

後編

顔画像処理の応用事例

勞 世 竝 オムロン (株) 技術本部

山口 修 (株) 東芝 研究開発センター

顔画像処理応用の概観

前回は、顔を理解するための顔画像処理技術を中心に紹介を行った。今回は、これらの技術の応用事例について述べる。近年、顔検出や顔認識^{☆1}などの技術がリアルタイムで実現できるようになったことで、顔画像処理の応用分野が急速に広がっている。図-1に、主要要素技術とそれらを応用したアプリケーションの例を示す。

顔画像処理の主な応用分野として、次のようなものがあげられる：

1) デジタル機器分野

写真やビデオの画質向上に繋がる応用を目的として、デジタルカメラ、ビデオカメラのオートフォーカスやプリンタ、写真現像機などにおける自動補正機能が実用化されている。また、PCや携帯電話などにおける個人認証や映像インデクシング、写真整理などに応用されている。

2) エンタテインメント分野

顔写真を楽しむためのサービスも多い。写真シール機の写真画質向上、顔写真による占いサービスや写真変装サービスが若年層を中心に使われている。また携帯型ゲーム機器にも顔画像処理が導入されている。

3) 車載分野

顔画像処理によってわき見や居眠りを検出するドライバモニタが搭載された事例がある。

4) セキュリティ分野

駅、空港、商業施設などでの不審者検出、出入国管理、施設へのアクセスコントロールなどの分野で顔認識技術が実用化されている。

☆1 顔認識には個人の識別を指す狭義の定義と、顔検出などを含めた広義の定義がある。本稿では明示的に述べる場合を除き、狭義の顔認識を意味する。

デジタル機器における応用事例

□ デジタルカメラ、プリンタへの応用

顔オートフォーカス・オートアイリス

デジタル機器における応用事例として、最も顕著な例はデジタルカメラへの応用である。国内のデジタルカメラに顔検出技術が初めて搭載されたのは、ニコンが2005年2月に発売したCOOLPIX 5900などであ

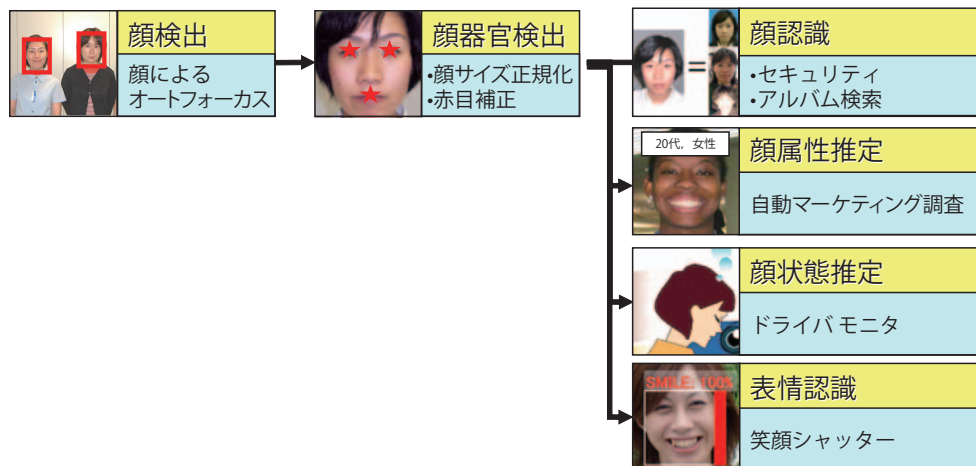


図-1 顔画像処理技術の要素技術例

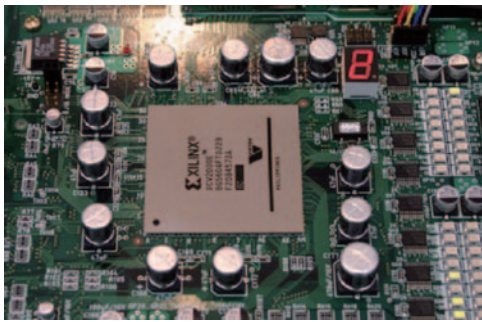


図-2 顔検出チップ(オムロンの開発例、FPGAで実装)

