

2023年度共同利用研究報告書

2023年10月02日

所属・職名 武蔵野大学工学部数理工学科・東北大学大学院理学研究科数学専攻・講師

佐々木 多希子

		整理番号	2023a005	
1.研究計画題目	機械学習と数理モデルの融合と理論の深化			
2.新規・継続	新規			
3.種別	一般研究			
4.種目	研究集会（Ⅱ）			
5.開催方法	ハイブリッド開催			
6.研究代表者	氏名	佐々木 多希子		
	所属 部局名	武蔵野大学工学部数理工学科・東 北大学大学院理学研究科数学専攻	職 名	講師
7.研究実施期間	2023年09月06日(水曜日)～2023年09月08日(金曜日)			
8.キーワード	機械学習, 数理モデル, 医学・生命科学, 産業応用, 逆問題			
9.参加者人数	48人			

10.本研究で得られた成果の概要

本研究集会は、「機械学習と数理モデルの融合」に焦点を当て、理論と実装の両面から議論をし、新しい課題の認識と分野を横断した研究協力体制の構築を目的としたものである。近年、病気の診断や発症の予測、自然災害の予測や被害状況の把握、ECサイトにおける推薦システムの最適化、交通流の渋滞解消など、多岐にわたる分野で機械学習が活用されている。一方、このような社会問題の解決には、従来、微分方程式や離散力学系などで数理モデルを構築し、数学的な解析及び数値的なシミュレーションを行うことが有効に用いられてきた。本研究集会では、機械学習と数理モデルの専門家が一堂に会して互いに補完しうる点等を議論し社会課題を解決する新たな融合モデル構築の可能性の探索を目指した。

本研究集会は、上坂正晃（DataLabs株式会社）氏を招待講演者としてお迎えした。また、講演者を含む53名の方に参加登録をして頂いた。AIを活用する企業とトポロジー、ネットワーク理論、数値解析など多岐の分野にわたる研究者や大学院生が集まり議論することで、機械学習技術の様々な分野への応用と実装、共同研究体制の構築に対して大きな可能性が生まれたと考えている。また、関数解析など、数学理論に精通する研究者も参加し、機械学習の基礎理論の整備につながる有意義な議論を行うこともできた。さらに、武蔵野大学 数理工学科及び大学院 数理工学専攻の学生11名（そのうち女子学生5名）が研究発表を行い、様々な分野の研究者と交流した。この研究集会に参加したことにより、今後、一層充実した研究活動ができると期待される。

機械学習と数理モデルの融合と理論の深化

成果報告書

組織委員

佐々木 多希子 (武蔵野大学)

坪井 俊 (武蔵野大学)

時弘 哲治 (武蔵野大学)

1. 本研究集会の目的

本研究集会では、「機械学習と数理モデルの融合」に焦点を当て、理論と実装の両面から議論をし、新しい課題の認識と分野を横断した研究協力体制の構築を目的とする。近年、病気の診断や発症の予測、自然災害の予測や被害状況の把握、EC サイトにおける推薦システムの最適化、交通流の渋滞解消など、多岐にわたる分野で機械学習が活用されている。一方、このような社会問題の解決には、従来、微分方程式や離散力学系などで数理モデルを構築し、数学的な解析及び数値的なシミュレーションを行うことが有効に用いられてきた。本研究集会では、機械学習と数理モデルの専門家が一堂に会して互いに補完し合う点等を議論し社会課題を解決する新たな融合モデル構築の可能性の探索を目指した。

2. 本研究集会の講演概要

本研究集会では様々な分野の専門家に講演を依頼し、活発な研究討論を行った。主な講演の題目と概要は以下の通りである。

① (特別講演) 上坂正晃 (DataLabs 株式会社)

