

# 指の関節長を用いた個人識別実験

塩野 充\*・木村 正利\*\*・綿地 康文\*\*\*

\*岡山理科大学工学部情報工学科

\*\*(株)岡山情報処理センター

\*\*\*(株)ミウラ

(1992年9月30日 受理)

## 1. ま え が き

近年コンピュータの社会への浸透にともない、キャッシュカードやクレジットカード等の磁気記録式カードは急速な普及を遂げた。このようなカード万能時代では上記の金融関係における応用のみならず、企業や官庁、研究所等のコンピュータ室等の重要機密室に入るための鍵の代わりとしての重要な役割を担うようになりつつある。従ってカードの紛失や盗難の際に、他人による悪用や不正アクセスに対し、十分なセキュリティー対策を備えておく必要がある。即ち、個人識別が必要となる。現在、個人を同定する場合、個人に付随している属性や所持品が手がかりとされ、次のようなものが考案され、利用されている<sup>1)</sup>。

- (1) 間接的証拠としての所持品：鍵、印鑑、ID カード（磁気記録式カード）等。
- (2) 固有の情報：パスワード、暗証番号等。
- (3) 習慣化した動作による生成物：署名、筆跡など生成過程の動作が習慣化し、再現性の程度の高い情報が得られるもの。
- (4) 肉体的な属性：指紋、手の形状、掌紋、顔、音声、声紋など。

これらは、(1)→(4)の順に、詐称や偽造による不正使用が困難になるものと考えられる。現在のコンピュータシステムでは、主の中で機械的に認識しやすいもの（ID カード等の磁気記録）と、(2)が識別に利用されている。これらのうち、(4)を用いた同定方法が最も詐称や偽造による不正使用が困難であり、最も安全であると考えられる。その代表が指紋である。指紋は「万人不同」で「終生不変」であるため、個人を肉体的に完全に同定する精度があるので、拇印として使用されたり、警察の犯罪捜査に使用されている。本論文では、この(4)の中より手の形状のなかの、指の関節長を用いて個人の同定実験を行う。指紋を用いた個人識別法は現在までに多くの研究（例えば文献<sup>(2)-(7)</sup>ほか多数）が行われているが、本稿ではあえて指紋を用いない。その理由は、上述したように指紋は個人を肉体的に完全に同定する精度があり、その分、個人のプライバシーに深く関わり、指紋採取に抵抗感をいだく人も少なくないと考えられるからである。指紋照合を用いるゲート管理システムにおいて、このプライバシー保護のために指紋データベースをホストコンピュータ内に持

たず、各人が自分の IC カード（集積回路方式のカード）の中へあらかじめ指紋パターンを登録しておき、入室に際し、カード内の指紋パターンと実際の所持者の指紋とを照合する方法<sup>(5)</sup>も提案されている。しかし、データベースに登録しないとはいっても、指紋を採取するという過程は避けられず、やはりこれに抵抗感をもつ人もいるであろう。又、その IC カードを紛失、盗難した場合に指紋パターンが第三者に読み出される可能性もある。このため、IC カードには指紋パターンを直接記録せず、抽出した特徴だけを記録する方法<sup>(6)</sup>も提案されているが、認識方式が変更された場合に使用できなくなるおそれがある。又、IC カードは通常の磁気記録式カードよりもコスト高になる難点もある。これに対し、手の形状は指紋ほどの精度はなく、プライバシーの関与もさほど高くないと考えられる。指紋ほどの精度は期待できないにしても、上記の ID カードやパスワード等との併用により、実用上は十分にセキュリティーの高いゲート管理（重要機密室等への入退室管理）が可能と考えられる。指紋の高精度さに隠れてか、手の形状を用いた個人識別の研究は現在までに殆ど行われていない<sup>(7)</sup>。それ故、筆者らは前回、手形と掌紋を用いた個人識別実験を行い、有効な結果を得ることができた<sup>(8)</sup>。今回はその実験に引き続くものとして、指の関節長による個人識別実験を行うこととした。

個人を識別するシステムには個人同定（その人物が沢山の登録者の中の誰であるかを調べること：探索照合とも言う）をするシステムと、個人照合をするシステム（その人物が確かに本人であるかを調べること）の二つが考えられる。指紋の例を取ると、個人同定をするシステムは主に警察業務に利用されるもので、犯罪現場に残された遺留指紋から犯人を割り出すためのものである。個人照合システムは、ID ナンバーにより選択された指紋と、確認したい人の指紋との同一性をチェックするシステムであり、ゲート管理への利用が考えられる。しかし本論文では指紋は上記の理由により利用せず、指の関節長を利用して個人識別システムの研究を行った。このシステムでは、登録画像と入力画像の一対一の照合を行うだけでよいため、パソコンレベルの簡単な装置で実現可能で、実用性は高いと考えられる。本方式の特長は、簡単に抽出できるパラメータを用いている事、指紋照合のような細線化や線図形解析的な複雑な手法を採らず、文字認識によく用いられる単純類似度ないしユークリッド距離によるマッチングを用いて処理を単純化している事、手の画像の入力において手の位置の正規化を行う器具を製作している事、等である。

