

高 校 地 学 気象現象の観察と教材の開発



三重県立飯野高等学校／三重県 小林 悠 介*

目 的

気象現象の観察をテーマに、以下を目的とした二つの教育実践を行った。

Ⅰ. 気象教材 Web サイトの作成

- ICA2017 による雲の大分類や、大気雷放電、大気光学現象など、地球大気で生じる現象が学習できる Web サイト「科学する空」を作成すること。
- 空や雲、大気光学現象などの気象現象の観察をテーマにした Web サイト「ブログ版 科学する空」を毎日発信することで、雲の種類や様々な気象現象が過去に遡って学習できるようにすること。また、蓄積された観察データを元にした探究活動や、データ解析実習などができるようにすること。

Ⅱ. 氷晶による大気光学現象再現装置の作製

- 氷晶による大気光学現象（ハロ）を再現する教材を作製し、光学分野の学習の一助とすること。また、その教材を使用することでハロが生じるメカニズムや特性を探究できるようにすること。

概 要

義務教育や高校地学における気象分野では、身近な気象現象や季節との関係を、空の観察を通じて学習・探究する。このような学習は学校教育初期の段階から行われているが、そこにはいくつかの課題があると考えられる。

例えば、教科書や図鑑を手にも空を眺めても、初学者にとって雲の種類を同定することは難しいということである。大抵の教科書には雲の種類を一覧で示すページはあるものの、それだけでは雲を分類することはほぼ不可能である。その理由として、一つとして同じ形の雲は存在せず、故に書籍の図版と目の前の雲の形が一致しないためである。雲を分類できるようになるには、分類の知識だけでなく、多くの雲を指導者と一緒に沢山観察したという経験が重要である。そのためには、日々の空の記録が雲の分類や空の現象とともに解説されている Web サイトのような媒体が望ましいと

考える。以上の背景から、二つの Web サイト「科学する空」「ブログ版 科学する空」を作成した。

一方、見た目の美しさから虹やハロのような大気光学現象に興味をもち、探究しようとする生徒もいる。虹に関しては「虹ビーズ」と呼ばれる教材¹⁾が存在するが、現在のところ、ハロを再現するための標準的な教材は存在しない。その理由として、ハロを生じさせる氷晶（上層雲を構成する小さな氷の粒）のモデルとなる六角柱状プリズムの流通量が少ないことに加え、単にそれを用いるだけではハロの再現はできないためである。ハロの出現メカニズムは興味深く、探究の題材としてはうってつけの気象現象である。また、鶴山（2017）によれば、ハロは虹よりも出現頻度が高く、教育活動中に観察できる機会に富んでいる²⁾。以上の背景から、ハロを再現する教材を作製し、授業内で活用をした。

教材・教具の製作方法

Ⅰ. 気象教材 Web サイトの作成

1. 科学する空 (<http://kagakusuru-sora.jp>)

実際に記録した写真を中心に、地球大気で生じる現象の多くを学習できるサイト構成を心がけた。それぞれ次のような内容を公開している。

【十種雲形と雲の大分類】

ICA2017（国際雲図帳）が示している雲分類³⁾が学習できるページである。また、そのすべての雲の図版を調べることができる。

【基本のハロ・アーク】

氷晶のプリズム効果は、多種多様の大気光学現象を引き起こす。このページでは、日本で観察されるハロを実際の観察例とシミュレーションをもとに、体系的に学習することができる。

【虹の基本】

雨などの降水粒子によるプリズム効果によって、条件が揃うと虹が観察されることがある。このページでは、実際の写真を交えながら虹の原理や観察するために必要な知識を体系的に学習することができる。

【衛星画像と天気図（地上・500 hPa）】

高知大学「気象情報頁」(weather.is.kochi-u.ac.jp)

*こばやし ゆうすけ 三重県立飯野高等学校 教諭 〒513-0803 三重県鈴鹿市三日市町東新田場 1695

☎(059)383-3011 E-mail kobayashi22dhalo@gmail.com

よりダウンロードした赤外面像と気象庁 (www.jma.go.jp/bosai/numericmap/#type=upper) よりダウンロードした地上・500hPa 高層天気図を重ね合わせてみることができるページである。温帯低気圧やジェット気流、寒冷渦など数多の気象現象と雲域との関係を調べることができる。

