

# 歩行動作に対する高時間分解能慣性センサ計測データの解析特性に関する基礎的研究

## Basic Analysis of High Time-Resolution Gait Data by an Inertial Sensor

田中秀和, 香山瑞恵

Hidekazu Tanaka, Mizue Kayama

信州大学

SHINSHU UNIVERSITY

Email: 17t2102a@shinshu-u.ac.jp

あらまし：健康維持には正しい歩行が重要である。本研究では、加齢や筋力低下等による筋力低下生じた際に、歩行動作がどのように変化していくかを把握することが必要であると考えた。そこで、異なる3つの群での歩行速度と加速度の時間変化を比較する基礎的検討を試みた。

キーワード：歩行, 特徴検出, 慣性センサ, 高齢者, 四分位偏差

### 1. はじめに

QoLを高める方法の1つに筋力量維持をある。その維持に効果があるのは歩行であり、正しい姿勢での歩行は適切な運動効果を得るとされる<sup>(1)</sup>。一般に、歩行能力の低下は歩行速度が指標とされる。しかし、歩行速度の時系列特徴には歩行能力を推定する有益な指標が含まれると考えられる。そこで本研究では、歩行を高時間分解能な慣性センサで計測し、そのデータの解析を試みる。本稿では、歩行の時系列データにおいて、距離あるいは歩単位での解析区間区切りの妥当性を検証し、複数の被験者群での歩行特徴の抽出を試みた結果を示す。

### 2. 歩行データ

歩行の時系列データを扱う際の解析対象区間、解析対象パラメータの定義と、被験者群を示し、リサーチクエスション (RQ) を示す。

#### 2.1 解析対象とした歩行区間と歩

Sugalyaら<sup>(2)</sup>は10m歩行における中央5m地点から前後2mの計4m区間は加速および減速を含まない安定した歩行速度を示すことを確認した。このことを踏まえ、本研究では、歩行区間全体を「全体」、中央から前後2mを「中央4m」、停止状態から0~3mを「歩きはじめ3m」、歩き終わりの停止までの3mを「歩き終わり3m」と称し解析対象区間とする。

また、歩き始めの1歩目と、歩き終わりの両足揃え前の2歩を含まない歩を解析対象歩とすることとした。

#### 2.2 被験者と解析対象データ

**被験者** 今回は次の3群の被験者を比較する。

若者：20代健康者男性10人

健康老人：健康教室に通う65歳以上の11人

施設老人：介護レベル3以上の15人

若者と施設老人は10m区間、健康老人は15m区間をそれぞれ1回、自由速度で歩行した。

**解析対象データ** 2.1に示した歩行区間は距離を基準として設定した。この場合、各区間の始まりと終わりに不完全な歩が存在する。このような歩を含めたデータを「区間データ」、取り除いたデータを「歩データ」と称する。

#### 2.3 使用パラメータ

本研究では被験者腰部に装着した慣性センサで歩行データを取得している。このセンサの標準化周期は2kHz強であり、一般的な歩行用加速度センサの約10倍の時間分解能である。このセンサの出力から得られた3軸(左右・前後・上下)の加速度と速度<sup>1</sup>を解析データとする。これら6種の時系列データに対して、2.1に示した解析対象区間毎の平均値と四分位偏差を求める。各解析対象区間に対して計12パラメータで、歩行特徴を議論する。

#### 2.4 2つのRQ

本稿では以下の2つのRQを設ける。

RQ1:区間データと歩データのどちらが歩行特徴の解析に適しているのか

RQ2:12パラメータのどれを利用することで明確な歩行特徴をみいだせるか。

### 3. RQ1:区間データ vs. 歩データ

#### 3.1 検証方法

RQ1を検証するために、まず、中央4mでの同グループの区間データと歩データに対して差の検定を行う(第一検定)。その上で、若者と健康老人の間で、

<sup>1</sup> 距離誤差は±0.005m/10mである。

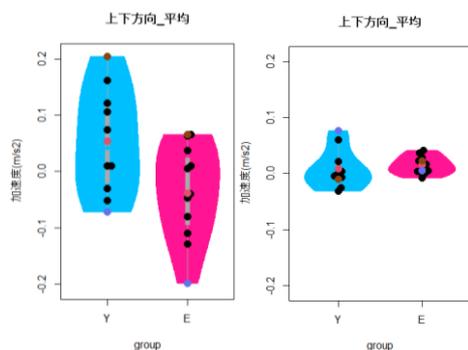


図1 区間データ(左図) / 歩データ(右図)の上下方向加速度の平均でのバイオリンプロット

(Y:若者, E:健康老人)

