

顔画像を用いた個人認証は、非接触で実現できるためにユーザーの負担が少なく、パソコン(PC)アクセスの制御や入室管理などへの適用が期待されている。適用に際して、顔認識には、① 実時間認識、② 顔の向き、表情変化、③ 照明変化、④ 経年変化への対応が要求されるが、従来法ではこれらの要求にこたえていたと言えなかった。

これに対して、当社は、動画像列を用いた顔認識法を開発した。複数パターン分布の類似性に基づいて認識を行うために、顔の向きや表情変化の影響に強く、更に不要な変動成分を統計的に抑制して認識を行うことで、照明変動に対しても強いアルゴリズムを実現した。入室管理システムを想定した評価実験において、従来法に比較して3倍以上(当社比)の認識性能を確認した。

We have developed a real-time face recognition technology using image sequencing. The face recognition is user-friendly because it can recognize a person without the need for physical contact. It is therefore suitable for use in security systems. To realize practical face recognition, it is necessary to deal with variations in facial expression, face direction, lighting conditions, and other factors. Our method can overcome such variations with image sequencing. This method has been installed in a PC access control system and a facility access control systems.

1 まえがき

電子商取引や情報端末において、生体情報に基づく個人認証のニーズが高くなっている。生体情報の最大の利点は、本人の身体そのものを用いるために、紛失や置忘れがない点である。生体情報としては、指紋、虹彩、音声、顔、瞳(ひとみ)、手形、筆跡などが考えられるが、これらの中で顔画像を用いた個人認証は、対象者に意識させず非接触で実現できるために、使用者の負担が少ない。また、接触動作を伴わないために、認識に要する時間が短くて済む利点もある。このような利点にかんがみて、PCアクセス制御や入室管理システムなどへの適用が期待されている。

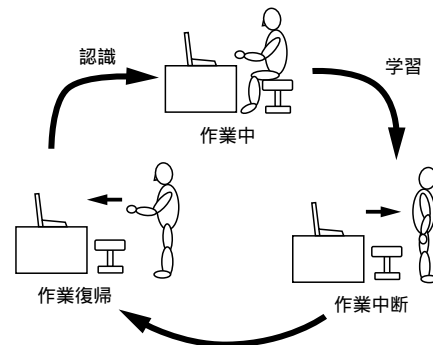


図1. PCアクセス制御 顔認識の結果に基づいてPCアクセス制御を行う。
PC access control

2 顔認識技術の課題

顔画像認識は様々な分野に適用可能であるが、ここでは次のような適用を考えている。

第1に、PCアクセス制御への適用である(図1)。作業開始時には、通常どおりパスワードを入力してログインする。この後、作業中に顔画像を自動的に収集して辞書生成を行う。ユーザーが作業を中断して離席した場合には、スクリーンセーバーが起動し、他人のアクセスを防ぐ。ロックが掛かっている状態で人がPCの前に座ると、即座にその存在を検知し顔認識を行う。もし、離席した使用者ならばスクリーンセーバーを解除する。

第2に、入室管理システムへの適用である(図2)。対象者がゲートに接近するまでの間にリアルタイムで顔認識を行い、その人物がゲートにちょうど到着するタイミングでゲートを開く。

これらの適用において顔認識に要求される条件は、実時間で認識できることである。また、認識のたびに、同じ顔の向き、表情にすることは通常困難なために、顔の向き、表情の影響を受けにくいことも不可欠である。これ以外にも、外光の影響を受ける場合には、照明変動の影響も考慮しなければならない。更に、使用期間が長期にわたる場合には、髪やひげなどの緩やかな生理変化や加齢などの経年変化へ



