MIMS/CMMA News Letter

明治大学
先端数理科学インスティテュート（MIMS）
Meiji University, Meiji Institute
for Advanced Study of Mathematical Sciences (MIMS)

文部科学省　共同利用・共同研究拠点
「現象数理学研究拠点」（CMMA）
MEXT Joint Usage / Research Center
"Center for Mathematical Modeling and Applications" (CMMA)

VOLUME 18
September 2023

発行者
明治大学 先端数理科学インスティテュート
〒164-8525 東京都中野区中野4-21-1　明治大学中野キャンパス　高層棟8階
Tel：03-5343-8067 / FAX：03-5343-8068
Web site：http://www.mims.meiji.ac.jp/index.html

Leader Message

MIMS所長を拝命して

先端数理科学インスティテュート所長　西森 拓

本年４月にMIMS所長を拝命しました。三村昌泰初代所長、萩原一郎先生、杉原厚吉先生、俣野博先生を経て、MIMS第五代目の所長となります。

MIMSは2007年に明治大学研究・知財戦略機構の最初の附置研究機関として設立され、翌年、文部科学省のグローバルCOEプログラム「現象数理学の形成と発展」に採択されました。2013年には現象数理学拠点としてのCMMAを設置、2014年には、MIMS/CMMAは、文科省の全国共同利用・共同研究拠点として認定を受け、2020年の拠点更新認定を経て現在に至っています。

MIMS/CMMAは同様の全国共同利用・共同研究拠点の中では比較的小規模にとどまりますが、数学、数理科学分野において全国で３番目に拠点として認定されて以来、幸いにも、他の研究拠点に劣らないアクティビティを維持してきました。これは三村初代所長が掲げたミッション～現象数理学の推進～のユニークさに由来すると私は考えております。

従来、数学・数理科学の一般社会への貢献は、社会の生産性につながる科学技術を、すでに確立された数学的知見を通じて支えること、いわば「縁の下」から間接的に社会に貢献するという面が大きかったように思われます(もちろんアラン・チューリングによるエニグマの解読などの例外はあります)。

一方で、現象数理学は、数理モデルを介して自然、生命、社会諸現象の解明を目指す学問であり、その推進には異分野融合が欠かせません。実際、MIMSが関連する共同利用・研究研究の多くは、生命科学、文化人類学、心理学、経済学など多岐にわたる分野と数理科学の研究者の協働によって進められ、近年は、言語、民話などの各種文化形質の空間分布からその伝播過程の推定する手法の提案など、文理の枠を超えた成果が上がっております。また、近年著しい進化をとげた生成AI(Chat GPTなど)と人間の付き合い方が社会的課題になりつつあるように、今後、人類が直面する新しい問題への対処には、生産の効率性にとどまらず人間の性質そのものを考慮した文理融合の推進が求められている状況です。MIMSとしては、現象数理学を介して異分野間の協働を進めることで、数理科学および人類の知恵の地平を広げるとともに、これらを支える数学的基盤の整備も推進したいと考えております。

MIMSとしてのユニークな活動をこれからも展開するためには、所員・研究員、事務スタッフの他に、先端数理科学研究科、外部運営委員、内外の協力大学・機関など、広範なスタッフや組織のご協力が欠かせません。皆様のご理解ご助力の下、今後とも、MIMSの発展に尽くしていきたいと思います。何卒よろしくお願い申し上げます。

第8回公開シンポジウム開催報告
「未来を拓くロボットテクノロジー」

2023年3月13日　オンライン開催

研究ブランディング事業 設計・折紙チームリーダー　理工学部准教授・MIMS所員　石田祥子

ロボットは今や私たちの生活にますます身近になり、存在感を増してきました。自分で考えて活動するロボットは自律型ロボットと呼ばれ、数理科学をはじめとした高度な情報処理システムに支えられています。警備活動や自動運転といった私たちの生活をより安心で快適にするロボット、群れをなすドローンの飛行ショーのように私たちの生活をより豊かで楽しくするロボット、宇宙探査や海中探査のように未知なる世界に挑戦するロボットなど、ロボット技術の発展は人々の負担を軽減し、人生に彩りを与え、新たな知の発見に大きく貢献しています。本シンポジウムでは最新のロボット技術と、それを支える大学教育・後進育成に関して、明治大学に縁のある６名の講師をお迎えし講演していただきました。

