数 理 ・ 計 算 科 学 系

学部1年生のみなさんへ

現代社会は情報化社会であり，多種多様な情報が社会のすみずみに深い影響を及ぼしています．このような情報化社会は，様々な情報システムによって支えられています．みなさんが日常的に利用するインターネットや，PC，スマートフォンなどの奥には学術的にも社会的にも興味深い数理科学や計算機科学の世界が広がっています．

数理・計算科学系では，現代社会を支える情報や情報システムを，科学的，数学的なアプローチで扱える人材を育成しています．その目的のため，本系の専門教育では以下のように三つのアプローチ・設計手法を柱として講義を行っています．

- コンピュータを使った新しい数学を駆使するアプローチ
- 現実の諸問題を数理モデルに基づいて解決するオペレーションズ・リサーチ，統計，機械学習によるアプローチ
- コンピュータ・サイエンス，つまり情報処理を「計算」としてとらえ数学や論理学を用いるアプローチ，そして実際にそれを実行するコンピュータ・システムの設計方法

数学を現実世界の諸問題に応用してみたい人，コンピュータ，なかでもソフトウェアに興味をもっている人，あるいは両方に興味がある人，そんな人たちに親身になって学びの場を提供するのが数理・計算科学系です．我々と一緒に学んでいきましょう．質問等があったら気軽に連絡してください．

数理・計算科学系主任　田中 圭介 教授

数理・計算科学系の特徴

数理・計算科学系では，理学的，数学的な能力を駆使して情報分野で活躍する人材の育成を目指しています．とくに，高校時代まで数学が好きで，その数学的センスを広く社会で活かしたいと考えている人にとっては，勉強しがいのある系です．

- コンピュータを使った新しい数学に興味がある人
- 情報化社会で生ずる現実の諸問題を解決するための数理・統計的な手法に興味がある人
- コンピュータ・サイエンスに興味があり，基盤的ソフトウェアやその背後の理論を学びたい人

など，数理・計算科学系では，このような人たちの期待に沿えるように工夫したカリキュラムによる教育を行い，広い視野と深い専門性を持った人材を送り出しています．

数理・計算科学系の学修内容

2年次では，次のような基礎的な内容の学修を行います．

- 集合，位相，代数系，確率，統計などの基礎的な数学
- コンピュータの基本構成，アルゴリズムとデータ構造，プログラミング実習などの，コンピュータとソフトウェアに関する基礎
- コンピュータを利用した問題解決方法

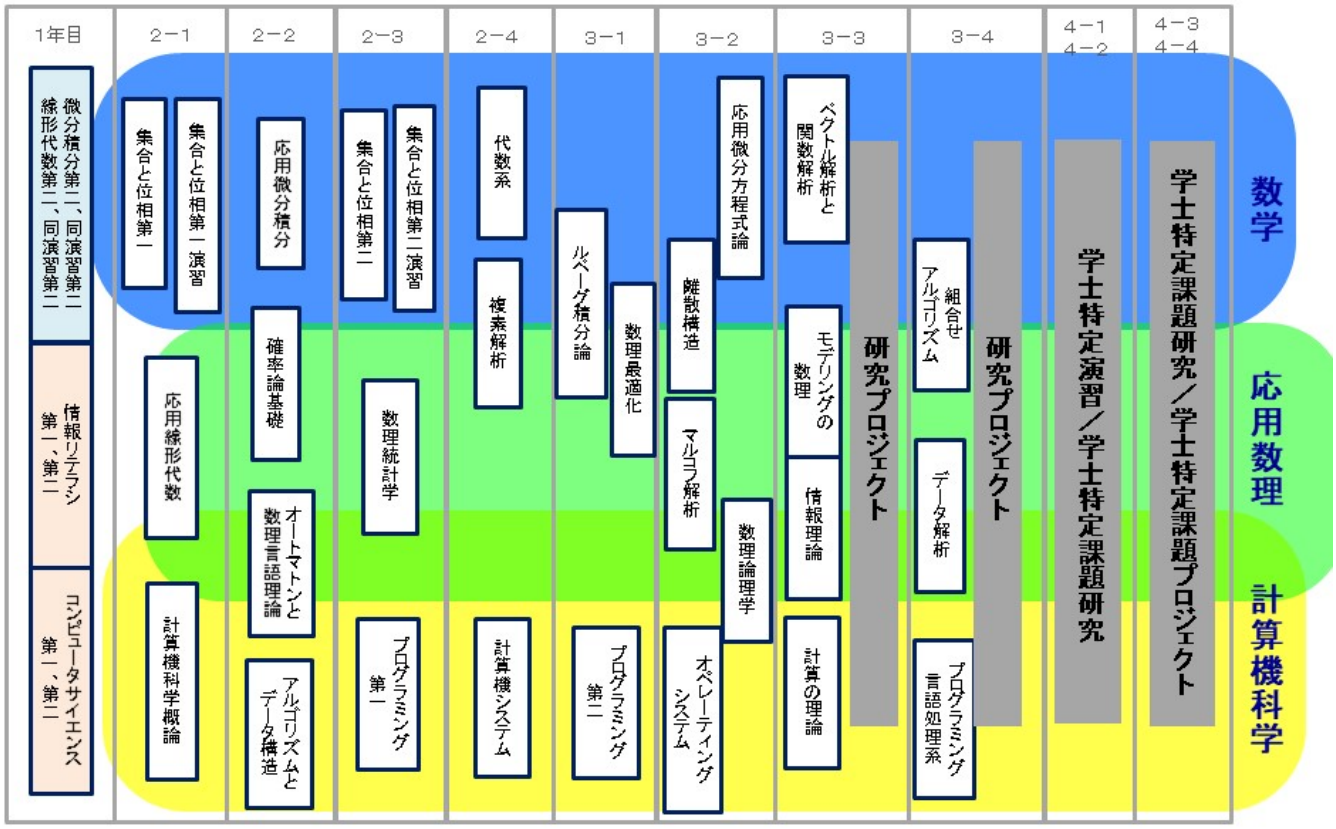
3年次では，基礎的な学修を続けるとともに，さらに次のような内容の学修を行います．

