

## 歩行エネルギー画像に基づく荷物所持に頑健な歩容認証

## Robust Gait Recognition Against Carrying Status Based on Gait Energy Image

伊藤 洸太郎<sup>†</sup>梅澤 猛<sup>‡</sup>大澤 範高<sup>‡</sup>

Kotaro Ito

Takeshi Umezawa

Noritaka Osawa

## 1. はじめに

骨格などの静的特徴や、歩行時の動きの癖などの動的特徴を用いる歩容認証は、対象者へ特定の動作を要求することなく個人識別を行うことができる。歩容による識別手法に用いられる特徴量として代表的な Gait Energy Image(GEI)は、歩行時のシルエット画像列を歩行周期で平均化することで得られる[1]。GEI は比較的単純な手法ながら歩容情報の表現としては効果的なため、外観ベースの歩容認証で広く利用されているが、対象が荷物を所持している場合に識別精度が低下するという問題がある。

この問題に対して、荷物所持によって変化を受けない特徴を用いて識別を行う手法が有効であると考えられ、関連研究では外乱による歩容変化に対して生成モデルを用いて変化前後に共通する特徴抽出を行っている。そこで本研究では、生成モデルを用いて荷物所持状態の GEI と通常歩行状態の GEI とで共通する特徴量を抽出し、個人識別に用いることで識別精度を向上させることを目的とする。

## 2. 関連研究

荷物や上着の有無、側面以外の角度からの観測による歩容への影響に対して、Yu らは生成モデルである Generative Adversarial Network(GAN)と Auto Encoder(AE)を用いて、入力された GEI から側面から観測された通常歩行状態の GEI の生成を行い、生成 GEI を用いて個人識別を行なっている[2] [3]。これらの研究に共通する問題として以下が挙げられる。

- モデルの訓練に用いた被験者数が 62 人と少ない。
- データセット内で使用されている荷物の種類が限定されているため、訓練データとテストデータに同じ荷物が含まれている。
- 識別精度について評価を行っているが、生成された GEI の評価は行っていない。
- モデルの訓練には側面以外の角度からの観測による GEI も含まれており、側面から観測された荷物を所持する対象に限定した場合の識別精度は不明である。

以上の問題点から、側面から観測された荷物所持対象の識別精度と生成された GEI の評価との関係を明らかにするため、生成モデルを用いて個人識別実験を行った。

## 3. 実験

生成モデルを用いて入力 GEI から荷物の有無に対して不変な特徴を抽出し、抽出された特徴を用いて個人識別を行う。生成モデルは入力として通常歩行状態と荷物所持状態のどちらの GEI が入力されても、通常歩行状態の GEI が出力されるように学習を行った。生成された画像の評価として、画像の構造的類似度を示す Structural SIMilarity (SSIM)を用いて、生成 GEI と通常歩行状態の GEI を比較、評価した。

## 3.1 使用データ

実験では荷物所持状態の GEI を含む OU-LP-Bag [4]データセットを用いた。データセットには被験者 62528 人分の GEI が含まれており、本実験では荷物所持状態の GEI が 1 つ通常歩行状態の GEI が 1 つ以上用意されている被験者を対象とした。GEI はすべて 256 階調グレースケールで扱い、128×96pix にリサイズして使用した。訓練データとテストデータには、それぞれ被験者 1000 人分の GEI を使用した。被験者あたり通常歩行状態の GEI を平均 1,947 用意した。

## 3.2 使用モデル

生成モデルとして GAN と AE を使用した。モデルはすべて、バッチサイズ 32、エポック数 200 で学習を行った。

GAN は GaitGAN [2]をベースとしており、1 つの生成器と 2 つの識別器で構成される。識別器の 1 つは入力画像が生成 GEI であるかの識別を行い、もう 1 つの識別機では入力の 2 つの GEI が同一人物のものであるかを識別する。生成器は畳み込み層と転置畳み込み層で構成され、2 つの識別器はどちらも畳み込み層で構成される。AE は GAN の生成器と同様に畳み込み層と転置畳み込み層で構成される。実験では畳み込み層の層数を 1、2、4 層と変化させて、層数と生成精度、識別精度との関係性を調べた。ただし、畳み込み層と転置畳み込み層の層数は等しくなるように設定した。

GAN の訓練の際には、ランダムに選んだ 1 つの任意の状態の GEI に対し、同一人物の通常歩行状態の GEI から 1 つ、別人物の通常歩行状態の GEI から 1 つをそれぞれランダムに選び、選択した 3 つを 1 セットとして用いた。任意の GEI を生成器に入力した際に出力される生成 GEI は 2 つの識別器の入力とされる。1 つ目の識別器では生成器からの出力画像に対してのみ不正解ラベルを付与する。2 つ目の識別器では同一人物の通常歩行状態 GEI とのセットを入力として正解ラベルを付与し、別人物の通常歩行状態 GEI とのセットには不正解ラベルを付与する。

<sup>†</sup> 伊藤 洸太郎, 千葉大学大学院融合理工学府数学情報科学専攻 Kotaro Ito, Division of Mathematics and Informatics Graduate School of Science and Informatics, Chiba University  
<sup>‡</sup> 梅澤 猛, 大澤 範高, 千葉大学大学院工学研究院 Takeshi Umezawa, Noritaka Osawa, Graduate School of Engineering, Chiba University

AEの訓練の際には、GANの訓練時の入力GEIセットから別人物の通常歩行状態GEIを除き、ランダムに選んだ1つの任意の状態のGEIに対して、同一人物の通常歩行状態のGEIから1つをランダムに選び、選択した2つを1セットとして用いた。任意のGEIを入力した際に出力される生成GEIが、同一人物の通常歩行状態GEIに近づくように訓練を行う。

