

令和 6 年 6 月 18 日現在

機関番号：82674

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K12751

研究課題名（和文）長期・継続的健康モニタリングを可能とする日常生活歩行速度測定の確立のための研究

研究課題名（英文）Research for establishing the measurement of daily life walking speed for long-term health monitoring

研究代表者

河合 恒（Kawai, Hisashi）

地方独立行政法人東京都健康長寿医療センター（東京都健康長寿医療センター研究所）・東京都健康長寿医療センター研究所・専門副部長

研究者番号：50339727

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、長期・継続的健康モニタリングに活用できる日常生活歩行速度（DWS）を、DWSの分布、日内・季節変動の分析を踏まえて定義すること、およびDWSとフレイル等健康アウトカムとの関連を明らかにすることであった。このために、地域高齢者コホートや民間企業のサービスにて、スマートフォン内蔵GPSによってDWS測定が可能なアプリを用い、データ収集と分析を行った。その結果、1) 日常生活中に測定された歩行速度の平均値をDWSの定義とできること、2) DWSはフレイル評価に使用できること、3) DWSには日内・季節変動があり、生活スタイルや健康状態を反映する可能性があること等が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題によって得られた、日常生活歩行速度の分布と基準値、日常生活歩行速度と実験室歩行速度の比較、日常生活歩行速度の日内変動、季節変動、フレイル高齢者における日常生活歩行速度は5編の学術論文として国際誌に掲載された。日常生活歩行速度を測定できるスマートフォンアプリは、高齢者の顧客を持つ民間企業の健康増進サービスに既に実装されている。本研究課題の開始以降、日常生活歩行速度を測定できる機器は増えてきており、日常生活歩行速度がライフログの一つとして認識されつつあることに、本研究課題は一定の寄与をした。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to define the measurement of daily life walking speed (DWS) for long-term health monitoring, based on analyses of daily and seasonal variations in DWS, and to clarify the association between DWS and health outcomes such as frailty. Data were collected and analyzed using a smartphone application that measures DWS via the smartphone's built-in GPS, in a cohort of community-dwelling older adults and users of a private company's health promotion services. The following findings were obtained: 1) Average value of walking speed measured during daily life can be defined as DWS; 2) DWS can be used for frailty assessment; 3) DWS shows intraday and seasonal variation, and the magnitude of this variation may reflect life style and health status.

研究分野：健康科学

キーワード：日常生活歩行速度 フレイル

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

歩行速度は死亡、糖尿病、生活機能障害、認知症などさまざまな健康アウトカムに関係する重要な指標であるが(Studenski et al, 2011; Chung et al, 2018; Shinkai et al, 2000; Verghese et al, 2013)、従来研究では一定の歩行路を歩くときの経過時間を測定するような、実験室的環境で測定されてきた。このような実験室歩行速度には、対象者が意図的に速度を変えることができてしまう、測定会場に来ないと測定できない、などの制約がある。

一方、日常生活における歩行速度に関する研究は極めて限られている。測定場所など環境によって、あるいは時間帯によって歩行速度が変わることを示唆した研究がわずかにはあるが(Finley & Cody, 1970; Sato and Ishizu, 1990)、同一対象者によってどの程度変動するか調べた研究はない。これらは健康アウトカムの関連指標として歩行速度が確立される以前の研究であり、歩行そのものの理解のための研究であった。

しかし、近年、加速度計やスマートフォンアプリなどによって、日常生活において歩行速度を長期・継続的に測定できるデバイスが普及し、これらを使って日常生活における歩行速度を測定し、健康モニタリングに役立てようとする研究がわずかに見られるようになってきた(Schimpl et al, 2011; Van Ancum et al, 2019; Takayanagi et al, 2019)。しかし、これらの研究における日常生活歩行速度は測定方法も定義さまざまであり、日常生活歩行速度をどのように定義し、健康モニタリングにどう活用したらよいかは確立されていなかった。日常生活歩行速度を確立するための学術的研究が必要であった。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、長期・継続的健康モニタリングに活用できる日常生活歩行速度測定を、日常生活における歩行速度の日内変動、季節変動の分析結果を踏まえて定義すること、および日常生活歩行速度とフレイルなどの健康アウトカム指標との関連を明らかにし、日常生活歩行速度の意義を示すことであった。

