

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 2 日現在

機関番号：21401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2016

課題番号：25560371

研究課題名(和文) 易転倒高齢者の環境条件変化に対するバランス適応能力とその日内変動の解明

研究課題名(英文) The adaptability to environmental changes and its daily fluctuation of standing balance in high fall risk elderly

研究代表者

内山 応信(Uchiyama, Masanobu)

秋田県立大学・総合科学教育研究センター・准教授

研究者番号：30464556

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、易転倒高齢者における立位時の条件変化に対する姿勢制御の適応能力とその日内変動について検討することであった。次のことが明らかとなった：高齢者は青年に比べ、条件変化(本研究では視覚入力の変化：開眼から閉眼へ)に伴う立位姿勢制御の適応能力に乏しかった。易転倒高齢者は、起床直後や一日の疲労が蓄積してくる夕方以降、静的立位姿勢の安定性に乏しくなった。易転倒高齢者は視覚入力の変化に伴う立位姿勢制御の適応能力が低転倒リスク高齢者の平均に比して乏しく、それはCOP動揺の長さや速度ではなく面積で捉え得る。易転倒高齢者における視覚入力の変化に対する適応能力水準は日内変動を示す可能性がある。

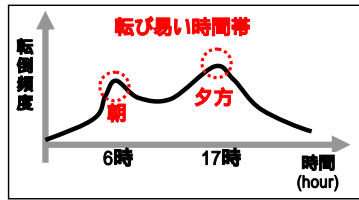
研究成果の概要(英文)：This study aimed to examine the adaptability to environmental changes and its daily fluctuation of bipedal standing balance in high fall risk elderly. In conclusion, the following was revealed: The elderly's adaptability to a temporal environmental change, i.e. the presence or absence of visual inputs (from open eyes to closed eyes in this study), is inferior to the adaptability of healthy young people. The bipedal stance stability of the high fall risk elderly becomes poor at early morning (just after the uprising) and at night. The high fall risk elderly is inferior in the adaptability to the changes of visual inputs to the low fall risk elderly, and this change in the adaptability can be observed with the area parameters of Center of Pressure sway. The level of the adaptability of the high fall risk elderly to changes in visual inputs may show daily fluctuation.

研究分野：応用健康科学

キーワード：転倒予防 高齢者 易転倒性 姿勢制御 日内変動 足圧中心動揺 視覚入力

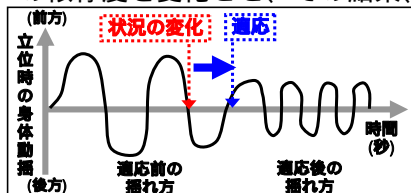
## 1. 研究開始当初の背景

日常生活において怪我を伴う高齢者の転倒事故は多く、その数は高齢者人口の増加に伴い年々増えている。施設入所者(神崎、2010)や地域在住高齢者(矢田、1997)に対する転倒発生時間の調査では、転倒は朝方や夕方が多い、つまり転倒のし易さは時間に依存した長時間スパンの日内変動を伴う(右図)。



同じ環境(朝や夕方の時間帯)であっても健常成人は殆ど転倒しないことからこの日内変動は環境的要因(周囲の薄暗さ、障害物(の見落とし)等)の影響だけではなく、高齢者特有の身体的要因に依拠している可能性がある。矢田(1997)は、身体的要因(めまい、脚のもつれ、起床直後の活動しにくい身体状態等)による転倒が、環境的要因(障害物へのつまずき)と同程度に多かったとも述べている。しかし、転び易さの日内変動を、易転倒者の身体的側面から生理学的に実証した先行研究はない。

ヒトは、立位中に一時的に視覚情報を制限(例えば視力低下)されると、バランスの維持に用いる各感覚(視覚、体性感覚、前庭感覚)への依存度を変化させ、その結果、身体動揺のパターンが変わる(右図)。



