

教室で行う宇宙の実験 5:宮教大インターネット望遠鏡を用いた昼間の星観察

*1 高田淑子、*2 佐々木佳恵、*3 松下真人、*4 長島康雄、*5 齊藤正晴、*6 千島拓朗、*7 中堤康友

[Space experiments in classrooms-5: Diurnal observation of stars using MUE internet telescope]

*1 Takata. T. (Miyagi University of Education), *2 Y. Sasaki (Hanamaki Junior high school, *3 M. Matsushita (Yamanashi Science Museum), *4 Y. Nagashima (Sendai City Observatory), *5 M. Saito (Miyagi University of Education), *6 T. Chishima (Miyagi University of Education), *7 Y. Nakatsutsumi (Nagamachi Elementary School)

Abstract

学校教育に急速に普及している IT 機器の教育利用を踏まえ、インターネットを用いて時空を超えた天体望遠鏡の活用を目的とし、2000年度より宮教大インターネット望遠鏡を開発してきた。2003年度は、インターネット望遠鏡からインターネット天文台に発展させ、PCカメラによるカラー映像の発信、インターネット経由で遠隔からの天文台の自動開閉が可能となった。現在、インターネット望遠鏡が導入されている公共天文台では、特別な機会を提供して利用される場合が多く、今後学校の授業の中で自由に利用できる環境を整備することが重要である。そこで、地元の学校教育現場の授業の中で宮教大インターネット望遠鏡を用いて、昼間に星を観察できるようにし、これらを授業の流れに取り入れるカリキュラム案を提案した。中学校「理科」第2分野の日周運動の単元、ならびに、中学校「総合学習」の授業カリキュラムに昼間に星を観察することを取り入れ、授業の教材として利用する方策を具体的に提示し、一連の授業を実施した。授業アンケートからは、昼間に星が見えるという感動、日周運動の体感につながったという評価がある一方、システムの難解・不安定さ・悪天候の場合の代替など課題も示され、今後のシステム更新に反映する必要がある。

Key Words	Internet telescope	(インターネット望遠鏡)
	Astronomy Education	(天文教育)
	Diurnal stars	(昼間の星)
	Information education	(情報教育)
	Science education	(科学教育)
	Star observation	(星観察)

はじめに - 昼間に星を見ること

初等教育の理科の学習指導要領では、「科学的な見方や考え方を養う」ことを掲げており、指導要領の随所に「観察・実験を行なうこと」と

記述されている。

しかし、天文分野で「観察・実験」を実施するためには、「各学校に十分な天体観測機器や施設が整っていない」、「夜間しか見えない天

体を学校の授業時間中に観察・観測することは困難」という問題があり、観察・実験に対応できない場合が多い。そこで、解決策の一つとして、インターネットを利用して時空を超えた天体望遠鏡の活用を目的として、2000年度より、宮教大インターネット望遠鏡を開発、これを用いた天体観望会などを実施してきた（高田他2001、2002）。今までさまざまな教育機関や施設と連携し、時差を活用した昼間の夜空の観察や、野外で天体観測が困難な児童の屋内における観望会など、インターネット望遠鏡の使い方を開拓した。しかし、過去の観望会は、いわゆる「行事」的に運営しており、通常の学校の授業の中で自然な形でインターネット望遠鏡を用いた例は少ない。情報機材は有効利用されて初めて価値がある。そこで、本年度は、授業の中で活用度を高めることに重点を置いた。まず、地域の教育現場で、宮教大インターネット望遠鏡を用いて、夜間のみならず、昼間に星が観察できるようにし、これらを授業の流れに取り入れるカリキュラム案を提案した。

昼間でも、1等星以上の明るさであれば市販の天体望遠鏡で観察可能であるが、生徒のみならず教師も、観察できるとはほとんど考えていない。昼間の星を観察する際、誤って太陽を覗く危険を回避する、天体望遠鏡の設定を正確に実施する等、望遠鏡制御に熟練を要し、現場の教師が対応するにはハードルが高い。そこで、インターネット望遠鏡を利用し生徒のパソコン操作によって昼間の恒星や惑星を観察できる環境を提供することは有用である。

今回は、特に、「理科」や「総合学習」の授業の中で昼間に星を観察することを取り入れた。これらの授業案作成、授業実施、評価という一連の中で、新しいインターネット・IT機器の活用

