

じっきょう

数学資料

No. 89

Contents

- 巻頭 マス・フォア・インダストリの挑戦：
数学と社会に多様性と創造性を…………… 1
- 特集 2024 年度大学入学共通テストの分析と
2025 年度新課程入試に関して …………… 5
- 特集 対話型生成 AI を使用して
数学のプリントを作成してみた …………… 11
- 特集 数学で学ぶ—海外での数学教育から思うこと …14

巻 頭 マス・フォア・インダストリの挑戦：数学と社会に多様性と創造性を

九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 所長 梶原健司

1. はじめに

九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 (IMI) は、「マス・フォア・インダストリ」(MfI) の理念を掲げ、2011 年 4 月に九州大学の附置研究所として開設された、日本で唯一の産業数学・応用数学にかかわる研究所です。文部科学省共同利用・共同研究拠点に認定されており (2013 年 4 月)、公募制の共同利用研究を実施するなど、深い数学研究と数学の産学・異分野連携研究を車の両輪として推進するため、さまざまな事業を行っています。ウェブページ <https://www.imi.kyushu-u.ac.jp> もご参照下さい。

2. IMI の沿革

九州大学では 1994 年に理学部、工学部、教養部に分かれていた数学教室が統合され大学院数理学研究科が発足し、2000 年に研究・教育組織が分離して大学院数理学研究院と数理学府が開設されました。理学部数学科創設時より応用数学・統計学を重視してきた伝統を活かし、数理学研究院と数理学府では文部科学省 21 世紀 COE プログラム「機能数理学の構築と展開」(2003-2007)、文部科学省グローバル COE プログラム「マス・フォア・インダストリ教育研究拠点」(2008-2012) といったプロジェクトで成果を積み重ね、2011 年に数理学研究院から分離独立する形で IMI 設立に至りました。

3. IMI の現在

(1) IMI の理念

IMI の基盤である MfI の理念は、「純粋・応用数学を流動性・汎用性をもつ形に融合再編しつつ産業界からの要請に応えようとすることで生まれる、未来技術の創出基盤となる数学の新研究領域」と定義されています。問題解決のためにあらゆる数学を駆使しつつ、新しく魅力的な数学の研究領域を産み出すという姿勢、独立した学術としての位置の保持、また、数学の押しつけでなく、協働する姿勢が強調されています。また、革新的な数理技術には純粋数学が必須であるため、応用・産業数学が発達しても、純粋数学と協働し、両方を車の両輪として推進することが大切です。

(2) IMI の概要

IMI には 2024 年 7 月 1 日現在で 35 名 (教授 15 名、准教授 10 名、助教 10 名、うち外国人 4 名、女性 2 名) の教員が在職し、9 個の部門で多様な研究活動を行っています。その中には企業資金で設立された部門もあり、活発な数学研究と産学・異分野連携活動が行われています。また、アジア太平洋地域を重視した国際活動の拠点として、「オーストラリア分室」をラ・トローブ大学 (メルボルン) に設置し (2015 年 3 月)、統計・データサイエンス分野の若手教授を共同雇用し現地に配置して活動をしています。さらに、共同利用・共同研究拠点事業では、公募の上で研究集会や短期共同研究などを実施しており、企業の方に参画していただ

