

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 22 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25540112

研究課題名(和文) 足底圧力・剪断力と歩行の不安定性の関係を解析するフットウェア型歩容計測システム

研究課題名(英文) Footwear-type gait measurement system for analyzing relationship between foot load and walking instability

研究代表者

森 武俊 (MORI, Taketoshi)

東京大学・医学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：20272586

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：多人数でのデータ計測収集目的のため一年目の剪断力センサ作製法について実験協力者が自由に歩き回れるよう腰に取り付けられるサイズの携帯装着型データ収集装置を開発し、室内のみならず廊下など広いスペースにおいて距離のある歩行について無拘束計測が行えるようにシステムを改良した。特に、健常青年・健常高齢者については、ふだん履いている靴の他いくつかの種類靴を用意し、フットウェアの特性と安定性の相互関係、さらにはフットウェア特性と足底力負荷の関係を分析した。また患者に剪断力、圧力、歩行様態データをグラフィカルに提示できるような手法を開発し、タブレット端末も利用したシステムとして実装した。

研究成果の概要(英文)：Simultaneous measurement device of plantar pressure and shear force during walking was developed. The device is designed for nurses to use as an instruction tool when explaining diabetic patients' about self-care skills as how patients wear shoes appropriately. How the patients walk to reduce plantar pressure and shear force may be discussed and considered with this device. The device consists of an insole embedded with pressure and shear sensors, and a small box on the dorsum containing acceleration and gyro sensors. The device communicates with the PC by Bluetooth and displays sensor data on-line. Before device introduction into clinical settings, we confirmed that the device is reliable and valid as feasible for measuring.

研究分野：看護工学

キーワード：足底剪断力 足底負荷 フットウェア フットケア 糖尿病足病変 歩容 歩行計測 足底圧力

### 1. 研究開始当初の背景

足に合わない靴を履いた生活、老化の進行に伴う脚力の低下など、多様な理由により足には過剰な力学的負荷がかかり、それらが足の過角質化やその潰瘍化の大きな要因となっていると言われていた。また、高齢化による認知能力や運動能力の減退、糖尿病等に起因する神経障害などにより立位や歩行が不安定となり転倒のリスクが増し、足や脚の創傷や潰瘍化、QOL 低下を発生させている。足に歩行時にかかる力負荷と歩行の安定・不安定の関係は明確になっていない。

このようなことから、1) 足にかかる力を圧力の分布はもちろん**剪断力についても**定量的に計測すること、2) 素足で実験的環境のフォースプレートで測るようなことではなく日常的な歩行について靴やスリッパといったフットウェアをはいた**日常的な状況**で計測すること、3) 圧力・剪断力と同時に歩行の**静的・動的姿勢安定性**を計測することが、足に働く力と歩行不安定性の関係を解析するという観点から強く求められている。

### 2. 研究の目的

インソール型センサと動的姿勢安定性センサからなるフットウェア型歩容計測システムを構築するとともに、それにより足底における力と歩行の安定・不安定の関係を明らかにすることを目的とする。高齢者や神経障害患者でも安心して履いて歩きまわられるフットウェアのデザイン法提案などへ展開する。

### 3. 研究の方法

フットウェア内で足に生じる力学的負荷について、**柔らかい圧電フィルム式センサ**を活用することで日常的な歩行状態においても計測可能とし、特に不安定性と密接に関係があると推察される**剪断力・ずれ力**について着目し圧力とともに測定する新しいセンサシステムを構築する。

足底でずれ方向に働く力に着目し、転倒予防や糖尿病性をはじめとする足潰瘍・足病変予防につなげる点が特長である。

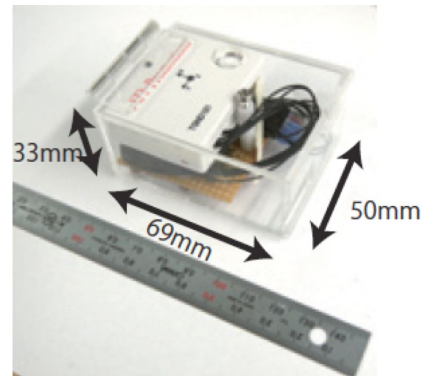
足にかかる力を軽減するという点では足底に柔軟材を貼って圧分散させるという単純な回避アプローチがとられてきているが、それにより生ずる歩行不安定性と足への力負荷をバランスさせたフットウェアのデザイン法・リハビリ時の可動域拡大・筋力強化計画を定量性をもって行う方法を確立することにつながる研究である。

### 4. 研究成果

足病変や転倒リスクの高い人には、傷・胼胝の形成や足潰瘍予防という観点から、足底圧の分散能の高い、厚みのある柔らかい靴・フットウェアが提供されてきた。一方で、厚みのある柔らかいフットウェアは安定性が低く転倒率が上がるという健常者に関する

データがあった。本研究では、一般形状の靴、ヒール高靴、やわらかく不安定性のある靴などによる歩行を計測する小型インソール収納ポータブルシステムを構築し、施設や病院の廊下歩行時の力負荷と歩容の計測、歩行不安定性との関係の解析を行った。

患者に剪断力、圧力、歩行様態データをグラフィカルに提示できるような手法を開発しタブレット端末を利用するシステムとして実装した。これは説明用ビジュアルライゼーション、教育ツールとして考えられたものである。



A) 計測通信ボックス



B) 装着時の様子

本研究で得られた知見は、認知機能低下に伴う歩容の変容の解明といった疾病予防科学や、走行時・踏切時の足内力動態データに基づくフォーム改善のスポーツ科学などへ展開されうるとともに、二足歩行など歩行ロボット足の脚設計やそれらにおける圧力センサ・力センサ・モーションセンサの配置の設計論にも接続されると考える。

### 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)

[雑誌論文](計 2件)

1. A Amemiya, H Noguchi, M Oe, Y Ohashi, K Ueki, T Kadowaki, T Mori and H Sanada. Elevated plantar pressure in diabetic patients and its

relationship with their gait features. Vol. 40, Issue 3, pp. 408-414, Gait & Posture. 2014.

