

空中での手の動きによる個人認証手法

Person Verification using Handwriting Gesture

真部雄介*¹ 松尾翔太*¹ 菅原研次*¹
Yusuke MANABE Shota MATSUO Kenji SUGAWARA

*¹千葉工業大学情報科学部

Faculty of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology

This study examines the possibility of the person verification by a handwriting gesture as one of the behavior-based softbiometrics. The proposed method with a camera and a NIR sensor allows to make person verification by a handwriting gesture without having anything. Especially we focus on the individuality in the depth (distance) information based on an NIR sensor. As the result of the experiment using the data obtained from 6 subjects, we can find that an average of about 70 percent of verification accuracy can be performed.

1. はじめに

行動的特徴を用いたバイオメトリクス認証技術は、指紋、虹彩、静脈、顔形などの身体的特徴を用いた手法に比べ、認証率の面で技術的な課題が残されており広く普及するに到っていないが、筆跡、歩行、瞬きや口唇の動きなど本人の癖が表れると考えられる様々な行動を対象として研究が行われている。

一般的に身体的特徴を用いる手法は、類似する特徴や特性を持つ第三者が皆無かきわめて少ないという利点を活かした認証方法である。一方、行動的特徴は、それ単体では個人を完璧に特定することは難しいと考えられるが、少なからず個人性が含まれているといった特徴である。これは、ソフトバイオメトリクス [1] と呼ばれるものの一種と考えることができ、近年、このような弁別性の弱い特徴を利用した個人認証の可能性が盛んに研究されている。

そこで本研究では、行動的特徴を用いたバイオメトリクスの1つとして、空中での署名動作による個人認証の可能性について検討する。提案手法は、カメラ、赤外線センサーを利用し、何も持たずに空中署名を行い個人認証を可能とするものであり、今回は特に、赤外線センサーによる深度（距離）情報に含まれる個人性に着目する。6人の被験者から得られたデータを用いた実験の結果、被験者全員が同じ文字を書くという条件の下でも、平均7割程度の照合ができることを示す。

本論文の構成を示す。2章では空中署名に関する関連研究について述べる。3章では提案手法について記述し、4章で提案手法を用いた個人照合実験とその結果について記述する。最後に5章ではまとめと今後の課題を述べる。

2. 関連研究

本研究と関連の深い研究として、片桐・杉村の研究 [2][3] がある。片桐・杉村は、署名による個人認証を実現するために、ビデオカメラを利用し空中でサインを行う方法を提案している。この研究では、電子タブレットを用いた通常の署名入力方式と、ビデオカメラを利用した署名入力方式との比較を行っている。具体的には、以下の3つの方法の比較を行っている。

1. ビデオカメラ入力1

ビデオカメラの正面で先の光るペンを持ち空中で署名を
連絡先: 真部雄介, 千葉工業大学, 千葉県習志野市津田沼 2-17-1,
047-478-0370, ymanabe@net.it-chiba.ac.jp

行う方法である。入力を安定に行うために、先端に発光素子を設けて特殊なペンを利用している。このペンを用いることで、署名入力時にペン先を発光させ比較的安定にペン先の追跡を行うことができる。

2. ビデオカメラ入力2

ビデオカメラとの間にガラス板を設置し、そのガラス板面上で署名を行う方法である。空中署名ではペン先が必ずしも特定の平面上を運動するわけではないため、透明なガラス板をカメラの前に設置しガラス板上で署名することによりペン先運動の平面性を確保している。この方法は、前述の奥行きのあるガラス板を用いない空中署名の場合との比較を行い、影響を評価するために行われている。

3. 電子タブレット入力

電子タブレット上で署名を行う方法である。ビデオカメラを利用した空中での署名との比較を行うために通常の署名方式でも実験されている。

評価実験では、上で述べた3つの入力毎に、登録用署名、照合用真筆署名、照合用偽筆署名を複数の被験者に対し作成している。登録用署名は被験者1人あたり3署名を獲得し、その平均を登録署名として用いている。照合には日本サイバーサイン(株)製の商用化されているサイン認証照合用エンジンを利用している。また、前処理として署名の大きさ・位置に要した時間について正規化する処理を行っている。

