



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



www.keisu.t.u-tokyo.ac.jp

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	卒業生の声
24	卒業生の進路

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

- 認識システムの智能化と実現
- 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

計数の基礎

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

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。

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。そのための土台作りを、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。

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
情報理論
生体情報論
プログラムの数理
数理情報工学特論
機械学習の数理

応用空間論
応用統計学
計算量理論
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

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

卒業論文
研究テーマ例

システム情報工学コース

●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。

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。

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

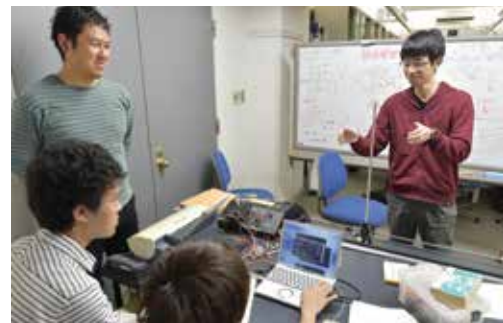
ロボットなど外界の状況を認識し、それに基づいて知的な行動を行う機械システムの基礎を論じる。また、人間と機械が一体となって有機的に行動するサイバネティクスや人工現実感システムについても論じる。

●さらに進んだシステム情報

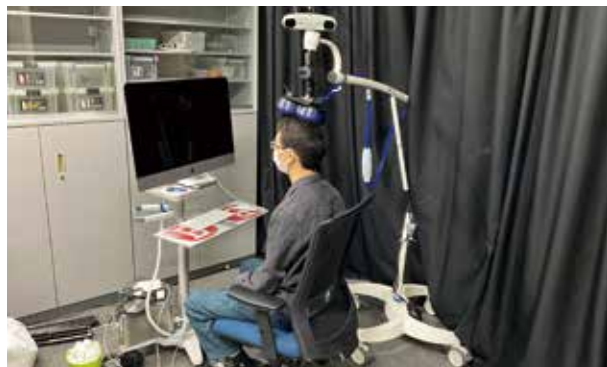
認識と行動のシステムに関するさらに進んだ講義を通して、広い範囲に及ぶシステム情報工学の様々なテーマを勉強し、新しい学問の現状を深く理解する。

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

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
ロバスト制御
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

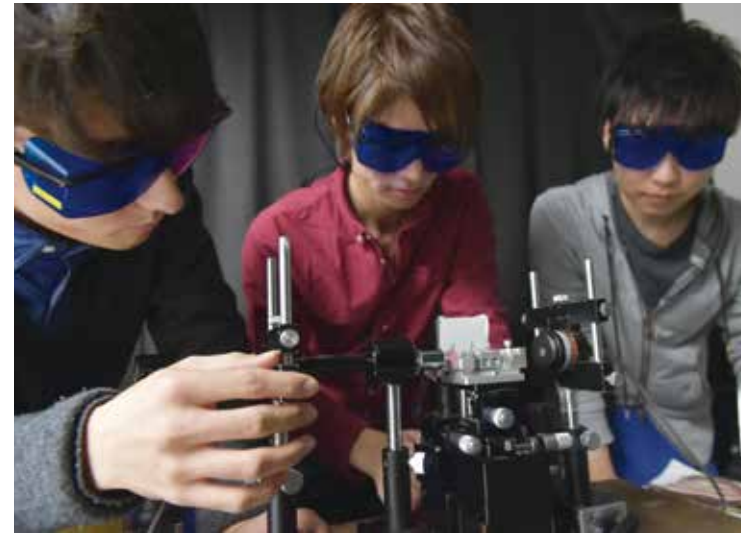


学生実験には、数理工学と計測・制御工学の基礎を实践する「数理情報工学実験第一」「システム情報工学実験第一」がある。さらに座学、実験で身につけた発想と知識を発揮させて、学生主体でテーマ設定や実験を行う「数理情報工学実験第二」「システム情報工学設計演習」「システム情報工学実験第二」がある。



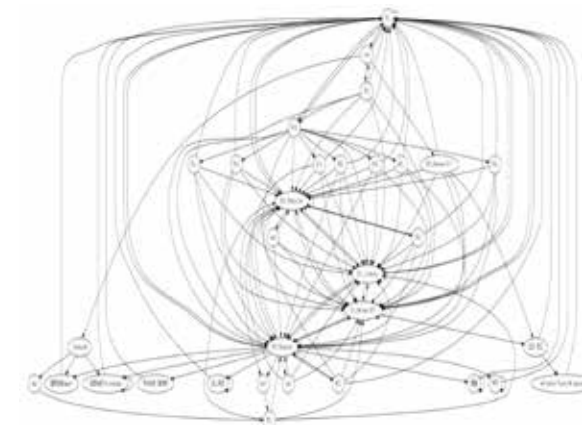
生体情報の計測・解析と制御への応用

課題遂行中の神経系の信号、心拍、呼吸、発汗、瞳孔径などの生体情報をリアルタイムに計測することで、人間の感覚知覚や認知の脳内メカニズムを明らかにすることができる。更に、非侵襲的脳刺激技術を使って脳活動を操作する手法を開発し、知覚や行動に因果的に寄与する脳基盤を解明するとともに、ブレインマシンインターフェースの基盤技術を開発する。



