

ぐんま天文台におけるリモート望遠鏡

衣笠 健三, 河北 秀世,
倉林 勉, 田口 光

〈ぐんま天文台 〒377-0702 群馬県吾妻郡高山村中山 6860-86〉

学校での授業における活用を目的とした、ぐんま天文台 65 cm 望遠鏡/観察用望遠鏡によるリモート望遠鏡システムを立ち上げました。このシステムの構想は、ぐんま天文台開館以前に遡ります。過去の実践の様子を説明しながら、これまでの経緯を紹介します。さらに、現時点のシステムの特徴とこれからの課題と構想についてお話しします。このシステムをどのように活用していくかが今後の大きな課題となるでしょう。

1. はじめに

昨年11月、ある中学校の理科室からぐんま天文台の65 cm 望遠鏡を動かしました。65 cm 望遠鏡で得られた金星の画像から金星の見かけの大きさや形の変化があることを知ってもらい、このことから金星が内惑星であることに気づくといった授業の一環でした。授業を受けている中学生は、半年ほど前にぐんま天文台を訪れて、金星の大きさや形を観察していたのですが、今度は天文台に出かけるのではなく、一般の理科の授業の時間に金星を観察しようという試みです。

以上は、昨年度のリモート望遠鏡の実践授業の一コマです。昨年度は試験的な実践にとどまりましたが、今年度からは県下の学校等から希望を募り、リモート制御システムの操作、(学校側での)システム接続作業等についての講習会を始めました。しかし、ハードウェアはあっても、それをどのように利用するかというソフトウェアがなければ意味がありません。他の事例を参考に手探りをしているような状態です。ここでは、これまでの経緯とこれからどのような利用を行っていくかについてお話ししたいと思います。

お話を始める前に、少しだけぐんま天文台の紹

介をしておきましょう。ぐんま天文台は、1999年に開館した群馬県立の公開天文台です。群馬県高山村にあり、関東平野の北西部の途切れたあたりに位置しています。口径150 cmの望遠鏡をはじめ、65 cm 望遠鏡、口径30 cmの太陽望遠鏡、さらには、口径25~30 cmの6台の望遠鏡(「観察用望遠鏡」と呼んでいます)などを配置し、「本物の体験」を題目として、天文学の研究と教育普及を目指している天文台です。詳しくは、天文月報1997年8月の古在の記事¹⁾、1998年12月の河北の記事²⁾をご覧ください。

ところで、一口に「望遠鏡のリモート制御」といっても、世の中にはいろいろな目的のものがあり、またそれらの目的に合わせていろいろな形態が存在します。天文教育用としては、みさと天文台で実現されたみさと天文台と和歌山大によるリモート望遠鏡³⁾のほか、東京理科大・慶應義塾高校でのインターネット天文台^{4),5)}、最近では科学技術館屋上にある北の丸望遠鏡⁶⁾など、その他いろいろなところで実現されています。天文雑誌にも(天文月報にも!!)、インターネット天文台といったような広告を見かけます。また、研究用としても、MAGNUMをはじめとして、多くの望遠鏡でリモート制御は可能となってきています。実

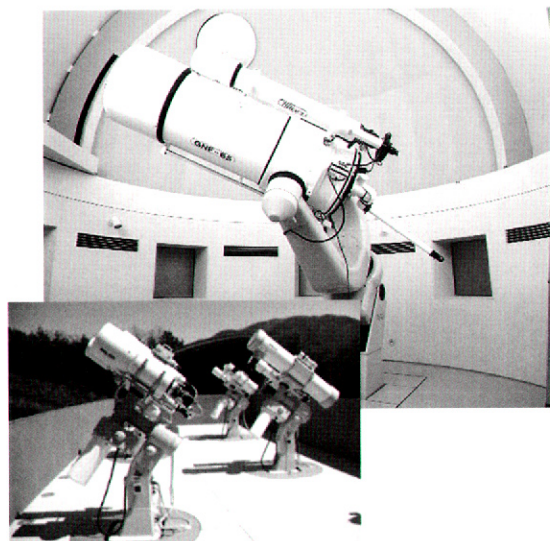


図1 ぐんま天文台 65 cm 望遠鏡（上）と観察用望遠鏡（下）

際、ぐんま天文台内でも、150 cm 望遠鏡と観測装置を統合制御するシステム、さらには、ガンマ線バーストなどの突発天体のフォローアップを行うためのロボット望遠鏡なども望遠鏡のリモート制御といった範疇に入るかと思われます。しかしながら、ここでは学校からの利用を想定した 65 cm 望遠鏡・観察用望遠鏡（図1）の遠隔操作のシステムに絞って話をさせていただきます。

