

## 数学よろず相談室「Math Clinic」

数理を基盤として分野間連携を進め、理学の新融合分野の創出を目指す上での障壁の一つに、それぞれの分野の諸問題がどのように数学的に解決されるか（ニーズ発掘）と、どのような数学が利用可能か（シーズ展開）を捉えることが難しいことがある。特に数学以外の分野の研究者が数学研究者側への働きかけをする際のきっかけ作りや、それぞれの問題の数学的な課題への翻訳が専門用語の壁のために難しいことなどが、その障壁の中心となっている。従来は、個々の研究者の人的つながりの中から偶発的に数学的な課題が見出され、翻訳を受けて共同研究などにつながってきた。

数学よろず相談室ではこれを事業として組織的に行うことで、潜在的な数理に対するニーズや数理側の持つシーズを発掘し研究者をつなげる。理学などの諸分野の課題の数理による連携を促進するため、様々な問題を「ケース」と見立てて、そこに潜む数学的諸問題をその難易度別に解体と仕分け（診断）を行い、それに応じて必要と思われる数理的課題解決策を提示する。



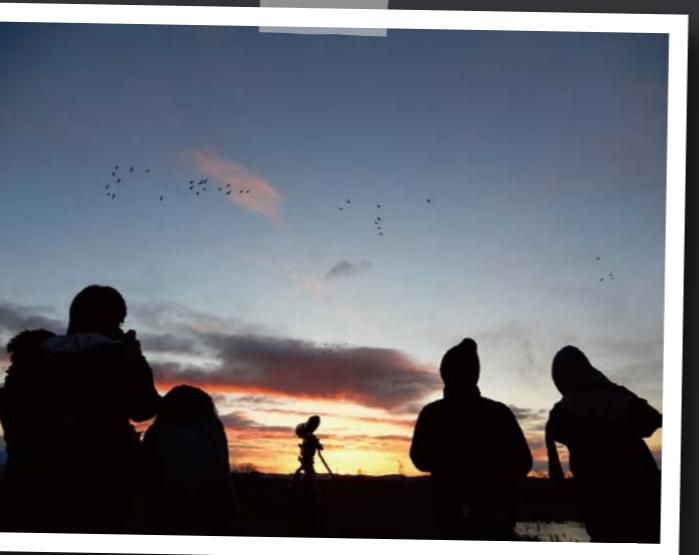
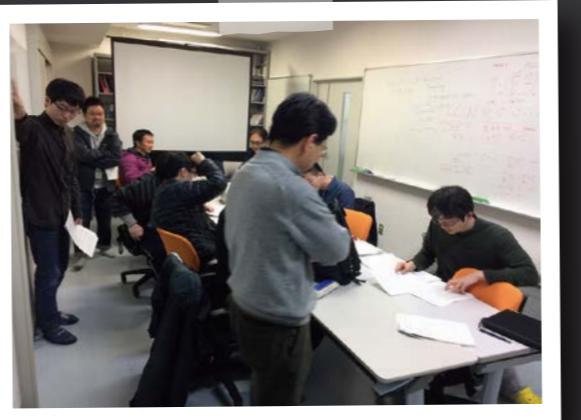
## 参加教員

数字は所属するスタディグループ（SG）、数字の\*はその SG の代表者

荒木 武昭   物理学・宇宙物理学 8	杉山 弘   化学 7
石塚 裕大   数学・数理解析 1, 3, 4	高瀬 悠太   生物科学 2, 5, 8
市川 正敏   物理学・宇宙物理学 5	高橋 淑子   生物科学 2, 8*
太田 洋輝   物理学・宇宙物理学 3, 6, 7	高田 彰二   生物科学 3, 7*
小山 時隆   生物科学 5	田中 耕一郎   物理学・宇宙物理学 2*
加藤 稔   数学・数理解析 6	長田 哲也   物理学・宇宙物理学 2, 4
岸本 大祐   数学・数理解析 3	林 重彦   化学 7
栗田 光樹夫   物理学・宇宙物理学 4*	平野 丈夫   生物科学 6*
國府 寛司   数学・数理解析 6, 8	藤 定義   物理学・宇宙物理学 5*
坂上 貴之   数学・数理解析 1*	松本 剛   物理学・宇宙物理学 5
佐々 真一   物理学・宇宙物理学 3*, 7	三好 建正   理科学研究所 AICS 1
七田 芳則   生物科学 7	山田 道夫   数理解析研究所 5
篠本 滋   物理学・宇宙物理学 6	山本 潤   物理学・宇宙物理学 2
Karel Svadlenka   数学・数理解析 4	余田 成男   地球惑星科学 1

