

腰用バンドが歩行動作及び閉眼片足立ち時間に与える影響に関する研究

田村 宏樹^{a)}・下宮園 翔吾^{b)}・有馬 和也^{b)}・川原 文哉^{c)}

A Study on the Influence of Lumbar Support on Walking Motion and Standing Time on One Leg with Eyes Closed

Hiroki TAMURA, Shogo SHIMOMIYAZONO, Kazuya ARIMA, Fumiya KAWAHARA

Abstract

In this paper, we show the evaluation of the walking speed, stride and standing time on one leg using RGB-D sensor. The biological motions can be calculated by using RGB-D sensor. From these biological motion data, our system are able to determine the spine angle of body and the center of gravity¹⁾. Furthermore, our proposal system can be analyzed the walking motions²⁾. In this paper, experimental tasks are normal walking motion and standing time on one leg with eyes closed. We evaluated the walking speed and stride from normal walking motion. The standing time on one leg with eyes closed is evaluated by time. Especially, we examined the effectiveness between with and without lumbar support wrapped around the waist in these experimental tasks. From these experiments, we introduce the influence of lumbar support wrapped around the waist.

Keywords: RGB-D sensor, Lumbar Support, Walking Motion, Standing Time on One Leg with Eyes Closed

1. はじめに

運動器障害に関してロコモティブシンドローム（以後、ロコモ）という概念がある。ロコモになる主な原因として筋力の低下、骨や関節の病気、バランス感覚の低下が挙げられ、それにより歩行が困難になったり、バランスが悪くなることで日常生活を介護者なしに過ごすのが困難になる。しかし、歩行動作を計測したり、バランスの評価を行ったりするための機器は既にあるが、一般的に大掛かりなシステムである。

著者らが既に報告している先行研究¹⁾のシステムでは、RGB-D センサを用いて簡単にバイオロジカルモーション（体の関節対の 3 次元位置情報）を計測し、得られるデータから背骨の傾斜角度、身体の重心位置などを算出することが可能である。先行研究¹⁾では、算出した背骨傾斜角度に対しては 3 次元動作分析装置 VICON の結果と、重心位置に対しては重心動揺計の結果と比較し、一定の相関関係があることを示している。

本論文では、先行研究の結果を受け、腰用バンド（腰部分に着けるゴム状のバンド）が人に与える影響に関して検討を行う。検討対象として、通常歩行と閉眼片足立ちを対

象とする。歩行動作は日常動作をおくるうえで大変重要な動作である。閉眼片足立ちは、ロコモを判断、また転倒リスクを判断する上で重要な指標である。閉眼片足立ち時間とは、両手を腰にあて、両目をつぶり、左右どちらでも立ちやすい側の足で片足になり、計測を開始してから軸足がずれ、足が床につくまでの時間であり、静的バランス能力をチェックする代表的な方法である。本論文では、RGB-D センサを用いてバイオロジカルモーションを算出し、歩行動作と閉眼片足立ちの実験から得られる情報から、腰用バンドを着けているときと着けていないときの違いについて報告する。

2. 先行研究

先行研究¹⁾の目的は、RGB-D センサを用いたモーションキャプチャシステムにより関節対の 3 次元の座標データから背骨傾斜角度、体の重心を算出し、バランスの評価をすることであった。RGB-D センサで取得する関節対を図 1 に示す。図 1 のマーカー座標から背骨の傾斜角度、身体の重心を算出することが可能である。背骨の傾斜角度は、股関節から首にかけてのマーカー座標から求めることができる。重心に関しては、マーカーの位置から人体を大きな関節ごとに頭、胴体、右腿、右脛、左腿、左脛、右手、左手の 8 つに分割し、頭 8%、胴体 46%、腿 10.5%、脛 6.5%、

