要約

水中を落下する物体の終端速度を、家にあるような「身近なもの」で計測し、それらの結果から物体の形状・体積・密度の違いによる終端速度の推移を考察するため、Ⅰ 物体の素材・形状選定
Ⅱ 終端速度測定方法検証
Ⅲ 終端速度測定 の3段階の実験を行った。

Ⅰでは家にある「身近なもの」の中から終端速度を測るのに適した形状・素材の物としてアルミカップ、シリコンカップを選定。

Ⅱでは Ⅰより選定されたシリコン・アルミカップのうち変形しにくく扱いやすいシリコンカップを用いて終端速度の測定が可能であることを検証した。

Ⅲでは Ⅱの方法を用いてアルミカップ6号、アルミカップ8号、シリコンカップ6号の3つの物の水中での終端速度を測定し、密度・形状・体積・質量の違いによる終端速度の変化を考察した。

Ⅰ・Ⅱ・Ⅲより結論として、水中を落下する物体の終端速度は、質量、体積・密度・形状などの要因が重なり合って決まることが分かった。

(1) 実験の目的

Ⅰ 物体の素材・形状選定実験

Ⅱ 終端速度 測定方法検証

Ⅲ 終端速度 測定

以上の3段階の実験を通して
水中を落下する物体の終端速度を
家にあるような「身近なもの」で計測し，
それらの結果から物体の形状・体積・密度の
違いによる終端速度の推移を考察する。

(2) 実験方法

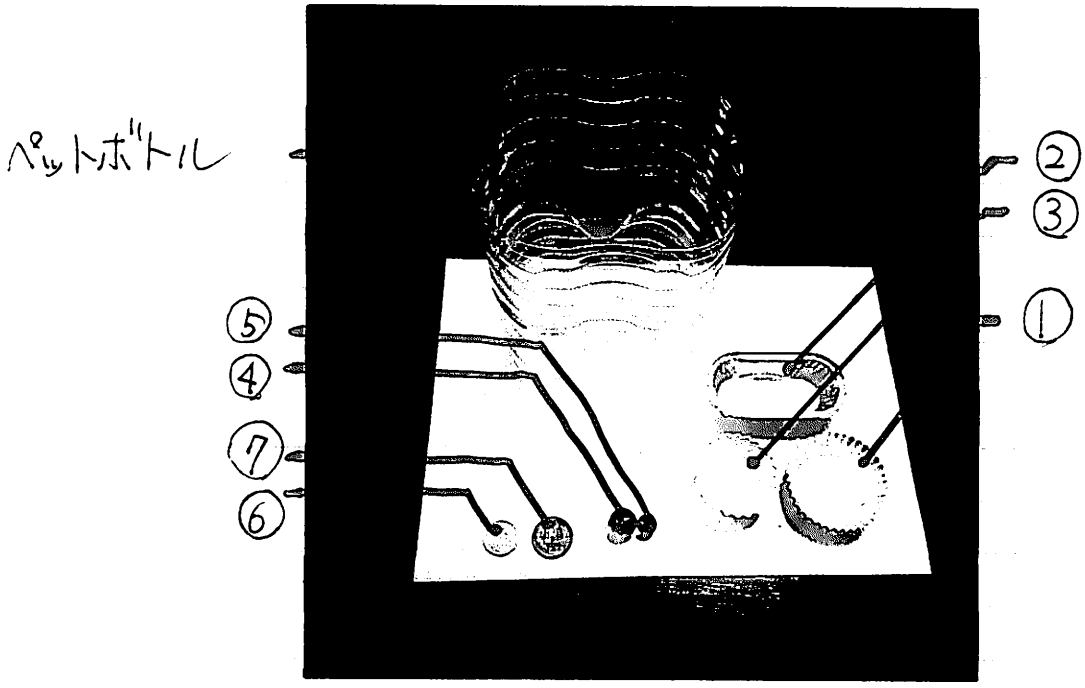
Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ の実験を行い研究を進めた。

