

論文題目

インターネット天文台中継システムを利用した
天文教育プログラム開発

宮城教育大学 教育学部 生涯教育総合課程 自然環境専攻

D1925 林 美香

要 旨

パソコンを用いてインターネット経由で遠隔操作が可能な望遠鏡—インターネット望遠鏡は、インターネット経由で指令を送ることで天体望遠鏡や冷却 CCD カメラを遠隔操作できるシステムである。経度差を利用して昼間の教室で星空を観察したり、緯度差を利用して季節の違いを観察したり、屋内にいながらにして夜空環境のよい観測地のシステムを利用したり、掩蔽など地域差が出る現象を複数同時観測したりできる、便利なものである。

本研究では、インターネットによる遠隔操作が可能なシステムを備えた施設を「インターネット天文台」と位置付け、その天文教育への活用を目指した。

本年は、中堤氏(2002)により行われた実践授業やその結果をふまえ、新たに Yahoo! メッセンジャーによる望遠鏡中継システムを付加し、さらに、海外からの遠隔操作も試みた。

また、Yahoo!メッセンジャーのビデオ機能を応用して、オーストラリアから皆既日食の感想などを中継することも試みた。

併せて、天文教育プログラムの開発と実践も行った。

(1) システムの一部付加

インターネット望遠鏡をより利用しやすいものとするため、Yahoo!メッセンジャーのボイス機能とビデオ機能を利用した、望遠鏡の映像中継システムを付加した。

(2) 実践報告

インターネット望遠鏡を応用した実践の内容と改善点などをまとめた。

目 次

1. はじめに	1
2. インターネット望遠鏡を用いた天文教育プログラムとその実践	
2.1 インターネット望遠鏡の概要	3
2.2 宮城教育大学インターネット望遠鏡システムの概要	3
2.3 インターネット望遠鏡の評価	11
2.4 インターネット望遠鏡を用いた授業の学習指導案（秋の星空）	12
2.5 インドとの実践授業	
2.5.1 学習の流れ	15
2.5.2 評 価	18
3. インターネットと小型デジタルカメラを用いた「日食」の授業実践	
3.1 仙台市立幸町小学校における実践授業	
3.1.1 学習指導案	19
3.1.2 評 価	26
3.2 仙台市天文台による 「オーストラリア皆既日食インターネット生中継」プログラム	
3.2.1 オーストラリアの紹介	28
3.2.2 宮城教育大学 惑星科学研究室 皆既日食観測チーム 中継システム	29
3.2.3 評 価	32
4. 議 論	
4.1 インターネット望遠鏡システム	33
4.2 実 践	34
5. 結 論	35
6. 謝 辞	36
7. 引用文献	37
付録 A 「TV 会議システムの設定と使用方法」	
付録 B-1 「インド日本人学校の児童達に対するアンケートの内容」	
付録 B-2 「インド日本人学校の児童達のアンケートへの回答」	
< 付属 CD-ROM >	
付録 C 「『オーストラリア皆既日食インターネット生中継』で使用した旅日記」	
付録 D 「『オーストラリア皆既日食インターネット生中継』中の会場内の様子」	

1. はじめに

本年度から導入された新学習指導要領では、扱う知識の量を大幅に削減した。天文分野では、太陽の動きや黒点、星の動きなどが観測する項目としてあげられているが、授業中にできる観測は太陽の動きや黒点の観測くらいであり、そのほとんどは夜間に児童・生徒が各自で行うべきものとなっている。よって、実験室での実験のように教師が児童・生徒を集めて説明をしてから観測を始めるということは基本的にできないし、児童・生徒が何かを疑問に思っても、トラブルが起こっても、それに対して教師がリアルタイムにこたえたり、対処したりすることができない。児童・生徒は事前の指導を頼りにして、観測中は教師からの適切な指導を受けられずに観測をすることとなる。また、双眼鏡や望遠鏡などの観測機器が必要な観測をする際は、これらの機器を持たない生徒は観測をすることさえままならない。

このような中で、本研究のテーマである「インターネット天文台」は、全国の小中高校の各教室に整備されたパソコンと、インターネットに接続できる環境があれば、インターネット経由で指令することで天体望遠鏡や冷却 CCD カメラを遠隔操作し、星空を観察することができるというシステムである。このシステムを常時運用できるようになれば、夜空が明るい、近くに空を遮るような建物があるなど、夜空環境がよくない地域に住む子供達にも星を見る機会を保障できる。また、現時点では、天体ドームや関連施設を含めた天文台の遠隔操作は、一部の団体や個人で運用されているが、このシステムが日本各地で運用されれば、ある地域の望遠鏡が悪天候で使えなくても、他の地域の望遠鏡で代替することが可能となる。掩蔽など、地域の違いが食の開始・終了時刻や食分などの違いをもたらすような天文現象について、一人で複数の地域の同時観測をし、より多角的に現象を分析することも可能となる。さらに、ネットワークが地球規模で展開できれば、時差（経度の差）を利用して昼間の教室で海外の夜空を観測することや、同じ時刻でも南半球では空の様子が違う（季節の違いによる昼の長さや太陽南中高度の違い）ということも、理解することができるであろう。

本システムは、インターネットを経由しての遠隔操作なので、1 台の望遠鏡を同時に複数人で共有することができる。また、インターネットでの画像公開が可能なデジタルビデオカメラ（web カメラ）を用いて、望遠鏡が実際に動く様子の中継しているので、利用者自身が操作しているという実感を持つことができる。遠隔操作側が動かす指令を送ってから望遠鏡が目的の方向に向くまでに時間差が生じるが、その際に感じるストレスを軽減することができる。加えて、パソコンにマイクを接続すれば、遠隔授業や音声を用いて望遠鏡側から天候などの状況の報告、遠隔操作側のトラブル報告に対する対処法の指示などが可能である。

このシステムの利用は、コンピュータ及びインターネットを利用した学習であり、これは学習指導要領第 3 章「指導計画の作成と内容の取り扱い」の「4、コンピュータなどの活用」にある、「コンピュータや情報通信ネットワークなどを積極的に活用するように配慮するもの」、との主旨にも合致するものである。

通常の学校教育への活用の他に、普段は星空を眺めることが非常に困難な状況に置かれている児童・生徒に、星空に親しむ機会を与える可能性も考えられる。例えば、星空を観察するために環境の良いところへ行くことが難しい肢体不自由児や病虚弱児が、屋内で望遠鏡を操作し、星を観察できる。また、天文施設などでの口頭での説明ではその内容を把握することが難しい聴覚障害児にも、文字によって情報を保障しながらの観察が可能である。さらに、システムを広く公開していくことにより、生涯学習の一環として、今まで天体観測とは縁遠かった人々を、星の世界へ巻き込むことができるようになる。その意義は大きい。

また、冷却 CCD カメラで撮像した画像の保存が容易にできることから、後日データを確認、画像処理をすることも可能である。

本研究では、学校における授業や、生涯学習の一環としての観望会において有効に活用できるシステムの実現を目標に、宮城教育大学インターネット望遠鏡システム（中堤、2002）に加えて、パソコンにインターネットでの画像公開が可能なデジタルビデオカメラ（web カメラ）とマイクを接続し、Yahoo!メッセンジャーのビデオ機能を用いた望遠鏡の映像の中継、ボイス機能を併用した TV 会議システムを導入した。望遠鏡が実際に動く様子を中継しているの、遠隔操作側がインターネット経由で指令を送ることで望遠鏡が動く様子を確認すること、望遠鏡側と遠隔操作側が遠隔授業、天候などの状況の報告、操作の説明、トラブルシューティングをすることが可能である。また、遠隔操作側が動かす指令を送ってから望遠鏡が目的の方向に向くまでに時間差が生じるが、その際に感じるストレスを軽減することができる。さらに、利用者が複数いる場合には、利用者が相互に連絡を取り合うことも可能にした。

さらに、インターネット天文台を用いた昼間の授業での星空観察のために、インド日本人学校よりインターネット天文台を利用した授業実践を試みた。

本システムで利用しているデジタルビデオカメラやパソコンといった機器を教育現場で活用する方法として、仙台市立幸町小学校にて「日食の起こる仕組み」についての実践授業を実施し、最新の機器を教育の現場に活用していくことの重要性を改めて実感した。

2. インターネット望遠鏡

2.1 インターネット望遠鏡の概要

インターネット望遠鏡は、インターネットに接続可能なパソコンを用いて、遠隔地に設置してある望遠鏡や冷却 CCD カメラにインターネット経由で命令を送り、遠隔操作することで星空の観察ができるシステムである。屋内にいながらにして天体観測をすることができるという画期的なシステムであり、国内・海外ともに個人や団体の運営するシステムが複数存在している。

国内で連携すれば空などの条件のよい観測地の星空を選んで観測することが可能であり、海外と連携すれば時差や緯度差を利用して日本の昼間に海外の夜空を観測したり、北半球の冬は南半球の夏（太陽の出ている時間が長い、太陽南中高度が高い）であることの確認をしたりできる。

