

中学校理科「運動と力」における生徒の課題と力を可視化する教材の効果

小野寺久美子¹・川上紳一²

¹美濃市立昭和中学校

²岐阜大学教育学部

A problem in the primitive conception in the subject "motion and force" in Science Education in Junior High School and effective visualization tools for obtaining scientific concepts

Kumiko Onodera¹ and Shin-ichi Kawakami²

¹Showa Junior High School, Mino, Gifu, 501-3771, Japan

²Faculty of Education, Gifu University, Gifu, 501-1193, Japan

要 旨

中学校理科「力と運動」の单元において、生徒たちは、運動している物体には絶えず力が働いているという motion implies force と名づけられている素朴概念から脱却できない傾向が強い。これは生徒が日常生活の中で感じている力の概念と、理科で学習する力の概念に大きなギャップがあることを示唆している。本研究では、日常生活における体験のなかで、「加速度センサー」を用いて、加速度を可視化する実験を取り入れた。水平方向の「加速度センサー」としてはアングルファインダーという器具を用い、鉛直方向の「加速度センサー」としては、上皿ばかりを用い、それぞれ電車内とエレベータ内において実験を行い、デジタルコンテンツを開発した。生徒には、旅行中の新幹線のなかで、アングルファインダーによる実験を実施させた。その結果、多くの生徒が等速直線運動や速度の変化をとまなう運動について、正しい理解へと到達することができた。

【キーワード】力と運動, 加速度, 慣性力, 中学校, 理科教育, デジタルコンテンツ

1. はじめに

中学校学習指導要領解説-理科編では、「運動とエネルギー」の单元で、物体の運動の規則性やエネルギーの基礎について理解させるとともに、日常生活や社会と関連付けて運動とエネルギーに関する初歩的な見方や考え方を養うとされている(文部科学省, 2008)。力と運動についてはさらに、物体に力が働く運動と、働かない運動についての観察、実験を行い、力が働く運動では運動の向きや速さが変わることを学習することになっている。しかし、中学生は力がどういふものかを正しく理解しておらず、单元終了後においても慣性の法則を正しく理解していないという調査結果がある(たとえば、熊坂ほか, 2006)。

中学生が抱く力に関する素朴概念に、「運動物体には運動する方向に力が働いている」というものがあり、Clement (1982)はこれをMotion

implies force と呼び、徳永・島畑(2007)は、「運動に内在する力」と呼んでいる。こうした素朴概念を打ち破り正しい力の概念をもたせる目的で、徳永・島畑(2007)は台車とバネからなる実験器具を開発し、その効果を検証している。

Motion implies force という素朴概念をいっている生徒は昭和中学校の生徒にも多くみられ、この单元を履修し終わった段階でも、この概念に固着する傾向が強く、指導の工夫の必要性を痛感していた。

力に関する科学的な概念を獲得するには、力の可視化が有効である。ニュートンの運動の法則によると、力は加速度と等価であり、加速度を視覚化する実験器具を用いる方策が考えられる。そこで、本研究では、日常生活で使われる上皿ばかりや角度測定器を「加速度センサー」として用いて、力=加速度を可視化する実験を生徒に体験させることで、Motion implies

forceという素朴概念から、等速直線運動や加速度運動を正しく理解させることができないかについて検討し、授業実践を行った。

2. 教材開発

(1) 「加速度センサー」

加速度を可視化する方法として、ここでは上皿ばかりと角度測定器を採用した。上下方向の運動には、上皿ばかりに重りを載せ、重さの変化で加速度を測定すればよい。市販の上皿ばかりで表示目盛りの大きなものを用い、はかりの本体と皿の間にスポンジをはさんで振動が減衰するようにした。

水平方向の加速度を測定する装置としては、角度測定器を用いた。これは物理振り子になっていて、加速度を感じると、慣性力によって重心のまわりで重りが振動し、その動きを角度で表示するものである。角度測定器は、「アングルフインダー」という安価に市販されている商品を用いた。これらの器具は、加速度を定量的に測定するものではないが、中学校段階での見方や考え方を育む手だてとしては有効ではないかと考えた。



