

摩擦係数の測定及びその考察

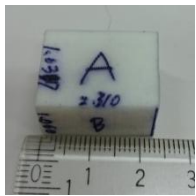
1、実験の目的

この実験の目的は、静止摩擦(実験 1)・動摩擦(実験 2)の計測を条件を変えて行い、摩擦力が物体の重さに比例することの真偽を確かめることである。

[実験 1 – 静止摩擦係数–]

～準備物～

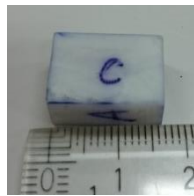
消しゴム(大・中・小)、電子ばかり、スタンド、直定規、水準器、ガムテープ、電子式卓上計算機、三角関数の表、板(物体を滑らせるためのもの)



大



中



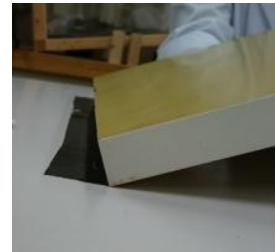
小



大きさの比較

～実験方法～

- ① 消しゴム、板の長さをあらかじめ計測する。今回消しゴムを使用したのは身近で加工しやすいと思ったからである。
- ② 板の一边をガムテープで水平面に固定する。(※1)
- ③ 消しゴムのスタート地点を決めて印をつける。
- ④ 印を付けた場所に消しゴムを置き徐々に板を傾けていく。
- ⑤ 消しゴムが滑り始めた瞬間に傾けるのをやめてそのままの角度で固定する。このときガムテープを支えにすると固定しやすかった。(※2)



※1



※2



※3

- ⑥ このときの板の高さを測る。
測定は図のような水準器と直定規をガムテープで固定したものを使った。
(※3)

板の高さとは

右の図でいう実線の長さを指す。



- ⑦ 板の長さ(右の図における点線)と板の高さから摩擦係数 μ を求める。(詳しい求め方はのちほど)
- ⑧ 物体の重さ、地面との接触面積、表面の様子(接触面が消しゴムか紙)といった条件を変えて①～⑥までを同様に行う。

「板の長さ と高さから μ を求める方法」

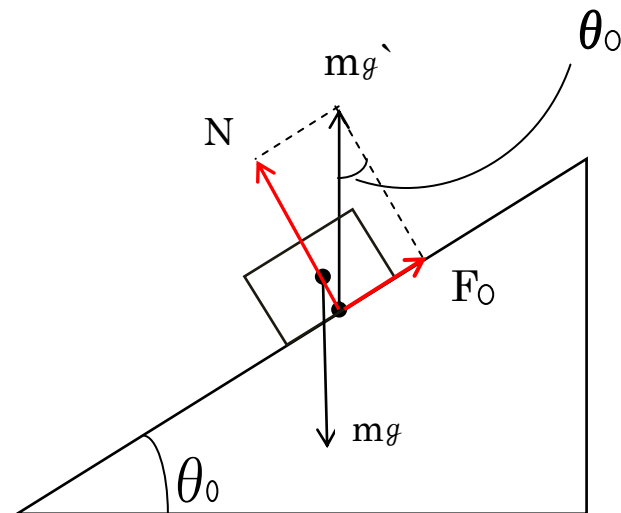
物体(消しゴム)にかかる重力 $\Rightarrow mg$

抗力 $\Rightarrow mg'$

最大静止摩擦力 $\Rightarrow F_0$

垂直抗力 $\Rightarrow N$

物体が滑り始める瞬間の板と水平面との角度 $\Rightarrow \theta_0$



$$F_0 = \mu N \text{ より } \mu = F_0 / N \cdots \textcircled{1}$$

$$\text{また、} F_0 = mg \times \sin \theta_0 \cdots \textcircled{2}, N = mg \times \cos \theta_0 \cdots \textcircled{3}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \sim \textcircled{3} \text{ より } \mu &= mg \times \sin \theta_0 / mg \times \cos \theta_0 \\ &= \sin \theta_0 / \cos \theta_0 \\ &= \tan \theta_0 \end{aligned}$$

