

平成 22 年 5 月 20 日現在

研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2006～2009
 課題番号：18300062
 研究課題名（和文） 顔表情変化時の動的特徴量に基づくバイオメトリクス個人認証アルゴリズムの研究
 研究課題名（英文） A Biometrics Person Authentication Algorithm by Dynamic Feature of Facial Expression
 研究代表者
 森島 繁生（MORISHIMA Shigeo）
 早稲田大学・理工学術院・教授
 研究者番号：10200411

研究成果の概要（和文）：

顔画像を対象とした精度の高いバイオメトリクス個人認証の実現を目標として、表情変化時の動的な特徴や3次元顔立体形状特徴などをパラメータとする顔認証システム構築を行った。さらに、加齢に伴う顔特徴量の変化のモデル化・年齢合成、自然な笑いの特徴抽出・再現、正面画像や任意の方向の画像から3次元の顔形状を精度よく復元する手法の検討を実施し、個人認証システムおよび犯罪捜査支援システムの構築に必要な要素技術の開発を行い実用的に有効な成果を残した。

研究成果の概要（英文）：

The target of this research is a construction of high quality biometrics person authentication system by face image considering a dynamic feature of facial expression or 3-d face geometry information. Moreover, a modeling and synthesis of aging face, a feature extraction and synthesis of natural smile, and high performance 3D face estimation only from frontal or profile face snapshot are studied as an element technology to contribute to construct not only a face authentication system but also a criminal investigation assistance system. As a result, high performance is achieved to be suitable for practical use.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	6,000,000	1,800,000	7,800,000
2007年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
2008年度	3,000,000	900,000	3,900,000
2009年度	2,300,000	690,000	2,990,000
年度			
総計	15,100,000	4,530,000	19,630,000

研究分野：認知科学、感性情報学・ソフトコンピューティング、知覚情報処理・知能ロボティクス、メディア情報学・データベース、計測工学

科研費の分科・細目：情報学・知能情報学

キーワード：個人認証、動画像解析、なりすまし防止、表情アニメーション、合成による分析、時空間周波数、3次元構造復元、加齢変化、犯罪捜査支援

1. 研究開始当初の背景

顔の静止画を利用する個人認証システムは他の研究機関やメーカーでも数多く研究され、既に、空港におけるテロリスト対策用として実用化も行われている。しかし、指紋や虹彩特徴と比較して性能的には十分とは言えず、撮影環境の変化にも弱く、カメラに向かって一定の姿勢を保つなど、被撮影者に対するストレスは小さいとは言えない。また特定犯罪者のスクリーニングに利用されているシステムが殆どであり、本人棄却率を下げることに重点が置かれ、最終的な判断は人間の目に委ねられていると言っても過言ではない。したがって、ID照合手法として広く利用するには、限定された環境や条件での利用が必須となる。また、声紋情報や指紋情報と併用して性能を確保する試みも行われている。また顔画像認証の本来の特徴としてなりすましに弱く、年齢変化や髪型などの変化に対応できないという弱点を有する。

これに対して、本研究では動画像や3次元の顔形状中に含まれる個人特徴量を利用することにより、なりすましを防止し、従来のシステムの認証精度の限界にブレークスルーをもたらすことができる。

顔の動画像や3次元形状特徴を認証に利用したものは、国内外において他に研究例がほとんど存在せず、極めて先駆的な位置付けと言える。また加齢変化を考慮したり、カメラ角度に依存しないシステム構成をめざす研究も例がない。すでに申請者のグループは、顔面の筋肉構造をシミュレーションし、リアルで高精度な表情合成を実現する研究に従事してきた。この分野では国際的にも先駆的な位置に置かれており、自動翻訳テレビ電話の提唱や知的通話技術の研究で、すでに高い評価を受けている。また、現在は、個人差の表情表現に研究の重点が置かれており、今回の提案はこの研究の延長線上に位置づけできる。すなわち表情合成したものをリファレンスデータとして、合成結果との比較によって表情認識を実現する、いわゆる合成による分析技術の実現として位置付けでき、すでにデータベースに登録してある個人データとの単純なマッチングにより個人認証を実現する従来技術とは全く異なるアプローチであり、極めて先駆的な研究テーマである。

