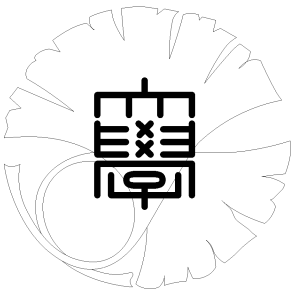
ISSN 1341-6278

研　究　成　果　報　告　書

令　和　4　年　度

Annual Report
2022



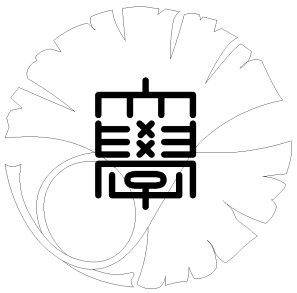
東京大学大学院数理科学研究科

Graduate School of Mathematical Sciences
The University of Tokyo

研　究　成　果　報　告　書

令　和　4　年　度

Annual Report
2022



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

本冊子は東京大学大学院数理科学研究科のメンバーの 2022 年度の活動記録です．コロナ禍は明けつつありますが，各メンバーの報告にさきがけてここではいくつかの事項を特筆します．

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す．本研究科は，大学院のみならず学部数学教育も担う部局です．具体的には，東京大学の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数理教育を担っています．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．

近年，AI の爆発的進歩，データサイエンスの拡充などにより，数学の応用範囲が広まり，数学科卒業生，数理科学研究科修了生の活躍の場も拡大しています．また 2020 年には東京大学理学部数学科卒業生，東京大学理学系研究科数学専攻修了生の亀澤宏規氏が三菱 UFJ フィナンシャル・グループ社長に就任して話題を呼んだところですが，今度は東京大学理学部数学科卒業生の植田和男氏の日本銀行総裁就任が決定しました．これからも各界での卒業生，修了生の活躍を期待しています．

2012 年に本研究科において「数物フロンティア・リーディング大学院」(FMSP) が文部科学省の事業として採択され,「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」に努めました．このプログラムに続き，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．WINGS-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，KavliIPMU の連携によるプログラムです．FMSP で導入され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ています．また文部科学省の卓越大学院プログラムに採択された「変革を駆動する先端物理・数学プログラム (FoPM)」の連携機関として，5 年間の修士博士課程教育を行なっています．

2022 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．落合卓四郎氏（東京大学名誉教授）が，2022 年春の叙勲にて瑞宝中綬章を受章されました．山本昌宏教授が，ユーラシアン逆問題協会賞を受賞されました．小林俊行教授が，Reims 大学で名誉博士号（Doctor Honoris Causa）を授与されました．緒方芳子教授が,「量子スピン系の研究」の業績題目で 2022 年度日本数学会賞秋季賞を受賞されました．金城翼氏（東京大学大学院数理科学研究科博士後期課程）が，2022 年度日本数学会賞建部賢弘奨励賞を受賞されました．岩木耕平准教授が，2022 年度日本数学会賞建部賢弘特別賞を受賞されました．齊藤宣一教授が，日本応用数理学会 2022 年度ベストオーサー賞を受賞されました．千葉悠喜特任研究員が，日本応用数理学会 2022 年度論文賞（JSIAM Letters 部門）を受賞されました．東康平氏（大学院数理科学研究科博士後期課程），薩摩順吉氏（東京大学名誉教授）と時弘哲治氏（東京大学名誉教授）が，日本応用数理学会 2022 年度論文賞（JJIAM 部門）を受賞されました．柳田英二特任教授が，2022 年度現象数理学三村賞を受賞されました．磯部伸氏（東京大学大学院数理科学研究科・博士課程 1 年）が，2022 年度日本数学会応用数学研究奨励賞を受賞されました．伊原康隆氏（東京大学名誉教授・業績題目：数論の研究），儀我美一氏（東京大学名誉教授/大学院数理科学研究科特任教授・業績題目：非線形問題の数理解析）および森田茂之氏（東京大学名誉教授・業績題目：特性類の幾何学）が，第 2 回日本数学会賞小平邦彦賞を受賞されました．權業善範准教授が，2023 年度日本数学会代数学賞を受賞されました．また，緒方芳子教授が 2022 年の国際数学者会議 (ICM) で招待講演を行われました．これは日本人女性初の ICM 招待講演です．

2022 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．4 月 1 日に，増田弘毅教授，大島芳樹准教授，高田了准教授，Shane Kelly 准教授が着任され，また宮本安人准教授が教授に昇任されました．また 4 月 1 日に柳田英二氏が特任教授に，山本修司氏が特任准教授に，6 月 1 日に石井志保子氏が特任教授に，10 月 1 日に森迪也氏が特任助教に，10 月 14 日に Laurent Fargues 氏が特任教授に着任されました．一方，9 月 30 日に山本修司特任准教授が，1 月 8 日には Laurent Fargues 特任教授が，3 月 31 日には大田佳宏特任教授，中川淳一特任教授，野村亮介特任助教が退任されました．さらに 3 月 31 日には稲葉寿教授，斎藤秀司教授が定年退職されました．

アウトリーチ活動としては，11 月に 2022 年度公開講座「量子の世界の数学」を，対面で実施しました．

2022 年度は新型コロナウイルスの様々な規制が徐々に解除されてきた年でした．多くの講義が対面形式に戻り，大学院修士課程入試も対面形式で実施しました．国際研究集会も一部数理科学研究科での再開が始まっています．

2022 年度も教育・研究において大きな成果を達成することができました．研究科メンバーの尽力は言うまでもありませんが，それに加えて，この困難な時期にもかかわらず数理科学研究科の活動を日々献身的に支えてくださっている事務職員の方々に深く感謝いたします．

2023 年 5 月
東京大学大学院数理科学研究科
2022 年度数理科学専攻長
河東 泰之

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……１１６
- 特任教授……１２７
- 特任准教授……１４３
- 特任助教……１４５
- 連携併任講座 – 客員教授・准教授 …… １４７
- 学振特別研究員……１５１
- 特任研究員……１６３
- 協力研究員……１７８
- 博士課程学生……１８０
- 修士課程学生……２２１

2. 学位取得者

- 博士号取得者……２３９
- 修士号取得者……２４１

3. 学術雑誌 – 東大数理科学ジャーナル２９巻 ……２４６

4. 公開講座・研究集会等 ……２４７

5. 談話会 ……２５０

6. 公開セミナー ……２５１

7. 日本学術振興会特別研究員採用者 (研究課題) リスト……２６４

8. 令和４年度ビジターリスト ……２６６

CONTENTS

Preface
Format of the Individual Research Activity Reports

1. Individual Research Activity Reports
   - Professors ····· 1
   - Associate Professors ····· 66
   - Reseach Associates ····· 114
   - Project Professors ····· 125
   - Project Associate Professors ····· 126
   - Project Research Associates ····· 143
   - Special Visiting Chairs – Visiting (Associate) Professors ····· 145
   - JSPS Fellows ····· 149
   - Project Researchers ····· 161
   - Associate Fellows ····· 176
   - Doctoral Course Students ····· 178
   - Master's Course Students ····· 219
2. Graduate Degrees Conferred
   - Doctoral—Ph.D. : conferee, thesis title, and date ····· 237
   - Master of Mathematical Sciences : conferee, thesis title, and date ····· 239
3. Journal of Mathematical Sciences, The University of Tokyo, Vol. 29 ····· 244
4. Public Lectures, Symposiums, and Workshops etc ····· 245
5. Colloquium ····· 248
6. Seminars ····· 249
7. JSPS Fellow List ····· 262
8. Visitor List of the Fiscal Year 2022 ····· 264

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（2018 ～2022 年度）のもので 10 篇以内．書籍も含む.
  但し、2022 年 1 月 1 日～2021 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（2018 ～2022 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 4 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 2022.1.1～2022.12.31

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, 2022.

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 $[0,1]$ で定義されている場合, この区間の離散時点 $\{2^{-m}k\}_{k=0}^{2^m}$ $(m \in \mathrm{N})$ と小区間 $[2^{-m}(k-1), 2^{-m}k]$ での駆動過程の増分を用いて真の解 Y_t の近似解 Y_t^m が構成される. この近似に当たっての基本的な問題は

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

である. 駆動過程 B_t 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, 低次元の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. この方向で, 低次元ウィーナーカオスの重み付き和 I_t^m の極限定理が得られ, 誤差過程の漸近挙動が研究されている (Nourdin, Nualar, Liu, Tindel, etal.).

会田はここ数年, 熊本大の永沼氏と共同で, 駆動過程 B_t がハーストパラメータ H が $1/3 < H < 1/2$ を満たす d 次元非整数ブラウン運動の場合の研究を進めて来た. $d = 1$ の場合は, すでに 2020 年の論文で結果を得ていたが, 今年度, 多次元 $d \geq 2$ の場合以下の結果を得て, 論文としてまとめて投稿中である.

1. 近似として, Crank-Nicolson 近似, implementable な Milstein 近似, first order Euler 近似を考える. I_t^m を Y_t と (初期値に関する微分で得られる) 微分過程 J_t, RDE の係数関数を用いて定義される適切な重み付き過程 (この重み過程は近似に依存する) とすると $\varepsilon > 0$ が存在して, $(2^m)^{2H-\frac{1}{2}+\varepsilon} \max_t |Y_t^m - Y_t - J_t I_t^m|$ の L^p ノルムが 0 に収束する
2. 確率過程 $(2^m)^{2H-\frac{1}{2}}(Y_t^m - Y_t)$ (1 の結果より, $(2^m)^{2H-1/2} J_t I_t^m$ と言っても同じ) が法則収束し極限過程の分布が駆動過程 B_t と独立な $d(d-1)/2$ 次元標準ブラウン運動 W_t による確率積分として表される確率過程で与えられる

ことを示した. 上記 2 自身は, 先行研究の Liu-Tindel (2019) でも示されていたが, 1 は新しい結果である. さらに, 証明の方法は彼らとは異なることも注意しておく.

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 m be a nonnegative integer. Let Y_t^m be an approximation to the solution Y_t on $[0,1]$, where Y_t^m is defined by using the increment of the driving process on each small interval $[2^{-m}(k-1), 2^m k]$ $(1 \leq k \leq 2^m)$ and the values $Y^m(2^{-m}k)$ inductively. The basic problem is to determine the convergence speed of

$Y_t^m - Y_t$ (*e.g.* $Y_t^m - Y_t = O(2^{-m\alpha})$ as $m \to \infty$) and the identification of the weak limit process of the normalized error of $2^{m\alpha}(Y_t^m - Y_t)$ as $m \to \infty$. 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.
However, in the 2000s, new central limit theorem was developed for the sum processes of the finite dimensional Wiener chaos (that is, fourth moment theorem) by Nourdin, Nualart and Peccati and other reseachers. Subsequently, we now have a lot of works concerning limit theorems for weighted sum processes of Wiener chaos of finite order and the limit theorems have been applied to the study of asymptotic error processes $Y_t^m - Y_t$ by Nourdin, Nualart, Liu, Tindel and other researchers.
I have been studying the asymptotic behavior of the error process jointly with Professor Naganuma (Kumamoto University) in recent years in the case where the driving process B_t is the d-dimensional fractional Brownian motion with the Hurst parameter $1/3 < H < 1/2$ ($d \geq 2$). In 2022, we complete our study and submit the paper to a Journal. The result is as follows.

1. Let Y_t^m be the Crank-Nicolson, implementable Milstein, first order Euler approximations. Let I_t^m be the certain weighted sum process defined by Y_t, the derivative process J_t and the coefficient functions of the RDE which depends on the approximation scheme. Then, there exists $\varepsilon >$ such that $(2^m)^{2H-1/2+\varepsilon} \max_t |Y_t^m - Y_t - J_t I_t^m|$ converges to 0 in L^p.
2. $(2^m)^{2H-1/2}(Y_t^m - Y_t)$ converges in law to the stochastic integral process defined by the $d(d-1)/2$-dimensional standard Brownian motion W_t which is independent of B_t.

Although the result in the above 2 was already obtained by Liu and Tindel in 2019, the result 1 is new and the proof of them is different from Liu and Tindel's one.

B. 発表論文

1. S. Aida and N. Naganuma, "Error analysis for approximations to one-dimensional SDEs via the perturbation method", Osaka J. Math. **57** (2020), no. 2, 381–424.
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.

C. 口頭発表

1. An approach to asymptotic error distributions of rough differential equations, "Stochastic analysis and related topics", 大阪大学, 2022 年, 12 月 2 日〜4 日
2. An approach to asymptotic error distributions of rough differential equations, "Stochastic analysis and applications, Open Japanese-German conference", ミュンスター, ドイツ, 2022 年, 9 月 19 日〜23 日.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.

7. 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.

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. (教養学部統合自然科学科 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)
4. 微分積分学 2: 多変数関数の極値問題, 1 変数関数の積分, 多変数関数 (主に 2 変数関数) の積分, べき級数の収束などについて講義した. (教養学部前期課程講義)

F. 対外研究サービス

1. 京都大学数理解析研究所専門委員
2. ASPM 編集委員会編集委員長
3. Journal of Stochastic Analysis (Communications on Stochastic Analysis から名称変更) の associated editor
4. Journal of Mathematical Sciences, the University of Tokyo の編集委員
5. Stochastic Processes and their Applications (Elsevier) の asscociated editor

新井 敏康 (ARAI Toshiyasu)

A. 研究概要

順序数上の正則関数 g による整列性原理 $WOP(\mathrm{g})$ は「任意の整列集合 X に対して $\mathrm{g}(X)$ も整列」という主張であり, 正則関数 g の取り方によりその証明論的強さが異なることが知られていたが, それらの結果は, 既に証明論的強さが既知であった Comprehension Axiom などと $WOP(\mathrm{g})$ が同等であることを通じて得られていた. そこで 一般に ACA_0 上では, $WOP(\mathrm{g})$ の証明論的順序数は正則関数 g の最小不動点 $\mathrm{g}'(0)$ と等しいことを示した. 証明の鍵は, 整礎性の証明から埋め込みを抽出すること, 及びその埋め込みの, $\mathrm{g}(X)$ における g-項の識別不可能性を用いた拡張にある.

二つ目に, 2 階論理計算の一部 SBL でのカット消去を, 有限の証明図を Gentzen-Takeuti 流に解析して示した. SBL のカット消去は, 2 階算術 $\Delta^1_2\text{−CA} + \text{BI}$ の, あるいは同じことだが再帰的到達不可能順序数の集合論 KPi の 1-consistency と同等である.

三つ目に, D. Fernández-Duque, S. Wainer, A. Weiermann と共同で, ATR_0 から独立な命題を Goodstein 列の拡張として与えた.

四つ目に, 順序数解析のモノグラフを出版した. 証明論の基礎事項の解説も含み, 順序数解析としては Π^1_1-Comprehension Axioms まで解説した.

五つ目に, first-order formulas を reflect する集合論の順序数解析を与えた.

六つ目に, Σ^1_2-formula でした定義できない maximal distinguished set を用いて, 順序数体系の整礎性を証明した. この証明は $\Sigma^{-1}_2\text{−CA} + \Pi^1_1\text{−CA}_0$ で形式化され, また順序数体系は stable ordinal を一つ持つ集合論 $\mathrm{KP}\ell^r + (M \prec_{\Sigma_1} V)$ の順序数解析のためのものである.

The well ordering principle $WOP(\mathrm{g})$ for a normal function g on ordinals states that whenever a well order X is given, $\mathrm{g}(X)$ is also a well order. Its proof-theoretic strength is known to depend on the normal functions g. Proofs of these facts were obtained by showing that $WOP(\mathrm{g})$ is equivalent to a Comprehension Axiom, whose strength has been determined. We show in general that the proof-theoretic ordinal of $WOP(\mathrm{g})$ over ACA_0 is equal to the least fixed point $\mathrm{g}'(0)$ of the normal function g. The key in our proof lies in an extraction of an embedding from derivations of the well-foundedness, and of an extendability of embed-

dings through an indiscernibility of g-terms in $\mathrm{g}(X)$.

Second, we show a cut-elimination theorem for a subsystem SBL of second order logic calculus through an analysis of finite proof figures a lá Gentzen-Takeuti. The theorem for SBL is equivalent to the 1-consistency of the second-order arithmetic $\Delta^1_2{-}\mathrm{CA} + \mathrm{BI}$, or equivalently of the set theory KPi for recursively inaccessible ordinals.

Third, we jointly with D. Fernández-Duque, S. Wainer, A. Weiermann, give an independent proposition from ATR_0, which is an extension of Goodstein sequences.

Fourth, we complete a monograph on ordinal analysis. In the monograph, we expound rudiments of proof theory, and ordinal analysis up to Π^1_1-Comprehension Axioms.

Fifth, we give an ordinal analysis of first-order reflection.

Sixth, we prove the wellfoundedness of a notation system of ordinals by means of the maximal distinguished set, which is Σ^1_2-definable. The proof is formalizable in $\Sigma^{-1}_2{-}\mathrm{CA} + \Pi^1_1{-}\mathrm{CA}_0$, while the notation system is designed for an ordinal analysis of a set theory $\mathrm{KP}\ell^r + (M \prec_{\Sigma_1} V)$ with a single stable ordinal.

B. 発表論文

1. T. Arai : "Derivatives of normal functions and ω-models", Arch. Math. Logic **57** (2018), 649–664.
2. T. Arai : "Cut-eliminability in second order logic calculus", Ann. Japan Asso. Phil. Sci., **27** (2018), 45–60.
3. T. Arai : "Proof-theoretic strengths of weak theories for positive inductive definitions", Jour. Symb. Logic **83** (2018), 1091–1111.
4. T. Arai : "Cut-elimination for ω_1", Ann. Pure Appl. Logic **169** (2018), 1246–1269.
5. T. Arai: "Proof-theoretic strengths of the well ordering principles", Arch. Math. Logic **59** (2020), 257–275.
6. T. Arai, D. Fernández-Duque, S. Wainer and A. Weiermann: "Predicatively unprovable termination of the Ackermannian Goodstein process", Proc. Amer. Math. Soc. **148** (2020), 3567–3582.
7. T. Arai: "Cut-elimination for SBL", in The Legacy of Kurt Schütte, ed. by R. Kahle and M. Rathjen, Springer (2020), pp. 265-298.
8. T. Arai: "Ordinal Analysis with an Introduction to Proof Theory", Springer 2020 年 9 月
9. T. Arai: "A simplified ordinal analysis of first-order reflection", Jour. Symb. Logic **85** (2020) 1163–1185.
10. 新井敏康 : "数学基礎論 増補版", 東京大学出版会 2021 年 4 月
11. T. Arai, S. Wainer and A. Weiermann: "Goodstein sequences based on a parametrized Ackermann-Péter function", Bull. Symb. Logic **27** (2021) 168–186.
12. T. Arai: "Wellfoundedness proof with the maximal distinguished set", to appear in Arch. Math. Logic.

C. 口頭発表

1. Proof-theoretic strengths of weak theories for positive inductive definitions, LMU München, Germany. Feb. 2018.
2. Some results in proof theory, Logic Colloquium 2019, Praha, Czech. Aug. 2019.
3. Mahlo classes for first-order reflections, Workshop on Proof Theory, Modal Logic and Reflection Principles (WORMSHOP 2019), Universitat de Barcelona, Spain. Nov. 2019.
4. 順序数解析を考えている, 証明と計算の理論と応用, 京都大学数理解析研究所, 2021 年 12 月

D. 講義

1. 数学基礎論・応用数学 XD: 数学基礎論の初歩を講じた．命題論理を導入してそのコンパクト性定理を示した．次に 1 階論理における構造・言語・論理式・充足関係を導入して, 論理的な正しさを定義した．それから 1 階論理での証明とそれによる証明可能性を定義して, 1 階論理の完全性とコンパクト性を示した．ついで Löwenheim-Skolem-Tarski の定理を述べてから, 理論の完全性を Vaught test により示した．その後, Ramsey の定理を示してから indescernible sequence と diagonal indescernible sequence の存在を導出した．そして対角均質原理の PA からの独立性証明を行なった．また超フィルターによる超積を導入して超積の基本定理を論じた．（数理大学院・4 年生共通講義）
2. 数学講究 XA, 数学特別講究：テキスト，新井敏康, “数学基礎論 増補版", D. Marker, “Model Theory:An Introduction", P. Blackburn, M de Rijke and Y. Venema, “Modal Logic", （理学部数学科 4 年生）
3. 計算数学 II：計算に関する数学の基礎として, 原始再帰的関数, レジスター機械と再帰的関数との等価性, チャーチの提唱, チューリング機械と計算可能性, 万能プログラム, 計算不可能性, 半計算可能性, Friedberg-Muchnik の定理, 時間計算量, クラス P と NP, NP-完全性などを講じた．（理学部数学科 3 年生）
4. 数理情報学：計算に関する数学の初歩として, (決定性と非決定性）オートマトン, 正則言語, 正則表現, 文脈自由文法と文脈自由言語, プッシュダウンオートマトン, pumping lemma, チューリング機械と計算可能性などを講じた．（教養学部統合自然科学科 3 年生）
5. 全学自由研究ゼミナール：英文テキスト, K. Hrbacek and T. Jech, “Introduction to Set Theory", の第 5 章までを, 前半は講義し, 後半は学生の発表によるゼミ形式で行なった．（教養学部前期課程講義）

E. 修士・博士論文

1.（修士）山添 隆志 (YAMAZOE Takashi): 強制法と基数不変量について．

石毛 和弘 (ISHIGE Kazuhiro)

A. 研究概要

1. 冪凹の一般概念である F-凹を考え, 凸領域における Dirichlet heat flow (以下 DHF と省略する) が保つ F-凹の特徴づけを行った．結果として, この研究成果をもって, 1976 年の Brascamp, Lieb らの研究に端を発する「凸領域における DHF が保つ凹性とは何か」という問いに対する研究は完成したと考えている．具体的には
   (1) DHF が保存する最強の F-凹性を発見した．
   (2) $n \geq 2$ のとき ($n = 1$ の場合は準凹を除けば), 対数凹が DHF が保存する最弱の F-凹性であることを示した．
   (3) $n \geq 2$ のとき, F-凹が真に対数凹より弱いならば, ある F-凹な初期函数で, 対応する DHF がある時刻で如何なる F-凹性をも失うものが存在する．

   さらに, DHF が保つ F-凹の必要十分条件を求めた．また, それらを変数係数をもつ線形放物型方程式, 半線形放物型方程式, 多孔質媒質方程式, 放物型 p-ラプラス方程式の解の凹性研究に応用した．この研究は高津飛鳥氏 (都立大), Paolo Salani 氏 (フィレンツェ大) との共同研究である．
2. 強制項をもつヘノン型非線形楕円型方程式の解構造について研究を行なった．特に, 非線形度を決めるパラメターと強制項に関するある仮定の下, 強制項の大きさに応じてヘノン型非線形楕円型方程式が非負値解をもつかどうかの完全分類を与えた．この研究は指導学生である片山翔氏 (東大数理, M2) との共同研究である．
3. 零 Dirichlet 境界条件の下で, R^n の半空間における半線形熱方程式の非負値解の初期トレースの存在と一意性を示した．さらに, 時間局所解が存在するための初期函数の必

要条件、十分条件を与えた．ここで与えた初期函数の必要条件、十分条件は最良のものであり, 時間局所解が存在するに必要な初期函数の最も強い特異性を決定する．この研究は比佐幸太郎氏 (東北大), 高橋仁氏 (東工大) との共同研究である．

1. F-concavity is a generalization of power concavity and, actually, the largest available generalization of the notion of concavity. We characterize the F-concavities preserved by the Dirichlet heat flow in convex domains on R^n, and complete the study of preservation of concavity properties by the Dirichlet heat flow, started by Brascamp and Lieb in 1976 and developed in some recent papers. More precisely,
   (1) we discover the strongest F-concavity preserved by the Dirichlet heat flow;
   (2) we show that log-concavity is the weakest F-concavity preserved by the Dirichlet heat flow when $n \geq 2$ and otherwise except for quasi-concavity;
   (3) we prove that if F-concavity is strictly weaker than log-concavity and $n \geq 2$, then there exists an F-concave initial datum such that the corresponding solution to the Dirichlet heat flow loses any reminiscence of concavity.

   Furthermore, we find a sufficient and necessary condition for F-concavity to be preserved by the Dirichlet heat flow. We also study the preservation of concavity properties by solutions of the Cauchy–Dirichlet problem for linear parabolic equations with variable coefficients and for nonlinear parabolic equations such as semilinear heat equations, the porous medium equation, and the parabolic p-Laplace equation. This is a joint work with Prof. Salani and Prof. Takatsu.
2. We study the structure of solutions to the elliptic problem for an Hénon type equation with a forcing term in R^n, where $n \geq 3$. Under suitable assumptions on the parameter appearing the nonlinear term and the forcing term, we give a complete classification of the existence/nonexistence of solutions to the elliptic problem. This is a joint work with Mr. Katayama.
3. We show the existence and the uniqueness of initial traces of nonnegative solutions to a semilinear heat equation on a half space of R^N under the zero Dirichlet boundary condition. Furthermore, we obtain necessary conditions and sufficient conditions on the initial data for the solvability of the corresponding Cauchy–Dirichlet problem. Our necessary conditions and sufficient conditions are sharp and enable us to find optimal singularities of initial data for the solvability of the Cauchy–Dirichlet problem. This is a joint work with Dr. Hisa and Prof. Takahashi.

B. 発表論文

1. K. Ishige and Y. Tateishi : “Decay estimates for Schrödinger heat semigroup with inverse square potential in Lorentz spaces”, J. Evol. Equ. **22** (2022), Paper No. 16, 33 pp.
2. K. Ishige and Y. Tateishi : “Decay estimates for Schrödinger heat semigroup with inverse square potential in Lorentz spaces. II”, Discrete Contin. Dyn. Syst. **42** (2022), 369–401.
3. K. Ishige, S. Okabe and T. Sato : “Thresholds for the existence of solutions to inhomogeneous elliptic equations with general exponential nonlinearity”, Adv. Nonlinear Anal. **11** (2022), 968–992.

4. Y. Fujishima and K. Ishige : “Optimal singularities of initial functions for solvability of a semilinear parabolic system”, J. Math. Soc. Japan **74** (2022), 591–627.
5. K. Ishige, T. Kawakami and S. Okabe : “Existence of solutions to nonlinear parabolic equations via majorant integral kernel”, Nonlinear Anal. **223** (2022), Paper No. 113025.
6. K. Ishige, P. Salani and A. Takatsu : “New characterizations of log-concavity via Dirichlet heat flow”, Ann. Mat. Pura Appl. **201** (2022), 1531–1552.
7. K. Ishige, P. Salani and A. Takatsu : “Power concavity for elliptic and parabolic boundary value problems on rotationally symmetric domains”, Commun. Contemp. Math. **24** (2022), Paper No. 2150097, 29 pp.
8. Y. Fujishima, K. Hisa, K. Ishige and R. Laister : “Solvability of a class of fractional superlinear parabolic equations”, J. Evol. Equ. **23** (2023), Paper No. 4.
9. K. Hisa, K. Ishige and J. Takahashi : “Initial traces and solvability for a semilinear heat equation on a half space of R^N”, to appear in Trans. Amer. Math. Soc.
10. G. Akagi, K. Ishige and R. Sato : “General framework to construct local-energy solutions of nonlinear diffusion equations for growing initial data”, to appear in J. Funct. Anal.

C. 口頭発表

1. Characterization of F-concavity preserved by the Dirichlet heat flow, Theoretical and numerical trends in inverse problems and control for PDE’s, and Hamilton-Jacobi equation: French-Italian-Japanese conference (Hybrid), 2022 年 6 月.
2. Characterization of F-concavity preserved by the Dirichlet heat flow, 微分方程式における解の漸近挙動の解析とその周辺, 広島大学, 2023 年 3 月.

D. 講義

1. 解析学 VII, 関数解析学 : 関数解析の入門講義. Banach 空間, Hilbert 空間の定義と性質, Hahn–Banach の定理, 弱コンパクト性, 弱∗コンパクト性等を扱った. (数理大学院・4 年生共通講義)
2. 数理科学セミナー II, 物質科学セミナー II : 関数解析の入門講義として, Banach 空間, Hilbert 空間の定義と性質, Hahn–Banach の定理についてセミナー形式で取り扱った. (教養学部基礎科学科講義)
3. 解析学 XE, 数物先端科学 VI : 楕円型・放物型方程式の解の凹性について, 古典的な結果から近年の結果までについて概説した. まず、Brunn–Minkowski の不等式, Borell–Brascamp–Lieb の不等式を証明し, 1970 年代後半における Brascamp–Lieb の理論に基づき熱方程式の解の対数凹性の保存性について解説した. その後、1980 年代の比較原理に基づいた解の凹性の結果ついて解説し, さらに近年の粘性解理論に基づた楕円型方程式の冪凹性、放物型方程式の対数凹保存性、放物型冪凹性についての説明を行なった. (数理大学院・4 年生共通講義)

E. 修士・博士論文

1. (修士) 岡 優丞 (OKA Yusuke): Existence of solutions for time fractional semilinear parabolic equations in Besov–Morrey spaces
2. (修 士) 片 山 翔 (KATAYAMA Sho): Thresholds for the existence of solutions to supercritical elliptic problems
3. (修士) 長 亮太郎 (CHO Ryotaro): 熱方程式における解の安定性に関する必要十分条件

F. 対外研究サービス

1. Editor of “Journal of Mathematical Sciences, The University of Tokyo"
2. Editor of “Partial Differential Equations and Applications"

3. 日本数学会理事
4. 日本数学会函数方程式論分科会 評議委員
5. 日本数学会函数方程式論分科会委員会
6. 函数方程式論刊行会 監事
7. 解析学火曜セミナー
8. 応用解析セミナー
9. オーガナイザー：研究集会「発展方程式における形状解析と漸近解析」2022 年 8 月
10. オーガナイザー：春の学校「発展方程式における系統的形状解析及び漸近解析」2023 年 3 月

H. 海外からのビジター

1. Marek Fila (Professor, Comenius University, Slovakia): He stayed in the periods (11/8 – 11/19) and (1/25 – 2/8). We had discussions on the Stefan problem for the semilinear heat equations. He also talked about “Solutions with moving singularities for nonlinear diffusion equations" on 02/06 in Applied Analysis Seminar.
2. Petra Macková (D3, Comenius University, Slovakia): She stayed in the period (1/25 – 2/8). We had discussions on the moving singularities of solutions to porous medium equations. She also talked about “Fast diffusion equation: uniqueness of solutions with a moving singularity" on 02/06 in Applied Analysis Seminar.

稲葉 寿 (INABA Hisashi)

A. 研究概要

最近の研究は個体の異質性を考慮した Kermack–McKendrick モデルに焦点を当てている。 この研究では、新型コロナの数理モデルにおいて注目されてきた個体の異質性を考慮した Kermack-McKendrick モデルに基づく疫学的指標や計算に数学的基礎を与えることを主目的としている。基本再生産数、実効再生産数、集団免疫閾値、最終規模等の疫学的基本概念を、個体異質性を考慮した Kermack-McKendrick モデルに基づいて数学的に定式化し、$R_0 > 1$ の場合にのみ完全な感受性集団において，状態空間の至る所でアウトブレイクが発生し、その最終規模分布が最終規模方程式の一意的な正解によって下から評価されること（汎流行閾値定理）を示した。
ユトレヒト大学名誉教授 Odo Diekmann と共同で、再生積分方程式で定式化された異質性を持つ Kermack–McKendrick モデルを有限次元常微分方程式系に変換する組織的な手順を提案した．この常微分方程式系は異質性分布がガンマ分布であれば，べき乗相互作用項を持つコンパートメントモデルになる。

Recent my concern focuses on the Kermack–McKendrick model with individual heterogeneity. In this study, our main purpose is to give a mathematical foundation to recent covid-19 triggered arguments and calculations based on the heterogeneous Kermack-McKendrick model. The basic epidemiological concepts as the basic reproduction number, the effective reproduction number, the herd immunity threshold and the final size are mathematically formulated based on the Kermack-McKendrick model with individual heterogeneity, and its Pandemic Threshold Theorem that an outbreak in a totally susceptible population occurs everywhere in the state space if and only if $R_0 > 1$ and the final size distribution is estimated from below by the unique positive solution of the final size equation was proven.
In collaboration with Prof. Emeritus Odo Diekmann (Utrecht Univ.), we proposed a systematic procedure to transform the Kermack–McKendrick model with heterogeneity formulated by the renewal integral equation to a finite-dimensional system of ordinary differential equations, which system becomes a compartmental epidemic model with power-law interaction term if the trait profile is given by a Gamma distribution.

B. 発表論文

1. H. Inaba, R. Saito and N. Bacaër, An age-structured epidemic model for the demographic transition, J. Math. Biol.

77(5), (2018), 1299-1339.

2. 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.
3. K. Okuwa, H. Inaba and T. Kuniya. Mathematical analysis for an age-structured SIRS epidemic model, Math. Biosci. Eng. 16(5), (2019), 6071-6102.
4. H. Inaba, The basic reproduction number R_0 in time-heterogeneous environments, J. Math. Biol. 79, (2019), 731-764.
5. S. Iwanami, K. Kitagawa, Y. Asai, H. Ohashi, K. Nishioka, H. Inaba, S. Nakaoka, T. Wakita, O. Diekmann, S. Iwami and K. Watashi, Two strategies underlying the trade-off of hepatitis C virus proliferation: stay-at-home or leaving-home?, bioRxiv, doi: https://doi.org/10.1101/821710 (2020)
6. M. Martcheva and H. Inaba, A Lyapunov-Schmidt method for detecting backward bifurcation in age-structured population models, Journal of Biological Dynamics 14(1), (2020), 543-565.
7. T. Kuniya and H. Inaba, Possible effects of mixed prevention strategy for COVID-19 epidemic: massive testing, quarantine and social distancing, AIMS Public Health 7(3), (2020), 490-503.
8. S. Iwanami, K. Kitagawa, H. Ohashi, Y. Asai, K. Shionoya, W. Saso, K. Nishioka, H. Inaba, S. Nakaoka, T. Wakita, O. Diekmann, S. Iwami and K. Watashi, Should a viral genome stay in the host cell or leave? A quantitative dynamics study of how hepatitis C virus deals with this dilemma, PLoS Biology 18(7):e3000562 (2020).
9. K. Okuwa, H. Inaba and T. Kuniya, An age-structured epidemic model with boosting and waning of immune status, Math. Biosci. Eng. 18(5), (2021), 5707-5736.
10. R. Oizumi and H. Inaba, Evolution of heterogeneity under constant and variable environments, PLOS ONE, September 13, 2021, https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257377.
11. 稲葉寿,「数理人口学入門」, 森北出版, 2022 年 9 月 14 日, 241pp.
12. O. Diekmann and H. Inaba, A systematic procedure for incorporating separable static heterogeneity into compartmental epidemic models, J. Math. Biol. (2022), https://doi.org/10.1007/s00285-023-01865-0

C. 口頭発表

1. 免疫ブーストと減衰：年齢構造化モデルで考える、第 2 回合原ムーンショットプロジェクト全体会議、2022 年 1 月 28 日、online.
2. 感染症数理モデルの基礎，２０２１年度京都大学生態学研究センター公開講演会，2022 年 2 月 19 日，online.
3. 人口と感染症の数理，日本数学会市民講演会，2022 年 3 月 27 日，online.
4. The Kermack and McKendrick model with individual static heterogeneity, 感染症数理モデル短期コース、2022 年 8 月 5 日、online
5. Covid-19 and mathematical models, COVID-19 and Population Family, Fertility, Migration, Health, and Mortality, 2022 年 11 月 10 日、鉄門記念ホール
6. COVID-19 と感染症数理モデル、2022 年 11 月 17 日、武蔵野大学数理工学シンポジウム

D. 講義

1. 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)
2. 非線形数理（現象数理 II）: 学部 4 年生，大学院生を対象として、異質性をもつ Kermack–McKendrick model に関する最

近の結果を講義した。

3. 応用生物統計学：感染症数理モデルに関する入門講義.（順天堂大学大学院修士課程）

E. 修士・博士論文

1. (修士) 相 寧瀚（XIANG Ninghan）: The Kermack and McKendrick model with individual heterogeneity

F. 対外研究サービス

1. 日本人口学会会長
2. Mathematical Population Studies, Advisory Board.
3. 国立社会保障・人口問題研究所研究評価委員
4. 名古屋大学大学院理学研究科招へい教員（JST ムーンショット型研究開発事業における研究指導）
5. 国立研究開発法人科学技術振興機構　創発研究支援事業　事前評価外部専門家

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、國谷良紀准教授（神戸大)、中田行彦准教授（青山学院大）の協力を得て，以下の著作を翻訳出版した：

1. ニコラ・バカエル　「人口と感染症の数理はいかに創られてきたか」　東京大学出版会、2022 年 11 月 25 日

伊山 修 (IYAMA Osamu)

A. 研究概要

埴原と共同 (arXiv:2209.14090) で、次数付き Gorenstein 環 R と有限次元代数 A に対し、R の次数付き特異圏と A の導来圏の同値から、R の特異圏と A の団圏の同値が得られることを示し、種々の先行研究を統一的に説明した。

木村と共同 (2106.00469, 2303.02928) で（一般には非可換）ネター代数上の加群圏の分類理論を構築した。ねじれ自由類と Serre 部分圏を分類し、いくつかの特別な場合にねじれ類を分類した。

Chan, Marczinzik と共同 (2210.06180) で、dominant と呼ばれる Auslander 正則環のクラスを導入し、mixed 団傾加群による特徴付けを与え、さらに Koszul 双対性で閉じていることを示した。

Marczinzik と共同 (Adv. Math.2022) で、有限束 P に対し、P の隣接代数 A が Auslander 正則環であることと P が分配束であることの同値性を示した。Chan, Darpoe, Marczinzik と共同 (2012.11927) で、有限次元代数 A の自明拡大代数が周期的であることと、A の導来圏が分数的 Calabi-Yau であることの同値性を示した。

青木, 東谷, 加瀬, 水野と共同 (2203.15213) で、有限次元代数の実 Grothendieck 群内に定まる g 扇の基礎理論を構築した。ランク 2 の完備な g 扇は符号同一性で特徴付けられることを示した (2301.01498)。淺井と共同 (2112.14908) で、有限次元代数 A の実 Grothendieck 群に対し、標準分解から定まる錐の内点は全て TF 同値であることを示し、A が遺伝的または E-tame の場合には錐の内部が一つの同値類であることを示した。

Williams と共同 (2208.12957) で、A 型前射影代数の 2 項準傾複体と prism の三角形分割の一対一対応を与えた。

B. 発表論文

1. M. Herschend, O. Iyama, H. Minamoto, S. Oppermann, Representation theory of Geigle-Lenzing complete intersections, to appear in Mem. Amer. Math. Soc.
2. O. Iyama, H. Jin, Positive Fuss-Catalan numbers and Simple-minded systems in negative Calabi-Yau categories, to appear in Int. Math. Res. Not.
3. L. Demonet, O. Iyama, N. Reading, I. Reiten, H. Thomas, Lattice theory of torsion classes, to appear in Trans. Amer. Math. Soc. Ser. B
4. O. Iyama, H. Nakaoka, Y. Palu, Auslander-Reiten theory in extriangulated categories, to appear in Trans. Amer. Math. Soc.
5. O. Iyama, R. Marczinzik, Distributive lattices and Auslander regular algebras. Adv. Math. 398 (2022), Paper No. 108233.
6. J. Grant, O. Iyama, Higher preprojective

algebras, Koszul algebras and superpotentials, Compos. Math. 156 (2020), no. 12, 2588–2627.

7. H. Dao, O. Iyama, R. Takahashi, M. Wemyss, Gorenstein modifications and Q-Gorenstein rings, J. Algebraic Geom. 29 (2020), no. 4, 729–751.
8. O. Iyama, D. Yang, Quotients of triangulated categories and Equivalences of Buchweitz, Orlov and Amiot-Guo-Keller, Amer. J. Math. 142 (2020), no. 5, 1641–1659.
9. O. Iyama, X. Zhang, Classifying τ-tilting modules over the Auslander algebra of $K[x]/(x^n)$, J. Math. Soc. Japan 72 (2020), no. 3, 731–764.
10. R. Buchweitz, O. Iyama, K. Yamaura, Tilting theory for Gorenstein rings in dimension one. Forum Math. Sigma 8 (2020), Paper No. e36, 37 pp.

C. 口頭発表

1. Tilting Cohen-Macaulay representations, International Congress of Mathematicians 2018 (ICM 2018), Rio Centro convention center, Rio de Janeiro, Brazil, 2018/08/06
2. 団代数と傾理論, Encounter with mathematics, 第 75 回 Cluster Algebras, 中央大学, 2022/03/17
3. Singularity categories and Cluster categories Interactions between Algebraic Geometry and Noncommutative Algebra, Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach, 2022/05/05
4. Auslander-Gorenstein rings revisited（3 回講演）Online workshop on higher dimensional homological algebras, IPM-Isfahan and University of Isfahan, 2022/05/10, 05/11, 05/12
5. Singularity categories and cluster categories Bridges between representation theory and algebraic geometry: Singularities, friezes and cluster categories, University of Leeds, 2022/05/25
6. 団代数と傾理論, 東京理科大学談話会, 2022/07/06
7. Quiver representations and Cohen-Macaulay representations, Algebra days in Paris in honor of Bernhard Keller, Institut Henri Poincaré, 2022/09/06
8. Realizing stable categories of Cohen-Macaulay modules as cluster categories, 第 43 回可換環論シンポジウム, 大阪大学, 2022/11/09
9. Complete g-fans of rank 2, Flash Talks in Representation Theory Norwegian University of Science and Technology, 2023/01/06
10. Fans in tilting theory: rank 2 case Representation Theory of Quivers and Finite-Dimensional Algebras, Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach, 2023/02/17

D. 講義

1. 特異傾理論入門：Quiver 表現と Cohen-Macaulay 表現, 名古屋大学多元数理科学研究科, 2022/11/28-12/02 (集中講義)
2. 4 年大学院 700 番台（数物先端科学）, 整環の表現論, 整環の Cohen-Macaulay 表現論に関して, quiver 表現, Auslander-Reiten 理論、傾理論、導来圏などの基本事項を説明した後, 特異圏の傾理論の最近の結果を紹介した. (数理大学院・4 年生共通講義)
3. 数理科学基礎演習：線代, 数学基礎理論演習：線代, 線型代数学演習 (教養学部前期課程講義)
4. 数理科学基礎演習：微積, 数学基礎理論演習：微積, 微分積分学演習 (教養学部前期課程講義)

F. 対外研究サービス

1. Mathematische Zeitschrift, エディター
2. Nagoya Mathematical Journal, エディター
3. Annals of Representation Theory, エディター
4. Representation Theory of Quivers and

Finite-Dimensional Algebras, Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach, 2023/02/12-18, オーガナイザー
5. Advances in Cluster Algebras 2023, 2023/03/22-24, オーガナイザー
6. Trends in Cluster Algebras 2022, 2022/09/20-22, オーガナイザー
7. 東京名古屋代数セミナー, オーガナイザー

H. 海外からのビジター

1. Nicholas Williams, 日本学術振興会外国人特別研究員, 2022/05/30-2022/08/30
2. Yingying Zhang, 外国人客員研究員, 2022/11/16 to 2023/11/15

緒方 芳子 (YOSHIKO Ogata)

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, 二次元量子スピン系, フェルミオン系の 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 probability 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 and two dimensional quantum spin systems and Fermionic systems.

B. 発表論文

1. Y. Ogata, A class of asymmetric gapped Hamiltonians on quantum spin chains and its characterization III, Comm. Math. Phys.**352** (2017), 1205–1263.
2. Y. Ogata, H. Tasaki, Lieb-Schultz-Mattis type theorems for quantum spin chains without continuous symmetry Comm. Math. Phys. **372** (2019), 951–962.
3. S. Ejima, Y. Ogata, Perturbation theory of KMS states Ann. Henri Poincare 20 (2019), 2971–2986.
4. A. Moon, Y. Ogata, Automorphic equivalence within gapped phases in the bulk Journal of Functional Analysis **278** (2020), Issue 8, 108422
5. Y. Ogata, A Z_2-Index of Symmetry Protected Topological Phases with Time Reversal Symmetry for Quantum Spin Chains. Comm. Math. Phys. 374(2) 705 - 734 (2020).
6. Y. Ogata A classification of pure states on quantum spin chains satisfying the split property with on-site finite group symmetries. Transactions of the American Mathematical Society, Series B 8(2) 39 - 65 (2021)
7. C. Bourne, Y. Ogata, The classification of symmetry protected topological phases of one-dimensional fermion systems" , Forum of Mathematics, Sigma 9, (2021).
8. Y. Ogata, Y. Tachikawa, H. Tasaki, General Lieb-Schultz-Mattis Type Theorems for Quantum Spin Chains, Communications in Mathematical Physics 385, 79–99 (2021).
9. Y. Ogata, An $H^3(G, \mathrm{T})$-valued index of symmetry-protected topological phases with on- site finite group symmetry for two-dimensional quantum spin systems , Forum of Mathematics, Pi 9, (2021).
10. Y. Ogata, A Z_2-index of symmetry protected topological phases with reflection symmetry for quantum spin chains, Communications in Mathematical Physics 385, 1245–1272 (2021).
11. Y. Ogata, A derivation of braided C^*-tensor categories from gapped ground states satisfying the approximate Haag duality, Journal of Mathematical Physics 63(1) 011902-011902 (2022).
12. P. Naaijkens, Y. Ogata The Split and Approximate Split Property in 2D Systems: Stability and Absence of Superselection Sectors Communications in Mathematical Physics 392(3) 921-950 (2022).
13. Y. Ogata An Invariant of Symmetry Protected Topological Phases with On-Site Finite Group Symmetry for Two-Dimensional Fermion Systems Communications in Mathematical Physics 395(1) 405-457 (2022).

C. 口頭発表

1. Classification of symmetry protected topological phases in quantum spin systems IAMP ONE WORLD IAMP MATHEMATICAL PHYSICS SEMINAR (online) 2020 年 12 月 15 日
2. Classification of symmetry protected

topological phases in quantum spin chains CURRENT DEVELOPMENTS IN MATHEMATICS 2020 Harvard University MIT (online) 2021 年 1 月 4 日

3. The classification of symmetry protected topological phases of one-dimensional fermion systems $C*$-algebras, K-theories and Noncommutative Geometries of Correlated Condensed Matter Systems: 2021 年 5 月 20 日
4. Classification of symmetry protected topological phases in quantum spin systems Summer School on Current Topics in Mathematical Physics 2021 年 7 月 (スイスハイブリッド)
5. Classification of symmetry protected topological phases in quantum spin systems International Congress in Mathematical Physics (ICMP) 全体講演 2021 年 8 月 2 日（スイスハイブリッド）
6. Classification of gapped ground state phases in quantum spin systems Seminal Interactions between Mathematics and Physics. II (イタリア Rome ハイブリッド) 2021 年 9 月 30 日
7. Classification of gapped ground state phases in quantum spin systems IHES Quantum Encounters Seminar （フランスオンライン）2021 年 10 月 5 日
8. Classification of SPT-phases Topology and Entanglement in Many-Body Systems (カナダ Banff オンライン) 2021 年 10 月 12 日
9. Classification of gapped ground state phases in quantum spin systems Theoretical studies of topological phases of matter 2021 年 10 月 18 日 (京都ハイブリッド)
10. An invariant of symmetry protected topological phases with on-site finite group symmetry for two-dimensional Fermion systems Webinar “Analysis, Quantum Fields, and Probability” 2022 年 1 月 13 日 (ドイツオンライン)
11. 量子スピン系におけるギャップ相の分類問題について緒方芳子日本数学会 総合講演 2022 年 3 月 29 日 (埼玉大学)
12. Classification of gapped ground state phases in quantum spin systems Yoshiko Ogata Japan forum associated with ICM 2022 2022 年 6 月 13 日
13. Classification of gapped ground state phases in quantum spin systems Yoshiko Ogata International Congress of Mathematicians 2022 (ICM 2022) 2022 年 7 月 12 日
14. Classification of gapped ground state phases in quantum spin systems Yoshiko Ogata Advances in Mathematical Physics: A Conference in Honor of Elliott H. Lieb on his 90th Birthday 2022 年 8 月 1 日 (アメリカ　ハーバード)
15. An Invariant of Symmetry Protected Topological Phases with On-Site Finite Group Symmetry for Two-Dimensional Fermion Systems Yoshiko Ogata Solid Math 2022 年 9 月 7 日 (イタリア　トリエステ)
16. 統計力学におけるスペクトルギャップを持った基底状態緒方芳子日本数学会 2022 年 9 月 14 日 (北海道大学)
17. A derivation of braided C*-tensor categories from gapped ground states satisfying the approximate Haag duality Yoshiko Ogata Mathematical structure of Tensor Networks 2022 年 10 月 4 日 (オーストリア ESI)
18. An Invariant of Symmetry Protected Topological Phases with On-Site Finite Group Symmetry for Two-Dimensional Fermion Systems Yoshiko Ogata Rigorous statistical mechanics and related topics 2022 年 11 月 17 日 (RIMS)

D. 講義

1. 常微分方程式（前期課程）
2. 解析学 XD スペクトル理論 (数理大学院・4 年生共通講義)

E. 修士・博士論文

1. (修士) 田中隼平 (TANAKA Jyunpei) 次数付き von Neumann 環の次数付きテンソル積の型について

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 2022 Summer School 世話人
5. Communications in Mathematical Physics Associate editor

G. 受賞

1. Henri Poincaré Prize (International Association of Mathematical Physics)
2. 2022 年度日本数学会賞秋季賞

小木曽 啓示 (OGUISO Keiji)

A. 研究概要

1. 既存の主張を拡張し正しい証明を与えることで、与えられた複素射影代数多様体 V の実形式の有限性のための基本的な 3 つの十分条件を確立した。応用として、滑らかな複素射影曲面 S が無限個の実形式をもつならば、S は有理曲面、極小でない K 3 曲面、極小でないエンリケス曲面のいずれかになることを示し、3 つの例外のうち、（まだ存在が確認されていなかった）無限個の実形式を持つ極小でないエンリケス曲面の存在も示した。以上の結果は、論文 “T.-C. Dinh, C. Gachet, H.-Y. Lin, K. Oguiso, L. Wang, X. Yu, Smooth projective surfaces with infinitely many real forms" （arXiv:2210.04760） にまとめ、公表した。
2. アーベル曲面でファイバー付けされた 3 次元カラビ・ヤウ多様体の実形式は、底空間上のフロップを法として、有限個であることを示した。論文は 2 月現在執筆中である。

1. In our joint paper “T.-C. Dinh, C. Gachet, H.-Y. Lin, K. Oguiso, L. Wang, X. Yu, Smooth projective surfaces with infinitely many real forms" (arXiv:2210.04760), we first established three basic sufficient criteria for a complex projective variety to have at most finitely many real forms, which were claimed with imcomplete proof. As an application, we proved that a smooth complex projective surface S admits at most finitely many real forms unless S is either rational, non-minimal K3 or non-minimal Enriques. We also established that three exceptional cases really occur by constructing one point blow-up of some Enriques surface with infinitely many real forms.
2. I proved that suitable flops over the base of any abelian fibered Calabi-Yau threefold has at most finitely many real forms (in preparation).

B. 発表論文

1. Dinh, T.-C., Oguiso, K., Yu, X. : “Smooth complex projective rational surfaces with infinitely many real forms", J. Reine Angew. Math. **794** (2023) 267–280.
2. Oguiso, K., Schroeer, S.: “Unirationality and geometric unirationality for hypersurfaces in positive characteristics", J. Inst. Math. Jussieu **21** (2022) 1831–1847.
3. Dinh, T.-C., Oguiso, K., Yu, X.: “Smooth rational projective varieties with non-finitely generated discrete automorphism group and infinitely many real forms", Math. Ann. **383** (2022) 399–414.
4. Dinh, T.-C., Lin, H.-Y., Oguiso, K., Zhang, D.-Q.: “Zero entropy automorphisms of compact Kähler manifolds

and dynamical filtrations", Geom. Funct. Anal. **32** (2022) 568–594.

5. Oguiso, K., Zhang, D.-Q. : "Wild automorphisms of projective varieties, the maps which have no invariant proper subsets", Adv. Math. **396** (2022), 108173, 25 pp.
6. Oguiso, K., Yu, X. : "Minimum positive entropy of complex Enriques surface automorphisms", Duke Math. J. **169** (2020), 3565–3606.
7. Oguiso, K. : "A surface in odd characteristic with discrete and non-finitely generated automorphism group", Adv. Math. **375** (2020), 107397, 20 pp.
8. Lazić, V., Oguiso, K., Peternell, Th. : "Nef line bundles on Calabi-Yau threefolds, I", Int. Math. Res. Not. IMRN (2020), 6070–6119.
9. Dinh T.-C., Oguiso K. : "A surface with discrete and nonfinitely generated automorphism group", Duke Math. J. **168** (2019) 941–966.
10. Oguiso, K. : "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.

C. 口頭発表

1. Oguiso, K., "On finiteness of real forms of an abelian fibered Calabi-Yau threefold", The 1st Algebraic geometry Atami symposium, Atami, Japan, 7–10, February 2023 (in person).
2. Oguiso, K., "Calabi-Yau threefolds with c_2-contractions - revisited", Online Seminar on Algebraic and Complex Dynamics, Beijing/Taipei, 20 December 2022 (Online).
3. Oguiso, K., "Calabi-Yau threefolds with c_2-contractions - revisited", Conference on Complex Analysis, Complex Geometry and Dynamics in memory of Nessim Sibony, Orsay, France, 5-9 December 2022 (in person).
4. Oguiso, K., "Kawaguchi-Silverman Conjecture for birational automorphisms of smooth irrational varieties", Birational Geometry workshop at BIMSA, 21 October 2022 (Online).
5. Oguiso, K., "Kawaguchi-Silverman Conjecture for birational automorphisms of smooth irrational varieties", Complex Geometry, Dynamical Systems and Foliation Theory, 17-21 October, 2022, CIRM, Luminy, France (Online talk).
6. Oguiso, K., "Real forms of smooth projective surfaces and cone conjecture", Complex Algebraic Geometry and related topics in honor of Fabrizio Catanese on the occasion of his 70th birthday, 19 - 23 September 2022, Palazzo Feltrinelli in Gargnano del Garda, Italy (in person).
7. Oguiso, K., "Real forms of smooth projective surfaces", Complex Geometry and Dynamical Systems, September 4-10, Oberwolfach, Germany (in person).
8. Oguiso, K., "Real forms of smooth projective surfaces of Kodaira dimension zero", Calabi-Yau Manifolds and Mirror Symmetry – Past, Present, and Future – (in honnor of Professor Shinobu Hosono's 60th birthday), August 8 –12, 2022, Gakushuin U. Tokyo, Japan (in person).
9. Oguiso, K., "On Kawaguchi-Silverman Conjecture for birational automorphisms of irregular varieties", Dynamical systems and systems of equations, June 20 – 24, 2022, Pisa, Italy (in person).
10. Oguiso, K., "Smooth complex projective rational varieties with infinitely many real forms", Seminar on Algebraic Geometry East Asia (in cooperation with Workshop on Algebraic Geometry in Gunsan), November 19, 2021 (Online

talk).

D. 講義

1. 代数学 XC（理学部３，４年生、本郷）
2. 数学 II（教養学部前期課程文科生）
3. 学術フロンティア講義Ｓターム、Ａターム、とりまとめ役（教養学部前期課程）
4. 代数幾何学特別講義Ｉ（集中講義）名古屋大学大学院多元数理科学研究科・理学部数理学科（７月４～８日）

E. 修士・博士論文

1. (博士) 王龍 (WANG Long): Studies on the Cone Conjecture, Automorphisms, and Arithmetic Degrees.
2. (修士) 杉本悠太郎 (SUGIMOTO Yutaro): Dynamical degrees of automorphisms of complex simple abelian varieties and Salem numbers.

F. 対外研究サービス

1. one of NCTS Scholars (from January 2019)
2. one of the editors of J. Algebraic Geometry.
3. one of the editors of J. Math. Soc. Japan (by June 2022).
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. JSPS「挑戦的研究（開拓・萌芽）」審査委員（書面審査とオンラインによる合議審査、２０２２年７月末まで)。
7. One of the organizers of "Korea-Japan Conference in Algebraic Geometry", IBS Science Culture Center Daejeon, February 13 – February 17, 2023 (with Professors Osamu Fujino, DongSeon Hwang, Jun-Muk Hwang, Yongnam Lee, Shunsuke Takagi).
8. One of the organizers of "2023 NCTS Higher Dimensional Algebraic Geometry Minicourses and Workshop", NTU, Taipei, Taiwan, March 13– March 24, 2023 (with Professors Caucher Birkar, Jungkai Chen, Yujiro Kawamata).
9. NHK 数学講座「現代数学の超入門」(河野俊丈先生主催) での講演 (「代数多様体と実形式」２０２２年１２月１７日)。

H. 海外からのビジター

1. Doctor Cécile Gachet (Université Côte d'Azur in Nice), June 13 – August 15, 2022, as a fellow of the JSPS Summer Program.
2. Professor Hsueh-Yung Lin (National Taiwan University), December 18 – December 24, 2022, partially supported by JSPS Grant-in-Aid 20H00111.
3. Professor Paolo Cascini (Imperial College), March 8–March 12, March 22-March 31, 2023, partially supported by JSPS Grant-in-Aid 20H00111.

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 括弧積や Turaev 余括弧積などの曲面のループ演算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. (Christine Vespa 氏 (Aix-Marseille 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 wheeled PROP 構造を導入した [B1]。
2. (Arthur Soulié 氏 (浦項工科大学) 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た。具体的には $d \neq 2$ のときの曲面の単位接束のホモロジー群およびその d 次外積である。これらの例では、自明係数コホモロジー代数の上での Tor 群はすべての次数で消えていない。また、$d \leq 5$ についてこの Tor 群を計算した [B9][B10]。
3. コンパクト Riemann 面のモジュライ空間上の Hodge 束とその複素共役のテンソ

ル積の具体的な切断を導入した。これは Kawazumi-Zhang 不変量の twisted version で第一 Mumford-Morita-Miller 類と密接に関係している [B8]。

4. (福原真二氏（津田塾大名誉教授）および久野雄介氏 (津田塾大・学芸) 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 [B6]。
5. (Anton Alekseev 氏 (Genève 大), 久野氏および Florian Naef 氏 (Trinity College Dublin) 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 [B4][B7]。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 [B3]。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 [B5]。さらに、[B7] 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、[B7] の証明の位相的簡略化を行った。

My primary interest has been in clarifying the topology of the moduli space of compact Riemann surfaces. In this decade, I mainly study various loop operations on a compact oriented surface, which include the Goldman brakcet and the Turaev cobracket, and the stable twisted cohomology of the mapping class group and the automorphism group of a free group.

1. (joint work with Christine Vespa (Aix-Marseille University)) We introduced a wheeled PROP structure to the stable twisted cohomology of the automorphism group of a free group [B1].
2. (joint work with Arthur Soulié (POSTECH)) We discovered the first example of modules of the mapping class group whose stable cohomology groups are NOT free over the stable cohomology algebra with trivial coefficients. More explicitly, if $d \neq 2$, the stable cohomology group with coefficients in the d-th exterior power of the first homology group of the unit tangent bundle of the surface is not free, and its Tor-group over the algebra does not vanish at each degree [B9][B10]. Moreover we computed the Tor-group for $d \leq 5$.
3. We introduced an explicit section of a tensor product of the Hodge bundle and its complex conjugate over the moduli space of compact Riemann surfaces. It is a twisted generalization of the Kawazumi-Zhang invariant, and closely related to the first Mumford-Morita-Miller class [B8].
4. (a joint work with Shinji Fukuhara (Tsuda University) and Yusuke Kuno (Tsuda University)) 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 [B6].
5. 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 [B7]. This was the first complete computation of the tensor description of the Turaev cobracket.
6. (a joint work with Anton Alekseev (U.

Genève), Kuno and Florian Naef (Trinity College Dublin)) 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 [B4][B8]. Moreover we prove that any group-like expansion inducing a formal description of the Goldman bracket is conjugate to a special/symplectic expansion [B3]. 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 [B5]. Moreover, using a double version of Turaev's gate derivatives, we re-construct the double divergence, which plays a central role in [B7], topologically. This leads us to a topological abbreviation of the proof of [B7].

B. 発表論文

1. N. Kawazumi and C. Vespa: "On the wheeled PROP of stable cohomology of $\mathrm{Aut}(F_n)$ with bivariant coefficients", to appear in: Alg. Geom. Topology
2. N. Kawazumi: "Some algebraic aspects of the Turaev cobracket", 'Topology and Geometry', edited by A. Papadopoulos, EMS Publishing House, Zurich, 2021, pp. 329–356.
3. A. Alekseev, N. Kawazumi, Y. Kuno and F. Naef: "Goldman-Turaev formality implies Kashiwara-Vergne", Quantum Topology **11** (2020) 657–689.
4. 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.
5. N. Kawazumi: "The mapping class group orbits in the framings of compact surfaces", Quarterly J. Math., **69** (2018) 1287–1302.
6. S. Fukuhara, N. Kawazumi and Y. Kuno: "Self-intersections of curves on a surface and Bernoulli numbers", Osaka J. Math., **55** (2018) 761–768.
7. A. Alekseev, N. Kawazumi, Y. Kuno and F. Naef: "The Goldman-Turaev Lie bialgebra and the Kashiwara-Vergne problem in higher genera", preprint, arXiv: 1804.09566 (2018)
8. A twisted invariant of a compact Riemann surface, preprint, arXiv: 2210.00532 (2022)
9. N. Kawazumi and A. Soulié: Stable twisted cohomology of the mapping class groups in the unit tangent bundle homology, preprint, arXiv: 2211.02793 (2022)
10. N. Kawazumi and A. Soulié: Stable twisted cohomology of the mapping class groups in the exterior powers of the unit tangent bundle homology, in preparation

C. 口頭発表

1. A double version of Turaev's gate derivatives, Teichmüller Theory: Classical, Higher, Super and Quantum 2020 年 10 月 9 日, Centre International de Rencontres Mathématiques. (フランス)(オンライン)
2. A double version of Turaev's gate derivatives, RIMS 研究集会「Geometry of discrete groups and hyperbolic spaces」2021 年 6 月 2 日, 京都大学数理解析研究所 (オンライン)
3. トポロジー —— 否定的なものを代数的に捉える, 2021 年度教養総合「数理科学の最先端」2021 年 6 月 19 日, 麻布高等学校

(オンライン)

4. リーマン面に関連する位相幾何学の問題, RIMS 共同研究「複素幾何学の諸問題 II」2021 年 9 月 8 日, 京都大学数理解析研究所・大阪市立大学数学研究所 (オンライン)
5. (久野雄介氏と共同) 写像類群のリー代数を求めて, 日本数学会秋季総合分科会トポロジー分科会幾何学分科会特別講演, 2021 年 9 月 15 日, 千葉大学 (オンライン)
6. A double version of Turaev's gate derivatives, トポロジーセミナー, 2021 年 10 月 27 日, 大阪大学理学研究科数学教室 (対面)
7. Stable cohomology of the mapping class groups with some particular twisted coefficients, Séminaire GT3, 2022 年 11 月 21 日, IRMA, University of Strasbourg. (フランス),

D. 講義

1. 数理科学基礎・同演習、線型代数学・同演習 (教養学部理科一類 1 年生向け講義と演習)
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)
3. 幾何学 XG・複素多様体 (4 年大学院生向け 700 番台) : 亜群のトポロジーに関する基本的な事項を平坦束のモジュライ空間とくにタイヒミュラー空間などリーマン面の理論への応用を考えながら解説した。具体的には、基本亜群と一般の亜群, 主 Γ 束, 第一 cohomology 集合, van Kampen の定理と亜群の融合積, コサイクルによる主 Γ 束の記述, 単体集合と単体加群, 亜群の (コ) ホモロジーの基本的性質, 亜群準同型の形式的な変形理論と平坦接続, CW 複体の基本亜群, Teichmüller 空間の Fenchel-Nielsen 座標, 群作用をもつ局所有限胞体複体, Ptolemy 亜群など。

E. 修士・博士論文

1. (修士) 藤田 卓真 (FUJITA Takuma): Fukaya categories of compact surfaces with boundary.

F. 対外研究サービス

1. 研究集会「リーマン面に関連する位相幾何学」世話人, 2022 年 9 月
2. 日本数学会学術委員会委員, 2018 年 7 月から
3. 日本数学会教育研究資金問題検討委員会委員, 2020 年 7 月から

G. 受賞

2021 年度日本数学会幾何学賞 (久野雄介氏と共同)

H. 海外からのビジター

Christine VESPA (8 月まで University of Strasbourg, 9 月から Aix-Marseille University) (2022 年 4 月 4 日から 12 月 3 日まで JSPS 外国人招へい研究者として滞在)
自由群の自己同型群および Artin braid 群のねじれ係数安定コホモロジー、とくにそれらの PROP 構造について河澄と共同研究を行った [B1]。また、博士課程 3 年生キムミンギュとも自由群上の polynomial exponential functors について共同研究を行った。滞在中の口頭発表は以下の通り:

1. Polynomial functors associated with beaded open Jacobi diagrams, トポロジー火曜セミナー, 2022 年 5 月 22 日, 東京大学大学院数理科学研究科 (オンライン)
2. On the stable cohomology of the groups $\mathrm{Aut}(F_n)$ with coefficients, 研究集会「リーマン面に関連する位相幾何学」2022 年 9 月 7 日, 東京大学大学院数理科学研究科 (オンライン)
3. Eilenberg Mac Lane polynomial functors and their applications, 日本数学会秋季総合分科会, トポロジー分科会特別講演, 2022 年 9 月 22 日, 北海道大学
4. Polynomial functors associated with beaded open Jacobi diagrams, 研究集会「Topology and Geometry of Low-dimensional Manifolds」, 2022 年 10 月 22 日, 奈良女子大学
5. On the stable cohomology of the automorphism groups of free groups with co-

efficients, Eilenberg Mac Lane polynomial functors and their applications, (2 講演), Silver Workshop V: Complex Geometry and related topics, 2022 年 11 月 22 日, 沖縄科学技術大学院大学 (OIST)

河東 泰之 (KAWAHIGASHI Yasuyuki)

A. 研究概要

組紐フュージョン圏上でのある種の誘導表現の理論である，α-induction について，bi-unitary connection の立場から研究を行った．α-induction は組紐フュージョン圏内の (可換とは限らない) Frobenius 代数の定めるテンソル関手である．これはこれまでは III 型因子環の自己準同型の延長という形で研究されてきた．一方，connection と呼ばれるユニタリ行列の族を使ってフュージョン圏が記述できることも，作用素環論における部分因子環論でよく知られている．そこで，connection によって記述された組紐フュージョン圏上で α-induction がどのように記述されるかを明らかにした．その中で，Frobenius 代数が可換の場合には，α-induction によって生じる connection が flat になることも証明した．

We have studied α-induction, which is a certain machinery to deal with induced representations for a braided fusion category, from a viewpoint of bi-unitary connections. α-induction is a tensor functor arising from a (not necessarily commutative) Frobenius algebra in a braided fusion category, and it has been studied as an extension of endomorphisms of a subfactor of type III to a larger factor. It is also known in subfactor theory of operator algebras that a family of unitary matrices called connections describe a fusion category. We have clarified how to describe α-induction for a braided fusion category given by connections. In particular, we have shown that if a Frobenius algebra is commutative, then the α-induced connection is flat.

B. 発表論文

1. 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.
2. 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.
3. Y. Kawahigashi, The relative Drinfeld commutant of a fusion category and α-induction, Internat. Math. Res. Notices. **2019** (2019), 6304–6316.
4. Y. Kawahigashi, A remark on matrix product operator algebras, anyons and subfactors, Lett. Math. Phys. **110** (2020), 1113–1122.
5. Y. Kawahigashi, Projector matrix product operators, anyons and higher relative commutants of subfactors, to appear in Math. Ann.
6. Y. Kawahigashi, Two-dimensional topological order and operator algebras, Internat. J. Modern Phys. B **35** (2021), 2130003 (16 pages).
7. Y. Kawahigashi, A characterization of a finite-dimensional commuting square producing a subfactor of finite depth, to appear in Internat. Math. Res. Notices.
8. Y. Kawahigashi, α-induction for bi-unitary connections, preprint, arXiv:2302.05577.

C. 口頭発表

1. A characterization of a finite-dimensional commuting square producing a subfactor of finite depth, Functional Analysis Seminar, UCLA (U.S.A.) [Online], February 2022.
2. A characterization of a finite-dimensional commuting square pro-

ducing a subfactor of finite depth, Quantum Information Seminar, Tsinghua University and Beijing Institute of Mathematical Sciences and Applications (China) [Online], March 2022.

3. A characterization of a finite-dimensional commuting square producing a subfactor of finite depth, Topological Quantum Groups, C^*-Tensor Categories, and Subfactors, University of Waterloo (Canada), May 2022.
4. A characterization of a finite-dimensional commuting square producing a subfactor of finite depth, New Frontiers: Interactions between Quantum Physics and Mathematics, Harvard University (U.S.A.), June 2022.
5. A characterization of a finite-dimensional commuting square producing a subfactor of finite depth, Operator Theory 28, Timişoara (Romania), June 2022.
6. A characterization of a finite-dimensional commuting square producing a subfactor of finite depth, Operator Algebras: Subfactors, K-theory, Conformal Field Theory, Gregynog Hall (U.K.), July-August 2022,
7. Mathematics of topological phases of matter and operator algebras, Pan-Pacific Workshop on Topology and Correlation in Exotic Materials, Moorea (French Polynesia), October 2022.
8. A characterization of a finite-dimensional commuting square producing a subfactor of finite depth, 作用素論作用素環論研究集会，大阪教育大学，December 2022.
9. α-induction for bi-unitary connections, 作用素環論における群作用と数理物理の関連，京大数理研，January 2023.
10. α-induction and bi-unitary connections, Probabilistic Operator Algebra Seminar, UC Berkeley (U.S.A.), February 2023.

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. エニオンの圏論的対称性と作用素環，(京都大学基礎物理学研究所集中講義，2022 年 10 月)

E. 修士・博士論文

1. (修士)Ayoub HAFID: KK-theory and localization algebras: functoriality and the Kasparov product
2. (修士) 星野真生 (HOSHINO Mao): Equivariant covering spaces of quantum homogeneous spaces
3. (修士) 渡辺博樹 (WATANABE Hiroki): 量子測定理論の数学的基礎

F. 対外研究サービス

1. *Communications in Mathematical Physics* の editor.
2. *International Journal of Mathematics* の chief 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. *Journal of Topology and Analysis* の editor.
7. *Letters in Mathematical Physics* の editor.
8. *Mathematics Open* の editor.
9. *Reviews in Mathematical Physics* の associate editor.
10. Mathematical Physics Studies (Springer) の editor.
11. サマースクール数理物理「K. Itô meets M. Sato ー確率論と可積分系の邂逅ー」(東京大学大学院数理科学研究科，オンライン，

2022 年 8 月 20–22 日) のオーガナイザー.

12. East Asian Core Doctorial Forum on Mathematics (National Center for Theoretical Sciences, Taiwan, January 9–12, 2023) 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, オンライン, 2023 年 3 月 27–29 日) のオーガナイザー.
14. European Research Council の Starting Grant の panel member.

G. 受賞

日本数学会出版賞受賞, 2019 年 3 月.

木田 良才 (KIDA Yoshikata)

A. 研究概要

可算群の標準確率空間への保測作用から構成される, 測度付き同値関係および測度付き亜群は, 保測作用に対する軌道同型の研究において基本的な概念である. 本年度はその樹系 (treeing) に関する研究を行った. 樹系とは, いわば, 測度付き同値関係に対する, 群の自由生成系の類似物である. 測度を使って定義される樹系の大きさ (コストとよばれる) が, 測度付き同値関係の同型不変量であることが Gaboriau (2000) によって示されて以来, 樹系は軌道同型の研究において重要な役割を果たしている. 実際この結果により, 異なる階数の自由群の自由保測作用は互いに軌道同型になり得ないことが従う.

過去の研究でバウムスラッグ・ソリター群に対して行った樹系の構成を, 次の HNN 拡大 G に対するものに一般化した:

$$G = \langle E, t \mid \forall a \in E_- \ \ tat^{-1} = \tau(a) \rangle.$$

ここで, E は可算群, $\tau\colon E_- \to E_+$ は E の有限指数正規部分群 E_-, E_+ の間の同型である. このような群の確率空間への保測作用 $G \curvearrowright X$ で E の作用がある周期的条件を満たすものに対し, その作用からできる亜群 $X \circ G$ が $X \circ E$ を正規部分亜群として含むこと (E が G の正規部分群であるとは限らないにもかかわらず), そして, その商亜群が樹系をもつことを示した. この構成の応用として, バウムスラッグ・ソリター群のモジュラー準同型の核が $F_\infty \times \mathrm{Z}$ と軌道同型になるという過去の結果を, Z^n の同種の HNN 拡大に対するものに一般化した. 同様の結果を, 一般バウムスラッグ・ソリター群をはじめとするグラフ群に一般化することは今後の課題である.

Countable measured equivalence relations and groupoids, constructed from measure-preserving actions of countable groups on standard probability spaces, are fundamental notions in the study of orbit equivalence between measure-preserving actions. This year I studied their treeings. Treeing are a notion for measured equivalence relations which is an analogue of free generating systems of groups. Treeings have played an important role in the study of orbit equivalence since its size, called the cost, was shown to be invariant under orbit equivalence by Gaboriau (2000). In fact this result implies that free groups of different rank cannot admit free probability-measure-preserving actions which are orbit equivalent.

I extended the construction of a treeing for Baumslag-Solitar groups in my past study, to the construction for the following HNN extensions G:

$$G = \langle E, t \mid \forall a \in E_- \ \ tat^{-1} = \tau(a) \rangle,$$

where E is a countable group and $\tau\colon E_- \to E_+$ is an isomorphism between finite index, normal subgroups E_-, E_+ of E. For its probability-measure-preserving action $G \curvearrowright X$ such that its restriction to E satisfies a certain periodicity condition, I showed that the associated measured groupoid $X \circ G$ contains $X \circ E$ as a normal subgroupoid (while E is not necessarily normal in G), and showed that the quotient groupoid admits a treeing. As its application, I extended my past result saying that the kernel of the modular homomorphism of a Baumslag-Solitar group is orbit equivalent to $F_\infty \times \mathrm{Z}$, to the result for the same kind of HNN extensions of Z^n. My next plan is to further extend these results to that for graphs of groups including generalized Baumslag-Solitar groups.

B. 発表論文

1. Y. Kida and R. Tucker-Drob : “Groups with infinite FC-center have the Schmidt property”, Ergodic Theory Dynam. Systems **42** (2022), 1662–1707.
2. Y. Kida and R. Tucker-Drob : “Inner amenable groupoids and central sequences”, Forum Math. Sigma **8** (2020), e29, 84 pp.
3. 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.
4. 木田良才 : “エルゴード群論”, 数学 **70** (2018), 337–356.

C. 口頭発表

1. On treeings arising from Baumslag-Solitar groups, Groups and Dynamics: Topology, Measure, and Borel Structure, MFO (ドイツ, オンライン参加), 2022 年 1 月.
2. 軌道同型の理論と Baumslag-Solitar 群, 東京都立大学談話会, 2021 年 11 月.
3. 離散群と軌道同値関係の内部従順性, 第 16 回代数・解析・幾何学セミナー, Zoom でのオンライン開催, 2021 年 2 月.
4. An invitation to measured group theory, 第 4 回数理新人セミナー, Zoom でのオンライン開催, 2021 年 2 月.
5. 測度付き同値関係の研究について, 東北大学談話会, Zoom でのオンライン開催, 2020 年 10 月.
6. Groups with infinite FC-center have the Schmidt property, Measurable, Borel, and Topological Dynamics, CIRM (フランス), 2019 年 10 月.
7. Groups with infinite FC-center have the Schmidt property, Classification Problems in von Neumann Algebras, BIRS (カナダ), 2019 年 9 月.
8. 軌道同値関係への誘い, 談話会, 東京大学, 2019 年 6 月.
9. (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.
10. 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.

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. (教養学部前期課程講義)
2. 数理科学基礎 (線型) : 線型代数学を学ぶ上で必要になる基本事項について講義した. (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. (教養学部前期課程講義)
4. 線型代数学 1 : 階数, 次元, 行列式の定義などについて講義した. (教養学部前期課程講義)
5. 線型代数学 2 : 行列式の応用, ベクトル空間, 行列の対角化などについて講義した. (教養学部前期課程講義)
6. 解析学 VI : フーリエ変換と超関数の基礎について講義した. (3 年生向け講義)
7. 解析学特別演習 III : 解析学 VI の内容に沿った演習を行った. (3 年生向け講義)

E. 修士・博士論文

1. (修士) 石倉 宙樹 (ISHIKURA Hiroki): Free metabelian groups are permutation stable.

G. 受賞

1. 日本学術振興会賞, 2019 年 2 月.

小林 俊行 (KOBAYASHI Toshiyuki)

A. 研究概要

2018–2022 の 5 年間においては, 主に以下の 3 テーマの理論構築を行い, 総計で約 1,200 ページの論文を著した。また数学の未解決問題の Spe-

cial Volume の分担執筆を行った [11]。

1. **緩増加等質空間**

リー群 G が多様体 X に作用しているとき，X 上の half density bundle の L^2 切断のなすヒルベルト空間 $L^2(X)$ 上に定まるユニタリ表現の基本問題として，$L^2(X)$ **がいつ緩増加表現になるか**という問題を提起し，数学の異分野との新しい繋がりを追求する研究を開始した (Y. Benoist と共同)。まず，X が簡約型等質空間 $X = G/H$ に対して，力学系のアイディアを用いて，$L^2(X)$ の行列要素の L^p 評価を与え，特に，$L^2(X)$ が緩増加となるための幾何的な必要十分条件を決定した [J. Euro. Math. 2015]．さらに，X が簡約型とは限らない一般の場合に，群作用をもつ測度空間にある半順序を導入し，力学系の手法と，ユニタリ表現論の手法を合わせることで，緩増加性の判定法を証明した (第 2 論文 [1])。第 3 論文 [2] で非緩増加な実簡約型等質空間の完全な分類を与え，第 4 論文 [3] では，緩増加性という解析的な性質，リー代数の極限に関する位相的性質，古典極限としての余随伴軌道の幾何的性質，凸多面体の組合せ論的性質の 4 つが同値であることを証明した．また fusion rule への応用を [4] で著した。

2. **対称性破れ作用素の構成と分類問題**

簡約リー群の無限次元表現の「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 [2].

2.A.(定性的理論) 離散的分岐則の理論の要となる K'-admissibility の十分条件 ([Ann. Math., 1998] の主定理の 1 つ) が，実は必要十分条件であることをシンプレクティック幾何の手法を用いて証明を与えた [Kostant 追悼論文, 2021].

2.B.(定性的理論 2) 無限次元表現を部分群に制限したときの重複度が有限 · 一様有界になるための判定条件を無限次元表現の “大きさ” の言葉を用いて与え [5, 6, 9, 10]，特に，対称対に周期をもつ表現の別の対称対への表現が有界重複度をもつケースを**可視的作用**の理論を援用して分類した．

2.C. (定量的理論 1—対称性破れ作用素) **無限次元表現に対する対称性破れ作用素**を，非局所作用素まで含めて構成し，分類するプログラムを提唱し [7]，最初の重要な応用例として，2 つの平坦な多様体の微分形式に関する対称性破れ作用素の分類理論の国際研究を主導し，総計 650 頁の長編論文で完成させた (スカラー値は Memoirs of AMS, 2015; 行列値の対称性破れ微分作用素の分類は Lect. Notes. Math. **2170** (2016)，これらを基盤とした完全な分類は著書 [2])。

2.D. (定量的理論 2—ホログラフィック変換) 対称性破れ作用素の族の双対として “ホログラフィック変換” の概念を導入した [Ann. Inst. Fourier, 2020]．また擬リーマン空間形の離散系列表現の分岐則における離散スペクトラムをホログラフィック変換を用いて構成し，完全に決定した [単著, Adv. Math., 2021].

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，新しい幾何に対する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.] を出版した。さらに，長編の第 2 論文 [JLT2019] 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，それを標準的な擬リーマン局所対称空間のスペクトル解析に活用した [8]。

For the last five years (–2023), I have been working on the following research topics.

1. **Tempered hoogeneous spaces**

This is a challenge to the global analysis on homogeneous spaces beyond symmetric spaces. 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 [1] for general H. A complete description of nontempered homogeneous spaces G/H with $H \subset G$ reductive has been accomplished in [2], and a further connection with other disciplines of mathematics has been explored in [3]. Further references include [4].

2. **Restriction of representations: symmetry breaking operators**

Branching problems ask the behavior of the restriction of irreducible representations to sub-

groups. I proposed in [Progr. Math., 2015] a program to advance branching problems for reductive groups, see [11] for further perspectives.

2.A Concerning the discretely decomposability of the restriction of representations, I proved in [Kostant Memorial Vol., 2021] by using symplectic geometry, the converse of one of the main theorems in my earlier paper [Ann. Math., 1998] based on microlocal analysis.

2.B I formulated and proved a criterion for finite multiplicity/bounded multiplicity of the restriction of 'small' infinite-dimensional representations to reductive subgroups in [5, 6, 9, 10]. In particular, I classified the triples (G, H, G') such that (G, H) is a symmetric pair and that any irreducible H-distinguished representations have bounded multiplicity when restricted to another symmetric pair (G, G').

2.C With B. Speh, I classified *symmetry breaking operators* (SBOs) of principal series for a pair of Lorentz groups (Memoirs of AMS 2015 and book [2]), which give the first successful for the complete classification of SBOs. A part of this work is extended to higher rank case.

2.D As an "inversion" of the symmetry breaking, I introduced the concept of **holographic transform** in [Adv. Math. 2021] and in a joint paper with Pevzner ([Ann. Inst. Fourier 2020]).

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 small deformation of discontinuous groups. Further new ideas are proposed in [Progr. Math. 2017], [JLT2019], and [8].

B. 発表論文

(論文は 2022 年以降のものを記載する．2018 年～2021 年の論文は，過去の Annual Report の各年度に記載．)

1. Y. Benoist and T. Kobayashi, Tempered homogeneous spaces II, In: Dynamics, Geometry, Number Theory: The Impact of Margulis on Modern Mathematics (eds. D. Fisher, D. Kleinbock, and G. Soifer), pp. 213–245, The University of Chicago Press, 2022.
2. Y. Benoist and T. Kobayashi. Tempered homogeneous spaces III. Journal of Lie Theory, **31**, (2021), pp. 833–869.
3. Y. Benoist and T. Kobayashi, Tempered homogeneous spaces IV. Journal of the Institute of Mathematics of Jussieu, pages 1–28, 2022. DOI: 10.1017/S1474748022000287. Published on line, First View: 07 June, 2022.
4. Y. Benoist, Y. Inoue, and T. Kobayashi, Temperedness criterion of the tensor product of parabolic induction for GL_n, Journal of Algebra, **617** 1–16, 2023. DOI: 10.1016/j.jalgebra.2022.10.029.
5. T. Kobayashi. Bounded Multiplicity Theorems for Induction and Restriction. Journal of Lie Theory, **32**, (2022), pp. 197–238.
6. T. Kobayashi, Multiplicity in restricting small representations, preprint. Proc. Japan Acad. **98**, Ser. A Math. Sci., (2022), pp. 19–24.
7. T. Kobayashi, Recent advances in branching problems of representations, To appear in Sugaku Expositions, Amer. Math. Soc. arXiv: 2112.00642.
8. F. Kassel and T. Kobayashi. Spectral analysis on standard locally homogeneous spaces, preprint, 69 pages, ArXiv: 1912.12601.
9. T. Kobayashi, Multiplicity in Restricting Minimal Representations, In: Lie Theory and Its Applications in Physics (eds. V. Dobrev). Springer Proceedings in Mathematics & Statistics, vol **396**. Springer, Singapore, 2023, pp. 3–20.
10. T. Kobayashi, Bounded multiplicity

branching for symmetric pairs, Preprint. 32 pages. Journal of Lie Theory, **33** (1) (2023), 305–328, Special Volume for Karl Heinrich Hofmann. arXiv: 2210.13146.

11. T. Kobayashi, Conjectures on reductive homogeneous spaces, 19 pages. To appear in "Mathematics Going Forward", Lecture Notes in Mathematics, vol.2313, Springer-Nature, 2023.

著書:

1. 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.
2. 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. "Visible actions" and "only one" — Geometric structure that produces multiplicity-free representations. 大学院数理科学研究科設立 30 周年記念講演 (The 30th Anniversary Ceremony of the Foundation of the Graduate School of Mathematical Sciences). The University of Tokyo, 15 October 2022.
2. On the Crossroads of Global Analysis and Representation Theory. Geometry, Analysis, and Representation Theory of Lie Groups (organized by Y. Oshima, H. Sekiguchi, T. Kubo, T. Okuda, Y. Tanaka, and M. Kitagawa). The University of Tokyo, 5–9 September 2022.
3. Harish-Chandra's admissibility theorem and beyond. (**3.A.** と **3.B.** では講演タイトル，内容は異なるが，大きなテーマとしては繋がっているので 1 つにまとめる．) **3.A.** Representations and Characters: Revisiting the Works of Harish-Chandra and André Weil — A satellite conference of the virtual ICM 2022 (organized by Hung Yean Loke, Tomasz Przebinda, Angela Pasquale, and Binyong Sun). the Institute for Mathematical Sciences, National University of Singapore, Singapore, 9 July 2022. **3.B.** Bounded multiplicity in the branching problems of "small" infinite-dimensional representations, 5 October 2021. リー群論 · 表現論セミナー (オンライン)，東京大学.
4. Proper Actions and Representation Theory. (**4.A.**–**4.G.** 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繋がっているので 1 つにまとめる．) **4.A.** Properness criterion. **4.B.** Discontinuous group, Weil's local rigidity, and deformation. **4.C.** Tempered Subgroups and tempered homogeneous spaces. (**4.A.**, **4.B.**, **4.C.** は Representations and Characters: Revisiting the Works of Harish-Chandra and André Weil — A satellite conference of the virtual ICM 2022 の 4 連続講演のうちの 3 つ). The Institute for Mathematical Sciences, National University of Singapore, Singapore, 1–15 July 2022. organized by Hung Yean Loke, Tomasz Przebinda, Angela Pasquale, and Binyong Sun. **4.D.** Discontinuous dual and properness criterion (25 April, 2022) **4.E.** The Mackey analogy and proper actions (2 May, 2022) **4.F.** Tempered subgroups a la Margulis (9 May, 2022) **4.G.** Tempered homogeneous spaces (16 May 2022) (**4.D.**–**4.G.** は Proper Actions and Representation Theory. Mini-courses of Mini-lectures (Organizers: Pierre Clare, Nigel Higson and Birgit Speh) における 4 つのテーマの講演, AIM Research Community: Representation Theory & Noncommutative Geometry，online), 25 April–16 May 2022.
5. Tempered Homogeneous Spaces. (**5.A.**–

5.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繋がっているので 1 つにまとめる．) **5.A.** Symmetry in Geometry and Analysis (organized by M. Pevzner and H. Sekiguchi). Reims University, France, 6–10 June 2022. **5.B.** 緩増加な等質空間 (Tempered Homogeneous Spaces). 日本数学会年会函数解析学分科会特別講演 (慶応大学，オンライン), 16 March 2021. **5.C.** Limit Algebras and Tempered Representations. (opening lecture). RIMS Workshop: Lie Theory, Representation Theory and Related Areas. (online), 10 August 2021. **5.D.** Limit Algebras and Tempered Representations. (plenary opening lecture). XIV. International Workshop: Lie Theory and Its Applications in Physics. Bulgaria (online), 20–26 June 2021. **5.E.** Limit algebras and tempered representation. Lie Groups and Representation Theory Seminar. The University of Tokyo, 15 June 2021. **5.F.** This is What I do: Limit algebras and tempered representations. Representation Theory & Noncommutative Geometry. AIM Research Community (online), 8 April 2021.

6. Schrödinger model of minimal representations and branching problems. Minimal Representations and Theta Correspondence: (Gordan Savin 教授還暦記念研究集会). (online), The Erwin Schrödinger International Institute for Mathematics and Physics (ESI), 11–15 April 2022.
7. Regular Representations on Homogeneous Spaces, (**7.A.**–**7.J.** 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繋がっているので 1 つにまとめる．) **7.A.** Is representation theory useful for global analysis on a manifold? — Multiplicity: Approach from PDEs, **7.B.** Tempered homogeneous spaces and tempered subgroups — Dynamical approach, **7.C.** Classification theory of non-tempered G/H — Combinatorics of convex polyhedra, **7.D.** Tempered homogeneous spaces — Interaction with topology and geometry, Analysis on Homogeneous Spaces (4 lectures). Noncommutative Geometry and Analysis on Homogeneous Spaces. Williamsburg, USA, 16–20 January 2023. **7.E.** Basic Questions in Group-Theoretic Analysis on Manifolds. MATH-IMS Joint Pure Mathematics Colloquium Series. The Chinese University of Hong Kong, 25 November 2022. **7.F.** A Foundation of Group-theoretic Analysis on Manifolds. Colloquium di dipartimento. Dipartimento di Matematica, Universit à di Roma “Tor Vergata” (online), 18 February 2021. **7.G.** Representation Theory of Reductive Groups from Geometric and Analytic Methods (in honour of Simon Gindikin). Kavli IPMU, Japan, 27–28 January 2020; **7.H.** Regular Representations on Homogeneous Spaces. (plenary lecture). International Workshop: Lie Theory and Its Applications in Physics (LT-13). Varna, Blugaria, 17–23 June 2019; **7.I.** Regular Representations on Homogeneous Spaces. (opening lecture). RIMS Workshop: Developments in Representation Theory and Related Topics (organizer: Yoshiki Oshima). RIMS, Kyoto University, 9–12 July 2019; **7.J.** Regular Representations on Homogeneous Spaces. Dynamics of Group Actions (Yves Benoist 教授還暦記念研究集会). Cetraro, Italy, 27–31 May 2019.
8. F-method for Constructing Symmetry Breaking Operators. (**8.A.** と **8.B.** は講演タイトルも内容は異なるが，関連したテーマなので 1 つにまとめる．)

8.A. 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. **8.B.** Holographic Transform, 20 August, 2021, Workshop on "Actions of Reductive Groups and Global Analysis (Online Tambara), August 17-21, 2021.

9. Global Geometry and Analysis on Locally Symmetric Spaces—Beyond the Riemannian Case. (**9.A.–9.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繋がっているので 1 つにまとめる．) **9.A.** Global Analysis of Locally Symmetric Spaces with Indefinite-metric. Colloquium, National University of Singapore. (online), 13 August 2021. **9.B.** Sound of an anti-de Sitter manifold. (opening lecture). Inaugural Day of the French–Kazakhstan school of Mathematics. (online), 25 June 2021. **9.C.** Global Analysis of Locally Symmetric Spaces with Indefinite-metric. Seminar. University of Padova, Italy, 3 June 2019. **9.D.** Global Analysis of Locally Symmetric Spaces with Indefinite-metric. Colloquium. Oklahoma State University, 3 May 2019. **9.E.** Global Analysis of Locally Symmetric Spaces with Indefinite-metric. Colloquium. Yale University, USA, 17 April 2019. **9.F.** 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. **9.G.** “Geometric Quantization and Applications” M. Vergne 教授記念集会. Luminy, France, 8-12 October 2018. **9.H.** Symposium on Representation Theory 2018. Tottori, Japan, 13-16 November 2018. **9.I.** Colloquium. Hiroshima University, Japan, 6 November 2018. **9.J.** (plenary lecture). The 65th Geometry Symposium. Tohoku University, Sendai, Japan, 28-31 August 2018. **9.K.** Glances at Manifolds: Aleksy Tralle 教授還暦記念研究集会. the Jagiellonian University, Krakow, Poland, 2-6 July 2018.
10. Branching Laws for Infinite Dimensional Representations of Real Lie Groups; Symmetry Breaking Operators. (**10.A.–10.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繋がっているので 1 つにまとめる．) **10.A.** Branching Problems and Symmetry Breaking Operators. Geometry, Symmetry and Physics. Yale University, USA, 23 April 2019. **10.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. **10.C.** Joachim Hilgert 教授還暦記念研究集会. Paderborn, Germany, 23-27 July 2018. **10.D.** (plenary lecture). the 32nd International Colloquium on Group Theoretical Methods in Physics (Group32). Czech Technical University, Prague, Czech Republic, 9-13 July 2018. **10.E.** Representation theory, geometry, and quantization: the mathematical legacy of Bertram Kostant (Kostant の追悼国際研究集会). MIT, USA, 28 May-1 June 2018. **10.F.** 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, in connection with the AMS-AWM Noether lecture by Birgit Speh. Denver, USA, 17 January 2020.

D. 講義

1. 数理科学概論 I (文科生) (教養学部文科 1,2 年生，S セメスター, 対面): 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た．

2. リー環論/幾何学 XH (数理大学院・4 年生共通講義，A セメスター，対面): I started basic theory of Lie algebras such as Levi decomposition, Cartan decomposition, root space decomposition, and a more recent advanced topic such as "limit algebra". After explaining the corresponding global structures of Lie groups and geometries of homogeneous spaces, I discussed the state of art on the unitary representations of reductive groups G on $L^2(X)$ on homogeneous spaces X with emphasis on the limit algebras and the tempered criterion developed by Benoist–Kobayashi (Tempered homogeneous spaces I–IV, 2015–2022).
3. 数学講究 XB（数理科学概説)「不連続群の幾何学と大域解析」, (理学部数学科 4 年生)，2022 年 6 月 22 日.
4. 数学講究 XA, S セメスター: テキスト "Heat Kernels and Dirac Operators" (Berline, Getzler, Vergne) (理学部数学科 4 年生)
5. Proper Actions and Representation Theory. Mini-courses of Mini-lectures, AIM Research Community: Representation Theory & Noncommutative Geometry (online), 25 April–16 May 2022, USA:
   In the series of four lectures, I introduced some topics on proper actions with emphasis on their relation to representation theory. No special background knowledge will be required. The lectures will be short without details, but with elementary examples so that they fit into teatime. The lectures are loosely related but are mostly independent of one another. The first two topics are of more geometric nature, and the last two are of more analytic nature. Here are the subtitles of the lectures.
   (1) Discontinuous dual and properness criterion.
   (2) The Mackey analogy and proper actions.
   (3) Tempered subgroups a la Margulis.
   (4) Tempered homogeneous spaces.
6. Proper Actions and Representation Theory. Distinguished Lecture Series. The Institute for Mathematical Sciences, National University of Singapore, Singapore, 1–15 July 2022.
   In the series of lecture, I explained some recent topics on proper actions with emphasis on their relation to representation theory. I begin with some geometric problems of group actions including properness criterion for reductive homogeneous spaces. In turn, I introduce a "quantification" of proper actions and bring geometric ideas to analytic representation theory such as temperedness criterion. Basic notion will be illustrated by examples. No special background knowledge will be required.
7. Analysis on Homogeneous Spaces at minicourse. Winter School: Noncommutative Geometry and Analysis on Homogeneous Spaces. Williamsburg, USA, 16–20 January 2023.
   I delivered four lectures on some foundational progress in recent years about "Analysis on homogeneous spaces" to graduate students, posdoc researchers, and experts.
   We discuss what kind of geometry X guarantees a good control of the transformation group on the function space, and the answer brings us naturally to the notion of spherical varieties/real spherical manifolds in f Lecture 1 by using PDEs. In Lectures 2-4 we discussed spectrum of the unitary representation $L^2(X)$ with emphasis on the temperedness criterion. We employ "dynamical approach" in Lec-

ture 2, combinatorics approach in Lecture 3, and "limit algebras" and viewponts from "geometric quantization" in Lecture 4.

