（令和 9(2027)年度大学院入試用）

研究分野と教員の紹介

研究分野と教員の紹介

東京大学大学院数理科学研究科

数理科学専攻

東京大学大学院数理科学研究科

分野名一覧表

	分野名	(注)
1	数論	数論幾何を含む.
2	代数幾何	
3	群論・環論・組合せ論	
4	リー群・リー環・表現論	
5	微分幾何	
6	位相幾何	
7	複素解析・複素幾何	
8	力学系	
9	微分方程式	代数解析を含む.
10	関数解析・実解析	
11	作用素環	
12	確率・統計	統計科学, 数理ファイナンスを含む.
13	応用数理	数値解析, 可積分系, 統計力学, 量子統計, 場の量子論, 弦理論, 数理物理, 数理生物などを含む.
14	計算機科学	
15	数学基礎論	

※各教員の「現在の研究概要と学生への要望」をよく読んで参考にするようにしてください.

目　　次

教員一覧　　※印の教員は、2027年度入学者への研究指導は行わない予定です。

数物連携宇宙研究機構（IPMU）

氏　名：会田 茂樹

分野名： 確率・統計

キーワード：確率微分方程式、ラフパス、マリアバン解析、ループ空間、対数ソボレフ不等式、スペクトルギャップ, 準古典極限, 漸近誤差分布

現在の研究概要：　リーマン多様体上の連続曲線の空間や、ループ空間上にはブラウン運動の確率測度など "自然" な測度が存在します。この測度に基づく解析を展開し、無限次元空間でのホッジ・小平型の定理が確立できないかという問題意識はマリアバン解析の出現以前、ウィーナー空間上の解析学が展開され始めた時からありました。このような定理が成立するのかどうかは、未だにわかりませんが、この問題をよく理解したいという視点からいくつかの研究を行って来ました。　例えば、ループ空間で自然に定まるディリクレ形式の生成作用素や場の量子論に現れるハミルトニアン (例えば、構成的場の量子論の空間切断の入った $P(\phi)$ 型のハミルトニアン) などは無限次元空間上の 2 階偏微分作用素やシュレディンガー作用素となりますが、そのスペクトルの性質や準古典極限などの漸近挙動の研究はその一例です。　これらの研究では、有限次元空間上のソボレフの不等式に代わり、次元に依存しない不等式、例えば対数ソボレフ不等式などが有効な道具になります。この関係で、関数不等式の研究にも関心を持っています。　また、確率微分方程式の解は典型的な無限次元空間上の汎関数で、上記のループ空間上の解析でも重要な役割を果たしますが、1990 年代中頃から現れた Terry Lyons によるラフパス解析により、解の構造がよりよく理解できるようになりました。このラフパス解析やラフパスで駆動される微分方程式も研究対象の一つです。さらに、確率微分方程式の解の近似の研究は、応用上も重要ですが、この研究も行っています。

学生への要望：マルチンゲールなど基礎的な確率論の知識は何を研究するにも必要です。確率微分方程式に関係した問題か、関数解析的な問題か、幾何的な知識を要する問題を研究するかなど研究課題に応じて予備知識が違うので, ある程度早く自分の関心のある内容をはっきりさせた方がよいでしょう。セミナーで聞いたことや自分で文献を見て素朴に抱いた疑問 (すぐに思いつくのではなく、話を別の機会に思い出しているときに思いつくことが多い) が論文の種になります。小さな物でも素朴な疑問は大事にして下さい。最後に過去の指導学生の修士論文の題目をいくつか書いておきます：

1. Malliavin differentaibility of a solution of refleced stochastic differential equations containing path-dependent terms
2. ジャンプラフパスに駆動される RDE の Flow property
3. 一般のハースト指数を持つ 1 次元非整数ブラウン運動によって駆動されるラフ常微分方程式におけるミルシュタイン法の誤差分布の決定
4. ラフパス位相でのランダムウォークの弱収束極限
5. 確率微分方程式の path-by-path uniqueness について

氏名：阿部 紀行
分野：リー群・リー環・表現論
キーワード：簡約代数群，表現

現在の研究概要：

簡約代数群（の有理点のなす群）および付随する Lie 環や Hecke 環の表現論に興味を持っています．簡約代数群は，一般線型群や直交群，シンプレクティック群といった重要な群を含む線型代数群のクラスで，ルート系と呼ばれる組み合わせ論的対象によりその構造が記述されるという特徴を持ちます．多くの場合に豊かな表現論を持ち，非常に興味深い対象です．

簡約代数群の表現論は，その代数群がどのような体上で定義されているか，表現をどの体を係数として考えるかに強く依存します．最近は p 進体上で定義された簡約代数群の表現や，簡約代数群の代数的な表現に興味をもって研究をしています．

学生への要望：

線型代数および群や環の基本事項の理解は必須です．有限群の表現論の基本（Maschke の定理，指標の理論など）を学んでいないと表現論における問題意識などの理解が難しくなります．

簡約代数群の表現論のお手本となっているのが，複素半単純 Lie 環の構造論とその有限次元表現論（ルート系による半単純 Lie 環の分類理論や，最高ウェイト理論，Weyl の指標公式など）であり，これらは表現論を学ぶ上で必須の知識でもあります．大学院入学前にこれを知っていると先に進みやすくなります．関連してコンパクト Lie 群の表現論や，標数 0 の代数閉体上における簡約代数群の代数的な表現の理論も知っておくとよいでしょう．さらにルート系と関連する何らかの対象（実簡約 Lie 群，p 進簡約代数群，Lie 型有限単純群，Kac-Moody Lie 環，量子群，Weyl 群，Hecke 環など）の表現論を学んでいれば，その延長上で学習・研究を行うことができます．

表現論では，同じ対象を様々な方法で調べられるということが多くあります．そのため，興味があることを積極的に学んでおくとよいでしょう．

氏　　　名：石毛和弘
分　野　名：微分方程式
キーワード：拡散方程式、形状解析、漸近解析

現在の研究概要：

自然科学で現れる様々な現象の多くは微分方程式によって記述され、その微分方程式を解析するために生まれた数学的議論や解析手法は数学の発展に大きく寄与してきました。私は熱方程式に代表される放物型偏微分方程式に興味をもち、解の形状や漸近的挙動を中心に、線形・非線形を問わず様々な研究を行っています。例えば、

(1)　熱方程式やポテンシャル項付き熱方程式の解の最大点挙動
(2)　拡散方程式の解の冪凸性
(3)　非線形拡散方程式における時間大域解の高次漸近解析
(4)　非線形熱方程式(系)や非線形境界条件付き熱方程式の解の爆発問題
(5)　動的境界条件付き楕円型方程式の解構造

について研究を行いましたが、それぞれが独立しているわけではなく、互いに深く関連しています。また、最近は上記研究テーマの他、フィンスラー熱方程式や分数冪拡散方程式の可解性や非線形楕円型方程式の解構造にも興味をもち研究を行っています。

学生への要望：

偏微分方程式に関連する研究テーマは多岐に渡り、また、研究の進展に伴い、新たな問題が多く提言され発展し続けています。また、それらを支える解析手法も多岐に渡り、微分方程式の型を限ったとしても全体を俯瞰することは容易ではありません。研究の仕方は人それぞれですが、最初は何か一つ問題に真摯に向き合い、問題の本質を見極めた上で、困難点の克服を目差し研究するのが良いと思います。

偏微分方程式論の研究を行うには、常微分方程式論、測度論、函数解析、実解析など様々な専門的知識が必要であり、各自が自身の力で理解を深めていくことが肝要です。また、労を厭わず様々な評価や等式変形を実行する根気を持つ一方、研究者としてのコミュニケーション能力を高めていくことが望ましいと思います。

氏名：伊山　修

分野名：群論・環論・組合せ論、リー群・リー環・表現論

キーワード：整環の表現論、箙、Cohen-Macaulay 加群、傾理論、導来圏、特異圏、団圏、団代数、非可換特異点解消

現在の研究概要：環論は数体系の一般化である環を調べるもので、環の表現論は与えられた環上の加群を調べる分野です。箙など体上の有限次元代数の表現と、可換環上の整環の Cohen-Macaulay 表現が、Auslander-Reiten 理論という統一的な枠組みによって扱われます。近年では導来圏の圏構造の研究が盛んで、特異圏や団圏と呼ばれる三角圏とともに、傾理論や dg 圏を用いて活発に研究されています。また、団代数（クラスター代数）の圏化や、非可換特異点解消の構成などへの応用も盛んに調べられています。

学生への要望：数学の中では若い分野です。熱意とアイデアのある方の参入を期待しています。

氏名：　　ウィロックス　ラルフ

分野名：　応用数理

キーワード：数理物理、可積分系、非線形力学系、離散系、セル・オートマトン

現在の研究概要

非線形可積分系の代数的な性質を解明すること、及び非線形可積分系の特殊解の構築とそれに必要な代数的な手法を開発することが主な研究トピックである。ここ数年、独立変数に対して離散的な依存性しか持たない完全に離散化されている「離散可積分系」というものに特に興味を持っている。離散可積分系は、連続の可積分系を初めに、様々な極限において多くの重要な可積分系を含み、可積分系の中で最も基本的なものであると思われる。

一つの特に興味深い極限は、離散可積分系からソリトン現象を記述する可積分なセル・オートマトンを引き起こす「超離散極限」と呼ばれるものである。その極限から得られる「ソリトン・セル・オートマトン」は可解量子模型のゼロ温度極限と密接な関係にあり、その関係において重要な役割を果たすYang-Baxter写像、または極限前の離散系の対称性を与えるBäcklund変換やDarboux変換などを巡る課題は一つの重要な研究テーマである。

そのほか、離散系の可積分性を判定する手法にも興味を持ち、今現在、双有理写像または非線形の編差分方程式が持つ特異点の構造と写像や差分方程式の可積分性との関係も研究している。さらに、空間や時間の刻みの広い範囲で、連続系のダイナミックスを忠実に再現する離散化手法を目的とし、元々可積分系のために開発されてきた離散化手法や超離散化手法の非可積分系への応用にも興味を持っている。

学生への要望

この分野で研究を行うために、基礎的な数学の知識以外には、リー環または複素領域の微分方程式論についての初等的な知識が望ましい。また、理論物理学の基礎知識、例えば古典場理論の初歩などの予備知識を持つことも望ましいと思われるものの、研究しながらそれを身に付けてゆくことも可能である。

氏名： 内田　雅之
分野名：確率・統計
キーワード：統計的漸近理論，確率微分方程式および確率偏微分方程式の統計的推測，
高頻度データ解析

現在の研究概要

確率過程の統計解析，高頻度時系列データ解析，および時空間データ解析を主たる研究対象としています．連続時間確率過程の重要なクラスである確率微分方程式および確率偏微分方程式を用いたランダム現象のモデル化において，係数パラメータが未知である場合，高頻度時系列データや時空間データなどの離散観測データに基づくパラメータ推定が不可欠となります．しかしながら，これらの離散観測データに基づくパラメトリック推測では，一般に尤度関数を陽に導出することが困難であり，標準的な尤度解析をそのまま適用することはできません．そこで本研究室では，尤度関数の代替としてコントラスト関数や疑似尤度関数を構成し，それに基づく推定法や検定法の開発，およびその数学的正当化を行なっています．さらに，モデル選択のための情報量規準の構築や構造方程式モデリングなど，統計モデリング手法の開発とその数学的正当化にも取り組んでいます．
また，大規模数値シミュレーションを通じて提案手法の漸近的性質を検証するとともに，これらの理論的成果を実データ解析へ応用する研究を推進しています．

学生への要望

確率微分方程式および確率偏微分方程式などの確率過程モデルを用いて統計データ解析をするためには，測度論，確率論，および数理統計学の基礎知識が求められます．あるいは入学後にこれらを意欲的に習得することが期待されます．また，高頻度時系列データや時空間データに基づいた理論統計を研究するためには，確率解析の知見に加え，連続時間確率過程に対する統計推測理論の理解が不可欠です．また，提案手法の有効性を検証するための数値シミュレーションにおいて，R 言語や Python などの統計解析ツールを駆使する能力も求められます．
入学後は，個別の相談を経てテキストや学術論文の精読を行います．そして，各自の関心に応じた確率過程モデルを選定し，その統計的推測理論の習得を進めます．さらに，数値シミュレーションを通じて開発した統計解析法を検証し，実データ解析へと応用する一連のプロセスを経て，独創的な研究成果を生み出すことを期待します．

氏名: 小木曽啓示 (Keiji Oguiso)

分野名: 代数幾何

キーワード: 双正則変換, 双有理変換, エントロピー, K3 曲面, 有理多様体, カラビ・ヤウ多様体, 超ケーラー多様体

現在の研究概要: 射影代数多様体-特に, K3 曲面, カラビ・ヤウ多様体, 超ケーラー多様体, 有理多様体, -の自己同型, 双有理自己同型について, 代数幾何学的方法に, 複素力学系からのアイデアも加味して研究している. 最近は正標数への応用にも興味がある.

学生への要望: 数学が好きで意欲があること. 代数に関するある程度の基礎学力があればなおよい.

Name: Keiji Oguiso

Subject: Algebraic Geometry

Key Words: biregular automorphisms, birational automorphisms, topological entropy, K3 surface, Calabi-Yau manifold, hyperkähler manifold, rational manifolds

Current Research Interest: I am studying biregular and birational automorphisms of projective varieties, especially those of K3 surfaces, rational manifolds, Calabi-Yau manifolds and hyperkähler manifolds, from the view of algebraic geometry and complex dynamics of several variables. I am also interested in applications (of idea) in positive characteristic.

Request for Students: I would like to have students who like mathematics and are motivated. It is more apreciated if in addition, they know basics of algebra.