2. 研究の目的

本研究では、モバイルやインターネット利用環境を想定し、カメラを搭載したパーソナルコンピュータや携帯端末のユーザが端末のIDに依存せず、またICカード等を持ち歩く必要もなく、パーソナルに対話ができる環境の実現を1つの目標として想定して

いる。

この目標を実現するためには本人であることを確認し、詐称者を排除する技術が必須となる。すでにDNA、指紋、虹彩、眼底像など各種バイOMETRICSを応用した個人認証技術が研究開発され、高い性能が報告されてきたが、いずれも本人特徴入力のため特別の器具が必要とされ利用の際はユーザのストレスを伴う。顔画像は、ストレスを感じさせず利用できるバイOMETRICS情報の1つであるが、従来技術は静止画像を処理対象とするものがほとんどであり、なりすましに弱く、DNAや虹彩照合などと比較すると、性能として十分でないという欠点があった。

そこで本研究では、発話や表情表出の際の顔面表面の動きに個人差があることに着目し、静止画像でなく動画像を処理対象として、顔面表面の動きの個人差を高精度で検出し個人認証に応用することで、なりすましを防止できるロバストな個人認証アルゴリズムの開発を行うことを目的とした。

次に、なりすまし対策の2つ目として、顔の3次元特徴量に基づく個人認証の可能性を検討する。さらに犯罪捜査支援という観点から、監視カメラ等に記録された映像から、被疑者の3次元顔形状を推定し、任意の方向から見た画像を合成したり、表情合成を加えたり、加齢変形を施すことによって、従来のモニター写真に代わる、協力的な犯罪捜査資料の合成をも実現するための要素技術について検討する。

3. 研究の方法

(1)2006年度

動画像中に含まれる個人特徴のパラメータ抽出を行う。従来の多くのシステムが画像中の特徴点抽出を必要としているが、本システムは周波数成分の絶対値に着目しているため特徴点の抽出が不要であり、被写体のゆっくりとした動きや位置の誤差に左右されない安定でロバストなシステム構成が可能となる。

(2)2007年度

顔の三次元形状に対して整合された三次元メッシュモデルの頂点座標に対して主成分分析を行い、その主成分得点を特徴量として使用するシステムを構築する。

顔の位置の正規化・傾きの正規化・大きさの正規化を行った上で、主成分分析を施し、認証実験を行う。

(3)2008年度

3次元顔認証に必要な顔の特徴点抽出アルゴリズムの開発を行う。目、鼻、口、顎輪郭といった顔パーツの位置を、3次元形

状特徴から推定し、特徴点抽出精度を向上させる。また顔動画像を対象に表情変化時における微細な変化を定量化するためにオプティカルフロー推定によって、特徴点の変動を画素単位の細かさで追跡する方法を開発する。この手法によって、表情変化を自動的にモデル化でき、この動的特徴点追跡によって、作り笑いと自然な笑いの識別を実現する。さらに、年齢・性別ごと特徴を抽出・定量化し、入力された顔画像の若返りや老化のシミュレーションを実現する。この方式は、年齢変化による個人認証精度の低下を防ぐことが可能となる。

(4)2009 年度

年齢・性別毎の年齢変化シミュレーションに関して、レンジスキャンデータ(3次元顔形状データ+正面顔テクスチャ)に基づいて生成された正確な3次元形状と正面顔テクスチャを有する人物顔モデルデータベースに基づき、3次元形状とテクスチャの双方に年齢特徴を加えた年齢変化顔の合成手法を提案する。

