

DPUを用いたマルチタスク DNN表情認識システムのFPGA実装

安藤 拓翔¹ 井上 優良²

¹大分工業高等専門学校 専攻科 電気電子情報工学専攻

²大分工業高等専門学校 情報工学科

発表内容

01

背景と目的

表情認識における背景と研究の目的

02

表情認識システムの実装

FPGA上に実装される表情認識システムの説明

03

実験と考察

本システムの有効性の評価

04

まとめ

本研究のまとめと今後の課題

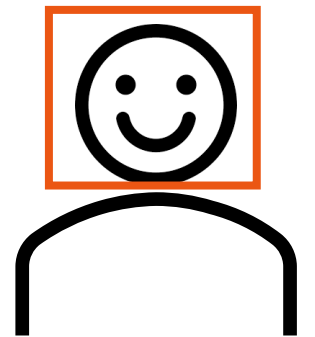
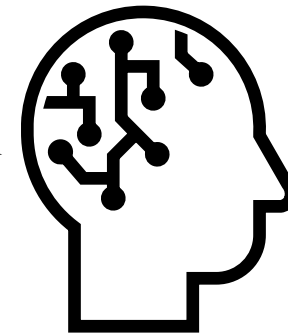
人間の表情とロボット

人間同士のコミュニケーションで

感情や意図を伝達するための有効な非言語手段

人間とコンピュータ間でも有効

ペット型ロボットや医療用ロボットに応用



表情認識とは

ロボットが感情を理解するために必要

Ekmanの基本感情により 6種類に分類される[1]

Ekmanの基本感情

怒り



嫌悪



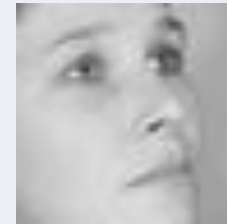
恐怖



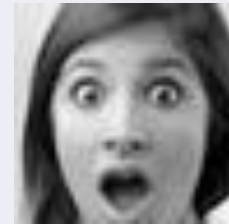
喜び



悲しみ



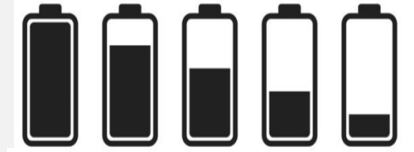
驚き



[1] P. Ekman and W. V. Friesen, "Constants across cultures in the face and emotion," J. Pers. Soc. Psychol., vol. 17, no. 2, pp. 124–129, 1971.

表情認識のロボットへの実装

DNN(AI)認識をバッテリー駆動のロボットに実装



- 長時間動作のため低消費電力な処理装置が必要
- DNNは高い演算性能をもつ処理装置を必要とする (e.g., GPU)

☹️ GPUは高い消費電力を要求するためロボットには不向き



FPGA 実装 : バランスの良い解決策

低消費電力性と高い演算パフォーマンス



FPGA board
Xilinx Kria KV260

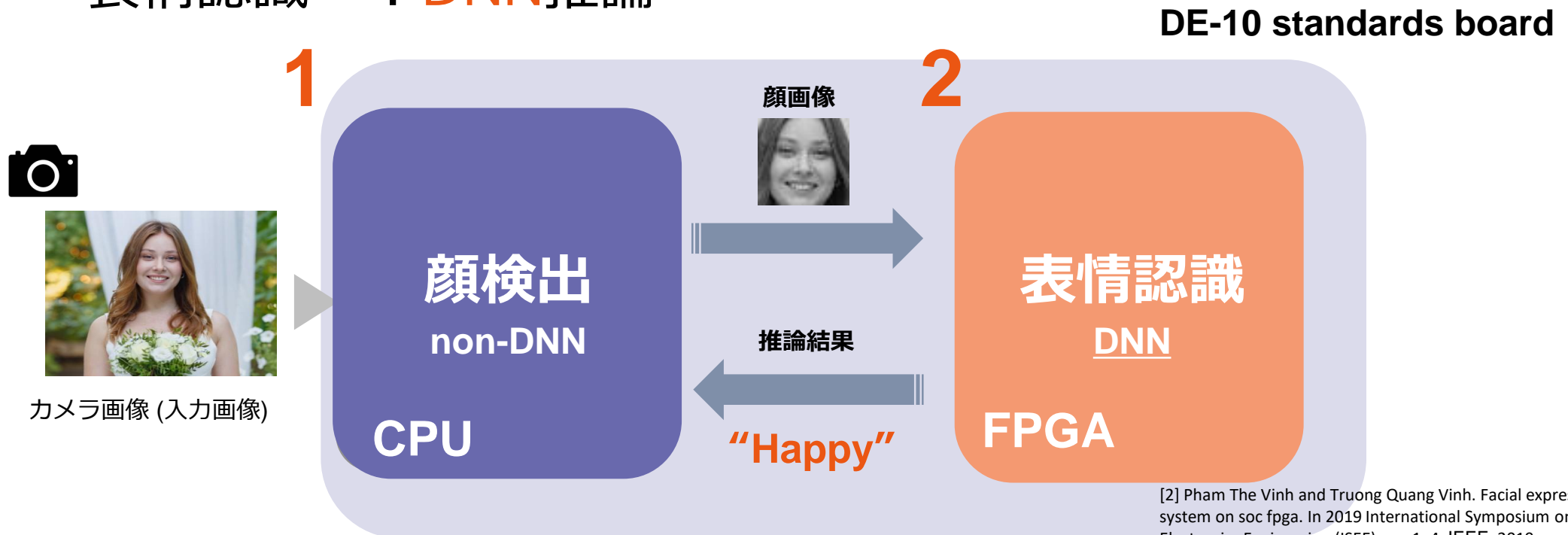
先行研究では

* CPU とFPGA が同一チップ上で構成されるデバイス

Vinh らは **SoC FPGA*** を用いた表情認識システムを実装[2]

