

雲の観察と学習における微速度撮影の活用

吉 富 健 一

(2014年10月2日受理)

Development of Learning Materials for Weather by Observing Cloud Using Timelapse Video

Kenichi Yoshidomi

Abstract: 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. Nevertheless, it is difficult to observe the movement and layered structure of clouds in human eye, and opportunity to see the clouds with observation purpose are very limited. If such motion of the clouds are recorded automatically using the interval photographing technique and reproduced as time-lapse 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 the movement of the clouds of day-to-day, being helpful in earth science learning, is explained, as well as that of how to create the time-lapse video.

Key words: cloud, weather, teaching materials, time-lapse

キーワード：雲、気象、学習、教材、微速度撮影

1. はじめに

地球表面で起こっている気象現象の学習として、小学校においては第4学年の「天気の様子」で天気と1日の気温の変化の様子、第5学年において雲の発生の仕組みと天気の変化について学習する。中学校では、天気の変化に伴う気温・湿度の変化を学習するとともに、春夏秋冬に特徴的な気圧配置と、それによって生みだされる日本の四季について学習を行うことが求められている。

地学の様々な学習分野の中でも、気象分野の雲の観察に関しては、教室の窓から空を眺めるだけで実施することができる。地学の他の分野の学習に比べ、実際の現象を観察しながら学習することが可能であるにもかかわらず、変化の時間スケールが長いことや、再現性の無いことなどが原因で、一般に気象分野の指導は苦手とされることが多い。

岩石と同じように注意を払われることの少ない雲であるが、それぞれの雲のでき方には違いがあり、雲を観察することで、逆に上空の大気の状態を知ることが

できる。見られる雲の種類によっては、今後の天気の変化を予測できる場合もある。これらのことから、雲の学習は日常生活や防災学習にも深く関わっていることがわかる。

ただ前述の通り、雲の変化はとてもゆっくりとした現象なので、人間の目で空を眺めているだけでは、その変化の様子を正しく理解することは難しい。雲について学習するためには、雲の変化をわかりやすく示した映像などの補助教材が必要とされる。補助教材としては、典型的な雲の写真や、間隔をあけて定期的に撮影した写真等が使われることが多い。ところが雲は風によって移動するに伴い、どんどん形が変化するため、一定時間でインターバル撮影を行うだけでは、どの雲がどこに移動したのか把握することが困難なことが少なくない。より詳細に雲の動きを把握しようと、撮影のインターバル間隔を短くして撮影枚数を増やすと、写真が多すぎて逆に雲の動きがわかりにくくなる。

教科書には代表的な雲の種類として、十種雲形の説明があり、それぞれの雲の発生する高さについて記述があるが、実際に観察を行ってみると、空の様子を肉

眼で観察するだけでは、それぞれの雲のできている高度を把握するのはとても難しいことがわかる。

本研究では、雲の観察に対する様々な問題を解決するため、雲の動きをタイムラプス動画として記録する“雲観察システム”の開発を行った。タイムラプス動画とは、微速度撮影（定位置で一定の間隔をあけて撮影する）と呼ばれる手法を用いて撮影を行った静止画群を、動画として表示することで、本来ゆっくりとした1日の空模様の変化を数分間の短時間で見られるようにしたものである。雲の観察にタイムラプス動画を活用することで、空の低い所でできている雲と、高い所にできている雲がそれぞれ異なることや、雲の高さによって動く方向が異なることがよく理解できる。本論では、季節によって変化する雲の観察と学習に焦点をあて、定期的に雲を観察するための微速度撮影用の機材の準備方法と、約一年間の観察によって得られた結果について説明する。

2. 雲観察システムの開発

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。例えば天文の学習分野では、地球の自転（日周運動）にともなう星、太陽や月など天体の動きである。気象の学習分野においては、気圧配置の変化に伴う天気の変りや、雲の動き、発生と消滅に関わる現象などがそれに該当する。

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、撮影された動画ファイルは膨大な容量となる。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る。早送りの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。

これに対し、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、雲の変化の場合は観察が行いやすい。

このように非常に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

のを捉えたい場合に1秒間の撮影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場合には、インターバル撮影あるいは微速度撮影と呼ばれ、生成される早回しのような動画は、タイムラプス動画と呼ばれる。

雲の学習の場面でこのタイムラプス動画を用いることで、雲の種類の違いや、どのような動きをしていたか、それぞれの雲に対する理解がより深まるようになる。タイムラプス動画を手軽に撮影するためのアイテムとして、インターバルレコーダー「レコロ」なる商品が、株式会社キングジムより発売されている。