これら以外にも積乱雲によって生じる落雷や、中間圏で生じる超高層雷放電 (TLE) がまとまったページも公開しており、大気圏で生じる現象の多くを学習できるサイト構成を心がけた。

2. ブログ版 科学する空

(<https://22dhalo.blogspot.com/>)

三重県北部を主たる観測地として、記録した雲や大気光学現象、大気雷放電 (スプライトなどの超高層雷放電も含む)、流星などの地球大気で生じる現象を2017年9月3日から今日に至るまで、1日も欠かすことなく記録・発信している。毎日記録することで、季

節ごとの現象や、三重県北部で見られる地形的な気象現象を学習することができる。また、すべての記事に観察された現象のタグをつけているため、特定の現象 (例えば雲の種類や大気光学現象など) が記録されている記事を効率的に参照することができる。さらに、カレンダー形式でその日の記事をサムネイルからアクセスできるページも作成しているため、特定の日にどのような気象現象が観測されたのかを簡単に調べることができる (図1)。

このサイトの規模は2025年3月31日時点で総記事数2782、過去12ヶ月間の平均月間PV数は約5000である。

II. 氷晶による大気光学現象再現装置の作製

1. ハロの種類と原理

ハロとは、氷晶によって生じる大気光学現象の総称である。よく知られている現象としては写真1のようなハロであろう。この現象は、視半径が 22° であることから、特に 22° ハロと呼ばれる。



図1 ブログ版 科学する空の概要



写真1 22° ハロ



写真2 マルチディスプレイハロ (アンシャープマスク処理済)

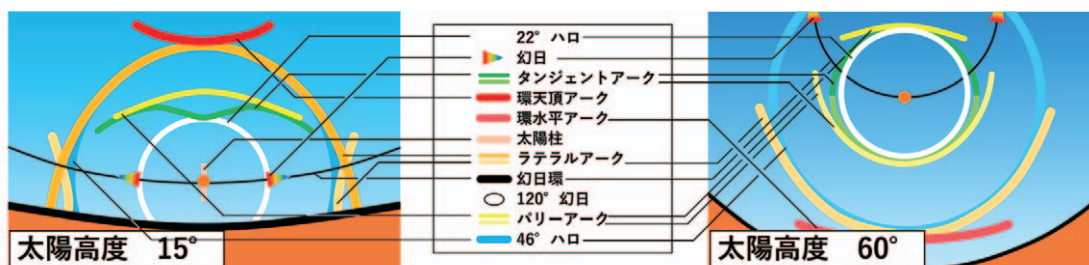


図2 代表的な大気光学現象の幾何関係

この現象以外にも、天空には様々なハロが生じる。例えば写真2は、代表的なハロが複数出現した際の記録である。この状態はマルチディスプレイハロとよばれ、非常に珍しい現象である。単純な円弧だけでなく、複雑かつ整った形状の光が複数生じている様子がよくわかるであろう。図2は、それらマルチディスプレイハロの種類と幾何関係を示した模式図である⁴⁾。太陽高度によらず共通して生じる現象もあれば、太陽の高度により変化する現象もあることがわかる。

これらの現象は氷晶内を通過する光のプリズム角の違いと氷晶の配向によって理解されており⁵⁾、図3はその一覧である。例えば、ランダム配向で頂角 60° のプリズム効果によって生じる現象は 22° ハロであり、この状態からカラム配向が混じると、タンジェントアークも生じるといった具合である。

本実践では、二つのモーターを用いて二軸の回転機構を作製しガラス製の六角柱を回転させることで、カラム配向とパリー配向を再現した。作製した実験装置、および使用した物品の型番を図4に示す。氷晶のモデルはライトパイプホモジナイザーという光の強度を均一化する特殊なガラスを使用した。光源は、マグライト(SP2201HL)を使用し、太陽高度の変化を再現するため、三脚に取り付けて角度を自由に換えられるようにした。

