

インターネット天文台の構築: その2. 良い物は作らない

佐藤 毅彦

〈東京理科大学 計算科学フロンティア研究センター 〒278-8510 千葉県 野田市〉
e-mail: tsatoh@rs.noda.sut.ac.jp

坪田 幸政, 松本 直記

〈慶應義塾高等学校 地学教室 〒223-8524 神奈川県 横浜市〉
e-mail: tsubota@hc.cc.keio.ac.jp, matsu@hc.cc.keio.ac.jp

インターネット天文台は実用段階に入り、海外からの操作を受け付けたり、星食の実況中継を行うなどの活躍を始めた。改良されたソフトウェアと天文台の操作方法、唯一の手作りである制御ボックスを含めたハードウェアについて述べる。良い天文台を「安く、早く、簡単に」作るコツは、なるべく「物を作らない」ことであると学んだ。

1. インターネット天文台の活躍は じまる

1999年9月13日、坪田は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1号機¹⁾を操作、現地の昼間に、日本の夜空に光る木星や土星などを観望することに成功した。同天文台を理大から操作することは既にできていたから、インターネットで結ばれていれば、海外からも同様の操作ができて当たり前である。しかし実際に体験してみると、昼間に夜の空を見ることができるといった経験はなかなか新鮮なものであった。これはまさに、インターネット天文台をこのように利用したいと夢見てきた使い方そのものである。その後も、10月13日にはフランスから(HOU普及のためのワークショップ)、11月20日にはドイツから(科学教育ワークショップ)の操作実演をこなし、海外の利用者にも大きな可能性を実感してもらえた²⁾。

インターネット天文台2号機は、1999年9月、理大野田キャンパスに設置された。口径20cmのMeade LX-200望遠鏡を中心に、ほぼ1号機と同

じ構成である³⁾。短期間に、1号機、2号機と設置できたという事実は、インターネット天文台が「安く、早く、簡単」なことの証明である。2号機の遠隔操作実験は、佐藤がアメリカ出張に行われ(2000年2月、外は雪景色)、いくつかの恒星を視野に捉えている。これは、海外から「初めての完全無人操作」であった(1号機

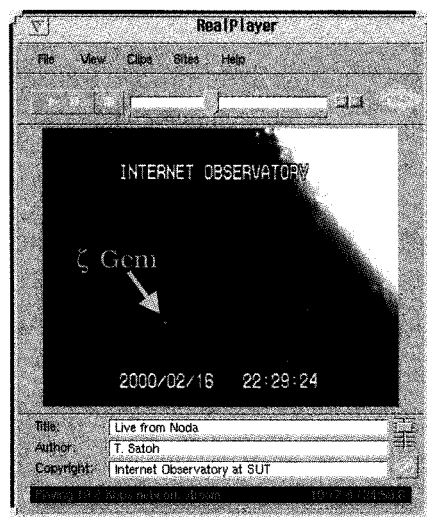


図1 ζ Gem 星食の中継映像

の遠隔利用では、誰かが近くに待機していた)。システムの完成度が高まり、無人でも安心して遠隔操作ができるようになったのだ。

公開観望会として、2月15日夕に χ^1 Oriの星食を1号機と2号機から同時中継した。当日アメリカから帰国した佐藤は、まったく天文台設備に触れることなくリモート観測を実施、星食の中継に成功した(慶應サイトでは映像エンコードが途中でダウン)。理大サイトからは同日夜中の χ^2 Ori星食、翌16日にはGem星食を中継し(図1)、そのすべてがアーカイブとして、誰でも再生して見ることができる⁴⁾。

2. インターネット天文台操作の実際とソフトウェアの特徴

それでは、実際にインターネット天文台を利用して天体を観測する手順に沿って、我々の作成したインターフェイスを紹介してゆこう。

2.0. 天文台へのアクセス

WWWブラウザから天文台URL^{4), 5)}にアクセスする。映像へのリンクをクリックし、天文台からの映像を表示する(RealPlayerソフトが必要)。

2.1. 利用者の確認と利用許可

一般ユーザは、上記手順により観測中の映像を見ることができる。利用予約のあるユーザは、ここで予約確認を行う(図2 a)。複数の利用者による同時操作を避けるために必要な手続きだ。我々の天文台では観測申し込みを受け付け、スケジュールを調整して、利用者へ割り当て観測時間とパスワードを通知する。観測当日、利用者はそのパスワードを入力して、利用の許可を得るわけだ。利用確認が済むと、アクセスしているコンピュータの情報をもとに、他からの操作を禁止する。

