

高齢者と若者の歩行データにおける基本統計量による分類性能の検討 Consideration of Classification Performance by Basic Statistics in Walking Data of the Elderly and Young Adults

田中 秀和[†] 香山 瑞恵[†]
Hidekazu Tanaka Mizue Kayama

1. はじめに

現在の日本では健康寿命の延伸を目指すためのプランとして認知症対策や介護予防・フレイル対策が挙げられている^[1]。このうち、フレイル対策では栄養バランスを良くし、口腔機能の維持、しっかりたっぷり歩く・筋トレ、ボランティアなどの社会に参加することで孤立しないようにすることが進められている^[2]。特にフレイルに関しては、運動能力の判断に歩行能力が用いられる。また、フレイルとなる身体的な要因として、サルコペニア(加齢に伴い骨格筋量の減少が起こること^[3])との関連性が示されている^[4]。そのため、本研究では、高時間分解能な IMU センサで計測した歩行データの基本統計量からサルコペニアの予兆を見出す検討に取り組む。本稿では、歩行データに対して、サルコペニアが疑われる群抽出に寄与する指標を機械学習により抽出した。その上で、認知能力および運動能力と寄与指標との関連性を検討した。

2. 解析対象とした歩行データ

本章では解析対象となるデータについて述べる。

2.1 解析区間と解析データ

本節では解析に使用した歩行区間と解析データについて概説する。Sugalya らは、10 m 中の真ん中から前後 2 m:3~7 m の 4 m 区間は加速・減速を含まない安定した歩行速度が取れることを示している^[5]。そのため、本研究でも歩行区間の中心から前後 2 m の計 4m を解析区間とする。そして、この区間における解析データを、前後方向での速度変化に基づき抽出した完全「歩」のみとした。

2.2 解析指標

図 1 に本研究での計測の様子を示す。被験者には腰部に IMU センサ(サンプリングレート 2125Hz)を装着させた。この計測機器では 3 軸(左右・前後・上下)加速度と角速度が出力される。これらのデータから 3 軸速度を算出する。3 軸の加速度と速度について、解析データにおける平均値と四分位範囲(計 12 パラメータ)を解析指標とする。

2.3 被験者と運動能力に関する群分け

本稿での被験者は 20~99 歳の 36 人である。これらの被験者を、サルコペニア基準^[6]での歩行能力である前後方向速度の平均値を用いて以下のように 2 群に分けた。

- N 群：前後方向速度の平均値は 1.0 m/s 以上 26 人
- S 群：前後方向速度の平均値が 1.0 m/s 未満 10 人



図 1 計測装置

2.4 リサーチクエスチョンについて

本稿では以下のリサーチクエスチョン(RQ)を設定した。
RQ1：12 指標において、2.3 の群分けに有効であるのはどれか
RQ2：RQ1 で得られた指標と、運動能力・認知能力はどのような関連性を有するか

3. RQ1:歩行指標の有効性

2.3 における群分けで使用した前後方向速度の平均値を除いた 11 指標で有効ある指標を検証する。

3.1 ランダムフォレストによる重要度

11 指標に対して Wilcoxon の順位と検定を用いて 2 群間での有意差を確認した。有意水準 5 %とした場合、以下の 6 指標が抽出された。

- 左右方向 加速度の 四分位範囲
- 前後方向 速度の 四分位範囲
- 前後方向 加速度の 四分位範囲
- 上下方向 加速度の 平均値
- 上下方向 速度の 四分位範囲
- 上下方向 加速度の 四分位範囲

これらに対して、ランダムフォレストによる学習を行うことで、2 群の分類精度と説明変数の重要度を確認する。解析指標を標準化した後、以下の処理を 500 回繰り返した。

- ① テストデータ 11 人、訓練データ 15 人をランダムに決定
- ② 訓練データに対して、30 個の決定木を使用するランダムフォレストのモデルを作成
- ③ モデルに対して訓練データの正答率とテストデータの正答率及び、モデルにおける重要度が高い 2 指標を選択させて記録

3.2 ランダムフォレストの結果

訓練データにおける平均正答率は 1.00、テストデータにおける平均正答率は 0.98 となった。また、表 1 に 500 回の試行における高重要度指標としての選択回数を示す。

[†] 信州大学大学院総合理工学系研究科 Graduate School of Science & Technology, Shinshu University

表 1 500 回試行における 6 指標の選択回数

指標	選択回数
左右方向 加速度の四分位範囲	0
前後方向 速度の 四分位範囲	111
前後方向 加速度の四分位範囲	98
上下方向 加速度の平均値	0
上下方向 速度の 四分位範囲	500
上下方向 加速度の四分位範囲	291

表 2 多重比較結果(p 値)

変数	N vs. pD	N vs. D	D vs. pD
前後方向 速度の 平均値	0.01	0.00	0.63
前後方向 速度の 四分位範囲	0.18	0.30	0.63
上下方向 速度の 四分位範囲	0.01	0.00	0.50
左右方向 加速度の四分位範囲	1.00	1.00	1.00
前後方向 加速度の平均値	1.00	1.00	1.00
前後方向 加速度の四分位範囲	0.18	0.18	1.00
上下方向 加速度の平均値	1.00	1.00	0.25
上下方向 加速度の四分位範囲	0.01	0.00	0.63