### 3. 研究の方法

#### 3.1 民間企業の全国ユーザデータの分析

民間の生命保険会社の加入者向けサービスとして、スマートフォン内蔵 GPS とステップカウンタ API を用いて日常生活における歩行速度を自動的に計測するアプリを提供した。このアプリでは 20m 以上の定常歩行を検出する度に GPS による測位に基づき歩行速度を算出するため、屋外歩行の際に複数回歩行速度測定が行われる。本研究では 2016 年 10 月～2018 年 3 月に渡って収集されたデータをもとに、このアプリによる測定値が 50 回以上得られた 8429 名を対象に、日常生活歩行速度の分布、性、年齢別の基準値、季節変動について検討した。

#### 3.2 地域高齢者コホートにおける日常生活歩行速度および実験室歩行速度の測定

地域高齢者のコホート「板橋お達者健診 2011」の 2018 年会場調査参加者を対象に、前述のアプリによる日常生活歩行速度と、実験室歩行速度を測定した。日常生活歩行速度は、会場調査終了から 1 ヶ月間の日常生活歩行速度測定をアプリによって測定した。実験室歩行速度は 5m の歩行路を歩くときの時間をストップウォッチで測定して求めた。日常生活歩行速度測定が 50 回以上行われた 92 名を対象とし、日常生活歩行速度のフレイル判別能、日内変動を分析した。

#### 3.3 民間企業の健康増進サービスにおけるデータ収集・分析

より多くのフレイル高齢者を組み込み、日常生活歩行速度とフレイルとの関係について検討するために、民間の住宅メーカーの顧客向け健康増進サービスに、日常生活歩行速度測定と質問票による健康状態評価が可能なアプリを実装し、データ収集と分析を行った。対象者は、住宅サービスを行う企業が提供する住宅に居住する 55 歳以上のオーナーを対象に案内を送付して募集され、参加希望者は案内状に印刷された QR コードから自身のスマートフォンでアプリをダウンロードし研究に参加した。アプリではスマートフォン内蔵 GPS とステップカウンタから歩行速度を自動的に測定した他、チャットボットによって基本チェックリストなどの質問票の回答を収集した。2020 年 8 月～2021 年 2 月にアプリをダウンロードし、歩行速度と基本チェックリストのデータを得られた 163 名を分析対象とした。

### 4. 研究成果

#### 4.1 日常生活歩行速度の分布、性・年齢別基準値

全国ユーザデータ(男性 2547 名、女性 5882 名、平均年齢 51.3 歳)は、10 代から 80 代までの幅広い年齢の全都道府県の居住者を含んでいた。日常生活に測定された歩行速度の分布は、一峰性で、正規分布に近いことが明らかとなった。したがって、その平均値は、その人の日常における歩行速度を代表する指標とみなせると考えられた。

同じデータで性・年齢別の基準値を求め、日常生活歩行速度は 60 歳以降に低下することを示した。

#### 4.2 日常生活歩行速度の季節変動

全国ユーザデータのうち、連続して12か月以上アプリを利用し、月に1回以上歩行データを得られた14歳～86歳までの男女1,065名のデータを日常生活歩行速度の季節変動の分析のために使用した。その結果、日常生活歩行速度は夏に遅く、冬に速い季節変動があることが明らかとなった。ケーデンスは歩行速度と同じ変動パターンを示し、歩行速度の季節変動はケーデンスに依ることが考えられた。ケーデンスは最高気温と-0.812の極めて高い負の相関を認めた。

これらの結果から、気温に対する自律神経系の応答が歩行速度の変動を生じさせているのではないかと考えた。

#### 4.3 日常生活歩行速度と実験室歩行速度の差およびプレフレイルの判別能

地域高齢者コホートのデータのうち日常生活歩行速度、実験室歩行速度のデータを完備した90名を分析した結果、日常生活歩行速度は1.28m/sで、実験室歩行速度1.42m/sよりも有意に遅いことがわかった。フレイルの内訳は、健常が62名(68.9%)、プレフレイル28名(31.1%)、フレイル0名(0.0%)であった。プレフレイルの判別能をROC分析によって評価した結果、日常生活歩行速度のプレフレイルの判別能(ROC曲線下面積=0.580)は実験室歩行速度(ROC曲線下面積=0.643)と統計的な有意差はなく、プレフレイルの判別に利用できる可能性が示唆された。