2. 構想は開館前から

ぐんま天文台におけるリモート望遠鏡システムの構想は、約5年前まで遡ります。あるいはさらに前なのかもしれませんが、筆者が就職したとき（天文台開館1年前、いまから5年前）にはすでに天文台の計画として明記されていました。また、開館1年前のパンフレットにはすでに、

「A. 150 cm 望遠鏡

……

B. 65 cm 望遠鏡

……将来は、学校からの望遠鏡操作が可能になります。

C. 観察用望遠鏡

……学校等の団体利用のために、……」

といった文句がありました。つまり、開館前から 65 cm 望遠鏡、観察用望遠鏡は、近い将来、遠隔制御を実現することを想定した望遠鏡でした。しかし、いつごろ、どんな方法でリモート制御を実現し、どのように公開するかなどについては全く未定の状態でありました（この頃は開館前ということもあり、望遠鏡の製作がまさになされていたような時期でしたので、リモート制御といっても望遠鏡がないことにはできませんから、後回しにされるのは当然ではありますが）。ただ、遠隔制御を行う計画がすでにありましたので、「外部からのコマンドを受け付けること」といった一文が望遠鏡の仕様書には書いてありました。

上のパンフレットの内容を知ってか知らずか、望遠鏡の遠隔制御についての要請や依頼がいくつかありました。その一つは、天文台開館初年度（1999年）に県内の学校の先生と科学館からの依頼であり、群馬県内の教育文化イベントにおいて、65 cm 望遠鏡の遠隔制御での観望会を行うというものです。こちらとしては遠隔制御システムができていない（というか、まだ手もつけていない）状態でしたから、「できない」と答えたかったのですが、イベントの方では「回線はNTTさんをお願いしてなんとかする」といつてきたこと、テストケースとしてこれから構築するシステムの参考になるといった理由で、このイベントを引き受けることになりました。システムは至って簡単で、65 cm 望遠鏡制御 PC の操作画面を ISDN 回線を通してイベント会場に設置した PC に出すことにより、望遠鏡の操作を行うといったものです。画像や音声のエンコード・デコードには、専用の TV 会議システム（これは当時、1台 100 万円程度のもので、送受信側で合計 2 台必要でした）を利用しました。これらはすべて NTT から借りたものです。図2はそのイベントでの会場の様子です。会場のスクリーンに 65 cm 望遠鏡で捕らえた惑星などの動画像を見せたり、回線を通し



図 2 1999 年 11 月の群馬県内の教育文化イベント「学びの祭典」でのリモート望遠鏡の会場の様子

て天文台職員とコミュニケーションをとったりして、イベントとしてはほぼ成功したのですが、やはり問題点が出てきました。「天体画像と操作画像と音声すべて ISDN 回線で送受信するのはたいへんである」ということです。これはある程度予想はできたことですが、イベント中に音声が途切れることは、予想以上にイベント進行に支障がかかることがわかりました。

3. 3 年計画

上のイベントの効果もあってか、次の年度の 2000 年度より 3 年計画で、「リモート望遠鏡システムの構築」といった予算がつけました。しかし、3 年計画ということは、周りの状況を見ながら徐々にやれるといった利点もありますが、1 年に使える予算はさほど多くないという大きな欠点があります。このため、3 年で何を実現させるのかについては、最初の構想に大きく依存します。

この最初に考えたリモート望遠鏡システムの基本構想は、

- ・ 65 cm 望遠鏡、観察用望遠鏡を対象とする。
- ・ ISDN 回線を使用して、天文台側と遠隔地側の閉じたネットワークで行う。(学校側にあわせ

ることと、セキュリティのため。)

- ・ 遠隔操作側の端末は、ウェブブラウザで制御可能であること。
 - ・ 遠隔操作側の端末には、特別な(有償な)ソフトウェアは不必要であること。
 - ・ 音声込みで動画の双方向通信を行いたい(遠隔授業を行いたい)。
- というものでした。