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理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。

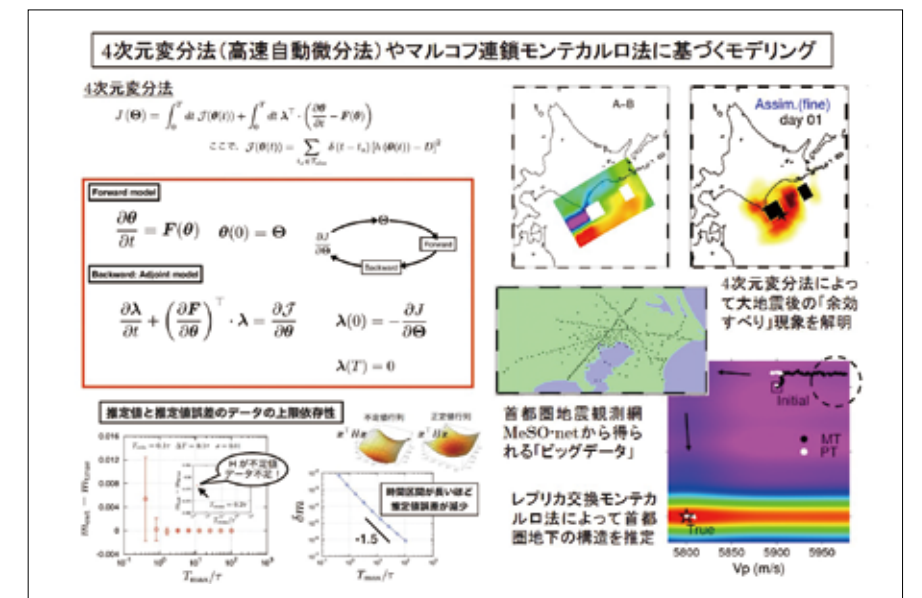


カオスシステム実験

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。

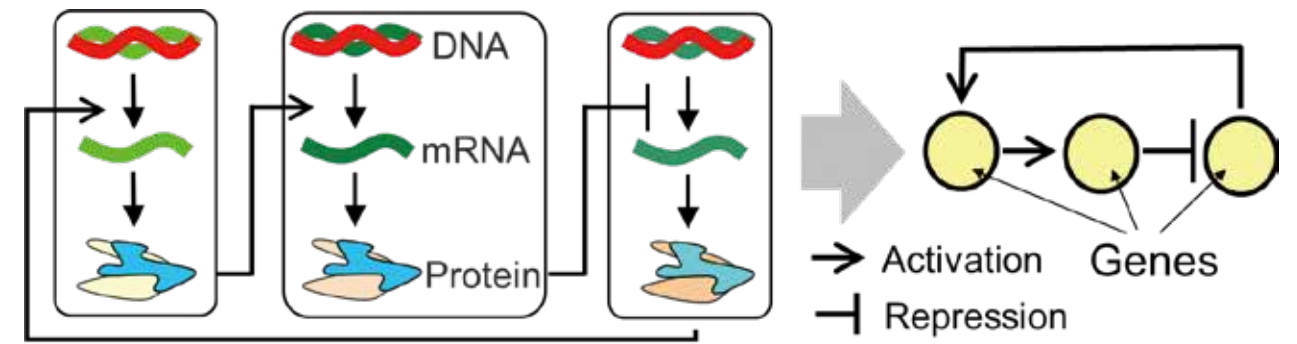
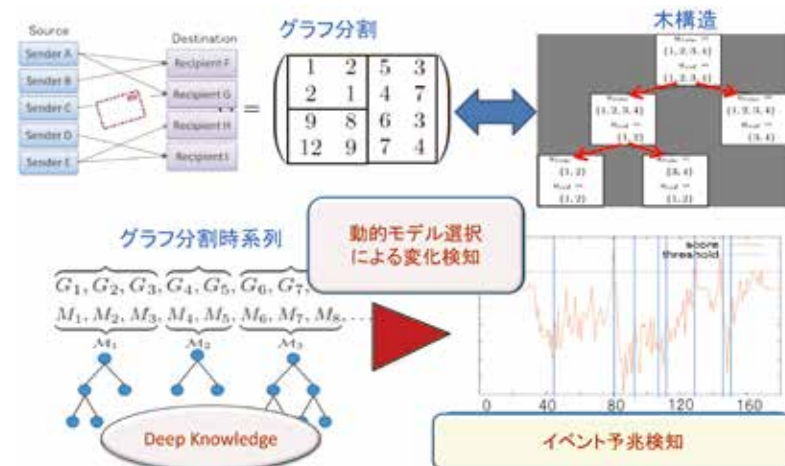
データの潜在的ダイナミクス