実験結果として、FRR および FAR を等しくするという制約条件のもとに評価を行った結果、空中署名でのエラー率は3.6%、ガラス板面上での署名は7.6%、電子タブレット上で署名は3.0%という結果が報告されている。

空中署名の方がガラス板面上より認証性能が高まった要因として、(1) 空中署名は運動自由度が大きく個人の癖がより顕著に現れる、(2) 他人の署名の形や署名動作を見ても手本にならず真似しにくいといった点が挙げられている。

これ以外の空中署名による認証手法として広木らの研究 [4] がある。その他、空中での手書き文字認識に関する研究がいくつか試みられている [5, 6, 7] が、いずれも空中での手の動きの2次元平面上での軌跡を扱ったものが多い。

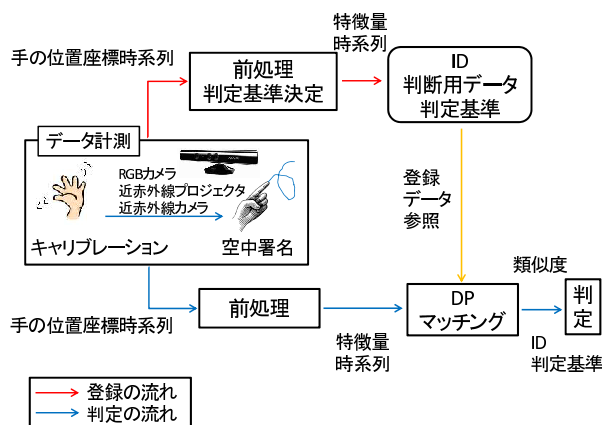


図 1: 処理の流れ

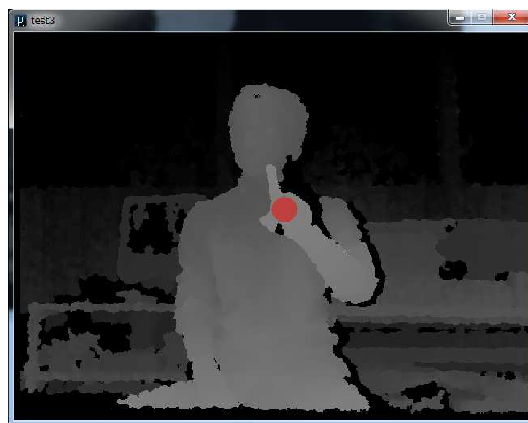


図 2: 手の位置検出の例

3. 提案手法

本研究では、カメラ、赤外線センサーを利用し、取得した手の位置座標時系列を用いて個人認証を行う手法を提案する。空中での手の動きを3次元で捉え、2次元平面上での文字の軌跡だけでなく、奥行き情報も考慮することによる認証精度の効果を検証する。図1に提案手法の主な流れを示す。まず、計測デバイスの前でキャリブレーションを行い、手の位置を検出する。本研究では、カメラ、赤外線センサーを共に備えているMicrosoft社の家庭用ゲーム機Xbox360専用コントローラであるKinectを計測デバイスとして用いる。その後、空中署名を行うことで手の位置座標を時系列データとして取得する。次に、前処理として取得した時系列データを正規化する。認証は時系列データ間の類似度をDPマッチングを用いて計算することにより行い、類似度が判定基準を満たしていれば本人である可能性が高いと判断する。

3.1 手の位置情報の取得

本研究の認証実験ではKinectセンサーによる手の位置座標の取得を必要とする。この情報の取得には、PrimeSense社のOpenNI[8]を利用する。OpenNI(Natural Interaction)を使うことで、Kinectに搭載されている各種センサーの制御および手の位置検出、人体の骨格検出等が可能となる。

3.2 データ計測

データ計測は空中署名動作をKinectの正面で行うことにより行う。また、手の位置座標の変化は3次元の時系列データとして取得する。具体的な計測手順を以下に示す。

1. 手を振る動作を行いキャリブレーションを行うことで手の位置座標を取得する。
2. 手の位置座標が取得できるようになった後、書き始めと同時にデータ計測を開始する。
3. 書き終わりと同時にデータ計測を終了する。

