

論文題目

星空のインターネット中継
イメージングシステムを用いた
教育プログラム開発

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
D1284 吉田 和剛

平成 15 年 2 月

目次

要旨	1
はじめに	2
1章 広視野レンズ付きカメラによる日周運動の連続撮像システム	
1-1 はじめに	4
1-2 日周運動連続撮像システムについて	6
1-3 撮像方法	8
1-4 画像処理方法	8
1-5 レンズの選択	8
1-6 夏の星空撮像	10
1-7 冬の星空撮像	12
1-8 改善点	15
1-9 学校教育での利用方法	16
2章 宮城教育大学インターネット望遠鏡システム用電子ファインダーシステムの構築	
2-1 はじめに	17
2-2 電子ファインダーシステムの概要	18
2-3 新宮城教育大学インターネット望遠鏡システムの概要	21
2-4 電子ファインダーシステムの作動方法	24
2-5 本システムについての議論	25
2-6 今後の課題	26
3章 Webカメラを使用した教育プログラムの開発	
3-1 はじめに	27
3-2 逆さオリオンの教材	27
3-3 寺岡小学校での授業について	32
3-4 幸町小学校での授業について	35
3-5 アンケート結果について	38
3-6 南半球における星空の撮像	41
4章 オーストラリア皆既日食インターネット中継	
4-1 はじめに	43
4-2 皆既日食の教材化	43
4-3 仙台市天文台との連携による皆既日食のインターネット中継	45
5章 本研究の教育教材としての議論	48
謝辞	50
参考文献	51

要旨

天文教育における教材開発を主な目的として、以下の

1. 広視野レンズ付きカメラシステムによる日周運動の連続撮像
 2. 宮城教育大学インターネット望遠鏡システム用電子ファインダーカメラシステムの構築
 3. Web カメラを使用した教育プログラムの開発
 4. オーストラリア皆既日食インターネット中継
- について研究を行った。

1章 広視野レンズ付きカメラシステムによる日周運動の連続撮像

小学校、中学校の天文教育における視聴覚教材についての開発を目的とし、広視野望遠レンズと冷却 CCD カメラを使用した星空の連続撮像システムを構築した。また、星空の連続撮像を行い、画像処理を施して星空映像を作成した。その後、星空映像を利用した教育教材の開発を行った。作成した映像はホームページとして、インターネット環境が整備されていればどこでも誰でもがアクセス可能にした。

2章 宮城教育大学インターネット望遠鏡システム用電子ファインダーカメラシステムの構築

広視野カメラシステムを応用して、インターネット望遠鏡システムの昨年の課題を解決することを目的とし、小型冷却 CCD カメラを望遠鏡の電子ファインダーとして活用することで遠隔操作を確実にするとともに天体導入精度の向上を行った。冷却 CCD カメラを 2 台使用し、互いの分担機能の補完を図り、成功した。これにより、望遠鏡の遠隔操作による恒星の映像取得がより効率的になった。

3章 Web カメラを使用した教育プログラムの開発

Web カメラ及びパソコンを利用した新しい授業展開を考え、実践することを目的とし、研究及び実践授業を実施した。南半球から見た「逆さに見えるオリオン座」を題材として、地球儀と Web カメラ、パソコンを用いて南半球と北半球(日本)での星座の見え方の違いを授業として実践した。その際、子供が苦手とする地球の外からの視点の理解を助けるために、IT 機器を使用して擬似的に作り出し、体験してもらった。

4章 オーストラリア皆既日食インターネット中継

皆既日食の天文教育への利用を目的とし、仙台市天文台と連携して 2002 年 12 月 4 日にアフリカ・オーストラリアで観測された皆既日食を生中継した。その際に、Web カメラを使用し、インターネットを通じて現地の盛り上がりや雰囲気伝えた。また、同時に皆既日食の教材化のための撮影、南半球における星空撮像についても実施した。皆既日食の映像は編集を施して、ホームページとすることで教材として利用する。

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、授業で行うべき観察、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。それは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である。このため観察学習を行うには夕方から宵にかけての課外授業にするしかないが、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。そのために夜間の天体観察、観測は生徒に帰宅後の宿題として補充的に行われてることが多い。観察、観測の増加を迫られているにもかかわらず、授業時間内において実際に夜空を観察することが不可能なのである。

また、教師から見て天文分野に興味を持っている子供が、思っているよりも多いにもかかわらず、子供自身、星が夜どこに何が見えるかわからないというだけでなく、生活環境が整えられるに従い夜間照明や大気汚染により星そのものが見えにくくなっていることも問題点として挙げられる。観察、観測が困難であるのであれば、より実際の夜空に近い状態を体験可能な教材を利用することが好ましいと考える。

小学校4年の理科の内容として「星の集まりは、1日のうちでも時刻によって、並び方は変わらないが、位置が変わること」として天文分野を扱っている。この学習では、実際に星を観察する機会を多く持ち、星の特徴や動きについての見方や考え方をもちよするとともに、天体に対して興味・関心をもち、夜空に輝く星に対する豊かな心情を育てることをねらいとしている。しかし、実際には前述のように観察や観測は家庭での宿題として行われ、授業においても星空観察を行えない状態である。特に日周運動の分野は時間の経過を必要とする。授業では視聴覚教材を利用して代替としているが、その映像は雲一つなく、どこか架空世界のようなものである。本研究で扱う広視野カメラシステムは、より現実に近い映像を作成し、その点を補うものである。また、授業内容には直接関わるものではないが、皆既日食映像についても、授業において天体に対する興味、関心を持たせるものである。

中学校理科での天文分野の扱いでは、天球の各方位の星座の見かけの動きを観察したり、星座の長時間露出による写真を活用したりして、星の天球上の見かけの動き方を調べ、これを基に地動説的な考察を行うために観察者の視点を地球の外に置き換えることが必要であり、モデルを用いて多様に思考することが必要であるとしている。一方で、子供にとっては地球と各天体との位置関係を立体的にイメージすることや、地球の外の視点からの考え方が困難であるようである。本論文3章の実践授業にあるように、天井に星座を映しだし、天井全体を天球と見立てたり、Webカメラを使用し子供に地球外からの視点を体験させることが重要であると考えられる。

また、現場の教諭は天文分野の授業において、視聴覚教材や資料集を用いたり、OHPや自作パネルなどを作成し指導を行っている(中堤 2002)。そして、教師の目から見て、

子供の天文分野に対する理解のしやすさを難解と答える教諭が26校中17校にのぼっている。その教諭が天文分野に対しての意見として、「豊富な視聴覚教材がセンターにあって簡単に借りられるようにしてほしい。」「教材を買うと高いので作成するが、とにかく大変。」「ビデオやインターネットをから動画を多く見せる。」「教材として使用できるものを現在模索中。」「仙台の星空を、学校間も含めてネットワークを利用して情報の共有化ができればおもしろい。」といった声がある(中堤 2002)。これを踏まえて、本研究では作成した日周運動及び皆既日食の映像教材をインターネットに掲載し、環境さえ整えれば、どこからでも誰でもアクセス可能とすることも目的とした。これにより、授業時間での利用はもちろん、家庭での学習としても利用が可能になる。授業時間内には実施できない場合でも家庭学習を支える適当な教材があれば大きな学習成果が上げられるはずである。

以上のことから、本研究は天文教育に関する教育教材の開発について研究を行うこととした。

1章 広視野レンズ付きカメラによる日周運動の 連続撮像システム

1-1 はじめに

本研究の目的は、実際の星空の日周運動を撮像し、昼間の理科の授業時間内で利用できる映像教材を作成することである。星空の日周運動を撮像するためには、対象となる方角の星空を固定カメラで連続して記録する必要がある。冷却 CCD カメラを学校教育の天文分野における教育教材作成の手段としての利用ができないかということを考え、研究を行った。図 1-1 に示すように冷却 CCD カメラに広視野レンズを取り付けて固定し、連続撮像を行い、その画像の 1 枚 1 枚をつなげていくことでビデオ映像を作成した。また、このシステムであればコマが少しずつ動き、スムーズに動くビデオ教材よりも、逆に日周運動がよく見える。また、これまでの視聴覚教材ビデオにはない現実の雲の流れが映りこむことは臨場感を与える。視聴覚教材とは一線を画した映像を撮像することで、学習指導要領で定める小学校 4 年時の日周運動の授業及び中学校での天文教育に、より効果的に利用できるはずである。



図 1-1

実際の撮像時の冷却 CCD カメラ（ビデオカメラの Night Vision モードで撮影）

ここで、図 1-2 及び図 1-3 の画像はそれぞれ冷却 CCD カメラと一般のデジタルビデオカメラを使用して撮影したものである。現在、家庭用 8 mm ビデオカメラでも明るい星は撮影できるようになり、これを用いて子供の身近な景色を景色とした星空映像はプラネタリウムなどよりも臨場感が出ている。さらに、ビデオ映像は再生スピードの調節により、日周運動をより細かく示すことができる。しかし、画像は CCD カメラと比較すると不鮮明であり、撮影者の説明無しでは理解しにくい。どちらかと言えば冷却 CCD カメラの方が 1 つ 1 つの星が明るく写り、より暗い星まで撮影できている。感度の良さという点でも冷却 CCD カメラの方が星空撮像には適していることが分かる。



図 1-2

冷却 CCD カメラを使用して撮像した画像



図 1-3

デジタルビデオカメラ (Super Night Vision モードで撮影) を使用して撮影した画像

1-2 日周運動連続撮像システム

日周運動連続撮像システムは冷却 CCD カメラと制御用のパソコンから構成される。今回は冷却 CCD カメラ ST-6 (SBIG 社製) を、パソコンに搭載にした冷却 CCD カメラ制御用ソフトウェア、CCDOPS (SBIG 社製) で制御した (図 1-4、図 1-5)。冷却 CCD カメラにレンズ取付用アダプターを用意し、広視野レンズを接続した。(図 1-6) 広視野レンズについては全て口径が 25mm、焦点距離がそれぞれ 8mm、16mm 魚眼 (Nikon 社製)、24mm (OLYMPUS 社製) の 3 つのレンズを使用した。なお、8mm と 16mm 魚眼の広視野レンズには周辺減光を抑えるためのフードを被せた。