つまりヒトは状況に応じてバランス安定化のために用いる各感覚への「重み付け」を変更・調節して、時々刻々と変わる状況に秒単位の短時間スパンで適応している。

上述の(長時間スパン)及び(短時間スパン)の両視点を考慮すると、高齢者が転倒せずに1日を通り切るには、朝起きてから夜寝床につくまで刻々と変化する種々の状況変化に上手く、且つ素早く適応しながらバランス制御を行い続ける必要がある。高齢者の短時間スパンでの状況への適応能力(=適応の速度)や、その適応能力が一日の中でどのように変動するかを明らかにすることは、転び易い者の判別法や転倒予防支援の新アプローチを提案する上で大きな手掛かりとなる可能性がある。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、若者に比して転び易い高齢者の立位バランス制御における「短時間スパンでの状況適応能力」、及び「長時間スパンでの状況適応能力の変動」を調べることであった。

前者の目的を研究課題1、後者を研究課題2として下記の方法にて各課題を遂行した。

## 3. 研究の方法

### (1) 予備実験

研究課題1と2を遂行する準備として、ヒトの立位時における「短時間スパンでの状況適応能力」を評価するための適切な変数を検討するために、健常青年を対象とした予備実験を行った。立位時の状況の変化として、実験上統制が容易且つ確実な視覚入力有無(入力有り=開眼、入力無し=閉眼)を選択し、視覚入力有り(開眼)と無し(閉眼)の2条件下における青年の足圧中心(Center of Pressure: COP)動揺の差異を経時スペクトルの観点から観察した(内山ら、2014)。

#### 被験者

健常な大学生16名が予備実験に参加した。実験に先立ち、被験者に対し実験の趣旨を説明し書面による参加同意を得た。

#### 測定方法

視覚入力有り(開眼)及び無し(閉眼)の2条件のもと、各被験者の両脚での静的な立位姿勢保持中のCOP動揺を、重心動揺計G5500(ANIMA)により60秒間記録した。サンプリング周波数は20Hzとした。なおCOP測定はKapteynら(1983)の重心動揺検査基準に準拠した。

#### 解析方法

記録されたCOP動揺時系列の前後方向(Y)及び左右方向(X)成分について、基底関数をComplex Gaussianとして連続Wavelet変換を行った。

### (2) 研究課題1

研究課題1の目的は、高齢者の「短時間スパンでの状況適応能力」を調べることであった。状況の変化として、実験上統制が容易且つ確実な視覚入力有無(入力有り=開眼、入力無し=閉眼)を選択し、状況変化前後における高齢者の立位姿勢制御の適応の様子を観察した。なお、ここで選択された視覚入力有無という立位状況の変化は、現実の生活場面における明所及び暗所での立位として解釈できよう。

#### 被験者

コントロール群として健常青年男女5名(平均年齢19歳)を、高齢者群として健常高齢男女10名(73.5±5.2歳)を対象に実験を行った。

#### 測定方法

コントロール及び高齢者の両群を対象に基本属性(性別、年齢、体格)及び静的立位姿勢保持中のCOP動揺測定を実施したほか、高齢者群に対してはDemura et al.(2010)の転倒リスクアセスメント票を用いて転倒リスクを調べた。

COP動揺測定は、次の手順に従い実施した;被験者は温度及び照度が一定に保たれた静穏な室内で、約5分間の座位安静を維持する

よう指示された。その後、被験者は検者の合図で COP 動揺測定器 (KISTLER 社、多成分フォースプレート 9260AA) の上に裸足で立ち、両腕は体側に垂らし、開眼、閉足の Romberg 姿勢を取った。検者は被験者の立位姿勢が安定したことを確認した後、COP 動揺の記録を開始した。COP 動揺は、身体の前後方向 (Y) 及び左右方向 (X) の 2 成分に分けられそれぞれサンプリング周波数 200Hz でパソコン上に時系列データとして記録された。COP 動揺の計測時間は 1 試行につき 90 秒間とし、被験者は 90 秒のうち最初の 30 秒を開眼で、残りの 60 秒を閉眼で立つよう指示された。すなわち、被験者は COP 動揺記録開始から 30 秒後に、検者によるピーブ音を合図として目を閉じ、閉眼のまま残りの 60 秒間立位を維持した。1 分間の休憩を挟み計 2 試行の COP 動揺が記録された。1 試行目は練習試行とし、2 試行目を解析に用いた。測定の間隔は、いずれの被験者も日中の 9 時 ~ 18 時の範囲内であった。

