

科学体験活動「日食観測体験授業」の実践

Practice the Scientific Experience-based Activity through The Total Solar Eclipse Observation

高橋典嗣、富川奈津子、山崎良雄

TAKAHASHI Noritsugu, FUKAWA Natsuko, YAMAZAKI Yoshio

要旨 2009年7月22日に皆既日食が日本のトカラ列島、硫黄島、南太平洋で見られ、国内各地では部分日食が観察された。この機会に、最も荘厳な自然現象の一つである皆既日食を多くの児童生徒に観測体験してもらうことをねらいとした科学体験活動「日食観測体験授業」を企画した。授業の実践に向け、学習方法の検討、学習内容の検討を行い、学習環境システムを構築した。授業は、中国（嘉興市第五高級中学）から千葉（千葉大学）、東京（町田市立南第一小学校）、神奈川（南足柄市立福沢小学校）の各観測点をインターネットで結び、各会場に集まった301名の児童生徒を対象に行った。

皆既日食当日の中国の天候は雨天で、太陽コロナの観測はできなかった。しかし、皆既中に真っ暗になることや皆既中の様子を体験する科学体験活動は成功し、参加した児童生徒の科学への興味関心を高めることができた。

1 はじめに

皆既日食、太陽が月に隠されると、一瞬あたりは闇につつまれ、黒い太陽のまわりには、真珠色の美しいコロナの姿が現れる。これは、自然現象の中で、最も荘厳な現象の一つである。この皆既日食を理科の教材として扱うことができれば、宇宙への興味・関心が高まるばかりでなく、理科好き、科学好きの子どもを育むことができるのではないかと考えた。

理科の教材としての視点で皆既日食を捉えると、太陽、月の表面の様子の違い、そして太陽の動き、月の動きとなる。これらを総合化することにより太陽、月、地球の3つの天体から日食の原理の理解へつながり、各天体の大きさと距離についての理解が得られ、太陽系の広がりや把握させることができる。太陽も月も最も身近で生活に深く関わっている天体なので、皆既日食はこれらの観点から天文教材として優れていることになる。

しかし、扱う各天体は身近であり、教材化した際の学習内容が優れていても、皆既日食を実際に観察することが難しいことが大きな問題である。日食そのものは、地球上のどこかで1年に2回程度起きるが、観察できる場所は、帯状の狭い限られた範囲（皆既帯）となる。このため、皆既日食は、ほとんど見るできない大変珍しい現象なのである。例えば、日本の千葉県（銚子）で皆既日食が見られたのは、1887年8月19日（明治20年）のことで、次に見られるのは、2035年9月2日となり、実に148年間の間隔がある。

21世紀に入り、情報、生命、宇宙における科学技術の目覚ましい進展が続いている。私たちの高度経済社会の生活基盤は、地球を取り巻く宇宙空間に投入された放送衛星、通信衛星、GPS衛星、気象衛星などの宇宙開発による衛星技術によって支えられていると

言っても過言ではない。さらに、これらの衛星技術を活用するためには、情報技術（Information Technology）が不可欠である。

本研究では、このような現在の先端科学技術の基盤となる高度な IT を教育現場で活用することにより、実際に観察することが難しかった皆既日食を身近な現象として教室で扱うことを可能にした。

2 インターネットを利用した天文教育の現状

天文教材の指導での問題点として、観察指導の困難性が指摘（稲森、1965）されている。夜間の星の観察は、通常の学校の授業時間内で行うことができない。また天文現象に合わせた授業計画が立てられない。天体に直接接触することができないことなどが挙げられる。このため教室内では、最新の映像教材や教具を活用し、モデル化して授業が展開されるが、実際の現象との空間と時間のスケールに大きな較差が生じ、この溝を埋めることは難しい。

最近の IT の進歩と、学校教育のコンピューターの導入に伴い、こうした天文教育における重大な問題点を克服し、教育効果を高める実験授業や教材開発が行われるようになってきた。次世代の教育環境を見据え、天文教育が抱える問題点を克服した教材開発の試みとして、インターネット天文台（尾久土、1999）と日食遠隔学習（高橋他、2002a）などがある。

インターネット天文台は、アメリカのカリフォルニア大学バークレー校の研究者が中心になって、1997年にアメリカ、スウェーデン、ドイツ、オーストラリアなどの望遠鏡を使い、超新星爆発、小惑星検出などを行う教育プログラム「ハンズオンユニバース（Hands-On Universe）」として始動した。これを利用すれば、世界中どこからでもインターネットで天文台の望遠鏡を操作し、画像を取得することができるので、昼間の日本から夜のアメリカの望遠鏡を操作し、昼間の授業時間に天体観察を行うことができる。その後、日本国内でもインターネット天文台を教育に使う同様の取り組みが、みさと天文台、慶応義塾高等学校（松本他、2000）、熊本大学（佐藤他、2000；2002）、宮城教育大学（高田他、2008）、秋田大学（上田他、2008）などで構築され、理科で活用するための実験授業の取り組みが行われている。各地に多数のインターネット天文台があると、利用者は観測地を選択することにより、昼間の授業時間内に天体観測を行うことを可能にし、天候に左右されるリスクも軽減されるので、授業計画通りに観察を行うことができる。これまでの天文教育が抱える問題点のいくつかを克服した新たな教具となった。しかし、リモートで望遠鏡を同時に操作することができるのは、1ユーザーに限定され、「いつでも、だれでも、自由に」同時にアクセスするわけにはいかない。望遠鏡の管理上の問題も発生し、利用者が制限されてしまう点が普及しづらい大きな理由に挙げられる。

皆既日食や金環日食をリアルタイムで中継し、インターネットで配信する試みは、1997年3月9日から今日まで継続して行われている（尾久土他、2004）。インターネットによる日食中継は、一度に多人数を相手にした授業展開が可能であることから、一般市民や学校現場に日食観察の機会を広げ、天文普及に貢献している。これまでに「ライブ！ユニバース」（天文現象のライブ中継を目的とした任意団体）が実施した日食中継を表1に示した。この中で、中継画像を使い学校と観測地を結んで行う学習活動が3回実施された。内訳は、

表1 ライブ！ユニバースによる日食中継

年月日	種類	中継地点	授業実施状況
1997年3月9日	皆既	モンゴル、シベリア	
1998年2月26日	皆既	マラカイボ（ベネズエラ）、 グアドループ島	
1998年2月22日	金環	ダヤン島（マレーシア）	
1999年2月16日	金環	ムレワ（オーストラリア）	（講演）
1999年8月11日	皆既	ヘルストン（イギリス）、ストラスブルグ（フランス）、シュツットガルト・ミュンヘン（ドイツ）、グラー（オーストラリア）、バトラン湖（ハンガリー）、ゴラ（ルーマニア）、エラズー（トルコ）、イスファン（イラン）	
2001年6月21日	皆既	ザンビア、ジンバブエ、 マダガスカル	遠隔学習 （広島の小中学校6校）
2002年6月11日	金環	テニアン島（北マリアナ諸島）、中之島・東京（日本）、ソウル（韓国）、プエルトバイヤルタ（メキシコ）	遠隔学習 （東京の小中学校2校）
2002年12月4日	皆既	チョベ（ボツワナ）、 セデュナ（オーストラリア）	
2003年5月31日	金環	アクレーリ（アイスランド）、ヘルシンキ（フィンランド）	
2003年11月24日	皆既	南極	
2005年4月9日	金環 皆既	太平洋（皆既）、 ペノノメ（パナマ・金環）	
2005年10月3日	金環	マドリッド（スペイン）	
2006年3月29日	皆既	ワウアナムス（リビア）、サルーム（エジプト）、 アドラサン（トルコ）	
2008年8月1日	皆既	北極海、ノビシビルスク（ロシア）、 バリコン（中国）	模擬授業
2009年7月22日	皆既	嘉興（中国） 、トカラ列島、硫黄島、 キリバス共和国	日食観測体験授業 （中国、千葉、東京、 神奈川）

* 太字：著者が中継した観測地、および実践した授業

遠隔学習が2回（縣他、2002；高橋他、2002b）と今回実践した科学体験活動「日食観測体験授業」である。

インターネットによりリアルタイムで配信する映像を教育現場で利用することは、教室に居ながら、現象を観察していることになる。教室の壁を取り払い、教室ごと実体験の現場に移動したかのような臨場感を持たせた教材化を行うことにより、疑似体験ではあるが実体験同様の学習効果が期待される。実際に、現象の観察はリアルタイムなので、現象が見えている観測地と時間を共有している。このようなインターネットを使ったリアルタイム映像により、空間と時間を共有した教材研究と教材開発は、次世代の天文教育（高橋他、2007；Takahashi, 2008）として期待される。

3 小学校・中学校の理科における日食の取り扱いの変遷

1947年（昭和22年）の学習指導要領試案から2008年（平成18年）に公示された学習指導要領の内、日食の取り扱いについての記載は、表2のように1952年（昭和27）、1958年（昭和33）、1968年（昭和43）、2008年（平成18）の4回あった。

昭和22年の学習指導要領試案は、アメリカの生活体験学習と日本の自然の観察が反映され、領域を融合した形態になっている。27年の改訂で、この方針がより強化され、日食や月食が扱われるようになった。これは、自然体験の経験を話したり聞いたりする現象として日食、月食が適当であり、妥当な選択であったと考えられる。1958年（昭和33年）

表2 学習指導要領理科における日食の取り扱い

改訂年	取り扱い（記載事項）	日本で見られた 金環・皆既
1952年 (昭和27)	〈小学校5年生〉 小5月の位相や地球の運動についての学習で、日食・月食の経験を話し合い、実験し、調べ、写真を見たり話を聞いたりする学習活動を例示。	1948年5月9日 礼文島で金環日食
1958年 (昭和33)	〈中学校3年生〉 日食と月食（単元名）	1958年4月19日 八丈島で金環日食
1968年 (昭和43)	〈中学校3年生〉 中学で扱う月と太陽の見かけの大きさが同じであることは、日食の起きうる理由と深く関わる。	1963年7月21日 北海道東部で皆既日食
2008年 (平成18)	〈中学校3年生〉 日食・月食に触れるよう記載	2009年7月22日 46年ぶりに日本国内で皆既日食 2012年5月20日 日本国内で金環日食

の改訂では、これまでの経験主義に基づく生活単元学習では知識が断片的で学力に結びつかない。そのため系統的な学習を重視し、科学的な見方や考え方が取り入れられた。天文単元では、前指導要領に引き続き日食と月食が扱われた。

1968年（昭和43年）の改訂では、中学校で月と太陽の見かけの大きさが扱われ、日食が起こる理由と深くかかわっているが、日食に関する単元は削除された。以降、1977年（昭和52年）の改訂では観察実験を通して自然を認識することが明記されたが、低学年で3区分制が廃止された。次の1989年（平成元年）の改訂では、低学年理科が廃止、生活科が新設された。この改訂では、直接経験を重視し、実験観察を行うことが明記された。また1998年（平成10年）の改訂では、学校5日制が導入され、横断的総合的な課題学習に取り組む総合的な学習の時間が新設された。「生きる力」の育成を基本とし、理科では「目標を持って実験観察を行うこと」が強調された。しかし、理科の時間数、内容ともに軽減された。天文単元の月と星の配当学年は、小学校4年次のみで、中学校は3年次となっていた。この間、理科の学習内容に日食の記載はない。

2008年（平成18年）の改訂では、実生活と学習内容との関連付け、実感を伴う理解、観察実験が一層重視され、1977年の指導要領から姿を消していた日食の扱いが中学校で復活した。

1947年の学習指導要領試案から2009年までの62年間に日本で見られた日食は、30回あった。この間千葉大学（千葉市稲毛区）で観察することができた日食は22回である。1977年の改訂から2008年の改訂までの学習指導要領に日食の記述が無い31年間には、日本で15回、千葉大学で11回の日食が見られていた。