## 2. 識別実験の概要

### 2.1 処理の手順

本実験における処理の手順を以下に示す。

- <1> 手の画像入力
- <2> 指の切り出し
- <3> Sobel オペレータによるエッジ検出

- 〈4〉 2 値化
- 〈5〉 収縮・膨張処理による雑音除去
- 〈6〉 関節の切り出し
- 〈7〉 辞書パターンの作成
- 〈8〉 正規化
- 〈9〉 しきい値の決定
- 〈10〉 単純類似度とユークリッド距離による識別実験

この手順に従って実験を行った。以下にその詳細を記す。

## 2.2 手の画像入力

本実験においては手の画像を一般のイメージスキャナ（以後スキャナと略す）で入力する。その場合、被験者が常にスキャナの上の同じ場所に手を置くことが望ましく、又、回転や位置ずれのない画像であることが望ましい。しかし、被験者が漫然とスキャナの上に手を乗せるだけではこの2つの条件を満足することは難しい。そこで手の位置を正規化する器具を作製した。ガラス板上に2本の丸い棒を接着してある。すなわち、手の位置を合わせるために、中指の付け根の両側に棒が位置する様に手（右手とする）を置く。棒が中指の両側の付け根に必ず密着するようにする。この器具をスキャナ上に固定して使うことによって、回転や位置ずれは最小限に抑えることができると考えられる。

