

# 摩擦係数

安芸 勇人 長野 圭吾 米澤 宏記

## 【概要】

摩擦係数は接触面積に関係しないと言われている。しかし、僕たちはこのことに疑問を持ち摩擦係数を求める実験をした。僕たちは、摩擦係数は面積に関係するという仮説を立てた。この仮説を証明するために接触面積を変え、摩擦角を用いて摩擦係数を測定した。実験より、摩擦力が小さい時は静止摩擦係数の値は接触面積とほぼ関係しないが摩擦力が大きいときは、接触面積が大きくなるにつれて摩擦係数は大きくなった。この結果から、摩擦力の大きな範囲において静止摩擦係数の値は接触面積との関係が出てくる。

It is said that the coefficient of friction is not related to the area . However , we wondered about this, and performed experiments with the coefficient of friction . We expected that the coefficient of friction would be related to the area of contact. In order to prove this expectation , we changed the area , and measured the coefficient of friction with the angle of friction .

According to the experiment , when friction was small , the coefficient of static friction had minimal relation to its area , but when the friction was large , the longer the area , the longer the coefficient of static friction . Therefore , when friction is large , the coefficient of static friction is large , the coefficient Of static friction is related to the area of contact.

## 【動機】

教科書の記述で興味深いものがあった。それは『実験によると、最大静止摩擦力  $F$  は垂直抗力の大きさ  $N$  に比例する。すなわち  $F = \mu N$  である。 $\mu$  (最大静止摩擦力と垂直抗力の比) は接触する両物体の面の状態によって定まる定数で、静止摩擦係数という。そして  $\mu$  は接触面の大きさが変わってもほとんど変化しない』という文章であった。説明の中で特に関心があったところは、 $\mu$  の値は接触面積に依存しないことである。そこで、面積による  $\mu$  のわずかな変化がどのような値を示すのか疑問に思い研究を行うことにした。

## 【仮説】

摩擦係数は接触面の状態で決まる定数であり接触面の面積も接触面の状態を決める要素のひとつであると考えられる。よって接触面積が変化するにしたがって摩擦係数も変化すると思われる。

ここでは静止摩擦係数の変化について調べることにした。

### 【摩擦角について】

本研究を行うにあたって、物体間の静止摩擦係数を測定するために摩擦角を用いることにした。摩擦角について教科書本文より引用し加筆修正したものを説明のために用いた。

傾角  $\theta$  のあらい斜面上に、質量  $m$  の物体を置く。物体にはたらく重力  $m g$  を斜面に垂直な成分  $m g \cos \theta$  と斜面に平行な成分  $m g \sin \theta$  とに分解する。 $m g \cos \theta$  は垂直抗力  $N$  と  $m g \sin \theta$  は摩擦力  $f$  とそれぞれつりあっている。

斜面に垂直な方向のつりあいの式は

$$m g \cos \theta - N = 0 \quad (1)$$

となり、斜面に平行なつりあいの式は

$$m g \sin \theta - f = 0 \quad (2)$$

となる。(1) / (2) より

$$\tan \theta = f / N \quad (3)$$

が得られる。

傾角  $\theta$  を水平から次第に大きくしていくと、物体をすべり落とそうとする力  $m g \sin \theta$  が大きくなっていきそれとつりあう摩擦力も大きくなっていく。しかし  $m g \sin \theta$  の値が最大静止摩擦力  $F$  よりも大きくなると物体は斜面上を滑り落ちはじめる。この物体が滑り始めるときの斜面の傾角  $\theta$  が摩擦角であり、(3) より

$$\tan \theta = F / N \quad (4)$$

となる。この式に

$$F = \mu N \quad (5)$$

の関係を (4) 代入すると

$$\tan \theta = F / N = \mu \quad (6)$$

が得られる。したがって静止摩擦係数  $\mu$  は物体の滑り始める傾角  $\theta$  の正接 ( $\tan \theta$ ) の値を求めればよいことになる。

### 【実験器具・装置・材料】

本研究で使用した実験器具，装置，材料を以下に記した。

#### ・ガラス板 (図 1)

5 cm × 20 cm

10 cm × 20 cm

15 cm × 20 cm

20 cm × 20 cm

25 cm × 20 cm

スタンド

研磨剤(図 2)



図 1 : 様々な大きさのガラス板



図 2 : 研磨剤

### 【実験方法】

本研究では、2つの実験を行った。摩擦角の測定は以下の(1)～(4)の手順に従って行う。

#### 実験 I

- (1) 一番大きなガラスをスタンドに固定する
- (2) 気泡が入らないように様々な大きさのガラスを斜面の上に乗せる
- (3) スタンドの高さを徐々に高くし、斜面の角度を微調整する
- (4) 滑りだした角度を測定する