## 活動記録 (2016年度)

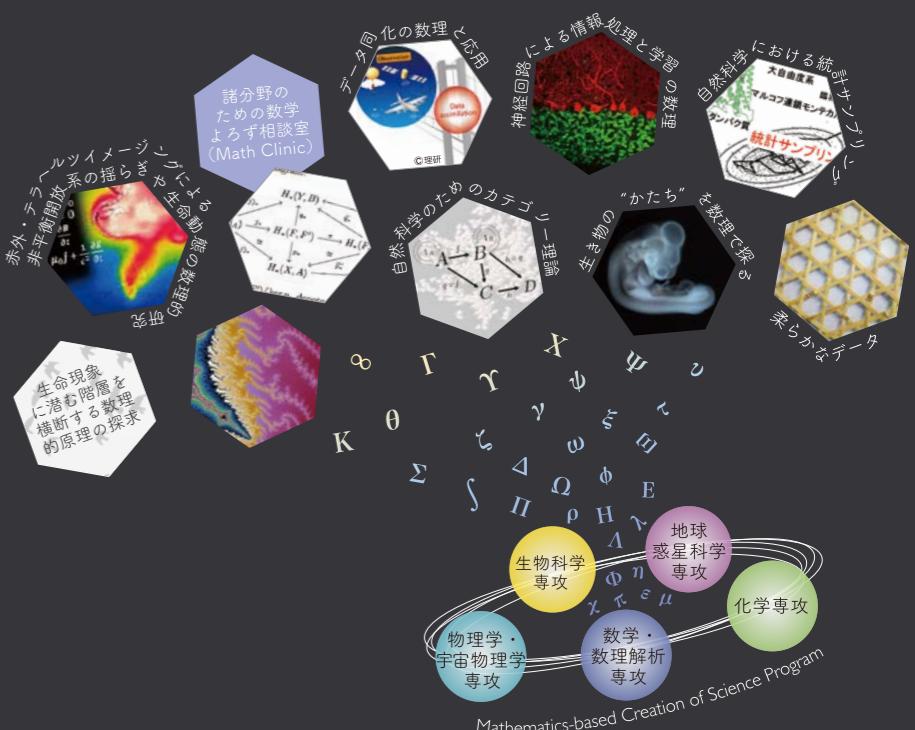
- MACS キックオフシンポジウム（2016年5月15日）
- MACS 懇談会（2016年10月26日）
- [SG8] ニワトリ胚の腸の観察実習（2016年11月4日）
- [SG7] 外部講師セミナー第1回「機械学習におけるサンプリング」（2016年12月7日）
- 第2回 MACS 懇談会（2016年12月19日）
- [SG8] 生物多様性コロキウム「私たちの体を守る皮膚の謎」（2017年1月10日）
- [SG7] 外部講師セミナー第2回「詳細つりあい条件を破るモンテカルロ・サンプリングの現状」（2017年1月25日）
- [SG8] 外部講師セミナー第1回「魅るダーシートムソン：生物をかたちづくる力の法則」（2017年2月9日）
- [SG5] マガジン観察合宿（2017年2月10～12日）
- H28 年度 MACS 活動報告会・懇親会（2017年2月17日）
- [SG7] 外部講師セミナー第3回「実験データに基づく遺伝子制御構造・動態の解析」（2017年2月22日）



Graduate School of Science  
Kyoto University

# MACS

数理を基盤として新分野の自発的創出を促す理学教育プログラム



京都大学大学院理学研究科  
〒606-8502 京都市左京区北白川追分町

### MACS 教育プログラム

<http://www.sci.kyoto-u.ac.jp/ja/academics/programs/mac/>

MACSに関するお問い合わせ：[macs@sci.kyoto-u.ac.jp](mailto:macs@sci.kyoto-u.ac.jp)



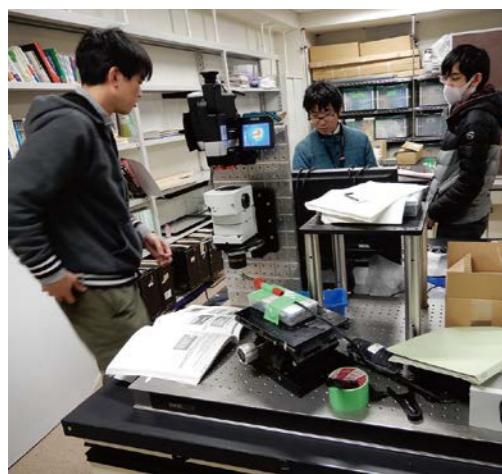
March, 2017

# MACS - 京大理学だからできること

理学5分野の叡智を結集し、未踏の領域へ

基礎科学は、独創的な科学の発展と人類の視野の拡大を促し、科学技術の発展の根幹を担うとともに、理工系を中心とするあらゆる学術活動が、融合的・統合的に推進されるための重要な知的インフラ形成の基盤です。京都大学理学分野のミッションにおいても「普遍的な原理の探求を通じて、分野横断的な連携のもと新たな学問の創造を目指す」ことが掲げられています。しかしながら、近年、人々の関心が応用開発型の研究に強く向かわれる傾向が強まり、基礎科学への意識の低下も生じています。また、学術の発展と共に専門分野の細分化も進み、このまでは複雑化する現代社会における諸課題に対し、視野の狭い部分的な解決しか導けない恐れがあります。