- さまざまな現象を数学的に表現・解析する微分方程式論，関数解析，組合せ数学等のより高度な数学の理論的基礎
- コンピュータ・サイエンスのより専門的な分野(プログラミング言語処理系，オペレーティングシステムやネットワーキング，計算機アーキテクチャ等)および高度な理論(計算の理論，数理論理学等)の基礎
- 数理統計，機械学習，計画数学，オペレーションズ・リサーチなど，経済，経営，工学を含むさまざまな分野の問題を数理的に，またコンピュータを用いて解決するための理論および手法に関連した科目

3年次の後学期に履修する研究プロジェクトでは，各自，複数の研究室を選び，やや専門的なテーマについてゼミ形式で勉強したり，実習やソフトウェアの開発実験等を行います．学士特定課題研究，学士特定課題プロジェクトの予備段階にあたる重要な科目です．

4年次では，いずれかの研究室に所属し，教員から直接，研究を行うための基礎訓練を受けます．その後，各自テーマを選び，大学生活の集大成である学士特定課題研究，学士特定課題プロジェクトに取り組みます．

数理・計算科学系科目体系図



数理・計算科学系の大学院

数理・計算科学系の学士課程卒業生の約 90%が大学院修士課程に進学します．学生の多くは「数理・計算科学コース」を選択しますが，いくつかの研究室では「知能情報コース」を選択することもできます．

大学院修士課程でどちらのコースを選択した場合も，座学の講義に加えて，教員や他の大学院生とのディスカッション形式のゼミ，研究室間の交流による積極的な情報交換，企業や研究所でのインターンシップ，学会発表や学術論文の執筆・投稿などにより，研究の現場に直結した実践的な指導が行われます．こうしたきめ細やかな研究指導を通して数理科学および計算機科学に関する高度技術者，研究者に必要な能力を身につけることができます．

大学，企業，公的機関を問わず博士号の取得は研究職に従事するための望まれる条件です．本学博士後期課程では，ティーチング・アシスタントによる雇用や各種奨学金，奨励金の制度が整っています．多くの先輩はこの制度を上手に利用しながら博士号を取得し，第一線の研究者として学術界や産業界で活躍しています．

数理・計算科学系卒業後の進路

数理・計算科学系(旧情報科学科)の卒業生に対するニーズは高く，情報関連の企業や研究機関を中心に，多方面の求人が寄せられています．就職を希望する学生は自分の適性に合った職場を選択することができます．

なお，高等学校での情報科目必修化に伴い情報科目を担当する教員の必要性が高まっていますが，数理・計算科学系では「情報」と並んで「数学」の教員免許を取得することも可能です．

次のページから数理・計算科学系担当教員紹介です

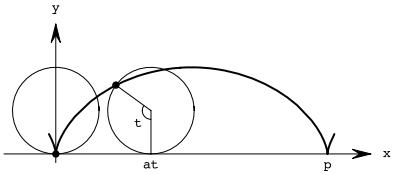
数理・計算科学系のすべての教員を紹介します．質問等があったら各教員に気軽に連絡してください．専門が近い教員を近くにならべています．

微分幾何学（梅原 雅顕 教授/数理・計算科学系就職担当）

専門は微分幾何学ですが，特に，3 次元ユークリッド空間あるいは 3 次元多様体の中のガウス曲率一定曲面あるいは平均曲率一定曲面などについて研究しています．曲面あるいは平面曲線は，目に見える対象ですので一見扱いやすく見えますが，実はとても奥が深く，研究テーマに窮することはありません．例えば極小曲面(平均曲率が零の曲面)は古くから針金に張る石鹸膜の作る曲面として知られ，関数論などと深く結びついています．なかでも最近，特に興味をもっているのは，曲面に生ずる特異点です．曲面を波面と思ってその時間発展を考えると，初期曲面は滑らかであっても，時間とともに特異点が生ずることがあります．そこに着目すると，面白い問題が数多く生じてくるのです．研究においては，グラフィックスや数式処理にコンピュータも使います．

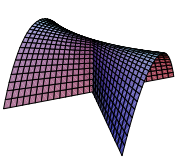
（一木 俊助 助教）

サイクロイドの尖った部分は「カスプ」とよばれる特異点である．

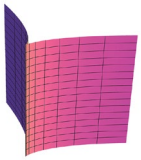


サイクロイド

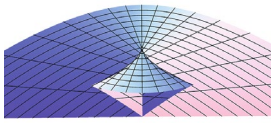
「与えられたカスプをもっともよく近似するサイクロイドに対応する円の半径の逆数の平方根」として **カスプ的曲率** という特異点の尖りぐあいを表す不変量を定義できる．



交叉帽子



カスプ辺



ツバメの尾

上記３つの特異点は曲面に，頻繁に現れる特異点である．
曲線の場合を発展させて，このような特異点に新しい不変量を定義し，平均曲率一定曲面あるいはガウス曲率一定曲面などに現れる特異点に関する微分幾何学的研究を行っている．

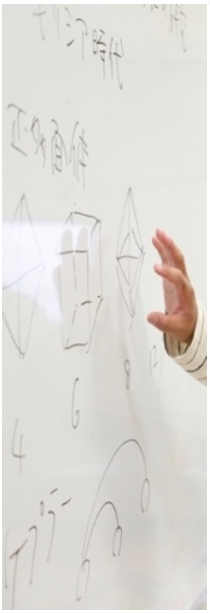
結び目理論　量子トポロジー（鈴木 咲衣 准教授）

結び目理論と量子トポロジーを専門にしています．結び目は日常生活でもしばしば現れるとても身近な存在です．そんな結び目の研究が近年，数学の一分野として急速に発展しています．「結び目で数学?何をするの?」と思うかもしれません．でも，数学は自由．数や多項式だけではなく，結び目でも数学ができます．1984 年にジョーンズ多項式という結び目の多項式不変量が発見されました．ジョーンズ多項式をはじめとした「量子不変量」は数理物理学にもルーツを持ち，物理と数学の境界領域で多くの研究者の興味の対象になっています．今も広がり続けるその広大な新しい領域は，「量子トポロジー」と呼ばれています．私の研究室では，結び目や３次元多様体の量子不変量を，古典的なトポロジーと関連させて理解することを目的としています．

