

卒業論文題目

インターネット望遠鏡を用いた天文教育プログラムの開発

宮城教育大学 教育学部 学校教育教員養成課程 理科教育専攻
d0275 中堤 康友

要旨

(1) はじめに

新学習指導要領により扱う知識の量を3割削減し、その分を調査、観察、実験などの学び方を学ぶ時間とし、授業ですべき観察・観測が増える傾向の中、天文分野の教育においてはいくつかの問題点が生じる。第1に、天文現象のほとんど全てが夜間に起こる現象であること、第2に観測機器の不足である。これらは本研究において昨年度実施した、仙台市内の中学校71校(回答市内中学校の37%)に対する教育現場における現在の天文教育に関するアンケートの結果よりもわかる。夜間の天体観察、観測は生徒に帰宅後の宿題として補完的に行われていることが明らかになった。

そこで本研究では、問題点を解決する手段の1つとしてインターネット望遠鏡に着目した。インターネット望遠鏡の利点を生かし、学校授業、観望会での利用や生徒が自発的に天体観察に利用できるシステムの実現を目指し、宮城教育大学インターネット望遠鏡システムの構築と、その教育への運用プログラムを開発した。

(2) 宮城教育大学インターネット望遠鏡

インターネット望遠鏡を利用可能にするため、システムの構築を行った。望遠鏡、CCDカメラ、PC、ソフトウェアを正しく動作させた。宮城教育大学内LANで、インターネット望遠鏡を操作可能にし、学外からの接続方法も確立した。

(3) 観望会での実践

インターネット望遠鏡を用いて身体障害者療護施設・太白ありのまま舎、国立療養所西多賀病院院内学級、仙台市天文台での親子天文教室にてそれぞれ実践した。ありのまま舎、西多賀では悪天候のためシステムの概要の説明とあらかじめ撮像した画像の表示をした。天文台では、実際にインターネット望遠鏡を操作した。

(4) 議論

観望会後のアンケートより、操作の実感が伴わないという回答が多く、ソフトウェアの簡素化、プレゼンテーションの工夫が求められる。また、一般公開されたらインターネット望遠鏡を利用したいという回答が多数であり、広く利用可能にするために、望遠鏡の固定化など、システムの安定が必要である。

学校教育において、授業時間内にインターネット望遠鏡を利用した観察を行うためには、海外の同様のシステムを持つ天文台と協力する必要がある、今後の課題である。

1.はじめに

平成 14 年度から導入される新学習指導要領では、扱う知識の量を大幅に削減し、その分を調査、観察、実験などの学び方を学ぶ時間として確保しようとしている。

天文分野の教育についても同様に、中学校の理科天文分野（地球と宇宙）の目標に、「身近な天体の観察を通して、地球の運動について考察させるとともに、太陽の特徴及び太陽系についての認識を深める。」とあり、観察、観測を重視している〔中学校学習指導要領 平成 10 年 12 月〕。

しかし、授業ですべき観察・観測が増える傾向の中、いくつかの問題点が生じる。1 つに、天文現象のほとんど全てが、授業時間内でなく夜間に起こる現象だということである。そのため観察学習を行うためには夕方から宵にかけての課外学習にするしかないが、小・中学校では児童・生徒の安全や他行事などとの兼ね合いもあり、何度も実施することができないと考えられる。そこで本研究では、天文教育の現況を調査するために、仙台市内の中学校 71 校に対してアンケートを実施した。回答数 26 校（回収率 37%）であり、アンケートの結果（詳細、付録 C.1、C.2）から、学校で授業時間内もしくは授業時間外に観察学習を行うとした学校は図 1-1 のとおりであるが、ほとんどが太陽の日周運動や黒点の観察であり、太陽以外の天体を観察学習している学校は 2 校だけであった（図 1-2）。

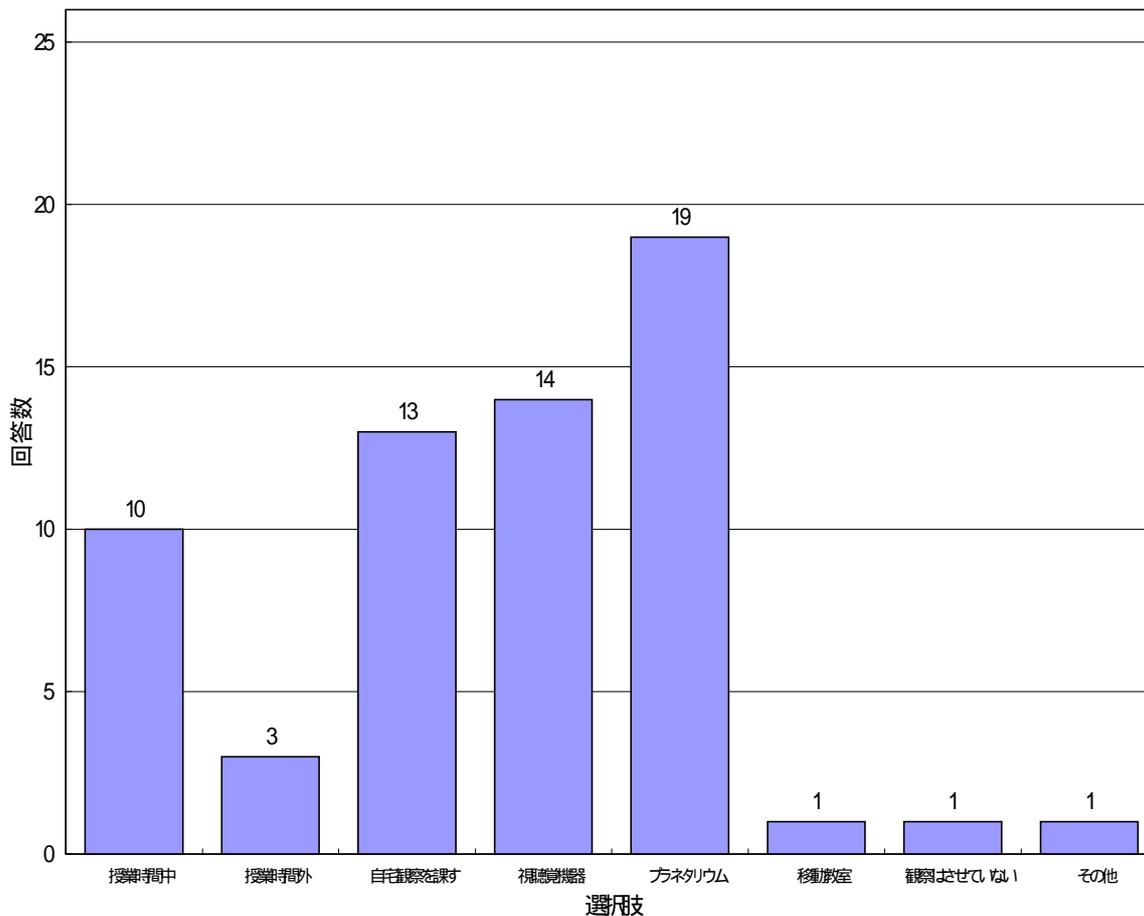


図 1-1 天体観察への対処方法

授業時間内の観察

透明半球を用いた太陽の動きの記録。

太陽の日周運動 教室窓際に透明半球を設置、一時間ごとを目安に半日くらい、観測、ポイントする。

授業での太陽の日周運動の観察。

太陽黒点、望遠鏡の使用等について校庭で授業。

授業時間外の観察

学校屋上 12月夕刻に9cm天体望遠鏡（を用いて）。

金星、木星等の惑星。

太陽の天球状の移動を透明半球に記録するのを休み時間や放課後に行う。

図 1-2 観察学習の具体的内容

学校で観察学習することができない夜間の天体観察は、プラネタリウム実習（仙台市天文台）や移動教室の屋外実習以外は、生徒に帰宅後の宿題として補完的に行われていることが明らかになった（図 1-3）。2 つめに小学校では肉眼による観測のみが扱われるが〔小学校学習指導要領解説 理科編 平成 11 年 5 月〕、中学校・高等学校と進むにつ

