中学校理科「音」学習の教材開発

－音を見る－

森井武史[1)]，沖花　彰[2)]

1）京都教育大学大学院　suu11117@kyokyo-u.ac.jp

2）京都教育大学 理学科 okihana@kyokyo-u.ac.jp

キーワード：音，振動数，長い弦

（受付：2007月2月20日）

Ⅰ．はじめに

中学校理科「音」分野の内容は生徒に比較的わかりやすいと思われているが，全国の中学生を対象にした調査（国立教育政策研究所，2003；2005）を見ると必ずしもそうではない。特に音の高低と振動数との関係については理解が弱い。また現行の教科書にも，振動数と音をわかりやすく結びつける教材がほとんど見られない。そこで，長い弦を用いて振動の様子を直接目で捉えることにより振動数の変化と弦の長さ，張力および太さの関係を学習させる教材を作成し，授業実践を行った。

Ⅱ．中学生の理解度調査

中学校理科の中で音の分野の学習は，それが身近であるため比較的理解しやすいと思われている。国立教育政策研究所が平成13年度並びに15年度に行った小中学校教育課程実施状況調査（国立教育政策研究所，2003；2005）によると，出題した問題（中学校理科全体H13年度382問，H15年度310問）の中で，問いごとに決められた設定通過率[注)]に対し実際の通過率が同等以上であった問題の割合は，理科平均が54.5%（H13），67.5%（H15）であったのに対し，音分野を含む単元「身近な物理現象」（H15年度は「身の回りの物理現象」）での割合は，55.6%（H13），82.6%（H15）と高かった。しかし，個々の問題をより詳しく見てみると全ての内容で理解が十分であるとは言えない。上記調査で音の内容に関する調査項目のみを表1に抜粋する。全体として通過率が設定通過率と同等以上である項目が多い中，「音の高低によって（音の）波形がどう変化しているか」の理解を問う問題は，平成13年度，15年度ともに通過率が設定通過率を下回っていた。音の高低は日常的に重要な概念であるが，その物理的な意味である音の波形－振動数との関係が十分理解できていないと思われる。

注）調査における設定通過率の定義

学習指導要領に示された内容について，標準的な時間をかけ，学習指導要領作成時に想定された学習活動が行われた場合，個々の問題ごとに，正答，準正答の割合の合計である通過率がどの程度になると考えられるか，ということを示した数値。

表１　音分野の理解度

出題のねらい	平成13年度		平成15年度	
	通過率	設定通過率	通過率	設定通過率
音はものが振動して発生することを理解している	78.4%	60.0%		
音の大小によって波形がどう変化するか理解している	61.5%	65.0%	65.7%	65.0%
音の高低によって波形がどう変化するか理解している	45.7%	60.0%	52.4%	60.0%
実験結果から音が空気中を伝わっていくことを考察できる	80.2%	60.0%	77.3%	65.0%
音の伝わる速さと光の伝わる速さを関係づけて雷からの距離を推定できる	58.0%	65.0%		
雷の音が光より遅れて聞こえる理由を説明できる（記述式）			58.3%	55.0%
音の到着時間と雷までの距離の関係を理解している			82.7%	55.0%

Ⅲ．教科書調査

現行の中学校音学習がどのようになされているかについて，音の高低と振動数との関係に限って表２にまとめた。各教科書とも，表現などに微妙に違いはあるものの，学習の流れや提示方法に大きな差異はない。

音の高低と振動数の関係は弦の振動の様子を図で模式的に示したものが多く（図１），実際に振動の様子を実験的に見て理解する学習にはなっていない。またコンピュータやオシロスコープを使って取り込んだ音の波形を用いて示す学習が提示されているが，ものが振動している様子を見せながらの説明がないため，生徒にとっては振動数を実感することも弦の長さ等が変化することによって振動数が変わる様子を直接捉えることもできないと思われる。

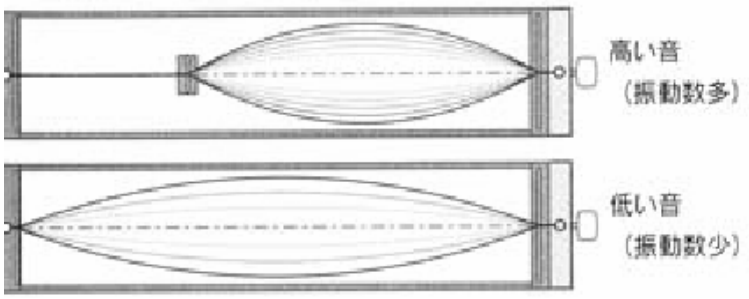

図１　弦の振動数と音の高さの関係を示した教科書（啓林館）の一例.