中学校の単元に「日食と月食」が取り上げられた1958年の改訂の年は、1958年4月19日に八丈島で金環日食が見られ、日本中で部分日食が見られた。また中学校で日食が復活した2008年の改訂の翌年は、2009年7月22日に46年ぶりとなる皆既日食が日本国内で見られ、日本中で部分日食が見られた。また、2012年5月20日には、金環日食が日本の太平洋沿岸の各地で見られる。今回の改訂の特徴である実生活と学習内容との関連付け及び実感を伴う観察の対象として日食は適している。また、このような皆既日食や金環日食が国内で見られる次期に合わせるように、学習指導要領に日食が盛り込まれている。

2012年5月21日の金環日食、2035年9月2日の皆既日食（銚子で皆既日食が見られる）のときは、1958年の八丈島金環日食、2009年の皆既日食のときと同様に日本各地の学校で、観察会が行われることになると予想される。日食や月食は、身近な天文素材なので、学習指導要領理科において観察事項に掲げて観察を啓発するとともに、恒常的に授業計画に盛り込み観察の機会をつくるように心掛けたい。

4 「日食観測体験授業」の構想

2009年7月22日の皆既日食を多くの児童生徒に体験してもらうため、「日食観測体験授業」を企画した（富川他、2008）。参加者を募集するためのポスターを図1に、チラシを図2に示した。皆既日食の観測体験授業を実現するために、学習方法、学習内容を検討し、学習環境システムの構築を行った。



図1 日観測体験授業ポスター



図2 募集要項

(1) 学習方法の検討（空間と時間の共有による臨場感の創出）

皆既日食観測体験授業では、教室の壁を無くし、教室ごと観測地に移動したかのような学習空間を創出することにした。図3のように4つの会場が一つの観測地となり、一緒に観測体験をしているという一体感を持って科学体験活動（山崎他、2009ab；高橋他、2008ab、2009ab）に臨んでいるという学習環境を実現することにした。このため、授業は中国会場から行うことにし、中国会場にも他の会場と同じような教室を設営した。そして、太陽像や観測の様子、参加校の様子をリアルタイムで配信するだけでなく、参加校の会場間のコミュニケーションを図るための工夫など、学習方法の検討を行った。



図3 観測地の概念図

(2) 学習教材の整備

日食観測体験学習の実践に向けて、授業の内容の理解を助けるための補助教材「太陽コロナを求めて」を作成した(図4)。日食の原理、皆既中の現象、コロナやコロナの研究について、今後の日食の予定などの学習内容を平易に解説した。補助教材を見ながら授業を受けることで、学習内容のより深い理解につながる。また、授業での観察や日食の原理の実験記録、気象記録用紙からなるワークシート(図5)を作成した。さらに、参加者全員に、部分日食を実際に観測するための日食メガネ(遮光板)を用意した。

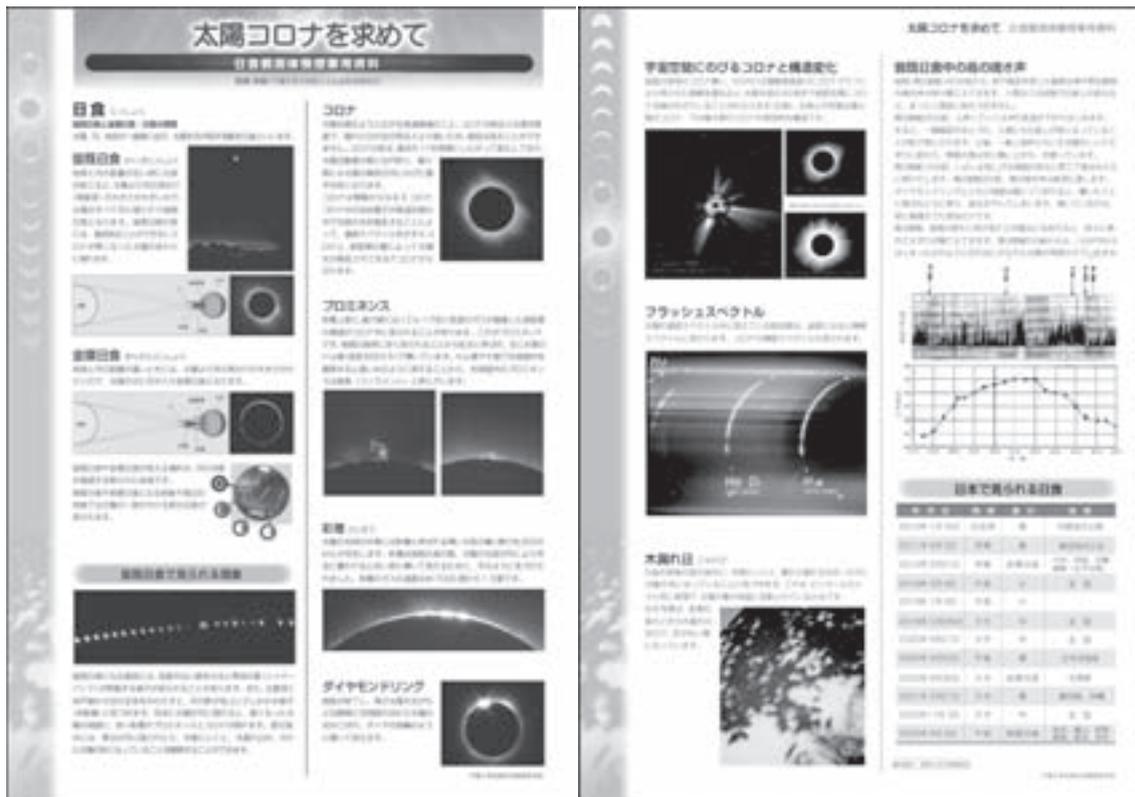


図4 資料「太陽コロナを求めて」

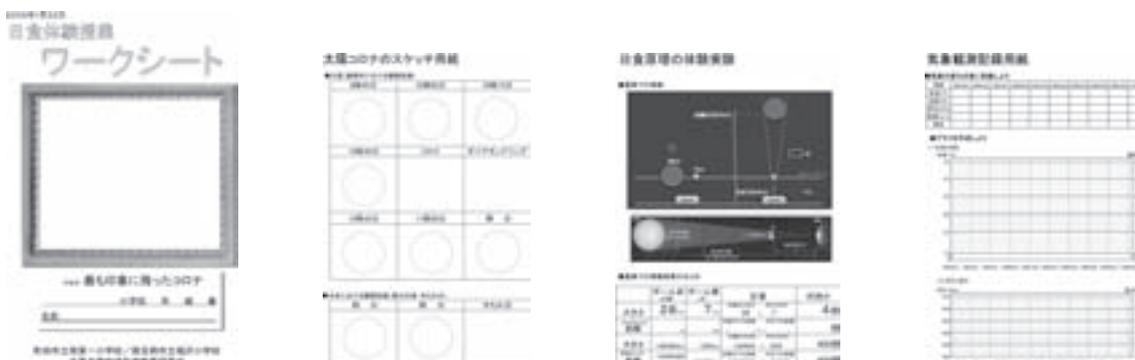


図5 ワークシート (全4ページ)

(3) 学習環境システムの構築

① 観測地の選定

皆既帯はインドと中国大陸を除くと洋上になってしまい、陸地での観測場所が限られている。気象条件、インターネット回線の状況、治安、衛生面に加え、交通の便を総合的に考慮した結果、上海近郊を観測地に絞り込んだ。2009年3月29日～31日の視察の結果（高橋他、2009c）、上海の南西80kmに位置し、中心線から北に5.5kmに位置する嘉興市第五高級中学の屋上を観測地に選定した。観測地での皆既継続時間は5分52.2秒となる。

② 観測体験校の選定

日本国内では多くの地域で部分日食となり、千葉近郊では太陽が約75%欠ける。この日食を体験する授業への参加校を探したところ、千葉大学と東京（町田市立南第一小学校）、神奈川（南足柄市立福沢小学校）の小学校の協力が得られた。これにより、日食観測体験授業は、嘉興市第五高級中学及び日本の3地点、合計4地点で行うことにした。各観測地点での日食の接触時刻（Esenak、2008）を表3に示した。日本の各協力校での部分日食は、いずれの地域も11時12分～14分に食の最大を迎える。

③ 中継システムの構築

インターネット回線は、嘉興市第五高級中学の学内Ethernet（100M）にてチャイナテレコムから北京のIIJ回線を経由して日本へ配信することにした。1ポートの回線速度は512kbpsで、日食映像、授業映像ともに順調に配信することができた。途中で回

表3 各観測地における接触時刻

観測地		時刻（日本時間）	
中国	中国 嘉興市第五高級中学	第1接触	09時22分22.5秒
		第2接触	10時35分07.7秒
		第3接触	10時40分59.9秒
		第4接触	12時00分27.9秒
神奈川	南足柄市立 福沢小学校 〈最大食分：0.765〉	第1接触	09時54分10.0秒
		食の最大	11時12分02.0秒
		第4接触	12時30分02.0秒
東京	町田市立 南第一小学校 〈最大食分：0.756〉	第1接触	09時54分58.0秒
		食の最大	11時12分34.3秒
		第4接触	12時30分12.5秒
千葉	千葉大学 人文社会科学系総合研究棟 〈最大食分：0.746〉	第1接触	09時56分17.7秒
		食の最大	11時13分41.3秒
		第4接触	12時30分56.1秒

線のダウンが懸念されたので、バックアップとして無線 LAN による回線を確保しておく、無線 LAN による日食映像の配信も行うことにした。

授業は、テレビ会議システムを使用することにした。学校現場での普及を考えると、汎用性の高いフリーで使えるシステムを導入することを優先し、システム選定を行った結果、Skype を使用することにした。Skype は Skype technology 社の提供する、P2P 技術を利用したインターネット電話サービスである。対応 OS も Windows、Macintosh、Linux と幅広く、低速回線やファイヤーウォールの内側でも高音質で安定した通話を行うことができる。

Skype は、2 地点間での音声と映像の通話システムなので、観測地では、各校に対応するパソコンを用意し、音声は各校が共有できるように、各校の Skype 画面は、授業展開に応じて中国の観測地側で切り替えるシステムを構築した (図 6)。

各会場では、会場の映像をビデオカメラまたは web カメラで、音声をマイクで取り込んだ。中国会場に届けられた映像・音声は別々にミキシングし、映像は切替え、音声は常時ミックスすることにした。映像は、スキャンコンバーターで一度出力信号を変換し、スイッチング機能付きの分配機で中国側の画像として各 Skype に送信した。中国