$$R_{12}R_{13}R_{23} = R_{23}R_{13}R_{12}$$
$$S_{12}S_{13}S_{23} = S_{23}S_{12}$$

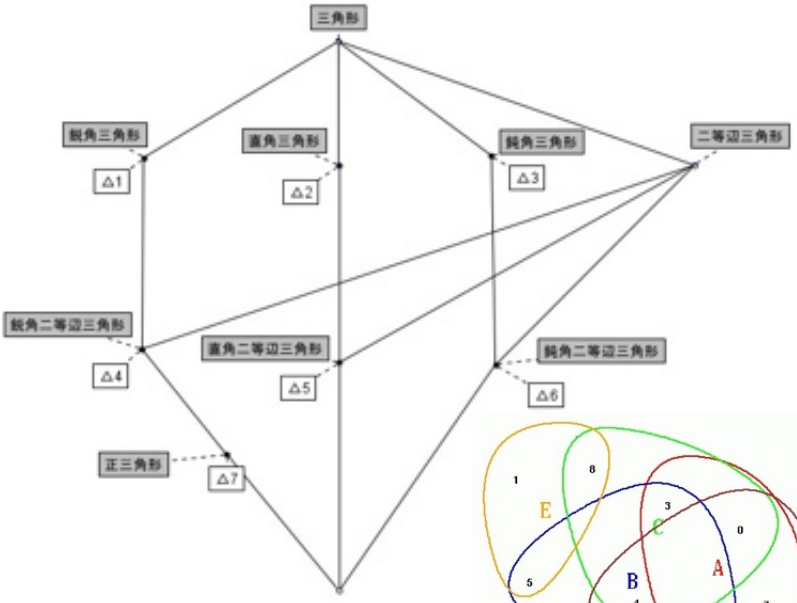
量子代数　表現論（土岡 俊介 講師）

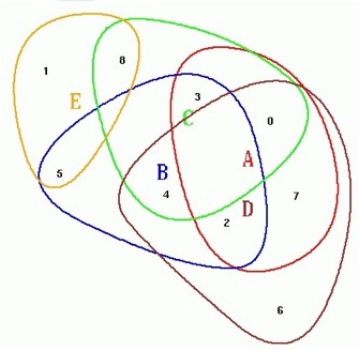
表現論を専門にしています(大きな分類だと代数学を研究しています)．整数論が整数を研究するのだとすれば，表現論は対称性の研究といえます．ギリシャ時代，人々は水や火といった基本的な要素を正多面体と関係づけ，理解しようとしたり，16 世紀にケプラーは，当時知られていた 5 つの惑星を正多面体と対応づけ，具体的な計算をしようとしたという点で，表現論は正多面体論の現代版と思うことができます．面白いことにラマヌジャンの人をびっくりさせる公式のいくつかは，表現論・保型形式・等式証明などで理解でき，類似物を見つけることもできます．このうち，表現論をリー理論や量子代数，圏論化の観点から研究しています．あなたも代数学または計算機を活用してラマヌジャンを目指してみませんか?



非加法的測度論　集合関数論　区分線形関数論　形式概念分析　情報視覚化（室伏　俊明　准教授）

研究テーマは，集合関数(非加法的測度，ファジィ測度，協力ゲーム(の特性関数)，重み付きhypergraph などとも呼ばれます)，区分線形関数，形式概念分析，情報の視覚的表現などです．図は，形式概念分析による三角形の分類図と情報視覚化の例(Venn 図の自動描画)です．数学では1足す1は2以外の何ものでもありませんが，現実には，人と人との協調や，主観的評価，人間による確からしさの判断など，1足す1が2にならない現象は数多くあります．集合関数という概念を用いると，これらの現象を形式的に記述したり，計算機で扱えるようになります．集合関数の応用には，カラー印刷画像の評価分析(大日本印刷)，テレビ番組総合評価システム(博報堂)，携帯電話のデザイン評価支援(三菱電機)などがあります．また，データベースやエキスパートシステムにおける不確実な知識の処理への応用研究もなされています．

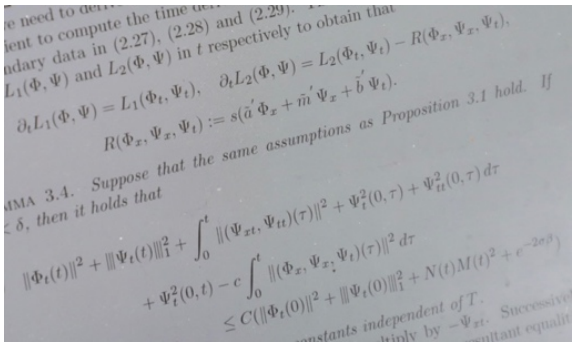




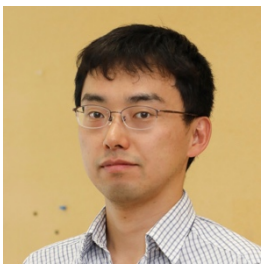
偏微分方程式論　非線形双曲型保存則　流体の方程式（西畑　伸也　教授/情報理工学院副学院長）

流体(特に気体)の解析に現れる非線形偏微分方程式を，主な研究対象としています．流体の運動を記述する基礎方程式としてはナビエ・ストークス方程式，ボルツマン方程式が有名です．これらは豊かな内容を含み，物理学者や工学者のみならず，数学者に対しても無限の課題を提供し続けています．現在，これらの方程式に現れる非線形波，特に衝撃波，希薄波，拡散波，等の漸近安定性の研究を行っています．

