

## 握るという動作を用いた個人認証システムの実装

佐藤 勝規<sup>†</sup> 佐藤 究<sup>‡</sup> 小笠原 直人<sup>‡</sup> 布川 博士<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 岩手県立大学大学院 ソフトウェア情報学研究科博士前期課程

<sup>‡</sup> 岩手県立大学 ソフトウェア情報学部

<sup>†</sup> <sup>‡</sup> 〒020-0193 岩手県岩手郡滝沢村滝沢字菓子 152 番地 52

E-mail: <sup>†</sup> g231d012@edu.soft.iwate-pu.ac.jp,

<sup>‡</sup> {kiwamu, nao, nunokawa}@soft.iwate-pu.ac.jp

あらまし

バイオメトリクス認証は指紋などの生理的特徴を用いた手法と筆跡などの動作的特徴を用いたものに分類することができる。生理的特徴を用いた手法の問題点として、変更不可能性、登録への精神的抵抗、意識喪失時の脆弱性などがあげられる。動作的特徴を用いた手法の問題点として、認証率のバランス、なりすまし、などがあげられる。上記の問題点を解決するための認証システムとして、我々は握るという動作を用いた個人認証システムを研究している。本システムは、圧力センサ 16 個を埋め込んだ入力デバイスを握る把握動作から得られる圧力分布とその時間変化を用いて認証を行う。本報告では動作的特徴の利用に主眼を置き、握るという動作を用いた個人認証システムの可能性を検証するための実験について述べる。次に、実用性を考慮した把握認証システムを提案し、その分析結果について述べる。

キーワード 握る、把握動作、DP マッチング、バイオメトリクス認証

## Implement of personal authentication system based on grasping characteristics

Katsunori Sato<sup>†</sup>, Kiwamu Sato<sup>‡</sup>, Naoto Ogasawara<sup>‡</sup>, and Hiroshi Nunokawa<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Graduate school of software and information science, Iwate prefectural university.

<sup>‡</sup> Iwate prefectural university of software and information science.

152-52 Sugo Takizawa Iwate, 020-0193 Japan

### Abstract

This paper proposes a personal authentication system based on grasping characteristics. This system can get data of grasp that are pressure distribution and transition at time of pressure change when user grasp input device that are sixteen pressure sensors are connected. This report, formulates possibility of personal authentication system based on grasping characteristics. It proposes practical personal authentication system based on grasping characteristics, and formulates result of the experiment.

### 1. はじめに

近年の様々な情報が電子化、情報通信システムのネットワーク化に伴い、情報アクセスが容易になった。それにともない、情報セキュリティの観点からオンライン上で個人認証を必要とする場面が増加している。

こうした社会的背景のもと、注目を集めているのがバイオメトリクス認証である<sup>[1]</sup>。バイオメトリクス認証は指紋や署名など本人特有の特徴を用いるため、従来のパスワード方式における忘却・漏洩や、持ち物(鍵、カード)における紛失・盗難などの問題を解決できる。

バイオメトリクス認証は生理的特徴(指紋、顔など)

を用いたものと動作的特徴(声紋、署名など)を用いたものの二つに分類することができる。

生理的特徴による認証は、パスワードの記憶などの煩雑さ、所有物の紛失や偽造を解消するとともに、なりすましが困難という長所を持つ。しかし問題点として、(1) 変更不可能性、(2) 登録への精神的抵抗、(3) 意識喪失時の脆弱性などがあげられる。

また、動作的特徴による認証は、変更可能であり、意識喪失時の脆弱性がなく、非常に柔軟な認証が可能である。しかし問題点として、(4) 認証率のバランス(識別閾値設定による本人拒否率、他人受け入れ率の

バランス), (5) コピーされる危険性 (なりすまし), などがあげられる。

本研究では, 生理的特徴と動作的特徴を組み合わせることにより, 相互を補間し上記の問題点を解決するための, 握るという行為を用いた個人認証装置の提案および開発を行う。本報告では, まず握るという動作を用いた認証が可能であることを示すための検証実験について述べる。次に, 実用性を考慮した把握認証システムの提案を行う。さらに, 被験者 8 人による利用実験について述べる。

