

## 転倒リスク評価のための靴型バランス機能計測器の開発

### Development of measurement system of balance ability for evaluation of fall risk

○安在絵美(お茶の水女子大学), 中嶋香奈子(お茶の水女子大学),  
岩上優美(東京医療保健大学), 井野秀一(産業技術総合研究所),  
伊福部達(東京大学), 山下和彦(東京医療保健大学),  
太田裕治(お茶の水女子大学)

○Emi ANZAI, Ochanomizu University, Kanako NAKAJIMA, Ochanomizu University,  
Yumi IWAKAMI, Tokyo Healthcare University, Shuichi INO, AIST,  
Toru IFUKUBE, University of Tokyo, Kazuhiko YAMASHITA, Tokyo Healthcare University  
and Yuji OHTA, Ochanomizu University

**Abstract:** One of the factors that cause to fall down is balance ability degradation, but the evaluation means have not been established yet. This study aims to evaluate the balance ability in order to prevent falling. Evaluation systems for the balance ability were developed. Firstly, Comparison experiments were conducted between a stationary type stabilometer and the shoes type stabilometer to evaluate the accuracy of the latter. Secondly, the field tests were conducted with 123 elderly. As a result of the comparison experiments, it was found that the coefficient of correlation of X and Y coordinate value is 0.96. Furthermore, as the result of the field test, all subjects were measured using of the evaluation systems. In addition, the total length, the area, and the M-L length of the persons who “feel easy to fall” were larger than those of the persons who don’t become aware of the “wobble”. Consequently, this system was indicated availability by this experiment.

**Key Words:** The elderly, Postural control, Shoes type stabilometer, Fall risk

#### 1. はじめに

近年、高齢者の転倒事故が社会的問題の一つとされている。転倒事故は要介護要因の9.3%を占めると報告されており、活動度の高い高齢者が寝たきりとなる要因となる。そしてこれに起因するQOL低下を招くだけでなく、医療費・介護費増加の大きな要因であることから、転倒予防に対する効果的な対策が急務である。

転倒の要因には、身体機能の観点から下肢筋力、歩行機能、バランス機能の低下が関与すると報告されている<sup>1)</sup>。本研究では特にバランス機能に着目することとする。バランス機能は加齢に伴う変化が大きく、維持・向上が転倒予防において重要である。

従来のバランス機能評価としては、重心動揺計、フォースプレート等を用いた計測が行われており、体力、転倒経験の有無、加齢等との関係が明らかにされている<sup>(2-4)</sup>。これらは転倒リスク評価においても重要なパラメータとなる。しかし、高齢者施設等の現場で使用できるような簡便な手法は確立しておらず、転倒予防に関する評価方法も十分に明らかでないのが現状である。また、立位姿勢は人間の日常活動の基盤であるため、日常的な状態に近い環境下での測定を行うことが重要である。

以上より、転倒予防における適切な支援を行うためにバランス機能評価を行い、多くの高齢者の中から効率よく転倒リスクの高い人を抽出し、転倒リスクに関する情報提供を行うことが求められる。

本研究では、介護予防教室等の現場でも簡便に行える定量的なバランス機能評価および転倒リスク評価を目的と計測器の開発を行った。

#### 2. バランス機能計測器の開発

現場で簡便に行える定量的バランス機能評価という観点に着目し、本研究ではFig.1に示したような靴型バランス機能計測器を開発した。バランス機能の検知のために、インソールには感圧導電ゴムを用いた圧力センサを片足7点

ずつ組み込んだ。センサの大きさは16×11×0.8[mm]である。被験者の足の大きさに合わせるために靴のサイズは複数構成した。

バランス機能とは、「身体重心(COG)の重心線と足底面の作用点を足底面の作り出す支持基底面内に維持あるいは戻すことで平衡を維持する能力」である<sup>(4)</sup>。しかし、COGの測定は容易でないため、COGと類似するとされる足圧中心(COP)がバランス機能評価に用いられる。本装置は7点のセンサから本計測器から得られる重心位置を求めることでバランス機能を評価している。そのため、センサの配置は解剖生理学的、運動力学的観点から姿勢保持のメカニズムに基づいた検知ができる位置に配置した。