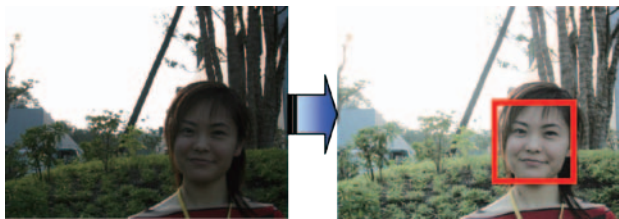


図-3 顔検出による逆光自動補正の例



図-4 笑顔度推定結果例

る。米 Visionics 社(のちに Identix, 現 L1-Solution 社)の FaceIt 技術により、被写体の顔を検出してピントを自動制御する「顔認識 AF」(実際の機能は顔検出)を組み込んだ。COOLPIX 5900 の場合、組み込み CPU で動作するソフトウェアによって顔検出を実現していたため、動作速度が遅いという欠点があった。ハードウェア (LSI) による顔検出技術としては、2003 年 10 月にオムロンが FPGA を用いて実装したデモを行っている(図-2)。このデモでは、カメラに搭載できるよう、35 万ゲートという非常にコンパクトな構成で実現されていた。その後、2006 年ごろからは顔検出のハードウェアが実際の商品に搭載されるようになった。富士フィルムがオートフォーカスと露出制御の両方に対応する FinePix S6000fd を発売し、キヤノンも IXY DIGITAL 1000 などの機種を発売した。いずれも顔検出を専用ハードウェアで実行することによって高速化を図り、コンパクト機への採用を実現した。ついで、ペンタックス、ソニー、リコー、オリンパス、カシオ計算機、パナソニックの、ほぼすべてのカメラメーカーが顔検出機能を持つ製品を発売した。顔検出を搭載することにより、顔が画面の

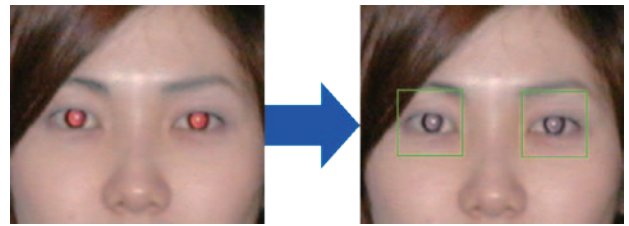


図-5 顔検出、目検出で実現した自動赤目除去例

中央にない場合の焦点合わせの失敗や、逆光の場合の顔が暗く写るような失敗を減らすことができるようになった(図-3)。

笑顔シャッター

2005 年 10 月にキヤノンがデジカメ向けの顔認識技術として、人物の笑顔に基づいて自動的にシャッターを切る技術デモを行った。これは PC 上のソフトウェアで実現している。同機能の商品化は、2007 年 9 月にソニーによって「スマイルシャッター」という名称でデジタルカメラに搭載した例が最初である。偶然にも、この発表と前後して、オムロンは組込み機器でも使用可能な、リアルタイムで笑顔の度合いを推定する技術を発表している。図-4のように笑顔の ON/OFF の検出ではなく、笑顔の度合いを 0 ~ 100% で数値化できる技術である¹⁾。

赤目除去

カメラの分野では古くから赤目の防止、除去のニーズがある。フィルムカメラの時代から、さまざまな赤目防止、除去の技術が開発されている。Web で検索すれば、簡単に多数の赤目除去画像処理ツールを見つけることができる。その中でも Fotonation (現 Tessera) が有名で、多くのカメラメーカーにライセンスされている。赤目除去ソフトウェアの多くは、ユーザがインタラクティブに目の領域を指定する必要がある。この処理を全自動で行うためには顔検出、顔器官検出の技術を応用する必要がある。実現されたのはここ数年である(図-5)。