a)工学教育研究部 環境ロボティクス学科担当 教授

b)工学研究科工学専攻 大学院生

c)電気電子工学専攻 大学院生

腕 6%とし、対象者の体重から身体の各部位の重さを計算し、それとマーカの位置座標から重心を求めている。

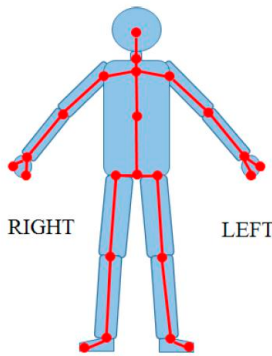


図 1. RGB-D センサ (マイクロソフト社製キネクト センサ) を用いて抽出される身体のマーカの位置。

2.1 先行研究の結果¹⁾

先行研究¹⁾では、歩行動作に関して、健康ボランティア (20 代の健康な男子学生 8 名) を対象に歩行時の背骨傾斜角度に関して、腰用バンドの有無でどのような差が生じるのかを検証している。RGB-D センサによる背骨傾斜角度と 3 次元動作分析装置 VICON を用いて算出した背骨傾斜角度に関しては決定係数が $R^2=0.63$ の相関があることを事前に確認している。その際、相関性を確認するために、DP マッチングで時刻データを合わせて解析をしている。先行研究¹⁾の腰用バンドの有無による検証結果を表 1

表 1. 歩行時の背骨傾斜角度の
腰用バンドの有無での比較¹⁾。

: 健康ボランティアである 20 代の健康な男子学生 8 名の
平均値と標準偏差, t 検定の結果, 5%水準で有意差あり。

背骨傾斜角度	平均値	標準偏差
腰用バンド無	5.93[deg]	1.77[deg]
腰用バンド有	4.83[deg]	0.83[deg]

表 2. 閉眼片足立ち時の重心総軌跡と外周体積の
腰用バンドの有無での比較¹⁾。

: 健康ボランティアである 20 代の健康な男子学生 9 名の
平均値と標準偏差, t 検定の結果, 有意差なし。

重心総軌跡	平均値	標準偏差
腰用バンド無	138.6[cm]	41.8[cm]
腰用バンド有	149.9[cm]	43.9[cm]

外周体積	平均値	標準偏差
腰用バンド無	1648.8[cm ³]	2544.3[cm ³]
腰用バンド有	612.4[cm ³]	1031.5[cm ³]

に整理する。背骨傾斜角度が 18.5%改善し、t 検定を行った結果、5%で有意差があることを確認している。

また、閉眼片足立ちに関しては、健康ボランティア (20 代の健康な男子学生 9 名) を対象に 60 秒の閉眼片足立ち時の人の重心座標の重心総軌跡長と重心の変化した軌跡の外周体積 (x 軸, y 軸, z 軸の最大値と最小値) を抽出し、腰用バンドの有無でどのような差が生じるのかを検証している。重心動揺計では重心の体積は算出できず、面積のみであるが、先行研究¹⁾のシステムでは体積まで算出可能である。RGB-D センサで算出した重心軌跡 (x-y 平面) と重心動揺計で算出した重心軌跡 (x-y 平面) の相関性を確認したところ、決定係数が $R^2=0.78$ から 0.98 であり、平均 0.84 であることを事前に確認している。先行研究の腰用バンドの有無による検証結果を表 2 に整理する。腰用バンドを着けることで総軌跡長では 7%、外周体積では 63%平均値が小さくなっている。しかし、標準偏差が大きいためからわかるように、t 検定の結果では有意差がなかった。このことより、閉眼片足立ち時の重心の変化 (静的バランス) は、腰用バンドにより低減できるかどうかに関して、個人差が大きいことを確認している。