氏名 ： 河澄響矢
分野名 ： 位相幾何、複素幾何・複素解析
キーワード ： リーマン面、ゴールドマン・トゥラエフ双代数、写像類群、タイヒミュラー空間

現在の研究概要: リーマン面の位相幾何学を、(i) ゴールドマン・トゥラエフ双代数、(ii) トレリ群のジョンソン・フィルトレーションの随伴リー代数および (iii) コンツェヴィチの形式的シンプレクティック幾何という３種類の無限次元リー代数を通して研究している。これらの対象は、自由群の（一般）マグナス展開というものによって関係づけられている。久野雄介氏（津田塾大学芸）との共同研究で、境界に端点をもつ曲面上の路のホモトピー類を基底とする自由ベクトル空間が、ゴールドマン・トゥラエフ双代数に関して対合的双加群であることを発見した。これはリーマン面の写像類群の構造解明に幾つかの応用をもっている。他方、調和的マグナス展開というものがタイヒミュラー空間上のある平坦接続を定義している。そのモノドロミーがジョンソン準同型であって、森田・マンフォード類の「もと」である。 この接続を詳しく調べることが研究課題の一つである（が、難しい)。この平坦接続を用いると新しい実数値タイヒミュラー・モジュラー函数を構成できる。これに限らず、マグナス展開と他の数学的対象（ファット・グラフ、結合多面体など）との関係を見いだすことに興味を持っている。

学生への要望: 数学的に最低限の意思疎通を行うために、
０）環上の加群（射影加群、平坦加群など）を含む広い意味での線型代数
１）基本群（被覆空間の分類定理、ファン・カンペンの定理など）
２）特異（コ）ホモロジー（ポアンカレ・レフシェッツ双対定理を含む）
だけは４月の修士課程進学までに必ずマスターしてきて下さい。 これらについては完全に習熟していることを前提にセミナーをはじめます。また、博士課程進学を考えている人はリー代数または群の (Lyndon-)Hochschild-Serre スペクトル系列を修士課程の早い時期に習得してください。研究者を志し生き残りたいのであれば、新しい研究の視点を自分で発見するとか、自発的に別の分野にずれていくとかすることが不可欠です。そのためにも、分野の枠を超えて、 講演、講義、学術雑誌、セミナーなどを積極的に活用しなければなりません。

氏名: 河東泰之 (かわひがしやすゆき)

分野名: 作用素環

キーワード: algebraic quantum field theory, subfactor

現在の研究概要

私の研究分野は作用素環論です．作用素環論は広く言って，Gelfand-Naimark によって始められた C^*-環の理論と，Murray-von Neumann によって始められた von Neumann 環の理論にわかれます．私は，主に von Neumann 環の方を研究しています．

私は最初は von Neumann 環上の群作用の分類を研究していました．その後，1990 年ごろから Jones の subfactor 理論と Ocneanu による発展を研究するようになり，2000 年ごろからは，場の量子論に対する作用素環論的アプローチである，代数的場の量子論，特にそれによる共形場理論の研究をしています．これらはいずれも密接に関連しており，研究テーマの自然な発展としてつながってきたものです．

Subfactor 理論の研究は，組合せ論的・代数的な側面と関数解析的な側面の二つがあり，私は両方とも研究していて，それが現在につながっています．これに関連した 1990 年代の私の研究は，次の私の本にまとめられています．

D. E. Evans & Y. Kawahigashi, “Quantum Symmetries on Operator Algebras”, Oxford Mathematical Monographs, Oxford University Press, 1998.

最近の研究は，数理物理の関係の人たちと，subfactor 理論を代数的場の量子論に応用することが中心です．共形場理論に対するもう一つの数学的理論である，頂点作用素代数の理論との関係についてもさまざまな興味があります．ただし私の研究は数学の立場からのもので，物理学そのものを研究しているわけではありません．また，私の web site

`http://www.ms.u-tokyo.ac.jp/~yasuyuki/`

にも研究，教育に関連した情報があります．

学生への要望

大学院入学前に勉強しておいてほしいことは．

(1) Lebesgue 積分 (極限と積分の順序交換，合成積，関数空間 $L^p(X)$ など)

(2) Fourier 変換 (Riemann-Lebesgue, Plancherel の定理など)

(3) 関数解析 (有界線形作用素の性質，Hahn-Banach の定理，スペクトル分解など)

(4) 作用素環論の初歩 (C^*-環内での functional calculus, Gelfand-Naimark の定理など)

などです．(1) がちゃんとわかっていない人は無理です．(2), (3) がよくわかっていない人もかなり苦しいでしょう．将来博士課程に進学して作用素環論の研究者になりたいと思う人は，(4) あるいはそれ以上まで理解しておくと先の選択肢が広がります．また，作用素環論はほかのいろいろな分野との関連が活発になって来ているので，表現論，確率論，トポロジー，微分幾何学，ホモロジー代数，数理物理学なども勉強しておくと有利でしょう．ただし多くのことを知っているということは研究するための必要条件でも十分条件でもありません．知識が少なくても，やる気と能力があればあとからなんとかすることも十分可能でしょう．それから英語も自由に使いこなせることが大切です．

私のところで研究する内容は広い意味で作用素環論と関係があればよく，私の研究内容と近いものをやる必要はまったくありません．自分が面白いと思うことをやるのが一番です．また積極的に外国に出かけていくことを推奨しています．最近大学のポストへの就職はたいへん厳しくなっていますが，英語で授業ができれば世界でのチャンスが大きく広がります．

数学を愛している人に来てほしいと思います．

氏名： 木田 良才（きだ よしかた）

分野名： 力学系, 作用素環

キーワード： 離散群, 軌道同型, 測度付き亜群, 従順性, 剛性

現在の研究概要：

離散群論, エルゴード理論, 作用素環論の周辺で, 測度空間への群作用を主な対象とする研究を行っている. 中でも群作用に対する軌道同型の問題に興味がある. 二つの群作用が軌道同型であるとは, 作用する空間の間の同型で作用の軌道を保つものが存在するときをいう. 軌道同型の研究は歴史的にはフォンノイマン環の研究に起源をもつ. フォンノイマン環とは, ヒルベルト空間上の有界線型作用素からなる作用素環の一種であり, その重要な例の多くは測度空間への群作用から構成される. そしてそのようなフォンノイマン環は多くの場合, 作用そのものより, 作用の軌道同値関係の性質を反映する. そのため, 軌道同型の研究とフォンノイマン環の研究は互いに影響を及ぼし合う関係にある. 1970 年代, 従順群の作用に対する研究が盛んに行われ, 大きな成果が挙げられた. 近年では非従順群にまつわる研究が著しい.

2010 年頃, 軌道同値関係の研究を通して離散群の興味深い性質を探ることを目的とする, Measured Group Theory という分野名が定着し始めた. その研究手法は様々であり, エルゴード理論, 作用素環論の他, 幾何学的群論, 確率論, 記述集合論などの諸分野と交流がある. 過去の研究では, いくつかの特殊な離散群に対し, その標準確率空間への自由保測作用が「剛性」とよばれる性質をもつことを示した. ここでいう剛性とは, 作用の軌道同型類から作用の同型類が復元されることを意味する. こうした剛性現象の走りは Zimmer (1980) による, 高階数単純リー群の作用に対する剛性定理であり, これは幾何学で有名なモストウ剛性と深く関連する. これまでの研究で扱ってきた群を挙げると, 曲面の写像類群, 剛性をもつ群の融合積, バウムスラッグ・ソリター群などがある.

その他, 中心列とよばれる概念が作用素環論でしばしば重要な役割を果たすことに鑑み, 軌道同値関係における中心列の振る舞いと作用する群の性質 (特に内部従順性) との関連を探る研究を行ってきた.

参考文献：

- 木田良才「エルゴード群論」数学 **70** (2018), 337–356.
- 木田良才『離散群とエルゴード理論』共立出版, 2024.

学生への要望：

自分がやりたい・やるべき課題を見つけましょう. 測度論・関数解析・フーリエ解析の周辺が好きであれば, 私と趣味が合うかもしれません.

氏名: 小林 俊行
分野名: リー群・リー環・表現論 / 微分幾何
キーワード: 表現論, リー群, 分岐則, 局所から大域へ, 等質多様体, 不連続群, 非可換調和解析, 半単純リー群, タイル貼り, 群と対称性，ローレンツ群, 非リーマン幾何, 複素幾何

現在の研究概要: 文献情報は http://www.ms.u-tokyo.ac.jp/ toshi をご覧ください.
(1) 無限次元表現論. 　特に, 対称性の破れを数学的に記述する "分岐則の理論" に関して, スペクトラムの離散性の特徴づけを与え, 本来は純解析的な問題に対して, 代数的なアプローチの道を開いた. これを足がかりとして分岐則の理論の研究を進めている.
(2) 不連続群論. 　特に, リーマン幾何の枠組みを超えた世界で, 局所的に均質な幾何構造をもつ空間が, 大域的にはどのような性質をもつか, という新しい研究分野を開拓している. 離散群の作用, 剛性と変形, コンパクト形の存在問題等が中心テーマである.
(3) 複素多様体への群作用. 複素多様体における可視的作用による, 無重複表現の統一理論.
(4) 極小表現の解析. 根源的なユニタリ表現を追い求めて, "極小表現" を幾何・解析的手法（特に, 擬リーマン幾何, 共形幾何, 特殊関数論）から研究している.
(5) 積分幾何, 非可換調和解析.

学生への要望: リー群とは, 多様体上に定義された群 (例えば, 実数の加法群 $\mathbb{R}$ やトーラス S^1 や行列群 $GL(n,\mathbb{R})$) のことである. リー群やリー環の作用や表現の理論は幾何, 代数, 解析の様々な分野の発展の原動力となり, また逆にこれらの深い部分とつながりながら, 新しい理論が生まれ続けている研究対象である. 私が指導できるリー群のユニタリ表現論や不連続群の分野においても, 多変数函数論, 複素多様体, 関数解析, 微分幾何, 位相幾何, 代数幾何, 組合せ論, 微分方程式, 代数解析や $\mathcal{D}$-加群, 整数論, 離散群, 特殊関数論などが深く関わっている.

これらの分野をすべて学習しようとして多岐茫洋となることは避けるべきであるが, 分野にこだわらないで興味を広くもつことが望まれる. 自分の得意な分野からアプローチすることによって, 現代数学の他の分野からのアプローチを鑑賞し, 新しい問題意識をみつけ, 数学全般について見識を広めようという気持ちをもってほしい.

大学院のセミナーでは, 上記に関連するテーマ, あるいはより広く, 代数, 幾何, 解析の分野にこだわらずリー群 (環), 表現論, 不連続群, 積分幾何に関連する多彩なテーマから, 学生の興味と基礎知識に応じて, 1 つ 2 つに絞って国際的な研究者レベルに到達することを目指す. 入学してセミナーを始める時点で, 学部の講義 (とりわけ多様体の基礎) を深く理解していることが望ましい. 余裕があれば, リー群論やリー環論の標準的な教科書以外に, 学生時代に好きな分野の本を読んでおくことが今後の独自の研究を深め拡げるきっかけになり非常に有用である. 他に好きな分野 (例えば, 微分幾何, 代数幾何, 微分方程式, 複素多様体論など) を既にもっており, 今後リー群の関連分野を研究したい学生も歓迎したい.

自分自身の経験からも, 大学院入学時点で将来の研究テーマを自分自身で予測することは難しいと思います. あまりあせることなく, 十分力を蓄えてから, 学生から研究者への離陸ができればよいと思います. 知識はあるにこしたことはありませんが, 私が重視したいのは, 入学時点での知識の量よりも, 大学院で数学を学習・研究したいという情熱とパワー, そしてゆったりと持続できる集中力です.

小林研の卒業生の修士・博士論文のテーマは多種多様です. これらの情報や小林研の活動全般については http://www.ms.u-tokyo.ac.jp/ toshi/j-index.html をご覧ください.

氏名:權業 善範
分野名:代数幾何
キーワード:極小モデル理論, 標準束の半豊富性, 代数多様体の自己準同型射, 対数的ファノ多様体, 対数的カラビ・ヤウ多様体

現在の研究概要

代数多様体の標準因子に注目した幾何学を研究している．特に高次元代数幾何学で最も重要な予想の一つであるアバンダンス予想と呼ばれるものを研究してきた．しかし未だ未解決である。その他には対数的ファノ多様体および対数的カラビ・ヤウ多様体の様々な特徴付け、有限体上の対数的ファノ多様体の有理点、代数的ファイバー空間に対する正値性定理の応用、代数多様体の自己準同型射にまつわる幾何学、多重標準表現などを研究している．

学生への要望

知識としては,

Robin Hartshorne, Algebraic geometry. Graduate Texts in Mathematics, No. 52. Springer-Verlag, New York-Heidelberg, 1977.

に対応する内容を理解していてほしい．さらに欲を言うと

Arnaud Beauville, Complex algebraic surfaces. Translated from the 1978 French original by R. Barlow, with assistance from N. I. Shepherd-Barron and M. Reid. Second edition. London Mathematical Society Student Texts, 34. Cambridge University Press, Cambridge, 1996.

に対応する内容を理解しているとよりアドバンスドな勉強が大学院で可能であると思う. 代数幾何だからと言って代数だけできればいいわけではなく解析学や微分幾何学の幅広い見識 (視野) を持って欲しい．また逆にそういう代数幾何学とは異なるバックグランウンドを持っている人は研究する上でとても有利なので大歓迎である．個人的には,

D. Huybrechts, Fourier-Mukai transforms in algebraic geometry. Oxford Mathematical Monographs. The Clarendon Press, Oxford University Press, Oxford, 2006.

を一から勉強したいので, 読んでくれる大学院生が来てくれると嬉しい.

J.P. Demailly: Complex analytic and algebraic geometry (http://www-fourier.ujf-grenoble.fr/ demailly/books.html) を読んでくれてもいい.

大学院に来る限りは何か新しいことを見つけなければいけないので、それができない場合は修士号, 博士号の学位をもらえないかもしれないことを肝に銘じて来てほしい. 研究するというのは楽しいばかりでなく精神的な (しばしば体力的にも) タフさが必要である.

氏名：　斎藤　毅

分野名：　数論

キーワード：　数論幾何

現在の研究概要：

　代数体上の代数多様体の，コホモロジー的研究が主な課題である．代数体上定義された代数多様体を研究するには，素数ごとに還元して調べるのが，常套的な方法である．その中でも，とくに，悪い還元をもつような素数は多様体ごとに有限個であり，このような素数でのようすに，多様体の特徴的な性質がよく反映される．そのようすを，エタール・コホモロジーから生じる Galois 表現をつかって調べるのが，専門である．

　ここ数年は特に，高次元のスキーム上のℓ進エタール層の分岐を，研究している．

学生への要望：

　数論幾何は、20 世紀後半になって特に著しく発展し，それを理解するために学ぶべきことは，膨大なものとなってきています．その中で，修士課程 2 年間で，その最先端へ到達し，しかも独自の結果を出すということは，かなり難しいことといえます．しかし，困難が大きければ，それを乗り越えたときの喜びもそれだけ大きく，それは数学を志すものに許された特権ともいえます．

　実際に進学するまでに，まず 3、4 年で学ぶような，群，環，体，加群などについての代数の基礎理論を完全に習得することは，当然必要です．大学院の過去の代数分野の入試問題は、これらの理解を確認するために適度な難しさのはずです。このぐらいのものが確実に解けるような実力を身につけていることを期待します。

　さらに，整数論や代数幾何を，少なくとも p 進体や代数曲線，さらには類体論やスキーム論など，どんどん勉強を進めてください．これらについては，J.-P. Serre “Corps Locaux”，J. Silverman “The arithmetic of elliptic curves”, Q. Liu “Algebraic geometry and arithmetic curves”など，よい参考書があります．大学院進学後，このような基礎理論の習得に時間をとられると，新しい研究論文から学ぶということが，なかなか始められません．そうはいっても、基礎が不確実では，先に進むことはできません．着実に，学習を進めることが大切です．

　エタール・コホモロジーは，現代の数論幾何の基本的な道具です．これを理解するには，たとえば，層のコホモロジー論，ガロワ理論，スキーム論などの素養が不可欠です．大学院でエタール・コホモロジーを学び，それを使って数論幾何を研究したいという人は，まずこれらを習得することが前提です．

氏名：酒井　拓史
分野名：数学基礎論
キーワード：公理的集合論，巨大基数，強制法，無限組み合わせ論

現在の研究概要：

私は数学基礎論の一分野である公理的集合論の研究をしています．数学のほとんどの概念は集合を用いて表すことができ，集合論の公理系 ZFC（ツェルメロ=フレンケルの公理系 ZF および選択公理）は，数学をほぼすべて展開できる包括的な公理系になっています．一方で，連続体仮説をはじめ，無限に関わる様々な数学的命題が ZFC からは証明も反証もできないことが，Cohen の強制法によって明らかになっています．現代の公理的集合論では，ZF および ZFC にどのような公理を追加した公理系で，どのような命題が証明できるかが研究されています．

私は特に，ZFC に巨大基数公理や強制法公理と呼ばれる公理を加えた公理系で，連続体仮説などの基数算術についての命題や，無限組み合わせ論の命題について，どのようなものが証明できるようになるかに興味を持って研究をしています．

学生への要望：

数学基礎論は数学の論理や証明可能性を，数学的な手法によって分析する分野です．まずは学部で学習する数学をしっかり身につけてください．

数学基礎論は公理的集合論・証明論・モデル理論・計算論・非古典論理などの分野に分かれますが，いずれを専攻するにしても，命題論理や述語論理の基本事項や，述語論理の完全性定理，自然数論の不完全性定理は知っておく必要があります．これらは次のような数学基礎論の教科書で学習できます．

H. Enderton, “A Mathematical Introduction to Logic, 2nd edtion”, Academic Press.
D. van Dalen, “Logic and Structure, 5th edition”, Springer.
H. Ebbinghaus et al., “Mathematical Logic, 3rd editon”, Springer.

