

流体の抵抗について

竹内 達基 森分 優
指導教員 中島 覚 戸田 洋平

要約

物理の重力加速度を測る実験をした時、その値が小さくなり原因が空気抵抗であることを知り、空気抵抗について興味を持った。だから、私たちは、流体の抵抗について、調べることにした。目的は物体が動いた時に空気抵抗が生じるのか、ということと、物体の形がどのように空気抵抗に影響するのかということ。実験では、自分たちで製作した四角錐を使用し、速度を測り、空気抵抗の公式を作り、空気抵抗の受けやすさを比べた。結果、表面積が小さく、形が鋭い方が空気抵抗を受けにくいことが分かった。だから、みなさんが自転車でもより加速した時は体を前にかがめた方がいい。また、水中での抵抗についても調べようとしたが速度をうまく測ることができず失敗した。

Abstract

In a physics class when we did an experiment where we measured gravitational acceleration, and we came to be interested in aerodynamic drag. We decided to find whether the movement of an object causes aerodynamic drag, and how variations in an object's shape affect it. We made different square pyramids, made formulas for aerodynamic drag, and compared aerodynamic drag on the pyramids. We found that the smaller an object's surface area is, and the sharper the object is, the less aerodynamic drag acts upon it. This tells us that, if you want to gain speed while riding a bicycle, you should lean forward in order to make your body smaller. In a follow-up, we tried to do research on hydrodynamic drag, but we failed to get a precise measurement.

キーワード

空気抵抗 自由落下 重力加速度 終端速度 抵抗係数
四角錐

Keywords

Aerodynamic drag, free fall, gravitational acceleration, terminal velocity, drag coefficient.

1. 序論

物理の授業で重力加速度を測る実験のとき、値が 9.8m/s^2 にならず、原因の一つに空気抵抗があることを知り、抵抗について興味を持った。また、空気抵抗は身近に感じることができるが、物理の問題では空気抵抗など流体の抵抗については考えずに計算するが実際に抵抗は存在するので抵抗について興味を持った。

2. 本論

私たちは、空気抵抗は物体の表面積が小さいほど受けにくく、物体の形が鋭いほど受けにくいのではないかと考え、二つの実験をした。

※最初、球状で実験していたが、落下面は安定するが、大きさや質量を変えることが難しい。だから、大きさや質量を変えて実験するために落とす物体を型紙で制作した。

円錐でも実験してみたが、制作をするのが難しく落下が安定しないので、四角錐で実験することにした。

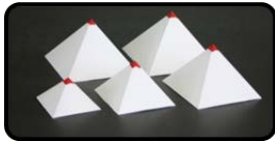
実験1 (面積が違うとき 空気中)

相似である型紙で制作した四角すい五つを自由落下させ終端速度を調べ、物体ごとに空気抵抗の公式を作り、空気抵抗の受けやすさを比較する。

実験器具

型紙で制作した四角すい ビデオカメラ

位置測定のためのメジャー



<速度の出し方>

まずビデオカメラで撮影した映像のコマごとの位置を測定する。

コマとコマの間の時間は60分の1秒なのでコマごとの変位を割ると速度になる。

<空気抵抗の公式の作り方>

空気抵抗 (R), 速度 (v), 抵抗係数 (k) とすると, 空気抵抗の公式には $R=kv$, $R=kv^2$ の二つがある。空気抵抗と物体にかかっている重力とがつり合っている終端速度を測ることで係数 (k) を求めるこの公式を作る。1乗, 2乗のどちらに比例しているのか分からないので, 物体の質量を重くし, 作った公式から終端速度を予測する。そして, 実際に物体を落とし, 終端速度を測り, 予測に近似している方を空気抵抗の公式とする。

<終端速度の測り方>

速度が加速していないところを終端速度とした。

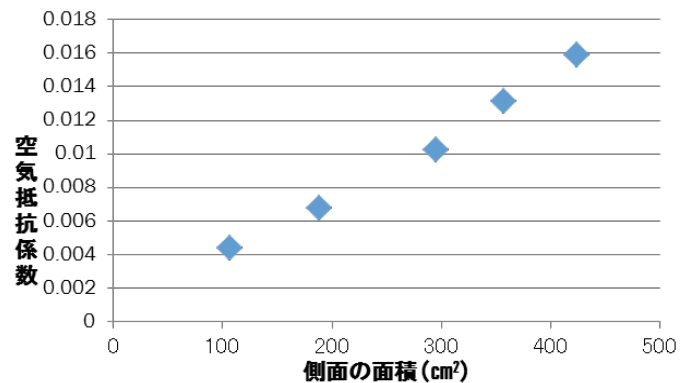
結果

今回の四角錐の空気抵抗の公式はすべて速度の2乗に比例するものであった。そして, 小さいものから

$$R=0,0043v^2 \quad R=0,0067v^2 \quad R=0,0102v^2 \quad R=0,0131v^2$$

$$R=0,0159v^2 \quad \text{となった。}$$

係数と側面の面積との関係↓



空気抵抗の公式の係数が大きいほうが同じ速度でも空気抵抗を大きく受ける。

物体の表面積が大きいほど係数が大きくなっており空気抵抗を受けやすいということが分かる。

実験2 (鋭さが違うとき 空気中)

