2023 年度 若手・女性研究者奨励金 レポート

研究課題	**高性能かつ汎用性を兼ね備えたモバイルプロセッサの実現－超並列処理可能な演算コアを用いた AI 処理の実装－**
キーワード	①モバイルデバイス向けプロセッサ、②並列処理、③AI 処理

研究者の所属・氏名等

フリガナ 氏　名	カゲヤマ　キョウスケ 蔭山　亨佑
配付時の所属先・職位等 （令和５年４月１日現在）	近畿大学　理工学部　電気電子通信工学科　助教
現在の所属先・職位等	同上
プロフィール	2014 年立命館大学理工学部電子情報デザイン学科卒業。2016 年立命館大学大学院理工学研究科電子システム専攻博士前期課程修了。2022 年立命館大学大学院理工学研究科電子システム専攻博士後期課程にて博士（工学）修了。2022 年までに三重県警察本部科学捜査研究所、総務省消防庁等を経て、現在、近畿大学理工学部電気電子通信工学科助教として勤務している。これまで、モバイルデバイス向けプロセッサの開発から画像処理や音処理等のマルチメディア処理のアプリケーション開発まで幅広い研究を行っている。

1. 研究の概要

本研究では超並列処理が可能なアクセラレータとしてモバイルデバイス向けプロセッサであるCAMXにおいてAI処理を実装し、AI処理で課題となる膨大な積和演算を超並列処理により高速に演算可能であることを確認した。また、AI処理の実装において必要となる浮動小数点処理及び画像処理の実装も行い、CAMXが既存のモバイルプロセッサよりも低い動作周波数で高性能に動作することを確認した。また、CAMXをモバイルデバイスに組み込むことを想定し、FPGAボードを作成し、実機での検証も進めている。実機への実装に向けて、既存の開発環境において制限があったため、引き続きAI処理における命令数の削減、演算におけるビット数と精度の検証、及び実機上での性能検証について検証が必要であることを確認した。

2. 研究の動機、目的

モバイルデバイスはユーザが日常的に身に着けられるよう小型かつ低消費電力という制約があり、AI 処理で求められる膨大な演算やデータの処理をデバイス内で完結することは困難である。このため、モバイルデバイス上で膨大な演算やデータの処理を実行する場合にはインターネットを経由してサーバ上の大規模パソコンで処理を行い、結果をモバイルデバイスに返信する手法が主流となっている。しかし、この手法ではインターネットを経由するため、インターネット環境が構築された限られた場所でしか利用できず、さらに接続状況によりリアルタイム性の問題も発生する。一方、これらの課題を解決するために、AI 処理等に特化した高性能な専用回路をモバイルデバイスに組込む手法も提案されている。しかし、この手法では AI 処理等の個別処理に対してのみ高性能に実行できるだけであり、それ以外の様々な処理を高性能に実行することは困難である。このため、個別の処理に特化した専用回路を複数個組み

込み様々な処理を実現するモバイルデバイスも提案されているが、複数の専用回路を組み込むことでモバイルデバイスが大型化することが課題となっている。本研究では、これらの課題を解決するため、様々な処理を実行可能な汎用性のある提案モバイルプロセッサである CAMX を用いて、AI 処理の実行性能を検証し、より高性能かつ汎用性を持ったモバイルデバイス向けプロセッサの実現を目指す。

3. 研究の結果

本研究では、これまでに提案している CAMX を用いて、AI 処理の検証を行った。はじめに、CAMX 上で AI 処理において必要となる浮動小数点処理及び画像処理の検証を既存の開発環境を用いてシミュレーションにて行った。CAMX に基本的な画像処理として知られるモルフォロジカルウェーブレット変換を実装し、画像に透かしデータを埋め込む処理を行った（図 1）。この結果、CAMX は既存のモバイルプロセッサとして知られる ARM コアよりも低い動作周波数で同程度の性能となることを確認した（図 2）。当該検証により CAMX におけるマルチメディア処理の有効性を確認できたため、次に AI 処理の実装を行った。AI 処理としてリザーバコンピューティングを CAMX に実装し、学習と予測の検証を行った。この結果、AI 処理で課題となる大量の積和演算を超並列処理により一括して演算を行うことが可能であると確認した。しかし、実機への実装に向けて、既存の開発環境におけるシミュレーションの制限により、繰り返し演算に係る命令数の増大や演算ビット数の制限による予測精度の低下が発生し、これらの追加検証が必要であることを確認した。一方、CAMX を実機で検証するため、CAMX を組み込むための FPGA ボードの開発も同時に行い、CAMX が汎用プロセッサのアクセラレータとして動作できるよう基本 API の構築を行い、FPGA 内部にメモリを作成し、SPI 通信で超小型コンピュータから組み込みバス経由でデータのやり取りが行えることを確認した(図 3)。引き続き、これまでシミュレーション上において有効性を確認した CAMX のアルゴリズムを FPGA に実装し、処理性能や消費電力等を検証する。本研究成果は、学術論文誌である Nonlinear Theory and Its Applications IEICE 等において報告した。

