

Mathematical Engineering and Information Physics

東京大学工学部 計数工学科

〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1 工学部六号館
東京大学工学部計数工学科教務室
TEL 03-5841-6888

東京大学工学部

計数工学科



Department of
Mathematical Engineering
and Information Physics
School of Engineering The University of Tokyo

科学技術の基幹たる「普遍的な原理・方法論」を目指して！

計数工学科の目指すところは、次世代の科学技術の創出に向けた「普遍的な原理・方法論」の構築である。特に、情報の概念や情報技術をベースとして、個別分野に依存しない科学技術の基幹となる普遍的な概念や原理の提案および系統的な方法論の提供を目指している。

学科には、「数理情報工学コース」と「システム情報工学コース」という互いに相補的な関係にある2つのコースが用意されている。数理情報工学コースは単なる数学とは異なり、人間や環境を含むあらゆる物理システムや社会システムを対象として、それらに現れる諸問題を数理的アプローチで解決する方法論の構築を目的としている。一方、システム情報工学コースは単なる情報とは異なり、実世界を強く意識し、物理世界と情報世界とを繋ぐ「認識と行動」に関する研究を行っている。

教育のモットーは「基礎を深く、視野を広く」であり、創造性に富み適応能力の高いチャレンジ精神を持った学生の育成を目指している。

Contents

02	計数工学科について
04	カリキュラム体系
06	学生実験・研究の現場
10	学生生活
12	在校生の声
14	数理情報工学コース／研究室紹介
18	システム情報工学コース／研究室紹介
22	卒業生の進路
23	卒業生の声

数理情報工学のテーマ

- 自然現象・社会現象のモデル化
- 数理情報モデルの解析
- 問題解決の方法論とその実現
- 諸分野への応用

システム情報工学のテーマ

- 認識システムの知能化と実現
- 行動システムの構成と応用
- 生体機能の制御と再構築
- 次世代知能の設計と実現

基礎を深く視野を広く

計数工学科では数理と物理のしっかりした基礎の上に、あらゆる工学システムの解析と構成を高いレベルで行うことのできる人材を養成しています。自分の頭で考え、自分の手を動かし、自分の言葉で説明することにより、理解を深めるようカリキュラムが構成されています。

1年～2年

進学・
コース
決定

3年～4年

教養科目

数理科学

数学Ⅰ 微積分
数学Ⅱ 線形代数

物質科学

力学
(化学)熱力学
電磁気学
構造化学
物性化学

総合科目

現代工学
数理科学
情報学

その他

外国語
人文科学
社会科学

計数の基礎

基礎数理

工学に必要な数学の基礎を固めるために、これまでに習ったことのブラッシュアップと補強(集合論、グラフ、位相、解析、線形代数など)を行う。

電磁気学第一

コンピュータ、ロボット、計測機器…電磁気学なしでは工学は語れない。基礎から応用へとステップアップする。

回路とシステムの基礎

回路、制御、制御の基礎となるシステム理論と信号理論の初歩を学ぶ。現象の物理的な側面を強調しつつ電気回路を中心に講義する。

計測通論C

計測は科学の出発点である。計測の基本的な考え方を中心に、各種物理量を計測する原理について述べる。

数値解析

現実の問題では、正しい答が容易に得られることはめったにない。正しい答にできるだけ近い値を求める方法と、その数学的基礎について学ぶ。

最適化手法

工学上の多くの問題が最適化問題に帰着される。ここでは工学上重要な最適化問題の例を学ぶと同時に、最適化問題を解くための最適化手法について学ぶ。

認識行動システムの基礎

コンピュータサイエンスとロボティクスの基礎を数学的観点から整理する。同時に、計算システム・認識システム・行動システムの基本原理について講義する。

数学1D

数学及力学演習Ⅰ
常微分方程式、ベクトル解析、変分法の基礎を講義と演習により身につける。

数理情報工学コース

数理情報工学コースの目標は、数学を自由に駆使して現実の問題に深く切り込むことである。そのため土台作りを、基礎の五つの科目と演習で徹底的に行う。さらに、工学の諸分野に関連した科目(統計、計算機、情報、オペレーションズリサーチ、生体など)が用意されている。

●数理情報の基礎

解析数理工学

連続、収束、微積分など駒場の数学Ⅰで身につける解析学の基礎をベースに、測度論、ルベーグ積分、関数解析を学び、現実の問題への応用を考える。

幾何数理工学

幾何の面白さは、イメージできることにある。テンソル解析、トポロジーなど一歩進んだ幾何学をマスターし、そのイメージを工学の中で数理的にとらえることを学ぶ。

算法数理工学

計算は科学の基本である。どの程度の「手間」で計算「できる」かは重要な課題である。計算量の見積もり、効率の良い算法の設計法について学ぶ。

代数数理工学

群・環・体などの代表的な演算の構造について学び、工学的システムを演算構造に着目して横断的に眺める力を養う。

確率数理工学

確率・統計モデルを利用することにより、不確実な現象の中に潜む情報を抽出することが可能になる。このような確率・統計的手法の基礎となる数理を学ぶ。

●さらに進んだ数理情報

工学としての数理情報学に関する講義を通して、現実の問題を解決するために必要な「生きている数学」を体験し、エンジニアとして何をすべきかを考える。

数理計画法 応用空間論
情報理論 応用統計学
生体情報論 計算量理論
プログラムの数理
数理情報工学特論
機械学習の数理

両コース共通科目

数学2D
数学3
数理手法

電磁気学第二
量子力学第二
ナノ科学
脳科学入門

光学
固体物理
統計力学
経済工学Ⅰ、Ⅱ

計数工学特別講義
実地演習

システム情報工学コース

システム情報工学コースでは、計測、回路、制御、信号処理、システムを5本柱に計算機をベースとした認識行動システムに関する体系化された幅広いカリキュラムを提供している。新しい問題を広い視野から解決できる人材、自ら問題を提起し新分野を開拓できる人材の養成を目指す。

●システム情報の基礎

制御論第一、第二

工学のなかでもっとも美しく整っているとされている制御理論を中心に、制御工学の基礎的な考え方を一貫した体系のもとで学ぶ。

信号処理論第一、第二

デジタル・アナログ両方の信号処理の数学的基礎とアルゴリズム、その音声、音響、画像処理や故障検出などへの応用を学ぶ。

回路学第一、第二

第一では半導体素子とその回路やセンサ回路を含むアナログ集積回路、第二では分布定数回路やマイクロ波、光など波動情報処理について学ぶ。

計算システム論第一、第二

論理数学から計算機アーキテクチャにいたる計算システムの全容を、基礎から実際までハードウェアを中心に述べる。

認識行動システム論第一、第二

ロボットなど外界の状況を認識し、それに基づいて知的な行動を行う機械システムの基礎を論じる。また、人間と機械が一体となって有機的に行動するサイバネティクスや人工現実感システムについても論じる。

●さらに進んだシステム情報

認識と行動のシステムに関するさらに進んだ講義を通して、広い範囲に及ぶシステム情報工学の様々なテーマを勉強し、新しい学問の現状を深く理解する。

センサ・アクチュエータ工学
画像処理論
応用音響学
システム情報工学特論
生体計測論

カオス工学
脳の数理モデル
社会行動の数理モデル
非線形工学
オペレーションズ・リサーチ
最適化・数理計画法
アルゴリズム論
数値解析
数値シミュレーション
情報理論
暗号理論
複雑ネットワーク
応用力学
統計学
時系列解析
金融工学
リスク解析
計算機科学
自然言語処理
機械学習
データマイニング

