

近年、特に“情報セキュリティ”と呼ばれる分野で、個人識別技術（個人を認識したり同定する技術）が重要となってきた。個人識別方式として、①パスワードなどの記憶によるもの、②本人証明用カード（磁気カード、無線カード、ICカード）などの所持物によるもの、③サインなどの生成物によるもの、④指紋に代表される生体的特徴によるもの、がある（③や④はバイオメトリクス方式と総称される）。

当社では、バイオメトリクス方式による個人識別技術として指関節の特徴に基づいた指特徴照合技術と非接触でユーザへの負担が少ない顔照合技術に取り組んでおり、基礎評価実験を行い、実用化の可能性を検証した。

Recently, the function of personal identification has become highly important in the information security field. The currently used methods for personal identification are classified into four types: (1) comparison of a secret word such as a password, (2) checking of an identification card (magnetic card, wireless card, smart card, etc.), (3) comparison of a signature or a voice (behavioral characteristics), and (4) comparison of physiological characteristics, a typical example of which is fingerprints.

This paper first surveys personal identification methods, then introduces two biometric methods that Toshiba has been developing; namely, finger feature pattern comparison, and facial image comparison.

1 まえがき

コンピューターームなどの重要施設への入退管理（物理セキュリティ）やコンピュータネットワーク上でのアクセス管理（情報セキュリティ）などで、個人識別機能は重要である。

従来からの個人識別（または認証）方法としては、会員証、免許証などの本人しかもっていない所持物による方法、パスワードや暗証番号に代表される本人しか知らない情報（記憶情報）による方法が知られている。

しかし、所持物や記憶情報は実際には盗難や紛失（記憶情報の場合は忘却もありうる）などの恐れがあり必ずしも万全とは言えない。ここでは、従来方式を補ったり代用が期待されるバイオメトリクス方式の個人識別技術についてサーベイを行うとともに当社が取り組んでいる技術を紹介する。

2 バイオメトリクス方式による個人識別技術

現状の個人識別方式は、①記憶によるもの、②所持物によるもの、③生成物によるもの、④生体的特徴によるもの（③と④は総称してバイオメトリクス方式と呼ばれる）の四つに大別される（表1）。どの方式をとっても信頼性が完全なわけではなく、表に示すようななんらかの問題点を持っている。このため、単独に用いるのではなくこれらの方式を併用してよりセキュリティレベルの高い個人識別機能を実現することもある。

表1. 個人識別方式の分類

Types of personal identification methods

方式	実 例	セキュリティ上の問題点
記憶方式	暗証番号、パスワード	他人に破られる、忘れるなどの心配がある。
所持物方式	磁気カード、無線カード、ICカード	置き忘れ、紛失、盗難などのおそれがある。
バイオメトリクス方式	動的方式 声紋、サイン	照合誤りの可能性や、経時変化、他人にまねられるおそれがある。
	静的方式 指紋、手形、網膜、虹(こう)彩、顔、指関節特徴(東芝方式)	照合誤りの可能性や、経時変化、けがなどの影響がある。

バイオメトリクス方式は、あらかじめ登録された本人データ（生体特徴情報）と入力データとをなんらかの計算により照合し、照合度がある範囲内であれば（完全に一致しなくてもよいことに注意）その入力データに対応する人を本人であると判定する方式である。本人データの完全な再現性が保証されていないため、他人を本人と判定してしまう誤り（他人受理誤り）と本人を他人と判定してしまう誤り（本人拒否誤り）の2種類の誤りが存在する。しかし、“置き忘れない”、“記憶する必要がない”、“盗まれる心配がない”など他の方式にはない好ましい利点を持っているため、潜在的なニーズがある。

バイオメトリクス方式の代表的なものは指紋による照合であるが、そのほかにも網膜や声紋といったものがよく知られている。表 2 に、これまでに実用化されている（もしくは現在、実用化が進められている）各種のバイオメトリクス方式を整理して示す。

