

理科教室のマルチメディア利用 —高解像度の顕微鏡利用による微生物観察を例にして—

田中 伸也

理科教室におけるマルチメディア機器は多岐にわたっている。これらの利用の将来性を考察し、より簡便かつ効果的に利用するため、各機器を HDMI ケーブルで結び、一括管理できるように配線した。また、その利用例として高解像度の顕微鏡映像を利用し、その効果を測定し微細な構造の観察が可能であることを明らかにした。

1 はじめに

理科教室において利用される機器の中で、現在最も変化が大きいのがモニターとして利用するテレビである。2011年7月24日には地上アナログテレビは終了する(総務省2009年)ため、テレビの多くは地上デジタルに対応したものとなっており、加えて近年は大画面になっている。当校においては、DVDや書画カメラなどマルチメディア利用のために旧来のブラウン管テレビをモニターとして利用していたが、これを液晶テレビに交換した。その結果、他の機器との相性によって、ブラウン管よりも画質が悪くなる例が発生している。特に、顕微鏡の三眼目の鏡筒に接続したデジタルカメラの像が荒く、モニタリングした像をスケッチする授業スタイルが取り辛くなったため、この問題を解決すべくデジタルデバイスの理科教室内インフラ整備を試みた。

理科教室において利用される主だった機器とその配線に使われる一般的な端子を表1に示す。機器の配線を統一して利用するためには RCA 端子が有効なことがわかる。実際、多くの教室は RCA 端子による映像

の入出力をしている。しかし、RCA 端子は近年利用の頻度を増やしているパソコンとの接続が難しい上、アナログ信号であり、一度に扱える情報量が少ない。ここに、今回問題となった液晶テレビにおける画質悪化の一因があると考えられる。

解決法としては、他の代替可能な端子の利用がある。表1からは代替候補として HDMI 端子が有力なことがわかる。HDMI(High-Definition Multimedia Interface)の特性として①一度に扱える情報量が多いこと②配信方法がデジタルなためノイズに強いこと③比較的新しい機器には HDMI 端子が搭載されていることが多いこと④今後様々な機器において標準化していくであろうと考えられていること(Brian 2007, 2009年)が挙げられる。特に、①の一度に扱える情報量が多いことは、液晶テレビの解像度を上げて、画質を良好にすることが期待できることから、理科室に HDMI ケーブルを配線し、その効果を確かめた。

表1 理科室で利用される主な機器とその端子

	デジタル			アナログ					
	HDMI	USB	DVI-D	DVI-I	VGA	コンポジット	D端子	S映像端子	RCA
テレビ(モニター)	○		○	○	○	○	○	○	○
パソコン	△	○			○				
教材提示書画カメラ			○	○	○				○
顕微鏡カメラ	△	○					○		○
VHS再生装置	△						○	○	○
DVD再生装置	△						○	○	○
Blu-ray再生装置	○						○	○	○
プロジェクター	△		△	△	○			○	○
電子黒板	△	○			○			△	○

○はほとんどの機器に搭載されている端子、△は比較的新しい機器に搭載されている端子をさす。

VGA 端子はアナログ RGB 端子もしくは mini D-Sub15pin 端子、RCA 端子はコンポジット端子と同じものとして扱う。

2 材料と方法

材料

理科室の配線に使用したものを以下に記す。

- ・HDMI ケーブル
- ・各種コンバーター
REX-VGA2DVI- PW(RATOC), VGAHDMI1(サンコー)
- ・セレクター
HDMI-SW0401(PLANEX communications)
- ・スプリッター
4 in 1out HDMI スプリッター SP14(Motion Tech)

配線図

上記のものを理科室に配線した。配線の大まかな概略図を図1に示す。

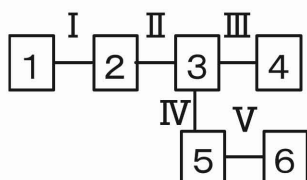


図1 理科室内の配線図

1はモニター，2はスプリッター，3はセレクター，4は機器(顕微鏡接続デジタルビデオ，パソコン，VHS・DVD・Blue-ray 再生装置)，5はコンバーター，6は機器(教材提示装置，パソコン) I～IVは HDMI ケーブル，Vは RCA ケーブル

