

## 個別閾値を用いたオンライン署名照合システム

山田太一<sup>†</sup> 平川豊<sup>‡</sup>芝浦工業大学大学院<sup>†</sup> 芝浦工業大学<sup>‡</sup>

## 1. 研究背景と目的

現在、個人認証を行うために生体特徴を用いたバイオメトリクスが注目され様々な手法が提案されている。本研究ではその中でも署名時の行動的特徴を用いた個人認証を対象とする。行動的特徴を用いた個人認証は身体的特徴を用いた手法に比べ偽造や盗難に関するリスクが低いと認められている[1]。個人差が激しいことや経時変化に弱い、という欠点がある[1]。本研究では、高精度の署名認証システムの構築と行動的特徴を用いた生体認証特有の問題である sheep and Goats 現象(個人差による大きなばらつき)の改善を目的とし、そのための手法を提案する。

## 2. 問題点と解決手法

行動的特徴を用いた生体認証の認証精度が低い理由は本人であっても全く同じ行動を取ることが難しいため、本人であっても拒否されるという現象が起こってしまうからである。このため、どの程度似ていれば本人であると認められる閾を設け判定を行うことになるが、この閾値は従来経験的に求められ、すべてのユーザに対して同一の値をもって判定していた。しかしこの方法はユーザによって認証精度に大きな偏りが生まれていた。

この問題の解決手法としてユーザ毎に個別の閾値を設定することが考えられる。これによりユーザ依存の認証率の差が小さくなり、またユーザごとに最適な閾値を設けることで全体の認証率の向上にもつながると考えられる。しかし閾値は本人同士の行動の類似度と本人と他人の行動の類似度を比べ決定していくためどうしても他人から得られる偽造データが必要となる。この方法では個別閾値を設定するためにユーザ毎に偽造データを用意する必要があり、システム運用上の大きな負担となるという課題がある。そこで本研究では本人署名のみから個別の閾値を設定する手法を提案する。

## 3. 実装

署名認証システム概要を図 1 に示す。

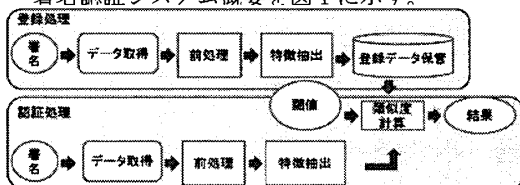


図 1 署名認証システムの基本構成

## 3.1 前処理・特徴抽出

署名データには座標 (X, Y)、筆圧、ペン方位、ペン座標に関する時系列データ取得可能なデバイスを想定して実装した。データ取得時のデバイスの位置による影響をなくすための前処理として座標データ (X, Y) をそれぞれの重心で正規化した。

特徴抽出のフェーズでは上記 5 個のデータに加えそれぞれの単位時間当たりの変化量と座標に関するベクトルや速度またその組み合わせの 8 個、合計 18 のパラメータを特徴として抽出した。

## 3.2 類似度・距離計算

登録してあるデータ(リファレンスデータ)と入力されてくるデータ(テストデータ)がどのくらい似ているのかを求める必要がある。この 2 つのデータは長さが異なるため単純には比較できない。そこで長さの異なる 2 つの時系列データを比較するために DP マッチングを適用した[2]。最終的な距離はマッチング時の経路長で正規化することで時間当たりの距離を求めた。

テストデータはすべてのリファレンスデータと比較されそれぞれ距離を求める。その中から最小距離を 3 つ選り小さい順に重み付けをおこないその相加重平均をもって最終的な距離として決定する。(式 1)

$$\text{Dist} = (\text{dist\_min1} \times 3 + \text{dist\_min2} \times 2 + \text{dist\_min3} \times 1) / 6 \quad (\text{式 1})$$

## 3.3 共通閾値

ここですべてのユーザに同様に用いられる閾値を共通閾値(従来手法)と呼ぶ。共通閾値は学習データ(本人署名と偽造署名)を用いて決定する。上記の方法で本人署名同士の距離と本人と偽造署名の距離を求め等価エラーレート(本人拒否率= 他人受容率)なるように閾値を設定する。