E. 修士・博士論文

1. (課程博士) 里見貴志 (SATOMI Takashi): Refinement of Young' s convolution inequality on locally compact groups and generalizations of related inequalities (局所コンパクト群上の Young の畳み込み不等式の精密化と関連の不等式の拡張).
2. (修士) 樋川達郎 (HIKAWA Tatsuro): Lie 代数 $\mathrm{sl}(2,\mathrm{R})$ の微分作用素による表現の変形パラメータの反転，および関連するスペクトル分解の収束公式.
3. (修士) 西畑みなみ (NISHIHATA Minami): $GL(n)$ の有限次元表現に対する微分対称性破れ作用素の構成と複素射影空間上のベクトル束値の調和形式の具体的記述への応用.

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 (2011.6–2022.3); 連携研究員 (2022.4–).

[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) (2002–2021)
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).
14. Editor, Special Issue in honor of Professor Masaki Kashiwara's 70th birthday (Publ. RIMS) 2017–2021.
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.

[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) 2018, 国外.
19. ある国際賞の授賞委員会: Prize Committee (mathematics), 2019 および 2020, 国外.
20. ICM2022 における招待講演者および Plenary lecturers の Selection Committee の責任者 (Chair, Lie Theory and its generalizations, ICM2022), 2019–2022.
21. ある国際賞 (数学部門) の授賞委員会: Prize Committee (mathematics), 2020–2021，国外.
22. ある国内の数学の賞 (複数) の授賞委員会 (anonymous, various years).
23. 京都大学数理解析研究所運営委員 (2015–2017; 2017–2019).
24. 京都大学数理解析研究所専門委員 (2007–2009; 2009–2011; 2015–2017; 2017–2019; 2021–).

25. 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).
26. OIST の数学部門における国際 Advisory Board (2021–).

[国際研究集会のオーガナイザーなど]

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, (virtual 玉原国際セミナーハウス), August 17–21, 2022 (オンライン).
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, (virtual 玉原国際セミナーハウス), August 17–21, 2021(オンライン).
29. 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.
30. 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).
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に関するセミナー, (virtual 玉原国際セミナーハウス), 18–22 August 2020 (オンライン).
32. 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.
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に関するセミナー, 玉原国際セミナーハウス, 19–23 August 2018.
34. オーガナイザー, 高木レクチャー, 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)
35. 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・受章

1. Doctrat Honoris Causa (University of Reims), 2022, France.
2. 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).
3. 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).
4. 紫綬褒章 (Medal with Purple Ribbon)(2014) 「数学研究」.
5. [学生の受賞] 東京大学学位記授与式における総代, 甘中一輝 (2020 年度 (2021 年 3 月), 総代・答辞),
   田森宥好 (2019 年度 (2020 年 3 月), 総代).

H. 海外からのビジター

1. Jonathan Ditlevsen (Aarhus University, Denmark) Mentor as a Ph. D. study on Symmetry Breaking Operators, (短期留学), 29 August –26 November 2022.
2. F. Kassel (IHES, France), Delivered an invited lecture at the conference “Geometry, Analysis, and Representation Theory of Lie groups”. The University of Tokyo, Japan, 5–9, September 2022.
3. M. Pevzner (University of Reims, France), Delivered an invited lecture at the conference “Geometry, Analysis, and Representation Theory of Lie groups”. The University of Tokyo, Japan, 5–9, September 2022.
4. B. Speh (Cornel, USA), Delivered an invited lecture at the conference “Geometry, Analysis, and Representation Theory of Lie groups”. The University of Tokyo, Japan, 5–9, September 2022.
5. J. A. Wolf (University of California,

Berkeley, USA), Delivered an invited lecture at the conference “Geometry, Analysis, and Representation Theory of Lie groups”. The University of Tokyo, Japan, 5–9, September 2022.

斎藤 秀司 (SAITO Shuji)

A. 研究概要

モチーフ理論の構築は代数幾何学の基本的な未解決問題である．その基本的なアイデアは Grothendieck によるもので，1980 年に Beilinson は正確に予想として定式化した．その予想は，モチーフの圏と呼ばれるある圏の存在を予測している．モチーフの圏はモチフィックコホモロジーと呼ばれる普遍的なコホモロジー理論を生み出す．モチフィックコホモロジーは，スキームのコホモロジー理論の基礎となり，適当なある良い性質を満たすスキーム X に対する Atiyha-Hirzebruch 型のスペクトル列を介して，Quillen の代数的 K 理論と関係すると予想されている：

$$E_2^{p,q} = H^{p-q}_{\mathcal{M}}(X, \mathrm{Z}(-q)) \Rightarrow K_{-p-q}(X).$$

X が体 k 上滑らかで準射影的であるとき，Bloch が代数的サイクルを用いて定義した高次 Chow 群がモチフィックコホモロジーの役割を果たすことを，Bloch-Lichtenbaum，Friedlander-Suslin，Levine たちが示した．Voevodsky は，三角圏 $\mathrm{DM}^{\mathrm{eff}}$ を構築し，それが Beilinson が期待した方法で Bloch の高次 Chow 群を生み出すことを示した．しかしながら Bloch の高次 Chow 群と Voevodsky の理論は，Beilinson の予想に完全な答えを与えることができない．というのも，Voevodsky の理論は，A^1-不変性を持つ Nisnevich 層の理論に基づいているにもかかわらず, 一方で代数的 K 理論は特異点を許すスキームに対してはもはや A^1-不変性を満たさないからである．そこで Voevodsky の理論を拡張して，特異点を許すスキームに対しても期待される性質を満たすより大きな理論を構築することが重要な問題となる．

私の研究プロジェクトでは，この問題を解決するための一つの方法として，"相互層"の理論を提出している．これを説明するためにいくつかの概念を導入する．k 上分離的有限型かつ滑らかなスキーム全体のなす圏 Sm 上の Nisnevich 層で ‘移送 (transfer)’ と呼ばれる構造を持つものたちのなす圏を NST とし，その中で A^1-不変性をみたすもののなす充満部分圏を $\mathrm{HI}_{\mathrm{Nis}}$ で表す．後者が Voevodsky の理論で本質的な役割を果たすものである．相互層は，$\mathrm{HI}_{\mathrm{Nis}}$ を含む NST の充満部分圏 $\mathrm{RSC}_{\mathrm{Nis}}$ を形成する．さらに，以下のような $\mathrm{HI}_{\mathrm{Nis}}$ には属さない対象を含む．例えば，滑らかな可換代数群 (非自明な unipotent 部分を持つことを許す．例えば加法群スキーム G_a)，微分形式の層 Ω^i，de Rham-Witt 層 $W_n\Omega^i$ が $\mathrm{RSC}_{\mathrm{Nis}}$ に属する．さらに，$\mathrm{RSC}_{\mathrm{Nis}}$ は NST において部分対象と商対象を取る操作で閉じており，またテンソル構造を備えているので，既知の相互層から新しい相互層を作ることができる．

ここで前年度までに得られた成果について説明する．Voevodksy が $\mathrm{HI}_{\mathrm{Nis}}$ にたいし証明した様々な基本的な性質，コホモロジーの純粋性，コホモロジーの射影束公式, 滑らかなブローアップ公式, Gysin 系列の存在などは, $\mathrm{RSC}_{\mathrm{Nis}}$ に拡張することに成功した．その応用として，スキームの射影的な射に沿ったコホモロジーの順像写像の構成に成功した．これは特別な場合として，Grothendieck による微分形式の層のコホモロジーにたいする順像写像や，Gros による de Rham-Witt 層のコホモロジーにたいする順像写像を含むものである．もう一つの応用は， 相互層のコホモロジー上に代数対応の作用を構築したことである．これにより，相互層から新たな双有理不変量を構成したり，Bloch-Srinivas のテクニックを用いて新しいコホモロジーの消滅定理を示すことにも成功した (ここまでは前年度までの成果である).

本年度の成果を説明しよう．これは 6 番の公表論文に含まれている．Voevodsky の理論を拡張するための別の展開があった．それは、Binda, Park と Østvær による対数的モチーフの三角圏 $\mathrm{logDM}^{\mathrm{eff}}$ の構築である．本年度の成果として，相互層 $F \in \mathrm{RSC}_{\mathrm{Nis}}$ の Nisnevich コホモロジーが $\mathrm{logDM}^{\mathrm{eff}}$ で表現可能であることを証明した．以下でこの結果について詳しく説明する．lSm を体 k 上有限型な対数的に滑らかな対数的スキームの圏とし，$\mathrm{Shv}^{ltr}_{dNis}$ を lSm 上の transfer 構造を持つ Nisnevich 層のなす圏とする．圏 $\mathrm{logDM}^{\mathrm{eff}}$

は $\mathrm{Shv}_{dNis}^{ltr}$ の導来圏 $D(\mathrm{Shv}_{dNis}^{ltr})$ の $\overline{\Lambda}$-同値による局所化として定義される．ここで $\overline{\Lambda}$ は無限遠点から定まる対数構造を与えられた P^1 である．各 $\mathrm{X} \in \mathrm{lSm}$ にたいしその対数的モチーフ $M(\mathrm{X})$ を対応させる自然な関手 $M : \mathrm{lSm} \to \mathrm{logDM}^{\mathrm{eff}}$ が存在する．Binda と Merici は $D(\mathrm{Shv}_{dNis}^{ltr})$ 上の標準的 t-構造が，ホモトピー t-構造と呼ばれる $\mathrm{logDM}^{\mathrm{eff}}$ 上の t-構造を誘導し，その heart が強 $\overline{\Lambda}$-不変性を持つ対象からなる $\mathrm{Shv}_{dNis}^{ltr}$ の充満部分圏 $\mathrm{CI}_{\mathrm{dNis}}^{\mathrm{ltr}}$ に一致することを証明した．本年度の成果は以下の通りである．充満忠実な完全関手

$$\mathcal{L}og : \mathrm{RSC}_{\mathrm{Nis}} \to \mathrm{CI}_{\mathrm{dNis}}^{\mathrm{ltr}} : F \to F^{\log} = \mathcal{L}og(F)$$

が存在する．さらに $F \in \mathrm{RSC}_{\mathrm{Nis}}$ と $X \in \mathrm{Sm}$ の Nisnevichk ホモロジー $H^i_{\mathrm{Nis}}(X, F)$ は

$$\mathrm{Hom}_{\mathrm{logDM}^{\mathrm{eff}}}(M(X, \mathrm{triv}), L^{\overline{\Lambda}} F^{\log}[i])$$

と自然に同型である．ここで

$$L^{\overline{\Lambda}} : D(\mathrm{Shv}_{dNis}^{ltr}) \to \mathrm{logDM}^{\mathrm{eff}}$$

は局所化関手で，(X, triv) は X に自明な対数構造を与えた対数スキームである。

A fundamental open question, dating back to A. Grothendieck and early days of algebraic geometry, formulated as a precise conjecture by Beilinson in 1980, predicts the existence of a certain category called category of motives, which gives rise to a universal cohomology theory called motivic cohomology. Motivic cohomology should underlie various cohomology theories for schemes and be related to Quillen's algebraic K-theory via an Atiyha-Hirzebruch type spectra sequence for any (reasonably good) scheme X :

$$E_2^{p,q} = H^{p-q}_{\mathcal{M}}(X, \mathrm{Z}(-q)) \Rightarrow K_{-p-q}(X).$$

When X is smooth and quasi-projective over a field k, S. Bloch's higher Chow groups, given in terms of algebraic cycles, plays the role of motivic cohomology, as established by works of Bloch-Lichtenbaum, Friedlander-Suslin and Levine. Voevodsky constructed a triangulated category $\mathrm{DM}^{\mathrm{eff}}$ which gives rise to Bloch's higher Chow groups in the way expected by Beilinson. Voevodsky's theory is based on the category NST of *Nisnevich sheaves with transers* and a full subcategory $\mathrm{HI}_{\mathrm{Nis}} \subset \mathrm{NST}$ of A^1-invariant objects. Voevodsky proved that NST is a Grothendieck abelian category and defined the triangulated category $\mathrm{DM}^{\mathrm{eff}}$ of effective motives as the localization of the derived category $D(\mathrm{NST})$ of complexes in NST with respect to an A^1-*weak equivalence*.

Bloch's higher Chow groups and Voevodsky's theory fail to give a complete answer to Beilinson's conjecture since algebraic K-theory is no longer A^1-invariant for singular schemes. How would it be then possible to extend Voevodsky's theory to construct a larger category satisfying the expected properties even for singular schemes? This seems a difficult question which does not yet have a satisfactory answer.

In one of my research projects, we propose theory of *reciprocity sheaves* as a potential attempt toward the question. The reciprocity sheaves form a full abelian subcategory $\mathrm{RSC}_{\mathrm{Nis}}$ of NST that contains $\mathrm{HI}_{\mathrm{Nis}}$ as well as non-A^1-invariant objects such as (sheaves represented by) smooth commutative algebraic k-groups (which may have non-trivial unipotent parts, e.g. the additive group scheme G_a), the sheaf of Kähler differentials Ω^i and the de Rham-Witt sheaves $W_n\Omega^i$. Moreover, $\mathrm{RSC}_{\mathrm{Nis}}$ is closed under taking sub and quotient objects in NST and equipped with a (lax) monoidal structure, thus allowing one to manufacture new reciprocity sheaves out of known ones.

We explain achievements up to the previous fiscal year. Many basic properties proved by Voevodksy for $\mathrm{HI}_{\mathrm{Nis}}$ such as the local injectivity, the cohomological purity, the projective bundle formula, the smooth blowup formula, the Gysin sequence can be extended to $\mathrm{RSC}_{\mathrm{Nis}}$. As an application, we construct a formalism of push-forward maps of cohomology of reciprocity sheaves along projective morphisms. As special cases, the construction gives Grothendieck's pushforward maps

for Kähler differentials and Gros' pushforward maps for de Rham-Witt differentials for projective morphisms without using the general machinery of Grothendieck and Ekedahl duality. In fact we construct the pushforward along quasi-projective morphisms for cohomology with proper support, which for the Kähler (resp. the de Rham-Witt) differentials was done by Chatzistamatiou-Rüllingin. Another application is a construction of a formalism of of proper correspondence actions on cohomology of reciprocity sheaves. It allows us to produce new (stably) birational invariants as well as obstructions for the existence of zero-cycles of degree 1 out of reciprocity sheaves, and also to prove the vanishing of cohomology using decompositions of the diagonals, a method employed first by Bloch-Srinivas.

We now explain an achievement in this year. This is contained in the paper of number 6 in the publication list. There have been another development to extend Voevodsky's theory. It is the construction of the triangulated category $\mathrm{logDM}^{\mathrm{eff}}$ of *logarithmic motives* by Binda, Park and Østvær.

As an achievement of this year, we proved that the Nisnevich cohomology of a reciprocity sheaf $F \in \mathrm{RSC}_{\mathrm{Nis}}$ is representable in $\mathrm{logDM}^{\mathrm{eff}}$. In what follows, we explain this result in more details. Let lSm be the category of log smooth and separated fs log schemes of finite type over k. Let $\mathrm{Shv}^{ltr}_{dNis}$ be the category of dividing Nisnevich sheaves with transfers on lSm. The category $\mathrm{logDM}^{\mathrm{eff}}$ is defined as the localization of the derived category $D(\mathrm{Shv}^{ltr}_{dNis})$ of complexes in $\mathrm{Shv}^{ltr}_{dNis}$ with respect to a $\overline{\Lambda}$-*equivalence*, where $\overline{\Lambda}$ is P^1 with the log-structure associated to the effective divisor $\infty \hookrightarrow \mathrm{P}^1$. It is equipped with a functor $M : \mathrm{lSm} \to \mathrm{logDM}^{\mathrm{eff}}$ associating the logarithmic motive $M(\mathrm{X})$ of $\mathrm{X} \in \mathrm{lSm}$. Binda and Merici proved that the standard t-structure on $D(\mathrm{Shv}^{ltr}_{dNis})$ induces a t-structure on $\mathrm{logDM}^{\mathrm{eff}}$ called the homotopy t-structure and its heart is identified with the abelian full subcategory $\mathrm{CI}^{\mathrm{ltr}}_{\mathrm{dNis}} \subset \mathrm{Shv}^{ltr}_{dNis}$ consisting of strictly $\overline{\Lambda}$-invariant objects. It is an logarithmic analogue of Voevodsky's strict A^1-invariant objects. We proved the following: There exists an exact and fully faithful functor

$$\mathcal{L}og : \mathrm{RSC}_{\mathrm{Nis}} \to \mathrm{CI}^{\mathrm{ltr}}_{\mathrm{dNis}} : F \to F^{\log} = \mathcal{L}og(F).$$

Moreover, the Nisnevich cohomology $H^i_{\mathrm{Nis}}(X, F)$ for $X \in \mathrm{Sm}$ and $F \in \mathrm{RSC}_{\mathrm{Nis}}$ is canonically isomorphic to

$$\mathrm{Hom}_{\mathrm{logDM}^{\mathrm{eff}}}(M(X, \mathrm{triv}), L^{\overline{\Lambda}} F^{\log}[i]),$$

where $L^{\overline{\Lambda}} : D(\mathrm{Shv}^{ltr}_{dNis}) \to \mathrm{logDM}^{\mathrm{eff}}$ is the localization functor and (X, triv) is the log-scheme with the trivial log-structure.

We remark that for $F = \Omega^i$, $F^{\log}(\mathrm{X})$ for $\mathrm{X} \in$ lSm whose underlying scheme is smooth, agrees with the sheaf of logarithmic differential forms of X.

B. 発表論文

1. K. R"ulling and S. Saito : "Ramification theory of reciprocity sheaves, I; Zariski-Nagata purity", to appear in J. Reine Angew (2023).
2. F. Binda, A. Merici and S. Saito : "Derived log Albanese sheaves", to appear in Advances in Math. (2023).
3. F. Binda, A. Krishna and S. Saito, Bloch's formula for 0-cycles with modulus and higher dimensional class field theory", to appear in J. of Algebraic Geometry (2023).
4. A. Merici and S. Saito : "Cancellation theorems for reciprocity sheaves", to appear in Algebraic Geometry (2023).
5. M. Kerz, S. Saito, G. Tamme : "K-theory of non-archimedean rings II", to appear in Nagoya J. Math (2023).
6. S. Saito : "Reciprocity sheaves and logarithmic motives", Compositio Math. 159 (2023), no. 2, 355-379.
7. K. R"ulling and S. Saito : "Cycle class maps for Chow groups of zero-cycles with

modulus", J. of Pure and Applied Algebra 227 (2023), no. 5, Paper No. 107282.
8. F. Binda, K. R"ulling and S. Saito : “On the cohomology of reciprocity sheaves", Forum of Math. Sigma 10 (2022), Paper No. e72, 111 pp.
9. B. Kahn, H. Miyazaki, S. Saito and T. Yamazaki : “Motives with modulus, III: The category of motives", Annals of K-theory 7 (2022), no. 1, 119–178.
10. B. Kahn, S. Saito and T. Yamazaki : “Reciprocity sheaves, II", Homology Homotopy Appl. 24 (2022), no. 1, 71–91.
11. M. Kerz and S. Saito : “Correction to the article Lefschetz theorem for abelian fundamental group with modulus, Algebra and Number Theory 16 (2022), no. 8, 2001-2003.
12. K. Rülling and S. Saito : “Reciprocity sheaves and their ramification filtrations", J. Inst. Math. Jussieu, 1-74 (2022). doi:10.1017/S1474748021000074.
13. B. Kahn, H. Miyazaki, S. Saito and T. Yamazaki : “Motives with modulus, I: Modulus sheaves with transfers for non-proper modulus pairs", Epijournal de Geometrie Algebrique 5 (2021), no. 1, 1–62.
14. B. Kahn, H. Miyazaki, S. Saito and T. Yamazaki : “Motives with modulus, II: Modulus sheaves with transfers for proper modulus pairs", to appear in Epijournal de Geometrie Algebrique 5 (2021), no. 2, 1–40.
15. S. Kelly and S. Saito : “Smooth blowup square for motives with modulus", Bulletin Polish Acad. Sci. Math. 69 (2021) no.2, pp.97-106.
16. S. Saito : “Purity of reciprocity sheaves", Advances in Math. 365 (2020), 107067, 70 pp.
17. M. Kerz, S. Saito and G. Tamme : “Towards a non-archimedean analytic analog of the Bass-Quillen conjecture", J. Inst. Math. Jussieu 19 (2020), no. 6, 1931–1946.
18. S. Saito and K. Sato : “On p-adic vanishing cycles of log smooth families", Tunisian J. Math. 2 (2020), no. 2, 309–335.
19. V. Cossart, U. Jannsen and S. Saito : “Desingularization: Invariants and Strategy: Application to Dimension 2", Lecture Notes in Mathematics. 2270 (2020), Springer-Verlag, Berlin.
20. M. Kerz, S. Saito and G. Tamme : “K-theory of non-archimedean rings I", Documenta Math. 24 (2019), 1365–1411.
21. F. Binda and S. Saito : “Relative cycles with moduli and regulator maps", J. Inst. Math. Jussieu. 18, no, 6 (2019) 1233–1293.
22. K. Rülling and S. Saito : “Higher Chow groups with modulues and relative Milnor K-theory", Trans. AMS. 370 (2018), 987–1104.
23. 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.

C. 口頭発表

1. Rigid analytic K-theory, Motivic homotopy theory and refined enumerative geometry, University of Duisburg-Essen, Essen, Germany, April 9-14, 2018.
2. 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.
3. 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.

4. 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.
5. Rigid analytic K-theory and p-adic Chern characters, Workshop on arithmetic geometry, Tokyo-Princeton at Komaba, March 18-22, 2019.
6. Theory of motives and ramification theory, Enriques Lecture, Seminar of Geometry and Algebra, University of Milan, February 11, 2020.
7. From higher dimensional class field theory to a new theory of motives, Departmental Colloquia, University of Tokyo, March 13, 2023.
8. Generalized Weibel conjecture, Seminario di Geometria Aritmetica, University of Milan, March 17, 2023.

E. 修士・博士論文

1. (博士論文) 佐藤謙 (SATO Ken) : A group action on higher Chow cycles on a family of Kummer surfaces （あるクンマー曲面族の上の高次チャウサイクルへの群作用について）.

G. 受賞

フンボルト賞（アレクサンダー・フォン・フンボルト財団）(２０１８年)

斎藤 毅 (SAITO Takeshi)

A. 研究概要

今年は，ここに書くような成果はありませんでした.

I have no results to write here this year.

B. 発表論文

1. T. Saito "Cotangent bundles and microsupports in mixed characteristic case", Algebra & Number Theory 16-2 (2022), 335–368.
2. T. Saito "Frobenius-Witt differentials and regularity", Algebra & Number Theory 16-2 (2022), 369–391.
3. T. Saito "Characteristic cycles and the conductor of direct image", Journal of the American Mathematical Society, 34 (2021), 369–410.
4. K. Kato, T. Saito "Coincidence of two Swan conductors of abelian characters", Épijournal de Géométrie Algébrique, epiga:5395, 11 novembre 2019, Volume 3
5. K. Kato, I. Leal, T. Saito "Refined Swan conductors mod p of one-dimensional Galois representations", Nagoya Mathematical Journal 236 (2019), 134–182.
6. T. Saito "Ramification groups of coverings and valuations", Tunisian Journal of Mathematics Vol. 1, No. 3, 373-426, 2019
7. 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

C. 口頭発表

1. Upper ramification groups of local fields with imperfect residue fields, May 30, 31, 2022, Franco–Asian Summer School on Arithmetic Geometry, Centre International de Rencontres Mathématiques (CIRM), Luminy, （フランス）
2. 余接空間と局所体の分岐群 2022 年 12/23 九大代数学セミナー 九州大学伊都キャンパス
3. Wild ramification and the cotangent bundle in mixed characteristic. Eighth Pacific Rim Conference, 7 August 2020, Online.（アメリカ）Colloquium at University of Minesota, Feb 18 2021, Online.（アメリカ）
4. 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）

5. Etale Cohomology and the Characteristic Cycle, September 6, 2019, BICMR, Pekin University. （中国）
6. Ramification groups of a local field (with Ahmed Abbes and Kazuya Kato), September 5, 2019 CAS Beijing.（中国）
7. CC, Wild Ramification and Irregular Singularities, Sep 25, 2019 at IMPAN in Warsaw, Poland.（ポーランド）
8. 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）
9. 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）
10. Characteristic cycle of an ℓ-adic sheaf, 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）

E. 修士・博士論文

1. (修士) 上芝 隆宏 (UEORO Takahiro): Chabauty–Coleman 法の拡張による，超楕円曲線の x 座標が有理数になる K 有理点の計算

F. 対外研究サービス

1. Journal of Algebraic Geometry, エディター
2. Documenta Mathematica, エディター
3. 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

齊藤 宣一 (SAITO Norikazu)

A. 研究概要

数値解析学の立場から，様々な数理モデルに対する数値計算技術の数学的基盤理論の構築を行っている．具体的には，計算モデル，すなわち，数理モデルとしての微分方程式を差分法，有限要素法，有限体積法などで離散化して得られる有限次元方程式の系統的な導出と，計算モデル自体の数学的正当性の確立を行っている．結果として，理工学諸分野に向けては，数値シミュレーション手法の正当性を確立し，経験に依存した研究，すなわち，「匠の技」を数学的に体系化・言語化することで，経験の少ない人でも安心して利用可能な，高品質シミュレーション手法の提供を目指している．一方で，純粋数学に向けては，解析学における研究の対象となるべき新しい問題設定を提示し，微分方程式論における新しい研究分野を開拓し発展させることも目指している．今年度の主な成果は次の通り．

1) 重調和問題の境界値問題に対して，内部処罰型の C^0 有限要素法を提案し，その誤差評価と数値例による理論の検証を行なった．提案のスキームは，連続 P_2 有限要素を使い，処罰項を通じて要素境界間の流束の連続性を弱い意味で課す．また，提案のスキームは，重調和方程式に対する代表的な境界条件である，固定端境界条件，単純支持境界条件の両方にほぼ同様に適用でき，さらに，FEniCS で簡単に実行できる．（井上京，石井匠海との共同研究）

2) 平均場ゲーム方程式に対して，fictitious play に基づく反復と Cole–Hopf 変換を応用することで，実用的な差分解法を作成した．そのスキーム

の安定性と収束性を証明した．さらに，最適制御問題に現れる Hamilton–Jacobi–Bellman (HJB) 方程式に対する差分法の収束解析を行った．特に，HJB 方程式のコスト関数が解析的に表現できない場合を厳密に扱った．（柏原崇人，井上大輔，吉田広顕，伊藤優司との共同研究）

3) 交通流の連続モデルである Aw–Rascle モデルに対して，不連続 Galerkin 法による計算プログラムの作成を行った．（吉田広顕，上田祐暉，千葉悠喜との共同研究）

My current research theme is a development of a mathematical theory of numerical methods for various mathematical models. Specifically, I systematically derive computational models, i.e., finite-dimensional equations resulting from discretizations of differential equations using the finite difference method, the finite element method, or the finite volume method, and establish mathematical justification for those computational models themselves. As a result, for science and engineering fields, I aim to establish the validity of numerical methods and to provide high-quality simulation methods that can be used by inexperienced people. On the other hand, for pure mathematics, I aim to present new problems that should be the subject of research in analysis and to open and develop a new research field in the theory of differential equations.

1) We proposed a C^0 interior penalty discontinuous Galerkin method for solving biharmonic problems. We moreover proved error estimates and confirmed the theoretical results by numerical experiments. The proposed scheme makes use of the P_2 finite element and the penalty term is imposed to ensure the continuity of the flux across the element-boundary in a weak sense. Furthermore, the proposed scheme can be applied to both clamped and simply-supported boundary conditions, and it can be implemented by FEniCS. (This is a joint work with K. Inoue and T. Ishii.)

2) We proposed the finite difference approximation for solving the mean-field game equation. Our scheme makes use of the fictitious play iteration and Cole–Hopf transformation. The stability and convergence of the scheme were examined. Moreover, we proved a convergence property of the finite difference scheme applied for Hamilton–Jacobi–Bellman (HJB) equation, is a fundamental equation for optimal control theory. (This is a joint work with T. Kashiwabara, D. Inoue, H. Yoshida and Y. Ito.)

3) A computational code based on the discontinuous Galerkin method was developed for the Aw–Rascle model, which is a continuous model of traffic flow. (This is a joint work with H. Yoshida, Y. Ueda and Y. Chiba.)

B. 発表論文

1. T. Kemmochi and N. Saito: “Discrete maximal regularity and the finite element method for parabolic equations”, Numer. Math. **138** (2018) 905–937.
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** (2018) 1657–1673.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.

7. T. Nakanishi and N. Saito: "Finite element method for radially symmetric solution of a multidimensional semilinear heat equation", Jpn. J. Ind. Appl. Math., **37** (2020) 165–191.
8. N. Saito: "Variational analysis of the discontinuous Galerkin time-stepping method for parabolic equations", IMA J. Numer. Anal., **41** (2021) 1253–1278.
9. 齊藤宣一，数値解析における反例，応用数理，**31** (2021) 15-22.
10. T. Nakanishi and N. Saito: "A mass-lumping finite element method for radially symmetric solution of a multidimensional semilinear heat equation with blow-up", Int. J. Comput. Math., **99** (2022) 1890-1917.

C. 口頭発表

1. 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
2. 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
3. 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
4. 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
5. 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
6. The Keller–Segel system of chemotaxis, finite element method, and finite volume method, Colloquium (online), The Hong Kong Polytechnic University, 17 May, 2021, Hong Kong.
7. 数値解析における様々な反例，ものづくり企業に役立つ応用数理手法の研究会 (online)，2021 年 6 月 24 日．
8. Analysis of the finite element method for the Stokes problems with singular source terms (plenary lecture), 2021 EIMS International Conference on Computational Mathematics (online), Ewha Institute of Mathematical Sciences (EIMS), Ewha Womans University, 25-27 August, 2021, Korea.
9. Lax–Milgram とその後の 70 年，YN70($+\delta$)：西浦廉政先生の古希 ($+\delta$) 記念研究集会，2022 年 9 月 22 日，札幌アスティ 45
10. The Keller–Segel system of chemotaxis, finite element method, and finite volume method (invited lecture), EASIAM Conference 2022(online), October 15, 2022.

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)
3. 数理科学演習 II：偏微分方程式の数値解析（統合自然科学科 4 年）

4. 卒業研究 : Stokes 方程式と重調和方程式の数値解析（統合自然科学科 4 年）

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. 東京大学大学院数理科学研究科 附属数理科学連携基盤センター センター長
3. Journal of Scientific Computing 編集委員
4. Numerische Mathematik 編集委員
5. International Journal of Computer Mathematics 編集委員
6. Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics 編集委員
7. Journal of Mathematical Sciences, the University of Tokyo 編集委員
8. JSIAM Letters 編集委員
9. 日本数学会 社会連携協議会委員
10. 日本応用数理学会 理事，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. 東京都立富士高等学校附属中学校理数セミナーでの講演（2022 年 12 月 10 日）

G. 受賞

日本応用数理学会 2022 年度ベストオーサー賞（論文部門）

志甫 淳 (SHIHO Atsushi)

A. 研究概要

昨年度までの研究で，標数 $p > 0$ の完全体 k 上の代数多様体に対して，滑らかかつ良いコンパクト化が可能な場合は対数的クリスタリンコホモロジーと一致し，有理的にリジッドコホモロジーと一致し，かつ有限生成 $W(k)$ 加群となるような良い整 p 進コホモロジー理論を特異点解消についての強い仮定の下で構成していた．今年度は，このコホモロジーに対して cdh 降下性質を証明して Chern 類写像を構成した．また，この研究についての論文を改訂して投稿した．(Veronika Ertl 氏，Johannes Sprang 氏との共同研究)
また，以前構成した相対的対数的クリスタルコホモロジーの重み篩の研究を相対的対数的収束コホモロジーを用いて捉えなおした論文を改訂中である．(中島幸喜氏との共同研究)

By the previous academic year, we had proved the existence of good integral p-adic cohomology theory for algebraic varieties over a perfect field k of characteristic $p > 0$ which coincides with log crystalline cohomology when it is smooth and has a nice compatcification, which coincides rationally with rigid cohomology and which is finitely generated over $W(k)$. In this academic year, we proved the cdh-descent property and constructed the Chern class map for this cohomology. Also, we revised the article on this study and submitted it. (Joint work with Veronika Ertl and Johannes Sprang)
Also, we are revising the article in which we reinterpreted the weight filtration on relative log crystalline cohmology, which we had constructed before, in terms of relative log convergent cohomology. (Joint work with Yukiyoshi Nakkajima)

B. 発表論文

1. Y. Nakkajima and A. Shiho: “Weight-filtered convergent complex", arXiv:2210.01599. (84 pages)
2. V. Ertl, A. Shiho and J. Sprang: “Integral p-adic cohomology theories for open and singular varieties”, arXiv:2105.11009v2. (66 pages)
3. B. Chiarellotto, V. Di Proietto and A. Shiho: “Comparison of relatively unipotent log de Rham fundamental groups”, arXiv:1903.03361v2 (120 pages), to appear in Memoirs of the Amer. Math. Soc.
4. V. Ertl and A. Shiho: “On infiniteness of integral overconvergent de Rham-Witt cohomology modulo torsion”, Tohoku Math. J. **72**(2020), 395–410.
5. H. Esnault and A. Shiho: “Chern classes of crystals”, Trans. Amer. Math. Soc. **371**(2019), 1333–1358.
6. K. Hirayama and A. Shiho: “On comparison between relative log de Rham-

Witt cohomology and relative log crystalline cohomology", arXiv:1803.09245. (54 pages)

7. H. Esnault and A. Shiho: "Convergent isocrystals on simply connected varieties", Ann. Inst. Fourier, **68** (2018), 2109–2148.
8. V. Di Proietto and A. Shiho: "On the homotopy exact sequence for log algebraic fundamental groups", Doc. Math. **23**(2018), 543–597.

C. 口頭発表

1. Chern classes of (non locally free) crystals, p-adic cohomology and arithmetic geometry 2022, 東北大学，2022 年 11 月 9 日.
2. 整 p 進コホモロジー理論について，談話会，京都大学理学部数学教室 (オンライン)，2021 年 10 月 27 日.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. On relative log de Rham-Witt complex, Arithmetic Geometry and de Rham Theory, VAST(ベトナム), 2018 年 12 月 4 日.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.

D. 講義

1. 数理科学概論 I : 文科の学生向けに，2 変数の微分積分について講義した．(教養学部前期課程講義)
2. 数理科学基礎 : 行列と線型写像の基礎について講義した．(教養学部前期課程講義)
3. 数理科学基礎演習 :「数理科学基礎」に対応する演習を行った．(教養学部前期課程講義)
4. 線型代数学 1 : 抽象的な線型空間や計量線型空間について講義した．(教養学部前期課程講義)
5. 数学基礎理論演習 :「線型代数学 1」に対応する演習を行った．(教養学部前期課程講義)
6. 線型代数学 2 : 行列式，対角化，二次形式について講義した．(教養学部前期課程講義)
7. 線型代数学演習 :「線型代数学 2」に対応する演習を行った．(教養学部前期課程講義)

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
3. 研究集会「Around p-adic cohomologies」(パドヴァ大学，イタリア) Scientific committee

4. 研究集会「p-adic cohomology and arithmetic geometry 2022」(東北大学) オーガナイザー

高木 俊輔 (TAKAGI Shunsuke)

A. 研究概要

今年度は，純射 (普遍単射) における極小モデル理論に現れる特異点の振る舞いについて研究した．最近 Z. Zhuang は，klt 型 (resp. plt 型) 特異点の純部分環は再び klt 型 (resp. plt 型) 特異点になることを証明した．山口樹（東京大学）との共同研究において，BCM 判定イデアルを使って Zhuang の結果を以下のように拡張した．$\pi : Y \to X$ を正規複素代数多様体の間の純射とし，Δ_X を X 上の有効 Q-Weil 因子，Δ_Y を Δ_X のサイクル理論的な引き戻しとする．$K_X + \Delta_X$, $K_Y + \Delta_Y$ が Q-Cartier であることは仮定しない．また，(X, Δ_X) (resp. (Y, Δ_Y)) の乗数イデアル層を $\mathcal{J}(X, \Delta_X)$ (resp. $\mathcal{J}(Y, \Delta_Y)$) と表す．このとき，$\bigoplus_{n\geq 0} \mathcal{O}_X(-n(K_X + \Delta_X))$ が有限生成 $\mathcal{O}_X$ 代数ならば，$\pi_*\mathcal{J}(Y, \Delta_Y) \cap \mathcal{O}_X \subseteq \mathcal{J}(X, \Delta_X)$ という包含が成り立つ．この結果の系として，(Y, Δ_Y) が klt 型であれば，(X, Δ_X) も klt 型であることが直ちに導かれる．さらに，随伴イデアル層に関しても類似の主張が成り立つことを証明した．

This year I have studied the behavior of singularities in the minimal model program under pure morphisms. Z. Zhuang recently proved that pure subrings of singularities of klt type (resp. plt type) are of klt type (resp. plt type). In joint work with Tatsuki Yamaguchi, using BCM test ideals, we generalized his result as follows: let $\pi : Y \to X$ be a pure morphism between complex normal varieties and Δ_X be an effective Q-Weil divisor on X, and Δ_Y denotes the cycle-theoretic pullback of Δ_X by π. Note that $K_X + \Delta_X$ and $K_Y + \Delta_Y$ are not necessarily Q-Cartier. $\mathcal{J}(X, \Delta_X)$ (resp. $\mathcal{J}(Y, \Delta_Y)$) denotes the multiplier ideal of (X, Δ_X) (resp. (Y, Δ_Y)). We prove that if $\bigoplus_{n\geq 0} \mathcal{O}_X(-n(K_X + \Delta_X))$ is a finitely generated $\mathcal{O}_X$-algebra, then $\pi_*\mathcal{J}(Y, \Delta_Y) \cap \mathcal{O}_X \subseteq \mathcal{J}(X, \Delta_X)$. It immediately follows from this that if (Y, Δ_Y) is of klt type, then so is (X, Δ_X). We can prove a similar statement for adjoint ideals.

B. 発表論文

1. S. Takagi and T. Yamaguchi : “On the behavior of adjoint ideals under pure morphisms", in preparation.
2. K. Sato and S. Takagi : “Deformations of log terminal and semi log canonical singularities", to appear in Forum Math. Sigma.
3. K. Sato and S. Takagi : “Arithmetic and geometric deformations of F-pure and F-regular singularities", arXiv:2103.03721.
4. K. Sato and S. Takagi : “Weak Akizuki-Nakano vanishing theorem for globally F-split 3-folds", arXiv:1912.12074.
5. S. Takagi : “Finitistic test ideals on numerically Q-Gorenstein varieties”, J. Algebra **571** (2021), 266–279.
6. K. Sato and S. Takagi : “General hyperplane sections of threefolds in positive characteristic”, J. Inst. Math. Jussieu. **19** (2020), no. 2, 647–661.
7. Y. Gongyo and S. Takagi : “Kollár’s injectivity theorem for globally F-regular varieties”, Eur. J. Math. **5** (2019), 872–880.
8. S. Takagi and K.-i. Watanabe : “F-singularities: applications of characteristic p methods to singularity theory”, Sugaku Expositions **31** (2018), 1–42.

C. 口頭発表

1. Deformations of klt and slc singularities, Seminar of Algebraic Geometry in East Asia, オンライン, 2022 年 6 月.
2. 対数端末特異点と対数標準特異点の変形について, 代数幾何学セミナー, 名古屋大学, 2022 年 12 月.
3. 巨大な Cohen-Macaulay 代数と代数多様体の特異点, 名古屋大学多元数理科学研究

科談話会, 名古屋大学, 2022 年 12 月.

4. Pure subrings of KLT singularities and BCM test ideals, Resolutions in Local Algebra and Singularity Theory, MFO, Germany, 2023 年 2 月.

D. 講義

1. 数理科学基礎 : 微分積分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. 微分積分学 I・II : 微分積分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. 数理科学基礎演習 :「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)
4. 数学基礎理論演習 :「微分積分学 I」に関する演習を行った. (教養学部前期課程講義)
5. 微分積分学演習 :「微分積分学 II」に関する演習を行った. (教養学部前期課程講義)
6. 代数学 XA・代数構造論 I : 可換環論の基礎を講義した. (数理大学院・4 年生共通講義)

E. 修士・博士論文

1. (修士) 大貫 紘嵩 (ONUKI Hirotaka): 混標数の藤田自由性予想について.

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. 日本数学会代数学分科会 運営委員.
4. 岩波書店「数学叢書」編集顧問.
5. 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.
6. 東京可換環論セミナー 世話人.

G. 受賞

1. 2019 年度日本数学会代数学賞，受賞題目「標数 0 の特異点と F 特異点」.

高山 茂晴 (TAKAYAMA Shigeharu)

A. 研究概要

複素多様体間の固有正則写像 $f : X \to Y$ と X 上の中野半正なベクトル束 (E, h) に対し, 高次順像層 $R^q f_*(K_{X/Y} \otimes E)$ の計量的な正値性を研究した. 2000 年代後半の Ch. Mourougane 氏との共同研究により, f が滑らかな場合には, $R^q f_*(K_{X/Y} \otimes E)$ はある標準的なエルミート計量 g を許容し, その曲率は中野半正であることを示していた. また, f が特異な場合にも, f が滑らかな所で定めた g が, ある種の特異計量として拡張されることを示していた. その後の 10 年余りの期間におけるベクトル束の特異エルミート計量の理論の整理, 発展を受け, 再度上述の $R^q f_*(K_{X/Y} \otimes E)$ を考察した. 結果として, f が滑らかな所の $R^q f_*(K_{X/Y} \otimes E)$ の計量 g は, Y 上の Griffiths 半正な特異エルミート計量 $\widetilde{g}$ として拡張され, さらに $\widetilde{g}$ は極小拡張性 (minimal extension property) をみたすことを示した. 極小拡張性は, 最良評価付き大沢-竹腰型 L^2 拡張定理に密接に関係した, 今後益々重要性が高まるであろう基本的な性質である.

Let $f : X \to Y$ be a proper holomorphic map between complex manifolds, and let (E, h) be a Nakano semi-positive holomorphic vector bundle on X. I studied the metric positivity of higher direct image sheaves $R^q f_*(K_{X/Y} \otimes E)$. In the late 2000's, in the joint work with Ch. Mourougane, we proved that (i) if f is smooth, $R^q f_*(K_{X/Y} \otimes E)$ admits a Hermitian metric g with Nakano semi-positive curvature, and (ii) even if f may have singularities, the metric g, which is defined on the locus in Y over which f is smooth, can be extended as a singular metric in a sense. After a development of the theory of singular Hermitian metrics on vector bundles in the last decay, I study again $R^q f_*(K_{X/Y} \otimes E)$. I proved that (i) the metric g, which is defined on the locus in Y over which f is smooth, can be extended as a singular Hermitian metric $\widetilde{g}$ with Griffiths semi-positive curvature, moreover (ii) $\widetilde{g}$ has the so-called minimal extension property. The minimal extension property is a key property related to the Ohsawa-Takegoshi type optimal L^2-extension.

B. 発表論文

1. S. Takayama: "Singularities of L^2-metric in the canonical bundle formula", Amer.

J. Math. **144** (2022) 1725–1743.

2. S. Takayama: "Mumford goodness of canonical L^2-metrics on direct image sheaves over a curve", Adv. Math. **405** (2022), Paper No. 108485, 22 pp.
3. S. Takayama: "Asymptotic expansions of fiber integrals over higher-dimensional bases", J. reine angew. Math., **773** (2021), 67–128.
4. S. Takayama: "Moderate degeneration of Kähler-Einstein manifolds with negative Ricci curvature", Publ. RIMS. **55** (2019) 779–793.
5. S. Takayama: "Moderate degenerations of Ricci-flat Kähler-Einstein manifolds over higher dimensional bases", J. Math. Sci. Univ. Tokyo **26** (2019) 335–359.
6. S. Takayama: "A filling-in problem and moderate degenerations of minimal algebraic varieties", Algebraic Geom. **6** (2019) 26–49.
7. M. Păun and S. Takayama: "Positivity of twisted relative pluricanonical bundles and their direct images", J. Algebraic Geom. **27** (2018) 211-272.

C. 口頭発表

1. 多重標準線形系の L^p 構造の極限について, 第 28 回複素幾何シンポジウム, 金沢県政記念 しいのき迎賓館, 2022 年 11 月.
2. 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.
3. 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.
4. Asymptotic expansions of fiber integrals, Tianyuan International Workshop in Several Complex Variables 中国 (長春), 2019 年 7 月.
5. 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.

D. 講義

1. 複素解析学 I : 複素関数論の古典的な内容, 正則性, コーシーの積分定理, 留数定理などについて講義した. (理学部 2 年生 (後期))
2. 数学講究 XB: 複素代数幾何学入門 – 標準束の複素幾何学 –. 複数の教員によるオムニバス講義. (理学部 4 年生)

E. 修士・博士論文

1. (修士) スウ ユウハン (ZOU Yongpan): Logarithmic Akizuki–Nakano vanishing theorems on weakly pseudoconvex Kähler manifolds.

F. 対外研究サービス

1. (Organizer) 第 23 回多変数複素解析葉山シンポジウム, ハイブリッド開催 (於 レクトーレ葉山, 神奈川県葉山町, およびオンライン), 2022 年 7 月.
2. (Organizer) 第 28 回複素幾何シンポジウム, ハイブリッド開催 (於 金沢県政記念しいのき迎賓館, 石川県金沢市, およびオンライン), 2022 年 11 月.
3. (Editor) Forum Mathematicum.

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．基底環が q-crystalline prism 上で定義されている場合に，相対 prismatic crystal とそのコホモロジーを bounded prismatic envelope 上の q-Higgs 加群と q-Dolbeault 複体を用いて記述する理論を，q-Higgs 加群の変数変換の体系的な扱いを導入しつつ完成させた．射影的スキームの場合，射影空間内での大域的 prismatic envelope 上の q-Dolbeault 複体を用いた記述も得た．2020 年度の研究において，Lubin-Tate 岩澤加群の (φ, Γ) 加群を用いた Schneider-Venjakob の記述の別構成を与えた際に，Colmez の円分一般化 Coleman

級数の Lubin-Tate 類似を得ていた．この Lubin-Tate 一般化 Coleman 級数についての明示的相互律の証明を完成させた．また Abbes 氏と Gros 氏の p 進 Simpson 対応と相対コホモロジーの関係についての最近の研究に関連して，Abbes 氏と議論した結果，多様体の射の無限小変形を用いない簡明な定式化を得た．これまで p 進 Simpson 対応の site を用いた解釈では，無限小変形ではなく adic な持ち上げが必要とされてきたが，無限小変形のみを用いて解釈する新たなアプローチも発見した．

Takeshi Tsuji is working on p-adic Hodge theory, p-adic cohomology, and their applications.

He completed a theory describing a relative prismatic crystal and its cohomology in terms of a q-Higgs module and its q-Dolbeault complex when the base is defined over the q-crystalline prism, by introducing a necessary systematic treatment on changes of variables for q-Higgs modules. In the case of a projective scheme, he obtained a description in terms of q-Dolbeault complex on the global prismatic envelope in the ambient projective space. When he had given a new construction of the description of Lubin-Tate Iwasawa modules in terms of (φ, Γ)-modules by Schneider-Venjakob in 2022, he had obtained a Lubin-Tate analogue of the generalized Coleman power series by Colmez. Takeshi Tsuji completed a proof of the explicit reciprocity laws for the Lubin-Tate generalized Coleman power series. Concerning a recent work by Abbes and Gros on the relation between the p-adic Simpson correspondence and relative cohomologies, through a discussion with Abbes, they obtained a simple formulation without using an infinitesimal deformation of the relevant morphism of varieties. In the site theoretic interpretations of the p-adic Simpson correspondence, adic liftings had been used though the theory concerned only with infinitesimal deformations. A new approach based only on infinitesimal deformations has also been discovered.

B. 発表論文

1. M. Morrow, T. Tsuji, Generalised representations as q-connections in integral p-adic Hodge theory, arXiv:2010.04059, submitted.
2. T. Tsuji, *Crystalline* Z_p*-representations and* A_{inf}*-representations with Frobenius*, the proceedings of Simons symposium: p-adic Hodge theory 2017, Springer 2020, 161–319.
3. T. Tsuji, *Saturated morphisms of logarithmic schemes*, Tunisian Journal of Mathematics **1** (2019), 185–220.
4. T. Tsuji, *Notes on the local* p*-adic Simpson correspondence*, Math. Ann. **371** (2018), 795–881.

C. 口頭発表

1. Prismatic cohomology and q-Dolbeault complex, p-adic cohomology and arithmetic geometry 2022, 東北大学, 2022 年 11 月
2. Generalized Coleman power series and Iwasawa cohomology for Lubin-Tate extensions, Around p-adic cohomologies, Padova, Italy, 2022 年 9 月
3. Prismatic cohomology and A_{inf}-cohomology with coefficients, Franco-Asian Summer School on Arithmetic Geometry, Luminy, France, 2022 年 5 月
4. Integral cohomologies in the p-adic Simpson correspondence, Arithmetic Geometry - Takeshi 60, 東京大学, 2021 年 9 月
5. 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
6. Coefficients in integral p-adic Hodge theory, Arithmetic Geometry in Carthage, Tunis, Tunisia, 2019 年 6 月
7. Coefficients in Integral p-adic Hodge Theory via Generalized A_{inf}-representations and q-connections, Simons symposium: p-adic Hodge the-

ory (2019), Elmau, Germany, 2019 年 4 月

8. (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
9. p 進 Simpson 対応，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

D. 講義

1. 数理科学基礎. 微分積分学・線形代数学についての導入的講義. 微積を担当. 教養学部前期課程講義, 理科 2, 3 類, S1）
2. 微分積分学 1. 微分積分学の講義． テイラーの定理，テイラー展開，多変数関数の微分などを扱った.（教養学部前期課程講義, 理科 2, 3 類, S2）
3. 微分積分学 2. 微分積分学の講義. 多変数関数の極値（ヘッセ行列），重積分，無限級数，広義積分などを扱った.（教養学部前期課程講義, 理科 2, 3 類, A）
4. 代数学 III, 体の基礎理論の講義. 有限次拡大，代数拡大，分離拡大等の体の拡大に関する基礎，ガロアの基本定理，クンマー理論，方程式の可解性などを扱った.（理学部数学科 3 年生, A）
5. 代数学 XE・数物先端科学 II，クリスタリン・コホモロジーおよびプリズマティック・コホモロジー論の講義. Grothendieck による可積分接続付き加群の site を用いた解釈からはじめて最近の Bhatt-Scholze の理論の導入まで行った.（数理大学院・4 年生共通講義, A)

E. 修士・博士論文

1. (修士) 河野輝星紀 (KOHNO Kiseki) : ポリログ層のド・ラーム実現の q-変形の q-PD 構造を用いた構成について.

F. 対外研究サービス

1. Journal of Mathematical Sciences, the University of Tokyo, エディター
2. Journal de Théorie des Nombres de Bordeaux, エディター
3. Franco-Asian Summer School on Arithmetic Geometry (May 30–June 3, 2022), Luminy, France オーガナイザー

平地 健吾 (HIRACHI Kengo)

A. 研究概要

CR 多様体の積分不変量の研究を継続した. 5 次元以上のコンパクト強擬凸 CR 多様体は複素領域の境界として実現される. 領域内部の完備アインシュタイン・ケーラー計量 g を考え，そのチャーン形式の（発散する）積分の繰り込みを考えることにより多くの積分不変量が定義できる. しかしそれらの具体的な計算は困難であり，繰り込み体積として定義される全 Q 曲率を除いてその性質はよく分かっていない. 今年度は，多くのチャーン形式に対して，繰り込みで得られる不変量の領域の変形に関する一次変分公式を示した. これは 2017 年に示した全 Q 曲率の変分公式の自然な一般化である. 一次変分は境界上の計算可能な局所 CR 不変量で与えられるため，積分不変量の分類への応用が期待できる.

We continued our study of integral invariants of CR manifolds: compact strongly pseudoconvex CR manifolds of dimension 5 or more are realized as the boundary of a complex domain. Many integral invariants can be defined by considering a complete Einstein-Kähler metric g inside the domain and renormalizing the divergent integrals of the Chern forms defined from the curvature of g. However, their concrete computation is difficult and their properties are not well understood, except for the total Q-curvature defined as the renormalized volume. This year, we presented first-order variational formulas of the renormalizations for many Chern forms under the deformation of the domain in a fixed complex manifold. This is a natural generalization of the variational formula for total Q-curvature, which we have obtained in 2017. Since the first-order variations are given by computable local CR invariants on

the boundary, it is expected to have applications to the classification of integral invariants.

B. 発表論文

1. K. Hirachi, Normal form for pseudo-Einstein contact forms and intrinsic CR normal coordinates, Complex Anal. Synerg. 8 (2022), no. 3, Paper No. 13, 7 pp
2. 平地 健吾: CR 幾何, 共形幾何の問題, 数理解析研究所講究録 2211 (2022), 86–93
3. S. Alexakis and K. Hirachi: Integral Kähler Invariants and the Bergman kernel asymptotics for line bundles, Adv. Math. 308 (2017), 348–403
4. 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. Global invariants of strictly pseudoconvex domains, Mathematics Colloquium, UCSD (USA), February 2019
2. Invariant theory for the Szegö kernel, Progress in Several Complex Variables, Korea Institute for Advanced Study Seoul, (Korea), October 2019
3. 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
4. Local and global invariants of CR geometry, The 6th Workshop “Complex Geometry and Lie Groups”, Online, Feburary 2021
5. CR 幾何, 共形幾何の問題, 複素幾何学の諸問題 II, オンライン & 大阪市立大学, 2021 年 9 月
6. Invariant theory for the Szegö kernel, Virtual East-West Several Complex Variables seminar, November, Online, 2021
7. Normal form for pseudo-Einstein contact forms and intrinsic CR normal coordinates, The Conference on Complex Geometric Analysis in honor of Kang-Tae Kim’s 65th birthday, Online & POSTECH (Korea), January 2022
8. Normal scale for pseudo-Einstein contact forms and intrinsic CR normal coordinates, Conformal Geometry, Analysis, and Physics, Seattle (USA), June 2022
9. Normal forms for pseudo-Einstein contact forms and intrinsic CR normal coordinates, Complex Analysis and Geometry - XXVI, Levico Terme (Italy), September 2022

D. 講義

1. 複素解析学 II, 同演習: 1 変数函数論の入門講義および演習 (数学科 3 年生)

E. 修士・博士論文

1. (修 士) 不 死 原 大 知 (FUSHIHARA Daichi): Analysis on some CR manifolds with symmetries
2. (修士) 前田 大輝 (MAEDA Daiki): The chains of left-invariant CR structures on the 3-dimensional Lie groups

F. 対外研究サービス

1. 日本数学会 教育委員会委員
2. Nagoya Journal of Mathematics 編集委員
3. Complex Analysis and its Synergies 編集委員
4. 多変数関数論葉山シンポジウム 組織委員
5. epiMaths committee 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.
最近の研究のトピックの例をあげる。

- 格子上の Dirac 方程式の指数について
  格子ゲージ理論における Wilson フェルミオンの Wilson 項が、a priori 評価の格子版を与えることを見出した。トーラス上の Dirac 方程式の十分良い格子近似は、もとの Dirac 方程式と同一の指数を与えることは 2000 に Adams によってひとつの数学的証明が与えられていた。それの直接的な別証明を見出した。この別証明は、Adams の議論とことなり、$mod2$ 指数や族版などの広範な一般化を許す。
- Atiyah-Bott-Shapiro の問題の考察による実 Bott 周期性の新しい証明
  有限次元的な記述において Atiyah-Bott-Shapiro 写像が、$(Y, B) \times (D^1, S^0)$ の形のペアに対して同型であることを示した。方法は S^1 上の常微分方程式の族に対するスペクトル切断のある意味での canonical な構成による。その応用として Bott 周期性の一証明を与えた。
- Seiberg-Witten 方程式の族を用いた幾何学的な構成
  4 次元多様体の族が与えられたとき、Seiberg-Witten 方程式をもちいてその特性類を構成する方法が今野北斗によって 2019 年にに与えられた。特殊な場合に、それの一種のカテゴリー化として、コホモロジー類の幾何学的実現である、gerbe 的対象を原理的に構成するアイディアを得た。この方法の射程については安達充慶氏が研究中である。

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 SeibergWitten 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.
Recently I have investigated the following topics.

- Index of Dirac operator on lattices.
  We found that the Wilson term, which appears in the Wilson fermion in the lattice gauge theory, gives a lattice version of a priori estimate for the Wilson fermion. Using this a priori estimate, we can shot what the index of the Wilson fermion coinside that of the Dirac operator if the lattice approximation is good enough. This statement was mathematically shown by Adams around 2000 for the $K^0(pt)$-valuded index. We gave a more direct alternative method which can be generalized to $mod2$ index for family index. This generalization was not possible in the original argument due to Adams.
- An alternative proof of real Bott periodicity by looking at the problem of Atiyah-Bott-Shapiro.
  We showed that the Atiyah-Bott-Shapirp map in the finite dimesional setting is isomorhphic for the pair of the form $(Y, B) \times (D^1, S^0)$. Our proof depends on a “canonical” construction of spectral sections for families of ordinary differential operators on S^1 under some specific condition. As an application we gave a new proof of real Bott periodicity under the finite dimensional setting.
- A geometric construction using family

version of Seiberg-Witten equations.
A construction of characteristic classes for families of 4-dimensionl oriented closed manifolds was given by Hokuto Konno in 2019. We found a gerbe-like construction related to the characteristic class for a very specific case. Mitsuyoshi Adachi is now developing the theory.

B. 発表論文

1. Hidenori Fukaya, Mikio Furuta, Yoshiyuki Matsuki, Shinichiroh Matsuo, Tetsuya Onogi, Satoshi Yamaguchi, and Mayuko Yamashita : “Mod-two APS index and domain-wall fermion", Lett. Math. Phys. 112, no. 16 (2022): 1295 - 1311.
2. Takashi Okada, Atsushi Mochizuki, Mikio Furuta, and Je-Chiang Tsai : “Flux-augmented bifurcation analysis in chemical reaction network systems", Phys. Rev. E 103, 062212 (2021)
3. Hidenori Fukaya, Mikio Furuta, Shinichiroh Matsuo, Tetsuya Onogi, Satoshi Yamaguchi, and Mayuko Yamashita. “The Atiyah-Patodi-Singer index and domain-wall fermion Dirac operators.” Comm. Math. Phys. 380, no. 3 (2020): 1295 - 1311.

C. 口頭発表

1. “Finite dimensional approximations and Floer homotopy types", Intelligence of Low-dimensional Topology 2023, Kyoto University
2. “Index of the Wilson-Dirac operator revisited: a discrete version of Dirac operator on a finite lattice", 理研 iTHEMS Math Seminar Talk, 2022 年 2 月
3. “The Atiyah-Patodi-Singer index theorem and domain walls", MATERIALS RESEARCH MEETING 2019 Materials Innovation for Sustainable Development Goals, YOKOHAMA SYMPOSIA 2019 DECEMBER
4. “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
5. “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

D. 講義

1. 数物先端科学 IV・幾何学 XF : 偏微分作用素の有限次元近似と、それが低次元トポロジーに応用される以下の項目と事例についての解説 : Dirac 方程式、Rochlin の定理、Seiberg-Witten 作用素の近似、10/8 タイプの不等式、格子による Dirac 方程式の近似、線形楕円型作用素について、非線形楕円型作用素について. （数理大学院・4 年生共通講義）
2. 集合と位相 : 現代数学の基礎としての集合と位相の概念の解説.（理学部 2 年生（後期））
3. 集合と位相演習 :「集合と位相」の講義内容に関する演習.（理学部 2 年生（後期））

E. 修士・博士論文

1. (論文博士) キム ミンギュ (MINKYU Kim): Finite path integral model and toric code based on homological algebra.
2. (修士) 安達 充慶 (ADACHI Mitsuyoshi): 4 次元多様体束の構造群の簡約可能性と自己双対調和 2 形式全体がなすベクトル束の関係
3. (修士) 前川 拓海 (MAEGAWA Takumi) : Even-periodic cohomology theories for twisted parametrized spectra

増田 弘毅 (MASUDA Hiroki)

A. 研究概要

多様な従属性データ解析のための統計モデリング全般と，その応用および計算機での実装を研究している．主眼はレヴィ過程（連続時間ランダムウォーク）の汎関数として定まる統計量の分布近似である．また最近では個体群動態・相互作用動態の統計推測への展開に取り組み始めた．

今年度は主に，以下の内容に時間を充てた．

1. 対称な安定レヴィ過程で駆動される非エルゴード的オルンシュタイン・ウーレンベック線形回帰モデルを提案した．統計的実験列の局所漸近混合正規性および最尤推定量の漸近混合正規性を示し，さらに漸近有効性をもつマルチステップ推定量の構成とその数理的正当化を行った．とくに初期推定量の収束速度が遅い場合には，マルチステップ推定量の更新式における観測情報量行列の部分をブロック対角型に修正する必要があった．このような工夫を要する点は通常と異なり，おそらく本モデルでは本質的だと思われる（B. 研究業績 2)．
2. 多変量非正規分布に基づくロケーション・スケール混合効果モデルを提案し，その尤度解析を論じた（B. 発表論文 1)．そこでは各個体のデータをパラメータ変動型の一般化双曲線分布でモデリングしている．負の尤度関数は非凸なため数値最適化はその初期値に強く依存し，不安定である．そこで 1 ～ 3 次の時間非一様なモーメント表現に基づく計算容易な初期推定量に基づいて漸近有効推定量を構成した．それは数値的にも最尤推定量と比較してはるかに安定しており，計算時間の劇的に短縮され，さらに局所解問題も回避できることが明らかになった．関連してモデルの確率微分方程式系への展開とランダム効果変数の予測量の構成，さらにモデル評価法を考察中であり，縦断的データにおける個体内変動に関する簡明な確率過程モデリングを目指している．

We study statistical modeling for the analysis of various types of dependent data and also its computer implementations. The main focus is on the distributional approximation of statistics represented as the functional of Lévy processes (continuous-time random walk). Recently, we have also started to work on statistical inference for population dynamics and interacting systems.

This year, we mainly focused on the following topics.

1. We proposed a non-ergodic Ornstein-Uhlenbeck linear regression model driven by a symmetric stable Lévy process. We derived the local asymptotic mixed normality of the statistical experiments and the asymptotic mixed normality of the maximum likelihood estimator. Moreover, we constructed asymptotically efficient multi-step estimators and mathematically justified them. In particular, it turned out that, if the convergence rate of the initial estimator is slow, then we have to modify the observed information matrix in the updating equation of the multi-step estimator to be block-diagonal. This modification is unusual and probably essential for the model under consideration (B. Research Achievement 2).
2. A location-scale mixed-effects model based on a multivariate non-normal distribution is proposed and its likelihood analysis is discussed (B. Paper 1). The data for each individual are explicitly modeled with a parameter-varying generalized hyperbolic distribution. Because of the non-convexity of the negative log-likelihood function, the optimization turned out to be rather unstable depending on the initial values for the numerical search. Therefore, we constructed an asymptotically efficient estimator with the computationally tractable initial estimator; the latter

is constructed through the L^2-fitting of the first-, second-, and third-order time-inhomogeneous moments. It is found to be numerically much more stable and less time-consuming compared with the maximum likelihood estimator, additionally enabling us to avoid the local-maximum problem. We are now considering an extension of the model to a system of stochastic differential equations, aiming at simple and interpretable stochastic process modeling of intra-individual variation in longitudinal data.

B. 発表論文

1. Y. Fujinaga and H. Masuda : "Mixed-effects location-scale model based on generalized hyperbolic distribution", arXiv:2209.14716, revised and resubmitted (2023).
2. H. Masuda Optimal stable Ornstein-Uhlenbeck regression. arXiv:2006.04630, to appear in Japanese Journal of Statistics and Data Science (2023).
3. S. Eguchi and H. Masuda : "Gaussian quasi-information criteria for ergodic Lévy driven SDE", arXiv:2203.04039, submitted (2022).
4. H. Masuda, L. Mercuri and Y. Uehara : "Noise inference for ergodic Lévy driven SDE", Electronic Journal of Statistics, 16:(1), 2432–2474 (2022).
5. H. Masuda and Y. Uehara : "Estimating diffusion with compound Poisson jumps based on self-normalized residuals", Statistical Planning and Inference, 215, 158–183 (2021).
6. Y. Cheng, N. Hufnagel and H. Masuda : "Estimation of ergodic square-root diffusion under high-frequency sampling", to appear in Econometrics and Statistics, arXiv:2103.15457 (2021).
7. S. Eguchi and H. Masuda : "Data driven time scale in Gaussian quasi-likelihood inference", Statistical Inference for Stochastic Processes, 22:(3), 383–430 (2019).
8. A. Jasra, K. Kamatani and H. Masuda : "Bayesian inference for stable Lévy driven stochastic differential equations with high-frequency data", Scandinavian Journal of Statistics, 46:(2), 545–574 (2019).
9. Y. Umezu, Y. Shimizu, H. Masuda and Y. Ninomiya : "AIC for non-concave penalized likelihood method", Annals of the Institute of Statistical Mathematics, 71:(2), 247–274 (2019).
10. H. Masuda : "Non-Gaussian quasi-likelihood estimation of SDE driven by locally stable Lévy process", Stochastic Processes and their Applications, 129:(3), 1013–1059 (2019).

C. 口頭発表

1. Formulae for comparing ergodic SDE models (June 30, 2022; Dynstoch meeting 2022, Paris, online)
2. Continuous non-Gaussian mixed-effects modeling (September 5, 2022; Japanese Joint Statistical Meeting 2022, Seikei University, Japan)
3. BIC-type model selection for locally stable regression (September 16, 2022; MSJ Autumn Meeting 2022, Hokkaido University, Japan)
4. On noise inference for ergodic Lévy driven SDE (December 8, 2022; Workshop: Infinitely divisible processes and related topics, ISM, online)
5. Quasi-likelihood inference for Student-Lévy regression (December 18, 2022; CMStatistics, King's College London; invited)
6. Mixed-effects location-scale model based on generalized hyperbolic distribution (March 7, 2023; CREST workshop, ISM, Japan, hybrid)

D. 講義

1. 確率統計学基礎・確率統計 II：測度論的確率論と小標本統計の入門事項を扱った．統計モデルとしての多様な確率分布族と，それらに対する統計推測法について解説した．多くの例を通じ，受講者が確率統計の基礎事項に習熟することを目的とした（共通講義：数学科・教養学部統合自然科学科）
2. 確率統計学 XE・統計財務保険特論 IV：さまざまな確率過程モデルと統計推測の方法を概観した．理論に加え，いくつかの具体的な統計手法を選んで計算機上でそれらを実演することも重視した．サンプルパスのシミュレーションや推定量の数値計算など，実際に理論がはたらいていることを学生が実感できるよう心掛けた．（共通講義：数学科・数理大学院）

F. 対外研究サービス

1. Annals of the Institute of Statistical Mathematics 編集委員 (2021 年 7 月 ∼)
2. Bernoulli journal 編集委員 (2019 年 1 月 ∼)
3. Japanese Journal of Statistics and Data Science 編集長 (2022 年 10 月 ∼)
4. Statistical Inference for Stochastic Processes 編集委員 (2014 年 1 月 ∼)
5. MSJ メモアール編集委員（2021 年度 ∼）
6. International Statistical Institute (ISI) elected member (2012 年 ∼)
7. 一般社団法人 日本統計学会代議員（2021∼2022 年度）
8. 統計数理研究所共同利用委員会委員
9. BIC 統計科学研究会委員長（2019.4 ∼ 2022.12），兼雑誌 BIC 編集委員長

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．楕円型方程式の方が長く研究しているが，最近は放物型方程式にも力を入れている．そのほかに，常微分方程式論を用いた精密な解析にも興味がある．過去 3 年間の具体的なテーマは次の通り：

1. **1 次元ステファン問題の自己相似解への収束の証明 [2]** 半直線における古典的 1 相ステファン問題の漸近挙動を研究した．解を時空でリスケール（自己相似変換）すると自己相似解へ収束することを示した．
2. **優臨界方程式の球対称特異解の存在・一意性・特異解への収束・漸近展開 [5]** 空間次元 N について，$N \geq 3$ とする．f が q 指数（$q := \lim_{u\to\infty} f'(u)^2/f(u)f''(u)$）を持ち，優臨界の場合（$q < (N+2)/4$），楕円型方程式 $\Delta u + f(u) = 0$ の球対称特異解について，表題の性質を示した．特に $F(u) := \int_u^\infty ds/f(s)$ とするとき，特異解は
$$u^*(x) = F^{-1}\left[\frac{|x|^2(1+o(1))}{2N-4q}\right]$$
となることを示した．
3. **偏微分不等式の Liouville 型定理 [3,10]**: [3] は偏微分不等式 $(-\Delta)^{\alpha/2}u \geq (I_\beta * u^p)u^q$ a.e. in R^N の正値解の存在または非存在のための p, q, α, β, N に関する条件を求めた．ここで，$I_\beta(x) = A_\beta|x|^{-(N-\beta)}$ は Riez ポテンシャルである．[10] では偏微分不等式 $\pm\Delta^m u \geq (\Psi(|x|) * u^p)u^q$ in R^N について上記と同様の問題を研究した．
4. **特異非線形項を持つ方程式の分岐図式 [8,9]**: 球領域上の Dirichlet 問題 $-\Delta U = (\lambda+\delta|\nabla U|^2)/(1-U)$ の正値解の完全分岐図式を得た [9]．一般的な非線形項を持つ方程式 $\Delta u = 1/f(u)$（ここで $f(0) = 0$ を満たすとする）の球対称の退化解の存在，一意性，古典解による近似や交点数を研究し，それらを用いて対応する Dirichlet 問題 $\Delta U + \lambda/f(1-U) = 0$ の球対称解の分岐図式を研究した [8].
5. **劣臨界方程式の変分法を用いた解構造の解明 [4]**: L^2 ノルム一定の拘束条件の下で，冪型線形項とポテンシャル項を持つ 2 連立非線形 Schrödinger 方程式系の最小エネルギー解の存在を，Lions の集中コンパクト性原理を用いて示した．
6. **準線型方程式の解の交点数 [6]**: $r^{-(\gamma-1)}(r^\alpha|u'|^{\beta-1}u')' + kr^{\alpha-\beta-\gamma}u^\beta + u^p = 0$, $0 < r < \infty$ に対して，p が優

臨界の場合に (α, β, γ) の全ての組み合わせについて 2 つの解の交点数を求めた．この研究によって，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特定した．

7. **放物型方程式系の可解性 [1,7]**: 分数冪ラプラシアンを持ち，一般的な増大度を持つ放物型方程式に対して，一様局所ルベーグ空間に初期関数を持つとき時間局所解の存在と非存在の境目となる指数を研究した [7]．時間分数階微分を含む方程式 ${}^c\partial_t^\alpha u = \Delta u + f(u)$ について初期関数 $u_0 \in L^q(\Omega)$ における解の存在と非存在を研究し，既存の研究でカバーされていない臨界と 2 重臨界の場合の解の存在と，優臨界の場合の非負値解の非存在を示した [1].

I am studying elliptic and parabolic PDEs. I have studied elliptic equations longer than parabolic equations. However, I study parabolic equation recently. I am also interested in detailed analysis by ODE techniques. Topics in recent three years are listed below:

1. **Convergence to a self-similar solution in a Stefan problem [2]** A classical one phase Stefan problem in a half line is studied. We show that a rescaled solution converges to a self-similar solution.
2. **Existence, uniqueness convergence to the singular solution and asymptotic expansion of the singular radial solution in the supercritical problem [5]** We prove properties in the title for the supercritical equation $\Delta u + f(u) = 0$ if $q := \lim_{u\to\infty} f'(u)^2/f(u)f''(u)$ exists and $q < (N+2)/4$.
3. **Liouville theorem for partial differential inequalities [1,7]**: In [1] a necessary and sufficient condition on p, q, α, β, N for existence of a positive solution for $(-\Delta)^{\alpha/2} \geq (I_\beta * u^p)u^q$ a.e. in R^N is studied. In [7] the inequality $\pm\Delta^m u \geq (\Psi(|x|) * u^p)u^q$ in R^N is studied.
4. **Bifurcation diagram for elliptic PDEs with singular nonlinearities [8,9]**: A complete bifurcation diagram for positive solutions of $-\Delta U = (\lambda + \delta|\nabla U|^2)/(1-U)$ on a ball is obtained in [9]. Existence, uniqueness and other properties of a degenerate radial solution for $\Delta u = 1/f(u)$ are studied in [8]. Moreover, a bifurcation diagram for the Dirichlet problem $\Delta U + \lambda/f(1-U) = 0$ on a ball is studied.
5. **Constraint variational problems [4]**: In [4] existence of a minimizer for Schrödinger systems with potential terms and power nonlinearities under L^2 constraint is proved by using Lions's concentration compactness principle.
6. **Intersection number for a quasilinear elliptic equations [6]**: When p is supercritical in some sense, the intersection number of two solutions for $r^{-(\gamma-1)}(r^\alpha|u'|^{\beta-1}u')' + kr^{\alpha-\beta-\gamma}u^\beta + u^p = 0$, $0 < r < \infty$ is obtained. A certain exponent which corresponds to the Joseph-Lundgren exponent for the Laplacian case is found.
7. **Solvability for parabolic problems [1,7]**: In [7] existence and nonexistence of solutions for parabolic equations with fractional Laplacian are studied. In [1] the time-fractional parabolic equation ${}^c\partial_t^\alpha u = \Delta u + f(u)$, $u_0 \in L^q(\Omega)$ is studied. In particular the existence of solution in critical and doubly critical cases is established, and the nonexistence of solution in supercritical case is established.

B. 発表論文

1. M. Ghergu, Y. Miyamoto and M. Suzuki, "Solvability for time-fractional semilinear parabolic equations with singular ini-

tial data", to appear in Math. Methods Appl. Sci.

2. M. Bouguezzi, D. Hilhorst, Y. Miyamoto and J.-F. Scheid, "Convergence to a self similar solution for a one-phase Stefan problem arising in corrosion theory", to appear in European J. Appl. Math.
3. M. Ghergu, Z. Liu, Y. Miyamoto and V. Moroz, "Nonlinear inequalities with double Riesz potentials", to appear in Potential Anal.
4. N. Ikoma and Y. Miyamoto, "The compactness of minimizing sequences for a nonlinear Schrödinger system with potentials", Commun. Contemp. Math. **25** (2023), Article No. 2150103 (44 pages).
5. Y. Miyamoto and Y. Naito, "Singular solutions for semilinear elliptic equations with general supercritical growth", Ann. Mat. Pura Appl. **202** (2023), 341–366.
6. K. Ikeda, Y. Miyamoto and K. Nishigaki, "Intersection properties for singular radial solutions of quasilinear elliptic equations with Hardy type potentials", Complex Var. Elliptic Equ. **67** (2022), 2795–2808.
7. T. Giraudon and Y. Miyamoto, "Fractional semilinear heat equations with singular and nondecaying initial data", Rev. Mat. Complut. **35** (2022), 415–445.
8. M. Ghergu and Y. Miyamoto, "Radial single point rapture solutions for a general MEMS model", Calc. Var. Partial Differential Equations **61** (2022), Article 47, 29 pages.
9. M. Ghergu and Y. Miyamoto, "Radial regular and rupture solutions for a PDE problem with gradient term and two parameters", Proc. Amer. Math. Soc. **150** (2022), 1697–1709.
10. M. Ghergu, Y. Miyamoto and V. Moroz, "Polyharmonic inequalities with nonlocal terms", J. Differential Equations **296** (2021), 799-821.

C. 口頭発表

1. Exact Morse index of radial solutions for semilinear elliptic equations with critical exponent on annuli, 北陸応用数理研究会, 石川県金沢市，しいのき迎賓館，2023 年 3 月 24 日.
2. Solvability for time-fractional semilinear parabolic equations with singular initial data, 発展方程式研究会，東京理科大学，2022 年 12 月 26 日.
3. Structure of positive radial solutions for semilinear elliptic problem with general supercritical growth, UFPB's Webinar on Partial Differential Equations and Geometric Analysis, パライバ連邦大学（ブラジル，オンライン）, 2022 年 11 月 30 日.
4. Exact Morse index of radial solutions for semilinear elliptic equations with critical exponent on annuli, RIMS 共同研究（公開型）『常微分方程式の定性的理論とその現象解析への応用』, 京都大学数理解析研究所（ハイブリッド），2022 年 11 月 14 日.
5. Exact Morse index of radial solutions for semilinear elliptic equations with critical exponent on annuli, 第 81 回東工大数理解析セミナー, 東京工業大学（ハイブリッド）, 2022 年 10 月 21 日.
6. Singular solution for semilinear elliptic equations with general supercritical growth (内藤雄基氏（広島大学）との共同発表), 日本数学会 2022 年度秋季総合分科会，北海道大学，2022 年 9 月 13 日.
7. 最近の研究, 発展方程式における系統的形状解析及び漸近解析の中間報告会, 東京大学数理科学研究科（ハイブリッド），2022 年 8 月 2 日.
8. Polyharmonic inequalities with nonlocal terms, 日本数学会 2022 年度年会, 埼玉大学 (オンライン), 2022 年 3 月 28 日.
9. Singular solution and separation property for semilinear elliptic equations with general supercritical growth, 日韓共同研

究集会 International Workshop on Nonlinear Elliptic Equations and Its Applications(オンライン), Jan. 26, 2022.

10. Stable standing waves for nonlinear Schrödinger equations with potentials and general nonlinearities, 第 175 回神楽坂解析セミナー, 東京理科大学 (オンライン), 2021 年 10 月 23 日.

D. 講義

1. 解析学 IV (S セメスター) : 測度論・ルベーグ積分論と関数解析学の初歩を講義した (数学科 3 ・ 4 年生)
2. 解析学特別演習 I (S セメスター) : 上記の演習 (数学科 3 ・ 4 年生)
3. 数理科学演習 II (S セメスター) : 磯崎洋著『解析力学と微分方程式』共立出版を受講者 1 名と精読した (統合自然 4 年生)
4. 数理科学セミナー III (S セメスター) : 黒田成俊著『関数解析』共立出版を受講者 3 名で輪読した (統合自然 4 年生)
5. 卒業研究 (A セメスター) : 受講者 1 名と共に区間上の sinh-Poisson 方程式に付随する固有値の明示的表示について研究し英語論文を執筆した (統合自然 4 年生)
6. 常微分方程式論 (A セメスター) : 常微分方程式の初等解法, 局所解の一意存在の証明, 大域解・爆発解の択一定理, 行列指数関数の計算法等を講義した (統合自然 2 年生)
7. 常微分方程式論演習 (A セメスター) : 上記の演習 (統合自然 2 年生)
8. 数理科学概論 (A セメスター全 13 回のうち 1 回) : 非線形偏微分方程式の定性的理論 (統合自然 2 年生)

1. (修 士) 劉 嘉涵 (Liu Jiahan): The concentration-compactness principle in $W^{1,p}$ and its applications

F. 対外研究サービス

1. (世話人) 木曜応用解析セミナー 東大数理
2. (書評委員)『数学セミナー』日本評論社

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順問題と逆問題の包括的な研究にとりくみ、初期値・境界値問題の基礎理論の構築を行った。

1. 2022 年度は査読付きの論文を 18 編を出版した (B 項の [1]-[18])。[2, 4 - 7, 9, 15, 17, 18] は非整数階拡散方程式の基礎理論または逆問題の数学解析に関するもので、古典的な偏微分方程式や非線形偏微分方程式や退化放物型方程式に対する逆問題については、[1, 3, 8, 10-14, 16] 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。 2022 年度はコロナ禍でそのような活動は制限を受けたが、対面とオンラインのハイブリッドで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://fmsp.ms.u-tokyo.ac.jp/FMSP20221212.pdf

投資 (運用) 金額の最適化、シャフトの制御アルゴリズム、クレーンの位置推定手法の確立などの課題が企業などから提示され、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.

My research field is inverse problems in mathe-

matical 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. I established such a theory.

1. I published 18 refereed journal articles in the fiscal year 2022 ([1]-[18] in section B).
[2, 4 - 7, 9, 15, 17, 18] study the fundamental theory and inverse problems for time fractional diffusion-wave equations, while [1, 3, 8, 10-14, 16] are concerned with various inverse problems for partial differential equations such as the Navier-Stokes equations, degenerate parabolic equations.

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. I have 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 spite of limitations by the corona disaster, the workshop was organized in December of 2022 within FMSP Graduate School Program and Cooperative Math. Program:
http://fmsp.ms.u-tokyo.ac.jp/FMSP20221212.pdf
Companies proposed problems on optimal investment amount, control process for shafts, and identification of location of industria cranes, and the participants composed mainly of graduate students have worked towards practical solutions. Moreover I have continued joint research projects with companies.

B. 発表論文

1. Cheng, Jin; Lu, Shuai; Yamamoto, Masahiro; Determination of source terms in diffusion and wave equations by observations after incidents: uniqueness and stability. CSIAM Trans. Appl. Math. **4** (2023), no. 2, 381-418.
2. Yamamoto, Masahiro; Uniqueness for inverse problem of determining fractional orders for time-fractional advection-diffusion equations. Math. Control Relat. Fields **13** (2023), no. 2, 833-851.
3. Huang, Xinchi; Yamamoto, Masahiro; Carleman estimates for a magnetohydrodynamics system and application to inverse source problems. Math. Control Relat. Fields **13**(2023), no. 2, 470-499.
4. Yamamoto, M.; Uniqueness for inverse source problems for fractional diffusion-wave equations by data during not acting time. Inverse Problems **39** (2023), no. 2, Paper No. 024004, 20 pp.
5. Jiang, Daijun; Li, Zhiyuan; Pauron, Matthieu; Yamamoto, Masahiro; Uniqueness for fractional nonsymmetric diffusion equations and an application to an inverse source problem. Math. Methods Appl. Sci. **46** (2023), no. 2, 2275-2287.
6. Liu, Yikan; Yamamoto, Masahiro; Uniqueness of orders and parameters in multi-term time-fractional diffusion equations by short-time behavior. Inverse Problems **39** (2023), no. 2, Paper No. 024003, 28 pp.
7. Li, Zhiyuan; Liu, Yikan; Yamamoto, Masahiro; Inverse source problem for a one-dimensional time-fractional diffusion equation and unique continuation for weak solutions. Inverse Probl. Imaging **17** (2023), no. 1, 1-22.
8. Chung, Eric; Ito, Kazufumi; Yamamoto, Masahiro; Least squares formulation for ill-posed inverse problems and applica-

tions. Appl. Anal. **101** (2022), no. 15, 5247-5261.

9. Jing, Xiaohua; Yamamoto, Masahiro; Simultaneous uniqueness for multiple parameters identification in a fractional diffusion-wave equation. Inverse Probl. Imaging **16** (2022), no. 5, 1199-1217.
10. Floridia, Giuseppe; Takase, Hiroshi; Yamamoto, Masahiro; A Carleman estimate and an energy method for a first-order symmetric hyperbolic system. Inverse Probl. Imaging **16** (2022), no. 5, 1163-1178.
11. Imanuvilov, Oleg Y.; Lorenzi, Luca; Yamamoto, Masahiro; Carleman estimate for the Navier-Stokes equations and applications. Inverse Problems **38** (2022), no. 8, Paper No. 085006, 30 pp.
12. Cheng, Jin; Yamamoto, Masahiro; Continuation of solutions to elliptic and parabolic equations on hyperplanes and application to inverse source problems. Inverse Problems **38** (2022), no. 8, Paper No. 085005, 23 pp.
13. Apraiz, Jone; Cheng, Jin; Doubova, Anna; Fern á ndez-Cara, Enrique; Yamamoto, Masahiro; Uniqueness and numerical reconstruction for inverse problems dealing with interval size search. Inverse Probl. Imaging **16** (2022), no. 3, 569-594.
14. Imanuvilov, Oleg Y.; Kian, Yavar; Yamamoto, Masahiro; Inverse parabolic problems of determining functions with one spatial-component independence by Carleman estimate. J. Inverse Ill-Posed Probl.**30** (2022), no. 2, 191-203.
15. Kian, Yavar; Soccorsi, Éric; Xue, Qi; Yamamoto, Masahiro; Identification of time-varying source term in time-fractional evolution equations. Commun. Math. Sci. **20** (2022), no. 1, 53-84.
16. Apraiz, J.; Doubova, A.; Fern á ndez-Cara, E.; Yamamoto, M.; Some inverse problems for the Burgers equation and related systems. Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simul. **107** (2022), Paper No. 106113, 23 pp.
17. Luchko, Yuri; Suzuki, Anna; Yamamoto, Masahiro; On the maximum principle for the multi-term fractional transport equation. J. Math. Anal. Appl. **505** (2022), no. 1, Paper No. 125579, 14 pp.
18. M. Yamamoto, Fractional calculus and time-fractional differential equations: revisit and construction of a theory, Mathematics, Special issue Fractional Integrals and Derivatives: " True " versus " False", 2022 https://www.mdpi.com/2227-7390/10/5/698/pd
19. Yamamoto, Masahiro; On time fractional derivatives in fractional sobolev spaces and applications to fractional ordinary differential equations. Nonlocal and fractional operators, 287-308, SEMA SIMAI Springer Ser., 26, Springer, Cham, 2021.
20. Liu, Yikan; Hu, Guanghui; Yamamoto, Masahiro, Inverse moving source problem for time-fractional evolution equations: determination of profiles, Inverse Problems **37** (2021), no. 8, Paper No. 084001, 24 pp.
21. Cannarsa, Piermarco; Doubova, Anna; Yamamoto, Masahiro, Inverse problem of reconstruction of degenerate diffusion coefficient in a parabolic equation, Inverse Problems **37** (2021) no. 12, Paper No. 125002, 56 pp.
22. Choulli, Mourad; Yamamoto, Masahiro, Global stability result for parabolic Cauchy problems, J. Inverse Ill-Posed Probl. **29** (2021) no. 6, 895-915.
23. Ren, Caixuan; Huang, Xinchi; Yamamoto, Masahiro, Conditional stability for an inverse coefficient problem of

a weakly coupled time-fractional diffusion system with half order by Carleman estimate, J. Inverse Ill-Posed Probl. **29** (2021) 635-651.

24. Yamamoto, M. Uniqueness in determining fractional orders of derivatives and initial values, Inverse Problems **37** (2021) no. 9, Paper No. 095006, 34 pp.
25. Kian, Yavar; Li, Zhiyuan; Liu, Yikan; Yamamoto, Masahiro The uniqueness of inverse problems for a fractional equation with a single measurement, Math. Ann. **380** (2021) 1465-1495.
26. Fragnelli, Genni; Yamamoto, Masahiro Carleman estimates and controllability for a degenerate structured population model, Appl. Math. Optim. **84** (2021) 999-1044.
27. Liu, J. J.; Sun, C. L.; Yamamoto, M. Recovering the weight function in distributed order fractional equation from interior measurement, Appl. Numer. Math. **168** (2021) 84-103.

なお、アメリカ数学会のデータベース MathSciNet による被引用の全回数は 6703 回である（引用著者数 2355）。
以下の文系向けの本の監修、編集も行った：

1. 『文系のためのめっちゃやさしい
   数学　幾何（図形）編』
   ニュートンプレス　2022 年
2. 『文系のためのめっちゃやさしい　数学
   数と数式編』ニュートンプレス　2022 年

C. 口頭発表

1. Uniqueness and stability for inverse problems for fractional partial differential equations on the basis of the forward analysis, “4th Annual Conference Numerical Methods for Fracional-derivative Problems", Beijing Computational Science Research Center, China, 24 October 2020
2. Carleman estimates and inverse problems for transport equation, Analysis and Numerics of Design, Control and Inverse Problems, INdAM Roma, 1 July 2021
3. Direct and inverse problems for time-fractional partial differential equations-a Nonlinear Theory, Analysis, Control, and Numerics for PDE Models of Interest to Physics and Life Sciences, Centro Internazionale per la Ricerca Matematica Levico Terme (Trento), 24 September 2021
4. Fractional calculus and time-fractional differential equations:revisit and construction of a theory, Differential Equations and their Applications, Weekly Online Seminar V. I. Romanovskiy Institute of Mathematics, Uzbekistan Tashkent, 22 June 2022
5. Minicourse: Inverse problems for time-fractional diffusion-wave equations (zoom), School-Workshop on Analysis, Control & Inverse Problems for Diffusive Systems withe Application to Natural and Social Sciences Bari, Italy, 19 and 21 July, 2022
6. Inverse problem for transport equations of the first order on flow networks, GSSI Gran Sasso Science Institute, L’ Aquila 7 October 2022
7. General treatments for time-fractional diffusion equations and comparison principles, ” Taishan Science and Technology Forum International Conference on Theory and Computation of Partial Differential Equations” Shandong University of Technology, Zibo 26 November 2022
8. Mathematics as foundation for social cooperation - case studies from steel industry to environmental issue, Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali Messina, Italy 2 December 2022
9. Case studies for solutions of real-world problems by mathematical thinking from

steel industry to environmental issues, Dipartimento di Scienze di Base e Applicate per l'Ingegneria Seminario di Analis Università di Roma La Sapienza 17 February 2023

10. Stability and uniqueness for inverse problems for partial differential equations by Carleman estimates, 6th Young Scholar Symposium East Asia Section of Inverse Problems International Association Chinese University of Hong Kong 25 March 2023

D. 講義

1. 自然科学ゼミナール「常微分方程式」: 教養学部前期課程講義、S セメスター、常微分方程式によるモデル化の講義
2. 微積分学 2 : 教養学部前期課程講義、A セメスター、通年の微積分の講義の第 2 部
3. 数理科学基礎補修 : 教養学部前期課程講義、A セメスター、数理科学基礎の補習講義
4. 解析学 XC: 理学部 3 年生向け講義、 A セメスター、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
5. 解析学 XF:数理大学院、A セメスター、非整数階偏微分方程式の基礎理論
6. 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. Advisor Board of ”Inverse Problems in Science and Engineering"、2011 年－ 2020 年
5. Editorial Board of ”Nonlinear Analysis: Real World Applications" 2011 年－現在
6. Fellow at Institute of Physics (Great Britain) 2011 年—2014 年
7. Honorary professor of East China Institute of Technology (China)
8. Guest Professor of Southeast University (Nanjing, China)

G. 受賞

1. Honorary Member of Academy of Romanian Scientists (2019 年 4 月より）
2. Accademia Peloritana dei Pericolanti (イタリア、メッシナ、1729 年創立）の外国人会員（2021 年 3 月より）

H. 海外からのビジター

1. Yury Luchko, 1 September 2022 - 12 September 2022, Berlin University of Applied Sciences and Technology, Germany, joint research for fractional partial differential equations
2. Salah-Eddine Chorfi, 19 December 2022 - 17 January 2023, Cadi Ayyad University, Morocco, joint research for fractional partial differential equations
3. Oleg Emanouilov, 3 January 2023 - 17 January 2023, Colorado State University, USA, joint researches for inverse problems for PDE's
4. Kazufumi Ito, 11 February 2023 - 20 February 2023, North Carolina State University, USA, joint research on material science in steel industry
5. Piermarco Cannarsa, 8 March - 17 March 2023, University Rome Tor Vergata, Italy, joint research for inverse problems for degenerate parabolic equations

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に持つマルチンゲールに対する漸近展開

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. 因果推論と生存解析
19. 極限定理の因果推論への応用
20. 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 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. Causal inference and survival analysis
19. Limit theorems applied to causal inference
20. Statistical package for simulation and statistical analysis for stochastic differential equations (YUIMA Project)

B. 発表論文

1. Muni Toke, I., Yoshida, N.: “Marked point processes and intensity ratios for limit order book modeling”, Japanese Journal of Statistics and Data Science, 5, 1-39 (2022)
2. Delattre,S.,Gloter,A.,Yoshida, N.:“Rate of Estimation for the Stationary Distri-

bution of Stochastic Damping Hamiltonian Systems with Continuous Observations", Annales de l' Institut Henri Poincaré, 58 (4) (2022) 1998-2028

3. Yoshida, N.: "Quasi-likelihood analysis and its applications", Statistical Inference for Stochastic Processes, 25 (2022), 43-60
4. Mishura, Y., Yoshida, N.: "Divergence of an integral of a process with small ball estimate", Stochastic Processes and their Applications, 148 (2022) 1-24
5. Yoshida, N.: "Quasi-likelihood analysis for nonlinear stochastic processes", Econometrics and Statistics, (2022) online April 26
6. Yamagishi, H., Yoshida, N.: "Order estimate of functionals related to fractional Brownian motion and asymptotic expansion of the quadratic variation of fractional stochastic differential equation", arXiv:2206.00323 (2022)
7. Mishura, Y., Yamagishi, H., Yoshida, N.: "Asymptotic expansion of an estimator for the Hurst coefficient", arXiv:2209.02919 (2022)
8. Park, Y., Zhan, R., Yoshida, N.: "Beyond central limit theorem for higher-order inference in batched bandits", NeurIPS 2022 Workshop CML4Impact (2022) https://openreview.net/forum?id=FuN85V24J7V
9. Yoshida, J., Yoshida, N.:"Quasi-maximum likelihood estimation and penalized estimation under non-standard conditions", arXiv:2211.13871 (2022)
10. Yoshida, N.:"Asymptotic expansion and estimates of Wiener functionals", Stochastic Processes and their Applications, 157 (2023) 176-248
11. Yoshida, J., Yoshida, N.: "Penalized estimation for non-identifiable models. arXiv:2301.09131 (2023)

C. 口頭発表

1. Recent developments in the theory of asymptotic expansion. Modern Stochastics: Theory and Applications V, Kyiv, Online, 2021.6.1 招待講演
2. Ibragimov-Khasminskii theory and recent developments in statistical inference for stochastic processes. Advances in Stochastics & Statistics in honor of Rafail Z. Khasminskii 90th anniversary, Online 2021.6.10 招待講演
3. Global jump filters and realized volatility. ISI World Statistics Congress 2021, Hague, Virtual 2021.7.16 招待講演
4. Asymptotic expansion in volatility parametric estimation revisited. SMSP2021: Statistical Modeling for Stochastic Processes and related fields, Osaka, Online, 2021.9.27 招待講演
5. Asymptotic expansion in volatility parametric estimation revisited. CMStatistics 2021, London, Online, 2021.12.19 招待講演
6. Asymptotic expansion of variations. Seminar - ANR EFFI, France, on-line, 2022.4.5 招待講演
7. Simplified quasi-likelihood analysis (online). DYNSTOCH 2022, Institut Henri Poincaré, Paris, France, 2022.6.30
8. Adaptive and non-adaptive estimation for degenerate diffusion processes. Statistics of Stochastic Processes in Discrete and Continuous Time (on-line). Kyiv, Ukraine, 2022.10.11 招待講演
9. Partial mixing and asymptotic expansion for batched bandits. CMStatistics 2022 (online). King's College London, UK, 2022.12.19 招待講演
10. Batched bandits and conditional Edgeworth expansion. DYNSTOCH 2023 - Workshop on Statistical Methods for Dynamical Stochastic Models, Imperial College London, 2023.3.28

D. 講義

1. 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)
2. 統計財務保険特論 VI・確率統計学 XF：セミマルチンゲールの基礎理論。Doob-Meyer 分解、コンペンセイター, セミマルチンゲール、可予測時間、局所マルチンゲールの分解可能性、セミマルチンゲールに関する確率積分、2 次変動過程、purely discontinuous local martingale、ランダム測度、局所特性量、セミマルチンゲールの標準表現について解説した。(数理大学院・理学部数学科共通講義)

E. 修士・博士論文

1. (修士) 塩谷 天章 (SHIOTANI Takaaki): Statistical Inference for Multivariate Point Processes and its Application to Multivariate Neyman-Scott Processes. (多変量点過程の統計的推測とその多変量 Neyman-Scott 点過程への応用)
2. (修士) 長命 駿弥 (CHOMEI Shunya): Limit order book modeling and trading strategies. (リミットオーダーブックのモデリングと取引戦略)
3. (修士) 吉田 淳一郎 (YOSHIDA Junichiro): Quasi-maximum likelihood estimation and penalized estimation under non-standard conditions. (非標準条件下における擬似最尤推定及び罰則付き推定)

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. (公財) 生命保険文化センター理事
5. Asia-Pacific Seminar in Probability and Statistics (APSPS), オーガナイザー
6. 京都大学数理解析研究所専門委員

G. 受賞

第 8 回藤原洋数理科学賞大賞 (2019)

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．

- Université Paris-Saclay (France) の Basile Grammaticos と Vellore Institute of Technology (India) の Thamizharasi Tamizhmani との共同研究で，離散的な変形型 KdV 方程式の特異点を分類し，帯型の特異点がほかの特異点と引き起こす非自明な相互作用を、箱玉系と同値である symbolic dynamics で記述することに成功した．この結果は [B.9] で発表された．
- 「特異点閉じ込めによる full-deautonomisa- tion」という手法は，「写像の力学系次数」と「写像の非自励化」の 2 つのアプリオリに無関係な概念の間で観察されたリンクに基づいている，双有理写像の力学系次数を検出するための驚くほど効果的な手法である．Basile Grammaticos との共同研究で，full-deautonomisation 手法を $E_8^{(1)}$-型の対称性を持つ離散パンルヴェ方程式などを含む広いクラスの写像に適用し，それぞれの写像の力学系次数を厳密に求めることができた．この結果は既に [B.10] で発表済みである．また，本研究科の Alexander Stokes と Takafumi Mase と一緒に full-deautonomisation 手法の代数幾何学的根拠を明らかにし、この手法の正当性を双有理写像の割と広いクラスの場合に厳密に証明した．この結果を発表する論文は現在作成中である．
- Alfred Ramani (Université Paris-Saclay・France), Basile Grammaticos と Takafumi Mase との共同研究で，昨年の続き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 Turku University (Finland) の Jarmo Hietarinta との共同研究で，２次元の格子上で定義される偏差分方程式の初期値・境界値問題が方程式の代数的 entropy の計算にどのような影響をもたらすかという問題について今年も引き続き研究を行った．その結果を発表する論文は現在作成中である．

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

- Together with Basil Grammaticos (Université Paris-Saclay, France) and Thamizharasi Tamizhmani (Vellore Institute of Technology, India), I classified the singularities that arise in the discrete modified KdV equation, and I described the non-trivial interactions that take place between strip-type singularities and diagonal-type singularities for that equation in terms of a symbolic dynamics that turns out to be equivalent to the usual Box&Ball dynamics. These results were reported in [B.9].
- 'Full-deautonomisation based on singularity confinement' is an astonishingly successful method for obtaining the dynamical degree of a birational mapping, based on two seemingly unconnected mathematical notions: the dynamical degree of a mapping and the process of deautonomizing that mapping. In collaboration with Basile Grammaticos I succeeded in applying this method to a very wide class of mappings that includes the (additive) discrete Painlevé equation with $E_8^{(1)}$ symmetry, thus obtaining exact values for the dynamical degrees of the mappings contained in it. These results were reported in [B.10].
  Furthermore, together with Alexander Stokes and Takafumi Mase (Graduate School of Mathematical Sciences) I laid bare the algebro-geometric justification for the full-deautonomisation method and we rigorously proved its applicability to a wide class of birational mappings. A paper announcing this result is in preparation.
- Continuing the joint research I started in 2019 with Alfred Ramani (Université Paris-Saclay, France), Basil Grammaticos and Takafumi Mase, I studied possible connections between the singularities that arise in bi-rational mappings on higher dimensional spaces, and the degree growth of the iterates of such mappings. We are currently finishing a paper detailing this connection for special mappings that are obtained by coupling linearizable second order mappings.
- In collaboration with Jarmo Hietarinta (Turku University, Finland), Takafumi Mase and I have also continued our research on the influence that specific initial value and boundary value problems have on algebraic entropy computations for difference equations defined on a two-dimensional lattice. We are currently finishing a paper announcing our results.

