

H-034

空中署名認証における筆跡崩れに頑健な特徴量の検討

Investigation of feature vectors robust to collapsed handwriting for aerial signature individual authentication

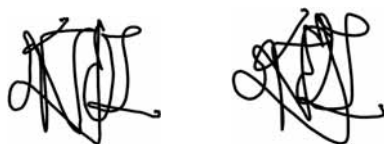
近江 亮祐†

中井 満†

Ryosuke Omi Mitsuru Nakai

1. はじめに

近年、バイオメトリクスを用いた認証が注目されており、署名認証はその一つである。紙面、電子タブレットへの署名は他人から筆跡が見られてしまい、成りすましの際に真似しやすくなってしまふ。そこで本研究では、空中署名認証に注目した。空中署名は他人から筆跡が見られない利点がある。しかし、本人からも筆跡が見えないため、筆跡が崩れやすいといった問題がある(図1)。従来の署名認証では筆跡全体の外接矩形で正規化する事が多い[1][2]。この方法では、筆跡が崩れると認証精度が下がってしまう。本発表では筆跡崩れに対処した認証方法について提案する。



崩れ無し

崩れあり

図1: 空中筆記で崩れた本人の署名(近江)

2. 空中署名認証の原理

2.1 特徴量

従来の署名認証では一般的に、筆跡の外接矩形を正規化した特徴量を使用する。この特徴量を大局的正規化特徴量と呼ぶことにする。一方、提案する特徴量は、フレーム毎に正規化を行う局所的正規化特徴量である。図2に局所的正規化特徴量のイメージを示す。ここでは特徴量を抽出するフレーム幅(窓幅)5、シフト3の場合を示している。まず最初の5点で原点移動と分散による正規化を行う。次に3点シフトした4点目からの5点で原点移動と正規化を行う。これを繰り返して得られる時系列特徴量を局所的正規化特徴量とする。

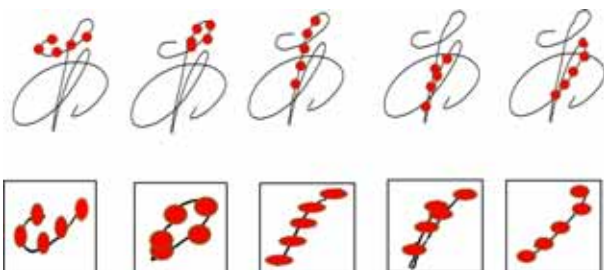


図2: 局所的正規化特徴量

2.2 照合

登録パターンと認証パターンの照合をDPマッチングによって行う。署名認証では距離によるDPマッチングがよく使用されるが、署名者によって距離のとりうる値が大きく異なるため、閾値の設定が困難である。そこで、本研究ではコサイン類似度によるDPマッチングを用いる。コサイン類似度は $-1 \sim 1$ に規格化されるため、閾値を設定しやすい。

2.3 登録および認証方法

登録時には3個の署名を取得し、相互の類似度の平均が登録用の閾値(0.8)を超えていれば登録完了とする。閾値を超えなかった場合は、再度署名を3個取得する。認証時にはその登録用データ3個との類似度を求め、類似度の平均が認証用の閾値を超える場合は本人、超えない場合は他人の署名と判定する。

3. 署名データの収集

空中での手の骨格情報を取得できるLeap Motionを使用し、署名者の人差し指を追跡する。署名取得時は最初の1秒間、指が停止状態であると、データ取得が開始される。そして、次の1秒間、指が停止状態になるとデータ取得を終える。図3にデータ取得の様子を示す。登録は14人の被験者から名字のみの署名を取得した。認証用は後日、真筆を1人あたり20個集めた。偽筆は本人を除いた13人が2回ずつ書き、1人に対して合計26個の偽筆を集めた。偽筆を集める際は空中署名の真筆、筆記時のビデオ、紙面への署名の全てを見て真似てもらった。

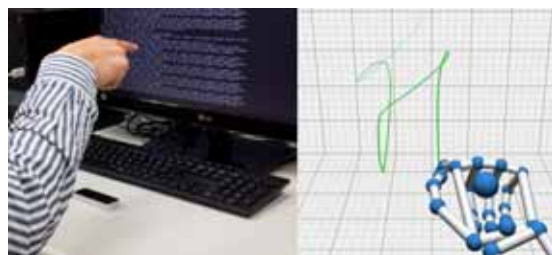


図3: データ取得の様子

4. 特徴量の比較実験

実験は閾値を変更しながら、本人拒否率および他人受入率を特徴量毎に求めた。特徴量の評価方法として、本人拒否率と他人受入率が等しくなる誤り率である等誤り率(EER)を用いた。

