

物理(パソコン計測による生徒実験の開発)

超音波センサによるばね振り子と単振り子の運動の解析

1. 目的

超音波センサを用いた計測は比較的短時間に実験が行え、1時間で完結する生徒実験に適している。今回は記録タイマでは測定できない往復運動であるばね振り子や単振り子の運動を超音波センサにより計測する実験を行った。紙面の都合上、ここではばね振り子の実験のみ報告する。

具体的な実験目的は以下のとおりである。「ばね振り子の運動を超音波センサで測定し、変位 x と時間 t のグラフが正弦曲線であることを確かめ、振幅や周期を求める。また、測定された周期(測定値)と公式から計算される周期(理論値)とを比較し、相対誤差を求める。」

2. 実験内容

対象生徒 3年生理系4クラス123名(男子88名,女子35名)

授業形態 1時間(55分) 3~4人で班を構成,各班で1台のノートパソコンを使用

事前学習 物理の授業で単振動について学習している。

実験方法

実験 ばね定数の測定と周期の理論値の計算

- (1) ばねの一端をスタンドに固定して、ばねが鉛直となるように調整する。ばねに沿ってものさしをあて、ばねの自然長の長さ l_1 [m] を測定する。
- (2) ばねに 0.025kg のおもり 2 個をつるして、そのときのばねの全長 l_2 [m] をものさしで測定する。
- (3) (1), (2) の測定値をもとにばね定数 k [N/m] を求める。
- (4) ばね定数 k [N/m] とおもりの質量 m [kg] を用いて周期の理論値 T_0 [s] を求める。

実験 ばね振り子の周期と運動の計測

- (1) 超音波センサをイーゼーセンスの端子 1 につなぎ、超音波センサをおもりの真下にセットする。
- (2) おもりを 5 cm ほど真下に引いて手を離し、計測ソフトを作動させ、おもりの位置を計測する。
- (3) おもりの位置と時間のグラフより、振幅 A と周期 T を求める。周期は 10 回振動する時間から求める。
- (4) おもりの位置 x [m] (変位) と時間 t [s] のグラフを記録する。
- (5) 周期の理論値 T_0 [s] と測定値 T [s] から相対誤差を求める。

3. 実験結果

データロガー「イーゼーセンス」を用いた超音波センサによるばね振り子の変位の計測結果が図3である。このグラフと数表から5周期分の時間を読み取り、周期を求めさせた。また、理論値を求め、相対誤差を計算させた。相対誤差はほとんどの班で1%~2%以内であり、理論値を非常に良い精度で検証することができた。実験



図1 超音波センサによる計測

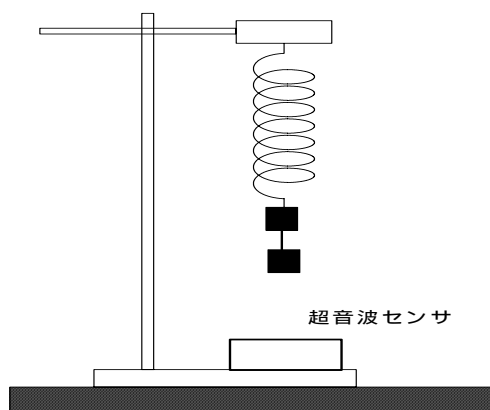


図2 ばね振り子

ばね定数を求めるために、ばねの長さを測定するときや理論値を求めるときにばねの質量の影響を無視したことにより、誤差が生じたものと考えられる。

この実験で、超音波センサは計測する物体と近すぎるとうまく測定できなくなる特性があり、30cm 程度離して測定しなければならないことがわかった。

4. 評価

[生徒による評価および感想]

