

## RGB-D センサを用いたバランス評価に関する研究

## A Study of Balance Evaluation using RGB-D Sensor

下宮園 翔吾<sup>†</sup> 有馬 和也<sup>†</sup> 田村 宏樹<sup>‡</sup> 淡野 公一<sup>‡</sup>  
 Shogo Shimomiyazono Kazuya Arima Hiroki Tamura Koichi Tanno

## 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上げられる。ロコモの診断には医師による診断とロコモ度テストの 2 つが用いられる。しかし、ロコモ度テストにおいてバランスに関する直接的な評価方法は無い。バランス評価を行う為には関節傾斜角度、背骨傾斜角度、身体の重心を求める必要があると考える。そこで本研究では、簡易に行えるバランスの評価手法として RGB-D センサを用いた手法を提案する。また、提案したバランス評価システムにより骨盤ベルトの評価も行う。

## 2. 提案手法

本研究の目的は RGB-D センサを用いて関節対の 3 次元の座標データから股関節傾斜角度、背骨傾斜角度、身体の重心を算出し、バランスの評価を行うことである。

## 2.1 股関節傾斜角度

図 1 は歩行中の股関節付近のマーカース座標を示す。股関節中心のマーカース座標 A と右腰のマーカース座標 B から  $\overline{AB}$  を算出する。また、座標 B から座標 A の x 軸成分と z 軸成分を差分したものを座標 C と置き、 $\overline{AC}$  を算出し、 $\overline{AB}$  と  $\overline{AC}$  がなす角度を  $\theta_1$  とした。同様に座標 A と左腰のマーカース座標 D から  $\theta_2$  を算出する。 $\theta_1$ 、 $\theta_2$  から股関節傾斜角度を算出する式(1)を示す。

$$\text{股関節傾斜角度} = \frac{(\theta_{1\max} - \theta_{1\min}) + (\theta_{2\max} - \theta_{2\min})}{2} \quad (1)$$

$\theta_{1\max}$ 、 $\theta_{2\max}$  と  $\theta_{1\min}$ 、 $\theta_{2\min}$  は  $\theta_1$ 、 $\theta_2$  それぞれの 1 歩行分の最大値と最小値を表す。

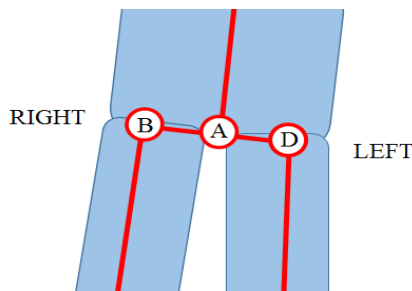


図 1 股関節傾斜角度算出のためのマーカース座標の位置

## 2.2 背骨傾斜角度

図 2 は歩行中の股関節から首にかけてのマーカース座標を示している。右腰のマーカース座標 B と左腰のマーカース座標 D の中点 E と首のマーカース座標 F を用いて、股関節傾斜角度と同様に線分 EF の傾きから背骨傾斜角度を算出する。

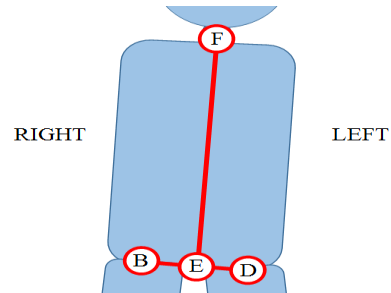


図 2 背骨傾斜角度算出のためのマーカース座標の位置

## 2.3 身体重心

身体の重心座標を求めるために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 つに分割する。分割後、各部位が剛体と仮定し、各部位の重心座標を計算する。各部位の重さには男女の平均の比率を用いる[1]。

頭 8%、胴体 46%、腿 10.5%、脛 6.5%、腕 6% とし、体重から身体の各部位の重さを計算する。身体の各部位の重心座標と重さより x 軸周りの重さによるモーメントを求める。求めた身体の各部位の重さによるモーメントの和と身体全体の重さによるモーメントが等しいとして x 軸の重心座標を算出する。y 軸 z 軸も同様に算出する。

