier による実二次体の非臨界的特殊値を扱う研究や，坂内-萩原-山田-山本による幾何学的な新谷コサイクルの構成を手がかりに，これらの難点を克服し得る方針が立った．その後，問題をいくつかの具体的なコホモロジー群の計算に帰着し，現在も取り組んでいる．

This year I studied a cohomological interpretation of the Hecke integral formula. The Hecke integral formula is an analytic formula which saids that a certain torus period of the Eisenstein series for GL_g is equal to the zeta function of a number field of degree g. In some cases where the number field is totally real or CM, some cohomological interpretations of this integral formula had been obtained by Harder, Sczech, etc. More precisely, they constructed certain cocycles called Eisenstein cocycle or Shintani cocycle which are the algebraic counterparts of Eisenstein series. An objective of the study this year was to extend these previous works to the case of general number fields. The difficulty with the case of general number fields comes from the fact that the rank of the unit group is smaller than the degree of these cocycles. Inspired by the works by Vlasenko-Zagier and Bannai-Hagihara-Yamada-Yamamoto, I obtained some ideas to get over this difficulty. I reduced the problem to some explicit computations of certain cohomology groups. This study is still in progress.

B. 発表論文

1. H. Bekki, “The relative Hecke integral formula for an arbitrary extension of number fields”, J. Number Theory **197** (2019), 185–217.
2. H. Bekki, “On periodicity of geodesic continued fractions: a precis”, to appear in RIMS Kôkyûroku Bessatsu.
3. H. Bekki, “On periodicity of geodesic continued fractions”, J. Number Theory **177** (2017), 181–210.

C. 口頭発表

1. 代数体の拡大に付随する相対ゼータ関数の Hecke 型積分表示と Kronecker 極限公式, 神戸大学代数セミナー, 神戸大学, 2019 年 12 月.
2. 測地線連分数とその周期性について, 紀尾井町数理セミナー, 城西大学, 2019 年 10 月.
3. The Hecke integral formula and the Kronecker limit formula for an extension of

number fields, Regulators in Niseko 2019, Hilton Niseko Village, 2019 年 9 月.

4. 代数体の拡大に付随する相対ゼータ関数の Hecke 型積分表示と Kronecker 極限公式について, 概均質セミナー, 早稲田大学, 2019 年 5 月.
5. On the geodesic continued fraction and its periodicity, Diophantine Analysis and Related Fields 2019, University of Tsukuba, 2019 年 3 月.
6. 代数体の拡大に付随する相対ゼータ関数の Hecke 型積分表示と Kronecker 極限公式について, 複素領域における函数方程式とその周辺, 広島大学, 2019 年 3 月.
7. Geodesic continued fraction for Shimura curves and its periodicity, 第 17 回北陸数論研究集会, 金沢, 2018 年 12 月.
8. Geodesic continued fraction on Shimura curves, 第 12 回玉原特殊多様体研究集会, 玉原国際セミナーハウス, 2018 年 9 月.
9. On the periodicity of geodesic continued fractions, Hausdorff Trimester Program Periods in Number Theory, Algebraic Geometry and Physics, Trimester Seminar/MPIM Number theory lunch seminar, Max Planck Institute for Mathematics（ドイツ）, 2018 年 3 月.
10. Hecke's integral formula and Kronecker's limit formula for an arbitrary extension of number fields, Hausdorff Trimester Program Periods in Number Theory, Algebraic Geometry and Physics, Trimester Seminar/MPIM Number theory lunch seminar, Max Planck Institute for Mathematics（ドイツ）, 2018 年 3 月.

松井 紘樹 (MATSUI Hiroki)

A. 研究概要

可換ネーター環上の加群圏の局所化部分圏の分類が 1961 年に Gabriel によって与えられて以降，様々な分野においてその類似や一般化が考えられている．例えば，Krause は加群圏の wide 部分圏の分類をそこで導入された Zariski スペクトラムの coherent 部分集合を用いて与えている．私は論文 [3] において，高橋亮氏との共同研究でこれらのさらなる一般化を考えた．具体的には，与えられた (∞ も許した) 非負整数 n に対して，加群圏の n-wide 部分圏，Zariski スペクトラムの n-coherent 部分集合の概念を定義し，これらの間に一対一対応が存在することを示した．この結果は Gabriel ($n = 0$), Krause ($n = 1$), Takahashi ($n = \infty$) を含むものである．さらに論文 [2] において Nam, Takahashi, Tri, Yen との共同研究で，可換ネーター環の特殊化閉集合の（局所）コホモロジー次元が n 以下ならばその補集合が n-coherent となることを示した．この結果は $n = 1$ に対する Angeleri Hügel, Marks, Šťovíček, Takahashi and Vitória の結果の一般化となる．

In 1961, Gabriel proved that the classification of the localizing subcategories of modules over a commutative noetherian ring via the specialization closed subsets of the Zariski spectrum. Since then, this result has had a great impact on various areas of mathematics. As a variant of this result, Krause gave the classification of wide subcategories of modules via the coherent subsets of the Zariski spectrum. In [3] (which is joint work with Ryo Takahashi), we introduced the notion of n-wide subcategories of modules and n-coherent subsets of the Zariski spectrum for a (possibly infinite) non-negative integer n. Also, we gave a one-to-one correspondence between the n-wide subcategories of modules and the n-coherent subsets of the Zariski spectrum. This result recovers result of Gabriel ($n = 0$), Krause ($n = 1$), Takahashi ($n = \infty$). Moreover, we consider a generalization of result by Angeleri Hügel, Marks, Šťovíček, Takahashi and Vitória, which states that the (local) cohomological dimension of a specialization-closed subset at most 1 if and only if its complement is coherent. Precisely, in [2] (which is joint work with Nam, Takahashi, Tri and Yen), we prove that if the cohomological dimension of a specialization-closed subset is at most n, then

its complement is n-coherent. We also gave the converse implication for some special cases.

B. 発表論文

1. O. Celikbas and H. Matsui and A. Sadeghi: "On an example concerning the second rigidity theorem", arXiv:1908.02167.
2. H. Matsui and T. T. Nam and and R. Takahashi N. M. Tri and D. N. Yen: "Cohomological dimensions of specialization-closed subsets and subcategories of modules", arXiv:1912.05776.
3. H. Matsui and R. Takahashi: "Filtrations in module categories, derived categories and prime spectra", arXiv:1912.10584.
4. H. Matsui and R. Takahashi: "Construction of spectra of triangulated categories without tensor structure with applications to commutative rings", to appear in J. Math. Soc. Japan.
5. H. Matsui: "Serre's condition for tensor products and n-Tor-rigidity of modules", arXiv:2002.11951.

C. 口頭発表

1. Construction of spectra from triangulated categories with applications to commutative algebra, 東京可換環論セミナー, 東京大学, 2019 年 6 月.
2. On the second rigidity theorem and the Tor-rigidity of modules, 第 32 回可換環論セミナー, 弘前大学, 2019 年 6 月.
3. 三角圏のスペクトラムとその可換環論への応用, 第 64 回代数学シンポジウム, 東北大学, 2019 年 9 月.
4. On the second rigidity theorem and Tor-rigidity of modules, 日本数学会 2019 年度秋季分科会, 金沢大学, 2019 年 9 月.
5. Cohomological dimensions of specialization-closed subsets and subcategories of modules, 第 41 回可換環論シンポジウム, 倉敷シーサイドホテル, 2019 年 11 月.

丸橋 広和 (MARUHASHI Hirokazu)

A. 研究概要

以下の内容は九州大学の蔦谷充伸氏との共同研究に基づく。G を連結半単純 Lie 群、Γ を G のねじれのない一様格子、$G = KAN$ を G の岩澤分解、$M = Z_K(A)$ とする。MAN の $\Gamma\backslash G$ への右掛け算による作用の軌道葉層を $\Gamma\backslash G/M$ に落としてできる $\Gamma\backslash G/M$ の葉層構造を $\mathcal{F}$ とする。Lie 環を対応する小文字の Fraktur で表すことにする。V を有限次元 (man, M) 加群とする。このとき $\Gamma\backslash G/M$ 上のベクトル束 $\Gamma\backslash G \times_M V$ の $\mathcal{F}$ に沿った平坦接続が定義され、葉層構造 $\mathcal{F}$ の de Rham コホモロジー $H^*(\mathcal{F}; \Gamma\backslash G \times_M V)$ を考えることができる。これは Lie 環の相対コホモロジー $H^*(\mathrm{man}, M; C^\infty(\Gamma\backslash G, \mathrm{R}) \otimes V)$ と同型になる。このコホモロジーを計算するために次のことを示した。$\mathcal{H}$ を (g, M) 加群とし、Chevalley–Eilenberg 複体 $(C^*(\mathrm{man}, M; \mathcal{H} \otimes V), d)$ を考える。n は V へ 0 で作用すると仮定する。この複体上に次数を 1 下げる作用素 δ を構成して $d\delta + \delta d$ が比較的きれいな形になることを証明した。これは昨年度 $\mathrm{g} = \mathrm{so}(n+1, 1)$ のときに証明した結果の一般化である。またこの計算をする上で Clifford 代数と普遍展開環 2 つのテンソル積 $C(\mathrm{man} \oplus \mathrm{man}^*) \otimes U(\mathrm{g}) \otimes U(\mathrm{man})$ の表現を考えるとよいという定式化についても整理した。この結果により上記のコホモロジーの generic な部分は消滅することがわかる。これら及び以前の結果を論文 "De Rham cohomology of the weak stable foliation of the geodesic flow of a hyperbolic surface, I, II, III" として執筆中である。

The following is based on a joint work with Mitsunobu Tsutaya from Kyushu University. Let G be a connected semisimple Lie group, Γ be a torsion free cocompact lattice of G, $G = KAN$ be an Iwasawa decomposition and $M = Z_K(A)$. We get a foliation $\mathcal{F}$ of $\Gamma\backslash G/M$ by projecting the orbit foliation of the action of MAN on $\Gamma\backslash G$ by right multiplication. Lie algebras are denoted by the corresponding lower case Frakturs. Take a finite dimensional (man, M)-module V. We can

define a flat $\mathcal{F}$-partial connection of the vector bundle $\Gamma\backslash G \times_M V$ over $\Gamma\backslash G/M$ and consider the de Rham cohomology $H^*(\mathcal{F}; \Gamma\backslash G \times_M V)$ of the foliation $\mathcal{F}$. We know this cohomology is isomorphic to the relative Lie algebra cohomology $H^*(\mathrm{man}, M; C^\infty(\Gamma\backslash G, \mathrm{R}) \otimes V)$. To compute this cohomology we proved the following. Let $\mathcal{H}$ be a (g, M)-module and consider the Chevalley–Eilenberg complex $(C^*(\mathrm{man}, M; \mathcal{H} \otimes V), d)$, assuming the action of n on V is 0. We constructed an operator δ of degree -1 on the complex and computed $d\delta + \delta d$. This is a generalization of the results for $\mathrm{g} = \mathrm{so}(n+1, 1)$, which we proved in the previous year. To formulate the result better, we introduced the tensor product $C(\mathrm{man} \oplus \mathrm{man}^*) \otimes U(\mathrm{g}) \otimes U(\mathrm{man})$ of a Clifford algebra and two universal enveloping algebras and considered its representation on the Chevalley–Eilenberg complex. By these results we can prove a generic part of the cohomology vanishes. We are writing the papers "*De Rham cohomology of the weak stable foliation of the geodesic flow of a hyperbolic surface, I, II, III", which will include the results mentioned here.*

B. 発表論文

1. *H. Maruhashi and M. Tsutaya : "De Rham cohomology of the weak stable foliation of the geodesic flow of a hyperbolic surface, III", in preparation.*
2. *H. Maruhashi and M. Tsutaya : "De Rham cohomology of the weak stable foliation of the geodesic flow of a hyperbolic surface, II", in preparation.*
3. *H. Maruhashi and M. Tsutaya : "De Rham cohomology of the weak stable foliation of the geodesic flow of a hyperbolic surface, I", in preparation.*
4. *H. Maruhashi : "Vanishing of cohomology and parameter rigidity of actions of solvable Lie groups, II", to appear in Ergodic Theory and Dynamical Systems.*
5. *H. Maruhashi : "Vanishing of cohomology and parameter rigidity of actions of solvable Lie groups", Geom. Topol.* ***21*** *(2017), no. 1, 157–191.*

C. 口頭発表

1. *De Rham cohomology of the weak stable foliation of the geodesic flow of a hyperbolic surface,* 葉層構造の幾何学とその応用, 京都教育大学, *2019* 年 *12* 月.
2. ある葉層構造のコホモロジーの計算のための *1* つのステップ, 五箇山トポロジー・幾何セミナー *2019,* 金沢大学五箇山セミナーハウス, *2019* 年 *8* 月.
3. *Computation of the de Rham cohomology of certain foliations,* 第 *5* 回幾何学的群論ワークショップ, 沖縄県青年会館, *2019* 年 *3* 月.
4. *A computation of the de Rham cohomology of certain foliations,* 葉層構造と微分同相群 *2018* 研究集会, 東京大学玉原国際セミナーハウス, *2018* 年 *10* 月.
5. *A computation of the de Rham cohomology of certain foliations, Rigidity School — The Final Meeting,* 名古屋大学, *2018* 年 *9* 月.
6. ある葉層構造の *de Rham* コホモロジーの計算, 玉原トポロジー・幾何セミナー *2018,* 東京大学玉原国際セミナーハウス, *2018* 年 *8* 月.
7. *Lie* 群の局所自由作用のパラメータ変形に対する小平–*Spencer* 理論とその最初の応用, ワークショップ：幾何学的群論の新展開, ルネッサ赤沢, *2018* 年 *2* 月.
8. 高階数半単純 *Lie* 群に対する AN の $\Gamma\backslash G$ への作用のパラメータ剛性, 葉層構造の幾何学とその応用, 京都教育大学藤森キャンパス, *2017* 年 *12* 月.
9. AN の $\Gamma\backslash G$ への作用のパラメータ剛性と対称空間の擬等長写像の剛性定理, 第 *64* 回幾何学シンポジウム, 金沢大学角間キャンパス, *2017* 年 *8* 月.
10. 高階数半単純 *Lie* 群に対する AN の作用のパラメータ剛性, 玉原トポロジー・幾何セミナー, 東京大学玉原国際セミナーハウス, *2017* 年 *8* 月.

張 龍傑 ***(LONGJIE Zhang)***

A. 研究概要

私の興味は駆動力付き平均曲率流方程式です。主な方法は等高面方法と交点個数原理であります。私の修士論文は以下の問題を研究しました、

$$V = -\kappa + A \ on\ \Gamma(t) \subset \Omega,$$
$$\Gamma(t) \perp \partial\Omega,$$
$$\Gamma(0) = \Gamma_0,$$

ここで、$\Omega = \mathrm{R}_+ \times \mathrm{R}$、$V$ は外向き法線速度ベクトル、κ は平均曲率、$A > 0$ は定数。Γ_0 は滑らかな曲線であります、ただし、この曲線は $\partial\Omega$ に接触しています。この問題が明らかに非グラフ状況であります。非グラフの下で、等高面方法が有効です。その結論は、初期曲線と境界の接触するところの平均曲率によって、解の存在性と一意性の判定条件を得ました。なお、一意的な解が得られたときの解の挙動により分類されることがわかりました。各状況の時間大域漸近挙動を調べました。すなわち、

１、滑らかな解の存在時間が有限の場合、曲線は有限時間で消える。

２、滑らかな解の存在時間が無限の場合、曲線が有界であるとき、安定解に収束する。

３、の滑らかな解の存在時間が無限の場合、曲線は有界ではない時、曲線は無限大に増大する（増大速度も決定しています)。

次の研究について、以下いくつの問題を考えたいです。１、修士論文の結論には、存在時間有限の場合、曲線は最終凸となることを予想しています。

２、微小なブラウン運動付きの等高面方程式のレベルセットとブラン運動ついてないのレベルセットの関係。

３、以下の自由境界条件問題

$$u_t = \frac{u_{xx}}{1+u_x^2} + A\sqrt{1+u_x^2},\ a(t) < x < b(t),\ t > 0,$$
$$u(a(t),t) = 0,\ u(b(t),t) = 0,\ t > 0,$$
$$u_x(a(t),t) = +\infty,\ u_x(b(t),t) = -\tan\psi,\ t > 0,$$
$$u(x,0) = u_0(x),\ a(0) < x < b(0),$$

ここで、ψ は鋭角。

４、”二次肥満化”に関して研究したいと思います。今まで、等高面方法について、一次肥満化という現象はいろいろな例があります。私の修士論文にもこれに関して研究しました。でも、一次肥満化後、もう一回肥満化なるかどうかどんな結論もありません。

５、自分の研究について、主な方法は交点個数原理。交点個数原理はそもそも零点原理であります。しかし、高次元にあまり結果がありません。高次元の時等高面方法で調べたいです。

６、高次元に、特異な回転曲面を初期曲面にして、等高面方法を使うとき、肥満かどうかを調べます。

My interest is mean curvature flow with driving force. Main methods are level set method and intersection number principle。 In my Master's Thesis, the following problem has been studies

$$V = -\kappa + A \ on\ \Gamma(t) \subset \Omega,$$
$$\Gamma(t) \perp \partial\Omega,$$
$$\Gamma(0) = \Gamma_0,$$

is mean curvature, $A > 0$ is a constant. Γ_0 is a smooth curve which touches $\partial\Omega$. It is obviously non-graph condition, so we use level set method. As a result, the mean curvature at the touch point decides the uniqueness. Under uniqueness, we can classify the solution into three condition and the asymptotic behavior in each condition. 1. When the maximal smooth time is finity, the solution will shrink to a ball. 2. When the maximal smooth time is infinity and the curve is bounded, the solution will converge to the stationary solution.

3. When the maximal smooth time is infinity and the curve is unbounded, the solution will expand to infinity.

For future researches, I want to study the following six problems: 1. Asymptotic behavior for shrinking condition. In my master's thesis, the curve will become convex eventually is predicted.

2. Random system. I want to consider the level set equation with small Brown movement.

3. A free boundary problem.

$$u_t = \frac{u_{xx}}{1+u_x^2} + A\sqrt{1+u_x^2},\ a(t) < x < b(t),\ t > 0,$$

$$u(a(t),t)=0,\ u(b(t),t)=0,\ t>0,$$
$$u_x(a(t),t)=+\infty,\ u_x(b(t),t)=-\tan\psi,\ t>0,$$
$$u(x,0)=u_0(x),\ a(0)<x<b(0),$$

where ψ is an acute angle.

4. Second fattening problem. So far There are some results for the first fattening problem, also in my master's thesis. But for second fattening, there is little result.

5. Heat equation's zero set. In my research, main method is intersection number principle. Indeed, the intersection number principle is Sturm-Liouville theorem. But in high dimension, there is some results for high dimension. I want to study the solution's zero set like level set method.

6. Is it fattening? In high dimension, I want to consider whether the solution for level set equation is fattening with initial hypersurface which is axis-asymmetric and singular.

B. 発表論文

1. *Jia, Gao and Zhang, Long-jie and Chen, Jie, Multiplic-ity and boundedness of solutions for quasilinear elliptic equations on Heisenberg group. Bound. Value Probl. 2015, 2015:131, 1-15.*
2. *Longjie, ZHANG, On Curvature Flow with Driving Force Starting as Singular Initial Curve in the Plane, J Geom Anal (2017). https://doi.org/10.1007/s12220-017-9937-6.*
3. *Longjie, ZHANG, Curvature flow with driving force on fixed boundary points, J Geom Anal (2017). https://doi.org/10.1007/s12220-017-9967-0*
4. *Longjie, ZHANG, Asymptotic behavior for curvature flow with driving force when curvature blowing up, Advances in Mathematical Sciences and Applications, Vol.26, No.1 (2017), 89-108.*
5. *Yoshikazu Giga and Hung V. Tran and Longjie Zhang, On obstacle problem for mean curvature flow with driving force, Geometric flows, Vol. 4, Issue 1 (2019), 9-29.*
6. *Ryunosuke Mori and Longjie Zhang, On mean curvature flow with driving force starting as singular initial hypersurface, Journal of Differential Equations, Vol. 268, Issue 10 (2020), 6137-6172.*

C. 口頭発表

1. *On the generalized Dirichlet problem for graph mean curvature flow with driving force*

   Viscosity solution approach to asymptotic problems in front propagation, dynamical system and related topics, 京都大学 *Rims*

   *2019*年 *7*月

特任研究員 *(Project Researchers)*

池川 隆司 *(IKEGAWA Takashi)*

A. 研究概要

- 産学協働による高度数学人材育成方法論
  インターンシップや *PBL (Project/Problem Based Learning)* のような産学協働による高度数学人材 *(*学生を含む*)* の育成に関する方法論を研究している。
- 通信ネットワークと行動パターンの数理モデル
  無線ネットワークを中心とした通信ネットワークの振る舞いを表現する数理モデルを研究している。さらに、通信ネットワークを通して得られるユーザの時空間データを使った行動パターンの数理モデルを研究している。
- 技術文書作成技術の教育方法論
  科学論文、報告書、プレゼン資料のような技術文書の作成技術を向上させる教育方法論を研究している。

- *Methodology for nurturing of talented mathematical persons through academic-industrial collaboration*
  I explore the methodology to nurture talented mathematical persons including students through academic-industrial collaboration such as internship and project/problem based learnings.
- *Mathematical models of communication networks and network-user trajectory patterns*
  I develop the mathematical models to represent the behavior of communication networks, especially wireless networks, and to represent the trajectory patterns obtained from communication networks.
- *Methodology for improvement of technical writhing and presentation skills*
  I study the methodology to improve the skills for writing technical documents such as scientific papers and technical reports and presentation.

B. 発表論文

1. 池川 隆司：*“*無線ネットワークにおける動的ペイロード長方式の研究動向*”,* 神奈川工科大学研究報告 *B* 理工学編 ***44*** *(2020) 23–28.*
2. *T. Ikegawa*：*“Effect of payload size on mean response time when message segmentations occur: Case of burst packet arrival”, VALUETOOLS 2019: Proceedings of the 12th EAI International Conference on Performance Evaluation Methodologies and Tools (2019) 7–14.*
3. 池川　隆司*: “*研究者・技術者のための文書作成・プレゼンメソッド*”,* 日本評論社 *(2018) pp. 253 (*単著*).*
4. 池川 隆司：*“*数学履修生のキャリアとそのデザイン*”,* 数学セミナー増刊「数学ガイダンス *2018*」 *(2018) 176–181 (*招待論文*).*
5. *T. Ikegawa: “Effect of payload size on mean response time when message segmentations occur using* $\mathrm{M}^{\mathrm{X}}/\mathrm{G}/1$ *queueing model”, https://arxiv.org/abs/1803.10553 (2018).*
6. 池川 隆司*,* 牧野　壽永*,* 中川路　克之*: “*時空間データマイニング装置*”,* 特願 *2017-1133 (2017).*
7. *T. Ikegawa: “Effect of Retransmitted Packet Size Preservation Property on Data-Unit-Size Distribution and Goodput for Stop-and-Wait Protocol”, https://arxiv.org/abs/1610.00149 (2016).*
8. 池川 隆司：*“2015* 年度「若手数学者のキャリア構築支援活動」報告—研究交流会 *2015* と第 *5* 回キャリアパスセミナー開催模様—*”,* 日本数学会数学通信*,* **21** *(2016) 31–37*

*(*招待論文*).*

9. 池川 隆司*: "*「第 *4* 回数学・数理科学のためのキャリアパスセミナー」開催報告—数学イノベーションを担う人材育成に向けて—*",* 日本数学会数学通信*,* **20** *(2015) 39–48 (*招待論文*).*

C. 口頭発表

1. 数学が人生を変える！*,* 数学の魅力—女子中高生のために—*,* 東京大学大学院数理科学研究科*, 2019* 年 *3* 月 *(*招待講演*).*
2. *Effect of Payload Size on Goodput when Message Segmentations Occur for Wireless Networks: Case of Packet-Corruptions Recovered by Stop-and-Wait Protocol, the Thirteenth International Symposium on Operations Research and Its Applications, ISORA 2018, Guizhou China, Aug. 2018.*
3. *Career Support Activities for Mathematical Students through Academic-Industrial Collaboration, Forum on Innovation Talent through Academic-Industry Partnerships, Shanghai University of Finance and Economics, Oct. 2017 (Keynote speach).*
4. 技術文書作成のための技術・知識体系の提案と筆記試験と演習を併用したシラバスの開発*,* 工学教育研究講演会*, 2017* 年 *8* 月*.*
5. 数学・データサイエンス分野における産学連携教育の現状と課題*,* 理工系プロフェショナル教育推進委託事業シンポジウム*, 2017* 年 *3* 月 *(*招待講演*).*
6. 日本数学会におけるキャリア構築支援活動*,* 第 *5* 回数学・数理科学のためのキャリアパスセミナー：多様なキャリアの構築に向けた特色ある数学教育*,* 日本数学会*, 2016* 年 *3* 月 *(*招待講演*).*
7. 数学好き中高生のハローワーク—数学者の卵の明るい未来—*,* 数学の魅力—女子中高生のために—*,* 東京大学大学院数理科学研究科*, 2016* 年 *3* 月 *(*招待講演*).*
8. 数学イノベーション人材育成エコシステムの構築に向けて*,* 文部科学省委託事業「数学・数理科学を活用した異分野融合研究の動向調査」調査報告シンポジウム*, 2016* 年 *2* 月 *(*招待講演*).*
9. 若手数学者の多彩なキャリア構築に向けて—日本数学会・東京大学大学院数理科学研究科における産学連携を通した支援活動—*',* 文部科学省数学イノベーション委員会*, 2016* 年 *1* 月 *(*招待講演*).*

F. 対外研究サービス

日本数学会社会連携協議会幹事 *(2013〜2016)*

伊藤 昇 ***(ITO Noboru)***

A. 研究概要

下記 *2019* 年 *(1* 月*–12* 月*)* に出版・掲載決定した査読付き論文の概要を記載する．但し *[3, 4, 5]* については出版が判明していた *2018* 年度に概要を報告したので省略する．加えて本研究科内の共同研究 *(*吉田純氏とのプレプリント *[6])* についても報告する．

[1] 村杉邦男 *(1958)* および *Crowell (1959)* により*, spanning surface* が向きづけ可能な場合の結び目種数が交代結び目について決定されていた．しかし*,* 向きづけ不可能な場合は長い間知られていなかった．*[1]* は*,* この問題に決着をつけた *(2019).*

[2] S^1 から S^2 への *generic immersion* において自然に考えられる特異点 *(5* 種類*)* *jump* は余次元 1 階層をなす．これらの *jump* について不変性を持つ整数値関数の作成法を初めて与えた *(*2^5 通りの場合全て与えた*).*

[6] 初めての *categorified Vassiliev skein relation* を与えた．

*(*詳細*)* *Vassiliev* のスケイン関係式における引き算を回復する長完全列を内包する *(extended) Khovanov homology* を与えた．これは *Khovanov homology* 上「結び目の交差交換」を *Vassiliev* の意味で（すなわち *bidegrees* を動かさない *chain map* により）実現したとも言える．交差交換を与える *Khovanov complex* 上の写像は位相的な不変性を満たし *singular link* の *Khovanov homology* を導く．この *(extended) Kho-*

vanov homology は *Kontsevich* の *universal* な積分に現れる *FI* 関係式を満たすため, 非自明であることが保証される *(FI* 関係式を満たさないのであれば他にも安直な方法が考えられるため言及した*)*. 構成は２重点における多重写像錐による. この *categorification* は, 元々の *Khovanov* の情報を保持し, *decategorification* により *Jones* 多項式を回復する.

[1] Every orientable genus on alternating knots was known by Murasugi (1958) and (independently) Crowell (1959). Every non-orientable genus on alternating knots was determined by us [1] (2019).

[2] A codimension 1 *stratum of a generic immersion* $S^1 \to S^2$ *consists of jumps of singular points. This paper gives the first framework to produce integer-valued functions that are invariant under jumps corresponding to any choice.*

[6] We obtained a categorified version of Vassiliev skein relation on Khovanov homology. Concretely, we showed that the genus-one operation on TQFT gives rise to a crossing change on Khovanov complexes. The invariance under Reidemeister moves turns out, and it enabled us to extend Khovanov homology to that of singular links. Its long exact sequence categorifies Vassiliev skein relation for the Jones polynomials. The categorified FI relation also holds.

B. 発表論文

1. *(*査読付研究論文*)* *N. Ito and Y. Takimura, A lower bound of crosscap numbers of alternating knots,* J. Knot Theory Ramifications*, accepted.*
2. *(*査読付研究論文*)* *N. Ito, Space of chord diagrams on spherical curves,* Internat. J. Math. **30** *(2019), 1950060, 25pp.*
3. *(*査読付研究論文*)* *N. Ito and M. Sakurai, Higher-order finite type invariants of classical and virtual knots and unknotting operations,* Topology Appl. *264 (2019), 210–222.*
4. *(*査読付研究論文*)* *N. Ito and M. Sakurai, On n-trivialities of classical and virtual knots for some unknotting operations,* J. Math. Soc. Japan **71** *(2019), 329–347.*
5. *(*査読付研究論文*)* *N. Ito and Y. Takimura, The tabulation of prime knot projections with their mirror images up to eight double points,* Topology Proc. **53** *(2019), 177–199.*
6. （プレプリント）*N. Ito and J. Yoshida, Crossing change on Khovanov homology and a categorified Vassiliev skein relation, arXiv: 1911.09308.*
7. *(*報告集記事*)* 伊藤昇・瀧村祐介*, Crosscap number and knot projections,* 研究集会「結び目の数理」報告集*,* 早稲田大学*, 2019* 年 *2* 月*.*
8. *(*報告集記事*)* 伊藤昇・瀧村祐介*, On crosscap number two alternating knots,* 研究集会「結び目の数理」報告集*,* 早稲田大学*, 2019* 年 *2* 月*.*
9. *(*報告集記事*)* 伊藤昇・橋爪惠*, Distances of complexes derived from spherical curves and their estimates,* 研究集会「結び目の数理」報告集*,* 早稲田大学*, 2019* 年 *2* 月*.*
10. *(*書評記事*)* 伊藤昇*,* 微分積分学を軽やかに旅する *(*嶺幸太郎著『微分積分学の試練』書評*),* 数学セミナー*, p.98, 2020* 年 *1* 月号 *(2019.12* 発刊*),* 日本評論社*.*
11. *(*表紙図画提案/解説記事*),* 今月の表紙の図形 / 結び目を境界とする向き付け不可能な曲面*,* 数学セミナー *2019* 年 *5* 月号*, p.48,* 日本評論社*.*

C. 口頭発表

1. 伊藤昇*, On crosscap numbers of alternating knots,* 研究集会「結び目の数理 *II*」*,* 日本大学*, 2019. 12. 19.*
2. *Noboru Ito, A categorified Vassiliev skein*

relation on Khovanov homology, International workshop on Geometry of Foliated Spaces, 立命館大学*, 2019. 11. 30.*

3. 伊藤昇*, Khovanov homology* 上の *Vassiliev* スケイン関係式の *categorification* について*,* 信州トポロジーセミナー*,* 信州大学*, 2019. 11. 29.*
4. *Noboru Ito, On crosscap numbers of knots, The Third Pan-Pacific International Conference on Topology and Applications,* 四川大学*, China, 2019. 11. 9.*
5. 伊藤昇*, On the existence of a colored Khovanov bicomplex, RIMS* 共同研究（公開型）「表現論とその組み合わせ的側面」*,* 京都大学数理解析研究所*, 2019. 10. 31.*
6. 伊藤昇*, Crosscap numbers of knots, band surgery, and unknotting operations,* 北陸結び目セミナー *2019,* 金沢大学サテライト・プラザ*, 2019. 10. 5.*
7. 伊藤昇*, Extending Khovanov homology to singular knots based on Vassiliev skein relation,* 河野研集中セミナー*,* 東京大学*, 2019. 9. 26.*
8. 伊藤昇*, Crosscap numbers and volume bounds,* 五箇山トポロジー・幾何セミナー *2019,* 金沢大学五箇山セミナーハウス*, 2019. 8. 31.*
9. 伊藤昇*, Crosscap numbers and volume bounds,* 金沢大学暗号理論勉強会*,* 石川四高記念文化交流館*,* 石川県金沢市*, 2019. 6. 23.*
10. 伊藤昇*, Chain homotopy maps for Khovanov homology,* 金沢大学暗号理論勉強会*,* 石川四高記念文化交流館*,* 石川県金沢市*, 2019. 6. 23.*
11. 伊藤昇*, Crosscap numbers and volume bounds,* 農工大セミナー*,* 東京農工大学*, 2019. 3. 22.*
12. 伊藤昇 *(*瀧村祐介との連名*,* 登壇者*:*伊藤*), Crosscap number two alternating knots,* 日本数学会年会*,* 東京工業大学*, 2019. 3. 19.*
13. 伊藤昇 *(*小鳥居祐香との連名*,* 登壇者*:*伊藤*), On the degree three case of Goussarov-Polyak-Viro Conjecture of knots,* 日本数学会年会*,* 東京工業大学*, 2019. 3. 19.*
14. 高村正志 *(*伊藤昇との連名*,* 登壇者*:*高村*), Arrow diagrams on spherical curves and computations,* 日本数学会年会*,* 東京工業大学*, 2019. 3. 19.*
15. 伊藤昇*, Crosscap number two alternating knots and Kauffman states,* 岐阜大学トポロジーセミナー*, 2019. 2. 12.*

F. 対外研究サービス

1. 日本評論社書評委員

川本 敦史 ***(KAWAMOTO Atsushi)***

A. 研究概要

偏微分方程式の逆問題について研究を行っている．具体的には，偏微分方程式の源泉項や係数を決定する逆問題における一意性と安定性の研究をしている．

近年では，非整数階拡散方程式に対する逆問題とカーレマン評価の研究を行っている．

今年度は，時間 $1/2$ 階輻射輸送方程式に対する係数決定逆問題に関する結果（町田学氏との共同研究）が論文 *[4]* としてオンライン出版された．また，1 階と $1/2$ 階時間導関数を含む非整数階拡散方程式に対する逆問題の結果について講演を行った（口頭発表 *[3]*）．

さらに，偏微分方程式に対する均質化法の研究を行っており，均質化法によって時間に関する非整数階偏導関数を含む偏微分方程式の導出を目指している．また，均質化法の逆問題への応用を研究している．

I have been working on inverse problems for partial differential equations. More precisely, I have been studying the uniqueness and the stability in inverse problems of determining the source term or the coefficients in partial differential equations.

In recent years, I have been working on inverse problems and Carleman estimates for some fractional diffusion equations.

In this academic year, The works on coefficient

inverse problems for a half order time fractional radiative transport equation (Joint work with Prof. M. Machida) was published online as an article [4]. Moreover, I gave a talk about the results on inverse problems for a first and half order time fractional diffusion equation (Talk[3]). I have continued the research on the homogenization for partial differential equations. The aim of this research is to derive partial differential equations including time fractional derivatives by the homogenization. Furthermore, I have been studying the application of the homogenization to inverse problems.

B. 発表論文

1. *Atsushi Kawamoto : "Inverse problems for linear degenerate parabolic equations by "time-like" Carleman estimate", J. Inverse Ill-Posed Probl.* **23** *(2015) 1–21.*
2. *Atsushi Kawamoto : "Hölder stability estimate in an inverse source problem for a first and half order time fractional diffusion equation", Inverse Probl. Imaging* **12** *(2018) 315–330.*
3. *Atsushi Kawamoto : "Lipschitz stability estimates in inverse source problems for a fractional diffusion equation of half order in time by Carleman estimates", J. Inverse Ill-Posed Probl.* **26** *(2018) 647–672.*
4. *Atsushi Kawamoto and Manabu Machida, "Global Lipschitz stability for a fractional inverse transport problem by Carleman estimates", Appl. Anal. (2019) Published online*

C. 口頭発表

1. *Carleman Estimates and Inverse Source Problems for Fractional Diffusion Equations, 2nd East Asia Section of IPIA-Young Scholars Symposium, NCTS(National Center for Theoretical Sciences), Taipei, Taiwan, November 2016. (Invited talk)*
2. *Inverse problems for parabolic integro-differential equations,* 若手研究集会「波動・振動・流れの制御と逆問題 -理論と数値計算-」, 同志社大学, *2017* 年 *8* 月.
3. *Inverse problems for a first- and half- order time fractional diffusion equation,* 若手研究集会「波動・振動・流れの制御と逆問題 -理論と数値計算-」, 東京理科大学, *2019* 年 *8* 月.

儀我 美保 ***(GIGA Mi-Ho)***

A. 研究概要

特異な非等方的曲率を含むいくつかの発展方程式について広義解の解析を行った.
非等方的曲率流で界面エネルギー密度にカドがあり, 解にファセットと呼ばれる平らな面が出現するような現象は, *2* 階非線形退化特異放物型偏微分方程式で形式的に表わすことが出来る. 解のクラスを適切に定義することにより様々な比較定理を確立した. 平面上の閉曲線に対する非等方的曲率流の解の, 時間離散的決定論的ゲーム理論による近似を見出した.
一方、結晶成長におけるファセット面の現れる表面拡散現象などは、*4* 階の特異拡散方程式で記述されうる. 界面エネルギーがクリスタラインで, 増大度が *1* 次より大きい場合, 結晶形状の動きを表す *ODE* 系と代数方程式系の連立方程式を導出し, 区分一次関数からなるある特定の族に属する初期値に対して時間局所解の一意存在性を示した.
また複雑流体の動きを記述する様々なモデルを変分的に統一的視点から導出することについて解説した.

This work is concerned with analysis of generalized solutions for some nonlinear evolution equations with singular diffusivities.
We are interested in a singular anisotropic curvature flow. In evolving curves governed by singular interfacial energy density with corners, we often observe that a flat portion called a facet appears. Such a phenomena can be described as a nonlinear degenerate singular parabolic partial differential equation of second

order.

We also found a time–discrete deterministic game approximation for an anisotropic curve shortening flow in the plane. By introducing suitable notion of solutions we have been establising various comparison principles and existence theorems.

On the other hand, we also focused on a surface diffusion flow with very singular interfacial energy in crystal growth, which is a forth order nonlinear partial differential equations. For crystalline energy density we derived an ODE system with a system of algebraic equations to describe the solution and local-in-time unique solvability of the solution for an initial curve in a special family of piecewise linear functions, provided that the growth order of the energy density is super linear.

In the meanwhile we explain several models describing motion of complex fluids from synthetic viewpoint of variational theory.

B. 発表論文

1. *M.-H. Giga, A discrete deterministic game approach for the planer motion by crystalline energy, Proc. of Workshop: Emersing Developments in Interface and Free Boundaries (eds. C. M.Elliott et al.) Overwolfach Reports, 14 (2017), 295-296.*
2. *M.-H. Giga, A. Kirshtein and C. Liu: "Variational modeling and complex fluids ", In : Y. Giga, A. Novotny (eds), Handbook of Mathematical Analysis in Mechanics of Viscous Fluids,vol.***1** *(2018), 73–113, Springer.*
3. *M.-H. Giga, Crystalline surface diffusion flow for graph-like curves, Proc. of Workshop: Surface, Bulk, and Geometric Partial Differential Equations (eds. C. M. Elliott et al.), Overwolfach Reports, to appear.*

C. 口頭発表

1. *On effect of anisotropy of interfacial energy and mobility in planar crystal growth, (Young Researchers in Fluid Dynamics, (June 18 - 19, 2015) Organized by Matthias Hieber et al. of German-Japanese International Research Training Group 1529, Mathematical Fluid Dynamics), Department of Mathematics, TU Darmstadt, Darmstadt, Germany June 18, 2015.*
2. *Resent topic on motion of a curve by crystalline energy: a discrete deterministic game approach, (Banach center conferences: Anisotropy 2015, (October 15 –17, 2015) Organized by Piotr Mucha, Piotr Rybka and Lukasz Skonieczny), the Institute of Mathematics of Polish Academy of Sciences, Banach Center, Warsaw, Poland, October 15, 2015.*
3. *A discrete deterministic game approach for the planer motion by crystalline energy, (Journée d'Analyse Non Linéarire, Organized by Jan Elias and Danielle Hilhorst), Laboratoire de mathématiques analyse numérique et edp, Université de Paris-Sud 11, UMR 8628, Paris, France, Jun 6, 2016.*
4. *A discrete deterministic game approach for the planer motion by crystalline energy, (Emerging Developments in Interfaces and Free Boundaries (January 22-28, 2017), Organized by Charles M. Elliott, Yoshikazu Giga, Michael Hinze and Vanessa Styles) Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach, Germany, January 27, 2017.*
5. *On planar anisotropic curvature flow and its approximation by deterministic games, (Partial Differential Equations and their Applications 2016/17 Organized by Charles M. Elliott, Jose Dodorigo) University of Warwick, United Kingdom, May 3, 2017.*

6. *Crystallline surface difusion flow for graph-like curves, (Surface, bulk and geometric partial differential equations: interfacial, stochastic, non-local and disfrete structionres (January 20-25, 2019), Organized by Charles M. Elliott, Harald Garcke and Ralf Kornhuber) Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach, Germany, January 25, 2019.*
7. *On Crystalline Surface Diffusion Flow for Graph-Like Curves, PDE Seminar series (Seminar by NYU-ECNU Institute of Mathematical Sciences at NYU Shanghai), Geography Building, Zhongbei Campus, East China Normal University Shanghai, April 23, 2019.*

F. 対外研究サービス

1. *A member of the steering committee: Mathematics for Nonlinear Phenomena: Analysis and Computation, Sapporo Convention Center, Sapporo, August 16 – 18, 2015*

柴田 康介 *(SHIBATA Kohsuke)*

A. 研究概要

双有理幾何学に現れる特異点の可換環論的性質について研究している。本年度は正標数の場合の *minimal log discrepancy* を計算する例外因子の存在を特別な場合を除いて場合に示すことができた。また、その応用として正標数の場合の非特異代数多様体に対してある条件の下では *minimal log discrepancy* が下半連続であることを示した。さらに、任意標数の 2 次元の超曲面 *semi-log canonical* 特異点を *initial term* の観点から特徴付けし、その応用として石井志保子氏による予想を 2 次元の場合について解いた。

I study singularities which appear in birational geometry using the methods in commutative algebra. In this year, I showed the existence of prime divisors computing minimal log discrepancies in positive characteristic except for a special case. Moreover I proved the lower semicontinuity of minimal log discrepancies for smooth varieties in positive characteristic. Furthermore I characterized two-dimensional semi-log canonical hypersurfaces in arbitrary characteristic from the viewpoint of the initial term of the defining equation. As an application, I proved a conjecture by Ishii for two dimensional varieties.

B. 発表論文

1. *K.Shibata: "Upper bound of the multiplicity of a Du Bois singularity", Proceeding of the American Mathematical Society.* **145** *(2017) 1053–1059.*
2. *K.Shibata: "Multiplicity and invariants in birational geometry", Journal of Algebra, Volume .* **476** *(2017) 161–185.*
3. *K.Shibata: "Rational singularities, ω-multiplier ideals and cores of ideals", The Michigan Mathematical Journal.* **66** *(2017) 309–346.*
4. *K.Shibata and N.Duc Tam: "Characterization of 2-dimensional normal Mather-Jacobian log canonical singularities", Tohoku Math. J. (2) Volume 71, Number 1 (2019), 123–136.*
5. *K.Shibata: "Appendix Proof of Proposition 1.4 in characteristic* 0*", in appendix to: Shihoko Ishii, Inversion of modulo p reduction and a partial descent from characteristic* 0 *to positive characteristic, Romanian Journal of Pure and Applied Math. Vol. LXIV, No.4 (2019) 431–459*
6. *K.Shibata: "The core of a module and the adjoint of an ideal over a two dimensional regular local ring", ArXiv:1907.05093*
7. *K.Shibata: "Bounds of the multiplicity of abelian quotient complete intersection singularities", ArXiv:1908.01218*
8. *K.Shibata: "Minimal log discrepancies in positive characteristic", ArXiv:1912.04665*
9. *K.Shibata: "Characterization of two-dimensional semi-log canonical hyper-*

surfaces in arbitrary characteristic", ArXiv:2001.00165

C. 口頭発表

1. *Upper bound of the multiplicity of locally complete intersection singularities,* 第 *39* 回可換環論シンポジウム, 京都大学数理解析研究所,*2017* 年 *11* 月
2. *Bound of the multiplicity of abelian quotient complete intersection singularities,* 特異点月曜セミナー, 日本大学 *2017* 年 *12* 月
3. *Bound of the multiplicity of complete intersection singularities,* 第 *30* 回可換環論セミナー, 北海道教育大学札幌駅前サテライト, *2018* 年 *2* 月
4. *Bound of the multiplicity of complete intersection singularities,* 日本数学会 *2018* 年度年会, 東京大学,*2018* 年 *3* 月
5. *Divisors computing the minimal log discrepancy in positive characteristic,* 特異点月曜セミナー, 日本大学 *2018* 年 *6* 月
6. *The core of a module and the adjoint of an ideal over a two dimensional regular local ring,* 特異点月曜セミナー, 日本大学, *2019* 年 *4* 月
7. *The core of a module and the adjoint of an ideal over a two dimensional regular local ring,* 第 *32* 回可換環論セミナー, 弘前大学, *2019* 年 *6* 月
8. *The core of a module and the adjoint of an ideal over a two dimensional regular local ring,* 東京可換環論セミナー, 東京大学, *2019* 年 *7* 月
9. *Inversion of adjunction for non-degenerate hypersufaces in a toric variety, Younger generations in Algebraic and Complex geometry VI,* 岡山大学, *2019* 年 *8* 月
10. *Minimal log discrepancies in positive characteristic,* 特異点月曜セミナー, 日本大学, *2019* 年 *10* 月

田内 大渡 ***(TAUCHI Taito)***

A. 研究概要

H を実簡約代数群 G の実代数部分群とした時、次の三条件が同値であることが知られている。

(i) $dim\mathrm{Hom}_G(\pi, C^\infty(G/H,\tau) < \infty$ が任意の G の滑らかな既約緩増加表現 π と H の有限次元表現に対して成り立つ。
(ii) G の極小放物型部分群 P が G/H 上に開軌道を持つ。
(iii) G/H 上の P 軌道の個数が有限である。

これを鑑みて G の一般放物型部分群 Q に対して次の三条件を考える。

(i_Q) $dim\mathrm{Hom}_G(\pi, C^\infty(G/H,\tau) < \infty$ が任意の Q の滑らかな既約緩増加表現 η と H の有限次元表現に対して π が $C^\infty(G/Q,\eta)$ の既約商表現であるとき成り立つ。
(ii_Q) Q が G/H 上に開軌道を持つ。
(iii_Q) G/H 上の Q 軌道の個数が有限である。

(i_Q) と *(ii_Q)* の関係性、また *(ii_Q)* と *(iii_Q)* の関係性についてはすでに知られている。また昨年度までに *(i_Q)* から *(iii_Q)* に関しては向き付けに関する付加的な仮定の元で証明を与えることができ、*(iii_Q)* から *(i_Q)* に関しては H が可解群であるような反例を構成した。よって今年度は向き付けに関する仮定がない場合の *(i_Q)* から *(iii_Q)* の真偽、ならびに H が実簡約群である場合の *(iii_Q)* から *(i_Q)* の真偽を明らかにするという問題に取り組んだ。
また境界のないコンパクトリーマン多様体 M 上のオイラー方程式の解が M の体積要素 μ を保つ微分同相写像全体がなす無限次元リー群 $\mathcal{D}^s_\mu(M)$ 上の測地線として実現されるという *V. I. Arnol'd* の方法により、$\mathcal{D}^s_\mu(M)$ の幾何構造が一つの重要な研究対象となっている。これに関して今年度 M があるコンパクトリー群の等質空間として実現されるとき、$\mathcal{D}^s_\mu(M)$ の曲率を表現論的な方法により計算できる公式を得ることができた。

Let G be a real reductive Lie group and H a real algebraic subgroup of G. Then, it is known that the following three conditions are equivalent:

(i) $dim\mathrm{Hom}_G(\pi, C^\infty(G/H,\tau) < \infty$ *for any*

smooth admissible irreducible representation of G with moderate growth and any finite-dimensional representation of H,

(ii) A minimal parabolic subgroup P of G has an open orbit on G/H,

(iii) The number of P-orbit on G/H is finite.

More generally, we consider the following three conditions for a general parabolic subgroup Q of G:

(i) $dim\mathrm{Hom}_G(\pi, C^\infty(G/H, \tau) < \infty$ for any finite-dimensional representation η of Q and any finite-dimensional representation of H whenever π is isomorphic to an irreducible subquotient of $C^\infty(G/Q, \eta)$,

(ii_Q) There exists an open Q-orbit on G/H,

(iii_Q) The number of Q-orbit on G/H is finite.

The relationship between (i_Q) and (ii_Q) and that between (ii_Q) and (iii_Q) are already known. By last year, I proved that the implication from (i_Q) to (iii_Q) is true under some additional condition of the orientation and constructed a counterexample, in which H is solvable, to the implication from (iii_Q) to (i_Q). Then, in this year, I considered the implication from (i_Q) to (iii_Q) without the condition of the orientation and that from (iii_Q) to (i_Q) in the case that H is reductive.

Let M be a compact Riemannian manifold and $\mathcal{D}^s_\mu(M)$ the group of the volume preserving diffeomorphisms. Then, the geometric structure of $\mathcal{D}^s_\mu(M)$ is important because there exists an one-to-one correspondence between solutions of the Euler equations on M and geodesics on $\mathcal{D}^s_\mu(M)$, which is observed by V. I. Arnol'd. In this year, a formula, which makes us enable to compute the curvature of $\mathcal{D}^s_\mu(M)$ by the representation theoretic method, is obtained for the case that M is a homogeneous space of a compact Lie group.

B. 発表論文

1. *T. Tauchi :* "実リー群の軌道と不変超関数の次元について", 東京大学修士論文 *(2016).*
2. *T. Tauchi :* "退化主系列表現からの絡作用素の次元について", 京都大学数理解析研究所講究録 **2031**, 表現論と非可換調和解析をめぐる諸問題 *(*研究代表者 *:* 青木茂先生*) (2016), 1–14.*
3. *T. Tauchi :* "等質空間上の軌道が無限個存在する場合の退化主系列表現の重複度について", 京都大学数理解析研究所講究録 **2077**, 表現論とその周辺分野の広がり *(*研究代表者 *:* 阿部紀行先生*) (2017), 1–9.*
4. *T. Tauchi : The orbit decomposition of a flag variety over real and complex numbers,* 京都大学数理解析研究所講究録, **2103** *(2018),* 表現論と代数、解析、幾何をめぐる諸問題 *(*研究代表者 *:* 久保利久先生*), 76–85.*
5. *T. Tauchi : "Dimension of the space of the intertwining operators from degenerate principal series representations", Selecta Math. (N.S.)* **24** *(2018), no. 4, 3649–3662.*
6. 田内大渡, 大橋耕, 辻俊輔, 滝聞太基, 早川拓, 山上遥航, 本間充, 宮田裕生, 松元崇, 岩淵由佳, 上坂正晃, レースコースの形状に対する最適化について, 数理科学実践研究レター, 東京大学大学院数理科学研究科, *LMSR 2018–7, 1–4, 2018.*
7. *T. Tauchi : "Relationship between orbit decompositions on flag varieties and multiplicities of induced representations"* (旗多様体上の軌道分解と誘導表現の重複度の関係性について), 東京大学博士論文 *(2019).*
8. *T. Tauchi :* リー群による軌道分解と不変超関数, 北海道大学数学講究録 **176**, 第 *15* 回数学総合若手研究集会 *:* 数学の交叉点 *(*世話人 *:* 福田一貴先生, 青木雅允先生, 植田優基先生, 上島芳倫先生, 矢不俊文先生, 新村貴之先生, 佐藤直飛先生, 豊川永喜先生, 松坂公暉先生, 山形颯先生, 吉田啓佑先生*) (2019) 281–285.*
9. *T. Tauchi : "Relationship between orbit decomposition on the flag varieties*

and multiplicities of induced representations", Proc. Japan Acad. Ser. A Math. Sci. **95** *(2019), no. 7, 75–79.*

10. *T. Tauchi : A generalized uniformly bounded multiplicity theorem,* 京都大学数理解析研究所講究録, **2139** *(2019),* 表現論とその周辺分野の進展 *(*研究代表者 *:* 大島芳樹先生*), 11–28.*

C. 口頭発表

1. *Dimension of invariant distributions, Berkeley-Tokyo Winter School "Geometry, Topology and Representation Theory",* アメリカ, *University of California Berkeley 2016* 年 *2* 月.
2. *Dimension of the space of intertwining operators from degenerate principal series representations, "*表現論と非可換調和解析をめぐる諸問題*"(*研究代表者 *:* 青木茂先生*),* 京都大学数理解析研究所, *2016* 年 *6* 月.
3. 退化主系列表現からの絡作用素の次元について, 日本数学会秋季総合分科会, 関西大学千里山キャンパス, *2016* 年 *9* 月.
4. *Multiplicity of degenerate principle series with infinite orbits, "*表現論とその周辺分野の広がり*"(*研究代表者 *:* 阿部紀行先生*),* 京都大学数理解析研究所, *2017* 年 *6* 月.
5. *Multiplicity of degenerate principle series with infinite orbits,* 龍谷表現論セミナー, 龍谷大学経済学部教育・研究センター, *2017* 年 *10* 月.
6. 旗多様体の実数体上と複素数体上の軌道分解, "表現論と代数、解析、幾何をめぐる諸問題" (研究代表者 *:* 久保利久先生*),* 京都大学数理解析研究所, *2018* 年 *6* 月.
7. リー群による軌道分解と不変超関数, 第 *15* 回数学総合若手研究集会 *:* 数学の交叉点, *(*世話人 *:* 福田一貴先生, 青木雅允先生, 植田優基先生, 上島芳倫先生, 矢不俊文先生, 新村貴之先生, 佐藤直飛先生, 豊川永喜先生, 松坂公暉先生, 山形颯先生, 吉田啓佑先生*),* 北海道大学, *2019* 年 *3* 月.
8. *Relationship between orbit decomposition on the flag varieties and multiplicities of induced representations,* 第 *58* 回 実函数論・函数解析学合同シンポジウム, *(*開催責任者：山崎教昭先生, 谷口健二先生, 廣島文生先生*),* 九州大学, *2019* 年 *8* 月.
9. *Existence of a conjugate point in the incompressible Euler flow on an ellipsoid, RIMS Gassuku-style Seminar "Physical and Mathematical Approaches to Geophysical Fluid Problems" (Organizers: Tsuyoshi Yoneda, Alex Mahalov, Nobu Kishimoto), Niseko Hilton Village, 2019* 年 *9* 月.
10. *Relationship between Orbit Decomposition on the Flag Varieties and Multiplicities of Induced Representations, Workshop on "Integral Geometry, Representation Theory and Complex Analysis", KAVLI Institute of Physics and Mathematics of the Universe, 2020* 年 *1* 月.

F. 対外研究サービス

1. 日本応用数理学会 *2019* 年度年会実行委員会実行委員.

高橋 和音 *(TAKAHASHI Kazune)*

A. 研究概要

1. **Homogeneous Hénon type elliptic equations with critical Sobolev growth [2] [3]**
   I worked on the following homogeneous Hénon type elliptic equations with critical Sobolev growth: $-\Delta u = \lambda \Psi u + |x|^{\alpha} u^{2^*-1}$*, where* Ψ *is a given non-trivial bounded function which may vanish on the bounded boundary. I proved that there exists a positive solution if* $\alpha > 0$ *is sufficiently small for the dimension* $N \geq 4$ *by developing new families of test Talenti functions properly. It is known that there is another result for* $N = 3$*. Thus this seems to be the best result for this type of estimates.*

2. **Kirchhoff-Hénon type equations with critical Sobolev growth [1] [2]**
I applied these new families of functions above for the following Kirchhoff type equations with critical Sobolev growth: $-\left(a+b\left\|Du\right\|_{L^2(\Omega)}^{p-2}\right)\Delta u = \Psi u^{q-1} + |x|^{\alpha}u^{2^*-1}$. *Kirchhoff-Hénon type equations had not been ever studied before my work. In addition, though the standard Kirchhoff type equations are for the case* $\alpha = 0$ *and* $p = 4$, *my study covers the case* $\alpha > 0$ *and* $2 < p < q < 2^*$ *for the dimension* $N \geq 3$. *I introduced a new method to obtain estimates of the minimax energy where the fibering map cannot be explicitly represented, and proved the existence of a positive solution for small* $\alpha \geq 0$.

3. **Stand wave solutions of nonlinear Schrödinger-Poisson systems [9]**
This is a joint work with Hiroyuki Miyahara (UTokyo). We worked on stand wave solutions of the following nonhomogeneous nonlinear Schrödinger-Poisson systems: $-\Delta u - a\phi\left|u\right|^{q-1}u = \lambda u + b\left|u\right|^{p-1}u, -\Delta\phi = \left|u\right|^{q+1}$. *There were many previous studies for the case the dimension* $N = 3$, *but our study covered the case* $N \geq 3$. *We proved existence and nonexistence theorem where each* $p, q+1$ *is critical or subcritical. Especially, for some specific case, we determined the range of* λ *where a non-trivial solution* (u, ϕ) *does exist or does not exist.*

4. **Generalized Joseph-Lundgren exponent [5]**
This is a joint work with Prof. Yasuhito Miyamoto (UTokyo). We worked on the following ordinary differential equation for $r \in (0, \infty)$: $r^{-(\gamma-1)}(r^{\alpha}|u'|^{\beta-1}u')' + |u|^{p-1}u = 0$. *Here the left term represents a generalized radial differential operator that covers, for example, the* N*-dimensional usual Laplacian,* m*-Laplacian or* k*-Hessian. In previous research the generalized Joseph-Lundgren exponent for this operator was calculated, but there was a technical lowerbound for the exponent* p. *We removed that bound by transforming the equation and determined intersection numbers which role differently on* p.

5. **Nonhomogeneous semilinear elliptic equations involving critical Sobolev exponent [6] [10]**
I worked on the following nonhomogeneous semilinear elliptic equation involving the critical Sobolev exponent: $-\Delta u + au = bu^{2^*-1} + \lambda f$. *I proved that provided* b *achieves its maximum at an inner point of the domain and* a *has a growth of the exponent* q *in some neighborhood of that point, then if the dimension of the domain is less than* $6 + 2q$, *there exist at least two positive solutions. It seems to be new that the coefficient of a linear term affects the dimension of the domain on which solutions exist.*

6. **Zero-dimensional fold and cut [4] [7]**
This is a joint work with Yasuhiko Asao (UTokyo), Prof. Erik D. Demaine (MIT), Prof. Martin L. Demaine (MIT), Hideaki Hosaka (Azabu high school), Prof. Akitoshi Kawamura (UTokyo) and Prof. Tomohiro Tachi (UTokyo). We showed how to fold a piece of paper and punch one hole on given n *points so as to produce any desired patterns of holds. There is* 4 *variants of problems; the paper is finite or infinite and we allow or forbid the crease on the points. In [7], we gave solutions for each case and the order of crease are bounded on the polynomial order of* n *and the paper ratio* r. *In the sequel paper [4], we also gave a definition of the complexity of folds, which will be useful for further studies that de-*

termine NP-hardness of complex folding problems.

7. **Control model for traffic lights [8]**
   This is a joint work with Xinchi Huang (UTokyo). We worked on discrete model of traffic lights which would not cause traffic jams. An observation data showed each number of cars for the pair of inlet and outlet of roads but there was ambiguity of the route of each cars. We let the problem come to n-varieties transportation problem but it is known as NP-complete. Therefore we also suggested an algorithm that superimpose usual max flow problems.
8. **Application of SAT-solver for AI**

B. 発表論文

Refereed Papers

1. *Kazune Takahashi: "Positive solutions of Kirchhoff-HÃľnon type elliptic equations with critical Sobolev growth", to appear in Topological Methods in Nonlinear Analysis.*
2. *Kazune Takahashi: "HÃľnon type elliptic equations with critical Sobolev growth", Doctor Dissertation, The University of Tokyo (2019). Based on [1] and [3].*
3. *Kazune Takahashi: "Positive solution for an HÃľnon type equation with critical Sobolev growth", Electronic Journal of Differential Equations* **2018(194)** *(2018) 1–17.*
4. *Yasuhiko Asao, Erik Demaine, Martin Demaine, Hideaki Hosaka, Akitoshi Kawamura, Tomohiro Tachi and Kazune Takahashi: "Folding and Punching Paper", Journal of Information Processing* **25** *(2017) 590–600.*
5. *Yasuhito Miyamoto and Kazune Takahashi: "Generalized Joseph-Lundgren exponent and intersection properties for supercritical quasilinear elliptic equations", Archiv der Mathematik* **108(1)** *(2017) 71–83.*
6. *Kazune Takahashi: "Semilinear elliptic equations with critical Sobolev exponent and non-homogeneous term", Master Thesis, The University of Tokyo (2015).*

Refereed Conference Abstracts

7. *Yasuhiko Asao, Erik Demaine, Martin Demaine, Hideaki Hosaka, Akitoshi Kawamura, Tomohiro Tachi and Kazune Takahashi: "Folding and Punching Paper", Abstracts from the 19th Japan Conference on Discrete and Computational Geometry, Graphs and Games (2016) 40–41.*

Non-Refereed Papers

8. *Xinchi Huang, Kazune Takahashi, Yasuhisa Kishi, Masahiko Kanai, and Takafumi Mase: "A modified model on a traffic network and signal optimization", Suurikagaku Jissenkenkyu Letter, LMSR* **2018(4)** *(2018) 1–5.*

Preprints

9. *Hiroyuki Miyahara and Kazune Takahashi: "Existence and Nonexistence of Standing Wave Solutions of Nonlinear Schrödinger-Poisson System", preprint.*

Misc

10. *Kazune Takahashi: "Semilinear elliptic equations with critical Sobolev exponent and non-homogeneous term",RIMS Kôkyûroku* **2006** *(2016) 1–11.*

C. 口頭発表

International Conferences

1. *(With Yasuhiko Asao, Erik Demaine, Martin Demaine, Hideaki Hosaka, Akitoshi Kawamura and Tomohiro Tachi) Folding and Punching Paper, The 19th Japan Conference on Discrete and Computational Geometry, Graphs, and Games, Tokyo University of Science, Japan, Sep 2016.*

2. *Semilinear elliptic equations with critical Sobolev exponent and non-homogeneous term, RIMS Workshop: Shapes and other properties of solutions of PDEs, RIMS, Kyoto University, Japan, Nov 2015. [Invited]*

Domestic Conferences

3. *Existence and Nonexistence of Standing Wave Solutions of Nonlinear Schrödinger-Poisson System, The 39th Differential Equation Seminar at Yokohama National University, Yokohama National University, Japan, Aug 2016. [Invited]*

G. 受賞

Awards

1. *(With Yasuhiko Asao, Erik Demaine, Martin Demaine, Hideaki Hosaka, Akitoshi Kawamura and Tomohiro Tachi) Folding and Punching Paper, Specially Selected Paper, Information Processing Society of Japan, Aug 2017.*

International Programming Contests

2. *SamurAI Coding 2014–15, World Final: 6th place, 77th Information Processing Society of Japan National Convention, Kyoto University, Japan, Mar 2015.*

Domestic Programming Contests

3. *Code Runner 2015, Final Round: 1st place, Recruit Career, Tokyo, Dec 2015.*
4. *Code Runner 2014, Final Round: 7th place, Recruit Career, Tokyo, Nov 2014.*
5. *Code Festival 2014 AI Challenge, Final Round: 3rd place, Recruit Holdings, Tokyo, Nov 2014.*

舘山 翔太 ***(TATEYAMA Shota)***

A. 研究概要

*(1)***VMO** 係数をもつ放物型アイザックス方程式の L^p 粘性解に対する空間 **1** 階微分のヘルダー評価 (口頭発表１) *VMO* とは *Vanishing Mean Oscillation* の略で, *VMO* 条件とは有界変動平均条件において球上の積分平均が半径と共にゼロに収束することである. 一方, アイザックス方程式とは *2* 人のプレイヤーの確率微分ゲームから現れる方程式であり, *2* 階微分項に関して非凸な方程式である. 既存の研究では, *2* 階微分項係数が *VMO* 条件を満たす放物型アイザックス方程式の L^p 粘性解の存在が示されたが, 粘性解の正則性理論を一切使っていない. また, 一般にこのような方程式に対して解の一意性はなく, 空間 *1* 階微分のヘルダー評価が解の正則性の限界である. 本研究では, 粘性解理論を改めて整備することで, 既存の研究で扱った方程式の L^p 粘性解の正則性について調べた. なお, この研究内容を研究集会「微分方程式の総合的研究」*(2019* 年 *12* 月*)* で発表した.　以下をまとめた博士論文で「博士論文川井賞」を受賞し, *2019* 年 *9* 月に題目『完全非線形偏微分方程式の L^p 粘性解の定性的性質の研究』で「日本数学会賞建部賢弘奨励賞」を受賞した.

(2) 完全非線形楕円型・放物型方程式に対する両側障害問題の L^p 粘性解の同程度連続性評価**,** 存在定理及び空間 **1** 階微分のヘルダー評価 (発表論文３) 両側障害問題とは, 自由境界問題の典型例であり, 解の大きさを上下に制限する条件付きの方程式である. 既存の研究は, 空間 *(*時空*)* 変数に依存しない最も単純な非発散型の方程式に対するもののみであり, 解の同程度連続性評価に方程式の平行移動不変性が必要であった. しかし, 古典的な解の振動評価に新たなアイディアを加えることで, 方程式の適用範囲を広げた. そのアイディアとは, 上下の障害物に触れないような摂動を施した優解及び劣解の振動を評価する際に弱ハルナック不等式を用いた点で, これが本研究の特色である. ここで, 弱ハルナック不等式とは解のある可積分評価を表す. 一方, 放物型では, *Shahgholian(2008)* により片側障害問題の粘性解の空間 *1* 階微分の評価が与えられており, その証明の鍵は, 背理法によりバリア関数を具体的に時空変数の多項式で与えることで矛盾を導くというものであった. この論法の改良を行い適用範囲を広げ, 楕円型に対応する放物型方程式を扱えるようにした. なお, 放物型の内容は単著論文として国際誌に投稿中である.