<p>生徒に課す自宅での観察</p> <p>天体観測（冬休みの課題研究） 家庭で夜間の天体観察。</p> <p>オリオン座などの日周運動、年周運動を記録用紙にまとめさせる。 星座の動き（日周運動）</p> <p>冬休み中に、夕方や明け方の月と惑星の接近の様子観察。</p> <p>冬の星座、特にオリオン座や冬の大三角など。</p> <p>オリオン座、金星をはじめとする惑星、月。 冬の空の観察（時間ごとの天体観察）スケッチ。</p> <p>オリオン座の観察、他自由観察</p> <p>北極星を見つける、自宅で。</p> <p>北極星を中心にした日周運動（星の移動が回転していることのみ）8時から10時くらいまで。</p> <p>オリオン座を見つける。3つ星、星の明るさ、色の違い。 金星を見つける（宵の明星の時のみ）</p> <p>（ ~ は一校の回答。）</p>

図 1-3 生徒に課す自宅観察の具体的内容

れて双眼鏡、望遠鏡などの観測機器が必要に応じて導入されている〔中学校学習指導要領 平成 10 年 12 月〕ことである。夜間に自宅で観察させるにしても、実際に望遠鏡を持っている子どもは多くはない。仮に持っていたとしても、都市に居住する子どもにとっては繁華街、高層ビルの影響で天体観測のための環境は良くない。そのため、学校授業の中で望遠鏡を使わせていく必要があるのであるが、都心に近い学校であれば観測環境は良くなく、さらに図 1-4 より、望遠鏡などの天体観測設備がある学校は 65%にのぼるが、そのうち授業等に活用しているのは半数以下（図 1-5）で使用頻度も小さい（図 1-6）。

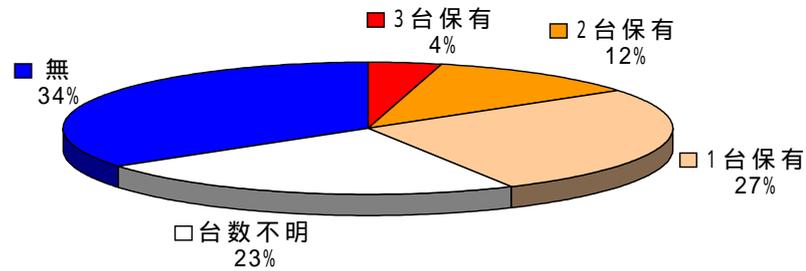


図 1-4 天体望遠鏡の保有台数

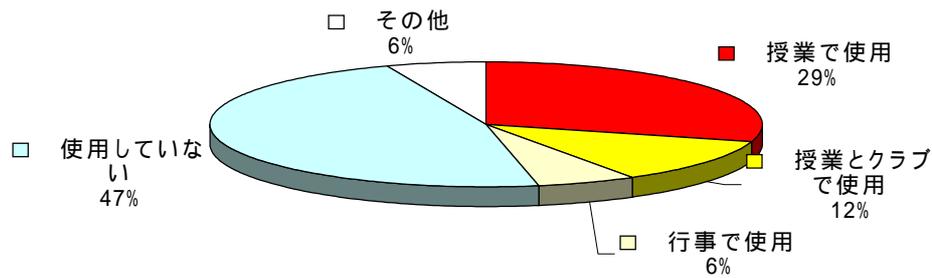


図 1-5 天体観測設備の使用状況

授業での使用頻度			
1クラス2時間	年に1、2回/クラス	年2、3回(2校)	年数回
授業とクラブでの使用頻度			
授業	2~3回	年1回	
クラブ	3~4回	4~8回	
学校行事での使用頻度 年1回			
興味ある生徒への開放状況使用頻度 年1~2回			

図 1-6 望遠鏡の使用頻度

また、各学校には望遠鏡を保有すると回答した学校の90%が配備されている台数が1ないし2台程度であり(図1-4)、授業の中で望遠鏡を使用する際、40人に同時に観察させることは困難である現状が明らかになった。

そこで、以上の問題点を解決するために、インターネット望遠鏡というものに着目した。インターネット望遠鏡とは、パソコンを用いてインターネット経由で遠隔操作が可能な望遠鏡のことである。望遠鏡だけでなく、天体ドームなどの関連施設を含めた天体ドーム等の関連施設を含めた天文台のインターネット経由の遠隔操作は、インターネット天文台と呼ばれ、もともと米国のTIE(Telescope in Education)という教育プログラムからスタートしている〔Software Bisque 社ホームページ〕。現在、日本では、東京理科大と慶応高校が運用プログラムを自ら開発して稼働させている〔佐藤他 1999、佐藤他 2000〕。

インターネット望遠鏡を用いれば、1台の望遠鏡を多数のユーザーが共有できるという利点がある。望遠鏡を持たない子どもたちでも、パソコンとインターネットさえあれば、望遠鏡を遠隔操作し、天体の画像を得ることが可能である。さらに、インターネット望遠鏡には天候や時間に左右されないといった利点もある。日本で昼間の時、海外の望遠鏡をコントロールして天体画像を得ることも可能である。

また、学習指導要領第3章「指導計画の作成と内容の取り扱い」の4、コンピュータなどの活用に、コンピュータや情報通信ネットワークなどを積極的に活用するように配慮するものとあり〔中学校学習指導要領(平成10年12月)〕、実際にインターネット経由で望遠鏡を動かして天体画像を見ることは子どもたち、生徒たちにとってよい経験になるはずである。

そのほかにも、自由に屋外に出ることができない肢体不自由児、病虚弱児(児童に限らず大人でも)のための理科教育への利用、Web ページなどへのリアルタイム画像の掲載など、このシステムのもつ可能性は大きい。

そこで本研究では、学校授業、観望会での利用や生徒が自発的に天体観察に利用できるシステムの実現を目指し、宮城教育大学インターネット望遠鏡システムの構築と、その教育への運用プログラムを開発した。

2.インターネット望遠鏡

2.1 インターネット望遠鏡の概要

前章の中でアンケートの結果より、学校の授業において天体観察を行なう場合、2つの大きな問題点があることが明らかになった。1つは各学校における望遠鏡保有台数の少なさと利用率の低さ、もう1つは天体現象が夜間に起こるものであるため、授業を行うことが困難だということである。

これらを解決する手段の1つとしてインターネット望遠鏡がある。インターネット望遠鏡の最大の魅力は時差を利用した授業が可能な点ことである。また、生徒自身が操作し、対象天体の画像を得られることも魅力の1つである。

現状は学校の望遠鏡が不足しており、目視による自宅観察を生徒に課す学校が多いが（図 1-3）、インターネット望遠鏡が実現すれば、割り当てられた時間中、生徒が自発的に天体観察を行うことができる。

そのような環境の実現を最終的な目標として構築した宮城教育大学インターネット望遠鏡システムの概要を以下に示す。

2.2 宮城教育大学インターネット望遠鏡システムの概要

インターネット望遠鏡システムは、コンピュータ制御のできる天体望遠鏡と冷却 CCD カメラを中心に、各種制御・通信ソフトウェアを搭載したパソコンから構成される（図 2-1、2-2）。天体望遠鏡と CCD カメラは、学内ネットワークに接続しているサーバー用のパソコンに接続され、外部ネットワークへとつながる。天体望遠鏡の操作、CCD カメラの設定や撮像の操作、撮像画像の表示を LAN またはインターネット経由で遠隔操作できる。

