

02 数理工学センターのハイブリッド化

<数理工学センター長 坪井 俊>

03 ニュース

- ・ 第13回「データビジネス創造コンテスト」にて数理工学科生の2チームが未来創造賞と審査員特別賞を受賞
- ・ 第5回 和歌山県データ活用コンペティションで本学数理工学科のグループが和歌山県統計協会賞を受賞
- ・ 令和3年度「パテントコンテスト」にて、数理工学科西川研究室の学生3名の発明が優秀賞を受賞
-738件の応募から選出-
- ・ 数理工学科の学生2名が、「有効突判定装置」という名称の特許を取得
-令和2年度「パテントコンテスト」での優秀賞受賞発明を出願-
- ・ 第11回スポーツデータ解析コンペティションで本学数理工学科西川研究室のチームがe-sports部門に応募し、ポスター部門優秀賞を受賞
- ・ 「数学・数理学専攻攻手研究者のための異分野・異業種研究交流会2021」にて学生が研究発表を行いました

05 活動報告

- 1 MCMEセミナー開催報告
- 2 龍谷大学連携シンポジウム
- 3 MCMEシンポジウム開催報告
- 4 数理工学センター紀要第7号刊行
- 5 数理工学コンテストの報告

10 センター員研究紹介

- 1 大腸菌のミクロな振舞いと集団的パターン形成を繋ぐ階層的秩序形成 櫻井 建成
- 2 偏微分方程式の解の爆発 佐々木 多希子

12 センター員紹介／センター連絡先／編集後記



数理工学センターのハイブリッド化

数理工学センター長 坪井 俊



撮影：河野裕昭

今年度の数理工学科および数理工学センターの活動は2020年に引き続いてCOVID-19対応を考慮しながら行われました。4月初めは、入学式は学部別というようになっていましたが、大学の主要な教育活動は対面で行われました。しかし5月から9月まではCOVID-19の蔓延のもとで大学の教育活動も数理工学センターの研究活動もオンラインに限ら

れました。また、有明キャンパスはTOKYO2020のオリンピック・パラリンピック会場の目の前にあるということで、その期間キャンパスは閉鎖に近い状況でした。10月11日にCOVID-19蔓延の収束がみられ、多くの教育活動は対面になり、研究活動もCOVID-19に対応しながら対面のものが行われてきています(年明け後は再蔓延が危惧されます)。9月には本センターのある有明4号館の隣に教育研究施設として有明5号館が完成しました。有明4号館2階のペランダは有明5号館のペランダとつながり、有明キャンパスの一体性が増したように思います。

昨年度のオンライン授業やオンラインセミナーなどの経験を踏まえ、オンライン環境において、授業やセミナーを行うための機材の整備を各教員においてもセンターとしても整えて参りました。昨年度は有明キャンパスでの参加とオンラインでの参加の両方を可能にするハイブリッドの授業やセミナーは多くなかったと思いますが、本年度はオンラインと対面との移行期間などでもハイブリッドを行うことが増え、そのための機材の整備を行いました。音声の入り方、画像の入りが2系統あるということになりますが、専用のスタジオ設備があるわけではなく、有明キャンパスの教室のネットワークはそのまま外部につながっているわけではないので、高石さん、森さんにいろいろと知恵を絞っていただき、曲がりなりにもハイブリッドが可能になるところまで準備できてきました。

数理工学シンポジウムは11月16日17日に有明キャンパスの会場とzoomでのオンライン会場を同時に用いるハイブリッド形式で行われました。数理工学シンポジウムは、素晴らしい講演者に来ていただいているおかげで、広い数理工学の世界の動向がわかるものという評価をいただいております。今年度はハイブリッドということで、会場とオンラインを合わせて100名をこえる参加をいただきました。対面での講演ができ、それが聴けるということで、有明キャンパスに来ていただいた方々とは小規模短時間分散型の懇親会が開催され議論が深められました。

昨年度2月10日には龍谷大学との連携シンポジウムを、武蔵野大学がホストとなってオンラインで開催いたしました。この連携シンポジウムでは教員の研究発表とともに学生院生の研究報告が行われています。このオンライン開催が契機となり、8月9日

には龍谷武蔵野学生交流会をオンラインで開催しました。研究経過も交流して意見交換しようというものです。その成果を発表する今年度の龍谷大学との連携シンポジウムは、龍谷大学に再びホストしていただき瀬田キャンパスにてハイブリッドで行う予定です。

内外の研究者にトピックをお話いただく数理工学(MCME)セミナーは、昨年度までに第40回まで開催していましたが、今年度は第47回までの開催を予定しており、いくつかは有明の会場とzoomでのオンラインのハイブリッドで行う予定です。

これら2つのシンポジウムとMCMEセミナーは学生院生の研究の幅を広げる機会となり、高い教育効果があります。学生院生の意識も高まっていて、コンテスト等への応募とともに応用数理学会や研究集会で研究発表をおこなっています。学外との交流という意味では11月13日の日本数学会・応用数理学会・統計関連学会連合の共催する異分野・異業種研究交流会で6名の学生院生がポスター発表を行いました。