## 2. 把握動作による認証

生理的特徴と動作的特徴を組み合わせた認証手法として以下のものが研究されている。

手指動作による個人認証<sup>[2]</sup>は, ユーザが赤外線カメラの前でグー, チョキ, パーとじゃんけんの動作を行い, 個人認証を行うものである。生理的特徴としてじゃんけんの形状, 動作的特徴として状態変更のタイミングを用いている。じゃんけんは他人からの盗み見による影響を受けやすいと考えられる。よってなりすましに対応するため, 入力タイミングが厳密に要求され, 本人拒否率が高くなると思われる。

手指の摩擦を利用した認証<sup>[3]</sup>は, ユーザが力感知型センサに指を摩擦させることで生じる摩擦信号を用いて認証を行う。摩擦信号の中には生理的特徴として指の凹凸情報が含まれており, 動作的特徴として指をこするスピードを用いている。指紋ではなく指の凹凸情報を用いるため, 指の傷や肌荒れの影響を受けると考えられる。

そこで我々は, 1 章で述べた問題点と [2][3] の問題点を解決するための, 生理的特徴と動作的特徴を組み合わせた認証手法を開発するにあたって, 「人間が物体を握る」という動作に着目した。握るという動作は普段から日常的で行う行為であり, 把握動作に使用される「手」にはその大きさ, 形状に個人差があるため生理的特徴を抽出することが可能である。また, 把握動作は他人が見ても力の分布, 時間的変化がわかりにくいという動作的特徴をもつ。指に傷が付くことと比べて握れなくなるということは起こりにくいと思われる。これらのことから, 1 章で述べた問題点, (1) 変更不可能性, (2) 登録への精神的抵抗, (3) 意識喪失時の脆弱性, (5) コピーされる危険性, [2], [3] の問題点を解決可能と思われる。特に (5) に関して, 視覚・聴覚情報は既存の技術で容易に記録・再生が可能であるが, 握る動作は入力中の録音や盗撮の影響がないため動作が見られることへの影響がなく, なりすましに対し特に有効であると考えられる。

本研究では把握動作における生理的特徴と動作的特徴の両方を利用することを最終目標としている。しかし, 本報告では握るという動作の動作的特徴のみを用いた認証システムの考察, 実装を行っている。これは, 本システムを用いて圧力分布から手の大きさ, 形を抽出する手法を検討していたが, 圧力センサ数が少なく, 満足な結果が得られなかったためである。そこで現在, カメラを用いて中指を撮影し, 中指の幅, 長さ, 面積を生理的特徴として用いる手法<sup>[4]</sup>を検討して

いる。

## 3. 把握動作の有効性の検証

### 3.1. 検証システム

我々はまず, 握るという動作が認証に用いることへの可能性について検証を行った。検証項目は, (1) 被験者は毎回同様の圧力分布, 圧力変化の時間推移で握ることが可能であるか。(2) 握る動作が他人に真似しづらく, なりすましに対して有効であるか。(3) (1) (2) をふまえ, 実用的な識別閾値を設定することが可能であるか, 以上 3 点である。

上記の 3 点を検証するための検証用システムを実装した。検証用システム構成を図 1 に示す。ユーザが入力デバイス (3.2 節参照) を把握することで, 圧力分布と圧力変化の時間推移が 16ch の電圧変化データとして収集され (図 2), AD コンバータ, USB を経由しパソコンへ入力される。パソコンへ入力された把握動作データは保存される。照合処理では保存してある 2 つの把握動作データを用いて, 類似度を算出する。

以降, 把握動作入力デバイスを通して PC へ入力される圧力分布と圧力変化の時間推移を把握動作データと呼ぶことにする。

本システムでは, 認証の基礎データとして圧力変化, 圧力変化の時間推移を用いる。よって, ユーザはただ把握するのではなく, 認証を考慮したリズム, 強弱を意図的につけた把握動作を行うことを前提としている。