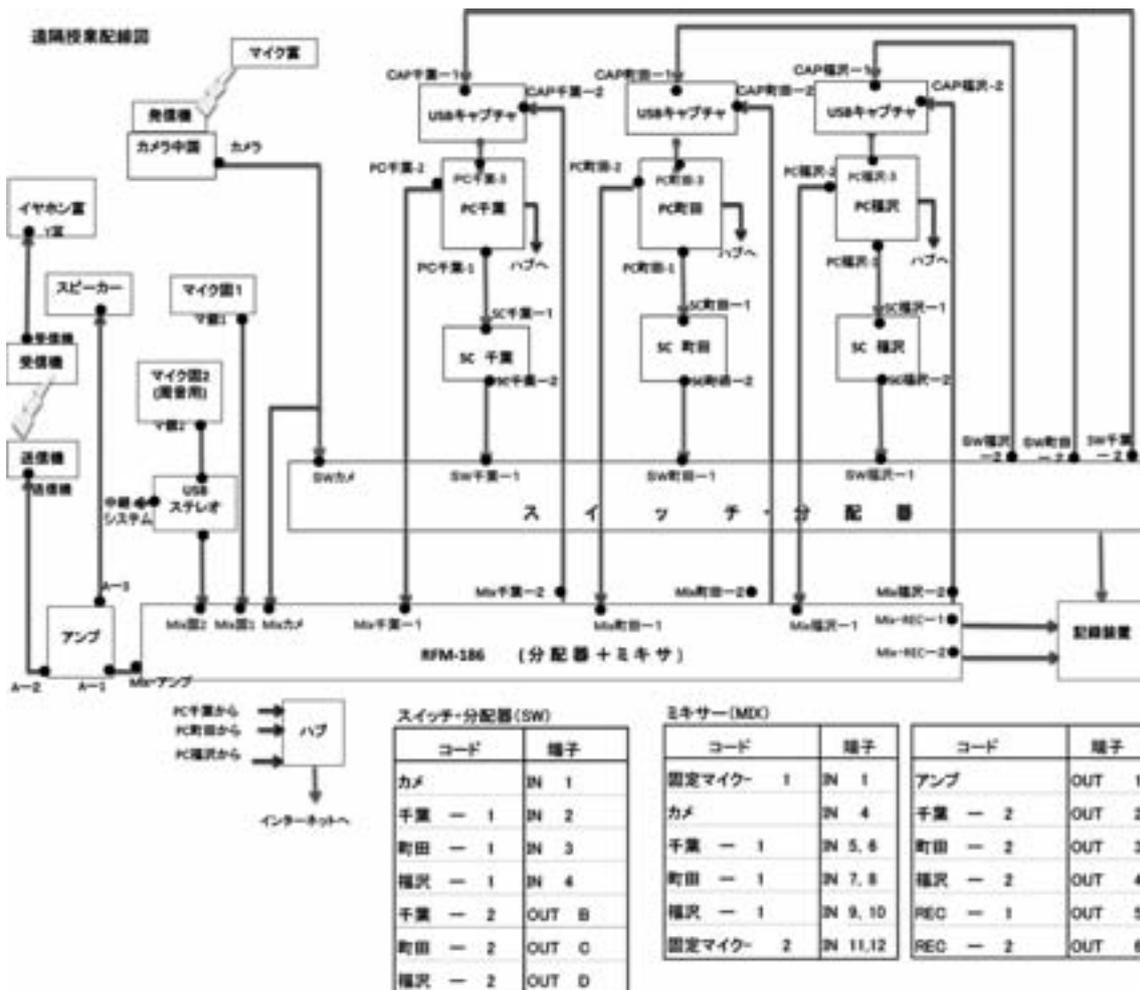


図 6 中継システム図 (授業用映像および音声の配線図)

会場の映像はダイレクトに分配機に接続してあるので、4会場のうち任意の映像を各会場に送ることができる。音声は、発信元の会場の音声も一緒に混ぜてしまうと、ハウリングやエコーが起こるので、自会場以外の音声をミックスし、配信した。

(4) 緊急時の対応

日食体験授業における緊急時の対応として、当日の中国での天候不良の場合の対応、当日の日本の天候不良の場合の対応、中国での通信トラブルの対応、日本での通信トラブルの対応について検討しておいた。通信トラブルが発生した場合は、予定された授業スケジュールに沿って、会場関係者で協力して授業を続行してもらうことになる。このため、授業の詳細な進行内容（シナリオ）にパワーポイント画面のインデックスを付けた授業計画詳細を各会場に配布しておいた。また、回線が復旧し次第、中国側の授業に合流してもらうことにした。

(5) 実践までの経過

日食観測体験授業の実践まで、20回に及ぶ準備と打ち合わせを行った（表4）。各準備の概要を次に述べる。

① 模擬授業の実施

2008年8月1日に中国新疆ウイグル自治区バリコンで皆既日食の観測を行った。ここでは、観測機材の扱いの練習と日食映像などの授業用素材の取得を行った。帰国後に素材を使用して、模擬授業を行った。当初は、実際に衛星回線（インマルサット）を用い、観測地のバリコンから千葉大学を結んだ日食模擬授業の中継を行う予定であった。しかし、北京オリンピック開催に伴う電子機器の持ち込み規制が強化され、観測地がモンゴルとの国境付近の軍事エリアであったために、通信機器の持ち込みが許可されず、リアルタイムの模擬授業を実施することができなかった。

② 日食観測体験授業準備の開始

2009年2月22日に日食観測体験授業の内容、授業の形態、システムの構築について具体的な検討を始めた。初回の打ち合わせでは、授業形態は現地主導型とし、中国以外の会場の音声・映像もやりとりできるようにすることに決定した。中継の方法について、有線でインターネットを引くことができない場合を想定し、衛星回線、携帯電話を始めとしたモバイル機器も含め、より高品位な映像をストレス無く送る方法を検討した。また、日食の中継映像については、魚眼レンズによる映像やカラースペクトルなどの学習素材の撮影も検討した。

③ 観測地視察

3月29日～31日に、上海近郊の観測予定地を視察した。インターネット回線の利用状況や皆既の中心線からの距離、上海からの交通の便などを考慮し、嘉興市第五高級中学を観測地に決定した。観測地となる嘉興市第五高級中学のインターネット回線の状況を調べるために、Skypeを用いて日本とテレビ通話を行ったが、映像、音声とも問題なくやりとりできた。

④ 日食中継システムの構築

第2回～第4回の打ち合わせは、中継システムの構築について議論した。撮影する中

表4 日食観測体験授業の計画

年 月 日	打ち合わせ項目	打ち合わせ内容	場 所
2008年08月01日	バリコン皆既日食観測	授業素材収集、模擬授業	バリコン (中国)
2008年08月07日	模擬授業		千葉大学
2009年02月22日	第1回 打ち合わせ	観測チーム結成	千葉大学
2009年03月30日	観測地視察		上海、嘉興
2009年04月11日	第2回 打ち合わせ	日食映像中継システム構築	千葉大学
2009年04月20日	各学校に依頼書送付		
2009年05月02日	第3回 打ち合わせ	日食映像中継システム構築	東京大学
2009年05月21日	第4回 打ち合わせ	日食映像中継システム構築	千葉大学
2009年05月30日	第5回 打ち合わせ	全体の企画・ポスター制作	千葉大学
2009年06月13日	第6回 打ち合わせ	全体の企画・ポスター制作	千葉大学
2009年06月20日	ポスター完成 発送作業		日本スペース ガード協会
2009年06月30日	東京・神奈川打ち合わせ		各小学校
2009年07月01日	第7回 打ち合わせ	授業中継システム構築	千葉大学
2009年07月12日	第8回 打ち合わせ	スペクトル観測の準備	千葉大学
2009年07月13日	千葉会場打ち合わせ		千葉大学
2009年07月16日	千葉会場打ち合わせ		千葉大学
2009年07月19日	第9回 打ち合わせ	出発準備・梱包作業	成田空港
2009年07月20日	中国へ出発		成田空港
2009年07月21日	前日準備	観測会場設営	各観測地
2009年09月22日	日食観測体験授業		嘉興

継映像の選定から始め、日食全体像、日食拡大像、カラースペクトル、全天映像などを中継することを検討した。しかし、その後の調査で、中国—日本間のインターネット帯域が予想より狭いことが判明し、中継映像を太陽全体像のみとした。

⑤ 全体の企画とポスターの製作

第5回、第6回の打ち合わせでは、観測体験授業全体の企画の討議を行った。第2接触の時間を踏まえ、開催時間を9時から12時とし、その内の9時30分から11時までが中国からの遠隔授業の時間とした。授業は、現地主導型で行い、全てのカリキュラムを現地からの指示・指導で行うことにした。日食の原理などの基礎的な内容から、太陽コロナの最先端の研究について触れるなど、知識・理解だけでなく、科学的な興味・関心を高める内容を取り入れた。また全会場が一体となり現地で観測しているような状況を作り出し、中継映像の「視聴」ではなく「観測体験」となるように、アクセスタイムを設けるなど会場間の交流の時間を導入した。

⑥ 各会場との打ち合わせ

日食観測体験授業の協力校に対し、授業の概要、進行方法、機材についての説明を行った。東京、神奈川会場に出向き打ち合わせを行い、各会場の機材の準備の状況なども調査し、足りない物の確認や用意する方法について検討し、対応を決定した。

千葉会場では7月12日、16日と2回打ち合わせを行った。これは通常の設定の他に、中国側で何らかのトラブルがあった場合、千葉会場が代理で授業を行うための機器の操作や手順の確認を行ったためである。

⑦ 授業中継システムの構築

授業中継に使用するソフトウェアは、Skypeを用いることに決定した。しかし、Skypeは1対1のテレビ通話システムなので、映像、音声を別々にミキシングし、全ての会場の映像・音声を視聴できるシステムを構築した。第7回の打ち合わせでは、実際に機器を接続し、千葉大学内で通話テストを行った。音声、映像とも問題なく送受信でき、授業中継システムはこのまま用いることにした。現場での組立を効率的に行うために、全ての端子に番号をふり、ケーブルに対応するタグを付けた。

⑧ 出発準備

第9回の打ち合わせでは、機材の梱包を行った。飛行機に積み込むための重量制限を考慮し、全ての荷物が20kg以下になるようにした。飛行機への積み込みや現地での開封を効率的に行うために、荷物には番号を振り、内容と重量のリストを作成した。

⑨ 前日準備

7月21日、観測地の嘉興市第五高級中学の屋上に機材を搬入し、朝から中継システムを構築した。日本での会場の設営も同時に行われ、各会場ともに16時（日本時間）に設営を完了した。16時から17時に各会場に割り振られた中国側のSkypeアドレスにアクセスし、テレビ会話のテストを行った。18時にすべてのチェックを終了、本番を待つだけとなった。

⑩ 中国における観測地設営から日食当日まで

日食前日の21時から中国嘉興市は、突然の雷を伴う暴風雨に襲われた。これにより、設営したテントは崩壊（図7）、中継機材も雨ざらし状態となった。落雷の危険があるので、屋上に出ることは許されなかった。22日の早朝、明るくなってから、設営をや

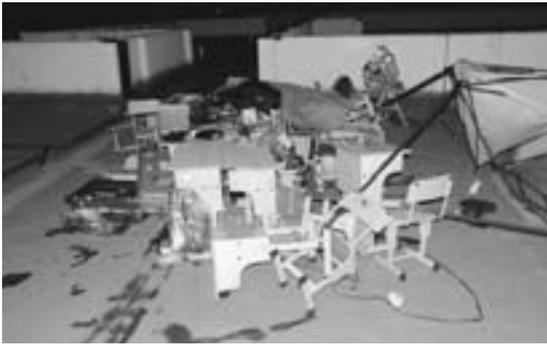


図7 嵐により崩壊した学習環境



図8 学習環境システム

り直した。いくつかの機材にトラブルが発生したが、中継システムの根幹をになう機材に不調はなく、システムを再構築することができた（図8）。作業が終了したのは、授業当日の回線最終確認テストの30分前であった。

⑪ 授業直前のテストから日食観測体験授業の開始

8時50分（日本時間）に各校と接続を完了し、テストを行った。神奈川会場の回線の調子が良くなかったが定刻になり日食観測体験授業を開始した。

5 「日食観測体験授業」の実践

(1) 概要

日食観測体験授業について検討した学習方法、学習環境システムに基づき、中国浙江省嘉興市の嘉興市第五高級中学の屋上に設営した野外教室から、日本の3地点とインターネットで結び、日食観測体験授業を行った（富川他、2009）。当日の天候の影響で、予定したすべての観察事項を扱うことはできなかった。また授業中に激しい豪雨となり、7分間の授業の中断もあった。しかし、日食観測体験授業は計画した通りに進行し、無事終了することができ、ほぼねらい通りの成果を挙げることができた。