このレコロを利用すると、撮影間隔と再生速度を設定するだけで、雲の観察を行うことが可能となる。数時間や一日の観察であれば、このレコロを利用することで十分足りる。ただ、レコロは時計機能を内蔵していないため、複数日に渡って動画を撮りためた際、いったい何月何日の記録なのかわからなくなるのが欠点である。

いつ、どんな雲が発生するかは、観察を続けているうちに、天気図などからわかることもあるが、いつどんな雲が現れてもいいよう、最終的には日々空を記録し続けていく必要がある。

2.1 微速度撮影システム

デジタルカメラでもインターバル撮影可能な機種などがあるが、これらの機器を使用して雲の変化を記録しようとした場合の問題点は、夜明けと同時にスイッチを入れ、日が沈む頃に電源を切るという作業を、毎日忘れずに行う必要が出てくることにある。一年間365日、この作業を続けるのは気象の学習のためとはいえ、あまりに負担の大きい作業である。そのため本研究においては、パソコンとWebカメラの連携による“雲観察システム”の開発を行った。システムの開発において、必要とするハードウェアとソフトウェアについて以下に説明する。

2.2 ハードウェア

比較的低価格でかつコンパクト、静音で省電力な“雲観察システム”を構築するため、ハードウェアとしては以下の構成とした。

- ・ Intel DN2820FYKH (NUC ベアボーン)
- ・ Intel 530Series 120GB SSD
- ・ CFD DDR3L-SODIMM 1600 4GB
- ・ iBUFFALO 120° 広角レンズ搭載 Web カメラ

図1に示すような、NUCと呼ばれるCDのジャケットサイズよりさらに小さい設置面積の、手のひらサイズの超小型PCを利用することで、複雑な配線等を必要とせず、窓際にボンと置いておくだけで、特に邪魔にもならず、静かな雲の観察を実現できる。なおIntelのNUCはペアボーンとして提供されているため、購入後、裏蓋をドライバーで外して、メモリとSSDを自分で取り付ける必要がある。

Webカメラは、空全体を映すことができるよう、いわゆる広角レンズと呼ばれるものを搭載した機種を利用している。対角で120°の画角は、通常の一眼レフのカメラに換算して、およそ12mmの焦点距離を持ったレンズに相当する。このWebカメラで撮影することのできる最大の解像度は、仕様上1920×1080ピクセルまで可能となっているが、取り扱いの利便性や生成ファイルの容量などを考慮して、1280×720ピクセルとしている。

PCの上にUSBで接続したWebカメラを載せ、後述するソフトウェアを導入し、設定を終えたものを、本研究科C棟の天体観測室の北側の窓に設置し、2013年の11月より観測を継続中である。

2.3 ソフトウェア

一年365日エラーを起こさず、ただひたすら空模様の変化を観測し続けるという動作の堅牢性を期待するとともに、記録したタイムラプス動画を、Webサーバ上で公開するため、OSとしてはLinux OSを用いた。今回は数あるLinuxディストリビューションの中でも、ユーザーフレンドリーであるとして定評のあるUbuntu Linuxのサーバ版を利用している。執筆の時点では、Ubuntu serverの最新版は14.04 LTSであるが、最新版ではタイムラプス動画の生成の際にエラーが発生するため、今回は一つ前のLTS（5年間の長期サポート版）バージョンである12.04 LTSを利用している。

このUbuntu Linuxに、Apacheと連携してWebカメラで撮影した映像をライブ配信したり、防犯カメラとして動体を検知して映像を記録したりできるmotionをインストールし、インターバル撮影を行うこととした。またmotionで撮影した画像を、タイムラプス動画へと加工するためにffmpegを利用している。

記録した動画や画像を公開するために、Webサーバ用のapacheをインストールし、必要な範囲の記録を参照できるようCGIを動作するよう設定してある。そしてCronと呼ばれる、スクリプトやコマンドを定期的に行うためのスケジュール管理コマンドを利



図1 微速度撮影用の機材（PCとWebカメラ）



図2 ホームページのコンテンツ内容

用して、日の出の頃に自動でmotionをスタートさせて撮影を開始し、日の入りの頃にmotionを停止させて撮影を終了している。

Linuxや導入したソフトウェア類の設定に関しては、Web上で様々な情報が整備されているので、ここでは詳細は省く。

3. タイムラプス動画と雲日記

空模様の変化を観察するためのタイムラプス動画は、10秒に1度撮影を行ったものを、前述のffmpegを用いて自動でタイムラプス動画へと加工したもので

ある。また、これとは別に5分に一度、静止画を撮影し、別途保存してある。

これらをホームページ上(図2)で、以下に示す、

- ・ 現在の空模様の画像
- ・ 今日の空模様の変化
- ・ 昨日の空模様の変化
- ・ タイムラプス動画集
- ・ 典型的な十種雲形
- ・ 代表的な雲の変化