本計測器は無線機を装備し、圧力センサデータをPCへ伝送可能なよう構成した。通信方式はBluetooth、通信距離は約50m、サンプリング周波数は100Hzで設計した。伝送されたデータは圧力換算を行い、重心位置の座標とする足圧中心(COP)を導出することによりバランス機能評価を行うこととした。



Fig.1 Shoes type stabilometer

Fig.2 Insole

### 3. 実験方法

#### 3-1. 靴型バランス機能計測器の精度検証の実験

本研究で開発した靴型バランス機能計測器の精度を検証するために、靴型バランス機能計測器と据置型重心動揺計の比較実験を行った。据置型重心動揺計として用いたのは、KYOWA 社製のひずみゲージを用いた重心動揺計である。据置型重心動揺計は 50×50 の鉄製の板下にひずみゲージを 3 点配置して構成している。周波数は靴型バランス機能計測器と同様の 100Hz で設定した。得られたデータを用いて座標値に換算し、重心座標値を導出する。

本実験では、Fig.3 に示した実験風景のように据置型重心動揺計の上に靴型バランス機能計測器のインソール部分および無線機を配置した。足幅はつま先間 12cm、踵間 8cm とした。被験者は健康な女性(24 歳)1 名である。開眼時、閉眼時の静止立位を各 50 秒間計測した。計測中の視線は 1.5m 離れた 1 点を注視するよう被験者に伝えた。

解析では、両計測器から得られた座標値を X 成分、Y 成分に分けてそれぞれの波形相関を求めた。また、両計測器それぞれに追加で 1 つずつ設けたトリガセンサを用いて 2 つの同期を行うこととし、初期座標成分を揃えることで初期位置を合わせた。

#### 3-2. 開発した計測システムを用いたフィールド実験

本システムの有用性検証を目的とし、フィールド実験を行った。対象者は、介護予防事業における転倒予防教室に通う二次予防対象高齢者 46 名、健康高齢者 45 名、某市の健診受診時に測定した成人女性 32 名、計 123 名(70.8±5.4 歳)とした。

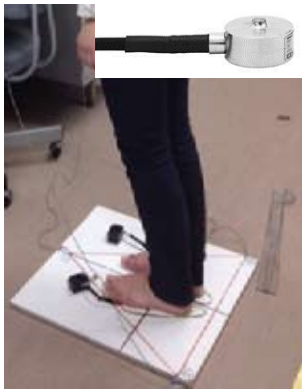


Fig.3 Experimental methodology



Fig.4 Field test

本実験では開閉眼時の静止立位を各 45 秒間計測した。立位姿勢は精度検証実験と同条件で、視線は 1.5m 離れた 1 点を注視するようにしてもらい、つま先間隔 12cm、踵間隔 8cm とし、全被験者で統一することで可能な限り条件を揃えた。被験者には計測前に、研究の内容について十分な説明を行うとともに、体調状況の把握に努めた上で、個人からの同意を得て実施している。さらに、上記 123 名のうち 96 名に対して「日常的なふらつきや転びやすさの有無」についてのアンケートも実施した。

解析に用いたパラメータは先行研究でも用いられ、バランス機能評価に使用される COP の移動長である総軌跡長、各軸の動揺の最大幅で囲まれる長方形の面積である矩形面積、Y 軸の移動軌跡を表す前後軌跡長、X 軸の移動軌跡を表す左右軌跡長である<sup>(5)</sup>。

また、アンケートの結果に基づき「日常的な転びやすさやふらつき」を感じる群と感じない群に分類した。その群間の年齢の比較においては対応のない t 検定を行い、平均の差の検定をした。そして両群の総軌跡長、矩形面積、前後軌跡長、左右軌跡長の各パラメータ値についての統計解析では JMP8.0 を用い、t 検定において危険率 5% を有意水準と定義した。

