

# 論文審査の結果の要旨

氏名 山崎 英男

本論文は、Image Processing VLSI Circuits for Real-Time Recognition Systems (和訳：実時間認識システムのための画像処理 VLSI 回路技術) と題し、柔軟な画像認識処理を実時間で実行することを目的に、入力画像より認識に必須の特徴量を抽出するとともにその画像を表現する特徴ベクトルを高速に生成できる VLSI アークテクチャと、これを実現するための新たな回路技術に関する研究成果を纏めたもので、全文 6 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、“Image Recognition Algorithm (画像認識アルゴリズム)” と題し、本研究で対象とする画像認識システムの全体像を記述するとともに、画像から方向性エッジを抽出しこれを用いて特徴ベクトルを生成するアルゴリズムの詳細について述べている。さらに、こうして得られた特徴ベクトル表現が、柔軟な画像認識に有用であることを実例を挙げて述べている。

第 3 章は、“A Real-Time VLSI Median Filter Employing Two-Dimensional Bit-Propagating Architecture (二次元ビット伝播方式による実時間 VLSI メディアンフィルタ)” と題し、入力画像からノイズを有効に除去するためのメディアンフィルタ演算を高速に実行する VLSI 回路の構成について述べている。大量の入力データに対し、Permutation 比較演算でメディアン値探索を行う方式を採用しているが、比較演算に際し 1 ビット毎の比較結果をすぐ次段に伝播させる二次元ビット伝播方式の回路構成を導入することで、高速演算を実現している。

第 4 章は、“High-Speed VLSI Median Filters Employing Majority Voting Circuits (多数決回路を用いた高速 VLSI メディアンフィルタ)” と題し、アナログ・デジタル混載の回路技術で、高速・省電力・小面積の VLSI メディアンフィルタ回路を構成する研究について述べている。入力データに対し、最上位ビットより並列比較を繰り返すバイナリ探索アルゴリズムを採用し、この比較器には新たに開発したアナログ多数決回路を導入した。これにより、チップ面積、動作速度、消費電力のいずれにおいても第 3 章で得たメディアンフィルタを凌駕できることを、実際に VLSI チップを設計・試作することを示した。この回路は、次章で述べられる特徴ベクトル生成回路においても、高速演算実現のキーコンポーネントの一つとして用いられている。

第 5 章は、“A Real-Time Image-Feature-Extraction and Vector-Generation VLSI Employing Arrayed Shift-Register Architecture (アレー状配置シフトレジスタを用いた実時間画像特徴抽出・特徴ベクトル生成 VLSI)” と題し、入力画像より方向性エッジ情報を

抽出し、これを用いてその画像特徴ベクトルを高速に生成する VLSI プロセッサの構成法について述べている。画像の形状的特徴を表すエッジ情報を、照明条件等の影響を受けずに確実に抽出するためには、各部分画像のローカルな輝度値変化を考慮してエッジ検出の閾値を決定する必要があるが、これがこれまで高速演算のボトルネックとなっていた。ここでは、第 4 章で開発したメディアン回路を導入することでこの問題を解決するとともに、2次元のアレー状に配置したシフトレジスタ群を 4096 入力の加算器に直結するという新たな回路構成を提案し、これにより 64 クロック毎に一つの画像特徴ベクトルを生成できる VLSI チップを実現した。0.18  $\mu\text{m}$  CMOS プロセスを用いてテスト回路を設計・試作し、100MHz の動作で、3GHz の汎用プロセッサ上のソフトウェア処理に比べ、4 桁以上の高速化が実現できることを実証した。これは、実時間画像認識システム構築を可能にする重要な成果である。

第 6 章は結論である。

以上要するに本論文は、実時間画像認識システム構築に重要な画像の特徴ベクトル生成に関し、特に柔軟な認識に重要な役割をする方向性エッジ情報を用いたベクトル生成を高速で実行できる新たな VLSI チップのアーキテクチャを提案し、これを実現するための新たな回路技術を開発し、VLSI チップを設計・試作・評価すること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。