

## 手形状認識によるセキュリティキー入力システムに関する研究

大野 敬弘 鹿嶋 雅之 佐藤 公則 渡邊 睦  
鹿児島大学理工学研究科 〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-24  
E-mail: {sc103011,kashima,kimi,muttyg@ics.kagoshima-u.ac.jp}

**あらまし** 近年、銀行ATMなどでは暗証番号として、4桁の数字が多く利用されている。しかし一方ではカードの偽造や、暗証番号入力時の盗撮はあとをたたないのが現状である。そこで静脈認証システムなどのバイオメトリクスが普及してきているが、その導入コストはかなりの高額となる。

本研究では可動性の高い部位として手形状を用いたセキュリティキー入力システムについての研究を行うことを目的とする。手形状認識に必要なパラメータとして、手の開閉、指の本数、指の種類の種類のパラメータを取得し認識を行う。認識された手形状を暗証番号の替わりにして、セキュリティキーとするものである。また赤外線カメラを用いることで、照明条件や肌の色に左右されず、安定した画像が取得できるという特徴がある。手形状認識及びセキュリティキー入力実験を行い、提案法の有効性を示した。

**キーワード** 赤外線カメラ, 手形状認識, セキュリティキー

## The study on security key entry system the shape recognition of the hand.

Takahiro OONO, Masayuki KASHIMA, Kiminori SATO, and Mutsumi WATANABE  
Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University Korimoto 1-21-24,  
Kagoshima-shi, Kagoshima, 890-0065 Japan  
E-mail: {sc103011,kashima,kimi,muttyg@ics.kagoshima-u.ac.jp}

**Abstract** Recently, the numeral of 4 digits is mainly utilized as code numbers such as bank ATM. On the otherhand, crimes such as falsification of the card and taking a picture with a hidden camera in the code number input do not decrease. Then, biometrics such as the vein authentication system spreads, but the introduction cost becomes considerable large amount of money.

In this study, the research on security key entry system of the hand using the shape is made to be a purpose. As a parameter necessary for the shape recognition of the hand, 3 kinds of parameters of the opening and shutting of the hand, the number of the finger, type of the finger are acquired, and the recognition is carried out. In making the shape of recognized hand to be with the security key, the alternative of the code number is chosen. And, it is unique to acquire the image which was stabilized without influencing in lighting condition and color of the skin, by using the infrared camera. Experimental results as for hand shape recognition and security key entry have shown the effectiveness of the proposed method.

**Key words** Biometrics authentication, Hand shape recognition, Security key

## 1. はじめに

現在、銀行ATMなどでは暗証番号として、4桁の数字が多く利用されている。また一方ではカードの偽造や、暗証番号入力時の盗撮はあとをたないのが現状である。そこで暗証番号の入力画面の数字の配列を変えるとといった工夫もされている。また最近実用段階に入った、手のひらや指を利用した静脈認証システムを設ける銀行が増えている。しかし静脈認証といった生体情報によるセキュリティは、偽造や盗難、盗撮が困難なため安心ではあるが、反面その導入コストはかなりの高額となる。また、指紋や手の静脈といった生体情報であるがゆえに、障害などによりユーザが使えない場合があり[1]、また機器に接触しての認証となるため人によっては嫌悪感を抱くなどといった心理的抵抗も否定することはできない[2]。

本研究では赤外線カメラを使用したセキュリティキー入力システムの開発を行う。本提案システムは手形状を暗証番号の替わりにしてセキュリティキーとするものである。

一般に通常のカメラで撮影する場合、同じ手の形状でも照明条件によって影の付き方や輝度などに違いが出てくるため、画像処理分野での問題が挙げられる[3]。赤外線カメラは照明条件や肌の色に左右されず、手の表面温度を感知して撮影するため常に安定した画像が撮れ、認識を行うことができる。また赤外線は人の目に見えないため、赤外線カメラを使っている事が意識されないことで心理的抵抗が比較的少ないと考えられる。

