

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

松本直記* ・ 坪田幸政* ・ 佐藤毅彦**

Naoki MATSUMOTO* ・ Yukimasa TSUBOTA* ・ Takehiko SATOH**

1. はじめに

ここ数年で急速に普及したインターネットは様々なインパクトを教育現場に与えた。慶應高校にも関係諸氏のご尽力により常時専用線に接続された環境が構築され、教職員はメールなどの情報交換や、授業をより魅力的にするための情報収集手段として大いに利用されている。インターネットは世界中を瞬時に結び、空間を超越した双方向コミュニケーションを可能とした。そういった意味でインターネットは新しいメディアといえる。このメディアを利用して教育に新しい可能性をもたらそうと考えた。

理科教育において実物を提示することは殊に重要である。物理現象を実際に見せたり、数億年前に生きていた生物の化石を手にする事で理解や興味は大きく促進される。ハッブル宇宙望遠鏡やすばる望遠鏡が撮影した美しい天体画像も生徒の心を魅了するだろう。しかし、それ以上に「今」の画像が重要であると考え。昼間に行われる授業では当たり前の話であるが基本的に太陽、月、金星以外の天体観測ができない。しかし、インターネットを利用して海外の望遠鏡を遠隔操作することができたら、昼間の授業で様々な天体を観察することがで

きる。夢のような話であるが、事実そのような望遠鏡は存在する。イギリスのブラッドフォード望遠鏡、アメリカの Hands on Universe 望遠鏡、日本のみさと天文台などである。もちろん、これらの望遠鏡を常時使って授業に役立てることはできない。そこで、なるべく人手がかからないで、特殊な利用環境を必要とせず、インターネット経由で操作できる望遠鏡、「インターネット天文台」を構築することを考えた。そして、それを安価に実現することを示すことでこのような施設の普及を期待した。

2. インターネット天文台の利点

インターネット天文台を構築して利用することで、以下のような利点が考えられる。

利点1:慶應高校のように学区を持たない私立学校でも時間的制約にとらわれずインターネットを介した観望会を頻繁に行うことができる。

利点2:継続的に利用することが容易になるので、太陽黒点の移動、小惑星探査など、扱うことのできる学習テーマが飛躍的に増加する。

利点3:地球の裏側など大きな時差のある地

* 慶應義塾高等学校

** 東京理科大学

点をインターネットの即時性を利用して結ぶことで、昼間の授業においてもリアルタイムの天体画像を扱うことが可能になる。

3. インターネット天文台の構築

インターネット天文台の構築については佐藤・坪田・松本(1999)に詳述したので詳しく触れないが、小望遠鏡を中心とした低価格なシステムで、「安く、早く、簡単に」設置できることを心がけた。

Meade 社製 30cm 口径望遠鏡 LX-200 を本校舎北側屋上に設置されたアストロ光学製のスライディンググループに収め、観測室のコンピュータで制御を行う。スライディンググループ設置に際しては高校庶務課、大学工務課の方々にひとかたならぬ尽力をいただいた。

望遠鏡の遠隔操作に関しては、利用者に特殊なスキルを要求したり特別な利用環境がなくてもインターネットにさえ繋がっていれば利用できるようにシステムを構築した。具体的にはインターネット天文台にログオンしたり望遠鏡を操作するユーザインターフェイスには一般的な WWW ブラウザを利用した。

観測された画像の閲覧には、Real Networks 社の Real Player または Real Player G2 を利用する。これらのソフトは動画をインターネットで閲覧するのに非常に一般的に利用されており、無料で入手することができる。

このように利用者は、インターネットに接続してさえいれば特殊なソフト購入することなしに、望遠鏡を操作し画像を取得することができる。

利点 3 で掲げたとおり、そのシステムの

最大の魅力は時差を利用した、リアルタイム天体観測である。慶應ニューヨ - ク学院には、コンピュータで制御の可能なセレストロン社製の望遠鏡があり、慶應高校のシステムと同様のものを比較的簡単に構築することができる。また、慶應ニューヨ - ク学院と相互利用ができるようになれば、両校で昼間の授業においてライブ天体観測が可能となるうえ、交流にもなるだろう。

筆者のうちの坪田は、9月上旬に慶應ニューヨ - ク学院に訪問し、デモンストレーションを行った。先方はあわただしい時期であったが、高品主事、野津教諭、阿久沢教諭、Kilar 教諭らの協力により無事デモンストレーションすることができた。日吉(夜)で観測された木星を、インターネットを通じてニューヨーク(朝)で観測することができ、このシステムで初の海外からの遠隔操作、画像の提供に成功した。

