

## 先端数理科学コースへの誘い

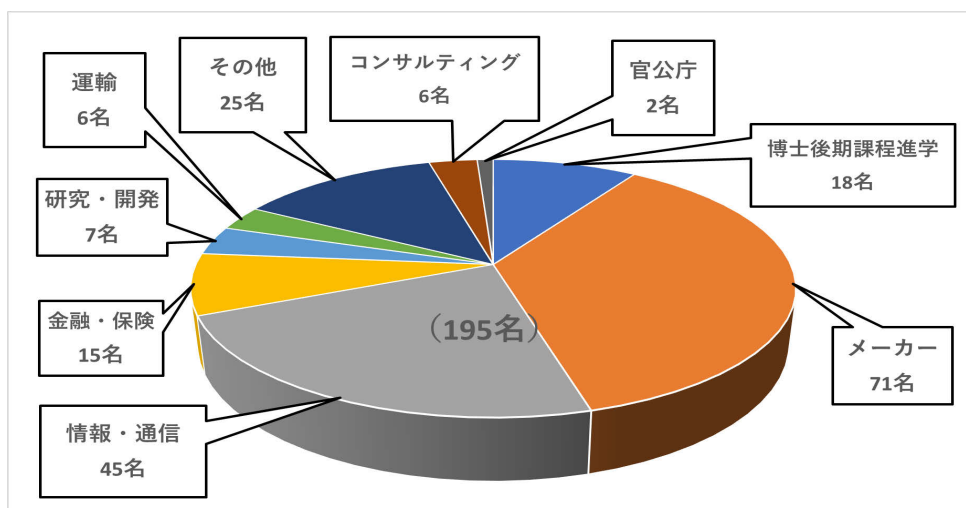
自然現象の観測・観察から法則を導き、それによって一見複雑な現象のしくみを平易に解き明かすことが科学（Science）の本質です。特に数理科学は現象の観察・観測から抽出された「数理モデル」と呼ばれる方程式の計算や解析などを通して研究を行う科学です。現在、最先端の数理科学では自然現象に限らず、生命現象や社会現象の数理モデル化が行われ、その解析や数値シミュレーションなどを通して現象の解明が行われると共に、得られた成果を利用した革新的な技術の開発や未来予測などが行われ、さらに新たな解析手法の研究も深化しています。

本コースでは数理科学の中でも特に大規模・大自由度であったり、非線型性が強いなどの性質を持った複雑な現象を中心に、研究と教育を行っています。特に教育面では、物事の理（ことわり）を明かにする理学的な側面と、得られた知見をものづくりに活かす工学的側面を総合的に身につけることを目指し、最先端の数理科学において理学と工学を俯瞰できる優れた人材の輩出を目指しています。

入試に関しては、修士課程では一般入試（7月中旬）のほか、学部4年在学生のみを対象として筆記試験が免除される推薦入試（6月末）、および2次募集入試（12月中旬、2026年度10月期入学も含む）があります。また既に学部を卒業された方と外国の大学を6月に卒業された方は、10月から開始する後期セメスターから入学できる制度もあります。博士後期課程では、一般入試（7月中旬）と2次募集入試（2月中旬）があります。

先端数理科学コースのホームページ <https://www.acs.i.kyoto-u.ac.jp/>には過去の入試問題に関する情報や、入試説明会の日程などの入試に関する情報、および志望区分と関連する研究室の構成や教育研究に関する詳しい情報もあります。

### 先端数理科学コース修士課程終了後の進路（2025年4月現在）



修士課程修了後の進路（平成25年～令和6年度）

# 応用解析学研究室 志望区分 (先端 - 1)

木上 淳 白石 大典  
久保 雅義 清水 良輔

<https://www-an.acs.i.kyoto-u.ac.jp>

## ◎概要

「応用数学」は、数学の理論研究で得られた結果を利用して物理学や工学等の応用分野の問題を解くだけでなく、現象の数理モデル化とその解析を通して新しい数学を創造していく学問です。我々は自然・生命・社会の諸現象を数理科学の視点から論じるためには、微分方程式や確率過程、フラクタル等を始めとする様々な数学的な手法を利用して現象の数理モデル化を行い、その上で理論的な考察や数値シミュレーションを通じた考察を重ねていきます。この過程では、新たな数学が芽吹くこともしばしばです。本研究室の目指す「応用数学」は、数理モデル等の研究を通して新しい数学を創造するものであり、また得られた数学的な成果を社会に還元することで人類の未来に直接的に貢献する数学をその未来像においています。