#### 解析方法

予備実験の結果を受け、COP 動揺評価変数として、動揺の大きさ及び速さの指標として代表的な外周面積 ( $\text{cm}^2$ )、実効値面積 ( $\text{cm}^2$ )、総軌跡長 (cm) を選択した。

研究課題 1 では、両群における各被験者の COP 動揺時系列の Y と X 成分のデータを利用して記録開始から 10 秒間隔 (計 9 区間) での外周面積、実効値面積、及び総軌跡長を求め、それぞれの群の平均経時グラフを作成し群間の差異を調べた。

### (3) 研究課題 2

#### 被験者

研究課題 1 における高齢者群のうち、転倒リスク調査においてハイリスクと判定され、且つ過去 1 年間に転倒経験があった易転倒者 (高齢女性 74 歳) 1 名を対象とした。

#### 測定方法

COP 動揺の測定方法は研究課題 1 と同一であった。ただし、COP 動揺の測定時間は、一日のうち被験者が起床してから就寝するまでの 3 時間毎とし、次の計 6 時点において 2 試行ずつ測定した; 6 時 (起床直後) 9 時、12 時 (食事前) 15 時、18 時、21 時 (就寝前)。1 試行目は練習試行とし、2 試行目を解析に用いた。

#### 解析方法

COP 動揺の評価変数は研究課題 1 と同一であった。各測定時点における易転倒者の各 COP 動揺変数の経時グラフと研究課題 1 における高齢者群の平均経時グラフを比較し、それらの差異を調べた。

## 4. 研究成果

### (1) 予備実験

図 1a 及び 1b (縦軸: 周波数 Hz; 横軸: 時間 s) は COP 動揺 Y 成分に対する Wavelet 変換後の時間周波数マップの典型例を示して

いる。視覚入力有り (開眼) 条件 (図 1a) では周波数 (縦軸) の低い成分が多く (図の赤い部分) 検出された一方、視覚入力無し (閉眼) 条件 (図 1b) では高周波数成分が多く認められる傾向にあったが、これら時間周波数マップの差異を統計的有意性をもって説明することはできなかった。

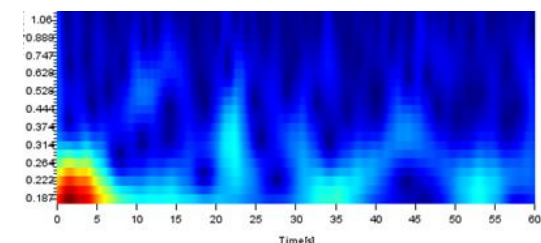


図 1a. 視覚入力有り (開眼) の COPY 成分時間周波数マップ

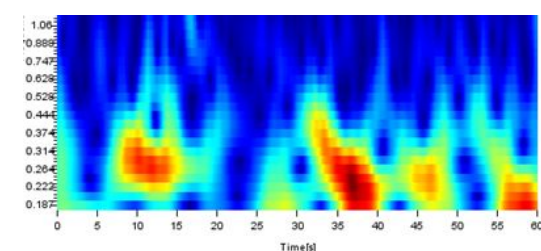


図 1b. 視覚入力無し (閉眼) の COPY 成分時間周波数マップ

この結果を受け、以降の研究課題における COP 動揺の評価変数として、動揺の大きさ及び速さの指標として代表的な外周面積 ( $\text{cm}^2$ )、実効値面積 ( $\text{cm}^2$ )、総軌跡長 (cm) を採用する方針とした。

### (2) 研究課題 1

図 2a はコントロール群 (青年) 及び高齢者群の外周面積 (これは COP 動揺の大きさの指標である) の平均経時グラフ (縦軸:  $\text{cm}^2$ ; 横軸: 時間 (10 秒間隔)) を示している。コントロール群の外周面積は、被験者が閉眼を開始した後も開眼時と同程度の安定した動揺を示したが、高齢者群は閉眼直後に大きな動揺の乱れが生じ、その乱れは時間の経過とともに回復する傾向が見られた。ただし開眼時と同程度までは回復しなかった。

