

## 審査の結果の要旨

氏名 谷内出 悠介

本論文は、**Multiple-Viewpoint Range-Finding System for Accurate Three-Dimensional Model-Based Movie Acquisition**(和訳：高精度3次元モデルベース動画取得のための複数視点システム)と題し、高精度の3次元データを高速で取得することを目的として、スマートイメージセンサーの制御、高精度キャリブレーション手法の実現およびそのFPGAでの実現に関する研究成果を纏めたもので、全文8章よりなり、英文で記述されている。

第1章は、序論であり、本研究の背景について議論するとともに、本論文の構成について述べている。

第2章は、**"Comparison of 3-D measurement methods(3次元測定手法の比較)"**と題し、本研究で対象とする3次元計測手法に関し、受動型手法、能動型手法の分類により、速度、精度の観点から比較することで、本研究で用いる光切断法の特徴について論じている。

第3章は、**"Calibration techniques(校正手法)"**と題し、高精度3次元計測にとって不可欠となる校正手法について、対応点を必要とする手法、および対応点が不要な手法に分類することで、精度の観点から適用範囲について述べている。

第4章は、**"Multiple-viewpoint range-finding system(複数視点距離計測システム)"**と題し、光切断法を用いた複数視点距離計測を行うシステム構築に関して述べている。システムには、光切断法に特化した切断面を高速に取得可能なスマートイメージセンサーを用いており、その回路動作および切断面の取得速度に関して他のイメージセンサーとの比較を行っている。また、高速・実時間3次元取得に適し、かつ高精度の校正の実現が可能である線形校正手法を適用したシステムの構築を行い、複数カメラからの取得3次元画像の重ね合わせ精度に関する検討を行っている。この結果、対応点計測に起因する誤差を打ち消し、複数カメラから取得した3次元画像を張り合わせるためには多数の対応点が必要であることを示している。これらの検討の上で、カメラから1200mmの距離の平面を複数視点から測定した結果、最大誤差2.5mm、平均誤差0.71mmの高精度を実現している。また、3次元取得速度に関しては、使用しているイメージセンサーの光感度が低く、蓄積時間が律速となることから、光強度を強めるため450mmの距離で測定を行い、2方向で10.6レンジマップ毎秒、3方向で6.1レンジマップ毎秒を実時間で実現している。また、光蓄積時間が十分に短い場合には2方向で32.5レンジマップ毎秒の測定が可能であることを示しており従来報告されているシステムと比較して高精度かつ高速な測定を実現して

いる。

第5章は、"Range-finding error(3次元測定誤差)"と題し、高精度3次元撮像の撮像系におけるパラメータによる誤差の解析を行っている。パラメータはカメラが持つパラメータおよび能動手法におけるプロジェクタが持つパラメータに分類し、それぞれぞれが3次元計測に対して与える誤差、ゆがみの空間分布に関して評価を行っている。

第6章は、"Corresponding-points free calibration using spheres(球を用いた対応点不要の校正手法)"と題し、多数の対応点を用いることなく観測全空間にわたり高精度の3次元測定を可能とする校正手法の提案とその実装による誤差の評価を行っている。提案手法は球を2次元撮影することで得られる投影楕円から、球の中心位置を求め、3次元測定による表面点から球の中心位置を同定する手法で、複数視点に拡張した場合でも球の中心による座標変換による重ねあわせを可能にする手法である。この手法により空間中の適当な位置の10個の球による校正を行うことで、カメラからの距離300mm-600mm、幅、高さ400mm x 400mmの空間の球表面を最大0.42mmの誤差により測定が可能であることを示している。本手法は、多数の対応点を用いことなく高精度な校正を可能とするものである。

第7章は、"FPGA-based 3-D measurement system(FPGAを用いた3次元計測システム)"と題し、高速のマイクロプロセッサを用いる必要があるセンサー制御、3次元計算および画面表示処理を、FPGAにより実装することで、今後のSoC化に適したハードウェア設計の検討を行っている。これにより、従来3GHzの汎用プロセッサにより実現していた3次元測定を、4MHzのFPGAにより実現している。また、同じ構成で12.5MHzで動作させることで、光蓄積時間が十分に短い場合にビデオレートのVGA解像度の3次元計測が可能であることを示し、ハードウェア化することで、高解像度、高速の3次元計測が可能になることを示している。

第8章は、結論である。

以上要するに本論文は、高精度かつ高速の3次元計測に関し、スマートイメージセンサーの時分割制御法の提案、対応点を不要とする校正手法の提案とその誤差評価、および3次元計測システムのFPGAによる実現を通じたハードウェア化の検討により、その有効性を実証したもので、半導体電子工学の発展に寄与するところが少なくない。

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。