4. インターネット天文台の国際利用

10月の初旬に、このシステムを構築する際に様々なアドバイスをいただいた和歌山大学工学部の曾我氏より連絡があった。フランスで行われる天文物理関係のワークショップに遠隔操作望遠鏡を使いたいとのことで、和歌山県美里町のみさと天文台と慶應高校のインターネット天文台が協力することとなった。このワークショップのプロデュースを行っているミュンヘン工科大学の Josef Jochum 氏と曾我氏は、松本が 97 年から参加している Hands on Universe (以下 HOU) プロジェクト(インターネットとコンピュータを使った天文教育プログラムを推進するプロジェクト)を通じて親交のある人物である。

ワークショップの前日に接続テストを行った。複数のユーザによって同時に望遠鏡が制御されることがないように、このシステムではログオンを行うことでユーザの排他処理を行っている。そのログオンの仕方や、観測対象の決定方法などを練習するため、インターネット会議システム(Microsoft Netmeeting)によって両者をつなぎ、打ち合わせをしながら Jochum 氏と同僚の Andreas Kratzer 氏によって、慶應高校のインターネット天文台をドイツから遠隔操作した。

この接続テストによって、いくつかの問題点が明らかになった。ユーザインターフェースの一部メニューを英語化したものの、文字化けした日本語の中に埋もれた英語を見いだすのは困難らしく、ログオンの際にユーザ名を記入するボックスの場所を説明するのにさえ一苦労であった。また、メニューで選んだ結果を、望遠鏡へ送信するプログラムが一部、正常に動作しないこともわかり、翌日のイベント本番に向けて急遽、改良を行った。

翌日のワークショップは、フランス、パリにある Jacques 高等学校で行われた。前述の HOU をフランスで普及するための会合で、天文学に興味のある教員や生徒など 40 名ほどが集まった。会場には、HOU の主催者である、アメリカ、カリフォルニア大学バークレー校の天体物理学者 Carl Pennypacker 氏や、ロシアから Olga Tsiopa 氏、フランスのパリ天文台から Jennifer Roman 氏と Anne-Laure Melchior 氏らの天文学者も参加した。

Jacques 高等学校の物理教師である担当者の Suzanne Faye 氏はコンピュータには

あまり詳しくないとのことで、ドイツから Jochum 氏と Andreas 氏が前述のインターネット会議システムと携帯電話でバックアップしながら日本時間の夕方 18:30 (フランス時間 11:30) から夜 22:00 (同 15:00) まで、インターネット天文台の遠隔操作が行われた。

フランス ドイツ 日本のやりとりは英語で行われた。みな、母国語ではない言語でのコミュニケーションであったが、文法など気にせずに大いにやりとりをした。

当日は天候があまり良くなく、フランスの会場のコンピュータも不調で何度か再起動を要する場面があったが、雲の切れ間に木星や土星、そして白鳥座のくちばしに位置する二重星、アルビレオを観測することができた。

リアルタイムに地球の裏側にある望遠鏡を遠隔操作し、その観測画像を見るということは、大いに観衆を驚かせ、天文教育の未来を示唆することができただろう。

ワークショップが終わってすぐに、フランス、ドイツ、アメリカから感謝の電子メールが届いた。以下その内容の抜粋を紹介する。

Suzanne Faye 氏から

“Hello Naoki,

Yesterday has been a great day in our lycee, and you have a great part in it.

I organize various scientific workshops in lycee Jacques Decour, and we are the first French lycee working with Hands On Universe.

We have French and foreigners students , preparing for the hardest scientific French competitions (Ecole Polytechnique is our most famous one).

The video connection with your telescope has been the best moment

during that day; the Internet room was overcrowded and everyone was very much impressed. We perfectly saw Jupiter and Saturn, in Japanese sky , it was really great.

I hope such a wonderful collaboration to grow ; we all thank you a lot.

