

卒業論文題目

# 月ライブシステムの再構築と小学校理科への活用と評価

宮城教育大学 学校教育教員養成課程 理科教育専攻 4年

D6165 鈴木 雄太

## 論文要旨

小学校理科での天文教育は、小学校第3学年で「地球と宇宙」日向と太陽、第4学年では「地球と宇宙」月と星、の学習を行う。ここで天文教育の課題のひとつとして、「月と星」分野での学習目標では、「空にある月や星を観察し、月の位置を時間と関連づけて考える。」との記述がある。しかし実際に天体望遠鏡を用いての天体の観測を授業時間に行うのは時間や機材の関係上困難であることがある。そのため、2006年度に小学校理科用教材として「月ライブ」の開発、テスト運用を行った。そして本年度は、「月ライブ」の本格的な運用と月ライブシステムの再構築を行った。

「月ライブ」とは、小学校理科用教材として開発され、接眼部分にWebカメラを取り付けた天体望遠鏡を使用して観測した月のリアルタイムの映像をインターネットのホームページ上に載せることにより、遠隔地や屋内でもリアルタイムの月の映像を観測することができるものである。

また、本年度からの新しいシステムとして、天文台カメラの設置、全天カメラ(2008 齋藤)とのリンクを行った。このことにより、天文台内部の様子と、宮教大上空の天候の様子を月ライブホームページ上から閲覧することが可能となった。

配信は小学校3学年の授業の進行上、2007年9月から11月に行った。

- ① 小学校の授業時間中に月が観測できる、特に満月をはさんだ±1週間(月齢8~22)は小学校の授業時間に月が観測できない。
- ② 新月をはさんだ±1日(月齢28~2)は月が太陽に近すぎるため観測が困難。
- ③ 月の出後約1時間、月の没前約1時間は月の高度が低いため、観測が困難。

スケジュールより、月ライブ配信を行う予定であったのは、9・10・11月それぞれ、8・10・11日間であったが、実際に配信を行うことができたのはそれぞれ、2・6・6日間であった。結果として配信を行うことのできた日数は、予定していたものより大幅に下回った。原因は主に天候によるものであったが、新月の±2日程度は月が細すぎるため、晴天時でも観測できないことがあり、天候の他、大気の透明度・月の高度等も考慮すべきである。

天体望遠鏡は本来恒星を追尾する機構であるため、月を視野に導入すると、時間とともに月が視野内で移動してしまう。そのため、望遠鏡制御ソフトのThe Sky6の機能である彗星追尾機能を用いることによって、月を追尾することができないかと考えた。

彗星追尾機能では、彗星追尾レートの赤経補正值・赤緯補正值を入力することにより、恒星に対する追尾対象の移動量を赤経・赤緯方向ともに補正することが可能である。そこで、2008年1月16日の17:20から18:20まで、実際に月追尾を行った。

この追尾の結果、月は視野内で移動した。天球上の距離では、1時間でX方向に2.37分角、Y方向に9.51分角視野内で移動した。この結果では追尾精度は低いものであったため、再度、極軸を合わせて先述したものと同様の方法で追尾を行った。結果は、1時間

で画面横方向に 7.11 分角、縦方向に 3.8 分角移動した。ここで移動した距離は、1 回目・2 回目それぞれ 9.8・8.1 分角となった。また、追尾を行うことにより視野内から月が半分消えるまでの時間は約 3 時間であった。これは、月追尾を行なわなかった場合、約 1 時間程度しか視野に留めておくことができなかつたので、月追尾機能は有用であることが確認された。また、1 時間月ライブを行う最大時間は 5 時間のため、再度月を視野に導入するという作業を 1 度しか行う必要がなくなつた。

月ライブコンテンツの追加、月追尾による、月ライブ運営の簡略化を行うことができた。

## 論文要旨

## 目次

### 1. はじめに

### 2. 月ライブの概要

#### 2-1. 小学校理科における月ライブの活用

#### 2-2. 月ライブシステム

#### 2-3. 月ライブ設定方法

### 3. 月ライブ新機能

#### 3-1. 天文台カメラの設置

#### 3-2. 全天カメラとの連携

#### 3-3. 月追尾

##### 3-3-1. Ciel による月追尾

##### 3-3-2. The Sky6 による月追尾

###### 3-3-2-1. 追尾プレテスト

###### 3-3-2-2. 日立ビジネスソリューション(株)によるテスト

###### 3-3-2-3. 追尾テスト1

###### 3-3-2-4. 追尾テスト2

###### 3-3-2-5. まとめ

### 4. 月ライブの配信

### 5. 月ライブの評価

#### 5-1. 評価

#### 5-2. 課題の提示と解決

### 6. まとめ

## 参考文献

## 謝辞

## 1. はじめに

義務教育において、天文分野は現在、小学校三年理科では「日向と日陰」、四年理科では「月と星」、中学校三年理科では「天体の動きと地球の自転・公転」・「太陽系と惑星」とを学習する。

