

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月14日現在

機関番号：21401

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22700695

研究課題名（和文） 歩行時の転倒を感知する各種感覚の閾値と優先度の解明—転倒予防の基礎的検討

研究課題名（英文） Priorities and thresholds of sensations to detect falls during walking - a basic examination for preventing falls

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

研究成果の概要（和文）：高齢者が一度転倒すると、骨折、寝たきり、そして廃用性症候群といった様々な二次障害につながるため、最終的に人生や生活の質を著しく低下させる。本研究の目的は、ヒトが転倒を感知するメカニズムを明らかにするための基礎的実験を通し、高齢者の転倒予防のための知見を得ることであった。疑似的な転倒刺激（ヘッドマウントディスプレイ上に映写された転倒する映像）により被験者の転倒回避動作は生じなかった。種々の立位条件での姿勢制御における視覚の貢献度を調べた結果、立位条件により視覚の貢献度が異なり、転倒を回避するような動的姿勢制御時における視覚の貢献度が比較的低いことが明らかにされた。

研究成果の概要（英文）：The elderly's fall accidents develop into secondary disabilities, including the possibility of becoming bedridden due to fall-related fracture, disuse syndrome, etc. Consequently, such accidents can prove devastating to the elderly. This study examined to obtain useful findings for preventing falls of the elderly through a basic examination to clarify the mechanisms of sensing falls. A quasi-visual stimulus of a fall (screen image projected on a head-mounted display system) did not induce participants' movement to avoid a fall. Then a degree of contribution of the visual system on postural stability during various standing conditions was examined. The visual contribution differed with standing conditions. The visual contribution to postural stability may slightly smaller during dynamic compared to that during a quiet or static stance.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
2012年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

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，転倒予防，感覚

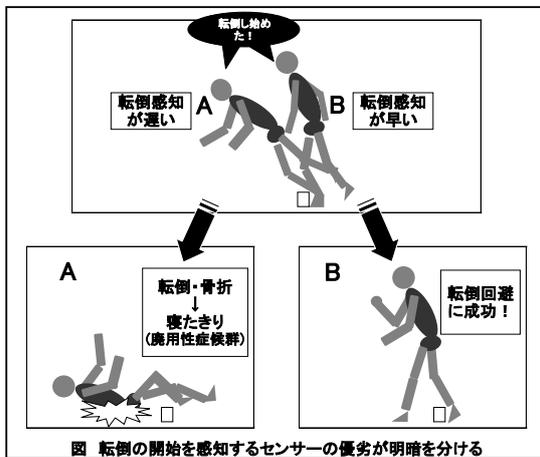
## 1. 研究開始当初の背景

高齢者における転倒事故は、転倒による骨折から寝たきり、廃用性症候群等の二次障害へと進行する、つまり高齢者にとって致命的

な影響を与える。また一度転倒を経験すると、転倒に対する恐怖感が身体活動の抑制や停止につながり、そのことが結果的に脚筋機能低下を加速し、更なる転倒危険性を高めるこ

ととなる。高齢者の転倒は結果的に生活の質を著しく低下させ (Boulgarides et al., 2003; Legters, 2002; Cumming et al., 2000), その結果医療・介護費の増大を招いている。したがって、転倒事故の予防は優先的に取り組むべきであり、高齢者の転倒原因の詳細を検討することは非常に重要な課題と考えられる。

ヒトが転倒しかける時、年代を問わず、①感覚器による感覚(身体不安定化)の受容、②神経系での感覚の処理、③効果器(脚筋等)による反応、つまり転倒を回避する動作が順次生じる。従って、まず転倒が開始したことを感知しなければ効果器による反応も生じず、転倒し大事に至る。ゆえに、転倒予防に有益な知見を得るために、転倒感知のメカニズムを明らかにする意義は大きい。しかし、転倒時の各感覚(視覚等)の働きに焦点を当てた先行研究は少ない。



## 2. 研究の目的

本研究の目的は、視覚をはじめとする様々な感覚が転倒を感知するのに必要な感覚入力 of 優先度や閾値を明らかにすることを目的とした。この目的を達成するために、下記の実験課題、及び下記実験課題における問題解決のための追加実験課題を立てた。