2.2. 気象条件の確認とルーフオープン

次に気象観測装置(後述)からの情報が表示され、天体観測に適した気象条件と判断されると「開けゴマ」ボタンが現れる。これをクリックすると、制御ボックスのリレーを介して、ルーフ開、望遠鏡、CCDカメラの電源もオンにされる。

2.3. 観測対象の選択と天体観測

前回紹介したもの¹⁾をベースに、フレームを採用するなどして、使いやすさの点で大きく向上した。ひとたび天体を視野内へ導入すれば、微動とフォーカスもブラウザから操作できる(図2 b)。Real Video映像はリアルタイムとはいえ数十秒の遅れがあるので、細かな調節には若干の慣れを要求する。冷却CCDによる静止画取得であっても、一コマ撮っては微動やフォーカス調節を繰り返さなければならないので、特別にReal Videoが不利というわけではない。心理的に、目の前で望遠鏡が動き待たされているよりも、それが見えない分だけ遅れを長く感じるようだ。

観測メニューは、

- ・太陽
- ・月・惑星
- ・小惑星・彗星(軌道要素による指定)
- ・メシエ天体
- ・赤経・赤緯による指定
- ・カタログ番号入力

を用意し、簡単な操作環境を提供している。危険の伴う太陽観測は、管理者が設定ファイルと制御ボックス上のスイッチの双方で観測可とした場合のみメニューに現れるよう配慮してある。小惑星・彗星に関しては、明るい対象の軌道要素ファイルを予め用意しておけば、通常はユーザが軌道要素を直接入力する必要はない。

2.4. 観測の終了

観測が終了したら、望遠鏡をホームポジション

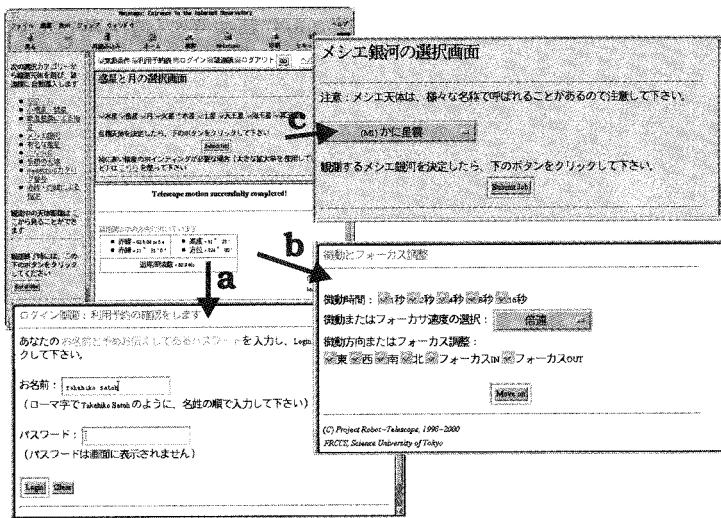


図2 ユーザインターフェイス画面

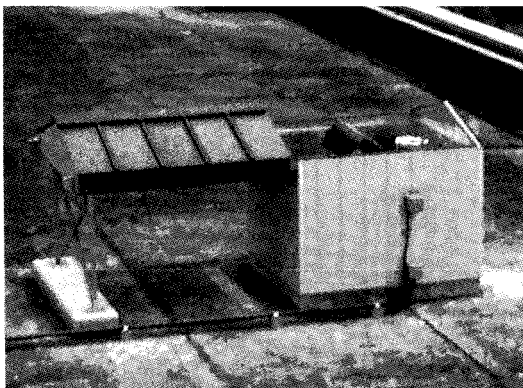


図3 スライディングルーフ観測室

へ向け、ルーフを閉じる。望遠鏡の電源はオフとしない方が、導入精度を維持しやすい。一方、管理上の都合から電源は必ずオフにしたいとか、突然の停電ということもあろう。我々は、電源をオフにしても導入精度を維持できるようなソフトウェアを開発した。経緯台の水平度が十分に高ければ、リモートから望遠鏡電源をオフ→オンとした後でも、視野(20cm F10で約15' × 10')中へ再び天体を自動導入することができる。

