

# 雨の日でも滑りにくい靴底の条件

## The conditions of non-slip shoe sole on rainy days

岩崎 弥生      重永 健輔      玉村 一平

Yayoi Iwasaki   Kensuke Shigenaga   Ippei Tamamura

### Abstract

The larger the angle between urethane rubber and the floor is, the less the coefficient of static friction between rubber and the wet floor is than that between the rubber and the dry floor. Normal forces per unit area to urethane rubber at each angle are different because of elastic deformation. Therefore, the difference in normal forces per unit area is likely to cause the difference in coefficient of static friction between urethane rubber and the floor.

### 要約

ウレタンゴムと床との角度が大きいほど、乾いた床に比べて濡れている床では静止摩擦係数がより減少した。ゴムは弾性変形し、角度により単位面積あたりの垂直抗力が異なるため、角度により静止摩擦係数の値に違いが生じている可能性がある。

### 研究動機

私たちは、雨と晴れの日では廊下や玄関でのスリッパの滑りやすさが異なることに興味を持った。雨の日に滑りやすくなる原因は、靴底と床面の間の静止摩擦係数が減少するためだと予想し検証を試みた。また、雨の日でも滑りにくい歩き方の工夫につなげたいと考え、床面との角度に注目し、本研究を行った。

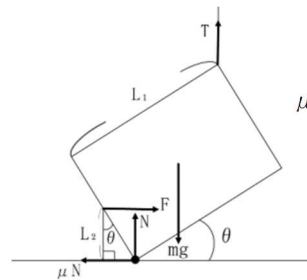
### 実験①:ウレタンゴムの静止摩擦係数

#### 実験目的

本校で用いているスリッパの靴底と同じ素材のウレタンゴムを用いて、床面の状態が静止摩擦係数 ( $\mu$ ) に与える影響を調べる。

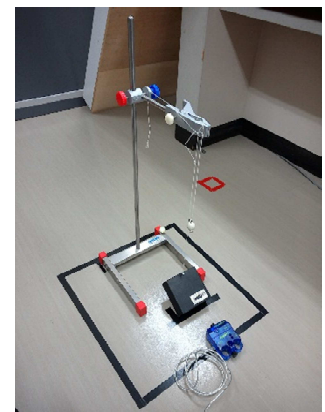
#### 実験方法

ウレタンゴムをスタンドと糸で床に対し5、30度の角度( $\theta$ )をつけ固定した。力センサーでウレタンゴムを水平に押し、動き出すときの力を測定した。実験前にキッチンペーパーで拭いた床を乾いた床、霧吹きを3回噴射した床を濡れた床として測定した。図①のようにウレタンゴムに力がはたらくとし静止摩擦係数 ( $\mu$ ) を求めた。



$$\mu = \frac{2L_1\sqrt{1-\sin^2\theta}F}{mgL_1\sqrt{1-\sin^2\theta}-FL_2}$$

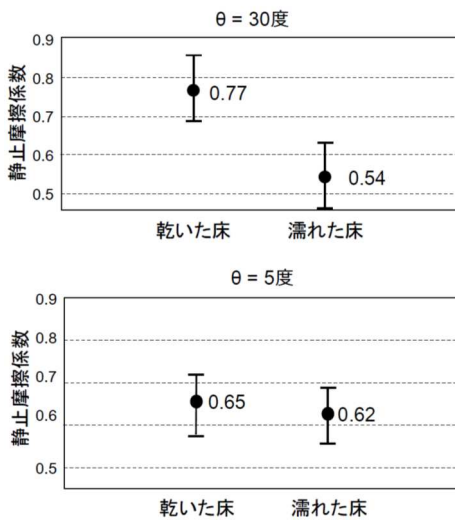
図①：ウレタンゴムに働く力と静止摩擦係数



図②：力センサーと実験風景

## 結果

$\theta = 5, 30$  度で乾いた床と濡れた床に対する静止摩擦係数は図③のようになった。



図③: 床との接触条件と静止摩擦係数

## 考察

同じ角度で、乾いた床と濡れた床の静止摩擦係数を比べると、30度の時の方がより大きな値の差が見られた。床に対する靴底の角度が大きいほど、床が濡れた際に静止摩擦係数が大きく減少すると思った。

## 実験②: ウレタンゴムと床との接触面積

### 実験目的

実験①では床との接触によるゴムの変形を無視し、各角度で床との接触面積は等しいと考え静止摩擦係数を求めた。しかし、ゴムは弾性変形をするため、各角度での床との接触面積が異なる可能性がある。そこで、角度を変えて床との接触面積を測定した。

