

# 動画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方式の検討

柳澤 孝文†

野里 博和‡

坂無 英徳†‡

† 筑波大学大学院 システム情報工学研究科

‡ 産業技術総合研究所 情報技術研究部門

## 1 はじめに

歩行動作は人間の最も基本的な動作の1つであり、日常的に改善していくことで高齢者や障害者の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基づいて健康な歩行に近づけるように動作の改善を繰り返すことが非常に重要視されている。

臨床現場では、理学療法士が経験や勘などに基づいて患者の身体動作を調整していくため、理学療法士ごとに結果が異なり、治療の進行が遅れる場合がある等の問題がある。また、患者が自身の歩行を把握することで、より改善される例が報告されており [1]、客観的な評価が歩行動作の改善に必要である。

客観的に歩行動作を評価する従来手法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。しかし、これらはシステム構成が複雑で高価なため臨床現場で使用しにくい等の課題がある。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を用いた歩行評価システムの開発を目的としている。

本稿では、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提案し、実験により提案手法の有効性を検証した。今回は歩行動作の評価指標の1つである左右バランスを定量化する。

## 2 歩行動作の評価

理学療法士は歩行動作の評価において、各関節や歩行周期、体幹など様々な要素に着目し観察する。観察の結果と経験などから健常歩行との差異を逸脱運動として特定する。しかし、観察による歩行評価では理学療法士ごとに個人差が生じてしまうことがある。そこで、本研究では様々な歩行評価の要素に対して客観的な評価手法を提案する。

本稿では、歩行動作の要素から健常者でも被験者ご

とに差が大きい左右バランスについて着目し、これを定量化する手法を提案する。ここで、左右バランスを片足が着地してから同じ足が着地するまでの区間における左右の動作の差異と定義する。これが大きいほど左右バランスが悪いことを表す。

## 3 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。

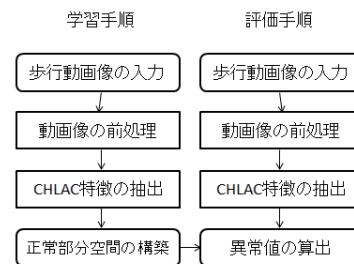


図 1: 提案手法の処理手順

### 3.1 動画の前処理

本手法では動画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を用いる。

### 3.2 立体高次局所自己相関特徴

CHLAC 特徴は対象の動画内での位置に依存せず、対象の切り出しが不要であるという性質を持つため動画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。

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

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  $M$  は 251 種類となる。

A Study on Walking Motion Estimation Method Using Video Pattern Recognition -A Quantification Method of Walking Balance based on CHLAC Features-

†Takafumi YANAGISAWA ‡Hirokazu NOSATO

†‡Hidenori SAKANASHI

†Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

‡National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Information Technology Research Institute

### 3.3 左右バランスの定量化

本稿では、左右バランスを定量化するための特徴抽出手法を提案する。この手法は、左右の動作の差異をCHLAC特徴より算出することを目的としている。まず、歩行1周期分の動画をフレーム数で前後半の2群に分け、それぞれからCHLAC特徴群を抽出する。この抽出した特徴ベクトル群をそれぞれ  $X^{(R)} = [x_1^{(R)}, \dots, x_{\frac{t}{2}}^{(R)}]$ ,  $X^{(L)} = [x_1^{(L)}, \dots, x_{\frac{t}{2}}^{(L)}]$  とする。ここで  $t$  は歩行動画像の特徴ベクトル数である。次に、各群の特徴ベクトルから時系列順に差を求め、新たな特徴ベクトル群  $X_S$  とする。これは以下の式で表される。

$$X_S = [x_1^{(R)} - x_1^{(L)}, \dots, x_{\frac{t}{2}}^{(R)} - x_{\frac{t}{2}}^{(L)}] \quad (2)$$

この特徴ベクトル群  $X_S$  の各ベクトルは  $X_R$  と  $X_L$  の各特徴ベクトルを時系列順に比較しているため、半周期の歩行動作における左右の動作の差異を表している。最後に、部分空間との距離  $d$  を部分空間法 [3] を用いて算出する。

## 4 実験

本稿では歩行動作における左右バランス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。

### 4.1 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常者（男性3名、女性8名）の歩行動画像を用いる。11人の被験者の中で主観により左右バランスが良い10人（男性3名、女性7名）の歩行動画像を正常データ、左右バランスが悪い1人（女性1名）を異常データと定義した。異常データの被験者は腕の振り方が左右で大きく異なる歩き方である。実験データには被験者1人当たり自由歩行3回分を使用した。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。実験に使用した歩行動画像の例を図2に示す。



図2: 歩行動画像の例

### 4.2 交差検定法

本実験では各被験者の左右バランスにおける比較を行うため、交差検定法を用いた。実験データは正常データが10人分であるため各被験者の自由歩行3サンプルを1グループとして10グループによるLeave-one-out交差検定を行う。

### 4.3 評価方法

本稿では、左右バランスの定量的な評価を評価指標  $B$  として以下の式で定義する。

$$B = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T d_i \quad (3)$$

ここで  $T$  は1つの歩行データから得られた特徴ベクトル群  $X_S$  のベクトル数 ( $= t/2$ ) である。評価指標  $B$  が小さいほど左右バランスが良いことを表す。

### 4.4 実験結果

実験結果を図3に示す。このグラフの横軸は各被験者の各サンプルを示す。また、縦軸は各サンプルの評価指標  $B$  を被験者ごとに平均値を算出した値である。このグラフより、異常データと定義した左右バランスの悪い被験者の評価指標  $B$  が他の被験者よりも大きいことがわかる。また、正常データと定義したグループの中でも主観的ではあるが、評価指標  $B$  と左右バランスの見た目が相関を持つような結果となった。例えば、評価指標  $B$  が男3より大きい女1は歩行動画像を比較すると、女1が左右で腕の振り方が異なり、左右バランスがやや悪い被験者であった。この結果から、本手法の有効性を示すことができた。

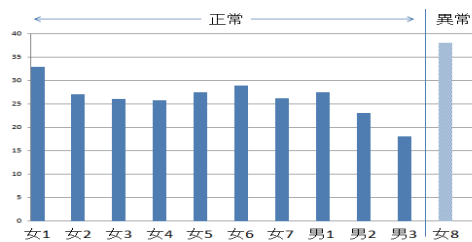


図3: 実験結果

## 5 おわりに

本稿では、歩行動画像から左右バランスを定量的に評価する手法を提案し、実験により有効性を検証した。実験結果より、本提案手法が左右バランスの定量的評価に対して有効であることを示した。

今後は理学療法士の評価指標に基づくデータを収集し提案手法を検証する。また、歩行動作には左右バランス以外にも姿勢など様々な評価要素がある。それぞれの要素に対して分析する手法を提案し、統合することで総合的に歩行動作を評価するシステムの研究を進める。

### 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] 南里卓也, 大津展之. 複数人動画からの異常動作検出. *CVIM*, pp. 179–186, 2004.