図1. 上皿ばかりによる加速度の可視化に関する実験。webサイト教材「理科教材データベース」の表示画面の一部。

(2) デジタルコンテンツの開発

これらの「加速度センサー」を用いて、力が可視化できるかを実験した。実験のようすはビデオカメラで撮影し、デジタルコンテンツとして、webサイト教材「理科教材データベース」に掲載した。上下方向の運動については、上皿ばかりを用い、エレベータの上下運動で、上皿

ばかりに載せた重りの重さの変化を測定した(図1)。実験は、岐阜大学教育学部と、岐阜県県民ふれあいセンターで行った。いずれの実験でも始動時と停止時に重さが約10%変化したが、等速運動している間は静止時と同じ重さとなった。

水平方向の力については、JR東海道線と東海道新幹線の電車の中、および国内線旅客機内で実験を行った(図2)。



図2. 電車の走行時におけるアングルフインダーによる実験。webサイト教材「理科教材データベース」の表示画面の一部。

角度測定器の目盛りの位置は等速直線運動時には、静止状態と同じであったが、発信時と停止時に針が大きく振れることが示された。国内線旅客機離着陸時には、電車の場合の3-4倍の振れ幅になったが、等速直線運動時には、機体が前面に向かって傾斜して飛行するため、静止時における針の位置との対応はわかりにくかった。

3. 生徒による実験とアンケート調査

「加速度センサー」による力の可視化の取組については、単元「力と運動」の授業後に、生徒の理解が不十分であったことを受けて、追加的に実施した(小野寺, 2010)。

(1) 生徒による実験

生徒たちは2009年10月8-10日にかけて、関西方面に旅行することになっており、新幹線で移動するときに、角度測定器をわたし、新幹線の動きと角度測定器の針の動きを観察させた(図3)。この時点で、「力と運動」に関する授業は終了していたが、新幹線に乗車する前に次のよ

うなアンケートを実施した。

「時速200kmで走行中の新幹線に力は加わっているか」

加わっている ……20人
 加わっていない……11人
 よくわからない……7人

生徒たちは、移動中の新幹線の速度変化と針の振れを調べ、発進時と停車前に力が働き、等速運動時には力が働かないことを実感していた。

エレベータの動きと力については、旅行後の理科授業で生徒にデジタルコンテンツを視聴させた。エレベータについても動き始めと停止直前に力が働くこと、力の向きは加速度の向きと逆になっていることについて、ほとんどの生徒は納得していた。その理由について疑問が生じたので、エレベータや電車の発進における力と運動の関係を図示して説明を行った。

なお、これらの授業は、単元「力と運動」の終了後に行っている。



図3. 新幹線のなかで実験をする生徒。

(2) アンケート調査

これらの実践後に、アンケートによる調査を行った。調査項目は次のようである。

1. 力を可視化する道具を用いたことで、運動する物体にいつ力が働いているか分かりましたか。

分かった ……29人
 分からない ……6人
 どちらともいえない……3人

2. 新幹線やエレベータのビデオは分かりやす

かったか。

分かりやすかった ……27人
 どちらかといえば分かりやすい ……8人
 どちらともいえない・分かりにくい……3人

3. 運動する物体に、力がいつ作用しているかについて、あなたの考えは変わりましたか。

前と同じ ……3人
 考えが変わった……35人

この結果から、「加速度センサー」による実験後には、ほぼ全員の生徒がMotion implies forceという素朴概念から、速度の変化をとともなう運動において力が働いているという科学的な概念をつかんでいることが示された。

4. 議論

(1) 力の可視化の効果

本研究で行った実験では、力の大きさを定量的に測定するものではなく、上皿ばかりや角度測定器の針の振れはあくまでも定性的なものである。中学校段階での力と運動の理解目標は、初歩的なものであり、等速直線運動と加速度運動の違いおよびそれらの力との関係についての理解を深めるうえでは、有効な手だてとなっていると考えられる。

さらに、電車内やエレベータ内で、力や速度の変化を調べたため、これらの概念について日常生活と関連づけて考えることができていたことは、新学習指導要領が目指す学習のねらいとも符合するものである。

力の可視化の効果を示す生徒の感想には、次のようなものがあつた。

・前までは、どんな時でも、運動している物体には力が加わっていると思っていたけど、学習を通して（等速）運動しているときには力が加わっていないのだと分かった。特に、あんなに速い新幹線に動くときと止まるときにしか力が加わっていないことにびっくりしました。動画で見せてもらったので、より分かりやすかったです。（生徒A）