こうした社会的問題に対応できる柔軟で広い視野を持つた理学の新しい世界的な科学人材の育成と、新たな理学の融合研究分野の創出が喫緊の課題となっています。



問題としての普遍性を活かし、数理を基盤として理学5分野を融合して、狙ってできない新たな学問分野の自発的創出を促す教育と研究を行うために、複数の専攻を自由に横断する様々なテーマと研究スタイルをもつスタディグループを複数立ち上げ、それに参加する大学院生に個々の学問分野の深化だけではなく未踏の領域への挑戦を促し、その中から理学の新しい研究分野とそれらを担う世界的な研究リーダーが自然発的に生み出される教育と研究の場の形成を目指します。

この教育プログラムの特徴は

- 「数理」の普遍性というポテンシャルを活かして自然科学の教育・研究の新展開を目指すもので、このような自由度を持ち、新分野の自発的創出を促す事業は国内外に例がない。
- 理学の専門分野の縦割り区分を乗り越え、科学全体の視点から理学を捉える営みであり、深い専門性と広い視野を備えた新しい理学研究者や、ユニークな科学人材が育成される。

の2つにあります。

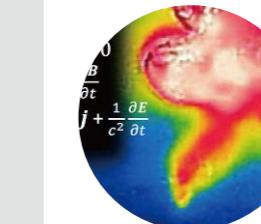
「MACS」は、MAthematics-based Creation of Science Program の頭文字を取った「数理を基盤として新分野の自発的創出を促す理学教育プログラム」の略称です。



## データ同化の数理と応用： 理論モデルとデータをつなぐデータサイエンス

近年発展のめざましい数理統計学分野の1つに「データ同化」がある。データ同化は、現象の理論数理モデルのシミュレーション結果に本質的に含まれる予測誤差を観測データによって補正を行い、その予測力を向上させる手法である。例えば現在の数值天気予報における予測可能期間の向上はデータ同化手法のもたらしたものである。一方、理学研究の各分野においては実験・観測によるデータ研究と理論モデルによる研究がその両輪となっており、現代の数理統計的手法によって、精密化・大規模化するデータを有益に利用して理論モデルに組み込む新しいスタイルの研究が可能になりつつある。また、企業などにおいても長年蓄積された技術の理論モデルと計測データとの高度融合が望まれており、そのような開発を担う高度な職業人の輩出も大学にもとめられている。このような状況に対して、理学における様々なデータと数理モデルを融合するデータ同化の基礎と応用について講義と実習、セミナーを軸とした年間のコースを実施し、データ同化を用いた各理学分野の新研究の創出、理学研究科の修士/博士学生の新しいキャリアパス構築を目指す。

代表者：坂上 貴之（数学・数理解析専攻）

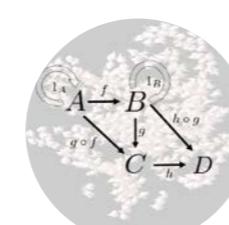


## 赤外・テラヘルツイメージングによる非平衡開放系の揺らぎや生命動態の数理的研究

本スタディグループでは、赤外・テラヘルツイメージング技術を用いて、今まで見えなかった非平衡状態の物体や生命動態を可視化し、その空間状態を数理的に処理することを通じて、新しい科学を切り開くことを目指す。

具体的には、黒体輻射を感度よく測定できる赤外線カメラや、水や巨大分子の状態を可視化できるテラヘルツ顕微鏡を用いて何が見えてくるかを学習するとともに、参加者が興味を持つサンプルを実際にイメージングする。このように、簡単な実験を行ながら、参加者自身が興味を持つ課題に対する実験プロポーザルを考える。

