

# 高齢者の日常的な歩行機能評価に向けた 分析方法の検討と実証実験

川崎邦将<sup>1</sup> 楠嶺生宏<sup>1</sup> 笹本勇輝<sup>1</sup> 堀田真路<sup>1</sup> 大塚浩<sup>1</sup> 猪又明大<sup>1</sup>  
田中幹大<sup>2</sup> 相原光希<sup>2</sup> 長澤卓哉<sup>2</sup> 沢田秀司<sup>3</sup> 町田修一<sup>3</sup> 柴田展人<sup>3</sup>

**概要**：デイサービスなどの介護医療現場では、10m歩行テストによる歩行機能評価を行っているが、高齢者のフレイルを予防するために、日常的に行っている歩行から運動機能低下の兆候を早期発見することが求められている。このような課題に対して、本研究では高齢者を対象に10m歩行テストに加え日常的な歩行計測を想定し、複数の歩行距離と歩行計測を意識させないシーンに分けて歩行計測を実施した。歩行計測には、ウェアラブルセンサを用いた歩行測定手法を用いた。その結果、歩行距離やシーンの違いで歩行速度や歩容変化が確認できた。今後日常的に歩行計測することで、10m歩行テストだけでは見られない歩行機能変化を捉えられることが期待される。

**キーワード**：歩行計測，歩行分析，慣性センサ，実証実験

## 1. はじめに

デイサービスなどの介護医療現場では、高齢者の運動機能評価の一つとして、歩き方や足の動きから歩行機能を把握する10m歩行テストが行われている[1]。特に高齢者の運動機能や歩行機能は重要な動作の一つであり[2]、加齢に伴い低下することが分かっている[3][4]。また、後期高齢者が要介護に至る主な原因の一つとなっているフレイル[5]の診断基準においても、歩行速度が0.8m/s以下となると運動機能低下が見られる状態として定められており、歩行速度が重要な指標の一つとなっている。したがって、歩行テストから高齢者の加齢に伴う運動機能低下にいち早く気づけることが非常に重要な観点となっている。

しかし、介護医療現場で行われている10m歩行テストは、計測準備の時間や計測場所の制約から、半年に一度などの定期的な健康診断の時に限られている。また、歩行測定時には、医師や看護師に歩いている様子を観察されていることを意識してしまい、自宅にいる時など日常生活で行っている歩行（以下日常歩行）よりも、“頑張って歩いてしまっている”場合が考えられ、定期的な歩行計測では問題が見られなくても、日常生活では歩行速度低下などの運動機能低下の兆候が出ている可能性がある。

このような、日常生活に現れる運動機能低下の兆候を見逃さないために、日常歩行の測定およびその測定結果を用いた歩行機能評価の実現が求められている。

本研究では、自宅等での日常的な歩行機能評価の実現に向けて、10m歩行テストに加えて、日常歩行の計測および分析方法の検討と高齢者を対象に行った実証実験の結果について述べる。

## 2. 歩行測定方法

### 2.1 計測システム

図1に歩行計測に使用したシステム概要を示す。歩行計測には、高齢者の歩行特徴を自動で定量化する歩行分析技術のFUJITSU KIDUKU Walking Engine[6][7]（以下KIDUKU）を用いる。計測に使用する機器は、加速度と角速度センサを搭載したウェアラブルセンサと、分析に利用するスタンドアロンPCである。

ユーザーは、両足の足首と腰にウェアラブルセンサを取り付けた状態で歩行を行う。その後、ウェアラブルセンサをPCへ接続することで、センサデータの取得および歩行区間検出から、ストライド時間や歩数など歩行特徴量の抽出まで自動で行う。最後に、センサデータや自動で抽出した歩行特徴量を可視化しユーザーへ提示する。このような歩行計測システムを用いて、可視化された歩行の波形や歩行特徴量から高齢者の歩行状態把握を行う。

### 2.2 両足の歩行特徴量

KIDUKUで検出した歩行区間から抽出できる歩行特徴量は、歩行時間、歩数、歩幅、ストライド速度、ストライド時間、スイング時間、スタンス時間、両足支持時間の計8種類がある。