また，次の文献では数学基礎論の基本事項から各分野の発展的な内容までを総合的に解説されており，数学基礎論の全体像を知るのに良い文献です．

新井敏康「数学基礎論 増補版」東京大学出版会.

数学基礎論には数学の形式化やその表現などで独特の難しい部分があり，独学では行き詰まることがあるかもしれません．数学基礎論を専攻する場合は，なるべく早く専門家に相談することを勧めます．

氏名 ：佐々田 槙子
分野名 ：確率・統計
キーワード：統計力学、流体力学極限、異常拡散

現在の研究内容

確率論を用いて、統計力学に由来する様々な問題の研究を行っています。 統計力学とは、原子・分子レベルのミクロ(微視的)な世界と、我々が日常目にする マクロ(巨視的)な世界の関係性を明らかにする学問です。ミクロな系は、その複雑さゆえになんらかのランダムな性質を持つと考えることで、スケールの異なる二つの世界の関係をうまく説明することができます。そのため、確率論の様々な手法が、統計力学の研究に重要な役割を果たします。特に、大規模な相互作用確率過程で与えられるミクロな系に対し、時空間のスケール極限によって、その系のマクロなパラメータが従う決定論的な偏微分方程式を導出する手法は、非平衡統計力学を基礎付ける重要なもので、流体力学極限と呼ばれています。流体力学極限は、確率過程に対する大数の法則の一種であり、これに付随する中心極限定理や大偏差原理についても研究を行っています。

最近は特に、非勾配型と呼ばれる一般的な系に対する流体力学極限について、幾何的なアプローチで調べています。また、近年盛んに研究されている、確率的な摂動を持つハミルトン系からのエネルギーの異常拡散の導出についても研究を行っています。

微視的な系と巨視的な系の関係を明らかにしたい、という要請は物理学だけでなく、生物学、化学、経済学など様々な分野に共通しており、幅広い応用についても関心を持っています。

学生への要望

測度論と確率論の基礎は必須です。また、確率過程論や統計物理学、偏微分方程式などに関する専門書を興味に応じて読み進めておいてください。

粘り強く考えること、曖昧な理解で先を急がないこと、人とたくさん議論をすること、をしてください。

氏名: 志甫 淳
分野名: 数論
キーワード: クリスタル、p 進コホモロジー、p 進解析幾何

現在の研究概要:
過収束アイソクリスタルとは標数 $p > 0$ の体上の代数多様体上に定義されるある種の p 進微分方程式であり，それは複素数体上の代数多様体上の局所系あるいは可積分接続の p 進的な類似物である．また，過収束アイソクリスタルを係数とするリジッドコホモロジーという概念があり，それは局所系を係数とする特異コホモロジー，可積分接続を係数とするドラムコホモロジーの p 進的な類似物である．私は過収束アイソクリスタルやリジッドコホモロジーの性質について (対数的) 代数幾何，(対数的)p 進解析幾何を用いて調べている．また，種々の p 進コホモロジー (対数的収束コホモロジー，クリスタルコホモロジー，対数的ホッジヴィットコホモロジー) やクリスタルコホモロジーの非可換版であるクリスタル基本群の性質について研究を行ってきた.

学生への要望:
群論、環論、体論の基礎的事項を必ず習得しておいて下さい。また、局所体・代数体の数論、スキーム論、層とコホモロジーなどを勉強しておいて下さい。また，将来，数論幾何学の中のどのような分野で研究をしたいのかということについても考えておいて下さい．目先の勉強と将来の目標の両方を意識することは重要であると思います．数論幾何学は必要な知識の多い分野なので，自分が興味を持ったことを出来る限り勉強しておくことを推奨します.

氏名: 高木 俊輔

分野名: 代数幾何

キーワード: 特異点論，F 特異点，双有理幾何，可換環論，局所コホモロジー

現在の研究概要:

代数多様体の特異点を研究している．特に，Frobenius 射を用いて定義される正標数の特異点である F 特異点と，双有理幾何に現れる特異点との関係を調べている．近年は，巨大 Cohen–Macaulay 代数や超積を用いた手法を F 特異点論に応用する研究にも取り組んでいる．さらに，F 特異点の大域版である Frobenius 分裂や大域的 F 正則性などを通して，Fano 型多様体や Calabi–Yau 型多様体の双有理幾何についても研究している．

また，可換環論の問題に対する代数幾何的アプローチにも関心があり，これまでにイデアルの記号冪の振る舞いや局所コホモロジーの消滅定理などを研究してきた．

学生への要望:

2 年間で修士論文を書き上げるためには，大学院進学前に可換環論・代数幾何の基礎を身につけておく必要があります．具体的には，代数幾何の研究を志す場合には，Robin Hartshorne "Algebraic Geometry" (GTM 52, Springer-Verlag) の第 1 章から第 3 章程度に相当する内容[*1]を，より可換環論的な研究を志す場合には，Hideyuki Matsumura "Commutative Ring Theory" (Cambridge University Press)[*2]の第 1 章から第 9 章程度に相当する内容を習得しておくことが望まれます．また，後者の場合でも，代数幾何の基本的な知識を身につけておくことを勧めます．

もちろん，勉強すべきことはこのほかにもたくさんあります．ただし，上に挙げたような基礎が十分でないと，修士課程のうちに最先端の研究に到達することは難しくなります．まずは基礎をしっかり固めたうえで，着実に勉強を進めてください．

また，研究を進めるうえでは，問題を見つける力と，一つの問題をじっくり考え続ける力が重要です．研究者を目指すのであれば，修士論文で取り組む問題は，できるだけ自分で見つけるように努めてください．

[*1] Hartshorne にこだわる必要はありません．スキーム論の初歩と層係数コホモロジーの使い方を身につけてください．例えば，宮西正宜著『代数幾何学』（裳華房）の第 2 章を読んだ後，Hartshorne の第 3 章を読むのもよいと思います．

[*2] この本は松村英之著『可換環論』（共立出版）の Miles Reid による英訳ですが，英訳の際に誤植が修正されているので，こちらを読むことを勧めます．

氏名: 高津　飛鳥（たかつ　あすか）

分野名: 微分幾何

キーワード: 幾何解析，最適輸送理論，凸性.

現在の研究概要:

空間の幾何，とくに曲がり具合を解析することに興味があります．空間としては，リーマン多様体やその一般化である距離と測度を備えた空間を対象にすることが多いです．手法としては，物質を最小エネルギーで運ぶ方法を考える最適輸送理論を主に用いています.

このことをもう少し掘り下げて説明します．:

距離と測度を備えた空間上の半径が等しい 2 つの円板を考えます．そして一方の円板の上に物質を一様において，その物質を他方に最小の運動エネルギーで輸送することを考えます．もし円板の半径が限りなく小さければ，物質の輸送はほとんど点から点の移動になり，運動エネルギーが最小である輸送は最短線に沿ってなされます．そして円板を点の集まりだと思うと，運動エネルギーが最小である輸送はやはり最短線に沿ったものになります．例えば，空間がユークリッド空間である場合は，円板から円板への平行移動が最小エネルギーでの輸送になり，円板の形を保ったままの輸送になります．一方，空間が曲がっている場合は，輸送の途中に現れる形は変わってしまい，その違いは**リッチ曲率**とよばれる曲率の下限で評価することができます．この評価は *Brunn–Minkowski* **不等式**とよばれる不等式によるもので，不等式は体積を関数とみなしたときの凸性を表しています.

また，空間上の熱流の挙動を解析すると，収縮率とリッチ曲率の下限が一致します．このことは**相対エントロピー**とよばれる確率測度のなす空間上の汎関数の凸性と関係しています.

これらのことは 21 世紀に示されたことですが，最適輸送理論そのものは 18 世紀終わりに提唱されたという古い歴史を持ち，近年は幾何解析だけではなく機械学習にも広く応用されるようになりました．そこで分野に拘りすぎることなく，面白いことを研究していきたいと考えています.

学生への要望:

基礎知識は多ければ多いほどよいと思いますが，全てを知ることは難しいと思います．そこで分からないことを分からないと正直にいえる勇気と，分からないことを理解したいというやる気を持つことが望ましいです.

氏名： 高山茂晴
分野名： 複素解析・複素幾何, 代数幾何
キーワード： 複素代数多様体, Kähler 多様体, 標準束, 代数多様体の極小モデル理論, 小平型消滅定理, L^2-評価式, $\overline{\partial}$-方程式

現在の研究概要：
複素代数多様体を複素幾何的な方法により研究している。特に「標準束の複素幾何学」というテーマで研究を行っている。複素多様体の標準束とは $K_X = \wedge^n T_X^*$（T_X^* は X の正則接束の双対）のことである。複素多様体の「幾何」を調べようとするときに、その上に存在している解析的対象（正則関数、有理型関数、微分形式など）の特徴を調べることで理解する、という研究の仕方がある。さらにその解析的対象の代表格として標準束の巾 $K_X^{\otimes m}$ の正則切断を用いることがしばしばある。これが標準束の標準たる所以である。標語的には「標準束はすべてを語る」と言える。この考えの究極の一例が代数多様体の極小モデル理論である。標準束の巾の切断を構成するときにも、$\overline{\partial}$-方程式（コーシー・リーマン方程式）の可解性や、正則関数の L^2 拡張定理などの解析的手法を用いる。他方、ケーラー・アインシュタイン計量に代表される標準ケーラー計量の幾何学も、モンジュ-アンペール方程式に代表される非線形偏微分方程式の可解性に帰着される。標準ケーラー計量の存在は、代数多様体の安定性、モジュライ理論と密接に関係している（ヤウ-ティヤン-ドナルドソン予想)。代数幾何におけるスキーム論のような空間の特異点も自由に扱える代数的枠組みは、通常の解析や幾何の手の届かない部分を理解する上で不可欠である。このように代数、幾何、解析は分かち難い関係にある。（複素解析自体の研究はしていない。）

学生への要望：
環論の基礎、多様体論、一変数関数論はすでに習得しているものとして、それを基礎として代数幾何、微分幾何、多変数関数論などに興味を持ち (まずはどれか一つでも) 勉強してほしい。代数、幾何、解析が交差する研究分野に興味のある学生を歓迎する。関係する本として次のものが挙げられる。太字のものは当該分野の代表的な入門書の一つ。

代数幾何:

Hartshorne: Algebraic geometry, Springer GTM 52, 和訳あり.
Lazarsfeld: Positivity in algebraic geometry I, II, Springer.

複素幾何:

小平邦彦: 複素多様体論.
小林昭七: 複素幾何 1, 2, 岩波.
Huybrechts: Complex Geometry, Springer.
Wells: Differential analysis on complex manifolds, Springer GTM 65.
Demailly: Analytic methods in algebraic geometry, International Press.
Griffiths-Harris: Principles of algebraic geometry.

多変数関数論:

Hörmander: Complex analysis in several variables, 和訳あり.
大沢健夫: 多変数複素解析, 岩波.
中野茂男: 多変数函数論 – 微分幾何学的アプローチ–, 朝倉書店.

氏名： 辻　雄
分野名： 数論
キーワード： p 進 Hodge 理論

現在の研究概要

Hodge 理論の p 進体上の代数多様体における類似である p 進 Hodge 理論を研究している．ド・ラム・コホモロジー，微分形式といった解析的，代数的対象と p 進エタール・コホモロジー，p 進エタール層といった位相的，数論的対象の関係を調べることがこの理論の主題である．最近は，semi-stable reduction をもつ代数多様体の log crystalline cohomology の数論的 D 加群の観点からの研究や，Faltings の crystalline 層の理論の p 進 perverse 層への一般化の研究などを行っている．
最近は研究していないが, p 進ガロア表現の基礎理論や log 代数幾何にも興味を持っている．

学生への要望

群，環，体に関する基本的なこと，類体論（特に局所類体論），代数幾何学の基礎理論（スキーム論，層とそのコホモロジーなど）について理解していることが望ましい．

氏名: 葉廣和夫（はびろかずお）

分野名: 位相幾何学

キーワード: 3 次元多様体、量子不変量、有限型不変量、量子群、Hopf 代数、ホモロジー代数

現在の研究概要:

私は 3 次元トポロジーにおける代数的構造に興味を持って研究をしてきました。主な研究内容は、絡み目や 3 次元多様体の手術同値関係、量子不変量、有限型不変量、枠つき絡み目の Kirby calculus、量子群の圏化などです。これらの多くは量子トポロジーと呼ばれる分野での研究です。3 次元トポロジーの圏論的構造や Hopf 代数的構造を通した理解がこれらの研究の一つの軸となっていると思います。より最近は、群や代数のホモロジーやより一般のホモロジー代数などを含めた代数的トポロジーにも興味を持っています。量子トポロジーと代数トポロジーのつながりについても考えていきたいと思います。

学生への要望

大学院入学までに少なくとも線形代数、代数系（群、環、体、加群、圏と関手の基本的事項)、位相空間の特異ホモロジー、多様体を勉強しておいてください。他に、低次元トポロジー（曲面、3 次元多様体、結び目)、代数トポロジー、対称群・一般線形群などの表現論、Hopf 代数（量子群を含む)、圏論のより進んだ事項（テンソル圏、高次元の圏を含む）などから、自身の興味に応じて勉強しておくとよいと思います。

氏名：平地健吾

分野名：複素幾何・複素解析

キーワード：共形幾何、CR 幾何、多変数関数論、不変式論

現在の研究概要

分野名を聞かれると多変数複素解析と答えますが、キーワードの示すように、今の研究は微分幾何と偏微分方程式と表現論の交わりに位置します。

多変数の正則関数の理論は一変数と異なり、領域の形に大きく依存します。境界を超えて解析接続できない正則関数が存在するような領域を正則領域といい、その幾何的な特徴付け（擬凸性）が岡潔先生によって得られました。その後、擬凸領域の境界の幾何学 (Cauchy-Riemann 幾何) の微分幾何と偏微分方程式を用いた研究が盛んに行われています。私は正則関数の特異性の解析への応用を目標として、CR 幾何の微分幾何的なアプローチから研究を始めました。その後、境界の不変量の構成のためにアインシュタイン方程式の解の漸近解析を用いるようになりました。CR 幾何だけでは道具がたりないため，少し前から共形幾何も含めた放物型幾何という視点から研究を進めています。アインシュタイン方程式の解とそこに働く群の表現論の結果を組み合わせることにより不変量の記述の見通しがよくなってきています。

複素領域の境界という一つの対象の研究に様々な理論が結びついてくるので常に勉強する課題がたまってきます。

学生への要望

院試に合格できる学力があれば、幾何、解析、代数の何れかの方向から勉強を始めることができます。自信の持てる分野を一つ作っておきましょう。どのアプローチも標準的な教科書からは外れるものなので論文を勉強することになります。具体的にとのような道具を使うかは Fefferman による講義録

M. Beals, C. Fefferman and R. Grossman, Strictly pseudoconvex domains in $\mathbf{C}^n$, Bulletin Amer. Math. Soc. **8** (1983), 125–322

を眺めてみれば分かります（これはかなり難しいので読めなくても心配ありません）。

氏名

ベズ　ニール

分野名

関数解析・実解析

キーワード

フーリエ制限予想, 掛谷予想, 幾何学的不等式

現在の研究概要

現代のユークリッド調和解析の中心にあるのは, フーリエ制限予想があります. この予想は、1960年代後半にElias Stein氏の重要な洞察から生まれたものです. 大まかに言えば, 特定の零集合 $S \subset \mathbb{R}^n$ $(n \geq 2)$ と指数 p に対して $f \in L^p(\mathbb{R}^n)$ のフーリエ変換を S に制限することに意味を与えることができるというものです.

