

## 動摩擦係数の速度と質量への依存

The kinetic friction coefficient depends on velocity and mass

千葉県立船橋高等学校理数科 3 年  
塩原進太郎

### はじめに（研究背景）

静止摩擦力は加える力によって変化するが、動摩擦力は変化しない。しかし、加える力がある値に達すると静止摩擦力は動摩擦力に変化する。また動摩擦係数は物体の速度や質量に依存しない。それらの動摩擦力や動摩擦係数の独立性に疑問を持ち研究を始めた。今回、動摩擦係数に着目した。最初に動摩擦係数の速度に対する依存、次に質量への依存について調べた。

### 目的

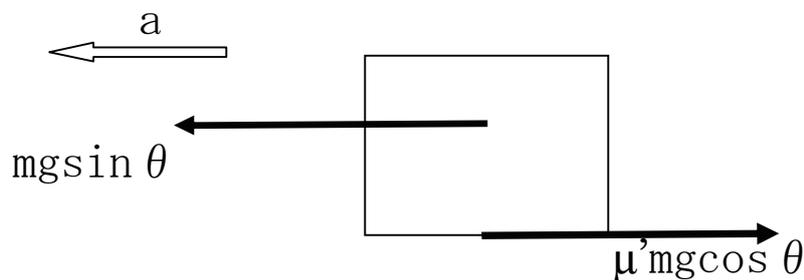
動摩擦係数の速度と質量に対する依存について調べる。

### 方法

#### ・実験概要

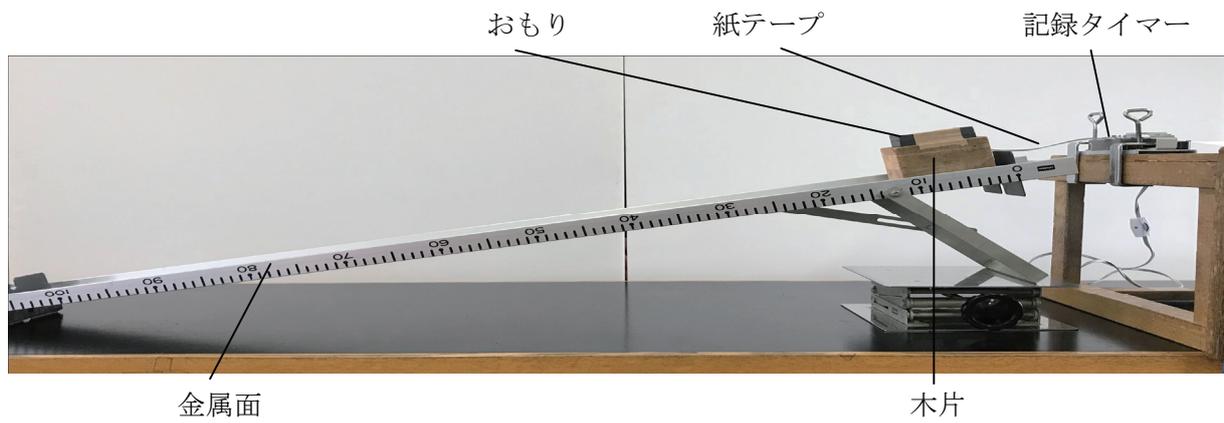
物体が粗い斜面上をすべるとき、加速度は運動方程式を用いて  $ma = mg \sin \theta - \mu' mg \cos \theta$  ゆえに  $a = g \sin \theta - \mu' g \cos \theta$  と表される。ここで  $m$ =物体の質量、 $a$ =加速度、 $g$ =重力加速度、 $\theta$ =角度、とする。 $g \sin \theta$  と  $g \cos \theta$  は一定であり、理論上、動摩擦係数は速度と質量に依存しないため加速度は一定である。よって、動摩擦係数が速度に依存するなら、加速度は一定でなくなる。また、速度への依存が無いと分かれば、同実験で動摩擦係数の質量への依存を確かめることができる。動摩擦係数が質量に依存するなら、各質量によって加速度は変わる。

