

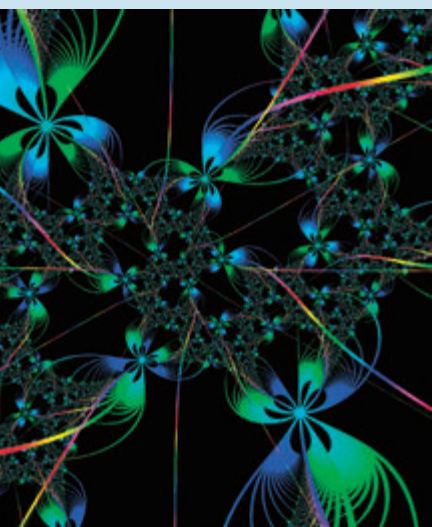
工学/自然システムの 諸問題に対する 数理工学による解法探求

高度情報化社会とよばれる現代社会においては、大規模で複雑なシステムをモデル化して解析を行い、制御、設計、そして運用するという状況がいたるところに現れます。そこでは、情報、電気、機械、化学など個々の専門知識を身に付けているだけでなく、一見異なるように見える様々な問題に共通する数理的な構造を解明し、さらに問題解決のための数理的な手法を開発することが非常に重要となります。このような観点に立ち、私たち数理工学コースの7つの研究室では、数理解析・離散数理・最適化数理・制御システム論・応用数理モデル(連携)・物理統計学・力学系数理の最先端の研究を進めています。



べき乗則の普遍性とリスク指標の確立 —超一般化中心極限定理の発見とそれから—

世界はべき乗則が溢れています。何故でしょうか?そんな数理的疑問から私達の旅は出発しました。ガウス分布と異なるべき乗則は、非対称性を持つことがあり驚くほど多彩です。そんなべき乗則の数理的根拠は、ランダムな変数の和がガウス分布に収束するという中心極限定理の一般化に遡ります。数理的根拠を突き詰めつつ、世界に溢れるデータからべき乗則を精度よく推定するアルゴリズムを構築し、金融市場のリアルタイムリスク指標につながるデータ解析手法を新たに開発してきました。べき乗則は金融市場だけでなく、宇宙の物理現象など様々なところに現れます。べき乗則は、統計物理学、確率論、カオス理論、宇宙論、金融市場、脳科学、数論(リーマンゼータ関数)といった様々な分野を解明する共通の数理的概念です。皆さんも、私達の旅に参加してみませんか?まだ、始まったばかりです。



梅野 健
UMENOKEN



大学院情報学研究科
数理工学コース教授

平成7年3月東京大学大学院理学系研究科博士課程修了(物理学専攻)。博士(理学)
平成7年4月理化学研究所基礎科学特別研究員。平成10年4月郵政省入省。通信総合研究所(現情報通信研究機構NICT)研究官。平成12年7月郵政省通信総合研究所(CRL)主任研究官。平成17年11月理化学研究所次世代移動体通信研究チームリーダー。
平成24年4月より現職。専門は統計物理学。非線型科学。複雑系。特に、カオス理論を通信、暗号、モンテカルロ法などに適用し、最近では電離圏異常検出アルゴリズムを構築し、大地震発生前の電離圏異常、宇宙天気異常などを捉えるなどの防災研究を行い、国連専門機関であるITU(国際電気通信連合)ともその社会実装に連携を開始している。一方、金融市場の異常を捉える方法もメガバンクの一角である金融グループと共同研究を行っている。

数理工学コース

数学とコンピュータ、最適化で問題解決

「最適化」、「最適解」などという専門用語が今では日常語として出てくるように、「最適化」が身近になってきました。数理工学における最適化では、「ふんわりとした最適化」をコンピュータもわかる「最適化モデル」として数学的に記述し、さらに現実社会に現れる大規模かつ複雑な最適化モデルの最適解、つまり問題解決策を与える手法を開発しています。

私の研究室では、主に最適解の候補が連続値で表される連続最適化を主に扱っています。連続最適化は、ディープラーニングや金融工学などを支える基盤技術です。みなさんも、数理工学を駆使して、多くの方々に喜ばれる最適な社会を作り上げてみませんか。

山下 信雄
YAMASHITA Nobuo



大学院情報学研究科
数理工学コース教授

1996年3月奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士課程修了。1996年4月日本学術振興会PD。1997年8月京都大学大学院工学研究科助手。2005年4月京都大学大学院情報学研究科准教授。2014年7月より現職。専門は連続最適化。とりわけ、大規模最適化、均衡問題、非線形方程式などに従事。

