

# 歩行者を見分ける顔認識技術

Face Recognition Technology for Identification of Walking Person

山口 修

■ YAMAGUCHI Osamu

西山 正志

■ NISHIYAMA Masashi

河原 智一

■ KAWAHARA Tomokazu

顔認識技術は、様々なメディア処理へ幅広く利用されつつあり、東芝は、これまでセキュリティの分野での応用を主眼に性能向上を図ってきた。セキュリティ分野へ顔認識技術を応用する利点として、ほかのバイオメトリクスと比べてユーザーの負担が少なく、極めて利便性が高いことが知られている。その利便性を更に生かすためには、歩行中の人物を見分けることを目的とした技術開発が必要となる。

当社は歩行顔照合システム SmartConcierge<sup>TM</sup>（スマートコンシェルジュ）を商品化し、入退室管理に適用しているが、更に今回、エリアセキュリティの向上や利便性の向上を目指して、複数台のカメラにより同時に複数の人物の通行を管理する、自由歩行者の顔照合システムを試作した。

Face recognition technology is widely utilized for various media processing purposes. Toshiba has continued to improve the performance of this technology in the field of security applications. An advantage of face recognition in the security field is its higher user-friendliness compared with other biometric techniques.

In order to further enhance convenience, we have developed the SmartConcierge<sup>TM</sup> walkthrough type face recognition system that can identify a walking person. Moreover, we are also developing an advanced face recognition system for the simultaneous identification of multiple walking people.

## 1 まえがき

近年、顔認識技術は応用場面が拡大し、デジタルカメラでの顔領域の自動検出や、携帯電話での個人認証、入退室時のセキュリティなどの分野で、大きく市場を広げていく可能性を持っている。顔を使った個人認証は、指紋認証や静脈認証などとは異なり、離れた場所から非接触で認証を行うシステムが実現できる。

様々な利用環境において、機械とのより自然なインタラクションを実現するためには、利用者に対する負担をいかに少なくすることができるかがメディア処理に課せられた課題である。ここでは、セキュリティにおける利便性の観点から、東芝の顔認識技術について、これまでのシステム実現方法と今後の開発の方向性を述べる。

## 2 セキュリティにおける利便性の追求

顔認識を用いたセキュリティシステムは、図1に示すように、利便性の向上を追求する形での進化を遂げようとしている。静止型の顔照合システムである当社のFacePass<sup>TM(1)</sup>では、ひとりの人物だけを対象として、ユーザーが立ち止まった後、カメラに正対して静止した状態で照合を行っていた。このシステムでは、入室の意図がある人物が一度立ち止まる必要がある。

しかしながら、非接触の利点を更に生かすためには、歩い



ている人物をそのまま照合できることが望ましい。例えば、歩行する方向に自動ドアの入り口があるようなケースでは、歩行を停止せずにそのまま通過できればストレスもなく、より利便性が向上する。そこで当社は、歩行型の入退室管理システム SmartConcierge<sup>TM(2)</sup>を開発した。SmartConcierge<sup>TM</sup>では、装置の方向に顔を向けて歩行することでその人物の顔をとらえ、高速に照合を行うことができる。

しかし、識別対象すなわち人物が移動するため、静止顔照合と比較すると相対的に顔向きや照明の変動が大きくなる。また、立ち止まらずに通過させるためには歩行中に顔照合を終わらせる必要があり、処理時間の制約条件も課せられるこ

となる。このように、"静止状態"から"歩行状態"への変化に対応するためには、種々の顔認識アルゴリズムの工夫が必要となる。歩行顔照合で採用している顔認識の要素技術について3章で述べる。

### 3 歩行顔照合を実現する顔認識技術

歩行状態の人物に対して、個人の特徴を正確にとらえるためには、①顔の向きに関する補正、②照明変動の緩和、③個人性を引き出すための特徴抽出、の三つの観点それぞれでの工夫が必要となる。これらの処理は、いずれも識別処理の性能に大きく影響する。

