

I-02

セルラ型ハードウェアを用いた並列モルフォロジカルウェーブレット変換処理の実装と評価

Implementation of Morphological Wavelet Transform on Cellular Hardware Platform

白井 将太† 中井 真樹†
Shota Shirai Masaki Nakai

熊木 武志† 小倉 武†
Takeshi Kumaki Takeshi Ogura

1. はじめに

画像圧縮や信号解析等に用いられているモルフォロジカルウェーブレット変換[1]を, 2次元セルラオートマトン型アーキテクチャである CAM²を搭載した評価ボードへ実装した. CAM² (Cellular AutoMata on Content Addressable Memory) とは, 超並列に画像等のデータ処理を処理できるプロセッサであり, 最大約 16,000 並列の処理を行うことが可能であり, 処理時間が画像サイズに依存しない[2]. 本稿では, 種々のサンプリング窓を用いたモルフォロジカルウェーブレット変換を CAM² に実装を行い, 処理結果を評価・考察した.

2. CAM² 画像処理システム

CAM²の全体構成を図1に示す. CAM²の構成は, 超並列 PE アレイ, 再構成可能な FPGA, メモリ, RISC 等から構成されている. CAM² 画像処理システムの流れは, まず, 入力画像をビデオカメラで取りこみ, FPGA を経由して CAM² で処理を行った後, もう一度, FPGA を経由してディスプレイに出力するといったプロセスで行う. また, 外部とのインターフェースを FPGA によって可変にすることにより, 様々な既存のシステムとの共存を容易にしている.

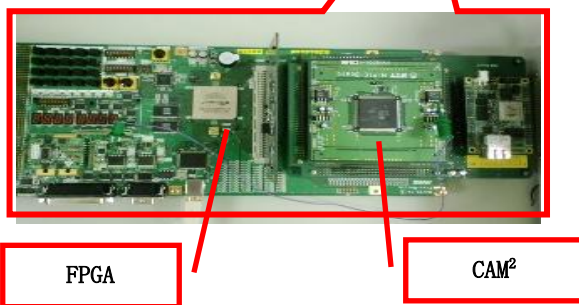


図 1 CAM² 画像処理システムと CAM²

3. CAM² 画像処理システムへの実装フロー

画像処理アルゴリズムを CAM²へ実装する手順を図2に示す.

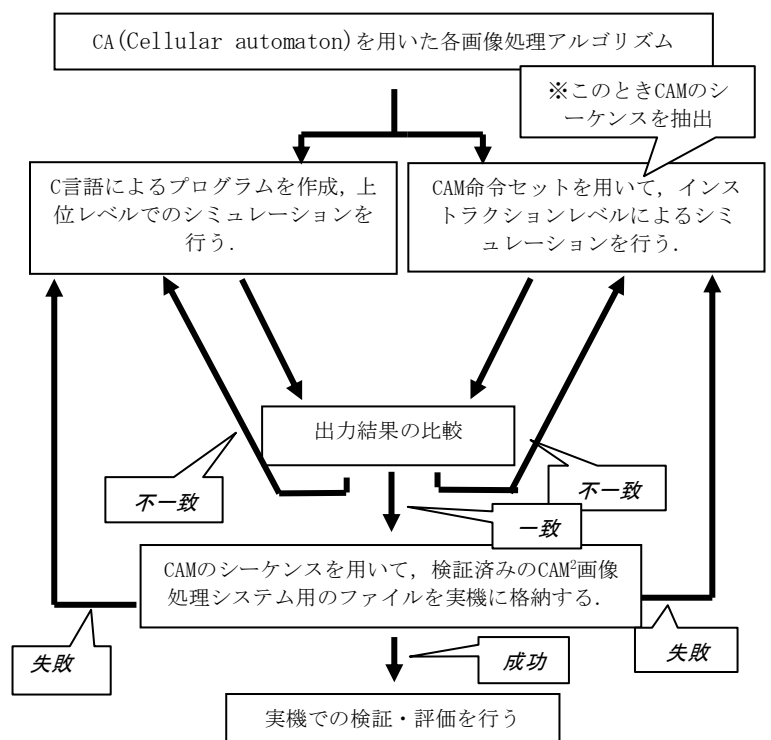


図 2 CAM² 画像処理システムへの実装フロー

C 言語レベルと, インストラクションセットレベルでのシミュレーション結果が一致しない場合や, 実装へのハードウェア制約によって実機での動作が確認できない場合は, シミュレーションレベルに戻り修正作業を行う.

4. 実装結果及び評価

シミュレーションレベルのモルフォロジカルウェーブレット変換処理結果を図3に示す. モルフォロジカルウェーブレット変換は, 原画を一度分解してから, 成分分けまたは再構成することで, 原画像を圧縮, 元の原画像に戻すことを可能としている.

図3の(b), (c), (d)は, それぞれサンプリング窓 1×4(pixel), 2×4(pixel), 4×1(pixel)で分解し, その後成分分けを行った画像である. これより, モルフォロジカルウェーブレット変換処理は, サンプリング窓を変えること

で様々な形に圧縮できることを可能にしている[4].

