

北の丸望遠鏡を用いた天文教育活動

木村 かおる

〈理化学研究所 〒351-0198 和光市広沢 2-1〉

e-mail: k-kaoru@riken.go.jp

科学技術館（東京都千代田区）に設置された『北の丸望遠鏡』は、インターネットを介して、ドームの開閉、天体望遠鏡および CCD カメラの制御が可能で、天体画像の取得、データベースへの蓄積、データの配信を、すべて遠隔操作で行うことができる。試験観測期間には講習会の開催、アメリカ・フランスなどで観測デモンストレーションを行い、ユーザーによる観測は 2002 年 10 月から開始された。ようやく学校現場で利用され始めた北の丸望遠鏡について、特徴、運用状況と今後の計画を報告する。

1. はじめに

米国で始まった、インターネットを活用した天文教育活動 Hands-On Universe™（略称：HOU）は、研究者が使用している生のデータを利用して、高校生らが天文学の発見の過程を体験できるプログラムである。HOU の特徴の一つは、生徒が Web 上でリモート望遠鏡に天体画像の撮像をリクエストすることができることである。

日本では、1997 年に理化学研究所の戎崎俊一らが中心となって日本ハンズオンユニバース協会（略称：JAHOU）を設立し、実践している。しかし米国の HOU リモート望遠鏡による画像の取得は、リクエストに対し 43%（1988 年 11 月～2000 年 3 月）であり、実際に授業で用いるにはあまり実用的ではないことが報告されている。理由として、リモートシステムが不完全であったことが挙げられている。一方、2000 年秋に、財団法人科学技術振興財団科学技術館運営部および理化学研究所情報基盤研究部でインターネット望遠鏡の設置計画の話が持ち上がった。

北の丸望遠鏡（略称：KIT）は 2001 年秋に完成し、科学技術館の屋上に設置された。KIT は「利用者に画像やデータを提供することによって、学

校および社会教育現場で生きた天文学習活動の支援を行うこと、さらに HOU との相互協力を通じ、学問の発展と国際親善に寄与する」、『天文教育におけるインターネット利用に関する共同研究』を行い、天文教育におけるインターネットの利用形態と適応の可能性を研究、実験、評価する」ことを目的としている。

HOU の活動は米国、日本のほかにもスウェーデン、オーストラリア、ドイツ、フランス、ポルトガル、英国、ロシアの教師や研究者が参加し、Global Hands-On Universe（略称 GHOU）を組織している。HOU の代表者であるカリフォルニア大学バークレー校のカール・ペニーパッカー氏



図 1 北の丸望遠鏡の全景

は、『国際協力は、プログラム開発において重要な要素である』²⁾と述べている。このような協力基盤を利用して、世界中にリモート望遠鏡を配置し、いつでも、どこでも、だれでも利用できる『眠らない天文台ネットワーク』を目標としている。

2. 北の丸望遠鏡の運営と仕様

KITの特徴は、管理者グループを設置していること、ユーザーを限定していること、撮像した画像は90日間の非公開期間を設け、その後、ウェブで一般公開することである。

KITは科学技術館が保有・管理し、運営主体をJAHOUに依頼、管理運営をKIT管理者グループが行っている。KIT管理者グループは、科学技術館、理化学研究所、国立天文台のスタッフ、大学院生と大学生の8名によって構成され、観測ガイドライン作成、ユーザー向けの望遠鏡の利用規定とマニュアルの作成、ユーザーアカウントの管

理、観測スケジュールの管理、望遠鏡操作の指導、メンテナンス、ホームページ等で画像の公開などを行っている。また、JAHOU内に運営委員会を設置し、KITの活用案などの検討を依頼している。

KITユーザーは、設置の目的から科学技術館利用者、JAHOU会員、ちもんず(科学技術館で行われている科学ライブショー『ユニバース』のボランティアメンバー)、およびGHOUメンバーである。ユーザーは、望遠鏡を遠隔操作するリアルタイム観測と、ウェブから撮像したい天体をリクエストするリクエスト観測ができる。リアルタイム観測の希望者には、リモート操作によって望遠鏡がどのように動くかを理解するために、KIT管理者グループが開催する講習の参加と望遠鏡の見学を義務付けている。講習会では、リモートソフトウェアのインストール方法、操作実習などを行っている。GHOUメンバーに対しての講習会は現在アメリカのみであるが、今後HOUの国際会議

