

理科教材の開発における HTML5の活用

吉 富 健 一

(2013年10月3日受理)

Development of Science Teaching/Learning Materials Using a New HTML5 Method

Kenichi Yoshidomi

Abstract: A new feature is added to HTML5 for rendering graphics for smartphones and tablets without a plug-in. As a result, dynamic content, which has so far been reproduced by using Flash, can be displayed in browser alone. In earth science education, it is necessary to understand that although natural phenomena, including those of cloud and stars, apparently seem not to change in a short time, they change over a long period of time. Also, it is important to understand how they change. If such phenomena are recorded using the interval photographing technique and reproduced as video, its understanding will be made possible. For this purpose, we have newly developed teaching/learning materials, especially of earth science. Here, the method of recording natural phenomena, being helpful in earth science learning, is explained, as well as that of how to create the materials using HTML5.

Key words: Rock, Weather, Astronomy, Teaching materials, HTML5

キーワード: 岩石, 気象, 天文, 教材, HTML5

1. はじめに

学校現場では、従来行われてきた教師による板書をサポートする形での電子黒板の導入や、PC教室に代わり生徒一人一人が教室で利用できるタブレット端末が導入されるなど、近年、情報提示デバイスの普及が急速に進みつつある。これら情報提示装置は、パソコンやDVDなどの映像教材を表示可能だけでなく、教師や生徒が画面上に書き込みを行うことができる点で、インタラクティブなホワイトボードとしての利用方法に注目が集まっている。

これらの提示装置を利用するメリットとして、利用者の操作にあわせて対話形式で、インタラクティブに結果を表示させることができること、また、パソコンの画面や動画を再生することができるため、これまでの印刷媒体では表現できなかったものを、コンテンツとして利用できるようになることが挙げられる。結果として、これまで写真や文章では表現することのでき

なかつた自然現象を、仮想的に再現することが可能となるとともに、そのようなコンテンツの作成が求められている。

地学の領域では、事象の継続する時間の単位や間隔がとても長いがゆえに、理解や学習が難しい分野が少なからず存在する。数千万年から数億年を単位とする地質現象や恒星の進化などはもとより、気象や天文の分野でさえも、一目見ると動いていないように見えるが、数時間から24時間かけて変化している。これらの現象は、微速度撮影という一定時間ごとに写真を撮影するインターバル撮影技術を用いて記録を行い、それらをまとめたものを通常の動画として再生することで、通常の観察では変化を理解しにくい自然現象の動きを、理解しやすい形で再現することが可能となる。

ところが通常の写真撮影と異なり、微速度撮影では一旦撮影を開始すると現象が終わるまで絶え間なく記録し続ける必要があり、図1に示すような満月の動きを撮影するためには少なくとも3時間は必要になる。

しかも満月の動きを記録しようと思った場合、チャンスは一月に一度だけであり、容易にやり直すことが難しいという側面がある。そのため失敗無くチャンスを活かすためには現象に対する正確な知識、カメラや映像に対する知識、環境の整備等の様々なノウハウを身につける必要がある。このことは、将来理科の教師を目指す学生にとって、既存の教材を利用するだけでなく、自らが必要とする教材を自分の力で記録し、開発する技量を身につけるための絶好の機会となる。



図1 月の動きを示すインターバル撮影の例

本研究で教材開発に用いたHTML5とは、HTMLの5回目にあたる大幅な改訂版である。HTML4からの最大の変化としては、スマートフォンやタブレット向けのWebページとして、従来、複雑だった処理が簡単にできるよう、かつHTMLを構造的にすっきりと書けるようになったことである。HTML5利用の最大のメリットとしては、動画を埋め込むvideoタグや音声を埋め込むaudioタグ、グラフィックを描画するためのcanvasタグが追加され、プラグインを必要とせずにブラウザ本体の機能として描画が可能になった点が挙げられる。

HTML5の欠点としては、まだ正式に仕様が固まっていない部分があり、ブラウザごとに実装状況が異なるため、Windows標準として利用者の多いInternet Explorer 6や7では未対応となるなど、パソコン向けのページとして利用するには互換性の問題を含んでいることが挙げられる。逆に、主要なスマートフォンやタブレット端末で利用されているブラウザのほとんどはHTML5をサポートしていること、これらのプラットフォームでは公開されているプラグインの種類や適用に制限が多く、容易に機能を拡張することが難しい現状を考慮すると、まさにスマートフォンやタブレット向けのページとして開発するのに最適といえる。