<斜面上においての力の成分>



#### ・実験方法

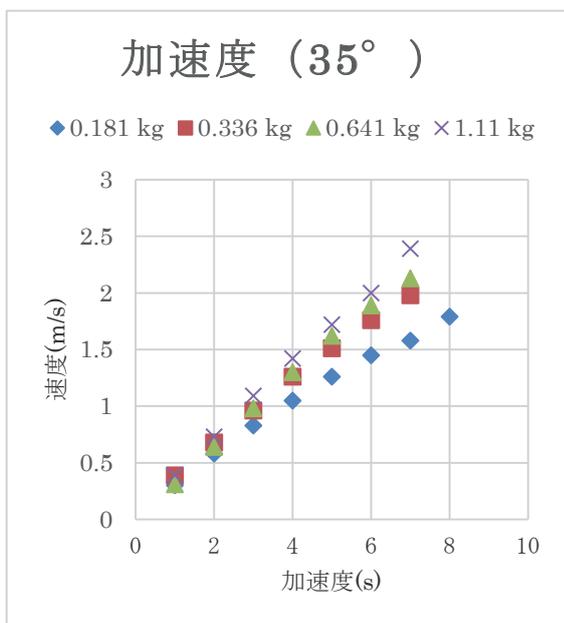
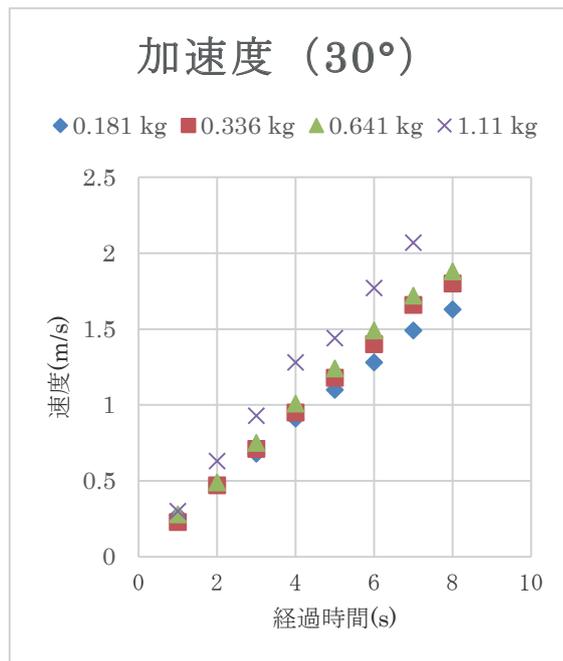
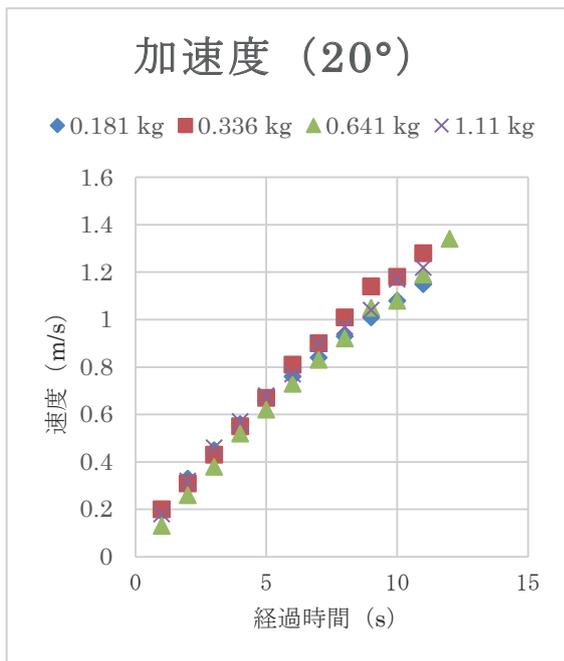
金属面、木片、おもり、記録タイマー、紙テープを用意した。金属面と机の間で角度  $\theta$  をつけ金属面上で木片を滑らせ一定時間の速度を計測し、それらの値から加速度を求めた。このとき木片は加速度運動するので運動の途中で常に速度が変化する。 $\theta$  を  $20^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $35^\circ$ 、木片と重りの合計の質量  $m$  を  $0.181 \text{ kg}$ 、 $0.336 \text{ kg}$ 、 $0.641 \text{ kg}$ 、 $1.11 \text{ kg}$ 、に変え計 12 種類の実験を行った。また、一種の実験につき 3 回実験を行った。



