

## 様式 C-19

## 科学研究費補助金研究成果報告書

平成21年 5月28日現在

研究種目：若手研究（B）  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18700550  
 研究課題名（和文） 高齢者の転倒防止に関与する代償的ステップとバランス能力及びそのトレーニング効果  
 研究課題名（英文） Relationship between alternative step strategy and dynamic balance related with fall prevention for the elderly, and the result of those training.  
 研究代表者  
 山次 俊介（YAMAJI SHUNSUKE）  
 福井大学・医学部・准教授  
 研究者番号：40311021

研究成果の概要：本研究では高齢者の転倒防止を目指して、外乱負荷が加わったときのステップング方略（代償的ステップ動作）が転倒回避に有効に作用するためには何が必要であるか、また、それはいかなるトレーニングによって増強するかを明らかにすることを目的とした。易転倒性高齢者は、以下のような代償的ステップ特性を有していた。前方手伸ばし動作によって、姿勢保持限界に到達する距離が短く、代償的ステップが誘発されやすい。代償的ステップ幅は小さく、ステップ高は低い。また、つま先から着床し、着床後の足圧中心は左右方向への動揺が顕著であった。代償的ステップによる姿勢制御には複数のステップを要し、前方へ移動した身体重心の制御に時間を要する。また、代償的ステップ時に体幹を起こすことができない。高齢者に週1～2回のエクササイズ（歩行・筋力トレーニング、踊り：約60分）を3ヶ月継続した結果、ステップ幅は有意に改善したが、その他の易転倒性高齢者のステップ特性の多くは改善されなかった。

## 交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	2,200,000	0	2,200,000
2007年度	600,000	0	600,000
2008年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	180,000	3,580,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・応用健康科学

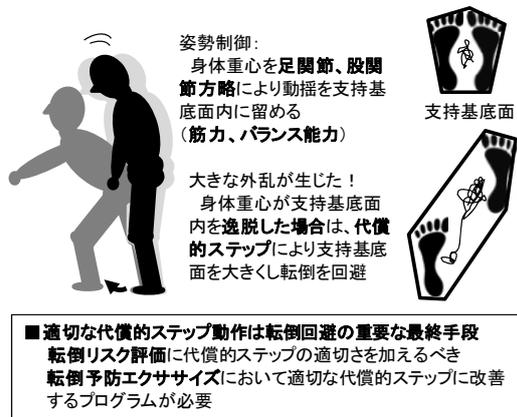
キーワード：加齢・老化、歩行動作

## 1. 研究開始当初の背景

超高齢社会に突入するわが国において、高齢者の健康観は「健康的な65歳」から「活動的な85歳」にシフトし、高齢者のsuccessful agingの達成には、疾病の有無ではなく活動状態を維持することが重要とされている。つまり、高齢者にとって日常生活自立度を高めることがより重視され、何らか

の疾病や障害を有していても寝たきりや要介護状態をできるだけ回避する方策を講じることが求められている。高齢者の寝たきりや要介護状態を惹起させる原因として、日常生活での転倒が挙げられる。高齢者の転倒は、骨折によって日常生活自立度を低減させ、寝たきりや要介護状態の直接的な原因となるだけではなく、転倒経験による転倒後症候群

(post fall syndrome) によって活動制限が生じ、閉じこもりがちになる生活習慣を形成させる(Kikuchi et al., 2008, Oliver, 2007)。1年間で転倒・転落したか、転倒・転落しそうになった高齢者は69.8% (東京都生活文化局) におよび、主に歩行や移乗時における滑りやつまづきといった外乱負荷が加わった状態において発生する。ヒトはこのような外乱負荷が加わった場合の重要な反応様式として、足を踏み出して姿勢の安定を図るステップング方略(代償的ステップ動作)がある。高齢者の静的・動的バランス能力に関する研究は、その重要性から数多く行われているが、高齢者の転倒防止を目的とした、代償的ステップ動作に関する研究は十分ではない。