【講演題目】小林-Warren-Carter 型エネルギーの詳細特異極限とその勾配流について

【講演概要】 Kobayashi-Warren-Carter モデルは、結晶の粒界のダイナミクスを記述するために導入された汎関数モデルであり、拡散境界モデルの一つである。一方で、このモデルは、画像処理で用いられる Mumford-Shah 型汎関数の拡散モデル化である Ambrosio-Tortorelli 汎関数によく似た形をしており、決定的に違うのは、ディリクレエネルギーが KWC 型汎関数では全変動になっている点である。すると、KWC 型汎関数の特異極限は、Mumford-Shah 汎関数とどう異なるかという疑問が出てくる。本講演では、実は KWC 型汎関数の特異極限は、「(多価) 関数のグラフの収束」という位相を用いることで詳細に論じることができることを示し、 Γ 収束に関する結果を紹介した。後半では、KWC 型汎関数の勾配流方程式の特異極限に関する最近の結果として、勾配流方程式の得意極限の振る舞いが、(Caputo 型に似た) 分数階時間微分を含む発展方程式として記述できることを紹介した。

② 時弘哲治 (武蔵野大学)

【講演題目】血管新生の数理

【講演概要】血管新生は既存の血管から新しい血管網が形成される現象である。創傷からの回復や胎盤の形成に見られるだけではなく、悪性新生物の増殖においても生じ、その機構解明は医学上の重要な課題となっている。近年、血管申請時に内皮細胞が互いに追い付き追い越される「セル混合」と呼ばれる特異なふるまいを行い、血管網を形成することが明らかになってきた。この講演では、単純な力学系モデルによって、マウスの血管内皮細胞の実験において観測された 2 細胞動態、多細胞動態、遺伝子 KO 細胞の動態などを定性的に説明できることを示した。

③ 薩摩順吉（東京大学・武蔵野大学）

【講演題目】差分の働きについて

【講演概要】非線形問題の解析を研究の中心にすえてきたが、その中で離散系の重要性を認識するようになった。本講演ではそのように至った経緯を説明するとともに、今後どうした方向の研究が求められるかについて私見を述べるとともに、新しい研究対象であるファジーセルオートマトンの役割について説明した。

④ 川野日郎（宮崎大学）

【講演題目】半線形楕円型方程式の正值球対称解の漸近挙動について

【講演概要】半線形楕円型方程式の正值球対称解の初期値依存性について、初期値の異なる解は高々 1 点でしか交わらないという予想があり、数値的にもっともらしいことがわかっているがその証明は未解決の問題である。本講演では、その解決に向けて有効であるいくつかの補題を示し、その意義について解説した。

⑤ 高石武史（武蔵野大学）

【講演題目】ファンデルポール方程式に適したニューラルネットワーク

【講演概要】ニューラルネットワークを用いてファンデルポール方程式の時間発展を予測させる際に、出力するスカラー値を用いた緩やかな拘束条件を適切に与えることで、学習データにある程度大きなノイズが重畳されていても良好な結果が得られることを数値実験より見出した。

⑥ 坪井俊（武蔵野大学）

【講演題目】カオス力学系と制御，機械学習

【講演概要】典型的なカオス力学系は無限列の空間のシフト力学系のモデルを持つこと、シフト力学系の定義を説明し、その上での制御の一般的な枠組み、簡単なコストの評価法を説明した。機械学習との関連で次を注意した。許容される軌道については、軌道の表す現象への評価が必要とされ、機械学習の出番である。制御のためのコストを与える距離関数は、非常に複雑になり得て、その評価にも機械学習の方法が必要である。

⑦ 児玉大樹（武蔵野大学）

【講演題目】有限距離空間の tree による近似について

【講演概要】点集合に対して距離および擬距離の概念を定義した。また、辺の長さが与

えられているグラフの頂点集合に対して、グラフから誘導される距離(グラフ距離)を定義した。更に、グラフの特別な場合として tree 構造を定義した。tree から誘導される距離を tree 距離と呼ぶ。N 点からなる有限点集合に対して(擬)距離が与えられているときに、それを tree 距離で近似するという問題を提示した。近似の良さを誤差の二乗和で定めた場合、最善な近似を求める問題は純粋数学的には解けるが、素朴に解くと計算量的には N の多項式時間ではおさまらないことを指摘した。cyclic な 4 点距離集合に対する具体例を提示し、誤差が極小だが最小ではないような場合があることを指摘し、素朴な微分(差分)方程式の極限としてもうまく求まらないことを確認した。

⑧ 木下修一 (武蔵野大学)

