

顔認証技術によるハンズフリーの次世代物理セキュリティシステム

Hands-Free Next-Generation Physical Security Systems Using Face Recognition Technology

石橋 雄一郎

■ ISHIBASHI Yuichiro

山口 修

■ YAMAGUCHI Osamu

助川 寛

■ SUKEGAWA Hiroshi

最近、生体認証（バイオメトリクス）が携帯電話や銀行ATM（自動預払機）などに採用され始めた。生体認証の中で、システムとしての高度なセキュリティと簡便な操作性を両立させた顔認証は、特に将来性のある本人認証技術と言える。

東芝は、独自に研究開発を進めてきた顔認証技術を搭載して入出管理システムに商品化し、物理セキュリティ分野で積極的に商品展開している。

Biometric recognition has recently been adopted for cellular phones and bank automated teller machines. Face recognition, a useful means of maintaining security that is also easy to operate, is regarded as a promising personal recognition technology in the area of biometrics.

Toshiba has been an innovator of original face recognition systems, and installed them as products in access control systems. We have successfully disseminated these systems in the physical security field.

1 まえがき

頻発する窃盗事件や情報漏洩（ろうえい）事件による被害の増加、及び個人情報保護法の完全施行による企業が負うべき社会的責任の増大などに伴って、物理セキュリティシステムの必要性が高まっている。

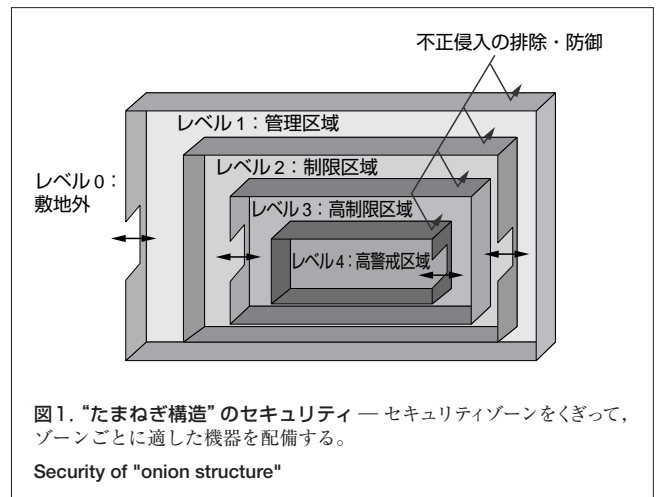
東芝は、以前から物理セキュリティシステムを開発し、提供してきた。ここでは、物理セキュリティにおける基本的な考え方と、それを実現するための技術について述べる。

2 物理セキュリティに求められる要件

物理セキュリティシステムとは、施設内の特定の場所を物理的に守るためのシステムである。守るべき場所を、壁、仕切り、出入口などによって明確に分け、許可された人だけがその場所へ出入りできるようにし、その周囲や内部での人の行動を監視・記録する、といった機能を持つものである。

セキュリティシステムの導入にあたってまず分析すべきことは、「何から何を守るのか」ということである。守りたいものと防ぎたい不正行為の内容（特に侵入）によって、導入すべきシステムが大きく異なるからである。ここで言う不正行為とは、故意によるもの、すなわち犯罪的な行為を指すのはもちろんのこと、無意識（過失）による行為も含む。何から何を守るのか、すなわちセキュリティポリシーを定めたいうえで、的確なセキュリティシステムを導入することが重要になる。

セキュリティレベルが同一の空間をセキュリティゾーンと呼ぶ。このセキュリティゾーンは前述のとおり、隣合せのゾーンとの境界が壁、仕切り、出入口などによって明確に分けられ



たものでなければならない。また、セキュリティゾーンは、セキュリティレベルがより高いゾーンを、より低いゾーンが囲むように配置する“たまねぎ構造”が望ましいとされている(図1)。

物理セキュリティシステムを導入する施設の性格によって、何から何を守るのかは必然的に異なることになるが、たまねぎ構造のレベル0からレベル2までは、比較的共通のポリシーが用いられることが多い。レベル0(敷地外)においては不特定多数の人の往来、レベル1(管理区域)においてはロビーやエレベータ、共用会議室などにおける来訪者を含めた人の出入り、レベル2(制限区域)においては社員など許可された人だけの出入り、といった形で出入りの管理が行われる。

このようなケースにおけるセキュリティに必要な考え方とは何か。それは、“利便性”と“セキュリティ”とを両立させることにより、セキュリティポリシーを正しく運用させることで