(3) 完全非線形一様放物型方程式に対する L^p 粘

性解のヘルダー評価 (発表論文２) *1* 階微分項に関して線形又は優線形増大度をもつ完全非線形一様放物型方程式の L^p 粘性解に対する弱ハルナック不等式を示した．さらに, 弱ハルナック不等式からヘルダー連続性評価, 局所最大値原理及びハルナック不等式を示した．これは, *1* 階微分項に関して非有界係数を扱った *Koike-Swiech* の一連の研究で *10* 年間未解決であった問題である．粘性解に対する弱ハルナック不等式を示すには, あるバリア関数の構成が必要となるが, 楕円型方程式を扱った *Koike-Swiech(2009)* の研究では, *1* 階微分項に非有界係数をもつ方程式に対してその構成法が与えられた．本研究では, この構成法を放物型方程式に拡張し, 楕円型に対応する, 弱ハルナック不等式が成り立つための *1* 階微分項係数及び外力項の条件を示した．

(4) フラグメン・リンデレーフの定理 (錐や無限円柱等の非有界領域上, 無限遠点で適切な増大条件を満たす解の最大値原理)(発表論文１) 楕円型方程式を扱った *Capuzzo Dolcetta-Vitolo(2007)* は, 境界近傍で弱ハルナック不等式を用いることで, ある増大度条件を満たす粘性解に対して最大値原理を示した．本研究では, 時間の正の方向に開いている無限円錐領域において, 一階微分項に非有界係数をもつ完全非線形一様放物型方程式に対して定理を示した．本研究の特徴は, 円錐の境界付近で弱ハルナック不等式を用いる際, 放物型ハルナック鎖の個数を精密に評価した点である．この内容は, *Friedman(1957)* の線形放物型方程式に関する研究以来のものである．

(1) The local Hölder continuity estimate on the space derivative of L^p-viscosity solutions of fully nonlinear uniformly second-order parabolic partial differential equations when coefficients in vanishing mean oscillation in the space variables is established when $p > n + 2$.
(2) The global equi-continuity estimate on L^p-viscosity solutions of bilateral obstacle problems with unbounded ingredients is established when obstacles are merely continuous. The existence of L^p-viscosity solutions is established via an approximation of given data. The local Hölder continuity estimate on the first derivative of L^p-viscosity solutions is shown when the obstacles belong to $C^{1,\beta}$, and $p > n$.
(3) The weak Harnack inequality for L^p-viscosity supersolutions of fully nonlinear second-order uniformly parabolic partial differential equations with unbounded coefficients and inhomogeneous terms is proved. It is shown that Hölder continuity of L^p-viscosity solutions is derived from the weak Harnack inequality for L^p-viscosity supersolutions. The local maximum principle for L^p-viscosity subsolutions and the Harnack inequality for L^p-viscosity solutions are also obtained. Several further remarks are presented when equations have superlinear growth in the first space derivatives.
(4) The Phragmén-Lindelöf theorem for classical solutions of linear parabolic equations in cones, whose vertex is the origin of R^{n+1}, was established by Avner Friedman in 1957. It is extended to fully nonlinear parabolic equations with unbounded coefficients.

B. 発表論文

1. *S. Tateyama : "The PhragmÃľn-LindelÃűf theorem for L^p-viscosity solutions of fully nonlinear parabolic equations with unbounded ingredients", Journal de MathÃľmatiques Pures et AppliquÃľes, **133** (2020) 172–184.*
2. *S. Koike, A. Swiech and S. Tateyama : "Weak Harnack inequality for fully nonlinear uniformly parabolic equations with unbounded ingredients and applications", Nonlinear Analysis, **185** (2019) 264–285.*
3. *S. Koike and S. Tateyama, On L^p-viscosity solutions of bilateral obstacle problems with unbounded ingredients, Mathematische Annalen in press, (2019).*

C. 口頭発表

1. *Hölder gradient estimates on L^p-viscosity solutions of fully nonlinear parabolic equations with VMO coeffi-*

cients, 微分方程式の総合的研究, 東京工業大学理学院, *2019* 年 *12* 月.

2. *Hölder gradient estimates on L^p-viscosity solutions of fully nonlinear parabolic equations with VMO coefficients,* 第 *166* 回神楽坂解析セミナー, 東京理科大学神楽坂校舎, *2019* 年 *11* 月.
3. *Hölder gradient estimates on L^p-viscosity solutions of fully nonlinear parabolic equations with VMO coefficients,* 京都大学 *NLPDE* セミナー, 京都大学理学研究科, *2019* 年 *11* 月.
4. *The Phragmén-Lindelöf theorem for fully nonlinear parabolic equations with unbounded ingredients, Viscosity solution approach to asymptotic problems in front propagation, dynamical system and related topics, RIMS, Kyoto University, Japan, 2019* 年 *7* 月.
5. *The Phragmén-Lindelöf theorem for fully nonlinear parabolic equations with unbounded ingredients,* 埼玉大学第 *90* 回解析ゼミ, 埼玉大学理学部, *2019* 年 *4* 月.
6. 完全非線形方程式の両側障害問題に対する L^p 粘性解について, 熊本大学応用解析セミナー, 熊本大学大学院自然科学研究科, *2018* 年 *10* 月.
7. 完全非線形方程式の両側障害問題に対する L^p 粘性解について, 神戸大学解析セミナー, 神戸大学理学部, *2018* 年 *5* 月.
8. *Existence of L^p-viscosity solutions to the double obstacle problem with unbounded ingredients, The 19th Northeastern Symposium Mathematical Analysis, Faculty of Science Building, Hokkaido University, Japan, 2018* 年 *2* 月.
9. *Existence of L^p-viscosity solutions to the double obstacle problem with unbounded ingredients,* 若手のための偏微分方程式と数学解析 *(*第 *11* 回*),* 福岡大学セミナーハウス, *2018* 年 *2* 月.
10. *The Phragmén-Lindelöf theorem for fully nonlinear parabolic equations with unbounded ingredients, East Asian Core Doctoral Forum on Mathematics, Seoul National University, Korea, 2017* 年 *1* 月.

G. 受賞

一般社団法人日本数学会, 建部賢弘奨励賞, *2019* 年 *9* 月.

中濱 良祐 *(NAKAHAMA Ryosuke)*

A. 研究概要

簡約リー群の無限次元表現論は，*20* 世紀中盤より研究が始められ，現在も代数・幾何・解析の立場から活発に研究されている分野である．一般に無限次元表現は有限次元表現に比べて扱いが難しいが，その中でも正則離散系列表現は，リー群の無限次元表現の中で比較的扱いやすい．私はこれを具体的な関数空間に実現することで，その性質について研究してきた．

ここでは，エルミート対称空間 G/K を有界対称領域 D として実現することにする．このとき，$\tilde{G}$ を G の普遍被覆群とすると，D 上の $\tilde{G}$-同変ベクトル束 $\mathcal{W} \to D$ は，ファイバーとなるベクトル空間 W を固定したとき，一次元の自由度 *(*λ とする*)* を持つ．もし $\lambda \in \mathrm{R}$ が十分大きければ，正則切断の空間 $\mathcal{O}(D, \mathcal{W}_\lambda)$ 上に $\tilde{G}$-不変な内積 $\langle \cdot, \cdot \rangle_\lambda$ が積分で与えられ，対応するヒルベルト空間 *(*重み付きベルグマン空間*)* $\mathcal{H}_\lambda(D, \mathcal{W}) \subset \mathcal{O}(D, \mathcal{W}_\lambda)$ が正則離散系列表現を与える．

私は最近は正則離散系列表現を部分群に制限したときの振る舞いに興味を持っている．一般に (G, G_1) を正則型の対称対，すなわちリーマン対称空間の埋め込み写像 $G_1/K_1 \hookrightarrow G/K$ が正則写像となる対称対のとき，G の任意の正則離散系列表現は G_1 に制限すると離散分解し，その重複度は一様有界になることが知られている *(*小林，*2007)*．私は G_1 の正則離散系列表現 $\mathcal{H}_1$ から G の正則離散系列表現 $\mathcal{H}$ の G_1-同変な埋め込み写像を，$\mathcal{H}$ がスカラー型，$\mathcal{H}_1$ が G_1 の極大コンパクト部分群 K_1 の下で無重複という仮定の下で，無限階微分作用素の形で具体的に構成した．また，極に当たるパラメータに対し，この写像の留数が部分商からの写像を導く様子を見た．

しかし応用上は，逆向きの G_1-絡作用素 $\mathcal{H} \to \mathcal{H}_1$ のほうが重要であるように思われる．私は

(G, G_1) が $(Sp(n,\mathrm{R}), U(n',n''))$ などの対称対の場合に，$D \subset \mathrm{Sym}(n,\mathrm{C})$ 上の指数関数と，$\mathrm{Sym}(n',\mathrm{C}) \oplus \mathrm{Sym}(n'',\mathrm{C})$ 上の多項式との内積 $\left\langle \det(x)^k f(z), \exp \mathrm{tr}\left(\begin{pmatrix} x & y \\ {}^t y & z \end{pmatrix} \overline{A}\right)\right\rangle_\lambda$ を具体的に計算することにより，G_1-絡作用素 $\mathcal{H} \to \mathcal{H}_1$ を $\mathcal{H}$ がスカラー型，かつ $\mathcal{H}_1$ の極小 K-タイプに $U(n')$ がスカラーで作用する場合に有限階の微分作用素として具体的に構成した．

The infinite-dimensional representation theory of reductive Lie groups has been studied since mid 20th century, and even now it is actively studied from the viewpoint of algebra, geometry and analysis. In general, infinite-dimensional representations are more difficult to treat than finite-dimensional representations, but among these, holomorphic discrete series representations are relatively easy to handle. I have studied the properties of these representations by realizing them on explicit function spaces.

Here we realize the Hermitian symmetric space G/K as a bounded symmetric domain D. Let $\tilde{G}$ be the universal covering group of G. Then the family of $\tilde{G}$-equivariant vector bundles $\mathcal{W} \to D$ has a 1-dimensional degree of freedom (put λ), when we fix the fiber W. Then if $\lambda \in \mathrm{R}$ is sufficiently large, then there exists a $\tilde{G}$-invariant inner product $\langle \cdot, \cdot \rangle_\lambda$ on the space of holomorphic sections $\mathcal{O}(D, \mathcal{W}_\lambda)$ given by an integral, and the corresponding Hilbert space (weighted Bergman space) $\mathcal{H}_\lambda(D, \mathcal{W}) \subset \mathcal{O}(D, \mathcal{W}_\lambda)$ gives a holomorphic discrete series representation.

Recently I am interested in the behavior of the restriction of holomorphic discrete series representations to subgroups. In general, let (G, G_1) be a symmetric pair of holomorphic type, namely, a symmetric pair such that the embedding map $G_1/K_1 \hookrightarrow G/K$ of Riemannian symmetric spaces is a holomorphic map. Then it is known that the restriction of arbitrary holomorphic discrete series representation to G_1 decomposes discretely, and its multiplicity is uniformly bounded (Kobayashi, 2007). I constructed the G_1-equivariant embedding map from a holomorphic discrete series representation $\mathcal{H}_1$ of G_1 into a holomorphic discrete series representation $\mathcal{H}$ of G in the form of infinite-order differential operators, under the assumption that $\mathcal{H}$ is of scalar type and $\mathcal{H}_1$ is multiplicity-free under the maximal compact subgroup K_1 of G_1. Also, when the parameter is at a pole, I observed that its residue induces a map from some subquotient module.

However, the G_1-intertwining operator $\mathcal{H} \to \mathcal{H}_1$ of opposite direction seems more important for application. For some symmetric pairs such as $(G, G_1) = (Sp(n,\mathrm{R}), U(n',n''))$, I constructed the G_1-intertwining operator $\mathcal{H} \to \mathcal{H}_1$ when $\mathcal{H}$ is of scalar type and when $U(n')$ acts by scalar on the minimal K_1-type of $\mathcal{H}_1$, by computing the inner product $\left\langle \det(x)^k f(z), \exp \mathrm{tr}\left(\begin{pmatrix} x & y \\ {}^t y & z \end{pmatrix} \overline{A}\right)\right\rangle_\lambda$ of an exponential function on $D \subset \mathrm{Sym}(n,\mathrm{C})$ and a polynomial on $\mathrm{Sym}(n',\mathrm{C}) \oplus \mathrm{Sym}(n'',\mathrm{C})$.

B. 発表論文

1. *R. Nakahama, "Weighted Bergman inner products on subspaces of bounded symmetric domains",* 数理解析研究所講究録 ***2139***,「表現論とその周辺分野の進展」*(*編集者：大島芳樹先生 *(*大阪大学*)) (2019), 148–164.*
2. *R. Nakahama, "Construction of intertwining operators between holomorphic discrete series representations", SIGMA Symmetry Integrability Geom. Methods Appl.* ***15*** *(2019), 036, 101 pages.*
3. *R. Nakahama, "Multivariate Bessel functions and hypergeometric polynomials of matrix argument",* 表現論シンポジウム講演集 *(*編集者：井上順子先生 *(*鳥取大学*)*，森義之先生 *(*岡山理科大学*)) (2018).*
4. *R. Nakahama, "Intertwining operators between holomorphic discrete series representations", Josai Mathematical Monographs vol. 10, Proceedings of JMM workshop on Representation The-*

*ory and Differential Equations (*編集者*:* 廣惠一希先生，井沼学先生，小木曽岳義先生，大島利雄先生 *(*城西大学*)) (2017), 19–36.*

5. *R. Nakahama, "Norm computation and analytic continuation of vector valued holomorphic discrete series representations", J. Lie Theory* ***26*** *(2016), no. 4, 927–990.*
6. *R. Nakahama, "Intertwining operators between holomorphic discrete series representations",* 実函数論・函数解析学合同シンポジウム講演集 *(*編集者*:* 示野信一先生 *(*関西学院大学*)*，松岡勝男先生 *(*日本大学*)) (2016), 45–60.*
7. *R. Nakahama, "Some topics on analysis of holomorphic discrete series representations (*正則離散系列表現の解析に関するいくつかの話題*)",* 学位論文 *(*指導教員*:* 小林俊行先生 *(*東京大学*)) (2016),* 東京大学*.*
8. *R. Nakahama, "Norm computation and analytic continuation of vector-valued holomorphic discrete series representaions",* 数理解析研究所講究録 ***1977****,* 表現論および関連する調和解析と微分方程式 *(*編集者*:* 竹村剛一先生 *(*中央大学*)) (2015), 91–108.*

C. 口頭発表

1. *"Weighted Bergman inner products on subspaces of bounded symmetric domains",* 日本数学会秋季総合分科会，金沢大学*, 2019* 年 *9* 月*.*
2. *"Weighted Bergman inner products on subspaces of bounded symmetric domains", RIMS* 共同研究 *(*公開型*)* 「表現論とその周辺分野の進展」*(*世話人*:* 大島芳樹先生 *(*大阪大学*))*，京都大学数理解析研究所，*2019* 年 *7* 月*.*
3. *"Subspace of Hermitian symmetric space of rank 2 and hypergeometric polynomials",* 日本数学会年会，東京工業大学，*2019* 年 *3* 月*.*
4. *"Subspace of Hermitian symmetric space of rank 2 and hypergeometric polynomials", Langlands and Harmonic analysis (*世話人*:* 八尋耕平氏 *(*東京大学*))*，ホテルサンバリーアネックス *(*大分県*), 2019* 年 *3* 月*.*
5. *"Multivariate Bessel functions and hypergeometric polynomials of matrix argument",* 表現論シンポジウム *(*世話人*:* 井上順子先生 *(*鳥取大学*)*，森義之先生 *(*岡山理科大学*))*，国民宿舎水明荘 *(*鳥取県*), 2018* 年 *11* 月*.*
6. *"Multivariate Bessel functions and hypergeometric polynomials of matrix argument",* 調和解析セミナー *(*世話人*:* 吉野邦生先生 *(*東京都市大学*))*，東京都市大学，*2018* 年 *9* 月*.*
7. *"Intertwining operators between holomorphic discrete series representations", Harmonic analysis forum (*世話人*:* 吉野邦生先生 *(*東京都市大学*))*，東京都市大学，*2018* 年 *3* 月*.*
8. "正則離散系列表現の間の絡作用素*", AGU* 新春セミナー *(*世話人*:* 西山享先生 *(*青山学院大学*))*，青山学院大学，*2018* 年 *1* 月*.*
9. *"Intertwining operators between holomorphic discrete series representations",* 日本数学会秋季総合分科会*,* 山形大学*, 2017* 年 *9* 月*.*
10. *"Norm computation and analytic continuation of vector-valued holomorphic discrete series representations", Harmonic analysis forum (*世話人*:* 吉野邦生先生 *(*東京都市大学*)),* 東京都市大学*, 2017* 年 *2* 月*.*

長町 一平 ***(NAGAMACHI Ippei)***

A. 研究概要

今年度は固有多重双曲曲線の *Shafarevich* 予想と正規 *DM* スタックのエタール基本群のホモトピー完全列について研究した．*Shafarevich* 予想の研究は高松氏との共同研究である．この研究では正則スキーム上の多重双曲曲線の拡大の理論について整理し，滑らかなモデルの構造について成果を得た．正規 *DM* スタックのエタール基本群の

ホモトピー完全列の研究は，昨年度に得たスキームのエタール基本群のホモトピー完全列の研究の一般化である．昨年度の研究では，正則代数多様体から双曲曲線への支配的な射とエタール基本群間の準同型の関係について成果を得た．今年度は，この結果を定義域が正規代数多様体の場合に拡張した．

This year I studied the Shafarevich conjecture of proper hyperbolic polycurves and homotopy exact sequences for normal DM stacks. The study of the Shafarevich conjecture of proper hyperbolic polycurves was joint work with Teppei Takamatsu. In this study, we proved basic properties on extensions of proper hyperbolic polycurves over regular schemes and obtained a structure theorem of smooth models of proper hyperbolic polycurves. The study of homotopy exact sequences for normal DM stacks is a generalization of that for normal schemes done last year. In the study of last year, I obtained a result on a group homomorphism between étale fundamental groups induced by dominant morphisms from regular varieties to hyperbolic curves. In this year, I generalized this result to the case of normal varieties.

B. 発表論文

1. *I. Nagamachi*：*"On a good reduction criterion for proper hyperbolic polycurves with sections", Hiroshima Math. J. 48 (2018), pp. 223–251.*
2. *I. Nagamachi*：*"Log-Shells and Log-Volumes", submitting to RIMS Kôkyûroku Bessatsu.*
3. *I. Nagamachi*：*"Criteria for good reduction of hyperbolic polycurves", arXiv: 1801.08728v2[math.NT].*
4. *I. Nagamachi*：*"On homotopy exact sequence for normal schemes", arXiv: 1811.11395v3[math.NT].*
5. *I. Nagamachi*：*"On the Hom Version of the Grothendieck Conjecture for Hyperbolic Polycurves of Dimension 2", arXiv: 1902.02058[math.NT].*
6. *I. Nagamachi*：*"Good reduction of hyperbolic polycurves and their fundamental groups: A survey", submitting to RIMS Kôkyûroku Bessatsu.*
7. *I. Nagamachi and T. Takamatsu*：*"The Shafarevich conjecture and some extension theorems for proper hyperbolic polycurves", arXiv:1911.01022[math.NT].*

C. 口頭発表

1. *On the Hom version of the Grothendieck conjecture for hyperbolic polycurves of dimension 2,* 代数的整数論とその周辺 *2019,* 京都大学数理科解析研究所, *2019* 年 *12* 月.
2. 代数スタックのホモトピー完全列について, 大阪大学整数論 & 保型形式セミナー, 大阪大学, *2019* 年 *12* 月.
3. 代数スタックのホモトピー完全列について, 日本数学会秋季総合分科会, 金沢大学, *2019* 年 *9* 月.
4. *The Shafarevich conjecture and some extension theorems for proper hyperbolic polycurves,* 数論合同セミナー, 京都大学数学教室, *2019* 年 *9* 月.
5. *On the Hom version of the Grothendieck conjecture for hyperbolic polycurves of dimension 2, Fundamental groups: Geometry and Arithmetic, School of Mathematical Sciences, USTC, Hefei, Anhui, China, 2019* 年 *8* 月.
6. *On the Hom version of the Grothendieck conjecture for hyperbolic polycurves of dimension 2,* 第 *13* 回 福岡数論研究集会, 九州大学 *(*伊都キャンパス*), 2019* 年 *8* 月.
7. *On homotopy exact sequences for normal algebraic stacks,* 広島大学代数学セミナー, 広島大学理学部 数学科, *2019* 年 *6* 月.
8. *On the Hom version of the Grothendieck conjecture for morphisms from regular varieties to hyperbolic polycurve of dimension 2,* 第 *18* 回広島仙台整数論集会, 広島大学理学部, *2019* 年 *7* 月.
9. *On homotopy exact sequences for normal*

schemes, 神戸大学代数セミナー, 神戸大学理学研究科, *2019* 年 *3* 月.

10. *On homotopy exact sequences for normal schemes,* 第 *24* 回代数学若手研究会, 東京大学大学院数理科学研 究科, *2019* 年 *2* 月.

橋本 健治 *(HASHIMOTO Kenji)*

A. 研究概要

K3 曲面に有限群がシンプレクティックに作用する場合について、極大な *11* 個の群がある。そのような状況における、有限群の作用の（非シンプレクティックな）拡大の分類をした（*Simon Brandhorst* 氏との共同研究）。特に、最大位数 3840 をもつ群 $M_{20}.C_4$ の場合について、*K3* 曲面の射影多様体としての定義方程式と、クレモナ変換としての群作用を具体的に与えた。結果は論文にまとめて公表した。
また、*K3* 曲面の族と、対応する保型形式環の構造について調べた（植田一石氏、永野中行氏との共同研究）。特に、古典的な種数 *2* のジーゲル保型形式に対応する *K3* 曲面の族について調べた。

There are totally eleven maximal finite groups acting on K3 surfaces symplectically. We classified the extensions of such actions (as non-symplectic actions of finite groups). This is a joint work with Simon Brandhorst. In particular, in the case of the group $M_{20}.C_4$ with maximal order 3840*, we gave an explicit project model of the corresponding K3 surface and the group action consisting of Cremona transformations.*
We also studied certain families of K3 surfaces and the corresponding ring of automorphic forms (a joint work with Atsuhira Nagano and Kazushi Ueda). In particular, we studied a family of K3 surfaces corresponding to Siegel modular forms of genus two.

B. 発表論文

1. *S. Brandhorst and K. Hashimoto, Extensions of maximal symplectic actions on K3 surfaces, arXiv:1910.05952.*
2. *K. Hashimoto and T. Sano, Examples of non-Kähler Calabi-Yau 3-folds with arbitrarily large b_2, arXiv:1902.01027.*
3. *K. Hashimoto and K. Ueda, Reconstruction of general elliptic K3 surfaces from their Gromov-Hausdorff limits, Proc. Amer. Math. Soc. 147 (2019), no. 5, 1963–1969.*
4. *K. Hashimoto, JongHae Keum and Kwangwoo Lee: "K3 surfaces with Picard number 2, Salem polynomials and Pell equation", J. Pure Appl. Algebra 224 (2020), no. 1, 432–443.*
5. *K. Hashimoto and A. Kanazawa*: *"Calabi–Yau threefolds of type K (I) Classification", International Mathematics Research Notices, Vol. 2017, Issue 21, 6654–6693.*
6. *K. Hashimoto, Hwayoung Lee and K. Ueda*: *"On a certain generalization of triangle singularities", manuscripta math.* **153** *(2017), 35–51.*
7. *Jae-Seung Jeong, Hantao Lu, Ki Hoon Lee, K. Hashimoto, Suk Bum Chung and Kwon Park, "Competing states for the fractional quantum Hall effect in the 1/3-filled second Landau level", Phys. Rev. B 96 (2017), 125148.*
8. *K. Hashimoto and A. Kanazawa*: *"Calabi–Yau threefolds of type K (II) Mirror symmetry", Communications in Number Theory and Physics* **10** *(2016), no. 2, 157–192.*

C. 口頭発表

1. *Period map of a certain family of K3 surfaces with an S_5 action, Japanese–European symposium on Symplectic Varieties and Moduli Spaces âĂŞthird editionâĂŞ,* 東京理科大学, *2018* 年 *8* 月.
2. *Mirror symmetry for complete intersection K3 surfaces in weighted projective spaces, Working Workshop on Calabi–Yau Varieties and Related Topics,* 学習院大学, *2018* 年 *8* 月.

3. *Global sections of some special elliptic surfaces, Workshop on algebraic surfaces 2018, Leibniz University Hannover, Germany, 2018* 年 *3* 月
4. *Global sections of some special elliptic surfaces, UC Riverside Algebraic Geometry Seminar, UC Riverside, USA, 2018* 年 *2* 月.
5. *Symplectic automorphisms of K3 surfaces and applications, 11th Conference on Arithmetic and Algebraic geometry,* 東京大学*, 2018* 年 *1* 月.

平野 雄一 ***(HIRANO Yuichi)***

A. 研究概要

研究分野は保型形式の岩澤理論である．本年度は, 研究していません.

The field of study is Iwasawa theory for modular forms. In this academic year, I didn't work.

B. 発表論文

1. *Y. Hirano : "Congruences of Hilbert modular forms over real quadratic fields and the special values of L-functions: announcement", RIMS Kôkyûroku Bessatsu, B53 (2015), 65–86.*
2. *Y. Hirano : "Congruences of modular forms and the Iwasawa λ-invariants"(*修士論文*), Bulletin de la Société Mathématique de France* ***146*** *(2018), no. 1, 1–79.*
3. *Y. Hirano : "Congruences of Hilbert modular forms over real quadratic fields and the special values of L-functions"(*博士論文*).*

C. 口頭発表

1. 実 2 次体上の *Hilbert* 保型形式の合同式と *L* 関数の特殊値, 慶應代数セミナー, 慶應義塾大学理工学部, *2014* 年 *4* 月 *14* 日
2. 実 2 次体上の *Hilbert* 保型形式の合同式と *L* 関数の特殊値, 早稲田整数論セミナー, 早稲田大学 *(*西早稲田キャンパス*), 2014* 年 *6* 月 *27* 日
3. *Riemann* ゼータ関数と円分体の類数, *iBMath* 玉原サマースクール *2014,* 東京大学玉原セミナーハウス, *2014* 年 *7* 月 *23* 日～*7* 月 *25* 日
4. 実 2 次体上の *Hilbert* 保型形式の合同式と *L* 関数の特殊値, 神戸大学代数セミナー, 神戸大学, *2015* 年 *1* 月 *8* 日
5. *Hilbert* 保型形式の合同式と岩澤不変量, 東北大学代数セミナー, 東北大学, *2015* 年 *7* 月 *23* 日
6. *Congruences between Hilbert modular forms of weight* 2 *and the Iwasawa invariants, Boston University/Keio University Workshop 2015, Boston University, United States of America, September 8-12, 2015*
7. *"Families of Galois representations and Selmer groups"* の第 1 章の概説, *2016* 年度整数論サマースクール「保型形式の p 進 *family* 入門」, 諏訪湖ホテル *(*長野県諏訪市*), 2016* 年 *8* 月 *22* 日～*8* 月 *26* 日
8. *Period integrals and the integrality of p-adic L-functions of* GL(2) *over totally real number fields, Mini-workshop*「*Modular forms and period integrals*」, *The University of Tokyo, Japan, September 12-14, 2016*
9. *Eisenstein* コホモロジーと GL(3) の p 進 L 函数の構成の現状, 合宿型セミナー「保型 L 函数の特殊値と付随する p 進 L 函数」, 美山町自然文化村 河鹿荘 *(*京都府南丹市*), 2016* 年 *9* 月 *19* 日～*9* 月 *23* 日
10. *Hilbert* 保型形式の合同式と岩澤 λ 不変量, 早稲田整数論セミナー, 早稲田大学 *(*西早稲田キャンパス*), 2017* 年 *11* 月 *10* 日

古川 勝久 ***(FURUKAWA Katsuhisa)***

A. 研究概要

射影空間内の「*3* 次超曲面 X を射影双対の退化によって特徴づける」問題に着目して研究を行った. 背景として, *Zak* 氏によって「射影双対 X^* が非特異かつ退化する場合の X の分類」が成されているが, その一方で, X^* が特異な場合をふくめ

ると, 現状では完全な分類は難しいように思われる. 関連して, *Hwang* 氏は X 上の「自己同型」に関する条件のもと X が「*(*等質空間である*)Severi* 多様体の *secant* 多様体」として特徴づけられることを示した.
本研究では X^* が特異な場合も含めた射影退化する *3* 次超曲面 X の研究を行って, *Severi* 多様体の *secant* 多様体に対する切断の様相などについて観察しながら調査を行った.
また, 一般に射影空間内に埋めこまれた射影多様体 X に対して, その *k-secant* 多様体の性質を知ることは容易ではない. 本研究では特に X が *Veronese* 埋めこみ, *Segre* 埋めこみのような基本的な多様体である場合について, *k-secant* 多様体の特異点に注目しながら研究を行った.

We study cubic hypersurfaces with positive dual defects, whose dual varieties are not necessarily smooth. In particular, we investigate properties of special sections of secant varieties of Severi varieties.
Also, we study singular loci of higher secant varieties of several fundamental varieties.

B. 発表論文

1. *K. Furukawa and A. Ito: "On separable higher Gauss maps", Michigan Mathematical Journal* ***68****, 483–503, (2019).*
2. *K. Furukawa and A. Ito: "Gauss maps of toric varieties", Tohoku Mathematical Journal* ***69*** *(2017) 431-454.*
3. *K. Furukawa and A. Ito: "On Gauss maps in positive characteristic in view of images, fibers, and field extensions", International Mathematics Research Notices, Vol. 2017, No. 8 (2017) 2337-2366.*
4. *K. Furukawa: "Convex separably rationally connected complete intersections", Proceedings of the American Mathematical Society* ***144*** *(2016) 3657-3669.*
5. *K. Furukawa: "On general fibers of Gauss maps in arbitrary characteristic", Journal of Algebra* ***451*** *(2016) 293-301.*

C. 口頭発表

1. *Cubic hypersurfaces with positive dual defects,* 都の西北 代数幾何学シンポジウム, 早稲田大学理工学部, *2019* 年 *11* 月.
2. *Cubic hypersurfaces with positive dual defects, Lecture Series in Algebraic Geometry, Morningside Center of Mathematics, Chinese Academy of Sciences (China), 2019* 年 *9* 月.
3. *Cubic hypersurfaces with positive dual defects, Workshop on Calabi-Yau Varieties and Related Topics, Hakodate Community Plaza G-Square, 2019* 年 *8* 月.
4. *Cubic hypersurfaces with positive dual defects,* 代数幾何学城崎シンポジウム, 兵庫県立城崎大会議館, *2018* 年 *10* 月.
5. *Cubic hypersurfaces with positive dual defects, London-Tokyo Workshop In Birational Geometry, Imperial College London (UK), 2018* 年 *6* 月.
6. 正標数のガウス写像の研究, 新潟代数セミナー, 新潟大学, *2017* 年 *7* 月.
7. *On separable higher Gauss maps,* 東京大学代数幾何学セミナー, 東京大学, *2017* 年 *5* 月.
8. *Dimension of the space of conics on Fano hypersurfaces, The 2nd Higher dimensional algebraic geometry Echigo Yuzawa symposium, Yuzawa-cho Kouminkan, 2017* 年 *2* 月.
9. *On separable higher Gauss maps,* 京都大学・代数幾何学セミナー, 京都大学数学教室, *2017* 年 *1* 月.
10. 非特異 *Fano* 超曲面上の *2* 次曲線族の次元について, 都の西北 代数幾何学シンポジウム, 早稲田大学理工学部, *2016* 年 *11* 月.
11. 低次数 *Fano* 超曲面上の *2* 次曲線族の次元について, 第 *4* 回 *K3* 曲面・エンリケス曲面ワークショップ, 北海道教育大学 札幌駅前サテライト, *2016* 年 *10* 月.
12. 分離的な高次ガウス写像について, 特異点論月曜セミナー, 東京大学数理科学研究科, *2016* 年 *9* 月.
13. *Fano* 超曲面上の二次曲線族の次元につい

て, 山形代数幾何小研究集会, 山形大学小白川キャンパス, *2016* 年 *8* 月.

松雪 敬寛 ***(MATSUYUKI Takahiro)***

A. 研究概要

私は、滑らかなファイバー束の特性類の微分形式レベルでの構成と既知の特性類との関連を研究してきた。現在、この研究の結果は、次の二種類に大別される*: (A)* 族の *de Rham* ホモトピー理論を展開し、特性類を微分形式レベルで構成する。*(B)* ファイブレーションの特性類をあるグラフ複体のコホモロジー類として表す。

研究 *(A)* では、ファイバー束の計量などから得られるホモトピー論的な対象の変化から特性類を取り出す研究を行っている。特に、論文 *3* では、ファイバー束の計量を固定することで得られる *Chen* 展開の族を考察した。これは底空間から *Chen* 展開のモジュライ空間への写像を定め、このモジュライ空間のコホモロジーからファイバー束の特性類を得た。本年度では、このモジュライのコホモロジーを計算する研究を行った。

研究 *(B)* では、上記で構成した特性類や *Schlessinger-Stasheff* 特性類を、グラフコサイクルを用いて組み合わせ的に表示する方法を与えた。ここで構成したグラフ複体とチェイン写像は、*Kontsevich* の構成と *Hamilton-Lazarev* の構成の一般化となっている。具体的な例として、特性類に対応するグラフコサイクルをファイバーが複素射影空間の場合に構成している。従来このようにグラフと特性類の関連が与えられていたのは、曲面束の場合のみであり、一般の多様体束に対する大幅な一般化を与えている。これは本年度出版された論文 *1* の結果である。

I have studied constructions of characteristic classes for smooth fiber bundles, and its relation to graph complexes. Currently, the results of these studies are roughly divided into the following: (A) Constructing differential forms representing characteristic classes via de Rham homotopy theory for a family of manifolds. (B) Representing characteristic classes for fibrations by certain graph cohomology classes.

In (A), I construct characteristic classes obtained from a deformation of homotopical information of a fiber defined by a Riemannian metric of a fiber bundle. Especially, in the paper 3, we investigated a family of Chen's expansions obtained by a Riemannian metric of a smooth fiber bundle. It induces a map from the base space to the moduli space of Chen expansions. We constructed cohomology classes of the moduli space, and characteristic classes of the bundle though this map. In this year, I carried out calculations of the cohomology of this moduli space.

In (B), I considered how to present by certain graph cohomology classes characteristic classes constructed by (A) and Schlessinger-Stasheff. The graph complex and the chain map constructed in the paper are generalizations of Kontsevich's construction and Hamilton-Lazarev's construction. I also constructed graph cocycle presenting characteristic classes for a complex projective space bundle. The relationship between graph complexes and characteristic classes are know in the case of a surface bundle. This result gives a generalization of the relationship for more general fibers. This result is in the published paper 1 in this year.

B. 発表論文

1. *T.Matsuyuki, Double graph complex and characteristic classes of fibrations, Pacific Journal of Mathematics, vol. 301, no. 2, (2019), 547–574.*
2. *T.Matsuyuki, Obstruction of C_∞-algebra models and characteristic classes, math.AT:1809.00363, (2018).*
3. *T. Matsuyuki and Y. Terashima, Characteristic classes of fiber bundles, Algebr. Geom. Topol. 16 (2016), no. 5, 3029–3050.*
4. *H.Kajiura, T.Matsuyuki, and Y.Terashima, Homotopy theory of A_∞-algebras and characteristic classes of fiber bundles, math.GT:1605.07904, (2016).*

C. 口頭発表

1. 分類空間としての *Chen* 同型の空間, 日本数学会秋季総合分科会, 金沢大学, *2019* 年 *9* 月.
2. *Chen* モデルの空間とそのコホモロジー, 空間の代数的・幾何学的モデルとその周辺, 信州大学, *2019* 年 *9* 月.
3. *Obstruction class of a deformation of homotopy algebra models,* 日本数学会年会, 東京工業大学, *2019* 年 *3* 月.
4. *Moduli space of Chen's connections and characteristic classes, Building-up Differ-entiable Homotopy Theory,* 九州大学, *2019* 年 *3* 月.
5. *Characteristic classes of fiber bundles and homotopy algebra models, The 14th East Asian Conference on Geometric Topology, Peking University (*中華人民共和国*), 2019* 年 *1* 月.
6. *Maurer-Cartan* 単体的集合とファイバー束の障害類, 福岡ホモトピー論セミナー, 福岡大学, *2019* 年 *1* 月.
7. *Kontsevich* のグラフ複体と導分のコホモロジー, その一般化について, 松江セミナー, 島根大学, *2018* 年 *11* 月.
8. ホモトピー代数モデルの変形障害とファイバー束の特性類, ホモトピー論シンポジウム, 東京工業大学, *2018* 年 *11* 月.
9. ファイブレーションの特性類とグラフ複体, 日本数学会秋季総合分科会, 岡山大学, *2018* 年 *9* 月.
10. 二重グラフ複体とファイブレーションの特性類, 信州トポロジーセミナー, 信州大学, *2018* 年 *5* 月.

若月 駿 ***(WAKATSUKI Shun)***

A. 研究概要

有理ホモトピー論の応用として, 有理 *Gorenstein* 空間上のストリング作用素とその拡張を研究している. ストリング作用素とは, 有理 *Gorenstein* 空間 M の自由ループ空間 $LM = \mathrm{Map}(S^1, M)$ のホモロジー $H_*(LM;\mathrm{Q})$ に入る代数的構造であり, 特に「ループ積」と呼ばれる積と「ループ余積」と呼ばれる余積を含むものである.

昨年度までの研究では, ループ余積の高次元化として「対称ブレーン余積」と「非対称ブレーン余積」の *2* 種類を構成した. これらは球面からの写像空間 $\mathrm{Map}(S^k, M)$ のホモロジーの上に定義される余積である. これらの余積の構成の際には *"shriek map"* の構成が重要となるが, これは前者ではホモトピー群 $\pi_*(M)\otimes\mathrm{Q}$ の有限次元性, 後者ではホモロジー群 $H_*(M;\mathrm{Q})$ の有限次元性を利用して行われる.

本年度の研究においては,「対称ブレーン余積」と「非対称ブレーン余積」を比較することで, コホモロジー環 $H^*(\mathrm{Map}(S^k, M);\mathrm{Q})$ におけるカップ積のある種の消滅を証明した. 上述の *shriek map* の具体的記述を与えることで, *2* つの余積がスカラー *(Euler* 標数*)* 倍を除いて一致していることが分かり, それにより両者を比較することでカップ積の消滅が得られる.

また, *shriek map* について調べる過程で, 多項式環における *Jacobian* と正則列の関係性を証明した. 定理自体は可換環論で既知のものであったが, トポロジーのアイディアを用いた証明は新しいと考えられるため, 更なる応用の可能性を模索していきたい.

I am interested in string operations and their generalizations on rational Gorenstein spaces as an application of rational homotopy theory. String operations are algebraic operations on the homology $H_*(LM;\mathrm{Q})$ of the free loop space LM, including the loop product and the loop coproduct.

Previously, I defined two linear maps, called symmetric and non-symmetric brane coproduct. These are coproducts on the homology groups of mapping spaces $\mathrm{Map}(S^k, M)$ from spheres. The "shriek map", which is important in the construction of the coproducts, is defined by the finiteness of $\pi_*(M)\otimes\mathrm{Q}$ and $H_*(M;\mathrm{Q})$, respectively.

In this year, I proved some triviality of the cup product on the cohomology ring $H^*(\mathrm{Map}(S^k, M);\mathrm{Q})$, by comparing the symmetric and non-symmetric brane coproducts.

Moreover, I proved some relationship between the Jacobian and regular sequences in the polynomial ring. The result itself has been already known, but its proof given by a topological technique should be new.

B. 発表論文

1. *S. Wakatsuki: "New construction of the brane coproduct and vanishing of cup products on sphere spaces", arXiv:1905.00644*
2. *S. Wakatsuki: "Nontrivial example of the composition of the brane product and coproduct on Gorenstein spaces", Homology Homotopy Appl., 22:333–341, 2020*
3. *S.Wakatsuki: "Coproducts in brane topology", Algebr. Geom. Topol., 19(6):2961–2988, 2019*
4. *S.Wakatsuki: "Description and triviality of the loop products and coproducts for rational Gorenstein spaces", arXiv:1612.03563*

C. 口頭発表

1. *Brane coproducts and their applications,* トポロジーシンポジウム, 秋田市・にぎわい交流館 *AU*（あう）, *2019* 年 *8* 月
2. *Brane coproducts and their applications,* トポロジー火曜セミナー, 東京大学, *2019* 年 *7* 月
3. *Brane coproducts and vanishing of cup products on sphere spaces,* 信州トポロジーセミナー, 信州大学, *2019* 年 *6* 月
4. *Generalization of the loop coproduct,* 日本数学会・*2019* 年度年会, 東京工業大学, *2019* 年 *3* 月
5. *Gorenstein spaces and string topology, Building-up Differential Homotopy Theory, Kyushu University, 2019* 年 *3* 月
6. *Properties of brane operations,* ホモトピー論シンポジウム *2018,* 東京工業大学, *2018* 年 *11* 月
7. *Coproducts in brane topology on rational Gorenstein spaces, Topological Activities, Stockholm University, 2018* 年 *9* 月
8. *Coproducts in brane topology on rational Gorenstein spaces, Mapping Spaces in Algebraic Topology, Kyoto University, 2018* 年 *8* 月
9. *Coproducts in brane topology,* ストリングトポロジーとその周辺, 四季の湯強羅静雲荘, *2017* 年 *12* 月
10. *Brane topology on rational Gorenstein spaces,* ホモトピー論シンポジウム, 高松市生涯学習センター *(*まなび *CAN), 2017* 年 *11* 月

許 本源 ***(HSU Penyuan)***

A. 研究概要

流体力学における基礎方程式のナヴィエ・ストークス方程式（以降ＮＳ方程式）を中心に研究しています。ＮＳ方程式は非圧縮性粘性流体の運動を記述する方程式として広く用いられます。３次元ＮＳ流に対して、有限時間で解が爆発するかどうかはミレニアム問題として有名な未解決問題であります。この問題に対して、いろいろなアプローチする方法があって、その一つは *Serrin* の条件を満たすルレイ弱解（時間局所的強解）の延長可能性を考えることであります。他のアプローチは例えば、フィールズ賞の受賞者である *Fefferman* 氏及び *Constantin* 氏が提案した幾何的正則性判定法であります。現在は主に前述の二つのアプローチ及びその関連する流体の問題を取り組んでいます。具体的には次の問題を取り組んできて成果を上げました。１．ＮＳ方程式に対して、２次元半平面における粘着境界条件下でのリウヴィル型定理の構築とその応用。２．ＮＳ方程式の軸対称双曲型流の数値解析。３．時間変数に対する重み付き *Serrin* 条件及び重み付き強解に対し、存在性と一意性についての考察。４．歪み流を伴う定常ＮＳ方程式に対するリウヴィル型定理の構築。

My research interest lies in the area of fluid mechanics, especially incompressible Navier-Stokes equations. So far I have worked on questions involving regularity criterion for the incompressible Navier-Stokes equations and obtained the following results. 1. A Liouville

type result for a backward global solution to the Navier-Stokes equations in the half plane with the no-slip boundary condition and its application to a geometric regularity criterion. 2. A numerical simulation based on the axisymmetric Navier-Stokes equations for hyperbolic flow with swirl. 3. Introduction of a weighted Serrin condition that yields a necessary and sufficient initial value condition to guarantee the existence of local strong solutions contained in the weighted Serrin class. 4. A liouville type result on stationary solutions to the 3D Navier-Stokes equations for viscous incompressible flows in the presence of a linear strain.

B. 発表論文

1. *Reinhard Farwig, Yoshikazu Giga and Pen-Yuan Hsu: Initial values for the Navier-Stokes equations in spaces with weights in time, FUNKCIALAJ EKVACIOJ, 59 (2016), 199-216.*
2. *Pen-Yuan Hsu, Hirofumi Notsu and Tsuyoshi Yoneda: A local analysis of the axi-symmetric Navier-Stokes flow near a saddle point and no-slip flat boundary, Journal of Fluid Mechanics, 794 (2016) 444-459.*
3. *Reinhard Farwig, Yoshikazu Giga and Pen-Yuan Hsu: The Navier-Stokes equations with initial values in Besov spaces of type $B^{-1+3/q}_{q,\infty}$, Journal of the Korean Mathematical Society, 54 (2017) no.5, 1483-1504.*
4. *Reinhard Farwig, Yoshikazu Giga and Pen-Yuan Hsu: On the continuity of the solutions to the Navier-Stokes equations with initial data in critical Besov spaces, Annali di Matematica (2019), 1-17*
5. *Yoshikazu Giga, Zhongyang Gu and Pen-Yuan Hsu: Continuous alignment of vorticity direction prevents the blow-up of the Navier-Stokes flow under the no-slip boundary condition, Nonlinear Analysis, 189 (2019) 111579.*

C. 口頭発表

1. *Swirling flow of the axi-symmetric Navier-Stokes equations near a saddle point and no-slip boundary*、*RIMS* 研究集会：現象解明に向けた数値解析学の新展開、京都大学、２０１５年１１月。
2. *A local analysis of the swirling flow to the axi-symmetric Navier-Stokes equations near a saddle point and no-slip flat boundary*、解析学火曜セミナー、東京大学、２０１５年１１月。
3. *A local analysis of the swirling flow to the Navier-Stokes equations near a saddle point and no-slip flat boundary*、若手による流体力学の基礎方程式研究集会プログラム、名古屋大学、２０１６年１月。
4. ナビエ・ストークス方程式に対する数値. シミュレーション及び竜巻の構造、 渦の特徴付け研究会、北海道大学、２０１６年７月。
5. *Swirling flow of the Navier-Stokes equations near a saddle point and no-slip flat boundary, International conference on PDE "TOWARDS REGULARITY", Poland, August, 2016.*
6. *Initial value conditions for the Navier-Stokes equations in the weighted Serrin class, NCTS PDE Workshop on Fluid Dynamics and Related Problems, National Taiwan University (Taiwan), Sep. 2017.*
7. *A Liouville theorem for the planar Navier-Stokes equations with the no-slip boundary condition and its application to a geometric regularity criterion, National Central University (Taiwan), Sep. 2017.*
8. *Swirling flow of the Navier-Stokes equations near a saddle point and no-slip flat boundary, Conference on Mathematical Fluid Dynamics, Bad Boll (Germany), May 2018.*
9. *Continuous alignment of vorticity direction prevents the blow-up of the Navier-*

Stokes flow under the no-slip boundary condition, RIMS Gasshuku-style Seminar Workshop on physical and mathematical approaches to geophysical fluid problems, 北海道ニセコ*, Sep. 2019.*

10. *Continuous alignment of vorticity direction prevents the blow-up of the Navier-Stokes flow under the no-slip boundary condition, UTokyo-NTU Joint Symposium in Mathematics, The University of Tokyo, Dec. 2019.*

HUANG Xinchi (黄 欣馳***)***

A. 研究概要

数理物理学に現れる偏微分方程式における逆問題の一意性及び安定性を考察する。主たる手法はカーレマン評価という重み付き L^2 評価である。具体的に、次の三種類の方程式を考える。

1. 磁気流体力学 *(MHD)* 方程式：
磁気流体において電導性により流体の運動が磁場の変化をもたらし電流を誘起し、流れる電流によって生じるローレンツ力が改めて流体に作用することになる。従って、*MHD* の基礎方程式はマクスウェル方程式及びナビエ・ストークス方程式から導出されることができる。
MHD 方程式に対して二つの逆問題を論じる。一つは、境界或いは内部の観測データからソース項の空間成分を決める問題である。もう一つは、境界の観測データによって粘性係数と電導率を決定する問題である。カーレマン評価を用いて、既知関数に条件を課すことでそれぞれ逆問題の安定性を示す。

2. 時間非整数階の偏微分方程式 *(TFDE)*：
非均質媒体における異常拡散現象において通常の拡散方程式で説明できないことがしばしばある。ここ数十年、地中における拡散現象の実測データによって時間非整数階微分を導入した拡散方程式はより良いモデルとして認識された。また、医療分野などで時間分数階微分を含む波動方程式によるモデルかも近年提起され、時間非整数階偏微分方程式に関する理論的な研究が重要である。
時間非整数階微分に対してライブニッツの公式が成立しないことでカーレマン評価の確立は困難である。ただし、最高階時間微分階数が *1* の場合において *TFDE* が放物型方程式系に帰着できる、延いては、放物型カーレマン評価を利用し、ソース決定の逆問題の安定性が証明される。一方で、最高階微分階数が *2* の場合において非整数階微分を摂動項と見なし、ソース項の一部として取り扱える。従って、波動型カーレマン評価を用いて幾つかの逆問題の安定性が確立される。

3. 電磁場におけるシュレーディンガー方程式：
電磁場におけるシュレーディンガー方程式 *(MSE)* とは、運動エネルギーに磁場の影響も考慮に入れるシュレーディンガー方程式である。それにより、*MSE* において電位を表すスカラーポテンシャルと磁場の影響を表すベクトルポテンシャルが両方存在し、フォノン散乱のモデル式の一つとして認識される。
適切な仮定の下で、有限回繰り返して初期値（インプット）と境界値（アウトプット）のペアを観測してポテンシャルを決める係数決定逆問題を考察する。この問題に相応しい新たなカーレマン評価を証明した後で、片方のポテンシャルの決定及び両方の同時決定の逆問題に対して安定性評価を示す。

We consider some inverse problems for several partial differential equations in mathematical physics by the method of Carleman estimate. In details, we discuss the following three types of equations from physical background:

1. Magnetohydrodynamics (MHD) system:
The fundamental concept behind MHD is that magnetic fields change with the motion of fluids and the magnetic fields can induce currents in moving conductive fluids, which in turns polarized the fluids. Therefore, the set of equations of MHD is regarded as a coupling of Maxwell's equations and the Navier-Stokes equations.
Two kinds of inverse problems are investigated. By first establishing Carleman estimates for the MHD system, we can then prove the stability results for both inverse source problem of determining the spatial component in the source term and inverse coefficient problem of

recovering two coefficients simultaneously by the measurements of Cauchy data on some lateral boundary.

2. Time-fractional differential equation (TFDE):
Numerous field experiments show that TFDE gives a better description of the solute transport in highly heterogeneous media than the classical diffusion equation. In recent decades, TFDE has been a well-known model for anomalous diffusion. Moreover, TFDE with a second-order time derivative, so-called time-fractional wave equation, is also important as a candidate model of photoacoustic tomography.
By definition, the time-fractional derivative does not admit Newton-Leibniz formula, which prevents us from establishing Carleman estimate for TFDE directly in general cases. However, in some special cases, we manage to prove Carleman estimate for TFDE. For example, in the case that the highest time derivative is a first order, we can consider an equivalent coupled parabolic system instead, while in the case of a second order, we regard the fractional derivatives as perturbations and move them into the source term. In such cases, we are able to apply the Carleman estimate of either parabolic type or hyperbolic type and result in the stability estimates for inverse problems.

3. Magnetic Schrödinger equation (MSE):
In magnetic Schrödinger equation, we introduce the effect from the magnetic field in the part of kinetic energy. Then we obtain a Schrödinger equation with not only electric potential but also magnetic vector potential which can be regarded as a model of describing the phenomena of phono scattering.
Under suitable assumptions on these potentials, we consider the inverse coefficient problems of recovering the potentials by measuring the pairs of initial values(input) and Neumann derivatives of solution on the boundary(output). In terms of a Carleman estimate which is specifically designed for the MSE, we are able to prove the stable determinations of either potential. Moreover, we can simultaneously determine both potentials under some stronger assumptions.

B. 発表論文

1. *X. Huang, K. Takahashi, Y. Kishi, M. Kanai and T. Mase: "A modified model on a traffic network and signal optimization",* 数理科学実践研究レター, *LMSR 2018-4.*
2. *X. Huang, Z. Li and M. Yamamoto: "Carleman estimates for the time-fractional advection-diffusion equations and applications", Inverse Problems* ***35*** *(2019) 045003.*
3. *X. Huang, Y. Kian, E. Soccorsi and M. Yamamoto: "Carleman estimate for the Schrödinger equation and application to magnetic inverse problems", Journal of Mathematical Analysis and Applications* ***474*** *(2019) 116–142.*
4. *X. Huang: "Inverse coefficient problem for a magnetohydrodynamics system by Carleman estimates", Appl. Anal. (2019) DOI: 10.1080/00036811.2019.1632440.*
5. *Z. Li, X. Huang and M. Yamamoto: "Initial-boundary value problems for multi-term time-fractional diffusion equations with x-dependent coefficients", Evolution Equations & Control Theory* ***9*** *(2020) 153–179, DOI: 10.3934/eect.2020001.*
6. *Z. Li, X. Huang and M. Yamamoto: "A stability result for the determination of order in time-fractional diffusion equations", Journal of Inverse and Ill-posed Problems (2020) DOI: https://doi.org/10.1515/jiip-2018-0079.*
7. *X. Huang: "Carleman estimate for a general second-order hyperbolic equation", "Inverse Problems and Related Topics" Chapter 7, Springer, Singapore,*

2020, DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-15-1592-7.

C. 口頭発表

1. *Carleman estimates for a time-fractional advection-diffusion equation and applications to inverse source problems, RIMS Workshop on Inverse problems for partial differential equations and related areas, Research Institute for Mathematical Sciences, Kyoto University, Japan, 2018* 年 *1* 月.
2. *Inverse problems for a magnetohydrodynamics system by Carleman estimates, The 9th International Conference on Inverse Problems and Related Topics, National University of Singapore, Singapore, 2018* 年 *8* 月.
3. *Carleman estimate for the Schrödinger equation and application to magnetic inverse problems, Workshop for young scholars, Control and inverse problems on waves, oscillations and flows, Doshisha University, 2018* 年 *8* 月.
4. *Carleman estimate for the Schrödinger equation and application to magnetic inverse problems, International Conference on Inverse Problems, Fudan University, China, 2018* 年 *10* 月.
5. *Inverse problems for a magnetohydrodynamics system by Carleman estimates, The 17th Workshop on Mathematical Analysis for Nonlinear Phenomena, Kanazawa, Japan, 2019* 年 *2* 月.
6. *Carleman estimates for a time-fractional advection-diffusion equation and application to inverse source problems, (1) The 11th Conference on Inverse Problems, Imaging and Applications, Lanzhou, China, (2) Applied Inver Problems Conference 2019, Grenoble, France, 2019* 年 *6,7* 月.
7. *(1) Carleman estimate for a time-fractional advection-diffusion equation and application to a lateral Cauchy problem, (2) Inverse problems for a magnetohydrodynamics system by Carleman estimates, International Congress on Industrial and Applied Mathematics 2019, Valencia, Spain, 2019* 年 *7* 月.
8. *Inverse problems for a magnetohydrodynamics system by Carleman estimates, Summer School on Applied Inverse Problems and Related Topics, Tambara Institute of Mathematical Sciences, 2019* 年 *8* 月.
9. *Inverse source problems for the time-fractional differential equations with integer time derivatives, Control and inverse problems on waves, oscillations and flows -Mathematical analysis and computational methods, Tokyo University of Science, Japan, 2019* 年 *8* 月.
10. *Mathematical Modeling of Boundary Condition for Diffusion of* ^{137}*Cs in Lake Onuma and Numerical Scheme,* 産業界からの課題解決のためのスタディグループ, 東京大学大学院数理科学研究科, *2019* 年 *12* 月.

G. 受賞

東京大学大学院数理科学研究科 修士課程研究科長賞（*2016* 年 *3* 月）.
東京大学大学院数理科学研究科 博士課程研究科長賞（*2019* 年 *3* 月）.

ジュンヨン オム *(JUNYONG Eom)*

A. 研究概要

非線形放物型方程式に於ける *ODE* 型解の漸近展開について研究する. *ODE* 型解とは解の第一漸近形が時間変数だけに依存する常微分方程式の解によって記述される解のことを言う. このとき, *ODE* 型解の第二漸近形からの高次展開を考察し, 非線形拡散効果が高次展開にどのような影響を及ぼすのか, その関係を明らかにすることが本研究の目的である.
We consider ODE type solutions for nonlinear

parabolic equations(systems), which behave like ODE solution. In this research, our aim is to derive asymptotic expansion of the solution to clearify the relation between diffusion effect and the asymptotic.

B. 発表論文

1. *Junyong Eom*：*"Pointwise behavior of the potential in anomalous localized resonance: a numerical study", Korean J. Math., **23** (2015), 171-180.*
2. *Junyong Eom, Hyeonbae Kang, Gen Nakamura and Yun-Che Wang, "Reconstruction of the shear modulus of viscoelastic systems in a thin cylinder: an inversion scheme and experiments", Inverse Problems, **32** (2016) 19pp.*
3. *Junyong Eom and Gen Nakamura, "Completeness of representation of solutions for stationary elastic/viscoelastic systems", Quar. Appl. Math., **77** (2019) 497-506.*
4. *Junyong Eom and Kazuhiro Ishige, "Large time behavior of ODE type solutions to a nonlinear parabolic system". Nonlinear Anal. **191**, (2020) 111631.*
5. *Junyong Eom and Kazuhiro Ishige, "Large time behavior of ODE type solutions to nonlinear diffusion equations", Discrete Contin. Dyn. Syst. âĂŞA, to appear.*

C. 口頭発表

1. 非線形放物系に対する *ODE* 型解の漸近展開, 草津セミナー応用解析冬の学校 *2020*, 草津セミナーハウス, *2020* 年 *2* 月.
2. 非線形放物系に対する *ODE* 型解の漸近展開, 松山解析セミナー *2020*, 愛媛大学, *2020* 年 *1* 月.
3. 非線形放物系に対する *ODE* 型解の漸近展開, 第 *17* 回浜松偏微分方程式研究集会, 静岡大学, *2019* 年 *12* 月.
4. 非線形放物系に対する *ODE* 型解の漸近展開, 応用解析セミナー, 東京大学, *2019* 年 *10* 月.
5. 非線形放物系に対する *ODE* 型解の漸近展開, 日本数学会 *2019* 年度秋季総合分科会, 金沢大学, *2019* 年 *9* 月.
6. *Large time behavior of ODE type solutions to a nonlinear parabolic system, Summer school on applied inverse problems and related topics, Tambara institute of mathematical sciences, August 2019.*
7. 非線形拡散方程式の *ODE* 型解の時間大域漸近展開, 日本数学会 *2019* 年度年会, 東京工業大学, *2019* 年 *3* 月.
8. *Large time behavior of ODE type solutions to nonlinear diffusion equations, The 20th Northeastern Symposium on Mathematical Analysis, Tohoku Univ., Feb 2019.*
9. *Reconstruction of the shear modulus of viscoelastic systems in a thin cylinder: an inversion scheme and experiments,* 若手研究集会「波動・振動・流れの制御と逆問題 -理論と数値計算-」, 同志社大学, *2018* 年 *8* 月.
10. *Reconstruction of the shear modulus of viscoelastic systems in a thin cylinder: an inversion scheme and experiments, A3 Workshop on Applied Inverse Problems and Related Topics, The University of Tokyo, Nov 2017.*

協力研究員 *(Associate Fellow)*

奥田 喬之 *(OKUDA Takayuki)*

A. 研究概要

リーマン面（複素曲線）の退化やその分裂変形、それに関連する写像類群の研究を中心に行っており、分野としては低次元トポロジーや複素代数幾何学と関わりが深い。

(1) 小平邦彦氏による楕円曲線の退化の分類ではその位相型の分類と特異ファイバーの形状の分類との間に本質的な差異はないが、種数 *2* 以上の場合には特異ファイバーが同じ形でありながら位相型が異なる退化の組の存在が知られていた。今年これに対して、与えられた特異ファイバーが相異なる位相型の退化のもとで実現されるための必要十分条件を非常にシンプルな形で求めることができた。

(2) 剥離変形を拡張することにより、特異ファイバーの分裂可能性に関する研究も幾分進んでいる。一度の変形によりレフシェッツファイバーにまで分裂可能、即ちモース化可能である為の十分条件をモノドロミーの言葉で与えた。高村茂氏（京都大学）との共同研究により、プロペラ型自己同型をモノドロミーに持つ特異ファイバーが、（単純特異点分解の隣接ダイアグラムを思わせる）系列によって“漸化式的／帰納的に”モース化可能であることを示した。一方で、多パラメータによる分裂族の研究も進めており、例えば与えられた一次元分裂族を包含する多次元分裂族が存在する為の十分条件や、その際のジェネリックな変形が与える分裂型を決定した。

(3) 特異ファイバーの分裂を与える分裂族（複素曲線束の変形族）を統制する理論を構築中である。リーマン面の退化の位相型は位相モノドロミーによって完全に決定されるが、このアナロジーとして分裂位相モノドロミーという概念を導入した。特にある条件を課せば特異ファイバーにある意味で負型擬周期的に作用することが示せ、剥離変形族の場合にはその作用を特異ファイバーの部分因子の言葉で明示できる。

(4) 特異ファイバーの分裂とその位相モノドロミーの分解との対応を利用した写像類のデーンツイスト積表示も一つの大きな研究課題である。*(2)* の結果を用いたこれまでにない新たな“経済的な”積表示が得られたことを始め、多面体群を始めとする閉リーマン面への有限群作用の積表示の記述に関する研究も行っている。

(5) 大域的なリーマン面上の退化族に関する研究も進めている。写像類群の中で有限群を生成するようなモノドロミー達に対する大域的退化族の存在性の証明を行った。

I have been studying low dimensional topology and complex algebraic geometry. In particular, I am interested in degenerations of Riemann surfaces (complex curves), their splitting deformations, and some related topics of the surface mapping class groups.

(1) For relatively minimal degenerations of elliptic curves, the classification of their topological types coincides with that of the singular fibers appearing in them. In genus two or more cases, it is known that there exist pairs of topologically inequivalent degenerations whose singular fibers have the same type. This year I obtained a necessary and sufficient condition for a singular fiber to be realized in (at least) two topologically inequivalent degenerations.

(2) I have been improving a method to construct barking families, which gives us some results on splittability. I showed some sufficient conditions for a singular fiber to admit a direct splitting into Lefschetz fibers. In joint work with Shigeru Takamura (Kyoto University), we showed that the singular fibers equipped with monodromies of propeller type can split into several Lefschetz fibers in some “inductive” deformation sequence. On the other hand, we are studying multi-dimensional splitting families. We showed certain sufficient conditions where for given two one-dimensional splitting families there exists a two-dimensional splitting family containing them.

(3) The main challenge is to establish a theory of splitting families, in which a complex surface is deformed and a singular fiber splits. It is known that the topological types of degenerations of Riemann surfaces are determined by their topological monodromies. The notion of the topological monodromy for splitting families was introduced as an analogy of that for degenerations. And I showed that, under certain assumptions, the action of this monodromy on each component of the main singular fiber is pseudo-periodic of negative twist, and that it can be explicitly determined in terms of simple crusts in the particular case of barking families.
(4) One topic of my research is Dehn-twist expression of mapping classes via splitting of singular fibers into Lefschetz fibers. The above results give us new Dehn-twist expressions of periodic mapping classes, which are more reasonable than ones already known. We also study Dehn-twist expressions of finite group actions (such as polyhedral group actions) on closed Riemann surfaces.
(5) Furthermore, I study global degenerating families. For example, I showed that there exists a global degenerating family with a given monodromy representation if its image forms a finite subgroup in the mapping class group. This work is motivated by my new approach to the development of splitting deformation theory.

B. 発表論文

1. *T. Okuda*：*"Singular fibers in barking families of degenerations of elliptic curves", Singularities in Geometry and Topology 2011, Adv. Stud. Pure Math., Vol. 66, Math. Soc. Japan (2015), 203–256.*
2. *T. Okuda*：*"Global degenerating families with periodic monodromies", Theory of singularities of smooth mappings and around it, RIMS Kôkyûroku Bessatsu B55 (2016), 163–183.*
3. *T. Okuda*：*"Degenerating families with finite monodromy groups", to appear in Kodai Mathematical Journal.*

C. 口頭発表

1. *Layer construction of multi-dimensional splitting families of degenerations of Riemann surfaces,* 研究集会「４次元トポロジー」, 大阪市立大学, *2017* 年 *11* 月.
2. *Layer construction of multi-dimensional splitting families of degenerations of Riemann surfaces,* 小研究集会「幾何学と特異点 *2018*」, 東京学芸大学, *2018* 年 *3* 月.
3. *Degenerations of Riemanns surfaces — Toward Morsification,* 紀尾井町数理セミナー, 城西大学, *2018* 年 *7* 月.
4. *Degenerations of Riemann surfaces over disks and their deformations,* 農工大セミナー, 東京農工大学, *2018* 年 *11* 月.
5. *Topology of degenerations of curves and their splitting deformations* 農工大数学セミナー *2019,* 東京農工大学, *2019* 年 *3* 月.
6. *Topologically inequivalent degenerations with same singular fiber configuration,* 研究集会「特異点論による空間研究」, *JR* 博多シティ会議室, *2019* 年 *6* 月.
7. *Morsification of fibered complex surfaces, Palestra, IBILCE/UNESP-São José do Rio Preto-SP, Brazil, September 2019.*
8. *Topology of degenerations of Riemann surfaces and their deformations, Brazilian-Japanese singularity days at Unesp/Rio Preto, IBILCE/UNESP-São José do Rio Preto-SP, Brazil, September 2019.*
9. *Topologically inequivalent degenerations with same singular fibers,* 九州大学トポロジー金曜セミナー, 九州大学, *2019* 年 *10* 月.
10. *Topologically inequivalent degenerations with same singular fibers,* 研究集会「４次元トポロジー」, 大阪大学, *2019* 年 *11* 月.

谷村 慈則 ***(TANIMURA Yoshinori)***

A. 研究概要

私は今年度 *Michel Duflo* の多項式予想に対する純代数的なアプローチに関する研究を推し進めた。*Duflo* の多項式予想は *1986* 年に *Duflo* によって提案された予想である。私は去年度、冪零の場合の *Duflo* の多項式予想に対する代数的な新しいアプローチを提案し、実際に *2-step* 冪零リー代数や特殊冪零リー代数の場合に *Duflo* の多項式予想を解決した。この提案に伴い、以下のような研究課題が派生している。

- 我々の手法を用いた冪零の場合の *Duflo* の多項式予想の完全解決
- 可解な場合と半単純な場合への手法の拡張
- 従来から行われている解析的なアプローチとの関係性

現在は、特に「我々の手法を用いた冪零の場合の *Duflo* の多項式予想の完全解決」に関する研究を行っている。特に、一般的に解決されていない *3-step* 冪零リー代数の典型例として *4* 次の狭義上三角行列全体を取り上げ、この例における *Duflo* の多項式予想の完全な解決を目指し研究を進めている。

In this fiscal year, I developed our algebraic approach to Michel Duflo's polynomial conjecture. Duflo's polynomial conjecture was suggested by Duflo in 1986. In the last fiscal year, I suggested an algebraic approach to Duflo's polynomial conjecture and solved Duflo's polynomial conjecture in the 2-step nilpotent case and special nilpotent case. This suggestion derives the following themes:

- *complete solution of Duflo's polynomial conjecture in the nilpotent case by our approach,*
- *the extension of our approach to the solvable case and the semi-simple case, and*
- *the relationship between our approach and the traditional analytic approach.*

Recently, I research the first theme. In particular, I take the algebra of all fourth-order strictly upper triangular matrix as a typical example of a 3-step nilpotent Lie algebra that is not generally solved, and try to solve Duflo's polynomial conjecture in this example.