表 2. 代表的なバイオメトリクス方式
Typical biometric methods for personal identification

生体情報の名称	照合内容	本人データの入力方法
指紋	紋様パターン上の端点や分岐点などの特徴情報	指先を所定の位置に密着させ、CCD センサにより入力
手形	手の幅・高さ、各指の長さ・幅・高さなどの情報	手を所定位置に置き、上方や側方の CCD カメラにより入力
網膜	網膜上の血管パターンの特徴情報	近赤外線をスキャンさせ、その反射光を CCD センサで受光
虹彩	瞳(どう)孔の開き具合を調節する筋肉パターンの特徴情報	所定の離れた位置から CCD カメラにより撮像
顔	目や口などの配置情報や顔全体の濃淡パターン	同上。ただし、撮像位置には多少の許容度がある
音声	声紋パターン、あるいは声紋パターンの特徴情報	マイク入力。ただし、発声語が決まっている場合、適宜指定される場合がある
サイン	通常、動的なサイン情報(筆記運動パターン)が用いられる	ペンとタブレットを用いたオンライン入力

各種のバイオメトリクス方式にはそれぞれ一長一短があり、応用によって使い分けられているのが現状である。現在、バイオメトリクス方式がそれほど広く普及していない理由としては、技術的に単独ですべてのニーズに対応可能なバイオメトリクス方式がないというほかに、セキュリティに対する脅威がそれほど現実的な問題とはなっていない、犯罪との連想で心理的な拒否反応が起こる（特に、指紋）といった社会的な要因がある。現状の製品は価格や装置の大きさなど導入上の問題もあるが、これは普及が進めば改善されると予想され、目下、もっとも解決されるべき点は“照合性能”と“ユーザの使用負担”（物理的負担と心理的負担の両方が関連）とのバランスを飛躍的に向上させることである（図 1）。

現在、照合性能の高さで実績のあるものは、網膜や指紋による照合であるが、犯罪との連想や網膜の場合には本人データの入力の際、身体の大事な部分である目を装置に接触させなければならないといった理由により、現状レベルより大幅にユーザの負担を改善する可能性は少ない。したがって、これらは高セキュリティが要求される特定の分野に限定されると考えられる。一方、ユーザの負担が少ないものとしては、サイン、音声、顔が挙げられる。中でも顔の照合による方式は、本人データをわざわざ生成/発声する手間が不要でかつ装置に接触することなく本人データを

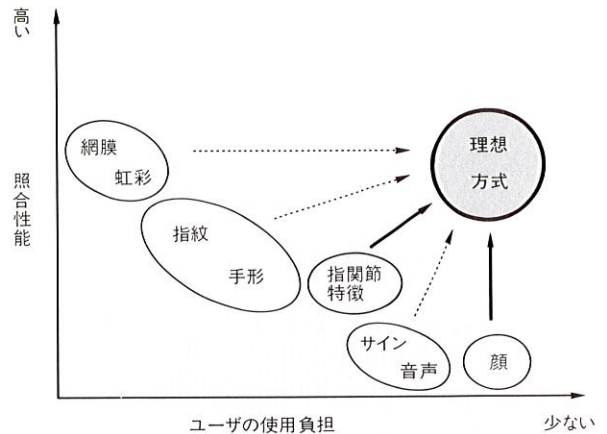


図 1. バイオメトリクス方式が目ざす方向 今後の普及のためには、照合性能とユーザの使用負担のバランスを大きく向上させる必要がある。

Performance level of ideal biometric method

入力することができる。本人に意識させることなく遠隔で本人データを装置に入力できるという顔照合方式の特徴は、ユーザの使用負担を現在より飛躍的に軽減できるという点で魅力的である。現状の照合精度はそれほど高くないが、今後の向上が期待される方式であり、当社も積極的に取り組んでいる。

表 2 では、従来方式を示したが当社では独自の個人識別方式として指の関節特徴に基づいた指関節特徴方式を開発している⁽¹⁾。この方式は次章で示すように第 1 関節付近から第 2 関節付近までの指部分の特徴を一次元波形パターンとして抽出するもので指紋パターンとは大きく異なっている。この意味で、ユーザの心理的負担が少なく、かつ低価格、超小型化の可能性があり照合性能対ユーザ負担のバランスをレベルアップさせる方式として期待できる。

