

レポート表題

斜面を滑らせる物体の接触面積の大きさや質量と
静止摩擦係数の関係

第1チャレンジ番号：
(※1)

1 5 0 8 0 0 8

(※1) 第1チャレンジ番号を必ず記入してください。

第1チャレンジ番号は、6月中旬頃参加申込者の自宅宛に郵送します。

氏名：杉浦 涼介

学校名又は

卒業校名：つくば市立竹園東中学校 学 年：中2(8年)

学校のある

都道府県名：茨城県 実験をした場所：自宅

共同実験者 (共同で実験を行った人がいる場合に記入してください。)

氏名：

学校名・学年：

実験課題に取り組んだ感想を書いてください。

実験装置を作るのは大変だったが楽しかった。

今回は消しゴムとアクリル板、コピー用紙を使い、接触面積
の大きさや質量を変えたが、それ以外の材質や条件でも実験したい。

参加申込み、および実験レポート送付の際には、下のラベルを切り取り封筒に貼って宛名として利用することもできます。

参加申込書送付用ラベル

実験課題レポート提出用ラベル

〒192-0081

東京都八王子市横山町10-2 八王子SIAビル 2F

(株)教育ソフトウェア内

科学オリンピック共通事務局 物理チャレンジ係 行

(参加申込書在中)

〒162-8601

東京都新宿区神楽坂1-3 東京理科大学内

特定非営利活動法人

物理オリンピック日本委員会 行

(実験レポート在中)

(1) 実験の目的

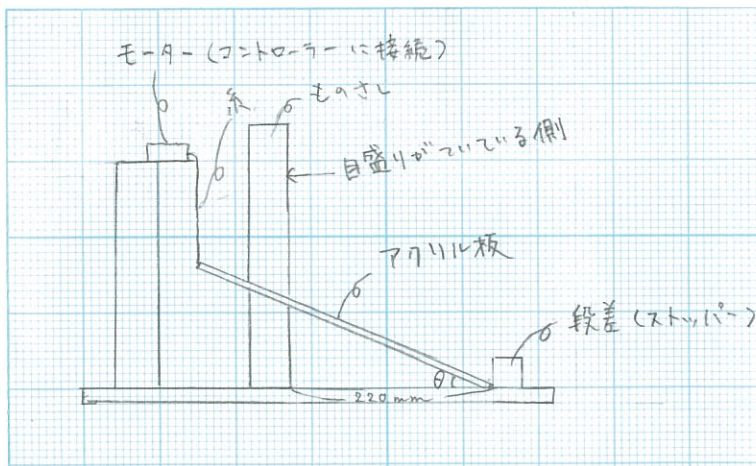
「チャート式シリーズ 新物理」には、『静摩擦係数は、静摩擦力が働く二つの物体の材質のみに依存し、滑らせる物体の接触面の大きさや質量によって変化しない』と書かれていた。このことを自分の目で確かめるため、静摩擦係数が調べられる実験装置を自作する。この装置を使用して、滑らせる物体の接触面の大きさや質量によって静摩擦係数が変化しないかどうか調べる。

また、この実験でもし結果にバラツキが出た場合、それが誤差なのか、本当に静摩擦係数が異なるのかを確認するため、比較対象として、材質が異なる物体の組み合わせでも摩擦係数を調べる。

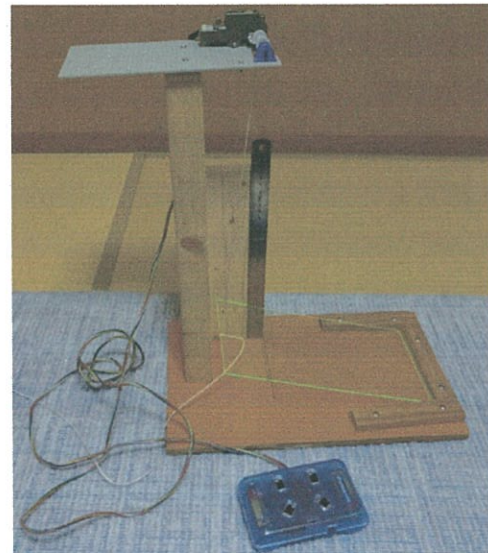
(2) 実験手法

(a) 実験装置

次のような実験装置を作って実験した【図1、写真1】。



【図1】 実験装置の模式図



【写真1】 実験装置

コントローラーで操作可能なモーターで、糸を巻き上げ、床の上に水平に置かれたアクリル板の片方の端を持ち上げるようにした。もう一方の端はストッパーの役割をする段差で押さえるようにした。モーターを止めたときにモーターが逆回転してアクリル板が下がらないように特殊なギアをモーターに取り付けた。図1のように、板が段差で押さえられているところから水平方向に 220mm のところに、持ち上げた板の「高さ (mm)」を測るためのものさしを床に対し垂直に取り付けた。