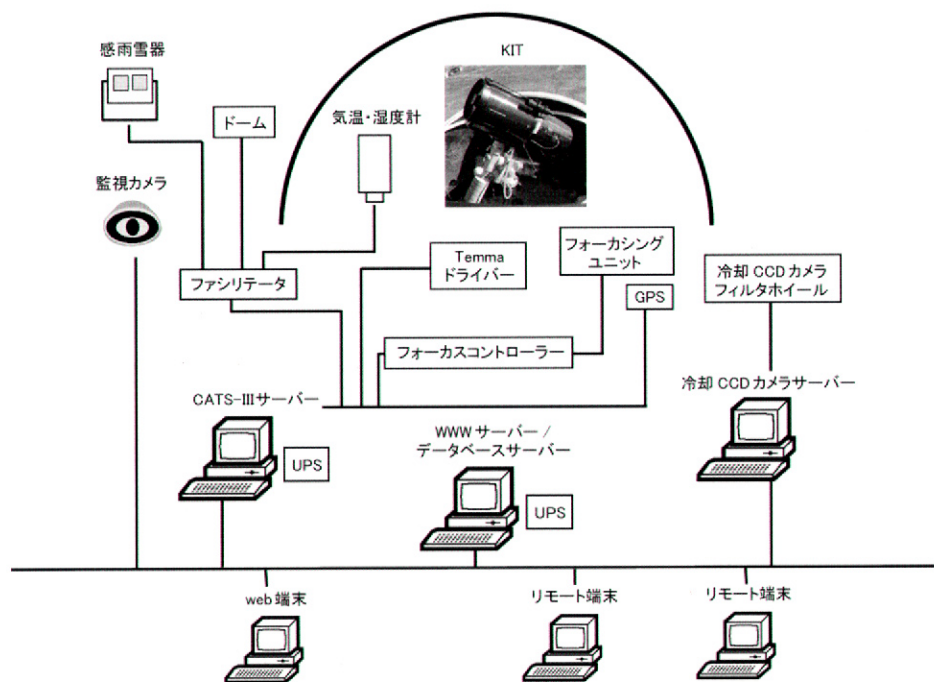


図2 KITのシステム概要 ((株)五藤光学研究所, システム構成図より作成)

等において行うことを考えている。

ユーザーを限定する長所は、ネットワークの安全の確保、無理な操作によるシステムの破損をある程度防ぐことができる、意見交換が行いやすい、他のユーザーと同じ条件でデータを蓄積、共有が可能である、などである。一方短所は、リモート望遠鏡の「インターネットさえ整備されていれば、どこでも誰でも使える」という魅力が半減し、一般対象には、イベント的な利用しかできないことである。加えて、KITはシステムを購入したためアカウントの発行に制限があり、ユーザーを無制限に増やすことは、運用上難しい。

KITの遠隔操作システムは、(株)五藤光学研究所のCATS-iを導入した。このシステムはドーム、天体望遠鏡、望遠鏡架台、望遠鏡制御用コンピュータ、冷却CCDカメラ、フィルター交換器、気象センサー、冷却CCDカメラ制御用サーバー、データベースサーバーおよび天文台制御用ソフトウェアにより構成され、すべてを、リモートコントロールソフトウェアで制御することができる。

2003年5月現在のKITの仕様は以下の通りである。

望遠鏡: ミード LX-200 (口径 30 cm, F6.3)

CCD: SBIG ST8E (0.98 秒角/ピクセル, 視野角 25×16.7 分)

フィルター: V, B, R, I, U (CFW-8A 切替器)



図3 望遠鏡, CCDカメラと架台

架台: (株)高橋製作所 NJP Temma-PC

3. 試験観測での結果

KITの試験観測は2001年10月から始まり、本格運用が始まるまでユーザーの協力を得て、システムの不具合を調査し改善を行ってきた。

1) 通信回線

リモート望遠鏡への接続は、一般のプロバイダーを通じて外部から可能である。しかしサーバー側で特殊なポートを使用しているため、学校や公共施設などのネットワークからの接続は難しい。また、リモートコントロールソフトウェアは、常時 50 kbps が流れており、画像の転送時には 400~500 kbps となるため、海外や回線の細い一般家庭からの接続で、ログインは可能であるが望遠鏡の制御ができない。そのため、科学技術館のマシンを、ウェブブラウザ上でリモートコントロールできる市販のソフトウェア、Desktop on-Call (日本 IBM) を導入した。

2) ドーム

ドームはアストロヘブンの 2 m ドームを利用している。このドームは全開式のため、観測時にドーム回転の必要がないことが利点である。しかし、雨漏りやドームのスリットがずり落ちるなど問題もあり、対応策として東西のスリットの接触部を補強、風雨の吹き込み対策、排水溝の設置、センサーの交換を行った。

3) 自動停止装置

望遠鏡側にも自動停止装置のセンサーを後付けし、ソフトを追加した。実際には、15分以上通信が行われなかった場合、ソフト側で自動的に終了作業を行うようにした。

4) オートフォーカス装置

リモート望遠鏡で一番の難点は、フォーカス合わせにある。KIT望遠鏡は性質上フォーカスの再現性がなく、オートフォーカスを使ったときの基礎データがとれないため、毎回手動で行っている。

