

## 論文の内容の要旨

論文題目 画像認識処理のための一次元プロセッサアレイの設計と開発

氏名 京 昭倫

(本文)

大量の画素に対し様々な処理を施し、リアルタイムに処理結果を求める必要がある画像認識応用の実用化には、非常に高速なプロセッサが不可欠である。そのプロセッサ構成の有力な候補として、画像認識処理が持つ高い画素並列性をそのまま生かせる「高並列 SIMD 型 1 次元プロセッサアレイ(LPA)」がある。しかし、LPA の性能を引き出すためには専用の並列アルゴリズムを設計する必要があるのに対し、その並列アルゴリズムの設計手法が現状整理されていないため、多種多様に存在する画像認識処理に対する LPA 型プロセッサの有効性が明確でない。本論文では、既存の多数の画像処理演算における画素参照定義パターンを分類すると 7 種類に分けられることに着目し、まずそれぞれの画素参照定義パターンに対応した LPA 向け並列化方式を設計する。次に、これらの並列化方式を利用した処理コードが効率よく LPA 上で実行されるのに必要なハードウェア構成条件を調査する。そして、実際にそうした条件を満たせる LPA を設計し、かつその LSI 開発を行う。最後に、提案並列化方式を利用した基本画像処理や運転支援向け画像認識応用のプログラムコードが、開発 LSI 上で効率よく動作することを確認することにより、提案並列化手法および開発 LSI の有効性を示す。

1 章では、大量の画素に対し様々な処理を施し、かつリアルタイムに処理結果を出力する必要がある画像認識処理分野における画像認識プロセッサの必要性、また画像認識処理の特徴およびそれによって導かれる画像認識プロセッサに対する 1) 高速性、2) 発熱効率性、3) 柔軟性、という 3 つの要求仕様が存在することについて述べる。次に画像認識処理が持つ高い画素並列性をそのまま生かせる構成を持つ LPA 型プロセッサが、これらの要求仕様にもっとも適合した既存のプロセッサアーキテクチャであり、また実効性能の高い LPA 型画像認識プロセッサの実現に向けた課題は、LPA 向け並列アルゴリズムの設計手法の整理と実機 LPA に対するその有効性実証、そしてそれらの知見のハードウェア設計へのフィードバックであることについて述べる。

2 章では LPA の基本構成や、SIMD 型実行からの拡張としての PE 自律性の追加付与に基づく LPA の拡張構成について述べる。また、これらの LPA の基本および拡張構成に対応した LPA の基本・拡張動作が簡潔に指定可能であり、かつ既存の最適化コンパイラ技術の流用容易化を考慮し C 言語に対し最低限の仕様拡張を加える形で筆者が設計した LPA 向け動作記述言語 1DC(One Dimensional C)の言語仕様を与える。1DC は以降、各章でアルゴリズムの記述等に用いられる。

3章では、画像認識処理はその画素参照定義パターンに着目すると7つの演算グループに分類できることを元に、二つの拡張構成を有するLPAの利用を前提とした、既存並列化手法の整理や新規並列化手法の提案などにより、7つの演算グループの個々に対し演算量オーダーの意味で有効な並列化方式を提案し、それらをライン方式と総称する。また、ライン方式は各時刻におけるPE毎の更新画素位置集合をつなげて得られる軌跡である画素更新ライン(PUL:Pixel Updating Line)の形状に特徴を持ち、そのうち4種類のPULの組み合わせが、7種類の画素参照定義パターンの並列化に対応することを示す。

4章では、まず各演算グループに属する典型的な画像処理タスクに対する、1PE(汎用プロセッサ)上での逐次アルゴリズムによる実現と、IMAP-VISION(256PE構成の実機LPA)上でのライン方式による実現とを比べた場合の速度向上比(台数効果値)を求め、それを理論的な台数効果期待値と比較することにより、IMAP-VISION上でのライン方式の動作効率を評価する。そしてその評価結果を元に、実機LPA上でライン方式をより効率的に実現するためには、LPA型プロセッサのPEアレイが持つ汎用的なRISC型命令セットに対し、幾つかの改良を加える必要があることを指摘する。

5章では画像認識処理の実アプリケーションに対する1DCコンパイラ生成コードの命令実行プロファイルの解析結果に対する考察、および4章で示したLPAによるライン方式の実行効率向上に向けた命令セット改良の方針に従い、新規開発のLPA型プロセッサであるIMAP-CEの命令セット最適化設計を行う。また128個のRISC型PEをワンチップに集積し、100MHzで動作しピーク性能が51.2GOPSに達するシングルチップタイプのLPA型プロセッサIMAP-CE全体のハードウェア設計やLSI開発について述べる。

6章ではまず、4章と同様に基本画像処理タスクに対するIMAP-CEの台数効果値を求め、それを4章で求めたIMAP-VISIONの台数効果値、および理論的な台数効果期待値と比較することにより、IMAP-CEの基本性能を評価する。次に、幾つかの実用的な画像フィルタタスク群、および運転支援システムに向けた車両検出処理プログラムによる、汎用プロセッサとのベンチマークテストを行うことにより、IMAP-CEの汎用プロセッサと比較した場合の性能優位性や発熱効率性を検証する。

最後に7章で結論、および本研究の今後の課題や展望について述べる。

以上