(b)測定方法

アクリル板の上に消しゴム（トンボ鉛筆製「MONO」PE-07A、新品のものを水洗いして使用）を置き、糸を巻き上げて板を傾け、物体が滑り出した瞬間に装置を止め、そのときのアクリル板の「高さ（mm）」を測定した。

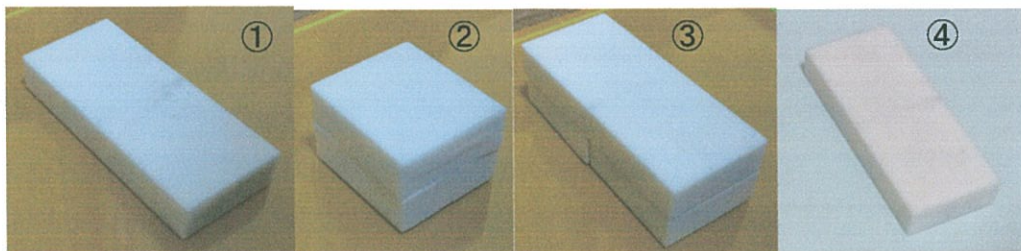
(c)測定原理

消しゴムを置いたアクリル板を、水平状態から徐々に傾けていくと、床とアクリル板との角度がある角度をこえたときに、消しゴムは滑り落ち始める。「チャート式シリーズ 新物理」によると、『物体が坂を滑り落ち始める角度を摩擦角と呼ぶ。摩擦角 θ の正接 ($\tan \theta$) の値が静止摩擦係数に等しい。』ので、この実験の場合は $\tan \theta = (\text{高さ}) / 220$ なので、静止摩擦係数は (高さ) / 220 で求められる。

(d)実験条件

今回の実験では、滑らせる物体（消しゴム）の種類、板の材質を変えて、4つのパターンで実験した【写真2】。

- ①（底面積1・質量1）の消しゴム、アクリル板
アクリル板に消しゴムの広い面を下にして置いた。このときの消しゴムの底面積を1、質量を1とする。
- ②（底面積1・質量2）の消しゴム、アクリル板
アクリル板に消しゴムを置き、その上にさらにもう1つ同じ消しゴムを重ねた。このときの消しゴムの底面積は1、質量は2である。
- ③（底面積1/2・質量1）の消しゴム、アクリル板
半分にカットした消しゴムを②のように縦に2つ積んだ。このときの消しゴムの底面積は1/2、質量は1である。
- ④（底面積1・質量1）の消しゴム、コピー用紙
アクリル板の上にコピー用紙を貼り、その上に①と同じように消しゴムを置いた。このときの消しゴムの底面積は1、質量は1である。



【写真2】滑らせる物体（消しゴム）の種類、板の材質

(3) 実験結果

【表】には、(2) (d)の①～④の4つのパターンに実験条件を変えた場合の、アクリル板の「高さ」の平均値・最小値・最大値、高さの平均値から求めた静止摩擦係数($\tan \theta$)を示した。

この表の「高さ」の平均値に注目すると、②と③は等しく、①と②・③の差は約1mmと小さかった。しかし、①～③と④との差は10mm以上あり、大きな差があった。同様に「高さ」の平均値から求めた静止摩擦係数($\tan \theta$)に注目すると、②・③は等しく①と②・③の差は0.004と小さかった。しかし、①～③と④は差が0.05以上あり、大きな差があった。