新幹線では、あんなに速いのに、等速直線運動をしているときがあつて、しかも力が働いていないからびっくりした。ずっと力は働

いているけれど、摩擦力とつり合う力を加えていることで等速直線運動をすることを知って、自転車や車も一緒なんだと思った。(生徒B)
 ・力は目には見えないから分かりにくいと思ったけど、エレベータや新幹線の実験で目に見えて分かる事実が残ったから、すごく分かりやすかった！(生徒C)

(2) 学習環境について

上皿ばかりの実験では、エレベータを必要とするが、学校によってはエレベータがないか、近くの施設にもエレベータがないことが想定される。上皿ばかりの実験については、角度測定器による実験を行ったあとで、デジタルコンテンツを視聴させる方法が考えられる。角度測定器については、自動車内でも実験が可能であるが、道路の状況によっては振動が激しく、速度の変化と針の動きがわかりにくいことも考えられる。生徒全員に実験を行わせるには、今回のように旅行などの行事を利用するのがよいと考えられる。

(3) 力と運動に関する教具やデジタルコンテンツの比較

徳永・島畑(2007)の開発した実験器具は、ガリレオの落下の法則と関係したもので、重い物体と軽い物体にかかる力と加速度に関するものであり、重力による加速度が重さに関係していないことを確かめるものであり、本研究で導入した慣性力に対する「加速度センサー」とは性質が異なっている。

いっぽう、益子ほか(2007)は、慣性力に関するデジタルコンテンツを開発し、事例外挿法という学習デザインで授業実践を行っている。今回の授業でも益子らの行ったデジタルコンテンツの開発で採用された実験と同様の実験を、移動する自動車からの物体を落下させる方法で行っているが、生徒の感想には、事実としては分かったが、納得できないというものが多かった。

真鍋ほか(2009)も、慣性の法則に関して、高速度カメラを用いてデジタルコンテンツの開発を行っている。これらは、生徒が行う実験をスローモーションで示したもので、運動のようすを捉えるうえでは効果があるが、どのような時に力が作用しているかを示すものではない。

5. おわりに

中学校における力と運動に関して、生徒がいただく素朴概念を科学的な概念に変換する手だてとして、「加速度センサー」を導入した。加速度センサーは定量的なものではないが、身近に入手できるものであることを重視し、上皿ばかりと角度測定器を用いた。これらの器具を用いた実験によって、等速直線運動や速度の変化をとまなう運動に関する科学的な見方や考え方をもたせることができた。今回の実践では、単元の終了後に追加的に行ったため、生徒の意識が切れてしまっていた。次回は、単元導入時に、力や運動に関する生徒の知識や考えを調査し、単元指導計画のなかで「加速度センサー」を取り入れて授業を行い、単元終了時に、「加速度センサー」による効果を調査するといった体系だった教材研究ならびに授業実践研究を行いたいと考えている。

謝辞. 各務原市中央中学校の渡辺清孝先生には、力を可視化する「加速度センサー」について、ヒントをいただいた。ここに記して感謝いたします。

文 献

- Clement, J. (1982) Students' preconception in introductory mechanics. *Am. J. Phys.*, **50**, 66-71.
- 熊坂英明・伊東明彦・水谷佳澄(2006)中学生の力の認識の実態について:「力と運動」単元の改善の必要性, 日本理科教育学会第45回関東支部大会, B04.
- 益子典文・川上綾子・牛山幸彦・水野敏孝(2007)事例外挿法による「慣性の法則」の学習コンテンツの開発と中学校理科授業における試行, 日本科学教育学会年会論文集, **31**, 85-86.
- 真鍋陽子・山田茂樹・川上紳一・東條文治(2009)高速度カメラを用いた理科教材開発と中学校理科授業における活用研究, 岐阜大学教育学部研究報告(自然科学), **33**, 55-58.
- 小野寺久美子(2010)運動に関係する力を可視化する教材・教具の工夫～第3学年「運動と力」～, 岐阜の理科, No.124, 16-18.
- 徳永好治・島畑博明(2007)「運動体に内在する力」概念克服のための新実験教材, 理科教育学研究, **48**, 75-84.

