

「現代の数理科学と連携するモデリング手法の構築」  
平成 26 年度採択研究代表者

H29 年度 実績報告書
-----------------

石川 博

早稲田大学理工学術院  
教授

認識の数理モデルと高階・多層確率場による高次元実データ解析

## §1. 研究実施体制

### (1) 石川グループ

- ① 研究代表者: 石川 博 (早稲田大学理工学術院 教授)
- ② 研究項目
  - ・ トップダウンモデルと確率場生成
  - ・ 確率場最適化の応用
  - ・ ディープラーニングにおける学習データの必要性の削減
  - ・ ディープラーニングの応用

### (2) 岡谷グループ

- ① 主たる共同研究者: 岡谷 貴之 (東北大学大学院情報科学研究科 教授)
- ② 研究項目
  - ・ 高効率学習最適化法構築
  - ・ 異種タスク性能評価
  - ・ 動画認識への応用
  - ・ 多層モデル理論構築

## §2. 研究実施の概要

本研究では、高階・多層確率場を主な道具として、既存の情報技術で実現困難な「認識」という現象の数学的モデルを構築し、社会的諸問題に応用することをめざしている。

本年度は、現在の人工知能ブームのきっかけとなった革新技術である深層学習の理解を目指し、畳み込みニューラルネットワーク(以下 CNN)の構造とその学習方法について研究に取り組み、いくつかの成果を得た。まず、CNN の学習を、フィルタカーネルに任意の行列多様体の制約を与え、制約なしの最適化問題として実行できる汎用的なアルゴリズムを世界で始めて構築し、それによって画像認識タスクでの認識精度が向上することを示した(Ozay and Okatani, Proc. The Thirty-Second AAAI Conference on Artificial Intelligence 2018 (AAAI-18))。また、従来の1/4~1/5のパラメーター数で同等以上の性能を達成する、コンパクトなネットワークのデザイン方法を考案した。層内を2分割し、片方はそのまま上位層へ、もう一方を2分割し、以下これを再帰的に何度か繰り返して得られる構造を基本ブロックに、これを積み上げることでネットワークを構築する方法である(Zhang, Ozay, Li, and Okatani, Proc. International Conference on Computer Vision 2017)。以上の成果は、深層学習を改良するものであるとともに、それによって、深層学習の理解という最終目標に、さらに一步近づくものである。

確率場の応用へ向けた研究では、多層確率場の深層学習により画像の欠損部分を補完するアルゴリズム(図1)を開発し、ACM SIGGRAPH2017で発表した。(Iizuka, Simo-Serra, and Ishikawa, ACM ToG (Proc. SIGGRAPH2017))。これは、写真の一部が欠損しているときに、CNNを用いて情景の大域的かつ局所的な整合性を考慮した画像補完を行う。このCNNは大きく分けて3



図1 画像の自動補完

部分からなる。補完ネットワークは任意のサイズの画像における自由な形状の欠損を補完し、大域および局所識別ネットワークは本物の画像と補完された画像を識別し、補完ネットワークに情景の整合性を考慮した画像補完を学習させる。大域識別ネットワークは画像全体が自然な画像になっているかどうかを評価し、局所識別ネットワークは補完領域周辺のより詳細な整合性によって画像を評価する。この両方に補完した画像を本物だと識別させる、つまり「だます」ように補完ネットワークを学習させることで、情景全体で整合性が取れており、局所的にも自然な補完画像を出力することができる。一方で2つの識別ネットワークもまた同時に、補完ネットワークに「だまされない」ように学習させる。これにより、様々な情景において自然な画像補完が可能となり、さらに従来のパッチベースの手法ではできなかった、入力画像に写っていないテキストや物体を新たに生成することもできる、人間の顔の一部を補完するなどの複雑な画像補完を実現した。