## 2. 研究の目的

本研究では高齢者の転倒防止を目指して、外乱負荷が加わったときのステップング方略(代償的ステップ動作)に着目した。高齢者の代償的ステップ動作が転倒防止のために、より有効に作用するためには何が必要であるか、また、それはいかなるトレーニングによって増強するかを明らかにすることを目的とした。

そのために以下の研究課題を設定した。

- 課題1: 高齢者の代償的ステップ動作特性を明らかにし、転倒リスク、との関係の検証
- 課題2: 高齢者の代償的ステップ動作の3次元動作解析
- 課題3: 制限歩行および視覚機能低下による障害物歩行の歩容と代償的ステップに及ぼす影響
- 課題4: 週1回12週間の運動教室参加による代償的ステップ特性改善の効果
- 課題5: 高齢者の代償的ステップを改善するエクササイズの提案

## 3. 研究の方法

### (1) 代償的ステップの誘発動作

代償的ステップは足関節および股関節方

略による姿勢制御限界を超えたときに生じるため、誘発させるためには非常に大きな外乱負荷が必要となる。外乱負荷には床振動や傾斜、物体衝突などが考えられるが、高齢者を対象とした場合、安全性に問題があった。そこで、本研究では手伸ばし動作による姿勢保持限界後の代償的ステップ動作特性を動作分析により検証した。

### (2) 代償的ステップ特性の計測

被験者は足圧分布計測台(Footscan, Monte system)で立位姿勢をとり、前方へ手伸ばし動作を行った。被験者にはゆっくりと動作し、可能なかぎり、現在の立位位置を保持するように指示し、限界を超えて前方に踏み出す代償的ステップを計測した。一連の動作、および代償的ステップ位置はビデオカメラで撮影した。

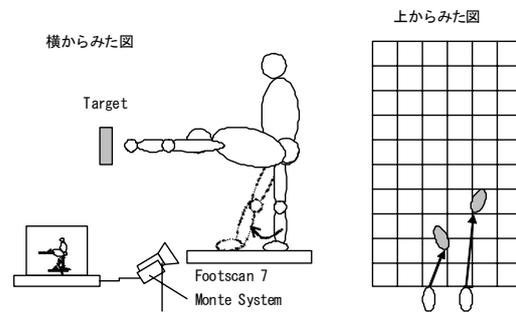


図1 代償的ステップ動作特性の計測

### (3) 被験者

65歳以上の在宅高齢者であった。この被験者は日常生活において介助を必要とせず、週1回の運動教室への参加を1年以上継続していた。

各課題の被験者数は表1のとおりである。

表1 各課題の被験者数

	平均年齢	男	女
課題1	72.2 ± 7.3	24	52
課題2	71.8 ± 7.6	10	13
課題3	68.9 ± 5.6	8	20
課題4	71.2 ± 6.5	17	40
課題5	73.2 ± 8.4	50	61

### (4) 転倒リスク調査

転倒リスクは都老研転倒リスクアセスメント(鈴木, 2003)を用いて評価した。都老研転倒リスクアセスメントは、8要因(15項目)から構成される2件法の調査票(鈴木, 2003)であり、5点以上は転倒ハイリスクと判定される。また、転倒リスクに関連する日常生活自立度は、Falls efficacy scale(Hellstrom & Lindmark, 1999)、および文科省ADL調査により評価した。

#### (5) 下肢筋機能テスト

下肢筋機能テストは、移動・移乗、姿勢保持能力の指標とされる筋力、バランス能力、歩行能力テストを選択した。すなわち、下肢の各関節の筋力として、足趾把握、足関節底屈、股関節屈曲、および膝伸展の等尺性筋力(kg)、静的・動的バランス能力として、閉眼片脚立ち(秒)、ファンクショナルリーチ(cm)、および歩行能力として、最大速度による10m歩行(秒)を選択した。

#### (6) 代償的ステップ動作特性変数

代償的ステップ動作特性変数として、ステップに関する変数(代償的ステップ幅、角度、歩数)、ステップ時の足圧分布に関する変数(足圧中心動揺軌跡、振幅幅)を選択した。課題2の3次元動作分析(MA-2000, Anima)時には、前額面(左右方向)および矢状面(上下方向)移動距離と速度の標準偏差(肩峰点、膝関節点、足関節点)を選択した。身体マーカーは被験者の左右の肩峰、肘関節、手首、腸骨稜、大転子、膝関節、足関節および第五中足骨の合計16ヶ所に貼り付けた。