実験1と同じように空気抵抗の公式を作り抵抗の受けやすさを比べようとしたが, 天井から自由落下させるのでは終端速度までいかなかった。だから, 表面積, 質量の同じ四角すいを自由落下させ速度の変化を調べ空気抵抗の受けやすさを比較することにした。

実験器具

型紙で制作した四角すい ビデオカメラ

位置測定のためのメジャー



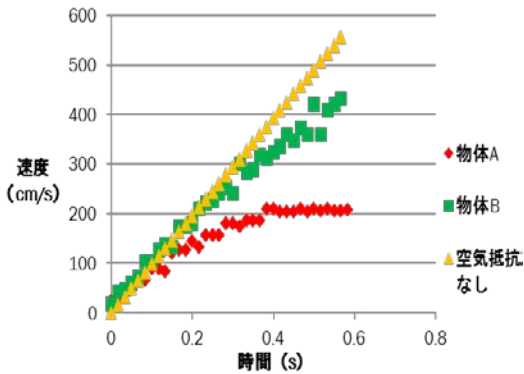
<速度の出し方>

まずビデオカメラで撮影した映像のコマごとの位置を測定する。

コマとコマの間の時間は60分の1秒なのでコマごとの変位を割ると速度になる。

結果

v-t図



鋭くない→物体A 鋭い→物体B

物体Aは終端速度までいっているが、鋭い物体Bはまだ加速しているので、物体Bの方が空気抵抗を受けにくい。よって、形が鋭いほうが、空気抵抗を受けにくいことがわかる。

※実験1,2のように空気中では重力を受け物体は加速しており終端速度が大きくなるので、室内で速度を求めることが難しくなる。だから、次は物体が浮力を受け加速度の小さい水中での実験をすることにした。

実験3 (水による抵抗)

水中でゴルフボールを自由落下させその速度を出し、散布図(時間と速度の)を作成する。そして、そのグラフを微分することで加速度のグラフを作り、加速度の変化を比べることで水による抵抗の変化を求める。

<速度の出し方>

まずビデオカメラで撮影した映像のコマごとの位置を

測定する。

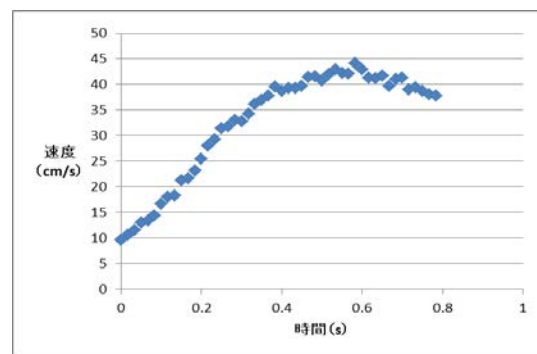
コマとコマの間の時間は60分の1秒なのでコマごとの変位を割ると速度になる。

<加速度の出し方>

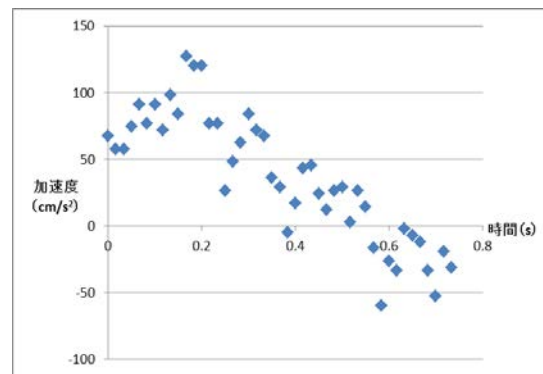
速度のグラフを時間で微分して出す。

結果

v-t図



加速度の変化のグラフ



速度のグラフでは0,6(s)ぐらいから加速度が負となり、おかしい。速度のグラフが正確でないのは光の屈折を考慮しなかったためである可能性がある。

速度を微分して加速度を出すのは速度のグラフが正確でなかったためうまくいかなかった。

<今後の課題>

水中での抵抗を出すときに光の屈折を考慮せず速度が正確に出せず抵抗比べることができなかつたため、光の屈折を考えた上で速度を出せるようにしたい。

今回の実験では速度の2乗に空気抵抗が比例していたが1乗に比例する空気抵抗もあるのでその違いがなぜ起こるのか調べたい。

3. 結論

実験 1, 2 の結果より、空気抵抗の大きさは、物体の表面積が小さく、その形が鋭いほど、小さくなることが分かった。

4. 参考文献

数研出版「物理」

5. 謝辞

今回この実験に対し、ご指導して下さった岡山大学環境理工学部教授の西山先生、TA の児谷先生に対し感謝申し上げます。ありがとうございました。