

Pendulum Waves

～あーっと驚く振り子のアート～

福岡県立鞍手高等学校理数科 2年

参加生徒：清水 千広 水津 陽介 中山 右京 松尾 岳史
岡内 美濤 香月 友菜 竹田 有紀

指導教員：草野 知一郎 先生 合屋 幸奈 先生

要旨

私たちは、「力学」の授業で「単振り子の周期」について学んだ。その概要は「単振り子の周期は糸の長さによってのみ決まる」というものであった。そこで私たちは、複数の単振り子を1本の棒に等間隔で吊りし、糸の長さを少しずつ変えることによって、振り子たちはその周期の僅かずつの違いから、不思議な規則的な模様を作り出すのではないかと考えた。

仮説と方法としては、1本の棒を梁として15本の単振り子を長さの順に等間隔で吊りし、振り子の「糸の長さ」の比を「周期の2乗」の逆数の比となるように調節し、15本の振り子がある瞬間にある位置から同時に手放すと、各振り子は別々の周期で運動を開始するが、やがて一定時間後に最初の位置に同時に勢揃いするのではないかと、いうものである。

実際に糸の長さを精密に調節し、振り子の形を正確に揃え、摩擦による減衰を極力抑える工夫を行った上で実験を行うと、果たして予想通りの結果を得ることができた。

1 はじめに

私たちは、授業で単振り子の周期

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \dots\dots ①$$

(l は糸の長さ、 g は重力加速度) を学んだ。

周期 T と振動数 f は逆数なので

①は

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}$$

となる。このことから、

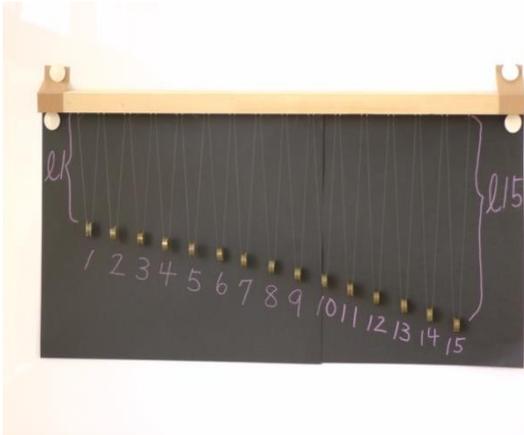
$$l \propto \frac{1}{f^2} \dots\dots ②$$

が得られる。

即ち、「糸の長さ」の調節は各振り子の「振動数」の関係を用いて設定することが可能である、ということになる。

2 実験

(1) $l_1 \sim l_{15}$ の設定



1～15の振動数の比が

$$f_1 : f_2 : f_3 \cdots : f_{15}$$

$$= 60 : 59 : 58 \cdots : 46$$

となるように $l_1 \sim l_{15}$ を設定することにした。

②より、糸の長さは振動数の二乗の逆数に比例するから

$$l_1 : l_2 : l_3 \cdots l_{15} = \left(\frac{1}{60}\right)^2 : \left(\frac{1}{59}\right)^2 :$$

$$\left(\frac{1}{58}\right)^2 \cdots : \left(\frac{1}{46}\right)^2$$

となる。

$l_1 = 20$ (cm) と決めると、

$l_2 \sim l_{15}$ は右上の表のようになる。

	f	l
1	60	20.00
2	59	20.68
3	58	21.40
4	57	22.16
5	56	22.96
6	55	23.80
7	54	24.69
8	53	25.63
9	52	26.63
10	51	27.68
11	50	28.80
12	49	29.99
13	48	31.25
14	47	32.59
15	46	34.03