事例として、教師や児童が実際に利用できる環境を提供する必要があるためである。昼間に星が観測できるよう改善した現在の新宮教大インターネット望遠鏡システム概要と、実際に、理科の日周運動の単元と、総合学習における夜空の明るさの環境を考える授業案例を紹介する。

宮教大インターネット天文台システムの概要 2004

インターネット望遠鏡は、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。2000年度より、宮教大インターネット望遠鏡を開発以来システム環境を改善している（高田他2001、2002）。2002年度までの観望会でのアンケート結果を踏まえ、かつ、情報システムのインフラの整備により、今年度は、以下のような改善を加え、システムを強化した。

インターネット天文台

2003年度、スライディングルーフ式天文台を設置し（図1）、望遠鏡機材を格納し、望遠鏡が固定され極軸精度が向上し、電子機器の常時待機が可能になった。それまでは、利用のたびに望遠鏡機材を設置し極軸あわせ等を行っていたためインターネット望遠鏡操作の要求に即座に対応できなかった。インターネットを経由し遠隔地からルーフの自動開閉が可能となり、すべての制御が遠隔から可能になった。

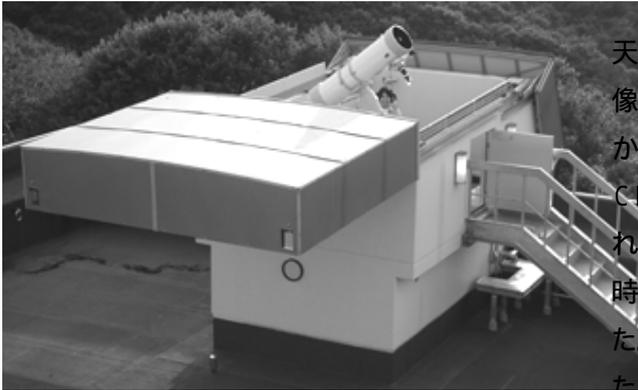


図1 宮教大インターネット天文台。2003 年導入のスライディングルーフ式天文台。

インターネット望遠鏡システム

天体望遠鏡、赤道儀は高橋製作所製、ニュートン反射式望遠鏡（口径 300 mm、焦点距離 1500 mm）、EM-500 に更新した(図2)。以前の望遠鏡システムと比較し、天体の導入速度が改善され天体が導入されるまでの待ち時間が短縮されたほか、集光力が増し微弱な光も捉えやすくなった。さらに、ニュートン反射式のため、色収差等による画質の劣化が最小限に抑えられ、天体画像が鮮明となった。

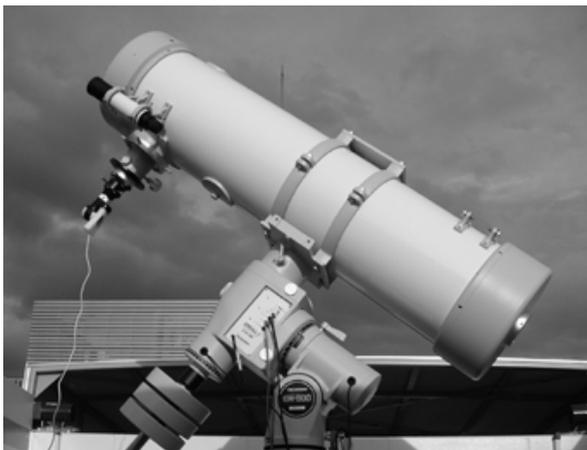


図2 2003 年導入の宮教大インターネット望遠鏡。天体望遠鏡、赤道儀は高橋製作所製ニュートン反射式望遠鏡（口径 300 mm、焦点距離 1500 mm)と EM-500。

天体望遠鏡の接眼部につけた撮像カメラの画像をインターネットで送受信することで、遠隔から観測ができる。今まで、天体撮像用冷却 CCDカメラ(SBIG 社製 ST-7)を用いていた。これらは感度が高く微弱な光を捉えるが、撮像時間がかかり、児童が間を持て余すこともあった。また、画像はグレースケールで表示されるため、カラー映像で育った児童にとっては、2002 年度までの観望会アンケート結果からも物足りなさを指摘されていた。