今回は、サンプリング周波数を30Hzとした。図2にキャリブレーションによって手の位置を検出した例を示す。

3.3 前処理

本人が続けて署名する場合でも署名ごとに署名開始位置や、文字の大きさなどに変化が生じるため、座標ごとに正規化する。

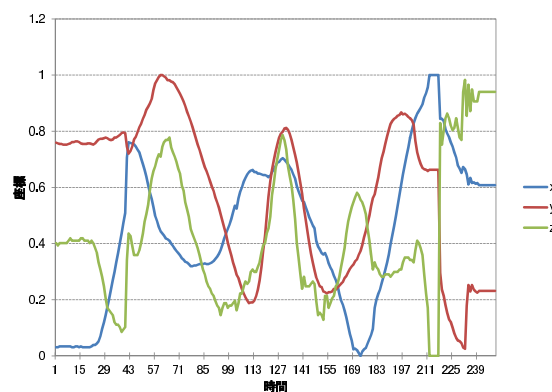


図 3: 計測された手の位置座標の時系列データ

る。標本化時刻 n 、および各時刻における x, y, z 座標の値 $x(n), y(n), z(n)$ は、それぞれ以下のように正規化される。

$$x'(n) = \frac{x(n) - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (1)$$

$$y'(n) = \frac{y(n) - y_{min}}{y_{max} - y_{min}} \quad (2)$$

$$z'(n) = \frac{z(n) - z_{min}}{z_{max} - z_{min}} \quad (3)$$

ここで、 $x_{max}, y_{max}, z_{max}$ は $x(n), y(n), z(n)$ の最大値、 $x_{min}, y_{min}, z_{min}$ は最小値である。また、図3に正規化後の計測データ例を示す。

3.4 判定方法

取得した x, y, z それぞれの時系列データに対し、同一筆記者間の類似度及び異なる筆記者間の類似度をDPマッチングにより計算し、単純な閾値処理により受理・棄却の判定を行う。本研究では、閾値を変化させた際のエラー率の変化を見ることで個人照合精度を検証する。評価尺度となるエラー率の詳細は後述する。

4. 実験

提案手法の有効性を検証するために、実際に空中署名データを計測し個人照合実験を行った。

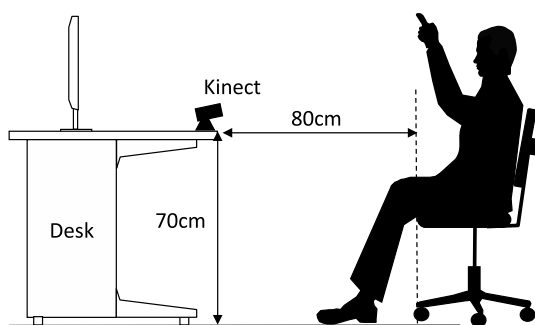


図 4: 実験環境

4.1 データ計測環境と計測方法

図 4 に実験環境を示す。机の上に Kinect を置き、Kinect から 80cm 離れた場所に椅子を配置する。被験者は、その椅子に深く自然に座り空中署名を行う。Kinect からの距離を 80cm とした理由は、予備実験により 80cm より近い場合にデータ取得範囲から外れることが多かったためであり、安定してデータの取得が行える十分な距離として設定した。また、背もたれに寄り掛かるかどうかは特に教示せず被験者の任意とした。

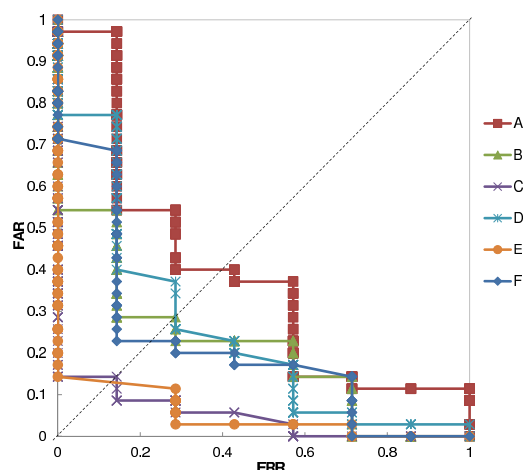
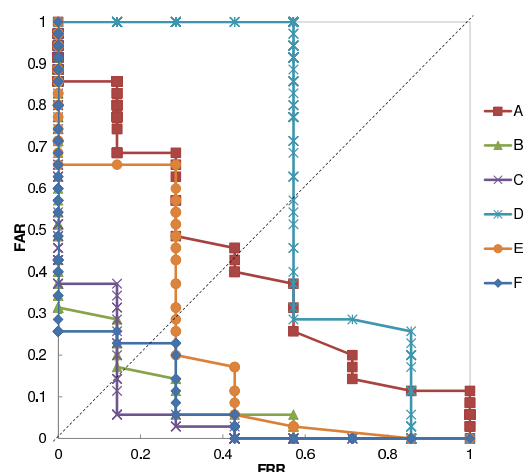
データ計測は、以下の要領で行った。