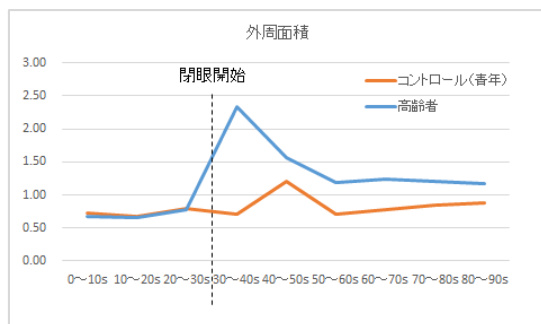


図 2a. 両群の外周面積の平均経時グラフ

図 2b は両群の実効値面積 (これは COP 動揺の大きさの指標である) の平均経時グラフを示している。実効値面積も外周面積と類似の傾向を示した。



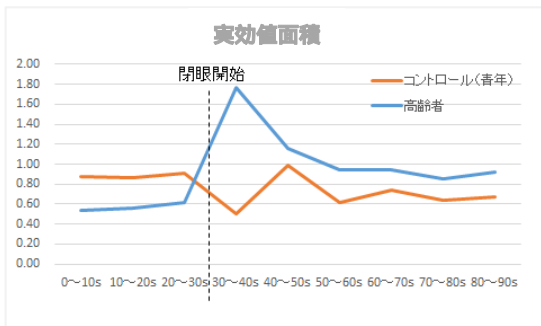


図 2b. 両群の実効値面積の平均経時グラフ

図 2c は両群の総軌跡長（これは COP 動揺の長さ及び速さの指標である）の平均経時グラフを示している。総軌跡長も上記 2 変数と類似の結果であった。

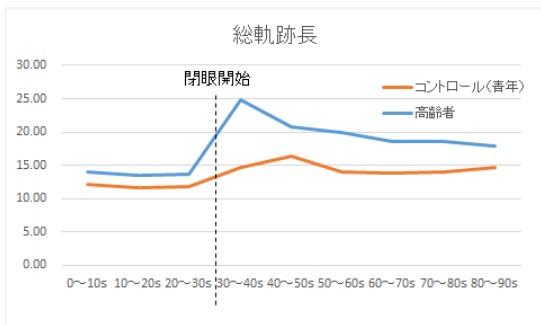


図 2c. 両群の総軌跡長の平均経時グラフ

また、図 2a～c に示す高齢者群の特徴（閉眼開始直後の動揺の乱れ（面積の増大と速度の増加）は、転倒リスク得点の高い者（転倒リスク得点 5 以上の転倒ハイリスク者）ほど顕著であった。

### (3) 研究課題 2

外周面積と実効値面積はほぼ類似の結果であったため、動揺の大きさの指標として実効値面積のみを示す。図 3a は 6 時、3b は 9 時、3c は 12 時、3d は 15 時、3e は 18 時、3f は 21 時における易転倒者（緑色）の実効値面積の経時グラフを示している。比較基準として研究課題 1 における高齢者群（青色）の平均経時グラフを同時にプロットした。

閉眼前に着目すると、易転倒者は起床直後の 6 時、及び 18 時以降の遅い時間帯において、高齢者群の平均値よりも顕著に高い値を示し、それ以外の日中の時間帯（9 時～15 時）は殆ど差を示さなかった。易転倒者は時間帯（早朝や疲労の蓄積してくる夕方以降）によって閉眼静的立位姿勢時の安定性が低くなる傾向が窺えた。

更に、閉眼後に着目すると、易転倒者は高齢者群の平均値よりも閉眼後の動揺面積の増大が顕著であり、それは時間帯による差異を示さなかった。この結果から、易転倒者は、立位時の状況変化（本研究課題では視覚入力の変化）に対する即時の適応能力に乏しい傾向が窺えた。

また、易転倒者の閉眼後における動揺面積の増大の生じるタイミングは、測定された時間帯により異なっていた（9 時及び 12 時は閉

眼開始から 20 秒後以降に遅れて増大し、それ以外の時間外は閉眼開始直後に増大）。この結果から、易転倒者は、立位時の状況変化に対する適応能力水準は日内で変動する可能性が示唆された。