美肌補正

デジタル画像機器の中で、美肌補正機能を応用したものとして、2003 年に発売されたキヤノンのインクジェットプリンタ PIXUS がある。これはプリンタの添付ソフトウェア Easy-PhotoPrint Plus に収録された機能で、ユーザが写真を印刷する際に、自動的に顔の部分の肌がきれいに補正される。このソフトウェアにはオムロンによる顔検出技術および美肌補正の技術が組み込まれている。写真全体にスムージングをかけるのではなく、頬の部分、目や口の輪郭の部分の部分を認識して、各部分に最適なスムージングを行うことで、シャープな部分はそのまま残して、皺、しみ、そばかすを見えにくくするように処理する。図-6に美肌補正の処理事例を示す。



図-6 目元、口元をくっきり残しながら、皺、しみを軽減する美肌処理の事例

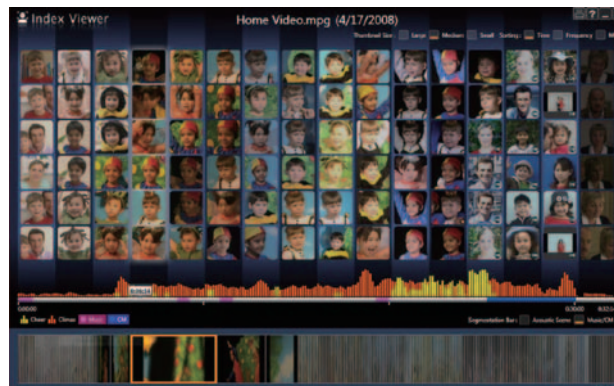


図-8 “顔 de ナビ” 画面



図-7 PC ログインの利用例(TOSHIBA Face Recognition)

□ PC への応用

PC ログイン、スクリーンセーバー

PC の分野でも 90 年代後半から顔認識を使ったアプリケーションが販売されている。1998 年にネクサスが Visionics のパソコン用顔認識ソフトウェア「FaceIt」を国内で販売した。この FaceIt は Biometric Screensaver for VAIO として 1999 年 5 月にはソニーの VAIO-C1S に搭載された。ここでは、ログイン用途ではなくスクリーンセーバーのロック解除に利用されている。1999 年 6 月には東芝が発売した Libretto ff のバンドルソフトウェア「Smartface」において、スクリーンロックの解除のみならず、アプリケーションの起動や顔画像へのデコレーション装飾なども行った²⁾。2007 年には、NEC が LaVie に顔認識によるログイン機能を実現している。PC に内蔵された Web カメラを活かすアプリケーションとして、国内の個人向け製品としては初めて同社の顔認証技術「NeoFace」が搭載された。NeoFace では、類似度の高い部分に注目することで変装や表情からの影響を少なくする「適応的領域混合マッチング法」や、変動予測画像を生成し登録することで上下左右の変動に対応する環境変化からの影響を軽減する「摂動空間法」、目に似た領域の抽出と顔の判定を組み合わせることで認証速度を向上させる「多重照合顔検出法」

などを用いている。ワールドワイドへの展開としては、Lenovo による「Veriface」や、東芝が 2008 年にリリースした「TOSHIBA Face Recognition」のバンドルなどがある(図-7)。

映像インデクシング

デジタル映像機器が急速に普及し、家庭においても大量の映像が蓄積されるようになったことで、視聴したい場面を効率的に探し出すニーズが高まっている。東芝の AV ノートパソコン Qosmio では顔検出技術を利用してビデオの見どころを一覧表示し、出演者の顔をグラフィカルに表示する機能“顔 de ナビ”機能を搭載している。