3. 実験結果および考察

本論文では、著者らが提案している先行研究²⁾のシステムを用いて、歩行動作の解析を行う。先行研究²⁾は、RGB-D センサを用いて歩行動作からロコモを推定することができるシステムである。ロコモを推定するために歩行動作から、歩幅 (歩行開始時から 2 歩目と 3 歩目の平均値)、歩行速度 (歩幅をかかった時間で割った結果)、膝角度を算出し、それらの情報を用いてロコモを推定している。本論文では、先行研究²⁾のシステムを用いて、歩行時の歩幅と歩行速度を得る。歩幅と歩行速度に関しては 3 次元動作分析装置 VICON を真値として、誤差率 5%以内での精度で計測が可能であることが事前実験よりわかっている。しかし、先行研究²⁾のシステムでは、RGB-D センサの設置位置の関係上、先行研究¹⁾のように背骨傾斜角度を算出することはできない。また、閉眼片足立ちについて、本論文では単純に時間情報だけで評価するため、特に RGB-D センサを用いたシステムは使用しない。

3.1 歩行動作実験

本節では、歩行動作の実験結果について述べる。本実験は、60 歳から 75 歳の 15 名の方を対象に歩行時の歩行速度と歩幅に関して、腰用バンドの有無で差が生じるのか実験を行った。被験者には、家の中で歩いているようにできるだけ自然に歩行するように指示を行っている。歩行距離は約 3m である。また、数回練習をしてから計測を行っている。本実験は、宮崎大学医の倫理委員会承認済みの実験である。実験結果を図 2 に示す。図 2 より、歩幅は、腰用バンドの有無で全く違いがなく、歩行速度もほぼ同じ結果

であった。このことから、腰用バンドは歩行時の歩幅と歩行速度には影響を与えないことがわかる。歩行速度 1.38[m/sec]は 40 代後半の歩行速度であり、今回の被験者の平均年齢が 67 歳であることから、被験者は年齢以上に健康な方が多かったと推測される。

先行研究¹⁾より歩行時の背骨傾斜角度には影響するといえる。背骨傾斜角度が大きいと腰部椎間板圧迫力が大きくなることがわかっており³⁾、このことより、腰用バンドによって腰部に負担をかけない歩行が期待できる。

3.2 閉眼片足立ち実験

本節では、閉眼片足立ちの実験結果について述べる。本実験は、健康ボランティア (20 代の健康な男子学生 15 名) を対象とした。実験結果を図 3 に示す。図 3 より、腰用バンドありのほうが、53 秒閉眼片足立ち時間が長くなっていることがわかる。このことは静的バランスが良くなっていることを示す。また、t 検定の結果、1%水準で有意差がある結果であった。15 名中、13 名が時間が延びる結果となった。20 代の平均時間が 70 秒⁴⁾とされていることから、腰用バンドなしの結果は適切であり、腰用バンドの効果が大きいことがわかる。先行研究¹⁾より、腰用バンドを着けることで個人差はあるものの、重心の変化が低減される傾向ではあったが、閉眼片足立ち時間では顕著に違いが生じる結果となった。

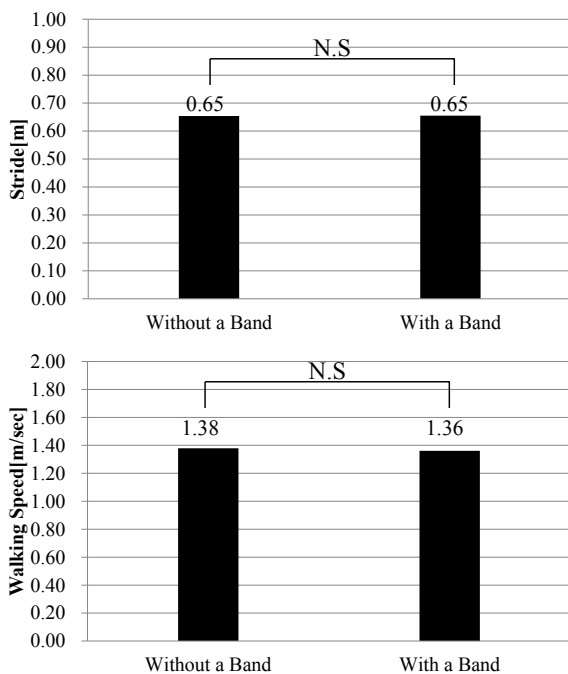


図 2. 通常歩行時の腰用バンドの有無による歩幅 (上グラフ) と歩行速度(下グラフ)の比較。
: 60 歳から 75 歳の 15 名 (平均年齢 67 歳) の平均値, 歩幅は歩行開始時から 2 歩目と 3 歩目の平均であり、歩行速度は歩幅をかかった時間で割った結果である。t 検定の結果、有意差なし。