B. 発表論文

1. 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).
2. 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).

3. D. Um, R. Willox, B. Grammaticos and A. Ramani: “On the singularity structure of the discrete KdV equation”, J. Phys. A: Math. Theor. **53** (2020) 114001 (24pp).
4. B. Grammaticos, A. Ramani, R. Willox and J. Satsuma: “Discrete Painlevé equations from singularity patterns: The asymmetric trihomographic case”, J. Math. Phys. **61** (2020) 033503 (20pp).
5. B. Grammaticos, R. Willox and J. Satsuma: “Revisiting the Human and Nature Dynamics model”, Regular & Chaotic Dynamics **25** (2020) 178–198.
6. H. Iino and R. Willox: “Discretisation of an integrable sub-case of the Hénon-Heiles system” (in Japanese), Reports of Institute for Mathematics and Computer Science, Tsuda University **42** (2021) 135–140.
7. R. Willox: “Discretising and ultradiscretising the ‘Human and Nature Dynamics Model’ — new challenges and the limits of modelling —”, Reports of Institute for Mathematics and Computer Science, Tsuda University **42** (2021) 1–16.
8. D. Um, A. Ramani, B. Grammaticos, R. Willox and J. Satsuma: “On the singularities of the discrete Korteweg-de Vries equation”, J. Phys. A: Math. Theor. **54** (2021) 095201 (26pp).
9. B. Grammaticos, T. Tamizhmani and R. Willox: “On the singularity structure of a discrete modified-Korteweg-de Vries equation”, J. Phys. A: Math. Theor. **55** (2022) 265203 (21pp).
10. B. Grammaticos and R. Willox: “Full-deautonomisation of a class of second-order mappings in ancillary form”, Open Communications in Nonlinear Mathematical Physics **3** (2023) ocnmp:10496 (22pp).

C. 口頭発表

1. 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.
2. On the direct and inverse scattering problems for udKdV, China-Japan Joint Workshop on Integrable Systems 2019, 葉山, 2019 年 8 月.
3. 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.
4. Discretising and ultradiscretising the “Human and Nature Dynamics Model” – new challenges and the limits of modelling, From Nonlinear Waves to Integrable Systems, Tsuda University, Institute for Mathematics and Computer Science, held online on Zoom, 2020 年 11 月.
5. The singularity structure of integrable lattice equations, Integrable Systems 2021, The University of Sydney, Australia, held online through Zoom, 2021 年 12 月.
6. Direct and inverse scattering for the ultradiscrete KdV equation, invited lecture at the ‘workshop on box-ball systems from integrable systems and probabilistic perspectives September 19-23, 2022’, Centre de Recherches Mathématiques, Université de Montréal, Quebec, Canada, 2022 年 9 月.
7. The Laurent phenomenon for the Burchnall-Chaundy polynomials, seminar at the School of Mathematics, Statistics and Actuarial Science, University of Kent, UK, 2023 年 2 月.

D. 講義

1. 現象数理 II・非線形数理・現象数理学 (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 (理学部 4 年生・大学院生・教養学部統合自然科学科数理自然科学 4 年生の共通講義)
2. 数理科学基礎 (補修) (A セメスター) : S1 タームの間に行われた「数理科学基礎」の補修講義 (教養学部前期課程 1 年生)
3. 応用数学 XA・基礎数理特別講義 VIII (A セメスター) : 離散可積分系，特に射影平面上の写像，及び 2 次元や 3 次元の格子上で定義されている非線形偏差分方程式における可積分性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：可解カオス系である離散力学系と離散可積分系の違いを簡単な例を挙げながら説明してから，射影平面上の可積分な写像の理論を展開し，代数的エントロピーと特異点閉じ込め法，及び Laurent 現象などの可積分性を理解するための重要な概念を導入した．前半では，広田・三輪方程式や離散 KdV 方程式等の性質と可積分な写像との関係を解説し，QRT 写像と離散パンルヴェ方程式について解説した．後半では，主に広田・三輪方程式の Lax pair 及び Darboux 変換と特殊解について論じた．
   Course contents: In this course, starting from simple examples explaining the difference between solvable chaos in discrete dynamical systems and genuinely integrable discrete systems, I introduced the main concepts that are needed to understand the idea of 'integrability' for mappings of the projective plane: algebraic entropy, singularity confinement, as well as the Laurent phenomenon. In the first part of the course I explained the properties of the Hirota-Miwa and discrete KdV equations, as well as their relation to integrable mappings of the plane, to QRT-type mappings and discrete Painlevé equations in particular. In the latter part of the course I mainly discussed the Lax pair of the Hirota-Miwa equation, its Darboux transformations and special solutions.
4. 数理科学広域演習 I (A セメスター) 英語で「Mathematical Writing & Communication」について論じるオムニバス形式の講義 (修士課程 FoPM コース生)

E. 修士・博士論文

1. (修士) 井上卓哉 (INOUE Takuya): A combinatorial structure of Gelfand-Tsetlin patterns and a natural sijection between monotone triangles and shifted Gelfand-Tsetlin patterns .

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. 日本数学会・加藤フェロー運営委員会・委員.
3. Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical, Advisory Board Member.
4. Journal of Mathematical Sciences, the University of Tokyo, Editorial Board Member.
5. Journal of the Physical Society of Japan, Associate Editor.
6. ICIAM2023 プログラム委員会委員.

H. 海外からのビジター

1. Alexander STOKES (外国人特別研究員・JSPS postdoctoral fellow) 2021 年 11 月 29 日～2023 年 11 月 28 日.
   研究課題：「離散パンルヴェ方程式の幾何学的理論の拡張へ – 特異点、エントロピーと可積分性」
   Research theme: "Extending the geometric theory of discrete Painlevé equations: singularities, entropy and integrability"
2. Anton DZHAMAY (University of Northern Colorado, USA) 2022 年 8 月 3 日～

20 日．Prof. Dzhamay gave the following seminar for graduate students: “Different Hamiltonians for Painlevé Equations and their identification using geometry of the space of initial conditions” (August 18, 2022).

3. Andy HONE (University of Kent, UK) 2023 年 1 月 4 日～16 日．Prof. Hone gave the following two seminars for graduate students: “Discrete dynamics, continued fractions and hyperelliptic curves” (January 11, 2023) and “An infinite sequence of Heron triangles with two rational medians” (January 13, 2023).
4. Paul ZINN-JUSTIN (University of Melbourne, Australia) 2023 年 2 月 2 日～8 日．Prof. Zinn-Justin gave a plenary lecture at the FoPM International Symposium (6–8 February 2023) on: “From exactly solvable models of statistical mechanics to combinatorics” (February 6, 2023).

准教授 (Associate Professors)

足助 太郎 (ASUKE Taro)

A. 研究概要

葉層構造の変形に関する特性類について研究した．葉層構造の特性類は変形に関する微分を取ることにより変形に関する特性類を定める．最も重要なのは Godbillon–Vey 類の微分である．一方，このようにしては得られない変形に関する特性類が存在する．それらのうち最も基本的な，FLK 類と呼ばれるものについて非自明性などを示した．その際，横断的な射影構造が重要である．これに関連して，捩率を持つ射影構造について研究した．そのために，まず枠の理論を拡張した．その上で，捩率を持つ射影構造について，捩率がない場合の古典的ないくつかの結果が捩率を持つ場合にも適切な読み替えの上で成り立つことを示した．

I studied characteristic classes associated with deformations of foliations. We can define characteristic classes for deformations of foliations from characteristic classes for foliations by taking derivatives with respect to parameters of deformations. The most significant one is the derivative of the Godbillon–Vey class. On the other hand, there exist characteristic classes for deformations which are not derivatives. Among which is most fundamental so-called the FLK-class. I studied the FLK-class and showed its non-triviality, etc. In the study, transverse projective structures are relevant. Projective structures are usually assumed to be torsion-free, however, we need to take torsions into account for the study. Motivated by such a situation, I studied projective structures with torsion. I introduced a notion of formal frames and showed that some classical results for projective structures without torsions also hold in the existence of torsion after suitable modifications.

B. 発表論文

1. T. Asuke : “On Fatou and Julia sets of foliations”, J. Math. Soc. Japan, **72** (2020), 1145–1159.
2. T. Asuke : “On the Fuks–Lodder–Kotschick class for deformations of foliations”, Proceedings of the conference Contemporary Mathematics in Kielce 2020, February 24–27 2021, 2021, 1–15.
3. T. Asuke : “On a characteristic class associated with deformations of foliations”, to appear in Internat. J. Math.

C. 口頭発表

1. A remark on the Fatou sets of foliations of $\mathbb{C}P^2$, Complex foliations, dynamics and geometry, Universidade Federal Fluminense, Niter ó i, Rio de Janeiro (Brasil), 2018/7/24.
2. 特異葉層の Fatou 集合と，葉層不変計量の関係について，関東力学系セミナー，東京大学，2019/4/26.
3. 葉層構造の Fatou 集合について，日本数学会 2020 年度年会（日本大学理工学部），伝染病対策のため中止．講演も取りやめ．
4. On the Fuks-Lodder-Kotschick class for deformations of foliations, Contemporary Mathematics in Kielce 2020, Katedra Matematyki, Wydział Nauk Ścisłych i Przyrodniczych, Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach, Kielce (Poland)，2021/2/24，オンライン
5. 葉層の変形に関するある特性類について，日本数学会 2021 年度年会，慶應大学，2021/3/16，オンライン．
6. On the structure of characteristic classes of codimension-one foliations, 36th Summer Topology Conference, July 18-22, 2022, University of Vienna, Department of Mathematics (Austria), 2022/7/18，オンライン．

7. 形式枠とその葉層構造の変形に関する特性類への応用について，葉層構造論シンポジウム，東京大学，2022/10/21，オンライン．

D. 講義

1. 数学 I：文科生向けの微分積分学の入門講義（教養学部前期課程講義）．
2. 数学 II：文科生向けの線型代数学の入門講義（教養学部前期課程講義）．
3. ベクトル解析：ベクトル解析に関する入門講義．理科生の履修がほとんどであるが，文科生の履修を妨げてはいない（教養学部前期課程講義）．
4. 幾何学 III：微分形式などのテンソル場に関する入門講義（理学部 3 年生向け講義）．
5. 幾何学 XE（学部）・基礎数理特別講義 II（大学院）：ベクトル束やファイバー束の接続に関する基本的な事項，Chern–Weil 理論を用いた特性類の構成，特性類の基本的な性質，位相的 K-理論の定義について述べた．また，アフィン接続，測地線と捩率の関係について初歩的な事柄をいくつか述べた（数理大学院・4 年生共通講義）．

F. 対外研究サービス

1. 葉層構造論シンポジウム，東京大学（オンライン），’22/10/21～22.
2. 葉層構造の幾何学とその応用，京都教育大学（ハイブリッド），’22/12/10～11，横山知郎（岐大工），松田能文（青学大理工），加藤直樹（中京大教養）と共催．

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，p 進簡約群の p 進 Banach 主系列表現の既約性に関する研究を行った．p 進 Banach 表現は p 進 Langlands 対応とも関係している重要な対象であり，主系列表現の構造の研究は基本的な課題であるが，ほぼ手がつけられていなかった．今年度私はトロント大学の Florian Herzig 氏とともに，p 進 Banach 主系列表現の既約性判定法を与えた．またその判定法を使い多くの既約となる p 進 Banach 主系列表現の例を与えた．特にユニタリ表現からの誘導の場合には既約性の必要十部条件を得た．また GL_3 の場合にもこの判定法と具体的な計算に基づき既約性の必要十分条件を得ることができた．

I study representation theory of reductive groups. This year, I studied the irreducibility of p-adic Banach principal series representations of p-adic reductive groups. p-adic Banach representations are important objects that are related to the p-adic Langlands program. The study of principal series representations is an important topic in this area, but it has not been well explored. This year, I got a criterion for irreducibility of p-adic principal series representations with Florian Herzig (University of Toronto). We also gave many examples of irreducible p-adic principal series representations using this criterion. We got a necessary and sufficient condition for the induced representation from unitary representations. We also got a necessary and sufficient condition when $G = \mathrm{GL}_3$; the proof is based on explicit calculations and the criterion.

B. 発表論文

1. N. Abe, Extension between simple modules of pro-p-Iwahori Hecke algebras, Journal of the Institute of Mathematics of Jussieu.
2. N. Abe, F. Herzig and M.-F. Vign é ras, Inverse Satake isomorphism and change of weight, Represent. Theory 26 (2022), 264–324.
3. N. Abe, A bimodule description of the Hecke category, Compos. Math. 157 (2021), no. 10, 2133–2159.
4. N. Abe, Parabolic inductions for pro-p-Iwahori Hecke algebras, Adv. Math. 355 (2019), 106776, 63 pp.
5. N. Abe, A comparison between pro-p-Iwahori Hecke modules and mod p representations, Algebra Number Theory 13 (2019), no. 8, 1959–1981.

6. N. Abe, Involutions on pro-p-Iwahori Hecke algebras, Represent. Theory 23 (2019), 57–87.
7. N. Abe, G. Henniart and M.-F. Vign é ras, On pro-p-Iwahori invariants of R-representations of reductive p-adic groups, Represent. Theory 22 (2018), 119–159.
8. N. Abe, G. Henniart and M.-F. Vign é ras, Modulo p representations of reductive p-adic groups: functorial properties, Trans. Amer. Math. Soc. 371 (2019), no. 12, 8297–8337.
9. N. Abe, Modulo p parabolic induction of pro-p-Iwahori Hecke algebra, J. Reine Angew. Math. 749 (2019), 1-64.

C. 口頭発表

1. Irreducibility of p-adic Banach principal series representations, S é minaire Groupes R é ductifs et Formes Automorphes, ソルボンヌ大学, 2023 年 3 月 27 日.
2. Soergel bimodules and homomorphism between Bott-Samelson bimodules, Representation theory and geometry of loop spaces, パリ・サクレ大学, 2023 年 1 月 10 日.
3. Koszulity in BGG category $\mathcal{O}$ (survey), Winter School on Koszul Algebra and Koszul Duality, 大阪市立大学 + オンライン, 2022 年 2 月 20 日.
4. Bott-Samelson 両側加群の間の準同型, 2021 年度表現論シンポジウム, オンライン, 2021 年 11 月 19 日.
5. A Hecke action on G_1T-moodules, Conference on vertex algebras and related topics, TU Darmstadt + オンライン, 2021 年 9 月 21 日.
6. Achar-Makisumi-Riche-Williamson の仕事の紹介, 簡約代数群の表現論の勉強会, オンライン, 2021 年 8 月 26,27 日.
7. On Soergel bimodules, London Algebra Colloquium, オンライン, 2020 年 4 月 1 日.
8. On Soergel bimodules, 南大阪代数セミナー, オンライン, 2020 年 6 月 5 日.
9. On Soergel bimodules, 第 15 回代数・解析・幾何学セミナー, 鹿児島大学, 2020 年 2 月 14 日.
10. On Soergel bimodules, Geometry and representation theory, Institut Henri Poincar é , Paris, France, 2020 年 1 月 31 日.

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の体験型学習を行った．（教養学部前期課程講義）
2. 全学自由研究ゼミナール：p 進体について，主に解析的な側面からの入門講義を行った．（教養学部前期課程講義）
3. 微分積分学続論：多変数の微分積分学．（教養学部前期課程講義）
4. 代数と幾何・同演習：線型代数学の基本的な講義．（理学部 2 年生 (後期)）

E. 修士・博士論文

1. (修士) 鉄川 源太 (TETSUKAWA Genta): Small finite simple groups whose 2-fusion systems are of characteristic 2 type.

伊藤 健一 (ITO Kenichi)

A. 研究概要

今年度は，長距離型摂動を持つ Schrödinger 作用素に対し一般化 Fourier 変換を研究し，摂動の滑らかさについて C^2 級の仮定のみで，一般化 Fourier 変換を構成することに成功した．重要な鍵となるのは，極限レゾルベントに対する強型放射条件評価であり，これにより一般化 Fourier 変換の構成手順も大きく簡略化される．強型放射条件評価の証明には，2 階の微分作用素を conjugete operator とする初等的な交換子法が用いられる．以上の結果は Ikebe–Isozaki (1982) や Herbst–Skibsted (1991) による先行研究の一般化となっている．本研究は E. Skibsted 氏（オーフス大学）との共同研究である．

This year I studied the generalized Fourier transform for the Schrödinger operator with a long-range perturbation, and succeeded in its construction only with C^2 smoothness assumption. A key is the strong form of radiation condition bounds for the associated limiting resolvents, which also considerably simplifies the above construction scheme. For the proof of such a bound we employ an elementary commutator argument with a second order differential operator as conjugate operator. These results are generalizations of former works by Ikebe–Isozaki (1982) and Herbst–Skibsted (1991). This is a joint work with E. Skibsted (Aarhus University).

B. 発表論文

1. T. Adachi, K. Itakura, K. Ito and E. Skibsted: "Stationary scattering theory for 1-body Stark operators, I", Pure Appl. Funct. Anal. **7** (2022), 825–861.
2. K. Ito and E. Skibsted: "Stationary scattering theory for one-body Stark operators, II", Ann. Henri Poincaré **23** (2022), 513–548.
3. K. Ito and E. Skibsted: "Stationary scattering theory on manifolds", Ann. Inst. Fourier (Grenoble) **71** (2021), 1065–1119.
4. K. Ito and A. Jensen: "Hypergeometric expression for the resolvent of the discrete Laplacian in low dimensions", Integr. Equ. Oper. Theory **93** (2021), 32.
5. T. Adachi, K. Itakura, K. Ito and E. Skibsted: "New methods in spectral theory of N-body Schrödinger operators", Rev. Math. Phys. **33** (2021), 2150015.
6. T. Adachi, K. Itakura, K. Ito and E. Skibsted: "Commutator methods for N-body Schrödinger operators", Spectral Theory and Mathematical Physics, STMP 2018, Santiago, Chile
7. K. Ito and E. Skibsted, "Spectral theory on manifolds", Advanced Studies in Pure Mathematics related to MSJ-SI 2018.
8. K. Ito and E. Skibsted, "Radiation condition bounds on manifolds with ends", J. Funct. Anal. **278** (2020), 108449.
9. T. Adachi, K. Itakura, K. Ito and E. Skibsted, "Spectral theory for 1-body Stark operators", J. Differential Equations. **268** (2020), 5179–5206.
10. K. Ito and E. Skibsted: "Time-dependent scattering theory on manifolds", J. Funct. Anal. **277** (2019) 1423–1468.

C. 口頭発表

1. Generalized Fourier transform for C^2 potentials, Mathematics seminar, Aarhus University, デンマーク王国, 2023 年 3 月.
2. Strong radiation bounds for long-range perturbations, 愛媛解析セミナー, 愛媛大学, 2023 年 1 月.
3. Pseudodifferential expression for the S-matrix of a perturbed Stark Hamiltonian, Mathematics seminar, Aarhus University, デンマーク王国, 2022 年 9 月.
4. Pseudodifferential expression for the S-matrix of perturbed Stark Hamiltonian, 信州微分方程式セミナー, 信州大学（オンライン）, 2021 年 12 月.
5. Hypergeometric expression for the fundamental solution to the 2-dimensional discrete Laplacian （2 次元離散 Laplace 作用素の基本解に対する超幾何表示）, 数学域談話会, 筑波大学（オンライン）, 2021 年 11 月.
6. Hypergeometric expression for the resolvent of the discrete Laplacian in low dimensions, Effective models, critical phenomena and spectral methods in Quantum Transport (dedicated to Arne Jensen's 70th birthday), Aalborg, デンマーク王国（オンライン）, 2021 年 10 月.
7. Pseudodifferential expression for the S-matrix of perturbed Stark Hamiltonian, 第 174 回神楽坂解析セミナー, 東京理科大学（オンライン）, 2021 年 7 月.

8. Hypergeometric expression for the resolvent of the discrete Laplacian in low dimensions, 微分方程式の総合的研究, 京都大学（オンライン）, 2020 年 12 月.
9. 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.
10. Hypergeometric expressions for resolvents 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.

D. 講義

1. 解析学 VIII・線形微分方程式論: 擬微分作用素の基本的性質とその応用に関する講義. (数理大学院・4 年生共通講義)
2. 解析学 XG・基礎数理特別講義 I: Banach 空間上の強連続半群に対する Hille–Yosida の定理とその偏微分方程式論への応用について丁寧な解説を試みた．関数解析についての簡単な復習ののちに Hille–Yoshida の定理を紹介し，さらに解析半群や Hilbert 空間上の消散作用素, 角型作用素を扱った．後半では領域上の変数係数の拡散方程式および波動方程式への応用を解説し，さらに Schrödinger 作用素に対する Rellich の定理への応用にも触れた．(数理大学院・4 年生共通講義)
3. 実解析学 II: Fourier 解析に関する講義. (教養学部統合自然科学科講義)
4. 実解析学演習 II: Fourier 解析に関する演習. (教養学部統合自然科学科講義)
5. 数理科学セミナー III: 関数解析学に関するセミナー科目. (教養学部統合自然科学科講義)
6. 数理科学演習 II: 卒業研究予備に相当する科目. (教養学部統合自然科学科講義)
7. 特別研究: 卒業研究. (教養学部統合自然科学科講義)

E. 修士・博士論文

1. (修士) 三宅 祥太 (MIYAKE Shota): 時間周期的長距離型ポテンシャルに対応する Isozaki-Kitada 型修正波動作用素の存在と漸近完全性.

F. 対外研究サービス

1. 日本数学会函数方程式論分科会 情報委員会 委員長
2. 日本数学会函数解析学分科会 分科会委員（偏微分方程式の函数解析学的研究グループ）
3. 東京大学解析学火曜セミナー 世話人

今井 直毅 (IMAI Naoki)

A. 研究概要

Fargues–Fontaine 曲線上の G 束の修正のモジュライ空間の ℓ 進エタールコホモロジーを，二つの G 束がどちらも半安定でない場合にも定義し，その基本性質を調べた．そのために Fargues–Fontaine 曲線上の G 束のモジュライスタック上の lisse 層について研究を行った．また，非 Archimedes 的局所体上の連結簡約代数群の被覆群に対する局所 Langlands 対応の幾何化に関する研究を進めた．

Jean-Stefan Koskivirta 氏との共同研究において，全ての法 p 保型形式の weight で生成される錘が部分 Hasse 不変量の weight で生成されることをとある条件の下で証明し，プレプリントを完成させた．

We defined ℓ-adic etale cohomology of the moduli spaces of modifications of G-bundles over the Fargues–Fontaine curve when two G-bundles are not semi-stable, and studied their basic properties. For this, we studied about lisse sheaves on the moduli stack of G-bundles over the Fargues–Fontaine curve. We also proceeded a research on the geometrization of the local Langlands correspondences for covering groups of connected reductive groups over non-archimedean local fields.

In a joint work with Jean-Stefan Koskivirta, we showed that the cone generated by the weights of all mod p automorphic forms is generated by the weights of partial Hasse invariants under

some condition, and completed the preprint.

B. 発表論文

1. N. Imai and J.-S. Koskivirta : “Weights of mod p automorphic forms and partial Hasse invariants (with an appendix by Wushi Goldring)”, arXiv.2211.16207
2. A. Bertoloni Meli, N. Imai and A. Youcis : “The Jacobson–Morozov morphism for Langlands parameters in the relative setting”, arXiv:2203.01768.
3. N. Imai and J.-S. Koskivirta : “Partial Hasse invariants for Shimura varieties of Hodge-type”, arXiv:2109.11117.
4. N. Imai and M. Fox : “The supersingular locus of the Shimura variety of $\mathrm{GU}(2, n-2)$”, arXiv:2108.03584.
5. N. Imai : “Local Langlands correspondences in ℓ-adic coefficients”, arXiv:2003.14154.
6. N. Imai : “Convolution morphisms and Kottwitz conjecture”, arXiv:1909.02328.
7. N. Imai and T. Tsushima : “Geometric construction of Heisenberg–Weil representations for finite unitary groups and Howe correspondences”, to appear in Eur. J. Math.
8. N. Imai and J.-S. Koskivirta : “Automorphic vector bundles on the stack of G-zips”, Forum Math. Sigma 9 (2021), Paper No. e37, 31 pp.
9. N. Imai and T. Tsushima : “Affinoids in the Lubin–Tate perfectoid space and simple supercuspidal representations II: wild case”, Math. Ann. 380 (2021), no. 1-2, 751-788.
10. N. Imai and T. Tsushima : “Affinoids in the Lubin–Tate perfectoid space and simple supercuspidal representations I: tame case”, Int. Math. Res. Not. (2020), no. 22, 8251–8291.

C. 口頭発表

1. Cohomology of moduli spaces of mixed characteristic local shtukas, The 10th East Asian Number Theory Conference, Capital Normal University (online), 2023 年 2 月 14 日.
2. On the Rapoport-Zink space for $\mathrm{GU}(2, 4)$ for unramified primes, Arithmetic of Shimura Varieties, Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach, 2023 年 2 月 4 日.
3. The supersingular locus of the Shimura variety of $\mathrm{GU}(2, n-2)$, Séminaires de Géométrie Arithmétique et Motivique, Institut Galilée, Paris 13, 2022 年 9 月 23 日.
4. Local Langlands correspondence for covering groups and geometrization, LAGA mini course, Paris 13, 2022 年 9 月 15 日, 22 日, 29 日.
5. The supersingular locus of the Shimura variety of $\mathrm{GU}(2, n-2)$, 30e Rencontres arithmétiques de Caen, 2022 年 5 月 27 日.
6. 局所 Langlands 対応とその幾何化, 談話会, 埼玉大学, 2021 年 10 月 29 日.
7. Convolution morphisms and Kottwitz conjecture, Caltech number theory seminar, Caltech, アメリカ, 2020 年 2 月 13 日.
8. 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.
9. 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.
10. 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.

D. 講義

1. 代数学 I : 群と環に関する講義．(3 年生向け講義)
2. 代数学特別演習 I : 群と環に関する演習．(3 年生向け講義)
3. 基礎数理特別講義 V・代数学 XF : 局所 Langlands 対応とその幾何化に関する内容を扱った．まず，代数群や L 群について説明し，局所 Langlands 対応の主張を説明した．次に佐武対応について説明し，佐武対応と局所 Langlands 対応の間の関係について説明した．その後，ダイヤモンド，Fargues–Fontaine 曲線，混標数の幾何学的佐武対応について説明した．最後にそれらを用いて，L パラメータの構成および局所 Langlands 対応の幾何化について説明した．(数理大学院・4 年生共通講義)

E. 修士・博士論文

1. (修士) 中山 裕大 (NAKAYAMA Yuta): Topics related to RSZ Shimura varieties.

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. Alex Youcis, JSPS 外国人特別研究員, 2021 年 9 月～. He worked on Shimura varieties.
2. Joseph Muller (Université Sorbonne Paris Nord), 外国人協力研究員, 2022 年 4 月～. He worked on Deligne–Lusztig varieties.
3. Koji Shimizu (UC Berkeley), 2022 年 6 月～2022 年 7 月. He worked on p-adic Hodge theory. He gave a talk about "Completed prismatic F-crystals and crystalline local systems" at Number Theory Seminar on July 20, 2022.
4. Laurent Fargues (Institut de Mathématiques de Jussieu), 客員 3 種教授, 2022 年 10 月～2023 年 1 月. He worked on the geometry of diamonds. He gave a talk about "Some compact generators of $D_{\mathrm{lis}}(\mathrm{Bun}_G, \Lambda)$" at Number Theory Seminar on November 2, 2022.
5. Kęstutis Česnavičius (Institut de Mathématique d'Orsay), 2023 年 1 月. He worked on affine Grassmannian. He gave a talk about "The affine Grassmannian as a presheaf quotient" at Number Theory Seminar on January 18, 2023.

岩木 耕平 (IWAKI Kohei)

A. 研究概要

2022 年度は以下の研究を行った.

(i) 位相的漸化式を用いて構成した τ-函数の漸近展開に関する研究.
(ii) 分岐型不確定特異点を持つ合流型 Heun 方程式に対する Zamolodchikov 予想.

2019 年に, 楕円曲線に対して位相的漸化式が定義する分配函数を用いて I 型 Painlevé 方程式の WKB 型の展開を持つ τ-函数を構成することに成功したが, その独立変数が無限遠点に近づく際の漸近挙動の研究が (i) の内容である. 位相的漸化式の自由エネルギーの漸近展開の係数を機能的に求めるアルゴリズムを与え, 得られた展開係数が既存の結果と整合していることが確かめられた. このアルゴリズムは適用範囲が広く, 様々な (超) 楕円曲線に対して定義される位相的漸化式の分配函数や, 離散 Fourier 変換を通じて構成される τ-函数の漸近展開の解析にも有効である. また, 上記の漸近展開を楕円曲線のモジュラスで書き直すことで Eisenstein 級数による自由エネルギーの表示 (準モジュラー性) が得られることや, その表示が正則アノマリー方程式と整合していることも確認できた. これらの観察は楕円函数と Painlevé 函数のより深い関係性について示唆的であり, 次年度はこれらの結果について整理し, 論文としてまとめる予定である.
一方, (i) の漸近展開を求めるアルゴリズムを適切に修正することで, Heun 方程式のアクセサリー・パラメータの WKB 型の漸近展開も計算可能である. この方向での先行研究が 2021 年に Lisovyy–Naidiuk により行われており, 「アクセサリー・パラメータの漸近展開が共形場ブロックの古典極

限 (古典共形ブロック) により与えられる」という Zamolodchikov 予想が不分岐型不確定特異点を許した場合にも拡張された. それを受け, 金沢大学の名古屋創教授とともに分岐型不確定特異点を持つ Heun 方程式を解析し, WKB 解析を通じて求まるアクセサリー・パラメータの漸近展開と, (2018 年に名古屋教授が導入した) 分岐型の不確定共形ブロックの古典極限の最初の数項が一致することを確認した. 我々の考察を, アクセサリー・パラメータ研究集会で「分岐型服確定特異点を有した場合の Zamolodchikov 予想」として発表した. これが (ii) の内容である.

The following topics were studied in 2022.

(i) Asymptotic expansion of τ-function constructed by topological recursion.
(ii) Zamolodchikov-type conjecture for confluent Heun equations with ramified irregular singular points.

In (i), we succeeded in constructing an algorithm to compute an asymptotic expansion of free energies defined by the topological recursion. In particular, applying our algorithm to the elliptic curve, we may compute an asymptotic series of τ-function of the first Painlevé equation which agrees with several known results. In the case, we also obtained an expression of free energy in terms of the Eisenstein series associated with the elliptic curves, and confirmed the agreement with the holomorphic anomaly equation. This is suggestive of a deeper relationship between elliptic functions and Painlevé transcendents.
The algorithm in (i) can be modified and we may also obtain a WKB-type series expansion of accessory parameters of Heun equations. In a prior research by Lisovyy–Naidiuk in 2021, the Zamoldchikov conjecture was generalized to the case where Heun equation has irregular singular points of unramified type. That is, they observed that the series expansion of accessory parameter of some confluent Heun equation agrees with the series expansion of classical limit of irregular conformal blocks, up to some order. Following the observation, together with Professor Hajime Nagoya in Kanazawa University, we studied a series expansion of accessory parameter of Heun equation with a ramified irregular singular point. We also observed an agreement of the series expansion with the classical limit of irregular conformal block of ramified-type (which was introduced by Professor Nagoya in 2018), up to some order. Thus we have obtained the "Zamoldchikov-type conjecture for Heun equations with ramified irregular singular points". This is the main observation in (ii).

B. 発表論文

1. K. Iwaki, O. Marchal and A. Saenz, "Painlevé equations, topological type property and reconstruction by the topological recursion", Journal of Geometry and Physics, **124** (2018), 16–54.
2. T. Aoki, K. Iwaki and T. Takahashi, "*Exact WKB analysis of Schrödinger equations with a Stokes curve of loop type*", Funkcialaj Ekvacioj, **62** (2019), 1–34.
3. K. Iwaki, T. Koike and Y. Takei, *Voros Coefficients for the Hypergeometric Differential Equations and Eynard-Orantin's Topological Recursion - Part II : For the Confluent Family of Hypergeometric Equations*, Journal of Integrable Systems, **4** (2019).
4. H. Fuji, K. Iwaki, M. Manabe and I. Satake, "*Reconstructing GKZ via topological recursion*", Communications in Mathematical Physics, **371** (2019), 839–920.
5. K. Iwaki, "*2-parameter τ-function for the first Painlevé equation: Topological recursion and direct monodromy problem via exact WKB analysis*", Communications in Mathematical Physics, **377** (2020), 1047–1098.
6. H. Fuji, K. Iwaki, H. Murakami and Y. Terashima, Witten-Reshetikhin-Turaev function for a knot in Seifert mani-

folds, Communications in Mathematical Physics, **386** (2021), 225–251.

7. K. Iwaki and O. Kidwai, Topological recursion and uncoupled BPS structures I: BPS spectrum and free energies, Advances in Mathematics, **398** (2022), Paper No.108191.
8. K. Iwaki and O. Kidwai, Topological recursion and uncoupled BPS structures II: Voros symbols and the τ-function, To appear in Communications in Mathematical Physics.

C. 口頭発表

1. Topological recursion and Painlevé I τ-function (invited), IX Workshop on Geometric Correspondences of Gauge Theories, June 17–21, 2019, SISSA, Italy.
2. Painlevé τ-function and topological recursion (invited), Moduli Spaces, Representation Theory and Quantization, June 24–28, 2019, Research Institute for Mathematical Sciences, Kyoto, Japan.
3. Topological recursion, exact WKB analysis and Painlevé equation (invited), University of Amsterdam String Seminar (online), November 10, 2020, University of Amsterdam, Netherlands.
4. Topological recursion and uncoupled BPS structure arising from spectral curves of hypergeometric type (invited), SISSA's Integrable Systems and Mathematical Physics seminar (online), November 25, 2020, SISSA, Italy.
5. Topological recursion, exact WKB analysis and Painleve equation (invited), Integrable Systems 2020 (online), December 4, 2020, University of Sydney, Australia.
6. Topological recursion, quantum curves and Painleve equations (invited), Applicable resurgent asymptotics: towards a universal theory, ARA Focus Week, Exact Quantisation/Exact WKB and Resurgence (online), April 30, 2021, Isaac Newton Institute for Mathematical Sciences, United Kingdom.
7. Topological recursion, Painlevé τ-function and exact WKB analysis (invited), Combinatorics of Moduli Spaces, Cluster Algebras and Topological Recursion (online), June 4, 2021, Moscow, Russia.
8. Topological recursion, uncoupled BPS structures and exact WKB (invited), BPS states, mirror symmetry and exact WKB (online), July 2021. Sheffield University, United Kingdom.
9. 完全 WKB 解析とその周辺 (招待講演), 日本数学会関数方程式論分科会特別講演, 2021 年 9 月 14 日.
10. Topological recursion, uncoupled BPS structures and exact WKB analysis (invited), Algebraic Geometry and Integrable Systems 2022 (online), February 6, 2022, Kobe University, Japan.
11. Voros coefficients for isomonodromy systems associated with Painlevé equations and BPS invariants (招待講演), 超局所解析と漸近解析の展望, 2022 年 10 月 3 日, 京都大学数理解析研究所.
12. Voros coefficients for isomonodromy systems associated with Painlevé equations and BPS invariants, Painlevé Equations : From Classical to Modern Analysis, 25 Octobar 2022, IRMA, Strasbourg.
13. Topological recursion, BPS structure and Painlevé τ-function (invited), Workshop on Mirror symmetry and Related Topics, December 12, 2022, Kyoto University.
14. Series expansion of accessory parameters of confluent Heun equations with a ramified irregular singular point (invited), Workshop on Accessory Parameters, March 22, 2023, Kumamoto University.

D. 講義

1. 数学講究 XB : 完全 WKB 解析と位相的漸化式に関する概説を行った. (理学部数学科 4 年生)
2. 数理科学基礎, 微分積分学 I : 微分積分学の基礎的な内容を扱った. (教養学部前期課程講義)
3. 常微分方程式 : 初等解法, 解の存在と一意性に関する定理などを扱った. (教養学部前期課程講義)
4. 学術フロンティア講義 : Borel 総和法と完全 WKB 解析に関する入門的な内容を扱った. (教養学部前期課程講義)
5. 複素解析学, 複素解析学演習 : Cauchy の積分定理や留数定理などを扱った. (教養学部基礎科学科講義)
6. 解析学 XH (数理大学院・4 年生共通講義) : 複素領域の常微分方程式論に関する発展的な内容を扱った. 前半では Gauss の超幾何微分方程式のモノドロミー行列の計算, Borel 総和方による Stokes 行列の解析, 完全 WKB 解析の基礎理論 (WKB 解の構成, Stokes グラフ, Voros の接続公式) について解説し, 後半ではモノドロミー保存変形とパンルヴェ方程式の関係性, 位相的漸化式による τ-関数の構成などの話題を紹介した.

F. 対外研究サービス

1. Organizer (with T. Dreyfus, K. Hiroe, C. Mitschi, H. Sakai and L. Teyssier) of the Workshop: "Painlevé Equations : From Classical to Modern Analysis", 24 - 28 Octobar 2022, IRMA, Strasbourg.

G. 受賞

2022 年度日本数学会賞建部賢弘特別賞.
業績題目 : 完全 WKB 解析, クラスター代数, パンルヴェ方程式および位相的漸化式の研究

H. 海外からのビジター

Oleg Lisovyy (University of Tours), Studies on conformal blocks and Painlevé equations.
Professor Oleg Lisovyy visited University of Tokyo from 13th – 17th March 2023, and discussed about a relationship among conformal blocks, WKB analysis and topological recursion with K. Iwaki, H. Nagoya, and K. Osuga.

植田 一石 (UEDA Kazushi)

A. 研究概要

Imperial College London の Yankı Lekili 氏と共同で、シンプレクティック幾何学の研究を行った。特に、Liouville 領域 U に対して、巻深谷圏 $\mathrm{wfuk}\,U$ のコンパクトな Lagrange 部分多様体からなる充満部分圏 $\mathrm{fuk}\,U$ による局所化に安定深谷圏という名前を付け、これを Liouville 領域の不変量として積極的に研究することを提唱した。例えば、単純特異点の Milnor ファイバーの安定深谷圏は団圏を与える。我々は、U がコンパクトな Calabi–Yau 多様体 X の豊富で滑らかな因子 D の補集合の時、U の安定深谷圏と D の深谷圏が同値であると予想した。この予想は、コンパクトな一般型多様体 D の深谷圏の構造を、Liouville 多様体 U の深谷圏の構造に帰着すると言う意味で重要なものである。X が射影空間の Calabi–Yau 超曲面で D が X の超平面切断の場合には、我々によって U の巻深谷圏とミラーの連接層の安定導来圏の同値が示されているので、この場合にこの予想が示されれば、そこから一般型の多様体である D に対するホモロジー的ミラー予想が従う。また、ある整数 r が存在して rD が X の標準因子になっている時、Floer 方程式の解の数え上げによって定義されるある元 $\theta \in \mathrm{SH}^{2+2r}(U)$ に対して、U の安定深谷圏が $r=-1$ の時 $\mathrm{wfuk}\,U \otimes_{\mathrm{k}[\theta]} \mathrm{k}(\theta)$, それ以外の時 $\mathrm{wfuk}\,U \otimes_{\mathrm{k}[\theta]} \mathrm{k}[\theta,\theta^{-1}]$ で与えられると期待している。さらに、この状況で、D の法束の球面束は $U \times D$ の Lagrange 部分多様体を与え、それが定める $\mathrm{wfuk}\,U$ から $\mathrm{fuk}\,D$ への関手は、$\mathrm{sfuk}\,U$ から $\mathrm{fuk}\,D$ の大きな直和因子への同値を与えると期待している。

In a joint work with Yankı Lekili, we introduced the *stable Fukaya category* $\mathrm{sfuk}\,U$ of a Liouville domain U as the localization of the wrapped Fukaya category $\mathrm{wfuk}\,U$ by the full subcategory $\mathrm{fuk}\,U$ consisting of compact Lagrangian

submanifolds. For example, the stable Fukaya category of the Milnor fiber of a simple singularity gives the cluster category. We formulated a conjecture which states that if X is a compact Calabi–Yau manifold and D is a smooth ample divisor, the stable Fukaya category of the complement $U = X \setminus D$ is equivalent to the Fukaya category of D. This conjecture is important in that it reduces the study of the Fukaya category of the compact symplectic manifold D to that of an exact symplectic manifold U. If X is a projective Calabi–Yau hypersurface and D is its hyperplane section, our proof of homological mirror symmetry for X implies that the above conjecture implies homological mirror symmetry for the manifold D of general type. We expect that if there exists an integer r such that rD is a canonical divisor of X, then there exists an element $\theta \in \mathrm{SH}^{2+2r}(U)$ defined by counting solutions to Floer's equation such that the stable Fukaya category of U is equivalent to $\mathrm{wfuk}\, U \otimes_{\mathrm{k}[\theta]} \mathrm{k}(\theta)$, if $r = -1$, and to $\mathrm{wfuk}\, U \otimes_{\mathrm{k}[\theta]} \mathrm{k}[\theta, \theta^{-1}]$ otherwise. We also expect that the functor from $\mathrm{wfuk}\, U$ to $\mathrm{fuk}\, D$ defined by the sphere bundle of the normal bundle to D regarded as a Lagrangian submanifold of $U \times D$ induces an isomorphism from $\mathrm{sfuk}\, U$ to the big summand of $\mathrm{fuk}\, D$.

B. 発表論文

1. A. Nagano and K. Ueda : "The ring of modular forms of $\mathrm{O}(2, 4; \mathrm{Z})$ with characters", Hokkaido Math. J. 51 (2022), no. 2, 275–286.
2. Y. Lekili and K. Ueda : "Homological mirror symmetry for Milnor fibers via moduli of A_∞-structures", J. Topol. 15 (2022), no. 3, 1058–1106.
3. A. Nagano and K. Ueda : "The ring of modular forms for the even unimodular lattice of signature (2,18)", Hiroshima Math. J. 52 (2022), no. 1, 43–51.

C. 口頭発表

1. Homological mirror symmetry and elliptic fibrations, QSMS workshop on symplectic geometry and related topics, 済州, 韓国, 2023 年 2 月 7 日.
2. Stable Fukaya categories of Milnor fibers, QSMS workshop on symplectic geometry and related topics, 済州, 韓国, 2023 年 2 月 9 日.
3. Stable Fukaya categories of Milnor fibers, Geometry of GLSMs, University of Birmingham (zoom による遠隔参加), イギリス, 2022 年 6 月 21 日.

D. 講義

1. 常微分方程式（教養学部前期課程講義）
2. 学術フロンティア講義：オムニバス講義のうちの 4 回を担当し、「無限の話」というタイトルで、集合論に関する入門的な講義を行った.（教養学部前期課程講義）
3. 全学自由研究ゼミナール：ホモトピー型理論, Á . Pelayo, M. Warren, Homotopy type theory and Voevodsky's univalent foundations, Bull. Amer. Math. Soc. 51 (2014), no.4, 597–648 の輪講を行った.（教養学部前期課程講義）
4. 自然科学ゼミナール：証明と計算機, B. Pierce et al., Logical Foundations の輪講を行った.（教養学部前期課程講義）
5. 幾何学特論 D, 位相的捻りを加えた 2 次元の超対称ゲージ理論の数学的な定義の候補である準写像空間上の交叉理論や, 同変コホモロジーの局所化定理を用いた計算, Gromov–Witten 理論や超幾何級数, 完全可積分系などのミラー対称性に関わる様々な話題とそれらの間の関係について紹介した.（集中講義, 東北大学理学研究科, 2022 年 4 月 18 日〜22 日）

E. 修士・博士論文

1. (課程博士) 奥田 伸樹 (OKUDA Nobuki): Fourier–Mukai transforms for noncommutative complex tori (非可換複素トーラスのフーリエ・向井変換)
2. (修士) 荒井 勇人 (ARAI Hayato): Au-

toequivalences of Kodaira fibers induced from twist functors on elliptic surfaces (楕円曲面上の捻り関手から誘導される小平ファイバーの自己同値)

3. (修士) 前原 健吾 (MAEHARA Kengo): Torelli theorem for primary tropical Kodaira surfaces (第一種トロピカル小平曲面のトレリ型定理)

大島 芳樹 (OSHIMA Yoshiki)

A. 研究概要

実簡約 Lie 群の表現の制限や誘導の既約分解についての研究を行った．G を実簡約 Lie 群，H をその局所代数的な閉部分群とする．昨年度までに，H がユニモジュラーのときに，$L^2(G/H)$ の分解に寄与する G の既約表現の集合の漸近錐が，G/H の余接束の運動量写像の像で与えられることがわかっていた (Benjamin Harris 氏との共同研究)．本年度はこの結果の直線束の場合や H がユニモジュラーでない場合への拡張を考えた．特に，直線束のパラメータが十分大きい場合に離散系列表現が存在するための十分条件を得た．また，不定値直交群の等質空間 $O(p,q)/(O(p_1,q_1)\times\cdots\times O(p_k,q_k))$ に対して，余接束の運動量写像の像を計算し，離散系列表現の存在・非存在について新たな結果を得た．

以前に，Zuckerman 導来関手加群 $A_{\mathfrak{q}}(\lambda)$ の対称対に関する制限が離散分解するという小林俊行氏によって導入されたクラスについて，明示的な分岐則の公式を $\mathcal{D}$ 加群の方法などを用いて求めた．本年度はこの結果を整理し論文を完成させた．

また $K3$ 曲面の退化に関する研究も行っている．$K3$ 曲面の Ricci 平坦計量や，トロピカル $K3$ 曲面に定まる計量について，その体積と直径についての評価を行った．

I have been studying irreducible decompositions of the induction and the restriction of representations of real reductive Lie groups. Let G be a real reductive group and H a locally algebraic closed subgroup. By the last academic year, in a joint work with Benjamin Harris, it was shown that the asymptotic cone of the irreducible representations of G which contributes to the decomposition of $L^2(G/H)$ is written in terms of the image of the moment map of the cotangent bundle of G/H. In this academic year, I considered an extension of this result to the line bundle case and the case of non-unimodular H. In particular, I obtained a sufficient condition for the existence of discrete series when the parameter of line bundle is sufficiently large. Also, I calculated the image of the moment map of the cotangent bundle of the homogeneous space $O(p,q)/(O(p_1,q_1)\times\cdots\times O(p_k,q_k))$ and obtained a new results about the existence and the non-existence of the discrete series.

Before, I derived explicit branching formulas for the restriction of Zuckerman's derived functor modules $A_{\mathfrak{q}}(\lambda)$ for symmetric pairs when it is discretely decomposable in the sense of Kobayashi by using the method of $\mathcal{D}$-modules. In this academic year, I completed writing a preprint about this result.

I have been also studied about the degeneration of $K3$ surfaces. Concerning Ricci-flat metrics on $K3$ surfaces and metric on tropical $K3$ surfaces, I estimated their volumes and diameters.

B. 発表論文

1. Y. Oshima and M. Yamazaki : "Determinant formula for parabolic Verma modules of Lie superalgebras", J. Algebra **495** (2018) 51–80.
2. Y. Odaka and Y. Oshima : "Collapsing K3 surfaces and Moduli compactification", Proc. Japan Acad. Ser. A Math. Sci. **94** (2018) 81–86.
3. B. Harris and Y. Oshima : "Irreducible characters and semisimple coadjoint orbits", J. Lie Theory **30** (2020) 715–765.
4. Y. Odaka and Y. Oshima : "Collapsing K3 surfaces, tropical geometry and moduli compactifications of Satake, Morgan-Shalen type", MSJ Memoirs **40** (2021) 165pp.

C. 口頭発表

1. Collapsing of Kähler-Einstein metrics and Satake compactifications of moduli spaces, Algebraic Lie Theory and Representation Theory (ALTReT), 山喜旅館 (静岡県伊東市), 2019 年 5 月.
2. 等質空間の Plancherel 測度の漸近的台について, 日本数学会秋季総合分科会, 金沢大学, 2019 年 9 月.
3. Unitary representations of real reductive groups and the method of coadjoint orbits, Representation Theory of Algebraic Groups and Quantum Groups - in honor of Professor Ariki's 60th birthday, 京都大学数理解析研究所, 2019 年 10 月.
4. Cohomological representations of symplectic groups, 22nd Autumn Workshop on Number Theory, ホテルアベスト八方アルデア (白馬村), 2019 年 10 月.
5. Compactifications of locally symmetric spaces and Gromov-Hausdorff limits of K3 surfaces, 第 25 回複素幾何シンポジウム, しいのき迎賓館 (金沢市), 2019 年 11 月.
6. Compactifications of locally symmetric spaces and Gromov-Hausdorff limits of K3 surfaces, Arithmetic Geometry and Representation Theory, 富山県民会館, 2019 年 12 月.
7. Collapsing of Ricci-flat Kähler metrics and compactifications of moduli spaces, The Eighth Pacific Rim Conference in Mathematics, オンライン, 2020 年 8 月.
8. Restriction of unitary representations of Spin(N,1) to parabolic subgroups, Associated Varieties and Unipotent Representations, オンライン, 2020 年 9 月.
9. On the asymptotic support of Plancherel measures for homogeneous spaces, Workshop: Seminar in Representation Theory, オンライン, 2021 年 9 月.
10. Induction, restriction and the orbit method for unitary representations of real reductive groups, Symmetry in Geometry and Analysis - Conference in honor of the 60th birthday of Professor Toshiyuki Kobayashi, Reims University(フランス), 2022 年 6 月.

D. 講義

1. 数理科学基礎・同演習（微積の部分），微分積分学・同演習：1 変数・多変数関数の微積分について理系一年生向けの基礎的な講義・演習を行った．(教養学部前期課程講義)
2. 線型代数学演習：行列・線型代数の基礎概念について理系一年生向けの演習を行った．(教養学部前期課程講義)

F. 対外研究サービス

1. 雑誌‘数学’編集委員

G. 受賞

2021 年度日本数学会賞建部賢弘特別賞

柏原 崇人 (KASHIWABARA Takahito)

A. 研究概要

(1) 滑らかな領域 Ω で与えた偏微分方程式を有限要素近似する際は，$\partial\Omega$ を区分的 k 次多項式で近似して得られる近似領域 Ω_h を構成してから Ω_h 上の三角形分割（正確には曲がった三角形 “curved triangle” による分割）を導入することが考えられる．このとき，有限要素法の基底関数も区分 k 次多項式で構成する手法をアイソパラメトリック有限要素法という．Ω 内部と $\partial\Omega$ 両方で楕円型方程式を考え，それらのカップリングを境界値問題としてとらえるモデルとして一般化ロバン境界条件がある．この問題にアイソパラメトリック要素を適用した場合の精度が最良収束オーダーであることを示した．この結果は 1 次要素 $k = 1$ のときは既に得ていたものであるが，一般の次数 k に拡張することに成功した．

(2) 放物型方程式において，時間に関する不連続ガラーキン法を用いると，1 段法として 1 ステップずつ時間を進めることから計算負荷を抑えられる一方で，高次精度を（少なくとも数学的には）容易に扱えるというメリットを持つスキームを考えることができる．このスキームに対して時間に

関する L^∞ ノルムによる誤差評価を考えた場合，先行研究では $\log \Delta t$（Δt は時間刻み幅）が現れていた．本研究では，不連続ガラーキン法による近似次数が 1 以上であれば，$\log \Delta t$ のない最良オーダー収束による誤差評価が成り立つことを示した．

(1) When approximating PDEs given in a smooth domain Ω by the finite element method (FEM), one can first construct an approximate domain Ω_h obtained from approximating $\partial\Omega$ by a piecewise polynomial of degree k and then consider a triangulation of Ω_h. If one also employs polynomials of degree k for the basis function of the FEM, this method is called the isoparametric FEM. Among the typical coupled bulk–surface PDEs is the generalized Robin boundary value problem. To this problem we applied the isoparametric FEM of degree $k \geq 1$ and established the optimal rate of convergence, thus extending the previous result restricted to $k = 1$.
(2) By applying the discontinuous Galerkin (DG) time-stepping method to parabolic PDEs, one can construct a numerical scheme that is a one-step method and achieves high accuracy at the same time. In the existing error estimates in terms of the maximum norm w.r.t. time to this scheme, the upper bound always involves $\log \Delta t$, where Δt is a time increment. We proved that this logarithmic term can actually be suppressed if the degree k of polynomial approximation in the DG method is ≥ 1, obtaining the optimal rate of convergence.

B. 発表論文

1. K. Furukawa and T. Kashiwabara: “Justification of the hydrostatic approximation of the primitive equations in anisotropic space $L^\infty_H L^q_{x_3}(\mathrm{T}^3)$”, Adv. Math. Sci. Appl. **31** (2022), 45–71.
2. T. Kashiwabara and H. Itou: “Unique solvability of a crack problem with Signorini-type and Tresca friction conditions in a linearized elastodynamic body”, Philos. Trans. Roy. Soc. A **380** (2022), 20220225, 16 pp.
3. G. Zhou, I. Oikawa and T. Kashiwabara: “The Crouzeix–Raviart element for the Stokes equations with the slip boundary condition on a curved boundary”, J. Comput. Appl. Math. **383** (2021), doi: 10.1016/j.cam.2020.113123
4. G. Zhou, T. Kashiwabara, I. Oikawa, E. Chung, and M.-C. Shiue: “An analysis on the penalty and Nitsche’s methods for the Stokes–Darcy system with a curved interface”, Appl. Numer. Math. **165** (2021), 83–118.
5. T. Kashiwabara and T. Tsuchiya: “A robust discontinuous Galerkin scheme on anisotropic meshes”, Jpn. J. Ind. Appl. Math. **38** (2021), 1001–1022.
6. K. Furukawa, Y. Giga and T. Kashiwabara: “The hydrostatic approximation for the primitive equations by the scaled Navier–Stokes equations under the no-slip boundary condition”, J. Evol. Equ. **21** (2021), 3331–3373.
7. Y. Giga, M. Gries, M. Hieber, A. Hussein, T. Kashiwabara: “The primitive equations in the scaling-invariant space $L^\infty(L^1)$”. J. Evol. Equ. **21** (2021), 4145–4169.

C. 口頭発表

1. Finite element analysis for a generalized Robin boundary value problem in a smooth domain, Colloquium Talk, The Hong Kong Polytechnic University (online), March 2022.
2. 速度を含む Signorini 型接触条件と Tresca 摩擦条件下での線形動弾性体方程式の一意可解性，九州関数方程式セミナー（オンライン），2022 年 7 月．
3. Finite element analysis for a generalized Robin boundary value problem in a smooth domain, SIAM Annual Meeting (online), July 2022.

4. Finite element analysis for a generalized Robin boundary value problem in a smooth domain, WCCM-APCOM 2022 (online), Augst 2022.
5. 放物型方程式に対する時間半離散不連続ガラーキン法の $L_T^\infty L_x^p$ ノルム誤差評価，RIMS 共同研究「数値解析が拓く次世代情報社会〜エッジから富岳まで〜」（オンライン），2022 年 10 月.
6. 偏微分方程式で記述される現象の分岐問題 : 応用数学的視点（私見），Bifurcation Governed by Partial Differential Equations（オンライン），2022 年 12 月.

D. 講義

1. 微分積分学続論 : 多変数関数の微分積分学，特に陰関数定理・ラグランジュの未定乗数法・変数変換公式・パラメータを含む積分を扱った（教養学部前期課程 2 年生講義）.
2. 常微分方程式 : 求積法・線形方程式・抽象的な解の存在定理・力学系・べき級数展開の基礎を扱った（教養学部前期課程 2 年生講義）.
3. 計算数理 II・数値解析学 : 数値解析理論の基礎，特に微分方程式に対する数値解析を扱った（数理大学院・4 年生共通講義）.
4. 数学講究 XA・数学特別講究（テキスト : Numerical Optimization）
5. 応用数学 XF・数物先端科学 VII : 非線形偏微分方程式を解析する方法には包括的な一般論がないのだが，試験関数をかけて部分積分することで弱形式が得られるタイプの非線形偏微分方程式に対しては，有限次元近似と関数解析的議論による Galerkin 法が有効なことが多い．本講義では，関数解析・Sobolev 空間の復習をした後で，非線形波動方程式・Navier–Stokes 方程式・波動方程式と流体の練成問題といった本格的な非線形偏微分方程式が，Galerkin 法を用いればある程度統一的な方針のもとで解けることを解説した（数理大学院・4 年生共通講義）.

E. 修士・博士論文

1.（修士）渡辺悠太 (WATANABE Yuuta): いくつかの数値線形代数手法に対する丸め誤差解析

G. 受賞

第 7 回藤原洋数理科学賞奨励賞 (2018)

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 (東北大学) 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。
現在は分配級数の考え方を発展させ，3 次元多様体の量子不変量を，理想単体分割のデータから直接的に構成する研究を進めている。

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 (Tohoku University), 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.
I am now working on how extend these ideas to obtain quantum invariants of three manifolds, directly from ideal triangulations.

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

D. 講義

1. 現象数理 I ： 解析力学をテーマとし，Hamilton 力学系，Euler-Lagrange 方程式, 変分原理, 可積分系, シンプレクティック幾何学などを扱う (3 年生向け講義)
2. ベクトル解析 (教養学部前期課程講義)
3. 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)
4. 線型代数学 (教養学部前期課程講義)

北山 貴裕 (KITAYAMA Takahiro)

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，数論的トポロジーの観点から，結び目群の表現に付随するねじれ Alexander 加群と随伴ホモロジー

Selmer 加群について研究し，また，指標多様体の幾何学と 3 次元多様体のトポロジーに関する概説記事を著した．
数論において，代数的 p 進 L 関数が Galois 表現の普遍変形に対する随伴 Selmer 加群に付随する．森下昌紀氏，丹下稜斗氏，寺嶋郁二氏との共同研究において，まず，随伴 Selmer 加群の双対のトポロジーにおける類似として，結び目群の SL_2-表現の普遍変形に対する随伴ホモロジー Selmer 加群を導入した．次に，この随伴ホモロジー Selmer 加群が有限生成トーション加群であることを示した．更に，代数的 p 進 L 関数の類似と見做せる，当加群の Fitting イデアルについて考察するとともに，幾つかの結び目群の表現に対する計算例を提示した．
また，日本数学会編集の雑誌『数学』の論説記事において，3 次元多様体のトポロジー及び指標多様体の幾何学の基礎的事項と歴史をまとめ，指標多様体の無限遠点から 3 次元多様体内の本質的曲面を構成する理論ついて解説した．

I pursued new applications of topological invariants associated with representations of the fundamental group in low-dimensional topology. In particular, from the viewpoint of arithmetic topology I studied twisted Alexander modules and adjoint homological Selmer modules associated with representations of knot groups, and wrote an survey article on character varieties and 3-manifold topology.
In number theory the algebraic p-adic L-function is associated with the adjoint Selmer module for the universal deformation of a Galois representation. In joint work with Masanori Morishita, Ryoto Tange and Yuji Terashima, as an analogue in topology of the dual of the adjoint Selmer module we introduced the adjoint homological Selmer module for the universal deformation of an SL_2-representation of a knot group . Then we prove that this adjoint homological Selmer module is a finitely generated torsion module. Moreover, as an analogue of the algebraic p-adic L-function we considered the Fitting ideal of the module and gave computational examples for some representations of knot groups.
Also, in an article in the journal Sūgaku, the Mathematical Society of Japan, I reviewed fundametals and history of 3-manifold topology and geometry of character varieties, and described the construction of essential surfaces in a 3-manifold from ideal points of its character varieties.

B. 発表論文

1. S. Friedl, L. Lewark, T. Kitayama, M. Nagel and M. Powell: “Homotopy ribbon concordance, Blanchfield pairings, and twisted Alexander polynomials”, Canad. J. Math. **74** (2022) 1137–1176.
2. S. Friedl, T. Kitayama and M. Nagel : “Representation varieties detect essential surfaces”, Math. Res. Lett. **25** (2018) 803–817.
3. T. Hara and T. Kitayama: “Character varieties of higher dimensional representations and splittings of 3-manifolds”, Geom. Dedicata **213** (2021) 433–466.
4. T. Kitayama: “A survey of the Thurston norm”, In the tradition of Thurston, II, edited by K. Ohshika and A. Papadopoulos (Springer, 2022), 149–199.
5. 北山貴裕: “指標多様体の幾何学と 3 次元多様体のトポロジー”, 日本数学会『数学』第 75 巻第 1 号 (2023) 31–56.
6. 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.
7. T. Kitayama, M. Morishita, R. Tange and Y. Terashima : “On adjoint homological Selmer modules for SL_2-representations of knot groups”, to appear in Int. Math. Res. Not.

C. 口頭発表

1. トーション多項式関数と 3 次元多様体の分解について, 数学講演会, 東京電機大学,

2018 年 7 月.

2. 線形表現のなす空間と 3 次元多様体内の曲面について, 空間の代数的・幾何的モデルとその周辺, 信州大学, 2018 年 9 月.
3. 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.
4. Character varieties and essential surfaces, The 14th East Asian Conference on Geometric Topology, 中国, 2019 年 1 月.
5. Character varieties and essential surfaces, Low-Dimensional Topology Workshop 2019, University of Regensburg, ドイツ, 2019 年 10 月.
6. Twisted Alexander polynomials and L^2-Euler characteristics, Global Analysis Seminar, University of Regensburg, ドイツ, 2019 年 12 月.
7. Representations of fundamaetal groups and 3-manifold topology, RIKEN iTHEMS Math Seminar, オンライン, 2020 年 11 月.
8. リボンコンコーダンスとねじれ Alexander 多項式, N-KOOK セミナー, オンライン, 2021 年 5 月.
9. Ribbon concordance and twisted Alexander polynomials, トポロジーとコンピュータ 2021, オンライン, 2021 年 9 月.
10. Torsion polynomial functions and essential surfaces, Séminaire GT3, Université de Strasbourg, フランス, 2022 年 10 月.

D. 講義

1. 学術フロンティア講義 : 全 12 回の講義の 3 回分を担当し，3 次元多様体のトポロジーとポアンカレ予想についての入門的な話題を扱った．(教養学部前期課程講義)

F. 対外研究サービス

1. トポロジーへの誘い——空間のかたちをやわらかく考える——, 高校生と大学生のための金曜特別講座, 東京大学, 2022 年 5 月.

小池 祐太 (KOIKE Yuta)

A. 研究概要

今年度は主に以下の 3 つのテーマについて研究を行った.

1. 独立確率ベクトルの和 W 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 Xiao Fang 氏とともに行った. 次元を d, サンプル数を n とした場合, この収束レートのオーダーの下界として $(\frac{\log^3 d}{n})^{1/2}$ が知られており, このオーダーが最適であると予想されている. W の共分散行列 Σ が非退化な場合は, 適当な条件下で $\log n$ の項を除いてこの収束レートを達成できることが近年の研究で示されているが, Σ の退化を許す場合には, 一般的な条件下で現在知られている最良の収束レートは $(\frac{\log^5 d}{n})^{1/4}$ である. 今年度の研究では, 確率ベクトルが独立同分布で対数凹ならば, Σ が退化する場合であっても, $(\frac{\log^{10} d}{n})^{1/2}$ のオーダーの収束レートが達成できることを示した. さらに, スペクトルギャップに関する Kannan–Lovász–Simonovits の予想が正しければ, 最適収束レート $(\frac{\log^3 d}{n})^{1/2}$ を達成できることを示した.
2. Xiao Fang 氏とともに, p 次の Wasserstein 距離に関する正規近似の誤差評価を用いて Cramér 型の正規近似の相対誤差評価を導出する方法について研究した.
3. 栗栖大輔氏および深見陸氏とともに, 非線形時系列モデルの平均関数を多層ニューラルネットワークによって適合的に推定する方法について研究した.

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

1. Collaborating with Xiao Fang, I have studied improving the convergence rate in an ultra high-dimensional central limit theorem for sums of independent random vectors. It is known that a lower bound of this convergence rate is given by $(\frac{\log^3 d}{n})^{1/2}$, where d is the dimension of the random vectors and n is the sam-

ple size, and this rate is conjectured to be optimal. In the case that the covariance matrices of the sums are non-degenerate, recent studies showed that this rate is achievable up to a $\log n$ factor under appropriate regularity conditions. However, if the covariance matrices are possibly degenerate, the best known rate in a general setting is $(\frac{\log^5 d}{n})^{1/4}$. In this academic year, without assuming the non-degeneracy of the covariance matrices, we have shown that $(\frac{\log^{10} d}{n})^{1/2}$ gives an upper bound of the convergence rate when the random vectors are i.i.d. and log-concave. We have also shown that this bound can be improved to the optimal rate $(\frac{\log^3 d}{n})^{1/2}$ if the Kannan–Lovász–Simonovits spectral gap conjecture is true.

2. Collaborating with Xiao Fang, I have studied derivation of Cramér type moderate deviation results from the corresponding normal approximation error bounds with respect to the p-Wasserstein distance.
3. Collaborating with Daisuke Kurisu and Riku Fukami, I have studied adaptive estimation of the mean function of nonlinear time series using multilayer neural networks.

B. 発表論文

1. X. Fang, Y. Koike, "Sharp high-dimensional central limit theorems for log-concave distributions", to appear in Ann. Inst. Henri Poincaré Probab. Stat. (2023+).
2. V. Chernozhukov, D. Chetverikov, K. Kato, Y. Koike, "High-dimensional data bootstrap", to appear in Annual Review of Statistics and Its Applications (2023+).
3. V. Chernozhukov, D. Chetverikov, Y. Koike, "Nearly optimal central limit theorem and bootstrap approximations in high dimensions", to appear in Annals of Applied Probability (2023+).
4. Y. Koike, "High-dimensional central limit theorems for homogeneous sums", to appear in J. Theoret. Probab. (2023+).
5. D. Kurisu, R. Fukami, Y. Koike, "Adaptive deep learning for nonparametric time series regression", preprint, arXiv:2007.02546 (2022).
6. X. Fang, Y. Koike, "From p-Wasserstein bounds to moderate deviations", preprint, arXiv:2005.13307 (2022).
7. V. Chernozhukov, D. Chetverikov, K. Kato, Y. Koike, "Improved central limit theorem and bootstrap approximation in high dimensions", Ann. Statist. **50** (2022), 2562–2586.
8. X. Fang, Y. Koike, "New error bounds in multivariate normal approximations via exchangeable pairs with applications to Wishart matrices and fourth moment theorems", Ann. Appl. Probab. **32** (2022), 602–631.
9. A. Oga, Y. Koike, "Drift estimation for a multi-dimensional diffusion process using deep neural networks", preprint, arXiv:2112.13332 (2021).
10. X. Fang, Y. Koike, "High-dimensional central limit theorems by Stein's method", Ann. Appl. Probab. **31** (2021), 1660–1686.

C. 口頭発表

1. 対数凹な独立同分布確率ベクトルの和に対する高次元中心極限定理, 日本数学会 2023 年度年会, 中央大学理工学部, 2023 年 3 月.
2. High-dimensional bootstrap and asymptotic expansion: A first attempt, 確率過程の統計推測の最近の展開 2023, 東京大学大学院数理科学研究科 (ハイブリッド開催), 2023 年 2 月.
3. High-dimensional CLT with general co-

variance structure, 15th International Conference of the ERCIM WG on Computational and Methodological Statistics (CMStatistics 2022), King's College London, London, UK (hybrid), 2022 年 12 月.

4. Did the introduction of ETF Market Making Incentive Scheme affect lead-lag relationships in the Tokyo Stock Exchange?, 33rd (EC)^2 Conference (poster), ESSEC Executive Education, Paris, France, 2022 年 12 月.
5. 高次元データに対する正規近似理論, 第 25 回情報論的学習理論ワークショップ (IBIS2022), つくば国際会議場 (ハイブリッド開催), 2022 年 11 月.
6. 対数凹な独立同分布確率ベクトルの和に対する高次元中心極限定理, 統計学輪講 (東京大学), 東京大学大学院経済学研究科 (ハイブリッド開催), 2022 年 10 月.
7. Central limit theorems in high-dimensions: Recent developments, Risk and Statistics, 3rd Tohoku-ISM-UUlm Joint Workshop, Tohoku University, Miyagi, Japan (hybrid), 2022 年 10 月.
8. ティックデータのフィルタリング: Daily TAQ データを例にして, 探索的ビッグデータ解析と再現可能研究 (WS-EBDA-RR-2022), オンライン開催, 2022 年 8 月.
9. 金融高頻度データにおける先行遅行関係, 統計数理研究所 リスク解析戦略研究センターシンポジウム, オンライン開催, 2022 年 7 月.
10. 高次元中心極限定理の誤差評価に関する最近の進展, 大阪大学確率論セミナー, 大阪大学理学研究科 (ハイブリッド開催), 2022 年 7 月.
11. Asymptotic mixed normality of realized covariance in high-dimensions, The 5th International Conference on Econometrics and Statistics (EcoSta 2022), Ryukoku University, Kyoto, Japan (hybrid), 2022 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. 統計財務保険特論 V・確率統計学 XC: 数理統計学の入門講義，カイ二乗分布，ガウス・マルコフモデルなどのほか，線形推測論の基礎を扱った. (数理大学院・4 年生共通講義)
4. 数理特論 II: 「確率過程の高次元統計」と題した集中講義を行った. (集中講義, 大阪大学, 2022 年 9 月)

E. 修士・博士論文

1. (修士) 井戸 達彦 (IDO Tatsuhiko): エルゴード的なサンプルデータを用いた適合的な確率的勾配降下法の収束性.

F. 対外研究サービス

1. 日本統計学会 庶務理事
2. 日本金融・証券計量・工学学会 大会理事
3. "Asia-Pacific Financial Markets" Associate Editor
4. 統計数理研究所 客員准教授
5. The 5th International Conference on Econometrics and Statistics (EcoSta 2022), Scientific Program Committee
6. 2022 IMS Annual Meeting, Scientific Committee

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.

權業 善範 (GONGYO Yoshinori)

A. 研究概要

今年度は、S タームはある研究をしていて必要になったドリーニュ・マンフォードスタック上の消

滅定理の研究を行った。A タームはここ数年取り組んでいた向井型予想の研究の一部をまとめた。それは以下のプレプリント [6] として arXiv においた。向井型予想を研究した。 この向井型予想はオリジナルの向井予想は同次元の射影空間の積の特徴づけを行うのにピカール数 × ファノ指数を考えるところを全ファノ指数という新しい不変量に置き換えて定式化したものである。この研究の延長で考えられるショクロフ予想の一般対版というのが考えられるがそれを曲面の場合に解決したのが論文 [6] である。

In this academic year, I was focus on studying the vanishing theorems for the Deligne–Mumford stacks for some studies among the S term. After A term, I wrote up the paper [6] and put it on the arXiv. I studied the Mukai type conjcture. In this Mukai conjecture, although the original one is considered the invariant the Picard number × Fano index, we replace it with total Fano index which we introduced. On the extension of this study, the generalized version of the Shokurov conjecture can be considered. In [6], actually we prove it for surfaces.

B. 発表論文

1. 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.
2. S. Ejiri and Y. Gongyo : “Nef anti-canonical divisors and rationally conncected fibrations", preprint, Compos. Math. 155 (2019), no. 7, 1444–1456.
3. Y. Gongyo and S. Takagi : “Kollár’s injectivity theorem for globally F-regular varieties", Eur. J. Math. 5 (2019), no. 3, 872–880.
4. S. R. Choi and Y. Gongyo : “On a generalized Batyrev’s cone conjecture", Math. Z. 300 (2022), no. 2, 1319–1334.
5. W. Chen, Y. Gongyo, and Y. Nakamura : “On a generalized minimal log discrepancy ", preprint, arXiv:2112.09501.
6. Y. Gongyo, and J. Moraga, “Generalized complexity of surfaces", preprint, arXiv:2301.08395.

C. 口頭発表

1. 高次元極小モデル理論の構築とその応用, “2023 年度日本数学会年会代数学賞受賞講演, 中央大学後楽園キャンパス” 2023 年 3 月 17 日
2. Generalized complexity and the Mukai type conjecture., “Korea-Japan Conference in Algebraic Geometry’, Korea, Daejon’ 2023 年 2 月 14 日
3. Generalized complexity and the Mukai conjecture., “The 1st Algebraic geometry Atami symposium, 熱海” 2023 年 2 月 9 日
4. Generalized complexity and Mukai’ s type conjecture., “YMSC AG seminar (Zoom)” 2022 年 12 月 15 日
5. 一般的複雑性と射影空間の直積の特徴付けに関する向井型予想について “名古屋代数幾何学セミナー,” 2022 年 10 月 14 日
6. Recent development of the minimal model theory, “京都大学理学部数学教室談話会”, 2021 年 12 月 8 日
7. Minimal model program (Expository talks) “Interactions of new trends in Algebraic Geometry and Singularities”(October 11–15, 2021)
8. アバンダンス予想の最近の進展, 名古屋大学代数幾何学セミナー, 2021 年 6 月 7 日
9. Nef anti-canonical divisors and rationally conncected fibrations, AG seminar at UCLA, , 24th Apr. 2020,
10. On a generalized Batyrev’s cone conjecture, Zoom Algbraic Geometry seminar , , 23th Apr. 2020,

D. 講義

1. S1 ターム数学基礎理論演習:数理科学基礎の演習
2. S2・A ターム線形代数学演習:線形代数学講義の演習
3. S ターム 自然科学ゼミナール（数理科学）:

群論の基礎

4. A ターム 数理代数学：群論の基礎
5. A ターム 数理代数学演習：上の講義の演習

F. 対外研究サービス

1. 日本数学会広報委員
2. 東大代数幾何セミナー組織員

G. 受賞

2023 年度日本数学会代数学賞

H. 海外からのビジター

Cehnyang Xu: K-moduli of Fano varieties

坂井 秀隆 (SAKAI Hidetaka)

A. 研究概要

複素領域における微分方程式，差分方程式の研究を，とくに，特殊函数論，可積分系の理論という観点から行ってきた．

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)．

6. パンルヴェ 6 型方程式を特異点における局所的条件から特徴づけた（細井竜也氏との共同研究）．

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).

6. We characterized the sixth Painlevé equation by local conditions around the three singular points (joint work with HOSOI Tatsuya).

B. 発表論文

1. K. Hiroe, H. Kawakami, A. Nakamura, and H. Sakai: "4-dimensional Painlevé-type equations", MSJ Memoirs, 37. Mathematical Society of Japan, Tokyo,

2018.

2. T. Mase, A. Nakamura, and H. Sakai: “Discrete Hamiltonians of discrete Painlevé equations”, Ann. Fac. Sci. Toulouse Math. **29** (2020), no. 5, 1251–1264.

C. 口頭発表

1. 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.
2. 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.
3. Painlevé 方程式の世界: 日本数学会秋季総合分科会，函数方程式論分科会特別公演 (オンライン) 2020 年 9 月.
4. Painlevé 超越函数と共形場理論: 2020 年度表現論シンポジウム (オンライン) 2020 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 (教養学部前期課程講義)
2. ベクトル解析 : ベクトル解析に関する入門講義 (教養学部前期課程講義)
3. 数学 I : 文系向け微分積分学の入門講義 (教養学部前期課程講義)
4. 微分積分学 2 : 微分積分学の入門講義 (教養学部前期課程講義)
5. 数理科学基礎演習・数理基礎理論演習・微分積分学演習 (教養学部前期課程講義)

E. 修士・博士論文

1. (修士) 石井秀真 (ISHII Shuma): 正規 Fuchs 型微分方程式と Fuchs 型 q-差分方程式の rigidity について.

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

今年度は曲面の写像類群やその研究手法に関連した群の構造について, いくつかの共同研究を行った.

(1) 藤井道彦氏 (琉球大学) との共同研究により, 有限表示された群の増大関数についての研究を行った. 具体的には Seifert ファイバー空間の基本群として現れる群の自然な生成系に関する増大関数を与え, 一般の場合の具体的計算を行うプログラムを作成した.

(2) Kim-Manturov によって定義された, 曲面の三角形分割の空間から作られる群 Γ_n^4 について, 田所勇樹氏 (木更津高専), 田中心氏 (東京学芸大学) と共同で群構造をより詳細に調べた. より具体的には, 前年度に得られた計算結果を元に, $n = 5$ の場合の特徴的な有限指数部分群の生成系を具体的に導出し, $n \geq 6$ の場合に適用可能か考察した.

In this academic year, I studied some groups related to the mapping class groups of surfaces and the methods for studying them.

(1) In a joint work with Michihiko Fujii, we studied growth functions of fundamental groups of some Seifert fibered spaces. More specifically, we gave the growth function with respect to a natural generating system and implemented a program for the computation.

(2) In a joint work with Yuuki Tadokoro and Kokoro Tanaka, we studied the groups Γ_n^4 defined by Kim-Manturov in their study on the space of triangulations of surfaces. Based on our computational results in the previous academic year, we found a generating system of a special kind of finite index subgroups of Γ_5^4. We also studied the cases of $n \geq 6$.

B. 発表論文

1. 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.
2. T. Sakasai, S. Morita and M. Suzuki : “Symmetry of symplectic derivation Lie algebras of free Lie algebras”, RIMS Kôkyuûoku Bessatsu **B66** (2017) 185–193.
3. 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.
4. T. Sakasai, S. Morita and M. Suzuki : “Torelli group, Johnson kernel and invariants of homology spheres”, Quantum Topology **11** (2020) 379–410.
5. T. Sakasai and G. Massuyeau : “Morita’s trace maps on the group of homology cobordisms”, Journal of Topology and Analysis **12** (2020) 775–818.

C. 口頭発表

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. (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.
5. Higher dimensional extensions of Johnson homomorphisms via bordism groups, Geometry of discrete groups and hyperbolic spaces, 京都大学数理解析研究所 (オンライン), 2021 年 6 月.
6. On a group of Kim-Manturov, Workshop on Groups in Geometry, 東京工業大学, 2021 年 12 月.
7. Minimal generating sets of groups of Kim-Manturov, 東京大学 (オンライン), Groups in Low-Dimensional Topology, 2022 年 3 月.
8. A model on a random construction of Riemann surfaces, ランダム曲面の幾何学入門, 金沢大学サテライト・プラザ, 2022 年 9 月.
9. The symplectic derivation Lie algebra and the mapping class group of a surface, 2022 Global KMS International Conference, The Korea Science and Technology Center (オンライン), 2022 年 10 月.
10. On torsion degree functions, Mapping class groups and Quantum topology, 東広島芸術文化ホール ‘くらら’, 2023 年 3 月.

D. 講義

1. 幾何学 XA・位相幾何学 I: ホモトピー論の基礎，基本群と被覆空間，CW 複体，ホモトピー群に関する入門的解説を行った．(数理大学院・4 年生共通講義)
2. 数理科学概論 II (文科生): 線型代数学入門，行列が表す写像，線型空間と線型写像，固有値と固有ベクトル，正方行列の対角化といった線型代数学の基本的事項を解説した．(教養学部前期課程講義)

E. 修士・博士論文

1. (課程博士) 浅香 猛 (ASAKA Takeru): Earthquake theorem and cluster algebras.
2. (課程博士) 原子 秀一 (HARAKO Shuichi): Manifolds Graded by an Arbitrary Abelian Group.
3. (修士) 上平 駿 (KAMIHIRA Hayao): Topological group cohomology and continuous crossed extensions.
4. (修士) 近藤 悠太 (KONDO Yuta): Glu-

ing description of the category of perverse sheaves and silting objects associated with perverse t-structures.

F. 対外研究サービス

1. 日本数学会季期研究所, The 14th MSJ- SI: New Aspects of Teichmüller theory (2022 年 7 月, 学習院大学, 東京大学, ハイブリッド開催) Organizing Committee.
2. 研究集会「ランダム曲面の幾何学入門」(2023 年 3 月, 金沢大学サテライト・ プラザ, ハイブリッド開催) 世話人.
3. 国際研究集会: The 18th East Asian Conference on Geometric Topology (2023 年 2 月, オンライン開催), Program Committee.
4. 研究集会「Mapping class groups and Quantum topology」(2023 年 3 月, 東広島芸術文化ホール ‘くらら’, 東広島市市民文化センター) 世話人.
5. 研究集会「タイヒミュラー空間の力学系入門」(2023 年 3 月, 静岡大学) 世話人.

H. 海外からのビジター

- Quentin FAES stays in our institute from November 1, 2022 to October 31, 2023 as a JSPS Postdoctoral Fellowship for Research in Japan (Short-term). He studies invariants of 3-dimensional manifolds by Heegaard splittings and the structure of the mapping class group of a surface.

佐々田 槙子 (SASADA Makiko)

A. 研究概要

全単射 $F : \mathcal{X} \times \mathcal{X} \to \mathcal{X} \times \mathcal{X}$ が Yang-Baxter 写像（Yang-Baxter map）であるとは, F が Yang-Baxter 方程式の “集合論的"解であること, すなわち

$$F_{12} \circ F_{13} \circ F_{23} = F_{23} \circ F_{13} \circ F_{12}$$

を満たすこととする．ここで $\mathcal{X}$ は集合である．F_{ij} は $\mathcal{X} \times \mathcal{X} \times \mathcal{X}$ からそれ自身への関数で, i, j 成分に F として作用するものである．

一方, $\mathcal{X}$ を可測空間, $F : \mathcal{X} \times \mathcal{X} \to \mathcal{X} \times \mathcal{X}$ を可測関数とし, $(U, V) = F(X, Y)$ と定めた時に, U, V が独立な確率変数の組となるような, 独立な（定数でない）$\mathcal{X}$-値の確率変数の組 (X, Y) があるとき, F は「独立性保存則を持つ」と呼ぶこととする．独立保存則は, $\mathcal{X}$ が R または R の開区間であるようないくつかの具体的な F に関してよく知られており, 正規分布, ガンマ分布, 指数分布, 逆ガウス分布, ベータ分布などを特徴づける方法として用いられてきた．最近では, この分布の特徴づけは, 確率可積分モデルや離散可積分系の定常分布を求めるためにも使われるようになった．特にこのような文脈の中で, 変形離散 KdV 方程式の局所的な時間発展を定める以下の関数 $F_{\mathrm{GIG}}^{\alpha,\beta} : \mathrm{R}_+ \times \mathrm{R}_+ \to \mathrm{R}_+ \times \mathrm{R}_+$ が, （パラメータ付きの）Yang-Baxter 写像であり（これは以前より知られていたことであるが）, かつ, 独立性保存則を持つことが昨年度までの研究で明らかになった．

$$F_{\mathrm{GIG}}^{\alpha,\beta}(x, y) = \left(y\frac{1+\beta xy}{1+\alpha xy},\ x\frac{1+\alpha xy}{1+\beta xy} \right)$$

ここで, $\alpha, \beta \geq 0$ はパラメータである．

これまで Yang-Baxter 写像と独立性保存則の関係については（私の知る限り）全く研究されていなかったが, これらの関係を調べることで, 独立性保存則を持つ写像 $F : \mathrm{R}_+ \times \mathrm{R}_+ \to \mathrm{R}_+ \times \mathrm{R}_+$ の新しいクラスが複数得られた．さらにその中の 1 つの関数から, 既知の独立性保存則を持つ関数のほとんどが, 極限操作やパラメータの特殊化によって導出されることがわかった．これは, 魚住亮介氏との共同研究である．

A bijective function $F : \mathcal{X} \times \mathcal{X} \to \mathcal{X} \times \mathcal{X}$ with a set $\mathcal{X}$ is called a Yang-Baxter map if it satisfies the “set-theoretical" Yang-Baxter equation

$$F_{12} \circ F_{13} \circ F_{23} = F_{23} \circ F_{13} \circ F_{12}$$

where F_{ij} acts on the i-th and j-th factors of the product $\mathcal{X} \times \mathcal{X} \times \mathcal{X}$. On the other hand, when $\mathcal{X}$ is a measurable space, F is said to have the independence preserving property (IP property) if there exist independent (non-constant) $\mathcal{X}$-valued random variables X, Y such that U, V are also independent with $(U, V) := F(X, Y)$. The IP property has been mostly studied for ex-

plicit functions F with $\mathcal{X} = \mathrm{R}$ or an open interval of R and used to characterize special probability distributions such as normal, gamma, exponential, inverse-Gaussian, beta and so on. Recently, these characterization results with the IP property are also used to study stationary solutions of stochastic integrable models and invariant measures of discrete integrable systems. In this context, it was found that the map

$$F^{\alpha,\beta}_{\mathrm{GIG}}(x,y) = \left(y\frac{1+\beta xy}{1+\alpha xy},\ x\frac{1+\alpha xy}{1+\beta xy} \right)$$

on $\mathrm{R}_+ \times \mathrm{R}_+$ into itself with parameters $\alpha, \beta \geq 0$, which originates from the discrete KdV equation, have these two properties, namely they are (parameter-dependent) Yang-Baxter maps and also have the IP property. This motivates us to study a relationship between the Yang-Baxter maps and the IP property, which has never been studied as far as we are aware. By studying these relations, several new classes of maps F having IP property are obtained. Furthermore, from one of the functions, most of the functions which are known to have IP property can be derived by some limiting operations or parameter specializations. This is a joint work with Ryosuke Uozumi.

B. 発表論文

1. D. A. Croydon and M. Sasada : "Invariant measures for the box-ball system based on stationary Markov chains and periodic Gibbs measures", J. Math. Phys. 60 083301 (2019).
2. K. Saito, 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.
3. D. A. Croydon and M. Sasada : "Duality between box-ball systems of finite box and/or carrier capacity", RIMS Kokyuroku Bessatsu,79 (2020), 63-107.
4. D. A. Croydon, M. Sasada and S. Tsujimoto : "Dynamics of the ultra-discrete Toda lattice via Pitman's transformation", RIMS Kokyuroku Bessatsu, 78 (2020), 235-250.
5. O. Blondel, C. Erignoux, M. Sasada and M. Simon : "Hydrodynamic limit for a facilitated exclusion process", Ann. Inst. H. Poincaré Probab. Statist., 56-1 (2020), 667-714.
6. D. A. Croydon, M. Sasada : "Discrete integrable systems and Pitman' s transformation", Advanced Studies in Pure Mathematics 87 381-402 (2021).
7. D. A. Croydon, M. Sasada : "Generalized hydrodynamic limit for the box-ball system", Comm. Math. Phys., 383(1) 427-463 (2021).
8. D. A. Croydon, M. Sasada: "On the Stationary Solutions of Random Polymer Models and Their Zero-Temperature Limits", J. Stat. Phys. 188(3) (2022).
9. D. A. Croydon, M. Sasada, Satoshi Tsujimoto: "Bi-infinite Solutions for KdV- and Toda-Type Discrete Integrable Systems Based on Path Encodings", Mathematical Physics, Analysis and Geometry 25(4) (2022).
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", Mem. Amer. Math. Soc. 283(1398), (2023).

C. 口頭発表

1. Topological structures and the role of symmetry in the hydrodynamic limit of nongradient models, StatPhys Seminar, Online, 2022 年 5 月.
2. KdV- and Toda-type discrete locally-defined dynamics and generalized Pitman' s transform, Probability Seminar@Warwick&Queen Mary&Bristol, Online, 2022 年 6 月.
3. KdV- and Toda-type discrete locally-defined dynamics and generalized Pit-

man’s transform, Rényi 100, Hungary, 2022 年 6 月.
4. Hydrodynamic limit of interacting particle systems and partial differential equations, 調和解析と非線形偏微分方程式, Online, 2022 年 7 月.
5. Scaling limits for random processes from the point of view of group cohomology, Women in Mathematics, Online, 2022 年 9 月.
6. Discrete harmonic analysis on the configuration space of large scale interacting systems, Large Scale Stochastic Dynamics, Germany, 2022 年 9 月.
7. Bi-infinite dynamics and stationary measures for discrete KdV- and Toda-type systems, Workshop on box-ball systems from integrable systems and probabilistic perspectives, Canada, 2022 年 9 月.
8. Yang-Baxter maps and independence preserving property, The 66th Annual Meeting of the Australian Mathematical Society, Australia, 2022 年 12 月.
9. Gradient flow structure of hydrodynamic limit equations from microscopic interacting particle systems, Pacific Rim Mathematical Association Congress 2022, Online, 2022 年 12 月
10. Yang-Baxter 写像と独立性保存則について, 確率論シンポジウム, 京都大学, 2022 年 12 月.
11. Geometric Perspectives for the Theory of Hydrodynamic Limits, 第 4 回理研 AIP 数学系合同セミナー, 三浦海岸, 2023 年 2 月

D. 講義

1. 数理科学基礎：数理科学の基礎的内容を扱う．微分積分を担当した．（教養学部前期課程講義）
2. 微分積分学 1： 解析学の基本的な考え方や方法を学ぶ．一変数及び多変数の微分を扱った．（教養学部前期課程講義）
3. 微分積分学 2： 微分積分学 1 に続き, 一変数及び多変数の積分, 無限級数と広義積分を扱った．（教養学部前期課程講義）
4. 確率統計学 3・確率過程論： 確率過程の特に重要なクラスであるマルチンゲールについて講義した．（数理大学院・4 年生共通講義）
5. 解析学 XA・数物先端科学 V：講義題目は「マルコフ連鎖と流体力学極限の離散幾何学的アプローチ」である．流体力学極限は, 大自由度を持つ確率過程から, 少数のマクロパラメータに関する決定論的な偏微分方程式を導出する数学的に厳密な手法であり, 30 年以上にわたって広く研究されてきた．その間に様々な発展があり, モデルの詳細によらない証明手法が発展してきたが, 非勾配型とよばれる広いクラスのモデルに対しては, 既存の証明の背景にある数学的な構造のより深い理解と, より包括的な理論の整備が望まれている．本講義では, この問題の解決に向けて近年講義担当者らにより導入された, 無限直積空間上に一様性という概念を導入したコホモロジーの定式化について紹介した．特に, ミクロなモデルが離散的な空間上のマルコフ連鎖で表現される場合において, 離散幾何学的なアプローチがどのように用いられるのかを紹介した．（数理大学院・4 年生共通講義）

E. 修士・博士論文

1. (論文博士) 林晃平 (HAYASHI Kohei): On universality of the Kardar-Parisi-Zhang equation in high temperature regime in high temperature regime.