#### 3.1 顔向きの3次元正規化

当社の顔認識方式は、"見え"に基づく(Appearance-based)アプローチを取っており、顔全体の輝度情報をデータとして取り扱う。個人識別のための特徴量を取り出す対象領域として、図2(a)のように正面でない方向から撮影された顔について、図2(b)に示すように、サイズや向きなどを3次元的に正規化した顔パターンとして切り出す。

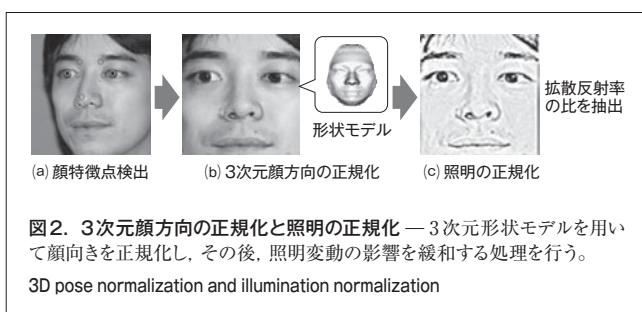


図2. 3次元顔方向の正規化と照明の正規化 — 3次元形状モデルを用いて顔向きを正規化し、その後、照明変動の影響を緩和する処理を行う。  
3D pose normalization and illumination normalization

顔の向きに関する正規化を行うには、平均的な顔形状の3次元モデルをあらかじめ用意しておき、そのモデルに顔のテクスチャ情報(顔全体の輝度情報)をマッピングして正面に向い

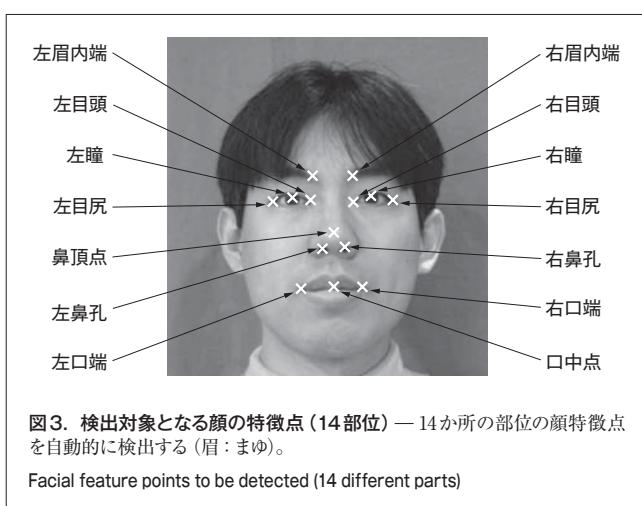


図3. 検出対象となる顔の特徴点(14部位) — 14か所の部位の顔特徴点を自動的に検出する(眉:まゆ)。  
Facial feature points to be detected (14 different parts)

た画像を生成する。3次元モデルに顔の各部位を対応付けるためには、顔特徴点を正確に抽出する必要があり、高い安定性と精度が要求される。

一般的な顔認識手法では、両目の位置を基準として特徴量を求める方法が多いが、この手法では、図3に示した目、鼻、口など多種の特徴点が必要となる。当社は、円形分離度フィルタやコーナ検出を利用した特徴点検出法とパターン照合による検証、更には3次元モデル上での検出部位の配置の整合性に関する評価基準のチェックを組み合わせることで、14か所の特徴点位置の検出を行う。

#### 3.2 照明変動に対するフィルタリング

次に、照明変動の影響を緩和するために、図2(c)のような画像の変換やフィルタリング処理などが行われる。照明変動による顔の見えの違いを拡散反射、鏡面反射、影領域、及び陰領域(照明で照らされていない領域)の四つの属性に分類し、それぞれの属性に応じた変換を適用することで照明変動の影響を抑えた画像を生成する手法を用いている。