図2 . 入室管理システム 顔認識結果 + ID入力により,入室管理を行う。
Facility access control system

の対策も必要である。要求条件をまとめると次のようになる。

- (1) 実時間認識
- (2) 顔の向きや表情変化への対応
- (3) 照明変動への対応
- (4) 経年変化への対応

これまで開発されている顔画像認識⁽¹⁾は,上記条件を満足しているだろうか。ここで,簡単に従来法を整理してみる。従来法は,顔の“幾何学的な情報に基づく方法”と“顔パターンに基づく方法”に大きく分類できる。前者は,瞳,目がしり,目じり,口端などの特徴点の幾何学関係をパラメータ化したものを特徴量とする。後者では,顔全体を濃淡パターンとしてとらえ,これをベクトルに展開したものを特徴量とする。顔認識の研究が始まった当初は,幾何学的な方法が主流だったが,最近ではパターンに基づく方法が主流となっている。この方法は,アルゴリズムがシンプルで高速処理可能な反面,上記の変動の影響を受けやすい。したがって,上記条件にこたえているとは言えない。当社では,先に述べた状況を想定したうえで,上記条件を満足する認識法を開発した。

3 当社の方式

3.1 動画像を用いた認識

当社方式の最大の特長は,動画像列から実時間で認識を行うことである。当社方式と静止画ベースの従来法との比較を図3に示す。顔パターンは,特徴空間のある1点(黒丸)で表される。認識時には,入力パターンと各人物のパターン分布との距離を求め,もっとも近い分布に該当する人物を本人であるとする。一般に,顔パターンは顔の向きや表情変化の影響を受け,黒丸の位置は容易に変動するために,従来法では安定な認識が期待できない。これに対して,当社方式では,一定時間に動画像から得られた複数の顔パターンの分布を用いて認識を行う。つまり,入力パターン分布が登録されている辞書パターン分布に類似しているほど,

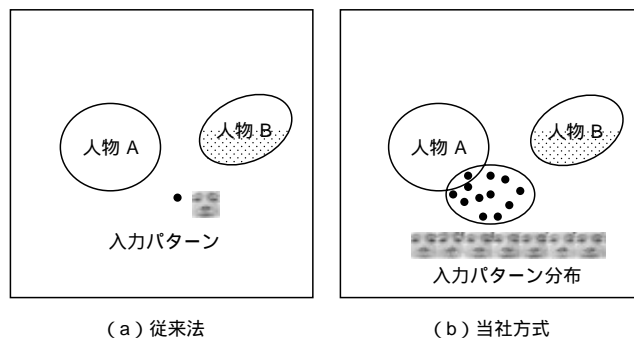


図3 . 従来法と当社方式の比較 従来法では静止画像を用いて認識を行う。これに対して,当社方式では動画像列を用いる。
Comparison of conventional method and our method

本人らしいと判断する。このように,分布間の類似度に基づいて認識することは,複数の視点から見た顔パターンを用いて三次元的に認識することに相当し,顔の向きや表情変化に対して安定な認識が期待できる。

入力分布と辞書パターン分布を効率よく求めるために,図4に示すようにパターン空間(高次元)の線形部分空間PとQで表す⁽²⁾。これにより,二つのパターン分布の近さは,二つの部分空間の成す角度(正準角と呼ばれる)で定量的に定義できる。二つのN次元部分空間に対してN個の正準角が求まる。両者が完全に一致している場合には,正準角はすべて0度となる。両者が離れるにつれて正準角が大きくなっていく。つまり,正準角度の累積値が小さいほど,二つの分布,言いかえると比較している二人の顔パターンが類似していると判断できる。正準角を用いた認識アルゴリズムを相互部分空間法と呼ぶ。