【講演題目】 ブーリアンダイナミクスのアトラクター解析

【講演概要】 遺伝子の発現パターンを表現するモデルの一つであるランダムブーリアンネットワークモデル (RBN) の振る舞いについて RBN は入力次数 K およびブール関数の偏りを表すパラメータ P の値により相転移を示すことを中心に講演した。上記を踏まえ、近年の遺伝子・代謝ネットワークのデータベースを用いた RBN 研究 (B.C. Daniels et. al.,(2018)) において、現実のこれらのネットワークが臨界点近傍の状態にあることが示唆されていることを紹介した。

⑨ 鈴木舞羽 (武蔵野大学)

【講演題目】 漏れ積分発火モデルの瞬目間間隔分布の連続表現

【講演概要】 まばたきの数理モデルを漏れ積分発火(LIF)モデルで表現し、4 種類の瞬目間間隔(IBM)分布を再現した。LIF モデル(ランジュバン方程式)から、フォッカープランク方程式を作成し、IBM 分布に相当する時間間隔分布を作成・比較を行っている。また、まばたき実験について紹介した。

⑩ 辻川亨 (宮崎大学, 明治大学)

【講演題目】 反応拡散方程式における進行波解の速度の単調性について

【講演概要】 走化性反応拡散方程式の 1 次元進行波解の速度は走化性効果の強さに比例することが知られている。一方、2次元領域における進行波解の速度は比例しないことが数値的に検証されている。その理由について、軸対称解と平面定常解の安定性との関係で説明した。

⑪ 佐々木多希子 (武蔵野大学)

【講演題目】 時間枠付き配送計画問題の発見的解法

【講演概要】 「発見的解法」と呼ばれる近似解法を用いて、宅配件数の均等な割り振りを考慮した時間枠付き配送計画問題の近似解を求める手法、およびその数値実験結果について紹介した。

⑫ 由良文孝 (武蔵野大学)

【講演題目】 時間枠付き配送計画問題の発見的解法

【講演概要】 新生血管の数理モデルの 2 次元への拡張と、マウスの大動脈組織を用いた

いた内皮細胞のタイムラプス撮影画像との比較からモデルのパラメータ推定と妥当性を検証した。また、近距離での排除体積効果を考慮し楕円形状による細胞を近似した分散モデルを提案した。予測モデルにおける機械学習の活用は今後の課題である。

3. 本研究集会の成果

AI を活用する企業とトポロジー，ネットワーク理論，数値解析など多岐の分野にわたる研究者や大学院生が集まり議論することで，機械学習技術の様々な分野への応用と実装，共同研究体制の構築に対して大きな可能性が生まれたと考えている。また，関数解析など，数学理論に精通する研究者も参加し，機械学習の基礎理論の整備につながる有意義な議論を行うこともできた。

さらに，武蔵野大学 数理工学科及び大学院 数理工学専攻の学生 11 名（そのうち女子学生 5 名）が研究発表を行い，様々な分野の研究者と交流した。この研究集会に参加したことにより，今後，一層充実した研究活動ができると期待される。

開催日:2023/09/06~2023/09/08

機械学習と数理モデルの融合と理論の深化 | 共2023a005

カテゴリ: イベント

タグ:

一般研究

研究集会II

開催概要

- 開催方法:九州大学 伊都キャンパスとZoomミーティングによるハイブリッド開催
- 開催場所:九州大学 伊都キャンパス ウェスト1号館 D棟 4階 IMIオーデトリウム (W1-D-413)
- 主要言語:日本語
- 共催:九州大学マス・フォア・インダストリ研究所, 武蔵野大学 数理工学センター
- 種別・種目:一般研究・研究集会(II)
- 研究計画題目:機械学習と数理モデルの融合と理論の深化
- 研究代表者:佐々木 多希子(武蔵野大学工学部数理工学科・東北大学大学院理学研究科数学専攻・講師)
- 研究実施期間:2023年9月6日(水)~2023年9月8日(金)
- 公開期間:2023年9月6日(水)~2023年9月8日(金)
- 研究計画詳細:https://joint1.imi.kyushu-u.ac.jp/research_chooses/view/2023a005

