



02 数理工学センターの発展のために
＜数理工学センター長 坪井 俊＞

03 ニュース

- ・ 第11回「データビジネス創造コンテスト」において西川研究室の学生6名が審査員特別賞を受賞
- ・ 「パテントコンテスト」にて数理工学科の学生2名の発明が優秀賞を受賞 –880件の応募から選出–
- ・ 「数学・数理科学専攻若手研究者のための異分野異業種研究交流会」の協力機関となりました

04 活動報告

- 1 MCMEセミナー開催報告
- 2 MCMEシンポジウム開催報告
- 3 龍谷大学連携シンポジウム
- 4 EMaTの報告
数理工学センター紀要第6号刊行
- 5 数理工学コンテストの報告

09 センター員研究紹介

- 1 き裂進展の数理モデルとその周辺 高石 武史
- 2 非局所項付き数理モデルの解析 森 竜樹

11 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発展のために

数理工学センター長 坪井 俊

2020年4月に武蔵野大学数理工学センター長を、薩摩順吉前センター長から引き継ぎました。今年度、数理工学センターは12名のセンター員、8名の客員センター員で構成されています。この数理工学センターが、日本のみならず世界の数理工学研究の中心拠点となることを目指す所存です。どうぞよろしくお願い申し上げます。

1年前のニュースレター第5号に前センター長が書かれている通り、数理工学センターは2015年4月に工学部数理工学科開設とともに設置され、数理工学研究を担って参りました。センターの研究活動は数理工学科と2019年4月に開設された大学院工学研究科数理工学専攻の教育に生かされております。しかしながら2020年度の数理工学センターの活動はCOVID-19の影響を大きく受けてしまいました。

昨年度末から振り返りますと、このニュースレターに報告がありますように龍谷大学との連携シンポジウムは、2月10日、11日に龍谷大学瀬田キャンパスで開催され、学生、院生の発表も交えた実り多い集会となりました。その懇親会の間でも龍谷大学の応用数理研究者と当センターのセンター員、学生、院生のあいだで議論が深められました。しかし、3月に入り、COVID-19の影響がMCMEセミナーに現れました。当セミナーの講演予定者を日本に招聘していた研究集会の中止により、彼が来日を取りやめたため、3月末に予定していたMCMEセミナーは広報もしていましたが急遽中止しました。その後、武蔵野大学では、3月の卒業式典は中止され、卒業生は卒業証書を受け取りに行くことだけが可能となって年度が終了しました。今年度に入り、入学式典は中止、オリエンテーションもオンラインという形となりました。授業の実施については、3月半ばからオンライン授業を想定しての情報交換が始まり、必ずしも十分に準備できたわけではないと思いますが、4月には授業はオンラインが原則という形で始めました。そして、特に新入生とは実際にはほとんど会わないまま1年間が終わろうとしています。このことの影響が様々な面で懸念されます。来年度は対面授業が予告されていますが、それも予断を許さないと思われます。

数理工学センターの立場から見ると、今年度の初めにおいては、センター員はオンライン教育への対応に追われることが多く、研究活動には十分に時間が取れない様子でした。その後のセンター員の研究活動をみると、センター員自身の国内国外の出張や国内国外の研究者の招聘が出来なかったことの影響は非常に大きかったのは否めませんが、オンラインの学会、国際会議、研究集会の開催が広まってきて、研究打合せもオンラインを使うことが多くなり、すでに開始している研究自体はある程度進めることができているように思います。それでも対面してのシンポジウム、懇親会が行えないことの影響は、新しい研究への芽を育てる点では非常に大きいと思われます。

こうした中で数理工学センターの活動も実施を考えることができるようになって参りました。

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、オンラインで開催してみることにして、3月に予定していた第34回MCMEセミナーを6月に行いました。それを

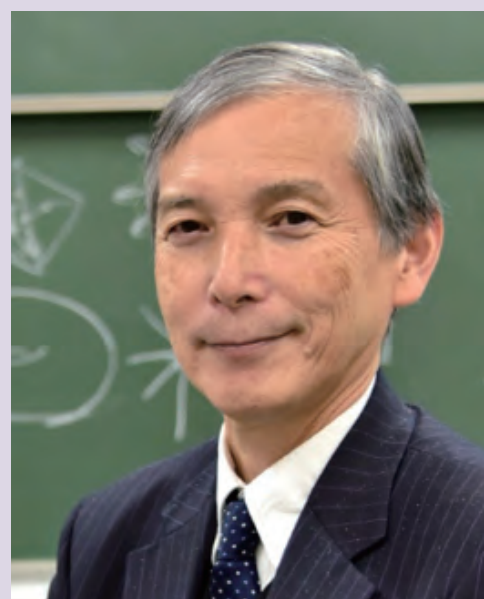
何度か続けており、今年度中には第40回までは開催する予定です。今年度は実際に講師を招聘してセミナーの前後にいろいろとお話を伺うということはできなかったのですが、国外に居る研究者に講演していただいたり、国外からの参加者がいたりというMCMEセミナーになっています。MCMEセミナーは、大学院生、学生への大きな刺激になるとともに、センター員のモチベーションを高める役割を果たしています。