他にも生体認証を行うための導入コストと比べ、赤外線カメラは安価なコストで使用可能なことも特徴であると言える。

手形状認識の手法[4]として、通常のカメラの場合RGBの色情報から様々な必要データと取り出し認識を行うが、赤外線カメラの場合、取得する画像はモノクロとなるため手を容易に区別することが可能である。更に、二値化を用いることによって手のみを切り出すことができ、認識に必要な手の開閉、指の本数、指の種類を判定を行う。なお、処理を行う画像は手の甲に対して正面から捉えたものである。

本研究では赤外線カメラを用いて手形状の認識実験、また手形状のパターンを4つ挙げ、セキュリティキーとして認証の実験を行い有用性を示す。

## 2. 手の形状認識方法

### 2.1 指の形状の定義

本研究において認識の相違がないようあらかじめ認識結果の定義をしておく必要がある。どのような認識結果を出すかは認識方法によって違いが出てくるため、指の形状を定義し示しておく必要がある。以下に3つの具体的な定義をしておく。

- ・ 指の開閉  
お互いの指が開いているか、あるいは閉じているかを示す。お互いの指が少しでも離れていれば「指は開いている」、閉じていれば「指は閉じている」とする。

- ・ 出ている指の本数  
親指、人差し指、中指、薬指、小指のうち何本の指が出ているか本数を示す。

- ・ 出ている指の種類  
親指、人差し指、中指、薬指、小指のうちどの指が出ているかを示す。

例としてジャンケンのチョキの場合は、指は開いており、指の本数は2本、人差し指と中指が出ている、と認識する。

### 2.2 処理の流れ

手形状の判定終了までの流れを図1に示す。取得した画像に画像処理を行い、白ピクセルが一定数未満の場合、画像を取得し直す。白ピクセルが一定数以上の場合、続けて手の軸の傾きを調べ、傾いていない場合はパラメータ登録を行う。提示された手が一定時間静止していた場合、その手の形状の認識を行う。

### 2.3 画像の二値化

赤外線カメラから取得した画像の二値化を行う。これは手の部分と背景を明白にすることで手の切り出しを行うためである。被験者の手の表面温度によって二値化を行うので、閾値をいくつか設定しておき、手領域のみが切り出しやすい閾値を用いる。二値化した画像では手の部分は白で表示し、それ以外の部分は黒で表示する。

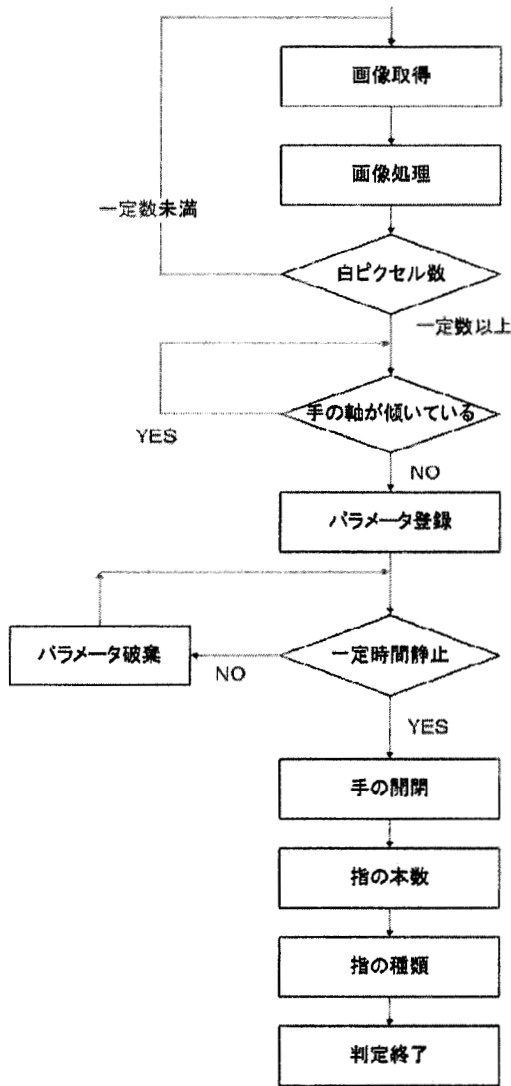


図1 処理の流れ

#### 2.4 手の部分の切り出し

二値化した画像から手の部分だけを切り取り新たな画像として取得する。これは手が傾いて写った場合を考え、画像に対して手が真っ直ぐなるような画像を取得するためである。切り出し方法として、まず各X軸の白ピクセルの座標を取得し、各X軸上の白ピクセルの平均座標を求め、これは図2のように座標を求めることができ、これらの座標から最小二乗法を使用して手自身の傾きを求める。そして手の傾きを求め画像を切り出すことで、図3 のような正規化した画像を取

