

動画画像パターン認識に基づく歩行動作分析における 撮影位置の変化の低減手法に関する研究

A Study on Reduction Method of Change in the Filming Conditions for Walking Motion Analysis based on Video Pattern Recognition

柳澤 孝文[†] 野里 博和[‡] 坂無 英徳^{†‡}
Takafumi Yanagisawa Hirokazu Nosato Hidenori Sakanashi

1. はじめに

現在の日本は超高齢社会であり、高齢者の健康維持は非常に重要である。そのため、人間のもっとも基本的な動作の 1 つである歩行動作を日常的に分析することが重要視されている。従来、歩行動作の分析は理学療法士の経験に基づく観察やモーションキャプチャなど専用の計測機材により行われていた。しかし、計測機材はシステムの扱いが複雑である、機材が高価であるなどの理由から日常的に利用されづらいといった課題があった。

そこで本研究では、ビデオカメラ映像を用いた安価で簡便な動作分析システムの実現を目指す。このシステムは、多くの正常歩行を学習させ、評価対象の歩行と学習結果を比較することで歩行動作を分析する。具体的には、部分空間法に基づく認識手法と、立体高次局所自己相関（以下、CHLAC とする）特徴[1]を組み合わせた手法を用いる[2]。

学習に使用する動画画像と評価対象の動画画像の撮影条件を揃える必要があるのは望ましくない。本システムの実利用を想定すると、毎回同様の条件で撮影することは困難であるため、撮影条件の違いによる影響を受けにくい手法の確立が重要である。そこで本稿では、評価対象の歩行動画像を学習データの撮影条件に近づける変換を行う。具体的には、撮影条件の中でもアングルに着目して、射影変換を用いた手法を提案する。

2. 提案手法

提案手法の処理手順を図 1 に示す。提案手法は学習手順と評価手順の 2 つの手順により構成される。学習手順にて正常歩行を学習させ、評価手順では学習結果と評価対象の歩行動画像との比較により分析を行う。各項目の詳細を以下に記す。

2.1 動画画像の前処理

本手法では動画画像内における動きのある画素をフレーム間差分により以下の手順で抽出する。まずカラーで撮影された動画画像の各フレームをグレースケール変換し、次に連続したフレーム間で差分画像を作成し、最後に二値化処理を行うことで動きを検出する。しかし、単純に二値化処理を行った場合、照明等のノイズにより人間の動き以外の画素が値を持つ場合がある。そこで本稿では二値化処理を行う際の閾値の決定に大津の自動閾値選定法 [3] を用いる。

2.2 射影変換

ビデオカメラによる撮影では、ビデオカメラと対象との距離が近いほど大きく、遠いほど小さく描写されるため、

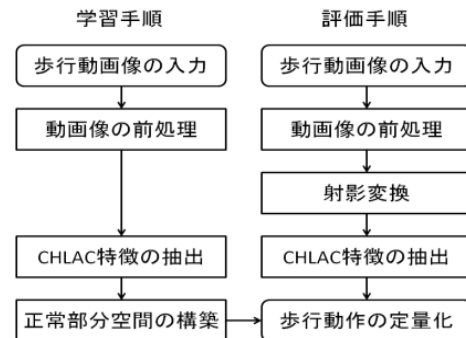


図 1: 提案手法の処理手順

後段の特徴抽出で歩行動作の定量化に大きな影響が出る。そこで、射影変換により評価対象の被験者の映り方を学習データでの映り方に近づけることで撮影条件の違いによる影響を低減する。

射影変換とは、射影行列により画像内の任意の座標を直線成分を保持したまま、ほかの座標に変換する手法である。射影行列は、画像内において選択した変換前の 4 点とそれに対応する変換後の 4 点から算出される。射影変換は以下の式で行われる。

$$\begin{cases} x' = \frac{a_1x + a_2y + a_3}{a_7x + a_8y + 1} \\ y' = \frac{a_4x + a_5y + a_6}{a_7x + a_8y + 1} \end{cases} \quad \dots(1)$$