F. 対外研究サービス

1. 日本数学会　学術委員会委員
2. 日本数学会　地方区代議員
3. 理化学研究所　AIP センター客員研究員
4. 理化学研究所　数理創造プログラム数理物理ワーキンググループ　世話人
5. 数学オリンピック財団　評議員
6. Probability Theory and Related Fields, Associate Editor
7. Annales de l’Institut Henri Poincaré, Probabilités et Statistiques, Associate

Editor

8. International Mathematical Union Committee for Women in Mathematics, Ambassador
9. 月例談話会「Catch-all Mathematical Colloquium of Japan」世話人
10. 研究集会「 Workshop on box-ball systems from integrable systems and probabilistic perspectives」世話人

G. 受賞

1. 2021 年 11 月 国立研究開発法人 科学技術振興機構　輝く女性研究者賞（ジュン アシダ賞）
2. 2022 年 1 月 藤原洋数理科学賞奨励賞

H. 海外からのビジター

1. Mykhaylo Shkolnikov (Princeton University) Oct. 17-28, 2022, Professor Shkolnikov gave a seminar talk on October 19th . The title of his talk was "Probabilistic solutions of singular free boundary problems". He gave a talk on a new, probabilistic, concept of solution to singular free boundary problems, in which boundary points may move at infinite speed. He discussed this new concept in the context of Stefan problems from mathematical physics that describe melting/solidification of a solid/liquid (e.g., ice/water) in the presence of supercooling. In particular, he presented new global existence, regularity and uniqueness results for the two geometrically simplest settings: flat and radial. His talk was based on joint works with Sergey Nadtochiy, Francois Delarue and Yucheng Guo.
2. Stefano Olla (Dauphine University), Feb. 5-16, 2023, Professor Olla gave a plenary talk of FoPM international symposium on February 7th at Hongo campus and a seminar talk on February 9th at Komaba campus. The title of his seminar talk was "Diffusive behavior in completely integrable infinite dynamics". His talk was about the macroscopic behaviour of the density fluctuations of a one dimensional dynamics of hard rods with random length. The main result is that, after recentering on the effective velocity the density fluctuations of particles of a given velocity v will evolve on the diffusive scaling driven by a brownian motion with a diffusivity depending on v. This rigid evolution of fluctuations is expected in other completely integrable systems (Box-Ball, Toda Lattice,..), in contrast with the behavior in chaotic dynamics. His talk was based on a joint work with Pablo Ferrari.

下村 明洋 (SHIMOMURA Akihiro)

A. 研究概要

関数解析や実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．

I studied on the theory of evolution equations and partial differential equations by using functional analysis and real 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.

D. 講義

1. 初年次ゼミナール理科「解析学の基礎」. (教養学部前期課程，1 年生 理系，S セメスター).
2. 全学自由研究ゼミナール「無限次元ヒルベ

ルト空間の初歩を学ぶ」.（教養学部前期課程，A セメスター）.

vskip 2zw

白石 潤一 (SHIRAISHI Junichi)

A. 研究概要

S. Shakirov によって導入された非定常差分方程式と, 量子差分 Painlevé VI 方程式との関係を見出した. その差分方程式に付随する 5 次元の Seiberg-Witten 曲線は知られている 4 次元極限と整合的である. Shakirov の方程式は関数の組 $(\mathcal{F}^{(1)}, \mathcal{F}^{(2)})$ に関する 2 階の連立差分系として表現することができるが, それは Hamiltonian が拡大アフィン Weyl 群の並進作用素であることからの帰結である. アフィン Laumon 空間の上の分配関数がその 2 階の連立系の解を与えることが予想された. (粟田, 長谷川, 菅野, 大川, Shakirov, 山田氏らとの共同研究.)

We show the relation of the non-stationary difference equation proposed by S. Shakirov and the quantized discrete Painlevé VI equation. The five dimensional Seiberg-Witten curve associated with the difference equation has a consistent four dimensional limit. We also show that the original equation can be factorized as a coupled system for a pair of functions $(\mathcal{F}^{(1)}, \mathcal{F}^{(2)})$, which is a consequence of the identification of the Hamiltonian as a translation element in the extended affine Weyl group. We conjecture that the instanton partition function coming from the affine Laumon space provides a solution to the coupled system. (Collaboration with H. Awata, K. Hasegawa, H. Kanno, R. Ohkawa, S. Shakirov and Y. Yamada.)

B. 発表論文

1. E. Langmann, M. Noumi and J. Shiraishi, Construction of Eigenfunctions for the Elliptic Ruijsenaars Difference Operators. Commun. Math. Phys. 391 (2022), 901-950, 10.1007/s00220-021-04195-8.
2. A. Hoshino, Y. Ohkubo and J. Shiraishi, Branching formula for q-Toda functions of type B, Lett. Math. Phys. 111 (2021), 126, 10.1007/s11005-021-01461-7.
3. E. Langmann, M. Noumi and J. Shiraishi, Basic Properties of Non-Stationary Ruijsenaars Functions, SIGMA 16 (2020), 105, 26 pages arXiv:2006.07171 https://doi.org/10.3842/SIGMA.2020.105
4. 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.
5. 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.

C. 口頭発表

1. J. Shiraishi, Conjectures concerning the non-stationary Ruijsenaars function, Integrable Systems & Symmetric Functions, March 24-25, 2023.
2. J. Shiraishi, Discretization and quantization of Painlevé VI equation, 5th Bangkok Workshop on Discrete Geometry, Dynamics and Statistics, January 23-27, 2023
3. J. Shiraishi, Quantization of Discrete Sixth Painleve Equation and Shakirov's Conjecture, 2022 Workshop on Elliptic Integrable Systems, March 8th-11th 2022 over Zoom.
4. 大久保勇輔, 白石潤一, 星野歩, 変形 Koornwinder 作用素と C 型 Macdonald 多項式 I,II, 日本数学会年会（埼玉大）2022 年 3 月 30 日.
5. 大久保勇輔, 白石潤一, 星野歩, B 型 q-戸田関数の明示公式日本数学会秋季総合分科会（千葉大）2021 年 9 月 14 日.

6. J. Shiraishi, Branching formula for q-Toda function of type B, Workshop on Elliptic Integrable Systems March 7th-9th 2021 over Zoom
7. J. Shiraishi, Some conjectures concerning non-stationary Ruijsenaars functions, New Connections in Integrable Systems September 29 - October 2, 2020
8. 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.
9. 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
10. 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
11. 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

D. 講義

1. 数理科学基礎 : 理科一類一年生（微積部分を担当）
2. 数学 II : 文科生（線型代数）
3. 微分積分学①, 微分積分学② : 理科一類一年生
4. 応用数学 XE, 基礎数理特別講義 III: S. Shakirov によって導入された非定常差分方程式と, 長谷川の構成による量子差分 Painlevé VI 方程式との関係について説明した.

関口 英子 (SEKIGUCHI Hideko)

A. 研究概要

2017–2022 年度において以下の研究を行った.

1. 半単純リー環の楕円元からなる随伴軌道には自然な複素構造が入る. ここでリー環の元 X が楕円型であるとは $\exp(\mathrm{R}X)$ が相対コンパクトであるときをいう. 楕円元がさらに「正則型」という代数的な条件をみたす場合には, 随伴軌道がコンパクトな複素部分多様体上の正則なファイバー束の構造をもつことを証明した [1]. コンパクト部分多様体が 1 点の場合は Harish-Chandra の埋め込み定理となる.

2. リー群の任意の余随伴軌道には Kirillov–Kostant–Souriau による自然なシンプレクティック形式が存在する. その "幾何的量子化" としてのユニタリ表現の構成や函手性などの基本問題は, 冪零リー群やコンパクトリー群などの特殊なケースを除くと, まだあまり解明されていない. 私は非コンパクトな簡約リー群に対しては, 全く異質の楕円型余随伴軌道の幾何的量子化が同型なユニタリ表現を与え得ることを発見した. これは既約ユニタリ表現の古典極限として得られる (計量が正定値ではない) indefinite Kähler 多様体が一意的ではない例を与えている. 証明は, サイクル空間上における偏微分方程式系の大域解の空間という別の幾何的実現と比較するアイディアを用いた [2].

3. 簡約リー群の構造論を用いて, Penrose 変換の一般化を定義し, その像が正則となるための twistor 空間における代数的な必要十分条件を証明した [3].

4. 志村型の微分方程式系に対し, そのすべての大域解をある空間からのコホモロジー的積分変換で構成できるかという問題を考え, 未解決のケースに対して, 不変式論を援用して肯定的な結果を得た [6].

During the academic years 2017–2022, I have been studying the following projects:

1. I have proved that any elliptic coadjoint orbit X of "holomorphic type" has a holomorphic fiber bundle structure over its maximal compact subvariety [1]. This result generalizes Harish-Chandra's embedding theorem of Hermitian symmetric spaces as a bounded domain in the very special setting where X is a Stein manifold.

2. I have found two indefinite-Kähler manifolds which are not biholomorphic to each other, but their natural "geometric quantizations" are isomorphic as irreducible unitary representations. My proof utilizes an idea to provide yet another geometric realization of these representations as the space of solutions to a system of differential equations on the "cycle spaces" [2].
3. I generalize the definition of the "Penrose transform" $\mathcal{R}$ in mathematical physics to a framework of real reductive Lie groups. In particular, I proved a necessary and sufficient condition in terms of the root system that the image of $\mathcal{R}$ consists only of holomorphic sections [3].
4. I addressed a question whether all the global solutions to PDEs of Shimura type can be constructed by a cohomological integral transform, and have challenged some unsolved cases and proved affirmative results [6].

B. 発表論文

1. H. Sekiguchi: Elliptic coadjoint orbits of holomorphic type, accepted in Journal of Lie Theory.
2. H. Sekiguchi: Twistor and Penrose transform for indefinite Grassmannian manifolds, submitted.
3. H. Sekiguchi: Cohomological integral transform associated to θ-stable parabolic subalgebras of holomorphic type, accepted in Journal of Lie Theory.
4. H. Sekiguchi: Range of the Penrose transform of $SO^*(2n)$, submitted.
5. H. Sekiguchi: Holomorphic Laplacian on the Lie ball and the Penrose transform, submitted.
6. H. Sekiguchi: Shimura's differential equations and a generalized Radon–Penrose transform, preprint.

C. 口頭発表

1. "Harmonic Analysis & Representation Theory", the Nordic Congress of Mathematicians with EMS in Aalborg (Denmark), July 3–7, 2023 (promised).
2. 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.

D. 講義

1. 数理科学基礎 (線型代数): (教養学部理科 I 類 1 年生講義 S1 ターム).
2. 線型代数学: (教養学部理科 I 類 1 年生講義 S2 ターム，A セメスター).
3. 数学 II: (教養学部文科 I, II, III 類 1,2 年生講義, S セメスター).
4. 数理科学概論 III (教養学部文科 I, II, III 類 1,2 年生講義，S セメスター). 一次分数変換，代数学の基本定理.

F. 対外研究サービス

1. 日本数学会広報委員 (2017 年度–2019 年度; 2019 年度–).
2. 日本数学会函数解析学分科会委員 (2017 年度–2019 年度).
3. 国際研究集会のオーガナイザー，Geometry, Analysis, and Representation Theory of Lie groups, The University of Tokyo, Japan, 5–9, September 2022.
4. 国際研究集会のオーガナイザー，Symmetry in Geometry and Analysis, Université de Reims, France, 6–10, June 2022.
5. 国際研究集会のオーガナイザー，Integral Geometry, Representation Theory and Complex Analysis, Kavli Institute for the Physics and Mathematics of the Universe, 27–28 January 2020.
6. Progress in Math. (Birkhäuser, Springer-Nature), "Symmetry in Geometry and Analysis: Festschrift for Toshiyuki Kobayashi" の volume editor (2022–).

H. 海外からのビジター

1. K.-H. Neeb (Erlangen, Germany), Delivered an invited lecture at the conference “Geometry, Analysis, and Representation Theory of Lie groups”, The University of Tokyo, Japan, 5–9, September 2022.
2. P.-E. Paradan (Montpellier, France), Delivered an invited lecture at the conference “Geometry, Analysis, and Representation Theory of Lie groups”, The University of Tokyo, Japan, 5–9, September 2022.
3. P. Somberg (Praha, Czech), Delivered an invited lecture at the conference “Geometry, Analysis, and Representation Theory of Lie groups”, The University of Tokyo, Japan, 5–9, September 2022.

高田 了 (TAKADA Ryo)

A. 研究概要

地球流体力学に現れる非線形偏微分方程式に関する数学解析を行っている．近年では，回転による Coriolis 力の影響を考慮した非圧縮性 Navier-Stokes 方程式や磁気流体力学方程式，および安定成層の影響を考慮した Boussinesq 方程式等を対象とし，その初期値問題の時間大域的適切性や解の漸近挙動に関して研究している．今年度は，全空間 R^3 における Coriolis 力付き非圧縮性 Navier-Stokes 方程式の初期値問題を考察し，時間大域解に対する L^p 時間減衰評価を確立した．更に，解の長時間挙動を考察し，時間無限大において解が，線形解の積分核の 1 階導関数に修正項を加えたものに収束することを証明した（江頭貴成氏（九州大学）との共同研究）．また，鉛直方向に周期境界条件を課した 3 次元層状領域 $\mathrm{R}^2 \times \mathrm{T}$ において，回転と安定成層の影響を考慮した非圧縮性 Boussinesq 方程式の初期値問題を考察し，線形解に対する時間減衰評価，および時空間積分評価を確立した（大山広樹氏（九州大学）との共同研究）．

The subject of my research is mathematical analysis of nonlinear partial differential equations arising in geophysical fluid dynamics. Recently, I have been studying the global well-posedness and the asymptotic behavior of solutions to the initial value problems for the incompressible rotating Navier-Stokes equations, the magnetohydrodynamics equations with the Coriolis force, and the incompressible Boussinesq equations with the effects of the rotation and the stable stratification. In this year, we considered the initial value problem for the rotating Navier-Stokes equations in the whole space R^3, and established the L^p temporal decay estimates with the dispersion effect of the Coriolis force for the global solutions. Moreover, we considered the large time behavior of solutions, and showed that the global solution behaves like the first-order spatial derivatives of the integral kernel of the corresponding linear solution (Joint work with Takanari Egashira (Kyushu University)). Also, we considered the initial value problem for the rotating stably stratified Boussinesq equations in a 3D layer $\mathrm{R}^2 \times \mathrm{T}$, and established the dispersion estimates and the space-time Strichartz estimates for the linear solutions (Joint work with Hiroki Ohyama (Kyushu University)).

B. 発表論文

1. T. Egashira and R. Takada : “Large Time Behavior of Solutions to the 3D Rotating Navier-Stokes Equations", J. Math. Fluid Mech. **25** (2023) 23.
2. H. Ohyama and R. Takada : “Asymptotic limit of fast rotation for the incompressible Navier-Stokes equations in a 3D layer", J. Evol. Equ. **21** (2021) 2591–2629.
3. R. Takada and K. Yoneda : “Higher-order interpolation inequalities with weights for radial functions", Nonlinear Anal. **203** (2021) 112158.
4. R. Takada : “Long time solutions for the 2D inviscid Boussinesq equations with strong stratification", manuscripta math.

164 (2021) 223–250.

5. R. Takada : “Strongly stratified limit for the 3D inviscid Boussinesq equations", Arch. Ration. Mech. Anal. **232** (2019) 1475–1503.
6. M. Hieber, A. Mahalov and R. Takada : “Time periodic and almost time periodic solutions to rotating stratified fluids subject to large forces", J. Differential Equations **266** (2019) 977–1002.
7. S. Lee and R. Takada : “Dispersive estimates for the stably stratified Boussinesq equations", Indiana Univ. Math. J. **66** (2017) 2037–2070.
8. T. Iwabuchi, A. Mahalov and R. Takada : “Global solutions for the incompressible rotating stably stratified fluids", Math. Nachr. **290** (2017) 613–631.
9. R. Takada : “Long time existence of classical solutions for the 3D incompressible rotating Euler equations", J. Math. Soc. Japan **68** (2016) 579–608.
10. H. Kozono, Y. Mashiko and R. Takada : “Existence of periodic solutions and their asymptotic stability to the Navier-Stokes equations with the Coriolis force", J. Evol. Equ. **14** (2014) 565–601.

C. 口頭発表

1. Global solutions for the incompressible rotating MHD equations in the scaling critical Sobolev space, International Workshop on Multi-Phase Flows: Analysis, Modelling and Numerics, Waseda University, Japan, December 2022.
2. Global solutions for the incompressible rotating MHD equations in the scaling critical Sobolev space, 解析セミナー, 神戸大学, 2022 年 10 月.
3. Global solutions for the incompressible rotating MHD equations in the scaling critical Sobolev space, NLPDE セミナー, 京都大学, 2022 年 10 月.
4. 回転成層流体に現れる分散性と異方性の数学解析, 東京大学数理科学講演会, 東京大学, 2022 年 7 月.
5. Global solutions for the incompressible rotating MHD equations in the scaling critical Sobolev space, International Workshop on PDEs arising in Fluid Dynamics, KAIST (Online), Republic of Korea, June 2022.
6. Global solutions for the incompressible rotating MHD equations in the scaling critical Sobolev space, 第 180 回神楽坂解析セミナー, 東京理科大学, 2022 年 6 月.
7. Global solutions for the incompressible rotating MHD system in the scaling critical Sobolev space, 応用解析研究会, 早稲田大学, 2022 年 4 月.
8. Global solutions for the incompressible rotating MHD system in the scaling critical Sobolev space, East Asian Workshop on Partial Differential Equations in Fluid Dynamics, Tokyo Institute of Technology (Online), Japan, January 2022.
9. Fast rotation limit for the incompressible Navier-Stokes equations in a 3D layer, 東工大数理解析セミナー（オンライン開催）, 2021 年 12 月.
10. Fast rotation limit for the incompressible Navier-Stokes equations in a 3D layer, Mathematical Analysis of Viscous Incompressible Fluid, RIMS Kyoto University (Online), Japan, December 2021.

D. 講義

1. 数理科学基礎（微分積分）: 極限と連続性，1 変数関数の微分，2 変数関数のグラフと偏微分.（教養学部前期課程講義）
2. 微分積分学①：1 変数関数の微分，多変数関数の微分.（教養学部前期課程講義）
3. 解析学基礎：実数の連続性，ε–δ 論法，コンパクト性，Riemann 積分.（教養学部前期課程講義）
4. 基礎解析学概論・解析学 XB：実解析と関数空間の基礎.（数理大学院・4 年生共通講義）

5. 集中講義：振動積分理論と回転流体方程式への応用.（名古屋工業大学，2022 年 10 月 11–13 日）
6. 集中講義：地球流体方程式の数学解析.（神戸大学，2022 年 10 月 24–28 日）

F. 対外研究サービス

1. 日本数学会　函数方程式論分科会　情報委員
2. 東京大学大学院数理科学研究科 応用解析セミナー　世話人

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。本年度は、正標数の極小モデルプログラムとファノ型多様体について研究した。これらの研究テーマに関していくらか新しい結果が得られた。

I study minimal model program for algebraic varieties in positive characteristic. In this academic year, I studied minimal model program and varieties of Fano type in positive characteristic. I established some new results on these topics.

B. 発表論文

1. 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.
2. Y. Nakamura, H. Tanaka : “A Witt Nadel vanishing theorem for threefolds”, Compos. Math. **156** (2020), no. 3, 435-475.
3. H. Tanaka : “Abundance theorem for surfaces over imperfect fields”, Math. Z. **295** (2020), no. 1-2, 595-622.
4. P. Cascini, H. Tanaka : “Relative semi-ampleness in positive characteristic”, Proc. Lond. Math. Soc. (3) **121** (2020), no. 3, 617-655.
5. H. Tanaka : “Pathologies on Mori fibre spaces in positive characteristic”, Ann. Sc. Norm. Super. Pisa Cl. Sci. (5) **20** (2020), no. 3, 1113-1134.
6. K. Hashizume, Y. Nakamura, H. Tanaka : “Minimal model program for log canonical threefolds in positive characteristic”, Math. Res. Lett. **27** (2020), no. 4, 1003-1054.
7. H. Tanaka : “Invariants of algebraic varieties over imperfect fields”, Tohoku Math. J. (2) **73** (2021), no. 4, 471 - 538.
8. H. Tanaka : “On p-power freeness in positive characteristic”, Math. Nachr. **294** (2021), no. 10, 1968 - 1976.
9. H. Tanaka : “Vanishing theorems of Kodaira type for Witt canonical sheaves”, Selecta Math. (N.S.) **28** (2022), no. 1, Paper No. 12, 50 pp.
10. F. Bernasconi, H. Tanaka : “On del Pezzo fibrations in positive characteristic”, J. Inst. Math. Jussieu **21** (2022), no. 1, 197 - 239.

C. 口頭発表

1. 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.
2. On Mori fibre spaces in positive characteristic, Tokyo-Seoul Conference in Mathematics 2019 - Algebraic Geometry -, The University of Tokyo, Japan, 2019 年 11 月.
3. 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.
4. 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.
5. On Mori fibre spaces in positive char-

acteristic, Zoom in Algebraic Geometry, Zoom, 2021 年 1 月.

6. On Mori fibre spaces in positive characteristic, Workshop on birational geometry, Zoom, 2021 年 4 月.
7. Pathological examples in minimal model program of positive characteristic, Arithmetic algebraic geometry and mathematical physics, Zoom+ 京都大学 RIMS, 2021 年 12 月.
8. Pathological examples in minimal model program of positive characteristic, National Taiwan University-The University of Tokyo, Zoom+National Taiwan University, 2021 年 12 月.
9. 極小モデル理論について, 日本数学会、２０２２年秋季総合分科会、企画特別講演, 北海道大学, 2022 年 9 月.
10. On quasi-F-splitting, Algebraic Geometry in East Asia, Zoom, 2022 年 10 月.

D. 講義

1. 数理科学基礎：線型代数学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 ：線型代数学の講義を行った. (S2 ターム、教養学部前期課程講義)
3. 統合自然科学セミナー：集合と位相教科書を用いて輪講形式の講義を行った. (A セメスター、教養学部前期課程講義)

E. 修士・博士論文

1. (修士) 赤松 春樹 (AKAMATSU, Haruki): On inseparable double covers of hypersurfaces in characteristic two.
2. (修士) 吉原 龍 (YOSHIHARA, Ryu): On sections of extremal rational elliptic surfaces.

F. 対外研究サービス

1. 東大代数幾何セミナー世話人.

長谷川 立 (HASEGAWA Ryu)

A. 研究概要

(1) 圏の計算体系化の研究:　圏と計算体系との一対一対応はプログラミング言語理論における基礎事実である。Lawvere-Lambek によるラムダ計算とデカルト閉圏との同値性の発見に端を発し，いろいろな対応が知られている。計算体系の側には名前が示す通り，計算の概念がある。それに一対一対応する圏の方にも計算が入ると考えるのは自然である。本研究では線形論理に対応する線形圏の上には妥当な計算体系が構築できることを示した。その帰結として線形圏に関する一般化コヒーレンス定理が示される。モノイド圏に対する古典的なコヒーレンス定理は図式が自動的に可換となることを示している。複雑な圏では自動的な可換性は成り立たないが，一般化の一つの方向性として可換かどうか機械的に判定できるかという問題が考えられる。これを一般化コヒーレンスと呼ぶ。解析関手を用いたモデルを用いて線形圏の一般化コヒーレンスについて考察した。

(2) 動的なグラフの組合せ最適化:　伝統的なグラフ理論が対象とするのは主に静的なグラフである。グラフがダイナミックに変化する状況は標準的なグラフ理論のテキストではあまり論じられていない。線形圏はスター自律圏に基づいているが，これはある種の動的なグラフで特徴づけられる。そのような動的グラフを抽象化し理論整備を行った。また，組合せ最適化の観点からその効果的なアルゴリズムの研究を行った。静的なグラフに関しては完成された理論があるので，それを応用することで動的グラフの性質を解析することを試みている。特に Tutte の反対称グラフとの関連を調べた。特にマッチングに関しては，静的グラフの理論を動的グラフに拡張できることを示した。線形圏の一般化コヒーレンスの研究においても，マッチングの性質が有効に利用できる。

(1) Study of computational systems based on categories:　The one-to-one correspondence between categories and computational systems is a fundamental principle in programming language theory. Following the discovery of the equivalence between lambda calculus and cartesian closed categories by Lawvere and Lambek,

various correspondences have been known. On the side of computational systems, as the name suggests, there is the concept of computation. It is natural to expect that the corresponding categories hold the notion of computation. In this study, we showed that a valid computational system can be built on a linear category that corresponds to linear logic. This finding results in a generalized coherence theorem for linear categories. The classical coherence theorem for monoidal categories guarantees that diagrams are automatically commutative. Although this does not apply in complex categories, an alternative approach is to give an algorithm to determine whether a given diagram commutes. This type of theorem is called generalized coherence. We investigated the generalized coherence of linear categories using a model based on analytic functors.

(2) Combinatorial optimization of dynamic graphs: Traditional graph theory primarily focuses on static graphs, with little discussion on situations where graphs change dynamically, which are not typically covered in standard graph theory textbooks. Linear categories are rooted in star-autonomous categories, which are characterized by certain dynamic graphs. We have abstracted these dynamic graphs and developed a theoretical framework, while also exploring efficient algorithms from the perspective of combinatorial optimization. We are attempting to analyze the properties of dynamic graphs by applying the well-established theory for static graphs. Specifically, we have investigated the relationship with Tutte's antisymmetric graph, and extended the matching theory to dynamic graphs. The properties of matching are also useful in studying the generalized coherence of linear categories.

B. 発表論文

1. R. Hasegawa: "A Categorical Reduction System for Linear Logic", Theory and Applications of Categories, Vol. 35, 2020, No. 50, pp 1833-1870.
2. R. Hasegawa: "Complete Call-by-Value Calculi of Control Operators II: Strong Termination", Logical Methods in Computer Science, March 2, 2021, Volume 17, Issue 1

D. 講義

1. 常微分方程式 : 常微分方程式の入門. (教養学部前期課程講義)
2. 数学 I : 文系のための微分積分学入門. (教養学部前期課程講義)
3. 応用数学 XC(本郷) : 計算理論の入門. オートマトン・Turing 機械・計算可能性・計算複雑性等を扱った. (理学部 3 年生向け講義)
4. 計算数学 I : プログラミング言語の数学的基礎理論. ラムダ計算・合流性・単純型・停止性・操作的意味論等を扱った. (理学部 3 年生向け講義)

林 修平 (HAYASHI Shuhei)

A. 研究概要

Ergodic optimization において良く知られた予想に Jenkinson による TPO Conjecture と呼ばれる予想がある. この予想はコンパクト距離空間 X 上に適切な双曲性を持つ力学系が与えられたとき, 良い性質 (リプシッツ性や C^1 性など) を持つ X 上の連続関数からなるバナッハ空間において, 周期軌道上に台を持つあるエルゴード測度に対して最大エルゴード平均を与えるような連続関数全体が, その中の開かつ稠密な部分集合を含むというものである. 2016 年に Contreras が力学系が拡大写像である場合に証明したが, 特に X が多様体である場合には Yuan & Hunt により Axiom A 系の場合に成立するという予想が提起されていた. これに関して最近 Anosov diffeomorphism を含む場合に解決されたという報告があった. この予想を nonsingular Axiom A endomorphism に対して証明するための研究を試みた.

In ergodic optimization, there is a well-known conjecture, the so-called TPO Conjecture, by Jenkinson. This is a conjecture claiming that given a dynamical system on a compact metric

space X, in a Banach space consisting of good continuous functions (such as Lipschitz or C^1) the subset of all continuous functions giving the maximal ergodic average for an ergodic measure supported on a periodic orbit contains an open and dense subset of it. In 2016, Contreras proved the conjecture for expanding maps, and when X is a manifold in particular, it has been conjectured by Yuan & Hunt that it is true for Axiom A systems. Concerning this, recently it has been reported that some case including Anosov diffeomorphisms satisfies the conjecture. The study for proving the conjecture for nonsingular Axiom A endomorphisms was tried.

B. 発表論文

1. 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.

2. S. Hayashi: "Erratum and Addendum to "A forward Ergodic Closing Lemma and the Entropy Conjecture for nonsingular endomorphisms away from tangencies" (Volume 40, Number 4, 2020, 2285-2313)", Discrete Contin. Dyn. Syst. **42** (2022) 2433–2437.

C. 口頭発表

1. 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.

2. 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.

3. 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. 数理科学基礎 (微積) : 理系 1 年生を対象とした入門講義. (教養学部前期課程講義)
2. 全学自由研究ゼミナール: 少人数によるセミナー形式の講義. 1 次元力学系の入門講義として 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. 微分積分学①: 理系 1 年生を対象とした微分・積分の入門講義前半. (教養学部前期課程講義)
4. 微分積分学②: 理系 1 年生を対象とした微分・積分の入門講義後半. (教養学部前期課程講義)
5. 微分積分学演習: 微分積分学②の講義に対応した演習. (教養学部前期課程講義)
6. 数学続論 XC・基礎数理特別講義 VII : 可微分エルゴード理論の入門講義. 測度論的エントロピーの定義と例を与えた後, 測度論的エントロピーの基本的性質を講義し, 測度論的エントロピーの計算を可能にするコルモゴロフ・シナイの定理を扱った. 次に一般エルゴード理論の基本として, バーコフのエルゴード定理, weak*-topology と不変測度の存在, エルゴード測度の性質などを扱った. さらに可微分エルゴード理論の基礎であるオセレデッツの定理 (リャプノフ指数の存在定理) を与え, 2 次元の場合に証明も与えた. 以上の準備の後, この講義の目標である測度論的エントロピーとリャプノフ指数の関係式, ルエルの不等式とペシンの公式を証明した. (数理大学院・4 年生共通講義)

E. 修士・博士論文

(修士) 村上聡梧 (MURAKAMI Sogo) : Oriented and standard shadowing properties for topological flows.

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 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.
2. C. Matsui:“Nonequilibrium physics in integrable systems and spin-flip non-invariant conserved quantities”, J. Phys. A: Math. Theor. **53** (2020) 134001.

C. 口頭発表

1. “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.
2. “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.
3. “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.
4. “Quasilocal charges and non-equilibrium behavior in integrable systems”, Correlations in Integrable Quantum Many-Body Systems, Wuppertal University (Germany), 2018 年 9 月.
5. “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.
6. “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.
7. “Nonequilibrium physics of the XXZ model and spin-flip non-invariant conserved quantities", RIGOROUS STATISTICAL MECHANICS AND RELATED TOPICS II, Online workshop, 2020 年 11 月.
8. “Quasilocal charges of the XXZ spin chain and integrability of the boundary-driven diffusive system", Integrable Quantum Many-Body Systems, Physikzentrum Bad Honnef (Germany), 2022 年 5 月.
9. “不純物を含む散逸付き XXZ 鎖の定常状態の解析", 日本物理学会 2022 年秋季大会, 東京工業大学, 2022 年 9 月

D. 講義

1. 数理科学基礎演習／数学基礎理論演習：数理科学の基礎的内容に関する演習を行なった.（教養学部前期課程講義）

2. 現象数理 II･現象数理学･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について，オムニバス形式の講義を行なった．（数理大学院・4 年生共通講義・教養学部基礎科学科講義）%
3. 学術フロンティア講義：現在の数学研究の現場で話題になっている事柄に関してオムニバス講義を行なった．（教養前期）
4. 線型代数学演習：線型代数の演習を行なった．（教養学部前期課程講義）
5. 微分積分学演習：微分・積分の演習を行なった．（教養学部前期課程講義）
6. 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部分を取り扱った．（数理大学院・4 年生共通講義）
7. 応用数学 XC・数物先端科学 VIII：量子情報の導入部分に関して講義を行なった．密度行列・量子もつれ（量子エンタングルメント）・量子測定・量子操作・エントロピーといったトピックを問い扱いつつ，量子論の基礎や量子統計の考え方について説明した．（数理大学院・4 年生共通講義）

F. 対外研究サービス

1. "MATRIX-RIMS Tandem Workshop: Integrable Probability, Combinatorics and Representation Theory", MATRIX (Australia), RIMS (Kyoto), 2022 年 9 月の主催

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.

昨年度は，スロベニアで開催された夏の学校で，頂点代数と頂点作用素代数への入門をテーマとするオンライン連続講義を行ったが，今年度はその講義録を執筆した。その作業に際して，昨年に引き続き，頂点代数の基礎理論についての考察を続け，さらなる証明の改善や定式化の工夫を得た。今回の考察の特筆すべき点としては，正標数の場合も含めて基礎理論の記述を行ったことが挙げられる。頂点代数の理論は，基礎体が正標数の場合や，より一般に可換環上で展開することができることが 1980 年代から知られているが，近年になりその重要性が増して来ていることから，そのような観点で考察を行ったものである。なお，可換環上の理論への一般化は，一般論の基本的な部分については概ね同様である。
また，いわゆる互いに局所的な場が Borcherds の恒等式と呼ばれる関係式を満たすという事実については，1990 年代中頃には頂点代数の枠組みを利用する形で得られていた。私は，1990 年代末に行った永友清和氏との共同研究で，この事実を頂点代数の枠組みとは独立に示し，それを逆に利用して頂点代数の基礎理論を構築したが，今回行った基礎理論の見直しのなかで，この事実の簡易な別証明を得た。

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).
In the preceeding year, I delivered online lectures for an intensive course on vertex algebras and vertex operator algebras in a summer school held in Slovenia. This year, I wrote the lecture notes which include some improvements in the basic theory of vertex algbras.
More specifically, I included the cases over fields of positive characteristic which receive more attention in the last years, although known from the dawn of vertex algebras in the 1980's. Generalization to the cases over commutative rings is straightforward in the basic parts of general theory.
I have also succeeded in giving a simpler alternative proof of the fact that mutually local fields satisfy the Borcherds identity, which was originally established in the mid 1990's by using basics of vertex algebras. Note that this fact was proved in my joint work with K. Nagatomo in the late 1990's without addressing

vertex algebras and was used to establish conversely some foundations of vertex algebras.

B. 発表論文

1. 松尾 厚: “大学数学ことはじめ”, 東京大学出版会, 2019.（東京大学数学部会編）

C. 口頭発表

1. “Introduction to vertex algebras and vertex operator algebras”, Minicourse for Graphs and Groups, Geometries and GAP (G2G2) Summer School — External Satellite Conference of the 8th European Congress of Mathematics. Rogla, Slovenia, June, 2021. (10 Lectures delivered online.)
2. “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.

D. 講義

1. 数学 II (PEAK)：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. 幾何学 II：位相幾何学の基礎的内容である基本群とホモロジー群に関する入門講義，(3 年生向け講義)
3. 幾何学特別演習 II：位相幾何学の基礎的内容である基本群とホモロジー群に関する口述演習，(3 年生向け演習)
4. 数物先端科学 III・数学続論 XD：Lie 代数に関する話題を講義した。Lie 代数の基礎理論から説き起こし，複素数体上の有限次元単純 Lie 代数の分類理論の概要を比較的詳しく述べた。その流れで Kac-Moody 代数への一般化の概略を述べ，アフィン Kac-Moody 代数の頂点作用素による実現について説明するとともに，その後の展望を概観した。(数理大学院・4 年生共通講義)

E. 修士・博士論文

1. (博士) 矢部貴大 (YABE Takahiro): On classification of 2-generated axial algebras of Jordan and Majorana types.

松本 久義 (MATUMOTO 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くみあ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。近年の私の興味の中心はスカラー型の一般化バルマ加群の間の準同型の分類である。
g を複素簡約リー代数、p をその放物型部分代数とする。g の p の一次元表現からの誘導表現はスカラー型の一般化 Verma 加群と呼ばれる。p が Borel 部分代数の時が Verma 加群である。スカラー型の一般化 Verma 加群の間の準同型は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と対応しており、一般化された旗多様体をモデルとする、parabolic geometry の観点からも興味深い。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有名な結果がある。(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。　) 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.　一般の極大放物型部分代数のばあいは 松本によって解決された。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のが Soergel の結果であるが,　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 Bernstein-Gelfand-Gelfand 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。最近の成果は以下のとおりである。まず、A 型単純リー代数に対して上記予想を肯定的に解決した。A 型以外の古典型リー代数の場合について現在は取り組んでいる。　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、A 型で得られた結果を拡張できる場合もある。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。無限小指標が　regular という条件がつくが対応する一般化旗多様体の余接束からのモーメント射がその像の上で双有理の場合はこの条件がはずせる。

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 g is called a (scalar) generalized Verma module. If g 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 Bernstein, I. M. Gelfand, and S. I. Gelfand proved the condition of Verma is also a necessary condition. Later, Lepowsky studied the generalized Verma modules case 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. I have classified the homomorphisms between scalar generalized Verma modules associated with maximal parabolic subalgebras. Soergel estabulished that blocks of category O are characterized in terms of integeral Weyl groups. Using this result of Soergel, we can 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. The conjecture is affirmative in the case of the type A. Unfortunately, the argument for type A is not applicable to general parabolic subalgebras of other classical Lie algebras. However, using the method, we can

generalize the result for type A to a class of parabolic subalberas of simple Lie algebras of type B and C. ,under the assumption that the infinitesimal character is regular, If the moment map of the cotengent bundle of the generalized flag variety to its image, we may remove the assumption.

C. 口頭発表

1. (1) Gevrey completion of a Whittaker module over sl_2 保型形式と数論　池田保先生還暦記念集会, 京都大学理学部数学教室 2023 年 1 月
2. (2) 一般化バルマ加群を巡って (概説講演), 表現論シンポジウム　2021 年　11 月 on line
3. (3) On the homomorphisma between scalar generalized Verma modules for complex simple Lie algebras of type B and C,　International Symposium on “ Advances and Perspectives in Representation Theory ”　2019 年　10 月 Qingdao, China
4. (4) On the homomorphisma between scalar generalized Verma modules for complex simple Lie algebras of type B and C, Representation theory of reductive Lie groups and algebras 2019 年　3 月 東京大学

D. 講義

1. 代数学 II　数学科 3 年生向けの選択必修講義
2. 代数学特別演習 II　代数学 II に付随する演習
3. 常微分方程式 (前期課程 2 年生)
4. 数学 I　：文科系学生向けの解析学入門講義
5. 「全学自由研究ゼミナール」, 教養学部 1，2 年生対象　保形関数入門

E. 修士・博士論文

1. (課程博士) 鶴崎　修功 (TSURUSAKI Hisanori): Irreducible module decomposition of rank 2 symmetric hyperbolic Kac-Moody Lie algebras by sl_2 subalgebras which are generalizations of principal sl_2 subalgebras

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，Arthur によって構成された局所ラングランズ対応と Fargues–Scholze によって構成された局所ラングランズ対応の関係について考察を行い，シンプレクティック群 $\mathrm{Sp}_6(\mathrm{Q}_p)$ の場合に以下の結果を得た．π を $\mathrm{Sp}_6(\mathrm{Q}_p)$ の既約超尖点表現とし，π の Arthur による L パラメータ ϕ_π が G_2 型という条件を満たすとする．このとき，π の Fargues–Scholze による L パラメータ ϕ_π^{FS} は ϕ_π に一致する．例えば，π が単純超尖点表現であり，その中心指標が自明ならば，ϕ_π は G_2 型になることが証明でき，したがって上記の結果を適用することができる．このことを使うと，$\mathrm{GSp}_6(\mathrm{Q}_p)$ の単純超尖点表現で中心指標が自明なものが $\mathrm{GSp}_6(\mathrm{Q}_p)$ の Rapoport–Zink 空間の ℓ 進エタールコホモロジーにどのように寄与するかを調べることが可能になるはずである．それは次年度の課題である．

以前より行っている，ラングランズ対応の本とモジュラー曲線の本の執筆を進めた．

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 considered the problem comparing the local Langlands correspondence by Arthur and that by Fargues–Scholze, and obtained the

following result in the case of the symplectic group $\mathrm{Sp}_6(\mathrm{Q}_p)$. Let π be an irreducible supercuspidal representation of $\mathrm{Sp}_6(\mathrm{Q}_p)$, and assume that the L-parameter ϕ_π of π due to Arthur satisfies the condition being of G_2-type. Then the L-parameter ϕ_π^{FS} of π due to Fargues–Scholze coincides with ϕ_π. For example, if π is a simple supercuspidal representation with trivial central character, then it turns out that ϕ_π is of G_2-type, thus one can apply the result above to such π. This result will enable us to determine how a simple supercuspidal representation of $\mathrm{GSp}_6(\mathrm{Q}_p)$ with trivial central character contributes to the ℓ-adic étale cohomology of the Rapoport–Zink space for $\mathrm{GSp}_6(\mathrm{Q}_p)$. I plan to work it out in the next year.

I continued to write a book on the Langlands correspondence, and another book on modular curves.

B. 発表論文

1. Y. Mieda : "Lefschetz trace formula and ℓ-adic cohomology of Rapoport-Zink tower for GSp(4)", Mathematische Annalen **385** (2023), 131–192.
2. Y. Mieda : "On the formal degree conjecture for simple supercuspidal representations", Mathematical Research Letters **28** (2021), 1227–1242.
3. Y. Mieda : "Parity of the Langlands parameters of conjugate self-dual representations of $\mathrm{GL}(n)$ and the local Jacquet-Langlands correspondence", Journal of the Institute of Mathematics of Jussieu **19** (2020), 2017–2043.
4. Y. Mieda : "On irreducible components of Rapoport-Zink spaces", International Mathematics Research Notices, Volume 2020, 2361–2407.
5. N. Imai and Y. Mieda : "Potentially good reduction loci of Shimura varieties", Tunisian Journal of Mathematics **2** (2020), 399–454.
6. Y. Mieda : "Note on weight-monodromy conjecture for p-adically uniformized varieties", Proceedings of the American Mathematical Society **147** (2019), 1911–1920.
7. T. Ito, T. Koshikawa and Y. Mieda : "Galois representations associated with a non-selfdual automorphic representation of GL(3)", preprint, arXiv:1811.11544.

C. 口頭発表

1. On supercuspidal part of the ℓ-adic cohomology of the Rapoport-Zink space for GSp(4), The 2022 Pacific Rim Mathematical Association Congress, バンクーバー，2022 年 12 月.
2. On supercuspidal part of the ℓ-adic cohomology of the Rapoport-Zink space for GSp(4), 30eradecaen: 30e Rencontres arithmétiques de Caen, Université Caen Normandie, 2022 年 5 月.
3. GSp(4) の Rapoport-Zink 空間の ℓ 進コホモロジーの超尖点部分について，代数的整数論とその周辺 2021，京都大学，2021 年 12 月.
4. 局所 Langlands 対応と p 進幾何，大岡山談話会，東京工業大学，2021 年 11 月.
5. Local Saito-Kurokawa A-packets and ℓ-adic cohomology of Rapoport-Zink tower for GSp(4), 保型形式，保型表現，ガロア表現とその周辺，京都大学（オンライン），2021 年 1 月.
6. Local Saito-Kurokawa A-packets and ℓ-adic cohomology of Rapoport-Zink tower for GSp(4), The Eighth Pacific Rim Conference in Mathematics, UC Berkeley（オンライン），2020 年 8 月.
7. Local Langlands correspondence and p-adic geometry, NTU Mathematics Colloquium, 国立台湾大学，2020 年 3 月.
8. Introduction to the Langlands program, 国立台湾大学，2020 年 3 月.
9. 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.

10. 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.

D. 講義

1. 数理代数学概論 I・代数学 XB : 代数的整数論の基礎（数理大学院・4 年生共通講義）
2. 全学自由研究ゼミナール（楕円曲線入門）: 楕円曲線の理論の基礎について解説を行った.

E. 修士・博士論文

1. (修士) 三神 雄太郎 (MIKAMI Yutaro): FAITHFULLY FLAT DESCENT OF QUASI-COHERENT COMPLEXES ON RIGID ANALYTIC VARIETIES VIA CONDENSED MATHEMATICS.
2. (修士) 山本 寛史 (YAMAMOTO Hirofumi): Uniform boundedness of the dimension of spaces of ordinary vector-valued half-integral weight Siegel modular forms of degree 2.

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) 時間分数べき熱方程式,
(b) 外力付平均曲率流方程式のコーシー・ノイマン問題の解の大域的リプシッツ正則性
(c) 平均場ゲーム理論に現れる選択問題,
(d) 非局所的界面運動の解の凸保存性

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]（B. 発表論文を参照）とプレプリント 2 本を発表した．さらに，これらの研究結果について三件の研究発表を行った.

B. 発表論文

1. T. Kagaya, Q. Liu, H. Mitake: “Quasiconvexity preserving property for fully nonlinear nonlocal parabolic equations”, NoDEA Nonlinear Differential Equations Appl. 30 (2023), no. 1, Paper No. 13, 28 pp.
2. J. Jang, D. Kwon, H. Mitake, H. V. Tran: “Level-set forced mean curvature flow with the Neumann boundary condition”, J. Math. Pures Appl. (9) 168 (2022), 143–167.
3. D. A. Gomes, H. Mitake, H. V. Tran: “The large time profile for Hamilton-Jacobi-Bellman equations”, Math. Ann. 384 (2022), no. 3-4, 1409–1459.
4. Y. Giga, H. Mitake, S. Sato: “On the equivalence of viscosity solutions and distributional solutions for the time-fractional diffusion equation”, J. Differential Equations 316 (2022), 364–386.
5. H. Mitake, H. V. Tran, T. S. Van : “Large time behavior for a Hamilton-Jacobi equation in a critical Coagulation-Fragmentation model”, Commun. Math. Sci. 19 (2021), no. 2, 495–512.
6. H. Mitake, L. Zhang : “Remarks on the generalized Cauchy-Dirichlet problem for graph mean curvature flow with driving force”, SN Partial Differ. Equ. Appl. (2021) 2:40.
7. H. Mitake, H. Ninomiya, K. Todoroki : “A level set approach for multi-

layered interface systems", Interfaces Free Bound. 22 (2020), no. 4, 383–400.

8. D. A. Gomes, H. Mitake, K. Terai : "The selection problem for some first-order stationary mean-field games", Netw. Heterog. Media 15 (2020), no. 4, 681–710.
9. Y. Giga, H. Mitake, 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 25 (2020), no. 10, 3983–3999.
10. Y. Giga, Q. Liu, H. Mitake : Discrete schemes for time-fractional fully nonlinear evolution equations and their convergence", Asymptot. Anal. 120 (2020), no. 1-2, 151–162.

C. 口頭発表

1. On the equivalence of viscosity solutions and distributional solutions for the time-fractional diffusion equation, 2022/6/15, Inverse Problems and Control for PDEs and the Hamilton-Jacobi Equation, Marseille, ハイブリッド開催.
2. On Lipschitz regularity for level-set forced mean curvature flow under the Neumann boundary condition, 2022/10/18, RIMS 共同研究（公開型）「発展方程式論の革新：異分野との融合がもたらす理論の深化」, ハイブリッド開催.
3. On Lipschitz regularity for level-set forced mean curvature flow under the Neumann boundary condition, 2022/12/9 , NTU-Tokyo joint conference 2022, オンライン開催.

D. 講義

1. 微分積分学続論
2. 学術フロンティア
3. 数理科学セミナー II : 統合自然科学科に対するセミナー形式の講義．内容は関数解析.
4. 偏微分方程式論: 統合自然科学科に対する線形偏微分方程式の入門講義.
5. 解析学 V，解析学特別演習：線形偏微分方程式の入門講義およびその演習．偏微分方程式の基礎知識，ラプラス方程式，熱方程式，波動方程式，特性曲線の方法を扱った（数学科 3 年生）.

E. 修士・博士論文

1. (博士) 佐藤翔一 (SATO Shoichi): Various problems for properties of solutions to fractional partial differential equations.

F. 対外研究サービス

1. 応用解析セミナー，解析学火曜セミナーの主催
2. 国際研究集会「Geometric Aspects of Partial Differential Equations」, 2023/Jan/16-2023/Jan/18, OIST.

ケリー シェーン (KELLY Shane)

A. 研究概要

現在の研究概要：ほとんどの私の研究トピックは何らかの形でヴォエヴォドスキー (Voevodsky) のモチーフ理論と関係がある。代数多様体のモチーフは、哲学的には、複数のコホモロジー理論（ℓ 進やド・ラームやクリスタリンなど）に共通する情報を普遍的に捉える対象である。ヴォエヴォドスキーは、ホモトピー理論の手法に基づいてモチーフ理論へのアプローチを開発した。この方法では、位相空間で使われる単位区間の代わりに、アフィン直線を使って代数多様体のホモトピー同値を定義する。ここ数年はこのような枠組をモジュラー表現論の問題に応用する研究を行ってきた。

Most of my research is connected to Voevodsky's theory of motives in some way or another. The motive of an algebraic variety is, philosophically, an object which encodes information common to multiple cohomology theories (such as ℓ-adic cohomology, de Rham cohomology, or crystalline cohomology) at once. Voevodsky developed an approach to motives based

on techniques from homotopy theory. In this approach one defines homotopy equivalence of varieties using the affine line instead of the unit interval which is used for topological spaces. In recent years I have become interested in applying such frameworks to questions in representation theory.

B. 発表論文

1. S. Kelly : “Cancellation theorems for Kähler differentials”, Algebraic Geometry, (2023).
2. S. Kelly and S. Saito : “Smooth blowup square for motives with modulus”, Bulletin Polish Acad. Sci. Math., Vol.69, No.2 (2021) pp.97-106.
3. E. Elmanto and M. Hoyois and S. Kelly and R. Iwasa : “Milnor excision for motivic spectra”, J. Reine Angew. Math. (Crelle’s Journal) (2021).
4. E. Elmanto and M. Hoyois and S. Kelly and R. Iwasa : “Cdh descent, cdarc descent, and Milnor excision”, Math. Anal., 379(3) (2021) pp.1011-1045.
5. S. Kelly and M. Morrow : “K-theory of valuation rings”, Compositio Mathematica, 157, Issue 6 (2021) pp.1121-1142.
6. S. Kelly : “Some observations about motivic tensor triangulated geometry over a finite field”, Springer Proc.in Math.& Stat., "Bousfield Classes and Ohkawa’s Theorem" (2020) pp.221-243.
7. S. Kelly : “A better comparison of cdh- and ldh-cohomologies”, Nagoya Mathematical Journal, Volume 236 (Celebrating the 60th Birthday of Shuji Saito) (2019) pp.183-213.
8. J. N. Eberhardt and S. Kelly : “Mixed Motives and Geometric Representation Theory in Equal Characteristic”, Selecta Mathematica, 25:30 (2019).
9. A. Huber and S. Kelly : “Differential forms in positive characteristic II: cdh-descent via functorial Riemann-Zariski spaces”, Algebra Number Theory, 12, no.3 (2018) pp.649-692.
10. S. Kelly : “Un isomorphisme de Suslin”, Bull. Soc. Math. Fr., 146, fascicule 4 (2018) pp.633-647.

C. 口頭発表

1. A blowup formula for motives with modulus, Algebra, Geometry and Number Theory Seminar, Ben-Gurion University, Israel, 2018 年 1 月.
2. A more streamlined comparison of cdh and ldh cohomology, Motives in Tokyo on the occasion of Shuji Saito’s 60th Birthday, Tokyo University, 2018 年 3 月.
3. A motivic formalism in representation theory, Algebraic Geometry Seminar, Tohoku University, 2018 年 10 月.
4. K-theory of valuation rings, International Workshop on motives in Tokyo, Tokyo University, 2019 年 2 月.
5. A motivic formalism in representation theory, Workshop: Algebraic K-theory, Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach, 2019 年 6 月.
6. A motivic formalism in representation theory, Mathematical Society of Japan Autumn Meeting 2019, Kanazawa University, 2019 年 9 月.
7. Blowup formulas for nilpotent sensitive cohomology theories, SMRI Algebra and Geometry Online seminar, University of Sydney, 2021 年 12 月.
8. Motivic homotopy types with modulus over a general base, SFB-Lecture (online), Universität Regensburg, 2022 年 2 月.
9. Motifs avec modules sur une base, Séminaire Variétés Rationnelles, Institut de Mathématiques de Jussieu-Paris Rive Gauche 2022 年 4 月.
10. A nilpotent variant cdh-topology, Algebraic K-theory, motivic cohomology and motivic homotopy theory Workshop, Isaac Newton Institute, Cambridge, 2022

年 6 月.

D. 講義

1. 線型代数学 2（教養学部前期課程講義）
2. Derived algebraic geometry（代数学 XG（学部）・基礎数理特別講義 VI（大学院））
   This course covered a selection of topics from the theory of derived algebraic geometry, focussing on foundations (including ∞-categories) and the cotangent complex.

E. 修士・博士論文

1. (論文博士) 松本　圭峰 (MATSUMOTO Keiho): Integral Derived Invariants and Motives.
2. (論文修士) 下境　琢海 (SHIMOSAKAI Takumi): グラスマン多様体と旗多様体の交差理論 (東京工業大学)

F. 対外研究サービス

1. Motives in Tokyo, 2023 (研究集会組織委員)

助教 (Reseach Associates)

麻生 和彦 (ASOU Kazuhiko)

A. 研究概要

1. 講義ビデオを利用した数学教材の開発
   アクティブラーニングで利用するために講義ビデオの開発を行っている。今年度は、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オンデマンドでの視聴を意識したカメラワーク、編集方法の改良を検討した。
2. 遠隔講義システムの開発
   ハイブリッド講義に対応できるよう、板書を用いた講義の中継するための収録システムの開発を行っている。今年度は、黒板の映像だけでなくスムーズな議論を促すために複数のビデオカメラを用いた中継システムの試作を行った。
3. 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
   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のデジタル化を行い、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。今年度は、公開作業に向けて音声データの目録作成を行なった。

1. **Development of mathematics teaching materials using lecture videos**
   We are developing lecture videos for use in active learning. This year, we examined improvements in camera work and editing methods for on-demand viewing, using the knowledge of instructional design in educational technology.
2. **Development of a remote lecture system**
   We are developing a streaming system that can handle hybrid lectures using a blackboard. This year, we developed a prototype delivery system using multiple video cameras to facilitate discussions with remote participants.
3. **Research and study on preservation, management, and publication of materials related to mathematics**
   We are digitizing audio tapes of lectures given at "International Conference on Algebraic Number Theory (1955)", "International Conference on Functional Analysis (1969)", and "International Conference on Manifold Theory (1973)", and are studying ways to preserve them for long-term use for educational and research purposes. This year, we cataloged the audio data for release to the public.

バオ ユアンユアン (BAO Yuanyuan)

A. 研究概要

以前の研究において，MOY グラフの Alexander 多項式 $\Delta_{(G,c)}(t)$ を定義した．この多項式は結び目の Alexander 多項式の拡張であり、グラフの量子不変量であることも示した．今年度，グリッド図式を利用してこの多項式の公式を一つ与えた．結び目や絡み目を表示する方法として、グリッド図式は 19 世紀 Brunn によって紹介された．近年，結び目 Floer ホモロジーのグリッド図式による組み合わせ的な定義が導入されたことで，この表示方法の結び目理論における重要性が再び認識された．Ozsváth, Stipsicz と Szabó は結び目のグリッド図式を使って結び目の Alexander 多項式を再定義し、グリッド移動における不変性も示した．Harvey と O'Donnol は Ozsváth らの仕事を拡張し，transverse グラフのグリッド図式を定義した．Zhongtao Wu との共同研究で， MOY グラフのグリッド行列を利用して，MOY グラフの Alexander 多項式の公式を与えた．

In our earlier work, we developed a version of Alexander polynomial for MOY graphs, which is denoted by $\Delta_{(G,c)}(t)$. This polynomial naturally extends the definition of the Alexander polynomial for knots, and can be interpreted as a quantum invariant. We give a formula for the Alexander polynomial of an MOY graph from its grid diagram.

As a convenient combinatorial way to represent knots and links, grid diagrams made their first appearance in the work of Brunn in the late 19th century. Recent introduction of these diagrams as a tool of studying knot Floer homology greatly promoted their importance in knot theory. Ozsváth, Stipsicz and Szabó presented a formula of the Alexander polynomial of knots in terms of the grid matrix associated to a given grid diagram, and they even proved the invariance of this polynomial under grid moves in a pure combinatorial way. Harvey and O'Donnol introduced the grid diagram for transverse graphs. Our main result is to give a more explicit and combinatorial description of $\Delta_{(G,c)}(t)$ in terms of an analogous grid matrix adapted from Ozsváth, Stipsicz and Szabó's work. This is a joint work with Zhongtao Wu.

B. 発表論文

1. Yuanyuan Bao and Noboru Ito, gl(1|1)-Alexander polynomial for 3-manifolds, Internat. J. Math., accepted for publication.
2. Yuanyuan Bao and Zhongtao Wu, Alexander polynomial and spanning trees, Internat. J. Math. 32 (2021), no. 08, 2150073.
3. Yuanyuan Bao and Zhongtao Wu, An Alexander polynomial for MOY graphs, Selecta Math. (N.S.) 26 (2020), no. 2 Article No. 32.
4. Yuanyuan Bao, A topological interpretation of Viro's gl(1|1)-Alexander polynomial of a graph, Topology Appl., Vol. 267, (2019), pp. 106870, 25.
5. Yuanyuan Bao, The Heegaard Floer complexes of a trivalent graph defined on two Heegaard diagrams, 京都大学数理研講究録, No. 2129, (2019), pp. 69–82.

C. 口頭発表

1. 3-manifold invariant derived from $gl(1|1)$-Alexander polynomial, 結び目の数理 IV, 早稲田大学, 2021 年 12 月.
2. An Alexander polynomial of MOY graphs, 大阪市立大学 Friday Seminar, Zoom, 2020 年 10 月.
3. Alexander polynomial and spanning trees, 拡大 KOOK セミナー 2020, Zoom, 2020 年 9 月.
4. 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.
5. 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.

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. 線型代数学演習 (教養学部前期課程, A セメスター)
3. 微分積分学演習 (教養学部前期課程, A セメスター)

H. 海外からのビジター

Name: Zhongtao Wu

Affiliation: The Chinese University of Hong Kong

Visit period: Nov. 20–23, 2022 and Jan. 17–24, 2023

We discussed our recent joint work.

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.

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を、Seiberg-Witten 写像の有限次元近似を用いて研究した。

By using the finite-dimensional approximation of the Seiberg-Witten map, I tried to obtain conditions for the locally linear group action on a 4-dimensional manifold not to be smooth.

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. 全学体験ゼミナール「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. 全学体験ゼミナール「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)

今野 北斗 (KONNO Hokuto)

A. 研究概要

主たる研究領域は，ゲージ理論のトポロジー・微分幾何学への応用である．特に族のゲージ理論を発展させ，4 次元多様体の微分同相群の情報を引き出す研究が中心である．今年度は，6 つの異なるテーマについて研究活動を行った．また，年度の後半から，Simons Laufer Mathematical Sciences Institute（旧 MSRI）および MIT への長期出張の機会をいただいた．ここで多くの研究交流を行い，新たな国際共同研究も開始した．以下研究テーマごとに述べる．

1. 今年度の最大の成果は，4 次元多様体のモジュライ空間に対するホモロジー非安定性の確立である（Jianfeng Lin 氏との共同研究）．4 以外の偶数次元においては，多様体 X のモジュライ空間 $\mathrm{BDiff}(X)$ は $S^n \times S^n$ の連結和に関しホモロジー安定性を持つことが，Harer（2 次元）および Galatius・Randal-Williams（6 次元以上）によって既に示されていた．我々の結果により，4 次元においては，これらと極めて対照的な結果が成立することが明らかになった．これは，Galatius・Randal-Williams による 4 以外の次元での状況と合わせると，4 次元多様体のモジュライ空間のホモロジーの計算がホモトピー論に帰着できないことを示唆しており，多様体の分類論における状況の類似が多様体のモジュライ空間のレベルで生じることを意味する．証明は，私が以前構成していたゲージ理論的特性類の変種を構成・計算することでなされる．この新しい特性類は，従来の特性類とは異なる性質を多く持つ非安定特性類である．今回の特性類の構成によって，ホモロジー非安定性に限らず，位相的なモジュライ空間 $\mathrm{BHomeo}(X)$ や正スカラー曲率計量を持つ 4 次元多様体のモジュライ空間との比較など，$\mathrm{BDiff}(X)$ の（コ）ホモロジーのゲージ理論的研究が初めてなされた．

2. 4 次元多様体内の余次元 1 の部分多様体や埋め込みに対し，エキゾチックな対を多く detect し，さらにいかなる 4 次元多様体の連結和による安定化の操作を行ってもこれらのエキゾチック性が消えないことを示した（Anubhav Mukherjee 氏・谷口正樹氏との共同研究）．これは，以前谷口正樹氏と私が証明した境界付き 4 次元多様体の族に対するゲージ理論的な制約（Frøyshov 不等式のひとつの族版）の応用である．

3. 標準的なコンタクト構造を持つ S^3 内の Legendrian リンクを境界に持つ 4 次元多様体内の滑らかな曲面に対する種数の評価を与えた（飯田暢生氏・谷口正樹氏との共同研究）．特別な場合として，従来のものよりも僅かに評価を損するが，閉 4 次元多様体内の自己交叉が負の曲面に対する adjunction 不等式の簡明な別証明も得られる．

4. 上の 2. でも用いた Frøyshov 不等式のひとつの族版を応用して，比較的小さい 4 次元多様体に対する種々のエキゾチックな現象を detect できることを示した（Abhishek Mallick 氏・谷口正樹氏との共同研究）．detect できるエキゾチックな現象とは，例えば，エキゾチックな 4 次元多様体，（強い意味での）コルク，2. とは異なるエキゾチックな余次元 1 の埋め込みである．さらに，4 次元多様体の微分同相の交叉形式への作用に対する Seiberg–Witten 方程式の charge conjugation symmetry 由来の新たな制約も見いだした．

5. 以前宮澤仁氏・谷口正樹氏と行っていた involuton の乗ったスピン 4 次元多様体に対する ‘Real’ Seiberg–Witten Floer 理論を，適当な条件の下で非スピンな場合に拡張した（宮澤仁氏・谷口正樹氏との共同研究）．これを用いて 4 次元多様体上の群作用・4 次元多様体内の向き付け不能曲面に対する非存在定理，非スピン 4 次元多様体に対する Nielsen 実現問題に応用を与えた．

6. 昨年度にほぼ完了していたが，スピン 4 次元多様体に対する Dehn twist と Nielsen 実現問題への応用に関する結果を改良し最終版とした．これは現状 4 次元における Nielsen 実現問題に対する最も広汎な否定的結果である．

My main research area is the application of gauge theory to topology and differential geometry. In particular, I am interested in developing gauge theory for families and extracting information about diffeomorphism groups of 4-manifolds.

1. We established homological instability for moduli spaces of 4-manifolds (joint work with Jianfeng Lin). Harer and Galatius and Randal-Williams had already shown that the moduli space $\mathrm{BDiff}(X)$ for a manifold X has homological stability with respect to the connected sum of $S^n \times S^n$ in even dimensions other than 4. Our result shows that, in dimension 4, a result that is in sharp contrast to these results holds. The proof is given by constructing and computing a variant of a gauge-theoretic characteristic class that I had previously constructed. This new characteristic class is an unstable characteristic class with many properties different from those of previously known characteristic classes.

2. We detected many exotic pairs of submanifolds and embeddings of codimension-1 in 4-manifolds, and showed that the exotica of these pairs does not disappear after stabilization by any 4-manifold (joint work with Anubhav Mukherjee and Masaki Taniguchi).

3. We gave lower bounds on genera of smoothly embedded surfaces in a 4-manifold bounded by a Legendrian link in S^3 with the standard contact structure (joint work with Nobuo Iida and Masaki Taniguchi). This gives also a simple alternative proof of the adjunction inequality for surfaces with negative self-intersection in a closed 4-manifold, although the estimate is slightly weaker than the known one.

4. We proved that a family version of the Frøyshov inequality detects various exotic phenomena on relatively small 4-manifolds, such as exotic 4-manifolds, (strong) corks, and exotic codimension-1 embeddings that are different from 2 (joint work with Abhishek Mallick and Masaki Taniguchi).

5. We extended 'Real' Seiberg-Witten Floer theory for spin 4-manifolds with involution, which was previously developed by Jin Miyazawa, Masaki Taniguchi and myself, to the non-spin case under suitable conditions (joint work with Jin Miyazawa and Masaki Taniguchi).

6. I made the final version of the paper about the results on the Dehn twist for spin 4-manifolds and its application to the Nielsen realization problem. So far this is the most extensive negative result for the Nielsen realization problem in dimension 4.

B. 発表論文

1. H. Konno, A cohomological Seiberg-Witten invariant emerging from the adjunction inequality, J. Topol. **15** (2022), no. 1, 108–167.
2. D. Baraglia and H. Konno, On the Bauer-Furuta and Seiberg-Witten invariants of families of 4-manifolds, J. Topol. **15** (2022), no. 2, 505–586.
3. H. Konno and M. Taniguchi, The groups of diffeomorphisms and homeomorphisms of 4-manifolds with boundary, Adv. Math. **409** (2022), Paper No. 108627, 58 pp.
4. N. Iida, H. Konno, and M. Taniguchi, A note on generalized Thurston–Bennequin inequalities, Internat. J. Math. **33** (2022), no. 14, Paper No. 2250089, 8 pp.
5. D. Baraglia and H. Konno, A note on the Nielsen realization problem for K3 surfaces, to appear in Proc. Amer. Math. Soc.
6. H. Konno and N. Nakamura, Constraints on families of smooth 4-manifolds from $\mathrm{Pin}^-(2)$-monopole, to appear in Algebr. Geom. Topol.

7. T. Kato, H. Konno, and N. Nakamura, A note on exotic families of 4-manifolds, to appear in Proc. Amer. Math. Soc.
8. H. Konno, Dehn twists and the Nielsen realization problem for spin 4-manifolds, to appear in Algebr. Geom. Topol.
9. N. Iida, H. Konno, A. Mukherjee, and Masaki Taniguchi, Diffeomorphisms of 4-manifolds with boundary and exotic embeddings, arXiv:2203.14878
10. H. Konno, A. Mukherjee, and Masaki Taniguchi, Exotic codimension-1 submanifolds in 4-manifolds and stabilizations, arXiv:2210.05029
11. H. Konno and J. Lin, Homological instability for moduli spaces of smooth 4-manifolds, arXiv:2211.03043

C. 口頭発表

1. Floer K-theory for knots, Intelligence of Low-dimensional Topology, オンライン [京都大学数理解析研究所], 2022 年 5 月
2. Gauge theory and the diffeomorphism groups of 4-manifolds, 談話会, 京都大学, 2022 年 6 月
3. Seiberg-Witten Floer homotopy and its applications, 第 69 回 幾何学シンポジウム 基調講演, 東京理科大学, 2022 年 8 月
4. Dehn twists and Nielsen realization in dimension 4, リーマン面に関連する位相幾何学, オンライン, 2022 年 9 月
5. Homological Instability in Dimension 4, FHT Program Seminar, Simons Laufer Mathematical Sciences Institute, 2022 年 10 月
6. Homological instability for moduli spaces of 4-manifolds, The 7th Japan-China Geometry Conference, オンライン [広島大学], 2022 年 12 月
7. Homological instability for moduli spaces of 4-manifolds, Brandeis Topology Seminar, Brandeis University, 2023 年 1 月
8. Homological instability for moduli spaces of 4-manifolds, MIT Geometry and Topology Seminar, Massachusetts Institute of Technology, 2023 年 2 月
9. Homological instability for moduli spaces of 4-manifolds, Conference “Geometric Analysis”, University of Regensburg, 2023 年 3 月
10. Homological instability for moduli spaces of 4-manifolds, Gauge Theory in Kyoto, 京都大学, 2023 年 3 月

D. 講義

1. 数理科学基礎演習: 大学での数学の基礎・微分積分と線型代数の基礎の演習. (教養学部前期課程, S1 ターム・S2 ターム)
2. FMSP 社会数理実践研究・研磨班担当
3. 集中講義（京都大学）: Seiberg–Witten 理論の低次元トポロジーへの応用の，現代的な視点からの概説を行った.

F. 対外研究サービス

1. オーガナイザー，ゲージ理論セミナー，オンライン
2. オーガナイザー，Diffeomorphisms and Gauge Theory Seminar, Simons Laufer Mathematical Sciences Institute

間瀬 崇史 (MASE Takafumi)

A. 研究概要

格子方程式 (偏差分方程式) の次数増大を計算する手法について研究を行った. 特異点閉じ込めの情報から次数を予想する手法が常差分方程式の場合に既に知られていたが, これを多次元格子上の方程式に拡張することを試みた. いくつかの格子方程式について, この手法が適用可能であり, さらに厳密に次数を与えることがわかった. この手法において問題となるのは

- 大域的な特異点の情報をどのように厳密に得るのか
- 特異点の情報が正しく得られた場合に, そこから次数増大を計算するプロセスが厳密であることをどう示すのか

という点であるが, 方程式の具体形を用いた議論

によって, これらをクリアすることができた. 今後の課題は, 一般の方程式の場合にどのようにこれらを確かめるのかという点である.

I studied a method to calculate the degree growth of lattice equations (partial difference equations). It was already known that in the case of ordinary difference equations, one can calculate the degree sequence from the singularity patterns of an equation (although a rigorous proof was known only in the case of confining mappings of the plane). I tried to generalize this method to the case of lattice equations and showed that for some equations, the method works and in fact gives the correct degrees.

B. 発表論文

1. R. Kamiya, M. Kanki, T. Mase, T. Tokihiro, Coprimeness-preserving discrete KdV type equation on an arbitrary dimensional lattice, *Journal of Mathematical Physics* 62 (2021): 102701.
2. T. Mase, A. Nakamura, H. Sakai, Discrete Hamiltonians of discrete Painlevé equations, *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 6 (2021): 1251–1264.
3. Y. Nakamura, R. Sakamoto, T. Mase, J. Nakagawa, Coordination sequences of crystals are of quasi-polynomial type, *Acta Crystallographica Section A: Foundations and Advances* A77 (2021): 138–148.
4. R. Kamiya, M. Kanki, T. Mase, T. Tokihiro, Algebraic entropy of a multi-term recurrence of the Hietarinta-Viallet type, *RIMS Kôkyûroku Bessatsu* B78 (2020): 121–153.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. T. Mase, Studies on spaces of initial conditions for nonautonomous mappings of the plane, *Journal of Integrable Systems* 3 (2018): xyy010.
10. M. Kanki, T. Mase, T. Tokihiro, On the coprimeness property of discrete systems without the irreducibility condition, *SIGMA* 14 (2018): 065.

C. 口頭発表

1. T. Mase, The Laurent property, irreducibility and coprimeness of non-integrable partial difference equations, Pure maths colloquium talks, Canterbury (UK), February 2023.
2. T. Mase, Integrability tests for lattice equations - or why initial value problems do matter, Integrable Systems 2019, Sydney (Australia), November 2019.
3. 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.
4. 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.
5. 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.

D. 講義

1. 数理科学基礎演習, 数学基礎理論演習, 線型代数学演習, 微分積分学演習: 教養学部前期過程, 通年, 理科一類 1 年 (36–39). 微分積分学, 線形代数学の演習を行った.
2. 集合と位相 (補習): 理学部 2 年生, A セメスター, 数学科進学予定者対象. 「集合と位相」の補習授業を行った.

中村 勇哉 (NAKAMURA Yusuke)

A. 研究概要

(1) 昨年度に引き続き LSC 予想と PIA 予想を研究した. これまでは商特異点を扱っていたが, 一般の多様体について有限商をとったとき MLD がどのように変化するかを研究した. また, Moraga の議論を修正し, 商特異点に対する Shokurov の index 予想を証明した (B. 発表論文の 1, 柴田康介氏との共同研究).

(2) エルハート理論を周期グラフの growth sequence に拡張するという試みを行った (井上卓哉氏との共同研究). 周期グラフは virtually abelian 群の幾何学的群論としても出現する. Benson や Evetts が virtually abelian 群について証明した growth series の rationality に (より簡単な) 別証明を与えた. また, 反射的多面体がもつ Ehrhart 多項式の相互法則が成り立つような周期グラフの十分条件をみつけた.

(1) As joint work with K. Shibata, we continued to study the LSC conjecture and the PIA conjecture from the previous year. This year, we have studied how MLD changes for general varieties (not only for smooth varieties) by taking a finite quotient. We also modified Moraga's argument and proved Shokurov's index conjecture for quotient singularities.

(2) As joint work with Takuya Inoue, we attempted to extend the Ehrhart theory to growth sequences of periodic graphs. Periodic graphs appear in the geometric group theory of virtually abelian groups. We gave a (simpler) alternative proof to the rationality of the growth series for virtually abelian groups proved by Benson and Evetts. We also studied sufficient conditions for periodic graphs to satisfy the reciprocity law of the Ehrhart polynomials of the reflexive polytopes.

B. 発表論文

1. Y. Nakamura, K. Shibata: "Shokurov's index conjecture for quotient singularities", preprint available at arXiv:2209.04845.
2. Y. Nakamura, K. Shibata: "Inversion of adjunction for quotient singularities II: Non-linear actions", preprint available at arXiv:2112.09502.
3. W. Chen, Y. Gongyo, Y. Nakamura: "On generalized minimal log discrepanc", preprint available at arXiv:2112.09501.
4. Y. Nakamura, J. Song: "Upper bounds of orders of automorphism groups of leafless metric graphs", preprint available at arXiv:2110.05946.
5. Y. Nakamura, K. Shibata: "Inversion of adjunction for quotient singularities", Algebraic Geometry **9** (2022), no. 2, 214-251.
6. Y. Nakamura, R. Sakamoto, T. Mase, J. Nakagawa: "Coordination sequences of crystals are of quasi-polynomial type", Acta Crystallogr. Sect. **A77** (2021), no. 2, 138–148.
7. Y. Nakamura: "Dual complex of log Fano pairs and its application to Witt vector cohomology", Int. Math. Res. Not. IMRN **2021**, no. 13, 9802-9833.
8. Y. Nakamura, H. Tanaka: "A Witt Nadel vanishing theorem for threefolds", Compos. Math. **156** (2020), no. 3, 435–475.

9. K. Hashizume, Y. Nakamura, H. Tanaka: “Minimal model program for log canonical threefolds in positive characteristic”, Math. Res. Lett. **27** (2020), no. 4, 1003–1054.
10. 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.

C. 口頭発表

1. “Toward an Ehrhart theory on periodic graphs", Order seminar, 大阪大学, 日本, 2023 年 3 月 (予定).
2. “Ehrhart theory of periodic graphs", The 1st Algebraic geometry Atami symposium, 熱海, 日本, 2023 年 2 月.
3. “Minimal log discrepancies of quotient singularities", Birational Geometry Workshop at BIMSA, BIMSA, 中国, 2022 年 10 月.
4. “Minimal log discrepancies of quotient singularities", 代数学シンポジウム 2022, RIMS, 日本, 2022 年 8-9 月.
5. “Minimal log discrepancies of quotient singularities", Algebraic Geometry Seminar, 名古屋大学, 日本, 2022 年 6 月.
6. “Inversion of adjunction for quotient singularities", JAMI Conference 2022: Higher Dimensional Algebraic Geometry (in honor of Prof. Shokurov’s 70th Birthday), Johns Hopkins University, 米国, 2022 年 5 月,

D. 講義

1. PEAK 学生向け数学学修相談室.
2. 社会数理実践研究 p. ロボット班.

F. 対外研究サービス

1. (オーガナイザー) Algebraic Geometry in East Asia Online Seminar, オンライン開催 (2 週間に 1 度), 2020 年 8 月-.
2. (オーガナイザー) The 1st Algebraic geometry Atami symposium, 2023 年 2 月.

G. 受賞

1. 2018 年度 日本数学会賞建部賢弘賞奨励賞, 2018 年 10 月.

田中 雄一郎 (TANAKA Yuichiro)

A. 研究概要

局所コンパクト群 G とそのコンパクト部分群 K に対して、$L^2(G/K)$ が G のユニタリ表現として無重複であるとき、(G,K) を Gelfand 対と言います。Gelfand 対 (G,K) は環 $L^1(K\backslash G/K)$（積は接合積を考えます）の可換性によっても特徴づけられ、その両側 K 不変な同時固有関数は球関数と呼ばれます（R. Godement, Trans. Amer. Math. Soc. **73** (1952)）。この球関数を用いることで、一般の局所コンパクト群の Gelfand 対 (G,K) に対し $L^2(G/K)$ の Fourier 変換を定義することができ、実際に Fourier 逆変換公式が成り立つことが知られています。
一方、(G,K) を Riemann 対称対とした場合には、リー群としての枠組みにおける様々な解析的な結果が知られています（I. M. Gelfand, Doklady Akad. Nauk SSSR **70** (1950)、Harish-Chandra, Amer. J. Math. **80** (1958), Acta. Math. **116** (1966)、S. Helgason, Bull. Amer. Math. Soc. **71** (1965), Adv. Math. **5** (1970)）。そこで、Riemann 対称対に対する解析的な結果を、リー群の Gelfand 対に対して拡張することを考えます。
B. 発表論文 1 では、Riemann 対称対に対する結果の中でも特に、球関数の積分表示や球関数の対称性、Helgason - Fourier 変換公式を、G の冪単根基が可換であるような Gelfand 対 (G,K) に拡張しています。

A pair (G,K) of a locally compact group G and its compact subgroup is a Gelfand pair if the left regular representation $L^2(G/K)$ of G is multiplicity-free. For a Gelfand pair (G,K) the ring $L^1(K\backslash G/K)$ is commutative with respect to the convolution product, and spherical functions for (G,K) are defined as its K-biinvariant joint eigenfunctions on G（R. Godement, Trans. Amer. Math. Soc. **73** (1952)）. The theory of spherical fnunctions for Rieman-

nian symmetric pairs (G, K) has been developed by I. M. Gelfand (Doklady Akad. Nauk SSSR **70** (1950)), Harish-Chandra (Amer. J. Math. **80** (1958)), S. Helgason (Bull. Amer. Math. Soc. **71** (1965), Adv. Math. **5** (1970)) and many researchers, and the Plancherel formula on G/K was proved by Harish-Chandra (Amer. J. Math. **80** (1958), Acta. Math. **116** (1966)). This is a far generalization of the classical Euclidean case $G/K = \mathrm{R}^n$ for $(G, K) = (\mathrm{R}^n, \{e\})$. The Euclidean space R^n can also be expressed as G/K for $(G, K) = (O(n) \,\mathrm{n}\, \mathrm{R}^n, O(n))$, and this corresponds to the Fourier inversion formula in the polar coordinate expression. The generalization to Riemannian symmetric pairs from this point of view is the Helgason–Fourier transform.

The paper B.1 below shows an integral formula and the symmetry property of spherical functions, and Helgason–Fourier transform for Gelfand pairs with abelian unipotent radicals.

B. 発表論文

1. Yuichiro Tanaka, A Cartan decomposition for Gelfand pairs and induction of spherical functions, J. Math. Soc. Japan **74**(4), (2022) 1219–1243.
2. Yuichiro Tanaka, Visible actions of compact Lie groups on complex spherical varieties, J. Differential Geom. **120**(2), (2022) 375–388.
3. Yuichiro Tanaka, A Cartan decomposition for a reductive real spherical homogeneous space, Kyoto J. Math. **62**(1), (2022) 95–102.
4. Yuichiro Tanaka, Double coset decomposition for reductive absolutely spherical pairs, Geometric and Harmonic Analysis on Homogeneous Spaces and Applications, Springer Proceedings in Mathematics & Statistics **366**, 229–267, 2021.
5. 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, 函数解析学分科会講演アブストラクト（2019）, 67–76.
6. 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, 数理解析研究所講究録, RIMS, Kyoto University, No. **2139** (2019), 37–49.

C. 口頭発表

1. 田中雄一郎, 無重複性のユニタリトリックについて, 日本数学会 2023 年度年会, 中央大学理工学部, 2023 年 3 月 16 日.
2. 田中雄一郎, Dolbeault コホモロジーの無重複性について, 金沢大学サテライト・プラザ、金沢大学, 2023 年 3 月 9 日.
3. 田中雄一郎, P 半不変関数の構成について, Workshop on “Actions of Reductive Groups and Global Analysis”, Zoom meeting，2022 年 8 月 18 日.
4. 田中雄一郎, 無重複性のユニタリトリックについて, Lie 群論･表現論セミナー, Zoom meeting, 2022 年 3 月 15 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について, Lie 群論・表現論セミナー, Zoom meeting, 2021 年 11 月 23 日.
6. 田中雄一郎，G 多様体上の解析について，Workshop on "Actions of Reductive Groups and Global Analysis"，Zoom meeting，2021 年 8 月 18 日.
7. 田中雄一郎，Gelfand 対の球関数について，Langlands and Harmonic Analysis (第 5 回), Zoom meeting，2021 年 3 月 9 日.
8. 田中雄一郎，無重複性の伝播定理について，Workshop on "Actions of Reductive Groups and Global Analysis"，Zoom meeting，2020 年 8 月 19 日.
9. Yuichiro Tanaka，Cartan decomposition for a reductive real spherical homogeneous space, 6th Tunisian-Japanese Conference, Mahdia, Tunisia, December 16, 2019.
10. 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.

D. 講義

1. 数理科学基礎演習 (微積分・線型代数): 微積分・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 (微積分・線型代数):微積分・ 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: 微分積分学に関する演習 (教養学部前期課程講義)
4. 線型代数学演習: 線型代数学に関する演習 (教養学部前期課程講義)
5. 複素解析学補習: 複素解析学に関する補習の実施 (教養学部前期課程学生)

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型ロボットの開発をめざし、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た。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た。遺伝子の転写とは、DNA 配列を鋳型に RNApolymerase 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 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 nextgeneration 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 faulttolerant system of the gene transcription.

B. 発表論文

1. 上坂正晃, 新田恭平, 佐藤大輔, 大田佳宏, “3 次元点群のアノテーションを効率化するための半自動化システム”, 「応用数理」(日本応用数理学会) 2022 年度 32 巻 1 号.
2. Transcription Dynamics: Cellular Automaton Model of Polymerase Dynamics for Eukaryotes. In “Mathematical Modeling for Genes to Collective Cell Dynamics”, Springer, p.1–23.
3. 上坂正晃, 石橋佳久, 佐藤大輔, 中野嵩士, 八登浩紀, 大田佳宏, “統計学はどのように使われているのか”, 「数学セミナー」(日本評論社)2020 年 6 月号 p.36.
4. 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.

C. 口頭発表

1. 大田佳宏, 豊田通商 Digital XLab 技術ショールーム 招待講演, 2022 年 11 月 28 日, 大手町ビル Inspired. LabDTS.
2. 大田佳宏, 「防災に向けた最新 DX 活用例」, 香川大学主催 危機管理シンポジウム「DX 防災×レジリエントな人づくり～持続可能な地域分散型社会に向けて～」 招待講演, 2022 年 10 月 31 日, かがわ国際会議場.
3. 大田佳宏, 土佐経済同友会主催 高知 DX 経済フォーラム パネルディスカッション, 2022 年 5 月 29 日, 高知城ホール.
4. 大田佳宏, 総務省主催 総務大臣・副大臣地方創生フォーラム パネルディスカッション, 2022 年 5 月 28 日, 徳島グランヴィリオホテル.
5. 大田佳宏, 「AI と DX を用いた社会課題解決の事例」, 株式会社 BCN 主催「サードウェーブ× BCN 共催セミナー 今こそ AI ビジネスエコシステムに飛び込め！～DX を追い風に拡大する商機～」招待講演, 2022 年 4 月 14 日.
6. 大田佳宏, 「AI の基礎」, 第二地方銀行協会主催「デジタル人材育成講座」 招待講演, 2022 年 3 月 3 日.
7. 大田佳宏, 「AI/DX による社会課題の解決事例」, 第二地方銀行協会主催セミナー 招待講演, 2022 年 2 月 8 日, 第二地方銀行協会.
8. 大田佳宏, 「AI と DX を用いた社会課題解決の事例」, e-とくしまビジネスセミナー, 招待講演, 2022 年 1 月 25 日, PARK WESTON HOTEL.
9. 大田佳宏, 総務省主催「次なる共創社会構想会議 CIADC」 招待講演, 2022 年 1 月 7 日.

D. 講義

1. 社会数理先端科学 II (11/22, 11/25 担当): 「生活と社会に貢献する AI と数理科学」のタイトルで，数理科学，AI の活用事例について講義した.

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, Coble 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. また, 最近はポスト量子暗号で用いられる Jacobi 多様体の Richelot isogeny にも興味を持っている. 本年度は金銅誠之との共同研究として, Klein が 19 世紀に見出した複素数体上の quadratic line complex の理論を標数 2 において再構成し、そこに現れる種数 2 の代数曲線の Jacobi 多様体の p-rank が交代形式とどのように対応するかを明らかにした。

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.

標数 2 の有限自己同型群を持つ Coble 曲面については, 金銅誠之との共同研究で, nodal 曲線のなす configulation を用いて 7 種類に分類できることを証明した。

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は M. Schuett との共同研究でいくつかの結果を与えた.

Richelot isogeny ついては, 高島克幸との共同研究で, 種数 2 の superspecial 曲線のなす isogeny グラフの edge の正確な数を計算し, そのグラフの全容を明らかにした.

The subjects of my research are K3 surfaces, Enriques surfaces, elliptic surfaces, Coble surfaces, abelian varieties and Calabi-Yau varieties in positive characteristic. Lately, I also study the structure of Richelot isogenies of algebraic curves which are used in the theory of post quantum crypto-system. As results of the current year, I examined the theory of quadratic line complex over the complex number field which was found by Klein in the 19th century. I made a theory of quadratic line complex in characteristic 2 jointly with S. Kondo, and we made clear the relations between the alternating form and the p-rank of Jacobian varieties of curves of genus 2 which appear in the theory.

I've been studying Enriques surfaces in characteristic 2. Over the complex number field Enriques surfaces with finite automorphism group contain 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 an Enriques surface 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.

I also classified Coble surfaces with finite automorphism group in characteristic 2 by a joint-work with S. Kondo.

Jointly with S. Schuett, I studied the unirationality of K3 surfaces and the structure of abelian surfaces with automorphism of order 3, and gave some results.

As a joint-work with K. Takashima, we calculated the number of Richelot isogenies for superspecial curves of genus 2, and made clear the structure of their isogeny graphs.

B. 発表論文・著書

1. T. Katsura and S. Kondo, Coble surfaces in characteristic 2, to appear in J. Math. Soc. Japan.
2. 桂　利行, 楕円曲面, 岩波叢書, 岩波書店, 2022 年
3. T. Katsura, Decomposed Richelot isogenies of Jacobian varieties of curves of genus 3, J. Algebra., 588 (2021), 129-147. doi.org/10.1016/j.jalgebra.2021.08.020
4. T. Katsura and N. Saito, On multicanonical systems of quasi-elliptic surfaces, J. Math. Soc. Japan, 73(4) (2021), 1253-1261. doi: 10.2969/jmsj/85058505
5. T. Katsura and K. Takashima, Counting Richelot isogenies between superspecial abelian surfaces, in "Proceedings of the Fourteenth Algorithmic Number Theory Symposium (ANTS-XIV)" (edited by Steven Galbraith), Open Book Series 4, Mathematical Sciences Publishers, Berkeley, 2020, 283–300. DOI 10.2140/obs.2020.4.283
6. T. Katsura and M. Schuett, K3 surfaces with 9 cusps in characteristic p, accepted in J. Pure and Applied Algebra,225 (2021), doi.org/10.1016/j.jpaa.2020.106558.
7. T. Katsura and M. Schuett, Zariski K3 surfaces, Zariski K3 surfaces, Rev. Mat. Iberoam, Eur. Math. Soc., 36 no.3 (2020), 869—894, DOI 10.4171/RMI/1152.
8. 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
9. 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.
10. 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.

C. 口頭発表

1. On the moduli of quasi-elliptic Enriques surfaces in characteristic 2, K3 Surfaces, Enriques surfaces, and Related Topics 研究集会, 名古屋大学, 2023 年 3 月 20 日
2. 正標数の代数幾何, 第２０回岡シンポジウム, 奈良女子大学, 2022 年 12 月 17 日.
3. Decomposed Richelot isogenies of curves of genus 3, 「同種写像暗号とその暗号への応用」研究集会, 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 [Zoom],2021 年 8 月 30 日.
4. On the classification of Enriques surface with finite automorphism group, Conference on Theory and Applications of Supersingular Curves and Supersingular Abelian Varieties, RIMS Conference [Zoom], 京都大学数理解析研究所, October 13, 2020.
5. Counting Richelot isogenies of supersingualr curves of genus 2, Seminar of Algebraic Geometry in East Asia [Zoom], October 9, 2020.
6. 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.
7. On the supersingular locus of the mod-

uli space of principally polarized abelian varieties in positive characteristic, "Supersingular abelian varieties and related arithmetic", Nagoya Univ., September 30, 2019.

8. Algebraic geometry in positive characteristic, Research Seminar Algebraic Geometry, Leibniz University Hanover, August 15, 2019; Conference on Algebraic Geometry in Positive Characteristic and Related Topics, Univ. of Tokyo, Tokyo, December 18, 2018.
9. Construction of numerically trivial automorphism of Enriques surfaces in characteristic 2, Research Seminar Algebraic Geometry, Leibnitz Univ. Hanover, Germany, September 4, 2018.
10. 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.

F. 対外研究サービス

1. 2012 年度～2021 年度 藤原洋数理科学賞審査委員会委員長
2. 2016 年 6 月～2023 年 5 月 日本数学会理事長補佐
3. 2016 年度～2021 年度　猿橋賞選考委員
4. 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
5. 2018 年度 お茶の水女子大学外部評価委員会委員
6. 2019 年度 東北大学理学部・理学研究科外部評価委員会委員
7. 2020 年度 東京理科大学総合研究院アドバイザリー委員会委員
8. 2021 年度 東京理科大学総合研究院先端的代数学融合研究部門アドバイザリー委員会委員
9. 2022 年度 千葉大学理学部・理学研究科外部評価委員会委員

連携併任講座

1.「情報数学セミナー」主催　鈴木泰成客員教授
2. FoPM セミナー 10 回開催

川又 雄二郎 (KAWAMATA Yujiro)

A. 研究概要

今年度は非可換変形の理論の研究を継続するとともに、代数多様体の特異点圏の研究も行った。

ここで非可換変形というのは、非可換環をパラメーター空間とする変形のことである。代数多様体 X 上の連接層 F の変形は、論文 [6] で述べたように、DG 環 $A = RHom_X(F, F)$ またはその極小モデル A^∞ 環 B で記述される。A や B は元来非可換であるので、変形のパラメーター空間として非可換なものを考えるのは自然である。さらに、非可換変形は可換変形よりも豊富に存在し、変形空間の解析からより多くの不変量を得ることができる。今年度の研究では、層の変形だけではなく、DG Lie 環で記述されるような多様体 X 自体の変形の場合も、同じように非可換空間をパラメーターとして考えることができ、非可換な普遍変形空間の記述が層の変形の場合と同様に記述できることを証明した (論文 [1])。

滑らかな射影的代数多様体 X の導来圏 $D^b(coh(X))$ は Serre 関手の存在など良い性質を持っている。X が特異点を持つ場合には、導来圏 $D^b(coh(X))$ と完全複体のなす部分圏 $Perf(X)$ との比較が重要になり、特異点圏 $D_{sg}(X) = D^b(coh(X))/Perf(X)$ が重要な研究対象になる。X が超曲面特異点を持つ場合には、特異点圏 $D_{sg}(X)$ は行列分解の圏に対応している。X が Gorenstein であれば、特異点圏の Hom 集合は有限次元になるが、非 Gorenstein の場合にはそうなるとは限らず難しい。論文 [4] に触発されて、Kalck 氏は特別な 2 次元と 3 次元の非 Gorenstein 特異点の特異点圏の間の同値を証明した。この証明は代数的で間接的なものであったので、幾何学的で直接的な証明を考案した。そしてより一般的に、pretilting collection を持つような導来圏の特異点圏について研究した (論文執筆中)。

This year, I continued the investigation of the theory of non-commutative deformations and also investigated the singularity categories of algebraic varieties.

Here, a non-commutative deformation is a deformation whose parameter space is a non-commutative associative algebra. The deformations of a coherent sheaf F on an algebraic variety X is described by a DG algebra $A = RHom_X(F,F)$ or its minimal model A^∞ ring B, as described in the paper [6]. Since A and B are non-commutative in nature, it is natural to consider non-commutative parameter spaces for deformations. Moreover, non-commutative deformations are more abundant than commutative deformations, and more invariants can be obtained from the analysis of the deformation space. In this year's study, I considered not only the deformations of sheaves, but also the deformations of the manifold X itself, which are described by the DG Lie algebras instead of DG algebras. I showed that the non-commutative algebras can be considered as a parameter space, and proved that the description of non-commutative semi-universal deformation spaces can be described in the same way as in the case of deformations of sheaves ([1]).

The bounded derived category of coherent sheaves $D^b(coh(X))$ of a smooth projective algebraic variety X has good properties such as the existence of Serre functors. When X has a singularity, it is important to compare the derived category $D^b(coh(X))$ with the subcategory $Perf(X)$ formed by the perfect complexes. The singularity category $D_{sg}(X) = D^b(coh(X))/Perf(X)$ is an important object of study. If X has hypersurface singularities, then the singularity category $D_{sg}(X)$ corresponds to the category of the matrix factorizations. If X is Gorenstein, then the Hom set of the singularity category is finite-dimensional. However, this is not always the case in the non-Gorenstein case, which makes it difficult. Inspired by the paper [4], Kalck proved an equivalence between the singularity categories of special 2-dimensional and 3-dimensional non-Gorenstein singularities. Since this proof was algebraic and indirect, I devised a geometric and direct proof. More generally, I studied singularity categories of varieties which have pretilting collections (paper in preparation).

B. 発表論文

1. *Deformations over non-commutative base.* arXiv:2303.06323
2. *Semi-orthogonal decomposition and smoothing.* arXiv:2112.14452
3. *Non-commutative deformations of perverse coherent sheaves and rational curves.* J. Algebraic Geom. 32 (2023), pp. 59–91. https://doi.org/10.1090/jag/805
4. *On the derived category of a weighted projective threefold.* Bollettino dell'Unione Matematica Italiana, 15 (2022), 245–252. Catanese's 70th birthday issue. DOI: 10.1007/s40574-021-00277-6
5. *Semi-orthogonal decomposition of a derived category of a 3-fold with an ordinary double point.* Recent Developments in Algebraic Geometry: to Miles Reid for his 70th Birthday. LMS Lecture Notes Series 478, 2022, 183–215.
6. *On non-commutative formal deformations of coherent sheaves on an algebraic variety.* EMS Surv. Math. Sci. 8 (2021), 237–263. DOI: 10.4171/EMSS/49
7. *Non-commutative deformations of simple objects in a category of perverse coherent sheave.* Selecta Math. 26, Article number: 43 (2020) DOI: 10.1007/s00029-020-00570-w
8. with Fabrizio Catanese. *Fujita decomposition over higher dimensional base.* European J. Math. 5-3 (2019), 720–728. DOI: 10.1007/s40879-018-0287-0.
9. *Derived McKay correspondence for $GL(3,\mathrm{C})$.* Adv.

Math. 328 (2018), 1199–1216. https://doi.org/10.1016/j.aim.2018.01.022.

