

サーモグラフィーを用いた理科教材開発と中学校における授業での活用研究

中上和奈¹・山田茂樹²・川上紳一³・岩田陽介⁴

1: 瑞穂市立穂積中学校
2: 美濃市立美濃中学校
3: 岐阜大学教育学部
4: 岐阜大学教育学部附属小学校

Development of Digital Contents in Science Education by using thermography and applicatins in science classes of junior high schools

Kazuna Nakagami¹, Shigeki Yamada², Shin-ichi Kawakami³ and Yosuke Iwata⁴

1: Hozumi Junior High School, Mizuho, Gifu, 501-0236., Japan

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

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

4: Fuzoku Elementary School attached to Faculty of Education, Gifu University, Gifu, 500-8482, Japan

要旨

熱の伝わり方や温度の違いは、時間的、空間的な変化をともなうものであり、児童・生徒にとっては、現象の本質をつかみにくい側面が少なからずある。サーモグラフィー（熱画像装置）は、温度分布を色調の違いとして画像データに表現するものであり、ものの温まり方や、温度分布を把握するのに適している。これまでに、小学5年「ものの温まり方」における学習内容に基づいて、金属の温まり方に関するデジタルコンテンツが開発されている。本研究では、中学校の理科授業での活用を念頭において、「身のまわりの物質」、「地球と宇宙」、「動物の生活と種類」といった単元でサーモグラフィーを用い、既存のweb教材にはない事象を選び、サーモグラフィーをもちいたデジタルコンテンツを開発した。それらを理科授業で活用し、有効性を検討した。

【キーワード】サーモグラフィー、温度、空間分布、季節、動物

1. はじめに

小中学校の理科授業においては、小学3年「日なたと日かげ」、小学5年「ものの温まり方」、中学1年「身のまわりの物質」、中学3年「地軸の傾きと季節」など、物質の熱力学的性質や温度分布に関連した学習が数多くある。

小学5年の「ものの温まり方」では、空気、水、金属で温まり方の違いを学習するが、この順番に授業を進めていくと、ものは上から順番に温まることが予想され、金属の授業では混乱をまねくことがある。温度の変化の観察にはパラフィンを塗ったり、ある温度になると変色するサーモテープが使われることが多いが、実験の仕方によっては、結果が混乱し、現象を正しく認識できないことになりかねない。こうした

ことから、岐阜大学教育学部カリキュラム開発センター理科教材、「理科ネットワーク」などにおいて、サーモグラフィーを使ったものの温まり方のビデオクリップが製作され、インターネットで利用可能になっている。また、これらを活用したICT活用の実証的研究も行われている（石原，2005）。

サーモグラフィーは、熱力学的現象の可視化に適した測定器具であるが、高価であり学校現場におけるサーモグラフィーを用いた教材開発や授業実践はあまりみあたらない。しかし、近年比較的安価なサーモグラフィーが開発され、利用可能な料金でレンタルできるようになっている。本研究では、サーモグラフィーを用いた教材開発について、とくに中学校現場でのニー

ズを把握し、レンタル機器を使ってコンテンツを開発し、web教材として公開するとともに、授業で活用して、有効性を検証したので報告する。

2. 教材開発の方法

今回用いたサーモグラフィーは、FLUKE社製のTi20という機種で、(株)KDDより2008年10月24日から31日までの1週間レンタルした。サーモグラフィーを活用した教材開発については、2008年8月20日の岐阜県小中学校教育研究会中学校理科研究部会における討論で話題になったものであり、10月の撮影までの期間に、学校現場でのニーズを調査し、撮影のための準備を進めた。

サーモグラフィTi20は、画像出力のみであり、動画については液晶モニターでしか確認することができなかった。そこで、マクロレンズをつけたビデオカメラ (Sony DSR PD-150) で液晶画面を接写し、温度変化を動画として記録する方法をとった。

3. 開発した教材と授業実践

本研究における教材開発・授業実践は、瑞穂市立穂積中学校 (第1学年・単元「身のまわりの物質」)、美濃市立美濃中学校 (第3学年・単元「地球と宇宙」) で実施した。また、岐阜大学において、恒温動物と変温動物、日なたと日かげについてのコンテンツも作製し、web教材「理科教材データベース」に登録したが、これらについては、授業実践は行っていない。

(1) 身のまわりの物質の温まり方

穂積中学校で実施した、第1学年「身のまわりの物質」という単元において、金属と非金属の区別する手立てについて考える授業を実施した。生徒の意見のなかに「金属は熱を伝えやすい」というものがあり、実験で調べることにした。金属、プラスチック、ガラスで、熱の伝わり方の違いを調べる実験方法を生徒が考え出すのは困難であると考え、教師が準備することにした。金属については、銅、鉄 (ステンレス)、鉛、アルミを用い、比較としてプレパラート用

のガラス、ゴム、プラスチックを用いた。それぞれの大きさは、ガラス製のプレパラートとほぼ同じ7cm×2cm×1mmである。これらを立てかけた容器に熱湯を流し込み、温度の変化を調べるという方法をとった。温度の変化については、物質の表面に貼ったサーモテープの変色を観察する方法を採用した。