Onwards and upwards Suzanne FAYE”

「日本の望遠鏡を間隔操作し、画像を得たときがこのワークショップの中でも最高の瞬間だった。コンピュータールームは人であふれかえり、皆は非常に印象づけられた。日本の空の木星と土星をパーフェクトに見ることができた。これは全く素晴らしいことだ。」

以下、原文は省略させていただく。

Josef Jochum 氏から

「遠隔観測はこのワークショップのハイライトであった。私は望遠鏡のコントロールが非常に簡単で素早いのに驚いた。望遠鏡をコントロールし画像を得るのにもっと多くの時間がかかることを想定していたのだが、リクエストをして即座に木星の美しい画像を得ることができ、簡単に土星やアルビレオに望遠鏡を向けるができた。Real Videoによる動画の配信は良いアイデアだ。大気による揺らぎが実際に観測しているような印層を与えることができる。私は慶應高校の遠隔操作望遠鏡とそれを作り上げた仕事を賞賛したい。それは、天文教育において素晴らしい道具となるとともに国際的な遠隔操作望遠鏡ネットワークのパイオニアになるだろう。」

Carl Pennypacker 氏から

「望遠鏡を使わせてくれてお礼を言いたい。それは、驚くべき鼓舞すべき経験だった。Jacques 高等学校には約 400 年の歴史があるが、こんな経験は初めてのことだっ

たろう。フランスから望遠鏡に土星を向くように指令したとき、教室の皆は固唾をのんで待った。画面に土星が現れたとき、とても興奮し感激した。もっともっと慶應高校の望遠鏡を使いたい！今度は、慶應高校の教室からアメリカやヨーロッパの望遠鏡を使ってくれることを望んでいる。」

さらに、11 月 20 日、ミュンヘン工科大学で行われた Josef 氏と Andreas 氏の主催する科学教育ワークショップにも協力をした。この日は、インターネットを介して慶應高校、およびオーストラリアの望遠鏡から送られてきた画像を会場の大きなスクリーンに投影し行われた。ミュンヘンの観衆は昼間に北半球と南半球からそれぞれ撮影されたリアルタイムの天体を同時に楽しむことができた。

慶應高校の望遠鏡は遠隔操作が可能なので、ドイツからの操作によって、木星、土星、月をとらえることができた。

また、このときは時間的に余裕があったので微動装置を使って、微調整をドイツ側から行った（図 2 参照）観測画像の視野はかなり狭いので、月を対象とした場合、画面が一様に明るくて様子がわかりづらいことがある。欠け際は光と影のコントラストが大きくクレーターの様子をよく観察することができる。画面に映っている上下左右と望遠鏡の動く東西南北は光学系の関係上一致せず、しばらくの試行錯誤が必要であったが、少々の時間を経て目的の場所へ視野を動かすことができるようになった。このときまさにインターネットが望遠鏡とユーザをつなぎ、目の前で望遠鏡を操作しているのと同じように地球の裏側から操作ができたのだという印象を受けた。

イベント終了後に Andreas Kratzer 氏からいただいた電子メールを紹介する。

“The event on Saturday was a big success. People liked to see Jupiter in Japan and Australia the same time. Thank you very much for your help. I think this was very important for our project. There is even a short report about us in one of the more important newspapers and one of the Bavarian ministers took our information booklet.

Best regards, Andi

PS: Many people were interested to use your telescope.”

ワークショップは成功裏に終了し大きな反響を呼んだとのことである。

5. おわりに

Carl Pennypacker 氏が管理するロイシュナー天文台の 75cm 望遠鏡は、登録された会員からのリクエストを受け付け、目的の画像を撮影したら、電子メールでその旨を知らせ、インターネット経由で画像をダウンロードできるような仕組みを持っている。松本はこの望遠鏡にリクエストした画像を選択地学（天文分野）で活用してきたが、リアルタイムに自分で遠隔操作はできなかった。

慶應高校の魅力的な環境と今回培った交流を利用して、より生徒の興味を引き出し学習効果を上げることが今後の急務であろう。この実践が行われた段階より、システムに更なる改良を加え続けている。大きな目的のひとつである、生徒による探求活動のための継続的な利用ができるようになるまであと一歩の段階である。

そして、慶應ニューヨーク学院との交流、システム構築も進めていく予定である。遠隔地の望遠鏡を相互利用することで教育効

果を上げながら人的交流を深めることができるであろう。

補遺

文中で紹介した、遠隔操作実践において撮影された映像はコンピュータファイルに保存されており、

<http://robotele.hs.keio.ac.jp/~matsu/>
で参照することができる。

謝辞

この研究には、平成 9・10 年度（財）電気通信普及財団からの助成金および平成 11 年度慶應義塾学事振興資金が利用されています。

参考文献

有本淳一・留岡昇・長谷直子(1998):「追想：コンピュータがやってきた！」～コンピュータ、インターネットを用いた天文学教育～, 天文月報, 91(6), 271-276