得することができる。この画像を使用して指の開閉の認識、指の本数の認識、指の種類を認識を行う。ここで画像の白ピクセル数が全ピクセル数に対して1/2 以上または1/20 以下であった場合は手が正しく撮影されていないと判断し、切り出しの処理を行わず、またパラメータの登録を行っていた場合はそれを破棄する。

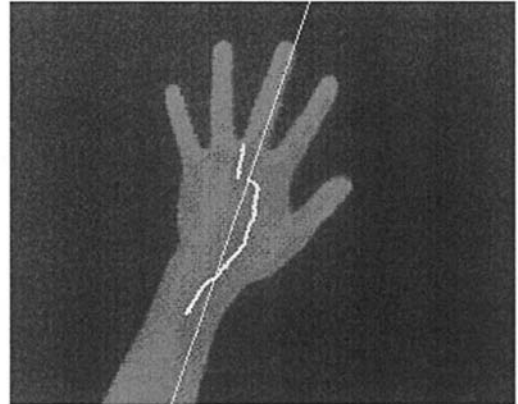


図2 手の傾きを基に切り出す様子



図3 正規化した画像

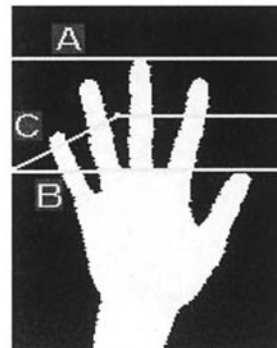


図4 走査線

## 2.5 パラメータ登録

認識をする前に手の切り出しを行った時点で、手の特徴をパラメータとして登録しておく。パラメータというのは認識をするごとに必要な比較情報のことを指し、ここでは手の特徴として「人差し指から小指までの幅」「指の太さ」を指す。また認識する手が他の被験者の手に変わるたびに、前回のパラメータは破棄する。

まず被験者は手のひらを開いた状態で出すことで画像を取得する。この画像を左上からX軸方向にピクセル単位でラスタ走査していき、白ピクセルがはじめて連続して5個続いたY軸をA、20個続いたY軸をBとする。このときAとBの間を通るような走査線Cを用意する。A、B、Cはそれぞれ図4のような位置関係になる。C上を走査していき、「一番最初と一番最後にある白ピクセルの座標」「走査線上にある白ピクセルの個数」を取得する。取得するパラメータで「人差し指から小指までの幅」は走査線C上の一最初と一番最後にある白ピクセルの座標の差で決定し、「指の太さ」は走査線上にある白ピクセルの個数を4で割った平均値をとる(図5)。この2つのパラメータをもとに指の形状を認識していく。



図5 パラメータ登録

## 2.6 指の開閉の認識

まず指が開いているか閉じているかを識別する。正規化した画像を左上からX軸方向にピクセル単位で走査していき、白ピクセルがはじめて連続して5個続いたY軸をA、20個続いたY軸をBとする。AとBの幅の差をとり、幅が小さければ「指が閉じている」、逆に幅が大きければ「指が開いている」とする。図6 は指が開いているときの画像で、図7 は指が閉じているときの画像であり、双方の走査線AとBを見比べると

わかるように違いがはっきりしているため、これより指の開閉を識別することができる。なお出ている指が0本または1本の場合は指の開閉は定義できないが、AとBは設置できるため判定は可能である。但し定義できない要素なので結果は表示しないこととする。

