

# ゆるい斜面の落下法則

30939 山下 陽子

物理の授業で、はじめ自由落下や水平投射などの公式を習ったが、本当に成り立つのかを確かめたいと思った。また、この公式は質点のときの式なので、質点ではないパチンコ玉を使うことによって、誤差が生じるのかを調べたいと思った。

In Physics class , I learned formulas for “free fall” , “horizontal projection” etc. for the first time . So I wanted to make sure if they were really true . I also wanted to check whether there is an error or not if I use a pachinko ball because these formulas only make sense when “material particles” are used .

- 質点とは…物体の質量中心にその全質量が集まっていると考え、その点の位置・運動によって物体の位置・運動を代表させるときその質量中心のことをいう。

(英和科学用語辞典 講談社)

## ○実験 1

### 1. 使用器具

スタンド カーテンレール (印を 20 cm ごとに 9 個つける) パチンコ玉  
ストップウォッチ

### 2. 方法

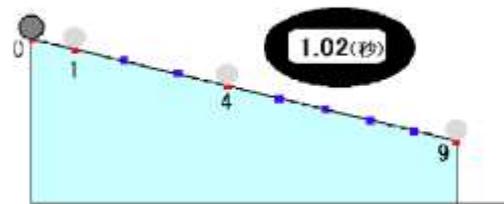
- ① カーテンレールにつけた印は、玉が飛び出るところから順に 9, 8, 7, …, 0 とする。
- ② カーテンレールをスタンドにのせる。  
このとき傾きを 1/15 とした。



【写真 1】 組み立てたときの様子

### 3. 実験結果

○ “0” からスタートしての経過時間 【表 1】



- ③ パチンコ玉を 0 から転がし、1, 4, 9 を通るときにかかる時間を測る。



【写真 2】 転がしている様子

- ④ 記録した値を表にし、平均をとって、1 を基準とした比で表す。

回 \ 位置	1	4	9
1 回目	1.03	2.07	3.34
2 回目	1.02	2.09	3.19
3 回目	0.89	2.03	2.96
4 回目	1.01	2.07	3.37
5 回目	1.03	2.13	3.18
6 回目	0.67	2.49	2.89
7 回目	0.83	2.18	3.27
8 回目	1.01	1.85	3.27
9 回目	0.85	2.27	3.19
10 回目	1.20	2.12	3.23
平均	1.056	2.130	3.189
比(基準・1)	1	2.0170545	3.01988636

単位：秒

表 1 より、斜面を転がる距離は転がった時間の 2 乗に比例することがわかる。このことにより、斜面を転がる距離  $S$  は  $S = a t^2$  ( $a$  は定数、 $t$  は時間) と表すことができる。またこれは、自由落下の公式  $y = 1/2 \cdot g t^2$  と表すことができるので、公式が成り立つことがわかる。

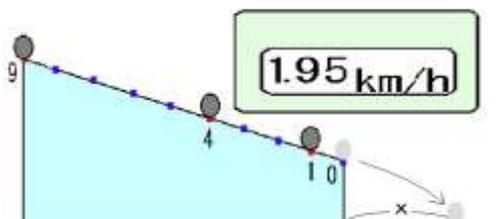
## ○実験 2

### 1. 使用器具

スタンド カートンレール (印を 20 cm ごとに 9 個つける) パチンコ玉  
Bee Spi (速度測定器)  
ケース (かご)

### 2. 方法

- ① カートンレールにつけた印は、玉が飛び出るところから順に 0, 1, 2, …, 9 とする。



- ② カートンレールをスタンドにのせる。

このとき 0 から 9 までの高さの差を 23 cm とし、地面から 0 までの高さは 35 cm とした。

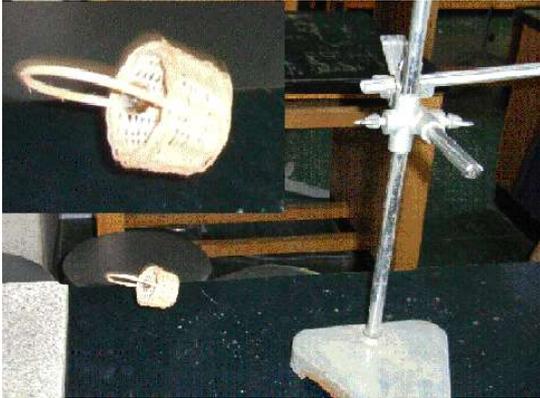
- ③ Bee Spi を 0 のところに置く。
- ④ パチンコ玉を 1, 4, 9 から転がし、0 の位置での速さを測る。また、地面に落ちたときの距離も測る。(今回は全体の距離しか測れなかった)