顔検出 : Haar Cascade 検出器 (**non-DNN**)

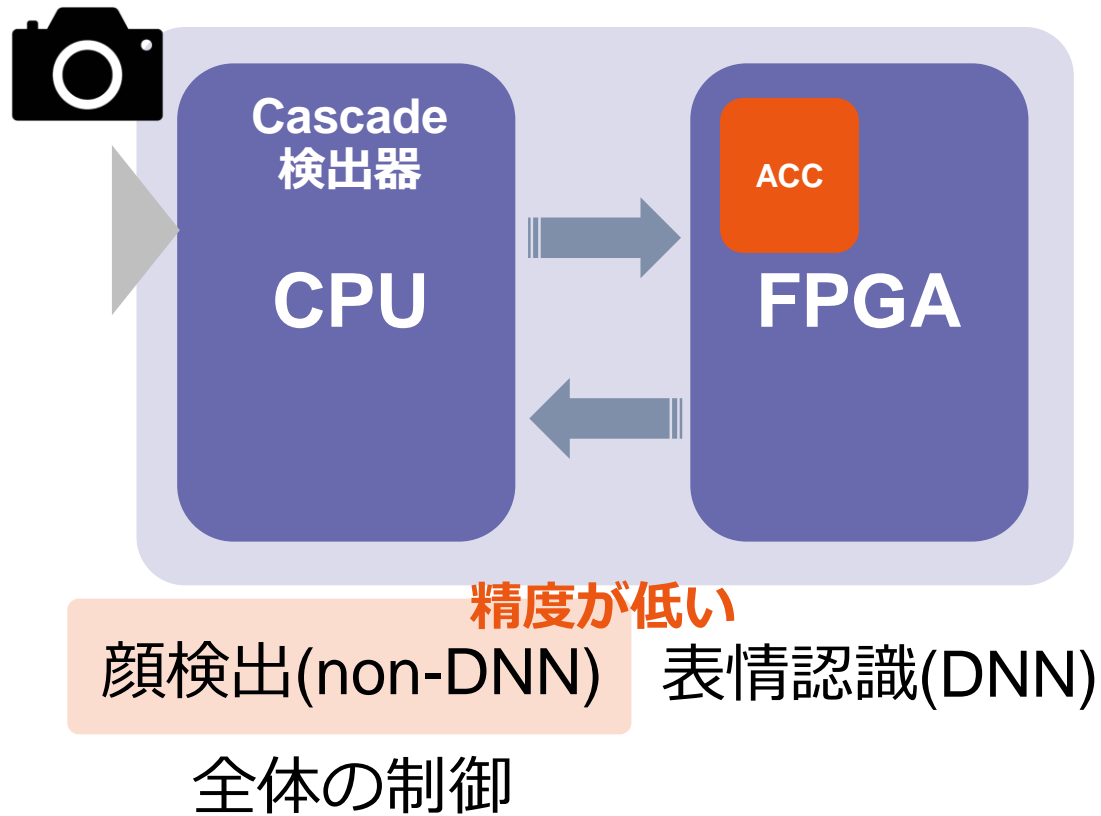
表情認識 : **DNN**推論



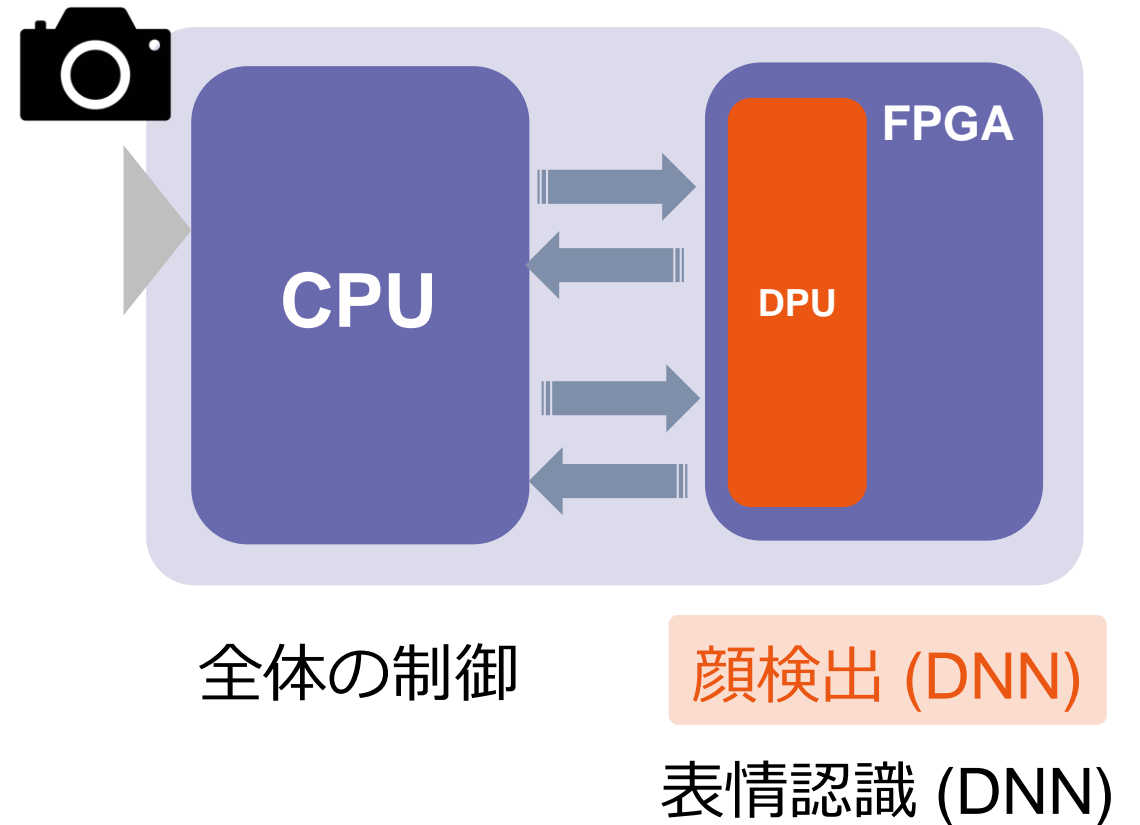
[2] Pham The Vinh and Truong Quang Vinh. Facial expression recognition system on soc fpga. In 2019 International Symposium on Electrical and Electronics Engineering (ISEE), pp. 1–4. IEEE, 2019.