音の高低の学習における効果的な教具の活用

— 中学1年理科「身近で起こる不思議な現象」における高速度カメラを用いた実験 —

栗本和宏・川瀬秀樹・伊藤貴範・安田晋一郎

岐阜市立陽南中学校理科部

川上 紳一

岐阜大学教育学部

Effective Utilization of Experimental Tools in the Study on Tone Pitch: Experimental Study using High-speed Cameras in the Subject "Familiar Wonderful Phenomena" in Junior High School

Kazuhiro Kurimoto, Hideki Kawase, Takanori Itoh, Shin-ichiro Yasuda
Yonan Junior High School, Gifu, 500-8353, Japan

Shin-ichi Kawakami
Faculty of Education, Gifu University, Gifu, 501-1193, Japan

要 旨

中学1年理科第1分野に「身近で起こる不思議な現象」という単元があり、音の音色や強弱と振動を結びつけて捉える学習が含まれている。これまでモノコードを用いた実験と同時に、オシロスコープやパソコンの画面で音色と振動のようすを捉える授業が行われていた。こうした授業における課題は、音色を振動数の違いとして捉えることができない生徒が少なからずいたことである。

最近になって安価な高速度カメラが市販されるようになり、ギターや弦の振動のようすを撮影したデジタルコンテンツなどが開発されている（真鍋ほか，2009）。本研究では、高速度カメラがさらに安価になり、生徒実験において班に一台ずつ高速度デジカメを与えた授業を実践した。高速度カメラによる撮影の活動を取り入れたことで、生徒たちは意欲的に実験に取り組み、身近な自然現象に対する興味・関心が高まったことが、授業後の学習状況調査から示唆された。

【キーワード】高速度カメラ，音，音色，振動，中学校

1. はじめに

新学習指導要領において、中学校1年の第1分野「身近な物理現象」では、「身近な事物・現象についての観察，実験を通して，光や音の規則性，力の性質について理解させるとともに，これらの事物・現象を日常生活や社会と関連付けて科学的にみる見方や考え方を養う」とされている（文部科学省，2008）。また、「身近な物理現象」のうち「音の性質」については、「音についての実験を行い，音はものが振動することによって生じ空気中などを伝わること及び音の高さや大きさは発音体の振動の仕方に関係することを見出すこと」とされている。また、「音の大きさと振幅の関係や音の高さと振動数の関係については，例えば，音さや弦の振動などを

用いて調べる。弦の振動では弦をはじく強さ，弦の長さや太さなどを変えて音を発生させ，音の大きさや高さを決める条件を見いださせる。このとき，条件を制御して行うことに留意させる。また，オシロスコープやコンピュータを用いて，音を波形で表示させ，音の大小と振幅，音の高低と振動数が関連することを見いださせる」とされている。

本研究では，こうした指導要領解説—理科編の記述内容を受けて，音の高低と振動数の関係を捉えさせようと考えた。また，今まで音の高低の学習を行うときに，オシロスコープを用いて振動数をとらえさせてきたが，物体の振動の様子と振動数の関係をなかなか理解できない生徒がいた。そこで，この関係を視覚的に捉え，

音の高低と振動数の関係を見いだすために、実験では、手作りモノコード、高速度カメラ、オシロスコープを用いた。音の高低を比較させるために、条件を変えることのできるモノコードを作成し、音が出ているときの弦の振動の様子を高速度カメラで撮影して振動数を視覚的に観察できるようにした。また、オシロスコープでも視覚的に捉えることができるようにした。

中学校1年の第1分野「身近な物理現象」における振動の可視化に関する先駆的な研究には、森井・沖花（2006）がある。真鍋ほか（2009）は、市販の高速度カメラを用いて、ギターの弦などを撮影し、デジタルコンテンツとして生徒に視聴させる授業を行っている。本研究では、さらに安価になった高速度カメラを各グループに一台ずつ与え、授業中に高速度カメラで振動の様子を観察させている。

2. 教材・教具の利用と開発

本研究では、高速度カメラを生徒実験として与え、班ごとに撮影を行うことで、興味・関心が高まることを期待している。ここで、カメラによる撮影が授業の中核ではないため、従来のように、弦の張り具合、長さや太さの異なるモノコードで実験を行うことにしている。また、高速度カメラでの撮影のあと、オシロスコープの振動を提示することで、音と振動を関連づけて考察できるのではないかと考えた。