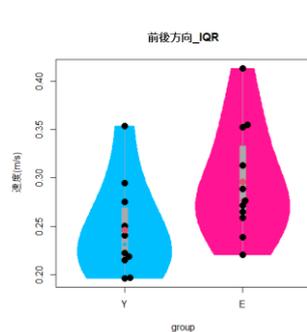


図2 前後方向の速度の四分位偏差のバイオリンプロット(歩き終わり 3 m)

(Y:若者, E:健康老人)

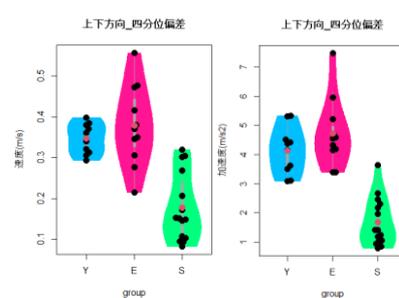


図3 上下方向速度(左図)/ 加速度(右図)の四分位偏差のバイオリンプロット(中央 4 m)

(Y:若者, E:健康老人, S:施設老人)

区間データの差と歩データの差について、それぞれの検定結果を比較する(第2検定)。これらの検定の有意水準は5%とした。各検定では正規性を確認後、それぞれの平均値の差を検定した。

### 3.2 検定結果

第1検定では、12パラメータで有意差がなかった。第2検定では、区間データでの上下速度の平均値で有意差があった(図1参照)。

### 3.3 考察

歩行の上下方向の動きは理想的に0である。その上で健康老人の平均値を見ると、区間データの方が0から遠かった。これより、歩行データとしてより正しく特徴をとらえているのはデータであると考えられる。以降、本稿では歩データを対象として解析した結果を用いる。

## 4. RQ2: 12パラメータでベストはどれか

RQ2を検証するために歩き始め3m、中央4mのデータで、3グループそれぞれの特徴がどのように見出せるのかを検証した。また、歩き終わり3mに関して、若者と健康老人で比較する。これは、施設老人が歩き終わりに停止できなかった方が多いためである。

### 4.1 検定方法

3群比較ではwelchのt検定を使用し、Bonferroniの調整を行った。有意水準は5%とした。若者と健康老人との比較も同様である。

### 4.2 検定結果

若者と健康老人の比較結果は、歩き始め3mは上下加速度の平均値、歩き終わり3mは前後速度の四分位偏差(図2参照)で有意差があった。

健康老人と施設老人の比較は、歩き始め3mでは前後速度の平均値に加え、上下加速度の平均値と、前後速度・上下速度/加速度の四分位偏差で有意差があった。また、中央4mでは四分位偏差について

前後方向の速度/加速度、上下の速度/加速度(図3参照)で有意差があった。

### 4.3 考察

健康老人は若者と比較して、歩き始め初期歩での加速量が少ないと考える。また、歩き終わり区間でより早期に減速が始まることが示唆された。さらに、施設老人は健康老人と比較して、時系列での変位幅が優位に小さくなる。平均値の差よりも四部位偏差の差に着目することで早期の歩行能力低下を推定できる可能性がある。

## 5. 終わりに

本稿では、歩行の高時間分解能時系列データに対して、歩単位区切りでのデータでの解析妥当性を示し、健康老人と施設老人、健康老人と若者をそれぞれ区別するパラメータを見出した。今後は被験者数を増やし、本稿での解析結果の妥当性を検証し、歩行能力の低下を早期に推定できるシステムの実現につなげたい。

### 参考文献

- (1) 藤田亮, 姿勢の違いが歩行と金活動に与える影響, <http://www.ritsumei.ac.jp/~isaka/ronbun/fujitani.pdf> (2021/02/05 参照)
- (2) Sugalya Amatachaya et al., "Influence of timing protocols and distance covered on the outcomes of the 10-meter walk test", *Physiother Theory Pract.*, 2020;36(12):1348-1353.