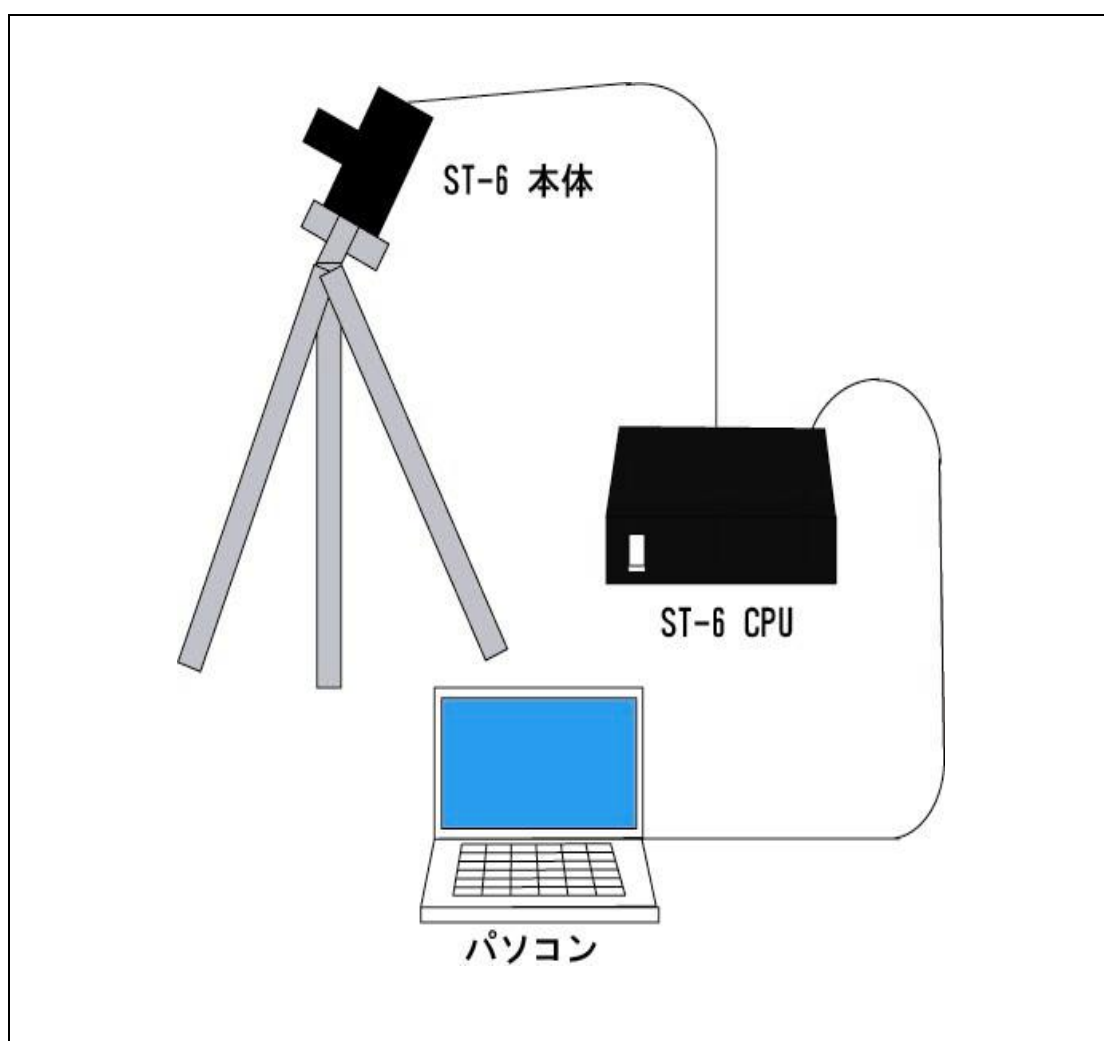


図 1-4

広視野レンズ付きカメラシステム接続図



図 1-5

日周運動連続撮像システム全景



図 1-6

冷却 CCD カメラ ST-6 と広視野レンズ

1-3 撮像方法

実際の撮像を行う場合、パソコンと冷却 CCD カメラの接続を確立し、温度制御を行いカメラを冷却する。一度に冷却すると霜が付着するため、目安として約 10 分間隔で 5 ずつ冷却する。冷却完了後、ダーク処理のためのダークフレームを 1 枚撮像する。次に対象天体にカメラを向け、CCDOPS の撮像モードを「Focus」にしてレンズのフォーカス及び絞りをパソコン画面で確認し合わせる。その後、撮像モードを「Grab」として露出時間を決定する。同時に「自動撮像」に設定し、保存するファイルと撮像枚数、撮像間隔時間を指定する。「OK」を選択後、1 枚ずつ撮像されてファイルに保存される。

1-4 画像処理方法

撮像が終了したら、再び CCDOPS を使用し 1 枚 1 枚の画像にダーク処理を施し、その後、対象天体が見やすいように輝度値補正して、各処理画像は 256 階調 (8bit) の GIF 形式として保存する (図 1-7 (b))。最後にこの GIF 形式とした画像をホームページ作成ソフトウェアである「ホームページビルダー」のウェブアニメーションで開き、GIF アニメの映像として保管した。図 1-7 に画像処理の効果を示す。ペルセウス座周辺の星空である。補正前 (図 1-7 (a)) と補正後 (図 1-7 (b)) を比較すると、処理前の画像には白い線でダークノイズが含まれているのが分かる。処理後にはダークノイズがなくなり、非常にクリアに見える。星空の背景が暗く、恒星の光が強調されていて薄暗い星まではっきりと見えるのが分かる。

1-5 レンズの選択

本システムによって夜空を撮像する場合には、対象星座によって必要となる視野角が異なる。

各広視野レンズにおける視野角 [°] は

$$= 2 \times \tan^{-1} ((L \div 2) \div f)$$

で求められる。ここで L は CCD サイズ [mm]、f は焦点距離 [mm] である。ここで、ST-6 は CCD サイズが 8.635 × 6.53 [mm]、1 画素のサイズが 7.4 × 7.4 [μm] である。各レンズを用いた場合の全体の視野角を表 1-1 に示す。

表 1-1 レンズの視野角

f (焦点距離)		8mm	16mm	24mm
CCD 視野	(度角)	56.7° × 44.4°	30.2° × 23.1°	20.4° × 15.5°
1pix 視野	(度角)	0.151° × 0.183°	0.081° × 0.095°	0.054° × 0.064°
	(分角)	9.06' × 11.0'	4.83' × 5.73'	3.26' × 3.85'

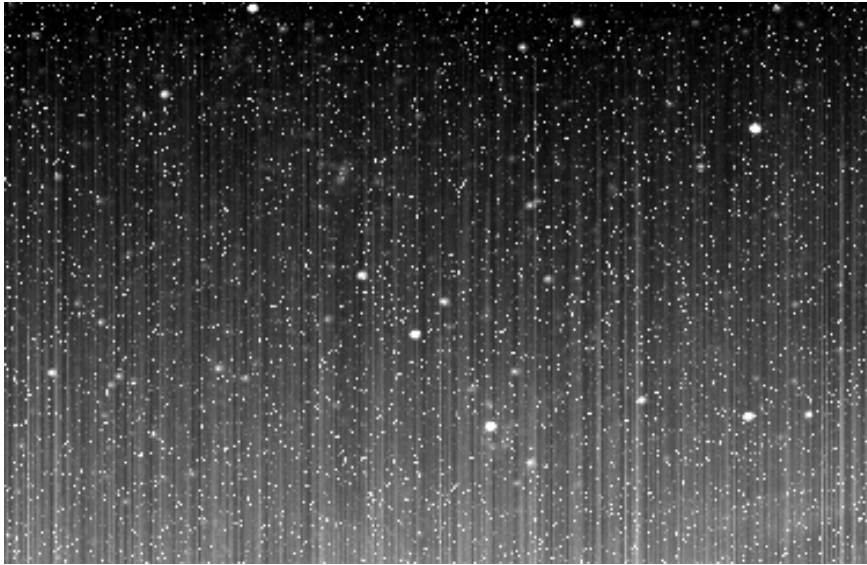


図 1-7 (a)

画像処理前の画像 (ペルセウス周辺)



図 1-7 (b)

画像処理後の画像 (ペルセウス周辺)

1-6 夏の星空撮像

2002年8月6日の夕方から7日の明け方まで蔵王において、このシステムを使用し撮像を行った。対象天体はさそり座(アンタレス)、北極星周辺、ペルセウス座、ぎょしゃ座(カペラ)、こと座(ベガ)の5対象である。16mm魚眼レンズを使用したため、視野角は、 $30.2^{\circ} \times 23.1^{\circ}$ で、ほぼ、星座一つが入る視野角である。各撮像で撮像枚数60枚、撮像間隔60秒で連続撮像をした。冷却CCDカメラの冷却温度は0~5度のため、生画像はダークノイズが大きい。撮像条件を表1-2に示す。

表 1-2 夏の星空 撮像時のデータ

	さそり座	北極星周辺	ペルセウス座	ぎょしゃ座	こと座
露出時間	4s	4s	4s	10s	10s
冷却温度	5	5	0	0	0

各撮像画像はダーク処理実施後、輝度値について補正を行い、GIF形式に変換した。輝度値の補正は表1-3に示す。

表 1-3 夏の星空 バックグラウンド・レンジの値

	バックグラウンド		レンジ	
	補正前	補正後	補正前	補正後
アンタレス(さそり座)	131	350	932	1000
北極星周辺	135	280	897	1000
ペルセウス座	118	260	580	700
カペラ(ぎょしゃ座)	68	700	1408	1600
ベガ(こと座)	78	500	1302	1800

ここで、バックグラウンドとは星などのない空を撮影した場合の各画素値のことである。理論上は0であるが、光害や大気自体の放射により存在する。ダークノイズ同様に画像に悪影響を与える。ただし、ここでは背景を明るくするために補正により、上昇させてある。また、レンジとはバックグラウンドからどれだけ上の値を画像に使用するかを決定するものである。ST-237であれば16bitの65536階調のうちどこまでを使用するかということを決める。

ここで付録のCD-ROMに添付してある映像について説明する。まず添付ファイル「さそり座ムービー」及び図1-8のさそり座の画像を見てほしい。これは観測地点より南西方向の空に向けて冷却CCDカメラを固定して、西の空に沈むさそり座を撮像したものである。1時間で画面左上から画面右下つまり西の地平線に動いているのが分かる。また、途中で画面が明るくなるのは車のライトが入り込んだためである。近くに車道がある場合は、撮像時に車道の方向も考えてCCDカメラを設置する必要がある。

次に「北極星ムービー」についてである。これは北極星を画面中央に入れて撮像したもので、真ん中に見える明るい恒星が北極星である。北極星を中心に周囲の星が左回りに回っている様子が分かる。

「カペラムービー」は東の空に昇ってくる、ぎょしゃ座を撮像したものである。ひときわ明るい星がカペラであるが、地平線がある画面下方向から画面上方向に上昇するのが理

解できる。しかし、明け方が近く冷え込んでいたために撮像途中より雲量が増加した。よりよい画像を撮像するためには明け方は避けるべきであろう。

その後、本撮像として以下の課題があがった。

- ・フォーカスの合わせ方があまいこと
- ・CCD カメラの冷却が足りなかったためにノイズが大きく出てしまったこと

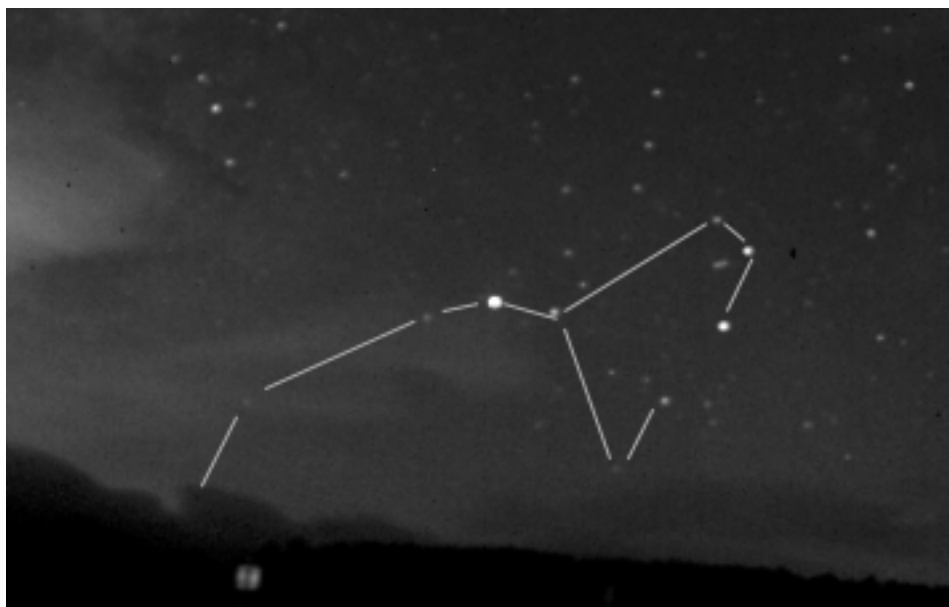


図 1-8 (a)

