

篠田 浩一

東京工業大学  
教授

## 社会インフラ映像処理のための高速・省資源深層学習アルゴリズム基盤

### § 1. 研究成果の概要

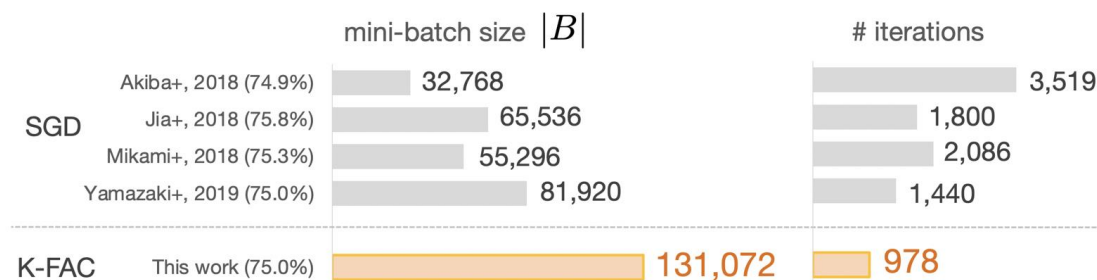
加速フェーズでは、スモールフェーズに引き続き、計算ノード処理、並列分散処理、学習アルゴリズム、小型化・頑健化の 4 つの課題の解決を目指す。まず、計算ノード処理においては、二次最適化をさらに進展させ、従来の確率的勾配降下法に代わり標準的な最適化手法とすることを狙う。また、並列分散処理では、従来は千ノード程度での処理を扱ってきたが、これを 10 万ノードまでスケールする処理に発展させる。さらに、学習アルゴリズムにおいては、映像時系列データ解析のために、生成モデルによるデータ増強、グラフ信号処理との融合に特に注力する。最後に、小型化・頑健化においては、より実装技術まで踏み込み、FPGA への深層学習の実装技術を開発する。

初年度である 2019 年度は、これら要素技術の研究開発を行った。それと並行して全体の共通課題として以下の 3 点に注力した。まず、評価用データベースの検討を行った(大西 G が中心)。また、Co-Design の効率化のためのモデルシミュレーションツールの開発を開始した(松岡 G、中原 G が中心)。さらに、新たに加わる理論基盤チーム(鈴木 G)、シンガポールの I2R と効率的に共同研究を行う仕組みを確立した。以下、グループ個別の成果として特に顕著な 2 つの成果について述べる。

横田 G では、深層学習における学習アルゴリズムとして、確率的勾配降下法(SGD)の代わりに二次最適化を用いることでその高速化を行った。従来、二次最適化は、SGD に比べ計算時間が大きく、また、汎化性能が劣っていたが、クロネッカー因子分解(K-FAC)による近似を用いて計算時間を大きく削減し、優れた汎化性能を獲得することができた。国内最大の GPU スパコンである ABCI の全ノードを 24 時間専有できるグランドチャレンジ制度を活用し、ILSVRC(ImageNet)の大規模分散学習に要する時間を 2 分まで短くすることができた。特にミニバッチサイズを大きくしても性能が劣化しないため、繰り返し(iteration)数を抑えることができ、並列学習が大規模になればなるほど効果を発揮する方式である。国内ではソニー、富士通、国外では Google、Facebook、Tencent などが同じタスクに挑戦しているが、それらはみな SGD を用いており、二次最適化を用

いる我々の方式は独自性の高い成果である。大規模分散学習で SGD と同等の計算時間、汎化性能を実現できた点は高く評価され、トップカンファレンス CVPR2019 に採択された[1]。

中原Gは、深層学習を用いた外れ値検出の研究において、スパース性と低ビット表現を組み合わせた 3 値化オートエンコーダを提案した。重み係数を3値に量子化することにより、モデルパラメータ数を 90%削減できた。さらに、この 3 値化オートエンコーダを用いた推論のための専用回路を FPGA に実装し、ARM プロセッサと比較して、高速かつ電力を削減することに成功した。本研究成果を SASIMI2019 にて発表し、最優秀論文賞を受賞した[2]。



#### 【代表的な原著論文】

1. K. Osawa, Y. Tsuji, Y. Ueno, A. Naruse, R. Yokota, S. Matsuoka, Second-order Optimization Method for Large Mini-batch: Training ResNet-50 on ImageNet in 35 Epochs, IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Long Beach, USA, June 16-20, 2019.
2. N. Soga, S. Sato and H. Nakahara, “Energy-efficient ECG Signals Outlier Detection Hardware using a Sparse Robust Deep Autoencoder,” The 22nd Workshop on Synthesis and System Integration of Mixed Information technologies (SASIMI), 2019, pp.2-7.

## § 2. 研究実施体制

### (1) 篠田グループ

- ① 研究代表者: 篠田 浩一 (東京工業大学情報理工学院 教授)
- ② 研究項目
  - ・社会インフラ映像処理のための高速・省資源深層学習アルゴリズム基盤

### (2) 松岡グループ

- ① 主たる共同研究者: 松岡 聡 (理化学研究所計算科学研究センター センター長)
- ② 研究項目
  - ・10万ノード超並列処理と資源スケジューリング

### (3) 大西グループ

- ① 主たる共同研究者: 大西 正輝 (産業技術総合研究所人工知能研究センター 研究チーム長)
- ② 研究項目
  - ・実社会応用における評価

### (4) 横田グループ

- ① 主たる共同研究者: 横田 理央 (東京工業大学情報理工学院 准教授)
- ② 研究項目
  - ・確率的勾配降下法に代わる二次最適化

### (5) 村田グループ

- ① 主たる共同研究者: 村田 剛志 (東京工業大学情報理工学院 准教授)
- ② 研究項目
  - ・グラフ深層ニューラルネットによる知識処理との融合

### (6) 中原グループ

- ① 主たる共同研究者: 中原 啓貴 (東京工業大学工学院 准教授)
- ② 研究項目
  - ・FPGA 実装向け深層学習回路

### (7) 鈴木グループ

- ① 主たる共同研究者: 鈴木 大慈 (東京大学大学院情報理工学系研究科 准教授)
- ② 研究項目
  - ・深層学習理論(汎化誤差、圧縮率、収束率)