

## 楽しい転倒予防の実践のための靴型重心動揺計の開発

### Development of device of shoe type stabilograph for enjoyable prevention fall practice

○中嶋香奈子 (お茶の水女子大学), 齋藤倫子 (お茶の水女子大学), 児玉美幸 (株式会社ピーベリー), 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)

Kanako NAKAJIMA(Ochanomizu University), Michiko SAITO(Ochanomizu University), Miyuki KODAMA(Peaberry), Yumi IWAKAMI(Tokyo Healthcare University), Shuichi INO(AIST), Tohru IFUKUBE(University of Tokyo), Kazuhiko YAMASHITA(Tokyo Healthcare University), Yuji OHTA(Ochanomizu University)

Key Words: Fall prevention, Ambulatory function, Data feedback, Enjoyable practice

#### 1. はじめに

高齢者の転倒骨折が社会的問題である。高齢者の転倒は寝たきりの要因となるだけでなく、ADLやQOLの低下につながるるとともに、医療費・介護費の増加に影響をおよぼす。また、転倒を経験したことによる恐れから、高齢者の閉じこもりを誘発しやすい。よって、効果的な転倒予防対策の実施が急務である。

高齢者の転倒には外的要因(環境因子)、内的要因(身体機能)が関係すると言われている。中でも内的要因である身体機能の観点からは①歩行機能、②バランス機能、③下肢筋力が重要であると考えられている。

先行研究では、据え置き型の重心動揺計や床反力計を用いた歩行に関する研究が行われている<sup>(1)</sup>。また、靴型の評価デバイスを用いたものや実際に歩行の評価デバイスを開発し、対象者の歩行パターンを検証している研究もある<sup>(2,3)</sup>。

しかし、装置が高額であることや、実験環境下でのみの評価という点から、これらの計測手法では実際の医療や福祉の現場で広く利用することは難しい。そのため、定量的な転倒リスク評価が可能な手法は確立されていない。現場では、操作が簡便で定量的な転倒リスクの評価手法が求められる。さらに、転倒予防の効果を上げるには、得られた結果を対象者にとってわかりやすい形でフィードバックし、理解してもらうことが必要である。

本研究では、上記①と②に着目し、定量的に転倒リスクの評価が可能なデバイスの開発を行った。

#### 2. 目的

本研究の目的は、(1)現場で使用可能な転倒リスク評価デバイスの開発、(2)教室における楽しい転倒予防の実践、(3)モチベーション向上のための計測データのフィードバックを行うことである。

対象者本人にわかりやすいデータを提示でき、具体的なアプローチを行うためのツールを目指し、転倒リスクの評価デバイスを開発した。そして、開発デバイスを用いたフィールドテストを行うことにより、デバイスの有用性を検証する。

#### 3. 靴型重心動揺計および歩行機能評価システムの開発

##### 3-1. 靴型重心動揺計の開発

本研究では、歩行機能・バランス機能の評価が可能な靴型重心動揺計の開発を行った<sup>(4)</sup>。靴のインソール部分に片足7点ずつの感圧導電ゴムを用いた圧力センサを設置し、無拘束に計測が可能なよう構成した。靴型重心動揺計の外観をFig.1に示す。

センサは踵部分に1点、中足部分に2点、前足部分に4点配置した。

歩行中などの計測時のサンプリング周波数は20Hzとし、無線は2.45GHzのZigBee方式を使用した。約10mの通信が可能である。

感圧導電ゴムから得られる出力には、センサの構造上の問題によりセンサ間の特性のばらつきが大きい。そのため、すべてのセンサの特性を調べ、キャリブレーションを行うことで、センサによる誤差を排除している。

また、対象者の足のサイズは様々であるため、靴のサイズは複数構成した。

本デバイスの特徴としては、(i)自然な環境下で計測ができ、静止時に加えて動的な歩行時の評価が可能であること、(ii)踵接地時、つま先離床時の圧力値の評価、歩行軌跡の評価が可能であること、(iii)安価で軽量であるため持ち運びが可能であることが挙げられる。