さそり座周辺の星空。最初のフレーム。写真中央の明るい恒星がアンタレス。さそり座の星座を記す。



図 1-8 (b)

最後のフレーム。写真右下の明るい恒星がアンタレス。

1-7 冬の星空撮像

2002年12月17日の夕方より宮城教育大学構内1号館屋上にて、冬の星座（オリオン及び冬の大三角を含む一帯）を対象に、本システムによる撮像を行った。オリオンの撮像は16mm魚眼レンズ（視野角 $30.2^\circ \times 23.1^\circ$ ）を使用して行い、冬の大三角を含んだ一帯の撮像は8mmレンズ（視野角 $56.7^\circ \times 44.4^\circ$ ）を使用した。8mmレンズを用いた撮像は16mmレンズを使用した撮像と比較し、より広い視野が確保できる。また、当日は気温が低く、冷却CCDカメラの冷却温度を-30度に設定したため、ダークノイズが軽減されている。月明かりによる散乱光の入射を避けるためレンズにフードを取り付け、明るい空の背景の光量を抑えるため、露出時間は夏の撮像より短くした。共に撮像枚数は120枚、撮像間隔は60秒に設定した（表1-4）。

表1-4 冬の星空 撮像時のデータ

	露出時間	冷却温度	使用レンズ	撮像枚数	撮像間隔
オリオン	3s	-30	16mm魚眼	120枚	60秒
オリオン一帯	1s	-30	8mm	120枚	60秒

撮像途中より雲量の増加、対象天体の視野外への移動により、映像用に利用できた画像は16mm魚眼レンズの撮像で72枚、8mmレンズを使用した撮像で85枚である。また、当日は月が満ちていて空全体の光量が多かったため、思うように露出時間を取れなかったと同時に、画像にゴーストが映り込んでしまった（図1-9）。この画像を前述と同様に輝度値補正を行った。数値は以下に示す通りである（表1-5）。今回は撮像時に、自動的にダーク撮像・処理を実施した。

表1-5 冬の星空 バックグラウンド・レンジの値

	バックグラウンド		レンジ	
	補正前	補正後	補正前	補正後
オリオン	183	150	256	350
オリオン一帯	135	150~250	256	400~440

図1-5でオリオン一帯の画像について、補正後の数値に変化がみられるのは雲量によるものである。そこで、雲量によって数枚ごとに補正値を変化させた。

図1-9は16mm魚眼レンズを使用して撮像したオリオンであり、視野角は $30.2^\circ \times 23.1^\circ$ である。ゴーストが目立たないように輝度値補正を実行するつもりだったが、同時にオリオンの恒星の光量も不足するため、ゴーストを完全には消去できなかった（図1-9(a)）。だが、補正後では輝度値補正によりゴーストが比較的暗くなったのが分かる（図1-9(b)）。

図1-10は8mmレンズを使用して撮像したオリオンと冬の大三角であり、視野角は $56.7^\circ \times 44.4^\circ$ である。図1-10(a)は映像の最初のフレームである。オリオン座と大三角形を星座として記す。図1-10(b)は映像最後のフレームである。この間、85枚の画像により天体の運動が補完されている。図1-9と比較し、視野角が約2倍となり、対象の星空が広く撮像できている。月明かりを除去する目的でレンズにフードをつけたため、撮像

視野が円形となっている。



図 1-9 (a)
輝度値補正前のオリオンの画像



図 1-9 (b)
輝度値補正後のオリオンの画像

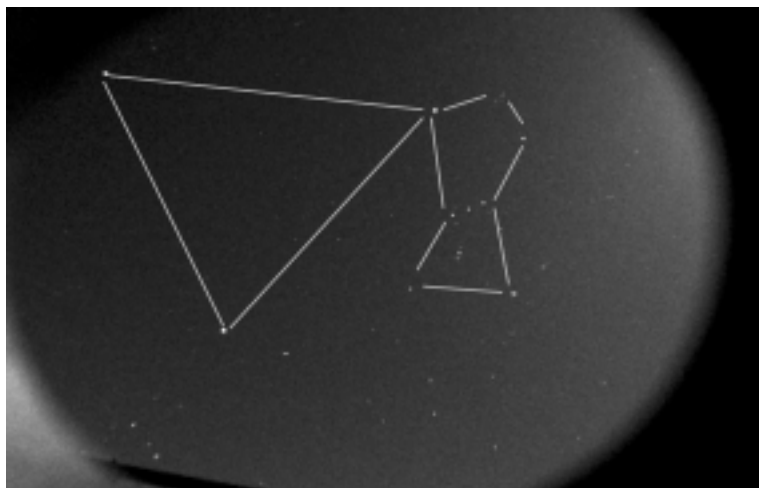


図 1-10 (a)

最初のフレーム画像 (オリオン座及び冬の大三角)

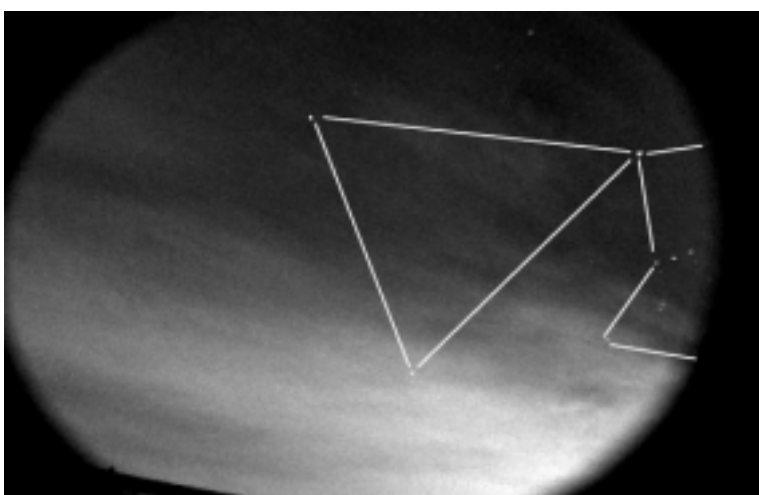


図 1-10 (b)

最後のフレーム画像 (オリオン座及び冬の大三角)

映像にしたものを夏の星空撮像と比較する時に次のことを考えなければならない。

- ・蔵王と宮城教育大学という観測点の違い
- ・月齢
- ・強風による大気の揺らぎ

である。

特にオリオンのムービーでは月の光が入り込み、一帯を映したムービーでは星が瞬くように見える。蔵王と宮城教育大学の地理的關係を見れば、周囲の光量の違いや大気の透明度の違いは明らかであり、この条件は不可避である。しかし、月の満ち欠けや風といった自然条件は観測者が気を配れば回避可能である。また、映像画面の明るさについては、輝度値補正の際に人為的判断に任せられていて、同一人物であっても日によって見え方が異なるためのものと考えられる。

一方で夏の星空撮像と比較して、フォーカスに改善がみられ、冷却温度を下げたためノイズの減少がみられた。フォーカス合わせは一眼レフ用レンズを使用しているため手動であるため、撮像前に十分な時間をかけることが必要不可欠である。今回、フォーカス合わせに重点を置き、十分に時間をかけたことが改善につながった。また、同様に CCD カメラの冷却にも時間を割き、しっかりと冷却を行った。どの程度まで冷却可能かは当日の気温にもよるが、どのような場合でも 0 付近では冷却は足りないと考えられる。

1-8 今後の改善点

本研究の中では対象天体をはっきりと見せるために輝度値補正を行う際、人為的判断に委ねている。そこで輝度値補正する際の補正の基準は明確に決めておく必要がある。例えば星図を参考にして、6 等星以下は見えないように輝度値を設定することである。基準を決定すれば、どの対象天体を撮像しても画面の明るさを統一できることはもちろん、誰が輝度値補正を行い、ムービーを作成しても見やすいものが作成可能である。同時にデータとして議論する場合に非常に有効である。

もう 1 点は観測点を 1 ヶ所に固定することである。前述のように観測点が異なると画像に与える影響は大きい。繁華街や都市部から離れた場所での撮像が望ましいと言える。

それによって、例えば、郊外や山間の学校で撮像したものをインターネットを通じて都市部の学校で使用するといった形も可能である。作成された映像にこだわらずに、広視野レンズ付きカメラによるインターネット中継も可能であると考えられる。天文といえば望遠鏡による観測と考えがちだが、望遠鏡では拡大した星しか見えない。しかし、実際の学校教育では天体として観察するのは、太陽系の惑星、衛星である。一方で、「星座」は小学校の教科書にも取り上げられており、観察が義務付けられている。広視野レンズの付いたカメラを用いて星座を撮像し、中継された画像で授業を行うことができるはずである。

1-9 学校教育での利用方法

天文分野、特に日周運動の教育教材には視聴覚教材ビデオが使用されている。しかし、実際に子供が見た夜空ではなく、言わば架空の世界であるように感じる。それらのビデオの映像は雲 1 つない夜空に星が動いているという、実際の夜空とあまりにかけ離れているものであるからだ。雲 1 つない空があるだろうか。冷却 CCD カメラによる日周運動連続撮像システムを使用した映像では、視聴覚教材ビデオにはない現実の雲の流れや星の瞬きも映りこみ、臨場感を与える。また、このシステムであればコマの動きがビデオ教材に比べて遅いので日周運動がよく見える。

日周運動連続撮像システムを用いて星座を撮像、映像にすることを通しても授業を行うことができる。ここで、仮に課外活動での星空観察を行う場合にこのシステムを利用したとする。冷却 CCD カメラで撮像した画像は接続してあるパソコンを通じて瞬時に確認でき、それは子供たちがその瞬間に観察していたものと同じ星空である。撮像時間も広視野レンズの視野角や対象天体によって変化させられるため、夕方から夜間にかけて撮像時間を自由に設定できる。撮像した画像を次の授業までに教師がムービーにして利用することで授業にも幅ができる。何より、子供自身が観察した夜空がそのまま映像になるのである。これは子供にとって非常に貴重な体験となるであろう。さらにそれをホームページに掲載することで、広く共有が可能である。それにより授業の内容も深いものにも可能であるし、教師同士が互いに協力しあうことで少ない労力で効率よく画像を取得することができると思われる。

このシステムによって撮像された映像は、基本的には夜間に屋外で観測できない天文に関する授業を補完することを目的としている。また、たとえ夜間の観測が可能であっても、都市部では繁華街や高層ビルなどの明かりの影響で観察、観測のための星空環境が良くない、そのような場合の補完として考えている。郊外や山間の学校で撮像したものをホームページを通じて都市部の学校で使用するといった形も可能である。これは単なる学習を越えた連携、交流にもなるだろう。

しかし、この教材はあくまで「補完」であり、本物の夜空を観察することのきっかけとして授業内でのムービーの利用を促進していく予定である。

2章 宮城教育大学インターネット望遠鏡システム用

電子ファインダーカメラシステムの構築

2-1 はじめに

中堤康友氏により宮城教育大学インターネット望遠鏡システムが 2001 年度に構築されている（中堤 2002）。インターネット望遠鏡の有効な点として

- ・外出せずに天体の観望が可能であること
- ・天候が悪くても天候の良い地方の望遠鏡を使用すれば観望が可能であること
- ・海外の望遠鏡を利用すれば日本が昼間でも観望が可能であること

