

二次元姿勢推定ツールを用いたモデルベース歩容認証法の提案 Model-based Gait Recognition using 2D Pose Estimation Tool

井元大輔[†]、黒沢健至[†]、土屋兼一[†]、黒木健郎[†]、平林学人[†]、秋葉教充[†]、角田英俊[†]
Daisuke Imoto Kenji Kurosawa Ken'ichi Tsuchiya Kenro Kuroki Manato Hirabayashi
Norimitsu Akiba Hidetoshi Kakuda

1. はじめに

歩容認証法は映像中の人物の歩き方や容姿などから同一人か否かを識別する技術であり、科学捜査の現場で実用されている。歩容認証法の中でもモデルベース手法は関節の動き方を用いる方法である^[1-3]が、欧米における犯罪捜査の実用に当たっては熟練者が手動で関節座標を抽出する必要があり^[4]、分析の簡便性の向上が課題である。そこで本研究では、二次元姿勢推定（画像から関節点の位置を抽出すること）の公開ツール(caffe_rtpose^[2,3]、以下姿勢推定ツール)により自動処理で得られる関節座標を用いた方法を提案した。提案手法と従来手法（目視により手動で抽出した関節座標を用いて識別を行う場合）の比較とモデルベース手法の利点の一つである服装が異なる場合の評価を行い、提案手法の可能性及び今後の課題を考察した。

2. 提案手法

2.1 Part Affinity Fields を用いた姿勢推定

近年、姿勢推定手法として関節の位置と向きを連続場として表した Part Affinity Fields を Convolutional Neural Network(CNN)により推定する手法が提案され、優れた性能を示すことが分かっており^[2]、誰にでも利用できる形でツールとして公開されている^[3]。本研究ではこの姿勢推定手法を用いて関節の位置を抽出し、個人識別に用いた。姿勢推定の特性としては、正面向きから撮影した場合には関節点は精度よく抽出されているのに対し(図 1a)、横方向から撮影した場合は概ね正しい部位が得られた場合も多かったが(図 1b)、身体の一部の隠れがあるときに誤った位置推定結果となるときもあった(図 1c)。図 2 に自動姿勢推定手法により得られた関節点と目視での抽出により得た関節点を示す。提案手法では姿勢推定により得られた関節点 14 点と関節点間を結合する線分 13 個を用い(図 2a)、従来手法では目視により得た関節点 15 点と関節点間の線分 14 個を用いた(図 2b)。

2.2 識別方法

機械学習による識別方法の処理手順を図3に示す。本研究では二つの映像資料の相違度を計算する際に動的情報と静的情報の両方を用いることで識別力の向上を目指した。2.1節で抽出した i 番目の関節座標の値 $X_i, Y_i (i = 1, 2, \dots, N_R)$ 、 j 番目の関節点間を結合する線分の長さを $S_j (j = 1, \dots, N_S)$ とする。2つの映像資料 m, n の関節座標 (X_i, Y_i) の時系列に対して動的計画法(Dynamical Time Warping 法)を用いて、 N_R 次元の動的情報の相違度ベクトル $D_{dynamic}(m, n)$ を求めた。次に、関節点間の線分の長さ S_j の時系列の中間値を計算し、それらの差の絶対値を求め、 N_S 次元の静的情報に関する相違度ベクトル $D_{static}(m, n)$ を求めた。次に、 $D_{dynamic}(m, n)$ と $D_{static}(m, n)$ を合わせた (N_R+N_S) 次元の相違度ベクトルから、

