

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 大池 祐輔

本論文は「Smart Image Sensors and Associative Engines for Three Dimensional Image Capture (3次元画像取得のためのスマートイメージセンサと連想プロセッサに関する研究)」と題し、従来の2次元画像に加えて画素毎の奥行き情報を同時に取得する機能を持つ高速3次元イメージセンサと、3次元イメージセンサで取得した多数の画素情報を高速に連結し一体化するための距離検索機能を持った連想プロセッサについて研究したもので、英文で記述され十章より構成されている。

第一章はIntroduction(序論)であり研究の背景と目的を述べている。従来の関連研究を述べた後、本研究で用いる光切断法の原理、目指すべき性能仕様など、高速に3次元画像を取得するためのスマートイメージセンサに必要な機能と性能について述べ、さらに連想プロセッサの持つべき機能について述べている。

第二章は「Real-Time and High-Resolution 3-D Image Sensors (実時間高解像度3Dイメージセンサ)」と題し、実時間かつ高解像度で3次元画像を取得するために試作した一連のセンサの構造とそれを用いた実証実験結果について述べている。まず光切断法で必要となる画素へのダイナミック高速アクセスの基本原理を説明した後、光切断面を検出するための画素回路、適応しきい値回路、時間領域A/D変換回路、二進木プライオリティエンコーダ等の要素回路の詳細を述べ、これらを用いて高速に光切断面近傍の光信号強度分布を読み出す方法を述べている。次にこれらの原理を用いた640x480解像度の実時間3Dイメージセンサの試作および実証実験結果の詳細について述べ、測定精度について評価している。またこのセンサを複数個用いて対象の3次元モデルを再構成する手法について述べている。さらに本章で述べた原理に基づきさらに高解像度化した1024x768解像度の実時間3次元イメージセンサの設計試作評価実験結果、および感度向上のための背景光抑圧回路方式についてもその実験結果を示し実現性を評価している。

第三章は「Row-Parallel Position Sensors for Ultra Fast Range Finding (超高速距離検出のための行並列位置センサ)」と題し、超高速3次元情報取得のため設計試作した、行毎に高速な活性画素検出回路をもつイメージセンサについて述べている。行並列の活性画素位置検出の基本方式について述べた後、具体的に画素回路、行並列検索のための連鎖動作とアドレス取得動作を述べている。さらに予備実験として作成した128x16解像度の位置センサの試作実験結果に続き、375x365解像度の超高速距離センサについて、その構造、試作結果、高速度撮像結果について述べている。

第四章は「High-Sensitive Demodulation Sensors for Robust Beam Detection (ロバストなビーム検出のための高感度復号センサ)」と題し、画素毎に同期検波回路を搭載し高度な背景光抑圧機能を実現したセンサについて述べている。検波方式の原理を述べた後、画素回路とセンサの構成、試作チップについて述べ、このセンサを用いた背景光抑圧実験結果について述べている。このセンサを用いることで広い範囲の背景光に対して一桁ないし二桁の程度微弱な強度の信号光を安定に検出できることを述べている。

第五章は「Extension of Demodulation Sensing (復号センシングの拡張)」と題し、第四章で述べた検波回路を有する復号センサの概念を拡張し、色検出やターゲット識別のためのビーコン応用に用いることができるセンサについて述べている。復号方式による色検出のための基本方式を述べた後、画素単

位の色復号回路、高感度・高ダイナミックレンジ化のための両極性信号積分方式について述べ、64x64 解像度の色復号センサの設計試作評価実験結果について述べている。実験結果により背景光抑圧を効果的に実現し色復号できることを示すとともに、光の往復時間による距離検出への応用についても述べている。また、ターゲット識別のためのビーコン応用については 128 x 128 解像度のビーコン検出器の設計試作実験結果について述べ、従来のデータレートよりも高速なビーコンシステムが実現できることを実証している。

第六章は「Digital Associative Engine for Hamming Distance Search (ハミング距離検索のためのデジタル連想プロセッサ)」と題し、ハミング距離の近いデータから順次検索する機能を有する語並列連想メモリのデジタル方式による効率的な実現法について述べている。ハミング距離検索の基本方式を述べた後、完全連想型高速階層検索回路構成を述べている。さらに試作チップの具体的構成について述べ、測定結果より、面積効率、動作速度、消費電力を評価している。

第七章は「Scalable Multi-Chip Architecture Using Digital Associative Engine (デジタル連想プロセッサを用いた拡張可能な多チップアーキテクチャ)」と題し、第六章で述べたハミング距離検索のためのデジタル連想プロセッサを拡張して、検出スループットをあまり犠牲にすることなく多チップ構成に拡張するための回路方式について述べている。多チップ構成に使用するパイプライン型外部プライオリティエンコーダ要素回路を各構成チップに埋め込むことで、大きな連想記憶容量を必要とする場合の多チップ構成時にも、別のチップの助けを借りることなく高速パイプラインエンコーダを効率的に実現できることを示している。さらに、種々の基本容量を持つ本連想プロセッサを自動合成するためのモジュールジェネレータを作成した結果についても述べており、合成したモジュールの性能を評価している。

第八章は「Digital Associative Engine with Wide Search Range on Manhattan Distance (マンハッタン距離による広範囲探索機能を有するデジタル連想プロセッサ)」と題し、マンハッタン距離を用いて近いデータから順次検索する機能を有する連想プロセッサの、デジタル方式による効率的実現方式について述べている。語並列でマンハッタン距離を計算するための要素回路である、絶対値・符号生成回路、距離計算動作、重み付き検索クロック、最近傍検出回路を説明した後、試作チップの構成と評価実験結果について述べている。実験結果に基づき、動作速度、消費電力、検索範囲、面積効率について評価している。

第九章は「Associative Processing for 3-D Image Capture (3次元画像取得のための連想処理)」と題し、本論文で述べている連想プロセッサを用いて、3次元画像を効率的に取得する手法について説明している。連想プロセッサを用いて3次元の対象を他から分離抽出するための基本回路構成について述べ、その性能を予測している。

第十章は「Conclusions (結論)」であり本論文の研究成果をまとめている。

以上、本論文は通常の2次元画像とともに画素毎の奥行き情報が付随した3次元画像を高速に取得するスマートイメージセンサを提案し、取得した3次元画像から空間的に独立した対象を効率的に分離抽出するための距離探索機能付き連想プロセッサを提案し、合わせて試作評価実験をとおしてその有効性を実証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。