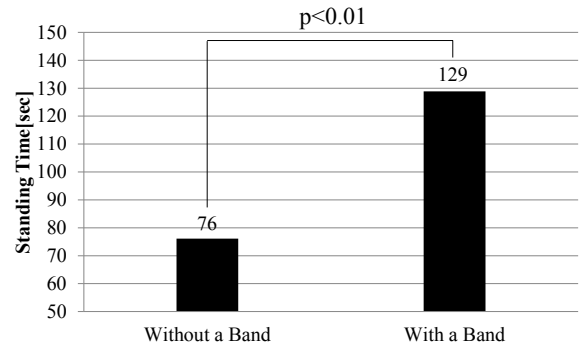


図 3. 閉眼片足立ち時間の腰用バンドの有無による比較。
: 健康ボランティアである 20 代の健康な男子学生 15 名の平均値, t 検定の結果、1%水準で有意差あり。

4. 結論

本論文では、腰痛予防などに用いられる腰用バンドが人の動作にどのような影響を与えるのか、通常歩行動作と閉眼片足立ち (静的バランス評価) の 2 つの動作を対象に検討を行った。その結果より、以下の 2 点がわかった。

1) 歩行動作に関しては、腰用バンドを着けることで、背骨傾斜角度が小さくなる傾向があることが先行研究よりわかっていた。ただし、その傾向は歩行動作時の歩幅、歩行速度にまでは影響しないことが本実験よりわかった。

2) 閉眼片足立ちに関しては、重心の変化が腰用バンドを着けることで、個人差はあるものの、小さくなる傾向があることが先行研究よりわかっていた。本実験より、腰用バンドを着けることで閉眼片足立ち時間も延びることがわかった。

これらのことより、腰用バンドを着けることで閉眼片足立ち時間が延びることより、日常生活での静的バランス (座位姿勢、立位姿勢を保つ能力) の改善が期待できる。また、先行研究¹⁾より、腰用バンドは歩行時の背骨傾斜角度を低減することができることより、腰部に負担をかけない歩行になる効果も期待できる。一般的に、腰用ベルトを装着することで骨盤が固定され、仙腸関節 (仙骨と腸骨の間にある関節) の捻じれが防止でき、また、負担を軽減する効果があると言われている。先行研究¹⁾の結果はこの効果を裏付ける根拠となる結果であるとも言える。ただし、先行研究¹⁾の結果および本論文の結果は、歩行動作以外では、20 代のみを対象にした実験結果であることから、信頼性を高めるためにより幅広い年代での計測が必要であり、それが今後の課題である。

参考文献

- 1) 下宮園翔吾, 有馬和也, 田村宏樹, 淡野公一, ” RGB-D センサを用いたバランス評価に関する研究 “, FIT2016 (第 15 回情報科学技術フォーラム), J-054, 2016.
- 2) 百瀬幸太, 帖佐悦男, 田村宏樹, ” RGB-D センサを用いたロコモティブシンドロームの評価法に関する研究 “, 第 26 回日本運動器科学会, セッション 2-9, 2014.
- 3) 瀬尾明彦, ” 筋骨格系障害予防のための作業負担ソフト BlessPro ver. “, 人間工学と産業保健のホームページ, 2013.
<http://homepage2.nifty.com/aseo/blesspro.htm>
- 4) 日本健康運動研究所, ” 健康づくりに役立つ運動 “, 日本医療・健康情報研究所のホームページ, 2017.
<http://www.jhei.net/exer/measurement/me04.html>