学校教育の天文分野では、昼間の授業で、星や惑星などの対象を観察を行うことは困難で、夜間の家庭学習とすることが多く、授業を進めにくい分野である。しかし、この天文分野は、もともと児童の興味・関心は高い。そのため、初等・中等教育においては、実際の観察を行い、体験として興味をさら引き出し、理解へとつなげることが重要である。

現在、日常生活の中で IT 機器、特に携帯電話やコンピュータは欠かせないものとなってきた。またそれらを利用したインターネットは、小学生・中学生にも広く利用されている。そのような状況の中で現在では教育現場の中でも、教育用コンピュータの設置や高速インターネット設備の整備などを実施している。設備の充実が進む中、授業においてこれらの機器を有効に活用していくためのコンテンツの開発も必要不可欠である。

そこで、情報機器を有効に活用した星空観察を目的として、宮城教育大学では 2000 年よりインターネット天文台を構築してきた。インターネット天文台では、インターネットを介した遠隔地において、(1) 望遠鏡の操作を行うこと、(2) 望遠鏡の視野映像を閲覧・取得すること、等が可能である。

ただし、学校の授業時間中に利用されるためには、(1) 学校の指導要領に沿った内容、(2) 限られた授業時間数のため時間がかからないこと、(3) 教師の手間が省けること、が必須である。

そこで、小中学校で学習する、「月」・「金星」を対象にして学習時期に合わせて長期間ライブ映像を配信する 2005 年から「金星ライブ」・2006 年から「月ライブ」実施している。

## 2. 月ライブ概要

### 2-1. 小学校理科における月ライブの活用

月ライブとは、インターネットによる月のライブ映像をリアルタイムで配信するものであり、小学校における天文教育のための教材として開発されたものである。

小学校三年理科において「月と星」の分野では、小学校学習指導要領の中に「月や星を観察し、月の位置と星の明るさや色及び位置を調べ、月や星の特徴や動きについての考えを持つようにする」とある。このことから、この分野では、実際に月や星を観測することが指導されているが、実際の教育現場では、月や惑星などの昼間に観測を行うことが困難な天体を、実際に見ずに教科書のイラスト等で、説明していることが多い。

そこで、小学校理科教材として、2006年に月ライブを開発し、2006年の9月から10月にテスト運用を行った。月ライブでは、今現在の月の姿を観察することができる。そのため、月ライブは教室にいながらにして、リアルタイムの月を観測することが可能である。そのため、天候不良でも宮教上空の天気が良好であれば、観測が可能である。また、リアルタイムの映像であるため、雲の流れなども観測でき、気象状況により雲間に月が隠れてしまうなど、現実性がある。児童にも興味の喚起や学習内容の定着が期待できると思われる。

### 2-2. 月ライブシステム

現在、月ライブは宮城教育大学9号館屋上にある宮教大インターネット天文台(図1)から配信されている。月ライブは天体望遠鏡トミーテック社 miniBORG45ED(口径:45mm 焦点距離:255mm)(図2)を用い、赤道儀は高橋製作所 EM-200(図3)を使用している。また、miniBORGだけでは小さすぎ、また軽すぎるため、バランスをとるために高橋社製屈折望遠鏡 FS-102(口径:102mm 焦点距離:820mm)(図5)を取り付けている。miniBORGの接眼部分にPhillips社製Webカメラ To-U Cam Pro(映像視野 27×50分角)(図4)を取り付け、その映像の処理ソフトとして、Windows Media エンコーダーを使用している。映像をストリーミング配信するために、そのことにより月ライブの映像はインターネット上のホームページ「星空観察ネットの広場」(<http://www.hosizora.miyakyo-u.ac.jp/>)内の「月ライブ」(<http://moon.miyakyo-u.ac.jp/>)にて閲覧することが可能である(図6)。これらの一連のシステムを(図7)に示す。また、赤道儀の制御ソフトには初期はCartes du Cielを用い、最終的にはThe Sky バージョン6を用いている。月ライブホームページはブログ形式で配信日に更新するが、天候などの理由により配信できない日にも更新する。また、天文台カメラや、天文台スケジュール、撮影済み動画なども閲覧することが可能である(千島2007)。



