

三次元歩行データにおける重要部位に基づく歩容認証精度の検証 Evaluation of Gait Recognition Accuracy Based on Key Features in Three-Dimensional Gait Data

松尾玲亜[†] 中川 竣介[†] 廣瀬 誠[†]
Rea Matsuo Shunsuke Nakagawa Makoto Hirose

1. はじめに

体認証技術の一つである歩容認証は、個人固有の歩行パターンに基づいて本人を識別する手法として注目されている[1]。歩容とは、歩行時の姿勢や動作、歩幅などの視覚的特徴を指し、歩行には個人特有の癖が現れることから、遠方からでも個人を特定できる点や、顔が見えない状況でも識別が可能である点で、高度なセキュリティシステムへの応用が期待されている[2]。

我々はこれまで、光学式モーションキャプチャシステムによって計測された三次元の歩行データを用い、個人識別に取り組んできた。特に、機械学習を活用することで、小規模（10～40人規模）のデータセットにおいて90%以上の識別精度を達成した[3]。ここで、このように高精度な結果が得られた要因を明らかにするために可視化手法の一つである SHAP を用いて、歩行識別において識別結果に大きく寄与する身体部位の特定を試みた。その結果、足部よりもむしろ胴体のベクトルが識別に強く寄与していることが確認された[4]。この結果は、胴体の情報のみでも個人識別が可能である可能性を示唆している。すなわち、計測時に足部のデータが遮蔽物などにより取得できない場合でも、高精度な識別が可能となる可能性がある。

本研究では、SHAP[5]によって識別への寄与が大きいと示された胴体部分の特徴量（ベクトル群）のみを用いて識別実験を行い、それらの情報だけで高精度な個人識別が実現可能であるかを検証した。

2. 歩行データ

本研究では、産業技術総合研究所（AIST）により公開されている歩行データベースを使用する[6]。三次元人体モデルは、Helen Hays マーカーセット[7]に準拠したマーカーの配置位置および、それらの点を結んで構成されるベクトルに基づいて作成される。使用するマーカー数は 29 個で、これらから生成されるベクトルの本数は 45 本である。これらのベクトル名を図 2 に示す。

各ベクトルは、頭部（4 本）、手部（4 本）、胴体部（19 本）、足部（18 本）の 4 つのグループに分類される。歩行動作は時系列情報であるため、機械学習においては全データのフレーム数を統一する必要がある。本研究では、歩行動作の 1 周期（右足の踵接地から次の右足の踵接地まで）を対象とし、「右足踵接地」「左足つま先接地」「左足踵接地」「右足つま先接地」「右足踵接地」の 5 フレームから時系列データを構成した（図 2 参照）。

したがって、1 名の歩行データは、45 本のベクトル × 5 フレームで構成され、合計 225 本のベクトルからなる。各ベクトルは x, y, z の三次元成分を有するため、最終的な入

力データの次元数は 675 (225 × 3) となる。なお、ベクトルの並び順は頭部から足部へと連続しており、過去の研究においてこの順序が識別精度に大きな影響を与えないことが確認されている[8]。また、体格の個人差による影響を排除するため、すべてのベクトルは正規化を行った。