フーリエ制限予想は, 数学の様々な分野と深いつながりがあります. 例えば, 幾何学的測度論における掛谷予想との関連が挙げられます. $K \subset \mathbb{R}^n$ が掛谷集合であるとは, あらゆる方向の単位線分を含むものです. 奇妙なことに, 1920年にAbram Besicovitch氏はルベーグ測度が0の掛谷集合が構成できることを示しました. この驚くべき現象にもかかわらず, 掛谷集合はある意味で「大きい」はずです. 掛谷予想は, $\mathbb{R}^n$ の任意の掛谷集合のフラクタル次元が n に一致する (つまり、 可能な限り大きい) という主張です. 注目すべきことに, フーリエ制限予想が正しい場合, 掛谷予想も必ず正しいことが知られています.

両方の予想の多重線形バージョンが定式化されており, 特にBennett–Carbery–Taoの論文 (Acta Math. 2006) はこの研究分野に大きな影響を与えています. 多重線形掛谷不等式はBrascamp–Lieb (BL)不等式のある種の「摂動」として解釈することができます. BL不等式は、Youngの畳み込み不等式やLoomis–Whitney不等式の一般化と見なすことができる, 広範な影響力を持つ幾何学的不等式です. フーリエ制限予想・掛谷予想の最近の進展に重要な役割を果たすことに加えて, 凸幾何学, 情報理論, 最適化理論, 理論計算機科学など, 他の多分野と豊富なつながりがあります.

これまでの研究では, 主に上記の内容とある意味で繋がりのあるテーマを扱ってきました. 最近は, その中でもBL不等式に関連する様々な問題に強い興味を持ち, 取り組んでいます.

学生への要望

関数解析, 測度論, フーリエ解析などの科目を楽しみ, かつ十分に習熟された方なら, 私の研究に関連する問題にもスムーズに取り組むことができるでしょう.

氏名：本多 正平（ほんだ しょうへい）

分野名：微分幾何

キーワード：グロモフ・ハウスドルフ収束，測度距離空間，多様体の収束，リッチ曲率

現在の研究概要：リーマン多様体のグロモフ・ハウスドルフ極限と呼ばれる空間を調べています．その研究はリーマン多様体の収束・崩壊理論とも呼ばれ，多様体の社会学と呼ぶ方もいます．粗くいってしまいますと，まず多様体を点だと思って，その点の極めて弱い位相での動きを調べる分野です．この理論のよくある宣伝として，ポアンカレ予想の解決や，ケーラー・アインシュタイン計量の存在問題の解決がその応用としてあることが紹介されます．しかしそれだけではなく，確率論や代数幾何や複素幾何など，他の分野との深い交わりが近年どんどん見えてきていて，いろんな数学者と（数学的な）コンタクトが取れるようになってきた分野です．

もう少し数学的に掘り下げた説明をしたいと思います．適当なリーマン多様体列のグロモフ・ハウスドルフ極限を X と書くことにします．これは単に距離空間です．そのリーマン多様体列に何も仮定を課さないと，X としてなんでもありすぎな距離空間がでてきてしまいますので，通常は曲率のコントロールを仮定します．私の場合はリッチ曲率を適当にコントロールします．アインシュタイン多様体ならもちろん OK です．そのような状況だとして，この X をどのように調べるのでしょうか．現在あるアプローチは，X に極限測度と呼ばれる測度を入れて幾何学的測度論を展開するものです．このアプローチは成功しています．例えば，良い点と呼ばれるものが X にどれくらいあるのか，という自然な問いを考えてみます．その答えは，稠密に良い点である，となるのですが，これはその極限測度を使って良い点全体が正測度を持つことを示して達成されます．なお，その測度を使わずに，より弱く，正則点が一つでも存在することの(純粋に幾何的な)証明はあってもよいはずですが，それは見つかっていません．これは解析的道具を使って幾何的な結果を導く手法の強さを表している一例ですが，そのような手法を使う分野を Geometric Analysis(幾何解析)といい，世界的に大きな一分野をなしています．本研究テーマもそれに入ります．

次に，X に曲率が定義できるか，という自然な問いを考えてみます．この問いは強い意味では答えはノーですが，弱い意味ではイエスとなります．この弱い意味での答えを実現する際に，最適輸送理論との強い関係が見えて，多様体の極限だけではない，もっと一般の測度距離空間のリッチ曲率の理論がここ 20 年くらいで爆発的に進展しました．

私は上で紹介したテーマの概ね全てに取り組んでいます．特にそのモジュライを(族の)関数解析的な手法で調べています．そのもうすこし踏み込んだ説明は，例えば東大数理のビデオアーカイブで私の講演が公開されておりますのでご覧になっていただけますと幸いです．また朝倉書店から「多様体の収束」という本が出版されましたので，もっともっと詳しい内容にご興味を持たれた方はそちらもご覧になっていただけましたら幸いです．

学生への要望：数学への情熱と真摯さを両方持つこと．

氏名： 増田 弘毅

分野名： 確率・統計

キーワード： 統計推測，レヴィ過程，個体群動態の統計モデリング

現在の研究概要

研究の主対象はレヴィ過程およびレヴィ過程駆動型モデルの統計学です．レヴィ過程とは，ポアソン空間もしくはウィーナー・ポアソン空間上に実現される連続時間ランダムウォークです．その多様な非正規性をうまく扱えるよう，理論と実用・計算のバランスがとれた統計手法の構築に取り組んでいます．

より具体的な研究対象としては，純粋非正規レヴィ過程モデルの漸近推測における最適現象の解明，正規型および非正規型の擬似尤度解析とそれらの相補的な特性，正則化（スパース・非スパース）推定への拡張，モデル評価指標（情報量規準など）の構成，擬似最尤法のロバスト化，隠れマルコフ過程モデルへの展開，ジャンプ付き拡散過程の指数的エルゴード性やレヴィ過程駆動型モデルの擬似生成などが挙げられます．これらの内容は相互に関連しつつ，ダイナミックな現象の確率統計学という体系の発展・展開へ寄与しています．

最近では確率過程の統計解析ソフトウェア開発プロジェクトに参画している他，特に確率過程モデリングの生命科学・医療分野への応用に興味をもっており，関連して，個体群動態の統計推測の基礎研究にも取り組んでいます．

学生への要望

測度論的確率論，数理統計学・統計的漸近理論など，統計モデルを数学的に記述し扱うための基礎がベースとなるため，それらの学修経験をもっていることが望ましいです．セミナーでは，相談の上で文献（テキストまたは論文）を選び読んでいくことになります．以下のような視点を念頭に置いておくとよいでしょう．

- 確率統計学は，確率分布の概念に基づいて，さまざまな理論的最適性や，客観的かつ定量的なモデル診断方法を創る基盤となる．
- モデルの数学的（確率）構造を適切に把握することで，統計手法のメカニズムのみならず，得手不得手や限界を理解することができる．

現代の確率統計学はきわめて多岐にわたります．修士論文の研究テーマについては，上述の研究概要の内容に限定はしていません．統計手法の数理・メカニズムを深く理解しようとする貪欲な姿勢をもって，興味の対象を探索しましょう．

■氏名　松井　宏樹

■分野名　作用素環・力学系

■キーワード　C^* 環・K 理論・極小力学系・亜群

■現在の研究概要　作用素環論は大きく、Gelfand-Naimark によって始められた C^* 環の理論と Murray-von Neumann によって始められた von Neumann 環の理論に分かれます。私は主に C^* 環のほうを研究しています。

私の研究テーマの一つは C^* 環の K 理論です。C^* 環は K 群という不変量を持ち（空間に対するコホモロジーに対応するようなもの）、重要な C^* 環のクラスに対してしばしば K 群が完全不変量となってくれます。そのようなクラスの C^* 環を研究することは C^* 環の分類理論と呼ばれます。具体的に与えられた C^* 環の K 群を計算する、K 群によって分類可能なクラスに属しているかどうかを調べる、C^* 環の対称性を K 理論によって研究するなど、色々な方向性が考えられます。

もう一つの研究テーマはコンパクト空間上の極小力学系です。極小とは非自明な不変閉部分集合を持たないことを言います。極小力学系からは性質の良い C^* 環を構成することができます。そうやって得られた C^* 環の性質を調べる、元の力学系を軌道同型で分類する、力学系が持つ（コ）ホモロジーと K 理論との関係を調べる、力学系から生じる位相充足群という離散群の様々な性質を調べるなど、色々な方向性が考えられます。こういった研究を組織的に実行するための枠組みとして、亜群という概念を用いることが特徴です。

参考文献：

- 泉正己, C^* 環の分類理論, 数学, 57 巻 3 号（2005 年）, 282–301
  `https://www.jstage.jst.go.jp/article/sugaku1947/57/3/57_3_282/_article/-char/ja/`
- Hiroki Matui, Topological full groups of étale groupoids, Operator algebras and applications–the Abel Symposium 2015, 203–230.
  `https://arxiv.org/abs/1602.00383`

■学生への要望　ルベーグ積分（極限と積分の順序交換・ルベーグ空間 $L^p(X)$ など）やフーリエ解析（Riemann-Lebesgue の定理・Plancherel の定理など）については、よく理解していることが望まれます。関数解析の基礎（有界線形作用素・Hahn-Banach の定理・共役空間・スペクトル理論など）についても、大学院入学前までにできるだけ身に付けておいて欲しいところです。意欲のある人は、作用素環論の基礎（Gelfand-Naimark の定理・functional calculus・GNS 表現など）も勉強しておくと良いでしょう。

氏　　名：宮本　安人
分 野 名：微分方程式
キーワード：偏微分方程式，楕円型・放物型方程式，解の定性的理論，分岐理論

現在の研究概要：

私は，偏微分方程式の中でも楕円型と放物型と呼ばれる非線形偏微分方程式を研究対象としています．楕円型・放物型方程式とは拡散現象やその定常状態を記述する方程式で，熱や化学物質の拡散，生物の形態形成，人口動態学，感染症モデル，または，雪や結晶など原子分子のさまざまな振る舞いを研究する場面で登場します．一方，自然現象や社会現象を離れて純粋数学的な興味や，数学の他分野（主に微分幾何学）からの要請で研究対象とされる方程式も多数存在します．そのような方程式を関数解析的手法と各方程式固有の方法を駆使して詳細な情報を得ることに興味があります.

研究対象は偏微分方程式ですが，手法としては偏微分方程式の手法だけではなく常微分方程式の方法も含みます.

今までに扱ったテーマは次の通りです：

（１）優臨界の増大度を持つ楕円型偏微分方程式の球対称解の構造（分岐図式）
（２）優臨界楕円型方程式の特異解の性質
（３）一般的な非線形楕円型偏微分方程式の解構造
（４）さまざまなモデル方程式の解構造と解の安定性に関する研究
（５）ノイマン第２固有関数の形状と線形・非線形ホットスポット予想
（６）多次元領域における活性化因子・抑制因子系の安定定常解の形状
（７）放物型方程式の可解性，特に解が存在するための最適な可積分条件
（８）放物型方程式（系）のグローバルアトラクターの定性的性質
（９）楕円関数を用いた楕円型偏微分方程式の解の詳細な研究
（１０）エネルギー構造を持つ劣臨界楕円型方程式の変分法による研究
（１１）特異非線形項を持つ方程式（MEMS 方程式）の球対称解の構造
（１２）２つの球対称解の交点数

学生への要望：

必要な予備知識としては，常微分方程式の基礎理論，関数解析（バナッハ空間，ヒルベルト空間，コンパクト作用素の一般論，ソボレフの埋め込み定理）などです．非線形解析の基礎（フレッシェ微分，不動点定理，陰関数定理）を身につけていることが強く推奨されますが，知らなくても修士１年の夏学期までには終わらせて，具体的な問題に適用できるなど自由に使いこなせることが望ましいです.

何の成果も出ない期間が長かったとしても，新しい領域の開拓に果敢に挑戦し続ける気概が重要です．本に書いてあることや人に聞いたことなどを鵜呑みにせずに，自分で（時間の許す限り）確認する習慣が，やがて大きな力となるでしょう.