5) リモートソフト

不具合は適宜修正している。

4. ヤーキス天文台との相互観測

シカゴ大学ヤーキス天文台（米国，ウィスコンシン州）は，2001年夏にインターネット回線を用いて遠隔操作が可能なルーフトップ望遠鏡2台（略称：YRTs）を設置した。KIT管理者グループはHOUの活動の一環としてKIT-YRTsの相互利用を実施している。HOUの特徴として『観察や実験が難しく，説明のみに偏りがちであった天文分野において，計算機を利用した天体画像の解析を通じて学べるカリキュラムが用意されている』³⁾ ことに加え，リモート望遠鏡の相互利用を通して，生徒が自ら望遠鏡を操作し，観測目的とする天体の画像を得ることで観測に参加することができることがあげられる。

KITとYRTsは観測時間の等価交換を条件に，それぞれのユーザーを対象に，週2日の観測時間を提供している。日本とウィスコンシン州の時差は15時間（夏時間では14時間）であり，日米の中学・高校生が定常的に，日中の授業時間内やクラブ活動時間内に望遠鏡を使うことが可能である。リモート望遠鏡での相互観測は，地球が丸いので，日本は昼であるがアメリカが夜（あるいはその逆）であると，リアルタイムで感じられるのである。

2003年5月現在のYRTsの仕様は以下の通りである。

サウススコープの仕様

望遠鏡：ミード LX200（口径 20 cm, F6.3）

CCD：SBIG ST8E（1.45 秒角/ピクセル，視野角 37.1×24.7 分）

フィルター：V, B, R, ND0.9（CFW-8A 切替器）

ノーススコープ HOU-ELM の仕様

望遠鏡：ミード LX200（口径 25 cm, F10）

CCD：SBIG ST9（1.62 秒角/ピクセル，視野角



図 4 YRTs と世界最大の口径 1m 屈折望遠鏡のドーム（左）

- 2002年1月8日
Oak Park & River Forest 高校 (Integrated Lab Science Class, Astronomy Class)
- 2002年7月20日, 25日
Cape Fear 高校 (HOU 5 days ワークショップ)
- 2002年9月～2003年2月
Oak Park & River Forest 高校 (Astronomy Class, 2クラス)
- 2002年10月5日
California 大学, Berkeley 校 (Open House)
- 2002年10月12日
Chicago State 大学 (Saturday Academy Space Science)
- 2002年12月26日
リモート望遠鏡を使ってみよう (サイエンス・パートナーシップ・プログラム)
- 2003年2月20日
東京工業大学工学部附属工業高校, 巣鴨中学・高校 (Jupiter プロジェクト 2003)
- 2003年4月23日
岡山県立鴨方高校 (地学)
- 2003年5月1日
De Paul 大学 (NASA プロジェクト Space Day)

図 5 KIT-YRTs の相互観測の実践例

13.8×13.8 分)

フィルター：V, B, R, ND0.9（CFW-8A 切替器）

5. 観測の実績

1) 運用実績

リアルタイム観測は年4期あり，ユーザーから

提出された観測計画を基に、スケジュールを組んでいる。原則として、観測は1日1観測としている。

- 第1期 4月15日～6月14日
- 第2期 7月15日～9月14日
- 第3期 10月15日～12月14日
- 第4期 1月15日～3月14日

その他は、メンテナンスおよびウェブリクエスト観測の時間等に当てている。

2002年1月～2003年3月におけるリアルタイム観測申込みは101件あり、観測成功が74件(73%)、天候不良による中止または延期15件(15%)、ネットワーク及び望遠鏡等のトラブル8件(8%)、ユーザーの都合によるキャンセル4件(4%)となっている。

2) 国内での利用

申込み理由は、望遠鏡の操作に慣れる、クラブ活動での利用、科学館・友の会への教材提供、教材開発のデータ収集となっている。学校からの申し込みは6校あり、観測の目的は、超新星、移動天体の搜索、変光星の観測、データ収集のため、散開星団を用いた色等級図の作成、望遠鏡の理解を深める、メシエカタログの作成などとなっている。しかし、天候不良やネットワークセキュリティ設定から、実際に教室から操作できたのは3校だけであった。主な感想は、現地の天候にかかわらず観測できるのがよい、夜空の状態が異なるのがよく分かる(東京の空は明るい)、自宅でも使ってみたい、というリモート望遠鏡の利点を評価する意見と、フォーカス合わせに時間がかかる、導入精度が悪い、というシステム改善への要

