

ライブ！ユニバースの日食中継とその教育実践

尾久土 正 己

〈和歌山大学学生自主創造科学センター 〒640-8510 和歌山市栄谷 930〉

e-mail: okyudo@center.wakayama-u.ac.jp

高 橋 典 嗣

〈明星大学地学教室 〒191-8506 東京都日野市程久保 2-1-1〉

e-mail: takahasn@ge.meisei-u.ac.jp

任意団体ライブ！ユニバースは、世界各地で起こる皆既日食や金環日食をインターネットを使って大規模に生中継して、ネットワーク研究と新しい天文教材の開発・実践を行っている。インターネットが教育の重要なツールになろうとしている今、天体現象のインターネット中継が新しい天文教材として教育現場から注目されている。

1. はじめに

子供たちが天文学を学習する際に、日食や月食は、太陽・地球・月の位置関係を確認できるチャンスであり格好の教材になる。特に皆既日食では普段見ることができないコロナなどの太陽大気を見ることができ、恒星としての太陽についても学ぶきっかけになる。さらに、第2、第3接触前後に見ることができる美しいダイヤモンドリングで区切られた昼間の夜空とコロナという非日常的な光景は、見る者の心に強いインパクトを与え、その結果、世界各地で起こる日食を追いかける日食チェイサーを生み出している。エンターテインメントの観点だけでみても十分値打ちのある皆既日食を、天文教育の教材にできれば、天文学の基礎を理解する手助けになるだけでなく、宇宙や自然に対する興味関心を高めるきっかけになるはずである。

しかし、皆既日食や金環日食は非常に珍しい現象であり、地球上の特定の場所に限定すれば数百年に一度しか起こらないため、教材として現地で

観察することは難しい。そのため、これまでは、写真などを使って日食の説明をしていた。ところが、インターネットと、それを使った動画伝送の技術によって、現地で観察できなくとも、その映像を特定の場所に伝送したり、また、不特定多数の視聴者に対して配信できるようになった。もちろん、これまでも大手放送局によって日食のTV中継は何度か行われているが、インターネットの登場によって、特定の限られた目的や視聴者のために、ボランティアベースで可能になったことは意義深い。

本報告では、インターネットを使って日食中継イベントを継続的にやっているライブ！ユニバースの紹介と、そこで確かめられたいくつかの教育的結果を振り返ってみたい。

2. ライブ！ユニバースとは

1997年3月9日にモンゴルやシベリアで起こった皆既日食を当時普及し始めていたインターネットを使って世界中に生中継しようとボランティアグループ・ライブ！エクリプス実行委員会

が結成された。その後の皆既や金環日食が起こるたびに実行委員会を結成し生中継を行っており、日食以外のいくつかの天文現象にも取り組んできた。

中継の回数を重ねるに従い、イベントの規模が大きくなり、社会的責任も大きくなってきた。そこで、2002年5月、イベント時以外も年度を区切って継続的に活動する任意団体「ライブ！ユニバース」を設立し、現在に至っている。実行委員会時代、ライブ！ユニバース時代を通じて、これまでに行ってきた中継を表1にまとめている（原稿執筆時点では、2003年11月24日の南極日食直後でありまだ詳細を報告できる段階ではない）。

ライブ！ユニバースの主なメンバーは、日食ファンとネットワーク技術者からなり、そこに天文学や情報科学の研究者が加わっている。日食帯での太陽観測の技術は当然必要であるが、世界中

表1 過去に実施した LIVE! プロジェクト、各中継の HP は、ライブ！ユニバース (<http://www.live-universe.org/>) からリンクされています。

年月日	イベント名	天体現象
03/11/24	LIVE! ECLIPSE 2003	皆既日食
03/08/27	LIVE! MARS 2003	火星大接近
03/05/31	LIVE! ECLIPSE 2003 Annular	金環日食
03/05/07	LIVE! MERCURY 2003	水星日面通過
02/12/04	LIVE! ECLIPSE 2002	皆既日食
02/11/19	LIVE! LEONIDS 2002	しし座流星群
02/06/11	LIVE! ECLIPSE 2002 Annular	金環日食
以下はライブ！エキリプス/レオニズ実行委員会による中継		
01/11/18	LIVE! LEONIDS 2001	しし座流星群
01/06/21	LIVE! ECLIPSE 2001	皆既日食
01/01/10	LIVE! ECLIPSE 2001 Lunar	皆既月食
00/07/16	LIVE! ECLIPSE 2000 Lunar	皆既月食
99/11/17	LIVE! LEONIDS 99	しし座流星群
99/08/11	LIVE! ECLIPSE 99	皆既日食
99/02/16	LIVE! ECLIPSE 99 Annular	金環日食
98/11/17	LIVE! LEONIDS 98	しし座流星群
98/08/22	LIVE! ECLIPSE 98 Annular	金環日食
98/02/26	LIVE! ECLIPSE 98	皆既日食
97/03/09	LIVE! ECLIPSE 97	皆既日食