“顔 de ナビ”の画面を図-8 に示す。画面上部の顔サムネイル表示では、コンテンツ内で検出された顔画像が時系列に並べられている。出演者の顔をクリックするだけで、シーンを再生することができ、見たいシーンを簡単に選択することが可能となった。この PC には、メディア処理専用のチップ「SpursEngine SE1000」が搭載され、HD サイズの映像をトランスコードしながら、顔検出処理を同時に実行する。顔サムネイル表示では、同一人物が連続して表示されないことが望ましいが、同一人物のシーンをグルーピングするために顔認識処理をすべての登場人物に対して行くと、多くの処理時間を費やすため、録画終了直後にこの機能を使うことができない。そこで、(1) 時間的に連続した顔を追跡することで顔の位置とサイズの変化のないものをグルーピングし、(2) 画面全体の色調や輝度配置パターンを画面特徴量とし、特徴が急激に変わる点(カット)で、グルーピングを停止、(3) 時間的に離れている類似した画面特徴量をもつショットのうち同じ位置やサイズの顔が登場するものはグループ同士を同一人物としてグルーピング、という処理を高速に行い、計算コストを低減しながら同一人物の顔サムネイルが大量に出力されることを防止している。

写真整理・スライドショー

2009 年 1 月にアップルから顔認識技術を搭載した写真管理ソフトウェア iPhoto'09 が発売された。iPhoto



図-9 携帯電話での顔認証事例



図-10 エンタテインメント分野の応用事例 おかおネット

'09には、顔認識技術を用いた「人々」という機能がある。顔を自動的に認識し、同じ人物の写真をまとめて整理できる。また、キーワードで文書を検索するように顔で写真を検索することができる。

また、写真を多人数で楽しむためのスライドショーについては、顔検出によって、顔が画面内に収まるように写真が配置されるなどの機能もある。ソニーのPlayStation3の「ポートレートスライドショー」やVAIO付属の「Movie Story」、同社製のブルーレイディスクレコーダでは、顔検出の結果を使って効果的に人に焦点を当てたエフェクトを生成する「フェイスフレーミング」と呼ぶ機能が搭載されている。

□携帯電話への応用

近年、携帯電話が目覚ましく進化している。電話帳やメールなどの重要な個人情報や蓄積されているだけでなく、電子マネーも記録されているため、紛失時や盗難時に対するセキュリティの重要性が増してきた。このようなニーズに答えるために、2005年2月にオムロンが携帯電話に搭載できる顔認識技術を発表した。この「OKAO Vision 顔認識センサ」は、持ち主の顔写真をあらかじめ登録しておくことで、携帯電話の操作をロックする際に必要な暗証番号の代わりとして利用できる。これまで同社では、パソコンなどで動作する顔認識技術を保有していたが、小型化・高速化を施したことで、処理能力やメモリ容量に制限がある携帯電話上でも動作できるようにした³⁾。認証に必要な時間は約1秒で、顔の向きは左右15度まで対応可能である。対応OSはSymbian OS, BREW, Linux, ITRONの4種類である(図-9)。電子マネーなども記録されている携帯電話において、紛失時や盗難時に対するセキュリティとして活用できる。2005年6月、最初に顔認識を搭載した携帯電話P901iSはパナソニック モバイルコミュニケーションズからドコモの第3世代携帯(FOMA)

の端末として発売された。この携帯電話には「おサイフケータイ」の機能が搭載されているため、セキュリティの強化が求められている。通常の4桁のパスワードだけでは不安を感じるユーザのために、顔認識による持ち主認証を追加することでユーザに安心感を与えるための手法の1つとして採用された。

エンタテインメント、サービス分野での応用事例

□携帯、ネットサービスにおける応用 携帯サイトの有名人検索、占いなど

2001年にオムロンが顔写真で遊ぶネットサービス「おかおネット」を立ち上げた(図-10)。PCや携帯電話のメールでサーバに顔写真を送信すると、占いなどのサービスを受けることができる(図-11)。開始当初は「開運!人相占い」「キレイの素」「アラ、似テタノネ」「おかおマーク工房」の4つのサービスが提供された。「開運!人相占い」は顔の器官の位置関係および生年月日で人相を占う。「キレイの素」は送られた画像を似ている女性有名人別に分類し、メイクのアドバイスや恋愛診断を行う。「アラ、似テタノネ」は顔の似ている有名人を教えるサービスである。