本研究の立ち位置

先行研究



本研究



発表内容

01

背景と目的

表情認識における背景と研究の目的

02

表情認識システムの実装

FPGA上に実装される表情認識システムの説明

03

実験と考察

本システムの有効性の評価

04

まとめ

本研究のまとめと今後の課題

2つのDNNモデル

1. 顔検出 Densebox [3]

- 顔領域の座標 (x, y, w, h) を出力
- Xilinxが提供している軽量なモデル



2. 表情認識 CNN model [4]

- 7種類の表情認識クラスを出力
- FER-2013データセットを用いて学習



[3] Vitis AI Library User Guide UG1354 (v3.5) June 29, 2023

[4] <https://github.com/kckeiks/Facial-Expression-Recognition-2018/tree/master> (最終閲覧日 2023,9/1).

FER-2013 [5]

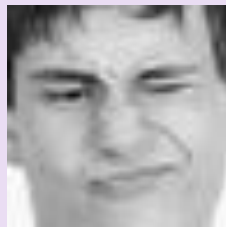
7つの表情ラベル (Ekmanの基本感情 + “中立”)

- 怒り, 嫌悪, 恐怖, 喜び, 悲しみ, 驚き, 中立 が付与
- 顔画像(48x48 pixel)
- Train : 約 27,000 枚 Test : 約 3,500 枚

