

静止摩擦係数に与える要因に迫る ～摩擦角による測定～

熊本県立阿蘇中央高等学校
24 中嶋美結 14 穴見日岡

1. 研究の目的

路面が凍結すると、滑りやすくなり、尻もちをついてけがをしてしまう。このことを防ぎたいと思い、昨年と同様、摩擦の研究をしようと思った。今年は昨年の実験方法と別の方法で静止摩擦係数を求めても、値が同じになるのかという疑問と静止摩擦係数は表面の形状に影響があるのかという目的のもと、研究を行った。

2. 実験方法

静止摩擦係数の測定方法は、摩擦角の測定から求める方法で実験を行った。
(昨年は、ニュートンばねばかりを用いて最大摩擦力と垂直抗力の関係から、静止摩擦係数を求めた。)

※ 静止摩擦係数の求め方 (今年)

1. 水平な面上に平らな板 (0.60m) を置き、この上に物体のある一つの面を下にして乗せる。
2. 面に角度をつけて、物体が滑り出したときの角度を、デジタル角度計で測る。
3. 物体の同一面を下にしたまま角度 θ を 5 回測定する。
4. 5 回の測定値の平均値より $\tan \theta$ を求める。
5. $\tan \theta$ 角度から静止摩擦係数の値を計算する。



3. 仮説

仮説 1

1. 昨年と今年の実験方法は違っても、どちらも静止摩擦係数を求める方法であるため、同じような静止摩擦係数の値が出るのではないか。
2. 静止摩擦係数の値の違いは物体の表面の形状の違いに関係があるのではないか。

仮説 2

1. 静止摩擦係数の値が大きくなるのは、摩擦力以外の力 (静電気力、減圧吸着力、ファンデルワールス力) が関係しているのではないか。
2. 静止摩擦係数の大きさは温度に関係しているのではないか。



4. 実験結果

【実験結果 1】 静止摩擦係数の測定結果

静止摩擦係数 (μ)	スポンジ	メラミン	木片
ステンレス (去年)	0.68	0.40	0.40
ステンレス (今年)	0.97	0.37	0.44
アルミホイル (去年)	0.60	0.34	0.67
アルミホイル (今年)	0.71	0.37	0.50
両面紙 (去年)	0.50	0.50	0.55
両面紙 (今年)	0.78	0.51	0.40

※ 上段：昨年の値 下段：今年の値

【実験結果 2】 摩擦力以外の力による静止摩擦係数に影響を与える要因

静止摩擦係数 (μ)	滑り始め	スポンジ	ニトリルゴム
両面紙 (去年)	1.34	0.69	0.51
両面紙 (今年)	1.05	0.6	0.4
ラップ (去年)	x	0.52	1.07
ラップ (今年)	2.43	0.55	1.79
窓ガラス (去年)	1.67	1.57	0.67
窓ガラス (今年)	x	0.57	0.48

※ 上段：昨年の値 下段：今年の値

上の表は静止摩擦係数の値が近かった素材どうしの組み合わせである。アルミホイルとスポンジの組み合わせでは、昨年は 0.69、今年は 0.71 とその差は 0.02 と値の差が少なかった。ステンレスとメラミンスポンジの組み合わせでは、昨年は 0.40、今年は 0.37 で、アルミホイルとメラミンスポンジでは、昨年は 0.34、今年は 0.37 と値の差はどちらも 0.03 であった。このことから、昨年と今年の実験方法で静止摩擦係数が正しく求められていることが分かった。

昨年と今年の静止摩擦係数の値を比較した。値の差が大きい組み合わせがいくつか見られた。その中でも特に値の差が大きかったラップとニトリルゴムの組み合わせに着目した。ラップは、帯電しやすい素材で減圧吸着力が生じる物体の形状であり、ニトリルゴムは帯電しないが減圧吸着力が生じる物体の形状である。また、表面に凹凸がなく平らな物体の組み合わせで接触面積が大きくなるものはファンデルワールス力が大きくはたらくことから、ラップとニトリルゴムの組み合わせでは、摩擦力以外の力がはたらくといえる。

【実験結果 3】 温度の影響

窓ガラス x	湿度 8.2%	湿度 4.9%
木片	0.69	0.39
メラミン	0.66	0.64
スポンジ	0.87	0.91

静止摩擦係数が温度に関係していると考え、温度の違う日に検証実験を行った。結果は、ガラスとメラミンスポンジ、ガラスとスポンジの組み合わせは静止摩擦係数の値としてはあまり変化がなかった。しかし、ガラスと木片の組み合わせでは、静止摩擦係数の値の差が 0.30 あった。このことから、温度が高いと静止摩擦係数の値が大きくなることがわかった。



5. 考察

【実験結果 1】より

- ・物体の素材が柔らかいものどうしの組み合わせのほうが、静止摩擦係数の値としては大きかった。しかし、すべての柔らかい素材どうしの組み合わせが静止摩擦係数の値が大きいわけではなかった。そのため、素材の硬さによる静止摩擦係数の傾向は、あまりみられないといえる。
- ・アルミニウムとスポンジの静止摩擦係数の違いに注目するとほぼ同じ値になっていた。昨年の静止摩擦係数の値を斜面の角度に変換すると、34.5 度になる。今年の角度は 35.5 度で、その差は 1.0 度であった。また、斜面の高さの差は 0.008m だった。そのためこれらの素材の静止摩擦係数は **信頼性が高い**といえる。

【実験結果 2】より

- ・帯電しにくいニトリルゴムと帯電しやすいラップ、下敷き、プラスチックの組み合わせでは、**静電分極が起こり、静電気力が生じた**と考えられる。また、ニトリルゴムとラップ、下敷きは **減圧吸着力が生じた**と考えられる。これらの力の影響で、静止摩擦係数の値が大きくなると思われる。

【実験結果 3】より

- ・湿度が異なる環境で実験を行った場合、湿度が高い条件では低い条件より **静止摩擦係数は大きくなった**。このことから、木片は湿度が上がると **繊維が膨張し、接触面積が大きくなる**と考えた。接触面積が大きくなるということは、ファンデルワールス力も比例して大きくなると思われる。また、木片と窓ガラス接触面の隙間も水分で満たされることで、より **ファンデルワールス力が大きくなった**と考えられる。

6. 今後の展望

今回の実験結果を活用し、静電気力や減圧吸着力が強くなるような素材同士の組み合わせを調べていきたい。そして、最終的には、雪道で滑らないような靴を開発したいと考えている。

また、道路に溝を掘ることで、滑りにくくすることができると考え、そのためにどのような溝を掘れば、滑りにくくなるのかの研究も進めていきたい。

8. 出典・参考文献

- ・改訂版 物理基礎 数研出版
- ・物理基礎 啓林館
- ・改訂版 物理基礎 東京書籍
- ・高等学校 物理基礎 第一学習社
- ・物理基礎 新訂版 実教出版
- ・KAGAKUJON ZITEN 岩波書店



7. 7.9 通りの実験結果

添付資料①

素材	静止摩擦係数 (μ)	滑り始め	スポンジ	メラミン	木片	ニトリルゴム
両面紙 (去年)	1.34	x	x	x	0.69	0.51
両面紙 (今年)	1.05	x	x	x	0.6	0.4
ラップ (去年)	x	2.43	0.52	0.55	1.07	1.79
ラップ (今年)	x	2.43	0.55	0.67	0.51	0.48
窓ガラス (去年)	1.67	1.57	0.57	0.55	0.67	0.48
窓ガラス (今年)	x	0.57	0.55	0.55	0.55	0.48

※ 上段：昨年の値 下段：今年の値