これらの基本構想を実現するために、1 年目に回線の確保と動画取得と配信系を整備し、2 年目、3 年目には、それぞれ、65 cm 望遠鏡、観察用望遠鏡をウェブサーバより動かすシステムの構築を行いました。ISDN 回線を使うというのは、4 年前の構想時には妥当な選択肢だったのでしょうが、今日のブロードバンド時代においては、かなり時代遅れな印象を否めません(ネットワークの進化は何と早いのでしょうか)。しかし、幸か不幸か、ISDN 回線で直接つないでしまえばファイアウォールを経由する必要がないために、相手との接続試験でトラブルを起こしたことはほとんどありません。また、セキュリティの面からも安全ですし、どこの学校でも使えることを前提に考えれば、適していたと考えられます。

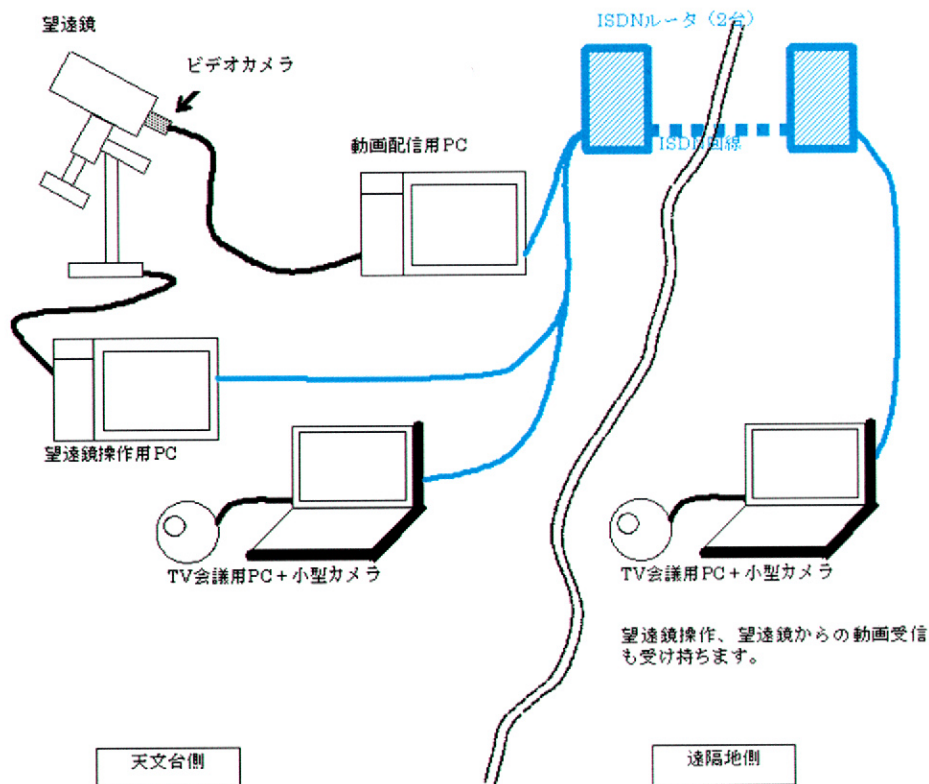


図 3 システム概念図

4. システムの簡単な紹介

図3に簡単なシステム概要を示します。回線によって送受信するものは、望遠鏡で得られた天体の動画、望遠鏡操作コマンド、望遠鏡の監視+遠隔授業のためのTV会議動画の三つです。望遠鏡操作コマンドについては、最初のイベント時は画面を送信していて回線容量を多く消費していましたが、ウェブで操作できるようにして、回線には単純な文字列しか流れないようにしました。望遠鏡に付けたビデオカメラからの天体の動画については、時間のずれ、コマ落ちなどについては多少目をつぶり、できるだけ画像の質を落とさないrealビデオ形式にて送信することとしました。(現在は、HPEG4形式で試験中)逆に、TV会議動画については、画像の質はあまり問わないけれども、監視の意味もあるので時間のずれがあまりな

いことを考え、マイクロソフトのNet meetingを使っています。また、同時に二つの動画が必要な場合はあまりないので、その都度切替えて、回線の負担を少なくするように工夫しています。

