

# 円錐状振り子と単振り子の共振

岩手県立一関第一高等学校理数科 2年 物理 2班  
太田寛己 小野寺京介 齋藤寛晃

## 要約

私たちは、連成振り子の片方のおもりを円錐状振り子のように揺らした場合に、もう片方のおもりがどのような運動をするのか調べた。その結果、横糸と垂直な方向には共振し、横糸と水平な方向には共振しないことがわかった。また、振り子の横糸と垂直な方向の動きは横糸と水平な方向の動きに関与するのではないかと考えた。

<キーワード> 共振

## ABSTRACT

We examined the motion of the weight on one side of a coupled pendulum when it swings like a conical pendulum. The results showed that the weight resonated in the direction perpendicular to the weft thread, but not in the direction horizontal to the weft thread. In addition, we considered that the motion of the pendulum perpendicular to the weft thread might be affected in the direction horizontal to the weft thread.

*Keyword: resonance*

## 1 はじめに

共振とは、振動体にその固有振動数と同じ振動数で力を加えると、小さな力でも大きく振動する現象のことである(國友ら、2016)。よく知られているものに、連成振り子の共振現象がある(龍溪, 1982 ; 富塚ら, 2023)。連成振り子は、横糸に間隔を開けて単振り子を二つ繋げたもので、一方の振り子のおもりを揺らすともう片方の振り子が揺れ始め、おもりどうしの間でエネルギー伝達が生じる。

私たちは、連成振り子の最初の振動の与え方に着目した。富塚ら(2023)は、二つのおもりをつなぐ横糸に対して垂直な方向に片方のおもりを振動させて共振現象を起こしているが、同じように横糸に垂直な方向に振動させるとしても円錐振り子のような振動を与えた場合、もう片方の振り子はどのような運動をするのか調べたいと考えた。

本研究の目的は、連成振り子の片方のおもりを円錐状振り子のように揺らした場合に、もう片方のおもりがどのような運動をするのか明らかにすることである。

私たちが立てた仮説は、以下の通りである。

共振は単振り子と円錐状振り子の間でも生じ、横糸に対して垂直な方向の共振と横糸に対して水平な方向の間での共振が生じる。

## 2 研究方法



図1 実験装置

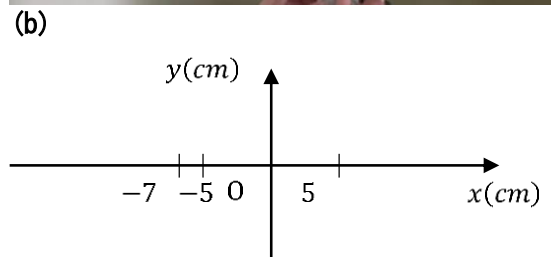


図2 (a)実験装置を上から見た写真と(b)位置取得のために設定した座標(x-y方向)