本論では、HTML5の持つスマートフォンやタブレット向けにグラフィックを描画する機能に焦点をあて、地学の学習に有効と思われる地球科学的な現象の記録の仕方と、教材の開発方法について説明する。

2. 教材の開発例

従来の印刷物による写真や図説では理解が難しいもののうち、HTML5の活用によりタブレット端末等でインタラクティブな情報として提示することで、理解が深まると思われるものの例を以下に示す。

2.1 岩石学習教材：静止画の例

岩石や鉱物は身近な自然を構成する重要な要素の一つであり、岩石を構成する鉱物および組織・構造を正しく認識し、岩石名を識別できるようになることは、岩石の成因を正しく理解する上で不可欠な学習である。

岩石の学習においては、偏光顕微鏡による岩石薄片観察を併用することで、肉眼では把握不可能な岩石の組織に対するイメージを形成し、岩石観察の視点がより明確になることが明らかとなっている(林ほか, 2002)。ところが実際の所、学生を対象とした実習において、岩石学習に利用できる岩石標本や、偏光顕微鏡の数は限られており、多人数でこれらを観察するにはたいそう不都合がある。

これらの問題を解決するために特に顕微鏡観察の場面に限っては、簡易岩石薄片観察装置(例えば岡崎ほか, 2000)が開発されたり、偏光顕微鏡に顕微鏡用のビデオカメラを取り付けて映写する方法(例えば岡崎ほか, 2000)などが提唱されたりしている。ところがこれらの方法では、やはり十分な数の岩石薄片が必要となったり、全員での一斉視聴が学習の中心となり、学習者が顕微鏡を使って薄片の観察する場所を自由に動かしたり、ステージを回転させたりすることができない。また岩石の観察においても、1種類の岩石の標本数は多くても1つから2つであり、教員の説明に対して、全員が実物の岩石を観察することができないことが問題となっていた。

岩石標本ムービー

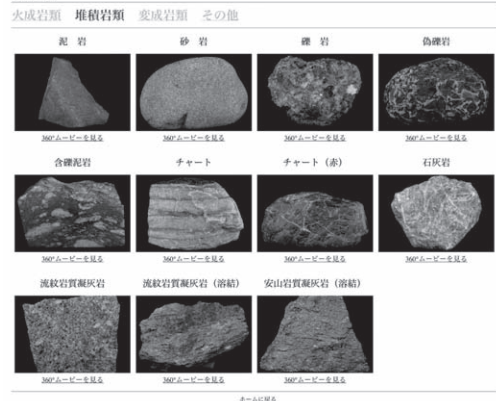


図2 岩石標本ムービーの一例

本研究では、これらの問題を解消するために、近年普及や学校現場への導入が進みつつある iPad や Android などのタブレット端末や、学生の持っているスマートフォンを用いて、岩石標本を360°どこからでも観察したり、岩石薄片を自分でステージを回転するようかのように観察したりすることのできるインタラクティブムービーの開発を行った(図2)。ムービーの作成方法については次節にて説明する。

2.2 微速度撮影の活用

地学の学習において、人間の目には動きとして捉えられないけれど、実際にはゆっくりと動いているといった現象が様々な分野にわたって存在する。例えば天文の分野では星、太陽や月など地球の自転に伴う日周運動による天体の動き、気象の分野においては気圧配置の変化に伴う天気の移り変わりや、雲の動き、発生と消滅に関わる現象などが該当する。そのようなゆっくりとした自然現象の動きを一定時間ごとに撮影し、時間を短縮した動画として見られるようにしたものが、低速度撮影と呼ばれる手法である。これは水滴が飛び散る様子など、動きが速いものを捉えたい場合に1秒間のフレーム数を増やして高速度撮影を行うのに対し、何秒かおきに1フレームを撮影し、それを通常の動画として再生する技法である。中でも、1秒に1フレーム以下という非常に遅い速度で撮影する技法のことをインターバル撮影あるいは微速度撮影と呼ぶ。

