

筆記モーションの分割登録を用いた空中署名認証

Aerial Signature Authentication Using Writing Motion Segment Matching

大原祐也[†]中井 満[†]

Yuya Ohara

Mitsuru Nakai

1. はじめに

バイオメトリクスの一つである空中署名認証に関する研究がある [1][2]. 筆跡の残らない空中署名では, 書いた文字の重なりが生じたり (問題点 1), 3 次元的な回転が生じる (問題点 2) という問題がある. 査中の研究 [1] では文字ごとに指を変えているため問題点 1 に対して比較的頑健である. 近江の研究 [2] では ICP アルゴリズムで回転位置合わせを行い, 問題点 2 を解決している. そこで, 筆記モーションを最適に分割し, 回転位置合わせをする手法を提案する. 本発表では筆記モーションの分割基準と認証精度 (誤り率) との関係について報告する.

2. スポットティングと位置合わせを利用した空中署名認証

2.1 空中署名認証システムの概要

図 1 に空中署名認証の流れを示す. 登録パターン R , および照合パターン X の特徴量として人差し指の 3 次元位置座標を用いる. 本システムでは分割された登録パターンを用いて連続照合を行うため, 登録パターンと照合パターンの開始点, および終了点が一致していない. そこで連続 DP[3] を用いて登録文字スポットティングを行い, 切り出した文字区間で認証を行う.

1 回目のスポットティングでは位置ずれの問題を解消するため, リズムの比較により筆記速度特徴量を用いる [2]. 2 回目以降は回転位置合わせによって 2 つのパターンが近づいているため, より形状の比較により位置特徴量を用いる. 次に, スポットティングによって得られた登録パターンと照合パターンの対応点を用いて回転と平行移動を行う変換行列 M を求め, 登録パターンを照合パターンに近づける. スポットティングと回転位置合わせを収束するまで繰り返し, 登録パターンと照合パターンの距離がしきい値以下のとき本人と判定する.

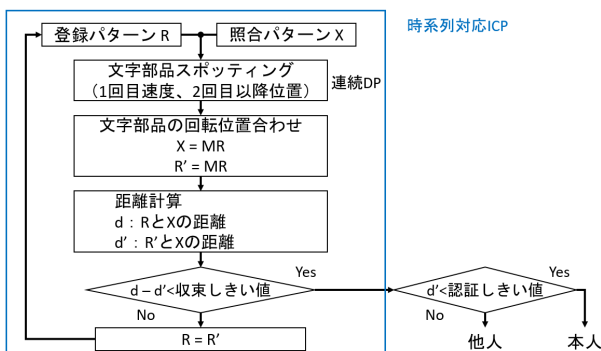


図 1: 認証システム



図 2: スポットティング例



図 3: データ取得の様子

2.2 特徴量

1 回目のスポットティングに使用する速度は取得した時系列パターン $O = \vec{o}_1, \vec{o}_2, \dots, \vec{o}_t$ の 3 次元位置座標における隣接した 2 点の差分である. 時刻 t における 3 次元位置座標 $\vec{o}_t = (x_t, y_t, z_t)$ として, 速度は $\vec{v}_t = \vec{o}_t - \vec{o}_{t-1}$ とした.

2.3 登録文字スポットティング

スポットティングには端点をフリーにした DP を用いる. 端点をフリーにすることで照合パターンに登録パターンと一致する部分があれば, その部分をスポットティングすることができる. しかし, このままでは分割された登録パターンが本来の署名の順序を守らずにスポットティングされてしまう可能性がある. そのため, 1 つの登録パターンの終点後に次の登録パターンの始点を取るよう制限を設けて連続 DP で解く. 筆記モーション「大原」から登録文字「大」と「原」をスポットティングした例を図 2 に示す.

3. 登録署名の分割による個人認証実験

3.1 実験条件

筆記モーションの分割方法と認証精度との関係を明らかにするために被験者 11 人の個人認証実験を行った. 署名データ (名字) は近江の研究 [2] で収集したデータを用いた. 図 3 にデータ収集の様子を示す. 被験者 1 人に対して, 登録 3 個, 真筆 20 個, 偽筆 26 個の署名を Leap Motion を用いて取得した. 偽筆を取得する際は空中署名の真筆, 筆記時のビデオ, 紙面への署名を見てから真似てもらった. 距離計算には位置特徴量のユークリッド距離を使用した. 距離がしきい値以下のときを本人, 超えたときを他人とし, このしきい値を変化させながら本人拒否率と他人受入率を計算し, この 2 つの誤り率が等しい等誤り率 (EER) を認証精度の評価として用いた. しきい値は被験者ごとに変えた. 筆記モーションの分割登録として以下の 4 種類を比較した. 図 4 に 4 種類の分割登録の例を示す.