卒業論文 研究テーマ例

VLSI設計
プロセッサ開発
超並列処理
システム制御理論と応用
ロボスタ制御
モデリング
適応・学習
人工現実感
自律分散システム
サイバネティクス
ロボティクス
神経回路網
センサ融合
知的化集積センサ
画像処理
パターン認識
視覚・聴覚・触覚情報処理
音声・音楽情報処理
脳機能計測
ヒューマンインターフェース
逆問題

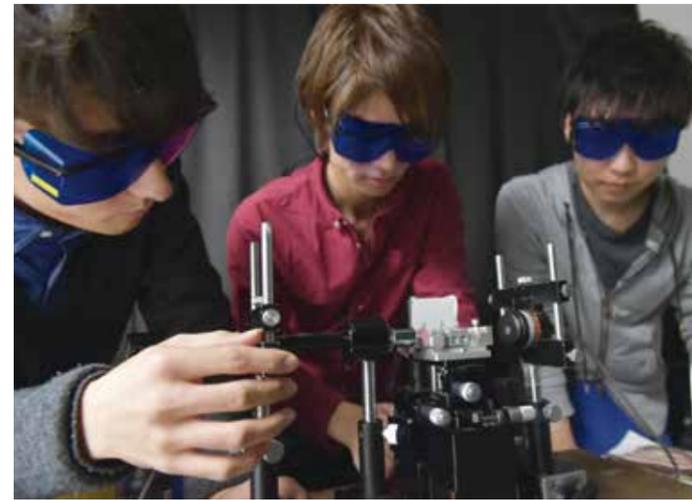


学生実験には、数理工学と計測・制御工学の基礎を実践する「数理情報工学実験第一」「システム情報工学実験第一」がある。さらに座学、実験で身につけた発想と知識を発揮させて、学生主体でテーマ設定や実験を行う「数理情報工学実験第二」「システム情報工学設計演習」「システム情報工学実験第二」がある。



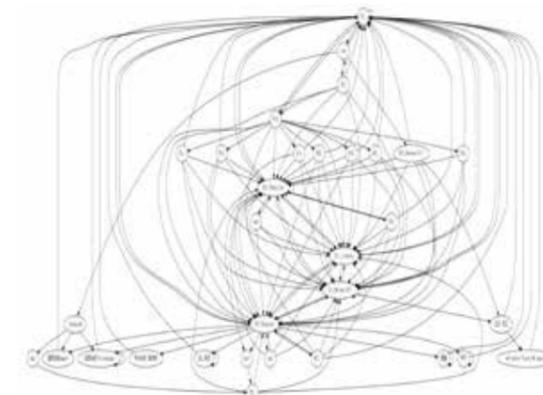
生体情報の計測・解析と制御への応用

神経系の信号、血圧、血流量、触圧覚などの生体情報をリアルタイムに計測・制御することで、ヒトの感覚や能力を向上させるインタフェースに利用することができる。生体計測、ロボット技術、センサ技術を融合してブレイン・マシン・インタフェースや感覚のある義手などサイボーグ工学に応用する。



光学・センサ工学実験

レーザダイオードや光ファイバの特性を理解し、干渉や光強度を用いて振動の変位・位相を光の強度分布に変調・可視化し、これらを利用したセンサを自らの手で作製・実験する。



実ネットワークの解析実験

インターネットのリンク構造や感染症の伝染過程など、ヒトや情報のつながりを数的手法を用いて明らかにしていく。例えば、Webサイトのページを点、ページへのリンクを辺に見立てたグラフを考え、深さ優先探索を用いた強連結成分分解、PageRankの計算などのアルゴリズムを利用することによりグラフを解析する。

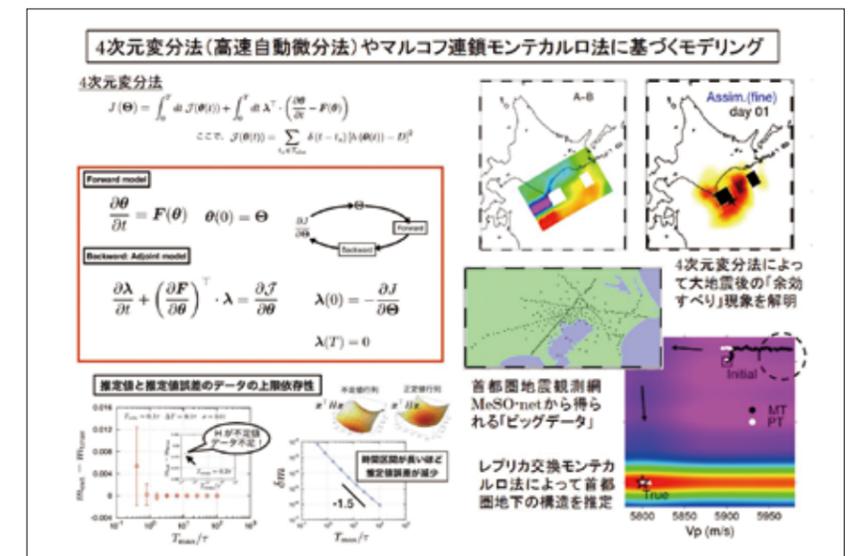


カオスシステム実験

カオスとは、生命現象など自然界にあるさまざまなゆらぎがある複雑現象である。その中にある数物的構造を理解することにより脳の情報処理や経済、電力ネットワーク等の実社会のモデリングにも生かすことができる。学生実験では簡単な電子回路を作製し、分岐現象やダブルスクロールと呼ばれるカオス的な現象をオシロスコープで観察する。また、回路のシステムを記述する微分方程式を数値的に解くことによって、同様の現象を再現できることを確認する。

ビッグデータを活かしたデータ駆動型モデリング

地震・津波や経済・マーケティング等、理論や法則に基づく精緻な数理モデルを与えることが必ずしも容易でない研究分野において、最適化理論や機械学習を始めとする数理的手法を駆使しながら、大容量の観測・実験データに含まれる情報を最大限に抽出するためのデータ駆動型モデリング手法を創出することにより、災害や社会システムの将来予測に資する、理論に基づく演繹的モデリング手法とデータに基づく帰納的モデリング手法の統融合を目指す。





音楽・音声・画像の信号処理

音が全く反響しない無響室を用いた音場の計測や、モデリング・信号処理の実験を行う。音声からの雑音除去、雑音中の音声認識、音声対話システム、朗読から歌唱への信号変換、音声・画像の信号圧縮などへの応用研究がある。