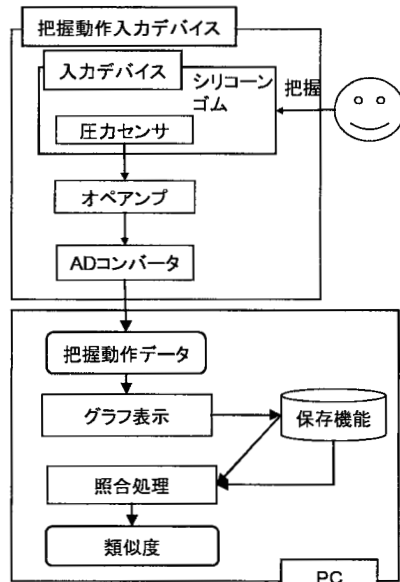


図 1 検証用システム構成図

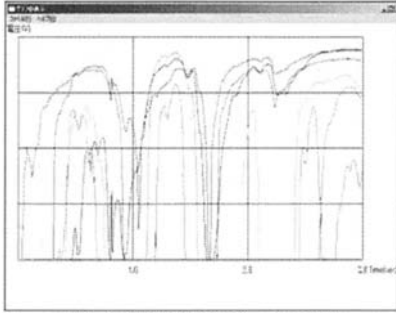


図 2 把握動作データの例

### 3.2. 把握動作入力デバイス

入力デバイスは圧力センサをシリコンゴムに 16 個埋め込んだ、拳大のものである (図 3)。圧力センサ直上だけでなくセンサ周囲の圧力も検知できるように、固さの異なるシリコンゴムによる 3 層構造になっている。入力デバイスの表面には溝をつけ、ユーザが自由な形で、かつ毎回同様な握り方をできるように考慮した。また、少ないセンサで正確な把握動作データを収集可能とするため、溝にそって圧力センサを配置し、右手による把握動作を基本としてデザインを行った (図 4)。圧力センサはイナバゴム株式会社の製品であるイナスター SR-P15H-LT (図 5) を用いた。AD コンバータは株式会社タートル工業の製品である TUSB-1612ADSM を用いた。圧力センサ、入力デバイスの諸元を表 1 に示す。

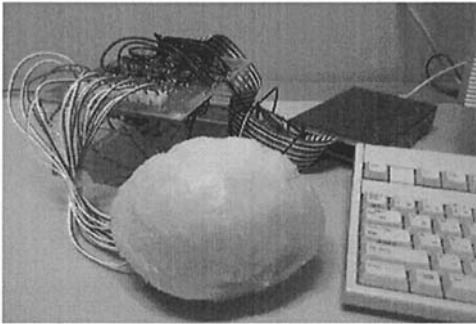


図 3 把握入力デバイス

圧力センサ	サイズ	12.0mm × 15.0mm × 5.2mm
	センササイズ	φ 4.0mm
	飽和圧力	2.0kgf
	圧力分解能	256 段階
入力デバイス	Ch (圧力センサ) 数	16ch
	サンプリングレート	650Hz
	サンプリング時間	3 秒間
	データサイズ	100KB

表 1 入力デバイスの諸元

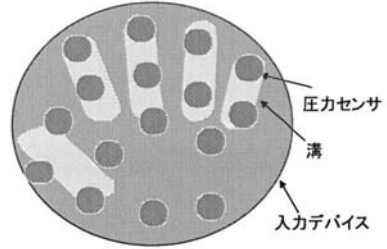


図 4 圧力センサの配置

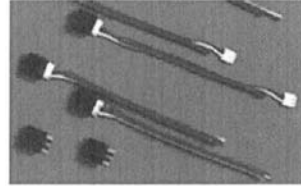


図 5 圧力センサ

### 3.3. 照合処理

握るという動作にともなう圧力とその時間分布は同一人物のものでも、その都度変動し非線形に伸縮する。これに対応した照合を行うには、時間的な伸縮を誤差としないような距離算出法を適用する必要がある<sup>[5]</sup>。そこで、本システムでは把握動作データの照合アルゴリズムに DP マッチング法<sup>[6]</sup>を採用した。

