

# 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

真鍋陽子<sup>1</sup>・山田茂樹<sup>2</sup>・川上紳一<sup>3</sup>・東條文治<sup>4</sup>

1: 加茂郡七宗町立上麻生中学校

2: 美濃市立美濃中学校

3: 岐阜大学教育学部

4: 名古屋芸術大学人間発達学部

## Development of digital contents in science education by using high-speed camera with application in science classes of junior high schools

Yoko Manabe<sup>1</sup>, Shigeki Yamada<sup>2</sup>, Shin-ichi Kawakami<sup>3</sup> and Bunji Tojo<sup>4</sup>

1: Kamiasho Junior High School, Hichiso-cho, Gifu, 509-0402, Japan

2: Mino Junior High School, Mino-city, Gifu, 501-3734, Japan

3: Faculty of Education, Gifu University, Gifu, 501-1193, Japan

4: Department of Human development, Nagoya University of Arts, kitanagoya, 481-8535, Japan

### 要旨

中学校理科授業等を念頭において、高速度カメラを用いた身のまわりのさまざまな現象の可視化を行い、web教材として公開した。中学校理科第1分野「力と運動」では、慣性の法則による運動のようす、真空中と大気中での自由落下の違い、「音と光」では、ギターの弦の振動のようす、第2分野「地球と宇宙」においては、ミルククラウンや衝突クレーターの形成実験を行った。慣性の法則や弦の振動については、中学校理科授業で活用した。また、ミルククラウンや衝突クレーターの形成実験は、公開講座やSPP事業で活用した。最近、安価な高速度カメラが市販されており、一瞬の間に起こる身近な現象をスローモーションで再生して、何が起きているのかを観察する手立てとして、広い活用が期待される。

【キーワード】高速度カメラ、運動、衝突、振動、中学校、理科教育

### 1. はじめに

中学校理科とりわけ第1分野においては、自然に対する関心を高め、科学的に調べる能力と態度を育てるとともに、自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な見方や考え方を養うことが目標になっている（文部科学省，1999）。第1分野の内容は、「身近な物理現象」、「運動の規則性」、「化学変化と原子、分子」、「物質と化学反応の利用」などが含まれているが、小学校での学習内容に比べて抽象的な概念や肉眼では捉えにくい現象が含まれており、「好き」、「得意」であるという意識をもっている生徒は大きく減少し、「にがて」、「きらい」という意識をもつ生徒の割合が増える傾向にある（国立教育政策研究所教育課程研究センター，2003；北海道理科教育センター・北海道教育大学，2008）。また、理解度に関する調査でも低いという結果が得られている（熊坂ほか，2007；山崎・宮脇，2007）。

理科第1分野の授業で行う実験は、教室内で繰り返し行えるものが多いが、現象が視覚的にとらえにくかったり、一瞬の出来事で何が起きているのかわかりにくかったりする場合がある。このような課題を解決するには、熱力学的な現象では、サーモグラフィーを用いて温度分布を色調で表現することで視覚的に理解しやすくなる（中上ほか，2009）。また、一瞬の出来事については、高速度カメラで現象を撮影しスローモーションで再生する方法が考えられる。

これまで高速度カメラは大変高価な機械であり、先端的な学術研究で現象の計測に使われてきたが、近年多様な利用がなされるようになってきた（たとえば、臼井，2007；江口，2008）。しかし、理科授業で活用した事例はあまり多くない。本研究では、2008年4月に市販されたCasio ExilumEX-FH20を用いて、「力と運動」、「音・光」の単元における現象を撮影し、デジタ

ルコンテンツを製作した。開発したコンテンツは、web教材「理科教材データベース」に登録し、授業で活用できるようにした。

## 2. 教材開発

平成20年6月14日の岐阜県総合教育センターで開催された岐阜県小中学校理科教育研究会中学校理科研究部会での議論のなかで、高速度カメラを用いた教材開発が話題になった。実際に、岐阜県加茂郡上麻生中学校の研究発表で、慣性の法則の授業研究が予定されており、上麻生中学校において生徒が使用する実験器具を用いて撮影を行った。

一方、岐阜大学公開講座における月の観察や中学校でのサイエンスパートナーシッププロジェクトで、中央丘をもつクレーターがどのようにできるのかという質問がよくあり、高速度カメラで、砂を入れた容器の中央へ鉄球を落下させるクレーター形成やミルククラウンの形成の様子を撮影した。