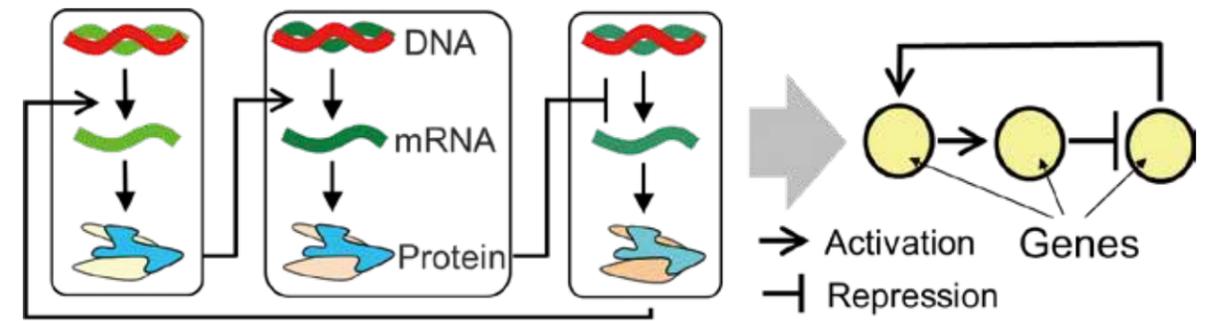
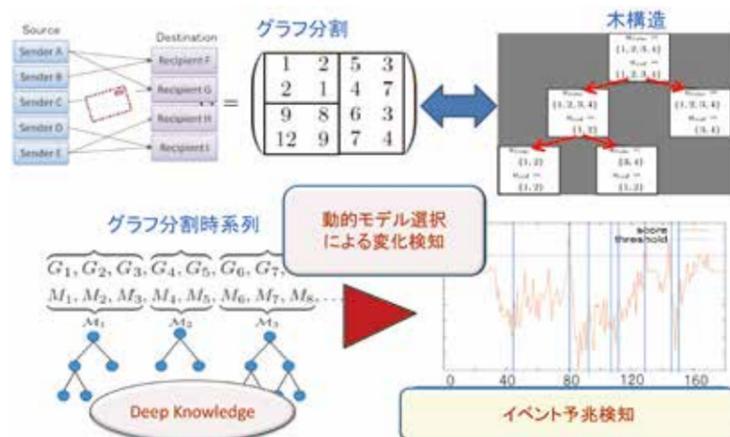


バーチャル・リアリティ、触れるディスプレイ

空中に浮かぶ立体映像に手を触れて、触感を感じながらタッチ操作することができる。触圧感が生じるメカニズムの理解と定量化、再構成を行い、バーチャル・リアリティを利用したインタフェースを設計する。

データの潜在的ダイナミクス

大量の多変数時系列データから、背後にあるグラフ分割構造とそのダイナミクスを検知する。これにより、現象が変化する予兆を読み解く。



生体システムの理解と新しい医工学の創出

生体は分子モータにより駆動されるナノスケールの自律分散システムである。これに学んだ制御理論の構築やナノテクノロジーを駆使した医工学を目指す。



身体性の編集と拡張

機械的・情動的に身体を拡張し、身体図式の獲得メカニズムを研究する。足指と足の動きを計測してロボットアームを制御し、ロボットハンドの接触を足に触覚で返すサイバネティクス系を設計することで身体図式が変容していく。



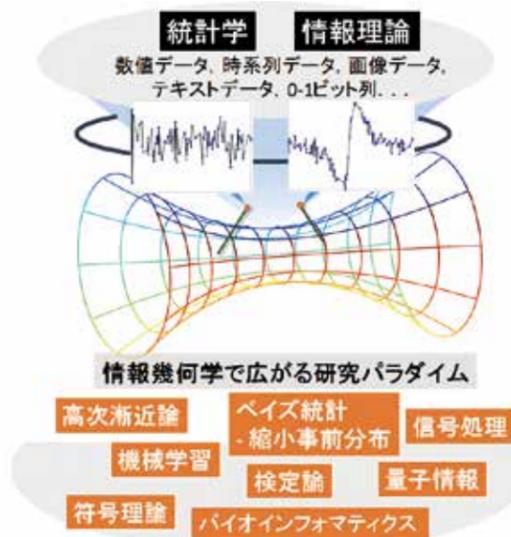
センサフュージョン

ヒトの認識と行動を超えた1/1000秒で情報処理をする超高速なイメージセンサとロボットハンドはジャンケンでヒトに負けることがない。複数の感覚情報を統合的に処理することにより、信頼性の高い情報の抽出と、単一の感覚のみでは得られない新たな認識機能を付与するためのセンサの統合の方式を研究する。



超低消費電力マイクロプロセッサの設計

スーパーコンピュータやモバイル端末の電力問題を解決する超低消費電力プロセッサを設計する。処理能力はそのままにしながら発熱と電力消費を極限まで低下させるプロセッサの最適設計を数理的な手法と実際の設計ツールを用いて設計する。実験では簡単なマイクロプロセッサの設計を通してその動作原理を理解する。



情報幾何学

情報幾何学は微分幾何学を通して情報の本質を「観る」学問である。「情報」という漠然とした概念を幾何学を用いて眺めることにより、明解な世界が広がる。実問題で現れる「データ」とそこに内在する「情報」を扱う方法を研究する。

May Festival



五月祭

計数工学科では学生有志が集まり、毎年本郷キャンパスで行われる五月祭に物理工学科と合同で作品を出展しています。学科で学んでいることを生かし、一般の人に敬遠されがちな数学や物理をわかりやすく伝えようといった趣旨で作品制作を行います。作品は、計数のシステム情報工学コースと数理情報工学コースで学ぶセンシング、信号処理、機械学習、アルゴリズムなどの知識を駆使しながら、見て触れて楽しく、しかも奥が深いものを目指して学生たちが協力しあって作成します。また、作品を作るために使った知識をパネルにまとめ、一般の人にもわかりやすく説明します。

自分たちの力で調査、研究し、作品制作を進めていく過程では、工学部や学科から様々なサポートを受けることができます。個人では手に入らない機材を学科から借りたり、資金面でも工学部から援助を受けたりすることができます。また、困ったことがあれば学科の先輩や先生方にも協力してもらえます。

五月祭の作品展示は毎年恒例のイベントとなっており、3年生と4年生を合わせて100人程度が参加します。参加者の中には五月祭で展示された作品の内容に興味を持ち、関係する研究室に進学する人もいます。



ARIEL

ARIEL (Artificial Reality and Intelligent Engineering Lovers)は、計数工学科の学生有志を中心に構成されている「ものづくりサークル」です。活動内容としては五月祭での作品展示を行ったり、その成果を一般に発表したりしています。授業で習ったことを実践してみたい、学部時代に何か一仕事やってみたい、そんな学生にお勧めしたい活動です。



School Life

学生の意欲にこたえる 環境・設備・チャンスを提供

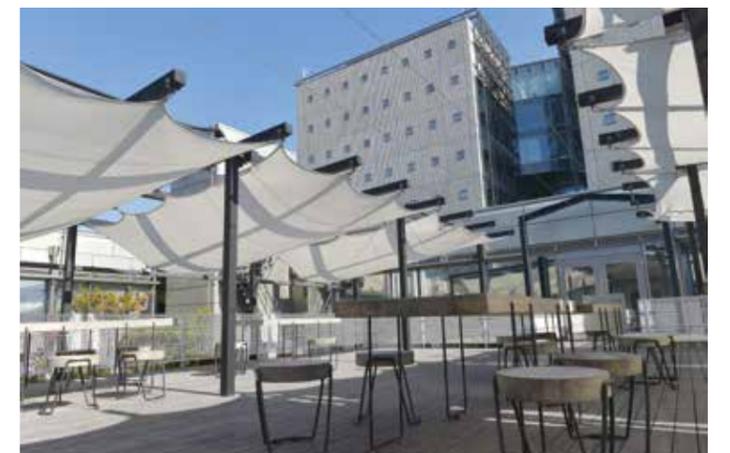
計数工学科のある工学部6号館は、まわりを緑で囲まれ、歴史の重みを感じさせる落ち着いた建物です。しかし、その内部に入ってみると、外観からは想像もできないような最新の設備と快適な講義室・研究室を提供しています。

教室には、プロジェクターやスクリーンなどの設備に加えて、一人一人の学生がノートパソコンを用いて実習ができるよう、無線LANや電源が配置されています。

計数工学科の学生には、講義・演習・実験で使用するソフトがインストールされたノートPCが無償で貸与されます。また、個人用ロッカーを完備した学部学生専用の控室も用意されています。