ここで、 x, y は変換前の座標、 x', y' は変換後の座標を表す。また、 $a_0 \sim a_8$ は以下の式から求める。

$$\begin{pmatrix} x'_1 \\ x'_2 \\ x'_3 \\ x'_4 \\ y'_1 \\ y'_2 \\ y'_3 \\ y'_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x'_1x_1 & -x'_1y_1 \\ x_2 & y_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x'_2x_2 & -x'_2y_2 \\ x_3 & y_3 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x'_3x_3 & -x'_3y_3 \\ x_4 & y_4 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x'_4x_4 & -x'_4y_4 \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 & -x'_1y_1 & -y'_1x_1 \\ 0 & 0 & 0 & x_2 & y_2 & 1 & -x'_2y_2 & -y'_2x_2 \\ 0 & 0 & 0 & x_3 & y_3 & 1 & -x'_3y_3 & -y'_3x_3 \\ 0 & 0 & 0 & x_4 & y_4 & 1 & -x'_4y_4 & -y'_4x_4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \\ a_7 \\ a_8 \end{pmatrix} \quad \dots(2)$$

ここで、 $x_1 \sim x_4, y_1 \sim y_4$ は変換前の任意の 4 点の座標、 $x'_1 \sim x'_4, y'_1 \sim y'_4$ は変換後の任意の 4 点の座標である。本稿では、変換前後における画像中の 4 点には、予備実験によりそれぞれ以下の点を用いた。

$$(x, y) = \{(120, 50), (120, 180), (220, 180), (220, 50)\}$$

$$(x', y') = \{(110, 70), (120, 200), (220, 200), (230, 70)\}$$

[†] 筑波大学大学院システム情報工学研究科

[‡] (独) 産業技術総合研究所

2.3 CHLAC 特徴

CHLAC 特徴とは、高次局所自己相関特徴[4]を時間を含めた 3 次元データに拡張したものであり、対象の形と動きに対する特徴である。また、この特徴は対象の動画像内での位置に依存せず、対象の切り出しが必要ないという性質を持つため動画像内の歩行動作に対する特徴として適している。CHLAC 特徴は以下の式で表わされる。

$$x_f(a_1, \dots, a_N) = \int f(r')f(r' + a_1) \cdots f(r' + a_N)dr' \cdots (3)$$

ここで、 x は時系列特徴ベクトル、 f は時系列二値画像、 N は次数、 r' は参照画素、 a (図 2 の $a \sim h'$) は変位方向を示す。今回は、次数 N を 2 次までとし、変位方向 a を参照画素 r' のまわりの局所的な $3 \times 3 \times 3$ の領域に限定する。この場合、変位パターンは 251 種類となる。CHLAC 特徴の変位パターンの例を図 2 に示す。ここで、 t は動画像のフレーム番号を表す。

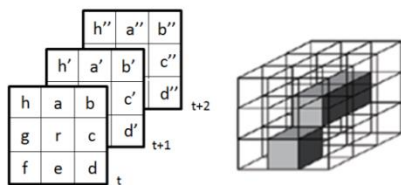


図 2: CHLAC 特徴の変位パターンの例 (e, r', r'')

2.4 部分空間法を用いた歩行動作の判別

本稿では、歩行動作を分析するために、主成分分析に基づく部分空間法を用いる[4]。正常歩行のデータから正常部分空間を構築して、これと評価対象の CHLAC 特徴ベクトルとの距離を基に歩行動作を分析する手法である。

今回、評価対象の歩行を判別するための閾値は、学習データと部分空間との距離の平均と標準偏差から算出する。評価対象の CHLAC 特徴ベクトルと正常部分空間との距離をサンプルごとに計算し、その平均値と閾値を比較することで、閾値未満であれば正常歩行、閾値以上であれば異常歩行であると判別する。

