

数理科学専攻

① 教授：倉田 和浩 ○ 偏微分方程式論、変分問題、非線形解析

2階の楕円型及び放物型偏微分方程式の基本解の性質などの研究、非線形現象や変分問題に付随する非線形楕円型偏微分方程式の解の構造の研究、楕円型作用素の固有値、固有関数の性質などの研究を行っている。特に最近では、超伝導現象、相分離現象などの物理現象、数理生態学におけるパターン形成の問題などにおける個々の非線形現象の特有のおもしろさや、固有値および非線形変分問題における最適化問題に見られる対称性の崩れ現象に興味を持って研究している。また、逆問題、非線形変分問題の解の視覚化などにも興味を持っている。

② 教授：黒田 茂 アフィン代数幾何学、多項式環論

多項式環は素朴な対象だが、それゆえ奥が深く、非常に基本的なことさえまだ十分に解明されていない。例えば、可換環 A と B が同型でないとき、多項式環 $A[x]$ と $B[x]$ も同型でないか？という一見簡単そうな問題は、実は「消去問題」と呼ばれる著名な問題である。このように、多項式環に関する単純だが非常に難解な問題は数多く存在する。多項式環は基本的な対象であるため、その本質の解明は代数学の諸分野に大きな影響を及ぼすと考えられ、世界的に研究が進められている。こうした背景の下、私は多項式環を研究するための効果的な手法の開発と、その応用に取り組んでいる。特に、微分や付値の概念を基礎に発展させた独自の方法を用い、多項式環の部分環の有限生成性の問題（不変式論、ヒルベルトの第14問題など）や、多項式環の自己同型群の生成系などに関する研究を活発に行っている。なお、多項式環という具体性の高い対象を扱うからこそ、具体的な計算によって有意義な成果を得ることは期待しにくい。一つ一つの概念を丁寧に理解し、対象についての理解を深め、論理的に議論を積み上げていく姿勢が望まれる。

③ 准教授：久本 智之 複素解析幾何

複素解析的な手法を用いて主に高次元の代数多様体の性質を調べている。そこでは、ディルバー方程式やモンジュ・アンペール方程式といった偏微分方程式が重要な役割を果たしている。最近では特に代数多様体の安定性と標準計量との関係に興味がある。

④ 准教授：下條 昌彦 非線形放物型方程式、無限次元力学系

非線形偏微分方程式の解が示す複雑な時空パターンの解明は非線形解析学の主要なテーマの一つです。結晶成長の界面運動、数理生態学の種の空間分布、発火現象のような爆発現象を記述するためにさまざまな非線形放物型方程式が考案されています。本研究室では、幾何的偏微分方程式の解の特異性、反応拡散方程式の伝播現象、非線形熱方程式の爆発問題、非線形の拡散をもつ方程式などが研究できます。非線形解析学のテーマは多岐に渡りますが、関数解析と線形偏微分方程式の基礎的な知識は不可欠です。

⑤ 教授：吉富 和志 偏微分方程式論

擬微分作用素の研究を行っています。

⑥ 准教授：高津 飛鳥 距離構造と測度論を用いた幾何解析

物質の分布状態を確率測度とみなし、“物質をある場所から他の場所に最小費用で輸送する方法を探す”最適輸送理論を用いることで、確率測度のなす空間に距離関数が定義できる。そしてこの距離関数に関するエントロピー汎関数の凸性は、リッチ曲率の下限を特徴付ける。これによりリッチ曲率の概念は、多様体から特異点を許容するような滑らかでない空間に拡張される。

私はこのようにして定義されるリッチ曲率が下に有界な空間の幾何構造に興味がある。例えば、集合の測度と周長の関係を表す等周問題を解明したい。

⑦ 准教授：深谷 友宏 幾何学的群論・粗幾何学

無限に広がりを持つ距離空間（非有界な距離空間）から局所的な情報を棄て去り、「遠くから眺めてみた時に見える構造」を調べることが、粗幾何学と呼ばれる分野である。この世界では例えば整数全体のなす集合と実数全体のなす集合はどちらも「遠くから眺めると直線に見える」という意味で同一視される。このような観点に立脚した時、興味深い空間の例を豊富に提供してくれるのが無限離散群である。Gromov はリーマン多様体とは限らない距離空間に対して、「空間が負に曲がっている」という概念を定式化し、双曲群と呼ばれる「負曲率を持つ」群のクラスを導入した。このように幾何学的に特徴付けられた群の性質を研究するのが幾何学的群論である、無限離散群の中には様々な「個性」を持った群が沢山存在している。そうした群の「生態」を幾何学、トポロジーや解析学に由来する様々な手法を用いて解明することが、幾何学的群論や粗幾何学の醍醐味と言えるであろう。