（高橋　仁　助教）

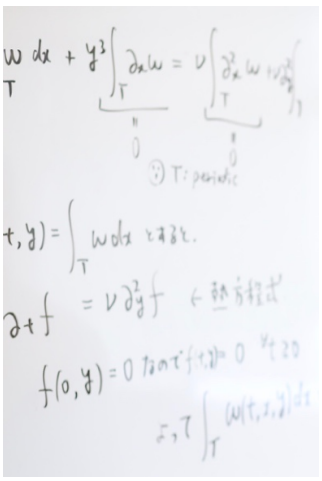


偏微分方程式　流体力学（三浦　英之　准教授）



偏微分方程式を関数解析，Fourier 解析等の手法を用いて研究を行っています．偏微分方程式とは変数が複数ある未知関数がその偏微分たちによって関係づけられる方程式のことです．自然現象等を記述するために様々な偏微分方程式が提案されています．例えば熱伝導を記述する方程式や，波動の伝播を記述する方程式は時間変数と空間変数に関する偏微分方程式によって表されます．その中でも私は物理学に現れる非線形偏微分方程式の解の存在，漸近挙動の研究を行ってきました．それらの方程式の多くは解を具体的な関数の形では表すことができないため，上述の関数解析，Fourier 解析や数値解析等の手法を用いて研究を行います．非線形偏微分方程式の研究では，方程式全体を統一的に扱う一般的な理論よりは方程式毎の解析が中心となるため，それぞれの方程式が持つ特徴，物理的背景などの理解も重要となります．

（後藤田　剛　助教）



機械学習　数理統計学　情報幾何学（金森　敬文　教授/数理・計算科学系コース主任）

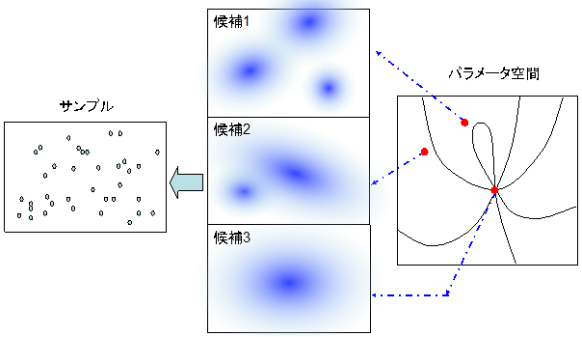
「情報」を定量的に扱うための理論的枠組に興味を持ち，機械学習や統計学に関する研究を進めています．現代社会では，科学や工学，人文科学やビジネスに至るまで，観測や調査によって得られるデータから推論や予測を行うことは非常に重要な課題です．また，インターネットから自動的に情報を収集し，データ解析を行うこともあります．このような場面で役に立つ方法として，さまざまな機械学習アルゴリズムや統計手法が提案されています．それらの方法がどのくらいの予測精度を達成するか，理論的な限界がどこにあるのか，などの問題について数理的に考察し，より優れた機械学習アルゴリズムを構築することを目指しています．最近では，性質の異なるさまざまなデータドメイン間で情報をやり取りしながら学習を進める転移学習や，計算困難な状況での統計的推論などのテーマに興味をもって研究を進めています．

（川島　孝行　助教）

代数幾何　特異点解消　関数空間上の中心極限定理（渡邊　澄夫　教授/数理・計算科学系教務担当）

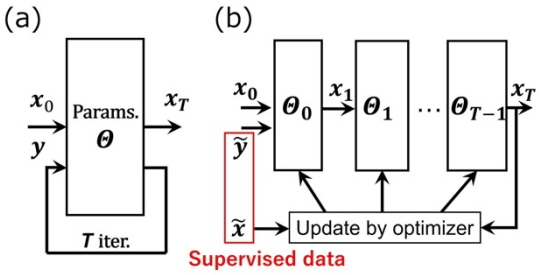
神経回路網や混合正規分布のように階層構造や隠れた変数を持つ確率モデルは，パラメータ集合上に多数の特異点を持つため，その性質を解明するための数学的な方法がありませんでした．私たちの研究室では代数幾何学に基づく新しい数学の分野を建設することで予測精度や自由エネルギーの漸近挙動を解明することに成功しました．この理論の応用として開発された情報量規準 WAIC と WBIC は引用回数上位1％論文として知られ，実践の場においても世界的に利用されています．

「観測から構造を知る」=代数幾何学的学習理論



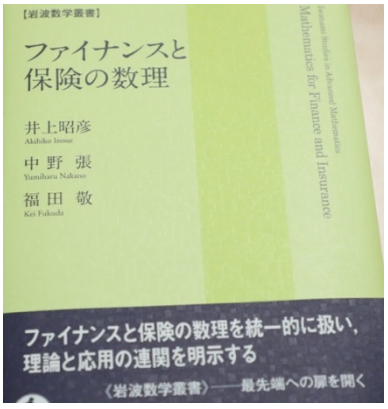
信号処理　統計物理学　深層学習（高邉　賢史　准教授）

無線通信に代表される信号処理や最適化問題の数理面に着目することで，大規模システムの平均的な性質を明らかにするとともに，より正確で効率的な信号処理技法を開発することを目標としています．例えば無線通信の世界では第5世代（5G）の後継となる6G の研究が進められていますが，6G ではより大量の信号を高速に処理する必要が生じています．我々の研究では多数の対象の振舞いを理論的に扱う統計物理学や情報理論をベースに大規模なシステムの数理的解析を提案しています．また，それらの技法や深層展開と呼ばれる深層学習的手法を援用することで，従来よりも高性能かつ高速な信号処理アルゴリズムの開発も行っています．



確率微分方程式　確率制御（中野　張　准教授）

確率微分方程式とその応用について研究しています．確率微分方程式とは，微分方程式に予測不可能なランダムノイズを加えたもので，金融や生物，工学上の様々な問題に用いられています．その中で特に，確率微分方程式に関する制御理論と確率偏微分方程式の数値解析に興味を持っています．より具体的には，最適制御問題に付随する Hamilton-Jacobi-Bellman 方程式と呼ばれる非線形偏微分方程式の数値解析，確率制御システムの部分推定問題に現れる Zakai 方程式と呼ばれる確率偏微分方程式の数値解析です．さらに，これらの研究成果の金融リスク管理の問題や，生物の個体群動態の問題などへの応用研究も進めています．