計数工学科・物理工学科の図書室では、国内42海外238タイトルの論文誌・学会誌のほか必要な専門書を豊富に取り揃えています。また快適な閲覧室が用意されており、これらの雑誌や図書を静かな環境で利用できます。

4階には屋上テラスが整備されており、自由に休憩して憩いの時間を過ごすことができます。



三好 裕之

システム情報学専攻 修士課程2年

Hiroyuki Miyoshi

大学院に進学した理由を教えてください。

3年生の後期に、奈良教授の「画像処理論」の授業を受け、進学を決意しました。その授業では、関数論と計測とが見事に融合し、自分も新たな理論を作りたいと思うようになりました。あの時の気持ちが、今の研究の原動力にもなっています。

現在はどのような研究をしていますか？

現在は、主に燃料電池の非破壊検査の手法に関して研究を行っています。燃料電池の発電を担うMEAと呼ばれる部分には、長時間の使用により欠陥が生じることが知られていま

す。そこで、燃料電池内部を流れる電流の偏りに起因する外部磁場を計測することにより、MEAに生じる欠陥の大きさや形状の同定を行う手法を研究しています。非破壊検査は、工学・数学・物理などの複合的視点から取り組むべき問題で、計数工学科で学んだことが研究に生きています。

計数工学科へ進学を希望している学生にメッセージをお願いします。

計数工学科は他の学部と比べ、数学・物理・情報など、様々な勉強が出来ます。このような基礎的な力は、どの分野に進んでも必要不可欠で、工学に対する新たな視点を与えてくれます。ぜひ、計数工学科への進学を検討してみてください。

松崎 紫音

数理情報工学コース 3年

Shion Matsuzaki

計数工学科を選んだ理由を教えてください。

私は、脳科学や金融工学に興味があり、数学を応用できる分野に進みたいと思っていました。計数工学科では、数理情報工学コースでもシステム情報工学コースでも、それらを全て学ぶことができ、その後の選択肢も幅広く用意されているので、本学科を選びました。

計数工学科に進学して良かったことは何ですか？

思っていた以上に数学をしっかりと学ぶことができます。加えて、実際の社会での応用につながる内容を扱う授業も多く、最先端の研究についても工場見学等で触れる機会があり

ます。そのため、将来どんな道に進みたいか具体的にイメージして考えることが多くなり、日々の学習に対するモチベーションになっています。周囲には、とても優秀な学生が多く、演習の授業や授業時間外でも、日頃から学生同士で議論したり教えあったりできる環境で、毎日刺激を受けています。

今後、学びたいことは何ですか？

まずは、分野をしばらずに様々な数理モデルを学んでしっかりと土台を作りたいと思います。その上で、興味を持っている脳科学、統計学、金融工学など、どの方面に進んでいくのか迷っています。計数は選択肢が多いのでじっくり考えていくつもりです。

数理情報学専攻 博士課程3年

宮口 航平

Kohei Miyaguchi

大学院に進学した理由を教えてください。

数学を実世界に役立てる仕事に携わりたいと思ったからです。特に基礎と応用の橋渡しに関わる企業研究者に魅力を感じました。修士卒で就職する選択肢もありましたが、まず腰を据えて研究に打ち込むことがスキル向上につながると考え、博士課程に進学しました。

現在はどのような研究をしていますか？

機械学習を用いた推論が何故・どうすればうまくいくのかという数理的側面を研究しています。特に情報理論の枠組みを用い、高次元モデルを対象として研究しています。高次元モデルとは高い自由度を持つ学習モデルの事で、深層学習や

スパース学習など応用上重要な例を多く含みます。一方で従来の低次元の理論の多くが成り立たないため、その振る舞いの理論的な理解は比較的困難です。私の研究では、高次元モデルを理解するための統一的な理論の研究とその実証を行っています。

計数工学科へ進学を希望している学生にメッセージをお願いします。

計数工学科は、基礎理論から実践応用まで一貫した視点を学びたいという方にお勧めします。その分勉強すべきことは多いですが、理論から開かれる新たな技術や、応用から導かれる新たな理論を通じて、ぜひ自分なりの楽しみを発見してください。

三井 健太郎

システム情報工学コース 4年

Kentaro Mitsui

計数工学科を選んだ理由を教えてください。

数学をベースとして、将来的に画期的なデバイスやシステムを作る力を幅広く養いたいと思い、計数工学科を選びました。進学選択の段階では、研究したいことが決まっていなかった私にとって、研究室ごとに多様な研究を行っている点も魅力に感じました。

計数工学科に進学して良かったことは何ですか？

カリキュラムとして、信号処理、回路、制御等の理論は数式ベースで深く学べる一方、プログラミングなどに関しては授業に加え実験（ホワイトと言われています笑）でも身につけ

ることができ、そのバランスが自分にとってはとても良いものであったと感じています。計数で学ぶ内容の中には当然難しい内容も含まれていますが、挫折せずにやって来られたのは、学問に対して前向きな姿勢を持った同期が周りに多数いてくれたお陰だと思っています。

今後、学びたいことは何ですか？

現在、機械学習を使った問題解決に取り組んでいるのですが、この分野は日々急速に進歩しており、新たな手法やアルゴリズムが開発され続けています。そのため、新しい情報にアンテナを張り、常に最善の一手が打てるよう学び続けていきたいと思っています。

数理情報工学コース

数理情報工学コースでは、数理工学的手法および情報工学的手法を用いて工学の諸問題に挑戦するための学問体系を修得する。数理情報工学は、単に数学を工学へ応用したり、コンピュータを利用したりすることだけを意味するものではない。現実の諸問題を解決するには、問題の構造をモデル化し、数理的に定式化しなければならない。

数理情報工学では、数学をその一部として含む論理的なものの捉え方・扱い方を手がかりに、対象とする問題の本質を抽出し、解析し、その問題に即して厳密解や近似解などの解決方法を導く。さらに、それらの解決をコンピュータなどの道具を用いて実問題に適用して行くことを目的としている。

世の中の既成の秩序
あるいは無秩序と戦う学問

暗号数理情報学研究室(数理情報第1研究室)

情報セキュリティの基礎を学ぼう



高木剛 教授



縫田光司 准教授

暗号理論

情報社会の安全性を支える暗号理論の研究を進めています。想定される攻撃者の解読能力や計算理論の進歩を取り入れた将来に渡り安全となるセキュリティモデルを考察します。量子計算機の時代においても解読困難となる新しい数学問題(符号理論、格子理論、多変数多項式、グラフ理論など)を応用したポスト量子暗号の構成と安全性評価を行ないます。

情報セキュリティ

現代暗号は、盗聴を防ぐ単なる通信路としての狭義的な暗号だけでなく、IT技術の進歩により、秘匿データ検索、著作権保護、電子投票、仮想通貨など、その用途は急速に拡大してきています。実社会での暗号利用を目的として、効率的な暗号アルゴリズムの設計と物理的攻撃などに対して安全な暗号実装技術の研究をしています。

離散情報学研究室(数理情報第2研究室)

個性を伸ばして世界を目指す



定兼邦彦 教授



平井広志 准教授

アルゴリズムとデータ構造

文字列、グラフ等の離散データを効率的に処理するためのアルゴリズムとデータ構造を研究しています。ビッグデータを圧縮したまま処理する簡潔データ構造や、グラフ処理を高速化する索引構造、二分決定グラフによる離散構造圧縮処理等を扱います。理論だけでなく、ゲノム情報処理、地理情報処理等への応用も行います。

