

床型デバイスを用いた歩容取得による人物の推定

井熊勇介^{†1} 伊藤弘大^{†1} 藤田和之^{†3} 角谷星哉^{†4}
名富太陽^{†4} 物永齊^{†2} 伊藤雄一^{†1}

概要：近年、生体認証が広く普及する中で、人の歩き方の個性を表す「歩容」を用いた認証方法（人物の推定）に注目が集まっている。多くの歩容認証ではカメラから取得した映像から歩容を導き出す手法が用いられているが、プライバシーの問題や、計算機・ネットワークリソースの問題などがある。一方で、歩く際の重心重量の変化などから歩容を取得できれば、これらの問題を解決できると考えられる。そこで、本稿では、床型デバイスを作成し、歩く際の重心重量をセンシングすることで、そのデータから各人の歩容の特徴を導き出し、機械学習を用いて人物の推定を図る。実験の結果、実験参加者7人を約78%の精度で識別できることが確認できた。

1. はじめに

近年、指紋認証・顔認証・虹彩認証といった生体情報を用いた個人認証、いわゆる生体認証が広く普及している。その中でも歩容を用いた認証が提案・検討されている。歩容とは、人の歩き方の個性を表すもので、個々人によってその人物特有の特徴が表れる。他人の歩容を真似ることは非常に困難であり、偽装が難しい点も歩容認証が優れている点として挙げられる。科学捜査への応用も期待されており、実際に裁判において、歩容に対する鑑定結果が有力な証拠として認められた例もある[1]。

歩容をもとにして高い精度で人物が識別できるようになれば、歩くだけで人物の認証などが可能になり、入退出にカードキー等の認証を必要とするオフィスなどに設置することで、認証機能を損なうことなくよりスムーズな入退出が可能となる。

歩容に関する研究の多くは、カメラを用いて、撮影した映像を解析することで歩容を取得している。上述した科学捜査で扱われている歩容もカメラを用いて取得されたものである。しかし、顔が映るなどのプライバシーの問題や、撮影環境の光量などの問題、映像を転送するインフラや解析する計算機リソースの問題などがある。一方で、歩く時の重心・重量の変化をセンシングし、そのデータから歩容を取得、人物を推定できれば、これらの問題を解決できる可能性がある。そこで本稿では、重心・重量を取得するための床型デバイスを実装し、そのデバイスを用いて取得した重心データを解析し、歩容（本稿では重心・重量の時系列変化）を抽出し機械学習を用いることで人物を推定する方法を検討する。

2. 関連研究

歩容の特徴解析による年齢や性別、人物の推定に関する

先行研究は多く存在する。

杉浦らは、全方位カメラを用いて複数方向の歩容特徴を取得することで、高い精度で人物が識別できることを示した[2]。万波らは、25台のカメラからなる多視点同期歩容撮影システムを用いて歩容を分析することで、歩いている人物を子供、成人男性、成人女性、高齢者の4つのクラスに分類できることを示した[3]。しかし、これらはカメラを用いて撮影しているため、プライバシー保護の観点から望ましいとは言えない。

また須藤らは、シート式圧力センサを用いて左右差を含めた歩容変数を導き出し、歩容と年齢に相関があることを示しているが[4]、人物推定を目指したものではない。

また、重心重量をセンシングし、そのデータをもとに人の状態や状況を識別するという先行研究も存在する。増山らは、椅子用キャスター型デバイス SenseCaster を用いて着座時の重心重量の変化から、着座者の姿勢を高い精度で識別できることを示している[5]。