入力には解像度240dpi, モノクロ16階調のスキャナを使用した。この設定で取り込める手



図1 入力画像

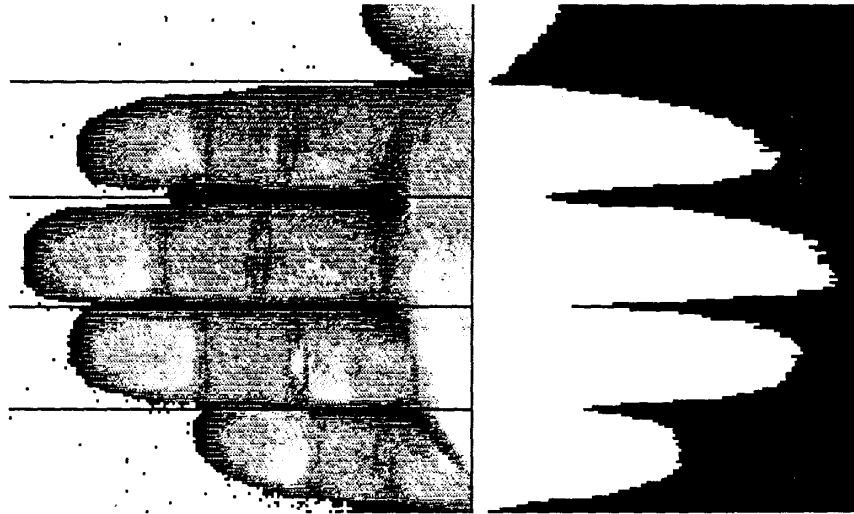


図2 指の切り出しを行った画像

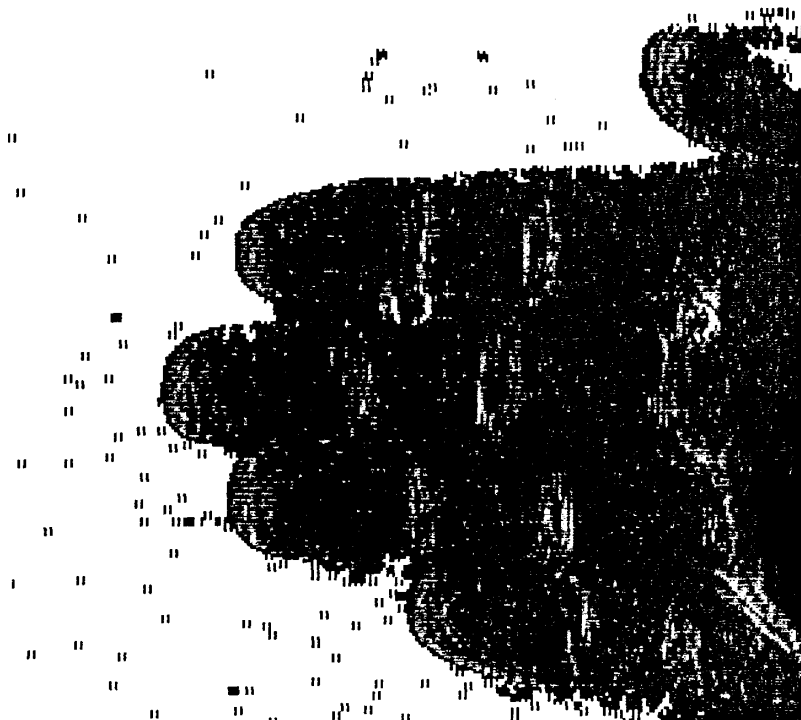


図3 エッジ検出を行った画像

の画像の画面サイズは、縦×横が600×500画素である。

このようにして取り込んだ手の画像は、図1の例（ディスプレイ上では250×300画素）に示すようなものである。これを被験者1人につき20サンプル採取（1回入力するごとに

スキャナから完全に手を外し、少し間をおいて改めて手を置き直して、又入力する作業を20回繰返す)し、成人の被験者50人分のデータを採取して、光磁気ディスクに格納した。

### 2.3 指の切り出し

入力画像に対してx方向に関するヒストグラムを求める。求めたヒストグラムから極大値を求め、y方向に極小値を検索する。即ち、中指の先を求めた後、上方向では人差し指と中指の間、下方向では中指と薬指の間を検索する。この操作を順次、中指、薬指、人差し指に対して行い、各指の切り出しを行う。本実験では、人差し指、中指、薬指の3本を用いて識別を行う。指の切り出しを行った例を図2に示す。

### 2.4 エッジ検出

エッジ検出は Sobel オペレータ<sup>10)</sup>を用いて行う。Sobel オペレータは差分型オペレータの一種であり、局所領域内で画素の明るさを取る、いわゆる空間微分の方法で、計算の容易さの点からも広く使われている。本実験で、輪郭強調で一般に使われている2次微分であるラプラシアンを用いない理由は、入力画像に対してラプラシアンを使用すると、全ての階調差が検出され、関節の抽出が非常に困難になるからである。エッジ検出を行った例を図3に示す。

### 2.5 収縮・膨張による雑音除去

本実験では2値化の後に雑音除去を施すため、収縮・膨張処理を行った。入力画像に対して平滑化を使用しなかった理由は、平滑化を用いると色の階調が平均化されてしまい、エッジ検出において関節部分がうまく抽出できないためである。

収縮・膨張処理は、場合によっては必要なところも除去してしまうという欠点がある。そこで本実験では関節部分が残るように、以下のように上下方向に対してのみ収縮・膨張処理を行った。収縮は図4(a)に示すように注目画素(x, y) (□印で表している)の近傍(この場合は上下)の点に1つでも0があればその注目点を0にし、膨張は図4(b)に示すよう