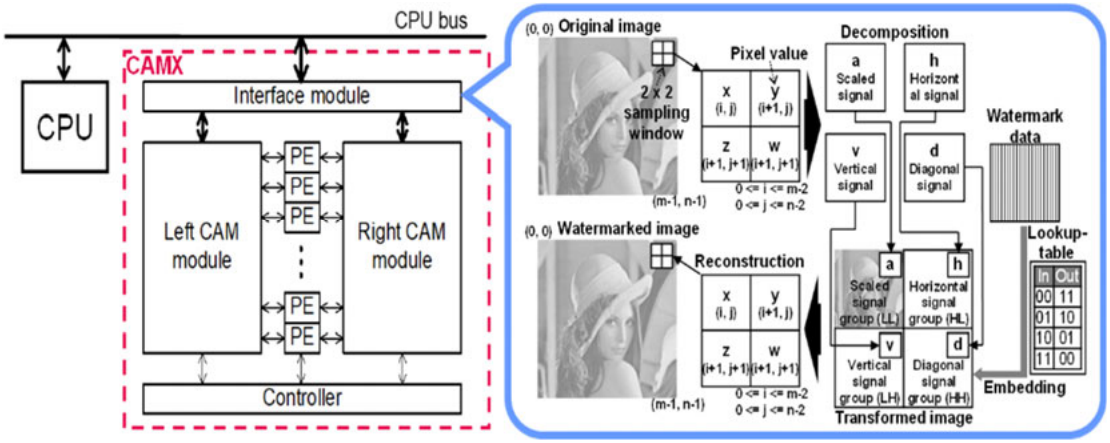

図１．モルフォロジカルウェーブレット変換の実装

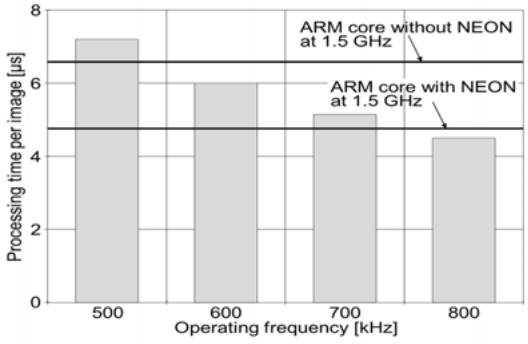

図２．CAMX の性能検証

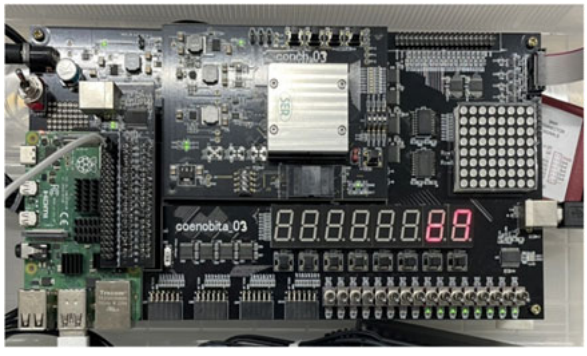

図３．実機動作検証用 FPGA ボード

4. 研究者としてのこれからの展望

本研究における検証により、CAMX を組み込んだモバイルデバイスの更なる可能性を確認することができました。本助成にて得た結果や知見を生かし、モバイルデバイスの更なる高性能化を目指し、よりユーザが利用しやすいデバイスの開発に取り組んでいきます。そして、提案する CAMX を社会に還元できるようモバイルデバイスに組み込むための更なる詳細な検証を進めていきます。また、モバイルデバイスを用いて社会的な課題を解決することを目的に、モバイルデバイスで利用可能な画像処理や音処理等の様々なアプリケーションの開発や研究を行い、ユーザサポートなモバイルデバイスの実現を目指し、安全・安心な社会の実現に貢献していけるよう尽力していきます。

5. 支援者（寄付企業等や社会一般）等へのメッセージ

本研究に関して多大なるご支援をいただき誠にありがとうございました。本奨励金により提案するプロセッサの有効性を検証できただけでなく、社会実装に向けたより高性能なプロセッサとするための新たな知見も得ることができ、今後の更なる発展的な研究の道筋を設定することができました。今後は本研究を進展させ、社会に還元できるよう引き続き研究に邁進していきます。今後ともご支援の程よろしくお願い申し上げます。