

ISSN 2434-7698 (オンライン)
Journal of Biofunctional Finding 2020年5月発行 第2巻第1号

2020.5

Journal of
Biofunctional Finding

Vol.2 No.1

Biofunctional Finding Organization, NPO
NPO法人生体機能探査推進機構

Journal of Biofunctional Finding

Vol.2 No.1 (第2巻第1号)

< CONTENTS >

目次

PAPER (投稿論文)

[Original article (原著)]

○A Cross-sectional Study on the Time and Distance from the Attempt to Walk to the Second Step

Focusing on Differences in Walker's Characteristics and Conditions

(歩行者の特徴と条件の違いに着目した歩行企図から二歩目までにかかる時間と距離に関する横断研究)・・・1

KAGAWA Shota, NEMOTO Seiji

編集後記

[Original article (原著)]

A Cross-sectional Study on the Time and Distance from the Attempt to Walk to the Second Step Focusing on Differences in Walker's Characteristics and Conditions

歩行者の特徴と条件の違いに着目した歩行企図から二歩目までにかかる時間と距離に関する横断研究

KAGAWA Shota, NEMOTO Seiji

香川将大¹, 根本清次¹

Abstract

We examine the effects of gender, height, and clothing on the time and distance from a walking attempt to the second step. Walking measurements were performed on healthy male and female college students, and multiple regression analysis was performed. As a result, it was suggested that the stepping contact time and the opposite were hardly affected by differences in these conditions, and the stepping contact distance and the opposite were significantly affected by height and clothing.

本研究では、性別・身長・着衣の違いにより、歩行企図から二歩目までにかかる時間と距離がどのように異なるのか、その影響について検討する。健康な男女の大学生を対象に歩行測定を行い、重回帰分析を行った。その結果、踏み出し接地時間、反対足接地時間については、性別、身長、着衣といった条件の違いによる影響はほぼないこと、踏み出し接地距離、反対足接地距離については、有意に身長、着衣の影響を受けることが示唆された。

Key Word : Response time Start of walking measurement method Attempt to walk college students

I 背景

高齢者の転倒は、時に寝たきりなどの深刻な事態を引き起こす。介護が必要となった主な原因で、骨折・転倒は、要支援者で3位(15.2%)、要介護4または5でも3位(それぞれ12.0%、10.2%)¹⁾となっており、これを防ぐことは、高齢者のQOLにとって重要である。

効率的に転倒を防ぐには、転倒リスクの高い高齢者を抽出し(スクリーニング)、その転倒因子に介入する必要がある。転倒をスクリーニングする方法は、大きく分けて質問紙によるものと体力テ

ストに基づくものがある²⁾。質問紙による指標は、転倒にかかわる様々な要因を網羅的に含まれる反面、作成過程やスクリーニングの判定基準の根拠が曖昧になりやすく、高齢者のどこに問題があるのか評価が困難であるという問題がある³⁾。

また、体力テストは、その方法によって筋力やバランス機能などを評価できるが²⁾、評価対象となる転倒要因が限定的で被験者の負担が大きくなるリスクがあった。我々は、これを受け、簡便で実用的な体力テストの指標を検討し、歩行開始から二歩目までにかかる時間と距離に着目した。前研

¹ TOHTO University, Faculty of Human-Care at Makuhari

1-1, Hibino, Mihama-ku, Chiba-city, Chiba-prefecture, 261-0021/ shota.kagawa@tohto.ac.jp

PAPER (投稿論文)

究では、それらの指標を自動的に測定できる歩行測定器を開発し、その内的妥当性を検証した。また、高齢者と健常成人で、それらの指標に有意に差があったことも報告した⁴⁾。しかし、歩行開始から二歩目までにかかる時間・距離の研究についてはまだ緒についたばかりであり、歩行者の特徴や条件の違いによる影響を調査した研究は今まで報告されていない。

そこで、歩行者の特徴および条件と歩行企図から二歩目までにかかる時間と距離を調査・分析することで、それらの関係性についての基礎的な情報を得たいと考えた。

II 研究目的

歩行企図から二歩目までにかかる時間と距離に関する基礎情報を得るため、性別、身長、着衣の違いによって、歩行企図から二歩目までにかかる時間と距離がどのように異なるのか、その影響について検討する。