今回使用した DP マッチングの定義を以下に示す。

登録把握動作データ  $A$ 、登録把握動作データ  $B$  とし、各  $ch$  からの時系列圧力データは、

$$Ach = a_1 a_2 a_3 \dots a_i \dots a_l$$

$$Bch = b_1 b_2 b_3 \dots b_j \dots b_l$$

と表される。 $a_i, b_j$  はベクトル表現であり、圧力の強さを示す。特徴パラメータが極端に引き伸ばされたり、縮められたりしないための制限を設けた (整合窓条件)。 $d(i,j)$  は  $a_i$  と  $b_j$  ベクトル間の局所距離、 $g(i,j)$  は格子点  $(i,j)$  に至るまでの  $d(i,j)$  の部分和である。

以上より、2 つの把握動作データの距離  $D(Ach, Bch)$  は次の漸化式から得られる。

- ① 初期条件  $g(0,0) = d(0,0)$   
 $g(i,0) = g(0,j)$  for  $i=1,2,\dots,l, j=1,2,\dots,l$   
 $i=J=1950$   
 整合窓条件  $r=650=1$  秒間

- ②  $i=1, 2, \dots, l$  に関して④を実行

- ③  $j=i-r, i-r+1, \dots, i+r$  に関して④を実行

$$\textcircled{4} \quad g(i,j) = \min \begin{cases} g(i-1,j) + d(i,j) \\ g(i-1,j-1) + 2d(i,j) \\ g(i,j-1) + d(i,j) \end{cases}$$

$$\textcircled{5} \quad D(Ach, Bch) = \frac{g(I,J)}{(I+J)}$$

2 つの登録把握動作データ間の類似度  $S(A, B)$  は対応  $ch$  ごとの類似度の合計、次式で求まる。



$$S = \sum_{ch=1}^{16} D(Ach, Bch) / 10$$

局所距離を用いるので、類似度  $S$  の値が小さいほど、類似していることとなる。

### 3.4. 検証実験

#### 3.4.1. 実験方法

被験者 8 人 (男性 6 人, 女性 2 人), 1 週間に 1 度の 4 週にわたりサンプリングを行い, 検証実験をおこなった。被験者は, 最初の週は 10 回程度の練習後, 自分で決定した把握動作データ (本人把握動作) を 5 個登録した。2 週目以降は練習を任意で最高 3 回までとし, 本人把握動作を 5 回登録した。また, 最初の週に登録の際に観察者を設け, 観察者は被験者の登録を観察し, 真似をした把握動作 (偽把握動作) を 3 回行った。

#### 3.4.2. 実験結果

各被験者の本人把握動作, 偽把握動作, 他人把握動作を相互に照合し, 類似度を算出した。被験者 7 人の類似度の平均を表 2 に示す。被験者 A~F は男性, 被験者 GH は女性である。

本人把握動作類似度平均は 5 個の本人把握動作データの相互の類似度の平均, 偽把握動作類似度平均は 5 個の本人把握動作と 3 個の偽把握動作データの相互の類似度の平均, 他人把握動作類似度平均は 5 個の本人把握動作から 1 つ選び, 他の各被験者 (11 人) の本人把握動作の 1 つとの類似度の平均である。

#### 3.4.3. 考察

表 2 より, すべての本人把握動作の類似度平均値が偽把握動作と他人把握動作より小さいことがわかる。このことから, 把握動作には再現性があり, なりすましに対して有効であることがわかった。また, 本人把握動作の類似度と偽把握動作, 他人把握動作の類似度の差の大きさから, 実用的な識別閾値を 700 程度に設定することが可能である。

以上より握るという行為を用いた個人認証システムは実現可能であると言える。

被験者	A	B
本人把握動作類似度平均	174	303
偽把握動作類似度平均	1254	2048
他人把握動作類似度平均	1953	2256

D	E	F	G	H
452	263	382	277	620
2060	1653	3638	2869	2493
2243	2593	5373	2081	3350

表 2 実験結果

### 4. 把握認証システム

3.4 節の検証実験より, 握るという行為を用いて認証を行うことが可能なことがわかった。そこで, これにもとづき把握認証システムとして実装を行った。認証システム構築するためには, テンプレートデータの作成および, 本人か非本人を判断するための閾値 (識別