数理工学センターの最も大きなイベントである数理工学シンポジウムも、10月15日、16日にオンラインで行いました。参加者にご満足いただけるものになったと思います。この武蔵野大学数理工学シンポジウムも6回目を迎え、それぞれの講演の質の高さ、広い数理工学分野を俯瞰するプログラムが、国内外の研究者に知られるようになってきたように思います。両日とも100名近い方に参加いただきました。

数理工学センターが主催するもうひとつのシンポジウムである龍谷大学との連携シンポジウムは、今年度は本来武蔵野大学有明キャンパスで開催する予定でしたが、当センターがホストとなってオンラインで開催することにしました。前回とは違う形ですが、学生、院生の発表も予定されており、龍谷大学の応用数理研究者との交流が楽しみです。

さて、関係者の異動について報告いたします。数理工学センターおよび数理工学科の事務に携わっていただき、昨年度まで5年間の発展を支えてくださった佐藤紀志雄さんが昨年度末に退職されました。長い間本当にどうもありがとうございました。新しい事務員として4月からは岩本久美さんに、12月からは大井史絵さん来ていただいております、リモートでの業務になることも多いですが、数理工学センターおよび数理工学科の業務を支えていただいております。教員では2020年4月に山中卓先生が青山学院大学理工学部へ転出されました。転出された先生方にも客員センター員として数理工学センターの活動に加わっていただいております。

数理工学センターと社会のかかわりを考えますと、現在ますますCOVID-19で明らかになった課題に冷静かつ論理的に対応していくことが求められています。特にこれからの社会のためには、モデリング、データ解析を含む数理工学を様々な局面で生かしていく必要があると思われます。当センターとしてはそのための研究教育活動の強化が必要です、そのために国際化、産学官連携に対応する研究拠点を目指すことも必要と思われます。これらの実現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お願いいたします。



数理工学セミナー(MCMEセミナー)を開催しました。

■第34回 MCME セミナー

日 時：2020年6月23日(火)

9:00-10:00

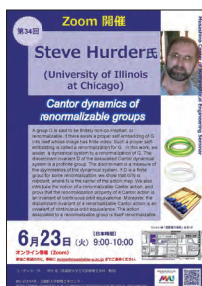
場 所：オンライン (Zoom)

講演者：Steve Hurder 氏 (University of Illinois at Chicago)

講演題目：Cantor dynamics of renormalizable groups

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38回 MCME セミナー

日 時：2020年12月17日(木)

18:00-19:30

場 所：オンライン (Zoom)

講演者：Armin Seyfried 氏 (Research Center Julich and University of Wuppertal, Germany)

講演題目：Pedestrian Dynamics - From Natural Science to Social-Psychology

コーディネーター：

友枝 明保 (武蔵野大学工学部数理工学科 准教授)



■第35回 MCME セミナー

日 時：2020年10月29日(木)

18:00-19:00

場 所：オンライン (Zoom)

講演者：鈴野 浩大 氏 (マツダ株式会社 技術研究所)

講演題目：自動車産業と数理工学

コーディネーター：

上山 大信 (武蔵野大学工学部数理工学科 教授)



■第39回 MCME セミナー

日 時：2021年1月21日(木)

18:00-19:30

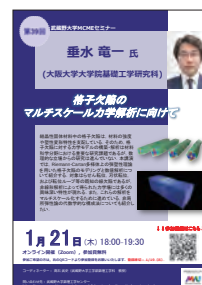
場 所：オンライン (Zoom)

講演者：垂水 竜一 氏 (大阪大学 大学院基礎工学研究科)

講演題目：格子欠陥のマルチスケール力学解析へ向けて

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36回 MCME セミナー

日 時：2020年11月12日(木)

18:00-19:30

場 所：オンライン (Zoom)

講演者：櫻井 建成 氏 (山口芸術短期大学)

講演題目：走化性大腸菌におけるパターン形成と反応拡散移流モデル

コーディネーター：

上山 大信 (武蔵野大学工学部数理工学科 教授)



■第40回 MCME セミナー

日 時：2021年2月25日(木)

16:30-18:00

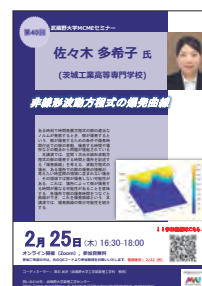
場 所：オンライン (Zoom)

講演者：佐々木 多希子 氏 (茨城工業高等専門学校)

