

形状の異なる床面を歩行中の足底圧分布の測定

Measurement of plantar pressure distribution while walking the different floors

○杉山 正雄*, 増田 恭伸*, 菊池 武士*

○Masao SUGIYAMA*, Yasunobu MASUDA*, Takehito KIKUCHI*

*山形大学

*Yamagata University

キーワード: 足底圧 (plantar pressure), 力触覚提示 (haptic device), バーチャルリアリティー (virtual reality)

連絡先: 〒992-8510 米沢市城南 4-3-16 山形大学理工学研究科機械システム工学専攻 菊池研究室 菊池 武士, Tel&Fax: 0238-26-3892, E-mail: t_kikuchi@yz.yamagata-u.ac.jp

1. 緒言

高齢化に伴い, 社会の重要な課題に高齢者の生活の質(QOL: Quality of Life)の向上が挙げられている.

原田ら¹⁾の調査によれば余暇活動は, 高齢者の生活習慣における生きがいや楽しさに通じるものである. したがって, 高齢者の余暇活動の充実には心身の健康に必要不可欠である. 同じ報告において高齢者の趣味に関するアンケートが実施されている. 結果は, 男女ともに1位は「旅行」, 2位は「歩行」となっている. また, 10位以内には散歩も含まれている. これらの3つの項目はいずれも自発的な歩行運動が関連している. 高齢者にとっての日常的な歩行は筋持久力と呼吸循環器系を強化し, バランス機能, 筋力, 歩行速度など, 自立生活を継続するための能力を維持あるいは向上させる働きがある²⁾. 適度な有酸素運動である散歩が脳への血流量の増加を促し, これが認知症を予防する³⁾として, 多くの認知症予防プログラムに組み込まれている.

これまで, 室内でも歩行可能な歩行シミュレータの開発が行われているが, その多くは視覚と聴覚の提示のみであった. そこで近年, 足底への力触覚提示可能なワイヤ駆動系⁴⁾やリンク機構⁵⁾を用いた歩行シミュレータの開発がなされている. しかしながら, これらの機構は大掛かりなシステムであるため, 歩行感のリアリティを向上させるた

めには効果的ではあるが, 一般家庭や施設への導入は困難である. そこで我々は, 家庭で簡易に使用できる歩行シミュレータの作成を目標とする. 本研究では, 「その場足踏み運動」を疑似的な歩行とし, 足底部への力触覚提示可能な新規の足底圧分布提示デバイスの開発を目的とする. 具体的には, 利用者に積極的な足踏み運動を促すために, 素足でこのデバイスを使用したときに, 靴で外部環境を踏んだ時の足底部の力感覚を再現する.

本稿では, 上記デバイスの開発のための基礎研究として, 健康者が溝のある床を踏むときの足底圧を計測した.

2. 足底圧計測

2.1 目的

人間は様々な床の凹凸を足底部の力触覚で感じ取ることができる. 足底圧分布提示デバイスの設計仕様を決定するためには凹凸を感じ取る際の圧力分布の条件を調査する必要がある. そこで本章では, 異なる靴や床面および被験者における足底圧を計測し, 考察する.

2.2 実験方法

足底圧計測機器として, ニッタ株式会社の F-スキャンIIを使用する. サンプル周波数は80Hzとする.

使用する靴は靴底の形状と厚さ, 硬さの異なる

3種類とする。靴 α は中敷きが硬く厚さは10mm。
 β は中敷きは硬く厚さは19mm、 γ は中敷きは柔らかく、厚さは14mmである。

床面は点字ブロックの凹凸の高さを参考に厚さ6mmの板(材質:ポリウレタン樹脂)2枚を縦におき、2つの板の間隔を1cm刻みで $x=0\sim 6\text{cm}$ の範囲で変更した。

被験者は健常な男性9人(22~32歳)とする。

方法は右足にF-スキャンIIのセンサシートを挿入し、対象となる床面を踏んだ状態で左足を一步またいだときの右足にかかる足底圧を計測する。床面の各パターンそれぞれ5回計測を行う。時間を空けた後に靴を変えて同様に計測を行う。なお、被験者は体調不良や疲れを感じた際には実験を中断することができる。

