

顔認証システム

赤松, 茂 / AKAMATSU, Shigeru

(出版者 / Publisher)

社団法人映像情報メディア学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

映像情報メディア学会誌 : 映像情報メディア / 映像情報メディア学会誌 : 映像情報メディア

(号 / Number)

6

(開始ページ / Start Page)

735

(終了ページ / End Page)

755

(発行年 / Year)

2004-06-01

2. 顔認証システム

正会員 赤松 茂[†]

キーワード ● バイオメトリクス個人認証, 顔検出, 顔認識, 3次元物体認識, マルチモーダル生体認証, ヒューマンインタフェース

1. ま え が き

近年, テロの脅威や凶悪犯罪や窃盗の増加にともない, 公共機関や企業の重要施設や一般住宅における入出管理の徹底が求められるとともに, ネット上での個人情報保護や機密情報流出防止も急務となっており, バイオメトリクス個人認証への期待が急速に高まっている¹⁾. 顔パスという言葉もあるように, 顔認証はバイオメトリクスの中で人間にとってもっとも自然な方式ではある. しかし顔認証の精度は指紋や虹彩に比べてはるかに劣っているという認識が従来は支配的であり, PCログオン時のセキュリティ向上や個人対応型ヒューマンインタフェースなど, 認証対象を限定した用途を中心に考えられていた. しかし, 近年の顔認識技術の進展は著しく, 適用条件を適切に設定することにより入退室管理への応用も十分に実用に耐えうる段階に達したと言える. さらに, 顔認証に特有な強みを活かした新たな応用展開も現実のものとなってきている.

2. 顔による個人認証の特長

バイオメトリクス個人認証に用いられる他の生体情報と比較すると, 顔はその形状が複雑で柔軟に変化する3次元柔軟物体であることにより, 入力画像は観察方向や照明など撮影条件によって大きく変動する. したがって, 代表的な生体情報である指紋や虹彩のように, 本質的に2次元パターンの認識に比べて, 高精度な認識を実現するにはクリアすべき技術的課題が多い. さらに, 他人へのなりすましも不可能ではないこと, 加齢や健康状態の影響によって終生不変とはいえないなどの問題もある.

一方, 顔認証には, 他のバイオメトリクスにはない以下のような強みがある²⁾.

- (1) 非接触な認証であるため, ユーザへの負担が少なく, センサ接触による衛生上の不安もない.
- (2) 相手にカメラを意識させずに遠方から認証することが可能であり, 遠隔監視にも利用できる.
- (3) 顔は通常の本人認証手段であるので, 肖像権やプラ

イバシーへの配慮をすれば, 心理的な抵抗は少ない.

- (4) 万人が確認できる顔画像が履歴情報として保存されることになるため, 犯罪抑止効果も期待できる.
- (5) 顔は個人を特定するだけでなく, 人物の属性を伝えるメディアでもあるので, 顔から認識される情報に基づいてコンピュータがユーザの個性に応じて対応するような人に優しいヒューマンインタフェースの実現が期待できる.
- (6) 個人認証や監視といったセキュリティのための応用に限定されず, 人物の顔をキーとした映像の検索・編集や, 人工視覚によって人間とのコミュニケーション能力をもつ知能ロボットなど, 広範囲な応用への発展も期待できる.

顔という生体情報の以上のような特長は, セキュリティシステムの強みとなる応用領域も多いため, 顔による認証システムへの期待は近年急速に高まってきている.

3. 顔画像認識技術の現状

顔認証を実現するための顔画像認識技術は, 画像から顔領域を検出して抽出する顔検出処理と, 抽出した顔画像があらかじめ登録されている人物の顔とみなせるかの判定(1-1照合), もしくは, 登録されたN人の人物の中の誰であるかの判定(1-N照合)を行う顔照合処理とからなる²⁾.

前者は, 顔による認証処理に先立つ前処理だけではなく, シーン画像から任意人物の顔を検出・計数することにより, 不審者を発見したり, 顔をキーとした画像検索を行うなど, 単独での応用も多岐にわたっている重要技術である. 顔認証システムの性能評価では, この両者は区別することなく, 入力画像からまず顔を検出し, 次にその顔が誰であるかを判定するまでを一体として評価を行うのが通常である.

