

身体動作を用いた個人認証のための基本動作に含まれる個人性の解析 Analysis of Individuality in Basic Motion for Person Authentication by Body Motion

齋藤拓史[†]
Hiroshi Saito

荒井秀一[†]
Shuichi Arai

1. はじめに

個人認証とは、本人しか持ち得ない情報を確認し本人であると証明することである。現在、バイオメトリクス認証が研究されており、指紋 [1]、虹彩 [2] を用いた認証が実用化されている。しかし、認証に用いる情報が本人の身体情報であるがゆえに、登録されている辞書データを変更することができないデメリットが存在する。そこで、バイオメトリクスの一部である Signature に着目した。Signature は指紋や虹彩などとは異なり、辞書データを盗難されても新しい Signature を作成すれば変更が可能である。また、最近では空中で署名を行う Air Signature [3] も研究されており、手の軌跡を用いて認証をし成果をあげている。そこで我々は、腕だけでなく全身の動作を認証に用いることで、他者による偽装が困難になると考え、全身動作を Body Motion Signature (以下、BMS) [4] と定義し、これを用いて個人認証する研究をしてきた。

しかし、Air Signature や BMS は個人認証における頑健性が検討されていない。頑健性を検討するには動作の個人性を明らかにする必要がある。ここで、動作のどこに個人性が存在するかを考える。動作の個人性は大きく分けて身体的特徴と行動的特徴の2つ存在すると考えられる。身体的特徴については、骨格や体の大きさなどに個人性が含まれているので、抽出が簡単に行える。一方、行動的特徴は動作の速さや癖などに個人性が含まれているため、身体的特徴の影響を受け抽出が難しい。

そこで本研究では、全身の動作に行動的特徴がどの程度存在するかを明らかにする。

2. 取得する特徴点

本研究では、モーションキャプチャを行うために Microsoft Kinect を使用した。Kinect は図 1 で示す 15 点の三次元位置情報の時系列を取得することが可能である。本研究では、すべての点を特徴点として用いる。

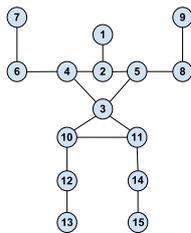


図 1: Kinect で取得可能な部位

[†] 東京都市大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Tokyo City University

3. 行動的特徴の抽出法

本研究では図 1 で示した特徴点を用いて行動的特徴の比較を行う。しかし、骨格である身体的特徴が含まれるので、身体的特徴を取り除く必要がある。そこで、骨格の長さをすべて 1 に正規化し、身体的特徴を取り除いて行動的特徴の比較を行う。正規化前の座標を p_n (n は図 1 中の点の番号に対応する)、正規化後の座標を p'_n としたときの正規化アルゴリズムを次のようにした。

1. 図 1 中の点 3 が原点になるようにすべての特徴点を平行移動する
2. 三角形 345 が xy 平面に乗り、直線 $L_{4,5}$ が x 軸と平行になるようにすべての特徴点に対してアフィン変換を行う
3. 三角形 345 のすべての辺の長さが 1 になるような p'_4, p'_5 を求め、 p'_3 を原点とする
4. 直線 $L_{10,11}$ と原点を通る $L_{10,11}$ の垂線の交点 p_c を求める
5. 直線 L_{3,p_c} 上に存在する原点からの距離が $\sqrt{3}/2$ の点 p'_c を求め、 p'_c から方向ベクトル $\mathbf{l}_{10,11}$ 方向に距離が 0.5, -0.5 のところをそれぞれ p'_{11}, p'_{10} とする
6. 腕や脚の方向ベクトルを求め、距離が 1 になるところをそれぞれの正規化後の座標の値とする。
7. すべてのフレームに対して 1~6 の処理を行う

このアルゴリズムで図 2 の骨格を正規化した結果を図 3 に示す。



図 2: 正規化前

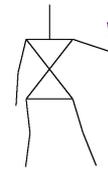


図 3: 正規化後

このアルゴリズムによって骨格の長さはすべて等しくなっており、ポーズは変化していないので動作を正規化できていることが分かる。

4. 個人性の評価方法

行動的特徴は同じ動作でも筋肉量の違いによる加速度や可動域の違いによる軌跡、ある動作において意図していない部位が動くことに個人性が存在すると考え

られる。本研究では、軌跡と意図していない部位の動作の個人性評価のために DPmatching を用いて比較を行う。まず、複数人で同じ動作を複数回撮影する。本人同士の DP 距離を全組み合わせを計算し、標準偏差 σ を求め、他者との DP 距離が 3σ より離れているものの割合を評価値とする。この評価値が大きいほどその動作には個人性が多く、小さいほど個人性が少ないことを表す。この評価を複数動作に対して行う。