が挙げられている。一方、課題・改善点として

- ・ソフトウェアの簡素化
- ・システムの安定化
- ・操作の実感の向上

を挙げている。

この中で、システムの安定化について、ドーム設備がないため、望遠鏡の固定化がされず対象天体の導入精度に限度があった。そこで広視野カメラシステムを応用し、電子ファインダーカメラシステムをインターネット望遠鏡に付属することにより導入精度の補完を試みた。

昨年までのシステムでは天体撮像用冷却 CCD カメラ（SBIG 社製 ST-7）を望遠鏡の接眼部に設置し、対象天体の画像を拡大していたため、画角が 12×8 という狭い視野に対して、赤道儀の導入精度が小さいことなどから天体の導入が困難であった。さらに視野から対象天体が外れてしまうとクライアント側からの修正が困難であった。そこで広視野カメラシステムを望遠鏡に設置し、対象天体が視野からはずれてもクライアント側から修正可能なように、電子ファインダーとして利用できるシステムの開発と運用を実施した。

これまでのシステムでは、望遠鏡を操作している実感がないことから、インターネット望遠鏡で観察している夜空を生中継すること、つまり望遠鏡が動作している間、広視野レンズ付きカメラの撮像映像を PC の画面上で見られるようにすることにした。それはカメラが広視野である分、多くの星が視野に入り込み、画像から望遠鏡及びカメラが動いていることが理解でき、操作の実感の向上を期待できるからである。

2-2 電子ファインダーシステムの概要

電子ファインダーシステムは冷却 CCD カメラに広視野レンズを付属し、それらを望遠鏡の赤道儀上のねじ穴に差し込むことで接続される。

当初、日周運動連続撮像システムの ST-6 (SBIG 社製) を使用したが、ST-6 自体の重量が大きいため、望遠鏡のバランスがとれず、導入精度の低下、冷却 CCD カメラ付き赤道儀のモーターの故障などが懸念された。そこで使用するカメラを SBIG 社製の冷却 CCD カメラ ST-237A に変更することにした。まず ST-237A の仕様について表 2-1 に示す。

表 2-1 ST-237A の仕様

CCD チップ	: TC237 (SBIG 社製)
画素サイズ	: $7.4\mu\text{m} \times 7.4\mu\text{m}$
有効チップサイズ	: $4.7\text{mm} \times 3.6\text{mm}$ (640 画素 \times 480 画素)
ポート	: パラレル
シャッター速度	: 0.01 ~ 3600 秒
CCD ヘッド重量	: 約 500 g (幅 83mm \times 高さ 69mm)

この ST-237A に口径 200mm、F4 の望遠鏡につけると視野が $8.1^\circ \times 6.2^\circ$ となる。これでは ST-7 の視野角よりも狭く、ファインダーとしての役割を果たさないので、表 2-2 に示すレデューサーレンズとミニファインダー延長筒を取り付ける。

表 2-2 ミニファインダーの仕様

レデューサーレンズ	: 焦点距離 14mm (口径 28mm)
ミニファインダー延長筒 (大)	: 焦点距離 97mm (口径 31.5mm)
ミニファインダー延長筒 (小)	: 焦点距離 32mm (口径 28mm)

このミニファインダーを ST-237A に取り付けると焦点距離 100mm、口径 25mm、F4 の望遠鏡として使用でき、ST-237A と接続すると $2.7^\circ \times 2.0^\circ$ の視野が確保できる。ここで、ミニファインダーの合計距離が 129mm であるが、ミニファインダー延長筒 (大) の内部にファインダー延長筒 (小) が収まることで、焦点距離 100mm のミニファインダーが完成することを付け加える。

ST-6 と比較して、約 1/2 の重量で小型のため望遠鏡を動かす際に動作の邪魔をすることもなければ、バランスも保ちやすい。さらに、視野が ST-6 では 8mm レンズを使用しても $20.4^\circ \times 15.5^\circ$ で、視野が広すぎたために ST-6 の画像を見ながら天体撮像用カメラである ST-7 に対象天体を導入することが難しく、電子ファインダーとしての使用が困難であったが、ST-237A では $2.7^\circ \times 2.0^\circ$ であり、ST-6 と比較して視野が狭い。また、ST-237A の 1 画素あたり 0.25 の視野角になり、 $f = 2000[\text{mm}]$ の望遠鏡に接続した ST-7 で撮像される画像の約 19 画素分に相当する。これらのことから ST-237A はファインダーとしては有効なカメラであると言える。なお、表 2-3、表 2-4 に比較表を示す。

表 2-3 SBIG 社製冷却 CCD カメラ比較 1 (冷却 CCD カメラマニュアル)

	有効画素[mm]	画素サイズ[μm]	チップサイズ[mm]	重量[g]
ST-237A	640 × 480	7.4 × 7.4	4.7 × 3.6	550
ST-6	375 × 241	23 × 27	8.635 × 6.53	1050
ST-7	765 × 510	9 × 9	6.885 × 4.59	

表 2-4 SBIG 社製冷却 CCD カメラ比較 2 (冷却 CCD カメラマニュアル)

	焦点距離 f=16mmの場合	システムで使用する場合 (fは焦点距離[mm])
ST-237A	16.7° × 12.8°	f=100 (ミニファインダー) 2.7° × 2.0°
ST-6	30.2° × 23.1°	f=24 (広角レンズ) 20.4° × 15.5°
ST-7	24.3° × 16.3°	f=2000 (天体望遠鏡) 11.88 × 7.92

ST-237A のダークフレーム画像 (図 2-1) から分かるようにこの冷却 CCD カメラには右下にノイズが多くはいる基本特性が確認できる。ライトフレーム画像は生画像であり、星の光量とダークノイズを含んでいる (図 2-2)。ダーク処理画像 (図 2-3) とは、このライトフレームからダークフレーム画像を減算したものである。

次に露出時間の違いを考える。露出時間を 1 秒、3 秒、8 秒の画像を選択した。1 秒であると輝度値の平均が 65536 段階の内の 593 で、最高値は 3711 である。これでは十分な光量が得られないために、鮮明に写っていない (図 2-3)。逆に 8 秒であると平均値が 3993、最高値が 7757 となり 1 秒の場合よりも明暗がはっきりしていることがわかる (図 2-5)。しかし、平均値と最高値の差が最も大きく、明暗がはっきりしていたのは露出時間が 2 秒の場合と 3 秒の場合であり、平均値はそれぞれ 1105、1808 であり、最高値は 8388、7147 であった (図 2-4)。そこで、実用する際には露出時間を 3 秒に設定した。



図 2-1

ダークフレーム画像 露出 1 秒



図 2-2

ライトフレーム画像 露出 1 秒

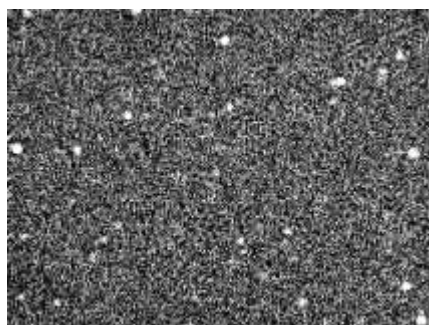


図 2-3

ダーク処理画像 露出 1 秒
輝度値平均 593 最高値 3711



図 2-4

ダーク処理画像 露出 3 秒
輝度値平均 1808 最高値 7147

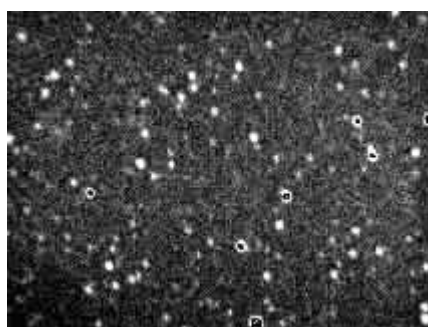


図 2-5

ダーク処理画像 露出 8 秒
輝度値平均 3993 最高値 7757

2-3 新宮城教育大学インターネット望遠鏡システムの概要

宮城教育大学インターネット望遠鏡システムは、コンピュータ制御できる天体望遠鏡と冷却 CCD カメラ、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。望遠鏡と冷却 CCD カメラは、学内ネットワークに接続され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。望遠鏡の操作、冷却 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。

望遠鏡はタカハシ製作所の口径 20 c mカセグレン望遠鏡を、冷却 CCD カメラは天体撮像用 ST-7 (図 2-7) 及び電子ファインダーシステム用 ST-237A (図 2-8) を接続し運用している (図 2-6、2-9、2-10)。

現行のサーバー側のパソコンは Windows98 (Microsoft 社製) で稼働している。その上で、サーバーとクライアントとの遠隔操作通信を制御する IA Server (Software Bisque 社製)、クライアントのサーバーへのアクセスの認証を制御する Scheduler (Software Bisque 社製)、データベース管理ソフトである Access2000 が搭載されている。またサーバー側、クライアント側に、望遠鏡制御ソフトウェアである The sky (日立ビジネスソリューション (株) 社製)、冷却 CCD カメラ制御ソフトウェア CCDSoft (Software Bisque 社製) が導入されている。



図 2-6

インターネット望遠鏡システム全景



図 2-7

インターネット望遠鏡システム撮像システム 冷却 CCD カメラ ST-7



図 2-8

インターネット望遠鏡システム電子ファインダーシステム (上部)
冷却 CCD カメラ ST-237A (100 cm 小型望遠鏡)

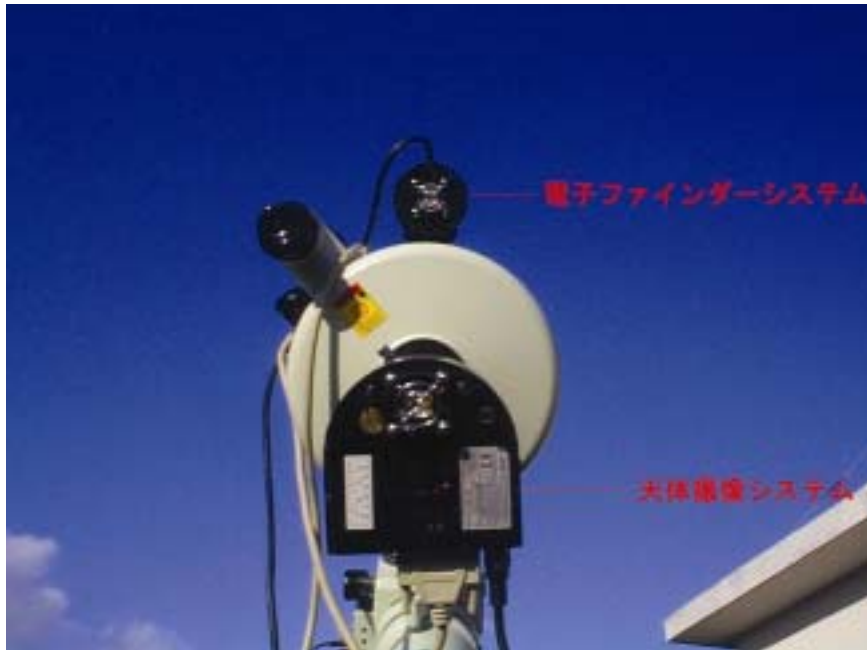


図 2-9

カメラの配置（後部）

望遠鏡上部の小さな丸いカメラが ST-237A 下の大きいカメラが ST-7 である。



図 2-10

カメラの配置（横）

左が電子ファインダーシステム（ST-237A） 右が撮像システム（ST-7）である。

2-4 電子ファインダーシステムの作動方法

電子ファインダーシステムをセッティングする上で重要なことは極軸合わせと、バランスの調整を入念に行うことである。導入精度の向上のために電子ファインダーを接続したにもかかわらずバランスの調整に不具合があったり、極軸が合っていない場合、電子ファインダーによる導入精度が落ちる可能性がある。