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。



音バーチャルリアリティ・音拡張現実感

複雑な音響波動場の観測・伝送・変換・再生処理を統一的な数理で記述し、超臨場感音バーチャルリアリティや音拡張現実感システムを構築する。



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。



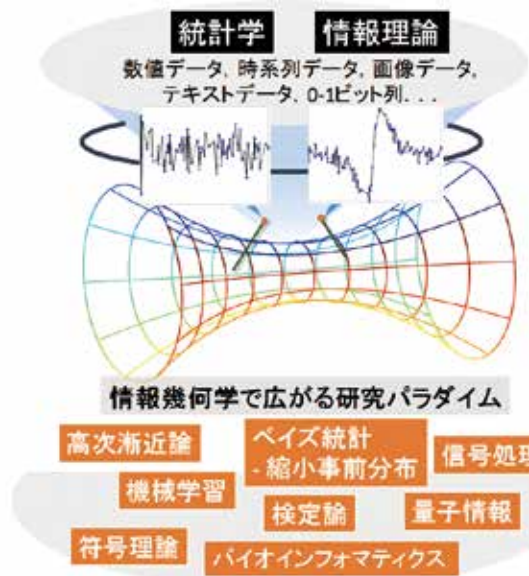
身体性の編集と拡張

身体を機械的・情報的に拡張し、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、ロボットハンドの触覚を足にフィードバックするサイバネティクス系を設計することで身体図式を変容させる。運動・生理情報を計測・制御する新たな方法論の研究にも取り組む。



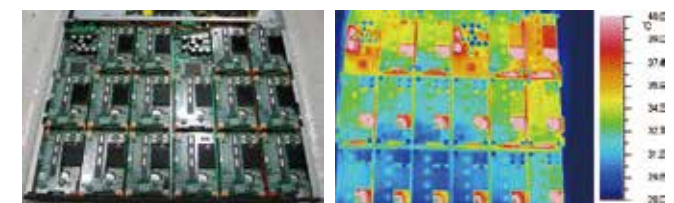
医療・福祉ロボットシステム

健康長寿社会の実現に貢献する手術支援ロボットや福祉用トレーニングロボットの研究開発を行っている。これらは空気圧で駆動され、圧力と変位情報からデバイスの状態を推定し制御に活用する。これにより、医師の手に力覚情報をフィードバックする直感的操作や、体表面にセンサを装着しない歩容アシストスーツなどが実現可能となる。



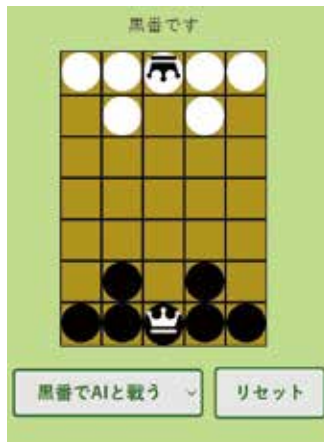
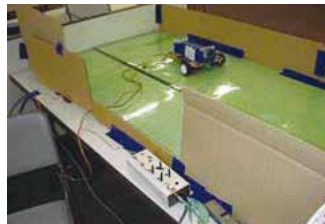
情報幾何学

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。



高効率アクセラレータの設計

コンピュータシステムの高効率化には、特定の問題領域に対する数理解の理解に基づいた専用回路（アクセラレータ）を設計するアプローチが有効である。処理能力の向上、発熱と電力消費の低減には、設計の最適化が重要である。実験では実際の設計ツールを用いて回路を設計し、ハードウェアの基本的な動作原理ならびに設計の最適化を理解する。



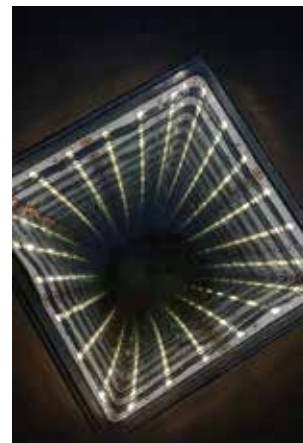
May Festival

五月祭 応用物理学系『工學博覧会』

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。最近では対外コンテスト等で高い評価を受けた作品も併せて展示され、作品の質・量ともにますます充実してきました。

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。

学術発表部門	
第2位	工学博覧会 東京大学工学部 応用物理学系 賞品 目隠しノート ほか
第3位	模擬裁判 東京大学法律相談所 賞品 ポケットピッチャー ミルコ ほか



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あります。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。



助田 一晟

Issey Sukeda

数理情報学専攻 博士課程 1年

大学院に進学した理由を教えてください。

学部生の頃から、大学院で学ぶ数理工学の知識や専門性を社会に役立てたいと漠然と考えていました。その後、卒業研究で問題設定から学術誌投稿までの一連のプロセスを経験させていただき、研究活動に魅力を感じたため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？

異なる確率変数間の従属性を扱う統計モデルに関する研究をしています。例えば、変数ごとの変換に対し不変な「コピュラ」や「エントロピー最大化原理に基づく分布族」が研究の対象です。情報量基準やスコアマッチング等の統計学にお

ける重要な先行研究を活用しています。理論的な性質だけでなく実データを用いた分析への応用にも興味があり、例えば円柱上に定義された確率分布を使って脳波の位相と振幅をモデリングし、脳内の機能的な従属性の発見を試みています。