産学官連携に対応する研究拠点を目指す方向では、理化学研究所数理創造プログラムとの共同研究「数理を軸とする分野横断的手法による、社会現象や自然現象などの統合的解明と工学・産業分野への新しい数理的手法の開発」が昨年度末から3年間の予定で開始されました。

今年度で8回目となる数理工学コンテストは、身の回りの事項や社会的な問題を数理の力を使って探求し解き明かすレポートを大学入学前の生徒から募り表彰するものです。年々レポートのレベルが高くなっています。2020年3月に予定していた第6回の授賞式は中止しましたが、第7回の授賞式は2021年3月27日にオンラインで行われました。数理工学センターと数理工学科の連携で数理工学の研究の裾野を広げる活動ですが、うれしいことにコンテストに参加した優秀な学生の入学が増えてきています。

関係者の異動につきまして報告します。昨年度末に前センター長薩摩順吉先生が武蔵野大学を退職され武蔵野大学名誉教授とされました。友枝昭保先生が関西大学総合情報学部へ転出されました。両先生には本センターの客員研究員をお願いしております。Sushma Kumari先生も退職され、インドに戻られました。今年度、櫻井健成先生、佐々木多希子先生が着任され、現在は12名のセンター員、8名の客員研究員というメンバーで研究活動をおこなっております。

非常に残念な報告もあります。客員研究員をお願いしておりました三村昌泰先生は4月8日に逝去されました。三村先生は数理工学科、数理工学センターの設置時から、客員教授・客員研究員をおつとめいただいておりますが、2017年度2018年度には、教授・センター員をおつとめいただきました。三村先生が提唱された現象数理学は数理工学科・数理工学センターの教育研究における主題のひとつとなっております。先生の多大な御貢献に感謝いたしますとともに謹んでご冥福をお祈りいたします。

これからも当センターは数理工学からの社会貢献のために積極的に活動してまいりますので、皆様のご支援をよろしく願いたします。

数理工学セミナー (MCMEセミナー) を開催しました。

■第41回MCMEセミナー

日 時：2021年4月27日(火)
17:00～18:30

場 所：オンライン開催 (Zoom)

講演者：谷口 隆晴 氏 (神戸大学 システム
情報学研究科)

講演題目：エネルギー保存・散逸則を保つ

深層物理モデリング・シミュレーションフレームワーク

コーディネーター：高石武史 (武蔵野大学工学部数理工学科 教授)



■第45回MCMEセミナー

日 時：2022年2月18日(金)
15:00～16:30

場 所：オンライン開催 (Zoom)

講演者：今井 正幸 氏 (東北大学 理学研
究科)

講演題目：単細胞から多細胞へ

モデル細胞を用いた形態形成の力学モデル

コーディネーター：櫻井 建成 (武蔵野大学工学部数理工学科 教授)



■第42回MCMEセミナー

日 時：2021年7月21日(水)
17:00～18:30

場 所：オンライン開催 (Zoom)

講演者：時弘 哲治 氏 (東京大学大学院
数理科学研究科)

講演題目：血管新生の数値モデル

コーディネーター：坪井 俊 (武蔵野大学工学部数理工学科 教授)



■第46回MCMEセミナー

日 時：2022年2月22日(火)
17:00～18:30

場 所：オンライン開催 (Zoom)

講演者：辻川 亨 氏 (宮崎大学/明治大学)

講演題目：非等温フェイズフィールド方
程式の定常解に関する大域的
岐構造について

コーディネーター：森 竜樹 (武蔵野大学工学部数理工学科 助教)



■第43回MCMEセミナー

日 時：2022年1月18日(火)
17:00～18:30

場 所：武蔵野大学有明キャンパス4号館
4階412教室、ハイブリッド開催

講演者：富井 規雄 氏 (日本大学生産工学
部 機械工学科)

講演題目：鉄道のスケジューリングアルゴリズム –その難しさと面白さ–

コーディネーター：佐々木 多希子 (武蔵野大学工学部数理工学科
講師)



■第47回MCMEセミナー

日 時：2022年2月24日(木)
15:30～17:00

場 所：オンライン開催 (Zoom)

講演者：朴 成浩 氏 (株式会社ライナロジ
クス)

講演題目：現実のロジスティクスの課題を
組み合わせ最適化で解く

コーディネーター：佐々木 多希子 (武蔵野大学工学部数理工学科
講師)



■第44回MCMEセミナー

日 時：2022年2月17日(木)
15:00～16:30

場 所：オンライン開催 (Zoom)

講演者：大関 真之 氏 (東北大学大学院 情
報科学研究科)

講演題目：量子アニーリングの産業応用の
様子

コーディネーター：佐々木 多希子 (武蔵野大学工学部数理工学科
講師)