操作を行う前に冷却 CCD カメラとパソコンを物理的に接続後、CCDsoft 上で ST-237A を制御するために「Camera」「Set up」「Camera」の順にファイルを開き「Celestron Pixel237」に設定し、通信を確立する。また同時に The Sky により望遠鏡とパソコンの通信も確立する。

撮像前に、冷却 CCD カメラを十分に冷却し、カメラ温度を制御する必要がある。カメラ温度が高いとダークノイズが非常に多く発生してしまい、撮像した画像が鮮明に写らなくなると同時に正確なデータを取ることができなくなるからである。ダークノイズはダーク処理を行えば相殺されてなくなるものではあるが、そのデータに含まれるべき正確な数値に影響を与える。やはり正確なデータを取得したい場合には低く抑える必要がある。以上の点から、確実にカメラを冷却し、温度を制御する必要性がある。

電子ファインダー用と天体撮像用の各冷却 CCD カメラのフォーカスを合わせた後、電子ファインダーシステムと望遠鏡システムとの光軸を合わせ、ST-7 と ST-237A の互いの PC 画面の中央に対象天体を導入する。これは対象天体が天体撮像用カメラ (ST-7) の画面から外れた場合に電子ファインダーである ST-237A を遠隔操作し対象天体を PC 画面の中央に導入し、再び天体撮像用カメラ (ST-7) の PC 画面に導入するためである。

遠隔操作を行い対象天体を視野内に導入する場合にはモーションコントロール機能を使う必要がある。この機能では、望遠鏡が子午線より西か東を向いている場合でコントロールボックスの上下が異なるという点である。現行の ST-237A の望遠鏡への取り付け方では The SKY の望遠鏡の位置を設定するコントロールボックスの「N」を押すと電子ファインダーの画面上は常に右に動き、「W」を押すと西の空では下に、東の空では上に動く。従って、この機能を使用する場合には以上のことを念頭に置き、使用すべきである。

2-5 本システムについての議論

冒頭に掲げたシステムの安定化について、昨年のシステムでは ST-7 の視野と赤道儀の導入精度の関係から、視野から対象天体が消える場合や、対象天体が冷却 CCD カメラの視野から外れた場合クライアント側からの修正が困難であったが、冷却 CCD カメラ (ST-237A) を電子ファインダーとして利用し運用すると全天の恒星の導入が可能となった。冷却 CCD カメラ ST-7 の導入精度自体は向上とは言えないが、広視野を見ることの出来る電子ファインダーを用いて視野からはずれてしまった対象天体を再び視野内に戻すことが可能となったのである。これによりクライアント側からの遠隔操作のみでの観望がほぼ可能となった。

操作の実感については望遠鏡の動きの実感がなく、望遠鏡の操作による変化が PC の画面上の拡大された恒星だけであったということが述べられていたが、そのため、改善の手段としては、このシステムでは、カメラが広視野である事を活用し多くの星を視野に入れ、対象天体が画面上で動いていく様子を通信することにより、画面からでも望遠鏡が動いていることを見せることが可能となる。同時にクライアントが感じていた操作の実感の薄さが軽くなるはずである。さらに、インターネット望遠鏡を生中継すること、つまり望遠鏡が動作していることを PC の画面上で見られるようにするため、実際にデジタルビデオカメラによる生中継を PC を使用して行い、望遠鏡が動いている様子をクライアントに向けて送信した (林 2003)。

また、今までは対象天体しか見ることができなかったが、このシステムの導入によって対象天体周辺の様子も観察できるようになった。つまり恒星単体しか見られなかったものが、星座として見ることが可能になったのである。1 章の 1-8 に述べたように学校教育の天文分野で星座が占めるウェイトは大きい。このシステムを利用し、教育教材としての恒星並びに星座を生中継でみることは有意義なことである。

2-6 今後の課題

従来では望遠鏡接続の冷却 CCD カメラが 1 台のみだったのでパソコンも 1 台で制御が可能であったが、電子ファインダー用の冷却 CCD カメラが追加され、2 台となったために制御用パソコンも 2 台必要となった。これによりクライアント側の PC 環境の充実が必要となってしまった。また、本学の構内 LAN では、データの転送速度が約 10 秒に 1 枚であり、画像の動きがコマ落ちし、非常に不便に感じる速度である。これは画像の大きさや解像度によるものであると考えられる。これは、サーバー側ではビニングを最小の 3×3 サイズに設定しているにも関わらず、クライアントからの通信を受けると 2×2 のビニングサイズに変更され撮像されてしまうことから分かる。

操作についても課題が残る。前述のように遠隔操作を行う場合にはモーションコントロールを使用するが、この機能は不明確であり、外部の不特定多数による宮教大インターネット望遠鏡の利用を考慮すると、コントロールの簡略化が絶対条件であるといつて良い。遠隔操作のコントロール方法も制御ソフトウェアも、市販のソフトウェアではなく自作による、クライアント側が簡単に制御できるソフトが必要であろう。

さらに、予想以上に暗い星まで撮像されるために、星が多く映ってしまうことが挙げられる。恒星が多く撮像されていても、実際に遠隔操作で使用する制御ソフトウェアである The Sky の画面と異なると、リモート操作が困難になる。そこで露出時間を短くするか、逆に露出時間を長くして輝度値を補正する方法が必要である。また、フォーカス合わせが手動のために焦点が合わせずらいという問題点もある。何度かフォーカス合わせをしていき、再現性を高めることが今後の課題である。

現段階でシステムの運営に際して、望遠鏡を無人化することは困難である。将来に向かってはドーム設備の導入、無人化を前提で遠隔操作によるドームの開閉やサーバー側 PC の制御を可能にすることは重要である。ドーム設備は、これによって望遠鏡及び冷却 CCD カメラの導入精度の向上がみられるはずであるし、無人化は管理側の負担の軽減やクライアントの操作実感の改善になるはずである。

3章 Webカメラを使用した教育プログラムの開発

3-1 はじめに

広視野カメラシステムの1つの展開としてWebカメラについて着目した。Webカメラは通常のビデオカメラのような広い視野を確保できる。そこでこのWebカメラを使用した実践授業の考案、実施を行った。

3-2 逆さオリオンの教材

Webカメラを使用した授業の開発について、後述の寺岡小学校の話をいただいたため、逆さオリオンについて考えることとした。ここで逆さオリオンとは、星座の位置は変化するが、星座の形は変化しないことから、南半球から見たオリオン座を示すものである。

・天井のオリオン座スケッチ

まず、オーストラリアからの見え方を実際の視点から疑似体験してもらうために、教室を地球に見立て、教室の前後を南半球と北半球として、プロジェクターを用いて天井にオリオンを映し出した(図3-2)。これを教室の前後から子供に仰いでスケッチさせ、実際にどのように見えるのかを体験する。その際、事前に準備したワークシートを使用する(図3-6)。

・逆さオリオンの撮影

その一方で地球儀とWebカメラ、オリオンの図を用いてオーストラリアと日本での見え方の違いを地球上からの視点で体験する(図3-1~5)。これは地球儀上の日本とオーストラリアの位置に設置したWebカメラによって、黒板に掲示したオリオン図を撮影し、撮影した画像2枚をスクリーンに同時投影し、各地域から見たオリオン座の形を比較するものである。また、この地球儀には小さな人形をつけた。これは、地球の裏側、つまりここで示すオーストラリアでは日本に足を向けて立っているという概念が小学生では難しいと考えることである。地球儀に人形をつけることで自然とその状態を理解し、逆さオリオンに対する理解をより深めることができる。地球上からの視点は子供でも思考できるが、地球外からの視点という日常とは違った視点から見ることは子供にとって非常に難解である。しかし、このシステムを使用することによって理解の手助けができる。



図 3-1 (a)
使用した PC (右) と Web カメラ (左)



図 3-1 (b)
Web カメラ



図 3-2
プロジェクターで天井に映し出したオリオン



図 3-3

授業で使用した地球儀と人形
日本とオーストラリアに人形が付けてある



図 3-4 (a)

Web カメラを用いた実験の様子
オリオンの絵を撮影しているところ

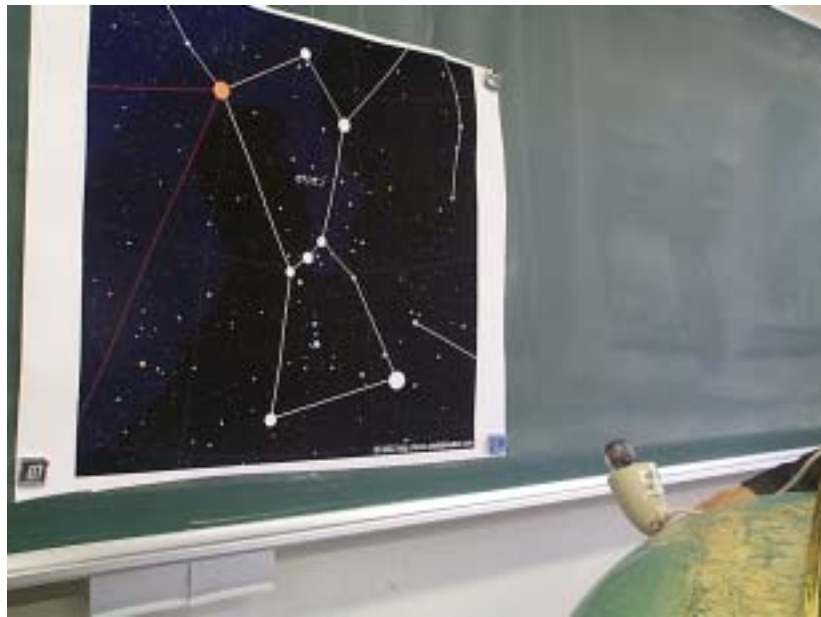


図 3-4 (b)

Web カメラでオリオン図を撮影する様子

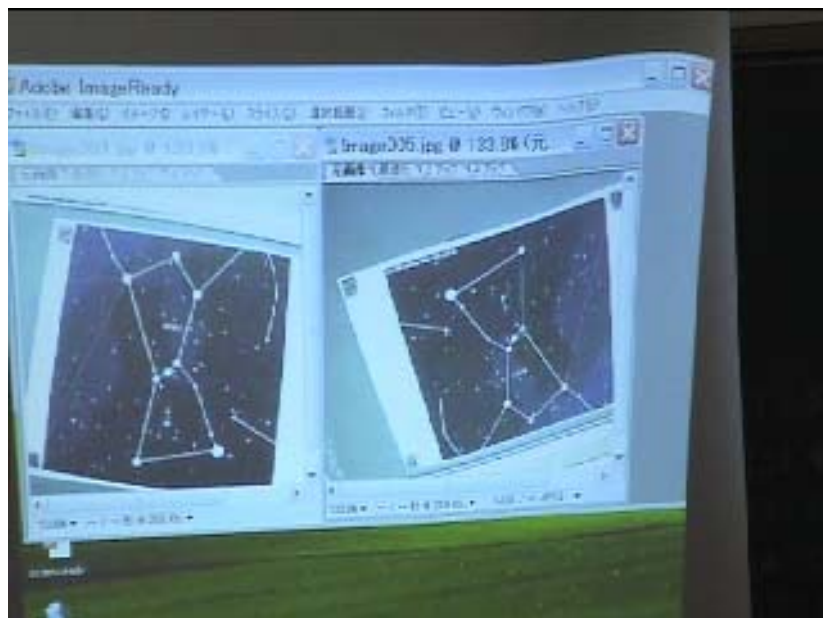
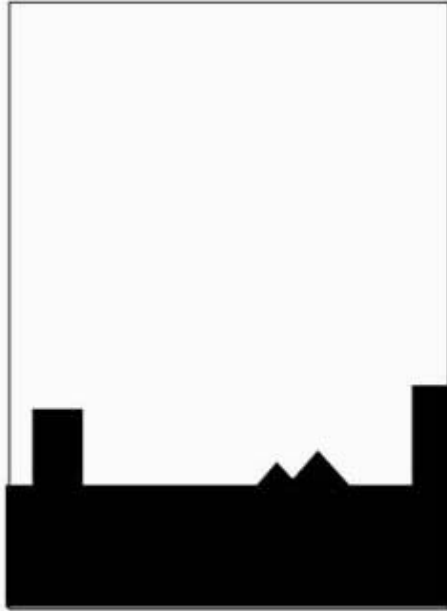