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。

計数で学べる内容や普遍的な考え方は情報化社会・AI社会で役立ちそうなことももちろん多いですが、その観点だけに固執せず、興味の赴くままに話したり学んだり遊んだりし、計数での学生生活を満喫してほしいです。応援しています。

前田 紘希

Hiroki Maeda

システム情報学専攻 修士課程 1年

大学院に進学した理由を教えてください。

計数工学科ではカリキュラム上、一つの研究分野で研究を行う期間が短いため、学部で学んだ知識や経験を活かして大学院で腰を据えて研究したいと思ったからです。また、せっかくなら東大の研究設備や環境などのリソースを最大限活用したいと思ったからです。

現在はどのような研究をしていますか？

光の極限性能による強化学習の変革と応用開拓を目指し、光リザーバーコンピューティングについて研究しています。研究背景としては、半導体性能向上の鈍化やその莫大な消費電力により既存型演算器は限界を迎えつつある中、

その解決策として、光を用いたコンピューティングが注目されていることが挙げられます。現在は、光リザーバーコンピューティングの前段階としてマルチモードレーザを用いた実験系のダイナミクス調査を、シミュレーションを用いて行っています。

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、計測・シミュレーション・制御・実装など幅広い領域を学ぶことができます。自分が今まで興味がなかった領域から得られる新たな知見もあると思うので、教養学部でも同様にぜひ積極的に色々な領域に飛び込んでみてください。

庭山 晃大

Kodai Niwayama

システム情報工学コース 4年

計数工学科を選んだ理由を教えてください。

情報科学を軸に、物理・数学と幅広い分野について学べると期待したためです。計数工学科は情報科学について学ぶに留まらず、それが現実空間とどう繋がるのかに主眼を置いており、これが自分の関心とSociety5.0を見据えた時代の要請のいずれにも合致すると思いました。

計数工学科に進学して良かったことは何ですか？

基礎と応用のバランス、そして環境の良さです。講義では、計測・解析・制御といった物理世界と情報世界とを繋ぐ上での必須手法を体系的・普遍的に学ぶことができ、演習や実験・研究室配属を通じて様々な応用分野について知るこ

とができました。計数工学は手法の学問であり応用分野は多岐に渡りますが、学習を進めるにつれ、どれも根底には統一的な流れがあることが分かってきました。また類いまれなる能力と向上心に溢れた同期からは、常に刺激を受けることができています。

今後、学びたいことは何ですか？

現在は卒業研究として、人の知覚情報処理とそれに伴う脳活動について調べています。サイバー空間とフィジカル空間の融合のためには、情報の受け手たるヒトについての理解も欠かせません。引き続き人の認識・行動について学びを深めていきたいと考えています。

方 韶瑛

Fang Shaoying

数理情報工学コース 3年

計数工学科を選んだ理由を教えてください。

複雑な社会現象を数理的に解釈し、問題解決に結びつけることで社会の役に立ちたいと考えていました。応用に繋げる前に、基礎となる数理工学や情報工学を学部で深く学んで土台を作りたいと考えたため、計数工学科に進学しました。

計数工学科に進学して良かったことは何ですか？

まず、なにより環境の良さです。優秀かつ意欲的な学生が多く集まっているため、とても刺激的な環境になっています。講義に限らず、休み時間にも多くの学生が議論し教え合い、授業内容への理解をさらに深めることができます。授業カ

リキュラムの内容も豊富です。数理工学の授業で数学の基礎を学びつつ、数理計画法や応用統計学など、応用まで幅広く学べます。授業内容が難しく苦勞することもありますが、課題と演習をこなすことで、確実に実力が伸びてきたと感じています。

今後、学びたいことは何ですか？

計数工学科の環境の良さを活かして、これからも数理工学の基礎をしっかり身につけていきたいです。さらに、今まで学んだ知識をどのように課題解決に繋げられるかについて、演習や卒業研究などの実践を通して学んでいきたいと考えています。

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

数理情報工学コース／研究室紹介

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



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、将来にわた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、同種写像、グラフ理論など)を応用した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、情報技術の進歩により、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います。このように高機能な暗号を実社会で利用することを目的として、効率的な暗号アルゴリズムの設計と物理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。

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



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

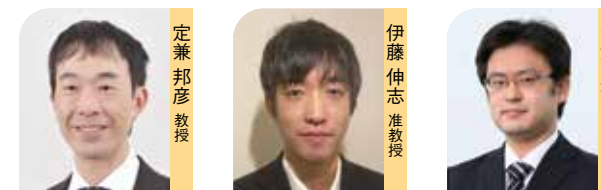
数値シミュレーションは理論、実験に続く「第3の科学」と言われています。並列連立一次方程式解法等の大規模シミュレーションを支える数理的基盤の研究を、物理、モデリング、アルゴリズム、計算機科学等様々な観点から実施しています。

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。

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



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、データを圧縮したまま処理する簡潔データ構造等を研究しています。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。