代表者：田中 耕一郎（物理学・宇宙物理学専攻）



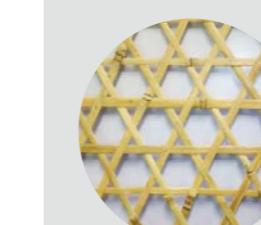
## 自然科学のためのカテゴリー理論

自然科学における様々な理解の仕方（モデル化や理論）について、個別の対象を超えた枠組みをあたえる可能性として、カテゴリー理論を学ぶ。

特に、自然科学の様々な例を通じて、幅広い自然科学家やそれを目指す学生が各専門分野を超えて新鮮な議論をすることを目指す。

具体的に、まず、2011年のPLOSone論文“Category Theoretic Analysis of Hierarchical Protein Materials and Social Networks”を読んで、理論の雰囲気を掴む。次いで、教科書“Category theory for the Sciences”(David I Spivak, 2014)を輪講する。

代表者：佐々 真一（物理学・宇宙物理学専攻）



## 柔らかなデータ

複数の共通領域をもつデータを接続することは科学データに限らず様々な分野で行われる（複数の写真からパノラマ画像を合成する技術など）。

一般的にこれらデータは共通領域で異なる値を持つために、単純に平均を用いた接続では不自然な段差が生ずる。既存の技術は滑らかに接続することだけに注力されており、科学データとして耐えられる技術ではない。

そこで、本ゼミではデータを柔らかな弹性体と仮定し、接続する方法を議論する。弹性によりデータの評価をエネルギー問題として扱えるようになり、古典的な算術平均の概念から逸脱しない。これまでにいくつかの試験データで有効性が確認されているが、理論的な裏付けが未解決であり、このアイデアの可能性を検討したい。

代表者：栗田 光樹夫（物理学・宇宙物理学専攻）



## 生命現象に潜む階層を横断する数理的原理の探求

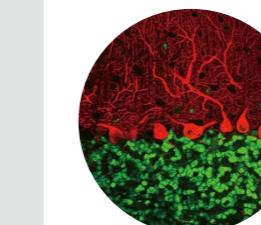
細胞集団や生物集団が顯す協同現象を数理的に明らかにすることは喫緊の課題となっている。

例えば、細胞集団が全体としてどの様な形態を成すかというのは個体や器官の形成における本質であるが、その全容は未だ明らかになっていない。

また、生物集団が顯す協同現象にも、細菌叢などミクロなものから鳥の群れなどマクロなものまであるが、例えば鳥の群れという一見分かり易い課題でも、群れを作る事が空力的に有利である事を流体力学的に示す事には成功していない。

そこで本スタディグループでは、生物科学と数理科学の両方に深く通じた研究人材の育成を目指す。

代表者：藤 定義（物理学・宇宙物理学専攻）

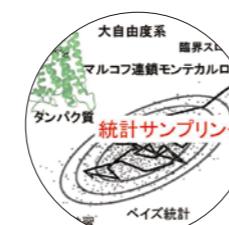


## 神経回路による情報処理と学習の数理

脳内の神経回路内により様々な情報処理と学習が行われ、記憶が成立する。いかなるしくみにより、効率の良い高度の学習が成立しているか、その仕組みを神経科学知見に基づき数理科学を用いて統合的に理解するための分野横断的共同研究の開始をめざす。

まず、神経回路が規則的で単純な小脳による運動学習を取り上げて、小脳神経回路、および情報処理・学習の神経回路モデルを学ぶ。その上で、神経回路による学習機構のより深い理解のために必要な問題点を明らかにし、実験事実と数理科学的研究の統合を試みる。

代表者：平野 丈夫（生物科学専攻）



## 自然科学における統計サンプリング： 数理から実践まで

物理学、地球科学、化学、および生物学等幅広い物質科学から、データに基づく機械学習等の情報科学まで広範な自然科学において、統計サンプリングは普遍的な計算科学手法である。そこに共通する問題は、広大な状態（変数）空間を効率よくサンプリングし、興味のある状態を評価することである。そのため、無数のアルゴリズムが開発されてきた。

この企画では、最前線にある統計サンプリングアルゴリズムの数理とその背後に物理の世界を勉強し、それを蛋白質、核酸、他のモデリング問題に適用・実践することである。そこから、新しいサンプリングアルゴリズムが生まれれば素晴らしいことである。

代表者：高田 彰二（生物科学専攻）



## 生き物の“かたち”を数理で探る

本スタディグループでは、生き物の体づくりや器官形成の原理を、数理的に理解することをめざす。

取り上げる題材は、C.Tabin 他による “On the growth and form of the gut” (Nature 2011) である。この論文では、腸の形態形成のしくみを、発生生物学的解析、ゴム膜を用いた実験計測、弾性体の物理学、数理モデルの構築とシミュレーションなどを組み合わせて解明しようとした興味深い論文であり、生き物の形作りを理解するための金字塔的学際融合研究と位置づけられている。この論文を読むことを通じて、生物の様々な形態の成り立ちについて、分野横断的アプローチを用いて理解する可能性を議論する。

代表者：高橋 淑子（生物科学専攻）