

C-002

リコンフィギュラブル・ハードウェアによるテンプレート・マッチングの設計 Template Matching By Reconfigurable Hardware

吉田 英樹†
Hideki Yoshida

川本 隆志†
Takashi Kawamoto

小柳 滋†
Shigeru Oyanagi

山崎 勝弘†
Katsuhiro Yamazaki

1. はじめに

本研究ではハードウェア記述言語を用いてリコンフィギュラブル・ハードウェアによるテンプレート・マッチングを実装、動作させその結果を検証する。本研究の目的は DAPDNA-2 でのテンプレート・マッチングの結果を RISC CPU と FPGA と比較することで有用性、効率性を検証することである。そのために設計した回路を評価用ボードである DAPDNA-EB5 上で実行し、動作検証・性能評価を行う。

2. リコンフィギュラブル・コンピューティング

リコンフィギュラブル・コンピューティングには静的・動的書き換えの二通りの書き換え方法が存在する。前者の代表的なものとしては FPGA、後者には DAPDNA-2 が挙げられる。本研究では FPGA に画像処理ボードである TSUNAMI を使用した。これは外部入出力 3G/秒、

内部バス 2G/秒の性能を持つボードである。DAPDNA-2 は 32bit の RISC CPU である DAP と、動的再構成可能な演算コアである DNA をワンチップに組み込んだデュアルプロセッサであり、その特性として、1クロックで、ハードウェアの再構成を可能にしていることが可能である。図 1 に DAPDNA-2 の構成図を示す。

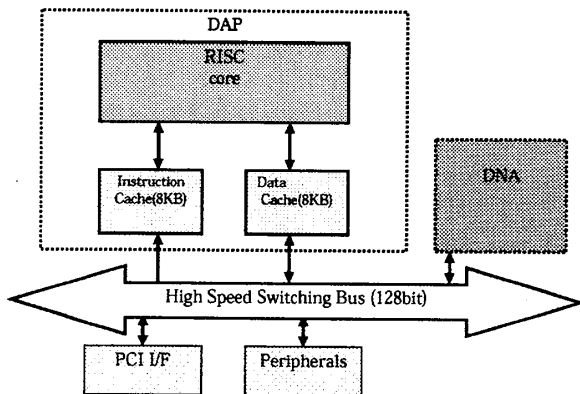


図1 DAPDNA-2の構成図

DAPはDNAの制御、RISCによる簡単な処理を行うことができる。DNAは32bit2入力1出力プロセッシングエレメントが2次元アレイ上に配置されている柔軟な並列処理エンジンである。DAPDNA-2はマルチコンテキスト機能により、ハードウェアの効率化と高性能の両立を図ることができる。また、DNAコンフィギュレーションの切り替えによ

りどんな規模の回路にも対応でき、回路規模によらず動作周波数一定で処理を実行できる。

3. テンプレート・マッチングの実装

本研究では二通りの方法によりテンプレート・マッチングを実装する

3. 1 簡易版テンプレート・マッチング

3. 1. 1 簡易版アルゴリズム

簡易版テンプレート・マッチングは最も単純なマッチング手法で、テンプレートのサイズに切り出したオブジェクトとテンプレートを1画素ずつ全て比較していくアルゴリズムである。この手法の利点は全ての点を調べることで、マッチする部分が存在すれば必ず発見することができることや、ある点は必ずマッチしていなければいけない、マッチしたと判断できる数を設定できるなど様々な条件を決めることができる、という点である。

3. 1. 2 DAPDNA-2による実装

DAPの入力処理によって、外部ファイルから Direct I/O を通じてボード上の外部メモリにオブジェクトデータを取り込む。コンテキストには2値化処理、マッチ判定処理、出力のためのデータ変換処理のコンテキストを用意する。図2に動作の流れを示す。

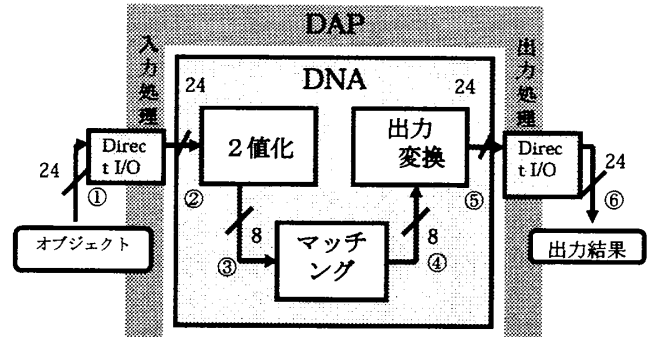


図2 DAPDNA-2によるマッチング

テンプレートデータは2値の固定パターンとして外部メモリに用意しておく。DNAを2値化のコンテキストに書き替え、外部メモリ上のオブジェクトデータを読み出しDNAに転送する。24bitの入力画像を8bitの2値化に変換した結果を出力し、外部メモリに書き込む。コンテキストをマッチングに切り替え、外部メモリから2値化データと、テンプレートデータをDNAに転送する。マッチング結果は外部メモリに書き込まれる。コンテキストを出力変換に切り替え、外部メモリからマッチング結果のデータをDNAに転送する。マッチング結果のデータを8bitから24bitの出力用データに変換、出力する。DAPの出力処理によってボード上の外部メモリから Direct I/O を通じて出力変換されたデータを結果として表示する。

Design of template match with Reconfigurable hardware,
Hideki Yoshida, Takashi Kawamoto, Shigeru Oyanagi and
Katsuhiro Yamazaki

† Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan
University

3. 2 高速版テンプレート・マッチング

3. 2. 1 高速版アルゴリズム

高速版アルゴリズムは特徴点を利用したテンプレート・マッチング手法である。これは定められた特徴点を調べ、一致したならば比較を行うマッチング手法である。本研究ではテンプレートに用いる画像に2値化の十字画像を用意しておき、切り出したオブジェクト画像が特徴点で一致した場合は簡易版アルゴリズムを用いてマッチングを行う。一致しなかった場合は特徴点の一致の度合いに応じて切り出す画像の位置を変える。図3に高速版アルゴリズムの概要を示す。

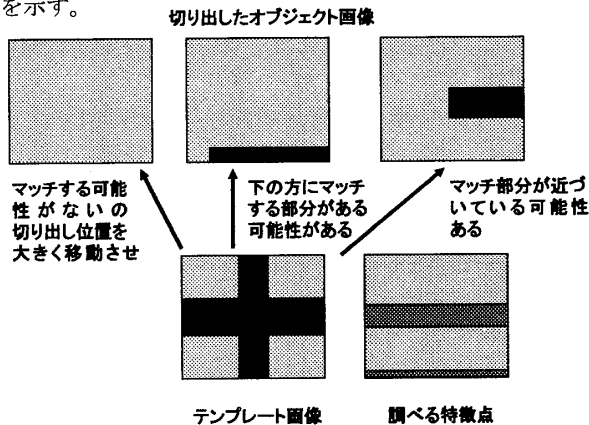


図3 高速版アルゴリズム

4. 実験結果

DAPDNA-2で設計した簡易版テンプレート・マッチングとDAP上でC言語による設計を行った簡易版テンプレート・マッチングとの比較を行った。また、DAPDNA-2では画像の転送の仕様上オブジェクト画像のサイズは80x80までとなっている。結果を図4に示す。

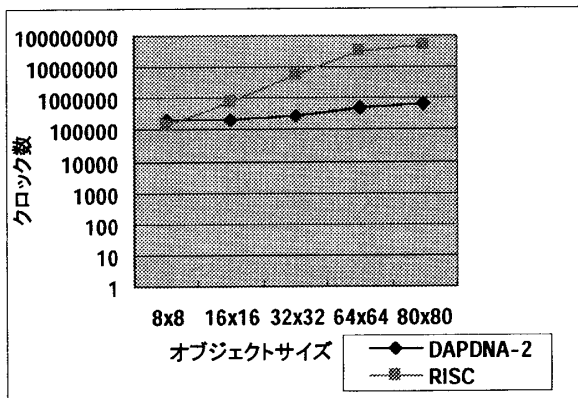


図4 簡易版テンプレート・マッチングの比較

図4の結果から画像サイズが大きくなるにつれ性能の差が出ているのがわかる。また、8x8ではコンテキストを用意するのに時間がかかるためRISCに比べ処理時間を要している。FPGAでの高速版テンプレート・マッチングはシミュレータ上のクロック数に対し、ボード上では10倍近い処理時間がかかってしまった。

5. 性能比較・検証

本研究では2種類のデバイスを用いて検証を行ったためクロック数による比較ではなく、対ソフトウェア向上比として性能比較を行った。なおオブジェクト画像中には一箇所のみ特徴点の候補にあがる画像があるものとする。DAPDNA-2は簡易版、FPGAは高速版を実装したものを比較した。図5に対ソフトウェア向上比を示す。

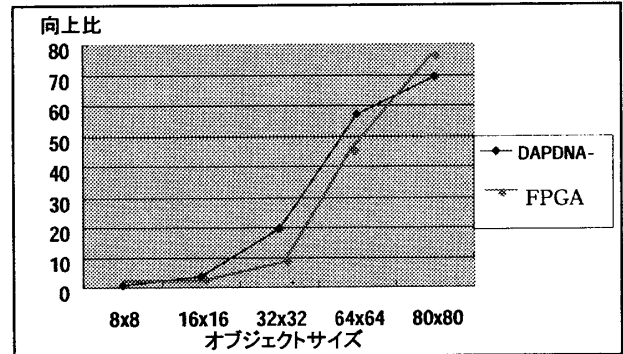


図5 対ソフトウェア向上比

結果から画像サイズが大きくなるほど、FPGAの対ソフトウェア向上比が向上しているのがわかる。DAPDNA-2では画像サイズを大きくしても速度向上はそれほど見られない。これは簡易版テンプレート・マッチングでは速度向上に限界があるためである。本研究においてはDAPDNA-2による高速テンプレート・マッチングを実装することができなかった。その理由として、DAPDNA-2の記述言語であるData Flow Cでは特徴点のマッチングを判断後に簡易版テンプレート・マッチング処理を行う、呼び出すデータ番地はとばす、といった処理が正しくコンパイルできないという点が挙げられる。一方FPGAは高速版テンプレート・マッチングを実装したため、DAPDNA-2と比べ高速であるが、デバイス上のSRAMに対するリードアクセスに負荷がかかってしまい、期待した性能向上を挙げることはできなかった。

6. おわりに

DAPDNA-2では対象を限定しない簡易版の実装を行い、RISC CPUとの比較では性能を十分に上回ることができた。しかし、DAPDNA-2では対象の特徴を利用した高速版を実装することができず、これを実装したFPGAとの比較では満足な性能を上げることができなかった。

参考文献

- [1] IP-FLEX社: DAP・DNA ダイナミック・リコンフィギュラブル・プロセッサ, DAP・DNA-FW II, BASIC コース資料, 2004
- [2] 舟久保 登: パターン認識 情報・電子入門シリーズ, 共立出版, 1991
- [3] 天野英晴: 実用化が進むリコンフィギュラブルコンピューティング, ハイエンドコンピューティング技術に関する調査研究II, AITEC, 2001