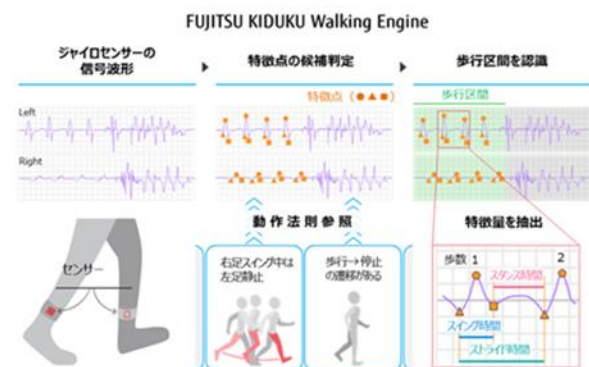


図1 歩行測定システム概要

1 富士通株式会社  
2 富士通 Japan 株式会社  
3 順天堂大学

### 3. 日常歩行測定・分析方法の検討

自宅などで行っている日常歩行を計測および、10m 歩行テストの際に”頑張っ”て歩いてしまっている”可能性を考慮した歩行測定・分析方法を検討する。

10m 歩行テストと日常歩行の違いに関して次のような仮説が考えられる。

- 10m 歩行テストでは、医師や看護師に観察されていることによって、歩き方や歩く速度などを意識しながら歩いている可能性がある。しかし、日常生活では常に歩き方を意識している場合は少ないはずである。
- 病院やリハビリテーション施設などの自宅とは異なる場所に向いていることから、自宅に比べて慣れていない環境で緊張している可能性も考えられる。

このような仮説から、日常歩行を測定するためには、歩いている様子を医師が直接観察することや歩く場所を限定することが難しい。そのため、歩行機能評価を行う場合は、観察可能な 10m 歩行テストと日常歩行でどのような違いがあるか比較分析を行って示す必要がある。また、日常歩行は測定内容全てが直線歩行を行っているとは限らない。比較分析するためには、直線歩行を行っている区間を取り出すなどの分析手法が必要である。

更に、日常歩行では 10m 歩行テストよりも歩行速度が遅くなる、足の動きが鈍くなるなどの歩き方の変化が見られる可能性がある。そのため、10m 歩行テストで声掛けによる最大速度、普段通りの速度の指定に加えて、普段よりも遅く歩く指示を行うことを検討する。普段よりも遅く歩く指示をした 10m 歩行テストの測定し、日常歩行の測定結果の比較分析することで、高齢者自身が遅く歩くつもりがなくても遅くなってしまっているような歩行の変化を捉えられと期待する。

これらのことから、日常歩行を測定および分析するためには以下の点を考慮する必要がある。

- ① 歩行中に歩き方や歩行速度を意識していない  
10m 歩行テストのように歩行する時に、歩き方を観察している病院や施設関係者がおらず、歩行する場所が限定されていないことが望ましい。
- ② 歩行している環境に慣れている  
日常歩行測定する環境は、自宅や何度も訪問したことのある病院や施設内のような高齢者が慣れていて緊張しない場所での測定が望ましい。
- ③ 10m 歩行テストとの比較分析  
日常歩行の測定結果を用いた歩行機能評価に向けて、10m 歩行テストの歩行区間と日常歩行で直線歩行を行っている歩行区間を比較分析する必要がある。また、10m 歩行テストに遅い歩行の指示を加えることで、高齢者自身が思う遅い歩行と日常歩行に差があるかどうか捉えられと考えられる。

### 4. 実験方法

#### 4.1 測定項目

実験参加者の高齢者 2 名に 10m 歩行テストと、健康診断で定期的に訪れている病院内の廊下を歩いてもらう日常歩行テストを実施した。10m 歩行テストおよび日常歩行テストの内容を以下に示す。

- 10m 歩行テスト  
室内の平坦な床の上で 10m の直線を静止状態から歩行し、10m 先で静止するまでの歩行を測定する。歩く速度の指示としてスタンダードな最大速度と普段速度に、遅い速度の指示を追加して実施。
- 日常歩行テスト  
参加者にできるだけ測定を意識させないことに重きを置いた歩行測定。病院内の直線の廊下を約 50m と約 60m の 2 種類の距離を歩いてもらう。更に、日常歩行測定に近づけるために、移動先だけ示し、歩行経路を指定しない測定を実施。