くことを原則としています。これらの基盤上で、IMIはMfIの理念の具現化を目指し多様な活動を行っています。

(3) 研究活動

IMIの特徴的な研究をいくつかご紹介します。

(a) 保育園入園選考：公正な社会づくりへの貢献

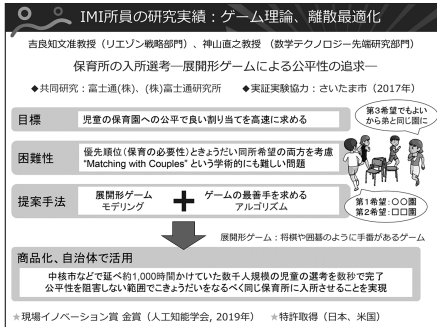


図1 保育園の高速で公平な入園選考の実現

しばらく前ですが、保育園の入園選考に不満を持った方から「保育園落ちた日本死ね!」という強いメッセージがSNSで発せられ社会問題となったことを覚えておいででしょうか？大量の入園申請に対し、申請者の優先順位（保育の必要性）や兄弟姉妹の同じ保育園への入園希望など複雑な条件を満たしつつ選考を行うのは大変な作業です。吉良知文准教授と神山直之教授は、(株)富士通研究所の研究者と共同で、ゲーム理論によるモデリングとその解を高速に解くアルゴリズムを組み合わせた新しい選考方法を提案しました。提案した方法は富士通（株）によって商品化され、埼玉県さいたま市、東京都港区をはじめ多くの自治体で活用されています。中核市で職員が約1,000時間かけて行っていた作業が数秒で終わり、かつ、数学により公平性が保証された満足度の高い選考が実施されています。

(b) 物流改革：社会の効率化への貢献

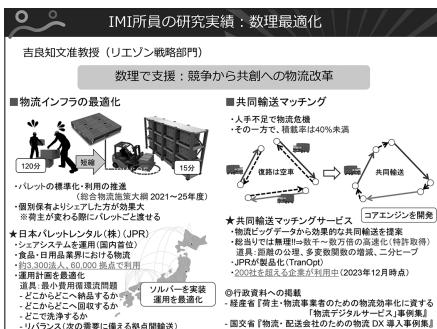


図2 最適化による物流改革

経済発展による物流の増加と人手不足によって物

流改革が極めて切実な社会課題になっています。吉良知文准教授は、日本パレットレンタル（株）と共同で、数理最適化を用いて物流の効率化に大きく貢献する成果を出しています。図2の左側では、パレットを用いた輸送が推奨（労働生産性の向上に寄与）されているなか、その共同利用システムの運用計画の最小費用循環流問題としての定式化と、最適化ソルバーの開発を示しています。右側は、輸送効率向上のために共同輸送マッチングを行うコアエンジンを開発した研究です。物流のビッグデータから協力効果が高い共同輸送の組合せを総当たりで探すのは規模が大きすぎて不可能です。しかし、さまざまな数理技術を使って数千～数万倍の効率化を達成して商品化に至ったものです。現在、200社以上がこのサービスを用いています。

(c) トポロジーによる高精度医用画像解析

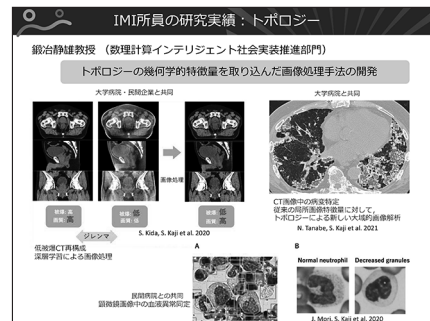


図3 トポロジーによる高精度医用画像解析

最近、機械学習の技術が大きく発展し、特に画像認識に関しては革命的な進化が起きつつあります。レントゲンやCTなどによる医用画像を自動的に解析し、医師の診断を支援することは非常に重要な技術ですが、通常の機械学習などの技術ではなかなか精度が上がらず、所望の情報が得にくいなどの問題がありました。鍛冶静雄教授は、大学病院や企業との協働で、そこにトポロジー（位相幾何学）を持ち込み、トポロジーの幾何学的特徴量を活用して大域的な情報を解析に取り込み、低被爆のCT画像の高品質な再構成や、病変部位特定の精度向上に成功しました。抽象的な純粋数学が、既存技術の改良では得られない高度な技術を生む例です。

(d) 統計学のスパース推定と多様な応用

数理最適化と並んで、統計学は社会のニーズが高く、データサイエンスの時代に中核をなす数学の1つです。廣瀬慧教授は統計学の中でもスパース推定と呼ばれる、スモールデータの情報からビッグデータの情報を

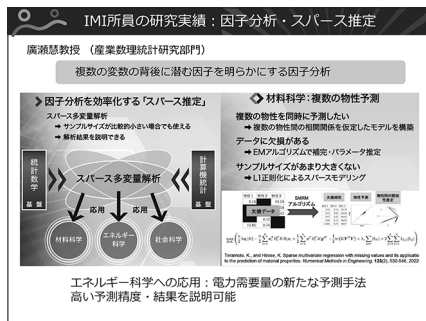


図 4 統計学におけるスパース推定

効率的に推定する技術の専門家で、多様な応用を行っており、例えば欠損のあるデータからの複数の物質の物性やその関係性の予測、電力需要量の予測技術などで成果を上げています。統計学の手法の特徴は、機械学習とは異なり、説明可能な予測ができることです。また、スパース推定の技術は生成 AI でも使われています。