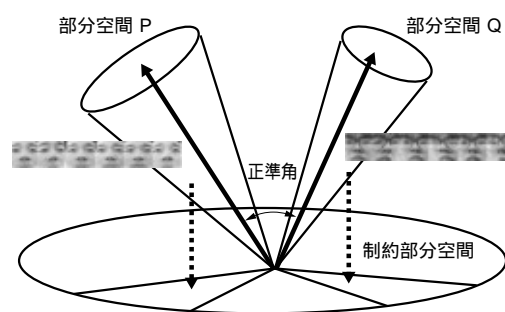


図4 . 当社方式の概念 各人物のパターン分布を線形部分空間で表す。二つの部分空間の近さが本人らしさとなる。
Concept of our method

3.2 照明変動への対応

比較する二つの部分空間を,図4に示すように照明変動を含まない制約部分空間へ射影する。この射影により,二つ

の部分空間から照明変動の影響を受けにくい成分を統計的に取り出すことができる。これを用いて、照明変動の影響に対してロバストな(強い)認識を実現できる。この方法を制約相互部分空間法⁽³⁾と呼ぶ。

3.3 経年変化への対応

この方式では、カメラを数秒間見つめるだけで登録が完了する。経年変化に対しては、この機能を利用した辞書の自動更新が有効である。

3.4 認識処理の流れ

図5に沿っておおまかな認識処理の流れを述べる。

- (1) 顔領域の抽出 入力画像から部分空間法⁽²⁾を用いて顔領域を抽出する。この方法では、平均的な顔パターンを表すいくつかのテンプレートを用いる。このテンプレートを画像全体にわたって移動させながら類似度を求めていき、類似度がしきい値より高い領域を顔領域として検出する。抽出された顔領域を図6に示す。
- (2) 正規化パターンの切出し 抽出された顔領域から、当社で開発した顔特徴点抽出法⁽⁴⁾を用いて瞳、鼻孔を検出する(図6)。この方法では、まず分離度フィルタで円形的特徴点を、瞳や鼻孔の候補点として検出する。抽出された特徴点候補には、瞳、鼻以外に目じりや目がしら、まゆなどが含まれるため、部分空間法を用いたパターン照合によりこれらの点が正しい瞳、鼻孔か否かを検証する。形状とパターン情報を両方考慮することで、顔の向きや照明の変化の影響に対して安定に

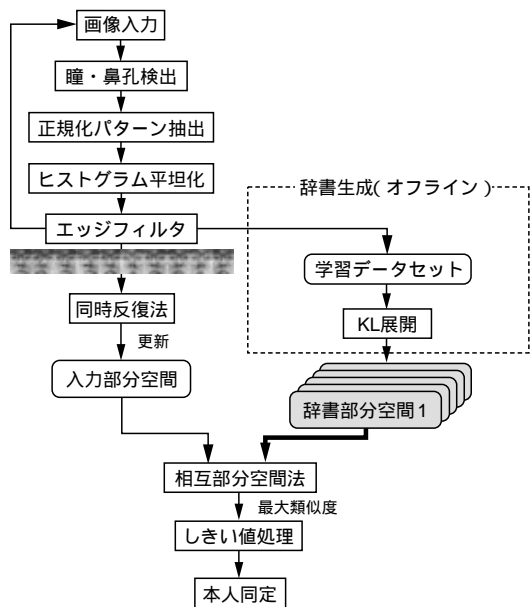


図6. 検出された顔領域と特徴点 顔領域から分離度フィルタにより瞳、鼻孔、口端を検出した。
Extracted face region and feature points

瞳及び鼻孔を検出できる。次に、検出された瞳と鼻孔の4点を基準とした二次元アフィン変換^(注1)により、顔領域を一定の大きさ、向きに正規化し矩形パターンとして切り出す。

- (3) 認識処理 切り出された正規化パターンに対して、ヒストグラム平坦(へいたん)化処理、微分処理を施す。一定時間に入力された正規化画像から入力部分空間を生成する。入力部分空間はパターンが入力されるたびに更新されていく。

次に、制約部分空間へ入力部分空間を射影する。辞書部分空間は、あらかじめ制約部分空間へ射影しておく。射影された入力部分空間と射影されたすべての辞書部分空間との類似度を計算して、もっとも高く、かつしきい値以上の類似度を持つ辞書部分空間に該当する人物を本人であると判断する。



KL展開: Karhunen-Loeve展開(次元圧縮の手法)