【1】 今回の超音波センサとパソコンを用いた運動の実験について教えてください。

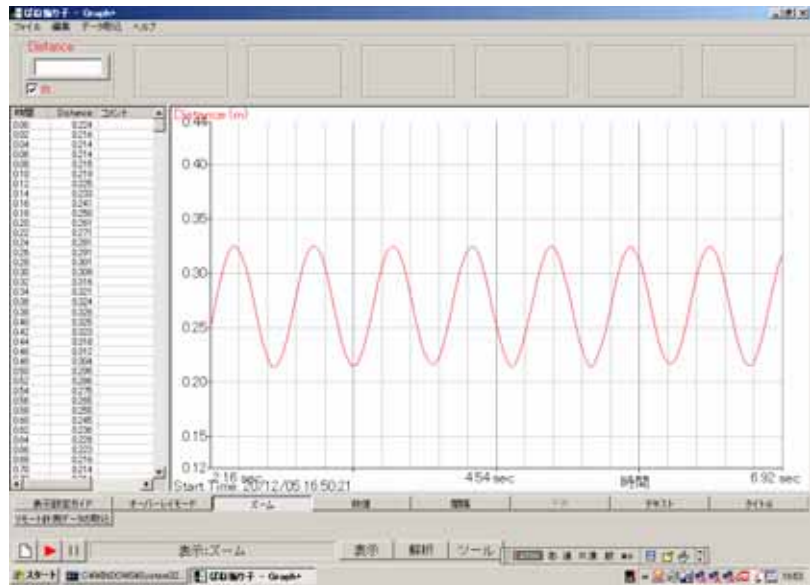
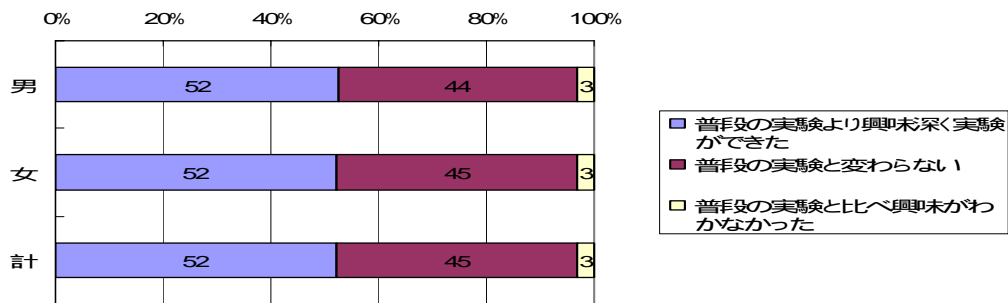
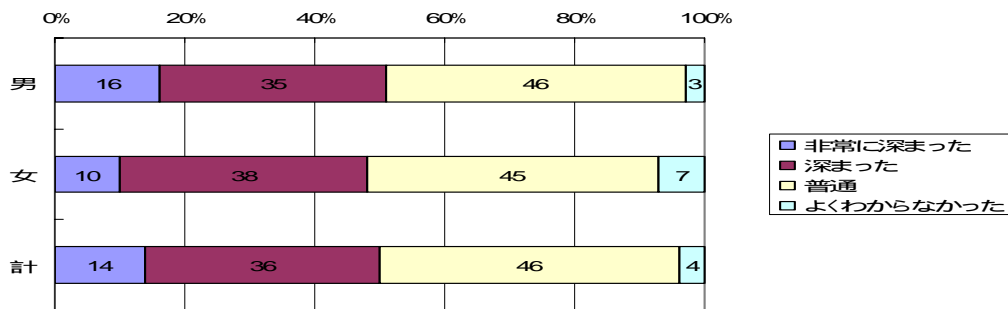