松本直記・浜根寿彦・中道晶香(1998), 「リアルサイエンティストを教室に - インターネットが可能にした遠隔授業 - 」, 慶應義塾高等学校紀要 29号 p.25～32

松本直記・坪田幸政・佐藤毅彦・高橋典嗣(1999), 「インターネット天文台の構築」日本天文学会 1999 年春季年会

佐藤毅彦・坪田幸政・松本直記(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(6), pp.312～317

松本直記・坪田幸政・佐藤毅彦・高橋典嗣(1999), 「インターネット天文台の構築とその利用」, 日本理科教育学会第 49 回全国大会要項集 p.259

松本直記・坪田幸政・佐藤毅彦・高橋典嗣(1999), 「地学教育におけるインターネットの利用 - インターネット天文台の構築と活用 - 」, 日本地学教育学会第 53 回全国大会要項集 pp.116-117



図1 インターネット天文台の外観および Meade 社製 LX-200 望遠鏡

LX-200 はコンピュータ操作望遠鏡としては最も一般的な機種である。スライディンググループは電動で開閉可能であり、現在その遠隔操作化に取り組んでいる。

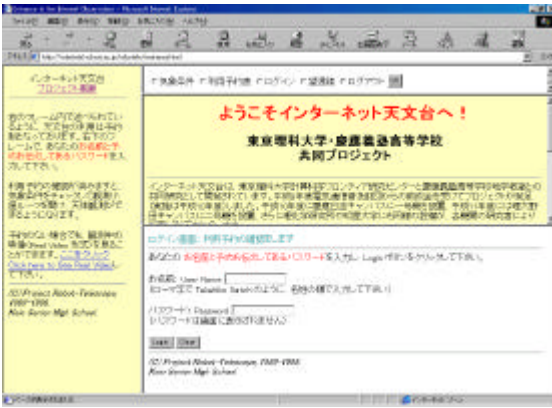


図2 WWW ブラウザを利用したユーザインターフェース

ログオン・観測対象の決定・微動調整・ログアウトなどができるようになっている。



図3 慶應ニューヨーク学院でのデモンストレーションの様子

インターネットに接続されたノートパソコンで、慶應高校から配信された Real Video を受信、再生している。映っているのは木星。

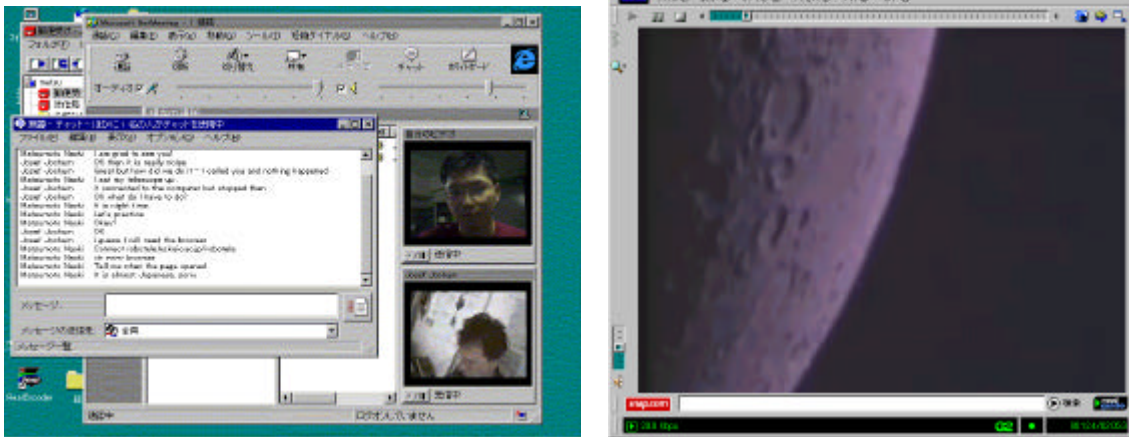


図4 ミュンヘン工科大学との接続テストの様子

コミュニケーションもインターネットを利用する。左は Microsoft Netmeeting の画面。カメラの画像、文字のやりとり（チャット）、音声での通信などが可能。右は配信された動画の例。この日は開始時間が早く西の空に傾いた月が観測できた。



図5 パリからの遠隔操作で観測された画像

- 左上：木星
- 動画では、木星の衛星を観察することもできた。
- 右上：土星
- 左下：アルビレオ