逐次的意思決定の数理

情報の不確実性や環境の変動の中で、逐次的に合理的な判断を下すためのアルゴリズムや理論の開発に取り組みます。離散数学、凸解析、機械学習などの方法論に基づいて、実用的かつ汎用的な手法、および理論体系の構築を目指しています。

アルゴリズムのゲーム理論

複数の意思決定者が関わるような戦略的環境におけるアルゴリズムの設計・解析を研究しています。効率的な計算と同時に、戦略的操作や均衡等の理論の構築を目指しています。

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



理論統計

統計的な諸手法の基礎となる理論について研究をしています。解析学はもちろん、情報幾何などの幾何学的方法や、確率過程の統計解析、グレブナー基底、アルゴリズムなどの幅広い数理的手法が活躍します。

統計的モデリング

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。

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。

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



佐藤 一宏 准教授

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。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、制御、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

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、不確実データに対応するためのロバスト最適化問題が有用なこともあります。このような最適化問題の効率的解法の提案を目標としています。

システム制御理論

最適化理論とシステム制御理論の相乗効果を狙った研究を積極的に行います。また、システム制御の具体的な問題を契機とした新たな最適化理論の構築を目指しています。

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 教授



久野 遼平 講師

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・統計学的にアプローチし、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・変化検知、深層学習、基盤モデル、確率的最適化、高次元統計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。情報論的学習理論・統計的学習理論をセキュリティ、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。

予兆情報学

時系列データから変化とその予兆を検知する理論を構築します。これを、医学・経済分野の予兆検知、効果測定に応用します。

数理データ科学研究室

データを読み解く数理モデリング



寒野 善博 教授



清智也 教授



荻原 哲平 准教授

最適設計の数理

数理最適化に立脚して、工学における設計問題を合理化し高度化する方法論を、最適設計とよびます。さまざまな最適設計問題の数理モデリングと解法の開発を、主に行っています。

従属性の統計的モデリング

世の中に現れる多種多様なデータに潜む従属性を記述するための統計モデルと推測法を開発しています。コピュラ理論、方向統計学、最適輸送理論、代数統計学などがキーワードです。

確率過程の統計解析

確率過程に対する統計手法、特に最尤法・ベイズ法などのパラメータ推定手法とその漸近理論を研究しています。また、日本・米国株式市場の高頻度データに適用する応用研究を行っています。

数理生命情報学研究所(生産技術研究所・医学系)

複雑な生体現象の動作原理を数理で解明し応用する



河野 崇 教授



小林 徹也 教授



藤原 寛太郎 准教授

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数理理論の新規構築やデータ解析手法の開発を行っています。脳、細胞、発生、免疫、進化などの現象、生理データ、生体画像、次世代シーケンスなどのデータを扱い、疾患や産業などへの応用研究もを行っています。

生体情報システムの応用

脳や神経の数理モデルを工学的に応用するための神経ネットワークモデルや脳型コンピューティング、ニューロモルフイックハードウェアの研究を行っています。

複雑システムの数理基盤の開発

脳や生物そして経済・社会などの複雑系ダイナミクスの現象理解や活用に必要な、分岐解析、時系列解析、統計解析、複雑ネットワーク解析などを用いた新しい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。

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 寛 教授



谷川 真一 准教授



五十嵐 歩美 准教授

離散数理工学

工学の諸問題に現れる離散的・幾何的対象を計算機上で効率的に扱うための研究を行なっています。特に、マトロイド・劣モジュラ関数などの離散構造に着目して、体系的な理論の構築と新たな応用分野の開拓を目指しています。

計算化学情報学

量子化学計算によって得られる情報から、反応経路の予測や合成経路の設計を実現するために、最適化や機械学習を用いた計算手法を開発しています。化学の実践的な問題解決に貢献する方法論の確立を目指しています。

計算的社会選択理論

資源配分及び投票などの応用において、個人の好みや意見を適切に集約するメカニズムの設計を目指します。また、計算論的な側面から望ましい性質を満たすメカニズムが現実的な時間で計算可能かを研究します。

非線形物理学研究室(数理情報第8研究室)

ダイナミカルで複雑な世界を理論的に読み解く



郡 宏 教授



泉田 勇輝 准教授

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、エンジンなどの熱・機械力学系、非平衡現象、流体現象、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、物理学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。

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



豊泉 太郎 教授



Lukas Jan Schmitt 准教授

計算論的神経科学

脳が環境に適応する際に起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方法論を組み合わせることで、生物学的な知見を統合し、脳の情報処理が学習に伴いどのように変化するかを理解しようとしています。さらに、その変化を記述する脳の学習原理の解明を目指しています。

知覚と推論の基礎となる神経計算原理の理解

脳ネットワークがどのように相互作用して外界を表現・解釈するかを理解するため、推論作業中の神経活動を測定・制御する技術を開発します。得られたデータの解析とモデル構築を通じ、知覚と推論の計算原理を解明します。脳機能の本質を理解することに加えて、脳機能を改善し神経精神疾患を治療するための新技術開発に向けた基礎を提供します。

