

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 栗原 徹

パターン計測技術は固体イメージセンサや信号処理技術の格段の発達により幅広い方面で利用されるが、その一方で、様々な問題や性能・機能上の制約も指摘されている。本論文は、このような制約の多くがビデオ映像や静止画観察を目的とした従来のイメージセンサの機能上の制約に起因するとの立場に立ち、近年新たに考案された時間相関型イメージセンサを画像センシングデバイスとして導入し、これにより適用可能になる相関計測原理と信号処理の方法論に立脚し、画像の時間軸方向に展開された情報をセンサの能動性と一体化して利用する新しパターン計測法の開発と応用を目指したもので、全体で2部、8章から構成されている。

第1章の序論においては、画像センシングの問題と、そのために必要となる高機能イメージセンサについて、これまでの研究を概観しつつパターン計測の目的と方法論に応じた課題が整理されるとともに、本論文の主題である時間軸情報の利用という観点が導入されている。

第2章は「時間相関型イメージセンサ」と題し、時間相関型イメージセンサの基本的機能、すなわち直流成分とそれ以外の2個の任意の独立基底波形との時間相関積分値が1フレーム時間で取得できること、およびこれらの値からの一般化振幅・位相が復元できること、およびそのアルゴリズムが定式化されている。

第3章は「実時間法線ベクトルイメージャ」と題し、新たに考案した3個の正三角形状に配置した正弦波変調光源を用いる三次元物体の法線ベクトルの映像化システムについて、その基本原理と適用可能条件、システム構成、実験結果、および精度評価を述べている。さらに、1点あたり2自由度を取得可能な特徴を利用し、測定誤差等によって生じるベクトル場の回転成分を除去することにより、矛盾のない法線ベクトルならびに標高データを求める矛盾除去フィルタリング手法を提案し、実験によりその基本性能を確認している。

続く第4章は、上記の結果を発展させ、「実時間法線ベクトルイメージャの非ランバート面への拡張」と題し、多重極光源として提案する新たな照明方式を導入し、完全拡散面の条件が成立しない鏡面や陰影領域への実時間法線ベクトルイメージャの測定範囲の拡張法を示している。具体的には、1周で位相が 4π 回転する4から6個の円周上等間隔配置の変調光源が、ランバート面に対して反射光の時間変動を生じないことを理論的に示し、4重極光源によって求まる振幅と位相を前章で述べた2重極光源による振幅と位相からベクト

的に差し引く信号処理手法を導出した。試作システムを用いた評価実験により、鏡面物体の正反射部や深い凹凸部の影の領域が検出され、正反射部で法線ベクトル計測が可能になることを示している。

第 5 章は「顔の勾配情報を用いた識別のための特徴抽出」と題し、前章までで実現した法線ベクトルイメージを顔貌認証に適用するための特徴抽出法と圧縮表現方法について検討している。具体的には、明暗画像と法線ベクトル画像および立体画像が位置ずれなしに同時に求められる特徴を生かし、明暗情報と立体情報を融合した顔の向きと大きさの補正手法を考案し、これで規格化した顔の法線ベクトルを著名な顔貌認識アルゴリズムである固有顔法とフィッシャー顔法に適用した。その際、法線ベクトルが 1 画素 2 自由度を有する問題を、上記手法を複素画像および複素固有解析へ拡張することにより解決するという独自の方法を提案している。さらにこの方法を自由な姿勢の顔に適用して認証実験を行い、10 人以下という少数データベースながら、常に正しい認証が行われ、明暗のみの顔画像に対して識別力が向上していることを分布間距離により確認している。

続く第 6 章は「ヘテロダイン検出による実時間エリプソメトリックイメージ」と題し、干渉光学計測で幅広い応用をもつヘテロダイン検出技術を時間相関イメージセンサと結合する方法論について一般的に論じ、その具体例としてエリプソメトリの実時間 2 次元イメージング化を実現した結果について報告している。

第 7 章は「実時間振動分布計測法」と題し、同じくヘテロダイン検出技術を機械振動の振幅・位相分布の実時間 2 次元イメージング化に適用した結果について報告している。

第 8 章は結論であり、以上の成果を総括し将来の発展方向を論じている。

以上、要するに、本論文は、対象の情報を時間軸方向に展開し、これを時間相関イメージセンサにより復調して実時間 2 次元的に検出する新しいパターン計測の方法論の確立とその具体的な応用の開発を目指したもので、本研究で展開された方法論は今後のセンシング技術の発展に大きな波及効果が期待でき、その技術的ポテンシャルの高さからも計測工学上の貢献が十分にあると判断される。よって、本論文は博士(情報理工学)の学位請求論文として合格と認められる。