見えを大きく変える属性として、影や鏡面反射が挙げられる。これらの属性は顔の3次元形状と光源に依存するため、1枚の元画像だけから属性を分類することは難しい。そこで、拡散反射成分しか含まないようにするために、撮影した人物の多数のデータを主成分分析して、少数枚の基底画像を求めておく。その基底画像の重み付き線形和により、拡散反射成分だけを含んだ元画像に近い画像が復元される。そして、復元された画像と元画像とを比較することで、外れ値となる部分が検出され、影領域などの異なる見え属性を持つ場所が分類できる。照明の変化に不变である拡散反射率の比から成る画像を生成するためのフィルタを、推定された属性に応じて画素ごとに設計し、元画像へ適用する。これにより、従来の手法に比べて影などの影響が少ない画像が生成され、高性能な識別ができる<sup>(3)</sup>。

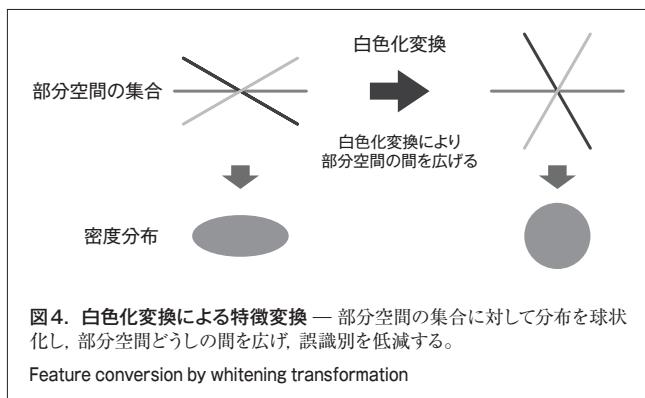
#### 3.3 パターン認識方式の改良

当社はこれまで、単一の画像から得られた特徴量を対象とするのではなく、画像列に対する特徴量に基づいた認識方式を採用している。画像列に含まれる複数の顔パターンの分布は、各個人ごとに部分空間で表現する。部分空間を用いて個人を識別するためには、二つの部分空間の類似度を計算することになる。この類似度としては、部分空間どうしの最小角度(正準角)で定義する相互部分空間法をベースとしたアプローチを取っている。

顔パターンは、撮影時の照明条件や移動中の顔の向きで変化するため、入力データと対応する個人の参照データとで条件が一致していない場合、正準角を求めて変動条件による差が大きく影響し、個人の特徴が正しく反映されない可能性がある。

これまででは、正準角を求める際に、部分空間が変動成分を含

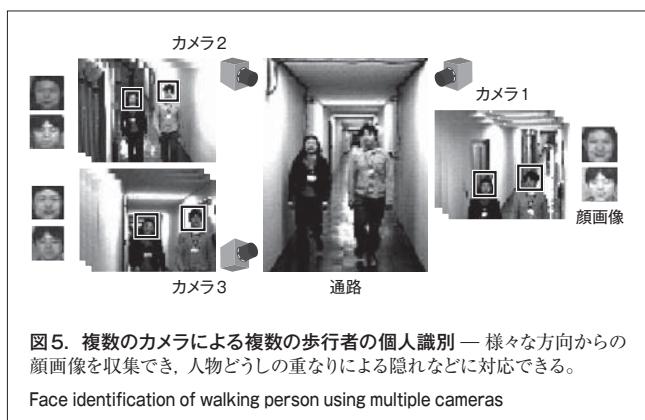
まないという制約条件を付加した制約相互部分空間法を用いていた。FacePas<sup>TM</sup>では、この制約相互部分空間法を複数適用する多重制約相互部分空間法により認識を行っていたが、歩行状態の変動を吸収するためには更に性能を向上させる必要があった。そこで、各人物のデータの分布の広がりを大きくすることで他人との差異の情報を反映させた、部分空間どうしの“白色化(無相関化)”を行うパターン認識方式をSmartConcierge<sup>TM</sup>から導入した(図4)。各個人を表す部分空間の集合において、密度分布を白色化変換により球状化することで、部分空間どうしの間を広げるように作用させる。この変換を相互部分空間法の計算時に加えることで、従来よりも高精度に識別できることを確認している。