例えば通常通り、昼間の雲の動きを何時間もかけて動画として撮影した場合、膨大なメディア容量が必要になるとともに、撮影に要する電源の確保などが問題となってくる。また、撮影された動画を確認するためには、撮影にかけた時間と同等の再生時間が必要となり、早送りした画像を得るためには、特殊な変換ソフトや高性能のPCが必要となる。

一日の雲の動きを捉えたい場合などは、ビデオカメラではなく通常のデジタルカメラを用いて10秒に一回程度撮影を行う。撮影した画像を1フレームとして1秒間に30フレームの動画として再生すれば、通常の300倍の速度の動画となり、1時間の現象をわずか12秒に短縮して観察することが可能となる。実際には1秒間に16~20フレーム程度とし、通常の160倍から200倍程度の動画として作成した方が観察しやすい。また10秒に1回の撮影なので、AC電源を準備しなくてもデジタルカメラのバッテリーで十分対応可能となることもメリットとして挙げられる。特に最近は室内撮影向けに高感度に強いデジタルカメラも多くの機種が発売されているので、これらを利用することで、ビデオ



図3 雲の動きを示すインターバル撮影の例



図4 星の動きを示すインターバル合成の例

カメラとは比較にならないほど高画質で高品質な夜空や、夜景を含めた星空の動画を得ることが可能である。

昔はインターバル撮影を行うためには、特殊なカメラや、カメラを定期的に動作させるための外部機器等が必要であった。最近ではインターバル撮影機能を本体に備えたデジタルカメラが登場しており、個人でも容易にインターバル撮影が行えるようになってきた。特にペンタックスリコーイメージング株式会社から発売されているGRシリーズのカメラには、インターバル撮影機能の他に、インターバル合成と呼ばれるモードが搭載されている。インターバル合成機能とは、インターバル撮影した画像から、それぞれの画像の高輝度画素データのみ抽出を行い合成する機能である。太陽や星、月の光跡を目印となる風景とともに記録することが可能で、一例としては図4に示すような北極星を中心とした北の空の星の動きを軌跡として、手前の風景(図4の例では槍ヶ岳の山頂)とともに記録することが可能となる。

通常、撮影した画像には撮影日時が、シャッター速度や焦点距離などの情報とともにExif(Exchangeable image file format)へと書き込まれる。画像を連続した動画として変換した場合には、このExif情報は消去されるため、天気の変化の動画を作成した場合に、

雲が発生あるいは消滅したのが何時頃なのか正確に知ることができなくなる。同社のカメラには撮影した写真の中に撮影日時を移し込む機能も搭載されており、その機能を利用することで天気を変化したのが何時頃の出来事であったのか、動画を見ながら正確に確認することも可能である。

3. 作成方法

基本的な流れとしては、対象となるものを撮影した一連の画像ファイルを準備し、htmlやcssファイルを用いて撮影画像を指定したものと、javascriptとをWebサーバ上にアップロードすることでコンテンツとして完成する。後はURLを指定することで普通のホームページを閲覧するのと代わらない方法でスマートフォンやタブレットPCのブラウザを用いて閲覧することができる。

撮影方法は、岩石と気象・天文を対象とした微速度撮影で異なるので分けて記載する。画像を準備した後にhtmlファイルを作成してWebページとしてサーバにアップロードする所は同じ手順となるため、次節にまとめて記載する。

3.1 静止画の撮影

コンテンツの作成方法として岩石標本の場合、火成岩・堆積岩・変成岩から岩石学習に最低限必要でかつ代表的と思われる約30種の岩石標本を準備した(表1)。それぞれをテレビ用の回転台の縁に10°単位で目盛りをうった撮影台(図5)の上で10°回転する毎に1枚ずつ、1回転(360°)するまでデジタルカメラで撮影し、1種の岩石につき合計36枚の画像を撮影した。



図5 岩石標本の撮影風景

撮影条件は岩石の大きさや色により異なるが、同一の岩石の中で、画像の明暗や色味が変化したりしないよう、事前に露出およびホワイトバランスを固定し、同一標本の中ではピント位置だけを岩石の回転に合