### 4. 研究成果

#### (1) 課題1の結果

高齢者における、ファンクショナルリーチ時に姿勢制御不可となって発生する代償的ステップ動作特性をビデオカメラと足圧分布計測器により分析し、転倒リスク得点との関係を検証した。その結果、転倒ハイリスク群の代償ステップ幅は小さく、ステップ高も低く、姿勢の安定性を回復するために数ステップを要し、身体重心位置はステップ足方向に大きく移動した。また、姿勢制御中の足圧中心は左右方向への振幅が大きく動揺が大きかった。さらに代償的ステップ時の足圧力は、転倒ローリスク群が踵から着床後、拇指に直線的に移動するのに対し、転倒ハイリスク群はつま先付近で着床し、着床後は左右方向の動揺が大きかった。

これらの代償的ステップ特性は、転倒リスク得点、および下肢筋力(足関節底屈、膝関節伸展)、ファンクショナルリーチ、10m歩行と有意な相関が認められた。また、代償的ステップによる足圧中心動揺振幅と足関節底屈力との間に高い関係が認められた。

#### (2) 課題2の結果

高齢者を対象として、ファンクショナルリーチ時に姿勢制御不可となって発生する代償的ステップ動作について3次元動作分析を行った。転倒ハイリスク者および転倒経験者(易転倒性高齢者)は、以下のような代償的ステップ特性を有していた。

前方手伸ばし動作によって、姿勢保持限界に到達する距離が短く、代償的ステップが誘発されやすい。代償的ステップ幅は小さく、ステップ高は低い。また、つま先から着床し、着床後の足圧中心は左右方向への動揺が顕著であった。また、代償的ステップする際、転倒ハイリスク群は体幹部を鉛直方向に戻すことができず、重心位置が支持規定面より前方へ移動した状態が続く傾向にあった。

#### (3) 課題3の結果

転倒の要因として挙げられる視力低下が障害物歩行に及ぼす影響を検討し、障害物に回避できなかった際の代償的ステップを計測した。この代償的ステップは、障害物高に関わらず、ほぼ同様であった。代償的ステップは身体重心移動速度に対して反射的に出現するものと考えられた。また、バランスビーム歩行時に現れる代償的ステップ動作を測定した。代償的ステップが現われた被験者は、転倒リスク得点が高い傾向にあり、下肢の筋力低下もしくは整形外科的疾患を有する者が多かった。

#### (4) 課題4の結果

高齢者に週1~2回のエクササイズ(歩行・筋力トレーニング、踊り:約60分)を3ヶ月継続した結果、ステップ幅は有意に改善したが、その他の易転倒性高齢者のステップ特性の多くは改善されなかった。

#### (5) 課題5の結果

高齢者の代償的ステップを改善するエクササイズとして、外部からのテンポに調節して行うステップ動作を新たに考案した。この動作では、片足支持局面が含まれ、ゆっくりとしたテンポに応じて動作する動的バランスや下肢筋力の改善が期待できる。

本研究課題では、まず高齢者に対する様々なステップ動作を課し、性差、年代差を検証した。ステップ動作は、予備測定を重ね、20秒間の両脚左右ステップ、両脚前後ステップ、片脚前後ステップ、片脚左右ステップを選択した。

各ステップ動作におけるステップング変数の級内相関係数を性別、年代別に示している。両足前後ステップ動作の両足接地時間は、男性と女性の70-85歳代において0.67, 0.68程度であったが、それ以外の変数はいずれも0.86以上の非常に高い値であった。