#### 4 自由歩行者の照合

3章で述べた歩行顔照合への改良に続き、更にユーザーの負担を軽減するためには、ユーザーに装置を意識させることなく識別する必要がある。また、複数人が同時に通行する場合には対象者はひとりに限定されない。すなわち、入退室ゲートだけを管理するというこれまでの点や線でのセキュリティから、面としてより広がりのあるセキュリティが要求されてくる。

複数台のカメラを用いて、同時に複数の人物の通行を管理する試作システム<sup>(4)</sup>を図5に示す。一つのカメラの視線方向に

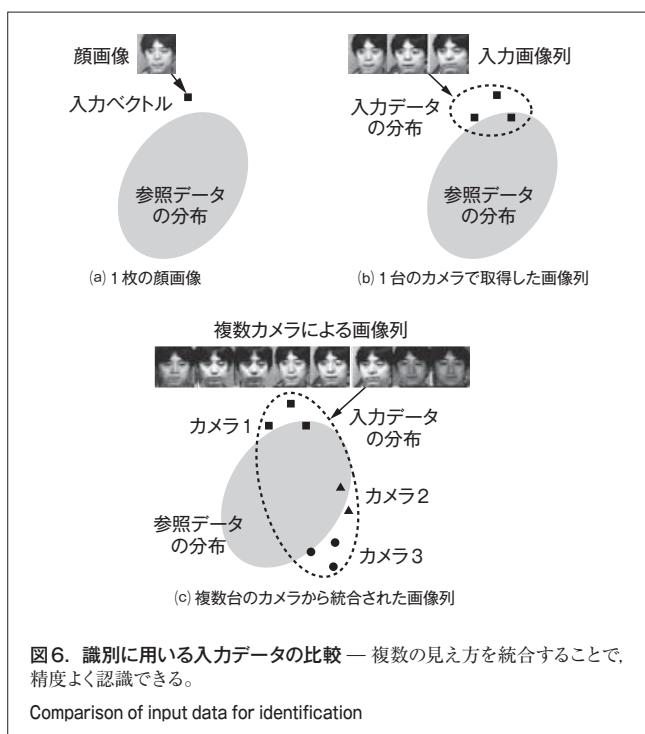


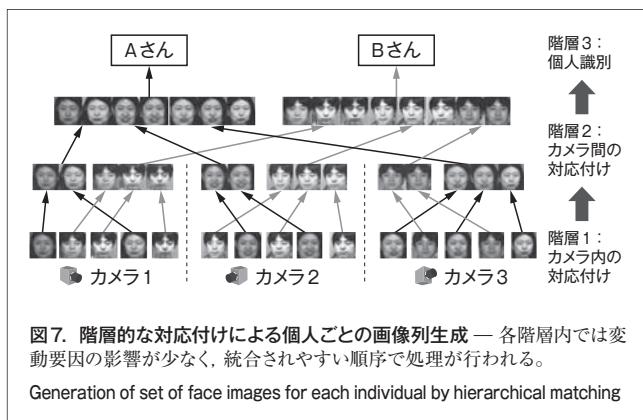
して、通行者が互いに重なり合う状況が頻繁に起こる。このように実際的なシステムでは、同時に歩く複数の人物を識別でき、歩行中に相対的に変化する顔の向きや照明条件に影響を受けないことが求められる。そこで、図5のように複数台のカメラを用いて、通路を歩く複数の人物から正面向きに近い顔画像を取得して個人を識別する試作システムを構築した。

歩行者の動線としてカメラが設置されたゲートへ向かって歩いて来る状況を想定した場合、カメラを複数台用いることで、ある1台のカメラでは隠れや顔の向きにより正面向きに近い顔を検出できなくても、他のカメラでとらえることが可能である。

