

東京工業大学情報理工学院数理・計算科学系 —情報の未来を作り出す数理的アプローチを探究する—

金森 敬文, 樺島 祥介, 高安 美佐子, 中野 張,
福田 光浩, 三好 直人, 山下 真, 渡邊 澄夫

東京工業大学情報理工学院数理・計算科学系は数学分野・応用数理分野・計算機科学分野の3分野から構成されており, 特に応用数理分野の研究と教育はオペレーションズ・リサーチと密接に関係している. 本稿では, 数理・計算科学系の特徴について触れた後, 現在の応用数理分野にある8研究室について紹介する. これらの研究室では, オペレーションズ・リサーチの基礎理論だけでなく最先端のトピックである機械学習やビッグデータ解析など, さまざまな数理的アプローチを駆使して「情報の未来」を探究している.

1. 数理・計算科学系について

数理・計算科学系は2016年の東京工業大学における教育改革により誕生した系であり, 1970年に国立大学で最初に認可された「情報」関連学科の一つである情報科学科の流れを汲む系である. なお, 東京工業大学の教育改革では, これまでの学部と大学院研究科を統合した「学院」が設置されており, 「系」は従前の学科と専攻を兼ね備えている. 情報科学科の学科新設構想の時点で「情報」の中でも数理面を重視する方針が打ち出されており, 情報科学科の最大の特徴は数学・応用数理・計算機科学の3分野を横断していることであった. この3分野の並立により研究および教育を推進し情報科学の発展に寄与する, という学科設立当時の設計 [1] は, 現在の数理・計算科学系にも継承されている.

1.1 カリキュラム

数理・計算科学系のカリキュラムでも3分野はバランスよく配置されている. 応用数理分野の科目としては, 学部2年生では基礎をなす「応用線形代数」「確率論基礎」「数理統計学」を学習し, 3年生になると発展的な内容を含む「数理最適化」「マルコフ解析」「モデリングの数理」「組合せアルゴリズム」「データ解析」「情報理論」などを学習する. これらと並行して数学分野の科目により数学的思考能力を養い, 計算機科学分野の科目ではプログラミングなどの課題にも取り組む.

3分野の相乗効果により, 数学的な基礎理論やアルゴリズムを構築するところから, 数理モデルの構築, ソフトウェア実装まで俯瞰することが可能となるが, さらに研究室における自らの研究テーマに取り組むことで, より高い問題解決能力を有する人材へと成長できるようにカリキュラムは設計されている. このような人材の育成は, 「問題解決学」としての側面をもつオペレーションズ・リサーチの深化にも有益であると考えられる.

1.2 進路

東京工業大学の他系と同様に, 学士課程を修了した学生の多くは大学院へと進学をしている. 就職先としては, 情報にかかわるIT系やメーカーだけでなく, 金融やコンサルティングなども含まれている. 大学や企業の研究所で研究に携わっている卒業生も少なくない. もちろん, これらにとどまらず多岐にわたる業種で先輩・同輩・後輩が日々活躍をしている.

2. 現在の研究室の紹介

情報科学科設立から数理・計算科学系の今日までの約50年の間には多くの教員・学生が籍を置き, 森村英典先生, 高橋幸雄先生, 小島政和先生などオペレーションズ・リサーチ学会にゆかりの先生方も含まれている. 2018年10月現在では数理・計算科学系に関する研究室は29研究室あり, ここでは応用数理分野の8研究室を五十音順で紹介する. 各研究室のホームページへのリンクは数理・計算科学系のホームページ

かなもり たかふみ, かばしま よしゆき, たかやす みさこ, なかの ゆみはる, ふくだ みつひろ, みよし なおと, やました まこと, わたなべ すみお
東京工業大学情報理工学院
〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1
kanamori@c.titech.ac.jp, kaba@c.titech.ac.jp,
takayasu.m.aa@m.titech.ac.jp,
nakano.y.ai@c.titech.ac.jp,
mituhiro@is.titech.ac.jp, miyoshi@is.titech.ac.jp,
Makoto.Yamashita@c.titech.ac.jp,
swatanabe@c.titech.ac.jp

