

令和元年6月25日現在

機関番号：13601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K13027

研究課題名（和文）簡易的歩行分析システムを用いた高齢者の転倒スクリーニングシステムの構築

研究課題名（英文）Construction of fall screening system for elderly people using simple gait analysis system

研究代表者

木村 貞治（KIMURA, TEIJI）

信州大学・学術研究院保健学系・教授

研究者番号：70252111

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：転倒経験のあるまたはない地域在住高齢者を対象として、簡易的歩行解析システムを用いて歩行時の運動学的特性を解析した結果、転倒リスク・スクリーニングの指標として、歩行速度、踵が床につく時の足底と床との角度が指標となることが明らかになった。具体的な指標としては、歩行速度は、0.69m/秒よりも遅い場合に、踵が床に着く時の足底角度は15～16度よりも低い場合に、それぞれ転倒リスクが高いと判別することができることが示された。これらの評価を定期的に行いながら、転倒予防を目的としたトレーニングを実施することで、転倒せずに健康で生活できるしくみを構築できる可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

センサーの装着やデータの解析を簡便に実施できる簡易的歩行分析システムを用いて、地域在住高齢者のうち、転倒群と非転倒群の歩行における運動学的な特性の相違に関する感度、特異度、カットオフ値を明らかにすることにより、今後、広域での転倒リスク・スクリーニングの指標として活用することが期待される。また、これらの指標を活用して、転倒リスクの高い高齢者を早期に発見するとともに、早期に転倒予防のためのトレーニングを開始することで、転倒を未然に予防していくような取り組みを広域に展開していくことが可能になるものと期待される。

研究成果の概要（英文）：As a result of analyzing kinematic characteristics during walking using a simple gait analysis system for community-dwelling elderly people with or without falling experience, it was indicated that walking speed and angle between the sole of the foot and the floor become indicators of fall risk screening. As a specific index, if the walking speed is slower than 0.69 m / s and if the plantar angle when the foot reaches the floor is less than 15 to 16 degrees, it is determined that the fall risk become high. It was suggested that by conducting training for the purpose of fall prevention while carrying out these evaluations regularly, it may be possible to construct a system to live healthy without falling.

研究分野：運動制御

キーワード：転倒リスクスクリーニング 簡易的歩行分析システム 運動学的特性

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

#### 1) 転倒の疫学

現在、日本の総人口に占める65歳以上の高齢者人口の割合は2015年の時点で26.6%であり、今後急速に増加していくと推測されている<sup>1)</sup>。このように高齢化が進む中、高齢期の主要な健康問題である寝たきり、あるいは要介護状態の予防のための包括的な地域保健・医療・福祉サービスの一環として転倒への対策が注目を浴びている。

2013年に厚生労働省から出された国民生活基礎調査によると、要介護状態の原因として「転倒・骨折」は、「脳血管疾患」(18.5%)、「認知症」(15.8%)、「高齢による衰弱」(13.4%)について第4位(11.8%)であるとされている<sup>2)</sup>。また、2015年に厚生労働省から出された人口動態統計によると、転倒・転落による死亡者数は年間7,992名であったとされている<sup>3)</sup>。このように高齢者における転倒は、骨折の原因となるだけでなく、要介護状態や死亡を招く主な原因の1つとなっており、転倒予防の重要性は増してきている。

本邦における高齢者の転倒頻度は、在宅約10~20%、施設約10~50%、医療施設30~40%とされ、福祉施設や医療施設でより高頻度に発生しているとされている<sup>4)</sup>。さらに、転倒による骨折の性別の発生頻度は、男性で8.7%、女性で11.5%であると報告されている<sup>4)5)</sup>。高齢者の転倒場所については、東京消防庁生活安全課の報告<sup>6)</sup>によると、居住場所62.3%、道路上27.5%、公衆が出入りする場所10.2%とされている。さらに、転倒が生じた具体的な居住場所については、居室が最も多く、つづいて玄関、階段、廊下の順であった<sup>6)</sup>。転倒場所に関するその他の報告として上岡ら<sup>7)</sup>は、平均年齢65.9歳の在宅高齢者296名を対象とした調査において、歩道や階段などの屋外が79.9%、自宅内が10.8%としており、調査対象者の年齢や活動範囲などによって転倒場所は違ってくるとしている。眞野<sup>8)</sup>は、65~74歳の高齢者は75歳以上と比較して、活動性、外出頻度が高く、屋外で転倒することが多いと報告している。以上のように転倒の背景的要因に関しては、地域性や年齢など調査によって異なっている。