III 用語の定義

本研究においては、前研究⁴⁾と同じく、歩行企図から二歩目までにかかる時間と距離を以下のように定義する。

- ・踏み出し接地時間(単位 ms(ミリ秒)); 歩行開始の合図後、1歩目の足底が地面に接地するまでの時間
- ・踏み出し接地距離(単位 cm); スタート位置から1歩目つま先までの距離
- ・反対足接地時間(単位 ms(ミリ秒)); 1歩目が接地してから、2歩目が接地するまでの時間
- ・反対足接地距離(単位 cm); 1歩目つま先の位置から2歩目つま先の位置までの距離

IV 研究方法

1. 研究のデザイン

横断研究

2. 対象者

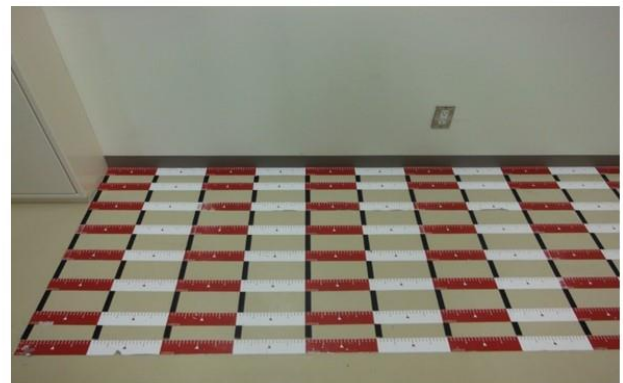
健康な男女の大学生

3. 測定環境

測定は、A 大学実習室内において、気温 23°C 前後、十分な照度 (40lux 以上)、騒音がない (60dB 以下) 等の条件を満たした運動に適する場所を確保し、午前 10 時～午後 5 時の間で実施した。調査に参加する際の対象者の衣類や靴は自由とした。

測定にあたり、床に 1 cm 刻みで測定できる測定テープを 240cm 貼り、テープの終了部分 (スタート位置から 240cm 前方) に、対象の目線と同じ高さランプを設置した。ランプの発光スイッチは測定者がもち、スイッチの操作は対象者に見られないようにした。また、測定の様子を記録するため、測定テープと歩行者の動作がすべて映る位置にカメラを設置した。

図1 床の測定テープ



4. 測定の手順

初めに対象者を 1 グループ 5 名程度に分け、測定の手順を説明した。その後、1、2 度実際に練習を行った後に、一列にスタート位置に並んでもらう。対象者がスタート位置に立ったことを確認したら、測定者が不定期のタイミングでランプを点灯させる。対象者は、ランプが点灯したら歩行を開始し、その様子を測定者はカメラで記録する。この手順を 1 クールとして、グループメンバーを

PAPER (投稿論文)

次々に測定し、20回繰り返した。なお、測定の際は「ランプが点灯したら、いつも通り歩いてください」と指示した。

撮影した動画をコマ送りし、ランプが点灯してから1歩目の足底が地面に接地するまでの時間を踏み出し接地時間、1歩目の足底が地面に接地してから2歩目の足底が地面に接地するまでの時間を反対足接地時間として計測した。また、動画にて測定テープを読み取り、踏み出し接地距離、反対足接地距離を計測した。

5. 分析方法

1) 男女で歩行速度や重複歩距離、ケイデンスが異なるとの先行研究⁵⁾があることから、性別で各測定値の記述統計量を算出し、正規性を確認しF検定を実施した上で、t検定によって群間差の検定を行った。また、重複歩距離の変化の28%が身長に起因するとの報告⁶⁾もあることから、身長と各測定値間のピアソンの積率相関係数も算出した。

2) 1)の結果を基に、身長・着衣の条件や踏み出し接地時間・踏み出し接地距離が独立変数として適切か検討した上で、反対足接地時間・反対足接地距離を従属変数とした重回帰分析を行った。着衣の条件については、歩行は着衣の影響を受けるとの報告⁷⁾を参考としており、履物に着目して、裸足=0、靴下=1、靴=2で分類し計算を行った。本研究では、踏み出し接地時間・踏み出し接地距離に影響を与えると考えられる身体機能・認知機能などの因子については調査を行っていない。しかし、歩行は周期的な運動であり⁸⁾、2歩目は1歩目に大きな影響を受けていると考えられるため、反対足接地時間・反対足接地距離を従属変数とし、踏み出し接地時間・踏み出し接地距離を独立変数とおいた。

統計解析ソフトには、EZR (version 1.40 for Windows)を用いた⁹⁾。有意水準は5%とした。

6. 倫理的配慮

本研究への参加は対象者の自由意志であり、同意後も随時拒否および撤回ができるとの説明を口頭及び書面で行った。実験で得られた全データは、個人が特定されないように研究独自の番号を付して管理し、対象者の秘密保護に十分配慮した。