10. *On multi-pointed non-commutative deformations and Calabi-Yau threefolds.* Compositio Math. 154 (2018), 1815–1842. doi:10.1112/S0010437X18007248

C. 口頭発表

1. *Derived categories of singular varieties.* The 1st Algebraic Geometry Atami Symposium, February 7–10, 2023.
2. *Deformations over non-commutative base.* Princeton Univ., NJ, USA, November 1, 2022.
3. *Deformations over non-commutative base.* MMP and Moduli, Simons Foundation, New York, NY, USA, October 24–28, 2022.
4. *Deformations over non-commutative base.* Complex Algebraic Geometry and Related Topics, Gargnano del Garda, Italy, September 19–23, 2022.
5. *Deformations over non-commutative base.* Deformations of Geometric Structures in Current Development in Mathematics, Columbia Univ. and Harvard Univ., NY and MA, USA, May 3–6 and 9–13, 2022.
6. *Deformations over non-commutative base.* Higher Dimensional Algebraic Geometry, Johns Hopkins Univ., MD, USA, May 5–8, 2022.
7. *Semi-orthogonal decomposition and smoothing.* Tsinghua Univ., Beijing, China, via Zoom, October 21, 2021.
8. *Kunihiko Kodaira and complex manifolds.* Harvard Univ., MA, USA, via Zoom, October 6, 2020.
9. *Non-commutative deformations of perverse coherent sheaves.* Komplexe Analysis, Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach, Germany, via Zoom, August 17–21, 2020.
10. *Non-commutative deformations of coherent sheaves.* Birational Geometry and Moduli 2019, Univ. Auckland, New Zealand, December 9–13, 2019.

F. 対外研究サービス

以下の学外セミナーやシンポジュームのオーガナイザー

1. *Algebraic Geometry in East Asia seminar in Zoom.* Jungkai Chen (NTU, Taiwan), Meng Chen (Fudan University, China), Kiryong Chung (Kyungpook National Univ., Korea), Baohua Fu (Chinese Academy of Science, China), Yoshinori Gongyo (Tokyo, Japan), Phung Ho Hai (VAST, Vietnam), Yujiro Kawamata (Tokyo, Japan), LE Quy Thuong (Vietnam National University, Vietnam), JongHae Keum (KIAS, Korea), Conan Leung (CUHK, Hong Kong), Wei-Ping Li (HKUST, Hong Kong), Hsueh-Yung Lin (NTU, Taiwan), Yusuke Nakamura (Tokyo, Japan), Xiaotao Sun (Tianjing Univ., China), Joonyeong Won (KIAS, Korea), De-Qi Zhang (NUS, Singapore), August 7, 2020–December 23, 2022.
2. *The 1st Algebraic Geometry Atami Symposium.* with Yusuke Nakamura and Keiji Oguiso, Atami, February 7–10, 2023.
3. *2023 NCTS Higher Dimensional Algebraic Geometry Minicourses and Workshop.* with Caucher Birkar, Jungkai Chen and Keiji Oguiso, National Taiwan University, Taiwan, March 13–24, 2023.

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。拡散や摩擦による平滑化効果を微分方程式や変分問題の枠組で捉えることは、例えば、画像からノイズを減少させるという工学的な問題を扱ううえで鍵となる。典型的成果は以下

のとおりである。

1. 小林・ワレン・カーターエネルギー：材料科学の多粒界問題の研究に各粒（結晶）の方位といったバルクの構造を考慮したエネルギーとして、小林・ワレン・カーターエネルギーが広く用いられている。しかし、界面（粒界）の厚さをゼロとした特異極限については、1 次元の場合でさえわかっていなかった。これは従来の L^1 位相では捉えられない挙動であるからである。そこでグラフ収束という概念を導入することにより、特異極限を捉えることを可能にした。
2. クリスタライン曲率流：漸近平衡形が凸多角形となるような曲率流方程式はクリスタライン曲率流と呼ばれている。平衡形に現れる角（かど）しかない多角形（許容多角形）を初期値とするとき、解は許容多角形であることはよく知られていた。ここでは一般の多角形の場合も瞬時に許容多角形になることを示した。また、4 階のクリスタライン表面拡散流について、初期値が周期的区分 1 次関数のグラフで与えられているとき、その解の形状、さらにその成長速度を求めた。ファセット（平らな部分）が分離したり、消えたりする現象の例を与えた。一方、高次元クリスタライン平均曲率流について、これまでの研究をまとめてサーベイ論文を出版した。
3. ヘルムホルツ分解：ベクトル場をスカラー場の勾配と発散なし場との和に分解することをヘルムホルツ分解という。元のベクトル場の属する空間が、ある種の有界平均振動関数の空間としたときのヘルムホルツ分解をベクトル場の定義域が有界領域の場合に与えた。関数の境界付近の挙動をどのように規制するかが問題であった。

Analysis of nonlinear nonequilibrium phenomena is important not in natural sciences including materials science, fluid mechanics but also in industrial technology. Studying smoothing effects due to diffusion or friction in the framework of differential equations and variational problems is a key to handling engineering problems, for example, reduction of noises from images. Here is explanation of our typical achievements.

1. Kobayashi-Warren-Carter energy: The Kobayashi-Warren-Carter energy is widely used as an energy taking bulk structure like crystalline direction of each grain (crystal) into account in researches on multi-grain problems in materials science. However, its singular limit as letting the thickness of an interface (grain-boundary) to zero was not known even in one-dimensional setting. This is because conventional L^1 topology misses such a limit. We are able to catch the singular limit by introducing the notion of graph-convergence.
2. Crystalline curvature flow: A curvature flow whose asymptotic equilibrium is a convex polygon is called a crystalline curvature flow. If initial data is a polygon whose vertices consist of those of the equilibrium shape, it is well known that the solution stays in the same class of polygons called admissible. We prove that the solution instantaneously becomes an admissible polygon even if the initial data is a general polygon. We also study the fourth-order crystalline surface diffusion flow when initial data is the graph of a periodic piecewise linear function. We study the shape of the solution especially its speed. We give examples a facet (a flat part) splitting and vanishing. For a higher dimensional crystalline mean curvature flow, we publish a survey paper.
3. Helmholtz decomposition: A decomposition of a vector field into a gradient of a scalar function and a divergence free field is called a Helmholtz decomposition. When the domain where a vector field is defined is a bounded domain, we give a

Helmholtz decomposition when the vector field belongs to some space of functions of bounded mean oscillators. A key issue is how to control the behavior of a function near the boundary.

B. 発表論文

1. M.-H. Giga, Y. Giga, R. Kuroda and Y. Ochiai : "Crystalline flow starting from a general polygon", Discrete Contin. Dyn. Syst. **42** (2022) 2027–2051.
2. Y. Giga and Z. Gu : "Normal trace for vector fields of bounded mean oscillation", Potential Anal., published online (2022).
3. Y. Giga, H. Mitake and S. Sato : "On the equivalence of viscosity solutions and distributional solutions for the time-fractional diffusion equation", J. Differential Equations **316** (2022) 364–386.
4. Y. Giga and S. Tsubouchi : "Continuity of derivatives of a convex solution to a perturbed one-Laplace equation by p-Laplacian", Arch. Rational Mech. Anal. **244** (2022) 253–292.
5. Y. Giga and Z. Gu : "The Helmholtz decomposition of a space of vector fields with bounded mean oscillation in a bounded domain", Math. Ann., published online (2022).
6. Y. Giga and Q. A. Ngô : "Exhaustive existence and non-existence results for Hardy-Hénon equations in R^n", Partial Differ. Equ. Appl. **3** (2022) Article number: 81.
7. Y. Giga and N. Pozar : "Motion by crystalline-like mean curvature: a survey", Bull. Math. Sci. **12** (2022) 2230004-1-68.
8. 今村 恵子, 日高 中, 儀我 美保, 儀我 美一, 井上 治久 : "熱拡散方程式（HDE）モデルによる新薬探索支援 AI ツールの開発", 革新的 AI 創薬 (2022) 193–197.
9. 儀我 美一, 上坂 正晃 : "相の構造を考慮した拡散界面エネルギーとその特異極限", 応用数理 **32** (2022) 186–197.
10. 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", Adv. Calc. Var., published online (2021), **16** (2023) 163–182.
11. M.-H. Giga and Y. Giga : "Crystalline surface diffusion flow for graph-like curves", Discrete Contin. Dyn. Syst., published online (2022), **43** (2023) 1436–1468.

C. 口頭発表

1. The level-set mean curvature flow equation versus the total variation flow equation, Catch-all Mathematical Colloquium of Japan, Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University, Japan (オンライン), 2022 年 5 月.
2. Continuity of derivatives of a convex solution to a total variation equation perturbed by p-Laplacian, UWA Analysis Seminars, University of Western Australia, Australia (オンライン), 2022 年 5 月.
3. 泡発生条件, 社会連携講座「冷媒熱流体の数理」, 東京大学大学院数理科学研究科 (オンライン), 2022 年 6 月–7 月.
4. On the Helmholtz decomposition of BMO space of vector fields, Mathematical Fluid Mechanics in 2022, Institute of Mathematics, Czech Academy of Sciences, Czech Republic (オンライン), 2022 年 8 月.
5. On the Helmholtz decomposition of BMO space of vector fields, School of Mathematical Sciences, Peking University, China (オンライン), 2022 年 10 月.
6. 泡層の蒸発モデルの提案, 社会連携講座「冷媒熱流体の数理」, 東京大学大学院数理科学研究科 (オンライン), 2022 年 10 月.
7. Motion by crystalline-like mean curva-

ture, School of Mathematical Sciences, Peking University, China (オンライン), 2022 年 10 月.

8. The fourth-order total variation flow in R^n, School of Mathematical Sciences, Peking University, China (オンライン), 2022 年 10 月.
9. 泡層成長速度の簡易評価, 社会連携講座「冷媒熱流体の数理」, 東京大学大学院数理科学研究科 (オンライン), 2022 年 11 月.
10. 熱流体相場 (phase field) モデル 1, 社会連携講座「冷媒熱流体の数理」, 東京大学大学院数理科学研究科 (オンライン), 2023 年 2 月.

E. 修士・博士論文

1. (論文博士) 鶴橋 知典 (TSURUHASHI Tomonori): On Microscopic Interpretation for Convex Integration and Self-Similar Structure of Vortices in Turbulence (凸積分法に関する微視的表現と乱流渦の自己相似構造について).

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–)

〈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. Mathematische Annalen (Editor-in-chief)
11. Nonlinear Differential Equations and Applications

〈研究集会のオーガナイズ〉

1. Daniel Hauer, Ben Andrews, Yoshikazu Giga, Ben Goldys, Ki-Ahm Lee, Yoshihiro Sawano, Gang Tian, Enrico Valdinoci, Zhouping Xin, Asia-Pacific Analysis and PDE Seminar, School of Mathematics and Statistics, The University of Sydney, Australia (オンライン), 2020 年 5 月 11 日–毎月曜日.
2. Charles M. Elliott, Yoshikazu Giga, Nao Hamamuki, Michael Hinze, Vanessa Styles, Etsuro Yokoyama, Interface and Free Boundaries, Graduate School of Mathematical Sciences, The University of Tokyo, Japan (Online), 2022 年 6 月 7 日–9 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, 劉 逸侃, 第 47 回偏微分方程式論札幌シンポジウム, 北海道大学理学部およびオンライン, 2022 年 8 月 8 日–10 日.
4. Hayato Chiba, Yoshikazu Giga, Lyudmila Grigoryeva, Boumediene Hamzi, Masato Kimura, Hiroshi Kokubu, Kohei Nakajima, Hirofumi Notsu, Juan-Pablo Ortega, Differential Equations for Data Science 2023 (DEDS2023), オンライン, 2023 年 2 月 20 日–22 日.

G. 受賞

1. 第 2 回日本数学会賞小平邦彦賞 (2023 年)

H. 海外からのビジター

1. Michał Łasica (Polish Academy of Sciences)
   Mathematical analysis on 4th order total variation flow equations in the whole space and a bounded domain.
2. Michael Gößwein (University of Duisburg-Essen)
   (講演) Stability analysis for the surface

diffusion flow on double bubbles using the Lojasiewicz-Simon, 解析学火曜セミナー, 東京大学大学院数理科学研究科, 2022 年 5 月 24 日.

3. Xingzhi Bian (Shanghai University) （講演）A brief introduction to a class of new phase field models, 応用解析セミナー, 東京大学大学院数理科学研究科, 2022 年 6 月 30 日.

河野 俊丈 (KOHNO Toshitake)

A. 研究概要

ベクトル束のホロノミーの理論を高次圏に拡張し，2 次元ホロノミーを K.-T. Chen による形式的接続を用いて研究した．形式的接続はコバー構成法による非可換形式的べき級数環に値をとる．この手法により，2 次元ホロノミーについて反復積分を用いた普遍的な表示を得た．また，この構成を組みひもコボルディズムの圏の表現に応用した．

I developed he theory of 2-connections on principal 2-bundles and their two dimensional holonomy by means of K.-T. Chen's formal connections with values in the ring of non-commutative formal power series related to the cobar construction. I described a universal form of two dimensional holonomy in terms of iterated integrals. I applied this method to the 2-category of braid cobordisms.

B. 発表論文

1. T. Kohno : *Configuration spaces, KZ connections and conformal blocks*, Topology of Arrangements and Representation Stability, Oberwolfach Reports No.2 (2018), DOI: 10.4171/OWR/2018/2
2. 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.
3. T. Kohno : *Higher holonomy and iterated integrals*, Topology and Geometry, A collection of papers dedicated to Vladimir G. Turaev (ed. A. Papadopoulos), European Mathematical Society Press, (2021), 307-325.
4. T. Kohno : Formal connections, higher holonomy functors and iterated integrals, Topology and Its Applications, (2021), https://doi.org/10.1016/j.topol.2021.107985.
5. T. Kohno : Temperley-Lieb-Jones category and the space of conformal blocks, to appear in " A collection of papers dedicated to Nobert A'Campo" (ed. A. Papadopoulos), European Mathematical Society Press, 2023.
6. T. Kohno : Homological representations of braid groups at roots of unity and the space of conformal blocks, "Low Dimensional Topology and Number Theory" Springer Proceedings in Mathematics and Statistics.
7. （著書）河野俊丈:「曲率とトポロジー – 曲面の幾何から宇宙のかたちへ」東京大学出版会, 2021 年.
8. （著書）河野俊丈:「組みひもの数理　新装版」日本評論社. 2022 年.
9. （著書）河野俊丈 : 曲面の幾何構造とモジュライ　増補版, 日本評論社, 2023 年.

C. 口頭発表

1. Higher category extensions of holonomy maps and iterated integrals, Higher structures in algebra, geometry and quantum field theory, University of Hamburg, Germany, February 2019.
2. Higher holonomy maps and iterated integrals, New trends in geometry and mathematical physics, CSF Monte Verità, Switzerland, August 2019.
3. Mathematical forms – geometric models, lattices and crystals, Design Innovation from Nature Symposium, Jacobs Hall, UC Berkeley, USA, November 2019.

4. Higher holonomy maps and iterated integrals, Hyperplane Arrangements and Singularities, Graduate School of Mathematical Sciences, the University of Tokyo, December 2019.
5. Higher holonomy functors and iterated integrals, Homotopy Theory Symposium 2020, online, November 2020.
6. Quantum computation and homological representations of braid groups, Workshop on "Computational Knot Theory" KAIST (on line), Korea, June, 2021.
7. 数理模型から空間の幾何化定理を読み解く，分野協働のための図学, 日本図学会，2021 年 6 月.
8. 多様体上の大域解析とサーストンの幾何化定理，明治大学非線形数理セミナー, 2021 年 8 月.
9. Temperley-Lieb-Jones category and the space of conformal blocks, Low Dimensional Topology and Number Theory XIII, Kyushu University (on line), March, 2022.
10. Formal connections and the category of braid cobordisms, Building-up Differential Homotopy Theory 2023 in Aizu, Aizu University, March, 2023.

D. 講義

1. PEAK: Mathematics 1 – Multivariable calculus
2. 数理科学広域演習：Academic writing に関する FoPM プログラムの講義で，oral presentation に関わる部分を担当した.

F. 対外研究サービス

1. カブリ数物連携宇宙研究機構 (Kavli IPMU) 連携研究員
2. Kyushu Journal of Mathematics, Editor.
3. Annales de l'Institut Henri Poincaré D, Editor.
4. East Asian Conference on Geometric Topology, Program Committee Member.

H. 海外からのビジター

Matthew Jackson (ENS Paris-Saclay) 外国人協力研究員，配置空間の高次ホロノミーについての研究を行った.

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] 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, 応用数理, 第 31 巻 第 4 号 176-179 (2021)

[2] Y. Nakamura, R. Sakamoto, T. Mase, J. Nakagawa, Coordination sequences of crystals

are of quasipolynomial type, Acta Cryst., A77, 138148.(2021)

[3] 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)

[4] 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)

[5] 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 第 28 巻 4 号、23-27 (2018)

C. 口頭発表

[1] 中川淳一,　東京大学大学院数理科学研究科　FMSP 社会数理実践研究の紹介,　九州大学マス・フォア・インダストリ研究集会「材料科学における幾何と代数」,　九州大学,　2021.8.31

[2] 中川淳一, 東京大学大学院数理科学研究科日本製鉄社会連携講座「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, JST　CRDS 数学と自然科学、工学との協働に関するセミナー,　JST Web 講演 2021.2.24

[3] 中川淳一,　東京大学大学院数理科学研究科　FMSP 社会数理実践研究の紹介,　九州大学マス・フォア・インダストリ研究集会「材料科学における幾何と代数」,　九州大学,　2020.9.8

[4] 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

[5] J. Nakagawa, Creating an Interdisciplinary Platform Based on Inverse Problems, International Conference on Inverse Problems、復旦大学 (2018.10.12-14)

D. 講義

1. 社会数理先端科学 II :　数学とデータサイエンスの関わりについて 講義を行った。通常概念の意味でのデータサイエンスにおける数学・統計学の利活用の事例紹介 (12 月 24 日)。データの定義を変えて純粋数学者が参画できる議論の場から生まれる新しい数学研究の成果を、FMSP 社会数理実践研究の事例を題材に紹介 (1 月 18 日)

2. 社会数理実践研究　グラフ班

3. SGW2022 (7 月 27 日〜8 月 2 日 :　九大・東大共催のスタディグループに課題「結晶グラフと現実世界の結晶の配位数列の関係」を提供し 19 名の参加者と議論と成果発表の指導

F. 対外研究サービス

1. JST　CREST 研究領域「実験と理論・計算・データ科学を融合した材料開発の革新」領域アドバイザー

2.. 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

3. ICIAM2023 プログラム委員会委員

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. In particular, 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 their analysis.

B. 発表論文

1. H. Shigematsu, S. Wakao, N. Murata, H. Makino, K. Takeuchi and M. Matsushita: “Multi-Objective Topology Optimization of Synchronous Reluctance Motor Using Response Surface Approximation Derived by Deep Learning”, IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, **18**(1) (2023) 120–128.
2. R. Isshiki, R. Kawamata, S. Wakao and N. Murata: “Topology optimization in magnetic shield design by using density method in combination with CNN”, COMPEL, **41**(6) (2022) 2109–2119.
3. M. Nagayama, T. Aritake, H. Hino, T. Kanda, T. Miyazaki, M. Yanagisawa, S. Akaho and N. Murata: “Detecting cell assemblies by NMF-based clustering from calcium imaging data”, Neural Networks, **149** (2022) 29–39.
4. H. Hino, S. Akaho and N. Murata: “Geometry of EM and related iterative algorithms”, Information Geometry, (2022) on-line.
5. T. Aritake, H. Hino, S. Namiki, D. Asanuma, K. Hirose and N. Murata: “Fast and robust multiplane single-molecule localization microscopy using a deep neural network”, Neurocomputing, **451** (2021) 279–289.
6. K. Oda, R. Kawamata, S. Wakao and N. Murata: “Fast Multi-objective Optimization of Magnetic Shield Shape by Combining Auto-Encoder and Level-set Method”, IEEE Transactions on Magnetics, **57**(7) (2021) 1–5.
7. T. Aritake, H. Hino, S. Namiki, D. Asanuma, K. Hirose and N. Murata: “Single-molecule localization by voxel-wise regression using convolutional neural network”, Results in Optics, **1** (2020) 100019.
8. S. Sonoda and and N. Murata: “Transport analysis of infinitely deep neural network”, Journal of Machine Learning Research, **20** (2019) 1–52.
9. 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.
10. 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.

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．(理学部 2 年生 (後期)・3 年生向け講義)
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．(理学部 2 年生 (後期)・3 年生向け講義)

柳田 英二 (YANAGIDA Eiji)

A. 研究概要

主に放物型偏微分方程式における動的特異点の研究を進めた．具体的な研究成果は以下のとおりである．

(1) 空間一次元の場合の fast-diffusion 方程式に対し，特異点が移動するような状況での初期値問題の特異解の存在を示し，またそれが一意であるための十分条件を与えた．次に，特異点近傍での解の形状についての評価を与え，それが特異点の速度に依存していることを示した．特異点が後退する場合には burning core が現れることを発見した．特異点が等速度で動く場合に進行波が存在することを示し，またこれが大局的に漸近安定であることを明らかにした．さらには，速度が一定の範囲内にある場合には時間全域解が存在することを示した．これは Marek Fila (Comenius

University), 高橋仁氏（東京工業大学）との共同である．
(2) 線形放物型偏微分方程式に対し，特異点の位置が分数ブラウン運動に従って動く場合について研究した．ハースト指数 H と解の特異性の関係について調べ，いくつかの臨界指数が現れることを示した．より精密には，$H > 1/2$ の場合には特異点が静止している場合と大差はないが，空間次元を N として $1/N < H < 1/2$ の場合には指数に応じて解の形状が変化し，$0 < H < 1/N$ の場合は同じ特異形状を保持することを示した．これは岡田いず海氏（九州大学）との共同研究である．

I mainly studied about dynamic singularities in parabolic partial differential equations. My main results as follows.
(1) For the fast-diffusion equation on the one-dimension space, we proved the existence of a singular solution for the initial-value problem, and obtained sufficient conditions for uniqueness. Next, we studied the profile of solutions near the singularity and showed that it depends on the speed of a singular point. In the case where a singular point retreats, we found that there appears a burning core. When a singularity moves with a constant speed, we proved the existence of traveling solutions, and proved that they are globally asymptotically stable. Furthermore, when the speed is in a bounded range, we proved the existence of an entire solution which exists for all time. This is a joint work with Marek Fila (Comenius university) and Jin Takahashi (Tokyo Institute of Technology).
(2) For linear parabolic partial differential equations, we considered the case where a singularity moves depending on the fractional Brownian motion. We studied the relationship between the Hurst exponent H and the profile of solutions near the singularity, and revealed that there appear some critical exponents. More precisely, if $H > 1/2$, there is no difference from the case where the singularity moves smoothly. If $1/N < H < 1/2$, where N is the spatial dimension, the profile depends on H, whereas if $0 < H < 1/N$, the profile does not depend on H. This is a joint work with Izumi Okada (Kyushu University).

B. 発表論文

1. M. Fila, P. Macková, J. Takahashi, E. Yanagida, Anisotropic and isotropic persistent singularities of solutions of the fast diffusion equation, Differential and Integral Equations **35** (2022), 729–748.
2. I. Okada and E. Yanagida, Probabilistic approach to the heat equation with a dynamic Hardy-type potential, Stochastic Process. Appl. **145** (2022), 204–225.
3. H. Matsuzawa, H. Monobe, M. Shimojo and E. Yanagida, Convergence to a traveling wave in the logarithmic diffusion equation with a bistable nonlinearity, Indiana Univ. Math. J. **71** (2022), 125–151.
4. K. Nagahara, Y. Lou and E. Yanagida, Maximization of total population with logistic growth in a patchy environment, J. Math. Biol. **82** (2021), no. 1-2, Paper No. 2, 50 pp.
5. M. Fujii, I. Okada and E. Yanagida, Isolated singularities in the heat equation behaving like fractional Brownian motion, J. Math. Anal. Appl. **504** (2021), no. 1, Paper No. 125322, 19 pp.
6. J.-L. Chern, G. Hwang, J. Takahashi and E. Yanagida, On the evolution equation with a dynamic Hardy-type potential, J. Evol. Equ. **21** (2021), no. 2, 2141–2165.
7. M. Fila, J. King, J. Takahashi, E. Yanagida, Solutions with snaking singularities for the fast diffusion equation, Trans AMS **374** (2021), no. 12, 8775–8792.
8. J.-L. Chern and E. Yanagida, Qualitative Analysis of Singular Solutions for Nonlinear Elliptic Equations with Potentials, Mathematische Annalen **381** (2021), 853–874.

C. 口頭発表

1. 神経系の数理モデルと非線形現象，現象数理講演会，明治大学総合数理学部，2023 年 1 月．
2. 非線形拡散による解の特異性，偏微分方程式の幾何的様相，京都大学数理解析研究所，2022 年 12 月．
3. 非線形現象と解析学，現象数理学三村賞記念講演会，明治大学先端数理科学インスティチュート，2022 年 12 月．
4. On various singularities in a nonlinear diffusion equation, 広島大学微分方程式研究会，広島大学理学部，2022 年 10 月．
5. Snaking singularity in the fast diffusion equation, One day workshop on RDS, 明治大学総合数理学部，2022 年 10 月．
6. 熱方程式における動的特異性について現象数理講演会，明治大学総合数理学部，2022 年 7 月．

G. 受賞

2022 年度現象数理学三村賞（明治大学先端数理科学インスティテュート）

特任准教授 (Project Associate Professor)

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、様々な領域における粘着境界条件下での幾何的正則性判定法。２．ＮＳ方程式の軸対称旋回流の数値解析。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: On the continuity of the solutions to the Navier-Stokes equations with initial data in critical Besov spaces, Annali di Matematica 198 (2019) no.5, 1495-1511.
2. 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 Navier-Stokes equations near a saddle point and no-slip flat boundary, Conference on Mathematical Fluid Dynamics, Bad Boll (Germany), May 2018.
2. 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.
3. 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.
4. National roadkill survey results and discussion on reducing outdoor breeding

cats (poster session), 26th Annual Meeting of The Association of Wildlife and Human Society, Gifu, Nov. 2021.

特任助教 (Project Research Associates)

森 迪也 (MORI Michiya)

A. 研究概要

私は，作用素環のあいだの写像（あるいは部分集合のあいだの写像）で特定の構造を保つようなものの一般形について調べる，保存問題と呼ばれるタイプの問題の研究を主に行ってきた．以下，最近の成果について説明する．

論文 2 およびプレプリント 5 では，von Neumann 環の射影束の束構造に対する同型写像を調べ，束同型と局所可測作用素環の環同型のあいだに対応関係が成り立つことを導いた．これは von Neumann による II_1 型環に対する結果の拡張にあたる．また，固有無限 von Neumann 環に対し，局所可測作用素環の任意の環同型が実 $*$ 同型と相似であることを示した．論文 4 では，von Neumann 正則性を満たす自己共役な作用素環について調べ，いくつかの性質を導いた．これは R. Kadison の提示した問題に動機づけられ，von Neumann による正則環の研究とも関係している．ほかに，P. Šemrl 氏（スロベニア・リュブリャナ大学）との共同研究が進行中であり，複素 Hilbert 空間の射影空間が持つ距離構造について調べている．

I am interested in preserver problems in the setting of operator algebras. In this research area we study mappings between (subsets of) operator algebras that preserve certain structures. In what follows I summarize my recent research.

In Papers 2 and 5, I studied lattice isomorphisms of projection lattices of von Neumann algebras. I proved that such isomorphisms are in one-to-one correspondence with ring isomorphisms of the algebras of locally measurable operators. This gives a generalization of von Neumann's result on von Neumann algebras of finite type. I also proved that every ring isomorphism between locally measurable operator algebras of properly infinite von Neumann algebras is similar to a real *-isomorphism. In Paper 4, I studied *-algebras of bounded linear operators on a Hilbert space that is regular in the sense of von Neumann. I gave several properties of such algebras. This study is motivated by a problem posed by R. Kadison, and is also related to von Neumann's research on regular rings. In an ongoing joint project with P. Šemrl (Univ. of Ljubljana, Slovenia), we are studying the metric structure of the projective space of a complex Hilbert space.

B. 発表論文

1. M. Mori and P. Šemrl : "Loewner's theorem for maps on operator domains", accepted for publication in Canad. J. Math., arXiv:2006.04488.
2. M. Mori : "Lattice isomorphisms between projection lattices of von Neumann algebras", Forum Math. Sigma **8** (2020), e49, arXiv:2006.08959.
3. G.P. Gehér and M. Mori : "The structure of maps on the space of all quantum pure states that preserve a fixed quantum angle", Int. Math. Res. Not. IMRN 2022, no. 16, 12003–12029, arXiv:2102.05780.
4. M. Mori : "On regular *-algebras of bounded linear operators: A new approach towards a theory of noncommutative Boolean algebras", accepted for publication in 東北数学雑誌, arXiv:2107.05806.
5. M. Mori : "Ring isomorphisms of type II_∞ locally measurable operator algebras", preprint, arXiv:2206.00875.

C. 口頭発表

1. Lattice isomorphisms between projection lattices of von Neumann algebras and ring isomorphisms of locally measurable operator algebras, 京都作用素環セミナー, 2022 年 7 月.

2. Lattice isomorphisms between projection lattices of von Neumann algebras, 第 61 回実函数論・函数解析学合同シンポジウム, 日本大学理工学部駿河台校舎, 2022 年 8 月.
3. Wigner's unitary-antiunitary theorem and its variants, RIMS 共同研究（公開型）「作用素環論の最近の進展」, 2022 年 9 月.
4. Lattice isomorphisms between projection lattices of von Neumann algebras, 日本数学会 2022 年度秋季総合分科会, 北海道大学, 2022 年 9 月.
5. Ring isomorphisms of locally measurable operator algebras, 東京大学作用素環セミナー, 2022 年 11 月.
6. Loewner's theorem for maps on operator domains, 2022 Japan-China International Conference on matrix theory with applications, 立命館大学びわこ・くさつキャンパス, 2022 年 12 月.
7. Ring isomorphisms of locally measurable operator algebras, 作用素環論，エルゴード理論セミナー, 九州大学, 2023 年 1 月.
8. Ring isomorphisms of locally measurable operator algebras, Seminar za algebro in funkcionalno analizo, University of Ljubljana, スロベニア, 2023 年 2 月.

D. 講義

1. 微分積分学演習 :「微分積分学」の講義に対応する演習．A セメスター，理二三 14–16 組．（教養学部前期課程講義）
2. 線型代数学演習 :「線型代数学」の講義に対応する演習．A セメスター，理二三 14–16 組．（教養学部前期課程講義）
3. 解析学特別演習 III :「解析学 VI」（フーリエ変換・超関数）の講義に対応する演習．A セメスター．（理学部 3 年生向け講義）

G. 受賞

1. 日本数学会賞建部賢弘奨励賞（2022 年 9 月）

連携併任講座 (Special Visiting Chairs)

☆客員教授 (Visiting Professors)

鈴木 泰成 (SUZUKI Yasunari)

A. 研究概要

量子計算は物質の量子力学的な性質を活用した計算技術であり、従来より高速な計算を可能にすると期待されている。量子計算機の高速性は計算量理論により保証されているが、その代償として量子的な物質を操ることの難しさから基本演算の速度やエラー率は通常の計算機に大きく劣る。このため、量子計算機が優位性を発揮するのは計算量的なスケーリングが有効となる大きいサイズの問題に限られる一方で、素朴に拡大した量子計算機はエラーが高い確率で生じるため信頼性のある計算が出来ない。こうした事情から、実用的な量子計算はいまだ実現していない。

量子計算機の高い誤り率は、情報を符号化し計算中に量子誤り訂正を行うことによって実効的に削減できる。一方、量子誤り訂正を実現するには、冗長化のための大規模な量子デバイスの制御、計算中に誤りを推定し訂正するための制御システム、符号化された量子情報をターゲットとしたコンパイル最適化などが必要となる。ところが、信頼性のある量子計算機で必須となるこうした技術の設計は理論的な検討に留まっている。従って、実用的な量子計算機を実現するため、これらの計算機技術を具体化および最適化する必要がある。

私は誤りに耐性のある量子計算機について、これら３つの技術を実現し統合するための研究開発を行ってきた。第一に、私は集積化された超伝導回路による量子計算機を制御するシステムの設計開発に取り組んでいる。大規模な量子計算機を高速に制御するには、量子計算機を正確に制御するための特徴づけ及び校正を高速に行う必要がある。これを実現するための校正手法の提案や、制御を並列化およびパイプライン化による高速化技術を提案、実装してきた。第二に、誤りに耐性のある量子計算機を制御する計算機アーキテクチャの提案を行っている。これまで、誤りに耐性のある量子計算機を計算機としてどのようにロジックを構成すべきかはアルゴリズムのレベルでしか議論されていなかった。これに、具体的な回路実装を提示するとともに、評価のためのベンチマークの仕組みを提案することで、誤り耐性量子計算機の設計を具体化および高性能化してきた。第三に、誤りに耐性のある量子計算機をターゲットとしたコンパイラの開発および最適化手法の提案を行っている。実用的な規模の量子計算機のプログラムを具体的な命令セットに翻訳する仕組みを構築するとともに、ループ並列化などの従来の計算機での高速化手法を量子計算機で実現することで、プログラムの実行時間を削減する手法を提案してきた。

Quantum computation is a technology that leverages the properties of quantum matter and is expected to be superior to the existing computing models since its speed-up is supported by computational complexity theory. On the other hand, since the control of quantum matters are more complicated than the existing ones, the latency and error rates of basic operations are inferior to the existing computers. Therefore, while we need to scale up the quantum computers to demonstrate complexity-theoretic speed-up, the computation with quantum computers would most likely fail due to high error rates in such a regime. Due to these difficulties, practical quantum computing has not been achieved yet. Quantum error correction (QEC) is expected as a technology to resolve the above issue. With the QEC technique, we can encode quantum information with redundant quantum devices and reduce the effective error rates to an arbitrarily small value. To implement this technique

into quantum computing systems, we need to develop three technologies: control of massively integrated quantum devices, circuit-level design for error-correction systems, and compiler optimization targeting the encoded quantum information. While combining these technologies is essential to demonstrate practical quantum computing, their study is limited to theoretical analysis.

I have been working on the development of fault-tolerant quantum computers to improve and integrate these three technologies. First, I have worked on designing systems to control quantum computers with integrated superconducting circuits. I developed efficient calibration methods and automation systems to control massively integrated quantum devices and proposed efficient methods to calibrate complicated controls. Second, I proposed a circuit-level design for QEC logic. I provided a benchmark framework for QEC systems and maximized the performance of quantum computer architecture. Finally, I developed a compiler framework and optimization techniques for quantum programs. For example, I proposed a quantum variant of loop-parallelization techniques and reduced the runtime of quantum programs.

B. 発表論文

1. Wang Liao, Yasunari Suzuki, Teruo Tanimoto, Yosuke Ueno, Yuuki Tokunaga, "WIT-Greedy: Hardware System Design of Weighted ITerative Greedy Decoder for Surface Code", 28th Asia and South Pacific Design Automation Conference (ASP-DAC 2023), pp. 209–215 (2023)
2. Yasunari Suzuki, Takanori Sugiyama, Tomochika Arai, Wang Liao, Koji Inoue, Teruo Tanimoto, "Q3DE: A fault-tolerant quantum computer architecture for multi-bit burst errors by cosmic rays", the 55th IEEE/ACM International Symposium on Microarchitecture (MICRO) (2022) 1110–1125
3. Kosuke Mitarai, Yasunari Suzuki, Wataru Mizukami, Yuya. O. Nakagawa, Keisuke Fujii: "Quadratic Clifford expansion for efficient benchmarking and initialization of variational quantum algorithms", Physical review research **4**, 033012 (2022)
4. Nobuyuki Yoshioka, Hideaki Hakoshima, Yuichiro Matsuzaki, Yuuki Tokunaga, Yasunari Suzuki, Suguru Endo: "Generalized quantum subspace expansion", Physical review letters **129**, 020502 (2022)
5. Yasunari Suzuki*, Suguru Endo*, Keisuke Fujii, Yuuki Tokunaga: "Quantum Error Mitigation as a Universal Error Reduction Technique: Applications from the NISQ to the Fault-Tolerant Quantum Computing Eras", PRX Quantum **3**, 010345 (2022) (*: equal contribution)
6. Yosuke Ueno, Masaaki Kondo, Masamitsu Tanaka, Yasunari Suzuki, Yutaka Tabuchi, "QULATIS: A Quantum Error Correction Methodology toward Lattice Surgery", 2021 IEEE International Symposium on High-Performance Computer Architecture (HPCA) (2022) 274–287
7. Yasunari Suzuki, Yoshiaki Kawase, Yuya Masumura, Yuria Hiraga, Masahiro Nakadai, Jiabao Chen, Ken M. Nakanishi, Kosuke Mitarai, Ryosuke Imai, Shiro Tamiya, Takahiro Yamamoto, Tennin Yan, Toru Kawakubo, Yuya O. Nakagawa, Yohei Ibe, Youyuan Zhang, Hirotsugu Yamashita, Hikaru Yoshimura, Akihiro Hayashi, Keisuke Fujii: "Qulacs: a fast and versatile quantum circuit simulator for research purpose", Quantum **5**, 559 (2021)
8. Shu Kanno, Suguru Endo, Yasunari Suzuki, Yuuki Tokunaga, "Quantum algorithm for calculation of transition am-

plitudes in hybrid tensor networks", Physical Review A **104**, 042424 (2021)

9. Yosuke Ueno, Masaaki Kondo, Masamitsu Tanaka, Yasunari Suzuki, Yutaka Tabuchi, "QECOOL: On-Line Quantum Error Correction with a Superconducting Decoder for Surface Code," 2021 58th ACM/IEEE Design Automation Conference (DAC) (2021) 451–456
10. Yoshifumi Nakata, Da Zhao, Takayuki Okuda, Eiichi Bannai, Yasunari Suzuki, Shiro Tamiya, Kentaro Heya, Zhiguang Yan, Kun Zuo, Shuhei Tamate, Yutaka Tabuchi, Yasunobu Nakamura: "Quantum circuits for exact unitary t-designs and applications to higher-order randomized benchmarking", PRX Quantum **2**, 030339 (2021)

C. 口頭発表

1. 鈴木泰成、"誤り耐性量子コンピュータのアーキテクチャ設計とコンパイラ開発"、日本学術会議 情報学委員会 第 16 回情報学シンポジウム (招待講演)、オンライン、2023 年 1 月
2. 鈴木泰成、"誤り耐性量子計算機の設計と制御"、 第 47 回量子情報技術研究会 (招待講演)、オンライン、2022 年 12 月
3. Yasunari Suzuki, "Design and Optimization of Fault-Tolerant Quantum Computing", Quantum Innovation 2022 (invited talk), Online, 2022 年 11 月
4. 前田 雄也, 鈴木 泰成、山本 俊、徳永 裕己、藤井 啓祐、"2 次元格子に集積化された量子ビット間の表面符号を用いた効率的な論理ベル状態の蒸留"、第 7 回 量子ソフトウェア研究会、大阪大学、2022 年 10 月
5. Yasunari Suzuki, "Simulation of quantum circuits and beyond", IEEE Quantum Week 2022 Advanced Simulations of Quantum Computations (invited talk), Colorado, United States, 2022 年 9 月
6. 鈴木 泰成、冬鏡 澪、"誤り耐性量子計算における SELECT 回路の並列化と高速化"、第 6 回 量子ソフトウェア研究会、オンライン、2022 年 7 月
7. 前蔵 遼、鈴木 泰成、吉岡 信行、徳永 裕己、"生成モデルを用いた量子状態トモグラフィに基づくノイズレスな期待値の推定"、第 6 回 量子ソフトウェア研究会、オンライン、2022 年 7 月
8. 新居 智将、鈴木 泰成、徳永 裕己、"エラー確率が不均質な表面符号の復号のフェニック木を用いた高速化"、第 5 回 量子ソフトウェア研究会、オンライン、2022 年 3 月
9. 鈴木泰成、"超伝導量子計算機におけるトポロジカル量子誤り訂正符号"、日本学術振興会　超伝導エレクトロニクス第 146 委員会、オンライン、2021 年 7 月
10. 為近彩智、鈴木泰成、徳永裕己、青木隆朗、"ナノファイバー共振器 QED 系を用いた量子中継の検討"、日本物理学会 第 76 回年次大会、オンライン、2021 年 3 月

D. 講義

1. 社会数理特別講義 I：量子計算機科学に関する数理的な側面に関し講義を実施した。量子情報の基礎、量子エレクトロニクス、量子誤り訂正符号理論、量子アルゴリズムなどを扱った。(教養学部前期課程講義)
2. 数理科学総合セミナー II：量子計算機科学に関する数理的な側面に関し講義を実施した。全体の講義のうち 2 回分にて、量子誤り訂正符号や符号上での論理操作を扱った。(教養学部後期課程講義)

G. 受賞

1. 優秀発表賞, 情報処理学会 第 6 回量子ソフトウェア研究会 (2022)
2. MIT Technology Review Innovator Under 35 (2022)

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.

学振特別研究員 (JSPS Fellow)

亀岡 健太郎 (KAMEOKA Kentaro)

A. 研究概要

今年度は離散シュレーディンガー作用素の固有関数の半古典極限における指数減衰をフィンスラー計量により記述するアグモン評価の論文がアクセプトされるように努力し成功した．さらなる新しい結果を求めて研究したが目立った成果は得られなかった．

In this year, I made efforts on my paper on the Agmon estimate which describes the exponential decay of eigenfunctions of discrete Schrödinger operators in the semiclassical limit by a Finsler metric, and this paper has been accepted. Moreover, I studied for a new result. Nevertheless, I did not obtain a remarkable one.

B. 発表論文

1. K. Kameoka, Remarks on Semiclassical Wavefront Set, Funkcialaj Ekvacioj, 64-2 (2021), 189-198.
2. K. Kameoka, Semiclassical study of shape resonances in the Stark effect, Journal of Spectral Theory, 11-2 (2021), 677-708.
3. K. Kameoka and S. Nakamura, Resonances and viscosity limit for the Wigner-von Neumann-type Hamiltonian, Pure and Applied Analysis 2-4 (2020), 861-873.
4. K. Kameoka, Complex absorbing potential method for Stark resonances, Journal of Mathematical Physics, 63-2, 022103 (2022), 1-10.
5. K. Kameoka, Semiclassical analysis and the Agmon-Finsler metric for discrete Schrödinger operators, Communications on Pure and Applied analysis, published online (early access).

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．
4. Resonances and complex absorbing potential method for the Wigner-von Neumann type Hamiltonian, 作用素論セミナー，京都大学（オンライン），2021 年 1 月．
5. Resonances and complex absorbing potential method for the Wigner-von Neumann type Hamiltonian, 偏微分方程式姫路研究集会（オンライン），2021 年 3 月．
6. Resonances and complex absorbing potential method for the Wigner-von Neumann type Hamiltonian, Séminaire EDP-PM, LAGA, Institut Galilée, Université Sorbonne Paris Nord, France（オンライン），2021 年 3 月．
7. Discrete Schrödinger operators and Finsler metric, スペクトル・散乱理論とその周辺，RIMS（オンライン），2021 年 12 月．
8. Complex absorbing potential method for Stark Hamiltonians, 第 3 回スペクトル・散乱若手勉強会，北里大学，2022 年 4 月．
9. Resonances generated by hyperbolic trapping and related topics I, II, Lectures on Semi-Classical Analysis 2022, セミナー＆カルチャーセンター臨湖（滋賀県長浜市），2022 年 9 月．

清水 雄貴 (SHIMIZU Yuuki)

A. 研究概要

曲面上の幾何解析と爆発解析に関する以下の研究を行なった．

1. 曲面上の Euler-Arnold 方程式のカレント値弱解について，ある種の時空間正則化により，カレント値弱解の枠組みで点渦の衝突時間を超えた爆発後解析に適用可能となった．現在では，曲面に一般化したことにより生じる衝突解の構築を行なっている．
2. 曲面上のカレント値弱解の概念の Keller-Siegel 系への応用研究を行なった．Keller-Siegel 系のカレント値弱解により，爆発後の時間発展を記述できるようになった．現在では，それを実現する解の構築を試みている．
3. 曲面上のカレント値弱解の概念の Nelson 系への応用研究を行なった．Nelson 系のカレント値弱解では，爆発後に点渦系の類似物が現れることがわかった．一方，既存の有限時間爆発する特解とこの弱定式化を比較すると，依然として乖離が見られるため，その乖離を埋める研究を遂行している．
4. 三次元 Euler 方程式の渦伸長に関して，伸長が生じるための渦軸の形状に関する必要条件が得られた．現在では，非粘性 Primitive 方程式を，渦伸長と二次元 Euler 方程式の観点から，解析を行なっている．
5. 非粘性 Primitive 方程式の爆発解析を行なった．いくつかの状況設定の下で，有限時間爆発が生じる解を構築できた．現在では，有限時間爆発が生じるための初期値に関する必要十分条件を決定する研究を進めている．
6. 無限次元 Lie 群上の右不変計量の測地流として与えられる，発展方程式の爆発解の構築をおこなった．現在では，共役点の存在と有限時間爆発との対応について研究を行なっている．
7. 与えられた Jordan 閉曲線を境界にもつ，全ての極小曲面を計算するための，高速・高精度数値解法を開発した．この研究を発展させ，今後は同一の境界を持つ極小曲面上の点渦系の力学系的研究を行う予定である．

B. 発表論文

1. Y. Shimizu "Mathematical justification of the point vortex dynamics in background fields on surfaces as an Euler-Arnold flow", Jpn. J. Indust. Appl. Math. Vol.40, No.1，pp.399-447. (2022)
2. Y. Shimizu and T. Yoneda, "Locality of vortex stretching for the 3D Euler equations", J. Math. Fluid Mech. Vol.25, No.1, PaperNo.18，pp.1-7. (2023) DOI:10.1007/s00021-023-00763-1.

C. 口頭発表

1. 清水雄貴 "三次元 Euler 流の渦伸長に対する幾何学的特徴づけ", 日本数学会 2022 年度秋季総合分科会 応用数学分科会, 北海道大学
2. 清水雄貴 "三次元 Euler 流の渦伸長に対する幾何学的特徴づけ", 日本流体力学会 2022 年度年会, 京都大学

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 (発表論文 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.

(2) **完全非線形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２)** 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.

(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 parabolic 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 space derivative of L^p-viscosity solutions is shown when the obstacles belong to $C^{1,\beta}$, and $p > n + 2$.

B. 発表論文

1. S. Tateyama : “H ö lder gradient estimates on L^p-viscosity solutions of fully nonlinear parabolic equations with VMO coefficients”, Partial Differential Equations and Applications, **2**(6) (2021) 1–22.
2. S. Tateyama : “On L^p-viscosity solutions of parabolic bilateral obstacle problems with unbounded ingredients’, J. Differential Equations, **296** (2021) 724–758.
3. S. Koike and S. Tateyama, On L^p-viscosity solutions of bilateral obstacle problems with unbounded ingredients, Mathematische Annalen, **377** (2020) 883-910.
4. S. Tateyama : “The Phragm é n-Lindel ö f theorem for L^p-viscosity solutions of fully nonlinear parabolic equations with unbounded ingredients”, Journal de Math é matiques Pures et Appliqu é es, **133** (2020) 172–184.
5. 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.

C. 口頭発表

1. Hölder gradient estimates on L^p-viscosity solutions of fully nonlinear parabolic equations with VMO coefficients, 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 solu-

tion 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.

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.

三宅 庸仁 (MIYAKE Nobuhito)

A. 研究概要

私は偏微分方程式の中でも, $(-\Delta)^m$ $(m \geq 2)$ といった高階微分作用素を含む放物型方程式である高階放物型方程式の解の性質について研究を行っている.

高階放物型方程式は, 薄膜のエピタキシャル成長やスピノーダル分解といった様々な現象を記述する数理モデルに現れることが知られている. また, 表面拡散流や Willmore 流といった幾何学的発展方程式も高階放物型方程式に分類される. 私の研究の目的は, 上述の数理モデルや幾何学的発展方程式といった高階放物型方程式に対して適用可能な新しい解析手法を確立することである.

二階放物型方程式と高階放物型方程式の相違点の一つとして, 「正値保存性」が成立するか否かという点が挙げられる. ここで「正値保存性」とは, 「初期値が正値関数であれば, 対応する解もまた時空間大域的に正となる」という性質である. この正値保存性は二階放物型方程式に対する研究において有用な性質であり, 数多くの研究において重要な役割を担ってきた. 一方, 高階の場合にはこのような性質は一般に成立しない. そのため, 正値保存性を基盤として発展してきた解析手法の多くは, 高階の場合には一般に適用できない. 例えば, 解の各点評価を行う際に有効な解析手法として知られる「比較原理」は, 高階の場合には適用できない.

以上の背景を踏まえ, 私は高階放物型方程式における正値保存性の崩壊メカニズムをより詳しく解析することを目指し, まずは高階放物型方程式の解が正値となる条件について考察した. 具体的には, 多重調和熱方程式 $\partial_t u + (-\Delta)^m u = 0$ に対する初期値問題について考察し, 対応する解が時間終局的かつ空間大域的に正値関数となるか否か分かれるような初期値の減衰速度の閾値が存在することを証明した. この応用として, ある半線形高階放物型方程式に対して, 時間終局的かつ空間大域的に正値となる解を構成した.

I have studied on properties of solutions to higher order parabolic equations, which are parabolic equations with higher order differential operators such as $(-\Delta)^m$ $(m \geq 2)$.

It is known that higher order parabolic equations appears in mathematical models describing various phenomena, such as epitaxial growth of thin films and spinodal decomposition. Moreover, geometric evolution equations such as surface diffusion flow and Willmore flow are also classified as higher order parabolic equations. The aim of my study is to establish new methods which are applicable to higher order parabolic equations such as the above mathematical models and geometric evolution equations.

One of the differences between second order parabolic equations and higher order ones is whether "positivity preserving property" holds or not. Here, "positivity preserving property" means that positive initial data always yield solutions which are positive in the whole space and any times. Positivity preserving property is useful in the study of second order parabolic equations, and has played an important role in various studies. On the other hand, in the higher order case, such property does not hold in general. Therefore, most methods which have been developed based on the positivity preserving property are not applicable to higher order parabolic equations in general. For example, "comparison principle", which is known as the useful method in order to give a pointwise estimate for solutions, is not applicable to higher order parabolic equations.

Based on the above, I aimed to study the detail of the mechanism of the loss of the positivity preserving property and first considered the condition where solutions to higher order parabolic equations are positive. More precisely, I considered the Cauchy problem for the polyharmonic heat equation $\partial_t u + (-\Delta)^m u = 0$ and showed the existence of the threshold of decay rate of the initial datum which separates whether the corresponding solution is eventually globally positive or not. As the application of this result, I constructed eventually globally positive solutions to the Cauchy problem of some semilinear higher order parabolic equations.

B. 発表論文

1. N. Miyake: "Effect of decay rates of initial data on the sign of solutions to Cauchy problems of polyharmonic heat equations", Math. Ann. (2022), to appear, *https://doi.org/10.1007/s00208-022-02466-w* (Online first).
2. N. Miyake and S. Okabe: "Asymptotic behavior of solutions for a fourth order parabolic equation with gradient nonlinearity via the Galerkin method", Geometric properties for parabolic and elliptic PDEs, 247–271, Springer INdAM Ser. **47**, Springer, Cham, 2021.
3. H.-Ch. Grunau, N. Miyake, and S. Okabe: "Positivity of solutions to the Cauchy problem for linear and semilinear biharmonic heat equations", Adv. Nonlinear Anal. **10** (2021), 353–370.
4. K. Ishige, N. Miyake, and S. Okabe: "Blowup for a fourth-order parabolic equation with gradient nonlinearity", SIAM J. Math. Anal. **52** (2020), 927–953.
5. G. Allaire, L. Cavallina, N. Miyake, T. Oka, and T. Yachimura: "The homogenization method for topology optimization of structures: old and new", Interdiscip. Inform. Sci. **25** (2019), 75–146.

C. 口頭発表

1. *Eventual global positivity of solutions to Cauchy problems of some higher order parabolic equations*, 精密解析による非線形問題の新展開, 京都大学, 2023 年 3 月.
2. *Eventual global positivity of solutions to Cauchy problems of polyharmonic heat equations*, The 24th Northeastern Symposium on Mathematical Analysis, 東北大学, 2023 年 2 月.
3. *Effect of decay rates of initial data on the sign of solutions to Cauchy problems of some higher order parabolic equations*, NTU-Tokyo Joint Conference 2022, オンライン, 2022 年 12 月.
4. *Effect of decay rates of initial data on the sign of solutions to Cauchy problems of some higher order parabolic equations*, 第 183 回神楽坂解析セミナー, 東京理科大学, 2022 年 11 月.
5. ある高階放物型方程式に対する初期値問題の解の符号における初期値の減衰速度の影響について, 楕円型・放物型微分方程式研究集会, 龍谷大学, 2022 年 11 月.

6. 多重調和熱方程式の初期値問題の解の符号に対する初期値の減衰速度の影響について, 「解析学とその周辺」@野田, 東京理科大学, 2022 年 11 月.
7. *Effect of decay rates of initial data on the sign of solutions to Cauchy problems of polyharmonic heat equations*, Summer School on Variational Problems and Functional Inequalities, 大阪公立大学, 2022 年 9 月.
8. *Effect of decay rates of initial data on the sign of solutions to Cauchy problems of some higher order parabolic equations*, 熊本大学応用解析セミナー, オンライン, 2022 年 6 月.
9. *Effect of decay rates of initial data on the sign of solutions to Cauchy problems of polyharmonic heat equations*, 鳥取 PDE 研究集会 2021, 鳥取市役所鳥取市民交流センター, 2021 年 11 月.
10. *Positivity of solutions to the Cauchy problem for linear and semilinear polyharmonic heat equations*, 京都大学 NLPDE セミナー, オンライン, 2021 年 5 月.

G. 受賞

1. 青葉理学振興会, 「青葉理学振興会賞」, 2021 年 3 月

山本 祐輝 (YAMAMOTO Yuki)

A. 研究概要

私は現在，p 進簡約群の表現論に興味を持っている．特に，複素数体上のスムーズな表現について研究している．これは単にリー群の表現論の p 進類似というだけでなく，局所ラングランズ対応を通してガロア表現と結びつくという意味で，数論的にも重要な対象である．私はこれまで，簡約群の表現のうち，超尖点表現と呼ばれるクラスの表現について研究してきた．超尖点表現の多くは，タイプと呼ばれる，群の中心を法としてコンパクトな開部分群の表現からのコンパクト誘導によって得られることが知られている．これにより得られる超尖点表現の具体的な表示を用いて，タイプという観点から簡約群の超尖点表現の性質を研究している．

I am interested in representation theory of p-adic reductive groups. In particular, I study smooth representations over C. It is not only a p-adic analogue of representation of Lie groups, but also an important object for number theory because it is connected with Galois representations via the local Langlands correspondence. I have studied a class of representations, called supercuspidal representations. It is known that many of supercuspidal representations can be obtained by the compact induction of some representation of an open, compact-modulo-center subgroup, which is called a type. Using a concrete presentation of supercuspidal representations by this method, I study properties of supercuspidal representations from the viewpoint of types.

B. 発表論文

1. 山本祐輝 : “Bravais 格子の諸定義の等価性について”, 数理科学実践研究レター (2021).
2. A. Mayeux and Y. Yamamoto : “Comparing Bushnell–Kutzko and Sécherre’s constructions of types for GL_N and its inner forms with Yu’s construction”, arxiv:2112.12367.
3. Y. Yamamoto : “On the types for supercuspidal representations of inner forms of GL_N”, Journal of Number Theory, **240** (2022), 522-550.
4. Y. Yamamoto : “Maximal simple types for inner forms of GL_N”, RIMS Kôkyûroku Bessatsu に受理済み (2022).
5. Y. Yamamoto : “On Mackey decomposition for locally profinite groups”, arxiv:2203.14262.
6. Y. Yamamoto : “Unicity of types and local Jacquet–Langlangds correspondence”, arxiv:2205.05252.

C. 口頭発表

1. 「Supercuspidal L-packets of SL_2 consisting of 4 elements」, RTG Research Workshop 2019, Berkeley, 2019 年 5 月
2. 「On the types for supercuspidal representations of inner forms of GL_N」, 千葉大学代数セミナー, 千葉, 2019 年 5 月
3. 「On the types for supercuspidal representations of inner forms of GL_N」, 広島仙台整数論集会, 広島, 2019 年 7 月
4. 「On the types for supercuspidal representations of inner forms of GL_N」, 代数的整数論とその周辺, 京都, 2019 年 12 月
5. 「On the types for supercuspidal representations of inner forms of GL_N」, Analytic, geometric and p-adic aspects of automorphic forms and L-functions, 京都, 2020 年 1 月
6. 「Comparison of types for inner forms of GL_N」, 表現論シンポジウム, オンライン開催, 2020 年 11 月
7. 「Comparing Bushnell–Kutzko and Sécherre's constructions of types for GL_N and its inner forms with Yu's construction」, New Developments in Number Theory, オンライン開催, 2022 年 2 月
8. 「Comparing Bushnell–Kutzko and Sécherre's constructions of types for GL_N and its inner forms with Yu's construction」, Berkeley–Tokyo workshop on Number theory and Arithmetic geometry, オンライン開催, 2022 年 3 月
9. 「Comparing Bushnell–Kutzko and Sécherre's constructions of types for GL_N and its inner forms with Yu's construction」, 数論合同セミナー, 京都, 2022 年 11 月
10. 「Comparing Bushnell–Kutzko and Sécherre's constructions of types for GL_N and its inner forms with Yu's construction」, Séminaire GAT, フランス, 2022 年 12 月

アダモ マリアステッラ (ADAMO Maria Stella)

A. 研究概要

My research activity can be placed in the field of operator algebras and their applications to Algebraic Quantum Field Theory (AQFT), using tools from the representation theory of Lie groups. In collaboration with K.-H. Neeb and J. Schober, in previous work we classified reflection positivity representations for the Lie groups of the integers and the real line in the multiplicity-free case after realizing the representations in L^2 and Hardy spaces contained therein. We used Hankel operators to investigate the positivity condition. Later, our project continued aiming to unify the perspectives with the case of the β-circle group. Such a group corresponds to the β-strip, which has two connected components as a boundary. In this case, we investigated the natural link with the KMS condition, which appears for reflection positive representations of the β-circle and can be characterized in terms of standard subspaces, which appear in AQFT to study nets of operator algebras.

In joint work with L. Giorgetti and Y. Tanimoto, we constructed Wightman fields that realize the extensions of conformal nets in AQFT for which the chiral components have pointed representation categories by combining the primary fields for each component. Examples of chiral components that fit this construction are the U(1)-current.

In collaboration with R. Correa da Silva, we started investigating the role of quasi *-algebras in the context of unbounded perturbations of KMS states, aiming to provide a new framework to study such a problem.

B. 発表論文

1. M. S. Adamo, L. Giorgetti, Y. Tanimoto, Wightman fields for two-dimensional conformal field theories with pointed rep-

resentation category, arXiv:2301.12310, submitted for publication, 2023.

2. M. S. Adamo, D. E. Archey, M. Forough, M. C. Georgescu, J. A Jeong, K. R. Strung, M. G. Viola, C*-algebras associated to homeomorphisms twisted by vector bundles over finite dimensional spaces, arXiv:2202.10311, accepted in Trans. Am. Math. Soc., 2023.
3. M. S. Adamo, K.-H. Neeb, J. Schober, Reflection positivity and Hankel operators—the multiplicity free case, J. Funct. Anal. 283 2, 109493, 2022.
4. M. S. Adamo, On some applications of representable functionals of a Banach quasi *-algebra, In: Bastos, M.A., Castro, L., Karlovich, A.Y. (eds) Operator Theory, Functional Analysis and Applications. Operator Theory: Advances and Applications, vol 282. Birkhäuser, Cham, 2021.
5. M. S. Adamo, About tensor products of Hilbert quasi *-algebras and their representability properties, Operator Theory 27 Conference Proceedings, 69-81, 2020.
6. M. S. Adamo, M. Fragoulopoulou, Tensor products of normed and Banach quasi *-algebras. J. Math. Anal. Appl., vol. 490, no. 2, 124323, 2020.
7. M. S. Adamo and C. Trapani, Unbounded derivations and *-automorphisms groups of Banach quasi *-algebras, Ann. Mat. Pura Appl. (4), vol. 198, no. 5, 1711-1729, 2019.
8. M. S. Adamo, The interplay between representable functionals and derivations on Banach quasi *-algebras, Proceedings of the International Conference on Topological Algebras and Their Applications-ICTAA 2018, 48-59, Math. Stud. (Tartu), 7, Est. Math. Soc., Tartu, 2018.

C. 口頭発表

1. Speaker at “Japan-Netherlands Joint Seminar: Index Theory and Operator Algebras in Topological Physics”, AIMR Tohoku University (Japan), 2023 年 3 月 1 日ー 3 日.
2. Seminar at the “Algebra in Analysis”, Moscow State University (Russia - online), 2022 年 11 月 18 日.
3. Speaker at “Recent Developments in Operator Algebras”, RIMS Kyoto University (Japan), 2022 年 9 月 5 日ー 7 日.
4. Seminar at the Graduate School of Mathematics, Nagoya University (Japan), 2022 年 8 月 23 日.
5. Seminar at the “Lie group seminar”, FAU Erlangen-Nürnberg (Germany), 2022 年 7 月 18 日.
6. Speaker at “FAATNA20>22”, section “Operator Algebras and Functional Analysis Methods for Applications”, University of Basilicata, Campus in Matera (Italy), 2022 年 7 月 5 日ー 8 日.
7. Seminar at the “Operator Algebra Seminars”, The University of Tokyo (Japan), 2022 年 5 月 10 日.
8. Speaker at “11th BUAP-UAM-I-UTRGV Joint International Conference”, UTRGV, Edinburg, Texas (USA, online), 2022 年 02 月 25 日ー 26 日.
9. Participation at the 5-day Workshop “Women in Operator Algebras II”, BIRS at Banff Center for Arts and Creativity in Alberta (Canada, online), 2021 年 12 月 5 日ー 10 日.
10. Preregistered talk at the “54th Congress of the Mexican Mathematical Society”, Section “Topological Algebras”, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (Mexico, online) - 2021 年 10 月 18 日ー 22 日.

F. 対外研究サービス

1. Member of the Organizing committee for the ICTAA 2022, held online at the Department of Mathematics, University of Palermo (Italy), 2022 年 8 月 31 日ー 9 月 2 日.
2. Lecture at Toshimagaoka Girls' High School (Tokyo) as part of the JSPS Science Dialogue - 2022 年 12 月 17 日.

H. 海外からのビジター

Ricardo Correa da Silva (Postdoctoral researcher at the Department of Mathematics, FAU Erlangen - Nürnberg, Germany) - Research visit to continue a collaboration on perturbations of KMS states and their link with quasi *-algebras - 2022 年 3 月 5 日ー 2022 年 3 月 18 日.
ADAMO Maria Stella (アダモ マリアステッラ) : 3/15

アビナンダン (Abhinandan)

A. 研究概要

The main goal of our project is to study coefficients in p-adic Hodge theory. To this end, so far we have concentrated on understanding relations between crystalline representations of certain fundamental groups arising in the work of J.-M. Fontaine et. al., Wach modules appearing in the theory of étale (φ, Γ)-modules worked out by N. Wach and L. Berger and prismatic F-crystals defined in the recent works of B. Bhatt and P. Scholze. It is classically known that there exists a categorical equivalence between crystalline representations of the absolute Galois group of a finite unramified extension of Q_p and Wach modules defined in the works of J.-M. Fontaine, N. Wach, P. Colmez and L. Berger. Our efforts have led us to following results as part of our research project at University of Tokyo:

- In the "unramified" imperfect residue field case, we introduce the notion of Wach modules and show that the category of such objects is naturally equivalent to the category of lattices inside crystalline representations of the absolute Galois group of the base field.
- We further generalize the notion of Wach modules to the relative case, i.e. over certain étale algebras over a formal torus. Moreover, we establish an equivalence between respective categories of relative Wach modules and lattices inside relative crystalline representations of the étale fundamental group of the base. These results generalize the work done during my PhD at Universié de Bordeaux and has resulted in a preprint titled *Crystalline representations and Wach modules in the relative case II*.
- From recent developments in the theory of prismatic cohomology and prismatic F-crystals, one could expect to compare Wach modules to analytic prismatic F-crystals. In our project we provide a direct construction, i.e. without passing through the category of Z_p-representations, of an equivalence between respective categories of Wach modules and analytic prismatic F-crystals in the (im)perfect residue field case as well as the relative case. These results will appear in another paper.

Another theme in our study of coefficients in p-adic Hodge theory concerns understanding syntomic complexes with coefficient and their relation with the p-adic nearby cycles of the associated étale local system. In this direction, during the last year we have obtained the following results prior to arriving at University of Tokyo:

- In local relative p-adic Hodge theory, using the theory of relative Wach modules, we prove that Galois cohomology of certain finite crystalline height representa-

tions (up to a twist) is essentially computed via (Fontaine-Messing) syntomic complex with coefficients in associated F-isocrystals.

- We use the local result obtained above to establish a global statement. For a smooth (p-adic formal) scheme, we estalish a comparison between syntomic complex with coefficient in a locally free Fontaine-Laffaille module and p-adic nearby cycle of the associated étale local system on the generic fiber. These results have appeared as a preprint *Syntomic complexes and p-adic nearby cycles*.

In future, we seek to gain an understanding of prismatic syntomic complexes with coefficients and its relation with syntomic cohomology with coefficients in prismatic F-gauges arising in the work of B. Bhatt and J. Lurie with an eye towards its applications in understanding Bloch-Kato exponential map.

B. 発表論文

1. Crystalline representations and Wach modules in the relative case, *Annales de l'Institut Fourier* (to appear).

C. 口頭発表

1. Crystalline representations and Wach modules in the relative case, IMSc Chennai, India, Mar 2023.
2. Crystalline representations and Wach modules in the relative case, IISc Bangalore, India, Feb 2023.
3. Syntomic complex and finite height crystalline representations, Algebraic number theory and related topics 2022, RIMS Kyoto, Dec 2022.
4. Crystalline representations and Wach modules in the relative case, Kyoto University, Nov 2022.
5. Syntomic complex with coefficients, Séminaire géométrie arithmétique, Rennes, Mar 2022.
6. Syntomic complex with coefficients, Séminaire arithmétique, Lille, Feb 2022.
7. Crystalline representations and Wach modules in the relative case, Séminaire arithmétique, Lille, Feb 2022.
8. Crystalline representations and Wach modules in the relative case, Séminaire théorie des nombres, Bordeaux, Nov 2021.
9. Étale fundamental group, expository talk, Séminaire Lambda, Bordeaux, Dec 2019.

Abhinandan (アビナンダン) : 3/15

ストークス アレクサンダー (STOKES Alexander)

A. 研究概要

This year my work has followed along the lines of the research theme "Extending the geometric theory of discrete Painlevé equations: singularities, entropy and integrability" of my JSPS Fellowship hosted by Ralph Willox, in particular with the following results.

- With Takafumi Mase, Ralph Willox and Basile Grammaticos, we settled a conjecture justifying the method of full deautonomisation by singularity confinement as an integrability test for birational mappings in two dimensions. The conjecture states that the dynamical degree of a mapping with the singularity confinement property is reflected in 'confinement conditions' dictating the evolution of parameters required for its singularity structure to remain unchanged under a sufficiently general deautonomisation. We proved this for a large class of mappings via the spaces of initial conditions for their deautonomised versions, showing that even for non-integrable mappings the surfaces forming these spaces

have effective anticanonical divisors and a kind of period map can be defined similarly to that in the theory of rational surfaces associated with discrete Painlevé equations. This provides a bridge between the evolution of parameters in the deautonomised mapping and the induced dynamics on the Picard lattice which encode the dynamical degree. Our work leads to a collection of examples of mappings whose spaces of initial conditions are rational surfaces associated with root systems of indefinite type, as opposed to those of affine type related to discrete Painlevé equations. A paper based on this is in preparation.

- Together with Anton Dzhamay, Galina Filipuk and her student Adam Ligęza, we extended our previous study of relations between different Hamiltonian forms of differential Painlevé equations. Using a method for obtaining such relations from an appropriate identification of rational surfaces associated to the Hamiltonian systems, we completed the remaining cases of the fifth and sixth Painlevé equations and submitted an expanded paper B.9 based on this.
- With Galina Filipuk, we studied differential equations with weaker restrictions on their singularities than the Painlevé property, namely so-called quasi-Painlevé and algebro-Painlevé equations whose solutions are allowed to exhibit branching about movable singularities but only of a finite nature. We found a mechanism by which equations with the algebro-Painlevé property can still be associated to algebraic surfaces through a more general notion of regularisation than in the Painlevé case, and submitted a paper B.10 based on this. We have also found that a similar mechanism for the more general quasi-Painlevé case can be seen in terms of certain global Hamiltonian structures of the systems on the associated rational surfaces, and submitted another paper based on this.

B. 発表論文

1. A. Stokes: "Full-parameter discrete Painlevé systems from non-translational Cremona isometries", J. Phys. A: Math. Theor. **51** (2018) 495206 (31pp).
2. A. Stokes: "Singularity confinement in delay-differential Painlevé equations", J. Phys. A: Math. Theor. **53** (2020) 435201 (31pp).
3. A. Dzhamay, G. Filipuk and A. Stokes: "Recurrence coefficients for discrete orthogonal polynomials with hypergeometric weight and discrete Painlevé equations", J. Phys. A: Math. Theor. **53** (2020) 495201 (29pp).
4. A. Dzhamay, G. Filipuk, A. Ligęza and A. Stokes: "Hamiltonian structure for a differential system from a modified Laguerre weight via the geometry of the modified third Painlevé equation", Appl. Math. Lett. **120** (2021) 107248 (7pp).
5. A. Dzhamay, G. Filipuk and A. Stokes: "On differential systems related to generalized Meixner and deformed Laguerre orthogonal polynomials", Integral Transforms Spec. Funct. **32** (2021) 483–492.
6. A. Dzhamay, G. Filipuk, A. Ligęza and A. Stokes: "On Hamiltonians related to the second Painlevé equation", Proceedings of the conference Contemporary Mathematics in Kielce 2020, February 24–27 2021, (2021) 73–84
7. A. Dzhamay, G. Filipuk and A. Stokes: "Differential equations for the recurrence coefficients of semi-classical orthogonal polynomials and their relation to the Painlevé equations via the geometric approach", Stud. Appl. Math, **148** (2022), no. 4, 1656–1702.

8. G. Filipuk, A. Ligęza and A. Stokes: "Relations between different Hamiltonian forms of the third Painlevé equation", in *Recent Trends in Formal and Analytic Solutions of Diff. Equations*, Contemp. Math. **782**, Amer. Math. Soc., Providence, RI, 2023.
9. A. Dzhamay, G. Filipuk and A. Stokes: "Different Hamiltonians for the differential Painlevé equations and their identification using a geometric approach", submitted, arXiv:2109.06428.
10. G. Filipuk and A. Stokes: "Takasaki's rational fourth Painlevé-Calogero system and geometric regularisability of algebro-Painlevé equations", submitted, arXiv:2209.10515.

C. 口頭発表

1. Full-parameter discrete Painlevé systems from non-translational Cremona isometries, 青山数理セミナー, 青山学院大学理工学部, 2018 年 11 月.
2. Why take the geometric approach to Painlevé equations?, Dynamical Systems Seminar at the Institute of Mathematics, University of Warsaw, Poland, 2019 年 12 月.
3. An introduction to the geometry of discrete Painlevé equations, Analytic Theory of Differential Equations Seminar, Banach Center, Mathematical Institute of the Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland, 2020 年 2 月.
4. Singularity confinement in delay-differential Painlevé equations, FASnet20 Workshop (Formal and Analytic Solutions of Differential Equations on the Internet), School of Architecture, University of Alcalá, Spain, held online, 2020 年 6 月.
5. What is an integrable difference equation?, What is ...? Seminar (WiSe), University of Queensland, Australia, held online, 2021 年 3 月.
6. Identifying Painlevé equations related to orthogonal polynomials: the geometric approach, OPSFOTA (Orthogonal Polynomials, Special Functions, Operator Theory and Applications) Seminar, International Centre for Mathematical Sciences, Edinburgh, Scotland, held online, 2021 年 5 月.
7. Geometric regularisation of a Hamiltonian system from a rational Calogero potential related to the fourth Painlevé equation, School of Mathematics and Physics Colloquium, University of Portsmouth, UK, 2021 年 11 月.
8. Geometric regularization of a Hamiltonian system from a rational Calogero potential related to Painlevé-IV, Special Session on 'Discrete Painlevé Equations and Related Topics' at the Twelfth IMACS International Conference on Nonlinear Evolution Equations and Wave Phenomena: Computation and Theory, University of Georgia, Athens, GA, USA, 2022 年 3 月.
9. Full deautonomisation by singularity confinement as an integrability test for birational mappings of the plane, 第 19 回日本応用数理学会研究部会連合発表会・応用可積分系研究部会 OS, 岡山理科大学, 2023 年 3 月.

F. 対外研究サービス

1. Co-organiser (with Anton Dzhamay and Nobutaka Nakazono) of the Special Session on 'Discrete Painlevé Equations and Related Topics' at the Twelfth IMACS International Conference on Nonlinear Evolution Equations and Wave Phenomena: Computation and Theory, University of Georgia, Athens, GA, USA, 2022 年 3 月

STOKES Alexander (ストークス　アレクサンダー) : 3/7

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 : “低速・低品質無線ネットワークでのグッドプットを最大化するペイロード長について—タイムアウト値が往復応答時間より大きい場合—”, 神奈川工科大学研究報告 B 理工学編 **47** (2023).
2. T. Ikegawa : “Micro science and technology fields requiring mathematically trained contributors: Topic modeling using journal paper abstracts”, 2022 IEEE Frontiers in Education Conference (IEEE FIE 2022), Uppsala, Sweden, October (2022) 1–5.
3. 池川 隆司 : “長さが可変であるパケットを転送する低速・低品質無線ネットワークでのグッドプット解析—バースト的にビット誤りが発生する場合—”, 神奈川工科大学研究報告 B 理工学編 **46** (2022) 7–15.
4. T. Ikegawa : “Science and technology fields and higher education institutions with mathematically trained contributors: Metadata analysis of IEEE papers”, 2021 IEEE Frontiers in Education Conference (IEEE FIE 2021), Lincoln, Nebraska, USA, October (2021) 1–9.
5. T. Ikegawa : “Goodput analysis for lossy low-speed wireless networks during message segmentation”, 2021 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (IEEE WCNC 2021), Nanjing, China, March (2021) 1–7.
6. 池川 隆司 : “メッセージ分割が発生する無線ネットワークでのグッドプット解析—ビット誤りが独立的に発生する回線の場

合—”, 神奈川工科大学研究報告 B 理工学編 **45** (2021) 17–26.

7. 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, 特許 6877677 (2021).
8. 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.
9. T. Ikegawa : “Effect of payload size on mean response time when message segmentations occur: Case of burst packet arrival”, the 12th EAI International Conference on Performance Evaluation Methodologies and Tools (VALUETOOLS 2019), Palma de Mallorca, Spain, March (2019) 7–14.
10. 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).

C. 口頭発表

1. 数理人材が貢献している科学技術分野解析—論文の概要を使ったトピックモデリング—, 日本工学教育研究講演会, 3C05, 2022 年 9 月.
2. 数理人材が貢献している科学技術分野と高等教育機関—IEEE 論文のメタデータ解析—, 日本工学教育研究講演会, 2C12, 2021 年 9 月.
3. ディジタルトランスフォーメーション時代を迎えた情報通信産業とキャリアデザインの基礎, 群馬大学講義「情報と職業」, 2021 年 1 月 5 日（招待講演）
4. 講義「テクニカルライティング」を通したハラスメント防止への取組, 日本工学教育研究講演会, 3E07, 2020 年 9 月.
5. 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).
6. 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.

F. 対外研究サービス

1. 2023 IEEE Frontiers in Education Conference (IEEE FIE 2023) TPC Reviewer.
2. 2023 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (IEEE WCNC 2023) TPC Member.
3. 2022 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (IEEE WCNC 2022) TPC Member.
4. 2021 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (IEEE WCNC 2021) TPC Member.

石本 宙 (ISHIMOTO Hiroshi)

A. 研究概要

準分裂でない奇数次特殊直交群の局所及び大域のアーサー分類を研究した。準分裂する奇数次特殊直交群のそれは既に Arthur によって知られているため、大域化の議論によってこれに帰着させることで証明を与えた。

剰余標数が 2 でない p 進体上のメタプレクティック群の球面ヘッケ環を調べた。具体的には、$\Gamma_0(4)$ に関する適切な指標付きのヘッケ環において適当な冪等元を取り、それにより定義した部分環が代数群の球面ヘッケ環のように不分岐表現を制御することを示そうとしたが、次数 2 以上の場合に上手くいかず頓挫している。I studied the local and global Arthur classification for non-quasi-split odd special orthogonal groups. I utilized the globalization argument and reduced to the classification for split odd special orthogonal groups, which is already known by Arthur, to prove it.

I studied a spherical Hecke algebra for metaplectic groups over p-adic fields of odd residual characteristic. I took a idempotent element in a Hecke algebra relative to $\Gamma_0(4)$ with a certain character, to define a subalgebra which controls

unramified representations of the metaplectic group as in the case of linear algebraic groups. However, I failed to prove it for the case when the rank is greater than 1.

B. 発表論文

1. H. Ishimoto : “Local intertwining relation for metaplectic groups”, Compositio Mathematica **156** (2020) 1560–1594.
2. H. Ishimoto : “Proofs of Ibukiyama’s conjectures on SIegel modular forms of half-integral weight and of degree 2”, Math. Ann. **383** (2022) 645–698.
3. H. Ishimoto : “The endoscopic classification of representations of non-quasi-split odd special orthogonal groups”, arXiv:2301.12143.

C. 口頭発表

1. Local Langlands correspondence for non-quasi-split odd special orthogonal groups, 代数学コロキウム, 東京大学, 2022 年 5 月.
2. Proofs of Ibukiyama’s conjectures on Siegel modular forms of half-integral weight and degree 2, 第 8 回京都保型形式研究集会, 京都大学, 2021 年 11 月.
3. 重さ半整数の次数 2 のベクトル値ジーゲル保型形式に関する伊吹山の予想、の証明, 早稲田整数論セミナー, オンライン, 2021 年 4 月.
4. Ibukiyama’s Shimura type conjecture, 第 17 回数学総合若手研究集会～数学の交叉点～, オンライン, 2021 年 3 月.
5. 重さ半整数の次数 2 のベクトル値ジーゲル保型形式に関する伊吹山予想の証明, RIMS 共同研究 (公開型)「保型形式、保型表現、ガロア表現とその周辺」, オンライン, 2021 年 1 月.
6. A proof of Ibukiyama’s conjecture on Siegel modular forms of half-integral weight and of degree 2, Peking Online International Number Theory Seminar (POINTS), オンライン, 2021 年 1 月.
7. 重さ半整数のベクトル値ジーゲル保型形式に関する伊吹山予想の証明, 北陸数論セミナー, 金沢大学, 2020 年 12 月.
8. 重さ半整数のベクトル値ジーゲル保型形式に関する伊吹山予想の証明, 神戸整数論ミニワークショップ, オンライン, 2020 年 11 月.
9. Local intertwining relation for metaplectic groups, 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.
10. The Shimura-Waldspurger correspondence for Mp(2n), 第 2 2 回白馬整数論オータムワークショップ, ホテルアベスト八方アルデア（旧白馬ハイマウントホテル）, 2019 年 10 月 30 日-11 月 3 日.

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.
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. そして相転移を伴うモデリングにも取り組んでいる.
さらに拡散方程式による曲面の動きを応用して、創薬につながるデータ分離法を確立した.

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. 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. We also study modelling of fluids with phase transitions.

As an application of motion of a surface by diffusion equations, we established a method for data separation which leads creation of new medicine.

B. 発表論文

1. 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.
2. 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, 16(2019), 194–197.
3. T. Hidaka, K. Imamura, T. Hioki, T. Takagi, Y. Giga, M.-H. Giga, Y. Nishimura, Y. Kawahara, S. Hayashi, T. Niki, M. Fushimi and H. Inoue : "Prediction of compound bioactivities using heat-diffusion equation", Patterns **1** (2020) 100140.
4. M.-H. Giga, Y. Giga, R. Kuroda and Y. Ochiai, Crystallilne flow starting from a general polygon, Discrete and Continuous Dynamical Systems, **42** (2022) 2027–2051.
5. 今村 恵子, 日高 中, 儀我 美保, 儀我 美一, 井上 治久 : "熱拡散方程式（HDE）モデルによる新薬探索支援 AI ツールの開発", 革新的 AI 創薬 (2022) 193–197.
6. M.-H. Giga and Y. Giga : "Crystalline surface diffusion flow for graph-like curves", Discrete and Continuous Dynamical Systems, **43** (2023) 1436–1468.

C. 口頭発表

1. 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.
2. 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.
3. Crystalline surface diffusion flow for graph like curves, mini-symposium 2020 (Analysis on metric spaces unit) Partial Differential Equations under Various Metrics (December 8-11, 2020), Organized by Yoshikazu Giga, Qing Liu, Xiaodan Zhou), Okinawa institute of sci-

ence and technorogy graduate university, Japan (online), December 8, 2020.

鈴木 拓海 (SUZUKI Takumi)

A. 研究概要

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．
その他では、医療データの解析を行なった。

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.
Other than that, we analyze medical data.

B. 発表論文

1. T. Suzuki, N. Yoshida : "Penalized least squares approximation methods and their applications to stochastic processes", Japanese Journal of Statistics and Data Science, 3(2), 513-541.
2. 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. 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.
2. 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.
3. 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
4. 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
5. 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

千葉 悠喜 (CHIBA Yuki)

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 Robin 境界条件をもつ Poisson 方程式に対する，Nitsche 法の誤差評価を行なった．基底関数として区分的 1 次多項式を用いたスキームにおいては，分割の大きさに対する誤差のオーダーが L^2 ノルム，エネルギーノルムの両方について最適であることを示した．
最近は複雑な交通網に対して，交通流の数理モデルである Aw-Rascle モデルを適用する数値実験

も行っている.

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. Firstly, I consider the Poisson equation with Robin boundary condition in a smooth domain. I apply Nitsche's method to this problem and get error estimates. In the case of using piecewise linear polynomial, I proved L^2 and energy error are optimal.
Recently, I attempt to apply the Aw-Rascle model, which is a mathematical model of traffic flow, to complex traffic networks.

B. 発表論文

1. 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.
2. 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.
3. Y. Chiba and T. Miyaji and T. Ogawa:"Computing Morse decomposition of ODEs via Runge-Kutta method", JSIAM Letters, **13** (2021) 40–43

C. 口頭発表

1. Discontinuous Galerkin method for an N-dimensional spherically symmetric Poisson equation, SIAM: East Asian Section Conference 2018, 日本, 2018 年 6 月.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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
7. Runge-Kutta 法による Morse 分解の近似計算の性能, 日本応用数理学会第 17 回研究部会連合発表会, オンライン, 2021 年 3 月
8. Runge?Kutta 法による ODE の Morse 分解の近似計算, 応用数学フレッシュマンセミナー 2021, オンライン, 2021 年 12 月

G. 受賞

1. 日本応用数理学会論文賞 (JSIAM Letters 部門) 2022 年度

中島 さち子 (NAKAJIMA Sachiko)

A. 研究概要

学際的な観点で数学をとらえ, 数論・結び目理論・確率論・離散数学などの諸分野を, 芸術・音楽・メディアアート・ものづくりなどと絡めて表現し, かつ体験的で主体的な学び・探究を促す数学的活動に落とし込むことで学際 STEAM 的な数学研究を行っている.
音楽では、Processing などを用いて数学的表現を視覚化・聴覚化したり, 逆に音楽的表現を数学的に捉え直す, などを行い, いくつかの生成的音楽を構成した. また, 箱玉系など離散モデルの視覚化・聴覚化を行い, 複雑な相互関係にあるパターンのシミュレーションを行っている. 離散数学と

結び目理論については, 一部を共通結合した複数のメビウスの帯の二分割の結果を一般化した. また, アニュラスの二分割がトーラス結び目と関連することや、ひねりなどが Framed Torus の考え方で整理されることを示した. 同時に, これらの初歩を用いた数学的活動を, ワークシートなどを含めて構築し, 実践研究を行った. スポーツについてはタグラグビーを, 離散化された碁盤ゲームにて模したと同時に盤面の評価値を設定し, いくつかのパターンで自動化した, 二人対戦ゲームとしての二次元セルオートマトンモデルを作った. また, バーチャル数学ミュージアムとして, 「多角形の外角の和」(Gauss-Bonnet の定理との関連) や「密度」「大数の法則」などについて, インタラクティブに学べるウェブ上の数学アプリを福島大学の中田文憲准教授と構築し, ドミニカ共和国の教員養成大学の学生とともに研修を行い, 彼らはドミニカでも実践および実践報告を行った. ドミニカ共和国は PISA テストでも数学では国際順位最下位となっているが, 本ワークショップの満足度や理解が深まったという評価は高く, こうした, 日本で開発された, 体験的, 実践的で創造的な数学的活動と数学的概念のインタラクティブウェブツールがドミニカ共和国や他国の 21 世紀型 STEAM 教育に寄与する可能性の一端を見た.

I have been doing interdisciplinary researches and expressions over mathematics (e.g. number theory, knot theory, probability, discrete mathematics) with art, music, media arts, engineering. Also, I have been developing interactive, experiential, mathematical educational STEAM activities derived from those interdisciplinary mathematical researches.

As for music, I created some auditory media arts expressions of mathematics, found some mathematical feathers in music, and constructed some generative music. Also, I made the visual / auditory expressions of the box-ball systems and simulated some complexly interacting patterns. As for Discrete math and Knot theory, J. Akiyama, K. Matsunaga and I generalized the results of the bisections of the partially bonded Mobius bands, with any order and either directions. We also found the connection with the bisections of the partially bonded annulus and torus-knots, organizing the whole with "framed knot" concepts. And we applied these basic ideas into interactive experiential math education. As for sports, we simulated the tag-rugby with the discrete mathematical board game, set the board estimate number, and automated some simulations. We constructed the 2 dimensional cell-automaton model of two-person games. Also, F. Nakata and I constructed the interactive mathematical web-tools of "sum of the exterior angles of the polygon" (relating with Gauss-Bonnet Theorem), "congestion/density" and "law of large numbers", and did the workshop with university students aiming to become math teachers at teacher-training university at Dominican Republic. Dominican Republic's rank at PISA math test is the lowest in the world now, but based on the high satisfactory rate of the workshop, we could see the huge possibility of what the interactive, experiential, creative math web-tools developed in Japan could contribute to the 21st-century STEAM education of them and other countries.

B. 発表論文

1. 中島 さち子, 田中 香津生, 清水 克彦, 山田 浩平, 山羽 教文. 「タグラグビーの学習指導計画の STEAM 化によるパフォーマンス向上 ―小学校「体育」授業における算数・プログラミング的思考導入の効果―」, スポーツパフォーマンス研究. **14**(2022) 45–59.
2. J. Akiyama, K. Matsunaga, and S. Nakajima. "Mobius Flowers", Thai Journal of Mathematics. **21**(2023) Accepted.
3. 中島さち子, 秋山仁, 清水克彦. 「結び目理論とアートを融合した結び目 STEAM 活動の開発と実践検証 ―体験的・発見的・創造的な学びの STEAM 化―」 日本数学教育学会 数学教育, **105**(2023) 採択済.
4. 中島さち子. 「STEAM 教育の実践」 音楽

文化創造, **185** (2021) 特集, 電子版.

C. 口頭発表

1.「タグラグビーにおけるスポーツ戦術シミュレーションツール」, RIMS 共同研究「数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究」, オンライン, 8 月, 2021 年.
2. "The Mobius Love-Fate Fortune Telling Conundrum", TJCDCG 2020+1, Online(Thailand), Sep. 2021.
3.「STEAM 化された数学の創造性と探究の可能性」, 東京理科大学数学教育研究会, オンライン, 11 月, 2021 年.
4. ” Possibilities of Global STEAM creative network - toward World Expo", 大阪大／ドレスデン工科大学との国際学術シンポジウム - Collaborating within the New Normal, Online, Sep. 2021.
5. "Possibilities of CoCreative STEAM Ecosystem in the 21st century, to democratize", WCCE 2022, 広島国際会議場, 8 月, 2022 年.
6.「Society 5.0 の実現に向けた統計教育に関する動きと課題」, 日本統計学会統計教育委員会企画セッション, オンライン, 9 月, 2022 年.

D. 講義

1. 学際融合ゼミナール「数学と音楽」: 学部 1， 2 年生を対象に文理融合型で数学と音楽のゼミを舘知宏教授と共に行った（アドミ棟， 2023 年 2 － 3 月, 集中講座）.

橋本 健治 (HASHIMOTO Kenji)

A. 研究概要

K3 曲面の族と、対応する周期領域上の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、ある種のヒルベルト保型形式や、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。楕円曲線の場合と同様に、パラメーター空間をモジュラー多様体と解釈することができて、その（orbifold としての）標準環を対応する保型形式環と自然に同一視することができる（論文 [2] 参考）。

また、K3 曲面の無限自己同型群について調べた（Kwangwoo Lee 氏との共同研究）。ピカール数 2 の場合は論文 [4] において既に研究を行ったが、ピカール数 3 の場合の詳しい研究を行った。（ただし、複雑さを避けるために (-2) 曲線がないことを仮定した。）特に、クリフォード代数の言葉による自己同型群の表示を考えた。ひとつの帰結として、（当該の）K3 曲面の自己同型群の生成元の個数は有界ではないことが示される。

ある種のウェイトの観点からの K3 曲面およびカラビ・ヤウ 3 次元多様体のミラー対称性についても研究を行った（Hwayoung Lee 氏との共同研究）。transposition mirror という構成が知られている。この構成は基本的には超曲面についての構成であるが、余次元 2 の完全交叉における類似を考えて、その場合にも（何らかの意味で）ミラー対称性が成立するか調べた。

We studied certain families of K3 surfaces and the corresponding rings of automorphic forms on period domains (a joint work with Atsuhira Nagano and Kazushi Ueda). In particular, we studied families of K3 surfaces corresponding to Hilbert modular forms and Siegel modular forms of genus two. Similarly to elliptic curves, we can regard parameter spaces as modular varieties and identify their canonical rings (as orbifolds) with the corresponding rings of automorphic forms in a natural way. (cf. [2])

We also studied automorphism groups of infinite order of K3 surfaces (a joint work with Kwangwoo Lee). We already obtained results for the case of Picard number two in [4], and as a next step, we studied the case of Picard number three in details. (In our study, we assume that there are no (-2)-curves for simplicity.) In particular, we gave a description of automorphism groups of those K3 surfaces in the language of Clifford algebras. As a consequence, we showed that the numbers of generators of automorphism groups of (those) K3 surfaces can be arbitrarily large.

We studied the mirror symmetry for K3 surfaces and Calabi–Yau threefolds in a point

of view of certain weights (a joint work with Hwayoung Lee). The mirror construction named “transposition mirror” has been studied by many authors. This construction is basically for hypersurfaces. We considered an analogous construction for complete intersections of codimension two and studied the mirror symmetry (in some sense) for this construction.

B. 発表論文

1. K. Hashimoto and T. Sano: “Examples of non-Kähler Calabi-Yau 3-folds with arbitrarily large b_2”, to appear in Geom. Topol.
2. K. Hashimoto and K. Ueda: “The ring of modular forms for the even unimodular lattice of signature $(2, 10)$, Proc. Amer. Math. Soc. **150** (2022), 547–558
3. S. Brandhorst and K. Hashimoto: “Extensions of maximal symplectic actions on K3 surfaces”, Ann. Henri Lebesgue **4** (2021), 785–809.
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), 432–443.
5. K. Hashimoto and K. Ueda: “Reconstruction of general elliptic K3 surfaces from their Gromov-Hausdorff limits”, Proc. Amer. Math. Soc. **147** (2019), 1963–1969.

C. 口頭発表

1. K3 曲面のミラー対称性に関連したウェイト (日本語), 代数セミナー, 神戸大学, 2023 年 3 月
2. ピカール数 3 の K3 曲面の自己同型について (日本語), 特殊多様体・特殊関数研究会, 北海道大学, 2022 年 9 月
3. Generalized triangle singularities (日本語), ミラー対称性の諸相 2020, オンライン研究集会, 2020 年 9 月
4. Period map of a certain family of K3 surfaces with an S_5 action, Japanese–European symposium on Symplectic Varieties and Moduli Spaces - third edition - , 東京理科大学, 2018 年 8 月.
5. 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.

横山 聡 (YOKOYAMA Satoshi)

A. 研究概要

ランダムな外力を考慮した現象を表す方程式、特に、1) 確率オイラー、確率ナビエ・ストークス方程式 2) 2 相を分ける界面の揺らぎなどの物理現象に関する確率反応拡散方程式を主に研究している。

I study stochastic partial differential equations describing physical phenomena, in particular, 1) stochastic Euler and Navier-Stokes equations 2) stochastic reaction-diffusion equations for physical phenomena such as fluctuations at the interface separating two phases.

B. 発表論文

1. S. Yokoyama : “A stochastically perturbed mean curvature flow by colored noise”, J. Theoret. Probab. **34** (2021) 214–240.
2. T. Funaki and S. Yokoyama : “Sharp interface limit for stochastically perturbed mass conserving Allen-Cahn equation”, Ann. Probab. **47** (2019) 560–612.
3. C. Denis, T. Funaki and S. Yokoyama : “ Curvature motion perturbed by a direction-dependent colored noise”, Stochastic partial differential equations and related fields, 177–200, Springer Proc. Math. Stat., **229,** (2018).

HUANG Xinchi (黄 欣馳)

A. 研究概要

ここ十数年、時間非整数階偏微分方程式は不均質媒体における拡散や波動などの現象の良いモデルとして認識されてきた。このような偏微分方程式に対して初期値・境界値問題の解の適切性、漸近挙動などから逆問題の一意性・安定性まで研究を進んでいる。特にここ一年、次の三つの問題を考察した。

第一に、時間非整数階常微分方程式を考慮した。適切な関数空間で非整数階微分を定義することによって、この特殊な微分方程式を積分方程式に書き換え、解の一意存在性を論じた上で、解の時間漸近挙動及び短時間の正則性を証明した。この結果により、通常の微分方程式と本質的に異なる、非整数階微分方程式の時間原点付近の「制限された平滑化」の特性が明らかになった。

第二に、時間非整数階波動方程式を考慮した。先行研究の解の一意存在性を踏まえて、解の短時間・長時間漸近挙動を論じ、通常の波動方程式にない解の多項式オーダーの減衰が示された。更に、このような漸近挙動の評価式を用いてソース項決定逆問題の一意性及び安定性までいえた。

第三に、連立時間非整数階拡散方程式を考慮した。まずは、単独方程式の結果を利用して、初期値・境界値問題の解の適切性を論じた。次に、ラプラス変換の手法により、解の（長時間）漸近挙動は解明され、結局一番小さい分数微分階数にしか依存されていないことが分かった。更に、連立方程式の各成分の絡み合いのおかげで、ただ一つの成分の解の観測データによって、全ての非整数階数を決めることが可能になった。理論上、一意性だけが証明されていたが、数値実験では、ある程度の数値の安定性も見せられた。

In the last decades, time-fractional differential equation(TFDE) has become a well-known model for anomalous diffusion or wave process which occurs in highly heterogeneous media. For the TFDEs, we discuss both direct problems and inverse problems, including the well-posedness of the initial-boundary value problem, the asymptotic behavior of the solution and the uniqueness/stability for some detailed inverse problems. In particular, we considered the following three problems during the last year.