### ・実験課題 I :

「転倒を感知する感覚入力の優先度や閾値の解明」

### ・追加実験課題 :

「種々の立位条件下での立位姿勢安定性における視覚入力の貢献度の解明」

## 3. 研究の方法

(1) 実験課題 I 「転倒を感知する感覚入力の優先度や閾値の解明」

本課題は、ヘッドマウントディスプレイ、フォームラバー、前方に傾斜する立位台等を用い、視覚をはじめとする各種感覚に対する外乱刺激を与えることで、被験者に対し疑似的な転倒を経験させ、その疑似的な転倒刺激に対

する反応としての「転倒回避動作」を誘発する実験システムを用いた。本課題では、先ず「視覚」に焦点を絞り、視覚外乱による疑似的な転倒経験に伴い誘発される転倒回避動作を観察する実験システム(図 1)を構築した。

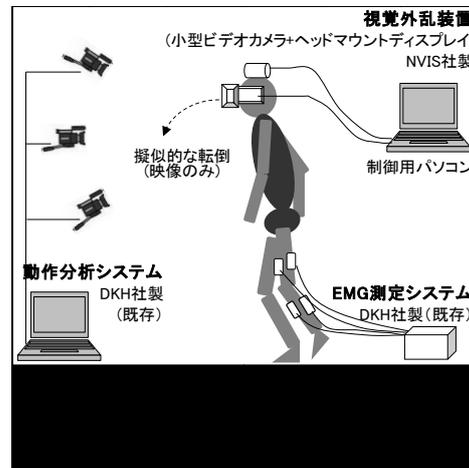


図 1 視覚外乱による疑似的転倒誘発システム

図 1 に示す実験システムでは、被験者が頭部に装着したヘッドマウントディスプレイ上に自己の視点での転倒映像が映写され、その際に生じる転倒回避動作を下肢の筋電図、及び転倒回避動作時の関節角度から測定できる。自己視点での転倒の映像は下図(図 2-A 及び 2-B)を用いた。

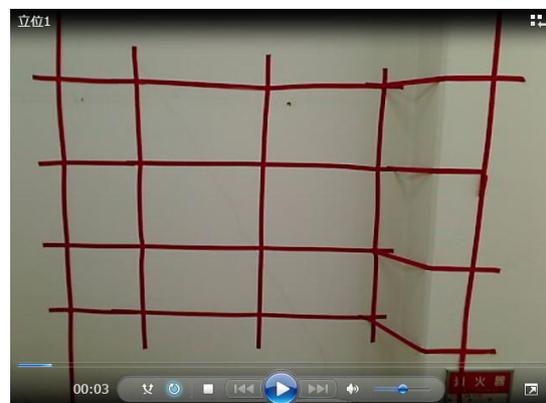
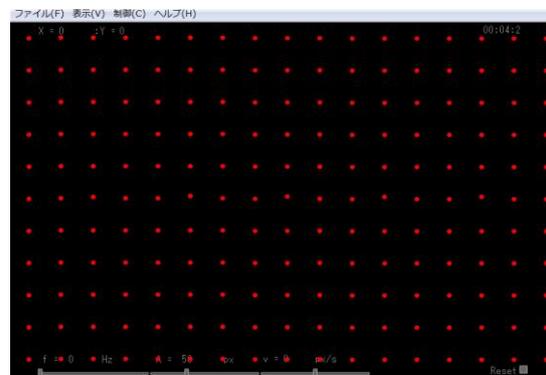


図 2-A は被験者の視野の広範囲に、ドット（赤色）が配列され、特定の速度及び振幅でドットが上方に移動する映像（Adobe 製ソフトウェア Flash による）とした。図 2-B は、実験室内で被験者の目の高さに設置したビデオカメラにより録画した映像とした。この映像は、ビデオカメラを支える倒立振り子型土台を任意のタイミングで前方に倒すことにより、映像を提示された被験者が予期せぬタイミングで視覚的に疑似的な転倒を経験することを意図して録画された。

(2) 追加実験課題「種々の立位条件下での立位姿勢安定性における視覚入力への貢献度の解明」

本課題は、上記実験課題 I の結果、視覚外乱による疑似的転倒刺激によって被験者の転倒回避動作が誘発できなかったことから、その問題点を解決するために実施した。

本課題では健康青年男子 15 名を対象に、3 種類の足圧中心 (COP) 動揺テスト (テスト 1 「安静立位」、2 「最大前傾」、3 「不意外乱」) を実施し、それぞれのテストにおける立位姿勢制御時の視覚の貢献度を比較検討した。

