

革新的コンピューティング技術の開拓
2018 年度採択研究者

2020 年度 年次報告書

栗野皓光

京都大学大学院情報学研究科
准教授

深層学習の「見える化」で切り拓く安全な人間・機械協調社会

§ 1. 研究成果の概要

本年度は(1)組み込み機器実装を指向した深層学習による人型ロボット制御アルゴリズムの開発、および、(2)学習が軽量な重みレスニューラルネットワークの開発に取り組んだ。

(1)DNNとロボティクス技術の組み合わせにより、家事などの日常タスクを代替させる試みが進んでいるが、依然として推論にはGPUを使用しており、筐体サイズが限られているロボット本体へのDNN推論器の組み込みは困難であった。そこで、小型かつ低消費電力で動作できるFPGAへの実装を試行し、重み・活性化値が2値化された2値化ニューラルネットワークの利用を検討する。しかし、ロボット制御タスクでは関節角度という連続量の回帰が求められるため、全ての層を2値化してしまうと、学習が収束しないという問題が顕在化した。そこで、画像特徴抽出モジュールのエンコーダ部分のみを2値化した部分2値化オートエンコーダを開発した。デコーダ部分を浮動小数点として学習することで、学習誤差の発散を防ぎ、安定した学習が可能となる。一方で、推論時にはデコーダを取り除いてしまうため、推論に必要なモデルサイズは全体を2値化した場合と遜色ない。実ロボットで取得された学習データを用いた数値実験の結果、提案手法により、推論精度を殆ど損なうことなくモデルサイズを95.7%削減できることを明らかにした。

(2)DNNの学習に掛かる膨大な計算コストが問題視されることを鑑み、誤差逆伝播法に依存しない画像分類器の実現可能性を模索した。リザーバーニューラルネットワークは誤差逆伝播を必要とせず、軽量であることが謳われているが、依然として出力層の学習には逆行列演算が求められるため、更なる軽量化の余地が残されている。そこで、確率的なデータ構造であるブルームフィルタで出力層を置き換えることで、逆行列演算を排除しつつも、MNIST画像分類タスクで十分な推論精度を達成できることを示した。