(<http://educ.titech.ac.jp/is/>)に掲載されているので、興味のある研究室があれば、ぜひアクセスしてほしい。

・**金森研究室** 主に機械学習や数理統計学に関する研究を進めている。データから有益な情報を効率的に取り出して活用するために、優れた統計解析法や学習アルゴリズムを開発する必要がある。そのため、アルゴリズムの性質や統計の精度を理論的に解明するだけでなく、関連する最適化法にも興味をもって研究を進めている。最近では、さまざまなタイプのデータが入り混じった多ドメイン・ビッグデータなど、より複雑なデータ環境における統計的学習について研究を進めている。

・**樺島研究室** 情報通信や信号処理、機械学習などに現れる確率推論の問題を統計力学の視点から研究している。高次元分布の周辺化を必要とする確率推論は一般に計算量的な難しさを伴う問題である。同種の難しさは統計力学において分配関数を評価する際にも現れる。こうした類似性への着眼の下、対象となる確率モデルを多数の要素が互いに影響し合う仮想的な物理系と見立てることで、物理学由来の計算法や解析法を実際の推論アルゴリズムの開発や各種推論法に関する性能限界の解明に役立てる研究に取り組んでいる。

・**高安研究室** 本研究室では、高度なセキュリティ技術を装備したビッグデータ解析センターを併設し、金融市場、企業間取引ネットワーク、Web上の口コミ、コンビニのPOS、スマホのGPSなどさまざまな分野のデータを蓄積し、ビッグデータ数理科学の基礎から応用までの研究を推進している。既存の学問の枠にとらわれない形で、データ解析・多層時空間モデリング・大規模シミュレーションを行うことによって、国や企業が抱える諸問題を科学的に解決することを目指している。

・**中野研究室** 確率微分方程式の制御問題とフィルタリング、および確率偏微分方程式について研究している。特に、確率制御問題に附随するHamilton-Jacobi-Bellman方程式と呼ばれる2階非線形偏微分方程式や、フィルタリング問題に現れるZakai方程式と呼ばれる線形確率偏微分方程式、および金利期間構造に現れるHeath-Jarrow-Morton-Musiela方程式と呼ばれる非線形確率偏微分方程式の数値解析に興味をもっている。また、これらの数理ファイナンス、数理生物への応用にも取り組んでいる。

・**福田研究室** 連続最適化の中でも特に凸錐最適化問

題周辺の研究を行っている。たとえば、非凸(2次)最適化問題の半正定値最適化問題による緩和の質を理論的・数値的に評価することや、単純な構造をもつ凸最適化問題に対する加速(劣)勾配法の解析などが挙げられる。なお、研究室に所属する際に毎年学生から聞かれる「山下研との違いは？」という質問に対しては、「福田研は理論寄り、山下研は応用寄り(の最適化)」という根拠に乏しい回答が用意されている。

・**三好研究室** 確率モデルおよびその応用に関する研究を行っている。具体的には、情報通信などに現れる不確実性・不規則性を含む対象を確率モデルとしてモデル化し、得られたモデルに対しては純粋に確率の問題として解析を行うことによって対象システムの特性を調べるというアプローチで研究を進めている。特に、点過程の理論および点過程を用いてモデル化できる対象に興味をもっており、最近では無線通信ネットワークの空間点過程モデルの研究に力を入れている(が、待ち行列の研究をしている学生もいる)。

・**山下研究室** 数理最適化を研究分野としており、特に半正定値計画問題などを含む錐最適化問題を中心に研究を行っている。錐最適化問題には、どのようにして問題を短時間で解くかというアルゴリズム構築や、実際にソフトウェアに実装するなど、幅広い視点で研究テーマがある。最近では、錐最適化問題で培った数理最適化に関する知識を活用して、放射線治療のビーム強度計算など医療に関する最適化や、採種園における遺伝子種別構成などさまざまな最適化問題に取り組んでいる。

・**渡邊研究室** 代数幾何と学習理論を研究分野としており、階層構造をもつ確率モデルの統計的推測を中心に研究を行っている。代数的学習理論には、真の分布、学習モデル、事前分布が与えられたときの学習曲線の漸近挙動の解明や真の分布が不明であるときに汎化誤差を推定する公式を導出するなどの研究テーマがある。最近では、尤度関数がガウス関数で近似できない場合でも平均対数尤度や周辺尤度を推定することができる情報量規準WAICおよびWBICについて研究を行っている。

参考文献

- [1] 森村英典, 高橋幸雄, “情報科学科から数理・計算科学専攻へ,” 『情報理工学のすすめ』, 東京工業大学大学院情報理工学研究科創立10周年記念出版編集委員会(編), 数理工学社, pp. 127-139, 2005.