2007年4月に同様のサービスとしてジェイマジックが、送られた顔写真がどの有名人に似ているかを鑑定する「顔ちえき!」という携帯用ウェブサイトを立ち上げた。無料のサービスということもありニュースやブログなどで取り上げられて話題を呼んだ。

デジタル写真の化粧、変装サービス

おかおネットのサービスの中で、「おかおマーク工房」は送信された画像に「チョコビゲ」や「涙マーク」を付加するなど、デジタル写真の化粧、変装サービスを提供している。主に女子高生に広く愛用されている写真シール自販機の中でも、顔画像処理の技術は広く使われている。近年、これらのシール自販機には撮影された写真をも

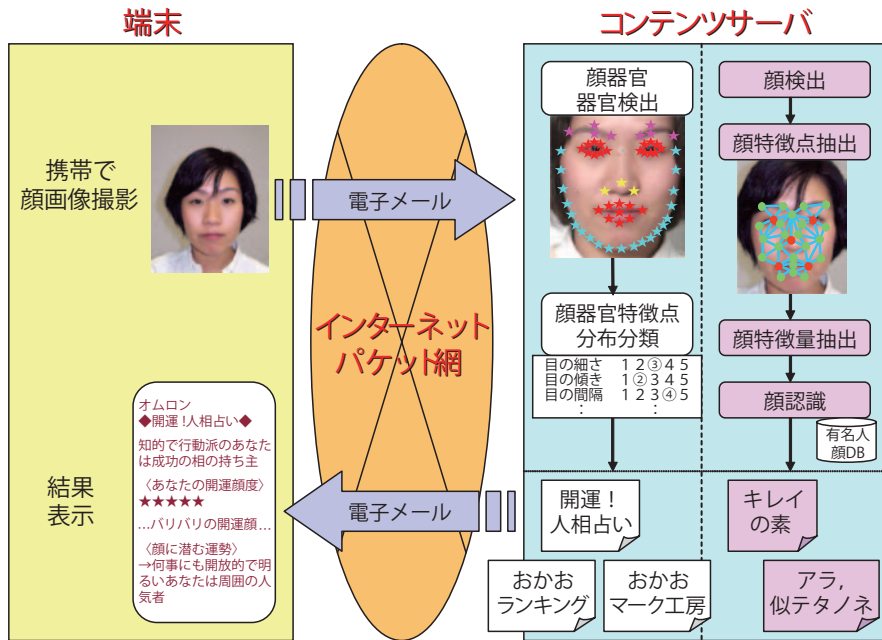


図-11 おかおネットの仕組み



図-12 顔検出技術を応用した写真シール機の例

つときれいに、もっと楽しくするための演出が取り入れられている。たとえば顔の周りにさまざまなマークやキャラクターを使ってデコレーションを行う場合は顔検出や顔部品検出の技術が応用されている。図-12に示すような写真シール自販機では、目をきらきら輝かす処理や、唇をみずみずしくする処理に目と口の輪郭検出機能が活用されている。

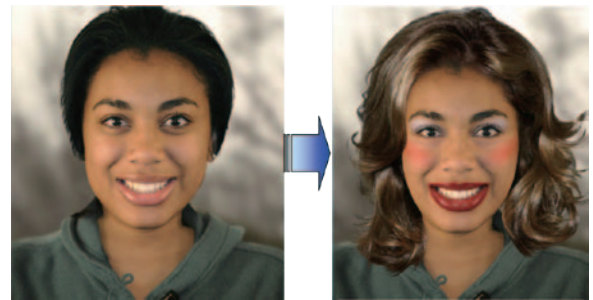


図-13 taaz.com のオンライン化粧サービス実行結果例

海外では2008年1月に開始したオンライン化粧サービス taaz.com が人気を集めている。これはコンピュータビジョンの分野で有名なUCSDのDavid Kriegman教授が設立した会社が提供しているネットサービスである。写真をアップロードして口紅、グロス、ファンデーション、アイシャドウ、髪型などをインタラクティブに変更することができる(図-13)。