以上で天文台の操作は終了である。映像の遅れという点を除けば、非常に簡単な操作環境を実現

している。表示メッセージは、できるだけプログラム本体から分離した。プログラムには手を加えず、日英のメッセージファイルを切り替えることで、海外からの利用に対応している。

3. ハードウェア

文献1では触れなかったハードについて述べる。多くは既製品であり、リーズナブルな価格を考慮すると、下手な自作では太刀打ちできない。

3.1. 自動観測室

観測室開口部の開閉が電動でかつ遠隔操作が可能であることが必要。我々のスライディングルーフ式観測小屋(アストロ光学製、図3)では、ルーフ開閉ボタンと等価の信号が流れる端子板を設けて条件を満たしている。後述する制御ボックスをつなぎ、ルーフの遠隔操作を実現している。

ドームに比べ安価、単純(望遠鏡の向きに応じ開口部の向きを制御する必要がない)というメリットを持つスライディングルーフだが、若干の死角が残ること、開口部が大きいため周囲からの迷光に弱く、風による望遠鏡の振動が目立つなどの欠点が挙げられる。我々のサイトでは、夜空が既に明るく、教育教材として明るい天体を動画観測していることから、大きな問題とはなっていない。夜空の暗いサイトで長時間積分を行なう場合には、神経質になる問題である。

3.2. 自動気象観測装置

DAVIS社製GroWeatherにオプションのWeather Linkを組み合わせて、シリアルポート経由で気象データを常時コンピュータに取り込んでいる(屋外・屋内の気温と湿度、気圧、風向・風速、降水雨量、日

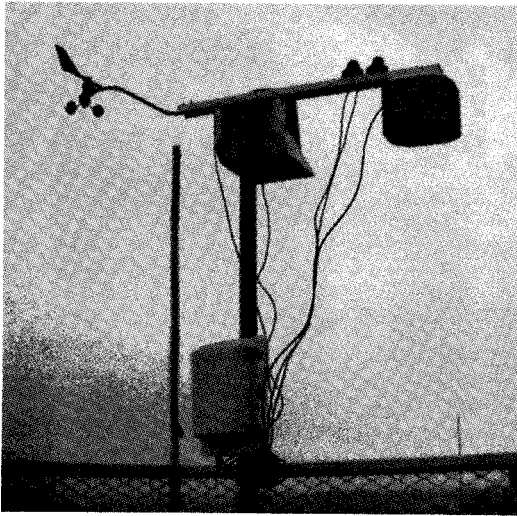
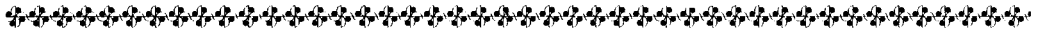


図4 自動気象観測装置

射量, 任意の高さの温度や地中温度, 結露).

天体観測の可能な条件は, 風速が一定値以下であること, 雨が降っていないことである. 平均風速を上回る瞬間的な突風を考慮し, 観測室の設計基準より控え目な最大風速を目安に, それ以上の強風または降水が観測されると, 観測中止の要求を出す. それを受け取った制御コンピュータは, 観測室クローズなど必要な終了処理を行い, 強制的に観測を終了させる.

雨は降り出してからでは遅く (わずか一滴の降水をも検知する高感度センサーを併用していても), 降水は「予測」しなければならない. 雨の降る状況の推定には, 相対湿度に加え, 気温と露点の差「湿数」を用いている. これを安全側に振るか (見逃し率は減るが空振り率は増加) 冒険側に振るか (観測時間が増えリスクも増加) の判断など, 経

験式の最適化は単純なことではない.

雨と風をもとに判断する上の方法では, 雲の切れ間でも観測したいというニーズには応えられない. 夜間雲量推定に, 実効放射量との相関を用いる方法は, 放射収支計が高価なことから, 「安く, 早く, 簡単に」というコンセプトに反する. 夜間の地表面温度は放射冷却に依存し, 放射冷却は雲量を反映するから, 気温と地表面温度, 地中温度を監視することで, 夜間雲量を推定可能である. 完全無人の天文台において, 地表面温度を遠隔観測することの困難は残される.

3.3. 制御ボックス…唯一の手作りハード

ルーフの開閉, 望遠鏡, カメラの電源オンオフは, 共立電子製 RBIO-1 リレー制御ボード⁶⁾ をアルミシャーシに納めた制御ボックスを自作し実現している (図5). このボードは, PC のシリアルポートからの簡単なコマンド文字列送信により 10 個のリレーを制御できるもので, インターネット天文台制御用としてうってつけのものである. 詳細については, 天文台ホームページをご覧ください⁴⁾.