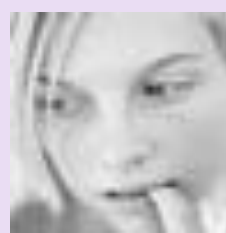
怒り



嫌悪



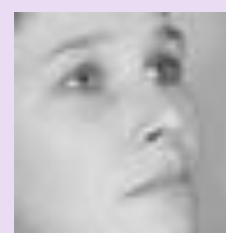
恐怖



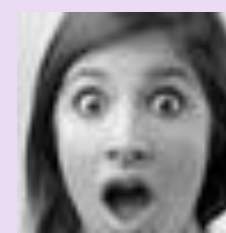
喜び



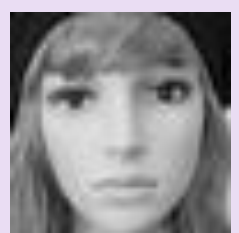
悲しみ



驚き



中立

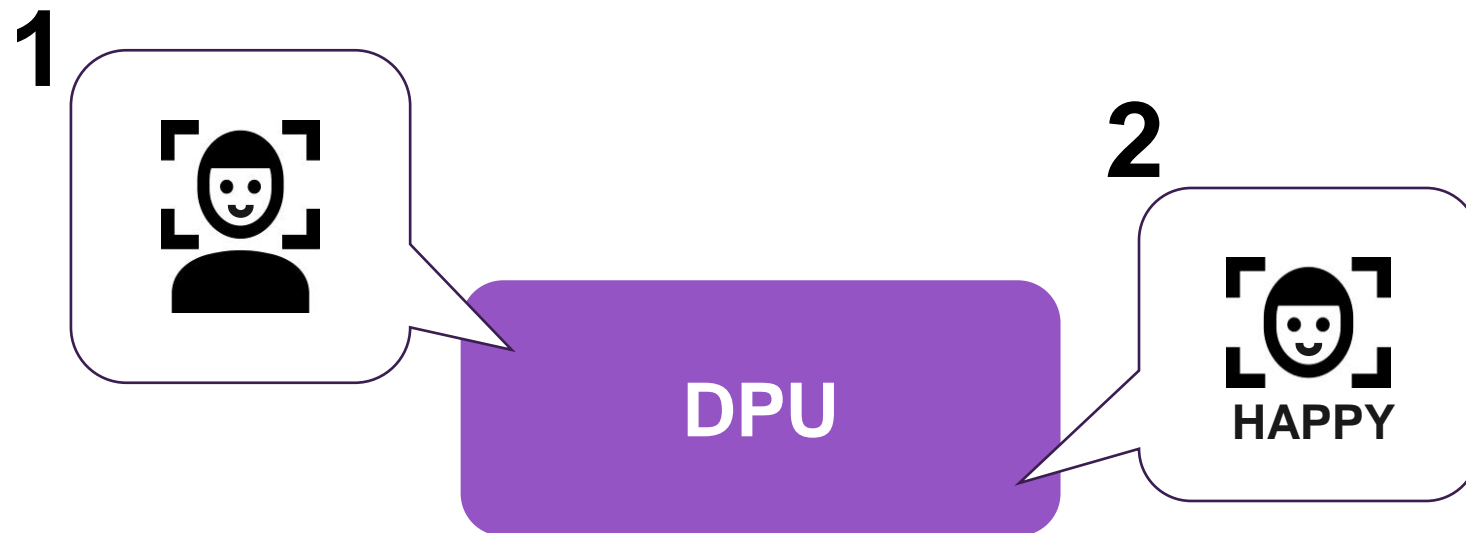


DPUとは

Deep learning Processing Unit

Xilinxが提供するCNNアクセラレータでFPGAに実装

同一のDPUで複数のDNNモデル推論が時分割で実行可能



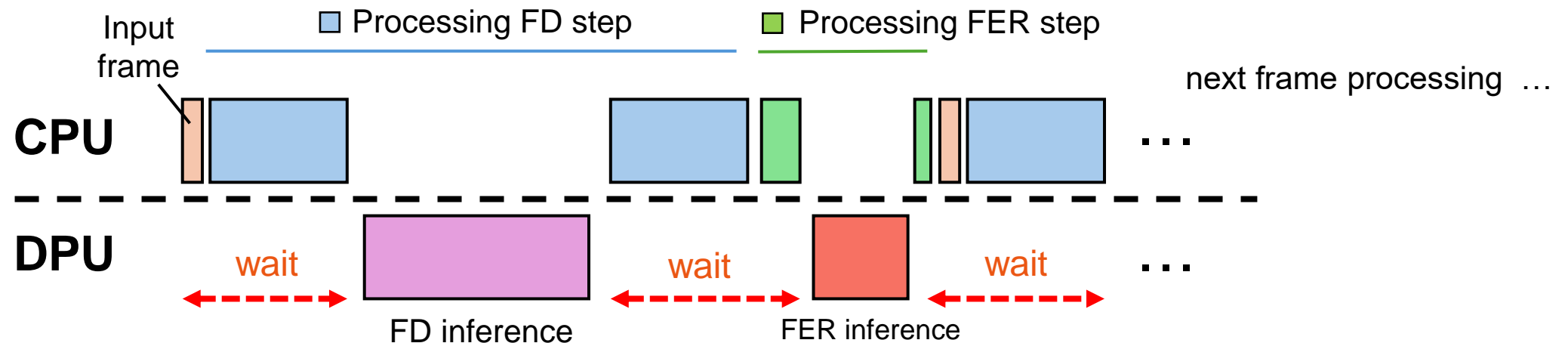
システムのハードウェア構成



マルチスレッド戦略

シングルスレッドにおける問題点

- DPUは処理命令を与えられるまでアイドル時間状態
- アイドル状態が長いいため効果的にDPUを利用できていない



アイドル時間が長い

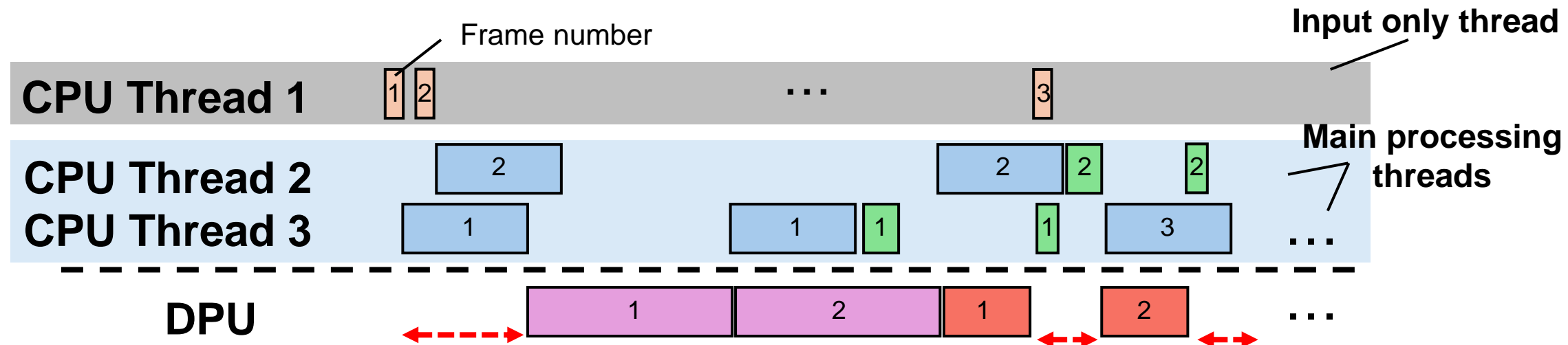
FD : Face Detection

FER : Facial Expression Recognition

マルチスレッド戦略

マルチスレッドによるDPU利用効率の向上

- DPUに命令を与える頻度が向上
