

数学と情報科学で解き明かす多様な対象の数理構造と活用
2021 年度採択研究者

2021 年度 年次報告書

園田 翔

理化学研究所 革新知能統合研究センター
特別研究員

複雑データに内在する深層構造の理論と応用

§ 1. 研究成果の概要

本研究課題では、写像を深さ方向に分解する方法(深層分解)の理論と方法を開発する。特に、深層学習によって得られる中間情報表現の性質を明らかにし、写像やデータの「深さ」を定式化し、次世代の情報技術へ展開することを目指して研究を遂行している。

(1) 愛媛大石川氏・理研 AIP 池田氏と一般空間上の積分表現ニューラルネットを定式化し、対応するリッジレット変換を導出した。具体的には、(1a) 多様体(非コンパクト対称空間)上の全結合層、(1b) 信号空間(二乗可積分関数)上の群畳み込み層、(1c) 高次元アフィン型の全結合層に対し、ニューラルネットを幾何学的・群論的に捉え直すことで、リッジレット変換を統一的な手続きで導出する方法を見出した。その応用先はフーリエ変換と同様に多岐に渡る。(1a)は国内の応用数学研究会(CAM2021)にて報告、2022 年度に開催される機械学習の国際学会(ICML2022, MaxEnt2022)にて発表予定。また、(1b)は国内の機械学習研究会(IBIS2021)にて報告、ブラッシュアップした結果を準備中。

(2) IQOQI Vienna 山崎氏らと共同研究を実施し、クラス判別問題を効率的に計算するための量子機械学習アルゴリズムを開発した。量子回路の出力は、回路内で準備された量子状態を観測する操作を通じて得られるため、確率変数を出力する機械学習アルゴリズムと相性が良く、積分表現理論とも有機的な発展が見込まれる。2022 年度得られた結果は量子情報処理の国際会議(QTML2021, RQC-AIP)にて発表。

(3) 株式会社アラヤ渡部氏・統数研坂本氏・産総研唐木田氏・理研甘利氏と共同研究を実施し、NTK 理論を応用して連続神経場の学習ダイナミクスを計算した。連続神経場は積分表現とは異なるタイプの連続無限幅ニューラルネットであり、パラメータがランダムであることを仮定する必要がある(従って主に学習初期の状態を表す数学モデルに相当する)という制約がある一方、多層にした場合の解析が行えるという長所がある数学モデルである。一連の研究結果は雑誌論文として投稿中。