

# 「動画解析による重力加速度の測定」

## レポート要旨

測定データの精度を向上させるため、スローカメラを用いた画像解析により、重力加速度を測定した。採用した実験方法は、単振り子の式を利用する方法と、水平投射の軌道を利用する方法である。

単振り子の式を利用する方法では、同じ方法で、目視による測定も行い、画像解析から振り子の周期を算出して求める方法との精度比較を行った。結果は、目視が  $9.88 \text{ m/s}^2$ 、画像解析が  $9.89 \text{ m/s}^2$ 、となった。2つの結果に際立った差異は見られなかったが、精度を考えると、画像解析の方が、空気抵抗などの影響をより正確に反映していると考えられる。

水平投射の軌道を利用する方法では、画像解析から水平投射の軌道を算出し、それをもとに重力加速度を求めた。結果は、 $7.17 \text{ m/s}^2$  となり、正確な値とはならなかった。水平投射という方法の特性上、空気抵抗の大きさの影響が無視できず、結果に影響したと考えられる。

# 動画解析による重力加速度の測定

## (1) 実験の目的

重力加速度を正確に測定するため、ビデオカメラを用いた画像解析により、データの精度を向上させようと考えた。

実験手法として、

1. 単振り子
2. 水平投射

の2種類を採用した。

## (2) 実験手法

### 1. 単振り子の式を利用

鉄球をワイヤ線で吊るした単振り子(ワイヤ線の長さ:  $l$  (m) = 0.885) (図1)の周期を算出し、

単振り子の式「 $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ 」

から重力加速度を求めた。

まず、目視での測定により、重力加速度を求め、画像解析法との比較ができるようにした。なお、50周期にかかった時間を、ストップウォッチで4回測定し、平均値をとった。

次に、スローカメラで撮影した動画をコンピ



図1

ュータで解析した(図2)。8周期分の周期を求め、平均値を算出し、重力加速度を求めた。

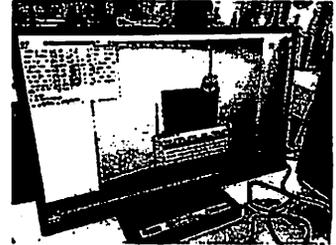


図2

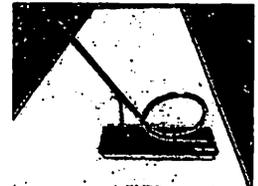
### 2. 水平投射の軌道を利用

鉄球に、コースター(図3)で初速度(ビースピド測定)を与え、高さ82.5 cmの位置から水平投射し、スローカメラと画像解析を利用して軌道を算出した(図4)。

水平投射の軌道の式「 $y = \frac{g}{2v_0^2} x^2$ 」を用いて重力加速度を求めた。

図3:コースター(1枚目)

図4:水平投射の鉄球の変位(方眼は画像処理で重ねたもの)



### (3) 実験結果

#### 1. 単振り子の式を利用

まず、目視による測定の実験データを以下に示す。

回数	50 周期 (s)
1	94.10
2	94.08
3	94.12
4	94.09
平均値	94.10

これより、1 周期は、1.882 s となった。

T: 周期 [s]、l: ワイヤの長さ [m]、g: 重力加速度 [m/s<sup>2</sup>]

として、

単振り子の式「 $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ 」に、 $T=1.88$ 、

$l=0.885$ 、 $\pi=3.141$ 、を代入すると、

$$g=9.88$$

となった。

次に、動画のコンピュータ解析の結果を以下に示す。なお、動画の一コマは 1/240 s である。

回数	コマ数
1	99~549
2	549~999
3	999~1451
4	1451~1902
5	1902~2353
6	2353~2805
7	2805~3255
8	3255~3706

これより、8 周期分のコマ数は、 $3706 - 99 = 3607$  コマとなり、時間は、 $3607 \times 1/240 = 15.03$  s、より、1 周期は  $15.03 \div 8 = 1.879$  s となった。従って、目視の場合と同様に、単振り子の式から重力加速度を求めると、

$$g=9.89$$

となった。

#### 2. 水平投射の軌道を利用

鉄球に、コースターで初速度を与え、高さ 0.825 m の位置から水平投射した。

この時、ビースピは  $v_0=1.98$  [m/s] の初速度を示した。

鉄球の落下点を、スロー撮影により求めると、発射点から水平方向に 0.950 m の地点であった。

これより、水平投射の軌道は、鉛直下向きを正とすると、 $y = ax^2$  に、 $(x, y) = (0.950, 0.825)$  を代入して、 $a=0.914$  より、

$$y = 0.914x^2$$

となり、水平投射の軌道の式

$$y = \frac{g}{2v_0^2} x^2$$

と係数を比較して、

$$g = 0.914 \times 2 \times 1.98^2 = 7.17$$

となった。

### (4) 考察

単振り子の式を利用した測定では、かなり精度の高い測定結果が得られた。また、カメラを用いた結果と、目視による結果を比較すると、2つの結果に大差は見られなかった。しかし、動画解析

データは、空気抵抗などの要素をより正確に反映しているとみてよいだろう。

水平投射の軌道を利用した実験では、正確な値は算出できなかった。水平投射では、どうしても空気抵抗の影響が大きくなってしまったことが分かった。初速度を小さくすれば、空気抵抗の影響が軽減され、より正確な値に近づくかもしれない。

## (5) 結論

各実験で得られた結果は以下の通りである。

単振り子の式を利用	目視	画像解析
	9.88	9.89
水平投射の軌道を利用	画像解析	
	7.17	

(単位は  $\text{m/s}^2$ )

- ◇ 単振り子の式を利用する方法では、目視と画像解析の結果に際立った差異は見られなかった。
- ◇ 水平投射の軌道を利用する方法では、空気抵抗の影響が大きくなってしまった。

## (6) 参考資料

画像解析には、動画編集ソフト「AviUtl」を使用した。

## (7) 謝辞

実験には、兵庫県立神戸高等学校の、実験教室・器具を使用させていただきました。

また、助言をいただいた、神戸高校物理担当教諭の先生方に感謝申し上げます。