□ゲーム機における顔画像処理

小型ゲーム機ニンテンドーDSではカメラアタッチメントを追加することで、顔認識を楽しんで利用できる機能を提案している。たとえば、「おとなのDS顔トレーニング」では、表情豊かにするトレーニングとして、顔の筋肉をバランスよく鍛える“フェイスニング”を行える。画面に出るお手本の映像を見ながら、音声に従ってゆっくり顔を動かすことで、表情筋を鍛えられる。「プロジェクトビューティー」では、撮影したユーザの顔を解析し、顔立ちにあったメイクアップを提案したり、バーチャルなフリーメイクを楽しむなどの機能をゲームに



図-14 ドライバ モニタ センサ. 赤外照明を搭載しているため、照明変化にロバストである

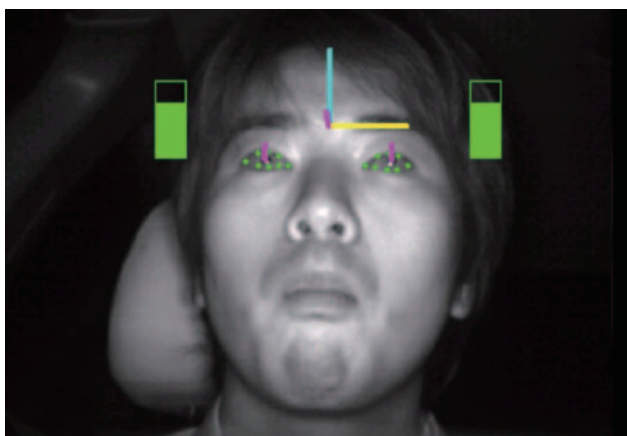


図-15 ドライバ モニタ センサの検出結果例: 顔向き(額の上の直交の3つの軸), 視線(目玉の上の線)と目の開閉具合(両目左右のゲージ)

仕上げています。

最新機種ニンテンドーDSiでは、カメラが標準搭載されており、メニューから『カメラ』を選ぶことでデジタルカメラとして利用できる。2人の顔写真を合成したり、その2人の「似てる度」を測ったり、任意の表情に変えるなどの画像効果を加えることができる。このように、「コミュニケーションツールとして使うことができる遊べるカメラ」というコンセプトを実現するために顔画像処理が利用されている。

車載分野での応用事例

わき見、居眠りモニタリング

わき見、居眠りは交通事故を引き起こす主な原因の1つである。わき見、居眠りを適切に検知し、ドライバーに危険を知らせることで、より安全な運転に繋がる。わき見を検知するにはドライバーの顔の向きおよび視線を検知する必要がある。居眠りの検知は目の開け具合をリアルタイムに測定することが重要である。2000年に



図-16 東芝の顔認証入退室管理システム FacePass

設立されたオーストラリアの Seeing Machine 社はステレオカメラを使った顔向き、視線推定システムを開発した。ステレオカメラを使うことで精度の高い顔向きを検出できるが、実用性を考えた場合には特殊なステレオカメラよりも単眼のカメラを使うほうがコスト的にも設置場所的にも有利である。後者のアプローチを取っている研究開発の事例にはトヨタとアイシン精機が共同で開発したものとオムロンが開発したものがある。

トヨタとアイシン精機が開発したものは、ステアリングコラムに搭載したカメラによって、ドライバーのわき見や閉眼を検知し、警報ブザーや表示で警告することで、安全運転を支援するシステムである。カメラがステアリングコラムに搭載されているため、運転手が前に向いた場合は顔の対称性が高いことで比較的簡単に顔が正面に向いているかどうかを検知できる。

オムロンは単眼のカメラでより正確な顔向きを推定するために顔の器官を正確に見つけられるアルゴリズムを開発し、視線と目の開閉をロバストに推定できる「ドライバ モニタ センサ」を2007年10月に開発した。このセンサは外乱光による影響を抑えるために、フィルタを使って可視光をカットした上で、赤外LEDによる照明で得た画像に対して処理を行う。また、画像処理の部分には専用のハードウェアチップを搭載することで、コンパクトな形に仕上げています(図-14, 15)。