そこで、撮像装置として急速に普及した市販の PCカメラ(Creative 社製 WebCAM5、Phillips 社製、ToUCam-Pro)等を用い、接眼レンズに接写した(図3)。PCカメラは、インターネット経由のテレビ電話や電子会議等に用いられるライブカメラである。天体撮像専用のカメラ装置と比較すると、安価な撮像素子を使用するため、科学用途としては不向きであるが、教科書で取り扱われる程度の比較的明るい天体の形・色等を観察するには十分であり、教育利用に適している。通信容量に配慮した設計もインターネット望遠鏡用の撮像装置として利点がある。撮像映像は、フリーのインターネットTV会話システムのソフトウェア(Yahoo! メッセンジャー、Yahoo!Japan 社)でインターネットを通じて利用者側に提供できるため利用者側でのソフトウェアの購入は不要である。

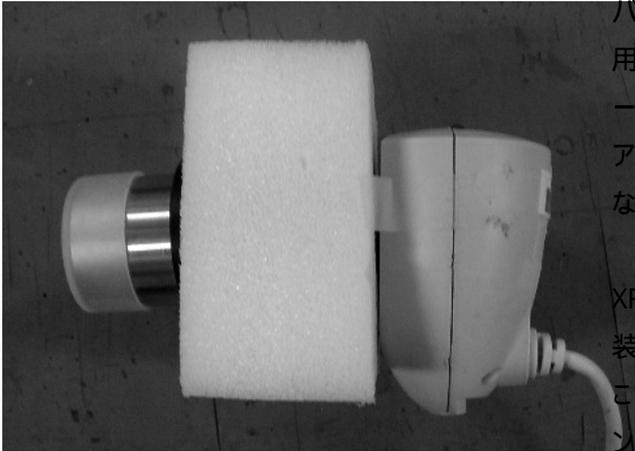


図3 接眼レンズ(左部:焦点距離 18 mm)に接続したPCカメラ(右部)。これらを望遠鏡の接眼部に接続し天体を撮像する。PCカメラ本体に対して撮像素子面が傾いているため、接眼レンズに撮像素子が平行に設置できるよう発泡スチロールで接続体を製作した。

以上の観点から、利用者の視点から用途に従い、冷却CCDカメラとPCカメラを選択し、インターネット望遠鏡システムを提供していく環境が整備された。

制御機構

今まで、天体望遠鏡の制御機能の The SKY (Software Bisque 社)、遠隔通信機能の IA サー

バー (software Bisque 社) というソフトウェアを用いて遠隔操作を可能にしていたが、サーバー側のみならず、クライアント側にもソフトウェアの導入が必要であり、普及の 1 つの障害となっていた。

2003 年度、サーバー側の OS を、Windows XP Professional 版 (Microsoft 社) にし、標準装備の「リモートデスクトップ機能」を活用することで、サーバー側の画面そのものをクライアント側に出だし、クライアント側の PC があたかも天体望遠鏡や天体撮像装置と直接接続し制御しているかのような仮想端末を実現した (図4)。リモートデスクトップ機能は、クライアント側に新たにソフトウェアを購入する必要がなく、アクセス用のパスワード管理で利用できる利点がある。ただし、リモートデスクトップ機能は IA サーバーや Yahoo!メッセンジャーなどの通信ソフトウェアと比較し、回線に負荷がかかり、クライアント側の通信速度が数 Mbps 以下の場合には、利用が困難である。利用者側のインターネット環境によって、システム構成を柔軟に変更していく必要もある。