(e) 「美しい形状」の幾何学

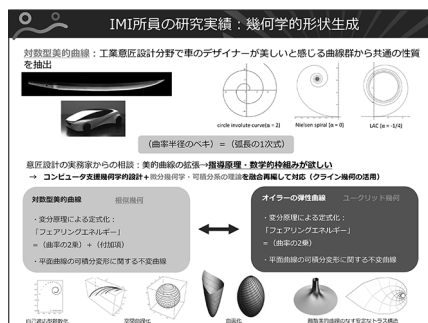


図 5 「美しい形状」の幾何学

最後は私のテーマで恐縮ですが、工業意匠設計、建築、計算幾何学との異分野融合研究をご紹介します。車などのデザイナーが感じる「美しさ」を内蔵した平面曲線の族「対数型美的曲線」が、工業意匠設計分野で開発されました。それを空間曲線や曲面に拡張したいけれど、定義が数学的に簡単で、何がよい拡張か、逆によくわからない。そこで、企業の実務家から私に「対数型美的曲線によい数学的枠組みが作れないか」と技術相談があったのです。数名の数学研究者とともにこの問題に取り組み、最終的にユークリッド幾何と異なる「相似幾何」と呼ばれる幾何学で曲線論を展開し、ユークリッド幾何で著名な「オイラーの弾性曲線」に類似の特徴付けができました。そこから空間曲線や曲面への拡張をはじめ、建築構造への応用や数学自体の深化など、多様な展開が始まっています。相似幾何は 19 世紀にさかのぼる、正統的ですが「アンファッ

ションナブル」な幾何学で、今さら研究する動機は稀薄です。そこに産業や他分野のニーズで異なる方向から光があたり、新しい数学が生まれて発展しています。小さいですが、MfI の一例と考えています。

(4) 人材育成

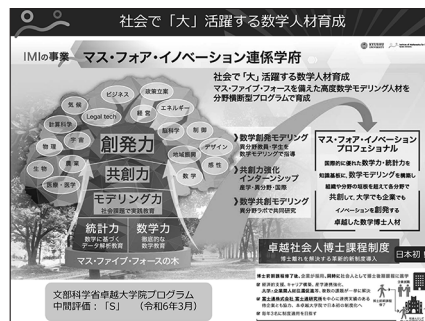


図 6 マス・フォア・イノベーション連携学府

IMI は理学部数学科、大学院数理学府での通常の数学教育のほか、大学院数理学府、システム情報科学研究院、経済学研究院と協力して「マス・フォア・イノベーション連携学府」を運営しており、そこで文部科学省卓越大学院プログラム「マス・フォア・イノベーション卓越大学院プログラム」を実施しています。これは 5 年一貫制の大学院プログラムで、確固たる「数学力」「統計力」を基盤に、数学の展開で必須の「モデリング力」を身につけ、「共創力」「創発力」を備え、数学を活用して諸科学分野や産業でイノベーションを起こす数学博士人材を育成しています。このプログラムでは、修士の段階でしっかりと基礎教育を行い、他分野の研究室で共同研究を行います。修士号取得後、3 ヶ月程度の長期インターンシップを行います。その上で再度他分野の研究室に出向き、今度は自分が主導して共同研究プロジェクトを立ち上げ、他分野の研究者や学生をリードして研究を完遂させます。このようにして「共創力」「創発力」を涵養し、「マス・フォア・イノベーション・プロフェッショナル」を育成します。通常の大学院教育よりも学生への負担は高めですが、学生の意欲も高く、2024 年 3 月に初めての修了者を出しましたが、企業、アカデミアなどバランスよく就職ができています。文部科学省による中間評価では最高の「S」評価をいただきました。