(2) 各観測地の状況

日食観測体験授業の観測地となった4つの会場は、参加者が301名、スタッフが23名で、合計324名により実施した。内訳は表5の通りである。

表5 観測参加者数内訳

観測地	児童生徒	スタッフ	計
中 国会場（嘉興市第五高級中学）	13	8	21
千 葉会場（千葉大学）	65	5	70
東 京会場（町田市立南第一小学校）	108	7	115
神奈川会場（南足柄市立福沢小学校）	115	3	118
合 計	301	23	324



図9 中国会場(嘉興市第五高級中学・屋上)



図10 千葉会場
(千葉大学・マルチメディア会議室)

① 中国会場（嘉興市第五高級中学、屋上）

観測地は、体験授業を行う講師4名、インターネット中継スタッフ4名、日本から参加した児童・生徒9名、嘉興第五高級中学の生徒4名、合計21名で構成した。会場の配置は、図9のようにテント内に中継システムと授業のための講師席があり、3台のパソコンは日本の各会場とつながっている。その手前に中国会場の児童・生徒が座り、授業に参加した。中国会場では、日本語と英語で授業が進行し、ノートパソコンのパワーポイント画面を見ながら行った。

② 千葉会場（千葉大学、人文社会科学系総合研究棟マルチメディア会議室）

会場は司会1名、スタッフ4名、参加者65名、合計70名で構成され、教室の座席は満席となった。会場の配置は、図10のように左がパワーポイント画面、中央が中国の授業画面、右がライブ中継の日食画面である。千葉会場では、中国中継地の回線切断時に代理で授業を行うため、通常に用意する3台のパソコンの他に、東京・神奈川の会場と通信を行うための2台のパソコンを準備しておいた。

③ 東京会場（町田市立南第一小学校、体育館）

司会1名、スタッフ6名、参加者108名、合計115名で構成した。同校の4年生から



図11 東京会場
(町田市立南第一小学校・体育館)



図12 部分日食の観察

6年生が参加した。会場の配置は、図11のように左がライブ中継の日食画面、中央が中国の授業画面、右がパワーポイント画面である。授業終了後に、校庭で部分日食の観察を行った(図12)。

④ 神奈川会場(南足柄市立福沢小学校、視聴覚教室)

司会1名、スタッフ2名、参加者115名、合計118名で構成した。同校の2年生から6年生の希望者が参加した。近隣の学校の5、6年生20名も授業に参加した。会場の配置は、左にライブ中継の日食画面、中央が中国の授業画面、右がパワーポイント画面とした。

(3) 「日食観測体験授業」の学習内容

① 授業の展開

日食観測体験授業の講師を表6に示した。日食観測体験授業の学習内容は、8つの単元で構成し、各単元名と担当した講師名を表7に示した。学習活動は、講師による講義だけでなく、説明には画像や映像資料を多く使い、理解を助けるように工夫した。また、実験や観察活動も取り入れた。さらに、学習単元の間には、各観測地の紹介や質疑応答、感想を聞くアクセスタ임을挿入することにより、各観測地点間のコミュニケーションを図り、同じ観測を一緒に行っている臨場感を持たせるように配慮した。

② 各単元のねらい

学習内容の8つの単元のねらいと指導項目は、次の通りである。実践した授業の展開の記録を資料として最後に掲載した。

1 日食と人間のかかわり

[ねらい]

皆既日食という荘厳な現象は、皆既日食が起こることを知らない人々を突然闇に包み込む。日食の原理が解明されていない時代の人類は、この現象が起こると脅威に感じたことであろう。人類史に残された神話(天岩戸)、遺跡(エジプト王家の紋章)、祭り(ザンビアの部族)を紹介し、皆既日食の観測に向け、参加意欲や興味・関心を高める。

[指導項目]

日食の概要(月が太陽を隠す)、日食と人間(日食の神話・逸話)、皆既日食時のコロナ

表6 講師紹介

講師名	(所属)
高橋 典嗣	(千葉大学大学院人文社会科学部)
吉川 真	(宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部)
高橋 和子	(東京都町田市立南第一小学校)
富川奈津子	(千葉大学大学院教育学研究科理科教育専攻2年)

表7 日食観測体験授業の構成
 (集中豪雨により、途中7分間、授業を中断している。)

単元	内容	担当講師
1 日食と人間のかかわり (09:30~09:35)	天岩戸 エジプト王家の紋章 インドネシアの悪魔	高橋典嗣先生
アクセスタイム (観測地の紹介) 中国→千葉→東京→神奈川		
2 観察の仕方 (09:50~09:53)	スケッチの仕方 気温の変化	高橋和子先生 富川奈津子先生
豪雨により授業中断		
3 日食の原理 (10:00~10:20)	皆既と金環 皆既帯日本での見え方 日食の原理の実験	吉川 真先生 富川奈津子先生
アクセスタイム (質疑応答) 日食の回数、カブトムシ		
4 太陽コロナを求めて (10:25~10:30)	観測装置、観測の様子 コロナ加熱、コロナの構造 コロナ加速	高橋典嗣先生
5 皆既中に見える現象 (10:30~10:35)	彩層、プロミネンス、コロナ、 ダイヤモンドリング	吉川 真先生 高橋典嗣先生
6 皆既日食の観察体験 (10:35~10:40)	〈カウントダウン〉 皆既中の様子 暗くなったこと 周囲の空の色	高橋和子先生
アクセスタイム (感想)		
7 日食観測体験授業のまとめ (10:50~11:00)		講師全員
8 部分日食と木漏れ日の観察 (11:00~11:30)	雲を通して欠けた太陽を日食メガ ネで観察する。	各観測地

2 観察の仕方

〔ねらい〕

フランス人の画家の作品に、皆既日食の観察をしている生徒の様子が描かれた油絵がある。背景の空には、太陽コロナの構造がしっかりしたタッチで記録されている。また中学生が南米パラグアイで観察したコロナの絵にも、太陽活動極小期のコロナの特徴が記録されている。理科学習での観察記録の大切さを示し、日食の経過と皆既中の太陽コロナを記録するスケッチの方法を指導する。さらに、気温の変化にも注意を

払い、気象変化の記録についても触れた。

[指導項目]

部分食、皆既の現象のスケッチの方法、気象変化の記録の方法、ワークシートの使い方

3 日食の原理

[ねらい]

地球から見た太陽と月の見かけの大きさは、ほぼ同じである。太陽、月、地球が一直線上に並んだ時、月の本影が地上に達した地域で皆既日食が観察できる。月と地球の距離が遠い時には、月の見かけの大きさが太陽より少し小さくなるので、太陽の前面に月がすっぽり入り込んでしまう。これが金環日食である。太陽、月、地球の位置関係から日食の起きる仕組みを理解する。

[指導項目]

太陽と月の大きさと距離、金環日食と皆既日食、太陽系の惑星と公転、太陽系鳥瞰図、地球に写る月の影

4 太陽コロナを求めて

[ねらい]

太陽の中心温度は1,500万度の高温で、水素が熱核融合によりヘリウムが合成される。このとき作られたエネルギーは、200万年かけて太陽表面に到達し、表面での温度は約6,000度となる。ところが、太陽の表面から外層のコロナ領域に移ると200万度の高温になっている。どのような過程で高温に加熱されるのか、磁場が影響するとすればコロナの型（構造）がどうして変化するのか、コロナが太陽系惑星空間に加速されて吹き出されるメカニズム、これら加熱、構造、加速がまだ解明されていないコロナの3つの謎である。この解明に挑戦する観測装置、観測方法を紹介する。

[指導項目]

太陽コロナ研究の3つの謎、フラッシュスペクトル偏光観測装置

5 皆既中に見える現象

[ねらい]

皆既日食になる直前に、シャドーバンドが地面に見られることがある。第2接触とともに太陽の周囲にコロナが現れる。そのとき、太陽大気の色層、プロミネンスを確認し、太陽コロナの構造（コロナ流線、極域流線）を観察する視点を与える。

[指導項目]

シャドーバンド、色層、プロミネンス、コロナ（画像資料と配布資料を使い指導する）

6 皆既日食の観察体験

[ねらい]

皆既中に起きる現象について観察する。

学習した日食の仕組みや日食時に見られる現象を復習しながら観察し、確認する。

[指導項目]（天候不順により色層、コロナの観察はできなかった。）

真っ暗になった空、真っ暗になる時の急激な明るさの変化、地平線が夕焼けのようになる様子、皆既日食の観察、ダイヤモンドリング、気温の低下、本影錐

7 日食観測体験授業のまとめ

〔ねらい〕

日食観測体験授業のまとめとして日食の原理の実験を行う。曇天、雨天のため観察できなかったコロナを2004年12月4日の皆既日食映像で観察する。観察できた事象を確認し、日本における部分日食の観測の指示をする。

〔指導項目〕

日食で見られる現象の観察、観測体験できた現象の確認、部分日食観察の要点

8 部分日食と木漏れ日の観察

〔ねらい〕

日本における部分日食の最大食分（約75%欠ける）になるので、各会場で校庭に出て部分日食の観察を行う。

〔指導項目〕

太陽観察の注意点、部分日食の観察、日食メガネの使い方、木漏れ日の観察

6 「日食観測体験授業」の評価

(1) 学習内容の評価

日食観測体験授業の実践を行うに当たって検討した学習方法、学習内容が児童にどのような学習効果を与えたかを把握することを目的とし、日食観測体験授業の直前と終了直後にアンケート調査を実施した。

① 調査の概要

調査対象は、小学校4年生から6年生とした。日食観測体験授業に参加した千葉、東京、神奈川の3会場の被験者数は、事前調査が222名（男子106名、女子116名）、事後調査が91名（男子38名、女子53名）であった。3会場の被験者の内訳を表8に示した。各会場の被験者はそれぞれ参加理由により、若干の差がある。これを統制群とした。統制群の特徴は次のようになる。千葉大学に集まった児童生徒は、主体的に申し込んできた児童なので、科学に強い興味・関心を持った集団である。町田市立南第一小学校は、5、6年生の各2クラスの約65%の児童が参加する、標準的な集団構成である。足柄市立福沢小学校は、日食の4ヶ月前から校舎内に宇宙科学に関する壁新聞を掲示し、科学情報に触れる機会を与えた集団である。

調査用紙を図13に示した。事前調査は、日食観測体験授業の開始20分前に調査用紙を配布、自記記入により約15分程度で実施した。事後調査は、日食観測体験授業の終了後に事前調査と同様の方法で実施した。

② 調査内容

各調査用紙の調査内容の構成を表9に示した。事前調査、事後調査ともに、問1から問5までの5題の大設問からなっている。

事前調査の各設問の内容は、日食の情報源を聞く設問、理科の学習における天文分野の基礎知識を問う設問（10問）、天文に関する現象などの観察体験の有無を問う設問、宇宙科学についての知識を問う設問（5問）、日食観測体験授業に期待すること（15問）、で構成した。

表8 被験者数（小学校6年生）

観測地	学年	事前調査			事後調査			合計
		男	女	計	男	女	計	
千葉大学 (事前調査：21名) (事後調査：19名)	6年	5	5	10	2	4	6	16
	5年	3	4	7	3	4	7	14
	4年	2	2	4	2	4	6	10
町田市立南第一小学校 (事前調査：93名) (事後調査：72名)	6年	17	25	42	12	24	36	78
	5年	19	27	46	15	16	31	77
	4年	4	1	5	4	1	5	10
南足柄市立福沢小学校 (事前調査：108名) (事後調査：0名)	6年	29	17	46	0	0	0	46
	5年	13	15	28	0	0	0	28
	4年	14	20	34	0	0	0	34
合計		106	116	222	38	53	91	313



図13 調査用紙 事前調査用紙（左側2ページ）、事後調査用紙（右側2ページ）

表9 調査紙の内容構成

設問	事前調査		事後調査	
	設問内容	小問数 選択肢数	設問内容	小問数 選択肢数
問1	情報源	9	学習内容の理解の確認	10
問2	知識・理解	10	観察した現象の印象	20
問3	天文の体験	10	日食観測体験授業の評価	10
問4	宇宙科学の知識	5	太陽についての印象	記述
問5	日食観測体験授業への期待	15	授業の感想	記述