⑧ 教授：津村 博文 ◎ 解析的整数論、教員養成支援

Bernoulli 数と関連する数論的な対象（とくに数論的関数）に興味を持っており、それらを題材にした学習を通して、教職志望者に対して教員養成の支援を行っている。

⑨ 教授：徳永 浩雄 ◎ 代数幾何学

代数多様体の分岐被覆の数論的視点からの研究及びそのトポロジーへの応用について研究している。より正確には、（1）与えられた有限群を Galois 群としてもつ Galois 分岐被覆を如何にして構成するかという Galois の逆問題の幾何学版、（2）平面代数曲線の埋め込み位相、（3）Galois 分岐被覆の特異点の問題、（4）楕円曲面等の数論的な性質とその幾何学への応用等に取り組んでいる。具体的な問題を扱うことが多いので博士前期課程では最初に計算機代数、代数曲線や代数曲面の一般論を学んでもらいたい。

⑩ 教授：横田 佳之 結び目理論、3次元多様体論

2次元の曲面を一般化した3次元多様体に関する理論、および空間内に埋め込まれたひも、いわゆる結び目の分類に関する理論を研究しています。具体的には、ジョーンズ多項式に代表される結び目や3次元多様体の量子不変量と、結び目や3次元多様体の幾何構造のあいだの不思議な関係について研究しています。

⑪ 准教授：赤穂 まなぶ シンプレクティック幾何学、フレアー理論、ゲージ理論

シンプレクティック幾何学におけるラグランジュ交叉のフレアー理論とは、ラグランジュ部分多様体に境界値を持つような、境界付きリーマン面からシンプレクティック多様体への擬正則曲線のモジュライ空間を用いて、シンプレクティック多様体やラグランジュ部分多様体の大域的な問題を研究する理論である。現在の研究テーマは、特異点を持つラグランジュ部分多様体のフレアー理論の構築である。その手始めとしてまず、ラグランジュはめ込みのフレアー理論の研究を行っている。また、特異点の余集合としての、凹型のエンドを持つシンプレクティック多様体におけるフレアー理論の研究も進めている。

⑫ 教授：上原 北斗 代数幾何学

高次元代数多様体の分類理論や代数多様体の導来圏を研究している。特に、(1) Calabi-Yau 多様体や既約シンプレクティック多様体などのコホモロジーから多様体や多様体の導来圏が復元できるか、といった問題 (Torelli type の問題)、(2) 非可換環上の加群と代数多様体の導来圏がいつ同値になるか、といった問題 (McKay 対応の一般化)、に興味を持って研究している。

⑬ 准教授：小林 正典 代数幾何学、特異点、および他分野への応用

ミラー対称性を一つの指針として、 $K3$ 曲面・Calabi-Yau 多様体を中心とする複素多様体及び関連する特異点の幾何について、複素代数幾何だけでなく実代数幾何および凸多面体に関わる離散的手法を用いて研究している。最近ではトロピカル幾何学の研究と、工程計画問題の可視化等の他分野への応用も行っている。

⑭ 教授：酒井 高司 微分幾何学、部分多様体論

自然界の様々な現象は数学的に変分問題として定式化される。特に体積汎関数に関する臨界点となる部分多様体は極小部分多様体と呼ばれ、古くから研究が行われてきた。この問題には複素解析的手法や調和写像理論など様々な方面からのアプローチがあるが、私はリー理論的手法をもとにリーマン対称空間内の部分多様体に関する幾何学的変分問題について研究を行っている。特に、大域的な対称性や体積最小性など顕著な性質を持つ部分多様体に興味を持っている。また、ケーラー多様体内のラグランジュ部分多様体の幾何学的性質についても研究を行っている。

⑮ 教授：内山 成憲 暗号理論、計算数論

素因数分解問題や離散対数問題等の整数論的な問題やナップザック問題等の組合せ論的な問題の計算量的困難性についての研究およびそれらに基づく公開鍵暗号について主に研究している。特に最近では量子コンピュータを用いた攻撃に対して耐性があると期待されている多変数公開暗号の安全性解析に興味を持って研究している。暗号理論は、この 40 年程の間にその理論的基礎付けが与えられ、実用的な応用も多数発見されるなど非常に新しい分野であり、様々な研究分野と関連しながら発展し続けている。また、理論的研究と応用研究が非常に密接に関連しており、学生の皆さんには分野にとらわれず広い視野をもって学んで頂くことを希望する。

⑩ 准教授：横山 俊一 数式処理、計算数論、暗号理論

数式処理 (Computer Algebra / Symbolic Computation) の立場から、代数的整数論・多項式代数・暗号理論など、諸分野の数学について研究しています。とくに Magma や Sage など、数論的話題に特化した計算代数システムにおけるライブラリの実装・高速化について取り組み、楕円曲線や拡大体の高速計算アルゴリズム、楕円曲線暗号などの問題に取り組んでいます。またその成果物として、大規模データベースの開発・整備にも携わっています。加えて (最近は主には研究していませんが)、映像 (CG 技術) における応用数学にも興味があります。