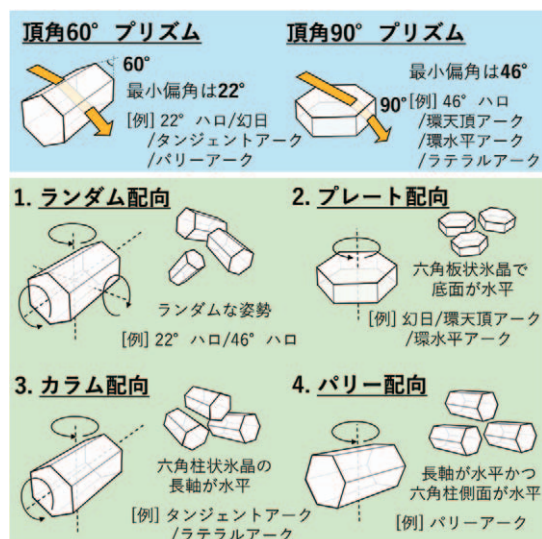


図3 頂角 60° 、 90° のプリズム効果(上)と配向効果(下)

この再現装置では、ランダム、プレート配向の再現はできないが、カラム、パリー配向は実現ができる。本稿では、カラム配向で生じるタンジェントアークの様子を報告する。図2でもわかるようにタンジェントアークは 22° ハロに接するように生じる大気光学現象である。特徴として、太陽高度によって形状が大きく変わることが挙げられる。一般に太陽高度が低い時は鋭いV字の形状を示すが、太陽高度が上がるにつれ、V字から一の字、への字へと形状がどんどん変化していく。

それを踏まえて、この装置によるタンジェントアークの再現の様子を、写真3に示す。光源の角度を変化させると、自然界で見られるタンジェントアークの特徴と同様に形状が変化していく様子を確認することができた。

学習指導方法

実践の性質上、ここでは大気光学現象再現装置を活用した学習指導を説明したい。

大気光学現象再現装置の活用

筆者が勤務する三重県立飯野高等学校の英語コミュニケーション科は、外国にルーツがある生徒(CLD生徒)が70%以上在籍している県内でもかなり特色ある

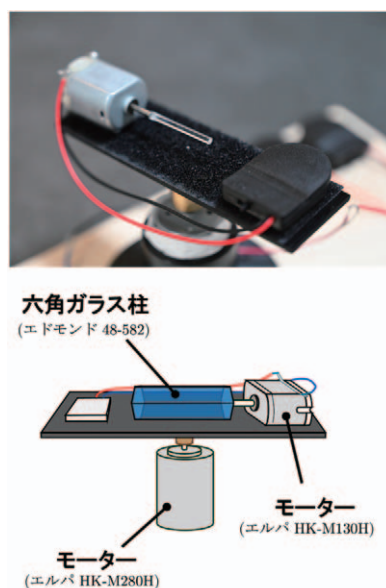


図4 実験装置(上)とその概略図(下)

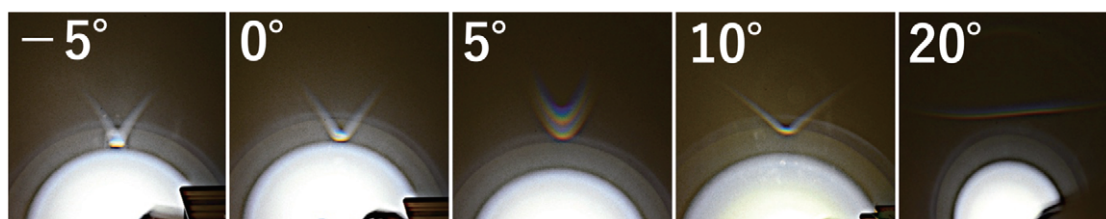


写真3 タンジェントアークの高度変化

共通撮影データ 絞りf20 シャッター速度10秒 ISO100 アンシャープマスク処理済

学校である。生徒の実態として、在日歴が短いため日本語の理解度が低い生徒や、理解できても日本語による理科の学習にはあまり前向きではない生徒が多い印象である。

今回作製した大気光学現象再現装置は第一学年で開講されている「科学と人間生活」の「光の性質とその利用」という単元の中で活用した。光の屈折を学習した後、それによって生じる気象現象として紹介・実験をすることで気象学との関連や興味関心を高めることを目的とした。