氏名：　　　足助 太郎

分野名：　　位相幾何、力学系

キーワード：葉層構造、幾何構造、特性類

現在の研究概要

横断的に複素解析的な複素構造や、それに関連する事柄を中心に研究している。複素構造などの幾何学的構造を横断的に持つ葉層構造は、葉層構造としてのみならず、幾何学的構造を持つ多様体上の力学系との関連においても興味深いものである。現在のところ注目しているのは主に二次特性類や極小集合である。これらは葉層構造の分類空間の性質や、葉層構造の変型などに深く関連する重要な対象である。また、横断的に複素解析的な葉層構造は、複素多様体の自己同相群の研究などに用いることができるが、いろいろな意味でこの方面の研究は未だ途上であるため、これらについても研究を行っている。

学生への要望

大学院に進学すると、通常は二年間で修士論文を書き上げなくてはなりません。論文を書くためには、何かについて研究し、何らかの発見をする必要があります。このことは肝に銘じておいて下さい。

研究にあたって大切なことの一つは、興味が湧く対象を見つけることです。単に講義に出席するだけではそのようなことはなかなか見つかりません。いろいろな本や論文を読んだり、大学内外で行われている様々なセミナーに参加したり、あるいは友人や、教員をはじめとする他の研究者と話をするのがよいでしょう。研究の最先端にあるようなことを最初から理解できる必要はありません。しかし、そのようなことを理解するための努力は惜しまないで下さい。

また、研究にあたっては、あまり興味が湧かないようなことも学ぶ必要がしばしば生じます。これらのことを学ぶ時間は大学院に進学してからはそれほどふんだんには取れません。基本的な事柄については大学院に進学する前から分け隔て無く学んでおいて下さい。得はしないかもしれませんが、損をすることはまずありません。

氏名：池　祐一（いけ　ゆういち）

分野名：位相幾何・微分幾何・応用数理

キーワード：超局所層理論・シンプレクティック幾何学・位相的データ解析・パーシステントホモロジー

現在の研究概要：超局所層理論を幾何学に応用する研究を行っています．超局所層理論は1980年代に柏原とSchapiraにより開発された，多様体上の層の方向別の特異性を考えて，それらを余接束上で解析する理論です（ノート置き場も参照してください）．この理論は，線形偏微分方程式や特異点論に有効に用いられてきましたが，2000年代中頃からシンプレクティック幾何学にも使えることがわかってきました．また，2010年代からは超局所層理論とパーシステントホモロジーとの関係も調べられるようになってきました．

上記のような流れの中で，私は超局所層理論とパーシステントホモロジーとの関係を調べる中で培われた技術を用いて，シンプレクティック幾何学にアプローチするという研究を行っています．特に，パーシステントホモロジーの間の距離であるインターリービング距離という概念の層理論版を，シンプレクティック幾何学におけるエネルギーと関連付けて，それを応用するということに興味を持ってやってきました．最近は，層理論的なアプローチで特異性を持つ対象のシンプレクティック幾何学を発展させることができたら面白いと思って研究しています．

その他に，パーシステントホモロジーや幾何学的手法をデータ解析や機械学習に応用するという研究も行っています．特に，損失関数にパーシステントホモロジー由来の項を加えて最適化することで，トポロジー的に学習をコントロールするという手法に興味を持って調べています．

学生への要望：

1. 大学院入学までに幾何学の基礎的な事項（多様体・ベクトル束・微分形式・コホモロジーなど）に習熟していることが望ましいです．大学院では勉強をする時間が学部生のようには取れないこともあるので，それ以外の事項についても広く学んでおくとよいと思います．
2. 自分が本当に面白いと思える研究課題を見つけ出してほしいと思っています．それは指導教員の研究と合致する必要はまったくありません．実際，指導教員と非常に近い分野を選んだとしても助言ができるのはごくわずかな部分です．むしろ，教員に教えてやろうという気持ちで臨んでほしいと思います．
3. 広い視点を持って勉強・研究をするようにしてみてください．また，専門が異なる人にも上手く伝わるような説明の仕方を身に着けるようにしてください．このような能力は，将来どのような道を歩むにせよ役立つはずです．

氏名:　今井　直毅
分野名:　数論
キーワード:　Galois 表現，簡約代数群の表現，モジュライ空間

現在の研究概要：
数論的な対象のモジュライ空間と，その Galois 表現や簡約代数群の表現への応用に興味を持っている．具体的には，有限平坦群スキームのモジュライ空間，アーベル多様体のモジュライ空間やその一般化である志村多様体，p 可除群の変形空間である Rapoport–Zink 空間やその一般化である局所志村多様体について，Langlands 対応の視点から研究を行ってきた．また，幾何学的 Langlands 対応の手法にも興味を持っており，その視点から，Fargues–Fontaine 曲線上の G 束のモジュライ空間や Langlands パラメータのモジュライ空間についても研究を行っている．

学生への要望：
数学において，自分がわかっていることと，わかっていないことを，きちんと区別できるようになっておいてください．以下に，数学の内容に関する要望を書きますが，これらは一つの目安であり，それが満たされないと大学院で研究ができないというわけではありません．より基本的なことが着実に身についていることのほうが大切です．
　類体論，代数幾何の基礎，スキームのエタールコホモロジーの理論について理解していることが望ましいです．また，表現論は数論において重要な道具となっています．必要に応じて勉強していくことになると思いますが，有限群の表現論の基礎程度は勉強しておいてください．さらに，興味に応じて，アーベル多様体，p 進 Galois 表現の理論，p 進代数群の表現論，リジッド幾何等についても勉強を進めておいてください．

氏名：岩木耕平
分野：微分方程式
キーワード：完全 WKB 解析, Painlevé 方程式, 位相的漸化式

現在の研究概要：

Planck 定数のような小さなパラメータを含む特異摂動型の微分方程式を完全 WKB 解析を用いて研究している．これは元々量子力学の近似計算に用いられていた WKB (Wentzel-Kramers-Brillouin) 法に, 発散級数の総和法である Borel 総和法や resurgence 理論を組み合わせた手法である．この理論は, 2 階線形微分方程式の解の大域構造 (モノドロミー, Stokes 現象, 接続公式) を, その微分方程式の古典極限として定まる代数曲線上のある周期積分の無限和 (Voros 係数) により記述することを可能とする．Voros 係数に起こる Stokes 現象はクラスター変換として理解されるなど, 微分方程式の解析の中に様々な代数的・幾何学的構造が顔を出すという多様性が完全 WKB 解析のひとつの魅力である．

これまでは完全 WKB 解析に基礎を置き, 重要なクラスの非線型微分方程式である Painlevé 方程式の解の性質の解明や, 数理物理に由来する位相的漸化式と微分方程式論との関係性などに関する研究を行ってきた．今後はこれらの研究対象の Stokes 構造, resurgence 構造の研究や, より深い数理物理学への応用などにも取り組むつもりである．また, 例えば高階の線形微分方程式に対する完全 WKB 解析の基礎理論の確立や, (q-) 差分方程式への拡張なども課題として残されており, 完全 WKB 解析は様々な方向に発展の可能性を秘めた分野である．

学生への要望：

複素函数論, 複素領域の微分方程式論・特殊関数論の知識を習得していることが望ましいが, 後者に関しては学部の講義でカバーされないことが多いので研究しながら身につければ良い．完全 WKB 解析は様々な分野と関わっているので, 必要に応じて様々な知識を吸収することができる柔軟性があるとなおよい．専門知識も大切だが, 泥くさい計算を諦めずに行える腕力と精神力, 恐れずに他人に質問して知識を蓄積しようという向上心, 自分の理解を適切に言葉にして表現できるコミュニケーション能力, などの自分の底力を磨くことも必要である．常に自分に何が足りていないのかを考え, それを補うための努力を怠らないことが, 数学のみならずあらゆる面において重要である．

氏名：植田　一石（うえだ　かずし）

分野名：微分幾何

キーワード：代数幾何学、シンプレクティック幾何学、数理物理学、超弦理論

現在の研究概要：その歴史を通して、力学は常に幾何学と共にあった。実際、Newton 力学は Euclid 幾何学、解析力学はシンプレクティック幾何学、一般相対論は擬 Riemann 幾何学、そしてゲージ理論は主束の接続の幾何学と分かち難く結び付いている。

20 世紀に入り、世界を根底で支配する法則として量子力学が古典力学に取って代わったが、これに対応する「量子幾何学」は未だ揺籃期にある。超弦理論はこの世の全てが 10^{-35}m の弦で出来ていると信じる宗教であり、来たるべき量子幾何学の世界を垣間見せる窓である。

超弦理論の第 2 革命によって、超弦理論には弦だけでなく、ブレーンと呼ばれる様々な次元の拡がった対象が含まれている事が分かった。弦やブレーンの力学から最も基本的な (あるいは粗い) 情報のみを取り出すのが位相的弦理論である。超弦理論そのものの数学的定式化は未だ人類の手の届く遥か彼方にあるが、位相的弦理論についてはそのかなりの部分を数学として厳密に取り扱うことが出来る。Witten を始めとする弦の理論家たちは、正当化の難しい直観的な議論を駆使することによって、様々な驚くべき予想を生み出し、数学に大きな衝撃を与えた。

Yau による Calabi 予想の解決に因んで、Ricci 曲率が零の Kähler 多様体は Calabi-Yau 多様体と呼ばれている。この Calabi-Yau 多様体に対して、超弦理論に由来する一連の予想があり、ミラー対称性と呼ばれている。その中で最強のものが Kontsevich によるホモロジー的ミラー対称性であり、ある Calabi-Yau 多様体の連接層の導来圏が別の Calabi-Yau 多様体の深谷圏の導来圏と同値であることを主張する。これはブレーンが点粒子とは全く異なるやり方で時空を見ている事を示唆し、幾何学に対する見方を根底から変革することを我々に迫っている。

このホモロジー的ミラー対称性を中心に、ダイマー模型と呼ばれる組合せ論的な対象の研究や、完全可積分系の研究を行っている。また、それに加えて非可換代数代数幾何学とその応用の研究、K3 曲面のモジュライ空間のコンパクト化や、周期写像として得られる超幾何級数、それに周期写像の逆関数としての保型形式の研究も行っている。研究についての日本語の解説が

http://www.ms.u-tokyo.ac.jp/˜kazushi/proceedings-j.html

にも幾つかあるので、そちらも参照されたい。

学生への要望：微分積分学や線形代数学、多様体論の初歩などのように、必要最低限の知識というものはあるが、「◯◯を◯年生までに読んだ」(◯◯には例えば Peskin-Schroeder や Hartshorne などが入る) のような事は必ずしも必要ではない。むしろ、代数や幾何、解析といった分野に拘らず、必要に応じて幅広い知識を貪欲に吸収する姿勢が求められる。研究分野が近ければ近いほど適切な助言を与え易くなるが、それ以外の方向に進む事も歓迎する。研究者を志すなら、教員から教わるのではなく、むしろ教員に教えるのだという気概を持って欲しい。また、2013 年に書いた文章が

http://www.ms.u-tokyo.ac.jp/ kazushi/misc/gsguide2013.pdf

にあるので、そちらも参照されたい。

氏名: 大島 芳樹

分野名: リー群・リー環・表現論

キーワード: 半単純リー群，ユニタリ表現，分岐則，等質空間，調和解析

現在の研究概要: リー群やリー環の表現を研究しています．特にこれまでは

・半単純リー群のユニタリ表現の部分群への制限についての D 加群による実現を用いた研究

・軌道の方法とよばれるリー環の余随伴軌道とリー群のユニタリ表現との対応を利用した表現の誘導や制限についての研究

を行ってきました．また最近は Kähler 多様体の崩壊とモジュライ空間のコンパクト化に関する研究も行っています.

学生への要望: 線型代数，学部で標準的に習う群・環と加群，多様体の基礎の理解は必要です．リー群やリー環の表現論の基礎についても余裕があれば学習しておくとよいでしょう．表現論は他の様々の分野と関連しています．表現論以外にも好きな分野があればそれを生かして進むことができると思います.

氏名 : 岡田　いず海
分野名 : 確率・統計
キーワード : 単純ランダムウォーク、ブラウン運動、交差、局所時間

現在の研究内容:
私は現在、確率論に関連する様々な問題の研究を行っています。最近特に活発に取り組んでいるのは、ランダムウォークの交差や局所時間に関する問題です。

ランダムウォークの交差とは、シンプルな例で言うと、整数格子上で独立に動く2つのランダムウォークが交差する事象を指します。この問題には、調和解析と深い関係があり、背後にとても美しい理論が存在します。

また、ランダムウォークの交差に関連する確率モデル(例えば、ループ除去ランダムウォークや自己回避ウォーク)も非常に興味深い対象です。2000年以降、Schramm-Loewner Evolution 理論という重要なブレークスルーがあり、2次元の交差に関する問題について多くが解決されましたが、未解決の問題も残っています。さらに、この理論は3次元以上には適用できないため、依然として重要な課題が多く残されています。

研究のイメージが湧きにくいかもしれませんので、シンプルな問題設定を考えてみましょう。これまで皆さんは確率論の授業で、大数の法則や中心極限定理といった極限定理を学んできたと思います。基本的には、独立同分布の確率変数の和を前提としていましたが、この仮定を外した場合、さまざまな確率過程に対して極限定理が成立するかどうかが、確率論の研究における一つのテーマとなっています。

例えば、ランダムウォークの時刻 n までの軌跡の大きさ(volume)を考えると、これは独立同分布の確率変数の和ではないため、極限定理の成立が非自明です。実際、この成立は次元に依存しており、ランダムウォークのような確率過程が次元に応じて相転移を起こす点が非常に興味深いです。

学生への要望:
学部レベルの確率論・測度論の理解は必須です。完璧でなくても問題ありませんので、今後のセミナーを通じて、徐々に復習していきましょう。セミナーでの輪読時には、急いで先に進む必要はありません。文脈をしっかりと理解し、補完することを心掛けてください。セミナーで間違えることは決して恥ずかしいことではなく、むしろ学びの一環です。積極的に議論に参加し、自分の考えを述べることを大いに歓迎します。自由な発想で研究に取り組むことが大切です。

また、特に博士課程を目指す方々には、自分の研究テーマに固執するのではなく、広い視野を持ってほしいと思います。例えば、オンラインで世界中の講演を視聴することができますし、国内外の研究者との積極的な交流も大いに有益です。近年、確率論は世界中で注目を集めており、さまざまな新たな問題が提起されています。どのような問題に人々が関心を持っているのかを知ることは、非常に重要です。

氏名：柏原崇人
分野名：微分方程式，応用数理
キーワード：数値解析，有限要素法，Navier–Stokes 方程式，境界条件

現在の研究概要：

現代の科学技術において，コンピュータを用いた数値シミュレーションは不可欠なツールの 1 つですが，その数学的な正当化に興味を持って研究を行っています．数値シミュレーションでは数理モデルの厳密な解を直接求めることは不可能に近いため，元の数式をコンピュータで計算可能な形式に変形する操作（近似や離散化など）が必要になります．そのようにして得られる近似解が厳密解に「本当に近い」ことを証明し，近似や離散化の操作の正しさを保証することが目標です．また，数理モデルによっては，近似解以前にそもそも厳密解についてよくわかっていない場合もあり，そのときは厳密解の存在と一意性を確立する数学解析も行います．

これまでは，偏微分方程式，特に流体の基礎方程式である Navier–Stokes 方程式の境界値問題を主な研究対象として，有限要素法にもとづいた数値解法の誤差評価を証明することに取り組んできました．それらの研究の発展に加えて，

- 地球流体力学に現れる偏微分方程式の導出法の数学的正当化
- 様々な摩擦現象の数理モデル化とその数学解析・数値解析
- 形状最適化問題で利用される数値計算技術の数学的正当化
- 有限要素法以外の数値解法に対する汎用的な誤差評価手法の開発

といった挑戦的なテーマに取り組むことを目論んでいます．

学生への要望：

数値シミュレーションを行う現場では，数学的正当化のことを気にする余裕がないまま，数値計算技術の方が先行して発展するといった場面は決して少なくありません．そのようなギャップを埋めることに興味をもち，数学理論と数値シミュレーションという異なる 2 つの視点を駆使して研究を進める意欲を持った学生を歓迎します．

予備知識としては，学部 2 年生までの微分積分・線形代数と，関数解析の基礎，微分方程式の基礎は身につけていることを望みます．また，数値解析とは直接の関係がなくてもよいので，数学（あるいは他の科目）の一つの分野について深く掘り下げて学んだ経験があるとよいです．

氏名：加藤晃史

分野名：応用数理

キーワード：数理物理学

現在の研究概要

場の量子論や弦理論において「量子化」が本質的に利いてくるようなさまざまな性質，特に双対性やユニバーサリティーに興味を持っています．最近は双対性の理解が進み，一見異なると思われていた理論が有機的につながっていることが発見つつあります．双対性予想は数学的にも非常に深いもの多く，また一般相対性理論と場の量子論の統合という理論物理の長年の夢にも弦双対性が手がかりを与えてくれると思われます．私は現在以下のことに特に関心を持っています．