(5) 産学連携の仕掛け

数学の命はよくも悪くも抽象性で、現実の束縛を捨て去ったところに自由があり、それ故に高く深く広く発展することができます。得られた結果は普遍性が

高い一方、社会や諸科学分野で使いこなすには高度のカスタマイズが必要で、それは数学の外から見ると高い障壁となります。そのため、数学における産学連携には多様な「仕掛け」が必要です。

(a) IMI コロキウム

学期中に毎月一度（第2水曜日）、講演会 IMI コロキウムを実施しており、主に産業界の講師による、開発現場で生起する数学に関する講演が行われます。出席を単位化して学生の出席を促すとともに、数理学研究院の教員も出席しています。

(b) スタディグループ・ワークショップ (SGW)

短期集中問題解決合宿 SGW は、1968 年にオックスフォード大学が創始した産業数学の中核的な活動で、日本では、2011 年に IMI と東京大学大学院数理科学研究科の共催で始められました。SGW では、企業が出題する数理的な問題に、一週間の期間で取り組みます。水曜日に問題の解説、木・金で問題に取り組み、土・日は個別に手やコンピュータで計算を行い、月・火で結果を取りまとめて報告、というのがルーチンです。完全解決に至ることもあります。むしろ問題の新しい切り口や定式化の発見、また企業と数学者の関係作りに意義があります。

(c) 博士長期研究インターンシップ

大学院数理学府が、2008 年頃から日本の数学系機関では初めて開始し、現在では一般社団法人産学協働イノベーション人材育成協議会のご協力をいただき実施しています。純粋数学分野専攻の学生も丁寧なマッチングの上で参加し、成果を上げています。また、企業から資金をいただき、指導教員のコンサルテーション付きのインターンシップを行うこともあり、教育として、また、産学連携のプロセスとしても効果が高いです。

例えば、(a) で講演、その後 (b) で問題を出していただき、活躍した学生を (c) でインターンシップに派遣し、順調に進めば共同研究に、というのが1つの典型的なプロセスです。その他、IMI のコーディネーターや大学のファンドレイザーの渉外活動をベースに、所長が企業執行部レベルヘトツプセールスを行い、共同事業を始めることも最近増えています。

4. IMI の将来

以上、IMI における産学・諸科学分野との連携を

主に説明してきました。一方、これまでの産学連携は、時として成果の価値を十分反映していなかったり、いただいた資金も大学側の制約で十分活用できなかったり、研究者の意欲頼みで行われていたのが実態です。今後、数学における産学連携が発展するには、成果の知的価値を評価した上で適正な資金をいただき、学術の発展に再投資する仕組みや、いただいた資金を自由に使える研究費にしたり、一部を給与に加算したりするなど、研究者に対するインセンティブが必要で、文部科学省とも協力しながら取り組んでいます。また、効率的なマッチングのため、窓口の一本化や連携ネットワークも必要です。そのため、全国 17 の数学研究機関が参加する数学連携プラットフォーム「マス・フォア・インダストリ・プラットフォーム」が構築され（2023 年 10 月）、事務局を IMI に置いて運営されています。

このような取り組みを通じて MFI の理念が実現されれば、高度な数学が直接社会基盤として活用されるでしょう。そして、数学内部の問題意識で数学自体を深めるだけでなく、社会、産業の課題に対応する中から数学の課題が生起し新しい方向に発展する、そういう多様性が数学をさらに豊かにするでしょう。数学は少し難しいかも知れないけれど、段階的に学んでちゃんとつきあえば、面白く、深く、そして役に立つ。自分の数学のスキルに応じて社会に直接貢献できる場があり、数学を活用してビジネスができ、自分の才覚次第でお金を稼いだり、社会で重要な役割を果たしたりできる。数学のそういう多様な側面が認識されて社会で活用され、そこで生まれた価値が数学に再投資され、数学がまた豊かになる、というサイクルが回ればよいと考えています。そのためには、次世代を担う児童、生徒たちに、数学の多様な側面を伝えて好きになってもらうことが必要だと思います。今後、IMI では九州地区を中心に、各県の教育委員会と協力し、小中高生に対するアウトリーチ活動も充実させていく計画です。そのようにして、IMI を国内外の研究コミュニティだけでなく、産業界、地域、社会と共に創る研究所として発展させる所存です。皆様のご理解、ご支援、ご協力をどうぞよろしくお願い申し上げます。