- アイドル時間が減るため、より効率よくDPUを利用可能に



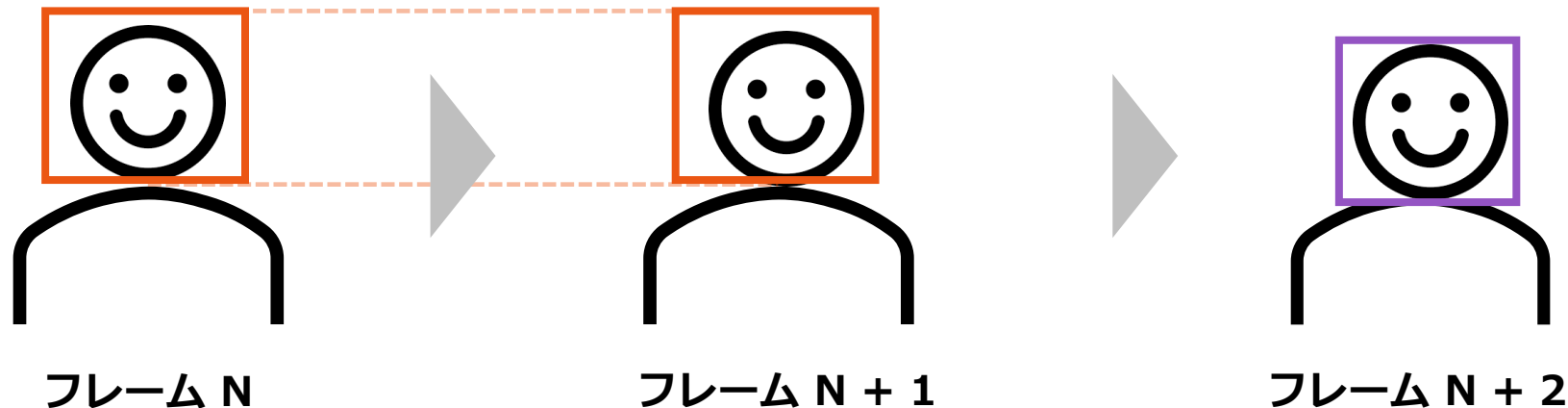
アイドル時間が短い

顔検出の頻度削減

リアルタイム処理ではフレーム単位で顔の位置は大幅に変化しない

1度検出した顔座標を次のフレームの処理に適用

顔検出の頻度を減らすことでスループット向上を目指す



発表内容

01

背景と目的

表情認識における背景と研究の目的

02

表情認識システムの実装

FPGA上に実装される表情認識システムの説明

03

実験と考察

本システムの有効性の評価

04

まとめ

本研究のまとめと今後の課題

実験の目的

DNN推論のDPUへのオフロードの有効性を評価

SoC FPGAに実装して先行研究と比較

- 推論処理を認識精度と処理時間の観点で性能評価
- システム全体と回路面積の評価



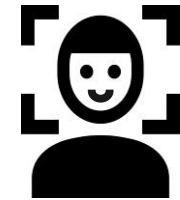
FPGA board
Xilinx Kria KV260

それぞれの推論を評価

01

顔検出

AFWデータセット(401枚)用いて実験
精度(AP)と1枚あたりの処理時間を比較



02

表情認識

FERデータセット(3,589枚)を用いて実験
精度(accuracy)と1枚あたりの処理時間を比較

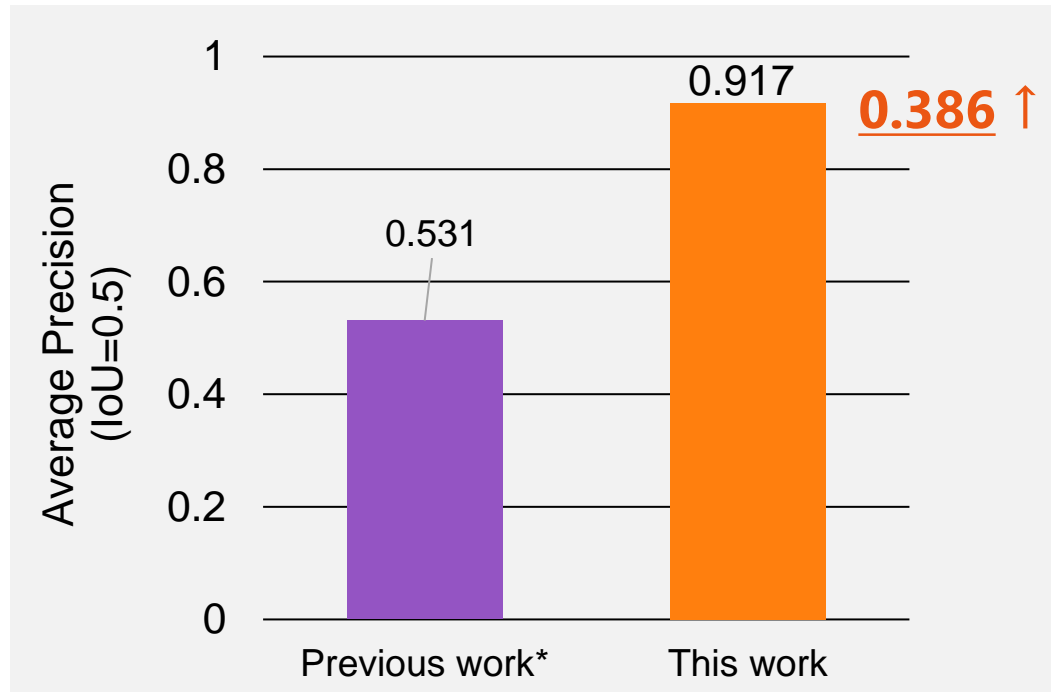


顔検出の実験結果

*ARM Cortex-A53(KV260プロセッサ)