以上より、若くて活動性が高い高齢者は屋外での転倒が多く、加齢によって活動性が低下している高齢者は自宅内での転倒が多いことがわかる。

#### 2) 転倒予防と歩行機能

転倒の危険因子については、アメリカ老年医学会<sup>9)</sup>が2001年に転倒に関する16の研究を統合して相対危険度を求めており、結果は筋力低下が4.4と最も高く、ついで転倒歴3.0、歩行能力低下2.9、バランス機能低下2.9、補助具の使用2.6、視力障害2.5、関節障害2.4、起居動作能力低下2.3、うつ病2.2、認知機能障害1.8、年齢80歳以上1.7と報告されている。Tinettiら<sup>10)</sup>は、地域在住高齢者の転倒リスク上位6項目として、転倒歴、バランス障害、歩行障害、内服薬(4種類以上または向精神薬)、視覚障害、筋力低下を挙げている。

安村ら<sup>11)</sup>は、在宅高齢者の転倒理由を調査し、男女ともに「つまずいた(40.0%)」、「滑った(27.2%)」などの外的要因が多く、「足がふらついた(12.3%)」、「めまい(4.5%)」など内的要因がこれにつづいていたと報告し、外的要因に対する対策を課題として挙げている。海外における在宅高齢者の転倒因子に関する報告では、Luukinennら<sup>12)</sup>は、「つまずいた(16%)」、「滑った(5%)」、「その他の外的要因(5%)」、「内的要因(44%)」と報告している。Lehtolaら<sup>13)</sup>は、「つまずいた(20%)」、「滑った(8%)」、「その他の外的要因(4%)」、「内的要因(38%)」とLuukinennらの報告に近い値を示しており、どちらも日本に比べて内的要因の割合が大きい。Talbotら<sup>14)</sup>は、65歳以上の高齢者589名を対象として転倒時の状況を調査し、転倒前の活動は、立位・歩行が55%と最も多く、転倒の原因としては、バランス/歩行の問題が60%を占めていたと報告している。また、転倒前の活動を調べた他の研究として、Shinら<sup>15)</sup>は、歩行が58.1%と最も多いと報告している。アメリカ老年学会が、2010年に発表している転倒予防ガイドライン<sup>16)</sup>では、歩行が不安定であると感じているかを問診し、必要に応じて歩行評価を行いながら、転倒予防のための介入の必要性をスクリーニングしており、歩行評価としては、TUG、Performance-Oriented Mobility Assessment (POMA)、Berg Balance Scale (BBS)を採用している。これらの歩行評価の感度、特異度は、TUGが80%、87%、POMAが70%、52%、BBSが77%、86%と報告されている<sup>17)</sup>。

以上から、歩行中に転倒するという課題特異性を考慮して、本研究では高齢者の転倒リスク・スクリーニングを行う際に、歩行の運動学的特性に注目することとした。

近年、慣性センサーの改良により、地域在住高齢者を対象として歩行の客観的指標である時間的・空間的パラメータを測定している研究も報告されてきている。Mortazaら<sup>18)</sup>のシステムティックレビューでは、転倒と歩行の時間的・空間的パラメータに関する先行文献の現状を以下のように報告している。ケーデンスは、6つの研究で、転倒経験者と転倒非経験者の違いを比較している。速いケーデンスで小さいストライドまたは遅いケーデンスは転倒リスクが高いとしている研究がある。しかし、転倒との関連性はないとしているものもある。ストライド時間は、3つの研究で比較しており、2つの研究では差がないが、1つの研究で差があるとしている。差があった研究では、転倒経験者はストライド時間が長く、変動性が大きい(転倒回数との関連は少ない)。単脚支持時間と両脚支持時間は、6つの研究で比較されており、通常の歩行速度において転倒経験者は転倒非経験者に比べて長くなるという報告が3つ、差が無いという報告が3つある。歩行速度は、12の研究で比較されており、8つの研究で通常歩行速度は転倒経験者の方が転倒非経験者よりも遅いという結果を示している。3つの研究では差が無いと