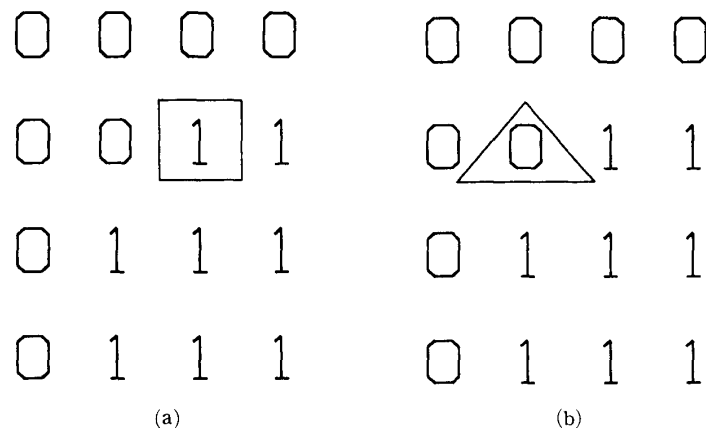


図4 収縮(a)と膨張(b)の処理

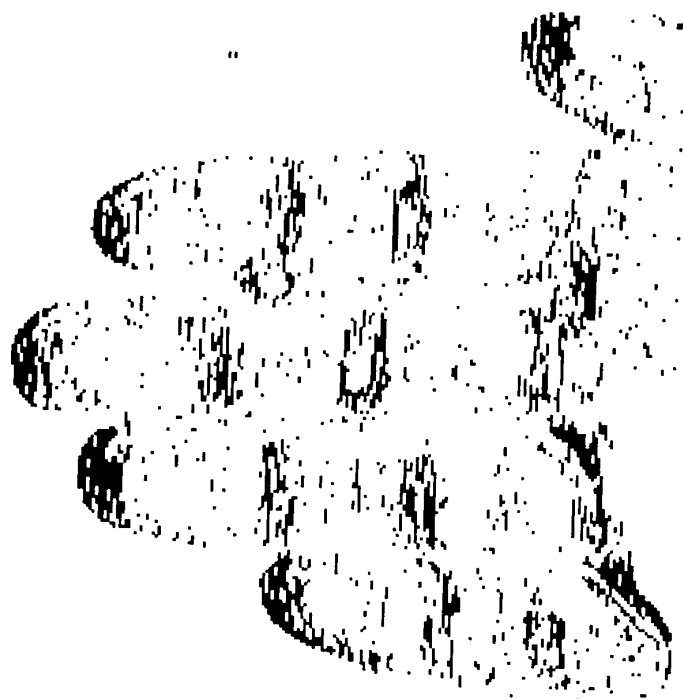


図5 収縮を行った画像

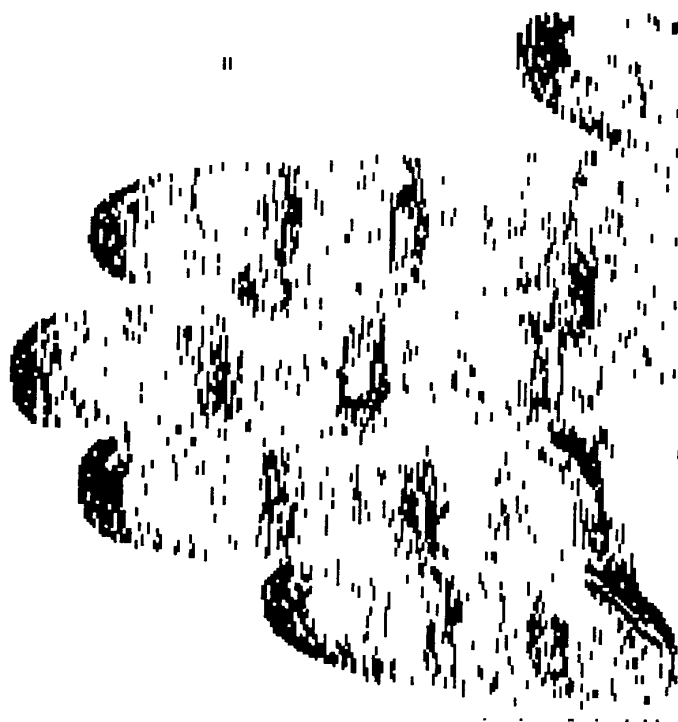
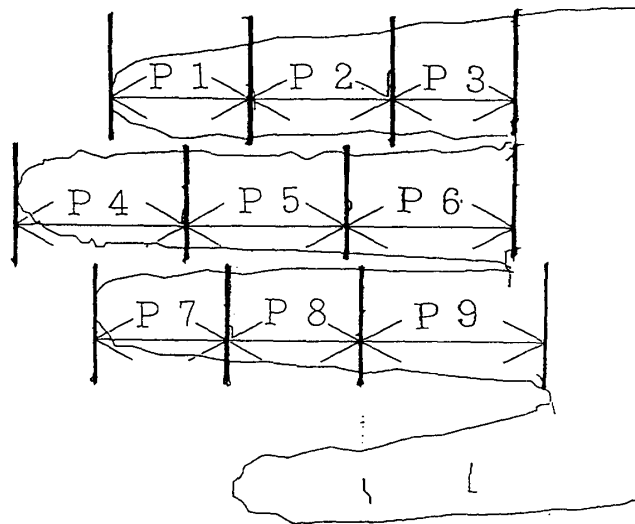


図6 膨張を行った画像

に注目面素 (x, y) (△印で表している) の近傍 (収縮の場合と同様) の点に1つでも1があればその注目点を1にする。図5に収縮処理, 図6に膨張処理を施した画像例を示す。

### 2.6 関節の切り出し

図1に示した画像において, 人指し指, 中指, 薬指の3本の指に対して縦方向のスヒトグラムを求める。まず, 指の先端と付け根を求める。求めたヒストグラムの左から右方向へ面素数15以上の箇所を検索し, そこから左方向へ面素数5以下の箇所を求め, この場所を指の先端とする。指の付け根は, 入力手形が器具により正規化されているので範囲を決め, その中の最大値を付け根として求める。



$P_n$  : 特徴量 ( $n = 1, \dots, 9$ )