（1）導入において

事象提示では、音を高く出す条件に目を向けさせるために、ストロー笛を提示する。代表生徒が吹いているストロー笛を少しずつ切っていく、音が徐々に高くなることを確かめる。そうすることで、音を高くするには、発音体が短くなればよいという見通しをもたせる。そして、音を高くするための他の条件を予想させるという展開を構想した。

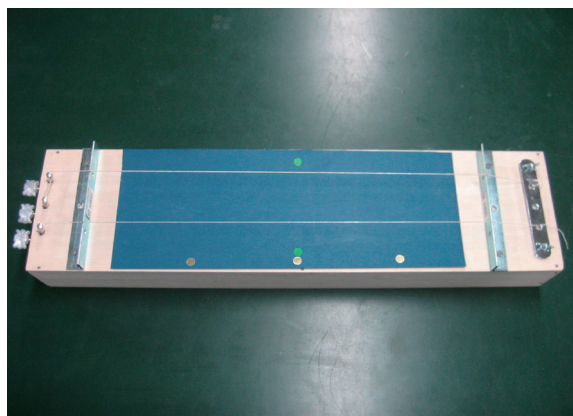


図1. 開発したモノコード。弦の太さ、張り方、太さの違いを調べることができる。

（2）生徒実験で用いた教材・教具

生徒実験のために、手作りモノコードと高速度カメラとオシロスコープを用いた。まず、音の高低を比較できるように、条件（弦の張り具合、弦の太さ、弦の長さ）を変えることができるモノコードを作成した。弦の張り具合を調節する部分には、ギターのペグを利用した。弦は、高速度カメラで振動の様子が撮影できるように太さの違うアコースティックギターを使用した。そして、弦の長さを調節する道具としてコトジを使用した。図1に手作りモノコードを示す。

弦の振動の様子を撮影するために高速度カメラ（CASIO EXILIM EX-FC100）を利用することにし、10台確保した。ハイスピード動画は、撮影速度が210fps（210コマ/秒）、420fps、1000fpsがある。生徒実験では、1000fpsの撮影速度で、高い音が出ているときの弦の振動と低い音が出ているときの弦の振動を比較して撮影させる。

（3）終末の事象提示

終末の事象提示において、オシロスコープを用いて、音が出ている物体の振動の様子を波形で提示する。発音体として、リコーダー3種類（テナー、アルト、ソプラノ）と犬笛を提示する。リコーダーは、種類によって筒の部分の長さや太さが違っており、高い音が出るリコーダーほど細くて短くなり、振動数が大きくなる。犬笛は金属部分の長さを調整できるものを用いる。金属部分を短くすると、音は聞こえにくくなる

が、振動数は大きくなることを提示した。

3. 授業実践

授業は、単元「身近な物理現象」における「音の性質」の学習の最後に位置づけた。生徒はそれまでに音の伝わり方、音の大小について学習している。授業は、2009年10月に実施した。

(1) レディネステストと授業構想

単元導入前に、以下のようなレディネステストを行った。

問) これまでに、音について疑問に思ったり、興味をもったりしたことはありますか？あれば具体的に書きなさい。

1年生39名中*複数回答あり

- ①ある (34名)
- ・ どうして音が出るのか (6名)
 - ・ 花火や雷で音がずれてくること (6名)
 - ・ やまびこについて (6名)
 - ・ 楽器についての疑問 (5名)
 - ・ どうして糸電話で聞こえるのか (2名)
 - ・ モスキート音、聞こえない音について (2名)
 - ・ どうして水中の方が音が速く伝わるのか (1名)
 - ・ 音によってローソクの火がゆれる (1名)
 - ・ その他 (11名)
- ②ない (5名)

質問結果から、普段、音を聞いて生活している中で、身近な現象についての素朴な疑問をもっている生徒はいるが、その現象が起こる理由については理解していないことがうかがえる。

次に、本時に行う実験について、音を高く出すための振動させる物体の条件を把握するために、以下の問題を作成し、事前調査を行った。

問) ギターで高い音を出したり、大きな音を出したりするにはどのようにしたらよいですか。また、その時のそれぞれの弦の振動のようすはどのようにになっているのでしょうか。