せて調整しながら撮影を行った。

表1 ムービーを作成した岩石標本の一覧

分類	岩石名
火成岩	流紋岩質溶岩
	デイサイト質溶岩
	安山岩質溶岩
	玄武岩質溶岩
	石英斑岩
	花崗斑岩
	ヒン岩
	花崗岩
	アブライト
	巨晶花崗岩
	花崗閃緑岩
	閃緑岩
	斑レイ岩
	カンラン岩
蛇紋岩	
黒曜岩	
堆積岩	泥岩
	砂岩
	礫岩
	含礫泥岩
	チャート
	石灰岩
変成岩	流紋岩質凝灰岩(溶結)
	安山岩質凝灰岩
	泥質片麻岩
	塩基性片麻岩
	泥質片岩
	塩基性片岩
	珪質片岩
晶質石灰岩	
泥質ホルンフェルス	

岩石薄片の場合、上記の岩石の薄片試料を作成し、それぞれを偏光顕微鏡下でステージを3度回転する毎に1枚ずつ、1回転(360度)するまでデジタルカメラで撮影した。オープンニコル、クロスニコルの条件下でそれぞれ撮影を行っており、1枚の薄片につき合計120枚×2の画像を撮影している。撮影条件は薄片やニコルの状態により異なるが、一枚の薄片の中で、画像の明暗や色味が変化したりすることは望ましくないため、平均的と思われる場所で露出およびホワイトバランスを決定し、一枚の薄片の中ではそれらを固定して撮影を行った。

最後に記録した画像を、明るさやコントラストなどを調整しながら、一般的なスマートフォンやタブレットPCの画面の解像度に合わせて、アスペクト比が変

化しないよう1,024×683画素にリサイズを行いムービーの源ファイルとした。

3.2 微速度撮影

天体の撮影にしても雲の撮影にしても、空は思ったより広いので、できる限り広角なレンズを利用して撮影した方がよい。35mm 換算の焦点距離で、最低でも28mm、できれば10～20mm 前後の広角レンズを利用するのが望ましい。微速度撮影の場合、観察対象によって撮影のセッティングが異なる。ここでは前述のGRでの撮影方法を参考に挙げる。

天の川や星座の場合は、カメラのモードをM(マニュアルモード)へと変更し、

- ・フォーカス：∞
- ・ホワイトバランス：Auto
- ・ISO感度：1600
- ・絞り：f2.8 (開放)
- ・シャッター速度：10～20秒程度

の設定した後、メニューから「インターバル合成」を選び、撮影間隔を「最短」にし、画像保存を「1枚ずつ保存」として撮影を開始すると、撮影した写真が1枚ずつ保存されるとともに、インターバル合成の撮影終了時に高輝度画素データのみ抽出・合成した画像が作成される。街中などでオレンジ色の街灯が多い場合は、ホワイトバランスの設定を「CT (詳細設定)」にして、少し青よりに調整すると良い。

月の場合も、オートで撮影すると真っ暗な写真となってしまうため、カメラのモードをM (マニュアルモード)へと変更する。月の形によっても撮影条件は変わってくるが、星に比べてかなり明るいので、フォーカスやホワイトバランスは星空の場合と同様に設定し、

- ・ISO感度：400
- ・絞り：f2.8 (開放)
- ・シャッター速度：1/15

あたりと、シャッター速度は大幅に短くなる。満月の大きさが視直径にして約0.5秒なので、およそ2分から3分間隔で撮影すると、月どうしが重ならないように撮影することができる。図2に示した満月の例では10分間隔で撮影を行っている。

また、インターバル合成機能がないカメラで撮影した場合でも、インターバル撮影機能があれば、とりあえずインターバル撮影を行う。撮影後、“SiriusComp”と呼ばれる比較明合成フリーソフトというWindows用のフリーソフトを用いて、インターバル合成画像の作成やインターバル合成動画を作成することが可能である。

雲の場合、撮影方法は天体写真ほど難しくなくカメ

ラのオート機能にまかせて撮影可能である。天体写真のようにインターバル合成ではなく、インターバル撮影機能を利用して、撮影間隔をおよそ10秒程度に設定して、10秒に1回撮影を行う。ただ、オート機能で撮影した場合、空の明るさの変化に応じてシャッター速度などが変化してしまうため、日の出や日の入りに伴う空の明るさの変化や、皆既日食の時に暗くなる周りの景色などを記録に残したい場合は、やはりマニュアルモードで絞りとシャッター速度を日中の露出に固定して撮影することが望ましい。