2.2 宮城教育大学インターネット望遠鏡の概要

中堤[2002]によるシステム

宮城教育大学インターネット望遠鏡システムは、ハード面ではコンピュータ制御が可能な天体望遠鏡（タカハシ製作所の口径 20cm カセグレン望遠鏡（図 2-2-1））と冷却 CCD カメラ（SBIG 社の ST-7（図 2-2-2））、パソコン、ソフト面では天体望遠鏡や冷却 CCD カメラを制御するためのソフトウェア、ユーザ管理用ソフトウェアなどからなる。天体望遠鏡や冷却 CCD カメラなどを接続したパソコンを学内ネットワーク経由でインターネットに接続することで、予め接続許可の設定をした外部のユーザからの制御が可能となる。



図 2-2-2 遠隔操作望遠鏡と冷却 CCD カメラ

遠隔操作望遠鏡は、タカハシ CN-212 口径 20cm カセグレン望遠鏡である。鏡筒の先端に取りつけられているものは望遠鏡用冷却 CCD カメラ、SBIG 社の ST-7 である。鏡筒と平行に取りつけられているものは広角冷却 CCD カメラ、SBIG 社の ST-237 である。



図 2-2-3 望遠鏡用冷却 CCD カメラ (SBIG 社 ST-7)

天体の拡大画像を撮像するための冷却 CCD カメラである。

このシステムを用いて観望会を行った結果、参加者の感想から、「自分が操作している」実感がうすいという問題点が明らかとなった。そこで、操作の実感を高くするために、インターネット望遠鏡をライブ中継し、操作によって命令どおりに動く望遠鏡の画像を提示することが考えられた [中堤、2002]

新しく付加したシステム

本研究では、中堤[2002]におけるこの問題点と改善案をふまえ、インターネットを利用して望遠鏡と CCD カメラを遠隔操作できるというインターネット望遠鏡システム[中堤、2002]に、望遠鏡の映像をインターネット上でライブ中継するシステムを付加した。これにより、目の前にはない望遠鏡が動作の命令を受けて動く様子をパソコン上の中継画面で確認でき、実際に望遠鏡に触れることはなくても、利用者自身がその望遠鏡を操作しているという実感がわくものと考えられる。使用するのは、インターネット上で一般に公開されている「メッセージャー」と呼ばれるコミュニケーション用のフリーソフトウェアで、文字によるコミュニケーション、音声によるコミュニケーション、ビデオ映像の公開ができる。音声によるコミュニケーションと映像のやりとりを併用することで、TV 電話として使うこともできる。

コミュニケーションツールとしての「メッセージャー」は、複数の開発者から様々な機能を持つものが無料で提供されており、インターネットに接続すれば簡単にダウンロードすることができる。また、TV 電話として双方向で音声と映像によるコミュニケーションをはかる場合には、利用者双方でマイクや web カメラが必要であるが、映像や音声を発信せず、受信するだけであれば、特別に機材をそろえたりする必要がない。マイクやカメラといった機材を準備しなくても、文字によるコミュニケーションは双方向で行える。よって、手軽に使用できるソフトウェアである。

本システムにおけるコミュニケーションツールとしての「メッセージャー」の使用目的は 3 点ある。

1 点目は、望遠鏡側と遠隔操作側との連絡を取り、遠隔授業をしたり、望遠鏡側から天候などの状況を報告したり、遠隔操作側からのトラブルの報告に対して望遠鏡側からその対処法を指示したりすることである。マイクと web カメラがあれば TV 電話としてのコミュニケーションが可能であるし、これらの機器を持たない場合でも、文字によるコミュニケーションはできるのがメッセージャーの利点である。

2 点目は、望遠鏡の映像を中継し「望遠鏡は、利用者がインターネット経由で送った指令を受けてから動き始める」様子を確認することで、「利用者自身が遠隔操作している」という実感を持ってもらい、また、指令を送ってからその結果が利用者に返るまでにどうしても生じてしまうタイムラグによるストレスを軽減することである。

3 点目は、複数の利用者に同時刻にシステムを利用してもらう際など、遠隔操作側どうしで操作する順番などの情報を共有することである。これは、同時に複数の指令が発せられることによりシステムが混乱することを避けるためには不可欠なことである。将来的に学校教育の現場で活用される場合など、教師の指示にしたがってクラスのメンバー複数人が同時にシステムを利用することも考えられるため、有用であると思われる。

但し、メッセージャーは通常同じアプリケーションソフトどうしでなければ通信ができないため、サービス提供者である望遠鏡側としては、普及率の高いメッセージャーを使用することが重要である。さらに、複数のメッセージャーに対応できることが望ましい。また、普段メッセージャーを使用しない利用者が簡単に操作方法を習得できるようにマニュアルを作ることも必要である。

使用目的や機能性という観点から、文字・音声によるコミュニケーションや web カメラによるビデオ映像の公開が可能であり、比較的普及率が高いと思われる「Yahoo!メッセージャー (<http://messenger.yahoo.co.jp/>)」と「msn メッセージャー (<http://messenger.msn.co.jp/>)」について、比較・検討を行った。

文字によるコミュニケーション、音声によるコミュニケーション、ビデオ映像のやりとりといった機能の比較としては、Yahoo!メッセージャーは文字・音声・ビデオ映像すべてでコミュニケーションをはかれるという点において優っており、msn メッセージャーは通信する際の音声や画像の質において優っていることが分かった。

映像を比較すると、Yahoo!メッセージャーではコマ送りのように見える。msn メッセージャーでは表 1 に示すとおり、Windows のバージョンに依存するという問題がある。

表 1. msn メッセージャーの Windows バージョン依存性

		ビデオ映像によるコミュニケーション
Windows XP	Windows XP	双方向でのやりとりが可能
Windows XP 以外	Windows XP 以外	双方向でのやりとりが可能
Windows XP	Windows XP 以外	Windows XP 以外 Windows XP の片方向のみ可能

この点を本システムにあてはめて考えれば、遠隔操作側の OS が Windows XP の場合は、Windows 98SE を使用している望遠鏡側のパソコンから、Windows XP を使用している遠隔操作側のパソコンに、一方的に映像が送られることとなる。

Windows のバージョンに依存しないことから、本システムの通信用ソフトウェアとしては Yahoo!メッセージャーを採用した。

但し、通信状況はインターネット接続環境に依存し、通信速度が遅ければよりコマ送りのような状態となるし、通信の際に使用するポートを制限することで安全性を高める役割を果たすファイヤウォールの内側からでは、音声によるコミュニケーションやビデオ映像のやりとりはできないなど、制限がある場合もある。ファイヤウォールの内側から通信するためには、表 2 に示すとおり、各メッセージャーの機能に対応しているポートをあけて通信を可能にする必要がある。

表 2. メッセージャーの機能と使用しているポート

	文字	音声	映像
Yahoo! メッセージャー	80	5000、5001	5100

メッセージャーによる通信システムを図 2-2-3 に示す。

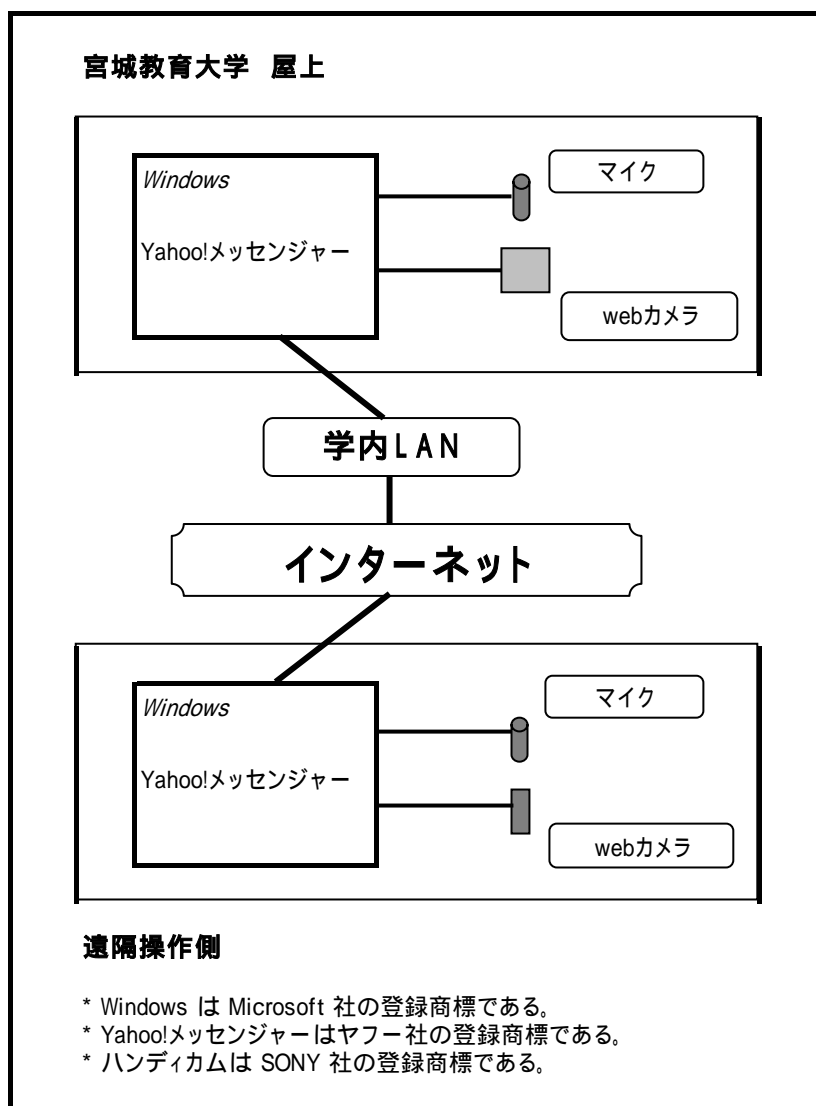


図 2-2-3 メッセージャーによる通信システム

メッセージャーは、インターネット上に公開されているコミュニケーション用フリーソフトウェアであり、マイクとwebカメラを接続し、音声機能とビデオ機能を併用するとTV電話として使用することができる。本システムでは、webカメラとしてSONY社のハンディカムを接続し、ビデオ機能を利用して望遠鏡の映像を中継している。

