

2022年度共同利用研究報告書

2023年01月31日

所属・職名 九州大学 システム情報科学研究院・助教

顧 玉杰

		整理番号	2022a026	
1.研究計画題目	機械学習への組合せ論的アプローチ			
2.新規・継続	新規			
3.種別	女性研究者活躍支援研究			
4.種目	短期共同研究			
5.開催方法	ハイブリッド開催			
6.研究代表者	氏名	顧 玉杰		
	所属 部局名	九州大学 システム情報科学研究院	職 名	助教
7.研究実施期間	2022年09月20日(火曜日)～2022年09月22日(木曜日)			
8.キーワード	機械学習, 統計科学, 組合せ論, グラフ理論, 情報科学			
9.参加者人数	73人			

10.本研究で得られた成果の概要

本研究を通して、エクспанダーグラフや組合せデザインなどのもつ組合せ的な性質を用いてニューラルネットワークの構成と性能評価に関して議論を行った。現在、より一般的な組合せ構造や性質に基づくニューラルネットワークの構成研究に関して、講演者を含めた国内外の専門家との共同研究の機会が得られた。さらに機械学習、組合せ論、情報セキュリティ、情報理論、数理統計学、位相データ解析などの数理的な手法や課題等の共通部分や関連性を明らかにし、議論を行うことができた。そして、企業からの研究者による講演に基づき、実用面と理論面のつながりや関連性なども模索している。

2022 年度九州大学マス・フォア・インダストリ研究所
「産業数学の先進的・基礎的共同研究拠点」共同利用研究
女性研究者活躍支援研究 - 短期共同研究

研究題目

機械学習への組合せ論的アプローチ
(Combinatorial Approach to Machine Learning)

成果報告書

1. 実施状況

本共同研究は 2022 年度に採択された。実施状況について記す。

・整理番号

2022a026

・研究実施期間

(1) 2022 年 9 月 20 日 (火)

・講演会形式 (ハイブリッド開催)

・場所：九州大学 伊都キャンパス W1-C-501 大講義室 + ZOOM

(2) 2022 年 9 月 21 日 (水) ~ 2022 年 9 月 22 日 (木)

・講演 + 自由議論形式 (対面のみ開催)

・場所：九州大学 伊都キャンパス W1-C-501 大講義室

・組織委員

河原 吉伸 (九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所 / 理学部)

熊澤 努 (株式会社 SRA DX 技術本部 先端技術研究所)

顧 玉杰 (九州大学 システム情報科学研究院)

澤 正憲 (神戸大学 大学院システム情報学研究科)

藤原 良叔 (筑波大学 システム情報系)

繆 瑩 (筑波大学 システム情報系)

盧 曉南 (山梨大学 総合研究部 工学域電気電子情報工学系)

・研究課題ウェブサイト

日本語：<https://joint.imi.kyushu-u.ac.jp/post-5765/>

英語：<https://joint.imi.kyushu-u.ac.jp/post-6214/>

2. 共同研究の背景・目的

組合せ論とグラフ理論的な手法は数学だけでなく統計科学や計算機科学などの様々な分野で発展してきている。例えば、統計的実験計画法における Fisher の 3 原則（局所管理、無作為化、反復）の 3 つの条件を満たす実験は、組合せデザインやグラフなどの確定的な組合せ構造から実験の計画作ることができ、効率的で推定精度が高い実験データを取得できる。一方、機械学習では過学習を防ぐためランダムなスパース化が行われているが、Fisher の 3 原則は機械学習においてもスパース化したニューラルネットワークの設計に有効である。そして対応する訓練データの残存効果をできるだけ抑え独立性を高める順序化においても重要と思われる。また組み合わせ構造の導入により、計算コストの削減や予測・学習の精度の保証などの利点が期待される。しかし、国内外でも組合せ論と機械学習の共同研究は個別のグループで始まったばかりの段階であり、さらなる発展のためには組織的かつ産業界と連携した共同研究が求められる。

本研究は以下の 2 点を目的とする。

- (1) 様々な組合せ構造の構成事例からニューラルネットワークを設計し、実際に訓練データの独立性を高める順序化を行う。そしてパフォーマンスの優れた事例に着目し、ニューラルネットワークの組合せ論的な性質を定式化する。有限体の理論や、グラフ彩色などの代数的・グラフ理論的手法を用いて、ニューラルネットワークの理論的な構成手法を与え、その性質を分析する。
- (2) (1)で定式化した組合せ論的な性質をもつニューラルネットワークを実装し、数学・産業界からの参加者と共同で議論することで、産業界での実応用を探す。

本研究から、まず組合せ論と機械学習の間での新しい研究交流の機会が与えられる。次に実応用に求められるニューラルネットワークモデルの組合せ論的なアプローチを与え、産業界の実際技術への応用を期待できる。