概要

分野一覧

分野名	担当教員
数理解析	辻本 諭 教授 小林 克樹 助教
離散数理	原口 和也 准教授 吉渡 叶 助教
最適化数理	山下 信雄 教授 福田 エレン 秀美 准教授
制御システム論	加嶋 健司 教授 大木 健太郎 助教
応用数理モデル (連携ユニット)	野中 洋一 連携教授 高橋 由泰 連携准教授 (株式会社日立製作所)
物理統計学	梅野 健 教授 上原 恵理香 講師 小池 元 助教
力学系数理	柴山 允瑠 准教授 山口 義幸 助教

数理工学コースカリキュラム

博士(情報学)				
博士論文				
3年	コース開設科目(セミナー 4単位を含む計6単位)			研究指導
2年	数理工学特別セミナー A、B E (各2単位)			
1年	応用数学特別セミナー E システム数理特別セミナー E 数理物理学特別セミナー E (各2単位)			
修士(情報学)				
修士論文				
2年	コース開設科目(他コース開設の推奨科目を含む選択12単位以上、 ただし、コース開設科目・研究科共通科目「計算科学入門」を計8単位以上を含む)			研究指導科目 (必修10単位)
1年	コース専門科目 数理解析特論 離散数理特論 制御システム特論 最適化数理特論 物理統計学特論 力学系理論特論 数理ファイナンス通論 (以上各2単位) 金融工学 応用数理工学特論A 応用数理工学特論B (以上各1単位)		セミナー科目 数理解析セミナー 離散数理セミナー 最適化数理セミナー 制御システム論セミナー 物理統計学セミナー 力学系数理セミナー	
	コース基礎科目(各2単位) 計画数学通論 数理物理学通論 システム解析通論		他コース開設の推奨科目 パターン認識特論 他11科目	
研究科共通科目			研究科が提供する その他科目	
研究科共通展望科目(選択必修2単位) 情報学展望1 情報学展望2 情報学展望3E 情報学展望4E 情報学展望5E (各2単位)			プラットフォーム学展望(2単位) 計算科学入門(2単位) 計算科学演習A(1単位) 情報と知財(2単位) イノベーションと情報(2単位) 情報分析・管理論(2単位) 情報分析・管理演習(1単位) 情報学による社会貢献E(1単位) 情報学におけるインターンシップE(1単位)	
入学前	基礎数学 微積分学、線形代数学など	右のいずれかの 基礎事項を 修得している	応用数学 複素関数、フーリエ解析、 数値解析、グラフ理論など	システム数理 線形計画、最適化、 制御理論など
数理物理学 古典力学、微分方程式、 統計力学など				

※Eと記された科目は英語だけでも修得可

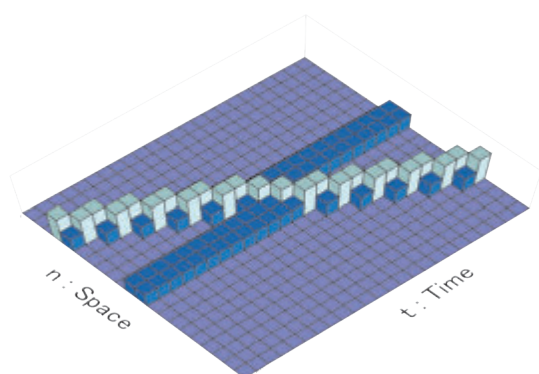
数理解析分野

可積分系によるアルゴリズム開発

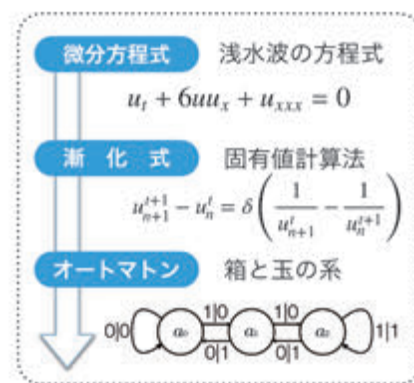
現代のソリトン研究、可積分系研究では、直交多項式や特殊関数などの可積分系に関係の深い応用解析の研究だけでなく、可積分系研究で開発された数的手法が、アルゴリズム開発や数値計算など、従来可積分系とは無関係とみら