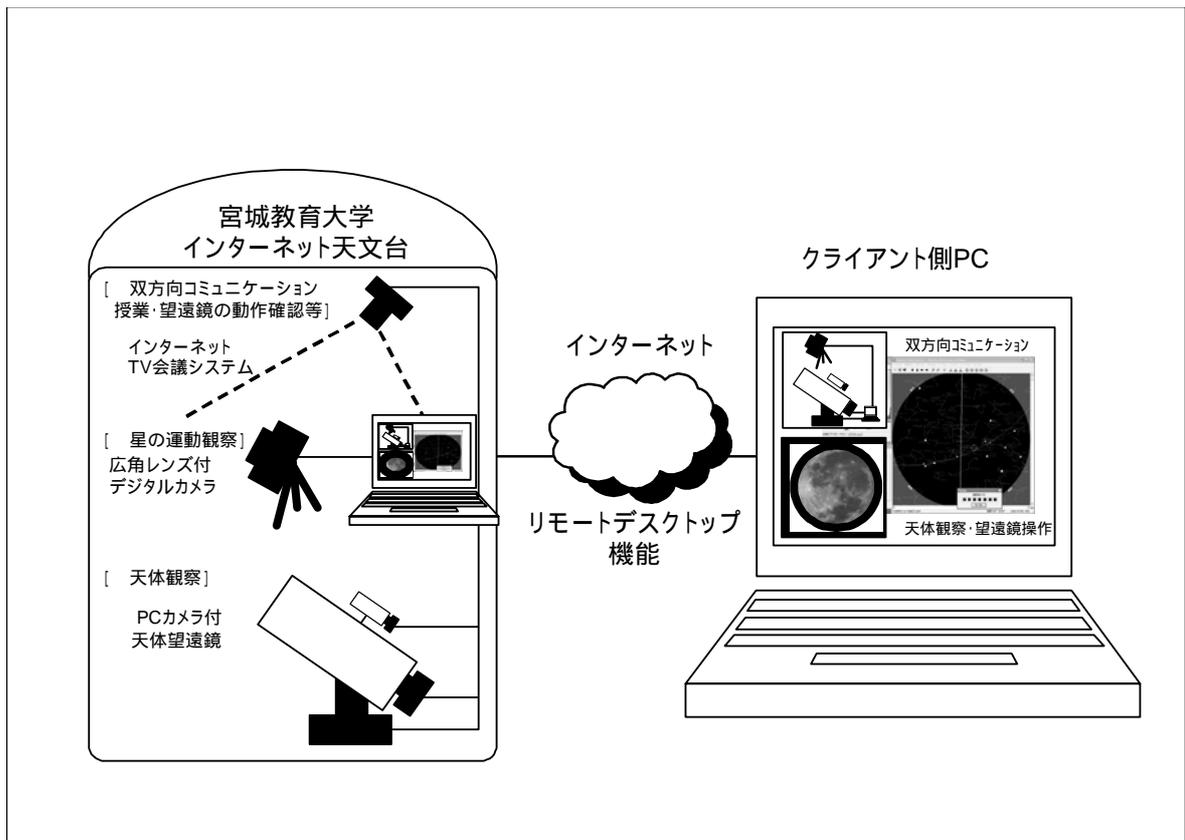


図4 インターネット天文台システム2004概要。宮教大インターネット天文台側では、天体望遠鏡制御、天体映像撮像、天文台全体映像撮像、広角星空撮像等の機能を備え、リモートデスクトップサーバ機能 (Microsoft 社)、あるいは、Yahoo!メッセンジャー (yahoo!ジャパン社)、IAServer (Software Bisque 社)で、利用者側との通信を図る。通信システムと端末構成については利用者側のシステム環境によって柔軟に対応する。クライアント側では、天体望遠鏡を制御し、天文台とTV会議も可能である。

双方向コミュニケーションツール

利用者が天体望遠鏡の挙動をリアルタイムで確認できるように、Yahoo!メッセンジャー (Yahoo Japan 社)を活用し、生中継映像配信システムを実現した(図4)。天体望遠鏡側に解説者がいる場合には、天文台側と利用者側のそれぞれにPCカメラ、マイク、スピーカーを配備し、双方向コミュニケーションが可能となった。生徒は、これらを用いて天文台側にいる学生解説員の指導を受けることが可能である。これらは、ホームページ上の天体

画像を閲覧する、あるいは、TVやインターネット中継のように一方的に流される映像を見るのと大きく異なる点であり、利用者の能動的行動がインターネットの先の機材を動かし、そのリアクションが戻ってくるというインターネット天文台の双方向の魅力を高めている。学校での教育利用に焦点を当てれば、このリアルタイム性は最も重要視されるべき要素の1つであろう。