5. 実験

5.1. 実験データ

嘉陽氏は人間の動作を 70 個の基本動作に分類している [5]。本研究ではこの基本動作毎に個人性を評価する。1つの基本動作に対して 10 回動作を行い、10 人の被験者に対して実験を行った。被験者には、基準となる動作の動画を見てその動作の真似てもらい、その動画を見てもらいながら動作を撮影した。また、同じ動作を連続して取らずに、すべて動作を一度ずつ撮影してから最初の動作に戻り撮影し、10 回繰り返した。

5.2. 実験結果

代表的な 3 動作を例にあげて評価を行う。3 動作の個人性の評価値をまとめたものを表 1、この中で最も評価値が大きいものの累積ヒストグラムを図 4 に示す。評価値の単位は % とする。

表 1: 被験者・動作ごとの個人性評価値

	motion13	motion19	motion43
No.1	5	21	5
No.2	64	39	69
No.3	33	9	40
No.4	48	24	16
No.5	70	51	59
No.6	25	7	58
No.7	40	55	17
No.8	46	25	48
No.9	4	7	17
No.10	33	30	10

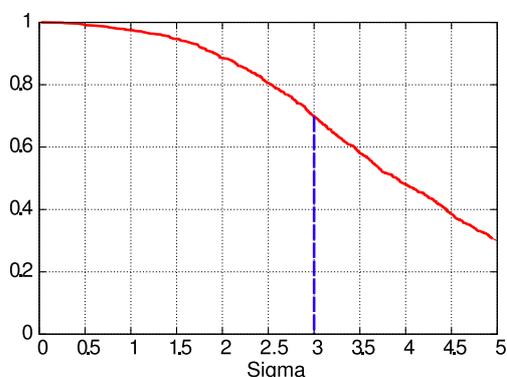


図 4: No.5 が動作 13 を行った時の累積ヒストグラム

5.3. 基本動作の種類による個人性の違い

実験の結果、動作 43 は全体的に個人性が多いことが分かる。この動作は膝を上げる動作なので、被験者毎にバランスの取り方が異なったため個人性が多いと考えられる。よって、意図していない部位が動作しており、各々動作する部位が異なっていたと考えられる。一方、動作 19 は全体的に個人性が少ない。動作 19 はシンプルな動作であるので、どの被験者も似た動作になったと考えられる。これらの結果より、動作毎にある程度、個人性の大小が存在すると考えられる。

5.4. 個人毎の動作の特異性

No.2 や No.5 のようにどの動作に対しても個人性が多かった被験者が存在する。普段その動作をあまり行わないために、コスト最小の動作から遠くなったことや、その人固有の癖が動作に含まれていることが個人性が多い理由であると考えられる。一方、No.1 や No.9 のようにどの動作に対しても個人性が少ない被験者が存在する。No.1 や No.9 にとってはよく使う動作であるので、コスト最小の動作になり、他者と似た動作になったと考えられる。それ以外の人は個人性が多い動作と少ない動作が存在し、それぞれ個人性が多い動作と少ない動作が異なるため、人によって特異な動作が異なることが分かった。特異な動作が各々異なるので、ユーザごとに個人性の評価を行い、個人性の多い動作を組み合わせることでより頑健な個人認証が可能であると考えられる。

6. 結論

本研究で、行動的特徴に個人性があることを示し、個人性がある動作は各々違うことを示した。個人性は最大で 70 % 存在し、個人性が多い動作を組み合わせれば、より頑健な個人認証を行うことが出来ると考えられる。

今後、本稿で示すことができなかった動作の加速度に含まれる個人性について検討する必要があると考えられる。加速度に個人性があることを示すには、時間で正規化を行わない手法で比較する必要があると考えられる。

参考文献

- [1] 笹川 耕一, "指紋による個人認証", 生体医工学, 44(1):15-19, 2006
- [2] 細矢 雅彦, "虹彩による認証システムについて", 生体医工学, 44(1):33-39, 2006.
- [3] J.G.-Casanova, C.S. Avila, G. Bailador, A. de-Santos-Sierra, "Time series distances measures to analyze in-air signatures to authenticate users on mobile phone", IEEE International Carnahan Conference on Security Technology, pp.18-21, 2011
- [4] 藤川健太, 荒井秀一, "Body Motion Signature による 3 次元動画個人認証", 電子情報通信学会総合大会講演論文集, 2012
- [5] 嘉陽春人, "家のためのダイアグラム操体法", エンタプライズ, 2004