

インターネット天文台と理科教育

佐藤 毅彦・前田 健悟・松本 直記*・坪田 幸政*

Internet Astronomical Observatories and Science Education

Takehiko SATOH, Kengo MAEDA, Naoki MATSUMOTO and Yukimasa TSUBOTA

(Received September 1, 2001)

An "Internet astronomical observatory" is a sophisticated facility of which all functions of performing astronomical observations can be accessed and controlled via the Internet (two are currently in operation in Chiba and Kanagawa). We have demonstrated its usefulness to a broad range of audience at the Science Festival 2001, held in August, 2001. To fully utilize such useful facilities, it is ideal to build one at the Faculty of Education, Kumamoto University, which should serve as a very important observing site in the western part of Japan. We discuss possible use of this tool of "IT era" in today's science education.

Keywords : Internet, remote control, astronomy, science education

1. はじめに

2001年8月18日(土)と19日(日)の両日, グランメッセ熊本を会場に「青少年のための科学の祭典・熊本大会2001」が開催され, 大盛況であった。教育学部理科教育講座の展示ブースでは「インターネットの星空体験!」と題して, 二基のインターネット天文台(千葉県野田市・東京理科大学と神奈川県横浜市・慶應義塾高等学校)を駆使し, 遠隔操作による太陽面の観察を数多くの来場者に体験してもらうことができた¹⁾。インターネット天文台とは, 「インターネットを経由して天文台の全機能(望遠鏡やCCDカメラを含む)を遠隔操作し, 天体観測を可能とする設備」であり, 1998~1999年度にかけて上記の2サイトに設置されている^{2), 3)}。本稿では, それらを利用した理科教育の可能性について考える。

2. インターネット天体観測の有用性

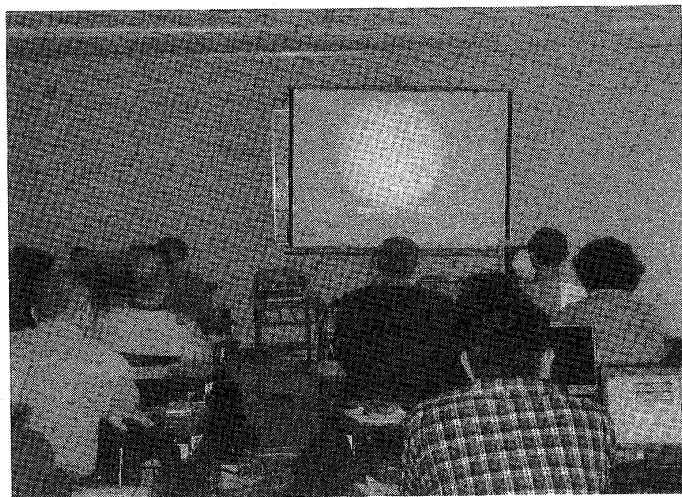
かつて「学校教育になぜコンピュータを利用するのか」が問われたように, 「天体観測になぜインターネットを利用するのか」という疑問は当然あり得る。本物の星空が最高であり, それを用い

* 慶應義塾高等学校地学科教諭

た教育実践を行える環境においてまでインターネットを利用する必要は、もちろんないと思う。しかし、本物を利用するのはそう簡単でないことも、事実なのである。

- 第一に挙げられるのは、天体観測実行の難しさである。小中高の学校現場において夜間の観測会を実施することは、設備的・時間的・マンパワー的にも相当に難しい。インターネットを利用して、自宅から学校の望遠鏡を操作・天体観測できる環境が整えば、こうした問題は解決される。
- 第二に、インターネット天体観測は、身障者にとって特に大きなメリットをもたらす。天体観測の実施環境は建物の屋上、野外など、アクセスの不便な場所が多い。そして周囲は暗く、身障者には何重

