

I\_012

# 全方位イメージセンサを用いた掌形バイオメトリック認証

## Handshape biometric authentication system using omnidirectional image sensor

寺下 訓史†  
Kunihito Terashita

轟 浩二‡  
Koji Tsuru

### 1. はじめに

近年、セキュリティの観点から、バイオメトリック個人認証システムが注目されている。バイオメトリック個人認証システムには、指紋[1]や虹彩[2]、顔[3]、声[4]などを利用した様々な製品がある。

しかし、現在最も普及している指紋認証装置では特別な装置に指を乗せたり、虹彩認証ではカメラをのぞき込んだり、掌形認証[5]ではピンのついた板の上に手を押し当てるなど、利用者に特定の行動を強い、心理的負担が大きいという問題点があった。そこで本研究では、利用者の心理的負担を軽減させるため、通常の人間の行動に基づいた個人認証システムとして、全方位鏡を使用してドアノブと認証装置を一体化させた、掌形を用いた新しい個人認証システムを考案した。生活の中にさり気なくバイオメトリック個人認証を取り入れることで、利用者の心理的抵抗を軽減させ、かつ、利便性を向上させることが可能となる。

### 2. 実験方法

#### 2.1 実験装置

実験装置は、全方位鏡、全方位鏡に取り付ける CCD カメラ、カメラをコントロールするパソコン、そして三脚から構成される。三脚は、カメラと全方位鏡が通常の建物でのドアノブの高さ(約 95cm)になるようにセットされている。

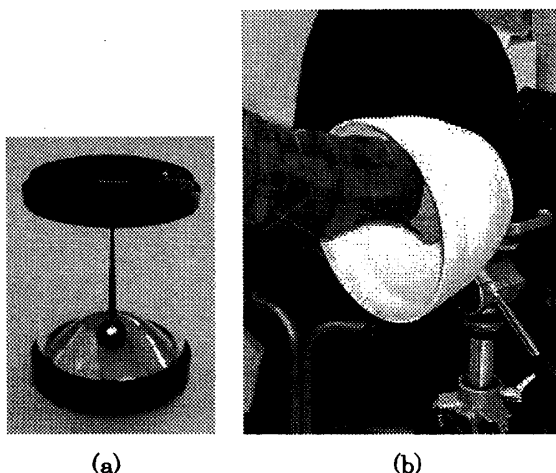


Fig.1 (a)全方位鏡 (b) 利用方法

Fig.1(a)に示す全方位鏡に、1台のカメラを取り付けたものが全方位カメラである。全方位鏡は側面がガラスでできた円筒形をしており、内部に360度を見渡せる特殊な鏡が

†大分工業高等専門学校 電気電子情報工学専攻

‡大分工業高等専門学校 制御情報工学科

置かれている。これをドアノブとすることで、手でノブを握ったときに内側から見た画像を取得することができる。画像を撮影する際に、掌以外の背景や、背景の光の強さが変化すると、認証時にそれらが大きな外乱となり認証しにくくなる。そこで、画像を撮影する際には、全方位鏡の周りに覆いを取り付け、背景の光量変化などを抑えている (Fig.1(b))。得られた画像を解析することでいくつかの特徴量が抽出できる。これらの特徴量によって個人認証を行うと同時に、ドアを開けるという、通常の人間の動作を実行できるので、高い利便性を実現することができる。

#### 2.2 データの取得

掌のデータは、23人の被験者にドアノブに見立てた全方位鏡を右手で握ってもらい、その状態の画像を1人につき8枚ずつ撮影し、合計184枚の画像を取得した。画像を1枚撮影するたびに一度手を離し、全く同じ画像が生成されないようにした。撮影した画像を一定の大きさ分だけ切り出し、リサイズした後に bitmap 形式で保存する。1つの画像は 200×200 ピクセルの 24 ビットカラー画像で、約 120KB のデータサイズである。

#### 2.3 特徴量抽出プログラム

取得したカラー画像の RGB それぞれに NTSC 係数による重み付けをして、グレースケール画像に変換する。ここで得られたグレースケール画像と同じものをパッファにコピーしておき、以後の二値化等の処理を施すためのものと、後述するパターンマッチング用データとして用いるものに分類する。

特徴量として、以下の3つを考えた。

##### 2.3.1 面積算出

グレースケールに変換した画像を、更に二値化する。二値化した画像が Fig.2(b)である。今回は、掌部分を 0x00 の黒画素、背景部分を 0xFF の白画素とした。