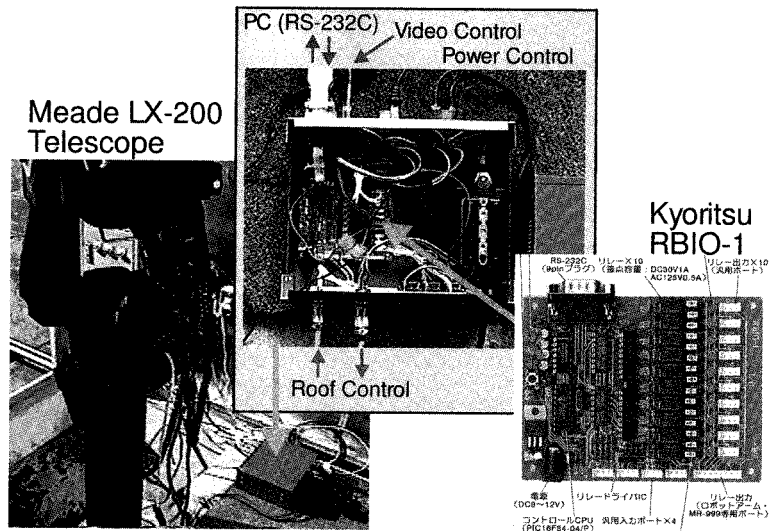


図5 制御ボックス

3.4. 制御 PC の構成 (前回への補足)

文献1で兼用可と書いた制御用コンピュータとサーバは、二台の利用が実用的、というより必須であることが分かった。映像を RealVideo 形式に変換するエンコーダの負荷が、予想以上に高かったからである。

1台目：インターネットを含む天文台機能全般のサーバ PC。我々は Linux を採用している。WWW サーバ、Real Server が走り、シリアルポート経由で望遠鏡、制御ボックス、自動気象観測装置と通信を行う (シリアルポートの増設が必要)。役割は多いもののシステム負荷は大きくなく、一世代前程度の CPU 性能で実用になる。ただし、メモリは豊富に積んでいることが望ましい。

2台目：高い性能の CPU を Real Video エンコーダに占有させたい。ビデオキャプチャ・カードが必要。OS は Linux または Windows のいずれでも良く、コマンドラインから Real Video エンコーダを実行する。最新のハードを使えるという点では Windows、安定性の点では Linux に分があるだろう。我々は1号機では Windows、2号機では Linux と、両方を用いている (前者が2月15日の観測中にダウンしたのは、既に述べた通り)。

4. 今後の課題

インターネット天文台の今後の課題は、以下のようなものである。

4.1. より多くのプラットフォームへの対応

我々の天文台は、1号機、2号機ともにハード的にほぼ同一であり、移植性の問題はなかった。今後サイトが増えてくれば、ハード構成も千差万別のもとなることが予想される。それらのできるだけ多くに対応することが、インターネット天文台普及の鍵であり、ぜひそうしたい。様々なハードを持つサイトと協力しながら、システム全体の汎用性を高めることが重要であると考え。

コンピュータに関していえば、AT 互換機 (いわゆる DOS/V 機) をターゲットとして開発してきたが、これは妥当な選択であろう。格納小屋は一つ一つが特別注文に近く、サイト毎の工夫が必要だ。我々の天文台と同等のスイッチと端子板を備えたものならば、容易に遠隔操作が可能である。

4.2. 望遠鏡とカメラの機能向上

望遠鏡に、遠隔操作可能な「ズーム機能」を持たせたい。カタログの導入精度 1' は、星を用いて座標校正をした後のことであり、電源オン直後の望遠鏡がその性能を発揮できるわけではない。最初の一天体導入は広い視野で行い、望遠鏡指向性を校正し、以後の観測では対象天体に最適な拡大率を用いたい。ズーム機能は、既存のハードだけでは実現できそうになく、専用ハードの製作を計画中である。カメラのゲインも遠隔操作で切り換えられると便利だ。太陽や月から星雲・星団まで、ダイナミックレンジの極めて広い天体観測では、必須の機能ともいえよう。