3 指の関節特徴による個人識別

生体情報を用いた個人識別技術でもっとも一般的な指紋照合装置はプリズムレンズや CCD 受光素子などから成る光学系が必要なために小型・低価格化に限界がある。当社は、電極アレーにより指の特徴を抽出する、光学系をいっさい必要としない新方式の個人認証センサを開発した。このセンサを用いた照合装置の試作を行い、評価を行った結果、良好な照合特性を確認することができた。

センサ部は電極アレーと処理回路で構成される（図 2）。

電極アレーの形状は幅 0.1 mm、長さ 30 mm で、ピッチ 0.2 mm で 350 本配列されている。指の特徴は、電極アレーに指を置いたときの隣接する電極間の抵抗変化を指の長手方向に順次測定し、時系列パターンとして抽出する。抵抗

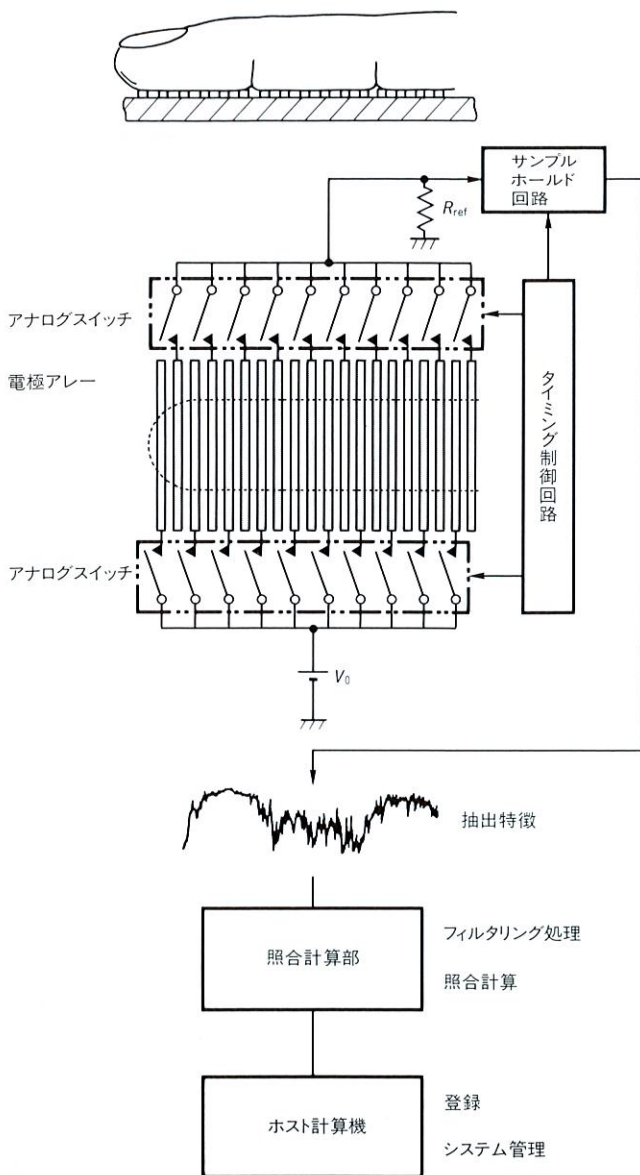


図2. 個人識別センサシステム 個人識別システムは、電極アレーセンサ部とフィルタリングおよび照合計算を行う照合計算部、登録・システム制御を行うホスト計算機とで構成される。

Personal identification system using new finger feature sensor

変化は電極間にアナログスイッチを介して一定電圧 V_0 と基準抵抗 R_{ref} を直列に接続し、この基準抵抗 R_{ref} の両端に生ずる電位差として測定する。このときの電位差 $V_{ref}(i)$ は i 番目と $i+1$ 番目の電極間の抵抗を $R(i)$ とすると次式で表される。