65cm望遠鏡と観察用望遠鏡は、共に外部からのコマンドを受け付けることができます。65cm望遠鏡は三鷹光器製の反射望遠鏡で、望遠鏡制御PCはRS232C経由で外部コマンドを受信するのですが、観察用望遠鏡は高橋製作所製のTenmaの原型となるもので、望遠鏡制御PCはソケット通信で外部コマンドを受信します。また、制御コマンド体系がそもそも異なりますので、望遠鏡に合わせて別々のサーバが必要となり、使う側は望遠鏡によって違った回線を使用することになっています。しかし、これらの違いはサーバにあるTelAgentというソフトで吸収することで、どちらの望遠鏡を操作する場合も、同じユーザー

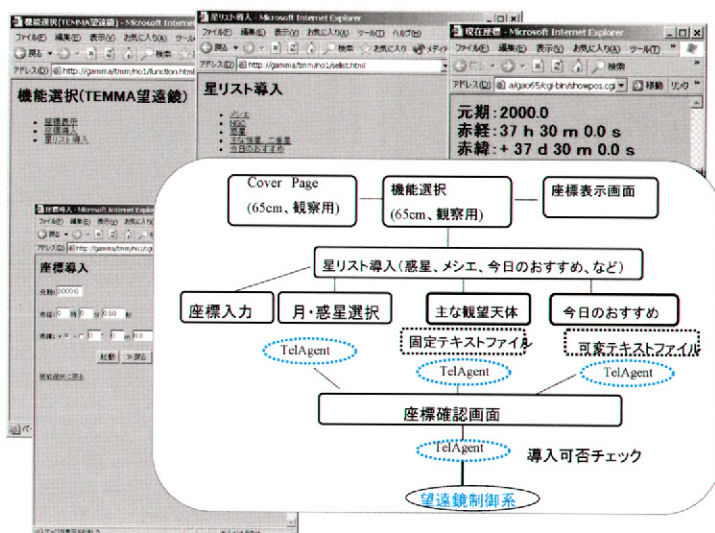


図 4 望遠鏡操作画面例と操作の流れ

フェイスとなっており、ユーザーが混乱しないように配慮しています (図4)。

5. 学校での実践

3年計画の最終年度となった昨年(2002年)に、群馬県内の三つの小中学校と連携し、実践授業を行いました。表1には、その授業を行った日時や状況などを示しています。

実践授業のテストケースとして、さまざまな場合における授業を行いました。須川小と小野上中は昼間の授業時間内のケースですが、一度天文台へ足を運んでおり、彼らが実際に見た望遠鏡で今度は学校内の教室から操作して観察するという方法をとりました。理由は、このようにすることで

リモート望遠鏡であることが実感できるからです。また、一度見学した望遠鏡であるため、当日はあまり説明なしに授業で使うことができます。また、伊勢崎南小の夜間の課外授業では、施設の小望遠鏡で観察する前の導入として利用してみました。

ここでは、「はじめに」に書いた小野上中の実践について少し述べたいと思います。授業の内容は、「金星が月と同じように満ち欠けをすること、視直径が変化することなどを手がかりに、内惑星であることを追求する」ことでした。昨年の6月に天文台に訪れ、65cm望遠鏡で金星を観察しましたが、それほど欠けていない金星は見ていたのですが、リモート望遠鏡では、内合を過ぎてすぐの

表 1 2002年度における授業実践の状況

日時 時間帯	学校(場所)	内容(対象)	望遠鏡
2002/10/10 昼間授業時間	須川小5年(校内)	月の観察(月, 金星)	65cm望遠鏡
2002/11/13 夜間課外授業	伊勢崎南小6年 (東毛少年自然の家)	秋の天体観察 (M 57, M 15, アルビレオなど)	観察用望遠鏡
2002/11/18 昼間授業時間	小野上中3年(校内)	金星の満ち欠け(金星)	65cm望遠鏡



図5 小野上中での実践風景その1. スクリーンに映し出された金星と資料.



図6 小野上中での実践風景その2. 理科室の全景. 説明をする倉林と中学生, それに教師たちの様子. この授業はマスコミの取材もあった.

