

マルチメディア活用理科教材の作成 (第1報)

山田 洋一
井口 智文

宇都宮大学教育学部研究紀要
第67号 第2部 別刷
平成29年(2017)3月

A Study of the Teaching Materials at Science Education Using Multimedia Technology (I)

YAMADA Yoichi and INOKUCHI Tomofumi

マルチメディア活用理科教材の作成（第1報）

A Study of the Teaching Materials at Science Education Using Multimedia Technology (I)

山田 洋一[†], 井口 智文[‡]
YAMADA Yoichi, INOKUCHI Tomofumi

概要 (Summary)

Several teaching materials at science education using multimedia tools such as, electronic blackboards, overhead projectors, digital microscopes, digital video cameras, and acoustic equipment, were presented. The school lessons based on active learning method will be supported by the materials. Furthermore, the advantage of school education using interactive digital materials were discussed in some details.

キーワード：理科実験，教材，マルチメディア，デジタル化，双方向

1. はじめに

幅広い学力の学生への対応を含めた教育改革として，大学でのアクティブ・ラーニング活用による教授法の改善が始まっている[1]が，近年，アクティブ・ラーニングによる学びが小・中・高等学校にも取り入れられようとしている。アクティブ・ラーニングを取り入れた授業実践の課題や，アクティブ・ラーニングを支援するインタラクティブなデジタル教材開発及びその効果的な導入法も報告され始めている[2-5]。

アクティブ・ラーニング導入の流れは，高学歴化の早かった1960年代のアメリカに始まる。その趣旨は，幅広い学力の学生（特に従来の講義にはついて行けない学生）に対応すべく，学生参加型の学びを提供することにあった。今日，日本のアクティブ・ラーニングが担うのは，それにとどまらない。

かつての日本にはアメリカという成功モデルがあり，良いお手本となっていた。そのやり方を学んで忠実に実行しさえすれば，そこそこ（GDP第2位）に成長できたのである。ターニング・ポイントとなったのは，20世紀末のエネルギー・資源・環境にかかる国際的な危機意識の高まりであった。さらに国内事情として，少子高齢化も加わった。現在，主要先進国となった我が国は，自ら考え，問題を発見し，解決することによって，持続可能な社会の構築[6]を目指している。お手本は無くなったのである。いわば五里霧中を切り拓き前進するために，課題発見能力，知識・経験の応用力，視野の広い柔軟な思考力などを併せ持った人材の育成が求められているといえよう。

一方で，今般の国立大学ミッション再定義（教員養成）では，多くの国立大学教員養成系学部の公約の一つに「理数教育の強化・充実をはかること」が宣言されている。その流れの中で，我々も現代的観点に立った理科教育用実験教材の見直しを行っている。

[†] 宇都宮大学教育学部（連絡先：yamadayo@cc.utsunomiya-u.ac.jp 山田洋一）

[‡] 同（連絡先：inokuchi@cc.utsunomiya-u.ac.jp 井口智文）

本報では、小・中・高等学校でのアクティブ・ラーニングによる授業実践の支援を視野に入れつつ、インタラクティブなマルチメディア理科教材開発と、その方向性について検討を加えた結果、初期の成果が得られたので報告する。山田が音声・動画を用いた電子黒板の活用について、井口がデジタル顕微鏡を用いた電子黒板の活用について主に執筆した。

2. 教材提示装置としての電子黒板の仕様

今回の研究では、プロジェクター（エプソン：EB-595WT）とインタラクティブプロジェクタースクリーン（エプソン：IWS-82VF）から構成される電子黒板を、主な教材提示装置として使用した。IWS-82VFのコントロールボックスとプロジェクター間は、RGB 2回線（コンピュータ1及び2）、HDMI 2回線（HDMI 1及びHDMI 2）、USB-A（USB接続用）及びUSB-B（マウス機能／PC接続用）の6回線で接続した。この機種は、学校現場でもよく用いられているものである。