顔の認識技術は早期から基礎的な研究は行われていたが, とくに1990年代に入って米国陸軍研究所による顔認識技術研究助成プログラムFERETが一つの契機となって実用化に向けた研究・開発が活発化した³⁾. 顔という3次元柔軟物体の認識における本質的な問題についてすべてが解決されたわけではないが, 今日では多数の技術的工夫によって, 一定の制約条件の下ではほぼ実用上支障のない程度の高い頑健性をもつ顔認識エンジンが製品化されるに至っている.

[†]法政大学 工学部 システム制御工学科
"State-of-the-Art Face Verification Systems" by Shigeru Akamatsu (Department of Systems Control Engineering, Hosei University, Tokyo)

顔認識技術の到達点を客観的に示す一つの指標として、米国国防総省のDARPAが主催し、共通の大規模な顔画像データベースを用いて認識性能の評価を行う顔照合評価テスト (Face Recognition Vendor Test : FRVT) が知られている。顔認識エンジンを商品化している海外10社が参加して2002年度に開催されたFRVT2002^{2) 4)}では、撮影条件がコントロールされた室内照明下での正面顔画像による顔認証は、1998年当時の指紋認証とほぼ同レベルの精度を達成できたことが報告されている。上位の認証精度が得られた顔認識エンジンとしては、局所表現と判別分析を採用したCognitec、局所特徴分析 (LFA) を採用したIdentix、ガボール特徴とグラフマッチングによる認識法を採用したEyematicといったベンダー各社の名前が挙がっている。顔の姿勢変動や屋外照明下での照明変動に対する認証精度の頑健性という課題に関してはいずれのシステムも性能面で大差はなく、今後の研究の成果に期待が寄せられている。

4. 顔認証システムの実用化にむけての取組み

前述のように、概ね一定均質な照明・撮影条件によって得られる正面顔画像を用いた顔認証精度が、指紋認証にほぼ匹敵するレベルに達したとはいえ、入退室管理システムに適用して実用に供しうするためには、処理の実時間性に加え、①立ち位置や姿勢の変動への対応、②屋外設置に代表されるような多様な照明変動への対応、③短期的には表情表出、中期的には眼鏡の有無や化粧、長期的には加齢変化など、顔画像の経時変化への対応、といった認証精度に対する要求を満たすことが望まれる。

ここで①と②は、顔が3次元物体であることに起因して顔の向きや照明の変化によって見かけの画像が大きく変化する大局的変動への対処である。この問題については前述のFRVT2002でも評価項目として取り上げられ、顔の3次元モデルを利用した手法の有効性が報告されている。一方、我が国でも、この問題の解決に向けて幾つかの手法が開発され、実用面でのその有効性が確かめられている。

例えば、東芝の入退室管理システムFacePass⁵⁾では、顔認識エンジンに制約相互部分空間法と呼ばれる独自の方式を採用して効果をあげている。制約相互部分空間法⁶⁾では、辞書に登録する画像も入力画像も共に動画像から得られる画像系列とし、各々の画像系列から部分空間を求め、入力画像の部分空間と登録された顔の部分空間をそれぞれ制約部分空間に射影した後、両者のなす角度から類似度を計算して入力画像と登録画像との一致判定を行っている。顔の向きを変化させつつ撮影した動画像を登録に用いることによって、立ち位置変動にロバストな認識が実現されている。また、同様のアプローチにより照明変動や表情変化に対するロバスト性の向上も計られている。