セキュリティ分野での応用事例

アクセスコントロール・入退室装置

セキュリティ分野では顔認識を利用した入室管理システムへの応用が考えられる。図-16は、東芝で製品化された入室管理システム FacePass である。カメラと液

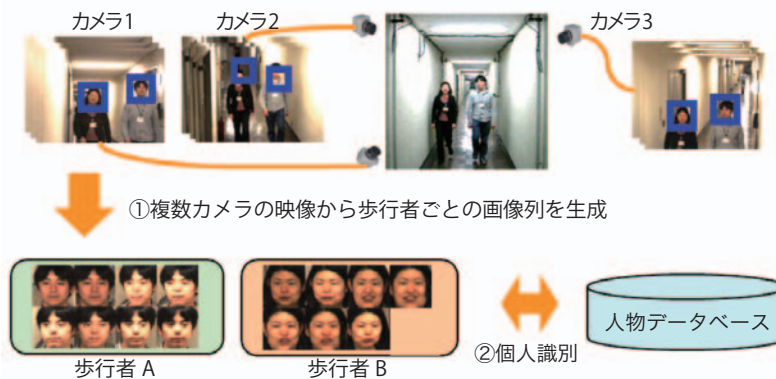


図-17 複数台のカメラを用いて、同時に複数の人物の通行を管理するシステム

品パネルを内蔵した端末で、顔がカメラの視野に入ると自動的に顔の照合を開始する。対象者は画面を見ながら、顔の位置等を確認することができる。動画を用いた照合方式を採用し、パターン認識法である相互部分空間法によって認識し、1:N型の照合で登録人物とマッチングが成功すると電子錠を開錠する。カードを取り出すことや、指などを触れる必要がなく、ユーザの省力化と利便性の向上が確認されている。また、顔認識のみを単独に用いるのではなく、従来のパスワードや無線カードなどとの併用を意識した1:1型の照合のシステム構成も可能である。

顔画像を用いた入室管理システムは、入室を試みた人物の画像を収集しておくことで、どのような人物のアクセスがあったのかを、後で管理者が直接画像を見ることで確認できる。これは、指紋、静脈などの他のモダリティとは大きく異なる点である。すなわち、顔を見せるというアクセス制御は、画像の撮影を行うという点だけでも、十分な抑止効果となる。

空港、出入国管理

国際的な犯罪組織やテロ集団など、犯罪がグローバル化しており、偽造パスポートによる不法な出入国が問題となっている。これらの不正行為を防止するために登場したのが、バイオメトリクスを導入し、機械による本人確認が可能な「IC旅券」である。以前からバイオメトリクスを用いたSPT（Simplifying Passenger Travel＝航空旅客の旅行手続き簡素化）プロジェクトが進行していたが、9.11の米国テロ以降、バイオメトリクスを搭載したパスポートの本格導入が加速した。パスポートは自国のみでなく世界中の国々で使用されることから国際的な相互運用性が重要とされ、ICAO（国際民間航空機関）において国際標準化作業が進められた。そして、2003年5月、記録媒体として非接触型ICチップを選択し、顔認識を標準手段として、虹彩や指紋認証を補助手段として加える方向で導入するよう勧告を発表し

た。日本では、IC旅券の生体情報としては顔画像のみを記録することとしており、記録する画像は、旅券申請書に貼付された写真から取り込むため、手続き等はこれまでとほぼ変わっていない。このIC旅券は2006年3月より運用が開始されており、所持者の顔と記録された画像データを照合することで、顔写真の貼り替えや成りすましを見抜くために利用されている。

これらの動きを受けて、海外でも、顔認識技術は空港や駅などでの監視および出入国管理などに応用されている。2005年には中国の深センでの出入国管理に導入され、指紋と顔を併用することで自動的に個人認証を行うシステムが実用化された。自動認証ゲートを問題なく通過できる率が97%に達している。