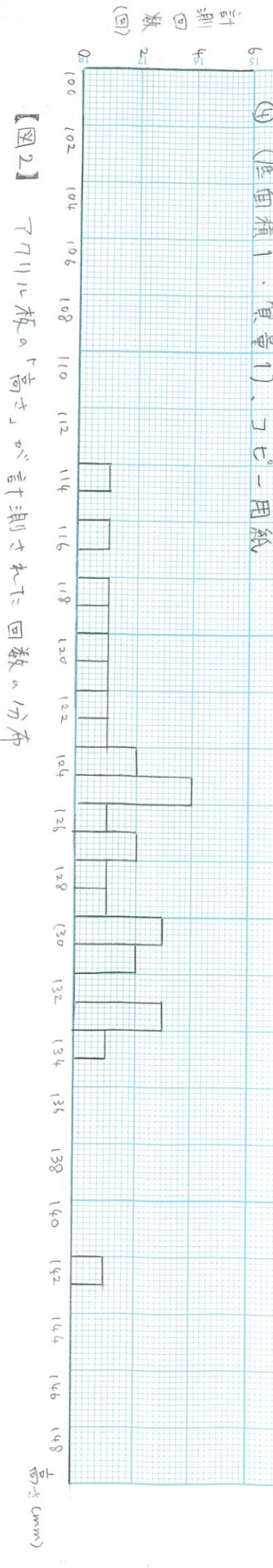
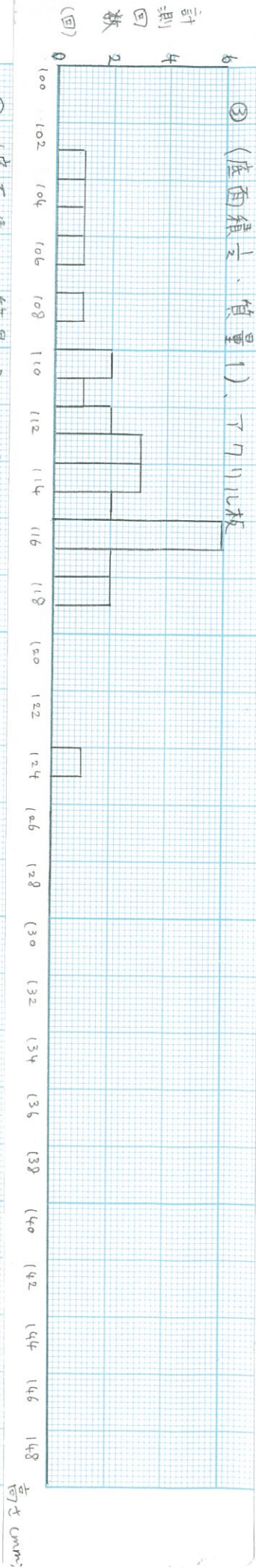
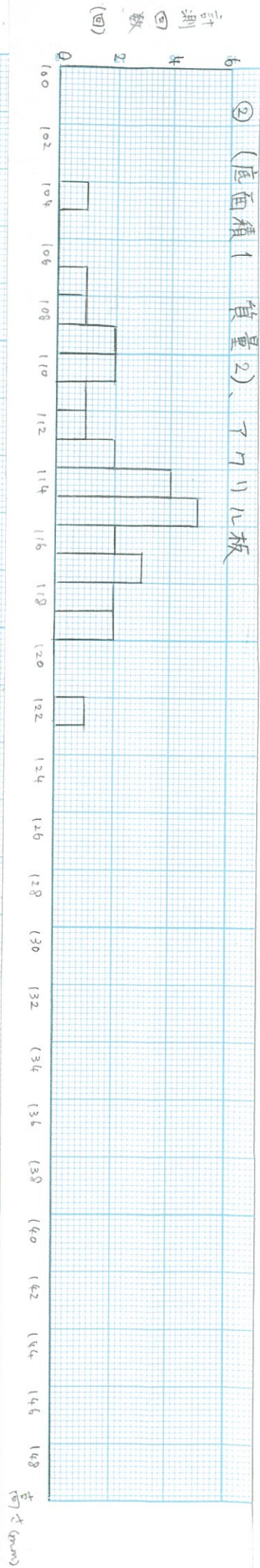
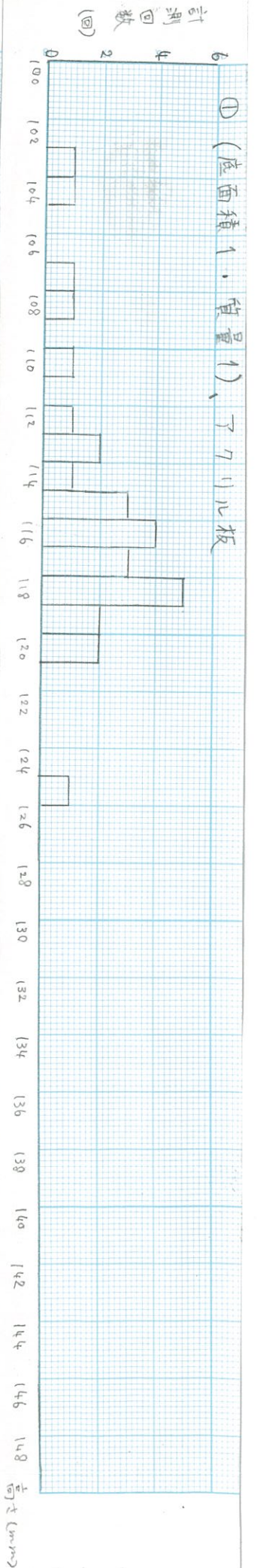
「高さ」の最大値についても、①～③の差は、最大で3mmと、差は小さかった。しかし、①～③と④の差は最小で14mmと、大きかった。「高さ」の最小値についても、①・③は等しく、②と①・③の差は1mmと小さかった。しかし、①～③と④の差は10mm以上で大きかった。