ここで、各カメラで取得された1枚の顔画像ごとに個人を識別する場合を考える。個人の識別は、図6(a)に模式的に表したように、特徴空間(パターンのベクトル空間)において入力ベクトルと参照データの分布を比較することになる。参照データは、人物ごとにあらかじめ登録された画像列(以下、参照画像列と呼ぶ)である。入力データが1枚の顔画像だけでは、照明や顔の向きの影響で参照画像列と類似せず、誤識別が発生する場合がある。時々刻々と変化する顔の見え方を画像列で表し、その画像列を入力データとして参照画像列と比較する。この識別方法は、図6(b)のように、特徴空間において入力された画像列の分布と参照画像列の分布を比較することに相当する。

このとき、入力データも分布で表されるため変動の影響が緩和され、本人が正しく識別される可能性が高まる。従来のシステムでは1台のカメラから取得した画像列を入力としていたが、ここでは図6(c)のように複数台のカメラから取得された画像列を用いることで、更に識別性能を高めることを検討し





## 文 献

- (1) 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, 2002, p.48-51.
- (2) 楢本暢芳, ほか. 歩行顔照合システム SmartConcierge™. 東芝レビュー. 62, 7, 2007, p.27-30.
- (3) Nishiyama, M., et al. "Face Recognition using the Classified Appearance-based Quotient Image". IEEE Proc. of 7th FGR'06. Southampton, 2006-04. IEEE Computer Society. 2006, p.49-54.
- (4) 西山正志, ほか. 顔画像の階層的な対応付けを用いた複数歩行者の認識. 電子情報通信学会論文誌D. J90-D, 8, 2007, p.2191-2201.

た。このシステムを実現するためには、同時に歩く複数の人物の顔画像から同一人物の顔画像を対応付け、人物ごとに統合された画像列を生成する必要がある。そこで、複数台のカメラから得られる複数人の顔画像を階層的に対応付け、統合された画像列を用いて個人を識別する(図7)。

最初に、階層1で各カメラ内での顔画像の対応付けと断片画像列を生成する。次に、階層2でカメラ間で断片画像列を対応付けて統合画像列を生成する。最後に、階層3で統合画像列を用いて個人を識別する。このように対応付けの階層を設定した理由は、対応付けにおける変動要因の影響に注目し、照明条件や顔の向き、及び人数の影響が少ない順から処理を行うためである。階層1では歩行によって照明条件が相対的に変化するが、単一の視点なので顔の向きの変化が少ない状況で対応付けを行うことができる。階層2でも同時刻に歩行する人数は限られるため、対応付けすべき対象の数を絞ることができ。階層3では3.3節で述べた画像列による識別手法の効果が発揮され、安定した個人識別を行うことができる。

## 5 あとがき

ここでは、顔照合システムの更なる利便性の向上を目指した、歩行者を対象とする顔認識技術として、まず、歩行顔照合システム SmartConcierge™ を実現するための要素技術について述べた。更に、顔の隠れや向き、照明変動の問題の解決に向け、自由に歩行する人物を対象として試作した顔照合システムにより、複数台のカメラで取得した顔画像を一つの画像列へ統合し個人を識別する技術を紹介した。これらの技術を基にして、エリアセキュリティの向上やカスタマーサービスへの応用が可能になるとを考えている。

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主任研究員。  
コンピュータビジョン、顔画像認識の研究・開発に従事。  
電子情報通信学会、情報処理学会会員。  
Multimedia Lab.

西山 正志 NISHIYAMA Masashi

研究開発センター マルチメディアラボラトリー。  
コンピュータビジョン、パターン認識における基本技術の研究・  
開発に従事。電子情報通信学会、計測制御自動学会会員。  
Multimedia Lab.

河原 智一 KAWAHARA Tomokazu

研究開発センター マルチメディアラボラトリー。  
コンピュータビジョン、パターン認識の研究・開発に従事。  
Multimedia Lab.