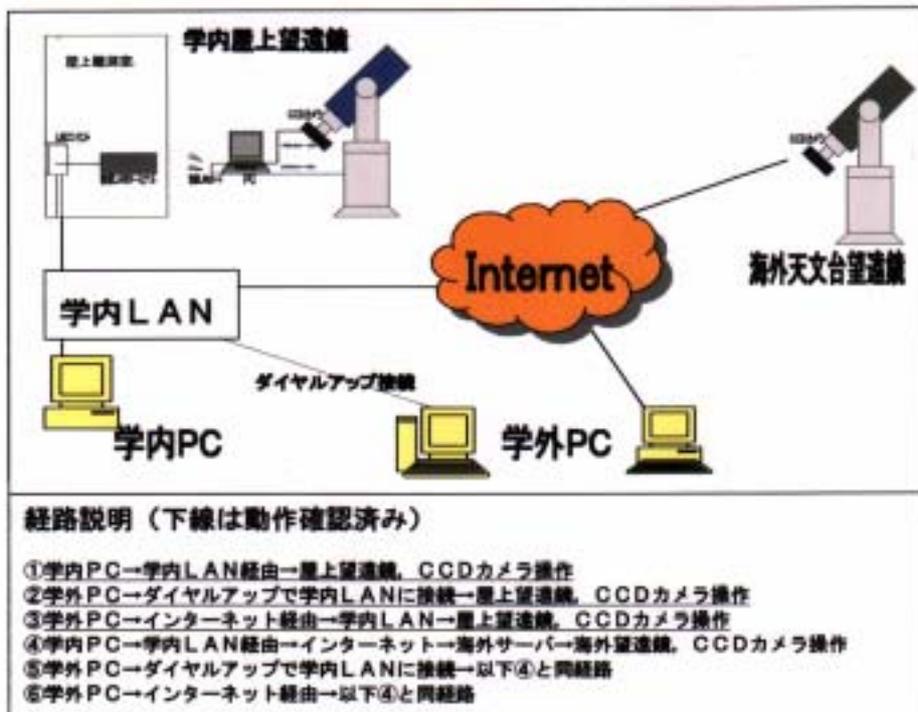


図 2-1 インターネット望遠鏡システムの概要。天体望遠鏡と冷却 CCD カメラは、シリアルケーブルとパラレルケーブルでサーバー用パソコンに接続。サーバー用パソコンは、学内のネットワークに接続され外部ネットワークとつながる。天体望遠鏡の操作、ならびに、CCD カメラの設定や撮像の操作、そして、撮像画像の表示は、ネットワーク上のパソコンから遠隔操作する。この遠隔操作用のパソコンは、学内ネットワーク上のローカルエリアネットワーク、学外から学内ネットワークへのダイヤルアップ、ならびに、インターネット経由の学内ネットワーク接続が可能である。技術的には、本システムと同等のシステムを導入している国内外のインターネット望遠鏡に接続可能である。

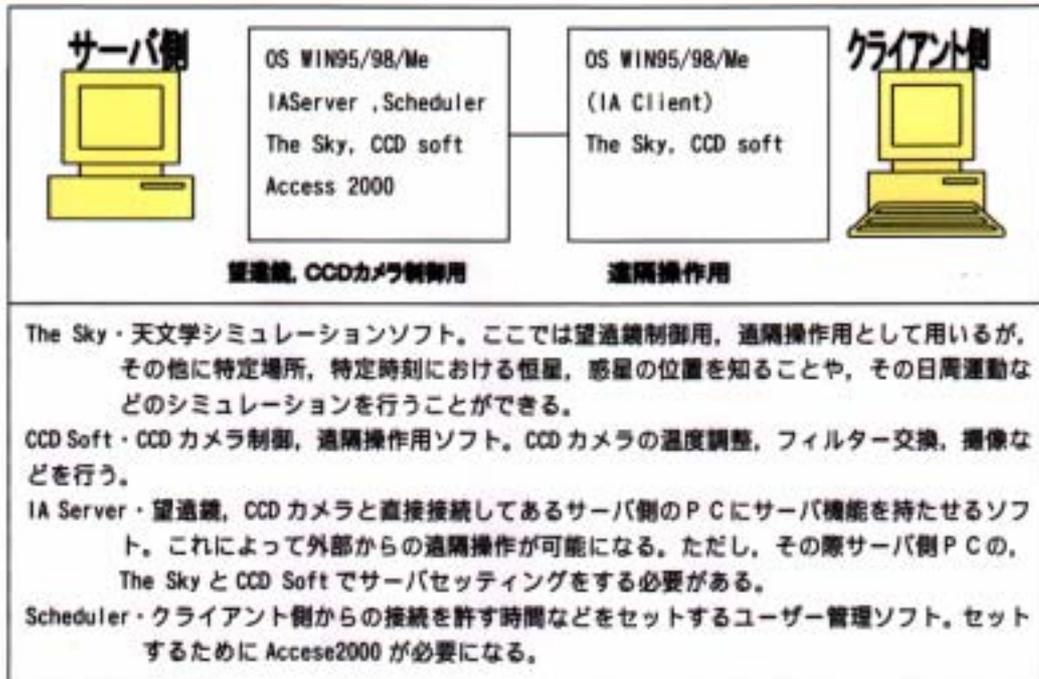


図 2-2 インターネット望遠鏡操作端末システムのソフトウェアの様子とその説明。サーバ側のパソコンは、Windows (Microsoft 社) のオペレーションシステム上で稼動するソフトウェア、IA Server (Software Bisque 社) がサーバ側とクライアント側の通信を司る。サーバパソコンへのアクセス権の認証とユーザー管理は、Access2000 によって書き換え可能なされる付属ソフトウェアの Scheduler が行う。ここで通信許可が得られてはじめて、望遠鏡やカメラ操作が可能となる。サーバ側とクライアント側には、それぞれ、天体望遠鏡制御ソフトウェア The Sky V.5 (日立ビジネスソリューション (株)) と 冷却 CCD カメラ制御ソフトウェア CCDSoft (Software Bisque 社) が搭載されリンクを取る。クライアント側の制御ソフトウェアは、遠隔操作指令をサーバ側の制御ソフトウェアに送り、その結果を遠隔操作端末上の制御ソフトウェアに返す。CCDSoft では、撮像画像を遠隔端末に送信し画面で確認できる。

宮教大インターネット望遠鏡システムは、望遠鏡はタカハシ製作所の口径 20cm カセグレングレン望遠鏡（図 2-3）に、SBIG 社の冷却 CCD カメラ ST7（図 2-4）を接続して運用している。



図 2-3 口径 20 c mカセグレングレン望遠鏡



図 2-4 冷却 CCD カメラ

宮教大インターネット望遠鏡の写真。図 2-3 はタカハシ CN-212 口径 20 c mカセグレングレン望遠鏡である。これに SBIG 社の冷却 CCD カメラ（図 2-4）を接続。これらは、サーバー用パソコンに接続し、学内ネットワークにつながり、インターネットを通じた制御が可能になる。現在は無線 LAN を利用し屋外観測が可能である。

サーバー用パソコンの CPU は、Pentium 400MHz である。天体望遠鏡はシリアルケーブルで、また、冷却 CCD カメラはパラレルケーブルでコンピュータに接続できるため、1 台のサーバー用パソコンに直接接続できる。サーバー用パソコンは無線 LAN を用いてコードレスで学内のネットワークに接続することも可能であるため、屋上で任意の位置に望遠鏡を設置できる。