【図2】に、アクリル板の「高さ」が計測された回数の分布を示した。①～③では、114～118mm前後で計測回数が多くなっていた。④では、①～③より全体的に大きく右に偏り124～127mm前後で計測回数が多くなっていた。

このことから、①～③は高さの平均値・最大値・最小値が近いだけでなく、計測値の分布も似ていて、高さの値ほぼ同じということが分かった。①～③に比べ④では、高さの値が大きくなる傾向があることが分かった。したがって、①～③の静止摩擦係数は同じで、④の静止摩擦係数は大きいと考えられた。

【表】アクリル板の「高さ」の平均値・最小値・最大値、高さの平均値から求めた静止摩擦係数($\tan \theta$)

	高 さ (mm)			高さが平均のときの 静止摩擦係数 ($\tan \theta$)
	平均値	最大値	最小値	
① (底面積1・質量1)の消しゴム アクリル板	114.83	125	103	0.522
② (底面積1・質量2)の消しゴム アクリル板	113.86	122	104	0.518
③ (底面積1/2・質量1)の消しゴム アクリル板	113.86	124	103	0.518
④ (底面積1・質量1)の消しゴム アクリル板	126.16	142	114	0.573



【図2】 アクリル板の「高さ」が計測された回数と分布

(4) 考察

①～③の板の高さ（静止摩擦係数）は同じで、④の板の高さ（静止摩擦係数）は大きいことから、静止摩擦係数は、滑らせる物体の質量や底面積が何であっても材質が一定であれば変わらないことが確認できた。アクリル板の「高さ」の平均値や最小値・最大値の差だけでなく、「高さ」の分布を調べると、違いがわかりやすかった。

消しゴムとアクリル板の静止摩擦係数は、①～③を平均した 0.519 で、消しゴムとコピー用紙の静止摩擦係数は 0.573 だった。両者の差は 0.054 でアクリル板よりコピー用紙の方が、静止摩擦係数が大きく、滑りにくかった。手触りでも、アクリル板よりコピー用紙の方が多少ざらざらしているようだった。

(5) 結論

この実験で作成した装置で静止摩擦係数を測定することができた。その測定結果から、物体（消しゴム）が板（アクリル板）の上を滑るとき、接触面の大きさ（底面積）や質量が異なると、静止摩擦係数は多少のバラツキが見られたが、アクリル板からコピー用紙へと材質の組み合わせを変えた時の静止摩擦係数の変化と比べるとこのバラツキは非常に小さいことが示された。また、測定値の分布も似ていることから、このバラツキは誤差と判断できた。

したがって、接触する二つの物体の材質が同じならば、静止摩擦係数は滑らせる物体の接触面の大きさ（底面積）や質量の変化によって変わらないことが確認できた。

(6) 参考資料

「チャート式シリーズ 新物理」数研出版 H22. 4. 1 発行版

(7) 助言者

実験装置の製作にあたって、つくば市立竹園学園竹園東中学校の川俣純先生に助言をいただいた。