$$V_{ref}(i) = \frac{R_{ref}}{R(i) + R_{ref}} \cdot V_0 \quad (1)$$

この抵抗変化は指表面の皮膚そのものの抵抗値に起因するものではなく、指表面の汗口から放散される汗によるものと考えられる。指表面の皮膚には細かい線状の起伏すな

わち指紋があり、その稜(りょう：凸)部に汗口が開いている。すなわち、指紋の模様と汗口の分布形態はほぼ等しい。指紋のピッチは個人差があるが約 0.5 mm 程度であり、汗口の直径は約 0.1 mm である。この汗口からは常時発汗があり、電極アレーに指を置くと、汗口直下の電極間では放散水分中のイオンにより電気抵抗が低下する。この抵抗低下は放散水分量が極微量であるので、汗口近傍だけに生ずるものと考えられる。よって、電極間の抵抗変化はその電極間に位置する汗口の総和に比例し、ゆえに電極間に位置する指紋凸部の面積和に比例した値となり、得られる抵抗変化パターンには指の特徴(関節の間隔、皺(しわ)の数、太さなど)情報が含まれている。

抽出された特徴の一例を図3に示す。図中の特徴パターンの二つのディップはそれぞれ指の第一・第二関節に相当している。この特徴パターンを比較することで本人・他人を区別することができる。

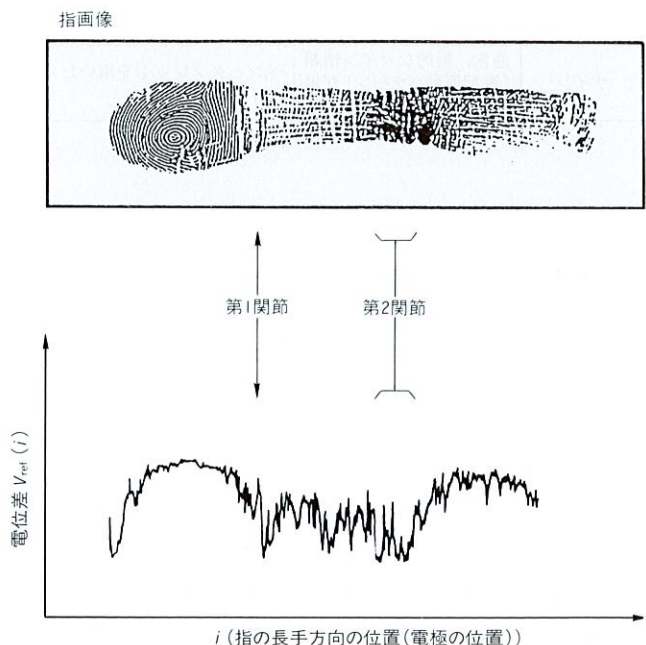


図3. 抽出された特徴パターンの一例 特徴パターンの二つのディップは、それぞれ指の第一および第二関節付近に相当する。

Extracted finger feature pattern

次に照合処理について説明する。まず、センサにより得られた信号から指紋などの影響による高周波成分と、指の置きかたによって生ずる指の外形(太さ)の変化の影響による低周波成分をカットするためにバンドパスフィルタにより照合に適した形に変換する。この信号のうち指の第一関節部と第二関節部に対応する情報量の多い部分を含む範囲を適当に選んで定め、これを登録する。照合はフィルタリ

ング処理後の信号と登録信号とを次式の評価関数を用いて比較することにより行う。ここで、 $a(i)$ は登録特徴、 $b(i)$ は被照合特徴を表し、指を長手方向に動く可能性のある範囲 t だけずらしたときの両者の二乗誤差を求め、 $f(t)$ の最小値を最終照合結果 s としている。

$$f(t) = \sum_{i=i_1}^{i_2} \{a(i) - b(i+t)\}^2 / \sum_{i=i_1}^{i_2} a^2(i) \quad (2)$$

$$s = \min_{-t < i < +t} \{f(t)\} \quad (3)$$

したがって、 s の値が小さいほど比較される特徴がよく似ていることを示している。ここではこの値を相違度と呼び、本人・他人の判定基準とする。すなわち、判定のしきい値を r として次式によって本人と他人を区別する。

$$\begin{aligned} s \leq r \text{ のとき} &: \text{本人} \\ s > r \text{ のとき} &: \text{他人} \end{aligned} \quad (4)$$

