

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 根塚智裕

本論文は「スマートポジションセンサとその3次元形状計測への応用に関する研究」と題し、CMOSイメージセンサにより3次元形状を計測するための高速輝点位置決め機能をもつセンサ回路方式について研究したもので、七章より構成されている。

第一章は序論であり研究の背景と研究の目的を述べている。本研究で対象としているスマートイメージセンサの基本概念について述べ、このセンサとスポット光およびシート光とを用いた3次元形状計測の原理について述べ、あわせて本論文構成を述べている。

第二章は「可変ブロックアクセスによる効率的な4進木スキャン機能の実現」と題し、4進木スキャン方式による輝点位置の高速検出方式について述べている。本スキャン方式は撮像面の可変矩形ブロックを一括アクセスする機能を用いて4進木検索アルゴリズムを実現し、輝点位置を高速に検出する方式である。さらに本方式で設計した試作チップの回路構成と撮像実験結果についても述べ、4進木スキャン法でスポット光位置を高速に検出できることを実験的に示している。

第三章は「4進木スキャンを用いた3次元計測向けポジションセンサの実現」と題し、第二章で原理を示した4進木スキャンセンサを用いて実現した3次元形状計測実験の結果について述べ、実験結果とシミュレーション結果をあわせて本方式のセンサの性能を評価している。256 x 256画素を有するブロックアクセスセンサを用いて4進木スキャンを実現し、X-Y偏向機能を有するレーザスポット光源と組み合わせることで3次元形状計測システムを構成し、モデル静止物体に対し測定を行い、その相対距離精度が約0.2パーセントとなることを実験的に検証している。また、本実験システムの計測速度がインターフェース部で制約されているものの、センサ自体の性能は約每秒3枚の3次元画像を取得できる性能を有することをシミュレーション結果から示している。

第四章は「センサ面上における高速行並列ポジション検出とその実現法の提案」と題し、運動物体を対象とする高速3次元形状測定のための高速ポジションセンサの構成について提案している。このセンサはシート光源と併用することを前提にしており、センサ面上の各行毎に並列して行内画素の2進木スキャンを実現する。これにより一回の2進木スキャンで行数分の輝点の位置を高速に検出する機能をもつ。本省では2進木スキャンの基本原則を示すとともに、本方式で実現される性能改善について定量的に述べている。

第五章は「行並列2進木スキャン機能を持つ高速ポジションセンサの実現と3次元計測への応用」と題し、第四章で原理を述べた行並列2進木スキャンセンサを設計試作し、3次元計測システムの応用した実験結果について述べている。具体的画素回路、128 x 128画素のセンサの回路構造、2進木スキャン回路について述べた後、走査機能を有するシート光源と試作したセンサチップとを用いて実現した3次元形状計測システムの実験結果について述べている。実験結果より約0.3パーセントの相対距離計測誤差を実現していることを述べ、マルチサンプリングにより精度が向上することを示している。測定速度については試作システムでは每秒12枚の距離計測を実現しているが、これはインターフェース回路による制約であり、スキャン性能上は最大每秒2万枚以上の距離測定が可能であり、運動物体の3次元形状計測が十分な速度で実現できることを述べている。

第六章は「行単位読み出し機能を持つ高速ポジションセンサの実現と3次元計測への応用」と題し、

行単位で画素情報を読み出す回路とポジションエンコーダを組み合わせた運動物体用高速ポジションセンサの構造とその試作結果について述べている。本センサは第四章で提案したものに比較し、位置検出速度ではおとるが解像度の点で有利な方式となっている。352 x 288画素のセンサを設計試作し、3次元形状計測システムに応用した実験結果を述べている。実験結果より、マルチサンプリングを併用すると相対距離誤差が約0.08パーセント程度となることを示した。またシミュレーションより毎秒60枚以上の距離計測が実現でき、3次元動画像取得に適用可能であることを示している。

第七章は「まとめ」であり本論文の研究成果をまとめている。

以上、本論文はCMOSイメージセンサによる3次元形状計測のための高速輝点位置決め回路方式について研究し、具体的センサチップを設計試作し、3次元形状計測システムに応用できることを実証し、その有効性を示したもので電子工学の発展に寄与する点が少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格したものと認められる。