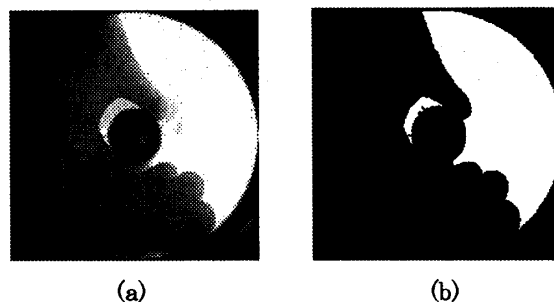


Fig.2 (a)二値化前 (b) 二値化後

得られた二値画像をラスタ走査し、画素値が 0xFF の画素の合計数を、取得した画像の掌部分の面積とする。これをひとつの特徴量とする。画素値が 0xFF の画素は背景の部分に当たるが、背景部分の白画素を数えることは、間接

的に、写っている掌の面積を求めることになる。

### 2.3.2 輪郭線長さ算出

輪郭線の長さは、Fig.3の矢印で示すように、指と背景の境界部分と、鏡の円周部分の合計とした。これもまた特徴量のひとつとする。この1周分の輪郭線の長さを輪郭線追跡によって求める。輪郭線の長さには、親指と人差し指で形成される弧の部分 (Fig.3の白画素領域の小さいほう) は含まれていない。また、この輪郭線追跡の際に、次項で説明する回転補正のための回転角を決める基準となる点を求める。

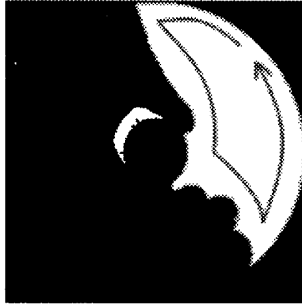


Fig.3 輪郭線長さの定義

### 2.3.3 掌形画像相関

データベースに登録された画像と、入力画像の画像全体の相関を求めることで、入力画像が登録者の掌であるかどうかを判断する。類似度の判定は、2つの画像をパターンマッチング[6]の手法で処理し、相関係数で判定している。画像全体の相関を求めることは、まず掌の形状の類似度を調べることになる。そして、掌の形状が似ているときは、掌紋の違いが最終的な相関係数の微妙な差となって表れる。ドアノブを握る際には、同一人物でもノブを毎回同じ角度で握るわけではなく、微妙なずれが生ずる (Fig.4)。前項までの操作は回転補正を必要としないが、パターンマッチングを簡便に行うために回転補正をかける必要がある。

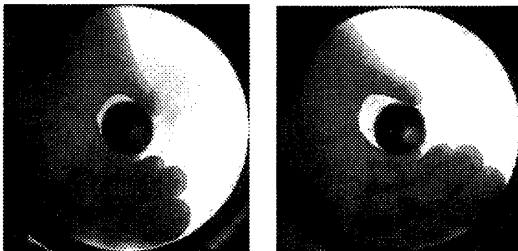


Fig.4 同一人掌形による回転ずれ

親指の付け根と鏡の円周部分との接点を求め、この点を、回転角を求めるための基準点とする。基準点と画像の中心を結ぶ線分が垂直になるように回転補正をかける。このとき回転させるのは、画像をグレースケールにした際にコピーしておいたグレースケール画像である。また、回転させるのは手が写っている円形部分だけで、それ以外の部分は黒で塗りつぶす (Fig.5)。

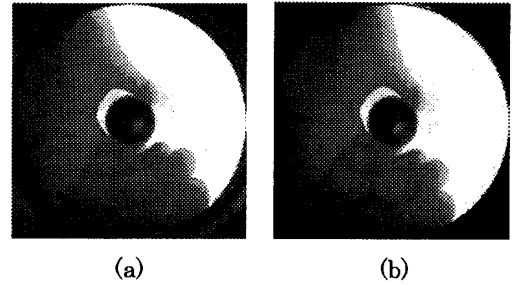


Fig.5 同一人掌形における回転補正 (a)補正前 (b)補正後

## 2.4 データベース作成

### 2.4.1 特徴量データベース

特徴量データベースは、被験者の名前、及びその掌の面積と輪郭線の長さが記録されている。データベースを作成する際には、被験者から得た8枚の画像それぞれから抽出した数値の平均値をその人の特徴量としている。

### 2.4.2 画像関連データベース

特徴量データベースとは別に、各人の掌の画像そのものも、データベースとして扱っている。取得した8枚の画像の中から、ノブの握り方、掌の面積、輪郭線の長さが平均的なものをデータベースに登録する。このとき登録する画像は、すでに回転補正が施されたものを登録する。

## 3. 実験結果

### 3.1 認証アルゴリズム

認証時、新たに取得した画像の掌の持ち主がデータベースに登録されている者であるかどうかを調べる方法として、面積、輪郭線の長さ、画像全体の相関という3つの特徴量を組み合わせ、全てにおいて認証のための閾値を上回れば登録者として処理している。また、3つの内1つでも一致しないものがあつた場合には、データ登録されていない他人として処理している。