さらに、正面顔画像のみ、もしくは斜め方向から撮影された顔画像から、3次元顔モデルを高速に自動生成する手法を開発する。

4. 研究成果

(1)動画像による個人認証システム

動画像中に含まれる時空間周波数個人特徴量に基づきのパラメータ抽出を試みた。被写体のゆっくりとした動きや位置の誤差に左右されない安定でロバストなシステム構成が可能となった。

(2)顔の3次元構造を利用した個人認証

顔の3次元形状に対して整合された標準3次元メッシュモデルの頂点座標に対して主成分分析を行い、その主成分得点を特徴量として使用するシステムを構築した。

顔の位置や向きを同じ状況にするため、位置の正規化・傾きの正規化・大きさの正規化を行った上で、認証実験を行った。2782人の3次元顔形状データベースを用い、全員を登録者とする認証実験を行った結果、EERは4.53%となった。また、登録人数を15人に削減した場合、EERは2.32%となり、高精度の個人認証を実現できた。

(3)顔特徴点抽出法

顔の三次元形状の特徴を利用した特徴点抽出アルゴリズムの開発を行った。目、鼻、口、顎輪郭といった顔パーツの位置を推定し、特徴点抽出精度を向上させる試みを行った。その結果、手動ラベリングによる正解値に対して、鼻領域で95.8%、口領域で81.0%の成

率を実現した。

(4)表情変化の動的特徴記述

顔動画像を対象に表情変化時における微細な変化を定量化するためにオプティカルフロー推定によって、特徴点の変動を画素単位の細かさで追跡する方法を開発した。また、この特徴点抽出結果からRBF補間によって、他の全ての顔特徴点を計算し、標準ワイヤフレームを表情動画像に対してフィッティングする方式を開発した。これにより表情変化時の皺や顔の凹凸変化もリターゲット可能な顔合成方式を開発した。これにより、表情変化を自動的にモデル化でき、その頂点の平均とポリゴン単位のテクスチャ平均から平均顔動画像の合成が実現された。

(5)作り笑いと自然な笑いの識別

「作為的な笑い」と「自然な笑い」との分類に関して検討を行った。無表情から表情変化を開始する表情動画像を対象として、初期フレームで特徴点自動抽出を行った後に、オプティカルフロー計算に基づき、各特徴点をロバストに追跡する。これにより、追跡点座標値の時間的な変化を記述し、表情表出前後の追跡点座標の差分を特徴ベクトルとして、サポートベクタマシン(SVM)により笑いの分類を行った。

この動的特徴点追跡をHD動画像に適用し、作り笑いと自然な笑いの識別を実現したところ、オープンテストで80%の識別率を実現し、人間の識別よりも高い認識率を実現できた。また、合成画像として作り笑いを自然な笑いに変換する方式を実現し、コミュニケーションを円滑にするCG顔合成手法を提案した。

(5)年齢・性別特徴のモデル化

性別毎の年齢変化シミュレーションを実現するため、レンジスキャンデータ(3次元顔形状データ+正面顔テクスチャ)に基づいて生成された正確な3次元形状と正面顔テクスチャを有する人物顔モデルデータベースに基づき、3次元形状とテクスチャの双方に年齢特徴を加えた年齢変化顔の合成手法を提案した。年齢・性別ごとの顔データベースに基づき、頂点およびテクスチャ双方の平均顔を作成し、その特徴を定量化して、入力された顔画像の若返りや老化のシミュレーションが実現できた。この方式は、年齢変化による個人認証精度の低下をノーマライズ可能な方式として極めて有効である。

システムでは現在の顔データと年齢を入力し、年齢特徴ベクトルを入力顔に加減算することで、老年化、若年化した顔モデルの合成が可能となった。テクスチャ情報のみならず、3次元形状変化も考慮しており、個性を