離散最適化

離散的構造を有するシステムの最適化問題をグラフ・ネットワーク・マトロイドといった離散数学理論を駆使して研究しています。これに関連して、凸性、対称性、疎性、階層構造、距離構造などの数理的構造を代数的、アルゴリズム的な視点から研究しています。実用的であり、かつ、美しい応用数学を目指しています。

数値情報学研究室(数理情報第3研究室)

数値解析を通じて世界を担う



松尾宇泰 教授



中島研吾 教授



田中健一郎 准教授

数値解析

科学・工学の最先端で表れる諸問題は計算機の助けなしでは解けません。数値解析学は、そのために数学を計算機の上に乗せる方法を研究する学問です。そこにおいては応用分野の深い理解と様々な数学の知識が有用であり、基礎研究から応用まで、多彩な切り口の研究が展開できる複合的な研究分野です。

大規模シミュレーション基盤

数値シミュレーションは理論、実験に続く「第3の科学」と言われています。並列連立一次方程式解法等の大規模シミュレーションを支える数理的基盤の研究を、物理、モデリング、アルゴリズム、計算機科学等様々な観点から実施しています。

科学・工学・社会問題のシミュレーション

上述の理論的、計算科学的基礎に立脚して、非線形波動や数値流体など最先端の科学的問題、あるいは大規模行列・テンソルデータなどを計算機により解析する手法を研究しています。

統計情報学研究室(数理情報第4研究室)

深い理論と広い応用。それが統計



萩原哲平 准教授



萩原哲平 准教授



萩原哲平 准教授

統計的モデリングと理論統計

統計学的手法は、脳科学、地球科学、金融、医療、量子情報など、さまざまな分野で広く利用されています。実世界の複雑な現象を解析するための具体的な統計的モデルと解析手法の研究開発を行っています。また、その基礎となる理論、特に情報幾何や確率過程の統計解析などの研究を行っています。

データ同化

大規模数値シミュレーションと大容量観測データを、ベイズ統計学の枠組みで統融合するデータ同化のアルゴリズム開発および応用研究を実施しています。

ダイナミクスを理解・予測・制御する

気象、再生可能エネルギー、地震、経済、脳、生物、医療等、実社会の対象には、背後にダイナミクスがあるものがたくさんあります。その理解・予測・制御のための時系列解析を研究しています。

計画数理情報学研究室(数理情報第5研究室)

世の中の「困った」を解決する



武田 朗子 教授



寒野 善博 教授

オペレーションズ・リサーチ(OR)

実社会の問題解決や意思決定のために、数理モデルを構築し、計算機を利用して解決策を見つける科学的技法です。我々は特に、数理最適化問題としてのモデル構築と、その問題を解くアルゴリズムの開発を中心に研究を行っています。ORの適用範囲は多岐にわたっており、構造物の設計、エネルギーシステム、金融工学、機械学習といった分野の「困った」を解決すべく研究を行っています。

連続最適化の効率的解法と応用

実社会における問題は、しばしば大規模、非線形、非凸な連続最適化問題に帰着されます。また、データの不確実性(ばらつき)に対する頑健さが求められる局面では、ロバスト最適化問題とよばれるモデルが有用なこともあります。このような最適化問題を効率的に解いて、実社会の問題解決に貢献することを目標にしています。

計算情報学研究室(数理情報第7研究室)

計算方法を軸に新たな地平を拓く



岩田 覚 教授



谷川 眞一 准教授

最適モデリング

モデル化は、数理的手法による現実の問題解決や現象の解明に不可欠な第一歩ですが、支配法則の不明確な対象を扱う際には、同じ現象に対しても多数のモデルが考えられます。また、支配法則が明確であっても、変数選択や数式表現の自由度によって、数値計算の難易度が変わってきます。離散数学、最適化、統計学の知見を駆使して、多数のモデルの中から最も適切なものを効率的に選択する体系的な手法の創出を目指しています。

離散計算幾何

科学・工学の諸問題に現れる幾何的对象を計算機上で効率的に解析するための研究を行なっています。特に、地理空間情報、建築構造物、結晶構造などの幾何ネットワークに潜む離散構造を解明し、体系的な理論を構築することを目標としています。

学習数理情報学研究室(数理情報第6研究室)

機械知能の本質に数理で臨もう



山西 健司 教授



鈴木 大慈 准教授



大西 立顕 准教授

情報論的学習理論／統計的学習理論

機械学習とは、大量データから知識を獲得し、未来を予測するための技術です。この機械学習に情報論的・統計的にアプローチし、機械が実現し得る知能の可能性と限界を数理的に解明します。モデル選択、異常検知、変化解析、高次元学習、スパースモデリング、確率的最適化、深層学習などを対象とします。

データサイエンス／ビッグデータ解析

機械学習の応用としてデータサイエンスとビッグデータからの知識発見に挑みます。特に、ダイナミックでヘテロなデータから、潜在的知識(ディープナレッジ)を抽出する手法の確立を目指します。これをセキュリティ、マーケティング、交通・地理空間情報解析、生命科学、金融市場、社会・経済ネットワーク等の実問題に幅広く適用し、実用的かつ深い知識発見を究めます。

非線形物理学研究室(数理情報第8研究室)

アイデアと疑問を形にする



郡 宏 教授

モデリングと理論構築

複雑な現象を生み出すシステムを記述するできるだけ簡単な数理モデルを構築し理論的解析や数値シミュレーションを通して、現象の理解、予測、制御、最適化を行います。また、問題の一般化・抽象化を通して、普遍性の高い理論の構築を行います。研究対象として、体内時計などの生物リズム、歩行や遊泳などのロコモーション、流体现象、電力網、輸送網、交通流、化学反応系や生物のパターン形成、社会システム、神経ネットワークなど幅広く扱います。自分の持つアイデアや疑問を数学的に記述し、問題解決を目指します。

実験研究者との協働

工学、生物学、医学、化学分野などの研究者と協働し、数理モデリングや解析による理論的考察を提供することによって、社会的ニーズのある問題の解決を目指します。

数理生命情報学研究室(生産技術研究所・IRC)

複雑な現象を非線形数理モデルで解明する



合原 一幸 教授



河野 崇 教授



小林 徹也 准教授



藤原 寛太郎 特任准教授

複雑システムの数理解析

脳・生物、経済・社会などの複雑系の現象理解に向けた、分岐解析、時系列解析、統計解析などを用いた数理解析手法の確立と普遍理論体系の構築を目指しています。

生体情報システムの理解

生体の動作原理や情報処理機構を明らかにするため、脳や細胞、発生、免疫システムの数理モデル研究、生理データ・生体画像データ、次世代シーケンサーデータの解析などを行っています。さらに、脳や神経の数理モデルを工学的に応用する神経形態学的ハードウェアの研究も行っています。また、疾患の数理モデル研究を行っています。

カオス工学

カオス・複雑系の生成する豊かな動的挙動を利用した情報処理系の提案や非線形モデルのアナログ回路実装、カオス人工脳の構築など、工学への応用を行っています。

脳数理情報学連携研究室(理化学研究所)

心と知性を脳の数理でつかもう



Andrea Bernucci 教授



豊泉 太郎 教授

感覚判断の予測と検証

感覚に基づく意思決定の観点から脳の計算原理を明らかにすることに関心があります。生物の神経回路の動態のモデルとして、人工ニューラルネットワークを用います。特に、マウスを対象に最先端のイメージング及び光遺伝学的技術を用いることで、モデルから導き出された予測の実験による検証に取り組みます。