をコンテンツとして、公開を行っている。

「今日の空模様の変化」に関しては、直近の空模様の変化を10分おきに表示するとともに、それより先は1時間おきの表示として、朝から現時刻までの空模様の変化を一望できるよう工夫してある。

「昨日の空模様の変化」に関しては、一時間おきの表示で、季節にもよるが一日を10枚(冬至の頃)~15枚(夏至の頃)の画像で表示を行う仕様となっている。

「タイムラプス動画集」に関しては、2週間前まで遡って動画をダウンロードできるようにするとともに、タイムラプス動画を視聴して観察できた雲や、実際に自分が見たその日の雲の種類や動きに関して、簡単にまとめたものを“雲日記”と称して公開を行っている。タイムラプス動画の一日のファイルの容量は、昼間の長さや天気によっても異なるが、およそ200MBから400MBの範囲であり、視聴に要する時間は1日分が3分から4分程度となる。晴れて積雲がまばらに発生するような日には容量が大きくなり、どんよりと空一面が曇っている日には容量が少ない傾向にある。

それぞれの雲の出現回数を知るために、雲日記として記録した雲の種類を自動でカウントして、「過去2週間の雲の出現回数」としてそれぞれの雲が見られた日数をカウントして表示を行っている

「典型的な十種雲形」は、5分に1枚撮りためた静止画の中から、特徴的な雲が撮影されたものに関してピックアップを行い、教育学研究科から見ることできた典型的な十種雲形(図3)として公開を行いつつ、日々更新作業を継続中である。

代表的な雲の変化に関しては、吉富(2013)によって報告済みのHTML5を用いた技術により、空をインターバル撮影した複数枚の写真を用いて、PCに限らず、スマートフォンやタブレット端末でもそれぞれの種類の雲の動き方の違いを表現できるようにしてある。

4. 観察結果

設置場所の制限から、北側の空に限った観察結果ではあるものの“雲観察システム”の導入により、土日や出張等で不在にしている場合でも、毎日朝から晩まで東広島市の北側の空模様を記録できるようになった。また撮影画像で明らかのように、画像自体に撮影日時が記録されているため、静止画・動画ともに起こっている現象が、いつ発生した現象なのかを簡単に知ることができる。

吉富(2011)にて報告済みであるが、気象庁のホームページから、気温、湿度、降雨量、気圧などの気象要素を収集した情報は、<http://domi.hiroshima-u.ac.jp>にて公開を行っている。必要な場合は、これらのWeb情報を参照することで、当日どのような天候・気象条件・気圧配置だったのか、後から確認することも可能である。

まだ観測を開始して一年間が経過していないことと、特に2014年の8月に関しては、例年にない天候不順な月であったため、雲の発生の季節変化に関しては、今後も観察を継続していく必要がある。ただ、記録されたタイムラプス動画を視聴することで、肉眼による観察や静止画では認識することが難しい雲の動きや、雲の種類によって異なる高さの違いを容易に観察・理解できるようになった。下層・中層・上層などに分かれて雲が発生している場合でも、タイムラプス動画では、それぞれの雲が動く方向や速度の違う雲として表現されるため、どんな種類の雲が発生していたのか認識しやすいことが利点として挙げられる。

特に雲の動きに関して、巻雲や巻積雲のような空の高い所にできる雲は、あまり形を変えることなく偏西風に乗って西から東へ移動し、季節変化が少ないのに対し、積雲のような空の低い位置に形成される雲に関しては、地域的な空気や気流の影響が強いため、風に乗って動いているように見えても、よく見ると同じ場所に留まってぐるぐる回転しているだけで、いつまでも雲の位置が変わらない、という現象が頻繁に観察される。

タイムラプス動画を視聴して認識したこれらの雲の種類を、雲日記として記録することで、雲と天気の変化をある程度把握できるようになってきた。観察と記録から明らかになったことは、大気が安定して一日中雲が発生しない快晴の日、というのは月に1回あるかないかの確率であること。発生する雲とその動き方からある程度、天気の変化を予測できる場合があること。そして、年間を通して図3に示すような十種雲形の、どの雲がいつ、どのくらいの頻度で出現するかを知る

