

平成22年 8月31日現在

研究種目：若手研究（B）
研究期間：平成20年度～平成21年度
課題番号：20760270
研究課題名（和文） 署名時の生体情報の推定とその情報を用いた署名認証システムの実現
研究課題名（英文） An Estimation of Biological Information in Signing and Its Application for Signature Authentication System.
研究代表者 和田 直哉
（東京理科大学・工学部第一部・嘱託助教）
研究者番号：20434029

研究成果の概要（和文）：

本研究はより頑健な署名認証システムを実現するため、筆記時に筆者がペンを把持する力、およびその位置を利用した署名認証についての研究開発を行った。把持データの採取にはペン周囲に取り付けられた31個の圧力センサにより、筆跡・筆圧・ペンの傾きの測定と同時に行う方式を開発し、日によって生じる把持位置のずれを補正する方式についても開発を行った。把持データを用いた結果、筆圧や角度をそのまま認証に用いた時に比べ照合精度が10%前後向上した。

研究成果の概要（英文）：

In this study, a new on-line signature authentication method using pen-gripping position and power is explored. The gripping information is obtained by 31 pressure sensors attached around a pen and it is performed simultaneously with obtainment of tablet data such as pen-trace, pressure on pen and pen-tilt. In authentication, gap of gripping data are corrected by obtaining shifted gripping data by one sensor position to each direction. The combination of both gripping data and tablet data realizes 8-10% better error rate in signature verification than tablet data only.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
平成20年度	1,000,000	300,000	1,300,000
平成21年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,600,000	480,000	2,080,000

研究分野：計測工学

科研費の分科・細目：センシング情報処理

キーワード：オンライン署名認証, バイオメトリクス, 把持位置, 把持力

1. 研究開始当初の背景

本研究は、バイオメトリクスの1つである署名認証に関連し、新しいペンデバイスの開

発により、握り状態などの生体的特徴の推定を可能にするとともに、それにより得られたデータを用いてより頑健な署名認証を実現することを目的としている。

情報セキュリティについての関心の高まりに伴い、人間の生体情報を用いた認証（バイオメトリクス）に注目が集まっている。認証の基となる生体情報には指紋や虹彩など様々な情報が用いられているが、その中でも人間の署名は、データ採取時のユーザの心理的抵抗が少なく、登録したリファレンスデータの変更が可能であるという特長から、それほど頑健性を重視しない柔軟な認証に有効であると考えられる。署名を用いた認証は古くから生活の中で用いられてきたが、近年では特にこの認証をソフトウェア上で自動的に行うオンライン署名認証についての研究が進んでいる。

オンライン署名認証においては、データを取得するタブレットやペンの構造を工夫することで、署名パラメータとして筆跡の他に筆圧やペンの傾きといったデータを採取することが可能となっている。本研究代表者は、この従来のパラメータを用いた署名認証について研究を行っているが、他のバイオメトリクス手法に比べると認証率が低いことが問題となっている。これは署名という行動的な特徴を判断基準としているために、測定ごとの署名動作が安定せず、ロバストな署名パラメータが採取できないことによるものである。よって、署名行動から、人間の生体的特徴である指の曲げ角などの握り状態や筋運動などの情報を推定して利用することができれば、認証率の向上が期待できる。

本研究室では、このような新しい署名パラメータを得るために、手袋上にセンサを取り付けたデータグローブにより、指の関節ごとの曲げ角などについてデータ採取を行い、各データの相関性や個人性について検討を行ってきた。また他方では、ドイツのレーゲンスブルク技術大学との共同研究により、ペンの握り強さを採取したり、タブレットフリーでデータを採取したりするための新しいペンデバイスについての研究開発を行ってきた。本研究は、これらの研究を応用し、署名時の生体的特徴の中でも推定が容易であり、かつ個人性が強いパラメータについて検討を行い、その推定を可能とするペンデバイスについて研究開発を行うものである。