金星を観察したのです。また、サポートとしてこの間天文台内で撮っていたデータや教科書に掲載されている写真も示し、金星の形と大きさの変化を実感できるようにしました(図5)。これより、金星が内惑星であることを導こうとしたのです。その他、天文台で作製した金星と地球の軌道模型などを使いましたが、準備にも時間をかけただけあって、授業はかなり好評でした(図6)。生徒たちからは、「またやってほしい」との声が聞こえました。また後日、教師からは「授業への取組がよかったため、理解が深まり、試験の結果もよかった」という声をいただき、さらに当日見学された指導主事からは「写真よりも実感がわき、生徒の関心を高めるのに役立った」といった評価をいた

だきました。

これらの実践の結果、以下のような問題点が解かってきました。

- 遠隔側のインフラが未知であるため、遠隔地側の配線等、事前の設置作業に時間がかかる。
- ISDN 回線でやるには、動画の切替え、音声の確保などに神経を使う。
- 現行だと、天文台職員が双方に必要である。

また、これらのことからぐんま天文台におけるリモート望遠鏡システムの利用法についても、ある程度、具体的な形が見えてきたような気がします。つまり、「ぐんま天文台に直接訪れて行う学習の補助として、学校から天文台機材を使った授業を行う」という方法が、近隣の学校からの利用法

としては適当なのではないかと思えます。逆に、ちょっと大がかりな実験装置といった感覚で学校から使ってもらえたらいいのではないかと思えます。

6. 今年度の計画とこれから

今年度は、昨年の実践の延長として、県内の学校での利用を呼びかけています。昨年と異なるのは、「遠隔側（つまり、学校側）は、回線の接続などのセッティングから授業での使い方まで遠隔側で受け持つ」ということです。必要な機材は天文台から貸し出すことも考えていますが、基本的にはセッティングを行ってもらおうとしています。そのため操作講習会などを行わないといけませんが、こうすることにより天文台側の負担を半分に軽減し、より多くの学校に使ってもらうことを考えています。現在のところ3~4校からの要請があり、どのようにして、リモート望遠鏡システムを授業に活用するのかについて検討しているところです。

さらには、ISDN回線ではなく天文台の回線(1.5 Mbps)を利用して文字どおりインターネットに接続した望遠鏡としての利用も今年度中には行いたいと考えています。セキュリティの面において考慮すべきことがあります。今までのような利用であれば十分な回線容量での運用が可能となります。回線の容量に余裕ができるのであれば、将来的には、観察用望遠鏡を複数台使用することや、CCDを制御しての観測なども可能となってくるでしょう。

海外との連携も模索しているところです。ほぼ具体的になっているのが、インドネシア・バンドン工科大、ボッシャ天文台との連携です。昨年7

月にぐんま天文台とバンドン工科大との間で、協力提携協定が結ばれました。両者は天体物理学と科学教育の分野で協力していくことを約束しています。この協力関係を通して、こちらで得られた画像をインドネシアで見るとはすぐにでも可能となるでしょう。さらに、こちらでのシステムをインドネシアで実現することを計画しています。残念ながら時差はほとんどないので、日本の日中に天体の観測をするということではできませんが、群馬県にいながらマゼラン星雲などの南の星空を見ることができるようになると期待しています。さらには、時差を利用して、夜間しか見られない天体をリモート望遠鏡で捕らえることにより、昼間の授業における活用が可能となるように欧米の提携先も模索しています。また、今年8月にはリモート望遠鏡を使った教育についての研究会を、ぐんま天文台で開催しようとしています（この記事が出る頃には終わっています）。リモート望遠鏡を効果的に教育に利用するためのカリキュラムについては、まだまだ発展の余地があるのではないかと思います。こうした新しい試みについては、また、どこかで発表させていただきたいと思っております。

参考文献

- 1) 古在由秀, 1997, 天文月報 90, 388
- 2) 河北秀世, 1998, 天文月報 91, 608
- 3) たとえば, 尾久土正己, 2000, 天文情報処理研究会第42回会合収録「望遠鏡の遠隔制御」, pp. 38-41
- 4) 佐藤毅彦, 坪田幸政, 松本直記, 1999, 天文月報 92, 312
- 5) 佐藤毅彦, 坪田幸政, 松本直記, 2000, 天文月報 93, 312
- 6) たとえば, 木村かおる, 2003, 天文情報処理研究会第49回会合収録「天文教育と e-Learning」, pp. 47-56