黒田洋司氏(明治大学理工学部教授)には「大学発スタートアップによる新しいロボット市場の開拓」と題して、大学研究者としてのご自身のロボット研究、そこから企業を立ち上げるに至った経緯とその意義について講演していただきました。久保田孝氏(JAXA宇宙科学研究所教授)には小惑星探査「はやぶさ」「はやぶさ２」プロジェクトを推進されたご経験から、「探査ロボットが宇宙を拓く」と題して、宇宙で活躍する探査ロボット技術を解説していただきました。千葉悟史氏(Kudan株式会社執行役員、Kudanソリューション代表)には、「SLAM技術の未来　人間のように位置がわかることでなにが変わるのか」と題して、GPSが利用できない屋内でもレーザーで現在位置を認識するSLAM技術を用いるとロボットが自律移動できることを解説していただきました。佐々木孔明氏(株式会社レッドクリフ代表取締役)には、「ドローンショーの仕組み」と題して、数百機ものドローンをぶつからないように群制御する技術や夜空に描くアニメーションの作成法について解説していただきました。松田匠未氏(明治大学理工学部専任講師)には「海中ロボットシステムが拓く無人海洋探査」と題して、GPSや電波通信の使えない海中で複数のロボットを連携させて探査を行う技術を解説していただきました。嶋田総太郎氏(明治大学理工学部教授、教務主任)には、ご自身のご専門もAI・機械学習なのですが、本シンポジウムでは「明治大学理工学部 数理・データサイエンス・AI教育プログラムの紹介」と題して、ロボット技術の未来を支える後進を育成する教育プログラムの紹介をしていただきました。

本シンポジウムはオンライン開催であったため、関東だけでなく遠方からも参加がありました。特に、これから進路を検討する高校生や大学学部生、研究者としての一歩を踏み出した大学院生や博士研究員といった若い世代に、明治大学のロボット研究と実社会とのかかわりを紹介する機会を提供できたことは大変意義のあることだと思います。参加者アンケートには「ドローンに興味があった。データサインエンスは現在高校でも取り上げている。」「ロボットは現実的な有用性を感じられる研究。教育プログラムは現代のニーズにあったプログラム。」といった声があり、若い世代には非常に魅力的なテーマであることが伺えました。中には、昨今の科学技術分野の世界情勢を鑑みて「明治大学にはロボット分野で世界に果敢に挑んでほしい」といった激励もありました。いずれの講演もロボットが実際に動き、仕事をする様子が動画などで紹介され、それを支えるプログラミングや制御、情報処理といった数理科学の重要性が参加者に分かりやすく伝えられました。

国際会議報告

第6回山田シンポジウム開催報告
生物のパターンおよび形態の多様性 ―包括的研究を目指して―（PFN2023）

シンポジウム事務局

自然界における生物学的パターンや形態の多様性を包括的に理解し、その学術を世代を超えて継承することを目的とする国際研究集会: The 6th Yamada Symposium on "Diversity of Biological Patterns and Forms in Nature: toward a Comprehensive Understanding (PFN2023)"が、東京都心の駿河台キャンパスで8月1～3日に開催された。

シンポジウム詳細ページ

シンポジウム議長の俣野博・前所長による開会宣言に続いて西村-原いくこ・山田科学振興財団理事（京大名誉教授）による来賓挨拶があり、「自然科学の基礎科学を助成振興し、もって我が国の科学技術の向上発展と人類の福祉に寄与する」という財団理念が示された。

招待講演では、国際的なサイエンスライターで*Nature*の編集者でもあるPhilip Ball 博士が「対称性の破れ： 物理学から生物学へ」という基調講演を行った。続いてPhilip K. Maini・英オックスフォード大学教授が「発生および疾病における細胞の集団的な挙動のモデリング」という演題で、転移がん細胞には移動速度の異なる２種類のタイプがある可能性を指摘した。近藤滋・大阪大学教授は「生物はどのようにして 2D パターンを 3D 形状に変換するのか」という演題で、昆虫世界の驚きの造形メカニズムを紹介した。