反映しつつも、しみ、しわ、ひげなどの追加、削除が可能となった。

(6)写真からの3次元顔形状復元

監視カメラの正面顔画像もしくは斜め方向から撮影された画像1枚のみから、3次元顔モデルを高速に自動生成する手法を開発した。これは、正面テクスチャの特徴点の誤差を最小化しつつ、1500名分の顔データベースから計算された顔らしさの尤度を最大化するという最適化問題を解くものであり、いわば顔の特徴を表す各主成分の値を調整することによって、本人に最も似通った3次元顔モデルを推定するものである。

性能評価によりわずか3秒たらずの計算時間で、頂点レベルの推定誤差2mmを達成した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

- 1)前島謙宣, 森島繁生, “最適化局所アフィン変換に基づく正面顔レンジスキャンデータからの頭部モデル自動生成”, 画像電子学会誌, 査読有, Vol.38, NO.4, pp.404-413, 2009.
- 2) 久保尋之, 柳澤博昭, 前島謙宣, 森島繁生, “表情筋制約モデルを用いた少ない制御点の動きからの表情合成”, 日本顔学会誌, 査読有, Vol.6, No.1, pp.61-69, 2006.

[学会発表](計8件)

- 1)Satoko Kasai, Shigeo Morishima, “Aging Model of Human Face by Averaging Geometry and Filtering Texture in Database”, A Publication of ACM SIGGRAPH, Full Conference DVD-ROM, ACM SIGGRAPH 2009, Poster, New Orleans, Louisiana, U.S.A(2009.8)
- 2)Hiroki Fujishiro, Takanori Suzuki, Shinya Nakano, Akinobu Maejima, Shigeo Morishima, “A Natural Smile Synthesis From an Artificial Smile”, A Publication of ACM SIGGRAPH, Full Conference DVD-ROM, ACM SIGGRAPH 2009, Poster, New Orleans, Louisiana, U.S.A (2009.8)
- 3)藤代裕紀, 鈴木孝章, 中野真也, 前島謙宣, 森島繁生, “動画中の作為的な笑いとは自然な笑いの分類”, 第12回画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2009), 島根県松江市くびきメッセ(2009.7)
- 4)藤代裕紀, 鈴木孝章, 中野真也, 前島謙宣, 森島繁生, “HD 動画中の作為的な笑い

と自然な笑いの分類に関する一検討”, 第15回画像センシングシンポジウム(SSII09), パシフィコ横浜(2009.6)

- 5)田副佑典, 藤代裕紀, 中野真也, 笠井聡子, 前島謙宣, 森島繁生, “個人顔の3次元形状変形とテクスチャ変換に基づくエージングシミュレーション” 電子情報通信学会パターン認識・メディア理解研究会(PRMU) 鹿児島大学大学院理工学研究科(2010.3)
- 6)原朋也, 藤代裕紀, 中野真也, 前島謙宣, 森島繁生, “多視点顔画像に基づく3次元顔形状推定”, 電子情報通信学会パターン認識・メディア理解研究会(PRMU), 鹿児島大学大学院理工学研究科(2010.3)
- 7)田副佑典, 藤代裕紀, 中野真也, 野中悠介, 笠井聡子, 前島謙宣, 森島繁生, “3次元形状とテクスチャの双方の変換による年齢変化顔の生成” 電子情報通信学会2010年総合大会講演論文集, 東北大学(2010.3)
- 8)原朋也, 藤代裕紀, 中野真也, 前島謙宣, 森島繁生, “多視点顔画像に基づく顔器官ごとの重みを考慮した3次元顔形状推定” 電子情報通信学会2010年総合大会講演論文集, 東北大学(2010.3)

[図書](計0件)

[産業財産権]
出願状況(計0件)
取得状況(計0件)

[その他]

該当なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

森島 繁生(MORISHIMA Shigeo)
早稲田大学・理工学術院・教授
研究者番号:10200411

(2)研究分担者 なし

(3)連携研究者

山田 寛(YAMADA Hiroshi)
日本大学・文理学部・教授
研究者番号:90191328

中村 哲(NAKAMUEA Satoshi)

株式会社国際電気通信基礎技術研究所・所長
研究者番号:10200411