ある。例えば、複数のテナントが同居しているようなオフィスビルの場合、各テナント社員や業者など雑多人間が出入りする。ここで利便性に重きを置きすぎると、一人が扉を開けると同時に複数人が通行してしまう、他人の鍵やカードで通行してしまう、といった運用上のセキュリティホールが発生する。一方、セキュリティに重点を置きすぎた場合は、多人数通行や荷物運搬などが想定されるレベル0から2において、要求されるスムーズな通行が実現できなくなる。

セキュリティは、それを“守る”のも“破る”のも人であるため、“いかにルールを守るか／守らせるか”が非常に重要である。利便性を犠牲にした高度なセキュリティシステムでは、利用者にそれをう回する(ルールを破る)ような行動を取られてしまい、システムの導入意義が問われる結果となってしまう。そのため、システムの機能を高めるとともに、いかに利便性を維持又は向上させるか、が重要なポイントである。

3 顔認識技術の入出管理システムへの応用

従来の入出管理システムでは、個人識別のために以下の手段が利用されていた。

- (1) 記憶(本人だけが知る情報) 暗証番号など
 - (2) 所持物(本人だけが持つ物) 鍵、カードなど
 - (3) 生体情報(本人だけの身体特徴) 指紋、掌形など
- しかし、これらの手段では前章で述べたように、入出管理システムにおいて重要なポイントであるセキュリティと利便性の二つを両立させることは困難であった。

一方、顔認識技術は、以下に示す特長を持っている。

- (1) 非接触で認識する ハンズフリーで清潔感がある。
- (2) 利用者の抵抗感が低い ふだんから人間どうしの識別も顔で行っている。
- (3) 履歴視認性が高い 履歴として顔画像が残る。

上記特長から顔認識技術は、生体認証自体の特長であるセキュリティ性(忘却、紛失、盗難、貸し借りが無い)に加え、高い利便性が実現できると考えられた。そこで当社は、以前より研究開発を進めてきた顔認識技術の入出管理システムへの応用について、積極的に取り組むことにした。

次章以降では、顔認識技術とそれを応用した入出管理システムの開発について、当社の取組みを述べる。

4 顔認識技術の開発

当社は、ヒューマンインタフェースの重要な要素技術として、人間を撮影した顔画像から個人を識別する技術の開発を行ってきた。顔認識の処理の流れを図2に示す。

まず、画像から顔の特徴点を見つける方法を検討した。顔には、目、鼻、口という特徴的かつ誰もがほぼ同じ形状

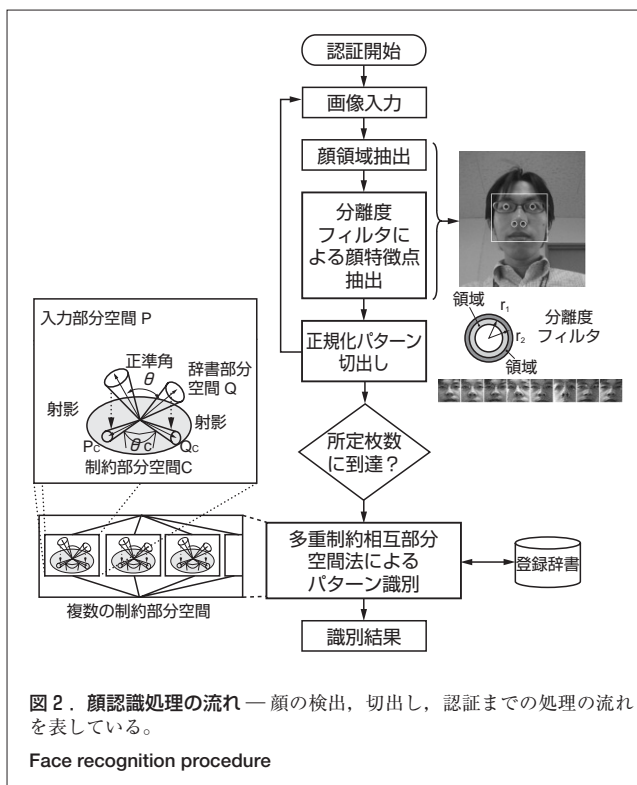


図2. 顔認識処理の流れ — 顔の検出、切出し、認証までの処理の流れを表している。

Face recognition procedure

のものが存在する。その中で瞳の形状と鼻孔の形状はほぼ円形に近いことに着目し、顔領域から円形の領域を高速に精度よく取り出す“分離度フィルタ”を開発した。これを用いて、初めに顔領域の中から円形に近い部分を探し出し、次に、あらかじめ収集した目鼻周辺の濃淡パターンとの類似性を照合して特徴点候補を絞り込む。最後に、特徴点候補の位置関係を検証して、目鼻の4点の位置を正確に抽出する。この4点の位置情報によって、正確な顔領域パターンを切り出すことができるようになった。