第6回龍谷大学連携シンポジウム

本年度も龍谷大学との連携シンポジウムを開催いたしました。第6回目となる本シンポジウムはCOVID-19の感染状況を考慮して、ZOOMを用いたオンライン形式で開催いたしました。本年度で武蔵野大学大学院工学研究科数理工学専

攻は完成年度を迎えたこともあり、本シンポジウムは学生を中心とする交流が行われるようになりました。本学と龍谷大学の学生から、多数の研究発表がなされ、有意義なシンポジウムとなりました。

日時: 2021年2月10日(水)

場所: オンライン開催

【講演タイトル】(講演順)

「蚊が媒介する感染症の数理的研究」

高島 伊織 (武蔵野大学, M2), 上山 大信 (武蔵野大学)

「進化ゲーム理論とツイート戦略」

小堀 輝 (龍谷大学, B4), 森田 善久 (龍谷大学)

「超離散方程式による感染症モデル及び遺伝子モデルの解析」

大方 千夏 (武蔵野大学, M2), 松家 敬介 (武蔵野大学)

「曲面上における反応拡散系シミュレーション」

井上 広也 (龍谷大学, B4), 村川 秀樹 (龍谷大学)

「変分不等式によるモデリング」

高石 武史 (武蔵野大学)

「変分的方法における峠の補題について」

亀高 樹弥 (龍谷大学, B4), 川上 竜樹 (龍谷大学)

「Moodleプラグインによる自動採点コンセプトマップ問題」

鏡山 虹介 (龍谷大学, B4), 樋口 三郎 (龍谷大学)

「微小な熱機関の統計的性質」

飯田 晋司 (龍谷大学)

「FuzzyECA90の解について」

酒井 結衣 (武蔵野大学, B4)

「FuzzyECAとその解析」

薩摩 順吉 (武蔵野大学)

武蔵野大学数理工学シンポジウム2021が開催されました (2021年11月16日、17日) ハイブリッド開催

オンライン参加者: 252名 (2日間のべ人数) / 会場参加者: 51名 (2日間のべ人数)

2021年11月16日、17日、「武蔵野大学数理工学シンポジウム2021」はCOVID-19の感染状況を考慮して、武蔵野大学有明キャンパス会場とZOOM会場を使うハイブリッド形式で開催されました。今回、第7回をむかえた本シンポジウムは、諸分野の著名な先生方に数理工学の魅力や最先端の研究等について講演していただき、数理工学に関する様々な情報・知見・知識を共有することを目的としています。ハイブリッド開催ということで、例年にも増して多数のご参加をいただき、対面会場とZOOM会場に跨って活発な議論が行われました。

参加者の皆様にご協力いただいたアンケートには、「医学・生物学における数理科学の進展が非常に興味深かったです。今後ともオンライン（あるいはハイブリッド）開催をしていただけると参加しやすいです。」等、ハイブリッド開催に前向きなものが多数ありました。一方で、ハイブリッド開催ならではの課題点もいくつか経験し今後に向けた課題となりました。これから数理工学の広範な話題を多くの方に提供するシンポジウムとして開催を発展的に続けたいと思います。



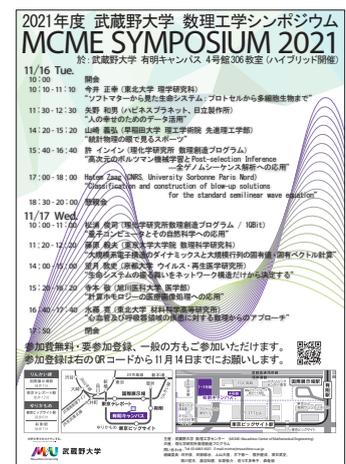
=プログラム=

11月16日(火)

- 10:00 開会
- 10:10-11:10 「ソフトウェアから見た生命システム：プロトセルから多細胞生物まで」
今井正幸（東北大学 理学研究科）
- 11:30-12:30 「人の幸せのためのデータ活用」
矢野和男（ハピネスプラネット、日立製作所）
- 14:20-15:20 「統計物理の眼で見るスポーツ」
山崎義弘（早稲田大学 理工学術院 先進理工学部）
- 15:40-16:40 「高次元のボルツマン機械学習と Post-selection Inference
—全ゲノムシーケンス解析への応用—」
許インイン（理化学研究所 数理創造プログラム）
- 17:00-18:00 「Classification and construction of blow-up solutions for the standard semilinear wave equation」
Hatem Zaag（CNRS, University Sorbonne Paris Nord）
- 18:30-20:00 懇親会

11月17日(水)