図7 特徴量の決定

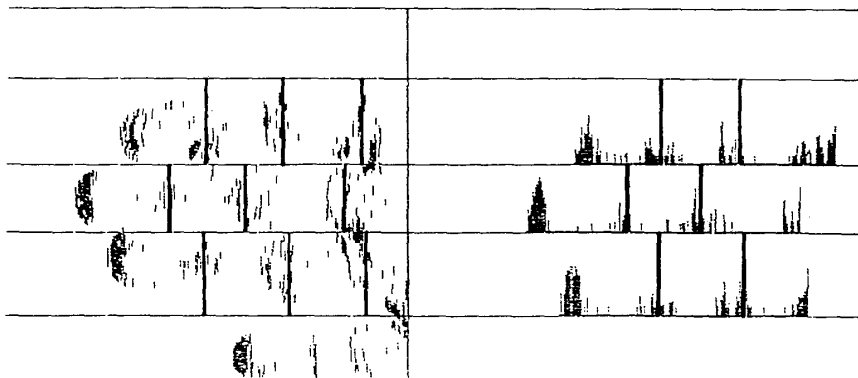


図8 関節の切り出し

ここで求めた指の先端と付け根の差を指の長さとする。

次に、指の長さを4等分し、第1関節と第2関節を検索する。第1関節はヒストグラムの最大のところを、又、第2関節は、最大値から順に大きい値を3個求め、最も指の付け根に近いところを関節とする。更に、求めた関節の位置より関節長を求め、図7のように9次元のベクトルとし、特徴量とする。図8に関節切り出しを行った画像例を示す。

## 2.7 辞書パターンの作成

辞書パターンは、1人につき20枚採取した入力画像のうち、前半の10サンプルを用いて作成する。各々の画像に前述した処理を施して得られた各指の関節長の値を平均したものを辞書パターンとして保存した。ここで、10サンプルより抽出した指関節長を平均したものを辞書パターンとして用いたのは、画像入力時の位置ずれの吸収や雑音の吸収を行うためである。又、未知パターンは後半10サンプルを用いて前述の処理を行い、ファイルに格納した。

## 2.8 パターンの正規化

あらかじめ全サンプル(50×20=1000サンプル)の重心O'を求め、元の原点OをO'に平行移動する正規化を、全てのサンプルに対して行った。

## 2.9 識別のアルゴリズム

識別のための評価関数としては以下に示す単純類似度とユークリッド距離の両者を用いて行った。

### 2.9.1 単純類似度によるマッチング

ここで、標準パターンを  $F$ 、入力パターンを  $G$  (いずれも画面サイズ  $n \times m$ ) とすれば類似度(単純類似度)  $s(F, G)$  は次式で求めることができる<sup>11)</sup>。

$$s(F, G) = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m F(i, j) G(i, j)}{\|F\| \|G\|} \quad (2)$$

ここで、 $\|F\|$ 、 $\|G\|$  はそれぞれベクトル  $F$  と  $G$  のノルムである。類似度法では類似度  $s$  は、 $0 \leq s \leq 1$  になる。本人か他人かの区別は、 $s$  に関するしきい値(後述する)を設定し、しきい値以上のものを本人、しきい値未満のものを他人とする方法で行った。

### 2.9.2 ユークリッド距離によるマッチング

ユークリッド距離は辞書パターンを  $F$ 、未知パターンを  $G$  としたとき、2つのベクトルの距離のことであり、次式で定義される。

$$D = \|F - G\| \quad (3)$$

距離  $D$  は、非負の値を取り、0に近い程、2つのパターン  $F$  と  $G$  は類似していることになる。



### 3. 識別実験と考察

#### 3.1 しきい値の決定

識別実験に先立って、単純類似度およびユークリッド距離におけるしきい値を決定する。これには全サンプルの本人間と他人間の単純類似度ないしユークリッド距離を計算し、度数分布を求めることにより、決定した。しきい値の決定に関しては、ゲート管理用の個人識別システムとして考えた場合、他人を100(%)他人であると判断するようにしきい値を決定するのが望ましいが、そのようにすると本人を本人であると判断する確率が非常に低く

表1 識別実験結果 (単位(%))

手 法	本人間正識別率		他人間正識別率	正識別率
	学習	未知		
単純類似度による方法	77.8	71.6	80.3	76.0
ユークリッド距離による方法	73.4	69.8	84.2	77.0