図 4 に試作した照合装置を示す。この照合装置を用いて、10 名の被験者の右手人差し指のデータ 20 件ずつ合計 200 件を測定し、照合特性評価を行った。結果を図 5 に示す。判別しきい値 0.60 において、他人受理誤り 1.0 % で本人拒否誤りが 9.8 % という実用可能な特性であることが確認できた。

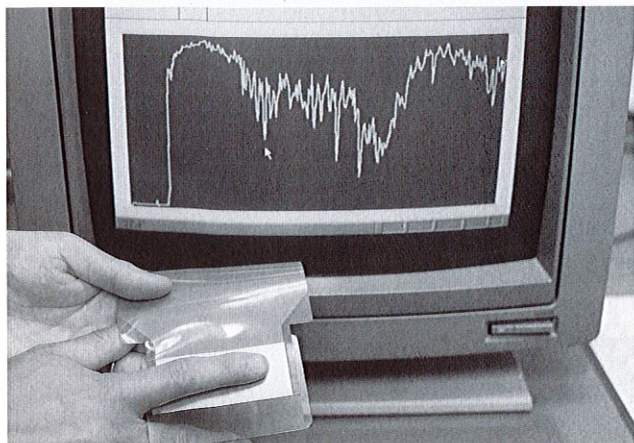


図 4. 試作された電極アレーセンサ部 電極アレーセンサ部はフレキシブルプリント基板上に形成されている。

Overview of newly developed finger feature sensor system

この個人認証システムは電子部品だけで構成できるため、超小型・薄型化および低コスト化が可能である。ゆえに、PDA (Personal Digital Assistant) や IC カードなど従来の個人認証装置では実装不可能な製品にまで適用可能であり、従来の入退室管理だけでなく情報セキュリティへの幅広い応用が期待できる。

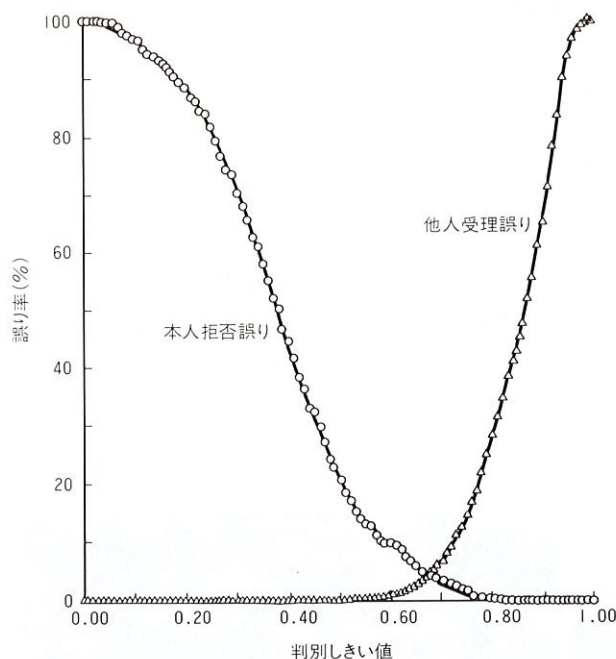


図 5. 試作装置の照合特性 照合しきい値 $r=0.60$ において他人受理誤り率が 1.0 % のとき、本人拒否誤り率が 9.8 % となり、実用的な特性が得られた。