本研究室では応用数学の中でも、微分方程式、数値解析、確率論、およびフラクタル上の解析等を中心とする“応用解析学”の研究と教育を行っています。研究室の教育方針は京都大学の「自重自敬」の精神と基本理念とを尊重し、各院生の自主的な学修・研究態度を重視しています。研究指導では各院生の学術的な興味と適性に配慮した丁寧な個別指導を心掛けています。

## ◎本研究室における学修・研究の具体的なキーワード

非線型偏微分方程式、数値解析、微分方程式の逆問題、フラクタル上の解析、フラクタル幾何学、調和解析、確率論、確率微分方程式、脳モデルの数理解析、数理生物学、拡散ひかり断層撮影の基礎理論、現象の数理モデル化

## ◎修士課程修了後の進路 (令和 7 年 4 月現在)

平成 10 年の研究科発足以来の本研究室修士課程修了者 (64 名) の進路状況:

- (1) 博士後期課程進学 (他大学大学院も含む) 31 名
- (2) 金融・保険系企業 16 名
- (3) メーカー・製造業関係 4 名
- (4) 通信・情報系産業 11 名
- (5) 教員等教育関係 2 名

## ◎教員の研究テーマ

### 1. 木上 淳 (教授) フラクタル上の解析、フラクタル幾何学、調和解析、非線型問題

フラクタル上での波や熱の伝播についての数学的な基礎理論の研究を、数学解析と確率論を利用して総合的に行っている。微分方程式を利用した進化モデル等の数理生物の話題にも関心を持っている。

### 2. 白石 大典 (准教授) 確率論、確率解析

ブラウン運動とランダムウォークの軌跡の構造の研究など、確率論の基礎研究を行っている。

### 3. 久保 雅義 (講師) 逆問題解析、微分方程式の解析、脳科学

脳の数理モデルに関連した問題の数理解析を行っている。

### 4. 清水 良輔 (助教) フラクタルと距離空間上の解析学・幾何学

距離空間の幾何学に関する研究から生じた問題意識を背景に、フラクタルを含む複雑な空間における非線形ポテンシャル論といった解析学の基礎理論に関する研究を行っている。

# 非線形物理学研究室（非線形力学・計算物理学グループ） 志望区分（先端-2）

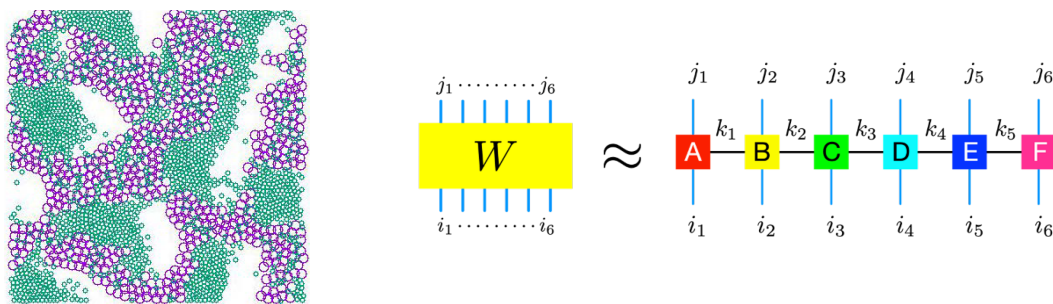
講師 宮崎 修次，助教 原田 健自  
<https://www-np.acs.i.kyoto-u.ac.jp/>

## ◎ 概要

本グループでは、社会ネットワーク、非平衡系、生物系、量子系などに現れる複雑な現象の背後にある構造を、非平衡物理学、統計力学、非線形動力学、カオス力学、量子情報などの方法を用いてモデル化し理解することを目指しています。

### 周期外力下の粉粒体・帯電微粒子の挙動やパターン形成の幾何学的・数値的研究

周期外力系では、構成粒子は規則的な運動や不規則な運動など多彩な挙動を呈する。周期外力系での粉粒体や帯電微粒子の挙動はどのような物理に支配されているのか、粒径の分布が運動やパターン形成にどのような影響を与えるのか、イオントラップの古典対応物はどのような挙動を呈するのかという問いを立て、その解明を試みている。周期外力下の粒径が分布する加振粉粒体や古典帯電粒子の集団運動を数値実験により解析し、生じたパターンの幾何学的特徴付けを行い、様々なパターンや運動形態のパラメータ依存性を表す相図を作成することなどを目指す。以下の図は、大小2つの平均粒径のまわりに粒径が分布する粉粒体を水平加振したときに現れる網目模様のパターンである。[宮崎修次]