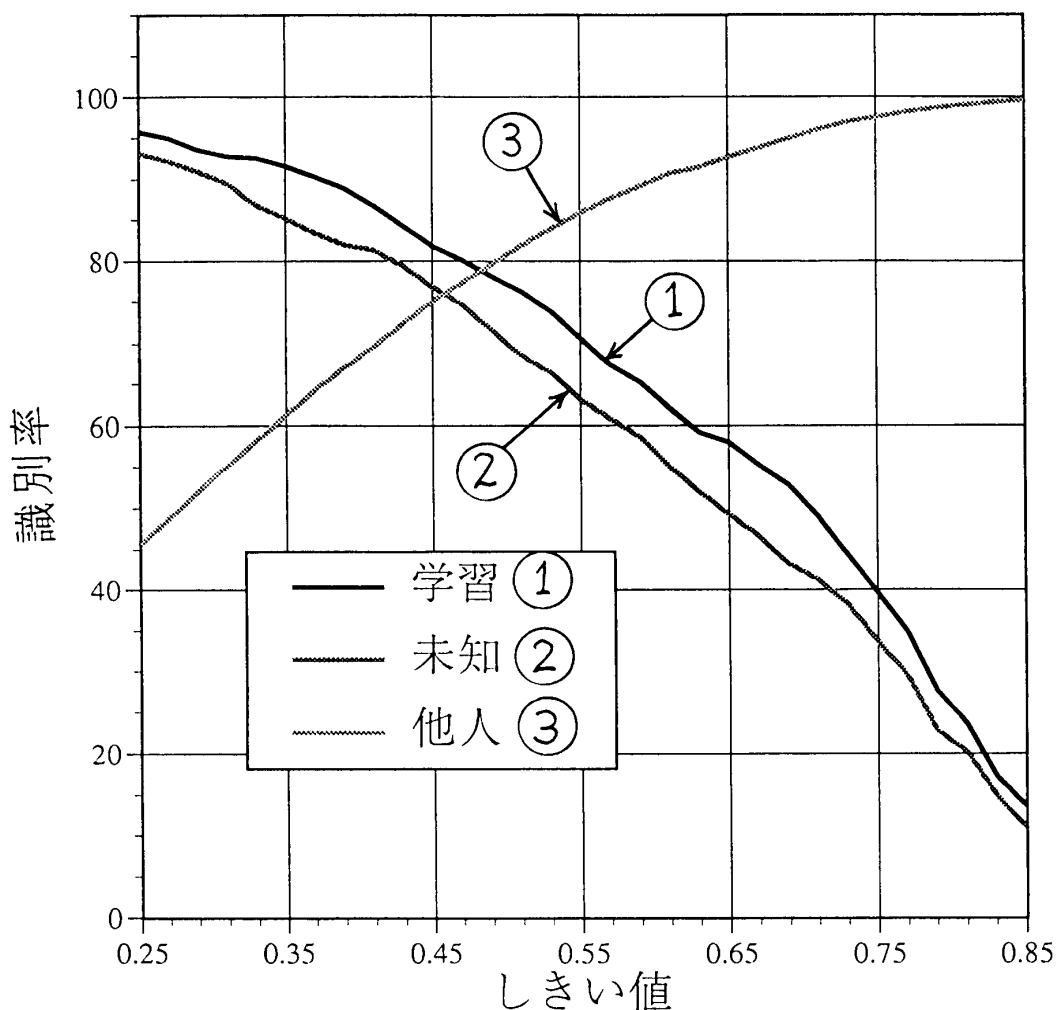


図9 単純類似度を用いた場合のしきい値に対する識別率の変化

なるのでそのトレードオフが難しい。本実験ではしきい値は実験的に正識別率が最も高くなるように決めた。その結果、しきい値は、単純類似度の場合に0.55、ユークリッド距離の場合に16とした。

### 3.2 識別実験結果

個人識別実験結果はパソコン PC-98系とC言語を用いて行った。実験結果を表1に示す。表中、「本人間正判断率」とは本人間のみでの照合を行い、本人の入力サンプルに対し、確かに本人のものであると正しく判断した割合、「他人間正判断率」とは他人間のみでの照合を行い、他人の入力サンプルに対し、確かに他人のものであると正しく判断した割合、「正識別率」とは全サンプル間での照合を行い、本人は本人、他人は他人であると正しく判断した割合である。