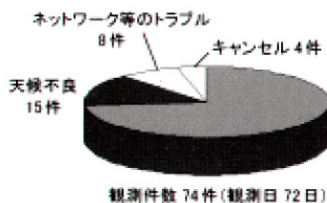


図6 リアルタイム観測の実施率

望があった。

3) アメリカでの利用

2002年9月から始まった Oak Park & River Forest 高校での KIT を利用した天文学の授業では、2クラス9日の観測申込みがあり、観測実施は3日6観測であった。1回の授業では、生徒全員がリモート望遠鏡を操作できないため、授業の初回にリモート望遠鏡の概要を説明し、その後の授業で、教師が生徒を指名もしくは希望者を募り、授業の傍らで2人1組が望遠鏡の操作を行った。先方との打合わせで、生徒が望遠鏡を操作する際には、KIT 管理者グループが科学技術館のコンピューターと望遠鏡をモニターしながら、望遠鏡操作の指示や生徒の質問に答えるなど、国際電話を用いて授業のサポートを行った。Oak Park & River Forest 高校では、授業における国際電話の使用と、望遠鏡利用のためのネットワークの設定変更は学校教育に必要なものであるとの判断で、快く申し出を受け入れてくれた。レポートでは生徒の反応は大変よく、授業中に毎回望遠鏡を使ってみたい、日本語を第2外国語として履修している生徒は、日本の生徒との交流をしたい、日本に住んでいる人と電話で話ができることに驚いた、という意見があった。

4) 画像の活用

撮像された画像データは FITS 形式のフォー



図7 Oak Park & River Forest 高校での KIT を利用した天文学の授業の様子

マットで保存され、即時、各自のマシンへ転送することができる。取得した画像は HOU の画像処理ソフトを用いて、その場で星の明るさを測定するなど、解析が可能である。

6. 今後の予定

リモート望遠鏡での観測は疑似体験ではあるが、自身で木星や銀河の映像を取得できる喜びを通じ、宇宙への興味関心がいっそう高められる。このことにより天体にふれる機会が増え、さらに生のデータを解析することによって、自発的な学習へ発展するものと考え、そして、KIT 望遠鏡の普及により、天文学に興味をもつ子供が増えることを期待したい。多くの人に天文学を楽しむ場を提供するために、社会教育施設での実践、生涯学習への取り組みを考えている。

また、KIT 管理者グループとヤーキス天文台は、日米のリモート望遠鏡を用いた研究プロジェクト (NASA IDEAS: Explore and Discover Observing) の開始、相互観測で得られる新しいデータを利用したウェブコンテンツの開発を計画している。現在は、ユーザーによるリアルタイム観測が主になっているが、設置当初の目的であった観測の完全自動化はまだ達せられていない。これまでは、管理者グループがユーザーへのサポートを行うことで、観測環境の質を保ってきた。今後、観測データの提供とともに、ユーザーがネット越しでも簡単に望遠鏡を調整できるシステムを構築したい。今までの運用から国内でのリアルタイム観測は、時間やネットワークセキュリティ等に制限があるため、今後急増するとは思われない。誰でも web から画像の撮像をリクエストできる web リクエスト観測システムを提供したい。このことにより学校の授業で多くの生徒が参加でき、生きたデータがすぐに活用できるリクエスト観測

を提供することで、国内でのリモート望遠鏡へのニーズを高めたい。またアンケート調査等を実施し、リモート望遠鏡を用いた学習の成果を調査したい。

KIT 管理者グループ

田代英俊, 奥野 光 (科学技術館), 縣 秀彦 (国立天文台), 川井和彦, 木村かおる (理化学研究所), 内藤誠一郎 (東京大学大学院), 山本泰士 (電気通信大学), 小池邦昭 (東京理科大学)

KIT web ページ: <http://jahou.riken.go.jp/kit/>

HOU web ページ: <http://www.handsonuniverse.org/>

参考文献

- 1) 縣 秀彦, 戎崎俊一, 五島正光, 松本直記, 千頭一郎, 畠中 亮, 松浦 匡, 川井和彦, 2000, 日本教育工学会雑誌 26, 181
- 2) Pennypacker C., 1998, *Astronomical Education with the Internet*, p. 45
- 3) 五島正光, 千頭一郎, 縣 秀彦, 柴田直人, 畠中 亮, 2002, 地学教育 55, 75

Astronomical Education with the KITANOMARU Internet Telescope

Kaoru KIMURA

RIKEN Institute, Wako, Saitama 351-0198, Japan

Abstract: The KITANOMARU Internet Telescope (KIT) is settled on the rooftop of the Science Museum of Tokyo (Chiyoda, Tokyo). KIT is used to support the "alive" astronomical studies in the field of schools and social educations through obtaining images of celestial objects, archiving database and providing them to users, with the Internet.