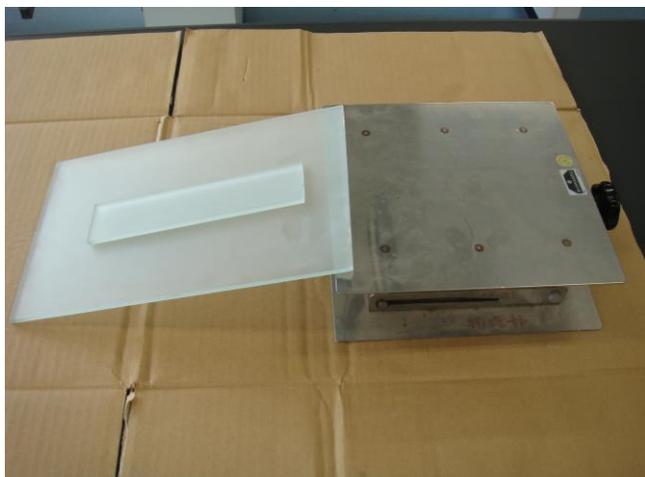


図3：実験装置

#### 実験 II

実験 I で使用したガラスの片面を研磨剤で擦り、すりガラスにしたものを用いて、実験 I と同様の実験を行った。



図4：実験の様子

### 【実験結果】

実験 I の結果を図5に、実験 II の結果を図6に示した。

グラフの縦軸は摩擦係数を表し、横軸はガラスの面積を表す。

実験 I：摩擦係数の値は面積に関わらず一定であった。

実験 II：上にのせたガラスの面積が大きくなると大きくなった。

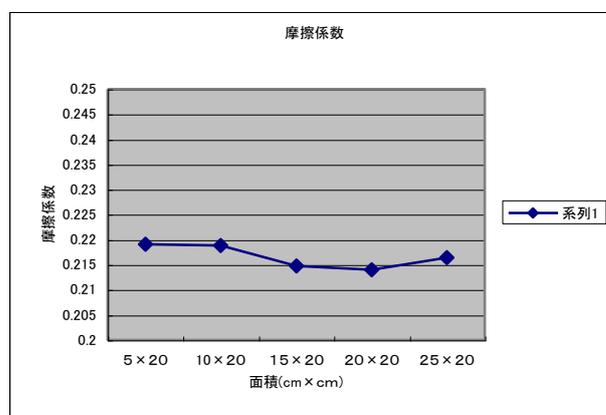


図5：面積と摩擦係数の関係

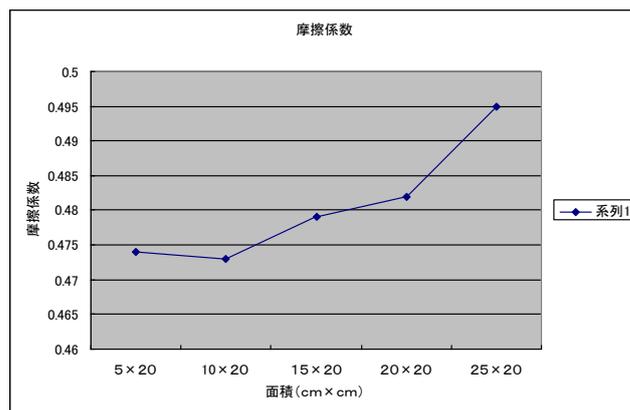


図6：すりガラスを用いた場合の面積と摩擦係数との関係

### 【考察】

実験Ⅰ：面積に関わらずほぼ一定になったのはガラス間に働く摩擦力が小さく、また、面積の差が小さかったため、摩擦力の大きさの変化が顕著には表れなかったと考えられる。よって、摩擦の大きい物質に変える事で結果も変わってくるのではないかと考えられる。

実験Ⅱ：面積が大きくなるにつれて静止摩擦係数が大きくなったがこの原因はつぎのように予想できる。

1. 摩擦係数は接触面積と関係がある。
2. ガラスがたわんでいたためその凹みにより値が変化した。

### 【結論】

1. 摩擦力の小さな範囲において静止摩擦係数の値は接触面積とほぼ関係しない。
2. 摩擦力の大きな範囲において静止摩擦係数の値は接触面積に関係が出てくる。

### 【感想】

一定の速さで角度を変えていくことが難しかった  
滑り出した直後の角度を正確に測るのに気がつかった

### 【引用文献（参考文献）】

国友正和．物理Ⅰ．国友正和．数研出版