また、サーバーは、現在 Windows98 (Microsoft 社) の OS で稼動している。この上で稼動するソフトウェア、IAServer (Software Bisque 社) が、サーバーと遠隔操作端末のクライアントとの通信を司る。実際には、データベース管理ソフト Access2000 (Microsoft 社) によって環境設定される付属ソフトウェアの Scheduler (Software Bisque 社) が、クライアントのサーバーへのアクセスの認証を行う。ここで、通信の許可がとれてはじめて、ユーザーが望遠鏡操作やカメラ操作が可能となる。サーバーとクライアントには、それぞれ、天体望遠鏡制御ソフトウェア The Sky Version5.0 プロフェッショナル版(日立ビジネスソリューション(株))と冷却 CCD カメラ制御ソフトウェア CCDSOFT (Software Bisque 社) が搭載されリンクを取り合う。クライアント側の制御ソフトウェアは、遠隔操作の指令をサーバー上の制御ソフトウェアに送り、指令によって望遠鏡が動き、撮像された画像を遠隔操作上の制御ソフトウェアに返す。遠隔操作端末のクライアント側 PC の CCDSOFT で、撮像画像が画面に出力される(図 2-5)。

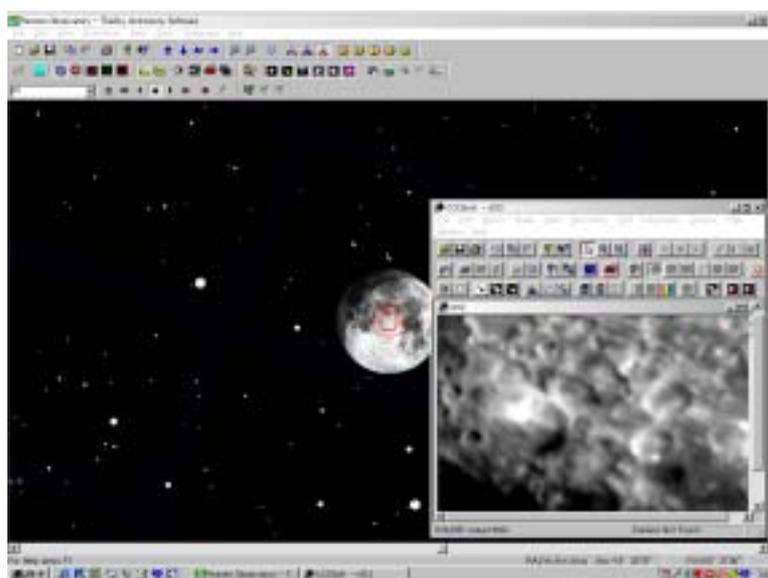


図 2-5 インターネット望遠鏡遠隔操作端末の画面例。望遠鏡操作 (TheSky) 画面 (バックグラウンド) と、CCD カメラ撮像操作 (CCDSOFT) (右下ウインドウ) 画面上に撮像画像 (月面) が表示。中央の赤い丸は、現在望遠鏡が向いている方向を示している。

具体的には、望遠鏡を土星に向けその画像を得たいという場合、クライアント PC の The Sky から土星に望遠鏡を動かす指令を LAN またはインターネットを経由してサーバー PC に送る。サーバー PC から接続されている望遠鏡に指令が行き、望遠鏡は土星に向く。次にクライアント PC の CCDSoft からカメラに撮像するように LAN またはインターネットを経由してサーバー PC に命令を送る。サーバー PC から CCD カメラに指令が行き、土星が撮像される。この画像がまずサーバー PC に転送され、そこから LAN またはインターネットを経由してクライアント PC へと送られて、クライアント側は土星の画像を得ることができる。

この遠隔操作用のパソコンは、学内ネットワーク上のローカルエリアネットワークはもちろんのこと、学外から学内ネットワークへのダイヤルアップでの接続が可能である。さらに、外部パソコンから、各種プロバイダを用いてインターネットを経由し学内ネットワークに接続し、遠隔制御することも可能である。(図 2-1)

ソフトウェアの具体的な設定方法、使用方法については付録 A にて掲載する。

2.3 実践授業用システムの構築

実践授業において、受け手に操作させるのは TheSky 上での望遠鏡の操作に限定した。CCD カメラの操作を制御する CCDSoft では露出時間、撮像サイズ、撮像モードなど複雑な要素を多数選択しなければならず、しかもソフトウェアが英語版であるため、操作はさせず、操作の様子を簡潔に説明する方法をとった。

クライアント PC にはノートパソコンを使用し、インターネット接続の手段としては PHS モデムカードを使用した。実践先の設備に関わらず、64kbps の通信速度で接続できるためである。

CCD カメラは露出時間を調節可能であるが、月は明るすぎるため口径を 5cm にしぼるためのフードをかぶせた。また、土星、木星については CCDSoft で撮像したあとにコントラスト調整が必要である。月、土星、木星の画像、コントラスト調整については付録 B に記載する。

3.インターネット望遠鏡を用いた天文教育プログラムとその実践

前章までで構築した宮城教育大学インターネット望遠鏡を用いた教育プログラムを作成し、身体障害者療護施設・太白ありのまま舎（2001年11月28日）、国立療養所西多賀病院院内学級（2001年12月4日）、仙台市天文台での親子天文教室（2001年12月26日）にてそれぞれ実践した。実践にあたり、全ての操作を1人でやるとプレゼンテーションに支障をきたすため、当研究室のメンバーによりオペレーター、アシスタント、連絡係、屋上係を設置した。屋上係は、望遠鏡設置ならびに、サーバーPCの管理、トラブル時の対処、月に望遠鏡を向ける際のフード、オペレーターはプレゼンターの話にあわせPCを操作する役割、アシスタントはプレゼンターの補助、連絡係は屋上との連絡をする。

現地へ向かう4名はクライアントPCの画面を大映しにするプロジェクタ、スクリーンしくみの説明に必要なパネルなどの会場設営を行う。

作成した教育プログラムと、それぞれの場所での実践結果を以下に示す。

3.1 教育プログラム案

基本的な観望会の手順は、以下の図 3-1 に示すとおりである。開催会場、受講者の状況により変更した部分については次節以下で補足する。

時間 40 分から 1 時間

授業の受け手	授業する側
<p>星空の説明を聞く</p> <p>インターネット望遠鏡のしくみについてパネルを見ながら説明を聞く。</p> <p>ビデオでの解説を聞き、望遠鏡、CCD カメラ、サーバーPC、望遠鏡の動く様子を見て、理解する。</p> <p>実際に望遠鏡がどのように動作するかソフトウェアの使い方とあわせて体験する。</p> <p>実際にインターネット望遠鏡の画面を見ながら、動かし方を覚える。</p>	<p>The Sky を用いて現在時刻の星空の様子を解説する。</p> <p>北天の様子</p> <p>西天の様子</p> <p>東天の様子と本日観望する天体の位置</p> <p>パネル(図 3-2)を用いて仕組みについて説明する。その際以下の点を伝えておく。</p> <p>カメラはモノクロであること。</p> <p>カメラには画像中継モードと撮像モードがあり、中継モードは PHS の画像転送速度の問題で約 15 秒に 1 回の割合で画面が転送されること。</p> <p>あらかじめ望遠鏡の動く様子について撮影したビデオをプロジェクタで投影し、望遠鏡、CCD カメラの接続の様子をみせる。CCD カメラの機能をもう一度伝えておく。</p> <p>会場に用意した望遠鏡を PC に接続し、パネル(図 3-3)で動かし方を確認し、実際に望遠鏡が屋上でどのように動くかを体験してもらう。</p> <p>まず、あらかじめ視野に入れておいた星から、違う星へと望遠鏡を動かす。カメラの中継画面でも最初に入っていた星が視野から消え、新しい星が視野に入ったことを確認し、パネル(図 3-3)を利用しながら望遠鏡の動かし方を説明する。</p>