図1：柏市松葉公民館における中高年者対象の講習会で、インターネット天文台による観測を実演したときの様子



- ものバリアが存在する。インターネット天体観測は、その解決方法の一つとして有効であろう。同じ理由で、中高年者にとってもメリットがある（図1）。
- 第三に、リモート観測が可能な施設があちこちにあれば、天候条件に左右されるという天体観測の弱点を、ある程度までは克服できるであろう。天候の良い天文台を選びインターネット観測をすることで、学習計画どおりに効率良く授業を進めることができる。複数回にわたる観察が必要な場合であっても、その連続性を確保することができよう。
- 第四に、大きな時差のある地点を利用して、昼間の授業においてもリアルタイムに夜空の観測を行うことが可能になる。実験実績は既にあり、坪田が白昼の慶應ニューヨーク学院から慶應高校のインターネット天文台を操作、日本の夜空の木星・土星などを観望することに成功した（1999年9月）のを皮切りとし、欧米における天文教育イベントなどに既に幾度も夜空を提供している⁴⁾。実際体験してみると、昼間に夜の空を見る（しかも、自分で天文台を操作して）という経験は実に新鮮なものだ。日本のインターネット天文台は欧米のユーザにこのような利用機会を提供しているのだから、地球の裏側にも同様な使い方ができる天文台を早く設置し公開してほしいものである。

CD-ROM教材によくある大望遠鏡が撮った天体画像は、確かに大迫力で自然の神秘を伝える。インターネット経由でリクエストを受け付け、得られた画像を後日送信してくれる望遠鏡もある⁵⁾。しかしいずれであっても、「固定化された」情報の常として、学習者の積極的な興味を喚起しそれを長く持続させるという効果は薄いと思う（テレビ放映中の映画は真剣に見るが、いったん録画してしまっただけは見ることもなく死蔵してしまう、という経験は誰にでもあるのではないか）。

それに対して、インターネット天文台が提供するものは、デジタル化されているとはいえ「生の映像」であり、ユーザが自ら操作するという「参加する感覚」である。適切な観測対象を選択するなど工夫をこらすことにより、そのライブ感に助けられて、はるかに生き生きとした学習効果を期待できる。筆者は、小学生を対象としたイベントにおいて、次のような経験をした（2000年夏）。その

夜は運悪く曇りであったが雨は降らなかったため、天文台の屋根を開けて望遠鏡を動かすことを子供たちに体験してもらった。続けて、過去に行った観測の録画を見せたところ、まるでいま実際に観測しているかのような真剣さで、その映像に見入ってくれたのである。つまり、インターネット天文台のインタラクティブ性を体験することで、固定化された情報に対する親近感まで増したためであり、教材の提示の仕方にはいろいろと工夫の余地があると改めて教えられたのである。

3. 学習指導要領とインターネット天文台

学習指導要領⁹⁾（平成10年告示）に基づき、小中高の理科の教育において、インターネット天文台がどのように利用可能であるかを次に列挙する。

小学校理科においては、以下のような利用方法が考えられる。

- 第4学年「地球と宇宙」において、明るさや色の違う星があることを体験できる。肉眼で空を見た場合、星の明るさの違いはわかっても、色の違いはなかなか視認しにくいものである。カラーCCDカメラを望遠鏡焦点部に装着し、少しピンぼけとする（つまり面積を与える）ことで、さまざまな色の星があることを容易に実感できる。

中学校理科第2分野の「地球と宇宙」において、以下のような利用方法が考えられる。

- 天体の日周運動を観察する場面において、肉眼に対しては星の動きはゆっくり過ぎるが、望遠鏡で拡大して見ることにより、短時間で実感することができる。経緯台式望遠鏡の焦点部にカメラを装着し、天空のいろいろな方向へ向けてモーター追尾を停止させる。すると、画面上で星がいろいろな方向へ動くことが容易に観察でき、多くの観察結果を組み合わせ（透明半球上に、星の動いてゆく方向をプロットすると良い）その規則性を見出すことができる。
- 太陽系と惑星において、太陽表面の観察を安全に実施することができる（生徒に望遠鏡を直接扱わせて太陽へ向けさせることには、常に一定の危険が伴うことは避けがたい）。惑星の見え方の例として金星の満ち欠けの様子を観察したり、惑星の大きさの違いを実感するために、いろいろな惑星へ望遠鏡を向けることも考えられる。