２日目午前は蝶の文様に関するセッションで、藤原晴彦・東京大学教授はメスに限定されたアゲハ（蝶）の擬態と進化のメカニズムについて、関村利朗・中部大学名誉教授は蝶の羽のパターン形成モデルと擬態蝶アゲハの個体群動態について講演し、ビデオ講演のH. Frederik Nijhout・米デューク大学教授は、蝶の羽のパターンの進化を数理的に探求して６本縞が最も始原的なものだと結論した。

午後は黒田玲子・中部大学特任教授（東京大学名誉教授）に始まり、「巻貝の巻き型 ― CRISPRゲノム編集で、単一遺伝子が決めていることを明らかに」という演題からは予想しえないドラマチックな講演を行った。フランス国立自然史博物館のSylvain Gerber助教はモルフォスペース（多次元機能形態空間）の幾何学から恐竜などの生物進化を考察する博物館ならではの数理的なアプローチを紹介し、生形貴男・京都大学教授は化石に見られる貝殻の形態とその進化をモルフォスペースで具体的に解析した。

最終日は、島弘幸・山梨大学教授が中空植物の竹・蕗と網目模様のメロンを例に、植物構造の力学的最適性を考察した。Oliver Steinbock・フロリダ州立大学教授による生物と無生物の形態に関する講演は、P. Ball博士の「生物と非生物の間には信頼できる形態学的区別がないのではないか?」という後日の重要な問題提起へとつながった。

Royal Society of Chemistryサイト内
Opinion by PHILIP BALL

最後に、共同議長である西森拓・MIMS所長が、「アリの採餌における自律的な労働量調節の機構」という演題でノーベル化学賞受賞者I. Prigogineの「宿題」への取り組みを紹介し、来賓挨拶に呼応して基礎科学の重要性に再度言及して閉会宣言を行った。なお、proceedingsはオープンアクセス・ブックとして公開する予定である。

全参加者67名（のべ148名）、うち女性17名（36名）、
国外10名（英国、米国、韓国各2名、フランス、ベルギー、中国、インドネシア各1名）

MIMS所員・研究員の活動紹介

反応拡散系の数理解析と生態学・生命科学への応用

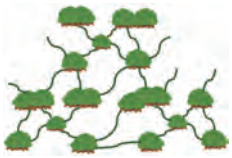
中村健一
明治大学研究・知財戦略機構　特任教授/ MIMS副所長

生物多様性の損失は今や地球規模で対処すべき重要な問題となっています。気候変化や人間の社会活動などで引き起こされる生息域の分断化により、生物集団は孤立し絶滅リスクが高まります。一方、分断化された生息域間を生物が行き来でき、集団に空間異質性が生じることが多種共存の鍵となります。このような分断化された生息域をつなぐ植物群落や水域は「緑の回廊」と呼ばれ、我が国の国有林野事業においても、保護林のネットワークを形成し野生生物の移動経路を確保することで、生態系の保護を図る取り組みが行われています。

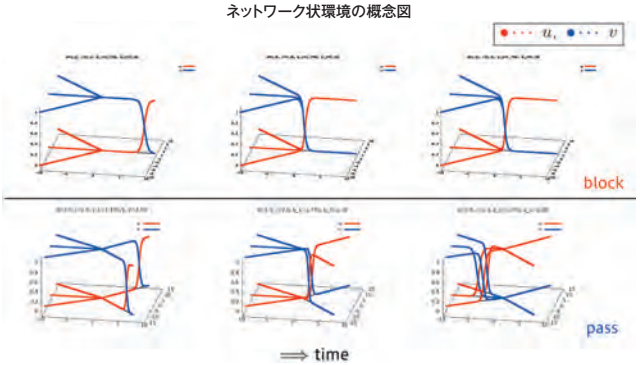
生物多様性の保全に関して近年私が取り組んでいる研究テーマは、ネットワーク状の環境で餌などの資源を巡って競合する多生物種の個体数密度の時間変化を記述する、ロトカ・ヴォルテラ競争拡散系と呼ばれる反応拡散系における解の伝播現象です。ある生物種が優勢的に支配している環境に競合する生物種の侵入が可能／不可能であるための条件を数理的手法と数値的手法を相補的に用いて明らかにすることで、外来種の侵入・定着を防ぎ、生物多様性を保全するための具体的かつ実現可能な方策を見出すことを目標としています。