Ⅰ 物体の素材・形状選定実験

…家にある「身近なもの」の中から終端速度を測るのに適した形状・素材の物を選定する。

① アルミカップ
② アルミカップ（長細い）
③ シリコンカップ
④ ビー玉大
⑤ ビー玉小
⑥ 一円玉
⑦ 十円玉

以上の7つの物を，実際にペットボトルに水を入れてその中に落とし，落ち方を目視で観察する。



（写真1）利用したもの一覧

Ⅲ 終端速度 測定方法 検証

… Ⅰより選定されたシリコン・アルミカップのうち

変形しにくく扱いやすいシリコンカップを用いて，

終端速度の測定が可能か検証する。

1. 直径9.5cm 高さ30.5cmの円筒の容器を水で満たす。（耐熱ガラス）← より透明度が増し，目盛を読みやすくするため。

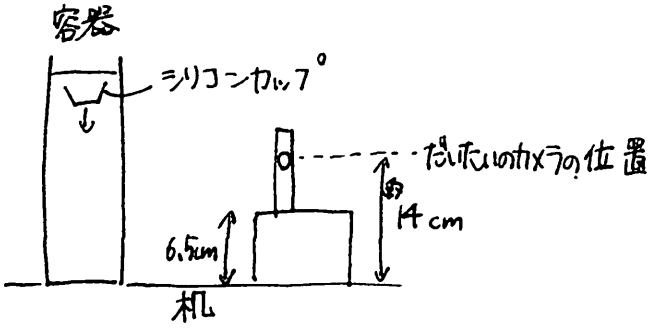
2. 1の容器の中に※1竹定規(50cm)を垂直に立て，セロハンテープで固定する。

3. 1の容器全体が映るように，高さ6.5cmの台の上にカメラを固定する。

4. シリコンカップを1の容器の中に完全に沈め，高さ26cmのところから水平にして静かに落とす。その際に，カメラの連写キー（0.1s 間隔）のボタンを押す。

5. ※2カメラの高さと同じくらいになると考えられる15～12cm(机から)あたりの0.1秒おきに落ちる長さを記録する。

（イメージ図）



※1 竹定規(50cm)の最小目盛は0cm以上10cm以下が1mm，10cm以上50cm以下が2mmである。

※2 カメラの高さよりさらに高い・低いところは正確な目盛りを読むことができないため。

Ⅲ　終端速度測定

…　① アルミカップ(6号)　② アルミカップ(8号)

③ シリコンカップ(6号)

以上3つの物の水中での終端速度を測定する。

1. Ⅱと同様の方法を用いて
   ① アルミカップ(6号)
   ② アルミカップ(8号)
   ③ シリコンカップ(6号)
   の一定時間あたりに落ちる距離を記録する

2. 1の結果から終端速度を計算する

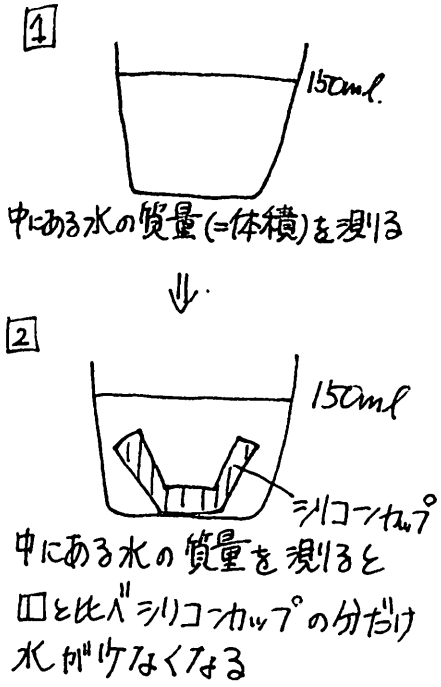
3. ①.②.③のそれぞれの
   質量・体積・密度を求める。

(i) 質量
・キッチンスケールを使って実測する。
※①②に関しては1つの質量が小さく単体での測定が不可能なので
①は20枚,②は10枚の質量を計測し,その平均値を質量とする。

(ii) 体積

- ③は以下の方法を用いて実測する。

<イメージ図>



1'. 計量カップをキッチンスケールにのせ 0表示にする

2'. 1'の計量カップの150mLの目盛りのところまで水を入れる

3'. 2'の質量を記録する

4'. 計量カップを空にして，キッチンスケールの上にのせ③シリコンカップを入れてから 0表示にする.