れてきた様々な問題に適用されるようになってきました。本分野は、この研究領域のパイオニアとして、可積分系によるアルゴリズム開発などコンピュータサイエンスを視野にいれた新しい数学「可積分系の応用解析」を研究しています。

[辻本 諭・小林 克樹]



超離散ソリトンの相互作用



連続・離散・オートマトンをつなぐ理論

離散数理解分野

離散数学の問題の複雑さの解明とアルゴリズムの開発

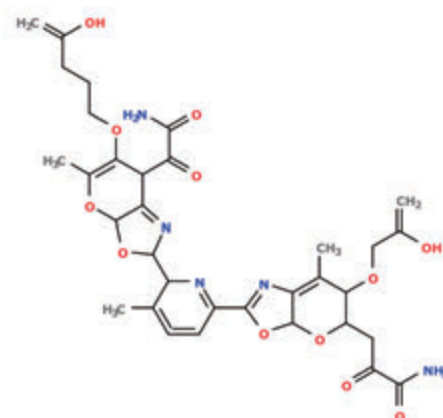
システムを表現するグラフ・ネットワーク、生産の効率化を計るスケジューリング、大量のデータの論理的解析など、離散数学の話題は応用と密着しています。本分野ではこれら問題に対する計算の複雑さの解明、厳密アルゴリズム、近似

アルゴリズムの理論的設計、タブー探索、遺伝アルゴリズムなどのメタヒューリスティクスの開発および現実問題への適用を目指しています。

[原口 和也・吉渡 叶]



幅が固定された箱に矩形を重複なく詰め込み、高さを最小化するパズル。



燃焼熱が、ある目標値を持つと期待される化合物の構造式。化合物データベースから学習した予測モデルの逆問題を、混合整数最適化問題として定式化し解くことで構築した。

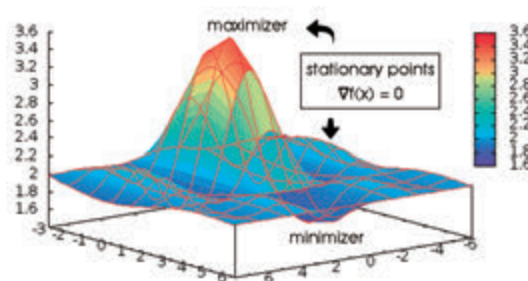
概要

最適化数理分野

最適化は問題解決のキーワード

現実の様々な問題を解決するための数理的な方法論として非常に重要な役割を果たしている最適化の理論と手法について教育・研究します。特に、数理計画の基礎理論の研究とともに、現実の大規模システム、複雑な非線形システム、不確実性を含むシステムなどに対する新しい数理最適化のアプローチの開発を行います。

[山下 信雄・福田 エレン 秀美]



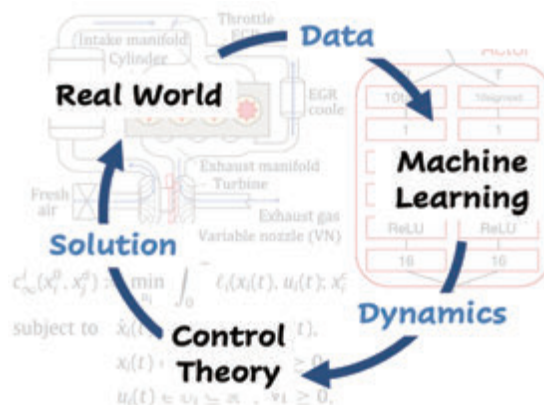
無制約最適化問題の最大解と最小解

制御システム論分野

制御とモデリングへの数理的アプローチ

時々刻々と変化する現象を解析、設計する数理的手法である制御理論とその実応用について、発展性と実用性を重視した教育、研究を行っています。特に、機械学習を活用する手法の開発も重視しており、主な研究テーマは、確率システムの制御、統計的学習理論との融合、量子制御理論です。

[加嶋 健司・大木 健太郎]



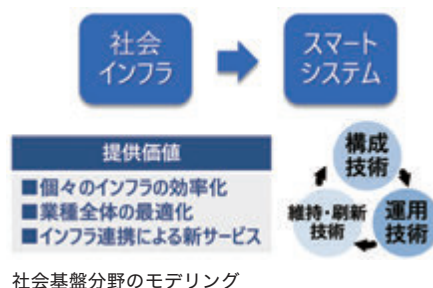
制御システム設計の概念図

応用数理モデル連携ユニット

情報システムに知を吹きこむ(連携：日立製作所)