<p>月、土星、木星などに望遠鏡を向けて観察し、解説を聞く。</p>	<p>受け手側に望遠鏡を操作してもらい、月、惑星を観る。</p> <p>土星や木星は、画像のコントラストを変化させて見せる（付録 B 参照）。</p> <p>月では望遠鏡を微動させて中継画面上で動くことを確認し、地形の解説をする。</p> <p>月ではクレーターの様子、海の様子に着目し、解説する。</p> <p>土星では、衛星と輪について着目する。</p> <p>木星では、衛星と縞模様に着目する。</p>
<p>インターネット望遠鏡の有用さの説明を聞く。</p>	<p>図 3-4 を利用し、以下の 3 点の有用さについて説明する。</p> <p>外出不要。</p> <p>天候不問。</p> <p>海外の望遠鏡を操作することで、昼間でも星を見ることが可能。</p>
<p>アンケート（図 3-5）に意見、感想を記入する。</p>	<p>今日見た映像を印刷し、手渡す。</p>

図 3-1 観望会プログラム案

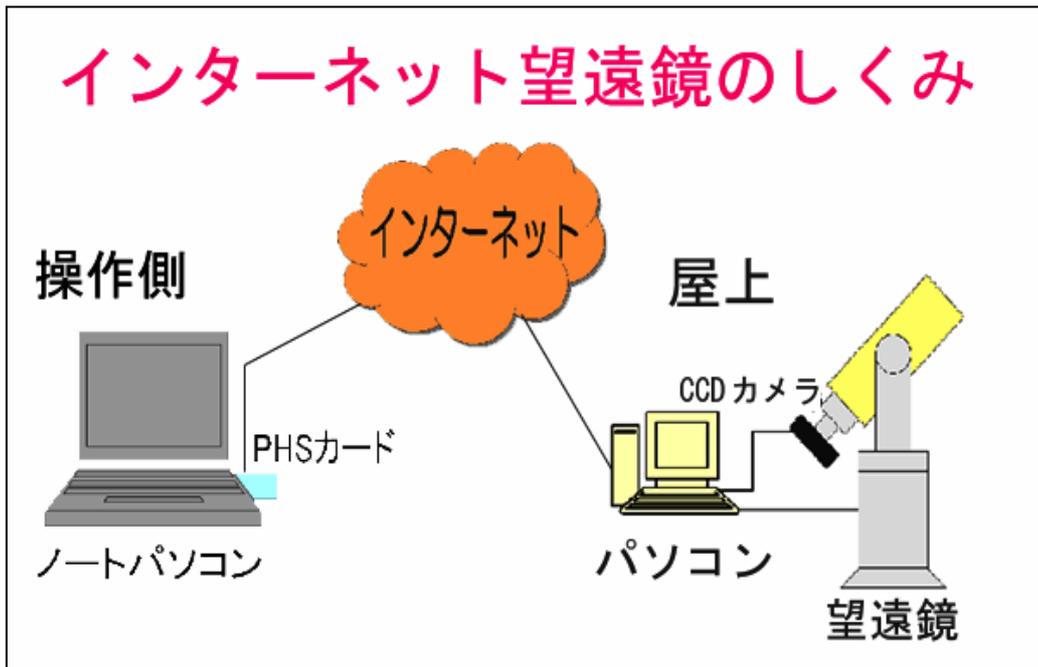


図 3-2 インターネット望遠鏡のしくみについての説明に用いたパネル。カメラの機能と、情報が伝わる経路について説明した。

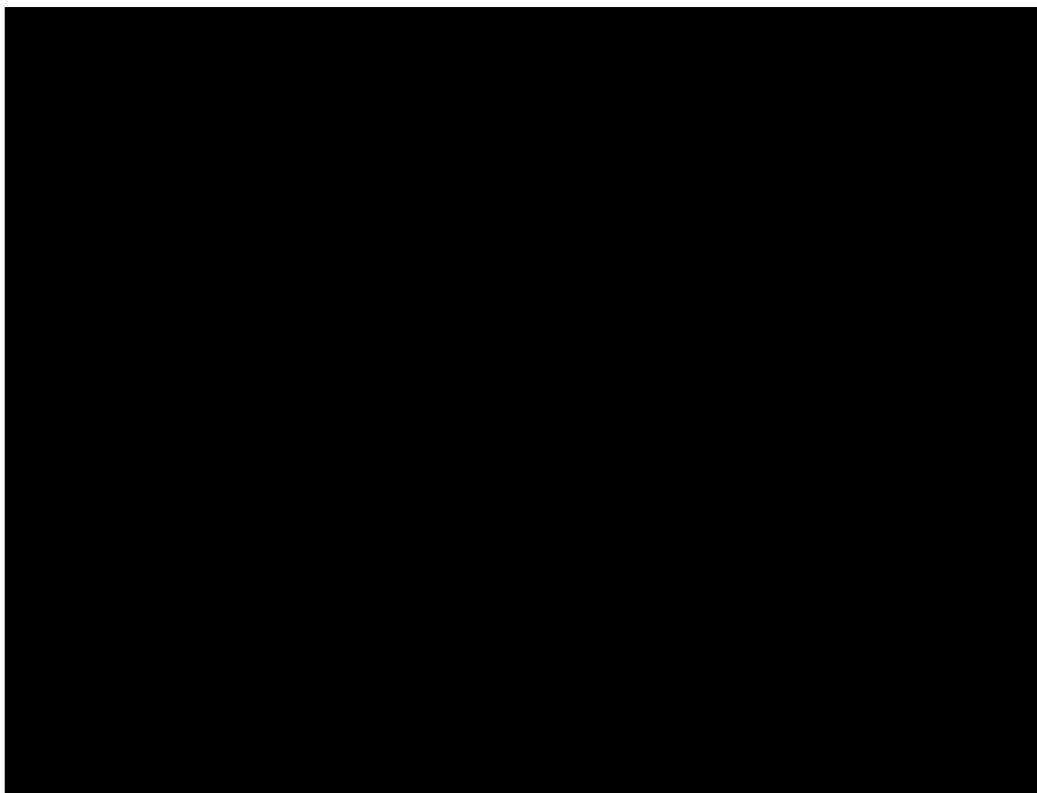


図 3-3 望遠鏡の操作方法の説明に用いたパネル。

インターネット望遠鏡のよいところ

1. 外にでなくてもよい。
2. 天気が悪くても他の天気のいい場所の望遠鏡を使えば星がみられる
3. 日本で昼間でも、海外の望遠鏡を使えば星がみられる。

図 3-4 インターネット望遠鏡のよさを説明するために作成した画像ファイル。実践ではこれをスクリーンに投影して説明した。

インターネット望遠鏡計画の今後の参考にするため、以下のアンケートにご協力ください。

・本日の観望会の説明はわかりやすかったですか。

はい

いいえ

いいえと答えた方：どのような点がわかりにくかったですか。

・インターネット望遠鏡の操作はわかりやすかったですか。

簡単

やや簡単

やや難しい

難しい

やや難しい、難しいと答えた方：どのような点が難しかったですか。

・自分で望遠鏡を動かし星（天体）を観た実感はありましたか。

はい

いいえ

いいえと答えた方：どのような点が実感を伴いませんでしたか。

・今後、この望遠鏡システムがインターネット上で一般公開され

自由に利用できるようになったら、利用すると思いますか。

はい

いいえ

はいと答えた方は、利用したいと思う理由を、いいえと答えた方は利用しない理由をお聞かせください。

・本日観察した中で、どの天体が1番印象に残りましたか。 _____

・他にどのような星（天体）を観望してみたいですか。 _____

・その他、意見、感想・改善点等ございましたらご自由にお書きください。

（ どのようにしたら、もっと使いやすくなるか等。）

ご協力ありがとうございました。

図 3-5 配付したアンケート

3.2 太白ありのまま舎での観望会

2001年11月28日19:00から、仙台市太白区茂庭台の身体障害者療護施設・太白ありのまま舎において宮城教育大学インターネット望遠鏡を用いた観望会を実施した。

当施設は重度障害者を対象としている施設であり、入居者は肢体不自由の方が多い〔ありのまま舎ホームページ〕。そのため、望遠鏡をのぞく姿勢をとるのが困難である。

そこで、当施設での実践はインターネット望遠鏡の望まれる利用方法の1つと考えられる。また、当施設の基本方針には「自己決定」がある。入居者自身が自らの生き方、意思を決定していけるような支援をしている〔ありのまま舎ホームページ〕。インターネット望遠鏡であれば、指先の動作だけで操作が可能であるため、入居者が自発的な意思で、自らの手で希望する天体を観望できる可能性がある。