また、高齢化等に起因する慢性疾患の予測・予防方法の確立を目指した挑戦的な研究プロジェクトにも関わる機会をいただいています。そこでは、各臓器を相互依存ネットワークととらえ、それが恒常性を失うことで病態が発生するという考えに基づき、臓器間ネットワークの数理モデル化による代謝恒常性の維持メカニズムの解明を目指しています。前述の生物多様性とは全く異なる研究対象ですが、ネットワーク上の微分方程式という共通点があり、何らかの貢献ができないかと思案しています。

本年４月よりMIMSの副所長として着任いたしました。明治大学は専門分野の近い先生が多数所属されており、国内外からの訪問研究者も多く、刺激的な毎日を過ごしています。この恵まれた環境で、これからも反応拡散系の研究を通じて、現代社会が抱える問題の解決に微力ながら貢献していきたいと思います。



ネットワーク状環境の概念図



外来生物種の侵入可能性の数値シミュレーション（在来種:青、外来種:赤）
全く同じパラメータでネットワーク構造のみ異なる。ネットワーク結節点における辺の本数が在来種3:外来種1の場合（上）は侵入不可能だが、在来種3:外来種2の場合（下）は侵入可能。

「植物の数理、スポーツの数理」～真の学際研究を目指して～

島　弘幸
山梨大学大学院総合研究部 教授 / MIMS研究員

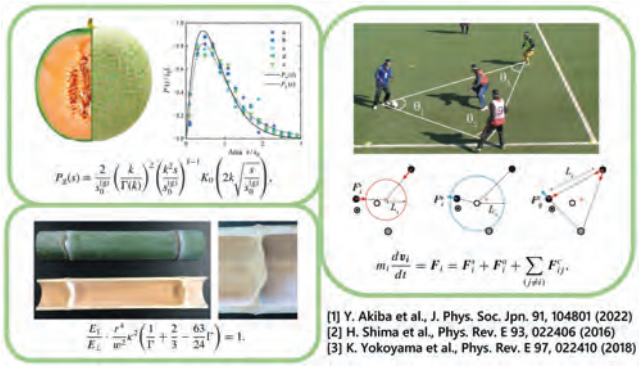
数理科学の魅力は、その「フットワークの軽さ」にある、というのが私の持論です。

慣れ親しんだ武器(理論手法)を片手に、まだ見知らぬ国(異分野)へ自由に冒険(研究交流)ができる。たどり着いた新境地では、さらに新しい武器と仲間を増やすことができる。…こうした正のフィードバックを謳歌できる学問分野は、数理科学を差し置いて他にありません。この考え方には賛否両論ありましょうが、私自身はこの「フッ軽」を口実にして、これまで多彩なテーマに携わる機会を頂きました。人との出会いにも恵まれ、幸運な四半世紀を送れたと感謝しています。

最も興味あるテーマのひとつは、植物の数理です。長年の生存競争を潜り抜けた現存種の植物には、構造学的・力学的に最適なカタチが備わっていると信じられています。しかし、その最適性を言語化できた例は、あまり多くはないでしょう。特に気になるのは、日々の暮らしで目にする身近な植物です。たとえば、マスクメロンの網目模様[1]や、丸竹に沿って節が等間隔に並んでいる様子[2]など、改めて考えると魔訶不思議な植物の特質というのは、身の回りでたくさん見つかります。こうした素朴な疑問を、数理科学の眼で問い直すという作業は、四季の移ろいに敏感な我々日本人にはまさに天職ともいえる仕事だと思うのです。

もう一つ関心の深いテーマは、スポーツの数理です。たとえば「息の合ったプレー」や「試合の流れ」などと表現されるように、集団競技には何某かのリズムや記憶効果が潜んでいると考えられます。その一方で、選手個々の動きや判断は、あくまでその場の状況に応じた即興的なものに過ぎません。では果たして、試合全体の秩序だったリズム/流れと、個々人の勝手な意思変動は、整合するのでしょうか？こうした疑問のもと、特にプロサッカー選手の動きを解析した結果、選手の相互運動を拘束する不可視な力(social force)を定式化することが出来ました[3]。