新しい配線の評価

広島大学附属福山中・高等学校4年40名に，教材提示書画カメラ P30S(エルモ社)でとらえた教科書の映像を①RCA ケーブルで出力，②HDMI ケーブルで出力し，モニターに映して比較させた。また，ビデオカメラ HDR-SR1(SONY)の顕微鏡観察像を①RCA ケーブルで出力，②HDMI ケーブルで出力し，モニターに映して比較させた。また，モニターに映した顕微鏡像を見たままにスケッチするように指示し，どちらが詳細な構造をとらえているかを評価した。以下は実際に配布したアンケートである。ただし，括弧でくくってある部分は削除したものを利用した。

質問1 教材提示書画カメラについて

どちらの映像が鮮明に見えましたか。鮮明に見えたと思う方の記号に丸を付けてください。

a (RCA ケーブルで接続) b (HDMI で接続)

質問2

違いは分かりましたか。

a わかった b どちらかといえばわかった

c どちらかといえばわからなかった d わからなかった

質問3 顕微鏡像について

どちらの映像が鮮明に見えましたか。

a の方(RCA ケーブルで接続) b の方(HDMI で接続)

質問4

それぞれを各3分ほどスケッチしてください。

a	b
---	---

質問5

違いは分かりましたか。

a わかった b どちらかといえばわかった

c どちらかといえばわからなかった d わからなかった

サンプルの調製

観察するサンプルは 15ml プラスチックチューブに入れたミドリムシ培養液(SHIMADZU)でミドリムシ(*Euglena gracilis*)を 15~20 度で数日間温浴培養し，サンプルに供する2時間前に 10 度で静置して自然沈殿させた。その後，緑色に視認できる沈殿を駒込ピペットで少量採取し，試料液とした。

観察法

パンチで穴をあけたビニールテープをスライドガラスに貼り，穴に試料液を1滴のせた。その後，穴に千切ったキムワイプを少量のせ，その上からカバーガラスをかけて，光学顕微鏡 BX40(オリンパス社)を用い400倍で観察した。

3 結果と考察

各配線の結果を以下に記す。

スプリッター

モニター(LC-40AE6)は理科室に4台設置されているため，信号を分岐するスプリッターを利用した。その概念図を図2に表す。HDMIに限らず，多くの配線にはケーブルの分岐数と距離によって信号の減衰が起こることが知られている。今回のスプリッターには信号を強化するブースターが内蔵されており，信号の減衰を感じられない十分な画像が得られた。また，モニターによっては解像度などの異なるものがあり，異なるモニターを複数利用する場合は，スプリッターの出力ポートごとに減色など，信号を変化させて出力するものを選

んだほうが良い。

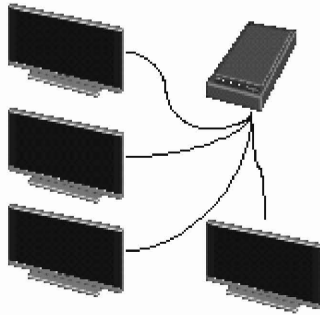


図2 スプリッターとモニターの接続

各機器のラインは HDMI ケーブルで構成されている。

コンバーター

図3のようにモニターには様々な端子が搭載されているが、端子ごとにチャンネルが割り振られており、使用する機器ごとに4台のチャンネルを割り振るのは利便性を考えると好ましくない。