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

猿渡・齋藤研究室

信号処理:複雑な物理現象からの宝探し



猿渡 洋 教授



齋藤 佑樹 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ド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、音声を人工的に合成変換するための信号処理・機械学習を研究している。また、人と計算機の協調に基づく音声情報処理技術のための人間参加型機械学習システムの構築を目指す。

音メディア情報処理とそのバーチャルリアリティへの応用
人間の声に限定されない様々な音響データに対し、多チャンネル信号処理による音情景解析や深層学習による環境音認識・環境音合成処理理論を構築する。またそれらを応用した音メディア監視・音響VRシステムの実現に向けて研究を行う。

川嶋・宮寄研究室

医用システム:医工学と情報科学の融合



川嶋 健嗣 教授



宮寄 哲郎 講師

人間機械システム
生体の優れた計測制御機構を統合的アプローチで解析、その計測制御手法を活用して、外科手術支援ロボットや装着型ロボットスーツの状態推定、暗号化遠隔制御や自律制御を実現することで、システムの知能化、高機能化を目指す。

ソフトロボットの身体と運動の統合設計
ソフトアクチュエータのダイレクトドライブの利点を活かした運動支援システムを実現する。また、流体駆動系の非線形に分布する状態量を用いた形態学的計算によって、システムの状態推定や予測制御への適用を提案する。

深層学習を用いた生体計測と制御への展開
深層学習を用いた生体計測と制御への展開顕微鏡や内視鏡などの医療画像に対し、深層学習を用いたリアルタイムな情報取得と解析を行い、医用システムの制御アルゴリズムの構築を目指す。

奈良・宮廻研究室

逆問題:計測と数理の接点



奈良 高明 教授



宮廻 裕樹 講師

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。物理数学の方法論に基づき、現象の数理モデルを確立した上で、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。

非侵襲計測・非破壊検査・防災への応用
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、剛性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。また、非破壊検査や瓦礫・土砂埋没者探索のための新たな数理手法、計測構造を開発する。

バイオロボットのための生体組織・分子システムの予測設計
細胞や分子を人工的に再構成することで疾患などの生体現象を再現するバイオロボットを合理的に設計するため、物理モデルを基盤とした生体システムの予測設計法を構築する。

篠田・牧野研究室

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認し、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。

石井研究室

情報・通信がもたらす制御の新展開



石井 秀明 教授

大規模システムのネットワーク化制御

情報通信技術の導入により、多数の計測や制御のための要素が接続された、大規模ネットワーク化システムの実現を目指し、システム制御論を軸に学際的な研究を行う。ネットワーク構造や通信の制約が制御性能にもたらす限界を解明する。

マルチエージェント系の分散協調制御

群移動ロボットやセンサネットワークのような、相互に影響を及ぼしながら自律的に意思決定するエージェントからなるシステムの分散制御を研究する。基礎的な分散アルゴリズム論から、応用を視野に入れた設計手法まで幅広く取り組む。

制御系のサイバーフィジカルセキュリティ

制御情報がサイバー攻撃されると、物理システムが異常動作する可能性があり、非常に危険である。制御と情報の双方の観点から、通信妨害やデータ改ざん攻撃の影響解析、ロバストな制御手法、異常検知、プライバシー保護等を研究する。

天野・中山研究室

脳情報処理の本質を工学的に解き明かす



天野 薫 教授



中山 遼平 特任講師

脳情報制御技術の開発と応用

経頭蓋電気／磁気刺激、ニューロフィードバックなどに基づき、脳情報を非侵襲的に制御する技術を開発し、脳情報の変化に伴う知覚・認知・行動の変化を調べることで、脳情報処理の本質に迫る。

脳情報処理のクロックとしての神経律動

アルファ波(8-13Hz)、シータ波(4-8Hz)等の神経律動は、脳情報処理のクロックとして機能していると考えられる。脳磁図(MEG)等の脳機能イメージングと脳情報制御技術を組み合わせることでこのクロック機能を解明する。

機械学習技術の応用による脳情報処理機構の解明

近年の機械学習モデルは、実世界の多様な課題を解くことができる。ヒトと同様の課題を解くことのできる機械学習モデルの解析や、機械学習モデルを利用した脳情報の解読により、脳情報処理機構を解明する。

稲見・門内研究室(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



門内 靖明 准教授

自在化身体

人間のシステムの理解に基づき、身体と機械を協調して動作させる「人機一体」の実現を目指す。感覚や知覚の計測、運動や意図の推定、多感覚刺激の制御に基づいて身体の入出力を拡張し、新たな身体観を獲得するための研究開発を行う。

人間拡張工学

VR、拡張現実感、ウェアラブル技術、テラヘルツ技術、機械学習、ロボット技術、テレグジスタンスなどを援用し、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。

ワイヤレスインタラクション

非接触な生体計測やイメージング、超高速の無線通信などにより、人間と機械の情報交換を拡張する広義のワイヤレス技術を構築する。特に、テラヘルツ波を超音波に変換する新たな技術の実現などを通して、体外と体内を無線接続することを目指す。