その他、歩き方や周辺の状態を把握するために、実験参加者を動画撮影しながら歩行テストを行った。ただし、日常歩行テストの歩行経路を指定しない歩行測定は撮影無し。

#### 4.2 測定順序

10m 歩行テストは、3 種類の速度をそれぞれ往復 2 回ずつ測定する。また、日常歩行テストは、短い距離・長い距離の往復と、歩行経路を指定しない場合の往復、計 3 種類測定する。各歩行テストは、以下の順序で実施した。

- i. 日常歩行テスト (短い距離)  
ウェアラブルセンサを取り付けた状態で歩くことに慣れるためとし、担当医師と一緒に歩行。
- ii. 10m 歩行テスト (最大速度)  
10m 歩行テストを測定するための部屋で、最大の歩行速度を測定するために、「できるだけ早く歩いてください」と歩行速度を指示。
- iii. 10m 歩行テスト (普段速度)  
10m 歩行テストを測定するための部屋で、普段歩いている歩行速度を測定するために、「いつも通りに歩いてください」と歩行速度を指示。
- iv. 10m 歩行テスト (遅い速度)  
10m 歩行テストを測定するための部屋で、ゆっくり歩いている歩行速度を測定するために、「余裕をもってゆっくり歩いてください」と歩行速度を指示。
- v. 日常歩行テスト (長い距離)  
廊下の先にある書類を取りに行くというタスク形式で、担当医師と一緒に歩行。
- vi. 日常歩行テスト (歩行経路指定無し)  
実験の準備を行うと伝え、廊下にある休憩場所に移動を指示。

## 5. 実験結果

### 5.1 10m 歩行テスト

始めに、実験参加者2名の歩行機能の確認として10m歩行テストの結果について述べる。図2に10m歩行テストの歩行速度を示す。参加者①は最大速度、普段速度共に1.0m/sを上回っており、参加者②は1.0m/sを下回る結果となった。なお、歩行速度は、歩行時間から算出している。

図3に10m歩行テストのストライド時間を示す。歩行速度同様に、ストライド時間が参加者①よりも参加者②の方が長いという結果である。また、図4に10m歩行テストの歩数を示す。歩数は、参加者①より参加者②の方が多い。

各参加者の10m歩行テストの結果から、参加者①は歩行速度が1.0m/s以上あり、日常歩行と比較する際に特に問題ないと考えられる。また、参加者②は1.0m/s以下となっていることと、歩数が多く、歩幅が狭い歩行になっていると考えられる。このことから、日常歩行の場合はより歩数が多くなるため、参加者①に比べて疲労などによる変化をより考慮して判断が必要となる。

10m歩行テストに追加した遅い速度の歩行指示の結果は、最大速度、普段速度と比較して極端に遅くなるような傾向は見られなかった。このことから、本実験で行った遅い速度の指示方法によって、スローモーションのような歩き方ではなく、普段速度よりも遅い歩行を測定出来ていると考察する。

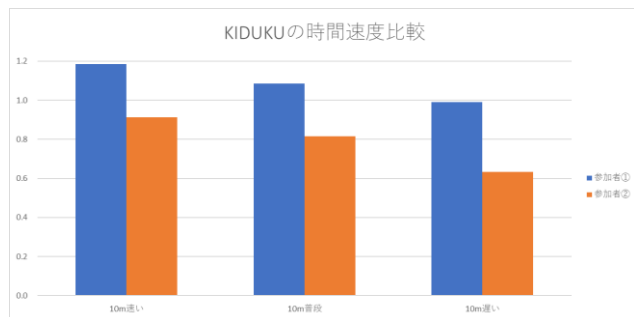


図 2 10m 歩行テストの歩行速度

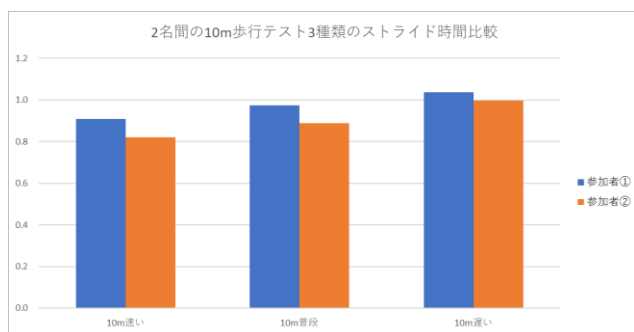


図 3 10m 歩行テストのストライド時間

### 5.2 日常歩行テスト

10m歩行テストと日常歩行テストの測定結果から、歩行距離に関係なく算出可能なストライド時間を用いて比較分析を実施した。表1に各テストのストライド時間を示す。実験参加者2名共に廊下を歩く日常歩行テストのストライド時間が10m歩行テストの普段速度よりも短くなった。しかし、歩行経路を指定しない場合は、10m歩行テストよりもストライド時間が長くなった。

