

センサを用いた簡易的な単振動の実験

河端 将史

高等学校学習指導要領（平成30年告示）より，観察，実験などを行うことを通して，科学的に探究するために必要な資質・能力を育成すること，特に単振動の単元では，振り子に関する実験を行わなければならないことが示されている。そこで，センサを用いて，簡易的に，ばね振り子と単振り子を理解する実験について，探究的な学びと評価の例を踏まえて，報告する。

〔キーワード〕 センサ 単振動 振り子 探究 評価

はじめに

振り子に関する実験の記述について，高等学校学習指導要領（平成30年告示）¹⁾ 物理2 内容(1) 様々な運動 ア(ウ) 円運動と単振動 ④単振動では「振り子に関する実験などを行い，単振動の規則性を見いだして理解するとともに，単振動する物体の様子を表す方法やその物体に働く力などについて理解すること。」と示されており，振り子に関する実験は，原則として，生徒に実験を行わせることが求められている。また，高等学校学習指導要領（平成30年告示）解説²⁾ では，「振り子に関する実験として，例えば，単振り子の長さや周期との関係を調べる実験を行い，単振動の規則性を見いだして理解させる。」，「単振動の具体例として，ばね振り子と単振り子を扱う。」，「ビデオカメラなどで動画を撮影したりセンサで測定したりすることにより，身のまわりの物体の振動現象について調べさせることなどが考えられる。」と示されている。

振り子に関する実験はこれまでも教科書等に記載され定番ではあるものの，動画を撮影したり，センサで測定する実験例は少ない。そこで今回は，ばね振り子と単振り子をスマートフォンのセンサで測定し，簡易的に物体の振動現象について調べさせることで，単振動の規則性を見いだして理解させる実験を報告する。

1 実験1～鉛直ばね振り子の実験～

(1) 目的

ばねにスマートフォンをつるして上下に振動させて，振動の周期を測定し，周期と質量との関係について調べる。また，おもりを空気中と水中で振動させたときの振動の様子の違いについて調べる。

(2) 準備

スマートフォン（アプリ：phyphox），スタンド，ばね，おもり，袋，クリップ，ビーカー

(3) 方法

ア 図1のようにスマートフォンを入れた袋の端を折りたたみ，上下の端をクリップで留める。



図1 方法アの様子

イ 図2のように，スタンドにつるしたばねにスマートフォンの上端のクリップを，スマートフォンの下端のクリップにおもりをつるす。

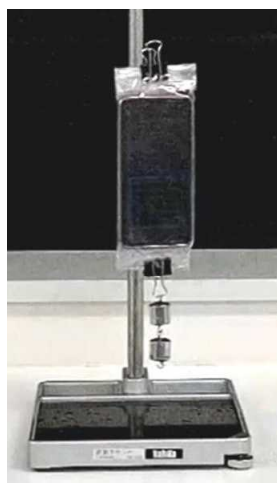


図2 方法イの様子



図3 方法キの様子

- ウ スマートフォンのアプリであるphyphoxをばねモードに設定し、測定を開始する。
- エ スマートフォンを鉛直下方に少し引き下げてから静かにはなして振動させ、10周期程度を記録する。
- オ おもりの重さをかえて、ウ、エと同じように実験する。
- カ アプリで得られた周期とスマートフォンとおもりの合計質量の関係を調べる。
- キ 図3のように、下端につしたおもりをビーカーに入れた水に沈め、ウ、エと同じように測定し、アプリで得られた波形を、おもりが同数の空気中での波形と比べる。

(4) 結果及び考察

図2の実験のときアプリ上で自動的に得られた、時間に対する自己相関や鉛直方向の加速度などの振動の波形、周期及び周波数を図4に、図3の実験のときに得られたものを図5に示す。図4と図5を比較すると、どちらも周期はほぼ同じであるが、振幅は空気中ではほぼ一定に対し、水中では減衰していることがわかる。図6は、おもりの重さをかえたときの、周期と質量との関係についてまとめたグラフであり、周期の2乗と質量は比例の関係にあることがわかる。なお、「phyphox」で得られるデータは、ExcelやCSVデータとしてエクスポートできる。

