

## 2 「液体と固体 PART 4 ～物の転がる速さの違い～」

沼津市立愛鷹中学校  
3年 高階 有輝斗

### 1 研究の動機

私は、小学校の理科の授業で斜面から球を転がす実験をした。実験のとき、球が転がる様子を見て、物の転がる速さに関係している条件は何かと身近な物を使い3年前から調べている。

### 2 実験に使用するもの

※坂の高さは 10cm

- |                                |               |
|--------------------------------|---------------|
| (1) 長さが縦 180.0 cm 横 30.5 cm の板 | (8) 水道水       |
| (2) 酒の容器 (中に水等を入れて転がす)         | (9) 水道水で作った氷  |
| (3) フィルムケース (中に水を入れる)          | (10) 食品包装用ラップ |
| (4) 本や箱 (高さを調節するため)            | (11) アルミホイル   |
| (5) はかり                        | (12) 布        |
| (6) 定規                         | (13) 綿        |
| (7) タイムウォッチ                    | (14) 砂糖       |

### 3 参考にした本

「ころりん」ー 仮説社 島野公利・小出雅之・宮地祐司 共著

### 4 研究の方法

- (1) あらかじめ用意した液体・固体から比較するものを酒の容器に移し替える。
- (2) 選んだものの質量を量る。
- (3) 予想をたて、坂の上から容器を2つ同時に転がし結果を書く。
- (4) 実験の結果から気付いたことをまとめる。
- (5) 転がりと関係のあることを発見した場合、何度も確かめる。

### 5 実験 1 転がると落ちる・滑る

#### (1) 実験その1 「90° の斜面」

ア 目的 物体が「90° の斜面を下る」=「落下をする」とき、速さは「転がる」ときに比べてどのように変化するかを調べる。

イ 準備 容器水 (水 200g 入り)、容器氷 (氷 200g 入り)、容器空 (中身無し)

ウ 方法 斜面の高さが 5、10、15、20、25、30、35、40、45、50cm のときの速さを計り、速さの変化をグラフに表すことで高さ 180cm のときの速さを予測する。その後、実際に高さ 180cm で実験を行い予測の値と比較する。

エ 予想 5~50cm のときの値から、グラフを作って容器水:0.60 秒、容器氷:0.75 秒、容器空:0.73 秒と予測した。

オ 結果 水:0.5950 秒、氷:0.5945 秒、空:0.5940 秒

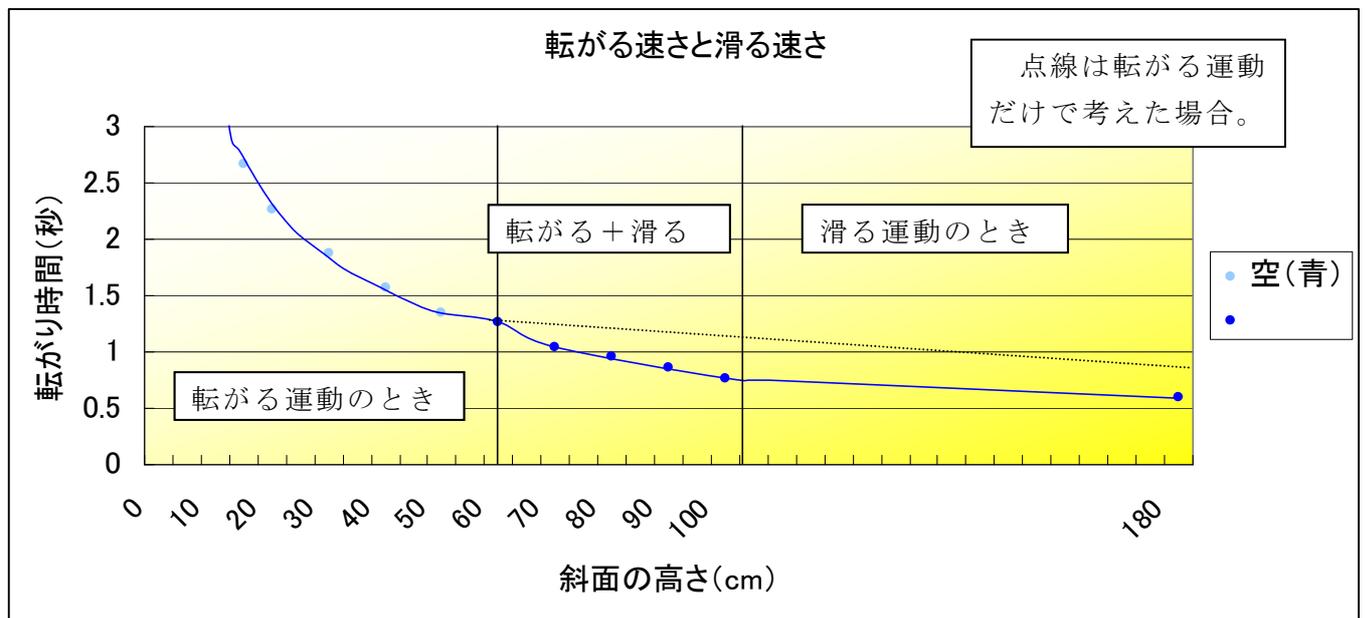
予測に比べて3つとも速く、中身による速さの変化がないことがわかった。

中身による速さの変化がなかったのは容器が回らず、落下したためであり、予測はそのことを考慮しなかったのが結果と異なる原因の1つであると思われるが、予測よりも速さが大きくなった原因がわからないため、60、70、80、90、100cm でも計測を行うことにした。