## 3.4.1 個別閾値(偽造署名がある場合)

提案手法と共通閾値との比較のため偽造署名がある場合の個別閾値を設定する。偽造署名がある場合は共通閾値では全体で等価エラーレート(EER)となるように設定した閾値を個人ごとに EER となるように設定する。

## 3.4.2 提案手法 個別閾値(偽造署名がない場合)

偽造署名なしに閾値を設定するには、まずリファレンス署名同士の距離を求める。ある人の 1 つのリファレンス署名はその人のそれ以外のすべてのリファレンス署名と比較し距離を求め式 1 の方法で代表距離を求める。次にリファレンス署名の数だけ代表距離ができるのでその中から式 2 の方法で求めた距離を個別の閾値をして決定する。

$$\text{Th} = (\text{dist\_max1} + \text{dist\_max2} + \text{dist\_max3}) / 3 \quad (\text{式 2})$$

## 4. 実験

## 4.1 実験データ

本研究で用いた学習データはオンラインで公開されている署名データを利用した[3]。このデータベースには 40 人から得られた 20 個/人の本人署名(計 800 個)と 1 人につき 4 人から得られた 20 個の偽造署名(計 800)、合計 1600 個の署名が収められている。このうち 10 個の本人署名をリファレンスデータとし残りの 10 個の本人署名と偽造署名をテスト署名として使用した。

## 4.2 比較内容

- ・実験 1 認証率(エラーレート)の比較
- ・実験 2 個人差による認証率のばらつき(ばらつき)の比較

<sup>†</sup>「Online signature verification system using individual threshold」

<sup>†</sup>「Taichi Yamada・Shibaura Institute of Technology」

<sup>‡</sup>「Yutaka Hirakawa・Shibaura Institute of Technology」

### 4.3.1 結果 1

共通閾値、偽造あり個別閾値、提案手法で求めた 18 個のパラメータごとのエラーレートを表 1 に示す。提案手法の数値は等価エラーレート (EER) ではなく本人拒否率 (FRR) と他人受率 (FAR) の平均値である。

特徴によって認証精度に大きな差があることがわかる。特に単位時間当たりの変化量である差分のパラメータは認証精度が悪い結果となった。閾値別では共通閾値と比べ偽造あり個別閾値が 9%、提案手法が 6% 程度、平均認証率が向上した。

表 1 閾値別パラメータごとのエラーレート

単位: %	共通閾値	個別閾値	提案手法
区分	EER	EER	平均
X座標	27.75	12.50	18.38
Y座標	24.50	9.50	14.25
ペン仰角	20.50	12.25	17.38
ペン方位	20.50	13.50	16.13
筆圧	23.25	10.00	13.25
ベクトル角	29.25	11.50	16.25
ベクトル長	25.75	10.75	18.00
X速度	32.00	28.50	31.88
Y速度	28.75	24.25	28.63
速度の大きさ	28.25	25.25	29.75
速度方向	32.75	30.25	28.38
ベクトル角差分	42.25	34.50	38.38
ベクトル長差分	40.00	22.75	25.38
筆圧差分	52.75	52.50	44.63
仰角差分	44.00	35.50	36.00
方位差分	46.25	41.25	41.00
内積	25.00	13.50	18.38
外積	22.25	9.50	16.25
平均	31.43	22.10	25.13

### 4.3.2 結果 2

共通閾値、偽造あり個別閾値、提案手法で求めた 18 個パラメータの平均エラーレート 40 人の分布を図 2 に示し、パラメータごとの散らばりを図 3 に示す。個人ごとの認証率の分散はそれぞれ共通:24.26%、個別:10.1%、提案手法:5.79%となり提案手法がもっともばらつきが小さい結果となった。パラメータ別にみた場合でもバラツキの平均値は共通:33.4%、個別:15.6%、提案手法 12.3%となり提案手法が最もいい結果となった。