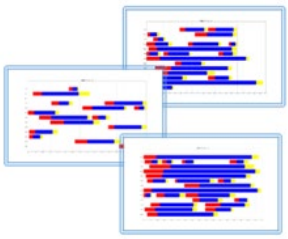
応用確率論　確率モデル　点過程　待ち行列理論（三好　直人　教授）

確率モデルとその応用に関する研究を行っています．少し詳しく言うと，(i) 私たちのまわりに現れる不確実性・不規則性を含む対象を確率モデルとしてモデル化し，(ii) 得られたモデルを確率の問題として解析することによって対象の特性を調べる，といったアプローチで研究を進めています．もう少し具体的に言うと，特に情報通信や計算機科学の分野に現れる確率的な現象に興味を持っており，最近では無線通信ネットワークを対象として，無数の無線ノードの不規則な配置を空間点過程と呼ばれる確率過程を用いてモデル化し，そのモデルの解析を通してネットワークの性能を調べるというテーマに取り組んでいます．また，純粋に理論的な興味から，点過程そのものに関する研究や，待ち行列理論に関する研究もしています．

（矢島　萌子　助教）

数理最適化　数値最適化手法（山下　真　教授/数理・計算科学系入試担当）

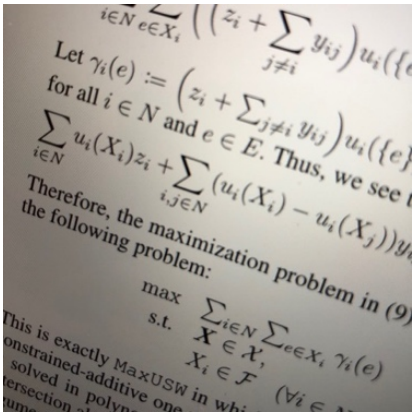
データ解析などで得た情報を用いた意思決定を支えるには高度な数学的アプローチが必要とされ，数理最適化は社会に多くの需要を持っています．数理最適化とは，簡単にいうと「様々な条件を満たす候補の中から最適なものを見つける数学的手法」のことであり，山下研究室では数理最適化を対象として，数理モデルの構築や効率的なアルゴリズムの設計，ソフトウェアへの実装など様々な研究テーマを扱っています．これまでに培ってきた数学的理論なども用いて，最近では，「病院の手術室割り当て」など今後の需要が期待されるヘルスケアに関する最適化問題や，長期的な視点に立った基礎研究として「採取園における遺伝子種別構成問題などへの効率的な計算手法の開発」，また交通に関するネットワーク最適化や量子アニーリングによる最適化などにも力を入れています．



（Tianxiang Liu　助教）

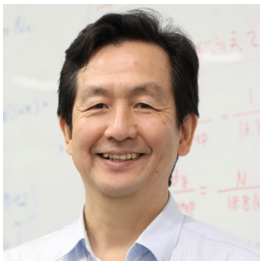
組合せ最適化　離散構造（澄田　範奈　講師）

最適化問題，特に組合せ最適化問題に対するアルゴリズムを理論的な観点から研究しています．組合せ最適化問題は「良い組み合わせ」を見つける問題で，資源の配分やスケジューリングといった問題が組合せ最適化問題としてモデル化できます．現実的な時間で問題を解くには効率的なアルゴリズムが必要であり，その設計には問題のもつ構造を調べることが重要です．私の研究では，様々な組合せ最適化問題に対する構造の解析，アルゴリズムの設計，性能の理論的評価を中心に行っていますが，必要に応じて数値実験も行います．扱う問題として，最近はアルゴリズム的ゲーム理論に現れる問題や不確実性の下での最適化問題にも興味をもっています．

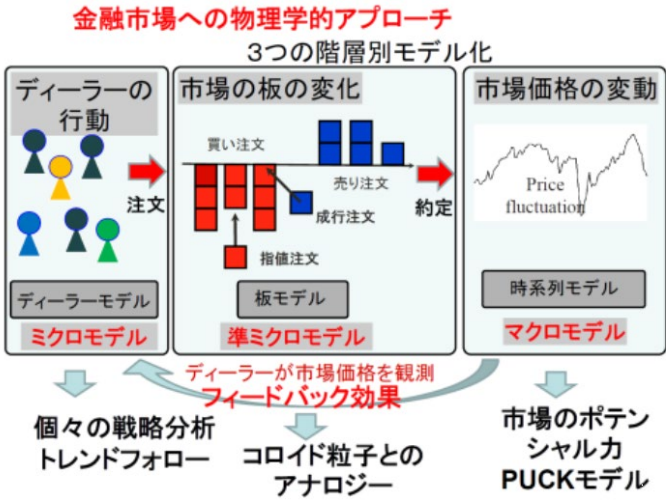


ビッグデータ　統計物理学　経済物理学（高安　美佐子　教授）

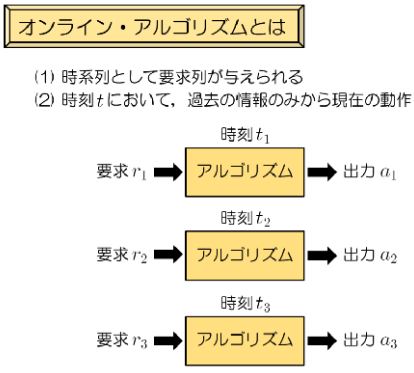
複雑なシステムにおいて，ミクロな構成要素がどのように相互作用することによってマクロな機能や現象が生じるのかを解明することが高安研究室の大きな研究テーマです．人間社会の現象においても，個々の人間や企業の活動とそれらの複雑なネットワーク上での相互作用から生じるマクロな集団的特質が詳細に観測できるようになってきました．本研究室では金融市場・企業データ・SNS・POS・スマホ・GPS・世界貿易・生体情報など産業界や官公庁などに蓄積されたビッグデータを用いて，社会現象・生命現象に関わるマクロな集団現象をミクロから解明する統計物理学の最先端の研究を切り開きます．そのようなビッグデータを利活用することによって，社会が直面している様々な問題を解決し，豊さ・安心・安全が持続可能な社会を実現することを目指します．