B. 発表論文

1. *Y. Tanimura, A splitting of the local rigidity of Clifford-Klein forms of homogeneous spaces of completely solvable Lie groups, arXiv:1607.07199*
2. *Y. Tanimura, "An algebraic approach to Duflo's polynomial conjecture in the nilpotent case," Journal of Lie Theory, 29(3):839–879, 2019*

C. 口頭発表

1. 谷村慈則、可換・冪零・可解リー群の *Clifford-Klein* 形の変形空間について（ポスター発表)、日本数学会異分野・異業種研究交流会、東京大学大学院数理科学研究科大講義室、*2014* 年 *10* 月
2. 谷村慈則、冪零 *Lie* 群の等質空間の *Clifford-Klein* 形の変形問題、第 *14* 回関東若手幾何セミナー、首都大学東京秋葉原サテライトキャンパス、*2015* 年 *5* 月
3. *Y. Tanimura, "A splitting of the local rigidity of Clifford-Klein forms of homogeneous spaces of nilpotent Lie groups," SEMINAIRE, Universite Tunis El Manar Labora-torire LATAO, Faculte des Sciences de Tunis Department de Mathematiques, January, 2017*
4. 谷村慈則、可解な階層付きリー代数に対応するリー群を変換群とする *Clifford-Klein* 形の柔軟性について、日本数学会 *2017* 年度年会、首都大学東京南大沢キャンパス、*2017* 年 *3* 月
5. *Y. Tanimura, "An application of F-method to nilpotent homogeneous spaces," 5th Tunisian-Japanese Conference Geometric and Harmonic Analysis on Homogeneous Spaces and Applications, Royal Elmansour Hotel, Mahdia, Tunisia, December, 2017*
6. *Y. Tanimura, "An algebraic approach*

to Duflo's polynomial conjecture in the nilpotent case," Algebraic Lie Theory and Representation Theory, 山喜旅館*, Ito, Shizuoka, May, 2019*

中園 信孝 *(NAKAZONO Nobutaka)*

A. 研究概要

差分方程式の可積分性として，代数的エントロピー，特異点閉じ込め，多面体上のコンシステンシーなど様々なものが知られている．その中でも私が研究の対象としているのは，多面体上のコンシステンシーの理論である．そのようなコンシステンシーを持つ差分方程式として，*Adler, Bobenko and Suris* によって導出された立方体上のコンシステンシーを持つ *2* 次元偏差分方程式（*ABS* 方程式）がある．本研究では，立方体ではなく立方八面体上のコンシステンシーの理論を構築し，例として，立方八面体上のコンシステンシーを持つ連立 *2* 次元偏差分方程式を導出した．また，*ABS* 方程式から可積分な *2* 階非線型常差分方程式の族である離散パンルヴェ方程式への簡約化が知られている．本研究で得られた方程式についても，離散パンルヴェ方程式への簡約化ができることを示した．

Algebraic entropy, singularity confinement and consistency around a polytope are known as integrability properties of difference equations. Even out of those, I'm interested in a theory of consistency around a polytope. As a famous example, ABS equations, which are 2-dimensional partial difference equations and have a consistency around a cube property, are well known. I constructed a theory for a consistency around a cuboctahedron but not around a cube, and found a system of 2-dimensional partial difference equations which is consistent around a cuboctahedron. It is known that some of ABS equations can be reduced to integrable 2nd order ordinary difference equations (discrete Painlevé equations) by periodic reductions. I showed that the system of 2-dimensional partial difference equations obtained in my study can be also reduced to discrete Painlevé equations by a periodic reduction.

B. 発表論文

1. *N. Nakazono : "Reduction of lattice equations to the Painlevé equations: P_{IV} and P_{V}", Journal of Mathematical Physics,* ***59*** *(2018) 022702, 19 pages.*
2. *N. Joshi, K. Kajiwara, T. Masuda, N. Nakazono and Y. Shi : "Geometric description of discrete power function associated with the sixth Painlevé equation", Proceedings of The Royal Society of London. Series A. Mathematical, Physical and Engineering Sciences,* ***473*** *(2017).*
3. *N. Joshi and N. Nakazono : "Elliptic Painlevé equations from next-nearest-neighbor translations on the $E_8^{(1)}$ lattice", Journal of Physics. A. Mathematical and Theoretical,* ***50*** *(2017) 305205, 17 pages.*
4. *N. Joshi and N. Nakazono : "Lax pairs of discrete Painlevé equations: $(A_2+A_1)^{(1)}$ case", Proceedings of The Royal Society of London. Series A. Mathematical, Physical and Engineering Sciences,* ***472*** *(2016).*
5. *N. Joshi, N. Nakazono and Y. Shi : "Lattice equations arising from discrete Painlevé systems. II. $A_4^{(1)}$ case", Journal of Physics. A. Mathematical and Theoretical,* ***49*** *(2016) 495201, 39 pages.*
6. *N. Joshi, N. Nakazono and Y. Shi : "Reflection groups and discrete integrable systems", The Journal of Integrable Systems,* ***1*** *(2016) xyw006.*
7. *J. Atkinson, P. Howes, N. Joshi and N. Nakazono : "Geometry of an elliptic-difference equation related to Q4", The Journal of the London Mathematical Society,* ***12*** *(2016) 763–784.*
8. *N. Nakazono : "Hypergeometric τ functions of the q-Painlevé Systems of Types $A_4^{(1)}$ and $(A_1+A_1')^{(1)}$", Symmetry, Integrability and Geometry. Methods and Applications,* ***12*** *(2016) 051, 23 pages.*

9. *N. Joshi, N. Nakazono and Y. Shi : "Lattice equations arising from discrete Painlevé systems. I. $(A_2 + A_1)^{(1)}$ and $(A_1 + A_1')^{(1)}$ cases", Journal of Mathematical Physics, **56** (2015) 092705, 25 pages.*
10. *K. Kajiwara and N. Nakazono : "Hypergeometric solutions to the symmetric q-Painlevé equations", International Mathematics Research Notices, **2015** (2015) 1101–1140.*

C. 口頭発表

1. *Reduction to discrete Painlevé equations from CACO lattice equations: δ-$E_6^{(1)}$ type,* 可積分系ウィンターセミナー *2020,* 山梨県, *2020* 年 *2* 月.
2. *Consistency on a cuboctahedron, Joint Mathematics Meetings AMS Special Session on Random Combinatorial Structures, Complex Analysis and Integrable Systems, San Diego, USA, 2020* 年 *1* 月.
3. *Mathematics and Statistics Seminar, University of Cyprus, Nicosia, Cyprus, 2019* 年 *9* 月.
4. *ABS* 方程式系とガルニエ系からの六角格子上の離散冪函数の導出, 日本応用数理学会 *2019* 年度年会, 東京都, *2019* 年 *9* 月.
5. *Consistency around a cuboctahedron, The 4th China-Japan Joint Workshop on Integrable Systems,* 神奈川県, *2019* 年 *8* 月.
6. *Consistency around a cuboctahedron, Elliptic integrable systems, special functions and quantum field theory, Stockholm, Sweden, 2019* 年 *6* 月.
7. *Classification of quad-equations on a cuboctahedron, The Eleventh IMACS International Conference, GA, USA, 2019* 年 *4* 月.
8. *Affine Weyl group symmetry of the discrete power function, Day of Dynamics – Dynamical Systems, The University of Sydney, Sydney, Australia, 2019* 年 *2* 月.
9. *Affine Weyl group symmetry of the discrete power function, Group Analysis of Differential Equations and Integrable Systems, Larnaca, Cyprus, 2018* 年 *6* 月.
10. *CAC cube structure of the discrete power function, The Asymptotic, Algebraic and Geometric Aspects of Integrable Systems Workshop at TSIMF, Hainan Province, China, 2018* 年 *4* 月.

F. 対外研究サービス

研究集会などのオーガナイザー

1. *Minisymposium "Integrable systems and discrete dynamics", The 9th International Congress on Industrial and Applied Mathematics, Valencia, Spain, 2019* 年 *7* 月 *15 – 19* 日.
2. *Special session "Dynamical Systems and integrability", The Eleventh IMACS International Conference, GA, USA, 2019* 年 *4* 月 *17 – 19* 日.
3. *Special session "Discrete integrable systems", The Tenth IMACS International Conference, GA, USA, 2017* 年 *3* 月 *29* 日 *– 4* 月 *1* 日.
4. *2016 Integrable Systems Workshop, Sydney, Australia, 2016* 年 *12* 月 *1 – 2* 日.
5. *Special session "Geometric, algebraic and analytic approaches to integrable systems", The Ninth IMACS International Conference, GA, USA, 2015* 年 *4* 月 *1 – 4* 日.
6. 非線形数理若手の会, 福岡県, *2010* 年 *11* 月 *15 – 17* 日.

林 拓磨 ***(HAYASHI Takuma)***

A. 研究概要

2010 年代より保型表現論や数理物理 *(Schrödineger* 方程式の隠れた対称性*)* と関連して可換環上の (g, K) 加群の理論が研究されるようになってきた. *Harish-Chandra* 加群, 特に $A_{\mathrm{q}}(\lambda)$ 加群の非自明な定義体 *(*環*)* を与えること *(*降下問題*)* は保型表現論への応用上重要であると思われ

ている．$A_{\mathrm{q}}(\lambda)$ 加群の降下問題の代数的研究は *Fabian Januszewski* 氏によって行われた．

本年，私は *Harish-Chandra* 加群の定義環の降下問題への幾何学的研究を始めた．実簡約 *Lie* 群 G_{R} とその極大コンパクト部分群 K を考える．K_{C} を K の複素化とする．G_{R} の $A_{\mathrm{q}}(\lambda)$ 加群は閉 K_{C} 軌道に台を持つ G_{R} の *(*部分*)* 複素旗多様体上の捻じれ D 加群から得られることが知られている．私は *Januszewski* 氏との共同研究で，閉 K_{C} 軌道の定義体 *(*環*)* の *Galois* 降下に関する結果を得た．特に古典群 *(*の標準的な $\mathrm{Z}[1/2]$ 形式*)* に関して，閉 K_{C} 軌道で $\mathrm{Z}[1/2]$ 形式を持つ例をたくさん与えた．また，*Januszewski* 氏の一般の基礎概形上の D 加群に関する彼のプレプリントの議論をさらに進めて現在捻じれ D 加群の理論を整備している．

また，軌道分解そのものの降下の試みとして，SL_3 の旗概形を $\mathrm{Z}[1/2]$ 上 *4* つの $\mathrm{SO}(3)$ 軌道に分解することに成功した．すなわち，SL_3 の複素旗多様体上の全 *4* つの $\mathrm{SO}(3,\mathrm{C})$ 軌道がすべて $\mathrm{Z}[1/2]$ 上定義され，さらにそれらが SL_3 の旗概形の集合としての分解を与えていることを証明した．

In the 2010s, some people started to study the theory of (g,K)*-modules over commutative rings for applications to automorphic representation theory and mathematical physics (the hidden symmetry of the Schrödinger equation). For applications to special L-values, it is important to find a nontrivial ring of definition of* $A_{\mathrm{q}}(\lambda)$*-modules (the descent problem). An algebraic study of the descent problem of* $A_{\mathrm{q}}(\lambda)$*-modules was done by Fabian Januszewski.*

In this year, I started to work on geometric approach to the descent problem of the rings of definition of Harish-Chandra modules. Let G_{R} *be a real reductive Lie group,* K *be its maximal compact subgroup, and* K_{C} *be the complexification of* K*. It is well-known that the* $A_{\mathrm{q}}(\lambda)$*-modules of* G_{R} *are obtained from twisted D-modules on complex partial flag varieties of* G_{R} *supported on closed* K_{C}*-orbits. In my joint work with Januszewski, we gave a general theorem of Galois descent on closed* K_{C}*-orbits. In particular, we obtain many examples for (standard* $\mathrm{Z}[1/2]$*-forms) of classical Lie groups. We are now working in progress on extending Januszewski's preprint on D-modules on schemes over general base schemes to twisted D-modules.*

I also established the descent of the KGB decomposition for SL_3*. That is, I proved that the four* $\mathrm{SO}(3,\mathrm{C})$*-orbits on the complex flag variety of* SL_3 *are defined over* $\mathrm{Z}[1/2]$*, and that they disjointly decompose the flag scheme of* SL_3 *over* $\mathrm{Z}[1/2]$ *as a set.*

B. 発表論文

1. *T. Hayashi:"Dg analogues of the Zuckerman functors and the dual Zuckerman functors I", Journal of Algebra 540, 274–305 (2019).*
2. *T. Hayashi:"Half-integrality of the closed* $\mathrm{SO}(3)$*-orbit on the flag variety of* SL_3*",* 数理解析研究所講究録 *2139, 165-176, 2019-12.*
3. *T. Hayashi:"Half-integrality of the closed SO(3)-orbit on the flag variety of SL(3)",* 第 *5* 回 *Algebraic Lie Theory and Representation Theory* 報告集刊 *(2019).*
4. *T. Hayashi:"Half-integrality of the KGB decomposition for* SL_3*", 2019* 年度表現論シンポジウム講演集 *(2019).*
5. *T. Hayashi:"Flat Base Change Formulas for* (g,K)*-modules over Noetherian rings", Journal of Algebra 514, 40–75 (2018).*
6. *T. Hayashi:"Integral models of Harish-Chandra modules of the finite covering groups of PU(1,1)", arXiv preprint arXiv:1712.07336 (2017).*
7. *T. Hayashi:"Dg analogues of the Zuckerman functors and the dual Zuckerman functors II", arXiv preprint arXiv:1606.04320 (2016).*
8. *T. Hayashi:"The Zuckerman functor over a commutative ring",* 数理解析研究所講究録 *1992, 80-90, 2016-04.*

C. 口頭発表

1. *Half-integrality of the KGB decomposition for* SL_3. *2019* 年度表現論シンポジウム, サンライズ九十九里, *2019* 年 *11* 月.
2. *Half-integrality of the KGB decomposition for* SL_3. 表現論とその組合せ論的側面, 京都大学数理解析研究所, *2019* 年 *10* 月.
3. *A construction of integral models of Harish-Chandra modules. Summer School on* L^2*-Torsion and Symmetric Spaces, University of Göttingen, 2019* 年 *10* 月.
4. *Half-integrality of the KGB-decomposition for* SL_3*: From combinatorics to algebraic geometry. Workshop on "Actions of Reductive Groups and Global Analysis",* 東京大学玉原国際セミナーハウス, *2019* 年 *8* 月.
5. *Half-integrality of the closed* $\mathrm{SO}(3)$*-orbit on the flag variety of* SL_3. 表現論とその周辺分野の進展, 京都大学数理解析研究所, *2019* 年 *7* 月.
6. *A construction of (g,K)-modules over commutative rings. 13-th edition of the International Workshop: Lie Theory and Its Applications in Physics (LT-13), the Guest House of the Bulgarian Academy of Sciences, 2019* 年 *6* 月.
7. *Half-integrality of the closed* $SO(3)$*-orbit on the flag variety of* $SL(3)$. *Algebraic Lie Theory and Representation Theory,* 山喜旅館, *2019* 年 *5* 月.
8. *Integral models of real parabolic induction of SU(1,1). Langlands and Harmonic Analysis,* ホテル サンバリーアネックス, *2019* 年 *3* 月.
9. 離散系列表現とその指標. 第 *9* 回倉敷整数論集会, 倉敷シーサイドホテル, *2018* 年 *9* 月.
10. *Introduction to rational structures on automorphic representations. Workshop on "Actions of Reductive Groups and Global Analysis",* 東京大学玉原国際セミナーハウス, *2018* 年 *8* 月.

博士課程学生 *(Doctoral Course Students)*

学振 *DC1, DC2 :* 日本学術振興会・特別研究員 *DC*
FMSP コース生 *:* 数物フロンティア・リーディング大学院プログラムコース生

☆ *3* 年生 *(Third Year)*

浅尾 泰彦 ***(ASAO Yasuhiko)***
(学振 DC1)
(FMSP コース生)

A. 研究概要

マグニチュードホモロジーの研究を行った。マグニチュードは *Leinster* によって定義された有限距離空間に対する不変量であり、本質的な点の個数を測ることができる。マグニチュードホモロジーはマグニチュードの圏化として *Hepworth-Willerton, Leinster-Shulman* によって定義された、一般の距離空間に対して *2* 重次数付き加群を対応させる関手である。本年度は *Otter* によって導入された *Blurred Magnitude homology* のホモトピー不変性に関する研究を行った。特に可壊と呼ばれるクラスの距離空間に対して、その *Blurred Magnitude homology* が自明になることを示した。また、九州大学の泉原健吾氏との共同研究で、グラフのマグニチュードホモロジーがある単体複体のホモロジーと同型になることを示し、いくつかの計算を行った。
画像認識に関する研究も行った。東京大学の坂本龍太郎氏、高木志郎氏、芝浦工大の長瀬准平氏との共同研究で、画像からある重み付きグラフを構成し、そのパーシステントホモロジーを取ることで画像の複雑さの測定や主要対象認識に有用であることを示した。

I studied Magnitude homology. Magnitude is an invariant of finite metric space defined by Leinster, which can measure the number of efficient points. Magnitude homology is defined by Hepworth-Willerton, Leinster-Shulman as a categoryfication of magnitude, which is a functor assigning a metric space to a double graded module. In this year, I studied on homotopy invariance of blurred magnitude homology defined by Otter. In particular, I showed that blurred magnitude homology of a crushable space is trivial. In collaboration with Kengo Izumihara in Kyushu University, we also showed that magnitude homology of a graph is isomorphic to a homology group a simplicial complex, and carried out some computations.
I also studied on image recognition. In collaboration with Ryotaro Sakamoto, Shiro Tkagi in University of Tokyo, and Jumpei Nagase in Shibaura Institute of Technology, we constructed a weighted graph from a image, and by computing its persistent homology, we showed it is useful for measuring complexity of images and detection of salient objects.

B. 発表論文

1. *Y. Asao* : *"Loop homology of some global quotient orbifolds", Algebr. Geom. Topol. 18 (2018), no. 1, 613 - 633.*
2. *Y.Asao : "Loop homology algebra of discrete torsion", arXiv:1807.11165, 2018.*
3. *Y. Asao : "Magnitude homology of geodesic metric spaces with an upper curvature bound", arXiv: 1903.11794*
4. *Y. Asao, R. Sakamoto : "On the mathematical approach to the "photo-likeness" of images", 2019* 年度日本人工知能学会全国大会 *Proceeding.*
5. *Y. Asao, R. Sakamoto :* "画像の「写真らしさ」に関するある確率論的相転移現象について*", FMSP* 数理科学実践研究レター*.*

C. 口頭発表

1. *"Loop homology algebra of discrete torsion",* 九大トポロジー金曜セミナー*,* 九州大学*, 2018* 年 *4* 月*.*
2. *"Orbifold string topology and its calculation",* 幾何学と大域解析学 *2018,* 慶應義塾

大学, *2018* 年 *7* 月.

3. *"Loop homology algebra of discrete torsion", Mapping spaces in Algebraic topology* 京都大学, *2018* 年 *8* 月.
4. *"Loop homology algebra of discrete torsion", EPFL Topology seminar, EPFL,* スイス, *2018* 年 *9* 月.
5. *"Loop homology algebra of discrete torsion",* 信州トポロジーセミナー, 信州大学, *2019* 年 *2* 月.
6. *"*オービフォールドストリングトポロジー*",* 第 *15* 回数学総合若手研究集会, 北海道大学, *2019* 年 *3* 月.
7. *"On the mathematical approach to the "photo-likeness" of images", 2019* 年度日本人工知能学会全国大会, 新潟, *2019* 年 *6* 月
8. *"Magnitude homology of geodesic metric spaces with an upper curvature bound",* 京大代数トポロジーセミナー, 京都大学, *2019* 年 *6* 月
9. *"Magnitude homology of geodesic metric spaces with an upper curvature bound",* 北大幾何学コロキウム, 北海道大学, *2019* 年 *6* 月
10. *"Magnitude homology of crushable spaces",* トポロジー火曜セミナー, 東京大学, *2020* 年 *1* 月

石橋 典 ***(ISHIBASHI Tsukasa)***
(学振 DC2)
(FMSP コース生)

A. 研究概要

クラスター代数の自己同型群であるクラスターモジュラー群について研究している. これは曲面の写像類群の一般化とみなせ, また一方で多くの可積分系を実現できる土壌を持つことからその元 *(*変異ループ*)* から誘導される離散力学系に興味を持っている. 本年度は狩野隼輔氏 *(*東京工業大学*)* との共同研究により, 曲面上の擬 *Anosov* 写像類の一般化として符号安定な変異ループを定式化し, そのような変異ループがクラスター変換を通して誘導する離散力学系について研究を行った. 主結果は符号安定な変異ループが誘導するクラスター変換の代数的エントロピーをクラスター伸縮因子の対数により評価するものである. これは *Thurston* により知られた, 曲面上の擬 *Anosov* 写像類の位相的エントロピーをその伸縮因子の対数として与える公式のクラスター類似である. 特に擬 *Anosov* 写像類に適用することで, 曲面 Σ 上の枠付き PGL_2-局所系のモジュライ空間 $\mathcal{X}_{PGL_2,\Sigma}$ に作用させた時の代数的エントロピーが位相的エントロピーに一致することが従う.
また, *Fordy–Marsh* により分類され, *Fordy–Hone* により可積分系の観点から研究されていた長さ 1 の変異ループについて符号安定となるための簡明な十分条件を与えた. 特に我々が与えた計算手法により, そのような変異ループの代数的エントロピーに関する *Fordy–Hone* の予想の一部を肯定的に解決した.
今回得られた結果は *Teichmüller–Thurston* 理論の「クラスター代数化」における第一歩といえる. さらに *Thurston* による *train track* の理論を含む形でクラスター代数における理論を整備していくことは今後の課題である.

I'm studying the cluster modular groups, which are automorphism groups of cluster algebras. A cluster modular group can be regarded as a generalization of the mapping class group of a surface, while it has a potential to realize many integrable systems. From these viewpoints I'm interested in the discrete dynamical systems induced by its elements, called the mutation loops. In this year, in a joint work with Shunsuke Kano (Tokyo Institute of Technology), I introduced sign-stable *mutation loops as a generalization of pseudo-Anosov mapping classes on a surface and studied the dynamical systems they induce via cluster transformations.*
Our main theorem is an estimate of the algebraic entropy of the cluster transformations induced by a sign-stable mutation loop by the logarithm of its cluster stretch factor*. In particular, applying to pseudo-Anosov mapping classes we can see that the algebraic entropy of its action on the moduli space $\mathcal{X}_{PGL_2,\Sigma}$ of framed PGL_2-*

local systems on a surface Σ coincides with its topological entropy.

We also gave a simple sufficient condition for mutation loops of length one to be sign-stable, which have been classified by Fordy–Marsh and further investigated by Fordy–Hone from the integrable system point of view. Our computation method is strong enough to partially confirm a conjecture on their algebraic entropy stated by Fordy–Hone.

Our results can be regarded as a first step in generalizing the Teichmüller–Thurston theory to the cluster algebra. It will be a future project to further develop such a theory in the cluster algebra, including the train tracks.

B. 発表論文

1. *T. Ishibashi: "On a Nielsen–Thurston classification theory for cluster modular groups", Annales de l'Institut Fourier* ***69*** *(2019) no. 2 p. 515–560.*
2. *T. Ishibashi: "Presentations of cluster modular groups and generation by cluster Dehn twists", arXiv:1711.07785.*
3. *R. Inoue, T. Ishibashi and H. Oya: "Cluster realizations of Weyl groups and higher Teichmüller theory", arXiv:1902.02716.*
4. *T. Ishibashi and S. Kano: "Algebraic entropy of sign-stable mutation loops", arXiv:1911.07587.*

C. 口頭発表

1. *On a Nielsen-Thurston classification theory on cluster modular groups, Geometry and Physics Seminar,* 精華大学 *(*中国*), 2017* 年 *7* 月.
2. *Cluster realizations of Coxeter groups and their relations with higher Teichmüller spaces, Séminaire GT3, IRMA,* ストラスブール大学 *(*フランス*), 2018* 年 *4* 月.
3. *Cluster realizations of Coxeter groups and their relations with higher Teichmüller spaces, Heidelberg Geometry Seminar,* ハイデルベルク大学 *(*ドイツ*), 2018* 年 *4* 月.
4. *Cluster realizations of Coxeter groups and their relations with higher Teichmüller spaces, Seminaire d'Algebre,* パリ第 *7* 大学 *(*フランス*), 2018* 年 *5* 月.
5. *Cluster realizations of Coxeter groups and higher Teichmüller theory, Cohomological study of mapping class groups and related topics, IRMA,* ストラスブール大学 *(*フランス*), 2018* 年 *9* 月.
6. *Cluster realization of Weyl groups associated with Kac-Moody Lie algebras, Infinite dimensional algebras, geometry and integrable systems, RIMS,* 京都大学,
7. *Cluster realization of Weyl groups and higher Teichmüller theory, Séminaire GT3, IRMA,* ストラスブール大学 *(*フランス*), 2019* 年 *3* 月.
8. *Cluster realization of Weyl groups and higher Teichmüller theory,* リーマン面に関する位相幾何学, 東京大学, *2019* 年 *9* 月.
9. *Algebraic entropy of sign-stable mutation loops,* トポロジー火曜セミナー, 東京大学, *2020* 年 *1* 月.
10. *Algebraic entropy of sign-stable mutation loops,* リーマン面のモジュライ空間の諸相, 東京大学, *2020* 年 *1* 月.

G. 受賞

1. *2016* 年度東京大学大学院数理科学研究科研究科長賞, *2017* 年 *3* 月.

伊藤 要平 ***(ITO Yohei)***

A. 研究概要

特異点が全て確定特異点となる *Fuchs* 型常微分方程式とモノドロミーが *1* 対 *1* に対応するか？という確定特異点型 *Riemann-Hilbert* 問題の高次元版は柏原氏により $\mathcal{D}$-加群の言葉に翻訳され *1984* 年頃に同氏により肯定的に解決された。具体的には、複素多様体 X 上の確定特異点型ホロノミー $\mathcal{D}$-加群の三角圏と X 上の複素構成可能層の三角圏が圏同値である事が示された。その後、その柏

原の定理を不確定特異点型の場合に拡張するという問題は *30* 年ほど未解決な状態が続いたが、柏原氏と *Schapira* 氏による帰納層 *(ind-sheaf)* の理論と望月氏や *Kedlaya* 氏による高次元版の福原-*Levelt-Turrittin* 理論を皮切りに *D'Agnolo* 氏と柏原氏により大きく進展した。具体的には、複素多様体 X 上のホロノミー $\mathcal{D}$-加群の三角圏から X 上の実構成可能な強化型帰納層 *(*R-*constructible enhanced ind-sheaf)* の三角圏への忠実充満関手が具体的に構成された。その後、望月氏によりその忠実充満関手の像が曲線テストという方法で特徴付けられた。

以上の研究背景のもとで、私は複素構成可能な強化型帰納層 *(*C-*constructible enhanced ind-sheaf)* を以下のように定義し、それらのなす三角圏が上述の忠実充満関手の像に一致する事を示した *(*発表論文 *[4])*。つまり、上述の忠実充満関手がホロノミー $\mathcal{D}$-加群の三角圏と複素構成可能な強化型帰納層の三角圏の間に圏同値を誘導する事を証明した。通常の意味での層に対する複素構成可能性は、ある滑層分割が存在して各滑層上で有限階数の局所定数層であると定義される。一方で、強化型帰納層に対しては、X のある滑走分割が存在して各滑層上で有限階数の *(*強化型帰納層の意味での*)* 局所定数層かつその滑層の境界の各点で福原-*Levelt-Turrittin* 分解に対応するような良い分解をもつという条件で定義した。これはホロノミー $\mathcal{D}$-加群が同様の性質を持つ事から着想を得た。このようにして、上述の忠実充満関手の像に属する対象を滑層分割を用いて特徴付けることができた。

The higher dimensional case of the Riemann-Hilbert problem of whether there exists a one-to-one correspondence between Fuchsian differential equations and monodromies has been solved positively by Kashiwara in 1984. He established an equivalence of categories between the triangulated category of regular holonomic $\mathcal{D}$-modules on a complex manifold and the one of C*-constructible sheaves on it. The problem of extending this Kashiwara's result to cover the case of holonomic $\mathcal{D}$-modules with irregular singularities had been open for 30 years. After a groundbreaking development in the theory of Hukuhara-Levelt-Turrittin of the higher dimensional case by Kedlaya and Mochizuki, and the one of ind-sheaves by Kashiwara and Schapira, D'Agnolo and Kashiwara established the Riemann-Hilbert correspondence for irregular holonomic $\mathcal{D}$-modules. More precisely, they constructed a fully faithful functor from the triangulated category of holonomic $\mathcal{D}$-modules on a complex manifold to the one of* R*-constructible enhanced ind sheaves on it. Moreover, Mochizuki proved that the image of this fully faithful functor can be characterized by the curve test. On the other hand, I defined a* C*-constructible enhanced ind-sheaf as follows and proved that they are nothing but objects of the image of above fully faithful functor. Namely, above fully faithful functor induces an equivalence of categories between the triangulated category of holonomic $\mathcal{D}$-modules on a complex manifold and the one of* C*-constructible enhanced ind-sheaves on it. A sheaf on a complex manifold is* C*-constructible if there exists a stratification of it such that the restriction of the sheaf to each stratum is a locally constant sheaf of finite rank. As similarly, I define that an enhanced ind-sheaf on a complex manifold is* C*-constructible if there exists a stratification of it such that the restriction of the enhanced ind-sheaf to each stratum is locally constant of finite type in the sense of enhanced ind-sheaves and has a good decomposition like the Hukuhara-Levelt-Turrittin decomposition along any point of the boundary of the stratum. The idea of this definition follows from the fact that any holonomic $\mathcal{D}$-module has the similar properties. So that we can characterized the image of above fully faithful functor by using stratifications.*

B. 発表論文

1. *Y. Ito: "Ind-*D-加群について–連接性と増大度付き *Cauchy-Kovalevskaya-*柏原の定理–*"*, 東京大学修士論文, *2017.*
2. *Y. Ito and K. Takeuchi*: *"On Irregularities of Fourier Transforms of Reg-*

ular Holonomic D-Modules", preprint, arXiv:1801.07444, to appear in Adv. Math.

3. *Y. Ito and K. Takeuchi*：*"On Some Topological Properties of Fourier Transform of Regular Holonomic $\mathcal{D}$-modules", preprint, arXiv:1807.09147, to appear in Canad. Math. Bull.*
4. *Y. Ito,* C*-Constructible Enhanced Ind-Sheaves, preprint, arXiv:1910.09954, to appear in Tsukuba j. Math.*

C. 口頭発表

1. 層とコホモロジー, *Workshop on "Actions of Reductive Groups and Global Analysis",* 玉原セミナーハウス, *2015* 年 *8* 月.
2. *The Riemann-Hilbert correspondence for Holonomic systems (*柏原 *1984)* の紹介, *Workshop on "Actions of Reductive Groups and Global Analysis",* 玉原セミナーハウス, *2016* 年 *8* 月.
3. *A note on Coherent Ind-$\mathcal{D}$-modules and Cauchy-Kovalevskaya-Kashiwara Theorem with growth conditions, Algebraic Analysis and Representation Theory – In honor of Professor Masaki Kashiwara's 70th Birthday –, RIMS, Kyoto University, Japan, poster session, June 2017.*
4. 論文「*Equivariant Derived Category and Representation of Real Semisimple Lie Groups (*柏原 *2008)*」の紹介, *Workshop on "Actions of Reductive Groups and Global Analysis",* 玉原セミナーハウス, *2017* 年 *8* 月.
5. *regular holonomic D-module* の *Fourier* 変換の *irregularity* について, 複素領域における関数方程式とその周辺, 広島大学, *2018* 年 *3* 月.
6. 論文「*N.M.Katz and G.Laumon, Transformation de Fourier et majoration de sommes exponentielles, 1985*」の紹介, *Workshop on "Actions of Reductive Groups and Global Analysis",* 玉原セミナーハウス, *2018* 年 *8* 月.
7. *Fourier transforms of regular holonomic D-modules in higher dimensions, D-modules, quantum geometry and related topics, RIMS, Kyoto University, Japan, poster session, December 2018.*
8. *Fourier Transforms of Regular Holonomic D-Modules in Higher Dimensions I, Hypergeometric functions and mirror symmetry, The University of Tokyo, Japan, December 2018.*
9. *Fourier Transforms of Regular Holonomic D-Modules in Higher Dimensions II, Hypergeometric functions and mirror symmetry, The University of Tokyo, Japan, December 2018.*
10. ストークス現象について, *Workshop on "Actions of Reductive Groups and Global Analysis",* 玉原セミナーハウス, *2019* 年 *8* 月.

稲次 春彦 *(INATSUGU Haruhiko)*

A. 研究概要

昨年度に続き、ジャンプ（急激な変動）を含むセミマルチンゲール型確率過程の統計推測理論について研究を行った。パラメトリックなケースでは、*global threshold* という手法を導入することにより、データに含まれるすなわちジャンプを効果的に除去したうえで、ボラティリティのパラメータを推計することを提案した。現在投稿中の論文では、提案した方法が一致性および漸近正規性をもつことを理論的に示したほか、現実のデータを模したシミュレーションによって、実際のデータでも有効に機能し得ることを確認した。この方法をノンパラメトリックなケース、すなわち実現ボラティリティの推定に応用することで、従来の方法と比較して優れたパフォーマンスを持つ推定量を提案した。

I studied the method of statistical inference for semimartingales with jumps. As for parametric case, I introduced the method of global threshold to estimate the volatility parameter of the semimartingale by eliminating jumps effectively. In

the paper I am preparing (joint work with my supervisor), I proved theoretically that our estimator is consistent and asymptotically normal. Moreover, in that paper, I conducted a series of simulation and found that our method would work very well. Applying this approach to the nonparametric estimation of realized volatility, I proposed an estimator that outperformed previous methods.

岩井 雅崇 ***(IWAI Masataka)***
(学振 DC1)
(FMSP コース生)

A. 研究概要

正則接ベクトル束が擬有効である場合の代数多様体の構造についての研究を行った．この研究は東北大学の松村慎一氏と細野元気氏との共同研究である．

先行研究として森は正則接ベクトル束 T_X が豊富ならば, X は CP^n と双正則であることを示した．その後 *Campana* らは T_X がネフである場合の代数多様体の構造について調べた．本研究では T_X が擬有効である場合の代数多様体の構造について調べた．結果は以下のとおりである*:*

X を代数多様体とし T_X は擬有効であるとする．このとき代数多様体 Y へのファイバー連結な全射正則写像 $\phi : X \to Y$ が存在して次を満たす．

(1) $\phi : X \to Y$ は滑らかである．
(2) Y は *Abel* 多様体 A による有限エタール被覆 $A \to Y$ を持つ．
(3) ϕ の一般ファイバー F は有理連結である．
(4) ϕ の一般ファイバー F の正則接ベクトル束 T_F は擬有効である．

さらに T_X が *positively curved* な特異エルミート計量を持つとき, 次を満たす．

(5) 次の正則接ベクトル束の完全列は分裂する．

$$0 \longrightarrow T_{X/Y} \longrightarrow T_X \longrightarrow \phi^* T_Y \longrightarrow 0$$

(6) $\phi : X \to Y$ は局所自明 *(*解析的ファイバー束*)* である．(特に全てのファイバーは滑らかで互いに双正則である).

We develop the theory of singular hermitian metrics on vector bundles. As an application, we give a structure theorem of a projective manifold X with pseudo-effective tangent bundle. This is a joint work with Genki Hosono and Shin-ichi Matsumura.

Let X be a projective manifold with pseudo-effective tangent bundle. Then X admits a (surjective) morphism $\phi : X \to Y$ with connected fiber to a smooth manifold Y with the following properties:

(1) The morphism $\phi : X \to Y$ is smooth.
(2) The image Y admits a finite étale cover $A \to Y$ by an abelian variety A.
(3) A general fiber F of ϕ is rationally connected.
(4) A general fiber F of ϕ also has the pseudo-effective tangent bundle.

Moreover, if we further assume that T_X admits a positively curved singular hermitian metric, then we have:

(5) The standard exact sequence of tangent bundles

$$0 \longrightarrow T_{X/Y} \longrightarrow T_X \longrightarrow \phi^* T_Y \longrightarrow 0$$

splits.
(6) The morphism $\phi : X \to Y$ is locally trivial (that is, all the fibers are smooth and isomorphic).

B. 発表論文

1. *M. Iwai. On the global generation of direct images of pluri-adjoint line bundles Mathematische Zeitschrift.* **294** *201-208 (2020) DOI 10.1007/s00209-019-02266-0*
2. *M. Iwai. Nadel-Nakano vanishing theorems of vector bundles with singular hermitian metrics to appear Annales - Mathématiques- de la Faculté des sciences de Toulouse.*
3. *M. Iwai, Characterization of pseudo-effective vector bundles by singu-*

lar hermitian metrics, Preprint, arXiv:1804.02146.

4. *G. Hosono, M. Iwai, S. Matsumura. On projective manifolds with pseudo-effective tangent bundle Preprint, arXiv:1908.06421*
5. *M. Iwai.* 地震発生の新しい統計則に関する数理的研究. 数理科学実践研究レター. *(online published)*
6. *M. Iwai, T. Kashiwabara, I. Sato and R. Yano. Earthquake-network in Japan based on Abe-Suzuki model and its characteristics.*

C. 口頭発表

1. “*Recent topics of singular Hermitian metrics.*” 東北大学幾何セミナー, 東北大学, *2019* 年 *4* 月.
2. “*On the Fujita's freeness conjecture in the relative setting.*” 第 *2* 回大阪高次元代数多様体論, 大阪大学, *2019* 年 *5* 月
3. “*On projective manifolds with pseudo-effective tangent bundles.*” 第 *21* 回葉山シンポジウム *(informal session),* 葉山湘南国際村センター, *2019* 年 *7* 月.
4. “*Projective manifolds with pseudo-effective tangent bundles.*” *Young mathematicians workshop on algebraic, geometric, and analytic aspects of K theory and vector bundles,* 琉球大学, *2019* 年 *8* 月.
5. “*Projective manifolds with pseudo-effective tangent bundles.*” 第 *54* 回函数論サマーセミナー, *2019* 年 *8* 月.
6. “*Projective manifolds with pseudo-effective tangent bundles.*” *Young Mathematicians Workshop on Several Complex Variables 2019,* 大阪市立大学, *2019* 年 *9* 月.
7. “*Projective manifolds with pseudo-effective tangent bundles.*” 第 *62* 回函数論シンポジウム, 大同大学, *2019* 年 *11* 月.
8. *"Bauer-Pignatelli*「*Rigid but not infinitesimally rigid compact complex manifolds*」の解説.*"* *Kodaira's Theory on Complex Manifolds and its Development.* 大阪市立大学, *2019* 年 *12* 月.
9. *"*葉層の代数幾何学*"* 複素代数多様体上の直線束と多重劣調和関数 東北大学, *2020* 年 *2* 月.

加藤 大輝 ***(KATO Hiroki)***

(学振 DC2)

(FMSP コース生)

A. 研究概要

ℓ 進層の分岐，特に余次元が高い場合のモノドロミー作用に関する結果を得た．

まず，*Saito* と *Yatagawa* の結果の局所的な精密化を与えた．彼らは，代数多様体上の ℓ 進層の特性サイクルがコンパクト化の境界に沿った暴分岐で決まるということを証明していた．ところが，特性サイクルも分岐も局所的なものなので，各点毎に考える方が望ましい．そこで私は特性サイクルは一点のまわりでは，その点に沿った暴分岐で決まるということを証明した．キーとなったのは，隣接サイクル複体の暴分岐に対して同様の主張を証明したことである．

また，上記の結果と曲線の制限の関係についても考えた．とくに，*Haoyu Hu* による以下の問いについて考えた：特性サイクルは曲線の制限の *Artin* 導手できまるか？この問は *Takeshi Saito* によって，曲面の場合に帰着され，肯定的に解かれた．曲面の場合は，私自身により暴分岐が曲線の制限の *Artin* 導手で決まることがすでに示されていた．この私自身の結果について，（スキームが代数多様体の場合に）次元に関する仮定を外すことに成功した．以前は特異点解消に頼っていたところを *Temkin* の局所一意化を用いた．

最後に，スムーズで固有な代数多様体の族に対する，余次元が高い場合のウェイトとモノドロミーに関する観察をした．*Deligne* による等標数の場合の観察に基づいて，一般的に成り立つべき主張を定式化した．これは局所体上のスムーズで固有な代数多様体に対するウェイトモノドロミー予想の一般化になっている．さらに，その主張を，*Rapoport* と *Zink* によるウェイトスペクトラル系

列を解析することで，曲線の族の場合に証明した．

I got several results on ramification of ℓ-adic sheaves, especially, monodromy action along higher codimension.

First, I gave a purely local refinement of a result of Saito and Yatagawa. Their result says that the characteristic cycle of an ℓ-adic sheaf on an algebraic variety is determined by wild ramification of the sheaf along the boundary of a compactification. Here, since both of the characteristic cycle and ramification are of local nature, it is more preferable to work pointwise. I proved that the characteristic cycle of an ℓ-adic sheaf around a point is determined by wild ramification at that point. The key ingredient is to prove a corresponding statement for wild ramification of the nearby cycle complex.

I also thought about relations between the above result and the Artin conductors of restrictions to curves, motivated by a question of Haoyu Hu: Is the characteristic cycle determined by the Artin conductors of restrictions to all curves? This question has been affirmatively answered by Takeshi Saito by reducing the problem to the case of surfaces. In the case of surfaces, it had been already proved by myself that wild ramification of a sheaf on a surface is determined by the Artin conductors of restrictions to all curves. I made a progress on this result: I succeeded in removing the assumption on dimension (in the case where schemes in consideration are algebraic varieties). The key ingredient is to use Temkin's local uniformization instead of resolution of singularities.

Finally, I made an observation on weight and monodromy along higher codimension for degenerating families of smooth proper varieties. Based on Deligne's observation in the equal characteristic case, I formulated a general statement that should hold, which generalizes the weight monodromy conjecture for varieties over a local field. Further, I proved it for families of curves by analyzing the weight spectral sequence of Rapoport and Zink.

B. 発表論文

1. *H. Kato* : *"Wild ramification and restrictions to curves", Int. J. of Math.* ***29*** *(2018) no.8, 1850052, 20pp.*
2. *H. Kato* : *"ℓ-independence of traces of local monodromy in a relative case", https://arxiv.org/abs/1904.02324.*
3. *H. Kato* : *"Wild ramification, the nearby cycle complexes, and the characteristic cycles of ℓ-adic sheaves", https://arxiv.org/abs/1911.04737.*

C. 口頭発表

1. *Wild ramification and restrictions to curves, RIMS* 研究集会「代数的整数論とその周辺」, 京都大学数理解析研究所, *2017* 年 *12* 月.
2. *Wild ramification and restrictions to curves,* 数理新人セミナー, 京都大学, *2018* 年 *2* 月.
3. *Wild ramification and restrictions to curves, Galois representations, ramification theory, and related topics,* 埼玉大学, *2018* 年 *3* 月.
4. *Wild ramification and restrictions to curves, Number theory seminor, The University of Chicago, 2018* 年 *5* 月.
5. *On ℓ-independence of the trace of local monodromy,* 第 *17* 回仙台広島整数論集会, 東北大学, *2018* 年 *7* 月.
6. *On the ℓ-independence of trace of monodromy action, RIMS* 研究集会「代数的整数論とその周辺」, 京都大学数理解析研究所, *2018* 年 *11* 月.
7. *The characteristic cycle of an ℓ-adic sheaf and wild ramification, East Asian Core Doctoral Forum on Mathematics 2019,* 東北大学, *2019* 年 *1* 月
8. *ℓ-independence of traces of local monodromy in a relative case, Tokyo-Princeton at Komaba,* 東京大学, *2019* 年 *3* 月.
9. *On a weight monodromy conjecture over a higher dimensional base,* 数論・幾何学

セミナー, 東京工業大学, *2019* 年 *5* 月.

10. *Wild ramification, the nearby cycle complexes, and the characteristic cycles of ℓ-adic sheaves, Singularities and arithmetic,* 東北大, *2020* 年 *2* 月.

木下 慶紀 ***(KINOSHITA Yoshiki)***

(FMSP コース生)

A. 研究概要

疑似尤度解析における変数選択について研究した。特に多項式型大偏差不等式が成り立つような疑似尤度関数に対して罰則項を付加した罰則付き疑似尤度について考え、罰則付き疑似尤度関数についても多項式型大偏差不等式が満たされることを示した。またこの手法をジャンプ付きボラティリティーモデルに応用し、このモデルについて、数値シミュレーションによる解析を行った。

I studied the variable selection in quasi likelihood analysis. Specially, I considered quasi-likelihood functions satisfying the polynomial type large deviation inequality and imposed a penalty term to these functions. I derived the polynomial type large deviation inequality for penalized quasi-likelihood functions. I applied this method to the volatility model with jumps and performed numerical simulations for this model.

B. 発表論文

1. *Y. Kinoshita and N. Yoshida*：*"Penalized quasi likelihood estimation for variable selection", arXiv preprint arXiv:1910.12871 (2019).*

1. *Y. Kinoshita*：*"*カーレースにおけるコーナーとストレートの差異の解析*"*, 数理科学実践研究レター *2019, LMSR 2019-1.*

C. 口頭発表

1. *Penalized methods for quasi likelihood analysis with locally asymptotic quadratic properties, EcoSta2019: 3rd International Conference on Econometrics and Statistics, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, 2019* 年 *6* 月.
2. *Penalized quasi likelihood method for sparse stochastic models, Asymptotic Statics and Computation 2019,* 東京大学大学院数理科学研究科, *2019* 年 *1* 月.
3. 擬似尤度解析と正則化法, 統計サマーセミナー *2018,* 岐阜県長良川観光ホテル石金, *2018* 年 *8* 月.
4. 擬似尤度解析における変数選択と多項式型大偏差不等式, 確率過程の統計推測の最近の展開, *2018* 年 *1* 月
5. *penalty* 付き *qml* による変数選択, 第三回 *YUIMA* ユーザー会ユース, 東京大学大学院数理科学研究科, *2017* 年 *9* 月.
6. 多項式型大偏差不等式と変数選択, 統計サマーセミナー *2017,* 栃木県日光市鬼怒川パークホテルズ *(*木楽館*), 2017* 年 *8* 月.
7. *Jackson's Network* のシュミレーション, 第一回 *YUIMA* ユーザー会ユース, 東京大学大学院数理科学研究科, *2016* 年 *1* 月.

坂本 龍太郎 ***(SAKAMOTO Ryotaro)***

(学振 DC1)

(FMSP コース生)

A. 研究概要

高階 *Euler* 系について研究を行った．正規環の構造定理を用いない特性イデアルの新しい定義を与えた．これによって *Noether* 環上の有限生成加群に対して特性イデアルを定義できるようになった．*Gorenstein* 環上のある岩澤加群の特性イデアルを *Wiles* によって証明された総実体上の古典的な岩澤主予想を利用して計算する事で，総実体上の乗法群に対する高階 *Euler* 系で p 進 L 関数と関係するものを構成した．

I studied about higher rank Euler systems. We gave a new definition of the characteristic ideal without using the structure theorem for finitely generated modules over a normal ring. This new definition is applicable to a finitely generated module over any noetherian ring. We com-

puted the characteristic ideals of certain Iwasawa modules over Gorenstein rings by using the classical Iwasawa main conjecture over a totally real field proved by Wiles, and we constructed a higher rank Euler system related to p-adic L-functions for the multiplicative group over a totally real field.

B. 発表論文

1. *R. Sakamoto : "Stark systems over Gorenstein local rings", Algebra & Number Theory, Vol. 12 (2018), No. 10, 2295–2326*
2. *D. Burns, R. Sakamoto and T. Sano : "On the theory of higher rank Euler, Kolyvagin and Stark systems, II", preprint (2018), arXiv:1805.08448.*
3. *D. Burns, R. Sakamoto and T. Sano : "On the theory of higher rank Euler, Kolyvagin and Stark systems, III: applications", preprint (2019), arXiv:1902.07002.*
4. *D. Burns, R. Sakamoto and T. Sano : "On the theory of higher rank Euler, Kolyvagin and Stark systems, IV: the multiplicative group", preprint (2019), arXiv:1903.09509.*
5. *M. Oi, R. Sakamoto and H. Tamori : "New expression of unramified local L-functions by certain Hecke operators", preprint (2019), arXiv:1903.07613.*
6. *K. Büyükboduk and R. Sakamoto : "On the non-critical exceptional zeros of Katz p-adic L-functions for CM fields", preprint (2019), arXiv:1904.01644.*
7. *R. Sakamoto : "A higher rank Euler system for G_m over a totally real field", (2019), submitted.*

C. 口頭発表

1. *An application of the theory of higher rank Euler, Kolyvagin, and Stark systems, Iwasawa 2019,* フランス*, 2019* 年 *6* 月*.*

鈴木 拓海 ***(SUZUKI Takumi)***

(FMSP コース生)

A. 研究概要

損失関数の近似の二次項に L^q ノルム型罰則 $(0 < q \leq 1)$ を課すことにより目的関数を構成し，その目的関数から得られる推定量の性質を調べた．特に，推定量の L^p 有界性や変数選択の一致性における収束オーダーについて調べた．さらに，その応用として，確率過程の統計における変数選択の問題を考えた．具体的には，エルゴード的な点過程，エルゴード的な拡散過程，非エルゴード的な拡散過程について調べた．また，それぞれのモデルについてシミュレーションを行った．

We construct an objective function that consists of a quadratic approximation of a loss function term and L^p penalty term $(0 < q \leq 1)$ and investigate the properties of the estimators which obtained from the objective function. In particular, we interested in the L^q-boundedness of the estimators and convergence rate in consistency of variable selection. We also treat variable selection problem in stochastic processes as applications. Concretely, we study ergodic point processes, ergodic diffusion processes and non-ergodic diffusion processes. Additionally, we run simulation in each case.

B. 発表論文

1. *T. Suzuki : "L^q penalized least squares approximation methods and their applications to point processes",* 東京大学修士論文 *(2017)*
2. *T. Suzuki, N. Yoshida : "Penalized least squares approximation methods and their applications to stochastic processes", Japanese Journal of Statistics and Data Science pp. 1-29 (2020)*
3. *T. Suzuki : "Penalized Least Squares Approximation Methods and Their Applications to Stochastic Processes",* 東京大学博士論文 *(2020)*

C. 口頭発表

1. *point process* とその *intensity* について, *CREST* 研究集会:第 *1* 回 *YUIMA* ユーザー会ユース, 東京大学, *2016* 年 *1* 月.

2. *Penalized LSA methods,* 統計サマーセミナー *2017,* 栃木県日光市, *2017* 年 *8* 月.

3. *Cox* モデルにおける変数選択のシミュレーション, *CREST* 研究集会:第 *3* 回 *YUIMA* ユーザー会ユース, 東京大学, *2017* 年 *9* 月.

4. L^q *penalized LSA methods and their applications to stochastic processes, JST CREST*・さきがけ・*AIMap* 合同シンポジウム「数学パワーが世界を変える *2018*」, *2018* 年 *1* 月.

5. L^q *penalized LSA methods and their applications to stochastic processes, CREST* 研究集会:確率過程の統計推測の最近の展開, 東京大学, *2018* 年 *1* 月.
6. 罰則付き *LSA* とそのシミュレーション, 統計サマーセミナー *2018,* 岐阜県岐阜市, *2018* 年 *8* 月
7. *Penalized Least Squares Approximation Methods,* 日本数学会「異分野・異業種研究交流会 *2018*」, 明治大学中野キャンパス *2018* 年 *11* 月
8. *Penalized least squares approximation methods,* シンポジウム「高次元複雑データの統計モデリング」, 九州大学伊都キャンパス *2019* 年 *8* 月

関野 希望 ***(SEKINO Nozomu)***

A. 研究概要

３次元多様体をその中のファイバー結び目、それに対応したヒーガード分解を用いて調べようとした。*I tried to research 3-manifolds by using its fibered knots and the corresponding Heegaard splitting.*

B. 発表論文

1. *N. Sekino: "Genus one fibered knots in 3-manifolds with reducible genus two Heegaard splittings",*
Topology and its Applications ***239*** *(2018) 46–64.*

C. 口頭発表

1. 素でない３次元多様体の *GOF-knot, GD2016–*微分同相群と離散群 , 箱根, *2016* 年 *12* 月.
2. 可約な種数 *2 Heegaard* 分解を持つ *3* 次元多様体の *GOF-knot,* 東北結び目セミナー *2017* , 山形大学, *2017* 年 *9* 月.
3. *Genus one ?bered knots in 3-manifolds with reducible genus two Heegaard splittings, The 13th East Asian School of Knots and Related Topics, KAIST (*韓国*), 2018* 年 *1*〜*2* 月.
4. 可約な種数 *2 Heegaard* 分解を持つ多様体の種数 *1* ファイバー結び目, 広島大学トポロジー・幾何セミナー, 広島大学, *2018* 年 *10* 月.
5. 平面曲面上の *homology cobordism* の閉包として表されるレンズ空間, 研究集会「低次元トポロジー *in* 白神 *2019*」, あきた白神体験センター, *2019* 年 *10* 月.

平良 晃一 ***(TAIRA Kouichi)***

(学振 DC1)
(FMSP コース生)

A. 研究概要

本年度は，以下の研究を行った.
(1) 中村周教授との共同研究で，ユークリッド空間上における非楕円型微分作用素の本質的自己共役性に関する結果を論文にまとめて投稿した．また，非楕円型微分作用素の重み付きレゾルベントの有界性とスペクトルの絶対連続性を得た.
(2) 長距離型シュレディンガー作用素に対する磯崎-北田型修正作用素の簡単な構成法を得た．論文 *1* では非楕円型作用素に対して，シンボルに関するある付加的な仮定のもとで磯崎-北田型修正作用素を構成していた．今回の構成法により，そ

の付加的な仮定を外すことに成功した．
(3) 昨年度に考察していた反発型シュレディンガー作用素について，*1* 次元の場合に，その自己共役拡大のスペクトルが離散的になることを示した．また，多次元の場合にも極小定義域が L^2 にコンパクトに埋め込めることが証明できた．
(4) ディラック作用素及び分数階ラプラシアンについて，L^p 型のポテンシャルを加えたシュレディンガー作用素を考察した．これらの作用素について，波動作用素の存在及び固有値が離散的であることを証明した．
(5) 野村祐司教授との共同研究で，離散シュレディンガー作用素の閾値共鳴状態について研究を行った．スペクトルの端点における閾値共鳴状態は連続シュレディンガー作用素の閾値共鳴状態と似た性質を持つこと，及びスペクトルの内部における閾値共鳴状態の非存在を証明した．
(6)3 次元の離散シュレディンガー作用素について，l^p 型のレゾルベント評価が連続シュレディンガーの場合と同様の指数に対して成り立つことを示した．

(1) We submitted the paper on the essential self-adjointness for non-elliptic differential operators (in collabolation with Professor S. Nakamura). Moreover, I proved the weighted resolvent estimates and the absolutely continuity of its spectrum. (2) I got a simple construction of Isozaki-Kitada modifiers for long-range Schrödinger operators. Consequently, I removed an additional assumption on the paper in 1. (3) I proved discreteness of the spectrum of one-dimensional repulsive Schrödinger operators. In the higher dimensional cases, it is proved that these minimum domains embedded compactly into the L^2-spaces. (4) I proved existence and completeness of the wave operators for Dirac operators and fractional Laplacian with L^p-potential. (5) We studied some properties of threshold resonances for discrete Schrödinger operators. We proved that the edge threshold resonances have properties similar to the threshold resonances for continuous Schrödinger operators. Moreover, we proved the absence of resonant states at the embedded thresholds (in collabolation with Professor Y. Nomura). (6) For three dimensional discrete Schrödinger operators, I proved l^p-resolvent estimates.

B. 発表論文

1. *Kouichi Taira, Strichartz estimates for non-degenerate Schrödinger equations, to appear in Mathematische Nachrichten.*
2. *Yukihide Tadano, Kouichi Taira, Uniform bounds of discrete Birman-Schwinger operators, Trans. Amer. Math. Soc. 372 (2019), 5243-5262.*
3. *Kouichi Taira, Limiting absorption principle on L^p-spaces and scattering theory, arXiv:1904.00505.*
4. *Kouichi Taira, Scattering theory for repulsive Schrödinger operators and applications to limit circle problem, arXiv:1904.04212.*
5. *Yuji Nomura, Kouichi Taira, Some properties of threshold eigenstates and resonant states of discrete Schrödinger operators, arXiv:1909.10014.*
6. *Shu Nakmura, Kouichi Taira, Essential self-adjointness of real principal type operators, arXiv:1912.05711.*

C. 口頭発表

1. 平良晃一，*Limiting absorption principle on L^p-spaces, 2019* 夏の作用素論シンポジム，和歌山ビッグ愛，*2019* 年 *8* 月．
2. 平良晃一，*Spectral theory for repulsive Schrödinger operators and an application to limit circle problem,* 日本数学会 *2019* 年度秋季総合分科会，金沢大学，*2019* 年 *9* 月．
3. *Kouichi Taira, From scattering theory to essential self-adjointness, Analysis seminar, Aarhus university, Oct, 2019.*
4. *Kouichi Taira, Essential self-adjointness of real principal type operators on Euclidean spaces, Spectral problems in mathematical physics, Nov, 2019.*

5. 平良晃一，*Limiting absorption principle for discrete Schrödinger operators*，作用素論セミナー，京都大学，*2019* 年 *12* 月．
6. *Kouichi Taira, Scattering theory for repulsive Schrödinger operators and applications to limit circle problem*，*Spectral and Scattering Theory and Related Topics*，*Dec, 2019.*

E. 修士・博士論文

1. *(*論文博士*)* 平良　晃一 *(TAIRA Kouichi):* 一般化シュレディンガー作用素に関するスペク トル理論と散乱理論

G. 受賞

2016 年度数理科学研究科長賞，*2017* 年 *3* 月．

谷口 正樹 *(TANIGUCHI Masaki)*

(学振 DC1)

A. 研究概要

私は，*4* 次元多様体に対するゲージ理論，特に *Floer* 理論の発展，及び，その応用に関する研究を行っている．今年度は，以下の *5* つの研究を行った*:*

(i) まず，野崎雄太氏，佐藤光樹氏との共同研究について述べる．この共同研究では，*Floer* 理論の定量的な定式化における連結和の振る舞いを観察した．特に，前年度に示されていた，$r_0(Y)$ に関する連結和公式を $r_s(Y)$ の場合に一般化した．ここで，$r_s(Y)$ は，野崎雄太氏，佐藤光樹氏との共同研究にて導入した，無限大を許す実数値ホモロジー同境不変量である．

(ii) 次に *Aliakbar Daemi* 氏，佐藤光樹氏との共同研究について述べる．*(i)* の研究をより組織的に行うため，準同型，$\widetilde{\mathrm{E}}_* : \Theta^3 \to \Theta^E$ を構成した．$\widetilde{\mathrm{E}}_*$ は，Q 係数の *instanton Floer* を用いて得られる全てのホモロジー同境不変量を復元する．ここで，Θ^3 は，ホモロジー 3 球面のなす，ホモロジー同境群である．この準同型は，*Seiberg-Witten* 理論，*Heegaard Floer* 理論に現れる局所同型理論の *instanton Floer* 理論版に現れるものである．

(iii) 近年，*Daemi* 氏により，$\Gamma_Y(k)$，野崎氏，佐藤氏，著者によって，$r_s(Y)$ と書かれるホモロジー *3* 球面の不変量族が構成された．著者は，これら不変量の一つの幾何的意味づけとして，「ホモロジー *3* 球面の余次元 *1* の埋め込み存在」と「埋め込まれる多様体の基本群の複雑さ」を結びつける研究を行った．

(iv) 次に今野北斗氏との共同研究について述べる．*F.Lin* は，S^3 の $Pin(2)$*-monopole Floer homology* の *chain* 群に A^∞ 代数の構造の存在を明らかにした．我々は，*Seiberg-Witten Floer* ホモトピー型に，自然に A^∞ 空間の構造が入ることを観察した．

(v) 最後に，井上瑛二氏，今野北斗氏との共同研究について述べる．我々は，代数幾何における，モジュライ空間の *representability* を微分幾何の状況で示すこと，また，その応用として *Floer* 理論において現れるモジュライ *(*のコンパクト化*)* の角つき多様体の構造の特徴づけを行うことを目標としている．今年度は，有限次元 *Morse* 理論における，*trajectory* のモジュライ空間に対する，*local family* を構成した．

I have studied gauge theory for 4-manifolds, Floer theory and its applications to low dimensional topology. My studies of this year are listed below.

(i) This is joint work with Yuta Nozaki and Kouki Sato. One of the purposes of us is to observe a quantitative formulation in instanton Floer theory. As a main result, we extend the connected sum formula of $r_0(Y)$ to the formula of $r_s(Y)$, where $\{r_s(Y)\}$ is a family of homology cobordism invariants introduced by Yuta Nozaki, Kouki Sato and the author.

(ii) This is joint work with Aliakbar Daemi and Kouki Sato. In order to treat quantitative formulation in instanton Floer

theory more systematically, we introduced a homomorphism $\widetilde{\mathrm{E}}_* : \Theta^3 \to \Theta^E$*, where* Θ^3 *is the homology cobordism group of homology* 3*-sphere. From information of* $\widetilde{\mathrm{E}}_*$*, one can recover all homology cobordism invariants coming from instanton Floer homology with the* Q*-coefficient. This homomorphism gives one realization of local equivalence theory in Seiberg-Witten and Heegaard Floer theory.*

(iii) Recently, families $\Gamma_Y(k)$ *and* $r_s(Y)$ *of hoomology cobordism invariants of homology* 3*-spheres were introduced by Daemi and Nozaki, Sato and the author. I gave a connection between "existence of codimension-*1 *embedding of homology* 3*-sphere into* X*" and "existence of* $SU(2)$*-representation of* $\pi_1(X)$*" as an application of* $\Gamma_Y(k)$ *and* $r_s(Y)$*.*

(iv) This is joint work with Hokuto Konno. F.Lin introduced an A^∞*-algebra structure on the chain group of* $Pin(2)$*-monopole Floer homology for* S^3*. We observe that Seiberg-Witten Floer homotopy type has a structure of an* A^∞ *space.*

(v) This is joint work with Eiji Inoue and Hokuto Konno. Our purpose is giving a characterization of structures of a manifold with corners by showing "representability". This year, we constructed local families of moduli spaces of Morse trajectories in the finite dimensional situation.

B. 発表論文

1. *Masaki Taniguchi, Seifert hypersurfaces of 2-knots and Chern-Simons functional, arXiv:1910.02234, preprint.*
2. *Nozaki Yuta, Kouki Sato and Masaki Taniguchi, Filtered instanton Floer homology and the homology cobordism group, arXiv: 1905.04001, preprint.*
3. *Hokuto Konno and Masaki Taniguchi, Positive scalar curvature and 10/8-type inequalities on 4-manifolds with periodic ends, arXiv:1809.00528, preprint.*
4. *Kouki Sato and Masaki Taniguchi*: *Rational homology 3-spheres and simply connected definite bounding, to be appeared in Algebraic & Geometric Topology*
5. *Masaki Taniguchi, Instantons for 4-manifolds with periodic ends and an obstruction to embeddings of 3-manifolds, Topology Appl. 243 (2018), 1-32.*
6. *Masaki Taniguchi, Gauge theory and its applications to 3 and 4-dimensional topology,* 博士論文.
7. 谷口正樹, 周期的な端を持つ多様体上のインスタントンと埋め込みの障害について, 修士論文.
8. *Nozaki Yuta, Kouki Sato and Masaki Taniguchi, Instanton Floer theory and the homology cobordism group, Yuta Nozaki, Kouki Sato and Masaki Taniguchi, Proceeding to Intelligence of Low-dimensional Topology at RIMS Kokyuroku No.2129 (2019)*
9. *Masaki Taniguchi, Instanton moduli spaces on 4-manifolds with periodic end and an obstruction of embeddings, Masaki Taniguchi, Proceeding to Intelligence of Low-dimensional Topology at RIMS Kokyuroku, No. 2052, 42-47 (2017)*
10. 谷口正樹, 時間依存する画像の位相的解析について, *to be appeard in* 数理科学実践研究レター

C. 口頭発表

1. *Filtered Instanton Floer Homology and the homology cobordism group, Intelligence of Low-dimensional Topology, 2019* 年 *5* 月, *Kyoto University*
2. *Filtered Instanton Floer Homology and the homology cobordism group II, Kansai gauge theory seminar, 2019* 年 *7* 月, *Kyoto University*

3. *The homoogy cobordism group of homology 3-spheres and Chern-Simons functional, Topology Symposium 2019* 年 *8* 月, *Akita University*
4. *Instanton Floer theory and the homology cobordism group, The Mathematical Society of Japan, 2019* 年 *9* 月, *Kanazawa University*
5. *Instanton Floer theory and the homology cobordism group, Introduction, Tsuda-Gakugei Topology Workshop, 2019* 年 *9* 月, *Tsuda University*
6. *Filtered Instanton Floer Homology and the homology cobordism group, 4-dimensional topology, 2019* 年 *11* 月, *Osaka University*
7. *Filtered Instanton Floer Homology and the homology cobordism group II, gauge theory seminar, 2019* 年 *11* 月, *Washington University*
8. *Seifert hypersurface of 2-knots and Chern-Simons functional, N-KOOK seminar, 2019* 年 *12* 月, *Osaka station second building*
9. *Local equivalence in instanton Floer theory, 4-Dimensional Topology and Gauge Theory, 2020* 年 *1* 月, *Yokohama*
10. *Seifert hypersurface of 2-knots and Chern-Simons functional, Handle seminar, 16, 2020* 年 *1* 月, *University of Tokyo*

田森 宥好 ***(TAMORI Hiroyoshi)***
(学振 DC1)
(FMSP コース生)

A. 研究概要

(*1*) : G を A 型でない中心が有限な連結実単純リー群，K を G の極大コンパクト部分群，$\mathrm{g} := \mathrm{Lie}(G)$ とする．G の既約 *admissible* 表現が極小表現であるとは，付随する (g, K)-加群の零化イデアルが *Joseph* イデアルという特別な両側イデアルになることをいう．複素共役を除くと G の極小表現の無限小同値類は高々二つしか存在しない．また，G がメタプレクティック群の時には極小表現は *Weil* 表現（正確には既約成分とそれらの複素共役）で尽くされる．さらに *Kirillov–Kostant* の軌道法の観点からいうと，（ユニタリな）極小表現は極小冪零軌道に付随するものだと考えられている．以上のように，極小表現は特別で重要な表現であり，*1980* 年代以降 *Brylinski–Kostant* や *Torasso* らによって様々な構成が与えられてきた．
私は本年度，*Joseph* イデアルを零化イデアルに持つような最高ウェイト g-加群を分類した．このような最高ウェイトは，各単純ルートによって定まる直線か超平面のどちらかに属するウェイトとして構造的な特徴付けを持つ．これまでの研究成果と合わせると，G が D, E 型の *split* な実型の時，放物型誘導表現間の絡微分作用素の核空間としての極小表現の実現が G のランクの数だけ得られたことになる．証明では *Joseph* イデアルの特別な二次斉次元の作用に着目する．
(*2*) : 非アルキメデス局所体上の連結な分裂簡約群に対し，不分岐局所 L-関数の（一般には *spherical* ではない）*Hecke* 作用素を用いた表示を得た（大井雅雄氏と坂本龍太郎氏と共同）．この表示は *Taylor* によって得られた $G = GSp_4(\mathrm{Q}_p)$ の *Spin* L-関数の表示の一般化となっている．特に双対群の有限次元表現が *minuscule* の時は L-関数は一つの *Hecke* 作用素の固有多項式の逆数として本質的に表される．証明には *Bruhat–Tits* による凹関数に付随した部分群の理論を用いる．

(1): Let G be a connected real simple Lie group not of type A with finite center, K a maximal compact subgroup of G, and $\mathrm{g} := Lie(G)$. An irreducible admissible representation of G is called minimal if the annihilator of the underlying (g, K)-module is some two-sided ideal called the Joseph ideal. Minimal representations have special quality as follows. First, there are at most two minimal representations of G up to infinitesimally equivalence and complex conjugation. Second, minimal representations of the metaplectic group consist of irreducible components of the Weil representation and their complex conjugates. Finally, from the viewpoint of

Kirillov–Kostant orbit method, (unitary) minimal representations are supposed to be attached to minimal nilpotent orbits. From such quality, minimal representations have been given various constructions from 1980s (by Brylinski–Kostant and Torasso, for example).
In this year, I classified irreducible highest weight $U(\mathrm{g})$-modules whose annihilators equal the Joseph ideal. Here $U(\mathrm{g})$ denotes the universal enveloping algebra of the complexification of g. The set of such highest weights are characterized in terms of simple roots. By preceding researches, it follows that we obtain $\mathrm{rank}(\mathrm{g})$-ways of realization of the minimal representation as the kernel of an intertwining differential operator between parabolically induced representations, when G is a split real form of type D, E. In the proof, we calculate the action of certain homogeneous elements of degree two in the Joseph ideal.
(2): I obtained a new expression of unramified local L-functions by certain Hecke operators for a connected split reductive group over a nonarchimedean local field (joint work with Masao Oi and Ryotaro Sakamoto). This expression generalizes the one obtained by Taylor for the Spin L-function of $GSp_4(\mathrm{Q}_p)$. In particular, the L-function is essentially written as the multiplicative inverse of the characteristic polynomial of a single Hecke operator in the case where the finite-dimensional representation of the dual group is minuscule. For the proof, we use the theory on subgroups associated with concave functions by Bruhat–Tits.