なし: 署名の書き始めから書き終わりまでを 1 つとする

文字: 2 文字以上の署名では 1 文字ごとに分割する

部首: 文字に加えて部首ごとにも分割する

画: 1 画ごとに分割する

[†]富山県立大学, Toyama Prefectural University

表 1: 分割基準と等誤り率 (EER) [%]

分割基準	被験者											平均
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
なし	10.8	15.2	10.8	0.0	10.8	4.4	10.8	24.0	24.0	15.2	19.6	13.2
文字	19.6	19.6	10.8	0.0	10.8	4.4	4.4	19.6	19.6	4.4	19.6	12.1
部首	19.6	19.6	10.8	0.0	10.8	4.4	4.4	19.6	19.6	4.4	15.2	11.7
画	54.4	15.2	30.4	4.4	30.4	8.8	24.0	26.0	39.2	24.0	15.2	24.7

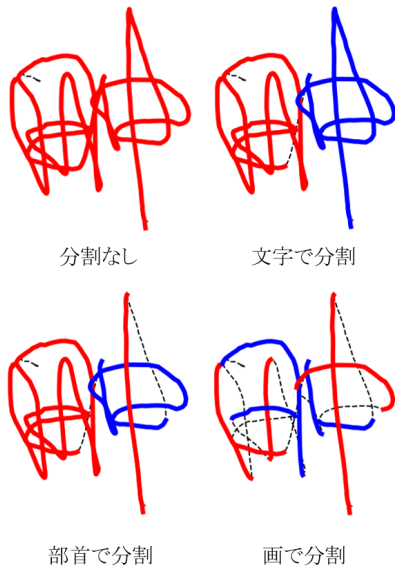


図 4: 筆記モーションの分割登録の例

3.2 結果

表 1 に 4 種類の分割基準における EER の値を示す。分割なしに比べて、文字による分割や部首による分割を行ったとき、EER を減らすことができた。しかし、画による分割では分割なしに比べて EER が増えてしまった。これにより、筆記モーションの分割は認証精度を向上させることと、過剰に分割した場合では認証精度が落ちることが分かった。

また、表 1 より 2 人の署名では文字や部首で分割することによって EER が増えた。残りの 9 人の署名は分割なしと部首による分割が同じ EER である署名か、部首による分割が最も低い EER である署名であった。図 5 に分割によって正しく本人と判別された真筆の例を、図 6 に分割によって誤って本人と判別された偽筆の例をそれぞれ示す。図 5 のように左側の登録パターンに対して右側の真筆のような位置ずれがあった場合、分割なしでは他人と判別したが文字ごとに分割すると正しく本人認証できた。一方、図 6 のように左側の登録パターンに対して右側の偽筆のようなずれがあった場合に、分割によって誤って本人だと判断してしまい EER が増えた。分割によって EER が増えてしまった原因として真筆の崩れが少ない署名では、真筆よりも偽筆の方が分割によって距離が小さくなってしまふことが挙げられる。よって、より認証精度を向上させるためには署名ごとに適切な分割をすることが必要であると考えられる。

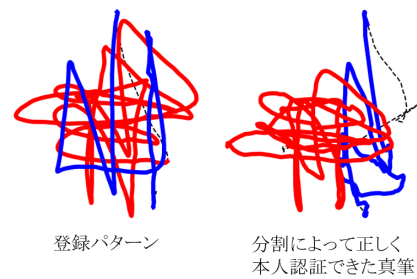


図 5: 分割によって本人と判別された真筆の例 (青山)

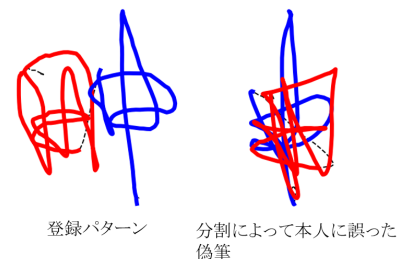


図 6: 分割によって本人と判別された偽筆の例 (田中)

4. まとめ

本研究では筆記モーションの分割方法と認証精度との関係を明らかにするために、4 種類の基準で分割された登録パターンを用いて認証実験を行った。その結果、文字ごとの分割や文字と部首ごとの分割は分割なしに比べて認証精度が向上することを確認した。また、11 人の署名のうち 2 人の署名では分割をすることで認証精度が悪くなることを確認した。原因として、悪くなった 2 人の署名では本人の署名の崩れが少ないことが挙げられる。そのため、署名ごとに適切な分割をすることが認証精度の向上に必要であると考えられる。今後の課題として、今回は文字の構造に着目して手動で分割したがそれぞれの登録署名に対して適切に自動分割する手法を検討する予定である。

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] 畠中ら, “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, pp.J125-J132, 2016.
- [2] 近江亮祐, 中井満 “筆跡時系列の 3 次元回転位置合わせによる空中署名認証,” 第 17 回情報科学技術フォーラム, 2018.
- [3] 岡隆一, “連続 DP を用いた連続音声認識,” 音響学会音響研資, S78-20, pp.145-152, 1978.