5'. 4'の計量カップの150mLの目盛りのところまで水を入れる

→ 容器のギリギリまで水を入れると表面張力がはたらき正確な値が出せないため。

6'. 5'の質量を記録する

7'. 水の質量(g)は体積($1cm^3$)と等しいことより 3'と6'の差分が③シリコンカップの体積である

- ①.②に関しては1枚の体積が小さすぎるため上記の方法が使えない。よって，(i)質量と(iii)密度の値から計算して体積を割り出すものとする。

(iii) 密度

- ③は (i)，(ii)ででた値から密度を割り出す。
  (質量÷体積＝密度)

- ①.②は，アルミニウムでできているので
  ※アルミニウムの密度 $2.70g/cm^3$ とする。
  ※参考資料「未来へひろがるサイエンス1」より

(3) 実験結果

I 物体の素材・形状選定実験　5月5日 7:30 ~8:30 実施

観察した観点 / 落とした物	速さ (ゆっくり←→速い 1・2・3・4・5)	落ちたときの様子	備考
① アルミカップ	1	・何回落としても似たような軌道を通り落下 ・安定していた ・すぐに一定の速さになっているようだった。	アルミカップは変形しやすいので水中に入れる時形がゆがまないよう注意が必要だった。
② アルミカップ(長細い)	1	・ペットボトルの側面にひっかかりやすかった。	
③ シリコンカップ	2	・何回落としても似たような軌道を通り落下 ・安定していた ・すぐに一定の速さになっているようだった。	アルミカップと違い変形しにくいので扱いやすかった。
④ ビー玉 大	5	・同じ軌道を通り落下	ガラスなので、落とすときに注意が必要だった。
⑤ ビー玉 小	5	・同じ軌道を通り落下	④と同様、ガラスなので落とすときに注意が必要だった。

⑥一円玉	4	・落とす角度によって，落ち方が変化した。	
⑦十円玉	5	・落とす角度によって落ち方が変化した。	

Ⅲ 終端速度測定方法検証

5月6日 6:15～8:00 実施　（水温　31.4℃）

経過秒数(秒)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
底からの高さ(cm)	14.80	14.20	13.60	13.00	12.40	11.80
0.1秒間の位置の変化		0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

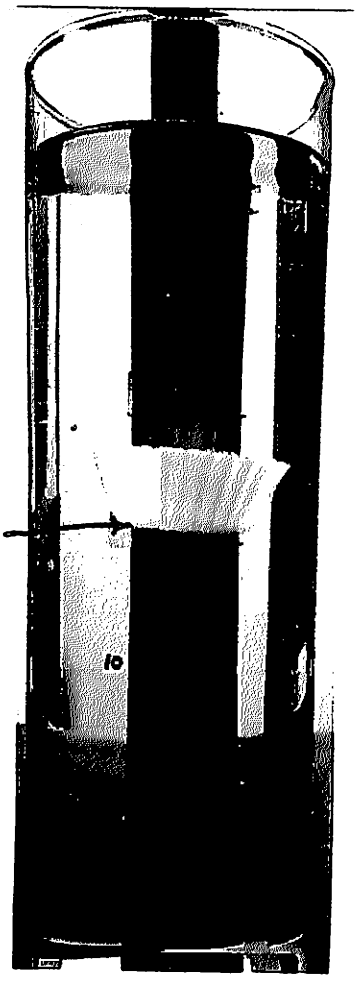
(P.10 参照.)