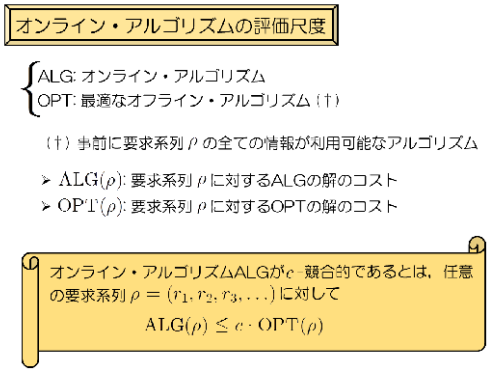


（尾崎　順一　助教，高安　秀樹　特任教授）



離散アルゴリズムの設計と解析　離散構造の解析（伊東　利哉　教授/東京工業大学副学長(情報基盤担当)）



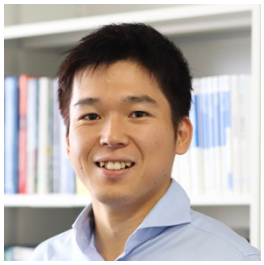


我々の身の回りには，与えられた条件を満たす対象を効率的に発見する必要に迫られる場合が数多く存在します．そのような諸問題(マッチング，符号の設計，ハッシュ関数の設計，パケット転送などのオンライン問題)に対するアルゴリズムを設計し，その効率や出力された解の良好性を明らかにすることに関心を持って研究を進めています．また，代数的手法や確率的手法を用いて，対象とする問題の数理的な構造や性質の解明にも強い関心を持って研究を行っています．研究のスタイルとしては，対象とする問題を定式化して，その性質等を理論的に解析することを通じて，アルゴリズムの効率の理論的な上界を導出する，アルゴリズムの効率の限界を理論的に解明する，離散構造の上界・下界の解析などもっぱら紙面上での論証が中心となります．

暗号通貨・ブロックチェーン技術　暗号理論　サイバーセキュリティ（田中　圭介　教授/数理・計算科学系主任/情報理工学院サイバーセキュリティ研究センター長）

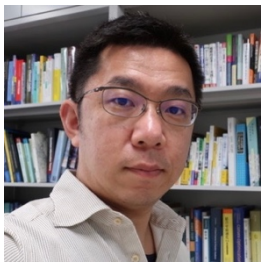
暗号理論は情報セキュリティ全体を支える数学的な分野です．特に RSA 暗号に代表される公開鍵暗号系の研究を行なっています．数論や代数，組合せ数学の基礎に，暗号方式を新たに設計・解析したり，既存の方式の解析と攻撃方法を考察したりします．暗号通貨・ブロックチェーン技術は暗号理論および分散システムを技術要素として，暗号通貨(仮想通貨)とブロックチェーン技術は生まれました．この基礎的な技術は暗号理論の分野の一部として認識されています．今後，暗号通貨・ブロックチェーン技術は信頼できる第三者を置かないシステムを基礎としており，社会的に広く用いられるインフラストラクチャーとなりえます．本研究室では，この基礎から応用まで幅広く研究を行なっています．サイバーセキュリティに関して企業や公共機関からの個人情報流出がよく社会問題となります．これは外部からの攻撃によるものですが，その攻撃手法，および，防御手法について考察するのがこの分野です．機械学習，情報可視化などを技術

要素として用いることでこれらの手法を研究します．

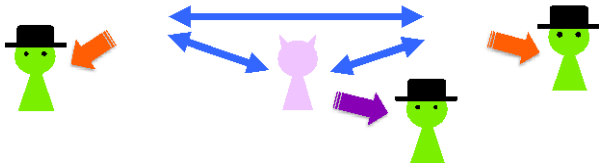



（石井　将大　助教，白髪　丈晴　助教，Mario Larangeira　特任准教授，Cid Leyes Bustos　特任助教）

暗号理論　符号理論（安永　憲司　准教授）

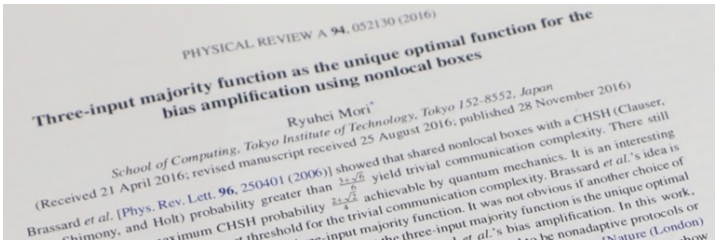


誤り訂正符号や暗号技術を主な題材として，情報技術の可能性と限界を探る研究をしています．暗号理論ではゲーム理論の観点を入れることで，今までできないと考えられていたものができるようになる可能性を探っています．また，暗号技術の「セキュリティ」という目に見えないものを情報理論を使って定量化する方法を研究しています．誤り訂正符号は，発生したノイズを除去して情報を正しく伝えるための技術です．最近は，挿入・削除という誤りを訂正する問題に取り組んでいます．受けとる文字列が長くなったり短くなったりするので直観的にも訂正が難しく，その理論的な限界についても未解決問題がたくさんあります．



量子情報　量子計算　量子力学の特徴付け（森　立平　助教）

量子力学を使った情報処理について研究しています．量子力学はミクロな物理現象を記述する物理学の理論で，マクロには起こり得ないような不思議な現象を許します．本研究室では特に量子力学を用いた計算，通信について研究しています．例えばグラフ彩色問題に対して，現在知られている最速の古典アルゴリズムよりも高速な量子アルゴリズムを世界で初めて示しました(研究の世界では研究成果が「初めて」なのは当たり前なので通常はわざわざ明記しません)．一方で，近い将来実現するような非常に能力が限定された量子コンピュータで計算することができる論理関数を概ね特徴付けることに成功しました．また，量子力学はとても美しい数学で記述されますが，運動の3法則といったような，その物理的な原理は知られていません．そこで「量子力学の原理を情報の言葉で記述する」という研究もしています．


PHYSICAL REVIEW A 94, 052130 (2016)

Three-input majority function as the unique optimal function for the bias amplification using nonlocal boxes

Ryuhei Mori*

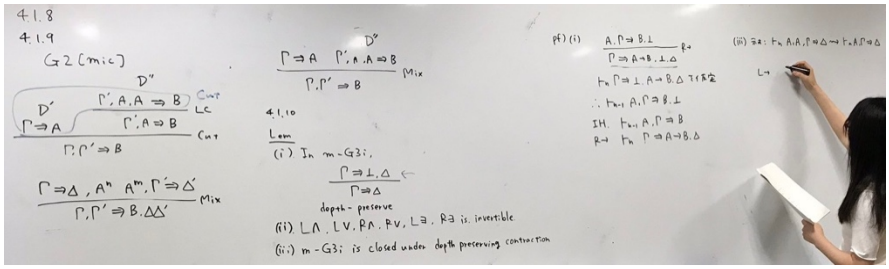
School of Computing, Tokyo Institute of Technology, Tokyo 152-8552, Japan