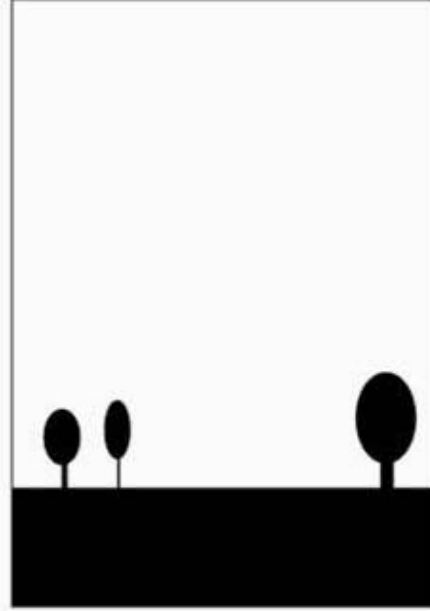
図 3-5

スクリーンに映し出された Web カメラの画像
左が日本からの視点。右がオーストラリアからの視点

1. オリオン座の見え方



仙台



オーストラリア

2. 星座の見え方

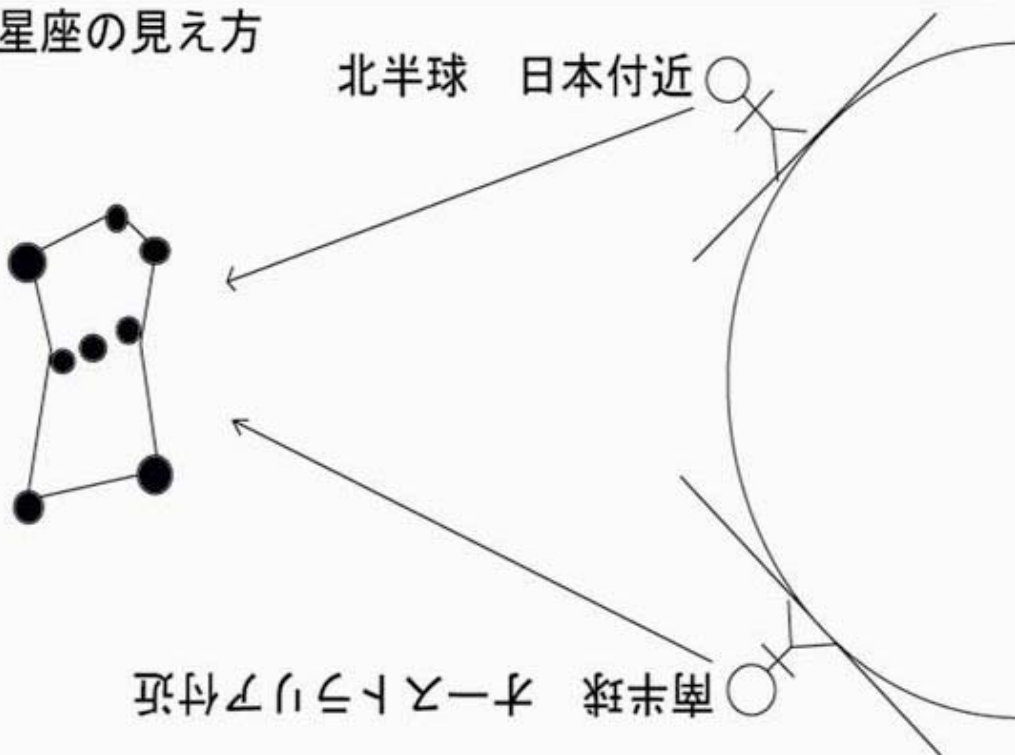


図 3-6

実際に授業で使用したワークシート

3-3 寺岡小学校での授業について

寺岡小学校では総合学習を「人ってすばらしい」のテーマで行っており、自分の学校から県、国へと広がり、世界に住む人々について学習していた。その中で、日本での英語環境やオーストラリアでの日本語教育という利点から、オーストラリアについて学んでいた。子供たちは事前にオーストラリア人のクレイグ先生によるオーストラリアの歴史や習慣に関する授業を受けていた。その際、オーストラリアでは星座が日本とは逆さまに見えることについて触れた。そこで、この授業を踏まえて2002年10月28日に仙台市立寺岡小学校にてオーストラリアとの交流という総合学習の中の一部として南半球から見た星空について「逆さまに見えるオリオン」の授業を行った。

まず始めに、クレイグ先生と同様に子供たちに国旗を見せ、オーストラリアつまり南半球について学んでいることを認識させるようにした。

次に、日本とオーストラリアで同じ星座が見えるかを考えるように指示を行った。実際にオーストラリアに行ったことのある子の意見によって、同じ星座は見えるという意見が多数となった。その上で日本とオーストラリアの星空の見え方の違い、特に南半球では逆さまに見えるオリオン座について提示を行った。オーストラリアではどのように見えるかということに興味を誘い、教室中央の天井にオリオンを映し出し、そのオリオンを教室の前後から仰いでスケッチし、オーストラリアからの見え方を実際の視点から疑似体験してもらった(図3-8)。ここで、天井に投影したオリオンをワークシートにスケッチさせた(図3-9)。

最後に Web カメラ、PC、地球儀を利用した教材を使用した。日本とオーストラリアの位置から撮影した画像2枚をスクリーンに同時投影し、各自がスケッチしたものと比較させた。これにより、自分の目で観察したことを地球に当てはめて確かめることができた。

教室中央の天井にオリオンを映し出すと、子供たちは日本で見ているものと異なり、逆さまに見えることに興味を持ち、不思議がり、多少なりとも驚いているようであった。しかし、スケッチの際に段取りが悪く、子供にスケッチさせつづけてしまった。なかなかスケッチが描けない子や描いても納得できないらしく、何度も描きなおす子がいて切り上げ時の判断が困難であったためである。

また、地球外からの視点を擬似的に作ることで、子供が苦手とする部分の理解の手助けができたと考える。もう一つ、オーストラリアでは日本に足を向けて立っていることは子供には理解が困難であるが、地球儀に人形をつけることで自然とその状態を理解し、逆さオリオンに対する理解をより深めることができるように思う。

学習活動	学習内容・生徒の活動	
オーストラリア国旗の星は何を表しているだろうか...5分	この国旗はどこ国旗だったかな。 南十字星。 オーストラリアで見える星。 オーストラリア人にとって一番身近な星座である。 南にある星座で、仙台では見られない。	オーストラリアの国旗 南十字星の絵
日本ではどんな星座が見えるだろうか...5分	オリオン座。 さそり座。 カシオペア。 冬にはオリオン座が見える。	
オーストラリアでは日本と同じ星座が見られるだろうか...5分	日本とオーストラリアでは同じ星座は見えるのだろうか。 南の空に見える星座は見るができる。 有名なものにオリオン座がある。	
オリオン座はどのように見えるか...5分 プロジェクター投影による日本・オーストラリアの見え方の違い...10分 (図3-2、図3-8)	オーストラリアから見たらオリオン座はどのように見えるだろうか。 日本ではオリオンが立っているけど、オーストラリアでは逆立ちしている。 あべこべに見える。 逆さまに見える。 クレイグ先生が言っていたように逆さまに見える。	オリオン座の絵 プロジェクター ワークシート (図3-9)
Web カメラを用いて見え方の演示実験...10分 (図3-4、図3-5)	オーストラリアは南半球にあるから、仙台から見て南にある同じ星座を見ようとすると北を向くことになる。	Web カメラ PC (Vaio) 地球儀

図 3-7



図 3-8

寺岡小学校での授業風景
天井に映したオリオンを見上げている



図 3-9

当日使用したワークシート
教室中央の天井に映したオリオンを教室の前後から仰いでスケッチしたワークシート

3-4 幸町小学校での授業について

オーストラリアからの皆既日食インターネット中継を行い、子供たちに見てもらうために、幸町小学校で日食の授業をやってみないか、と仙台市天文台の長島氏及び幸町小学校に実践の場を提供していただき実現した。

2002年11月29日に仙台市立幸町小学校において寺岡小学校とほぼ同様の授業を行った。幸町小学校の場合は12月4日に迫っていたオーストラリア皆既日食との関係から日食の原理についての説明を1時間目に行い、本実践授業は2時間目に行った。寺岡小学校とは異なり、導入については1時間目の皆既日食の授業から入り、オーストラリアでは12月4日の日食以外にも、毎日見られる美しい夜空があることを提示した。そのため、今回の授業はオーストラリアでの夜空の見え方、日本との違いという意味合いを強くした。今回は寺岡小学校で、時間内に終わり切らなかったことを反省し、授業案をより簡略化し、ゆとりを持って進行ができるようにした。

導入後、寺岡小学校と同様に、まず日本とオーストラリアでは同じ星座が見えるかということを考えるように指示を行った。

次に、Webカメラ、PC、地球儀を利用した教材を用いた。ここでは、実際に代表の子供にWebカメラを使用してもらったが、Webカメラが珍しいためか興味津々で、やりたいと挙手をする子が非常に多かった(図3-12)。また前述の12月4日のオーストラリア皆既日食を仙台市天文台でインターネットを通じて中継するということを伝えた。

プロジェクターによるオリオンの投影を行った際には、子供たちは「逆さだ。」と驚き、不思議がっているようであった。寺岡小学校でもそうであったが、やはり日常の中で体験できないことが新鮮な様である。

Webカメラが珍しいためか興味津々で、やりたいと挙手をする子が非常に多かったと書いた。しかし、挙手をしている子は全員男子であった。女子も挙手するような流れを作り出せば良かったと思う。また、スクリーンに撮影したオリオンを映したあたりから、子供の反応が鈍ってしまった。これは自分自身の力量不足もあるが、天井への投影、スクリーンへの投影と2度同じことを行ったために、子供が飽きたとも考えられる。授業の終わり方はもっと工夫が必要だと感じた。