B. 発表論文

1. *H. Tamori, "Minimal representations of $\widetilde{\mathrm{SL}}(3,\mathrm{R})$ and $\widetilde{\mathrm{O}}(3,4)$",* 東京大学修士論文, *2017.*
2. 田森宥好, *"実単純リー群の極小表現の分類", 2017* 年度表現論シンポジウム講演集, *2017, 114–122.*
3. 田森宥好, *"Covariant differentials and minimal representations", 2018* 年度表現論シンポジウム講演集, *2018, 46–55.*
4. *H. Tamori, "Classification of minimal representations of real simple Lie groups", Math. Z.* **292** *(2019), 387–402. https://doi.org/10.1007/s00209-019-02231-x*
5. 田森宥好, 矢野良輔, *"改良大森則に基づいた余震の待ち時間分布について", 数理科学実践研究レター, 2019, LMSR 2019-21.*
6. *H. Tamori and R. Yano, "Distribution of waiting time between two successive aftershocks from modified Omori's law", EPL (Europhysics Letters)* **127** *(2019), 60005. https://doi.org/10.1209/0295-5075/127/60005*
7. 田森宥好, *"Construction of minimal representations", 2019* 年度表現論シンポジウム講演集, *2019, 33–41.*
8. *M. Oi, R. Sakamoto and H. Tamori, "New expression of unramified local L-functions by certain Hecke operators", submitted, arXiv:1903.07613.*
9. *H. Tamori, "Classification and construction of minimal representations",* 東京大学博士論文, *2020.*

C. 口頭発表

1. *A "deformation" of two minimal representations, Berkeley-Tokyo Winter School "Geometry, Topology and Representation Theory", University of California, Berkeley,* アメリカ, *2016* 年 *2* 月.
2. *A geometric realization of the minimal representation of O(3,4) (poster presentation), Representation Theory at the Crossroads of Modern Mathematics in honor of Alexandre Kirillov, Université de Reims Champagne-Ardenne,* フランス, *2017* 年 *6* 月.
3. 実単純リー群の極小表現の分類, *2017* 年度表現論シンポジウム, かんぽの宿 石和, *2017* 年 *12* 月.
4. *Classification of minimal representa-*

tions, 第 *1* 回数理新人セミナー*, Kyoto University, 2018* 年 *2* 月*.*

5. 極小表現について*, Langlands and Harmonic Analysis(*第 *3* 回*),* いこいの村磯波風*, 2018* 年 *3* 月*.*
6. 実単純リー群の極小表現の構成*,* 日本数学会 *2018* 年度秋季総合分科会*,* 岡山大学*, 2018* 年 *9* 月*.*
7. *Covariant differentials and minimal representations, 2018* 年度表現論シンポジウム*,* 国民宿舎 水明荘*, 2018* 年 *11* 月*.*
8. *Classification of minimal representations of simple real Lie groups, MIT Lie Group Seminar, Massachusetts Institute of Technology,* アメリカ*, 2019* 年 *2* 月*.*
9. *On Goldie rank polynomials (after Jantzen), Workshop on "Actions of Reductive Groups and Global Analysis", Tambara Institute of Mathematical Sciences, 2019* 年 *8* 月*.*
10. *Construction of minimal representations, 2019* 年度表現論シンポジウム*,* サンライズ九十九里*, 2019* 年 *11* 月*.*

G. 受賞

研究科長賞（*2017* 年度）

千葉 悠喜 ***(CHIBA Yuki)***

(FMSP コース生)

A. 研究概要

滑らかな領域上の偏微分方程式の数値計算を行う際，有限要素法では多くの場合，領域を多角形で近似して計算を行っている．このとき，領域や問題の近似の仕方によっては，元の問題とは異なる問題の解を求めてしまうことがある．特に，血流のシミュレーション等で主に用いられる *reduced-FSI* モデルのような，境界条件に接方向の微分が含まれる問題についてはより注意が必要である．*reduced-FSI* モデルに対する不連続 *Galerkin* 法の数値解析を最終目標とし，現段階では，滑らかな領域上の一般化 *Robin* 境界条件をもつ *Poisson* 方程式に対する，不連続 *Galerkin* 法について，L^2 ノルム，エネルギーノルムを用いた誤差評価を示した．さらに，滑らかな領域上の *Robin* 境界条件をもつ拡散方程式に対する，ハイブリッド型不連続 *Galerkin* 法の誤差評価を行なった．

If solving PDEs numerically in a smooth domain, we should consider polyhedral approximations of the domain. In this case, facile approximation of the problem may cause wrong numerical solution. In particular, we need more attention when solving the problem including tangential derivative like reduced FSI model. I consider the Poisson equation with generalized Robin boundary condition in a smooth domain. I apply discontinuous Galerkin method to this problem and get L^2 *and energy error estimates. Moreover, I show error estimates of hybridized discontinuous Galerkin method for the diffusion equation with Robin boundary condition in a smooth domain.*

B. 発表論文

1. 千葉悠喜：*"*多角形上の *Poisson* 方程式に対する不連続 *Galerkin* 法の L^∞ 誤差評価*",* 東京大学修士論文 *(2017).*
2. *Y. Chiba and N. Saito : "Weak discrete maximum principle and* L^∞ *analysis of the DG method for the Poisson equation on a polygonal domain", Jpn. J. Ind. Appl. Math.* ***36****(2019) 809–834.*
3. *Y. Chiba and N. Saito : "Nitsche's method for a Robin boundary value problem in a smooth domain", arXiv preprint (2019) arXiv:1905.01605.*
4. 千葉悠喜：*"EV* の確率を用いた充電開始時刻の決定による総消費電力量の操作*",* 数理科学実践研究レター *(2019) LMSR 2019-14.*
5. 千葉悠喜：*"Discontinuous Galerkin method for elliptic problems",* 東京大学博士論文 *(2020).*

C. 口頭発表

1. L^∞ *error estimates of discontinuous Galerkin methods for the Poisson equation on a polygonal domain, SIAM: East*

Asian Section Conference 2017, 韓国, *2017* 年 *6* 月.

2. *N* 次元球状領域上の *Poisson* 方程式に対する不連続 *Galerkin* 法, 日本応用数理学会 *2017* 年度年会, 武蔵野大学有明キャンパス, *2017* 年 *9* 月.
3. *Discontinuous Galerkin method for an N-dimensional spherically symmetric Poisson equation, SIAM: East Asian Section Conference 2018,* 日本, *2018* 年 *6* 月.
4. 滑らかな領域上の *Robin* 境界条件を持つ *Poisson* 方程式に対する *Nitsche* 法, 日本数学会 *2018* 年度秋季総合分科会, 岡山大学津島キャンパス, *2018* 年 *9* 月.
5. 滑らかな領域上の *Robin* 境界条件を持つ *Poisson* 方程式に対する不連続 *Galerkin* 法, 日本数学会 *2019* 年度年会, 東京工業大学大岡山キャンパス, *2019* 年 *3* 月.
6. *Nitsche's method and discontinuous Galerkin method for Poisson equation with Robin boundary condition in a smooth domain, International Congress on Industrial and Applied Mathematics 2019,* スペイン, *2019* 年 *7* 月.
7. 一般化 *Robin* 境界条件に対する不連続 *Galerkin* 法, 日本応用数理学会 *2019* 年度年会, 東京大学駒場キャンパス, *2019* 年 *9* 月.
8. 一般化 *Robin* 境界条件に対する不連続 *Galerkin* 法, 日本数学会 *2019* 年度秋季総合分科会, 金沢大学角間キャンパス, *2019* 年 *9* 月.
9. 滑らかな領域上の方程式に対するハイブリッド型不連続 *Galerkin* 法, *RIMS* 共同研究 諸科学分野を結ぶ基礎学問としての数値解析学, 京都大学数理解析研究所, *2019* 年 *11* 月
10. *DG* 法と *HDG* 法の比較, 応用数学フレッシュマンセミナー *2019,* 京都大学, *2019* 年 *11* 月

長岡 大 ***(NAGAOKA Masaru)***
(学振 DC2)
(FMSP コース生)

A. 研究概要

(1) 複素数体上のアフィンホモロジー 3-胞体及びそのコンパクト化を研究している. アフィンホモロジー 3-胞体とは, 解析位相に関して *3* 次元アフィン空間 A^3 と同じ特異ホモロジーを持つ *3* 次元非特異アフィン多様体のことである. *Tom Dieck-Petrie* の可縮アフィン曲面とアフィン直線の直積や, *Koras-Russell* の三次超曲面は, A^3 と代数的同型でないアフィンホモロジー 3-胞体の例である. ここで, アフィンホモロジー 3-胞体の全体集合において, A^3 がどのように特徴付けられるか, という問題が考えられる. 古島氏は、A^3 が *Picard* 数 *1* の *3* 次元非特異 *Fano* 多様体へのコンパクト化を持つ唯一のアフィンホモロジー 3-胞体であることを証明している. 古島氏の結果に類似する新たな A^3 の特徴付けを得るために, 今年度はアフィンホモロジー 3-胞体 U の *quadric fibration* $\varphi\colon X \to C$ へのコンパクト化を研究した.
結果として, 境界因子 $X \setminus U$ が φ-ファイバーを含んでいるならば, U は A^3 に代数的同型であることを示した. また, 同型射 $U \cong \mathrm{A}^3$ を誘導するような, X から *3* 次元射影空間 P^3 への *Sarkisov link* を具体的に構成した.
(2) この結果の応用として、G_a^3*-variety* の構造を持つ *del Pezzo fibration* $\varphi\colon X \to C$ を分類した. G_a^3*-variety* とは, 加法群 G_a^3 と同型な稠密開軌道がある G_a^3-作用を持つ 3 次元非特異射影多様体のことである. *Hassett-Tschinkel* の結果や *Blanchard* の補題から, φ が *quadric fibration* でない場合の分類は容易である. よって今年度は φ が *quadric fibration* である場合について研究した. *(1)* で構成した *Sarkisov link* の G_a^3-同変版を用いることで, *quadric fibration* は G_a^3*-variety* の構造を持ちえない事を証明した.

(1) We study affine homology 3*-cells over the field of complex numbers. An affine homology* 3*-cell is a smooth affine* 3*-fold with the same singular homology as that of the affine* 3*-space* A^3 *with respect to the analytic topolo-*

gies. We can construct affine homology 3*-cells algebraically not isomorphic to* A^3 *by taking the product of tom Dieck-Petrie's contractible affine surface and the affine line. Koras-Russell's cubic hypersurfaces are also examples of affine homology* 3*-cells distinct from* A^3*. One of natural questions about affine homology* 3*-cells is how to characterize* A^3 *among them. For this question, Furushima pointed out that* A^3 *can be characterized as the affine homology* 3*-cells compactified into a smooth Fano* 3*-fold with Picard number one. To seek a similar characterization of* A^3*, we studied compactifications of affine homology* 3*-cells* U *into quadric fibrations* $\varphi\colon X \to C$*.*

As a result, we showed that U *is algebraically isomorphic to* A^3 *assuming that the boundary divisor* $X \setminus U$ *contains a* φ*-fiber. In this situation, we also construct explicit Sarkisov links from* X *to the projective* 3*-space* P^3 *which induce isomorphisms* $U \cong \mathrm{A}^3$*.*

(2) As an application of this result, we determined del Pezzo fibrations $\varphi\colon X \to C$ *with the structures of* G_a^3*-varieties. A* G_a^3*-variety is a smooth projective* 3*-fold with a* G_a^3*-action such that there is the dense open orbit isomorphic to* G_a^3*. By the result of Hassett-Tschinkel and the Blanchard's lemma, we can classify* φ *easily except the case when* φ *are quadric fibrations. For this reason, we study the case when* φ *are quadric fibrations. By using* G_a^3*-equivariant version of the Sarkisov links constructed in* (1)*, we prove that any quadric fibration cannot have the structure of* G_a^3*-varieties.*

B. 発表論文

1. *M. Nagaoka: "Fano compactifications of contractible affine* 3*-folds with trivial log canonical divisors", Internat. J. Math.* **29** *(2018), No. 6, 1850042, 33 pp.*
2. *M. Nagaoka: "On compactifications of affine homology* 3*-cells into quadric fibrations", preprint, arXiv:1906.10626.*
3. *M. Nagaoka: "*G_a^3*-structures on del Pezzo fibrations", preprint, arXiv:1912.02524.*

C. 口頭発表

1. *"Contractible affine threefolds in smooth Fano threefolds", The 15th Affine Algebraic Geometry Meeting,* 関西学院大学*, 2017* 年 *3* 月*.*
2. *"Compactifications of contractible affine 3-folds into Fano blow-ups of* P^3*",* 射影多様体の幾何とその周辺 *2017,* 高知大学*, 2017* 年 *11* 月*.*
3. *"On the compactifications of contractible affine 3-folds into quadric fibrations", Younger generations in Algebraic and Complex geometry V,* 函館コミュニティプラザ *G* スクエア*, 2018* 年 *8* 月*.*
4. *"On compactifications of contractible affine threefolds into del Pezzo fibrations", Basel-Dijon-(+) Joint Seminars, Mathematical Institute of Burgundy (France), 2018* 年 *10* 月*.*
5. *"On compactifications of contractible affine threefolds into del Pezzo fibrations", Cambridge-Tokyo Algebraic Geometry workshop 2018, University of Cambrige (UK), 2018* 年 *12* 月*.*
6. *"On compactifications of contractible affine threefolds into del Pezzo fibrations", London-Tokyo Workshop In Birational Geometry II, Imperial College London (UK), 2018* 年 *12* 月*.*
7. *"On compactifications of contractible affine threefolds into del Pezzo fibrations", The 17th Affine Algebraic Geometry Meeting,* 関西学院大学*, 2019* 年 *3* 月*.*
8. *"Compactifications of affine homology 3-cells into quadric fibrations", Workshop on Calabi-Yau Varieties and Related Topics,* 函館コミュニティプラザ *G* スクエア*, 2019* 年 *8* 月*.*
9. *"Compactifications of affine homology 3-cells into quadric fibrations",* 城崎代数幾何学シンポジウム *2019,* 城崎国際アートセンター*, 2019* 年 *10* 月*.*

10. *"G_a^3-structures on del Pezzo fibrations", The 18th Affine Algebraic Geometry Meeting,* 埼玉大学*, 2020* 年 *3* 月*.*

野島 遼 *(NOJIMA Ryo)*

(FMSP コース生)

A. 研究概要

局所共形ネットとは, 理論物理学における *2* 次元共形場理論のカイラル成分を代数的場の量子論の枠組みで数学的に定式化したものである. 局所共形ネット $\mathcal{A}$ と自己同型群の部分群 $G < \mathrm{Aut}(G)$ が与えられると, 不動点ネット $\mathcal{A}^G$ を考えることができ, 局所共形ネットの例を構成する基本的な方法の一つである. 群 G の各元 $g \in G$ に対して $\mathcal{A}$ の g-捩れ表現と呼ばれるものがあり, これらから $\mathcal{A}^G$ の表現を構成できることが知られている. 本年度は局所共形ネットの捩れ表現の誘導について研究を行った. 指数有限な局所共形ネットのの包含に対し, 通常の表現に対しては α-誘導と呼ばれるものがあり, 局所共形ネットの表現を調べる上で最も重要な手法の一つである. この α-誘導の定義を捩れ表現の場合に一般化することで捩れ表現に対する誘導を導入し, その性質や捩れ表現の制限との関係について調べた.

A local conformal net describes a chiral part of 2-dimensional conformal field theory in the framework of algebraic quantum field theory. For a local conformal net $\mathcal{A}$ and a subgroup $G < \mathrm{Aut}(G)$ of automorphism group, one can consider the fixed-point net $\mathcal{A}^G$. This construction is a one of basic ways to construct a new local conformal net. There is a notion of g-twisted representation of $\mathcal{A}$ for $g \in G$ and it is known that one can construct representations of $\mathcal{A}^G$ from twisted representations of $\mathcal{A}$.
In this year, I studied the induction procedure for twisted representations of conformal nets. For a finite index inclusion of local conformal nets, there is a notion of α-induction for ordinary representations and it is a one of the most important tools to study representations of local conformal nets. Generalizing the definition of the α-indcution, I introduced the induction procedure for twisted representations and studied their properties and relation to the restriction procedure.

B. 発表論文

1. *R. Nojima, "Structure of hypergroups associated with holomorphic framed nets",* 東京大学大学院数理科学研究科修士論文
2. *R. Nojima, "On induction for twisted representations of conformal nets",* 東京大学大学院数理科学研究科博士論文

C. 口頭発表

1. *Split property for inclusions of von Neumann algebras and Algebraic QFT,* 第 *50* 回関数解析研究会*,* 軽井沢町中央公民館*, 2015* 年 *9* 月 *3* 日
2. *Tensor category and conformal field theory, Berkeley-Tokyo Winter School "Geometry, Topology and Representation Theory", University of California, Berkeley, 2016* 年 *2* 月 *19* 日
3. *Cuntz algebra method of constructing subfactors, Young Mathematicians in C^*-Algebras, University of Münster,* ドイツ*, 2016* 年 *7* 月 *25* 日
4. *Boundary conformal field theory and subfactors,* 第 *51* 回関数解析研究会*,* 草津セミナーハウス*, 2016* 年 *8* 月 *27* 日
5. *Modular theory on conoformal nets, Berkeley-Tokyo Autumn School –Quantum Field Theory and Subfactors–, University of California,* アメリカ合衆国*, 2016* 年 *11* 月 *23* 日
6. *Groups with the same tensor category of representations,* 第 *52* 回関数解析研究会*,* 奈良女子大学*, 2017* 年 *8* 月 *28* 日
7. 作用素環と共形場理論, 第 *53* 回関数解析研究会, 関西セミナーハウス 修学院*, 2018* 年 *8* 月 *31* 日
8. *Twisted representations of conformal nets and their inductions, Kyoto Operator Algebra Seminar,* 京都大学*, 2020* 年 *2* 月 *25* 日

古川 賢 ***(FURUKAWA Ken)***

A. 研究概要

海や大気など薄い 3 次元領域内で満たされた流体の運動を記述するプリミティブ方程式の導出の数学的正当化を行った．また，プリミティブ方程式は，ナヴィエ-ストークス方程式から形式的に導出することが知られている．そこで，この形式的な収束が数学的な観点からいかなる意味で成立するのかが問題となる．L^2 での数学的な正当化については，先行研究により既に知られていたが，一般的なルベーグ空間 $L^p\,(1 < p < \infty)$ においては調べられていなかったため，この点について研究を行い，最大正則性のクラスにおける正当化を証明した．また，先行研究は境界条件が周期境界条件の場合についてしか考えられていなかったが，物理的により自然であるディリクレ境界条件の下での正当化も行った．なお，これらの結果は，儀我美一教授，柏原崇人准教授，マティアス・ヒーバー教授，アムール・フセイン教授，マーク・ローナ氏との共同研究による．

動的境界条件付き $2m$ 階線形楕円型方程式の最大正則性のクラスでの可解性を研究した．このようなタイプの方程式は，自由境界問題などに関連してしばしば現れる，内部の方程式が放物型であるような場合については，先行研究により一般的な可解性の結果が既に知られていたが，内部の方程式が楕円型であるような場合に対して可解性を一般的に保証するような結果は知られていなかった．そこで，動的境界条件付き線形楕円型方程式に対して，最大正則性のクラスで一意的な解が存在することを示した．なおこの研究は梶原直人助教との共同研究による．

We studied justification of the derivation of primitive equations describing the motion of a fluid filled in a thin three-dimensional domain, e.g. the sea and the atmosphere. It is known that primitive equations are formally derived from the Navier-Stokes equations. The mathematical justification in L^2 was already known from previous studies, but has not been studied in the general Lebesgue space $L^p\,(1 < p < \infty)$. Therefore, we studied this problem in the class of maximum regularity. Also, previous studies only considered in the case of periodic boundary condition. However, it is more phisically natural to consider under the Dirichlet boundary condition. Thus we also studied the justification under the Dirichlet boundary condition. These results are based on joint research with Prof. Yoshikazu GIga, Prof. Takahito Kashiwara, Prof. Matthias Heber, Prof. Amru Hussein, and Marc Wrona.

We also studied solvability of elliptic problem with dynamic boundary conditions in maximal regularity spaces. This problem related to the free boundary problem. General result on solvability for the case of parabolic problem with dynamic boundary conditions was obtained by previous works. However, for the elliptic problem solvability is not studied. We obtained the result of well-posedness for elliptic problem in maximal regularity spaces. This is a joint work with Prof. Naoto Kajiwara.

B. 発表論文

1. *K. Furukawa, Asymptotic Stability of Small Oseen Type Navier-Stokes Flow under 3-D Large Perturbation, RIMS kokyuroku.*
2. *K. Furukawa, Y. Giga, M. Hieber, A. Hussein, T. Kashiwabara, M. Wrona, Rigorous justification of the hydrostatic approximation for the primitive equations by scaled Navier-Stokes equations, arxiv preprint.*

C. 口頭発表

1. *K. Furukawa,, Asymptotic Stability of small Oseen type Navier-Stokes Flow under 3-D Large Perturbation, Princeton-Tokyo Fluid Mechanics Workshop, Princeton University, USA Nov. 2017.*
2. *K. Furukawa, Asymptotic stability of Oseen type Navier-Stokes flow under large perturbation, Mathematical Analysis of Viscous Incompressible Fluid, RIMS, JAPAN Dec. 2017.*

3. *K. Furukawa, Asymptotic stability of the three-dimensional Oseen vortex, The 15th Japanese-German International Workshop on Mathematical Fluid Dynamics, Waseda University, JAPAN Jan. 2018.*
4. *K. Furukawa, On the Justifcation of the Derivation of the Primitive Equation from the Navier-Stokes Equations, MSRI Summer School, MSRI, USA, Jul., 2019.*
5. *K. Furukawa, On the singular limit problem from the Navier-Stokes equation to the primitive equation, UTokyo-NTU Joint Symposium in Mathematics, JAPAN, Dec. 2019.*
6. 古川賢, *Stability of 3-D small Oseen Type Flows under Large Perturbation*」, 第 *18* 回北東数学解析研究会, 東北大学, *2017* 年 *3* 月.
7. 古川賢, *Navier-Stokes* 流の安定性について, *FMSP* 院生集中講義, 東京大学 *2017* 年 *3* 月.
8. 古川賢, *3* 次元 *Oseen* 渦型 *Naiver-Stokes* 流の漸近安定性, 日本数学会秋季総合分科会, 山形大学, *2017* 年 *9* 月.
9. 古川賢, *Primitive* 方程式の導出の数学的正当化について. 国立研究開発法人「海上技術安全研究所」見学会, 海上技術安全研究所, *2018* 年 *7* 月.
10. 古川賢, *Primitive* 方程式における静水圧近似の正当化, 日本数学会 *2018* 年度秋季総合分科会, 岡山大学, *2018* 年 *9* 月.
11. 古川賢, *Rigorous justification of the hydrostatic approximation for the primitive equations by the Navier-Stokes equations,* 名古屋微分方程式セミナー, 名古屋大学, *2018* 年 *10* 月.
12. 古川賢, *On the justification of the hydrostatic approximation of the primitive equations,* 第 *45* 回 発展方程式研究会, 日本女子大学, *2019* 年 *12* 月.

E. 修士・博士論文

1. *(*博士論文*)* ナヴィエ · ストークス方程式とそれに関連する問題に対する漸近挙動と最大正則性について

G. 受賞

1. 第 *18* 回北東数学解析研究会, 優秀ポスター賞を受賞, *2017* 年 *3* 月.
2. 平成 *28* 年度東京大学数理科学研究科研究科長賞受賞, *2017* 年 *3* 月.

宮下 大 ***(MIYASHITA Masaru)***

A. 研究概要

プラズマ数値シミュレーション技術の研究開発を通して，数理の研究をするだけでなく，数理を実際の設計に使い産業応用するまでの幅広い領域を研究テーマとしている．対象としているプラズマの問題に合わせて，設計のために現実的な計算時間で解ける簡易モデルを導出から始めモデルの数理的性質の調査，解法の開発，コーディング，可視化，実験との比較，最適化，新装置形状と一貫して研究開発を行っている．最近，私たちは高周波プラズマ源開発のために電磁場計算技術を開発している．電磁場計算はスカラーポテンシャルとベクトルポテンシャルの計算からなる．各々のポテンシャルの計算結果はプラズマの密度分布の計算に反映され，仕様を満たすプラズマ分布を持つプラズマ源の設計の装置に用いられる．

外力項をローレンツ力とするボルツマン方程式の速度モーメント式から，スカラーポテンシャルを未知変数とした異方拡散方程式が得られる．プラズマ領域 Ω_1 のスカラーポテンシャル分布を異方拡散方程式で取り扱い，容器領域 Ω_2 とプラズマの界面 $\Gamma = \Omega_1 \cap \Omega_2$ における値と微分値のジャンプをシースモデル界面問題として取り扱うスカラーポテンシャルの計算モデルを提案している．非凸領域 Ω 上の *Poisson* 方程式の解 ϕ は鈍角の頂点において解の値が急激に変化するため $H^2(\Omega)$ に含まれない可能性がある．通常よりも解に弱い正則性を仮定した場合における楕円型界面問題のハイブリッド型の不連続ガラーキン法の適切性を議論し誤差評価を与えた．数値実験は誤差評価を支持する結果を示した．

ベクトルポテンシャルに対しては，周期的定常状態を仮定した．周波数領域でヘルムホルツ方程式にて取り扱う他、直接時間領域でマックスウェル方程式を計算する手法を研究開発している。ベクトルを未知変数とする偏微分方程式では，解が複数の方向に関する微分に対する滑らかさが要求され，分割した計算領域境界の接線方向と法線方向に求められる連続性の条件が異なるなど複雑である．計算方法の検討にはゲージ理論や微分形式といった微分幾何の知識を必要とする．*Finite Element Exterior Calculus (FEEC)* の枠組みを用いて、クーロンゲージ条件下の 4 次元（スカラーおよべベクトル）ポテンシャル問題の解法について検討した。

各々のポテンシャル分布から電磁場から電子へ吸収される分布を求めることができる．電子のエネルギー保存則である移流拡散方程式によりプラズマ密度を見積もる．シミュレーションを用いて装置形状の最適化を行った．開発した装置の実機試験結果は予想と一致した．

Through the research and development of plasma numerical simulation technology, my research theme is not only mathematics, but also a wide range of fields includes practical design to industrial application. Starting with derivation of simple governing equation that can be solved in realistic calculation time for design. Next to study of mathematical property of the model, coding, visualization, comparison with experiment, optimization, propose new design, and so on. I am in charge of all process from the mathematical verification to the design of industrial application. Recently, we have developed calculation method of electromagnetic field for design of high frequency plasma source. The electro magnetic field calculation consists of scalar potential calculation and vector potential calculation. The calculation results of both potential use improve the rearistic applicaiotn in industry.

The anisotropic diffusion equation with scalar potential as variable is obtained from the velocity moment of Boltzmann equation. We propose a scalar potential computation model as elliptic interface problem that in the plasma region Ω_1 governed by anisotropic diffusion equation, in the reactor region Ω_2 governed by Poisson equation, and on sheath region $\Gamma = \Omega_1 \cap \Omega_2$ governed by semi analytical sheath model. The solution ϕ of the Poisson equation on the nonconvex region Ω may be not included in $H^2(\Omega)$ because the value of the solution changes large at the vertex of the obtuse angle. We discussed the well-posedness of the hybrid discontinuous Galerkin method for the elliptic interface problem under low regularity assumption, and the error estimation is obtained. The numerical experiments support our theoretical result.

For the vector potential, a periodic steady state is assumed. This problem is treated in the frequency domain by the Helmholtz equation or in the time domain directly as Maxwell equation. The verification of the calculation method requires knowledge of differential geometry such as gauge theory and differential form. The result of numerical experiments support to our theoritical study. We will continue to study theoretical and numerical experiments.

The power absorption distribution in electrons can be obtained by electromagnetic field from each potential. The plasma density is estimated by convection diffusion equation which is the electron energy conservation law. The shape optimization of equipment was carried out by simulation. The result of experiment by the developed equipment is in good agrement with the prediction.

B. 発表論文

1. 宮下大*:* “粒子シミュレーション *”,* 放電・プラズマシミュレーション技報 *(*日本電気学会*)(p.44) (2020)*
2. *M. Miyashita and N. Saito: “Hybridized discontinuous Galerkin method for elliptic interface problems: error estimates under low regularity assumptions of solutions”, J. Sci. Comput., 76(5) (2018)*
3. 宮下大*,* 越智秀太*:* “高周波プラズマ数値シ

ミュレーション技術開発 ", 住友重機械技法 **192** *(2017) p.23*

4. 宮下大*: "*プラズマシミュレーション技術の産業機械への応用 *(*インダストリアルマテリアルズ*) ",* 応用数理 **25***(3) (2015)*

C. 口頭発表

1. 数学-産業協働のインターフェース問題 ～プラズマ数値シミュレーション技術開発を通して*, AIMaP* 公開シンポジウム「数学と産業の協働ケーススタディ」*,* 日本橋ライフサイエンスビルディング*, 2018* 年*,1* 月*.*
2. *Discontinuous model with semi analytical sheath interface for radio frequency plasma, 69th Annual Gaseous Electronics Conference, Ruhr university Bochum, Germany, 2016* 年*, 10* 月*.*
3. *2D-Combined ICP/CCP numerical modeling for RF plasma source, 68th GEC/ICRP 9, Hawaii Convention center ,USA 2015* 年*, 10* 月*.*
4. *The Development of Adaptive Mesh Refinement Technique for Hybrid Kinetic/Fluid Plasma Simulation, 2015 International Conference on Numerical Simulation of Plasmas, Golden Hotel, USA, 2015* 年*, 8* 月*.*
5. *Hybrid Discontinuous Galerkin method for Anisotropic Equation, The 18th International Conference on Finite Elements in Flow Problems, Regent Taipei, Taiwan, 2015* 年*, 3* 月*.*
6. *Mathematical science in Reactive Plasma Deposition equipment, Study Group Workshop 2017,* 九州大学 *IMI and* 東京大学数理科学研究科*, 2017* 年*, 7,8* 月*.*
7. プラズマ物理学における高周波シースモデルの数理特性調査*,* 日本応用数理学会 *2016* 年度年会*,* 北九州国際会議場*, 2016* 年*, 9* 月*.*
8. 誘導結合プラズマ問題におけるネデレック要素と節点要素の比較*,* 第 *29* 回計算力学講演会（*CMD2016*）*,* 名古屋大学*, 2016* 年*, 9* 月*.*
9. 楕円型界面問題に対するハイブリッド型不連続 *Galerkin* 法*, 2016* 年 研究部会連合発表会*,* 神戸学院大学*, 2016* 年*, 3* 月*.*
10. プラズマ存在下における誘導電場の時間調和解析*,* 第 *28* 回計算力学講演会（*CMD2015*）*,* 横浜国立大学*, 2015* 年*, 10* 月*.*

D. 講義

1. 日本応用数理学会雑誌編集委員
2. *Study Group Workshop 2017 Industrial delegate*
3. 日本電気学会放電・プラズマ気相シミュレーション技法調査専門委員会委員
4. 日本機械学会計算力学部門 電磁流体解析関連技術研究会委員

G. 受賞

1. 日本応用数理学会 *2016* 年度ベストオーサー賞　インダストリアルマテリアルズ部門

渡部 淳 ***(WATANABE Jun)***

(FMSP コース生)

A. 研究概要

特異性を持つ多様体上の指数について研究している．*2* つの境界超平面 $\partial_0 X, \partial_1 X$ をもつ角のある多様体 X について*, Mazzeo-Melrose* の Φ*-calculus* と *Melrose* の *b-calculus* を一般化した新しい *calculus* を定義した. また*,* その指数について *blow-up* を用いた手法と *Lie groupoid* を用いた手法の *2* つの手法を用いて研究した. 応用として閉でない Z/k*-manifold* の指数定理を証明した.

I am studying the index problem on a manifold with singularity. Let X be a manifold with corners which has two boundary hypersurfaces $\partial_0 X, \partial_1 X$. I defined a new calculus on X which generalize the Φ-calculus of Mazzeo-Melrose and b-calculus of Melrose. I studied the index by using blow-up and Lie groupoid. As an application, I proved the index theorem of non-closed Z/k-manifolds.

B. 発表論文

1. *J. Watanabe: "Mod k* 指数の同変な拡張について*" ,* 東京大学修士論文 *(2016)*
2. *J. Watanabe: "Fibred Cusp b-Pseudodifferential Operators and Their Applications" ,* 東京大学博士論文 *(2020)*

C. 口頭発表

1. *Fibered cusp b-pseudodifferential operators and its applications,* 日本数学会 *2018* 年度会*,* 東京大学*, 2018* 年 *3* 月*.*
2. *Fibered cusp b-pseudodifferential operators and its applications,* トポロジー火曜セミナー*,* 東京大学*, 2020* 年 *1* 月*.*

CHEN Weichung (*陳 韋中*)

A. 研究概要

My research field in mathematics is algebraic geometry. So far, my main interest of research concentrates on the boundedness problems of families of algebraic varieties or pairs. More precisely, I consider that given a family of log pairs of projective varieties and boundaries divisor, whether there is a morphism of projective varieties of finite type, such that any element in the given family is isomorphic to a fiber of the morphism. This year, I considered to generalize my previous result in the paper "Boundedness of weak Fano pairs with alpha-invariants and volumes bounded below". I want to provide bounded complements for pairs with boundaries with irrational coefficients. I considered the boundedness of complements of pairs with boundaries with possibly irrational coefficients defined my J. Han, J. Liu and V. Shokurov in the paper "ACC for minimal log discrepancies of exceptional singularities". Based on their results, I showed that fixed dimensional klt weak Fano pairs with alpha-invariants and volumes bounded away from 0 *and the coefficients of the boundaries belonging to a fixed DCC set S form a bounded family. Moreover, such pairs admit a strong ϵ-lc* R*-complement for some fixed $\epsilon > 0$. This can imply that for a bounded family of fixed dimensional klt weak Fano pairs with alpha-invariants and volumes bounded away from* 0*, we can always construct a bounded strong complement for each members in the family. Using the method of perturbation of coefficients of boundaries, Y. Gongyo, Y. Nakamura and I also showed the existence of ϵ-lc strong complements for ϵ-lc weak Fano pairs with DCC coefficients of boundaries, for any $\epsilon > 0$.*

B. 発表論文

1. *G. Di Cerbo, J. Han, C. Jiang and R. Svaldi*: *"Birational boundedness of rationally connected Calabi–Yau 3-fold", 2018*

1. *"Boundedness of weak Fano pairs with alpha-invariants and volumes bounded below", 2018*

1. *"Bounded Complements for Weak Fano Pairs with Alpha-invariants and Volumes Bounded Below", 2020*

C. 口頭発表

1. *Birational boundedness of rationally connected Calabi–Yau 3-folds,* 東京大学代数幾何学ゼミナール*,* 東京大学数理科学研究科*, 2018* 年 *4* 月*.*

1. *Boundedness of weak Fano pairs with alpha-invariants and volumes bounded below,* 東京大学代数幾何学ゼミナール*,* 東京大学*, 2018* 年 *11* 月*.*

1. *Boundedness of weak Fano pairs with alpha-invariants and volumes bounded below, Cambridge–Tokyo Algebraic Geometry workshop II, University of Cambridge, 2018* 年 *12* 月*.*

1. *Boundedness of weak Fano pairs with alpha-invariants and volumes bounded below, London-Tokyo Workshop In Birational Geometry II, Imperial College,*

2018 年 *12* 月.

1. *Boundedness of weak Fano pairs with alpha-invariants and volumes bounded below,* 大阪大学代数幾何学ゼミナール*,* 大阪大学*, 2019* 年 *1* 月.

1. *Constructing bounded strong klt complements for Fano pairs with* α*-invariants and volumes bounded below, NCTS algebraic geometry seminar, National Center for Theoretical Sciences, Mathematics Division, 2019* 年 *12* 月.

1. *Constructing Strong* (ϵ,n,Γ)*-Complements for* ϵ*-lc Fano Pairs, London-Tokyo Workshop In Birational Geometry, Imperial College, 2020* 年 *1* 月.

林 徳燮 ***(LIN Dexie)***

(FMSP コース生)

A. 研究概要

1. *We consider an closed oriented oriented manifold* M *with codimension* 3 *oriented Riemannian foliation* F*. If* $H^1_b(M) \cap H^1(M,\mathrm{Z})$ *is a lattice, then for each transverse spinc structure we construct the Seiberg-Witten invariant and the Seiberg-Witten Floer homology. Moreover, we show that if* $b^1_b > 1$*, then the Seiberg-Witten invariant and the Seiberg-Witten Floer homology are independent of the bundle-like metric and perturbation. If* $b^1_b = 0$*, then we construct the monopole Seiberg-Witten-Floer homology groups* $\overline{HM}(M,F)$*,* $\widehat{HM}(M,F)$*,* $\check{HM}(M,F)$*, and they are independent of the bundle-like metric and perturbation. The reason to failing to construct the* $\overline{HM}(M,F)$*,* $\widehat{HM}(M,F)$*,* $\check{HM}(M,F)$ *is due to lacking a good index theorem, which is one of the essential differences between the foliated Seiberg-Witten theory and classical Seiberg-Witten theory.*
2. *Let* (X,g) *be an oriented spin end-periodic Riemannian* 4*-manifold, which satisfies the assumption that there exists a metric which the Dirac operator is Fredholm. Fixing this trivial spinc structure, suppose that* $(a,\psi) \in \mathcal{C} = L^2_3(i\Omega^1(X)) \times L^2_3(\Gamma(X,S^+))$ *solve the Seiberg-Witten equation, then we find an element in the gauge-equivalent class of this solution such that there is an positive real number* δ *that* $e^{\delta\tau}\psi \in L^2$*, where* τ *is the function defined in Taubes' paper. Moreover,* $e^{\delta\tau}|\psi| \leq C(\delta)$ *for some constant* $C(\delta)$ *depending on* δ*.*

B. 発表論文

1. *D. Lin, Relative Chern character number and super-connection, Topology and its Applications Volume 234, 1 February 2018, Pages 155-165, https://doi.org/10.1016/j.topol.2017.11.035*
2. *D. Lin, Seiberg-Witten equation on manifold with rank* 2*-foliation, arXiv:1903.08815*
3. *D. Lin, Finite dimensional approximation on manifold with codimension-4 manifold, arXiv:1903.02391*

C. 口頭発表

1. *Foliation and Seiberg-Witten equation, Room No.2, Tsukuba Center for Institutes(Tsukuba-city, Ibaraki, Japan), 2019,February 5*

シェン シャオビン ***(SHENG Xiaobing)***

A. 研究概要

Thompson 群 F、T、V は *1965* 年に *R.Thompson* により発見された *unsolvable word problem* という性質を持つ群である。さらに T,V は有限表示無限単純群になることが証明され、*Higman* や *Brown* たちによる拡張と共に、様々な興味深い

性質を持つことが示された。これまでの研究で、T の拡張 T_n から T の *quasi-isometric* という性質を持つ埋め込みを構成することができ、一方で T から T_n の埋め込みは存在しないことを証明した。また、トンプソン群の拡張 F_n, T_n, V_n, BF, BV の幾何学的な性質を調べている。

Thompson's group F, T and V were first introduced by Richard Thompson for the construction of the finitely presented groups with unsolvable word problems, while they have turned out to be one of the most mysterious family of the groups in the past half century. F, T and V are defined as the groups of the homeomorphisms of the unit interval, circles and the Cantor set. I have been conducting research on the generalised Thompson's groups T_n of Thompson's group T, and obtained results on the subgroups distortion of Thompson's groups.
Up to now, there are more topological and dynamical results on these groups, but only a few geometry ones, to which my previous result belongs. During this year, I have been studying these groups from the view point of Geometric group theory, in particular, the geometry of the Cayley graph of the Thompson's groups. Thompson's groups are not Gromov hyperbolic, but the geometric results on these groups indicate that they might have some "hyperbolicity-type" properties defined in a more general sense. I am currently looking at the Divergence properties of the braided version of the groups.

B. 発表論文

1. *Xiaobing Sheng "Generalised Thompson's group T_n in T,* 修士論文.
2. *Xiaobing Sheng "Quasi-isometric embedding from the generalised Thompson's group T_n to T, arXiv preprint 1803.00866*

C. 口頭発表

1. *On the generalised Thompson's group T_n in T, discussion time, MINI SYMPOSIUM: New development in Teichmüller space theory,* 沖縄科学技術大学院大学, *2017* 年 *11* 月
2. *Quasi-isometrically embedded subgroup T_n of Thompson's group T, 3-manifolds and Geometric Group Theory, CIRM,* フランス *2018* 年 *6* 月
3. *Quasi-isometrically embedded subgroup T_n of Thompson's group T,*「葉層構造と微分同相群 *2018* 研究集会」 *Foliations and Diffeomorphism Groups 2018,* 東京大学玉原国際セミナーハウス, *2018* 年 *10* 月
4. *Quasi-isometrically embedded subgroup T_n of Thompson's group T,* 関東若手幾何セミナー, 東京工業大学, *2018* 年 *10* 月
5. *Quasi-isometrically embedded subgroup T_n of Thompson's group T, 14th East Asian Conference on Geometric Topology, Pekin University,* 中国, *2019* 年 *1* 月
6. *Contracting boundary of the CAT(0) space,* ミニーワークショップ「*Low Dimensions, Waseda University, 2019* 年 *12* 月
7. *Quasi-isometrically embedded subgroup T_n of Thompson's group T, East Asian Core Doctoral Forum on Mathematics, University of Tokyo, 2020* 年 *1* 月

☆ *2* 年生 ***(Second Year)***

稲山 貴大 ***(INAYAMA Takahiro)***
(学振 DC1)
(FMSP コース生)

A. 研究概要

多重劣調和関数や, ベクトル束の特異エルミート計量の正値性といった概念について研究している. 今年度は主に以下の結果を得た.
(1) 修士論文にて, *Griffiths* 正な特異エルミート計量を持つ正則ベクトル束に関する *Hörmander type* の L^2 評価式を得ていた. そこでは計量の *regularity* にある種の条件を付けていたが, 最終的にこの条件を外すことに成功した. 具体的には *(*多様体が *Kähler* であるという条件で*)Griffiths* δ_ω*-positivity* という概念を計量の *regularity* に依らない形で定義することで, 計量がこの条件を満

たしているのならば L^2 評価式が成り立つことを示した.

(2) 有界領域上の p 乗可積分 *(*$0 < p < 2$*)* な正則関数の空間や, 射影代数多様体上の m-多重標準束 *(*$m \geq 2$*)* の切断の空間に自然に入る L^p あるいは $L^{2/m}$*(pseudo)norm* の *(*擬*)* ノルム構造が, 元の多様体の正則構造を *(*ある種の同型を除いて*)* 一意に定めるというタイプの研究がある. これらの研究は, *Royden* によるリーマン面のタイヒミュラー空間の研究に端を発し, 近年では *Yau* の擬ノルムプロジェクトと呼ばれ, 一定の成果を収めている. 筆者はこの研究を応用して, 多重標準束の *Stein* 射による順像層に入る自然な $L^{2/m}$*(pseudo)norm* が *Stein* 射の構造を決めることを示した.

I study plurisubharmonic functions and singular Hermitian metrics on holomorphic vector bundles. I obtain the following results.

(1) I introduce a notion of the strict Griffiths δ_ω*-positivity of singular Hermitian metrics on holomorphic vector bundles. Then I prove* L^2*-estimates and vanishing theorems under the assumption that a metric is strictly Griffiths* δ_ω*-positive.*

(2) The space of holomorphic functions with finite L^p*-norm on a bounded domain* Ω *or the* m*-pluricanonical space* $H^0(X, mK_X)$ *for a complex manifold* X *plays an important role in understanding its geometric property. Initially, Royden proved that if* $H^0(C, 2K_C)$ *is isomorphic to* $H^0(C', 2K_{C'})$ *with respect to the canonical norm for compact Riemann surfaces* C, C' *of genus* $g \geq 2$*, then* C *is isomorphic to* C'*. There are many other generalized results. In any case, the pseudonorm, called* L^p*-norm or* $L^{2/m}$*-norm, plays an essential role. These kinds of programs are often called Yau's pseudonorm projects. I study Stein morphisms and the pseudonorms on direct images of pluricanonical bundles. I show that the pseudonorms determine holomorphic structures of Stein morphisms.*

B. 発表論文

1. *L^2 estimates and vanishing theorems for holomorphic vector bundles equipped with singular Hermitian metrics, to appear in Michigan Math. J.*
2. *Curvature currents and Chern forms of singular Hermitian metrics on holomorphic vector bundles, J. Geom. Anal.* ***30****, (2020), 910-935.*
3. *(with G. Hosono) A converse of Hörmander's L^2-estimate and new positivity notions for vector bundles, to appear in Sci. China Math.*
4. *Pseudonorms on direct images of pluricanonical bundles, submitted, arXiv:1910.05771.*

C. 口頭発表

1. *L^2 estimates and vanishing theorems for holomorphic vector bundles equipped with singular Hermitian metrics, MSJ Spring Meeting 2018, the University of Tokyo, Tokyo, March 19, 2018.*
2. *A converse of Hörmander's L^2-estimate and new positivity notions for vector bundles, Workshop on Complex Analytic and Algebraic Methods in Dynamics, Osaka City University, Osaka, January 15, 2019.*
3. *The twisted Hörmander condition and new positivity notions for vector bundles,* 解析幾何学セミナー*, Nagoya University, Nagoya, April 22, 2019.*
4. *New positivity notions for vector bundles (short communications), HAYAMA Symposium on Complex Analysis in Several Variables XXI, Shonan Village Center, Hayama, July 14, 2019.*
5. *Positivity of singular Hermitian metrics on vector bundles, Young Mathematicians Workshop on Several Complex Variables 2019, Osaka City University, Osaka, September 8, 2019.*
6. *Pseudonorms on direct images of pluri-*

canonical bundles, 多変数関数論冬セミナー, *Tohoku University, Sendai, December 21, 2019.*

G. 受賞

研究科長賞, 東京大学, *2018* 年 *3* 月.

井上 瑛二 ***(INOUE Eiji)***

(学振 DC1)

A. 研究概要

本年度は昨年度に自身が導入した μ-*cscK* 計量の代数幾何的側面を研究した. 主な成果として以下があげられる.

1. テスト配位に対する μ-二木不変量を（同変交点数公式によって）導出し, μ-*cscK* を持つ偏極多様体の μK-半安定性を示した.
2. *CM* 直線束の μK-安定性における類似物として, 偏極多様体の族に対して函手性を持つ底空間の同変２次コホモロジー類を構成した. C からの C^*-同変射による族の引き戻しはテスト配位になるが, この同変コホモロジー類の引き戻しが μ-二木不変量と同一視できる. これは今後の *Kähler–Ricci soliton* を持つ *Fano* 多様体のモジュライ空間のコンパクト化に関する研究で鍵となるべき概念である.
3. （一般化された）テスト配位に対し（非アルキメデス的）μ-エントロピーという量を導入し, ベクトル場 ξ から定まるテスト配位がその極大を達成するとき偏極多様体が ξ に関して μK-半安定になることを示した. これは *Chi Li* の *volhat* に関する結果の類似と理解できる.
4. *Ricci flow* の文脈で現れる *Perelman* の μ-エントロピーの *Kähler* 計量に関する変分を観察し, その臨界点が μ-*cscK* 計量になることを示した.
5. （通常と符号を逆にした）*Perelman* の μ-エントロピーの *Kähler* 計量に関する下限と上記の非アルキメデス的 μ-エントロピーのテスト配位に関する上限の間に *Donaldson* 型の不等式を予見し, 現在その証明に取り掛かっている. これは *Chen–Sun–Wang* の *Kähler–Ricci* 流に沿った *Fano* 多様体の代数幾何的極限に関する *Dervan–Székelyhidi* の仕事と深く関係する. *Dervan–Székelyhidi* の *H*-不変量に関する洞察が *Ding* 型の定式化であるのに対し, μ-*cscK* の文脈から類似する *Mabuchi* 型の定式化を見出し, それが *Perelman* の μ-エントロピーとの関係を明示的に説明するものであることを発見した.

I studied algebro-geometric aspects of μ*-cscK metric I introduced in the last year. I obtain the following results.*

1. *I introduced* μ*-Futaki invariant for test configurations and proved the* μK*-semistability of* μ*-cscK manifolds.*
2. *As an analogue of CM line bundle, I constructed equivariant cohomology classes of the base of polarized families which behave functorially with respect to base change. The* μ*-Futaki invariant of a test configuration can be identified with the* C^**-equivariant cohomology class of the test configuration. This must be a key concept for compactifying the moduli space of Fano manifolds with Kähler–Ricci solitons.*
3. *I introduced (non-Archimedean)* μ*-entropy of test configuration (in a generalized sense). I proved if a (local) maximum of the* μ*-entropy is achieved by a test configuration associated to a holomorphic vector field* ξ*, then the polarized variety is* μK*-semistable with respect to* ξ*. This can be regarded as an analogue of Chi Li's result on volhat.*
4. *I observed that the critical points of Perelman's* μ*-entropy on the space of Kähler metrics is a* μ*-cscK metric.*
5. *I studied a relation between Perelman's* μ*-entropy for Kähler metrics and the* μ*-entropy for test configurations, which is analogous to Donaldson's inequality*

on Calabi functional and also related to Dervan–Székelyhidi's result on H-invariant.

B. 発表論文

1. *E. Inoue* : *"The moduli space of Fano manifolds with Kähler–Ricci solitons", Advances in Math., Volume 357,* ***1*** *(Dec. 2019), Article106841.*
2. *E. Inoue* : *"Constant μ-scalar curvature Kähler metric - formulation and foundational results", preprint, available on arXiv:1902.00664.*

C. 口頭発表

1. *μ-cscK* 計量と *μK*-安定性, 専門家向け勉強会「ケーラー多様体の標準計量とその周辺」, 東京工業大学, 大岡山, *Feb. 20-22, 2020*
2. *μ-cscK* 計量, 微分トポロジーセミナー, 京都大学, 京都, *June 4, 2019.*
3. *μ-cscK metric, NCTS Workshop on Analytic Trends in Complex Geometry and Related Fields, Taipei, June 17-21, 2019.*
4. *The moduli space of Fano manifolds admitting Kähler-Ricci solitons, Singular metrics in complex Kähler geometry, CIRM, Marseille, Feb. 2019.*
5. *Kähler-Ricci soliton and moduli space of Fano manifolds, The 24th Symposium on Complex Geometry,* 金沢, *Nov. 13-16, 2018.*
6. *Canonical metrics on compact Kähler manifolds and moduli spaces of complex structures,* 幾何セミナー, 名古屋大学, 名古屋, *Nov. 6, 2018.*
7. *Moduli space of Fano manifolds admitting Kähler-Ricci solitons,* 第 *65* 回幾何学シンポジウム, 仙台, *Aug. 28-31, 2018.*
8. *Kähler-Ricci soliton and K-stability, beyond Kähler-Einstein, Younger generations in Algebraic and Complex geometry V,* 函館コミュニティプラザ, 函館, *Aug. 6-9, 2018.*
9. *Moduli space of Fano manifolds admitting Kähler-Ricci solitons, HAYAMA Symposium on Complex Analysis in Several Variables XX & Pacific Rim Complex-Symplectic Geometry Conference,* 湘南国際村センター, 葉山, *July 13-17, 2018.*
10. *On complex analytic moduli space of Fano manifolds admitting Kähler-Ricci solitons, The 2nd Symposium in Geometry and Differental Equations, ShanghaiTech University, Shanghai, June 11-15, 2018.*
11. *Kähler-Ricci soliton, K-stability and moduli space of Fano manifolds,* 複素解析幾何セミナー, 東京大学, 東京, *May 2018.*
12. *Moduli of Fano manifolds admitting Kähler-Ricci solitons, Mathsci Freshman Seminar 2018,* 京都大学, 京都, *Feb. 2018.*

G. 受賞

2018 年 東京大学大学院数理科学研究科 研究科長賞

甘中 一輝 ***(KANNAKA Kazuki)***
(学振 DC1)
(FMSP コース生)

A. 研究概要

擬リーマン多様体 M はラプラス作用素 $\Delta_M = \mathrm{div} \circ \mathrm{grad}$ と呼ばれる *2* 階の特別な微分作用素を有する. M がコンパクトなリーマン多様体の場合には, Δ_M のスペクトル的性質として, 例えば Δ_M の固有値の重複度が有限である事が知られているが, M が非リーマンの場合には M がコンパクトであっても固有値の重複度は有限にも無限にもなり得る. この様に Δ_M のスペクトル的性質は一般には未開拓である.

さて, 局所半単純対称空間 $M = \Gamma\backslash G/H$ は擬リーマン多様体の重要なクラスを占める. ここで G/H は半単純対称空間, Γ は G の離散部分群で G/H に固有かつ固定点自由に作用するものである. 小林俊行は *1980* 年代後半から非リーマンでもよい局所半単純対称空間上の大域解析の研究を

創始した. *2016* 年には *Fanny Kassel* との共著論文で局所半単純対称空間の離散スペクトラムの概念を提唱し, ある条件の下無限個の安定離散スペクトラムを発見した.
この様な背景で, 本年度は離散スペクトラムの重複度についての研究を志した. その際, 低次元の最も簡単な場合である 3 次元の局所反ド・ジッター空間 $\Gamma\backslash \mathrm{SO}(2,2)/\mathrm{SO}(2,1)$ の場合を調べ上げる事をひとまずの目標として設定した. この設定では離散スペクトラムとはラプラス作用素の L^2 固有値全体からなる集合の事である. $\mathrm{SO}(2,2)/\mathrm{SO}(2,1)$ のある球関数の族の Γ に関する *Poincaré* 級数の一次独立性を考察する事で, 任意の Γ に対して局所反ド・ジッター空間の離散スペクトラムの重複度が非有界である事を証明した. さらにこの研究の過程で, 上述の安定離散スペクトラムに対して, その重複度と呼ぶべき概念を導入し, その非有界性を証明した.

A pseudo-Riemannian manifold has an intrinsic second-order differential operator $\Delta_M = \mathrm{div} \circ \mathrm{grad}$ *called the Laplacian. The spectral properties of* Δ_M *have been much investigated for compact Riemannian manifolds. However, it is not the case for non-Riemannian manifolds. For example, the multiplicities of eigenvalues are finite in the Riemannian case, however they can be infinite even if* M *is compact in the non-Riemannian case.*
Locally semisimple symmetric spaces $M = \Gamma\backslash G/H$ *are important examples of pseudo-Riemannian manifolds. Here,* G/H *is a symmetric space and* Γ *is a discrete subgroup of* G *acting properly and freely on* G/H*. Toshiyuki Kobayashi initiated the study of global analysis on non-Riemannian locally symmetric spaces in the late 1980s. In 2016, Kobayashi and Fanny Kassel introduced the notion of discrete spectrum of locally symmetric spaces and found infinite stable discrete spectrum under some conditions.*
In this academic year, I intended to study the multiplicity of discrete spectrum. As a first step, I intended to investigate it for locally anti de-Sitter spaces $\Gamma\backslash \mathrm{SO}(2,2)/\mathrm{SO}(2,1)$*. In this setting, discrete spectrum coincides with the set of* L^2*-eigenvalues of the Laplacian. Considering linear independence of a family of Poincaré series for* Γ *of spherical functions on* $\mathrm{SO}(2,2)/\mathrm{SO}(2,1)$*, I proved the unboundedness of the multiplicities of* L^2*-eigenvalues for any* $\Gamma\backslash \mathrm{SO}(2,2)/\mathrm{SO}(2,1)$*. Moreover, I introduced the notion of the multiplicities of stable* L^2*-eigenvalues and proved their unboundedness.*

B. 発表論文

1. 甘中一輝:"反ド・ジッター空間における無限生成の強不連続性を有さないある不連続群の軌道の数え上げについて", 東京大学修士論文 *(2018).*
2. *K. Kannaka:*"反ド・ジッター空間における無限生成の強不連続性を有さないある不連続群の軌道の数え上げについて", 京都大学数理解析研究所講究録 ***2103***, 表現論と代数、幾何、解析をめぐる諸問題 *(*研究代表者*:* 久保 利久 *(*龍谷大学*)) (2018), 43-59.*
3. *K. Kannaka:"On the discrete spectrum of a certain non-sharp locally anti-de Sitter space",* 京都大学数理解析研究所講究録 ***2136***, 保型形式, 保型表現とその周辺 *(*研究代表者*:* 若槻聡 *(*金沢大学*)) (2019), 11 pages.*
4. *K. Kannaka:"Counting orbits of certain infinitely generated non-sharp discontinuous groups for 3-dimensional anti-de Sitter space", preprint, arXiv:1907.09303(2019), 22 pages.*

C. 口頭発表

1. 反ド・ジッター空間における無限生成の強不連続性を有さないある不連続群の軌道の数え上げについて, "表現論と代数、幾何、解析をめぐる諸問題"(研究代表者*:* 久保 利久 *(*龍谷大学*))*, 京都大学数理解析研究所, *2018* 年 *6* 月.
2. 反ド・ジッター空間における無限生成の強不連続性を有さないある不連続群の軌道の数え上げについて, "リーマン面に関連す

る位相幾何学”, 東京大学大学院数理科学研究科, *2018* 年 *8* 月.

3. 論 文 “*Poincare series for non-riemannian locally symmetric spaces* ", *F. Kassel and T. Kobayashi(2016)* の *3* 次元反ド・ジッター空間に限った紹介 , *Workshop on* “*Actions of Reductive Groups and Global Analysis*”, 東京大学玉原国際セミナーハウス, *2018* 年 *8* 月.
4. 反ド・ジッター空間における無限生成の強不連続性を有さないある不連続群の軌道の数え上げについて, 微分トポロジーセミナー, 京都大学大学院理学研究科,*2018* 年 *12* 月.
5. *On the discrete spectrum of a certain non-sharp locally anti-de Sitter space, “* 保型形式, 保型表現とその周辺*”(*研究代表者*:* 若槻聡 *(*金沢大学*))*, 京都大学数理解析研究所, *2019* 年 *1* 月.
6. 反ド・ジッター空間における, ある無限生成の不連続群の軌道の数え上げについて, 「リーマン面・不連続群論」研究集会, 早稲田大学, *2019* 年 *2* 月.
7. 論文 *“Proper affine actions and geodesic flows of hyperbolic surfaces”(W. M. Goldman, F. Labourie, G. Margulis, 2009)* の紹介, *Workshop on "Actions of Reductive Groups and Global Analysis"*, 東京大学玉原国際セミナーハウス, *2019* 年 *8* 月.
8. 局所反ド・ジッター空間の離散スペクトラムの重複度について, 北陸数論セミナー, 金沢大学サテライトプラザ, *2019* 年 *10* 月.
9. *3* 次元コンパクトローレンツ多様体の離散スペクトラムの重複度について, *2019* 年度表現論ワークショップ, 県民ふれあい会館（鳥取県立生涯学習センター）, *2020* 年 *1* 月.
10. *The multiplicity of discrete spectrum for 3-dimensional Lorentzian manifolds, East Asian Core Doctoral Forum on Mathematics 2020, Kavli IPMU, Tokyo, January, 2020.*

F. 対外研究サービス

*“East Asian Core Doctoral Forum on Mathematics 2020” (*東京大学数物連携宇宙研究機構, *2020* 年 *1* 月 *14*〜*17* 日*)* の *student organizer.*

G. 受賞

数理科学研究科長賞 *(2018* 年*)*

北岡 旦 ***(KITAOKA Akira)***

(FMSP コース生)

A. 研究概要

今年度は，接触多様体に関する不変量，特に *Rumin* 複体のエータ関数について研究した.

接触多様体に対して，*Rumin* 複体に付随するエータ関数 η_{D*} という C 上の有理型関数が定まる．この関数を原点で *Laurent* 展開したときの定数部分を $FP\eta_{D*}$ とする．エータ不変量 $\eta_{\mathrm{dR}}(0)$ に断熱極限をとったものと $FP\eta_{D*}$ との差が，計量に依存した不変多項式で表されることが *Albin* と *Quan* によって示された．一方で，η_{dR} が原点で正則であることから，η_{D*} も原点で正則になることが期待されている．実際，*Biquard* と *Herzlich* と *Rumin* によって，3 次元強擬凸 *CR* 多様体の場合は正しい．それ以外の場合について，何一つわかっていなかった.

そこで，球面の場合に η_{D*} について研究した．修論の結果を応用することにより，球面では η_{D*} が原点であることを示した．その上，具体的に $\eta_{D*}(0)$ を計算することができた.

In this year, I studied invariants on contact manifolds, especially the eta function associated with the Rumin complex.
On orientable contact manifolds, the eta function η_{D*} associated with the Rumin complex is defined. This function is meromorphic on C*. We define $FP\eta_{D*}$ by the constant part of Laurant expansion of η_{D*} at the origin. Difference between $FP\eta_{D*}$ and the value of the adiabatic limit of the eta invariant $\eta_{\mathrm{dR}}(0)$, are integrals of universal polynomials in the local invariants of the metric. It is proved by Albin and Quan. On the other hand, η_{dR} is holomorphic at the*

origin, hence we expect η_{D*} is also. Biquard, Herzlich and Rumin showed that η_{D*} is holomorphic at the origin on strictly pseudoconvex CR manifolds with a dimension of 3*. We do not know it is true in other cases.*
I researched η_{D*} on the contact spheres. With the results of my master thesis, I showed η_{D*} is holomorphic at the origin. Moreover, I calculated explicitly $\eta_{D*}(0)$.

B. 発表論文

1. *A. Kitaoka* ：*"Analytic torsions associated with the Rumin complex on contact spheres", available online at arXiv:1911.03092.*

C. 口頭発表

1. *Analytic torsions associated with the Rumin complex on contact spheres*, *Symplectic & Poisson Geometry Seminar*, *University of Illinois at UrbanaâĂŞChampaign*, *2020* 年 *3* 月 *2* 日.
2. *Analytic torsions associated with the Rumin complex on contact spheres,* 複素幾何セミナー, 東京大学, *2019* 年 *12* 月 *9* 日.
3. *An analytic torsion associated with the Rumin complex on the CR sphere, Young Mathematicians Workshop on Several Complex Variables 2019*, 大阪市立大学, *2019* 年 *9* 月 *9* 日.
4. *Analytic torsions associated with the Rumin complex on contact spheres*, *HAYAMA Symposium on Complex Analysis in Several Variables XXI*, *Shonan Village Center*, *2019* 年 *7* 月 *14* 日.
5. *An analytic torsion associated with the Rumin complex on the CR spheres, 2018* 年度　多変数関数論冬セミナー, 大阪市立大学大学, *2018* 年 *12* 月.
6. *Eigenvalues of Rumin-Seshadri laplacian on spheres, Berkeley Tokyo Summer School Seminar, University of California, Barkeley, 2017* 年 *8* 月.
7. *The Rumin-Seshadri torsion function on the spheres, HAYAMA Symposium on Complex Analysis in Several Variables XX & Pacific Rim Complex-Symplectic Geometry Conference, Shonan Village Center, 2018* 年 *7* 月.
8. 球面上の *Rumin-Seshadri* 捩率関数, 数理新人セミナー, 京都大学, *2018* 年 *2* 月.
9. 論文紹介その２ *(Poletsky Theory* とその応用*)*, 複素解析幾何のポテンシャル論的諸相 *(Potential Theoretical Aspects of Complex Analytic Geometry)*, 東京大学数理科学研究所, *2016* 年 *2* 月.

鈴木 将満 ***(SUZUKI Masamitsu)***
(FMSP コース生)

A. 研究概要

非線形項が速く増大する以下の連立反応拡散方程式の初期値問題（初期境界値問題）を研究した.

$$\begin{cases} \partial_t u = \Delta u + f(u,v) & \text{in } \Omega \times (0,T), \\ \partial_t v = \Delta v + g(u,v) & \text{in } \Omega \times (0,T), \\ u(x,t) = v(x,t) = 0 & \text{on } \partial\Omega \times (0,T), \\ (u(x,0), v(x,0)) = (u_0(x), v_0(x)) & \text{in } \Omega. \end{cases}$$

ここで，$\Omega \subset \mathrm{R}^N$, $N \geq 1$, $T > 0$ であり，初期関数 u_0 と v_0 は非負である.