この表に従ってPW1号機を作製した。

(2) おもりの作製

PW1号機を作製するにあたって、適当なおもりを探した。

また糸は強くて伸びにくい釣糸を用いた。

おもりに関して、最初は穴の開いた球体を探していたが

15個も必要なため、安価で形が均等なものを探すことにした。

すると、均等に穴の開いている硬貨(五円玉)を思い付いたので利用してみた。

PW1号機を実際に動かしてみると、予想から大きく外れていた。

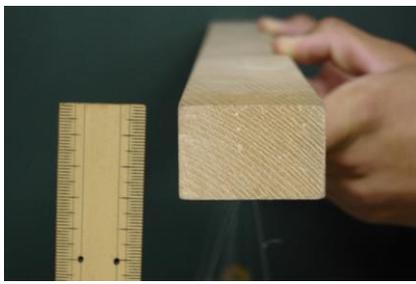
その理由として考えられることは、

(ア) 支えの梁そのものが振動している

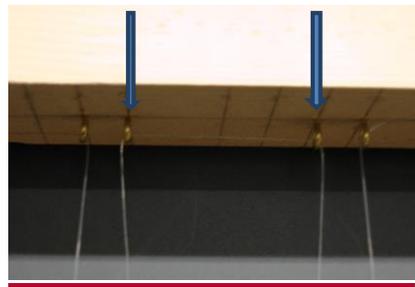
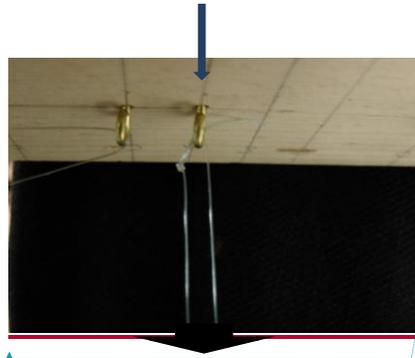
(イ) おもりが軽いと、糸のねじれが大きい

(ウ)おもりが重いと、糸の減衰が大きい
(エ)糸と硬貨、糸とフック接触点の摩擦による減衰が大きい
等である。

これらを改善するために、
(ア)梁はできるだけ断面が平たいものではなく断面が大きく正方形に近いものにした。



(イ)おもりの5円玉の枚数を1~2枚で行うと、糸がねじれてしまったので、10枚で行った。また、1つのおもりにつきフックを2つ使うことによってねじれにくくした。フックの2点間の幅は4cmにした。



(ウ)10枚で実験を行うと、幅が厚すぎて摩擦が大きくなったのか、減衰が大きくなった。何度も試行して、**6枚がベスト**であるとの結論に達した。

(エ)糸は、直径5cmの釣り糸を使い接着しているフックの部分にはベアリング用グリースを塗った。



書式変更: フォント: (英) Mangal, (日) HG明3f朝3fB, 28 pt, フォントの色: 黒

書式変更: フォント: (英) Mangal, (日) HG明3f朝3fB, 28 pt, フォントの色: 黒

書式変更: フォント: (英) Mangal, (日) HG明3f朝3fB, 28 pt, フォントの色: 黒

書式変更: フォント: (英) Mangal, (日) HG明3f朝3fB, 28 pt, フォントの色: 黒

書式変更: フォント: (日) HG明3f朝3fB, 太字, フォントの色: 黒

書式変更: フォント: (日) HG明3f朝3fB, 太字, フォントの色: 黒

書式変更: フォント: (英) Mangal, (日) HG明3f朝3fB, 28 pt, フォントの色: 黒

以上の点を改良してPW2号機を作製し、PW2号機を実際に動かしてみた。

3 結果

仮説である『糸の長さの異なる数個の単振り子を用いて全ての振り子が同時に振動を始めると、ある時刻にすべての振り子の位置が揃う。』ということは、PW2号機によって実現出来た。

ゆえに、より糸の長さを大きくして実験を行うと、今以上に美しく、ダイナミックな振り子のアートができるのではないかと考えた。

4 考察

PW2号機を作製する際、糸の長さをはじめは $l_1=10(\text{cm})$ としていたが、周期を大きくするため、 $l_1=20(\text{cm})$ に変更した。その結果、結果はかなり改善された。糸の長さを大きくしたことにより、測定誤差が相対的に小さくなったのではないかと考えられる。

5 まとめ

今回の実験は

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

という法則を用いて、単振り子の周期の僅かな違いを実際に確認し、法則への理解を深めるということであった。今後も授業で出てく

る基本原理や公式を用いて、日常の身近な現象を説明したり楽しんだりする習慣を養いたいと思う。

6 参考文献

- [1]教科書「啓林館 物理」p74「単振動」
- [2]youtube より 「長さの違う振り子を同時に動かすと……」

<https://www.youtube.com/watch?v=gViLqrT6UUU>

書式変更: 段落フォント, フォント: (英) Century, (日) MS 明朝, 10.5 pt