

2022 年度
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	今泉允聡
研究機関名	東京大学
所属部署名	総合文化研究科
役職名	准教授
研究課題名	深層学習の原理記述に向けた構造汎化理論スキームの開発
研究実施期間	2022 年 4 月 1 日～2023 年 3 月 31 日

研究成果の概要

本研究計画の主たる目的は、深層学習という比較的新しい技術の原理を明らかにする理論を構築することです。深層学習は高い性能を発揮する技術だが、その予測や学習過程といった複雑な現象は未だ原理が十分には明らかになっていません。本研究は、これを説明できる理論的なフレームワークの構築を行います。

2022 年度における研究成果として、(i) エネルギー曲面の形状を用いた汎化誤差理論の開発、(ii) 過剰パラメータを持つ統計モデルの良性過適合理論の拡張、があります。以下に詳細を述べます。

(i) のトピックでは、ニューラルネットワークがエネルギー曲面上で” 滞留 ” という現象を起こすことを数学的に記述し、これが暗黙的な正則化となって深層学習が過適合を起こさないとする新理論を開発しました。具体的には、このエネルギー曲面のある極小値の近傍が特定の構造を持つ際に、ニューラルネットワークがこの近傍に高確率で滞留し、これが暗黙的な正則化となって深層学習の過学習が起こらなくなることを証明しました。これまでの学説で、暗黙的正則化の具体的な内容には数多く提案されましたが、有力な仮説に実験的な反例が出されるなど、有効な形は未だ定まっていませんでした。本研究によって、数学的な有効な形で暗黙的正則化の具体的な形が提唱されました。

(ii) のトピックでは、線形回帰という比較的シンプルなモデルながら、パラメータの数が無限大に大きいような設定において、訓練データに完全に適合するパラメータ推定量の誤差がゼロに収束する、すなわち良性過適合が起こる理論の拡張を行いました。具体的には、データがサンプル間で非独立であったり、変数の欠落などによってノイズ項が入力データと相関する状況を調べ、このような非理想的な設定であっても一定の制約のもとで良性過適合が起こることを示しました。