事後調査は、問1から問5までの大設問からなり、各設問の内容は、日食体験授業での学習内容を確認する設問（10問）、観察した現象についての印象を聞く設問（20問）、日食観測体験授業の評価についての設問（10問）、太陽について感じたこと、授業を受けた感想を記述する項目で構成した。

③ 調査の結果

1 情報源

被験者の日食についての情報源は図14のように、テレビ（36%）、学校の先生（32%）に集中していた。他の情報源はあまり寄与していないことから、科学情報の発信源として、メディアと先生が大きな役割を担っていることがわかる。

2 天文分野の基礎知識と理解

各設問は、理科の学習における天文分野の基礎知識で構成している。天文領域の理解の傾向として、図15のように方位や影ができる理由、日食の現象や起こる理由については理解されている。しかし、月の満ち欠けや星の動きになると理解度が低くなっている。

3 天文現象に関する体験

被験者の天文に関する体験は、図16のような結果を示した。プラネタリウムでの学習は80%を示していることから、ほとんどの児童は経験している。日の出や流れ星を見たことがある児童は、50%に達していない。天の川、天体望遠鏡による観察の経験は40%に達していない。日食や月食を観察体験は僅か7%程度である。プラネタリウムを除いた天文に関する体験が不足していることがうかがえる。

4 宇宙科学の知識

理科の学習では学ばない宇宙科学の5つの内容についての設問で構成した。「天の川は星の集まりでできている」、「宇宙は膨張している」、「太陽の光は中心部での熱核融合反応により作られている」、「月は地球に大きな天体が衝突し、破片が集まってできた」、「太陽コロナの加熱は磁力が関係している」である。実際に天の川を見た経験は(3)の結果から38.7%であるのに対し、約80%の児童は天の川が星の集まりであることを知っている。宇宙膨張や、月の誕生についても約40%の児童が関心を持っている。実体験が不足していることを(3)で示したが、宇宙に関する知識を身に付けてい

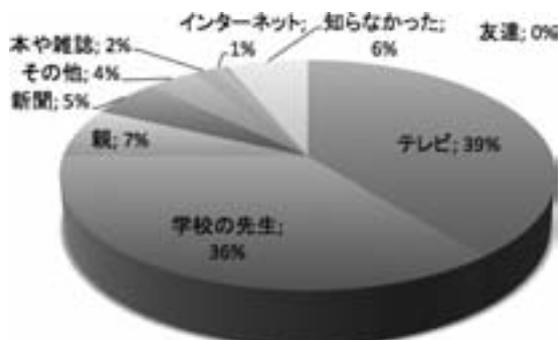


図14 情報源 (n = 222名)

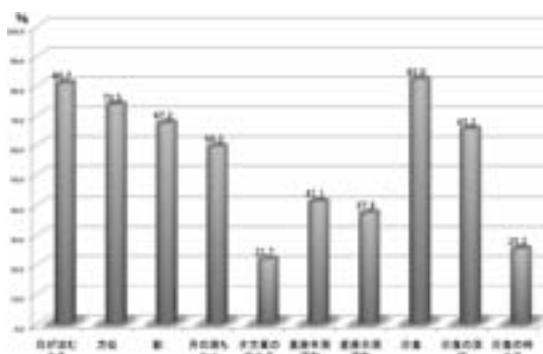


図15 天文分野の基礎知識の正答率 (n = 222名)

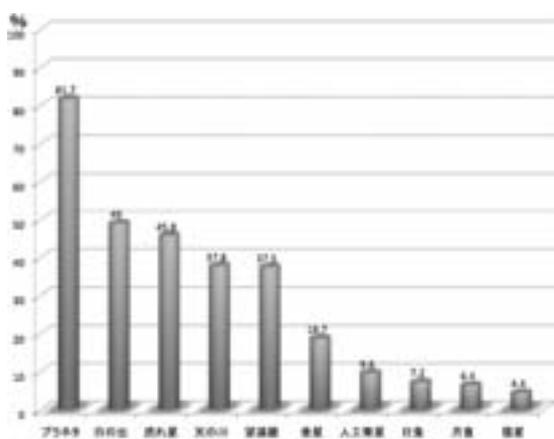


図16 天文現象に関する体験 (n = 222名)

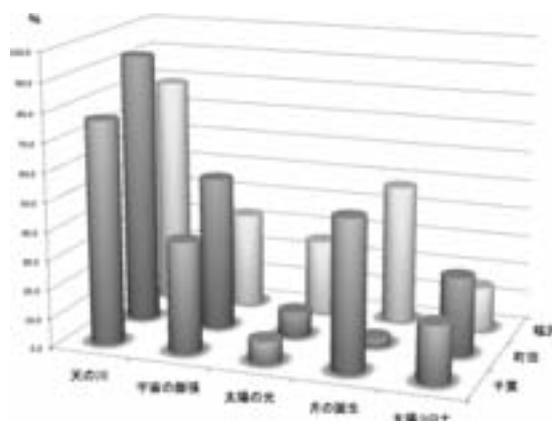


図17 宇宙科学の知識の正答率 (n = 222名)

る児童は比較的多く、宇宙に関する興味・関心が高いことがうかがえる (図17)。

5 日食観測体験授業への期待

日食観測体験授業が始まる前に、被験者が授業に期待していた内容について、5段階評価により求められた尺度を図18に示した。学習前に期待していた内容は、「これから見る日食について」(4.5ポイント)、「ダイヤモンドリング」(4.3ポイント)、「日食観測体験」(4.1ポイント)、「日食が起こるしくみ」(4.0ポイント)の順となっていて、日食観測体験へ集まった児童は参加した目的を把握している。また、各項目の値が高いことから、授業への意欲と熱意を強く感じ取れる。

6 学習内容の理解

事後調査結果より、日食観測体験授業で扱った日食の現象や原理、コロナについての理解は70%を超えた。概ね学習内容について理解されたと推察できる。一方、天候不順により観察できなかったコロナの形や極域のコロナの見え方は10%にとどまっていた (図19)。

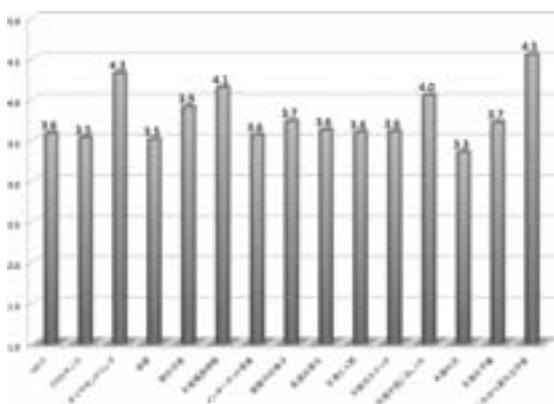


図18 日食観測体験授業への期待 (n = 222名)

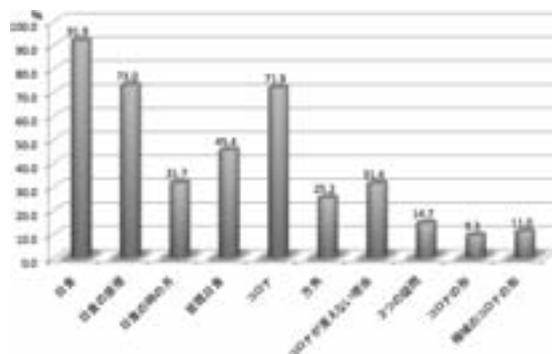


図19 日食観測体験授業における学習内容の正答率 (n = 91名)

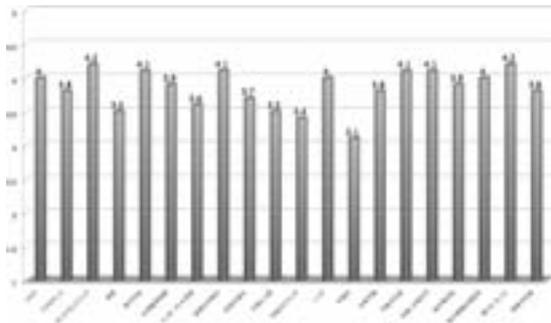


図 20 観察した現象の印象 (n = 19 名)

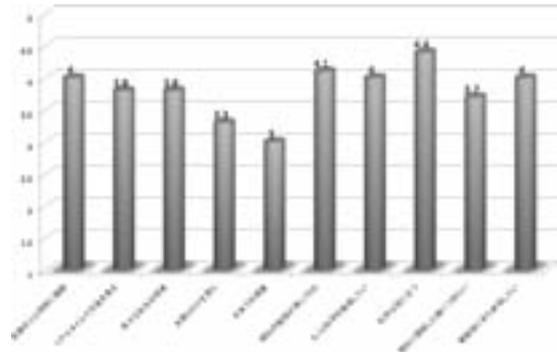


図 21 日食観測体験授業の評価 (n = 19 名)

7 観察した現象の印象

授業終了後の児童の印象について調査した 20 の項目における 5 段階評価法により得られた尺度は、科学に興味・関心が高い統制群において図 20 のような高い結果が得られた。上位から、「ダイヤモンドリング」(4.2 ポイント)、「真っ暗になったこと」(4.2 ポイント)、「部分日食」(4.1 ポイント)、「皆既中の様子」(4.1 ポイント)、「日差しが弱まる」(4.1 ポイント)、と体験した項目が上位を占めていた。

次に、「今後の日食」(4.1 ポイント)、「コロナ」(4.0 ポイント)と観察することができなかった項目に続いた。これは次回へ期待していると捉えることができる。

8 日食観測体験授業の評価

授業終了後の児童の印象について調査した 10 の調査項目における 5 段階評価法により得られた尺度は、科学に興味・関心が高い統制群において図 21 のような高い結果が得られた。上位から、「科学は役に立つ」(4.4 ポイント)、「理科の勉強が楽しくなる」(4.1 ポイント)、「多人数の人と同時に観察できた」(4.0 ポイント)、「観察会にまた参加したい」(4.0 ポイント)となり、科学体験活動は、今後の理科学習への意欲につながり、また参加したいと考えていることから科学への興味・関心を高めることができたと推察できる。その理由として、多人数の人と同時に観察できたとの印象が強いことから、日食観察体験授業における体験を直接体験のように受け止めていたと推察できる。

9 太陽についての記述と感想より

「ダイヤモンドリングとともに太陽の光が地上にもどった時どのように感じたか」、「日食観測体験授業の感想」の主な回答の一部を表 10 に示した。

皆既日食で周囲が闇に包まれ、ダイヤモンドリングとともに再び地上に光が戻ったとき、古代人は安堵したことであろう。児童の記述からも同様の気持ちが読み取れる回答が多数みられた。そして、太陽の恵みに感謝する記述が目についた。

感想では、IT を使った学習環境の構築により実現した日食観測体験の素晴らしさを喜んでいた。

(2) 学習環境システムの評価

① 画像と音声の評価

日食観測体験授業は、中国（嘉興）と日本の 3 地点をインターネットで結び、授業内

表10 日食観測体験授業の感想

太陽の光が地上に戻ったとき、どのように感じたか
<ul style="list-style-type: none"> ○朝だな、と思いました。 ○いきなり明るくなったのでびっくりした。 ○太陽がなかったらどうなったんだろう。 ○心がじーんとした。 ○まるで宝石屋の本物のダイヤモンドが空に浮かんですごいと思った。 ○宇宙ってすごいんだなーと思いました。 ○神秘的できれいだった。 ○太陽の存在がありがたく感じた。 ○自然の力は人にはどうしようもないと思った。 ○日食が終わった後、いつもより明るいように感じた。 ○ダイヤモンドリングはみれなかったけど、暗くなったのが一気に明るくなってちょっと不思議な感じがしました。 ○安心感があつた。自然の不思議を改めて知った。
日食観測体験の感想
<ul style="list-style-type: none"> ○少しだけ部分日食を見れたので良かった。楽しかったです。 ○勉強になったなあと思った。 ○日本では見られなかったけど、中国のほうが暗くなっている所を見られて良かった。 ○楽しかった。 ○日食は見られなかったけど、明るかったのが暗くなった瞬間を映像で見て感心した。 ○いろんな場所と通信できてすごかった。 ○すごく貴重な体験ができた。 ○次は30年以上見れないので、とてもいい体験になった。 ○びっくりすることが多くて楽しかった。 ○あいにくのくもり・雨で残念でした。しかしながら中国のライブ映像で暗くなった瞬間は感動しました。準備など色々大変だったことと思います。ありがとうございました。 ○インターネット通信が初歩段階なので、これから技術向上することが教育に役立つと思います。 ○いろいろな日食について学んだので良かった。