当日の天気は全天曇りで、望遠鏡の追尾能力に不可欠な極軸あわせが不可能であったが、約12人の入居者と約3名の職員を対象に決行した。

3.2.1 観望会の内容

1. 星空の説明
2. パネルを用いた、インターネット望遠鏡システムについての説明。
3. 映像による宮城教育大学インターネット望遠鏡システムの紹介。
4. 曇天のため、街灯を視野に入れての中継画面の説明。
5. インターネット望遠鏡の操作法を説明し、望遠鏡を入居者の方1名が実際に遠隔操作する（くもりのため対象天体は見えず。）
6. あらかじめ撮像しておいた、月、土星、木星の画像を投影し、月の地形、土星、木星の様子の説明。（付録B 図B-1～図B-5）
7. アンケートに記入をお願いし、同時に当日見せた画像を印刷し、配付。



図 3-6 ありのまま舎での観望会の様子。スクリーンにビデオを投影し、宮城教育大学インターネット望遠鏡のしくみを説明している。



図 3-7 受講者の方が、インターネット望遠鏡を操作している様子。

3.2.2 観望会の評価

曇天であったため、インターネット望遠鏡のシステム、操作方法の説明、事前に撮像した天体の解説と、説明中心の観望会にならざるを得なかったが、説明に対する理解度は高かった（図 3-8）。

プレゼンテーションに関しては、「画面が小さい」「図を大きくすべき」という意見があった（図 3-9）。これには、画面の設定を変え文字を大きくするように設定し、パネル（図 3-2）を A2 サイズから A1 サイズへ大きく作り変えることで対処することにした。

システムに関する意見では図 3-9 のようにマウスの動作についての意見があった。観望会では 1 名の入居者が望遠鏡を操作したが、マウスの動きが速すぎカーソルを合わせるのが困難であった。今後、入居者の方が自発的に利用しやすくするためにも入居者個々の障害に応じた操作機器（ジョイスティックやトラックボール）を導入することが必要である。

また、システムが何度かダウンしたため、サーバー PC、クライアント PC 双方において不要ファイルの削除、動作の安定化が必要である。

本日の観望会はわかりやすかったですか。
はい 8
いいえ 0

図 3-8 観望会内容の理解度

実際使ってみないとわからない。
マウスの動きがはやくカーソルが動きすぎる。
画面が小さい。
マウスでなくトラックボール、ジョイスティックがよいかも。
老眼の方も多いので、図は大きいほうがよいと思います。

図 3-9 その他の意見、感想、改善点等

3.3 西多賀病院院内学級での観望会

2001年12月4日 18:00 から、仙台市太白区西多賀の国立療養所西多賀病院院内学級において実践を行った。

院内学級の生徒は体が弱く外出することが困難であるため、ありのまま舎同様、屋外での星の観察を行うことは難しい。よって、この自分で操作し画像を得られるインターネット望遠鏡が生徒たちに与えるもの影響は大きく、インターネット望遠鏡システムが望まれる環境であると考えられる。

当日の天候は前回同様全天曇りであったが、ありのまま舎での観望会の反省点を解決し実践に臨んだ。

3.3.1 観望会の内容

1. 星空の説明

2. パネルを用いた、インターネット望遠鏡システムについての説明。

3. 図 3-4 を用いた、インターネット望遠鏡の有用性の説明。

4. 映像による宮城教育大学インターネット望遠鏡システムの紹介。

5. 曇天のため、街灯を視野に入れての中継画面の説明。

6. インターネット望遠鏡の操作法を説明し、望遠鏡を院内学級生徒 6 名に実際に遠隔操作してもらう（くもりのため対象天体は見えず。）

7. あらかじめ撮像しておいた、月、土星、木星の画像を投影し、月の地形、土星、木星の様子の説明。（付録 B 図 B-1 ~ 図 B-5）

8. アンケートに記入をお願いし、同時に当日見せた画像を印刷し、配付。

9. 予定終了後、残った生徒に雲の間から月が一瞬見えたため、月に望遠鏡を向け、施設での実践では初めて月の画像をインターネット経由で見せることができた。



図 3-10 西多賀院内学級での観望会の様子。望遠鏡の使用法を説明している。



図 3-11 インターネット望遠鏡を操作している様子。

3.3.2 観望会の評価

観望会全体の理解度と、インターネット望遠鏡の操作に関する理解度は高かった（図 3-12）。

プレゼンテーションに関して、図 3-13 に示されるとおり、操作の実感がなかった生徒が多い。悪天候が大きな理由であるが、操作によって望遠鏡が動くことを体験してもらう必要があった。そのためには、インターネット望遠鏡とは別の望遠鏡を会場に準備し、体験してもらうなどのプレゼンテーションが必要と考える。

その他にも、プレゼンテーションに関しては図 3-14 に示されるような意見がアンケートから得られた。パネルが小さいという意見には、パネル（図 3-2）を A1 サイズから A0 サイズへ大きく作り変えることで対処することにした。説明に関しては、簡潔化し、実際の操作の時間を増やす必要がある。

システムに関する意見では図 3-15 のような意見が得られた。これに対処するため、クライアント PC のインターネットへの接続方法を PHS モデムカードから LAN に切り替えが可能であれば、切り替える必要がある。システムの安定した動作が望めるからである。

本日の観望会はわかりやすかったですか。	
はい	19
いいえ	1
インターネット望遠鏡の操作はわかりやすかったですか。	
簡単	10
やや簡単	9
やや難しい	
難しい	1

図 3-12 観望会全体の説明、操作の説明の理解度

自分で望遠鏡を動かし、星（天体）を観た実感はありましたか。

はい 6

いいえ 12

回答なし 2

いいえ、回答なしの理由

空が曇っていて星が見えなかった点。同様の意見 10 件

図 3-13 操作の実感について

もうすこしパネルが大きいほうが観やすい。2 件
システムについての説明が長い。

図 3-14 プレゼンテーションに関する意見の一部

中継画面をもっと速く取り込んでほしい。3 件
システムの不安定が気になった。
PHS でなく LAN を使ったほうがよい。

図 3-15 システムに関する意見の一部

3.4 親子天文教室（仙台市天文台）での観望会

2001年12月26日18:00から、仙台市天文台で開かれた親子天文教室の一環としてインターネット望遠鏡の紹介ということで実践した。親子5組11名の参加で子どもは小学生1年生から6年生までが6名であった。天候は晴れであった。また、親子天文教室ということで、実際の望遠鏡を通して天体を観望するコーナーもあったため、アンケートに次の質問を追加した。

・インターネット望遠鏡を用いた観察と、実際に望遠鏡で観察したのとではどちらが良かったですか？ インターネット望遠鏡 実際の望遠鏡
その理由もお願いします。

3.4.1 観望会内容

1. A0サイズに拡大したパネルを用いた、インターネット望遠鏡についての説明。
2. パネルを用いた、インターネット望遠鏡システムについての説明。
3. 映像による宮城教育大学インターネット望遠鏡システムの紹介。
4. 操作方法の説明後、インターネット望遠鏡を操作する前に、会場に運搬した望遠鏡をリモートコントロールする（目の前で自分の操作した結果が見られる。）
5. インターネット望遠鏡を子どもが実際に遠隔操作する。
6. 月に望遠鏡を向け、月面を捕らえた後、モーションコントロールモード（微動モード）で、自分の命令によって望遠鏡が動作することを体験する。
7. 月の画像を撮像し、保存。
8. 土星に望遠鏡を向け、土星を観察し、月と同様に撮像し、保存。
9. （オペレーター、アシスタントが、みた天体画像をtiff形式で保存し、プリンター出力）
10. 図3-4を用いた、インターネット望遠鏡の有用性の説明。
11. 親子天文教室終了後、印刷画像を配付、アンケートの記入をお願いした。