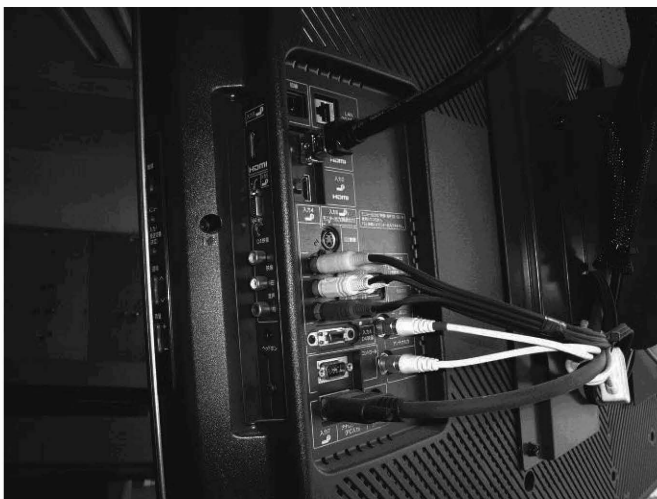


図3 モニターの裏

多くの端子が並んでいる。端子ごとに入力チャンネルがわかるように表示されているが、4台のモニターのチャンネルを同時に変更するには少々手間がかかる。

そのため、すべての機器の端子をコンバーターを利用して HDMI 端子に統一した。本教室では教材提示書画カメラといくつかのパソコンがそれに該当した。VGA 端子(アナログ信号)をコンバーターで HDMI(デジタル)に変換した際は書画カメラで 720p(有効走査線 720 本、プログレッシブスキャン方式で画素数 1280×720、アスペクト比 16:9)パソコン VPC EE34FJ/BI

(SONY)で 1080p(有効走査線 1080 本プログレッシブスキャン方式で画素数は 1920×1080、アスペクト比 16:9)の解像度が得られているとの表示があったが、画面のずれが生じることがあった。しかし、図4のように VGA では送ることのできない音声信号を、パソコン側から RCA 端子によって HDMI に統合し、一緒に送信することができた。



図4 コンバーターによる VGA 信号と音声信号の HDMI 変換

共にアナログ信号である左側の VGA 端子と音声を送る AUX 端子を、デジタル化して右側の HDMI 出力で一本にすることができる

他にも USB 端子を介して HDMI を利用する方法が存在する(GHC-U2H の利用)が、 HDCP(High-bandwidth Digital Content Protection system)対応した外部映像出力限界が 720p までのものしかないため、今後の製品対応が注目される。

セレクター

理科室では多数の機器を利用する。短い時間の間にビデオ映像、教材提示書画カメラ、顕微鏡カメラなど複数の機器を使いまわすこともあり、これらをコントロールする必要がある。使用する機器の電源を入れるだけで利用できるようにするために図5のようにセレクターを導入した。



図5 セレクターと理科室の機器の接続

VHS・DVD・Blu-ray 再生装置と顕微鏡用のデジタルビデオには HDMI ケーブル、教材提示書画カメラとパソコンはコンバーターを使用して VGA 信号と音声信号を HDMI 化している

セレクトターは電源供給をバスパワーで対応しているので、AC アダプターが必要ない。そのため、再生装置だけを使用したい場合、再生装置、スプリッター、モニターの電源を入れるだけで、利用できる。スプリッターやコンバーターは常時電力を入れておけば、モニターと再生装置と利用したい機器の操作をするだけで、利用できる。セレクトターは機器の電源を入れたものを自動的に切り替えるように設定されているので、再生装置の後、ビデオカメラに電源を入れると、モニターにはビデオカメラの映像が自動的に映し出される。また、リモコンや機器本体の操作によって入力する端子を選択することもできる。ただし、切り替える際に、機器とモニターの間で情報のやりとりをするためか、表示するまで3秒ほど時間がかかる。この点はRCA端子では瞬時に切り替えることができたため、短所といえる。

RCA 端子

HDMI を配線するまでにあった RCA 端子はそのまま残した。RCA 端子の配線を図6に示す。

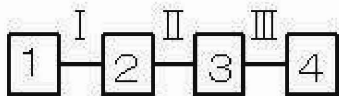


図6 RCA 端子と各機器の接続状況

1はモニター、2はスプリッター、3はセレクトター、4は機器(顕微鏡接続デジタルビデオ、パソコン、VHS・DVD・Blue-ray 再生装置)、I～IIIはRCAケーブル

図1のHDMI配線のようにモニター、スプリッター、セレクトター、各機器をRCAで結んだものである。図1と6を見比べると、RCA端子で配線したほうが簡潔で分かりやすい。加えて、HDMIは扱う情報がデジタル信号のため、コピーガードや解像度の違いなどにより、明確な映像や音声を得られない場合がある。そのため、HDMIがうまく接続できない場合に備えて、RCA端子の配線を残すことにした。RCA配線はHDMI配線と平行に接続すれば、双方はほとんど干渉を受けない。ただし、機器のうちデジタルビデオはRCA端子とHDMI端子の両方にケーブルが接続している場合、HDMIを優先して信号出力を行い、RCA端子で出力されないことを確認した。この対処法として、利用する機器の使用しない端子を抜いておく必要がある。また、RCA端子は黄(コンポジット映像信号)、赤と白(ステレオ音声信号の右と左)の端子3本から構成されており煩雑になりやすい。