これより板の長さ と高さから θ_0 を求めれば、 $\tan \theta_0$ が μ となる。

～実験結果～

実験を行った結果、次のようになった。

使用した消しゴムのデータ

		大	中	小
重さ(N)		0.055	0.028	0.017
接 触 面 積 (m^2)	A面	0.0003781	0.0001992	0.0001139
	B面	0.0002449	0.0001286	0.0000722
	C面	0.0001735	0.000173	0.0001698

※紙の重さはごく僅かなため、ないものとする。
板の長さ $\Rightarrow 572.7\text{mm}$

実験結果 (接触面がゴム)

		消しゴム大			消しゴム中			消しゴム小		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
消し ゴム が 滑 り 始 め た 時 の 板 の 高 さ (mm)	1(回目)	232.1	304.1	測 定 不 能	308.5	測 定 不 能	測 定 不 能	317.6	測 定 不 能	386.3
	2	253.5	254.6		247.3			327.4		428.1
	3	263.2	281.1		256.3			401.3		443.1
	4	252.4	291.4		270			328.8		359.2
	5	250.5	380.8		275.3			335.3		383.4
	6	210.1	262.8		254.1			318.5		410.9
	7	245.1	282.6		257.1			298.3		343.8
	8	246	378.2		258.3			298.2		301.2
	9	275	281.1		271.2			304.8		297.5
	10	302.5	388.2		248.8			249.6		304.4
	平均	253.04	310.49		264.69			317.98		365.79
$\sin \theta$?		0.44184	0.54215		0.46218			0.55523		0.63871
μ		0.4877	0.6494		0.4877			0.6745		0.8391

※消しゴム大のC面、消しゴム中のB・C面、消しゴム小のB面は坂道を滑る前に倒れてしまったため測定不能。

実験結果（接触面が紙）

		紙付き消しゴム大			紙付き消しゴム中			紙付き消しゴム小		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
消しゴムが滑り始めた時の板の高さ（mm）	1(回目)	318.5	294.5	測定不能	382.6	測定不能	測定不能	385.1	測定不能	410.5
	2	299.3	236.3		230.8			384.5		336.5
	3	387.5	378.9		263.8			367.3		264.3
	4	278.7	379.6		246.5			295.1		384.2
	5	337.3	327.3		319.3			353.3		354.2
	6	315.8	337.1		375.3			413.1		343.2
	7	323.7	331.6		378.4			356.3		404.5
	8	339.6	355.7		366.1			340.2		335.1
	9	294.3	347.3		324.7			366.8		294.3
	10	290.2	326.1		368.9			395.7		359.2
	平均	318.49	331.44		325.64			365.74		348.6
	sinθ。	0.55612	0.57873		0.5686			0.63862		0.6087
μ		0.6745	0.7002		0.7002			0.8391		0.7536

※消しゴム大のC面、消しゴム中のB・C面、消しゴム小のB面は坂道を滑る前に物体が倒れてしまったため測定不能。

実験結果のまとめ

【接触面がゴム】									
	大			中			小		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
μ	0.488	0.649		0.488			0.675		0.839

【接触面が紙】									
	大			中			小		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
μ	0.675	0.7		0.7			0.839		0.754

※斜線は計測不能

μ の値が接触面の材質が同じにもかかわらず条件によって異なっている。つまり、この測定値に基づく摩擦係数 F が物体の重さ N に比例していないということになる。

この原因として考えられる理由は 2 つある。1 つ目はこの結果が

正しく、摩擦力 F が物体の重さ N に比例していないということ。2 つ目は接触面の材質が同じでも表面の様子が面によって異なっていたということ。「消しゴム」という素材が削れやすい、形状が変化しやすいなどの実験の妨げになりかねない性質を多く持つことから考えると後者が原因となったと推察される。