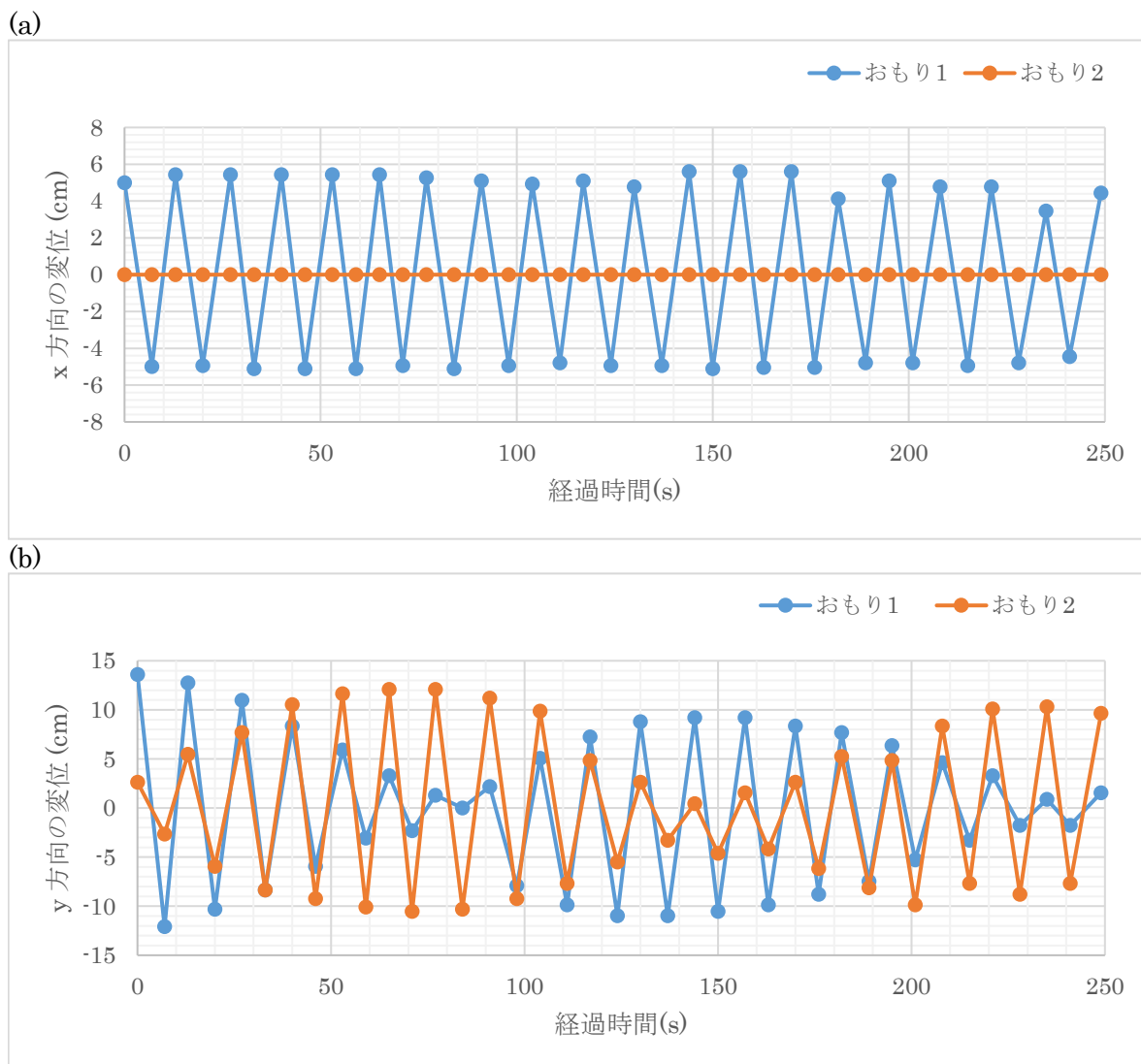


図3 2つのおもりの位置の時間変化 (a) x方向、(b) y方向

使用するのは、たこ糸、プラスチック球（直径 3.5cm, 質量 25 g）スタンド、デジタル表示のはかりである。まず、横糸の張力を測るためにはかりをスタンドの片方に固定し、もう片方のスタンドに横糸を結ぶ。プラスチック球のおもりをつけた長さ 60 cm の糸 2 本を振り子の間隔が 12 cm になるように結びつける。張力が 1.96 N になるよう、スタンドの距離を開ける（図 1、図 2）。円運動をさせる振り子（以下、おもり 1 とする）を横糸と水平方向へ（以下、x 方向とする）5 cm 移動し、横糸と垂直な方向へ（以下、y 方向とする）力学台車のバネを用いて y 軸正の向きに瞬間的におもりに力を加える。この際、おもり 1 に x 軸に垂直な方向へばねの力を加える。おもり 1 と円運動させない振り子（以下、おもり 2 とする）の位置の変化を調べるため、おもりの下に目盛りを置き、上からスマートフォンで撮影をし、二つの位置の座標を

調べ、おもりの位置データを得る。x 方向、y 方向の最大値と最小値のデータを計測し、計測した値をもとにグラフを作成する。

### 3 結果

おもり 1 とおもり 2 の x 方向と y 方向の変位の時間変化を図 3 に示す。

x 方向でのおもりの時間変化を見ると、おもり 1 では同じ振幅で振動しているように見えるが、おもり 1 の y 方向の動きが小さくなった時に x 方向の振幅が初期値の 5 cm より大きくなっていった。おもり 2 では少しも x 方向には動かなかった。また、y 方向でのそれぞれのおもりの時間変化を見ると、おもり 1 の y 方向の振動が小さくなっていくとともにおもり 2 の y 方向の振動が大きくなっていった。このことから横糸に垂直な方向な成分で共振していることがわかった。