2. 研究の目的

- (1) 署名時の生体的特徴に関するパラメータを効率的に得るために、推定が容易なパラメータや個人性を特定しやすいパラメータについて検討を行う。
- (2) 上記のパラメータを得るために必要となるペンデバイスのあり方について考察を行い、実際に作成する。
- (3) 得られた生体的特徴を実際の署名認証アルゴリズムに適用して、認証率が向上することを示す。

3. 研究の方法

(1) 把持データ採取

まず、ペンの持ち方にどれだけの個人性が含まれているのか評価するため、これまでのオンライン署名認証と同じようにペンの持ち方に関するデータを採取し、本人照合実験を行うこととする。

ここで採取するデータは、従来のオンライン署名認証で用いられる、ペンタブレットより得られる筆跡・筆圧・ペンの傾きといったデータ（以下タブレットデータ）、そして筆記時に筆者がペンを握る位置（把持位置）およびペンに掌や指が与える圧力（把持力）である。

初めに行わなければならないのは、把持位置・把持力を測るための機器の選定、あるいは設計である。当初はペン周囲に折り曲げ可能なシート式の圧力センサを巻きつける方式を検討したが、曲率による余分な圧力や、圧力センサの耐圧性、サンプリング周波数の不足という問題があったため不採用となった。そこで、それらの把持データ採取のため新たにデータ採取システムを構築した。

本システムでは、Wacom社のタブレット Intuos2 上で筆記が行われ、筆記時の筆跡・筆圧・ペンの傾きに関するデータが採取されるのと同時に、タブレット用のペンの周囲に貼り付けられた直径 6mm 薄型のひずみゲージ式圧力センサ 31 個により、ペンの把持位置と把持力が採取される。ペン上の圧力センサの配置を図 1 に示す。本来ペンの周囲の形状

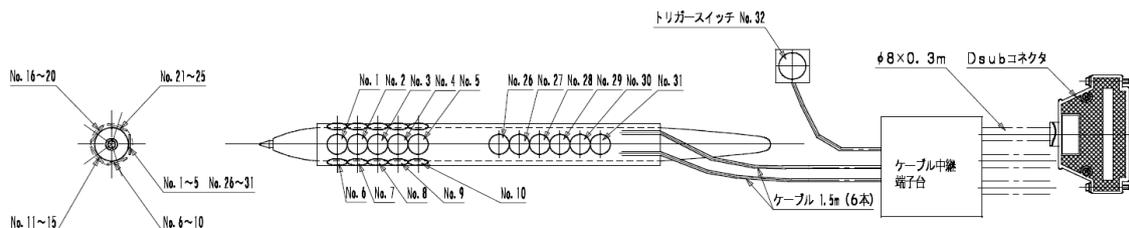


図 1: ペンおよび圧力センサ部の構造

表 1 : 把持データ採取システムの主な仕様

ペン握み力計	TPC-01
チャンネル数	32
最大サンプリング速度	250000 点/sec
分解能	16bit
感度	1mV/V
出力電圧	±2V
雑音	100mVp-p RTO 以内

は円形であるが、ペンの周囲には圧力センサが配されやすいように五角形のアタッチメントが取り付けられ、その上から圧力センサが貼り付けられている。ペン先の部分の周囲には 5×5 個の圧力センサが取り付けられ、親指・人差し指・中指による握りの部分の圧力が測定できるようになっているほか、ペン尻の部分には 6 個のセンサが取り付けられ、親指と人差し指の間でペンを支えている部分の圧力が測定できるようになっている。各圧力センサで発生した電圧値の時系列は、D-Sub コネクタから増幅器および ADC を経由して記録用 PC に送られる。本システムの主な仕様を表 1 に示す。