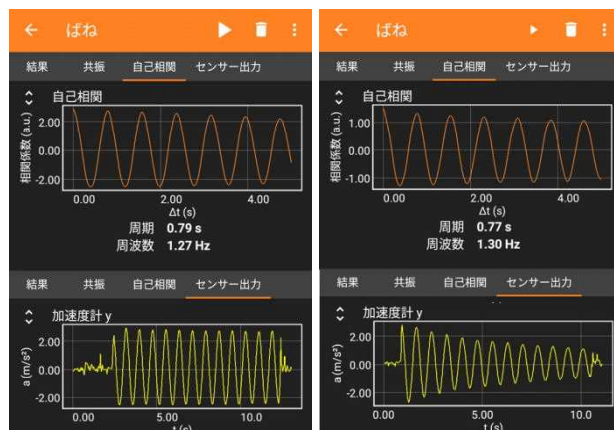


図4 方法イの結果

図5 方法キの結果

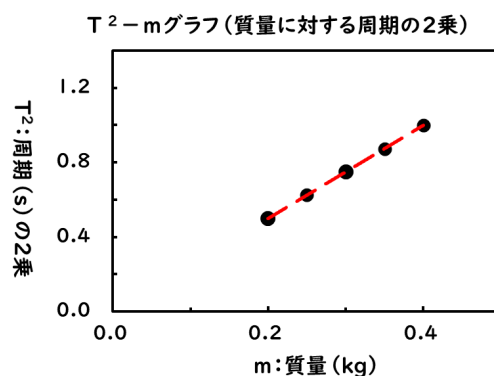


図6 質量 m に対する周期 T の2乗
(●は計測値、点線は回帰直線)

2 実験2～単振り子の実験～

(1) 目的

ひもにスマートフォンをつるして左右に振動させて、振動の周期を測定し、周期と振り子の長さとの関係について調べる。

(2) 準備

スマートフォン (アプリ: phyphox), スタンド, 糸, 袋, クリップ

(3) 方法

ア 図7のように、スマートフォンを袋に入れ、折りたたんで取り付けたクリップに糸を通す。

イ 図8のように糸の上端をスタンドに固定し、単振り子の支点からスマートフォンの中心までの長さを測る。

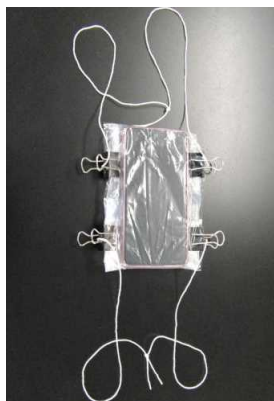


図7 方法アの様子



図8 方法イの様子

- ウ スマートフォンのアプリであるphyphoxを振り子モードに設定し、測定を開始する。
- エ 振れの角があまり大きくならないようにスマートフォンを振らせ、10周期程度を記録する。
- オ 糸の長さをかえて、同じように実験する。

(4) 結果及び考察

アプリ上で自動的に得られた、時間経過に対するスマートフォンの x 、 y 、 z 軸を合成した振幅を図9に、振り子の周期や周波数を図10に示す。図9から単振り子の運動は等速円運動であることがわかり、図10の画面で単振り子の長さを入力すると重力加速度が得られる。なお、図9の振幅はそれぞれの軸ごとに表示することもできる。図11は、単振り子の長さをかえたときの、周期と長さとの関係についてまとめたグラフであり、周期の2乗と長さは比例の関係にあることがわかる。