- 10:00-11:00 「量子コンピュータとその自然科学への応用」松浦俊司（理化学研究所数理創造プログラム / IQBit）
- 11:20-12:20 「大規模系電子構造のダイナミクスと大規模行列の固有値・固有ベクトル計算」藤原毅夫（東京大学大学院 数理科学研究科）
- 14:00-15:00 「生命システムの振る舞いをネットワーク構造だけから決定する」望月敦史（京都大学 ウイルス・再生医学研究所）
- 15:20-16:20 「計算ホモロジーの医療画像処理への応用」寺本 敬（旭川医科大学 医学部）
- 16:40-17:40 「心血管及び呼吸器領域の疾患に対する数理からのアプローチ」水藤 寛（東北大学 材料科学高等研究所）
- 17:50 閉会



数理工学センター紀要第7号の刊行

例年通り、令和4年3月、武蔵野大学数理工学センターより武蔵野大学数理工学センター紀要第7号を刊行致しました。本紀要は、武蔵野大学数理工学センター員等による研究成果等を年1回公表することを目的としています。掲載され

る記事は、数理工学および数理工学にまつわる数理学、数理物理学などに関連するものとなっており、第7号に掲載する記事のタイトル等の一覧は以下の通りです。

●タイトル：1次元Fix-Caginalp方程式の大域的解構造に関する数値的結果

著者：森竜樹

非等温固相一液相相転移現象を記述した1次元Fix-Caginalp方程式の定常問題の大域的解構造を考える。Elliott-Zheng、Suzuki-Tasakiにより特殊な状況下での、定常解の存在・非存在の部分的結果が得られているが、大域的解構造については全く研究がなされていなかった。本稿では定常問題の大域的解構造の数値計算結果を報告する。

●タイトル：EURO2016・スペイン一部リーグのサッカーにおけるパスネットワークの統計的特徴

著者：佐藤直哉，木下修一

本研究ではEURO2016のデータを用い、サッカーのパスネットワークにおける先行研究(Narizuka et al., (2014))の追試を行った。その結果、EURO2016から得られた統計則も先行研究と同様であることが分かった。これは、統計則が頑健なものである可能性を示唆している。

●タイトル：磁気浮上列車の地震動応答

著者：阿部修治

磁気浮上列車の簡便な力学モデルを用いて、過去の地震動データを入力として車両の振動応答を計算した。震度6以上の場合、列車の台車部分がガイドウェイに接触するほど激しく振動する可能性もあることを示した。

●タイトル：競争拡散系の超離散化可能な離散化で得られた偏差分方程式系の平衡解の安定性

著者：松家敬介

本稿では、これまでの研究で与えていた離散化の手法を用いた競争拡散系の離散化を与え、そこで得られた偏差分方程式系の特定の領域における平衡解の安定性について議論した。その結果、平衡解の安定性はもとの競争拡散系の平衡解の安定性ときれいに一致するということがわかった。

●タイトル：混合整数計画法を用いた途中駅に車庫を設置した路線の運転整理支援

著者：村田笑菜，佐々木多希子，友枝明保

鉄道の運転整理は現在、人手中心で、運転整理案を作成するアルゴリズムの開発が必要とされている。本論文では車庫が中間駅に存在する路線に対して、今田-富井(2017)のアイデアに基づき、混合整数計画法を用いて、折り返し運転を考慮した運転整理案を提案した。

●タイトル：3次元格子のディリクレ基本領域について

著者：坪井 俊

ユークリッド空間の基底ベクトルの整数倍の和となる点全体を格子と呼ぶ。格子のディリクレ領域とは、原点が格子の点の中で最も近いような点全体のなす多面体である。2次元、3次元の格子のディリクレ領域の形状を記述し、格子の対称性の分類を幾何的に説明した。

(順不同)

武蔵野大学数理工学センター紀要の記事はバックナンバーも併せて武蔵野大学の学術機関リポジトリから閲覧できます。

2020年度第7回数理工学コンテストの開催

【はじめに】

武蔵野大学数理工学科では、数理工学の普及や数理工学教育の発展に貢献することを目指して、2014年度の第1回以来、数理工学コンテストを毎年開催している。今回、2020年度第7回数理工学コンテストを開催した。本コンテストにおいて、本学数理工学科の数理工学教育方針に沿った形で、1) 数理的な考え方による数式化と2) 統計的なデータ分析の二つのテーマ設定で募集を行った結果、全国各地の中学生、高校生から58作品の応募を得た。

【募集要項】

以下のようなテーマを設定した。
身の回りの事項や社会的な問題に対して、
1) 数学や物理などの数理的な考え方をを用いて数式化を行い、対象や問題の性質を説明する。
2) 統計的なデータ分析を行い、問題を解決するための有益な情報を取り出す。あるいは興味深い解析結果を導く。
応募資格としては、中学生・高校生・大学受験生の個人、もしくはグループとし、A4判縦長用紙に横書きで8枚以内とした。応募期間としては、2020年11月1日～2021年1月29日とした。レポートの実例をテーマ1とテーマ2それぞれについて作成して示した(テーマ1:「行列の最適化並び方とは?」、テーマ2:「大相撲の決まり手の数と力士の体重の相関についての分析」)。