2.3 データ処理

計測したデータを各靴、各板の間隔ごとに比較するために処理を行った。処理の手順は以下の通りである。

1. 足底部のうち前足部のエリアのみを抽出し、このエリアの平均値を算出する。
2. 上記のエリア平均値の時間変化からピークを示す時間 t_p を求める。
3. 前足部のエリアをさらに縦に21分割する。
4. 各21エリアの値に対しての平均を求める
5. $t=t_p$ における、各21エリアの5回の計測値の平均値を求める。

なお、上記の平均値はそれぞれ、5回のデータに対して決定係数が0.7以上であった。

2.4 結果

上記のデータ処理によりグラフ表示した結果をFig. 1~5に示す。図の横軸はセンサシートの横幅[cm]、縦軸は圧力[kPa]を示す。Fig. 1は靴 β 、 $x=0$ (間隔なし)における各被験者の圧力分布を示している。Fig. 2は被験者E、 $x=0$ における各靴による圧力分布を示している。Fig. 3~5は被験者Eの板の間隔の違いにおける圧力分布を示しており、それぞれ靴 $\alpha\sim\gamma$ の結果である。Fig. 3~5の結果については、溝のない床と、溝のある床との圧力の違いを見るために、板の間隔1cmから6cmに対して0cmとの差をとった。(図中の $x=0\text{cm}$ に対応)

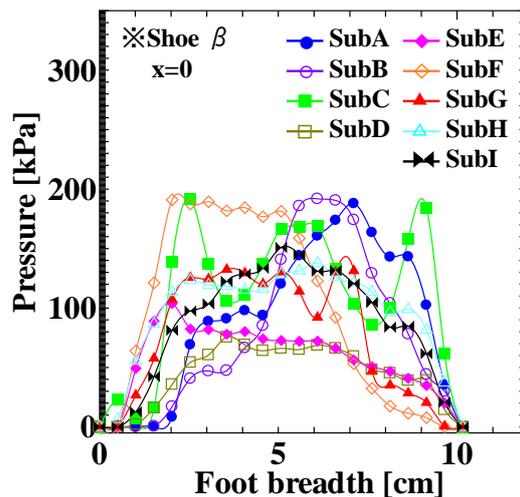


Fig. 1 Difference on subject

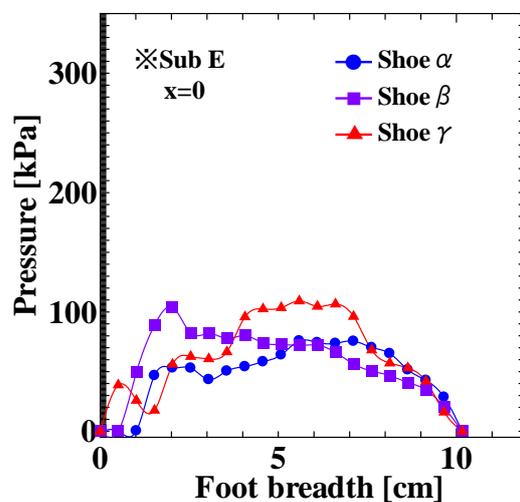


Fig. 2 Difference on shoe

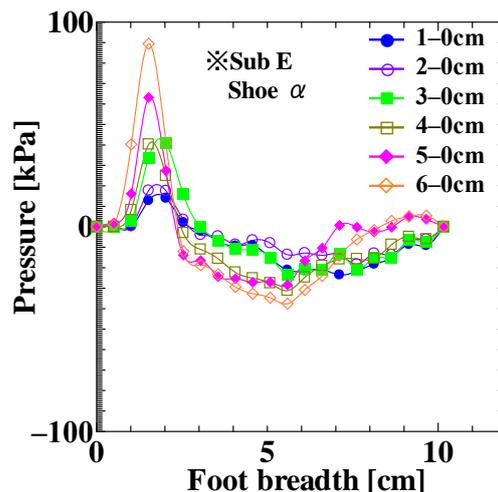


Fig. 3 Difference on space(Subject E, Shoe α)

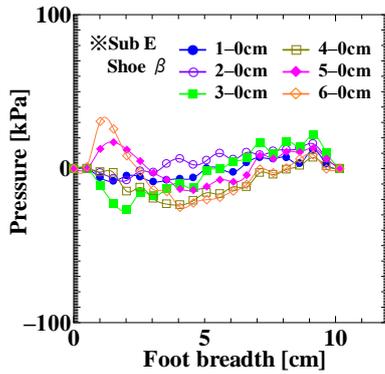


Fig. 4 Difference on space(Subject E, Shoe β)