講演題目：非線形波動方程式の爆発曲線

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37回 MCME セミナー

日 時：2020年11月26日(木)

18:00-19:30

場 所：オンライン (Zoom)

講演者：白石 允梓 氏 (明治大学先端数理科学インスティテュート)

講演題目：アリの個体行動のゆらぎが生み出すコロニーの最適採餌行動

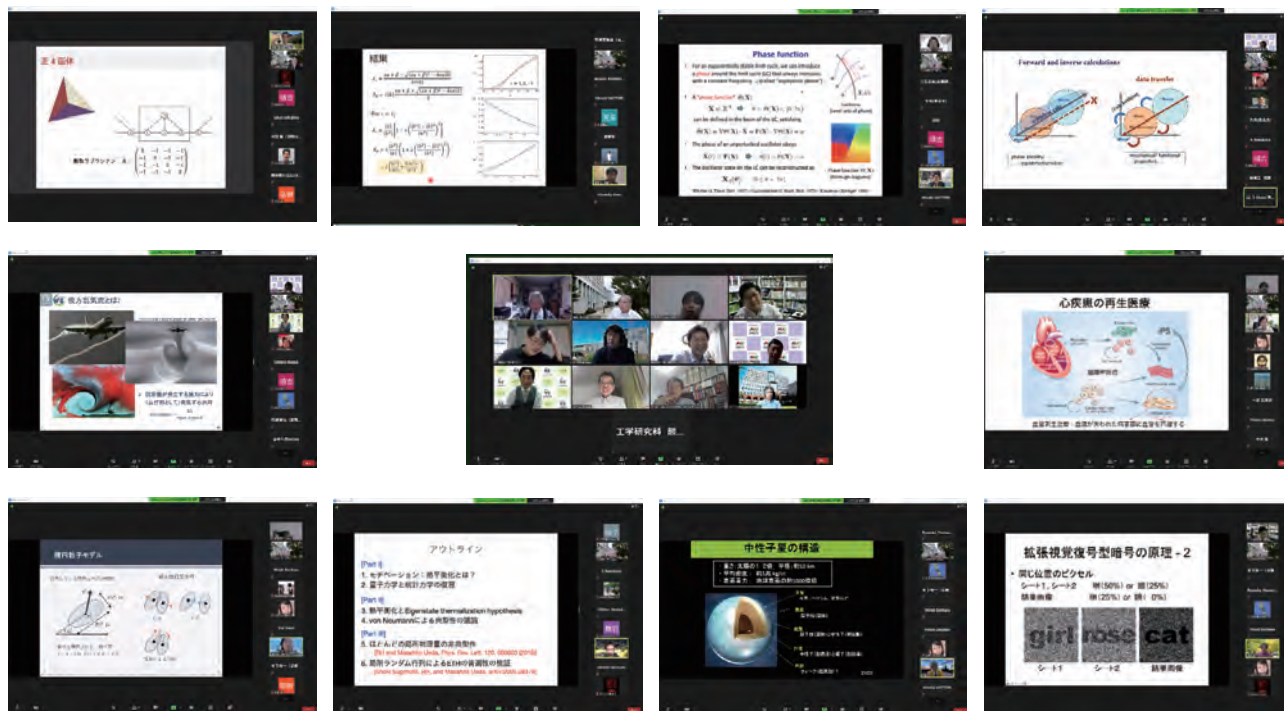
コーディネーター：

木下 修一 (武蔵野大学工学部数理工学科 准教授)



武蔵野大学数理工学シンポジウム2020が開催されました (2020年10月15日、16日) オンライン開催

2020年10月15日、16日武蔵野大学有明キャンパスで開催予定であった「武蔵野大学数理工学シンポジウム2020」は、COVID-19の感染状況を考慮してZOOMのミーティング形式により開催されました。今回第6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・知恵を共有することを目的としています。10月15日には93名、16日には79名の参加者を集めました、ZOOMでの懇親会も和やかに開催されました。



＝プログラム＝

10月15日(木)

- 9:55-10:00 オープニング
- 10:00-11:10 「離散ソボレフ不等式とその応用—周期格子からC60フラレンまで」
永井 敦 (津田塾大学学芸学部)
- 11:20-12:30 「複雑ネットワーク上の感染モデルと基本再生産数」
守田 智 (静岡大学工学部)
- 13:30-14:40 「非線形力学系のKoopman作用素論に基づく次元縮約とリズム現象への応用」
中尾 裕也 (東京工業大学工学院)
- 14:50-16:00 「順問題・逆問題と新材料開発」
毛利 哲夫 (北海道大学名誉教授)
- 16:20-17:30 「航空機設計とシミュレーション」
大林 茂 (東北大学流体科学研究所)
- 18:00- 懇親会 (ZOOM)

10月16日(金)