For the first problem, we considered the time-fractional ordinary differential equations. By defining the fractional derivative in some suitable function space, we can rewrite this kind of special differential equations by some integral equations and we derived the unique existence of the solution. Moreover, we focused on the time asymptotic behavior and proved the sharp regularity of the solution near $t = 0$, showing a limited smoothing property which is an essential difference between the usual differential equations and the TFDEs.

For the second problem, we considered a time-fractional diffusion-wave equation. The well-posedness result was established recently and we applied the solution formula of such an equation to obtain the short-time and long-time asymptotic behaviors of the solution. Actually one can observe a completely different phenomenon from the wave equation, that is, the solution decays in time with a polynomial order for the time-fractional equation. Moreover, we employed such asymptotic results to prove some uniqueness and stability results for inverse source problems.

For the third problem, we considered a coupled system of time-fractional diffusion equations. First we established the well-posedness of the problem by applying the result for a single equation. After that, we used the Laplace transform method to prove the (long-time) asymptotic behavior of the solution, which eventually depends only on the smallest fractional order. Moreover, thanks to the coupling effect of the system, it is possible for us to determine all the fractional orders by measuring only one component of the solution. Theoretically we proved only the uniqueness for such an inverse problem, but the numerical tests showed, to some extent, a possible stability result.

B. 発表論文

1. X. Huang, Y. Kian, E. Soccorsi and M. Yamamoto: “Carleman estimate for the Schrödinger equation and application to magnetic inverse problems”, J. Math. Anal. Appl. **474** (2019) 116–142.
2. Z. Li, X. Huang and M. Yamamoto: “Initial-boundary value problems for multi-term time-fractional diffusion equations with x-dependent coefficients”, Evol. Equ. Control Theory **9** (2020) 153–179.
3. Z. Li, X. Huang and M. Yamamoto: “A stability result for the determination of order in time-fractional diffusion equations”, J. Inverse Ill-Posed Probl. **28** (2020) 379–388.
4. X. Huang, O.Yu. Imanuvilov and M. Yamamoto: “Stability for inverse source problems by Carleman estimates”, Inverse Probl. **36** (2020) 125006.
5. X. Huang: “Carleman estimate for a general second-order hyperbolic equation”, “*Inverse Problems and Related Topics*” Chapter 7, Springer, Singapore, 2020, DOI: 10.1007/978-981-15-1592-7.
6. X. Huang: “Inverse coefficient problem for a magnetohydrodynamics system by Carleman estimates”, Appl. Anal. **100** (2021) 1010–1038.
7. C. Ren, X. Huang and M. Yamamoto: “Conditional stability for an inverse coefficient problem of a weakly coupled time-fractional diffusion system with half order by Carleman estimate”, J. Inverse Ill-Posed Probl. **29** (2021) 635–651.
8. X. Huang and A. Kawamoto: “Inverse problems for a half-order time-fractional diffusion equation in arbitrary dimension by Carleman estimates”, Inverse Probl. Imaging **16** (2022) 39–67.
9. X. Huang and M. Yamamoto: “Carleman estimates for a magnetohydrodynamics system and application to inverse source problems”, Math. Control Relat. Fields **13** (2023) 470–499.
10. X. Huang and Y. Liu: “Long-time asymptotic estimate and a related inverse source problem for time-fractional wave equations”, to appear in “*Practical inverse problems and their prospects*” in Book series *Mathematics for Industry*, Springer, 2023, arXiv:2209.14762.

C. 口頭発表

1. Inverse problems for several partial differential equations in mathematical physics by Carleman estimates, FMSP 院生集中講義, 東京大学, 2019 年 3 月.
2. 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.
3. (1) Carleman estimate for a time-fractional advection-diffusion equation and application to a lateral Cauchy problem, (2) Inverse problems for a magneto-hydrodynamics system by Carleman estimates, International Congress on Industrial and Applied Mathematics 2019, Valencia, Spain, 2019 年 7 月.
4. Inverse problems for a magnetohydrodynamics system by Carleman estimates, Summer School on Applied Inverse Problems and Related Topics, 玉原国際セミナーハウス, 2019 年 8 月.
5. Inverse source problems for the time-fractional differential equations with integer time derivatives, 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.
6. Inverse source problems for diffusion/wave equations with time-fractional derivatives by Carleman estimates, 第 17

回数学総合若手研究集会 -数学の交叉点-, 北海道大学 (オンライン), 2021 年 3 月.

7. Well-posedness of time-fractional diffusion-wave equations with time-dependent coefficients and related topics, 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-」, オンライン, 2021 年 9 月.
8. 時間非整数階拡散方程式系における階数決定の逆問題, 日本応用数理学会 2022 年度年会, 北海道大学 (ハイブリッド), 2022 年 9 月.
9. Initial-boundary value problem for a time-fractional diffusion system and an inverse problem of determining the orders, Recent advances in direct and inverse problems for PDEs and applications, Sapienza Università di Roma, Italy(hybrid), 2022 年 12 月.
10. Initial-boundary value problem for a time-fractional diffusion system and an inverse problem of determining orders, 逆問題と医用イメージングとその周辺, 京都大学数理解析研究所 RIMS(ハイブリッド), 2023 年 1 月.

G. 受賞

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）.

シェン シャオビン (Sheng Xiaobing)

A. 研究概要

トンプソン群 F, T, V は初めに論理学の立場から構成されたものであるが, 後に文字列書き換え系 (string rewriting system), ホモトピー論, 組み合わせ論, 力学系など, 他の多くの数学の分野との関係が見出されています. これまでの研究で, 組み合わせ的な観点から高次元トンプソン群 nV のねじれ元と無限異数の元それぞれについて調べ, 無限ねじれ群とある種の Baumslag-Solitar 群がその群に埋め込めないことを示して, この結果を高次元トンプソン群 nV の一般化した群の一部に拡張することができました. 他方では, Jones の仕事に基づいて, トンプソン群の特別な元から 2 橋結び目とプレッツェルノットの列を具体的に構成しました.

Thompson's groups F, T, V were first constructed from a logic point of view while later found to have connections with many other branches of mathematics such as string rewriting systems, homotopy theory, combinatorics and dynamical systems.
In some previous work, we found out higher dimensional Thompson's groups (or Brin Thompson groups) do not contain infinite torsion groups and certain Baumslag-Solitar groups. We investigate the torsion elements and infinite ordered elements of generalisations of the higher dimensional Thompson's groups and extend previous results to certain class of these generalisations.
On the other hand, we provide a sequence of experimental results of knots and links constructed in a systematical methods from positive words in F motivated by V. Jones' work.

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", Tokyo. J. Math. **45** (2022) No. 2.
3. Xiaobing Sheng : "Divergence properties of the generalised Thompson's groups and the braided-Thompson's groups", arXiv preprint 2106.15571, submitted.
4. Some obstructions on the subgroups of the Brin-Thompson groups and a selection of twisted Brin-Thompson groups, arXiv preprint 2209.11982, submitted.
5. Some experimental results on knots and links constructed from Thompson's group F a la Jones, submitted.

C. 口頭発表

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. Quasi-isometrically embedded subgroup T_n of Thompson's group T, 14th East Asian Conference on Geometric Topology, 北京大学, 中国, 2019 年 1 月.
5. Contracting boundary of the CAT(0) space, ミニーワークショップ「Low Dimensions」, 早稲田大学, 2019 年 12 月.
6. Quasi-isometrically embedded subgroup T_n of Thompson's group T, East Asian Core Doctoral Forum on Mathematics, 東京大学大学院数理科学研究科, 2020 年 1 月.
7. On Thompson's groups, GGTEA, lightening talk, オンライン, 2020 年 10 月.
8. Some combinatorial properties of Brin-Thompson's groups, 幾何学的群とその周辺, 早稲田大学, 2020 年 12 月.
9. Divergence property of Brown Thompson's groups and braided Thompson's groups, 16th East Asian Conference on Geometric Topology, 東京大学大学院数理科学研究科, オンライン, 2021 年 1 月.
10. Divergence property of Brown Thompson's groups and braided Thompson's groups, GAGTA, オンライン, 2021 年 6 月.
11. Divergence property of Brown Thompson's groups and braided Thompson's groups, World of GroupCraft, オンライン, 2021 年 8 月.
12. Some obstructions on subgroups of Brin-Thompson's groups $2V$, 年寄りセミナー, 東京工業大学, 2021 年 12 月.
13. Some obstructions on subgroups of Brin-Thompson groups $2V$, トポロジー火曜セミナー, 東京大学大学院数理科学研究科 (オンライン), 2022 年 1 月.
14. On quasi-isometry classes of Higman-Brown-Thompson groups T_n, 葉層構造シンポジウム, 東京大学大学院数理科学研究科 (オンライン), 2022 年 10 月.
15. Jones construction of knots and links from elements of Thompson's group F - some computational result, Silver V workshop, 沖縄科学技術大学院大学, 2022 年 11 月.
16. Some obstructions on subgroups of Brin-Thompson groups, 東北幾何セミナー, 2022 年 12 月.
17. Quasi-isometry rigidity of Higman-Brown-Thompson groups T_n, Geometry in Low Dimension, 2022 年 12 月.
18. Some obstructions on subgroups of Brin-Thompson groups, 18th East Asian Conference on Geometric Topology, Online, 蘇州大学, 2023 年 2 月.

マラ パスクワレ (MARRA Pasquale)

A. 研究概要

My research is focused on the theoretical condensed matter physics, in particular topological superconductivity in mesoscopic systems, Thouless quantum pumps in cold atoms, and the various generalizations of the Harper-Hofstadter model. Although I work on different physical systems (e.g., quantum nanowires, cold atomic gases), the unifying concept is the study of topological phases induced by inhomogeneous fields. My main scientific contributions in the last year were focussed on Majorana modes in topological superconductors.

(I) Review in topological superconductors and Majorana modes – In high-energy physics, a Majorana fermion, theoretically predicted by

Ettore Majorana in 1937, is an elementary particle having the surprising property of being its own antiparticle. A condensed matter analogous of Majorana fermions can be realized as an emergent electronic state in the so-called topological superconductors. Due to their topological nature, these Majorana modes are relatively robust against impurities and disorder. Moreover, they exhibit an unusual and distinctive property: when their positions are exchanged, the final outcome does depend on the order in which exchanges are performed. Loosely speaking, exchanging Majorana modes is the quantum analogous of braiding threads: The knots they form only depend on the order in which the exchanges are performed. Due to their topological nature, their robustness against disorder, and their unusual exchange properties, Majorana states are ideal candidates for the design of viable technological platforms for topological quantum computation, which will constitute a breakthrough in quantum information science and simultaneously contribute to fundamental advances in understanding quantum physics. Recently, I wrote a comprehensive review on Majorana modes and topological quantum computation, invited by the Journal of Applied Physics (see below). My review is an introduction to this rapidly evolving field of research at the boundary between condensed matter physics and quantum computation.

(II) Topological superconductors with inhomogeneous fields – Typically, topological superconductors are realized with proximized nanowires or magnetic atom chains on a conventional superconductor. In our recent work, we studied the crossover between nontrivial Majorana and trivial Andreev states induced by smooth inhomogeneities. This result is relevant for the ongoing controversy on the experimental realization of Majorana bound states in condensed matter.

(III) Emergent SUSY and topological superconductors – Supersymmetry (SUSY) is an extremely relevant concept for high-energy physics, and its experimental realization in condensed matter may lead to useful insights and unexpected breakthroughs. We employed inhomogeneous fields in topological superconductors to theoretically realize lattices of Majorana modes and showed that these lattices can be tuned to realize an extended SUSY with 2 independent supercharges and partial SUSY breaking. The breaking of SUSY corresponds to the presence of a Goldstino fermion, which is analogous to a Goldstone bosonic mode, which we identify with a one-dimensional dispersive Majorana fermion. Moreover, these Majorana lattices can be employed to realize new braiding protocols.

B. 発表論文

1. Majorana nanowires for topological quantum computation, P. Marra, J. Appl. Phys. **132**, 231101 (2022)
2. One-dimensional Majorana Goldstinos and extended supersymmetry in quantum wires, P. Marra, D. Inotani, M. Nitta, Comm. Phys. **5**, 149 (2022)
3. Dispersive one-dimensional Majorana modes with emergent supersymmetry in one-dimensional proximitized superconductors via spatially-modulated potentials and magnetic fields, P. Marra, D. Inotani, M. Nitta, Phys. Rev. B **105**, 214525 (2022)
4. Majorana/Andreev crossover and the fate of the topological phase transition in inhomogeneous nanowires, P. Marra, A. Nigro, J. Phys.: Condens. Matter **34** 124001 (2022)
5. Competition and interplay between topology and quasi-periodic disorder in Thouless pumping of ultracold atoms, S. Nakajima, N. Takei, K. Sakuma, Y. Kuno, P. Marra, Y. Takahashi, Nature Physics **17**, 844 - 849 (2021)
6. Topologically quantized current in

quasiperiodic Thouless pumps, P. Marra, M. Nitta, Phys. Rev. Research **2**, 042035(R) (2020)

7. Topologically nontrivial Andreev bound states, P. Marra, M. Nitta, Phys. Rev. B **100**, 220502(R) (2019)
8. Degeneracy lifting of Majorana bound states due to electron-phonon interactions, P. P. Aseev, P. Marra, P. Stano, J. Klinovaja, D. Loss, Phys. Rev. B **99**, 205435 (2019)
9. Editorial for the volume Topological states of matter: Theory and applications, R. Citro, P. Marra, F. Romeo, Eur. Phys. J. Spec. Top. **227**, 1291–1294 (2018)
10. A zero-dimensional topologically nontrivial state in a superconducting quantum dot, P. Marra, A. Braggio, R. Citro, Beilstein J. Nanotechnol. **2018**, 9, 1705-1714 (2018)

C. 口頭発表

1. Partial supersymmetry breaking and dispersive Majorana modes in quantum nanowires, YIPQS Novel Quantum States in Condensed Matter workshop (NQS2022), Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University, Japan, 10 November 2022
2. One-dimensional Majorana Goldstinos and partial supersymmetry breaking in quantum wires: From Majorana pumps to braiding, at the 29th International Conference on Low Temperature Physics (LT29), Sapporo, Japan, 23 August 2022 and at the International Conference on Ultralow Temperature Physics (ULT), Otaru, Japan, 27 August 2022
3. Partial supersymmetry breaking and Majorana modes in quantum nanowires, workshop "Inhomogeneous superconductivity and superfluidity", Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan, 28 September 2022
4. Extended quantum-mechanical supersymmetry in Majorana nanowires, APS March Meeting 2022, Chicago, USA, 14 March 2022
5. Topologically nontrivial phases induced by inhomogeneous fields in one-dimension, YITP workshop “Theoretical studies of topological phases of matter”, Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University, Japan, 18 October 2021
6. Topologically nontrivial Andreev bound states, one-dimensional Majorana fermions, and supersymmetry in quantum wires, CMD29 online series, mini-colloquium “Bound states in hybrid superconductor nanostructures”, online meeting, 29 June 2021
7. Topological superconductors with periodically modulated magnetic fields Andreev vs Majorana bound states, and emergent supersymmetry, APS March Meeting 2021, Chicago, USA, 17 March 2021
8. Topological nontrivial Andreev bound states, double dimensionality, and synthetic dimensions, University of Salerno, Italy, 13 January 2020
9. Topologically nontrivial Andreev bound states, CMD2020GEFES, Madrid, Spain, 1 September 2020
10. Topological nontrivial Andreev bound states, double dimensionality, and synthetic dimensions, Kyoto University, Japan, 21 August 2019

協力研究員 (Associate Fellow)

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 their fibered knots and the corresponding Heegaard splittings.

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.

2. N. Sekino: "Lens spaces which are realizable as closures of homology cobordisms over planar surfaces", Illinois J. Math.Volume 64, Number 4 (2020), 481–492.

3. N. Sekino: "The existence of homologically fibered links and solutions of some equations", Topology and its Applications **302** (2021).

C. 口頭発表

1. 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.
2. Genus one fibered 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.
3. 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.
4. 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.

川上 拓志 (KAWAKAMI Hiroshi)

A. 研究概要

私は，線型微分方程式・線型 q-差分方程式の変形理論に立脚した，高次元 Painlevé 型方程式の統一的な枠組みを作ることを試みている．
今年度は，発表論文 1 で得られた行列第六 Painlevé 方程式の q-類似及びそれに付随する Lax pair の，ある退化を計算した．結果として得られた非線型 q-差分方程式系の連続極限として，行列第五 Painlevé 方程式が得られることを示した．また，Fuchs 型でない線型 q-差分方程式のスペクトル型を定義し，退化で得られた線型 q-差分方程式の特徴づけを行った．

I am attempting to construct a unified framework for higher-dimensional Painlevé-type equations based on the deformation theory of linear differential equations and linear q-difference equations.
This year, I calculated a degeneration of the q-analogue of the matrix sixth Painlevé system and its associated Lax pair obtained in the published paper 1. I showed that the continuous limit of the non-linear q-difference system obtained via the degeneration yields the matrix fifth Painlevé system. In addition, I defined the spectral type of linear non-Fuchsian q-difference systems and characterized the linear q-difference system obtained through the degeneration in terms of the spectral type.

B. 発表論文

1. H. Kawakami: "A q-analogue of the matrix sixth Painlevé system", *J. Phys. A: Math. Theor.*, **53** 495203 (2020).
2. H. Kawakami: "Four-dimensional

Painlevé-type equations associated with ramified linear equations I: Matrix Painlevé systems", *Funkcial. Ekvac.*, Volume **63**, Issue 2 (2020), 97–132.

3. H. Kawakami and T. Mano: "Regular flat structure and generalized Okubo system", *Commun. Math. Phys.*, Volume **369**, Issue 2 (2019), 403–431.
4. H. Kawakami, A. Nakamura, and H. Sakai: "Degeneration scheme of 4-dimensional Painlevé-type equations", *MSJ Memoirs* **37** (2018), 25–111.
5. H. Kawakami: "Four-dimensional Painlevé-type equations associated with ramified linear equations II: Sasano systems", *Journal of Integrable Systems*, Volume **3**, Issue 1 (2018), xyy013.

C. 口頭発表

1. 高次元の離散 Painlevé 型方程式について，RIMS 共同研究（公開型）「可積分系数理の発展と応用」，京都大学，2022 年 8 月．
2. 行列第六 Painlevé 系の q-類似，日本数学会 2020 年度年会，日本大学，2020 年 3 月．
3. 4 次元 Painlevé 型差分方程式について，日本数学会 2020 年度年会，日本大学，2020 年 3 月．
4. 高次元の離散 Painlevé 型方程式について，青山数理セミナー，青山学院大学，2020 年 1 月．
5. 高次元の離散 Painlevé 型方程式について，紀尾井町数理セミナー，城西大学，2019 年 6 月．
6. 4 次元 Painlevé 型差分方程式について，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．

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)

浅香 猛 (ASAKA Takeru)

A. 研究概要

サーストンは双曲曲面に対し、地震変形を定義した。これは、非交叉な測地線からなる閉集合に沿って曲面を切断しずらす変形である。2 つの双曲構造に対し、唯一つ地震変形が存在する。これは地震定理と呼ばれる。この定理は写像類群及びタイヒミュラー理論において重要であり、ニールセン実現問題の肯定的解決に用いられた。地震定理はボンサンテ·クラスノフ·シュレンカーによって境界なしの点付き曲面の場合に拡張された。点付き曲面の強化タイヒミュラー空間はフォック・ゴンチャロフによる複比座標をもつ。我々は理想弧に沿った地震写像とフェンチェル・ニールセン変形を複比座標によって計算した。フォック・ゴンチャロフにより複比座標はクラスター代数と深く関係をもつ。前者の計算より、有限型クラスター代数に対して地震写像を定義し、地震定理を証明した。石橋典氏と狩野隼輔氏との共同研究である。

Thurston defined an earthquake deformation for hyperbolic surfaces. It is a deformation which cuts and displaces surfaces along a closed set of non-intersecting geodesics. For any two hyperbolic structures, there is only one earthquake deformation. This is called the earthquake theorem. This theorem is important in the mapping class group and Teichmüller theory, and was used in the affirmative solution of Nilsen's realization problem. It was extended to the case of marked surfaces without boundary by Bonsante–Krasnov–Schlenker. The enhanced Teichmüller space of marked surfaces has the cross-ratio coordinates by Fock–Goncharov. We compute the earthquake map along ideal arcs and the Fenchel–Nielsen deformation by the cross-ratio coordinates. It is known from Fock–Goncharov that the cross-ratio coordinates are closely related to the cluster algebra. From the former calculations, we define the earthquake map for cluster algebras of finite type and prove the earthquake theorem. This is a joint work with Tsukasa Ishibashi and Shunsuke Kano.

C. 口頭発表

1. Earthquake maps of a once-punctured torus, 東京工業大学理学院数学系セミナー, 東京工業大学, 2018 年 4 月
2. Earthquake maps of a once-punctured torus, 早稲田双曲幾何幾何学的群論セミナー, 早稲田大学, 2018 年 4 月
3. Earthquake theorem of cluster algebras of fintie type, The 17th East Asian Conference on Geometric Topology, オンライン, 2022 年 1 月
4. クラスター代数と地震変形, 東北大学幾何セミナー, 東北大学, 2022 年 2 月
5. Earthquake maps and cluster algebras, 日本数学会, 埼玉大学, 2022 年 3 月
6. Earthquake theorem for cluster algebras of finite type, 第 56 回函数論サマーセミナー, 愛媛大学, 2022 年 9 月
7. Earthquake theorem for cluster algebras of finite type, 日本数学会, 北海道大学, 2022 年 9 月
8. 地震定理とクラスター代数, 大阪大学数学教室セミナー, 大阪大学, 2022 年 12 月
9. Some calculations of an earthquake map in the cross ratio coordinates and the earthquake theorem of cluster algebras of finite type, トポロジー火曜セミナー, 東京大学, 2023 年 1 月
10. Earthquake theorem and Cluster alge-

bras, リーマン面・不連続群論, オンライン, 2023 年 2 月

齋藤 勇太 (SAITO Yuta)

(学振 DC2)
(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．最近円分的 (φ,Γ) 加群が重要な役回りを担った 2019 年の p 進表現に関する論文が本年書籍として出版され ([EG23]), これに興味を持っている．この書籍では, 一つの固定された mod p のガロア表現の上の p 進表現に関するモジュライ理論である変形環の理論の一般化として, mod p のガロア表現の固定を外したグローバルなモジュライの構成が行われている．このグローバルなモジュライの構成は直接 p 進表現のモジュライを構成するのでなく円分的 (φ,Γ) 加群のモジュライを構成することによって実現されている．変形環の理論も元々 p 進表現の研究に用いられる重要な道具の一つであり, またこの論文の中で変形環の理論では証明されていなかった問題の一つが新しく構成したモジュライスタックを用いることによって証明されているため, この研究は p 進表現の研究において一つ大きな前進であると言える．

これを受け最近では, 他の (φ,Γ) 加群, 特に私がずっと研究対象としてきた Lubin–Tate (φ,Γ) 加群で同じようなモジュライスタックの構成を行うことができるのか, またそれができたときどのようなことがわかるかということに興味を持ち, 研究を行っている．このようなモジュライスタックの構成は出来そうだということが分かってきたが, 最近は過収束な Lubin–Tate (φ,Γ) 加群のなす部分モジュライスタックがどのような振る舞いをするかについて考えているところだ．

参考文献

[EG23] M. Emerton, T. Gee, *Moduli Stacks of Étale (φ,Γ)-Modules and the Existence of Crystalline Lifts*, Annals of Mathematics Studies, Vol.215, Princeton University Press, 2023.

I'm interested in (φ,Γ)-modules used to investigate Galois representations. Recently, I'm concerned with the book published recently([EG23]) in which cyclotomic (φ,Γ)-modules play an important role. In this paper, writers constructed global moduli stacks of Galois representations without the restriction of underlying mod$p$ representations, as a generalization of the theory of deformation rings which is the moduli theory of Galois representations over a fixed mod$p$ representation. They didn't construct these moduli stacks of Galois representations directly, but constructed the moduli stacks of cyclotomic (φ,Γ)-modules instead. In response to this paper, I study whether we can construct moduli stacks of other (φ,Γ)-modules, especially Lubin–Tate (φ,Γ)-modules, which I have studied for a long time. It turns out that such a moduli stack can be constructed, but recently I have been thinking about how a sub moduli stack formed by overconvergent Lubin–Tate (φ,Γ)-modules would behave.

B. 発表論文

1. Y. Saito, Overconvergent Lubin–Tate (φ,Γ)-modules for different uniformizers, arXiv:2106. 16005(2021).

C. 口頭発表

1. Overconvergent Lubin–Tate (φ,Γ)-modules for different uniformizers, 代数学コロキウム, 2021 年 1 月.

佐藤 謙 (SATO Ken)

(FMSP コース生)

A. 研究概要

代数体に対してはレギュレーターと呼ばれる値が定まり，Dirichlet の類数公式を通じて，ゼータ関数の特殊値や類数などの数論的に重要な量と結びつくことが古典的に知られている．Beilinson に

よりレギュレーターの構成は一般化され，代数多様体のモチヴィックコホモロジーから Deligne コホモロジーへの写像として定義されるようになった．このレギュレーター写像によるモチヴィックコホモロジーの元の値は，多様体のモチーフの L 関数の特殊値の無理数部分と関連することが予想されているなど，与えられた代数多様体の数論的性質と深く関連すると期待されている．実際，レギュレーター写像の値には多重対数関数や超幾何関数など多くの興味深い特殊関数の特殊値が現れることが知られている．

私の研究は $K3$ 曲面などの多様体族の上で，モチヴィックコホモロジーと高次 Chow 群の同型を通じて，モチヴィックコホモロジーの元を幾何学的に構成し，レギュレーター写像での像を計算することで，構成したモチヴィックコホモロジーの元の非自明性を示したり，レギュレーター写像の値に現れる特殊関数の関係式を幾何学的に説明することを目的としている．修士論文では，楕円曲線の直積に付随する Kummer 曲面の族 $\mathcal{X} \to T$ 上のある高次 Chow サイクルの族のレギュレーターの値から

$$\int_{s=0}^{s=1} \int_{t=0}^{t=s} \frac{dsdt}{\sqrt{s(s-1)(s-a)t(t-1)(t-b)}} \tag{1}$$

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．この積分表示と，$\mathcal{X} \to T$ の Picard-Fuchs 微分作用素（多様体の周期を与える特殊関数を消すような微分作用素）を考えることで，構成した高次 Chow 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を示した．博士論文においては，$K3$ 曲面族 $\mathcal{X} \to T$ の「族としての自己同型」（底空間 T と全体空間 $\mathcal{X}$ の自己同型のペアで，$\mathcal{X} \to T$ を保つもの）によって，構成した Chow サイクルを動かすことで，より多くの非自明なサイクルの構成に成功した．またこの定理の証明の過程で，$\mathcal{X} \to T$ の Picard-Fuchs 微分作用素と，この自己同型群のある種の 1 コサイクルの間の変換公式を証明したが，この変換公式は，レギュレーターの値に現れる (1) の特殊関数の変数変換公式を導くため，この多様体族の上で，「レギュレーター写像の値として現れる特殊関数の関係式の幾何学的な説明」という目的を達成することができた．

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. Therefore 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 polylogarithmic 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. This study can be applied to show the non-triviality of higher algebraic cycles. In my master's thesis, I constructed 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 torsions on the very general member of this family. In my doctoral dissertation, I examined the automorphism group of Kummer surface family $\mathcal{X} \to T$ and constructed more non-torsion cycles. Furthermore, by examining the action of the automorphisms on the Picard-Fuchs equation of $\mathcal{X} \to T$, we get some transformation formulae of the special function (1).

B. 発表論文

1. K. Sato: “Indecomposable parts of higher Chow groups of a certain type of Kummer surfaces", 東京大学修士論文, 2019.
2. K. Sato: “Construction of higher Chow cycles and calculation of the regulator map", 北海道大学数学講究録 (178), 2020.
3. K. Sato: “等スペクトル問題を用いた cloaking device 作成へのアプローチ", 数理科学実践研究レター，LMSR2021-4.

4. K. Sato: “A group action on higher Chow cycles on a family of Kummer surfaces", preprint(2022), arXiv:2211.16109

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 翔一 (SATO Shoichi)

(FMSP コース生)

A. 研究概要

私は，非整数階微分を含む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．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．

本年度は主に，以下のような時間非整数階の Hamilton-Jacobi 方程式の，特異極限問題について研究を行った．

$$\partial_t^\alpha u^\varepsilon + H\left(\frac{x}{\varepsilon}, Du^\varepsilon\right) = 0 \quad \text{in } \mathrm{R}^N \times (0,\infty).$$

ここで，∂_t^α は α 階 $(0<\alpha<1)$ の Caputo 微分であり，H は空間変数について周期的な Hamiltonian とする．本研究では，パラメータ $\varepsilon>0$ を 0 に近付けたときの，解 u^ε の漸近挙動について考察した．このような特異極限問題への関心は材料科学の分野に発端し，均質化問題と呼ばれる．

本年度の主結果を述べる．u^ε を上記の方程式の粘性解、$\overline{u}$ を対応する極限方程式の粘性解としたとき，その収束率を導出した．ここでの大きな困難は，粘性解理論においてよく利用される変数倍化法と，Caputo 微分の非局所性との、相性の悪さである．実際，$\varphi(t,s) := (t-s)^2$ に対し，$\partial_t\varphi(t,s) = -\partial_s\varphi(t,s)$ となることは，変数倍化法において基本的かつ重要な事実であるが、一般に $\partial_t^\alpha\varphi(t,s) \neq -\partial_s^\alpha\varphi(t,s)$ であり，相性が悪い．これは，時間変数について変数倍化法を使用せずに既存の手法を適用し，そこで発生する誤差を評価する補題を用意することで解決した．本研究は，三竹大寿准教授との共同研究に基づく．

I am interested in partial differential equations involving fractional derivatives. Fractional derivatives attracted great interest from both mathematics and applications within the last few decades, and developed in wide fields. This year, I mainly studied singular limit problems of time-fractional Hamilton-Jacobi equations, such as the following:

$$\partial_t^\alpha u^\varepsilon + H\left(\frac{x}{\varepsilon}, Du^\varepsilon\right) = 0 \quad \text{in } \mathrm{R}^N \times (0,\infty).$$

Here, ∂_t^α is the Caputo derivative of order α $(0<\alpha<1)$, and the function $y \mapsto H(y,p)$ is a periodic. In this study, we considered the asymptotic behavior of the solution u^ε as the parameter $\varepsilon>0$ tends to 0. This singular limit problem is called “homogenization problem” with a background of the material science.

We give the main result. We derived the convergence rate of the viscosity solution u^ε of the above equation and the viscosity solution $\overline{u}$ of the corresponding limit equation. A main difficulty we face here is the incompatibility between the doubling variable method which is often used in the theory of viscosity solutions and the non-locality of the Caputo derivative. More precisely, setting $\varphi(t,s) := (t-s)^2$, usually we have $\partial_t\varphi(t,s) = -\partial_s\varphi(t,s)$, which is an elementary, but important trick in the theory of viscosity solutions, however, we have $\partial_t^\alpha\varphi(t,s) \neq -\partial_s^\alpha\varphi(t,s)$. Our approach is to

provide a lemma to prove the rate of convergence without using the doubling variable method with respect to time variable. This is based on the joint work with Hiroyoshi Mitake.

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.
2. Y. Giga, H. Mitake, S. Sato, On the equivalence of viscosity solutions and distributional solutions for the time-fractional diffusion equation, Journal of Differential Equations, Volume 316, 15 April 2022, Pages 364-386.
3. T. Namba, P. Rybka, S. Sato, Special Solutions to the Space Fractional Diffusion Problem, Fract Calc Appl Anal, Volume 25, 19 October 2022, 2139-2165.
4. S. Sato, Various problems for properties of solutions to fractional partial differential equations, 東京大学大学院数理科学研究科博士論文, 2023 年.
5. H. Mitake, S. Sato, On the rate of convergence in homogenization of time-fractional Hamilton-Jacobi equations, arXiv:2303.02923.

C. 口頭発表

1. ダンス評価に関する数理的アプローチの考察, 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, 2018 年 12 月.
2. 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.
3. 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.
4. Equivalence of viscosity solutions and distributional solutions for the time-fractional heat equation, 2020 Seoul-Tokyo Conference - Partial Differential Equations - (Virtual Conference), zoom(オンライン開催), 2020 年 11 月.
5. 異常拡散方程式の粘性解と超関数解の同値性, 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 2021, SpatialChat(オンライン開催), 2021 年 11 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.
2. 2019 年度 数理科学研究科研究科長賞 (修士論文), 2020 年 3 月.
3. 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 2021, ベストポスター賞, 2021 年 11 月.

里見 貴志 (SATOMI Takashi)

(FMSP コース生)

A. 研究概要

私は局所コンパクト群 G に関する Young の畳み込み不等式の最適定数（不等式が最適になるような両辺の比）$Y(p_1,p_2;G)$ について，上からの評価を与えた．

私は $1/p_1+1/p_2 \geq 1$ をみたすような任意の $1 \leq p_1,p_2 \leq \infty$ と任意の閉部分群 $H \subset G$ に対し，$Y(p_1,p_2;G) \leq Y(p_1,p_2;H)$ となることを示した．この系として，$1/p_1+1/p_2>1$ をみたすような $1<p_1,p_2<\infty$ に対し，G に関する次の条件がすべて同値であることを示した：(1) G は開かつコンパクトな部分群を持たない．(2) G の単位元成分 $G_0 \subset G$ はコンパクトでない．(3) G は位相群として R と同型な閉部分群を持つ．(4) G_0 は位相群として R と同型な閉部分群を持つ．(5) $Y(p_1,p_2;G) \leq Y(p_1,p_2;\mathrm{R})$ となる．(6) $Y(p_1,p_2;G_0) \leq Y(p_1,p_2;\mathrm{R})$ となる．(7) $Y(p_1,p_2;G) \neq 1$ となる．(8) $Y(p_1,p_2;G_0) \neq 1$ となる．

また，半単純成分の中心が有限群となるような任意の連結 Lie 群 G に対し，G の極大コンパクト群の次元を $r(G)$ とすると $Y(p_1,p_2;G) \leq Y(p_1,p_2;\mathrm{R})^{\dim G-r(G)}$ となることを示した．$Y(p_1,p_2;\mathrm{R})$ の値が Beckner により明示的に与

えられているので，この不等式は $Y(p_1,p_2;G)$ の明示的な上からの評価を与えている．

私はユニモジュラー局所コンパクト群 G が同値条件 (1)-(8) をみたさない場合でも，関数の台が小さければ Young の不等式を精密化できることを示した．すなわち，G の開部分群の測度の下限を $m(G)$ とし，条件 $\mathrm{vol}(\mathrm{supp}\ \phi_1) + \mathrm{vol}(\mathrm{supp}\ \phi_2) \leq m(G)$ の下での Young の不等式の最適定数を $\tilde{Y}(p_1,p_2;G)$ と書くと，$\tilde{Y}(p_1,p_2;G) \leq Y(p_1,p_2;\mathrm{R})$ が成り立つ．

Young の畳み込み不等式と同様に，逆 Young の不等式もユニモジュラー局所コンパクト群上に一般化できる．逆 Young の不等式の最適定数 $Y_R(p_1,p_2;G)$ についても，上の結果の類似が得られた．すなわち，任意の $0 < p_1,p_2 < 1$ に対し G に関する上の同値条件 (1)-(4) は次の条件とも同値である：(5) $Y_R(p_1,p_2;G) \geq Y_R(p_1,p_2;\mathrm{R})$ となる．(6) $Y_R(p_1,p_2;G_0) \geq Y_R(p_1,p_2;\mathrm{R})$ となる．(7) $Y_R(p_1,p_2;G) \neq 1$ となる．(8) $Y_R(p_1,p_2;G_0) \neq 1$ となる．

また，条件 $\mathrm{vol}(\mathrm{supp}\ \phi_1) + \mathrm{vol}(\mathrm{supp}\ \phi_2) \leq m(G)$ の下での逆 Young の不等式の最適定数を $\tilde{Y}_R(p_1,p_2;G)$ と書くと，$\tilde{Y}_R(p_1,p_2;G) \geq Y_R(p_1,p_2;\mathrm{R})$ が成り立つ．

I gave some estimates of the optimal constant (optimal ratio of both sides such that the inequality is optimal) $Y(p_1,p_2;G)$ of Young's convolution inequality of a locally compact group G from above.

I proved $Y(p_1,p_2;G) \leq Y(p_1,p_2;H)$ for any $1 \leq p_1,p_2 \leq \infty$ with $1/p_1 + 1/p_2 \geq 1$ and any closed subgroup $H \subset G$ of G. As a corollary, the following conditions of G are equivalent for any $1 < p_1,p_2 < \infty$ with $1/p_1+1/p_2 > 1$: (1) G has no open compact subgroup. (2) The identity component $G_0 \subset G$ is not compact. (3) G has a closed subgroup which is isomorphic to R as a topological group. (4) The identity component G_0 has a closed subgroup which is isomorphic to R as a topological group. (5) One has $Y(p_1,p_2;G) \leq Y(p_1,p_2;\mathrm{R})$. (6) One has $Y(p_1,p_2;G_0) \leq Y(p_1,p_2;\mathrm{R})$. (7) One has $Y(p_1,p_2;G) \neq 1$. (8) One has $Y(p_1,p_2;G_0) \neq 1$.

In addition, I proved $Y(p_1,p_2;G) \leq Y(p_1,p_2;\mathrm{R})^{\dim G - r(G)}$ for any connected Lie group G such that the semisimple part has the finite center, where $r(G)$ is the dimension of the maximal compact subgroups of G. This inequality gives an explicit bound of $Y(p_1,p_2;G)$ from above because the value of $Y(p_1,p_2;\mathrm{R})$ is explicitly determined by Beckner.

Even when G does not satisfy the equivalent conditions (1)-(8), I proved that Young's inequality can be improved for any functions with small supports. That is, it follows that $\tilde{Y}(p_1,p_2;G) \leq Y(p_1,p_2;\mathrm{R})$, where $\tilde{Y}(p_1,p_2;G)$ is the optimal constant of Young's inequality under the assumption $\mathrm{vol}(\mathrm{supp}\ \phi_1) + \mathrm{vol}(\mathrm{supp}\ \phi_2) \leq m(G)$ and $m(G)$ is the infimum of the measure of all open subgroup of G.

Similar to Young's inequality, the reverse Young's inequality can be generalized to any unimodular locally compact group. I gave some results similar to the above for the optimal constant $Y_R(p_1,p_2;G)$ of the reverse Young's inequality. That is, the equivalent conditions (1)-(4) of G are also equivalent to the following conditions for any $0 < p_1,p_2 < 1$: (5) One has $Y_R(p_1,p_2;G) \geq Y_R(p_1,p_2;\mathrm{R})$. (6) One has $Y_R(p_1,p_2;G_0) \geq Y_R(p_1,p_2;\mathrm{R})$. (7) One has $Y_R(p_1,p_2;G) \neq 1$. (8) One has $Y_R(p_1,p_2;G_0) \neq 1$.

In addition, I proved $\tilde{Y}_R(p_1,p_2;G) \geq Y_R(p_1,p_2;\mathrm{R})$, where $\tilde{Y}_R(p_1,p_2;G)$ is the optimal constant of the reverse Young's inequality under the assumption $\mathrm{vol}(\mathrm{supp}\ \phi_1) + \mathrm{vol}(\mathrm{supp}\ \phi_2) \leq m(G)$.

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.

3. T. Satomi : “局所コンパクト群の畳み込みに関する Young-Beckner-Fournier の不等式の最適定数”, 表現論シンポジウム 2020 講演集 (2020) 128–139.
4. T. Satomi : “An inequality for the compositions of convex functions with convolutions and an alternative proof of the Brunn-Minkowski-Kemperman inequality”, preprint arXiv:2111.15349 (2021) (to appear in Proc. Steklov Inst. Math.).
5. T. Satomi : “An Inequality for the Convolutions on Unimodular Locally Compact Groups and the Optimal Constant of Young’s Inequality”, J. Fourier Anal. Appl. **29** (2023) Paper No. 13.
6. T. Satomi : “Refinement of Young’s convolution inequality on locally compact groups and generalizations of related inequalities”, 東京大学大学院数理科学研究科博士論文 (2023).
7. T. Satomi : “Inequality on the optimal constant of Young’s convolution inequality for locally compact groups and their closed subgroups”, preprint arXiv:2302.01084 (2023).

C. 口頭発表

1. 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）（主催者 : 伊師英之先生）, 2020 年 1 月.
2. たたみ込みの L^p ノルムに関する Beckner の不等式の，凸関数への一般化とその応用, Workshop on “Actions of Reductive Groups and Global Analysis”（主催者 : 小林俊行先生）, オンライン, 2020 年 8 月.
3. 局所コンパクト群の畳み込みに関する Young-Beckner-Fournier の不等式の最適定数, 2020 年度表現論シンポジウム（世話人 : 織田寛先生，廣惠一希先生）, オンライン, 2020 年 11 月.
4. ユニモジュラー局所コンパクト群上の Young-Beckner-Fournier の畳み込み不等式の最適定数, 日本数学会 2021 年度年会, オンライン, 2021 年 3 月.
5. ユニモジュラー局所コンパクト群上の畳み込みと凸関数の合成に関する不等式と Kemperman の定理への応用, RIMS 共同研究 (公開型) 「リー群論, 表現論およびその周辺分野」（世話人 : 奥田隆幸先生）, オンライン, 2021 年 8 月.
6. “An Inverse Theorem for an Inequality of Kneser” (T. Tao) の紹介, Workshop on “Actions of Reductive Groups and Global Analysis”（主催者 : 小林俊行先生）, オンライン, 2021 年 8 月.
7. ユニモジュラー局所コンパクト群上の畳み込みに関する不等式と Kemperman の定理への応用, 日本数学会 2021 年度秋季総合分科会, オンライン, 2021 年 9 月.
8. ユニモジュラー局所コンパクト群上の畳み込み不等式の最適定数の評価, Lie 群論・表現論セミナー（主催者 : 小林俊行先生）, オンライン, 2022 年 5 月.
9. Estimate of the optimal constant of convolution inequalities on unimodular locally compact groups, Symmetry in Geometry and Analysis（主催者 : Michael Pevzner 先生, 関口英子先生）, Reims university, 2022 年 6 月.
10. “Optimal Young’s inequality and its converse: a simple proof” (F. Barthe, Geom. Funct. Anal. 8 (1998), no. 2, 234-242.) の紹介, Workshop on “Actions of Reductive Groups and Global Analysis”（主催者 : 小林俊行先生）, オンライン, 2022 年 8 月.

筒井 勇樹 (TSUTSUI Yuki)

(学振 DC2)

A. 研究概要

私の研究テーマ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やトロピカル多様体上の直線束に対する Riemann–Roch の定理の

類似を構成することを主に研究している.
トロピカル曲線上の直線束の Riemann–Roch の定理のトロピカル類似は, Gathmann–Kerber によって定式化されたが, 彼らの定式化によって自然に定義される直線束の Euler 数は高次元の場合に一般化することが困難なものである. 本研究の Riemann–Roch の定理の類似とは, Strominger–Yau–Zaslow 予想のアイデアを基に, トロピカル多様体上の直線束を表現する滑らかな因子に対して層コホモロジー群の類似の代わりに Floer コホモロジー群の Euler 数の類似を定義し, それに対してトロピカル Chern 類と Todd 類による明示式を与えるというものであり, 前述とは異なるものである.
今年度はまず, トロピカル直線束を表現する滑らかな因子とその Euler 数に関する一般論をより洗練させた. より具体的には, Floer コホモロジー群の Euler 数の類似が定義できる滑らかな因子に対する条件を昨年度より緩くし, 扱いやすくした. また, 代数多様体 X 上の直線束から誘導される X の対称積上の直線束の Euler 数が元の直線束の Euler 数を用いた多項式表示を持つことのトロピカル幾何的な類似を示した.

My research interest is tropical geometry. In particular, I mainly study about an analog of the Riemann–Roch theorem for line bundles on integral affine manifolds with singularities and tropical manifolds.
Gathemann–Kerber proved the tropical Riemann–Roch theorem for line bundles on tropical curves, but it is difficult to generalize the Euler characteristic of line bundles for higher dimensional cases like their approach.
A tropical analog of Riemann–Roch theorem in my study is based on the ideas of the Strominger–Yau–Zaslow conjecture. The analog is about giving an explicit equation of an analog of Euler characteristic of Floer cohomology for smooth divisor that represents a tropical line bundle on a tropical manifold by using tropical Chern classes and Todd classes, which is different from the aforementioned theorem.
In this year, I first developed the general theory of the Euler characteristic of smooth divisors that represents line bundles on tropical manifolds. More specially, I relaxed the conditions imposed on smooth divisors last year for defining an analog of Euler characteristic of Floer cohomology, and make them easier to handle.
I also proved the tropical analog that the Euler characteristic of the line bundle on the symmetric product of an algebraic variety X induced from a line bundle on X has a polynomial expression using the Euler characteristic of the original line bundles.

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, 金沢大学, 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, 沼田, 2019 年 8 月
4. あるトロピカル多様体に関する格子点の数え上げ問題, 第 4 回トロピカル幾何ワークショップ, 東京都立大学, 2022 年 2 月
5. On graded modules associated with line bundles on tropical curves and integral affine manifolds, Young Researchers' Conference on Non-Archimedean and Tropical Geometry, Regensburg, ドイツ, 2022 年 8 月

原子 秀一 (HARAKO Shuichi)

(学振 DC2)

A. 研究概要

積の順序を交換すると-1 が係数として現れうる関数をもつ多様体の概念は超多様体と呼ばれ、素粒子を記述する数理物理において用いられている。超多様体の一つの定式化としては、超可換代数の圏に値をもつ局所環付き空間を用いる方法がある。その中でも、自身との Lie 括弧が 0 となる odd なベクトル場を構造としてもつ超多様体は Q 多様体と呼ばれ、適切な設定のもと de Rham 複体や Dolbeault 複体、L_∞ 代数や Poisson 多様体などを例として持つ。また、行列式直線束の代わりに Berezinian 直線束を用いることで、体積形式および向き付け可能性の概念が定式化される。

一方で、概可換代数、ρ-可換代数などと呼ばれる超可換代数より一般的な可換性をもつ代数が知られている。これは積の順序を交換すると、係数体に値をもつ 2 変数関数により決まる係数が現れる、一般のアーベル群により次数付けられた代数である。この 2 変数関数は可換因子 (commutation factor) と呼ばれている。

私は、ρ-多様体と呼ぶ、ρ-可換代数に値をもつ局所環付き空間についての性質の研究や Q コホモロジー類の構築を行なった。逆関数定理やベクトル場の直線化定理など、通常の多様体で知られている定理は超多様体における一般化が知られているが、同様に ρ-多様体においても対応する主張が得られた。ρ-可換代数を要素にもつ行列に対する Berezinian の概念が知られているが、それを ρ-多様体に適用することで体積形式の概念が得られる。これにより Q-構造と体積形式をもつ ρ-多様体に対して、ベクトル場の発散が定義され、そのQ-コホモロジー類としてモジュラー類が構成される。この定義において、一般の次数でシフトされた余接束上の Schouten 括弧積を用いた Q 構造に関するモジュラー類に対して、超多様体における (シフトされた) 余接束上の Q 構造に関するモジュラー類との対応が得られた。

The concept of a manifold such that the factor -1 can appear if we exchange the order of multiplications of functions is called a supermanifold. It is used in mathematical physics which describes particles. One formulation of supermanifolds is using locally ringed spaces with values in the category of super-commutative algebras. A supermanifold equipped with an odd vector field whose Lie bracket with itself is 0 is called a Q-manifold. The de Rham complex, the Dolbeault complex, L_∞-algebras, and Poisson manifolds are regarded as Q-manifolds under appropriate settings. A concept of volume forms and orientability of supermanifolds is formulated by using the Berezinian line bundle instead of the determinant line bundle.

Meanwhile, algebras with more general commutativity than super-commutative algebras are known. They are called almost commutative algebras or ρ-commutative algebras, for example. A ρ-commutative algebra is an algebra graded by an arbitrary abelian group. The factor determined by a binary function with values in the coefficient field appears if we exchange the order of multiplications in this algebra. This binary function is called a commutation factor. I studied properties of locally ringed spaces with values in ρ-commutative algebras, which we call ρ-manifolds, and the construction of Q-cohomology classes. Theorems like the inverse function theorem or the straightening of vector fields are known to be generalized to the case of supermanifolds. Similarly, I proved the corresponding statements for ρ-manifolds. The Berezinian of a matrix whose entries are in ρ-commutative algebra has been discussed. I obtained a concept of volume forms on ρ-manifolds applying this version of the Berezinian. Thus, for a ρ-manifold with a Q-structure and a volume form, the divergence of a vector field is defined; therefore, the modular class is constructed as its Q-cohomology class. The correspondence between the modular class of the cotangent bundle on a ρ-manifold shifted by an arbitrary degree with respect to the Q-structure induced by the Schouten bracket and the modular class of the (shifted) cotangent bundle on a supermanifold with respect to the

Q-structure is also obtained.

B. 発表論文

1. S. Harako : “On characteristic classes of Q-manifolds”, 東京大学修士論文 (2020).
2. S. Harako : “The second homology group of the commutative case of Kontsevich’s symplectic derivation Lie algebra”, preprint, arXiv:2006.06064 (2020).
3. S. Harako : “Almost Commutative Manifolds and Their Modular Classes”, preprint, arXiv:2206.05709 (2022).
4. S. Harako : “Manifolds Graded by an Arbitrary Abelian Group”, 東京大学博士論文 (2023).

C. 口頭発表

1. The commutative case of the symplectic derivation Lie algebra, 表現と特性類に関する位相幾何学, オンライン, 2021 年 3 月
2. The symplectic derivation Lie algebra and its homology, Poisson 幾何とその周辺, オンライン, 2021 年 12 月
3. Computation of the symplectic derivation Lie algebra via classical representation theory, The 17th East Asian Conference on Geometric Topology, オンライン, 2022 年 1 月
4. An application of almost commutative algebras to graded manifolds, 東北大学幾何セミナー, オンライン, 2022 年 7 月
5. Orientable ρ-Q-manifolds and their modular classes, トポロジー火曜セミナー, オンライン, 2022 年 10 月
6. Computational results for the symplectic derivation Lie algebras, 日本数学会 2022 年度秋季総合分科会, 北海道大学, 2022 年 10 月
7. The modular class using the Schouten bracket on a ρ-manifold, Poisson 幾何とその周辺, 東京理科大学, 2022 年 12 月
8. Graded Manifolds Whose Functions Are Almost Commutative, The 18th East Asian Conference on Geometric Topology, オンライン, 2023 年 2 月
9. ρ-commutative algebras and their application to graded manifolds, Mapping class groups and Quantum topology, 東広島芸術文化ホール‘くらら’・東広島市市民文化センター, 2023 年 3 月
10. The modular class of an orientable ρ-Q-manifold, 日本数学会 2023 年度年会, 中央大学, 2023 年 3 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, 2020 年 3 月

林 晃平 (HAYASHI Kohei)

(学振 DC2)
(FMSP コース生)

A. 研究概要

ランダムに相互作用するミクロ粒子系モデルを考え，適切にスケール操作を行うことによりマクロな物理量の時間発展則を導出するという，非平衡統計力学に関連の深い問題に取り組んでいる．より具体的には，界面成長を記述するモデルに興味があり，特に癌細胞の成長や火を点けた紙が燃え広がる様子などを記述する確率偏微分方程式として知られる Kardar-Parisi-Zhang（KPZ）方程式の導出に取り組んでいる．KPZ 方程式はこれまでに多くのミクロ系から導出されており，モデルの詳細に依らない普遍性を持つと予想されている．このような普遍性に対し，確率論の立場からアプローチし解明を目指すことが目的である．KPZ 方程式の両辺を微分することで，界面の高さ関数の傾きは確率 Burgers 方程式に従うことがわかる．Burgers 方程式は古典的には流れを表す方程式であり，実際，一定方向の流れのあるモデルを典型例としてこれまでスケール極限により導出されてきた．即ち，従来モデルから KPZ 方程式を導出するためには「熱拡散項＋摂動項（非対称性が生み出す流れ）」という構造を見出すことが重要であった．

一方，O’Connell-Yor モデルと呼ばれるポリマー模型の自由エネルギーから KPZ 方程式が導出されることが最近になって証明された．O’Connell-Yor モデルは戸田格子ポテンシャル $V(x) = 1 -$

$x - e^{-x}$ により駆動されるモデルであると考えられ，KPZ 方程式の導出のためにはポテンシャルを $V(x) = x^2/2 + \cdots$ と Taylor 展開により調和ポテンシャルを主要項として取り出すことができ，このモデルでもやはり「熱拡散項（調和ポテンシャル）＋摂動項」という形の分解が重要である．本研究ではこの点に着目し，ポテンシャルなどのミクロ系を駆動する対象から熱拡散に対応する部分を抽出することで KPZ 方程式をより多くのモデルから導出するという研究に取り組んだ．その結果，ミクロ粒子系，拡散過程，および振動子という 3 つのモデルから上述のアプローチにより KPZ 方程式を導出することに成功した．これら 3 つのモデルはミクロ系としては別のモデルであるが，ある非線形関数（ポテンシャル）により駆動されるという共通点がある．このとき，上述の Taylor 展開により調和ポテンシャルを取り出すことで，普遍的に KPZ 方程式を導出でき，平衡状態周りのランダムな時間発展を特徴付けることができる．この手法はより抽象的なモデルに対しても有効であると考えており，更なる一般化を目指している．

I am mainly concerned with a problem to explain macroscopic phenomena by taking scaling limit of microscopic systems where many agents randomly interact with each other. Such a problem is related to non-equilibrium statistical mechanics and the purpose of the research is to derive partial differential equation(s) of macroscopic quantities. More specifically, I am interested in interface growth models, which are particularly described by a stochastic PDE called the Kardar-Parisi-Zhang equation (KPZ equaiton, in short). KPZ equation is used for a model for tumor growth or burning paper, etc, and it is expected that the equation has a universality. Indeed, several microscopic models from which the KPZ equation is derived are studied. The purpose of the research is to clarify what makes the KPZ equation a universal object. Our starting point is that the tilt of the solution of the KPZ equation satisfies the stochastic Burgers equation, which is a kind of flow equation. In particular, extracting a heat diffusion term with some perturbation is crucial to derive the KPZ equation in the limit.
Recently, it is shown that the KPZ equation is derived from the scaling limit of so called the free energy of the O'Connell-Yor polymer model. The O'Connell-Yor polymer can be viewed as a model which is driven by the Toda lattice potential $V(x) = 1 - x - e^{-x}$. In this case, we can expand the driving potential as $V(x) = x^2/2 + \cdots$ and thus extract the heat diffusion term with some additional terms. In this year, I am focusing on this point and trying to obtain such a decomposition for other models. As a result, based on the Taylor expansion argument, I succeeded to derive the KPZ equation from three types of microscopic models: particles, diffusion processes and oscillators. These models are all driven by a nonlinear potential. By extracting the harmonic potential as a main part of the nonlinear function, the KPZ equation, or the stochastic Burgers equation, is derived in a universal way. To further developments, checking robustness of the above approach and derivation of the KPZ equation form more abstract model will be taken into account.

B. 発表論文

1. P. Gonçalves and K. Hayashi: "Derivation of anomalous behavior from interacting oscillators in the high-temperature regime", preprint.
2. K. Hayashi: "Derivation of coupled KPZ equations from interacting diffusions driven by a single-site potential", preprint.
3. K. Hayashi and K. Nakagawa: "Fractional SDE-Net: Generation of Time Series Data with Long-term Memory", on IEEE International Conference on Data Science and Advanced Analytics (IEEE DSAA 2022).
4. K. Hayashi: "Derivation of the stochastic Burgers equation from totally asym-

metric interacting particle systems", Stochastic Processes and their Applications 155 (2023), 180-201.

5. K. Hayashi: "A one-phase Stefan problem with non-linear diffusion from highly competing two-species particle systems", preprint.
6. K. Hayashi: "Spatial-segregation limit for exclusion processes with two components under unbalanced reaction", Electronic Journal of Probability 26 (2021), 1-36.

C. 口頭発表

1. Scaling limits for the Bernardin-Stoltz model in a high temperature regime, 無限粒子系、確率場の諸問題 XVII, 奈良女子大学, 2023 年 1 月.
2. Derivation of coupled KPZ equations from interacting diffusion processes in a high temperature regime, 2022 年度確率論シンポジウム, 京都大学, 2022 年 12 月.
3. Derivation of coupled KPZ equations from multi-species interacting diffusion, 第 20 回大規模相互作用系の確率解析, 九州大学, 2022 年 12 月.
4. Derivation of coupled KPZ equations from interacting diffusion processes driven by a nonlinear potential, 東京確率論セミナー, 慶應義塾大学, 2022 年 11 月
5. Fractional SDE-Net: Generation of Time Series Data with Long-term Memory, IEEE International Conference on Data Science and Advanced Analytics (IEEE DSAA 2022), Online.
6. Neural Rough Fractional SDE-Net による低正則パスを持つ金融時系列生成, 第 29 回 人工知能学会 金融情報学研究会 (SIG-FIN), 成蹊大学, 2022 年 10 月
7. Derivation of the KPZ equation from microscopic systems in a high temperature regime, Probability and Stochastic Analysis Seminar, October, 2022.
8. Spatial-segregation limit for interacting particle systems, 日本応用数理学会 2022 年度年会, 北海道大学, 2022 年 9 月
9. Kardar-Parisi-Zhang 方程式とその普遍性, 2022 年度, 確率論ヤングサマーセミナー, 京都大学, 2022 年 8 月
10. Neural Fractional SDE-Net による長期記憶時系列生成, 2022 年度 人工知能学会全国大会（第 36 回）, 国立京都国際会館, 2022 年 6 月
11. Derivation of the Kardar-Parisi-Zhang equation from totally asymmetric particle systems, 九州確率論セミナー, 九州大学, 2022 年 6 月
12. Neural Fractional SDE-Net による金融時系列生成, 第 28 回人工知能学会金融情報学研究会（SigFin）, 東京大学, 2022 年 3 月
13. Equilibrium fluctuations for a class of totally asymmetric systems, 確率論ヤングサマーセミナー・オンライン, August 2021 年 8 月
14. Spatial-segregation limit for exclusion processes with two components under unbalanced reaction, PSPDE IX, July, 2021, Braga+Online.
15. A one-phase Stefan problem with nonlinear diffusion from highly competing two-species interacting particles, PDEs and Probability Theory - beyond boundaries -, June, 2021, Online.
16. A one-phase Stefan problem with nonlinear diffusion from two-species interacting particles, 東京確率論セミナー, オンライン, 2021 年 4 月
17. 複雑ネットワークの数理, ワークショップ「実社会に見られる複雑なネットワークと無限粒子系の交差点」, オンライン, 2021 年 2 月
18. Derivation of a stochastic Burgers equation from stationary square lattice polymers, 確率論シンポジウム, オンライン, 2020 年 12 月
19. Derivation of a stocahastic Burgers equation from stationary square lattice poly-

mers, Rigorous Statistical Mechanics and Related Topics II, November, 2020, Online.

20. Scaling limits for log-partition function of directed polymers, 確率論若手セミナー・オンライン, オンライン, 2020 年 9 月
21. Spatial-segregation limit for exclusion processes with two components under unbalanced reaction, FMSP 院生集中講義, 東京大学, 2020 年 3 月
22. 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
23. 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
24. 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
25. Spatial-segregation limit for interacting particles systems with two-components, One-day Symposium: Hydrodynamic limit and related topics, December, 2019, Waseda University, Japan.
26. Spatial-segregation limit for interacting particles systems with two components, 第 18 回大規模相互作用系の確率解析, 大阪大学, 2019 年 11 月
27. Spatial-segregation limit for interacting particles systems with two components, 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
28. 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
29. KPZ universality for interacting particle systems, 確率論サマースクール 2018（Young Forum）, 名古屋大学, 2018 年 8 月

G. 受賞

1. 2022 年 10 月　人工知能学会金融情報学研究会　2021 年度学生優秀論文賞
2. 2020 年 3 月　数理科学研究科長賞

キム ミンギュ (KIM Minkyu)

(FMSP コース生)

A. 研究概要

有限経路積分とは有限群のゲージ理論から（拡張した）Atiyah-Segal 公理系を満たす位相的場の理論を構成する数学的な方法論である。三次元多様体上の有限経路積分は幅広く拡張され、有限次元ホップ代数上のゲージ理論とも関連する。なお、トーリックコードという位相的量子計算由来の誤り訂正コードは有限経路積分モデルの組み合わせ的な描像を与える。

本研究ではホップ代数上のゲージ理論の代わりに双可換ホップ代数上のホモロジー代数を考慮して有限経路積分モデルを研究する。この設定で有限経路積分を定式化するためにホップ代数のハール積分の相対版を新たに導入し、その応用としてマイヤー・ヴィートリス関手から位相的場の理論を構築する。一般にその位相的場の理論はあるスカラーを除いて合成を保つ。そのスカラーはコボルディズム圏のコホモロジー類を誘導するが、本研究ではそのコホモロジー類の消滅条件をいくつか導く。最後に双可換ホップ代数の鎖複体を用いてトーリックコードの公理化を提案する。物理での局所性と位相不変性を鎖複体の言葉で定式化し、公理化されたトーリックコードのゼロ固有空間は位相的場の理論に拡張することを示す。

Finite path integral is a mathematical methodology to construct Atiyah-Segal TQFT's starting from finite gauge theory. In three dimensions, there is a generalization called state sum model which is related with Hopf algebra gauge theory. Moreover, toric code, an error correction code originated from topological quantum computation, describes the combinatorial aspect of state sum model.

We extend finite path integral model by replacing Hopf algebra gauge theory with homological algebra based on bicommutative Hopf algebras. We introduce a relative version of Haar integrals of Hopf algebras to formulate finite path integral in our framework. In applications, we construct canonical TQFT's starting from Mayer-Vietoris functors. Those TQFT's preserve the composition only up to a scalar which induces a cohomology class of cobordism categories. We derive some conditions for the cohomology class to vanish. Furthermore, we propose an axiomatization of toric code by using chain complexes of bicommutative Hopf algebras. We formulate locality and topologicality appearing in physics, and prove that the zero eigenspace of the axiomatized toric code extend to TQFT.

B. 発表論文

1. Kim, M. : "A generalization of Dijkgraaf-Witten theory.", Advances in Theoretical and Mathematical Physics 26.6 (2022): to be published.
2. Kim, M. : "A pair of homotopy-theoretic version of TQFT's induced by a Brown functor.", International Journal of Mathematics 32.08 (2021): 2150053. (45 pages)
3. Kim, M. : "Kitaev's stabilizer code and chain complex theory of bicommutative Hopf algebras.", Communications in Mathematical Physics 385.1 (2021): 291-329.
4. Kim, M. : "Integrals along bimonoid homomorphisms", Applied Categorical Structures 29.4 (2021): 577-627.
5. 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.", npj Quantum Information 6.1 (2020): 1-7.
6. Yano, R. and Kim, M. : "Topological analysis of pattern formation in cooling granular gases confined by elastic wall", Journal of Physics Communications. (2020): 015023. (42 pages)
7. Kim, M. : "On a pair of extensions of Mayer-Vietoris functors.", arXiv preprint arXiv:2005.10621 (2022), submitted to a journal on Jun 2022.
8. Kim, M. : "Homology theory valued in the category of bicommutative Hopf algebras.", arXiv preprint arXiv:2005.04652 (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 − 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
8. Toric code induced by bicommutative Hopf algebras, CREST Research Seminar on Theoretical studies of topological phases of matter, online, 2021 年 7 月 30 日
9. An obstruction problem associated with finite path-integral, トポロジー火曜セミ

ナー, 東京大学, 2022 年 11 月 1 日

G. 受賞

1. 東京大学大学院数理科学研究科, 研究科長賞 (2018)

HU XIN

こ きん

(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. 非カットオフのボルツマン方程式の解の基本的性質に関する研究，非カットオフの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オイラー方程式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。 流体の方程式をボルツマン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分数冪ラプラシアン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オイラー方程式を満たすことを示す。

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. (2020) 733 - -751
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):1653 - -1664
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: 839 - -852

C. 口頭発表

1. The hydrodynamic limit of low temperature kinetic models, 応用数学フレッシュマンセミナー, 2020 年 12 月 7 日.

G. 受賞

数理科学研究科長賞，2020

☆ 2 年生 (Second Year)

井上 大輔 (INOUE Daisuke)

A. 研究概要

大規模な集団の制御問題に対する数値計算アルゴリズムの確立を目指している。とりわけ興味を持っているのが、集団分布に対するコスト関数をもつ個々の制御対象を Nash 均衡が達成されるように移動させる、平均場ゲームである。平均場ゲームは、集団分布の移動を記述する Fokker-Planck 方程式と、集団の最適な行動を記述する Hamilton-Jacobi-Bellman 方程式の連立系として定式化される。具体的な制御問題に平均場ゲームに応用するためには、実装容易かつ厳密解への収束性が保証される数値計算法を確立する必要がある。昨年度は、発表論文 1, 口頭発表 1,2 に関して発表したが、今年度は、以下の研究に関して発表した。

1. 平均場ゲームに対する差分法を用いた収束証明付き繰り返し計算スキームの提案 [口頭発表 3, 発表論文 2]
2. Hamilton-Jacobi-Bellman 方程式に対するの差分法の収束証明 [発表論文 3]

上記の結果は、昨年度進めた仕事を拡張することで得られた。いずれも査読中であり、プレプリントサーバへの投稿を発表論文としてカウントした。今後、これらの原稿の査読対応を通じて出版を目指す。また、これらの偏微分方程式に対し

て、機械学習を取り入れた新たな数値計算スキームを提案することも目標の一つである。

I aim to establish numerical algorithms for large-scale control problems. I am particularly interested in the mean-field game, in which a population with a cost function for the distribution is moved to achieve a Nash equilibrium. The MFG is composed of a coupled system of the Fokker-Planck equation, which describes the movement of the distribution, and the Hamilton-Jacobi-Bellman equation, which describes the optimal action of the population. In order to apply the MFGs to real-world control problems, it is necessary to establish a user-friendly numerical method, with a convergence guarantee. In the previous year, I presented [paper 1] and [oral presentations 1, 2]. In this year, I conducted following researches:

1. Proposal of an iterative scheme with the finite difference method for the mean-field games [oral presentation 3, paper 2]
2. Convergence proof of the finite difference method for the Hamilton-Jacobi-Bellman equation [paper 3]

The above results were obtained by extending the works in the previous year. Both papers are under peer review. I aim to pursue the publication of these manuscripts through peer-review responses. My next goal is to propose a completely new numerical scheme for the MFGs incorporating machine learning.

B. 発表論文

1. D. Inoue, Y. Ito, and H. Yoshida, "Optimal Transport-based Coverage Control for Swarm Robot Systems: Generalization of the Voronoi Tessellation-based Method", IEEE Control Systems Letters, 2021, Vol. 5, Issue 4.
2. D. Inoue, Y. Ito, T. Kashiwabara, N. Saito, and H. Yoshida, "A Fictitious-play Finite-difference Method for Linearly Solvable Mean Field Games," arXiv.2204.07278 [math.OC], 2022.
3. D. Inoue, Y. Ito, T. Kashiwabara, N. Saito, and H. Yoshida, "Convergence Analysis of the Upwind Difference Methods for Hamilton-Jacobi-Bellman Equations," arXiv.2301.06415 [math.NA], 2023.

C. 口頭発表

1. D. Inoue, Y. Ito, T. Kashiwabara, N. Saito, and H. Yoshida, "Model Predictive Mean Field Games for Controlling Multi-Agent Systems", IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics 2021 (SMC 2021), Melbourne, Australia, 2021.
2. 井上 大輔, 伊藤 優司, 吉田 広顕, 柏原 崇人, 齊藤 宣一, Hamilton-Jacobi-Bellman 方程式に対する風上差分法の収束証明, 日本応用数理学会 2021 年度年会, 2021.
3. 井上 大輔, 伊藤 優司, 吉田 広顕, 柏原 崇人, 齊藤 宣一, 平均場ゲーム方程式の Cole-Hopf 変換と Fictitious Play 反復による数値計算, 日本応用数理学会 2022 年度年会, 2022.

植田 健人 (UEDA Kento)

(FMSP コース生)

A. 研究概要

私の専門はラフ微分方程式 (RDE) に対する数値解法の誤差分布である。

物理や経済などの時間発展する現象に対して、さまざまな微分方程式がモデルとして用いられる。さらに、その現象がランダム性を持つ場合、確率微分方程式 (SDE) をモデルとして用いることが一般的である。RDE は SDE の定式化のひとつであり、セミマルチンゲール性という性質を持たない現象を表す際に強力な道具となる。

また、ODE や SDE がそうであるように、RDE を実現象の解析に用いるには数値解が重要であり、これらに共通する数値計算の手法が存在する。このとき、これらの数値解法に対する誤差分布とは、数値解と真の解の間の誤差に対して極限

定理を用いて分布を表したものである。

誤差分布の研究は主要項の計算と剰余項の計算の二つが合わさって成立し、これに加えて具体的な数値解法に対し具体的な誤差分布の計算結果を示すことで完成する。剰余項の計算の目的は剰余項が文字通り主要項に比べて無視できる項であることを示すことであり、複数の研究者が様々な方法で誤差を表し、それを別々の方法で評価している。一方主要項の計算は Hermite Variation として定式化され、共通の枠組みのもと深く計算されている。

以上を踏まえて私の研究の概要を示す。

私は誤差分布の主要項と剰余項に対して、1 次元の場合に詳しく研究を行った。

剰余項については指導教官である会田茂樹教授が熊本大学の永沼伸顕准教授と共同で 2023 年に発表した手法を一次元の場合に適用したうえで発展させ、任意の逐次的に計算可能な数値解法に対し、H が数値解法の定義によって定まる一定値を上回っており、かつ主要項が収束するならば誤差分布が主要項の極限と一致することを確かめた。この H の下限は数値解法をうまく選ぶことで任意に低くすることができる。

次に、主要項については、主要項の中に和として現れうるすべての項に対して Hermite Variation の極限を計算し、現在は必要な係数の滑らかさを低減することを試みている。

I am interested in asymptotic error distribution of numerical solutions of rough differential equation.

We often use various differential equations as models for time-evolving phenomena in physics and economics. Furthermore, stochastic differential equations (SDEs) are often used as models when the phenomenon has randomness; RDE is one formulation of SDE and is a powerful tool in representing phenomena that do not have semimartingale properties.

As with ODEs and SDEs, numerical solution methods are essential for using RDEs to analyze real-world phenomena, and we can use a similar numerical scheme. The error distribution of these numerical solutions is the limiting distribution of the error between the numerical and exact solutions.

The study of error distributions comprises two components: the calculation of the main term and the calculation of the remainder term. It is completed by presenting the results of a particular error distribution calculation for a specific numerical solution method. The purpose of computing the remainder term is to demonstrate its insignificance in comparison to the main term. Many researchers have expressed and evaluated the error in various ways. Conversely, the computation of the main term is formulated as a Hermite variation and computed extensively under a common framework.

Based on the above, here is an overview of my research.

We studied main term and reminder term in one-dimensional case in detail.

Firstly, for the reminder term, we extended the method jointly presented by Professor Aida and Associate Professor Naganuma of Kumamoto University in 2023 to arbitrary Hurst index in one-dimensional case. As a result, we proved that for any sequentially computable numerical scheme, if H is above a definite value and the main term converges, the error distribution coincides with the limit of the main term. In this case, except for some exceptional schemes, the lower bound of H coincides with the lower bound where the scheme converges to the exact solution.

Secondly, for the main terms, we computed the limit of Hermite variation for all terms that could appear in the main terms and are now attempting to weaken the smoothness condition for the coefficients.

C. 口頭発表

1. :ラフ微分方程式の数値解法
   確率論若手セミナー・オンライン:リモート
   参加:2020/9/8
2. :1 次元ラフ確率微分方程式の数値解法の誤差分布
   確率論若手セミナー・オンライン:リモート

参加:2021/8/25

3. :Numerical solution and error distribution of 1-dimentional SDE driven by fBm 確率解析とその周辺:リモート参加:リモート参加:2021/11/5
4. "任意のハースト指数を持つ fBm で駆動される RDE の誤差分布"　確率論ヤングサマーセミナー　オンライン (ハイブリッド)　2022 年 8 月
5. "Error distribution of general numerical solution of 1-dim SDE driven by fBm with arbitrary Hurst index"　確率解析とその周辺　大阪　2022 年 12 月

及川 瑞稀 (OIKAWA Mizuki)

A. 研究概要

私は組紐テンソル圏の同変一般化について研究している。その重要な例は、カイラル共形場理論の表現圏の同変拡大である捻れ表現圏である。昨年度の研究では、カイラル共形場理論の拡大からモジュラー不変なフル共形場理論を作る Rehren の構成を、同変拡大すなわち群作用を含めた拡大の場合に一般化した。今年度の研究では、まず、昨年度の研究で得られた構成が、実は共形場理論だけでなく、より一般のテンソル圏で行えることを示した。さらに、昨年度にこの構成のために導入した neutral double という同変組紐テンソル圏の構成が、テンソル圏の中心の同変版と関係することを示した。この結果は Müger による組紐テンソル圏に対する定理の一般化を与える。

I have been studying an equivariant generalization of braided tensor categories. An important example is the category of twisted modules of a chiral conformal field theory, which is an equivariant extension of the representation category. During the last fiscal year, I generalized Rehren's construction, which constructs a modular invariant full conformal field theory from an extension of a chiral conformal field theory, to the case of equivariant extensions i.e. extensions with group actions. In this fiscal year, first, I showed that the construction obtained in the last fiscal year can be done for more general tensor categories. Moreover, the neutral double construction for equivariantly braided tensor categories, which I introduced in the last fiscal year for this construction, is related to an equivariant version of the center construction for tensor categories. This result generalizes a theorem for braided tensor categories due to Müger.

B. 発表論文

1. M. Oikawa : "Frobenius algebras associated with the α-induction for equivariantly braided tensor categories", in preparation.
2. M. Oikawa:"A new center construction for equivariantly braided tensor categories", in preparation.

C. 口頭発表

1. Mathematics of 2-dimensional chiral conformal field theory, 2019 年度関数解析研究会, 三重県伊勢市, 2019 年 9 月.
2. An introduction to modular forms and moonshine phenomena, 2020 関数解析研究会オンライン, オンライン開催 (東北大学), 2020 年 9 月.
3. An introduction to modular functions, conformal field theories, and moonshine phenomena, Math seminar, オンライン開催 (理化学研究所), 2021 年 7 月.
4. An invitation to algebraic quantum field theory, 関数解析研究会ジュニア 2021, オンライン開催 (佐世保工業高等専門学校), 2021 年 9 月.
5. Modular invariant functions and conformal field theories, 作用素環と力学系, 九州大学, 2021 年 12 月.
6. Induction for twisted representations of conformal nets and tensor categories, 第 5 回数理新人セミナー, ハイブリッド開催 (九州大学), 2022 年 2 月.
7. Frobenius algebras associated with the α-induction for twisted modules of conformal nets, 東大作用素環セミナー, 東京

大学, 2022 年 7 月.

8. An introduction to modular invariants, 2022 年度関数解析研究会, 京都府京都市, 2022 年 8,9 月.
9. Frobenius algebras associated with the α-induction for twisted modules of conformal nets, 作用素環論の最近の進展, 京都大学, 2022 年 9 月.
10. On equivariantly braided tensor categories, 第 6 回数理新人セミナー, 九州大学, 2023 年 2 月.
11. On equivariantly braided tensor categories, 第 19 回数学総合若手研究集会, 北海道大学, 2023 年 3 月.

江藤 徳宏 (ETO Tokuhiro)

A. 研究概要

R^N 内の領域を 2 つに隔てる超曲面の運動を記述するモデルとして, さまざまな偏微分方程式が考案されている. その中でも特に Mullins-Sekerka 問題を研究している. これはステファン問題の特別な形であり, 界面によって隔てられた 2 つの異なる媒質の時間経過に伴う温度変化が一瞬で終わる. 界面上での媒質温度は界面の曲率または平均曲率により与えられ, 媒質温度の勾配のジャンプにより動く様子を表している. 本研究では Mullins-Sekerka 問題へ数値解析的にアプローチした. 既存の研究では解析研究も含め, 曲線または超曲面が領域に衝突する状況を排除している一方, 本研究ではこうした状況を防ぐため, 特に 2 次元平面が単純閉曲線により有界, 非有界な 2 つの領域に分けられている状況を考えた. しかし領域が非有界になり, 有限差分法や有限要素法など空間にメッシュを設定する数値計算手法が通用しないため, メッシュレスな数値計算方法として代用電荷法を採用した. さらに運動する曲線をいくつかの分点により多角形で近似し, これを時間発展的に動かすことでシミュレーションを行なった. この手法は榊原-矢崎両氏による Hele-Shaw 問題へのアプローチ方法と同様であるが, ラプラス方程式の外部問題を解かなければならないところが異なっている. 元の連続的問題が持っている曲線短縮や面積保存の法則が, 同スキームで構成される時間発展多角形においてどのように評価されるかについて検証し, 特に曲線短縮が成立するための分点数と時間刻み幅に関する十分条件を求めた. 最後に, 両端点が領域の境界上に制限されて動く開曲線を用いて Mullins-Sekerka 境界値問題の数値シミュレーションにも取り組んだ. 同スキームの精度を正確に検証するために, よく知られたベンチマーク関数を参考に新しく 3 つの同心円で構成された初期界面とバルク関数を定義した. これは内側から 2 つ目の円周を挟んで, バルク関数の法方向の微分がどちらも消滅しない点で 2 相問題を検証する上で大変役立つと言える. 数値計算結果と厳密解による時間発展の相対誤差を計測した. この際, 2 つ目の円周上にとる拘束点の数と誤差の減少の関係を調べるため実験的収束オーダーを求め, およそ $O(1/\sqrt{N})$ 程度であることを突き止めた.

Various partial differential equations have been considered so far to describe a motion of an interface that separates a domain in R^N into two phases. Among such equations, we are studying the Mullins-Sekerka problem. The Mullins-Sekerka problem is a variant of the Stefan problem. Therein, the change of temperature of two different materials promptly finishes and the temperature on the interface is given by its mean curvature. The interface evolves in time at the speed being equal to the jump of the normal derivative of the temperature of the materials across it. In this study, we approach to the problem in terms of a numerical method. While existing results excluded the case where curves and interfaces touch the boundary, we consider the situation where R^2 is separated into a bounded domain and an unbounded one by a simply closed curve. However, typical numerical methods like the finite difference method or finite element method are not applicable because of the unboundedness of the underlying domain. Therefore, we adopt the charge simulation method as a mesh-less numerical method. The evolving curve is approximated by a sequence of polygons. Though

we follow the scheme proposed by Sakakibara and Yazaki whose aim is to solve the Hele-Shaw problem, we have to solve additionally the Laplace equation in the unbounded domain. We investigate how the changing ratio of either the length of the curve or the area surrounded by the curve and derive a sufficient condition on the number of collocation points and the time step to ensure the curve shortening property still valid even when the curve is discretized by a polygon. We attempt to modify the scheme to be able to treat the case where the end points of the curve are bounded onto the boundary of the underlying domain. We define a bulk function which is continuous and whose normal derivatives jump across 3 concentric circles to measure the accuracy of the proposed scheme. This definition is based on the well-known benchmark function for the Mullins-Sekerka problem; it is quite useful to confirm two-phase motions because the normal derivatives of the bulk functions does not vanish across the second circle. In the numerical experiment, we measure the relative error between the rigorous motion and the generated motion of the circles generated by the proposed scheme. Eventually, we find that if N is the number of the collocation points on the second circle, then the convergence rate is estimated as $O(1/\sqrt{N})$ in terms of the experimental order of convergence.

B. 発表論文

1. T. Eto : "A rapid numerical method for the Mullins-Sekerka flow with application to contact angle problems", preprint, arXiv: 2202.13261. (2023)

C. 口頭発表

1. On a discrete scheme for the Mullins-Sekerka flow and its fine properties, 日本応用数理学会 2022 年度年会, 北海道大学ハイブリッド開催, 2022 年 9 月 8 - 10 日.
2. On a discrete scheme for the Mullins-Sekerka flow and its fine properties, 日本数学会 2022 年度秋季総合分科会, 北海道大学, 2022 年 9 月 13 - 16 日.
3. On a discrete scheme for the Mullins-Sekerka flow and its fine properties (short talk), Oberwolfach seminar, Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach, 2022 年 11 月 20 - 26 日.
4. Mullins-Sekerka 問題の時間離散的なスキームとその性質について, 第 3 8 回さいたま数理解析セミナー, 大宮ソニックシティ (6 階 601 会議室), 2023 年 2 月 20 日.

北村 侃 (KITAMURA Kan)
(学振 DC1)
(FMSP コース生)

A. 研究概要

2 つの群のペアと適切なデータが与えられたとき、そこから新たなホップ環を生み出す bicrossed product と呼ばれる構成法が知られている。一方、群論においては似たような状況から新たな群を与える Zappa–Szép 積と呼ばれる構成があり、これらの構成の局所コンパクト量子群版は Vaes–Vainerman と Baaj–Vaes によりそれぞれ与えられた。

これらは部分的な Pontryagin 双対というべき関係にあると考えられるが、本年度ではそのようなペアをなす量子群の C*環への作用の間によい双対性が存在することを示した。この結果は以前より知られている Takesaki–Takai 双対や Baaj–Skandalis 双対を含むものである。この双対性は特に、2 つの量子群の同変 Kasparov 理論が与える三角圏同士の圏同値を与える。ここで、これらの圏は非可換モチーフの量子群作用について同変なバージョンとみなせるものである。

また、quantum double と呼ばれる量子群の構成の場合にこの双対性を詳しく調べた。このような量子群の作用を持つ C*環に対しては捻られたテンソル積を考えることができる。この捻られたテンソル積が誘導する同変 Kasparov 理論へのモノイダル構造が圏同値で保たれることを示した。この応用として、半単純コンパクト Lie 群から Neshveyev–Yamashita により構成された量子群の旗多様体について、quantum double の作用に関する同変 Kasparov 理論を決定した。

For given two groups with some data, a construction called bicrossed product produces a new Hopf algebra. In group theory, Zappa–Szép product gives a new group from a similar situation. The locally compact quantum versions of these constructions are given by Vaes–Vainerman and Baaj–Vaes, respectively.

These constructions are considered to satisfy a partial version of the Pontryagin duality. I compared such pairs of locally compact quantum groups and gave a duality between these actions on C*-algebras. This duality generalizes the previously known results by Takesaki, Takai, and Baaj–Skandalis. This duality induces an equivalence of the triangulated categories associated with equivariant Kasparov theories of these quantum groups, which can be regarded as an equivariant version of noncommutative motives for actions of quantum groups.

I also studied the nature of this duality in the case of quantum doubles. We can consider a braided version of tensor products for C*-algebra with actions of quantum doubles. This braided tensor product induces a monoidal structure on its equivariant Kasparov category, which turned out to be preserved under the duality. As an application, I investigated certain compact quantum groups coming from compact Lie groups given by Neshveyev–Yamashita. I determined the equivariant Kasparov theory of an analog of its flag manifold with the action of its quantum double.

B. 発表論文

1. K. Kitamura : "Induced coactions along a homomorphism of locally compact quantum groups", J. Funct. Anal. **282** (2022), no.12, 109462.
2. K. Kitamura : "Partial Pontryagin duality for actions of quantum groups on C*-algebras", preprint, arXiv:2210.12838.

C. 口頭発表

1. KK 理論とそこに現れる構造について, 関数解析研究会, 伊勢市二見町公民館, 2019 年 9 月.
2. Bost–Connes type systems for function fields, 関数解析研究会, オンライン, 2020 年 9 月.
3. On induction along a homomorphism of compact quantum groups, 東大京大合同オンライン作用素環セミナー, オンライン, 2021 年 1 月.
4. Induced coactions along a homomorphism of locally compact quantum groups, 作用素論作用素環論研究集会, 福岡, 2021 年 11 月.
5. Induced actions of quantum groups on C*-algebras, 数理新人セミナー, 福岡, 2022 年 2 月.
6. Partial Pontryagin duality for quantum group actions, 東大京大合同オンライン作用素環セミナー, 京都, 2022 年 7 月.
7. Partial Pontryagin duality for quantum group actions on C*-algebras (contributed talk), Operator Algebras: Subfactors, K-theory, Conformal Field Theory, Gregynog Hall, イギリス, 2022 年 7 月.
8. Partial Pontryagin duality for quantum group actions on C*-algebras, 作用素環論の最近の進展, 京都, 2022 年 9 月.
9. Partial Pontryagin duality for actions of quantum groups on C*-algebras, Quantum Groups Seminar, オンライン, 2022 年 12 月.
10. Partial Pontryagin duality for actions of quantum groups on C*-algebras, Functional Analysis Seminar, University of Oxford, イギリス, 2023 年 1 月.
11. Partial Pontryagin duality for actions of quantum groups on C*-algebras, Analysis Seminar, University of Glasgow, イギリス, 2023 年 2 月.
12. Tensor category equivariant KK-theory, Japan-Netherlands Joint Seminar: Index Theory and Operator Algebras in Topological Physics, オンライン, 2023 年 3 月.

G. 受賞

1. 数理科学研究科長賞 (2020 年度).

島田 了輔 (Ryosuke Shimada)

(学振 DC1)

A. 研究概要

私は Langlands 予想の文脈で注目されているアファイン Deligne-Lusztig 多様体を研究している. 最近の研究成果としては単純な幾何構造に関するものと既約成分に関するものとがある. 単純な幾何構造に関する結果では単純な幾何構造を誘導するパラメータに関する条件を見つけ GL_n の場合の一部で実際に単純な幾何構造が誘導されることを証明した. 既約成分に関する結果では GL_n で superbasic と呼ばれる場合に各既約成分を結晶基底から構成する方法を発見した. これらの結果は GL_3 の場合の具体的計算から着想を得たものである.

I am studying affine Deligne-Lusztig varieties, which has been studied by many people. Affine Deligne-Lusztig varieties are expected to be applied to Langlands conjecture. My recent works are on some simple geometric structure and on the irreducible components. I found a simple condition which imply some simple geometric structure in some cases for GL_n. I also found a way of constructing the irreducible components from crystal bases. There results are based on my result on the case for GL_3.

B. 発表論文

1. R. Shimada, Semi-modules and crystal bases via affine Deligne-Lusztig varieties, arXiv: 2212.12855 (2022).
2. R. Shimada, On some simple geometric structure of affine Deligne-Lusztig varieties for GL_n, arXiv:2204.10799 (2022).
3. R. Shimada, Geometric structure of affine Deligne-Lusztig varieties for GL_3, J. Algebra 623 (2023), 86-126.

C. 口頭発表

1. Semi-modules and crystal bases via affine Deligne-Lusztig varieties, Berkeley Number Theory Colloquium, University of California, Berkeley, February 15, 2023.
2. Semi-modules and crystal bases via affine Deligne-Lusztig varieties, Lie Groups and Representation Theory Seminar, University of Maryland, November 16, 2022.
3. Semi-modules and crystal bases via affine Deligne-Lusztig varieties, GAUS-Seminar, Technischen Universität Darmstadt, October 20, 2022.
4. Semi-modules and crystal bases via affine Deligne-Lusztig varieties, 北大数論セミナー, 北海道大学, 2022 年 9 月 21 日.
5. On some simple geometric structure of affine Deligne-Lusztig varieties for GL_n, 2022 年度日本数学会秋季総合分科会 一般講演, 北海道大学, 2022 年 9 月 15 日.
6. On some simple geometric structure of affine Deligne-Lusztig varieties for GL_n, 数論合同セミナー, 京都大学, 2022 年 5 月 27 日.
7. Geometric Structure of Affine Deligne-Lusztig Varieties for GL_3, 2022 年度日本数学会春季総合分科会 一般講演, 埼玉大学 (オンライン), 2022 年 3 月 31 日.
8. Geometric Structure of Affine Deligne-Lusztig Varieties, 第 18 回数学総合若手研究集会, 北海道大学 (オンライン), 2022 年 3 月 3 日.
9. Geometric Structure of Affine Deligne-Lusztig Varieties for GL_3, 第 20 回広島仙台整数論集会, 広島大学 (オンライン), 2021 年 7 月 13 日.
10. Geometric Structure of Affine Deligne-Lusztig Varieties for GL_3, 代数学コロキウム, 東京大学 (オンライン), 2021 年 5 月 26 日.

G. 受賞

ユリウス・シュプリンガー奨学金、シュプリンガー・ネイチャー・グループ、2021 年 4 月〜2024 年 3 月.
研究科長賞 (修士課程)、東京大学大学院数理科学研究科、2021 年 3 月.

高野 暁弘 (TAKANO Akihiro)

A. 研究概要

Jones により導入された，Thompson 群 F の元から絡み目を構成する方法について研究を行った．これは児玉悠弥氏（東京都立大）との共同研究である．

1. Thompson 群の元の族であって，それらから得られる絡み目が全て交代的かつ fibered であるようなものを構成した．さらに，これらの交点数，組み紐指数，および種数を完全に決定した．特に，これらの絡み目の種数と平坦種数は一致する．
2. diagram 群を用いて仮想 Thompson 群 VF を定義し，Jones の手法を拡張することでこの群の元から仮想絡み目を得る方法を導入した．さらに，任意の仮想絡み目が，ある仮想 Thompson 群の元から得られることを示した．これは，組み紐群における Alexander の定理の類似である．
3. 3 彩色可能部分群と呼ばれる Thompson 群 F の部分群の非自明な元から得られる絡み目は全て 3 彩色可能であることを示した．さらに，この結果を 3 以上の奇数 p に対して拡張した．つまり，p 彩色可能部分群を定義し，その非自明な元から得られる絡み目は全て p 彩色可能であることを示した．また，この群が Thompson 群のある一般化である Brown–Thompson 群と同型であることや，F のある自然な作用に関する固定部分群であることも示した．

We conducted the following researches on the method of constructing links from elements of Thompson's group F introduced by Jones. This is joint work with Yuya Kodama (Tokyo Metropolitan University).

1. We constructed a family of elements of Thompson's group such that all links obtained from them are alternating and fibered. Moreover, we completely determined their crossing numbers, braid indices, and genera. In particular, genera and flat genera of these links are equal.
2. We defined the virtual Thompson's group VF by using the diagram group, and introduced the method to obtain virtual links from elements of this group by extending Jones' method. Moreover, we proved that any virtual link can be obtained from an element of virtual Thompson's group. This is an analogy of Alexander's theorem in the braid group.
3. We proved that all links obtained from non-trivial elements of the subgroup of Thompson's group F, called the 3-colorable subgroup, are 3-colorable. Moreover, we extended this result to odd integers p greater than or equal to 3. Namely, we defined the p-colorable subgroup, and proved that all links obtained from non-trivial elements of this group are p-colorable. We also showed that this group is isomorphic to the Brown–Thompson group which is a generalization of Thompson's group and is the stabilizer subgroup with respect to the certain natural action of F.

B. 発表論文

1. Yuya Kodama and Akihiro Takano: "The p-colorable subgroup of Thompson's group", arXiv:2302.10060.
2. Arthur Soulié and Akihiro Takano: "Extensions of Tong-Yang-Ma representation", Topology Appl. 325 (2023), 108393.
3. Yuya Kodama and Akihiro Takano: "The 3-colorable subgroup of Thompson's group and tricolorability of links",

arXiv:2212.14713.

4. Yuya Kodama and Akihiro Takano: “Virtual Thompson’s group”, arXiv:2210.15990.
5. Akihiro Takano: “Twisted Alexander invariants for the braid group associated with the Tong-Yang-Ma representation”, J. Knot Theory Ramifications 31, No. 10 (2022), 2250065.
6. Akihiro Takano: “The Long-Moody construction and twisted Alexander invariants”, arXiv:2111.12303.
7. Akihiro Takano: “Studies on the Tong-Yang-Ma representation —Twisted Alexander invariants and extensions of the representation—”, 東京大学修士論文 (2021).

C. 口頭発表

1. The p-colorable subgroup of Thompson’s group F, Mapping class groups and Quantum topology, 東広島芸術文化ホール‘くらら’, 2023 年 3 月
2. Virtual Thompson’s group, 第 19 回数学総合若手研究集会, 北海道大学 (ハイブリッド), 2023 年 3 月
3. Virtual Thompson’s group, The 18th East Asian Conference on Geometric Topology, Soochow University (zoom), 中国, 2023 年 2 月
4. Virtual Thompson’s group, 結び目の数理 V, 日本大学, 2022 年 12 月
5. Virtual Thompson’s group, 東京女子大学トポロジーセミナー (ハイブリッド), 2022 年 10 月
6. The Long-Moody construction and twisted Alexander invariants, 日本数学会 2022 年度秋季総合分科会, 北海道大学, 2022 年 9 月
7. The Long-Moody construction and an invariant of oriented knots with braid index 3, 拡大 KOOK セミナー, 神戸大学 (ハイブリッド), 2022 年 8 月
8. Thompson 群のある元の族から得られる絡み目の性質について, 対称性と幾何セミナー, 早稲田大学 (ハイブリッド), 2022 年 7 月
9. Properties of links from the viewpoint of R. Thompson’s group F, Intelligence of Low-dimensional Topology, 京都大学数理解析研究所 (ハイブリッド), 2022 年 5 月

坪内 俊太郎 (TSUBOUCHI Shuntaro)

(学振 DC2)

A. 研究概要

私の近年の研究は,「解の正則性に関して，p-ラプラス作用素 (ただし， $1 < p < \infty$ とする) は 1-ラプラス作用素に打ち勝つのか？」という問に答えることである．特に，両作用素を含んだ強い特異楕円型偏微分方程式の弱解の正則性について研究している．この方程式は，解の平らな面（すなわち，微分が退化したところ）の近くにおいて一様楕円性ではなくなってしまう．このことが原因で，解の微分の正則性を示すことが困難となる．このような特異楕円型問題について，微分の連続性を示した．具体的には以下の通りである．

1. 弱解の連続微分可能性を肯定的に示した．特に，係数凍結法とデ・ジョルジの方法に基づいて，微分が退化していないところでのヘルダー正則性の数学的正当化を与えることに成功した．微分の連続性に関するこの結果は，強い退化楕円型方程式系の弱解の正則性を扱った研究に大きく影響を受けている．特に，本研究成果そのものは，退化楕円型問題における Bögelein らの研究 (Math. Ann. 2022) の特異楕円型版であると言える．
2. スカラー値問題における方程式の一般化を与えた．特に，1-ラプラス作用素を，正斉一次凸エネルギー汎関数の変分として現れる特異拡散作用素にまで一般化することに成功した．この一般化に伴い，一般化された 1-ラプラス型作用素に対しても有効な近似スキームを，フリードリヒの軟化子に基づいて新たに与えた．
3. 微分の正則性に関する同様の結果が，ベクトル値問題に対しても成立することがわ

かった．ただし，1-ラプラス作用素についての一般化は行わなかった．これは，至る所での連続微分可能性をベクトル値問題で示すに際して，エネルギー汎関数に関するある種の対称性（Uhlenbeck 構造と呼ばれる）を課しているためである．

以上のように，勾配の連続性を与えることには成功したが，平らな面のふちにおける微分の増大度評価については未だによくわかっていない．現在は，$p > 2n/(n+2)$ という仮定の下で，放物型方程式の弱解の微分の連続性をスカラー値問題・ベクトル値問題の双方で示すことを試みている．

My recent study is to answer the question "When it comes to continuous differentiability, does the p-Laplace operator with $1 < p < \infty$ overcome the one-Laplace operator?" In particular, I have studied regularity of weak solutions to very singular elliptic equations involving both one-Laplace and p-Laplace operators. This equation becomes no longer uniformly elliptic near the facet, the degenerate region of a gradient. This fact makes it difficult to show continuity of a gradient of a solution. For these singular elliptic problems, I proved continuity of derivatives as follows.