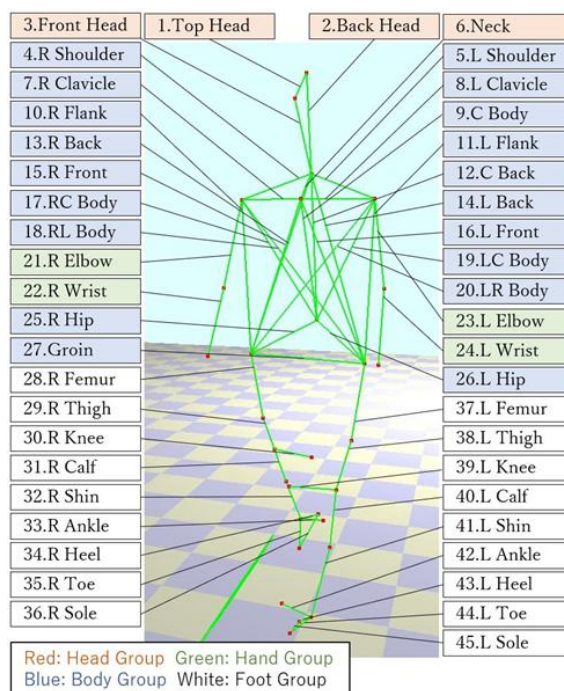


図 1 三次元人体モデルのベクトル構成

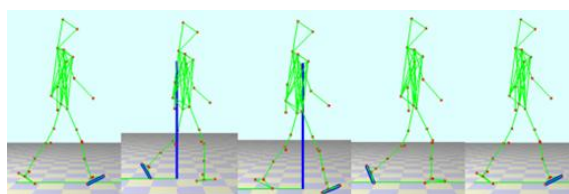


図 2 歩行動作 1 周期分 (5 フレーム)

3. 実験

3.1 実験方法

本研究では、産業技術総合研究所(AIST)が提供する歩行データベース[6]から 50 人分の歩行データを利用する。1 人分の歩行データは 10 試行分あるため、9 試行分を学習に用い 1 試行分を識別に利用する。識別手法にはこれまでの研究で最も高精度な結果を示した LSTM[9]を利用する。実験環境は Google Colaboratory である。

事前の実験においてすべての特徴量（ベクトル）を用いた識別実験では 100%の識別率を得た。それに基づき、図 1 に示す「頭部」「胴体」「手」「足」の各グループごと

[†] 鳥羽商船高等専門学校 National Institute of Technology, Toba College

に、それぞれの特徴量群のみを用いた識別実験を行い、これまでの知見として得られた「胴体」グループの特徴量群が最も高い識別率を示すかを検証する。また、「胴体」グループにおいては胴体の上部、下部の特徴量群、「足」グループについては、足の上部、下部の特徴量群と、さらに特徴量群の数を絞り込み、それらの識別精度を検証する。

3.2 実験結果

3.2.1.4 グループの識別結果

「頭部」「胴体」「手」「足」グループごとの識別結果および Confusion Matrix を表 1 および図 3 に示す（横軸が識別結果、縦軸が真値）。「頭部」および「手」のグループに対する識別精度はともに 76.0%であった一方、「胴体」および「足」グループではそれぞれ 98.0%および 92.0%と高い精度が得られた。

表 1 4グループの識別結果

	頭部	胴体	手	足
識別率	76.0%	98.0%	76.0%	92.0%

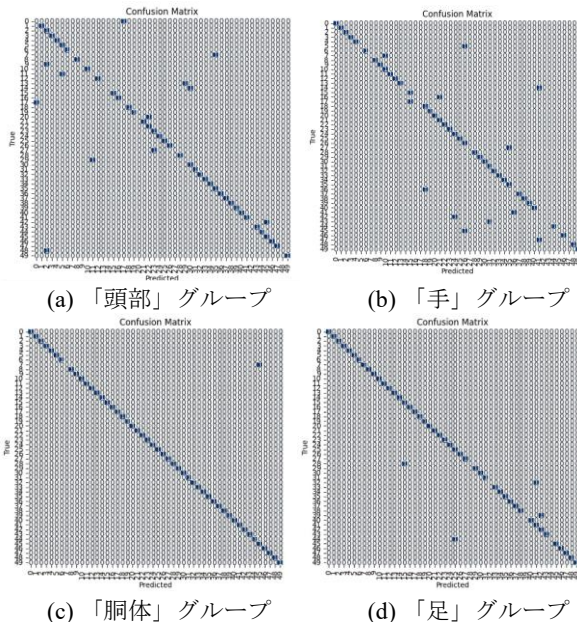


図 3 識別結果の Confusion Matrix

3.2.2 「胴体」および「足」グループ内の識別結果

「胴体」グループ内の上部の特徴量のみおよび下部の特徴量のみを用いた識別結果を表 2 に示す。なお、上部グループの特徴量群は図 1 における「4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20」であり、下部グループの特徴量群は「18, 20, 25, 26, 27」である。上部グループの識別精度は 96.0%。下部グループの識別精度は 70.0%となり、上部グループのほうが下部グループより高い精度が得られた。