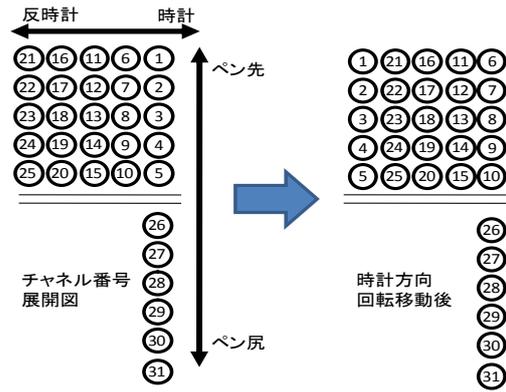
このときのあるサンプル時刻における電圧値を把持力データ $g_n(t)$ と定義する。ここで n は図 1 に描かれている圧力センサのチャンネル番号を表している。そして各チャンネルの信号の時系列をひとまとめた把持データ系列 G を次のように定義する。

$$G = (g_1, g_2, \dots, g_{31}) \quad (1)$$

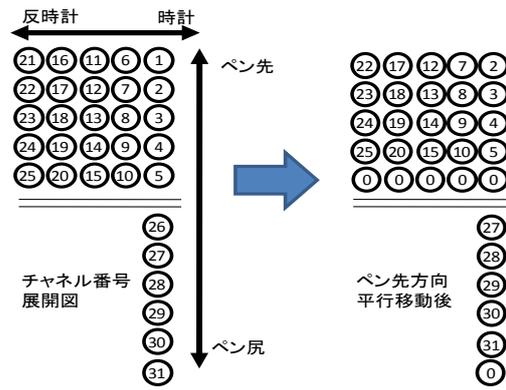
(2) 把持位置データ補正

実際の署名照合時は、あらかじめ採取したデータから各ユーザーの特徴を表す手本となる参照署名データを作成し、それと後日新たに採取した照合用本人署名データとの比較を行い、本人であるかどうか判定することにより行われる。判定は双方のデータの誤差量に対して閾値を設けることで行われるため、把持データを照合に用いるには、まず参照データとの誤差量を定義する必要がある。しかしペンの把持位置については、署名採取日によって細かな位置ずれが生じることが想定されるため、参照データと入力データに含まれる 31 チャンネルの時系列データを 1 対 1 対応させて誤差量を算出することは危険である。

そこで、本研究では参照データ作成時やデータ照合時に、オリジナルの入力データに対して、各チャンネルの把持データを時計・反時計方向にそれぞれセンサ 1 つ分回転させた同じ時間長の補正データ系列、およびペン軸のペン先・ペン尻方向にそれぞれセンサ 1 つ分データを平行移動した補正データ系列 \tilde{G}_k を



例 1 : ペン先に向かって時計方向への回転



例 2 : ペン先方向への平行移動

図 2 : 入力データ補正例。丸中の番号は補正前のチャンネル番号に対応。番号 0 は平行移動時にデータ元が存在しないため同時間長・振幅 0 の信号を詰めることを表す。

作成する。ここで添字 k は行った補正の種類に対応している。図 2 は回転および平行移動の様子を、センサ配置の展開図を用いて表したものである。

このときの補正データ系列 \tilde{G}_k 中のチャンネル番号 n の時系列データを $\tilde{g}_{k,n}$ と定義する。例えばペン先方向への平行移動を添字 2 と定めたととき、補正データ系列 \tilde{G}_2 中のチャンネル番号 1 の時系列データ $\tilde{g}_{2,1}$ は

$$\tilde{g}_{2,1} = g_2 \quad (2)$$

と求められる。またペン尻部のデータ系列 $g_{26} \dots g_{31}$ については、ペン軸方向への平行移動時のみ移動させ、回転移動時には移動させないものとした。なお平行移動時には回転時と違いループが存在しないため、参照元のデータ系列が存在しないチャンネルが生じる。しかしその参照元の位置はもともとセンサの存在しない場所であり、把持力がかからないはずなので、その該当チャンネルのデータ系