1. $f(u,v) = \tilde{g}(v)$, $g(u,v) = \tilde{f}(u)$ である場合 *(weakly coupled system* の場合*)*：$\Omega = \mathrm{R}^N$ とし，$\tilde{f}$ と $\tilde{g}$ は非常に速く増大すると仮定する．具体例として $(\tilde{f}(u), \tilde{g}(v)) = (e^{u^p}, e^{v^q})$, $p \geq 1$, $q \geq 1$ が挙げられる．私は宮本安人先生と共同研究を行い，時間局所解の存在と非存在を正確に決定する初期値の臨界の可積分条件を得た.
2. $f(u,v) = e^{p_1 u + p_2 v}$, $g(u,v) = e^{q_1 u + q_2 v}$ である場合：Ω を R^N または C^2 級の境界を持つ有界領域とする．p_1, p_2, q_1, q_2 は全て *0* 以上で，$(p_1, p_2) \neq (0,0)$, $(q_1, q_2) \neq (0,0)$ であるとする．全ての (p_1, p_2, q_1, q_2) に対して，時間局所解の存在と非存在を正確に決定する初期値の臨界の可積分条件を得た．時間局所解の存在に関しては，（時間局所解を本研究の定義とすると）石毛-川上-*Sierżęga (2016)* で提案されたアイデアを用いた場合と比べて初期値がより広い

範囲で取れることを示した．また，そのように取ることができる初期値の例を具体的に構成した．さらに，本研究を応用し，f と g が共に $e^{u^2+v^2}$ である場合に対しても時間局所解の存在と非存在を示した．

I studied the following initial value problem (initial boundary value problem) for reaction-diffusion systems with rapidly growing nonlinear terms:

$$\begin{cases} \partial_t u = \Delta u + f(u,v) & \text{in } \Omega \times (0,T), \\ \partial_t v = \Delta v + g(u,v) & \text{in } \Omega \times (0,T), \\ u(x,t) = v(x,t) = 0 & \text{on } \partial\Omega \times (0,T), \\ (u(x,0), v(x,0)) = (u_0(x), v_0(x)) & \text{in } \Omega, \end{cases}$$

where $\Omega \subset \mathrm{R}^N$, $N \geq 1$, $T > 0$ *and the initial functions* u_0 *and* v_0 *are nonnegative.*

1. $f(u,v) = \tilde{g}(v)$ *and* $g(u,v) = \tilde{f}(u)$ *(weakly coupled system): Let* $\Omega = \mathrm{R}^N$. *We assume that* $\tilde{f}$ *and* $\tilde{g}$ *grow rapidly. A typical example is* $(\tilde{f}(u), \tilde{g}(v)) = (e^{u^p}, e^{v^q})$, $p \geq 1$ *and* $q \geq 1$. *I collaborated with Professor Yasuhito Miyamoto and obtained critical integrability conditions of initial data which explicitly determine the existence/nonexistence of a local in time solution.*
2. $f(u,v) = e^{p_1 u + p_2 v}$ *and* $g(u,v) = e^{q_1 u + q_2 v}$*: Let* Ω *be* R^N *or a bounded domain in* R^N *with* C^2 *boundary. Let* $p_i \geq 0$ *and* $q_i \geq 0$, $i = 1, 2$, *with* $(p_1, p_2) \neq (0,0)$ *and* $(q_1, q_2) \neq (0,0)$. *I studied the problem in all the cases* (p_1, p_2, q_1, q_2), *and obtained critical integrability conditions of initial data which explicitly determine the existence/nonexistence of a local in time solution. In the existence of a local in time solution, I showed that (if a local in time solution is in the sense of the definition in this study) we can take a wider class of initial data where the problem possesses a solution compared to the case using the idea suggested in Ishige-Kawakami-Sierżęga (2016). I also concretely gave an example of initial data which satisfy the integrability conditions but do not belong to the class given in their research. Moreover, applying this study, I proved the existence and nonexistence of a local time solution when* f *and* g *are both* $e^{u^2+v^2}$.

B. 発表論文

1. *M. Suzuki*：*“Local existence and nonexistence for reaction-diffusion systems with coupled exponential nonlinearities”, J. Math. Anal. Appl.* ***477*** *(2019) 776–804.*
2. *Y. Miyamoto and M. Suzuki*：*“Weakly coupled reaction-diffusion systems with rapidly growing nonlinearities and singular initial data”, Nonlinear Anal.* ***189*** *(2019) 111576.*

C. 口頭発表

1. 増大度の大きな非線形項を持つ放物型発展方程式, 第 *39* 回発展方程式若手セミナー, グリーンホテル三ヶ根, *2017* 年 *9* 月.
2. *Weakly coupled reaction-diffusion systems with rapidly growing nonlinearities and singular initial data,* 日本数学会 *2019* 年度年会, 東京工業大学, *2019* 年 *3* 月.
3. *Local existence and nonexistence for reaction-diffusion systems with coupled exponential nonlinearities,* 愛媛大学における微分方程式セミナー, 愛媛大学, *2019* 年 *8* 月.
4. *Local existence and nonexistence for reaction-diffusion systems with coupled exponential nonlinearities,* 第 *41* 回発展方程式若手セミナー, 群馬県伊香保温泉旅館 ふくぜん, *2019* 年 *8* 月.
5. *Local existence and nonexistence for reaction-diffusion systems with coupled exponential nonlinearities,* 日本数学会 *2019* 年度秋季総合分科会, 金沢大学, *2019* 年 *9* 月.
6. *Local existence and nonexistence for reaction-diffusion systems with coupled exponential nonlinearities,* 楕円型・放物

型微分方程式研究集会, 龍谷大学, *2019* 年 *11* 月.

7. *Local existence and nonexistence for reaction-diffusion systems with coupled exponential nonlinearities,* 第 *45* 回発展方程式研究会, 日本女子大学, *2019* 年 *12* 月.

須田 颯 ***(SUDA Hayate)***

(学振 DC2)

(FMSP コース生)

A. 研究概要

統計力学に由来する確率論の問題について研究を行っている. 特に現在は, 熱輸送現象の微視的モデルである振動子鎖モデルに見られる異常輸送現象を数学の立場から解析している. 本年度は, 多項式減衰する長距離相関 $(|x|^{-\theta}, x \to \infty, \theta > 2)$ を持つような確率調和振動子鎖モデルにおける保存量の巨視的な時間発展法則を導出し, $1 < \theta < 3$ の時は $\frac{\theta-1}{2}$-*superballistic wave equation,* $\theta \geq 3$ の時は *wave equation* に従うことを示した. また, 保存量の平衡揺動について, 時空間スケーリングが $\theta > 2$ に関して非単調に変化することを示した.

I am working on problems of probability theory originated from statistical mechanics. Currently, I study anomalous heat transport in chains of oscillators from a mathematical point of view. In this year, I considerd one-dimensional infinite chains of harmonic chains with stochastic noises and long-range interactions which have polynomial decay rate $|x|^{-\theta}, x \to \infty, \theta > 2$. *I proved that the time evolution of the macroscopic distribution of the conserved quantities is governed by a* $\frac{\theta-1}{2}$-*superballistic wave equation when* $1 < \theta < 3$ *and a wave equation when* $\theta \geq 3$. *In addition, I proved the non-monotonic dependence on* $\theta > 2$ *of the space-time scaling of the equilibrium fluctuation of the conserved quantities.*

B. 発表論文

1. *H. Suda : "Superdiffusion of energy in a chain of harmonic oscillators with noise in a magnetic field ",* 修士論文 *(2018)*
2. *K. Saito, M. Sasada, H. Suda : "5/6-Superdiffusion of energy for coupled charged harmonic oscillators in a magnetic field ", Commun. Math. Phys.* ***372****, 151-182(2019)*
3. *H. Suda : "A family of fractional diffusion equations derived from stochastic harmonic chains with long-range interactions ", arXiv: 1912.01753*

C. 口頭発表

1. 強い長距離相関を持つ確率調和振動子鎖モデルにおける異常拡散について, 確率論ヤングサマーセミナー *2018,* 愛知県伊良湖, *2018* 年 *8* 月.
2. *Superdiffusion of energy in harmonic chains with noises and long-range interactions,* 確率論シンポジウム, 京都大学数理解析研究所, *2018* 年 *12* 月.
3. *Superdiffusion of energy in harmonic chains with noises and long-range interactions,* 無限粒子系と確率場の諸問題 *XIV,* 奈良女子大学, *2019* 年 *1* 月.
4. 多項式減衰する長距離相関を持つ確率調和振動子鎖におけるエネルギーの異常拡散について大阪大学確率論セミナー, 大阪大学, *2019* 年 *7* 月.
5. *Short communication "Scaling limits of stochastic harmonic chains with long-range interactions" MFO, Germany 2019* 年 *9* 月
6. 長距離相関を持つ確率調和振動子鎖の巨視的挙動について東京確率論セミナー, 慶應義塾大学, *2019* 年 *10* 月.
7. *Macroscopic behaviors of stochastic harmonic chains with long-range interactions The 18th Symposium Stochastic Analysis on Large Scale Interacting Systems,* 大阪大学, *2019* 年 *11* 月.
8. ショートコミュニケーション "外場のある確率調和振動子鎖におけるエネルギーの超拡散について" 確率論シンポジウム, 慶應義塾大学 *2019* 年 *12* 月.

9. *Macroscopic behaviors of stochastic harmonic chains with long-range interactions One-day Symposium: Hydrodynamic limit and related topics,* 早稲田大学*, 2019* 年 *12* 月.
10. *Fluctuations of normal modes of stochastic harmonic chains with long-range interactions* 無限粒子系, 確率場の諸問題 *XV,* 奈良女子大学 *2020* 年 *1* 月.

G. 受賞

1. 東京大学大学院数理科学研究科長賞*, 2018* 年 *3* 月.

竹内 大智 ***(TAKEUCHI Daichi)***
(学振 DC2)
(FMSP コース生)

A. 研究概要

k を有限体とし，X を k 上の滑らかな射影多様体とする．X 上の ℓ 進層に対して，その L 函数が，通常のゼータ函数（或いは L 函数）の *Euler* 積表示の類似として定義される．この L 函数は通常のゼータ函数と同様に関数等式を満たすことが知られているが，その関数等式に現れる定数項のことを大域イプシロン因子と呼ぶ．この定数は多様体 X，及び ℓ 進層の大域的な性質により定まる ℓ 進数であるが，X が曲線のときには *Deligne-Laumon* により，局所イプシロン因子と呼ばれる局所的に定義できる不変量によって計算できることが知られている（*Deligne-Laumon* の積公式）.
本年度は彼らの結果を高次元の多様体にどのように拡張できるかについて考察し，1 の冪根の差を無視すれば *Deligne-Laumon* の積公式と類似の式が成り立つことが分かった．より具体的には，*Beilinson* 氏によって定義された，ℓ 進層の特異台に台を持ち，ℓ 進数を係数とするサイクル（イプシロンサイクル）を定義し，それが斎藤毅氏により構成された特性サイクルと類似の性質を持つことを証明した．そして，*Beilinson* 氏と斎藤氏による指数公式の証明と同様にして，1 の冪根を無視した積公式が得られることが分かった.
イプシロンサイクルの構成の過程で，*Deligne-Laumon* による *Swan conductor* の半連続性の局所イプシロン因子類似を（1 の冪根を無視することなく）示すことが出来た．これ自身も面白い結果である.

Let k be a finite field and X be a smooth projective variety over k. For an ℓ-adic sheaf on X, its L-function is defined in a similar way as Euler products of the usual zeta function (or L-functions). This L-function is known to have a functional equation analogous to that of the usual zeta function. The global epsilon factor is the constant term appearing in the functional equation. Although this constant reflects global natures of our variety X and our ℓ-adic sheaf, Deligne-Laumon proved that, when X is a curve, the global epsilon factor can be computed via local epsilon factors, which can be defined locally on the variety (Deligne-Laumon's product formula).
This year, I investigated how their result can be extended to higher dimensional varieties and found that we have a similar product formula as theirs if we take modulo roots of unity. More precisely, I defined a cycle (the epsilon cycle) which is supported on the singular support constructed by Beilinson and has its coefficients in ℓ-adic numbers, and proved that it admits analogous properties to those of characteristic cycles by T. Saito. Similarly as the index formula of étale sheaves by Beilinson and T. Saito, we have a product formula of global epsilon factors modulo roots of unity.
During the construction of epsilon cycles, I was able to prove a result on local epsilon factors which is analogous to Deligne-Laumon's semi-continuity of Swan conductors. This result itself is of interest.

B. 発表論文

1. *D. Takeuchi:"Blow-ups and class field theory for curves", Algebra Number Theory 13 (2019), no. 6, 1327-1351.*
2. *D. Takeuchi:"Characteristic epsilon cycles of ℓ-adic sheaves on vari-*

eties",preprint.

3. *D. Takeuchi:"On continuity of local epsilon factors of ℓ-adic sheaves", preprint.*

C. 口頭発表

1. *Blow-ups and class field theory for curves,* 代数学コロキウム，東京大学，*2018* 年 *5* 月.
2. *Blow-ups and class field theory for curves,* 研究集会「代数的整数論とその周辺」，京都大学数理解析研究所，*2018* 年 *11* 月.
3. *Characteristic epsilon cycles of ℓ-adic sheaves on varieties,* 代数学コロキウム，東京大学，*2019* 年 *12* 月.
4. *Characteristic epsilon cycles of ℓ-adic sheaves on varieties,* 研究集会「代数的整数論とその周辺」，京都大学数理解析研究所，*2019* 年 *12* 月.
5. *Characteristic epsilon cycles of ℓ-adic sheaves on varieties,* 研究集会 *"Singularities and Arithmetics",* 東北大学，*2020* 年 *2* 月.

G. 受賞

2017 年度　研究科長賞（修士課程）

土屋 正朗 ***(TSUCHIYA Masaaki)***

A. 研究概要

あるベクトルバンドルの切断の空間の間に定まる微分作用素の空間について，小林俊行氏によって *2010* 年に提唱された *F-method* を適用し，考察している．$(G,K,G',K') = (O(n+1,1), O(n+1)\times O(1), O(n,1), O(n)\times O(1))$ とし，$\mathcal{V}$ を G/K 上の G -同変ベクトル束 ，$\mathcal{W}$ を G'/K' 上の G' -同変ベクトル束とする ，私は，$\mathrm{Diff}_{G'}(C^\infty(G/K,\mathcal{V}), C^\infty(G'/K',\mathcal{W}))$ について研究をしており，修士論文ではこれが $C^\infty(G/K,\mathcal{V})$ が $\mathcal{A}_0$-加群として自由かつ有限次元であることを示し，その基底を特殊な例について与えた．ここで，$\mathcal{A}_0$ は $C^\infty(G/K,\mathcal{V})$ への G の *Casimir* 元の作用と，$C^\infty(G'/K',\mathcal{W})$ への G' の *Casimir* 元の作用によって定まる $\mathcal{C}$-代数である．現在，修士論文の結果と，既存の結果 *(Kobayashi-Kubo-Pevzner 2016)* との関連性について，研究をしている．

I studied differential operator between vector bundles. F-method is provided by Toshiyuki Kobayashi in 2010. I applied F-method to this study. Let $(G,K,G',K') = (O(n+1,1), O(n+1)\times O(1),\ O(n,1), O(n)\times O(1))$, $\mathcal{V}$ be a G - equivaliant vector bundle over G/K, and $\mathcal{W}$ be a G'-equivaliant vector bundle over G'/K'. I'm studying about $\mathrm{Diff}_{G'}(C^\infty(G/K,\mathcal{V}), C^\infty(G'/K',\mathcal{W}))$, In my master thesis, it is a free, finite-dimensional $\mathcal{A}_0$-mod, and give a basis for a special case, where $\mathcal{A}_0$ is a C *-algebla generated by the action of Casimir operator of G on $C^\infty(G/K,\mathcal{V})$ and of G' on $C^\infty(G'/K',\mathcal{W})$. Now, I am studying about relevance between my master thesis and Kobayashi-Kubo-Pevzner 2016.*

B. 発表論文

1. 土屋 正朗：*"*あるベクトルバンドル上の微分作用素の空間の有限生成性*",* 東京大学修士論文 *(2018)*

中塚 成徳 ***(NAKATSUKA Shigenori)***

(FMSP コース生)

A. 研究概要

(1) 元良直輝氏との共同研究で，有限次元単純リー環に付随するアフィン頂点代数の脇本表示と呼ばれる自由場表示の理論を *basic classical* 型と呼ばれる有限次元スーパーリー環に付随するアフィン頂点代数の場合に拡張した．特に，スーパーリー環が $\mathrm{gl}(1|1)$ の場合には，対応するアフィン頂点代数の脇本表現を用いた長完全列による分解を具体的に与えた．*(2)Thomas Creutzig* 氏と元良直輝氏との共同研究で，有限次元単純リー代数と正則冪零元に付随して定義される W 代数の間の *Feigin-Frenkel* 双対性と呼ばれる双対性の類似が他の W 代数の間にも存在することを示した．より詳しくは，$\mathrm{sl}(n+1)$ *(*$\mathrm{so}(2n+1)$*)* と副正則冪零元に付随する W 代数の *Heisenberg* 部分代数のコセットが，$\mathrm{sl}(1|n+1)$ *(*$\mathrm{osp}(2|2n)$*)* と正則冪零元に付随する W スーパー代数の *Heisenberg* 部分代

数のコセットと同型になることを示した．証明にはこれらの代数の特別な自由場表示を用いた．さらにこの自由場表示を用いることでこの二つの代数は風間一鈴木コセット構成とその逆構成により移りあうことを示した．これにより，$\mathrm{sl}(1|n+1)$ *(*$\mathrm{osp}(2|2n)$*)* と正則冪零元に付随する W スーパー代数の単純商が特別なレベルの時に有理的共形場理論の例を与えることが示された．*(3)* 複素数体上の単純代数群に付随して定義されるカイラル微分作用素の理論の *bsic classical* 型と呼ばれるスーパー代数群の場合に拡張した．

(1) I generalized the theory of Wakimoto realizations of affine vertex algebras associated with finite dimensional simple Lie algebras to the cases of basic classical Lie superalgebras. In particular, in the case of $\mathrm{gl}(1|1)$*, I obtained a resolution of affine vertex superalgebra* $V^\kappa(\mathrm{gl}(1|1))$ *by an explicit long exact sequence of Wakimoto representations. This is a joint work with N. Genra. (2) I obtained a Feigin-Frenkel type duality between the Heisenberg cosets of* $W^k(\mathrm{sl}(n+1), f_{\mathrm{sub}})$ *and* $W^\ell(\mathrm{sl}(1|n+1))$*,* $W^k(\mathrm{so}(2n+1), f_{\mathrm{sub}})$ *and* $W^\ell(\mathrm{osp}(2|2n))$ *if* (k,ℓ) *satisfying a certain relation. The proof uses a special free field realization of these algebras, with which we furthermore proved these pairs of W-superagebras can be constructed from each other by Kazama-Suzuki type coset realization and its inverse. This realization enabled us to prove the rationality of simple quotients of* $W^\ell(\mathrm{sl}(1|n+1))$ *at certain levels* ℓ*. This is a joint work with T. Creutzig and N. Genra. (3) I generalized the theory of chiral differential operators associated with simple algebraic groups over the complex numbers* C *to the case of algebraic supergroups of basic classical type.*

B. 発表論文

なし

C. 口頭発表

1. *New dualities in W-superalgebras, Vertex Operator Algebras and Related Topics in Kumamoto,* 熊本大学*, 2020* 年 *2* 月.
2. *W-algebras and integrable systems, Geometric and arithmetic aspects of W-algebra, France, 2019* 年 *5* 月.
3. *The double coset realization of W algebras and its application, Workshop on finite groups, vertex algebra and algebraic combinatorics , Taiwan, 2019* 年 *3* 月

中西 徹 ***(NAKANISHI Toru)***

(FMSP コース生)

A. 研究概要

私は，有限要素法による高次元半線形熱方程式の球対称解の数値計算手法について研究してきました．球対称性を仮定することで、高次元熱方程式の初期値境界値問題は次のように書き直せます．

$$u_t = u_{xx} + \frac{n-1}{x}u_x + u|u|^\alpha \ \ in \quad (0,L)\times(0,T) \tag{1}$$

$$u(0,x) = \phi(x) \quad in \quad (0,L) \tag{2}$$

$$u_x(t,0) = u(t,L) = 0 \quad in \quad (0,T), \tag{3}$$

ここで，α は正定数で，n は正の整数を表します．私の興味は *(1)-(3)* の爆発解を計算することにあります．以前の私達の研究である *Nakanishi-Saito (Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics, 37(1), 2020)* において，*(1)-(3)* に標準的有限要素法を適用し，収束性を研究しました．しかし，標準的スキームにはいくつかの弱点があります．例えば，収束性が $n \le 3$ の場合しか示せないということがあります．従って，*(1)-(3)* に対して新しい集中質量有限要素法を提案しました．そこで，任意の $n \ge 2$ に対して，正値性と収束性を証明し，爆発解の計算に応用しました．特に，数値爆発時刻 $T_{h,\tau}$（h,τ は，それぞれ空間・時間の刻み幅）を導入し，いくつかの適切な仮定の下で $T_{h,\tau} \to T$（$h \to 0$，$\tau \to 0$ のとき）を示しました．ここで，T は厳密解の爆発時刻を表します．

I studied numerical methods for computing the radially symmetric solution for high-dimensional semilinear heat equation by the finite element method. By assuming the spherically symmetry, the initial-boundary value

problem to a multidimensional heat equation is reduced to

$$u_t = u_{xx} + \frac{n-1}{x}u_x + u|u|^\alpha \ \ in \quad (0,L)\times(0,T) \tag{4}$$

$$u(0,x) = \phi(x) \quad in \quad (0,L) \tag{5}$$

$$u_x(t,0) = u(t,L) = 0 \quad in \quad (0,T), \tag{6}$$

where α is a positive constant and n is a positive integer. I am interested in computing the blow-up solutions of (4)-(6). In our previous study, Nakanishi-Saito (Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics, 37(1), 2020), I applied the standard FEMs to (4)-(6) and studied their convergence properties. However, those standard schemes have some difficulties. For example, we could show the convergence only for $n \leq 3$.

Therefore, I proposed new mass lumping finite element schemes to (4)-(6). I also proved positivity-preserving property and convergence for any $n \geq 2$. Furthermore, I applied the scheme to the blow-up computation. In particular, I introduced a numerical blow up time $T_{h,\tau}$, where h and τ denote the size parameters of the space and time discretizations. Then, under some appropriate assumptions, I proved $T_{h,\tau} \to T$ as $h \to 0$ and $\tau \to 0$, where T is the exact blow up time.

B. 発表論文

1. *T. Nakanishi and N. Saito: "Finite element method for radially symmetric solution of a multidimensional semilinear heat equation", Jpn. J. Ind. Appl. Math.* ***37****, Issue 1 (2020) 165–191.*

C. 口頭発表

1. *"*有限要素法による高次元半線形熱方程式の球対称解の数値解析*"*
   日本応用数理学会 年会, 名古屋大学
   2018 年 *9* 月
2. *"*有限要素法による高次元半線形熱方程式の球対称解の数値解析*"*
   日本数学会 *(*応用数学分科会*)*, 岡山大学
   2018 年 *9* 月
3. *"*有限要素法による高次元半線形熱方程式の球対称解の数値解析*"*
   数学・数理科学専攻若手研究者のための異分野・異業種研究交流会 *2018,* 明治大学
   2018 年 *11* 月
4. *"*有限要素法による高次元半線形熱方程式の球対称解の数値解析*"*
   応用数学合同研究集会*,* 龍谷大学
   2018 年 *12* 月
5. *"*数値積分の *MATLAB* プログラミング*"*
   研究集会　不連続 *Galerkin* 有限要素法の数学理論とその周辺：これからの展開*,* アクロス福岡
   2019 年 *2* 月
6. *"Numerical analysis for radially symmetric solutions of semilinear heat equations"*
   The 9th International Congress on Industrial and Applied Mathematics, Valencia, Spain
   2019 年 *7* 月
7. *"N* 次元半線形熱方程式の球対称解に対する新しい質量集中型有限要素近似*"*
   日本応用数理学会　年会*,* 東京大学
   2019 年 *9* 月
8. *"N* 次元半線形熱方程式の球対称解に対する新しい質量集中型有限要素近似*"*
   日本数学会 *(*応用数学分科会*),* 金沢大学
   2019 年 *9* 月
9. *"*高次元半線形熱方程式の球対称解の数値解析*"*
   応用数学フレッシュマンセミナー*,* 京都大学
   2019 年 *11* 月
10. *"N* 次元半線形熱方程式の球対称解に対する新しい質量集中型有限要素近似*"*
    応用数学合同研究集会*,* 龍谷大学
    2019 年 *12* 月

前多 啓一 ***(MAETA Keiichi)***

(FMSP コース生)

A. 研究概要

分解不可能な可約擬 *Riemann* 対称空間のコンパクト *Clifford–Klein* 形の存在問題について研究した．特に，移換群 G に対し，コンパクト *Clifford–Klein* 形をもつ，*4* 次元以下の単連結な可解擬 *Riemann* 対称空間 G/H を分類した．対称行列 $D, D' \in GL(n, \mathrm{R})$ に対し，擬 *Riemann* 対称空間のクラス $G_{D,D'}/H$ を定義した．さらに，これらの空間がコンパクト *Clifford–Klein* 形を持つ必要十分条件を与え，*4* 次元以下の各空間について検証した．

必要十分条件を与える際，可解 *Lie* 群 $G_{D,D'}$ の部分群の条件 *((L)-condition)* を定義した．$G_{D,D'}$ の離散部分群 Γ に対しては，その連結殻 L が存在するとは限らないが，$G_{D,D'}/H$ に余コンパクトに作用する離散部分群 Γ には，*(L)-condition* を満たす，連結とは限らない部分群 L' で，Γ を余コンパクトに含むものが存在する．Γ の作用の固有性は，L' の *Lie* 代数を用いて簡単な議論に帰着できる．

また，*Lie* 代数のコホモロジーをつかったアプローチを試みた．結果として，先行研究におけるコンパクト *Clifford–Klein* 形の存在の必要条件に対し，簡潔な別証明を与えることができた．

現在は，この等質空間 $G_{D,D'}/H$ 上にカシミール元からくるラプラシアンを構成し，ラプラシアンの固有関数と，コンパクト *Clifford–Klein* 形の存在の関係を研究している．

I study the existence problem of compact Clifford–Klein forms for pseudo-Riemannian symmetric spaces. Especially, I classified simply-connected pseudo–Riemannian solvable symmetric spaces G/H of dimension less than 4 which admit compact Clifford–Klein forms, where G is the transvection group of G/H. First, I defined a class of symmetric spaces $G_{D,D'}/H$ for symmetric matrices $D, D' \in GL(n, \mathrm{R})$. Then, I obtained a necessary and sufficient condition for the existence of compact Clifford–Klein forms and verified it for each space of dimension less than 4.

In the proof, I introduced a condition ((L)-condition) for subgroup of the solvable Lie group $G_{D,D'}$. Although a discrete subgroup Γ of $G_{D,D'}$ not necessarily have its syndetic hull L, for a discrete subgroup Γ which acts on $G_{D,D'}/H$ cocompactly, there exists not connected subgroup L' which satisfies (L)-condition and includes Γ cocompactly. Using the Lie algebra of this subgroup L', I could easily checked the properness of the Γ-action.

Then I attacked this problem by a cohomological approach. I gave another more simple proof for the necessary condition of compact Clifford–Klein forms in the previous research.

Now I construct a Laplacian on the homogeneous space $G_{D,D'}/H$ by using the Casimir element, and res-each the relation between the eigenfunction of the Laplacian and the existence of compact Clifford–Klein forms.

C. 口頭発表

1. *Existence of compact Clifford–Klein forms for indecomposable pseudo Riemannian symmetric spaces, Berkeley-Tokyo Summer School, Berkeley, 2017* 年 *8* 月
2. コンパクト *Clifford–Klein* 形を持つ分解不可能な符号 *(2, 2)* の擬 *Riemann* 対称空間の分類，日本数学会秋季総合分科会，岡山大学，*2018* 年 *9* 月
3. 可約で分解不可能な擬 *Riemann* 対称空間の
   コンパクト *Clifford*ー*Klein* 形の存在，表現論シンポジウム，九州大学，*2019* 年 *3* 月
4. *On the existence of compact Clifford*ー*Klein forms for indecomposable pseudo Riemannian symmetric spaces*，変換群論とその応用，京都大学，*2018* 年 *5* 月
5. ある可解型対称空間のコンパクト *Clifford-Klein* 形の存在問題に対するコホモロジー的アプローチ，日本数学会秋季総合分科会，金沢大学，*2019* 年 *9* 月
6. 可解型対称空間のコンパクト *Clifford*ー*Klein* 形の存在に対するコホモロジー的アプローチ，表現論シンポジウム，県民ふれ

あい会館（鳥取），*2020* 年 *1* 月

G. 受賞

2017 年度 数理科学研究科長賞

向井 晨人 ***(MUKAI Asato)***

(学振 DC2)

A. 研究概要

非線型放物型方程式の典型例として広く認知されている藤田型方程式 $u_t = \Delta u + u^p$ *in* $\mathrm{R}^N \times \mathrm{R}_+$ に対して, *Type* II 爆発を持つ解の構成をその漸近型の導出と共に行った．本研究では *Type* II 爆発解の存在が示されている $p > p_{JL}$ *(Joseph-Lundgren* 指数*)* の状況を扱う．漸近型に関する既存の結果は爆発時刻に近づくにつれて爆発点に向かい収縮する領域上でのみ与えられていたが, 初期値の設定と解を捕まえる空間を改良し, より精密な誤差項評価を行うことで $|x| = O(1)$ までの領域上で漸近型が求められた正値球対称 *Type* II 爆発解を構成した．本研究の特徴的議論の一つが *Matching* である．自己相似変換された方程式に対して支配的な項が領域で異なることを鑑み, 上記の手法で解の漸近型として期待される関数の形状を推定する．そして, 適切な意味でそれと近い挙動を持つ関数の空間を定義し, 解がこの空間に属する様パラメーター付き初期値を設定する．

We consider the Fujita equation which is known as a typical semilinear parabolic equation, that is, $u_t = \Delta u + u^p$ *in* $\mathrm{R}^N \times \mathrm{R}_+$. *Our goal is to construct of Type* II *blow-up solutions along with these asymptotic behavior in Joseph-Lundgren supercritical case. Until now, the result of an asymptotic behavior is obtained only on the region which shrinks to the blow-up point as time approaches to the blow-up time. We improved the setting of an initial date and the functional space which we find the solution in. More delicate estimates for negligible terms give the existence of the positive, radially, Type* II *blow-up solution. We conjecture the behavior of solutions and use the matching argument to define the functional space because dominant terms in the equation are different in the region.*

B. 発表論文

1. *K. Ishige and A. Mukai : "Large time behavior of solutions of the heat equation with inverse square potential", Discrete Contin. Dyn. Syst.* **38** *(2018), no.8, 4041–4069.*
2. *K. Ishige, Y. Kabeya and A. Mukai : "Hot spots of solutions to the heat equation with inverse square potential", Appl. Anal.* **98** *(2018) DOI : 10.1080/00036811.2018.1466284*

C. 口頭発表

1. *Large time behavior of solutions of the heat equation with inverse square potential,* 理学 · 生命科学研究科合同シンポジウム *2018,* 東北大学, *2018* 年 *2* 月.
2. *Large time behavior of solutions of the heat equation with inverse square potential, MZ* セミナー, 宮崎大学, *2018* 年 *4* 月.
3. *The heat equation with a dynamical boundary condition,* 草津セミナー 応用解析 夏の学校, 草津セミナーハウス, *2018* 年 *8* 月.
4. *Large time behavior of solutions of the heat equation with inverse square potential, Workshop on Nonlinear Partial Differential Equations – Japan-China Joint Project for Young Mathematicians 2018 –,* 龍谷大学, *2018* 年 *10* 月.
5. *Large time behavior of solutions of the heat equation with inverse square potential,* 広島数理解析セミナー, 広島大学, *2019* 年 *2* 月.
6. *Refined construction of type* II *blow-up solutions for a semilinear heat equation with Joseph-Lundgren supercritical nonlinearity,* 若手のための偏微分方程式と数学解析, 福岡大学 セミナーハウス, *2020* 年 *2* 月.

G. 受賞

東北大学 平成 *29* 年度 修士論文川井賞

森 迪也 ***(MORI Michiya)***

(学振 DC2)

(FMSP コース生)

A. 研究概要

昨年度に引き続き，作用素環に関係する保存問題の研究を行った．まず，論文 *5* において，ノルム空間のあいだの *2*-局所非線形等距離写像について研究し，閉球の極点集合が適当な条件を満たせば，そのような写像は自動的に *affine* になることを示した．それを用いて，C^* 環上の *2*-局所非線形等距離写像について考察した．*Peter Šemrl* 氏（スロベニア・リュブリャナ大）との共同研究（論文 *6*) においては，*effect algebra* 上の *coexistency* を双方向に保つ写像について調べ，有限次元性と連続性の仮定の下，そのような写像の一般形を導いた．*2019* 年 *10* 月から翌年 *3* 月の間，日本学術振興会「若手研究者海外挑戦プログラム」のもと，フランス・パリのジュシュー数学研究所に滞在した．滞在中は，派遣先指導者である *Gilles Pisier* 氏のもとで研究を進めた．この滞在の成果については現在複数の論文を執筆中である．

I studied preserver problems related with operator algebras. In the paper 5, under some condition on extreme points on the closed unit ball, I proved that every 2-local nonlinear surjective isometry on a normed space is automatically affine. Using it, I studied 2-local nonlinear surjective isometries on C^*-algebras. In a joint work with Peter Šemrl (Ljubljana), we considered mappings on the effect algebra that preserve coexistency in both directions, and gave the general form of such mappings under the additional assumption of finite dimensionality and continuity. During the latter half of this academic year, I spent in Paris to visit Professor Gilles Pisier. This visit is supported by JSPS Overseas Challenge Program for Young Researchers.

B. 発表論文

1. *M. Mori: "Tingley's problem through the facial structure of operator algebras", J. Math. Anal. Appl.* ***466*** *(2018) no. 2, 1281–1298.* 東京大学修士論文.
2. *M. Mori and N. Ozawa: "Mankiewicz's theorem and the Mazur–Ulam property for* C*-*algebras", Studia Math.* ***250*** *(2020) 265–281.*
3. *M. Mori: "Isometries between projection lattices of von Neumann algebras", J. Funct. Anal.* ***276*** *(2019) no. 11, 3511–3528.*
4. *M. Mori: "Order Isomorphisms of Operator Intervals in von Neumann Algebras", Integral Equations Operator Theory* ***91*** *(2019) no.2, Art. 11, 26 pp.*
5. *M. Mori: "On 2-local nonlinear surjective isometries on normed spaces and C*-algebras", accepted for publication in Proc. Amer. Math. Soc., arXiv:1907.02172.*
6. *M. Mori and P. Šemrl: "Continuous coexistency preservers on effect algebras", preprint, arXiv:1911.09490.*

C. 口頭発表

1. *Isometries between projection lattices of von Neumann algebras, Operator Algebras, Groups and Applications to Quantum Information Workshop II, ICMAT, Madrid,* スペイン，*2019* 年 *5* 月.
2. *Isometries between projection lattices of von Neumann algebras, Seminar za algebro in funkcionalno analizo, University of Ljubljana,* スロベニア，*2019* 年 *5* 月.
3. *Order isomorphisms of von Neumann algebras, Interactions between Noncommutative Analysis and Quantum Information Theory, IASM of HIT,* 中国，*2019* 年 *6* 月.
4. *Order isomorphisms of von Neumann algebras, The Fifteenth Workshop on Numerical Ranges and Numerical Radii,* 東

洋大学川越キャンパス，*2019* 年 *6* 月．

5. *Order isomorphisms of von Neumann algebras,* 量子解析セミナー，名古屋大学，*2019* 年 *7* 月．
6. *Order isomorphisms of von Neumann algebras, IWOTA 2019 (Special Session: Preserver Problems in Operator Theory and Functional Analysis), Instituto Superior Técnico, Lisbon,* ポルトガル，*2019* 年 *7* 月．
7. *Order embeddings of matrix intervals, Pure Mathematics Seminar, University of Reading,* イギリス，*2019* 年 *12* 月．
8. *Lattice isomorphisms between projection lattices of von Neumann algebras, Séminaire d'Algèbres d'Opérateurs, IMJ-PRG (Sophie Germain), Paris,* フランス，*2019* 年 *12* 月．
9. *Order embeddings of matrix intervals, Séminaire d'algèbre et de géométrie, Laboratoire de Mathématiques Nicolas Oresme, Caen,* フランス，*2020* 年 *1* 月．
10. *Continuous coexistency preservers on effect algebras, Analízis szeminárium, University of Szeged,* ハンガリー，*2020* 年 *2* 月．

山下 文稔 ***(YAMASHITA Fumitoshi)***
(FMSP コース生)

A. 研究概要

私は修士課程のときからモジュラー形式に関する研究を続けている。最近はモジュラー線形微分方程式（*modular linear differential equation, MLDE*）と呼ばれる上半平面上の線形常微分方程式に強い関心を抱いている。*MLDE* とは、ラマヌジャン･セール微分作用素を微分とし、モジュラー形式を係数とする微分方程式である。*MLDE* の解はモジュラー形式となることもありならないこともあるが、解がモジュラー形式となる例が多く知られている。また、モニックな *MLDE* の基本解をベクトルにしたものは必ずベクトル値モジュラー形式（*vector-valued modular form, VVMF*）をなすことが知られている。そのため、*MLDE* の研究を深めることによってモジュラー形式に関する新しい性質を知ることができると期待される。そのほか、一定の条件を満たす頂点作用素代数の指標が *MLDE* の基本解をなすこと、および超特異楕円曲線が *MLDE* と関係を持つことが知られているため、*MLDE* はモジュラー形式以外の研究分野でも近年活発に研究されている。

論文 *[1]* において、私はモジュラー線形微分作用素（*modular linear differential operator, MLDO*）と呼ばれる次数付き微分作用素を導入し、*MLDE* をある次数付き環における代数的微分方程式として定式化した。そして次数付き環の一般論を応用することによって、*MLDE* に関する新しい結果をいくつか示した。

今年度は論文 *[1]* の結果を拡張するため、様々な方面から検討を続けた。特に、*MLDE* などを幾何学的に定式化できないか調べた。モジュラー形式が幾何学的に（具体的には、ある多様体上のバンドルとして）解釈できることは古くから知られており、*VVMF* についても同様の解釈ができることが近年明らかにされた。そのため、*MLDE* および *MLDO* も多様体上のバンドル関係付けて解釈できる可能性が高い。そのような解釈ができれば、新しい成果が得られると期待される。*MLDE* などを幾何学的に解釈することに成功すれば、次は代数幾何学的を応用した研究に発展させることもできるのではないかと期待している。

B. 発表論文

1. *F. Yamashita*: *"On modular linear differential operators and their applications". arXiv:1807.07204.*

C. 口頭発表

1. *Aerosols in Fukushima: Mushrooms and Box Models,* 環境数理スタディグループ，東京大学数理科学研究科，*2017* 年 *2* 月 *22* 日～*2* 月 *28* 日
2. *On modular linear differential operators and their applications to quasimodular forms,* 第３５回 代数的組合せ論シンポジウム，広島工業大学 広島校舎，*2018* 年 *6* 月 *18* 日

キムミンギュ ***(KIM Minkyu)***

(FMSP コース生)

A. 研究概要

Kitaev 格子モデルは複素数上の半単純な有限次元のホップ代数に基づく曲面の理論である。その理論により曲面の多面体分割に依存する線型空間とその上の演算子が誘導される。その演算子の核は多面体分割に依存しない、即ち曲面のトポロジーで決まるということが知られている。本研究では、一般の体上の可換かつ余可換なホップ代数に基づいて任意の有限複体上の理論として一般化を考える。そのような一般化のための十分条件として、ホップ代数が有限次元かつ半単純かつ余半単純であることを要求する。元の *Kitaev* 格子モデルの類似な線型空間と演算子が構成できる。特に演算子は有限複体の隣接数で決まる。その核は有限複体のトポロジーで決まり、特にそのホップ代数を係数にする特異（コ）ホモロジー理論と同型になることを示した。

一方、３次元 *TQFT* が存在して、曲面に対応される線型空間が *Kitaev* 格子モデルの演算子の核と同型となることが知られている。その *TQFT* は *Turaev-Viro* の状態和モデルから誘導される。上記の *Kitaev* 格子モデルの拡張より、適当なホップ代数を係数にする特異（コ）ホモロジー理論が *TQFT* に拡張されるという予想を立てた。実際、一般の体上の有限次元かつ半単純かつ余半単純なホップ代数を値にする（特異とは限らない）（コ）ホモロジー理論は射影的 *TQFT* の族を随伴することが証明できた。その族はホモロジー理論で誘導される集合でパラメトライズされる。その集合は空である可能性はあることに注意する。射影的 *TQFT* から *TQFT* を誘導するための障害類の構成を行い、その計算を実行した。例えば、特異（コ）ホモロジー理論であれば障害類は消えることがわかる。一般（コ）ホモロジー理論を用いてそれ以外の例も計算した。

Kitaev's lattice model is a 2-dimensional theory based on a semisimple finite-dimensional Hopf algebra over complex numbers. It induces a vector space and its endomorphism depending on a choice of polyhedron structures of surfaces. It is known that the kernel of the endomorphism is independent of the choice of polyhedron structures, in other words, a topological invariant of surfaces. We give a generalization based on a bicommutative Hopf algebra over an arbitrary field. We obtain an analogue of Kitaev's lattice model over any finite CW-complex and show that the kernel of the associated endomorphism is isomorphic to the singular (co)homology theory with coefficients in the Hopf algebra.
On the other hand, for a semisimple finite-dimensional Hopf algebra over complex numbers, there exists a 3-dimensional TQFT which assigns the kernel of the Kitaev lattice model to surfaces. The TQFT is induced by the Turaev-Viro state-sum model. We show that a (co)homology theory valued in the category of bicommutative bisemisimple finite-dimensional Hopf algebras induces a family of projective TQFT's. Moreover, we calculate the obstructions associated with the projective TQFT's to construct TQFT's starting from generalized (co)homology theories.

B. 発表論文

1. *Kim, M. : "Bicommutative Kitaev lattice model I: stabilizer model and chain complex theory", arXiv preprint arXiv:1907.09859. (2019)*
2. *Kim, M. : "Integrals along bimonoid homomorphisms", arXiv preprint arXiv:1908.01658. (2019)*
3. *Ilves, J., Kono, S., Sunada, Y., Yamazaki, S., Kim, M., Koshino, K. and Nakamura, Y. : "On-demand generation and characterization of a microwave time-bin qubit", arXiv preprint arXiv:1912.03006. (2019)*
4. *Yano, R. and Kim, M. : "Topological analysis of pattern formation in cooling granular gases confined by elastic wall", Journal of Physics Communications. (2020)*

C. 口頭発表

1. *A K-theoretical Dijkgraaf-Witten theory, East Asian Conference on Gauge theory and Related topics,* 京都大学, *2018* 年 *9* 月 *11* ー *15* 日
2. *A generalization of Dijkgraaf-Witten theory,* 関西ゲージ理論セミナー, 京都大学, *2019* 年 *2* 月 *9* 日
3. *A characterization of convective precipitation, FMSP* 社会数理実践研究成果発表会, 東京大学, *2019* 年 *11* 月 *2* 日
4. 可換かつ余可換な *Kitaev* 格子モデルとホモロジー理論, *Poisson geometry and related topics,* 立命館大学びわこ・くさつキャンパス, *2019* 年 *12* 月 *14-15* 日
5. *Dijkgraaf-Witten* 理論, 離散・代数・幾何構造第一, 東京工業大学, *2020* 年 *1* 月 *28* 日
6. *A sequence of TQFT' s associated with (co)homology theory,* 第 *3* 回新人セミナー, 名古屋大学, *2020* 年 *2* 月 *9-13* 日
7. *An extension of homology theory to a sequence of TQFT' s, Tsukuba Workshop for Young Mathematicians 2020, Tsukuba Center for Institutes, 2020* 年 *2* 月 *13* 日

E. 修士・博士論文

1. キムミンギュ *(KIM Minkyu) : A K-theoretical Dijkgraaf-Witten theory,* 東京大学修士論文 *(2017)*

G. 受賞

1. 東京大学大学院数理科学研究科, 研究科長賞 *(2018)*

☆ *1* 年生 ***(First Year)***

飯田 暢生 ***(IIDA Nobuo)***

(学振 DC1)

(FMSP コース生)

A. 研究概要

3, 4 次元多様体のトポロジー, および, コンタクト, シンプレクティック構造を *Seiberg-Witten* 理論を用いて研究している. *Seiberg-Witten* 理論の一つの側面として, *3, 4* 次元多様体の幾何学的情報を, *Seiberg-Witten* 方程式とよばれる *4* 次元多様体上の非線形偏微分方程式から取り出すということが, *1994* 年の方程式の発見以来行われてきた. 閉 *4* 次元多様体上の *Seiberg-Witten* 方程式の解のゲージ同値類の空間はコンパクトとなるのに対し, 非コンパクト多様体上ではそうとは限らず, そのため, 閉多様体の場合の手法は一般にはそのままでは通用しない. しかし, *4* 次元多様体上に, ある幾何構造が与えられると, 方程式の解に強い制約がかかる場合があり, そして, 非コンパクトな多様体において, そのような構造を端に与えると, 端で解が減衰し, その帰結として, 方程式の解析が, あたかも端が「閉じている」かのように回る例がある. 代表的な例の一つが, 次である (もう一つの例が, 正スカラー曲率計量に関するものである). *Taubes* は, *4* 次元多様体上にシンプレクティック構造が与えられたとき, *Seiberg-Witten* 方程式がある標準的な解を持つことを見出した. これを受けて, *Kronheimer-Mrowka* は, 境界にコンタクト構造が与えられたコンパクトな *4* 次元多様体に対し, シンプレクティック構造を持つコーン状に広がっていく端を取り付けると, 解が減衰し, 閉多様体の場合と類似の方程式の解析が回ることを見出し, 境界にコンタクト構造が与えられた *4* 次元多様体に対する不変量を定義した. 私は, 修士論文において, もともと閉多様体の場合に行われていた *Bauer-Furuta* の有限次元近似の手法を用いて, この不変量の安定ホモトピー群に値を持つ精密化を構成した. さらに, ある場合に *Kronheimer-Mrowka* の不変量を復元すること, および, 閉多様体と境界にコンタクト構造が与えられた *4* 次元多様体の連結和に対する不変量の振る舞いを記述する公式を証明した. また, 現在, 境界にコンタクト構造が与えられた *4* 次元多様体を, 「境界に垂直な」境界つき *3* 次元多様体に沿って切りはりする際の不変量の振る舞いを記述するような, ある種の *TQFT* としての *Kronheimer-Mrowka* の不変量の拡張を構成中である. これは, 無限次元の *Morse* ホモロジーの描像により, 閉多様体に対するゲージ理論の不変量の *(3+1)TQFT* 化を構成するという, *Floer* 理論の枠組みの, 新しい変種となると考えられる.

I study the topology of 3 and 4 manifolds, and contact, symplectic structures on them through Seiberg-Witten theory. Since the discovery of the Seiberg-Witten equation, which is a nonlinear PDE on 4-manifolds, in 1994, people have extracted geometric information of 3 and 4 manifolds through the equation. The space of gauge equivalence classes of the solutions of the Seiberg-Witten equation is compact if the 4-manifold is closed, but is noncompact if the 4-manifold is noncompact in general. This implies that methods used in the former case can't necessarily be applied to the latter case. However, there are examples of structures on 4-manifolds which restrict strongly the solutions of the equation and if such structures are put on the end of a noncompact 4-manifold, the solutions decay, and as the consequence, the analysis works as if the end is closed. The following is a typical example of this phenomenon (and another example is the positive scalar curvature metric). Taubes discovered that when a symplectic structure is given on a 4-manifold, then there is a canonical solution of the euqation. Then, Kronhiemer-Mrowka did the following argument. Given a compact 4-manifold with contact boundary, they attached a cone-like end with a symplectic sturucture, showed that the solutions of the equation decay, and defined an invariant in the similar way to the case when the 4-manifolds are "closed".

In my master thesis, I constructed a stable-homotopy-group-valued refinement of Kronhiemer-Mrowka's invariant for 4-manifolds with contact boundary explained above, using Bauer-Furuta's method of the finite dimensional approximation, which was originally used for closed 4-manifolds. Moreover, I showed that we can recover Kronhiemer-Mrowka's invariant from mine in certain cases, and proved a formula that describes the behavior of my invariant under the connected sum operation of a closed 4-manifold and a 4-manifold with contact boundary. Now, I'm constructing a TQFT type extension of Kronhiemer-Mrowka's invariant which describes the behavior of it under cut-and-paste operation of 4-manifolds with contact boundary along a 3-manifold with boundary which is "vertical" to the contact boundary. This will be seen as a new development of the Floer theory, which is originally a framework that extends invariants for closed 4-manifolds in gauge theory as a (3+1)TQFT via the picture of infinite dimensional Morse theory.

B. 発表論文

1. *N.Iida*：*"A Bauer-Furuta type refinement of Kronheimer-Mrowka's invarint for 4-manifolds with contact boundary", arXiv:1906.07938.*

C. 口頭発表

1. *A Bauer-Furuta type refinement of Kronheimer-Mrowka's invarint for 4-manifolds with contact boundary, Kyoto Young Topologists seminar,* 京都大学数理解析研究所, *2019* 年 *2* 月.
2. *A Bauer-Furuta type refinement of Kronheimer-Mrowka's invarint for 4-manifolds with contact boundary,* 関西ゲージ理論セミナー, 京都大学, *2019* 年 *7* 月.
3. *A Bauer-Furuta type refinement of Kronheimer-Mrowka's invarint for 4-manifolds with contact boundary, Floer Homotopy 2019 (short talks),* アメリカ合衆国, *Oregon* 大学, *2019* 年 *8* 月.
4. *A Bauer-Furuta type refinement of Kronheimer-Mrowka's invarint for 4-manifolds with contact boundary, 4* 次元トポロジー, 大阪大学, *2019* 年 *11* 月.

岡本 潤 ***(OKAMOTO Jun)***

(FMSP コース生)

A. 研究概要

本年度は多結晶構造を記述する *Kobayashi-Warren-Carter* エネルギーの特異極限問題につ

いて取り扱った。*Kobayashi-Warren-Carter* エネルギーは結晶の配向度を表す v、結晶方向の平均偏角を表す u の二変数からなる汎関数であり、エネルギーの最小元の形状は、u の変動が小さい場合 v のシングルウェルポテンシャルの積分項の効果により、v は定数に近くなり、u の変動が大きい場合 v はカスプ形状の溝が生じる。そのため v のディリクレエネルギーの項を小さくし、それに伴ってポテンシャルの項を大きくすると、カスプ形状が縮まることにより、u のジャンプ点でのみ不連続な関数に近づく。そのため L^p の位相では極限先における溝の形状を捉えることができない。そこで我々はグラフ収束と呼ばれるより強い位相を関数空間に導入し、Γ 収束によりエネルギーの特異極限をとらえることに成功した。このことにより、極限エネルギーの最小元の溝の高さの条件を割り出すことが出来た。しかし、本研究では定義域 *1* 次元における結果であるため、今後は多次元の場合はどのような位相で収束を定義したらよいのか、また極限エネルギーはどうなるのかを解析していく必要がある。

We studied singular limit problem of Kobayashi Warren Carter energy which is indicate grain boundary model. The Kobayashi Warren Carter energy is a functional consisting of two variables,v, which represents the degree of orientation of the crystal, and u, which represents the average declination of the crystal direction. When the variation of u is small, the shape of the minimizer of this energy is such that v is close to a constant due to the effect of the integral term of the single well potential of v. When the variation of u is large, the shape of minimizer of this energy is such that v has a cusp-shaped groove. Therefore, if the term of the Dirichlet energy of v is reduced and the term of the potential is increased, the cusp shape is sharpened, and the function approaches a discontinuous function only at the jump point of u. Therefore, the shape of the groove at the extreme end can't be captured in the topology of L^p. We introduced a stronger topology called graph convergence into the function space and succeeded in capturing the singular limit of energy by Γ-convergence. However, in this study, since the results are in one-dimensional domain, it is necessary to analyze what topology should be defined for convergence and what the convergence energy will be in the case of multi-dimensional in the future.

B. 発表論文

1. *J. Okamoto*：*"On random discretization of energies and its continuum limit"*, 東京大学大学院数理科学研究科修士論文 *(2019)*

C. 口頭発表

1. 一様分布に従う独立確率変数列を用いた超立方体の断面積の算出と評価, 岡山確率論セミナー, 岡山大学, *2017* 年 *2* 月.
2. ランダムなデータサンプル上の *Total Variation* によるグラフカット, データ分離問題の基礎と新展開, 東京大学, *2018* 年 *12* 月.
3. *O'Hara* エネルギーのランダムな離散化と連続極限, 岡山確率論セミナー, 岡山大学, *2019* 年 *2* 月.
4. *Random discretization of O'Hara knot energy, FMSP* 院生集中講義, 東京大学, *2019* 年 *3* 月.
5. *Random discretization of O'Hara knot energy,* 日本数学会 *2019* 年度年会, 東京工業大学, *2019* 年 *3* 月.
6. *O'Hara* エネルギーのランダムな離散化と連続極限, 東京確率論セミナー, 慶応大学, *2019* 年 *5* 月.
7. *Random discretization of O'Hara knot energy, Viscosity solution approach to asymptotic problems in front propagation, dynamical system and related topics, RIMS, 2019* 年 *7* 月.
8. *O'Hara* エネルギーのランダムな離散化と連続極限, 第 *41* 回発展方程式若手セミナー, *2019* 年 *8* 月.
9. *Random discretization of O'Hara knot energy, Geometry and Probability 2019,* 大阪大学, *2019* 年 *9* 月.

10. *Random discretization of O'Hara knot energy* 関西確率論・*NLPDE* 合同セミナー, 京都大学, *2020* 年 *1* 月.

G. 受賞

1. 東京大学大学院数理科学研究科研究科長賞, *2019* 年 *3* 月.
2. 日本数学会 異分野・異業種研究交流会 *2019* ベストポスター発表, *2019* 年 *10* 月.

沖 泰裕 ***(OKI Yasuhiro)***

(学振 DC1)

(FMSP コース生)

A. 研究概要

志村多様体の数論幾何およびその整数論への応用に興味を持っている. 今年度は, ある種の *4* 変数ユニタリ群およびスピノル群に対する志村多様体の超特異部分について明示的記述を得た.

(G,X) を *Hodge* 型志村データとし, p を奇素数とする. $\mathrm{Sh}_K(G,X)$ を十分小さいレベル K の (G,X) に対する志村多様体とする. いま, K の p-成分は $G(\mathrm{Q}_p)$ のスペシャル最大パラホリック部分群で与えられているとする. このとき, ある条件の下で $\mathrm{Sh}_K(G,X)$ の整モデル $\mathcal{S}_K$ とその上のアーベルスキーム $\mathcal{A}_{\mathcal{S}_K}$ が *Rapoport–Zink* または *Kisin–Pappas* により構成されている. $\overline{\mathcal{S}}_K$ を $\mathcal{S}_K$ の幾何的特殊ファイバーとする. その被約閉部分スキームで, $\mathcal{A}_{\mathcal{S}_K} \to \mathcal{S}_K$ のファイバーが超特異アーベル多様体となるようなすべての点からなるものを超特異部分と呼び, $\overline{\mathcal{S}}_K^{\mathrm{ss}}$ で表す. 今年度は, 以下を証明した.

(1) L を虚二次体とし, G を L/Q 上の符号 $(2,2)$ のエルミート空間の一般ユニタリ群とする. ここで, p は L で分岐し, かつ G は p で準分裂であるとする. このとき, $\overline{\mathcal{S}}_K^{\mathrm{ss}}$ は純 2 次元であり, 既約成分は P^3 の中の *Fermat* 曲面 $x_0^{p+1}+x_1^{p+1}+x_2^{p+1}+x_3^{p+1}=0$ と双有理である. また, $\overline{\mathcal{S}}_K^{\mathrm{ss}}$ の相異なる *2* つの既約成分の共通部分は空集合, *1* 点もしくは P^1 と双有理である.

(2) d を正整数とし, G を符号 $(d,2)$ の Q 上の二次形式 V の一般スピノル群とする. ここで, V の判別式の p 進付値は 1 であるとする. さらに, G は p で準分裂であると仮定する. このとき, $\overline{\mathcal{S}}_K^{\mathrm{ss}}$ は純 $[d/2]$ 次元である. また, *(1)* と同様に, $\overline{\mathcal{S}}_K^{\mathrm{ss}}$ の相異なる *2* つの既約成分の共通部分を双有理同値を除いて明示的に決定することができる.

I am interested in arithmetic geometry of Shimura varieties and its application to number theory. In this year, I obtained results on concrete descriptions of basic loci of Shimura varieties for certain unitary groups in four variables and spinor groups.

Let (G,X) be a Shimura datum of Hodge type, and p an odd prime number. We denote by $\mathrm{Sh}_K(G,X)$ the Shimura variety for (G,X) of sufficiently small level K. Now we assume that the p-part of K is given by a special maximal parahoric subgroup of $G(\mathrm{Q}_p)$. Then, under some condition, Rapoport–Zink or Kisin–Pappas constructed an integral model $\mathcal{S}_K$ of $\mathrm{Sh}_K(G,X)$ and an abelian scheme $\mathcal{A}_{\mathcal{S}_K}$ over $\mathcal{S}_K$. Let $\overline{\mathcal{S}}_K$ be the geometric fiber of $\mathcal{S}_K$. We define the supersingular locus of $\overline{\mathcal{S}}_K$, which is denoted by $\overline{\mathcal{S}}_K^{\mathrm{ss}}$, as the reduced closed subscheme of $\overline{\mathcal{S}}_K$ consisting of all points such that the fiber of $\mathcal{A}_{\mathcal{S}_K} \to \mathcal{S}_K$ is a supersingular abelian variety. In this year, I proved the following.

(1) Let L be an imaginary quadratic field, and G the unitary similitude group of an L/Q-hermitian space of signature $(2,2)$. Here we assume that p ramifies in L and G is quasi-split at p. Then $\overline{\mathcal{S}}_K^{\mathrm{ss}}$ has purely 2-dimensional, and every irreducible component is birational to the Fermat surface $x_0^{p+1}+x_1^{p+1}+x_2^{p+1}+x_3^{p+1}=0$ in P^3. Furthermore, the intersection of two distinct irreducible components of $\overline{\mathcal{S}}_K^{\mathrm{ss}}$ is birational to either the empty set, or a singuleton or P^1.

(2) Let d be a positive integer, and G the spinor similitude group of a quadratic space V over Q of signature $(d,2)$. Here we assume that the p-adic value of the discriminant of V is 1. Moreover, we suppose the quasi-splitness of G at p. Then $\overline{\mathcal{S}}_K^{\mathrm{ss}}$ is of pure dimension $[d/2]$. Furthermore, we can determine the intersection of two distinct irreducible components up to birational equivalence as the same result as in (1).

B. 発表論文

1. *Y. Oki, "On supersingular loci of Shimura varieties for quaternion unitary groups of degree 2", preprint, arXiv:1907.07026.*
2. *Y. Oki, "On the supersingular locus of the Shimura variety for* $\mathrm{GU}(2,2)$ *over a ramified prime", preprint, arXiv:2002.01158.*

C. 口頭発表

1. *On supersingular loci of Shimura varieties for quaternion unitary groups of degree* 2*,* 代数学コロキウム*,* 東京大学*, 2019* 年 *5* 月*.*
2. *On supersingular loci of Shimura varieties for quaternion unitary groups of degree* 2*, Workshops on Shimura varieties, representation theory and related topics,* 北海道大学*, 2019* 年 *7* 月*.*
3. *On some moduli spaces of supersingular QM abelian* 4*-folds, Supersingular abelian varieties and related arithmetic,* 名古屋大学*, 2019* 年 *9, 10* 月*.*
4. *On the supersingular locus of the Shimura variety for* $\mathrm{GU}(2,2)$ *over a ramified prime, Arithmetic Geometry and Representation Theory,* 富山県民会館*, 2019* 年 *12* 月*.*
5. *Basic loci of some Shimura varieties for unitary groups in four variables over a ramified prime, East Asian Core Doctoral Forum on Mathematics,* 東京大学 *Kavli IPMU, 2020* 年 *1* 月*.*
6. 志村多様体の超特異部分の明示的記述について*,* 香川セミナー*,* 香川大学*, 2020* 年 *3* 月*.*

G. 受賞

1. *2018* 年度数理科学研究科長賞

笠浦 一海 *(KASAURA Kazumi)*

A. 研究概要

Bhatt および *Scholze* によって定義された，p 進コホモロジーの一種であるプリズマティック・コホモロジーについて研究した．ある条件を満たす環とイデアルのペア (A, I) および A/I 上の滑らかな p 進形式スキーム X に対して，プリズマティック・サイトと呼ばれる環付きサイトが定義され，それによってプリズマティック・コホモロジーが定義される．この理論は知られているほとんどの整 p 進コホモロジー理論を含む．例えば，ある種のベース上のプリズマティック・コホモロジーとクリスタリン・コホモロジーとの間の比較定理が証明されている．

私は係数付きのプリズマティック・コホモロジーについて考察し，ある種のベース上のプリズマティック・サイト上のクリスタルがクリスタリン・サイト上のクリスタルと対応し，係数付きの比較定理が成り立つことを確かめた．プリズマティック・コホモロジーと他のコホモロジーの比較定理の一般化として，他の係数の対応も予想される．

Bhatt と *Scholze* はまた，*Scholze* によって予想された *de Rham* コホモロジーの q-類似である *q-de Rham* コホモロジーを，クリスタリン・サイトの q-類似である q-クリスタリン・サイトを用いて定義した．私はこれらの結果の一般化および応用についても研究している．

I studied prismatic cohomology, a p-adic cohomology defined by Bhatt and Scholze. For a pair (A, I) *of a ring and an ideal satisfying certain conditions and a smooth p-adic formal scheme* X *over* A/I*, a ringed site called the prismatic site is defined. Prismatic cohomology is defined as a cohomology on this site. This theory specialized to most known integral p-adic cohomology theories. For example, the comparison theorem between prismatic cohomology over a base of a certain type and crystalline cohomology is proven.*

I studied prismatic cohomology with coefficients and confirm that crystals on the prismatic site over a base of a certain type correspond to

crystals on the crystalline site and the comparison theorem with coefficients holds true. Other correspondences of coefficients generalizing comparisons between prismatic cohomology and other cohomologies are expected.
Bhatt and Scholze also defined q-de Rham cohomology, which is the q-analog of de Rham cohomology expected by Scholze, as the cohomology of the q-crystalline site, the q-analog of the crystalline site. I am studying generalizations and applications of this result.

C. 口頭発表

1. *On extension of overconvergent log isocrystals on log smooth varieties,* 第 *18* 回広島仙台整数論集会*,* 広島大学理学部*, 2019* 年 *7* 月*.*
2. *On extension of overconvergent log isocrystals on log smooth varieties,* 代数的整数論とその周辺 *2019,* 京都大学数理解析研究所*, 2019* 年 *12* 月*.*

亀岡 健太郎 *(KAMEOKA Kentaro)*

(FMSP コース生)

A. 研究概要

量子力学の数学解析を行っている。特に半古典解析や共鳴に興味を持っている。今年度は中村周教授との共同研究において、振動しながら減衰するポテンシャルをもつ *Wigner-von Neumann* 型の *Schrödinger* 作用素の共鳴の研究を行った。運動量空間での周期的な作用素の複素変形に基づいて共鳴を定義した。また二次式の複素吸収ポテンシャルを付加した作用素の離散固有値の粘性型極限として共鳴を特徴づけた。

I am working on mathematical analysis of quantum mechanics. In particular, I am interested in semiclassical analysis and resonances. In this year, in collaboration with Professor Shu Nakamura, I studied the resonances for the Wigner-von Neumann type Schrödinger operators with oscillatory and decaying potentials. We defined the resonances based on periodic complex deformation of the operator in the momentum space. We also characterized the resonances as viscosity type limits of discrete eigenvalues of the operator with quadratic complex absorbing potentials.

B. 発表論文

1. *K. Kameoka, "Remarks on Semiclassical Wavefront Set", to appear in Funkcialaj Ekvacioj.*
2. *K. Kameoka, "Semiclassical study of shape resonances in the Stark effect", arXiv: 1901.08315.*

C. 口頭発表

1. *Semiclassical shape resonances for the Stark Hamiltonian,* 学習院大学スペクトル理論セミナー、学習院大学、*2019* 年 *6* 月。
2. *Semiclassical shape resonances for the Stark Hamiltonian,* 作用素論セミナー、京都大学、*2019* 年 *11* 月。
3. *Semiclassical shape resonances for the Stark Hamiltonian,* スペクトル・散乱那覇シンポジウム、沖縄県市町村自治会館、*2020* 年 *1* 月。

佐藤 謙 *(SATO Ken)*

(FMSP コース生)

A. 研究概要

Beilinson は代数多様体のモチヴィックコホモロジーから *Deligne* コホモロジーへのレギュレーター写像を定義し，多様体が Q 上定義されていて滑らかかつ射影的な場合，このレギュレーター写像による元の値と多様体のモチーフの L 関数の特殊値の無理数部分が一致することを予想した．予想が成り立つことが確かめられているケースは数少ないが，この予想により，レギュレーターの値に現れる特殊関数は与えらえれた代数多様体の数論的，幾何的性質と深く関連すると期待されており，実際，レギュレーター写像の値には超幾何関数，ポリログ関数などの興味深い特殊関数が現れることが知られている．私は特に $K3$ 曲面の族のレギュレーター写像の値として現れる特殊関数に注目して研究し，実際楕円曲線の直積に付随す

る *Kummer* 曲面の族の上のあるモチヴィックコホモロジーの元の族のレギュレーターの値から

$$\int_{s=0}^{s=1}\int_{t=0}^{t=s}\frac{dsdt}{\sqrt{s(s-1)(s-a)t(t-1)(t-b)}} \tag{7}$$

の様な a,b に関する多値正則関数が現れることを示した．この表示から，$K3$ 曲面の周期を考えることで，構成したサイクルの族は，十分一般場合トーションとなっていないこともわかる．本年度は上記の構成を一般化し，十分一般の場合 *18* 次元部分空間を生成する様なモチヴィックコホモロジーの元の族を構成した．また，楕円曲線の直積に付随する曲面族という設定を，P^2 上の *6* 次曲線で分岐する *2* 重被覆からなる曲面族に一般化できないかを考察した．

Beilinson defined regulator maps from motivic cohomology of algebraic varieties to Deligne cohomology. It is conjectured that values of regulator relate to values of L-function of motives if varieties are smooth projective and defined over Q*. Though there are few cases that the conjecture is true, the special functions appearing in the value of the regulator map seem to have a deep connection with arithmetic and geometric properties of the given algebraic varieties. In fact, many interesting functions such as hypergeometric functions or polylog functions appear in the value of the regulator maps. I study the special functions appearing in the values of the regulator map on the $K3$ surface families. I constructed explicitly certain family of elements in motivic cohomology of the family of Kummer surfaces associated with products of elliptic curves and showed that their values via the regulator map is a multi-valued holomorphic function about a,b having an integral expression (1). Considering the periods of such $K3$ surface, I showed that these cycles are not torsion on the very general member of this family. This year I generalized the construction above, and construct more elements which spans 18 dimensional linear subspace in Deligne cohomology in the very general case. Furthermore, now I try to apply their methods to the family of surfaces which are double coverings of* P^2 *branched at sextic curves.*

B. 発表論文

1. *Indecomposable parts of higher Chow groups of a certain type of Kummer surfaces,* 東京大学修士論文,*2019.*

C. 口頭発表

1. *Kummer* 曲面上の *regulator* の計算*,* 第 *12* 回玉原特殊多様体研究集会*, 2018* 年 *9* 月*.*
2. *Higher Chow groups of Kummer surfaces,* 第 *2* 回数理新人セミナー*, 2019* 年 *2* 月*.*
3. *Explicit calculation of values of the regulator maps on a certain type of Kummer surfaces*， 代数学コロキウム*, 2019* 年 *7* 月*.*
4. *Calculation of the regulator map, Younger generations in Algebraic and Complex geometry VI, 2019* 年 *8* 月*.*
5. *Construction of higher Chow cycles and calculation of the regulator on certain surfaces, Regulators in Niseko 2019, 2019* 年 *9* 月*.*
6. ある種の *Kummer* 曲面におけるレギュレーターの計算，北陸数論セミナー*, 2019* 年 *10* 月*.*

佐藤 悠介 ***(SATO Yusuke)***

A. 研究概要

高次元の商特異点のクレパント特異点解消の存在及びマッカイ対応について研究を行った.$SL(n,\mathrm{C})$ の有限巡回部分群 G による商空間 C^n/G がクレパント特異点解消を持つための十分条件を高次元連分数を用いて小山高専の佐藤宏平氏と共同で示した．高次元連分数展開は *2019* 年に足利正氏は巡回商特異点の *Fujiki-Oka* 特異点解消を記述するために導入したものである．これに対して私たちは *Fujiki-Oka* 特異点解消がいつクレパント特異点解消に一致するかの条件を高次元連分数を用いて与えた. また巡回商特異点に対

して *Fujiki-Oka* 特異点解消はトーリック多様体であり扇で記述できるが, 3 次元巡回商特異点が *Gorenstein(*または端末特異点*)* であるときにこの扇の特徴付けを二分木を用いて行った.