False rejection rate (FRR) and false acceptance rate (FAR) of system

4 顔画像を用いた個人識別

次の 3 段階の処理から成る顔画像を用いた個人識別システムについて紹介する (図 6)。

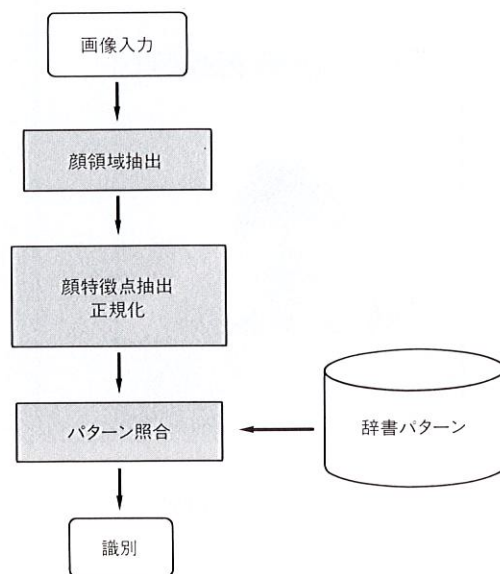


図 6. 顔の識別処理の流れ 特徴点を基準に切り出した正規化パターンを辞書パターンと照合する。

Flow of facial recognition process

4.1 顔領域抽出部

顔領域抽出にはマルチテンプレート法を適用している。この方法では、あらかじめさまざまな方向の顔パターンをテンプレート画像として準備する。このテンプレート画像全体にわたって移動させながら類似度を逐次求めてゆき、類似度が設定されたしきい値より高い領域を顔領域として検出する。さまざまな向き、個人ごとにテンプレートをもつと計算量が膨大になり、実用化は困難である。そこで主成分分析法 (KL 展開) を用いてテンプレート数を減らしている。図 7 に、さまざまな照明条件や向きの顔画像の学習パターンから求めたテンプレート画像の一部を示す。