音声・動画教材及び顕微鏡教材の、作成機材については以下の各論で述べるが、基本的には学校現場でも応用が可能な、比較的入手しやすいものを用いている。

3. 音声・動画教材について

動画の撮影には、Panasonic デジタルハイビジョンカメラ HDC-TM350を用いた。HDC-TM350には指向性・風雑音低減・ローカット機能を選択できる内蔵マイクロホンが搭載されているので、そのままでも様々な音声を記録できる。今回は特に液体窒素の沸騰の様子を撮影し、そのとき発生する気泡がはじける音を明確に記録する目的で、2機種の外付けステレオマイクロホン、Panasonic VW-VMS1（周波数特性80-20,000 Hz、感度-37 dB、S/N比66 dB以上、風雑音低減カバー付き、単一指向性）及び Nikon ME-1（周波数特性70-16,000 Hz、感度-42 dB、S/N比60 dB以上、風雑音低減カバー及びローカット・フィルター付き、単一指向性）を登録して、ノイズ低減と音声の明確化を図った。これらの外部マイクロホンはプラグインパワー型なので、カメラのシューアダプターに直接取り付け、ステレオミニジャックで本体に接続するだけで使用できる（Figure 1）。なお、より指向性の高いいわゆるガンマイク（RODE Video Mic GO 等）やズームマイクについても今後、検討したい。

これらのシステムを三脚に固定するか、又は、撮影時の移動の容易さを考慮してカメラ本体と外部マイクロホンを搭載できる撮影安定化機材[7]に取り付けて動画を撮影した（Figure 2）。

カメラ本体からの出力は、HDMIミニ端子、映像用D端子（D3-D5）、及びアナログのA/V端子を備えているので、前述の電子黒板やA/Vモニター（ASUS LCD-27型）とはHDMIミニ⇄HDMI用ケーブルのみで接続し、動画音声は電子黒板のプロジェクター及びA/Vモニターに内蔵されているスピ



Figure 1. The digital High-Vision camera HDC-TM350 mounted by the microphone VW-VMS1 with wind jammer via accessory shoe.



Figure 2. The digital High-Vision camera HDC-TM350 and the microphone ME-1 attached to the stabilizer X-Grip unit.

ーカーから流した。さらに、オーディオ・セット（DENON PMA-1500 RE, ONKYO A-5VL, Pioneer A-70 and XC-HM82, SONY MAP-S1で動作確認）とはA/Vケーブルの音声ケーブル・端子で接続し、よりリアルな音質での再生を追求した。

今回は、以上の機材を使用して透明ジュワー瓶中における液体窒素（沸点 -195.8°C ）の沸騰の様子を動画で撮影した。小学校理科では、水の状態変化が取り上げられている。身の回りの物質として、水が最も身近であり、その凝固点や沸点が常温からそれほどかけ離れていないので、実験も容易だからである。しかしながら、凝固は 0°C で、沸騰は 100°C で起こるといふ、間違っただ概念が定着しないように注意すべきである。有機溶媒の中にはもっと沸点の低いものも数多く存在するので、より低い温度、例えば熱湯中での湯煎などによる $50\text{--}80^{\circ}\text{C}$ での沸騰現象などを提示することができる。ここでは、液体窒素を容器（透明ジュワー瓶）に注いでから、熱平衡に達して激しい沸騰がほぼ収まるまでの間の変化の様子を、題材として用いる方法を提案する。

液体窒素の実験例は数多く報告されている。問題点として、児童・生徒に与えるインパクトは非常に大きいものの、いわゆるお祭り騒ぎに終わってしまうことが多いことを指摘しておく。理科の授業として本当に大事な部分が伝わらないことが往々にして起こり得るのである。本報での提案は、学習者に前もって液体窒素を容器に注いでから熱平衡になるまでの変化の様子を動画で提示し、授業者が電子黒板やA/Vモニターを用いて要点を解説する方法である。その段階で、この実験の観察すべきポイントを良く理解させ、注意が集中するように仕向ける。このような事前学習により、次に行う実物の液体窒素を使った沸騰観察においても、学習者が冷静に観察し、実験ノートを記録することが期待できる。

