

フローリング床面の靴下歩行におけるすべり知覚と摩擦特性の関係

Relation between Perception of Slipperiness and Frictional Property When Walking on Wooden Floors While Wearing Socks

花王（正）*柴田 悟志 花王（非）中島 弘樹 花王（非）蓬田 佳弘 東北大（正）石塔 新太
東北大（正）山口 健 東北大（正）堀切川 一男

Satoshi Shibata*, Hiroki Nakashima*, Yoshihiro Yomogida*, Arata Ishizako**, Takeshi Yamaguchi**, Kazuo Hokkirigawa**

*Kao Corporation, ** Tohoku University

1. 緒言

近年、日本では屋内外を問わず、転倒に起因する事故が増加しており、中でも同一平面上での転倒が多く報告されている。日本では、室内においてフローリング床面を、靴下を着用した状態で歩行する独自の生活様式が存在し、すべりやすい生活環境となっていることも転倒事故の一つの原因と考えられる。このようなフローリング床面上での靴下歩行におけるすべりの知覚と靴下／床面の摩擦特性の関係は不明である。そこで本研究では、異なる表面処理を行ったフローリング床面上での靴下歩行において、すべり知覚と相關する因子を把握し、摩擦係数によって理解するための摩擦特性の好適な測定条件の解明を行うことを目的とする。

2. 実験方法

2.1 歩行官能試験

28名の健常成人（うち25歳～58歳の男性18名、27～56歳の女性10名）による歩行官能試験を行った。花王株式会社ヒト試験研究倫理委員会で承認された試験プロトコルを被験者に説明後、同意の上、試験を実施した。被験者は、長さ271.5 cm×幅30 cmの未処理のフローリング床面とヘキササンに溶解させた4種のシリコンオイル（Table 1）を塗布したフローリング床面をそれぞれ3往復歩行した。（Fig. 1）歩行中の様子を横からビデオカメラで撮影を行い、歩行後に「とても突っかかる」を1、「とても滑りやすい」を5として、1～5の範囲でスコア化した。

2.2 摩擦試験

移動型静・動摩擦測定システム（ μ -cart, (株) トリニティーラボ）を用いて、上記床面と靴下を履かせたシリコン樹脂製の人工足型間の摩擦係数を、荷重 $W=200$ もしくは 500 N、様々なすべり速度条件で測定した。さらに、すべり官能スコアと相關の高い摩擦特性取得条件の抽出を行った。

Table 1 Floor conditions

Entry	Chemical	Concentration, mg m ⁻²
A	Blank	—
B	KF-8004	10.7
C	KF-50-100cs	10.7
D	KF-96-1,000cs	5.35
E	KF-96H-50,000cs	10.7



Fig. 1 Image of gait trial

Significance test
(t-test with Bonferroni correction)
* $p < 0.05$
** $p < 0.001$

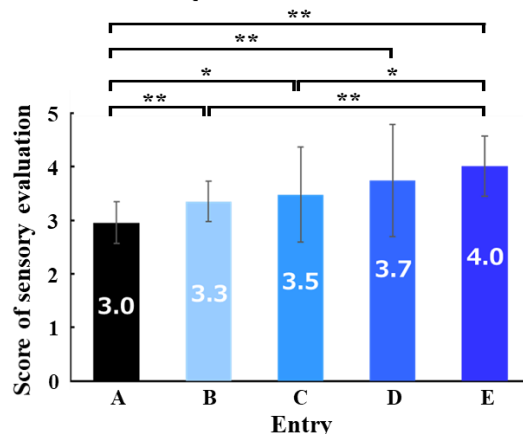


Fig. 2 Results of sensory evaluation

3. 実験結果

歩行試験の結果から、未処理およびシリコンオイル塗布面上の歩行において、すべり官能スコアが有意に変化することを確認できた。（Fig. 2）また、聞き取り調査により、被験者のおよそ80%がつま先が床面から離れる蹴り出し時にすべりを感じ始めることがわかった。撮影した動画解析で蹴り出し時につま先が後方にすべっていることを確認し、そのすべり距離が塗布剤により変化し、すべりを感じ始める知覚と高い相関を示すことが明らかとなった。（Fig. 3 and 4）

靴下とフローリング床面の摩擦係数とすべり官能スコアの相関を調べたところ、 $W = 500$ N（Fig. 5）のもとですべり速度が $v = 0.2 - 0.4$ m s⁻¹ の範囲で測定された動摩擦係数が、すべり官能スコアとの高い負の相関を示すことがわかった。（Fig. 6）