自由歩行者認識

顔認識は他のバイオメトリクスと比べても、非接触で認識できることが利点である。この利点を活かすためには、歩いている人物をそのまま照合できることが望ましい。自由歩行者認識は、対象者に意識させることなく識別することを目的としている。しかし、複数人が同時に通行するなど、対象者を一人に限定できないという課題がある。すなわち、これまでのゲートだけを管理するという、点・線的なセキュリティから面的なセキュリティが要求される。従来の静止型の顔照合装置と比較すると、識別対象が移動するため、相対的に顔向きや照明変動が大きくなる。また、立ち止まらずに通過させるためには、歩行中に照合処理を終わらせる必要があり、時間的な制約条件も課せられることとなる。

図-17のシステムでは、通行者が互いに重なりあう状況が頻繁に起こることから、さまざまな方向から同一場所の画像取得を行っている。各カメラは、それぞれのカメラ内部での各個人の画像の対応づけを行い、その後カメラ間での画像系列同士の対応づけを行っていくという階層的なアプローチにより、さまざまな変動を含んだ

顔画像系列を作成し、確実な個人識別を行うことを目的としている⁴⁾。

今後の展望

本稿では、さまざまな分野における顔画像処理技術の応用事例を紹介した。セキュリティ市場においては、顔認識の精度が十分ではないため、本格的な実应用到に足踏み状態が続いている。一方、コンシューマ市場においては、顔画像処理技術の応用が急速に拡大している。画像認識の技術は100%の精度を得ることが困難なので、一定レベルの精度に達せば、顧客が満足できるアプリケーションを見つけることが重要である。今後、特に下記の分野での応用が期待されている：

1. 自動マーケティング

商業施設ではどのような顧客に何を売るかを適切に決めることが重要である。そのために、客観的に来客の客層分析ができることが期待されている。たとえば、各時間帯において、来店する顧客の年齢、性別を推定して統計的に店舗側に提供できれば、それに応じて商品の品揃えを変えることができる。また、近年注目を集めたアプリケーションとして、デジタルサイネージがある。広告の前を通る人の属性を分析し、その人の性別、年齢に応じて、電子掲示板の広告を変えて表示する方法である。

2. ロボットビジョン

ロボット工学は日本が世界をリードしている分野の1つである。ロボットが人の顔を認識することができれば、その人の年齢に応じて音声合成のスピードを変えたり、表示する文字の大きさを変えたりすることができる。特に、人の表情を認識し、それに応じてロボットが人とのコミュニケーションがより円滑になることが期待できる。

3. エンタテインメントとコミュニケーション

顔の表現と関連するCGの技術との融合が進むことによって、新しい表現と新しいコミュニケーションのツールの出現を期待する。

参考文献

- 1) 小西嘉典, 木下航一, 勞世竑, 川出雅人: リアルタイム笑顔度推定, 情報処理学会インタラクシオン2008予稿集(2008).
- 2) 山口修, 福井和広: 顔向きや表情の変化にロバストな顔認識システム "Smartface", 電子情報通信学会論文誌, D-II, Vol.J84-D-II, No.6, pp.1045-1052 (2001).
- 3) 井尻善久: 組み込み顔認識技術, 画像ラボ Vol.16, No.11, pp.50-54 (2005).
- 4) Nishiyama, M., Yuasa, M., Shibata, T., Wakasugi, T., Kawahara, T. and Yamaguchi, O.: Recognizing Faces of Moving People by Hierarchical Image-Set Matching, Proc. IEEE Computer Society Workshop on Biometrics (2007).

(平成21年4月1日受付)

勞 世竑 (正会員) lao_shihong@omron.co.jp

1984年中国浙江大学電気工学卒業, 1992年京都大学電気工学研究科博士後期課程退学, オムロン(株)入社。現在同技術本部コアテクノロジーセンターで顔画像処理の技術を統括する専門職。

山口 修 (正会員) osamu1.yamaguchi@toshiba.co.jp

1994年岡山大学大学院工学研究科情報工学専攻修士課程修了。同年(株)東芝入社。現在、(株)東芝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。