さて、ここでの重要な課題は、前述のように液体窒素の沸騰するときに発生する気泡がはじける音を明確に記録することである。小学校で学習する水の沸騰との対比上、激しく泡立つ様子を見るだけではなく、グラグラとお湯が沸くとき特徴的な音がするように、 -196°C の液体窒素の沸騰であっても激しい泡立ちの際の音がすることを気づかせたい。マルチメディア機器の使用によりこの様子を事前に学習した場合、次の実物提示の段階でも、音の変化も聞き漏らすまいとして実験に集中するものと期待した。

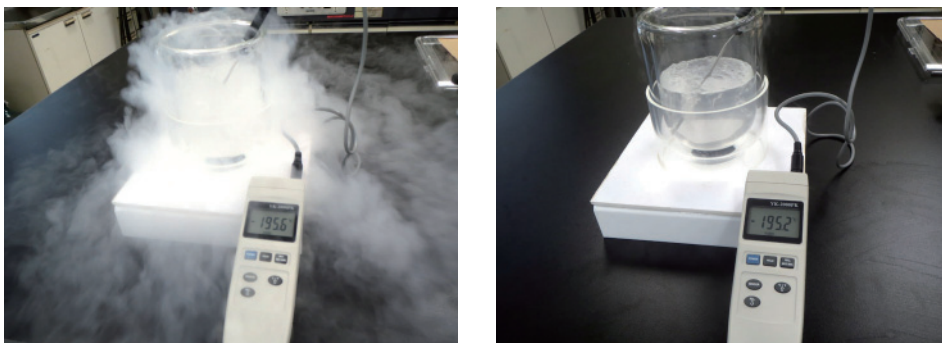


Figure 3. Left side: Vigorous boiling of liquid nitrogen with rumbling sound.
Right side: Heat balance state of it with spattering small bubbles.

このような観点から、我々はできるだけ高音質での音声・動画の録画方法について、検討した。その結果、ジュワー瓶への液体窒素注入後の激しい沸騰の様子とグラグラ煮え立つような音（Figure 3 Left side）、及び熱平衡に達する直前に観察される細かい泡の発生とチリチリというよ

うなその破裂音 (Figure 3 Right side) が、それぞれ記録された。なお、写真で白く写っている煙は空気中の水蒸気が凍結した微細な氷の粒子であり、後ろから風を送ると少し軽減した。

この動画を用いた小・中・高等学校向け授業プラン、及び科学実験講座での活用プランは、現在検討中である。また、映像面からは白煙の除去が、音声面からは更なるノイズ低減が、それぞれ今後の課題である。

4. デジタル顕微鏡と電子黒板の活用について

デジタル顕微鏡を用いて観察画像を電子黒板に投影して授業を行う場合、投影した画像が学習すべき内容を鮮明に映し出すかどうかが最大の問題となる。そこで、本研究では中学校理科の授業で生徒自身が作成して観察を行うプレパート3種（葉の断面の構造 [8] , オオカナダモの葉 [9] , 植物の細胞分裂 [10] ）を実際に作成し、デジタル顕微鏡を用い電子黒板に投影した画像について指導に適した映像が得られるかどうかを検証した。同時に、用いた機器の接続や使用が容易に行えるかについても検討した。

今回の研究には、デジタル顕微鏡イメージャー（セレストロン：44421）（Figure 4）を、接続する顕微鏡はオリンパスCX21（三眼鏡筒タイプ）とヤガミYM-400LRの2機種を用いた。

