

CHLAC 特徴に基づく動画像認識による 歩行動作の定量的評価手法に関する検討 A Study on Quantitative Estimation of Walking Motion using Video Recognition based on CHLAC Features

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

1. はじめに

歩行動作は日常生活に必要な不可欠で人間の最も基本的な動作の 1 つであり、歩行動作の改善は高齢者や障害者の QOL (Quality of Life) の向上や運動機能の回復において多大な影響を与える。また、超高齢社会である現在の日本では、リハビリテーション分野における歩行評価による歩行動作の改善が非常に重要視されている。

臨床現場では、理学療法士が患者の歩行等の様子から身体動作を調整していく。この観察と調整は理学療法士の経験や勘など主観に基づいて行われることが多いため、理学療法士毎に結果が異なる場合がある。その結果、治療の進行が遅れる、患者の不安を煽る等の可能性がある。この問題を解決するために、客観的な歩行評価が必要である。加えて、患者が自身の歩行を把握しながら個々の関節や足の運びを調整していくことで、患者の歩行が改善されている例が報告されており[1]、この意味でも歩行の客観的な評価を患者に示すことが歩行動作の改善の際に重要である。

歩行動作を客観的に評価するシステムとしてモーションキャプチャなど様々なシステムが開発されているが、これらはシステム構成が複雑である、歩行動作時に器具の装着等により制限がかかる、高価なため治療などでは利用されづらいといった課題があった。そこで、本研究では安価で簡便な手法としてビデオカメラにより撮影した歩行動画像を用いた歩行評価システムの開発を目的とする。本稿では、歩行動作の特徴の一つである歩行速度に着目し、歩行動画像から抽出した立体高次局所自己相関 (以下、CHLAC とする) 特徴[2] に基づくパターン認識技術による定量的評価手法を検証した。

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ている。各項目の詳細を以下に記す。

2.1 動画像の前処理

本手法では動画像内での動きをフレーム間差分を用いて以下の手順で検出する。まずカラーで撮影された動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。この手法に

[†]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



図 1: 提案手法の処理手順

より適切な閾値が算出され、ノイズによる影響が低減される。

2.2 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。

$$x_f(a_1, \dots, a_N) = \int f(r')f(r'+a_1) \cdots f(r'+a_N)dr' \cdots (1)$$

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。

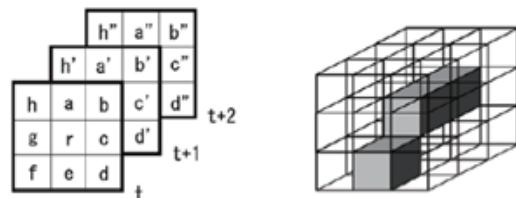


図 2: CHLAC 特徴の変位パターンの例 (e, r', r'')

2.3 主成分得点

提案手法では、歩行動画像から得られた CHLAC 特徴ベクトルを多変量解析の 1 つの手法である主成分分析を用いて評価を行う。主成分分析とは、多次元データから情報量をできるだけ落とさずに低次元に圧縮するデータ解析手法

である。主成分分析は、 M 次元特徴ベクトル $x_i (i=1, \dots, T)$ の自己相関行列から、固有値問題により主成分ベクトル $U=[u_1, \dots, u_M]$ を求める。ただし、 $M=251$, T は学習データのベクトル数である。また本稿では、各主成分ベクトルと各CHLAC特徴ベクトルの内積により算出される主成分得点を用いて歩行の評価を行う。主成分得点 s は $s_{ij} = x_i u_j^T$ により求める。

3. 実験

本稿では歩行速度の定量的評価を目的として実験した。本実験の詳細を以下に記す。

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健康者（男性 2 名、女性 1 名）の歩行動画像を用いる。撮影は自由歩行 3 回、速い歩行 1 回、遅い歩行 1 回の順に連続して撮影した。本実験では右足が着地してから同じ足がもう一度着地するまでを 1 周期とし、この区間のフレームのみを用いる。歩行速度の違いはそれぞれ被験者により決定した。本実験に用いた実験データのサンプル数を表 1 に示す。