インターネットを利用した望遠鏡のライブ中継に用いるデジタルビデオカメラ（webカメラ）は、Video for Windows 規格に対応したものである。屋外の望遠鏡を中継するためのカメラは SONY 社のデジタルビデオカメラ、ハンディカム（図 2-2-4）である。



図 2-2-4 メッセンジャーでの中継に用いるハンディカム（SONY 社 DCR-PC120）
暗い中でも対象物を撮影することができる「スーパーナイトビジョン」機能を持つ SONY 社のハンディカム DCR-PC120。天体観測の妨げとなるあかりがなくとも、望遠鏡を撮影・中継することができる。

さらに、本年度のインターネット望遠鏡システムでは、目標天体の導入をより容易にするため、広角冷却 CCD カメラとしての SBIG 社の ST-237 を電子ファインダーとして用いている（図 2-2-5）[吉田、2003]。



図 2-2-5 広角冷却 CCD カメラ (SBIG 社 ST-237)

望遠鏡用冷却 CCD カメラよりも広い視野を持つため、電子ファインダーとして用いている冷却 CCD カメラである。目標天体が望遠鏡用冷却 CCD カメラの視野内に入らない際に、導入を助けるために用いる。また、望遠鏡用冷却 CCD カメラの視野よりも画角が大きいなどの理由で、うまく撮像できない天体を撮像する際に用いることもできる。

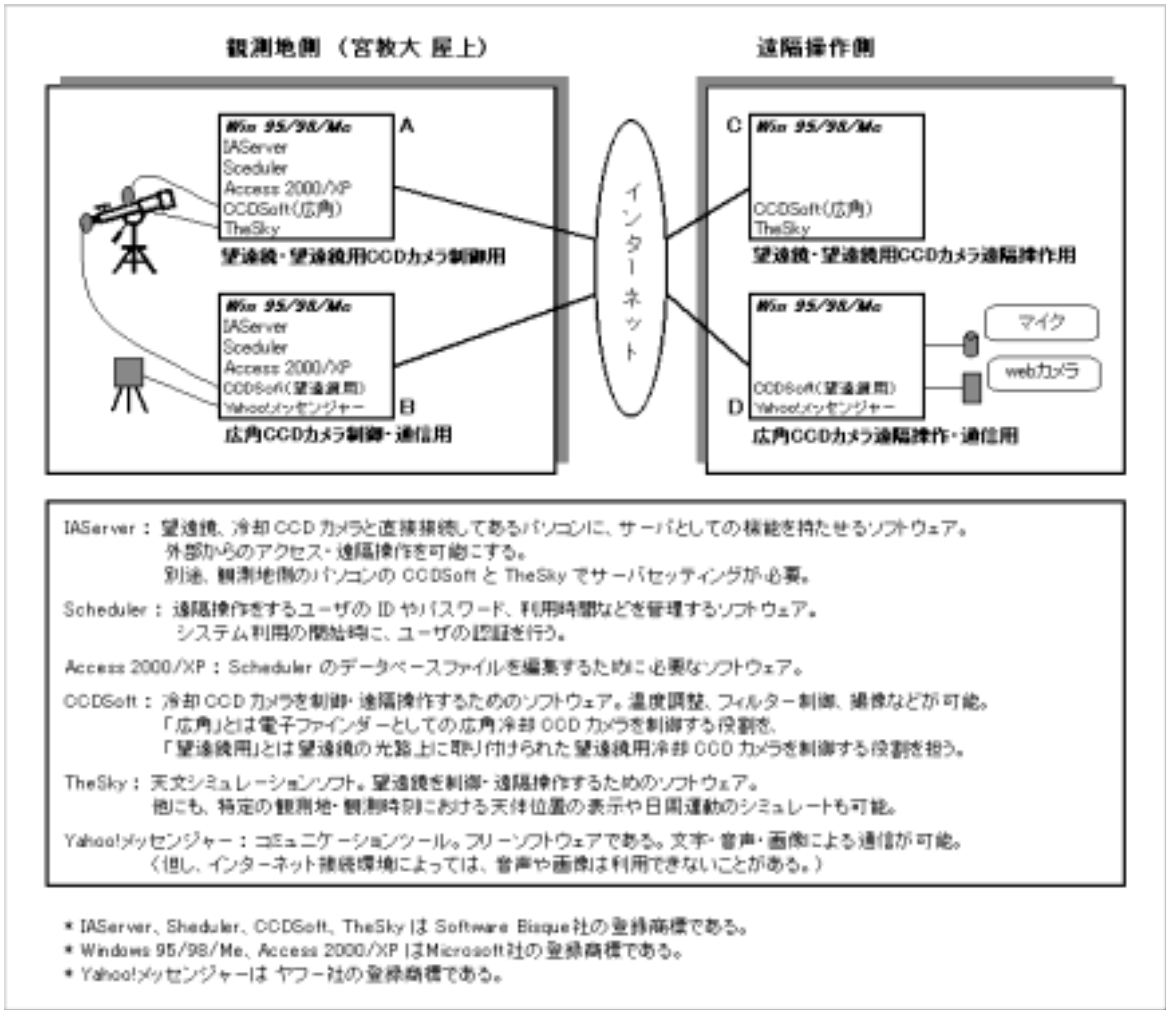


図 2-2-6 新インターネット望遠鏡システムの概要

望遠鏡側では、冷却 CCD カメラ制御ソフトウェア CCDSoft を同時に 2 つ起動することができないため、サーバ用のパソコンを 2 台用意する。一方 (B) には望遠鏡と広角冷却 CCD カメラを接続し、他方 (A) には望遠鏡用冷却 CCD カメラと望遠鏡の動く様子の中継するための web カメラを接続する。2 台のサーバ用パソコンは、学内ネットワークを経由してインターネットに接続している。遠隔操作側もインターネットに接続する。パソコンは 2 台あることが望ましく、一方 (D) では望遠鏡と広角冷却 CCD カメラを制御し、他方 (C) では望遠鏡用冷却 CCD カメラの制御と望遠鏡の映像の中継する web カメラの映像の確認を行う。1 台しか用意できない場合は、導入に広角冷却 CCD カメラを用いて、その後望遠鏡用冷却 CCD カメラの視野の中に目標の天体を導入するなど、切り替えて使用することが考えられる。メッセージングを使用することで、双方向での文字によるコミュニケーション、インターネット接続環境により制限がある場合もあるが、音声によるコミュニケーション、ビデオ映像のやりとりが可能となる。

遠隔操作側のパソコンでは、2 台のうち 1 台は TheSky と CCDSoft の画面を表示し、もう 1 台は CCDSoft とメッセージャーの画面を表示する（図 2-2-7）。

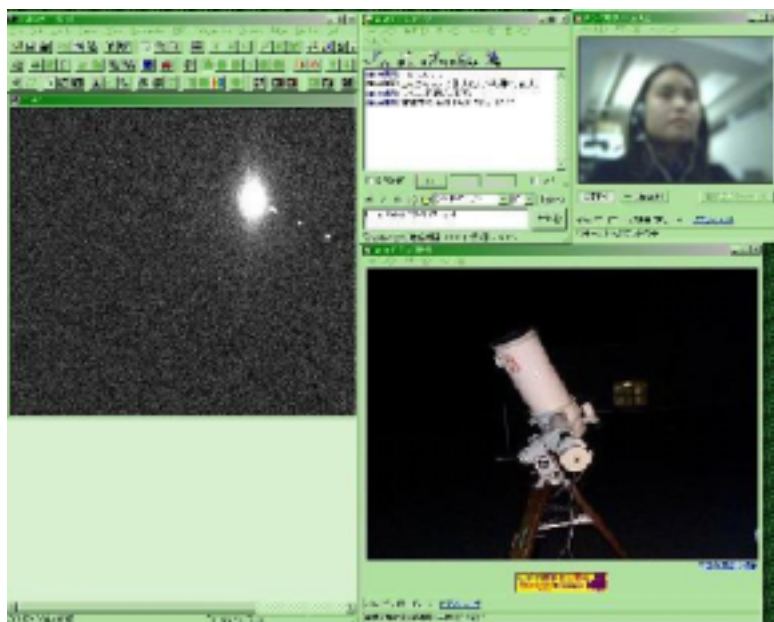


図 2-2-7 インターネット望遠鏡遠隔操作端末の画面例

CCD カメラ撮像操作（CCDSOFT、左側）とコミュニケーションソフトウェア Yahoo!メッセージャーの画面（右側、3 つ）。右下のウィンドウは望遠鏡側の映像、右上ウィンドウは遠隔操作側の映像、上段中央のウィンドウは文字によるチャットの画面である。この図においては遠隔操作側ではマイクを装着しており、これにより音声によるコミュニケーションもはかれる。

