

近藤 正章

東京大学大学院情報理工学系研究科  
准教授

## エッジでの高効率なデータ解析を実現するグラフ計算基盤

### § 1. 研究成果の概要

本研究は、ヒト・モノ・情報のモビリティ最適化の実応用を例としつつ、ハードウェアとソフトウェアの両面から将来あるべきエッジ指向グラフ処理基盤に関して研究開発を実施するものである。低遅延・低電力なリアルタイム指向グラフ処理専用アクセラレータの開発、グラフ処理と人工知能・アニメーリング計算技術の融合、Society5.0に資する実グラフアプリケーションを題材としたコデザインの推進をアプローチとして、エッジ側での高効率なグラフ処理基盤の実現を目指す。

2019年度はハードウェア・ソフトウェア・アルゴリズムのそれぞれで要素技術の開発と応用展開を目指した実装・評価を行った。さらに、協力企業と連携しつつ実証実験に向けた準備を行ったほか、新たな連携の模索にも力を入れた。以下に各研究項目の概要を示す。

【研究項目 A】(1) エッジ指向グラフ処理アクセラレータ・アーキテクチャの研究項目では、動的グラフを容易に扱える edge-centric グラフのアーキテクチャの設計と評価を行った。評価結果では、処理が進むにつれて従来の実行に比べて主記憶アクセスが大幅に削減できることがわかった。また、ロボット知能への応用展開を目指し、経路探索処理、ならびに Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) を重要アプリケーションとして、そのアーキテクチャ検討とアクセラレータ設計を行った。特に、経路探索処理向けアクセラレータは FPGA 上に実装し、CPU や GPU の実行に比べて高速に解が探索できることを示した。

【研究項目 A】(2) AI/AC 処理との連携が可能なグラフ処理システムアーキテクチャの開発では、RISC-V を念頭に、CPU とアクセラレータ間でデータの受け渡しを効率的に行うためのメモリアーキテクチャを主に検討した。

【研究項目 A】(3) エッジ指向グラフ処理アクセラレータ向け電力管理技術開発と実チップ検証では、SLAM 処理への近似演算の適用を検討し、そのコンポーネントのチップ試作を行った。

【研究項目 B】(4) エッジ指向グラフ処理アクセラレータ向けソフトウェアスタックの開発では、エッジデバイスで高効率に動作する簡易データベースの設計を行ったほか、SLAM 応用を例に、クラウド

ド環境との連携を意識したソフトウェアの開発と初期評価を行った。

【研究項目 B】(5) グラフ・AI/アニーリング処理のシームレスな連携を実現するソフトウェアフレームワークの研究では、グラフデータに対してニューロモーフィックコンピューティングにより探索・解析を行うソフトウェア、およびエッジデバイスでの効率的なデータ選択手法を開発した。

【研究項目 C】(6) エッジ指向グラフ処理向けアルゴリズムの開発では、グラフ解析と数値最適化を応用し、ユーザの興味の遷移を推定する手法、およびその情報を用いた Web サイトの評価指標の構築などを行った。連携企業の実データを用いた評価では、時事的なニュースに対して既存指標では見分けられないような特徴の違いを抽出できた。

【研究項目 C】(7) 将来的なアニーリングアクセラレータ連携に向けた要件調査と性能解析では、アニーリング処理を行うハードウェア上で様々な最適化問題の性能解析を行った。

【研究項目 D】(8) 協力企業との連携と応用展開では、グラフ解析や最適化の応用展開として複数の企業と連携して研究を進めたほか、さらなる応用展開にむけて、車載応用や半導体関係企業との連携模索も行った。

#### 【代表的な原著論文】

1. Akihiro Yoshida, Tatsuru Higurashi, Masaki Maruishi, Nariaki Tateiwa, Nozomi Hata, Akira Tanaka, Takashi Wakamatsu, Kenichi Nagamatsu, Akira Tajima, Katsuki Fujisawa, “New Performance Index “Attractiveness Factor ” for Evaluating Websites via Obtaining Transition of Users ’ Interests”, Data Science and Engineering, Springer, Volume 5, Issue 1, pp. 48-64, March 2020.
2. Akihiro Yoshida, Yosuke Yatsushiro, Nozomi Hata, Tatsuru Higurashi, Nariaki Tateiwa, Takashi Wakamatsu, Akira Tanaka, Kenichi Nagamatsu, and Katsuki Fujisawa, “Practical End-to-End Repositioning Algorithm for Managing Bike-Sharing System”, The proceedings of the IEEE BigData2019, 2019.
3. Huiqiao Ren and Katsuki Fujisawa, “Circular Arc Based Obstacle Avoiding Blending Trajectory plan”, 2020 the 5th International Conference on Control and Robotics Engineering (ICCRE2020), Osaka, Japan, 2020

## § 2. 研究実施体制

### (1) 近藤グループ

- ① 研究代表者:近藤 正章 (東京大学大学院情報理工学系研究科 准教授)
- ② 研究項目
  - ・エッジ指向グラフ処理アクセラレータ・アーキテクチャ
  - ・エッジ指向グラフ処理アクセラレータ向けソフトウェアスタックの開発
  - ・グラフ・AI/アニーリング処理のシームレスな連携を実現するソフトウェアフレームワーク
  - ・協力企業との連携と応用展開

### (2) 藤澤グループ

- ① 主たる共同研究者:藤澤 克樹 (九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 教授)
- ② 研究項目
  - ・エッジ指向グラフ処理向けアルゴリズムの開発
  - ・将来的なアニーリングアクセラレータ連携に向けた要件調査と性能解析
  - ・協力企業との連携と応用展開

### (3) 石原グループ

- ① 主たる共同研究者:石原 亨 (名古屋大学大学院情報学研究科 教授)
- ② 研究項目
  - ・AI/AC 処理との連携が可能なグラフ処理システムアーキテクチャの開発
  - ・エッジ指向グラフ処理アクセラレータ向け電力管理技術開発と実チップ検証
  - ・協力企業との連携と応用展開