次に、この切り出された顔領域パターンを用いて個人を識別するためのアルゴリズムを開発した。

リアルタイムで対話的に認識するシステムでは、顔の向きや表情の変化など、人物の動きの影響に対して十分な配慮が必要である。様々な変動を吸収するために、あらかじめ複数の画像を収集して、その分布を部分空間で近似する。各個人ごとに求めた部分空間を登録辞書として、入力と部分空間との角度を測ることで、もっとも近い登録辞書と対応する人を識別することができるようになる。

ここで、入力画像にも複数の画像を用いた動画を入力するアプローチを導入し、“相互部分空間法”という認識方式を採用した。この方法は、入力と登録辞書という二つの部分空間の間の角度を用いて識別を行う方法で、顔の向きの変化や表情の変化に対して柔軟に対応することができる。

また、顔認識においては、照明条件が変化すると顔の見え方が大きく変わってしまい認識率が低下する、という問題が

ある。様々な照明の変化に対応するためには、あらゆる照明環境においてうまく個人性を引き出す特徴抽出系の導入が必要となる。更に、従来の相互部分空間法においては、個人ごとにそれぞれ固有で、かつ相互に影響を与えない登録辞書が作られており、個人間の関係を考慮した認識法とはなっていなかった。そこで、様々な照明変化を含んだ各個人の登録辞書に共通に含まれる情報を取り除いた特徴を抽出することによって、照明変動に強く、個人間の違いを際立たせて区別できるようにした。この方法は“制約相互部分空間法”と呼び、特徴を抽出するための制約部分空間を用意し、その空間に入力部分空間、登録辞書部分空間を射影する操作を行った後、それぞれの角度を測るという識別法である。

更に、識別人数の増加や様々な変動にも対処するには、より強力な特徴抽出が必要となる。そこで、複数の制約部分空間を用意し、同時に多様な特徴抽出を行う“多重制約相互部分空間法”⁽¹⁾を開発し、最新のFacePass™ (VU-R710A)に搭載している。

5 顔照合セキュリティシステムFacePass™の開発

千差万別で変動要素が多く含まれる顔を対象としていることから、顔認識技術を応用したシステムの開発にあたっては、実際の利用シーンを想定した運用実験を行うことが非常に重要である。そのため当社では、試作機から製品機(図3)を通じて、社内の扉に連動させて設置し、実際の運用形態に近い環境でデータを収集・分析することにより、問題点の洗い出しとアルゴリズムやシステムの改良を重ねた。

運用実験において、顔認識システムを出入管理システムに導入する際の問題点として次のような変動要素が挙げられ、それぞれに対策を施して精度改善を図った。

問題1 立ち位置や姿勢の変化で、入力画像中の顔の向きや大きさが変化する。



図3. FacePass™ — 販売中の顔認証ユニットである。建物内のドアでの出入管理、マンションのエントランスホールでの本人認証、金融機関の貸金庫室へのアクセス管理などの用途に利用される。

FacePass™ face recognition security system

対策1

- 撮影した瞬間の顔の状態に依存する静止画による照合ではなく、顔の動きを含めた一連の連続画像の中から本人固有の特徴情報を安定して抽出する、動画像を利用した認証アルゴリズムを適用する。
- カメラ入力画像と顔検出位置を本体に表示してフィードバックすることで、利用者がどの位置に立てばよいのか、どこに顔を向ければよいのかを示し、安定した状態での照合を実現する。

問題2 太ったり、やせたり、ひげの変化などで顔の状態が徐々に変化する。

対策2

- 登録者が照合を行うたびに、所定の判断基準に従って自動的に登録辞書へ追加学習を行うことで、利用者に負荷を与えずに精度向上を図る。利用すれば利用するほど照合精度が安定する。
- 長期間利用されなかったり、けがをしたなど、顔の状態が大きく変化した場合でも、パスワード入力による本人確認を行い、その操作と連動した本人の登録辞書への追加学習を行う仕組みを準備する。

問題3 照明環境の変動など設置環境に依存して顔の状態が変化する。

対策3

- 入力された画像中の顔領域に注目し、認識に最適な画像が得られるようにリアルタイムにカメラを制御する。
- 照明環境変動を考慮したアルゴリズムをベースとした認識技術を導入する(多重制約相互部分空間法)。

以上の各種対策を盛り込んだFacePass™を、社内の太陽光が直接入射しない環境に設置し、事務所入り口の扉と連動させて、出入管理システムとして1年弱の運用評価を行った。

1年間で利用者が延べ1,500名程度、総試行数が10万件となる照合データをもとに精度評価を行った結果、運用開始直後から学習が進むにつれて精度向上が進み、期間内で未登録者の誤受入れは発生せず、本人拒否率は2%前後という数字が得られた⁽²⁾。