しているが、ほとんどの研究で、転倒経験者の方が歩行速度が遅いとしている。ストライド長は、10の研究で比較されており、5つの研究は転倒経験者の方が転倒非経験者よりストライド長が有意に短いとしている。ただし、通常速度では差があるが、遅い速度では差が無いという報告もある。ステップ長は、5つの研究で、3つの研究が転倒経験者の方が転倒非経験者よりもステップ長が有意に短いと報告されている。歩隔は、5つの研究で比較されている。3つの研究で転倒経験者は転倒非経験者より歩隔が広いとしているが、統計学的な有意差があるのは1つのみである。転倒経験者と転倒非経験者における歩行中の関節角度を比較した研究では、Kemounら<sup>19)</sup>は転倒経験者は転倒非経験者に比べて、股関節と足関節の角度変化が少ないと報告している。Kerriganら<sup>20)</sup>は、転倒経験者は、転倒非経験者に比べて、股関節最大伸展角度が有意に小さいが、膝関節や足関節の角度については差がないとしている。転倒リスクをスクリーニングするために、歩行の空間的パラメータである関節角度に着目してカットオフ値を報告した研究は見当たらない。

以上の先行研究より、歩行の時間的・空間的パラメータにより転倒リスクを判断する可能性のあることは示されているが、文献によって報告が異なっているのが現状である。そのため、転倒経験のあるまたはない地域在住高齢者を対象として、慣性センサーを用いて歩行の時間的・空間的パラメータを測定し、転倒リスク・スクリーニングの指標となる歩行パラメータを検証し、その感度、特異度、カットオフ値を明らかにしていく必要がある。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、簡易的・高精度で小型・軽量の歩行機能測定装置を用いて、転倒経験者と転倒非経験者を含む地域在住高齢者の歩行の運動学的特性を定量的に測定し、高齢者の転倒リスク・スクリーニングを行うための歩行の時間的・空間的パラメータのカットオフ値としての妥当性を検証することとした。本研究により、日常的に行う歩行データから地域在住高齢者の中で転倒リスクが高い人を判別するカットオフ値を示すことができれば、今後の我が国の超高齢化社会における転倒予防を推進するための介入の必要性を判断することにつながると期待される。

## 3. 研究の方法

対象は、脳卒中、パーキンソン病、股関節や膝関節の手術後、リウマチの診断名がなく、歩行補助具を使用せずに歩行が自立している65歳以上の地域在住高齢者とした。被験者募集は、身体教育医学研究所の介護予防事業を利用している方へ、本研究の目的、方法についての十分な説明および、本研究への参加は任意であること、参加を拒否しても途中で撤回しても不利益を被ることがないことを説明し、同意を得た。

測定方法は、身長、体重を測定し、過去1年間の転倒歴の有無を問診にて聴取した。測定項目は、10m歩行テスト(ストライド長、速度、ケーデンズ、足高、ヒールコンタクト時の足底角度、足関節・膝関節・股関節角度)とし、1分間ずつの休憩をとりながら2回実施した。対象者には、簡易歩行分析システム(キッセイコムテック製、RehaGait)を装着し、裸足で通常の歩行速度で歩くよう教示した。統計解析は、転倒無し群と転倒有り群の群間比較として、各データの正規性をShapiro-Wilk検定にて解析し、正規性がある場合は対応のないt検定、正規性がない場合はMann-WhitneyのU検定を用いた。さらに、群間比較で有意差が認められた歩行の時間的・空間的パラメータは、Receiver Operating characteristic curve(ROC曲線)を作成し感度、特異度、カットオフ値を決定した。

## 4. 研究成果

採用基準、除外基準を満たす60名の測定を実施し、測定エラーが生じた10名を除外し、50名(平均年齢82.6歳±6.1歳)のデータをもとに、転倒無し群34名と転倒有り群16名において、年齢、身長、体重、歩行の時間的・空間的パラメータの群間差を統計解析した(表1)。

結果、転倒有り群は、転倒無し群と比較して、有意に歩行速度が遅く、左右ヒールコンタクト時の足底角度が小さいことが分かった。ROC曲線を作成してArea Under the Curve(AUC)をもとめると、左ヒールコンタクト時の足底角度0.722(カットオフ値15.8度、感度79%、特異度63%)、右ヒールコンタクト時の足底角度0.691(カットオフ値16.5度、感度68%、特異度69%)、速度は0.686(カットオフ値0.83m/秒、感度85%、特異度56%)となり、左ヒールコンタクト時の足底角度の精度が最も高かった。このことから、転倒リスクのスクリーニングを行うために、ヒールコンタクト時の足底角度を測定することは有用であることが示唆された。