から殺到する膨大なアクセス（これまでの最大値は1日に1,400万ヒット）をうまく分散させ、視聴者を適切なサーバに誘導する最新のネットワーク技術を必要とする。このため最先端で活躍するネットワーク技術者や研究者が多数参加し、割合では天文関係者を上回っている。ライブ！ユニバースでは、天文現象の中継イベントを通じて社会に貢献することを目的にしているが、研究機関から参加しているスタッフにとっては、天文教育やネットワーク研究の実験場として利用している。

3. 過去の日食中継と教育実践

1997年の皆既日食以来すべて、教育普及を目的に中継してきたが、主催者側として、特別に教育実践の場と特別の教材を用意し、アンケートなどの調査を行ったのは、1999年2月16日の金環日食以後である。それぞれの教育実践について紹介する。

■LIVE! ECLIPSE 99 Annular

この日食は金環帯がオーストラリアを横切る金

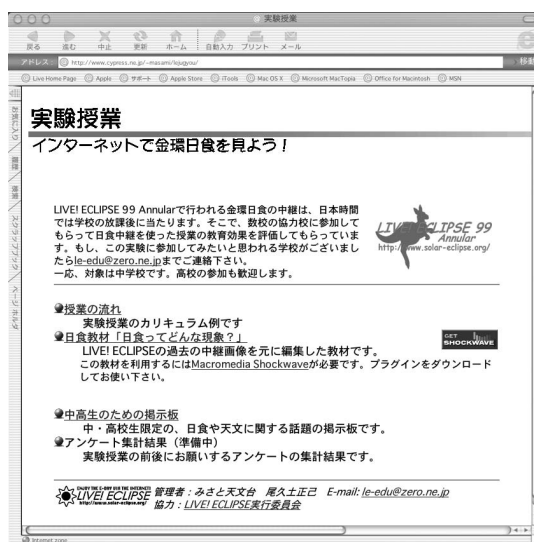


図1 実験授業のためのHP。指導案、教材だけでなく、参加校間で交流するための掲示板も用意した。

環日食であった。観測点として、西オーストラリアのムレアを選び、臨時の ISDN 回線を敷設して中継した。食分が大きな金環食であったために、白色光以外に、H α 画像を中継し、月縁から見え隠れする彩層やプロミネンスを撮影した。観測地がオーストラリアで、日本との時差が少なく、日本の学校の授業時間から放課後にうまく一致したために、いくつかの中学校で実践授業を行った。

天文を専門とする指導者が学校にいないことを前提に、実践授業を前に、簡単な指導案と Web 教材を用意した (図 1)。一般に日食の進行は授業時間に比べて長いので、金環食が始まる第 2 接触までは、Web 教材を使って日食という現象を学習した。この教材に使ったデータは、過去の 3 回の中継で取得した画像を利用し、動画やアニメーションに加工しコンテンツ内に挿入した。第 2 接触が近づくと、中継画面に集中して金環食の様子を観察した。

これらの授業実践を通じて、天文分野に対する興味関心が大いに増加したことをアンケート調査で確認している²⁾。

■LIVE! ECLIPSE 99

この日食は、皆既帯が大西洋からイギリスに入り、欧州を横断し、西アジアを通してインドで日没を迎えるといった、人口密集地域を横断するコースであった。通常の日食では、そこに旅行するだけでも苦勞する地域を通る場合が多く、その中で、インターネット中継できる場所を探している。しかし、この日食では、首都級の大都市をいくつも通過するコースであったので、観測隊をイギリスからイランまでの間に 9 隊派遣し、各地から映像を生中継した。利用した回線は、衛星電話回線 (インマルサット) を使ったトルコ以外は、インターネットを利用した。

日食は、地球上を西から東に移動する。この様子を一つの中継画面で合成表示できれば、日食を理解する上で良い教材になるはずだ。観測点が 9 点になったのは、人的、経済的理由からだけでな



図 2 イギリスからイランまで 9 地点から伝送されてきた映像は日本国内の中継センターで 1 画面に合成され、世界中に中継された。

く、利用できる画面分割装置が最大 9 分割まで対応したからである (図 2)。

この日食では、学校は夏休みであり、また日本時間で夜間になっていたため、学校における授業実践は行わず、Web 上で、世界中の視聴者に対してアンケート調査を行った。本中継は、ヨーロッパを横断する日食であったために、欧米での関心が非常に高く、我々の中継サーバに 1 日だけのアクセスで 120 カ国以上から 1,400 万ヒットのアクセスが記録された。これらのアクセスを無事に分散された技術も、それまでの中継で得たノウハウの結集である。Web 上のアンケートには、3,600 名の回答が寄せられ、海外と国内の回答者の比は、4:1 と海外が上回った。その結果、国籍、年齢に関係なく、多くの人が中継を視聴したあと、天文分野への関心を高めている²⁾。