1. 利き手の人差し指で署名を行う：今回は人差し指の位置をトラッキングするわけではないが、空中署名のしやすさと手の位置のトラッキングの安定性の面から決定した。
2. 被験者全員「あ」というひらがな一文字を署名する動作を行う：今回の実験では、全員が同じ文字を署名するという認証を行う上で悪い状況を想定して実験を行った。ただし、文字があまりにも単純すぎる場合は認証がそもそも不可能となるため、横画、縦画、曲線などが含まれる「あ」を署名する動作を行うこととした。
3. データの取得は署名開始直後から終了直後までとし、実験実施者が被験者の空中署名を観察しながらそのタイミングを計る：データの比較を行いやすくするため、署名以外の余計なデータを取得することがないように開始、終了のタイミングを決定した。
4. データ計測は、1 人の被験者につき 1 日 5 回、別の日に 5 回の計 10 回行う：同じ日にすべての計測を行うと署名に慣れてしまい認証精度が上昇する傾向がある。実際の認証では登録と認証は別日であることが多いため、今回は日を分けてデータの取得を行うこととした。

データ取得は、6 人の被験者 (A~F) から行った。それぞれの取得したデータのうち、初めの 3 回分を登録データ、後の 7 回を本人用評価データとして扱う。また、他人用評価データは登録被験者以外の全ての本人用評価データを用いた。データ計測プログラムは Processing[9] を用いて自作した。

4.2 評価尺度

評価尺度は、他人受率 (False Acceptance Rate, FAR) と本人棄却率 (False Rejection Rate, FRR) を利用した。FRR 対 FAR を表す DET 曲線 (decision error trade-off curve)[10] を用いて、受理・棄却判定の基準となる閾値を変化させた際の傾向を分析した。

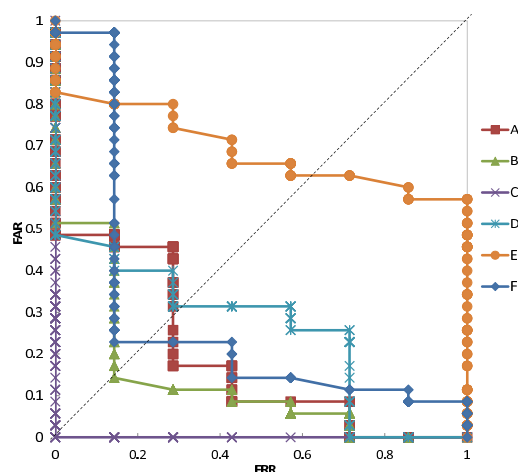
図 5: x 座標時系列における DET 曲線図 6: y 座標時系列における DET 曲線

4.3 結果

図 5 に x 座標時系列を用いた場合の DET 曲線を示す。横軸が FRR 縦軸が FAR を表す。各エラー曲線と対角線との交点は EER を示している。図より、被験者 C や被験者 F のエラーが小さく抑えられているものの、被験者 A のエラーが多くなっていることがわかる。各被験者別の EER は、被験者 A が 40.0%、被験者 B が 28.6%、被験者 C が 28.6%、被験者 D が 28.6%、被験者 E が 13.0%、被験者 F が 22.9%、6 人の平均 EER が 26.9% となった。よって、7 割程度は本人と他人を判別できることが分かった。