2. Manabu Takano, Hiroshi Noguchi, Makoto Oe, Hiromi Sanada, Taketoshi Mori. Development and evaluation of a system to assess the effect of footwear on the in shoe plantar pressure and shear during gait. ROBOMECH Journal, 1:4, 2014. ([http:// www.robomechjournal.com/ content/1/1/4](http://www.robomechjournal.com/content/1/1/4)) doi:10.1186/s40648-014-0004-9.

〔学会発表〕(計 10 件)

1. 森 武俊 . 「工学」 . 第 12 回日本フットケア学会年次学術集会 . シンポジウム 1 . 2013-03-07. 森武俊, 野口博史, 大江真琴, 竹原君江, 大橋優美子, 雨宮歩, 高野学, 植木浩二郎, 門脇孝, 真田弘美. 工学研究 ~ サーモグラフィ画像処理、歩容・足負荷力センシングによる先端アセスメント技術の可能性 ~ . 日本フットケア学会第 12 回年次学術集会プログラム・抄録集. 2014;59. (第 12 回日本フットケア学会年次学術集会, 奈良, 3 月)
2. Ayumi Amemiya, Hiroshi Noguchi, Makoto Oe, Kimie Takehara, Amika Yamada, Yumiko Ohashi, Kohjiro Ueki, Takashi Kadowaki, Taketoshi Mori and Hiromi Sanada, "Relationship between elevated plantar pressure of toes and forefoot and gait features in diabetic patients", In proceedings of International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, pp. 4633--4636, 2013. Poster Presentation. Osaka International Convention Center, Osaka, Japan. 2013-07-05.
3. 高野 学, 野口 博史, 大江 真琴, 真田 弘美, 森 武俊 . "靴内部における剪断力・圧力の同時測定法の開発", 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会予稿集, pp. 1P1-E03(1)--1P-E03(2), 2013. 2013-05-23. 茨城県つくば市つくば国際会議場 .
4. 高野 学, 野口 博史, 大江 真琴, 真田 弘美, 森 武俊, "靴及び歩容の違いが足に与える剪断力・圧力の影響の検討-糖尿病足潰瘍予防の観点から-", 生活生命支援医療福祉工学系連合大会(LIFE2013), pp. OS-2-3-1 -- OS-2-3-4, 2013.

5. 高野 学, 野口 博史, 大江 真琴, 真田 弘美, 森 武俊. 歩行中に靴内でフットウェアが足底に与える圧力およびせん断力の評価. 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2014予稿集. pp. 3P2-J05(1)--3P2-J05(4). 2014-05-28. 富山県富山市 .
6. 野口博史, 高野学, 雨宮歩, 大江真琴, 森武俊, 真田弘美. 蹴り出し時における靴内部と足底で生じる剪断力の計測システム. 日本機械学会2013年度年次大会講演論文集. 2013. J241034. (日本機械学会2013年度年次大会, 岡山, 9月)
7. 高橋美奈子, 野口博史, 大江真琴, 雨宮歩, 高野学, 大橋優美子, 倉持江美子, 村山陵子, 植木浩二郎, 門脇孝, 森武俊, 真田弘美. 糖尿病患者の足部筋力と歩容の関係: 足底圧・せん断力・腰部角速度同時測定による検証. 第2回看護理工学会学術集会プログラム・概要集. 2014;35. (第2回看護理工学会学術集会, 大阪, 10月)
8. 雨宮歩, 野口博史, 大江真琴, 森武俊, 真田弘美. 足底胼胝部位と非胼胝部位の圧力・せん断力の比較. 第2回看護理工学会学術集会プログラム・概要集. 2014;54. (第2回看護理工学会学術集会, 大阪, 10月)
9. 野口 博史, 森 武俊, 真田 弘美, "糖尿病足外来での患者教育のための歩行時前足部圧・せん断力無線計測デバイス", 第 15 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI2014)予稿集, pp. 1751--1755, 2014. (2014 年 12 月 16 日, 東京)
10. 雨宮 歩, 野口 博史, 真田 弘美, 森 武俊, "臨床応用を目的とした歩容せん断力同時測定システムによる下肢の動きと靴内足底にかかるせん断力分析", 第 15 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI2014)予稿集, pp. 2483--2488, 2014. (2014 年 12 月 17 日, 東京)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

東京大学大学院医学系研究科ライフサポート技術開発学（モルテン）寄付講座  
<http://www.lifesupport.m.u-tokyo.ac.jp/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

森 武俊 (MORI, Taketoshi)

東京大学・大学院医学系研究科・特任准教授

研究者番号：20272586

### (2) 研究分担者

野口 博史 (NOGUCHI, Hiroshi)

東京大学・大学院医学系研究科・特任助教

研究者番号：50431797

大江 真琴 (OE, Makoto)

東京大学・大学院医学系研究科・特任講師

研究者番号：60389939

真田 弘美 (SANADA, Hiromi)

東京大学・大学院医学系研究科・教授

研究者番号：50143920

### (3) 連携研究者

なし