～考察～

実験結果に大きなばらつきがあったことから、摩擦についての実験では均一性とある程度の強度を持つ物体を使用すべきだとわかった。

今回の実験では測定不能という思いがけない結果が生じてしまった。先を見据えて計画的に実験を行うことが必要だと感じた。

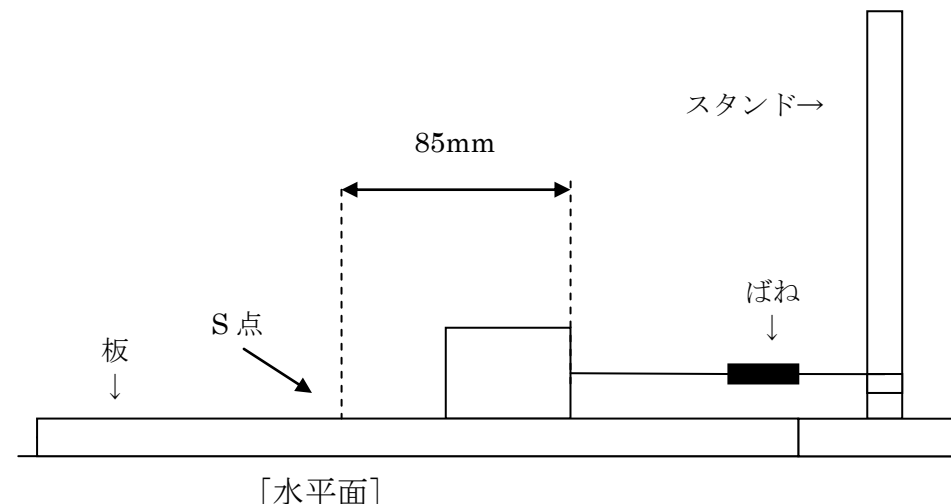
[実験 2－動摩擦係数－]

～準備物～

木片(大・中・小)、電子ばかり、スタンド、直定規、セロハンテープ、綿糸、おもり(25 g・5g)、電子式卓上計算機、板(物体を滑らせるためのもの)

～実験方法～

- ① 使用するばねのばね定数を測定する。
- ② スタンドを水平面上に置き、板をスタンドにテープで固定する。
- ③ スタンドに綿糸とばねを「綿糸→ばね→綿糸」の順になるように結び付ける。
- ④ この綿糸の先に物体(木片)をセロハンテープでとめる。今回の実験で木片を使用したのは、実験 1 の反省に基づき、均一性のある程度の強度を持つ物体をもつ物体を検討した結果である。
- ⑤ 物体を、ばねが自然長を保ちつつ綿糸が張る位置に置く。このとき、綿糸が通る道筋を板上に線で示す。この線は途切れないように板の端まで延長させる。(基準線とする)
ばね両端の位置と物体の綿糸のついた面と水平面との交線に印をつける。(以後「物体の最初の位置」と表記する)
- ⑥ 物体の最初の位置よりもさらにスタンドから 85mm 離れた位置に印をつける(S 点とする)。
- ⑦ S 点まで物体を引き、手を離す。ばねの力で物体が動く距離を計測する。
- ⑧ この測定値から摩擦係数 μ を求める。(詳しい求め方は後ほど)
- ⑨ 条件(接触面積・物体の重さ)を変えて①～⑦を行う。