評価

新しい配線を見比べたときの評価を図7に示す。Aより、教材提示書画カメラ、顕微鏡に備え付けたデジタルビデオは、両方ともにHDMI配線を利用したときの映像の方が鮮明であると評価している生徒が多いことがわかる。また、B、Cより過半数が鮮明度に差を感じ取れると評価している。加えて、Dより微細な構造でなかなか観察することのできない鞭毛の構造がスケッチされていることがわかる。これはRCA配線するときでは見られず、HDMI配線が鮮明な映像を見ることを可能にしたためだと考えられる。HDMI配線によりどれだけ詳細な構造が見られたのか生徒のスケッチで判断すると、細胞小器官はRCA、HDMIともに観察することができるが、やはり鞭毛はHDMIでしか観察できないことが分かった。

教室利用の際の注意点

コピーガードと呼ばれる著作権を守るための情報保護手段が開発されている。アナログ信号はノイズが入るなど完全なコピーが難しかったが、デジタル信号はその特性により、比較的簡単に完全なコピーが作りやすいため、様々なコピーガードのための規格が存在する。例を挙げると、B-CAS、COPP、リージョンコード、HDCP、CPRMなどがあり、これらは今後の理科教室のマルチメディア利用の際に考慮しなければならない。特にHDCP、CPRM(Content Protection for Recordable Media)の2点はHDMI配線したデジタルテレビを使用する際、注意を要する。なぜなら、コピーガードに対応した機器でなければ、期待した通りのデジタルコンテンツの利用や機器の利用ができない可能性があるからである。

HDCPはHDMI端子を介して情報の送信側が受信側を認証し、コンテンツの暗号に使う鍵を共有する。そして、HDMIケーブル中の情報のやりとりは暗号化したもので行い、ケーブル中の伝送系から情報が流出するのを防ぐ(DCP,LCC 2011)。つまり、HDCPという暗号情報のやりとりを妨げず、かつ、送受信側では暗号化のやりとりを行えるものでなければならない。今回の配線では、モニター、スプリッター、セレクトター、そして再生装置がHDCP対応であるものを選んだ。基本的にHDMIを搭載している機器はHDCPに対応していることが多いが、中には非対応のものがあるので注意が必要である。