- 双対性の低次元トポロジーや表現論・組み合わせ論との関係．
- 繰り込みと量子化．その代数的・幾何学的・圏論的な意味．
- ゲージ理論/重力理論 (あるいは open/closed string) の双対性の微視的理解．

学生への要望

(0) 好奇心・探求心　研究は講義を聴くのとは全く違います．受け身では何も始まりません．大学院に入学後，どのようなことになら寝食を忘れて熱中できるか，追究したいテーマや研究方法について，できるだけ具体的に思い描いてください．大学院における指導教員とは，そのような君たちの研究を手助けするアドバイザーに過ぎません．

(1) 数学的素養　数学の知識がある程度必要なのは勿論ですが，特定の数学の分野に拘泥せず，「使えるものは何でも使ってやろう」という度量の広さと貪欲さが必要です．数理物理の分野では，以下のことは早めに勉強しておくと読める文献が増えて楽しいでしょう．

- 有限群ならびにリー群の表現論の基礎
- トポロジーや微分幾何の基本概念

(2) 物理的素養　数学だけを勉強してきた人が大学院に入っていきなり数理物理の研究を行うのは難しいだろうし，物理出身の私としてもアドバイスしづらいです．解析力学・量子力学・統計力学に関する最低限の知識は独学でもいいから身につけていてもらいたいし，場の量子論についてもある程度のイメージを持っていることが望ましいです．定評のある教科書を幾つかあげておきます．

- 戸田・久保・齋藤・橋爪, 統計物理学 (岩波講座現代物理学の基礎)
- G. Parisi, *Statistical Field theory*
- L. D. Landau and E. M. Lifshitz, *Mechanics*
- V. I. Arnold, *Mathematical Methods in Classical Mechanics*
- C. Itzykson and J.-B. Zuber *Quantum field theory*
- M. E. Peskin and D. V. Schroeder, *An Introduction To Quantum Field Theory*

(3) その他　当研究科では合格発表後に個別に面談して指導教員が決まりますが，私は自分が受け入れるかも知れない人にはそのつもりで面接試験に臨みたいので，可能性がある場合はアンケートにキーワードを書くとともに面接でその旨をはっきりと伝えて下さい．また，敢えて大学院という険しい道を選ぶわけですから，何かに感動したり熱中した経験がきっとあるはずです．面接試験ではそのことをぜひ熱く語ってください．数理物理学はここ 30 年ほどで急速に発展したので，新たに参入する人は勉強すべきことが多くて大変かも知れません．しかし，今後の発展も期待できるので，自ら意欲的に勉強・研究する人なら挑戦し甲斐がある分野だと思います．知識も大事ですが，むしろ，研究テーマに対する好奇心・探求心，(他大学も含めた) セミナー・集中講義・自主ゼミ等に参加する積極性や行動力，自分が理解しているか否かを厳然と区別する力，泥臭い計算でもめげずにやり遂げる根性，などのほうがもっと大切です．

氏名：河上 龍郎

分野名：代数幾何

キーワード：Frobenius 射，Cartier 作用素，特異点，消滅定理

現在の研究概要：
正標数の代数多様体を対象に，Frobenius 射および Cartier 作用素を用いた局所的ならびに大域的な観点からの研究を行っている．
局所的な側面では，Cartier 作用素を用いて特異点の性質を解析するとともに，標数 0 における高次 Du Bois 特異点や高次 rational 特異点に対応する正標数の特異点の新たなクラスを導入する試みも行っている．また，Steenbrink 型消滅定理をはじめとする相対的な消滅定理の成立条件やその応用にも関心を持って取り組んでいる．
大域的な側面では，正標数における Akizuki–Nakano 消滅定理，Bogomolov–Sommese 消滅定理，Bott 消滅定理など，さまざまな消滅定理に関する研究を進めている．特に，それらの応用として，正標数の代数多様体の標数 0 への持ち上げ可能性にも関心を持っている．

学生への要望：
修士課程の段階で最先端の研究に取り組めるようにするためにも，大学院入学前にスキーム論の基礎を身につけておくことを強く推奨します．具体的には，R. Hartshorne の『Algebraic Geometry』第 2 章および第 3 章に相当する内容が目安となります．
余裕があれば，代数曲面論（たとえば L. Bădescu の『Algebraic Surfaces』）や高次元代数多様体論の基礎（R. Lazarsfeld の『Positivity in Algebraic Geometry I, II』など）にも触れておくと、今後の学習に大いに役立ちます．ただし，これらは大学院入学後に取り組んでも遅くはありません．まずは，基本的なスキーム論をしっかりと理解することを重視してください．
数学の学習や研究は，一見すると孤独な作業に思われがちですが，実際には大学内の仲間や研究室のメンバー，海外の研究者，指導教員など，多くの人とのコミュニケーションの中で進めていくものだと考えています．数学の研究を通して，周りと共に成長していける方を歓迎します．

氏名: 毛塚 由佳子 (Yukako Kezuka)
分野名: 数論
キーワード: 数論, 岩澤理論, 楕円曲線, L 関数, ガロア表現, Birch and Swinnerton-Dyer 予想

現在の研究概要

数論, 特に楕円曲線やアーベル多様体の算術に関連する諸問題を研究しています. 具体的には, 岩澤理論などの手法を用いて, Birch and Swinnerton-Dyer 予想 (BSD 予想) などに代表される, L 関数の特殊値と, Selmer 群や Tate–Shafarevich 群が記述する算術的性質との関係を調べています.

代数体の単数群（楕円単数など）や局所単数の構造, Euler 系, および p 進ガロア表現の解析を通じて, 数論的対象の背後にある深い構造を代数的・解析的な両側面から紐解くことを研究の主題としています.

学生への要望

数論は, 現代数学の中でも非常に歴史が長く, 習得すべき基礎知識が多岐にわたります. 修士課程の限られた時間の中で最先端の研究に触れるためには, 着実な準備が必要です.

群・環・体, および加群の基礎理論に加えて, ガロア理論については無限次ガロア拡大や, 数論的対象から生じるガロア表現を扱える習熟度が期待されます.

また, J. H. Silverman の "The Arithmetic of Elliptic Curves" などを通じて, 具体的な楕円曲線の計算や理論に慣れる必要があります. さらに, 類体論（特に局所類体論）の基礎に加え, Galois コホモロジーについても並行して学習を進めておいてください. これらは, 楕円曲線の Selmer 群や岩澤理論を深く理解するために不可欠な道具です.

もちろん, 最初からこれらすべてを完全に理解している必要はありませんが, 基礎を大切にしながら, 興味のあることを積極的に学ぶ姿勢を期待しています.

「研究分野と教員の紹介」
名前：ケリー・シェーン

研究分野：数論, 代数幾何

キーワード：モチビック・コホモロジー；モチビック・ホモトピー論;；K理論；代数的サイクル；モジュラー表現論；微分形式；分岐；導来幾何

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。

学生への要望: Robin Hartshorne “Algebraic Geometry” (GTM 52, Springer-Verlag) の 2-3 章程度に相当する内容を習得しておくことが必要です。私はホモトピー代数を多用した問題に取り組むことが多いので、∞-圏、三角圏、dg-圏などを楽しめることが重要だと思う。

また、私はパーシステントホモロジーや楕円曲線暗号にも興味があり、研究のキャリアを続けるつもりのない学生のために、こうした分野の修士論文を喜んで指導したいと思っている。

氏名: 小池 祐太

分野名: 確率・統計

キーワード: 統計的漸近理論, 極限定理, 確率解析, 高頻度データ, 計量ファイナンス, 高次元データ

現在の研究概要: (1) 金融高頻度データ解析, (2) 確率過程に対する統計推測, および (3) 高次元データにおける極限定理の 3 つが現在の主な研究テーマです (最近は特に (3) のテーマに関する取り組みが多いです). この 3 つの研究テーマは独立しているのではなく互いに深く関わっています. 特に, 私の主たる応用上の興味は (1) であり, そこでの応用上の必要性から現れた数学的問題, およびそこから派生した問題が (2) や (3) における研究テーマとなる, という形で研究を進めています. その意味では, (1) から派生して (2) や (3) から外れた数学的問題も今後興味の対象になるかもしれません. 実際, 私は元々は (2) が主要な研究分野でしたが, (1) のテーマで現れたある問題を解く必要性に駆られたのが (3) のテーマに取り組むようになったきっかけでした. さらにいうと, (2) や (3) から派生した数学的問題も興味の対象であり, 現在はむしろこちらのテーマに関する研究が多いです.

学生への要望: 数学的な面では, 測度論と確率論の基礎 (特に条件付き期待値やマルチンゲール) については習得していることが望ましいです. また, 関数解析や確率解析 (セミマルチンゲール理論や Malliavin 解析) の知識は, 研究を進めていく上であると便利です.

私の研究分野は統計学であり, その研究対象は現実の問題と深く関連しており, 開発した統計手法を実際のデータに適用して結果を解釈するといった作業も, 研究を進める上で必要となってきます. そのため, 適用対象となる現実の問題の背景知識が必要となってくるため, そのような数学以外の分野への興味を持つことが大切です. 興味ある分野についての背景知識があるとなお良いです. 私の現在の研究対象は主にファイナンス分野に関連しているのですが, 統計が必要となる分野は多岐にわたるため, ファイナンスに限らず数学以外の他分野への興味を持っていると良いです.

また, 統計モデルが複雑になるに従って, 統計手法の数学的正当性を正確に担保することは困難になることが多いため, 通常はデータ数が無限にあるという仮想的な状況を考え, 極限定理によって統計手法の漸近的な正当性を示します. そのため, そのような統計手法が有限個のデータに対して理論通りに機能する保証は厳密には無いため, 数値実験によって有限個のデータにおける統計手法のパフォーマンス評価をする必要が生じます. その際に統計手法をコンピュータープログラムとして実装する必要があるため, そのためのプログラミングの知識があると便利です.

氏名：今野 北斗（こんの ほくと）

分野名：幾何学

キーワード：4 次元多様体，ゲージ理論，微分同相群

現在の研究概要：ゲージ理論の展開およびそのトポロジー・微分幾何学への応用を行っています．4 次元は多様体の分類理論の中で特異的な次元ですが，（物理学のゲージ理論由来の）ある非線形偏微分方程式を 4 次元多様体上で考えると，舞台となった 4 次元多様体のトポロジー・幾何学の興味深い情報を引き出せることが知られています．私の研究の中心は，ゲージ理論を 4 次元多様体の族に対して展開する「族のゲージ理論」の基礎を確立し，様々な幾何学的問題に応用することです．とりわけ重要な応用の対象は 4 次元多様体の微分同相群です．この位相群を，主に他の次元との比較，位相的カテゴリーと可微分カテゴリーとの比較の観点から調べています．私のホームページで，これらの研究の背景をもう少し詳しく説明しています (`https://www.ms.u-tokyo.ac.jp/~konno/index.html`).

ゲージ理論や 4 次元多様体に関連するその他の諸課題も研究中です．隣接する次元である 3 次元多様体の Floer 理論も使います．これまでに行ってきた研究の一部を挙げると，エキゾチックな 4 次元多様体の研究，4 次元多様体内のエキゾチックな余次元 1, 2 の部分多様体および埋め込みの研究，4 次元多様体への群作用の研究，4 次元多様体の正スカラー曲率計量の存在問題や正スカラー曲率計量のなす空間の研究，3 次元多様体内の結び目とそれが 4 次元多様体内で張る曲面の研究などです．

学生への要望：

1. 自らが心から面白いと思える研究課題を見いだして欲しいと思います．そのような課題を見いだし，解決するためにも，主体的であることと，他者と多くの議論をすることを推奨します．
2. 特定の分野で専門性を高めることと幅を拡げることは研究の両輪で，どちらも重要です．私のおすすめは，まずは自分が世界で一番詳しい領域をひとつ作って，それを足がかりに興味を拡げていくことです．
3. 私の見てきた範囲では，これこれでなければ研究者として上手くいかないとか，これこれであれば上手くいくというタイプの主張には，大抵反例がありました．研究者を志す場合，最終的には自分なりのやり方を見つけるしかないのだと思います．様々な視点や価値観を持つ人と接した経験はその上で有効です．積極的に国外を訪れ，多くの人と交流することを推奨します．

氏名： 坂井 秀隆
分野名： 微分方程式
キーワード： 特殊函数，可積分系，差分方程式

現在の研究概要

楕円函数や超幾何函数は，19 世紀の数学を牽引する存在でした．函数論はもちろんのこと，楕円曲線から代数幾何学が発展し，またリーマン面の研究から位相幾何学へとつながる道筋があり，整数論にも楕円函数や超幾何函数から受け取ったものがたくさんあります．

安直に思われるかもしれませんが，Painlevé 方程式を満たす函数から次の世代の特殊函数論を構築しようというのが，わたしの興味です．Painlevé 方程式というのは，非線型非自励な常微分方程式です．2012 年にウクライナのグループが解の表示式を与えました．この表示式は，2 次元共形場理論や 4 次元ゲージ理論などにも関わり，注目されています．

わたし自身は，有理曲面論を使って Painlevé 方程式の理論を整理したのですが，結果として，離散 Painlevé 方程式まで地続きの世界が浮かび上がってきました．さらに，線型微分方程式の変形理論から高次元への Painlevé 方程式の拡張を考察しました．そこから，共同研究者と共に，相空間が 4 次元の方程式系を 40 種類に分類しました．

たくさんの方程式系やその解函数が現れますが，それぞれ特徴を持っていて，さながら博物学のような面白さがあります．

学生への要望

学習のためのガイドということであれば，以下のような科目は，この分野の研究に関係があります．

勉強しておけば必ず役に立つもの：複素函数，複素領域の微分方程式．

研究の方向，アイデアによっては有効なもの：代数幾何，代数解析や無限次元 Lie 代数の表現論など．

氏名: 逆井卓也

分野名: 位相幾何

キーワード: 写像類群, 自由群の自己同型群, 特性類, 3 次元多様体, リーマン面, グラフホモロジー, ホモロジー同境.

現在の研究概要:

曲面の写像類群とは, 曲面の自己微分同相のアイソトピー類のなす群として定義され, 位相幾何や微分幾何のみならず, 代数, 函数論, 数理物理など数学の様々な場面に現れる基本的かつ重要な対象となっている. また, 写像類群は自由群の (外部) 自己同型群とも深い関連を持ち, その類似点や相違点に注目つつ盛んに研究が進められている. これらの群を中心に据え, 位相幾何の立場から次のような研究を行っている:

1. 写像類群やその部分群のコホモロジーは曲面束の特性類としての役割を持っており, リーマン面のモジュライ空間の位相とも密接に関連している. また, 自由群の (外部) 自己同型群に対しては計量グラフのモジュライ空間と呼ばれる空間があり, 同様の理論が展開されている. これらの群の構造やモジュライ空間の位相的性質を理解し, それを通じてコホモロジー環の構造を種々の表現論を用いて解明することを目指している. 最近はとくに, それらの対象と密接に関連した, ある無限次元リー代数やグラフホモロジーの構造を, 理論的考察と計算機実験の両方の側面から調べている.