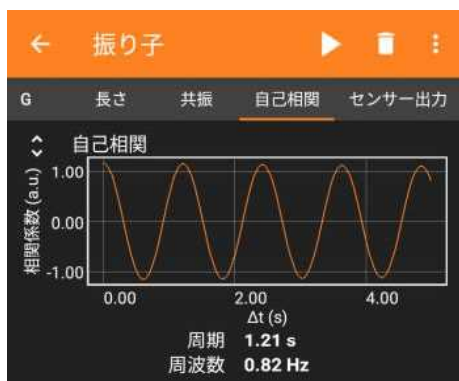
図9 単振り子の x 、 y 、 z 軸を合成した振幅

図10 単振り子の周期や振動数

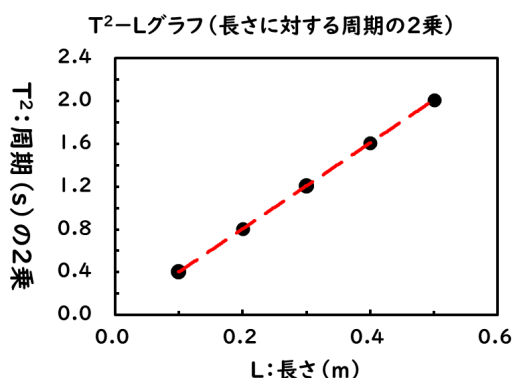


図11 長さ L に対する周期 T の2乗
(●は計測値、点線は回帰直線)

3 探究的な学びへの展開例

高等学校学習指導要領では、「自然の事物・現象に関わり、理科の見方・考え方を働かせ、見通しをもって観察、実験を行うことなどを通して」と示されている。今回の2つの実験では、振り子という自然の事物・現象を、振り子の周期と質量または周期と長さについて質的・量的な関係などの科学的な視点で捉え、得られた結果を自然の事物・現象と比較したり、関係付けたりするなどの科学的に探究する方法を用いて考えるという理科の見方・考え方を働かせ、単振動を等速円運動と関連付けたり仮説を立てたりすることを通して、検証実験を行わせることを意識したものである。

また、「この科目で育成を目指す資質・能力を育むため、観察、実験などを行い、探究の過程を踏まえた学習活動を行うようにすること」と示されている。実験1は、身近な道具を用い

た自然現象を基に、検証できる仮説を設定しやすいことから、仮説の設定から結果の処理まで（課題の探究）の探究の過程を踏まえた学習活動を意識したものである。実験2は、図8のように簡単に測定でき、図9、10などの実験結果が自動的に得られ、観察・実験の結果を分析・解釈したり、考察・推論したことや結論を発表したり、レポートにまとめやすいことから、考察・推論から表現・伝達まで（課題の解決）の探究の過程を踏まえた学習活動を意識したものである。

4 評価の例について

指導と評価の一体化のための学習評価に関する参考資料³⁾に基づき、「1(3)キ」の評価の例を次の資料のように検討した。なお、ここではワークシートの記述を分析することにより、評価を行うことを想定している。

資料 「1(3)キ」の評価の例

【評価規準】「思考・判断・表現」

おもりが空気中と水中にある場合のばね振子の実験を行い、2つの実験の周期と振幅の違いを見いだして表現している。

【評価のポイント】

2つの実験の周期や振幅について、原因を示して、違いを表現しているかを評価する。

【評価Bの例】

違いを見いだして表現している

空気中と水中で比較すると、どちらもほぼ同じ周期だが、振幅は水中の方が時間の経過とともに小さくなる。

【評価Aの例】

原因を示して違いを見いだして表現している

空気中と水中で比較すると、どちらの方法でも質量とばね定数はほぼ変わらないことから、周期もほぼ同じである。また、水中では物体への抵抗が大きいいため、時間の経過とともに振幅が小さくなる。

【評価Cの例】

違いを見いだした記述がない

空気中と水中では運動に違いがある。

おわりに

昨年度に引き続き、今回も、学校現場で個別最適化された学びやBYODが推進されていることを踏まえ、学校や自宅、個別やグループを選ばずに、ばね、糸及びスマートフォンさえあれば生徒一人一人が測定可能な実験を取り扱った。また、簡易的な実験であるのみならず、予め家庭学習として自宅で実験をすることも可能なことから、学校での授業を協働的な学びに重点化できると考えられる。これらのことから、より一層生徒の「学習の個性化」が図られ、学びの質が高まり、深い学びにつながっていくことを期待する。

参考文献

- 1) 「高等学校学習指導要領」（平成30年3月）文部科学省
- 2) 「高等学校学習指導要領（平成30年告示）解説 理科編 理数編」（平成30年7月）文部科学省
- 3) 「指導と評価の一体化のための学習評価に関する参考資料（高等学校 理科）」（令和3年8月）国立教育政策研究所教育課程研究センター

（かわばた まさし 研究部）