- 10:00-11:10 「血管の樹枝状構造を作り出す細胞動態のロジック～実験生物学の立場から」
栗原 裕基 (東京大学大学院医学系研究科)
- 11:20-12:30 「血管新生における血管内皮細胞動態の数値モデル」
林 達也 (北海道大学大学院情報科学研究科)
- 13:30-14:40 「孤立量子系における熱力学第0法則の普遍性」
濱崎 立資 (理化学研究所開拓研究本部)
- 14:50-16:00 「格子ゲージ理論とその応用 — 湯川秀樹から富岳コンピュータまで」
初田 哲男 (理化学研究所数値創造プログラム)
- 16:20-17:30 「連続階調画像を対象とした拡張視覚復号型暗号」
山口 泰 (東京大学大学院総合文化研究科)
- 17:30-17:35 クロージング

2020年度 武蔵野大学 数理工学シンポジウム MCME SYMPOSIUM 2020

オンライン開催 (zoom)

10/15 Thu.

- 9:50-10:00 オープニング
- 10:00-11:10 永井 敦 (津田塾大学学芸学部)
「離散ソボレフ不等式とその応用—周期格子からC60フラレンまで」
- 11:20-12:30 守田 智 (静岡大学工学部)
「複雑ネットワーク上の感染モデルと基本再生産数」
- 13:30-14:40 中尾 裕也 (東京工業大学工学院)
「非線形力学系のKoopman作用素論に基づく次元縮約とリズム現象への応用」
- 14:50-16:00 毛利 哲夫 (北海道大学名誉教授)
「順問題・逆問題と新材料開発」
- 16:20-17:30 大林 茂 (東北大学流体科学研究所)
「航空機設計とシミュレーション」
- 18:00- 懇親会 (zoom)

10/16 Fri.

- 10:00-11:10 栗原 裕基 (東京大学大学院医学系研究科)
「血管の樹枝状構造を作り出す細胞動態のロジック～実験生物学の立場から」
- 11:20-12:30 林 達也 (北海道大学大学院情報科学研究科)
「血管新生における血管内皮細胞動態の数値モデル」
- 13:30-14:40 濱崎 立資 (理化学研究所開拓研究本部)
「孤立量子系における熱力学第0法則の普遍性」
- 14:50-16:00 初田 哲男 (理化学研究所数値創造プログラム)
「格子ゲージ理論とその応用—湯川秀樹から富岳コンピュータまで」
- 16:20-17:30 山口 泰 (東京大学大学院総合文化研究科)
「連続階調画像を対象とした拡張視覚復号型暗号」
- 17:30-17:35 クロージング

参加費無料・一般の方でもご自由にご参加いただけます。
参加登録は右のQRコードからお願いします。

主催：数理工学 数理工学シンポジウム実行委員会 (MCME Executive Committee of Mathematical Engineering)
協賛：武蔵野大学、理化学研究所、東京大学、北海道大学、静岡大学、津田塾大学、東北大学、東京工業大学、京都大学、大阪大学、名古屋大学、神戸大学、岡山大学、広島大学、九州大学、筑波大学、金沢大学、新潟大学、富山大学、石川県立大学、福井県立大学、山梨県立大学、長野県立大学、岐阜県立大学、静岡県立大学、愛知県立大学、三重県立大学、滋賀県立大学、京都府立大学、大阪府立大学、兵庫県立大学、奈良県立大学、和歌山県立大学、徳島県立大学、香川県立大学、高松市立大学、愛媛県立大学、高知県立大学、福岡県立大学、佐賀県立大学、長崎県立大学、熊本県立大学、大分県立大学、宮崎県立大学、鹿児島県立大学、沖縄県立大学

武蔵野大学
Musashi University

第5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5回目となる本シンポジウムは龍谷大学の瀬田キャンパスで行いました。本学と龍谷大学の学生から、多数の研究発表がなされ、学生同士の研究交流が活発に行われました。

なお、この研究集会は龍谷大学科学技術共同研究センター2019年度研究プロジェクト「非局所効果が引起す自発的パターン形成の数理的研究と応用」(代表:森田 善久)の支援を受けています。

日時:2020年2月9日(日)~2月11日(火)
場所:龍谷大学瀬田学舎1号館5階534講義室

【講演タイトル】(講演順)

「反応拡散系の離散化とTuring不安定性の離散類似について」
松家 敬介(武蔵野大学)

「生存時間解析におけるカプランマイヤー法の標準誤差推定の性能評価—無増悪生存時間の生存関数の区間推定—」
榎本 駿平(武蔵野大学, B4)

「粘着円充填の分岐」
牧田 渉(龍谷大学, M2)

「合計特殊出生率(TFR)推移の分析基盤の構築—市区町村別でみる TFR決定要因の探索—」
村松 波(武蔵野大学, B2)

「細胞の数理」
村川 秀樹(龍谷大学)