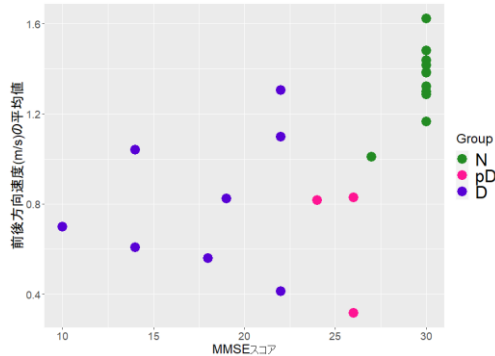


図 2 MMSE スコアと前後方向速度の平均値

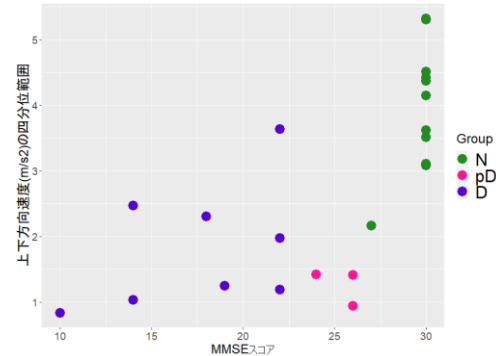


図 3 MMSE スコアと上下方向加速度の四分位範囲

表 1 から、最も選択されたのは上下方向速度の四分位範囲であり、次点は上下方向加速度の四分位範囲であった。これらの指標は 2 群を判別する際の有効性が高いと考えられる。速度は加速度から算出されている。そのため、より要因性が高い指標は上下方向加速度の四分位範囲だと考える。さらに、上下方向加速度の四分位範囲は、歩行での「歩」において前後方向距離に影響していると考えられる。

4. RQ2:運動能力と認知機能の関連性

本章では、運動能力と認知機能の関連性を検討する。

4.1 認知能力に関する群分け

2.3 で示した被験者 36 人を認知機能検査 (Mini Mental State Examination(以下 MMSE)^[7]を利用)に基づき、群分けした。なお、36 人中 14 人は MMSE での検査を行えなかったために、ここでの解析からは除外した。なお、20 代 10 人の MMSE スコアは 30 である。

N 群 : MMSE スコアが 27 点以上 11 人
 pD 群 : MMSE スコアが 27 点未満 23 以上 3 人
 D 群 : MMSE スコアが 23 点未満 8 人

4.2 12 指標での 3 群比較

ここではノンパラメトリック検定のマンホイットニーの U 検定と bonferroni 法を用いて多重比較を行った。その結果の一部(2 群で有意差があった 8 指標)を表 2 に示す。有意水準 5% として有意差があった指標を青色で示す。

この結果から D 群と pD 群ではいずれの指標での有意差が確認されなかった。また、N 群と D 群、N 群と pD 群においては、前後方向速度の平均値と、上下方向加速度および速度の四分位範囲において有意差がみられた。これら 3 指標は、2.3 で運動能力別の群分けに使用した指標と 3.2 で抽出された高重要度の指標でもある。これらの指標が認知機能による群の区別に有用である可能性が示唆された。

MMSE スコアと前後方向速度の平均値の散布図を図 2、MMSE スコアと上下方向加速度の四分位範囲の散布図を図 3 に示す。これらの図から、D 群(青色点)と pD 群(桃色点)は前後方向速度の平均値と上下方向加速度の四分位範囲が N 群よりも低い傾向にある。この差が有意差として p 値に表れたことがわかる。しかし、この解析での D 群と pD 群とは IMU で計測した指標での有意差は確認されなかった。

5. まとめ

本稿では、IMU センサ計測した前後方向速度の平均値と上下方向加速度の四分位範囲が被験者の運動能力および認知機能の推定に寄与する可能性を見出した。しかし、運動能力と認知機能検査値との直接的な関連は見出せなかった。今後は、認知能力に関連する歩行データ特徴量を検討すると共に、一般的な加速度センサ (サンプリングレート 200Hz 程度)での計測においても本検討と同様の結果となるのかを検証する。

参考文献

- [1] 厚生労働省,第 16 回健康日本 21(第 2 次)推進専門委員会,資料 3-1,3-5 (2021).
- [2] 東京都医師会,フレイル予防<available at 2022/06/16 link: <https://www.tokyo.med.or.jp/citizen/frailty>>.
- [3] Irwin H Rosenberg, Summary comments: Epidmiologic and Methodologic problems in Determining Nutritional Status of Older Persons, The American Journal of Clinical Nutrition, Vol.50, p1231-1233(1989)
- [4] 葛谷雅文, 超高齢者社会におけるサルコペニアとフレイル, 日本内科学会雑誌, Vol.104, No.12 (2015).
- [5] Sugalya, A.: "Influence of timing protocols and distance covered on the outcomes of the 10-meter walk test", Taylor&Francis (2019).
- [6] サルコペニア診療ガイドライン作成委員会, サルコペニア診療ガイドライン, サルコペニアの診断法について, ライフサイエンス出版(2017).
- [7] Mini-Mental State Examination <available at 2022/06/16 link: https://www.medica-site.com/special/img_special069/mmse.pdf>.