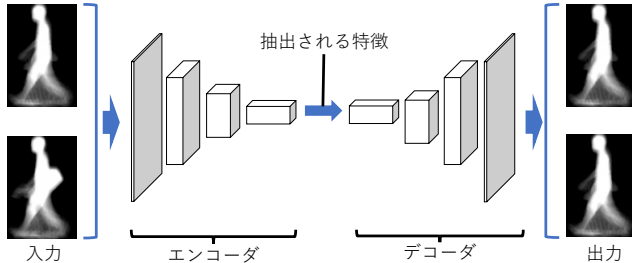


図1 AE・GANの生成器を用いた特徴抽出

図1で示すようにAEとGANの生成器はどちらも共通してエンコーダ部とデコーダ部で構成される。個人識別にはエンコーダ部から出力される特徴を使用し、認証用GEIと検証用GEIが同一人物のGEIであるかを判定する。判定には最近傍法・Support Vector Machine(SVM)・Random Forests(RF)の3手法を用いて比較を行う。

#### 4. 結果と考察

表1は訓練後の生成器に訓練データを入力した際に出力された生成GEIのSSIMを示している。左端のオリジナルは入力画像を指しており、SSIMは同一人物の通常歩行状態GEIと比較した際の値の平均である。1層のGAN以外では荷物所持状態のGEIを入力とする生成GEIのSSIMはオリジナルよりも高くなっているため、意図した学習が行われていると考えられる。

表1 生成評価 (訓練データ)

	オリジナル	AE			GAN		
		1層	2層	4層	1層	2層	4層
通常歩行状態	0.91	0.86	0.87	0.88	0.74	0.88	0.80
荷物所持状態	0.72	0.76	0.79	0.82	0.68	0.74	0.74

	オリジナル	AE			GAN		
		1層	2層	4層	1層	2層	4層
通常歩行状態							
SSIM	0.91	0.85	0.86	0.86	0.74	0.87	0.79
荷物所持状態							
SSIM	0.72	0.73	0.75	0.77	0.68	0.71	0.72

図2 生成評価 (テストデータ)

図2テストデータを入力とした際に生成器から出力された生成GEIとSSIMを示す。AEでは、入力が通常歩行状態GEIであった場合に、層数に関係なく安定して生成されていることがわかる。また入力が荷物所持状態のGEIであった場合は、層数が増すほどSSIMが高い数値となっており、生成結果からも層数が増すほど通常歩行状態のGEIに近

い画像が生成されているように見える。GANでは4層の場合のみ意図した生成がされており、1層の生成GEIには学習が不十分な際に見られる砂嵐状のノイズが発生し、2層の生成GEIは荷物所持状態に近い画像となっている。

識別精度は図3に示す通りとなった。オリジナルで示し

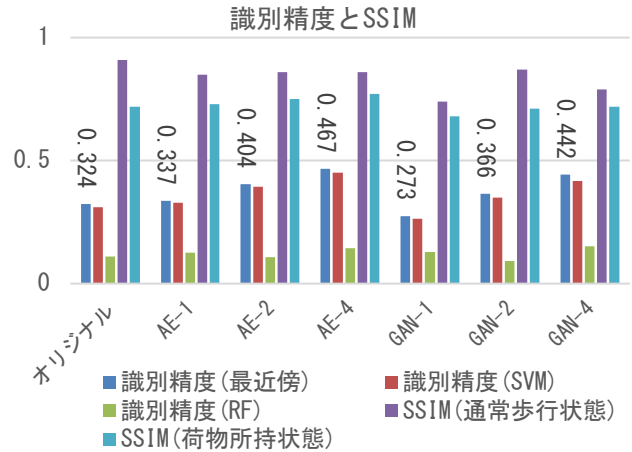


図3 識別精度の比較

ている値は、入力画像を画素数128×96の次元の特徴として扱った際の識別精度である。比較を行った3手法の中では、どのモデルにおいても最近傍法による識別が最も高い精度となった。図中で示した数値は最近傍法による識別精度である。学習が十分でなかったと考えられる1層のGAN以外は全てオリジナルよりも高い数値となっており、層数が増すごとに識別精度が高くなっている。AEとGANで共通して、層数が増すほど識別精度と荷物所持状態のGEIを入力とする生成GEIのSSIMの値は高くなっているが、通常歩行状態のGEIを入力とする生成GEIのSSIMの値は同様の傾向は見られないため、SSIMは識別精度の評価指標に不向きであると考えられる。

#### 5. まとめ

実験による識別結果とSSIMによる生成GEIの評価結果より、SSIMは識別精度の評価指標としては適当でないが、生成モデルの学習度合いを評価する指標として有用であることが分かった。今後は、より高精度な生成を可能とし、且つ歩容認証に適した特徴抽出を可能とするモデルの検討を行う予定である。

#### 参考文献

- [1] Ju Han, Bir Bhanu, "Individual recognition using gait energy image", IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 28(2) 316-322 (2005).
- [2] Shiqi Yu, Haifeng Chen, Edel B. Garcia Reyes, Norman Poh, "GaitGAN: Invariant Gait Feature Extraction Using Generative Adversarial Networks", Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, (2017)
- [3] Shiqi Yu, Haifeng Chen, Qing Wang, Linlin Shen, Yongzhen Huang, "Invariant feature extraction for gait recognition using only one uniform model", Neurocomputing, 239 81-93 (2017)
- [4] Md. Zassim Uddin, Thanh Trung Ngo, Yasushi Makihara, Noriko Takemura, Xiang Li, Daigo Muramatsu, Yasushi Yagi, "The OU-ISIR Large Population Gait Database with Real-Life Carried Object and its performance evaluation", PSJ Transactions on Computer Vision and Applications, 10(1) 5 (2018)