日食についても授業を行ったためか、子供たちの反応が鋭く、非常に助けられた感じがした(図3-11)。

活動内容		資料
オーストラリアについて... 5分	オーストラリアで見られるのは皆既日食だけではない。 オーストラリアでは星が非常に綺麗に見える。 オーストラリアは広大で、自然が多く、星空もそのまま見ることができる。	
オリオン座の見え方...5分	オーストラリアでも星座が見える。 日本とオーストラリアでは同じ星座は見えるのだろうか。 南の空に見える星座は見る事ができる。 有名なものにオリオン座がある。	
プロジェクター投影による 日本・オーストラリアの見 え方の違い...10分	オーストラリアから見たらオリオン座はどのように見えるだろうか。 日本ではオリオンが立っているけど、オーストラリアでは逆立ちしている。 どうして逆さまになるのかな。	プロジェクター ワークシート (図 3-6)
地球儀を用いた見え方の様子...10分 (図 3-12) 撮影した画像をプロジェクターで投影して見る...10分	地球儀にカメラを取り付けてオリオン座の見てみよう。 人形はどっちの方角を向いているかな。 天井に映して見たものと同じになった。 日本では南向きに、オーストラリアでは北向きに立ってオリオン座を見ることになる。	地球儀 PC (Vaio) Web カメラ スクリーン

図 3-10



図 3-11
幸町小学校での授業風景



図 3-12
代表の子供に Web カメラを使って撮像してもらっている

3-5 アンケート結果について

幸町小学校の子供に書いてもらった感想の一部を以下に掲載する。

- ・オリオン座が逆さまに見えるのが少し不思議だった。
- ・星の見え方は仙台とオーストラリアでは上下逆になることが分かった。
- ・星はどこから見ても同じ向きかと思ったけど、違ったことが分かってよかった。
- ・日本から見る星が、オーストラリアで見ると逆に見えるなんて知らなかったし、楽しかったです。
- ・オリオン座は日本から見たのとオーストラリアから見たのでは全然違うことが分かってよかったです。
- ・私も少し星のことを勉強しようと思います。
- ・本当の夜空にあるオリオン座を見てみたい 他にもいろんな星座を見てみたい。
- ・オリオン座の星座をスケッチするのが楽しかった。
- ・仙台から見たオリオン座とオーストラリアから見たオリオン座のことが良く分かった。星のことが良く分かりませんでした。でも、今日の勉強で前よりはすごく分かったと思います。
- ・オリオン座で日本とオーストラリアでの見え方なども分かってよかったです。
- ・オリオン座も仙台とオーストラリアでは逆さまになるということが分かりました。

アンケート結果を見てみると多くの子供がオーストラリアと日本での星座の見え方の違いに興味を抱き、理解してくれたようである。また、これを機会に星について学習してみたいという子供がいたり、中には「本当の夜空にあるオリオン座を見てみたい」という声もあり、今回の授業を行った意味があったように感じる。

また、寺岡小学校の子供による授業後のアンケートの一部をここで掲載する(図 3-13～16)。総合学習の中において、オーストラリアへの興味を持ってもらうことに少しでも協力できたように感じる。また、この授業を行ったことで、オーストラリアとの同時星の観察が楽しいものになったようである。

オーストラリアを知る授業についての興味

問	合計
持てた	19
少し持てた	13
どちらともいえない	3

星の授業について

問	合計
役に立った	19
少し役に立った	10
どちらともいえない	6

星の観察について

問	合計
以前から	3
4年生の時	22
していない	10

オーストラリアとの同時星の観察

問	合計
楽しめた	18
少し楽しめた	9
どちらともいえない	6
あまり楽しめない	1
楽しめない	1

問 オーストラリアを知る授業についての興味

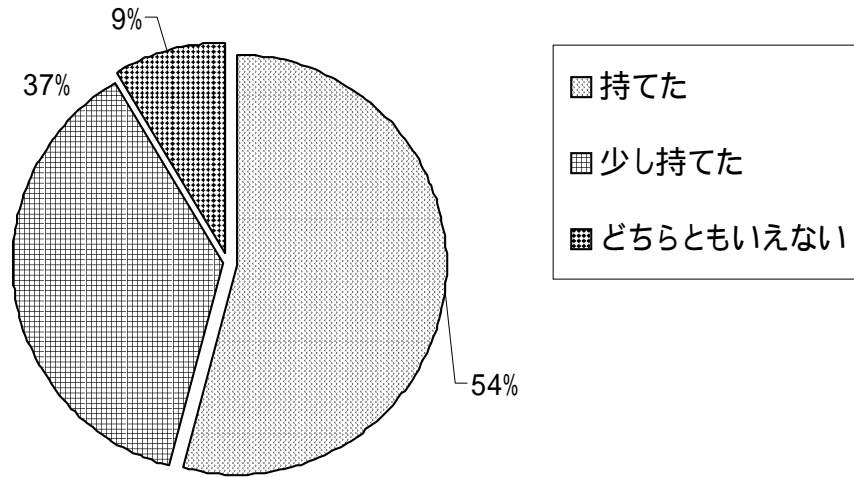


図 3-13

アンケート結果グラフ 1

問 星の観察について

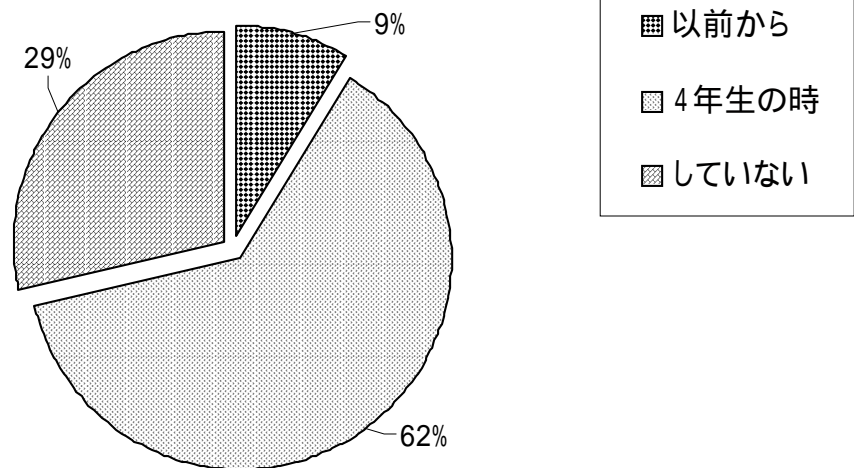


図 3-14

アンケート結果グラフ 2

問 星の授業について

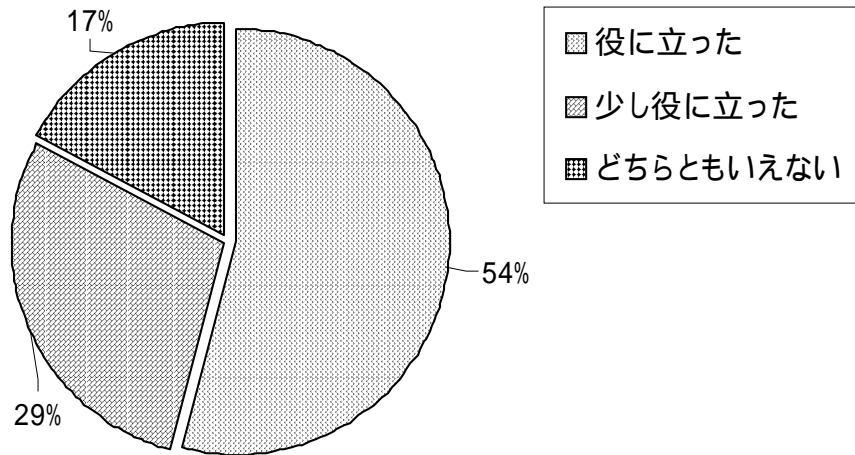


図 3-15

アンケート結果グラフ 3

問 オーストラリアとの同時星の観察

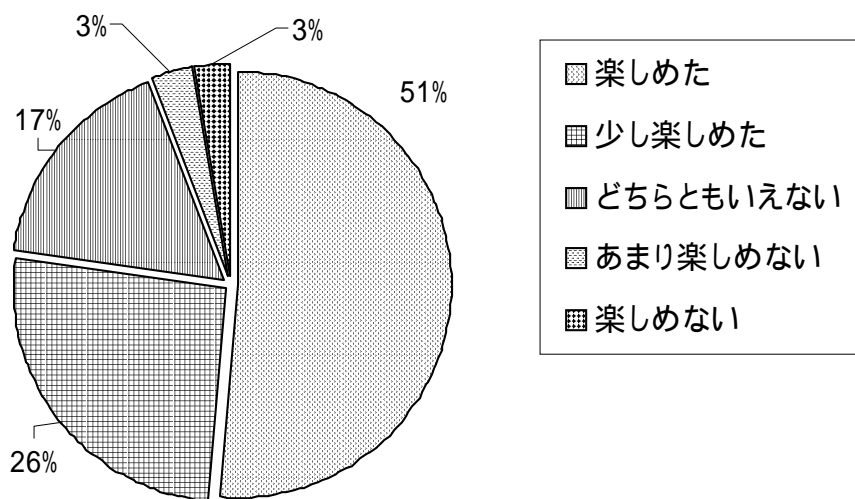


図 3-16

アンケート結果グラフ 4

3-6 南半球における星空の撮像

南半球と北半球との違いを示すために実際にオーストラリアにて、ビデオカメラによる南半球の星空の撮影を実施した（図 3-17、図 3-18）。また、オーストラリアで撮像した図 3-18 と日本で撮像した図 3-19 と比較するとオリオン座のペテルギウスが下方にあるのが分かる。



図 3-17

デジタルビデオカメラ（Super Night Vision モード）で撮影した南十字星



図 3-18

デジタルビデオカメラ（SuperNightVision モード）で撮影したオリオン座（輝度値補正済）

オリオン大星雲が三ツ星の上方に見えて、日本での見え方とは逆さまになっている



図 3-19

宮城教育大学 1 号館屋上で撮像したオリオン座

オリオン大星雲が三ツ星の下方に見え、日本において日常見ている見え方をしている
実際に授業では利用できなかったが、インターネット上にて公開し、事後学習に役立た
せ、今後の授業に活用できる資料とした。

4章 オーストラリア皆既日食インターネット中継

4-1 はじめに

2002年12月4日、アフリカからオーストラリアにかけて皆既日食が観測された。そこで今回オーストラリアの Ceduna (南緯 32° 7' 47"、東経 133° 42' 00") において、

- ・皆既日食の教材化のための撮影
- ・仙台市天文台との連携による皆既日食のインターネット中継

の2点を試みた。

4-2 皆既日食の教材化

皆既日食の様子を撮影、編集しホームページで公開することによって広く教育教材として利用されることを目的として、皆既日食の撮影を実施した。

皆既日食の撮影にはデジタルビデオカメラ (SONY 社製 DCR-IP55) をタカハシ製作所製 EM2 赤道儀に設置し、太陽を自動追尾して撮影した (図 4-1)。ビデオカメラには、フィルターを併用して減光した。雲量が多い時間は ND400 フィルター1枚 (KENKO 社製) と 415nm の狭帯域フィルター1枚を重ね、雲量が少ない時間には ND400 フィルター2枚と 415nm の狭帯域フィルター1枚を重ねて使用した (表 4-2)。日食の第一接触から太陽が沈むまでの2時間を撮影し続けた。狭帯域フィルターが青色の紫外線の波長のみを通すため、映像では太陽の色が青く変化して見える部分もあった。赤道儀による追尾により日食の間中、自動撮影が可能であった。その後、教材とするために取得映像を動画編集ソフトウェアである MovieShaker (SONY 社製) を使用して編集した。まずビデオテープから必要な動画を PC に移し、その動画を PC 上でつなげた。教育教材の場合、短時間に授業のエッセンスを伝えなければならないために約6分の映像に編集した。この程度であれば子供も飽きずに見られると考えている。また、皆既の瞬間だけを編集したものも作成した。これらは mpeg として保存し、どちらもホームページで公開している。さらに CD-R でも配布可能であるようにした (表 4-3)。