図 3-16 親子天文教室での観望会の様子。スクリーンに投影して説明している。奥にあるのはA0サイズに拡大したパネル。スクリーン下にある望遠鏡は、望遠鏡が動く様子を体験してもらうために用いた。



図 3-17 インターネット望遠鏡が月に向けた時の様子。手前の小学生が操作している。スクリーンの右半分が望遠鏡制御ソフト、左上がカメラの中継画面である。対比させて月の地形の説明をしている。

3.4.2 観望会の評価

観望会全体の理解度と、インターネット望遠鏡の操作に関する理解度は今回も高かった(図 3-18)。

操作の実感の面では、図 3-17 に示されるとおり、西多賀病院院内学級での観望会の同じデータ(図 3-13)と比較すると、実感があったとする人数の割合が増加している。天候が良く、子ども全員が操作を体験できたためと考えられる。しかし、一方で実感は得られなかったとする回答もあった。屋上でインターネット望遠鏡が動く様子をライブ中継するなど、プレゼンテーション技術の改善が求められる。

システムに関しては、図 3-20 のような意見があった。通信速度に関しては本観望会では LAN を用い、通信速度が速くなったため、中継モードではおよそ 10 秒に 1 回画像が得られたのだが、これでは動画中継とは言いがたい。これから新たな画像中継システムの構築も視野に入れていく必要がある。

本日の観望会の説明はわかりやすかったですか。			
はい	11	いいえ	0
インターネット望遠鏡の操作はわかりやすかったですか。			
簡単	6	(3)	
やや簡単	3	(1)	
やや難しい	1		
難しい	1	(1)	

図 3-18 観望会全体の説明、操作の説明の理解度

自分で望遠鏡を動かし、星(天体)を観た実感はありましたか。			
はい	8	(4)	
いいえ	3	(1)	

図 3-19 操作の実感について

(データの転送に時間がかからなくなると良い。また、静止画だけでなく動画でできるともっと使えると思う。)
操作するとき、けっこう時間がかかって大変そうだったから。

図 3-20 システムに関する意見

4. 議論

前章までで示したように3回にわたって観望会を実施した。太白ありのまま舎、西多賀院内学級での観望会では悪天候であり、インターネット望遠鏡での天体観望はできなかったが、インターネット望遠鏡については理解してもらえたようであった。

3施設でのアンケート結果を回収し集計したところ、観望会の説明と望遠鏡の操作方法に関しては、図4-1、4-2にみられるように理解しやすかったという回答が多数を占めた。これは、限られた時間内でより多くの方が利用できるように、難しい内容を説明せずに、最小限の情報のみを提供したためであるが、「自分が操作している」という実感がうすくなるという問題点も生じた。

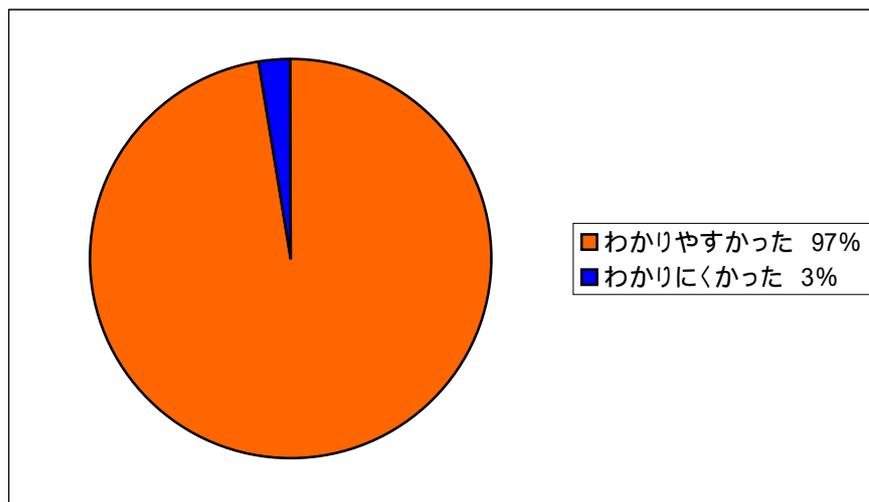


図 4-1 観望会の説明についてのアンケート結果

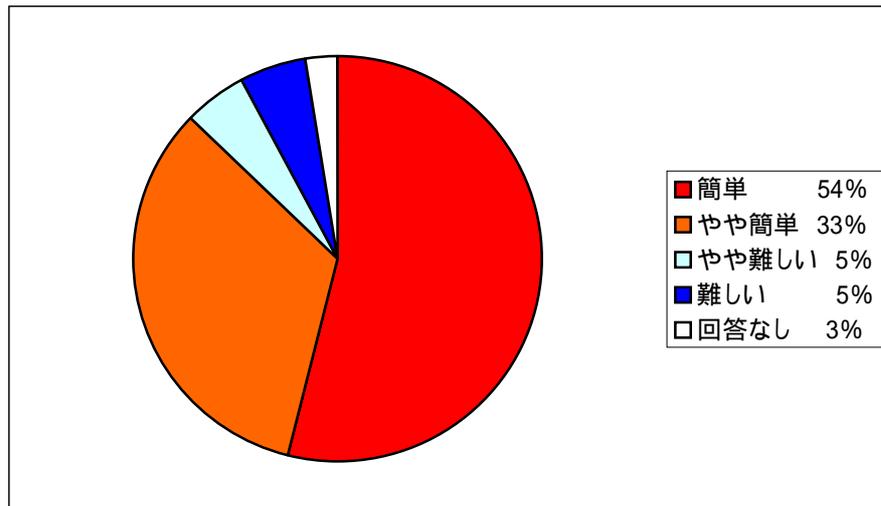


図 4-2 望遠鏡の操作方法についてのアンケート結果

図 4-3 にみられるように、天気がよくインターネット望遠鏡を利用した観望が実現した天文台での観望会においても操作の実感がなかったとする回答がみられた。

自分で望遠鏡を動かし、星（天体）を観た実感はありましたか。	
はい	8
いいえ	3

図 4-3 仙台市天文台でのアンケート回答

さらに、それらの回答は全て、実際に望遠鏡を操作した子どもたちのものであった(図 4-3「いいえ」の 3 名は全て子ども)。原因としては操作方法を簡潔にするために、カメラの操作など、複雑なものは全て指導者側で行うという子どもの操作領域の狭さと、望遠鏡の操作による変化が PC の画面上だけであったということがあげられる。操作の実感を高くするためには、プレゼンテーション面からアプローチするとインターネット望遠鏡をライブ中継し、操作によって命令どおりに動く望遠鏡の画像を提示することや、必要最低限のカメラの操作方法を簡潔にまとめたものを与えることで解決できる。システム面から考えると、望遠鏡操作ソフト、CCD カメラ制御ソフトの統合などソフトの簡素化によって、望遠鏡動作から撮像までを全て自らの手で行うことが可能になり、操作の実感が高くなると考えられる。

一方で、図 4-4 に示されるとおり、インターネット望遠鏡が一般に公開されたら利用したいとした回答は 3 度の観望会全体で 87% にのぼった(図 4-4)。外出せずに天体の

観望が可能であり、将来的には天候、時刻を問わない観望が可能であるという。インターネット望遠鏡への期待の表れであると考えられる。

宮城教育大学インターネット望遠鏡の将来的な利用法の理想の1つとして、望遠鏡を持たない生徒、子どもへの観察学習や、外出困難な方のための天体観望手段として一般に広く利用可能にするということがあげられる。