以上の結果から、地域在住高齢者の転倒リスクは、歩行速度、踵が床につく時の足底と床との角度をそれぞれ評価することで判断できる可能性が示唆された。具体的には、歩行速度に関しては、0.83m/秒よりも遅い場合に、踵が床に着く時の足底角度は15~16度よりも低い場合に、それぞれ転倒リスクが高いと判別することができることが明らかになった。

今後は、これらの指標を参照して、地域在住高齢者の歩行における運動学的特性を定期的に測定し、転倒の危険性のある高齢者を早期に発見するとともに、早期に転倒予防のためのトレーニング介入を行うことで、転倒せずに健康で生活できるしくみを広域に展開していくことが必要であると考えられた。

表1 転倒無し群と転倒有り群の群間比較

	転倒無し群 34名		p値
	平均値 ± 標準偏差 (中央値)	平均値 ± 標準偏差 (中央値)	
年齢 <sup>b</sup> (歳)	81.7 ± 6.2 (83.0)	84.6 ± 5.7 (85.5)	0.115
身長 <sup>a</sup> (cm)	147.9 ± 8.0 (147.4)	150.4 ± 11.7 (148.5)	0.441
体重 <sup>b</sup> (kg)	54.3 ± 9.4 (53.6)	49.8 ± 10.4 (47.9)	0.126
ストライド長 <sup>a</sup> (m)	0.96 ± 0.16 (0.99)	0.87 ± 0.17 (0.87)	0.066
速度 <sup>a</sup> (m/秒)	0.93 ± 0.16 (0.94)	0.82 ± 0.22 (0.78)	0.044
ケージンス <sup>b</sup> (/分)	116.8 ± 8.1 (115.4)	113.7 ± 20.1 (118.3)	0.755
左最大足高 <sup>b</sup> (m)	0.101 ± 0.018 (0.100)	0.102 ± 0.017 (0.103)	0.917
右最大足高 <sup>a</sup> (m)	0.113 ± 0.017 (0.115)	0.113 ± 0.018 (0.113)	0.912
左ヒールストライク時の足底角度 <sup>b</sup> (°)	18.1 ± 5.0 (19.6)	14.2 ± 6.2 (15.0)	0.012
右ヒールストライク時の足底角度 <sup>b</sup> (°)	18.3 ± 8.0 (19.4)	13.6 ± 8.0 (14.9)	0.031
左最大足関節底屈角度 <sup>b</sup> (°)	12.5 ± 7.9 (10.6)	11.8 ± 7.3 (10.3)	0.843
右最大足関節底屈角度 <sup>b</sup> (°)	9.0 ± 4.3 (8.1)	10.8 ± 7.1 (8.4)	0.546
左最大足関節背屈角度 <sup>a</sup> (°)	10.6 ± 4.2 (10.3)	10.6 ± 3.6 (10.6)	0.973
右最大足関節背屈角度 <sup>a</sup> (°)	9.4 ± 2.8 (9.5)	9.7 ± 3.9 (10.7)	0.765
左最大膝関節伸展角度 <sup>b</sup> (°)	0.5 ± 0.1 (0.5)	0.5 ± 0.1 (0.5)	0.851
右最大膝関節伸展角度 <sup>a</sup> (°)	0.5 ± 0.1 (0.5)	0.5 ± 0.1 (0.5)	0.977
左最大膝関節屈曲角度 <sup>b</sup> (°)	41.7 ± 8.5 (43.5)	43.7 ± 15.1 (40.5)	0.454
右最大膝関節屈曲角度 <sup>b</sup> (°)	41.7 ± 15.4 (38.7)	40.4 ± 16.5 (38.2)	0.448
左最大股関節屈曲角度 <sup>a</sup> (°)	28.2 ± 6.6 (27.8)	27.8 ± 4.6 (27.3)	0.827
右最大股関節屈曲角度 <sup>a</sup> (°)	27.3 ± 6.3 (28.6)	25.2 ± 9.2 (24.5)	0.346
左最大股関節伸展角度 <sup>b</sup> (°)	12.1 ± 6.3 (11.3)	10.9 ± 6.0 (10.0)	0.366
右最大股関節伸展角度 <sup>b</sup> (°)	13.2 ± 7.8 (11.8)	13.5 ± 8.2 (11.3)	0.901