容、観測された日食の模様、4地点の観測地の様子をリアルタイムで中継し、授業を行った。実施に伴い構築した学習環境システムでは、Skypeのテレビ通話システムをミキシングし、4会場の音声・映像を全ての会場に配信できるようにした。1ポートの回線速度は512kbpsであったが、授業において配信した映像(図22)、音声ともに明瞭で、タイムラグ等のストレスもまったく感じられなかった。

② システム運用の評価

学習環境のシステムは、千葉大学において7月4日に4地点の中継システムを仮設し、

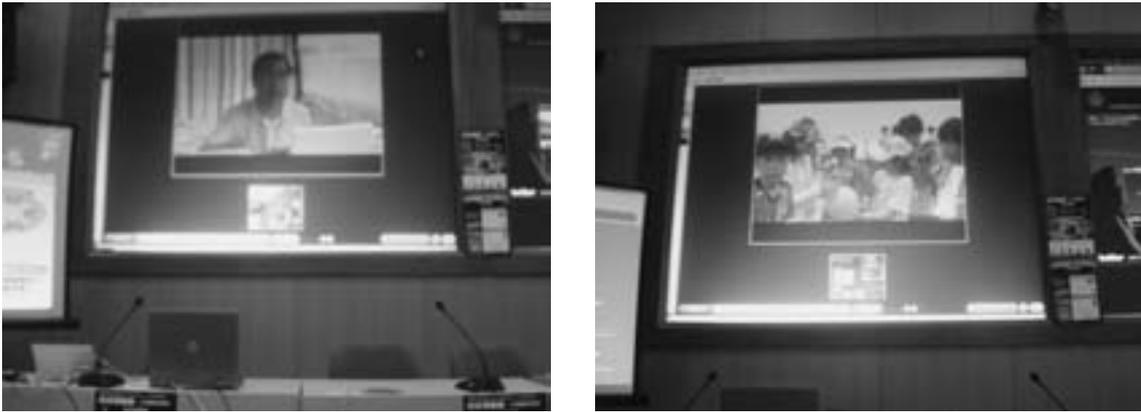


図 22 千葉大学で受信した中国からの映像（中国から配信される画像の一例）

学習環境を一時的に構築し、試験を実施した。その後、授業実施までの間に学習環境に参加する各校に移行した。仮設システム、授業前日と日食体験授業（当日）における各システムの運用状態を表 11 にまとめた。

仮設中継システムでは、パソコン、インターネット関連（Skype 接続、ハブ）、映像系統（ビデオカメラ、ミキサー、キャプチャー、スキャンコンバーター）、音声関連（無線マイク、有線マイク、ミキサー、外部接続スピーカー）についての試験運用を行った。この結果、パソコン映像をビデオ映像にするために水平同期周波数を変換するスキャンコンバーター 1 台に故障が判明した。製品の初期不良のため新品に交換した。

授業前日の試験までに 4 地点の学習環境システムを構築した。仮設したシステムが参加各校に移行されているかの確認を行った。一部の会場の回線接続が不安定であったが、パソコン、インターネット関連、映像系統、音声関連の大きな障害は無く、各地点の映像、音声の配信および受信試験は成功した。

前日に学習環境システムを構築した後に中国の観測地は、嵐に襲われた。これにより中国の学習環境システムは、崩壊してしまった。このため、明るくなり次第、早朝からシステムの再構築を行うことになった。再び学習環境システムを構築したが、雨に浸水したパソコン 1 台、インターネット用の LAN ケーブルのハブ 1 台、有線と無線マイク各 1 台が故障し使えなくなってしまった。代替えのパソコン、ハブに切り替え、故障したマイクは、残されたマイクで補うことにした。学習環境システムを再構築したのは、日食観測体験授業開始の 30 分前であった。

日食観測体験授業を開始すると、中国、千葉、東京の 3 地点は、事前準備同様にシステムが機能し、日食観測体験授業を実施することができた。しかし、授業開始直後に一会場への Skype 接続ができなくなり、同会場では緊急時の対応マニュアルで授業を進行した。尚、後日再度試験を行った結果、使用していたパソコン及びソフトに問題があり、構築した学習環境システムの問題ではないことが判明した。

7 まとめ

本研究のねらいは、教材として優れているが実際に観察することが難しい皆既日食を身

表11 システム運用状態

システム部位	仮設	前日準備	当日
パソコン関連			
パソコン	○	○	・日食中継用 PC 故障 (代替品を使用) ・対応パソコン 1 台不良発生 (対応できず)
インターネット関連			
Skype 接続	○	一会場の 回線不調	一会場の回線遮断 (緊急時対応マニュアルで授業を進行)
ハブ	○	○	・雨により故障 (代替品を使用)
映像系統			
ビデオカメラ	○	○	○
ミキサー	○	○	○
キャプチャー	○	○	○
スキャンコンバーター	1 台初期 不良	○	○
音声関連			
無線マイク	○	○	・雨により 1 台故障
有線マイク	○	○	・雨により 1 台故障
ミキサー	○	○	○
外部接続スピーカー	○	○	○

近な教材として扱うためにどうしたらよいか、その方法論を確立することにある。そのため、観測地同様の科学体験による感動を味わうための学習方法、学習内容を検討し、IT を駆使した遠隔授業の学習環境システムを構築した。

学習方法では、観測地と教室とが別な空間ではなく、同じ観測地において、同じ皆既日食を観測している臨場感を持たせることが課題であった。空間と時間を共有し、一体感を持たせる方法を学習内容に取り入れることで、実現できたと考えている。

学習内容は、日食の原理の理解と観測体験から太陽系惑星空間の広がり把握し、太陽の恵みを楽しんでいることに気づかせる指導内容とした。さらに、太陽コロナの研究の現状についての知見から科学研究への魅力にも触れた。実際の授業では、当日の天候不順により太陽コロナや彩層、プロミネンスの観測ができなかった。このため、自然現象の中で最も荘厳な現象である皆既日食の感動を参加した児童生徒に完璧に伝えることはできなかった。しかし、日食観測体験授業は、予め用意した映像資料の視聴によって解説し、現象の理解を図り、観察可能な現象については、しっかり捉えさせることができた。

学習環境は、IT を使い学習方法に沿って学習内容を理解させる科学体験活動を具体化

するために構築した。学習環境システムの通信回線速度は、1ポートが512kbpsであったが、授業において配信した映像、音声ともに明瞭で、タイムラグ等のストレスもなかった。またすべての機能は問題なく運用でき、良好な学習環境システムを実現することができた。

児童の調査からは、日食観測体験授業において児童に与える情報は、遠隔地からのインターネットによる映像と音声であったが、観察の視点を的確に指示することで、児童は意欲的に観察行動に取り組んでいた様子がうかがえ、実際に観察事項に気づいていたことがわかった。また、日食観測体験授業に参加して「科学は役に立つ」、「理科の勉強が楽しくなる」、「多人数の人と同時に観察できた」、「観察会にまた参加したい」の項目を高く評価していた。この結果から、日食観測体験授業の参加により、今後の理科学習への意欲につながり、科学への興味・関心を高めることができたと評価できる。感想からは、ダイヤモンドとともに太陽の光が地上にもどったとき、安堵、太陽の恵みに感謝する記述が目についた。また、ITを使った学習環境の構築により実現した日食観測体験の素晴らしさを喜んでいた。

これらの結果を総合的に判断すると、皆既日食は教材として素晴らしいが、実際に観察することができないという最大の問題を克服する授業実践を実現できたと評価することができる。そして皆既日食のような児童生徒に感動を与える天体現象を理科教育で取り扱うための方法を本実践により示すことができた。

謝辞

日食観測体験授業の実施に伴い観測地の提供等の便宜を図っていただいた日本スペースガード協会、ライブ！ユニバース、千葉大学地球科学教育研究会の関係機関の皆様には感謝いたします。また、授業の実践でご尽力いただいた協力校の皆様には記して謝意を表します。また、この活動の一部には、2009年度子どもゆめ基金助成金を当てています。

○協力校

千葉大学（千葉） 町田市立南第一小学校（東京） 南足柄市立福沢小学校（神奈川）
嘉興市第五高級中学（中国）

○協力機関・団体

日本スペースガード協会 ライブ！ユニバース

○日食観測体験授業スタッフ（敬称略）

〈講師〉

高橋典嗣 吉川 真 高橋和子 富川奈津子

〈中継〉

下田哲郎 和田英一 金澤千治 佐藤美恵

〈千葉大学〉

山崎良雄 河野由佳 竹内 光 石井智和 渡部千尋

〈町田市立南第一小学校〉

小澤英雄 松野紀子 堀江 博 清水恵里子 山成敬子 畠山佳奈 石津優奈

〈南足柄市立福沢小学校〉

富川孝治 松尾章人 山口喜人

参考・引用文献

F. Espenak and J. Anderson, Total Solar Eclipse of 2009 July 22, NASA, 2008.

Takahashi, N, Astronomy Education for The Space Age, Studies on Humanities and Sciences of Chiba University, 17, 215-226, 2008.