[写真 3] パチンコ玉が通っている様子

黒いものが “Bee Spi”。

Bee Spi とレールの間に見える線は、パチンコ玉が通った軌跡。



の中に入ったパチンコ玉

- ⑤ 記録した値を表にし、平均をとって、1を基準とした比で表す。

[写真4] 予測した落下地点に置いたかご

### 3. 実験結果

#### ○レールから飛び出すときの速さ 【表2】

回 \ 位置	1	4	9
1回目	1.75	3.95	5.58
2回目	1.79	3.61	5.85
3回目	1.93	3.77	5.70
4回目	1.87	3.98	5.86
5回目	1.95	3.97	5.72
6回目	1.92	4.13	5.32
7回目	1.97	3.71	5.89
8回目	1.89	3.81	5.73
平均	1.88375	3.86625	5.70625
比(基準・1)	1	2.052422	3.029197

単位：k m/h

#### ○水平方向の飛距離 (約) 【表3】

位置	1	4	9
	12	24	36
比(基準・1)	1	2	3

単位：cm

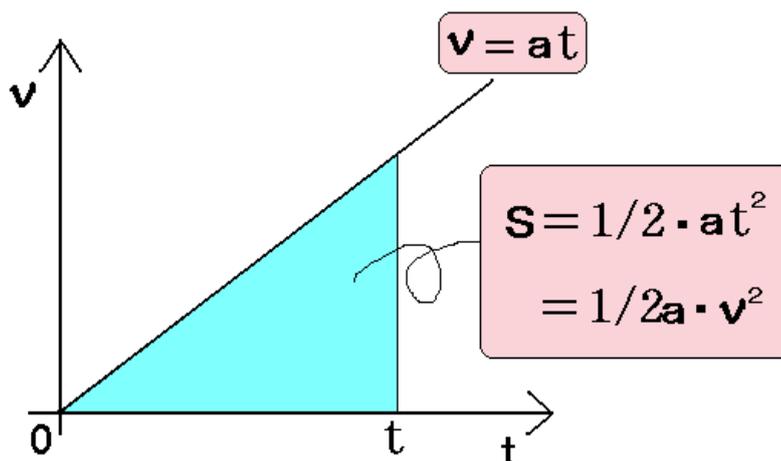
表2より、斜面を転がる距離は飛び出す速さの2乗に比例することがわかる。よって、斜面を転がる距離 $S$ は $S = a v^2$ —①( $a$ は定数、 $v$ は速さ)と表すことができる。自由落下の公式 $v = g t$ より、 $t = v / g$ となり、これを実験1で示された $S = 1 / 2 \cdot g t^2$ に代入すると、 $S = 1 / 2 g \cdot v^2$ が求まり、①を満たすことがわかる。また、時間を含まない自由

落下の公式  $v^2 = 2 g S$  からこのことがわかる。

そして、表 3 より斜面を転がる距離は水平方向の飛距離の 2 乗に比例し、表 2・3 より水平方向の飛距離は飛び出す速さと比例することがわかる。斜面の傾きがゆるいのでパチンコ玉は水平投射されたと考えてよい。水平投射は重力の鉛直下向きの力のみが働き、水平方向には働かないため、物体には水平方向の加速度は生じない。よって、初速度  $v$  の等速度運動をする。以上より  $x$  軸方向への飛距離  $x$  は  $x = v t$  ( $t$  は飛んでいた時間) となり、これが成り立つことがわかる。

## ○考察

《測定したことでわかること》



実験 1・実験 2 により、上図のような図で表すことができる。

これより、ゆるい斜面の落下法則は、

- ① 斜面を転がる距離は飛び出す速さの 2 乗と転がった時間の 2 乗に比例する

$$(S \propto v^2 \propto t^2)$$

- ② 飛び出す速さは水平方向の飛距離に比例する ( $v \propto x$ )

である。

《なぜ誤差が生じたのか》

表の値の中で誤差がでた理由として、

- ・ パチンコ玉を同じようにスタートさせるのが困難だった。
  - ・ 実験 1 でストップウォッチを押すタイミングがずれた。
  - ・ 実験 2 で速度測定器を固定してなかったため、ぶれが生じた。
- などが考えられる。

また、速さを力学的エネルギー保存の法則を用いて計算すると測定値と異なり、測定値のほうが小さかった。この理由として、

- 空気抵抗がある。
  - 転がることによりレールとの間で摩擦が生じる。
  - パチンコ玉の回転によりエネルギーが消費される。
- などが考えられる。

## ○感想

今回はおもちゃの速度測定器を使ったのだが、思った以上に正確に測れた。スピード測定の別の方法として、次回は光センサーを使ってより正確に測定してみたい。光センサーは、レーザーを感知するものである。よって、玉が通ったことにより光がさえぎられ、さえぎられた時間を玉の直径で割ることにより求めることが出来る。