2025 年度年次報告書

先端国際共同研究推進事業
【2024 年度採択　次世代のための ASPIRE　半導体分野】

【研究課題名】
エッジ・クラウド協調 AI 計算基盤のための DSL とコンパイラによる高度な自動コード最適化

研究代表者：
佐藤　幸紀（豊橋技術科学大学　准教授）

主たる共同研究者：
坂本　龍一（東京科学大学　准教授）

相手側研究代表者：
Saman Amarasinghe（Professor, MIT）

1. 研究進捗状況と成果

① 研究構想

2025 年度は、相手側研究グループの主要な参画研究者を日本に招へいし、日本側の学生や研究コミュニティを含めた研究交流を開始した。また、本研究で取り組む 3 つのテーマに関して、1) 先進的 AI チップに向けた高度な自動コード最適化、2)エッジ・クラウド協調環境向け DSL の開発、3)クラウド内ネットワーク通信の最適化、4)ネットワーク基盤のソフト・ハード協調設計、5) ネットワーク基盤向け DSL、6）先進的 AI チップに向けた高度な自動コード最適化、という 6 つの観点から研究を進めた。それぞれの項目において共同研究の起点となる初期のプロトタイプ実装を進めるとともに、基礎的な性能評価を実施し、初期の成果に関する論文投稿も行った。

② 国際頭脳循環の促進

佐藤グループからはポスドク研究員 1 名が 5 月から約 10 か月にわたり相手国 MIT グループに渡航し、共同研究を実施した。また、佐藤グループの修士 1 年の学生 1 名も MIT 側のグループに 6 週間訪問し、共同研究を実施した。佐藤グループの修士 1 年の学生と学部 4 年の学生の 2 名についても、アルゴンヌ国立研究所とのドメイン特化型 AI チップの設計とソフトウェア開発環境に関する共同研究を進めるため 6 週間の渡航を行った。MIT 側研究者も日本に招へいし、国際共同研究の基盤構築を進めた。MIT 側の開発している BuildIt および NetBlocks という DSL 開発のフレームワークに関しては、日本で 2025 年 6 月に開催された国際会議 ISCA にてチュートリアルを実施した。加えて、本プロジェクトに関する 2 つの公開ワークショップを東京科学大にて開催し、両国の PI の研究グループに加え、日本側 Co-PI の坂本グループのメンバーや MIT 側の Jonathan Ragan-Kelley 准教授らのグループとの連携強化や国内の関連する研究コミュニティのメンバーと研究交流を促進した。

2. 代表的な成果事例

1. Rin Iwai, Jens Domke, Emil Vatai, Yukinori Sato, “Prototyping an Autotuning Framework for Program Optimization Using Exo Language”, Proceedings of the Supercomputing Asia and International Conference on High Performance Computing in Asia Pacific Region Workshops, Pages 156 - 164, 2026.

   概要：ベクトル化やループ変換などのコード変換やコードに埋め込まれる性能パラメータの最適化を半自動化する“ExoAutoTuner”を提案し、スーパーコンピュータ富岳の CPU である Fujitsu A64FX processor 向けのプロトタイプ実装を行った。自動チューニングするべき性能パラメータについて独自の型とすることによりプログラム性を向上させるとともに、シミュレーテッドアニーリングによりパラメータ最適化を行うことにより最適化が半自動化できることを示した。本研究において基盤にしたコンパイラ基盤 Exo は MIT 側グループが世界に先駆けて開発したものであり、今後の共同研究における連携強化の糸口となる論文となった。