2. 写像類群やそれを拡大した曲面のホモロジー同境群の群構造は 3 次元多様体を系統的に分類するためのひとつの手段を与える. 曲面のホモロジー同境群の構造については, 未だ明らかになっていないことが多く, その解明を進めていく一方で, 判明した部分と 3 次元多様体の基本群に由来する非可換代数の性質を利用して, 結び目や 3 次元多様体の新しい不変量の構成を行っている.

学生への要望:

位相幾何の研究を行うにあたって, 多様体論とホモロジー論を欠かすことはできません. それらを理解するのに必要な, 代数や位相空間の知識も含まれます. ホモトピー群や特性類, 表現論の基本的知識もあると円滑に研究 (学習) 内容の選定ができると思います.

数学に限らず, 科学全般において「人に伝える力」,「人の話を聞く力」は不可欠です. それらを身につけるよう日頃から心がけ, セミナーや研究集会などを通じて, 情報の積極的な収集と丁寧な発信を行うようにして下さい.

氏名： 下村 明洋

分野名： 関数解析・実解析，微分方程式

キーワード： 解析学，関数解析，フーリエ解析，偏微分方程式

現在の研究概要：

関数解析や実解析等を用いた発展方程式論や関数方程式論の分野に関心があります．例えば，古典場の時間発展に関連する偏微分方程式の解の時間発展の研究を行なった事があります．その古典場に対応する量子場の時間発展にも関心があります．ヒルベルト空間上の自己共役作用素のスペクトル理論を用いて，偏微分作用素のスペクトルに関する研究を行った事もあります．

学生への要望とアドバイス：

大学院では，自分自身で学習・研究計画を考えて，情報収集等も含めて興味深い研究課題を模索し，解決しようという能動的な姿勢が大切だと思います．ただ，これは「ひとりよがり」という事とは違います．また，学習・研究内容について他の人に日本語で（言葉で）正確に説明や対話する能力を養う事も重要です．ルベーグ積分論，フーリエ解析，関数解析，スペクトル理論，実解析の基礎等を理解している事が望まれます．これまでに，私を指導教員として修士課程を修了した人は複数名いますが，博士課程を修了した人はいません．健康には気を付けて下さい．

氏名:白石潤一
分野名:応用数理
キーワード:量子可積分系・対称多項式・W 代数・可解格子模型
現在の研究概要
対称多項式とはいくつかの変数 $x_1, x_2, ..., x_n$ の多項式であって、変数の入れ換え (n 次対称群 S_n の作用) に関して不変となるもののことである。n 次代数方程式の根と方程式の係数に関して現れる基本対称多項式はその代表例である。Schur 対称多項式や Hall-Littlewood 対称多項式等は群の指標と密接な関係を持っている。Macdonald は、それらを特殊ケースとして含むような 2 つのパラメータ q と t を持つ対称多項式 $P_\lambda(x;q,t)$ を導入した。

2 つのパラメータ q と t、及び楕円曲線を指定するためのパラメータ p を固定する。楕円曲線の上の関数に適当な条件 (q,t に依存する) を付与して可換環を構成することができる (Feigin-Odesskii 代数)。楕円曲線が退化する場合 ($p=0$ の場合) この代数と対称多項式の成す環は同型となり、その同型写像による像が Macdonald 対称多項式となるような Feigin-Odesskii 代数の元はある種の部分空間達 (Gordon filtration) の交差 (1 次元) によって特徴づけることができる。楕円曲線が退化しない場合を考えて、Macdonald 対称多項式の p 類似が得られないだろうか？

Macdonald 対称多項式は、Ding-Iohara 代数や、変形 W 代数と呼ばれるある種の量子群の表現論において (少なくとも)3 通りの全く異なる現れ方をする。このような対応は、今の所、変形 W 代数の singular vector の構造、Ding-Iohara 代数の Hopf 代数としての構造、Feigin-Odesskii 代数の構造、等から来ているように見える。
学生への要望
量子群と対称多項式等について学習することとなる。

Christian Kassel, Quantum Groups, Springer GTM 155

I.G. Macdonald, Symmetric Functions and Hall Polynomials, Oxford

氏名 : 関口 英子

分野名 : リー群・リー環・表現論

キーワード : ペンローズ変換, 非可換調和解析, 半単純リー群

現在の研究概要 :
リー群のユニタリ表現論を用いて大域解析の研究を行っています. リー群の表現論には大きく分けて表現そのものを研究対象とする立場と, 表現の幾何的 (或いは, 代数的, $\cdots$) 実現を用いて他分野との結び付きに重点をおいて研究する立場とがあります. 私は後者の立場の中で, その特別な場合として, 複素等質多様体上のペンローズ変換に伴う偏微分方程式系の大域解を半単純リー群の無限次元表現を用いて研究しています.

学生への要望 :
リー群論 · 表現論は数学の多くの分野と深く関わっていますが, あまり焦って知識を得ようとするよりは学部3, 4年生で習う基礎的なことをじっくりと身につけることが大事ではないかと思います. 必要なことは後になってからでも学べるわけですから.
もし余裕があれば,

小林俊行-大島利雄著 「リー群と表現論」 岩波書店 (2005)

を時間をかけてじっくりと読むことを薦めます. リー群やリー環, 及び, その表現論における基礎事項から類書にはない重要な話題まで解説されているだけでなく, 数学の多方面の抽象的な事項が実際にはどのように使われるかについてもわかりやすく解説されています. さらに, 既に知られていることを勉強するというだけでなく, 新しいものを生み出すヒントがちりばめられている名著です.

氏　　名：髙田　了
分 野 名：微分方程式，関数解析・実解析
キーワード：非線形偏微分方程式，Navier-Stokes 方程式，Euler 方程式

現在の研究概要：

私の専門分野は解析学における関数方程式論です．特に，流体力学に現れる非線形偏微分方程式の数学解析を行っています．流体の織り成す様々な流れの様相やそのメカニズムを，偏微分方程式の数学解析の観点から解明することを研究目標としています．研究では，Euler 方程式，Navier-Stokes 方程式，Boussinesq 方程式等を対象として，その初期値問題の適切性や解の安定性・漸近挙動などを，調和解析学や関数解析学の手法を用いて解析します．近年では，大規模流体において回転と安定成層が有する分散性と異方性の数学解析に興味をもって研究しています．現在までに行ってきた主な研究テーマは次の通りです：

(1) 非圧縮性 Euler 方程式の時間局所適切性と解の正則性
(2) 回転流体方程式の分散性，適切性，回転速度を無限大とする特異極限問題
(3) 成層流体方程式の分散性，適切性，浮力周波数を無限大とする特異極限問題

また，上記の研究に関連した関数不等式（Besov 空間における交換子評価，重み付き高階 Gagliardo-Nirenberg 不等式等）に関する研究も行ってきました．最近は上記研究テーマの他，磁気流体力学方程式の適切性や，回転流体方程式における時間大域解の長時間挙動に関する研究も行っています．

学生への要望：

学部で学ぶ内容として，Lebesgue 積分論，Fourier 解析学，関数解析学，Schwartz 超関数について理解しておくことを推奨します．本や論文を丁寧に読み，論理を追うだけでなく，具体的な計算も厭わないことが重要だと考えます．

流体力学に現れる非線形偏微分方程式の数学解析は，他の非線形偏微分方程式と同様に，様々な研究テーマがあります．微分方程式の型も，背景にある物理現象によって大きく異なり，各問題に対する解析手法は多岐に渡ります．自分の研究テーマだけではなく，幅広く興味をもつことが良いと思います．

氏名 ： 長谷川立

分野名 ： 計算機科学

キーワード ：型理論, プログラミング言語

現在の研究概要

理論計算機科学, 特に, プログラミング言語論を研究している. 現在は, 型理論に興味をもっている.

型理論は, 関数型プログラミング言語の研究から派生したものである. 計算機は, プログラミング言語を伴って初めて, 道具として使えるものになるわけであるが, そのためのプログラミング言語をどう設計すべきかを研究するのが, われわれの分野の大きなテーマである.

また, 型理論が発展してきた理由として, 他の数学の分野との密接な結びつきが明らかになってきたことが挙げられる. 特に, 証明論との同等性を示しているカリー・ハワードの原理や, カテゴリ論との同等性は基本的である. これによって, 数学的な技術が計算機科学に応用できるようになったばかりでなく, 旧来の数学を, 計算機科学の視点から見直すことができるようになった.

学生への要望

計算機科学は応用科学であるから, 多様な人材を必要としている. 実際に機械を作るところから, 理論的なところまで, 各人の才能を発揮できる可能性は広い. 私が指導できるのは, 理論的な部分であるが, 自分の興味あるものを深く追及しておくことは, 将来かならず役に立つであろう.

(1) 数学科の学生に

理論計算機科学の要点は形式化にある. 計算機は, 完全に形式的に記述されたものを, 忠実に実行するだけだからである. 代数的な手法や, 数理論理学は広く用いられるので, これらのいずれかに習熟していることは有用であろう. また, 実際にプログラミングを行なってみることを勧める. 計算機科学に必要な感覚を養うのに有効である.

(2) それ以外の学科の学生に

プログラミングの技術をマスターしておくことは, 強い武器となる. 思いついたことを計算機の上に実装して, 実験することは応用科学としての計算機科学の基本的な手順である. しかし, アイデアを実装できる形にするまでには, 形式化を行なう処理が必要である. 研究としてするからには, ここの処理を理論的に正確に行なわなければならない. このため, 基本的な数学に必要とされる, 記号処理能力や抽象化の能力を持つことは不可欠である.

氏名：林　修平
分野名：力学系
キーワード：双曲性、ホモクリニック分岐、エルゴード理論

現在の研究概要

多様体上の力学系としての微分可能な同相写像やベクトル場の空間において、一般的(generic) に存在する典型的な現象、および、その現象が生成するメカニズムを解明したい。楽観的には、力学系研究のゴールは一般的に存在する基本的な性質を用いてほとんどすべてのダイナミクス（軌道のふるまい）を理解することである。現在の研究分野は、Smale を中心に６０年代に発達した双曲理論の延長線上にあり、良く理解できる双曲性（＝安定性）が力学系の空間において稠密でないことから、非双曲性の領域の理解に向け、いわゆる Palis 予想（双曲性またはホモクリニック分岐を示す力学系は稠密に存在する）があり、非双曲性の領域にも双曲性の持つ良い性質に近いものを見出そうという観点で、Palis によるアトラクタの有限性に関する予想や Pugh と Shub による安定エルゴード性予想などがある。その他にもフローに関して非双曲性の領域に属するローレンツ・アトラクタを含む概念として提起された特異双曲性に関する研究がある。これらの、双曲性を超えて非双曲性へ理解を押し広げようとする一連の研究に興味を持っている。

学生への要望

力学系という分野の特徴として、さまざまな分野に力学系的な問題が存在するため、ひとくちに力学系研究といってもその研究対象は多岐にわたります。上の研究概要で述べた方向は、エルゴード理論や力学系理論固有の知識を身につければ比較的早く自分の研究に入れる研究対象です。（もちろんこれは比較的早く論文が書けるという意味ではありません。）この方向の文献としては次のようなものがあり、これらの本に興味を持てる学生が望ましいでしょう。
Bonatti, Diaz & Viana, Dynamics Beyond Uniform Hyperbolicity (Springer)
は最近の状況を知るには最適の本であり、未解決問題も数多く載せられています。すでに定評のある教科書としては、
Palis & de Melo, Geometric Theory of Dynamical Systems (Springer)
Shub, Global Stability of Dynamical Systems (Springer)
Mañé, Ergodic Theory of Differentiable Dynamics (Springer)
Robinson, Dynamical Systems, Stability, Symbolic Dynamics, and Chaos (CRC)
があり、これらの本の基本事項は修士１年目に習得しておくことが望ましいでしょう。
さらに力学系理論の広がりを展望する参考書として、次の本を挙げておきます。
Katok & Hasselblatt, Introduction to the Modern Theory of Dynamical Systems (Cambridge)

氏名　　　：松井 千尋（まつい ちひろ）
分野名　　：応用数理
キーワード：数理物理，統計力学，量子可積分系

現在の研究概要

ミクロな世界を記述する理論である量子力学は，時間反転対称性をもっています．しかし私たちの身の回りでは，「コーヒーが冷める」現象に代表されるように，一度起きた変化は元に戻りません．「なぜミクロでは可逆なのに，マクロでは不可逆なのか？」この根本的な問いに答えることが，本研究の目的です．

この問題を理解するためには多自由度の時間発展偏微分方程式を解く必要がありますが，一般にそれは非常に困難です．しかしながら，一部の時間発展偏微分方程式は，その自由度の多さにも関わらず厳密に解けることが知られています．そうした特殊な場合の背後にある数理構造は何か？その数理構造によってもたらされる物理は何か？を明らかにすることを目指しています．

学生への要望

ある数学者は、数式で現象を説明できると「それで？」と感じ，数学の問題が解けると「世界が完結した！」と感じるそうです．一方で物理学者は，数学の問題が解けると「それで？」と感じ，数式で現象を説明できると「世界を理解した！」と感じるそうです．交わることのないように見えるこの世界の，ちょうど稜線を興味の対象にするのが数理物理学です．

「数理物理学って何だか面白そう！」と感じる人を歓迎します．

氏名　　　**松尾　厚**
分野名　　**群論・環論・組合せ論，リー群・リー環・表現論**

キーワード　頂点代数，リー代数，有限単純群，非結合的代数，
共形場理論，量子可積分系

現在の研究概要　私の研究室では，さまざまな数学的構造の持つ対称性について研究しています。具体的には，頂点代数と呼ばれる無限次元の代数系に関する研究を中心として，有限群やリー代数の理論と関連する種々の話題を取り扱っており，弦理論や共形場理論などの物理学の理論とも密接に関係しています。

現代では，数学の研究は多くの分野にまたがって行われることが多く，私の研究内容も例外ではありません。比較的近い分野名として「群論・環論・組合せ論」「リー群・リー環・表現論」を挙げましたが,「微分幾何」「位相幾何」「複素解析・複素幾何」「微分方程式」「応用数理」とも関係があります。私がこれまでに携わった研究テーマのいくつかを下に掲げます。おおよそ上のものほど新しいテーマです。

- 単純リー代数に関連する普遍公式の研究
- 三互換群の作用する頂点作用素代数の分類
- 頂点作用素代数の普遍展開環の研究
- 高い対称性を持つ頂点作用素代数の研究
- 頂点作用素代数の自己同型群とモンスター単純群の研究
- 頂点代数の公理系の研究
- アフィン量子群の表現に附随した q 差分方程式系の研究
- Weyl 群の対称性を持つ可積分接続の研究
- Knizhnik-Zamolodchikov 方程式と一般化された超幾何関数の研究

学生への要望　数学の研究とは，端的に言えば，新しい定理を見出して証明することです。予備知識をたくさん持っていることは，研究に取り組む上で大いに役に立つ反面，未知の定理の存在を見逃す要因ともなり得ます。数学の研究を行う上で大切なのは，些細なことでも納得するまで追求しようとする姿勢と，それを支える想像力・読解力・思考力・計算力そして体力です。

私の研究室に進学するにあたり，理学部数学科3年までに学ぶ内容を超える予備知識を要求することはありませんが，以下の内容は特に関連が深く，いずれかを予備知識として持っていれば，それを発展させる方向で研究に入っていくことができます。