図5. 顔認識の流れ 画像入力から認識結果の出力までを表示している。

Flow of face recognition process

(注1) 画像に対する平行移動,伸縮,回転を組み合わせた変換処理。

4 具体的な適用例

4.1 ノートPCへの搭載

ここで述べた顔認識の一部は、当社のノートPC(DynaBookTMシリーズ)にSmartfaceTM(図7)という名称でバンドルされている。USB(Universal Serial Bus)カメラをつなぐ



図7. SmartfaceTM画面 PC向け顔認識ソフトウェアによる。
Interface of SmartfaceTM

だけで、顔認識に基づいたスクリーンロック解除や、個人ごとに設定したソフトウェア起動などが行える。

4.2 入室管理システムへの適用

入室管理システムに向けて顔照合端末(図8)を試作し、実フィールドにおいて認識性能や操作性などの評価を進めている。このシステムは、顔がカメラ視野に入ると即座に認識を開始し、顔認識結果とID(Identification)入力などに基づいてドアの開閉を制御する。液晶モニタには、カメラがとらえた画像と類似度が表示されているので、対象者はこれを見ながら顔位置や向きを調整できる。



図8 . 顔照合端末の概観 会議室へのアクセスを行う。
Face recognition station

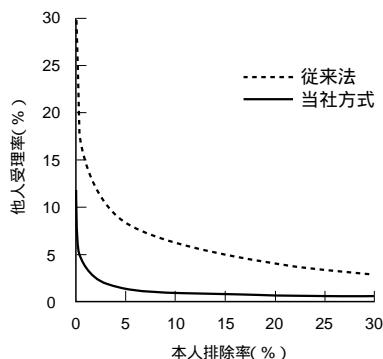


図9 . 認識性能(本人排除率と他人受率率) クロスポイントで比較すると、約3倍の性能改善が見られる。
Recognition performance

(注2) Pentiumは、米国Intel Corporationの商標。

4.3 基本性能

図9は、従来法(破線)に対する当社方式(実線)の認識性能を示している。クロスポイント(本人排除率と他人受率率が一致する点)で比較すると、約3倍(当社比)の性能改善が見られる。当社方式の認識性能は、入力部分空間の生成条件に依存する。うまく多様な顔パターンを入力できた場合には、クロスポイントを1.0程度まで向上できた。処理速度に関しては、Pentium[®](注2)Ⅲプロセッサ(600MHz)でリアルタイム識別を達成している。

5 あとがき

ここでは、動画像を用いた認識法と、照明変動成分を統計的に取り除く方法について述べた。静止画像を用いる従来法と比較した場合、約3倍の認識性能を実現できた。今後は、認識性能のよりいっそうの向上と自動学習機能の搭載を検討し、高機能な認識技術を提供していく。

文献

- 赤松 茂 . コンピュータによる顔の認識の研究動向 . 電子情報通信学会誌 . 80 , 3 , 1997 , p.257 - 266 .
- エルッキ オヤ(小川英光, 佐藤 誠訳) . パターン認識と部分空間法 . 産業図書 , 1986 , 156p .
- 福井和広 , ほか . 制約相互部分空間法を用いた環境変化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 . 電子情報通信学会論文誌(D-II) . J82-D-II , 4 , 1999 , p.613 - 620 .
- 福井和広 , ほか . 形状抽出とパターン照合の組合せによる顔特徴点抽出 . 電子情報通信学会論文誌(D-II) , J80-D-II , 8 , 1997 , p.2170 - 2177 .



福井 和広 FUKUI Kazuhiro
研究開発センター マルチメディアラボラトリー研究主務。
画像処理の研究・開発に従事。電子情報通信学会会員。
Multimedia Lab.



山口 修 YAMAGUCHI Osamu
研究開発センター マルチメディアラボラトリー。
画像処理の研究・開発に従事。電子情報通信学会、情報処理学会会員。
Multimedia Lab.