表 1：各被験者の歩行動画像のサンプル数

	自由歩行	速い歩行	遅い歩行
男性 A	3	1	1
男性 B	3	1	1
女性	3	1	1

3.2 交差検定法

本実験では各被験者の歩行速度による比較を行うため、交差検定法を用いた。実験データが 3 人分のデータであるため各被験者の自由歩行、速い歩行、遅い歩行の計 5 サンプルを 1 グループとして 3 グループによる k -分割交差検定法を行う。このとき、評価するグループ以外の 2 グループを学習データとして学習手順で使用する。

3.3 評価方法

本実験では評価指標として主成分得点を用いる。予備実験において CHLAC 特徴ベクトルの各主成分を解析したところ、第 1 主成分、第 3 主成分が速度に大きく影響していることがわかった。そこで、速度指標 S を以下の式で定義し、速度評価に用いる。

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (s_{i3} - s_{i1}) \quad \dots(2)$$

ここで n は各歩行動画像の特徴ベクトル数である。(2)式により求めた値が大きいほど、歩行動作における特徴の中でも本稿で着目した歩行速度が速いという評価となる。

また、評価結果をわかりやすくするため、本稿では評価手順で求めた速度指標 S を各グループの最大値で割ることで正規化する。

3.4 実験結果

実験結果を図 2 に示す。このグラフの横軸は各被験者の速い歩行、自由歩行、遅い歩行の各サンプルを示す。また、縦軸は(2)式より算出し、正規化した評価値である。

このグラフの 3 人の実験結果から速い歩行、自由歩行、遅い歩行の順に歩行速度の定量化を行うことができたこと

がわかる。この結果から、本手法の有効性を示すことができた。

しかし、各被験者における速い歩行、自由歩行、遅い歩行を比較すると、他の 2 人の男性に比べて女性の自由歩行の分散が大きいことがわかる。これは、連続して歩行動作を繰り返すうちに自然に歩行動作が変化してしまったためであると考えられる。また、男性 B において自由歩行と遅い歩行の差が非常に小さい。これは、速い歩行や遅い歩行に対しては歩行動作が不自然にならないよう被験者本人の主観により速度調整をしたためではないかと考えられる。また、遅い歩行の撮影は速い歩行の後に連続して行ったため、速い歩行に対する遅い歩行となってしまう、結果として自由歩行と速度の差が変わらなくなってしまったためであると考えられる。

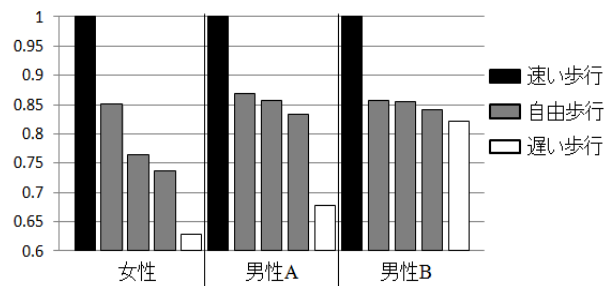


図 2：実験結果

4. おわりに

本稿では、歩行動作映像から歩行動作の定量的評価を行うシステム開発の足懸かりとして、歩行速度の定量的評価について実験により検証した。検証により本提案手法が学習用歩行データに基づいた歩行速度の定量的評価に対して有効であることが示された。

歩行観察では歩行速度以外にも姿勢や左右バランス、関節角度など、理学療法士は様々な観点に着目して歩行評価を行っていることから、本手法でも同様に様々な観点から総合的に個人の歩行動作の評価を可能にする必要がある。そのように様々な評価を行うには、現在用いている実験データのサンプルに加え、今後はより多くのデータを用いた検証が必要である。加えて、理学療法士の評価指標に基づいた歩行動作の自動評価を行うシステムの開発を進める。

5. 参考文献

- [1] Y. Baram, R. Lenger, "Gait improvement in patients with cerebral palsy by visual and auditory feedback", Virtual Rehabilitation International Conference, pp.146-149, 2009.
- [2] T. Kobayashi, N. Otsu, "Three-way Auto Correlation Approach to Motion Recognition, Pattern Recognition Letters", Vol.30, No.3, pp.212-221, 2009.
- [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, 349-356, 1980.
- [4] N. Otsu and T. Kurita, "A New Scheme for Practical Flexible and Intelligent Vision Systems", in Proc. of LAPR Workshop on Computer Vision, pp.431-435, 1998.