In this year, I studied the existence of crepant resolutions for high dimensional quotient singularities and the Mckay correspondence. We showed a sufficient condition of existence of crepant resolution for Gorenstein Abelian quotient singularities in all dimensions by using Ashikaga's continued fractions (joint work with SATO Kohei). The Ashikaga's continued fraciton controls the Fujiki-Oka resolution for a cyclic quotient quotient singularity. Our result gives the condition when the Fijiki-Oka resolution coincide with a crepant resolution. Moreover, I showed that a two dimensional continued fraction can be represented a binary tree, and I characterized the shape of the binary tree obtained from the two dimensional continued fraction for the three dimensional Gorenstein (or terminal) quotient singularity.

B. 発表論文

1. *K.Sato and Y.Sato, On Existence of Crepant Resolutions for Gorenstein Abelian Quotient Singularities, preprint.*
2. *Y.Sato, Crepant resolutions and* $\mathrm{Hilb}^G(\mathrm{C}^4)$ *for certain abelian subgroups for* $SL(4,\mathrm{C})$*, submitted, arXiv:1905.06244.*

C. 口頭発表

1. $\mathrm{Hilb}^G(\mathrm{C}^4)$ *and Crepant resolutions of certain abelian groups in* $SL(4,C)$*,* 日本数学会秋季分科会*,* 岡山大学*, 2018* 年 *9* 月.
2. $\mathrm{Hilb}^G(\mathrm{C}^4)$ *and Crepant resolutions of certain abelian groups in* $SL(4,\mathrm{C})$*, McKay Correspondence and Noncommutative Algebra,* 名古屋大学*, 2018* 年 *11* 月.
3. 高次元のクレパント特異点解消と G-ヒルベルトスキーム*,* 第 *24* 回代数学若手研究会*,* 東京大学*, 2019* 年 *2* 月.
4. $SL(4,\mathrm{C})$ の有限アーベル部分群のクレパント特異点解消と G-ヒルベルトスキームについて*,* 第 *15* 回数学総合若手研究集会*,* 北海道大学*,2019* 年 *3* 月.
5. *Crepant resolutions for abelian groups in* $SL(4,\mathrm{C})$、特異点月曜セミナー*,* 日本大学*, 2019* 年 *4* 月.
6. *Crepant resolution for four dimensional Gorenstein quotient singularity,* 第六回若手代数複素幾何研究集会*,* 岡山大学*, 2019* 年 *8* 月.
7. 高次元連分数展開を用いた巡回商特異点のクレパント特異点解消*,* 玉原代数幾何サマースクール *2019,* 東京大学玉原国際セミナーハウス*, 2019* 年 *8* 月.
8. *Existene of crepant resolution via multi-dimensional continued fraction, GTM* セミナー*,* 東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構*, 2019* 年 *11* 月.
9. *Binary tree and continued fraction for cyclic quotient singularities, 21th* 代数曲面ワークショップ*,* 首都大学東京 秋葉原サテライトキャンパス*, 2019* 年 *12* 月.
10. *Singularities of* $G-\mathrm{Hilb}(\mathrm{C}^3)$*,* 第 *3* 回小山高専数学セミナー*,* 小山高専*, 2020* 年 *2* 月.

里見 貴志 ***(SATOMI Takashi)***

(学振 DC1)

(FMSP コース生)

A. 研究概要

私は *2* つのテーマについて研究している.

1 つ目は *Cayley* グラフのエクスパンダー性評価についての研究である. G を有限群, S を G の部分集合とする. *Tao* は重み付き *Balog-Szemerédi-Gowers* の定理を使って, *Cayley* グラフ $\mathrm{Cay}(G,S)$ のエクスパンダー性を評価する手法を導入した. 重み付き *Balog-Szemerédi-Gowers* の定理とは,「N は正の整数とし, G 上の正値関数 f の畳み込み $f*f$ の L^2 ノルムが大きいとき, $\mathrm{supp}f$ が S と大体一致し, $|S^N|/|S|$ が 1 に近いような $S\subset G$ が存在する」という定理である.

Tao は「(X,Y,E) が有限二部グラフとし, D をグラフ密度とすると, $|A|\gg D|X|$, $|B|\gg D|Y|$

となる $A \subset X$，$B \subset Y$ が存在し，任意の $a \in A$，$b \in B$ に対し a，b を結ぶ長さ 3 の経路の個数が $O(D^5)|X||Y|$ 以上になる」という補題を使って重み付き *Balog-Szemerédi-Gowers* の定理を証明した．私は長さ 3 以上の経路の場合でもこの補題が成り立つことを示し，さらに X，Y が有限測度空間の場合に一般化した．

また，私は異なる議論で重み付き *Balog-Szemerédi-Gowers* の定理を証明することで，定理の評価を改良した．さらに，G がユニモジュラーな局所コンパクト群の場合に同様の定理が成り立つことを示した．

2 つ目は，一般の局所コンパクト群に関する *Young* の不等式の最良値についての研究である．$1 + 1/q = 1/p_1 + 1/p_2$ となる $p_1, p_2, q \geq 1$ に対し，$\|\phi_1 * \phi_2\|_q \leq \|f\|_{p_1}\|\phi_2\|_{p_2}$ という関係が成り立つ（測度はユニモジュラーな局所コンパクト群 G の *Haar* 測度）．

ここで，$p_1, p_2 > 1$ とする．このとき，G が開かつコンパクトな部分群を持つことが，等号成立する場合があるための必要十分条件となることが *Fournier* によって示されている．

以降，G が開かつコンパクトな部分群を持たないとする．任意の ϕ_1，ϕ_2 に対し $\|\phi_1 * \phi_2\|_q \leq c\|\phi_1\|_{p_1}\|\phi_2\|_{p_2}$ をみたすような *best possible* な定数 c を $c(G)$ とする．*Fournier* は G が開かつコンパクトな部分群を持たないならば，$c(G)$ は G によらないある定数 $C < 1$ で上から抑えられることも示した．私は，このような $C < 1$ の *best possible* な定数が $c(\mathrm{R})$ になる，すなわち G が開かつコンパクトな部分群を持たないならば $\|\phi_1 * \phi_2\|_q \leq c(\mathrm{R})\|\phi_1\|_{p_1}\|\phi_2\|_{p_2}$ が成り立つことを示した．

さらに，$p \geq 1$ と $\|\phi_1\|_1$，$\|\phi_1\|_\infty$，$\|\phi_2\|_1$，$\|\phi_2\|_\infty$ を固定したとき，$\|\phi_1 * \phi_2\|_p$ の取りうる値の上限を与えた．また，$G = \mathrm{R}$ のときに $\|\phi_1 * \phi_2\|_p$ が上限の値と一致する場合が存在することも証明した．

I am studying about two themes.

One is the study of the expanderness of Cayley graphs. Let G be a finite group and S a subset of G. Tao introduced a method for studying the expanderness of Cayley graph $\mathrm{Cay}(G, S)$ with the weighted Balog-Szemerédi-Gowers theorem. The statement of the weighted Balog-Szemerédi-Gowers theorem is as follows. "Let N be a positive integer and f a positive function on G. If the L^2-norm of $f * f$ is large, then there exists $S \subset G$ such that supp$f$ *is almost same as S and $|S^N|/|S|$ is close to* 1*."*

Tao proved this theorem by using the following lemma. "Let (X, Y, E) be a finite bipartite graph and D its graph density. Then there exist $A \subset X$ and $B \subset Y$ such that $|A| \gg D|X|$, $|B| \gg D|Y|$, and the number of paths of length 3 *from a to b is more than $O(D^5)|X||Y|$ for all $a \in A$ and $b \in B$." I proved that this lemma holds even when the length of paths is longer than 3, and I extended the lemma in the case where X and Y are finite measure spaces.*

I improved the estimate in the weighted Balog-Szemerédi-Gowers theorem by a different argument. Moreover, I generalized the theorem in the case where G is a unimodular locally compact group.

The other is the study of the best constant of the Young's inequality with respect to general locally compact groups.

If $p_1, p_2, q \geq 1$ satisfies $1 + 1/q = 1/p_1 + 1/p_2$, then we have $\|\phi_1 * \phi_2\|_q \leq \|\phi_1\|_{p_1}\|\phi_2\|_{p_2}$ (the measure is a Haar measure of G that is unimodular locally compact group).

Let $p_1, p_2 > 1$. Then, they are equivalent that G has an open compact subgroup and that there is the case when the equality holds. This proposition is proved by Fournier.

From now on, suppose that G has no open compact subgroups. Let $c(G)$ be the best constant c that holds $\|\phi_1 * \phi_2\|_q \leq c\|\phi_1\|_{p_1}\|\phi_2\|_{p_2}$ for any ϕ_1, ϕ_2. Fournier also proved that there exists constant $C < 1$ (independent of G) such that $c(G) \leq C$ holds if G has no open compact subgroups.

I proved that the best constant of $C < 1$ is $c(\mathrm{R})$, in other word, I proved that $\|\phi_1 * \phi_2\|_q \leq c(\mathrm{R})\|\phi_1\|_{p_1}\|\phi_2\|_{p_2}$ holds for any G that has no open compact subgroups.

Furthermore, I calculated the upper limit of $\|\phi_1 * \phi_2\|_p$ *when* p, $\|\phi_1\|_1$, $\|\phi_1\|_\infty$, $\|\phi_2\|_1$, *and* $\|\phi_2\|_\infty$ *are fixed. I proved that there is the case when* $\|\phi_1 * \phi_2\|_p$ *is equal to this upper limit if* $G = \mathrm{R}$.

B. 発表論文

1. *T. Satomi*：算術的組み合わせ論による等質空間上のたたみ込みのスペクトル評価, 東京大学大学院数理科学研究科修士論文 *(2019).*
2. *T. Satomi*：局所コンパクト群上のたたみ込みの L^p 収束性と *Young* の不等式の関係, 京都大学数理解析研究所講究録 ***2139*** *(2019) 136–147.*

C. 口頭発表

1. *Selberg's expander construction (after Tao)* について, *Workshop on "Actions of Reductive Groups and Global Analysis"*, 東京大学玉原国際セミナーハウス, *2017* 年 *8* 月.
2. *(1) Freiman's product theorem* の紹介, *(2) Balog-Szemerédi-Gowers* の定理の評価の改良と一般の不変測度への拡張, *Workshop on "Actions of Reductive Groups and Global Analysis"*, 東京大学玉原国際セミナーハウス, *2018* 年 *8* 月.
3. 群上のたたみ込み関数の L^2 評価とグラフ理論の関係, 作用素環セミナー, 東京大学数理科学研究科, *2019* 年 *4* 月.
4. 群上のたたみ込みに関する *Young* の不等式の拡張, *RIMS* 共同研究「表現論とその周辺分野の進展」(研究代表者：大島芳樹先生), 京都大学数理解析研究所, *2019* 年 *7* 月.
5. *Larsen-Pink-Tao* による $SL_d(k)$ の *Product theorem* の紹介, *Workshop on "Actions of Reductive Groups and Global Analysis"*, 東京大学玉原国際セミナーハウス, *2019* 年 *8* 月.
6. ユニモジュラーな局所コンパクト群上でのたたみ込みの L^p 評価と *Young* の不等式の関係, *2019* 年度表現論ワークショップ, 県民ふれあい会館（鳥取県立生涯学習センター）, *2020* 年 *1* 月.

佐野 岳人 ***(SANO Taketo)***

A. 研究概要

以下は佐藤光樹氏との共同研究である．佐藤は *Heegaard Floer knot complex* CFK^∞ を用いて，新しいコンコーダンス不変量 $\mathcal{G}_0$ を導入した．$\mathcal{G}_0$ からは以下の重要な不変量を取り出すことができる：すなわち τ-不変量， Υ-不変量，V_k-列である *(*V_k-列から結び目に沿った S^3 のデーン手術の d-不変量が得られる*)*. 我々は *grid complex (*CFK^∞ の組み合わせ的な表示*)* を用いて $\mathcal{G}_0$ を計算するアルゴリズムを考案し，その正当性を証明すると共に計算プログラムを実装した．計算結果として，交点数 *11* までの全ての結び目に対してこれらの値を決定した．

The following is a joint work with Kouki Sato. Using the Heegaard Floer knot complex CFK^∞, *Sato introduces a new concordance invariant* $\mathcal{G}_0$, *from which many important invariants can be extracted, namely the* τ*-invariant,* Υ*-invariant and the* V_k*-sequence (which gives all of the d-invariants of all Dehn surgeries). We developed an algorithm for computing* $\mathcal{G}_0$ *using grid complex, which is a combinatorial description of* CFK^∞. *We have proved the correctness of the algorithm, and have implemented it into a computer program. From the computational results, we have determined the* V_k*-sequences and* Υ*-invariants for all prime knots with up to 11 crossings.*

B. 発表論文

1. *Taketo Sano*：*"A description of Rasmussen's invariant from the divisibility of Lee's canonical class", under review.*
2. *Taketo Sano and Kouki Sato*：*"An algorithm for computing the* Υ*-invariant and the d-invariants of Dehn surgeries" arXiv:2002.09210.*

C. 口頭発表

1. *Rasmussen invariant and the divisibility of Lee's class, Intelligence of Low-dimensional Topology,* 京都大学*, 2019* 年 *5* 月*.*
2. *Divisibility of Lee's class and its relation with Rasmussen's invariant, Topology and Geometry of Low-dimensional Manifolds,* 石川県政記念 しいのき迎賓館*, 2019* 年 *6* 月*.*
3. *Divisibility of Lee' s class and its relation with Rasmussen' s invariant, Tsuda-Gakugei Topology Workshop,* 津田塾大学*, 2019* 年 *9* 月*.*
4. *Direct computation of knot Floer homology and the Upsilon invariant,* 結び目の数理 *II,* 日本大学*, 2019* 年 *12* 月*.*
5. *Rasmussen invariant and the canonical class,* 琉球結び目セミナー*,* 那覇市ぶんかテンブス館*, 2020* 年 *2* 月*.*

佐野 悠太 *(SANO Yuta)*

A. 研究概要

今年度は，前年度に引き続き，大原によって定義された結び目のメビウスエネルギーの接触幾何的類似物について研究した．前年度に完成させることができなかった，標準的な接触構造をもつ *3* 次元球面内のルジャンドル結び目に対するメビウスエネルギーの類似物の定義を定めることができた．しかし，その具体的な計算や性質については十分な結果を得ることができなかった．引き続き，今回定義できたエネルギーについての考察を深めていきたい．

In this year, I studied contact geometric analogies of O'Hara's Möbius *energy of knots. I defined an energy of Legendrian knots in 3-dimensional sphere with the standard contact structure. But I did not obtain sufficient results about examples and properties of this energy. I will continue the study of this energy.*

高瀬 裕志 *(TAKASE Hiroshi)*

(FMSP コース生)

A. 研究概要

Lorentz 多様体上の *Laplace–Beltrami* 作用素を用いて記述される双曲型連立方程式に関する逆問題を研究している．この方程式は *Einstein* 方程式を線型化して得られるものであり，重力波の伝播を記述する方程式である．したがって波源項決定逆問題を考えることは，物理的には重力波の波源決定問題に相当する．この方程式に対し，重み付き L^2 評価である *Carleman* 評価を確立し，観測データをコンパクト境界付き *Riemann* 多様体の境界上の一部でとったときの条件付 *Hölder* 安定性評価を証明した．ところが実際の応用の観点上は観測データを多様体の真に内部の領域上でとったときの結果が必要である．このような設定での逆問題についての結果は係数が時間に依らない波動方程式についても完全には解明されていない．またこの方程式に関する係数決定逆問題も物理的に意味のある課題といえる．なぜならこの逆問題は観測データから重力波の性質を決定する問題に相当するからである．この逆問題は双曲型方程式の主要項決定逆問題として定式化されるが，一般の計量に対する結果は係数が時間に依存しない波動方程式についても知られていない．
時間依存する係数をもつ双曲型偏微分方程式の具体例の一つとして，*de Sitter* 時空内での *Klein–Gordon* 方程式の波源決定逆問題に取り組んだ．*de Sitter* 時空とは正の宇宙項をもつ *Einstein* 方程式を満たす解の一つで，*Klein–Gordon* 方程式は相対論的波動方程式の一つとして知られている．解のデータをある開集合上で既知とし低階項係数がある特定の質量をもつ場合に，観測開集合の近傍で波源項の一意性を証明した．証明にはコンパクト台をもつ超函数の理論を用いるが，この手法が時間依存係数をもつ双曲型偏微分方程式にどれほど適用可能であるかに興味を持ち現在研究している．

I study inverse problems for a hyperbolic system on a Lorentzian manifold, which is written by using the Laplace–Beltrami operator. The system is obtained by linearization of Einstein equation and used as a model equation

which describes propagations of the gravitational waves. Physically speaking, considering inverse source problems for the system corresponds to determining sources of the gravitational waves. I established Carleman estimate for the system and proved the conditional local Hölder stability from the observation on a part of boundary of a compact Riemannian manifold. The Carleman estimate which is one of weighted L^2 energy estimates, which was first introduced to prove unique continuation for elliptic equations with not necessarily analytic coefficients. However, we need results from an observation on an interior subdomain of a manifold. The similar results remain to be unknown even when we consider the wave equation with time-independent coefficients. Moreover, it is also meaningful problem physically to consider inverse coefficient problem for the system since the problem corresponds to determining properties of the gravitational waves from our observations. This problem is formulated by determining principal terms of the system, but it remains to be unknown even when we consider the wave equation having time-independent coefficients on general Riemannian manifolds.

As an example of hyperbolic partial differential equations with time-dependent coefficients, there is Klein–Gordon equation in de Sitter space-time and I studied inverse source problem for it. The de Sitter space-time satisfies Einstein equation with positive cosmological constant and Klein–Gordon equation is known as one of relativistic wave equations. I proved the uniqueness theorem for inverse source problem when a data is give on an open subset and mass in the equation has a particular value. I used theory of distributions with compact supports to prove it and I study to what extent the methodology is applicable to more general hyperbolic partial differential equations with time-dependent coefficients.

B. 発表論文

1. *Hiroshi Takase, Inverse source problem related to one-dimensional Saint-Venant equation,* Applicable Analysis*, published online.*

C. 口頭発表

1. *Inverse problem related to the St. Venant equation for one dimensional water flow, A3 Workshop on Applied Inverse Problems in 2017 CSIAM Annual Meeting, Qingdao, China, Oct. 12–15, 2017.*
2. *Inverse problem related to the St. Venant equation for one dimensional water flow, A3 Workshop on Applied Inverse Problems and Related Topics, The University of Tokyo, Nov. 28–30, 2017.*
3. *Inverse problem related to the St. Venant equation for one dimensional water flow, The 3rd Winter School on Computational Science and Machine Learning, Gangwon-do, Korea, Jan. 8–11, 2018.*
4. *Inverse source problem related to the gravitational wave in general relativity, The 9th International Conference on Inverse Problems and Related Topics, National University of Singapore, Singapore, Aug. 13–17, 2018.*
5. *Inverse source problem related to the gravitational waves in general relativity, International Conference on Inverse Problems, Fudan University, China, Oct. 12–14, 2018.*
6. *Inverse source problem related to the gravitational waves in general relativity, Analysis, Control and Inverse Problems for PDEs, University of Napoli Federico II, Italy, Nov. 26–30, 2018.*
7. *Inverse source problem for the gravitational waves in general relativity, Taiwan-Japan Joint Workshop on Inverse Problems and Related Topics, Kyoto University, Mar. 30–31, 2019.*
8. *Global Lipschitz stability by an inter-*

nal subboundary observation for inverse hyperbolic problems, INDAM intensive trimester "Shape optimization, control and inverse problems for PDEs", University of Napoli Federico II, Italy, Jul. 1–5, 2019.

9. *Uniqueness and stability for inverse hyperbolic problems by an internal observation, Russia-Japan Workshop "Mathematical analysis of fracture phenomena for elastic structures and its applications", Novosibirsk State University, Russia, Nov. 11–13, 2019.*
10. *Inverse source problem for Klein–Gordon equation in de Sitter space-time, RIMS Workshop on "Analysis of inverse problems through partial differential equations and related topics", RIMS, Jan. 8–10, 2020.*

G. 受賞

1. *2018* 年度 数理科学研究科長賞

高松 哲平 ***(TAKAMATSU Teppei)***

(学振 DC1)
(FMSP コース生)

A. 研究概要

修士課程 2 年時の研究に引き続き、代数体および局所体上の多様体の還元や、種々の有限性について研究を行っている。特に、今年度は、長町氏との共同研究により、S-整数環上の多様体の有限性についての主張 *(Shafarevich* 予想*)* を、*Euler-Poincaré* 標数を固定した固有多重双曲的曲線について証明した。また、修士課程 *2* 年時の研究の延長として、体の有限次拡大を固定した時の多様体の *twist* の有限性の問題を考えた。標数が 2 と異なる体上の *K3* 曲面や、一般の *Enriques* 曲面、また標数 0 の体上の 2 次の *Betti* 数が 5 と異なる *hyperkähler* 多様体について、これらの有限性を確かめた。また、これらの有限性の結果を導来同値な *twist* の有限性に応用し、導来同値な *K3* 曲面の同型類の有限性を、閉体とは限らない標数 *2* の体上で確かめた。また、多様体の還元の研究に関しては、大きな威力を持つと思われる混標数の極小モデル理論について、学習および研究を行っている。

As a continuation of the research of the last year, I have studied reduction nature and a finiteness property of varieties over number or local fields. In particular, in this year, I and Nagamachi proved finiteness of varieties over S-integer ring, which is called as the Shafarevich conjecture, for proper hyperbolic polycurves with fixed Euler-Poincaré characteristic. On the other hand, I have considered the finiteness of twists via fixed finite field extension for several varieties, as the generalization of the research of the last year. I have proved such finiteness for K3 surfaces over a field of characteristic away from 2 and hyperkähler varieties over a field of characteristic 0 *with the second Betti number away from* 5*.Moreover, I applied these finiteness results to the finiteness of twists which are derived equivalent to each other. I also studied the minimal model program in mixed characteristic for applying to a study of the reduction nature of varieties.*

B. 発表論文

1. *T. Takamatsu: "On a cohomological generalization of the Shafarevich conjecture for K3 surfaces", arXiv:1810.12279.*
2. *T. Takamatsu: "On the Shafarevich conjecture for Enriques surfaces", arXiv:1911.03419.*
3. *T. Takamatsu: "Reduction of bielliptic surfaces", arXiv:2001.06855.*
4. *I. Nagamachi and T. Takamatsu: "The Shafarevich conjecture and some extension theorems for proper hyperbolic polycurves", arXiv:1911.01022.*

C. 口頭発表

1. *GSp* の *Deligne-Lusztig* 多様体の *isocrystal* による記述, 第 *23* 回代数学若手研究会, 大阪大学, *2018* 年 *3* 月.
2. *GSp* における *Deligne-Lusztig* 多様体と

affine Deligne-Lusztig 多様体との比較, 講演会, 東京大学, *2018* 年 *3* 月.

3. *GSp* における *Deligne-Lusztig* 多様体と *affine Deligne-Lusztig* 多様体との比較, 数論合同セミナー, 京都大学, *2018* 年 *4* 月.
4. *K3* 曲面の *Shafarevich* 予想のコホモロジーによる一般化について, 代数的整数論とその周辺 *2018*, 京都大学, *2018* 年 *11* 月.
5. *On the Shafarevich conjecture for minimal surfaces of Kodaira dimension 0* 代数学コロキウム，東京大学，*2019* 年 *5* 月

筒井 勇樹 ***(TSUTSUI Yuki)***

A. 研究概要

私の主な研究対象はトロピカル幾何学である. 特に, 特異点つき整アファイン多様体とそのレイディアンス障害について研究している. 球面と同相な特異点つき整アファイン多様体はトロピカル *K3* 曲面と呼ばれ, 楕円 *K3* 曲面の底集合から構成することができる. 特異点つき整アファイン多様体には代数多様体のピカール群の類似物が存在し, その構造はレイディアンス障害によって決まる.

今年度は前年度に引き続き特異点つき整アファイン多様体の有限群の商とそのレイディアンス障害について研究を行った. 特異点つき整アファイン多様体 B のレイディアンス障害 c_B が双対な特異点つき整アファイン多様体 $\check{B}$ のピカール群の元だと思うことができることを利用することで c_B に関するリーマン=ロッホの定理の類似を B がトロピカル曲面やトロピカル曲面の対称積の場合に示した. またトロピカル *K3* 曲面のレイディアンス障害を調べることで, 主偏極トロピカルトーラスの対合より得られるトロピカルクンマー曲面がトロピカル超曲面のレイディアンス障害を変えない変形の退化として得られることを明示的に示した.

My main subject of research is tropical geometry. Especially, I study about integral affine manifolds with singularities and their radiance obstructions. A tropical K3 surface is an integral affine manifold with singularities which is homeomorphic to real 2-sphere. It can be constructed from the base space of elliptic K3 surfaces. Integral affine manifolds with singularities have the analog of the Picard group of algebraic varieties and it is determined by their radiance obstructions.

In this year, I continued my research on the finite group quotients of integral affine manifold with singularities and their radiance obstructions. Using the fact that the radiance obstruction c_B of a integral affine manifold with singularities B can be considered as an element of the Picard group of a dual integral affine manifold with singularities $\check{B}$, I proved a tropical analog of Riemann-Roch theorem for c_B when the integral affine manifold with singularities B is a tropical surface or the symmetric product of it. In addition, by studying the radiance obstructions of tropical K3 surfaces I explicitly proved that the tropical Kummer surface which is obtained from the quotient of the involution of a principally polarized tropical 2-torus is also given from a tropical hypersurface by a deformation of it that does not change the radiance obstruction.

B. 発表論文

1. *Y. Tsutsui : "Radiance obstructions of tropical Kummer surfaces"*, 東京大学数理科学研究科修士論文 *(2019)*

C. 口頭発表

1. *Radiance obstructions of tropical Kummer surface,* ワークショップ「幾何学における代数的・組み合わせ的視点」第二回, 金沢, *2019* 年 *3* 月
2. *Radiance obstructions of tropical Kummer surfaces, Young Researchers' Workshop on Non-Archimedean and Tropical Geometry, Regensburg,* ドイツ, *2019* 年 *7* 月
3. *Radiance obstructions of tropical Kummer surfaces and their quotients,* 玉原代数幾何サマースクール *2019*, *2019* 年 *8* 月

寺井 健悟 ***(TERAI Kengo)***

A. 研究概要

最適制御理論から導出される非線形偏微分方程式系の数学解析を行っている．本年度では，弱結合 *Hamilton-Jacobi* 連立方程式の定常問題の解構造について調べた．成果として，弱 *KAM* 理論における *Mather* 測度を，弱結合連立系の場合に対して一般化を試み，この測度についての粘性解の比較定理を示した．また，平均場ゲーム理論に現れる *1* 階の非線形偏微分方程式系に対する割引消去問題に取り組んだ．成果として，この連立系の弱解の収束に対する安定性を証明し，割引率をゼロにしたときに，極限が満たすべき条件の *1* つを見つけた *(D. A. Gomes* 氏，三竹大寿氏との共同研究*)*.

The main subject of my research is Nonlinear Partial Differential Equations. In particular, I study some PDE systems which arise in the literature of optimal control problems. In this year, I investigated the structure of viscosity solutions to weakly coupled systems of ergodic problems of Hamilton-Jacobi Equations. As a result, I proved comparison principle with respect to a generalized Mather measure. Next, I addressed the vanishing discount problems for first-order mean-field games. I proved the stability of weak solutions for convergence and established a selection criterion for the limit (Joint work with D. A. Gomes and H. Mitake).

B. 発表論文

1. *N. Almayouf, E. Bachni, A. Chapouto, R. Ferreira, D. Gomes, D. Jordão, D. Evangelista, A. Karagulyan, J. Monasterio, L. Nurbekyan, G. Pagliar, M. Piccirilli, S. Pratapsi, M. Prazeres, J. Reis, A. Rodrigues, O. Romero, M. Sargsyan, T. Seneci, C. Song, K. Terai, R. Tomisaki, H. Velasco-Perez, V. Voskanyan and X. Yang: "Existence of positive solution for an approximation of stationary mean-field games", Involve* ***10*** *(2017) 473-493.*
2. 寺井健悟*: "*平均場ゲーム理論に現れる *1* 階の非線形偏微分方程式系の加法的固有値問題について*",* 第 *40* 回発展方程式若手セミナー報告集 *(2018) 33-42.*
3. 寺井健悟*: "*空間非一様な定常 *FitzHugh-Nagumo* 反応拡散系の変分的手法*",* 早稲田大学大学院基幹理工学研究科修士論文 *(2019).*
4. *K Terai*: *"Uniqueness structure of weakly coupled systems of ergodic problems of Hamilton-Jacobi equations", NoDEA Nonlinear Differ. Equ. Appl.* ***26*** *(2019) no. 6, Paper No. 44, 16pp.*
5. *D. A. Gomes, H. Mitake and K. Terai*: *"The selection problem for some first-order stationary mean-field games", arXiv: 1908.06485v1 (2019).*

C. 口頭発表

1. 平均場ゲームに現れる微分方程式系の正値古典解について*, Workshop 2016 on Mathematics and Mathematical education,* 奈良教育大学*, 2016* 年 *9* 月*.*
2. 平均場ゲームに現れる微分方程式系のノイマン境界値問題について*,* 偏微分方程式の最大値原理とその周辺 第 *2* 回*,* 北海道大学*, 2017* 年 *3* 月*.*
3. 平均場ゲーム理論に現れる *1* 階の非線形偏微分方程式系の加法的固有値問題について*,* 発展方程式若手セミナー 第 *40* 回*,* 福岡工業大学*, 2018* 年 *8* 月*.*
4. 弱結合 *Hamilton-Jacobi* 連立系の解の一意性構造*,* 発展方程式研究会 第 *44* 回*,* 日本女子大学*, 2018* 年 *12* 月*.*
5. 空間非一様な定常 *FitzHugh-Nagumo* 反応拡散系の変分的手法*,* 非線形偏微分方程式と変分問題 第 *13* 回*,* 首都大学東京*, 2019* 年 *2* 月*.*
6. *Uniqueness structure of weakly coupled systems of ergodic problems for Hamilton-Jacobi equations, 2019* 日本数学会 函数方程式論分科会*,* 東京工業大学*, 2019* 年 *3* 月*.*
7. *Uniqueness structure of weakly coupled*

systems of ergodic problems of Hamilton-Jacobi equations, FMSP 院生集中講義, 東京大学, *2019* 年 *3* 月.

8. *The vanishing discount problem for stationary first-order mean-field games, Viscosity solution approach to asymptotic problems in front propagation, dynamical system and related topics, RIMS, 2019* 年 *7* 月.

G. 受賞

1. 「数学・数理科学専攻若手研究者のための異分野・異業種研究交流会 *2019*」 ベストポスター発表.

福井 雄己 ***(FUKUI Yuki)***

(FMSP コース生)

A. 研究概要

一般相対性理論において重要な役割を果たしている逆平均曲率流方程式に関する研究を行っている。特に一般相対論において重要な対象であるシュワルツシルド多様体などの空間における逆平均曲率流方程式の弱解の構成やその性質を主に調べている。

We study about the inverse mean curvature flow which is important in general relativity. Mainly, we study its weak solutions and the property of the solution in the space such as Schwarzshild manifold which is important in general relativity.

B. 発表論文

1. *Y. Fukui :"Construction of weak solution of a weighted inverse mean curvature flow"*, 東京大学修士論文 *(2019)*

C. 口頭発表

1. *Construction of weak solution of a weighted inverse mean curvature flow,* 第 *20* 回北東数学解析研究会, 東北大学, *2019* 年 *2* 月
2. *Construction of weak solution of a weighted inverse mean curvature flow, FMSP* 院生集中講義, 東京大学, *2019* 年 *3* 月
3. 重み付き逆平均曲率流方程式の弱解の構成, 第 *45* 回発展方程式研究会, 日本女子大学, *2019* 年 *12* 月 *25* 日
4. *Consturuction of weak solutions of a weighted inverse mean curvature flow, Princeton-Tokyo workshop 2020,* プリンストン大学, *2020* 年 *3* 月

福嶌 翔太 ***(FUKUSHIMA Shota)***

(FMSP コース生)

A. 研究概要

曲がった空間における量子力学の数学理論を, 相空間における解析である超局所解析を用いて研究している. 特に興味を持っているのは, *Feynman* 経路積分を数学的に定式化することで, 多様体上の *Schrödinger* 方程式の解の振る舞いと古典力学における粒子の運動とをより直接的に関連付けることである. *Feynman* 経路積分とは, 量子力学的な系の時間発展を, 固定された *2* 点を結ぶ曲線の作用を位相とする波を “すべての曲線にわたって足し合わせる” ことで計算するものであり, 今日の物理学では必要不可欠な考え方である. 一方数学的には *1960* 年代にこの考え方は測度論的には実現できないことが *Cameron (1960)* などによってわかってきたが, 別の様々な数学的なアプローチが *Nelson (1964), Itô (1967), Albeverio-Høegh-Krohn (1976)* などによって行われてきた. 私の研究は, *Fujiwara (1979)* や *Ichinose (1997)* などによる時間分割による有限次元積分での近似が多様体上の *Schrödinger* 方程式の解にできるだけ強い位相で収束することを証明することを目指している. 今年度の研究において, 修士論文で得た知見をもとに, コンパクト *Riemann* 多様体で短い測地線からなる折れ線による時間分割近似を適切に定義することで, 自由粒子の場合にこの時間分割近似がスカラー曲率で修正された *Schrödinger* 方程式の解作用素に, 十分大きな $s > 0$ に対する *Sobolev* 空間 H^s から L^2 空間への作用素ノルムで収束することが証明できた. これは物理学で *Morette (1951)* や *DeWitt (1957)* で議論されていた曲がった時空での量子力学を数学

的に厳密に取り扱える可能性を持つだけでなく, この方向での先行研究である *Miyanishi (2015)* の一般化にもなっている.
現在はこの結果のポテンシャル付き *Schrödinger* 方程式への拡張や *Sobolev* 指数の改善, および半古典極限との関係について研究を進めている.

I study the mathematical theory of quantum mechanics on curved spaces by the microlocal analysis, which is the analysis on the phase spaces. My interest is to formulate the Feynman path integrals mathematically and connect the behavior of the solution to the Schrödinger equation on manifolds and the corresponding classical mechanics directly. Feynman path integral is the procedure to calculate the time development of quantum mechanical systems by summing up all waves whose phase is the action of the path connecting the fixed two points "over all paths." This is a necessary concept for todays physics. On the other hand, mathematically, it turned out to be impossible to construct the measure for realizing the Feynman path integrals by Cameron (1960) and others in 1960s. However, many researchers approached to the mathematical formulation such as Nelson (1964), Itô (1967) and Albeverio-Høegh-Krohn (1976). My object is to prove the convergence of the time-slicing approximation to the solution of Schrödinger equation on manifolds in stronger topology as possible. The time-slicing approximation of the Feynman path integral is studied by Fujiwara (1979) and Ichinose (1997) for instance. In this year, I introduced the time-slicing approximation by broken paths consisting of short geodesics and proved the convergence to the solution to the modified free Schrödinger equation (by the scalar curvature) in the uniform operator topology from the Sobolev space H^s for sufficiently large $s > 0$ to the L^2 space on compact manifolds. This result is a part of mathematically treating the physical arguments in Morette (1951) and DeWitt (1957) on the quantum mechanics on curved spacetimes. It also generalizes the result in Miyanishi (2015), which proves the convergence of time-slicing approximation on compact manifolds in special cases.
I proceed with the generalization to the Schrödinger equations with potentials, the improvement of the topology of convergence and the study on the relationship to the semiclassical limit.

B. 発表論文

1. *L^2 boundedness of pseudodifferential operator on manifold with end,* 東京大学修士論文.

C. 口頭発表

1. *On L^2-boundedness of pseudodifferential operator on the hyperbolic space,* 第 *28* 回 数理物理と微分方程式, *KKR* はこだて, *2018* 年 *11* 月.
2. *L^2 boundedness of pseudodifferential operators on manifolds with end,* 第 *172* 回 学習院大学スペクトル理論セミナー, 学習院大学, *2019* 年 *7* 月.
3. *On elliptic differential operators on manifolds with end,* 第 *29* 回 数理物理と微分方程式, 瀬戸内マリンホテル, *2019* 年 *11* 月.
4. *On pseudodifferential operators on manifolds with ends,* スペクトル・散乱 那覇シンポジウム, 沖縄県市町村自治会館, *2020* 年 *1* 月.
5. *Riemann* 多様体上の微分作用素および測地線について, 第 *2* 回 スペクトル・散乱若手勉強会, 愛媛大学, *2020* 年 *2* 月.

森村 勇人 ***(MORIMURA Hayato)***

A. 研究概要

Kapustka and Rampazzo による *Gr(2,5), Gr(3,5)* の中の 3 次元 *Calabi–Yau* 多様体の導来同値の証明に倣って, 金光によって分類された A_G^4 型フロップで結ばれる *Calab–Yau* 多様体の導来同値を示した. また, 3 次元 *Calab–Yau* 多様体の代数的変形と導来同値の関係について研究した.

We proved the derived equivalence of a pair of varieties connected by the flop of type A_G^4 in the list of Kanemitsu. Thel proof follows that of the derived equivalence of Calab–Yau 3-folds in Grassmannians Gr(2,5) and Gr(3,5) by Kapustka and Rampazzo closely. We also studied the relationship between algebraic deformations of Calabi–Yau 3-folds and derived equivalences.

吉川 翔 *(YOSHIKAWA Shou)*

(FMSP コース生)

A. 研究概要

偏極自己準同型写像を持つ多様体の分類について研究している。偏極自己準同型写像とは極を保つ自己準同型写像のことで、射影幾何学や力学系における古典的な対象である。同型でない偏極自己準同型を持つ多様体はその構造が強く制限されると考えられている。特に、*Broustet* 氏と權業氏によって提唱された予想である、同型でない偏極自己準同型写像を持つ正規多様体は *Calabi-Yau* 型であるという予想の解決を目標に研究している。
I study the classification of varieties admitting a polarized endomorphism. Polarized endomorphisms preserve a polarization of varieties and they are classical object in the projective geometry and dynamics. It is thought that admitting a non-invertible polarized endomorphism imposes the strong structure of varieties. I mainly study the conjecture proposed by Broustet and Gongyo that every normal projective variety admitting a non-invertible polarized endomorphism is of Calabi-Yau type.

C. 口頭発表

1. *Singularities of non-*Q*-Gorenstein varieties admitting a polarized endomorphism.* 特異点セミナー, 日本大学文理学部, *2018* 年 *12* 月,
2. *Singularities of varieties admitting a polarized endomorphism Work shop on Complex Analytic and Algebraic Methods in Dynamics,* 大阪市立大学,*2019* 年 *1* 月
3. *Mori fiber spaces of varieties admitting a polarized endomorphisms, Younger generations in Algebraic and Complex geometry VI,* 大阪市立大学,*2019* 年 *8* 月 *5* 日,
4. *Kawaguchi-Silverman conjecture for rationally connected varieties admitting an int-amplified endomorphism,* 城崎代数幾何シンポジウム、城崎、*2019* 年 *10* 月 *13* 日
5. *Kawaguchi-Silverman conjecture for rationally connected varieties admitting an int-amplified endomorphism,* 複素力学系の分岐と安定性の研究、*RIMS*、*2019* 年 *12* 月 *11* 日,
6. *Equivariant minimal model program and its applications, A few days conference on algebraic geometry, arithmetic and complex dynamics,* 北海道大学、*2019* 年 *12* 月 *27* 日
   【国外】【*Outside Japan*】
7. *Singularities of varieties admitting a polarized endomorphism, valuations and birational geometry,* フランス,*2019* 年 *5* 月 *16* 日

顧 仲陽 *(GU Zhongyang)*

A. 研究概要

In the past year, I have been working on two problems. Together with Professor Yoshikazu Giga and Dr.Pen-Yuan Hsu, we studied a regularity criterion based on vorticity direction for the three-dimensional Navier-Stokes equations under the no-slip boundary condition. We considered the Navier-Stokes system with the no-slip boundary condition in a bounded domain of R^3*. In previous studies, it has been proved that continuous alignment of vorticity direction prevents the type I blow-up of a solution when the domain is either* R^3 *or* R^3_+*. In our research, we seek to extend this result to bounded domains. Our strategy is to appeal a blow-up argument based on contradiction, the blow-up argument consists of the compactness of a blow-up sequence and uniqueness of its limit based*

on a Liouville type theorem. The key idea in this research is to establish an L^∞-theory for the Navier-Stokes equations for a bounded domain. Based on this L^∞-theory, we can prove the compactness of a blow-up sequence and by a Liouville type theorem we can then prove the uniqueness of the limit of this blow-up sequence. The main theorem in our research states that continuous alignment of vorticity direction prevents the type I blow-up of a solution of the Navier-Stokes equations in a C^3 bounded domain of R^3.

The other problem that I have been working on concerns about the Helmholtz decompositions of vector fields of bounded mean oscillation and vector fields in real Hardy spaces over the half space, this is a joint work with Professor Yoshikazu Giga. The reason why we are interested in considering vector fields of bounded mean oscillation and vector fields in real Hardy spaces is because of the fact that the BMO space and the real Hardy space give us good substitutes for the L^∞ space and the L^1 space. The Helmholtz decompositions of these two vector fields over the whole space R^n have already been established. In our work, through the tricks of even and odd extensions, we prove that the Helmholtz decompositions of vector fields of bounded mean oscillation over R^n_+ holds whereas a partial Helmholtz decompositions of vector fields in real Hardy spaces over R^n_+ holds. Meanwhile, we also establish a duality relation between these two vector fields.

B. 発表論文

1. *Y.Giga, Z.Gu and P.-Y. Hsu*: *"Continuous alignment of vorticity direction prevents the blow-up of the Navier-Stokes flow under the no-slip boundary condition", Nonlinear Anal.* ***189*** *(2019) 111579.*

C. 口頭発表

1. *"On the Helmholtz decompositions of vector fields of bounded mean oscillation and in real Hardy spaces over the half space". MSRI summer school, Berkeley. July 2019.*

カン セーホウ *(GUAN Zehao)*

(FMSP コース生)

A. 研究概要

I study the asymmetric zero range processes on crystal lattices. We construct the invariant measures and deduce the hydrodynamic limits for the asymmetric zero range processes. Although, the crystal lattice has periodic structure, it is locally inhomogeneous. We take the modified harmonic realizations to overcome the inhomogeneity. On the square lattice Z^d, there is an important class among the asymmetric interacting particle systems, that is the mean-zero model. We obtain the mean-zero condition on the crystal lattices through the asymptotic direction of the crystal lattice. If the asymptotic direction equals to zero, we apply the relative entropy method of Yau's to deduce the hydrodynamic limits. If the asymptotic direction does not equal to zero, we can obtain the hydrodynamic limits through the arguments for attractive processes by Rezakhanlou.

C. 口頭発表

1. *"Hydrodynamic limits of interacting particle systems in periodic realizations of crystal lattice", 2019* 年確率論早春セミナー, 京都大学, *2019* 年 *3* 月
2. *"Hydrodynamic limits of interacting particle systems on crystal lattices", 17th International Symposium Stochastic Analysis on Large Scale Interacting Systems,* 大阪大学, *2019* 年 *11* 月
3. *"Asymmetric zero range processes on crystal lattices", 2019* 年度確率論シンポジウム, 慶應義塾大学, *2019* 年 *12* 月
4. *"Hydrodynamic limits of interacting particle systems on crystal lattices ", One-day Symposium「Hydrodynamic limit and*

related topics」, 早稲田大学, *2019* 年 *12* 月

デカンポスアフォンソエンヒケ ***(DE CAMPOS AFFONSO Henrique)***

(FMSP コース生)

A. 研究概要

Dynkin A 型の弓箭多様体という構造が元々 *Cherkis* を紹介して、その後中島と高山をさらに調べました。今、*Dynkin B* 型、*C* 型、*D* 型の弓箭多様体を定義して調べています。
弓箭多様体は色々な興味深い性質を持ちます。例えばある条件を満たしたら *Coulomb* 枝と同形です。そして、自然的に表現論との関係があります。
具体的にこの研究の目的は *B* 型、*C* 型、*D* 型を定義して *A* 型と同様な性質を持つと示す事です。
現在に、*B* 型、*C* 型、*D* 型と *Coulomb* 枝との関係を調べています。その後、表現論との関係を調べる予定があります。

I am trying to generalize the notion of bow varieties (initially introduced by Cherkis, and then further studied by Nakajima and Takayama) to Dynkin types B,C and D.
Bow varieties were shown to have several interesting properties. For example, under some conditions, they are isomorphic to Coulomb branches and, also, they have a natural relation to to represention theory.
Concretely, the goal of this research is to define bow varieties for types B,C and D and show that they have analogous properties to the ones of type A.
Currently, I am finishing the proof of the statement regarding Coulomb branches, and plan to soon move into trying to study the relationship of these new bow varieties and representation theory.

C. 口頭発表

1. *Bow varieties for the symplectic group* Algebraic Lie Theory and Representation Theory 第 *5* 回、山喜旅館, *2019* 年 *5* 月 *24* 日～*5* 月 *27* 日。

D. 講義

1. 数物先端科学 *III*・幾何学 *XE:* 四元数版の正則関数を定義する目的として、リー群や表現論やファイバー束の事を扱った。*(*数理大学院・*4* 年生共通講義*)*
2. 数物先端科学 *IX*・応用数学 *XA*：無限次元可積分系への入門として、*KdV* 方程式と対応する可積分系を扱った。*(*数理大学院・*4* 年生共通講義*)*

修士課程学生 *(Master's Course Student)*

青木 大志 *(AOKI Taishi)*

A. 研究概要

クラスター代数を用いた結び目の不変量についての研究を行っていた．クラスター代数とは *mutation* という有理変換によって定義される代数である．クラスター代数によって曲面の写像類に有理変換を対応させることができるが，この対応を用いてブレイド群の元を *R-operator* という有理変換の積で書くことができる．本研究ではこの *R-operator* を幾何的な条件である *cusp condition* によって簡約した $\mathcal{R}$*-operator* を新しく定義した．このとき，$\mathcal{R}$*-operator* を用いてブレイド ϕ に対応する有理変換 ϕ^* を定めると，ϕ^* の固定点集合から構成される代数的集合 $X_0^{\phi^*}$ の双有理同値類は ϕ の *closed braid* の不変量となることを示した．また，$(2, 2n+1)$*-torus knot*，*figure-eight knot*，*Whitehead link* についてこの不変量を計算し，いくつかの結び目がこの不変量によって区別できることを示した．

I am studying a knot invariant defined by cluster algebras. Cluster algebras are algebras defined by using rational transformations called mutations. By using these, we assign rational transformations with mapping classes of surfaces, and via this assignment, we can write each element of braid groups by the product of rational transformations called R-operators. In my research, I newly defined an $\mathcal{R}$-operator that reduced the R-operator by the geometric condition, cusp condition. Let ϕ be a braid, when we define the rational transformation ϕ^* by the $\mathcal{R}$-operator, it is shown that the birational equivalence class of the algebraic set $X_0^{\phi^*}$, defined by using the fixed point set of ϕ^* is the invariant of the closed braid of ϕ. I calculated this invariant for the $(2, 2n+1)$-torus knot, figure-eight knot and Whitehead link, and showed that some knots are distinguished by the invariant.

B. 発表論文

1. *T. Aoki*：*"*クラスター代数を用いた結び目不変量の構成とその計算例*"*, 東京大学修士論文 *(2020).*

粟津 光 *(AWAZU Hikaru)*

A. 研究概要

群 *C*-*環の性質について研究している。離散群 Γ が *exact* であるとは、その *reduced group C*-algebra* $C_\lambda{}^*(\Gamma)$ が *exact* であることを言う。一方で、*finite* 群のクラスから *residually finite* 群のクラスを定義するようにして、一般に群のクラス *residually-C* が任意の群のクラス C について定まる。一般的に *residually* C が自由群を取る操作などで保たれているかの十分条件は、*Berlai* らが *[1]* で調べている。
私は *residually exact group* をこの方法で定義し、*exact groups* の *permanence properties* を調べることで、上記の十分条件が満たされることを示した。結果として、*residually exact groups* は自由積、より一般には群のグラフ積で保たれることなどが示された。その他に、*residually exact groups* のいくつかの例や *non-example* をあげた。
これらの成果は修士論文 *[2]* にまとめられた。

My study is about group C-algebras and relating properties of groups. A discrete group Γ called exact when its reduced group C*-algebra $C_\lambda{}^*(\Gamma)$ is exact. On the other hand, for an arbitrary class of groups C, we can define a new class residually C imitating the definition of residually finite groups. Berlai researched the sufficient condition about C that Residually C is closed under taking free products, graph product and so on.*
At first, I defined residually exact groups in the following way. Next I confirmed that the exact class of groups fulfills the sufficient condition by examining some permanence properties of exact groups. Moreover, I constructed some non-

trivial examples and non-examples of residually exact groups.

References.

[1] F. Berlai, Residual Properties of Free Products, Communications in Algebra. **44:7***, 2959–2980, 2016.*

[2] H. Awazu, Permanence properties of residually exact group, 東京大学数理科学研究科 *2020* 年度修士論文*. 2020.*

C. 口頭発表

1. *(1)* *C**-環のテンソル積と *nuclear pair* について, 関数解析研究会 *2019* 年度, 伊勢市二見町公民館, *2019* 年 *9* 月.

大桑 健人 *(OKUWA Kento)*

A. 研究概要

年齢構造をもつ感染症モデルに関心があり，特に *SIRS* モデルと呼ばれる，感染症から回復した個体が再び感受性を持ちうることを仮定したモデルのうち，*2* つのものについて解析を行った。

1) ホスト人口に実年齢構造を導入した *SIRS* モデルについて，定常解の存在や分岐したエンデミック定常解の安定性，およびパーシステンスのための条件を与えた。

2) Aron によって *1980* 年代に提案されたブースター効果を考慮するモデルを一般化して，回復個体の再感染による不完全な免疫ブーストを，局所時間のリセットとみなして定式化し，基本的な解析を行った。

My research interest is epidemic models with age-structure. Especially I am interested in SIRS model, in which recovered individuals can become susceptible again. We analyzed two models of this kind.

1) Chronological age-structured SIRS model: conditions for the existence of endemic steady state, stability of bifurcated steady states and persistence are implied.

2) Generalized Aron's model: we generalized the Aron model which proposed by Aron in 1980's for modeling incomplete recovery boosting. This phenomenon is formulated by the reset of local time and fundamental analyses are performed.

B. 発表論文

1. *K. Okuwa, H. Inaba and T. Kuniya: "Mathematical analysis for an age-structured SIRS epidemic model", Math. Biosci. Eng.* ***16****(5), (2019) 6071–6102*

C. 口頭発表

1. *Mathematical analysis for an age-structured SIRS epidemic model, The 7th China-India-Japan-Korea International Conference on Mathematical Biology, University of Science and Technology Beijing (China), August, 2019.*
2. *Mathematical analysis for an age-structured SIRS epidemic model, 2019* 年度日本数理生物学会年会, 東京工業大学, *2019* 年 *9* 月.
3. *Mathematical analysis for an age-structured SIRS epidemic model,* 日本応用数理学会 *2019* 年度年会, 東京大学, *2019* 年 *9* 月.

後藤 祐輝 *(GOTO Yuki)*

(FMSP コース生)

A. 研究概要

今年度は、線型論理の圏論的モデルを構成するにあたって利用できる余自由前コモノイドと余自由コモノイドの具体的な構成を与え、その内容を修士論文として発表した。

線型論理のモデルとしては様々な圏論的構造が提唱されているが、その中に *Bierman* による線型圏がある。この線型圏は、線型論理のテンソル積と指数的演算子のみを解釈するものなので、否定演算子も解釈するためには、これに加えてスター自律圏の構造が必要である。そのような構造は、モノイダル閉圏の *Chu* 構成上の余自由コモノイドによって誘導されることが知られている。*Barr* は、特定の条件のもとで、ある適当な圏における余自由前コモノイドと自由前モノイドの存在を示すことで、*Chu* 構成上の余自由コモノイドが常に存在することを証明した。しかしながら、こ

の証明は随伴関手定理に強く依存しているため、余自由コモノイドの具体的な形までは分からないものである。
今年度の研究では、*Barr* によってその存在だけは示されている余自由前コモノイドについて、次の *3* つの圏における具体的な構成を与えた。すなわち、可換環上の加群の圏と、点付き集合の圏と、点付き順序集合の圏である。それに加えて、これらの余自由前コモノイドから誘導される余自由コモノイドについても具体的に記述した。

In this year, I gave an explicit construction of cofree precomonoids and cofree comonoids, which can be used to construct a categorical model of linear logic, and presented it as a master's thesis.
There have been several categorical structures introduced for a model of linear logic, and among those is the linear category, which is due to Bierman. Since the linear category can only interpret the tensor operator and the exponential operator in the linear logic, if we are to additionally interpret the negation operator, we also need the star-autonomous structure on it. It is known that such a structure is induced by cofree comonoids in the Chu construction of a monoidal closed category. Barr proved that, under a certain condition, there always exist cofree comonoids in the Chu construction, by showing the existence of cofree precomonoids and free premonoids in some appropriate category. This proof, however, depends heavily on the adjoint functor theorem, and thus does not provide the explicit form of the cofree comonoids.
In my study, I presented an explicit construction of cofree precomonoids, whose existence is proved by Barr, in the following three categories: the category of modules over commutative rings, that of pointed sets and that of pointed partially ordered sets. Moreover, I explicitly described cofree comonoids which are induced by those cofree precomonoids.

B. 発表論文

1. *Y. Goto "Explicit construction of cofree precomonoids and comonoids for categorical models of linear logic" (2020)* 修士論文, 東京大学大学院数理科学研究科

齋藤 勇太 ***(SAITO Yuta)***
(FMSP コース生)

A. 研究概要

代数多様体のエタールコホモロジーなどに自然に現れるガロア表現を調べる道具である (φ,Γ) 加群に興味がある．今年度は p 進ガロア表現を調べるのに用いられる円分的 (φ,Γ) 加群の一般化である *Lubin–Tate* (φ,Γ) 加群の過収束性について研究を行った．過収束性は (φ,Γ) 加群の基本的で重要な性質であり，任意の円分的 (φ,Γ) 加群は過収束であることが *Cherbonnier* と *Colmez* によって証明されている．一方で一般の局所体 F を係数とするガロア表現を調べるのに用いられる *Lubin–Tate* (φ,Γ) 加群の場合には過収束でない例が知られており，さらに *Lubin–Tate* (φ,Γ) 加群の構成が F の素元の取り方に依存することに起因して，ガロア表現に対応する *Lubin–Tate* (φ,Γ) 加群の過収束性が素元の取り方に依存するかという問題があり，これは未解決である．自分は研究の結果，後者の問題に関して，これを確認するために有用な異なる素元に対する過収束な *Lubin–Tate* (φ,Γ) 加群のなす圏の間の関手をより計算しやすい形で提示した．

I'm interested in (φ,Γ)*-modules used to investigate Galois representations, which naturally appear when we think étale cohomology. In this year, I studied about overconvergence of Lubin–Tate* (φ,Γ)*-modules which is generalization of cyclotomic* (φ,Γ)*-modules used to investigate p-adic Galois representatoins. Overconvergence is basic and important property of* (φ,Γ)*-modules and it is proved that any cyclotomic* (φ,Γ)*-modules are overconvergent by Cherbonnier and Colmez. On the other hand, in the case of Lubin–Tate* (φ,Γ)*-modules used to investigate Galois representations with coef-*

ficients in local field F it is known that they are usually not overconvergent and because the construction of Lubin–Tate (φ,Γ)-modules depends on a choice of uniformizers of F, we don't know whether the overconvergency of the Lubin–Tate (φ,Γ)-module attaching to a Galois representation depends on a choice of uniformizers. In concequence of my study, regarding the latter problem, I presented a functor which we can calculate easier between the categories of overconvergent Lubin–Tate (φ,Γ)-modules for different uniformizers such that it is useful to check this problem.

B. 発表論文

1. *Y. Saito : "Overconvergent Lubin–Tate (φ,Γ)-modules for different uniformizers",* 東京大学修士論文 *(2019).*

佐藤 翔一 ***(SATO Shoichi)***

(FMSP コース生)

A. 研究概要

私は、非整数階微分を持つ微分方程式について興味を持っている。非整数階微分は、物理学や工学、金融学など幅広い場面で重要な役割を果たしている。古くから知られている拡散現象でさえ、例えば、フラクタル構造を有する媒体での拡散をより精密にモデル化しようとすると、非整数階微分が現れる。そのため、非整数階微分を用いた数理モデルは、昨今、理論と応用の双方から注目を集めている。本年度は、時間非整数階微分項を持つ熱方程式のディリクレ型初期値境界値問題について研究を行い、その方程式における異なる二つの弱解の同値性について調べた。二つの弱解 *(*粘性解と超関数解*)* は、それぞれ最大値原理、変分原理を基に導入された弱解である。二つの理論では注目している関数の性質が異なり、例え簡単な方程式であっても弱解の同値性は自明ではない。更に、本研究のような方程式では、整数階の場合の先行研究の手法をそのまま応用することは難しく、二つの弱解の関係性は全くの未知であった。そこで、本研究では、初期値にいくつかの仮定をしたとき、上記の方程式における粘性解と超関数解が同値であることを証明した。この結果は、時間非整数階微分項を持つ方程式の弱解の関係性について調査した初めての結果である。

My research interests are differential equations with fractional derivatives. Fractional derivatives play an important role in many contexts in physics, engineering, and finances. Even the diffusion phenomenon, which has been known for a long time, appears as a fractional derivative when considering diffusion in a medium having a fractal structure. For this reason, differential equations with fractional derivatives have attracted interest from various aspects of mathematical science in recent years. In this year, we have studied the initial-boundary value problem with zero Dirichlet conditions for the time-fractional heat equation and researched whether two notions of weak solutions in this problem are equivalent. The definition of viscosity solutions and distributional solutions are based on the maximum principle and the variational principle, respectively. Because the two theories focus on different properties of the function, it is nontrivial whether the equivalence of the two notions of weak solutions. Moreover, in the case of the time-fractional heat equation, it is difficult to apply the method of the previous research. In this study, we proved that the viscosity solution and the distributional solution in this problem are equivalent under some assumptions of the initial value. This is the first result of investigating the relationship between weak solutions of the partial differential equations with the time-fractional derivative.

B. 発表論文

1. *S. Sato, Equivalence of viscosity solutions and distributional solutions for the time-fractional heat equation,* 東京大学大学院数理科学研究科修士論文*, 2020* 年*.*

C. 口頭発表

1. *Equivalence of viscosity solutions and distributional solutions for the time-fractional heat equation,* 第 *21* 回北東数

学解析研究会, 北海道大学, *2020* 年 *2* 月.

2. *Equivalence of viscosity solutions and distributional solutions for the time-fractional heat equation, FMSP* 院生集中講義, 東京大学, *2020* 年 *3* 月.

G. 受賞

1. 第 *21* 回北東数学解析研究会, 優秀ポスター賞, *2020* 年 *2* 月.

佐藤 千尋 ***(SATO Chihiro)***

(FMSP コース生)

A. 研究概要

Artin 群の *virtually speciality* について研究を行った。*Haettel* が *virtually cocompactly cubulated* であることを示した *Artin* 群について、それらが *virtually special* であることを証明した。さらに、定義グラフが木となる *Artin* 群のいくつかについて,*virtually special* であることの新たな証明を与えた。

I studied the virtually speciality of Artin groups. I proved that the Artin groups that haettel proved to be virtually cocompactly cubelated is virtually special. Moreover, I gave a new proof that some of the Artin groups whose defining graphs are trees are virtually special.

篠塚 大雅 ***(SHINOZUKA Taiga)***

A. 研究概要

先行研究である *2DBCA* を拡張してできる新しい方程式系と、それに付随する粒子モデル *Extended 2DBCA* を構成した。またこの拡張方程式系の逆超離散化や、衝撃波解と呼ばれる *Extended 2DBCA* の厳密解を求めた。また、衝撃波解を具体的にパラメータをおいてシミュレーションを用いて図示した。そして、提案した拡張モデルを実生活に応用する具体例として十字路の交差点における交差流について解析した。

We consist a new system of equations from extending previous research "2DBCA" and a particle model "Extended 2DBCA" associated with it. Futhermore, we do inverse discretization and denote the exact solution of "Extended 2DBCA" called shock-wave solution. We illustrate this solution by using simulation and show properties of this solution. We analyze the flow in the junction as an example of Extended 2DBCA's application to real world.

志村 智之 ***(SHIMURA Tomoyuki)***

A. 研究概要

変分法的手法を用いた、楕円型方程式及び *Kirchhoff* 型方程式の研究。

Research for elliptic equations and Kirchhoff type equations by using variational methods.

白井 涼太郎 ***(SHIRAI Ryotaro)***

A. 研究概要

1960 年代後半に，*B. Dwork* はパラメータ $\left(\frac{1}{2},\frac{1}{2};1\right)$ を持つ超幾何微分方程式と両立する *Frobenius* 構造を定めた．近年になって，*Scholze* は全ての Z-スキームに対し，*q-de Rham* コホモロジーが定義できると予想した．

修士論文において，私は *q*-超幾何微分方程式と両立する *Frobenius* 構造を与えた．この構成により，*Frobenius* と接続の構造をもつ，楕円曲線の *Legendre* 族の *de Rham* コホモロジーの *q*-変形を与えた．

In the late '60s, B. Dwork established a Frobenius structure compatible with a certain classical hypergeometric differential equation with parameters $\left(\frac{1}{2},\frac{1}{2};1\right)$*. Recently, Scholze made a conjecture such that we can define q-de Rham cohomology groups for any* Z*-scheme.*

In my master thesis, I gave a Frobenius structure compatible with a q-hypergeometric differential equation. By this construction, I gave the q-deformation of the de Rham cohomology of the Legendre family of elliptic curves which has Frobenius and connection structure.

B. 発表論文

1. *R. Shirai : "q-deformation with (φ, Γ) structure of the de Rham cohomology of the Legendre family of elliptic curves",* 東京大学修士論文 *(2020) .*

高橋 誠志 ***(TAKAHASHI Seiji)***

A. 研究概要

X を標数 $p > 0$ の一般型の非特異極小曲面、G を X の自己同型群の部分群とする。このとき、$|G|$ を K_X^2 を用いて評価する方法について研究した。特に G が p 群であり、G が可換であるときに、$5K_X^2 < p$ ならば $|G| \leq 15625(K_X^2)^3$ が成り立つことを示した。

Let X be a nonsingular minimal surface of general type in characteristic $p > 0$, and G be a subgroup of the automorphism group of X. I studied how to bound $|G|$ in temrs of K_X^2.I proved that $|G| \leq 15625(K_X^2)^3$ if G is an abelain p-group and $5K_X^2 < p$.

B. 発表論文

1. *T.Seiji* : "正標数の一般型極小曲面の自己同型群の位数について", 東京大学修士論文 *(2020).*

鶴崎 修功 ***(TSURUSAKI Hisanori)***

(FMSP コース生)

A. 研究概要

C 上の有限次元単純リー代数における *nilpotent orbit* は、すでに分類されている。中でも次元が最大のものを *principal orbit* という。*nilpotent orbit* には、sl_2*-triple* を対応づけることができる。これに対応し、*H. Nicolai, D. I. Olive* の研究では、*hyperbolic Kac-Moody Lie algebra* において、その *principal* $SO(1,2)$ *subalgebra* が構成できることを示した。

私の研究では、この *principal* $SO(1,2)$ *subalgebra* の構成に対応する sl_2*-triple* の構成を念頭におきながら、*rank 2 symmetric hyperbolic Kac-Moody Lie algebra*、すなわち *Cartan matrix* が

$$\begin{pmatrix} 2 & -a \\ -a & 2 \end{pmatrix} \quad (a \geq 3)$$

である *Kac-Moody Lie algebra* の場合に限定し、*principal* の制限を外した。

具体的には、sl_2*-triple* $\{X, Y, H\}$ であって、*compact involution* ω_0 に対して $Y = \omega_0(X)$ であり、また、*nilpositive element* が *real root vector* の張る空間に存在するという条件をみたすものを考えた。この *2* つの条件は、*principal* な場合でみたされているものである。

X を *real root vector* の線型結合として書いたとき、その項数を X の *length* とよぶことにする。X の *length* が *2* 以外のときは、条件をみたす sl_2*-triple* は存在しないことがわかった。X の *length* が *2* のときは、ルートを α 型、β 型の *2* 種類に分け、X を構成する *2* つの *real root vector* が別々の型のルート空間に属すとき、条件をみたす sl_2*-triple* を構成した。

構成した sl_2*-triple* について、対応する *weighted Dynkin diagram* を求め、また *Casimir* 元の *Cartan subalgebra* への *adjoint action* の固有値を求めた。

Nilpotent orbits in finite-dimensional simple Lie algebras on C *have already been classified. Among them, the one with the largest dimension is called a principal orbit. An* sl_2*-triple can be associated with a nilpotent orbit.*

Correspondingly, the study by H. Nicolai and D. I. Olive showed that the principal $SO(1,2)$ *subalgebra can be constructed in a hyperbolic Kac-Moody Lie algebra.*

In my study, keeping in mind the construction of sl_2*-triples corresponding to this construction of principal* $SO(1,2)$ *subalgebras, I removed the restriction of principality, in the case of rank 2 symmetric hyperbolic Kac-Moody Lie algebras, whose Cartan matrix is*

$$\begin{pmatrix} 2 & -a \\ -a & 2 \end{pmatrix} \quad (a \geq 3).$$

Explicitly, I considered sl_2*-triples* $\{X, Y, H\}$*, which satisfy that* $Y = \omega_0(X)$ *for the compact involution* ω_0*, and that the nilpositive element*

X lies in the space spanned by the real root vectors. These two conditions are satisfied in the principal case.
When X is written as a linear combination of real root vectors, I defined the length of X as the number of the terms. When the length of X is not 2, I showed that there is no sl_2-triple satisfying the conditions.
When the length of X is 2, I classified the roots into α-type and β-type. When X is written as a sum of two real root vectors in the root spaces of different types, I constructed an sl_2-triple satisfying the conditions.
I calculated the weighted Dynkin diagram corresponding to the sl_2-triple, and I computed the eigenvalue of the adjoint action of the Casimir element to the Cartan subalgebra.