列には同じ時間長・振幅 0 の時系列データを当てはめることにした。

作成された補正データ系列 \tilde{G}_k と元のデータ系列 G については、それぞれデータ照合時に参照データとの間で DP マッチングにより時系列が同一となるように補正され、相互相関 M_l が次のように求められる。

$$M_1 = \sum_{n=1}^{31} \sum_{t=1}^T r_n(t) g_n(t) \quad (3)$$

$$M_{k+1} = \sum_{n=1}^{31} \sum_{t=1}^T r_n(t) \tilde{g}_{k,n}(t) \quad (4)$$

ここで $r_n(t)$ はチャンネル番号 n 、ある時刻 t における参照データ、 T は参照データの時間長を表している。そして最も相関の高かった系列を照合用把持データ系列 \hat{G} として照合に用いることにする。また、この中のチャンネル番号 n の時系列データを $\hat{g}_n(t)$ と定義する。

これを用いて時刻 t 、チャンネル番号 n における参照署名データと照合署名データの把持力 $r_n(t)$ 、 $\hat{g}_n(t)$ の差 $D(t)$ とその平均値 D を次式により求め、この D を把持力の誤差量とする。

$$D(t) = \sum_{n=1}^{31} |r_n(t) - \hat{g}_n(t)| \quad (5)$$

$$D = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T D(t) \quad (6)$$

なおタブレットデータについても、2 点間のユークリッド距離の平均値を筆跡誤差量、筆圧誤差の平均値を筆圧誤差量、ペン傾き方向の 3 次元ベクトル同士がなす角度の平均値を傾き誤差量とし、評価に用いることとする。

(3) 把持データの個人性評価

次に行うのは、採取した把持データに含まれる個人性についての評価である。ここでは別人からの攻撃を想定し、参照データ作成に用いた署名の筆跡を上からなぞることにより得られるなぞり偽筆署名データを用いる。本人・偽筆それぞれのデータを認証システムに入力して誤差量を算出し、それに閾値をかけ真贋判定することで照合性能を得る。それぞれの署名データにはタブレットデータである筆跡・筆圧・ペンの角度、そして把持データである 31 チャンネルの把持力の時系列データが含まれていて、用いるデータにより照合性能が異なるため、その性能を比較することで把持データの個人性を評価することができる。

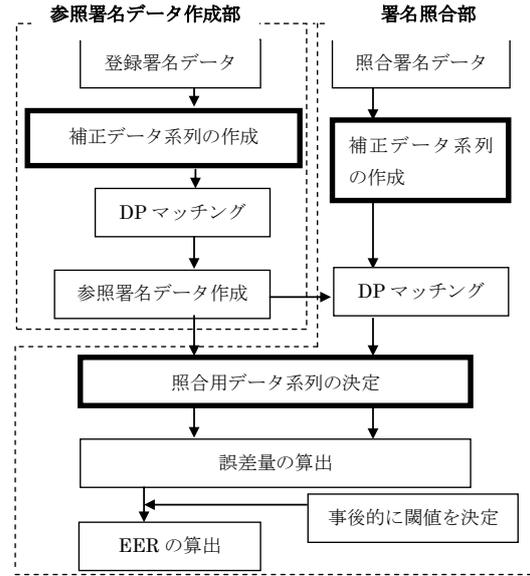


図 3：筆記データ照合アルゴリズム。

表 2：タブレットの主な仕様

タブレット	XD-0405-R/U (intuos2)
読取方式	電磁授受作用方式
読取速度	100 点/sec
座標読取分解能	0.01mm
座標読取精度	±0.25mm
筆圧レベル	1024 レベル
傾き読取分解能	1.0 度
傾きレンジ	±64 度
読取可能高さ	約 6mm