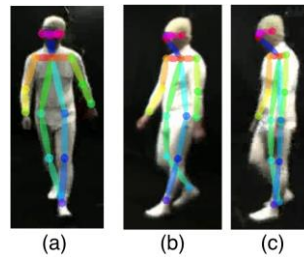


図 1 姿勢推定結果

a. 正面向きからの撮影(0°)における関節抽出結果, b-c.横方向からの撮影(90°)における関節抽出結果

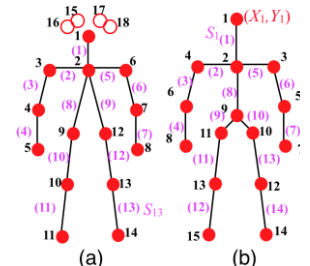


図 2 抽出した関節点

a. 自動ポーズ推定手法の関節点, b. 目視により抽出した関節点：識別に用いたものを赤丸で示した

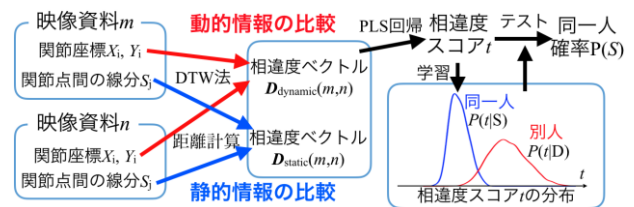


図 3 識別方法

目的変数を0 or 1（それぞれ同一人と別人に相当する）としてPLS回帰を用いて相違度スコア t を算出した。学習フェーズでは相違度スコア t の学習データを用いて同一人の t の分布 $P(t|S)$ と別人の t の分布 $P(t|D)$ をカーネル密度推定法により学習した。テストフェーズ(識別フェーズ)では得られたスコア t に対してベイズの定理に基づくスコア変換式から同一人の歩容である“確率” $P(S)$ を算出する。この $P(S)$ が0.5より大きい場合同一人と判断、小さい場合は別人と判断したとみなして誤り率を計算し、テストデータと学習データを用いる方法すべての場合（データベースの人数分）について誤り率の計算を行い、これらを平均することで平均の誤り率を算出した。なお、相違度スコア t から同一人の歩容の“確率” $P(S)$ を算出し、平均の誤り率を計算するまでの手順は文献^[6]と同様の手順である。

2.3 実験方法

2.3.1 従来手法（目視による関節抽出）との比較

以上 2.1 によりの提案手法と従来手法を比較した。九州大学の公開データベース (KY 4D Gait Database A(Straight), [4-5]) を用いて 20 人分の歩行データ(従来手法では 9 人分)を用いて識別力を評価した。画像の解像度は 1032×776 、1 人につき 4 回分の歩行データが含まれる。本研究では撮影角度 3 条件（正面向きからの撮影 0° 、斜めからの撮影 45° 、横方向からの撮影 90° ）を扱った。また、識別力の評価は、one-leave-out 法と類似の方法（ある 1 人を含む 2 データを比較した相違度スコアの集合をテストデータとし、その人を含まない 2 データの相違度スコアの集合を学習データとして平均の誤り率を求める方法）^[6]を用いて評価した。

2.3.2 服装が異なる場合の性能比較

モデルベース手法が有効となり得る資料条件として、服装が異なる場合が挙げられる^[6]。服装が異なる場合の例として上着の着用がある映像とない映像を比較して個人識別を行う場合を想定し(図 4)、服装が異なる場合の識別性能を評価した。該当するデータベースがなかったため独自のデータベースを構築した。a.上着の着用がない場合、b.上着の着用がある場合に 4 回歩行を行い、着用しない場合についても 4 回歩行データを取得した。画像の解像度は 604×493 で、1 回の歩行につき 1.5~2 周期分が含まれ、8 人分のデータを識別性能の評価に用いた。

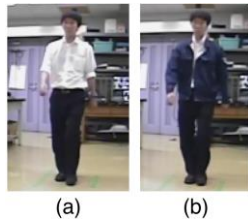


図 4 服装が異なる場合の比較

3. 結果

3.1 従来手法との比較

提案手法の平均の誤り率を従来手法と比較した結果を表 1 に、姿勢推定ツールを用いた場合の関節座標の抽出にかかる作業時間(提案手法に対応)と目視による関節抽出の作業時間(従来手法に対応)を表 2 に示す。表 1 から提案手法は従来手法よりも平均の誤り率が高いことが分かった。従来手法との誤り率の差を見てみると、撮影角度 0° の場合は 2%弱、45° の場合は 3%強、90° の場合は 7%弱となっており、撮影角度 0° が一番従来手法との差が小さいことが分かった。特に、撮影角度 0° の場合は誤り率が 10%近くに抑えられており、撮影角度 45° の場合の従来手法と同程度の正確性を持っている。これは正面方向からの撮影の場合の関節抽出が比較的正確であることを反映していると考えられる(図 1a)。一方、提案手法で最も性能が悪かったのは撮影角度 90° の場合であり、これは横方向からの撮影の場合に身体の一部の隠れなどにより関節位置推定の誤りが多くなることを反映しているためと考えられる(図 1c)。次に表 2 の結果から関節抽出における作業時間は提案手法の処理(ツールの使用)が従来手法の処理よりも大幅に短縮されていることが分かる。提案手法の処理は手順を覚えればできる作業で短い待ち時間もある作業なのに対し、従来手法の処理の場合は慣れと集中して作業することが必要である。これらのことから、処理の手間や熟練が不必要という点、比較的正確な個人識別ができるという点から、姿勢推定ツールの使用が歩容認証において有用である可能性があると言えるが、現状では識別性能という意味ではまだ改善が求められ、関節位置抽出の補正や識別方法の改良を行うなどの解析方法の改良が必要である。