「ベイズ統計モデリングによる信用イベントデータ分析」
山中 卓(武蔵野大学)

「視野範囲のある集団追いかっこモデルの振る舞い」
梅沢 侑司(武蔵野大学, M1)

「非整数階微積分について」
酒井 勇斗(龍谷大学, B4)

「双安定性をもつある非線形差分方程式について」
岡本 和也(武蔵野大学, M1)

「分散システムにおけるプロセス相互作用のためのアルゴリズム技法」
角川 裕次(龍谷大学)

「平坦トーラスの折り紙埋め込み」
坪井 俊(武蔵野大学)

EMaT(イーマツト, Engineering Mathematics Test, 工学系数学統一試験)について2020年度は実施を見送りました。

EMaTとは、主に全国の工学系学部生を対象にしたマークシート方式の数学の試験のことです。試験範囲は、工学系数学の4分野である、微分積分、線形代数、常微分方程式、確率・統計における基礎的必須項目となっており、これらの基礎的必須項目を理解し、使う力が身に付いているかどうかをチェックするのが試験の目的となっています。この試験を、武蔵野大学工学部数理工学科では、例年、2年生が受けることにしていました。

昨年度(2019年)には、武蔵野大学工学部数理工学科の学生も含め31大学、5高等専門学校、1887名の学生がEMaTを受験しました。EMaTは、一部の大学が大学院入試にも利用しており、高学年の学生も多く受験しています。そのようななかで、数理工学科の学生は2年生にもかかわら

ず、受験をした4分野(微分積分、線形代数、常微分方程式、確率・統計)のいずれにおいても、少なくない学生たちが、全国の受験生の中で上位に入る好成績をおさめました。このような優秀な成績をおさめた学生たちに対して数理工学科では表彰を行い奨励賞として賞状と記念品を授与しました。

2019年に限らず、数理工学科の学生たちは受験をしたすべての年において好成績をおさめてくれています。

今年度については、実施を見送ることになりましたが、武蔵野大学では、「どのような事態においても何らかの方法で学び続ける」を旗印にさまざまな試みを行っております。これからも、数理工学科の学生一人ひとりが積極的に学ぶことのできる環境づくりに尽力していきたいと思えます。

数理工学センター紀要第6号の刊行

例年通り、令和3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6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科学、数理物理学などに関連するものとなっており、第6号に掲載する記事のタイトルの一覧は以下の通りです。

- k-NNルールのためのランダムプロジェクション:理論的考察
 - 勾配流型き裂進展モデルの拡張について
 - 反応拡散方程式の離散化の比較原理の離散類似に関する考察
 - ある質量保存を持つ細胞極性モデルの定常解の存在領域
 - フェンシング競技エペ種目における有効得点判定装置の試作
 - 折り紙を教材とする大学初年次数理科学教育の提案
 - いくつかのネットワーク上でのイノベーションプロセスの比較
- (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。

2019年度第6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、2019年度第6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220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、2019年11月1日～2020年1月31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：「行列の最適な並び方とは？」、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220作品の応募があった。今年は、モデル化と統計テーマのバランスが良く、作品の質はより高くなり多様なテーマの応募があった。世の中のAIブームや政府のデータサイエンス振興策が浸透しつつあり、本コンテストの意義がより広く理解されてきているものと思われる。

日常的なテーマとしては、公共交通に関連したテーマやモノの移動の効率化をテーマにしたものが多くみられた。物理的なテーマも一定数あり、方法論としても多様な手法が用いられていて、シミュレーション、テキストマイニング、視線追跡装置等、最新の高度な手法を活用した作品と共に、地道に統計をとり興味深い結果を導いた作品も見られた。多くの作品が、日常的に感じた率直な疑問が出発点となって展開されており、研究のあり方として大変望ましいものと思われる。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5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](https://www.musashino-u.ac.jp/faculty/engineering/mathematical_engineering/mathematical_engineering_contest.html#TOP)

表に受賞作品のリストを示す。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、新型コロナウイルス感染症感染拡大のため中止となった。

【2020年度の数理工学コンテストの募集について】

2020年度も、2019年度と同じテーマで数理工学コンテストを開催した。

（2020年6月26日募集要領公開、11月1日募集開始、2021年1月29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 (○は代表者)	学校名・学年
エスカレーター両側立ちにおける輸送効率と危険性の考察	○池辺航	東京都立三田高等学校2年

優秀賞(3作品)

作品名	作者名 (○は代表者)	学校名・学年
電車内での行動シミュレーションーもし全国の高校生が荷物を前に持ったらー	○長坂優衣、越智雪恵、齋藤千乃、森川波音	広島大学附属高等学校3年
自転車の石跳ねに関する研究	○大枝俊介、阿部将也、中尾友斗	岡山県立岡山一宮高等学校2年
スマホのホーム画面におけるアプリ配置の最適化	○稲垣響	豊島岡女子学園高等学校2年