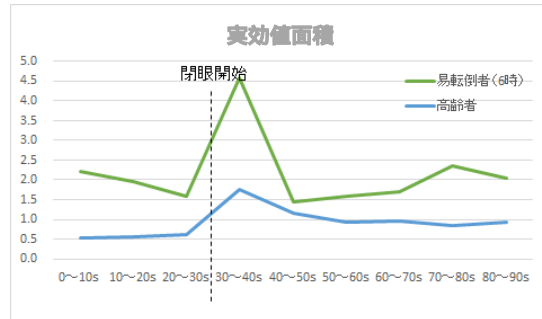


図 3a. 易転倒者（6 時）の実効値面積経時グラフ

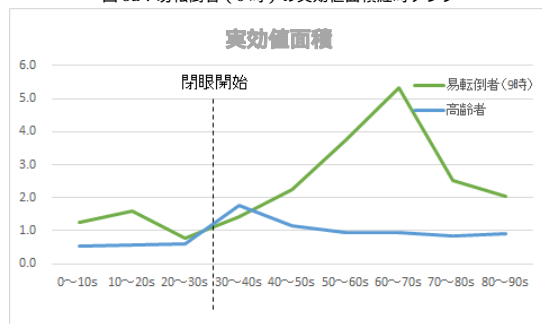


図 3b. 易転倒者（9 時）の実効値面積経時グラフ

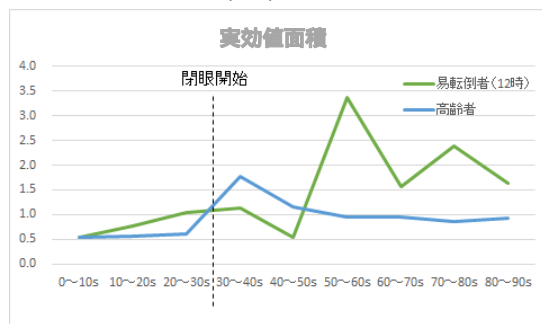


図 3c. 易転倒者（12 時）の実効値面積経時グラフ

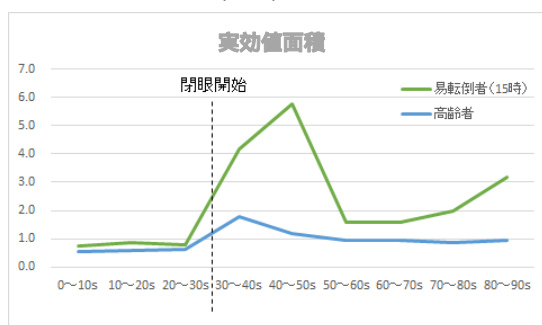


図 3d. 易転倒者（15 時）の実効値面積経時グラフ

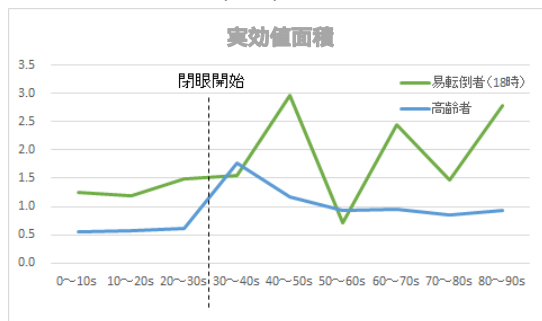


図 3e. 易転倒者（18 時）の実効値面積経時グラフ

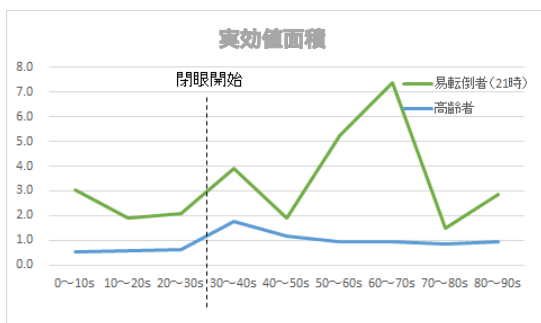


図 3f. 易転倒者 (21 時) の実効値面積経時グラフ

総軌跡長は、上述の実効値面積の結果とは異なり、いずれの時間帯においても高齢者群平均値と同程度であった。参考までに 21 時の総軌跡長を図 4 に示した。この結果から、易転倒者における短時間及び長時間スパンにおける状況変化に対する適応能力は、COP 動揺の長さや速度には表れにくく、動揺の大きさ（面積）として評価し易い傾向が示唆された。