3.2 服装が異なる場合での識別力

次に、モデルベース手法が有効となり得る資料条件である服装が異なる場合について識別性能を評価した。2.3.2 節で述べた独自に構築したデータベースで 8 人の被験者について撮影角度 0° の条件で評価したところ、服装の異なる場合 8%程度の誤り率の上昇が見られた。より正確な関節位置のデータを用いた以前の研究^[7]では服装の異なる場合 5%程度の誤り率の上昇が見られるという予備的な結果であったことを踏まえると、識別の悪化の度合いは同程度で

表 1 従来手法との平均の誤り率の比較結果

	撮影角度		
	90°	45°	0°
提案手法 (20人分)	15.7%	14.2%	11.3%
従来手法 (9人分)	9.0%	11.0%	9.5%

表 2 関節抽出作業の作業時間(1 フレーム当たり)

姿勢推定ツールによる関節抽出 (提案手法の処理)	目視による関節抽出 (従来手法の処理)
4.9秒	23.4秒

表 3 服装が異なる場合の平均の誤り率

	同じ服装	異なる服装
提案手法 (8人分)	13.6%	22.0%

はあるがやや大きいと言える。このことから、姿勢推定ツールにより比較的正確に関節抽出ができてはいるが、個人識別のためにはより精度の高い関節位置の抽出が必要であり今後の改良が求められる。

4. 考察、今後の課題

提案手法により姿勢推定ツールの使用により処理の手間や熟練が不必要という点、比較的正確な個人識別ができるという点から有用である可能性が示唆された。しかし、個人識別のためにはより精度の高い関節位置の抽出が必要であり、今後の改良が必要である。特に、このツールの姿勢推定手法は画像一枚一枚に対し処理を行うため、一枚一枚の画像で見ると比較的正確な関節位置の抽出ができてはいるが、動画(時系列)として見ると関節抽出精度の揺らぎが生じるという可能性が考えられる。今後の個人識別性能の改善のためには関節位置抽出の補正と識別方法の改良の二点を行うことが考えられる。特に、関節位置抽出の補正に関しては歩行周期を考慮して個人性を失うことなく補正することが必要であり、今後検討していきたい。

謝辞

本研究は JSPS 科研費(17K18379)の支援を受けた。

参考文献

- [1] Imed Bouchrika, Michaela Goffredo, John Carter, Mark Nixon, "On Using Gait in Forensic Biometrics", Journal of Forensic Science, **56**, 4 (2011).
- [2] Zhe Cao, Tomas Simon, Shih-En Wei, Yaser Sheikh, "Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields", The Thirtieth IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, (2017).
- [3] https://github.com/CMU-Perceptual-Computing-Lab/caffe_rt_pose
- [4] Y. Iwashita, R. Baba, K. Ogawara, and R. Kurazume, "Person identification from spatio-temporal 3D gait", EST 2010
- [5] http://robotics.ait.kyushu-u.ac.jp/~yumi/db/gait_a.html
- [6] 井元大輔, 黒沢健至, 土屋兼一, 黒木健郎, 秋葉教充, 角田英俊, "身体部位の特徴点と形状情報に基づくモデルベース歩容認証の検討", 精密工学会誌, **83**, 1 (2017).
- [7] 井元大輔, 黒沢健至, 土屋兼一, 黒木健郎, 秋葉教充, 角田英俊, 平林学人, "関節位置の確率分布に基づくモデルベース歩容認証法の検討", SBRA2016, **S4-3** (2016)