こうした多岐のテーマを並行させる研究姿勢というのは、技術応用・社会実装を重視する昨今の傾向とは、相反するかもしれません。それでも臆せず、自然全体を「広く&深く」理解しうる数理科学の魅力を、これからも多くの人たちと共有したいと考えています。



[1] Y. Akiba et al., J. Phys. Soc. Jpn. 91, 104801 (2022)
[2] H. Shima et al., Phys. Rev. E 93, 022406 (2016)
[3] K. Yokoyama et al., Phys. Rev. E 97, 022410 (2018)

ペンシルベニア大学数理生物学センターとの協定締結

先端数理科学インスティテュート前所長　俣野 博

本年３月１４日にMIMSおよび大学院先端数理科学研究科と米国ペンシルベニア大学数理生物学センターとの間で、数理生物学及び関連分野における学術研究交流の推進を目的とする協力協定が締結されました。この協定締結にあたり、米国から同センターの森洋一朗共同所長とJoshua B. Plotkin共同所長が来日し、荒川薫先端研研究科長とMIMS所長（当時）の俣野を含めた４名が協定書に署名しました。また、協定締結後、森洋一朗教授とPlotkin教授による協定締結記念特別講演会がハイブリッド形式で行われ、好評を博しました。さらに３月１５日～１７日には、関連プログラムとしてUPenn-明治研究交流会を開き、自由な雰囲気の中で活発な研究討議が行われました。また、３月２０日には森洋一朗教授と俣野が、協定締結の報告のため大六野学長を表敬訪問しました。

ペンシルベニア大学（略称Penn, UPenn）は、米国フィラデルフィアにある世界屈指の名門大学で、アイビーリーグと呼ばれる米国東部の８つの名門私立大学の１つです。学部学生約１万人に対し、大学院生数は約１万２千で、大学院大学としても広く知られています。同大学数理生物学センターは2019年に創設され、初代所長に森洋一朗氏（専門は応用数学・数理生理学）とPlotkin氏（専門は応用数学・進化生物学）が就任しました。私は森洋一朗氏とは長年共同研究を続けてきた間柄で、明治大学にも頻繁に来てもらっていました。同氏が2019年にミネソタ大学からペンシルベニア大学に移り、数理生物学センターの所長になってから、同センターと明治大学の交流を推し進めようという話が持ち上がりました。Plotkin氏も大変な親日家で、明治大学との交流を望んでおられると聞きました。今後長期にわたって交流を続けるには正式な協力協定の締結が望ましいと私からお二人に提案し、快諾していただきました。協定の形としては、研究者間の交流にとどめず、大学院生の交流も含めた方が双方にとってメリットが大きいと考え、荒川研究科長や先端研の何名かの先生に話を持ちかけて、先端研にも加わっていただくことになりました。協定文書は私が中心になって取りまとめましたが、英文正本の作成は先端研のギンダー・エリオット先生に手伝っていただきました。また、本協定に付属する学生交流に関する覚書の作成は、現象数理学専攻の河野俊丈専攻長にお願いしました。

さて、３月の協定締結に続く交流の第二弾として、河野先生が音頭を取り、９月７日、８日にペンシルベニア大学でPenn-Meiji Workshop on Mathematical Biologyを開くことになりました。明治大学から大学院生５名とポスドク研究員１名、および引率教員が参加し、先方の若手研究者と合わせて二日間で１２名が講演します。この訪問の機会に、両大学における若手の皆さんの交流が盛り上がることを期待しています。