■LIVE! ECLIPSE 2001

前回のヨーロッパ日食から約 2 年間の時間を置いての日食であったために、実行委員会のメンバーもインターネット技術者を中心に入れ替わっている。かつては、インターネット中継自体が珍しい存在であったが、この 2 年間の間にさまざまなコンテンツの中継がされるようになり、より効率的な負荷分散も行われるようになっていた。また、一部であったがケーブル TV などのブロード

バンドユーザも増え始めており、ブロードバンド対応も迫られていた。我々の中継では、毎回実行委員会を結成するごとに、必要な技術をもっている人や企業に声をかけ、協力してもらっている。本中継以後は、これまでの中継でよく聞かれた「つながりにくい」という苦情は減っている。観測点には、ザンビア、ジンバブエ、マダガスカルの3点を用意し、ブロードバンド対応として、ジンバブエからの伝送にはTV中継で利用される衛星回線を利用した。他の2点では、衛星電話回線を利用した。

この日食では、二つの教育実践が行われた。一つは、ブロードバンドの高画質中継とこれまでのナローバンドでの低画質中継での比較である。画質の違う複数の映像を視聴者に見せたところ、予想に反して、その差は有意なほど認められなかった。しかし、大人の視聴者にとっては、明らかにブロードバンドの映像に対する評価が高い結果となった³⁾。これは、ナローバンドでの中継技術が進化し、それなりの映像を提供できるようになったこと、そして、本物の日食を見た経験のない子供にとって、ナローバンドの映像でも十分に印象深いものだったことから来るものだろう。

もう一つの実践として、教材としてコンセプトマップ(図3)を導入し、授業実践を行った。遠隔学習を複数の学校で同時に展開し、その効果を評価するためには、学習内容を標準化し実施校間での格差を少なくする必要があった。コンセプトマップは、児童・生徒がその教材を使って任意の興味や順序で学習しても同様の効果がある手法として教育学の分野では評価されているものである。この実践においては、天文分野への興味関心だけでなく、テストにおいても正答率の明らかな向上が確認され、中継教材の有効性が確認された⁴⁾。

■LIVE! ECLIPSE 2002 Annular

2002年5月に、継続的に活動するライブ!ユニバースを結成したが、この体制での最初の日食である。この日食は、金環帯が太平洋上を横断するもので、日本国内でも部分食になった。また、ちょうど日韓でサッカーのW杯が開催されていたこともあって、金環帯にある太平洋上のテニアン島と、日没を迎えるメキシコ太平洋岸の2点のほかに、日本国内2点とソウルの計5地点から中継した。利用した回線は、テニアン、メキシコ、鹿児島県中之島が衛星電話回線、ソウルがインターネット回線、東京の葛飾がISDN回線であった。ビデオ画像の狭帯域でのエンコード技術は進化しており、特に、金環日食のように、ほとんど白と黒の2値しかないような映像の場合、高い圧縮が可能である。このため、ソウル以外は64kbpsと狭帯域の回線だったが、必要十分な映像を提供することができた。

本中継においても、コンセプトマップを教材に利用した遠隔授業を1校で行っているが、これまでの実践で確認された教育効果が、1年間程度の経過後も児童・生徒に定着しているかについて追跡調査を行っている。日食中継を授業に利用することは、児童・生徒にとって非常にインパクトのあるものであるが、一時的な効果しかなければ、教材としての価値は低い。これらの結果について



図3 コンセプトマップを使った日食教材の例。

は、現在、調査集計中であり、今後、論文として発表する予定である。

■LIVE! ECLIPSE 2002

原稿執筆時点での最後の日食は、アフリカ大陸からインド洋を渡ってオーストラリアで日没を迎える皆既日食であった。観測点としてボツワナとオーストラリアを用意した。中継センターまでの伝送回線として、ボツワナは衛星電話回線、オーストラリアからはTV用衛星回線を使った。先の中継で、金環日食には、電話回線があれば十分な画質の映像を伝送できると紹介したが、本中継時点では、皆既日食においても、パソコンの画面で見る限り、TV回線と電話回線との映像の差はほとんどなくなっていた(図4)。ダイヤモンドリングの前後以外、急激な変化はなく、赤道儀で追尾をしっかりとすれば、前後の画像フレームの変化は非常に小さいので、日食映像ほど、インターネット中継に向けた映像ソースはないとも言える。2001年のアフリカ日食で行った帯域の違いによる効果の違いのアンケート調査を本中継で行っていれば、大人にとっても有意な差がなくなっていたに違いない。なお、本中継では、国内に設置した中継センターからTV放送局へ番組素材としても提供し、同時にTV番組でも生中継された。インターネットと放送の融合が実現した先進的事例であった。