はじめに、今回用いた機器の接続について簡単に述べることにする。デジタルイメージャーと顕微鏡の接続については、カメラ接続用の鏡筒部や接眼レンズ部（取付径23.2mm）にはめ込むだけなので非常に簡単であった（Figure 5）。本デジタルイメージャーはUSBカメラでもあり、まず、コンピューター（PC）に接続する必要がある、さらに、カメラからの情報をPCが受け取るにはソフトウェアが必要であった。デジタルイメージャーにはWindows PC向けにソフトウェアが付属されている。この付属ソフトはMac PCに



Figure 4. Digital microscope imager



Figure 5. The imager being mounted to the microscope
Left side: microscope CX21 Right side: microscope YM-400LR

は対応していないが、Mac PCの多くの機種に付属しているイメージ/フォトキャプチャーソフト（Photo Booth）は、本デジタルイメージャーからの情報の入力を受け付けていた。Windows PC

およびMac PCどちらのソフトウェアの使用方法も容易で、PCへの画像の表示は簡単に行えた。また、本研究に用いたプロジェクターは、HDMI端子とRGB端子の両方の入力端子を持ち、PCからの出力はHDMIとRGBのどちらかを必要に応じて選択可能であった。

実際にプロジェクターから電子黒板に投影された映像について、オオカナダモの葉については細胞の外形および葉緑体が明瞭に観察できるかを、植物細胞の細胞分裂については各分裂期における染色体の状態が区別できるかを、そして、葉の断面の構造については表皮細胞、柵状組織、海綿状組織の構造が確認できるかをポイントとして検証した。本研究に用いた2種の顕微鏡は、CX21が大学教育に使用されている解像度の高い機種であり、YM-400LRは小・中学校の授業で使用されるタイプの顕微鏡でCX21に比べて解像度は低い。しかし、どちらの顕微鏡を用いても電子黒板に投影された画像については、CX21を用いたほうが鮮明ではあったものの、どのプレパラートについても検証のポイントを確認することができた。また、PCの出力についてHDMIとRGBのどちらの端子を用いても、今回用いたプレパラートでは大きな違いは認められなかった。また、電子黒板に投影される映像は、プレパラートのライブ映像になるため、オオカナダモの観察では原形質流動により葉緑体が動く様子もはっきりと確認することが出来た。

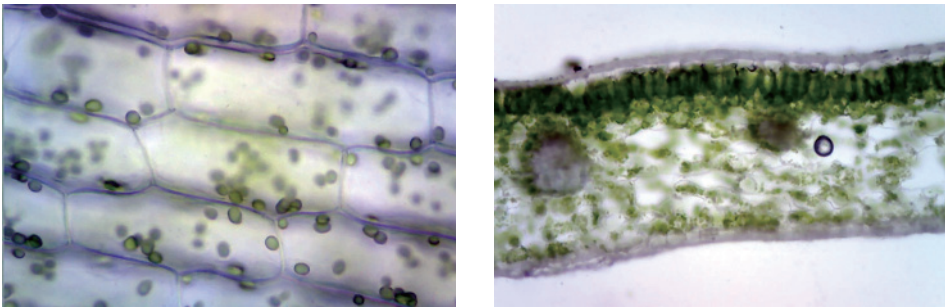


Figure 6 Observation image with the digital microscope

Left side: brazilian elodea (*Egeria densa*) objective lens : $\times 40$ used

Right side: winter daphne (*Daphne odora*) objective lens : $\times 10$ used

加えて、今回用いた両ソフトウェアは、PCに表示されている顕微鏡からの画像の保存が可能であった。画像はJPEGのデータとして保存されるためワードやパワーポイントなど他のソフトウェアに張り付けて使用することが容易に行えた (Figure 6)。