3. 実験

3.1 実験条件

本実験では、被験者の横斜め上に設置したビデオカメラにより撮影した動画像 (A) と、被験者の真横から撮影した動画像 (B) を用いる。学習には A、評価には A, B の動画像を用いる。それぞれのカメラ位置を図 3 に示す。ここで、被験者図 3 の奥から手前に向かって歩行する。撮影した動画像は自由歩行とギプスを着用して動きを制限した歩行の 2 種類である。実験に用いる動画像には右足が着地してから再び着地するまでの区間を用いる。

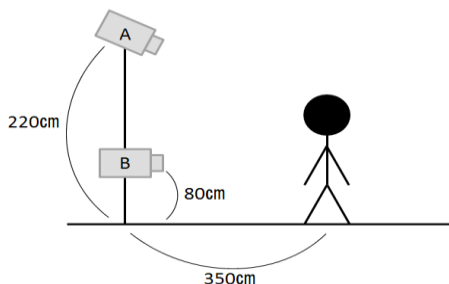


図 3: ビデオカメラと被験者の位置関係

3.2 実験結果

本実験の結果を図 4 に示す。縦軸は正常部分空間と CHLAC 特徴ベクトルとの距離を表し、これが閾値より小さい場合に正常歩行、大きい場合に異常歩行と判別する。 a は横から撮影したデータ、 b は横から撮影した動画像に射影変換を行ったデータ、 c は斜め上から撮影したデータである。また、黒色、灰色はそれぞれ自由歩行とギプス有りの歩行の結果である。本実験では、学習データと正常部分空間との距離の平均 + 6 × 標準偏差 (6σ) を判別の閾値とした。

射影変換を行わない a では、自由歩行のデータでも閾値を超えるサンプルがあった。また、サンプルによってはギプス有りよりも自由歩行の方が高い値となることがあった。射影変換を用いた b では、閾値でギプスの有無を判別することが可能となり、すべてのサンプルにおいてギプス有りの方が自由歩行よりも高い値となった。このことから、提案手法によりカメラアングルの変化による影響を低減できたと言える。

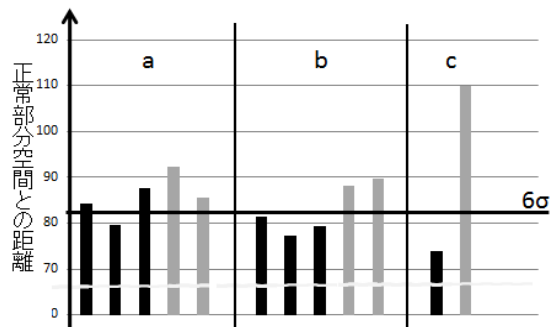


図 4: 実験結果

4. おわりに

本稿では、異なるカメラアングルで撮影された動画像においても同様に歩行動作を分析するため、射影変換を用いた手法を提案し、実験により検証した。実験結果より、本提案手法の有効性を示した。

今回の実験では撮影条件の変化として、カメラの設置位置以外、撮影環境や被験者など同一のデータを扱った。しかし、臨床の現場で利用するためには、カメラの設置位置のほかにもさまざまな条件が変化する可能性がある。今後の課題として、これらの条件の変化にも対応するための手法の検討を行う。

5. 参考文献

- [1] T. Kobayashi, N. Otsu, "Three-way Auto Correlation Approach to Motion Recognition, Pattern Recognition Letters", Vol.30, No.3, pp.212-221, 2009.
- [2] 柳澤 孝文, 野里博和, 坂無英徳, "動画像パターン認識による歩行動作評価手法に関する研究-CHLAC 特徴に基づく左右バランスの定量化手法の検討-", 情報処理学会第 75 回全国大会予稿集, pp.57-58.
- [3] 大津 展之, "判別および最小 2 乗規準に基づく自動しきい値選定法", 電子通信学会論文誌 D, J63-D-4, pp.349-356, 1980.
- [4] 南里 卓也, 大津 展之, "複数人動画像からの異常動作検出", PRMU, パターン認識・メディア理解, Vol.104, pp9-16, 2004.