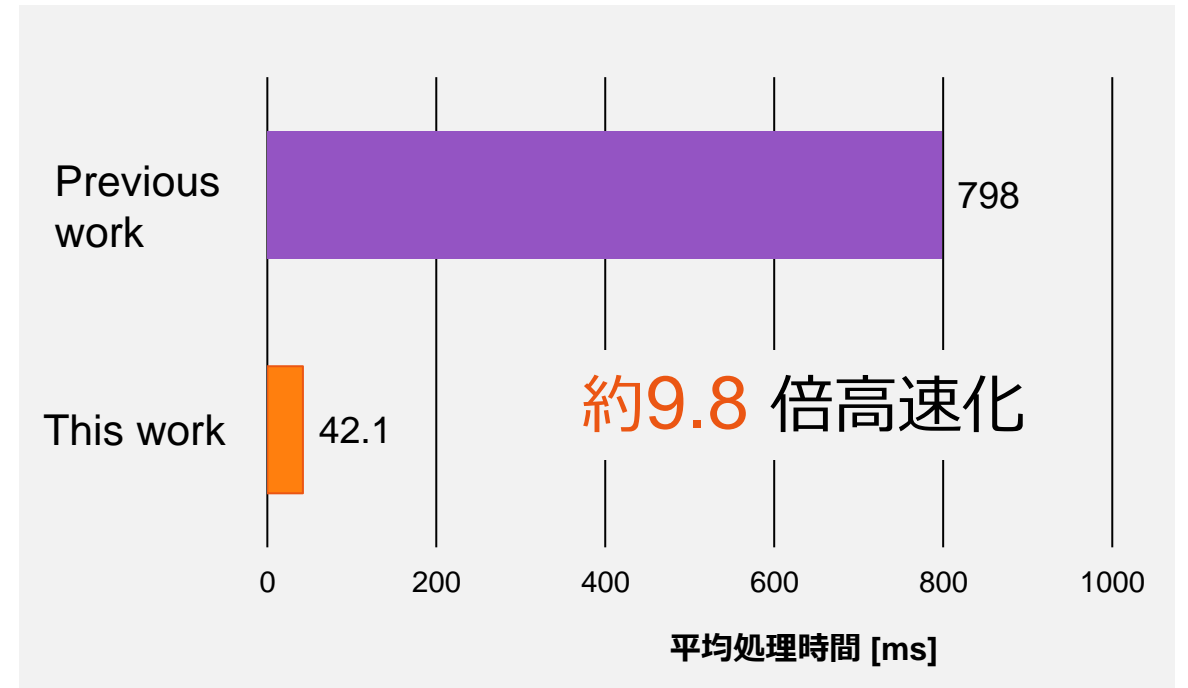
DenseBox (本研究)を Haar Cascade検出器 (先行研究)と比較

認識精度 (AP IoU = 0.5)



先行研究と精度の比較

1枚当たりの処理時間 [ms]



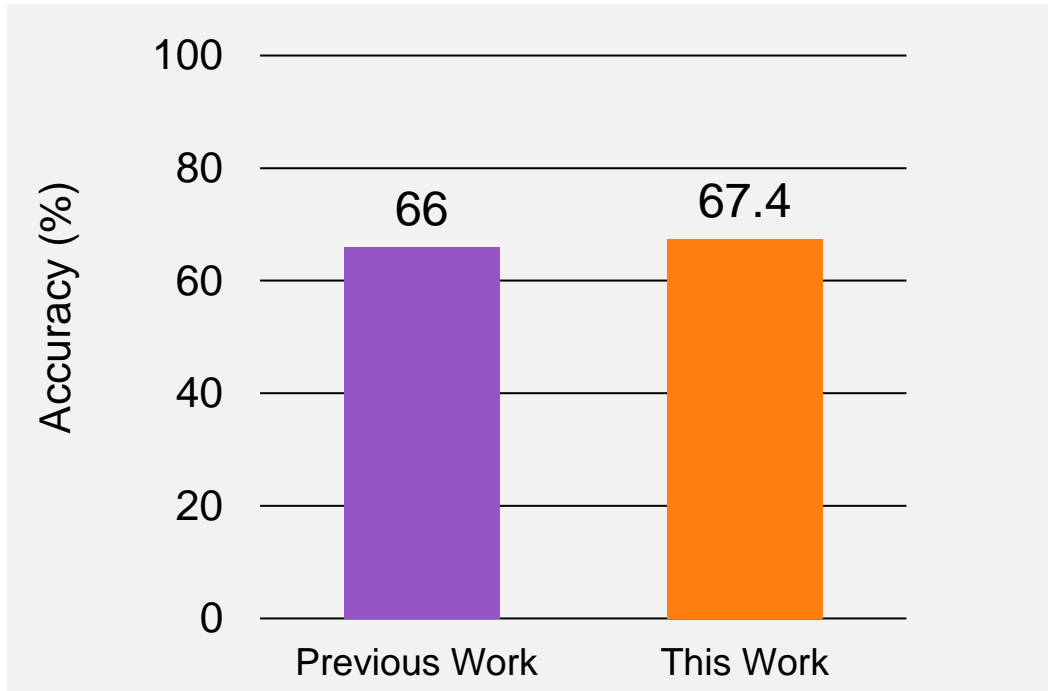
先行研究との平均処理時間の比較

表情認識の実験結果

*ARM Cortex-A53(KV260プロセッサ)