開発した教材は、web教材「理科教材データベース」に登録し、インターネット環境で利用できるようにしている。

### (1) 慣性の法則

慣性の法則の現象は、静止した状態の台車にドライアイスを載せ、木槌でたたいて台車を動かした場合に、上に載せてあったドライアイスが静止した状態にとどまること、およびドライアイス載せた台車をカーブした軌道で走らせ、台車はカーブしてもドライアイスは直進運動することを撮影した。図1に製作したデジタルコンテンツのトップページを示す。

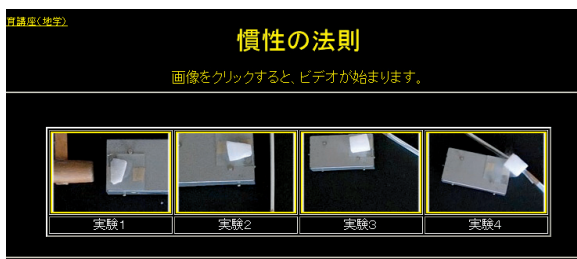


図1. 慣性の法則に関する実験を示したweb教材「理科教材データベース」の画面の一部。

### (2) 振り子の運動

振り子の運動のコンテンツは、糸でつるした鉄球の運動を高速度カメラで撮影し、中央を通過するとき速度が最大になり、振幅が最大で位置エネルギーが最大になったところで、速度がゼロになることを視覚的にわかるようにしたものである。

### (3) 自由落下運動

真空容器の上面にわたをはさんだ磁石をとりつけ、容器の外壁に別の磁石をつける。外壁の磁石を手で持ち去ると磁石の引力が弱くなり内側の磁石と綿が落下する。この現象を真空下と大気圧下で行った。大気圧の下では綿の落下は空気の抵抗でゆっくり落下するが、真空下ではほぼ同時に落下するようすを撮影した。

### (4) 弦の振動

「音・光」の単元では、弦の振動について、振幅と周波数と音色の関係について学習する。周波数は音色と関係している。実験にはモノコードが用いられることが多く、弦をはじく強さ、弦の長さ、弦の太さ、弦の張る強さによって、音色や音の大きさが変化することを実験する(江崎, 2007)。こうした変化が振幅や周波数と関係していることについては、オシロスコープが使われることが多いが、弦の振動とオシロスコープの映像との関係性については、対応関係に納得できない生徒の姿がみられることがある。

デジタルコンテンツの開発では、弦の長さを統一したギターを用い、ピックではじいて弦の



図2. 音叉の振動やギターの弦の振動を示したweb教材「理科教材データベース」の表示画面の一部。

太さによって周波数が異なる様子を撮影した。スローモーションで再生することで、太い弦では振動がゆっくりで、細い弦では速いことが視覚的に捉えることができた。

また、音叉を振動させて水に入れる実験についても高速度カメラで撮影した。振動が激しい場合は、音叉の振動が水に伝わって水しぶきが飛ぶようすがよくわかった。また、振幅が弱くなると、音叉の振動によって水面に波動が生じることがよくわかった。製作したデジタルコンテンツのトップページを図2に示す。

### (5)衝突クレーター形成実験

鉄球を砂に衝突させるクレーター実験は、月面の地質や地形を学習する目的で、授業に導入されている(高田ほか, 2000; 川上ほか, 2008)。カラーサンドを用いた成層構造をもつ標的では、クレーターの形成によって地表付近の砂が吹き飛び、形成されたクレーターの内壁では斜面崩壊が起こり、最終的なクレーターが形成される。クレーターの形成実験のようすを高速度カメラで撮影することで、砂の粒子がどのような運動をするかを視覚的に理解できるようになった(図3)。



図3. カラーサンドに鉄球を落下したときにできる過渡的クレーター。

### (6)ミルククラウンの形成実験

クレーター形成実験で、中央丘型クレーターがどうしてできるかをアナログ的に示すには、ミルククラウンの実験がわかりやすい。牛乳を入れた容器に、イチゴを落下させ、ミルククラウンができるようすを撮影した(図4)。