2.3 インターネット望遠鏡の評価

2002 年 9 月 28 日（土）宮教大理科共用実験室において、現場の教員を中心に、25 名ほどでインターネット望遠鏡勉強会が行われた。その中で、本年度の宮教大インターネット望遠鏡システムを運用した。特に、Yahoo!メッセージャーを用いて望遠鏡の動く様子を中継するデモンストレーションでは、インド - 宮教大屋上観測室（望遠鏡設置場所） - 宮教大理科共用実験室（勉強会会場）の 3 点をビデオ映像で中継し、映像と音声で相互にコミュニケーションをとった。

参加者の意見として、リアルタイムで天体が観測できたり、生徒自身が参加し主役になっている実感を持てたりすると楽しいのではないかと。自分の見たい星を見られるのがよい。昨年の問題点が改善されていた。「実感がない」ことを音声と映像によってカバーしていたのがよかった。などがあった。

2.4 インターネット望遠鏡を用いた授業の学習指導案（秋の星空）

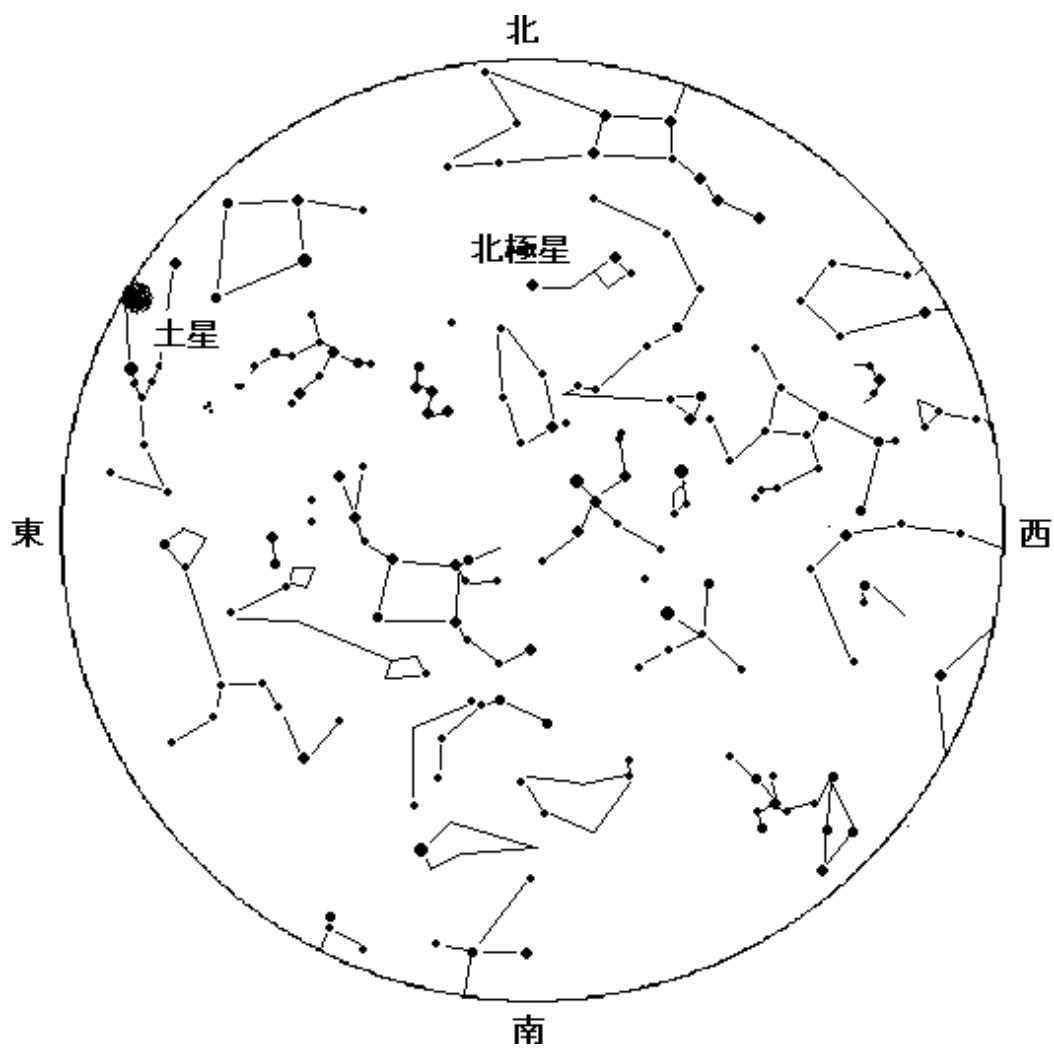
インターネット望遠鏡システムを用いて授業をする際に考えられる展開を、秋の星空を例にとって学習指導案としてまとめたものを図 2-4-1 に、想定している星図を図 2-4-2 に示す。

学習指導案（秋の星空用）

時間	授業の受け手	授業する側	注 意 点
導 入 10 分	インターネット望遠鏡を Yahoo!メッセージの画面 で確認する	インターネット望遠鏡の実物 を、Yahoo!メッセージの画 面で見せる	Yahoo!メッセージの 画面は中継であると理解さ せる
展 開 30 分	望遠鏡遠隔操作のソフトウ ェアである TheSky の概要と画 面やカーソルについて理解する 広角冷却 CCD カメラと望遠 鏡用冷却 CCD カメラの役割・ 違い、CCD カメラの遠隔操作 のソフトウェアである CCDSOFT の概要を理解する TheSky と CCDSOFT の操作手 順を一通り概観する 望遠鏡や CCD を制御できる 仕組みを理解する 広角 CCD と望遠鏡用 CCD の 視野を見比べる 広角冷却 CCD カメラの視野 が、TheSky の画面上のどこを 見ているのか、見比べて考える 実際に使ってみる	TheSky の画面を見せなが ら、それが現在の星空を示して いることと望遠鏡を操作でき ることを説明する 広角冷却 CCD カメラと望遠 鏡用冷却 CCD カメラの概要と それぞれの視野、遠隔操作の ソフトウェアである CCDSOFT の画面について説明する TheSky で望遠鏡、CCDSOFT で CCD の遠隔操作を、一通り 演示する インターネット経由で望遠鏡 や CCD を制御できる仕組みを 説明する 広角 CCD と望遠鏡用 CCD の 視野を比較させる 広角 CCD カメラの視野が、 TheSky の画面上のどこを見 ているか比較・推理させる 実際に使ってもら 例) 土星 0.4 秒露出	パソコンの画面と実際の 望遠鏡がリンク（連動）し ていることを理解させる パソコンの画面と実際の 広角冷却 CCD カメラ・望遠 鏡用冷却 CCD カメラがリ ンクしていることを理解さ せる パソコンからの命令がイ ンターネット経由で望遠鏡 や CCD に送られ、その結果 動作することを理解させる 広角 CCD の視野の一部 を望遠鏡用 CCD が拡大し ていることを理解させる TheSky の画面が実際の 星空をあらわしていること を理解させる 細かい操作方法は逐次フ ォローする
終 結 5 分	様々な個人や機関のインター ネット望遠鏡についての情報を 得る	海外のインターネット望遠鏡 を紹介する	インターネット望遠鏡の システムに興味を持たせる

図 2-4-1 秋の星空を例にとった、インターネット望遠鏡システム活用の例

小学生を対象として、45 分間でインターネット望遠鏡システムを活用する際に考えられる学習指導案の例。



2002年11月中旬 18:30頃の星空

図 2-4-2 インターネット望遠鏡システム活用の例で想定した星図

夏から初冬にかけての星空である。東の空低い位置にある土星を中心に、学習指導演を構成した。

2.5 インドとの実践授業

インターネット望遠鏡システムの可能性を模索するにあたり、時差を利用した海外との連携が考えられる。そこで、本研究では、2003年2月17日(月)にインド日本人学校教諭 池田尚人氏と6年生の児童6名が、課外授業として宮教大インターネット天文台システムのインドからの遠隔操作を実践した。インド時間 16:30 頃(日本時間 20:00 頃)から1時間ほどの実践で、土星と木星の観察を行った。

星空を見せながらの実践授業の前に行った通信テストでは、仙台に降った雪をインドの児童達に見せることができ、そのことで星空以外にもインドと日本の違いを改めて実感してもらえたようである。

2.5.1 学習の流れ

インターネット天文台システムを利用する前に、地球 - 月系は惑星 - 衛星系の一例であり、木星や土星にも地球に対する月にあたる「衛星」が存在することを紹介する。

実践授業においては、インターネットを経由して指令を送り、望遠鏡の向きを変え、冷却 CCD カメラで撮像して、土星の輪や衛星タイタン、木星の縞模様やガリレオ衛星の様子を観察する。