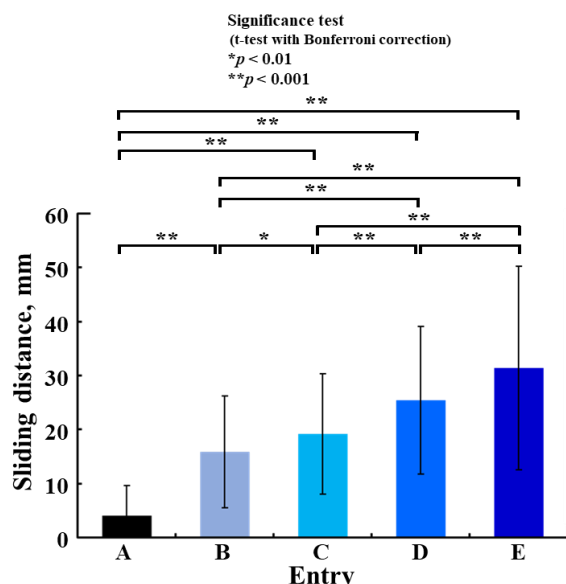


Fig. 3 Sliding distance of the toe at the toe-off phase

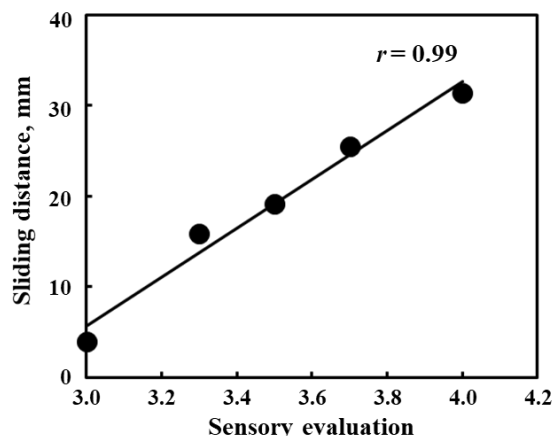


Fig. 4 Relation between score of sensory evaluation and sliding distance

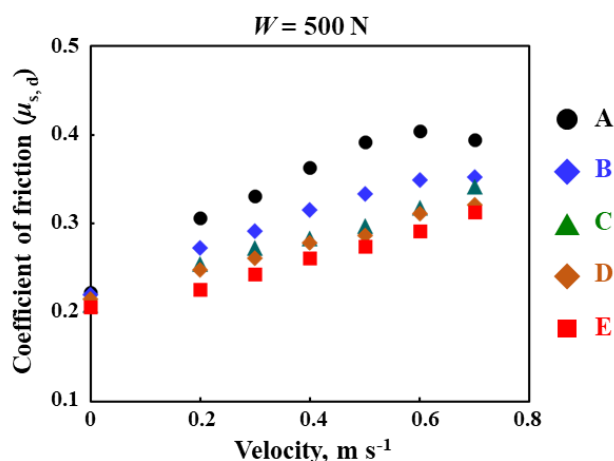


Fig. 5 Coefficient of friction for $W = 500$ N

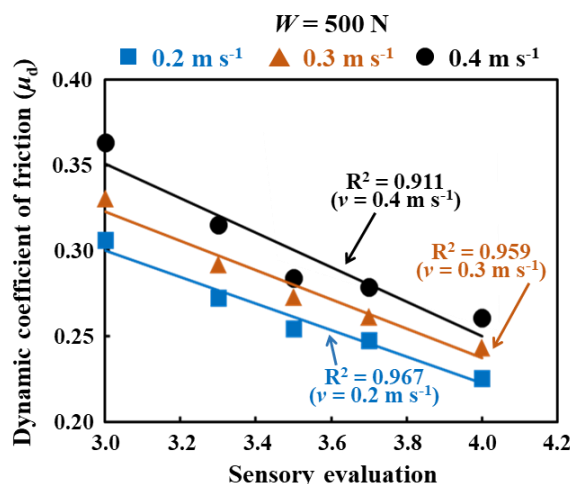


Fig. 6 Relation between score of sensory evaluation and dynamic coefficient of friction at $v = 0.2\text{--}0.4$ m s⁻¹ for $W = 500$ N

4. 考察

Fig. 4 で未処理基板の歩行官能スコア (平均 3.0) においてもすべり距離はゼロではないことから、フローリング床面の靴下歩行自体が実質的にすべりを伴うものと考えられる。よって、Fig. 6 で示したようにすべり知覚と動摩擦係数の相関が高いことは妥当であると考えられる。すべり官能スコアと相関の高い摩擦特性取得条件として抽出できた荷重 $W = 500$ N における平均接触圧力は、感圧紙による計測から 86.4 kPa であった。これに対し、歩行試験に参加した被験者 28 名の直立時の足型から算出できる面積と被験者体重から、歩行中の蹴り出し時に接地していると考えられるつま先部分にかかる平均接触圧力は 68.1 kPa と推定できる。これは、 $W = 500$ N における摩擦試験時の平均接触圧力と類似した値であった。また、Fig. 6 で示した好適なすべり速度である $v = 0.2\text{--}0.4$ m s⁻¹ は、動画解析よりすべり距離が最も長いサンプル E (KF-96H-50,000cs, 10.7 mg m⁻²) で、蹴り出し時のつま先のすべり速度が 0.31 m s⁻¹ と算出できることから、実際のすべり現象が発生している接触圧力とすべり速度を把握し、それらの条件の下で摩擦測定を行うことが、すべり知覚と相関の高い測定を行うためには重要である。

5. 結言

フローリング床面上の靴下歩行におけるすべり現象を理解し、その知覚と相関の高い摩擦特性取得のための測定条件の解明を試み、以下の結果が得られた。

- (1) すべり知覚は、歩行中の蹴り出し時に感じ、つま先の後方へのすべり距離に応じてすべり官能スコアが変化する。
- (2) すべり官能スコアと相関の高い摩擦係数を得るためには、歩行中のすべり発生時の足底と床面間の接触圧力とすべり速度を把握し、同条件で計測する必要がある。

文献

1) Yamaguchi, T.; Yamada, R.; Warita, I.; Shibata, K.; Ohnishi, A.; Sugama, A.; Hinoshita, M.; Sakauchi, K.; Matsukawa, S.; Hokkirigawa, K. *Journal of Biochemical Science and Engineering*, **2018**, *13*, 17.