計算神経科学

脳が環境に適応する際におこる学習メカニズムを研究しています。統計力学や情報理論などの理論的アプローチと実験データの解析とを組み合わせ、脳の情報処理が学習によってどのように変化するかを理解するとともに、その変化を説明する基本原理の解明を目指します。

社会数理情報学研究室(先端研科学技術研究センター)

社会的な複雑系を数理的に捉える



田中 久美子 教授

社会的な複雑系に内在する数理

自然言語、金融、コミュニケーションネットワーク(Twitter)など、人が社会活動で用いる複雑系には、それぞれ統計物理的な経験則が知られており、共通する性質があることが伺えます。研究室では、大規模な実データに基づき、複雑さや揺らぎなどの観点から、系の数理的特性を探索しています。また、複数の複雑系に共通する現象の中の本質を捉える試みを行っています。

社会的な複雑系のビッグデータ科学・工学

社会的な複雑系に通底する特性を満たす数理モデルを、深層学習・機械学習を利用して研究しています。また、ある系の方法論を、異なる系に適用する試みを通して、解析や予測を行う方法を再考し、現実の問題に適用しています。実時系列の生成モデルと複雑ネットワーク構造の関係を考える基礎的な探求や、ニュースやコミュニケーションネットワークを利用した金融分野への応用に取り組んでいます。

最先端数理モデル研究室(生産技術研究所)

実問題の複雑ダイナミクスに挑む



合原 一幸 教授



田中 剛平 特任准教授



近江 崇宏 特任准教授

複雑系数理モデル学の基礎・応用研究

複雑系の数理モデル構築・解析のための理論研究とAIや電力網などへの実応用研究を行っています。

複雑ダイナミクス解析

細胞や遺伝子などのミクロなレベルから、地球や宇宙などのマクロなレベルまで、時々刻々と変動する複雑で動的な挙動は至るところに観察されます。数理モデリングと数理解析を通じて、複雑ダイナミクスを生み出すシステムの理解を深め、実問題の解決に向けて、それらを予測・制御・最適化することを目指します。研究対象は、生物、医療、公衆衛生、工学、経済、社会問題などを含みます。

複雑データ解析

複雑系から得られた実データを解析するための数理的な手法の開発および、自然災害や経済現象への応用研究を行っています。

システム情報工学コース

システム情報工学コースの目指すところは、“物理世界と情報世界を繋ぐ「認識と行動」の学問”である。「認識」とは、対象とする物理的世界からの要素情報の収集（計測）により得られた多数の要素情報の処理および解析に基づく知識レベル情報の抽出であり、物理世界を情報世界に射影する。一方、認識の結果得られた物理世界のモデルに基づいて合成と予測を行い、目的を実現するための対象への働きかけ（制御）を行うのが「行動」である。

本コースでは、この「認識」と「行動」に関する全ステップを対象として、新しい理論とアルゴリズムを追及し、これに基づいて新しい機能のシステムを実現しようとしている。

「認識と行動」の学問 物理世界と情報世界を繋ぐ

システム情報工学コース / 研究室紹介

システム情報第1研究室

信号処理:複雑な物理現象からの宝探し



猿渡洋
教授



小山翔一
講師

音響信号処理に基づくヒューマンインターフェイス
統計的・機械学習論的アプローチを駆使し、事前教師情報を必要としない柔軟なブライント信号処理系を実現する。また、それを応用したヒューマンインターフェイスやユニバーサルコミュニケーション支援システムの構築を行う。

音場を対象とした逆問題とバーチャルリアリティへの応用
音空間の可視化や解析、音源位置や室内音響パラメータの推定など、音場計測における種々の逆問題に対する新たな方法論を探索するとともに、VR等への応用を目的とした音場の再現技術について研究している。

音声の合成変換に基づく音声コミュニケーション拡張
人と人・人と計算機の違いを超えた音声表現を可能にすべく、音声を入力して合成変換するための信号処理・機械学習を研究している。

システム情報第3研究室

逆問題:計測と数理の接点



奈良高明
教授

逆問題の直接解法

結果から原因を推定する逆問題に関し、原因を測定データで陽に記述する数理手法を開発する。函数論を中心とする物理数学に基づき、理論的美しさと計測の観点からの実用性を兼ね備えた方法論を構築する。

医用画像処理

脳磁場逆問題に基づくてんかん病巣推定、MRIを用いた人体内部の導電率・誘電率再構成などの医用画像処理に対し、直接代数解法を応用する。

非破壊検査・防災応用

漏洩磁束探傷、渦電流探傷などの非破壊検査、瓦礫・土砂・雪崩埋没者探索などの防災応用に関し、新たな計測構造と間接計測手法を開発する。

システム情報第2研究室

脳とシステム



眞溪歩
准教授

経頭蓋細胞外インピーダンス制御(tEIC)による脳機能の促進と抑制
人間の頭部に非侵襲に抵抗を取り付けると、それは必ず並列接続になるので、神経電源から見たインピーダンスは減少する。したがって、神経電源から流れ出る樹状突起電流は増加し、膜電位を脱分極側へシフトさせる。抵抗を負性抵抗に変えると、その効果を増大できるばかりでなく、過分極側へもシフトできる。この技術(tEIC)を利用し、脳機能を促進・抑制する研究を行っている。

脳機能計測

脳機能計測の中でも、特に時間分解能に優れた脳波・脳磁界計測を行っている。独自開発した実験構成法や信号処理法を駆使し、脳内情報処理機構の解明を目指している。

システム情報第4研究室

触覚:人間支援のフロンティア



篠田裕之
教授



牧野泰才
准教授

触覚インタフェース

人間の身体の表面に余すところなく備わっている触覚に注目し、触覚を活用する新しい情報システムの研究を行っている。触覚受容体の物理的な知覚特性をはじめ、人間の知性・知能の根底を支える心や感情と触覚がどのように関係しているかを解明し、触覚への刺激によって人間の生活・行動を支援するシステムを具体化する。

二次元通信

薄いシート内を伝播する電磁波によって、表面に触れる端末に情報と電力を伝送するシステムを研究している。生活環境での安全なワイヤレス電力伝送、無線と干渉しない高速信号伝送などの技術を確立し、ワイヤレス・バッテリーレスの新しい情報環境を提案する。

システム情報第5研究室

制御:動きをデザインする科学



津村 幸治 准教授

サイバネティクス

システム制御理論と情報理論/物理学/システム生物学等との新たな融合により、大規模複雑系・マルチエージェントシステム・ネットワークシステム・ネットワークAI・バイオシステム・量子フィードバックシステム等の解析/設計を目指している。

制御系設計理論

ロバスト制御、非線形/ハイブリッド制御、学習制御など、アドバンスな制御理論の構築と、高性能を達成する系統的な制御系設計手法の開発を目指している。

モデリング・システム同定

モデル構築の基礎理論、特に不確かさを重視した時系列解析に基づくシステム同定、複雑な相互作用を含む大規模系のモデリング手法の構築を目指している。

システム情報第7研究室

光・自然系を活用したシステムデザイン



成瀬 誠 教授

AIフォトリクスー光を用いた意思決定ー

人工知能の基本課題のひとつである意思決定を、光の特長を生かし物理的に解決するメカニズムを構築する。光カオスによる超高速な意思決定などの新原理や、通信チャネルの瞬時割り当てなどの新機能を創出する。

光システム構造学

AIの著しい発展の中、情報システムにおける光への期待が高まり、他方で新たな光技術の登場がシステムデザインやデータ分析技術の革新を促している。光ネットワーク、物理セキュリティ等の新たなシステム構造を見出ししていく。