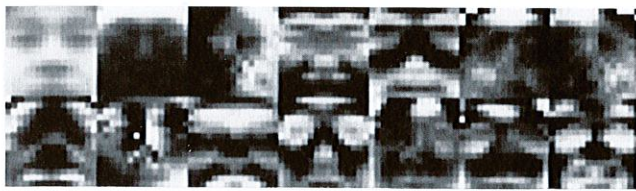


図 7. テンプレート画像 固有値が高い順に左から並べて表示している。

Template images



図 8. 抽出された瞳と鼻孔 “+” が各特徴点の位置を示している。
Extraction of pupils and nostrils

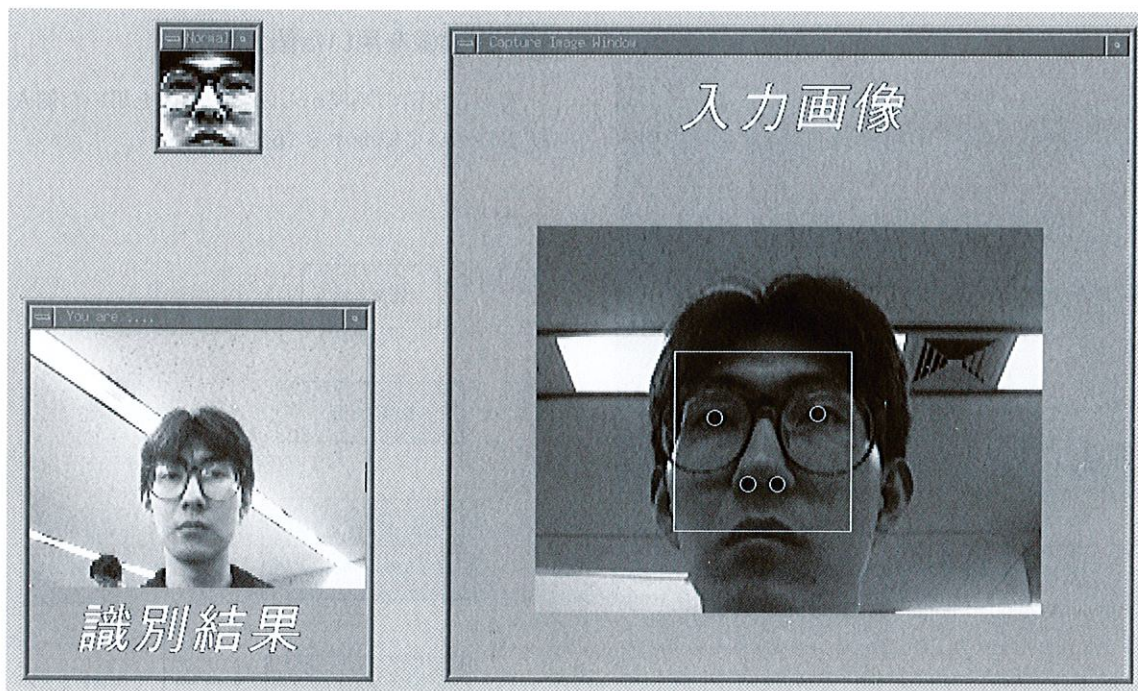


図 9. 顔認識システムの表示画面例 一番小さいウィンドウは正規化されて切り出された顔パターンを示している。
Example of system display

4.2 瞳、鼻などの顔特徴点抽出・正規化

瞳(ひとみ)などの特徴点を検出する際の問題点として、

①蛍光灯などの照明の影響、②輪郭のなだらかな明度変化、などが挙げられる。

これまでに特徴点抽出法として、エッジ情報に基づいた構造モデルの当てはめ法、パターンマッチングに基づく方法、カラー情報を使う方法などが提案されているが、計算量やノイズに対するロバスト性の点で問題があり、実用化に至っていない。

このシステムでは、特徴点の形状を円形として仮定し“組合せ分離度”⁽²⁾を新たに開発し、これを用いて特徴点領域の候補を検出している。組合せ分離度法は、エッジの方向性を考慮して形状モデルを構成し、エッジ強度の類似度を評価関数に組み込んだ輪郭抽出法である。この方法は、ノイズにロバストで、かつ不明瞭(りょう)な輪郭を安定に抽出できる利点があり、実用的である。

抽出された特徴点候補には、瞳、鼻以外に目尻や目頭、眉(まゆ)端などが含まれる可能性があるため、パターン照合によりこれらの点が正しい瞳、鼻穴か否かを検証する。

図 8 に抽出された瞳、鼻の一例を示す。

4.3 パターン照合による顔識別

切り出された矩(く)形顔画像に対して、ヒストグラム平坦化処理を施し輝度の正規化を行う。この正規化顔画像とあらかじめ辞書登録されている各人物の部分空間とのパターンの類似度を計算し、もっとも高い類似度の部分空間に対応する人物を照合結果とする。

4.4 基礎評価実験

図 9 にワークステーション (CPU R5000) をベースに構築した個人識別システムの表示画面を示す。計算機に座った人物に対して評価実験を行った。入力画像のサイズは 320×240 ピクセル、正規化画像サイズは 15×15 ピクセルである。収集したデータは、50 人/二つの異なる照明条件/17 方向の組合せ、それぞれ 2 回ずつの合計 3,400 枚の顔データである。このうち、1/2 の 1,700 枚を学習用データとして、残り 1/2 について評価を行った。

識別処理速度は約 3 回/秒であった。本人拒否誤り率が

0%となるように、類似度に対するしきい値を設定した場合の他人受理誤り率は約 30%、他人受理誤り率を 0%とした場合の本人拒否誤り率は約 15%となった。

5 あとがき

バイオメトリクス方式による個人識別機能は、よりセキュリティレベルの高いシステムの構築に必要であり、今後も技術開発が進むものと考えられる。普及のかぎは、“照合性能対ユーザの使用負担”のバランスの大幅な改善であり、われわれが開発中の指特徴照合技術と顔画像照合技術はこの方向をみざす技術として期待できる。

文 献

- (1) 竹田昌弘, 他: 指の特徴による個人認証方式, 東芝レビュー, 46, 8, pp.667-670 (1991)
- (2) 山口 修, 他: 分離度特徴を用いた顔画像解析一日, 瞳の検出, 情報処理学会第 52 回全国大会, 2-187 (1996)



岡崎 彰夫 Akio Okazaki, D.Eng.

マルチメディア技術研究所開発第六部グループ長, 工博。画像認識・処理技術の研究開発に従事。
Multimedia Engineering Lab.



逸見 和弘 Kazuhiro Itsumi

研究開発センター 材料・デバイス研究所研究主務。センシング機能デバイスの開発に従事。
Materials & Devices Research Labs.



福井 和広 Kazuhiro Fukui

研究開発センター 関西研究所研究主務。画像処理・ヒューマンインタフェース技術の研究開発に従事。
Kansai Research Lab.