V 結果

1) 対象者の基本属性と各測定値の関係

対象者は、男性9名、女性36名の45名(平均年齢 21.5 ± 2.4 歳、身長 161.8 ± 7.2 cm)であった。履物は、素足27名、靴下11名、靴7名であった。踏み出し接地時間は、男性 1080.4 ± 73.2 ms、女性 1061.6 ± 109.5 msであり、有意な差は無かった(P値=.636)。反対足接地時間は、男性 526.7 ± 42.3 ms、女性 506.7 ± 43.5 msであり、有意な差は無かった(P値=.233)。踏み出し接地距離は、男性 64.7 ± 6.0 cm、女性 57.5 ± 7.3 cmであり、有意な差がみられた(P値=.010)。反対足接地距離は、男性 66.4 ± 5.3 cm、女性 59.7 ± 5.1 cmであり、有意な差がみられた(P値=.001)。

表1 対象者の基本属性と各測定値の関係

	男性	女性	合計	p値
人数	9	36	45	
素足	6	21	27	
靴下	0	11	11	
靴	3	4	7	
年齢±標準偏差	24.1 ± 3.6	20.9 ± 1.4	21.5 ± 2.4	.005
身長±標準偏差	171.7 ± 5.2	159.3 ± 5.2	161.8 ± 7.2	$1.61E-07$
*				
踏み出し接地時間(ミリ秒)				
平均値±標準偏差	1080.4 ± 73.2	1061.6 ± 109.5	1065.4 ± 103.5	.636
最大値	1178	1404	1404	
最小値	957	838	838	
反対足接地時間(ミリ秒)				
平均値±標準偏差	526.7 ± 42.3	506.7 ± 43.5	510.7 ± 44.0	.233
最大値	576	629	629	
最小値	427	431	427	
踏み出し接地距離(cm)				
平均値±標準偏差	64.7 ± 6.0	57.5 ± 7.3	58.9 ± 7.6	.010
最大値	73.7	76.5	76.5	
最小値	55.6	43.4	43.4	
反対足接地距離(cm)				
平均値±標準偏差	66.4 ± 5.3	59.7 ± 5.1	61.0 ± 5.8	.001
最大値	75.4	72.3	75.4	
最小値	58.3	47.7	47.7	

* 有意水準5%(両側)で有意

PAPER (投稿論文)

相関係数を算出した結果、踏み出し接地時間と反対足接地時間、反対足接地距離と身長は、男女どちらも相関係数 0.4 以上で統計学的に有意であった。踏み出し接地時間と反対足接地距離は、男性のみが統計学的に有意な相関があった。踏み出し接地距離と反対足接地距離、踏み出し接地距離と身長は、女性のみが統計学的に有意な相関があった。

表2 身長と各測定値間の相関

男性	踏出時間	反対時間	踏出距離	反対距離	身長
踏み出し接地時間	1				
反対足接地時間	.786*	1			
踏み出し接地距離	-.337	-.068	1		
反対足接地距離	-.740*	-.249	.501	1	
身長	-.567	-.125	.048	.801**	1

* 有意水準5%(両側)で有意
** 有意水準1%(両側)で有意

女性	踏出時間	反対時間	踏出距離	反対距離	身長
踏み出し接地時間	1				
反対足接地時間	.450**	1			
踏み出し接地距離	.038	.093	1		
反対足接地距離	-.195	.074	.814**	1	
身長	.037	.315	.465**	.421*	1

* 有意水準5%(両側)で有意
** 有意水準1%(両側)で有意

2) 各測定値に影響を与える要因(性別・身長・着衣の条件)

本研究の対象者は、男性と女性の間には身長と年齢で有意な差があり、また男性については十分なサンプルサイズが得られなかったため、女性のみを対象として重回帰分析を行った。

