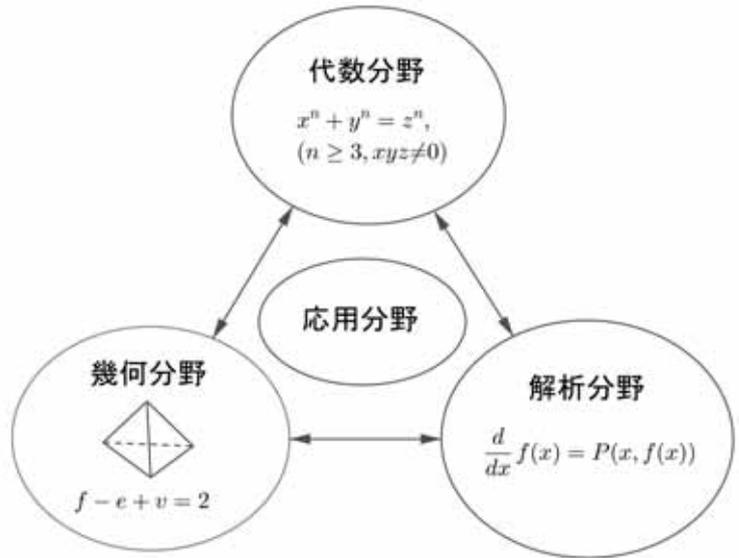


—科学の言葉と本質の追求—

東大の中では数学科は理学部の中にあってもすこし特殊な位置にある。数学科は理学部のなかの一組織であるにもかかわらず、大学院の組織として理学部数学科とシームレスにつながっているのだ。数理学研究科は数学および数理学を研究する独立した研究科だからである。数学という学問は、古来そもそも物理をはじめとする自然科学の発展とは切っても切れない関係であるが、現代数学は多くの分野に分化されている。純粋数学の世界で考えると、アンドリュー・ワイルスにより300年以内の難問である「フェルマーの大定理」が証明されたり、ペレルマンによりポアンカレ予想が証明されたりと、自分が学生の頃にはおそらく自分が生きている間には証明されないだろうと思っていた定理や予想がいくつも証明され、著しい発展があった。また、純粋数学以外にも多くの数学が存在していて、現代において数学で扱うトピックスはひじょうに幅広いものになっている。他の自然科学、あるいは社会科学との境界領域を扱うものから、数学の中でも問題を数学の中で取り扱うものまでそのスペクトルは広大なものである。数学のなかで共通点があるとすると、それは物事の本質や共通に存在する原理に向かおうとする研究姿勢、主張される定理を論理的に確かなものと推論する研究方法である。

数学科の歴史

理学系研究科数学専攻が理学系研究科から独立して当時の教養学部数学教室とともに数理学研究科が立ち上がったのが1992年のことであった。それまでは「数学」という色彩が濃かった理学系研究科数学専攻は幅広い「数理学」というあらたな活力を得て現在に至っている。数理学研究科においては「純粋数学」の研究者にとっても、周りの研究者の刺激をうけ、いろいろな視点から物事を眺められるようになり、世界が広がることで良い意味で大きな影響を受けている。理学部数学科からは、いわゆる数学者といわれる数学の研究者を多く輩出していることはもちろんであるが、



一般企業、官庁、教員として数学科、数理学科で培った、物事を分析するスキルを社会に生かす職業に就く卒業生も多い。

カリキュラムの紹介

それでは私たちの理学部数学科ではどういったことが学べるのか、そのカリキュラムを主体に紹介したい。数学科では「数学」における基礎的なスキルを習得するカリキュラムが展開される。

2年生で数学の基礎を学ぶ

2年生の冬にはもっとも基礎の部分学ぶ。柱となるのは「代数と幾何」、「集合と位相」、「複素関数論」の3つの科目である。「代数と幾何」は代数分野の初歩というべき科目で数式の抽象的な代数の扱いを学ぶ。これは線形代数をさらに発展させたものといってよい。抽象化により、問題が浮き彫りになり、議論が単純化される。「集合と位相」では幾何学の分野で基礎となる位相空間を扱う。位相は連続の概念を抽象化したものであるが、これらを曖昧さなく的確に表現できる「言葉」である。微積分学を複素数の世界で発展させたものが「複素関数論」で、複素関数にまで広げること