各ステップ動作におけるステップング変数の性差、年代差を検討したところ、60-69歳代が、ステップ回数が多く、平均接地時間と両足接地時間が有意に小さかった。ま

た、両足左右ステップの両足接地時間、両足前後ステップと片足左右ステップのステップ回数に有意な性差が認められ、女性が男性より有意に大きかった。

男子における片脚ステップの平均接地時間を除く、全てのステップング変数において、年齢と有意な相関が認められた(男子:  $|r|= .35 - .43$ , 女子:  $|r|= .31 - .51$ ) が、中程度以下であった。

図2は散布図を性別、年代別に示している。同一ステップ動作におけるステップ回数と平均接地時間は男女とも中程度から高い有意な相関であった(男性: 60-69yr;  $|r|=0.77-0.87$ , 70-85yr;  $|r|=0.76-0.94$ , 女性: 60-69yr;  $|r|=0.64-0.91$ , 70-85yr;  $|r|=0.76-0.95$ )。散布図は男女とも類似していた(図2 A, B)。両脚ステップ動作における、ステップ回数と両脚接地時間の相関は低く(males:  $|r|<0.7$  以下、females:  $|r|<0.57$  以下)、男性において両脚同時接地時間が0秒に近い被験者が多く認められた(図2 C, D)。70-85歳の男性において、両脚接地時間(CV=44.9~61.9)はステップ回数(CV=26.6~43.9)に比べ、個人差が、大きい傾向にあった。加えて、両脚前後ステップの変数相互の相関係数は60-69歳に比べ、70-85歳の方が男女とも高かった。平均接地時間は両脚ステップ動作と片脚ステップ動作間で、60-69歳に比べ、70-85歳の方が男女とも高かった。平均接地時間の個人差は高齢期(70-85歳)に拡大する傾向にあった(男性: 60-69 yr; 23.4, 70-85yr; 36.4, 女性: 60-69 yr; 21.3, 70-85yr; 32.4)。

今後、このエクササイズによる代償的ステップ改善について検証を重ねていきたい。

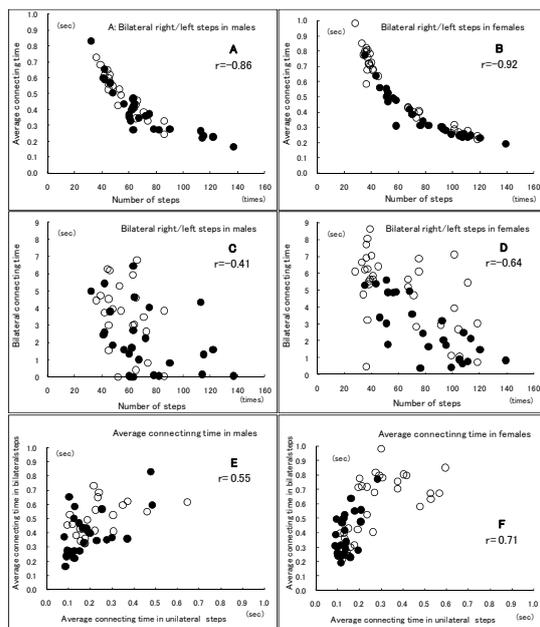


図2 ステップ数と平均接地時間 (A, B)、

ステップ数と両脚接地時間 (C, D), 両脚と片脚平均接地時間 (E, F) の散布図. ● : 60-69 yr, ○70-85 yr

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計1件)

①Demura S., Shin S., Yamaji S. Sex and age differences of relationships among stepping parameters for evaluating dynamic balance in the elderly. J Physiol Anthropol, 207-215, 2008, 査読有

[学会発表] (計3件)

①山次俊介他, 高齢者の下肢関節の慢性疼痛の有無は転倒リスク得点に影響する. 日本体育測定評価学会第8回大会, 2009年3月8日

②山次俊介他, 高齢者の転倒リスク、Fall efficacy scales および ADL と下肢筋機能との関係. 日本体育学会第59回大会, 2008年9月12日.

③山次俊介他, 光屈折ゴーグルによる視覚機能低下が障害物歩行に及ぼす影響. 日本体育学会第58回大会, 2007年9月7日.

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

山次 俊介 (YAMAJI SHUNSUKE)

福井大学・医学部・准教授

研究者番号: 40311021