自然計算・自然知能デザイン

自然系を用いたコンピューティングの創造に向けて、「物理世界と情報世界を繋ぐ」というシステム情報学のアプローチを基礎づける。圏論等の現代数学や実験に基づいたモデル理論構築を通し、自然知能デザインの基盤となる学理を探索する。

システム情報第6研究室

感覚運動統合:人を越える知能



石川 正俊 教授



妹尾 拓 講師

センサフュージョン

複数の感覚情報を統合的・融合的に処理することで、柔軟な構造を持つ階層的分散処理系を実現する。

ダイナミックイメージコントロール

高速視覚情報処理に基づく画像制御により、利用形態に合わせた映像コントロールを実現する。

ビジョンアーキテクチャ

汎用の完全並列演算構造を有する超高速ビジョンシステムの開発により、新たな画像処理技術を実現する。

アクティブパーセプション

ユーザや機械が扱えないとされてきた情報を取得・操作することで、実世界の新たな知覚手法による新しい対話の形を実現する。

システム情報第8研究室

スマート社会を支えるコンピューティング



中村 宏 教授



近藤 正章 准教授

コグニティブコンピューティング

深層学習に代表されるAI技術の社会展開を目指し、AI処理向けの演算加速機構、高効率な深層学習手法、異常検知システムへの応用に関する研究を行っている。

IoT/サイバーフィジカルシステム

物理世界(フィジカル)のあらゆるものをインターネットで接続し、そこから得られる膨大なデータを情報世界(サイバー)で集約して利活用するIoT(Internet of Things)社会において、センサからサーバを含めた高度な統合システムの実現や、今後重要となるグラフ処理基盤の研究を行っている。

超低消費電力VLSIシステム

計算機システムの消費電力を飛躍的に低減するために、回路実装・アーキテクチャ・システムソフトウェアの階層を越えた連携・協調による超低消費電力VLSIシステムや、超電導原理を利用したプロセッサの開発を行っている。

システム情報第9研究室

バイオ・医用マイクロシステム



池内 真志 講師

生殖補助医療用マイクロシステム

近年、生殖補助医療が注目されていますが、妊娠に至る過程は未知の点が多く、成功率は高くありません。我々はマイクロロボティクス技術を用いて、これらの過程の解明と、成功率向上を目指しています。

オンチップ再生医療工場

再生医療が普及するには、細胞や組織等の低コスト量産技術が必要不可欠です。我々は、マイクロ流路デバイス技術と機械学習により、卓上サイズの再生医療工場の実現を目指しています。

メカノバイオロジーに基づく新規治療技術

マイクロデバイスを用いて、細胞や組織が機械的な刺激を、どのように感知し応答するかを、1細胞レベルで解明するとともに、これを積極的に利用する新たな低侵襲医療技術を探求しています。

協力講座(情報基盤センター)

システムソフトウェアを科学する



品川 高広 准教授

オペレーティングシステム

LinuxやWindowsなど既存OSのカーネルに手を入れることで、セキュリティ向上やストレージ高速化など、様々な機能向上や性能改善を実現する。また、本研究室の独自OSにより新しいコンセプトを提案することも目指す。

仮想化ソフトウェア

仮想化ソフトウェアは、ハードウェアとOSの間に入り込んで動作して、新たな機能を提供するソフトウェアである。本研究室では、独自に開発した国産の仮想化ソフトウェア「BitVisor」をベースとした研究を数多くおこなっている。

セキュア・コンピューティング

OSカーネルや仮想化ソフトウェア、さらにはコンパイラやアプリケーションとも連携して、システム全体でセキュアなコンピューティング環境を提供することを目指す。

稲見・檜山研究室(先端科学技術研究センター)

身体情報学:身体性の理解と設計



稲見 昌彦 教授



檜山 敦 講師

自在化身体

人間のシステムの的に理解に基づき、情報システムを自らの手足のように動かす「人機一体」の実現を目指す。感覚・知覚の計測技術、運動や意図の推定技術、筋電気刺激などの制御技術の研究を通じ、人間の入出力を拡張する。

人間拡張工学

VR、拡張現実感、ウェアラブル技術、ロボット技術、テレインジスタンスなどを援用し、人間の能力を拡張する。変身・分身・合体など新たな身体観を獲得するための研究開発を行い、超高齢社会対応など社会実装をゴールに定める。

主観的体験の共有・伝達技術

主観的な体験・経験をサプリメントのように活用すべく、身体や時空間に広がる視覚・聴覚・触覚情報を記録、再生、伝達するシステムの構築を目指す。エンタテインメント、超人スポーツ、技能伝承などへ向けた研究開発を展開する。

協力講座(医学系研究科)

全細胞を解析し眠りや意識を理解し制御する



上田 泰己 教授

全脳全細胞解析

我々は脳内の全ての細胞を解析する技術基盤(CUBIC)を作り上げ、1細胞解像度脳アトラスを実現した。CUBICで得られた大きな画像データの解析・可視化手法を開発し、睡眠・覚醒リズムの理解を目指す。

ケモインフォマティクスを用いた医薬品の創製

特定の活性を有する化合物を予測することで創薬や実験試薬の候補を予測するアルゴリズム開発を行い、最終的には睡眠・覚醒リズムの制御を目指す。

生体データを用いた睡眠深度判定アルゴリズムの開発

大規模な装置を必要とする脳波測定に代わり、呼吸や腕の動きなど簡便に取得できる時系列データを元に、機械学習を用いて高性能な睡眠判定アルゴリズムを開発する。最終的には10万人の大量データを用いてヒト集団レベルの睡眠・覚醒リズムの理解を目指す。

計数工学科進学から卒業まで

計数工学科には数理情報工学コース、システム情報工学コースの二つのコースがあり、その振り分けは学生の希望を基に1月中旬に行われる。その後、各コースに分かれて講義・演習・実験を行う。4年の秋に卒業研究で各研究室に配属されて卒業研究を開始し、2月に卒業論文の提出・審査が行われる。

大学院進学

計数工学科では多くの学生が大学院に進学している。計数工学科教員の大学院における所属は幅広く、計数工学科からの主な大学院進学先は

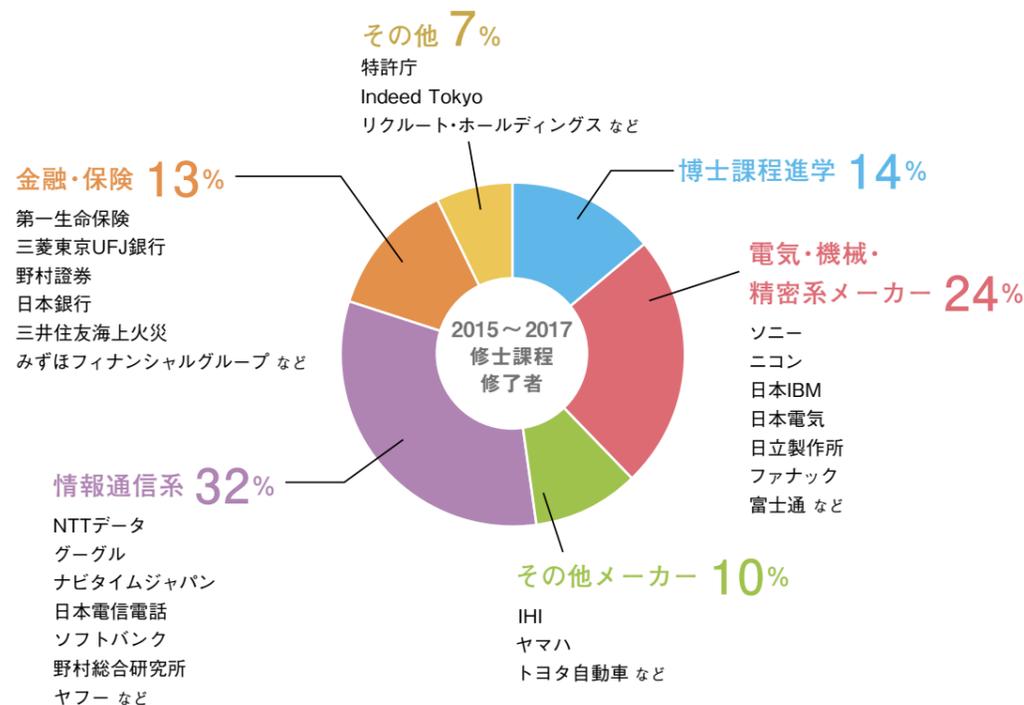
- 情報理工学系研究科 数理情報学専攻
- 情報理工学系研究科 システム情報学専攻
- 情報理工学系研究科 創造情報学専攻
- 新領域創成科学研究科 複雑理工学専攻
- 情報学環・国際情報学府