図 1. 宮教大 9 号館屋上天文台  
東経 149 度 49 分 47 秒  
北緯 38 度 15 分 31 秒



図 2. 天体望遠鏡トミーテック社  
miniBORG45ED(口径:45mm 焦点距離:255mm)



図 3. 赤道儀(タカハシ社製 EM-200)



図 4. Web カメラ(Phillips 社製 To-U Cam Pro)



図 5. 月ライブ望遠鏡全体像



図 6. 月ライブホームページの画像



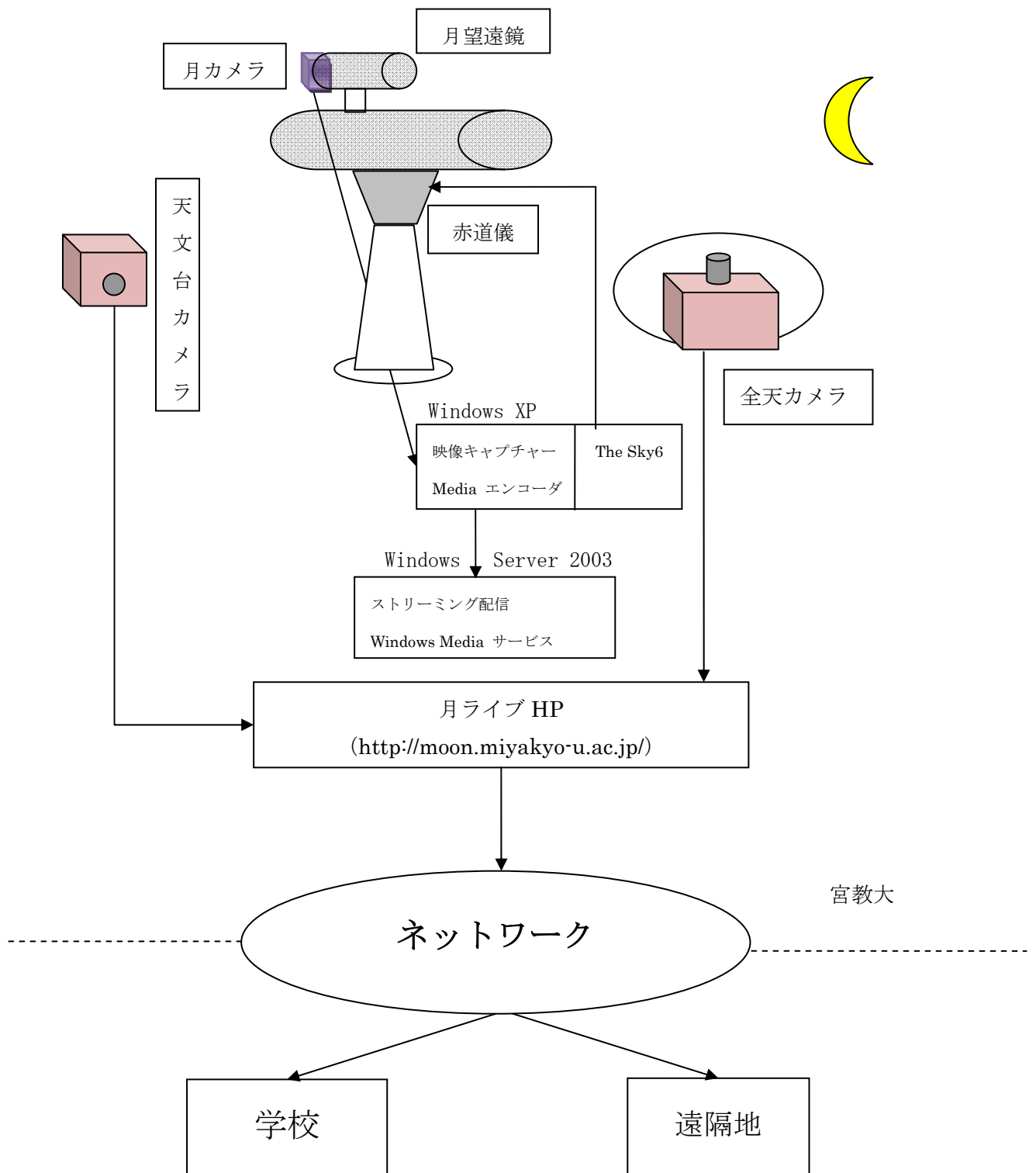


図 7. 月ライブシステム

## 2-3. 月ライブ設定方法

以下に月ライブの設定方法について記す。

### ①. 望遠鏡の準備

- ・接眼・対物レンズの確認をする。
- ・必要に応じバランス調節・光軸調整。

### ②. 望遠鏡のコンピュータ制御

1. 赤道儀の電源を入れる。
2. シリアルケーブルで望遠鏡とコンピュータを接続する。

### ③. 望遠鏡視野へ月の導入(The sky6 を使用)

- ・ The Sky6 を起動。
- ・ 太陽に望遠鏡を向けて視野に導入し、同期をとる。  
(ファインダー越しの太陽光が望遠鏡の影の中央に位置するよう、太陽を視野に導入する。この時、絶対に望遠鏡を覗かない。また、長時間太陽を視野に入れない。)
- ・ Sky 画面上の月をクリックし天体情報ウィンドウ上で、視野導入をクリックする。
- ・ 月が視野の画面中央に位置するように、赤道儀制御装置で微動し調整する。

### ④. 月の映像を確認する

- ・ Web カメラを望遠鏡に取り付ける。
- ・ Windows XP(Dell)上の Media エンコーダーを起動し、画像の入力・出力を確認する  
(エンコーダーが停止している場合はマイドキュメント内のエンコーダー設定ファイル Moon live-mue を開き、エンコードを開始する。)
- ・ エンコーダープロパティを選択し、構成をクリックして露出の調整を行う。
- ・ 望遠鏡の焦点を調節する。

### ⑤. 映像配信

- ・ 映像配信サーバー(Windows Server 2003)画面から、Ctrl+Alt+Del キーを押し、パスワードを入力する。)
- ・ Media サービスのソフトを起動する。
- ・ 管理設定画面で「ストリーミングメディアサーバーを管理する」をクリックする。