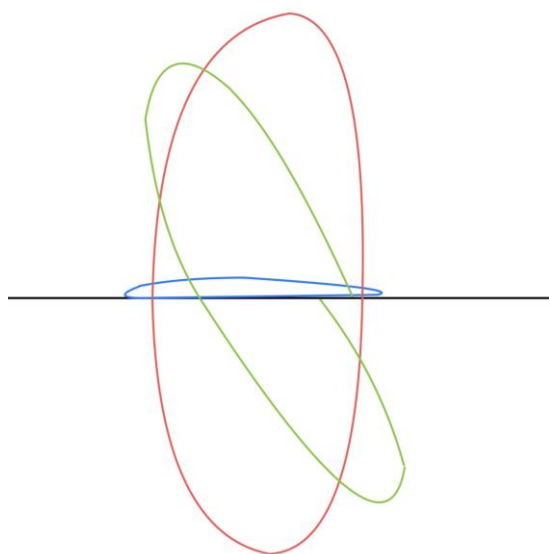


図4 おもり1の軌道(赤：0秒から7秒間、黄緑：27秒から34秒間、青：77秒から84秒間を表す)

また、おもり1の軌道の一部を図4に示す。これより、おもり1は、変動幅が大きくなる方向(変動する軸と定義する)が、おもり2と共振することで、反時計回りに回転しながら変動する軸が変化しており、円錐状振り子の運動を行っていないことがわかった。

#### 4 考察

実験から、 $y$ 方向には振り子が共振したが、 $x$ 方向には共振しないことが分かったので、仮説は棄却された。このような結果になったのは、おもり1の振り子と横糸のつなぎ目が $y$ 方向には振れていたが、 $x$ 方向には振れていなかったことが原因だと考えられる。実際に、観察した動画から結び目が $x$ 方向にどのくらい動いたか計測すると、最大で0.1cmほどしか動いていなかった(図4)。

また、おもり1の軌道の変化については、図3(a)より、おもり1の $x$ 方向の最大値から再び最大値になるまでの時間間隔( $x$ 方向の周期)と、 $y$ 方向の最大値から再び最大値になるまでの時

間間隔( $y$ 方向の周期)が異なることで生じていると考えられる。 $x$ 方向の最大値が、初期位置(5cm)より大きくなる時が存在することから、図4に示したようにおもり1の結び目の位置変化がおもり1の運動に影響を与えているのかもしれない。

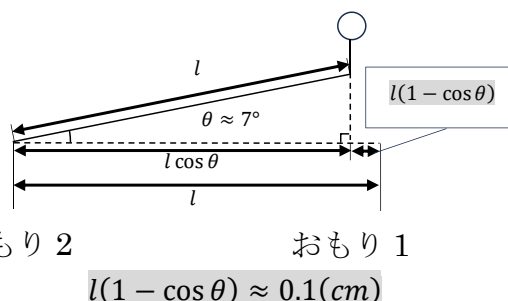


図5 おもり1の結び目の $x$ 方向の最大変位

図3(a)から、 $x$ 方向への変位が初期値の5cmより大きくなる時が存在する。このことから、 $y$ 方向の動きは $x$ 方向の動きに関与するのではないかと考えた。

#### 5 今後の展望

先行研究に記載されていた共振しやすい条件で実験を行ったが、振り子の間隔や横糸の張力を変えなかったため、運動がこの条件のもと限定的に起こったのか、それらの条件にともない、運動に変化が生じたのか調べられなかった。今後は、張力や間隔を変えて変化がみられるか、調べたい。

#### 参考文献

- 國友正和ほか(2016):改訂物理基礎、数研出版
- 龍溪信行(1982):連成振り子の共振周期、物理教育 30(3)、126-130.
- 富塚ほか(2023):連成振り子における共振時のエネルギーの伝わり方、令和4年度岩手県立一関第一高等学校課題研究録、32-36.