望遠鏡・望遠鏡用 CCD カメラ制御用パソコン、広角 CCD カメラ制御・通信用パソコンの画面例をそれぞれ 図 2-5-1 、図 2-5-1 に示す。

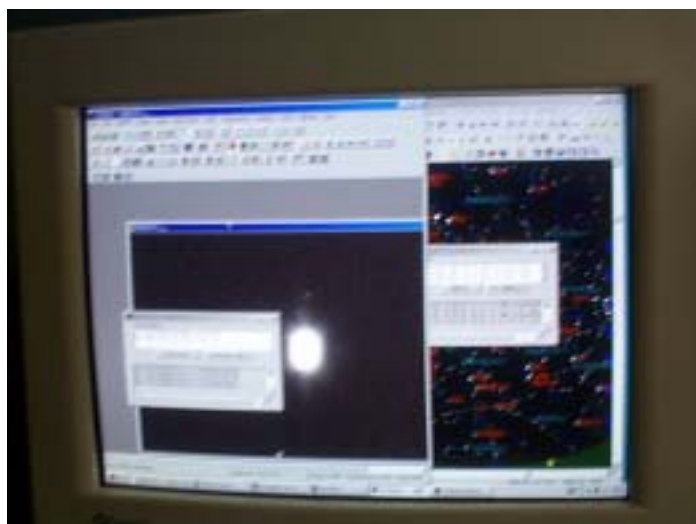


図 2-5-1 望遠鏡・望遠鏡用 CCD カメラ制御用パソコンの画面

左側が冷却 CCD カメラ制御用ソフトウェア CCDSOFT のウィンドウで、インドからの操作により撮像された木星が見えている。右側が望遠鏡制御用ソフトウェア TheSky のウィンドウで、望遠鏡が向いている方角の星空が表示されている。

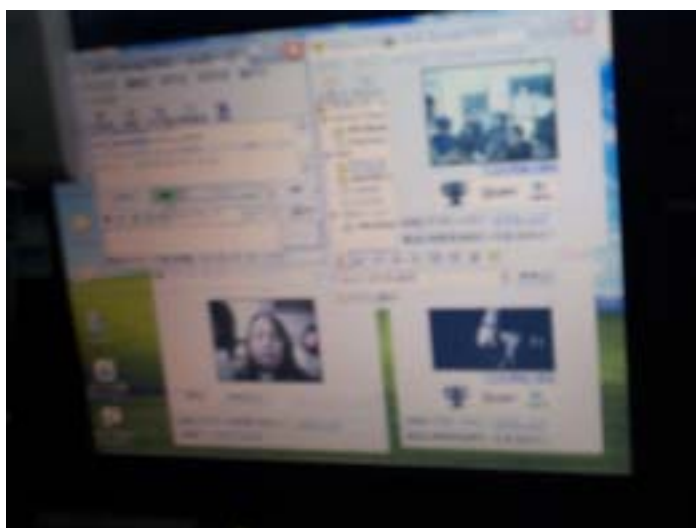


図 2-5-1 広角 CCD カメラ制御・通信用パソコンの画面

左上が文字によるチャットのウィンドウ、左下が宮城教育大学屋上観測室の映像、右下が屋上に設置した望遠鏡の映像、右上がインド日本人学校の映像である。

インドからの遠隔操作により撮像された土星と木星を、それぞれ 図 2-5-1 、 図 2-5-1 に示す。

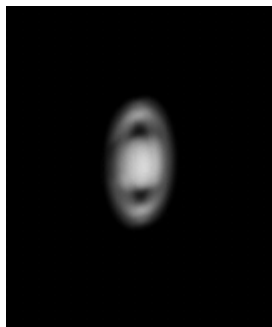


図 2-5-1 土星

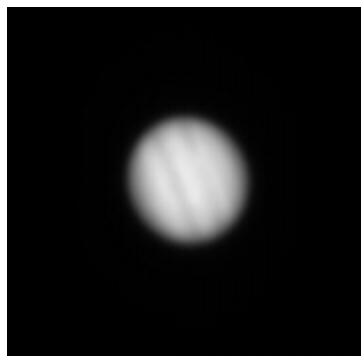


図 2-5-1 木星

インドからの遠隔操作により撮像された土星と木星の画像。冷却 CCD カメラ制御用ソフトウェア CCDSOFT のヒストグラム表示機能を使用して、土星の輪や木星本体の縞模様が分かるように処理してある。この他に衛星が見えやすい処理をした画像を見せて、衛星の名前を教えた。

2.5.2 評価

実践後、児童たちに対してアンケート調査を行った（図 2-5-2）。その結果、児童達はインターネット望遠鏡の操作についてはやや簡単、あるいはやや難しいと回答している。理由として、冷却 CCD 制御ソフトウェアが英語版であることが考えられる。自分で望遠鏡を動かした実感については、全員実感があつたと回答している。メッセージャーのビデオ機能により、中堤（2002）の中で改善案としてあげられていた望遠鏡が動く様子をライブ中継したことが有効であつたと考えられる。この望遠鏡システムが公開されたときには、全員使うと思うと回答している。夕方に星空を観測できたことが非常にインパクトを与えられたのだとわかつた。

インターネット望遠鏡の操作はわかりやすかつたですか。

簡単 0

やや簡単 4

やや難しい 2

難しい 0

自分で望遠鏡を動かし、星（天体）を見た実感はありまつたか。

はい 6

いいえ 0

今後、この望遠鏡システムがインターネット上で公開され、自由に使えるようになったら、使うと思ひまつたか。

はい 6

いいえ 0

図 2-5-2 本実践に参加した児童に対して行ったアンケートの結果

3. インターネットと小型デジタルビデオカメラを用いた「日食」の授業実践

3.1 仙台市立幸町小学校における実践授業

2002年12月4日(水) アフリカ大陸 オーストラリア大陸で皆既日食が見られた。

その日食の観測を日本で行うことを前提として、2002年11月29日(金) 仙台市立幸町小学校において、日食やオーストラリアに関連した実践授業を実施した。「日食の起こる仕組み」というテーマで、事前知識を得られるような内容とした。

3.1.1 学習指導案

「日食の起こる仕組み」では、日食という現象を地球からと宇宙からの2つの観点からとらえるために、模型を用いて授業を展開する。具体的には、日食を地球上から見ると月が太陽を隠す(食べる)現象であるということ、宇宙から見ると太陽 月 地球が一直線に並び、月の影が地球に落ちる(落ちたところで日食が見られる)現象であるということを取り上げる(図 3-1-1)。

学 習 指 導 案

1. 日時：2002年11月29日（金） 3校時
2. 場所：仙台市立 幸町小学校
3. 対象：幸町小学校 5年生
4. 目標：日食の起こる仕組みについて理解する

時間	授業の受け手	授業する側（注意点）	教 材
導 入 5 分	資料1を見て、それが何かを考える 12月4日に同じ現象があることを知る	資料1を見せ、何の現象かを考えさせる 12月4日の皆既日食を印象づける	資料1「皆既日食の様子」 （皆既日食の記録ビデオ）
展 開 35 分	日食が起こる仕組みを推理してみる 模型を使って、皆既日食の様子を推理しながら再現してみる、または、再現を見てみる 模型を見て、皆既日食の起こる仕組みを学ぶ 新月のたびに日食が起こらないのはなぜかを考える オーストラリアで見られて日本では見られないのはなぜか、考える 実際の皆既日食の経過を、ワークシートに書き込んでまとめる	日食が起こる仕組みを推理させる 模型を使って、皆既日食の様子を再現させる（カメラが観測者の代わりであることを説明する） 模型を使って、皆既日食の様子を再現する（児童達の再現をまとめる） 模型を使って、日食が起こらないときを再現する（地球や月の運動は説明しない） 日食が見られるか見られないかという“地域の差”を教える 実際の皆既日食の経過（太陽と月の重なり）を、ワークシートに書き込んでまとめさせる	模型2「日食の起こる仕組み」（ライト＝太陽・球＝月・地球儀＝地球・カメラ＝観測者とする） 模型2「日食の起こる仕組み」（日食の流れを再現） 模型2「日食の起こる仕組み」（太陽と月が重なると日食は起こらない） 模型2「日食の起こる仕組み」（月による影を再現） 資料1「皆既日食の様子」 資料3「日食はどうしておきるのかな？」（ワークシート）
終 結 5 分	12月4日の日食の遠隔観望会について、情報を得る	12月4日の日食の遠隔観望会について紹介する	資料4「12月4日オーストラリア皆既日食の観測（ご案内）」

図 3-1-1 幸町小学校における「日食が起こる仕組み」の学習指導案。

「日食が起こる仕組み」についての学習指導案。小学校高学年の児童を対象としている。

図 3-1-1 中の資料 1 として、ルーマニア皆既日食の記録をもとに、日食を学ぶことを目的として仙台天文同好会の殿村泰弘氏が作成した教材ビデオを使用した。授業の導入とまとめの両方に活用した。

図 3-1-1 中の模型 2 として、太陽にみたてたライトは昼間の教室でも明るく見える市販のクリップライトを用いた。空にみたてたボードは背景を隠す役割とライトの光を絞る役割を持つ。月にみたてた発泡スチロールの球には持ちやすいように持ち手をつけた。地上の観測者にみたてた小型デジタルカメラはパソコンに接続して画像の取り込みなどができるもので、地球にみたてた地球儀に取り付けた(図 3-1-1 、図 3-1-1)。児童達に日食に興味を持ってもらい、理解を深めてもらうため、カメラには人形の頭を取り付け「さいわいくん」と名付けた(図 3-1-1 、図 3-1-1)。