反対足接地時間については、踏み出し接地時間(X_1)、身長(X_2)、履物(X_3)を独立変数とした。その結果、モデル全体のP値は0.007となった。重回帰式は以下となった。

$$Y_1 = -25.686 + 0.184X_1 + 2.085X_2 + 9.879X_3$$

調整済決定係数は0.248となった。また、踏み出し接地時間のみ有意水準5%を下回った(P値=0.0004)。

反対足接地距離については、身長が踏み出し接

地距離と反対足接地距離いずれにも有意な相関があるため、多重共線性が疑われる。そのため、履物(X_3)、踏み出し接地距離(X_4)を独立変数とした。その結果、モデル全体のP値は $8.82e-11$ となった。重回帰式は以下となった。

$$Y_2 = 26.614 + 2.243X_3 + 0.555X_4$$

調整済決定係数は0.739となった。また、踏み出し接地距離、履物どちらも有意水準5%を下回った(P値= $1.17e-10$, 0.001)。

表3 各測定値に対する諸因子の影響

反対足接地時間						
重回帰式 $y = -25.686 + 0.184X_1 + 2.085X_2 + 9.879X_3$						
変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	T値	P値	判定	
踏み出し接地時間(X_1)	0.184	0.462	3.111	0.004	**	
身長(X_2)	2.085	0.248	1.595	0.121		
履物(X_3)	9.879	0.156	0.994	0.328		
定数項	-25.686	0.000	-0.122	0.904		
調整済決定係数	0.248					

反対足接地距離						
重回帰式 $y = 26.614 + 2.243X_3 + 0.555X_4$						
変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	T値	P値	判定	
履物(X_3)	2.243	3.225	3.508	0.001	**	
踏み出し接地距離(X_4)	0.555	0.075	9.226	$1E-10$	***	
定数項	26.614	0.000	7.646	$8E-09$	***	
調整済決定係数	0.739					

VI 考察

1. 先行研究との比較と各測定値間の関係

本研究では、同じく健常成人の歩行企図から二歩目までにかかる時間と距離を調査した香川らの先行研究⁴⁾に比べ、踏み出し接地時間は約3%、反対足接地時間は約5.6%短縮し、踏み出し接地距離は約29.4%、反対足接地距離は約15.5%延長した。対象者の条件や実験環境を考慮すると、これらの差が生まれた原因は、対象者の年齢層や生活習慣の違い、セッティングの違いが考えられる。本研究の対象者は、香川らの研究と比べ、平均年齢が約3歳下がっており、肉体的な能力や活動量が高い可能性があり、歩行企図から足を踏み出すまでの動作のスムーズさや下肢の筋力、関節可動域に影響を与えていることも考えられる。また、香川

PAPER (投稿論文)

らの研究は、歩行測定器のマット上を歩行するものであり、慣れない地面の条件に慎重に適応しようとする対象者の心理的な影響が反映されている可能性がある。特に、踏み出し接地距離が大きく延びていることから、歩行に対する心理状態は、踏み出し接地距離に現れやすい可能性がある。

各測定値の相関を調べた結果、踏み出し接地時間と反対足接地時間、踏み出し接地距離と反対足接地距離に相関がみられた。これは、歩行企図の時点である程度、歩行運動のパターン化が行われていることを裏付けていると考えられ、歩行能力を歩行企図から二歩目までによって評価することの妥当性を示唆している。特に踏み出し接地距離と反対足接地距離については、重回帰分析から、調整済決定係数 0.739 と当てはまりのよい結果が得られており、P 値も $1.17e-10$ と有意であることから、説明力が高いと考えられる。

一方で、踏み出し接地時間と踏み出し接地距離、反対足接地時間と反対足接地距離には相関関係はみられなかった。これは、踏み出そうとする距離の大きさに対して、歩行企図から歩行を開始するまでの時間と歩行が開始されて1歩目が接地するまでの時間で逆の関係性があるためと考えられる。つまり、大きく踏み出そうとすることは姿勢の不安定化につながるため、心理的・認知的な処理を行うのにより多くの時間が必要となるのに対し、大きく踏み出すことは勢いをつけるため、移動にかかる時間は短くなるのである。この関係性を考慮すると、身体的な要因を評価したい際は、なるべく踏み出す距離が一定となるよう最大歩行速度に近い指示を行うことが効果的だと考えられる。村田らも、快適歩行速度よりも最大歩行速度の方がパフォーマンス評価には適していると述べている¹⁰⁾。しかし、心理的・認知的要因を評価したい場合には、逆に快適歩行速度が適している可能性があり、何を評価したいかという目的によって、歩行速度の指示を検討すべきであると考えられる。

2. 性別・身長・着衣の条件の違いによる影響

解析の結果から、踏み出し接地距離と反対足接地距離については、いずれも男性の方が7cm程度大きくなり、性別によって有意な差があることが示された。要因としては、それなりにサンプルサイズが得られた女性のみから、身長と踏み出し接地距離・反対足接地距離で統計学的に有意な相関がみられており、身長の差が大きいと考えられる。また、重回帰分析の結果から、反対足接地距離には履物の種類の影響がある可能性が否定できず、測定にあたっては履物の種類も統一する必要があると考えられる。