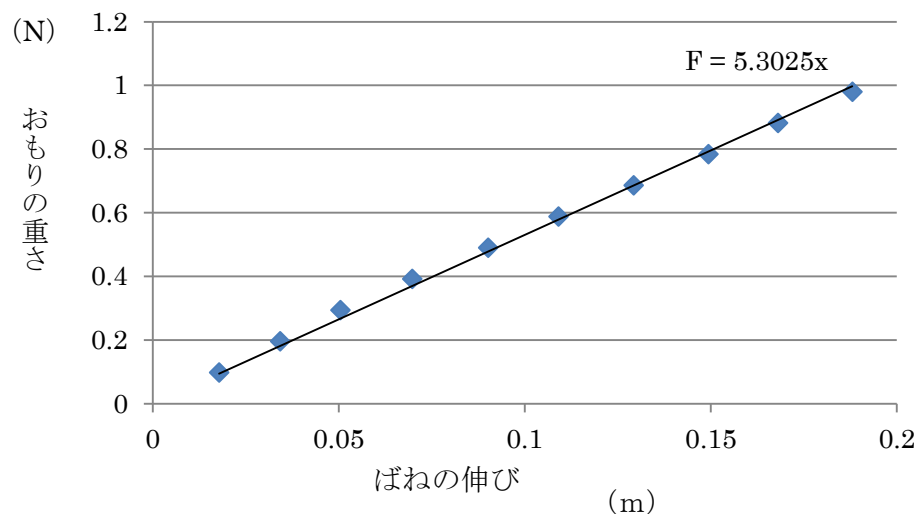
「ばね定数の求め方」

ばねに様々な重さのおもりを吊るし、その時のばねの伸びを計測することでばね定数を求める。

ばね定数を k 、弾性力を F 、ばねの伸びを x とすると、 $F = kx$ となる。 F は弾性力の反作用であるおもりの重さに等しい。 F の値を変えて x を計測し、 k を求める。
その結果が下のとおりである。

ばねに吊るすおもりの重さとばねの伸びの関係

おもりの質量(g)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
力(N)	0.098	0.196	0.294	0.392	0.49	0.588	0.686	0.784	0.882	0.98
伸び(m)	0.0178	0.0342	0.0504	0.0697	0.0901	0.109	0.1292	0.1493	0.168	0.188



上のグラフよりばね定数は 5.3025 である。

「動摩擦力の摩擦係数 μ の求め方」

ばね定数を k 、ばねの伸びを x （今回は 85mm）、S 点から物体が動いた距離を y 、物体の質量を m 、重力加速度を g (9.8m/s^2) とする。

$$kx^2/2 - Fy = 0 \text{ より}$$

$$kx^2/2 = Fy \quad \text{これに } F = \mu N \text{ を代入。}$$

$$kx^2/2 = \mu Ny \quad \text{これに } N = mg \text{ を代入。}$$

$$kx^2/2 = \mu mgy$$

$$\therefore \mu = kx^2/2mgy$$

この式を用いて μ を求める。

使用した物体（木片）のデータ

	大		中		小	
	A	B	A	B	A	B
重さ(N)	0.22		0.20		0.11	
接触面積(m^2)	0.00296	0.00160	0.00151	0.00115	0.00146	0.000818

実験結果

		大		中		小	
		A	B	A	B	A	B
物体の動いた距離 y (cm)	1 (回目)	26.90	25.48	30.85	31.32	48.75	51.82
	2	24.71	25.49	30.29	31.11	50.92	48.74
	3	25.19	25.57	30.34	30.25	48.60	47.71
	4	24.95	25.92	30.21	29.19	47.00	52.09
	5	26.19	25.61	29.97	29.25	51.96	50.96
	6	24.31	26.30	30.12	31.52	49.00	48.92
	7	25.51	26.89	30.65	33.87	48.15	48.27
	8	25.47	26.99	31.54	31.32	49.36	50.93
	9	26.03	26.72	30.53	31.19	47.44	51.47
	10	25.78	27.22	31.70	30.45	49.37	50.63
	平均	25.50	26.22	30.62	30.95	49.06	50.15
μ		0.3414	0.3321	0.3128	0.3095	0.3550	0.3472

結果、 μ の相対誤差は 12.8% となった。

～考察～

まだまだ誤差としては大きいですが実験 1 よりも正確な値が出たのは良かった。

これは、使用する物体が実験 1 の誤差の大きな要因であったことを示すものだと思う。

大・中・小の木片で比較すれば相対誤差は 12.8% となる。だが接触面積で比較すると、どの木片においても非常に近い値が出ている。これは摩擦力が接触面積に左右されないことの裏付けになると思

う。

～結論～

今回の実験の目的であった「摩擦力が物体の重さに比例することの真偽の確認」は実験2を通して真であると確認できた。
実験の計画を綿密に立て、できるだけ誤差の原因になりそうな要因を排除することが、より正確な測定を行うために必要になるとわかった。

～参考資料～

総合物理一力と運動・熱一（数研出版）