上田研究室(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。

堀崎・レーム研究室

光×コンピューティング



堀崎 遼一 教授



Ande Roehm 特任准教授

コンピューショナルイメージング

光学と情報科学を統合し、近年発展著しい機械学習を含めた信号処理技術と光計測・制御を調和させることで、単なる撮像を超えた新たなイメージング技術を開拓する。光と情報の本質に深く根差したミニマルかつ洗練されたシステムデザイン志向に基づく、新規顕微鏡、散乱イメージング、三次元ディスプレイなど、従来型アプローチでは困難な情報可視化、性能向上、光学系簡素化に取り組んでいる。

光を用いた意思決定:AIフォトリクス

増大する情報通信やコンピューティング需要に対し、省電力化やアーキテクチャを活かしたアクセラレータは不可欠である。光の特徴である高速性や並列性を活かし、物理的に解決するシステムデザインを構築する。光カオスやもつれ光子による光意思決定、光通信路による近似計算などの革新的新原理とその応用を創出する。

中村・高瀬研究室

スマート社会を支えるコンピューティング



中村 宏 教授



高瀬 英希 准教授

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)で利活用するスマート社会において、センサからサーバを含む高度な統合システムアーキテクチャの研究を行っている。

ロボットシステム向けの軽量実行環境と協調最適化

ロボットシステムの開発プラットフォームについて、リアルタイム性と電力効率を向上させる軽量実行環境、および、ソフトウェアとハードウェアの協調設計によってシステム最適化を実現する技術の研究を行っている。

包括的IoTシステム設計最適化技術

IoTコンピューティングの根幹をなすデータ処理の流れを重点に据えて、システム全体を包括的に記述・設計し最適化することで、設計生産性の向上、ならびに高性能化・低電力化を実現するシステムレベル設計技術に関する研究を行っている。

関谷研究室(協力講座 情報理工学教育研究センター)

高信頼かつ安全な通信インフラを目指して



関谷 勇司 教授

分散ネットワークシステム

ICTシステムを構成するネットワーク技術や、サービスを構成する仮想化技術、ソフトウェア技術等の要素技術に関する研究を行う。また、大規模分散システムにおける柔軟なサービス構成を可能とする、ソフトウェアを活用したシステムアーキテクチャの研究を行う。

サイバーセキュリティ

ネットワークを経由した攻撃や驚異を迅速に検知するために、各種データセットの分析にAI技術を適用することで、より高度な攻撃の発見と対応のアシストを目指す。

次世代モバイルコア

6Gモバイル時代を見据えた、次世代の耐障害性と規模性に優れたモバイルコア技術の研究開発を行う。モバイルコアを構成する機能定義から見直しを行い、MECなどのコンピューティング技術に対応できるアーキテクチャの設計を行う。

卒業生の声 —先輩たちからのメッセージ—

大城 泰平 Taihei Oki

東京大学特任助教
(2024年8月から北海道大学特任准教授)

- 数理情報学専攻
2020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。

最も良い選択肢を見出す数学的手法についての学問「数理最適化」の研究を行っています。専門は特に組合せ最適化で、理論研究の他に科学計算や機械学習への応用にも取り組んでいます。また学科の教員の一人として、演習や実験の授業も担当しています。

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。

ほぼ全てを活用しながら仕事を行っています。特に数理コースの3年次に履修する各種数理工学の授業で学んだ知識は今や欠かせない仕事道具です。私の専門に最も深く関係する算法数理工学はもとより、解析・代数・確率・幾何といった、一見関連性の低い授業の内容も最先端の研究の理解のために必要となることがあり、当時のノートを今でも見返します。また、制御論や回路学などのシステムコースの授業内容も、重要な工学的応用先として知識を活かせる状況に多々遭遇します。

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。

計数工学科の特長は応用を見据えつつも数学的基礎をしっかりと学ぶことができるカリキュラムにあります。情報技術の発展が目覚ましいからこそ基礎から学び、しかし基礎に留まらず着実に先端技術へつなげていく、そんな「いいとこ取り」をぜひ楽しんでください。

松本 明弓 Ayumi Matsumoto

LINEヤフー株式会社
アプリケーションエンジニア

- システム情報学専攻
2022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。

現在はWebアプリケーションエンジニアとして、ECモールのシステム開発に携わっています。主な担当はバックエンドで、大規模な注文システムの設計からプログラミングまで幅広く行い、新たなサービスを実装しています。

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。

実務においてプログラミングやアーキテクチャなどの内容が役立つ場面に加えて、新しいことを学ぶ際に吸収しやすい土台作りができたと思います。計数工学科のカリキュラムでは講義と研究を通して幅広い分野に触れることができ、その分野特有の内容と、他の系に通じるアナロジーの双方を常に意識する視点を養えました。社会に出てからもエンジニアとして新しい技術に触れる機会は多くあり、素早い理解と応用に役立っていると感じます。

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。

計数工学科は扱っている内容が幅広いため、進みたい分野がまだ決まっていない方にこそおすすめしたい学科です。様々な分野に興味関心を持ち、意欲的な仲間とともに議論を深め、貪欲に学ぶ日々を過ごしてほしいです。