表 2　音学習に関する教科書比較

出版社名	振動数と音の変化の様子を学ぶ学習に関する記載の概略
啓林館 竹内敬人 ほか 47 名 （2006）	・弦を用いた実験で，振動のしかたと音の高さや大きさとの関係を調べる。 ・振動数の変化については、弦の長さを変えたモノコードを提示し，弦がゆれる様子を絵で表現している。（図 1） ・オシロスコープやコンピュータを用い，取り込んだ高音と低音の波形の違いを示している。 ・音の高さを変えると，波形がどうなるかを調べる観察実験を提示している。
学校図書 日高敏隆 ほか 28 名 （2006）	・ピアノの絵を例に，音の高さと弦の長さの関係を示している。振動数と音の高さの関係については文章のみで書かれている。 ・「学習の確認」として，「弦を振動させるとき，振動数を多くすると音はどうなるだろうか。」と発問されている。 ・図で弦の振動数を説明している。
大日本図書 戸田盛和 ほか 47 名 （2006）	・音の高さの違いを弦の長さを変えた図で表しており，同時に往復する矢印の数で振動数の違いを示している。 ・オシロスコープで取り込んだ音の波形の図で，音の高さや低さなどを示している。
東京書籍 三浦　登 ほか 44 名 （2006）	・コンピュータやオシロスコープを用いて，音の大小や高低と波形との関係を調べる。 ・スパイラルとじノートの金具に，厚紙を当てる実験をし，厚紙を当てる速さを変える事で聞こえる音の高さの違いを調べる。 ・コンピュータを用いて波形の違いをみせ，音がどう変化したかを問う。

Ⅳ．教材作成

以上の調査より，弦の振動の様子をはっきりと見て振動数を直接測定できる教材を作成することで，生徒の振動数に対する理解を深めることができると考えた。しかし，音が鳴っているときの振動数は数 10Hz もあり肉眼で確認することは不可能である。そこで，①従来からある振動数が可聴領域で音の高低と弦の関係を学ぶ学習に加えて，②数 Hz の振動数領域で振動数と弦の長さの関係を学ばせる学習を開発し，その上で③音の高低と振動数を結び付ける学習の流れを考えた。

そこで今回は②に対応する，弦の振動を生徒自身がその目で確認し振動数を数える事ができる教材を作成した。肉眼で数えられる程度の振動は数 Hz 程度で，そのような振動をさせるためには，弦は数 m 以上必要となり，弦を両端で固定した場合中央部ではかなりのたわみが予想される。たわみを解消するためにピンと張れば今度は張力が増し振動数が大きくなってしまう。弦の材質や太さも考慮しながら適切な条件を探した。

１．実験準備

弦は上記の条件と入手しやすい点から直径1mm以下の太さの針金を用いた。

〔準備するもの〕針金，スタンド2本，滑車1個，ペットボトルのおもり（水の量で重さを

調節)，メジャー，ストップウォッチ，糸，ものさし，ハサミ，セロテープ

(1)　図2のようにスタンドを固定しその調節ねじに弦の端をかませるように固定する。もう片方のスタンドのアームに高さを揃えて滑車を取り付ける。
(2)　弦を滑車に通して，２つのスタンドの間に張る。滑車の外側で水の入ったペットボトルを弦と結んでつるす。弦の長さを調整する。
(3)　弦の中央の下に台を置く。台の上に，振れ幅を調べるためにものさしを置き，弦とものさしの間が数cmになるように台の高さを調節する。