奨励賞(5作品)

作品名	作者名 (○は代表者)	学校名・学年
ごみ受けの形状による排水性	○八木大空、青江瑞木、藤谷謙仁、藤本元氣、尾崎優美、金高久里愛	岡山県立岡山一宮高等学校2年
学校における物品移動の最適化	○時長隆乃介、新太陽、間口桜之介、村山太陽	金沢大学人間社会域学校教育学類附属高等学校1年
落下する花弁の運動について	○橋本翔近、近藤俊介、佐伯晋治、佐藤誠	広島大学附属高等学校3年
サイコロゲームの数学	○寺川渚月、村上聡、青山あいは、鈴木莉菜、川上さくら、安田華平、藤村圭依人、平松和也、北川一希	関西学院高等部1年、2年
文章の「起・承・転・結」は1/4ずつか?	○澤木穂乃花	明治大学付属明治中学校2年

選考委員賞(4作品)

作品名	作者名 (○は代表者)	学校名・学年
人はどこを見ているかー視線を科学するー	○小原丈、細田健太郎、水戸駿佑	広島大学附属高等学校2年
ピンポン玉の頂点の変化をデータで捉える	○山田遼太、石川慎之介、稲垣海音、加藤大智	愛知教育大学附属高等学校2年
川崎における開設不要型応急給水拠点の設置順序の最適解	○大川遥夏	豊島岡女子学園高等学校2年
放射線状路の効果	○宇田智哉	東京都立戸山高等学校1年

ジュニア奨励賞(5作品)

作品名	作者名 (○は代表者)	学校名・学年
2.02秒の世界	○安田賢司	明治大学付属明治中学校2年
物体形状によるカルマン濾過の変化についての研究	○菅原諒、野村圭梧	新ひだか町立静内第三中学校、新ひだか町立静内中学校3年
スムーズに改札を通るには	○神部有佳里、大澤菜々花	光塩女子学院中学校1年
寒くなると自転車のペダルが重く感じる!?	○芦川結花	明治大学付属明治中学校2年
なぜ静岡県には快速がないのかを調べる	○牛山飛鳥、岩本峻乃丞、水谷康輝、氣賀澤心丞	静岡学園中学校3年



き裂進展の数理モデルとその周辺

高石 武史 (TAKAISHI, Takeshi)

所属:工学部 数理工学科 教授

専門:数値シミュレーション、数理モデル

学位:工学修士(大阪大学)、博士(理学)(広島大学)

所属学会:日本計算工学会、日本応用数理学会、American Physical Society、日本物理学会、日本数学会

学歴:新潟大学理学部物理学科を卒業後、大阪大学工学研究科電磁エネルギー工学専攻修士課程を修了

職歴:広島国際学院大学情報デザイン学部 准教授、同学部/総合教育センター/工学部 教授を経て2018年4月より現職

(やや物騒な出だしで申し訳ないが)身の回りには様々な破壊現象が見られる。割れた窓ガラス、壁のひび割れ、建造物の破壊、骨折、地割れ、はては諏訪湖の御神渡り現象まで、様々な場面で目にする。破壊現象は危険な状況とつながる場合が多いために、古くから多くの研究がなされてきたが、どちらかというと破壊しない条件をいかに見出すかに注力したものが多く。一方で、板チョコレートなど積極的に割ることを目的とする場合もあり、どのように割れていくかもなかなか興味深い。

この破壊現象をミクロなスケールで見ると、一つ一つの原子間を引き伸ばすことで戻ろうとする弾性に対し、戻れないところま引き離してしまうことに対応しているが、これをマクロなスケールで見ると、新しい断面(き裂面)が形成されていくことに対応する。さらにマクロからもう少しスケールを下げて見ると、破壊する前に周辺の材料に損傷が生じている様子も見えるようになり、様々なスケールで見え方の変わる現象となっている。

このようにスケールの異なる作用を含んだ現象を、き裂の有無を表す変数を導入することでマクロな視点で捉えようとした数理モデルが、近年盛んに研究されているフェーズフィールドき裂進展モデルである。

弾性体は変形することでエネルギーが上昇する。き裂が入って割れることで、無理な変形は解消されるのだが、き裂を入れるためにはエネルギーが必要である。き裂によって解消される変形のエネルギーと、そのき裂を生じさせるのに必要なエネルギーと、トータルでどちらが有利となるかがき裂の進展を決めている。Griffithはこのような弾性体の破壊現象を、考えている系全体のエネルギーを指標として捉えることができることを提唱した。Bourdinらは、系全体でのエネルギーが上昇しないようにき裂が進む様子をさらに単純化し、き裂の有無を表す変数、フェーズフィールドを用いたエネルギーの近似式を考えた。新たに出来たき裂面は材料の表面