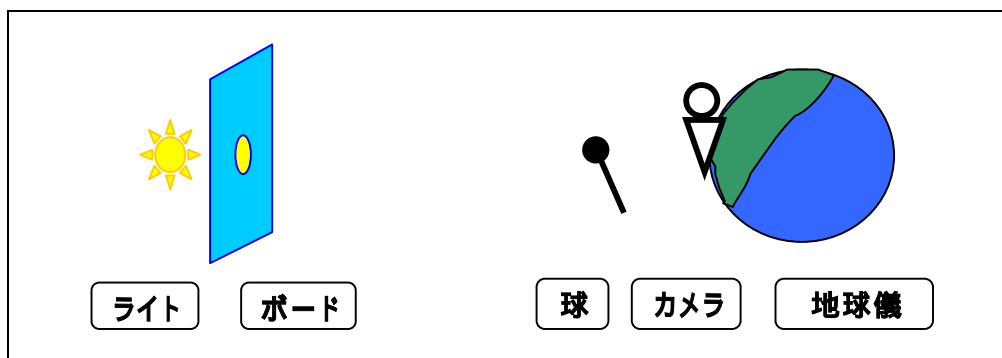


図 3-1-1 「日食の起こる仕組み」を説明するための模型

図中、左から、太陽をあらわすライト、空をあらわすボード(ライトの光を絞り、背景を隠す)、月をあらわす発泡スチロールの球(持ちやすいように持ち手をつけてある)、観測者をあらわすデジタルビデオカメラ、地球をあらわす地球儀である。



図 3-1-1 地球儀と観測者「さいわいくん」

模型として用いた地球儀と、その上に設置した地上からの観測者「さいわいくん」。



図 3-1-1 小型デジタルビデオカメラ
(Creative 社 WEBCAM5)

「さいわいくん」のもとの姿。メッセージャーのビデオ機能を利用する際にも使える。授業では、カメラに付属のソフトウェアを用いて日食を再現した。



図 3-1-1 「さいわいくん」

親しみが持てるように図 3-1-1 に人形の頭を取り付けた。カメラのレンズは地上の観測者から見た現象をとらえる。太陽にみたてたライトが非常に明るいので、レンズの部分に 415nm のバンドパスフィルターの「サングラス」をつけている。

「さいわいくん」の観測した映像はパソコンの画面に表示され、それを液晶プロジェクタで教室のスクリーンに投影した。児童達には、月にみたてた球を様々に動かしながら、日食の仕組みについて推理してもらった。また、試行錯誤しながら、数人の児童に部分日食（図 3-1-1 ）や皆既日食（図 3-1-1 ）を演示してもらった。



図 3-1-1 模型による部分日食

図 3-1-1 模型による皆既日食

「さいわいくん」が観測した日食の様子。太陽をあらゆるライトを、月をあらゆる黒い球が隠すことで日食が起こっている。415nm のバンドパスフィルターの「サングラス」により、全体的に視野が暗くなっている。

また、日食とは月の影の中を地球が通ることによって起こる、即ち、月の影が地球上に落ちるために起こるということを示し（図 3-1-1 ） その範囲が狭いことからオーストラリアでは皆既日食が見られ、日本では見られないということ（地域の差）を説明した。

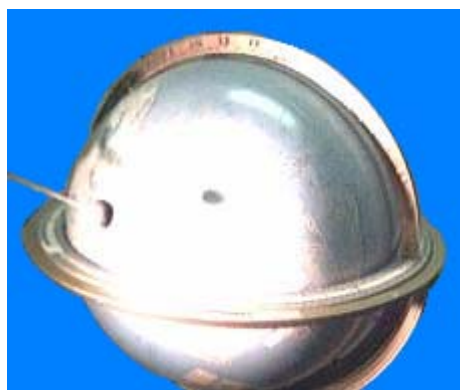


図 3-1-1 日食時の月の影

日食は、月の影の中を地球が通ることによって起こる、即ち、月の影が地球上に落ちるために起こる。その範囲が狭いために、日食の見られる範囲が狭くなる（地域の差が生じる）。

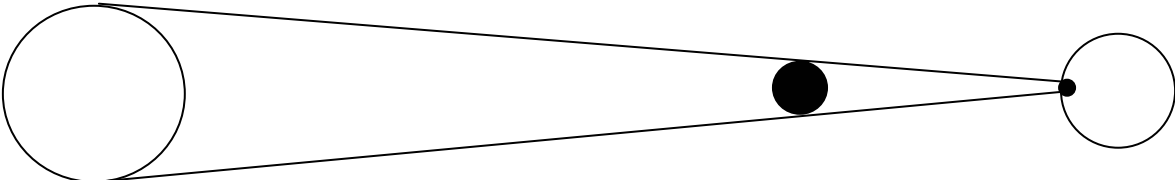
図 3-1-1 中の資料 3 として、授業の評価のために「日食はどのようにおきるのかな？」というワークシート(図 3-1-1)を用いた。

日食はどのようにおきるのかな？

年 組 名前 ()

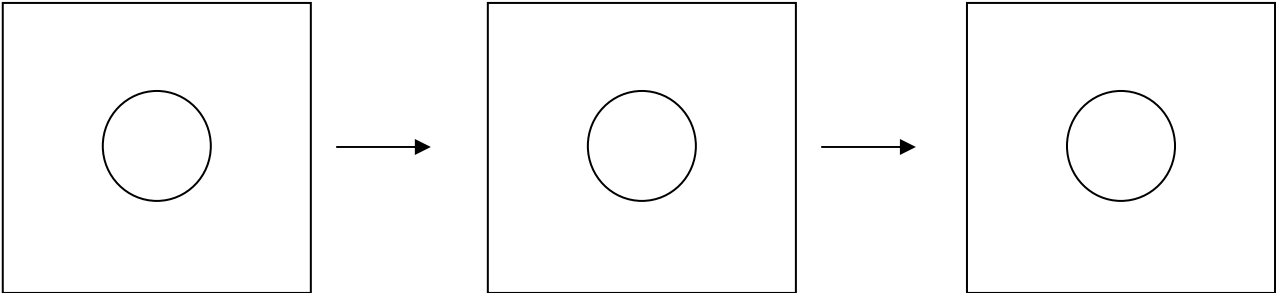
12月4日にオーストラリアでみられる「かいき日食」はどのようにおきるのでしょうか。

1. 日食のようすをあらわす下の図の () に、名前をかき入れてみましょう。



() () ()

2. 下の図に、月のかげを でかき入れてみましょう。



かいきの前 かいき日食 かいきのあと

* かいき...「ぜんぶ」の意味

宮城教育大学 惑星科学研究室

図 3-1-1 幸町小学校で用いたワークシート。
皆既日食の仕組みの理解を目指したもの。

授業のまとめとして、資料 1 のビデオを見ながら日食の経過をワークシートに書き込む児童の様子を図 3-3-1 と図 3-3-1 に示す。



図 3-3-1 授業のまとめ

授業のまとめの段階で、児童達が、仙台天文同好会の殿村康弘氏作成の日食教材ビデオを見ながら、ワークシートに日食の経過を書き込んでいる様子。

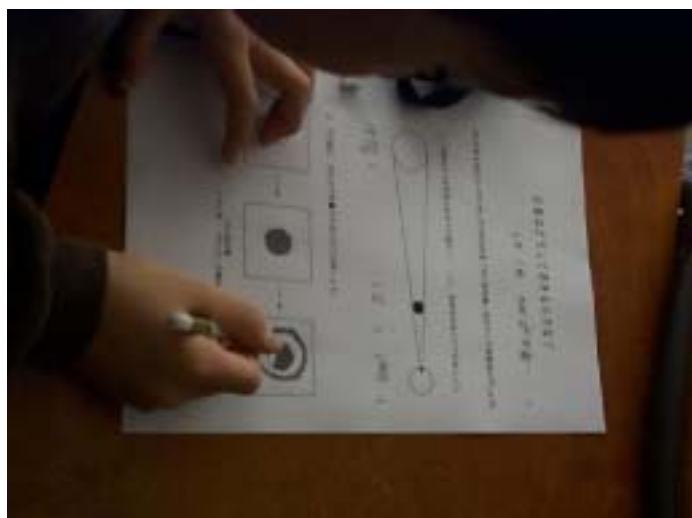


図 3-3-1 ワークシートに書き込む児童の様子

日食の起こる仕組みをまとめるためのワークシートに、児童が日食の過程を書き込んでいる様子。

3.1.2 評価

授業を受けた児童達に、自由記述で感想を書いてもらった(図 3-1-2)。 「日食がよく分かった」、「楽しい」、「勉強になった」など日食に対して興味を持ってくれた児童が多かったようである。中でも、2名が「12月4日の仙台市天文台でのオーストラリア皆既日食インターネット生中継に参加したい」との感想を書いている。理由として、児童達に模型を使って日食の仕組みを推理してもらったことがインパクトを与えたものと考えられる。また、観測者として使用したデジタルビデオカメラについても3名が感想を書いており、最新の機器を教育に活用することの重要性を改めて実感した。

「日食について、よく分からなかった」という感想については、デジタルビデオカメラの役割(地上の観測者を代表しているということ)とその映像の意味(地球から見た天体現象であるということ)が理解しにくかったことが原因として考えられる。

* 自由記述(全回答22)(一部文体を整え、要約してある)

日食でどっちから消えるか、出てくるかなどがぜんぜん分からなかったので勉強になった。12月4日の天文台に行きたい!

日食の事が分かってよかった。勉強になった。12月4日に、天文台に行きたいと思う。

日食が、すごかった。

かいき日食は、すごいと思った。

日食の説明が分かりやすく楽しい勉強ができた。

日食は日本では見られないことはちょっと悲しい(見たかった...)