【応募状況と受賞作品】

全部で58作品の応募があった。コロナ禍の下、新型コロナウイルス感染症関連作品が多くあった。最適化の作品も多く、ゴミ問題などの環境問題に焦点を当てたものが複数あった。最優秀賞作品は、ポイ捨て削減を目的に実地調査に基づきゴミ箱設置最適化を行った作品である。重回帰分析により特殊詐欺を分析した作品や、セミの鳴き声・野良猫との遭遇確率などの日常テーマを統計的に扱った作品も多くあった。

新型コロナウイルス感染症関連作品など、現実の社会的課題の解決を目的とする作品が多くあった一方、直接すぐには役立たない、猫への遭遇確率や気柱共鳴の数理モデルなど、興味深い現象の性質やメカニズムを解明しようという好奇心を動機とした作品もいくつかあり、望ましいことだと思われる。研究の動機としては、課題解決に加えて、興味・好奇心のファクターも是非付け加えていただければと思う。その発展形として、思いもかけない応用や課題解決へと繋がることもあり得る。そんな予想外の展開も含めて、探求過程をぜひ楽しみながら研究を進めていってもらいたい。全体的にレポートとしてのレベルが高い作品が多く、審査では大変苦労した。

受賞作品の選考は西本照真武蔵野大学学長を始めとする6名の選考委員によって行われ、最優秀賞が1作品、優秀賞

が3作品、奨励賞が5作品、選考委員賞が4作品、ジュニア奨励賞が4作品選考された。授賞結果はホームページで公開した。
(https://www.musashino-u.ac.jp/academics/faculty/engineering/mathematical_engineering/mathematical_engineering_contest.html#TOP)



表に受賞作品のリストを示す。第7回数理工学コンテストから最優秀賞作品と優秀賞作品はPDFファイルで公開した。授賞式は、2021年3月27日(土)にオンラインで開催された。

【2021年度の数理工学コンテストの募集について】

2021年度も、2020年度と同じテーマで数理工学コンテストを開催した。(2021年6月18日募集要領公開、11月1日募集開始、2021年1月31日募集締め切り)。

表 受賞作品のリスト

最優秀賞(1作品)

作品名	作者名 (〇は代表者)	学校名・学年
渋谷駅周辺地域におけるゴミ箱設置の最適化	〇伊藤史織	豊島岡女子学園高等学校 2年

優秀賞(3作品)

作品名	作者名 (〇は代表者)	学校名・学年
Unityを用いた新型コロナウイルス感染症のシミュレーション	〇長谷真輝	京都市立堀川高等学校 2年
ゴミ箱案内板の設置によるゴミのポイ捨て抑制効果の検証	〇山根早稀、岡本綾乃 佐藤雅、菅原悠己 西澤理紗子	広島大学附属高等学校 3年
重回帰分析を用いた特殊詐欺の都市部、地方における構造的違いの発見とそれぞれの要因分析	〇又木啓亮	東京都立白鷺高等学校 2年

奨励賞(5作品)

作品名	作者名 (〇は代表者)	学校名・学年
秘書問題の拡張	〇村山太福、青木力丸 山海温也、中井一心	富山県立富山中野高等学校 金沢大学人間社会学域学校教育 学部附属高等学校 2年
セミの鳴き声による気温の推察	〇松本真真	須磨学園高等学校 2年
気柱共鳴の数理モデル ～位相変化と音量変化を表せるモデルを目指して～	〇青山士蓮	玉川学園高等部 2年
渋谷スクランブル交差点における信号制御の最適化	〇松尾理夏、平塚尊輝	金沢大学附属高等学校 開成高等学校 2年
無線脳波測定器を用いたゲーム時の脳内変化の研究	〇何 様	茨城県立竹園高等学校 2年

選考委員賞(4作品)

作品名	作者名 (〇は代表者)	学校名・学年
身近なもので紙を強くするには ～繰り返し使える紙でエコな袋を～	〇山崎あかり、大谷彩日	長野県屋敷高等学校 1年
野良猫に遭遇できる確率と天候についての分析	〇新村浩司	桐蔭学園高等学校 2年
楽天市場のデータを利用した経済指標の作成	〇清水俊栄 小澤新汰	愛知教育大学附属高等学校 2年
ボールの空気圧と反発係数の関係	〇可児佳紀、朝日勇介 浅野文哉、高橋幸平	岐阜県立加茂高等学校 2年

ジュニア奨励賞(4作品)

作品名	作者名 (〇は代表者)	学校名・学年
動物の寿命 ～寿命の差はどこからくるのか～	〇稲垣ころこ	光塩女子学院中学校 1年
世代別による情報の受け取り方の違い ～コロナ禍で考える～	〇中原実咲、永妻舞	光塩女子学院中学校 2年
日照時間・栄養素とうつ病との研究	〇小松さくら	立命館慶祥中学校 2年
メディアと表・グラフ	〇津島 聖也	明治大学付属明治中学校 2年