閾値) を決定しなければならない。その際, 動作的特徴を用いた認証システムであるため, 動作への慣れ, 変化を考慮する必要がある。

オンライン筆跡認証の場合, 9 週間テンプレートデータを更新しないと, 認証制度が約 50% 低下するという報告がある<sup>[11]</sup>。また, オンライン筆跡認証, 署名者に依存した識別閾値を個別に設けることにより, 数%改善できるという報告がある<sup>[10]</sup>。これより, 把握認証システムにおいても個別の識別閾値を設定することが有効であると考えられる。

よって, 動作的特徴に握るという動作を用いる場合でも, ユーザごとに識別閾値の設定, 登録テンプレートデータの更新, およびそれにもとづく識別閾値の更新を行う必要があると考えられる。

#### 4.1. 把握認証システムの概要

把握認証システムの構成を図 6 に示す。

本システムの利用にあたって, まずユーザはシステムに  $N$  個の有効動作履歴を蓄積しなくてはならない。登録時は把握動作データのグラフ表示を見ることができ, どの様に把握が行われたのかを視覚的に確認できる。認証時にはグラフ表示は行わない。次に有効動作履歴内のデータを用いて初回のテンプレートデータ作成処理, 識別閾値作成処理を行い, 認証時の照合処理に必要なテンプレートデータ, 識別閾値を作成, 保存する。

認証時には, 入力把握動作とテンプレートデータとの照合処理を行い, 類似度が識別閾値以上な場合は非本人, 未満な場合は本人と認証する。非本人と認証した場合, 入力把握動作は破棄する。本人と認証した場合, 入力把握動作は有効動作履歴に蓄積され, 再びテンプレートデータ作成処理, 識別閾値作成処理を行い, テンプレートデータ, 識別閾値を更新する。有効動作履歴に蓄積される最大数を  $H_{max}$  とする。

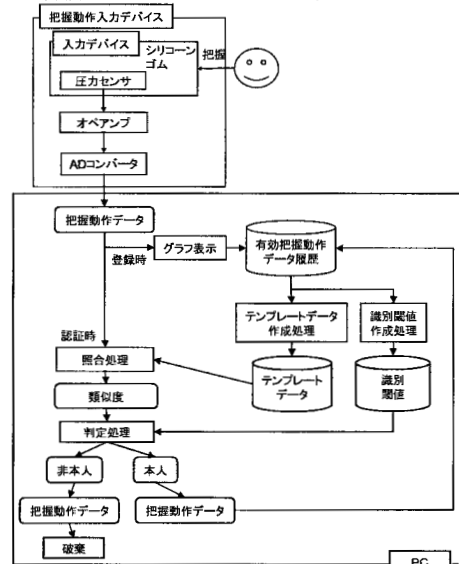


図 6 把握認証システム構成図

## 4.2. テンプレートデータ、及び識別閾値の設定

### 4.2.1. 初回テンプレートデータの作成

初回テンプレートデータの作成法<sup>[12]</sup>を示す。

- ① ユーザは  $N$  回把握動作データを登録する。
- ②  $N$  個の把握動作に相互に DP マッチングを行う。類似度が登録テンプレート制御閾値  $a$  以上の把握動作がある場合は、ユーザが未だ同様の把握動作ができていないと考え、もう 1 度①を行う。
- ③  $N$  個の把握動作の相互類似度が閾値  $a$  以内の場合、ユーザは安定した把握動作が行えると考え、 $N$  個のデータは有効動作履歴としてシステムに保存する。有効動作履歴内の  $i$  番目把握動作データを  $M_i (i = 1, 2, \dots, N)$  と表す。
- ④ 有効動作履歴内の全把握動作データの同  $ch$  の各時点の相加平均をとり、それをユーザのテンプレートデータとする。