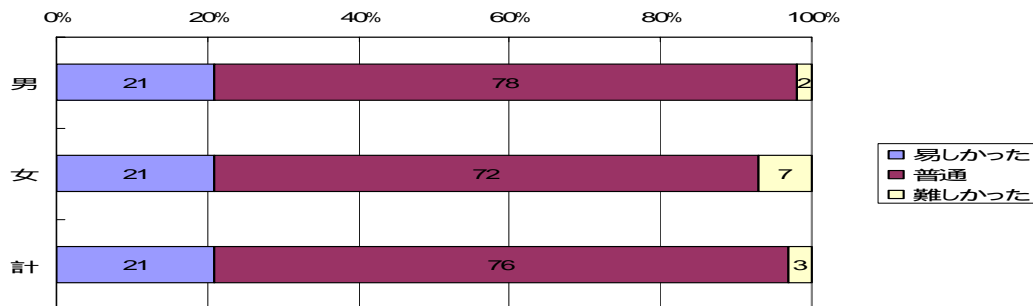
図3 超音波センサによるばね振り子の変位の計測結果



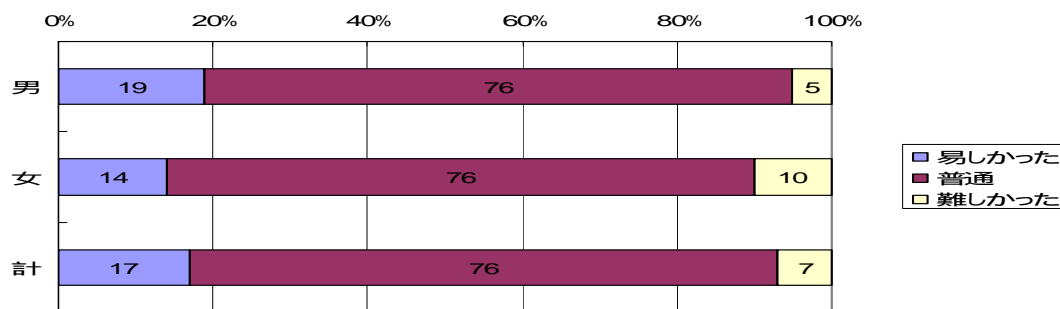
【2】 今回の実験を行って振り子の運動や周期についての理解度はどうになりましたか。



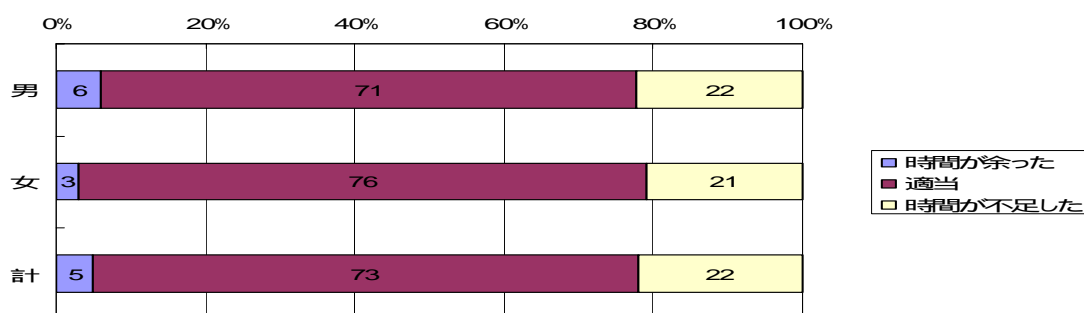
【3】 今回の運動の実験でセンサや計測装置の準備について教えてください。



【4】 今回の運動の実験で使用したソフトの操作性について教えてください。



【5】今回の実験で実験時間はどうでしたか。



【6】今回の実験についての感想を書いてください。

- ・ 実験操作も簡単で、振り子の変位がすぐにグラフ化され周期や振幅がわかるので、超音波センサとパソコンを利用する実験はとてもよい。
- ・ パソコンのソフトがとてもわかりやすかった。パソコンや超音波センサを使わなかったらどうやって実験するのだろう。
- ・ 理論値を求める計算が少し面倒だったが、実験により振り子の運動がよくわかった。
- ・ 振り子の変位と時間のグラフが正弦曲線となることが確認したり、周期を理論値と比較したりして教科書の内容を確認することができてよかった。
- ・ 以前に超音波センサを用いた実験をやったので今回は実験がスムーズにいった。
- ・ 超音波センサの実験はわかりやすく、失敗してもすぐにやり直せ、理論値に近い値をだすことができてよかった。
- ・ それぞれのグループの結果を比較できればおもしろいと思う。
- ・ おもりの質量や糸の長さをいろいろ変えて実験してみたい。
- ・ 超音波センサと計測する物体が近いとうまくいかない場合があり、その原因がわからなかった。
- ・ 班でパソコンが1台しかないので、画面から遠くにいる人は結果を確認しづらい。

5. 成果と課題

単振動は高校物理の力学分野の中で難解な単元の一つであるが、往復運動の計測が可能であり、しかも、実験が短時間に行えるという超音波センサの特徴を生かし、ばね振り子と単振り子の運動を計測することにより単振動の特徴を実験的に理解させることができた。また、振り子の実験は台車を用いた力学分野の実験に比べ、相対誤差もきわめて小さいことがわかった。

パソコン計測による生徒実験は、ソフトの説明に時間がかかり実験時間が不足しがちになりやすいのであるが、今回は超音波センサを用いた2回目の実験であったので、パソコン操作に生徒が慣れており実験がスムーズにいった。ただ、ノートパソコンやセンサが2人で1台程度ならばより効果的であるといえる。また、ソフトの解析機能を使って $v - t$ グラフや $a - t$ グラフを描かせれば、より単振動について理解が深まると思われる。