4. Web ページとして作成

多方向から撮影した写真や、微速度撮影した写真をWeb 上に表示するため、当初は Adobe Flash にて開発を行っていた。ところがFlash は、Apple 社の提供している QuickTime VR と同じく、スマートフォンやタブレット端末では表示することができない。そのため、表示する端末や OS に制限の少ない HTML5 を元とするムービーへと開発方針の転換をおこなった経緯がある。最終的には iPad や Android 端末のどちらでも動作することを目的として、Grant Skinner 氏が開発した CreateJS に含まれる HTML5 canvas 用の JavaScript ライブラリである EaselJS を利用した。この EaselJS を利用することで、HTML5 の Canvas タグを用いて Flash に似た操作で画像を扱うことができるようになり、PC 上でのマウスドラッグ操作や、タブレット端末での画面操作に合わせて、岩石標本や岩石薄片を利用者の意図にあわせて360度回転させることのできるムービーを実現している。

ファイルの構成としては以下に示す通り、先ほどの画像ファイルをフォルダ (images) にまとめたものと、通常のホームページと同様の html や css ファイルに、グラフィックを扱うための javascript ライブラリである easeljs.min.js を含めた物で構成される

- ・index.html
- ・index.js
- ・style.css
- ・easeljs-0.6.1.min.js
- ・/images

岩石や薄片の表示方法の概要としては、図6に示すように最初は指定した画像を表示しておく。これらは画面操作に併せて、繰り返されるので、利用者は岩石や薄片を何回転でもさせることが可能である。岩石標本の場合は、まるで実物の岩石を観察するかのようになり、岩石表面や鉱物の劈開による割れ目の状況をいろんな角度から観察することができる。また薄片の場合は、

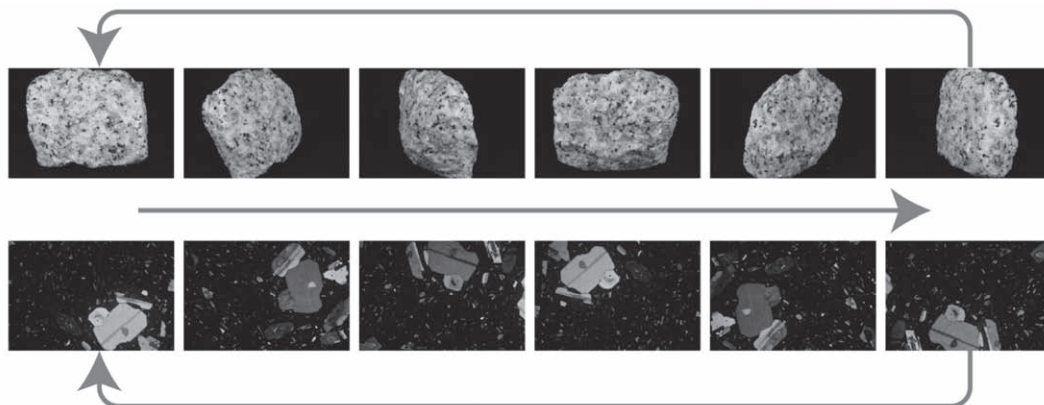


図6 ムービー表示方法の概要

ステージの回転に合わせて、鉱物が消光したり多色性を示したりする様子を観察できるようになる。

5. まとめ

本論ではHTML5を利用して、地学を学習する上で必要となる様々な地球科学的現象を、スマートフォンやタブレット端末のブラウザを利用して動的に表示する方法の開発を行った。これにより従来、実際に目で観察しても動いているように見えないけれど、実際には何時間もかけてゆっくり動いているような雲や星の動き、ましてや単純な写真や文章ではその動きを説明することが難しかった自然現象の変化のいくつかを、学習者が理解しやすい形で再現できるようになった。また、1枚の写真では表現しきれない岩石の特徴や、鉱物の表面をインタラクティブに提示することができるようになり、岩石標本や、薄片写真を実際に観察しているかのようにタブレット端末で観察することが可能となった。