ことができたことである。

天気の状態として、低気圧に伴い前線が接近する場合には、巻雲～高層雲～乱層雲へと変化し、降雨へとつながるパターンが見られる。この場合、天候が崩れる前日あたりから、一般に上り雲と呼ばれる南から北へ向かって動く雲が観察されることが多い。

これは、北半球では、気圧傾度力により低気圧の中心に向かって吹き込む風には、コリオリの力が働き反時計回りの風となるためである。そのため、低気圧の東側では、低気圧の接近に伴い湿った南風が吹くことが多く、逆に南から北に向かって雲が動いている場合は、低気圧の接近が近いことを知ることができる。観天望気と呼ばれる、自然現象や生物の行動の様子から天気の変化を予想する「天気のことわざ」のような伝承でも、「上り雲（南から北に向かう雲）は雨、下り雲（北から南に向かう雲）は晴れ」と言われているのも、観測場所と低気圧との位置関係を実証的に捉えた理にかなった予測であることがわかる。

それ以外にも夏の暑い日、午前中は晴天であったものが、昼前あたりから地表の気温の上昇に伴って積雲が発生し始め、次第に高さを増した積雲が15時あたりから積乱雲へと成長し、激しい稲光とともに18時からの3時間で100mmの降雨（気象庁：アメダス安宿観測所07/19）を観測したようなケースも、タイムラプス動画として記録されていた。

前線の活動とは無関係に発生する積雲は、特に晴れた日の午後、日光によって地面や地表の空気が温められ、上昇気流となった空気が一定の高度で露点温度に達し雲が形成される。そのため、日差しがあまり強くない11月から4月にはあまり発生せず、5月から10月にかけて多く発生していることが明らかとなった。この変化は、東広島県の気温の変化とも強く相関があり、平均気温がおよそ16℃、最高気温が22℃を超えるような季節に、積雲が発生しやすいことを示している。

最後に俳句の世界において、秋の季語として知られるうろこ雲や、いわし雲、さば雲と呼ばれる巻積雲は、“雲観察システム”でもなかなか見ることができず、見られる時期が実際に9月から10月の秋の季節に限られていることが雲の観察から明らかとなった。

5. まとめ

本論では、気象分野の学習の最初の段階として、雲の観察に焦点を当て、児童・生徒の雲の種類やでき方、できる場所や動き方の違いについて説明するための教材として、観察・記録・視聴などの利便性を考慮すると、微速度撮影によって得られたタイムラプス動画を

活用するのが最も適当である、との結論に至った。

本研究で開発を行った“雲観察システム”の最大のメリットは、365日欠かさず観察・記録を自動で行うことにある。このシステムにより、四六時中雲の変化に注意を払う必要もなく、どんなに多忙な場合でも忘れることなく朝から晩まで、空の変化を3分から4分の長さのタイムラプス動画として記録し、データとして蓄積を行えるようになった。平行して、Webサーバの構築を行うことで、蓄積した動画や静止画をWebページとして公開し、離れた場所からでも容易に記録を参照できるようになった。

このようにして蓄積された動画データを、視聴することで、雲の種類によって雲全体の動きや、個々の雲の挙動に関して、静止画では得られない情報を得ることができた。また観察した雲の種類を“雲の観察記録”としてテキストデータで記録しておく。そうすることで十種雲形として知られる多くの雲の種類のうちでも、いつでも見られる雲と、観察できる時期が限られているものがあり、出現頻度がそれぞれ異なることが明らかとなった。

本研究で開発を行った“雲観察システム”は、比較的安価に作製を行うことができ、かつコンパクトなサイズなので、各地の学校の理科室の窓際に設置し、インターネットに接続しておくだけで、児童や生徒の見慣れた風景での雲の発生や動きを記録し、気象の学習に利用することができるというメリットを持つ。

特に積雲など低い高度で発生する雲に関しては、地域差や地形による影響が最も大きいと考えられる。このような気温との相関が見られる種類の雲の発生に関して、どのような地域差が見られるかどうか、今後複数地点に設置を行って観測を継続していく予定である。

【引用文献】

- 吉富健一（2011）：Web 情報を利用した気象要素の自動収集システムの開発，広島大学大学院教育学研究科紀要，第二部，60, 25-30.
- 吉富健一（2013）：理科教材の開発における HTML5 の活用，広島大学大学院教育学研究科紀要，第二部，62, 27-33.

巻雲



巻積雲



巻層雲



高積雲



高層雲



乱層雲



層積雲



層雲（雲海）



積雲



積乱雲



図3 “雲観察システム”で捉えた西条盆地の十種雲形