大腸菌のミクロな振舞いと集団的パターン形成を繋ぐ階層的秩序形成

櫻井 建成 (SAKURAI, Tatsunari)

所属:工学部 数理工学科 教授

専門:非線形科学、非平衡開放系物理学

学位:博士(工学)(山口大学)

所属学会:日本時間学会

学歴:大分大学工学部電子工学科卒業後、山口大学大学院工学研究科博士前期課程電気電子工学専攻、同大学院理工学研究科博士後期課程システム工学専攻を修了

職歴:宇部工業高等専門学校講師、東海大学電子情報学部情報科学科助教授、千葉大学大学院理学研究科物理学コース准教授、山口芸術短期大学芸術表現学科准教授、同教授を経て2021年4月より現職

自然界の森羅万象に見られる多くの深遠な現象の理解には、ミクロからマクロにいたる多重の階層構造と各階層で観測される秩序(リズムやパターン)の形成、発展、消滅、再生の反映を理解する必要がある。その中で、非平衡開放条件下におかれた非線形システムにおける秩序形成の問題は、生命現象の物理・数理解の観点からも注目され、様々な環境で観測されるパターンダイナミクスの研究が広く行われてきた。大腸菌は、遺伝子や蛋白レベルの現象から、メソスコピックな細胞個々の動き(例えば、tumbleとrunの繰り返しによるランダムウォーク:図1)と細胞間の相互作用、集団でのマクロな秩序(図2:白スポットは大腸菌密度の高い領域)など様々な階層における多くの研究がある。代表例として、Budreneらの報告[Budrene & Berg, Nature, 376, 1995]が挙げられ、「Secrets of self-organization」という問いに対して多くの実験や数理モデルの提案がある。しかしながら、いまだに多くの秘密が潜んでいる。我々は、階層構造を持つ秩序形成問題として、環境を通して細胞間の情報交換が絡み合っ発生する大腸菌の秩序

形成の理解を実験的・数値実験的に取り組んでいる。

さて、ミクロからマクロな現象を繋ぐ研究としてブラウン運動がある。そこでは、個々のブラウン粒子の動き(ランジュバン方程式)からマクロな現象(拡散方程式)へ繋がる。大腸菌は、鞭毛を使い溶液中を泳ぐが、鞭毛の動きを変え1秒に1回程度ランダムに方向転換をすることが知られている。図1に示す泳ぐ細胞の軌跡はランダムウォークと捉えることができ、その軌跡から平均二乗変位を計算することにより、有効拡散係数を見積もることができる。我々の実験条件(餌の濃度、培地の硬さ、株の違いなど)における有効拡散係数は 10^2 [$\mu\text{m}^2/\text{s}$]程度であることがわかった。つまり、大腸菌の集団的パターン形成を記述する際、泳ぐ大腸菌の有効拡散係数は定数と見なすことできる。

また大腸菌は環境(十分な餌の存在など)が良い場合には20分に1回細胞分裂を行い増殖する。大腸菌は増殖時に餌を消費すると共に、アスパラギン酸などの化学物質を細胞外に排出する。これらは、細胞の増殖項や化学物質の生成消滅項として記述される。

大腸菌は、特定の化学物質の濃度の高い(低い)方向に移動しやすい特徴(走化性)を持っている。自らが排出した化学物質(アスパラギン酸)の濃度分布の勾配を感知して、個々の細胞は動き方を変える。つまり、自ら作り出したマクロな環境に依存してその振舞いを変化させ集団的秩序を作り出していると考えられる。

我々は、大腸菌の密度、餌の濃度、大腸菌自らが放出している化学物質の濃度などを変数とした数理モデルの改良を提案した。図3に上述の特徴や我々の実験結果を反映した変数を用いた数値計算結果を示す。大腸菌密度の高い連続的なパルスの伝搬(図3(a))を初めて再現し、またスポットが伝搬(図3(b))するパラメータ領域を示した。しかしながら、図2に示すような秩序だったパターンの再現やそれを通じた大腸菌パターン形成メカニズムの解明が今後の課題である。最後に、実験結果や数理モデルの導出および考察などの詳細は、[T. Sakurai et al., Propagation and Aggregation of Motile Cells of Escherichia coli Pattern, in Complexity and Synergetics, pp.227-237]を参考にさせていただきたい。