<実験装置>

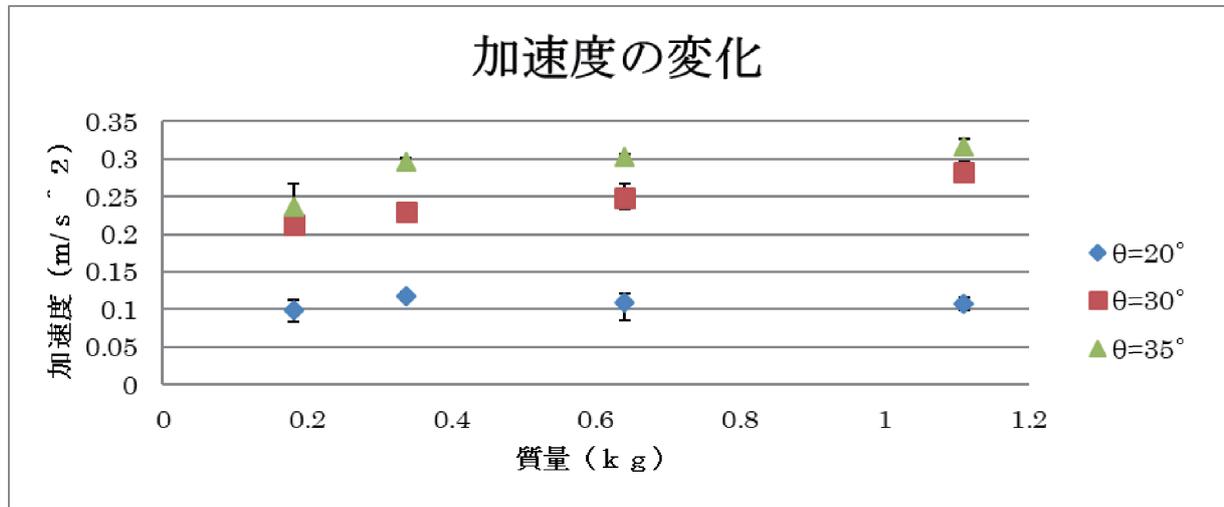
結果と考察

結果 1 動摩擦係数の速度への依存



12 種類のグラフの傾きは一定であった。v-t グラフの傾きは加速度を示すので動摩擦係数は速度に依存しないといえる。よって、動摩擦係数と質量の関係についてまとめることができる。