39名中 *複数回答あり

I：高い音を出すには？

- ①弦を変える

- ・ 短くする (9名)
 - ・ 強く張る (4名)
 - ・ 細くする (3名)
- ②弦の弾き方を変える
- ・ 弱く弾く (4名)
 - ・ 速く弾く (5名)
 - ・ 細かく振動させる (1名)
- ③その他 (3名)
- ④無回答 (11名)
- II：振動のようす
- ・ 細かくゆれる (6名)
 - ・ 速くゆれる (4名)
 - ・ 小さくゆれる (3名)
 - ・ 大きくゆれる (1名)
 - ・ ゆれる (8名)
 - ・ 無回答 (17名)
- III：大きな音を出すには？
- ①弦を変える
- ・ 短くする (2名)
- ②弦の弾き方を変える
- ・ 強く弾く (16名)
 - ・ ゆっくり弾く (3名)
 - ・ 大きく振動させる (2名)
 - ・ たたく (1名)
- ③無回答 (16名)
- IV：振動のようす
- ・ 大きくゆれる (15名)
 - ・ 細かくゆれる (5名)
 - ・ ゆれる (2名)
 - ・ ゆっくりゆれる (2名)
 - ・ 無回答 (17名)

上記の結果からは、音を高く出したり、大きく出したりするためにどのような条件にすればよいのかを知っている生徒は多くないことがわかる。また、高い音が出ているときの弦のようすを知っている生徒も少ないため、音の高低と振動のようすを関連付けることはできていない。

そこで本時は、複数の弦をつけたモノコードで条件を統一したり、変えたりしながら高い音を出す実験を通して、「細く」「短く」「強く張る」という条件にして弦を弾けば高い音が出ることに確認させるとともに、高い音を発している物体の振動のようすは振動する回数が多いという事実気付かせる。その事実をもとに音の高低は振動数によって決まるという規則性を見いださせ、身近な楽器がいろいろな高さの音を出せることと関わらせて考えさせることで、科学的な見方や考え方の広まりや深まりを実感させたいと考えた。

(2) 授業の導入での事象提示

授業の導入では、代表生徒が吹いているストロー笛を少しずつ切っていく、音が徐々に高くなることを確かめた。そうすることで、音を高くするには、発音体が短くなればよいという見通しをもつことができた。そして、課題を「どうしたら高い音が出るのだろうか」と設定して、音を高くするための他の条件を予想させた。その他の条件としては、「弦を細くする」「弦の張り方を強くする」という予想が挙げられた。この事象提示により、本時の課題を絞り込むことができたとともに、目的意識をもたせることができた。

(3) 音の高低と振動数の関係を探る実験

予想で出てきた条件は、「弦を短くする」「弦を細くする」「弦の張り方を強くする」というものであった。予想した高い音を出すための条件を確かめるために、手作りモノコードを用いて実験させた(図2)。また、音が出ているときの弦の振動の様子にも着目させて実験を行わせた。条件を変えることができる手作りモノコードを利用することで、「弦を短くする」「弦を細くする」「弦の張り方を強くする」ことで、高い音が出ることを確認することができた。生徒は、弦の振動の様子を観察するために、用意しておいた高速度カメラを進んで利用した(なお、音の大小の学習において、振幅の確認のために高速度カメラは利用している)。高速度カメラの撮影速度を1000fpsとし、高い音が出ているときと低い音が出ているときを比較して撮影することで、高い音が出ているときの弦の振動の方が振動する速度が速いこと、振動する回数が多いことに気付くことができた。ただ、撮影速度が1000fpsの場合には、映像が暗くなるため、鮮明な映像を記録するには、光源を工夫する必要があった。

また、オシロスコープを利用できる環境設定にしておいたことで、高い音が出ているときの方が波の数が多いことにも気付く班があった。これらの実験結果の交流をもとに、生徒は音が出ているときの物体の振動の様子と音の高低を関連付けて考察し、音の高低と振動数の関係を見いだすことができた。そして、高い音が発生しているときには、弦の振動する回数が多くな