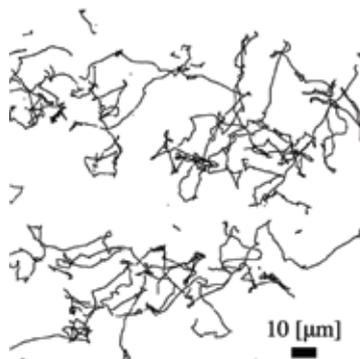


図1 個々の大腸菌の軌跡

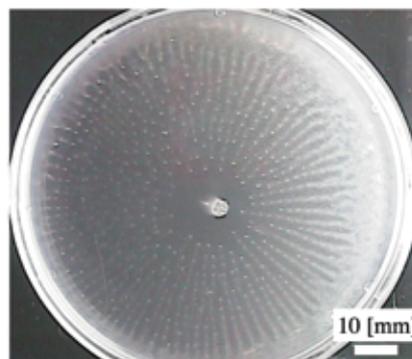


図2 大腸菌の集団的パターン

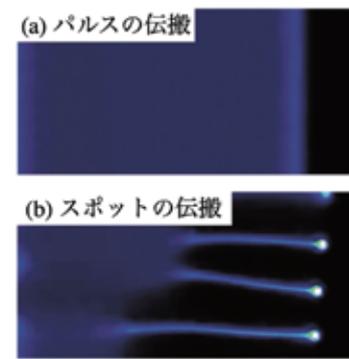


図3 数値計算結果



偏微分方程式の解の爆発

佐々木 多希子 (SASAKI, Takiko)

所属:工学部 数理工学科 講師・東北大学大学院 理学研究科
数学専攻 講師(クロスアポイントメント)

専門:偏微分方程式

学位:博士(数理科学)(東京大学)

所属学会:日本数学会、日本応用数理学会、数学教育学会

学歴:埼玉大学理学部数学科を卒業後、埼玉大学大学院理工学研究科数理電子情報系専攻
数学コース博士前期課程、東京大学大学院数理科学研究科博士後期課程を修了

職歴:早稲田大学グローバルエデュケーションセンター助手、明治大学理工学部数学科特任助教、茨城工業高等専門学校国際創造工学科助教を経て2021年4月より現職。東北大学大学院理学研究科数学専攻講師を兼任。

多くの現象は偏微分方程式と呼ばれる方程式の解で記述されることが知られています。偏微分方程式の解の挙動から、天気の変化や感染症の伝播、車の渋滞など、時間とともに変化する様々な現象を理解することができます。しかし、偏微分方程式の解を具体的に求めることが常に可能とは限りません。解を具体的に求めることができないというのは、解が存在しないということではありません。中学校で勉強する二次方程式の解の公式のようなものが、多くの偏微分方程式には知られていないということです。

そこで、世界中の研究者が様々な側面から偏微分方程式の解の研究をしています。その一つは、解が存在するのかわからないのか、存在するとすれば解はいくつ存在するのか、いつまで存在するのか(永遠に存在するのか、そうでないのか)、解はどのような定性的な性質を持つのか、などを考察し理論を構築しています。

もう一つは、偏微分方程式をコンピュータで計算できるモデルに離散化し、数値計算で解の挙動を具体的に得ようとするものです。ただし、数値計算するのは偏微分方程式の離散モデルであり、偏微分方程式そのものではありません。一見、もとの方程式をうまく再現しているようにみえても、途中で計算が破綻していたり、もとの方程式と全く異なる挙動

をする離散モデルもあります。偏微分方程式の解を正しく理解するためにも、離散モデルの正当性を数学的に保証することが大切です。このような研究分野を数値解析といいます。

私は偏微分方程式の解の数学的な性質も、離散モデルの数学的な性質にも関心があります。特に、「解の爆発」と呼ばれる現象に興味があり、研究を行っています。偏微分方程式の解がある時刻で発散するとき、「解は有限時間で爆発する」といいます。解の爆発は、「どのような場合に解が爆発するのか」、「爆発するとき、解はどのようにふるまうのか」、「いつ、どこで爆発するのか」という観点から問題が提起されており、多くの偏微分方程式において重要な課題です。

私の解の爆発に関する研究結果を二つ紹介します。解が爆発する偏微分方程式はたくさんありますが、私は波動方程式と呼ばれる偏微分方程式に関心があり、今回ご紹介するのは波動方程式の爆発に関する結果です。

一つ目は、波動方程式の解の爆発の数学的な側面からの結果です。図1は波動方程式の解の爆発の様子を数値計算し、可視化したものです。どの場所でも、ある時刻で解が急激に大きくなっています(青色から黄色に変わる)、大きくなる時刻が場所によって異なり、爆発の波

が形成されています。これは「有限伝播性」という性質を持つ波動方程式ならではの現象です。この波の形は爆発を引き起こす「非線形項」と「初期条件」に大きく依存します。私はある非線形項に対し、どのような場合に滑らかな爆発の波が形成され、またどのような場合に尖った波が形成されるのかを明らかにしました。

次に、数値解析的な側面からの研究結果をご紹介します。解の爆発、特に最初に爆発する時間を数値的に求める離散モデルがいくつか提案されています。しかし、コンピュータは有限の計算しかできないため、解の爆発と相性がよくありません。数値計算結果が解の爆発を再現しているのか、何らかの理由で計算が破綻してしまい、(離散化の対象である偏微分方程式が爆発していないに関わらず)解が爆発しているように見えているだけなのか、数値計算結果からだけでは判定することができません。私はある波動方程式に対し、爆発を再現する数値計算手法を提案し、数値的に求めた爆発時刻が真の爆発時刻に近いことを示しました。