図9、図10にしきい値の変化に対する識別率の変化を示す。

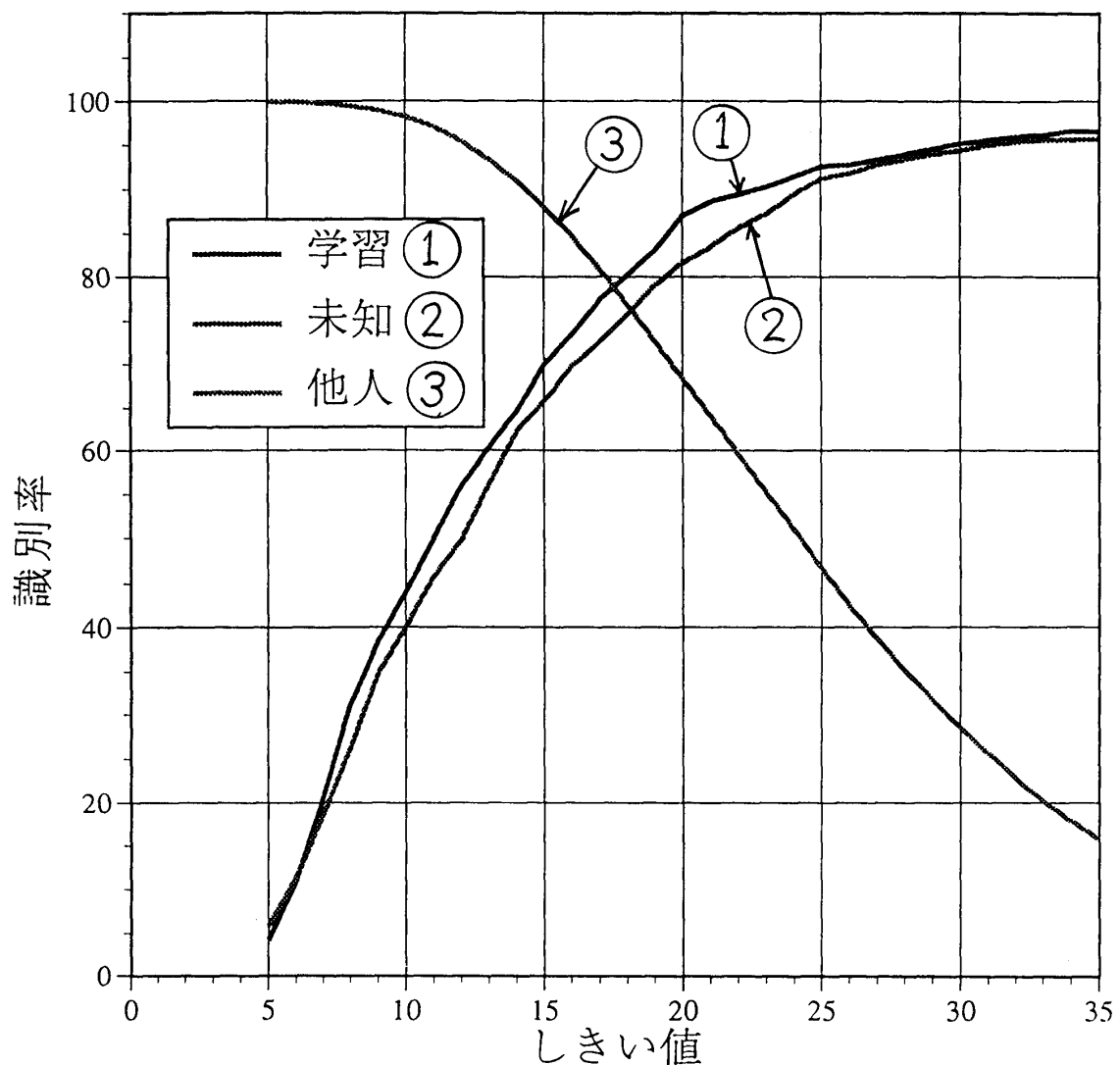


図10 ユークリッド距離を用いた場合のしきい値に対する識別率の変化

### 3.3 考察

表1の単純類似度による識別実験では、本人間と他人間のしきい値を0.55としたとき、本人間の学習パターンの識別率は77.8(%)、本人間の未知パターンの識別率は71.6(%)となり、他人間正識別率は80.3(%)、正識別率は76.0(%)となっている。又、ユークリッド距離による識別実験では、本人間と他人間のしきい値を16としたとき、本人間の学習パターンの識別率は73.4(%)、本人間の未知パターンの識別率は69.8(%)、他人間正識別率は84.2(%)、正識別率は77.0(%)となっている。これらの値はゲート管理システムとして考えた場合、十分な値とは言えない。この原因としては、雑音の多い入力画像の場合、関節の抽出がうまくできていないことが挙げられる。又、他に、手の画像の入力時に、器具による正規化がうまく行われず、指の部分が正しく取り込まれていないものもあったためであると考えられる。単純類似度を用いて識別を行った場合、しきい値を大きくすることにより本人間の識別率はなだらかに減少し、他人間の識別率はなだらかに増加していることが分かる。ユークリッド距離を用いて識別を行った場合、しきい値を大きくすることによって本人間の識別率はなだらかに増加し、他人間の識別率はなだらかに減少することが分かる。これは、単純類似度を用いた場合、本人間ではしきい値を小さくすると識別率が高くなり、他人間ではしきい値を大きくすると識別率が高くなることを示している。又、ユークリッド距離を用いた識別では、単純類似度とは逆に、しきい値を小さくすると他人間の識別率は高くなり、しきい値を大きくすると本人間の識別率が高くなる。正識別率は本実験で使用したしきい値の値(単純類似度0.55、ユークリッド距離16)のときが最も高く、しきい値を変化させると識別率は減少する。