などが挙げられる。

就職先・大学院進学状況

数理情報工学コースの卒業生は、大学、研究機関のほか、あらゆる企業で各種の業務に従事しているが、最近の卒業生は、情報通信系における計算機システムの開発および運用、鉄鋼、化学、機械、建設工業などにおける生産システムの設計と管理、諸産業、銀行、行政官庁などにおけるオペレーションズ・リサーチや情報システムの設計・管理に従事している者も多い。

システム情報工学コース卒業生は、大学、研究機関のほか、電気工業、機械工業、鉄鋼工業、化学工業などあらゆる産業分野において研究、開発、設計などの業務に従事している。対象も、計測機器、制御システム、計算機のハードウェアとソフトウェア、ロボット、医用診断システム、音声・文字認識システムなど多岐にわたり、大規模工場の生産自動化システムや生産情報管理システムの分野でも中心的な役割を果たしている。



矢野 恵佑

Keisuke Yano
 東京大学大学院情報理工学系研究科 助教
 数理情報学専攻
 平成28年度博士課程修了

現在の仕事(研究)について教えてください。

私は統計学、特にベイズ統計学の理論研究を行っています。ベイズ統計学は未知母数に対し事前分布という確率分布を与えます。複雑なモデルを扱う際事前分布の設定が重要になるため、事前分布が推定や予測に与える影響を調べています。

計数工学科で学んだことで、現在の仕事に役立ったことを教えてください。

確率数理工学で学ぶ中心極限定理をはじめとした極限定理は非常に重要です。これは一見複雑な形をしている分布がどのように近似できるかを知ることができるからです。また、私の研究では関数の自由度をもつモデルを扱うため、解析数理工学で学ぶ関数解析の知識が必要となります。特に、実用上は可分なヒルベルト空間が現れるのですが、正規直交基底を用いると問題の見通しがよくなります。代数・幾何数理工学を通して学ぶ不変性に着目することは研究の姿勢として重要です。

計数工学科へ進学を希望している学生にメッセージをお願いします。

計数工学科は数理工学の研究拠点です。第一線の研究や研究者に触れられることは人生の糧となります。また、数理・システムの相補的なカリキュラムを受講できることも特徴です。皆さんと一緒に研究できることを楽しみにお待ちしております。

勝木 祐伍

Yugo Katsuki
 ソニー株式会社 エンジニア
 システム情報学専攻
 平成26年度修士課程修了

現在の仕事(研究)について教えてください。

ビデオ信号処理にComputer VisionやComputer Graphics、機械学習などを組み合わせることで二次元の映像の枠を超えた新しい映像体験の創出を目指しています。具体的には、被写体を三次元的に捉えて自由な視点から視聴できる自由視点映像技術や立体のまま映像を表示できる空間ディスプレイの研究に取り組んでいます。

計数工学科で学んだことで、現在の仕事に役立ったことを教えてください。

計数工学科で学び役に立ったこととして、物理現象を数学理論を用いて深く理解する力が挙げられます。計数工学科では、授業や演習を通して、この力を徹底的に養うことができます。また、映像の仕事で新しい技術を開発する上では、対象の表面的な現象に捉われず、深い原理的な理解をもってして開発の方向性を決めるのが重要になるので、この力は非常に役立ちました。

計数工学科へ進学を希望している学生にメッセージをお願いします。

私は色々悩んだ末、最終的に計数工学科を選択しました。今振り返ると、この選択は最良のものだったと感じています。なぜなら、ここで身につく思考力・知識・技術はこれからの社会で益々必要とされるものだからです。皆さんも十分悩んで悔いのない選択をしてください。

貝塚 悠祐

Yusuke Kaizuka
 東海旅客鉄道株式会社(JR東海) 係長
 システム情報学専攻
 平成21年度修士課程修了

現在の仕事(研究)について教えてください。

現在、超電導リニアの開発に従事しています。最高速度500km/hで東京-大阪間を約1時間で結ぶ構想の列車です。まずは10年後に東京-名古屋間の開通を目指し、この超高速で浮いて走行する列車を制御するシステムの技術開発を行っています。

計数工学科で学んだことで、現在の仕事に役立ったことを教えてください。

私の業務は、「列車制御」と呼ばれるコンピュータや信号・通信技術分野での技術開発です。自動で走行する列車の走行を制御するシステムや、列車位置を検知するシステムの開発に携わっています。業務の中ではアルゴリズムの設計やデータ解析などがあり、本学科で学んだ制御工学や信号処理、最適化問題などの知識が直接役立っています。また、本学科の友人との議論やカリキュラムを通し得られた「本質を理解する」という姿勢・考え方は、仕事のすべてに役立っています。

計数工学科へ進学を希望している学生にメッセージをお願いします。

本学科では、実社会で使える最先端の工学技術だけでなく、数学などその基礎も深く学べます。基礎を習得していれば新たな技術発展にも対応しやすいというのを仕事の中で実感しています。また、同級生は多様な進路に進み、卒業後も色々な業界の話が聞けます。

小島 睦月

Mutsuki Kojima
 三井住友海上火災保険株式会社(MS Amlin出向) 主任
 数理情報学専攻
 平成26年度修士課程修了

現在の仕事(研究)について教えてください。

アクチュアリーとして損害保険会社で働き、不確実性の計量化を行っています。保険会社はお客様の万が一(不確実性)を補償する機能を請負い、確実に履行する責務を負います。数理的側面から当該機能が不全とならないことを確認しております。

計数工学科で学んだことで、現在の仕事に役立ったことを教えてください。

三つの点から、役立ったことがあると感じております。一つ目は不確実性の計量化において、学んだ数理の知見・技術が役立っていると感じております。広範囲にわたり数理の基礎を学べたことは糧となっております。二つ目は人脈です。多くの計数卒業生の方が同業界で活躍しており、その人脈は利点となっております。三点目はプレゼンテーション能力を鍛えられたことです。分かりやすく簡潔に説明することの重要性を計数工学科で学び、その意識は現在の仕事で役立っております。

計数工学科へ進学を希望している学生にメッセージをお願いします。

応用および理論ともに興味ある方は是非計数工学科へ進学することを強く勧めます。優秀で刺激的な先輩・同輩・後輩と切磋琢磨し、自身の知的好奇心を満たすことのできる素晴らしい学科であると、在学中ならびに卒業後現在に至るまで感じ続けております。