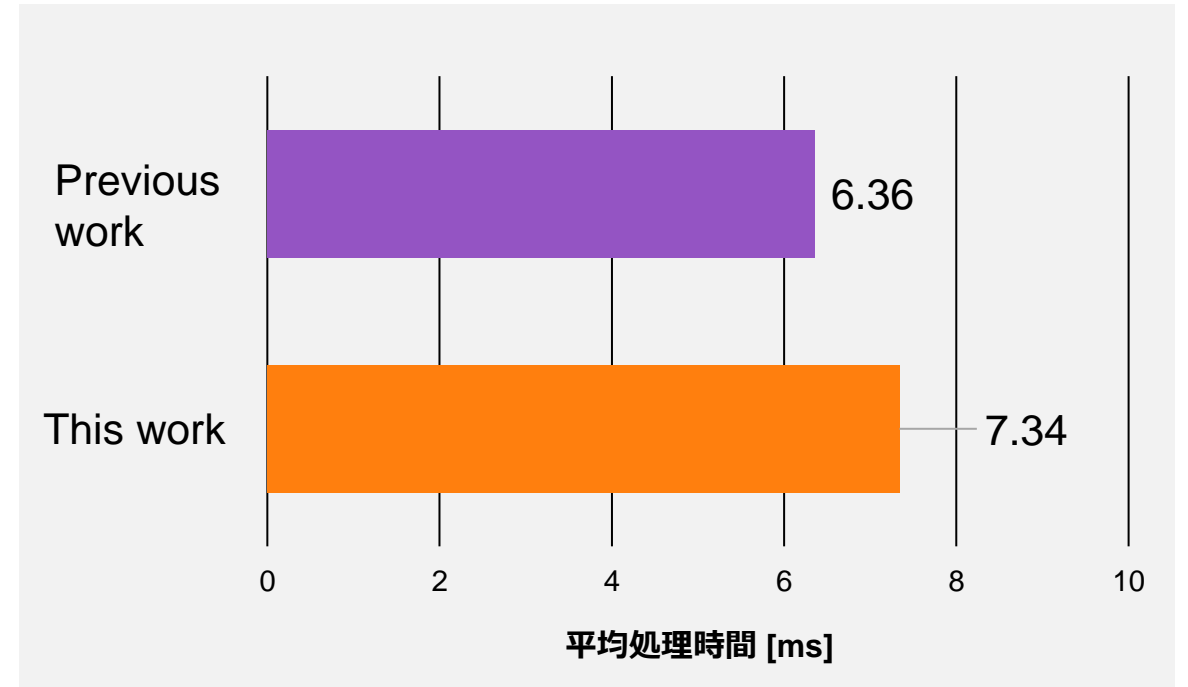
本研究の認識モデルを 先行研究のモデルと比較

認識精度 [%]



先行研究と精度の比較

1枚当たりの処理時間 [ms]