解の爆発一つとっても、たくさんの研究課題があり、今でも世界中で盛んに研究されています。偏微分方程式の研究は、数学を使って現象を理解し、また働きかけることができるともやりのある分野だと思えます。

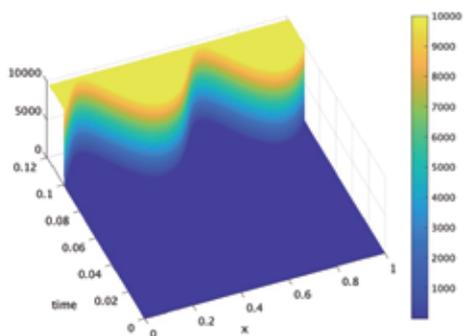


図1 非線形波動方程式の爆発解

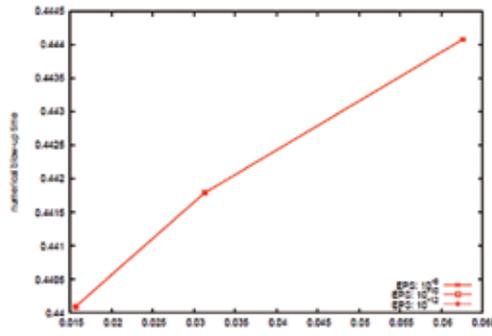


図2 数値爆発時間

武蔵野大学数理工学センター センター員の紹介

センター長



坪井 俊 (武蔵野大学工学部数理工学科 教授)
専門分野: 幾何学 / トポロジー

センター員



阿部 修治 (武蔵野大学工学部数理工学科 教授)
専門分野: 材料科学 / システム工学



上山 大信 (武蔵野大学工学部数理工学科 教授)
専門分野: パターン形成 / シミュレーション



木下 修一 (武蔵野大学工学部数理工学科 教授)
専門分野: 統計物理学 / ネットワーク科学



櫻井 健成 (武蔵野大学工学部数理工学科 教授)
専門分野: 非線形科学 / 非平衡開放系物理学



高石 武史 (武蔵野大学工学部数理工学科 教授)
専門分野: 数値シミュレーション / 数理モデル



西川 哲夫 (武蔵野大学工学部数理工学科 教授)
専門分野: 生命情報科学 / ゲノム科学



渡辺 知規 (武蔵野大学工学部数理工学科 教授)
専門分野: 応用数理 / 数理科学 / 機械工学



松家 敬介 (武蔵野大学工学部数理工学科 准教授)
専門分野: 数学解析 / 数学基礎・応用数学



佐々木 多希子 (武蔵野大学工学部数理工学科 講師)
専門分野: 偏微分方程式



森 竜樹 (武蔵野大学工学部数理工学科 助教)
専門分野: 応用数学 / 計算機援用数学

事務スタッフ (嘱託職員)

岩本 久美、大井 史絵

客員スタッフ (客員研究員)

薩摩 順吉 (東京大学 名誉教授、武蔵野大学 名誉教授)
竹内 康博 (青山学院大学理工学部 教授)
田中 健一郎 (東京大学 大学院情報理工学系研究科 准教授)
友枝 明保 (関西大学総合情報学部 教授)
松木平 淳太 (龍谷大学先端理工学部 教授)
森田 善久 (龍谷大学先端理工学部 教授)
山中 卓 (青山学院大学理工学部 准教授)
四ッ谷 晶二 (龍谷大学 名誉教授)

【問い合わせ先】

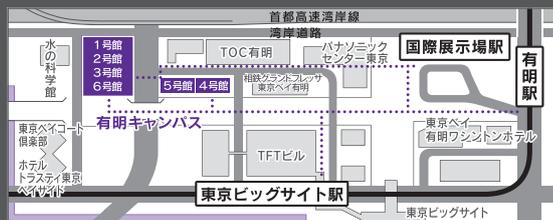
武蔵野大学 数理工学センター

住所: 〒 135-8181 東京都江東区有明 3-3-3

武蔵野大学有明キャンパス 4号館 404室

Tel: 03-5530-7333 (代表)

Web site: http://www.musashino-u.ac.jp/facilities/mathematical_engineering.html



編集後記: 2021年度も引き続きコロナ禍ということで、様々なイベントがオンライン開催またはハイブリッド開催(会場開催に加えて同時ネット配信)となりました。センターで開催したセミナー・シンポジウムについても、多くの方にオンライン参加していただきました。最新の研究に触れる主要な機会であるセミナー・研究会への参加について、地理的条件からくる格差がほぼなくなったように思います。コロナ禍が過ぎ去った後も、オンライン化の流れがさらに加速することを期待しています。DU