により、豊富な理論が展開される。微分方程式論はいうに及ばず、解析分野において根幹をなす部分である。このように数学では左図のように、大雑把には代数、幾何、解析の分野がある。しかしこれらは互いに密接にかかわりあいながら発展してきたものである。これらを応用できる程度にまで身に着けるのはひじょうに時間がかかるもので、言語を習得するのにある意味似ている。大雑把に理解することと、十分な理解のもとに、人に分かるように論理的に議論を展開できることには大きな隔りがある。より確かな理解を得るために、3つの科目のそれぞれについて演習が用意されていて、人前で説明する機会が設けられている。自分一人の理解ではなかなか気づきにくい、あいまいな点があれば教員の指摘をうけるであろう。初めに数学の研究方法に関して言及したが、数学の研究において、人と議論すること、あるいは人前で話すために準備をすることはとても重要なことで、多くのひとにとっては演習の時間がそういう経験を初めてする場となるだろう。問題の設定を必要十分なだけ端的に的確に言い表すことはなかなか難しいことなのだ。どう説明するのが適切かを自分のなかでまとめる経験は数学以外のことにあたる時にも役にたつに違いない。違いない。

4年生の「テキスト・セミナー」

数学科学部生のカリキュラムにおいてもっとも重要な部分はやはりなんといっても4年生のテキスト・セミナー（講義名は数学講究XA、数学特別講究）であろう。数学の分野は大きく分けて代数、幾何、解析の各分野とそれらと境界分野との融合を視野にいれた応用数理の分野にわけられるが、4年生のテキストセミナーではそういったより専門性の高いテキストが提示され、学生がそのうちの一つを選択することになっている。基本的に一週間に1コマの講義であるが、テキストにそって、受講生が担当教員に向かって講義をするというスタイルで行われる。担当教員は講義において、すこしでもあいまいな点があったり、無駄なこと長々と話していると指摘されることがある。また先生によってはセミナーの最中にテキストと関連して、次回までの課題が出されることがある。セミナーには準備のため、一週間のうちの多

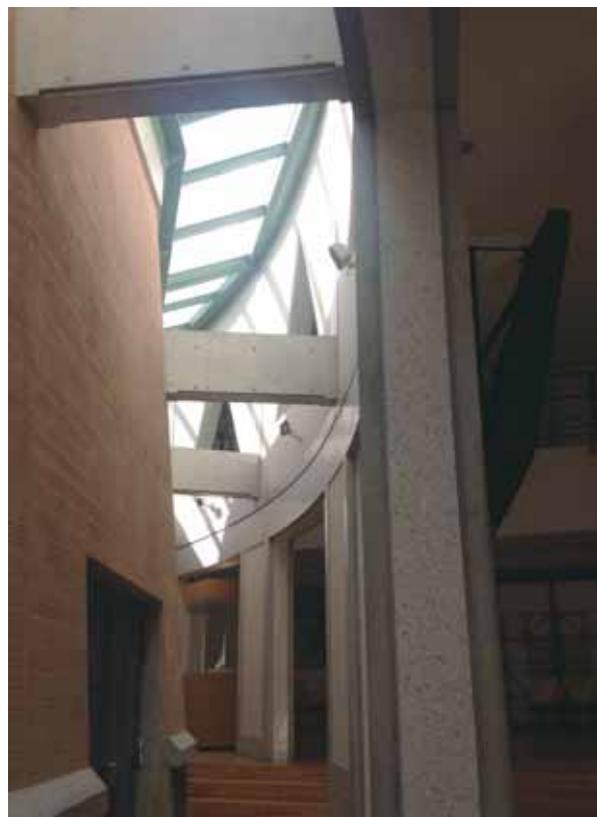
くの時間が費やされる。

さきほども触れたように、数学の研究においては論文を読んで、自分の問題意識を育てていくことも大事であるが、お互いに自分の理論や方法を発表し、それらを自分の研究に取り入れていくことも重要な要素となる。理学部数学科は数理科学研究科と同じ建物のなかにあり、建物にはいれば、そういった議論の場である研究集会の案内を目にするだろう。内容はよくわからなくても講演題目だけでも眺めてみると楽しくなるものだ。