一方で、踏み出し接地時間、反対足接地時間については、いずれの解析結果からも性別・身長・履物による有意な差はみられなかった。特に反対足接地時間については、男女で歩行速度やケイデンスが異なる⁵⁾との報告から、性差がある可能性を推測していたが、結果は異なるものであった。これについても1で述べた原因と同様に、自由歩行速度を指示することによって、心理的・認知的要因の影響が大きくなったことが関係しており、相対的に性別や着衣の条件の影響が小さくなった可能性がある。これらの結果から、①測定にあたっては、歩行速度の指示を慎重に選択すべきであること、②歩行企図から歩行を開始するまでの時間と、歩行が開始されて1歩目が接地するまでの時間を分けて調査する必要があることが示唆された。

VII 結論

20代の男女の踏み出し接地時間は $1065.4 \pm 103.51\text{ms}$ 、反対足接地時間は $510.7 \pm 44.00\text{ms}$ 、踏み出し接地距離は $58.9 \pm 7.64\text{cm}$ 、反対足接地距離は $61.0 \pm 5.78\text{cm}$ であった。先行研究に比べ、踏み出し接地距離と反対足接地距離は大幅に延長しており、環境条件や心理状態と関連している可能性が示唆された。踏み出し接地時間・反対足接地時間については、性

PAPER (投稿論文)

別や身長、履物の違いによる影響はほぼみられないが、踏み出し接地距離・反対足接地距離については、身長（性別）、履物による影響を受けることが示唆された。

また、歩行速度の指示によって、歩行能力や心理状態・認知能力など評価指標が異なる可能性が示唆された。

謝辞

本研究にご協力いただきました A 大学の皆様に深く感謝申し上げます。

引用文献、参考文献

- 1) 厚生労働省：平成 28 年 国民生活基礎調査の概況
(<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa16/index.html>)
- 2) 鳥羽研二：高齢者の転倒予防ガイドライン。東京；株式会社メジカルビュー社。p2, 2016
- 3) 出村眞一：地域高齢者のための転倒予防 転倒の基礎理論から介入実践まで。東京；杏林書院。p139-147, 2012
- 4) 香川将大, 木下博恵, 清川拓馬ら：合図からの歩行開始に着目した歩行測定方法についての研究。日本看護技術学会誌。18 巻：115-122, 2019
- 5) Jacquelin Perry, Judith M. Burnfield: ペリ一歩行分析 正常歩行と異常歩行。東京：医歯薬出版株式会社。第 2 版, 323-330, 2012
- 6) Grieve DW, Gear RJ: The relationship between length of stride, step frequency, time of swing and speed of walking for children and adults. Ergonomics. 5(9): 379-399, 1996
- 7) 猪又美栄子, 清水薫, 日野伊久子ら：着衣による動作の拘束-歩行と階段昇降への影響-。日本家政学会誌。41 巻 1 号：43-50, 1990
- 8) 河島則天：歩行運動における脊髄神経回路の役割。国立障害者リハビリテーションセンター研

究紀要。30: 9-14, 2010

9) Y Kanada: Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZR' for medical statistics. Bone Marrow Transplantation. 48: 452-458, 2013

10) 村田伸, 忽那龍雄, 北山智香子：最適歩行と最速歩行の相違-GAITRiteによる解析-。理学療法科学。19(3):217-222, 2004

受付：令和 2(2020)年 3 月 10 日

受理：令和 2(2020)年 5 月 29 日

編集後記

今回の発行で2年目となります。本年は複数回の発行を目指し、皆様の投稿をお待ちしております。今後とも、オンラインジャーナルとしての強みを生かすべく、不定期発行及び即時の査読を徹底し、より精度の高い研究を皆様に伝えられればと思います。

編集者代表：理事長 根本清次

Editor in Chief

NEMOTO Seiji, Tohto University

Associate Editors

KINOSHITA Hiroe, Tohto University

／ KIYOKAWA Takuma, Tohto University

KAGAWA Shota, Tohto University

／ KATAYAMA Takehiro, Yokohama City University

ASARI Joei, Kojiya Honten Ltd.

／ SHIMADU Yusuke, Tohto University

誌名	Journal of Biofunctional Finding 第2巻第1号
編集	NPO 法人生体機能探査推進機構
発行	令和2年5月31日
発行所	NPO 法人生体機能探査推進機構 〒261-0021 千葉県千葉市美浜区ひび野1丁目1番地 幕張国際研修センター内

表紙デザイン：清川拓馬