### 4. 実験結果

#### 4-1. 靴型バランス機能計測器の精度検証の実験結果

据置型重心動揺計と開発した靴型バランス機能計測器の比較実験の結果として、Fig.5 に開眼時の X 座標成分の結果、Fig.6 に Y 座標成分の結果を示した。相関係数は開眼時の X 座標成分で 0.96、Y 座標成分で 0.97、閉眼時の X 座標成分で 0.96、Y 座標成分で 0.95 が確認された。

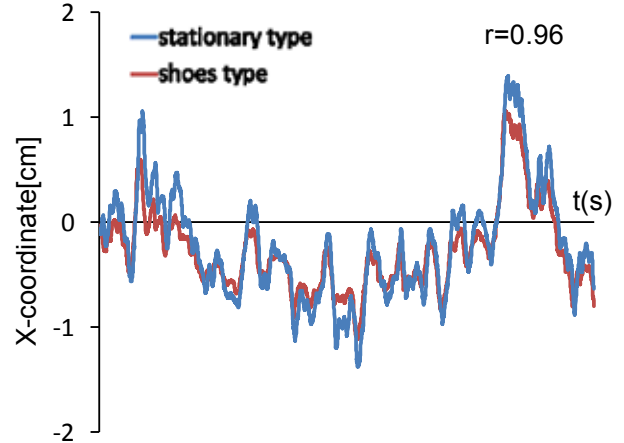


Fig.5 The correlation of x coordinate

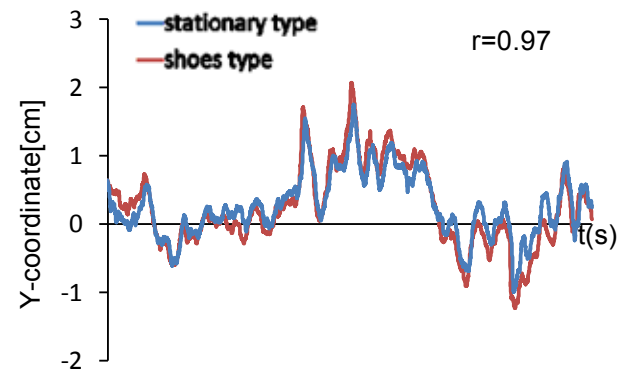


Fig.6 The correlation of y coordinate

#### 4-2. 開発した計測システムを用いたフィールド実験

身体機能の低下がみられる虚弱高齢者を含む被験者 123 名を対象としたフィールド実験を行った結果、全ての被験者において、開眼・閉眼時における静止立位時のバランス機能計測を行うことができた。

アンケートの回答が得られた被験者 96 名の中で、「日常的な転びやすさやふらつき」を感じている人は 33 名で、残りの 63 名はそう感じていないと回答していた。両群間の年齢における有意差は認められなかった ( $p < 0.05$ )。

日常的な転びやすさがあるかどうかに基づき、開眼・閉眼時の総軌跡長、矩形面積、前後軌跡長、左右軌跡長の結果を Fig.7 に示した。縦軸は総軌跡長、前後軌跡長、左右軌跡長については長さ[cm]とした。矩形面積については面積[cm<sup>2</sup>]で表している。この結果、日常的に転びやすくふらつきを感じている人はそう感じていない人に比べて、総軌跡長開眼では 17%、閉眼では 18%大きかった。矩形面積は開眼で 39%、閉眼で 35%大きかった。前後軌跡長では開眼で 11%、閉眼で 13%大きかった。左右軌跡長は開眼で 11%、閉眼で 13%大きかった。

#### 5. 考察

転倒要因に関与するとされるバランス機能は、先行研究においても様々な手法で評価が行われているが、高齢者の転倒予防という観点で、現場で使用可能な、より簡便な計測手法が求められている。

本研究で開発を行った靴型バランス機能計測器と据置型重心動揺計との比較実験では、開眼時、閉眼時の結果において相関係数 0.95~0.97 の高い相関が示されたことから据置型重心動揺計と同等の結果が得られることが示された。したがって、本研究で開発した靴型バランス機能計測器でも据置型重心動揺計と同じようにバランス機能評価が可能であることが明らかになった。