縣秀彦・尾久土正巳・中山雅哉・永井智哉・高橋典嗣, 日食インターネット中継の実施例のその評価,

- 日本教育工学会論文誌, 26(2), 77-85, 2002.
- 稲森潤, 野外・夜間観察の問題点, 地学教育, 58, 32, 1965.
- 上田晴彦・成田堅悦・亀谷光・毛利春治・林信太郎・早坂匡, 秋田大学におけるインターネット天文台の構築, 秋田大学教育文化学部紀要, 63, 1-6, 2008.
- 尾久土正巳, インターネット天文台, 岩波書店, 1999.
- 尾久土正巳, インターネットを使った大規模な日食中継システムの実践とその教育への応用, 2002.
- 尾久土正巳・高橋典嗣, ライブ!ユニバースの日食中継とその教育実践, 天文月報, 97(3), 135-140, 2004.
- 佐藤毅彦・前田健吾・坪田幸政・松本直記・榊原保志・山崎良雄, 特集・地球の裏側から空の教室へ!, 天文高田淑子, クレーターを作ろう, 天文教育, 12(4), 4-9, 2000.
- 佐藤毅彦・前田健吾・大中敦・森本康裕・高橋庸哉・児島紘・坪田幸政・松本直記, 熊本大学インターネット天文台の構築—その新機軸—, 熊本大学教育学部紀要, 自然科学, 51, 1-7, 2002
- 高田淑子・齋藤弘一郎・千島拓朗・木村雄太・鈴木雄太・宮地竹史, 教室で行う実験 - 9: 月・金星・全天のインターネットライブ天体観察システムの開発, 宮城教育大学紀要, 43, 71-78, 2008.
- 高橋典嗣・縣秀彦・前田香織・尾久土正巳・山崎良雄, 「総合的な学習の時間」における遠隔学習導入の有効性に関する考察, 学際研究, 16(1), 30-40, 2002a.
- 高橋典嗣・湯元清文・一本潔, アフリカ・ザンビアにおける2001年日食・日本学術観測団の観測, 天文月報, 95(4), 2002b.
- 高橋典嗣・宮本晃・山崎良雄・有賀理香, 宇宙時代の天文教育への7つの提言, 学際研究, 20(1), 59-75, 2007.
- 高橋典嗣・山崎良雄・三井和博, 宇宙時代の天文教育を目指した科学教育活動の展開, 学際研究, 21(1), 36-48, 2008a.
- 高橋典嗣・山崎良雄, 子どもの地球探検隊, 千葉日報社, 2008b.
- 高橋典嗣, 宇宙科学・地球科学分野における科学体験活動の意義と実践, 千葉大学人文社会科学研究, 18, 42-52, 2009a.
- 高橋典嗣・河野由佳・山崎良雄, 科学体験活動「地球探検隊・丹沢」の実践, 学際研究, 22(1), 22-36, 2009b.
- 高橋典嗣・桶田政憲・古月継忠, 7月22日の皆既日食 嘉興視察報告, ASTEROID, 18(2), 52-57, 2009c.
- 富川奈津子・高橋典嗣・山崎良雄, 日食遠隔授業の構想, 日本理科教育学会第47回関東支部大会・研究発表要旨集, 63, 2008.
- 富川奈津子・高橋典嗣・山崎良雄・吉川真・高橋和子・下田哲郎・和田英一, 日食観測体験授業の報告, ASTEROID, 18(4), 119-126, 2009.
- 松本直記・坪田幸政・佐藤毅彦, インターネット天文台の国際利用—真昼にリアルタイム天体観測—, 慶応義塾高等学校紀要, 30, 31-36, 2000.
- 山崎良雄・高橋典嗣・安藤康行, 「地球探検隊」の試み～富士山～, 千葉大学教育学部研究紀要, 57, 347-354, 2009a.
- 山崎良雄・高橋典嗣, 地球のしくみ大達人, 集英社, 2009b.

○資料 日食観測体験授業の展開 (実践した授業の記録)

1 日食と人間のかかわり (9:30)

〔講師 高橋典嗣〕

皆さんおはようございます。千葉大学の高橋です。これから、日食観測体験授業をはじめます。

皆既日食は自然界の中で最も荘厳な自然現象の一つです。この現象が、これから中国で起ころうとしています。しかし、現在こちらの天気は、昨夜からサンダーストーム、雷と大雨で大変なことになっております。

現在は曇りで、雨がぱらぱら降っていますが、こちらにも子どもたちが集まっています。

〈カメラ; 中国会場の子どもたち〉

中国会場の皆さんこんにちは。

〈カメラ: 講師〉

さて、皆既日食なりますと、まるで夜に部屋の明かりを消したように突然真っ暗になります。その時、まわりはどうなるでしょうか。このグラフは、鳥の鳴き声がどうなるかを記録しています。皆既日食になると、鳥は鳴きやんでしまっていますね。鳥が鳴きやむ時、人間達は何やら拍手をしたりして騒いで喜んでる声も記録され

ています。

突然おとずれた夜にびっくりした鳥達は鳴きやみですが、動物園のお猿さんは、檻をたたいて騒ぐそうです。日食がいつ起こるかわからなかった時代の人々は、喜ぶのではなく、猿のように怖くて騒いでいたのではないかと想像されます。日本の神話にも、そんな光景があります。騒いでいる様子に天照大神が天岩戸をちょっと開けたすきに、扉を開け、この世の中に太陽の光が戻ったというお話ですね。次にこの絵を見てください。とぼけたお化けのようなのがいますが、これはインドネシアの悪魔です。口から何かを吐き出していますが、吐き出しているのは太陽です。インドネシアでは悪魔が太陽を食べる、これが日食だと言われています。人々はこれを見てはいけないと言われているので、インドネシアの人たちは日食が起こると家の中にこもり、太陽が再びもどるのを祈りながら待つそうです。ですが、テレビで見ましようなんていうアナウンスが流れたりして、現代と過去が入り交じっています。

次に、この写真の人の体には、太陽と月の絵が描かれています。アフリカのザンビアでは、日食が起こるたびにお祭りをするそうです。昔、この民族が新しい土地を求めて、ザンベジ川という川を渡った時に、皆既日食が起きたそうです。移り住んだ土地は、とても良かったので、日食が起こるたびに、その時を祝うお祭りをすることになりました。

最後は、エジプトのツタンカーメン王の遺跡から出てくる王家の紋章にある有翼日輪の話です。上の方に示したコロナのスケッチと比較してみてください。とても似ていますね。太陽活動の極小期に太陽の東西方向に長くのびたコロナの形がモチーフされたのではないかと考えています。

人類は、昔から皆既日食と深くかかわっていたことを紹介しました。皆さんは、この日食について、これから学習し、一緒に観察していきましょう。

●アクセスタイム（9：35）

講師の紹介

それでは次に、講師を紹介します。

〔講師 吉川 真〕

皆さんこんにちは。JAXAの吉川です。今高橋先生の言った通り、中国は曇ってますね。是非晴れることを願いたいと思います。今日は皆さん大勢集まっていたいてどうもありがとうございます。

〔講師 高橋和子〕

南第一小学校の皆さんこんにちは。その他の学校の皆さんも、初めまして高橋と申します。私が体育で授業をすると、雨がぽつぽつと降ってくるのがよくあります。今回もそのようなわけで、雲を呼んできてしまいました。もう一回、前線が通って、大雨が降るかなと思うんですが、その後は満天の青空が広がるのが予想されるので、もう少し待ってみよう。時間はまだあります。しばらくの間ですが、みなさんと日食を愉しみたいと思います。よろしくお祈りします。

〔講師 富川奈津子〕

皆さん、おはようございます。富川奈津子と申します。今日は皆さんと一緒に日食を見れるのを、とても楽しみにしてきました。昨日の準備から雨がすごくて、とても大変だったのですが、今、ちらちらと太陽が見えてきていたりするので、これから皆既までの間、晴れることを祈りながら、一緒に勉強していきましょう。よろしくお祈りします。

観測地の紹介

〔カメラ：中国会場の様子〕

今動いているスクリーンを見て下さい。下に、4つの地図がありますね。この映像が映っている場所は、中国浙江省の嘉興市という場所です。嘉興市は、中国の中心地、上海から、南西に80kmの場所に位置しています。大きな湖とたくさんの河川があります。ここ、第五高級中学は、嘉興市の南で皆既の中心線から5km北にあります。屋上から手を振っているのが見えますか。

〔講師 高橋和子〕

それでは、他の学校に集まっている生徒さん達の様子もうかがってみたいと思います。千葉大学の河野先生、聞こえますか。

〔応答 千葉大学〕

はいこちら千葉大学です。今日は千葉会場には70人もの人たちが集まってくれました。見えますか？それでは、どうしてこの体験授業に参加したのか、参加者の皆さんに聞いてみましょう。どうしてこの授業に参加したのですか。

〔応答 千葉会場児童〕

日食がどうやって起こるか知りたかったからです。

はい、ありがとうございました。どうやって日食が起こるか知りたかったからということで、楽しみですね。晴れればいいんですけど。ということで、千葉大学でした。

〔講師 高橋和子〕

続いて、南第一小学校の皆さんいかがでしょうか。堀江先生お願いします。

〔応答 東京会場〕

音声、不明瞭で聞こえず。

〔講師 富川奈津子〕

福沢小学校なのですが、今インターネットの回線がとても不安定で、繋いだり切れたりしています。今ちょっと繋がってないので、このまま、皆さんは観測を続けて下さい。インターネットが繋がらないうちに、福沢小学校も観測に参加してもらいます。

〔講師 高橋和子〕

それでは、中国にいます子どもたちの様子、そしてどんな目的で観測に来ているのかをうかがってみようと思います。

何故、中国に日食を見に来ましたか。

〔応答 中国会場生徒〕

栄光学園中学一年の安倍弘明です。中国に日食を見に来た理由は、国外に行けることと皆既日食を見ることが出来るからです。

〔講師 高橋和子〕

ありがとうございました。ここですと、かなり長い、6分間くらい見れますからね。

インタビューの間、こちらの様子を少し見ていただけただけでしょうか。雨がぽつぽつとやって参りまして、前線第2陣がやって参りました。雨をしのぎながら勉強を続けていきたいと思っています。

2 観察の仕方（日食の記録・スケッチ）（9：50）

〔講師 高橋和子〕

それでは、この絵を見て下さい。

左上は中学生が描いたコロナの絵です。黒くなった太陽の周りに広がるコロナの形が良くわかります。右下は、フランスの画家が描いたものです。皆さんもこれから見た皆既日食の印象をこのように絵にすると良いですね。そのためにも日食の経過をスケッチし、記録に残しておくことはとても大事なことです。日食体験授業の間に記入するようにしましょう。きっとこのことは、夏休みの自由研究なんかに役にも立つかもしれません。ぜひ続けてみて下さい。中国では、気温、湿度、気圧、風速、風向も記録していますので、最後にその結果をお知らせします。それでは続きまして、日食の起こる仕組みについて、太陽系の先生、吉川先生からお話をうかがいたいと思います。

3 日食の原理（10：00）

〔講師 吉川 真〕

それでは、会場のみなさん聞こえていますでしょうか。こちら、中国ですけれど、まだ雨が降り続いています。先ほどのようにたくさん降っていないのですが、まだざあざあ降りですね。はやく雨が止んで欲しいと思います。

普段は、私自身は小惑星探査機「はやぶさ」とか、日本の打ち上げている惑星探査機に関係する仕事をしているんですけども、今は、日食を観測しています。

太陽系の惑星

太陽系の絵を見て下さい。

皆さんも太陽系については良く知っていると思いますが、今、惑星は8つですね。名前を言えますか。水金地火木土天海、の8つの惑星があります。ちょっと前までは、冥王星が惑星で、惑星は9つだったのですが、冥王星は準惑星ということになってしまいました。これらの8つの惑星は、ほとんど同じ平面の上を回っています。何年か前に太陽の前を金星が通るといふ現象がありました。地球から見ていると、時々なんですが、惑星が太陽に重なってしまい、黒点のように、小さな黒い点のように、金星や水星が太陽面を通過していくような現象が起ります。

今回の日食というのは、皆さんも良く知っているように、月が太陽を隠す現象です。太陽の前を月が通過していくように見えますが、調度すっぽり、月が太陽を隠してしまうとき、太陽の光が全部消えてしまって、周りにコロナが現れます。

月は、地球の周りを回っているとありますが、太陽から見れば、太陽の周りを地球と一緒に回っています。月が、太陽の方へ来たときに、月の影が地球に届いた場所で皆既日食が見られることになります。

日食の原理

次に日食の原理についてももう少し詳しく考えてみましょう。月が太陽の方に来て、月の影が地球に落ちてきます。この影の中に入れば部分日食が見えています。この影の中心部の本影の中では、太陽が月に完全に隠されて

しまい、皆既日食が見られます。この写真は、宇宙から見た地球です。ここに月の影がうつっています。この影が東から西へ移動していきます。移動する帯のような地域で、順番に皆既日食が見えてくるというわけです。今またこっちの雨が強くなってきました。残念ですね。

月と太陽の見かけの大きさ

〔講師 高橋典嗣〕

月と太陽の見かけの大きさを比べてみましょう。天気が良くなれば、後で、日食の原理を確かめる実験をしてみましょう。

皆既日食と金環日食

実際の太陽の大きさは直径が約 140 万 km あります。どのくらい大きいか想像できますか。地球の大きさは、赤道を一回りすると 4 万 km ですね。それよりも大きいです。太陽と月までの距離は約 38 万 km あります。月は地球の周りを回っていますので、一回りすると公転軌道の直径は 38 万 km の 2 倍なので、約 70 万 km になります。太陽の直径は、さらにその 2 倍の 140 万 km あるということになります。それに対して月の大きさは、地球の 4 分の 1 くらい大きさしかありません。それがなぜ、見た時に同じ大きさになるのでしょうか。それは、地球から月までの距離に比べて太陽までの距離は遠いからです。しかも、地球から見た時の見かけの大きさが、ちょうど同じになるということは、月までの距離と太陽までの距離、月の大きさと太陽の大きさを比べたときの倍率（比）が、ちょうど同じなのです。この偶然が皆既日食を起こすことになるのです。