となるため、数値シミュレーションでも境界として扱われてきたのだが、フェーズフィールドを用いることで自動的に境界として数値シミュレーションに取り入れることができるようになった。ただし、ここで用いられた大域的な最小解を求める方法では3次元材料や複雑なき裂進展を取り扱うには計算コストが高いことが問題点として残った。

金沢大の木村氏と私は、き裂を時々刻々と進む現象としてとらえ、き裂進展現象はこのエネルギーがその勾配に従って下がりながら進んで行くものとして時間発展方程式を導出した。Bourdinらの考えたエネルギーの大域的な最小化を行わず、時間とともに減少させていくことで、非常に計算しやすい方程式が出来上がり、材料強度の分布を反映したき裂進展(図1)、3次元でのき裂面の旋回(図2)など、様々な設定のき裂進展シミュレーションを行えるようになった。また、これらのモデルは導出方法がシンプルなため、粘弾性を持った材料のき裂進展や、水素脆化のような化学反応の影響を受けるき裂進展に対するモデル化も行ってきた。

さて、このき裂のフェーズフィールドモデルに出てくるエネルギーは、画像の区分平滑化問題(Image Segmentation Problem)におけるMumford-Shahの汎関数とよく似ている。元の画像にできるだけ近く、分割された領域内は出来るだけ平滑でかつ分割された領域の境界をできるだけ短くするという画像の最適化は、出来るだけ変形を少なくしつつき裂面をできるだけ広げないというき裂進展問題のエネルギー最適化とよく対応している。Bourdinらの近似エネルギー表式は、AmbrosioとTortorelliによって導出され、数学的な裏付けもわかっているこの画像最適化での近似関数をほぼそのまま利用している。数理モデルのおもしろさは、このように一見無関係と思える現象でも、見方を変えることで同じ仕組みを見出すことができるところにあるのではないかと、私は考えている。

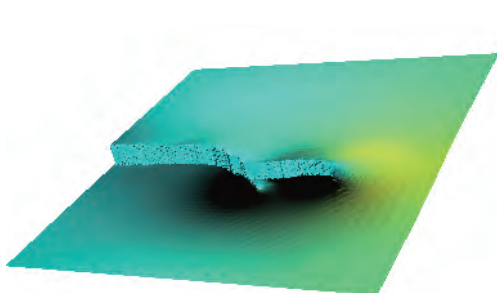


図1: 割れやすさが場所によって異なる板でのき裂進展

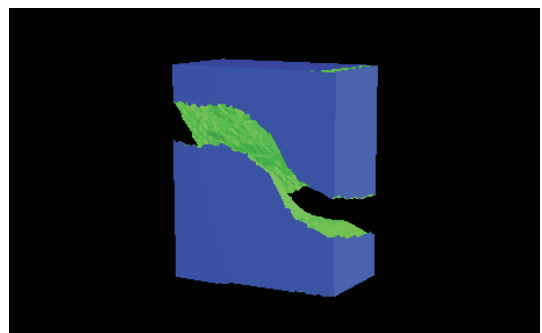


図2: あらかじめ斜めにき裂の入った直方体において、上下に引っ張ることで旋回しながら進むき裂



非局所項付き数理モデルの解析

森 竜樹 (MORI, Tatsuki)

所属:工学部 数理工学科 助教

専門:解析学、応用数学

学位:博士(理学)(龍谷大学)

所属学会:日本数学会、日本応用数理学会

学歴:龍谷大学理工学部数理情報学科を卒業後、同大学院理工学研究科

数理情報学専攻 修士課程、博士課程を修了

職歴:華東師範大学偏微分方程研究中心 Research Associates、大阪大学

基礎工学研究科 特任研究員(常勤)を経て2019年4月より現職

近年、複数の物質の総量が保存されている状況や生物個体数が保存されている状況における現象を記述した数理モデルが多数提案されています。この種のモデルでは、よく解の定積分項が含まれる非局所境界値問題が現れます。現象を理解するためにはこの非局所境界値問題の解構造を知ることが重要な手掛かりになりますが、問題が解の積分を含むことから、従来の数学的解析手法では大域的な解構造を解明することが困難となっています。私はこの非局所境界値問題の解構造について研究を行っています。一般的な解析手法がないことから、大域的解挙動を数学的に明らかにするためには、問題ごとに解析手法を選ぶことが必要になります。

解析手法の一つとして2004年、2015年にNi教授とLou教授、四ツ谷教授らによって、すべての定常解の候補を楕円関数を用いて表示して、それをもとにして個々の定常解を求め、大域的解構造を調べる方法が提案されました。私はこの方法に数式処理ソフトを用いた数学解析と数値計算を有機的に融合させることで、細胞極性モデルに現れる定常極限方程式に対して、解の大域的分岐構造を表す曲面(図1)の構成と曲面のパラメータ表示式の導出を行い、さらに、その形状を詳しく調べることで、2次分岐点