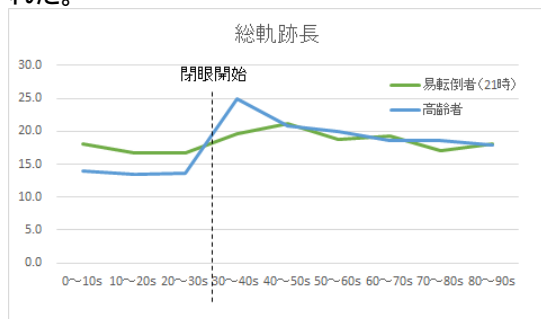


図 4. 易転倒者 (21 時) の総軌跡長経時グラフ

#### (4) 研究成果のまとめ

本研究では、青年に比べ転び易い高齢者の立位バランス制御における「短時間スパンでの状況適応能力」、及び「長時間スパンでの状況適応能力の変動」を調べた。その結果、以下の諸点が明らかになった。これらの知見を踏まえ、地域在住高齢者が転倒し、大きな二次的障害を抱え要介護化や転倒後症候群に陥る前に、簡便に転倒可能性を予測し、高齢者にフィードバックするための「転倒予測診断法」の開発を進めたい。

高齢者は青年に比べ、視覚入力の変化（開眼から閉眼へ）に伴う短時間スパンでの立位姿勢制御の適応能力に乏しい。

易転倒高齢者は、起床直後や一日の疲労が蓄積してくる夕方以降、静的立位姿勢の安定性に乏しくなる。

易転倒高齢者は、視覚入力の変化に伴う短時間スパンでの立位姿勢制御の適応能力が、高齢者の平均に比して乏しく、それは COP 動揺の長さや速度ではなく動揺面積で捉え得る。

易転倒高齢者は、視覚入力の変化に対する短時間スパンでの適応能力水準が日内で変動する可能性がある。

#### <引用文献>

神崎、2010、高齢者の転倒予防。日本老年医学会雑誌、47 巻 2 号、137 - 139

矢田、1997、住居における高齢者の転倒事故：横浜市における聞き取り調査から。横浜国立大学教育紀要、37 巻、253 - 260

内山、他「Wavelet 変換を用いた足圧中心動揺スペクトルの経時的変動観察の試み」『体力科学』（日本体力医学会）2014 年 12 月 1 日、63 巻 6 号、701

Kapteyn T, Bles W, Njiokiktjien C, Kodde L, Massen C, Mol M. (1983) Standardization in platform stabilometry being a part of posturography. *Agressologie*. 24(7), 321-326.

Demura S, et al. (2010) Examination of useful items for the assessment of fall risk in the community-dwelling elderly Japanese population. *Environ Health Prev Med*. 15, 169-179.

#### 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔学会発表〕(計 2 件)

内山 応信，出村 慎一，山次 駿介，松田 繁樹「Wavelet 変換を用いた足圧中心動揺スペクトルの経時的変動観察の試み」、第 69 回日本体力医学会大会、2014 年 9 月 20 日、長崎大学文教キャンパス（長崎県長崎市）

内山 応信，出村 慎一，北林 保，山田 孝禎「Wavelet 変換による足圧中心動揺スペクトルの経時的変動観察の試み」、日本体育学会第 65 回大会、2014 年 8 月 27 日、アイーナいわて及びマリオス岩手地域交流センター（岩手県盛岡市）

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

内山 応信 (UCHIYAMA, Masanobu)

秋田県立大学・総合科学教育研究センター・准教授

研究者番号：3 0 4 6 4 5 5 6