

地球の裏側から夜空を教室へ！

佐藤 毅彦, 前田 健悟

〈熊本大学教育学部 〒860-8555 熊本県熊本市〉

e-mail: tsatoh@educ.kumamoto-u.ac.jp, mkengo@gpo.kumamoto-u.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

榊原 保志

〈信州大学教育学部 〒380-8544 長野県長野市〉

e-mail: ysakaki@gipwc.shinshu-u.ac.jp

山崎 良雄

〈千葉大学教育学部 〒263-8522 千葉県千葉市〉

e-mail: yamazaki@cue.e.chiba-u.ac.jp

過去2編の「インターネット天文台の構築」シリーズでは、ハード・ソフトともに実用となったことを報じたが、本稿ではこのIT世紀の教育ツールをめぐる最近の動向を報告する。三田市のリモート望遠鏡の登場、西日本最初の拠点である熊本大学天文台の完成、教育実践を通じて明らかになってきた諸問題、そして我々のプロジェクト初の海外天文台として進行中のガーナ天文台計画についてお伝えする。

1. インターネット天文台をめぐる動き

1999年6月の報告¹⁾において我々は、「観測の開始から終了まですべてを、インターネット経由のユーザーがリアルタイムに遠隔操作できる設備」をインターネット天文台と初めて名づけた。当時その定義に合致するのは（知る限り）我々のもの以外なかった²⁾が、今日でも状況はあまり変わらない。アストロ光学によりシステム一式が市販されている³⁾ものの、普及のペースは緩やかなようである（関連する考察は後述）。

そのようななか、兵庫県三田市の峰山リモート望遠鏡は特筆に値しよう。これは同市が情報基盤整備の一環として設置した完全無人システムで、

2002年から稼働している。望遠鏡操作ページを含む「三田市リアルサイエンス」ホームページ⁴⁾は、1年で10万ヒットを数えるポピュラーなサイトになっている。リモート望遠鏡の運用ポリシーは「完全オープン」といってよく、ほかに誰も使っていなければ、ウェブ・ページから操作権を得て即座に利用できる（10分間に制限）。

これほどにオープンな運用を可能とした秘密は、望遠鏡とカメラをピラミッド型ガラスケースの中に密封した構造にある。ルーフ開閉がないため天候を心配する必要はなく、故障の元となる可動部分が少ないため、高いレベルのメンテナンスフリーを実現しているのだ。管理者である三田市役所によれば、定期メンテナンスは2カ月ご



図1 「三田市リアルサイエンス」ホームページ (a) と、ガラスピラミッドに密封されたリモート望遠鏡の写真 (b)

とで、ケース内の除湿剤交換とガラス清掃などである。

ユーザーインターフェイスも洗練されている(百聞は一見に如かず！ヘタな説明より、実物をご覧いただきたい)。ライブ映像画面では、主望遠鏡(高倍率)・副望遠鏡(中倍率)・広角カメラ(低倍率)の映像を切り替え表示することができる。まず中倍率モードで、微動ボタンをクリックしながら目標天体を正確に視野中央へ導き、高倍率モードに切り替えて細部を観測することができる。天体を視野中に捕らえなければ始まらないリモート望遠鏡で非常に重要な機能であり、我々がぜひ欲しかったもの²⁾がここでは実現されている。

教室からの利用を意識した我々のシステムと設計思想は異なるものの、これもインターネット天文台の一つの形として、天体観測の裾野を広げて

いく素晴らしい施設といえよう。

2. 西の拠点、熊本大学インターネット天文台

我々のインターネット天文台はこれまで、慶應高校(神奈川県横浜市)と東京理科大学(千葉県野田市)の2基が活躍していた^{1), 2), 5), 6)}。所在地はいずれも首都圏内、天文や気象のスケールから見ればごく近所である。遠く離れるほど、たくさんあるほど効果を発揮するインターネット天文台としては、何とも不十分な状況であった。2002年11月、熊本大学教育学部にスライディングルーフ観測室が置かれ、西日本の拠点が動き始めた⁷⁾。前作から3年、新天文台はハード・ソフトの両面で進歩を遂げている(以下、その一部を紹介)。