⑪ 准教授：石谷 謙介 確率論、数理ファイナンス

確率論・数理ファイナンスの研究を行っている。数理ファイナンスとは金融分野に関わる問題に数理的な枠組みを与え、その解法を提供することを目的とした応用数学の一分野である。数理ファイナンスでは金融市場の不確実な確率的要素をモデル化する必要があるため、測度論に基づく確率論が不可欠な道具となる。近年発展してきた数理ファイナンスの理論はブラック、ショールズ、マートンによる革新的な理論に端を発しており、ここでは確率微分方程式や伊藤の公式をはじめとする確率解析的手法が重要な役割を果たしている。そのため、私の研究室を志望される方は測度論、関数解析、確率論の基礎を身に付けて頂きたい。現在は「無限次元部分積分公式を用いたデリバティブ価格の感応度計算方法」「ファイナンスに纏わる最適化問題」「計量的リスク管理・計測手法」を主な研究テーマとしている。

⑫ 准教授：内田 幸寛 計算数論、数論幾何学、暗号理論

楕円曲線の数論や、より一般に代数曲線とそのヤコビ多様体の数論を、具体的な計算の側面から研究している。特に、代数曲線の整数点や有理点を決定する問題に興味がある。また、楕円曲線暗号など、数論の暗号への応用についても研究している。具体的な研究内容としては、有理点の複雑さを測る高さ関数、楕円曲線の等分多項式とその一般化、有限体上定義された代数曲線の位数計算、暗号に用いられる代数曲線上のペアリングの計算などがある。

⑬ 准教授：鈴木 登志雄 計算理論、数理論理学

数理論理学 (数学基礎論) は数学、情報科学、哲学をまたいで広がる学問であり、計算可能性理論、証明論、集合論、モデルの理論、非古典論理などの分野から成る。現代の数理論理学の動機、方法、および研究対象は 1920 年代の数学基礎論におけるそれらとは大きく異なる。私は計算可能性理論とその応用のうち、とくに以下の二つについて研究を進めている。(1) 連続体の計算可能性理論による、アルゴリズム的ランダム性の研究、(2) ブール関数の複雑さ、とくにゲーム木探索コストの均衡値および均衡点。

⑭ 准教授：関 行宏 非線形偏微分方程式、反応拡散系、漸近解析

非線形偏微分方程式の数学解析において重要な「大きい解」の扱いに興味を持っています。シンプルな非線形熱方程式のほか、調和写像流から導出される半線形放物型方程式、走化性粘菌の

運動を記述する反応拡散系等が現在の主要なテーマです。これらの時間発展を伴う非線形偏微分方程式では有限時間のうちに解の特異性が生じるという共通点があり、それに伴う解の振る舞いを研究します。本研究室では、特異性解析を通じて抽象的理論だけでは理解できない構造の解明を目指します。基礎的な関数解析や微分方程式、写像度等様々な知識が必須ですが、煩雑な計算を厭わない気力が何より大切です。

⑳ 教授：シュワドレンカ・カレル 変分解析、偏微分方程式論、数理モデリング、数値解析

新材料の開発から病気の治療まで、周りの現象や課題の理解・解決に数学の力で寄与することを目指す研究に興味がある。現象を表す数理モデルを考え、モデル方程式の数学解析や数値シミュレーションを通して現象に潜む数学的な構造を発見することで、その原理を明らかにするという研究の流れである。モデルとして非線形な偏微分方程式または変分問題が現れることが多い。変分解析という分野では、最小化・最適化問題を無限次元空間で考えるため、空間の位相をどう選ぶかが大事なポイントとなる。したがって、理論部分では関数解析や偏微分方程式論の知識をよく使い、シミュレーション部分では数値計算アルゴリズムの構成やそのプログラミング言語による実装も行なっている。

㉑ 准教授：金光 秋博 代数幾何学

代数多様体について、その上のベクトル束に関する幾何や分類問題を中心として研究を行っている。特にファノ多様体と呼ばれる代数多様体の具体的な幾何を中心として、その接ベクトル束の性質や、ファノ多様体上の豊富ベクトル束に関する分類問題などの研究を行っている。最近には、そこから発展してK3曲面とその上のベクトル束に関する研究なども行っている。

助教：川崎 健 可換代数

特異点解消の十分条件と目されている優秀環とその類似概念の研究をしている。とくに優秀環の定義の「正則」という部分を「Cohen-Macaulay」に置き換えた概念に興味を持っている。

助教：平田 雅樹 エルゴード理論、力学系理論

現在、数理物理における中心的テーマの一つである“カオス”現象をエルゴード論的手法を用いて解析する。特に、さまざまな“カオス”的系における再帰時間の分布について調べている。これに関連して、エネルギー固有値分布など、量子カオスに関係した問題も研究する。