4.1 全署名者で窓幅、閾値を固定した場合

14人の署名者の閾値を共通にし、その閾値を調整してEERを求める。局所的正規化特徴量の窓幅を10、シフトを1とし

†富山県立大学, Toyama Prefectural University

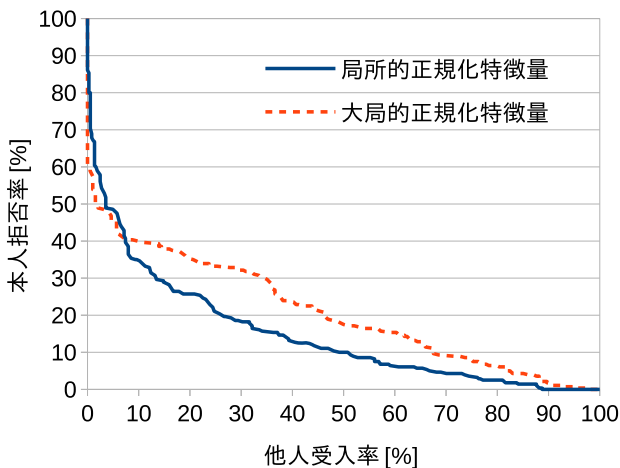


図 4: 各特徴量における ROC 曲線

た．局所的正規化特徴量，大局的正規化特徴量における ROC 曲線を図 4 に示す．EER は局所的正規化特徴量では 23% (閾値: 0.78)，大局的正規化特徴量では 32% (閾値: 0.88) となった．

4.2 署名者別に窓幅・閾値を最適化した場合

登録時に署名者の最適な窓幅と閾値を設定できると仮定して，14 人の署名者の EER をそれぞれ求めた．窓幅は 5 ~ 20 で変更し，この中から最も良い EER を個人ごとに選択した．14 人の最適な窓幅は表 1 のとおりであり，平均 EER は 10% であった．一方，大局的正規化特徴量における平均 EER は 27% であった．

5. 窓幅の自動決定

4.2 における最適な窓幅は EER を計算した結果から分かったものである．しかし，実際の認証ではこの窓幅を自動決定する必要がある．そこで，最適な窓幅を決定するための手法を 2 つ考え，検討した．

5.1 方法 1: 登録署名のみで窓幅を決定

登録時に窓幅を変えながら，3 つの登録署名における相互の類似度を計算し，その平均が最も大きくなった窓幅に決定する．表 1 に署名者の窓幅をまとめた．表 1 より窓幅は，6 人の署名が 5 ~ 6，残りの 8 人の署名が 20 であった．一般的に特徴抽出する窓幅は 5 か 20 のどちらかが選択されることが多いと分かった．この方法は，登録署名同士の崩れに依存すると思われる．窓幅を大きくするとその窓内で崩れが起こる可能性が高くなるため，書く度に崩れ方が変わる人の場合は窓幅 5 ~ 6 になったと考えられる．逆に，常に同じように書ける人の場合は窓幅 20 になったのではないかと考えられる．4.2 で述べた最適な窓幅と比較すると，9 人に対してはほぼ最適な窓幅を選択することができた．この方法で窓幅を決定した場合の平均 EER は 14% となった．

表 1: 署名者別の窓幅

署名者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	K	M	N
最適窓幅	20	20	5	5	20	20	20	7	6	5	20	5	20	6
方法 1 の窓幅	20	20	20	20	20	20	20	20	6	5	5	5	5	5



図 5: 認証署名に対する崩れ度の計算結果

5.2 方法 2: 認証署名の崩れ度による決定

方法 1 で選択した窓幅が 20 で，最適な窓幅が 5 となる署名者は認証署名が崩れていると考えられる．逆に，方法 1 で選択した窓幅が 5 で，最適な窓幅が 20 となる署名者は，3 つの登録署名の平均的な署名が入力されたのではないかと考えられる．つまり，登録署名を基準として，認証署名がどれだけ崩れているのかがわかれば，その崩れ度に応じた認証ができると考えられる．そこで，登録署名を基準とした認証署名の崩れ度 δ を次のように定義した．

$$\delta = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T |s_t - s_{t-1}|$$

s_t は登録署名と認証署名を DP でアライメントをとったときの t 番目のフレーム間の局所的正規化特徴量 (窓幅: 10) を用いた類似度である．この δ を 1 つの認証署名につき 3 つの登録署名と計算し，平均をとったものをその署名の崩れ度とした．この値によって特徴量を抽出する窓幅を決定する．認証署名に対する崩れ度の計算結果を図 5 に示す．5.1 で述べたように窓幅を大きくすると，崩れた部分が入ってしまう可能性があるため，崩れ度が大きい認証署名ほど窓幅を小さくした．実際に， $\delta = 0.033$ のときは窓幅 14， $\delta = 0.045$ のときは窓幅 7 とした．この決定方法により特徴量を抽出して認証実験を行った結果，平均 EER は 16% となった．

6. まとめ

局所的正規化特徴量を用いることで，筆跡崩れが原因とされる EER を改善することができた．署名者毎に最適な窓幅を決めた場合，平均 EER 10% を達成することができた．しかし，窓幅を自動決定した場合の平均 EER は 14% となり，最適な場合より認証精度が 4% 低くなる結果になった．理論的には個人毎に窓幅を固定するよりも，認証署名毎に窓幅を変えた方が EER が低くなる可能性がある．今後，方法 2 について改良を行う予定である．

謝辞 本研究は JSPS 科研費 17K00275 の助成を受けて行った．

参考文献

- [1] 島中一成 他，“指識別情報を用いたフレキシブル空中署名個人認証システムに関する研究,” 映像情報メディア学会誌 Vol.70, No.6, 2016.
- [2] 山田太一，平川豊，“個別閾値を用いたオンライン署名認証システム,” 第 8 回情報科学技術フォーラム，2009.