※ 経過秒数は記録をはじめた14.80cmの時刻を0秒とする。そこから0.1秒おきに計測した。

※ 底からの高さを計測した時に利用した竹定規の最小目盛は0.2cmである。
（10cm以上50cm以下のとき）

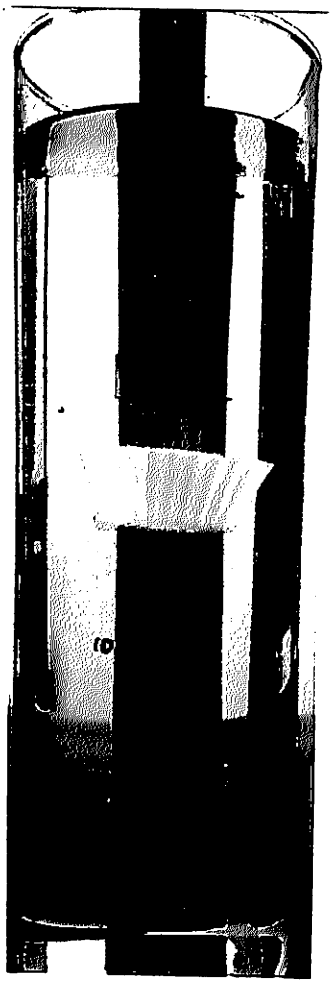
経過秒数

0s

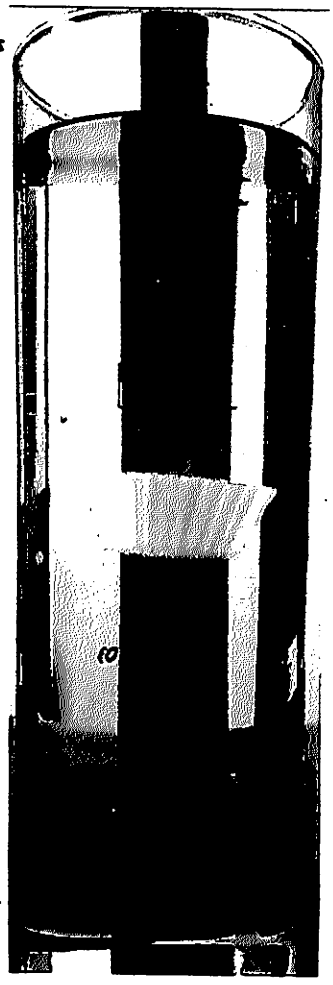


左の目盛りで測定

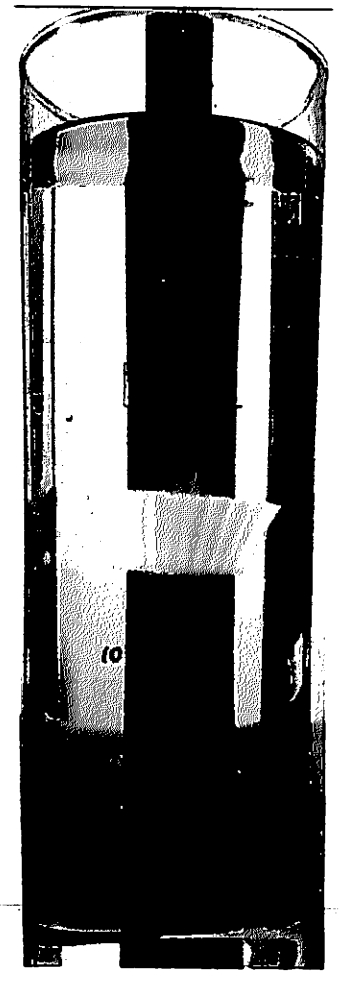
0.1s



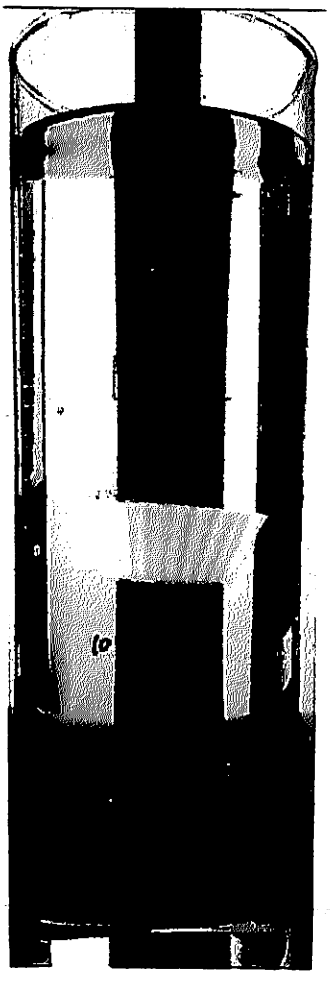
0.2s



0.3s



0.4s



0.5s

四 終端速度測定

6月2日 4:30～6:00 （水温 24.4℃）

① アルミカップ 6号

経過秒数（秒）	0	0.5	1	1.5
底からの高さ（cm）	14.00	13.40	12.80	12.20
0.5秒間の位置の変化		0.60	0.60	0.60

表より　0.60 ÷ 0.5 = 1.2

よって，①アルミカップ6号の終端速度は

※ 1.2 cm/s

6月2日 4:30～6:00 （水温 24.4℃）

② アルミカップ 8号

経過秒数（秒）	0	0.6	1.2	1.8
底からの高さ（cm）	14.00	13.50	13.00	12.50
0.6秒間の位置の変化		0.50	0.50	0.50

表より　0.50 ÷ 0.6 = 0.83…
≒ 0.8

よって ② アルミカップ 8号の終端速度は

※ 0.8 cm/s

6月2日　4:30～6:00　（水温24.4℃）

③ シリコーンカップ　6号

経過秒数(秒)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
底からの高さ(cm)	14.80	14.20	13.60	13.00	12.40	11.80
0.1秒間の位置の変化		0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