プログラム

9月6日(水)

10:00 - 10:10

佐々木 多希子(武蔵野大学, 東北大学)
開会, 趣旨説明

第1セッション: 座長: 櫻井 建成(武蔵野大学)

10:10 ~ 10:40

辻川亨(宮崎大学, 明治大学)
反応拡散方程式における進行波解の速度の単調性について

10:40 ~ 11:10

森竜樹(武蔵野大学)
フェーズフィールドモデルの定常解の大域的分岐構造の数値的解析

11:10 ~ 11:40

坪井俊(武蔵野大学)
カオス力学系と制御, 機械学習

※四ツ谷晶二先生(龍谷大学)のご講演がなくなり、
3日目(9月8日)の第12セッションでご講演予定でした
坪井先生の講演がこちらの時間帯に変更となっております

昼食

第2セッション: 特別講演1 座長 時弘哲治(武蔵野大学)

13:00 ~ 13:50

上坂 正晃(DataLabs 株式会社)
小林-Warren-Carter 型エネルギーの詳細特異極限とその勾配流について(1)

休憩

第3セッション: 座長: 由良 文孝(武蔵野大学)

14:00 - 14:20

松家敬介(武蔵野大学)
超臨界ピッチフォーク分岐を起こす微分方程式の離散化および超離散化

●14:20 – 14:40

時弘哲治(武蔵野大学)
血管新生の数理

●14:40 – 15:00

薩摩順吉(東京大学・武蔵野大学)
差分の働きについて

休憩

第4セッション: 座長 森竜樹(武蔵野大学)

●15:10 – 15:40

秋山慧斗(東北大学)
平均場ニューラルネットワークの最適化問題における目的関数の汎用化理論

●15:40 – 16:00

鈴木舞羽(武蔵野大学)
漏れ積分発火モデルの瞬目間隔分布の連続表現

●16:00 ~ 16:20

中久喜玲(武蔵野大学)
アリの巣作りの数理モデル

休憩

第5セッション: グループディスカッション1

●16:10 – 17:25

佐藤惣一郎(武蔵野大学), 中島 毅志(武蔵野大学),
藤田 海渡(武蔵野大学), 岡本 朋揮(武蔵野大学)

第6セッション: グループディスカッション2

●17:35 ~ 18:25

楊 家宝(武蔵野大学), 清水 千晶(武蔵野大学),
坪田凌輔(武蔵野大学), 荒岡 葵(武蔵野大学),
清水 清隆(武蔵野大学)

9月7日(木)

第7セッション: 座長: 佐々木 多希子(武蔵野大学)

●9:00 – 9:30

児玉大樹(武蔵野大学)
有限距離空間のtree による近似について

●9:30 – 10:00

木下修一(武蔵野大学)
プーリアンダイナミクスのアトラクター解析

休憩

第8セッション: 座長: 松家敬介(武蔵野大学)

●10:10 – 10:40

由良文孝(武蔵野大学)
排除体積効果を伴う2体相互作用におけるパターン形成とその解析

●10:40 ~ 11:20

櫻井建成(武蔵野大学)
大腸菌パターン形成における伝搬波

昼食

第9セッション:特別講演-2 座長:時弘 哲治(武蔵野大学)

•13:00 ~ 13:50

上坂 正晃(DataLabs 株式会社)
小林-Warren-Carter 型エネルギーの詳細特異極限とその勾配流について(2)
休憩

第10セッション:情報交換会

•14:00 ~ 17:00

9月8日(金)

第11セッション: 座長:木下修一(武蔵野大学)

•9:00 - 9:20

佐々木多希子(武蔵野大学, 東北大学)
時間枠付き配送計画問題の発見的解法

•9:20 - 9:50

高石武史(武蔵野大学)
ファンデルポール方程式に適したニューラルネットワーク
休憩

第12セッション: 座長:高石武史(武蔵野大学)

•10:10 - 10:30

川野日郎(宮崎大学)
半線形楕円型方程式の正值球対称解の漸近挙動について

•10:30 ~ 10:40

時弘哲治(武蔵野大学)
閉会の挨拶

第13セッション:情報交換会

•12:00-13:30