次に、図 6 に y 座標時系列を用いた場合の DET 曲線を示す。被験者 A や被験者 D において、エラーが非常に大きくなっていることがわかる。各被験者別の EER は、被験者 A が 42.9%、被験者 B が 16.7%、被験者 C が 14.3%、被験者 D が 57.1%、被験者 E が 28.6%、被験者 F が 22.9%、6 人の平均 EER が 30.4% となった。

図 7 に z 座標時系列を用いた場合の DET 曲線を示す。 z 座標は、通常の書字による認証やらの先行研究では扱われていない定量である。図より、被験者 E の EER が 62.9% と突出して

図 7: z 座標時系列における DET 曲線

大きくなっており、本人と他人の判別ができていないことがわかる。しかし、被験者 C の EER は 0.0% と完璧な判別が達成されており、奥行き方向の変化量に個性が強く現れるような癖を持つ被験者が存在することがわかった。その他の被験者別の EER は、被験者 A が 28.6%、被験者 B が 14.3%、被験者 D が 31.4%、被験者 F が 22.9%、6 人の平均 EER が 26.7% となった。

5. おわりに

本研究では、カメラ、赤外線センサーから得られる 3 次元位置情報に基づく空中での手の動きを用いた個人認証手法の実現可能性について検討を行った。被験者 6 人から取得したデータを用いて、約 7 割の照合精度 (x 座標時系列において平均 EER=26.9%、 y 座標時系列において平均 EER=30.4%、 z 座標時系列において平均 EER=26.7%) という結果を得た。また、書字のような空中での動作においては、2 次元平面上における軌跡である文字形状だけでなく奥行き情報に強く個性が含まれるケースがあることが分かった。

今回の実験では全被験者に同様の文字を書いてもらっており、空中での動き（署名する文字）が他人にもれてしまった最悪の状況を想定している。このような条件下においても個人差が確認できたことは、空中での手の動きに個性が含まれていることを示唆するものであり、有効なソフトバイオメトリクス の 1 つになり得ると考えられる。

今後の課題としては、データ計測方法の確立が挙げられる。手の位置座標時系列を取得する際に位置ずれが発生し、正確にデータを取得できないことが数回発生した。今回は、Kinect に正対してデータの取得を行ったため、手と肘などの座標が重なり正しく骨格情報が得られなかったことが原因と考えられる。今回の実験においては正確にデータが取得できなかった場合、もう一度署名を行うという対処法を取った。また、Kinect に正対するのではなく横を向いて計測を数回行った所、データの取得に失敗することはなく、手の位置座標の時系列データも正しく取得できていた。今後は、このような多視点計測も視野に入れ検討する必要がある。

参考文献

- [1] A. K. Jain, S. C. Dass and K. Nandakumar, "Can soft biometric traits assist user recognition?" Proceedings of SPIE, Vol. 5404, Biometric Technology for Human Identification, pp. 561–572, 2004.
- [2] 片桐雅二, 杉村利明: ビデオカメラを用いた空中署名による個人認証の試み, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.101, No.125, pp.9–16, 2001.
- [3] 片桐雅二, 杉村利明: 空中署名画像を使った移動環境に適する個人認証, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.25, No.85, pp.59–64, 2001.
- [4] 広木誠, 近間正樹, 木戸出正継: 空中署名動作の特徴抽出による個人認証システムの試作, pp. 2-325–2-326, 2004.
- [5] 園田智也, 村岡洋一: 空中での手書き文字入力システム, 電子情報通信学会論文誌 D-II, 情報・システム, II-パターン処理 J86-D-II(7), pp. 1015–1025, 2003.
- [6] 保呂 毅 稲葉 雅幸: 複数カメラを用いた手書き文字認識システム, 第 14 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ, 2006, Retrieved April 17, 2012, from http://www.wiss.org/WISS2006Proceedings/demos-cready/A_Handwriting_Recognition_System.pdf.
- [7] 中井満, 米澤久光: 加速度センサを用いた空中手書き文字認識, FIT2009 (第 8 回情報科学技術フォーラム), pp. 133–134, 2009.
- [8] OpenNI, Retrieved February 27, 2012, from <http://75.98.78.94/>.
- [9] Processing, Retrieved March 15, 2012, from <http://processing.org/>.
- [10] C. Vielhauer, *Biometric User Authentication for IT Security — From Fundamentals to Handwriting*, Springer, 2010.