又、指関節長を特徴として考えた場合、表2のように分散比は2.89であるため、特徴と

表2 分散

カテゴリ内分散の総和	カテゴリ間分散	分散比
164.0	474.6	2.89

して扱うには問題はないと考えられる。識別に要する時間は、単純類似度を用いて識別する場合、本人間、他人間合わせて8.4秒、ユークリッド距離を用いて識別する場合、本人間、他人間合わせて5.3秒であった。

### 4. むすび

本稿では手の指の関節長を用いた個人識別実験を行った。その結果、ある程度有効と思われる結果を得た。50名の被験者による本実験結果だけで一般的な結論とまでは言えないかも知れないが、本方法を用いる場合、他人のIDカードを不法に入手し、かつパスワード又は暗証番号を何さかの方法で突破した者に対して最高で、84.2(%)の確率で不法侵入

を排除し得る。この識別率は低いようにも思われるが、実際には他人の ID カードを不法に入手できる確率と、パスワード又は暗証番号を突破できる確率はいずれも非常に低いと考えられるので、この計3つの関門を通り抜けて不法侵入できる確率は極めて低いものとなる。本手法はまだ基礎実験の段階ではあるが、前述したように指紋を用いる方法に比べプライバシー面でのユーザの抵抗感も比較的少なく、ID カード、パスワード等との併用などの用途を考えるとセキュリティーの高い個人識別装置として実用化できる可能性があると考えられる。さらに、今回の実験はソフトウェアシミュレーションであったので、装置は普通のスキャナとパソコンを用いたが、専用装置として構築する際には手の位置の正規化器具とスキャナーが一体となった装置（例えばグローブ状の器具等）が考えられ、論理のハードウェア化と相まって高速化、高精度化が期待できる。

#### 参考文献

- 1) 尾上守夫ほか編：“画像処理ハンドブック”，昭晃堂，1987。
- 2) 浅井 紘，星野幸夫，木地和夫：“マニユーシャネットワーク特徴による自動指紋照合——特徴抽出過程——”，信学論 (DII)，J72-D-II，5，pp. 724-732，1989。
- 3) 浅井 紘，星野幸夫，木地和夫：“マニユーシャネットワーク特徴による自動指紋照合——照合過程——”，学信論 (DII)，J72-D-II，5，pp. 733-740，1989。
- 4) 笹川耕一，磯貝文彦，池端重樹：“低品質画像への対応能力を高めた個人確認用指紋照合装置”，信学論 (DII)，J72-D-II，5，pp. 707-714，1989。
- 5) 大和一晴，畑 豊，矢頭尚之，橋本 哲：“谷細線動化による指紋照合システム”，信学論 (D)，J71-D，2，pp. 327-335，1988。
- 6) 大和一晴，中島恭一，橋本 哲，上構 徹，伊達一明：“基準指紋の各特徴点の確からしさをを用いて重み付けした指紋照合方式”，画像電子学会誌，17，5，1988。
- 7) 江口 理，神谷敏玄，名倉道長：“パターンマッチング方式による指紋照合装置”，信学技報，PRU88-83，1988。
- 8) 河嶋 操，木地和夫：“指紋と掌紋による個人識別技術”，情報処理，25，6，pp. 599-605，1984。
- 9) 塩野 充，石川英孝，島田英之：“手形を用いたゲート管理のため個人識別実験”，信学論 DII，J74-D-II，6，pp. 688-697，1991。
- 10) 森 俊二，塩野 充：“BASIC 画像処理プログラム150選”，オーム社 (1988)。
- 11) 飯島泰蔵：“パターン認識”，コロナ社 (1973)。

## An Experiment on Person Identification using the Length of Joints of Hand Fingers

Mitsuru SHIONO, Masatoshi KIMURA, Yasufumi WATAJI

*Faculty of Engineering,  
Okayama University of Science,  
Okayama-shi, 700 Japan*

(Received September, 30,1992)

Person identification is one of the most important problems for highly advanced present computer system for its security. It is absolutely necessary to keep off trespassers at the computer room, the materials room, etc.. Fingerprint is usually used for gate security because it has the highest reliability for personal identification, but it has fear to infringe on privacy.

In this paper, a new gate security method using the length of joints of hand fingers is proposed and the result of fundamental experiment using 50 person's data is shown. Since these features have not so high reliability as fingerprint, it has little fear to infringe on privacy. This method consists of two ways, that is, the first is identification by similarity degree, second is identification by Euclid distance. From the result of the experiment, it can be said that the probability of keeping off the trespassers is 84.2 (%) when the proposed method is used for gate security. If the method is used together with an ID card and a password, very high reliability can be obtained.