小中学校の理科の生物を扱う単位では、児童生徒が作成したプレパラートを顕微鏡により観察する内容が数多くある。さらに、高校・大学での生物学の実験でも顕微鏡の観察は繰り返し行われることになる。しかし、自分自身でプレパラートを作成し顕微鏡で観察をする場合、どのようなものを観察すれば良いか理解していないと、目的の映像を広い視野から探し出すのは予想外に困難なことである。大学生の実験でもプレパラート作成時に紛れ込んだゴミや気泡にピンポイントを合わせ、未知なるものを発見したと申し出ることは少なくない。つまり顕微鏡観察の学習指導では、作成したプレパラートについて児童生徒と指導者とが同じ画面を観察できれば、効率よい指導ができることになる [11- 12]。そこで、本研究ではクラス全体への指導に活用し、さらにICT機器教材開発発展することを視野入れ、デジタル顕微鏡を用い電子黒板に投影した画像について指導に適した映像が得られるかどうかを検証した。ただし、現在、学校向けに多くのデジタル顕微鏡が販売されているが価格が10万円以上のものが大部分であるが、接眼レンズを外してレンズの代わりに装着して使

用するものは比較的安価であり学校現場への導入が行いやすいと考え、今回はデジタル顕微鏡イメージャーを中心に検討を行った。今回の検討結果から、本実験に用いたデジタル顕微鏡イメージャーは接続と操作も容易であり、検証に使用したプレパラートでは、電子黒板に目的としていた映像の表示も行えることが確認できた。つまり、本研究によりデジタル顕微鏡と電子黒板を使用することにより、1台の顕微鏡で得られた画像を指導者と児童生徒で共有できることが分かったことになる。実験・観察を行う授業は、もともと児童生徒の参加型の授業の一つではあるが、顕微鏡で得られたライブ画像についての議論がクラス全体でできることにより、より多様な参加型の授業の開発の可能性が増したと考えられる。今回は、具体的な教材の開発までは至らなかったが、今後は、デジタル顕微鏡と電子黒板を活用した、具体的な授業の開発を行う予定である。

本研究は、平成26-28年度科学研究費補助金「基盤研究（C）」により経費支援を受けて実施した。

5. 参考文献及び注解 (Webの出典は2016年9月30日現在)

- [1] 文部科学省 中央教育審議会, “新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて ～生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ～ (答申)
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1325047.htm
- [2] 本池 巧, メディアと情報資源, Vol. 29, No. 2, pp. 29-36 (2014).
- [3] 須長一幸, 関西大学高等教育研究, 創刊号, pp. 1-11 (2010).
<http://hdl.handle.net/10112/2939>
- [4] 赤堀侃司 “デジタルで教育は変わるか”, ジャムハウス ISBN 978-4-906768-35-6 (2016).
- [5] 赤堀侃司, 白鷗大学教育学部論集, Vol. 7, No. 2, pp. 261-279 (2013).
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009792493>
- [6] 小宮山 宏, “プラチナ構想ネットワーク”, 雑誌『経済界』, No. 1055 (2015).
<http://www.platinum-network.jp/commitment/>
<http://net.keizaikai.co.jp/archives/18712>
- [7] Opteka X-GRIP カメラスタビライザー
「X-GRIP」でWeb検索すると、詳しい情報が得られる。
- [8] 岡村定矩 他, 新しい科学 1年, pp. 29-31 東京書籍 (2012).
- [9] 岡村定矩 他, 新しい科学 2年, pp. 74-77 東京書籍 (2012).
- [10] 岡村定矩 他, 新しい科学 3年, pp. 58-62 東京書籍 (2012)
- [11] 山田孝行 池田英幸, 鹿児島工業高等専門学校研究報告, Vol. 40, pp. 57-59 (2005).
<http://karn.lib.kagoshima-u.ac.jp/handle/123456789/14527>
- [12] 出野卓也, 大阪教育大学紀要 第V部門, Vol. 60, No. 2, pp. 13-21 (2012).
<http://ir.lib.osaka-kyoiku.ac.jp/dspace/handle/123456789/26878>

平成28年10月3日受理