4.3. 運営上の課題

インターネット天文台が広く利用されるようになるにつれ、運営方法、特に「誰がいつ利用できるのか」を決定する必要がある。具体的には

- ・利用者の優先順位
- ・利用時間の配分
- ・天候不順時の対応
- ・非常時の対応

などを考えなければならない。無人で操作できるインターネット天文台であるが、維持管理を含めた運営に関しては、少なからぬ労力が必要となる。スケジューリング・ソフトウェアの開発など、管理者の負担を軽減する工夫が期待される。

4.4. 教育教材としての課題

学校教育で「何故コンピュータを利用するのか」が問われたように、天体観測で「何故インターネ



ットを利用するのか」という疑問もあろう。本物の星空が最高であり、それを生き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ないと思う。「固定化された情報」を得るだけであれば、イントラネットやCD-ROM教材で充分といえる。一方、インターネット天文台が提供するの、デジタル化されているとはいえず「生の映像」だ。前回にも述べたいくつかの視点から、インターネット経由の天体観測は、その正当性を主張できるものと我々は考えている。

5. おわりに

前回から一年も経ち、第二弾というのは少し恥ずかしい（半年以内に書けると思っていた）。とはいえ、その間に施した多くの改良と天文台の活躍は、長いブランクを正当化するものと自負している。本稿出版時には終わっているが、日本天文学会春季年会にてソフトウェアの配布も行った⁷⁾。逆説的であるが、我々はインターネット天文台を作るために、ほとんど物を作らなかった。十分なクオリティと機能を持つ既製品を組み合わせ、それらを上手に活用するソフトの開発を主眼とし、その方法は成功したと思う。副題の「良い物は作らない」はそのことを主張していて、「作らない」からこそ、インターネット天文台は「安く、早く、簡単」なものとなり得るのである。

文献1の発表後に、創価学園の澁谷氏より本プロジェクトへ激励のお言葉とともに、同学園におけるTIE望遠鏡の利用を「リアルタイムでない」としたのは誤りであるご指摘を受けた。HOU、ブラッドフォード望遠鏡と並ぶ文脈の中で、リアルタイムでないとくくってしまったが、事實は、TIE望遠鏡から3分程度で画像取得を実現している⁸⁾。筆者の不勉強と表現の不適切さを恥じるとともに、同氏と学園に1年の長きにわたりご迷惑をおかけしたことをお詫びしたい。

様々なアプローチが存在するとはいえ、遠隔地からの天体観測は等しく、多くの人々に夢を提供

するであろう。直接足を運ぶ必要のないインターネット天文台は、突発現象（ γ 線バーストや超新星など）の機動的な観測、小惑星や変光星などの長期連続観測にも活用できるだろう。そして、インターネットの特徴を活かし、複数地点との同時観測、時差を利用し昼間の授業で夜空を観測するなど、夢は膨らんでいくのである。

謝辞

本研究には、平成9、10年度（財）電気通信普及財団からの助成金が利用されました。2号機の設置は私学共済・事業団助成金「特色ある教育研究の推進」により行われました。

参考文献

- 1) 佐藤, 坪田, 松本, 1999, 天文月報 92(6), 312-317.
- 2) 松本, 坪田, 佐藤, 2000, 慶應義塾高等学校紀要 30, 31-36.
- 3) 佐藤毅彦, 2000, SUT Bulletin 20(4), (64-65).
- 4) <http://asobi1.cu.noda.sut.ac.jp/~robotele/>
- 5) <http://robotele.hs.keio.ac.jp/robotele/>
- 6) <http://www.kyohritsu.com>
- 7) 松本, 坪田, 佐藤, 高橋, 2000, 日本天文学会春季年会講演予稿集.
- 8) 澁谷英紀, 1997, 天文月報 90(4), 174-181.

Making an "Internet Astronomical Observatory": II. Don't make if it's good.

Takehiko SATOH

FRCCS, Science University of Tokyo, Noda, Chiba 278-8510

Yukimasa TSUBOTA, and Naoki MATSUMOTO

Earth Science Department, Keio Senior High School, Yokohama, Kanagawa 223-8524

Abstract: Two Internet Astronomical Observatories are now operational: experiments were made in cooperation with users of overseas, and a few stellar occultations were successfully broadcasted from our sites. "Look and feel" of the Internet Astronomical Observatory is presented with discussion of details of the software. Explanations are also made on the observatory hardware, including the control box which is the only hand-made hardware so far. We've learned that we should make as few things as possible in order to make a quality observatory, of which concept is again "Cheaper, Faster, and Easier".m