次に、「足」グループ内の上部の特徴量のみおよび下部の特徴量のみを用いた識別結果を表 3 に示す。なお、上部グループの特徴量群は図 1 における「28, 29, 30, 37, 38, 39」であり、下部グループの特徴量群は「31, 32, 33, 34, 35, 36, 40, 41, 42, 43, 44, 45」である。上部グループの識別精度は 90.0%。下部グループの識別精度は 66.0%となり、上部グループのほうが下部グループより高い精度が得られた。

表 2 「胴体」の上部および下部の識別結果

「胴体」グループ	上部	下部
識別率	96.0%	70.0%

表 3 「足」の上部および下部の識別結果

「足」グループ	上部	下部
識別率	90.0%	66.0%

3.3 考察

歩容認証において身体の部位ごとの識別精度を比較した結果、「胴体」グループに注目したモデルが最も高い識別率 98.0%を示し、SHAP 解析の結果とも一致した。「胴体」グループ内では、下部のみで 70.0%、上部では 96.0%の精度を達成し、特に体幹の動きが個人識別に有効であることが確認された。ただし、SHAP の解析結果では主に腰付近に注目が集まっており、分類精度と注目部位に差異が見られた。今後さらなる分析を通じて特徴量の寄与やモデルの判断根拠をより深く理解するための重要な手がかりとなると考えられる。

4. おわりに

SHAP によって識別への寄与が大きいと示された胴体部分の特徴量（ベクトル群）のみを用いて識別実験を行い、胴体のみでも高い識別率を示すことが確認された。

以上の結果から、足部が隠れている場合においても胴体の情報を活用することで、個人識別が可能であると示唆された。

謝辞

本研究を進めるにあたり、貴重なデータを提供して頂いた国立研究開発法人産業技術総合研究所に感謝の意を表したい。

参考文献

- [1] Jain, A. K., Ross, A., & Prabhakar, S., "An introduction to biometric recognition", IEEE Transactions on circuits and systems for video technology, Vol.14, No.1, pp.4-20,(2004).
- [2] Muramatsu, D., Makihara, Y., Yagi, Y., "Gait-based person authentication robust to changes in appearance", Sensors, Vol.14, No.6, pp.9999-10014, (2014).
- [3] 土井一磨, 松浦竜弥, 和久里悠斗, 廣瀬誠, 村上和人, "機械学習を用いた三次元歩容認識における入力データの影響分析", 動的画像処理実用化ワークショップ(DIA2020), IS2-26, Mar, (2020).
- [4] 廣瀬 誠, 清間志音, "機械学習を用いた三次元歩容認識における歩行方向の特徴寄与度の影響", 精密工学会動的画像処理実用化ワークショップ 2022 (DIA2022), IS2-8, (2022).
- [5] Scott M.Lundberg and Su-IN Lee, "A Unified Approach to Interpreting Model Predictions", Advances in Neural Information Processing Systems, pp.4768-4777, (2017).
- [6] 産業技術総合研究所, "AIST 歩行データベース 2019", <https://unit.aist.go.jp/harc/ExPART/GDB2019.html>
- [7] 歩行データベース研究部会, "歩行データベース研究部会報告提供データの受付開始", バイオメカニズム学会誌, Vol. 43, No.2, (2019).
- [8] 廣瀬 誠, "三次元歩行データ並び替えによる歩容認証精度の影響", 電気学会 第 29 回知能メカトロニクスワークショップ (iMec2024), IM2-4, pp43-48, (2024).
- [9] Hochreiter, S., & Schmidhuber, J., "Long short-term memory", Neural Computation, Vol. 9, No. 8, pp. 1735-1780, (1997).