

傾斜法による靴の滑りやすさ実験（予備実験）

Shoe Slip Resistance Test Using the Inclined Plane Method (Preliminary Test)

大宮哲¹, 大川戸貴浩¹, 金田安弘¹, 小林利章², 丹治和博³, 二階堂ひさえ³, 川瀬良司⁴, 大屋祐太⁵

Satoshi Omiya¹, Takahiro Okawado¹, Yasuhiro Kaneda¹, Toshiaki Kobayashi²,

Kazuhiro Tanji³, Hisae Nikaido³, Ryoji, Kawase⁴ and Yuta Oya⁵

Corresponding author: s-omiya@decnet.or.jp (S. Omiya)

¹北海道開発技術センター, ²北海道気象技術センター, ³日本気象協会, ⁴砂子組, ⁵北海道立総合研究機構

¹ Hokkaido Development Engineering Center, ² Hokkaido Weather Technology Center, ³ Japan Weather Association,

⁴ Sunago Co., Ltd, ⁵ Hokkaido Research Organization

靴底の違いによる冬道での滑りやすさの違いを明らかにするため、低温室内で傾斜法による実験を行った。実験対象とした靴は 12 種類であり、靴底のゴムの軟らかさおよび溝の深さと滑りやすさの関係について検討した。一般的に、靴底のゴムが軟らかくて溝が深いほど滑りにくいとされているが、必ずしもその傾向は一貫せず、本実験では軟らかいが溝が浅くて平坦なサンダルが最も滑りにくい結果が得られた。実験結果から、靴底の接地面積の違いも滑りやすさに影響する可能性が示唆された。

1. はじめに

近年、冬期の歩行者転倒事故による救急搬送者数は増加傾向にある。札幌市における救急搬送者数は 2025 年度冬期（12 月～3 月）において過去最多の 2,017 名を記録した。ウインターライフ推進協議会のウェブサイト「転ばないコツおしえます。」(<https://tsurutsuru.jp/>) では、冬道の転倒対策として、転びにくい歩き方や滑りやすい場所の特徴について紹介している。また、滑りにくい靴の選び方としては、靴底にピンや金具がついているもの、滑り止め材が入ったもの、靴底のゴムが軟らかいもの、深い溝があるものなどを紹介している。しかし、靴底の特徴と実際の滑りやすさとの関係については十分に明らかにされていない。本研究では、靴底の軟らかさおよび溝の深さに着目し、靴の滑りやすさに関する低温室実験を行った。

2. 実験方法

実験は、北海道立総合研究機構の低温室にて実施した。傾斜角度を自由に変えられる模擬的な乾燥凍結路面を作成し、靴を静置させた状態から徐々に路面を傾斜させ、靴が滑った角度を記録した（傾斜法）。乾燥凍結路面は、低温室内でベニヤ板に霧吹きで水を吹きかけることにより作成した。実験に使用した靴を図 1 に記す。メーカーが異なる新品の冬靴 3 足、パンプス、スニーカー 4 足（新品 2 足・履き古し 2 足）、ビジネスシュ



図 1 実験に使用した靴

ーズ、雨靴（≒ゴム長）、古いトレッキングシューズ（ゴム硬い）、サンダルの計 12 種類である。低温室内の設定温度は $-5\sim-2^{\circ}\text{C}$ とした。また、靴への荷重として、砂鉄を入れた袋を靴内部に詰め、 $2.2\sim 3\text{kg}$ ほどの重量とした。実験に使用した乾燥凍結路面を図 2 に、実験の様子を図 3 に記す。



図 2 実験に使用した乾燥凍結路面



図 3 実験中の様子
(スマートフォンで角度を計測している)

3. 実験結果と考察

靴が滑った角度を図 4 に示す。実験の結果、サンダル(⑫)が最も滑りにくかった。その一方で、古いトレッキングシューズ(⑪)や履き古したスニーカー(⑦, ⑧)、雨靴(⑩)が滑りやすい傾向があった。本実験条件下においては、「冬靴が顕著に滑りにくい」という結果は得られなかった。