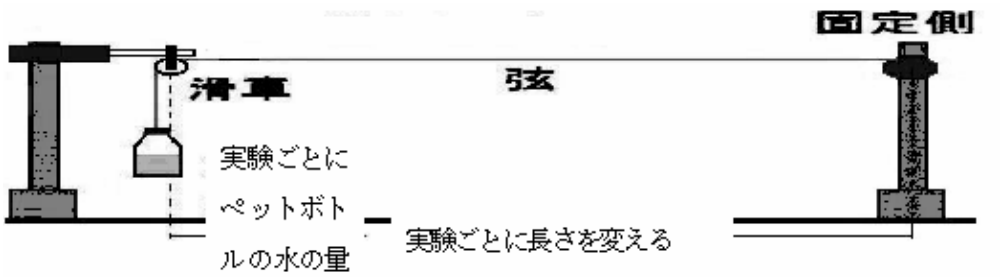

図２　横から見た教材の配置図

２．確認実験

この教材が学習教材として用いる事ができるかどうかを確認するため，以上のような準備をした上で，以下の４つの実験を行った。

①　弦の振幅と振動数の関係を調べる。
　弦の長さを5m，太さを直径0.9mm，張力を2.5Nに固定し，振幅を1cm，3cm，5cmと変え振動数を測定する。
②　弦の長さと振動数の関係を調べる。
　弦の太さを直径0.9mm, 張力を2.5N, 振幅を3cmに固定し, 弦の長さを3m, 4.5m, 6m，9mと変え振動数を測定する。
③　弦の張力と振動数の関係を調べる。
　弦の長さを5m，太さは直径0.9mm，振幅を3cmに固定し，張力を2.5N，5Nと変え振動数を測定する。
④　弦の太さと振動数の関係を調べる。
　弦の長さを5m, 張力を2.5N, 振幅を3cmに固定し, 太さを直径0.9mm, 0.55mm, 0.45mmと変え振動数を測定する。

（1）弦の中央で基準線となるものさしの目盛りが弦と重なるよう調節してものさしをセロテープで固定する。
（2）真上から弦を見て、弦の中央を糸で3cm（実験①の場合は1cm，3cm，5cmと変える）引っぱり，はさみで糸を切って弦を振動させる。
（3）弦が基準線を10回同じ方向に通りすぎた時刻をストップウォッチで読む。

（4）10回振動する時間から1回の振動にかかる周期を求める。振動数を求める。
（5）同じ操作を10回繰り返し振動数の平均値を求める。
（6）弦の長さ，張力，太さ，振幅などを条件に合わせて変え①～④の実験を行う。

３．確認実験結果

弦の振幅，長さ，張力，太さを変化させたときの振動数の変化を上記の方法で測定した。また，目視による誤差の確認や比較のためにデジタルビデオカメラによる測定も行った。

およそ4Hzまでの振動数であれば，デジタルビデオカメラによる測定と比べてみても，目視による測定の誤差は3%以内に収まっていた。図3に実験①の条件で行った弦の振幅と振動数の実験結果を示す。この範囲の振幅では，振動数が振幅に依存しないことが説明できる教材となっている。図4～6に弦の長さ，張力，太さと振動数の関係について実験②～④の条件で行った結果を示す。弦を長くしたり，太くしたりすることで弦の重みが増し，弦の弛みが大きくなるという問題が危惧されたが，図のように弦の長さと振動数の逆数，張力と振動数の２乗，弦の直径と振動数の逆数がそれぞれ比例することが示せ，このような範囲で使用すれば，中学校の音の学習教材として問題ないことがわかった。