テスト 1: 開眼および閉眼の両条件のもと、被験者は出来るだけ安定した立位姿勢を、重心動揺計 (ANIMA 製) の上で 60 秒間保持するよう指示された。被験者は立位姿勢を維持する間、両腕を体側に垂らし両側の内踝を付けた姿勢 (裸足) で立った (図 3-1)。検者は、被験者の立位が安定したことを確認してから 60 秒間の COP 動揺 (図 4 の A) を記録した。

テスト 2: 開眼および閉眼の両条件のもと、被験者は踵を浮かさずに出来るだけ前方に身体重心を移動させた姿勢 (最大前傾) を 10 秒間保持するよう指示された。被験者は最大前傾の姿勢を保持する間、両腕を体側に垂らし、両側の内踝を付けた姿勢で、足関節のみを背屈させて立った (図 3-2)。検者は、被験者の最大前傾姿勢が安定したことを確認してから 10 秒間の COP 動揺 (図 4 の C) を記録した。

テスト 3: 開眼および閉眼の両条件のもと、下記①～②の流れで COP 動揺測定を行った; ①検者は COP 動揺モニターで被験者の COP 位置を確認しながら、被験者に踵を浮かさずに最大前傾 (テスト 2) の 50%まで前方へ身体重心を移動させた (図 4 の B) (図 3-3 の①)。②検者は被験者の体幹と被験者背部の壁を、十分な強度のロープで固定し、被験者は、ロープに身体を預けて (ロープにぶら下がる感覚で) 立った。検者は任意のタイミングでロープ固定を解除した (図 3-3 の②)。被験者は前方に倒れないように反応し、足関節制御のみを用いて安静立位時の重心位置までリカバリーした。検者は、リカバリー中 10 秒間の COP 動揺を記録した。



図 3 (の 1~3) テスト 1~3 の実験風景

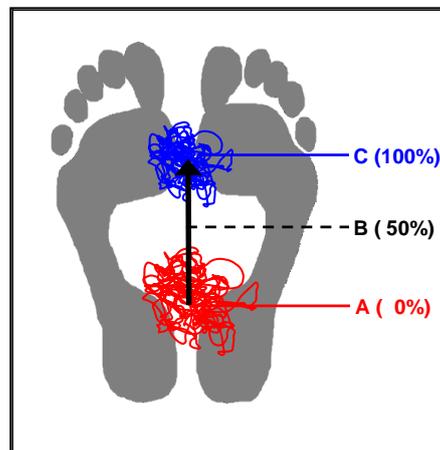


図 4 支持基底面移動外乱における移動距離注) A: 安静立位時における前後方向 COP 動揺の平均位置; B: A-C の 50%の前後方向 COP 動揺の平均位置; C: 最大限に前方へ重心を移動した時の前後方向 COP 動揺の平均位置

安静立位 (テスト 1)、最大前傾 (テスト 2)、および不意外乱 (テスト 3) での姿勢制御における視覚の貢献度を評価するために、下記 7 種の COP 動揺速度変数 (cm/s) から、Romberg 率 (閉眼/開眼) を求めた。Romberg 率は、神経学者の Moritz Heinrich Romberg (1795-1873) により考案された。この率は、大抵は 1.0 より大きく、姿勢安定性への視覚の貢献度を定量化し得る (Cornilleau-Péres et al., 2005) と考えられている。

#### 4. 研究成果

(1) 実験課題 1 「転倒を感知する感覚入力の優先度や閾値の解明」

健康男子大学生 3 名を対象に、上記実験システムによる予備実験を行った結果、視覚的な疑似転倒刺激 (ヘッドマウントディスプレイ上の転倒映像) による転倒回避動作は誘発されなかった。(この結果は、実験で利用したヘッドマウントディスプレイの過度な重量による被験者に対する大きな違和感及び物理的負担も影響を及ぼしたものと推察される)。