高校理科において、以下のような利用方法が考えられる。

- 理科基礎において、天動説→地動説の転換を扱うことになっている。このとき、ガリレオが発見したミニ太陽系である「木星とその周囲を回る衛星の運動」を追体験させることが考えられる。数日間の観察で、明るい四衛星がその位置を変える様子が良くわかる。
- 理科総合Bにおいて、地球の表面の様子を太陽系の他の惑星の表面の様子と比較して扱うことになっている（この部分、「の」が多いとワープロに注意されたが、学習指導要領原文のままである）。金星、火星、木星、土星などが表面の様子を観察しやすく適当である。
- 地学Iにおいて、太陽系の中の地球として、「惑星、月の表面の様子や大きさ」も地球との対比において扱うことになっている。上記に加えて、月のクレータを観察する。
- 地学Iにおいて、恒星の性質と進化としてHR図を中心に扱うことになっているので、その説明に際して、星の色の違いを実体験することが考えられる（小学校第4学年の項で述べた手法による）。
- 地学IIにおいて、電磁波に対する大気の影響を説明する際に、「低空の天体からの光は大気による屈折を受け、色分散を生じて見える」様子を観察することが考えられる。

● 地学Ⅱにおいて、課題研究における中長期的な継続観測

総合的な学習の時間においても、インターネット天文台の利用が考えられる。テーマを定めて継続観測をすることをはじめ、インターネット天文台の利用を通して情報の伝達や処理に対する興味・理解を促進することができるだろう。時差を認識したり、天気が場所ごとに異なることも体験できるはずだ。さらにこれらのことから、天文学における国際協力の必要性を理解したり、また国際理解を深めてゆくことにもつながるであろう。

小中高のいずれにおいても、指導計画の作成と内容の取扱いの項で、コンピュータや情報通信ネットワークの積極的な活用が奨励されている。インターネット天文台の活用は、その点からも理科教育にふさわしい教材になり得るものである。

4. インターネット天文台の概要

ここで少し、既設のインターネット天文台について、そのハードウェアとソフトウェアを概観しておこう。

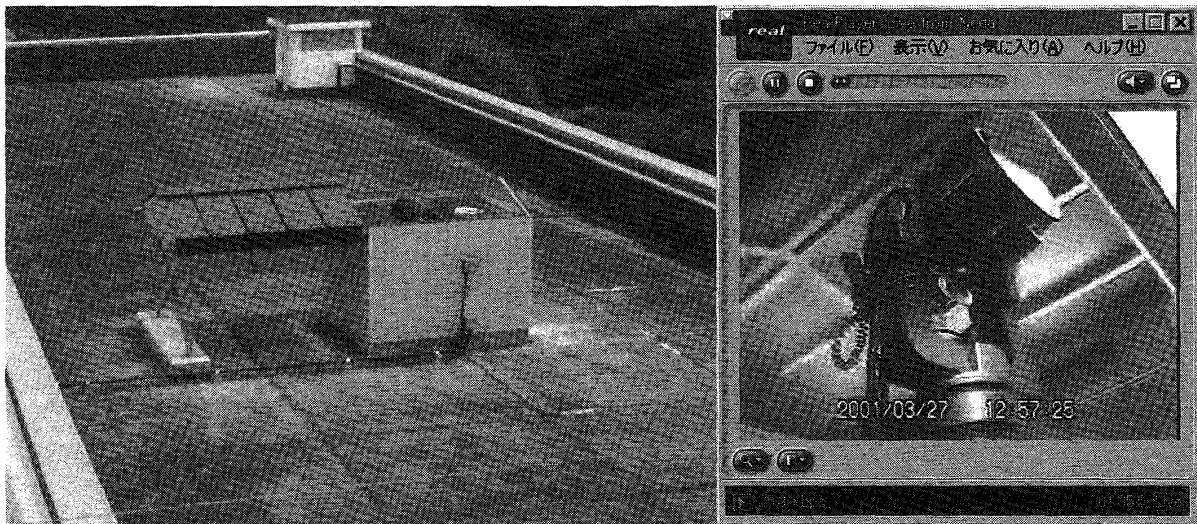


図2：ルーフ開閉式観測室（左）と、望遠鏡（右：ルーフが開いてゆく様子を RealPlayer で観察している）

望遠鏡とカメラ：

望遠鏡は、ミード社製 LX-200 型を使用している（理大は口径 20cm、慶應は口径 30cm）。LX-200 は、大きな口径と自動導入・自動追尾を低廉に実現した望遠鏡であり、その制御コマンド系はデファクトスタンダードとなっている⁷⁾。理大の望遠鏡はこれに加えて、暗い天体を観測するための暗視装置を主望遠鏡に装着、副望遠鏡として太陽 H α 線観測用の高性能フィルターを備えた屈折望遠鏡を同架している⁸⁾。