この授業の実施前に、授業で使うものと同じ器具を用いて実験を行い、サーモグラフィーで熱画像を取得した。動画撮影には、デジタルビデオカメラSONY SDR-PD150を用いた。

測定結果をみると、熱伝導率の大きな銅板やステンレス板は熱湯を注ぐと急激に温度が上昇し、鉛板では徐々に温度が上昇した。一方、非金属のゴムやプラスチックでは、温度が低いまま定常状態に達し、顕著な温度の違いとなった。

ゴムやプラスチックの温度も時間が経つと金属と同じ温度になるような印象を受けるが、そうはなっておらず、温度分布が熱伝導率に大きく影響されることは印象的であり、熱の伝わり方や温度分布に対する金属と非金属の違いを明確にするコンテンツが製作できた。開発した教材は、「理科教材データベース」に掲載した (図1)。



図1. ものの温まり方をサーモグラフィーで撮影して作成したweb教材「理科教材データベース」の表示画面の一部。

授業実践においては、生徒たちは、それぞれグループごとに実験を行って、温まりの違いを調べた。生徒らの実験では、銅とアルミについては、サーモテープの色が一瞬で変化したが、鉄と銅については変化がゆっくりで高温になら

ないので、手で触ってみるように助言した。また、参考情報としてサーモグラフィーの映像を教室の前のプロジェクタで再生させ、実験結果の考察の参考となるようにした。

結果を分析し考察につなげる全体での交流の場面において、グループごとに行った実験が同じ結果であることを確認することができ、確かな事実に基づいて目的意識をもった追求をする生徒の姿がみられた(中上, 2009)。

(2) 「地球と宇宙」～地軸の傾きと気温変化～

中学校第3学年「地球と宇宙」の単元におけるサーモグラフィーを用いたデジタルコンテンツの活用は、美濃市立美濃中学校で実践した。

この単元では、太陽の見かけの移動経路を透明半球上に記録し、夏と冬では太陽の南中高度や昼の長さが変化することを学習する。続いて、その原因が地軸の傾きによるものであり、その結果、気温などの季節の変化が起こることを学習することになる。

ここでは、特に気温の変化が起こる理由は日射の角度によって単位面積当たりの熱の吸収が変わることを確認することが必要となる。これまでの中学校の理科授業(たとえば、岐阜市立陽南中学校)のなかでは、光の入射角と温度の関係を調べる活動が行われているが、温度の違いをはっきり示すには強い光源が必要であり、納得のいく結果が得にくいことが課題となっていた。

本研究では、岐阜市立長良中学校で開発された実験器具を使わせていただき、光源からの光

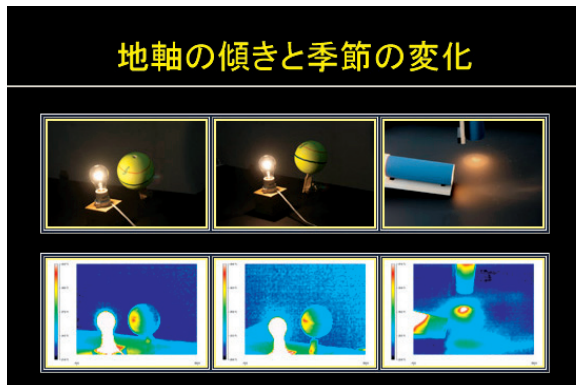


図2. 光源を真上から当てた場合と斜めに当てた場合における温度の違いを示すサーモグラフィー。

の入射角の違いによる照射体表面の温度をサーモグラフィーで撮影した。図2に開発したweb教材を示す。

また、発泡スチロールで作った地球モデルに光を当て、球体における温度分布を測定した。サーモグラフィーで、光源からの光が球体表面に対して鉛直に近い入射角の部分ほど、恒温になることが示され、地球表面における温度の日変化や季節変化を把握しやすい熱画像が取得できた。

授業の実践では、生徒は、夏から秋にかけて、野外観察を行ってきた経験をもとにして、モデル実験を行い、日差し、影の長さ、太陽の南中高度の観察を行ってきており、こうした季節の移り変わりが地軸の傾きと地球の公転運動によってもたらされていることをモデルを用いて確認した。その後、生徒たちは、サーモグラフィーを用いたコンテンツによって、日射の入射角と地軸の傾きによって地球表面の温度が決まっていることに納得し、地球上での多くの現象の移り変わりが地球の運動に支配されていることを実感することができた。

(3) 恒温動物と変温動物

中学校第2学年「動物の生活と種類」では、いろいろな動物のからだのしくみと生活が学習される。このなかで、脊椎動物のなかで、変温動物と恒温動物の体温の違いを測定する実験を行った。

実験には、岐阜大学教育学部附属小学校で飼育されているイモリ、カメ、ウサギを用いた。これらを測定すると、恒温動物のウサギだけが周囲の環境温度より高く、熱画像に姿が写しだされたが、イモリやカメについては、環境温度と体温が同一であり、熱画像に姿を確認することができなかった。そこで、イモリやカメについては、氷で冷やした水で体温を下げて、違いがわかるような撮影を行った。図3に開発したweb教材を示す。

