

氏名	ハットリ コ オ スケ 服部 公央亮
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博第817号
学位授与の日付	平成24年3月23日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当 課程博士
学位論文題目	動的計画法による音と画像の高精度認識に関する研究

論文審査委員	主査	教授	梅崎 太造
		教授	北村 正
		教授	岩田 彰
		教授	藤吉 弘 亘 (中部大学)

論文内容の要旨

動的計画法 (Dynamic Programming Method) を応用した音と画像の高精度認識アルゴリズムを提案し、その有効性を実証実験により示す。

まず人の顔方向の認識に注目した。簡単な方法としては、各姿勢の顔画像テンプレートとのマッチングが挙げられる。しかし、姿勢変動は連続的なものであり、全ての姿勢画像を撮影して、登録することは難しい。そこで我々は、入力画像に対する次元圧縮を行わずに、連続的な動きをニューラルネットワークの一種である自己組織化マップにより補間することで、少ない学習データから高精度に姿勢推定を行う手法を提案した。これにより、2次元画像を用いながらも高精度な姿勢推定を可能とするシステムを実現した。

提案法の有効性を確認するため、3次元顔データから精度保証された姿勢変動顔画像を生成して、姿勢推定実験をした。その結果、5度刻みの画像を学習して2.5度刻みの姿勢推定をした場合、推定精度 58 [%], RMSE 1.87 度で推定可能であることが確認された。2.5度刻みの画像をテンプレートとして持つテンプレートマッチングによる比較実験結果では、平均推定精度は 58 [%], RMSE は 1.88 度で推定された。この実験により、提案法により未学習の中間姿勢を含めて推定した場合においても、予め 2.5 度のテンプレートを持つ場合と同程度の推定精度が得られることが確認された。

提案法は、画像から抽出した認識に必要な特徴点の座標などを補間するのではなく、画像をそのまま補間しているため、連続的な姿勢変動顔画像を生成可能である。そのため、表示・閲覧を目的とした姿勢画像の生成においても、応用可能であると考えられる。

次に機械駆動音の自動不良検査システムを提案した。工業製品の異常検出・不良検査は、現在でも検査員による官能検査が広く用いられている。このような検査においては、誰がどこで何度検査しても同じ結果が得られ、同じ評価が得られなければならない。しかしながら、判断基準には個人差があり、体調や精神状態にも左右されるため一定の品質を保つことは困難である。特に聴覚を用いた検査については個人差も大きく、検査員への負担も高いため自動化が望まれている。自動検査システムを実現するための手法として、音声認識と画像・動画処理に基づく手法をそれぞれ提案した。実験対象としては、現場で採取された機械駆動音4種を用いた。

音声認識に基づく手法では、FFT/LPC ケプストラムと連続 DP マッチングによる認識を検討した。その結果、97~100[%]という高い識別性能で検査可能なことを確認した。このとき、連続 DP を用いることで事前にマッチング対象となる範囲をセグメンテーションすることなく、異音検査を行うシステムを実現している。さらに、マッチングされた範囲を切り出すことで、セグメンテーションにも利用可能である。これを利用して、リファレンスの半自動セグメンテーションについても実現している。

画像・動画処理に基づく手法としては、動画認識でしばしば使用される特徴量である CHLAC と部分空間法による認識を検討した。このとき、セグメンテーションには前述の連続 DP マッチングを使用した。その結果、95~100[%]の識別精度であることが確認された。比較実験として、一定周波数ごとのパワー値の分散と平均による MTS 法による識別との比較を行い、それらに比べて高い識別性能であることを確認した。

さらに、セキュリティシステムとして近赤外光を用いたバイオメトリクス認証システムを開発した。撮影に使用する光源波長について独自に検討を行い、静脈の撮影に適しているとされていた 700~800 [nm] に比べて長波長である 890 [nm] を静脈が鮮明に撮影出来る波長として選定した。認証アルゴリズムについても独自に開発を行い、撮影した静脈画像に対して、周波数領域でのフィルタリングを用いた静脈強調処理と DP マッチングを適用することで、高精度に認証を行うシステムを構築した。

論文審査結果の要旨

センサや計算機の低価格化・高性能化に伴い、音や画像を用いたセンシングが盛んに研究・開発されている。特に、生産設備用の不良検査システムやセキュリティシステムについては多数実用化されている。しかしながら、近年、そのシステム規模、精度、価格、速度、自動化などの面で、要求されるスペックがさらに飛躍しようとしている。しかし、センサやコンピュータの性能が著しく向上しているのに比べて、処理アルゴリズムの発達は遅れており、センシングシステム全体としては未だに多くの課題を残している。