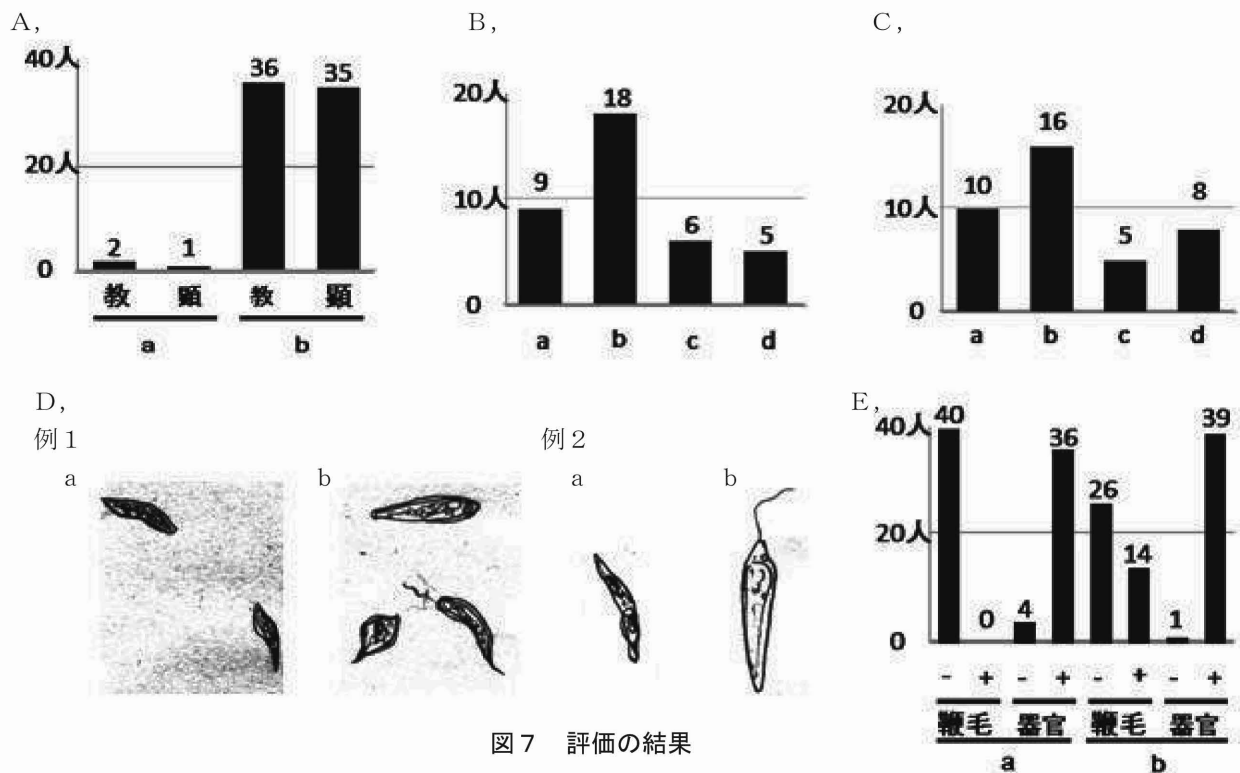


図7 評価の結果

A, RCA配線(a), もしくはHDMI配線(b)を利用して, モニター表示し, 画像が鮮明に見えたと感じた方の人数。

教:教材提示書画カメラ, 顕:顕微鏡カメラ

B, RCA配線、HDMI配線のそれぞれを利用して, 教材提示書画カメラでキャプチャした映像をモニターに映した時の違いについて。

a:わかった, b:どちらかといえばわかった, c:どちらかといえばわからなかった, d:わからなかった

C, RCA配線、HDMI配線のそれぞれを利用して, 顕微鏡に備え付けたデジタルビデオでキャプチャした映像をモニターに映した時の違いについて。

a:わかった, b:どちらかといえばわかった, c:どちらかといえばわからなかった, d:わからなかった

D, RCA配線(a)、HDMI配線(b)のそれぞれを利用して, 顕微鏡に備え付けたデジタルビデオでキャプチャした映像をモニターに映してスケッチさせたものの例

E, Dのスケッチ中に鞭毛, 細胞小器官(器官)を描いた人数

-:描いていない +:描いた

対応していない場合は, 映像を見ることができず, アナログ配線(RCA ケーブルや VGA ケーブルなど)を利用することになる。このときのアナログ出力は, 仮にコンテンツが高解像度のものとしても, 強制的にダウンコンバートされることになる。ただし, 必ずしも HDCP で著作権を守る必要がない①自分の HD デジタルビデオなどで撮影したもの, ②アナログ地上波で録画したディスク, ③ビデオ CD など CD-ROM に録画したものなどは HDCP で暗号化されていないため, HDCP 非対応のモニターなどでも再生できる。特筆すべきは, 今後, 著作権保護の目的で HDMI 上を流れる信号は暗号化されたもののみを認める方向で動いてお

り, 2014 年以降製造の AV 機器はアナログ出力自体を禁止することになっている。これは AACS という団体が 2009 年に行った AACS Final Adopter Agreement で決めた内容であり, マルチメディア利用の将来性を考える意味での今後の動向が注目される(AACS 2009)。

CPRM は記録メディアのコピーを禁止させる方法のひとつである。地上デジタル放送や BS 放送を録画する際, コピー数を制限するために利用されるため, 授業などで使いたい映像をテレビから録画, 再生する際には注意が必要である。レコーダーや DVD などのメディアで上記の放送を録画するためには CPRM 対応したものでなければならない。また, 再生の際には

めと考えられる。また、今回炉の中に入れた砂鉄の方が多かった事も高い収率が得られた要因と考えられる。したがって、操業時間が多少延びても、3kg以上の砂鉄を入れた方がより良い結果が得られそうだという感触を得ることができた。いずれにしても、真夏にたたらを行うことの大変さが身にしみた実験だった。