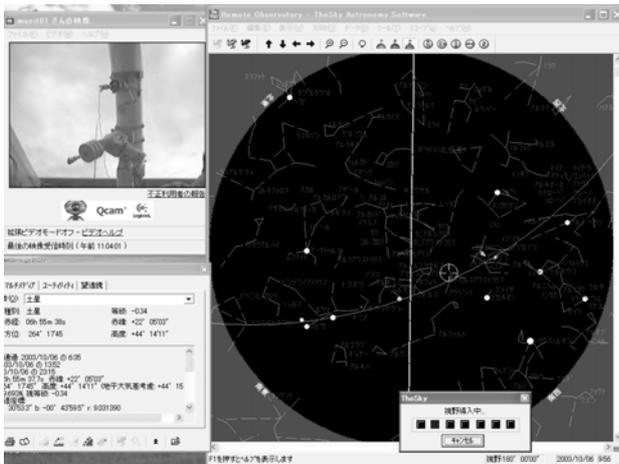


図5 利用者側の画面例。天体望遠鏡制御用の星図(右側)と制御画面(左下)(The SKY)と、天文台の映像(右上)(Yahoo!メッセンジャー)。リモートデスクトップ機能を用いてクライアント側にサーバー側の画面を出力させる。

中学校授業カリキュラム中の「昼間の星観察」

授業の流れの中で利用する宮教大インターネット望遠鏡という位置づけで検討を重ね、理科および総合学習の授業で活用した。特に、インターネット望遠鏡が、学校教育の授業の教材として活用できること、生徒の知識・理解、興味・関心を深めるための補助的・中心的な役割を果たせる利用方法の提案を目標とし、地域の中学校で昼間の星の観察を教材として授業に盛り込んだ。授業時間中に星を観察できれば、夜間の宿題が多い天文教育分野の一助となる。

桜ヶ丘中学校では、総合学習の「星空環境」の授業の流れの中で、インターネット望遠鏡を用いて、明るい昼間にも星がでていることを体験する。また、広陵中学校では、理科の「日周運動」の授業の流れの中で、昼間に見える星が夜には見られなくなることを学習し、天球上の星は動いているという日周運動の学習につなげる。以下に、各校に

おける取り組みを紹介する。

中学校理科第2分野「日周運動」：仙台市立広陵中学校

天文分野の中でも理解の困難な分野の1つである「日周運動」をとりあげ、天文台学習を含めて4時間のカリキュラムを作成し、その中の2、3時限目で「インターネット天文台を利用した昼間の星空観察」を実施した。図6にカリキュラムの概要を示す。

- | |
|---|
| <p>1.動機付け：仙台市天文台プラネタリウム学習</p> <p> 題材 日周運動</p> <p>2.インターネット望遠鏡を活用し昼間の恒星を観察</p> <p>3.日周運動の講義</p> <p> インターネット望遠鏡を用いた天体の運動</p> <p>4.夜間天体観望会</p> |
|---|

図6 「日周運動」授業の流れ (2003年10月-11月：4時間)。

1時限目は仙台市天文台学習のプラネタリウムにおいて星は天球上を東から西へ運動することを動的に見せ、日周運動とは何かを擬似的に体感する。2時限目で日周運動を考えさせる動機付けとしてインターネット望遠鏡を活用する。生徒が実際にインターネット望遠鏡を遠隔操作し(図7)、視野に昼間の星が見える(図8)と教室からは感嘆の声が上がった。この時点で生徒は昼間に星が見えることに驚きと疑問を持った。これらは、恒星は天球上にいつでも存在するが、昼間に観察できる星は、天球上の星が日周運動をしているために、夜には観察できないということを強調する。授業中には、宮教大インターネット天文台側にいる学生説明員と映像・音声による双方向コミュニケーションを行い、生徒のライ