### 統計物理的手法の多様な対象への展開

構成要素が従う単純なルールからもスケールを超えた驚くべき現象が起きることが知られています。私は統計物理的視点と情報論的視点を融合したアプローチでこの単純だけど数理的に興味深い難問に取り組んでいます。最近では、動的システムにおける非平衡相転移現象や量子臨界現象、量子情報をベースにした生成モデルやテンソル分解を用いた機械学習モデルの情報圧縮等、物理からデータ科学まで、計算手法（テンソルネットワークやモンテカルロ法）の深化と大規模な計算能力を組み合わせた先端的研究に取り組んでいます。[原田健自]

# 非線形物理学研究室（理論神経科学・非平衡系数理グループ） 志望区分（先端－3）

教授 青柳 富誌生, 准教授 寺前 順之介, 助教 筒 広樹

<https://www-np.acs.i.kyoto-u.ac.jp/>

## ◎ 概要

本グループは、比較的単純な素子が集団として相互作用することで、個々の素子の性質を超える「高度な機能」や「複雑な振る舞い」を発現する現象に興味をもち研究を進めています。例えば私達人間を含む動物の脳では、多数のニューロンがニューラルネットワークとして結合することで、学習、記憶、予測など高度な情報処理を実現していますが、このような系は、より一般に、動的な素子（ニューロン、都市、人など）のネットワーク（シナプス結合、交通網、友人関係など）として数理モデル化でき、素子自身とネットワーク構造がダイナミックに変化する「自己組織化現象」として研究が可能です。非線形物理学はその解明に特に有効なアプローチであり、具体的には以下のような研究を進めています。

### 1. 理論神経科学

脳は現代の科学技術の最重要フロンティアの1つであり、その解明には数理的アプローチが不可欠です。本グループは自律的な情報処理を実現する脳のニューラルネットワークのダイナミクスと確率性に着目し、データ解析手法の開発、数理モデルや脳型学習理論の構築、大規模シミュレーション、人工知能や機械学習への応用などを進めています。

### 2. 動的素子とネットワーク構造の自己組織化

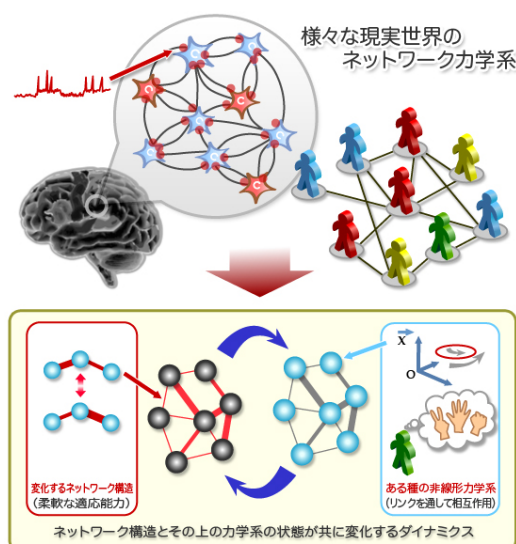
生命の代謝系、インターネット、社会ネットワークなど、一見無関係な多くのネットワークには、共通する普遍的構造（スケールフリー性など）が存在しますが、その機能的意味は未解明です。本グループは、素子のダイナミックな性質に着目することで、力学系の理論、ゲーム理論、グラフニューラルネットワークなどを用いて、その解明を目指す研究を行っています。

### 3. リズム現象の基礎理論

非平衡散逸系で普遍的に見られるリミットサイクル振動は、力学系の理論により位相振動子で記述され、蛍の発光、脳波、心筋細胞の同期、自律分散ロボットの解析や設計など幅広い分野に応用されます。本グループでは、リズム間の相互作用を実データから推定する最新のデータ解析アルゴリズムの構築や、リズムと揺らぎの非自明な関係の解明など、多様な分野との共同研究を含めた最先端の研究を進めています。

### 4. 非平衡物理学に基礎をおいた分子機械の動作原理の探求

生体分子モーターは、複数のタンパク質が巧妙にからみ合うことで、有用な動きを生成するしくみを内在させています。本グループでは、非平衡物理学の観点から、確率微分方程式で記述されたモデルを用いて「分子機械」のデザイン原理を探求しています。