この結果を受け、転倒回避のような非常に動的な姿勢制御時において、視覚がどの程度貢献しているのかをおさえるための追加実験を実施する方針とした。

(2) 追加実験課題「種々の立位条件下での立位姿勢安定性における視覚入力への貢献度の解明」

被験者特性は、年齢 15.0 歳 (SD±5.4), 身長 172.1 (±6.4), 体重 68.4 kg (±7.5) であった。表 1 は、各 COP 動揺速度変数の Romberg 率の姿勢間差を検討した結果を示している。左右方向の COP 動揺速度に関する 3 変数、および後方向の COP 動揺速度の計 4 変数の Romberg 率に有意差が認められた。

表1 各COP動揺速度変数のRomberg率のテスト間差 (n = 15)

Romberg 率	テスト1		テスト2		テスト3		Post hoc
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	
単位軌跡長	1.43	0.26	1.50	0.22	1.32	0.33	
前後方向の動揺速度	1.47	0.28	1.45	0.27	1.29	0.33	
左右方向の動揺速度	1.40	0.28	1.66	0.21	1.35	0.33	* 1, 3<2
前方向動揺速度	1.51	0.28	1.52	0.28	1.41	0.39	
後方向動揺速度	1.49	0.30	1.51	0.32	1.25	0.35	* 3<2
左方向動揺速度	1.41	0.26	1.68	0.27	1.37	0.39	* 1, 3<2
右方向動揺速度	1.37	0.28	1.65	0.19	1.34	0.37	* 1, 3<2

注) \* p < .05. Post hoc における略語: 1=テスト1(安静立位); 2=テスト2(最大前傾); 3=テスト3(不意外乱)

多重比較検定の結果、左右方向動揺速度、左方向および右方向動揺速度は、安静立位および不意外乱時よりも、最大前傾時の Romberg 率が有意に大きかった。後方向動揺速度は、不意外乱時に比べ、最大前傾時の Romberg 率が有意に大きかった。姿勢条件間に Romberg 率の有意差が認められたことから、ヒトの立位姿勢制御における視覚の貢献度は、立位条件によって変化することが示唆された。具体的には、安静時 (テスト 1) に比べ、静的な不安定状態 (テスト 2) がある場合には、視覚の貢献度が著しく増加し、「転倒」のような動的な不安定状態 (テスト 3) がある場合には、貢献度が若干減少する (図 5)。先行研究では長期的な運動トレーニングを経験した者や、視覚障害者が立位姿勢制御時の体性感覚依存度を高めることが報告されているが、本実験のように、一時的な立位条件の変化にも依存して、立位安定性保持における感覚 (ここでは視覚) の貢献度を変化させていると推察される。

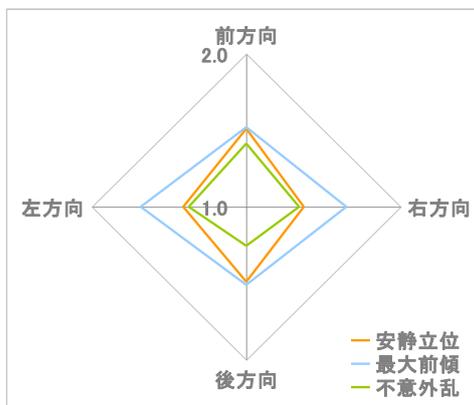


図 5 動揺方向別の Romberg 率

日常生活において、姿勢を安定させるための制御は、安静立位時だけではなく、本研究

の最大前傾姿勢や、不意の外乱からのリカバリーのように、種々の不安定な状況下で要求される。今後、本研究で検討したシンプルな実験設定のみならず、実際の高齢者の転倒場面に近い条件での検討により、有益な知見が得られるであろう。

また、上記追加実験課題の結果を踏まえ、視覚以外の感覚 (体性感覚及び前庭感覚) についても、姿勢安定化における貢献度と優先度について検討を重ねて行きたい。

## 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 3 件)

- ① 内山 忠信ほか、不安定姿勢時の姿勢制御における視覚情報の役割。日本体育学会第 63 回大会。2012 年。
- ② 内山 忠信ほか、種々の立位条件下での姿勢制御における視覚の貢献度。第 67 回日本体力医学会、2012 年。
- ③ Uchiyama M., et al. Visual contribution to postural control while recovering from an unexpected destabilized posture - a basic study using center of pressure sway. The 14<sup>th</sup> Scientific Meeting of Korea-Japan Health Education Symposium and the 59<sup>th</sup> Annual Meeting of Japanese Society of Education and Health Science. 2011.

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

内山 忠信 (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