#### (2) 実験その2 「急な斜面」

ア 目的 急な斜面上での物体の運動を調べる。

- イ 準備 容器水（水 200g 入り）、容器氷（氷 200g 入り）、容器空（中身無し）
- ウ 方法 斜面の高さが 60、70、80、90、100cm のときの速さを計り、各高さごとの値を細かくグラフに表すことで、急な斜面上での速さの変化を調べる。
- エ 予想 5~50cm の値と 180cm の値から、斜面の高さが増すにつれて転がり時間がなだらかに減少していく、グラフ上で 1 曲線になる速さの変化だと考えた。



オ 結果 上のグラフは容器空の速さ変化の様子である。容器空は 60cm あたりまで斜面上を転がる運動を行い、グラフは弧を描く。その後転がる運動から滑る運動へ移り変わっていきながら速さを大きくしていく。100cm からは斜面を滑る運動を行い、速さの変化を小さくしながらグラフはほとんど水平な直線を描いている。

転がる運動から滑る運動に移り変わるときに速さが大きくなる理由は、容器が回転するときのエネルギーや摩擦、容器と中身の間に起こる摩擦が小さくなっていくからだと思われる。完全に滑る運動になったあとは回転時に起こっていた摩擦をほとんど減らしてしまったためになかなか速くならなかったのだと思う。

物体の持つ位置エネルギーは約 70%が運動に使われるエネルギーに、約 30%が物体の回転に使われるエネルギーに変わるらしい。滑る運動に入ったとき速さが大きくなる原因は回転に必要とされるエネルギーを抑えていたからだと思われる。



↑ 緩やかな斜面での実験

容器は転がる運動を行い、回転するために容器と中身の摩擦がはたらき、液体のほうが速く斜面を下る。



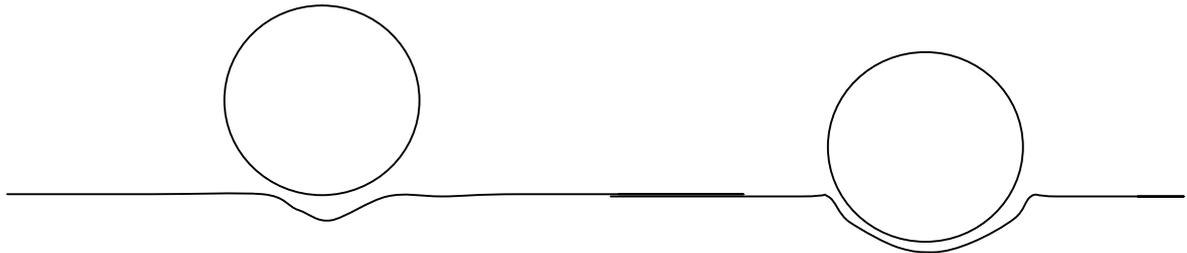
↑ 急な斜面での実験

容器は滑る運動を行い、回転しないために容器と中身の摩擦がほとんどはたらかず、液体も固体も同じくらいの速さで斜面を下る。

## 6 実験2 いろいろな斜面

### (1) 実験その1「いろいろな斜面」

- ア 目的 物体が斜面上を転がるとき、斜面の材質等が物体の転がる速さにどのように関係するのかを調べる。
- イ 準備 容器水（水 200g 入り）、食品包装用ラップ、アルミホイル、布、綿
- ウ 方法 高さ 10cm の斜面（板）の上にラップやアルミホイルを被せ、容器と接する面の材質を変えて行い、斜面と速さの関わりを調べる。
- エ 予想 ラップやアルミホイルは表面が滑らかなので摩擦も綿等に比べて小さいと思う。元の板よりもツルツルとしていたのでラップは板もいれた全ての中でも最も速いかもしれない。
- オ 結果 板 2.4505 秒、ラップ 2.5025 秒、アルミホイル 2.6405 秒、布 2.9595 秒、綿 3.0960 秒の順に転がった。予想では表面の様子に注目して考えていたが、原因は転がり摩擦だと思われる。転がり摩擦というのは表面の粗さ・滑らかさのほかに、転がるときにわずかに起こる物体の変形と復元、物体と斜面間の垂直抗力等がある。調べたところ表面の粗さが物体の速さにもたらす効果は小さくそれよりも大きいのが物体と斜面の変形やその差によって起こる摩擦らしい。ラップやアルミは容器を転がしたときにあまり変形もしない。しかし綿の斜面は容器を転がしたときの変形が多いため1番遅く転がったのだと思う。最も変形の小さかったものが板だけのときなので、1番速いといえる。