例として、図 7 に有効動作履歴内の全 5 つの把握動作データを用いて作成した登録テンプレートの 1  $ch$  分の波形を示す。

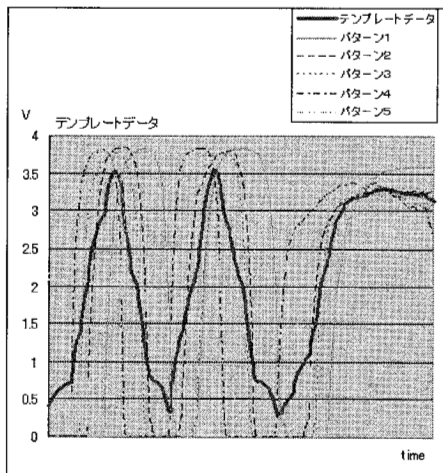


図 7 テンプレートデータ 1ch 分の波形

### 4.2.2. 初回識別閾値の設定

ユーザごとに識別閾値を設定する方法を<sup>[9]</sup>以下に示す。

有効把握動作履歴内データ中の各把握動作とテンプレートデータに 3.3 節の照合処理を行い、類似度の平均値  $\mu$ 、標準偏差  $\sigma$  を算出し、 $\mu + b\sigma$  を識別閾値とする。 $b(b > 0)$  は識別閾値制御のためのパラメータである。これにより、テンプレートデータと認証判定対象データの照合処理の類似度に対して、 $S < \mu + b\sigma$  のとき、この認証判定データを認証成功と判定する。

つまり、ユーザの把握動作が安定するほど、 $\sigma$  が低く設定されるため、それにともない識別閾値は低く設定される。識別閾値が低いと他人受け入れ率を下げることができる。

### 4.2.3. テンプレートデータ、および識別閾値の更新

認証時にはテンプレートデータと入力把握動作データとの照合処理を行う。テンプレートデータを登録した時期に正常な認証ができたとしても、時間経過とともにユーザの把握動作少しずつ変化し、認証率に影響を与えると予想される。

また、把握動作になれることにより安定した動作が行えると考えられるので、登録時より識別閾値を低く設定可能になると思われる。そこで、認証時にユーザの認証が成功した場合、そのユーザのテンプレートデータ、識別閾値を更新することにした。更新手順は以下のとおりである。

- ① 認証に成功した把握動作データを有効把握動作履歴に追加登録する。その際、有効動作履歴最大数  $H_{max}$  を超える場合、最も古い把握動作データを削除し、登録する。
- ② 4.2.1 節③と同様に、テンプレートデータ作成処理を行う。
- ③ テンプレートデータを登録する。
- ④ 4.2.2 節と同様に識別閾値設定を行う。

## 4.3. 分析

### 4.3.1. 分析方法

3.4 節でサンプリングしたデータを用いて、認証を考慮した分析実験を行った。分析に使用したパラメータを表 3 に示す。2 週目までの本人把握動作データを初回テンプレートデータ作成に用い、3 週目、4 週目計 10 個の本人把握動作データ、3 個の偽把握動作データを用いて照合処理を行った。今回はサンプリングをした期間が短いため、4.2.3 節の項目、テンプレートデータの更新は行わなかった。パラメータの値は検討実験の結果を参考にして決定した。

パラメータ	値
a (登録テンプレート制御閾値)	800
b (識別閾値制御)	6
N (初回有効動作履歴への登録数)	5
Hmax (有効動作履歴内の登録可能数)	5

表 3 実験パラメータ

### 4.3.2. 分析結果

全ユーザの照合処理の結果を表 4 に示す。テンプレートデータと把握動作データとの照合処理によって得られた類似度が識別閾値以下なら本人と判断し、識別閾値以上なら他人と判断する。

本人受け入れ率の括弧内はテンプレートデータと本人把握動作データとの類似度が一番大きかった値である。他人受け入れ率の括弧内はテンプレートデータと偽把握動作データとの類似度が一番小さかった値である。

ユーザ	本人受け入れ率	識別閾値	他人受け入れ率 (偽動作受け入れ率)
a	100% (356)	684	0% (709)
b	20% (276)	211	0% (650)
c	100% (276)	431	0% (435)
d	100% (365)	538	100% (393)

e	100% (766)	1173	0% (1399)
f	100% (556)	633	100% (575)
g(woman)	100% (368)	1235	100% (608)
h(woman)	100% (838)	1166	100% (883)

表 4 分析結果

### 4.3.3. 考察

ユーザ b の場合、登録時の把握動作が非常に安定しており、認証時も登録テンプレートとの類似度は他者と比べて小さい値であった。しかし、識別閾値が低すぎため、本人受け入れ率が低くなってしまった。これより、識別閾値の最低値を設定するなど、識別閾値が低すぎる場合への対策が必要であることがわかった。