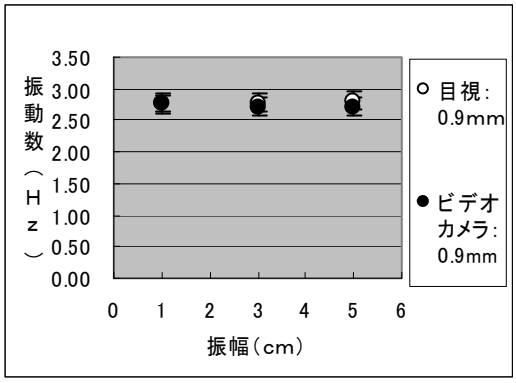

図３　弦の振幅と振動数

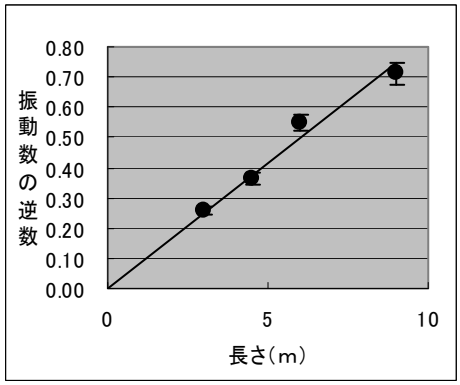

図４　弦の長さと振動数

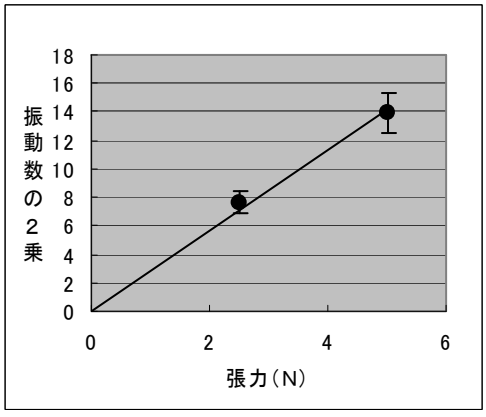

図５　張力と振動数

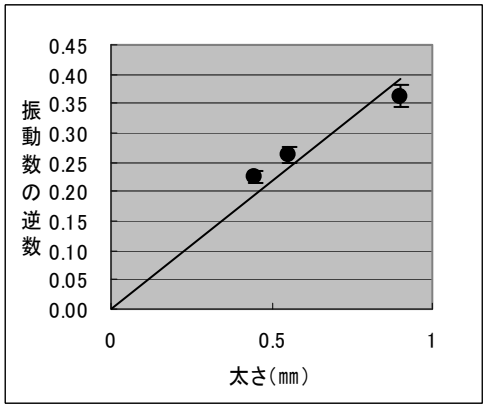

図６　弦の太さと振動数

Ⅴ．授業実践

この教材を用いて平成18年6月に京都教育大学附属京都中学校の生徒39名（うち3年生16名，2年生23名）に対し授業実践を行った。

１．実践内容と結果

生徒を合計10班に分け，上記の４つの実験を2～3班ずつ行い，その結果を実験後全体でまとめさせた。

実験は教室内だけでは行えないので廊下や中庭の通り抜け通路も用いた。実験に対する生徒の感想は，「実験は楽しかったけれど装置作りが大変でした。」「大きな実験装置だったけど分かりやすかった。」「元々全部知っていたけど，実験で実際に見られたのが良かったです。」などと，おおむね良好であった。

実験終了後教室に戻って実験ごとに各班の実験結果をまとめて同じグラフに描かせた。班ごとのばらつきはあるものの弦の長さ，張力，太さと弦の振動数の定性的な関係は十分理解できる結果であった。弦の長さが最も長かったとき（9m）や張力がもっとも小さかったとき（1.7N），弦の太さが最も太かったとき（直径 1mm）のときばらつきが大きかったがこれらはいずれも 1～1.5Hz 程度の振動数で弦のたわみなどがもっとも大きく影響したためと思われる。弦の振幅を小さくしたときは，始めの引き幅を 1cm にしたときのみばらつきが見られた。屋外で行ったため振幅が小さいと風などの外的要因がでたものと考えられる。

Ⅵ．まとめ

実践授業を通してこの教材を用いた音の振動数に関する学習は十分効果があると感じた。振動の様子を直接見るために大きな教材になり実験場所が制限されるが，多くの生徒の興味を惹きつける事ができ，弦と振動数の変化について実感できるものであった。今後もよりいっそうの改善と教材の開発を行っていきたい。

文献

国立教育政策研究所　2003．平成13年度小中学校教育課程実施状況調査.
国立教育政策研究所　2005．平成15年度小中学校教育課程実施状況調査.
竹内敬人　ほか 47 名　2006．未来へ広がるサイエンス　１分野上，啓林館.
戸田盛和　ほか 47 名　2006．新版　中学校理科　１分野上，大日本図書.
日高敏隆　ほか 28 名　2006．中学校科学　１分野上　物質とエネルギー編，学校図書.
三浦　登　ほか 44 名　2006．新編　新しい科学　１分野上，東京書籍.