1. I showed continuous differentiability of a weak solution. In particular, by freezing coefficient arguments and De Giorgi's methods, I have succeeded in demonstrating Hölder regularity of a gradient outside a facet. This regularity result is inspired by some researches on regularity of weak solutions to a very degenerate elliptic equation. My work itself can be said to be a counterpart of the recent work by Bögelein et al (Math. Ann. 2022) on a very degenerate elliptic problem.
2. Generalization of the equation is discussed for the scalar case. In particular, I have succeeded in generalizing the one-Laplace operator to a very singular operator that appears in the variation of a positively one-homogeneous convex energy functional. Along with this generalization, I gave a new approximation scheme, based on the Friedrich mollifier.
3. I have shown a similar result on continuity of a derivative even for the vector-valued problems. However, generalization of one-Laplace operator is not discussed here. This is because we have to impose some symmetry on energy functional, so called the Uhlenbeck structure, to prove everywhere continuous differentiability in the vector-valued case.

Although continuity of a gradient has been shown, less is known on growth estimates of a gradient on the boundary of the facet. I have been trying to show continuity of a derivative of a weak solution to parabolic equations or systems under the assumption $p > 2n/(n+2)$.

B. 発表論文

1. S. Tsubouchi : "Continuous differentiability of a weak solution to very singular elliptic equations involving anisotropic diffusivity", arXiv:2208.14640, (2022).
2. S. Tsubouchi : "A weak solution to a perturbed one-Laplace system by p-Laplacian is continuously differentiable", Math. Ann. (2022).
3. S. Tsubouchi and Y. Giga : "Continuity of derivatives of a convex solution to a perturbed one-Laplace equation by p-Laplacian", Arch. Ration. Mech. Anal. **244**, No. 2, (2022) 253–292.
4. S. Tsubouchi : "Local Lipschitz bounds for solutions to certain singular elliptic equations involving the one-Laplacian", Calc. Var. Partial Differ. Equ. **60**: 33 (2021).

C. 口頭発表

1. Continuous differentiability of weak solutions to certain very singular elliptic equations or systems involving one-

Laplacian, 第 19 回数学総合若手研究集会，北海道大学/zoom（オンライン講演），2023 年 3 月.

2. Continuity of derivatives for certain very singular elliptic problems, 第 24 回北東数学解析研究会，東北大学，2023 年 2 月.
3. Continuity of a gradient for very singular elliptic problems involving one-Laplacian, 第 16 回若手のための偏微分方程式と数学解析，九州大学，2023 年 2 月.
4. Continuous differentiability across a facet; gradient regularity results for very singular elliptic problems, OIST Conference Geometric PDEs and Applications, OIST, January 2023.
5. Continuity of gradients for very singular elliptic problems; one-Laplace versus p-Laplace, 2022 UTokyo-NTU Joint Conference on Differential Equations, online, December 2022.
6. Some regularity results on gradients; p-Laplacian versus one-Laplacian, Monday' s Nonstandard Seminar 31, MIMUW (Warsaw)/zoom (on-line), May 2021.
7. Regularity on solutions of equations involving one-Laplacian and p-Laplacian with an external force term, WINGS-FMSP 院生集中講義，東京大学/zoom (オンライン開催)，2021 年 3 月.
8. Regularity on solutions of equations involving one-Laplacian and p-Laplacian with an external force term, 第 22 回北東数学解析研究会ポスターセッション，東北大学/zoom (オンライン開催)，2021 年 2 月.

G. 受賞

1. 令和 2 年度東京大学数理科学研究科研究科長賞，2021 年 3 月.
2. 第 22 回北東数学解析研究会ポスターセッション優秀ポスター賞， 2021 年 2 月.

姫木 祐太郎 (HIMEKI Yutaro)

A. 研究概要

河道内の水の流れを表現する 1 次元 Saint-Venant 方程式が知られている. 私はこの方程式について関数解析または数値解析の方法により研究している. 今年度は以下の 2 項目について整理した.

(1) 有界閉区間上の初期値関数を与えた際の Saint-Venant 方程式に対する解の適切性 (well-posedness) と定常解への収束性について整理した.

(2) 対称双曲型方程式系で用いられる Riemann 不変量や数学的エントロピー, 有限体積法, 不連続 Galerkin 法について整理した.

A one-dimensional Saint-Venant equation that expresses the flow of water in a river channel is known. I am studying this equation by a method of functional analysis or numerical analysis. This year, I have organized the following two items.

(1) I organized the well-posedness of the solution to the Saint-Venant equation given the initial function on the bounded closed interval and convergence to a steady-state solution.

(2) I organized the Riemann invariants, mathematical entropy, Finite volume method, and discontinuous Galerkin method used in the symmetric hyperbolic equation system.

B. 発表論文

1. Y.Himeki and Y.Ishii : "$\mathcal{M}_4$ is regular-closed. ", Ergodic Theory Dynam. Systems. **40** (2020) 213–220.

渡邊 祐太 (WATANABE Yuta)

A. 研究概要

複素多様体上の正則ベクトル束に対する正値性と消滅定理について研究している。滑らかなエルミート計量に対する Nakano 正値性は良く知られており、最近になり特異エルミート計量に対する Nakano 半正値性の消滅定理を確立する一つの定義が L^2-評価を用いる事で導入された。

自分は特異計量に関する dual Nakano 半正値性に関する性質を調べ、滑らかな dual Nakano 半正値な計量の増加列の存在との同値性を示した。そして、テンソル積に関しても消滅定理を満たすような特異計量に対する Nakano 半正値の定義を導入し Nakano, dual Nakano 半正値性に関するより一般的な消滅定理を得た。去年、Demailly-Nadel 消滅定理のように乗数イデアル層を込めたタイプの Bogomolov-Sommese 型の消滅定理を示した。最近になり滑らかな計量に対し対数的微分形式の層に関する消滅定理が示されたので、これを Bogomolov-Sommese 型のように乗数イデアル層を含み、特異計量にまで正値性を弱めた消滅定理にまで一般化した。

固有正則沈め込み写像 $f : X \to Y$ と (半) 正値な計量 h を持つ正則直線束 $L \to X$ に対し、順像層 $f_*(K_{X/Y} \otimes L)$ にはファイバー積分により自然に標準計量 H が誘導される。Berndtsson をはじめ、この標準計量の正値性に関し多くの研究がなされており、計量 h が滑らかの場合は滑らかな標準計量 H の Nakano (半) 正値性が知られている。自分はある条件下に置ける dual Nakano (半) 正値性に関して示した。計量 h が特異な場合は乗数イデアル層 $\mathcal{I}(h)$ を込めて順像層 $f_*(K_{X/Y} \otimes L \otimes \mathcal{I}(h))$ を考えるわけだが、これは正則ベクトル束になるとは限らず捩じれなしの連接層となり、特異な標準計量 H が Y 上で存在し Griffiths 半正値性が知られている。自分は、この場合に関して捩じれなしの連接層にまで拡張されたままで特異標準計量 H が局所的な Nakano 半正値性を持つ事を示し、特に乗数イデアル層のベクトル束への拡張である L^2-部分層 $\mathcal{E}(h)$ が Y 全体で連接的であることを示した。

I study the positivity and vanishing theorems for holomorphic vector bundles on complex manifolds. Nakano positivity for smooth Hermitian metric is well known, and recently one definition of Nakano semi-positivity for singular Hermitian metric has been introduced by using L^2-valuations which that establishes vanishing theorems.

I investigated the dual Nakano semi-positivity property for singular metrics and showed its equivalence with the existence of an increasing sequence of smooth dual Nakano semi-positive metrics. Then, I introduced the definition of Nakano semi-positivity for singular metrics satisfying vanishing theorems for tensor products as well, and obtained more general vanishing theorems for Nakano and dual Nakano positivity. Last year, I presented Bogomolov-Sommese type vanishing theorems involving multiplier ideal sheaves such as the Demailly-Nadel vanishing theorem. Recently, vanishing theorems for smooth metrics was presented for sheaves of logarithmic differential forms, and I weakened it to positivity for singular metrics and generalized it to vanishing theorems involving multiplier ideal sheaves, as in the Bogomolov-Sommese type.

For holomorphic proper submersions $f : X \to Y$ and holomorphic line bundles $L \to X$ with (semi)-positive metrics h, the canonical metric H on the direct image sheaf $f_*(K_{X/Y} \otimes L)$ is naturally induced by fiber integrals. Berndtsson and many others have studied the positivity of the canonical metric H, and the Nakano (semi)-positivity of a smooth canonical metric H is known when the metric h is smooth. I have shown the dual Nakano (semi)-positivity of this metric under certain conditions. If the metric h is singular, by including the multiplier ideal sheaf $\mathcal{I}(h)$, we consider the direct image sheaf $f_*(K_{X/Y} \otimes L \otimes \mathcal{I}(h))$, which is not necessarily a holomorphic vector bundle but a torsion-free coherent sheaf, and it is known that a singular canonical metric H exists on Y and is Griffiths semi-positive. I showed that the singular canonical metric H is locally Nakano semi-positive while extended to a torsion-free coherent sheaf for this case, and in particular that the L^2-subsheaf $\mathcal{E}(h)$, an extension of multiplier ideal sheaves to vector bundles, is coherent throughout Y.

B. 発表論文

1. Y. Watanabe, *Cohomology on neighborhoods of non-pluriharmonic loci in pseu-*

doconvex Kähler manifolds, Kyushu J. Math. **74** (2021), no. 2, 323-349.

2. Y. Watanabe, *Curvature operator of holomorphic vector bundles and L^2-estimate condition for (n,q) and (p,n)-forms*, arXiv:2109.12554v2.
3. Y. Watanabe, *Bogomolov-Sommese type vanishing theorem for holomorphic vector bundles equipped with positive singular Hermitian metrics*, to appear in Mathematische Zeitschrift.
4. Y. Watanabe, *Nadel type, Bogomolov-Sommese type vanishing and singular dual Nakano semi-positivity*, arXiv:2209.00823.
5. Y. Watanabe, *L^2-type Dolbeault isomorphisms and vanishing theorems for logarithmic sheaves twisted by multiplier ideal sheaves*, arXiv:2211.10077.
6. Y. Watanabe, *Dual Nakano positivity and singular Nakano positivity of direct image sheaves*, arXiv:2302.09398.

C. 口頭発表

1. Cohomology on neighborhoods of non-pluriharmonic loci in pseudoconvex Kähler manifolds, 第 55 回函数論サマーセミナー, オンライン開催, 2021 年 9 月.
2. Cohomology on neighborhoods of non-pluriharmonic loci in pseudoconvex Kähler manifolds, 2021 年度多変数関数論冬セミナー, オンライン開催, 2021 年 12 月.
3. 擬凸ケーラー多様体における非多重調和点集合の近傍上のコホモロジー, 日本数学会 幾何学分科会, 2022 年 3 月.
4. Bogomolov-Sommese type vanishing theorem for holomorphic vector bundles equipped with positive singular Hermitian metrics, 第 56 回函数論サマーセミナー, 2022 年 9 月.
5. Bogomolov-Sommese type vanishing theorem for holomorphic vector bundles equipped with positive singular Hermitian metrics, 日本数学会 幾何学分科会, 2022 年 9 月.
6. L^2-type Dolbeault isomorphisms and vanishing theorems for logarithmic sheaves twisted by multiplier ideal sheaves, 日本数学会 函数論分科会, 2023 年 3 月.

XIA Xiaokun (夏 小焜)

(FMSP コース生)

A. 研究概要

Givetal-Teleman 再構成によると、母関数は次のように表されます。Dubrovin 接続から構築された微分演算子、および KdV のタウ関数の積階層。これらのタウ関数は、グロモフ・ウィッテン不変量の母関数に由来します。点。私たちが解決したい一般的な問題の 1 つは、広田双線形のシステムを構築することです。総子孫ポテンシャルの方程式。実際、頂点作用素代数の一般的な構成がありますギバンタルが彼の論文で示唆した。ギブンタルの構造は、半単純フロベニウス多様体に対して一般化するのが簡単です。反射ベクトルに対応する頂点作用素代数は、KdV 階層の頂点作用素代数に共役します。したがって、頂点作用素代数は反射ベクトルに対応することは、広田二次方程式を構築する上で重要な役割を果たします。したがって、半単純加群フロベニウスに対応する反射ベクトルを分類することに関心があります。マニホールド。反射ベクトルに対応する頂点作用素代数を使用して構築する必要があると予想されますギブンタルの全子孫ポテンシャルに対する広田双線形方程式の形での可積分階層。特別な場合にすべての反射が見つかります。特殊な場合に使用した手法は、一般的な場合に一般化することができます。この問題すぐ解決だと思います。残りは小さいな問題だけだと思います。

According to the Givental-Teleman reconstruction, the generating function is expressed in terms of a differential operator, constructed from Dubrovin connection, and a product of tau-functions of the KdV hierarchy. These tau-functions come from the generating function of Gromov-Witten invariants for the point. One

of the problems in general that we would like to solve is to construct a system of Hirota bilinear equations for the total descendent potential. In fact, there is a general construction of vertex operators suggested by Givental in his paper. Givental's construction is straightforward to generalize for any semi-simple Frobenius manifold.The vertex operators corresponding to reflection vectors are the ones that conjugate to the vertex operators for the KdV hierarchy. Therefore we expect that the vertex operators corresponding to the reflection vectors would play a key role in constructing Hirota quadratic equations. Hence, it comes our interest in classifying reflection vectors corresponding to semi-simple Frobenius manifolds. We expect that vertex operators corresponding to reflection vector should be used to construct integrable hierarchies in the form of Hirota bilinear equations for the total descendent potential of Givental. We find all the reflection in a special case. The technic we used in special case can be generalize to the general case. we almost complete this problem there are just some detail to check.

LI Kimihiko (李 公彦)

(学振 DC2)

(FMSP コース生)

A. 研究概要

自分が行っているのは主にプリズマティックコホモロジーについての研究である。これは自分が専攻としている数論幾何学のうち，p 進的理論についての研究である。プリズマティックコホモロジーは 2019 年で Bhatt-Scholze により新たな p 進コホモロジーとして構成され，種々の p 進コホモロジーとの比較同型が成り立つことにより多くの p 進的理論が統一された。また，プリズマティックの概念を用いてクリスタリンコホモロジーの q 類似を構成することができ，これとプリズマティックの間にも比較同型が成り立っている。これにより，プリズマティックコホモロジーを中心的に調べることで今までの種々なコホモロジー理論の性質や関連性についての洞察が得られることになる。一方，通常のクリスタリンコホモロジーにおいて，一般的な代数多様体に対しては，対数的構造や高レベル構造等を考える必要がある。プリズマティックコホモロジーの対数化は Koshikawa によりすでに構成されている。p 進コホモロジーについては，“位相空間”としてサイトがあり，その上でクリスタルと呼ばれる理想的な性質を持つ加群の層，もしくはクリスタルをより一般化した概念についての計算が行なわれることが多いが，Berthelot は高レベルクリスタリンサイトとレベル 0 (つまり通常の) クリスタリンサイト上のクリスタルの圏が同値という，Frobenius descent と呼ばれる結果を示した。また，代数多様体上のある種の p 進微分方程式系として収束アイソクリスタルがあり，p 進コホモロジー理論を展開するための係数として重要な役割を持つ。これは高レベルクリスタリンサイト上のアイソクリスタルのレベルを動かしたときの共通部分とも思える。

自分は修士論文において高レベルのプリズマティックおよび q-クリスタリンサイトを新たに構成し，Frobenius descent の類似が高レベルのサイトについても成り立つことを示した。また，プリズマティックと q-クリスタリンコホモロジーとの関連性を高レベルの概念を用いて解釈し，レベル $(m-1)$ の q-クリスタリンサイトとレベル m のプリズマティックサイトの間にクリスタルの圏同値が成り立つことを示した。更に，$q=1$ の場合レベル m の q-クリスタリンサイトとレベル m のクリスタリンサイトの間にクリスタルの圏同値が成り立つことを示した。

本年度では，主に高レベルプリズマティックと q-クリスタリンコホモロジーの p 進解析化に関する理論の整備を行った。具体的には，δ_π 構造を用いて，高レベルプリズマティックサイトの基礎環が分岐している状況での理論を構成した。一方，自分は高レベル q-クリスタリンサイトの理論を考えるための，高レベル二項係数の自然な q 類似を定義した。また，高レベル q-ド・ラーム複体を構成するための，q-PD 包絡の高レベル化の候補も与えた。更に，自分は高レベルプリズマティックサイト等の構造を用いてプリズマティックコホモロジーの p 進解析化を進めた。特に，収束プリズ

マティック及び q-アイソクリスタルを具体的に構成し，期待されるべきいい性質を持つことを示した。最後に，Ogus の議論に従い，有理加群のプリズマティッククリスタルと収束プリズマティックアイソクリスタルの圏の間の圏同値についても示した。

My research is mainly focused on prismatic cohomology. It specializes in p-adic cohomology theory, which is the theory of the arithmetic geometry I major in. Prismatic cohomology was defined by Bhatt-Scholze in 2019, and comparison theorems with various p-adic cohomologies were shown, so it generalizes the p-adic cohomology theories. Moreover, q-crystalline cohomology can be constructed by using prismatic cohomology, and there exists a comparison theorem between them. So it is important to mainly focus on prismatic cohomology. On the other hand, we need to consider log or higher level structure for crystalline cohomology in a general situation. Log prismatic cohomology was constructed by Koshikawa. P-adic cohomology is usually computed by using a crystal on a site (corresponding to a sheaf of modules with good properties, on a 'topological space'). Berthelot proved the equivalence between the category of crystals on the higher level crystalline site and that on the level 0 crystalline site (which coincides with the usual crystalline site), which is called the Frobenius descent. On the other hand, we can consider the convergent isocrystal as a kind of p-adic differential equation. The category of convergent isocrystals can be considered as the intersection of the categories of isocrystals on the higher level crystalline sites.

In my master's thesis, I constructed the prismatic and q-crystalline sites of higher level, and proved the analogs of the Frobenius descent on these sites. I also showed the equivalence between the category of crystals on the level $(m-1)$ q-crystalline site and that on the level m prismatic site. Moreover, I proved the equivalence between the category of crystals on the level m q-crystalline site and that on the level m crystalline site when $q = 1$. This year, I developed the p-adic analytic theory about prismatic and q-crystalline cohomology. I first considered the ramified base case of the higher level prismatic cohomology by using δ_π-structure. On the other hand, I constructed the q-analog of the higher level binomial coefficients for considering higher level q-crystalline sites. I also constructed the higher level version of the q-PD envelope for considering higher level q-de Rham complexes. Furthermore, I constructed the convergent prismatic and q-isocrystals with enough good properties by using higher level structures of the prismatic and q-crystalline sites. Finally, I proved the categorical equivalence between the category of rational prismatic crystals and the category of convergent prismatic isocrystals due to Ogus. These can be used to develop the p-adic analytic theory about prismatic and q-crystalline cohomology.

B. 発表論文

1. K. Li : "Prismatic and q-crystalline sites of higher level", arXiv:2102.08151.

C. 口頭発表

1. Prismatic and q-crystalline sites of higher level, 第 20 回広島仙台整数論集会, 広島大学, 2021 年 7 月.
2. Prismatic and q-crystalline sites of higher level, 代数的整数論とその周辺 2021, 京都大学数理解析研究所, 2021 年 12 月.
3. Prismatic and q-crystalline sites of higher level, NCTS East Asia Core Doctoral Forum in Mathematics, National Center for Theoretical Sciences, National Taiwan University, Taiwan, 2023 年 1 月.

PÉREZ VALDÉS Víctor

A. 研究概要

群 G の表現 (Π, V) と部分群 G' の表現 (π, W) が与えられたときに，$(\Pi\big|_{G'}, V)$ から (π, W) へ

の G' 線型写像を**対称性破れ作用素 (Symmetry Breaking Operator)** と言う．この対称性破れ作用素を構成することによって，表現の制限 $\Pi\big|_{G'}$（広い意味での分岐則の問題）を深く解明できることが期待される．

この対称性破れの作用素を幾何的な設定で考え，微分作用素で書けるもの (**微分対称性破れ作用素**) を考えることができる．具体的に，Lie 群 $G \supset G'$ がそれぞれ多様体 $X \supset Y$ に作用し，X, Y 上のベクトル束 $\mathcal{V}, \mathcal{W}$ が与えられたときに，次の問題が考えられる．

問題 A. G' 同変な微分作用素 D のなす空間を決定せよ

$$D : C^\infty(X, \mathcal{V}) \to C^\infty(Y, \mathcal{W})$$

多様体 $X = G/P \supset Y = G'/P'$ が旗多様体で，ベクトル束 $\mathcal{V}, \mathcal{W}$ がそれぞれ放物型分部群 P, P' の有限次元表現に同伴するベクトル束の場合に，この微分対称性破れ作用素を構成する手法 (the F-method) が 2013 年に小林俊行先生によって提起された．この手法は，微分対称性破れの作用素を求めるという問題を，一般化 Verma 可群に“代数的 Fourier 変換”を施すことによって，ある高階の偏微分方程式系を満たす多項式を決定するという問題に帰着させ，後者を不変式論を援用して解くという方法である．放物型部分群 P の Lie 環の冪零根基が可換なとき，現れる微分方程式系の主要項は 2 階偏微分方程式であることが証明できる．

この設定で解決された問題の一つとして，2016 年に小林先生, 久保利久先生と，Michael Pevzner 先生が球面における微分形式の間の微分対称性破れ作用素を構成・分類された．

この方針で私は本年度 F-method を用いて，対 $(G, G') = (SO_0(4,1), SO_0(3,1))$ の場合を考え，S^3 上の既約なベクトル束 $\mathcal{V} = \mathcal{V}_\lambda^{2N+1}$ と S^2 上の直線束 $\mathcal{W} = \mathcal{L}_{m,\nu}$ に対し，問題 A の解決について研究した．特に，この問題は $2N+1$ 個の未知の多項式に関する $2(2N+1)$ 個の常微分方程式からなる微分方程式系という過剰決定問題に同値であることが証明できた．後者の常微分方程式を明示的に解く方法を発見したが，過剰条件の成立確認がまだ残っている課題である．

問題 A は $N = 1$ の場合に一昨年度解決した問題だが，一般の $N \geq 1$ の場合に解決するのが本年度の主な目標だった．

Given representations (Π, V) of a Lie group G and (π, W) of a Lie subgroup $G' \subset G$, we say that a linear G'-homomorphism from $(\Pi\big|_{G'}, V)$ to (π, W) is a **Symmetry Breaking Operator**. Constructing these symmetry breaking operators may help us to understand better the behaviour of the restricted representation $\Pi\big|_{G'}$ (abstract branching problems).

One way of thinking about these intertwining operators is in a geometric setting; namely, when we consider the ones that can be written as differential operators between manifolds (**Differential Symmetry Breaking Operators**). More concretely, suppose that two Lie groups $G \supset G'$ act respectively on two manifolds $X \supset Y$, and let $\mathcal{V}$ and $\mathcal{W}$ be two equivariant vector bundles over X and Y respectively. Then, we can consider the following

Problem A. Give a description of the space of the G'-equivariant differential operators:

$$D : C^\infty(X, \mathcal{V}) \to C^\infty(Y, \mathcal{W})$$

If the manifolds $X = G/P \supset Y = G'/P'$ are flag varieties, and the vector bundles $\mathcal{V}$ and $\mathcal{W}$ are those associated to two finite dimensional representations of the parabolic subgroups P and P', a method of constructing these differential symmetry breaking operators (called the F-method), was proposed in 2013 by professor Toshiyuki Kobayashi.

As an example of a problem that has been solved by using this method, in 2016 professors T. Kobayashi, Toshihisa Kubo and Michael Pevzner constructed and classified all symmetry breaking operators for differential forms on spheres.

Following this line, we used the F-method for the pair $(G, G') = (SO_0(4,1), SO_0(3,1))$ and studied Problem A for a vector bundle $\mathcal{V} = \mathcal{V}_\lambda^{2N+1}$ of rank $2N+1$ over the 3-sphere S^3, and a line bundle $\mathcal{W} = \mathcal{L}_{m,\nu}$ over the 2-sphere S^2. In particular, we proved that Problem A is equivalent to the problem of finding $2N+1$

uknown polynomials that satisfy a certain system of $2(2N+1)$ ordinary differential equations. We found a specific way of solving the system, but verifying that the redundant equations are satisfied is still an undone task.
We solved Problem A for $N = 1$ two years go, but for general $N \geq 1$ it is still unsolved. Its resolution has been our main goal this academic year.

B. 発表論文

1. E. Martín-Peinador and V. Pérez Valdés, "A class of topological groups which do not admit normal compatible locally quasi-convex topologies", Rev. R. Acad. Cienc. Exactas Fís. Nat. Ser. A Math. RACSAM, Vol. 112, no. **3**, (2018) pp. 867–876.
2. V. Pérez Valdés, "Normality and Duality on Topological Groups", 京都大学数理解析研究所講究録 **2139**, RIMS 共同研究（公開型），表現論とその周辺分野の進展 (研究代表者：大島芳樹先生) (2019), pp. 100–112.
3. V. Pérez Valdés, "Construction of vector-valued differential symmetry breaking operators for the group $SO(4,1)$" (群 $SO(4,1)$ に対するベクトル値の微分対称性破れ作用素の構成について), 東京大学大学院数理科学研究科修士論文 (2021).
4. V. Pérez Valdés, "Construction of vector-valued differential symmetry breaking operators for the group $SO(4,1)$", 表現論シンポジウム 2021 年度講演集 (世話人：久保利久先生，伊藤稔先生), pp. 123–136.

C. 口頭発表

1. "Duality and Normality on Topological Groups", Workshop of Young Researchers, Faculty of Mathematics of the Complutense University of Madrid (Spain), September 2018.
2. "Normality and Duality on Topological Groups", RIMS 共同研究 (公開型)「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.
3. "Introduction to a criterion on proper actions due to T. Kobayashi", Workshop on "Actions of Reductive Groups and Global Analysis 2019", 東京大学玉原国際セミナーハウス, 2019 年 8 月.
4. "Introduction to the F-method due to T. Kobayashi and M. Pevzner", Workshop on "Actions of Reductive Groups and Global Analysis 2020", オンライン, 2020 年 8 月.
5. "About the dimension of the conformal transformation group by S. Kobayashi", Workshop on "Actions of Reductive Groups and Global Analysis 2021", オンライン, 2021 年 8 月.
6. "Construction of vector-valued differential symmetry breaking operators for the group $SO(4,1)$", 表現論シンポジウム 2021 年度 (世話人: 久保利久先生, 伊藤稔先生), オンライン, 2021 年 11 月.
7. "On the construction and classification of differential symmetry breaking operators", Seminar at Red de Doctorandos en Matemáticas. University Complutense of Madrid (Spain), June 2022.
8. "Introduction to a residue formula for regular symmetry breaking operators by T. Kobayashi", Workshop on "Actions of Reductive Groups and Global Analysis 2022", オンライン, 2022 年 8 月.
9. "Applying the F-method to construct and classify differential symmetry breaking operators", Seminar of the Department of Algebra, Geometry and Topology. University Complutense of Madrid (Spain), January 2023.
10. "S^3 上のランク 3 のベクトル束から，S^2 上の直線束への微分対称性破れ作用素の構成と分類について", セミナー（久保利久先生），龍谷大学，2023 年 3 月.

G. 受賞

学生表彰 (2021)「令和 3 年度数理科学研究科長賞」.

☆ 1 年生 (First Year)

磯部 伸 (ISOBE Noboru)

(学振 DC1)

(FMSP コース生)

A. 研究概要

巷で流行している ChatGPT に代表されるような現代の人工知能にとって，深層学習 (Deep Learning) と呼ばれる数理モデルは，不可欠な要素技術である．ここで，深層学習は，Deep Neural Network (DNN) という，非線形写像を逐次的に合成する関数モデルを，「学習」，つまり，数理最適化することである．DNN については，万能近似定理や汎化誤差評価といった理論的な解析が進展している．他方，「学習」に関しては，DNN が関数合成から構成されていることが障壁となり，一般的な設定における解析が発展途上になってしまっている．この困難を克服しようと，DNN の逐次的な関数合成を，ある ODE の離散化とみなす見方が持ち込まれつつある．この ODE 化された DNN は ODE-Net と呼ばれる．しかしながら，このように DNN を ODE-Net に取り換えた際には，ODE-Net に適合する「学習」の定式化や解析の枠組みを，新たに確立する必要がある．

そこで私は，修士 2 年から博士課程 1 年にかけて，ODE-Net の学習を解析学的，または，変分的に定式化する研究を行った．このような定式化は，E らによる平均場最適制御問題による ODE-Net の定式化や Bonnet らによる測度論的な定式化によって試みられてきた．本研究で提案した定式化も，基本的にはこれらの定式化を土台とするものである．しかしながら，これらの先行研究においては，提案した変分的定式化に関する最小化元の存在性が，十分議論されていない．例えば，Bonnet らは「学習」に際して課される (L^2) 正則化に伴って必要な正則化パラメータが十分大きいという仮定が必要を必要としているが，実用的な「学習」では十分小さくとる必要がある．我々の研究では，この差を埋めるために，正則化パラメータに仮定を課さずに，最小化元の存在を証明した．この存在証明においては，Neural Network がある種の線形性を有するという仮定が代わりに必要であるが，Jabir らによる Bayes 的定式化に触発された定式化を導入することによって，この線形性も仮定から外すことができることを証明した．

現在は，上記で存在が保証された最小化元に収束するような勾配流の漸近挙動を解析することによって，「学習」の過程を明らかにすることを試みている．並行して，「学習」後の ODE-Net の振る舞いについて，GPU を使用した数値実験により調査している．

For modern artificial intelligence, such as ChatGPT, which is currently popular, the mathematical model called *Deep Learning* is an essential technological element. Deep Learning is to *learn* or optimize a function model called Deep Neural Network (DNN), which sequentially composes non-linear mappings. Theoretical analyses of DNN, such as the universal approximation ability and generalization error analysis, have advanced. On the other hand, analysis of the learning is hindered by the fact that DNN is composed of function compositions. To overcome this difficulty, some researchers have recently proposed a view that regards the composition of DNN as a discretization of a certain ODE, and the resulting ODE-based DNN is called ODE-Net. However, when replacing DNN with ODE-Net, it is necessary to establish a new framework for formulating and analyzing the learning of *coninuum* DNN, or ODE-Net.

Therefore, from the second year of my master's degree to the first year of my Ph.D. program, I conducted research to formulate the learning of ODE-Net variationally. Such formulations have been attempted by the formulation of ODE-Net using mean-field optimal control problems by E et al. and the measure-theoretic formulation by Bonnet et al. . The formulation proposed in my research is basically based on these formulations. However, in these previous studies, the

existence of a minimizer for the proposed variational formulation has not been sufficiently discussed. For example, Bonnet et al. assume that the (L^2-)regularization parameter is sufficiently **large**, but it needs to be sufficiently **small** in practical settings. In our research, we proved the existence of a minimizer without any assumptions about the regularization parameter. In the proof for the existence, another assumption that neural networks have a certain linearity is necessary, but we can eliminate the linearity by introducing a formulation inspired by Jabir's Bayesian formulation of the learning of the ODE-Net.

Currently, I attempt to clarify the learning process by analyzing the asymptotic behavior of gradient flow that converges to the minimizer whose existence is guaranteed above. At the same time, I investigate empirically the behavior of the ODE-Net after learning through numerical experiments using GPUs.

B. 発表論文

1. N. Isobe and M. Okumura : "Variational formulations of ODE-Net as a mean-field optimal control problem and existence results", in preparation.

C. 口頭発表

1. 磯部伸，"連続無限層深層ニューラルネットワークの変分的定式化と，その解の存在について"，2022 年度応用数学合同研究集会，龍谷大学瀬田キャンパス，2022 年 12 月 15 日–17 日
2. 磯部伸，"深層学習の（数値）解析的理論構築に向けて"（招待講演），数理解析若手交流会，オンライン，2022 年 12 月 3 日．
3. 磯部伸，"ODE-Net の平均場最適制御問題による定式化とその解存在について"（ポスター発表），第 25 回情報論的学習理論ワークショップ (IBIS2022)，つくば国際会議場，2022 年 11 月 20 日–23 日．
4. 磯部伸，"深層学習に対する（数値）解析的理論構築に向けて"，応用数学フレッシュマンセミナー 2022，京都大学，2022 年 10 月 15 日．
5. 磯部伸，"ODE-Net の変分的定式化とその解存在について"，日本数学会　秋季総合分科会，北海道大学，2022 年 9 月 13 日–16 日．
6. 磯部伸，赤木剛朗，"ODE-Net の学習問題の理想化-その理論と応用に向けて"，応用数理学会　2022 年度年会，北海道大学，2022 年 9 月
7. 磯部伸，"On a Variational Formulation of ODE-Net and an Existence Result"，第 43 回発展方程式若手セミナー，オンライン，2022 年 9 月 5 日–7 日．
8. 磯部伸，"平均場最適制御問題の枠組みに基づく ODE-Net 安定化のための運動論的正則化について"，日本応用数理学会　，九州大学（オンライン），2022 年 3 月 8 日–9 日．
9. 磯部伸，"Wasserstein 勾配流に対する差分法と深層学習"，第 17 回数学総合若手研究集会，北海道大学（オンライン），2021 年 3 月 2 日–5 日．

G. 受賞

1. 2022 年度　日本数学会応用数学研究奨励賞，2023 年 3 月
2. 情報理工学系研究科長賞，2022 年 3 月
3. 工学部長賞，2020 年 3 月

高梨 悠吾 (TAKANASHI Yugo)

A. 研究概要

Sakellaridis-Venkatesh により保形周期の局所成分の正規化と p 進球多様体の Plancherel 測度の間に密接な関係があることが予想されている．その例として p 進体の二次拡大 E/F に付随する対称空間 $\mathrm{GL}_{2n}(F)/\mathrm{GL}_n(E)$ の明示的な Plancherel 公式と数体上の二次拡大に付随する GL_{2n} の線形周期に対する市野-池田型の公式が挙げられる．私はこれらの公式の証明の足掛かりとして，Hang Xue 氏により予想されていた Guo-Jacquet 相対跡公式の基本補題について研究している．また，保形表現論の別の話題として関手性の問題が挙げられる．私はこれに関して捻られた跡公式に関連

する p 進簡約群あるいは実 Lie 群の調和解析の研究も並行して行っている.

Sakellaridis and Venkatesh proposed a conjecture on a relation between the normalization of the local components of the automorphic periods and the Plancherel measures of p-adic spherical varieties. There are two related problems as examples of their conjecture; the Plancherel formula for the symmetric space $\mathrm{GL}_{2n}(F)/\mathrm{GL}_n(E)$ associated with a p-adic quadratic extension E/F and the Ichino-Ikeda type formula for linear periods associated to quadratic extensions of number fields. I work on the fundamental lemma of the Guo-Jacquet formula as a stepping stone to prove these formulae. There is another topic on automorphic representations, namely the problem of functoriality. In this context, I work on harmonic analysis of p-adic and real reductive groups related to the twisted trace formula.

B. 発表論文

1. Y. Takanashi : "Parity of conjugate self-dual representations of inner forms of GL_n over p-adic fields" (2022).

C. 口頭発表

1. p 進体上の GL_n の内部形式の共役自己双対表現の偶奇性, 北陸数論セミナー, 金沢大学サテライトプラザ, 2022 年 7 月
2. p 進体上の GL_n の内部形式の共役自己双対表現の偶奇性, 第 21 回仙台広島整数論集会, 東北大学, 2022 年 7 月
3. Parity of conjugate self-dual representations of inner forms of GLn over p-adic fields, 保型表現の解析的・数論的研究, 京都大学数理解析研究所, 2023 年 1 月

田川 智也 (TAGAWA Tomoya)

A. 研究概要

量子力学の数学的解析を行っている. 今年度前半は, 調和振動子を一般化したポテンシャルを持つハミルトニアンの固有関数の遠方における漸近挙動を解析し, プレプリントを発表した. 又, 年度後半には遠方で十分早く減衰するポテンシャルを持つハミルトニアンの 0 固有値の非存在について検討した.

I am working on a mathematical analysis of quantum mechanics. In the first half of this year, I analyzed the asymptotic behavior of eigenfunctions of the Hamiltonian with a generalized oscillator and presented a preprint. In the second half of the year, I studied the nonexistence of zero eigenvalues of the Hamiltonian with a potential that decays sufficiently fast.

B. 発表論文

1. T. Tagawa : "A Rellich type theorem for the generalized oscillator", preprint (2022).

C. 口頭発表

1. A Rellich type theorem for the generalized oscillator, スペクトル・散乱理論とその周辺, RIMS, 2022 年 12 月,
2. A Rellich type theorem for the generalized oscillator, 作用素論セミナー, 京都大学 (オンライン), 2023 年 1 月

板東 克之 (BANDO Katsuyuki)

(学振 DC1)
(FMSP コース生)

A. 研究概要

幾何学の手法, とくに幾何学的表現論的な手法を, 整数論的な問題に応用するという目標で研究を行っている.

特に, 整数論において重要な問題である局所ラングランズ対応を, 幾何学的, 圏論的な定式化によって理解することを目標に, 研究を行っている. 本年度もそういった観点から研究を行った.

特に, ラングランズ対応の研究において現れる幾何学的佐武対応と呼ばれる圏同値についての研究をおこなっている. 昨年度, Zhu[Zhu17] による混標数の幾何学的佐武対応と, Fargues–Scholze[FS] による混標数の幾何学的佐武対応の, neaby cycle を用いた関係について研究を行った. 具体的には,

Fargues–Scholze による, ダイヤモンドと呼ばれる空間を用いた, 混標数の幾何学的佐武対応を用いて, Zhu によるスキームを用いた幾何学的対応と同じ形の対応を導くことができるが, その 2 つの対応を結びつけるのに neaby cycle を用いることができるということを示した. この研究については, 論文を執筆し, プレプリントとしての投稿をおこなった.

一方, 上記の論文では, Zhu と同じ形の対応を用いていたが, その対応が実際に Zhu と等しいものであることは示せていなかった. 今年度はこれについて研究を行い, 対応が実際に Zhu と等しいものであることをしめした. その過程で, 完備代数閉体のダイヤモンド Spd C の対角埋め込み $\Delta\colon \mathrm{Spd}\ C \to (\mathrm{Spd}\ C)^2$ についての幾何的な性質を導いた. この性質は, 対角埋め込みの補集合である開集合への層の制限関手が忠実充満であることを示すものであり, それ自体意義のあるものである. これについても論文を執筆し, プレプリントとしての投稿をおこなった.

また, 上記とは異なる方向の研究として, 導来幾何学的佐武対応の混標数版の構成についても研究を始めている. 具体的には, [BF] の証明が混標数で通用しているかどうかについて考えた. 混標数で通用しない問題は多数あり, その 1 つとして, アファイングラスマン多様体の同変コホモロジーの具体的な表示の問題があったが, これについては [BF] の手法の代わりに [YZ] の手法を用いることで同様の表示を得ることができることを示した. この研究についても引き続き行っていく予定である.

I am doing research with the goal of applying geometric techniques, especially geometric representation theory techniques, to number theoretic problems.

In particular, my research aims to understand the local Langlands correspondence, which is an important problem in number theory, through a geometric and categorical formulation. This year as well, we did research from that perspective.

Especially, I am studying a category equivalence called the geometric Satake correspondence, which appears in the study of the geometric Langlands correspondence.

Last year, we studied the relationship between the geometric Satake correspondence in mixed characteristic by Zhu [Zhu17] and the geometric Satake correspondence in mixed characteristic by Fargues–Scholze [FS] using the neaby cycle. We have known that we can construct a correspondence of the same form as Zhu's geometric Satake correspondence, which is scheme theoretic, using Fargues–Scholze's geometric Satake correspondence, in which spaces called "diamonds" is used. However, we further show that a nearby cycle can be used to connect the two correspondences. I wrote a paper on this research and submitted it as a preprint.

On the other hand, in the above paper we used the same form of correspondence as Zhu, but did not show that the correspondence was actually equal to that of Zhu. This year we study this, and prove that the correspondence is actually equal to Zhu's correspondence. In this process, we show that the geometric properties of the diagonal embedding $\Delta\colon \mathrm{Spd}\ C \to (\mathrm{Spd}\ C)^2$. This property implies the fully faithfulness of the restriction functor of sheaves to the open complement of the diagonal, which is meaningful itself. We also write a paper on this and submitted it as a preprint.

In addition, as a research in a different direction from the above, we have started research on the construction of a mixed characteristic version of the derived geometrical Satake correspondence. Specifically, we considered whether the proof of [BF] is valid in mixed characteristic. There are many problems in mixed characteristic, one of which is the problem of concrete description of the equivariant cohomology of affine Grassmannian manifolds. We showed that a similar description can be obtained by using the method described in [YZ] instead of [BF]. We plans to continue this research.

参考文献

[BF] R. Bezrukavnikov and M. Finkelberg, Equivariant Satake category and Kostant-Whittaker reduction, Mosc. Math. J. 8 (2008), no. 1, 39-72, 183.

[FS] L. Fargues and P. Scholze, Geometrization of the local Langlands correspondence, 2021, arXiv:2102.13459.

[YZ] Z. Yun and X. Zhu, Integral homology of loop groups via Langlands dual groups, Represent. Theory 15 (2011), 347-369.

[Zhu] X. Zhu, Affine Grassmannians and the geometric Satake in mixed characteristic, Ann. of Math. (2) 185, (2017), no. 2, 403-492.

B. 発表論文

1. K. Bando : " Geometric Satake equivalence in mixed characteristic and Springer correspondence ", arXiv:2101.11813 (2021).
2. K. Bando : " Relation between the two geometric Satake equivalence via nearby cycle ", arXiv:2203.12762 (2022).

C. 口頭発表

1. Geometric Satake correspondence in mixed characteristic and Springer correspondence, 代数学コロキウム, 東京大学数理科学研究科, 2021 年 3 月.
2. Geometric Satake correspondence in mixed characteristic and Springer correspondence, 千葉大学代数学セミナー, 千葉大学理学部数学・情報数理学科, 2021 年 4 月.
3. Geometric Satake correspondence in mixed characteristic and Springer correspondence, 仙台広島整数論集会 第 20 回, 東北大学理学研究科, 2021 年 7 月.
4. Geometric Satake correspondence in mixed characteristic and Springer correspondence, RIMS 共同研究「代数的整数論とその周辺」2021, 京都大学数理解析研究所, 2021 年 12 月
5. Geometric Satake correspondence in mixed characteristic and Springer correspondence, Algebraic Lie Theory and Representation Theory, 千葉大学理学部数学・情報数理学科, 2022 年 5 月.
6. Relation between the two geometric Satake equivalence via nearby cycle, 京都大学数論合同セミナー, 京都大学数学教室, 2022 年 5 月.
7. Relation between the two geometric Satake equivalence via nearby cycle, Miniworkshop on the geometrization of the local Langlands correspondences, 京都大学数学教室, 2022 年 12 月.

向原 未帆 (MUKOHARA Miho)

(FMSP コース生)

A. 研究概要

昨年度に続き, 局所コンパクト群の C* 単純性に関する研究を行った. 局所コンパクト群 G の左正則表現 λ からできる C* 環 $C^*_r(G)$ を被約群 C* 環という. これは作用素環論の分野で非常に古典的な研究対象である. $C^*_r(G)$ が非自明なノルム閉両側イデアルを持たないとき, 群 G は C* 単純性を持つと呼ばれる. 離散 C* 単純群に対する研究は 1970 年代に始まり, 現在では境界作用を使った完全に群論的な特徴づけが得られている. 一方, 非離散的な群の C* 単純性については十分に研究が進んでおらず, 見つかっている具体例も少ない. 昨年度の研究では鈴木や Raum の結果をもとに, generalized Baumslag-Solitar 群 (GBS 群) と呼ばれる木に作用する離散群の完備化によって, 非離散な C* 単純群の構成を行った. 今年度はここで得られた結果をもとに, 木に作用する局所コンパクト群を対象に, その C* 単純性や境界作用について調査した. 昨年度の結果ではあるクラスの GBS 群の完備化に注目し, 群グラフの基本群としての表示を使って C* 単純性を証明した. そのため, 得られる具体例は木に作用する局所コンパクト群で, 各頂点の安定化部分群が Z の射有限完備化であるものに限られたが, 改めて調査すると, これは C* 単純性を示すために本質的に必要な仮定ではないことが分かった. 離散群の場合は de la Harpe などの研究によって, 木に作用する

群の C* 単純性を調べる統一的な手段が知られている. 局所コンパクト群の場合も HNN 拡大の構造を持つ群では, これらの結果の類似がいくつかの条件下で成り立つことが分かった. しかし, 現時点では離散群に比べ仮定が強すぎる, 融合積の場合の具体例が見つからないなどの課題が残っており, これらに関しては現在研究中である. 融合積と HNN 拡大は群としては区別されるが, 軌道同値関係や作用素環をみるとほとんど同じものとして扱うことができる. そのため, 現在 HNN 拡大の C* 単純性について分かっている結果が, Bass-Serre tree の境界への作用を使って書き下すことができるか, 木の境界への作用からできる接合積 C* 環の単純性と群 C* 環の単純性にどのような関係があるのか, といったことから調査を進め, 現在は de la Harpe の結果の局所コンパクト群に対する類似を得ることを目標に研究を継続している.

Our research topic is C*-simplicity of locally compact groups. A group G is called C*-simple if the reduced group C*-algebra $\mathrm{C}^*_r(G)$ is simple. C*-simplicity of discrete groups has been studied since the 1970s, and we have a satisfactory characterization by using the boundary actions. On the other hands, C*-simplicity of non-discrete locally compact groups is not well understood and there are few examples. Last year, we constructed a non-discrete example by using generalized Baumslag-Solitar groups. Based on this result, we are studying C*-simplicity of locally compact groups acting on trees. In last year's result, we proved C*-simplicity by using the structure of GBS groups. Therefore, all of our examples are groups acting on trees whose vertex stabilizers are profinite completions of Z. However, we found this year that this assumption is not essential for C*-simplicity. For discrete groups, the study of de la Harpe gived us a general way to show C*-simplicity of groups acting on trees. We found an analogue of this results for some class of locally compact groups which have a structure of HNN extensions. When we consider orbit equivalence relations or operator algebras, HNN extensions and amalgamated free products are very similar. We are studying to improve the analogue of de la Harpe's result and to construct examples of locally compact C*-simple groups with a structure of amalgamated free products.

B. 発表論文

1. M. Mukohara : "C*-simplicity of relative profinite completions of generalized Baumslag-Solitar groups", Publ. RIMS Kyoto Univ. accepted.

C. 口頭発表

1. Finite group actions of the Rohlin property, 関数解析研究会 (ジュニア)2020, オンライン, 2020 年 9 月.
2. A Galois correspondence for crossed products of C*-algebras, 関数解析研究会 (ジュニア)2021, オンライン, 2021 年 9 月.
3. C*-simplicity of relative profinite completions of generalized Baumslag-Solitar groups, 東大作用素環セミナー, オンライン, 2022 年 1 月.
4. C*-simplicity of relative profinite completions of generalized Baumslag-Solitar groups, Young mathmaticians in C*-algebras, the University of Oslo, 2022 年 8 月
5. C*-simplicity of relative profinite completions of GBS groups, 関数解析研究会 (ジュニア)2022, キャンパスプラザ京都, 2022 年 9 月.
6. C*-simplicity of relative profinite completions of generalized Baumslag-Solitar groups, 作用素論作用素環論研究集会 2022, 大阪教育大学天王寺キャンパス, 2022 年 12 月.
7. C*-simplicity of locally compact groups, NCTS East Asia Core Doctoral Forum in Mathematics, National Taiwan University, 2023 年 1 月.
8. C*-simplicity of locally compact groups, 量子解析セミナー, 名古屋大学, 2023 年 1

月.

9. C*-simplicity of locally compact groups, 数理新人セミナー, 九州大学, 2023 年 2 月.

F. 対外研究サービス

1. 第 6 回数理新人セミナー 運営委員

吉野 太郎 (YOSHINO Taro)

A. 研究概要

前半ではスフェリカル多様体の超曲面の安定的双有理体積の計算に取り組んだ. これは先行研究で既に考えられていたトーリック多様体の超曲面のものの一般化である. 先行研究では作用するアフィン代数群の可換性や, トーリック多様体の特異点解消が本質的であったが, その点を一般化することができず本研究はとん挫した. 後半ではグラスマン多様体のとある 3 次超曲面の安定的双有理体積の計算をコンピューターを用いて計算した. 計算過程が複雑であり, 計算結果も有理性に応用することができなかった.

In the first half of the year, I worked on the computation of stable birational volumes of hypersurfaces of spherical varieties. This is a generalization of the one for hypersurfaces of toric varieties already considered in the previous study. In the previous study, the commutativity of the affine algebraic group which acts on the ambient space and the resolution of singularity of toric varieties were essential, but this study failed to generalize those points. In the latter part of the year, I computed the stable birational volume of a certain cubic hypersurface of a Grassmann variety by using a computer. The computational process was complicated and the results could not be applied to the rationality problem.

B. 発表論文

1. L. Braune and T. Yoshino : “On the degree of irrationality of complete intersections”, arXiv:2208.11260

C. 口頭発表

1. The degree of irrationality of Fano complete intersections, 特異点セミナー, オンライン, 2022 年 4 月.
2. On the degree of irrationality of complete intersections, 日本数学会 2023 年度年会, 中央大学, 2023 年 3 月

王 沛鐸 (WANG Peiduo)

A. 研究概要

私は高次元の Berkovich 空間上の p 進微分方程式を研究する。一次元 p 進穴あき円板上の微分方程式についての分解定理 (p 進 Fuchs 定理とも呼ばれる) は、p 進非 Liouville 差の条件のもとで Christol と Mebkhout により示された。Gachet はこの定理を高次元の場合に一般化した。一方、Kedlaya は一次元の p 進 Fuchs 定理をより一般化した。私の論文"On generalized Fuchs theorem over p-adic polyannuli"においては、高次元における一般化された p 進 Fuchs 定理を示した。今年は p 進相対的な多重穴あき円板上の Robba 条件を満たす微分方程式についての一般化された p 進 Fuchs 定理を研究した。

I study p-adic differential equations over high dimensional Berkovich spaces. Christol and Mebkhout proved the decomposition theorem (the p-adic Fuchs theorem) of differential equations on one dimensional p-adic annuli under certain non-Liouvilleness assumption and Gachets generalized it to higher dimensional cases. On the other hand, Kedlaya proved a generalization of the p-adic Fuchs theorem in one dimensional case. We proved Kedlaya’s generalized version of p-adic Fuchs theorem in higher dimensional cases in our paper "On generalized Fuchs theorem over p-adic polyannuli". In this year, I studied the generalized version of p-adic Fuchs theorem for differential equations satisfying the Robba condition over relative polyannuli.

B. 発表論文

1. Peiduo WANG: "On generalized Fuchs theorem over p-adic polyannuli", arXiv:2206.13065.

C. 口頭発表

1. "On generalized Fuchs theorem over p-adic polyannuli", 第 21 回仙台広島整数論集会, 仙台, 2022 年 7 月.
2. "On generalized Fuchs theorem over p-adic polyannuli", 代数的整数論とその周辺, 京都, 2022 年 12 月.

LIU PEIJIANG (劉 沛江)

A. 研究概要

去年に非合流の ℓ 進 GKZ 超幾何層の特性サイクルについての研究を行ったことがあります。研究結果をもとにして，今年は ℓ 進層の特性サイクルとそのドリーニュ・フーリエ変換の特性サイクルの関係についてを研究しました。ただし，最近は $\mathcal{D}$ 加群の特性サイクルとそのラプラス・フーリエ変換の特性サイクルの関係を示す公式を証明しました。この公式に触発されて，ℓ 進層に対してもそのような公式がありますという発想が出てきました。自明な例として，単純正規交差な因子で順分岐をもつ lisse な ℓ 進層の特性サイクルとそのドリーニュ・フーリエ変換の特性サイクルに対してそういうような公式が成り立つことは簡単に証明できます。もう一つの非自明な例として，去年の非合流の ℓ 進 GKZ 超幾何層の特性サイクルの計算結果によりもそういう公式が成り立つことを実証します。この研究の進捗に対して最も重要な問題は二つあります。まずは $\mathcal{D}$ 加群に対しての「モノドロミック」という概念を ℓ 進層に対して定義することです。この問題を解決するには，ドリーニュ・フーリエ変換は ℓ 進層の分岐にの影響をより精細な研究が必要です。注目すべきのは，順分岐をもつ ℓ 進層のドリーニュ・フーリエ変換は暴分岐をもつ場合があります。この事実に従って，暴分岐をもつ ℓ 進層についての研究は避けれません。すなわち，ℓ 進層の「モノドロミック」という定義を探すことは自明ではありません。この問題を考える目的はドリーニュ・フーリエ変換で分岐を維持する ℓ 進層の部分圏を定めることです。もう一つの問題は，非自明な例を探すことです。

また，ドワークによる発展されたコホモロジー理論を用いて，「フロベニウス・オバー・ホッジ」ということを考える論文を読みました。ドワークのコホモロジー理論を活用し，多様体の L 関数のニュートンの多角形はそのホッジの多角形の上にいるという予想の解決はこれらの論文の中心です。近年，ホッジ濾過の一般化として，特異点をもつ多様体に対して非正規なホッジ濾過についての理論を発展されました。そして，特異点をもつ多様体の L 関数のニュートンの多角形とその非正規なホッジ濾過によって自然に定義する多角形の位置関係は問題になります。ただし，最近の研究により，特定な特異点をもつ曲線に対しては「フロベニウス・オバー・ホッジ」という現象もあります。しかし，考えた曲線は P^1 上の順分岐をもつ曲線しかありません。一般的な曲線に対しての考え方はまたありません。また，高次元の多様体に対しての研究もありません。そういう例を一般化にする特異点をもつ一般的な曲線や高次元の多様体に対して「フロベニウス・オバー・ホッジ」についての研究も行っていこうと思いつつ，ドワークの理論のさまざまの活用を理解するために，いろいろな論文を読み続けます。

Following the research on the characteristic cycles of non-confluent ℓ-adic GKZ hypergeometric sheaves of last year, we studied the relationship between the characteristic cycle of an ℓ-adic sheaf and its Deligne-Fourier transform. We note that this process is inspired by a similar process considering the characteristic cycles of the Laplace-Fourier transform of $\mathcal{D}$-modules by which some progress has been made. One of the interesting results is a formula revealing the relationship between the characteristic cycle of a monodromic $\mathcal{D}$-module and that of its Laplace-Fourier transform. On of the big goal in our sight is to generalize the formula to its ℓ-adic version. It is necessary to first mention a trivial observation that the formula works in the ℓ-adic set up if we restrict the discussion

to lisse ℓ-adic sheaves with tame ramifications along divisors with simple normal crossings. Then, we would like to point out that the result of our research of last year considering the characteristic cycles of non-confluent ℓ-adic GKZ hypergeometric sheaves serves as a non-trivial example where the ℓ-adic version of the formula holds. There are two obstacles before more progress is able to take place. One is to generalize the definition of 'monodromic $\mathcal{D}$-modules' to its ℓ-adic version. This needs more understanding of how Deligne-Fourier transform impact the ramification of an ℓ-adic sheaf. Since the transform may not hold tameness, it is not avoidable to consider ℓ-adic sheaves with wild ramifications. Our goal is to fix a series of conditions for ℓ-adic sheaves such that they can be hold by the transform. Another obstacle is to get more non-trivial higher dimensional examples except the GKZ one. If the two questions were to be have optimistic answers, we are confident that a conjecture giving the formula in ℓ-adic set up can be made and proven.

We also revisited Dwork cohomology and its application to the discussion of a kind of problems called 'Frobenius over Hodge'. Roughly speaking, they are problems considering the Newton polygon of L-functions of a variety and its Hodge polygon which conjecturing that the former one is above the later one. Part of the conjecture is already proven under some mild conditions. Recent years, irregular Hodge filtration is invented and the question asking its relationship with the Newton polygon has been raised. One of the most intuitive conjecture to make is that the Newton polygon is above the polygon associated to the irregular Hodge filtration. Though some easy situations has been check, the problem is still miserable. We wish to find treasures from related works about Dwork cohomology to generate more practicable ideas about this problem.

C. 口頭発表

1. The characteristic cycles of non-confluent ℓ-adic GKZ hypergeometric sheaves 第 21 回仙台広島整数論集会

修士課程学生 (Master's Course Student)

赤松 春樹 (AKAMATSU Haruki)

A. 研究概要

基礎体 k を標数 $p > 0$ の代数閉体とし, Y を与えられた滑らかな射影代数多様体とする. このとき, 滑らかな射影代数多様体 X からの p 次の非分離被覆 $\phi\colon X \to Y$ を同型を除いて全て列挙せよ, という問題が考えられてきた. 本年度の研究により, Y が標数 $p = 2$ の d 次超曲面 $Y \subset \mathrm{P}^n \quad (n \geq 4)$ である場合に, 上述の ϕ が存在しないことが示された.

Let k be an algebraically closed field of positive characteristic $p > 0$. Let Y be a given smooth projective variety. The problem has been considered to enumurate all inseparable covers $\phi\colon X \to Y$ of degree p from a smooth projective variety X. The study of this year shows that if Y is a hypersurface $Y \subset \mathrm{P}^n \quad (n \geq 4)$ of degree d, then the cover ϕ above does not exist.

B. 発表論文

1. H.Akamatsu : "On inseparable double covers of hypersurfaces in characteristic two", 東京大学修士論文 (2023).

安達 充慶 (ADACHI Mitsuyoshi)

A. 研究概要

私はなめらかな 4 次元有向閉多様体 X をファイバーに持つファイバー束 $\mathrm{X} \to B$ の特性類について研究した. ファイバー束の構造群が, X からそれ自身への向きを保つ微分同相全体のなす位相群

$$\mathrm{Diff}^+(X)$$

であるとき, B 上のベクトル束

$$\mathcal{H}^+(\mathrm{X})$$

であって, 各点のファイバーが $H^2(X;\mathrm{R})$ の極大正定値部分空間であるものが構成できる. なお, $\mathrm{Diff}^+(X)$ には C^∞ 位相を入れる. 私は $\mathcal{H}^+(\mathrm{X})$ の Euler 類および Stiefel–Whitney 類の性質を, X の構造群 $\mathrm{Diff}^+(X)$ の簡約可能性と関連づけて調べた. 以下で主定理の一つを説明する. $w_2(X) = 0$ であると仮定する. s を X 上の $spin^c$ 構造とする. ただし, $spin^c$ 構造は計量を考慮しない TX の枠束の, $GL^+(4,\mathrm{R})$ の普遍被覆群への構造群の持ち上げとして定義する.

$$\mathrm{Diff}^+(X, s)$$

を, $\mathrm{Diff}^+(X)$ の元 f と, df を持ち上げる s の自己同型の組全体のなす位相群とする. 構造群が $\mathrm{Diff}^+(X,s)$ に簡約されるファイバー束のうち, 最も普遍的なものは

$$E\mathrm{Diff}^+(X,s) \to B\mathrm{Diff}^+(X,s)$$

に同伴するファイバー束 $\mathrm{X}^s_{\mathrm{univ}}$ である. 主定理は, X が $K3$ 曲面とホモトピー同値であるとき $w_2(\mathcal{H}^+(X))$ が消滅するということである.
上記の主定理の証明は Seiberg–Witten 理論を用いて行われる. Seiberg–Witten 理論では Seiberg–Witten 方程式と呼ばれる偏微分方程式を用いる. この方程式を取り扱う際は, $\mathcal{H}^+(\mathrm{X})$ の元を用いて方程式を摂動するということが頻繁に行われる. この摂動の可能性は本質的に $\mathcal{H}^+(\mathrm{X})$ の球面束 $S(\mathcal{H}^+(\mathrm{X}))$ でパラメータづけされる分だけあるが, その摂動を一斉に考えるということが中心的なアイデアである. この結果として, 摂動された Seiberg–Witten 方程式の解空間から $S(\mathcal{H}^+(\mathrm{X}))$ への連続写像が得られる. この写像と代数的トポロジーの議論を組み合わせることで定義できるコホモロジー類を使うことで, 主定理が証明される.

I studied the characteristic classes of a fiber bundle $\mathrm{X} \to B$ whose fiber is a smooth oriented closed 4-manifold X. When the structure group of the fiber bundle is the topological group

$$\mathrm{Diff}^+(X)$$

which consists of orientation preserving diffeomorphisms from X to itself, we can construct

a vector bundle

$$\mathcal{H}^+(\mathrm{X})$$

over B whose fiber is a maximal positive definite subspace of $H^2(X;\mathrm{R})$. Here, we consider C^∞ topology on $\mathrm{Diff}^+(X)$. I studied the Euler class and Stiefel–Whitney classes of $\mathcal{H}^+(\mathrm{X})$ by relating to the possibility of reduction of the structure group $\mathrm{Diff}^+(X)$ of X. In the following, one of the main theorems is explained. Assume that $w_2(X)$ vanishes. Let s be a $spin^c$ structure on X. We define $spin^c$ structure as a lift of the structure group of the frame bundle of TX, for which we do not take the metric into consideration. Let

$$\mathrm{Diff}^+(X,s)$$

be the topological group which consists of the pair of the element f of $\mathrm{Diff}^+(X)$ and the self-isomorphism of s which lifts df. Of the fiber bundles whose structure group can be reduced to $\mathrm{Diff}^+(X,s)$, the universal one is $\mathrm{X}^s_{\mathrm{univ}}$, which is associated to

$$E\mathrm{Diff}^+(X,s) \to B\mathrm{Diff}^+(X,s).$$

The main theorem is the existence of the lift of $w_2(\mathcal{H}^+(\mathrm{X}^s_{\mathrm{univ}}))$ when X is homotopy equivalent to a $K3$ surface.

The proof of the above theorem is done by using the Seiberg–Witten theory. The Seiberg–Witten theory uses a partial differential equation called the Seiberg–Witten equations. When dealing with the equation, it is often necessary to perturb the equations by the element of $\mathcal{H}^+(\mathrm{X})$. The possibility of the perturbation is essentially parametrized by $S(\mathcal{H}^+(\mathrm{X}))$, and the central idea is to consider these perturbations all at once. As a result, we obtain a continuous map from the solution space of the perturbed Seiberg–Witten equations to $S(\mathcal{H}^+(\mathrm{X}))$. By combining the map and the algebraic topology technique, we obtain a cohomology class. This is the key to prove the main theorem.

B. 発表論文

1. 安達充慶 : “4 次元多様体束の構造群の簡約可能性と自己双対調和 2 形式全体がなすベクトル束の関係”，東京大学大学院数理科学研究科修士論文（2023）.

荒井 勇人 (HAYATO Arai)

A. 研究概要

代数多様体 X の連接層の導来圏 $D^b(X)$ の自己同値を構成する重要な手法のひとつが，Seidel と Thomas により導入された球面対象 $E \in D^b(X)$ に沿う捻り関手 $T_E \in \mathrm{Auteq}D^b(X)$ である．これはホモロジー的ミラー対称性のもとでシンプレクティック多様体上の Lagrange 球面に沿う Dehn 捻りに対応するものであり，導来圏 $D^b(X)$ へのブレイド群作用を定めることが知られている．

今年度の研究では，この捻り関手の「ファイバーへの制限」について考察した．すなわち，代数多様体の平坦族 $X \to T$ とそのファイバー $i\colon X_t \hookrightarrow X$ について，$E \in D^b(X_t)$ が球面対象 $i_*E \in D^b(X)$ を定めるとき，$T_{i_*E} \in \mathrm{Auteq}D^b(X)$ と整合的な $D^b(X_t)$ の自己同値が定まることを証明した．これは元の捻り関手と同様にホモロジー的ミラー対称性に基づく幾何的な描像をもつと予想され，実際に X が楕円曲面でファイバーが I 型の可約ファイバーの場合には，穴あきトーラス上の弧 (arc) に沿った半捻り (half twist) に対応することを証明した．さらに応用として，楕円曲面の導来圏の自己同値群について，これまで知られていなかった (-2)-曲線に付随する捻り関手たちが生成する部分群の構造を，穴あきトーラスの写像類群を用いて記述することに成功した．これは捻り関手とブレイド群作用の関係を，実曲面の写像類群に拡張するものである．

For an algebraic variety X and the derived category of its coherent sheaves $D^b(X)$, Seidel and Thomas introduced the *twist functor* T_E along a *spherical object* $T_E \in D^b(X)$, which is an important method to construct autoequivalences of $D^b(X)$. In the context of *homological mirror symmetry*, twist functors correspond to *Dehn twists* along Lagrangian spheres on symplectic

manifolds. Additionally, these functors define braid group actions on the derived category $D^b(X)$.

In this research, I conducted a study of the "restriction to fibers" of the twist functors. Specifically, I considered a flat family of algebraic varieties $X \to T$ and its fiber $i\colon X_t \hookrightarrow X$, and proved that an object $E \in D^b(X_t)$ with $i_* \in D^b(X)$ being spherical induces an autoequivalence of $D^b(X_t)$ that is compatible with the twist functor $T_{i_*E} \in \mathrm{Auteq}D^b(X)$. Like the original twist functors, these equivalences are expected to have geometric picture based on homological mirror symmetry. In the case of elliptic surface X and its reducible fiber of type I, I showed that they correspond to the *half twists* along certain *arcs* on a punctured torus. As an application, I also provided a description of the subgroup of the autoequivalence group of an elliptic surface generated by twist functors arising from (-2)-curves, in terms of the mapping class groups of punctured tori. This result can be seen as a generalization of the connection between twist functors and braid group actions to the mapping class groups of real surfaces.

B. 発表論文

1. H. Arai: "Half-spherical twists on derived categories of coherent sheaves", arXiv:2302.12501.

C. 口頭発表

1. 代数多様体の導来圏の半捻り関手，正標数体上の代数多様体および連接層の導来圏に関するミニワークショップ, 東京都立大学, 2023 年 3 月

石井 秀真 (ISHII Shuma)

A. 研究概要

Fuchs 型 q-差分方程式の rigidity に関する研究を行った．q-差分方程式は微分方程式の類似として知られている．特に線形 q-差分方程式は線形微分方程式，Fuchs 型 q-差分方程式は Schlesinger 標準形に対応するものである．

I studied rigidity for Fuchsian q-difference equations. q-difference equation is known as analog of differential equation. Especially liner q-difference equation parallel to liner differential equation and Fuchsian q-difference equation parallel to Schlesinger normal form.

石倉 宙樹 (ISHIKURA Hiroki)

(FMSP コース生)

A. 研究概要

近年, 群の "安定性" の研究が注目を集めている. 元々, 作用素論の文脈において次のような問題が考えられていた: 可換に近づく行列の組を可換な行列の組で近似できるか? これは, 自由アーベル群の行列に関する "安定性" を問う問題と見ることができる．そのような安定性の離散版として, 行列の代わりに置換を考えたものが置換安定性である.

$\mathrm{Sym}(n)$ を次数 n の対称群とする．$\mathrm{Sym}(n)$ 上のハミング距離 d_{H} を

$$d_{\mathrm{H}}(\sigma,\tau) = \frac{1}{n}|\{k \in \{1,...,n\} \mid \sigma(k) \neq \tau(k)\}|$$

と定める.

可算群 G が置換安定であるとは, 写像の列 $\phi_n : G \to \mathrm{Sym}(n)$ が

$$d_{\mathrm{H}}(\phi_n(gh), \phi_n(g)\phi_n(h)) \to 0 \ (n \to \infty)$$

を満たすとき, 群準同型の列 $\psi_n : G \to \mathrm{Sym}(n)$ が存在して任意の $g \in G$ に対し

$$d_{\mathrm{H}}(\phi_n(g), \psi_n(g)) \to 0 \ (n \to \infty)$$

を満たすことを言う.

有限生成自由アーベル群は常に置換安定である (Arzhantseva-P ă unescu 2015). 一般に従順群の置換安定性は, 群の invariant random subgroup によって特徴づけられることが知られている (Becker-Lubotzky-Thom 2019). Levit と Lubotzky は, エルゴード定理を用いて invariant random subgroup に関する条件を確かめることで, 有限生成アーベル群どうしのリース積が置換安定であることを示した．その論文において, 彼らは "任意の有限生成メタアーベル群は置換安定か?" という問いを立てた.

F を自由群とし, F'' を F の 2 次導来部分群としたとき, F/F'' を自由メタアーベル群と言う. 我々は Levit と Lubotzky が用いた方法を拡張することで, 任意の有限生成自由メタアーベル群が置換安定であることを証明した. この結果は Levit と Lubotzky の問いに対し, 分裂しないメタアーベル群の基本的な例である自由メタアーベル群に関して肯定的解答を与える.

"Stability" of groups gets attention in recent years. Historically, it is a classical question in operator theory whether almost commuting matrices are near commuting matrices. This asks the stability of free abelian groups with respect to the matrices. Permutation stability is a discrete version of this stability, that is, it considers permutations instead of matrices.
Let $\mathrm{Sym}(n)$ be the symmetric group of degree n. The Hamming metric d_{H} on $\mathrm{Sym}(n)$ is defined by

$$d_{\mathrm{H}}(\sigma,\tau)=\frac{1}{n}|\{k\in\{1,...,n\}\mid\sigma(k)\neq\tau(k)\}|.$$

A countable group G is permutation stable (or P-stable, for short) if every sequence of maps $\phi_n : G\to\mathrm{Sym}(n)$ with

$$d_{\mathrm{H}}(\phi_n(gh),\phi_n(g)\phi_n(h))\to 0\ (n\to\infty)$$

for all $g,h\in G$ admits a sequence of homomorphisms $\psi_n : G\to\mathrm{Sym}(n)$ such that

$$d_{\mathrm{H}}(\phi_n(g),\psi_n(g))\to 0\ (n\to\infty)$$

for all $g\in G$.
All finitely generated free abelian groups are P-stable (Arzhantseva-P ă unescu 2015). In general, P-stability of amenable groups are determined by its invariant random subgroups (Becker-Lubotzky-Thom 2019). Levit and Lubotzky proves the P-stability of wreath products of finitely generated abelian groups by using an ergodic theorem to verify the condition about invariant random subgroups. In the same paper, they asked whether all finitely generated metabelian groups are P-stable.
Let F be a free group and let F'' be its second derived subgroup. The group F/F'' is called a *free metabelian group*. We prove that all finitely generated free metabelian groups are P-stable by extending the range of application of Levit and Lubotzky's method. This affirmatively answers to the question of Levit and Lubotzky for all free metabalian groups that are basic examples of non-split metabelian groups.

B. 発表論文

1. H. Ishikura : "Free metabelian groups are permutation stable", preprint, arXiv:2301.07586.

C. 口頭発表

1. Permutation stability of finitely generated free metabelian groups, 作用素環セミナー, 東京大学, 2022 年 11 月.

井戸 達彦 (IDO Tatsuhiko)

A. 研究概要

最適化アルゴリズムである確率的勾配降下法の変種, AMSGrad に対し, サンプルデータがエルゴード的である場合の凸問題の収束率を示した. 修士論文では具体例として非線形 AR モデルに従う場合を取り上げており, この場合の AMSGrad の収束率は $\mathcal{O}(d\log T/\sqrt{T})$ となることを示した. これは独立同分布に従う場合の AMSGrad の収束率 $\mathcal{O}(d/\sqrt{T})$ と比較すると, サンプルデータの混合時間 $\mathcal{O}(\log T)$ の分だけ収束率が増加していることがわかる.
先行研究により, より広いクラスの Markov 過程が geometric ergodicity という性質をもち, またその場合に混合時間が $\mathcal{O}(\log T)$ であることがわかっている. したがって, 本研究によりそのような Markov 過程に AMSGrad を適用可能なことが得られた.

I showed the convergence rate of AMSGrad, a variant of the stochastic gradient descent method, which is an optimization algorithm, for convex problems on ergodic sample data. In my master's thesis, we considered the case of a non-linear AR model, and the convergence rate of AMSGrad in this case was shown to

be $\mathcal{O}(d\log T/\sqrt{T})$. Compared with the convergence rate of AMSGrad on i.i.d. sample data $\mathcal{O}(d/\sqrt{T})$, I find that the convergence rate increases by the mixing time of the sample data $\mathcal{O}(\log T)$.
It is known from previous studies that a wider class of Markov processes has the property of geometric ergodicity and that the mixing time is $\mathcal{O}(\log T)$ in a such case. Therefore, this study showed that AMSGrad can be applied to such Markov processes.

B. 発表論文

1. T. Ido : “エルゴード的なサンプルデータを用いた適合的な確率的勾配降下法の収束性”, 東京大学大学院数理科学研究科修士論文 (2023).

井上 卓哉 (INOUE Takuya)

A. 研究概要

交代符号行列（ASM : alternating sign matrices）と降下平面分割（DPP : descending plane partitions）との間の全単射を構成することは全単射組合せ論における最も重要な未解決問題のひとつであり、ASM-DPP bijection problem と呼ばれる。また、この問題は可積分系とも関連する。最近、Fischer と Konvalinka が符号付き集合および符号付き全単射を用いることで $\mathrm{ASM}_n \times \mathrm{DPP}_{n-1}$ と $\mathrm{DPP}_n \times \mathrm{ASM}_{n-1}$ の間の全単射を構成した。この構成ではまず交代符号行列と「shifted Gelfand-Tsetlin patterns」と呼ばれる組合せ的対象との間の符号付き全単射が構成され、重要な役割を果たす。本研究では、符号付き全単射について、その自然さを測るために両立条件という概念を定義し、その意味において従来よりも自然な、交代符号行列と shifted Gelfand-Tsetlin patterns との間の符号付き全単射を構成した。
両立条件という概念を通して既知の符号付き全単射を理解することで、新しい組合せ的な結果が得られることがある。例えば、本研究では両立条件を通して GT patterns についての符号付き全単射を整理することでその組合せ的構造を発見し、記述した。これにより GT patterns の符号付き数え上げの新しい証明を得た。さらに、この証明を考察することで GT patterns の新しい一般化およびそれの符号付き数え上げを得ることにも成功した。

The alternating sign matrices-descending plane partitions (ASM-DPP) bijection problem is one of the most intriguing open problems in bijective combinatorics, that is also relevant to integrable combinatorics. Recently, Fischer and Konvalinka have obtained a bijection between $\mathrm{ASM}_n \times \mathrm{DPP}_{n-1}$ and $\mathrm{DPP}_n \times \mathrm{ASM}_{n-1}$ using the notions of a signed set and a signed bijection and which involves an explicit construction of a signed bijection between alternating sign matrices and so-called shifted Gelfand-Tsetlin patterns. We defined the notion of compatibility of a signed bijection to measure its naturalness, and in this sense we constructed a more natural signed bijection than Fischer and Konvalinka's one.
The notion of compatibility also gives us new interpretations of known signed bijections, which sometimes lead us to new knowledge. For example, we described a combinatorial structure of Gelfand-Tsetlin patterns in the light of the notion of compatibility. This leads us to a new computational proof of the signed enumeration of Gelfand-Tsetlin patterns. In addition, inspired by this proof, we obtained a generalization of Gelfand-Tsetlin patterns and extended the signed enumeration to this generalization.

B. 発表論文

1. T. Inoue : “A combinatorial structure of Gelfand-Tsetlin patterns and a natural sijection between monotone triangles and shifted Gelfand-Tsetlin patterns (Gelfand-Tsetlin patterns の組合せ的構造及び monotone triangles と shifted Gelfand-Tsetlin patterns の間の自然な符号付き全単射)”, 2022 年度修士論文

C. 口頭発表

1. 組合せ的対象における特徴量と符号付き全単射の両立条件及びその応用, 研究集会「非線形波動から可積分系へ 2022」, 久留米工業大学, 2022 年 11 月.
2. A natural sijection between monotone triangles and shifted Gelfand-Tsetlin patterns, FoPM symposium, 東京大学, 2023 年 2 月

G. 受賞

東京大学総長賞, 2021 年度

上村 宗一郎 (UEMURA Soichiro)

A. 研究概要

位相的場の理論 (TQFT) に基づく 3 次元多様体の量子不変量に関して研究を行っている. このような不変量を与える理論の例として, Jones Witten 理論が知られており, 構造群が $SU(2)$ で与えられる Chern-Simons 理論に基づく. 一方, 構造群が非コンパクトな Chern-Simons 理論については, 解析が難しく, 十分な理解が得られていない. Andersen, Kashaev (2014) は量子 Teichmüller 理論を用いることで, 構造群が $SL(2,\mathrm{C})$ で与えられる Chern-Simons 理論に対応することが期待される拡張された TQFT を構成した. この拡張された TQFT は, 四面体の貼り合わせの組み合わせ構造と, 四面体の正の面角の構造が与えられた向き付けられた境界つき擬 3 次元多様体を射とし, 対象を 2 次元の三角形分割された曲面とするような圏から, 対象を有限集合, 射を緩増加超関数とするような圏への関手の族を定める. ただし, 圏全体ではなく, 射の合成が well-defined である categroid 上に制限した関手である. Faddeev の量子二重対数関数 Φ_{b} や Dirac のデルタ超関数を用いて擬 3 次元多様体に対応する緩増加超関数が定められ, 特に境界の無い擬 3 次元多様体に対しては、複素数値の不変量を定める.

Andersen, Kashaev の TQFT が定める不変量から得られる分配関数に対して, 結び目に対する体積予想に類似の予想が提唱されており, S^3 内の結び目 4_1, 5_2 に対しては, 四面体分割の任意性を除いて証明されている. さらに S^3 内の twist knot に対しては, Aribi, Guéritaud, Piguet-Nakazawa (2019) によって $\mathrm{b} > 0$ の条件下で, 四面体分割の任意性を除き, 定式化し直した形で証明されている. 修士論文では, twist knot に対する証明と同様の手法により, S^3 内の結び目 7_3 に対して, 条件 $\mathrm{b} > 0$ の下で, 四面体分割の任意性を除き, 体積予想に類似の定理を証明した.

I study quantum invariants of 3-manifolds based on the topological quantum field theory (TQFT). As an example of a theory giving such invariants, the Jones-Witten theory is known, which is based on the Chern-Simons theory whose structure group is given by $SU(2)$. On the other hand, Chern-Simons theories with non-compact structure groups are difficult to analyze and are not well understood. Andersen and Kashaev (2014) constructed an extended TQFT that is expected to correspond to the Chern-Simons theory whose structure group is given by $SL(2,\mathrm{C})$ by using quantum Teichmüller theory. This extended TQFT defines a family of functors from a category in which the object is a 2-dimensional triangulated surface and the morphism is an oriented pseudo 3-manifold with the tetrahedral gluing structure and the tetrahedral positive dihedral angle structure to a category in which the object is a finite set and the morphism is a tempered distribution. However the family of functors is restricted to the categroid on which the composition of the morphisms is well-defined, rather than on the entire category. Tempered distribution corresponding to pseudo 3-manifolds are determined using Faddeev's quantum dilogarithm function Φ_{b} and Dirac's delta distribution, and in particular complex-valued invariants are determined for pseudo 3-manifolds without boundary.

For the partition functions obtained from the invariants defined by the Andersen-Kashaev TQFT , a conjecture similar to the volume conjecture for knots is proposed and proved for the

knots 4_1 and 5_2 in S^3, except for the arbitrariness of the tetrahedral triangulation. Furthermore, for twist knots in S^3, Aribi, Guéritaud, and Piguet-Nakazawa (2019) proved a reformulated version under b > 0, excluding the arbitrariness of the tetrahedral triangulation. In my master's thesis, I proved a theorem similar to the volume conjecture for the knot 7_3 in S^3 under the condition b > 0 , excluding the arbitrariness of the triangulation by the similar method to the proof for twist knots.

B. 発表論文

1. S. Uemura : "On the volume conjecture for the quantum invariant of 3-manifolds based on the Teichmüller TQFT", 東京大学修士論文 (2023)

岡 優丞 (OKA Yusuke)

A. 研究概要

時間分数冪微分を含む半線形熱方程式の初期値問題の可解性について，ベソフ・モレイ空間を用いて考察した (ザンペイソフエルボル氏との共同研究)．具体的には，以下のことを得た．

- デルタ関数の微分を含むようなクラスの初期データに対する時間局所可解性
- 時間局所解の時間変数に関する連続性
- 非線形項の指数に関する従来の藤田優臨界条件より弱い仮定の下での時間大域解の存在

また，ベソフ・モレイ空間のパラメタの領域であって，初期データの意味が明確でない部分を発見した．

I considered the solvability of Cauchy problem for a time fractional semilinear parabolic equation by use of Besov–Morrey spaces. As a result, I obtained the following.

- Local-in-time existence of mild solutions for initial data which is in a class of distributions including the derivative of Delta measure.
- The continuity in time of the local-in-time solution.
- Global-in-time existence of mild solution under weaker condition of nonlinear exponent than the usual Fujita super critical condition.

Furthermore, I found some area of parameters of Besov–Morrey spaces where the meaning of initial data is not trivial.

B. 発表論文

1. 岡優丞："Existence of solutions for time fractional semilinear parabolic equations in Besov–Morrey spaces", 東京大学修士論文 (2023).

C. 口頭発表

1. Existence of solutions for time fractional semilinear heat equations in Besov–Morrey spaces, 偏微分方程式合同研究会, レクトーレ湯河原, 2022 年 9 月.
2. Existence of solutions for time fractional semilinear parabolic equations in Besov–Morrey spaces, 第 24 回北東数学解析研究会ポスターセッション, 東北大学, 2023 年 2 月.

片山 翔 (KATAYAMA Sho)

(FMSP コース生)

A. 研究概要

第一に, R^N 上の Sobolev 劣臨界と限らない非斉次 Hénon 型方程式

$$\begin{aligned} -\Delta u &= \alpha(x)u^p + \kappa\mu \quad && \text{in} \quad \mathrm{R}^N, \\ u &> 0 && \text{in} \quad \mathrm{R}^N \end{aligned} \tag{P}$$

の解の存在・非存在に関する研究を行った．ここで $N \geq 3$, $p > 1$, $\kappa > 0$, μ は R^N 上の非自明な Radon 測度, $\alpha(x)$ は $\alpha(x) = O(|x|^a)$ as $|x| \to +0$, $\alpha(x) = O(|x|^b)$ as $|x| \to \infty$, $a > -2$, $b \in \mathrm{R}$ をみたす $\mathrm{R}^N \setminus \{0\}$ 上の正値連続関数である．結果は次のようなものである: μ に関する適当な仮定の下, 次をみたす定数 $\kappa^* > 0$ が存在する．

1. $0 < \kappa < \kappa^*$ のとき, 問題 (P) は解 u を

もつ.

2. $\kappa > \kappa^*$ のとき, 問題 (P) は解 u をもたない.
3. $p_*(b) < p < p^*(a_-)$, $\kappa = \kappa^*$ のとき, 問題 (P) は一意的な解 u をもつ.

ここで, $a_- = \min\{a, 0\}$ であり, $p^*(a)$ と $p_*(b)$ は Joseph–Lundgren 型臨界指数

$$p^*(a) = \begin{cases} \frac{N+a-\sqrt{(2+a)(2N+a-2)}}{N-4-a-\sqrt{(2+a)(2N+a-2)}} & \text{if } N > 10+4a, \\ \infty & \text{otherwise,} \end{cases}$$

$$p_*(b) = \begin{cases} \frac{N+b+\sqrt{(2+b)(2N+b-2)}}{N-4-b+\sqrt{(2+b)(2N+b-2)}} & \text{if } b \geq -2, \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

である. とくに, $p^*(0)$ は Joseph–Lundgren 指数 p_{JL} と一致する.

第二に, 半空間 $\mathrm{R}^N_+ := \{(x_1, \ldots, x_N) \in \mathrm{R}^N : x_N > 0\}$ 上のの Sobolev 劣臨界と限らないスカラーフィールド方程式の非斉次境界値問題

$$\begin{aligned} -\Delta u + u &= \alpha(x)u^p && \text{in} \quad \mathrm{R}^N_+, \\ u &> 0 && \text{in} \quad \mathrm{R}^N_+, \\ u &= \kappa\varphi && \text{on} \quad \partial\mathrm{R}^N_+ \end{aligned} \tag{Q}$$

の解の存在・非存在に関する研究を行った. ここで $N \geq 2$, $p > 1$, $\kappa > 0$, $\varphi \not\equiv 0$ は $\partial\mathrm{R}^N_+$ 上の非負値コンパクト台連続関数である: 結果は次のようなものである. 次をみたす定数 $\kappa^* > 0$ が存在する,

1. $0 < \kappa < \kappa^*$ のとき, 問題 (Q) は解をもつ.
2. $\kappa > \kappa^*$ のとき, 問題 (Q) は解をもたない.
3. $1 < p < p_{JL}$, $\kappa = \kappa^*$ のとき, 問題 (Q) は一意的な解をもつ.

First, I studied the existence and nonexistence of solutions to the possibly Sobolev supercritical Hénon type equation with an inhomogeneous term

$$\begin{aligned} -\Delta u &= \alpha(x)u^p + \kappa\mu && \text{in} \quad \mathrm{R}^N, \\ u &> 0 && \text{in} \quad \mathrm{R}^N, \end{aligned} \tag{P}$$

where $N \geq 3$, $p > 1$, $\kappa > 0$, μ is a nontrivial Radon measure on R^N, and $\alpha(x)$ is a positive continuous function on $\mathrm{R}^N \setminus \{0\}$ such that $\alpha(x) = O(|x|^a)$ as $|x| \to +0$ and $\alpha(x) = O(|x|^b)$ as $|x| \to +\infty$ for some $a > -2$, $b \in \mathrm{R}$. The result is as follows: under a suitable assumption on μ, there is a constant κ^* with the following properties.

1. If $0 < \kappa < \kappa^*$, then problem (P) possesses a solution.
2. If $\kappa > \kappa^*$, then problem (P) possesses no solutions.
3. If $p_*(b) < p < p^*(a_-)$ and $\kappa = \kappa^*$, then problem (P) possesses a unique solution.

Here $a_- = \min\{a, 0\}$, and $p^*(a)$ and $p_*(b)$ are Joseph–Lundgren type critical exponents

$$p^*(a) = \begin{cases} \frac{N+a-\sqrt{(2+a)(2N+a-2)}}{N-4-a-\sqrt{(2+a)(2N+a-2)}} & \text{if } N > 10+4a, \\ \infty & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$p_*(b) = \begin{cases} \frac{N+b+\sqrt{(2+b)(2N+b-2)}}{N-4-b+\sqrt{(2+b)(2N+b-2)}} & \text{if } b \geq -2, \\ 1 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

In particular, $p^*(0)$ coincides the Joseph–Lundgren exponent p_{JL}.

Second, I studied the existence and nonexistence of solutions to the inhomogeneous boundary value problem of the possibly Sobolev supercritical scalar field equation

$$\begin{aligned} -\Delta u + u &= \alpha(x)u^p && \text{in} \quad \mathrm{R}^N_+, \\ u &> 0 && \text{in} \quad \mathrm{R}^N_+, \\ u &= \kappa\varphi && \text{on} \quad \partial\mathrm{R}^N_+, \end{aligned} \tag{Q}$$

where $N \geq 2$, $p > 1$, $\kappa > 0$ and $\varphi \not\equiv 0$ is a nonnegative continuous function on $\partial\mathrm{R}^N$ with a compact support. The result is as follows: There is a constant κ^* with the following properties.

1. If $0 < \kappa < \kappa^*$, then problem (Q) possesses a solution.
2. If $\kappa > \kappa^*$, then problem (Q) possesses no solutions.
3. If $1 < p < p_{JL}$ and $\kappa = \kappa^*$, then problem (Q) possesses a unique solution.

C. 口頭発表

1. Sobolev 優臨界な非線形項をもつ非斉次半線形楕円型方程式の閾値性質, 偏微分方程式合同研究会, レクトーレ湯河原, 2022 年 9 月.

近藤 悠太 (KONDO Yuta)

A. 研究概要

偏屈層は多くのの数学的分野において用いられている一方、その圏自体に対する研究は多くない。私は代数閉体 k を係数とする stratified space X 上の偏屈層のなす圏 $P(X)$ について考察した。MacPherson-Vilonen は圏の貼り合わせの概念を導入し、特定の条件下で $P(X)$ が X の可縮な閉 stratum S に対し $X\setminus S$ 上の偏屈層の圏 $P(X\setminus S)$ と k 線形空間の圏の貼り合わせに圏同値であることを示した。そこで私は、$P(X)$ が十分に射影的対象を持つとき、X の可縮とは限らない閉 stratum S に対し $P(X)$ が $P(X\setminus S)$ と有限次元 k 代数上の有限生成加群のなす圏との貼り合わせに埋め込まれることを示した。さらに S が可縮な時この埋め込みが圏同値であることを示した。これは MacPherson-Vilonen の結果の完全な拡張ではないが、perversity の条件をはずせているなど多くの場合でより適用対象が広くなっている。また、偏屈層が X 上の構成可能層の有界導来圏における t-構造の heart で定義されることに注目し、いわゆる Koenig-Yang 対応により偏屈 t-構造に対応する準傾対象を求める研究をした。私は修士論文において二つの方法で具体的な計算を実行した。一つ目は recollement により準傾対象を貼り合わせる方法、二つ目は変異を用いる方法である。これにより 1 次元複素射影空間上の偏屈層に対して主要な三つの perversity に対応する準傾対象を決定した。

Although in many mathematics fields perverse sheaves are used as a useful tool, the category of perverse sheaves self is often hard to understand. I investigated the category $P(X)$ of perverse sheaves on a stratified space X with coefficients in k, an algebraically closed field. Introducing methods of gluing categories, MacPherson-Vilonen showed that for good X and for contractible closed stratum S of X, $P(X)$ is equivalent to the category obtained by gluing $P(X\setminus S)$ and the category of k vector spaces. I showed that if $P(X)$ has enough projective, for a closed stratum of X (not necessarily contractible) $P(X)$ is embedded to the category obtained by gluing $P(X\setminus S)$ and the category of finitely generated modules over a finite dimensional k-algebra. Furthermore, I also proved that if S is contractible, this embedding is an equivalence. This result is not an extension of MacPherson-Vilonen's theorem, but can be applied more widely in many cases, for example, the condition of the perversity is removed.

Also, $P(X)$ is defined to be a heart of a t-structure in the bounded derived category of constructible sheaves on X. I investigated the silting objects associated with the perverse t-stucture, using so called the Koenig-Yang correspondences. In my master's thesis, I carried out concrete computations in two ways. The first is to glue the silting objects along the recollement, and the second is to use the silting mutations. In this way, for the complex projective line, the silting objects associated with the perverse t-structures for three fundamental perversities are determined.

B. 発表論文

Y. Kondo : "Gluing description of the category of perverse sheaves and silting objects associated with perverse t-structures", 東京大学数理科学研究科修士論文 (2023).

塩谷 天章 (TAKAAKI Shiotani)

(FMSP コース生)

A. 研究概要

Neyman-Scott 点過程は、観測不能な「親」である斉次ポアソン過程の各点を中心として、観測可能な「子」となる点がクラスター状に生成されるという構造をもつ点過程のクラスであり、様々な現象のモデリングに応用されている。さて、現象

の統計モデリングにおいて、データからモデルの構造を特定することは基本的な問題である。以下では、特にモデルの構造が有限次元のパラメータで特定されるような場合を考える。一般に、点過程モデルのパラメータ推定問題においては最尤法が有力とされているが、Neyman-Scott 点過程の尤度の表示は非常に複雑であり、計算が困難であることが知られている。数値シミュレーションにより尤度を近似しパラメータを推定している研究もあるが、大規模データに適用する際の計算コストが高いという問題がある。この問題に対処すべく、1 変量モデルの場合では Palm likelihood や composite likelihood などの擬似尤度に基づく方法が提案されており、一致性や漸近正規性といった漸近的性質が証明されている。そこで修士論文では、多変量点過程に対して擬似尤度によるパラメータ推定法を拡張し、その漸近的性質を証明した。また、数値シミュレーションにより、多変量 Neyman-Scott 点過程に適用した場合のパフォーマンスを比較・確認した。以下でより詳細に得られた結果を述べる。

まず、パラメトリックな定常多変量点過程モデル (多変量 Neyman-Scott 点過程を含む) という設定において、モーメント密度関数の正則条件やミキシング係数の減衰条件、識別可能条件のもと、3 種類の擬似尤度に基づく推定量の強一致性、漸近正規性、モーメント収束を証明した。モーメント収束は Quasi-Likelihood Analysis のスキームによって証明されており、その副次的恩恵として、擬似ベイズ型推定量やモデル選択規準の正当化などに対するさらなる応用が見込まれる。さらに、多変量 Neyman-Scott 点過程のモデルの構造を利用した適応的推定量を提案し、前段の一般論を援用してその強一致性、漸近正規性、モーメント収束を証明した。適応的推定量はパラメータを順次に推定するため、高次元空間上の最適化を回避できるという利点をもつ。

また、多変量 Neyman-Scott 点過程の場合に人工データを用いた実験を行い、各推定量のパフォーマンスを比較した。その結果、どの推定法もそれなりに良く真値を推定できており、特に Palm 型擬似尤度に基づく適応的推定量が最も良いパフォーマンスを達成した。

Neyman-Scott point processes are a class of point processes with the structure that each unobservable "parent" point of a Poisson process generates a cluster of observable "children" points. It has been applied to the modeling of various phenomena. Now, in statistical modeling, identifying the structure of the model from the data is a fundamental problem. In the following, we consider the case where finite-dimensional parameters specify the structure of the model. The maximum likelihood method is popular for parameter estimation problems in point process models. However, it is known that the likelihood function of the Neyman-Scott point processes is too complicated to compute. Some studies have approximated the likelihood and estimated the parameters by numerical simulation, but this method is computationally expensive when applied to large-scale data. As a solution, methods based on quasi-likelihood functions such as Palm likelihood and composite likelihood have been proposed for univariate models, and asymptotic properties such as consistency and asymptotic normality have been proved. In the master's thesis, we extend the quasi-likelihood-based parameter estimation methods to multivariate point processes and prove their asymptotic properties. Numerical simulations are also conducted to compare and confirm its performance when applied to multivariate Neyman-Scott point processes.