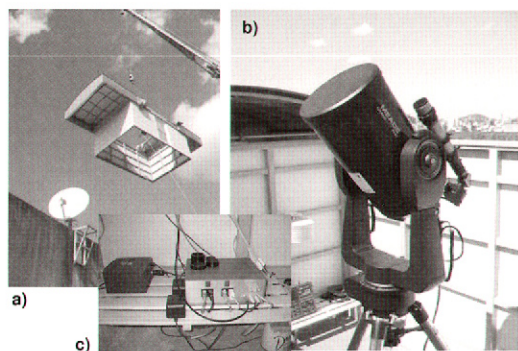


図2 熊本大学インターネット天文台 (a. ルーフをクレーンで吊り上げているところ; b. 太陽観測中の天文台内部; c. 手作りの制御ボックス)

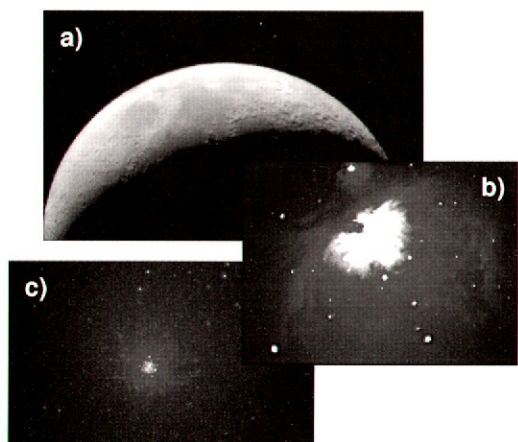


図3 熊大天文台から得られた天体画像のサンプル (a. 月; b. オリオン座大星雲 M42; c. ヘルクス座球状星団 M13)

2.1 新ハードウェアによる映像表現能力の拡大

SBIG製STV冷却CCDビデオカメラ⁸⁾の採用は、さまざまな利点をもたらした。図3は、熊大インターネット天文台から一晩に撮影した画像の例である。夕空の月、空が暗くなりオリオン座大星雲、明け方にヘルクス座球状星団、これらすべてが筆者の自宅からの完全遠隔操作により得られている。これほど広い光量ダイナミックレンジには、従来のインターネット天文台は対応できなかった。理大天文台はイメージインテンシファイヤを備え、迫力あるM42やM13の姿を捕らえられ⁹⁾ても、その同じ晩に人手を煩わさず月まで

を楽しむことは不可能だったのである。

「子供たちの心をつかえるのは臨場感あふれる月や惑星の姿」との判断からReal Video動画配信を行うという基本スタイルは、熊大インターネット天文台でも変わらない。しかし研究用にとおもうとき動画の画面キャプチャは低品質で、学者レベルでなく子供たちの教室活動レベルに対してさえ力不足だ。STVはそうした要求にも応え、ビデオ出力だけでなく、冷却CCDチップが捕らえた高い画質の静止画をそのままダウンロードできる。図3の画像もそうして得たものに、若干のエッジ強調とコントラスト調整処理を施している。素材が良いから、そうした処理も有効に働くわけだ。

2.2 ソフトウェアの改良による操作性向上

開発面では、各ハード制御部やウェブ・インターフェイスのモジュール性を高め、開発性・信頼性・メンテナンス性を向上している⁷⁾。しかしこれは多くの読者の興味外であろう。利用者に見える部分では、旧インターフェイスに散見されたムダな部分を簡潔化し(複数ボタンのクリックを要した操作のワン・アクション化など)、視覚的に分かりやすく使いやすいものへと改善している。

使いやすさを向上させる新機能として、「シナリオ観測」が挙げられる。明るい天体の観測後に暗い天体へカメラを向けると、露出時間を何段階も増さなければ目的天体が見えない。完全遠隔操作のインターネット天文台では、対象が視野中に見えることは極めて大切である。そこで、ポインティングから露出時間変更まで、一連の操作を記述した自動実行ファイル(シナリオ)をさまざまな天体用に備えた。それにより、普通の天候条件であれば、目的天体を見つけることができる。

利用者メールアドレスの事前登録制により、忘れたパスワードをウェブから再取得できるようになった。インターネット天文台管理者は24時間体制で対応するわけではないから、パスワード忘

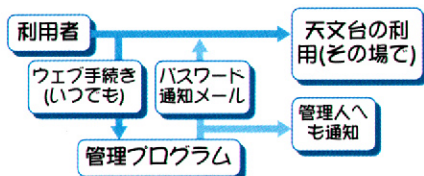


図4 インターネット天文台ゲスト利用の流れ

れでログインできなければせっかくの観測時間を失ってしまう。ウェブからボタン一つでパスワードを登録アドレスにメールする機能で、それは避けられる。メール機能は、天候悪化による緊急クローズ時や、割当て時間の終了3分前にも活用される。携帯電話アドレスを登録しておけば着信音がアラーム代わりとなり、携帯メールの普及した今だから有効な手法であると思う（観測開始・正常終了時にも通知）。