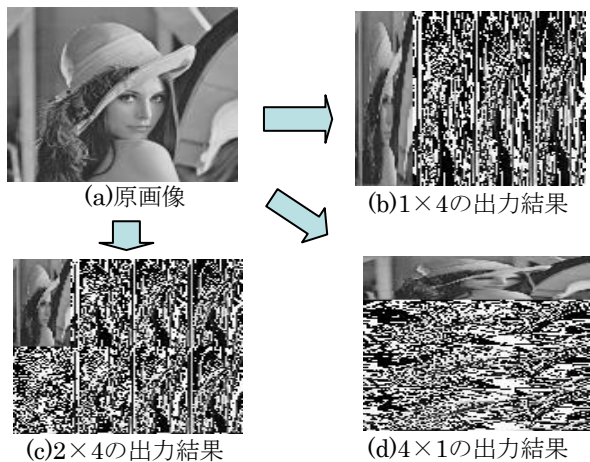


図 3 異なるサンプリング窓を用いたモルフォロジカルウェーブレット変換処理結果

分解した画像をもとの原画像に再構成する例(サンプリング窓 2×2)を以下に示す. 図 4 の(b)は, 原画像(a)を分解した画像である. その(b)に対して, 再構成を行った後の画像が(d)である. これより, 再構成を行った画像(d)と原画像(a)が一致していることがわかる. また, 分解した後の画像(b)を成分分けした画像が, (c)である. これから, 分解し, その後成分分けを行うことで圧縮処理を可能にしている. 分解+成分分け(c)から原画像(a)に再構成するためには, 一度分解(b)に戻し, その後再構成処理する.

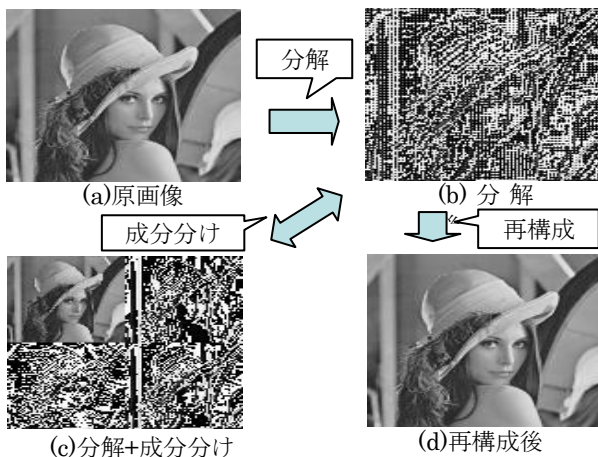


図 4 サンプリング窓 2×2 のシミュレーション結果

表 1 に, 各サンプリング窓において, 分解処理に要したクロックサイクル数・処理時間を示す.

ここでは, CAM^2 のハードウェア仕様に合わせて, システムの周波数を 40MHz として実行にかかる時間を計算している.

表 1 の①, ②, 及び③の分解の処理時間より, サンプリング窓が縦に大きくなるに従い処理時間を必要とすることがわかる. これは, CAM^2 では縦の移動が含まれる処理の方が, 命令数が多くなるためである. また, ①から③と④の処理時間を比較したところ, ④の処理が最も処理時間を要している. これは, 処理をする際に, ①から③は, 1 ワードだけで処理を行っているが, ④は 2 ワードで処理を行っ

ているため, クロックサイクル数がその分多くなるためである.

表 1 各サンプリング窓の CAM^2 処理時間(分解)

サンプリング窓	並列度 (P)	クロックサイクル数	分解 (μs)
① 2×2	$4,096 \leq P \leq 16,384$	1,852	46.3
② 1×4	$4,096 \leq P \leq 16,384$	1,660	41.5
③ 4×1	$4,096 \leq P \leq 16,384$	2,332	58.3
④ 2×4	$2,048 \leq P \leq 16,384$	2,652	66.3

次に, 再構成に必要なとする処理時間を示す.

表 2 サンプリング 2×2 窓の CAM^2 処理時間(再構成)

サンプリング窓	並列度(P)	クロックサイクル数	再構成 (μs)
2×2	$4,096 \leq P \leq 16,384$	2,008	50.2

表 2 の再構成の処理時間と, 表 1 のサンプリング窓 2×2 の分解処理の処理時間を比較すると再構成処理の時間のほうが大きい. 再構成処理は, 符号を考慮して処理を行うため, その分命令数が大きくなるためである.

6. まとめ

モルフォロジカルウェーブレット変換・再構成を CAM^2 に実装し, 実時間処理ができる事を確認した. 今後は, 様々な処理をウェーブレット変換と組み合わせることで, より柔軟なシステムの構築を目指す.

参考文献

- [1] 延原肇, “Max-plus 代数上での多チャネルウェーブレット変換構築とその動画像圧縮への応用”, 第 12 回画像センシングシンポジウム, 2006 年.
- [2] 池永剛, 小倉武, “超並列 2 次元セルラーオートマトン: CAM^2 ”, 信学技法, CPSY96-15, pp.9-16, 1996.
- [3] John von Neumann, “The General Logical Theory of Automata,” Cerebral Mechanisms in Behavior – The Hixon Symposium, L.A.Jeffress, ed., John Wiley & Sons, New York, (1951).
- [4] Hiroaki Kobayashi, et all “Implementation of Morphological Wavelet Transform on CAM^2 for Directional Sampling Windows” NCSP 10, pp305-308, 2010.
- [5] 中井真樹, 他 “セルラ型ハードウェアのための並列モルフォロジカルウェーブレット変換処理アルゴリズム” 本大会予稿 I-01.