

# 大量ストリームデータのリアルタイム処理に向けた柔軟なアーキテクチャ探索と設計環境構築

東京工業大学 工学院 情報通信系 原 祐子

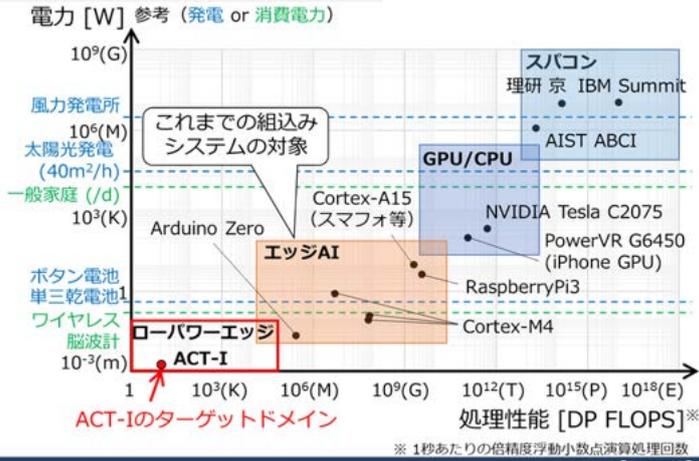


## IoTのための小型省エネCPU

### I. 背景 (解決したい問題) ・ねらい

- 背景 ●
- IoT端末やセンサ：発達・普及
- エッジコンピューティング
- リアルタイムに処理可能
- バッテリー駆動 → 省電力性重視
- アプリケーションの多様化
- 計算量：高負荷～軽量
- 設計生産性 → 汎用アーキテクチャ (プロセッサ) が現実的

- ねらい ●
- 対象アプリケーション群 (ドメイン) を絞った **ドメイン特化型** アーキテクチャ (DSA) → 多様なエッジアプリの中でも、**軽量アルゴリズム** に着目
- 小型 & 超低電力 → ヘルスケア等で、**常時監視・リアルタイムに異常検出** を可能に



### II. 未来への展開・インパクト

- IoTエッジ端末に搭載でき、収集したデータを直ちに処理できる **新たなアーキテクチャ** の仕組みと設計手法を開発
- 少子高齢化社会 → 医療・介護・見守り
- スマート工場・社会インフラ → 監視・異常検出 } **安全安心社会を実現**
- IoTエッジ端末とサーバとの通信を削減
- 消費エネルギー削減 → **低炭素社会** への貢献
- セキュリティ強化・プライバシー確保
- 日本技術を世界のスタンダードに
- 日本の強み (リアルデータ蓄積量・センサ技術) を活かし支える
- 新たなサービス・ビジネスの創出

### III. 研究成果

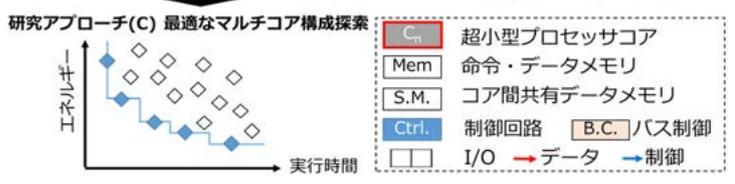
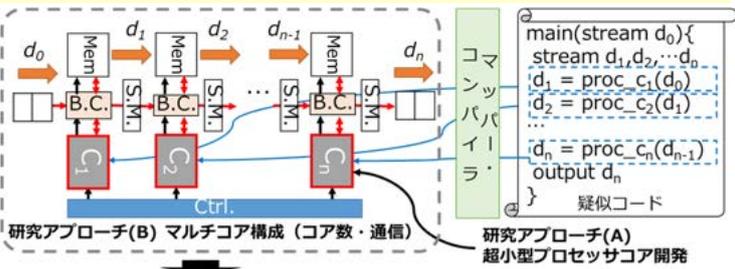
- 小型 (= 低製造コスト) ・高性能・省エネルギー・再利用性 (= 低設計コスト) をすべて満たすアーキテクチャ設計を実現
- 商用小型プロセッサに勝る有用性を実証
- 1コア：0.34倍のサイズ & 0.72倍の処理時間 & 0.20倍の電力
- ASICプロトタイプ作成 (1mm<sup>2</sup>ダイ)
- マルチコア構成を柔軟にカスタマイズ可能
- コア数を増やして更に処理時間を短縮することも可能
- アプリに応じて、最適なコア間通信トポロジを決定
- 2~4コア (= マルチコア) : 0.37~0.21倍の処理時間
- ドメイン特化型のトップダウン設計 (DSA) の効果・意義を実証
- 今後のIoT向けアーキテクチャにとって重要な設計アプローチ