本中継においては、小学校2校で先の中継と同様の目的で実践授業を行っている。この結果についても、現在、調査、集計中である。

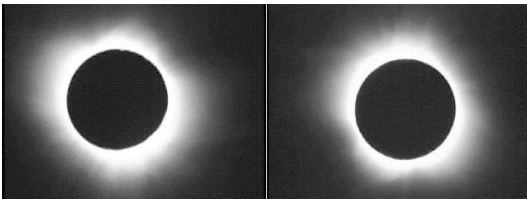


図4 ボツワナ(衛星電話回線:左)とオーストラリア(TV衛星回線:右)から伝送されてきた映像を元に、インターネットで提供した画像の比較。

4. まとめ

前章で紹介したように、これまでの5回の日食中継で、授業実践等の教育的な取り組みを行っている。現時点での結論は、実際に現地に行って観測することが困難な日食をインターネットで教室や不特定多数の市民に中継することが、技術的に安定して行えること。そして、その中継を通じて、児童・生徒だけでなく、国籍、年齢を問わず、天文に関する興味を増加させるきっかけになること。また、適当な教材を合わせて利用することで、興味だけでなく、正答率といった学力も向上すること。そして、中継技術の進化によって、日食映像が通常の電話回線のようなどこでも利用できる回線でも必要十分な映像伝送経路になることなどである。このほか、現在、学習効果の経年変化について調査中である。現時点までの結果だけでも、日食中継という教材が、天文教育の優れたコンテンツであると言っても良いだろう。

しかし、高いリスクとコストをかけ生中継しなくても、誰かが撮影したビデオ映像から教材を作っても同じ結果、あるいは、より凝った作り込みができる点で、より高い教育効果のある教材が提供できるのではという質問をされることが多い。つまり、生中継の意義を問われるのである。生中継と録画の差を考えると、TVコンテンツの中で、生中継に人気のあるコンテンツがどんな内容かを考えると良い。わかりやすい例は、スポーツ中継であろう。人々は、なぜ時差のある場所で開催されたオリンピックの映像を真夜中に起きてまで生中継で見るのだろうか？生中継が好まれるコンテンツに共通することは、およそそのあらすじはあるものの予測不能な見せ場(結果)をもったコンテンツであることだ。日食は、時刻は予測可能であるが、どんなコロナやプロミネンスが、そして周辺の状態になるかは、そのときになってみないとわからないのである。このような答えのない生きた教材は、その現場、あるいは、

その同時刻にその現象に立ち会うことでのみ、学習者が考えたり、発見することできる事柄が多いのである。授業で行う程度の室内実験はTVで言えば、ドラマのようなもので、録画でも生でも同じである。よって将来においても、我々が提案し続けてきた日食中継の教材としての価値は変わらないものと考えている。

原稿執筆現在、2003年11月24日に南極皆既日食が終わったばかりである。南極という究極の僻地での現象であるために、中継を実現させるだけでも困難は多かったが、無事、データ伝送に成功した。あいにく天候に恵まれずコロナを見ることができなかったが、本影錘が地上を横切っていく貴重な映像を中継することに成功している。

先に述べたように、インターネットを使った日食中継がTV放送で利用できるまでになった現在、TV放送との差別化が一つの課題である。そのTV自体が、近い将来、デジタル化され、よりインターネットに近づいてくるものと考えられる。そう考えれば、TVとインターネットの差別

化というより、デジタル映像とネットワークの特徴をどれだけ日食中継やコンテンツの中で活かすことができるかが、今後の取り組みの中心的な課題になっている。一つの目標としては、これまでの太陽像中心の中継画像でなく、地上を含めた周辺の映像や、温度や湿度などの気象情報まで含めたデータを提供し、プラネタリウムなどのドームシアターでその情報を利用して、できる限り現地と近い状況を再現することである。2009年には、久しぶりに皆既帯が国内を横切るが、その頃には、技術革新によって、この夢が実現できるのではと期待している。

参考文献

- 1) 尾久土正己, 2000, 天文月報 93(2), 86
- 2) 尾久土正己, 他, 2002, 日本教育システム情報学会 18(2), 219
- 3) 縣 秀彦, 他, 2002, 日本教育工学会論文誌 26(2), 77
- 4) 高橋典嗣, 他, 2003, 日本学際会議学会誌 16(1), 30