

時間分解能慣性センサで計測した 12 パラメータに基づく 高齢者と若者の歩行動作の比較

Comparison of gait features between elderly adult and young healthy adult based on 12 parameters measured by an inertial sensor with high temporal resolution

田中秀和, 香山瑞恵

Hidekazu Tanaka, Mizue Kayama

信州大学大学院

Graduate School of Shinshu University

Email: 21w2043e@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、加齢や筋力低下等が生じた際に、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 つに筋力量維持がある。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⁽¹⁾。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、我々は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た。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、12 種の歩行の時系列データにおいて、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. 解析方法

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 らは 10 m 歩行における中央 5m 地点から前後 2 m の計 4 m 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⁽²⁾。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 4 m」、停止状態から 0~3 m を「歩きはじめ 3 m」、歩き終わりの停止までの 3 m を「歩き終わり 3 m」とし、解析対象区間とする。

このとき、歩き始めの 1 歩目と、歩き終わりの両足揃え前の 2 歩を含まない歩を各解析対象区間での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 以上の特養通所の 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区別している。各区間の開始と終了には不完全な歩が存在する。今回は各区間において不完全な歩を除いたデータを解析する。

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(以下, IQR)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⁽³⁾。

2.4 RQ

本稿で検討する RQ は次の通りである。

RQ: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. 解析結果

この RQ に対して、以下の項目を検証した。

A) 全体・歩き始め 3 m・中央 4 m について、3 群比較

B) 歩き終わり 3 m について、若者と健康老人の 2 群比較

B) を 2 群比較するのは、施設老人群には歩き終わり地点で停止できなかった方が多かったためである。

3.1 検定方法

2 群比較では welch の t 検定を使用し、有意水準

は5%とした。3群比較では、さらに Bonferroni の調整を行った。

3.2 検定結果

全体区間 施設老人と他2群との有意差を確認したパラメータを以下に示す。

- 前後方向は、速度の平均値と IQR, 加速度の平均値
- 上下方向は、速度と加速度の IQR

これは、施設老人は加齢による筋力低下の影響により、前方向への推進力が弱まり、歩幅が小さくなり、上下方向の腰の動きも少なくなったことが考えられる。

歩き始め 3 m 施設老人と他2群との有意差を確認したパラメータを以下に示す。

- 前後方向は、速度の平均値と IQR, 加速度の平均値
- 上下方向は、速度と加速度の IQR

これは、筋力低下による瞬発力が低下したために加速力が減っていることが原因と考えられる。特に上下方向については、全体同様歩幅の小ささの影響があると考えられる。

健康老人と他2群と有意差を確認したパラメータを以下に示す。

- 上下方向で、加速度の平均値(図1)

上下方向での周期運動となる歩行では加速度の平均値は0が理想的な値となる。他の2群と比較して健康老人の平均値は0から離れており、かつ他の2群よりも有意に低い。若者と施設老人は共に平均値がより0に近い。これは若者よりも早足になっていることで腰が早く落ちたのが理由と考えられる。

中央 4 m 区間 施設老人と他2群との有意差を確認したパラメータを以下に示す。

- 前後方向は、速度の平均値と加速度の IQR
- 上下方向は、速度(図2)と加速度(図3)の IQR

前後方向では、全体区間では有意差があった速度の IQR で有意差が確認できなくなった。歩行速度が安定しているこの区間では、加速部と減速部の影響が少なくなり、周期運動としての歩行動作の特徴が顕著に確認できると考えられる。

健康老人と施設老人で有意差を確認したパラメータを以下に示す。

- 前後方向は、速度の IQR
- 上下方向は、加速度の平均値

歩き終わり 3 m 若者と健康老人で有意差を確認したパラメータを以下に示す。

- 前後方向は、速度の IQR

この区間の時系列変化に対する線形近似の結果、近似直線の傾きは若者-0.23, 健康老人-0.29 となった。健康老人のほうがより早期に減速を開始している。若者は解析対象外の停止前2歩で減速している可能性がある。

3.3 考察

3.2の結果を踏まえ、施設老人の歩行特徴は、前後方向の速度の平均値に加えて、前後方向の速度/上下方向の速度/上下方向の加速度の IQR に現れる。特に、施設老人と健康老人を区別するには、歩き終わり3mの前後速度の IQR と歩き始めの上下方向加速度の平均値が利用できる可能性を見出した。

4. 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、施設老人と健康老人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、更なる特徴を見出すことによって、機械学習による判別器の可能性を検討する。

参考文献

- (1) 藤谷亮, 姿勢の違いが歩行と筋活動に与える影響, 立命館大学大学院スポーツ健康科学研究科 2013 年度修士論文, <http://www.ritsumei.ac.jp/~isaka/ronbun/fujitani.pdf> (2021/05/31 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.
- (3) 田中秀和他, 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に関する基礎的研究, JSiSE 学生発表研究会論文集, 2021, 北信越 33-34.

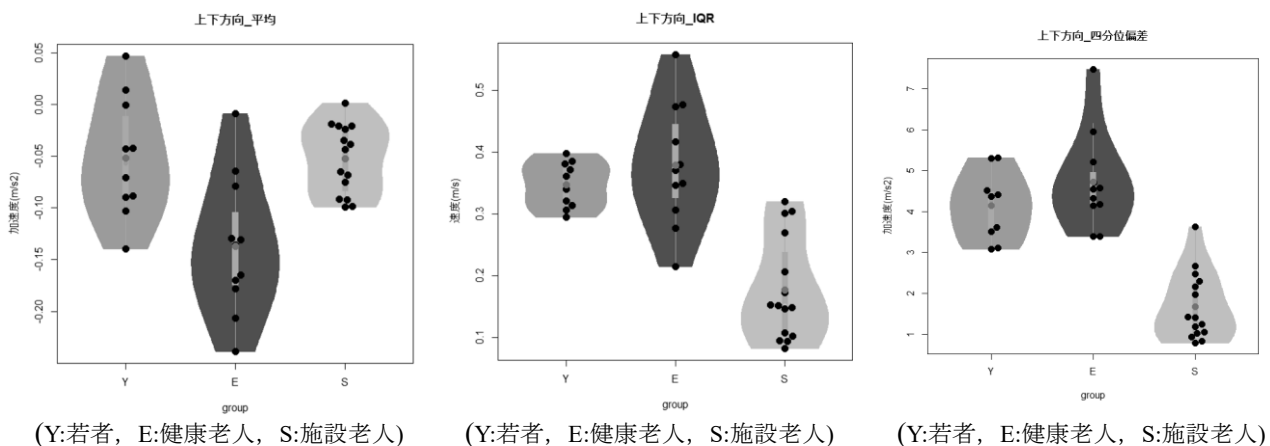


図1 上下方向の速度の IQR (歩き始め 3 m)

図2 上下方向の速度の IQR (中央 4 m)

図3 上下方向の加速度の IQR (中央 4 m)