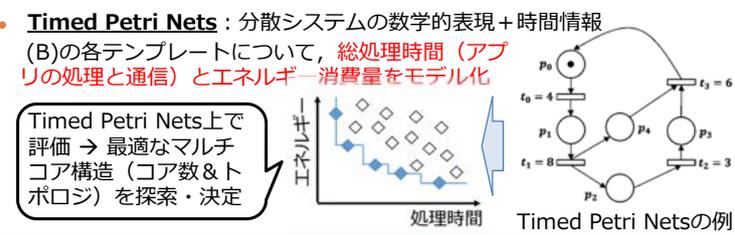
### IV. 本研究課題のアプローチ

キーアイデア「とことん無駄を抑える」の3本柱

(A) コア設計 (B) マルチコア&コア間通信 (C) 最適なマルチコア構造探索



(C) 最適なマルチコア構造探索

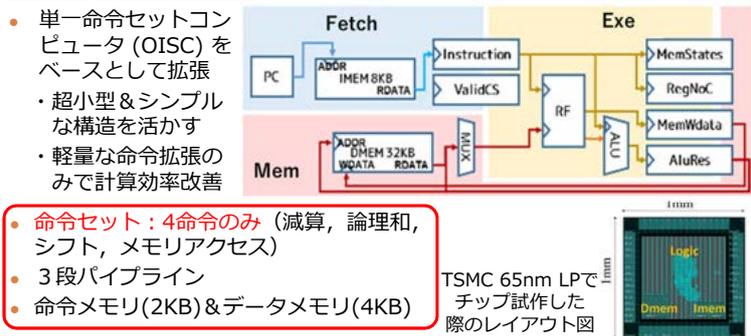


### V. 評価結果 (ヘルスケアシステムを想定したケーススタディ)

- 既存商用省電力プロセッサと比較
- デバイス：TSMC 65nm LP
- 電源電圧1.0V, 周波数50MHz
- 面積：2入力NANDゲート換算
- 面積
- コア：5,619ゲート
- 総面積：54,550ゲート (メモリ計6KBを含む)
- 電力
- 動的電力：69.6uW/MHz (Cortex-M0の×0.24)
- リーク電力：166nW (Cortex-M0の×0.38)

主な違い	命令数	乗算器	レジスタ
RISC-V zero-risky	80	○	32
ARM Cortex-M0	60	○	32
RISC-V micro-risky	47	×	16
本研究 (1コア)	4	×	16

(A) 超小型・省電力プロセッサコア：SubRISC+ (※特許出願済み)



(B) マルチコア構成 (コア数・通信) テンプレート

- 超小型プロセッサコア (OISC/SubRISC+) を用いたマルチコア
- パイプライン式に処理 → **高スループット**
- データ量やアプリに応じた柔軟なコア数・配置 → **エネルギーロス削減**

再利用性とカスタマイズ性の両立



- Dynamic Time Warping
- 二つのデータシーケンスの類似度を計算 (異常パターンとバイオセンサから得られたデータの比較)
- 時系列データ (バイオセンサ) への応用 → **リアルタイムな異常検出**

	センサ	データ長	検出速度 (ms) (実処理 < 要求)
動作推定	加速度	100	7.37 (<990)
てんかん発作	脳波	128	12.10 (<1,270)
心室性期外収縮	心電図	128	12.10 (<50)
不整脈	心電図	256	48.65 (<6,375)

● 今後の展開

- ① 試作した実チップで有用性を検証 → **実応用へ展開**
- ② 省電力IoTデバイスにおける更なるアプリケーションドメイン開拓 → 【AIP加速研究】物理セキュリティ (サイドチャネル攻撃耐性) 強化