

日本ーインド 国際共同研究拠点「ICT 領域」 2020 年度 年次報告書	
研究課題名（和文）	IoT とモバイルビッグデータ処理のための高信頼高機能サイバーフィジカルシステムの構築
研究課題名（英文）	Architecting Intelligent Dependable Cyber Physical System Targeting IoT and Mobile Big Data Analysis
日本側研究代表者氏名	藤田 昌宏
所属・役職	東京大学・工学系研究科附属システムデザイン研究センター・教授
研究期間	2016 年 10 月 1 日 ～ 2022 年 3 月 31 日

1. 日本側の研究実施体制

氏名	所属機関・部局・役職	役割
藤田 昌宏	東京大学・工学系研究科附属システムデザイン研究センター・教授	全体統括と設計効率化のためのテンプレートを用いた IoT などサイバーフィジカルシステム（CPS）開発手法
池田 誠	東京大学・工学系研究科附属システムデザイン研究センター・教授	高効率ハードウェアを用いた暗号処理技術
三田 吉郎	東京大学・工学系研究科・准教授	MEMS によるセンサ技術とその利用法
河野 崇	東京大学・生産技術研究所・教授	ニューロンモデルを利用した高効率情報処理技術とその応用

2. 日本側研究チームの研究目標及び計画概要

下記の各技術要素に関する研究を引き続き推進する。

- ・ 柔軟なアーキテクチャに対応できるテンプレートベース設計手法の確立
- ・ 近似計算ハードウェアの自動設計手法の確立
- ・ シリコン神経ネットワークによる自己想起型連想記憶メモリの特性解析とデジタルコンピュータシステムとのインターフェース
- ・ セキュリティ関連では、従来ハードウェアの設計指針として広く用いられている性能・面積

に加え、攻撃耐性を指針に加味した新たな設計・性能評価指針を用いた設計評価を行う

- ・ MEMS センサに関連する技術の集約と、培った技術をベースとして、日印の人員移動を含む人材交流へとギアアップ
- ・ 不揮発性メモリを多用した高効率データ処理技術の確立
- ・ 大規模ニューラルネットワーク処理に適用可能な、ハードウェア・ソフトウェア協調検証環境、CPS エミュレーションシステムの開発

また、上記の各技術の融合として、エッジコンピューティング機器の研究開発を具体例で進める。

3. 日本側研究チームの実施概要

提案しているテンプレートベース設計技術を活用した、サイバーフィジカルシステム（CPS）の設計支援・解析・テストに関し、コンパイラ処理、各種エミュレーション、暗号処理、MEMS デバイス活用、シリコンニューロンとの連携、不揮発性メモリの高性能・高エネルギー効率処理に適用するという観点から、研究開発を進めている。

大規模処理の最適並列実行に関しては、小規模問題の最適化から一般解を類推する技術を畳み込みニューラルネットワークモデルや Transformer/Attention 処理へ適用し、実際に最適実装を生成することで、その有効性を検証した。その際、FPGA を利用した大規模シミュレーションシステムの提案と、大規模論理エミュレータを活用した、ハードウェア・ソフトウェア協調検証システムを構築した。これらにより、たとえばニューラルネットワーク処理において、非常に大規模なモデルの高速実行ができ、Quantization や近似計算を活用したモデルの改良を迅速に進められる。さらに、企業と連携し、企業の持つエッジ向け低消費電力畳み込みニューラルネットワーク処理システムをもとに、それに対して研究開発してきた種々の技術の適用と評価のための準備を進めた。

高エネルギー効率暗号処理関連では、ゲートレベルの実装において最適になるように合成全体のプロセスを制御する手法を考案し評価した結果、有効であり、高性能ハードウェア実装を生成できることが分かった。MEMS デバイス関連では、ショックセンサ開発のまとめと応用を進めるとともに、また日印で人材交流の活発化や密な連携の構築を図っている。特に、インド側の若い優秀な人材活用を図っていく。

シリコンニューロン関連では、デジタルシステムとのインターフェースを担当するニューラルネットワーク処理を考案して、その有効性を確認した。これにより、連想メモリの構築・連携が可能となっている。