中西 正寛 Masahiro Nakanishi

ヤマハ株式会社／日本プロ麻雀協会
オーディオ信号処理エンジニア／麻雀プロ

- システム情報学専攻
2020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。

車載オーディオ事業にて、オーディオシステムの仕様策定と音作りの自動化ツールの開発を担当しています。顧客と合意したシステムスペックで、車室内を理想の音響空間として仕上げることに難しさ面白さがあります。休日は麻雀プロとしても活動しています。

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。

音響信号処理・数理最適化の理論を筆頭に、講義で学ぶ幅広い分野の知識が製品のシステム全体への理解を早め、課題を適切なモデルへと落とし込むことに役立っています。また、実験や研究を通してソフト・ハード両方の実装力が身につきます。様々な立場の技術者と意思疎通し、即座にアイデアを形にできる力はまさに計数工学科のおかげです。麻雀競技者としても、盤面を数値モデル化して打牌の期待値を分析し、直観に頼りがちな自身の選択に客観的指標を取り入れています。

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。

私ははじめ、漠然と応用数学を学ぼうと計数工学科を選びましたが、幅広い分野のカリキュラムを通して、趣味の音楽に関わる音のテーマに惹かれ今があります。どんな業界に進んでも、ここで得た出会いと確かな実力が理想の自分へ近づく後押しになるでしょう。

本間 理恵 Rie Homma

株式会社キーエンス
商品開発職

- 数理情報学専攻
2021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。

PLCと呼ばれる産業用機器を開発しています。私は特にハード開発を担当しており、回路設計や電子部品選定といった設計フェーズ、オシロスコープ等による動作確認や規格認証取得のためのノイズ試験といった評価フェーズを通じ、高い商品力を追求しています。

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。

計数工学科で培った論理的思考力が仕事に活きていると感じます。例えば、商品開発においては、一つの使われ方だけでなく、仕様範囲内のあらゆる使われ方を考慮し、正常に動くよう設計や評価を行います。他方、仕事においては、正解が一意に定まらず、適切な根拠を持って判断をいれる必要がある場合があります。これらの「すべてのケースを漏れなく挙げる力」や「論理の飛躍なく妥当な説明をつける力」は、計数工学科で幾度となく行った数学の思考の中で培われたと思います。

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。

計数工学科では、皆さんがこれまで学んできた数学や物理の理論が現実世界に応用されている様を体感できると思います。将来どんな道に進んだとしても、計数工学科で学んだことを汎化し、活かすことができますので、思う存分興味のあることを楽しんでください

卒業生の進路

計数工学科進学から卒業まで

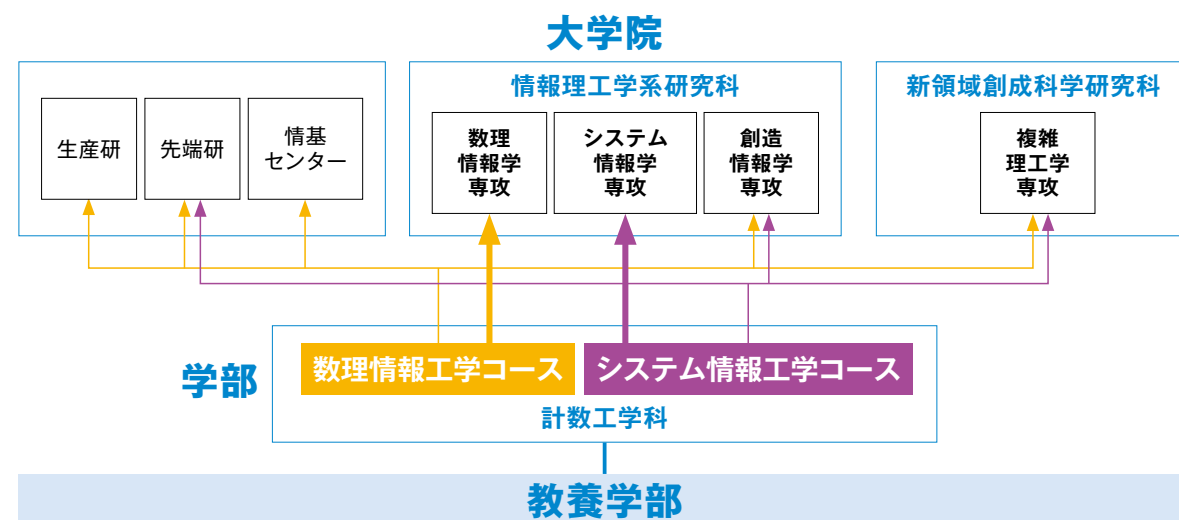
計数工学科には数理情報工学コース、システム情報工学コースの二つのコースがあり、その振り分けは学生の希望を基に1月中旬に行われる。その後、各コースに分かれて講義・演習・実験を行う。4年の秋に卒業研究で各研究室に配属されて卒業研究を開始し、2月に卒業論文の提出・審査が行われる。

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・学際情報学府

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。