さらにおもしろい偶然が重なります。皆既日食と金環日食の写真を見てみましょう。金環日食の写真は、まるで輪ゴムをカメラでとったような形をしていますね。でも輪ゴムではなく、月が太陽の中にすっぽり入ってしまい、太陽の周辺部分だけが環になって金の指輪を見ているように見えるのです。この金環日食と皆既日食の違いは何でしょうか。月と地球の距離が微妙に影響します。月が地球に近い時に日食が起こると、太陽と月の見かけの大きさは、ちょっとだけ太陽より月の方が大きくなり、太陽はすべて月に隠れてしまいます。全部隠れるので、普段見ることができない、太陽の外側の、暗い大気の層、コロナの姿が現れます。これが皆既日食です。しかし、月が地球からちょっとだけ遠い時に日食が起きた場合、見かけの大きさは月より太陽の方が大きくなり、太陽の中に月が入ってしまいます。これが金環日食なのです。

皆既帯

〔講師 吉川 真〕

皆既日食を見られる地域は、この図の真ん中に細長くのびている地域です。この地域を皆既帯といい、皆既日食は、この帯の中でしか見ることができません。今回は、中国、日本の南の方、太平洋の帯状の範囲でしか皆既日食を見ることができません。帯状の周囲の広い部分では、太陽の一部が欠ける部分日食を見ることができます。皆既日食が見られる範囲は、このように非常に限られてしまうので、なかなか普段は見られない、珍しい現象なわけですね。逆に月食は、見える範囲が広いので、見た事があるという人は多分、多いと思います。

日本で観察できる部分日食

日本列島では、本州・四国・九州・北海道ともに部分日食が見られます。部分日食の欠け方は、南ほどたくさん太陽が欠けます。日本時間、11 時 13 分あたりに千葉、東京、神奈川で一番欠けます。だいたい 75% 欠けますので、全体の 4 分の 3 くらいの細い太陽となります。授業の最後に日食メガネを使って欠けた太陽を観察してみましょう。

●アクセスタイム

質疑応答

〔講師 高橋和子〕

スクリーンにこちらの、中国の会場の様子を映しています。今見ていただいている通り、ものすごい雨が降っています。どの人々もずぶぬれになっている様子で、奥の方は山も建物も見えない状態です。あとすこしで皆既になるのですが、こちらからは全然見えません。

これから、それぞれの会場で質問等がございましたら、それに答える時間にしたいと思います。それでは千葉会場からお願いします。

〔応答 千葉会場〕

はい、こちら千葉会場です。聞こえますか。それでは千葉会場のみなさん。何か質問がありましたら手を上げて下さい。

〔質問 千葉会場児童〕

日食はどのくらいの間隔で起きるのですか。

〔講師 高橋典嗣〕

今の質問は、日食がどのくらいの間隔で起きるのかということですね。

日食というのは、実は以外にたくさん起こります。それは、食の季節、なにか美味しいものを食べられるような季節の様な気がしますが、日食だとか、月食だとか、天体同士が食べられるような現象、これは、1 年間に 2

回起こるチャンスがあります。今回は、7月22日が食の季節ということになったわけですね。この食の季節に、もしも新月であれば日食が起こります。この日がたまたま満月ですと、これが、月食になってしまうんです。ちょっとむずかしい事を言いますが、太陽と、月と、地球、この位置はどのくらいの周期で同じになるんでしょうか。実は、紀元前500年くらい前からわかっていたんです。これをサロスの周期と呼びますが、18年と11日、これを1つのサイクルとして、太陽・月・地球は全く同じ位置になるんです。ということは、18年の間に何回日食や月食が起こるかということがわかれば、だいたいですけど予想ができますよね。1サロスの間に日食は、皆既日食、金環日食、部分日食をあわせると41回起こります。多いなと思うかもしれませんが、吉川先生の話にあったように、見られる地域は限られるので、同じ場所で見えることは、なかなかできません。

4 太陽コロナを求めて (10:25)

〔講師 高橋典嗣〕

太陽コロナの3つの謎

それでは太陽コロナについて話しましょう。これは、ひのでという日本の太陽観測衛星が撮影した太陽コロナの写真です。太陽は、X線でみると、このように非常に活発に活動的なんです。そして太陽のコロナの温度は、200万度というとても高温に加熱されています。太陽の表面温度は何度かわかりますか。6,000度ですよ。それが、何故200万度まで熱くなるのか、その理由が良くわかっていないんです。それから、コロナの形はいろいろ変わります。その形も何故変わるかは良くわかっていません。そして、この太陽コロナは、太陽系惑星空間に長く伸びています。そのために、どういうふうには太陽面から加速され、惑星空間に伸びていくのか、と言うようなことを知るために、いろいろな観測を試みています。雨なのでビニールシートをかぶせていますが、これがコロナの疑問を解明するための観測装置です。

5 皆既中に見れる現象 (10:30)

〔講師 吉川 真〕

彩層

皆既日食になると、太陽の大気、赤い彩層が薄く見えてきます。

プロミネンス

プロミネンスという太陽のガスが、伸びている様子を観察できることもあります。

コロナ

皆既中は、太陽の外側に広がる外層大気、コロナを見ることができます。

6 皆既日食の観測体験 (10:35)

〔講師 高橋典嗣〕

今、周りの風景が段々暗くなってきています。肌寒くなってきました。これから日食の起こる様子を一緒に見ていきたいと思います。まだ人が見えていますね。あと、もう少しで皆既日食になります。残念ながら雲でコロナは現れないかもしれませんが、突然、誰かが部屋の電気を消したかのように真っ暗になりますので、その様子をこれから見ていこうと思います。

カウントダウン

間もなくですね。カウントダウンを行います。みなさんカウントダウンをお願いします。

15, 14, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0。はい、皆既になりました。

拍手

これから5分間の様子をお伝えしていきます。

皆既中の観察

〔講師 高橋和子〕

少し、長い日食です。周りを見ると、地平線は、少し夕焼けのように明るくなっています。周りが360度夕焼けのように明るくなっているのがわかるでしょうか。真っ暗な夜のようになっていて、地平線はすべて夕焼けになっています。それと、ビルや道路の街灯の電気がついています。とても真っ暗です。先ほどは、2羽の鳥がねぐらに帰ろうと飛び立っていきました。あたりは少し、気温も下がっているのでしょうか。少し、涼しくなっています。本来ならば、金星、水星と、色々と星が見えてくるのですが、今日は、雲に覆われていてそれを見ることはできません。しかし、今この皆既中の中、あとまだ3分少々ありますが、気温の変化、そしてこの暗闇の中で、色々な生物たちは、どのようになってしまったのでしょうか。あともう少しでダイヤモンドリングが見える時間になります。月は日本から見ると真ん丸に見えるのですが、谷や山から、こういう日食のときになると、太陽の光が漏れて見えます。その最初に見えた太陽の光がダイヤモンドの様に光り輝いて見えるので、ダイヤモンドリングと言われているのです。今回のリングはどんなリングになるのでしょうか。はっきり見えないのが残念

ですが、今雲の上では太陽と月がまた、離れ離れになろうと、とんとん時を進めています。

また少しずつ雨も降ってきました。本当のものが見せられないのがとても残念ですが、真っ昼間にこの暗闇が現れるという現象。あ、急に明るくなって参りました。ダイヤモンドリングが終わったようです。太陽の光が、雲を通り抜けて、やってきました。人の姿が見えるようになってきました。明るさを取り戻しています。皆既が終わりました。

7 日食観測体験授業のまとめ（10：50）

〔講師 高橋典嗣〕

皆さん、皆既日食はどうでしたか。雨と雲の皆既日食でしたけれども、あたりは急に真っ暗になりました。この雲がもしもなかったらどうなるのか、これを見てみることにしましょう。

今日は一体どんな形のコロナが見えたのでしょうか。太陽の黒点が少ない時に見られるコロナは、太陽の東西方向に伸びていて、北と南側には細い筋が何本か見られます。太陽の表面に黒点がたくさんあるときは、太陽の全周にヒマワリの花びらのような明るいコロナが見られます。今回は、太陽の表面には黒点一つもありませんでしたので、極小型のコロナが現れたのではないかと考えられます。

2004年12月4日にオーストラリアで観測した皆既日食の映像を一緒に見てみることにします。どうぞご覧下さい。日食が終わると出てきたダイヤモンドリングは見事ですね。同時に、コロナが消えてしましますが、地上は再び太陽の光に満ちあふれてきます。

●アクセスタイム

それでは次に、会場のみなさんに感想を聞いてもらうことにします。

〔応答 千葉会場〕

はい、こちら千葉会場です。あいにく月が太陽を隠すのではなく、雲が太陽を隠してしまったようですが、中国の映像が真っ暗になったとき、こちらでも喚起の音があがりました。ということで、千葉大学でも皆既日食が、インターネットを通じて体験できたわけです。さてみなさんは、どのように感じたのでしょうか。ちょっと聞いてみましょう。どのように感じましたか。

〔発表 千葉会場児童〕

いきなり暗くなったりしてすごかった。

〔応答 千葉会場〕

いきなり暗くなってすごかった、という感想が出ました。他に感想を発表できる人いますか。実際に見ることができなかったのも…。以上、千葉会場でした。

〔講師 高橋和子〕

ありがとうございます。それでは、町田の会場はいかがでしょう。堀江先生お願いします。

〔応答 東京会場〕

暗くなってびっくりしました。

〔たくさんの子どもが発表してくれた〕

町田会場以上です。

〔講師 高橋和子〕

はい、ありがとうございます。それでは、これから一つ、日食がどうして起こるのか、こちらでも少しわかりやすいような、実験を行ってみようと思います。

日食原理の体験

〔講師 富川奈津子〕

それでは、日食がどうして起こるのかを実験で確かめてみたいと思います。今、太陽と月の代わりに、ボールを2つ準備しました。スタートラインに月のボールを持った児童に立ってもらいます。そこから、1m間隔で立っている児童に向かい、太陽のボールを持った児童に歩いていってもらいます。カメラで撮影された映像を見ている千葉、東京の会場の皆さん、大きな太陽のボールが月のボールと同じ大きさに見えたら、ストップと声をかけて下さい。それでは、太陽のボールに動いてもらいます。同じくらいに見えましたね。中国会場の児童に、そのときの太陽のボールまでの距離を測ってもらいます。このように、太陽と月の実際の大きさは違いますが、大きさと距離の関係で同じに見えることを確認しました。

〔講師 高橋典嗣〕

部分日食の観察

今、中国では、雲を通して三日月のような細い太陽が見えました。部分日食が見えています。これから、日本の皆さんも、校庭に出て部分日食の観察を行います。日食メガネを使って、部分日食を観察してみましょう。

木漏日の観察

晴れていれば、木の陰に行って、地面をよく観察してみてください。太陽の光が、葉っぱから漏れて地面に写っ

ているのですが、その形は、欠けた太陽と同じになっているはずですが。

中国からの遠隔授業の終了

それではみなさん、時間になりました。この後は、各会場の先生の指示にしたがってください。今日の日食の観測体験授業は、どうでしたか。皆さんと一緒に楽しく日食の体験をすることができました。ありがとうございます。中国会場からは、これでお別れです。日本で、皆さんにお会いできるのを楽しみにしています。それでは皆さん、さようなら。

8 部分日食と木漏れ日の観察 (11:00)

観察終了後解散

日食観測体験授業の終了 (11:30)

.....