ブ感を高めた。

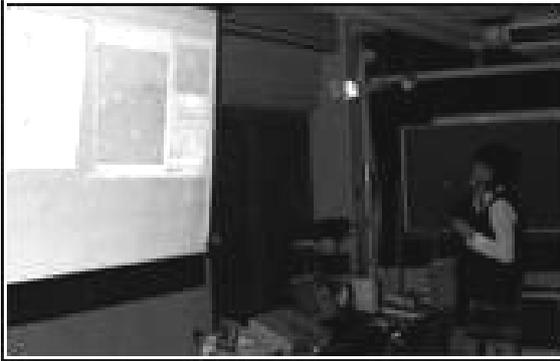


図7 生徒がインターネット望遠鏡を操作し、昼間のベガを導入。

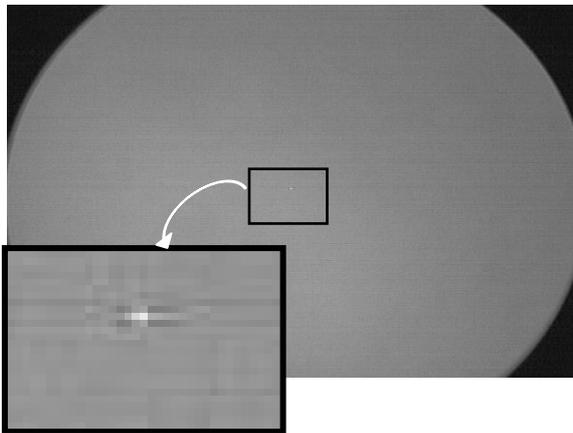


図8 天体望遠鏡の視野。導入したベガ。中央の白点が恒星。

3時限目では、まずあらためて昼間の星を導入、インターネット天文台側の学生説明員が、自動追尾装置を切断し視野から恒星が抜ける様子を観察させ日周運動を体感させた。その際に、方角を確認し地球の自転と日周運動との関連、昼間でも星が見える理由について解説し、日周運動の単元をまとめた。最後に仙台市天文台と宮教大の望遠鏡を用いて夜間天体観望会を行い、次第に恒星の高度が高くなる様子の観察や惑星などを観察し、締め括った(図9)。

この一連の授業のアンケートから昼間に星が見え

るといふ感動、日周運動の体感につながったことが示されている(図10)。



図9 天体観望会風景。

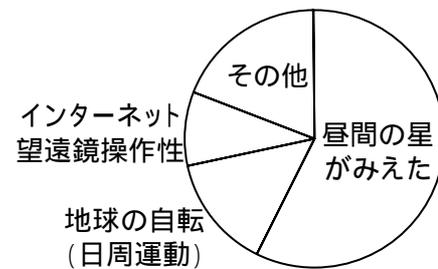


図10 アンケート結果「日周運動の授業を受けて印象に残ったこと」に対する生徒21人の回答。昼間に星が見えるという感動、日周運動の体感について上位を占めた。

中学校総合学習「星空環境調査」：仙台市立桜ヶ丘中学校

酸性雨、地球温暖化に代表される環境問題の関心が高まる中、文部科学省は教員用の環境教育資料を発行したが、「光害」を扱ったものは見られない。環境教育の中では天文分野は異質だが、「光害」は有用な題材となりうる。今回、桜ヶ丘中学校は環境をテーマとして総合学習を実施していた。そこで、夜の街の明るさをデータ収集によって示す取り組みを提案、インターネット望遠鏡で、昼

間の恒星を観察することを含めたカリキュラムを作成し、授業を実施した。

授業の流れは、図11の通りである(長島他、2003)。まず、ニューヨークで起きた大停電などの例などを挙げ、街の灯りが夜空の星の見え方に与える影響を考える動機付けをし、その後、インターネット望遠鏡で昼間も星が天球に存在することを確認し、太陽光線が大気中で散乱するために眼視では恒星の確認が困難なことなどを説明した。夜間の星空も昼間同様人工照明の散乱光によって見え方が異なることを示すためのものとして利用した。その後、生徒が各自、星空環境調査の器具を作成し、これを用いて学区域の星空環境 何等星まで見えるのかを調査し、学区域内で「星空環境マップ」を作成、学区域内でも見え方が違うことを理解し、それぞれの地域の照明や大型の建物の照明について星空環境を考える授業を実施し、必要な光・不必要な光、それらに対して社会はどう対応すべきか、という問題提起を行った。最後に授業のまとめとして仙台市天文台とともに夜間の天体観望会を開催した。

- | |
|----------------------------|
| 1.講義「必要な街の灯りと夜空の環境」 |
| 2.インターネット望遠鏡により昼間の星を観察 |
| 3.星空環境調査の方法の説明
(宿題)夜間調査 |
| 4.星空環境調査の結果についての討論 |
| 5.天体観望会 |