一方、FacePass™は本人確認端末としての機能を持ち合わせているが、入退室システムとして総合的なセキュリティを実現するために、別途設置したウェブカメラなどの監視カメラと連動させるモニタリングシステムを構築することができる。このシステムの場合、通常監視カメラと組み合わせて利用されるDVR(Digital Video Recorder)を利用する場合に比べて、監視映像のより高度な管理が可能となる。その特長としては、次のようなものが挙げられる。

- FacePass™の履歴を利用することで、各部屋への入室をトリガとして、所在管理や特定人物の入退出・滞留時間などの管理ができる。

(2) 顔照合前後の監視画像を照合履歴と連動させることにより、監視映像中から人物をキーとした検索ができる。このシステムは“セキュリティショー 2004”に出展後、更に改良を加えて、導入に向けた準備が進められている。

6 今後の展開

顔照合を利用した入出管理の究極の形態は、端末の前で立ち止まることなく、端末に近づいて来る過程で顔を検出して照合を終わらせる、“歩きながらの顔照合”である。この技術が確立すれば、照合時間を気にすることなくハンズフリーでの照合が可能となる。

この技術の確立に向けた技術的課題は、前述の顔認識自体が抱える問題点に加え、照合対象が歩行者であること、すなわち自由度が高まる分、技術的な困難度も高まることである。歩行者を対象とする場合の固有の問題としては、以下のものが挙げられる。

問題 1 様々な歩行速度に対して、歩行時間内で照合を完了する必要がある。

対策 1

- (a) ドアやゲートの前1m程度で照合完了となるように、歩行速度や照合時間を考慮してカメラ配置を設計する。
- (b) 確率的増分符号相関法と顔領域の追跡を利用して、歩行者の顔領域を高速に検出・追跡する技術を開発する。

問題 2 歩行中に顔の向きや大きさが変動する。

対策 2

- (a) 歩行者がどのように歩けばよいかわかりやすいように、照合対象者の顔領域をズーム表示するユーザーインターフェースを利用し、顔の向きの変動を軽減する。
- (b) 歩行中の動画像から、照合に最適なベストシーンを選択する。
- (c) FacePass™で実績のある動画像認証アルゴリズムを組み合わせ、歩行中の顔画像の変動を吸収する。

問題 3 歩行内に顔の照明環境が変動する。

対策 3 FacePass™で実績のある動画像認証アルゴリズムを組み合わせ、歩行中の顔画像の変動を吸収する。

問題 4 複数人が同時又は続いて歩行してくる場合がある。

対策 4 複数人の顔を同時に検出・追跡する技術を適用する。

当社は、前述のような新規技術の基礎開発と改良、及びシステムの対応を行い、端末の前で立ち止まる必要がなく利用者にストレスを与えない歩行者顔照合システムFacePassenger™を試作した。このシステムは、2005年3月に開催されたセキュリティショー2005に出展し、大きな反響を得た(図4)。

今後は、社内をはじめとする様々な環境下での運用実験などを通して問題点を洗い出し、それらに対する対策を進



図4. FacePassenger™—歩いて近づいてくる間に、人の顔を捉えて顔認証を行う。

FacePassenger™ system

めながら認識精度を向上させていく予定である。

7 あとがき

ここでは、物理セキュリティにおけるセキュリティポリシーの重要性を述べ、そのポリシーを正しく実現するための技術として、セキュリティと利便性の両立を実現できる当社独自開発の顔認識技術と、それを応用した顔照合セキュリティシステムFacePass™について述べた。また、歩行中に本人確認ができる技術を開発中であることを紹介した。

セキュリティに関するニーズが高まるなか、引き続き、セキュリティ性と利便性の両立を目指した商品開発を行っていく。

文 献

- (1) 西山政志, ほか. “アンサンブル学習を用いた多重制約相互部分空間法による顔認識”. 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2004). 函館市, はこだて未来大学, 2004-07, 電子情報通信学会, p.529 - 534.
- (2) 佐藤俊雄, ほか. 顔画像認識による本人照合システムの実用. 信学技報PRMU. 104, 447, 2004, p.49 - 54.



石橋 雄一郎 ISHIBASHI Yuichiro

社会ネットワークインフラ社 システムコンポーネンツ事業部
セキュリティ・IDシステム営業部主任。セキュリティシステムの開発に従事。

System Components Div.



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研究主務。
コンピュータビジョン, 顔画像処理の研究・開発に従事。
電子情報通信学会, 情報処理学会会員。

Multimedia Lab.



助川 寛 SUKEGAWA Hiroshi

社会ネットワークインフラ社 システムコンポーネンツ事業部
セキュリティ・IDシステム営業部主任。セキュリティシステムの開発に従事。電子情報通信学会会員。

System Components Div.