

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 安島 雄一郎

本論文は、「大規模データパス・プロセッサの研究」と題し、9章と付録からなる。情報社会を支える情報処理の中心はマイクロプロセッサであり、近年その性能向上は著しい。しかしながら、その向上は半導体の微細化によるクロック性能によるところが殆どであり、微細化にともなう大量なゲート実装を十分に使いきれていない。本論文は、今後の半導体技術が可能とする利用可能なトランジスタ数の増加を性能向上に結びつける手法について論じたものである。

第1章「序論」は、研究の背景、目的を述べるとともに、本論文の構成についてまとめたものである。

第2章「マイクロプロセッサアーキテクチャ」は、現在までに実用化されているマイクロプロセッサのアーキテクチャについて述べたもので、パイプライン処理、分岐予測、アウトオブオーダー実行、レジスタリネーミング、スーパースカラアーキテクチャ、およびVLIWについてまとめ、スーパースカラ技術は、同時処理命令数が増すと命令発行機構が急激に複雑化するという大きな問題を持っていることを指摘している。

第3章「次世代アーキテクチャ技術」は、現在性能の停滞しているスーパースカラアーキテクチャを超えることを目指して研究の行われているアーキテクチャ技術として、VLIWの改良であるEPIC技術、コードモーフィング技術、複数のプロセッサコアを1チップに載せるチップマルチプロセッサ、ならびにスーパースカラを拡張してマルチスレッド実行を可能にするSMT技術を取り上げて議論し、これらはいずれも対応するソフトウェア技術が複雑で、また、実行時の動的状態を効率よく並列処理に反映できないという問題点を有していると述べている。

第4章「分散レジスタ」は、これらの問題点を解決するための手法の一つとして、大規模な投機実行を行うことを考え、その実現に必要な多数のレジスタを供給可能とするために、物理レジスタを複数に分散化し、それに演算器を組にして配置して実行ユニットとし、アクセスラフィックを階層化する方式を提案したもので、各実行ユニットに割り当てる連続命令割り当て長と、各時点での同時処理命令範囲である投機的実行規模が性能に与える影響を評価し、連続命令割り当て長は、32分岐命令までの投機を行う場合は、4分岐を跨るサイズとするのが適切であることを示している。

第5章「命令ブロック」は、大規模な投機をおこなう場合のもう一つの課題である命令フェッチ、デコード、レジスタリネームの能力を格段に向上させるための技術として、命令ブロック方式を提案している。これは、複数の命令を一つのブロックとし、物理レジスタの割り当て、レジスタ読み込み、レジスタリネーミングを一括して行うもので、同時処理命令数が増えると複雑さが爆発する従来のレジスタリネーミング方式のボトルネックを解

決している。本章では、この方式実現の詳細な機構として、レジスタマップ、入力レジスタマスク、出力レジスタマスクを用いた仕組みを与え、それらを高速に利用可能とする回路を工夫し、命令ブロックとしては、4つの分岐命令のブレークポイントからなる最大32命令の構造を与えている。

第6章「大規模データパスプロセッサ」は、第4章と5章で与えた要素技術を元に、大規模投機実行を実現するアーキテクチャを提案したもので、完全なプロセッサ構成とするため新たに、レジスタリクエスト生成機構、分散レジスタ管理機構、複数パス実行機構を導入している。提案に基づいて機能設計を行っているが、その回路は、命令の分岐予測、命令フェッチ、実行パス管理などを担当する制御セクション、命令ブロックのデコード、実行ユニット割付、命令実行を担当する実行セクション、および、オンチップキャッシュとのデータ授受、メモリ要求のバッファリング、メモリアクセス履歴管理などを担当するメモリセクションの3部分からなる大規模なシステムである。

第7章は「シミュレーション」で、設計したプロセッサの詳細な回路シミュレータについてのべたもので、それを用いた実行履歴を与えている。

第8章は「今後の課題」であり、現在の実装は、従来アーキテクチャのボトルネック解決の中心となる技術の可能性を示すことに傾注したもので、他の部分の実装は簡略化がおこなわれているので、正しい性能評価のためにはその簡略部分を正す必要がある。本章はその要点についてまとめたものである。

第9章は「結論」である。

以上、これを要するに本論文は、現在、性能の飽和が見られるマイクロプロセッサのアーキテクチャ技術について、そのボトルネックを解決するための手法として分散レジスタと命令ブロックを提案するとともに、具体的なプロセッサのシミュレータを作成してこの可能性を示したもので、情報工学上貢献するところ少なくない。

よって、本論文は、博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。