照合は図 3 に示されている照合アルゴリズムに基づいて行われる。経時変化の影響を考慮して、データの採取は 5 日間に分けて 1 日 4 回ずつ行うことにした。表 2 は今回データ採取に用いる Wacom 社のタブレットについての主な仕様を表したものである。読み取り速度は 100 点/sec とし、把持データの読み取り速度も同様とした。参照データ作成には筆記初日の 4 データの平均値を用いた。一方照合対象となるのは、残り 4 日分の本人の筆記データ (16 データ)、およびそれ以外の 16 人の偽筆データ 1 回分であり、この照合を 17 人分行う。照合には筆記データとして筆跡や筆圧、ペンの傾き、そして把持情報をそれぞれ個別に用い、得られた誤差量から本人棄却率 FRR (False Rejection Rate) および他人受率 FAR (False Acceptance Rate) が等しくなるような閾値を事後的に設定し、そのときの等誤り率 EER (Equal Error Rate) を用いて照合精度を評価する。なお把持データについては、把持位置データの補正による処理の妥当性についても評価を行うため、時計・反時計の回転方向、ペン先・ペン尻方向への平行方向

表 3：筆記データ照合精度

使用データ	照合誤り率 (EER)[%]
筆跡	25.6
筆圧	17.6
ペンの傾き	12.3
把持データ (4方向補正データ使用)	13.8
把持データ (8方向補正データ使用)	15.6
把持データ (補正データ未使用)	15.2
複合誤差量 (4方向補正把持データ +筆圧+ペン傾き)	4.8

の4方向について補正データ系列を求めた場合、回転・平行移動の組み合わせによる斜め4方向を含めた8方向について補正データ系列を求めた場合、把持位置データ補正を用いない場合の3パターンについて評価を行った。なお図3中のブロックが太枠となっているものについては、その処理が把持位置データの補正を行うためのものであるため、把持データを用いない場合、あるいはデータ補正を使用しない場合についてはこれらの処理は行われない。

4. 研究成果

照合精度を表3に示す。なぞり偽筆による署名データが入力されているため、筆跡データを用いた際の照合精度は他のデータ使用時よりも悪くなっている。対して把持データを用いた際の照合精度は8割強となっていて、他の筆圧やペンの傾きといった不可視データを用いた際の照合精度とほぼ同程度となっていることがわかる。

また、把持データ補正については、補正を行うことによる照合精度が改善されることが分かったが、選択可能な補正データ系列を増やしすぎると、偽筆による攻撃が入り込む隙を作ることになり照合精度が悪化することが分かった。なお今回の把持位置データ補正で対応できなかったデータの違いとして、圧力センサ半個分の位置ずれによる把持力の違いが挙げられ、これに対応するためには新たな補正方法やより小型でセンサ間に隙間を作らないようなデータ採取法が必要と言える。

そして最終的には、把持データをタブレットから得られる不可視情報と組み合わせた複合誤差量を用いることにより、それぞれを単独で用いた時に比べ8~10%の照合精度の上昇が見られた。

本研究では、署名照合においてこれまで検討が不足している把持位置を含めた把持情報が持つ個人性・有効性についての評価を行うことができたほか、よりよい把持情報の採取法や活用法について検討を行うことができた。今回のシステムは署名照合としては大掛かりなシステムではあるものの、この研究は今回の採取・照合方式をそのまま実際の署名照合に採用することが最終的な目的ではなく、把持情報としてどんなデータをどのように採取することが効率的であるかといった検討を行うことや、例えば難病の早期発見のような、大掛かりなシステムでないと実現できないようなアプリケーションの開発といったことにある。今回の研究成果はその端緒となるものであり、これを今後の研究に繋げていきたいと考えている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計2件)

Naoya Wada, Seiichiro Hangai, “Online Signature Verification Using Gripping Position and Power,” IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS), 9th Dec. 2009, Kanazawa.

和田直哉, 半谷精一郎, “筆記時の把持位置・把持力に含まれる個人性に関する一検討,” 電子情報通信学会総合大会, 2009年3月.

6. 研究組織

(1) 研究代表者 和田 直哉
(東京理科大学・工学部第一部・嘱託助教)

研究者番号：20434029

(2) 研究分担者 ()

研究者番号：

(3) 連携研究者 半谷 精一郎
(東京理科大学・工学部第一部・教授)

研究者番号：70147510