半単純 Lie 代数，符号・格子，鏡映群とルート系，有限単純群，リーマン面，
モジュラー形式，テンソル圏とホップ代数，量子力学

学生の研究分野は指導教員の研究分野と同じである必要はありませんが，参考までに，過去に私の研究室に所属した学生や研究員の研究内容を掲げます。

- 双曲格子　・斜交 Hall-Littlewood 多項式　・軸代数の分類
- モジュラー微分方程式　・古典W代数の幾何学的実現　・頂点作用素代数の種数
- 頂点代数の自己同型群　・例外的W代数の構成　・三角圏とテンソル圏
- 枠付頂点作用素代数　・モンスター単純群の局所2部分群の構成
- ムーンシャイン加群の分解　・超曲面のミラー対称性　・超共形代数の分類
- ホロノミー群と超対称性　・量子アフィン代数の表現の構成

氏名：三枝 洋一
分野名：数論
キーワード：ラングランズ対応，志村多様体，Rapoport-Zink 空間

現在の研究概要：
代数体の Galois 表現と保型形式・保型表現を結び付けるラングランズ対応に興味を持っている．特に最近は，志村多様体やその局所版である Rapoport-Zink 空間などの幾何学的対象とラングランズ対応の関係について，数論幾何的手法と保型表現論的手法の双方を用いて研究を進めている．また，必要に応じて，リジッド空間のエタールコホモロジーの一般論などの基礎理論の整備も行っている．

学生への要望：
現代の整数論においては，幾何学的な手法や表現論的な手法をはじめとする多種多様な技術を組み合わせて研究を行うことが普通となっています．この分野で成果を挙げるためには，自分の武器となる得意な領域をつくることと，様々な理論の概要を知りそれらの間の相互関係を正確に把握することの双方が大切であると考えています．大学院に入ってしばらくは，いくつかの重要な理論にテーマを絞り，それを深く理解することが中心的な目標になると思いますが，折に触れてなるべくたくさんの関連分野に親しむようにしてください．
数学的な内容については，基本的な代数（可換環論，ホモロジー代数，表現論の基礎等），代数的整数論およびスキーム論を理解していると望ましいです．これ以外に研究の際によく使う理論としては，代数群，エタールコホモロジー，リジッド幾何（adic 空間），アーベル多様体，p 可除群，保型表現論，実および p 進簡約群の表現論などが挙げられます．大学院ではまずこれらのうちいくつかを勉強し，それをもとに研究を行うことになりますが，できるだけ多くの知識を持っていた方が視野も研究の幅も広がるので，大学院に入る前から上記のうち興味のあるものに取り組んでおくことをお勧めします．

氏名：吉野 太郎

分野名：リー群・リー環・表現論

キーワード：Clifford-Klein 形, 不連続群, 変形空間, 位相的ブローアップ

現在の研究概要：

• Clifford-Klein 形の変形空間

リー群の等質空間 G/H に対し, その Clifford-Klein 形とは不連続群 Γ を用いて $\Gamma\backslash G/H$ の形で表される多様体である. ここで G/H を固定し, Γ を G 内で変形すると Clifford-Klein 形の族が得られる. このような族の変形空間について研究している. この族に属する多様体は, 局所構造は全て等しいが大域構造が異なっている.

• 位相的ブローアップ

上記の変形空間は, ハウスドルフ空間にならないことが多く, その直感的な理解が難しい. そこで位相的ブローアップという操作を考案し, 変形空間を捉えようとしている. 位相的ブローアップは, 2011 年 2 月頃にようやくその土台が完成したばかりで, 具体的な計算はこれからの課題である.

学生への要望：

線形代数, 位相空間, 多様体について理解しておいて下さい.

自分の興味のあることを見つけておいて下さい.

『リー群と表現論』(小林俊行-大島利雄著, 岩波書店) を読んでいると良いでしょう.

氏名：
阿部知行

分野名：
数論

キーワード：
数論幾何，p 進コホモロジー，数論的 D 加群，分岐理論

現在の研究概要：
正標数体上の代数多様体の（p 進）解析的な性質を研究している．p 進理論は複素数体上のド･ラーム理論に相当するもので, p 進スロープなど l 進とはまた違った特徴を持っている．これまでは p 進コホモロジー論の基礎づけに関して研究していたが，かなりの部分ができあがってきているので，今後はイプシロン因子や局所系のモジュライ空間に関しての研究などに p 進理論を応用したいと思っている．

学生への要望：
現在の数論幾何学は高度に発展しており，教科書を勉強しただけで研究していくのは困難である．勉強することは最低限必要ではあるが，長く続けようとしたとき実際に大切になってくるのは数学に対する強い興味と畏怖の念であると思う．数学を前にしては大学の教員も学生と立場は全く同じである．教員から一方的に学ぼうと考えるのではなく，ともに学んでいけるような学生だとうれしい．

氏名 伊藤 由佳理

分野名 代数幾何

キーワード 特異点、特異点解消、マッカイ対応

現在の研究概要

複素三次元以上の特異点やその特異点解消について研究しています。特に特殊線形群SL(3,C)の有限部分群Gを用いてできる二次元商特異点の場合、群と特異点解消の間にマッカイ対応と呼ばれる特異点の代数と幾何の対応があります。この高次元化には様々な方向があり、代数幾何学だけでなく、環論や表現論など他の数学とも関連がある興味深い研究対象です。また3次元の場合は、超弦理論とも関連があります。

学生への要望

代数学の基礎（群論や可換環論）をきちんと学習していて、学部レベルの幾何学や解析学など他の数学も理解していることが望ましい。将来の進路に関わらず、自分で面白いと思ったことを進んで調べたり、いろいろな例を考えてみたり、ほかの人と議論することが好きな人を歓迎します。大学院以上は自主的に学習・研究できる場所ですので、学部にいるうちから自分で考える習慣をつけておいてください。

ちなみに私の所属はカブリ数物連携宇宙研究機構（IPMU）で普段は柏キャンパスにいます。修士の学生は駒場での講義も受講する必要があるので大学院のセミナーをどこでやるかは相談して決めますが、博士以上はIPMUで研究することをお勧めします。

氏名：Mikhail Kapranov（カプラノフ，ミハイル）

分野名：代数幾何

キーワード：モジュライ空間，オペラッド，導来圏，非可換幾何

現在の研究概要

My background is in algebra, algebraic geometry and category theory. I am interested in interactions among these areas such as:

- Abstract algebraic structures (operads and their generalizations) arising from moduli spaces in algebraic geometry, including moduli spaces of curves and moduli space of hypersurfaces (leading to combinatorics of secondary polytopes).
- Relations between algebraic geometry and representation theory (Hall algebras of categories of coherent sheaves).
- In nite-dimensional objects in algebraic geometry, especially algebro-geometric model spaces of paths and loops.
- Derived algebraic geometry, in particular derived moduli spaces of algebro-geometric objects and analysis on such derived spaces.
- Nom-commutative and categorical methods in algebraic geometry.

学生への要望

Ideally, I would like the students wishing to work with me to have some basic background in algebraic geometry (schemes, algebraic curves) and homological algebra (sheaf cohomology). Additional background in category theory (e.g., derived categories, higher categories and so on) would be welcome but not strictly necessary.

氏名：戸田幸伸（Kavli IPMU）

分野名：代数幾何

キーワード：連接層の導来圏、Bridgeland 安定性条件、３次元カラビヤウ多様体、 Donaldson-Thomas 不変量、Gopakumar-Vafa 不変量、導来代数幾何、Dolbeault 幾何ラングランズ対応

現在の研究概要：私の研究分野は代数幾何学で、特に**「数え上げ幾何学」**と**「連接層の導来圏」**が２大テーマとなります。数え上げ幾何学では、代数多様体の上に点や曲線などの幾何学的対象がどれだけ存在するかを調べます。とくに曲線の数え上げは、理論物理学の超弦理論とも深く関わる重要な研究対象です。一般には曲線は無限に存在するため、その個数を直接数えることはできません。そこで、仮想的な意味での「個数」を与える数え上げ不変量を定義し、その性質を研究します。もう一つのテーマである連接層の導来圏は、代数多様体上の幾何学的情報を圏論的に捉えるための枠組みとみなせます。導来圏は、代数幾何学だけでなく、シンプレクティック幾何学、表現論、非可換代数など多くの分野と深く結びつくことが明らかになっています。とくに、導来圏から構成される Bridgeland 安定性条件の空間は、ミラー対称性や双有理幾何学と関係する重要な研究対象です。

私はこれまで、導来圏や安定性条件の理論を数え上げ幾何学、特に Donaldson–Thomas 理論に応用し、DT/PT 対応や有理性予想など DT 不変量の定性的な性質を圏論的な立場から明らかにしてきました。また、３次元代数多様体上の安定性条件に関する BMT(Bayer–Macrì–Toda)予想を提唱し、Maulik との共同研究では Gopakumar–Vafa 不変量の数学的定義を与えました。数え上げ幾何学という具体的な数学理論と、導来圏という抽象的な数学理論が結びつくのがこの研究の面白い点の１つです。近年は、数え上げ不変量を圏論的対象へと持ち上げる**「圏論的 DT 理論」**の研究を進めています。これを通じて、数え上げ幾何学とさまざまな数学分野を結びつける、新しい圏論的幾何学の創出を目指しています。例えば、Tudor Pădurariu との共同研究では、圏論的 DT 理論の観点から Dolbeault 幾何ラングランズ対応予想の新しい定式化を与え、数え上げ幾何学の観点からこの予想にアプローチしています。

学生への要望：まずは Hartshorne の「Algebraic Geometry」や Vakil の「The Rising Sea」などの本で代数幾何学の基礎知識を習得しておくことが望ましいです。定理を理解することも大切ですが、具体例で計算に慣れ親しんでおくと研究する際に有用です。代数幾何の基礎知識を押さえたら、数え上げ幾何学あるいは連接層の導来圏の研究に繋がる文献を読み進めると良いと思います。例えば Fulton の「Intersection Theory」や Huybrechts の「Fourier-Mukai transforms in Algebraic Geometry」などの本がお薦めです。その後は、著書「Recent Progress on the Donaldson-Thomas theory」や「連接層の導来圏と代数幾何学」の章の中から興味あるテーマを選んで、関連する論文と合わせて深く勉強してみると良いと思います。また代数幾何学以外に微分幾何学や代数群の表現論の勉強もしておくのも有用だと思います。 一方で、超弦理論などの理論物理について本格的に勉強しておく必要はありません。私の所属する Kavli IPMU では学生向けの講義がありませんので、修士課程の間は駒場を本拠地としていただいて、週に一度程度セミナーを Kavli IPMU か駒場で行います。 博士課程以降は Kavli IPMU を本拠地とすることを推奨しています。

氏名: 中島啓

分野名: リー群・リー環・表現論、代数幾何

キーワード: 幾何学的表現論、ゲージ理論、箙多様体

現在の研究概要: 1970年代後半から、理論物理学と数学の交流が盛んになり、現在に続いています。この流れの中で、理論物理学に起源を持つゲージ理論を数学的に研究することを中心テーマとしています。特に、ゲージ理論に現れるさまざまな‘モジュライ空間’のホモロジー群を、幾何学的表現論とよばれる手法を用いて研究しています。また、この研究がカッツ・ムーディー・リー環や、その変形(量子群とよばれます)と関係することから、これらの対象の表現論も研究しています。また、モジュライ空間の例として箙多様体とよばれるものがあり、これは箙の表現(ある有限次元非可換環の表現)のなす空間として理解できます。そのため箙の表現論にも興味があります。最近では、理論物理学で 3 次元の超対称性ゲージ理論のクーロン枝とよばれているものに、数学的に厳密な定義を与える、というテーマを研究しています。また、クーロン枝の性質や、量子化とよばれる非可換変形の表現論にも興味をもっています。

`https://member.ipmu.jp/hiraku.nakajima/Lecture/21_XD.html`

は、2021年度に行った講義のレジュメですが、これを見ていただくと現在の私の研究のあらましがお分かりいただけると思います。他の授業のレジュメでは、上のウェブサイトにある 19年度複素多様体, 17年度幾何学特論, 07年度微分幾何学II, 05年度位相幾何学II が過去に研究していた内容の紹介になっています。

学生への要望: 修士課程では、専門の基礎知識を身に付け、その分野の先行研究の論文を理解し、修士論文として新しい結果を含むか、なんらかの独自性を含む論文を執筆することを求めています。私が学生のときには、多様体上の非線形偏微分方程式を研究対象にしていて、微分幾何と解析を主に勉強していましたが、モジュライ空間の研究を通じて、代数幾何・リー環・非可換環の表現論などの分野を、必要に応じて勉強してきました。この経験から、上のように一つのテーマを深く研究することは第一ですが、その他の分野にも積極的に興味をもつことをおすすめします。

以上は、一般的な要望ですが、もう少し具体的なことを説明します。私の所属はKavli IPMUで、数学、物理、天文学を組み合わせて宇宙の謎を解くことに取り組んでいる研究所です。したがって、物理に関係する数学を勉強したいと考えている人を歓迎します。また、Kavli IPMUでは研究者向けのセミナーは行われていますが、学生向けの授業はないことから、少なくとも修士課程では駒場に本拠をおいた方がよいでしょう。セミナーを駒場でするか、Kavli IPMUでするかは相談して決めたいと思います。

予備知識としては、まずは学部の授業の内容をできるだけ身につけておいてほしいと思います。特に、多様体、コホモロジーの基礎、リー群・リー環の基礎は理解しているという前提でセミナーを行いたいと考えています。

なお、私は2027年度で退官の予定ですので、博士課程への進学を希望する場合には、留意してください.

氏名：Todor Milanov　（ミラノフ　トドール）

分野名：リー群・リー環・表現論，代数幾何

キーワード：quantum cohomology, Gomov-Witten invariants, mirror symmetry, period integrals, Kac-Moody Lie algebras, vertex algebras, integrable systems

現在の研究概要

The main focus of my work is in singularity theory and Gromov—Witten (GW) theory of compact Kähler orbifolds with semi-simple quantum cohomology. Singularity theory can be viewed as an application of algebraic/complex geometry and topology to the study of isolated critical points of holomorphic functions, while GW theory is intersection theory on the moduli space of holomorphic stable maps. One of the important recent discoveries is what is now called a *mirror symmetry phenomenon*: GW invariants can be described via the asymptotic expansions of oscillatory integrals. Using the period integrals in singularity theory and the mirror symmetry phenomenon, I am working on problems related to two very interesting features of GW theory: integrability and modularity. Namely, if the quantum cohomology is semi-simple then GW theory is a source of a certain class of integrable hierarchies that generalize the famous KdV hierarchy. In the other extreme, if the target manifold is a Calabi-Yau (CY), then the quantum cohomology is never semi-simple and it is expected that the GW invariants are organized in Fourier series that resemble and generalize the Fourier series of a modular form. Surprisingly, the finite group quotients of CY manifolds often have semi-simple quantum cohomology and modularity can be studied via mirror symmetry with the methods of singularity theory.

学生への要望. I am expecting that students wishing to work with me will have some basic knowledge of algebraic geometry, such as schemes and sheaf cohomology (Chapters I, II and III in Hartshorne, "Algebraic Geometry"), complex geometry (Chapter 0 in Griffiths and Harris, "Principles of algebraic geometry"), representation theory of simple Lie algebras (Fulton and Harris, "Representation theory").