

ALCA-Next

「グリーンコンピューティング・DX」領域

2023 年度 年次報告書

2023 年度採択

[中島康彦]

[奈良先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科 教授]

[多連装マルチレベルパイプライン CGRA]

主たる共同研究者:なし

実施期間 : 2023 年 11 月 15 日～2024 年 3 月 31 日

## §1. 研究開発成果の概要

目的は、AI+セキュリティを含む計算インテンシブアプリに、汎用高効率計算基盤を提供し、2050年に274,000TWhとされる世界のサーバ電力消費量を11,000TWhに削減し、太陽光発電量現実的上限87,600TWhの1/8に抑えること(2018年電力消費量=105TWh[LCS/JST]、2019年太陽光発電量=679TWh[AIST])。独自性は、チップレット適合スケーラブル PiM アーキテクチャ、電力消費が大きいメモリインタフェース狭小化に有効な脱水平(SIMD)・マルチレベルパイプライン(MISD)アーキテクチャ、高速コンパイルが可能なロケーションフリー・多入力CISCベース・リングアレイ型アーキテクチャ、高効率確率的計算技術、および、統合フレームワーク。

### 【0】インメモリ・ニューロモーフィックデバイス

**目標:**究極目標であるアナログ素子型超低電力 AI に関し、大規模化の困難さを再確認し、デジタル方式の優位性を補強。**成果:**強誘電体メモキャパシタ作製、特性測定、回路シミュレーションによる画像識別能力確認を完了。消費電力の微小性を確認。

### 【1】中段・後段向け大規模デジタル汎用 CGRA

**目標:**XILINX 製 VPK180x4 による CGRAx8 構成プロトタイプの開発。高効率マクロパイプラインの基本設計。**成果:**プロトタイプ完成。開発フレームワークにより、画像識別がマクロパイプライン動作。U-Net(医用画像診断用 3D 畳み込み)を実装し、高効率性を国際会議[1]に報告。

### 【2】初段向け超小型確率的デジタル CGRA

**目標:**多入力積和演算を瞬時に行う、Flash Computing Tensor Unit(観測 1 回で誤差 1%)の概念実証モデル開発。1を計数するAccumulative Parallel Counter(APC)の基本設計。**成果:**APC および非同期確率計算(ASC)のモデル開発と機能検証を完了。単一 ASNG、ASC 乗算、マルチオペランド算術演算機能(シグモイドと非線形関数)の評価を完了。

### 【3】次世代セキュリティ向けデジタル専用 CGRA

**目標:**SHA-512、SHA3、BLAKE2 等の 32/64bit ハッシュ関数の実装と性能/電力効率評価。**成果:**プロトタイプ完成。SHA2,SHA3,BLAKE,SM3 等従来型および最近標準化された ASCON-Hash 等に対応。高効率性を国際会議[2][3]に報告。

### 【代表的な原著論文情報】

1. Ren Imamura, Zhu Guangxian, Sang Duong Thi, Hoai Luan Pham, Renyuan Zhang, and Yasuhiko Nakashima: "Energy-efficient 3D Convolution using Interposed Memory Accelerator eXtension 2 for Medical Image Processing", MICAD'23, Dec. (2023)
2. Sang Duong Thi, Hoai Luan Pham, Le Vu Trung Duong, Diem Thi Tran, Ren Imamura, Quoc Duy Nam Nguyen, Thi Hong Tran and Yasuhiko Nakashima: "Universal 32/64-bit CGRA for Lightweight Cryptography in Securing IoT Data Transmission", IEEE International Symposium on Embedded Multicore/Many-core Systems-on-Chip (MCSoc 2023), Dec. (2023)
3. Le Vu Trung Duong, Hoai Luan Pham, Thi Hong Tran, Sang Duong Thi, Ren Imamura, Akabe Tomoya and Yasuhiko Nakashima: "High-efficiency Reconfigurable Crypto Accelerator Utilizing Innovative Resource Sharing and Parallel Processing", IEEE International Symposium on Embedded Multicore/Many-core Systems-on-Chip (MCSoc 2023), Dec. (2023)