女性の被験者の閾値が高めに設定されてしまったのは把握動作が安定しないからである。これはデバイスが少し大きめで、女性にとって把握しにくいためであった。手が大きい人でも小さい人でも把握しやすいデバイスの形を検討していく必要がある。

ユーザによっては、登録テンプレートと 4 週目の本人把握動作データとの類似度が大きくなる傾向が見られた。把握認証において、登録テンプレートの更新が有効であると言える。

個別に識別閾値を設定することで、検証実験における識別閾値である 700 程度を下回る値となったユーザが 5 人であった。これより、ユーザごとに識別閾値を設定することで、全ユーザ共通の識別閾値を設定するよりも、識別閾値を低めに設定可能であると言える。

### 5. 今後

今後は、より多くの被験者、長期間のサンプリングを行い、アルゴリズムの検討を行い、認証システムとしての評価（本人拒否率、他人受け入れ率を算出）を行っていく。また、生理的特徴と動作的特徴を組み合わせた認証システムの提案を行うにあたり、圧力分布から手の生理的特徴の抽出する方法、カメラを用いて中指を撮影し、中指の幅、長さ、面積を生理的特徴として用いる手法等を検討している。

また、更なるハードウェアの改良とそれに伴う、照合処理アルゴリズム改良を行っていく。

### 6. まとめ

本報告では、バイオメトリクス認証において、生理的特徴と動作的特徴を組み合わせる認証手法の有効性について提案し、動作的特徴として握るという動作を用いた個人認証を行うことが可能であることを示した。次に、実用性を考慮した把握認証システムの提案し、被験者 8 人による実験の結果、適切な識別閾値を設定することで全ユーザを本人と識別することができた。他人受け入れ率に関しては、より多くの被験者を集めて検討を行っていく。

#### 参考文献

- [1] 瀬戸洋一：“サイバーセキュリティにおける生体認証技術”，共立出版 2001.
- [2] 長田礼子，尾崎哲，青木輝勝，安田浩手：“手指動からの特徴抽出によるリアルタイム個人認証”，電気情報通信学会論文誌(D-II),Vol.J84-D-II No.2,

pp258-264, February. 2001.

- [3] 中野健，兵頭純，立石朋也：“触覚情報を利用したバイオメトリクス認証法”，日本機械学会論文集(C編) 71 巻 709 号, pp103-109, September, 2005.
- [4] 佐藤勝規，佐藤究，小笠原直人，布川博士：“握るという行為を用いた個人認証システム～把握認証システムにおけるカメラを用いた手の生理的特徴の抽出～”情報処理学会全国大会講演論文集, 分冊 3pp677-678, 2006.
- [5] 野中俊宏，菊地真美，赤松則男：“署名時の筆圧情報に基づく個人認証”，映像情報メディア学会技術報告, 24 巻 39 号, pp7-12, January, 2006
- [6] 山西利明，森武俊，森下広，原田達也，佐藤知正，“時系列床面圧力分布情報を用いた個人識別システムの開発”，電気情報通信学会技術報告, HIP2005-137 January 2006.
- [7] 小越康宏，日名田明，広瀬貞樹，木村春彦：“打鍵間時間を基にした認証システムのリズム打鍵による改善”，情報処理学会論文誌, Vol.44 No.2 pp397-400, February 2003.
- [8] 中川聖一：“パターン情報処理”，pp153-168, 丸善株式会社, 1999.
- [9] 石原進，太田雅敏，行方エリキ，水野忠則：“端末自体の動きを用いた携帯向け個人認証”情報処理学会論誌, Vol.46 No.12 pp2997-3007, December 2005.
- [10] Griess, F.D Project Report: On-line Singature Verification 2000.
- [11] Yamanaka, s., Kawamoto, M., Hamamoto, T.and Hangai, S.: Signature Verification Adapting to Intersession Variability, IEEE ICME2001 2001.
- [12] 山中晋爾，浜本隆之，半谷精一郎：“ペンの傾きを利用した署名照合方式の改良”，電気情報通信学会技術報告, ISEC2000-18, pp65-72, May, 2005.