##### 3-2. 歩行機能評価システムの開発

迅速に計測結果をフィードバックできることは対象者のモチベーションの向上に有効である。そこで、靴型重心動揺計を用いてデータを取得し、自動的に歩行軌跡の表示が可能な歩行機能評価システムを開発を行った<sup>(5)</sup>。本システムの画面の一例をFig.2に示す。

本システムの開発の際には、得られたデータを圧力値に換算後、座標値に算出するモジュールをCで作成し、解析データから歩行軌跡を視覚的に示すモジュールをMicrosoft Visual Basic 2008で作成した。

歩行機能評価システムを活用することにより、計測結果の印刷が可能のため、視覚的な結果を基にした対象者へのデータのフィードバックが容易となる。



Fig. 1 device of shoe type stabilograph



Fig.2 ambulatory function evaluation system

#### 4. 実験方法

開発デバイスを用いて、健常者、高齢者を対象としたフィールド実験を行った。

被験者は健常者、健常高齢者、特定高齢者、要介護高齢者の合計153名である。靴型重心動揺計を履いた状態で、自由な速度での10mの歩行計測を実施した。

実験時には、被験者に研究に関する十分な説明を行い、同意を得て行っている。また、本研究は東京医療保健大学の倫理委員会の承認を受けて行っている。

実験前には被験者の体調等の聞き取りを行い事故の予防に努めた。

## 5. 結果

実験結果を Fig.3 に示す。左から、健常者、健常高齢者、特定高齢者、要介護高齢者の計測結果であり、右足 5 歩分の歩行軌跡を同じ平面上に重ね合わせた図である。図中の原点(0, 0)の点が踵部分であり、図中の上部がつま先部分に対応する。

(a)の健常者の計測結果では、踵から地面に接地し、つま先での蹴り出しを行っていることがわかる。さらに、5 歩の歩行軌跡のばらつきが少ないことから、安定した歩行をしていることがわかる。

(b)の健常高齢者の場合でも、踵からの接地、つま先での蹴り出しをきちんとしていることが観察できる。歩行軌跡に関しては、中足部分でのふらつきが見られるため、少し不安定な歩行をしていることがわかる。

(c)の特定高齢者の結果では、踵からの接地が十分にされておらず、つま先での蹴り出しが弱いことがわかる。中足部分での地面への接地を行っていることから、すり足の傾向であることが推察できる。

(d)の要介護高齢者の場合は、踵からの接地がされていないこと、つま先での蹴り出しが弱いことがわかる。この場合も、中足部分での接地を行っているため、すり足の傾向であること、そして中足部分での歩行軌跡のふらつきから、不安定な歩行をしていることが考えられる。

以上のように、靴型デバイスを用いて計測を行うことにより、歩行時の重要なパラメータである、踵接地・つま先離床時の圧力値や接地位置の評価、および歩行軌跡のふらつきの評価ができた。対象者ごとの歩行機能の特徴を評価できる点から、個人の歩行機能の特性に合わせた具体的なアプローチが可能となる。

## 6. 考察

### 6-1.靴型重心動揺計の有用性

実験結果より、対象者ごとの歩行機能の特徴を捉えることができた。歩行時のパラメータごとの評価項目を抽出し、定量的な転倒リスク評価が行える可能性が示唆された結果から、靴型重心動揺計を用いることで、多くの高齢者の中から転倒リスクの高い高齢者を抽出する、ポピュレーションアプローチが実施でき、その中でも転倒リスクの高い高齢者へのハイリスクアプローチが可能であると考えられる。

また、本デバイスは、計測結果を基に専門家からの具体的なアプローチを行うためのツールになり得ると考えられる。

### 6-2.歩行機能評価システムの有用性と計測結果のフィードバック

靴型重心動揺計と合わせた歩行機能評価システムの活用により、計測を行ったその場でのデータのフィードバックが可能となった。計測の場で迅速にデータの返却ができることは対象者の自分自身の身体機能の理解を促し、健康増進や転倒予防に対するモチベーションの向上に繋がると考えられる。ここでは、“目で見てわかる”データの提示が重要なポイントとなる。