協定締結調印式　於:明治大学　前列左から: Plotkin共同所長、森共同所長、俣野所長、荒川研究科長

明治大学学長表敬訪問

Joshua B. Plotkin教授

俣野博 特任教授 最終講義

「反応拡散方程式の定性的理論 ― 半世紀を振り返って」

日時：2023年5月10日
会場：中野キャンパス603セミナー室およびZoomウェビナー
講師：俣野博（明治大学大学院先端数理科学研究科／MIMS前所長）

2023年3月末日をもって明治大学を退職された、
俣野博特任教授による最終講義が開催されました。

【講義内容】

私が反応拡散方程式の研究を始めたのは、修士課程に入って２年目の1976年夏のことでした。オックスフォード大学に長期滞在中の三村昌泰先生が一時帰国した際に、京都大学の山口研究室のメンバーが数名集まり、三村先生と数日間にわたって熱のこもった議論をしたのがきっかけです。それが、その後の私の研究人生に大きな影響を与えました。当時は、反応拡散方程式の解のダイナミクスについて世界中で多くの研究が行われ、新しい理論が次々と生まれ始めた時期でもありました。当時を振り返りながら、その後の理論の発展について、自分の研究に近いテーマを中心に解説したいと思います。

研 究 活 動

【セミナーイベントリスト】敬称略

●PFN 2023　6th Yamada Symposium on "Diversity of Biological Patterns and Forms in Nature: toward a Comprehensive Understanding"
第6回 山田シンポジウム「生物のパターンおよび形態の多様性 - 包括的研究を目指して」
日時：2023年8月1日–3日
会場：駿河台キャンパス グローバルホール

●俣野博 特任教授 最終講義
「反応拡散方程式の定性的理論
― 半世紀を振り返って」
日時：2023年5月10日
会場：中野キャンパス603セミナー室/Zoomウェビナー
講師：俣野博（明治大学大学院先端数理科学研究科／MIMS前所長）

●明治非線型数理セミナー
会場：中野キャンパス603セミナー室/Zoomウェビナー
第16回"Prosocial and selfish institutions can both foster cooperation by wealth redistribution"
日時：2023年3月17日
講演者：岡部悠瑛 (ペンシルベニア大学大学院応用数学プログラム (AMCS))

第17回「1次元非線形拡散方程式における特異解の存在とその挙動」
日時：2023年7月10日
講演者：柳田英二 (明治大学・東京大学)

第18回"New trends in Lotka-Volterra diffusive competition"
日時：2023年7月18日
講演者：Julian López-Gómez (Complutense University of Madrid)

第19回"Epidemic with age of infection and the return-to-home model"
日時：2023年7月27日
講演者：Pierre Magal (University of Bordeaux) "

●MIMS現象数理カフェセミナー
会場：中野キャンパス8F談話室
"A free boundary problem for a curve shortening flow with driving force"
日付：2023年5月31日
講演者：森龍之介(明治大学)
"The Introduction of Origami Engineering"
日付：2023年6月21日
講演者：阿部綾(明治大学)
"Interface motion of Allen-Cahn equation with Nonlinear diffusivity"
日付：2023年7月26日
講演者：PARK, Hyunjoon(明治大学)

●共同利用・共同研究拠点MIMS　現象数理学拠点共同研究集会
○研究集会型
◆Complex motile matter - from single agents to collective behaviors
日時：2023年7月21日、22日
会場：中野キャンパス603セミナー室/Zoomウェビナー
組織委員：中田聡（広島大学）、北畑裕之（千葉大学）、Carsten Beta (ポツダム大学、金沢大学)、末松 J. 信彦(明治大学)、板谷昌輝(ブダペスト工科経済大学)

◆Data-driven Mathematical Science：経済物理学とその周辺 2023
日時：2023年9月1日、2日
会場：中野キャンパス6階研究セミナー室
組織委員：田中美栄子（明治大学）、家富　洋（立正大学）、石川　温（金沢学院大学）、藤本祥二（金沢学院大学）、水野貴之(国立情報学研究所)、乾　孝治(明治大学)、黒田正明(明治学院大学)、守　真太朗(弘前大学)

◆植物の「カタチ」と「チカラ」を解き明かす 2023
日時：2023年9月12日、13日
会場：中野キャンパス6階研究セミナー室
組織委員：島 弘幸(山梨大学)、山口智彦(明治大学)

○共同研究型
◆現象数理学のダイバーシティ
日時：2023年7月3日
オンライン開催
組織委員：井上雅世（九州工業大学）、大谷智子（大阪芸術大学）、北沢美帆（大阪大学）、西森　拓（明治大学）