First, in the setting of a parametric stationary multivariate point process model (including the multivariate Neyman-Scott model), we prove the strong consistency, asymptotic normality, and moment convergence of the proposed estimators based on three types of quasi-likelihood functions under the suitable regularity condition of the moment density function, the decay condition of the mixing coefficient, and the identifiability condition. The moment convergence is proved by the quasi-likelihood analysis scheme, and as a side benefit, further

applications to quasi-Bayesian estimators and justification of model selection criteria are expected. Furthermore, we also propose adaptive estimators for the multivariate Neyman-Scott point process model, proving its strong consistency, asymptotic normality, and moment convergence. The adaptive estimators can avoid optimization on high-dimensional spaces because it estimates parameters sequentially.
We also performed experiments on artificial data in the case of multivariate Neyman-Scott point processes and compared the performance of the estimators. The results showed that all estimators could estimate the true value reasonably well, with the adaptive estimator based on Palm likelihood achieving the best performance.

B. 発表論文

1. (修士) 塩谷 天章 (Shiotani Takaaki): (修士論文) 多変量点過程の統計的推測とその多変量 Neyman-Scott 点過程への応用.

中山 裕大 (NAKAYAMA Yuta)

A. 研究概要

Rapoport, Smithling および Zhang が、もともと Abel 型志村多様体を用いて定式化されていたユニタリ群に対する数論的 Gan–Gross–Prasad 予想に関連して、ある Hodge 型ユニタリ志村多様体やその整モデルを構成して、彼らの志村多様体に対する数論的 Gan–Gross–Prasad 予想の変種を提案した。私はこの整モデルと Kisin および Pappas による整モデルが一致することを Pappas による正準性と呼ばれる後者の特徴づけを用いて示したほか、数論的 Gan–Gross–Prasad 予想の変種の最も簡単な場合について Xue の結果を使って調べた。

Regarding the arithmetic Gan–Gross–Prasad conjecture for unitary groups, which was originally formulated for Shimura varieties of abelian type, Rapoport, Smithling and Zhang invented some Hodge-type unitary Shimura varieties and their integral models, and proposed a variant of the arithmetic Gan–Gross–Prasad conjectures for their Shimura varieties. I proved that the integral models and those by Kisin and Pappas coincide through canonicity, a characterization by Pappas of the latter integral models, and investigated the easiest case of the variant of the arithmetic Gan–Gross–Prasad conjecture via work of Xue.

B. 発表論文

1. Y. Nakayama : “The canonicity of the integral models of RSZ Shimura varieties”, preprint, arXiv:2112.14558 (2021).
2. Y. Nakayama : “Arithmetic Gan–Gross–Prasad conjecture for RSZ unitary Shimura curves”, preprint, arXiv:2210.13105 (2022).

C. 口頭発表

1. The canonicality of the integral models of RSZ Shimura varieties, 第 5 回数理新人セミナー, 九州大学, 2022 年 2 月.
2. The canonicality of the integral models of RSZ Shimura varieties, 第 26 回代数学若手研究会, オンライン, 2022 年 3 月.
3. The canonicity of the integral models of RSZ Shimura varieties, 代数幾何・数論幾何セミナー, 埼玉大学, 2022 年 4 月.
4. The canonicity of the integral models of RSZ Shimura varieties, 数論合同セミナー, 京都大学, 2022 年 5 月.
5. The canonicity of the integral models of RSZ Shimura varieties, 第 21 回仙台広島整数論集会, 東北大学, 2022 年 7 月.
6. The canonicity of the integral models of RSZ Shimura varieties, Berkeley Arithmetic Geometry and Number Theory Seminar, University of California, Berkeley, Department of Mathematics, 2022 年 9 月.
7. Topics related to RSZ Shimura varieties, 代数的整数論とその周辺, 京都大学数理解析研究所, 2022 年 12 月.

西畑 みなみ (NISHIHATA Minami)

A. 研究概要

今年度は，$GL(n,\mathrm{C})$ の有限次元表現に対する微分対称性破れ作用素を構成し，またその応用として複素射影空間上のベクトル束値の調和形式の具体的記述を得た．

$GL(n,\mathrm{C})$ の有限次元既約表現は，Borel–Weil の定理で知られるように旗多様体上の正則直線束の正則切断の空間として実現できる．このとき，$GL(p+q,\mathrm{C})\downarrow GL(p,\mathrm{C})\times GL(q,\mathrm{C})$ に対して，表現のパラメータがある条件を満たす場合に微分対称性破れ作用素を法微分として構成した．条件を満たさない場合についてはまだ十分に研究が進められていないが，具体的に手計算できるようないくつかの特定のパラメータについては微分作用素の形を求めた．条件をみたしていないパラメータの微分対称性破れ作用素は，いまのところ法微分で表すことができていない．小林先生と Pevzner 先生による 2016 年の論文では微分対称性破れ作用素が法微分で表される幾何の特徴づけが与えられているが，今回私が計算した幾何ではベクトル束のパラメータに依存して微分対称性破れ作用素が法微分で表されたり表されなかったりする様子が観察される．これは今まで知られていなかった現象である．

微分対称性破れ作用素の構成のために，旗多様体上の正則直線束の正則切断の空間の生成元の明示公式を証明した．この明示公式と Borel–Weil–Bott の定理に現れる表現の同型の具体的構成により，複素射影空間上のベクトル束値の調和形式の具体的記述を得た．

This academic year, I studied a construction of differential symmetry breaking operators for finite-dimensional representations of $GL(n,\mathrm{C})$ and obtained an explicit description of the vector-bundle valued harmonic forms on complex projective spaces as an application.

The Borel–Weil theorem gives a geometric realization of finite-dimensional irreducible representation of $GL(n,\mathrm{C})$. For $GL(p+q,\mathrm{C})\downarrow GL(p,\mathrm{C})\times GL(q,\mathrm{C})$, I constructed the differential symmetry breaking operators as normal derivatives if the parameters of the representation satisfy certain conditions. The case where the conditions are not satisfied has not yet been well studied, but I calculated some differential operators for specific parameters that can be computed by hand. For the cases where I have examined as examples of the failure of the conditions, the differential symmetry breaking operator is not realized as normal derivative so far. Professors T.Kobayashi and M.Pevzner obtained a characterization of geometries for which all the differential symmetry breaking operators given by normal derivatives in their paper in 2016. In contrast, in the geometries I calculated in this study, differential symmetry breaking operators are sometimes constructed as normal derivatives, and sometimes not depending on the vector bundle parameter. This phenomenon has not been known before.

For the construction of differential symmetry breaking operators, I prepared an explicit formula for the generators of the space of the holomorphic sections of the holomorphic line bundle on the flag variety. By this explicit formula and a concrete construction of an isomorphism of representations which appear in the Borel–Weil–Bott theorem, I obtained an explicit description of the vector-bundle valued harmonic forms on the complex projective spaces.

B. 発表論文

1. 西畑みなみ：“$GL(n)$ の有限次元表現に対する微分対称性破れ作用素の構成と複素射影空間上のベクトル束値の調和形式の具体的記述への応用”, 東京大学修士論文 (2023) .

C. 口頭発表

1. コンパクト多様体上のソボレフノルムの well-definedness, Workshop on “Actions of Reductive Groups and Global Analysis”, online, 2021 年 8 月.
2. Borel–Weil–Bott theorem の紹介, Workshop on “Actions of Reductive Groups and Global Analysis”, online, 2022 年 8 月.

樋川 達郎 (HIKAWA Tatsuro)

(FMSP コース生)

A. 研究概要

Weil 表現の Schr ö dinger モデルは，メタプレクティック群 $\mathrm{Mp}(N,\mathrm{R})$ の $L^2(\mathrm{R}^N)$ 上のユニタリ表現であり，古典的な調和解析の表現論的背景を与える．Weil 表現は二つの既約成分に分解され，その各々が極小表現と呼ばれる種類の表現になっている．

極小表現は，群から見れば「小さい」表現だが，逆に，群が作用する空間から見れば「その空間の対称性が大きく現れている」表現だといえ，その空間における大域解析をよく統制することが期待される．このような「極小表現の大域解析」の考え方は，小林俊行によって創始された．Kobayashi–Mano (2007, 2011) はこの立場から，$\mathrm{SO}_0(N+1,2)$ の 2 重被覆 Lie 群の極小表現を用いて新しい調和解析の理論を構築した．これには，古典的な調和解析における Hermite 半群の類似である Laguerre 半群や，古典的な Fourier 変換の対応物の導入が含まれる．

Ben Sa ï d–Kobayashi–Ø rsted (2012) は，二つのパラメータ k と a で添字付けられた微分作用素の sl_2-三対の族を導入した．ここで，k は組合せ論的なパラメータであり，a は正の実数値をとる変形パラメータである．$k=0$ の場合，この sl_2-三対は，$a=2$ のとき Weil 表現に伴うものに，$a=1$ のとき前段で述べた極小表現に伴うものになり，a はこれらを補間するパラメータになっている．Ben Sa ï d–Kobayashi–Ø rsted は，この sl_2-三対から，Hermite 半群や Laguerre 半群を含む一般化 Laguerre 半群 $\{\mathcal{I}_{k,a}(z)\}_{\mathrm{Re}\, z\geq 0}$ や，Fourier 変換やその対応物を含む一般化 Fourier 変換 $\mathcal{F}_{k,a}$ を導入した．

私は，この「調和解析の補間」の理論について研究し，次の二つの結果を得た．第一に，あるユニタリ変換が変形パラメータ a の符号を反転させるような関係式を満たすことを示し，Ben Sa ï d–Kobayashi–Ø rsted の結果を変形パラメータが負の場合に拡張した．第二に，Ben Sa ï d–Kobayashi–Ø rsted が導入した sl_2-三対に伴って現れるある自己随伴作用素を変形させるときのスペクトル分解の収束公式を定式化し，証明した．

The Schr ö dinger model of the Weil representation, which is a unitary representation of the metaplectic group $\mathrm{Mp}(N,\mathrm{R})$ on $L^2(\mathrm{R}^N)$, offers a representation-theoretic background of classical harmonic analysis. The Weil representation is decomposed into two irreducible components, each of which is a minimal representation.

A minimal representation is "small" for the group, but on the other hand, it manifests "large symmetry" of the space acted by the group, and hence expected to control well global analysis on the space. Such a viewpoint, called "global analysis of minimal representations", is initiated by Toshiyuki Kobayashi. From this viewpoint, Kobayashi–Mano (2007, 2011) built a new theory of harmonic analysis by using the minimal representation of the double covering Lie group of $\mathrm{SO}_0(N+1,2)$. In particular, they introduced the Laguerre semigroup, which is an analog of the Hermite semigroup in classical harmonic analysis, and a counterpart of the classical Fourier transform.

Ben Sa ï d–Kobayashi–Ø rsted (2012) introduced a family of sl_2-triples of differential operators indexed by two parameters k and a, where k is a combinatorial parameter and a is a positive real-valued deformation parameter. In the case $k=0$, this sl_2-triple is associated to the Weil representation when $a=2$ and associated to the minimal representation mentioned in the previous paragraph when $a=1$, so that the parameter a interpolates these two. By using this sl_2-triple, they introduced the generalized Laguerre semigroup $\{\mathcal{I}_{k,a}(z)\}_{\mathrm{Re}\, z\geq 0}$, which includes the Hermite semigroup and the Laguerre semigroup, and the generalized Fourier transform $\mathcal{F}_{k,a}$, which includes the Fourier transform and its couterpart.

I researched on the theory of this "interpolation of harmonic analysis", and obtained the following two results. First, I showed that a unitary transform satisfies certain relations that inverts the sign of the deformation parameter a, and extended the result of Ben Sa ï d–Kobayashi–

Ø rsted to the case of negative deformation parameters. Second, I formulated and prove the convergence formula of the spectral decomposition of certain deformation of self-adjoint operators associated to the sl_2-triples introduced by Ben Sa ï d–Kobayashi–Ø rsted.

B. 発表論文

1. 樋川達郎：「Lie 代数 $\mathrm{sl}(2,\mathrm{R})$ の微分作用素による表現の変形パラメータの反転，および関連するスペクトル分解の収束公式」，東京大学修士論文 (2023).

C. 口頭発表

1. L^2 有界作用素の積分核について，Workshop on Actions of Reductive Groups and Global Analysis，オンライン，2021 年 8 月.
2. T. Kobayashi, B. Ø rsted, M. Pevzner, A. Unterberger, “Composition formulas in the Weyl calculus, J. Functional Analysis, 2009” の紹介，Workshop on Actions of Reductive Groups and Global Analysis，オンライン，2022 年 8 月.

星野 真生 (HOSHINO Mao)

A. 研究概要

コンパクト量子群の作用がある状況での C*環の有限拡大について，基本的な事実を整理した．特に作用がエルゴード性を持つ場合に注目し，Tannaka-Krein 双対性を同変な両側加群に対して定式化して証明した．その応用として全ての Jones の値が同変条件付期待値の綿谷指数として現れることを示した．
また同変両側加群に関する Imprimitivity 定理をいくつかの場合に示した．一つは単連結コンパクト Lie 群 G の Drinfeld-Jimbo q 変形 G_q に対するものであり，もう 1 つは一般のコンパクト量子群の作用で或る有限性にまつわる条件を満たすものである．この応用として，$\widehat{G_q}$ の有限指数部分離散量子群の決定を行った．

We develop a fundamental theory of compact quantum group equivariant finite extensions of C*-algebras. In particular we focus on the case of quantum homogeneous spaces and give a Tannaka-Krein type result for equivariant correspondences. As its application, we show that every Jones' value appears as the index of an equivariant conditional expectation. We also give an imprimitivity theorem in some cases: for general compact quantum groups under a finiteness conditions, and for the Drinfeld-Jimbo deformation G_q of a simply-connected compact Lie group G. As an application, we give a complete classification of finite index discrete quantum subgroups of $\hat{G}_q$.

B. 発表論文

1. M. Hoshino, Equivariant covering spaces of quantum homogeneous spaces, preprint, arXiv:2301.04975.

C. 口頭発表

1. Thoma's theorem revisited, 関数解析研究会 2022, キャンパスプラザ京都, 9 月, 2022.
2. Equivariant covering spaces of quantum homogeneous spaces, 作用素論作用素環論研究集会，大阪教育大学天王寺キャンパス, 12 月, 2022.
3. Equivariant covering spaces of quantum homogeneous spaces, Japan-Netherlands joint seminar: Index Theory and Operator Algebras in Topological Physics, 東北大学, 3 月, 2023.
4. Equivariant covering spaces of quantum homogeneous spaces, Quantum Groups Seminar, online, 3 月, 2023.
5. 量子等質空間上の同変有限被覆の分類, 第 19 回数学総合若手研究集会, 北海道大学, 3 月, 2023.
6. Equivariant covering spaces of quantum homogeneous spaces, 量子解析セミナー, 名古屋大学, 3 月, 2023.

前川 拓海 (MAEGAWA Takumi)

(FMSP コース生)

A. 研究概要

Twisted parametrized spectrum とは，C. Douglas によって提唱された，安定ホモトピー型が局所的な安定球面束による懸垂によって捩られて形成する族である．このような対象は，幾何学的な状況の下で自然に現れることがある．

例えば，Manolescu は有向閉ホモロジー 3-球面 Y に対し，Seiberg-Witten Floer ホモトピー型と呼ばれる安定 (同変) ホモトピー型 $\mathrm{SWF}(Y)$ を構成した．とくにこの $\mathrm{SWF}(Y)$ の一般 (同変) コホモロジー群に，3 次元多様体 Y の様々な不変量が発現しており，関心が集まっていたという歴史的経緯がある．

しかし Manolescu の構成は，——$\mathrm{SWF}(Y)$ の住処となる ∞-圏を通常の安定ホモトピー圏から広げない限り——より一般の Y に対して拡張することが不可能である．これに関して，twisted parametrized spectra のなす圏が，一つの可能な受け皿になると期待することができる．

修士論文では，twisted parametrized spectra の純粋に圏論的な側面に関する研究を行なった．とくに，twisted parametrized 加群スペクトラムのなす圏の自明化可能性を，その捩れを司る構造群の簡約可能性，および考えている係数環スペクトラムの向き付けと周期性によって与えることを行なった．この結果は，系として，あるクラスの twisted parametrized スペクトラムに対し，従来の周期的一般コホモロジーが適用可能であることを与える．さらに，以上の結果の同変版も同様に証明を行なった．

Twisted parametrized spectra, introduced by C. Douglas, are twisted families of stable homotopy types twisted by suspensions by local stable spherical bundles. Such objects naturally arise in a geometric setting.

Manolescu, for example, constructed a (equivariant) stable homotopy type called the Seiberg-Witten Floer homotopy type $\mathrm{SWF}(Y)$ for a closed oriented homology 3-sphere Y. This construction gained a lot of interests since $\mathrm{SWF}(Y)$ contains various invariants of Y in its (equivariant) generalized cohomology, in particular.

Manolescu's construction of $\mathrm{SWF}(Y)$, however, cannot be generalized to general oriented closed 3-manifolds unless we relax the choice of an ambient stable ∞-category in which the resulting Seiberg-Witten Floer homotopy type lives. The stable ∞-category of twisted parametrized spectra for a fixed twist can be expected to be a possible choice.

In my master's thesis, purely categorical aspects of twisted parametrized spectra are studied. In particular, the triviality of the category of twisted parametrized module spectra is given in terms of reduction of the structure group of possible twists for twisted parametrized spectra and of the existence of orientations of the base ring spectrum together with periodicity. This result especially gives the well-definedness of (traditional) periodic generalized cohomology theories for a certain class of twisted parametrized spectra. Furthermore, the (genuine) equivariant analogue of the above result is also proved.

B. 発表論文

1. T. Maegawa：“Even-periodic cohomology theories for twisted parametrized spectra”, 東京大学大学院数理科学研究科修士論文 (2023)

C. 口頭発表

1. On a possible application of some “twisted” tangent bundle of ∞-topoi: Towards construction of the Seiberg-Witten Floer homotopy type, 代数トポロジー若手情報交換会 第 1 回対面開催, 名古屋大学, 2023 年 3 月

三神 雄太郎 (MIKAMI Yutaro)

A. 研究概要

リジッド幾何学とは複素解析幾何学の非アルキメデス類似として Tate が構成した幾何学である．その後 1990 年代に Huber によってリジッド幾

何学は adic 空間というより一般の空間を含む幾何学に拡張された．Adic 空間の理論はスキーム論と同様の方法で構成されるが，造前層が必ずしも層になるとは限らないことや準連接層に関する良い理論がないことなどスキーム論の時にはなかった困難がある．原因としては位相を備えた代数系が良い性質を持たないことが挙げられる．例えば位相加群のなす圏は abel 圏にならないといった問題点が存在する．最近これらの問題を解決する方法として Clausen-Scholze は凝縮数学 (condensed mathematics) という理論を導入した．私は修士論文において，凝縮数学を用いて，Bosch-Görtz や Mathew により従来から知られていたリジッド解析空間上の連接層や完全複体 (perfect complex) の忠実平坦降下の一般化を与えた．これは従来の結果の別証明も与えている．

Rigid geometry is a non-archimedean analogue of complex analytic geometry, and it was introduced by Tate. In 1990s, Huber generalized rigid geometry to the theory of adic spaces. The theory of adic spaces is constructed by the similar way as the theory of schemes, however there are some problems which do not occur in the theory of schemes. For example, structure presheaves are not necessarily sheaves, and there is not a good theory of quasi-coherent sheaves. One of the reason is that topological algebraic systems do not have good properties. For example, the category of topological abelian groups is not abelian. Recently, Clausen-Scholze have introduced a new approach to resolve this problem, which is called "condensed mathematics". In my master's thesis, by using condensed mathematics I generalized faithfully flat descent of coherent sheaves and perfect complexes on rigid analytic varieties, which were proved by Bosch-Görtz and Mathew. It also gives another proof of the known result.

B. 発表論文

1. Y. Mikami : "Faithfully flat descent of quasi-coherent complexes on rigid analytic varieties via condensed mathematics", 東京大学修士論文 (2022).

C. 口頭発表

1. Faithfully flat descent of quasi-coherent complexes on rigid analytic varieties over non-archimedean local fields via condensed mathematics, 第 21 回仙台広島整数論集会, 東北大学, 2022 年 7 月.
2. Faithfully flat descent of quasi-coherent complexes on rigid analytic varieties via condensed mathematics, 数論合同セミナー, 京都大学, 2022 年 7 月.
3. ダイアモンドのエタールコホモロジー, 倉敷整数論集会, 倉敷シーサイドホテル, 2022 年 9 月.
4. 米田埋め込み, 随伴関手定理, 倉敷整数論集会, 倉敷シーサイドホテル, 2023 年 2 月.

ハフィド アユーブ (HAFID Ayoub)

A. 研究概要

KK 群における構造、特に積や関手性を、局所化環という枠組みでどう表示できるかを調べた。局所化環はその K 群が KK 群になるものであり、これによって、KK 群を逆極限という意味で近似する connected　KK 群が定義できる。よって局所化環の定式化による積や関手性を調べることによって、connected　KK 群に、適切な積や関手性を定義できることがわかる。これは almost-flat ベクトル束と群の quasi 表現の関係を記述することができると予想できる。
We have studied how the various structures of

KK-theory, in particular functoriality and the KK-product, can be defined in the framework of localization algebras. As this representation using K-groups of localization algebras allows for the approximation of KK-groups by the so called controlled KK-groups, compatible KK-products and functoriality operations can be defined for these approximating groups. This is expected to have applications such as in the description of the connection between almost-flat bundles and group quasi-representations and in lattice index theory.

B. 発表論文

なし

C. 口頭発表

1. The reduced group C*-algebra of a free group, Isem24, Online, 2021 年 6 月, joint presentation with Moritz Proell, Joseph Alexander Dessi, Milan Donvil, Jack Adrian Thelin Afekenstam, Marcel Mroczek.
2. C*-simplicity and the Furstenberg boundary, ジュニア関数解析 2021, Online, 2021 年 8 月.
3. K-ホモロジー と Localization algebras, 第 5 回数理新人セミナー、MATHSCI FRESHMAN SEMINAR 2022, Online, 2022 年 2 月.
4. Quantitative K-theory and K-homology, ジュニア関数解析 2022, 京都, 2022 年 9 月.
5. Localization algebras, Kasparov products and controlled K-theory, 5th Conference of Settat on Operator Algebras and Applications, Marrakech, 2023 年 1 月.
6. KK-theory through localization algebras, FoPM International Symposium, 東京大学、2023 年 2 月.
7. Localization algebras and the Kasparov product, 第 6 回数理新人セミナー、MATHSCI FRESHMAN SEMINAR 2022, 九州大学・online, 2023 年 2 月.

鄒 勇攀 (ZOU Yongpan)

A. 研究概要

本年度は, まず弱擬凸ケーラー多様体上の対数消滅定理を研究し, 次に, 特異エルミート計量を持つ正則ベクトルバンドルの正則切断のある種の芽層のコヒーレンス定理を研究しています.

私の初の成果は，弱擬凸ケーラー多様体上の対数的秋月—中野の消滅定理である。古典的な秋月—中野消滅定理は, 直線束 F が n-次元コンパクトなケーラー多様体 X 上の正の直線束であれば、任意の $p+q \geq n+1$ に対して存在することを示している

$$H^q(X, \Omega_X^p \otimes F) = 0.$$

弱擬凸多様体上の秋月中野消滅定理の一般化は中野, 風間, 大澤, 竹越等により完成された. 一方、則松はコンパクトケーラー多様体上の対数型消滅定理を得た. 最近, Huang–Liu–Wan–Yang は, L^2 法のような標準的な解析的手法を用いて, コンパクトケーラー多様体上の対応する結果を得た. 私の研究は, 則松, Esnalut–Viehweg, Huang–Liu–Wan–Yang の結果を弱擬凸ケーラー多様体へ一般化することである. ある種の直接像層の相対消滅定理を直接系として得る.

二つ目の研究は, 特異エルミート計量の正性が, どのようにして正則ベクトルバンドルの正則切断の胚層のコヒーレンスを決定するのかということです. より具体的には, 特異距離を持つ正則ベクトルバンドルに対して, すべての切断がこの距離に関して可積分であるわけではない. 私たちはこのベクトルバンドルの L^2 可積分切断に興味を持っています. 基本的な問題は、この層がいつ整合的であるかである. 半正の曲がった特異エルミート計量を持つベクトルバンドルの局所平方可積分正則断面の層を研究する. その行列式計量が解析的特異点を持つときのコヒーレンスを確認する.

This year, I first study the logarithmic vanishing theorems on weakly Kähler pseudoconvex manifolds, then I study the coherence theorem of some certain germ sheaves of holomorphic sections of holomorphic vector bundles with singular Hermitian metric.

My first result is the Logarithmic Akizuki–Nakano vanishing theorems on weakly pseudoconvex Kähler manifolds. The classical Akizuki–Nakano vanishing theorem shows that if line bundle F is a positive line bundle over an n-dimensional compact Kähler manifod X, then we have for any $p+q \geq n+1$

$$H^q(X, \Omega_X^p \otimes F) = 0.$$

The generalization of Akizuki–Nakano vanishing theorem on weakly pseudoconvex or weakly

1-complete manifolds is finished by Nakano, Kazama, Ohsawa, Takegoshi, and so on. On the other hand, Norimatsu obtained the logarithmic type vanishing theorem on compact Kähler manifold. Recently, Huang–Liu–Wan–Yang obtained the corresponding results on compact Kähler manifold by using the standard analytic technique like L^2-method. My research is to generalize Norimatsu, Esnalut–Viehweg, and Huang–Liu–Wan–Yang's results to weakly pseudoconvex Kähler manifolds. We obtain relative vanishing theorems of certain direct image sheaves as a direct corollary.

My second research is to study how the positivity of singular Hermitian metric determines the coherence of germ sheaf of holomorphic sections of the holomorphic vector bundle. More specifically, for a holomorphic vector bundle with singular metric, not all sections are integrable with respect to this metric. We are interested in the L^2 integrable sections of this vector bundle. The fundamental question is when this sheaf is coherent. We study the sheaf of locally square integrable holomorphic section of vector bundle with semi-positive curved singular Hermitian metric. We confirm the coherence when its induced determinant metric has analytic singularities.

B. 発表論文

1. Y. Zou: "Nakano Positivity of direct image sheaves of adjoint line bundles with mild singularities", arXiv:2108.13715.
2. Y. Zou: "Logarithmic Akizuki–Nakano vanishing theorems on weakly pseudoconvex Kähler manifolds", arXiv:2201.11458.
3. Y. Zou: "On the coherence of the L^2 subsheaf for a singular Hermitian metric whose determinant has analytic singularities", arXiv:2209.05053.

C. 口頭発表

1. Nakano positivity of direct image sheaves of adjoint line bundles with mild singularities, BNU Seminar on Several Complex Variables and Complex Geometry, Beijing Normal University, China, 2021 年 12 月.
2. Logarithmic Akizuki–Nakano vanishing theorems on weakly pseudoconvex Kähler manifolds, Sun Yat-sen University, China, 2022 年 07 月.
3. Logarithmic Akizuki–Nakano vanishing theorems on weakly pseudoconvex Kähler manifolds, Young Mathematicians Workshop on Several Complex Variables, Wuhan University, China, 2022 年 08 月.

LIU Jiahan (劉 嘉涵)

A. 研究概要

変分法を研究している。過去に不動点理論と調和解析学を研究していた。なお確率論とエルゴード理論に興味を持つ。

修士論文で $W^{1,p}$ の中の凝集コンパクト性原理を研究する。また、 この原理を用いて、ある変分問題の解の存在とこの変分問題に対応する p-Laplace 方程式の弱解の存在を示す。

I am studying variational methods. Previously I studied the fixed point theory and the theory of harmonic analysis. I am interested in probability theory and ergodic theory as well.

In my master thesis, the concentration-compactness principle in $W^{1,p}$ is studied. Also I use the principle to show existence of a solution to a variational problem and existence of a weak solution to the corresponding $p-$Laplaca equation.

B. 発表論文

1. J. Liu : “The concentration-compactness principle in $W^{1,p}$ and its applications”, 東京大学大学院数理科学研究科修士論文 (2023) .

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

- 金城　翼 (KINJO Tasuki)
  A study on cohomological Donaldson-Thomas invariants
  (コホモロジー的 Donaldson-Thomas 不変量の研究)
  22 September. 2022
- 浅香　猛 (ASAKA Takeru)
  Earthquake theorem and cluster algebras
  (地震定理とクラスター代数)
  23 March. 2023
- キム　ミンギュ (KIM Minkyu)
  Finite path integral model and toric code based on homological algebra
  (ホモロジー代数に基づく有限経路積分モデルとトーリックコード)
  23 March. 2023
- 矢部　貴大 (YABE Takahiro)
  On classification of 2-generated axial algebras of Jordan and Majorana type
  (Jordan 型及び Majorana 型の 2 元生成軸代数の分類について)
  23 March. 2023
- 佐藤　謙 (SATO Ken)
  A group action on higher Chow cycles on a family of Kummer surfaces
  (あるクンマー曲面族の上の高次チャウサイクルへの群作用について)
  23 March. 2023
- 里見　貴志 (SATOMI Takashi)
  Refinement of Young' s convolution inequality on locally compact groups and generalizations of related inequalities
  (局所コンパクト群上の Young の畳み込み不等式の精密化と関連の不等式の拡張)
  23 March. 2023
- 査　承カン (ZHA Chenghan)
  Integral Structures in the Local Algebra of a Singularity
  (特異点の局所代数の整構造について)
  23 March. 2023
- 奥田　伸樹 (OKUDA Nobuki)
  Fourier-Mukai transforms for non-commutative complex tori
  (非可換複素トーラスのフーリエ・向井変換)
  23 March. 2023

- 佐藤　翔一 (SATO Shoichi)
  Various problems for properties of solutions to fractional partial differential equationss
  (非整数階偏微分方程式の解の性質に関する諸問題)
  23 March. 2023
- 鶴崎　修功 (TURUSAKI Hisanori)
  Irreducible module decompositions of 2 symmetric hyperbolic Kac-Moody Lie algebras by sl_2 subalgebras which are generalizations of principal sl_2 subalgebras
  (主 sl_2 部分代数の一般化である sl_2 部分代数による rank2 対称双曲型 Kac-Moody Lie 代数の既約分解)
  23 March. 2023
- 鶴橋　知典 (TSURUHASHI Tomonori)
  On microscopic interpretation for convex integration and self- similar structureof vortices in turbulence
  (凸積分法に関する微視的表現と乱流渦の自己相似構造について)
  23 March. 2023
- 林　晃平 (HAYASHI Kohei)
  On universality of the Kardar-Parisi-Zhang equation in high temperature regime
  (高温相における Kardar-Parisi-Zhang 方程式の普遍性について)
  23 March. 2023
- 原子　秀一 (HARAKO Shuichi)
  Manifolds Graded by an Arbitrary Abelian Group
  (任意のアーベル群で次数付けられた多様体)
  23 March. 2023
- 王　龍 (WANG Long)
  Studies on the Cone Conjecture, Automorphisms,and Arithmetic Degrees
  (錐予想, 自己同型と算術次数の研究)
  23 March. 2023
- 松本　圭峰 (TAKAMATSU Teppei)
  Integral Derived Invariants and Motives
  (整数導来不変量とモチーフ)
  23 March. 2023

☆ 修士号取得者と論文題目

(Master of Mathematical Sciences : conferee, thesis title, and date)

- 相　寧瀚 (Xiang Ninghan)
  The Kermack and McKendrick model with individual heterogeneity
  (個体の異質性を考慮したケルマックーマッケンドリックモデル)
  23 March. 2023
- 上芝　隆宏 (UEORO Takahiro)
  Chabauty - Coleman 法の拡張による, 超楕円曲線の x 座標が有理数になる K 有理点の計算
  23 March. 2023
- 上村　宗一郎 (UEMURA Soichiro)
  On the volume conjecture for the quantum invariant of 3-manifolds based on the Teichm ü ller TQFT
  (Teichm ü ller TQFT に基づく 3 次元多様体の量子不変量に対する体積予想について)
  23 March. 2023
- 大貫　紘嵩 (OHnuki Hirotaka)
  Local-global divisibility of rational points on GL_2-type varieties 混標数の藤田自由性予想について
  23 March. 2023
- 河野　輝星紀 (KOHNO Kiseki)
  ポリログ層のド・ラーム実現の q-変形の q-PD 構造を用いた構成について
  23 March. 2023
- 田中　隼平 (TANAKA Jyunpei)
  次数付き von Neumann 環の次数付きテンソル積の型について
  23 March. 2023
- 長　亮太郎 (TYO Ryotaro)
  熱方程式における解の安定性に関する必要十分条件
  23 March. 202
- 中桐　正人 (NAKAGIRI Masato)
  シフト Young 盤に対する Worley-Sagan insertion 及び Haiman の mixed insertion の拡張とそれらの間の双対性
  23 March. 2023
- 前原　健吾 (MAEHARA Kengo)
  Torelli theorem for primary tropical Kodaira surfaces
  (第一種トロピカル小平曲面のトレリ型定理)
  23 March. 2023
- 山本　寛史 (YAMAMOTO Hirofumi)
  Uniform boundedness of the dimension of spaces of ordinary vector-valued half-integral weight Siegel modular forms of degree 2.
  (半整数重さ，次数 2，p 通常的ベクトル値ジーゲルモジュラー形式の空間の次元の一様有界性)
  23 March. 2023
- 渡辺　博樹 (WATANABE Hiroki)
  量子測定理論の数学的基礎
  23 March. 2023

- 赤松　春樹 (AKAMATSU Haruki)
  On inseparable double covers of hypersurfaces in characteristic two
  (標数 2 の超平面の非分離 2 重被覆について)
  23 March. 2023
- 安達　充慶 (ADACHI Mitsuyoshi)
  4 次元多様体束の構造群の簡約可能性と自己双対調和 2 形式全体がなすベクトル束の関係
  23 March. 2023
- ハフィド　アユーブ
  KK-theory using localization algebras :functoriality and the Kasparov product
  (KK 理論と局所化代数：関手性と KK 積)
  23 March. 2023
- 荒井　勇人 (ARAI Hayato)
  Autoequivalences of Kodaira fibers induced from twist functors on elliptic surfaces
  (楕円曲面上の捻り関手から誘導される小平ファイバーの自己同値)
  23 March. 2023
- 新井　雄登 (ARAI Yuto)
  Semiorthogonal decompositions of projective threefolds with terminal singularities
  (端末特異点を持つ 3 次元射影多様体の半直交分解について)
  23 March. 2023
- 石井　秀真 (ISHII Syuma)
  正規 Fuchs 型微分方程式と Fuchs 型 q-差分方程式の rigidity について
  23 March. 2023
  石倉 宙樹 (ISHIKURA Hiroki)
  Free metabelian groups are permutation stable
  (自由メタアーベル群は置換安定である)
  23 March. 2023
- 井戸　達彦 (IDO Tatsuhiko)
  エルゴード的なサンプルデータを用いた適合的な確率的勾配降下法の収束性
  23 March. 2023
- 井上　卓哉 (INOUE Takuya)
  A combinatorial structure of Gelfand-Tsetlin patterns and a natural sijection between monotone triangles and shifted Gelfand-Tsetlin patterns
  (Gelfand-Tsetlin patterns の組合せ的構造及び monotone triangles と shifted Gelfand-Tsetlin patterns の間の自然な符号付き全単射)
  23 March. 2023
- 岡　優丞 (OKA Yusuke)
  Existence of solutions for time fractional semilinear parabolic equations in Besov - Morrey spaces
  (ベゾフ・モレイ空間に於ける時間分数冪半線形放物型方程式の可解性)
  23 March. 2023
- 片山　翔 (KATAYAMA Syo)
  Thresholds for the existence of a solution to supercritical elliptic problems
  (優臨界楕円型問題の解の存在・非存在の閾値)
  23 March. 2023

- 上平　駿 (KAMIHIRA Hayato)
  Topological group cohomology and continuous crossed extensions
  (位相的な群コホモロジーと連続な捩れ拡大について)
  23 March. 2023
- 軽部　友裕 (KARUBE Tomohiro)
  Stability conditions on degenerated elliptic curves
  (退化した楕円曲線の安定性条件について)
  23 March. 2023
- 近藤　悠太 (KONDO Yuta)
  Gluing description of the category of perverse sheaves and silting objects associated with perverse t-structures
  (偏屈層のなす圏の貼り合わせによる記述と構成可能層のなす圏における偏屈 t-構造に付随する準傾対象に関する研究)
  23 March. 2023
- 塩谷　天章 (SHIOTANI Takaaki)
  Statistical Inference for Multivariate Point Processes and its Application to Multivariate Neyman-Scott Processes
  (多変量点過程の統計的推測とその多変量 Neyman-Scott 点過程への応用)
  23 March. 2023
- 杉本　悠太郎 (SUGIMOTO Yutaro)
  Dynamical degrees of automorphisms of complex simple abelian varieties and Salemnumbers
  (複素単純アーベル多様体の自己同型射の力学的次数と Salem 数について)
  23 March. 2023
- 長命　駿弥 (TYOMEI Syunya)
  Limit order book modeling and trading strategies
  (リミットオーダーブックのモデリングと取引戦略)
  23 March. 2023
- 鉄川　源太 (TETSUKAWA Genta)
  Small finite simple groups whose 2-fusion systems are of characteristic 2 type
  (2-フュージョンシステムが標数 2 型である小さな有限単純群)
  23 March. 2023
- 中山　裕大 (NAKAYAMA Yuta)
  Topics related to RSZ Shimura varieties
  (RSZ 志村多様体に関する話題)
  23 March. 2023
- 西畑　みなみ (NISHIHATA Minami)
  $GL(n)$ の有限次元表現に対する微分対称性破れ作用素の構成と複素射影空間上のベクトル束値の調和形式の具体的記述への応用
  23 March. 2023
- 樋川　達郎 (HIKAWA Tatsuro)
  Lie 代数 $\mathrm{sl}(2,\mathrm{R})$ の微分作用素による表現の変形パラメータの反転、および関連するスペクトル分解の収束公式
  23 March. 2023

- 藤田　卓真 (FUJITA Takuma)
  Fukaya categories of compact surfaces with boundary
  (境界付きコンパクト曲面の深谷圏)
  23 March. 2023
- 不死原　大知 (FUSHIHARA Daichi)
  Analysis on some CR manifolds with symmetries
  (対称性をもつ CR 多様体上の解析)
  23 March. 2023
- 星野　真生 (HOSHINO Mao)
  Equivariant covering spaces of quantum homogeneous spaces
  (量子等質空間上の同変被覆空間)
  23 March. 2023
- 前川　拓海 (MAEKAWA Takumi)
  Even-periodic cohomology theories for twisted parametrized spectra
  (捩れてパラメトライズされたスペクトラムの偶周期的コホモロジー)
  23 March. 2023
- 前田　大輝 (MAEDA Daiki)
  The chains of left-invariant CR structures on the 3-dimensional Lie groups
  (3 次元リー群上の左不変 CR 構造の chain)
  23 March. 2023
- 三神　雄太郎 (MIKAMI Yutaro)
  FAITHFULLY FLAT DESCENT OF QUASI-COHERENT COMPLEXES ON RIGID ANALYTIC VARIETIES VIA CONDENSED MATHEMATICS
  (凝縮数学を用いたリジッド解析空間上の準連接層の忠実平坦降下)
  23 March. 2023
- 三宅　祥太 (MIYAKE Syota)
  時間周期的長距離型ポテンシャルに対応する Isozaki-Kitada 型修正波動作用素の存在と漸近完全性
  23 March. 2023
- 村上　聡梧 (MURAKAMI Sougo)
  Oriented and standard shadowing properties for topological flows
  (位相的フローに対する有向, 標準的擬軌道追跡性)
  23 March. 2023
- 山添　隆志 (YAMAZOE Takashi)
  強制法と基数不変量について
  23 March. 2023
- 吉田　淳一郎 (YOSHIDA Junichiro)
  Quasi-maximum likelihood estimation and penalized estimation under non-standard conditions
  (非標準条件下における擬似最尤推定及び罰則付き推定)
  23 March. 2023

- 吉原　龍 (YOSHIHARA Ryu)
  On sections of extremal rational elliptic surfaces
  (extremal な有理楕円曲面の切断について)
  23 March. 2023
- 渡辺　悠太 (WATANABE Yuta)
  いくつかの数値線形代数手法に対する丸め誤差解析
  23 March. 2023
- 鄒　勇攀 (ZOU,Yong Pan)
  Logarithmic Akizuki-Nakano vanishing theorems on weakly pseudoconvex Kähler manifolds
  (弱擬凸ケーラー多様体上の対数的秋月-中野の消滅定理)
  23 March. 2023
- 范　凌虎 (FAN,Linghu)
  Crepant resolution of quotient singularities in positive characteristic
  (正標数の商特異点のクレパント解消)
  23 March. 2023
- 劉　嘉涵 (LIU,Jiahan)
  The concentration-compactness principle in $W^{1,p}$ and its applications
  ($W^{1,p}$ の中の凝集コンパクト性原理とその応用)
  23 March. 2023

3. 学術雑誌 - 東大数理科学ジャーナル 第 29 巻

Journal of Mathematical Sciences
The University of Tokyo, Vol. 29

Vol. 29 No. 1 Published May 2, 2022

- Yuji ODAKA
  Polystable Log Calabi-Yau Varieties and Gravitational Instantons.
- Jean-Louis CLERC
  Construction á la Ibukiyama of Symmetry Breaking Differential Operators.
- Takefumi NOSAKA
  Cellular Chain Complexes of Universal Covers of Some 3-Manifolds.
- Alain HÉNAUT
  Lie Symmetries for Implicit Planar Webs.

Vol. 29 No. 2 Published May 27, 2022

- Tatsu-Hiko MIURA
  Navier-Stokes Equations in a Curved Thin Domain,
  Part I : Uniform Estimates for the Stokes Operator.

Vol. 29 No. 3 Published Nov 28, 2022

- Yuichiro HOSHI
  Mono-anabelian Reconstruction of Solvably Closed Galois Extensions of Number Fields.
- Yutaka KAMIMURA
  An Extended KdV Hierarchy via an Energy Dependent Scattering.
- Indranil BISWAS, Manish KUMAR and A.J.PARAMESWARAN
  On the Stability of Pulled Back Parabolic Vector Bundles.

4. 公開講座・研究集会等

Public Lectures · Symposiums · Workshops, etc

Franco–Asian Summer School on Arithmetic Geometry

May 30 – June 3, 2022
Centre International de Rencontres Mathématiques (CIRM), Luminy, France

Program

Monday, May 30

9:00–10:00 **Takeshi Saito** (The University of Tokyo) Upper ramification groups of local fields with imperfect residue fields
10:05–11:05 **Takeshi Saito** (The University of Tokyo) Upper ramification groups of local fields with imperfect residue fields
11:05–11:30 **Coffee**
11:30–12:30 **Alexander Petrov** (Harvard) Automatic de Rhamness of p-adic local systems and Galois action on the pro-algebraic fundamental group
12:30 **Lunch**
16:30-17:00 **Coffee**
17:00-18:00 **Takeshi Tsuji** (The University of Tokyo) Prismatic cohomology and A_{inf}-cohomology with coefficients
18:15-19:15 **Wieslawa Niziol** (CNRS & Sorbonne Université) Duality for p-adic pro-étale cohomology of analytic curves

Tuesday, May 31

9:00–10:00 **Ahmed Abbes** (CNRS & IHÉS) The p-adic Simpson correspondence: Functoriality by proper direct image and Hodge-Tate local systems
10:05–11:05 **Ahmed Abbes** (CNRS & IHÉS) The p-adic Simpson correspondence: Functoriality by proper direct image and Hodge-Tate local systems
11:05–11:30 **Coffee**
11:30–12:30 **Takeshi Saito** (The University of Tokyo) Upper ramification groups of local fields with imperfect residue fields
12:30 **Lunch**
16:30-17:00 **Coffee**
17:00-18:00 **Daichi Takeuchi** (Riken) On local epsilon factors of the vanishing cycles of isolated singularities
18:15-19:15 **Quentin Guignard** (Université de Paris) Graded logarithmic geometry and valuative spaces

Wednesday, June 1

9:00–10:00 **Yifeng Liu** (Institute of Advanced Study in Mathematics, Zhejiang University) – (online) Derivative of L-functions for unitary groups
10:05–11:05 **Yifeng Liu** (Institute of Advanced Study in Mathematics, Zhejiang University) – (online) Derivative of L-functions for unitary groups
11:05–11:30 **Coffee**

11:30–12:30 **Ahmed Abbes** (CNRS & IHÉS) The p-adic Simpson correspondence: Functoriality by proper direct image and Hodge-Tate local systems

12:30 **Lunch**

Free afternoon

Thursday, June 2

9:00–10:00 **Yifeng Liu** (Institute of Advanced Study in Mathematics, Zhejiang University) – (online) Derivative of L-functions for unitary groups

10:05–11:05 **Teruhisa Koshikawa** (RIMS) Some cases of the Hodge standard conjecture

11:05–11:30 **Coffee**

11:30–12:30 **Ana Caraiani** (Imperial College London) – (online) Modularity over CM fields

12:30 **Lunch**

16:30-17:00 **Coffee**

17:00-18:00 **Akhil Mathew** (University of Chicago) – (online) Some recent advances in syntomic cohomology

18:15-19:15 **Akhil Mathew** (University of Chicago) – (online) Some recent advances in syntomic cohomology

Friday, June 3

9:00–10:00 **Lue Pan** (Princeton University) Sen theory for locally analytic representations

10:05–11:05 **Tongmu He** (IHÉS & Université Paris-Saclay) Sen operators and Lie algebras arising from Galois representations over p-adic varieties

11:05–11:30 **Coffee**

11:30–12:30 **Daxin Xu** (Chinese Academy of Sciences) – (online) Parallel transport for Higgs bundles over p-adic curves

12:30 **Lunch**

14:00-15:00 **Akhil Mathew** (University of Chicago) – (online) Some recent advances in syntomic cohomology

15:15-16:15 **Will Sawin** (Columbia University) – (online) Bounding the stalks of perverse sheaves in characteristic p via the characteristic cycle

リーマン面に関連する位相幾何学

2022 年 9 月 5 日 – 8 日

本学アカウントの Zoom によるオンライン。

世話人：田所勇樹 (木更津高専), 久野雄介 (津田塾大学), 佐藤正寿 (東京電機大学), 河澄響矢

Program

9 月 5 日 月曜日

11:10 – 12:00 **大場 貴裕** (阪大理)

4 次元 Dehn ツイストの間の関係式

13:30 – 14:20 **片山 拓弥** (学習院大理)

Virtual embeddings of braid groups into mapping class groups of surfaces

14:50 – 15:40 **小菅 亮太朗** (東大数理)

曲面の写像類群の Chillingworth 部分群について

16:10 – 17:90 **小見山 尚** (名大多元数理)

Mould 理論と Kashiwara-Vergne Lie 代数 I

9 月 6 日 火曜日

9:50 – 10:40　**今野 北斗** (東大数理)

Dehn twists and Nielsen realization in dimension 4

11:10 – 12:00　**古庄 英和** (東北大理)

Mould 理論と Kashiwara-Vergne Lie 代数 II

13:30 – 14:20　**三松 佳彦** (中大理工)

カスプ特異点の Milnor fiber の Lefschetz fibration と K3 曲面の位相的分解

14:50 – 15:40　**足利 正** (東北学院大工)

Universal degeneration of Riemann surfaces and fibered complex surfaces

16:10 – 17:00　**田所 勇樹** (木更津高専)

離散複素解析における非線形 O(3) シグマ模型

9 月 7 日 水曜日

9:50 – 10:40　**川上 裕** (金沢大数物)

Recent advances in value distribution theory of the Gauss map of minimal surfaces

11:10 – 12:00　**小磯 深幸** (九大 IMI)

非等方的平均曲率一定曲面の幾何

13:30 – 14:20　**Christine Vespa** (Strasbourg 大学 IRMA)

On the stable cohomology of the groups $\mathrm{Aut}(F_n)$ with coefficients

14:50 – 15:40　**大森 源城** (東京理大理工)

Finite presentations for the balanced superelliptic mapping class groups

16:10 – 17:00　**野坂 武史** (東工大理)

ジョンソン準同型の可解的対数

9 月 8 日 木曜日

9:50 – 10:40　**久野 雄介** (津田塾大学芸)

ファットグラフ複体の Penner のコサイクルについて

11:10 – 12:00　**石橋 典** (東北大理)

Wilson lines and the $\mathcal{A} = \mathcal{U}$ problem for the moduli spaces of G-local systems

13:30 – 14:20　**松田 凌** (京大理)

Z 作用を持つ Riemann 面の Teichmüller 空間における測地線の構成について

14:50 – 15:40　**大鹿 健一** (学習院大理)

The earthquake metric on Teichmüller space

5. 談話会

Colloquium

- 日時：4 月 22 日（金）15:30〜16:30
  場所：数理科学研究科棟（駒場）オンライン開催
  講師：戸田幸伸 氏 (東京大学 カブリ数物連携宇宙研究機構)
  題目：曲線の数え上げ理論と圏論化
- 日時：6 月 24 日（金）15:30〜16:30
  場所：数理科学研究科棟（駒場）オンライン開催
  講師：大島芳樹 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目：実簡約 Lie 群のユニタリ表現と軌道の方法
- 日時：7 月 22 日（金）15:30〜16:30
  場所：数理科学研究科棟（駒場）オンライン開催
  講師：高田了 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目：回転成層流体に現れる分散性と異方性の数学解析
- 日時：10 月 21 日（金）15:30〜16:30
  場所：数理科学研究科棟（駒場）オンライン開催
  講師：Neal Bez 氏 (埼玉大学 理工学研究科)
  題目：The Fourier restriction conjecture
- 日時：11 月 25 日（金）15:30〜16:30
  場所：数理科学研究科棟（駒場）オンライン開催
  講師：Shane Kelly 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目：Motivic cohomology: theory and applications
- 日時：2023 年 1 月 20 日（金）15:30〜16:30
  場所：数理科学研究科棟（駒場）オンライン開催
  講師：Mikhail Bershtein 氏 (HSE 大学, Skoltech)
  題目：Kyiv formula and its applications
- 日時：2023 年 3 月 13 日（月）13:00〜14:00
  場所：数理科学研究科棟（駒場）オンライン開催
  講師：金井 雅彦 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目：Mostow の剛性定理と，わたしのささやかな試みと，そして「とらぬタヌキ」たち
- 日時：2023 年 3 月 13 日（月）14:30〜15:30
  場所：数理科学研究科棟（駒場）オンライン開催
  講師：稲葉寿 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目：人口と感染症の数理４０年—希望は果たされたか？—
- 日時：2023 年 3 月 13 日（月）16:00〜17:00
  場所：数理科学研究科棟（駒場）オンライン開催
  講師：斎藤 秀司 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目：高次元類体論から新たなモチーフ理論まで

6. 公開セミナー

Seminars

複素解析幾何セミナー

- 日時 : 4 月 18 日 (月)10:30 – 12:00
  講師 : 大沢 健夫 氏 (名古屋大学)
  題目 : Approximation and bundle convexity on complex manifolds of pseudo convex type

- 日時 : 5 月 30 日 (月)10:30 – 12:00
  講師 : 千葉 優作 氏 (お茶の水女子大学)
  題目 : Asymptotic estimates of holomorphic sections on Bohr-Sommerfeld Lagrangian submanifolds

- 日時 : 6 月 20 日 (月)10:30 – 12:00
  講師 : 丸亀 泰二 氏 (電気通信大学)
  題目 : Constructions of CR GJMS operators in dimension three

- 日時 : 7 月 4 日 (月)10:30 – 12:00
  講師 : 山ノ井 克俊 氏 (大阪大学)
  題目 : Bloch's principle for holomorphic maps into subvarieties of semi-abelian varieties

- 日時 : 7 月 11 日 (月)10:30 – 12:00
  講師 : 松本 佳彦 氏 (大阪大学)
  題目 : The CR Killing operator and Bernstein-Gelfand-Gelfand construction in CR geometry

- 日時 : 10 月 24 日 (月)10:30 – 12:00
  講師 : 藤澤 太郎 氏 (東京電機大学)
  題目 : A new approach to the nilpotent orbit theorem via the L^2 extension theorem of Ohsawa-Takegoshi type

- 日時 : 10 月 31 日 (月)10:30 – 12:00
  講師 : 井上 瑛二 氏 (理化学研究所)
  題目 : The non-archimedean μ-entropy in toric case

- 日時 : 11 月 14 日 (月)10:30 – 12:00
  講師 : 宮地 秀樹 氏 (金沢大学)
  題目 : The double holomorphic tangent space of the Teichmueller spaces

- 日時 : 11 月 21 日 (月)10:30 – 12:00
  講師 : 神本 丈 氏 (九州大学)
  題目 : Resolution of singularities forC^∞ functions and meromorphy of local zeta functions

- 日時 : 12 月 5 日 (月)10:30 – 12:00
  講師 : 菊池 翔太 氏 (鈴鹿工業高等専門学校)
  題目 : On sharper estimates of Ohsawa–Takegoshi L^2-extension theorem in higher dimensional case

- 日時 : 12 月 12 日 (月)10:30 – 12:00
  講師 : 稲山 貴大 氏 (東京理科大学)
  題目 : L^2-extension index and its applications

- 日時 : 2023 年 1 月 16 日 (月)10:30 – 12:00
  講師 : 小池 貴之 氏 (大阪公立大学)
  題目 : Holomorphic foliation associated with a semi-positive class of numerical dimension one

- 日時 : 2023 年 2 月 13 日 (月)10:30 – 12:00
  講師 : 野口 潤次郎 氏 (東京大学)
  題目 : 多変数複素解析入門講義法

代数幾何学セミナー

- 日時 : 10 月 5 日 (水)13:00 – 14:00
  講師 : Yuri Tschinkel 氏 (Mathematics and Physical Sciences Division, Simons Foundation/ Courant Institute, New York University)
  題目 : Equivariant birational geometry (joint with A. Kresch)

- 日時 : 10 月 25 日 (火)10:30 – 11:45
  講師 : 伊藤 敦 氏 (岡山大学)
  題目 : Projective normality of general polarized abelian varieties

- 日時 : 11 月 1 日 (火)10:30 – 12:00
  講師 : 河上 龍郎 氏 (京大数学教室)
  題目 : Extendability of differential forms via Cartier operators

- 日時 : 11 月 15 日 (火)10:30 – 12:00
  講師 : 張 繼剛 氏 (NTU/東大数理)
  題目 : Positivity of anticanonical divisors in algebraic fibre spaces

- 日時 : 11 月 22 日 (火)10:30 – 12:00
  講師 : 谷本 祥 氏 (名古屋多元)
  題目 : Calabi problem for smooth Fano threefolds

- 日時 : 11 月 29 日 (火)10:30 – 11:30
  講師 : Thomas Hall 氏 (University of Nottingham)
  題目 : The behaviour of Kahler-Einstein polygons under combinatorial mutation

- 日時 : 12 月 13 日 (火)10:30 – 11:30
  講師 : 山岸亮 氏 (NTU)
  題目 : Moduli of G-constellations and crepant resolutions

- 日時 : 12 月 20 日 (火)9:30 – 10:30
  講師 : Takumi Murayama 氏 (パーデュー大学)
  題目 : The relative minimal model program for excellent algebraic spaces and analytic spaces in equal characteristic zero

- 日時 : 12 月 21 日 (水)13:00 – 14:00
  講師 : Hsueh-Yung Lin 氏 (NTU)
  題目 : Towards a geometric origin of the dynamical filtrations

- 日時 : 2023 年 1 月 10 日 (火)10:30 – 12:00
  講師 : 東谷　章弘 氏 (大阪大情報)
  題目 : Toric Fano varieties arising from posets and their combinatorial mutation equivalence

- 日時 : 2023 年 1 月 27 日 (金)13:00 – 14:30 第 1 回
  講師 : Chenyang Xu 氏 (プリンストン大学)
  題目 : K-stability of Fano varieties

- 日時 : 2023 年 1 月 31 日 (火)14:30 – 16:00
  講師 : Shiji Lyu 氏 (プリンストン大学)
  題目 : Some properties of splinters via ultrapower

- 日時 : 2023 年 2 月 6 日 (月)13:00 – 14:30 第 2 回
  講師 : Chenyang Xu 氏 (プリンストン大学)
  題目 : K-stability of Fano varieties.

- 日時 : 2023 年 2 月 17 日 (金)10:00 – 11:30 第 3 回
  講師 : Chenyang Xu 氏 (プリンストン大学)
  題目 : K-stability of Fano varieties.

- 日時 : 2023 年 2 月 20 日 (月)10:00 – 11:30 第 4 回
  講師 : Chenyang Xu 氏 (プリンストン大学)
  題目 : K-stability of Fano varieties.

- 日時 : 2023 年 3 月 10 日 (金)13:15 – 14:45
  講師 : Paolo Cascini 氏 (Imperical College London)
  題目 : On existence of flips for algebraically integrable foliations.

- 日時 : 2023 年 3 月 28 日 (火)10:00 – 11:30
  講師 : Paolo Cascini 氏 (Imperial College London)
  題目 : On the canonical bundle formula in positive characteristic

トポロジー火曜セミナー

- 日時 : 4 月 19 日 (火)17:30 – 18:30
  講師 : 久保 利久 氏 (龍谷大学)
  題目 : 反ド・ジッター空間の共形微分対称性破れ作用素の分類および構成について

- 日時 : 4 月 26 日 (火)17:00 – 18:00
  講師 : 大島 芳樹 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : 等質空間の離散系列表現の存在条件について

- 日時 : 5 月 10 日 (火)17:00 – 18:00
  講師 : 今野 北斗 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : Nielsen realization, knots, and Seiberg-Witten (Floer) homotopy theory

- 日時 : 5 月 17 日 (火)17:00 – 18:00
  講師 : 清水 達郎 氏 (東京電機大学)
  題目 : Contribution of simple loops to the configuration space integral

- 日時 : 5 月 24 日 (火)17:00 – 18:00
  講師 : Christine Vespa 氏 (IRMA, Universit é de Strasbourg / JSPS)
  題目 : Polynomial functors associated with beaded open Jacobi diagrams

- 日時 : 5 月 31 日 (火)17:00 – 18:00
  講師 : 植田 一石 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : Stable Fukaya categories of Milnor fibers

- 日時 : 6 月 7 日 (火)17:00 – 18:00
  講師 : 山口 祥司 氏 (Yoshikazu Yamaguchi)
  題目 : Dynamical zeta functions for geodesic flows and the higher-dimensional Reidemeister torsion for Fuchsian groups

- 日時 : 6 月 14 日 (火) 17:30 – 18:30
  講師 : 栗林 勝彦 氏 (信州大学)
  題目 : Cartan calculi on the free loop spaces

- 日時 : 6 月 21 日 (火)17:00 – 18:00
  講師 : 市原 一裕 氏 (日本大学)
  題目 : Cosmetic surgeries on knots in the 3-sphere

- 日時 : 7 月 5 日 (火)17:00 – 18:00
  講師 : 中野 雄史 氏 (東海大学)
  題目 : 曲面上の微分同相写像のホモクリニック分岐による Lyapunov 指数の非存在

- 日時 : 7 月 12 日 (火)17:00 – 18:00
  講師 : Sungkyung Kang 氏 (Center for Geometry and Physics, Institute of Basic Science)
  題目 : Cable knots and involutive Heegaard Floer homology

- 日時 : 10 月 4 日 (火)17:00 – 18:30
  講師 : 原子 秀一 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : Orientable rho-Q-manifolds and their modular classes

- 日時 : 10 月 11 日 (火)17:00 – 18:00
  講師 : 浅尾 泰彦 氏 (福岡大学)
  題目 : Magnitude homology of graphs

- 日時 : 10 月 25 日 (火)17:00 – 18:00
  講師 : 小川 竜 氏 (東海大学)
  題目 : Stabilized convex symplectic manifolds are Weinstein

- 日時 : 11 月 1 日 (火)17:00 – 18:00
  講師 : キム ミンギュ 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : An obstruction problem associated with finite path-integral

- 日時 : 11 月 8 日 (火)17:00 – 18:00
  講師 : 吉永 正彦 氏 (大阪大学)
  題目 : Milnor fibers of hyperplane arrangements

- 日時 : 11 月 15 日 (火)17:00 – 18:00
  講師 : Arthur Souli é 氏 (IBS Center for Geometry and Physics, POSTECH)
  題目 : Stable cohomology of mapping class groups with some particular twisted contravariant coefficients

- 日時 : 11 月 22 日 (火)17:00 – 18:00
  講師 : 北野 晃朗 氏 (創価大学)
  題目 : Epimorphism between knot groups and isomorphisms on character varieties

- 日時 : 11 月 29 日 (火)17:00 – 18:00
  講師 : 黒木 慎太郎 氏 (岡山理科大学)
  題目 : GKM graph with legs and graph equivariant cohomology

- 日時 : 12 月 6 日 (火)17:00 – 18:00
  講師 : Quentin Faes 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : Torsion in the abelianization of the Johnson kernel

- 日時 : 12 月 13 日 (火)17:30 – 18:30
  講師 : 服部 広大 氏 (慶應義塾大学)
  題目 : Spectral convergence in geometric quantization on K3 surfaces

- 日時 : 2023 年 1 月 10 日 (火)17:00 – 18:00
  講師 : 浅香 猛 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : Some calculations of an earthquake map in the cross ratio coordinates and the earthquake theorem of cluster algebras of finite type

- 日時 : 2023 年 1 月 17 日 (火)17:00 – 18:00
  講師 : Chenghan Zha 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : Integral structures in the local algebra of a singularity

Lie 群・表現論セミナー

- 日時：4 月 5 日 (火)17:00 – 17:30
  講師：小林俊行 氏 (東大数理)
  題目：簡約対称対に関する極小表現の制限について

- 日時：4 月 19 日 (火)17:30 – 18:30
  講師：久保利久 氏 (龍谷大学)
  題目：反ド・ジッター空間の共形微分対称性破れ作用素の分類および構成について

- 日時：4 月 26 日 (火)17:00 – 18:00
  講師：大島芳樹 氏 (東大数理)
  題目 :等質空間の離散系列表現の存在条件について

- 日時：5 月 10 日 (火)17:00 – 18:00
  講師：嵐 晃一 氏 (名古屋大学)
  題目：有界等質領域上の正則乗数表現

- 日時：5 月 17 日 (火)17:00 – 18:00
  講師：里見貴志 氏 (東大数理)
  題目：ユニモジュラー局所コンパクト群上の畳み込み不等式の最適定数の評価

- 日時：6 月 28 日 (火)17:00 – 18:00
  講師：中濱良祐 氏 (九州大学)
  題目：$(\mathrm{SP}(2r,\mathrm{R}), SP(r,\mathrm{R}) \times SP(r,\mathrm{R}))$ に対する有界対称領域上の重み付き Bergman 内積の計算と Plancherel 型公式

統計数学セミナー

- 日時：7 月 21 日 (木)13:30 – 14:40
  講師：川野　秀一 氏 (電気通信大学大学院情報理工学研究科)
  題目：クロネッカー積表現に基づくテンソルデータに対する共通成分分析

- 日時：10 月 19 日 (水)10:30 – 11:40
  講師：山岸 颯 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目：fractional Brownian motion(fBm) に関係する汎関数のオーダー評価と fBm で駆動される確率微分方程式の二次変分の漸近展開について

- 日時：10 月 21 日 (金)14:30 – 15:40
  講師：Estate Khmaladze 氏 (Victoria University of Wellington)
  題目 : Empirical processes for discrete and continuous observations: structure, difficulties and resolution.

- 日時 : 10 月 21 日 (金)16:20 – 17:30
  講師 : Estate Khmaladze 氏 (Victoria University of Wellington)
  題目 : Further testing problems: parametric regression and Markov chains.

- 日時 : 12 月 5 日 (月)14:40 – 15:50
  講師 : Michael Choi 氏 (National University of Singapore and Yale-NUS College)
  題目 : A binary branching model with Moran-type interactions

- 日時 :2023 年 1 月 10 日 (火)10:50 – 11:30
  講師 :井口優雅 氏 (University College London)
  題目 :Parameter Estimation with Increased Precision for Elliptic and Hypo-elliptic Diffusions

- 日時 : 2023 年 3 月 8 日 (水)14:00 –
  講師 : Evgeny Spodarev 氏 (Ulm University, Germany)
  題目 : Non-ergodic statistics for hamonizable stable processes

諸分野のための数学研究会

- 日時 : 4 月 26 日 (火)10:30 – 11:30
  講師 : Pritpal Matharu 氏 (McMaster University)
  題目 : PDE Optimization for Problems in Theoretical and Computational Turbulence
- 日時 : 6 月 15 日 (水)10:30 – 11:30
  講師 : 杉山 和靖 氏 (大阪大学大学院基礎工学研究科)
  題目 : ボクセルベースの流体構造連成法

代数学コロキウム

- 日時 : 4 月 20 日 (水)17:00 – 18:00
  講師 : 王 沛鐸 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : On generalized Fuchs theorem over p-adic polyannuli

- 日時 : 4 月 27 日 (水)17:00 – 18:00
  講師 : 山本 修司 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : The Kaneko-Zagier conjecture on finite and symmetric multiple zeta values for general integer indices

- 日時 : 5 月 11 日 (水)17:00 – 18:00
  講師 : Joseph Muller 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : Cohomology of the unramified PEL unitary Rapoport-Zink space of signature (1,n − 1)

- 日時 : 5 月 18 日 (水)17:00 – 18:00
  講師 : 石本 宙 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : Local Langlands correspondence for non-quasi-split odd special orthogonal groups

- 日時 : 5 月 25 日 (水)17:00 – 18:00
  講師 : 松田 光智 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : Torsion points of elliptic curves over cyclotomic fields

- 日時 : 6 月 15 日 (水)17:00 – 18:00
  講師 : 小泉 淳之介 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : Steinberg symbols and reciprocity sheaves

- 日時 : 6 月 20 日 (月)17:00 – 18:00
  講師 : 加藤 大輝 氏 (パリ・サクレー大学)
  題目 : 完全交差に対する P 進ウェイトモノドロミー予想

- 日時 : 6 月 22 日 (水)17:00 – 18:00
  講師 : 高梨 悠吾 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : Parity of conjugate self-dual representations of inner forms of GL_n over p-adic fields

- 日時 : 7 月 6 日 (水)17:00 – 18:00
  講師 : 劉 沛江 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : The characteristic cycles of non-confluent ℓ-adic GKZ hypergeometric sheaves

- 日時 : 7 月 20 日 (水)15:30 – 16:30
  講師 : 清水 康司 氏 (UC Berkeley) 15:30-16:30
  題目 : Completed prismatic F-crystals and crystalline local systems

- 日時 : 7 月 20 日 (水)17:00 – 18:00
  講師 : Pierre Houedry 氏 (Université de Caen)
  題目 : Twisted differential operators in several variables

- 日時 : 9 月 28 日 (水)17:00 – 18:00
  講師 : Jens Eberhardt 氏 (University of Wuppertal)
  題目 : A K-theoretic approach to geometric representation theory

- 日時 : 10 月 12 日 (水)17:00 – 18:00
  講師 : Abhinandan 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : Syntomic complex with coefficients

- 日時 : 10 月 19 日 (水)17:00 – 18:00
  講師 : Shane Kelly 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : A nilpotent variant cdh-topology

- 日時 : 11 月 2 日 (水)17:00 – 18:00
  講師 : Laurent Fargues 氏 (Mathematics Institute of Jussieu - Paris Rive Gauche・東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : Some compact generators of D_{lis} (Bun_G, Λ)

- 日時 : 11 月 16 日 (水)17:00 – 18:00
  講師 : Zijian Yao 氏 (University of Chicago)
  題目 : The eigencurve over the boundary of the weight space

- 日時 : 11 月 30 日 (水)17:00 – 18:00
  講師 : Xinyao Zhang 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : The modularity of elliptic curves over some number fields

- 日時 : 2023 年 1 月 4 日 (水)17:00 – 18:00
  講師 : 伊藤 和広 氏 (東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構)
  題目 : G-displays over prisms and deformation theory
  vspace0.3cm
- 日時 : 2023 年 1 月 18 日 (水)17:00 – 18:00
  講師 : Kestutis Cesnavicius 氏 (Paris-Saclay University)
  題目 : The affine Grassmannian as a presheaf quotient

作用素環セミナー

- 日時 : 4 月 19 日 (火)16:45 – 18:15
  講師 : 伊藤 慧 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : 力学系に付随する C^* 代数の Cartan 部分代数

- 日時 : 5 月 10 日 (火)16:45 – 18:15
  講師 : Maria Stella Adamo 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : Reflection positive representations - the case of the integers Z and the real line R

- 日時 : 5 月 17 日 (火)16:45 – 18:15
  講師 : 谷本 溶 氏 (Univ. Rome, "Tor Vergata")
  題目 : Towards integral perturbation of two-dimensional CFT

- 日時 : 5 月 31 日 (火)16:45 – 18:15
  講師 : 磯野 優介 氏 (京大数理研)
  題目 : Pointwise inner automorphisms of almost periodic factors

- 日時 : 6 月 7 日 (火)17:15 – 18:45
  講師 : 曽我部 太郎 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : Kirchberg algebras sharing the same homotopy groups of their automorphism groups

- 日時 : 7 月 5 日 (火)16:45 – 18:15
  講師 : 及川 瑞稀 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : Frobenius algebras associated with the α-induction for twisted modules of conformal nets

- 日時 : 7 月 12 日 (火)16:45 – 18:15
  講師 : 星野 真生 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : Relative Drinfeld centers associated to monoidal functors

- 日時 : 9 月 20 日 (火)16:45 – 18:15
  講師 : Robert Coquereaux 氏 (CNRS/CPT)
  題目 : Honeycombs, polytopes, and representation theory

  日時 : 10 月 18 日 (木)16:45 – 18:15
  講師 : Valerio Proietti 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : A geometric Elliott invariant and noncommutative rigidity of mapping tori

- 日時 : 11 月 1 日 (火)16:45 – 18:15
  講師 : 石倉 宙樹 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : Permutation stability of finitely generated free metabelian groups

- 日時 : 11 月 8 日 (木)16:45 – 18:15
  講師 : 有本 諒也 氏 (京大数理研)
  題目 : On the type of the von Neumann algebra of an open subgroup of the Neretin group

- 日時 : 11 月 15 日 (火)16:45 – 18:15
  講師 : 森 迪也 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : Ring isomorphisms of locally measurable operator algebras

- 日時 : 11 月 22 日 (火)16:45 – 18:15
  講師 : 佐藤 僚亮 (中央大物理)
  題目 : Multiplicative characters and Gaussian fluctuation limits

- 日時 : 11 月 29 日 (火)16:45 – 18:15
  講師 : 荒野 悠輝 氏 (京大数学)
  題目 : Actions of tensor categories on C^*-algebras

- 日時 : 12 月 6 日 (火)16:45 – 18:15
  講師 : 星野 真生 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : Equivariant covering spaces of quantum homogeneous spaces

- 日時 : 12 月 13 日 (火)16:45 – 18:15
  講師 : Feng Xu 氏 (UC Riverside)
  題目 : Entropy in QFT

- 日時 : 12 月 20 日 (火)16:45 – 18:15
  講師 : 窪田 陽介 氏 (信州大学)
  題目 : Band width and the Rosenberg index

- 日時 : 2023 年 3 月 8 日 (火)16:45 – 18:15
  講師 : Ricardo Correa da Silva 氏 (Friedrich-Alexander-Universit ä t Erlangen-N ü rnberg)
  題目 : Structure and Inclusions of Twisted Araki-Woods Algebras

情報数学セミナー

- 日時：4 月 7 日 (木)16:50 – 18:35
  講師：鈴木 泰成 氏 (NTT)
  題目：量子計算機の設計と制御
- 日時：4 月 14 日 (木)16:50 – 18:35
  講師：鈴木 泰成 氏 (NTT)
  題目：量子計算機の設計と制御 II ——量子計算の基礎
- 日時：4 月 21 日 (木)16:50 – 18:35
  講師：鈴木 泰成 氏 (NTT)
  題目：量子計算機の設計と制御 III ——量子計算の基礎
- 日時：4 月 28 日 (木)16:50 – 18:35
  講師：鈴木 泰成 氏 (NTT)
  題目：量子計算機の設計と制御 IV
- 日時：5 月 12 日 (木)16:50 – 18:35
  講師：鈴木 泰成 氏 (NTT)
  題目：量子計算機の設計と制御 V
- 日時：5 月 19 日 (木)16:50 – 18:35
  講師：鈴木 泰成 氏 (NTT)
  題目：量子計算機の設計と制御 VI
- 日時：5 月 26 日 (木) 16:50 – 18:35
  講師：鈴木 泰成 氏 (NTT)
  題目：量子計算機の設計と制御 VII
- 日時：6 月 2 日 (木)16:50 – 18:35
  講師：鈴木 泰成 氏 (NTT)
  題目：量子計算機の設計と制御 VIII
- 日時：6 月 9 日 (木)16:50 – 18:35
  講師：鈴木 泰成 氏 (NTT)
  題目：量子計算機の設計と制御 IX
- 日時：6 月 16 日 (木)16:50 – 18:35
  講師：鈴木 泰成 氏 (NTT)
  題目：量子計算機の設計と制御 X
- 日時：6 月 23 日 (木)16:50 – 18:35
  講師：鈴木 泰成 氏 (NTT)
  題目：量子計算機の設計と制御 XI

- 日時：6 月 30 日 (木)16:50 – 18:35
  講師：鈴木 泰成 氏 (NTT)
  題目：量子計算機の設計と制御 XII

- 日時：7 月 7 日 (木)16:50 – 18:35
  講師：鈴木　泰成 氏 (NTT)
  題目：量子計算機の設計と制御 XIII

- 日時：10 月 6 日 (木)16:50 – 18:35
  講師：岡本 龍明 氏 (NTT)
  題目：組織化された複雑性の新しい定量的定義について

- 日時：10 月 13 日 (木)16:50 – 18:20
  講師：駒野 雄一 氏 (株式会社東芝)
  題目：暗号実装への攻撃と対策の数理

- 日時：10 月 27 日 (木)16:50 – 18:20
  講師：高島 克幸 氏 (早稲田大学)
  題目：耐量子計算機暗号の進展

- 日時：11 月 17 日 (木)16:50 – 18:20
  講師：池松 泰彦 氏 (九州大学)
  題目：多変数多項式暗号の世界

- 日時：11 月 24 日 (木)16:50 – 18:35
  講師：安田 雅哉 氏 (立教大学)
  題目：格子暗号の安全性を支える格子問題の解読法

- 日時：12 月 1 日 (木)16:50 – 18:35
  講師：山川 高志 氏 (NTT)
  題目：量子計算と暗号理論

- 日時：12 月 8 日 (木)16:50 – 18:35
  講師：遠藤 傑 氏 (NTT)
  題目：Near-term 量子アルゴリズムと量子エラー抑制

- 日時：2023 年 1 月 12 日 (木)16:50 – 18:35
  講師：鈴木 泰成 氏 (NTT)
  題目：誤り耐性量子計算の理論 II

- 日時：2023 年 1 月 19 日 (木)16:50 – 18:35
  講師：成定 真太郎 氏 (KDDI 総合研究所)
  題目：符号暗号とその求解アルゴリズム

応用解析セミナー

- 日時 : 4 月 22 日 (木)16:00 – 17:30
  講師 : 三宅 庸仁 氏 (東京大学大学院数理科学研究科)
  題目 : Effect of decay rates of initial data on the sign of solutions to Cauchy problems of some higher order parabolic equations

- 日時 : 6 月 30 日 (木)16:00 – 17:30
  講師 : Xingzhi Bian 氏 (Shanghai University)
  題目 : A brief introduction to a class of new phase field models

- 日時 : 11 月 24 日 (木)16:00 – 17:30
  講師 : 板倉 恭平 氏 (東京大学 大学院数理科学研究科)
  題目 : シュタルク・シュレディンガー作用素に対する放射条件評価と定常散乱理論

- 日時 : 2023 年 2 月 6 日 (月)16:00 – 17:00
  講師 : Marek Fila 氏 (Comenius University)
  題目 : Solutions with moving singularities for nonlinear diffusion equations

- 日時 : 2023 年 2 月 6 日 (月)17:10 – 18:10
  講師 : Petra Mackova 氏 (Comenius University)
  題目 : Fast diffusion equation: uniqueness of solutions with a moving singularity

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

- 舘山　翔太
  高次元代数多様体の極小モデル理論と特異点理論
- 清水　雄貴
  Newton-Okounkov 凸体を用いた射影多様体の研究
- 亀岡　健太郎
  W代数の幾何と可積分系への応用
- 山本祐輝
  可積分性による場の量子論の非摂動的性質の探索
- WANG（王）Long(龍)
  速く増大する非線形項を持つ非整数階反応拡散方程式の初期値問題
- 筒井　勇樹
  偏極自己準同型を持つ代数多様体の研究
- 里見　貴志
  散乱共鳴と量子カオスの数理解析
- ZHA（杳）Chenghan（承カン）
  p 進簡約群の表現の genericity について
- 金城　翼
  準フロベニウス分裂多様体に関する研究
- 北村　侃
  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
- 島田　了輔
  Cayley グラフの expander 性の評価と調和解析・表現論との関連
- 宮澤　仁
  Deligne-Lusztig 多様体の局所体類似について
- STOKESAlexander Henry
  離散パンルヴェ方程式の幾何学的理論の拡張へ–特異点、エントロピーと可積分性

♣ 新規

- 大須賀　けん斗
  特異圏解析を用いた可換環論の研究
- 三宅　庸仁
  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
- 行田　康晃
  三角圏のスペクトラムによる無限生成コーエン・マコーレー表現とコサポートの研究
- 曽我　部太郎
  完全非線形放物型方程式の粘性解理論の深化
- 羽柴　康仁
  流れが織りなす幾何学を基盤とする流体方程式の解の挙動の研究
- 山口　樹
  ４次元トポロジーとゲージ理論

- 原子　秀一
  s-不変量の性質および類似する不変量との関係の研究
- 斎藤　勇太
  カラビ・ヤウ多様体の錐予想について
- 李　公彦
  特異・退化な重みをもつ放物型偏微分方程式の漸近挙動解析と定性的解析
- 鶴橋　知典
  制御問題に由来する非線形偏微分方程式系の弱 KAM 理論を用いた数学解析
- 坪内　俊太郎
  非線形放物型方程式系の爆発及び漸近挙動
- 林　晃平
  ローレンツ多様体上の双曲型偏微分方程式に関する逆問題解析
- 磯部　伸
  ゲージ理論とトポロジー
- 小泉　淳之介
  二次元の半単純フロベニウス多様体の周期写像
- 板東　克之
  有理写像の高次力学系次数の計算および安定化問題の部分的な解決
- 権　英哲
  ドナルドソン・トーマス不変量の圏化
- 小原　和馬
  量子群と K 理論
- ADAMOMaria Stella
  代数的場の量子論における標準部分空間の解析的性質と反転正値性
- ABHINANDAN
  p 進ホッヂ理論における係数
- YOUCISAlexander Fran
  局所 Langlands 対応の幾何化と Scholze–Shin 予想
- FAESQuentin Jean-Claude Bernard
  3 次元多様体のヒーゴード分解と曲面の写像類群

8. 令和 4 年度ビジターリスト

Visitor List of the Fiscal Year 2022

令和 4 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 2022 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 2022.

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 2022.

- Christine Vespa (University of Strasbourg ・フランス）4/4–12/3
- 谷本 溶 (University of Rome, "Tor Vergata"・イタリア）4/16–6/3
- Maria Stella Adamo (University of Rome, La Sapienza・イタリア）4/16–6/3
- 加藤 大輝 (Paris-saclay University・フランス) 6/15–6/23
- 清水 康司 (University of California, Berkeley・アメリカ）6/22–7/29
- Piotr PSTRAGOWSKI (Harvard University・アメリカ) 7/4–7/29
- Anton Dzhamay (University of Northern Colorado・アメリカ）8/3–8/20
- Oleg Emanouilov (Colorado State University・アメリカ）8/12–9/17
- Stefan Neukamm (Dresden University・ドイツ) 8/22–8/26
- Jonathan Ditlevsen (Aarhus Universitet・デンマーク) 8/29–11/26
- Robert Coquereaux (Centre national de la recherche scientifique ・フランス)9/1–10/1
- Yury Luchko (Berlin University of Applied Sciences and Technology・ドイツ)9/1–9/12
- Salma Nasrin (The University of Dhaka・バングラデシュ) 9/3–9/10
- Michael Pevzner (Reims University・フランス) 9/4–9/10
- Jens Niklas Eberhardt (University of Wuppertal・ドイツ) 9/19–10/5
- Estate Khmaladze (Victoria University of Wellington・ニュージーランド）10/3–11/2
- Yuri Tschinkel (Courant Institute of Mathematical Sciences・アメリカ) 10/5–10/6
- Birgit Speh (Cornel University・アメリカ) 9/4–9/15
- Fanny Kassel (IHES・フランス) 9/3–9/10
- Mykhaylo Shkolnikov (Princeton University・アメリカ) 10/17–10/28
- Arthur Soulie (IBS Center for Geometry and Physics, POSTECH・韓国) 11/13–11/19
- Marco D'Addezio(Institute of Mathematics of Jussieu・フランス) 11/4–11/4
- 伊東　一文 (North Carolina State University・アメリカ)10/11–10/16
- Oleg Emanouilov (Colorado State University・アメリカ) 10/18–11/26
- Zijian Yao (University of Chicago・アメリカ) 11/2–11/16
- Marek Fila (Comenius University・スロバキア) 11/8–11/19
- Arne Jensen (Aalborg University・デンマーク) 11/8–11/22
- Feng Xu (University of California, Riverside・アメリカ) 12/7–12/28
- 伊東一文 (North Carolina State University・アメリカ) 12/16–12/24
- Hsueh-Yung Lin (National Taiwan University・台湾) 12/19–12/23
- Salah-Eddine Chorfi (Cadi Ayyad University, Faculty of Sciences Semlalia, Marrakesh・モ

ロッコ) 12/19–2023/1/16

- Oleg Emanouilov (Colorado State Univ.・アメリカ) 2023/1/3–2023/1/17
- Andy Hone (University of Kent・School of Mathematics, Statistics and Actuarial Science・連合王国) 2023/1/4–2023/1/16
- Joe Harrow (University of Kent・School of Mathematics, Statistics and Actuarial Science・連合王国) 2023/1/4–2023/1/16
- Yi-Hsuan Lin (National Yang Ming Chiao Tung University・台湾) 2023/1/4–2023/1/18
- Hung Vinh Tran (Rennes University・アメリカ) 2023/1/10–2023/1/13
- Kestutis Cesnavicius (Paris-Saclay University・フランス) 2023/1/16–2023/1/27
- Olivier Ley (Rennes University・フランス) 2023/1/20–2023/1/25
- Chenyang Xu (Princeton University・アメリカ) 2023/1/25–2023/3/12
- Marek Fila (Comenius University・スロバキア) 2023/1/25–2023/2/8
- Petra Mackova (Comenius University・スロバキア) 2023/1/25–2023/2/8
- Paul Zinn-Justin (The University of Melbourne・オーストラリア) 2023/2/2–2023/2/8
- Alessio Porretta (Universit à di Roma La Sapienza・イタリア) 2023/2/20–2023/2/24
- Bernadette Miara (University Paris-East・フランス) 2023/3/3–2023/3/29
- 谷本溶 (University of Rome, "Tor Vergata"・イタリア) 2023/3/5–2023/6/15
- Piermarco Cannarsa (University of Rome Tor Vergata・イタリア) 2023/3/8–2023/3/17
- 伊東一文 (North Carolina State University・アメリカ) 2023/3/9–2023/3/20
- Oleg Emanouilov (Colorado State Univ.・アメリカ) 2023/3/10–2023/3/20
- Anna Doubova (University of Sevilla・スペイン) 2023/3/10–2023/3/18
- Michel Cristofol (Aix-Marseille University・フランス) 2023/3/16–2023/3/30

索引

ABE Noriyuki (阿部 紀行), 69
Abhinandan (アビナンダン), 159
ADACHI Mitsuyoshi (安達 充慶), 221
ADAMO Maria Stella (アダモ マリアステッラ), 157
AIDA Shigeki (会田 茂樹), 1
AKAMATSU Haruki (赤松 春樹), 221
ARAI Toshiyasu (新井 敏康), 3
ASAKA Takeru (浅香 猛), 180
ASOU Kazuhiko (麻生 和彦), 116
ASUKE Taro (足助 太郎), 68

BANDO Katsuyuki (板東 克之), 214
BAO Yuanyuan (バオ ユアンユアン), 116

CHIBA Yuki (千葉 悠喜), 167

ETO Tokuhiro (江藤 徳宏), 198

FURUTA Mikio (古田 幹雄), 48

GIGA Mi-Ho (儀我 美保), 165
GIGA Yoshikazu (儀我 美一), 133
GOCHO Toru (牛腸 徹), 118
GONGYO Yoshinori (權業 善範), 87

HAFID Ayoub (ハフィド アユーブ), 236
HARAKO Shuichi (原子 秀一), 188
HASEGAWA Ryu (長谷川 立), 102
HASHIMOTO Kenji (橋本 健治), 170
HAYASHI Kohei (林 晃平), 189
HAYASHI Shuhei (林 修平), 103
HAYATO Arai (荒井 勇人), 222
HIKAWA Tatsuro (樋川 達郎), 233
HIMEKI Yutaro (姫木 祐太郎), 205
HIRACHI Kengo (平地 健吾), 47
HOMMA Mitsuru (本間　充), 149
HOSHINO Mao (星野 真生), 234
HSU Penyuan (許 本源), 143
HU XIN, 194
HUANG Xinchi (黄 欣馳), 172

IDO Tatsuhiko (井戸 達彦), 224
IKEGAWA Takashi (池川 隆司), 163
IMAI Naoki (今井 直毅), 72
INABA Hisashi (稲葉 寿), 8
INOUE Daisuke (井上 大輔), 194
INOUE Takuya (井上 卓哉), 225
ISHIGE Kazuhiro (石毛 和弘), 5
ISHII Shuma (石井 秀真), 223
ISHIKURA Hiroki (石倉 宙樹), 223
ISHIMOTO Hiroshi (石本 宙), 164
ISOBE Noboru (磯部 伸), 212
ITO Kenichi (伊藤 健一), 70
IWAKI Kohei (岩木 耕平), 74
IYAMA Osamu (伊山 修), 10

KAMEOKA Kentaro (亀岡 健太郎), 151
KASHIWABARA Takahito (柏原 崇人), 80
KATAYAMA Sho (片山 翔), 227
KATO Akishi (加藤 晃史), 82
KATSURA Toshiyuki (桂 利行), 129
KAWAHIGASHI Yasuyuki (河東 泰之), 21
KAWAKAMI Hiroshi (川上 拓志), 178
KAWAMATA Yujiro (川又 雄二郎), 131
KAWAZUMI Nariya (河澄 響矢), 17
KELLY Shane (ケリー シェーン), 113
KIDA Yoshikata (木田 良才), 23
KIM Minkyu (キム ミンギュ), 192
KITAMURA Kan (北村 侃), 199
KITAYAMA Takahiro (北山 貴裕), 83
KIYONO Kazuhiko (清野 和彦), 118
KOBAYASHI Toshiyuki (小林 俊行), 24
KOHNO Toshitake (河野 俊丈), 137
KOIKE Yuta (小池 祐太), 85
KONDO Yuta (近藤 悠太), 229
KONNO Hokuto (今野 北斗), 119

LI Kimihiko (李 公彦), 208
LIU Jiahan (劉 嘉涵), 238
LIU PEIJIANG (劉 沛江), 219

MAEGAWA Takumi (前川 拓海), 235
MARRA Pasquale (マラ パスクワレ), 175
MASE Takafumi (間瀬 崇史), 121
MASUDA Hiroki (増田 弘毅), 51
MATSUI Chihiro (松井 千尋), 104
MATSUO Atsushi (松尾 厚), 107
MATUMOTO Hisayosi (松本 久義), 108
MIEDA Yoichi (三枝 洋一), 110
MIKAMI Yutaro (三神 雄太郎), 235
MITAKE Hiroyoshi (三竹 大寿), 112
MIYAKE Nobuhito (三宅 庸仁), 154
MIYAMOTO Yasuhito (宮本 安人), 53
MORI Michiya (森 迪也), 145
MUKOHARA Miho (向原 未帆), 216
MURATA Noboru (村田 昇), 139

NAKAGAWA Junichi (中川　淳一), 138
NAKAJIMA Sachiko (中島 さち子), 168
NAKAMURA Yusuke (中村 勇哉), 123
NAKAYAMA Yuta (中山 裕大), 231
NISHIHATA Minami (西畑 みなみ), 232

OGUISO Keiji (小木曽 啓示), 15
OHTA Yoshihiro (大田 佳宏), 127
OIKAWA Mizuki (及川 瑞稀), 197
OKA Yusuke (岡 優丞), 227
OSHIMA Yoshiki (大島 芳樹), 79

PÉREZ VALDÉS Víctor, 209

Ryosuke Shimada (島田 了輔), 201

SAITO Norikazu (齊藤 宣一), 38
SAITO Shuji (斎藤 秀司), 33
SAITO Takeshi (斎藤 毅), 37
SAITO Yuta (齋藤 勇太), 181
SAKAI Hidetaka (坂井 秀隆), 89
SAKASAI Takuya (逆井 卓也), 90
SASADA Makiko (佐々田 槙子), 92
SATO Ken (佐藤 謙), 181
SATO Shoichi (佐藤 翔一), 183
SATOMI Takashi (里見 貴志), 184
SEKIGUCHI Hideko (関口 英子), 97
SEKINO Nozomu (関野 希望), 178
Sheng Xiaobing (シェン シャオビン), 174
SHIHO Atsushi (志甫 淳), 41
SHIMIZU Yuuki (清水 雄貴), 152
SHIMOMURA Akihiro (下村 明洋), 95
SHIRAISHI Junichi (白石 潤一), 96
STOKES Alexander (ストークス アレクサンダー), 160
SUZUKI Takumi (鈴木 拓海), 167
SUZUKI Yasunari (鈴木 泰成), 147

TAGAWA Tomoya (田川 智也), 214
TAKAAKI Shiotani (塩谷 天章), 229
TAKADA Ryo (高田 了), 99
TAKAGI Shunsuke (高木 俊輔), 43
TAKANASHI Yugo (高梨 悠吾), 213
TAKANO Akihiro (高野 暁弘), 202
TAKAYAMA Shigeharu (高山 茂晴), 44
TANAKA Hiromu (田中 公), 101

TANAKA Yuichiro (田中 雄一郎), 124
TATEYAMA Shota (舘山 翔太), 152
TSUBOUCHI Shuntaro (坪内 俊太郎), 203
TSUJI Takeshi (辻 雄), 45
TSUTSUI Yuki (筒井 勇樹), 186

UEDA Kazushi (植田 一石), 77
UEDA Kento (植田 健人), 195
UEMURA Soichiro (上村 宗一郎), 226

WANG Peiduo (王 沛鐸), 218
WATANABE Yuta (渡邊 祐太), 205
Willox Ralph (ウィロックス ラルフ), 63

XIA Xiaokun (夏 小焜), 207

YAMAMOTO Masahiro (山本 昌宏), 56
YAMAMOTO Yuki (山本 祐輝), 156
YANAGIDA Eiji (柳田 英二), 140
YOKOYAMA Satoshi (横山 聡), 171
YOSHIDA Nakahiro (吉田 朋広), 60
YOSHIKO Ogata (緒方 芳子), 12
YOSHINO Taro (吉野 太郎), 218

ZOU Yongpan (鄒 勇攀), 237

会田 茂樹, 1
赤松 春樹, 221
浅香 猛, 180
足助 太郎, 68
麻生 和彦, 116
安達 充慶, 221
アダモ マリアステッラ, 157
アビナンダン, 159
阿部 紀行, 69
新井 敏康, 3
荒井 勇人, 222

池川 隆司, 163
石井 秀真, 223
石倉 宙樹, 223
石毛 和弘, 5
石本 宙, 164
磯部 伸, 212
井戸 達彦, 224
伊藤 健一, 70
稲葉 寿, 8
井上 大輔, 194
井上 卓哉, 225
今井 直毅, 72
伊山 修, 10
岩木 耕平, 74

ウィロックス ラルフ, 63
植田 一石, 77
植田 健人, 195
上村 宗一郎, 226

江藤 徳宏, 198

及川 瑞稀, 197
王 沛鐸, 218
大島 芳樹, 79
大田 佳宏, 127
岡 優丞, 227
緒方 芳子, 12
小木曽 啓示, 15

XIA Xiaokun, 207
柏原 崇人, 80
片山 翔, 227
桂 利行, 129
加藤 晃史, 82
亀岡 健太郎, 151

川上 拓志, 178
河澄 響矢, 17
河東 泰之, 21
川又 雄二郎, 131

儀我 美保, 165
儀我 美一, 133
木田 良才, 23
北村 侃, 199
北山 貴裕, 83
キム ミンギュ, 192
清野 和彦, 118

ケリー シェーン, 113

胡 éŚń, 194
小池 祐太, 85
HUANG Xinchi, 172
河野 俊丈, 137
牛腸 徹, 118
小林 俊行, 24
權業 善範, 87
近藤 悠太, 229
今野 北斗, 119

斎藤 秀司, 33
斎藤 毅, 37
齊藤 宣一, 38
齋藤 勇太, 181
坂井 秀隆, 89
逆井 卓也, 90
佐々田 槙子, 92
佐藤 謙, 181
佐藤 翔一, 183
里見 貴志, 184

シェン シャオビン, 174
塩谷 天章, 229
志甫 淳, 41
島田 了輔, 201
清水 雄貴, 152
下村 明洋, 95
許 本源, 143
白石 潤一, 96

鄒 勇攀, 237
鈴木 拓海, 167
鈴木 泰成, 147
ストークス アレクサンダー, 160

関口 英子, 97
関野 希望, 178

高木 俊輔, 43
高田 了, 99
高梨 悠吾, 213
高野 暁弘, 202
高山 茂晴, 44
田川 智也, 214
舘山 翔太, 152
田中 公, 101
田中 雄一郎, 124

千葉 悠喜, 167

辻 雄, 45
筒井 勇樹, 186
坪内 俊太郎, 203

中川　淳一, 138
中島 さち子, 168
中村 勇哉, 123
中山 裕大, 231

西畑 みなみ, 232

バオ ユアンユアン, 116
橋本 健治, 170
長谷川 立, 102
ハフィド アユーブ, 236
林 晃平, 189
林 修平, 103
原子 秀一, 188
板東 克之, 214

樋川 達郎, 233
姫木 祐太郎, 205
平地 健吾, 47

古田 幹雄, 48

ぺれず ばるです, 209

星野 真生, 234
本間　充, 149

前川 拓海, 235
増田 弘毅, 51
間瀬 崇史, 121
松井 千尋, 104
松尾 厚, 107
松本 久義, 108
マラ パスクワレ, 175

三枝 洋一, 110
三神 雄太郎, 235
三竹 大寿, 112
三宅 庸仁, 154
宮本 安人, 53

向原 未帆, 216
村田 昇, 139

森 迪也, 145

柳田 英二, 140
山本 昌宏, 56
山本 祐輝, 156

横山 聡, 171
吉田 朋広, 60
吉野 太郎, 218

LI Kimihiko, 208
LIU Jiahan, 238
LIU PEIJIANG, 219

渡邊 祐太, 205

研究成果報告書　令和４年度
(Annual Report　2022)

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 4 年度担当　河東 泰之
福井 伸江