数学が単純に好きなかたはもちろん、さまざまな現象の背後にはどういった原因があるのかを、数学という手段を用いて解明をしてみたいという方も数学科進学をひとつの選択肢に考えてみるのもおもしろいのではないだろうか？



数 学 科
数理科学研究科



数理科学研究科棟大会議室より

「計算の科学」と「知の科学」

はじめに

世の中はAIブーム真っ盛りである。クイズ番組や囲碁で人間にコンピュータが勝ち、画像認識や音声認識、翻訳などの従来困難とされていたタスクにおいてもコンピュータが人間に匹敵するパフォーマンスを示すようになってきている。近い将来には自動運転車も普及すると期待されており、AIによって人間の仕事がなくなってしまうのではないかという議論も起こってきている。

情報科学とは、このような情報システムの背後にある根本原理と実現手法に関する学問である。とくに重要な点は、高度に知的な情報システムを構成しようとする工学的な側面と、情報や知の本質について探求する理学的な側面の両方を有しているところであり、そこが工学部における情報関連学科との違いであるといえる。本稿では、このような幅広い情報科学科における研究活動の中からいくつかをピックアップして紹介していきたい。

基礎理論

情報科学科は、自然科学の一分野として、自然の根本原理を「操作」という形で抽象化し、モデル化しようとするものであるといえる。解析的に仕組みを解き明かそうとするだけでなく、実際に動くモノをつくり上げることによって原理を解明しようとする合成的方法論を取ろうとするところが、他の自然科学と大きく異なる点であるといえよう。ここでは、そのような情報にかかわる基礎理論分野の研究の例として、離散数学の一分野であるマトロイドに関する研究について紹介する。

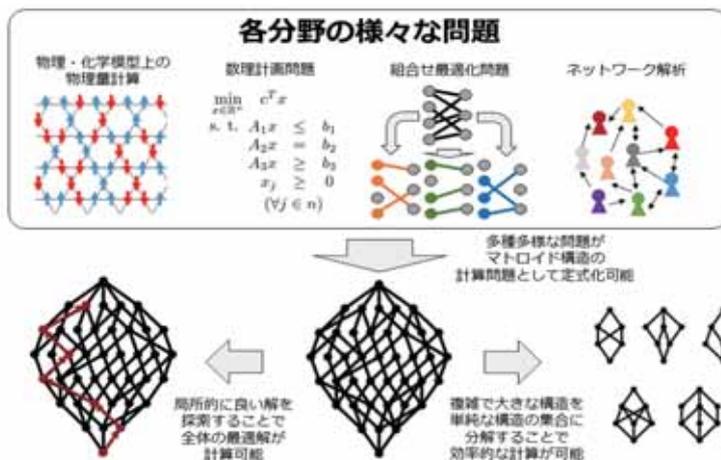
自然科学の各分野で現れる計算は、一見全く異なるようで、本質的に共通の構造を有する場合が多い。物理学、化学、経済学などさまざまな分野の計算問題の背後に遍在する離散モデルの代表例に、マトロイドとよばれる束構造がある。コンピュータで計算をする際、データが大きくなるにつれ、計算時間が

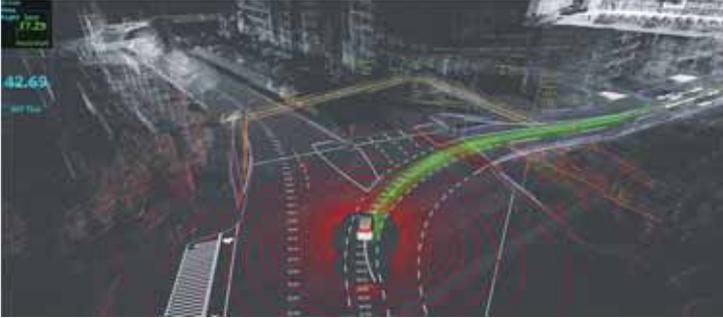
指数的爆発を起こしてしまうことが頻繁にある。いっぽう、マトロイド構造をもつ問題に対しては、データ全体を見ずとも局所的な探索を繰り返すことで最適解が得られたり、巨大データ上の計算を小さなサイズの等価な問題群へと変換することで高速化が可能になるなど、マトロイドの良い性質を活かしたアルゴリズム開発が可能となる。今井研究室では、マトロイド構造を利用した高速なアルゴリズムの開発や、どのような問題がマトロイドとして表現可能についての理論研究を推進している。