本研究で利用したHTML5は、HTML4からの進化の過程にあり現時点では正式に仕様が固まっていない部分もあるが、スマートフォンやタブレット端末に採用されているブラウザの多くはこれに対応している。そのため別途プラグインを必要とせずにブラウザ本体の機能として、動的なグラフィックを描画可能であるという利点が挙げられる。また、通常のPCでもHTML5に準拠したブラウザを利用すれば、これらの教材は閲覧可能であり、タブレット端末同様に別途プラグインやアプリケーション等を導入する必要なく利用できるというメリットがある。基本的に今回開発を行った教材類は、JavaScriptを用いて表示を行っているので、ホームページをファイルとして端末内に保存

しておくことで、インターネット環境のないオフラインの状態でも閲覧可能という利点がある。

この教材の本来の目的は、岩石標本が整備されていなかったり、時間数の制限から雲の観察に何時間もかけることができなかったり、様々な制限から夜間の天体観測を行うことの難しい学校現場において、本物を観察する代わりに利用してもらうことにある。

これらの教材の開発と作成にあたっては、同じ岩石標本や岩石薄片の写真撮影を行うために、教材として最適な方向に岩石が向くように様々な方向から観察を行ったり、微速度撮影を行うため、天体の動きを正確に把握したりして、動画の元となる画像群を作成する必要がある。

一例を挙げると、図1に例示した満月の南中高度に関して、研究室の多くの学生に誤解が見られた。学生は、地球の公転面（地球が太陽の周りを回る面）と、月の公転面（月が地球の周りを回る面）には、角度にして約 5° の開きがあるため、満月のたびに月食がおこったり、新月のたびに日食が起こったりしないことを知識として習得している。そこから生まれた誤解として、地表から観察した際の太陽の通り道である黄道と、月の通り道である白道は、 5° 開きがあるものの、ほぼ誤差の範囲で一致し、満月の南中高度はほぼ太陽の南中高度に一致すると考えた。そのため夏至の時期、太陽の南中高度が高い季節には満月も高い所を通り、秋分の日にもむかってどんどん高度を下げる想定でインターバル撮影を行った。その結果、中秋の名月は7月に観察した満月よりさらに高い位置を移動し、撮影が失敗に終わった経緯がある。

図7に示すように、地球を挟んで太陽とは真逆の位置にある満月の南中高度は、太陽の南中高度が最も高い夏至の時期に最も低く、冬至に向かってどんどん高

く変化していくのである。

このように気象や天文の分野ではやり直しが難しいため、教材を作成する過程そのものに、地球科学的な現象に対する観察の大事さを理解することと、正確な理解を促すためのプロセスを内在していると考えている。岩石や星の撮影をただ作業的に行うのではなく、なぜこうなっているのだろうという自然への理解をより深めるとともに、プロフェッショナル達が、美しい写真を撮影するのにどれほどの努力を積み重ねているかを感じて欲しい。

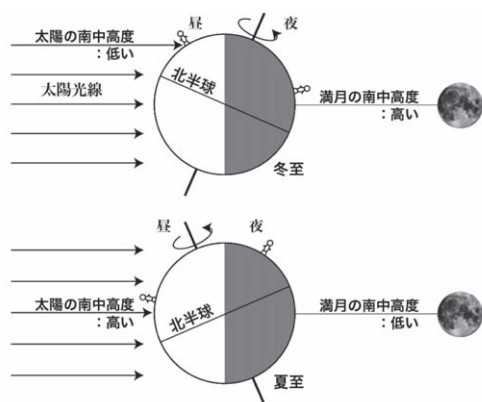


図7 満月の南中高度について

【引用文献】

- 林 武広 (2002)：地学の学習におけるマルチメディア活用の意義と有効性, 地学教育, 55, 245-257.
- 林 武広・岩永拓也・石井喬志・本藤祥一郎・山崎博史・鈴木盛久 (2005)：岩石薄片観察ムービーについて, 日本地学教育学会第59回全国大会茨城大会講演予稿集, 50-51.
- 岡崎敬之・杉田泰一・永田雄一・鹿江宏明・鈴木盛久 (2000)：簡易型偏光装置の開発とその活用, 地学教育, 53, 65-70.