これを実現するためには、ソフトウェアの簡素化とシステムの安定化が求められる。

ソフトウェアの面から考察すると、現在のシステムではカメラの操作を行うCCDSoftが英語版であり、さらにはその操作方法、操作に必要な知識は一般にはやや複雑であるため、カメラを操作するソフトを、望遠鏡操作ソフトといっしょにして一本化し、コントラスト調整(付録B参照)や露出時間調整を対象天体の明るさや位置によって自動決定し、ボタン1つで天体画像が得られるようなソフトを実現するなどの工夫が必要である。

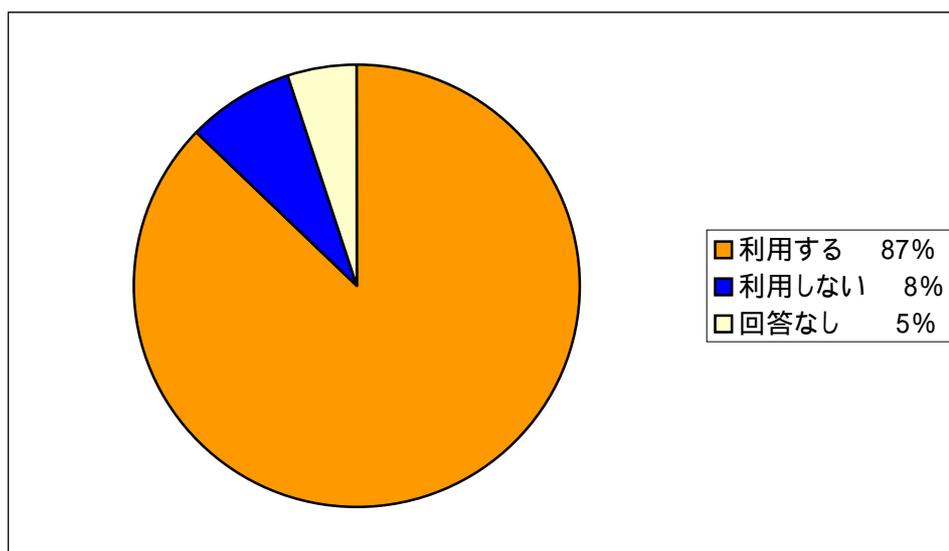


図 4-4 インターネット望遠鏡が一般公開された場合利用するかという問いへの回答

また、システムの安定化の面からは、インターネット望遠鏡の固定化があげられる。

現在の宮城教育大学インターネット望遠鏡はドーム設備が無いため固定しておくことができず、星の導入精度に限度があるという問題点がある。

現在のシステムでは全天の約4分の1の範囲でしか天体を導入できない。屋外への出し入れのたびに位置合わせを行わなければならない、ずれが生じる。これを解決するには望

望遠鏡を固定しておくことが必要であり、そのためには天体ドームは不可欠である。天体ドームが導入できれば望遠鏡の出し入れによる微妙なずれも無くなり、風による揺らぎもなくなるため、全天どの天体も導入できる。そのことで自由度が増し、ユーザーがみたい星をみられるようになる。インターネット望遠鏡からインターネット天文台へのステップアップも今後の課題である。

また、インターネット望遠鏡の最大の魅力と考えられる、距離と時差を超えた利用を可能にすることも今後の課題である。市内中学校に対して行った天文教育現況調査アンケートにおいて学校現場において観察実習ができない理由の1つに、天文現象が夜間に起こるから難しいからというものがあげられていた(図4-5)。

<p>天文学習の観察はどうしても夜間になってしまう。現状では難しいと思われる。</p> <p>自由研究として夏休み中に行わせることはできるが、観察をしなければならない分野なので、絶対的に無理である。</p>

図 4-5 観察実習が難しい理由
(総合学習に天文分野を組み入れない理由についての回答)

インターネットを用いて海外の天文台を利用できれば、この問題は解決できる。これならば、必要なものはパソコンとソフトウェアだけであり望遠鏡がなくても、昼間の授業時間に、しかも視聴覚機器とは違った「自分で操作し、観察する」感覚を得ることができる。現在でもインターネットで操作できる世界初の望遠鏡である英国のブラッドフォード・インターネット望遠鏡〔Bradford Robotic Telescope Observatory site〕など多数のインターネットで操作可能な望遠鏡が存在している。

システムの安定化がはかられれば、将来的には、宮城教育大学インターネット天文台が地球の裏側の天文台と相互協力し、学習を支援するために活動が実現するに違いない。

インターネット望遠鏡は21世紀の新しい望遠鏡としてこれから一層発展していくものである。学校現場においてもこの有効なツールを最大限に活用していけるようにする必要があると考える。

5. 結論

インターネット望遠鏡は、天体観察の1つの手段として非常に有効であり、インターネット望遠鏡を教育に有効に利用する手段としては、次の2点があげられる。

1. 一般に公開し、観察学習の補完や外出困難な方の天体観望手段としての利用。
2. 海外天文台を利用した、授業時間内での利用。(時差を利用した授業)

1ではソフトウェアの簡素化と操作の実感を高める必要がある。また、天体ドームを導入するなど、システムの安定化をはかる必要がある。ともに今後の課題である。

2について、インターネット望遠鏡は国内だけでなく海外の天文台と相互協力し、学習を支援する活動が可能であり、今後取り組むべき課題である。

謝辞

本卒業論文のための研究を進めるにあたって、様々な場面でのご助言や懇切丁寧なご指導をしていただいた宮城教育大学教育学部惑星科学研究室(地学科)の高田淑子助教授に深く感謝いたします。

また、本論文のための実践授業を行うにあたって、実践施設の手配、授業内容についてのご指導をしていただいた仙台市天文台の長島康雄先生、インターネット望遠鏡のシステムについてご意見下さった宮城県教育研修センターの伊藤芳春氏、仙台市立高森中学校教諭である市川仁先生に深く感謝申し上げます。

実践授業の場を提供して下さった、身体障害者療護施設・太白ありのまま舎のみなさま、国立療養所西多賀病院院内学級のみなさま、仙台市天文台での親子天文教室関係者のみなさま、アンケートに回答して下さった仙台市内公、私立中学校教諭のみなさまに深く感謝いたします。

ならびに、宮城教育大学地学科の青木守弘教授、森洋介教授、川村寿郎助教授、菅原敏助手には、日頃からのご支援をいただいたことに深く感謝いたします。

そして、実践授業その他、研究活動全般を通して暖かなご援助をいただいた同研究室の松下真人君、齋藤正晴君、吉田和剛君、千葉紀子さん、林美香さん、理科教育専修の荒木祐二さん、理科教育専攻の伊藤貴洋君、松田勇君、渡辺純君、千島拓朗君に深く感謝いたします。

最後に、上記のみなさまをはじめ、自分を励まし、支えて下さった全ての関係者のみなさまにこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

参考文献

文部省（現文部科学省）告示「中学校学習指導要領」（平成 10 年 12 月）.

文部省（現文部科学省）告示「小学校学習指導要領解説」理科編（平成 11 年 5 月）.

佐藤毅彦・坪田幸政・松本直紀(1999)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 92、PP312-317 .

佐藤毅彦・坪田幸政・松本直紀(2000)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 93、PP313-318 .

「インターネット天文台を開発した」(2000 年 11 月 6 日毎日新聞) .

Software Bisque 社ホームページ [<http://www.bisque.com>] .

ありのまま舎ホームページ [<http://www.members.aol.com/arinomamasya/arinomama3.htm>] .

Bradford Robotic Telescope Observatory site [<http://www.telescope.org/rti/>] .

IAClient Internet Astronomy Client Software User's Guide,
Software Bisque ,1993-2000.

IAServer Internet Astronomy Server User's Guide,
Software Bisque ,1993-2000.