a: 対応のないt検定 b: Mann-WhitneyのU検定

<引用文献>

- 1) 総務省統計調査部国勢統計課人口推計係：人口の推移と将来人口。  
<http://www.stat.go.jp/data/nihon/02.htm>(参照 2017-4-1)
- 2) 厚生労働省大臣官房統計情報部：平成 25 年国民生活基礎調査。  
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa13/dl/06.pdf>(参照 2015-4-1)
- 3) 厚生労働省大臣官房統計情報部：平成 27 年人口動態統計。  
[http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei15/dl/11\\_h7.pdf](http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei15/dl/11_h7.pdf) (参照 2017-4-1)
- 4) 安村誠司：高齢者の転倒・骨折の頻度。日医雑誌。1999；122：1945-1949。
- 5) 長谷川美規,安村誠司:日本人高齢者の転倒頻度と転倒により引き起こされる骨折・外傷。骨粗鬆症治療。2008；7：180-185。
- 6) 東京消防庁生活安全課：救急搬送データからみる日常生活の事故 平成 26 年。  
<http://www.tfd.metro.tokyo.jp/lfe/topics/201510/nichijoujiko/data/all.pdf>(参照 2017-4-1)
- 7) 上岡 洋晴, 武藤 芳照, 太田 美穂：高齢者の転倒・転落事故に関する事例研究。東京大学大学院教育学研究科紀要。1998；38：441-449。
- 8) 眞野行生：高齢者の転倒とその対策。医歯薬出版, 東京, 1999；2-7。
- 9) Guideline for the prevention of falls in older persons. American Geriatrics Society, British Geriatrics Society, and American Academy of Orthopaedic Surgeons Panel on Falls Prevention. J Am Geriatr Soc. 2001；49(5):664-72.
- 10) Tinetti ME, Kumar C. : The patient who falls: "It's always a trade-off". JAMA. 2010 Jan 20;303(3):258-66.
- 11) 安村誠司, 芳賀 博, 永井 晴美, 他：地域の在宅高齢者における転倒発生率と転倒状況。日本公衛誌。1991；38：735-741。
- 12) Luukinen H, Herala M, Koski K, Honkanen R, Laippala P, Kivelä SL:Fracture risk associated with a fall according to type of fall among elderly . osteoporosis . 2000；11:631-634。
- 13) Lehtola S, Koistinen P, Luukinen H:Falls and injurious falls late in home-dwelling life . Archives of gerontology and geriatrics . 2006；42:217-224。
- 14) Talbot LA, Musiol RJ, Witham EK, Metter EJ:Falls in young, middle-aged and older community dwelling adults:perceived cause, environmental factors and injury. BMC Public Health. 2005 Aug 18;5:86.
- 15) Shin KR, Kang Y, Jung D, Kim M, Lee E : A Comparative Study on Physical Function Test between Faller Group and Nonfaller Group among Community-Dwelling Elderly. Asian Nurs Res (Korean Soc Nurs Sci). 2012 Mar;6(1):42-8.
- 16) Panel on Prevention of Falls in Older Persons. Summary of the Updated American Geriatrics Society/British Geriatrics Society clinical practice guideline for prevention of falls in older persons. J Am Geriatr Soc. 2011；59:148-157.
- 17) Persad CC, Cook S, Giordani B : Assessing falls in the elderly: should we use simple screening tests or a comprehensive fall risk evaluation? Eur J Phys Rehabil Med. 2010 Jun;46(2):249-59.
- 18) Mortaza N, Abu Osman NA, Mehdikhani N : Are the spatio-temporal parameters of gait capable of distinguishing a faller from a non-faller elderly? Eur J Phys Rehabil Med. 2014 Dec;50(6):677-91.
- 19) Kemoun G, Thoumie P, Boisson D, Guieu JD : Ankle dorsiflexion delay can predict falls in the elderly. J Rehabil Med. 2002 Nov;34(6):278-83
- 20) Kerrigan DC, Lee LW, Collins JJ, Riley PO, Lipsitz LA : Reduced hip extension during walking: healthy elderly and fallers versus young adults. Arch Phys Med Rehabil. 2001 Jan;82(1):26-30.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計0件)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：理学療法士

研究者番号(8桁)：

### (2) 研究協力者

研究協力者氏名：馬場 孝浩、渡邊 雅英、荻原 啓文、半田 秀一、笹本 和宏、岡田 真平、  
奥泉 宏康

ローマ字氏名：Takahiro Baba, Masahide Watanabe, Hirohumi Ogihara, Shuichi Handa, Shinpei  
Okada, Hiroyasu Okuizumi

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。