事前予約がなくても天文台が空いていればその場で利用開始できる、「ゲスト利用」も備えた。ウェブ手続きにより1回限り有効なパスワードを取得し、天文台を操作することができる。1回当たり30分、3回までという制限があるとはいえ、これから本格的な利用へと進む前のお試しとしては十分と考える。

3. 教育実践事例とこれから

2002年12月、熊本大学教育学部附属中学校3年生理科「太陽の特徴」において、インターネット天文台を活用した授業実践を行った^{10), 11)}。屋上で天体望遠鏡を使い実際に太陽面を観察した後、理大インターネット天文台を操作しての太陽面観察とした。いわば、実体験と仮想体験を組み合わせた授業であり、前者があったから後者がより活きる結果となった。

理大インターネット天文台は主望遠鏡にH α 太陽望遠鏡を同架しており⁹⁾、直前に実体験した白色光太陽との違いを学ぶことができた。インターネット経由の天体観察自体、子供たちには初めての経験であり、それは印象的なものであった。し



図5 附属中学校における授業実践の風景

かしより印象が強かったのは、H α 線で見えるダイナミックな（燃えるような、と表現する子もいた）太陽の姿だったのである。インターネット天文台がリアルタイムで、「自分たちが直前に観察した太陽」の別の姿を映してくれたからこそ、そこまで強い印象を与えることができたといえる。

附属中での授業は3クラスに対し行った。3クラス目実施日の熊本は小雨模様で、屋上に出での観察は不可能であった。しかし、慶應インターネット天文台（白色光太陽）を利用しての太陽観測を軸に、予定どおり授業を進めることができた。黒点の移動を調べるための前日・前々日を含めすべてインターネット天文台利用であった。

この実践例から、

- (1) 実体験と仮想体験を組み合わせることの相乗効果は極めて高く有効である。
- (2) 各地のインターネット天文台それぞれの特色（ハード構成の違いなど）を活かした観察手法を利用することで、天体現象に対する理解を深めることができる。
- (3) 各地のインターネット天文台を相互利用することで、天候条件に左右されがちな天体

観察の授業を、計画どおりに進めることができる。

といった点を改めて確認できた。

中学校理科では、太陽・恒星・惑星の特徴を理解する場面において¹²⁾このように天体望遠鏡観察があり、インターネット天文台の活用も可能である。一方、小学校理科では第4学年に月や星の観察はある¹³⁾ものの、天体望遠鏡の利用は必須とはなっていない。小学校においてもインターネット天文台が有効なツールになりうるのか、今年度内に実践・調査を行う予定である。

研究用途にも耐える画像を得られるようになったインターネット天文台を、高校や大学のレベルで活用することは当然可能であろう。では、一般の大人にはどうであろうか？ 宇宙や天文という分野に対する興味はかなり多くの人が持っている（よく理解できないけど、といいながら）ことと思う。しかし都市部で生活するそのような人々は、なかなか天体の姿に接する機会はないはずだ。そのような人々にもインターネット天文台体験は、擬似的にはあるが天体に触れる契機となるのではないか。そうした思いからこの夏、熊本県の生涯学習推進センターとの連携として、3回シリーズの公開講座¹⁴⁾を企画している。

4. 再考：本当に「安く、早く、簡単」か？

第1報に「安く、早く、簡単に」の副題¹⁾をつけ、インターネット天文台の普及を夢見たが、なかなか期待したようには進んでいない。あのキャッチフレーズが誇張であったとはいわないまでも、ターゲットに想定していた教育現場の感覚とはずれていたかもしれない、と反省するのである。何千万（時には億）円規模の公共天文台に比して、我々のインターネット天文台は事実1桁安い。それでも、一般の学校が「では導入しましょう」と簡単にらせる金額では確かにない。理科離れもあり、概して学校における理科教室の立場は

強くない（状況改善のため多くの予算を理科に、という理屈は正論であっても通らないことを、現場は痛感されているはず）。「安い」というのは、研究費に恵まれた、いわば道楽者の感覚であったのかもしれない。

「早く」は今も正しいと思っているが、最後の（そして最重要な）「簡単」にも疑問を抱くようになった。第1報の「簡単」は天文台を作る側向けで、利用者に対しては「手軽」と表現していたが、ここでは改めて利用者にとって「簡単に使えるかどうか」を問題にしたい。すると「簡単」というのはやはり、天体観測の実体験を積んだ人間の感覚に思える。写真撮影にピントと露出合わせが必要と知らない人が増えた今日、「ピントを合わせて」「露出を合わせて」というだけでも負担であろう。まして、視野の中心から天体がずれていたなら「望遠鏡の微動を操作」と要求するインターネット天文台は、やはり簡単な道具とはいいたくない。