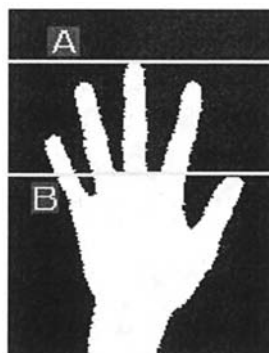


図6 指が開いている場合

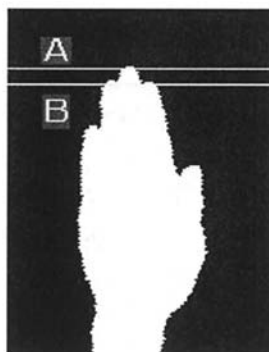


図7 指が閉じている場合

## 2.7 指の本数の認識

次に指の本数を数える。ここでは2.6 で判定した指の開閉によって認識の方法を変えていくが、基本的にはラスタ走査線を用意し、走査線上から白ピクセル数を数え、2.5 でパラメータ登録した「指の太さ」と比較することで本数を判定していく。また親指だけは別の方法で判定することにする。まず判定の前準備として、図8、図9 のような手の重心を通る走査線Dを設ける。手の重心は、画像を左上からX軸方向に走査し、各白ピクセルの座標を取得していく。この座標群の平均をとると白ピクセルの重心、すなわち手の重心の座標が求



まる。

ここで親指を除く4本の指の判定方法について、指が開いている場合は、2.5 で設けた走査線Cを使用する。また指が閉じている場合には、先程求めた手の重心を通る走査線Dと2.5 で使用した走査線Bの中間に走査線Cを設ける。あとは指の開閉に関わらず、走査線C上の白ピクセルの個数を数えて2.5 でパラメータ登録した「指の太さ」と比較する。登録した指の太さは被験者の指1本分に相当するので、白ピクセルの個数から指の太さを割ることで親指を除く指が何本出ているか判定することができる。また親指は指の開閉に関わらず同じ方法を用いる。図8 や図9 のような重心を通る走査線Dを設置し、線上の白ピクセルの個数を数え、2.5 で登録した指の太さ4本より大きく差が出れば親指が出ていると判定する。これは手の平の横幅が、ほぼ指4本分に相当することを利用したものである。これにより、親指の判定ができたことになる。



図8 指が開いている場合



図9 指が閉じている場合

## 2.8 指の種類判定

最後にどの指を提示しているかの判定を行う。これも2.6 での指の開閉の判定結果によって判定方法を変える。但し親指に関しては2.7 で既に判定しているので、ここでは残りの指4本、人差し指、中指、薬指、小指について判定する。

### 2.8.1 指が開いている場合の判定

まず指が開いている場合は、走査線Cを走査していくときに各指の座標の位置を取得しておく。座標の取得方法は、ピクセルの色の変化に着目して、黒から白と変化した部分の座標と、白から黒と変化した部分の座標を取得し、それらを平均した座標を指の位置とする。すると図10 のように座標が指の位置として決定する。

指の座標が決定したら、2.5 で登録した「人差し指から小指までの幅」を元に、各指の存在しえる範囲を設定する。まず画像を左上からY軸方向に走査していき、最初に見つけた白ピクセルの座標Qを取得する。Qを通るX軸を基準として範囲を指定する。ここで、QのY座標が小さい、すなわち画像の上部にあった場合は、Qが小指の一部であると考えられるので、図11のように各指の存在しえる範囲を設定する。逆にQのY座標が大きい、すなわち画像の下部にあった場合は、Qが手の甲の一部であると考えられるので、図12 のように各指の存在しえる範囲を設定する。図11 と図12 中の線Lは、登録した人差し指から小指までの幅と同じである。また図11 では各指の存在しえる範囲が等分してあるが、図12 では小指の範囲が他の指に比べ1/3 に小さくしている。これは、図12 のような場合は小指が出ていないため、このような範囲の設定を施した。

しかし図11、図12 のように指の存在範囲だけでは、人それぞれが持つ指の可動範囲を捉えることは難しくなる。指を大きく広げることで、設定した存在範囲を超えてしまうことがある。そこで新たに走査線を設け各指の座標を取得することで判定をする。まず図13 のような走査線GとHを設ける。走査線Gは人差し指、中指、薬指の先端を通るように設置し、走査線Hは人差し指、中指、薬指の根元、小指の先端を通るように設置した。座標の取得方法は、上記で示したように黒から白、白から黒と変化した部分の座標を取得し、それらを平