(4) 第4回目の実験

第4回目の実験は、当校の中学校2年生とともに実施した。たたら製鉄法を生徒の体験学習の教材として開発するための実践的な取り組みとなった。当日のたたらの実験の準備として、「炭切り」や「砂鉄の分離・精選」を行い、「砂鉄団子の作成」まで完了すると、いよいよ実施当日となる。準備から投入作業は、参加した生徒が一人ずつ全員が体験した。なお、生徒達は事前指導として、たたらに関する説明と酸化還元反応についての講義を聞いた後に実験に参加した。詳細は以下に示す。

第4回目の実験結果

実施日：2010年12月21日(火)

実施時間：9:00～14:00(12:30～13:00 昼食休憩)

実施場所：広島大学附属福山中・高等学校内の空き地

参加人数：中学生20名，教師3名

天候：曇りのち雨 気温：5℃ 湿度：80%

砂鉄の使用量：3000g(3kg)(真砂砂鉄)

炉の運転時間：約3時間(9:40～12:30)

炉の点火時刻：9:40

砂鉄団子投入開始時刻：10:20

砂鉄団子投入終了時刻：11:55

温度計測：生徒の安全に配慮して実施していない。

投入した砂鉄団子の数：85個

砂鉄団子の質量：平均で約45～50g

送風停止時刻：12:27

使用した炭の質量：約23kg

鉞の形状：海綿状

(直径：150～200mm，厚み70～90mm)

鉞の重量：1130g(1.13kg)

得られた鋼の重量：900g(0.90kg)

収率：50%

第2・3回目の実験に比べると、収率の低下や使用した炭の量の増加などが見られるが、これは、生徒が一人ずつ炭や砂鉄を入れたりするために時間が必要以上に経過してしまい、収率の低下に至ったものと考えられる。さらに、当日は天候が悪く大急ぎで操業したことも収率が低下した要因の一つと考えられる。

たたらの操作に関する解説等も交えながらの操業となるため、鋼の質や収量の増加を両立することは大変難しいと言わざるを得ない。ここでは「教育的効果をねらう」という点にねらいを絞り込んで実施すべきであろう。

8. まとめ

今回の一連の実験を通じて、「たたら製鉄法」という日本独自の製鉄法の優れた点と、「たたら」というものの魅力を再度、確認することができた。

第4回目の生徒を交えての取り組みでは、生徒達は初めて見る「たたら」に強く引きつけられている様子で、「砂鉄から本当に鋼ができるという驚き」や「鉄は大規模な工場で作るものという認識が覆されたことへの新鮮な感動」などが見られ、今更ながら教材としての「たたら」の魅力を強く感じた。

生徒達の書いた感想の中には、「この鋼はこの後どうなるんだろう？」という点に興味を持った文章が多く見られた。そこで、今回の実験で得られた鋼は、たたら製鉄法の作業用具の作成を依頼した藤井鍛冶屋様に依頼して、その次の工程のための加工をお願いすることになっている。今後、小刀やペーパーナイフなどの工具にすることができれば、今回の実験の意義もさらに深まると考えている。

このように、今回の取り組みの延長線上には、生徒参加の体験学習としての鍛冶体験学習の実施など、いろいろな展開が可能である。今後、実現可能なものから順次取り組みを進めていきたい。

付記

本研究は平成22年度科学研究補助金(奨励研究)、(課題番号：22915005)の援助によって実施したものである。

参考文献

- 1) 佐々木稔，鉄の時代史，雄山閣
- 2) 田中 天，鉄の文化史，海鳥社
- 3) 野原健一，たたら製鉄業史の研究，溪水社
- 4) 渡辺ともみ，たたら製鉄の近代史，吉川弘文館
- 5) 相良英輔，たたら製鉄・石見銀山と地域社会，清文堂
- 6) 大竹三郎，鉄をつくる―出雲のたたら，大日本図書
- 7) 俵 国一，(復刻・解説版) 古来の砂鉄製錬法―たたら吹製鉄法，慶友社
- 8) 天田昭次，鉄と日本刀，慶友社
- 9) 渡邊妙子，日本刀は素敵，静岡新聞社
- 10) 丸本 浩，中等教育研究紀要第49巻，広島大学附属福山中・高等学校，P.259-264
- 11) 井上勝也，鉄は活きた元素，研成社
- 12) 菅野照造・鉄と生活研究会，トコトンやさしい鉄の本，日刊工業新聞社