

審査の結果の要旨

論文提出者 渡辺 義浩

本論文は、「リアルタイム多点計測のための超並列ビジョンシステム」と題し、7章より構成されている。リアルタイム画像計測において、計測データの取得の際のサンプリングレート及びスループットを最大化し、レイテンシを最小化することは、センサデバイスや計測手法等とともに、計測システムの性能を左右する重要な要素である。一般に、画像はデータ量が大きく、処理に時間がかかるため、従来の画像計測ではリアルタイム計測を実現することが困難であった。特に、多数の対象に対して様々な処理を必要とする多点計測では、このことが顕著となる。本論文は、リアルタイム計測のための高い計測処理性能を実現する超並列ビジョンシステムを構築し、多点計測におけるデータ計算手法を提案するとともに、システムに具体的な演算機能を実装することによって幅広い応用が可能となることをいくつかの実証例によって示したものである。

第1章は「序論」であり、リアルタイム多点計測の今後の方向性とそこにおいて要求される性能を明らかにした上で、新たなビジョンシステムの構築の必要性を論じ、本論文の目的と構成を述べている。

第2章は「リアルタイム計測のためのビジョンシステム」と題し、高サンプリングレート・高スループット並びに低レイテンシでのリアルタイム画像計測を提供する新たなビジョンシステムについて述べている。まず、リアルタイム画像計測において必要となる機能と対応する演算処理について議論し、その課題を明らかにしている。本論文では、このような問題の解決に有効なシステムとして、専用の処理機構を有する超並列コプロセッサを交換することによって、演算機能や内部の構成が可変となる新しい高速ビジョンシステムのアーキテクチャを提案し、このようなアーキテクチャがリアルタイム計測に有効であることを、実際に構築したシステムにおける基本性能を検証することによって示している。

第3章は「リアルタイム画像計測のための多点解析方式」と題し、リアルタイム多点計測を実現するための計算手法について述べている。数千個単位の対象に対して、高サンプリングレートでの観測を行うためには、画像から多点の情報を抽出する演算処理の高速化が必要である。これを実現する計算手法として、超並列処理、画素間非同同期通信等の特徴的な処理機能を導入し、画素レベルと領域レベルでの並列化を実現したアルゴリズムを提案している。演算量を評価した結果、同手法によって、効率的な多点情報の画像処理が可能となることを示している。

第4章は「多点解析プロセッサの設計と実装」と題し、前章で提案した計算手法を実行するために実装されたハードウェアについて述べている。提案した計算手法の実行には、与えられた処理に対して、処理構造、回路機能、演算方式等を専用ハードウェアで実現することが必要であり、具体的に、第2章で述べたシステムにコプロセッサとして搭載する形で実装し、その動作結果を示している。このシステムの動作結果から、本システムが第1章で述べた要求性能を満たしていることを示し、想定される応用に対して十分な性能を実現することが可能であることを述べている。

第5章は「高速多点解析に基づくリアルタイム粒子計測」と題し、前章までに述べたコプロセッサとして必要な演算を実装した計測システムを用いて、リアルタイム粒子計測を実現した例について述べている。まず、粒子計測がリアルタイム多点計測の重要な応用の1

つであることを示し、高速の多点計測の必要性を述べている。次に、評価例として、粒子材料のパターン識別を伴う計測とリアルタイム流体計測に関する実験結果を示している。パターン識別を伴う計測では、高速に運動する粒子群の幾何学的特徴量を即時に取得できることを実験的に示している。これによって、検査やマニピュレーションの高速化が実現できることを述べている。リアルタイム流体計測では、流体を乱すことなく速度分布を即時に取得できることを実験的に示している。これによって、流体情報のリアルタイムフィードバックが可能となり、流体制御の可能性が高まることを述べている。

第6章は「高速多点解析に基づく運動/変形物体のリアルタイム3次元次元計測」と題し、多点の参照パターンを能動的に与えることで3次元位置計測を実現した例について述べている。このような計測が高速に運動/変形する物体の計測に有効であることを示した上で、超並列ビジョンシステムを用いた計測システムの構成とその手法を示し、実際に実装している。また、評価実験を行い、高速の非剛体変形並びに剛体運動の計測結果を示している。このような3次元計測システムは、医療、検査、ヒューマンインタフェース、ロボティクス等において、運動中の対象をマニピュレーションするフィードバック応用に有効であると述べている。

第7章は「結論」であり、以上の成果がまとめられている。

以上要するに、本論文は、リアルタイム多点計測において、汎用性の高い超並列ビジョンシステム並びに多点計測を高速に実現する演算方式を提案し、実際に回路設計と実装を行い、具体的な応用例を示すことにより、その有効性を実証したものである。これにより、リアルタイム多点計測において性能の飛躍的向上が実現され、様々な応用が可能となる。特に、超並列処理の導入により、多点計測におけるリアルタイム化を容易に実現しうる手法を提供するものであり、関連する分野の発展に貢献するとともに、計測工学の進歩に対して寄与することが大であると認められる。よって本論文は博士(情報理工学)の学位請求論文として合格と認められる。