

論文審査の結果の要旨

氏名 大井 隆太郎

本論文は、「高機能イメージセンサによる多眼動画像処理とダイナミックレンジ拡大に関する研究」と題し、15章よりなる。イメージセンサは、画像情報処理システムの入り口であり、センサに付加的な信号処理回路を加えた高機能化を図ることにより、画像情報処理システム全体の機能、性能を大きく向上させることができる。本論文では、イメージセンサに局所的な制御構造を導入することによる高機能化を行うとともに、そのセンサを用いたシステム構築を行った。まず、高速に読み出しのためのアクセス制御を行うランダムアクセスイメージセンサを設計、試作した。そのセンサを用いた多眼動画像処理システムを構築し、実時間でのイメージベースレンダリング (IBR) や広角視と詳細視を両立できるサーベイランス用カメラシステムを構築し、検証している。さらに、ダイナミックレンジの拡大のために、画素内キャパシタンスの局所制御により、画素ごとに感度の切り替えが可能な容量選択型可変感度イメージセンサを試作し、その評価を行っている。

第1章は「序論」であり、本論文の目的、論文の構成について述べている。背景となるイメージセンサへの様々な要請についても論じている。

第2章は「高機能イメージセンサ」と題し、イメージセンサに画像処理機能を統合する高機能イメージセンサに関して、その概要を紹介するとともに、研究動向について述べている。一般的な画像処理システムと対比することで、撮像面上での処理の意義を論じている。

第3章は、「ランダムアクセスイメージセンサによる実時間 LFR システム」と題する。IBR の一つであるライトフィールドレンダリング (LFR) は、多数の取得画像から任意視点の画像を合成するための手法である。多くの画像を必要とするため、実時間処理のためには、カメラの台数に比例した入力のための帯域が必要となるため、実時間処理が困難とされてきた。これに対して、読み出しの局所制御を有するランダムアクセスセンサを導入することで、レンダリングに必要な画素のみ効率的に取得することで実時間可能なシステムの構築が可能であることを提案し、そのためのシステムの設計指針について論じている。

第4章は、「ランダムアクセスイメージセンサの設計と試作」と題し、ランダムアクセス制御を行うイメージセンサの設計と試作について述べている。設計したセンサは、制御方法として、パラレル選択とシリアル選択を有している。汎用の CMOS プロセスにて試作した 128×128 画素のプロトタイプセンサの設計、動作について述べ、回路の詳細を紹介している。

第5章は、「ランダムアクセスイメージセンサの評価」と題し、試作したセンサの評価を行い、特性を明らかにしている。毎秒60フィールドという TV レートに対し、十分に高速なランダムアクセスが行えることを確認している。

第6章は、「実時間 LFR システムの設計と試作」と題し、ランダムアクセスイメージセンサとして試作したプロトタイプによる 4×4 のカメラアレイの設計、試作の詳細について述べている。FPGA により構築したセンサアレイのための制御回路、PC とのインタフェース、視点変更のためのユーザインタフェースについても述べている。

第7章は、「実時間 LFR システムの評価」と題し、試作システムによる実時間にての任意視点画像の

取得、合成の評価を行っている。視点位置の入力から合成画像の出力までを十分に TV レートで行えることを示した。すべての画像を取り込み計算機内で画素を選択合成する従来手法に比して、提案手法は、センサ面上での選択読み出しを行うことで、極めて効率的に実時間処理に対応できることを実証した。

第 8 章は、「ランダムアクセスイメージセンサによる複数動物体の同時追跡システム」と題する。先に、試作したセンサアレイを用いて、広角視と詳細視を同時に可能とする物体追跡を行うサーベイランスシステムが実現できることを提案し、従来のサーベイランスシステムとの対比を行っている。

第 9 章は、「複数動物体の同時追跡システムの設計と試作」と題し、センサアレイを物体追跡に用いるためのキャリブレーション、広角視画像と詳細視画像の生成のためのカメラアレイの制御、動き検出について論じている。

第 10 章は、「複数動物体の同時追跡システムの評価」と題し、平面的な対象に限定しての実験を行い、間引いた広角視画像での表示、背景差分による動きの検出、動物体の詳細表示と LFR による滑らかな追跡ができることを実証した。

第 11 章は、「可変感度イメージセンサによるダイナミックレンジ拡大」と題する。まず、従来からのダイナミックレンジ拡大のための方策について論じる。そして、センサの画素の感度を局所的に制御する手法を提案し、その特徴を従来の方策と比較している。

第 12 章は、「容量選択型可変感度イメージセンサの設計と試作」と題する。可変感度イメージセンサを実現するために、画素内に付加的なキャパシタンスを持たせ、局所的にそれを増減させることで画素の感度を制御する方式を考案した。感度の切り替え情報を保持するメモリをセンサ面上に併せて有する 200x200 画素のプロトタイプを設計し、試作した。

第 13 章は、「容量選択型可変感度イメージセンサの評価」と題し、提案する可変感度センサに関して画素部分回路の検証とセンサの検証実験を行い、設計どおりにダイナミックレンジが拡大していることを確認した。

第 14 章は、「広ダイナミックレンジ撮像システムの実装と評価」と題する。容量選択型可変感度イメージセンサに周辺回路を用意し画素値からその制御信号を生成しセンサへフィードバックすることで、適切な感度での撮像を行うことができることを検証した。

第 15 章は、「結論」であり、論文での成果をまとめ、残された課題を提示している。

以上これを要するに、本論文では、局所制御を行う 2 つの高機能イメージセンサを提案しそのシステム化を行った。高速に読み出し位置制御を行うイメージセンサを考案し、それを用いて多眼動画処理システムを構築し、従来困難であった実時間 IBR や動物体の効率的な追跡を行うサーベイランスが行えることを示した。また、感度の局所制御を行う容量選択型可変感度イメージセンサを考案し、撮像のダイナミックレンジ拡大が行えることを示した。本論文で論じた高機能センサとそのシステムは、将来の画像工学の発展へ寄与することが期待され、基盤情報学への貢献が少なくない。

従って、博士（科学）の学位を授与できると認める。