3. 提案手法

3.1 床型デバイスの実装

開発した歩く際の重心・重量のセンシングに用いるパネル型デバイスを図1に示す。デバイスはアルミフレーム、

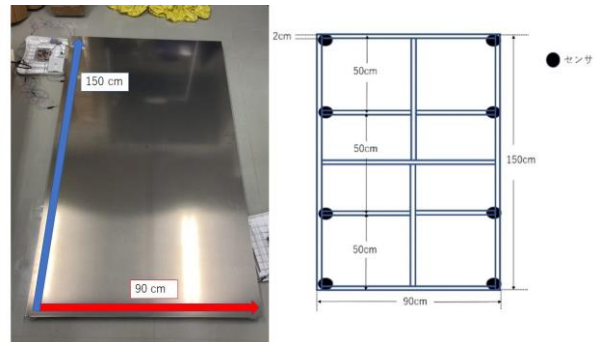


図1. 床型デバイスの全体像

^{†1} 青山学院大学 理工学部情報テクノロジー学科

^{†2} 青山学院大学 大学院理工学研究科

^{†3} 東北大学 電気通信研究所

^{†4} 大阪大学 大学院情報科学研究科

アルミ板、ミネビア製のストレインゲージ式フォースセンサで構成される。デバイスサイズとしては、縦 150 cm、横 90 cm とし、長辺は最低でも 3 歩取得できる長さで設計した。本デバイスは、60 Hz でセンサにかかる圧力を計測し、Bluetooth で PC に送信できる。

3.2 重心・重量の計測

8 つのセンサにかかる重量分布から、重心位置と重量を算出する。重心はデバイスの中心部を原点とし、短辺を x 軸、長辺を y 軸とした。図 2 に本システムの実行画面を示す。計測開始からの経過時間、重心の x 座標、重心の y 座標、重量を記録する。

4. 評価

4.1 実験内容

歩容による人物推定に用いる重心・重量のデータを集めるため、実験参加者 7 名(大学生、男性、平均身長 170.9 ± 3.68 cm、平均体重 57.0 ± 5.35 kg)に対し実験を行った。実験参加者には、右足からデバイスに乗り、3 歩歩いて、左足から降りるように指示した。また、デバイスに足が乗る前に、デバイス手前の床を数歩歩いて、なるべく普段どおりの歩き方でデバイスの上に足を乗せるように指示した。1 人あたり 30 回デバイスの上を歩いてもらい、そのうち、正しく重心の変化が取得できたデータ 20 個を識別に用いた。

4.2 特徴量の抽出

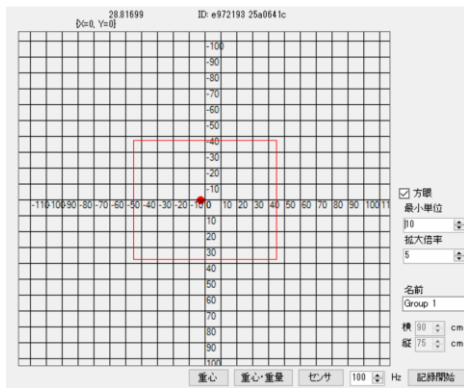


図 2. 本システムの実行画面

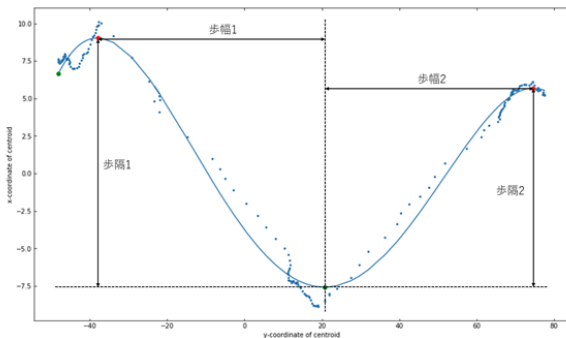


図 3. 重心座標をプロットしたグラフ

今回の計測は 60 Hz で行ったが、一部データに欠損があ

ったため、リサンプリングを行い、データを等間隔にした。

得られたデータをもとに、縦軸に x 座標の値、横軸に y 座標の値をプロットした。図 3 に、ある実験参加者の重心座標をプロットしたグラフの一例を示す。プロットしたデータに対して、カーブフィッティングを施し、得られた曲線の極大点、極小点のインデックスを取得し、y 座標の値の差分から歩幅、x 座標の値の差分から歩隔、計測開始からの経過時間の差分から歩行時間を算出した。右足から左足、左足から右足、それぞれで算出するため、1 つの重心データから 6 つの特徴量を抽出した。