また、岐阜市畜産センターで飼育されている家畜についても、サーモグラフィーで温度分布を測定した。

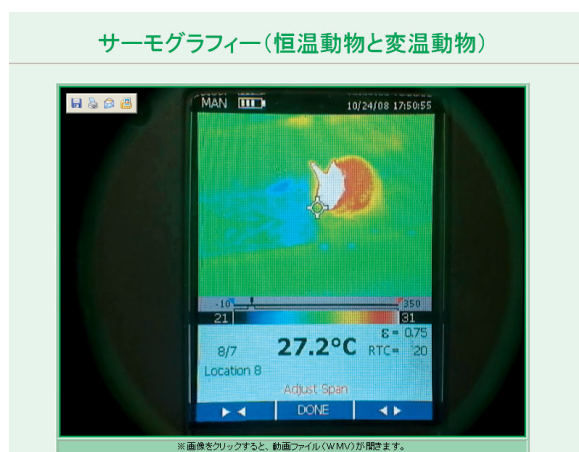


図3. 恒温動物(ウサギ)と変温動物(カメ)で、体温の違いを示すサーモグラフィー。

4. 議論

(1) サーモグラフィーが有効な学習内容の抽出

これまで、サーモグラフィーを用いた教材開発は、小学5年の「ものの温まり方」に関するものがほとんどであった。本研究では、こうした既存のコンテンツを調査し、まだ作製が行われていない現象で、しかも中学校現場で有効なものを取りあげ、教材開発を行った。サーモグラフィーのレンタル期間が短く、十分な準備ができなかったが、いくつかの現象については、授業で活用できるコンテンツの開発ができた。

サーモグラフィーのレンタルでは安価で提供する業者があるので、学校現場でのニーズを調査し、有効なデジタルコンテンツの開発を行っていくことが今後の課題である。

(2) 熱画像の解釈をめぐる課題

サーモグラフィーで得られる熱画像は、高温の領域ほど赤く、低温の領域ほど青く表示されるようになっている。こうした表現方法になれば、視覚的にわかりやすいが、こうした画像を初めて見る生徒にとっては、表示されている映像が何を意味しているのか、わかりにくかったようである。サーモグラフィーのメリットを生かした授業実践を行う場合、熱画像についての予備知識を与えることが重要となる。

5. おわりに

サーモグラフィーによる理科教材については、

岐阜大学教育学部カリキュラム開発センターやJSTの「理科ネットワーク」など、政府機関や研究機関が学校現場で役に立つ教材を製作し、学校現場の教員はそれらを利用する立場にあった。本研究では、中学校の教員が日ごろの授業での経験からサーモグラフィーのニーズを調査し、既存のメーカーサイトにないコンテンツを製作したことに特徴がある。こうした取り組みが実現した最大の理由は、サーモグラフィーのレンタル料金が比較的安価になったからである。

しかし、日常的な経験に照らしてみると、依然サーモグラフィーは高価であり、学校現場でのニーズを集約して短期間に集中して、より豊富なデジタルコンテンツの開発に取り組むことが必要である。

また、サーモグラフィーは、先進的な計測技術の一つでもあり、学校現場で常時利用できる設備備品として確保して、学校現場の教員が気軽に授業中で利用できるような環境整備も重要であり、そのための試行的利用事例研究も進めていくことが必要である。

さらに、中学校レベルの学習内容になると、個別の事象に対する理解だけでなく、さまざまな事象間の関係に関連づけて学習することが求められる。本研究で実践した「身のまわりの物質」や「地球と宇宙」の単元では、サーモグラフィーを用いて開発した教材を単元を貫くカリキュラムのなかでどのように位置づけるかも重要な課題である。

謝辞. 本研究は、岐阜県総合教育センターで行われた岐阜県小中学校教育研究会中学校理科研究部会での議論から生まれたものである。岐阜県総合教育センター長の佐々木信雄氏、岐阜県中学校理科研究部会長の後藤孝雄氏にはこうした機会を提供していただいた。また、美濃中学校における授業実践では、星槎大学教授の下野洋氏にご指導を受けている。これらの方々に感謝いたします。

引用文献

- (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>
- 理科ネットワーク「3種類の金ぞくぼうの実験～温まり方のちがい アルミ・どう・鉄～」:
<http://rikanet2.jst.go.jp/contents/cp0470/guide/auto/461000.html>,
- 岐阜大学教育学部カリキュラム開発センター理科教材「もののあたたまりかた」:
http://www.crdc.gifu-u.ac.jp/edsoftol/thermograph/samo_index.html
- (文献)
- 石原一彦 (2005) 動画コンテンツによる理科の学習の定着に関する検証, 文部科学省委託事業「ICT活用による学力向上の証し-実証授業による指導の効果検証結果の報告」,
http://spa.nime.ac.jp/view_resume.php?fn=5001013
- 中上和奈 (2009) 目的意識をもち, 科学的な見方や考え方を養う指導の工夫～1年生金属の性質を通して～, 岐阜の理科, 印刷中.