なお、以下に皆既日食観測時のデータを示す (表 4-1)。

表 4-1 皆既日食観測データ

観測場所	Australia Ceduna (南緯 32° 7' 47"、東経 133° 42' 00")
観測日時	12月4日 日本時間 17:11 18:11 19:06 (食開始) (皆既) (食終了)
	現地時間 18:41 19:41 20:36
皆既日食継続時間	32秒
太陽高度	+20° 06' 16" +8° 24' 43" -02° 10' 19"

表 4-2 皆既日食撮影使用機材

SONY 社製 デジタルビデオカメラ DCR-IP55
KENKO 社製 ND フィルター ND400
タカハシ製作所製 EM2 赤道儀



図 4-1
皆既日食撮影システム

表 4-3 日食映像教材

	時間	内容	コメント
日食中継 1	1 分	皆既を中心とした映像	皆既のみを簡単に見られる。
日食中継 2	6 分	日食開始から終了までのダイジェスト版	太陽が欠けていく様子が分かる。
日食中継 3	42 分	日食開始から終了までの映像	多少、雲がかかってはいるが、日食の一部始終が見られる。

4-3 仙台市天文台との連携による皆既日食のインターネット中継

日食中継が行われる際に現場の様相を伝えることを目的とし、Web カメラの応用としてインターネットを通じて日食観察の様子をリアルタイムに伝えた。またライブ！ユニバースと東北大学、NTT による光ファイバーを使用した日食中継も同時に行なわれていた（図 4-5）。これらが日食の太陽のみを中継するのに対し、日食を観察している人々、日食の時の周りの様子などの中継に重点を置き、子供たちが実際に観測している様子を体感できることを目的としている。

日食中、オーストラリアより、仙台市天文台とインターネット中継を行なった。現地からは Web カメラの映像をパソコンを通じて携帯電話を使用しインターネットに接続、Yahoo!Messenger を利用して当日の観測地点の様子や周りの雰囲気の中継した（表 4-4）。音声は同時にインターネット Yahoo!Messenger 経由の場合、ノイズが多く音声の判別が困難なため、携帯電話での通信となった。画像も通信速度が 9600bps と遅いため、Web カメラの解像度を 160×120 に落としての送信となった（図 4-2、3、4、6）。また、オーストラリアの国の様子を伝えるための旅行記を作成し電子メールで送信し、観測の合間に紹介した（付録 A）。

表 4-4 皆既日食インターネット中継使用機材及びソフトウェア

オーストラリア側	日本側
SONY 社製 Vaio	TOSHIBA 社製 DynaBook
SONY 社製 Web カメラ	プロジェクター
Yahoo!Messenger	Yahoo!Messenger
携帯電話	携帯電話

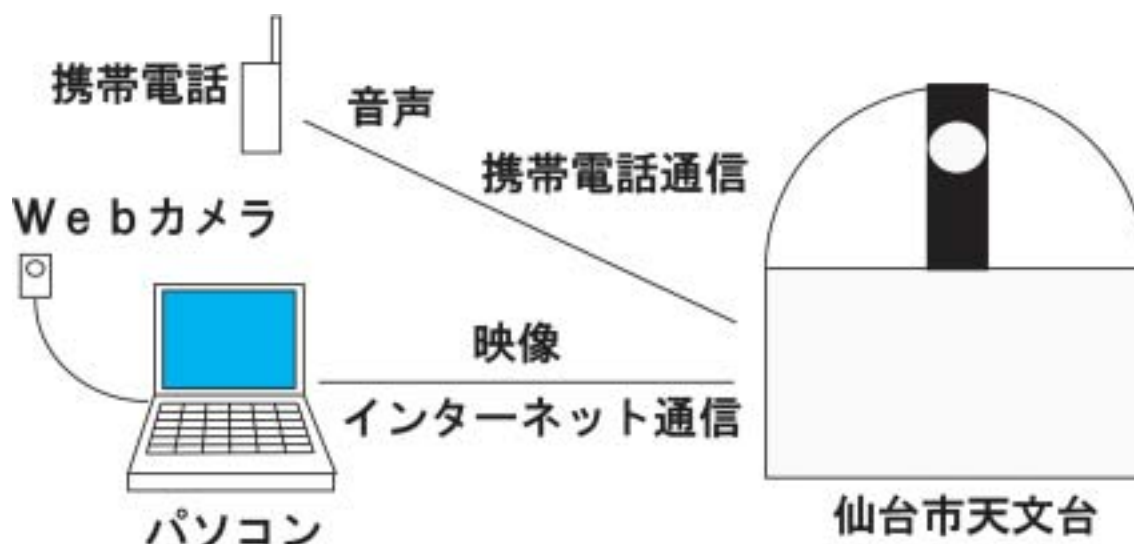


図 4-2

現地での皆既日食の様子



図 4-3

生中継の様子

左に見えるものがパソコンと Web カメラ



図 4-4

現地の様子の生中継（仙台市天文台にて）



図 4-5

仙台市天文台での皆既日食の様子（ライブ！ユニバース、東北大学、NTT 映像提供）



図 4-6

天文台での通信の様子

5章 本研究の教育教材としての議論

ここまで広視野レンズ付きカメラシステムを用いた星の日周運動の教材作成、宮城教育大学インターネット望遠鏡システム、Web カメラを用いた教育プログラム、皆既日食インターネット中継について述べてきた。ここでは、それらの教育教材としての価値や可能性、実用方法について考えていく。

広視野カメラシステムを用いた日周運動の動画についてはホームページに載せ、各人が閲覧可能なようにした。また、これと同時に連続撮像から作成したムービーを録画したCD-R も作成した。どちらの場合でもインターネットと接続されたパソコンで見ることが条件となる。現在の教育現場を考えれば、インターネットに接続されたパソコンは各教室に1台確保されている。このことからホームページ及びCD-Rによる授業展開は十分可能であると考えられる。例えば、小学校4年時の日周運動の授業における導入などとして活用されればありがたい。教師にとっては指導しにくい分野としていつも上位にあげられている日周運動の教材として、運動の様子を観察として利用してもらうと同時に、家庭学習での利用も可能である。教科書などに掲載されている星座を長時間露出した写真は実際の空とは異なり、方向が理解しにくい、本教材は動画であり、また、より実際の夜空に近い教材としては有効であると考えられる。可能であるならば学校独自に冷却 CCD カメラを使用するの撮像が行なえることが望ましい。子供自身がパソコンやカメラを操作、制御することが重要であると考えられるからである。冷却 CCD カメラは非常に高価であるが、教育委員会で1台購入し、各学校が持ちまわりで利用できるようにすればよいと考える。

インターネット望遠鏡が宮城教育大学で実際に運用されて1年が経過したが、まだテスト段階であり実用には時間がかかる。しかし、テスト段階であるからこそできることが多くある。今年度の電子ファインダーもその1つである。今年度、電子ファインダーの導入により遠隔操作の望遠鏡としての完成度は高まった。特に電子ファインダーの使用により、クライアントの取得したい天体が以前に比べ高い確率で見ることが可能となった。しかし、一方でシステム自体が大きくなりすぎ、クライアント側でPCが2台必要など、環境整備が必要となった。また、望遠鏡システムが日本で運用している限り、日本の学校教育の現場での活用には困難が生じる。それは星空の観察が夜にしかできないためである。ただし教育教材としては視聴覚教材からの脱却が図れる可能性はある。システムの縮小は急務であり、その結果として海外との提携に向かえばよい。

Web カメラを使用した授業は、理解しにくい現象についての新しいアプローチと考えられ、模型に Web カメラを付け、自分たちの目として利用することは子供の理解を手助けするものであると考える。システム自体も非常にシンプルであり、既存のパソコンに Web カメラを付けるだけで容易に利用可能であり、また、扱う知識の量を大幅に削減し、調査・観察・実験などの学び方を学ぶ時間にあてるという昨今の考え方にも合致するものと考えられる。

オーストラリアでの皆既日食を収めたムービーについては、天体现象及び天文分野に対する興味・関心を持たせるためには非常に有効なものではないだろうか。皆既日食は大人が見ても心を引かれるものであるのだから、感受性の強い子供はより心を奪われるはずだ。インターネットを使用した中継は今現在起こっていることが同時に見ることが可能であることに意義がある。自分の周りでない場所で多くのことが起こっていることを考えさせられる。また、南半球でのオリオン座、南十字星もビデオに収めたが、これも前述の興味・関心を持たせることと同時に、自分たちの生きている地球を知るためのよい教材である。

文部科学省の掲げる「コンピュータや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」(中学校学習指導要領 平成 10 年 12 月)という理念に対して、学校の IT 環境が急速に変化している。教育現場ではインターネットの整備が進められ、インターネットの有効的な教育への活用が課題となってきている。本研究全体としては、この理念に対し、各学校に配備した PC のソフト面として十分に応えられるものでもある。また、現時点では活用されていない PC 自体の活用にもつながるものである。日周運動と皆既日食のビデオ教材及び Web カメラを用いた教材はすぐにでも利用可能であると思われるが、インターネット望遠鏡システムは、現在の教育現場ではすぐに利用できるというものではない。2 章でも述べたように、今後の研究によってシステムのスリム化など改善を図り、現場での利用が可能な状態にする必要がある。最後に、この教材を使用することで満足するのではなく、この教材が本来の星空観望へ踏み出すためのきっかけになることを願う。

皆既日食・日周運動映像ホームページ URL

<http://www.hosizora.miyakyo-u.ac.jp/>

謝辞

本卒業論文のための研究を進めるにあたって、様々な場面での御助言や懇切丁寧な御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御指導をしていただいた仙台市天文台の長島康雄先生、システムについて御意見下さった上に機材までお貸しいただいた宮城県教育研修センターの伊藤芳春先生に深く感謝申し上げます。

実践授業の場を提供してくださった、寺岡小学校の皆様、幸町小学校の皆様に深く感謝いたします。

実践授業その他、研究活動全般を通して暖かな御援助をいただいた同研究室の松下真人さん、齋藤正晴君、千葉紀子さん、林美香さん、佐々木佳恵さん、特殊教育特別専攻科の中堤康友さん、理科教育専攻の阿部伸也君、伊藤貴洋君、柳沢雄生君、渡辺純君、情報数理専攻の河野和宏君、地学科の皆様に深く感謝いたします。

最後に、上記の皆様をはじめ、自分を励まし、支えてくださった全ての関係者の皆様にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

平成 15 年 2 月

参考文献

(株)マゼラン 国際光器ホームページ

<http://www.kkohki.com/index.html>

Santa Barbara Instrument Group 原案 (株)マゼラン 国際光器編集
SBIG CCD カメラ ST-6 ハードウェア取扱説明書

Santa Barbara Instrument Group 原案 (株)マゼラン 国際光器編集
SBIG CCD カメラ ST-7 ハードウェア取扱説明書

Santa Barbara Instrument Group 原案 (株)マゼラン 国際光器編集
SBIG CCD カメラ ST-237A ハードウェア取扱説明書

「小学校学習指導要領」理科編 文部省（現文部科学省）告示

「中学校学習指導要領」理科編 文部省（現文部科学省）告示

中堤康友 2002 「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」

宮城教育大学卒業論文

野呂利治 「皆既日食を見に行こう！」

<http://www.remus.dti.ne.jp/~t-noro/>