だからといって天文台側がどんどん敷居を下げ対応するのではなく、利用者側にほんのちょっとスキルアップをお願いすべき、と思う（上で述べた実体験と仮想体験の組み合わせが、ここでも有効だ）。しかしその「お願い」に、例えば小学校の先生は応じてくれるだろうか？ 小学校理科の「地球と宇宙」において、天体望遠鏡による観察は利用可能であっても必須ではない。時間的余裕の足りない学校現場において、なじみが薄く必須でもない天体望遠鏡観察の予備知識を学んでまでインターネット天文台を使おうとは、自分が当事者だったら思わない気がする。

子供たちは柔軟で素晴らしいポテンシャルをもつ存在だから、面白そうだと思えば喜んで飛びついてくれるだろう。しかしその手前で教師が「自分の手に負えない」と判断した教材は、子供たちなら持ち前の好奇心で楽しめるはずのものであってもドロップされてしまう可能性大である。一方、教師にとっての「このくらいなら大丈夫」レベルまで簡単化したとき、それは子供たちにとっ

での面白さ（征服感・達成感）をも減じてしまうと危惧するのだ。「角を矯めて牛を殺」してしまうように…。これはもちろんインターネット天文台だけの問題ではなく、研究者がよかれと思ひ開発する教材一般に当てはまることであろう。我々は通常、一生懸命に「子供たちを見よう」と努力しているが、同時に「教師を見る」ことを忘れるべきでないとい自戒するのである。

5. 新展開～いよいよ海外へ！

あまり悩み深い論調のままでは読者に申し訳ないし、やはり景気良く締めくくりたい。ここで、「海外インターネット天文台」設置計画を紹介しよう。我々のプロジェクトとして初の海外インターネット天文台は、アフリカ大陸はガーナ共和国に置かれるべく着々と準備が進行中である（本稿が世に出るまでに、打合せのための第一次渡航を終えているはず）。設備としては熊大に構築したのと同様のものを製作、海路を輸送して設置する。ハード・ソフトともに十分な実績があるという点では心配は少ない。地球の裏側から教室へ

夜空をもってくるという夢の実現間近であり、今からそのファーストライトを待ち切れない。

ガーナはアフリカ西海岸、標準子午線上の国である。日本からマイナス9時間の時差をもつため、日本で朝の授業が始まる頃ちょうど真夜中だ（アメリカ西海岸プラス8時間でもあり、うまくすれば日米の両方から夜空を同時に楽しむこともできる）。また、ガーナの海の玄関テマ港の沖合に標準子午線と赤道の交点があり、「地球のヘソ」ともいべき場所にあたる。そのような場所から届く星空は、きっと子供たちの興味をかきたてると思う。加えてそこでは、我々からは普段見えない南天の星々をも見ることができるのだ。国際協力事業団（JICA）によるガーナ小中学校理科教育改善（STM）プロジェクト¹⁵がしっかり根をおろした場所、という安心感も大きい。

細かな経緯はともかくガーナを選んだとき、筆者には「そこがアメリカではないから」という思いが少なからずあった。アメリカ設置でも、時差を利用し夜空を昼間の教室で観察することはできる。インフラも整っていて、スムーズに天文台を設置できるだろう。がしかし、その天文台はアメリカ人に感謝されたり、彼らをアッと言わせたりするものにはなりえない。すでに我々のインターネット天文台が欧米に「日本の夜空」を提供してきた実績¹⁶を考えれば、欧米には彼らの施設が作られ我々がその恩恵を受けてもよいはず、という憤りもある。豊かな先進国に、そこではありがたく感じてもらえない天文台を作るよりむしろ、途上国ゆえの苦労はあっても歓迎され、そのユニークさが光り世界をうならせるようなものになりたい。日本と縁の浅くないガーナの人々の、理数科教育の向上へとつながってほしいことはもちろんである。