撮像装置は、高感度 CCD カメラと、家庭用 CCD カメラを用意している。前者は星雲など暗い天体の撮像に強く、多くのインターネット望遠鏡で主流となっている^{4),9)}。ただし焦点合わせが面倒なこと、出力が NTSC 信号ではないので、インターネット経由で画像をリアルタイムに送るには工夫

が必要だ。そのような理由から、現在は理大・慶應ともに、家庭用 CCD カメラによる NTSC 信号出力を映像配信ソフトウェア Real Video を利用して、インターネットに提供している。

家庭用 CCD カメラでは、感度の不足から明るい天体しか観測できない点は不利であると感じられるかも知れない。しかし上記のように、学習指導要領に沿った理科教育のための教材と割り切ってしまうと、大きな問題ではない（明るい恒星ならば、その色もちゃんとわかる）。そもそも限られた授業時間内に、暗い天体に向けて長時間の積分を行なうことは実用的とはいえず、それならば大望遠鏡による CD-ROM 天体画像の利用が効果的である。やはり、臨場感を伴った（シーイングでゆらゆらと動く）太陽や月、惑星などが、教材としてのインターネット天文台の真骨頂を示す対象であろう。「科学の祭典」会場でも「暗い天体は見ることはできないの？」とたずねてくれる来場者もいたが、このような説明で納得してもらうことができた。

観測室と気象監視装置：

観測室はスライド開閉式の屋根を持ち、遠隔操作により開閉の操作を行うことができる（アストロ光学製、図 2）。観測時は屋根が開き、天空のほとんどの方向へ望遠鏡を向けることができるようになるのである。気象監視装置を備え、天候の悪化（降雨、強風、高い湿度）をキャッチすると、自動的に観測室を閉じるようにソフトが設計されている。

制御 PC とユーザインターフェイス：

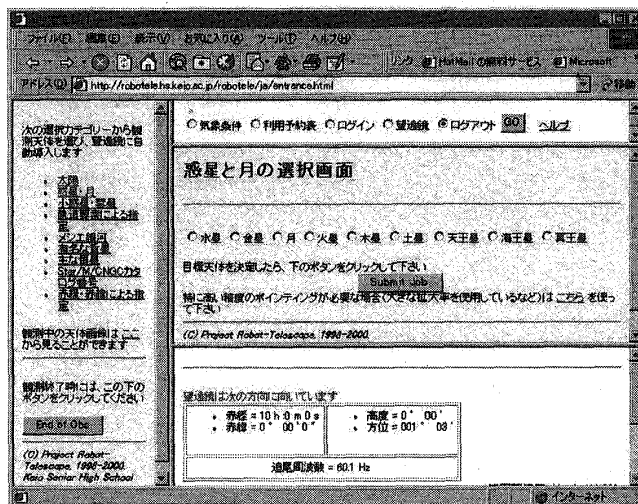
制御 PC は、理大・慶應ともに Linux PC で、ハード的に特別なものではない。利用者は、ネットスケープナビゲータやインターネットエクスプローラなどの WWW ブラウザを用いて、ブラウザから目的の天体を指定することにより観測ができるという簡単操作にしてある（図 3）。もちろん、観測室の屋根開閉も含めてすべての操作が可能である。

インターフェイス・プログラムは、ブラウザ（ユーザ）からの要求を解釈し、望遠鏡やカメラを制御するコマンドを実行するが、こうした煩雑な手続はユーザからは隠されているため、小学生であっても十分に操作可能である。そのことは、「科学の祭典」会場で実証された。