実践効果

I. 気象教材 Web サイトの活用事例

科学技術振興機構 (JST) は、科学技術イノベーションを牽引する人材育成の観点から、ジュニアドクター育成熟成という事業を行なっている。三重大学は 2018 年度よりこの事業に採択されており、筆者は外部顧問という形で三重大学教育学部附属中学校に在籍する生徒の探究活動を指導した。彼は、小学生の時からハロが出現する気象条件の研究をしており、ハロ出現前後の気温、湿度、日照時間の変化から、ハロが出現した後は天気が崩れる傾向があることを明らかにしていた。一方で、ハロの出現後快晴になる日があることも確認しており、ハロの出現条件は、天気が下り坂になること以外にも存在することを突き止めていた。しかし、限られた期間では得られるデータ数も多くないため「ブログ版 科学する空」の観察記録をもとに、ハロが出現した日を特定しその天気図を解析することで、ハロが生じた際の気象パターンが季節によってどのように変化するかを明らかにした。

彼はサイエンスカンファレンス 2023 において「日本の気象におけるハロ出現数とその気象パターンの解析」という題で発表し (写真 4)、研究発表大賞を受賞するなど、高く評価された。

本事例では空の記録のデータベースからハロの出現日を検索したが、それ以外にも雲の種類で同様の探究活動ができそうであり、有用なデータベースが構築できつつあるといえる。

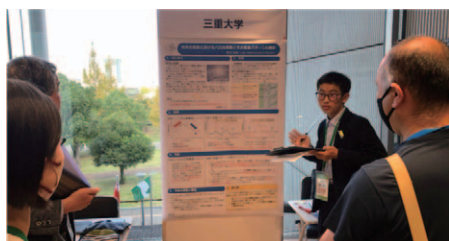


写真 4 サイエンスカンファレンスでの発表

II. 大気光学現象再現装置の活用事例

光の単元を学習する前と、大気光学現象再現装置による実験を行った後でアンケートを実施し、光学分野への興味関心や、身の回りの現象と関連づけようとする

力の変容を調査した。以下にアンケートの一部をランダムに抽出して紹介する。

実験前「光の分野の学習は楽しみですか。」

どうでもいい／ちょっとわくわくしています。でも楽しみ／苦痛、物理は一番嫌いな教科です。

回答数 80 人 (肯定的：24 % | 否定的：74 %)

実験後「実験をしてどのように感じましたか。」

ガラスの回転によって光の形が変わるのがとても面白い／いろんなハローを見てみたいとおもった。

回答数 80 人 (肯定的：92 % | 否定的：7 %)

このことから、多くの生徒が、ただ光学分野学習の意欲が向上したというだけでなく、それに付随した現象を見つけようとしたり、空を眺め自然に親しもうとしたりする態度を涵養することができたと考える。

本教材は視覚的にも鮮やかであり、言語や学習到達度を問わず直感的に科学への興味関心を引き出すことができたと言える。今まではスマートフォンばかり見ていた生徒らが「先生、こんな空を見つけたよ」と言って見せてくる姿を見ると、科学的な難しさは抜きにして、その魅力や奥深さを伝えることができて嬉しい限りである。

その他補遺事項

本実践の中でも、日々の空を記録する「ブログ版 科学する空」の更新は特に骨が折れる。当然、観察が満足にできない日や更新に時間が割けない日もあるが、そういう日があるのも仕方ないと捉え、気楽に更新することが毎日続けるためのコツではないかと考える。

このデータベースを使って何かの統計を調べる時、科学的な厳密さを求めるのであれば 24 時間 365 日の記録の方が当然望ましい。しかしそれでも、7 年以上という長年月の観察記録は、統計上の意味を高めていると考える。また、そうはいつても観察者の生活習慣や癖が統計に影響を与えていることは否めないが、そのような誤差の取り扱いについて検討することも、意味のある探究活動ではないだろうか。

大気光学現象再現装置の開発には、令和 5 年度東レ理科教育賞・企画賞の副賞賞金を活用した。

参考文献

- 1) 内川英雄：人工虹の研究，昭和 55 年度東レ理科教育賞受賞作品集 (第 12 回)，68-71 (1980)。
- 2) 鶴山義晃：天気，64，185 (2017)。
- 3) WMO: International Cloud Atlas, <https://cloudatlas.wmo.int> (2025 年 3 月 31 日最終閲覧)。
- 4) 小林悠介：基本のハロ・アーク, <http://kagakusururora.jp/atmoptics/icehalos/icehalos.html> (2025 年 3 月 31 日最終閲覧)。
- 5) Tape, W: Atmospheric Halos, American Geophysical Union (1994)。