このような統計的パターン認識の手法を駆使して変動にロバストな認識を実現するアプローチとは別に、顔という

対象の3次元の性質を積極的に活用し、姿勢や照明による見え方の大局的変動のモデルを導入したアプローチもある。

例えばNECでは、照明条件による顔画像の変動を線形部分空間で表現する測地照明基底法⁷⁾を考案し、これより姿勢や照明の変動にロバストな照合を実現するとともに、本手法を実際の2次元画像同士の照合に適用するため、1枚の顔画像から平均的な顔のモデルを用いて姿勢や照明変動によって生じる顔パターンの大局的変動を推定し、見かけの変化した複数の顔画像を生成する摂動空間法を開発している。そして、これを実装した顔検出・照合エンジンNeoFace⁸⁾では、登録時と異なる姿勢や照明条件下で得られた入力顔画像に対しても頑健性の高い認証が可能となっている。なお、このようなモデルベースのアプローチの適応域は、姿勢や照明といった大局的な変動に限られるため、眼鏡の有無や表情による顔の局所的変動に対しては、顔画像を部分領域に分割して照合を行い、その類似性の高い部分だけを選択的に評価する手法が併用されている。

また③の経時変化については、短期的な表情による変動から中・長期的な化粧や加齢による顔貌変動に至るまで、実用レベルでのモデル化はいずれも容易ではない。そこで前者については、多くの表情の顔を学習サンプルとして用意することで統計的手法による解決が計られている^{5) 8)}。また、後者については、登録済みの顔に対して照合が失敗した場合に、その時の画像データを用いて辞書を更新する機能を設けるといったシステムの運用レベルでの対策により、照合性能が大幅に改善されることが確認されている⁵⁾。

一方、顔認証技術の新たな応用展開が期待されるシステムの開発も活発化している。その代表例として、意識的に人物をカメラの前に立たせて撮影した顔画像によって本人確認をしていた従来の入退室管理システムから一歩進んで、通行中の人物にカメラを意識させずに撮影した動画像から顔を検出して認証を行うWalk型認証システムを実現したのがオムロンのFaceReco SEARCHである。本システムは、ガボール特徴とグラフマッチングを用いた顔認証エンジンをベースとして、シーン中を複数の人物が歩行する場合もほぼリアルタイムで検出・認識ができる点に特長があり、通行人をチェックする監視システムや介護施設における徘徊者保護支援システムとして実用化されている。まだ研究レベルではあるが、顔画像から性別・年齢・人種といった属性を認識する技術⁹⁾についても検討が進められており、将来的にはWalk型認証システムに組み込むことで顧客の自動分析などのマーケティングにも応用できそうである。

また、複数の生体情報を組合せて認証に用いるマルチモーダル・バイオメトリクス認証も実用レベルのシステムが登場している。代表例としてドイツHumanScan社が開発したBioID¹⁰⁾がある。これは被認証者にカメラに向かって自分の名前を言わせて、顔認証、声紋認証、唇の動きの認証を同時に行って本人を識別するシステムである。複数の

顔認証システム

生体情報を複合するという発想は、元来、特定の生体情報について特異な分布をもつ人々を認証システムの未対応者とせず救うことが主な目的であったが、異種情報の組合せ方によっては個人認証の信頼性を高めることが期待でき、多様な利用環境や運用状況にも対応しうる柔軟な認証システムを構築できるメリットもあり、発展が期待される。

5. 国際環境における本格導入に向けて

2001年9月11日の同時多発テロを発端として、空港の出入国管理への顔認証システムの導入やパスポートに生体情報の組み込みを義務づけようとする動きなど、顔認証技術が国際環境で本格的に導入される可能性が高まっている。その場合、被認証者がさまざまな人種に及ぶので、顔認証システムの設計や評価においては人種間差異の有無についても考慮する必要がある。

人間の顔認知に関しては、認知する観察者と認知される顔との間に人種効果が存在することが知られている。自分と同じ人種の顔の認識は異なる人種の顔よりも認知成績がよくなる現象である。裏返せば、自分と異なる人種の顔は区別しにくく、別人を同一人物と見誤りやすいわけであるが、これはプロトタイプの学習に起因すると言われている。顔認証システムの設計でも、特徴の次元圧縮のための主成分分析や部分空間法による識別など、学習に用いる顔の標本サンプルの分布に依存する要因がある。したがって、設計に利用する学習サンプルを特定の人種の顔から選んだ場合に、人間による顔認知と類似した人種効果が生起する可能性がある。すると、設計段階で想定されていないマイノリティに属する利用者は、仮に同じ人種に指名手配者がいた場合、手配者と誤認されやすくなるという不公平が生じて、人種間差別を助長する恐れもある。したがって認証システムの認証精度が学習に用いた人種によってどのように影響されるかを定量的に分析しておくことは、国際環境での運用を想定した場合には不可欠なことと思われる。

