

安定性と効率性に注目した歩行特徴量による動作解析の一考察

A Consideration on Walking Motion analysis based the Walking Stability and Efficiency

小島 匡顕^{*1}, 香山 瑞恵^{*2}, 橋本 昌巳^{*2}, 二上 貴夫^{*3}

Masaaki KOJIMA^{*1}, Mizue KAYAMA^{*2}, Masami HASHIMOTO^{*2}, Takao FUTAGAMI^{*3}

^{*1} 信州大学大学院総合理工学研究科

^{*1}Graduate School of Science & Technology, Shinshu University

^{*2} 信州大学工学部

^{*2}Faculty of Engineering, Shinshu University

^{*3} 東陽テクニカ

^{*3}TOYO Corporation

Email: 16w2026e@shinshu-u.ac.jp

あらまし：本研究の目的は、加速度センサで計測した歩行に対する評価指標の提案と指標や計測波形の簡便で即時的なフィードバックツールの作成である。本稿では、提案指標である安定性と効率性に基づき、腰部手術を受けた成人の歩行動作を定期的に計測したデータに対し解析を行い、結果に基づく術後動作変化について考察する。

キーワード：歩行特徴量, 加速度変化, 加速度センサ, 健康工学, 解析ツール

1. はじめに

医療やリハビリテーション分野において、歩行支援のための動作解析が行われている。動作解析には、加速度センサやビデオカメラ、レーザ、フォースプレートなどを用いた計測が行われている^(1,2)。評価方法には、歩行の周期を基にした評価がみられる⁽¹⁾。本研究では、図1に示す被験者の腰に装着した1つの加速度センサで計測した歩行に対する評価指標の提案と、指標や計測波形の簡便で即時的なフィードバックツールの作成を目的としている。これまでに、歩行を安定性と効率性の指標で評価してきた⁽³⁾。本稿では、腰部手術を受けた成人女性1名の歩行動作を対象に、これらの指標を用いて解析した結果について述べる。

2. 歩行評価方法

本研究で提案する評価指標の概要を述べる。

2.1 解析の事前処理

本研究では、1歩行周期ではなく1歩での評価を試みる。また、被験者によって1歩にかかる時間が異なるため、1歩の時間区間をパーセント歩行周期の考えに基づき整理する。パーセント歩行周期とは、1歩行周期の開始を0%、終了を100%とし正規化を行う考え方である。本研究では、この考え方を1歩に適用し評価を行う。

2.2 対称性

歩行評価における対称性とは、歩行時の左右差についての評価である。対称性を評価する際は、パーセント歩行周期の考え方をを用いて、3軸方向全ての評価値を算出する。解析対象区間内の n 歩を発生順に $s_1, s_2, \dots, s_n$ とした場合、 s_1 と s_2 , s_2 と s_3 というように連続する2歩を対象として相互相関を求め

ることとする。評価値は3軸方向全てにおいて絶対値が1に近いほど評価が高いものとする。

2.3 再現性

歩行評価における再現性とは、歩行時の周期性についての評価である。2.2節に示した n 歩に対して、奇数番目の1歩と偶数番目の1歩の集合に分けて解析する。各集合における加速度変化の平均波形を求め、集合の各要素との相互相関を求めることとする。再現性の評価の際、対称性と同様にパーセント歩行周期の考え方をを用い、3軸全ての方向での評価値を算出する。評価値は3軸方向全てにおいて1に近いほど評価が高いものとする。

2.4 動揺性

歩行評価における動揺性とは、歩行時の体の揺れについての評価である。本研究では、変位波形の平均値が低いほど動揺性の低い歩行であるとする。解析対象区間内における動揺性の値の低い歩行が安定した歩行となる。

2.5 円滑性

歩行評価における円滑性とは、歩行の滑らかさを評価する指標である。本研究では、円滑性の評価方法として歩行の1歩に要する時間（データ数）に着目した。1歩に要する時間が均等であれば、なめらかな歩行であると考えられる。歩行の円滑性を評価する際、1歩の時間（データ数）に着目するため、ここでは、パーセント歩行周期の考え方は利用せず、計測デー



図1 計測器装着時

タを用いて評価値を求める．解析対象区間内の 1 歩におけるデータ数の変動係数を円滑性の評価値とする．変動係数の値が小さいほど歩行がなめらかである．

2.6 効率性

歩行動作における効率性とは、いかに力を発揮せずに移動できるかを示す指標であると考える．本研究では、解析対象区間における仕事率を歩行の効率性とする．仕事率が 0 に近い歩行が効率の良い歩行であると仮定し評価を行う．

3. 適用実験

腰部手術を受けた成人女性 1 名の歩行を対象に実験を行った結果について述べる．

3.1 実験方法

被験者は、2017 年 2 月 10 日に腰椎椎間板ヘルニア（腰椎 4 番と 5 番の間左側）の手術を行い、週に 2 回程度のリハビリを行う 40 代女性 1 名である．