(Received 21 April 2016; revised manuscript received 25 August 2016; published 28 November 2016)

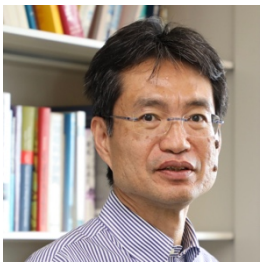
Brassard *et al.* [Phys. Rev. Lett. **96**, 250401 (2006)] showed that shared nonlocal boxes with a CHSH (Clauser, Horne, Shimony, and Holt) probability greater than $\frac{2+\sqrt{2}}{4}$ yield trivial communication complexity. There still exists a maximum CHSH probability $\frac{2+\sqrt{2}}{4}$ achievable by quantum mechanics. It is an interesting problem to find the threshold for the trivial communication complexity. Brassard *et al.*'s idea is to use the three-input majority function. It was not obvious if another choice of the three-input majority function is the unique optimal one for Brassard *et al.*'s bias amplification. In this work, we show that the three-input majority function is the unique optimal one for the nonadaptive protocols or

数理論理学　非古典論理（鹿島　亮　准教授）

数学と計算機科学の共通部分に位置する数理論理学，特に非古典論理の完全性定理の拡張などが主な研究テーマです．非古典論理は数多くあるのですが，その中でも特に真理値の動的変化に対応する様相論理や，関数型プログラミング言語と密接に関連する直観主義論理などを扱っています．これらの論理は数学的研究対象として豊かで面白いだけでなく，プログラムの正当性検証や定理自動証明といった現実の応用の基礎にもなっています．完全性定理とは，論理式の正しさは形式的証明の結果と一致する，という自然な事実を厳密に示した基本定理です．理論計算機科学の研究テーマの多くは「プログラムの意味と実行の関係」や「形式言語の正規性とオートマトンの関係」などのように，記号列の意味と記号列に対する機械的操作との関係を調べる形をしており，完全性定理もそんな研究のひとつです(記号列＝論理式，意味＝正しさ，機械的操作＝形式的証明)．

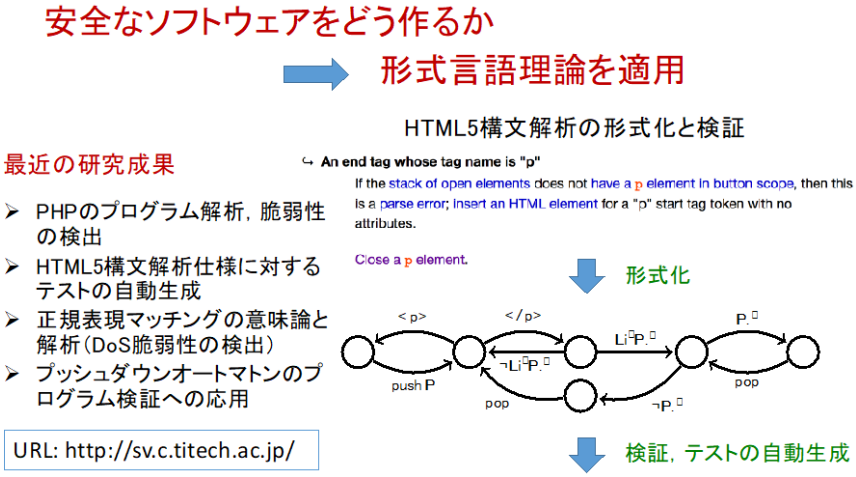


ソフトウェア検証　プログラミング言語　形式言語理論（南出　靖彦　教授）



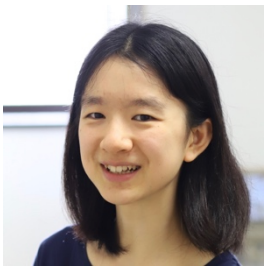
現在の社会はソフトウェアへの依存度をますます高めており，その信頼性の向上が課題となっています．例えば，ウェブに関連したソフトウェアにおいては，プログラムの小さな誤りが，クロスサイトスクリプティングや SQL インジェクションなどの脆弱性の原因となり，情報漏洩などの深刻な問題を起こしています．本研究室では，ソフトウェアの信頼性を高めるための理論や技術を研究しています．特に，オートマトンや形式言語の理論に基づく検証技術の研究に注力しています．オートマトンは非常に単純な計算モデルですが，近年，様々な拡張が考えられ，ソフトウェア検証等の分野で応用が進んでいます．また，プログラミング言語の理論・実装や証明支援系の応用に関する研究も行っています．

（佐藤　哲也　助教）

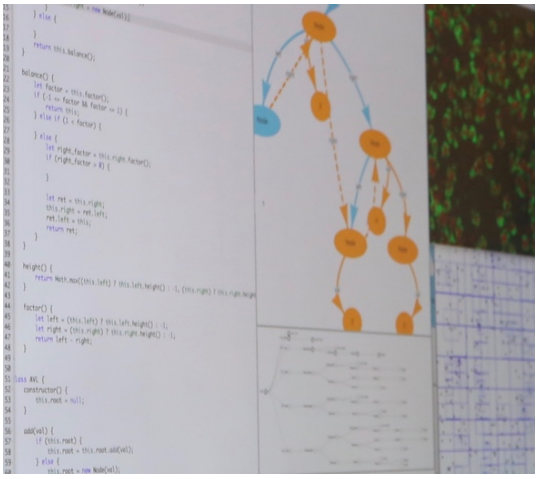


プログラミング言語　ソフトウェア開発環境（増原　英彦　教授/情報理工学院副学院長）

プログラミングは計算機科学の重要な基礎になっています．研究室では「プログラミングをもっと楽しく」をモットーに，プログラミング言語とソフトウェア開発環境に関する研究を行っています．理論から処理系構築まで，幅広い研究テーマを扱っていますが，主に (1) プログラムの書きやすさ，(2) プログラムの実行速度，(3) プログラムの信頼性に着目しています．最近の研究からキーワードを拾い出すと，GPU による並列プログラミング，先進的モジュールシステム，メタ実行履歴コンパイラ，バージョン管理，シェルスクリプティング言語，ライブプログラミング環境，コード補完システム，依存型とエフェクト，プログラム合成などがあります．