ることを説明することができた。

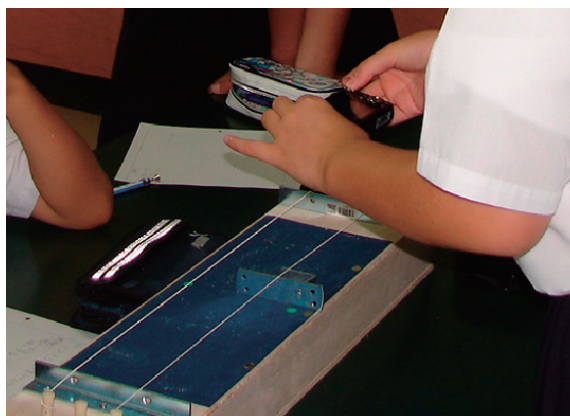


図2. 弦の振動を高速度カメラで撮影して調べる活動のようす。

(4) 終末の事象提示

本時のまとめを行った後、終末の事象提示として、リコーダー3種類(テナー→アルト→ソプラノの順)の振動の様子をオシロスコープを用いて波形で提示した。高い音が出るリコーダーほど細くて短くなり、振動数が大きくなることに、生徒は感嘆の声を上げた。また犬笛で金属部分の長さを短くしていき、振動の様子を波形で提示した。生徒は金属部分が短くなるほど、高い音が聞こえるはずなのに実際には、高い音は聞こえないが、振動数が大きくなる事実意外性をつかれ驚いた。その事実を見た生徒の一人が「犬笛の音は人間には聞こえないということを知ったことがある」と発言したことで、生徒たちは「振動数がかなり大きいということは、犬笛は人間が聞こえないくらい高い音が出ているのだ」ということに気付くことができ、さらに音の高低と振動数の関係を理解することができた。

4. 議論

本研究で高速度カメラを利用したのは、今まで音の高低の学習を行うときに、オシロスコープを用いて振動数をとらえさせてきたが、物体の振動の様子と振動数の関係をなかなか理解できない生徒がいたため、この関係を視覚的に捉え、音の高低と振動数の関係を理解させやすくするためである。高速度カメラを利用して、音の高いときの振動の様子と低いときの振動の様

子を比較したことで、振動する速度が速いことや振動する回数が多いことに容易に気付くことができた。また、生徒は高速度カメラで撮影した映像で、振動の様子を捉えることができていたため、その後、振動の様子をオシロスコープで波形として表したときに、音の高低と振動数との関係の理解しやすさにつながった。

授業実践からは、音の高低と振動数の関係が視覚的に捉えるができたため、オシロスコープで表される波形の振動数の理解しやすさにつながったことがうかがえた。その結果、生徒は目に見えない物理現象を規則性として捉えることができ、また、身近な楽器と関わらせて考えることなどを通して、自己の科学的な見方や考え方の広まりや深まりを実感させることができた。以下に、授業の振り返りにおける生徒の記述例を示す。

- ・高い音が出ているときの弦の振動の様子を目で確かめることは難しかったけど、ハイスピードカメラでの映像で高い音のときと低い音のときを比較すると、高い音のときの方が振動する回数が多いことがわかった。オシロスコープで確かめても、高い音ほど振動数が多いことも確かめられた。
- ・高い音を出すには、弦を細くしたり、短くしたり、強く張ったりすればよいことがわかった。そうすることで、物体の振動数が多くなり、高い音が出るのだ。
- ・身のまわりの楽器の高低は振動数の変化が関係していることがわかった。音は目にするのができないけれど、振幅や振動数をもとに考えると、今までより音についての理解が深まった。

同様の記述は、他の生徒の記述にも見られた。すなわち、本研究で利用した高速度カメラは、音の高低と振動数の関係を調べる教材として、有効であり、身近な物理現象における音の性質への理解を深めることが示された。

5. おわりに

本研究は、今までの音の高低の学習での生徒のつまづきを解消し、理解しやすくするべく、授業実践を行った。生徒らに音の高低と振動数の関係を捉えさせるために、視覚的によくわかり、しかも比較や再生ができるように高速度カメラを利用した。高速度カメラの利用としては、音の学習以外にも、3年生における「運動とエネルギー」でも有効利用が期待できるため、今後実践を行いたいと考えている。

また、高速度カメラについては、機能の向上と価格の低下が進んでおり、今後、班に1台ずつデジカメを与えて理科授業を行う中学校が増えていくものと期待される。

文 献

- 真鍋陽子・山田茂樹・川上紳一・東條文治（2009）高速度カメラを用いた理科教材開発と中学校理科授業での活用研究，岐阜大学教育学部研究報告（自然科学），33，55-58.
- 森井武史・沖花彰（2006）中学校理科「音」分野の教材作成～音をみる，日本理科教育学会全国大会要項，56，145.
- 文部科学省（2008）中学校学習指導要領解説 - 理科編，大日本図書.