B. 発表論文

1. *H. Tsurusaki: "Rank 2 symmetric hyperbolic Kac-Moody Lie algebra* において *real root vector* の張る空間に *nilpositive element* をもつ *sl_2-triple",* 東京大学修士論文 *(2020)*

鶴橋 知典 *(TSURUHASHI Tomonori)*

A. 研究概要

発散方程式に対する凸積分の方法について研究を行った。凸積分の方法を用いて発散方程式の弱解を構成し、その弱解が繰り込み可能でないことを示した。さらに、これらの結果に微視的な解釈を与えた。

We studied the convex integration method to a divergence equation. By using the convex integration method, we showed the existence of a non-renormalized weak solution to a divergence equation. In addition, we gave a microscopic interpretation for these results.

B. 発表論文

1. *T. Tsuruhashi*：*"Convex integration approach to a divergence equation",* 東京大学修士論文 *(2020).*

C. 口頭発表

1. *Convex integration approach to a divergence equation,* 第 *21* 回北東数学解析研究会 ポスター発表, 北海道大学, *2020* 年 *2* 月.

G. 受賞

1. 第 *21* 回北東数学解析研究会 優秀ポスター賞.

中村 伸一郎 *(NAKAMURA Shinichiro)*

A. 研究概要

4 次元多様体の研究を行っている.
4 次元トポロジーの重要なテーマの一つに可微分多様体の異種微分構造に関する研究がある．ゲージ理論由来の不変量を応用して異種微分構造を区別する方向の研究が今でも盛んな一方で，多様体の改変操作を考えて異種微分構造の候補を構成する方向の研究もその以前から進められてきた.
例えば，*2004* 年に *Iwase–Matsumoto* によって *4* 次元多様体の *"pochette* 手術*"* という改変操作が提案された．この改変操作は *4* 次元多様体内に埋め込まれた部分多様体 $P_{1,1} = S^1 \times D^3 \natural S^2 \times D^2$ の境界に沿った切り貼りによって定義される.
そこで，私はその *"pochette* 手術*"* の一般化，すなわち *4* 次元多様体内に埋め込まれた部分多様体 $P_{k,l} = \natural k S^1 \times D^3 \natural l S^2 \times D^2$ の境界に沿った切り貼りによって定義される改変操作の微分同相類がどの情報で決定されるかを調べた．また，その一般化された手術の応用として，*4* 次元ホモトピー球面のある構成法を与え，さらにその微分同相類について調べた． 以上の内容は今年度の修士論文にまとめた.

We have been studying on 4-manifolds.
One of the important themes on 4-dimensional topology is exotic structures of smooth 4-manifolds. While there exists the gauge theoritic approach to distinguish smooth structures, research on methods to construct candidates for exotic structures also has been underway.
For example, in 2004, Iwase–Matsumoto proposed a surgery on 4-manifolds called "pochette

surgery". This surgery is defined as cutting and pasting along the boundary of embedded $P_{1,1} = S^1 \times D^3 \natural S^2 \times D^2$ *in a 4-manifold. Recently, we defined a generalization of the "pochette surgery", that is, surgery along the boundary of embedded* $P_{k,l} = \natural k S^1 \times D^3 \natural l S^2 \times D^2$ *in a 4-manifold, and examined the parameters of this new surgery. In addition, we constructed some homotopy 4-spheres as an application of this new surgery, and examined diffeomorphic types of these homotopy 4-spheres. We wrote this research on our master thesis.*

C. 口頭発表

1. *Proposal and Analysis of Mathematical Models for Body Sway,* 産業界からの課題解決のためのスタディグループ，東京大学大学院数理科学研究科，*2016* 年 *12* 月．
2. *Mathematical Treatment of The GPS Monitoring of the Radiation dosage,* 産業界からの課題解決のためのスタディグループ，東京大学大学院数理科学研究科，*2017* 年 *2* 月．
3. *On a 4-dimensional surgery along a "pochette", Student Session at Berkeley-Tokyo Summer School, The University of California, Berkeley, 2017* 年 *8* 月．
4. *Echo chambers on Facebook: in a case of politics in Japan,* 産業界からの課題解決のためのスタディグループ，東京大学大学院数理科学研究科，*2017* 年 *12* 月．

E. 修士・博士論文

1. *(*修 士*)* 中 村 伸 一 郎 *(NAKAMURA Shinichiro): On a generalization of Iwase–Matsumoto's pochette surgery and its applications.*

林 晃平 ***(HAYASHI Kohei)***

(FMSP コース生)

A. 研究概要

ランダムに相互作用するミクロ系を考え，系の時間発展が見えるようにスケーリングを行いマクロな物理量の時間発展を記述する偏微分方程式を導出するような操作を流体力学極限と呼ぶ．特に，相互作用粒子系モデルとして粒子の種類が複数あるようなものを考えると，スケール操作により偏微分方程式の連立系を導出することができる．本研究では偏微分方程式の連立系に特有の現象に着目し，流体力学極限の手法によりミクロな視点から現象を説明することに興味がある．本年度は，*2* 種類の粒子たちが互いに強く競合する結果，空間的な相分離現象が生じ時間発展する漸近的な界面が顕在化するという「空間分離極限（*Spatial-segregation limit*)」を扱い，界面の時間発展を決定する方程式をミクロ粒子系モデルから導出するという研究に取り組んだ．修士論文では，異種粒子同士の競合反応が非対称的であるようなモデルを考え，競合率を無限大にするという極限操作により得られる複数の界面挙動を，ミクロ系に対するスケール極限により直接導出した．

For a microscopic particle system where many particles randomly interacting, taking a scaling limit in order to keep the time evolution of the system, we can derive a partial differential equation of a macroscopic quantity. Such a scaling procedure is called 'hydrodynamic limit'. If we consider a system with several kind of species as an interacting particle system concerned, a system of PDEs can particularly be derived through the hydrodynamic limit. In this research, I am interested in some characteristic phenomena for multi-species models and its explanation in a microscopic point of view. In this year, I mainly treated the spatial-segregation limit problem as an example of typical phenomena: when two species are strongly competing, territories of these two species are spatially segregated and as a consequence asymptotic interface may be appeared. The aim of this research is to derive a system of PDEs which describes the time evolution of the interface as a scaling limit for an interacting particles systems. In my master thesis, several cases where the competition reaction is unbalanced are considered and the corresponding interface behavior when the reaction rate tends

to infinity is derived directly from microscopic particle systems with two components.

B. 発表論文

1. 林晃平*: "Spatial-segregation limit for exclusion processes with two components under unbalanced reaction",* 東京大学修士論文 *(2019).*
2. *K. Hayashi: "Spatial-segregation limit for exclusion processes with two components under unbalanced reaction", preprint, arXiv:2002.04802.*

C. 口頭発表

1. *Spatial-segregation limit for interacting particles systems with two-components,* 確率論ヤングサマーセミナー *2019,* 遠刈田温泉さんさ亭（宮城県刈田市）*, 2019* 年 *8* 月.
2. *Spatial-segregation limit for interacting particles systems with two components,* 日本数学会　数学・数理科学専攻若手研究者のための異分野・異業種研究交流会 *2019*, 東京大学*, 2019* 年 *10* 月.
3. *Spatial-segregation limit for interacting particles systems with two components, The 18th Symposium Stochastic Analysis on Large Scale Interacting Systems,* 大阪大学*, 2019* 年 *11* 月.
4. *Spatial-segregation limit for interacting particles systems with two components, 2019* 年確率論シンポジウム，慶應義塾大学，*2019* 年 *12* 月.
5. *Spatial-segregation limit for interacting particles systems with two-components, One-day Symposium: Hydrodynamic limit and related topics, Waseda University, 2019* 年 *12* 月.
6. *Spatial-segregation limit for interacting particles systems with two components,* 無限粒子系、確率場の諸問題 *XV,* 奈良女子大学*, 2020* 年 *1* 月.
7. *Spatial-segregation limit for interacting particles systems with two component,* 確率論早春セミナー *2020*, 京都大学，*2020* 年 *2* 月.

原子 秀一 *(HARAKO Shuuichi)*

A. 研究概要

超多様体 M であって $[Q,Q]=0$ を満たす M 上の奇ベクトル場 Q を備えたものを Q 多様体という．Q 多様体の特性類の理論には *Lyakhovich, Mosman, Sharapov(2009)* による方法と *Kontsevich(1999)* による方法がある．

前者の方法では Q 多様体 M のテンソル代数 $\mathcal{T}(M)$ を，Q 方向のリー微分の作用によってコチェイン複体と見なし，そのコホモロジー群を $H_Q(M)$ と書く．Q やリーマン曲率テンソル R の *iterated covariant derivative* たちが生成する $\mathcal{T}(M)$ の部分複体のコホモロジー類は Q 多様体 M の特性類と呼ばれる．Q 多様体の特性類であって曲率が平坦な場合にも生き残るものを内在的特性類といい，*Lyakhovich* らは内在的特性類を A 系列，B 系列，C 系列の *3* つに分類した．本研究ではあるアルゴリズムを元に A 系列特性類を計算機で次数 *13* の部分まで計算した．

一方，後者の方法では Q 多様体 M の関数環 $C^\infty(M)$ をベクトル場 Q の作用によってコチェイン複体と見なし，そのコホモロジー群 $H^\bullet_Q(M)$ に値を持つ特性類を考える．これは M 上の $2g$ 次元シンプレクティック多様体をファイバーに持つ平坦束に対し，準同型 $F\colon H^\bullet_{2g}\to H^\bullet_Q(M)$ の像として得られる．ここで $H^\bullet_{2g}$ は R^{2g} 上の定数項のないハミルトンベクトル場全体 Ham^0_{2g} がなすリー代数の $\mathrm{Sp}(2g;\mathrm{R})$ 係数連続コホモロジー群である．また，$2g$ 個の変数をもつ *2* 次以上の多項式たちがなすリー代数 c_g があり，そのホモロジー群の元の $H^\bullet_{2g}$ における双対を取ると，準同型 F を通して M の特性類が得られる．c_g のイデアル c_g^+ のホモロジー群は c_g のホモロジー群より多くの情報を持っているが，その具体的な計算はほとんど知られていない．本研究では c_g に対するウェイトと呼ばれる次数付けと，古典的なシンプレクティック表現論を用いて $g\geq 4$ の場合の $H_2(\mathrm{c}_g^+)$ を決定した．

A supermanifold M with an odd vector field Q satisfying $[Q,Q]=0$ is called a Q-

manifold. The theory of characteristic classes of Q-manifolds has two methods by Lyakhovich, Mosman, Sharapov(2009) and by Kontsevich(1999).

In the former method, we regard the tensor algebra $\mathcal{T}(M)$ of the Q-manifold M as a cochain complex by the action of the Lie derivative along Q, and denote its cohomology group by $H_Q(M)$. Cohomology classes in the subcomplex of $\mathcal{T}(M)$ generated by the iterated covariant derivatives of Q and the Riemannian curvature tensor R are called characteristic classes of the Q-manifold M. Characteristic classes of Q-manifolds which survive even if the curvature is flat are said to be intrinsic. Lyakhovich et al. classified intrinsic classes into three series A-series, B-series and C-series. We computed A-series characteristic classes up to degree 13 based on some algorithm by computer.

On the other hand, in the latter method, we regard the algebra $C^\infty(M)$ of functions on the Q-manifold M as a cochain complex by the action of the vector field Q, and consider characteristic classes which values in its cohomology group $H^\bullet_Q(M)$. They are obtained as the images of a homomorphism $F\colon H^\bullet_{2g} \to H^\bullet_Q(M)$ for a flat bundle on M whose fiber is a symplectic manifold of dimension $2g$. Here $H^\bullet_{2g}$ is the continuous cohomology group with coefficients in $\mathrm{Sp}(2g;\mathrm{R})$ of the Lie algebra Ham^0_{2g} of Hamiltonian vector fields on R^{2g} without constant terms. We also have a Lie algebra c_g of polynomials of degree 2 or higher in $2g$ variables. By taking a dual of an element of its homology group in $H^\bullet_{2g}$, we obtain a characteristic class of M through the homomorphism F. The homology group of an ideal c_g^+ of c_g has much more information than the one of c_g. However, little is known about an explicit calculation of $H^\bullet(\mathrm{c}_g^+)$. We determined $H_2(\mathrm{c}_g^+)$ in the case $g \geq 4$ by using a grading for c_g, which is called weight, and classical symplectic representation theory.

B. 発表論文

1. *S. Harako* : *"On characteristic classes of Q-manifolds"*, 東京大学修士論文 *(2020).*

山岸 颯 ***(YAMAGISHI Hayate)***

A. 研究概要

Wiener 空間上の極限定理は *2005* 年ごろに発見された"*4* 次モーメント定理"以来、*Malliavin* 解析、*Stein's method* などと融合しながら発展してきた。当初は固定された次数の *Wiener Chaos* 上の確率変数列についての中心極限定理から始まった研究分野であったが, *Malliavin* 解析と結びついた結果, より一般の *Wiener* 汎関数を扱えるようになり、*Stein's method* 等を用いることで極限定理について定量的な評価を与えることが可能になった。

修士論文においては中心極限定理の一般化である混合正規分布への安定収束を取り扱った。旧来の中心極限定理においては極限分布がランダムネスを持たない定数の分散を持っていたのに対し, この極限定理における極限分布は分散がランダムネスを持つ正規分布である。安定収束はセミマルチンゲール論においてはよく研究された対象であった一方で、*Malliavin* 解析の枠組みでの安定収束の十分条件は *2010* 年ごろから与えられ、*2016* 年に定量的な評価を含む定理が与えられた。漸近展開は収束の誤差のより高次での展開を与えるものであり、*2019* 年の論文においてこれが与えられたが, その論文においては扱われる対象は一次の *Skorohod* 積分であった。高次の *Skorohod* 積分も上記の論文で捉えることができるが、高次の *Skorohod* 積分をその次数のまま捕らえることを主眼としたのがこの論文である。

Limit theorems on the Wiener space has been developed since the discovery of the fourth moment theorem in 2005 closely relating to the Malliavin calculus and Stein's method. At first, the theory was initiated in the setting of sequences of random variables belonging to a Wiener chaos of a fixed order. After the Malliavin calculus was set to the main tool of this theory, Wiener functionals in general can be

tackled within this theory and quantitative estimates for the limit theorems can be derived with Stein's method.

In the master paper, I treated stable convergence to mixed normal distributions, which is s generalization of classical central limit theorems. While the limit distributions of classical central limit theorems have deterministic variances, the limit distributions in the setting of this work have random variances. Stable convergences were well studied in the framework of the semimartingale theory and conditions of stable convergences were given using the Malliavin calculus since 2010 and quantitative ones in 2016. Asymptotic expansion give estimate of error of convergence of higher orders. In 2019, asymptotic expansion of Skorohod integrals of order 1 was given. Multiple Skorohod integrals can be treated as Skorohod integrals of order 1 using the result mentioned above, in the paper however I treated them as integrals of their natural order.

B. 発表論文

1. *H.Yamagishi : "Asymptotic expansion of multiple Skorohod integrals by the commutation relation",* 東京大学修士論文 *(2019)*

コ キン ***(HU XIN)***

(FMSP コース生)

A. 研究概要

わたしの研究の成果は次のように大別される. それに従って概要を述べる.

1. *non-cutoff* ボルツマン方程式の解の基本的性質に関する研究，*non-cutoff* ボルツマン方程式解の *Gevrey* クラスの性質を導びいた.

2. 分数冪ラプラシアンのナビエストークス流体力学極限について，流体力学極限は、統計物理学を数学的に厳密に基礎付ける重要な手法の一つである。 統計物理学は、原子や分子といったミクロな系の性質から、その系のマクロな性質を導出するための理論である。時間と空間について適切なオーダーの比でスケール変換し、スケーリングパラメータに極限操作を行い、マクロなパラメータが従う時間発展方程式を導出する手法は、流体力学極限と呼ばれている。 流体の方程式を *Boltzmann* 方程式から導出する際に用いられたものであり、流体力学極限の名前もそこに由来するものである。私はスケール変換後のボルツマン方程式を中心として、 解の適切性と流体力学極限を調べた。最後にその流体力学極限は分数冪ラプラシアンのナビエストークス方程式を満たすことを示す。*My research result can be concluded into the following parts.*

1, I research basic property for the solution of non-cutoff Boltzmann equation and find the Gevrey class regularity for the solution of the non-cutoff Boltzmann equation.

2, I research in the hydrodynamic limit, hydrodynamic limit is one of the important methods strictly based on statistical physics in mathematics. Statistical physics derives the macroscopic properties of the system from the properties of micro-systems such as atoms and molecules, makes scale transformation in proper sequence ration for time and space and then carry out limit operation of calibration parameters. The method to derive the time evolution equation that macro-parameter follows is called hydrodynamic limit. Starting from Boltzmann equation of scaling change, I research its hydrodynamics limit of α-scaled Boltzmann equation and well posedness of its solution and finally deduce that the hydrodynamics limit is the solution of the fractional Navier-Stokes equation.

B. 発表論文

1. *H. Chen, W.-X Li,X. Hu and J.P Zhan* : *"The resolvent of the linearized Boltzmann operator with a stationary potential", J. PSEUDO-DIFFER. OPER. (2019)*
2. *H. Chen, H.Chen, X. Hu and Y. Duan* : *"LOWER BOUNDS OF DIRICHLET EIGENVALUES FOR A CLASS OF FINITELY DEGENERATE GRUSHIN*

TYPE ELLIPTIC OPERATORS", Acta Math. Sci. (2017) 37B(6):1653âĂŞ1664

3. *H. Chen, X. Hu and J.P Zhan*：*"The Cauchy problem for a class of nonlinear degenerate parabolic- hyperbolic equations", Sci China Math (May 2019) Vol. 62 No. 5: 839âĂŞ852*

D. 講義

1. スペクトル理論：固有値と固有関数などの講義．*(*数理大学院・*4* 年生共通講義*)*
2. 基礎解析学概論：ベクトルの微分と積分，フーリエ級数，フーリエ積分などの講義．*(*数理大学院・*4* 年生共通講義*)*
3. 数値解析学：数値解析の入門講義．*(*数理大学院・*4* 年生共通講義*)*
4. 非線形解析学：乱流と渦度計算、フーリエ変換などの講義．*(*数理大学院講義*)*
5. 社会数理先端科学 *2* :数学を他の学科に応用する例の説明．*(2018* 数理大学院・場所：*056* 号室*)*

E. 修士・博士論文

1. *(*修士*)HU XIN: Hydrodynamic Limit of Fractional Navier-Stokes Equation* 指導教官:米田剛

G. 受賞

FMSP コース生

ワン ロン *(WANG Long)*

(FMSP コース生)

A. 研究概要

Morrison と *Kawamata* は *Calabi–Yau* 多様体に関する以下の錐予想を提出した：X を代数閉体上の *Calabi–Yau* 多様体とする、このとき、X の自己同型群 $\mathrm{Aut}(X)$ による錐 $\mathrm{Nef}^e(X) := \mathrm{Nef}(X) \cap \mathrm{Eff}(X)$ への作用は有理多面錐の基本領域を持つ。ここで *Calabi–Yau* 多様体とはマイルドな特異点を許す、標準因子が数値的に自明な正規射影多様体を意味する。

修士論文では、基礎体がさらに奇素数標数を持つと仮定する。その仮定の上、最近 *Lieblich–Maulik* は *K3* 曲面で錐予想が正しいことを証明した。対応する *K3* 曲面上の結果を用いることで、*Enriques* 曲面での錐予想を確かめることができる。次は最初の主結果である：X を奇素数標数の代数閉体上の *Enriques* 曲面とする、このとき、X の自己同型群 $\mathrm{Aut}(X)$ による錐 $\mathrm{Nef}^e(X)$ への作用は有理多面錐の基本領域を持つ。上記の錐定理の系として、*Enriques* 曲面で自己同型を法とした滑らかな有理曲線と楕円曲線束の有限性が導かれる。C 上では *Namikawa* により対応する結果が示された。修士論文では、自己同型群 $\mathrm{Aut}(X)$ の有限性に関する次の定理も示した：X を奇素数標数の代数閉体上の *Enriques* 曲面とする、このとき、X の自己同型群 $\mathrm{Aut}(X)$ は有限生成である。*Dolgachev* は C 上で対応する結果を証明した。

修士論文では、以下の定理も示した：$p > 3$ は奇素数で、K は $\mathrm{F}_p(t)$ を含む代数閉体とする、このとき、K 上 *Enriques* 曲面と双有理同値で離散かつ非有限生成な自己同型群を持つ滑らかな射影的代数曲面が存在する。*Keum–Oguiso* によって複素 *Enriques* 曲面からもブローアップでそのような例が得られた。修士論文では *Keum–Oguiso* の正標数版を考えることで、彼たちから提起された問題を肯定的に解決した。

Morrison and Kawamata proposed the following Cone Conjecture concerning the structure of the effective nef cone of a Calabi–Yau variety: Let X be a Calabi–Yau variety over an algebraically closed field (i.e., a normal projective variety with mild singularities whose canonical divisor is numerically trivial), then there exists a rational polyhedral cone which is a fundamental domain for the action of the automorphism group $\mathrm{Aut}(X)$ on the effective nef cone $\mathrm{Nef}^e(X) := \mathrm{Nef}(X) \cap \mathrm{Eff}(X)$.

In the master's thesis, I concentrated on the case where the ground field is of odd characteristic. Recently Lieblich–Maulik proved the cone conjecture for K3 surfaces in odd characteristic. It is natural to verify the cone conjecture for Enriques surfaces using the corresponding result on K3 surfaces. More precisely, I proved: Let X be an Enriques surface over

an algebraically closed field of odd characteristic, then the action of the automorphism group on the effective nef cone has a rational polyhedral fundamental domain. As a corollary of the cone theorem, I showed the finiteness of smooth rational curves and elliptic pencils up to automorphisms on an Enriques surface. The corresponding result over complex number field was due to Namikawa. The following finiteness result of which complex number filed version was proved by Dolgachev was also shown: Let X be an Enriques surface over an algebraically closed field of odd characteristic, then the automorphism group $\mathrm{Aut}(X)$ *is finitely generated.*
In the master's thesis, I also proved the following result: Let $p > 3$ be an odd prime integer, then for any algebraically closed field K *containing* $\mathrm{F}_p(t)$*, there is a smooth projective surface Y birational to some Enriques surface such that* $\mathrm{Aut}(Y/\mathrm{K})$ *is discrete but not finitely generated. Keum–Oguiso obtained such example by blowing up some complex Enriques surface. I showed that the same construction as Keum–Oguiso gave the desired example, which answered a question of them.*

2. 学位取得者

Graduate Degrees Conferred

☆ 博士号取得者と論文題目

(Doctor of Philosophy in the field of Mathematical Sciences : conferee, thesis title, and date)

♣ 課程博士

- 浅野 知紘 *(ASANO Tomohiro)*
  Intersection and displacement energy of rational Lagrangian immersions via sheaf quantization
  *(*層量子化による有理的ラグランジュはめ込みの交叉と分離エネルギーの研究*)*
  23 March. 2020
- 渡部 淳 *(WATANABE Jun)*
  Fibred Cusp b-Pseudodifferential Operators and Their Applications
  *(Fibred Cusp b-*擬微分作用素とその応用*)*
  23 March. 2020
- 浅尾 泰彦 *(ASAO Yasuhiko)*
  Magnitude homology and Vietoris-Rips homology of geodesic metric spaces
  *(*測地的距離空間のマグニチュードホモロジー及びヴィートリス・リップスホモロジー*)*
  23 March. 2020
- 石橋 典 *(ISHIBASHI Tsukasa)*
  Geometry of cluster modular groups
  *(*クラスターモジュラー群の幾何学*)*
  23 March. 2020
- 岩井 雅崇 *(IWAI Tsukasa)*
  Studies on singular Hermitian metrics and their applications in algebraic geometry
  *(*特異エルミート計量の研究と代数幾何学への応用*)* *23 March. 2020*
- 加藤 大輝 *(KATO Hiroki)*
  Wild ramification, the nearby cycle complexes, and the characteristic cycles of l-adic sheaves
  (l 進層の暴分岐、隣接サイクル複体、特性サイクルについて*)*
  23 March. 2020
- 木下 慶紀 *(KINOSHITA Yoshiki)*
  Asymptotic properties of the penalized quasi-likelihood estimators and their applicationss
  *(*罰則付き疑似尤度推定量の漸近的性質とその応用*)*
  23 March. 2020
- 坂本 龍太郎 *(SAKAMOTO Ryotaro)*
  A higher rank Euler system for the multiplicative group over a totally real field
  *(*総実体上の乗法群の高階オイラー系*)s)*
  23 March. 2020
- 鈴木 拓海 *(SUZUKI Takumi)*
  Penalized Least Squares Approximation Methods and Their Applications to Stochastic Pro-

cesses
*(*罰則付き最小二乗近似法と確率過程への応用*)*
23 March. 2020

- 関野 希望 *(SEKINO Nozomu)*
Existence problems of fibered links
*(*ファイバー絡み目の存在問題*)*
23 March. 2020
- 平良 晃一 *(TAIRA Kouichi)*
Spectral and scattering theory for generalized SchrÃűdinger operators
*(*一般化シュレディンガー作用素に関するスペクトル理論と散乱理論*)*
23 March. 2020
- 谷口 正樹 *(TANIGUCHI Masaki)*
Gauge theory and its applications to 3 and 4-dimensional topology
*(*ゲージ理論とその *3,4* 次元トポロジーへの応用について*)*
23 March. 2020
- 田森 宥好 *(TAMORI Hiroyoshi)*
Classification and construction of minimal representations
*(*極小表現の分類と構成*)*
23 March. 2020
- 千葉 悠喜 *(CHIBA Yuki)*
Discontinuous Galerkin method for elliptic problems
*(*楕円型問題に対する不連続 *Galerkin* 法*)*
23 March. 2020
- 茅原 涼平 *(CHIHARA Ryohei)*
SO(3)-invariant G_2-geometry
(SO(3) 不変 G_2 幾何学*)*
23 March. 2020
- 陳 韋中 *(CHEN Weichung)*
Boundedness of Weak Fano Pairs with Alpha-invariants and Volumes Bounded Below
*(*体積とアルファ不変量が下に有界な弱 *Fano* 対の有界性*)*
23 March. 2020
- 中井 拳吾 *(NAKAI Kengo)*
Machine-learning Construction of a Model and Refined Regularity Criterion on Fluid Equations
*(*流体方程式の機械学習によるモデリングと解の正則性の判定条件*)*
23 March. 2020
- 長岡 大 *(NAGAOKA Masaru)*
Studies of compactifications of affine homology 3-cells into del Pezzo fibrations
(Del Pezzo ファイブレーションへのアフィンホモロジー 3-胞体のコンパクト化の研究*)*
23 March. 2020
- 野島 遼 *(NOJIMA Ryo)*
On induction for twisted representations of conformal nets
*(*共形ネットの捩れ表現の誘導について*)*
23 March. 2020

- 古川 賢 *(FURUKAWA Ken)*
  On asymptotic behavior and maximal regularity of the Navier-Stokes equations and related problems
  *(*ナヴィエ・ストークス方程式とそれに関連する問題に対する漸近挙動と最大正則性について*)*
  23 March. 2020

☆ 修士号取得者と論文題目

(Master of Mathematical Sciences : conferee, thesis title, and date)

- 荒田　実樹 *(ARATA Mizuki)*
  Closed Categories and Strong Functors
  *(*閉圏と強関手*)*
  23 March. 2020
- 中村 伸一郎 *(NAKAMURA Shinichiro)*
  On a generalization of Iwase-Matsumoto's pochette surgery and its applications
  *(*岩瀬・松本のポシェット手術の一般化とその応用について*))*
  23 March. 2020
- 下岡 嘉隆 *(SHIMOOKA Yoshitaka)*
  3 重 *Lagrangian Grassmannian* への斜交群の対角作用と *Maslov index* およびその直交群における類似
  23 March. 2020
- 鈴木 彰 *(SUZUKI Akira)*
  双曲空間内の部分多様体のガウス写像について
  23 March. 2020
- 青木 大志 *(AOKI Taishi)*
  クラスター代数を用いた結び目不変量の構成とその計算例
  23 March. 2020
- 粟津 光 *(AWAZU Hikaru)*
  On the permanence properties of residually exact groups
  *(*剰余完全群のクラスの、群の操作に対する不変性*)*
  23 March. 2020
- 李 忠賢 *(LEE Chunghyun)*
  Relative dynamical degree of monomial maps
  *(*モノミアル写像の相対力学系次数の計算*)*
  23 March. 2020
- 大桑 健人 *(OKUWA Kento)*
  An epidemic model with distributed level of immunity change depending on the time since recovery
  *(*回復してからの時間に依存して変化する免疫を考慮した感染症モデル*)*
  23 March. 2020
- 大橋 遼 *(OHASHI Haruka)*
  Proof of factorization conjecture in zero-range process
  (Zero-range process における分解予想の証明)
  23 March. 2020
- 奥田 伸樹 *(OKUDA Nobuki)*
  ヒッチン系のフーリエ・向井変換の幾何ラングランズ双対性への変形について
  23 March. 2020

- 角田 良太朗 *(KAKUDA Ryohtaroh)*
  Geometric interpretation of overconvergent isocrystals
  *(*過収束アイソクリスタルの幾何学的特徴づけ*)*
  23 March. 2020
- 後藤 祐輝 *(GOTO Yuki)*
  Explicit construction of cofree precomonoids and comonoids for categorical models of linear logic
  *(*線型論理の圏論的モデルのための余自由前コモノイドとコモノイドの具体的構成*)*
  23 March. 2020
- 小林 健太 *(KOBAYASHI Kenta)*
  L-infinity 代数のモジュライ
  23 March. 2020
- 齋藤 勇太 *(SAITO Yuta)*
  Overconvergent Lubin-Tate (φ,Γ)*-modules for different uniformizers*
  *(*異なる素元に対する過収束 *Lubin-Tate* (φ,Γ) 加群について*)*
  23 March. 2020
- 佐藤 翔一 *(SATO Shoichi)*
  Equivalence of viscosity solutions and distributional solutions for the time-fractional heat equation.
  *(*時間分数冪熱方程式の粘性解と超関数解の同値性*)*
  23 March. 2020
- 篠塚 大雅 *(SHINOZUKA Taiga)*
  An extension of 2-dimensional Burgers cellular automaton and its application to crossing flow at a junction
  (2 次元バーガーズセルオートマトンの拡張と、その交差点での交差流への応用*)*
  23 March. 2020
- 志村 智之 *(SHIMURA Tomoyuki)*
  L2 束縛条件下における *Kirchhoff* 型方程式の *global minimizer* の存在と非存在
  23 March. 2020
- 白井 涼太郎 *(SHIRAI Ryotaro)*
  q-deformation with (φ,Γ) *structure of the de Rham cohomology of the Legendre family of elliptic curves*
  *(*楕円曲線のルジャンドル族のド・ラームコホモロジーの (φ,Γ) 構造付き *q*-変形*)*
- 高木 航平 *(TAKAGI Kohei)*
  On asymptotic optimality of KLUCB and KLUCB+ policies in multi-armed bandit problems
  *(*多腕バンディット問題における *KLUCB* 戦略と *KLUCB+* 戦略の漸近最適性について*)*
  23 March. 2020
- 高橋 誠志 *(TAKAHASHI Seiji)*
  正標数の一般型極小曲面の自己同型群の位数について
  23 March. 2020
- 高橋 征人 *(TAKAHASHI Masato)*
  On the extension of holomorphic functions from singular complex hypersurfaces to pseudo-

convex domains
*(*特異複素超曲面上の正則関数の擬凸領域への拡張について*)*
23 March. 2020

- 鶴崎 修功 *(TSURUSAKI Hisanori)*
Rank 2 symmetric hyperbolic Kac-Moody Lie algebra において *real root vector* の張る空間に *nilpositive element* をもつ sl_2*-triple*
23 March. 2020
- 鶴橋 知典 *(TSURUHASHI Tomonori)*
Convex integration approach to a divergence equation
*(*発散方程式に対する凸積分の方法について*)*
23 March. 2020
- 羽柴 康仁 *(HASHIBA Yasuhito)*
On central sequence algebras of tensor product von Neumann algebras
*(*テンソル積フォン・ノイマン環の中心列環について*)*
23 March. 2020
- 林 晃平 *(HAYASHI Kohei)*
Spatial-segregation limit for exclusion processes with two components under unbalanced reaction
*(*不均衡反応下の二種排他過程に対する空間分離極限*)*
23 March. 2020
- 原子 秀一 *(HARAKO Shuichi)*
On characteristic classes of Q-manifolds
(Q 多様体の特性類について*)*
23 March. 2020
- 松尾 悠自 *(MATSUO Yuji)*
Towards Weingarten calculus of twisted special unitary groups $SU_\mu(N)$
*(*変形特殊ユニタリー群 $SU_\mu(N)$ の *Weingarten Calculus* に向けて*)*
23 March. 2020
- 山岸 颯 *(YAMAGISHI Hayate)*
Asymptotic expansion of multiple Skorohod integrals by the commutation relation
*(*交換関係による多重スカラハド積分の漸近展開*)*
23 March. 2020
- 山口 樹 *(YAMAGUCHI Tatsuki)*
A characterization of multiplier ideals via ultraproducts
*(*超積による乗数イデアルの特徴付け*)*
23 March. 2020
- 渡部 潤 *(WATABE Jun)*
ある形で結合した増大の速い非線形項を持つ連立放物型偏微分方程式の時間局所解の存在と非存在
23 March. 2020
- 胡 キン *(HU Xin)*
Hydrodynamic limit of Fractional Navier-Stokes Equation
*(*分数冪ラプラシアンのナビエストークス流体力学極限について*)*
23 March. 2020

- 王 龍 *(WANG Long)*
  On automorphisms and the cone conjecture for Enriques surfaces in odd characteristic
  *(*奇素数標数のエンリケス曲面の自己同型と錐予想について*)*
  23 March. 2020

3. 学術雑誌 - 東大数理科学ジャーナル 第 *26* 巻

Journal of Mathematical Sciences
The University of Tokyo, Vol. 26

Vol. 26 No. 2 Published July 26, 2019

- *Takashi KAJIWARA and Kazuhiro KURATA*
  A Singular Perturbation Problem for Heteroclinic Solutions to the FitzHugh-Nagumo Type Reaction-Diffusion System with Heterogeneitys.
- *Takanori ADACHI and Yoshihiro RYU*
  A Category of Probability Spaces.
- *Kazuya KATO and Takashi SUZUKI*
  Duality Theories for p-Primary Étale Cohomology III.

Vol. 26 No. 3 Published Dec 20, 2019

- *Masanori ASAKURA and Kanetomo SATO with Appendix B By Kei HAGIWARA*
  Chern Class and Riemann-Roch Theorem for Cohomology Theory without Homotopy Invariance.
- *Shigeharu TAKAYAMA*
  Moderate Degenerations of Ricci-Flat Kähler-Einstein Manifolds Over Highers Dimensional Bases.
- *Shigeru TAKAMURA*
  Linearization of Quotient Familiess.

4. 公開講座・研究集会等

Public Lectures · Symposiums · Workshops, etc

FMSP チュートリアル シンポジウム / 数理科学連携基盤センター 共催
Symposium on Mathematics for Various Disciplines 22

表面・界面ダイナミクスの数理 ***17***

2019 年 *4* 月 *17* 日（水）– *4* 月 *19* 日（金）
東京大学大学院数理科学研究科 *056* 号室

プログラム

4 月 ***17*** 日（水）

10:15– 開会

10:30–11:30 横山 悦郎 ***(Yokoyama, E.)***（学習院大学）
表面・界面ダイナミクスの数理入門 – 結晶の成長・溶解蒸発機構とその形態形成 *1*

13:30–14:10 諏訪 嘉宏 ***(Suwa, Y.)***（日本製鉄株式会社）
Phase-field 法を用いた金属の再結晶・粒成長シミュレーション

14:20–15:00 大塚 岳 ***(Ohtsuka, T.)***（群馬大学）
幻視スパイラルの数値計算シミュレーション

15:30–16:10 水野 将司 ***(Mizuno, M.)***（日本大学）
結晶方位差と三重点が時間発展する結晶粒界のダイナミクス

16:10–16:40 討論

4 月 ***18*** 日（木）

10:30–11:30 横山 悦郎 ***(Yokoyama, E.)***（学習院大学）
表面・界面ダイナミクスの数理入門 – 結晶の成長・溶解蒸発機構とその形態形成 *2*

13:30–14:10 山中 淳平 ***(Yamanaka, J.)***（名古屋市立大学）
コロイド分散系の結晶化と相分離

14:20–15:00 高棹 圭介 ***(Takasao, K.)***（京都大学）
動的境界条件付き平均曲率流方程式に対するフェイズフィールド法

15:30–16:10 三浦 達哉 ***(Miura, T.)***（東京工業大学）
凸曲面の *Willmore* エネルギーと凸性崩壊現象

16:20–17:00 上坂 正晃 ***(Uesaka, M.)***（東京大学/*Arithmer* 株式会社）
離散全変動写像流の数値計算法について

4 月 ***19*** 日（金）

13:00–14:00 横山 悦郎 ***(Yokoyama, E.)***（学習院大学）
表面・界面ダイナミクスの数理入門 – 結晶の成長・溶解蒸発機構とその形態形成 *3*

組織委員会：
儀我 美一 *(Giga, Y.)*（東京大学大学院数理科学研究科）
須藤 孝一 *(Sudoh, K.)*（大阪大学産業科学研究所）
横山 悦郎 *(Yokoyama, E.)*（学習院大学計算機センター）
連絡先事務局：木村 佐斗子 *labgiga@ms.u-tokyo.ac.jp*

支援を受けた研究費：
日本学術振興会科学研究費補助金 基盤研究 *(S)* 課題番号：*26220702*

「特異構造が支配する非線形現象の高度形態変動解析」
学習院大学計算機センター特別研究プロジェクト

http://www.ms.u-tokyo.ac.jp/~labgiga/conf_etc_info/sympo_mvd22/
http://fmsp.ms.u-tokyo.ac.jp

Johnson homomorphisms and related topics 2019

May 13 – May 17, 2019
Lecture Hall, Graduate School of Mathematical Sciences, The University of Tokyo

Program

Monday, May 13

10:00–11:00 ***Takao Satoh*** *(Tokyo University of Science) On the Andreadakis conjecture of the automorphism groups of free groups*
11:20–12:20 ***Takuya Sakasai*** *(The University of Tokyo) Johnson homomorphisms up to degree 7*
14:20–15:20 ***Kazuo Habiro*** *(RIMS, Kyoto University) Cyclic nerves of stratified categories*
15:40–16:40 ***Yuta Nozaki*** *(Meiji University) Finiteness of the image of the Reidemeister torsion of a splice*

Tuesday, May 14

10:00–11:00 ***Jacques Darné*** *(Université Grenoble Alpes) The Andreadakis problem and Milnor invariants of (welded) braids up to homotopy*
11:20–12:20 ***Shunsuke Tsuji*** *(RIMS, Kyoto University) The 4th Johnson homomorphism and the 2nd term of the Ohtsuki series*
14:00–15:00 ***Jae Choon Cha*** *(POSTECH) Transfinite lower central series and Milnor invariants of 3-manifolds*
15:20–16:20 ***Luis Paris*** *(Université de Bourgogne) Commensurator and commensurability of braid groups*

Wednesday, May 15

10:00–11:00 ***Hokuto Konno*** *(RIKEN iTHEMS) Characteristic classes defined using 4-dimensional gauge theory*
11:20–12:20 ***Oscar Randal-Williams*** *(University of Cambridge) Cohomology of Torelli groups*

Thursday, May 16

10:00–11:00 ***Anderson Vera*** *(IRMA, Université de Strasbourg) Alternative versions of the Johnson homomorphisms and the LMO functor*
11:20–12:20 ***Hidekazu Furusho*** *(Nagoya University) Kontsevich's eye, Lie graphs and associators*
14:20–15:20 ***Yuuki Tadokoro*** *(National Institute of Technology, Kisarazu College) Pointed harmonic volume and its relation to the extended Johnson homomorphism*
15:40–16:40 ***Martin Kassabov*** *(Cornell University) Co-cycles in the Lie algebra of special derivations*

Friday, May 17

10:00–11:00 ***Minkyoung Song*** *(IBS Center for Geometry and Physics) Invariants of the homology cobordism group of homology cylinders*
11:20–12:20 ***Yusuke Kuno*** *(Tsuda University) Generalized Dehn twists on surfaces and homology cylinders*
13:00– ***Discussion***

Workshop "Complex Geometry 2019 Tokyo"

July 17 – 18, 2019
Room 002, Graduate School of Mathematical Sciences, The University of Tokyo

Program

July 17 (Wed)

13:30–14:30 Mihai Paun (Univ. Bayreuth)
An application of subharmonicity properties of direct images

15:00–16:00 Mario Chan (National Taiwan Univ.)
An Ohsawa-Takegoshi-Manivel-type L^2 extension theorem with estimates with respect to measures supported on lc centres

16:30–17:30 Dano Kim (Seoul National Univ.)
Canonical bundle formula and semipositivity theorems

July 18 (Thu)

11:00–12:00 Jian Song (Rutgers Univ.)
Collapsing behavior of Ricci-flat Kähler metrics and long time solutions of the Kähler-Ricci flow

13:45–14:45 Tomoyuki Hisamoto (Nagoya Univ.)
Multiplier ideal sheaves of a geometric flow optimally destabilize the Fano manifold

15:15–16:15 Takayuki Koike (Osaka City Univ.)
On a neighborhood of an elliptic curve and a gluing construction of K3 surfaces

リーマン面に関連する位相幾何学

2019 年 *9* 月 *6* 日 *(*金*) - 9* 月 *9* 日 *(*月*)*
東京大学大学院数理科学研究科 *123* 教室

Program

9 月 ***6*** 日 *(*金*)*

9:50–10:50 宮地 秀樹 *(*金沢大数物*)* タイヒミュラー空間における複素関数論および多重ポテンシャル論に向けて*, 1*
11:20–12:10 三口 雄大 *(*阪大理*) Coordinates of decorated enhanced Teichmüller spaces*
14:00–15:00 石橋 典 *(*東大数理*) Cluster realization of Weyl groups and higher Teichmüller theory*

15:20–16:20　中村 豪 *(*愛知工大*) A subgroup of the mapping class group and its action on extremal surfaces of genus two*

16:40–17:40　宮地 秀樹 *(*金沢大数物*)* タイヒミュラー空間における複素関数論および多重ポテンシャル論に向けて*, 2*

9*月 *7*日 *(*土*)

9:50–10:50　岩木 耕平 *(*名大多元数理*) Topological recursion and Painlevé I τ-function*

11:20–12:10　中津 了勇 *(*摂南大理工*) Hodge* 積分と位相的頂点の理論

14:00–15:00　納谷 信 *(*名大多元数理*) Riemannian metrics maximizing the first eigenvalue of the Laplacian on a closed surface*

15:20–16:20　蔦谷 充伸 *(*九大数理*) De Rham cohomology of the weak stable foliation of the geodesic flow of a hyperbolic surface*

16:40–17:40　清水 雄貴 *(*京大理*) Killing* ベクトル場が生成する特異 *Riemann* 葉層構造から見た曲面上の流体力学

9*月８日 *(*日*)

9:50–10:50　高木 寛通 *(*学習院大*)* スピン超楕円曲線のモジュライの有理性について

11:20–12:10　岩尾 慎介 *(*東海大理*)* トロピカル *KP* 方程式とヤング盤

14:00–15:00　狩野 隼輔 *(*東工大理学院*)* 曲面の擬 *Anosov* 写像類と圏論的エントロピー

15:20–16:20　山下 真由子 *(*京大数理研*) A K-theoretic approach to local signatures*

16:40–17:40　松本 幸夫 *(*学習院大*)* タイヒミュラー空間に付随する結晶群について

9*月９日 *(*月*)

9:50–10:50　門田 直之 *(*岡山大理*)* ファイバー和分解不可能で極小な種数 *2* の *Lefschetz fibration* の存在

11:20–12:10　笠原 泰 *(*高知工科大*)* 高種数写像類群の低次元複素線形表現について

FMSP Tutorial Symposium / 数理科学連携基盤センター共催
Symposium on Mathematics for Various Disciplines 23

Mathematical Aspects of Surface and Interface Dynamics 18

表面・界面ダイナミクスの数理 *18*

October 16 – October 18, 2019
Lecture Hall / Room 056, Graduate School of Mathematical Sciences,
The University of Tokyo

Program

Wednesday, October 16　*Room 056*

10:15–　***Opening***

10:30–11:30　***Dionisios Margetis*** *(University of Maryland–College Park)*
Three tales of three scales in epitaxial growth
– Lecture 1: On the fundamentals of crystal surface morphological evolution

13:30–14:00　***Discussion***

14:00–14:40　***Michal Beneš*** *(Czech Technical University in Prague)*
Mathematical modelling of interface motion in material science

14:50–15:30　***Junpei Yamanaka*** *(Nagoya City University)*

Interface dynamics of colloidal systems

15:50–16:30 ***Takeshi Ohtsuka*** *(Gunma University)*
A level set approach to the crystalline motion of spiral steps and its application to interlace spirals

16:30–17:00 ***Discussion***

Thursday, October 17 *Lecture Hall*

10:30–11:30 ***Dionisios Margetis*** *(University of Maryland–College Park)*
Three tales of three scales in epitaxial growth
– Lecture 2: From discrete schemes to macroscopic laws:
Reconciling step motion with crystal facet evolution

13:30–14:00 ***Discussion***

14:00–14:40 ***Goro Akagi*** *(Tohoku University)*
Traveling wave dynamics for Allen-Cahn equations with non-decreasing constraint

14:50–15:30 ***Koya Sakakibara*** *(Kyoto University/RIKEN)*
Numerical analysis of constrained total variation flows

15:30–16:00 ***Discussion***

16:20–17:00 ***Nao Hamamuki*** *(Hokkaido University)*
On large time behavior of some crystal growth problems

17:00–17:20 ***Discussion***

Friday, October 18 *Lecture Hall*

10:30–11:30 ***Dionisios Margetis*** *(University of Maryland–College Park)*
Three tales of three scales in epitaxial growth
– Lecture 3: From atoms to step flow: The atomistic origin of the Burton-Cabrera-Frank model

13:30–14:00 ***Discussion***

14:00–14:40 ***Koichi Sudoh*** *(Osaka University)*
Peculiar behavior in surface-diffusion-driven evolution of crystalline micro-structures

Organizers:
Yoshikazu Giga (The University of Tokyo)
Koichi Sudoh (Osaka University)
Etsuro Yokoyama (Gakushuin University)
Secretariat: Satoko Kimura/labgiga@ms.u-tokyo.ac.jp

支援を受けた研究費：日本学術振興会科学研究費補助金
基盤研究 *(S) 26220702,* 基盤研究 *(S) 19H05599,* 基盤研究 *(A) 17H01091,* 挑戦的研究 *(*開拓*) 18H05323*
学習院大学計算機センター特別研究プロジェクト
協賛：日本結晶成長学会 結晶成長基礎・評価分科会

http://www.ms.u-tokyo.ac.jp/˜labgiga/conf_etc_info/sympo_mvd23/
http://fmsp.ms.u-tokyo.ac.jp

FMSP symposium

Geometric Analysis and General Relativity

November 21 – November 23, 2019
Lecture Hall, Graduate School of Mathematical Sciences, The University of Tokyo

Program

Thursday, November 21

9:30–10:30 ***Stefan Hollands*** *(University of Leipzig)*
Stability of black holes and thermodynamics

10:40–11:40 ***Jeff Jauregui*** *(Union College)*
Recent developments on Bartnik's quasi-local mass

13:00–14:00 ***Marcus Khuri*** *(Stony Brook University)*
Geometric Inequalities for Quasi-Local Masses

14:10–15:10 ***Miyuki Koiso*** *(Kyushu University)*
Variational problem for anisotropic surface energy

15:30–16:30 ***Koya Sakakibara*** *(Kyoto University and RIKEN)*
Numerical analysis of discrete total variation flow with manifold constraint

Friday, November 22

9:30–10:30 ***Peter Topping*** *(University of Warwick)*
Gradient flows for the harmonic map energy

10:40–11:40 ***Tatsuya Miura*** *(Tokyo Institute of Technology)*
Some estimates of mean curvature integrals for convex surfaces

13:00–14:00 ***Lan-Hsuan Huang*** *(University of Connecticut)*
Minimial mass extensions and vacuum stationary

14:10–15:10 ***Asuka Takatsu*** *(Tokyo Metropolitan University)*
Equality in the logarithmic Sobolev inequality

15:30–16:30 ***Michiaki Onodera*** *(Tokyo Institute of Technology)*
Foliated solutions to Bernoulli's free boundary problem

16:40–17:40 ***Makoto Nakamura*** *(Yamagata University)*
On the semilinear partial differential equations in homogeneous and isotropic spacetimes

Saturday, November 23

9:30–10:30 ***Ngô Quốc Anh*** *(VNU University of Science and The University of Tokyo)*
A new point of view on the solutions to the Einstein constraint equations with arbitrary mean curvature

10:40–11:40 ***Richard Schoen*** *(University of California, Irvine)*
The problem of quasi-local mass in general relativity

Organizers:
Sumio Yamada (Gakushuin University)
Yosikazu Giga (The University of Tokyo)
Richard Schoen (University of California, Irvine)

Supported in part by
JSPS Grants-in-Aid for Scientific Research KAKENHI 17H01091, 18H05323
JSPS International Fellowships for Research in Japan (短期 *S*)
数物フロンティア・リーディング大学院 *(FMSP)*

Super-Riemann surfaces and related topics

December 2 – December 4, 2019
Rooms 123 and 128, Graduate School of Mathematical Sciences, The University of Tokyo

Program

Monday, December 2

10:30–11:30 ***Yusuke Kuno*** *(Tsuda University) On spin structures associated with a trivalent fatgraph spine*
13:00–15:00 ***Anton Zeitlin*** *(Louisiana State University) Introduction to the theory of super Riemann surfaces*
Tuesday, December 3

10:30–11:30 ***Casey Blacker*** *(East China Normal University) Polysymplectic Reduction and the Moduli Space of Flat Connections*
13:00–15:00 ***Anton Zeitlin*** *(Louisiana State University)* $N = 1$ *and* $N = 2$ *super-Teichmueller theory*
15:30–16:30 ***Shinobu Hikami*** *(OIST) Ramond punctures and p-spin curves in a random matrix theory*
17:00–18:30 ***Anton Zeitlin*** *(Louisiana State University) (*Tuesday Seminar on Topology*) Homotopy Gerstenhaber algebras, Courant algebroids, and Field Equations*
Wednesday, December 4

10:30–11:30 ***Motoko Kato*** *(Ehime University) Thompson's groups and their actions on non-positively curved spaces*
13:00–15:00 ***Anton Zeitlin*** *(Louisiana State University) Super-Teichmueller theory: some recent results*

UTokyo-NTU Joint Symposium in Mathematics

December 9 – December 10, 2019
Room 128, Graduate School of Mathematical Sciences, The University of Tokyo

Program

Monday, December 9
Opening Talks:

14:20–15:10 ***Toshitake Kohno*** *(Dean of Math. Sci. UTokyo),* ***Jungkai Chen*** *(NTU, director of NCTS),* ***Mao-Pei Tsui*** *(Chair of Mathematics, NTU)*
Academic exchange in mathematics between NTU and UTokyo

Scientific Talks in Geometry and Algebraic Geometry:

15:20–16:10 ***Mao-Pei Tsui*** *(NTU)*
Quantitative nullhomototy and mean curvature flow
16:30–17:20 ***Yalong Cao*** *(IPMU)*
Curve counting via stable objects in derived categories of Calabi-Yau 4-folds

17:40–18:30 ***Hsueh-Yung Lin*** *(IPMU)*
On the existence of algebraic approximations of compact Kaehler threefolds

Tuesday, December 10
Scientific Talks in PDE:

10:00–10:50 ***Chun-Hsiung Hsia*** *(NTU)*
On the mathematical analysis of synchronization for the time-delayed Kuramoto oscillators
11:10–12:00 ***Ken Furukawa*** *(UTokyo)*
On the singular limit problem from the Navier-Stokes equation to the primitive equation
12:10–13:00 ***Tsuyoshi Yoneda*** *(UTokyo)*
A remark on the zeroth law and instantaneous vortex stretching on the incompressible 3D Euler equations
14:20–15:10 ***Pen-Yuan Hsu*** *(UTokyo)*
Continuous alignment of vorticity direction prevents the blow-up of the Navier-Stokes flow under the no-slip boundary condition
15:10–15:30 ***Tea Break***
15:30–16:20 ***I-Kun Chen*** *(NTU)*
Singularity and regularity of stationary solutions to the Boltzmann equations

Tuesday Seminar of Analysis:

16:50–18:20 ***Tobias Barker*** *(ENS)*
Vorticity alignment vs vorticity creation at the boundary

Organizers:
Yoshikazu Giga, Toshitake Kohno, Keiji Oguiso, Tsuyoshi Yoneda

Supported by Strategic Partnerships Project between UTokyo and NTU

WINGS-FMSP, FMSP 院生集中講義

2020 年 *3* 月 *5* 日（木）– *3* 月 *6* 日（金）
東京大学駒場キャンパス 大学院数理科学研究科棟 *056* 教室

プログラム

3 月 ***5*** 日（水）

13:00–14:00 佐藤 翔一（東京大学大学院数理科学研究科）
Equivalence of viscosity solutions and distributional solutions for the time-fractional heat equation
14:20–15:50 古川 賢（東京大学大学院数理科学研究科）
動的境界条件付き線形楕円型方程式の最大正則性のクラスでの可解性

3 月 ***6*** 日（木）

13:00–14:00 林 晃平（東京大学大学院数理科学研究科）
Spatial-segregation limit for exclution processes with two components under unbalanced reaction

連絡先
向井 晨人（東京大学大学院数理科学研究科博士課程 *2* 年）*: amukai@ms.u-tokyo.ac.jp*
岡本 潤（東京大学大学院数理科学研究科博士課程 *1* 年）*: okamoto@ms.u-tokyo.ac.jp*

5. 談話会

Colloquium

- 日時：*4* 月 *26* 日（金）*15:30*〜*16:30*
  場所：数理科学研究科棟（駒場）*056* 号室
  講師：吉田善章 氏 *(*東京大学新領域創成科学研究科*)*
  題目：*Lie-Poisson* 代数の「変形」とカイラルな場の理論

- 日時：*5* 月 *24* 日（金）*15:30*〜*16:30*
  場所：数理科学研究科棟（駒場）*002* 号室
  講師：岡本龍明 氏 *(NTT)*
  題目：「ポスト量子」暗号と格子暗号

- 日時：*6* 月 *28* 日（金）*15:30*〜*16:30*
  場所：数理科学研究科棟（駒場）*056* 号室
  講師：木田良才 氏 *(*東京大学数理科学研究科*)*
  題目：軌道同値関係への誘い

- 日時：*10* 月 *25* 日（金）*15:30*〜*16:30*
  場所：数理科学研究科棟（駒場）*123* 号室
  講師：*Yves Benoist* 氏 *(CNRS, Paris-Sud)*
  題目：*Arithmeticity of discrete subgroups*

- 日時：*11* 月 *8* 日（金）*15:30*〜*16:30*
  場所：数理科学研究科棟（駒場）*056* 号室
  講師：斎藤秀司 氏 *(*東京大学数理科学研究科*)*
  題目：モチーフ理論と分岐理論への応用

- 日時：*12* 月 *20* 日（金）*15:30*〜*16:30*
  場所：数理科学研究科棟（駒場）*056* 号室
  講師：楠岡成雄 氏 *(*東京大学・明治大学*)*
  題目：機械学習に関する一考察

6. 公開セミナー

Seminars

複素解析幾何セミナー

- 日時 *: 4* 月 *15* 日 *(*月*)10:30 – 12:00*
  講師 *:* 大沢 健夫 *(*名古屋大学*)*
  題目 *:* ある種の完備ケーラー多様体上の *L2* 評価とその応用

- 日時 *: 4* 月 *22* 日 *(*月*)10:30 – 12:00*
  講師 *:* 久本 智之 *(*名古屋大学*)*
  題目 *: Optimal destabilizer for a Fano manifold*

- 日時 *: 5* 月 *13* 日 *(*月*)10:30 – 12:00*
  講師 *:* 只野 誉 *(*東京理科大学*)*
  題目 *: Some Bonnet–Myers Type Theorems for Transverse Ricci Solitons on Complete Sasaki Manifolds*

- 日時 *: 5* 月 *20* 日 *(*月*)10:30 – 12:00*
  講師 *:* 奥間 智弘 *(*山形大学*)*
  題目 *: Cohomology and normal reduction numbers of normal surface singularities*

- 日時 *: 5* 月 *27* 日 *(*月*)10:30 – 12:00*
  講師 *:* 小池 貴之 *(*大阪市立大学*)*
  題目 *: Gluing construction of K3 surfaces*

- 日時 *: 6* 月 *17* 日 *(*月*)10:30 – 12:00*
  講師 *: Andrei Pajitnov (Universite de Nantes)*
  題目 *: Inoue surfaces and their generalizations*

- 日時 *: 6* 月 *24* 日 *(*月*)10:30 – 12:00*
  講師 *:* 山盛 厚伺 *(*工学院大学*)*
  題目 *: A certain holomorphic invariant and its applications*

- 日時 *: 7* 月 *1* 日 *(*月*)10:30 – 12:00*
  講師 *: Yeping Zhang (*京都大学*)*
  題目 *: BCOV invariant and birational equivalence*

- 日時 *: 7* 月 *8* 日 *(*月*)10:30 – 12:00*
  講師 *:* 金子 宏 *(*東京理科大学*)*
  題目 *:* 荷重つき無限グラフにおけるリーマン-ロッホの定理

- 日時 *: 9* 月 *30* 日 *(*月*)10:30 – 12:00*
  講師 *:* 濱野 佐知子 *(*大阪市立大学*)*
  題目 *: Rigidity of the directional moduli on pseudoconvex domains fibered by open Riemann surfaces*

- 日時 : *10* 月 *7* 日 *(*月*)10:30 – 12:00*
  講師 : 千葉 優作 *(*お茶の水女子大学*)*
  題目 : *Cohomology of vector bundles and non-pluriharmonic loci*

- 日時 : *10* 月 *21* 日 *(*月*)10:30 – 12:00*
  講師 : 松本 佳彦 *(*大阪大学*)*
  題目 : *Canonical almost complex structures on ACH Einstein manifolds*

- 日時 : *10* 月 *28* 日 *(*月*)10:30 – 12:00*
  講師 : 野口 潤次郎 *(*東京大学*)*
  題目 : *On Kiyoshi Oka's unpublished papers 1943*

- 日時 : *11* 月 *18* 日 *(*月*)10:30 – 12:00*
  講師 : 吉川 謙一 *(*京都大学*)*
  題目 : *j-invariant and Borcherds Phi-function*

- 日時 : *12* 月 *2* 日 *(*月*)10:30 – 12:00*
  講師 : 本多 宣博 *(*東京工業大学*)*
  題目 : *Moishezon* ツイスター空間の分類に向けて

- 日時 : *12* 月 *9* 日 *(*月*)10:30 – 12:00*
  講師 : 北岡 旦 *(*東京大学*)*
  題目 : *Analytic torsions associated with the Rumin complex on contact spheres*

- 日時 : *12* 月 *11* 日 *(*水*)16:00 – 17:00*
  講師 : *Joel Merker (Paris Sud)*
  題目 : *Einstein-Weyl structures*

- 日時 : *12* 月 *16* 日 *(*月*)10:30 – 12:00*
  講師 : 細野 元気 *(*東北大学*)*
  題目 : *A simplified proof of the optimal* L^2 *extension theorem and its application*

- 日時 : *2020* 年 *1* 月 *20* 日 *(*月*)10:30 – 12:00*
  講師 : 足立 真訓 *(*静岡大学*)*
  題目 : *Diederich-Fornaess and Steinness indices for abstract CR manifolds*

- 日時 : *2020* 年 *1* 月 *27* 日 *(*月*)10:30 – 12:00*
  講師 : 辻 元 *(*上智大学*)*
  題目 : *Canonical measure and it' s applications*

- 日時 : *2020* 年 *2* 月 *17* 日 *(*月*)10:30 – 12:00*
  講師 : 満渕 俊樹 *(*大阪大学*)*
  題目 : *Precompactness of the moduli space of pseudo-normed graded algebras*

代数幾何学セミナー

- 日時 : *4* 月 *24* 日 *(*水*)15:30 – 17:00*
  講師 : 吉川 翔 *(*東京大学大学院数理科学研究科*)*
  題目 : *Varieties of dense globally F-split type with a non-invertible polarized endomorphism*

- 日時 : *5* 月 *8* 日 *(*水*)15:30 – 17:00*
  講師 : 橋詰 健太 *(*東京大学大学院数理科学研究科*)*
  題目 : *On Minimal model theory for log canonical pairs with big boundary divisors*

- 日時 : *5* 月 *15* 日 *(*水*)15:30 – 17:00*
  講師 : 藤野 修 *(*大阪大学*)*
  題目 : *On quasi-log canonical pairs*

- 日時 : *5* 月 *22* 日 *(*水*)15:30 – 17:00*
  講師 : 河上 龍郎 *(*東京大学大学院数理科学研究科*)*
  題目 : *Bogomolov type vanishing on three-dimensional Mori fiber spaces in positive characteristic*

- 日時 : *5* 月 *29* 日 *(*水*)15:30 – 17:00*
  講師 : 江 辰 *(Fudan/MSRI)*
  題目 : *Minimal log discrepancies of 3-dimensional non-canonical singularities*

- 日時 : *6* 月 *19* 日 *(*水*)15:30 – 17:00*
  講師 : 鈴木 文顕 *(*イリノイ州立シカゴ大学*)*
  題目 : *A pencil of Enriques surfaces with non-algebraic integral Hodge classes*

- 日時 : *6* 月 *28* 日 *(*金*)15:30 – 17:00*
  講師 : 谷本 祥 *(*熊本*)*
  題目 : *Rational curves on prime Fano 3-folds*

- 日時 : *7* 月 *5* 日 *(*金*)10:30 – 12:00*
  講師 : 榎園 誠 *(*東京理科大学*)*
  題目 : *Durfee-type inequality for complete intersection surface singularities*

- 日時 : *7* 月 *9* 日 *(*火*)13:00 – 14:30*
  講師 : 佐野 太郎 *(*神戸大学*)*
  題目 : *Construction of non-Kähler Calabi-Yau 3-folds by smoothing normal crossing varieties*

- 日時 : *10* 月 *16* 日 *(*水*)15:30 – 17:00*
  講師 : 佐藤 悠介 *(*東京大学大学院数理科学研究科*/ IPMU)*
  題目 : *Multidimensional continued fraction for Gorenstein cyclic quotient singularity*

- 日時 : *10* 月 *30* 日 *(*水*)15:30 – 17:00*
  講師 : *Andrew Macpherson (IPMU)*
  題目 : *A Tannakian perspective on rigid analytic geometry*

- 日時 : *12* 月 *3* 日 *(*火*)14:30 – 16:00*
  講師 : *Gavril Farkas (Humboldt Univ. Berlin)*
  題目 : *Moduli of K3 surfaces via cubic 4-folds*

- 日時 : *2020* 年 *1* 月 *21* 日 *(*火*)15:30 – 17:00*
  講師 : *Matthias Schütt (Universitẗ Hannover)*
  題目 : *(Few) rational curves on K3 surfaces*

- 日時 : *2020* 年 *2* 月 *21* 日 *(*金*)13:30 – 15:00*
  講師 : *Jakub Witaszek (Michigan)*
  題目 : *Keel's theorem and quotients in mixed characteristic*

トポロジー火曜セミナー

- 日時 : *4* 月 *2* 日 *(*火*)17:00 – 18:30*
  講師 : *Jongil Park (Seoul National University)*
  題目 : *A topological interpretation of symplectic fillings of a normal surface singularity*

- 日時 : *4* 月 *9* 日 *(*火*)17:00 – 18:30*
  講師 : 中島 啓 *(Kavli IPMU,* 東京大学大学院数理科学研究科*)*
  題目 : *Coulomb branches of 3d SUSY gauge theories*

- 日時 : *4* 月 *16* 日 *(*火*)17:00 – 18:30*
  講師 : 大鹿 健一 *(*学習院大学*)*
  題目 : *Thurston's bounded image theorem*

- 日時 : *4* 月 *23* 日 *(*火*)17:00 – 18:30*
  講師 : *Christine Vespa (UniversitÃl de Strasbourg)*
  題目 : *Higher Hochschild homology as a functor*

- 日時 : *5* 月 *14* 日 *(*火*)17:00 – 18:30*
  講師 : *J. Scott Carter (University of South Alabama,* 大阪市立大学*)*
  題目 : *Diagrammatic Algebra*

- 日時 : *5* 月 *21* 日 *(*火*)17:00 – 18:30*
  講師 : *Maria de los Angeles Guevara (*大阪市立大学*)*
  題目 : *On the dealternating number and the alternation number*

- 日時 : *5* 月 *28* 日 *(*火*)17:00 – 18:30*
  講師 : *R. Inanc Baykur (University of Massachusetts)*
  題目 : *Exotic four-manifolds via positive factorizations*

- 日時 : *6* 月 *4* 日 *(*火*) 17:00 – 18:30*
  講師 : 福田 瑞季 *(*東京学芸大学*)*
  題目 : *Gluck twist on branched twist spins*

- 日時 : *6* 月 *18* 日 *(*火*)17:00 – 18:30*
  講師 : 谷口 正樹 *(*東京大学大学院数理科学研究科*)*
  題目 : *Filtered instanton homology and the homology cobordism group*

- 日時 : *6* 月 *25* 日 *(*火*)17:00 – 18:30*
  講師 : *Tian-Jun Li (University of Minnesota)*
  題目 : *Geometry of symplectic log Calabi-Yau surfaces*

- 日時 : *7* 月 *2* 日 *(*火*)17:00 – 18:30*
  講師 : 若月 駿 *(*東京大学大学院数理科学研究科*)*
  題目 : *Brane coproducts and their applications*