表より　$0.60 \div 0.1 = 6$

よって ③ シリコーンカップ6号の終端速度は

※ 6 cm/s

※ 速度は，鉛直方向下向きを正として考えるものとする。

(i) 質量

① アルミカップ 6号

20枚で 2.7g
よって，1枚あたりの質量は，
2.7 ÷ 20 = 0.135
≒ 0.14　　0.14g

② アルミカップ 8号

10枚で 2.0g
よって，1枚あたりの質量は，
2.0 ÷ 10 = 0.20　　0.20g

③ シリコンカップ 6号

1枚の質量 3.2g

(ii) 体積

① アルミカップ 6号

(i)，(iii)の結果より　$0.14_{(g)} \div 2.70_{(g/cm^3)} = 0.0518\cdots$
$\fallingdotseq 0.052\ cm^3$

② アルミカップ 8号

(i)，(iii)の結果より　$0.20_{(g)} \div 2.70_{(g/cm^3)} = 0.0740\cdots$
$\fallingdotseq 0.074\ cm^3$

③シリコンカップ6号

1 水のみの質量　147.1g

2 シリコンカップ分を除く水の質量　145.5g

1 − 2 より　147.1(g) − 145.5(g) = 1.6(g)
水 1g = 1cm³ であるから ③シリコンカップ6号の体積は，
1.6cm³

(iii) 密度

① アルミカップ6号　※ 2.70 (g/cm³)

② アルミカップ8号　※ 2.70 (g/cm³)

※「未来へひろがるサイエンス1」より

③ シリコンカップ6号

(i), (ii) の結果より，　3.2 ÷ 1.6 = 2.0 (g/cm³)

(i)・(ii)・(iii) を表にまとめると以下のようになる。

	質量(g)	体積(cm³)	密度(g/cm³)
①アルミカップ6号	0.14g	0.052cm³	2.70 g/cm³
②アルミカップ8号	0.20g	0.074cm³	2.70 g/cm³
③シリコンカップ6号	3.2g	1.6cm³	2.0 g/cm³