### 結果 2 動摩擦係数の質量への依存

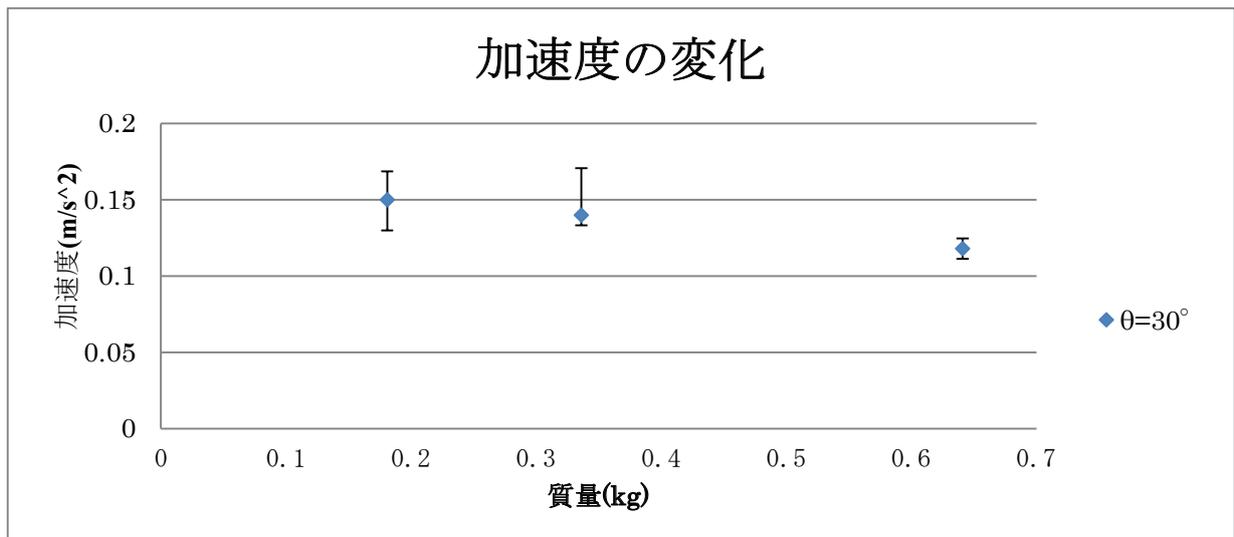


・ θ=20° のとき加速度が一定であった。・ θ=30° 35° のとき正の相関がみられた。  
これらのことから二つの仮説をたてる。

- ① 加速度が大きいとき動摩擦係数は質量に依存する。
- ② 紙テープと記録タイマーの間の動摩擦力  $f$  を考慮する。この時  $f$  は一定である。よって、加速度は  $a = g \sin \theta - \mu' g \cos \theta - f/m$  と表され、質量が増加すれば  $f/m$  は減少し、相対的に加速度も増加する。

### 結果 3 動摩擦係数の質量への依存

そこで仮説②を検証するために、記録タイマーと紙テープを使わずにカメラを用いて加速度を計測した。



- ・ 負の相関がみられた。
- ・  $f$  は結果 2 に影響を及ぼしていた。

これらのことから2つのことが考えられる。

- ① 質量が増加すれば動摩擦係数は増加する。
- ② 結果2で、 $\theta=20^\circ$  のとき加速度が変化しなかったのは質量  $m$  が増加した時、 $\mu'g\cos\theta$  は増加し  $f/m$  は減少し、それぞれの変化量の合計が0になったため。

## 結論

動摩擦係数は速度に依存しない。

動摩擦係数は質量に依存する。

## 反省・感想

今回の課題研究についての反省点はいくつかある。まず、とてもテーマ決めが遅かったことだ。1年生のうちから本研究のことも視野に入れて予備研究を進めておくべきだった。次に、自分ひとりで研究を進めようとしたことだ。自分だけでやろうとすると実験方法や考察が独りよがりになってしまう。先生やクラスメイトと議論しながら研究を行うべきである。そうすることで自分の研究内容を客観視でき問題点や新たな疑問が見つかるかもしれない。私は最初の頃は先生に相談せずに研究を進め、夏休みに行った実験すべてが水泡に帰した。最後に、実験精度が低かったことがあげられる。単純なデータ数不足やデータの誤差や実験条件が限定的すぎることなどたくさんの改善点がある。これらのことを反省して次に活かしたいと思う。また、反省点ばかりでなくよかった点もあった。それは発表のスキルが上がったことだ。どんなに研究内容が素晴らしくてもそれを相手に伝えられなければ意味がない。そのためには事前に来そうな質問を考えた研究内容をしっかり隅まで把握したりすることが大切であると思う。

今回の課題研究を通して理科的な考え方を学ぶことができ、英語での発表も体験できた。これらの経験はこれからの人生で役立つと思う。課題研究をやり通すことができてよかった。