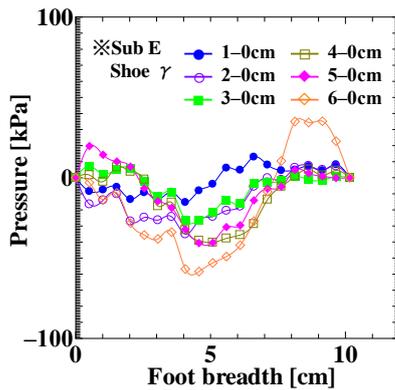


Fig. 5 Difference on space(Subject E, Shoe γ)

2.5 考察

前もって官能試験を行った結果、被験者 E はすべての靴で、板の間隔 2cm まで知覚できた。このことを踏まえてグラフを考察する。

Fig. 1 より、圧力分布及び大きさが各被験者で様々であることがわかる。これは各被験者の踏み方の違いや、足の形や大きさや硬さにより体重のかかり方が異なることによる影響であると考えられる。

Fig. 2 では、靴の種類により異なる圧力分布を示している。靴により、ピークとなっている部分が違う。これは、靴の形状による体重のかかり方の違いの可能性がある。

Fig. 3, 5 の被験者 E の靴 α 、 γ における結果では、板の間隔が大きくなるに連れて足の中心付近(横軸 5cm 付近)の圧力が下がっている。これは、板の間隔があいているために、靴底がたわみ、圧力がかかりづらいためと考えられる。Fig. 4 の靴 β でもその傾向は、見られるが、靴 α 、 γ と比べると小さい。これは靴 β の本底が硬く、変形量が小さいためと考えられる。

被験者 E について、Fig. 3, 4 を見る限り、靴 β の 2-0cm は、靴 α の 1-0cm より圧力差が出てい

ない。しかし、被験者 E は官能試験で靴 β の 2cm を認知しており、靴 α の 1cm を認知できていなかった。これらのことから、人の知覚特性を評価する際には、 $t=t_p$ の時点の評価するのではなく、微分値や積分値を評価する方法などを検討する必要がある。

Fig. 3 において、板の間隔が 6cm と 0cm との圧力差が、おおよそ 100kpa となっている。これはデバイス設計の際の参考値となる。

3. 結言

本研究は足底圧分布提示デバイスの開発を目的とし、本稿では足底圧分布提示デバイス設計仕様を決定するための基礎試験として足底圧計測を実施した。

足底圧計測では靴や床面の違いにより圧力は様々であり、今後評価方法を考える必要がある。

謝辞

本研究は、文部科学省によるテニュアトラック普及・定着事業(山形大学)、総務省による戦略的情報通信研究開発推進制度(若手 ICT 研究者育成型研究開発)および財団法人医学応用研究財団平成 22 年度調査研究助成の補助を受けて行われた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 原田隆, 加藤恵子, 小田良子, 内田初代, 大野知子: 高齢者の生活習慣に関する調査(2)-余暇活動と生きがい感について-; 名古屋文理大学紀要, 第 11 号, pp. 27-33 (2011)
- 2) 武田功: ヒューマンウォーキング 原著第 3 版; p. 156 (2009), 医歯薬出版株式会社
- 3) Akkaranee Timinkul, Morimasa Kato, Takenori Omori, Custer C. Deocaris, Akira Ito, Tomohiro Kizuka, Yosuke Sakairi, Takeshi Nishijima, Takashi Asada, Hideaki Soya: Enhancing effect of cerebral blood volume by mild exercise in healthy young men. A near-infrared spectroscopy study; Neuroscience Research, Vol. 61, No. 3, pp. 242-248 (2008)
- 4) Simon Perreault, Clement M. Gosselin: Cable-Driven Parallel Mechanisms; Application to a Locomotion Interface; Journal of Mechanical Design, Vol. 130, Issue 10, pp. 102301-102308 (2008)
- 5) Henning Schmidt: HapticWalker - A novel haptic device for walking simulation; Proceedings of Eurohaptics 2004, pp. 60-67 (2004)
- 6) 下条誠, 前野隆司, 篠田裕之, 佐野明人: 触覚認識メカニズムと応用技術; pp. 3-5 (2010), サイエンス&テクノロジー