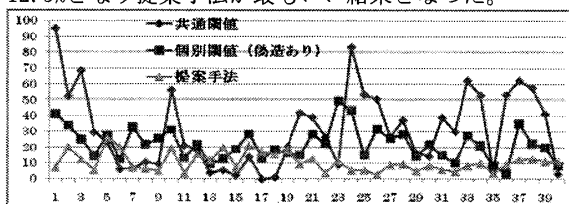


図 2 個人ごとの平均エラーレート分布

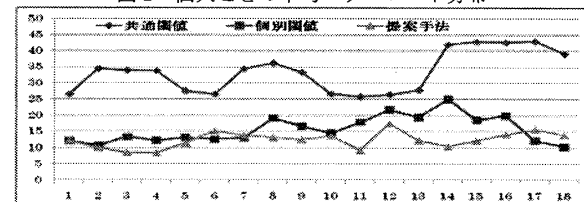


図 3 パラメータ別全体のエラーレート分散

## 5. 特徴選択・特徴合成

### 5.1 特徴選択・特徴合成方法

用意した 18 のパラメータのうちいくつかは単体である程度の認証は可能そうだが、まだ十分な精度とは言え

そうにない。そこで閾値が個人に依存するように安定する特徴も個人依存が強いと考え、特徴選択を用いて精度の向上を図った。ここで安定している特徴の定義を式 1 で求めた代表距離の平均値とそれぞれのばらつきが小さいものとし個人毎に安定した特徴上位 3 個を選択する。特徴合成ではこの 3 個の特徴をユークリッド距離に変換し新たな閾値と署名間の距離とする。

### 5.2.1 特徴選択を用いたエラーレート

選択された特徴ランク毎のエラーレートを表 2 示す。

表 2 安定特徴上位 3 個を用いた場合の平均エラーレート

単位: %	安定度1位	安定度2位	安定度3位
共通閾値	13.50	17.38	21.75
個別閾値	4.88	5.00	7.75
提案手法	5.50	8.50	13.00

### 5.2.2 特徴合成を用いたエラーレート

5.1 で求めた距離に、新たに作られた (特徴合成) 共通閾値、偽造あり個別閾値、提案手法を用いた時のエラーレートを表 3 に示す。

表 3 閾値別特徴合成を用いたエラーレート

単位: %	FRR	FAR	平均
共通閾値	7.25	18.75	13.00
個別閾値	9.00	1.50	5.25
提案手法	1.75	8.50	5.13

## 6. 評価

提案手法は個別の認証精度のばらつきを見るとある程度個人に適した閾値を設けることは可能であり共通閾値を用いる場合と比べ有効で、偽造署名ありの個別閾値と比べても遜色ないといえそうである。パラメータごとの認証率では共通閾値に比べ良い結果となったが偽造有個別閾値程の結果は得られなかったが、安定した特徴のみを選択することで認証精度は向上し、合成特徴を用いた場合共通閾値よりエラーレートが 8% 程度向上し、偽造有個別閾値と比べても同程度の結果が得られた。

3 個の特徴を合成した結果は一つの安定した特徴とさほど差が見られなかったが今回は相加平均をとって特徴合成をおこなったが重み付けや閾値を変え直列や並列に条件を加えることで認証精度の向上につながる可能性があると考えられる。

## 7. まとめと今後の課題

本稿ではオンライン署名照合システムの認証精度の向上と実用性の高いシステムの構築のため偽造署名なしで個別閾値を設ける方法を提案した。また実験により目標であった個人差による認証精度のばらつきの低減と認証精度の向上という結果が得られ提案手法の有効性を示した。しかし認証精度はサンプルデータ量が少ないとデータベースによる依存が大きいいため他のデータベースでの検証や基礎となる特徴抽出のアルゴリズムの再検討など様々な課題が残っている。

## 参考文献

- [1] 瀬戸洋一: バイオメトリックセキュリティー入門
- [2] 村松大吾: オンライン署名の動的特徴量を用いた個人認証手法に関する研究 2006 年 早稲田大学大学院博士論文
- [3] Dit-Yan Yeung SVC2004: First International Signature Verification Competition
- [4] 山田太一 個別閾値を用いたオンライン署名認証システム 2009 年 第 8 回情報科学フォーラム (FIT2009)