あとは、RealPlayer ソフトに表示される「動く」天体画像を楽しめば良いのである。図 2 に示したように、ルーフの開閉

や望遠鏡が動く様子も映し出され、これだけでも楽しめる（前述したように、これが子供たちの教材に対する興味を大きく増す効果も期待される）。映像データの転送レートは、一般家庭から電話回線経由でインターネット接続する場合にも映像を受け取れるよう、25Kbps に抑えてある。天体の変化は通常ゆっくりなので、この程度の転送レートでもそれなりの画質を確保できる。将来的に ADSL のような高速回線が一般的となれば、より高い転送レートで高品質の映像を送ることができるようになる。

図 3：惑星を観測するときの操作画面



5. 教育学部にもインターネット天文台を！

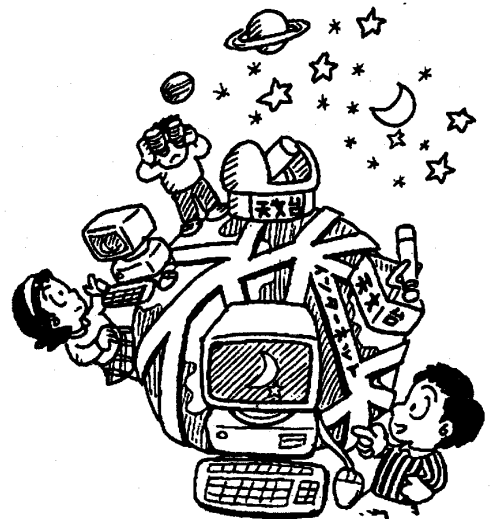
理科教育にとってこれほどに有用なインターネット天文台を、本学教育学部にもぜひ設置したい。「科学の祭典」実演時にも、熊本は晴れているのに、関東は曇りがちで（逆ならば嬉しかったのだが）太陽が良く見えないという場面があった。二基あるとはいえ、千葉と神奈川では距離的に近く、大筋で似たような天候条件となるわけだ。「ああ、熊大にも（もちろん、もっと他にも）インターネット天文台があればなあ」と痛感させられたものである。

教育学部にインターネット天文台を設置すれば、西日本唯一の拠点として関東の理大・慶應天文台と相互利用を通して、本稿で述べたいくつものメリットを享受できることになる。また、附属校での利用をはじめ、県内の他の学校に対してもサービスを提供することが可能で、教育学部のユニークな設備として「外からも大きく歓迎される」ことは間違いない。天文台サイトは理科棟の屋上（階段の真上、現在は使われていない貯水槽の撤去が必要）を候補とし、夜間天体を観測するための口径 20cm 反射望遠鏡と、昼間太陽観測をおこなうための小屈折望遠鏡を設置したい。

望遠鏡や PC は手に入りやすい価格になってきたが、スライド開閉式屋根を含む観測室の設置工事には、専門の業者による施工と、若干の予算が必要である。しかし、完成した天文台が提供する理科教育効果は、設置に必要な経費と比べられないと確信する。各方面のご理解を頂いて、ぜひとも実現させたい。

参考文献

- 1) 佐藤毅彦, 前田健悟, 下山忠寛, 本田誠, 森本康裕: インターネットの星空体験! 「青少年のための科学の祭典・熊本大会 2001」実験解説集, 30, 2001.
- 2) 佐藤毅彦, 坪田幸政, 松本直記: 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, 第 92 巻第 6 号, 312-317, 1999.
- 3) 佐藤毅彦, 坪田幸政, 松本直記: 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, 第 93 巻第 6 号, 313-318, 2000.
- 4) 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—. 慶應義塾高等学校紀要, 第 30 号, 31-36, 2000.
- 5) 戎崎俊一: ユニバース. 天文月報, 第 90 巻第 9 号, 423-427, 1997.
- 6) 文部科学省: 小学校, 中学校, 高等学校学習指導要領.
- 7) 特集・自動導入望遠鏡の威力をさぐる! 月刊天文, 第 65 巻第 7 号, 58-77, 1999.
- 8) 佐藤毅彦: 進化する理大インターネット天文台—太陽 H α 望遠鏡と光増倍装置の導入—. 理大・科学フォーラム, 4 月号, 58-60, 2001.
- 9) 澁谷英紀: 天文月報, 天文教育へ一つの試み (TIE 紹介). 第 90 巻第 4 号, 174-181, 1997.



「科学の祭典」実験解説集のイラスト(筆者)