次に、滑りにくい順（滑った角度の平均値が大きかった順）に靴番号を並べ替えたものを図 5 に示す。また、各靴の靴底について、「溝の深さ」と「ゴムの軟らかさ」の 2 つの観点から、各靴を 4 象限マトリクス上に配置した(図 6)。この配置は厳密な測定に基づくものではなく、目視と手の感触をもとに相対的に分類したものである。

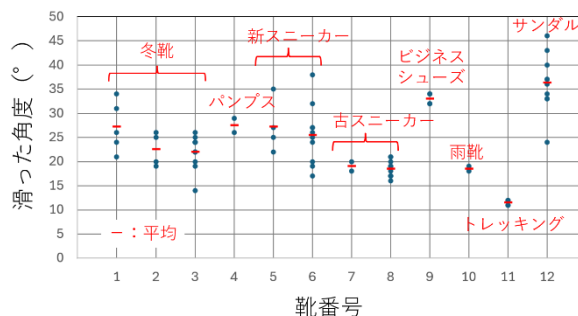


図 4 実験結果（靴番号順）

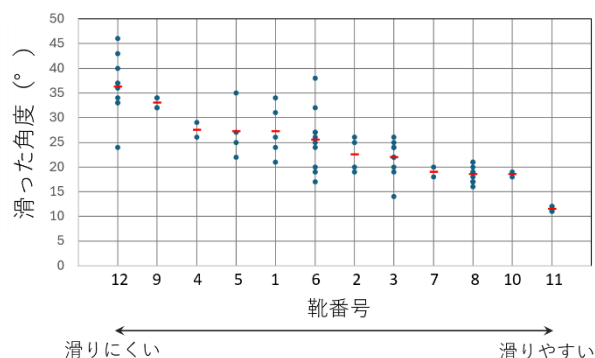


図 5 実験結果（滑りにくい順）

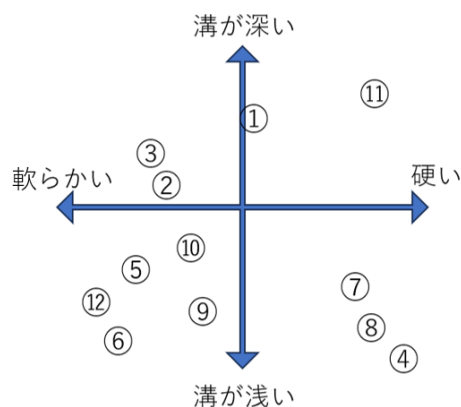


図 6 溝の深さと軟らかさの 4 象限マトリクス

ウェブサイト「転ばないコツおしえます。」では、溝が深く、かつゴムが軟らかい靴ほど滑りにくいと紹介している。すなわち、図 6 の左上に位置する靴ほど滑りにくく、逆に右下に位置する靴ほど滑りやすいと考えられた。しかし、図 5 と見比べると、必ずしも溝が深くて軟らかい靴(②や③)ほど滑りにくいわけではなく、また、溝が浅く硬い靴(④, ⑦, ⑧)ほど滑りやすいわけでもないことが分かる。

次に、溝の深さのみに着目し、各靴を溝が深い順に並べ替えたものを図 7 に示す。この結果から、溝が深い靴ほど滑りにくい、あるいは溝が浅い靴ほど滑りやすいといった明確な傾向は確認されなかった。

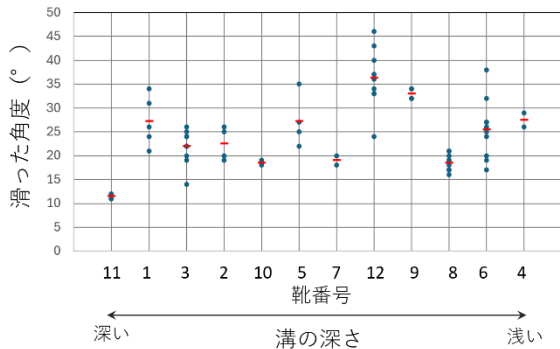


図7 実験結果 (溝の深さ順)