フィールド実験では、身体機能が低下している虚弱高齢者も本システムを用いて計測できたことから、転倒予防活動を行う現場等でも有用であることが示唆された。

また、日常的な転びやすさを感じている群は感じていない群に比べ、靴型バランス機能計測器から得られた開眼・閉眼時の総軌跡長、矩形面積、前後軌跡長が大きかった。この結果は、先行研究の報告と類似している結果が得られており、それぞれの対象者の静止立位時における特徴を捉えることが可能であることが示唆された<sup>(3)</sup>。

また、靴型バランス機能計測器は軽量・小型で無線計測であり、あらゆる場所で自然な環境下で計測できることから日常的なバランス機能評価が可能であることが本実験より推察できた。

転倒予防において、現場にあった簡便なシステムを用いて、対象者を適切に評価し、それぞれにあった支援を行っていくことが重要である。以上より、本システムを用いて簡便なバランス機能評価および転倒リスク評価を行うことにより、多くの高齢者の中からリスクの高い高齢者を効果的に抽出することが可能となり、転倒予防・介護予防に対する取り組みの向上や健康増進の対策へ役立つと考える。

#### 6. まとめ

本研究では、バランス機能評価のための靴型バランス機能計測システムの開発を行った。そして、本計測器の精度検証のため、据置型重心動揺計との比較実験を行った結果、両計測器で高い相関が得られ、開発した靴型バランス計測器がフィールドで使用可能であることが示された。さらに、フィールド実験において、全被験者について本システムを用いた計測が可能であったことから、今後の簡便なバランス機能評価や転倒予防等の現場での評価に有用であることが示された。

以上より、本研究で開発を行ったバランス機能計測器を用いることにより、バランス機能の定量評価を簡便に行うことが可能となり、今後、転倒予防および介護予防における現場での評価に有用であることが示された。

謝辞：本研究の一部は、文部科学省科学研究費基盤(B)(課題番号：23300213)、財団法人双葉電子記念財団、財団法人骨粗鬆症財団の研究助成にて行われた。

#### 参考文献

- (1) Guidline for the Prevention of Falls in Older Persons: American Geriatrics Society, British Geriatrics Society, and American Academy of Orthopaedic Surgeons Panel on Falls Prevention. JAGS. 2001 ; 49 : 664-672
- (2) 木村みさか, 奥野直, 岡山寧子, 田中靖人. 高齢者の立位姿勢保持能に関する一考察. 体育科学, 1998 ; 26 ; 103-114
- (3) 山崎薫. 骨粗鬆症と骨折—特に大腿骨頸部骨折について—. The Bone 2003-5 ; 17(3) ; 253-256
- (4) 中村隆一, 齋藤宏, 長崎浩. 基礎運動学. 第 6 版. 東京 : 医歯薬出版 2003, p32-33, 331-338.
- (5) Goldie PA, Bach TM, et al., Force platform measures for evaluating postural control: reliability and validity, Arch Phys Med Rehabil, vol70, no.7, pp510-517, 1989

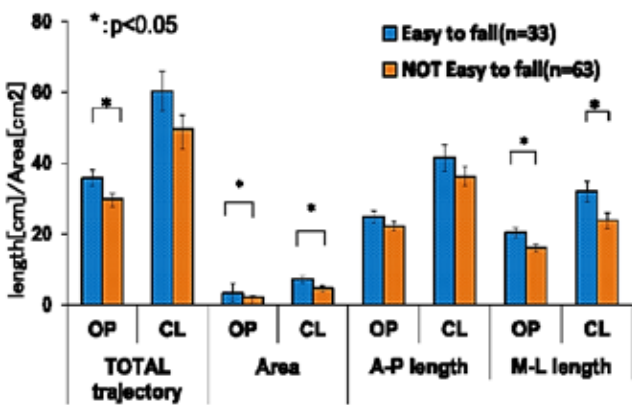


Fig.7 The result of the field test.