

論文審査の結果の要旨

氏名 鈴木 康文

本論文は、A Directional Edge-Based Feature Representation Algorithm for Facial Image Perception VLSI Systems (和訳：方向性エッジに基づく画像の特徴表現アルゴリズムとその VLSI 顔画像認識システムへの応用) と題し、人間のように柔軟な画像認識処理 VLSI システム実現を目指し、画像の方向性エッジを用いた画像の特徴ベクトル表現とこれを用いたロバストな画像認識アルゴリズムを開発するとともに、これを顔画像認識に応用してその有用性を示した研究成果を纏めたもので、全文 5 章よりなり、英文で書かれている。

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 章では、方向性エッジに基づく画像の特徴表現アルゴリズムの詳細について述べている。まず、 64×64 ピクセルの認識ウィンドウより抽出した 4 方向の方向性エッジマップが、対象の画像的特徴を十分に具備しているとの仮定の下に、その縮約表現としての 64 次元ベクトルが、16,384 次元のバイナリベクトル空間から、512 次元のバイナリベクトル空間への射影として捉えている。そして、これまで提案されてきた PPED (Projected Principal-Edge Distribution) ベクトル表現を補完する、新たな低次元空間への射影による縮約表現として APED (Averaged Principal-Edge Distribution) ベクトルを提案している。これらは、いずれも VLSI システム実装に適合するベクトル表現として提案・開発されたものであるが、顔画像データベースを用いたクラスタ分析による統計的な解析の結果、これらのベクトル表現が統計的な性質からも有意なベクトル表現となっていることを述べている。

第 3 章では、前章で導入したベクトル表現を様々なシーンの中から形状の特徴だけで人間の顔を見つけ出す、いわゆる顔画像検出の問題に適用し、ロバストな画像認識アルゴリズムの基礎を確立する研究について述べている。まず、PPED と APED 二種類の表現を用いて、異なる低次元空間への射影により、クラス間のサンプル混合を分離する Multiple Clue 法の概念を提唱している。そしてこれを用い、スケールの変化、任意の角度の回転に対しても柔軟に対応できる、False Negative Free 顔検出システムを開発した。False Positive を排除する手法として、顔のパーツをさらに方向性エッジベクトル表現で確かめる検証プロセスを導入し、これによりシステムの性能を向上させた。以上は、正面顔の検出であるが、さらに様々な方向を向いた顔の検出についても適用し、ロバストな検出の行えることを実証している。横顔の検出に関しては、認識に際し着目点を何処に絞るかという Focus of Attention の概念が重要であることを示している。これらは、エッジベースのベクトル表現を用いた柔軟な画像認識の基礎を確立した重要な研究成果である。

第 4 章では、顔から個人を認証するシステムの開発について述べている。個人認証のための顔画像のマッチングには、既存の擬似二次元隠れマルコフモデルを用いているが、部分画像の表現について、従来の離散コサイン変換の係数を用いた表現ではなく、方向性エッジを用いたベクトル表現を導入した。その結果、照明条件の変化に対して大幅にロバスト性が向上するという結果を得ている。さらに実時間の個人顔認証システムを実現するため、擬似二次元隠れマルコフモデルを高速に演算・実行するための専用 VLSI プロセッサ・アーキテクチャを開発した。ハードウェア量を削減するため、通常ガウス分布の重ねあわせで表現される観測確率関数をラプラス分布の重ねあわせに置換した。実際に FPGA 上にシステムを実装し、一秒間に 200 人の顔を認識できる実時間個人認証システムを実現した。これは、実用上重要な成果である。

第 5 章は結論である。

以上要するに本論文は、画像より抽出した方向性エッジを用いた画像の特徴ベクトル表現とこれを用いた画像認識アルゴリズムを、顔画像検出システム並びに顔による個人認証システムに応用することによってその有用性を実証し、ロバストな画像認識システム構築の基礎を確立した研究であり、情報学の基盤に寄与するところが少なくない。

よって本論文は博士（科学）の学位請求論文として合格と認められる。