が一意に存在することを明らかにしました。通常、解の大域的な分岐構造を表す曲面は想像することはできても、式で書き表すことは困難ですが、数値計算で解の大域的な様子を網羅的に調べ、表示に使うべきパラメータを数式処理ソフトを用いて試行錯誤的に選定することで表示式を得ることができました。

この結果を応用することで、1次元の非局所Allen-Chan-Nagumo方程式でも同様に解の大域的な分岐構造を表す曲面(図2)のパラメータ表示を行い、2次分岐点が一意に存在することを示すことができました。現在、半解析的手法は進歩しており、2次分岐の方向を明らかにするまであと一步のところまで来ています。

また、SKT交差拡散方程式に現れるある極限方程式に対しては、極限方程式が解を1個持つ場合、2個持つ場合、3個持つ場合があることを発見し、解の存在領域上にそれらを図示することができました。

最近は計算機を援用した数値計算と数式処理による半解析的手法を通して、複数の全く異なる問題同士が実は関連が強いことも見えてきており、基本となる問題からどのように他の問題が関連しているのか、どのように解構造が変化するのかに興味を持っています。

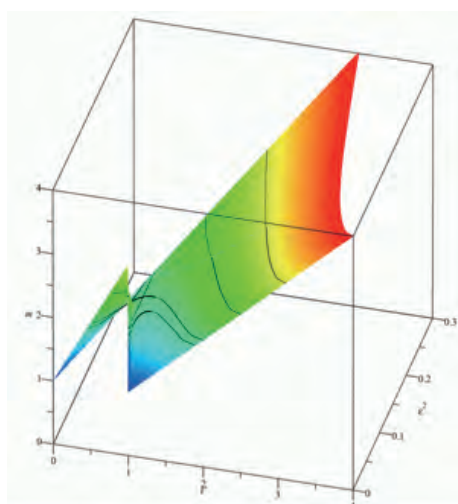


図1 細胞極性モデルに現れる定常極限方程式の解の大域的な分岐構造を表す曲面

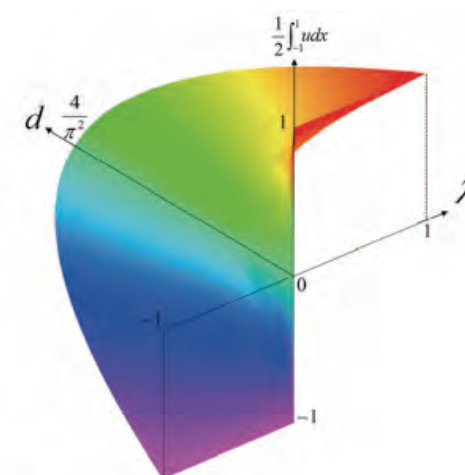


図2 1次元の非局所Allen-Chan-Nagumo方程式の解の大域的な分岐構造を表す曲面

- 参考文献: K. Kuto, T. Mori, T. Tsujikawa and S. Yotsutani, Secondary bifurcation for a nonlocal Allen-Cahn equation, J. Differential Equations, 263 (2017), 2687-2714.
T. Mori, K. Kuto, T. Tsujikawa and S. Yotsutani, Exact multiplicity of a stationary limiting problem of a cell polarization model, Discrete Contin. Dyn. Syst. Series A, 36(2016)no.10, 5627-5655.

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



薩摩 順吉（武蔵野大学工学部数理工学科 教授）
専門分野：応用数理／非線形可積分系



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



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



友枝 明保（武蔵野大学工学部数理工学科 准教授）
専門分野：渋滞学／計算錯覚学



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



Sushma Kumari（武蔵野大学工学部数理工学科 助教）
専門分野：機械学習／ランダム行列理論



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）

竹内 康博（青山学院大学理工学部 教授）

（客員研究員）

田中 健一郎（東京大学 大学院情報理工学系研究科 准教授）

（客員研究員）

松木平 淳太（龍谷大学先端理工学部 教授）

（客員研究員）

三村 昌泰（広島大学大学院統合生命科学研究科 客員教授）

（客員研究員）

室田 一雄（東京都立大学経済経営学部 教授）

（客員研究員）

森田 善久（龍谷大学先端理工学部 教授）

（客員研究員）

山中 卓（青山学院大学理工学部 准教授）

（客員研究員）

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：2020年度は大変な一年となりました。感染症の蔓延については以前より心配されていましたが、実際にこのような事態になり、これまであまり意識されてこなかった社会システムの脆弱性も明らかになったように思います。一方で、この10年間におけるネット環境の発展は、コロナ禍のような事態において大変有用なインフラを提供することもわかりました。現状のみならず、将来的に起こりうる危機に対して、数理工学が提供すべき知見は多いであろうと思います。DU