新規の掌の画像が得られたら、それに二値化等の事前画像処理を施す。その後でまず面積と輪郭線の長さ取得し、その数値がデータベース中の一人ひとりの特徴量の誤差を考慮した範囲に収まっていれば、その人である可能性が高いと判断する。このとき、入力画像と誤差によってはデータベース中の複数人と適合してしまう場合があるため、適合したものは登録者候補という扱いにする。この2つの特徴量に合格すれば、最後に、新たに得られた画像と各候補者のテンプレート画像の全体の相関を求める。これによって得られた各候補者の相関係数が最も高い者が最終候補となる。この最終候補者の相関係数が高いほど、新規取得画像の掌の持ち主が、データベースに登録されている可能性が高いと言える。

### 3.2 認証率

最終的な認証率を求める前に、各特徴量の閾値を決定する必要がある。この閾値を求めるため、他人受入率 (FAR: False Acceptance Rate) と本人拒否率 (FRR: False Rejection Rate) を用いた。FARとは、データ登録をしていない他人であるのに受理されてしまう確率のことであり、FRRとは、データ登録されている人が認証時に間違っ

じかれてしまう確率である。設定した閾値によって FAR と FRR は変化する。

面積、輪郭線の長さ、画像全体の相関の、認証時の閾値を少しずつ変化させ、それぞれの FRR と FAR を調べた結果、以下の図のようになった。傾向を把握しやすくするため、FAR 曲線を点線、FRR 曲線を実線で示した。

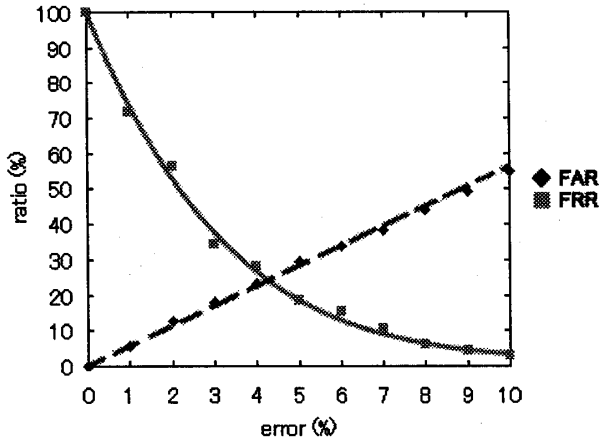


Fig.6 面積特徴量の FAR・FRR 曲線

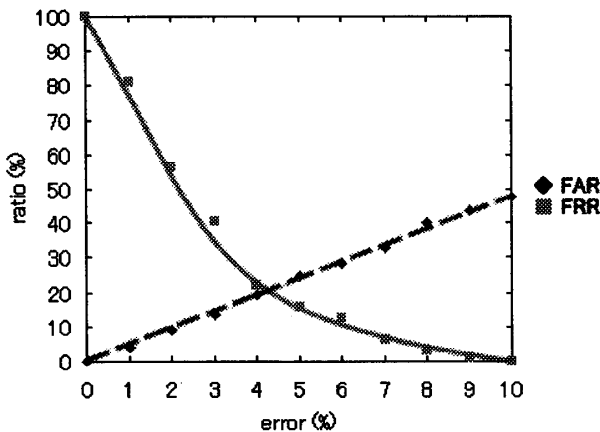


Fig.7 輪郭特徴量の FAR・FRR 曲線

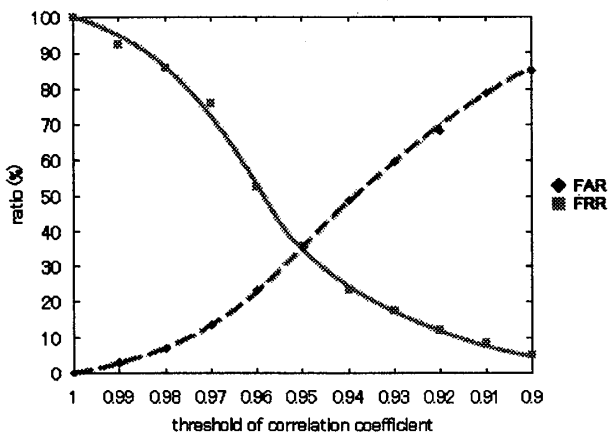


Fig.8 画像相関特徴量の FAR・FRR 曲線

Fig.6 と Fig.7 において、横軸は登録データからの許容誤差であり、縦軸は FAR と FRR の数値である。また、Fig.8 の横軸は閾値とした相関係数の値であり、縦軸は FAR と FRR の数値である。3つの図とも、許容誤差を大きくするにつれて FAR は大きくなり、FRR は小さくなっていることが分かる。