6. 結びに

熊本市の明るい夜空でさえ、インターネット天文台を操作しての天体観測を、筆者自身はとても

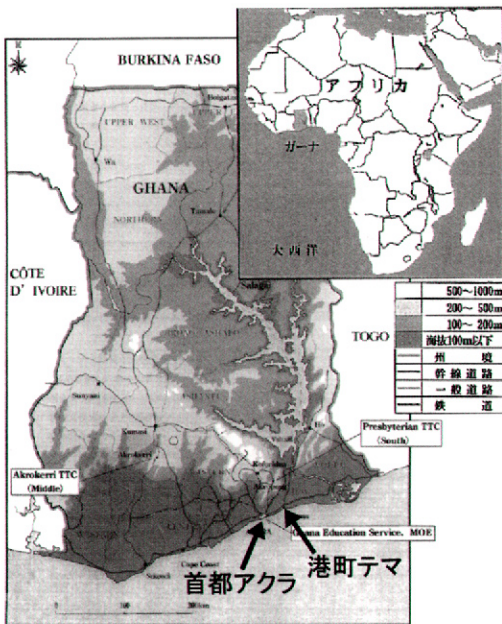


図6 ガーナの地図

楽しんだ(図3)。ガーナに置かれるインターネット天文台を用いれば、同じことを昼間の教室で子供たちと一緒に楽しむことができる。本当に夢のような話であり、そんな天体の学習に大きな突破口の開かれる日は、まさに目前に迫ったといえる。「そのような観測が可能になって、そこから何を教えられるのだろうか？」筆者らの一人がつぶやいたこの言葉は、しかし非常に重い。

天体の学習は、夜間観測実施の困難さゆえに、知識偏重・無味乾燥であるとよくいわれる。かたやそれを隠れみのに、いざその困難が取り除かれた場合に何をどう教えるのか、を論じることまで忘れてはいなかったか(今回は自省することが多い)? インターネット天文台は結局ただの道具に過ぎず、それを使い何をするかは教育者に委ねられている。大きな可能性を手にしつつある今、何をどのように教えたいのか、そのためにさらに何が必要かを、読者諸兄を含め多方面と真剣に検討していきたい。そして広く使われうる学習コンテンツが伴ってこそ、インターネット天文台は研究者の自己満足ではない有効な学習ツールとして、学びの場へ定着していくと思うのだ。

謝 辞

熊本大学インターネット天文台は、平成14年度科学研究費補助金特定領域研究「新世紀型理数科系教育の展開研究」の一環として設置されました。ガーナ・インターネット天文台計画は、平成15~16年度科学研究費補助金基盤研究B海外学術調査により進められています。

参考文献

- 1) 佐藤, 坪田, 松本, 1999, 天文月報 92, 312
- 2) 佐藤, 坪田, 松本, 2000, 天文月報 93, 313
- 3) <http://www.astro-jp.com/>
- 4) <http://science02.area-sanda-hyogo.jp/real-science/index.html>
- 5) 佐藤毅彦, 2000, SUT Bull. 20(4), 64
- 6) 佐藤, 前田, 松本, 坪田, 2001, 熊本大学教育学部紀

要 50, 17

- 7) 佐藤毅彦, 他, 2002, 熊本大学教育学部紀要 51, 1
- 8) <http://www.kkohki.com/>
- 9) 佐藤毅彦, 2001, 科学フォーラム 4月号, 58
- 10) 佐藤毅彦, 他, 2003, 特定領域研究「理数科系教育」研究成果報告書, 131
- 11) 佐藤毅彦, 2003, CD-ROM版中学校理科教育実践講座(ニチブン, 発行準備中)
- 12) 文部科学省, 1998, 中学校学習指導要領(ぎょうせい)
- 13) 文部科学省, 1998, 小学校学習指導要領(大蔵省印刷局)
- 14) <http://www.parea.pref.kumamoto.jp/>
- 15) ガーナ共和国小中学校理数科教育改善計画プロジェクト報告書, 2003(信州大学)
- 16) 松本, 坪田, 佐藤, 2000, 慶應義塾高等学校紀要 30, 31

New Movement of the Internet Astronomical Observatory: Starry Night to Classroom from the Other Side of the Earth

T. SATOH, K. MAEDA

Faculty of Education, Kumamoto University, Kumamoto 860-8555

Y. TSUBOTA, N. MATSUMOTO

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

Y. SAKAKIBARA

Faculty of Education, Shinshu University, Nagano 380-8544

Y. YAMAZAKI

Faculty of Education, Chiba University, Chiba 263-8522

Abstract: Following two previous papers, in which it is reported that hardware/software of the Internet Astronomical Observatories have become operational, we present recent movement of this educational tool of the IT era. Discussion includes the advent of a remote-control telescope in Sanda, completion of the first Internet Astronomical Observatory in the western part of Japan at the Kumamoto University, a few problems identified through the educational practices, as well as an on-going project of building the "first oversea observatory" of ours in Ghana.