均した座標を指の位置とする。そして図11、図12 の存在範囲を超えての判定に至る場合に限り、図13 の各指の座標から、隣の指との座標の差や、パラメータ登録時の各指の座標と比較して判定をする。



図10 各指の座標取得

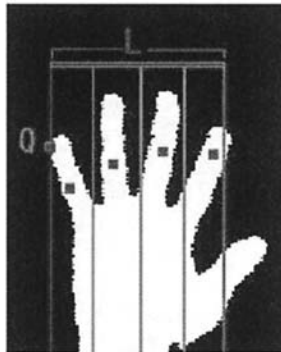


図11 小指が出ている場合の範囲の設定

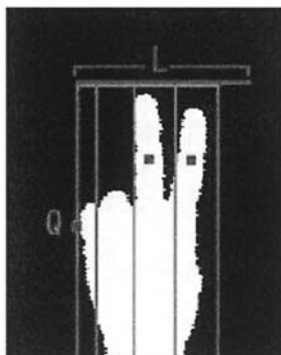


図12 小指が出ていない場合の範囲の設定

### 2.8.2 指が閉じている場合の判定

指が閉じている場合は以下に述べるような方法を用いる。



図13 各指の先端と付け根の座標取得

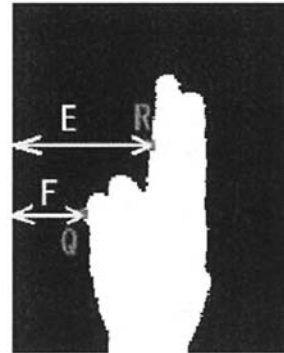


図14 走査線EとFの位置関係

まず2.7 で指の本数を判定するのに用いた走査線Cを再度用意する。画像の左側から走査して、はじめて白ピクセルがあった座標をRとし、走査線Cの左端からRまでの長さをEとする。次に画像を左上からY軸方向へ走査していき、はじめて白ピクセルがあった座標をQとする。QからX軸方向へ画像の左端まで伸ばした直線の距離をFとする。するとEとFは図14 で示すような位置関係となる。このEとFの差をとり、2.5 で登録した指の太さと比較する。EとFの差は手の左端から連続して出ていない指の本数である。例えば図14 ではEとFの差が指2本分に相当するため、手の左端から連続して2本分、すなわち小指と薬指が出ていないことが分かる。よって、次に出てきている指は中指であると判断できる。さらに、2.7 で指の本数が判定されているので、残りの指がどの種類かも判断できる。例えば図14 では指の本数が2本と判断されたので、残りは人差し指が出ていないことがわかる。親指については先に述べたように2.7 で既に判定しているため、こ

表1 指文字の例1

指の形状	指文字の意味	指の開閉	指の本数	指の種類
	あ	—	1	親指
	い	—	1	小指
	う	閉じている	2	人差し指、中指
	か	開いている	2	人差し指、中指
	き	開いている	2	人差し指、小指
	け	閉じている	4	人差し指、中指、薬指、小指
	さ	—	0	—
	せ	—	1	中指
	つ	開いている	2	薬指、小指

こでは判定しない。

### 3. 実験

#### 3.1 手形状の認識実験

実験では被験者数5人に、手の特徴の登録も含め指定した各手の形状を合計3回かざしてもらい、正確に手の形状が判断できるか検証を行う。被験者が提示する手の形状は、一般的に使われる指文字の中から「カメラに向かって下から手が出ている」「手のひらをカメラに向けている」「動きを含まない」もの15種を選択した。表1、表2にある判定結果が表示されたら正しく認識できたとし、1 つでも違えば認識は失敗したとする。

#### 3.2 指文字の実験結果

実験結果を表3 に示す。表中の「全体」は被験者5名分の結果の合計で、「正しく認識した回数/検証回数」と表示した。「認識率」はそれをパーセンテージで表したものである。実験結果から全体の認識率は88.9 %と概ね高い認識率が得られたことがわかる。個別に見ていくと、7種が100 %、4種が85%以上と安定して認識できていることがわかる。しかし「つ」と「れ」については認識率が60 %前後と安定した認識は得ら