図4. ミルクを入れた容器にイチゴを落下させてつくったミルククラウン。

## 3. 議論

### (1)「力と運動」の授業での活用

上麻生中学校で開発したコンテンツは、同じ学校の理科の授業で活用した。実験に用いた器具は、生徒が行うものと同一であり、スローモーションで再生される映像と、生徒らが自ら行った実験が同一の現象であることを印象づけられるよう配慮した。授業後のアンケートには、次のような記述があった：

- 慣性の法則で、ドライアイスが真下に落ちることがよくわかって、おもしろかった。
- 自分たちの実験では一瞬でおわってしまったが、ゆっくりみれてよくわかった。
- 肉眼でみるよりもはっきりわかった。
- スローモーションでみるとよくわかり、しっかり理解できた。

多くの生徒がわかりやすいとかおもしろいという感想を述べており、抽象的で興味のもちにくい力と運動の単元での高速度カメラの活用は有効であることが示唆された。

### (2)「弦の振動」に関する授業での活用

弦の振動については、上麻生中学校と美濃市立美濃中学校で活用した。美濃中学校では、ギターの弦の振動のようすをスクリーンに映し、生徒全員で1分間に何回振動しているか数えた。細い弦の方が振動の回数が多いことと、高い音色であることをしっかり理解することができた。

生徒の感想には、次のようなものがあった：

- ・ギターの映像で、細い弦では、なぜ音が高いのかということ、振動の数をかぞえてみて、数が多いからということがわかった。
- ・太い弦では、震動の数が少ないから、音が低いということがよくわかった。

これらの感想から、音に関する学習でも高速カメラの活用が有効であることが示唆された。

#### 4. おわりに

本研究では、最近市販された安価な高速度カメラを用いて、第1分野の現象を中心にデジタルコンテンツを開発し、授業で活用した。多くの生徒から、わかりやすかった、おもしろかったといった感想が聞かれた。

今後、より多くのコンテンツを開発し、第1分野における単元指導計画のなかで位置づけて、標準的なカリキュラムを作成することが課題である。

謝辞. 本研究の構想は、2008年6月13日に岐阜県総合教育センターで開催された理科教育研究会での議論で生まれたものである。教材開発と授業実践に関する検討の機会を与您いただいた岐阜県総合教育センター長・佐々木信雄氏、岐阜県中学校理科研究部会長・後藤孝雄氏に感謝いたします。

#### 引用文献

江口恵美 (2008) 幅広いアプリケーションで使われる高速度カメラ, 映像情報Industrial, 40, No. 10. 31-36.

江崎士郎 (2007) 弦の振動で、音の大きさ、高さの関係を調べる, 理科の教育, 56, No. 664, 762-763.

北海道立理科教育センター・北海道教育大学 (2008) 北海道における理科教育の充実を図るための調査研究 - 第3回 本道の理科教育に関する実態調査 - 調査研究報告書, 71p, 北海道立理科教育センター・北海道教育大学.

川上紳一・鈴木かおり・東條文治・伊奈波中学校 (2008) 天体望遠鏡による月面観察とクレーター形成実験: 伊奈波中学校におけるサイエンスパートナーシッププロジェクトにおける実践報告, 岐阜大学教育学部研究報告 (自然科学), 32, 29-37.

熊坂英明・伊東明彦・水谷佳澄 (2007) 中学生の力に対する理解度調査, 宇都宮大学教育実践総合センター紀要, 30, 483-490.

国立教育政策研究所教育課程研究センター (2003) 平成15年度小・中学校教育課程実施状況調査質問紙調査集計結果 - 理科 -, 146p, 国立教育政策研究所.

高田淑子・須田敏典・西川洋平 (2000) 教室で行う宇宙の実験1: クレーター形成実験, 宮城教育大学紀要, 35, 95-99.

臼井寛之 (2007) いつでもどこでも簡単撮影 手のひらサイズのコンパクト・ハイスピードカメラ, 映像情報Industrial, 39, No.10, 45-48.

山崎昭久・宮脇亮介 (2007) 等速直線運動と慣性の学習においてみられる子ども達の誤解に関する調査, 福岡教育大学紀要, 第4分冊, 教職科編, 56, 155-163.

(webサイト)

理科教材データベース (岐阜大学):

<http://chigaku.ed.gifu-u.ac.jp/chigakuhp/html/kyo/index.html>