かいき日食を日本でも見たい。

日食を仙台で見たい。

日食のことは分かっていたがどんな動きとか、次どこで起こるかということは分からなかったから楽しかった。

おもしろかった。

月で日食になることを初めて知った。楽しかった。

日食や、オリオン座の事がよく分かった。楽しかった。

かいき日食をみて少し、びっくりした。

日食のことがよく分かってとても楽しかった。さいわい君もとても性能がすごくて、びっくりした。

さいわい君が楽しかった。

あまり使われていないさいわい君でいろいろ見られて楽しかった!

日食が、あんまり分からなかった。

日食がよく分からなかった。

図 3-1-2 仙台市立幸町小学校 6年生 授業の感想

模型上の観測者として用いたデジタルビデオカメラ「さいわいくん」に興味を抱いてくれた児童が3名いた。最新の機器を教育に活用することの重要性を改めて実感した。

本実践において、デジタルビデオカメラの役割と映像の意味を理解させられなかったことの原因として、模型のそれぞれの部分が具体的に何を表しているかを対応させる時間がなかったことが考えられる。よって、今後、同様の授業を展開する際には、模型の役割を説明することが必要であると思われる。また、時間をとって、より多くの児童達に実際に模型に触れてもらい、もっと授業の展開の中に引き込む工夫も必要であると思われる。

3.2 仙台市天文台による

「オーストラリア皆既日食インターネット生中継」プログラム

2002年12月4日(水)仙台市天文台では、プラネタリウム館を会場として、LIVE UNIVERSE!の中継する太陽の画像を生中継する「オーストラリア皆既日食インターネット生中継」が開催された。その模様は、東北文化学園大学に中継された。

宮教大 惑星科学研究室では、オーストラリアのセデュナに赴き、皆既日食の観測と、日本へのレポートを行い、仙台市天文台の「オーストラリア皆既日食インターネット生中継」で公開した。

3.2.1 オーストラリアの紹介

仙台市天文台が用意した日食の起こる仕組みのパワーポイントファイルの説明の後、惑星科学研究室 皆既日食観測チームが観測場所に至るまでの「旅日記」のパワーポイントファイル(図3-2-1)を、プラネタリウム館内に投映した。これは、この次に行われるオーストラリアからの中継に先立ち、どのような経緯で今回の中継が行われるのかを簡単に紹介する意味合いがあった。観測チームが日本を出発するときから、オーストラリアのアデレードの街並みや草をはむ羊、砂漠の景色など、デジタルカメラで記録しておいた画像をまとめた内容であった。日食の中継と並行して、イベントの参加者が観測地であるセデュナまでの旅を追体験できるようにと企画されたものである。



図 3-2-1 旅日記の内容(一部)

旅日記は、日本を出発してから観測地であるセデュナに到着するまでの流れを、デジタルカメラの画像を使ってまとめたものである。画像は、現地からインターネットを通じて即日送信され、日本で一般公開用に編集した。投映中の解説は天文台職員が行った。

3.2.2 宮城教育大学 惑星科学研究室 皆既日食観測チーム 中継システム

観測地であるセデュナと仙台との通信には、国際電話をかけることのできる携帯電話を用いた。よって、通信速度が遅い携帯電話での通信に負荷をかけるということで、Yahoo!Messenger のボイス機能とビデオ機能を利用した TV 電話システムを利用することは難しいと判断された。観測チームが現地からプラネタリウム館へレポートをした際の中継システムは、映像のみ Yahoo!Messenger を使用し、音声は携帯電話同士の間際電話によって通信を行った (図 3-2-2)。

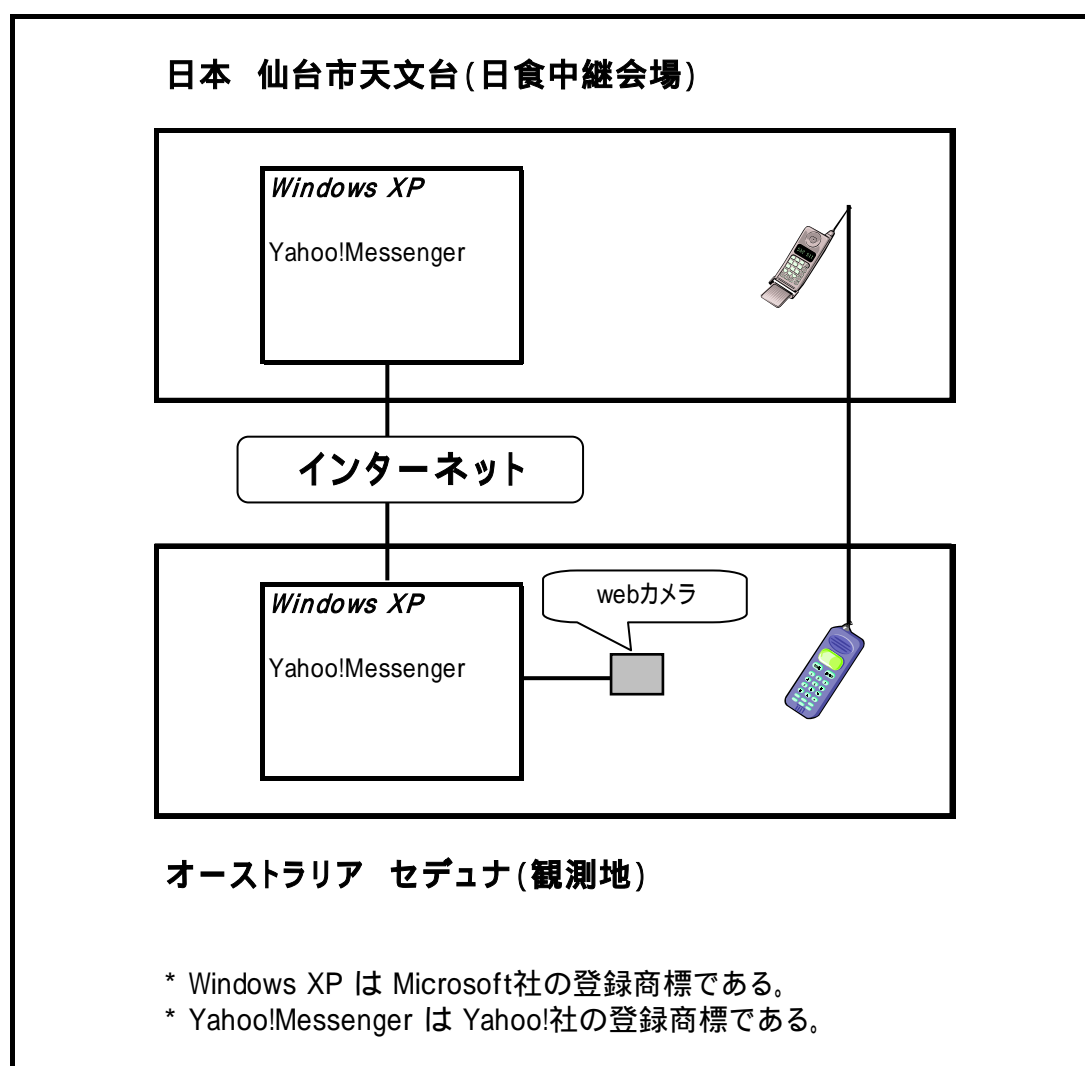


図 3-2-2 オーストラリア中継システム

オーストラリアとの中継は、映像は Yahoo!Messenger を利用し、音声は携帯電話どうしの間際電話によって行われた。



図 3-2-2 皆既日食中継サポートチームの配置

プラネタリウムコンソール横にパソコン、前方に液晶プロジェクタを配置し、旅行記や中継映像を投映した。また、館内の様子を撮影するため、デジタルビデオカメラを設置した。

観測チームからのレポートは皆既日食の前と後、それぞれ一回ずつあった。

皆既日食の前には、オーストラリアの気候や季節など、日本との違いなどを中心としたやりとりがなされた。

皆既日食の後には、皆既中の周囲の状況などについて報告があったが、観測チームの周囲を歩いていく各国の観測者の映像が入ったり歓声が聞こえたりして、非常に臨場感のあるレポートとなった（図 3-2-2 ）。



図 3-2-2 皆既日食終了後のレポート

皆既日食終了後、観測場所であるセデュナの海をバックにして、仙台市天文台からの質問に答えながらレポートをする皆既日食観測チームの吉田和剛氏。周囲で観測していた各国の観測者の歓声も聞こえてきて、未だ興奮さめやらぬ現地の様子が伝わってくる、臨場感のあるレポートとなった。

3.2.3 評価

プラネタリウム館では、親子連れをはじめ 20 名ほどの一般参加者が、天文台職員の解説や音楽を聴きながら皆既日食の模様を見守った(図 3-2-3)。皆既日食の瞬間(図 3-2-3)は、館内から歓声と拍手が起こった。

旅日記の投映では、会場から笑いやどよめきが起こったときもあり、楽しみながらセデュナまで向かう旅を追体験できたように思う。



図 3-2-3 イベント中のプラネタリウム館内の様子

親子連れをはじめ、20 名ほどが参加し、天文台職員の解説を聴きながら皆既日食の模様を見守った。

天文台における主な役割は、「旅日記」の投映と現地からの中継のサポートであった。「旅日記」では参加者の反響があった。現地からの中継では画像・音声ともに一度も切断することなく受信・通信でき、現地の様子を伝えることができた。