FAR と FRR の双方をなるべく低く抑えるには、図中の 2つの線の交点を閾値とすればよい。しかし、本研究では認証装置利用者の使いやすさを第一に考えているので、多少 FAR が大きくなっても、FRR は小さいほうが重要であると考える。そこで、各許容誤差を線の交点よりも若干緩くした。Table1 に今回の実験で決定した 3 つの特徴量の閾値、FAR、FRR をまとめる。

Table1 3 つの特徴量の閾値・FAR・FRR

	閾値	FAR	FRR
面積	5.0%	29.3%	18.5%
輪郭	5.0%	24.7%	15.6%
画像の相関	0.94	48.9%	23.6%

ここまでで求めた閾値を用いて認証を行ったところ、最終的に FAR10.6%、FRR27.3%を得た。

## 4. 考察

### 4.1 認証装置

ドアノブと認証装置を組み合わせる試みとして、全方位鏡を用いて認証を行った。全方位鏡をドアノブとして握った場合、ノブを握る角度の変化では面積等の特徴量の値は大きく変わらない。しかし、ドアノブを握る深さ、つまり、ノブに対して前後方向の変化に対しては、全方位鏡の特性上画像が大きく歪み、特徴量の変化が大きくなることがわかった。この問題を解決するためには、ノブを握る深さの目安となるように、親指や人差し指が位置する部分に壁を取り付け、それ以上深くノブを握れないようにするなどの工夫が必要であると考えられる。

また、得られる画像が内視画像であるために光量が不足し、掌紋がつぶれて正確に把握できないことがあることも問題点として挙げられる。特に、手が大きく、ドアノブを掌で覆う面積が広い利用者ほど、問題が起きる可能性が高くなる。手の大きさに左右されずに、十分な一定の光量を得るためには、ドアノブの内部に光源を設ける方法が考えられる。

### 4.2 認証アルゴリズム

今回の実験では、取得画像の解像度が低く、掌紋(手相)などの正確な抽出が行えないのではないのではないかとの考えから、画像相関以外の特徴量は独自のアルゴリズムで認証を行った。面積や輪郭線の長さという特徴量は、画像の解像度や利用者のノブの握り方に関係なく確実に抽出できるため、同特徴量を採用した。しかし、結果的に予想より多い誤差が発生した。

各種のバイOMETリック認証装置によって得られる特徴は、一般的に、利用者の自由度が大きいと誤差が大きくなって曖昧になり、自由度を小さくするとそれだけ厳密に測定が出来るというトレードオフの関係にあると考えられる。本認証方式は、利用者の自由度が高い部類に属するが、精

度を上げるためには、指の先端の位置を指定するなど、利用者の負担とならない程度の制限が必要である。

また、画像の解像度が低い場合でも利用可能な掌紋認証方式が Zhang らにより提案されている[7], [8]。これは、取得画像から掌紋に相当する部分を切り出し、ガボールフィルタリングによってエッジを抽出してコード化し、登録データと比較する方法である。認証率を向上させるため、同方式の採用を検討しようとしている。

## 5. 結論

利用者が自然に行う動作と個人認証を同時に行い、利用者が心理的負担を感じない掌形個人認証システムを検討した。掌の面積、輪郭線の長さ、画像全体の相関という3つの特徴量を用いて認証を行った結果、FAR10.6%、FRR27.3%を得た。

## 参考文献

- [1] Knet Security, 指紋認証機 Fingerprint Door Lock LEO1, <http://www.leo1.jp/>.
- [2] Panasonic, 虹彩認証入退室管理システム, <http://panasonic.biz/security/>.
- [3] OMRON, Face Key 顔認証入退室管理システム, <http://www.face-id.jp/index.html>.
- [4] システムケイ, 音声認証セキュリティシステム VOICEK, <http://voicek.jp/HP/index.html>.
- [5] Recognition Systems, Hand Key, [http://www.handreader.com/products/hk/pi\\_handkey.htm](http://www.handreader.com/products/hk/pi_handkey.htm).
- [6] 池田光二, 吉田昌司, 中島啓介, 桂晃洋, 依田晴夫:「パターンマッチングの高速化手法について」, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J83-D-II, No.9, pp.1861-1869, 2000.
- [7] W. Kong and D. Zhang, "Palmprint texture analysis based on low-resolution images for personal authentication," Proc. of International Conference on Pattern Recognition (ICPR 2002), IEEE Computer Society, pp.807-810, Quebec, Canada, Aug. 2002.
- [8] D. Zhang, W. Kong, J. You, and M. Wong, "Online palmprint identification," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.25, no.9, pp.1041-1050, Sep. 2003.