この結果から、廊下を歩く日常歩行テストでは、10m歩行テストよりも長い距離を歩行するため、長距離を歩くことが目標になっていると考えられる。これは、10m歩行テストよりも、“急いで歩く”、“歩くことに集中して歩く”といった歩き方になってしまったと考えられる。対して、歩行経路を指定しなかった場合は、ストライド時間が10m歩行テストのよりも長くなっている。これは、歩行経路や距離を参加者自身で決めていることと、担当医師の付き添いや動画撮影等もなかったため、日常歩行に近い歩行が見られた可能性がある。

本実験の結果から、日常歩行テストを行う場合は、高齢者に合わせて気にせず歩ける距離を歩いてもらうことが必要とわかった。また、歩行経路指定や観察を行わなかった日常歩行テストの結果を踏まえると、病院内の移動中など医師の観察がないシーンで歩行測定が出来れば、日常歩行を計測できることが示唆された。

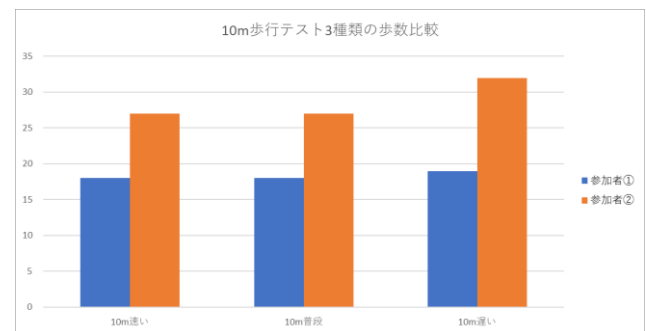


図 4 10m 歩行テストの歩数

表 1 ストライド時間[sec]の比較結果

		参加者①	参加者②
10 M 歩 行	速い	0.910	0.822
	普段	0.974	0.888
	遅い	1.038	0.996
日 常 歩 行	短い往路	0.986	0.858
	短い復路	0.938	0.873
	長い往路	0.960	0.864
	長い復路	0.958	0.857
	経路無往路	<b>0.980</b>	0.866
	経路無復路	<b>1.035</b>	<b>0.968</b>

## 6. おわりに

高齢者の日常的な歩行機能評価に向けて、日常歩行を計測するために考慮すべき点や分析方法の検討を行った。更に検討結果を基に、10m歩行テストと歩行計測を意識させない日常歩行テストを実施した。その結果、10m歩行テストで遅い歩行速度の計測が出来ることがわかった。加えて、日常歩行テストと10m歩行テストの比較分析から、歩行する状況によってストライド時間の変化が確認できた。今後は、日常歩行テストの実験条件を高齢者の歩行機能に合わせて調整することで、10m歩行テストでは見られない日常歩行が計測可能になることが示唆された。

## 参考文献

- [1] 飯田修平, “10m歩行テストの信頼性”, 理学療法科学, 2017, 32(1), p81-84.
- [2] 島田裕之, 内山 靖, 加倉井周一, “高齢者の日常生活内容と身体機能に関する研究”, 日本老年医学会雑誌, 2002, 39(2), 197-203.
- [3] 田井中幸司, 青木純一郎, “高齢女性の歩行速度の低下と体力”, 体力科学, 2002, 51(2), 245-252.
- [4] Himann, J. E., Cunningha, D. A., Rechnitzer, P. A. and Paterson, D. H, “Age-related changes in speed of walking”, Med.Sci.Sports Exerc, (1988) 20, 161-166.
- [5] 荒井秀典, “フレイルの意義”, 日本老年医学学会雑誌, 2014, 51, p497-501.
- [6] “疾患による様々な歩き方の特徴を定量化する歩行特徴デジタル化技術を開発”, <https://pr.fujitsu.com/jp/news/2019/09/18.html>, (参照 2020-09-24).
- [7] Shinji Hotta, Akihiro Inomata, Yuki Sasamoto, Shiho Washizawa, Brian Caulfield, “Unsupervised gait detection using biomechanical restrictions”, 2017, 4009-4013.