(4) 考察

I 物体の素材・形状選定実験

家にあるものを利用して水中の終端速度を計測するため，落下させる物体は以下のA・Bの条件を満たすものが良い

A： 高さ30cm程度の区間で終端速度に達するもの。

B： 0.1秒間隔の連写キーで速度が測れるもの。

A，Bの条件をふまえて考えると，

まず，⑥一円玉と⑦十円玉は真っすぐに落下せず落とし方により落ち方が変化してしまうため，正確な速度が測れない。よって，不適。

次に④ビー玉大と⑤ビー玉小は落ち方は一定だが，速さがバラバラなので測定するには速すぎるためBを満たさない。よって不適。

②アルミカップ(長細い)は落下するとき側面にひっかかる恐れがあり，正確性に欠ける。よって不適。

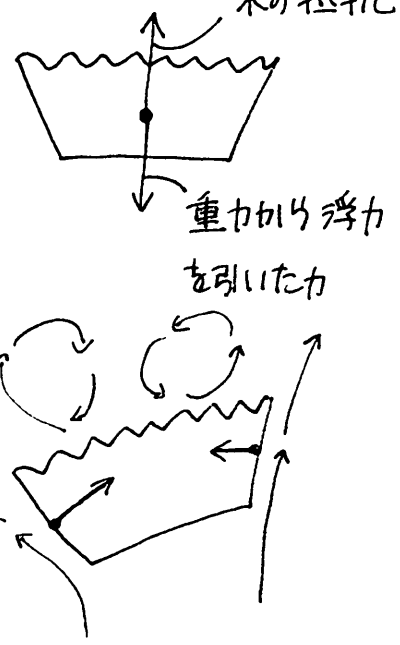
①アルミカップと③シリコンカップは，速さも比較的ゆっくりであり，かつ30cmの区間内で一定の速さになっているようだった。この2つはA・Bの条件をともに満たしていると考えられる。

したがって①アルミカップと③シリコンカップを選定する。

Ⅱ 終端速度測定方法検証

実験結果の表より、一定時間内に同じ距離だけ落下しているので、シリコンカップは等速直線運動をしている。したがって、シリコンカップが終端速度に達していると言える。

※〈イメージ図〉



水中をシリコンカップが落下するとき水の抵抗・浮力・重力の3つの力がつり合うと終端速度に達する。仮にカップが傾くと右図のように水平に戻そうとする力が働き、結果的に安定した水平状態に戻ると考えられる。

※ http://www.jsme-fed.org/ より

よって、終端速度測定方法が検証されたので同様の方法を用いて、Ⅲの終端速度測定を行う。

Ⅲ 終端速度測定

P.11～12の結果より

①アルミカップ6号より③シリコンカップ6号の方が速度が大きいことが分かる。③は①より密度は小さいが，厚みがあるので体積は大きい。よって質量は③の方が大きかった。

①，③の形状はほぼ同じ（6号規格）だが，③の方の質量が大きいため，③の方が①より終端速度が大きくなったと考えられる。以上より，同じ形状であっても，物体は質量の違いによって終端速度が変わるといえ，この場合は，質量が大きい程終端速度も速くなることが分かった。

大き

P.14の結果より ①アルミカップ6号と②アルミカップ8号（密度が同じ場合）を比較すると

質量 ①アルミカップ6号 < ②アルミカップ8号

体積 ①アルミカップ6号 < ②アルミカップ8号

となった。しかし，今回は前述と異なり，終端速度は質量，体積が共に小さい①アルミカップ6号が大きくなった。

これは、②の底面積が①よりも大きいために起こった逆転現象だと考えられる。

また、Ⅱのシリコンカップの終端速度とⅢのシリコンカップの終端速度と比べたとき、

Ⅱは水温31.4℃のとき6.0cm/s

Ⅲは水温24.4℃のとき6.0cm/sであり

速度は変わらなかった。

これより今回の実験において、この程度の水温差は終端速度に影響をおよぼさないと言えることが分かった。

(5) 結論

Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ の実験より

水中を落下する物体の終端速度は,

質量, 体積, 密度, 形状 などの要因が

重なり合って決まることが分かった。

(6) 参考資料

- 一般社団法人 日本機械学会 流体工学部門

  http://www.jsme-fed.org/

- 理系脳をきたえる! Newton ライト 物理のきほん 力学編
- 未来へひろがるサイエンス 1 (啓林館)

(7) 謝辞

この研究を進めるにあたり、支えて下さった全ての方々に感謝します。

本当にありがとうございました。