

Society 5.0を支える革新的コンピューティング技術  
2018年度採択研究代表者

2022年度  
年次報告書

近藤 正章

慶應義塾大学 理工学部  
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

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)

藤澤 克樹 (九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所 教授)

## 研究成果の概要

本研究では、ヒト・モノのモビリティ最適化に向け、ハードウェア・ソフトウェア・アプリケーションの開発を通じて将来のエッジ指向グラフ処理基盤を研究開発している。2022年度は以下の主要な成果を得た。

ハードウェアに関する研究では、SRAM 上でグラフ処理を行うニアメモリ型のアクセラレータアーキテクチャを開発し、FPGA 上にプロトタイプ実装し評価を行ったほか、SRAM のメモリ構造を利用した近似乗算手法を開発した。また、CPU 部分には近似ベクトル積和演算器や低電圧動作可能なメモリ機構を搭載する高性能な RISC-V コアを設計した。さらに汎用 OS とリアルタイム OS の両方が動作するシステム向けの消費エネルギー削減手法を考案し、国内研究会で発表したところ、研究会優秀発表賞を受賞した。

システムソフトウェアに関しては、これまで開発したエッジグラフ処理向けソフトウェアライブラリを拡張しつつ、エッジとクラウドが連携してグラフ上での経路探索問題を解く応用事例を開発して評価を行った。また、グラフ処理と AI 処理の連携に関する事例として、特に時系列グラフ上でモノの動きを最適化するための強化学習手法を開発した。大域的なグラフではなく、局所的なグラフに着目してエージェントの移動経路のスケジューリングを試行したところ、強化学習で効率的に学習が行えることがわかった。

アルゴリズム開発と応用展開に関しては、様々な属性をグラフに埋め込むためのアルゴリズムを開発し、Web アクセスデータを用いた実験では提案手法の優位性が示された。また量子コンピューティングとの連携について、QSQS アルゴリズムの拡張を検討した。さらに、協力企業との連携として、引き続き Yahoo! Japan やロート製薬などの企業と連携して様々な成果が創出された。特に、自動倉庫を効率的に運用するための応用問題等に取り組んだ。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) Yosuke Ueno, Masaaki Kondo, Masamitsu Tanaka, Yasunari Suzuki, Yutaka Tabuchi, "QULATIS: A Quantum Error Correction Methodology toward Lattice Surgery", The 28th IEEE International Symposium on High-Performance Computer Architecture (HPCA-28), pp.274-287, April 2022.
- 2) Keiichiro Yamamura, Haruki Sato, Nariaki Tateiwa, Nozomi Hata, Toru Mitsutake, Issa Oe, Hiroki Ishikura and Katsuki Fujisawa, "Diversified Adversarial Attacks based on Conjugate Gradient Method", Thirty-ninth International Conference on Machine Learning (ICML 2022), July 2022.
- 3) Jun Shiomi, Shogo Terada, Tohru Ishihara, Hidetoshi Onodera, "Zero-Aware Fine-Grained Power Gating for Standard-Cell Memories in Voltage-Scaled Circuits", IEEE 35th International System-on-Chip Conference (SOCC), Sep. 2022.
- 4) Jun Zhou and Masaaki Kondo, "Interactive and Reliable Graph Processing via the Edge-Cloud Collaboration Framework", The 24th IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications (HPCC-2022), Dec. 2022.