計測実施日は、2017 年 3 月 16 日、4 月 28 日、5 月 19 日（以下、それぞれ 1 回目、2 回目、3 回目）の計 3 回で、各回 2 試行実施した．計測条件として、1 回目、2 回目は被験者にコルセットを装着し、靴にインソールを入れない状態、3 回目は医師の指示によりコルセットをはずし、インソールを入れた状態で計測した．計測場所は屋外の平らなコンクリート道路とし、計測場所内に 10 m×0.45 m の短径領域を設けた．被験者に計測装置を装着させ、長手方向に歩行させた．この時、速度や歩行方法の指定はせず、普段通りに歩行させた．解析対象区間は計測開始後の 5 歩目から 15 歩目までの 10 歩とした．

3.2 実験結果

被験者の歩行動作を計測ごとに安定性（対称性、再現性（右足・左足）、円滑性、動揺性）と効率性の評価値を算出した．特徴的な結果が得られた評価指標を図 2 に示す．(a)が対称性、(b)が左右方向再現性、(c)が効率性である．各図において、左から 1 回目、2 回目、3 回目の評価値(各回 2 試行)を表す．

対称性では、前後方向と上下方向では、評価値が 0.80 を超えており、高い対称性が得られた．また、

計測回数を重ねるごとに評価値が上昇し、対称性が良くなっていることが示唆された．再現性では、すべての方向で、評価値が 0.80 を超えており、高い再現性が得られていた．効率性は、試行ごとにばらつきがみられた．また、図には示さなかった動揺性、円滑性については、顕著な特徴がみられなかった．

3.3 考察

今回の結果と、過去に 13 名の成人男性の通常歩行に対して同様の評価を行った結果⁽³⁾の平均値を比較する．過去の結果の平均値は図 2 に点線で示す．対称性では、成人男性の平均値よりも評価値が大きく、対称性が高いことが示唆された．左右方向再現性においても、同様のことが読み取れ、再現性が高いことが示唆された．一方、効率性については、成人男性よりも評価値の絶対値が大きく、効率の良い歩行とはいえないことが示唆された．

4. まとめ

本稿では、腰部手術を受けた成人女性 1 名の歩行動作を対象に、1 つの加速度センサを用いて計測した．その結果、成人男性に適用した結果と比較して、対称性、左右方向再現性は平均値よりも良く、効率性は良くなかった．これより、腰部手術を受けた成人女性に対しても提案指標の利用が可能であることが示唆された．今後は、提案指標を利用したフィードバックツールの実現を目指していく．

参考文献

- (1) 小椋一也, 小淵修一, 小島基永, 古名丈人, 潮見泰蔵: “通常歩行時の骨盤加速度に注目した歩行分析”, 理学療法科学, 20(2), pp.171-177 (2005).
- (2) 西野一郎, 緒方公介, 野見山宏, 安永雅克, 西嶋幸司, 藤原明, 山田昌登嗣: “歩行解析における加速度計の有用性”, 整形外科と災害外科, 42(3), pp.1038-1040 (1993).
- (3) 松澤拓也, 香山瑞恵, 橋本昌巳, 二上貴夫: “3 次元加速度センサの計測結果に基づく歩行特徴に関する基礎的検討”, 信学技報, ET2015-66, pp.41-46 (2015).
- (4) 小田典雄, 千野直一, 山崎信寿: “マイコンを応用した簡易歩行分析”, 総合リハ, 10(2), pp.245-249 (1998).

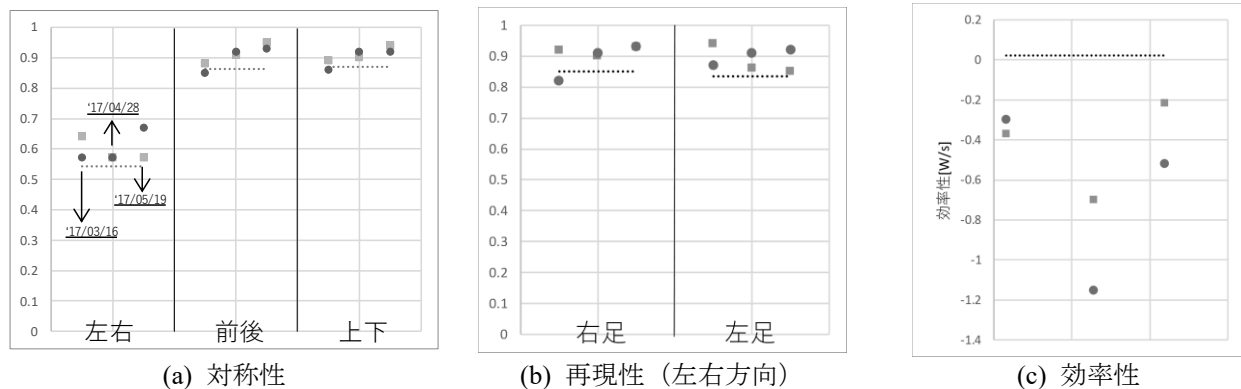


図 2 主な評価結果