4.3 識別結果

実験参加者 7 人に対し 20 個のずつのデータを獲得し、計 140 個のデータによって機械学習を行った。分類の手法として、k 近傍法、決定木、線形 SVM、非線形 SVM、ランダムフォレストを用いた。識別は、140 個のうち 70% のデータを訓練データとして学習させ、残りをテストデータとして行った。1 回の試行ごとに訓練データを変え、それを各分類手法に対し 100 回ずつ試行し、平均識別率を算出した。表 1 に分類手法ごとの識別結果を示す。

今回の実験では非線形 SVM が最も高いという結果になった。表 2 に個人識別の混同行列を示す(表 2 で示した試行の識別率は 76%)。

5. 考察

今回、特徴量には歩幅、歩隔、歩行時間の 3 種類のみを用いたが、それでも比較的高い識別率を得ることができた。今回は、デバイスの長さの関係上、3 歩しか取得すること

表 1. 分類手法ごとの識別結果

手法	識別率
k 近傍法	0.72
決定木	0.66
線形 SVM	0.75
非線形 SVM	0.78
ランダムフォレスト	0.75

表 2. 個人識別の混同行列

	A	B	C	D	E	F	G
A	5	0	0	0	1	0	2
B	0	4	0	0	0	0	0
C	1	0	6	2	0	0	0
D	0	1	0	4	0	0	0
E	0	1	0	0	4	1	0
F	0	0	0	0	0	5	0
G	0	0	0	0	1	0	4

ができなかったが、デバイスの長さをより長くし、より多くの歩数を取得することができれば、さらに識別率は高くなる可能性があると考えられる。

また、今回の方法では、個人差がよく現れると予想される、踏み込む際の重心変化に関するデータを特徴量に用いていないため、極大点、極小点付近のデータの分散値などを特徴量に用いれば、より高い精度での識別が可能になると考えられる。

6. おわりに

本稿では、床型デバイスを作成し、取得した重心重量データから特徴量として歩容を抽出、機械学習を用いて人物の推定を行った。その結果、重心重量の変移から導き出した歩容特徴をもとに、比較的高い精度で識別が可能であることが分かった。今後は、他の特徴量を識別に用いてさらに高い精度での識別を目指す。個人の特徴をより顕著に表す特徴量の抽出法を検討する。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省 Society5.0 実現化研究拠点事業「保健・予防医療プロジェクト生誕 1000 日見守り研究」の助成を受けた。

参考文献

- [1] 槇原靖, 村松大吾, 八木康史. 歩容認証とその科学捜査への応用, IEICE Fundamentals Review, Vol. 14, No. 4, pp. 318-328, 2020.
- [2] 杉浦一成, 槇原靖, 八木康史. 全方位カメラを用いた複数方向の観測による歩容認証, 情報処理学会論文誌, Vol. 1, No. 2, pp. 76-85, 2008.
- [3] 万波秀年, 槇原靖, 八木康史. 歩容における性別・年齢の分類と特徴解析, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J92-D, No. 8, pp. 1373-1382, 2009.
- [4] 須藤元喜, 山城由華吏, 上野加奈子, 金憲経. シート式圧力センサーを用いて計測した歩容左右差による年齢の推定, 日本生理人類学会誌, Vol. 18, No. 3, pp. 125-132, 2013.
- [5] 増山昌樹, 伊藤雄一, 福島浩介, 尾上孝雄. 椅子用キャスター型デバイスを用いた着座姿勢識別, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 21, No. 1, pp. 47-60, 2019.