# 計算力学研究室

志望区分（先端 - 4）

教授 藤原 宏志 助教 川越 大輔

<https://www-cm.acs.i.kyoto-u.ac.jp>

## 概要

本研究室では、偏微分方程式や積分方程式で記述される現象の理解と応用のため、数値計算手法の開発と解析等に取り組んでいます。

数理モデルをもちいた現象の理解は、様々な科学・技術の発展を支え、今日の研究・開発や現代社会の基盤となっています。そこでは計算機（コンピュータ）による数値シミュレーションが有力な手段としてもちいられます。本研究室では、そのような数値計算をリードする人材育成、特に「数値計算結果が信頼できるとはどういうことか」に主眼をおいて数値計算手法や数学的手法を涵養します。数理モデルとしては主に偏微分方程式や積分方程式を対象として (1) それらが現象のモデルであるということ意識して数理科学的性質を調べ、(2) その性質にもとづいて信頼性と実用性をもつ数値計算手法を開発し、現象の理解に寄与するという知見を養います。

## 数値計算手法の開発と解析

偏微分方程式などに対する差分法・有限要素法・境界要素法や数値積分などに対する数値解析（数値的手法そのものの解析、ならびに数値的手法による解析）に取り組んでいます。

## トモグラフィ(断層撮影法)の数学解析と数値解析

医用・産業用に広くもちいられるエックス線トモグラフィや、近赤外光をもちいる医用イメージングの数理モデルの数学解析と数値解析をおこなっています。トモグラフィに限らず、種々の非破壊検査や非侵襲イメージングなどの逆問題にも取り組みます。

## 次世代の数値計算環境の設計と実装、その応用

先端的な研究・開発では、理論的に信頼できる計算手法であっても、その理論通りの計算を実現できない場合があります。例えば逆問題の多くは、不安定性のためにその典型例となっています。このような問題に対する数値計算の信頼性のため、計算機上で実数を任意の精度で近似する多倍長計算とそれを活かす高精度離散化など、次世代の計算環境の設計と実装に取り組みます。

## 本研究室における学修・研究のキーワード

計算力学、偏微分方程式、積分方程式、逆問題、数値的不安定性、輸送方程式、拡散ひかり断層撮影の基礎理論、数値解析、多倍長数値計算、現象の数理モデル化

# 応用数理科学研究室 志望区分（先端 – 5）

教授 田口 智清, 准教授 辻 徹郎

<https://www-fm.acs.i.kyoto-u.ac.jp>

## ◎概要

当研究室では、流体の力学的・熱力学的性質について、マクロおよびメゾスコピックな視点から研究を進めています。身の回りにはさまざまな「流れ」が存在し、それらは外的な刺激に応じて多様な応答を示します。このような現象を対象とする流体力学は、流体の性質を明らかにし、工学的・社会的課題の解決に貢献することを目指す学問です。連続体力学や熱力学といった巨視的な理論は、流体を構成する粒子の個別のふるまいを明示的に扱わずとも、流体全体の性質を記述できることを示した成功例といえますが、こうした巨視的な理解をさらに深めるためには、微視的な視点からのアプローチも重要です。また近年では、アクティブ流体のような従来理論では説明が難しい微小スケールの流体现象が注目されており、それを理解するための新たな数理モデルの構築が一層重要になっています。当研究室では、微視的および巨視的な両方の視点を取り入れながら、新しい流体力学の枠組みを切り開くことを目指しています。

## ◎数理モデルとしての階層性

流体の運動は観測するスケールによって多様な様相を呈します。これに対応して、流体を記述する数理モデルもさまざまな階層構造を持っています。当研究室では、流体を構成する粒子間の相互作用考慮した微視的なモデルから出発し、情報の縮約を通じて、境界条件や界面条件を含む巨視的な方程式系を導出する研究を行っています。また、物体に作用する摩擦力や揚力、流量といった応答をメゾスコピックな立場から分析するため、流れのマルチスケール性や境界層といった流体特有の概念と、メゾで見られる粒子散乱のような微視的描像を統合した解析手法を用いています。このようなメゾスコピックな視点に立った手法は、従来の気体や液体の流体力学にとどまらず、近年では数理生物学など他分野においても有用性が認められつつあります。

## ◎非平衡流体现象の応用

系が微小になると、マクロなスケールでは現れないさまざまな非平衡流体现象が顕在化します。こうした現象はしばしば「泳動現象」という形で現れます。泳動は、系内の局所的な非平衡性を利用する現象であり、そのメカニズムは比較的単純ですが、ゆえに微小なスケールでも効果的に機能します。たとえば気体系では、熱泳動をはじめとする熱に起因した多様な泳動現象が知られています。当研究室では、数値シミュレーションや解析を通じてそれらの現象の理解を深めるとともに、新たな応用の可能性を探っています。また、気体や液体中での熱泳動を対象とした実証的な実験研究も進めています。