表2 指文字の例2

指の形状	指文字の意味	指の開閉	指の本数	指の種類
	て	開いている	5	親指、人差し指、中指、薬指、小指
	ひ	—	1	人差し指
	や	開いている	2	親指、小指
	る	開いている	3	親指、人差し指、中指
	れ	開いている	2	親指、人差し指
	わ	開いている	3	人差し指、中指、薬指

表3 指文字の認識結果

指の形状	指文字の意味	全体	認識率	指の形状	指文字の意味	全体	認識率
	あ	15/15	100.0%		つ	0/15	0.0%
	い	12/15	80.0%		て	14/15	93.3%
	う	15/15	100.0%		ひ	15/15	100.0%
	か	15/15	100.0%		や	15/15	100.0%
	き	13/15	86.7%		る	12/15	80.0%
	け	15/15	100.0%		れ	10/15	66.7%
	さ	12/15	80.0%		わ	15/15	100.0%
	せ	14/15	93.3%	全て	—	200/225	88.9%

れなかった。その要因としては、2つとも指の開閉判定、指の本数判定に誤判定はなかったが、指の種類判定において誤判定が見られた。「つ」については薬指、小指のところを中指、小指と誤判定し、「れ」については親指、人差し指のところを親指、中指と誤判定していた。これは被験者それぞれの手をかざす際の癖や、うまく手を握りこむことができなかったことが認識に影響を与えたと考えられる。

#### 3.3 セキュリティキー入力実験

本節ではセキュリティキーの入力として、被験者29名に手の形状を4つ提示してもらい、それをキーとして登録後、再度登録したキーでの認証するまでを検証する。認識してもらう手形状は、「指同士の間が開いている箇所と、閉じている箇所両方があるもの」「指の関節を曲げている」を除くものとした。

手の形状を1つずつ順番に提示していき、4つ全て認識できれば認証成功とする。また一つでも認識できなかった場合は認証失敗とし、再度手を提示してもらう。

### 3.4 セキュリティキーの認証結果

実験結果を表4に示す。認証成功人数は29名中26名となり、残りの3名は手の表面温度が低く、手の形状を認識できなかった。手の提示回数は登録、認証ともに一人につき約2回提示することで認識することができた。認証に失敗した要因として、認識の誤判定、登録した4つのいずれかのキーを忘れる、提示するキーの順番を間違える、手を提示することに慣れていない、同じ手の形状を連続で出すタイミングが難しいということが挙げられた。

表4 セキュリティキーの認証結果

項目	登録	認証
提示回数	58回	52回
認証成功人数	—	26人

## 4. まとめ

現在、セキュリティキーの認証方法として様々な方法が開発されている。しかし、導入コストは高額となり、また心理的抵抗の面からも十分な認証システムが開発されていないのが現状である。

本研究では、安価で心理的抵抗が少ないことから、赤外線カメラを用いて手の形状を認識し、それを用いたセキュリティキー入力システムを提案した。

実験結果から本研究はセキュリティキーとして十分認識できることがわかった。しかし手の形状によっては、認識に影響を与えることを示した。

今後の課題としては、より多くのデータを対象とした精度の検証、各指の間が開いているか閉じているかをパラメータとすることで、手形状の種類を増やすことが挙げられる。また手の表面温度が低く認識できなかったことについては、高い分解能の赤外線カメラを用いることで捉える手の表面温度の幅を広げ、より認識の精度を上げることが考えられる。

- [1]坂野 鋭、“バイオメトリック個人認証技術の動向と課題”  
信学技報、PRMU99-29、June 1999.
- [2]中川義行、本人認証機能を備えた電子財布について
- [3]平川 幹和子、松尾 英明、高田 雄二、手嶋 光隆、シルエット画像を用いた手形状認識、PRU95-232、1996
- [4]隅元、非接触手形状認識、技苑NO.76 pp14-17 1993