## 3. 実験方法

## 3.1 股関節傾斜角度、背骨傾斜角度

精度の高い 3 次元動作分析装置として Vicon が上げられる。本実験では Vicon を提案手法の比較対象とした。Vicon を用いた実験環境は、十分に広い空間に Vicon を 8 つ設置し、その中を 5.3m 歩行するものとした。健康な 20 代の男性被験者 3 名に 5 回の歩行を行ってもらい、得られた座標から提案手法を用いて股関節傾斜角度と背骨傾斜角度を算出した。RGB-D センサを用いた実験環境は、歩行距離を 3 メートルとし、その中心から 0.5m 平行移動させた位置から 45°を測り 2.6m 離れた位置に RGB-D センサを設置した。計測後、結果の比較を行った。

## 3.2 身体の重心

重心を測定するために重心動揺計を使用する。重心動揺計と RGB-D センサを用いて同時計測を行い RGB-D センサは重心動揺計の原点から 2m 離れた位置に設置し、被験者の正面から計測する。被験者の男性 2 名に特定の動作を指定し 20 秒間測定を行った。特定の動作は、1)動作なし 20 秒、2)動作なし 10 秒後上半身を右に傾ける、3)動作なし 10 秒後上半身を左に傾ける、4)動作なし 3 秒後上半身を右から時計回りに回転させる、この 4 パターンの動作を各 2 回ずつ行った。重心動揺計で得られた重心座標を真値とし、結果を比較した。

<sup>†</sup> 宮崎大学工学部 工学研究科

<sup>‡</sup> 宮崎大学工学部

## 4. 実験結果

### 4.1 股関節傾斜角度、背骨傾斜角度

Vicon で得られた座標から算出した股関節傾斜角度と背骨傾斜角度を真値として、RGB-D センサで得られた座標から算出した結果を比較する。RGB-D センサを用いて測定した股関節傾斜角度の相関係数は 0.57、背骨傾斜角度の相関係数は 0.63 となった。この結果から RGB-D センサを用いて算出した股関節傾斜角度と背骨傾斜角度は、Vicon から算出する値との相関があることがわかる。

### 4.2 身体の重心

重心動揺計で得られる座標は 2 次元座標のため RGB-D センサでは重心動揺計の軸に相当する軸を用いて重心座標を算出した。全動作の平均の相関係数は 0.85 となった。重心動揺計から得られる重心座標と RGB-D センサを用いて算出した重心座標が相関関係にあることがわかる。

## 5. 検証実験方法

本研究では提案手法によるバランス評価の一指標として、骨盤ベルトの有無によるバランスの改善について検証する。なお、全ての評価の値において小さいほどバランスが良いという評価となる。

### 5.1 歩行時のベルトの効果

歩行時に骨盤ベルトを着用するとバランスにどのような変化があるかを調べるため、ベルト未着用状態とベルト着用状態で提案手法を用いて計測を行う。比較には股関節傾斜角度と背骨傾斜角度を用いる。RGB-D センサを被験者の正面に設置し、被験者は RGB-D センサから 4m 離れたところから RGB-D センサに向かって歩行する。計測は健康な 20 代の男性 8 名で行う。3 名にはベルトを未着用状態と着用状態で各 5 回ずつ歩行を行い、残りの 5 名にはベルト未着用状態とベルト着用状態で各 1 回ずつ歩行を行った。計測された各 20 データから股関節傾斜角度と背骨傾斜角度を算出し比較する。比較には、算出された結果の平均値と標準偏差を使用し、T 検定を行う。有意水準は 5% とする。