### 実験方法

キッチンペーパーで拭き、霧吹きを3回噴射した透明で水平なプラスチック板に、スタンドと糸で5、10、15度に傾けて固定したウレタンゴムと定規を置いた。裏側から接触面をカメラで撮影し、ウレタンゴムと板の接触面積を測定した。

## 結果

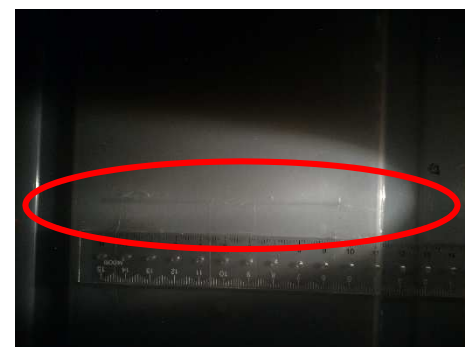
各角度での接触面積は表①のようになり、写真①のように、角度が大きくなるほどウレタンゴムと板との接触面積が小さくなった。

表①: 各角度でのウレタンゴムと板の接触面積

角度 [度]	接触面積 [cm <sup>2</sup> ]
5	1.94
10	1.46
15	0.92



5度



10度



15度

写真①: 5度、10度、15度のウレタンゴムと床との接触状態

## 考察

濡れた板との接触面積は角度に反比例した。ウレタンゴムが床に触れ変形するため、各角度での静止摩擦係数を求めて値を比較するためには、単位面積あたりの垂直抗力を用いて静止摩擦係数を算出する必要があると考えた。

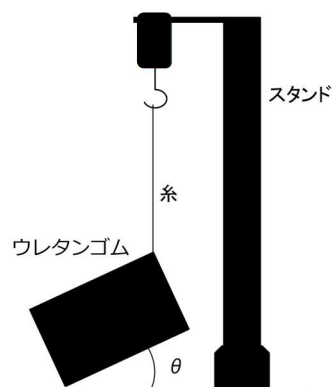
## 実験③:ウレタンゴムにはたらく張力

### 実験目的

実験②より、単位面積あたりの垂直抗力を求めて静止摩擦係数を各角度で比較する必要があると考えた。そこで、ウレタンゴムが動き出す際のウレタンゴムにはたらく張力を各角度で測定し、接触面積全体にはたらく垂直抗力を求めた。

### 実験方法

図④のように、スタンドに力センサーを固定し、ウレタンゴムに取り付けた糸の他端を力センサーに吊り下げた。キッチンペーパーで拭き床が乾いた状態でウレタンゴムを5、10、15度に傾けた時に、糸にかかる張力の大きさ及びウレタンゴムが動き出すときの張力の変化を調べた。



図④:ウレタンゴムに働く張力を求める実験

## 結果

各角度での張力は表②のようになった。各角度において、ウレタンゴムにはたらく張力は2.71～2.74 Nの間でほぼ一定となった。

表②:各角度でのウレタンゴムにはたらく張力

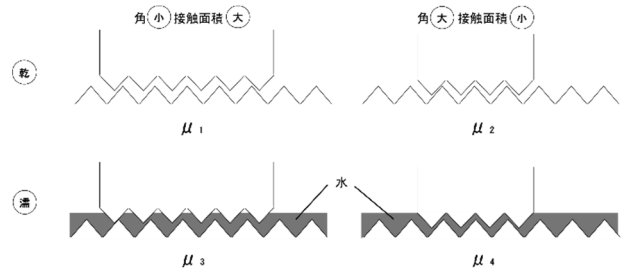
角度 [度]	張力 [N]
5	2.71
10	2.73
15	2.74

## 考察

ウレタンゴムと床との角度によらず、張力の大きさはほぼ一定であった。よって接触面積全体にはたらく垂直抗力の大きさは、角度によらず一定であると考えた。

## 本研究のまとめ

図⑤のように、 $\mu_1$ と $\mu_3$ を比べると変化量が少なく、 $\mu_2$ と $\mu_4$ を比べると変化量が大きかった。よって、床が乾いているときは角度が大きい方がウレタンゴムと床の凹凸同士がよりかみ合うことによって静止摩擦係数が大きくなり滑りにくく、床が濡れているときは角度が小さい方がウレタンゴムと床の凹凸の隙間に気泡が入り込みやすく、それによって静止摩擦係数が大きくなり滑りにくいのではないかと考えた。



図⑤:ゴム下の水の膜の張り方と床とウレタンゴムの凹凸のかみ合わせ

## 今後の課題

今回私たちは靴底の接触面での角度を変えて人間の歩き方に工夫を施したが、靴底にある溝の形状といった靴底そのものについては言及してこなかったため、それらについて検証し、「雨の日でも滑りにくい靴底の条件」を見出したい。

## 参考文献

物理 数研出版