計算機システム

現代の計算機システムは、さまざまな技術が階層的に組み合わさって動いている複雑なシステムである。情報科学科では、このような計算機システムの動作を支える基本技術について幅広い研究

と教育を行っている。具体的には、計算機の物理的実体であるハードウェア、そのハードウェアの上で動く基盤ソフトウェア、プログラミング言語やプログラムの検証技術、効率のよい数値計算のためのアルゴリズム、などについての研究が行われている。ここでは、そのような計算機システムにかかわる研究の例として、自動運転のような自律系の実時間処理のための基盤ソフトウェアに関する研究について紹介する。





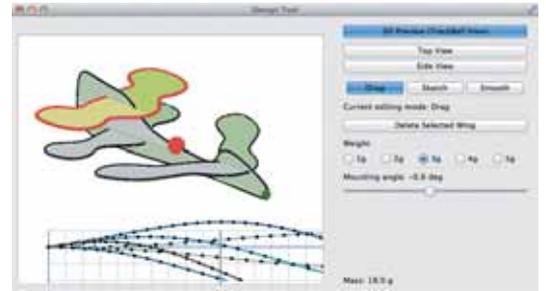
自動運転のような自律系では、周囲環境の認識、認識結果に基づく判断、そしてその判断を実行に反映した操作をリアルタイムに処理しなければならない。その処理の性質も、処理効率を重視するものから即応性を重視するものまで様々である。また、システム全体は多数のプロセスおよびそのグループから構成され、互いに依存関係を有している。理論の面では有向グラフの実行時間解析やスケジューリングアルゴリズム、実践の面では並列分散データ処理や高性能計算などの研究テーマがある。今後、クルマやロボットのようなモビリティはコネクテッド化（インターネットへの接続）が急激に進み、クラウドコンピューティングやセキュリティも重要な研究テーマになると考えられる。加藤研究室ではまさにこのような理論と実践に跨がる基盤ソフトウェアの研究を進めている。

応用技術

情報システムは、その上で動作する応用システムを通じてわれわれの社会に貢献している。情報科学科では、そのような応用システムについてもさまざまな研究が行われている。具体的には、情報技術を活用して生命現象の背後にある原理に迫ろうとする生命情報科学、人間が扱う言語についての自然言語処理、コンピュータの使いやすさや新しい使い方を追求するヒューマンコンピュータインタラクション (HCI)、さらに冒頭で述べたような機械学習や人工知能技術などがあげられる。ここでは、応用技術に関する研究の例として、高速な物理シミュレーションを活用した形状デザイン手法について紹介する。

物理シミュレーションによる解析は、すでに自動車や航空機的设计などに広く活用されている。しかし、通常の使い方は、すでに設計の終わった形状に

ついてその強度や効率を確認するといった使い方が主である。五十嵐研究室では、このような初期デザインを行うシステムにリアルタイム物理シミュレーションを組み込むことによって、「どのような形状にしたら物理的にどのような挙動を示すか」を目で見ながら確認しながら形状デザインを行う手法を開発している。実際に、どのような音が鳴るかを耳で確認しながら鉄琴をデザインする手法、着せ付けたときのシルエットを確認しながら衣服をデザインする手法、飛ばしたときの軌跡を確認しながら紙飛行機をデザインする手法などを開発してきている。



おわりに

情報技術は今やわれわれの生活に無くてはならないインフラストラクチャーであると同時に、つい昨日まで不可能と思われたことが可能となるなど急速に発展し続けている先端技術でもある。また、その根本原理を追求する情報科学も急速に広がりりと深さを増してきている。まだまだ若い分野であり、一人の技術者の開発した技術や手法が広く世界中で使われたり、一人の科学者の発見した原理によって世の中のモノの見方が一変したり、といったことが珍しくない。情報科学科では、このような意識のもと、常に新しい世界を切り開いていこうという気概をもって研究・教育活動に取り組んでいる。