- 日時 : *7* 月 *9* 日 *(*火*)17:00 – 18:30*
  講師 : *Florent Schaffhauser (UniversitÃl de Strasbourg)*
  題目 : *Mod 2 cohomology of moduli stacks of real vector bundles*

- 日時 : *7* 月 *16* 日 *(*火*)17:00 – 18:30*
  講師 : 茂手木 公彦 *(*日本大学*)*
  題目 : *Seifert vs. slice genera of knots in twist families and a characterization of braid axes*

- 日時 : *10* 月 *1* 日 *(*火*)17:00 – 18:30*
  講師 : 村上 順 *(*早稲田大学*)*
  題目 : *Quantized SL(2) representations of knot groups*

- 日時 : *10* 月 *8* 日 *(*火*)17:30 – 18:30*
  講師 : 塚本 真輝 *(*九州大学*)*
  題目 : いかにして双曲的力学系を群作用に拡張するか？

- 日時 : *10* 月 *15* 日 *(*火*)17:00 – 18:30*
  講師 : *Gwénaël Massuyeau (Université de Bourgogne)*
  題目 : *Generalized Dehn twists on surfaces and surgeries in 3-manifolds*

- 日時 : *10* 月 *29* 日 *(*火*)17:00 – 18:30*
  講師 : *Chung-Jun Tsai (National Taiwan University)*
  題目 : *Strong stability of minimal submanifolds*

- 日時 : *11* 月 *5* 日 *(*火*)17:00 – 18:30*
  講師 : 五味 清紀 *(*東京工業大学*)*
  題目 : *Magnitude homology of geodesic space*

- 日時 : *11* 月 *19* 日 *(*火*)17:0 – 18:30*
  講師 : *Ramón Barral Lijó (*立命館大学*)*
  題目 : *The smooth Gromov space and the realization problem*

- 日時 : *11* 月 *26* 日 *(*火*)17:00 – 18:30*
  講師 : *Marco De Renzi (*早稲田大学*)*
  題目 : *2+1-TQFTs from non-semisimple modular categories*

- 日時 : *12* 月 *3* 日 *(*火*)17:00 – 18:30*
  講師 : *Anton Zeitlin (Louisiana State University)*
  題目 : *Homotopy Gerstenhaber algebras, Courant algebroids, and Field Equations*

- 日時 : *12* 月 *10* 日 *(*火*)17:00 – 18:30*
  講師 : 小木曽 岳義 *(*城西大学*)*
  題目 : *q-Deformation of a continued fraction and its applications*

- 日時 : *12* 月 *17* 日 *(*火*)17:00 – 18:30*
  講師 : 入江 慶 *(*東京大学大学院数理科学研究科*)*
  題目 : *Symplectic homology of fiberwise convex sets and homology of loop spaces*

- 日時 : *2020* 年 *1* 月 *7* 日 *(*火*)17:00 – 18:00*
  講師 : 浅尾 泰彦 *(*東京大学大学院数理科学研究科*)*
  題目 : *Magnitude homology of crushable spaces*

- 日時 : *2020* 年 *1* 月 *7* 日 *(*火*)18:00 – 19:00*
  講師 : 浅野 知紘 *(*東京大学大学院数理科学研究科*)*
  題目 : *Intersection number estimate of rational Lagrangian immersions in cotangent bundles via microlocal sheaf theory*

- 日時 : *2020* 年 *1* 月 *14* 日 *(*火*)17:00 – 18:00*
  講師 : 茅原 涼平 *(*東京大学大学院数理科学研究科*)*
  題目 : *SO(3)-invariant G_2-geometry*

- 日時 : *2020* 年 *1* 月 *14* 日 *(*火*)18:00 – 19:00*
  講師 : 石橋 典 *(*東京大学大学院数理科学研究科*)*
  題目 : *Algebraic entropy of sign-stable mutation loops*

- 日時 : *2020* 年 *1* 月 *28* 日 *(*火*)17:00 – 18:00*
  講師 : 関野 希望 *(*東京大学大学院数理科学研究科*)*
  題目 : *Existence problems for fibered links*

- 日時 : *2020* 年 *1* 月 *28* 日 *(*火*)18:00 – 19:00*
  講師 : 渡部 淳 *(*東京大学大学院数理科学研究科*)*
  題目 : *Fibred cusp b-pseudodifferential operators and its applications*

Lie 群・表現論セミナー

- 日時 : *10* 月 *23* 日 *(*水*)16:30 – 18:00*
  講師 : *Clemens Weiske (Aarhus University)*
  題目 : *Symmetry breaking and unitary branching laws for finite-multiplicity pairs of rank one*

- 日時 : *10* 月 *30* 日 *(*水*)16:30 – 18:00*
  講師 : *Quentin Labriet (Reims University)*
  題目 : *On holographic transform*

- 日時 : *2020* 年 *1* 月 *21* 日 *(*火*)14:00 – 16:00*
  講師 : *Joseph Bernstein (Tel Aviv University)*
  題目 : *On Plancherel measure*

- 日時 : *2020* 年 *1* 月 *27* 日 *(*月*)10:00 – 11:00*
  講師 : *Joseph Bernstein (Tel Aviv and The University of Tokyo)*
  題目 : *TBA*

- 日時 : *2020* 年 *1* 月 *27* 日 *(*月*)11:20 – 12:20*
  講師 : *Toshiyuki Kobayashi (The University of Tokyo)*
  題目 : *Regular Representations on Homogeneous Spaces*

- 日時 : *2020* 年 *1* 月 *27* 日 *(*月*)14:00 – 15:00*
  講師 : *Laura Geatti (Tel Aviv and The University of Tokyo)*
  題目 : *The adapted hyper-Kähler structure on the tangent bundle of a Hermitian symmetric space*

- 日時 : *2020* 年 *1* 月 *27* 日 *(*月*)15:30 – 16:30*
  講師 : *Simon Gindikin (Rutgers University)*
  題目 : *UNIVERSAL NATURE OF THE HOROSPHERICAL TRANSFORM IN SYMMETRIC SPACES*

- 日時 : *2020* 年 *1* 月 *28* 日 *(*火*)10:00 – 11:00*
  講師 : *Taito Tauchi (The University of Tokyo)*
  題目 : *Relationship between orbit decomposition on the flag varieties and multiplicities of induced representations*

- 日時 : *2020* 年 *1* 月 *28* 日 *(*火*)11:20 – 12:20*
  講師 : *Mikhail Kapranov (Kavli IPMU)*
  題目 : *TBA*

- 日時 : *2020* 年 *1* 月 *28* 日 *(*火*)14:00 – 15:00*
  講師 : *Michael Pevzner (University of Reims)*
  題目 : *From Symmetry breaking toward holographic transform in representation theory*

- 日時 : *2020* 年 *1* 月 *28* 日 *(*火*)15:30 – 16:30*
  講師 : *Leticia Barchini (Oklahoma University)*
  題目 : *Cells of Harish-Chandra modules*

- 日時 : *2020* 年 *2* 月 *5* 日 *(*水*)15:00 – 16:00*
  講師 : *Simon Gindikin (Rutgers University)*
  題目 : *Direct inversion of the horospherical transform on Riemannian symmetric spaces*

数値解析セミナー

- 日時 : 4 月 8 日 (月)16:50 - 18:20
  講師 : 高石 武史 (武蔵野大学工学部)
  題目 : 粘弾性を反映したフェーズフィールドき裂進展モデル

- 日時 : 4 月 22 日 (月)16:50 – 18:20
  講師 : 及川 一誠 (一橋大学大学院経営管理科)
  題目 : HDG 法の超収束について

- 日時 : 5 月 13 日 (月)16:50 - 18:20
  講師 : 相島 健助 (法政大学情報科学部)
  題目 : 対称固有値問題に対する反復改良法

- 日時 : 7 月 1 日 (月)16:50 – 18:20
  講師 : 河原田 秀夫 (AMSOK, 千葉大学名誉教授)
  題目 : セラミックス球によるスケール形成防止効果と人体に及ぼす効用

- 日時 : 7 月 8 日 (月)16:50 – 18:20
  講師 : 松田 孟留 (東京大学大学院情報理工学系研究科)
  題目 : 離散化誤差を考慮した常微分方程式モデルのパラメータ推定

- 日時 : 8 月 19 日 (月)13:00 – 14:00
  講師 : Eric Chung (The Chinese University of Hong Kong)
  題目 : Staggered hybridisation for discontinuous Galerkin methods

- 日時 : 8 月 19 日 (月)14:30 – 15:30
  講師 : Feifei Jing (Northwestern Polytechnical University)
  題目 : DG and HDG methods for the variational inequality problems

- 日時 : 8 月 19 日 (月)16:00 – 16:30
  講師 : 及川 一誠 (一橋大学)
  題目 : A new HDG method using a hybridized flux

- 日時 : 8 月 19 日 (月)16:30 – 17:00
  講師 : 柏原 崇人 (東京大学数理科学研究科)
  題目 : Numerical approximation of the StokesâĂŞDarcy problem using discontinuous linear elements

- 日時 : 9 月 25 日 (水)16:30 – 18:00
  講師 : 周 冠宇 (東京理科大学理学部)
  題目 : Keller-Segel 方程式の保存型の有限体積法について

- 日時 : 12 月 9 日 (月)16:50 – 18:20
  講師 : 劉 雪峰 (新潟大学理学部)
  題目 : ポアソン方程式の有限要素解の各点誤差評価—加藤・藤田の方法への再検討

- 日時 : *12* 月 *16* 日 *(*月*)16:50 – 18:20*
  講師 : 上田 祐暉 *(The Hong Kong Polytechnic University)*
  題目 : *A second-order stabilization method for linearizing and decoupling nonlinear parabolic systems*

- 日時 : *2020* 年 *1* 月 *20* 日 *(*月*)16:50 – 18:20*
  講師 : *Yves A. B. C. Barbosa (Politecnico di Milano)*
  題目 : *Isogeometric Hierarchical Model Reduction: from analysis to patient-specific simulations*

PDE 実解析研究会

- 日時 : *6* 月 *4* 日 *(*火*)10:30 – 11:30*
  講師 : *Giuseppe Mingione (Università di Parma)*
  題目 : *Recent progresses in nonlinear potential theory*

- 日時 : *6* 月 *18* 日 *(*火*)10:30 – 11:30*
  講師 : *Piotr Rybka (University of Warsaw)*
  題目 : *Ways to treat a diffusion problem with the fractional Caputo derivative*

- 日時 : *7* 月 *23* 日 *(*火*)13:00 – 14:00*
  講師 : *Tianling Jin (The Hong Kong University of Science and Technology)*
  題目 : *On the isoperimetric ratio over scalar-flat conformal classes*

- 日時 : *11* 月 *19* 日 *(*火*)10:30 – 11:30*
  講師 : *Peter Topping (University of Warwick)*
  題目 : *Starting Ricci flow with rough initial data*

- 日時 : *11* 月 *26* 日 *(*火*)10:30 – 11:30*
  講師 : *Dan Tiba (Institute of Mathematics of the Romanian Academy / Academy of Romanian Scientists)*
  題目 : *A Hamiltonian approach with penalization in shape and topology optimization*

- 日時 : *2020* 年 *2* 月 *28* 日 *(*金*)16:00 – 17:00*
  講師 : *Maximilian Moser (University of Regensburg)*
  題目 : *Convergence of the Allen-Cahn equation with a nonlinear Robin-boundary condition to mean curvature flow with constant contact angle*

統計数学セミナー

- 日時 : *6* 月 *18* 日 *(*火*)11:00 – 12:10*
  講師 : *Xiaohui Chen (University of Illinois at UrbanaâĂŞChampaign)*
  題目 : *Gaussian and bootstrap approximations of high-dimensional U-statistics with applications and extensions*

- 日時 : *12* 月 *27* 日 *(*金*)15:00 – 16:10*
  講師 : *Xiao Fang (Chinese University of Hong Kong)*
  題目 : *High order distributional approximations by Stein's method*

- 日時 : *12* 月 *27* 日 *(*金*)16:30 – 17:40*
  講師 : *Nikolai Leonenko (Cardiff University)*
  題目 : *Heavy-Tailed Fractional Pearson Diffusions*

- 日時 : *2020* 年 *2* 月 *12* 日 *(*水*)15:00 – 16:10*
  講師 : *Lorenzo Mercuri (University of Milan)*
  題目 : *Handling the underlying noise of Stochastic Differential Equations in YUIMA project*

諸分野のための数学研究会

- 日時 : *5* 月 *28* 日 *(*火*)10:30 – 11:30*
  講師 : 岡部 弘基 *(*東京大学大学院薬学系研究科*)*
  題目 : 細胞内熱拡散の定量的追跡

代数学コロキウム

- 日時 : *4* 月 *10* 日 *(*水*)17:30 – 18:30*
  講師 : *Zongbin Chen (*丘成桐数学科学中心, 清華大学*)*
  題目 : *The geometry of the affine Springer fibers and Arthur's weighted orbital integrals*

- 日時 : *4* 月 *17* 日 *(*水*)17:00 – 18:00*
  講師 : 高松 哲平 *(*東京大学数理科学研究科*)*
  題目 : *On the Shafarevich conjecture for minimal surfaces of Kodaira dimension 0*

- 日時 : *4* 月 *24* 日 *(*水*)17:30 – 18:30*
  講師 : *Joseph Ayoub (University of Zurich)*
  題目 : P^1*-localisation and a possible definition of arithmetic Kodaira-Spencer classes*

- 日時 : *4* 月 *30* 日 (水)*17:00 – 18:00*
  講師 : *Jean-Francois Dat (Sorbonne University)*
  題目 : *Moduli space of l-adic Langlands parameters and the stable Bernstein center*

- 日時 : *5* 月 *8* 日 (水)*17:00 – 18:00*
  講師 : 山本 祐輝 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : *On the types for supercuspidal representations of inner forms of* GL_n

- 日時 : *5* 月 *29* 日 (水)*17:00 – 18:00*
  講師 : 沖 泰裕 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : *On supersingular loci of Shimura varieties for quaternion unitary groups of degree 2*

- 日時 : *6* 月 *5* 日 (水)*17:30 – 18:30*
  講師 : 服部 新 (東京都市大学)
  題目 : *Duality of Drinfeld modules and P-adic properties of Drinfeld modular forms*

- 日時 : *6* 月 *12* 日 (水)*17:00 – 18:00*
  講師 : 笠浦 一海 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : *On extension of overconvergent log isocrystals on log smooth varieties*

- 日時 : *7* 月 *3* 日 (水)*17:00 – 18:00*
  講師 : 佐藤 謙 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : *Explicit calculation of values of the regulator maps on a certain type of Kummer surfaces*

- 日時 : *10* 月 *9* 日 (水)*17:00 – 18:00*
  講師 : *Yuanqing Cai* (京都大学)
  題目 : *Twisted doubling integrals for classical groups*

- 日時 : *10* 月 *16* 日 (水)*17:30 – 18:30*
  講師 : *Liang Xiao (BICMR, Peking University)*
  題目 : *On slopes of modular forms*

- 日時 : *11* 月 *20* 日 (水)*18:00 – 19:00*
  講師 : *Vasudevan Srinivas (Tata Institute of Fundamental Research)*
  題目 : *Algebraic versus topological entropy for surfaces over finite fields*

- 日時 : *11* 月 *27* 日 (水)*17:00 – 18:00*
  講師 : *Ahmed Abbes (CNRS & IHÉS)*
  題目 : *The relative Hodge-Tate spectral sequence*

- 日時 : *12* 月 *4* 日 (水)*17:00 – 18:00*
  講師 : 竹内 大智 (東京大学数理科学研究科)
  題目 : *Characteristic epsilon cycles of l-adic sheaves on varieties*

作用素環セミナー

- 日時 : *4* 月 *17* 日 *(*水*)16:45 – 18:15*
  講師 : 里見 貴志 *(*東京大学数理科学研究科*)*
  題目 : 群上のたたみ込み関数の L^2 評価とグラフ理論の関係

- 日時 : *4* 月 *19* 日 *(*金*)13:00 – 14:30*
  講師 : *Sorin Popa (UCLA*・京大スーパーグローバルコース特別招聘教授*)*
  題目 : *Coarse decomposition of* II_1 *factors*

- 日時 : *5* 月 *8* 日 *(*水*)16:45 – 18:15*
  講師 : 磯野 優介 *(*京大数理研*)*
  題目 : *Unitary conjugacy for type III subfactors and* W^**-superrigidity*

- 日時 : *5* 月 *15* 日 *(*水*)16:45 – 18:15*
  講師 : 木原 貴行 *(*名古屋大*)*
  題目 : *Combinatorial aspects of Borel functions*

- 日時 : *6* 月 *19* 日 *(*水*)16:45 – 18:15*
  講師 : 佐藤 僚亮 *(*名古屋大学*)*
  題目 : *Type classification of extreme quantized characters*

- 日時 : *6* 月 *26* 日 *(*水*)16:45 – 18:15*
  講師 : 吉田 啓佑 *(*北海道大学*)*
  題目 : *KMS states on operator algebras associated with self-similar group actions*

- 日時 : *7* 月 *3* 日 *(*水*)16:45 – 18:15*
  講師 : *Amine Marrakchi (*京大数理研*)*
  題目 : *Tensor product decompositions and rigidity of full factors*

- 日時 : *7* 月 *10* 日 *(*水*)16:45 – 18:15*
  講師 : 酒匂 宏樹 *(*新潟大*)*
  題目 : *Convergence theorems on multi-dimensional homogeneous quantum walks*

- 日時 : *7* 月 *25* 日 *(*木*)16:45 – 18:15*
  講師 : *George Elliott (Univ. Toronto)*
  題目 : *The classification of well behaved simple* C^**-algebras*

- 日時 : *10* 月 *2* 日 *(*水*)16:45 – 18:15*
  講師 : *David E. Evans (Cardiff University)*
  題目 : *Subfactors, K-theory and Equivariant Higher Twists*

- 日時 : *10* 月 *9* 日 *(*水*)16:45 – 18:15*
  講師 : 窪田 陽介 *(*理研*)*
  題目 : *Relative K-homology group of* C^**-algebras and almost flat vector bundle on manifolds with boundary*

- 日時 : *10* 月 *16* 日 (水)*16:45 – 18:15*
  講師 : 氷上 忍 (沖縄科学技術大学院大学)
  題目 : *Developments in conformal bootstrap analysis*

- 日時 : *11* 月 *6* 日 (水)*16:45 – 18:15*
  講師 : 森脇 湧登 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : *Deformation of two-dimensional conformal field theory and vertex algebra*

- 日時 : *11* 月 *20* 日 (水)*16:45 – 18:15*
  講師 : *Stefan Hollands (Univ. Leipzig)*
  題目 : *Modular theory and entanglement in CFT*

- 日時 : *11* 月 *25* 日 (月)*15:00 – 17:00*
  講師 : 戸松 玲治 (北海道大学)
  題目 : *Subfactor* 理論のまとめ *I*

- 日時 : *11* 月 *26* 日 (火)*15:00 – 17:00*
  講師 : 戸松 玲治 (北海道大学)
  題目 : *Subfactor* 理論のまとめ *II*

- 日時 : *11* 月 *27* 日 (水)*15:00 – 17:00*
  講師 : 戸松 玲治 (北海道大学)
  題目 : *Subfactor* 理論のまとめ *III*

- 日時 : *11* 月 *27* 日 (水)*17:15 – 18:45*
  講師 : 曽我部 太郎 (京都大学)
  題目 : *The homotopy groups of the automorphism groups of Cuntz-Toeplitz algebras*

- 日時 : *11* 月 *28* 日 (木)*15:00 – 17:00*
  講師 : 戸松 玲治 (北海道大学)
  題目 : *Subfactor* 理論のまとめ *IV*

- 日時 : *11* 月 *29* 日 (金)*15:00 – 17:00*
  講師 : 戸松 玲治 (北海道大学)
  題目 : *Subfactor* 理論のまとめ *V*

- 日時 : *12* 月 *4* 日 (水)*16:45 – 18:15*
  講師 : 高田 土満 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : *An infinite-dimensional index theory and the Higson-Kasparov-Trout algebra*

- 日時 : *12* 月 *10* 日 (火)*17:00 – 18:30*
  講師 : *Zhenghan Wang (Microsoft Station Q)*
  題目 : *On gauging symmetries of topological phases of matter*

- 日時 : *12* 月 *18* 日 (水)*16:45 – 18:15*
  講師 : *Pasquale Marra* (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : *The Hofstadter model, fractality, and topology*

- 日時 : *12* 月 *25* 日 *(*水*)16:45 – 18:15*
  講師 : *Bin Gui (Rutgers Univ.)*
  題目 : *Connes fusion on the unit circle*

- 日時 : *12* 月 *26* 日 *(*木*)16:45 – 18:15*
  講師 : 山下 真 *(Oslo Univ.)*
  題目 : *Categorical quantization of symmetric spaces and reflection equation*

- 日時 : *2020* 年 *1* 月 *29* 日 *(*水*)13:00 – 14:30*
  講師 : *Colin McSwiggen (Brown Univ.)*
  題目 : *Horn's problem, polytope volumes and tensor product decompositions*

- 日時 : *2020* 年 *1* 月 *29* 日 *(*水*)16:45 – 18:15*
  講師 : *Cyril Houdayer (Univ. Paris-Sud)*
  題目 : *Stationary actions of higher rank lattices on von Neumann algebras*

社会数理コロキウム

- 日時 : *7* 月 *1* 日 *(*月*)17:00 – 18:30*
  講師 : 藤原 洋 *(*株式会社ブロードバンドタワー 代表取締役会長兼社長 *CEO)*
  題目 : 全産業デジタル化と数学力による日本創生戦略

情報数学セミナー

- 日時 : *4* 月 *25* 日 *(*木*)16:50 – 18:35*
  講師 : 岡本 龍明 *(NTT)*
  題目 : 現代暗号の誕生と発展

- 日時 : *5* 月 *2* 日 *(*木*)16:50 – 18:35*
  講師 : 岡本 龍明 *(NTT)*
  題目 : 現代暗号の理論

- 日時 : *5* 月 *9* 日 *(*木*)16:50 – 18:35*
  講師 : 岡本 龍明 *(NTT)*
  題目 : 暗号理論の発展

- 日時 : *5* 月 *16* 日 *(*木*)16:50 – 18:35*
  講師 : 岡本 龍明 *(NTT)*
  題目 : ビットコイン：電子マネー革命

- 日時 : 5 月 23 日 (木)16:50 – 18:35
  講師 : 岡本 龍明 (NTT)
  題目 : ビットコインの問題点とその他の仮想通貨、ブロックチェーン

- 日時 : 6 月 6 日 (木)16:50 – 18:35
  講師 : 岡本 龍明 (NTT)
  題目 : 格子暗号

- 日時 : 6 月 13 日 (木) 16:50 – 18:35
  講師 : 岡本 龍明 (NTT)
  題目 : 完全準同型暗号

- 日時 : 6 月 21 日 (金)16:50 – 18:35
  講師 : 岡本 龍明 (NTT)
  題目 : 関数型暗号

- 日時 : 6 月 27 日 (木)16:50 – 18:35
  講師 : 高島 克幸 (三菱電機/九州大学)
  題目 : 楕円曲線に基づく暗号の進展

- 日時 : 7 月 4 日 (木)16:50 – 18:35
  講師 : 高島 克幸 (三菱電機/九州大学)
  題目 : 同種写像暗号

- 日時 : 7 月 11 日 (木)16:50 – 18:35
  講師 : 高島 克幸 (三菱電機/九州大学)
  題目 : 楕円曲線ペアリングを用いた関数型暗号

- 日時 : 10 月 10 日 (木)16:50 – 18:35
  講師 : 高島 克幸 (三菱電機/九州大学)
  題目 : 同種写像に基づく耐量子計算機暗号技術

- 日時 : 10 月 17 日 (木)16:50 – 18:35
  講師 : 藤原　洋 (株式会社ブロードバンドタワー)
  題目 : CASE+AI 時代の５ G データセンター

- 日時 : 10 月 31 日 (木)16:50 – 18:35
  講師 : 鈴木 泰成 (NTT セキュアプラットフォーム研究所)
  題目 : 量子計算の基礎

- 日時 : 11 月 7 日 (木)16:50 – 18:35
  講師 : 中川 裕也 (株式会社 QunaSys)
  題目 : 量子コンピュータを用いた量子化学計算

- 日時 : 11 月 14 日 (木)16:50 – 18:35
  講師 : 御手洗 光祐 (大阪大学基礎工学研究科)
  題目 : 量子コンピュータを用いた量子機械学習

- 日時 : 11 月 21 日 (木)16:50 – 18:35
  講師 : 鈴木 泰成 (NTT セキュアプラットフォーム研究所)
  題目 : 量子誤り訂正

- 日時 : 11 月 28 日 (木)16:50 – 18:35
  講師 : 水上 民夫 (長浜バイオ大学、フロンティアファーマ)
  題目 : AI を使ったデジタル細胞画像処理　～「細胞の見える化」技術の開発～

- 日時 : 12 月 5 日 (木)16:50 – 18:35
  講師 : 荻野 明仁 (株式会社エーアイスクエア)
  題目 : 自然言語処理 AI の事業化

- 日時 : 12 月 12 日 (木)16:50 – 18:35
  講師 : 渡辺 克也 (株式会社インターネット総合研究所 (IRI))
  題目 : ５ G とは？

- 日時 : 12 月 19 日 (木)16:50 – 18:35
  講師 : 根本 茂 (株式会社ブロードバンドタワー AI2 オープンイノベーション研究所)
  題目 : AI 研究の活動事例

- 日時 : 2020 年 1 月 9 日 (木)16:50 – 18:35
  講師 : 藤原 洋 (株式会社ブロードバンドタワー)
  題目 : AI/IoT による製造業の革新と経営学

- 日時 : 2020 年 1 月 16 日 (木)16:50 – 18:35
  講師 :入江 広隆 (株式会社デンソー/理化学研究所)
  題目 : アニーリング型量子計算の基礎

応用解析セミナー

- 日時 : 4 月 25 日 (木)16:00 – 17:00
  講師 : Matteo Muratori (Polytechnic University of Milan)
  題目 : The porous medium equation on noncompact Riemannian manifolds with initial datum a measure
  日時 : 4 月 25 日 (木)17:00 – 18:00
  講師 : Maurizia Rossi (University of Pisa)
  題目 : On sharp large deviations for the bridge of a general diffusion

- 日時 : 6 月 20 日 (木)16:00 – 17:30
  講師 : 北川 潤 (ミシガン州立大学)
  題目 : 最適輸送問題における自由境界の正則性および安定性について

- 日時 : 10 月 24 日 (木)16:00 – 17:30
  講師 : オム　ジュンヨン (東京大学)
  題目 : 非線形放物型方程式系に対する ODE 型解の漸近展開

- 日時 : *10* 月 *31* 日 *(*木*)16:00 – 17:30*
  講師 : *Marius Ghergu (University College Dublin)*
  題目 : *Behaviour around the isolated singularity for solutions of some nonlinear elliptic inequalities and systems*

- 日時 : *12* 月 *19* 日 *(*木*)16:00 – 17:30*
  講師 : 可香 谷隆 *(*九州大学*)*
  題目 : 接触角条件付き表面拡散に対する進行波解の非一意性と非凸性について

東京無限可積分系セミナー

- 日時 : *12* 月 *17* 日 *(*火*)15:00 – 16:00*
  講師 : 大川 領 *(*早稲田大*)*
  題目 : *(-2) blow-up formula*

- 日時 : *2020* 年 *2* 月 *18* 日 *(*火*)15:00 – 16:00*
  講師 : *Vincent Pasquier (IPhT Saclay)*
  題目 : *Hydrodynamics of a one dimensional lattice gas.*

離散数理モデリングセミナー

- 日時 : *4* 月 *22* 日 *(*月*)17:15 – 18:30*
  講師 : *Yuri Suris (Technische Universität Berlin)*
  題目 : *Geometry of the Kahan-Hirota-Kimura discretization*

- 日時 : *10* 月 *4* 日 *(*金*)17:30 – 18:30*
  講師 : *Anton Dzhamay (University of Northern Colorado)*
  題目 : *Recurrence coefficients for discrete orthogonal polynomials with hypergeometric weight and discrete PainlevÃľ equations*

- 日時 : *10* 月 *10* 日 *(*木*)17:00 – 18:00*
  講師 : *Boris Konopelchenko (INFN, sezione di Lecce, Lecce, Italy)*
  題目 : *Universal parabolic regularization of gradient catastrophes for the Burgers-Hopf equation and singularities of the plane into plane mappings of parabolic type*

- 日時 : *11* 月 *22* 日 *(*金*)17:00 – 18:00*
  講師 : *Adam Doliwa (University of Warmia and Mazury)*
  題目 : *The Hopf algebra structure of coloured non-commutative symmetric functions*

- 日時 : *2020* 年 *2* 月 *13* 日 *(*木*)16:30 – 18:30*
  講師 : *Sanjay Ramassamy (IPhT, CEA Saclay)*
  題目 : *Embeddings adapted to two-dimensional models of statistical mechanics*

- 日時 : *2020* 年 *2* 月 *17* 日 *(*月*)16:30 – 18:30*
  講師 : *Sanjay Ramassamy (IPhT, CEA Saclay)*
  題目 : *Cluster algebras, dimer models and geometric dynamics*

数理人口学・数理生物学セミナー

- 日時 : *6* 月 *20* 日 *(*木*)16:00 – 17:00*
  講師 : *Eric Foxall (University of Alberta)*
  題目 : *Diffusion limit for the partner model at the critical value*

- 日時 : *7* 月 *1* 日 *(*月*)11:00 – 12:00*
  講師 : *Joel E. Cohen (The Rockefeller University and Columbia University)*
  題目 : *Taylor's Law of Fluctuation Scaling*

- 日時 : *7* 月 *11* 日 *(*木*)15:00 – 16:00*
  講師 : *Dipo Aldila (Universitas Indonesia)*
  題目 : *Understanding The Seasonality of Dengue Disease Incidences From Empirical Data*

- 日時 : *8* 月 *1* 日 *(*木*)15:00 – 16:00*
  講師 : *Yueping Dong (Central China Normal University)*
  題目 : *Mathematical study of the inhibitory role of regulatory T cells in tumor immune response*

- 日時 : *10* 月 *17* 日 *(*木*)14:00 – 16:00*
  講師 : *Merlin C. Koehnke (Institute of Environmental Systems Research, School of Mathematics/*
  Computer Science, Osnabrueck University)
  題目 : *Complex spatiotemporal dynamics in a simple predator-prey model*

- 日時 : *10* 月 *17* 日 *(*木*)15:00 – 16:00*
  講師 : *Horst Malchow* 氏 *(Institute of Environmental Systems Research, School of Mathematics/*
  Computer Science, Osnabrueck University)
  題目 : *Functional response of competing populations to environmental variability*

FMSP レクチャーズ

- 日時 : *5* 月 *15* 日 *(*水*)15:00 – 17:20*
  講師 : *J. Scott Carter (University of South Alabama / Osaka City University)*
  題目 : *Part 1 : Categorical analogues of surface singularities*
  Part 2 : Prismatic Homology

- 日時 : *5* 月 *15* 日 *(*水*)17:30 – 18:30*
  講師 : *Gábor Domokos (Hungarian Academy of Sciences/Budapest University of Technology and Economics)*
  題目 : *'Oumuamua, the GÃűmbÃűc and the Pebbles of Mars*

- 日時 : *9* 月 *26* 日 *(*木*)13:00 – 15:05*
  講師 : *Chung-jun Tsai (National Taiwan University)*
  題目 : *Topic on minimal submanifolds (1/6)*

- 日時 : *10* 月 *3* 日 *(*木*)13:00 – 15:05*
  講師 : *Chung-jun Tsai (National Taiwan University)*
  題目 : *Topic on minimal submanifolds (2/6)*

- 日時 : *10* 月 *10* 日 *(*木*)13:00 – 15:05*
  講師 : *Chung-jun Tsai (National Taiwan University)*
  題目 : *Topic on minimal submanifolds (3/6)*

- 日時 : *10* 月 *17* 日 *(*木*)13:00 – 15:05*
  講師 : *Chung-jun Tsai (National Taiwan University)*
  題目 : *Topic on minimal submanifolds (4/6)*

- 日時 : *10* 月 *24* 日 *(*木*)13:00 – 15:05*
  講師 : *Chung-jun Tsai (National Taiwan University)*
  題目 : *Topic on minimal submanifolds (5/6)*

- 日時 : *10* 月 *31* 日 *(*木*)13:00 – 15:05*
  講師 : *Chung-jun Tsai (National Taiwan University)*
  題目 : *Topic on minimal submanifolds (6/6)*

- 日時 : *12* 月 *10* 日 *(*火*)17:00 – 18:00*
  講師 : *Anatoly G. Yagola (Lomonosov Moscow State University)*
  題目 : *A priori and a posteriori error estimation for solutions of ill-posed problems*

- 日時 : *2020* 年 *1* 月 *22* 日 *(*水*)17:00 – 18:00*
  講師 : *Samuli Siltanen (University of Helsinki)*
  題目 : *Complex principal type operators in inverse conductivity problem*

- 日時 : *2020* 年 *2* 月 *14* 日 *(*金*)17:00 – 18:00*
  講師 : *Piermarco Cannarsa (University of Rome Tor Vergata)*
  題目 : *Bilinear control for evolution equations of parabolic type*

基礎論セミナー

- 日時 : *10* 月 *24* 日 *(*木*)13:30 – 15:00*
  講師 : 大川 裕矢 *(*千葉大学*)*
  題目 : 部分保存性に対する，*Bennet* の結果の一般化について

- 日時 : *11* 月 *21* 日 *(*木*)13:30 – 15:00*
  講師 : 佐藤 憲太郎
  題目 : *Self-referential Theorems for Finitist Arithmetic*

- 日時 : *12* 月 *20* 日 *(*金*)13:00 – 14:30*
  講師 : 池上 大祐 *(*芝浦工業大学*)*
  題目 : *On supercompactness of* ω_1

7. 日本学術振興会特別研究員採用者（研究課題）リスト

JSPS Fellow List

♣ 継続

- 小関 直紀
  安定性条件を用いた双有理幾何学の研究
- 丸橋 広和
  Lie 群の作用の剛性
- 高田 土満
  無限次元多様体の指数定理と非可換幾何学
- 大久保 勇輔
  共形場理論とゲージ理論の代数的解析
- 佐藤 光樹
  一般の４次元多様体における結び目コンコーダンス
- 松澤 陽介
  代数多様体の力学系の幾何学的側面と数論的側面
- 山本 悠登
  特異性を許容する整アフィン多様体とトロピカル幾何学
- 戸次 鵬人
  対称空間上の測地線を用いた連分数論の一般化、及び L-関数の特殊値の研究への応用
- 加藤 大輝
  イプシロン因子と特性サイクル
- 石橋 典
  クラスターモジュラー群の幾何学
- 田森 宥好
  極小表現の幾何と解析
- 浅尾 泰彦
  ストリングトポロジーのオービフォールドへの拡張
- 坂本 龍太郎
  $Stark$ 系の一般論と $Selmer$ 群の研究
- 谷口 正樹
  低次元多様体に対するゲージ理論的不変量の研究
- 岩井 雅崇
  直線束の最小特異計量の具体的な構成とそのザリスキー分解可能性の判定への応用
- 平良 晃一
  多様体の幾何構造とその上のシュレディンガー方程式の関係
- 佐藤 玄基
  単体的手法によるホモトピー型理論の研究
- 甘中 一輝
  保型形式とスペクトル解析
- 千葉 航平
  確率過程の統計学に関する研究
- 稲山 貴大
  ベクトル束の特異エルミート計量と相対随伴束の順像層の正値性の研究

- 井上 瑛二
  ケーラー・リッチ・ソリトンを持つファノ代数多様体のモジュライ空間の研究
- *KOSKIVIRTA, Jean-Stefan Harry Antero*
  G ジップを用いた志村多様体の幾何と法 p 保型形式の研究

♣ 新規

- 橋詰 健太
  高次元代数多様体の極小モデル理論と特異点理論
- 藤田 直樹
  Newton-Okounkov 凸体を用いた射影多様体の研究
- 松井 紘樹
  特異圏解析を用いた可換環論の研究
- 土谷 昭善
  反射的凸多面体を中心とした格子凸多面体の分類理論及び正規性に関する探究
- 竹内 大智
  分岐を許した場合の幾何学的ラングランズ対応の構成について
- 須田 颯
  低次元振動子鎖モデルにおける異常拡散
- 中井 拳吾
  流体運動におけるエネルギーの流れの考察
- 向井 晨人
  動的境界条件付き楕円型方程式の解構造と漸近解析
- 長岡 大
  可縮アフィン多様体及びそのコンパクト化に関する研究
- 森 迪也
  作用素環上の保存問題の研究
- 河上 龍郎
  準フロベニウス分裂多様体に関する研究
- 沖 泰裕
  幾何的手法による志村多様体および局所 *Langlands* 対応の研究における新展開
- 山下 真由子
  作用素環論と幾何学
- 里見 貴志
  Cayley グラフの *expander* 性の評価と調和解析・表現論との関連
- 高松 哲平
  Deligne-Lusztig 多様体の局所体類似について
- 飯田 暢生
  ゲージ理論とトポロジー
- *GAISIN, Ildar Maratovich*
  Deligne-Lusztig 多様体と *Fargues-Fontaine* 曲線
- *ZHANG, Longjie (*張　龍傑*)*
  駆動力付きの平均曲率流方程式の解の挙動とその応用
- *RIZZI, Luca*
  随伴形式と *spherical* 多様体の超曲面のトレリ型問題

8. 令和元年度ビジターリスト

Visitor List of the Fiscal Year 2019

令和元年度当研究科に外国からみえた研究者の一部のリストである．

データは，お名前（所属研究機関名，その国名），当研究科滞在期間の順である．滞在期間は，年/月/日の順に数字が書いてあるが，年は *2019* 年のときは省略した．敬称は略した．

Here is the list of a part of the foreign researchers who visited our Graduate School in the fiscal year 2019.

The data are arranged in the order of Name (Institution, its Country), the period of the stay. The date of the stay is denoted in the order of Year/Month/Day, but the year is omitted in case of 2019.

- *Jongil PARK (Seoul National University/Professor*・韓国*) 4/1–4/26*
- *Matteo MURATORI (University of Milan/Assistant Professor*・イタリア*) 4/4–4/13*
- *Fabio PUNZO (University of Milan/Assistant Professor*・イタリア*) 4/8–4/13*
- *Oleg EMANOUILOV (Colorado State University/Professor*・アメリカ*) 4/14–4/21*
- *Sorin POPA (UCLA/Professor*・アメリカ*) 4/18–4/21*
- *Matteo MURATORI (University of Milan/Assistant Professor*・イタリア*) 4/20–5/2*
- *Maurizia ROSSI (University of Milan/Assistant Professor*・イタリア*) 4/23–5/2*
- *Tibor KRISZTIN (University of Szeged/Professor*・ハンガリー*) 4/24–4/26*
- *Gergely ROST (University of Szeged/Associate professor*・ハンガリー*) 4/24–4/26*
- *Diana KNIPL (University of Szeged/Visiting researcher*・ハンガリー*) 4/24–4/26*
- *Gabriella VAS (University of Szeged/Assistant Professo*・ハンガリー*) 4/24–4/26*
- *Jean-Francois DAT (Institut de MathÃlmatiques de Jussieu/Professor*・フランス*) 4/29–5/4*
- *In-Jee JEONG (Korea Institute for Advanced Study/postdoctoral fellow*・韓国*) 5/12–5/17*
- *J Scott CARTER (University of South Alabama/Professor*・アメリカ*) 5/13–5/17*
- *Gabor DOMOKOS (Budapest University of Technology and Economics/Professor*・ハンガリー*) 5/13–5/18*
- 伊東 一文 *(North Carolina State University/Professor*・アメリカ*) 5/16–5/31*
- *Anderson VERA (Strasbourg University/Graduate student*・フランス*) 5/20–5/24*
- *Salma NASRIN (The University of Dhaka/Professor*・バングラディシュ*) 6/9–6/21*
- *Arthur SOULIE (University of Strasbourg/attaché temporaire d'enseignement et de recherche*・フランス*) 6/10–6/14*
- *Marek FILA (Comenius University/Professor*・スロバキア*) 6/10–6/16*
- *Peter POLACIK (he University of Minnesota/Professor*・アメリカ*) 6/10–6/16*
- *Pavol QUITTNER (Comenius University/Professor*・スロバキア*) 6/11–6/16*
- *Michael WINKLER (University of Paderborn/Professor*・ドイツ*) 6/12–6/14*
- *Shengzhang WANG (Fudan University/Associate professor*・中国*) 6/12–6/16*
- *Piotr RYBKA (University of Warsaw/Professor*・ポーランド*) 6/17-6/21*
- 北川　潤 *(Michigan State University, MSU/Assistant Professor*・アメリカ*) 6/20–6/21*
- *Tian-Jun LI (The University of Minnesota/Professor*・アメリカ*) 6/24–6/28*
- *Yu JIANG (Shanghai University of Finance and Economics/Associate professor*･中国*) 6/29–7/4*

- *Joel E. COHEN (Rockefeller University/Professor・アメリカ) 7/1–7/3*
- *Amine MARRAKCH (RIMS, Kyoto University/JSPS International Research Fello* w・フランス*) 7/3–7/5*
- *Florent SCHAFFHAUSER (University of Strasbourg/USIAS Researcher*・フランス*) 7/4–7/15*
- 伊東 一文 *(North Carolina State University/Professor・アメリカ) 7/11–7/31*
- *Tao ZHENG (Beijing Institute of Technology/Assistant Professor・中国) 7/15–9/13*
- *Mihai PAUN (UniversitÃdt Bayreuth/Professor・ドイツ) 7/17–7/26*
- *Tianling JIN (The Hong Kong University of Science and Technology/Assistant Professor・中国) 7/22–7/24*
- *George ELLIOTT (University of Toronto/Professor・カナダ) 7/22–7/26*
- *Oleg EMANOUILOV (Colorado State University/Professo・アメリカ) 7/27–8/24*
- *Jongil PARK (Seoul National University/Professor・韓国) 7/28–8/3*
- *Huijun FAN (Peking University/Professor・中国) 7/28–8/4*
- *Alexander IVANOV (Moscow State University/Professor・ロシア) 7/28–8/4*
- *Alexander IVANOV (*シカゴ大学・ロシア*) 7/28–8/4*
- *Ganghua YUAN (Northeast Normal University/Professor・中国) 7/28–8/7*
- *Zhiyu TIAN (Peking University/Associate professor・中国) 7/28–8/10*
- *Cheol-Hyun CHO (Seoul National University/Professor・韓国) 7/28–8/10*
- *Georgy SHARYGIN (Moscow State University/Associate professor・ロシア) 7/28–8/10*
- *Victoriia VEDIUSHKINA (Moscow State University/Assistant Professor・ロシア) 7/28–8/10*
- 加藤和也（*University of Chicago/Professor・アメリカ*）*8/2–9/30*
- *Zhiyuan LI (Shandong University of Technology/Associate professor・中国) 8/4–8/13*
- *Boxi XU (Shanghai University of Finance and Economics/Associate professor・中国) 8/5–8/7*
- *Daijun JIANG (Central China Normal University/Associate professor・中国) 8/5–8/14*
- *Cheng HUA (Fudan University/Associate professor・中国) 8/5–8/17*
- *Alvin MOON (University of California,Davis/Graduate student・アメリカ) 8/7–8/13*
- *Mourad CHOULLI (University of Lorraine/Professor・フランス) 8/7–8/15*
- *Feifei JING (Northwestern Polytechnical University/Lecturer・中国) 8/15–8/20*
- *Kangjin HAN(Daegu-Gyeongbuk Institute of Science & Technology (DGIST)/Associate Professor・韓国）8/19–8/24*
- *Eric CHUNG（The Chinese University of Hong Kong/Professor・中国）8/19–8/24*
- *Ali BAKLOUTI (University of Sfax/Professor・チュニジア) 8/29–8/30*
- *Robert LAISTER (University of the West of England/Senior Lecturer*・イギリス*) 8/29–9/12*
- *Daniel MATEI（Institute of Mathematics of the Romanian Academy/Researcher・ルーマニア）9/1–20/7/31*
- *Chung-Jun TSAI (Dept. of Math., National Taiwan University/Associate professor・台湾) 9/23–11/2*
- *David EVANS（Cardiff University/Professor・イギリス）9/28–10/3*
- 伊東 一文（*North Carolina State University/Professor・アメリカ*）*10/6–10/13*
- *Oleg EMANOUILOV (Colorado State University/Professor・アメリカ) 10/11–10/17*
- *Clemens WEISKE (Friedrich-Alexander University Erlangen-Nurnberg/*ポスドク・ドイツ*) 10/14–11/4*

- *Dionisios MARGETIS*（*University of Maryland/Professor*・アメリカ）*10/15–10/18*
- *Michal BENES*（*Czech Technical University in Prague/Professor*・チェコ）*10/16–10/19*
- *Mariusz BIALECK*（*Polish Academy of Sciences/Associate Professor*・ポーランド）*10/20–10/31*
- *Quentin LABRIET*（*Faculty of Exact and Natural Sciences, Reims Universit/Graduate Student*・フランス）*10/28–11/4*
- *Peter TOPPING*（*University of Warwick/Professor*・イギリス）*11/14–11/23*
- *Yavar KIAN*（*Aix-Marseille University/ Associate Professo*・フランス）*11/14–11/23*
- *Vasudevan SRINIVAS*（*Tata institue of Fundamental Research/Senior Professor*・インド）*11/19–11/22*
- *Vijaylaxmi TRIVEDI(Tata institue of Fundamental Research/Professor*・インド*) 11/19–11/22*
- *Stefan HOLLANDS*（*University of Leipzig/Professor*・ドイツ）*11/19–11/28*
- *Dan TIBA (Institute of Mathematics of the Romanian Academy/Professor*・ルーマニア）*11/19–11/28*
- *Jeff JAUREGUI (*アメリカ・アメリカ*) 11/20–11/23*
- *Marcus KHURI*（*Stony Brook University/Professor*・アメリカ）*11/21–11/23*
- *Lan-hsuan HUANG*（*University of Connecticut/Associate Professor*・アメリカ）*11/21–11/23*
- *Richard SCHOEN*（*University of California, Irvine/Distinguished Professor*・アメリカ）*11/21–11/23*
- 上田 祐暉（*The Hong Kong Polytechnic University/*ポスドク・中国）*11/25–11/30*
- *Xun YU*（*Tianjin University/ Associate Professor*・中国） *11/25–12/24*
- *Anton ZEITLIN*（*Louisiana State University/Assistant Professor*・ロシア）*11/30–12/7*
- *Frank LORAY*（*Universite de Rennes I/Professor*・フランス）*12/1–12/6*
- *Oleg LISOVYY*（*Universite de Tours/Professor*・フランス）*12/1–12/6*
- *Hans U WALTHER*（*Purdue University/Professor*・アメリカ）*12/1–12/6*
- *Yavar KIAN*（*Aix-Marseille University/ Associate Professor*・フランス）*12/2–12/3*
- *Philip BOALCHf*（*Aix-Marseille University/ Associate Professor*・フランス）*12/2–12/31*
- *Zhenghan WANG*（*University of California, Santa Barbara/Professor*・アメリカ）*12/9–12/10*
- *Joel MERKER*（*SUniversitÃl Paris-Sud/Professor*・フランス）*12/10–12/13*
- *Tobias BARKER*（*Ecole Normale SupÃlrieure/Contracted researcher*・フランス）*12/10–12/13*
- 上田 祐暉（*The Hong Kong Polytechnic University/*ポスドク・中国）*12/11–12/19*
- *Christine VESPA*（*University of Strasbourg/Associate Professor*・フランス）*12/14–12/28*
- 加藤 和也（*University of Chicago/Professor*・アメリカ）*12/16–12/31*
- *Tien-Cuong DINH*（*National University of Singapore/Full Professor*・シンガポール）*12/18–2020/1/4*
- *Nikolai LEONENKO*（*Cardiff University/Professor*・イギリス）*12/19–12/29*
- *Bin GUI*（*Rutgers University/Assistant Professor*・アメリカ）*12/20–12/27*
- 伊東 一文（*North Carolina State University/Professor*・アメリカ）*12/24–2020/1/5*
- *Xiao FANG*（*Department of Statistics, The Chinese University of Hong Kong/Assistant Professor*・中国）*12/26–12/30*
- *Javier FRESAN*（*Ecole Polytechnique/Hadamard Professor*・フランス）*2020/1/6–2020/1/10*
- *Erik SKIBSTED*（*Aarhus University/Associate Professor*・デンマーク）*2020/1/6–2020/1/17*
- *Edouard BREZIN*（*Ecole Normale Superieure/Professor emeritus*・フランス）*2020/1/13–*

2020/1/26

- *Oleg EMANOUILOV*（*Colorado State University/Professo*・アメリカ）*2020/1/14–2020/1/15*
- *Cyril HOUDAYER*（*Universite Paris-Sud/Professor*・フランス）*2020/1/17–2020/7/17*
- *Matthias SCHUETT*（*Leibniz University Hannover/Professor*・ドイツ）*2020/1/20–2020/1/24*
- *Paolo SALANI*（*University of Florence/Professor*・イタリア）*2020/1/20–2020/1/25*
- *Matteo BONFORTE*（*Universidad AutÃ±noma de Madrid/Professor*・スペイン）*2020/1/20–2020/1/25*
- *Simon GINDIKIN (Rutgers University/Professor*・アメリカ*) 2020/1/20–2020/2/10*
- *Laura GEATTI (University of Roma II/Professor*・イタリア*) 2020/1/24–2020/1/25*
- *Michael PEVZNER (University of Reims/Professor*・フランス*) 2020/1/29–2020/1/30*
- *Colin MCSWIGGEN*（*Brown University/Graduate student*・アメリカ）*2020/1/29–2020/1/29*
- *Lorenzo MERCURI*（*University of Milan/Fixed term Research Fellow*・イタリア）*2020/1/29–2020/2/15*
- *Sanjay RAMASSAMY*（*IPhT, CEA Sacla/CNRS, chargÃ¯ de recherche*・フランス）*2020/2/11–2020/2/24*
- *Piermarco CANNARSA (University of Rome Tor Vergata/Professo*・イタリア*) 2020/2/12–2020/2/19*
- *Alessio PORRETTA (Tor Vergata University of Rome/Professor*・イタリア*) 2020/2/17–2020/2/21*
- *Evangelos LATOS*（*University of Graz/Assistant Professort*・オーストリア）*2020/2/17–2020/2/21*
- *Jakub WITASZEK*（*University of Michigan/ D.J. Lewis Postdoctoral Research Assistant Professor*・アメリカ）*2020/2/21–2020/2/24*
- 伊東 一文（*North Carolina State University/Professor*・アメリカ）*2020/3/6–2020/3/17*
- *Yavar KIAN*（*Aix-Marseille State Univsity/Associate Professorr*・フランス）*2020/3/7–2020/4/6*

*ABE Noriyuki (*阿部 紀行*), 69*
*AIDA Shigeki (*会田 茂樹*), 1*
*AOKI Taishi (*青木 大志*), 269*
*ARAI Toshiyasu (*新井 敏康*), 3*
*ASAO Yasuhiko (*浅尾 泰彦*), 205*
*ASOU Kazuhiko (*麻生 和彦*), 122*
*ASUKE Taro (*足助 太郎*), 68*
*AWAZU Hikaru (*粟津 光*), 269*

*BAO Yuanyuan (*バオ ユアンユアン*), 125*
*BEKKI Hohto (*戸次 鵬人*), 163*
*BENOIST Yves (*ブノア イブ*), 138*

*CHEN Weichung (*陳 韋中*), 229*
*CHIBA Yuki (*千葉 悠喜*), 221*

*DE CAMPOS AFFONSO Henrique (*デカンポスアフォンソエンヒケ*), 268*

*FUJITA Naoki (*藤田 直樹*), 161*
*FUJIWARA Takeo (*藤原 毅夫*), 135*
*FUKUI Yuki (*福井 雄己*), 264*
*FUKUSHIMA Shota (*福嶌 翔太*), 264*
*FURUKAWA Katsuhisa (*古川 勝久*), 188*
*FURUKAWA Ken (*古川 賢*), 225*
*FURUTA Mikio (*古田 幹雄*), 55*

*GIGA Mi-Ho (*儀我 美保*), 173*
*GIGA Yoshikazu (*儀我 美一*), 22*
*GOCHO Toru (*牛腸 徹*), 123*
*GONGYO Yoshinori (*權業 善範*), 87*
*GOTO Yuki (*後藤 祐輝*), 270*
*GU Zhongyang (*顧 仲陽*), 266*
*GUAN Zehao (*カン セーホウ*), 267*

*HARAKO Shuuichi (*原子 秀一*), 277*
*HASEGAWA Ryu (*長谷川 立*), 100*
*HASHIMOTO Kenji (*橋本 健治*), 187*
*HASHIZUME Kenta (*橋詰 健太*), 159*
*HAYASHI Kohei (*林 晃平*), 276*
*HAYASHI Shuhei (*林 修平*), 102*
*HAYASHI Takuma (*林 拓磨*), 202*
*HIRACHI Kengo (*平地 健吾*), 54*
*HIRANO Yuichi (*平野 雄一*), 188*
*HOMMA Mitsuru (*本間 充*), 150*
*HSU Penyuan (*許 本源*), 192*
*HU XIN (*コ キン*), 279*
*HUANG Xinchi (*黄 欣馳*), 194*

*IIDA Nobuo (*飯田 暢生*), 249*
*IKEGAWA Takashi (*池川 隆司*), 169*
*IMAI Naoki (*今井 直毅*), 73*
*INABA Hisashi (*稲葉 寿*), 7*
*INATSUGU Haruhiko (*稲次 春彦*), 209*
*INAYAMA Takahiro (*稲山 貴大*), 231*
*INOUE Eiji (*井上 瑛二*), 233*
*IRIE Kei (*入江 慶*), 74*
*ISHIBASHI Tsukasa (*石橋 典*), 206*
*ISHIGE Kazuhiro (*石毛 和弘*), 4*
*ITO Kenichi (*伊藤 健一*), 71*
*ITO Noboru (*伊藤 昇*), 170*
*ITO Yohei (*伊藤 要平*), 207*
*IWAI Masataka (*岩井 雅崇*), 210*

*JUNYONG Eom (*ジュンヨン オム*), 196*

*KAMEOKA Kentaro (*亀岡 健太郎*), 254*
*KANAI Masahiko (*金井 雅彦*), 16*
*KANNAKA Kazuki (*甘中 一輝*), 234*
*KASAURA Kazumi (*笠浦 一海*), 253*
*KASHIWABARA Takahito (*柏原 崇人*), 78*
*KATO Akishi (*加藤 晃史*), 79*
*KATO Hiroki (*加藤 大輝*), 211*
*KATSURA Toshiyuki (*桂 利行*), 132*
*KAWAHIGASHI Yasuyuki (*河東 泰之*), 20*
*KAWAMOTO Atsushi (*川本 敦史*), 172*
*KAWAZUMI Nariya (*河澄 響矢*), 17*
*KIDA Yoshikata (*木田 良才*), 83*
*KIM Minkyu (*キムミンギュ*), 248*
*KINOSHITA Yoshiki (*木下 慶紀*), 213*
*KITAOKA Akira (*北岡 旦*), 236*
*KITAYAMA Takhiro (*北山 貴裕*), 81*
*KIYONO Kazuhiko (*清野 和彦*), 123*
*KOBAYASHI Toshiyuki (*小林 俊行*), 28*
*KOHNO Toshitke (*河野 俊丈*), 26*
*KOIKE Yuta (*小池 祐太*), 85*

*LIN Dexie (*林 徳燮*), 230*
*LONGJIE Zhang (*張 龍傑*), 167*

*MAETA Keiichi (*前多 啓一*), 244*
*MARUHASHI Hirokazu (*丸橋 広和*), 165*
*MASE Takafumi (*間瀬 崇史*), 147*
*MASSUYEAU Gwénaël (*マッシュヨウ グウェナエル *), 138*
*MATSUI Chihiro (*松井 千尋*), 103*
*MATSUI Hiroki (*松井 紘樹*), 164*
*MATSUO Atsushi (*松尾 厚*), 106*
*MATSUYUKI Takahiro (*松雪 敬寛*), 190*
*MATUOTO Hisayosi (*松本 久義*), 107*
*MIEDA Yoichi (*三枝 洋一*), 111*
*MITAKE Hiroyoshi (*三竹 大寿*), 113*
*MIYAMOTO Yasuhito (*宮本 安人*), 115*
*MIYASHITA Masaru (*宮下 大*), 226*
*MORI Michiya (*森 迪也*), 246*
*MORIMURA Hayato (*森村 勇人*), 265*
*MUKAI Asato (*向井 晨人*), 245*
*MURATA Noboru (*村田 昇*), 137*

*NAGAMACHI Ippei (*長町 一平*), 185*
*NAGAOKA Masaru (*長岡 大*), 222*
*NAKAGAWA Junichi (*中川 淳一*), 134*
*NAKAHAMA Ryosuke (*中濱 良祐*), 183*
*NAKAMURA Shinichiro (*中村 伸一郎*), 275*
*NAKAMURA Yusuke (*中村 勇哉*), 124*
*NAKANISHI Toru (*中西 徹*), 242*
*NAKATSUKA Shigenori (*中塚 成徳*), 241*
*NAKAZONO Nobutaka (*中園 信孝*), 201*
*NOJIMA Ryo (*野島 遼*), 224*

*OGATA Yoshiko (*緒方 芳子*), 11*
*OGUISO Keiji (*小木曽 啓示*), 13*
*OHKUBO Yusuke (*大久保 勇輔*), 152*
*OHTA Yoshihiro (*大田 佳宏*), 129*
*OKAMOTO Jun (*岡本 潤*), 250*
*OKI Yasuhiro (*沖 泰裕*), 252*
*OKUDA Takayuki (*奥田 喬之*), 198*
*OKUWA Kento (*大桑 健人*), 270*

*SAITO Norikazu (*齊藤 宣一*), 41*
*SAITO Shuji (*斎藤 秀司*), 36*
*SAITO Takeshi (*斎藤 毅*), 39*
*SAITO Yuta (*齋藤 勇太*), 271*
*SAKAI Hidetaka (*坂井 秀隆*), 88*
*SAKAMOTO Ryotaro (*坂本 龍太郎*), 213*
*SAKASAI Takuya (*逆井 卓也*), 89*
*SANO Taketo (*佐野 岳人*), 258*
*SANO Yuta (*佐野 悠太*), 259*
*SASADA Makiko (*佐々田 槙子*), 91*
*SATO Chihiro (*佐藤 千尋*), 273*
*SATO Ken (*佐藤 謙*), 254*
*SATO Kouki (*佐藤 光樹*), 154*

SATO Shoichi (佐藤 翔一), 272
SATO Yusuke (佐藤 悠介), 255
SATOMI Takashi (里見 貴志), 256
SEKIGUCHI Hideko (関口 英子), 96
SEKINO Nozomu (関野 希望), 215
SHENG Xiaobing (シェン シャオビン), 230
SHIBATA Kohsuke (柴田 康介), 175
SHIHO Atsushi (志甫 淳), 44
SHIMOMURA Akihiro (下村 明洋), 94
SHIMURA Tomoyuki (志村 智之), 273
SHINOZUKA Taiga (篠塚 大雅), 273
SHIRAI Ryotaro (白井 涼太郎), 273
SHIRAISHI Junichi (白石 潤一), 95
SUDA Hayate (須田 颯), 239
SUZUKI Masamitsu (鈴木 将満), 237
SUZUKI Takumi (鈴木 拓海), 214

TAIRA Kouichi (平良 晃一), 215
TAKAGI Shunsuke (高木 俊輔), 46
TAKAHASHI Kazune (高橋 和音), 178
TAKAHASHI Seiji (高橋 誠志), 274
TAKAMATSU Teppei (高松 哲平), 261
TAKASE Hiroshi (高瀬 裕志), 259
TAKATA Doman (高田 土満), 154
TAKAYAMA Shigeharu (高山 茂晴), 48
TAKEUCHI Daichi (竹内 大智), 240
TAMORI Hiroyoshi (田森 宥好), 219
TANAKA Hiromu (田中 公), 97
TANAKA Yuichiro (田中 雄一郎), 146
TANIGUCHI Masaki (谷口 正樹), 217
TANIMURA Yoshinori (谷村 慈則), 200
TATEYAMA Shota (舘山 翔太), 181
TAUCHI Taito (田内 大渡), 176
TERADA Itaru (寺田 至), 99
TERAI Kengo (寺井 健悟), 263
TOKIHIRO Tetsuji (時弘 哲治), 52
TOMOYA Takeuchi (竹内 知哉), 142
TSUCHIYA Akiyoshi (土谷 昭善), 156
TSUCHIYA Masaaki (土屋 正朗), 241
TSUJI Takeshi (辻 雄), 50
TSURUHASHI Tomonori (鶴橋 知典), 275
TSURUSAKI Hisanori (鶴崎 修功), 274
TSUTSUI Yuki (筒井 勇樹), 262

UEDA Kazushi (植田 一石), 76
UESAKA Masaaki (上坂 正晃), 140

VESPA Christine (ベェスパ クリスティン), 143

WAKATSUKI Shun (若月 駿), 191
WANG Long (ワン ロン), 280
WATANABE Jun (渡部 淳), 228
WILLOX Ralph (ウィロックス ラルフ), 64

YAMAGISHI Hayate (山岸 颯), 278
YAMAMOTO Hiroko (山本 宏子), 127
YAMAMOTO Masahiro (山本 昌宏), 57
YAMASHITA Fumitoshi (山下 文稔), 247
YOKOYAMA Etsuro (横山 悦郎), 150
YONEDA Tsuyoshi (米田 剛), 118
YOSHIDA Nakahiro (吉田 朋広), 61
YOSHIKAWA Shou (吉川 翔), 266

会田 茂樹, *1*
青木 大志, *269*
浅尾 泰彦, *205*
足助 太郎, *68*
麻生 和彦, *122*
阿部 紀行, *69*
新井 敏康, *3*
粟津 光, *269*

飯田 暢生, *249*
池川 隆司, *169*

石毛 和弘, *4*
石橋 典, *206*
伊藤 健一, *71*
伊藤 昇, *170*
伊藤 要平, *207*
稲次 春彦, *209*
稲葉 寿, *7*
稲山 貴大, *231*
井上 瑛二, *233*
今井 直毅, *73*
入江 慶, *74*
岩井 雅崇, *210*

ウィロックス ラルフ, *64*
上坂 正晃, *140*
植田 一石, *76*

大久保 勇輔, *152*
大桑 健人, *270*
大田 佳宏, *129*
緒方 芳子, *11*
岡本 潤, *250*
小木曽 啓示, *13*
沖 泰裕, *252*
奥田 喬之, *198*

笠浦 一海, *253*
柏原 崇人, *78*
桂 利行, *132*
加藤 晃史, *79*
加藤 大輝, *211*
金井 雅彦, *16*
亀岡 健太郎, *254*
河澄 響矢, *17*
河東 泰之, *20*
川本 敦史, *172*
カン セーホウ, *267*
甘中 一輝, *234*

儀我 美保, *173*
儀我 美一, *22*
北岡 旦, *236*
北山 貴裕, *81*
木田 良才, *83*
木下 慶紀, *213*
キムミンギュ, *248*
清野 和彦, *123*

コ キン, *279*
小池 祐太, *85*
HUANG Xinchi, 194
河野 俊丈, *26*
顧 仲陽, *266*
牛腸 徹, *123*
後藤 祐輝, *270*
小林 俊行, *28*
權業 善範, *87*

斎藤 秀司, *36*
斎藤 毅, *39*
齊藤 宣一, *41*
齋藤 勇太, *271*
坂井 秀隆, *88*
逆井 卓也, *89*
坂本 龍太郎, *213*
佐々田 槙子, *91*
佐藤 謙, *254*
佐藤 光樹, *154*
佐藤 翔一, *272*
佐藤 千尋, *273*
佐藤 悠介, *255*
里見 貴志, *256*
佐野 岳人, *258*
佐野 悠太, *259*

シェン シャオビン, *230*
篠塚 大雅, *273*
柴田 康介, *175*
志甫 淳, *44*
志村 智之, *273*
下村 明洋, *94*
許 本源, *192*
ジュンヨン オム, *196*
白石 潤一, *95*
白井 涼太郎, *273*

鈴木 拓海, *214*
鈴木 将満, *237*
須田 颯, *239*

関口 英子, *96*
関野 希望, *215*

平良 晃一, *215*
田内 大渡, *176*
高木 俊輔, *46*
高瀬 裕志, *259*
高田 土満, *154*
高橋 和音, *178*
高橋 誠志, *274*
高松 哲平, *261*
高山 茂晴, *48*
竹内 大智, *240*
竹内 知哉, *142*
舘山 翔太, *181*
田中 公, *97*
田中 雄一郎, *146*
谷口 正樹, *217*
谷村 慈則, *200*
田森 宥好, *219*

千葉 悠喜, *221*
張 龍傑, *167*
CHEN Weichung, 229

辻 雄, *50*
土谷 昭善, *156*
土屋 正朗, *241*
筒井 勇樹, *262*
鶴崎 修功, *274*
鶴橋 知典, *275*

デカンポスアフォンソエンヒケ, *268*
寺井 健悟, *263*
寺田 至, *99*

時弘 哲治, *52*

長岡 大, *222*
中川 淳一, *134*
中園 信孝, *201*
中塚 成徳, *241*
中西 徹, *242*
中濱 良祐, *183*
長町 一平, *185*
中村 伸一郎, *275*
中村 勇哉, *124*

野島 遼, *224*

バオ ユアンユアン, *125*
橋詰 健太, *159*
橋本 健治, *187*
長谷川 立, *100*
林 晃平, *276*
林 修平, *102*
林 拓磨, *202*
原子 秀一, *277*

平地 健吾, *54*
平野 雄一, *188*

福井 雄己, *264*
福嶌 翔太, *264*
藤田 直樹, *161*
藤原 毅夫, *135*
ブノア イブ, *138*
古川 勝久, *188*
古川 賢, *225*
古田 幹雄, *55*

ベェスパ クリスティン, *143*
戸次 鵬人, *163*

本間 充, *150*

前多 啓一, *244*
間瀬 崇史, *147*
松井 千尋, *103*
松井 紘樹, *164*
松尾 厚, *106*
マッシュヨウ グウェナエル , *138*
松本 久義, *107*
松雪 敬寛, *190*
丸橋 広和, *165*

三枝 洋一, *111*
三竹 大寿, *113*
宮下 大, *226*
宮本 安人, *115*

向井 晨人, *245*
村田 昇, *137*

森 迪也, *246*
森村 勇人, *265*

山岸 颯, *278*
山下 文稔, *247*
山本 宏子, *127*
山本 昌宏 , *57*

横山 悦郎, *150*
吉川 翔, *266*
吉田 朋広, *61*
米田 剛, *118*

林 徳燮, *230*

若月 駿, *191*
渡部 淳, *228*
ワン ロン, *280*

研究成果報告書　令和元年度
(Annual Report　2019)

編 集 発 行

〒153-8914 東京都目黒区駒場 3-8-1
東京大学大学院数理科学研究科　主任室
令和元年度担当　古田 幹雄
福井 伸江