3. プログラム

本研究では、機械学習と組合せ理論に関連する情報理論、統計科学などの分野の専門家を招いて最近の研究紹介などを行い、講演者・参加者との間で活発な議論がなされた。

具体的なプログラムは以下の通りである。

9月20日 (火)

13:00-14:00

講演者：林 正人 (名古屋大学)

講演タイトル：量子情報理論における t-design とその応用

14:10-15:10

講演者：Ameya Prabhu (University of Oxford)

講演タイトル：Expander Graphs Meet Deep Networks: Applications, Results and Insights

15:20-16:20

講演者：福水 健次 (統計数理研究所)

講演タイトル：Out-of-domain generalization using label hierarchy

16:30-17:30

講演者：渡邊 卓也 (エヂリウム株式会社)

講演タイトル：レコメンダの構成における課題と解法、そして未解決課題

9月21日 (水)

10:20-11:20 (60分)

講演者：澤 正憲 (神戸大学)

講演タイトル：ユークリッド空間上のデザインの統計的側面

11:20-12:00

Free Discussion

13:30-14:30 (60分)

講演者：Shan Lu (岐阜大学)

講演タイトル：Coded Compressed Sensing and Iterative Decoding for Unsourced Random Access Channel

14:30-15:10

Free Discussion

15:20-16:50 (90 分)

講演者： Nikita Polyanskii (IOTA Foundation)

講演タイトル： Learning sparse vectors from a mixture of measurements

16:50-18:00

Free Discussion

9月22日 (木)

10:20-11:20 (60 分)

講演者： Emerson G. Escolar (神戸大学)

講演タイトル： 位相的データ解析の紹介とマルチパラメータパーシステンスの区間分解に関する研究

11:20-12:00

Free Discussion

13:30-14:30 (60 分)

講演者： 藤原 良 (筑波大学)

講演タイトル： 深層学習と実験計画法

14:30-15:10

Free Discussion

15:20-16:20 (60 分)

講演者： Yang Cao (京都大学)

講演タイトル： Differential Privacy and its Application in Federated Learning

16:20-18:00

Free Discussion

4. 共同研究で得られた成果

本研究の最初の目的は、様々な組合せ構造から構成的なニューラルネットワークを設計することにあった。本研究を通して、エクスペンダーグラフや組合せデザインなどのもつ組合せ的な性質（スパース性・連結性など）を用いてニューラルネットワークの構成と性能評価に関して議論を行った。現在、より一般的な組合せ構造や性質に基づくニューラルネットワークの構成研究に関して、講演者を含めた国内外の専門家との共同研究の機会が得られ、実際に数件の共同研究プロジェクトが進行中である。

さらに機械学習、組合せ論、情報セキュリティ、情報理論、数理統計学、位相データ解析などの数理的な手法や課題等の共通部分や関連性を明らかにし、議論を行うことができた。この議論によって、本研究に関する新しい研究課題を発見し、新しい分野横断的研究の創出が期待され、今後も継続的に共同研究と議論を行う予定である。

そして、企業からの研究者による講演に基づき、実際の現場における機械学習関連の課題の解決に向けて、組合せ論などに基づく数理科学的なアプローチも検討中であり、実用面と理論面のつながりや関連性なども模索している。

開催日：2022/09/20~2022/09/20

機械学習への組合せ論的アプローチ | 共2022a026

カテゴリー：イベント タグ： 女性研究 短期共同研究

開催概要

- 開催方法：九州大学 伊都キャンパスとZoomによるハイブリッド開催
- 場所：九州大学 伊都キャンパス ウェスト1号館 C棟 5階 (W1-C-501 大講義室)
- 主要言語：日本語
- 主催：九州大学マス・フォア・インダストリ研究所
- 種別・種目：女性研究者活躍支援研究-短期共同研究
- 研究課題題目：機械学習への組合せ論的アプローチ
- 研究代表者：顧 玉杰（九州大学 システム情報科学研究院・助教）
- 研究実施期間：2022年9月20日（火）～ 2022年9月22日（木）
- 公開期間：2022年9月20日（火）
- 研究計画詳細：https://joint1.imi.kyushu-u.ac.jp/research_chooses/view/2022a026

プログラム

9月20日（火）

13:00-14:00

林 正人（名古屋大学）
量子情報理論におけるt-design とその応用

14:10-15:10

Ameya Prabhu (University of Oxford)
Expander Graphs Meet Deep Networks: Applications, Results and Insights

15:20-16:20

福水 健次（統計数理研究所）
Out-of-domain generalization using label hierarchy

16:30-17:30

渡邊 卓也（エザリウム株式会社）
レコメンダの構成における課題と解法、そして未解決課題