#### 4.4 日常生活歩行速度の日内変動

対象者は地域高齢者コホートのデータ92名(男性35名、女性57名、平均年齢71.9歳)であった。測定時間帯を早朝(午前4～7時)、午前(午前8～11時)、午後(午後0～3時)、夕方(午後4～7時)、夜間(午後8～午後11時)の5時間帯に分け、時間帯別の歩行速度の平均値の差を検討した結果、歩行速度は早朝が最も速く、午後にかけて遅くなる傾向で、夕方が最も遅かった。潜在クラス分析を行い、歩行速度が速く日内変動が大きいパターンと、歩行速度が遅く日内変動が小さいパターンの2つの日常生活歩行速度の日内変動パターンを同定した。パターンの違いには、高血圧症が有意に関連し、プレフレイルの関連も有意傾向であった。日内変動の大きさは気温変化に対する応答がよいことや、運動実施など生活活動が多様であることが影響する可能性がある。日常生活歩行速度の日内変動が健康状態を反映することが示唆された。

#### 4.5 フレイル高齢者における日常生活歩行速度

民間の住宅メーカーのサービスに実装したアプリによって収集したデータを分析した。基本チェックリストによるフレイルの内訳は、健常65名、プレフレイル69名、フレイル29名であった。フレイルでは身長、体重が健常・プレフレイルよりも有意に低値で、膝痛の有病率が高く、主観的健康感、精神的健康度が低かった。日常生活歩行速度は遅い傾向で、歩幅が有意に低値であった。日常生活における歩行速度や歩幅がフレイルで低値であることは、性、年齢、歩数、慢性疾患などを調整しても統計学的に有意であり、日常生活歩行速度はフレイルの評価に活用できることが示唆された。

#### 4.6 日常生活歩行速度とフレイルのドメインとの関係

民間の住宅メーカーのサービスに実装したアプリによって収集したデータのうち、10日以上測定できたデータについて、先の研究と同様に、測定時間帯を早朝、午前、午後、夕方、夜間の5時間帯に分け日常生活歩行速度の1日の平均値、標準偏差、変動係数を求めた。フレイルは基本チェックリストにより評価し、IADL、運動、口腔、栄養、閉じこもり、認知のドメイン別のスコアを求めた。分析対象者は137名(男性88名、女性49名、平均年齢72.1歳)であった。

日常生活歩行速度の平均値は、運動、口腔、合計スコアと有意な負の相関を認めた(それぞれ $r=-0.24$ 、 $-0.33$ 、 $-0.22$ 、 $P<0.05$ )。標準偏差、変動係数はフレイルのドメインとの相関は認めなかった。日常生活歩行速度が速いとフレイルを抑制する可能性が示唆され、特に、運動や口腔のドメインとの関連から、身体的フレイルやオーラルフレイルと関連することが考えられた。