情報システムをくらしや産業に役立たせるには、システムが扱う人々の行動やモノの運動特性を数理的にモデル化することが不可欠です。モデルの形は、概念的なものから精緻な数値モデルまで多岐にわたりますが、人間の知識の活用方法(構造化モデリング)や実データの活用方法(多変量解析)など、さまざまなモデル作りの方法論を産業界の実例で研究しています。

[株式会社日立製作所連携：野中 洋一・高橋 由泰]



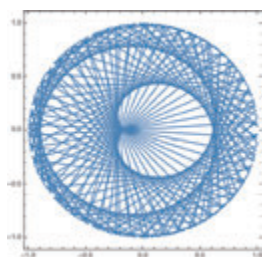
物理統計学分野

多要素結合ネットワーク系のダイナミクスの数理と複雑工学システム設計理論

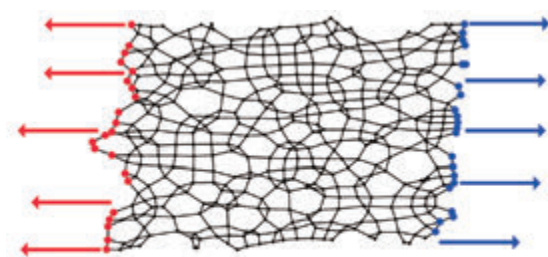
多くの要素(ユニット)が相互作用し情報のやりとりを行う分散通信ネットワークやスマートグリッドの様な複雑工学システムの数理解析や設計理論の構築を目標とします。また、ニューラルネットワークなどの生物系ネットワーク、SNSなどのソーシャルメディア、経済現象に生起する複雑多様な現象の数理的、統一的理解とシステム設計理論の構築をめざします。例えば、ニューラルネットワークにおける情報処理、

インターネットや分散ネットワーク、無線ネットワークなどの情報通信システムのシステム評価、高速モンテカルロ計算アルゴリズム、価格・株価変動等の経済現象の動的性質を、統計物理学、確率過程理論、力学系理論、エルゴード理論、計算機実験、大規模データ処理技術等を用いて解析します。

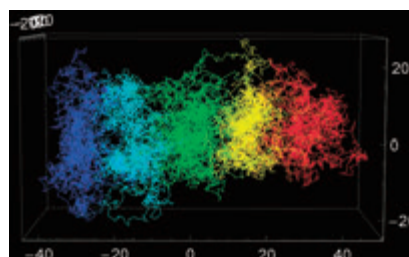
[梅野 健・上原 恵理香・小池 元]



信号解析・多重通信システムに適用可能なカオス符号パターン



ランダムなネットワークの両端に外場を与えて伸長させるときの頂点の分布をグラフラプシアンから計算する。



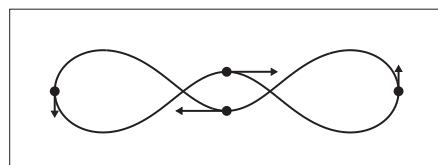
高分子物理

力学系数理分野

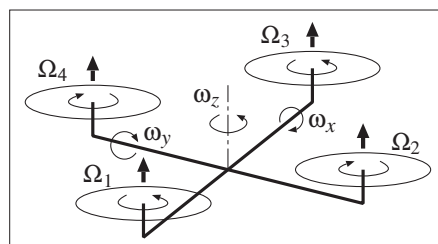
力学系理論に基づいたシステムの数理

力学系理論の手法を用いて、自然科学や工学分野等に現れるさまざまなシステムで起こるカオスや分岐等の複雑現象を解明し、さらに応用して新たな工学技術を創生することを目標とします。その目標のため、従来の理論に留まらず、力学系の革新的な理論の構築に挑戦します。また、精度保証計算や大規模数値シミュレーション等の数値的な手法も用いて、力学系や微分方程式の非可積分性、偏微分方程式でモデル化される非線形波動、古典力学のn体問題における周期運動、多体系の運動論の問題、さらにロケットの軌道設計やドローンのような飛翔体の運動や制御にも取り組みます。

[柴山 允瑠・山口 義幸]



変分法により存在が示された4体問題の超8の字解



ドローンの数理モデル