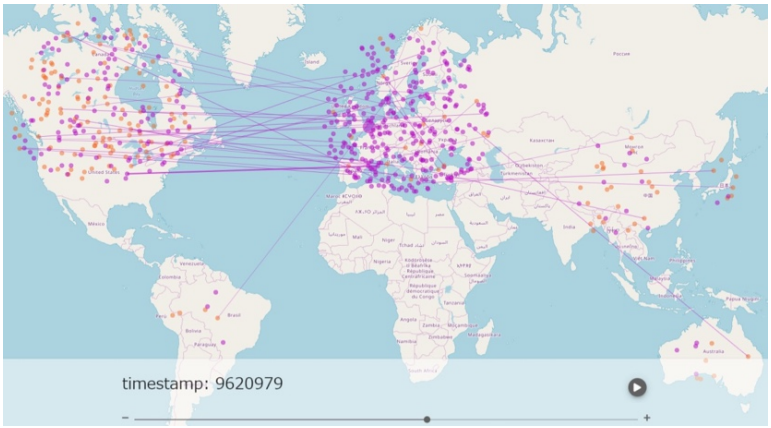


（叢　悠悠　助教）



分散システム　インターネット　データ工学（首藤　一幸　准教授）

インターネットでつながった多数(～数百万)の機器を連携させる手法や基盤的なソフトウェアに取り組んでいます．peer-to-peer，Internet of Things，クラウドなどと呼ばれる領域です．例えば，ブロックチェーンも最大1万程度のサーバからなる分散システムであり，研究対象です(図)．他には，サンプリングによるソーシャルネットワークの解析や，分散データベースといったデータ工学の研究に取り組んでいます．



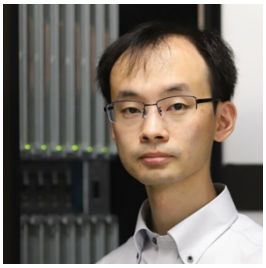
ブロックチェーンネットワークのシミュレーション

ヴィジュアルアナリティクス　インタラクション　データサイエンス（脇田　建　准教授）

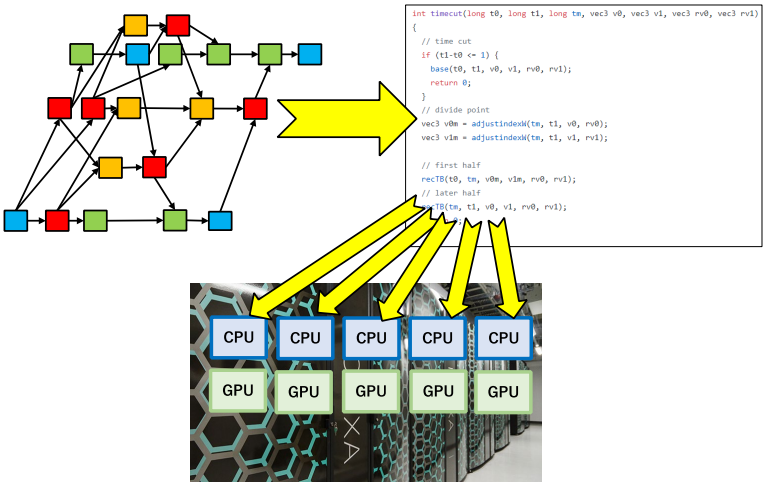
ビッグデータと AI の技術によって，まもなく夢のような未来がやってきます．一方，人間のありかたや尊厳について見直す時期にも来ています．「AI の時代に，人間はなにをすればいいの？」ビジュアルアナリティクスと情報可視化の中核は「人が中心に物事を考える」ことです．人間が理解，判断をし，意思決定のプロセスで主体的な地位を占めるために，事象をわかりやすく整理し，視覚的に提示することがひとつの大きな目的です．複雑な事象を静止画で示しただけでは，物事を一面的にしか捉えることはできません．「インタラクション」の技術は視覚的に提示されたデータを操作し，さまざまな視点からデータを眺める機会を与えます．ビッグデータをインタラクティブに分析する技術を研究し，今後も人間が意思決定の中心にいる世界の実現をめざしましょう．

高性能ソフトウェア　GPU コンピューティング　メモリ階層（遠藤　敏夫　教授）

スーパーコンピュータなどの上の高性能ソフトウェアが主な研究対象です．特に近年ではディープラーニングなどの機械学習分野において，高性能計算の重要性はますます高まっており，計算を高速に，計算規模を大きく，使いやすくするためのソフトウェア技術の進展が求められています．それに対して，ミドルウェア・プログラミング言語・アルゴリズムの協調により問題解決することに興味を持っています．東工大 TSUBAME スパコンなどを研究に用い，また最新の GPU・CPU・メモリ・クラウド技術に触れることもできます．研究成果の一部は TSUBAME の運用や次世代システムの設計に活用されます．



（野村　哲弘　助教）



図：複雑な構造を持つ計算をソフトウェアで表現し、
多数プロセッサを持つ計算機上に載せる（写真はTSUBAME3スパコン）

高性能・高信頼・低消費電力計算システム　マイクロサービスの効率化（坂本　龍一　准教授）

計算機システムの効率化に関する研究を行っており，特に多数の計算機から構成される HPC システムやクラウドシステムの省電力化・高性能化に関する研究に力を入れております．みなさまがご利用の Web アプリケーションの裏側には大規模かつ，複雑なシステムが隠れており，これらのシステムを定式化し様々な最適化手法を用いてシステムを効率的に利用するための方法を模索しています．システムソフトウェアやアプリケーションといった上位のレイヤだけでなく，デバイスや計算機アーキテクチャ等の低いレイヤも研究の対象としております．