実際に計測を行った転倒予防教室では、計測項目の結果が図や数値で表されることに興味を持つ参加者が多く、前回の自身の計測データを次週の教室に持参し、教室の実践に役立っている参加者の様子も伺えた。このことから、計

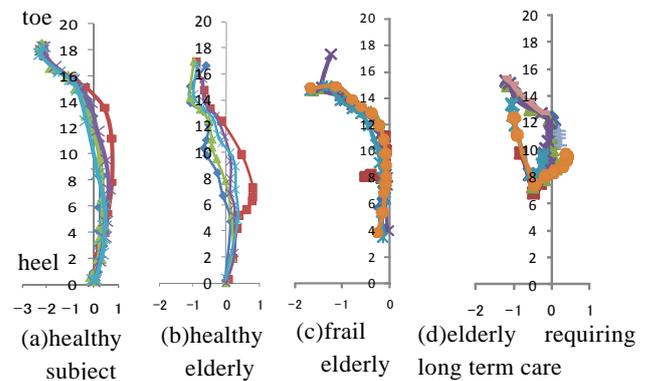


Fig.3 An example of measurement result of each object person

測データのフィードバックができることは、参加者本人にとっても満足度が高いことであると考えられる。身体機能の状況が数値データや視覚的な結果で表れることで、対象者が自分の身体機能の状況を把握することができたり、前回の計測との変化を比べ、楽しい、おもしろいと感じることが、転倒予防教室に継続的に参加する意欲の向上にもつながると考えられる。

## 7. まとめ

本研究では、歩行機能、バランス機能の評価が可能な靴型重心動揺計の開発を行った。開発デバイスを用いて、健常者、高齢者を対象としたフィールド実験を行い、デバイスの有用性を確認した。さらに、開発デバイスから得られるデータを自動解析し、歩行軌跡を視覚的に表示するための歩行機能評価システムの開発を行った。

フィールド実験の結果から、対象者ごとの歩行機能の特徴を捉えることができ、歩行中の踵接地、つま先離床時の圧力値、接地位置の評価が可能となった。

歩行機能評価システムの開発により、計測を行ったその場でのデータのフィードバックが可能となった。迅速なデータの提示は対象者の意欲の向上に有効だと考えられる。

本研究により開発を行った靴型重心動揺計および、歩行機能評価システムの活用により、効果的な転倒予防のためのアプローチが実施できると考えられる。

謝辞：本研究の一部は、文部科学省科学研究費若手(B) (課題番号 21700586)、文部科学省科学研究費補助金 (B) (課題番号 18300191) の研究助成にて行われた。

## 参考文献

- (1) Heng-Ju Lee, MS, Li-Shan Chou, PhD, Detection of Gait Instability Using the Center of Mass and Center of Pressure Inclination Angles, Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, vol.87, pp.569-575, 2006.
- (2) Ariane Authier, Patrick Boissy, et al, A Proof of Concept for a Wireless Ambulatory Weight Bearing Measurement System in Rehabilitation and Telerehabilitation Applications, IEEE COMPUTER SOCIETY 2007.
- (3) Tai Ryoan Han, Nam Jong Paik, et al, Quantification of the path of center of pressure (COP) using an F-scan in-shoe transducer, Gait and Posture 10 ,pp.248-254, 1999.
- (4) 山下和彦, 大田裕治他, 無拘束計測のための簡易型重心動揺計測装置の開発, 日本バーチャルリアリティ学会第11回大会論文集, 2006
- (5) Kanako NAKAJIMA, Kazuhiko YAMASHITA, Yuji OHTA, Development of data analysis system for evaluation of ambulatory function and index of fall risk on elderly, 日本生体医工学会 vol.48 suppl.1, p.199, 2010