図11 「星空環境調査」授業案。期間、2003年10月-12月。5時間+調査(宿題)。



図12 生徒のインターネット望遠鏡の操作。学生解説員と会話中。

実施当日は曇天で昼間の星が観察できず、天文台の学生解説員との双方向会話、撮影済みの昼間の星の映像を確認するに留まったのが残念であった。中学生のアンケートからは、「昼間に星が見られること」、「空の様子」、「雲の流れ」の映像に感動したという意見、「海外・自宅から操作できるのは、便利」、「パソコン操作で望遠鏡が動き、望遠鏡の様子がパソコンの画面に映るのはすごい」、「会話ができる」などシステムに新たな見地を感じた生徒の意見があった。また、「なめらかな映像」を期待するという具体的な意見も聞かれた。

まとめ

物事を学習するにあたって、学ぼうとするものに対する興味・関心を持つということはかなり重要な要素である。学校の授業においては、単元の導入部分の時間で主にその興味付けを行うが、理科の場合、子どもの生活経験がかなり影響する。たとえば気象分野では、気温の変化や降雨、雲の様子を日常的に子どもは感じているが、天文分野の教育の場合、急速な都市化が進む昨今、「光害」により星が見えにくく、生活経験

は不足している。

「昼間の星の観察」は、星を授業中に観察するという体験を提供する。今まで、金星等は生徒の下校時刻頃に観察できる場合もあり観察を盛り込める教師もいたが、真昼の星観察は、興味・関心を高める上では新しい試みとなった。また、インターネット望遠鏡で観察することは、観測設備が整った場所に出かけにくい学校現場においては有効である。このことは実際に昼間の星を観察できた広陵中学校でのアンケートにおいて「星に対する興味が以前より高まった。」とした生徒が78%にのぼったことから実証される。

しかし、問題点も少なくない。授業で利用する場合、現場の教員では技術面・設備面でハードルが高い。専門ソフトウェアの使用、画像受信のための高速PC・通信ネットワーク等、周到な準備が必要である。今後、学校で利用しやすいシステム構想の開拓が必要である。

現在、インターネット望遠鏡が導入されている公共天文台では、特別な機会を提供して利用される場合が多く、学校の授業の中で自由に利用できる環境を呈していない。そのため、これらの授業でのインターネット望遠鏡の活用は、今後各地域で導入が期待されるインターネット望遠鏡が教室から如何に利用されるかという実践的な評価へとつながると考えられる。

今までの活動は <http://www.hosizora.miyakyou.ac.jp/> に掲載しており、今後もこのサイトに天文教材、実践授業の報告などの情報を掲載していく予定である。

謝辞

本事業は、仙台市教育委員会と宮城教育大学の地域連携事業の一環として実施された。仙台市教育委員会のご協力に感謝する。また、実践授業にあたって、有益なご助言をいただき、かつ、

授業の場を提供していただいた仙台市立広陵中学校(宗形文雄校長)、仙台市立桜ヶ丘中学校(文屋俊英校長)にそれぞれ感謝する。

Yahoo!メッセージは、Yahoo Japan社の登録商標である。WindowsXPはMicrosoft社の登録商標である。THE SKY及びCCDSOFTはSoftware Bisque社の登録商標である。

引用文献

高田淑子、中堤康友、松下真人、長島康雄、伊藤芳春、2001、教室で行う宇宙の実験-2:インターネット望遠鏡システムの構築とその教育現場での活用、宮城教育大学紀要、36、83-89.

高田淑子、中堤康友、長島康雄、伊藤芳春、2002、教室で行う宇宙の実験-3:宮教大インターネット望遠鏡の活用事例、宮城教育大学紀要、37、209-213.

高田淑子、中堤康友、池田尚人、長島康雄、伊藤芳春、林美香、吉田和剛、松下真人、斉藤正晴、2003、宮城教育大学インターネット天文台の活用事例、天文月報、96、572-578.

長島康雄、佐々木佳恵、高田淑子、松下真人、千島拓朗、齋藤正晴、三浦高明、2003、中学生が実施した光害調査による環境評価活動とその教育的意義、宮城教育大学環境教育研究紀要、6、55-63.

群馬天文台編、2003、ぐんま天文台教育普及研究会会報。