### 5.2 閉眼片足立ち時のベルトの効果

骨盤ベルトを着用することでバランスにどのように影響があるかを調べるために、閉眼片足立ちによる実験を行う。歩行時と同様に、ベルト未着用状態と着用状態を RGB-D センサで計測し、重心座標を算出し比較する。RGB-D センサを被験者の正面に設置し、被験者は RGB-D センサから 2m の位置で閉眼片足立ちを行う。被験者は健康な 20 代の男性 15 人とし、60 秒計測する。評価には得られた重心座標より重心総軌跡長、外周面積、外周体積を用いる。重心総軌跡長の比較は 1 分間の閉眼片足立のデータのみ扱うとする。外周面積と外周体積は x 軸、y 軸、z 軸の最大値と最小値を求めその差を用いて求める。また、比較方法として結果の平均値と標準偏差を使用し、T 検定を行う。有意水準は 5% とする。

## 6. 検証実験結果

### 6.1 歩行時のベルトの効果

図 3 と図 4 は股関節傾斜角度と背骨傾斜角度の平均と標準偏差を表す。股関節傾斜角度の平均はベルト装着状態  $5.25 \pm 2.34 \text{deg}$ 、未装着状態  $5.88 \pm 2.04 \text{deg}$  であった。背骨傾斜角度の平均はベルト装着状態  $4.83 \pm 0.83 \text{deg}$ 、未装着状態  $5.93 \pm 1.77 \text{deg}$  であった。以上より歩行時に骨盤ベルトを着用することによって背骨傾斜角度のみ軽減され、歩行中に上半身が安定することがわかる。

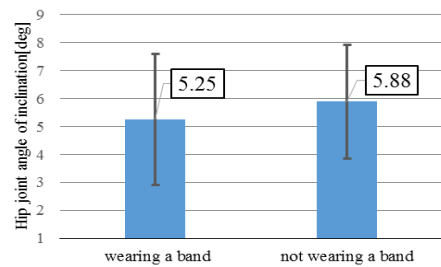


図 3 股関節傾斜角度の平均と標準偏差

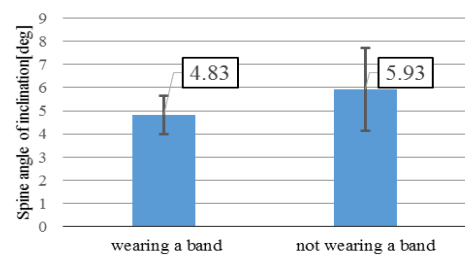


図 4 背骨傾斜角度の平均と標準偏差

### 6.2 閉眼片足立ち時のベルトの効果

重心総軌跡では閉眼片足立ちを 1 分間計測できた 9 デーのみ使用し比較した。平均値と標準偏差はベルト装着状態  $138.60 \pm 41.83 \text{cm}$ 、未装着状態  $149.89 \pm 43.09 \text{cm}$  となった。外周面積の平均値と標準偏差はベルト装着状態  $60.46 \pm 39.61 \text{cm}^2$ 、未装着状態  $106.41 \pm 96.91 \text{cm}^2$  となった。外周体積の平均値と標準偏差はベルト装着状態  $612.42 \pm 1031.47 \text{cm}^3$ 、未装着状態が  $1648.81 \pm 2544.28 \text{cm}^3$  となった。結果より有意な差は得られなかった。しかし、ベルトの装着により平均値の結果が良くなる傾向が見られたため、効果には個人差があると考えられる。

## 7. おわりに

本研究では RGB-D センサを用いて一定動作中の股関節傾斜角度、背骨傾斜角度と身体の重心を算出しバランスの評価の検討を行った。股関節傾斜角度、背骨傾斜角度と身体の重心では真値と提案手法を用いて算出した結果に相関関係があることがわかった。ベルトの効果の検証実験として歩行と閉眼片足立ちのベルト装着状態とベルト未装着状態を比較した。ベルトを装着することで有意な差が現れたものは背骨傾斜角度だけであったが、平均値は全てにおいてベルトを装着した場合が良くなった。

### 参考文献

- [1] 「イラストで学ぶ介護人間工学」小川 鑛一、3-20、2008