先行研究との平均処理時間の比較

回路規模を比較

先行研究とFPGAリソース使用量(回路規模)を比較

回路規模は本システムの方が大きい

FPGAリソースの使用量の比較

	ALM or LUT	DSP
先行研究(Intel: ALM)	22,465	112
本研究 (Xilinx: LUT)	27,023	118

回路面積を大幅に増やさず 2つの推論を実行可能

システム全体の評価

スループットと消費電力を評価

- ・ **スループット**

- システム全体のスループットを計測

- ・ **消費電力**

- 実行時とアイドル状態 (7.8W)を比較

- KETOTEK KTEM02を

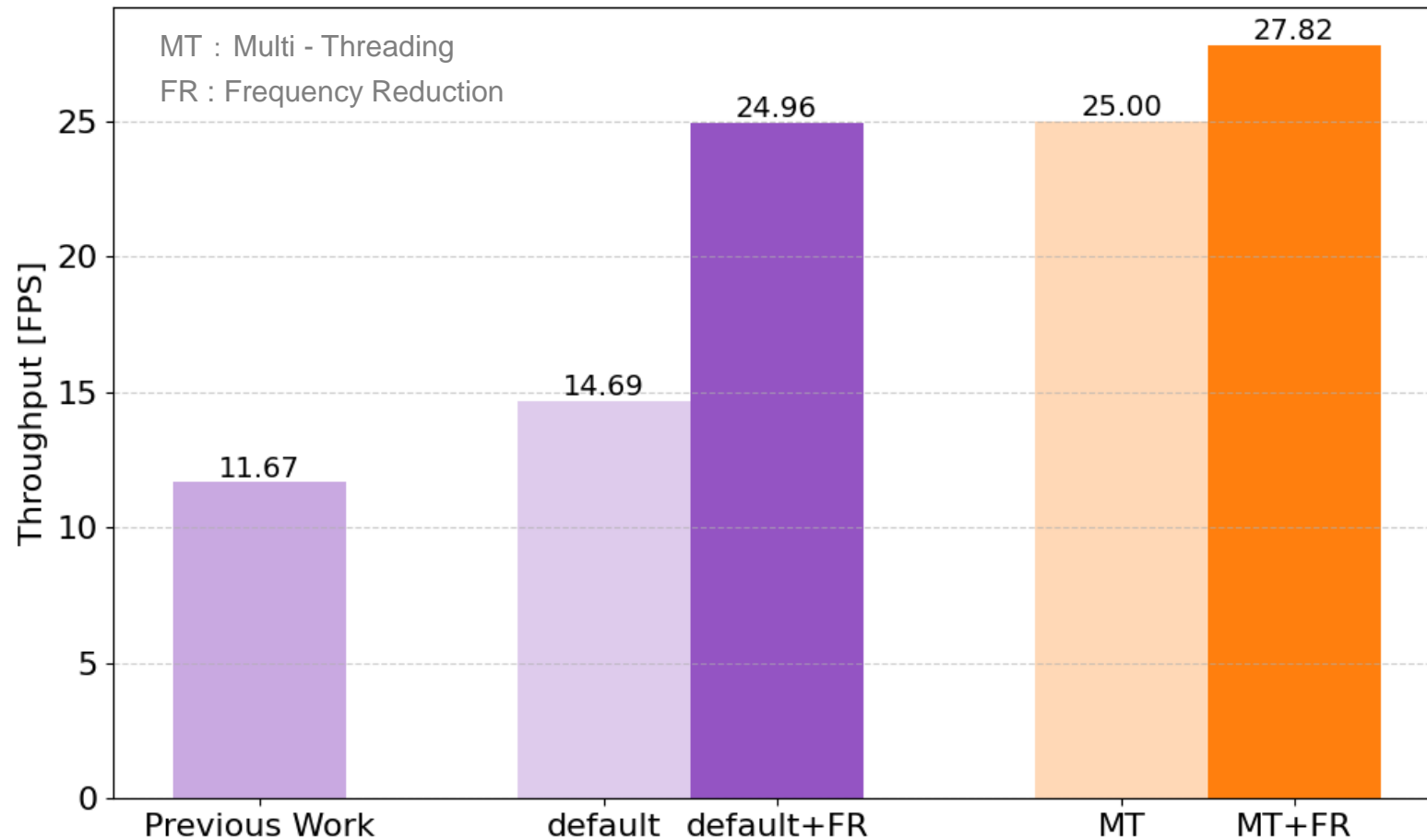
SoCボードのソケットに繋げてで計測



KETOTEK KTEM02
digital energy meter

システム全体の評価

スループットを評価



先行研究より高いスループット

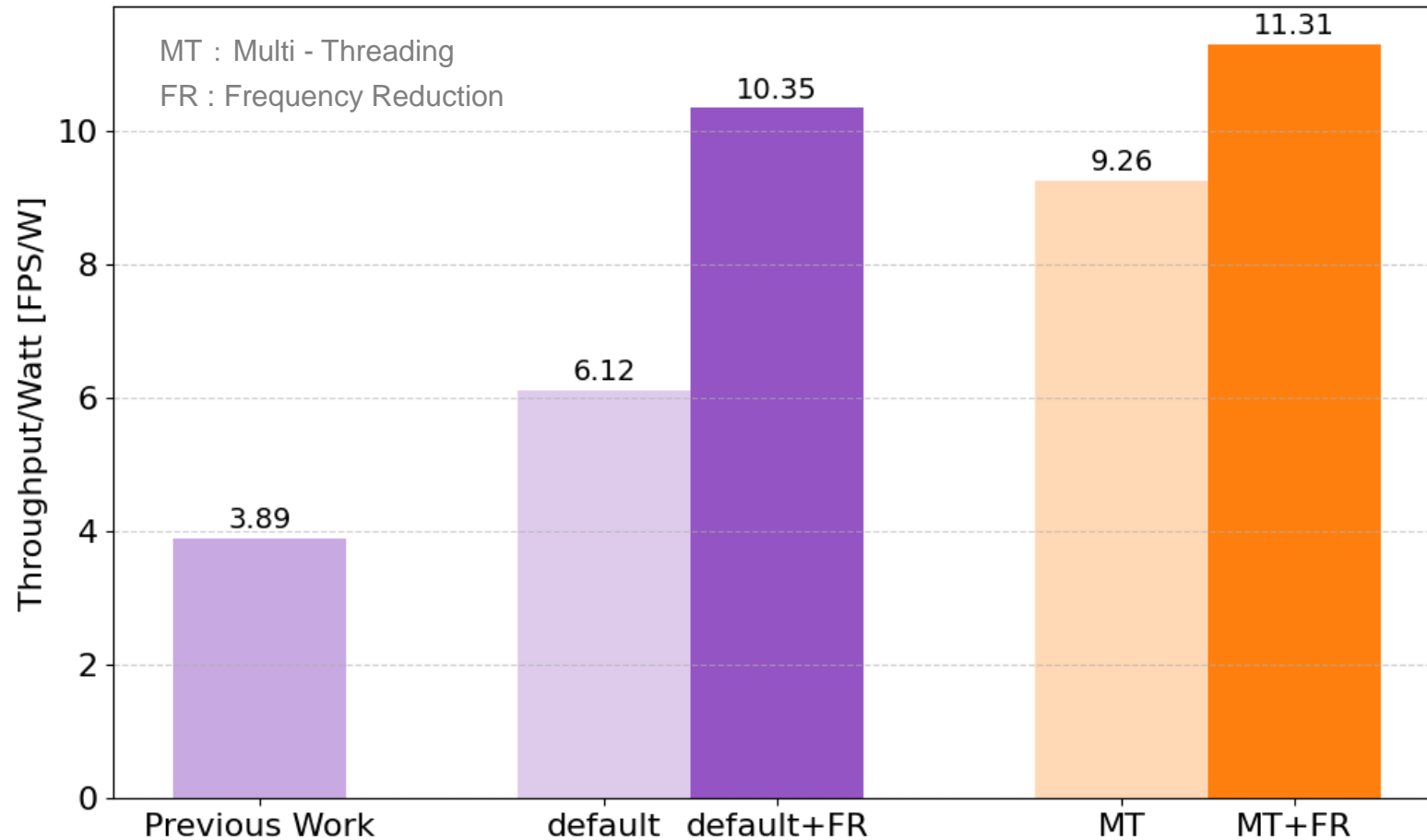
マルチスレッドでは**25FPS**を達成

頻度削減では最高の**27.84 FPS**

消費電力あたりのスループットの比較

システム全体の評価

スループットと消費電力を評価



消費電力あたりのスループットの比較

電力はスループット改善により
効率上昇

アイドル時との差：**2.46 W**

先行研究と比較して

約2.9倍の電力効率を実現

発表内容

01

背景と目的

表情認識における背景と研究の目的

02

表情認識システムの実装

FPGA上に実装される表情認識システムの説明

03

実験と考察

本システムの有効性の評価

04

まとめ

本研究のまとめと今後の課題

まとめ

2つのDNN推論をDPUにオフロードしたシステムを実装して評価
顔検出は先行研究よりも大幅に優れる結果に
マルチスレッドにより、消費電力あたりのスループットが2.9倍向上

今後の課題

十分なスループットを維持しつつ消費電力の削減

appendix