イベントのしめくくりとして参加者数人が感想を発表したが、「日食は素晴らしい」、「次回は見に行きたい」という声も聞かれ、参加者がそのような意見を持つ一助として、今回の「旅日記」や中継が役立ったのではないかと考えられる。

日食に関して、学校における「日食の起こる仕組み」の授業から、天文台における観測会へと続く学びの流れを想定していたが、実際に授業を受けた児童は天文台での観測会には参加していなかった。理由として、現象が日本時間の 18:00 前後にあたること、また、仙台市天文台のある場所が小学校の学区から離れていることなど、小学生が一人では参加できないような状況があげられる。

4. 議 論

4.1 インターネット望遠鏡システム

本年度は、2002年に中堤氏により構築された宮教大インターネット望遠鏡システムに対する問題点としてあげられていた、「(利用者自身が)操作しているという実感のうすさ」[中堤、2002]を補完するために、新たに望遠鏡の映像を中継するシステムを付加した。これまで利用者にとって望遠鏡の動きはパソコンの画面上のカーソルの動きでしか確認することができなかったが、本年度のシステムでは、遠隔操作の指令をインターネット経由で送った結果として望遠鏡が動く様子を、利用者がYahoo!メッセンジャーのビデオ機能を用いて確認することを可能にした。したがって、「操作しているという実感」については、昨年よりも改善できたと考えられる。

さらに、本年度導入したYahoo!メッセンジャーは、文字だけではなく音声も望遠鏡側と遠隔操作側の通信手段であるので、遠隔授業を行うことや、操作が分からないときのヘルプができる。また、同時に複数の利用者がシステムを共有するときなどは、望遠鏡側 遠隔操作側のみならず遠隔操作側 遠隔操作側で情報交換することもできる。

インド日本人学校との通信テストの際に、たまたま仙台市内で降っていた雪をYahoo!メッセンジャーのビデオ機能を用いて中継し、児童達に見せたところ、同じくメッセンジャーのボイス機能を利用して、「雪だ!」という生の声を聞かせてくれた。このことは直接天文教育には関わりがないように感じるが、経度差や緯度差を利用して海外のインターネット望遠鏡を利用する際に、星空だけではなく気候が違うことも含めて外国への興味を引き出し、理解を深めることができる可能性を示唆しているものと思われる。

また、天体導入精度の悪さを補完するものとして、SBIG社の冷却 CCD カメラ ST-237を用いた電子ファインダーシステムも付加された(吉田、2003)。望遠鏡と冷却 CCD カメラのセットアップをする際に、予め ST-237 と望遠鏡用の冷却 CCD カメラである ST-7 との光軸を合わせておくことによって、ST-7 の視野の中に目的とする天体が導入できなくても、ST-237 の視野に入れば、導入をすることが可能となった。望遠鏡を動かすときに ST-237 を focus モードにしておけば、Yahoo!メッセンジャーが望遠鏡の動きを中継するのに対して、望遠鏡が向いている星空が動きとともにかわっていく様子を中継することもできる。相対的に視野の狭い ST-7 では入りきらないほど画角が大きい天体の撮像にも利用可能である。

但し、本システムでは、冷却 CCD カメラ制御ソフトウェアである CCDSoft を 1 台で 2 つ(2 つのウィンドウで)同時に起動することは不可能であるため、宮教大のサーバ側は 2 台のパソコンを稼動する必要がある。遠隔操作側も 2 台のパソコンを用意できることが望ましい。これは、学校などでは対応できるところもあるかもしれないが、将来的に一般公開をすることを視野に入れて考えれば、一般向けとしてはあまり現実的とは言えないであろう。

システムのセットアップについても、天体ドームがなく望遠鏡を設置したままにしておけない現状では、観測のたびごとに望遠鏡を屋上に立て、光軸や極軸を合わせる必要があり、時間的にも人間的にも大きな負担となっている上、毎回精度が異なるという欠点がある。

使用しているソフトウェアについても、CCDSOft の言語は英語であり、一般の利用者に対しては操作性が高いとは言い難い。また、TheSky と CCDSOft 以外にも類似した機能をもつソフトウェアがあると考えられ、他の個人や機関と連携する際に互換性がない可能性もある。

今後の目標としては、現在建設中の天体ドームに望遠鏡を据えつけて、光軸や極軸の精度を高く保つことと、各ソフトウェアを容易に操作できるようなマニュアルをつくること、実践経験を積み重ねてトラブルシューティング用のマニュアルをつくることなどが考えられる。

4.2 実 践

インド日本人学校との授業実践では、インド主導で展開し、CCDSOft などのソフトの使い方のサポートを行った。本実践をふまえて、今後は宮教大主導での遠隔授業を行うことが目標の一つとして考えられる。

仙台市立幸町小学校での授業実践では、模型やワークシートなど、準備した資料類を適切に活用することができなかった。特に模型は、時間をとって何を表しているかを対応させる必要があったと考えられる。

5. 結 論

インターネット望遠鏡を、教育に有効活用するためには、次の3点が考えられる。

1. 一般に公開し、学校教育の補完的な意味合い、あるいは、観測機材を持たない利用者の観測に資すること。
2. 日本国内での同様なシステムを持つ個人や団体と連携し、国内でのネットワークを作ること。掩蔽など地域差のある現象を同時観測する他、授業などで使用する際の、あるサイトに対するバックアップとしての役割を持たせること。
3. 海外と連携し、時差を利用して昼間の授業中に夜空を観測したり、北半球の日本と南半球のオーストラリアでは時差はあまりなくても季節が違う（日没時間の違いを利用）ことを学んだりする。

1.のためには、望遠鏡を据えつけて、常に高い精度を保つことが必要である。観測することに全然条件が違う、ということのないようにしたい。

2.のためには、日本国内でインターネット望遠鏡システムを公開している個人や団体について調べ、そのシステムについて理解する必要がある。

3.のためには、本研究のように、海外にある日本人学校の教諭にご協力いただくことが有効な手段の一つであろう。お互いに日本語によるコミュニケーションが可能であるため、授業等で利用する際も、フォローなどが容易であると考えられる。

以上のようなことが、今後の課題である。

6. 謝 辞

本卒業論文のための研究を進めるにあたって、ご助言や懇切丁寧なご指導をしていただきました宮城教育大学 教育学部 惑星科学研究室（地学科）の高田淑子助教授に深く感謝申し上げます。

また、実践授業の手配、授業内容についてのご指導、ご助言をしていただきました仙台市天文台の長島康雄先生、海外提携の一環としての通信テストにご協力いただきましたインド日本人学校教諭の池田尚人先生、メッセンジャーを用いての通信テストにご協力いただきました宮城県教育研修センターの伊藤芳春先生、林俊也先生、インターネット天文台勉強会にご参加いただき、本システムに対しご意見をいただきました先生方に、深く感謝申し上げます。

実践授業の場を提供してくださいました、仙台市立幸町小学校の皆さま、実践授業のために皆既日食のビデオを使用させてくださいました、仙台天文同好会 殿村泰弘さん、様々な場面でご助言をいただきました仙台市天文台のみなさま、資料を提供してくださいました仙台市こども宇宙館のみなさま、仙台市天文台でのイベント「オーストラリア皆既日食インターネット生中継」関係者の皆さまに深く感謝申し上げます。

天文教育について数多くの示唆を与えてくださいました故 小坂由須人仙台市天文台名誉台長に、深く感謝申し上げます。

そして、システム、実践授業その他、研究活動全般にわたって多大なるご助言・ご援助をいただきました、特殊教育特別専攻科の中堤康友さん、同研究室の松下真人さん、吉田和剛くん、斎藤正晴くん、千葉紀子さん、佐々木佳恵さん、理科教育専修の藤村久美子さん、理科教育専攻の伊藤貴洋くん、阿部伸也くん、情報数理専攻の河野和宏くん、自然環境専攻の日下部恵さんに深く感謝申し上げます。

最後になりましたが、これまで自分を支え、時には厳しく、時には暖かい目で見守ってくださいました全ての皆様に、心からの感謝を申し上げます。

本当に、どうもありがとうございました。

7. 引用文献

文部省（現文部科学省）告示「中学校学習指導要領」（平成 10 年 12 月）

文部省（現文部科学省）告示「小学校学習指導要領解説」理科編（平成 11 年 5 月）

中堤康友（2002）「インターネット望遠鏡を用いた天文教育プログラムの開発」
PP5-10、P16、P25

佐藤毅彦・坪田幸政・松本直紀（1999）「インターネット天文台の構築：その 1．安く、早く、簡単に。」天文月報 92 PP312-317

佐藤毅彦・坪田幸政・松本直紀（2000）「インターネット天文台の構築：その 2．良い物は作らない。」天文月報 93 PP313-318

「インターネット天文台を開発した」（2000 年 11 月 6 日 毎日新聞）

Software Bisque 社 ホームページ [<http://www.bisque.com>]

Bradford Robotic Telescope Observatory site [<http://www.eia.brad.ac.uk>（2002）]

TIE site [<http://www.mtwilson.edu/Science/TIE/>（2002）]

Yahoo!メッセンジャー ホームページ [<http://messenger.yahoo.co.jp/>（2002）]

msn メッセンジャー ホームページ [<http://messenger.msn.co.jp/>（2002）]

Yahoo!Messenger site [<http://messenger.yahoo.com/>（2002）]