## ◎数値シミュレーション

流体の解析は、偏微分方程式の数値解析と密接に関係しています。さらに、メゾスコピックな描像を扱う際には、微積分方程式の数値解析も必要となります。当研究室では、差分法、特性線法、粒子法、モンテカルロ法などを活用し、多様な流れや移動境界問題に対する大規模・中規模の数値シミュレーションを行っています。

## ◎研究のキーワードなど

流体力学, 希薄気体理論, 分子気体力学, 非平衡流体, ボルツマン方程式, 運動論モデル, 特異摂動解析, 数値シミュレーション, 非平衡統計力学, 境界層



# 統計的信号処理研究室 志望区分 (先端 - 6)

教授 林和則

<https://kazunorihayashi.github.io>

## ◎概要

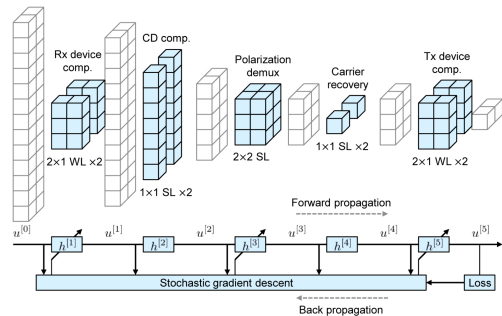
統計的信号処理は、観測された生のデータから有益な情報を抽出するための方法論を体系化した学問分野で、情報通信をはじめ、計測、画像処理、生体信号処理など幅広い応用があります。当研究室では、統計的信号処理を武器に、データのセンシング、収集、伝送、解析、利活用など、データサイエンスに関する様々な問題に取り組んでいます。最近の研究テーマを以下に記します。

## ◎劣決定線形逆問題に関する研究

圧縮センシングはスパースな未知ベクトルをその見かけの次元よりも少ない線形観測から再構成するための理論的な枠組みで、スパースモデリングとも呼ばれます。線形観測から未知ベクトルを再構成する問題は基本的で、多くの問題において興味のある未知ベクトルは何らかの変換領域でスパース性をもつことが仮定できるため、圧縮センシングは様々な分野の問題に適用されてきました。本研究では未知ベクトルがスパースのときだけでなく、各成分が離散値をとる場合にも圧縮センシングと同様に劣決定の線形観測から実際に観測された未知ベクトルを再構成可能であることを明らかにし、通信路等化や MIMO 信号検出、IoT 信号検出など様々な無線通信の問題に適用しています。また、X 線を利用した非破壊計測手法である蛍光 X 線イメージングにおける超解像手法や、超音波を利用した高精度トモグラフィー解析などにも圧縮センシングのアイデアを応用しています。

## ◎モデルベースとデータ駆動の融合に関する研究

工学の様々な分野の問題において AI や機械学習の活用が検討されています。無線通信や光通信などの情報通信分野もその例外ではありません。機械学習手法の利用には様々なアプローチが考えられますが、本研究ではこれまで情報通信分野で蓄積されてきた知見を活かしつつ、データに基づく機械学習技術を利用することを目指しています。情報通信のための信号処理では信号検出やチャネル推定などに繰り返しアルゴリズムがよく利用されますが、繰り返しアルゴリズムはその処理を時間軸方向に展開することでニューラルネットワークによく似た構造をもつ計算グラフによって表現できます。この計算グラフ内の各ステップの処理が微分可能であれば、計算グラフに対して誤差逆伝播法や確率的勾配法を適用することで、そこに含まれるパラメータを最適化することができます。このアプローチは深層展開と呼ばれ、従来からのドメイン固有の知識を利用しつつ、いくつかのパラメータをデータに基づいて決定することで大幅な性能改善が期待できるため大変注目されています。例えば、繰り返しアルゴリズムでは一般にステップサイズや学習率と呼ばれるパラメータの設定が困難な問題になりますが、深層展開を利用することで各繰り返し処理における時変のステップサイズの最適化が可能となり、多くのアルゴリズムで大幅な収束速度の向上が確認されています。また、無線通信や光通信の受信機のように様々な処理が多段に行われる場合にも、深層展開のアイデアを利用することで、最終的な出力における誤差が最小になるように各ステージの処理に含まれるパラメータを一括して最適化することも可能です。従来からの信号処理技術と機械学習技術の融合により、新しいアルゴリズムや信号処理手法を開発しています。



深層展開を用いた光通信受信機の構成