(社)日本自動認識システム協会が2003年に実施した「バイオメトリクスアルゴリズム認証精度の人種間差異に関する調査研究」¹¹⁾は、このような問題意識にもとづく研究事例の一つであり、認証システムによる顔の識別力が同一人種内および異人種間でどのように変化するかについて、市販されている顔認識エンジンを用いた実証試験を行っている。また、筆者らが行った小規模な実験から、特定の人種によって本人認証の判定基準が設定された認証システムにおいて、別人種を被認証者とした時の誤認率の増減は、システムが用いている顔パターンの特徴表現法に応じて異

なる傾向がある¹²⁾という興味深い結果も得られている。人種に関するデータの取り扱いには注意を要するが、認証システムの設計や運用にあたっては考慮すべき点であろう。

6. むすび

顔認証技術の現状について、紙数の制約で手短ではあるが概観した。本技術の発展と普及には、共有データベースの構築と評価法の確立が車の両輪として必要である。後者については大きく進展しているが¹³⁾、前者については今後の課題である。産官学の連携した取組みが望まれる。

最後に、本稿をまとめるにあたってバイオメトリクス技術の最新動向について広くご教示いただき、貴重な助言をいただいたNTTデータの坂野鋭氏に感謝します。

(2004年3月15日受付)

〔文 献〕

- 1) 坂野鋭：“バイオメトリック個人認証技術の新展開”，映情学技報，26，22，pp.25-32 (2002)
- 2) 佐藤敦：“バイオメトリック認証と顔認識技術”，精密工学会画像応用技術専門委員会，18，3，pp.6-15 (2003)
- 3) 赤松茂：“コンピュータによる顔の認識—サーベイ—”，信学論 (D-II)，J80-D-II，8，pp.2031-2046 (1997)
- 4) P.J.Phillips, et. al., “Face Recognition Vendor Test 2002” (Mar. 2003), <http://www.frvt.org>
- 5) 土橋浩慶ほか：“顔照合セキュリティシステムFacePass”，東芝レビュー，57，8，pp.48-51 (2002)
- 6) 福井和広ほか：“制約相互部分空間法を用いた環境変動にロバストな顔画像認識—照明変動を抑える制約部分空間の学習—”，信学論 (D-II)，J82-D-II，4，pp.613-620 (1999)
- 7) R.Ishiyama, et. al., “GIB: Compensating for Illumination Variations in Any Pose for Face Recognition”，Proc.ICPR，4，pp.297-301 (2002)
- 8) 佐藤敦：“顔検出・顔照合エンジン「NeoFace」”，画像ラボ，8，pp.47-50 (2003)
- 9) 川出雅人：“オムロンにおける顔センシング技術の研究と応用”，情処学研究報告，2003-CVIM-139，pp.45-52 (2003)
- 10) R.Frischholz：“BioID: A Multimodal Biometric Identification System”，IEEE Computer，33，2，pp.64-68 (2000)
- 11) “バイオメトリクスアルゴリズム認証精度の人種間差異に関する調査研究報告書”，社団法人日本自動認識システム協会 (Apr. 2003), http://www.aimjapan.or.jp/whatsnew/bia_0304.htm
- 12) 田中健一ほか：“顔画像による個人認証システムにおける人種効果の分析—GaborJetとEigenfaceの比較—”，PRMU信学技報 (Mar. 2004)
- 13) “顔認証システムの精度評価方法”，JIS-TR X 0086: 2003，日本規格協会 (2003)



あかまつ しげお
赤松 茂 1977年、東京大学大学院修士課程 (計数工学専攻) 修了。同年、電電公社電気通信研究所入所。以来、パターン認識を応用したヒューマンインタフェースシステムの研究に従事。1992年～2000年、ATR人間情報通信研究所第二研究室長。2001年より法政大学教授。工学博士。正会員。