そこで本論文は、動的計画法 (Dynamic Programming Method) を応用した音と画像の高精度認識システムの開発を目的としている。

第1章では、本論文の目的を述べ概略を示している。

第2章「自己組織化マップを用いた顔方向の認識」では、自己組織化マップにより顔画像を補間することで高精度に顔方向をセンシングする手法について述べている。顔方向認識の簡単な方法としては、各姿勢の顔画像テンプレートとのマッチングが挙げられる。しかし、姿勢変動は連続的なものであり、全ての姿勢画像を撮影して、登録することは難しい。本論文では、入力画像に対する次元圧縮を行わずに、連続的な動きをニューラルネットワークの一種である自己組織化マップにより補間することで、少ない学習データから高精度に姿勢推定を行う手法を提案している。これにより、2次元画像を用いながらも高精度な姿勢推定を可能とするシステムを実現している。提案法では、隣接画像間を繋ぐユニットを動的計画法により選択することで、リファレンスに使用する画像を選択している。提案法の有効性は、3次元顔データから精度保証された姿勢変動顔画像を生成した上で、姿勢推定実験を行うことにより示されている。その結果、5度刻みの画像を学習して2.5度刻みの姿勢推定をした場合、推定精度58 [%]、RMSE 1.87度で推定可能であることが確認されている。比較実験結果である2.5度刻みの画像をテンプレートとして使用するテンプレートマッチング法による姿勢推定では、平均推定精度は58 [%]、RMSEは1.88度で推定されている。この結果から、提案法により未学習の中間姿勢を含めて推定した場合においても、予め2.5度のテンプレートを持つ場合と同程度の推定精度を得ることに成功している。

第3章「機械駆動異音の自動検出」では、動的計画法とCHLAC特徴による音の不良検査手法について述べている。良否判定手法には、画像・動画処理と音声認識に基づく検査手法をそれぞれ提案している。提案法は良品からの距離に基づき良否判定を行うため、学習用に多数の不良サンプルを必要としない。少数の不良サンプルでの検討により現場での検査を実施できるため、非常に実用性が高い。類似の研究として、溝口が自動車用のエンジン駆動音を対象として、各周波数帯のパワー値を用いた判別分析法を提案している。提案法では、エンジン駆動音のような連続的な音ではなく、非連続的な音を含む機械駆動音も対象としており、従来法との比較実験の結果、その有効性を示している。さらに、DPマッチングを機械駆動音に対して適用することで、良品パターンからの距離算出と生産ラインにおいて検査に使用するリファレンスパターンの自動切り出しを行うシステムの開発にも成功している。

第4章「非接触指紋・指静脈認証」では、指紋・静脈によるバイオメトリクスについて述べている。指静脈は指紋同様に、ユーザへの負担が少ない。さらに、指紋と指静脈は共に指から画像取得を行うため、将来的には一度に両者の画像を取得することも可能であると考えられる。指紋・指静脈のハイブリッド認証システムを実現すれば、2つの異なる個人特徴を用いることでより認証率の大幅な向上が見込める。さらに、指紋、静脈ともになりすましの問題が存在するが、それらを同時になりすますのは非常に困難であることから、より安全なシステムを提供できる。ここでは、撮影システムと認証アルゴリズムについてそれぞれ検討している。指紋や静脈を照合する際には、位置ずれや歪みが発生する。そのため、DPマッチングを取り入れた認証アルゴリズムを適用している。非接触型指紋入力システムでは、カメラとLEDを用いて指紋を撮影して、それにより得られた画像に対する前処理法について検討している。指静脈認証システムでは、光源波長として従来の800[nm]付近とは異なり、波長890[nm]で最も鮮明な静脈画像が得られることが判明している。さらに、指中心線を基準とした傾き補正と切り出しを行い、静脈強調フィルタを用いることで、高い認証率を得ることに成功している。

第5章「むすび」では、本論文で得られた知見を総括して結論を述べている。

以上、本論文は、マッチングや領域のセグメンテーションなど音声・画像認識の分野で広く使用されている動的計画法を応用することにより、実用的な音と画像の高精度認識システムを構築することに成功した。よって、本論文は工学上および社会的に価値のあるものと考えられ、博士(工学)の学位にふさわしいものと認める。