↑ 板の上で容器を転がしたとき  
斜面の変形は小さい。

↑ 綿の上で容器を転がしたとき  
斜面の変形は大きい。

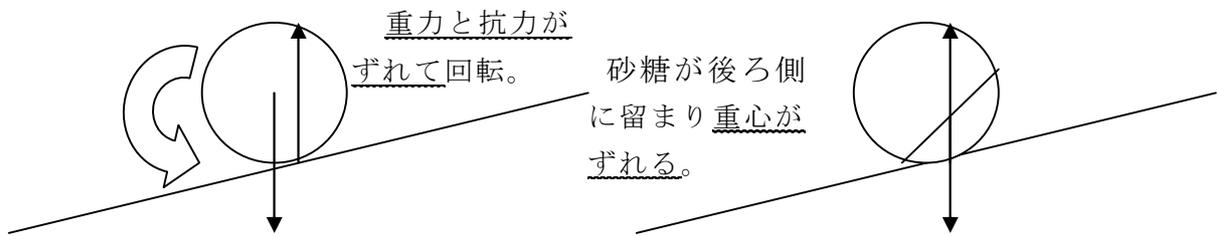
## 7 実験3 物体の重心等

### (1) 実験その1「粉状のものを転がすと……」

- ア 目的 砂糖のような小さい粒状の固体を転がすとき、氷のような1個にまとまった固体に比べて転がる速さはどのように変化するのかを調べる。
- イ 準備 容器1（砂糖 200g 入り）、容器2（砂糖 150g 入り）、容器3（砂糖 100g 入り）、容器4（砂糖 50g 入り）
- ウ 方法 砂糖の量を変えて実験を行い、粉状のものと固形のものでの速さの違いや量によっても速さが変わるのかを調べる。
- エ 予想 砂糖のように1粒1粒が小さい固体は、液体のようにサラサラと流れるような感じなので、氷のような固体に比べて速いかもしれない。
- オ 結果 容器1（砂糖 200g 入り）は 3.7305 秒で転がったが、それ以外は転がらなかった。

50g~150g が転がらなかったのは容器の重心によるものだと分かった。

まず、物体が転がるには物体の重力と斜面からの垂直抗力がずれていなくてはいけないらしい。しかし、上の写真のように砂糖が斜め後ろ側にとどまることで容器の重心がずれ、垂直抗力とお互いに力を打ち消し合うことで転がらなくなる。



(2) 実験その2「質量と回転軸」

ア 目的 物体の質量と回転軸による転がる速さの関係を調べる。

イ 準備 容器空（中身無し）、容器水（水 60g 入り）

フィルムケース（水 30g 入り）、フィルムケース空（中身無し）各 2 個

ウ 方法 容器 A と容器 B を作る。

(ア) 容器 A: 容器空（中身無し）の中にフィルムケース（水 30g 入り）を縦に 2 個入れて中心に固定し、凍らせる。

(イ) 容器 B: 容器水（水 60g 入り）の中にフィルムケース空（中身無し）を縦に 2 個入れて中心に固定し、凍らせる。



容器 A と容器 B をそれぞれ転がし転がる速さや様子を比べる。容器 A はフィルムケースに水を入れることで質量を回転軸の中心側にし、容器 B は容器に水を入れることで質量を回転軸の外側にした。

	容器 A	容器 B	11 回目	3.21	3.70
1 回目	3.30	3.71	12 回目	3.22	3.69
2 回目	3.22	3.68	13 回目	3.31	3.69
3 回目	3.31	3.69	14 回目	3.23	3.71
4 回目	3.31	3.68	15 回目	3.24	3.69
5 回目	3.27	3.68	16 回目	3.24	3.71
6 回目	3.18	3.70	17 回目	3.24	3.68
7 回目	3.31	3.65	18 回目	3.28	3.64
8 回目	3.33	3.67	19 回目	3.19	3.66
9 回目	3.41	3.68	20 回目	3.20	3.70
10 回目	3.23	3.71	平均値	3.2615	3.6860

エ 結果

容器 A: 3.2615 秒

容器 B: 3.6860 秒

予想どおり容器 A の方が速く転がった。調べたところ、物体の質量を回転軸の近くへもっていくと速く回転するらしい。今回の場合、回転軸は容器の中心にあたるので、容器の内側に水を入れた容器 A の方が速く転がったのだと思う。

12 感想

今まで転がる速さについて研究したが、速く転がすには無駄を省き、エネルギーを運動のために効率良く使わなくてはならない。エネルギー効率を考えるとというのは、エコ時代の今にとっても必要なことだと思うので、どうやったらエネルギーを節約できるかと、物理を毎日の生活に活かせるようにしていきたい。