以上の結果から、1) 日常生活中に複数回測定された歩行速度の平均値は日常生活を代表する歩行速度とみなせ、合理的な日常生活歩行速度の定義とできること、2) 日常生活歩行速度は実験室歩行速度とは異なる歩行能力を評価しているが、フレイルの評価には使用できること、3) 日常生活歩行速度には日内変動、季節変動があり、生活スタイルや健康状態を反映する可能性があり、健康評価に活用できる可能性があること、等が示唆された。フレイル高齢者のサンプルサイズを増やした検討、他の健康アウトカムとの関連、屋内歩行も含めた日常生活歩行速度の定義、歩行場面を考慮した日常生活歩行速度の変動の意味などに関する研究が今後の課題である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Kawai Hisashi, Obuchi Shuichi, Ejiri Manami, Ito Kumiko	4. 巻 13
2. 論文標題 Association between daily life walking speed and frailty measured by a smartphone application: a cross-sectional study	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 BMJ Open	6. 最初と最後の頁 e065098
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1136/bmjopen-2022-065098	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Masugi Yohei, Kawai Hisashi, Ejiri Manami, Hirano Hirohiko, Fujiwara Yoshinori, Tanaka Tomoki, Iijima Katsuya, Inomata Takashi, Obuchi Shuichi P.	4. 巻 17
2. 論文標題 Early strong predictors of decline in instrumental activities of daily living in community-dwelling older Japanese people	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0266614
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1371/journal.pone.0266614	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Kawai Hisashi, Obuchi Shuichi, Hirayama Ryo, Watanabe Yutaka, Hirano Hirohiko, Fujiwara Yoshinori, Ihara Kazushige, Kim Hunkyung, Kobayashi Yoshiyuki, Mochimaru Masaaki, Tsushima Eiki, Nakamura Kozo	4. 巻 21
2. 論文標題 Intra-day variation in daily outdoor walking speed among community-dwelling older adults	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 BMC Geriatrics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s12877-021-02349-w	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Obuchi Shuichi P., Kawai Hisashi, Garbalosa Juan C., Nishida Kazumasa, Murakawa Kenji	4. 巻 11
2. 論文標題 Walking is regulated by environmental temperature	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-021-91633-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Obuchi Shuichi P., Kawai Hisashi, Ejiri Manami, Ito Kumiko, Murakawa Kenji	4. 巻 88
2. 論文標題 Change in outdoor walking behavior during the coronavirus disease pandemic in Japan: A longitudinal study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Gait & Posture	6. 最初と最後の頁 42 ~ 46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gaitpost.2021.05.005	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Obuchi Shuichi P, Kawai Hisashi, Murakawa Kenji	4. 巻 20
2. 論文標題 Reference value on daily living walking parameters among Japanese adults	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geriatrics & Gerontology International	6. 最初と最後の頁 664 ~ 669
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ggi.13931	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kawai Hisashi, Obuchi Shuichi, Watanabe Yutaka, Hirano Hirohiko, Fujiwara Yoshinori, Ihara Kazushige, Kim Hunkyung, Kobayashi Yoshiyuki, Mochimaru Masaaki, Tsushima Eiki, Nakamura Kozo	4. 巻 17
2. 論文標題 Association between Daily Living Walking Speed and Walking Speed in Laboratory Settings in Healthy Older Adults	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Environmental Research and Public Health	6. 最初と最後の頁 2707 ~ 2707
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijerph17082707	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 河合 恒, 今村慶吾, 江尻愛美, 解良武士, 大淵修一
2. 発表標題 スマートフォンアプリによる日常生活における歩行速度と摂取食品数の評価
3. 学会等名 第10回日本予防理学療法学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 河合 恒, 大淵修一, 江尻愛美, 今村慶吾, 伊藤久美子
2. 発表標題 スマートフォンアプリで測定した日常生活歩行速度の日内変動とフレイルのドメインとの関係
3. 学会等名 第65回日本老年医学会学術集会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hisashi Kawai, Shuichi P. Obuchi, Manami Ejiri, Keigo Imamura, Kumiko Ito
2. 発表標題 Association Between Intra-day Variation in Daily Life Walking Speed and Frailty Measured by a Smartphone Application
3. 学会等名 IAGG Asia/Oceania Regional Congress 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 河合 恒, 小林吉之, 須藤元喜, 河内まき子, 榎原 毅
2. 発表標題 センサを使った歩行特徴評価に関する国際標準策定の開発
3. 学会等名 LIFE 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河合 恒
2. 発表標題 日常生活歩行速度の地域高齢者コホートでの測定
3. 学会等名 LIFE 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大淵修一, 河合 恒, 江尻愛美, 伊藤久美子
2. 発表標題 日常生活歩行パラメータの日内変動によるフレイル早期診断の可能性
3. 学会等名 第64回日本老年医学会学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河合 恒, 大淵修一
2. 発表標題 スマートフォンアプリによる日常生活歩行速度測定とヘルスケアへの応用
3. 学会等名 第42回バイオメカニズム学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河合 恒, 大淵修一, 渡邊裕, 平野浩彦, 藤原佳典, 井原一成, 金 恵経
2. 発表標題 日常生活歩行における歩行比とフレイルとの関係
3. 学会等名 第8回日本予防理学療法学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河合 恒, 大淵修一
2. 発表標題 Measurement of daily living walking speed using smartphone application
3. 学会等名 第4回ヒューマンロコモーション拡張技術協議会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河合 恒, 大淵修一, 江尻愛美, 伊藤久美子, 村川謙治
2. 発表標題 COVID-19感染拡大による歩行行動の変化
3. 学会等名 第76回日本体力医学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河合 恒, 大淵修一, 江尻愛美, 伊藤久美子, 村川謙治
2. 発表標題 新型コロナウイルス感染拡大による高齢者の歩行への影響
3. 学会等名 第63回日本老年医学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大淵修一, 河合 恒, 西田和正, 江尻愛美, 伊藤久美子, 村川謙治
2. 発表標題 通常歩行速度は何を測定しているのか
3. 学会等名 第63回日本老年医学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河合 恒
2. 発表標題 スマートフォン内蔵GPSによって測定した日常生活歩行速度によるフレイルの予測
3. 学会等名 第7回日本予防理学療法学会学術大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------