次に、硬さのみに着目し、軟らかい順に並べ替えた結果を図8に示す。ここでは、便宜的に「軟らかいグループ」と「硬いグループ」の2群に分類し、それぞれ丸で囲って示した。なお、このグループ分けに物理的根拠はなく、得られた結果から後付けで設定したものである。それぞれのグループ内で、硬さと滑りにくさに傾向があることが認められる。より軟らかいグループ (図中の赤丸で囲ったグループ) では、お風呂のラバーマットに似た、軟らかくて変形しやすい靴底を有するサンダル (⑫) や新品スニーカー (⑤, ⑥) が滑りにくい傾向を示した。一方、硬いグループ (図中の青丸で囲ったグループ) では、ゴムが硬化した古いトレッキングシューズ (⑪) や履き古したスニーカー (⑦, ⑧) が滑りやすい傾向を示した。なお、最も靴裏が硬いパンプス (④) は比較的滑りにくかった。

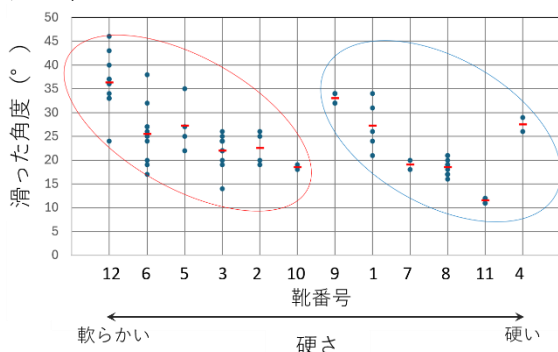


図8 実験結果 (軟らかさ順)

本稿では、主に溝の深さとゴムの軟らかさに着眼した実験結果について述べてきたが、ウェブサイト「転ばないコツおしえます。」でも紹介されており、ピンや金具などの突起物や靴裏の素材の違いなど、靴の防滑性能には多くの要素が関与することから、靴裏の違いと滑りやすさを一義的に論じることは難しい。例えば、図8において最も靴裏が硬かったパンプス (④) は、溝も無いにも関わらず比較的滑りにくかった。これは、

靴裏がザラザラしたヤスリ状であったために摩擦力が働いたものと思われる。一方、冬靴 (①, ②, ③) の裏面素材もザラザラした防滑素材 (ガラス繊維など) が使用されているが、滑りにくさへの貢献はさほど高くない印象をうける。これは、靴裏の接地面積が小さかったことが一因として考えられる (図9)。パンプスの靴裏が比較的平らで接地面積が大きめであった一方、冬靴の形状はカーブが強めで十分な荷重がかからないと接地面積を獲得することができない。現状の実験方法では靴にかけられる荷重は最大で 3kg 程度であり、実際の歩行条件を再現することができない。靴の接地面積を確保するためには、実際に靴を履いた官能試験が必要であろう。

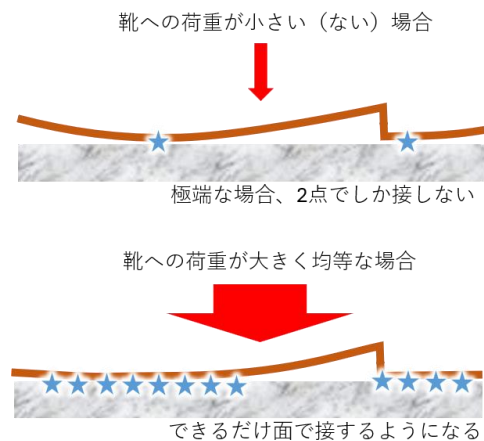


図9 荷重の大きさによる接地面積の違い

4. まとめと今後

本研究では、12種類の靴を対象として、低温室内で傾斜法による滑りやすさ実験を実施し、靴底のゴムの軟らかさおよび溝の深さと滑りやすさの関係を調べた。その結果、一般に滑りにくいとされる「軟らかいゴム」「深い溝」と滑りにくさとの間に一貫した関係は認められず、軟らかいゴムで平坦な靴底を有するサンダルが最も滑りにくい結果となった。また、靴底が硬化した履き古した靴は滑りやすい傾向が確認された。本実験では、靴に加えた荷重が小さく、実際の歩行時の荷重条件を再現できていないことから、靴底の接地状態を十分に評価できていない。今後は、実際に靴を着用した歩行実験による実験を行う。

【謝辞】

北海道立総合研究機構の低温実験室を利用するにあたり、多大なるご協力をいただいた工業試験場の板橋孝至氏に深く感謝申し上げます。