- ・ 「サーバー役割」画面で Windows Media サービス、MUEIT-SERVER、公開ポイント内の Moon Live!をクリックする。
- ・ モニターの画面で再生ボタンをクリックする。

⑥. 画像保存

- エンコーダーを終了する。
- **Phillips VRecord** を起動する。
- カメラの映像がウィンドウに表示されていない場合「**Option**」の「**Preview**」中の「**File**」の「**Set Capture File**」をクリックし映像を表示する。撮像日時のファイル名（例 20070910）を指定し、デスクトップにフォルダーを作る。
- 「**Capture**」の「**Start Capture**」をクリックし、100frame 程度画像を取得し、「**Stop Capture**」をクリックする。
- 保存した画像を確認する。

### 3. 月ライブシステムの新機能

#### 3-1. 天文台カメラの設置

天文台内全体の様子を見ることができるよう新しいネットワークカメラ(株コレガ社製 CG-NCMN)を設置した(図 8)。これにより、実際に月ライブを行う望遠鏡を確認でき、天体観測の現場を理解することができる。



図 8. 天文台カメラの画面 2007 年 9 月 5 日の天文台の様子  
月ライブブログ内の天文台情報欄の「天文台カメラ」で閲覧が可能。

#### 3-2. 全天カメラとの連携

月ライブ中にもかかわらず、月が映像として見えない場合、システムの不具合なのか、天候不順のためかはわかりにくい。そこで月ライブシステムがある宮教大インターネット天文台の現在の天候等を確認ができるように、宮教大天文台横に設置された全天カメラ(齋藤 2008)を金星ライブにリンクした(図 9)。これにより、天文台内部の様子だけではなく、現在の天文台の空模様を観察することが可能となり、天候を確認することが可能となった(<http://160.28.190.110/CgiStart?page=Single&Language=1>)。



図 9. 全天カメラの映像例 2008 年 1 月 9 日の天文台上空の空模様

### 3-3. 月追尾

月追尾の目的を行う目的は、月ライブ運営における手間の削減にある。望遠鏡の赤道儀 (EM-200 Temma Pc Jr) は基本的に恒星を追尾する。長時間月を観察する場合、月の移動速度が恒星の移動速度と異なるため、月が視野から外れてしまう。そのため、月の移動速度と、恒星の移動速度の差を計算し、赤道儀の動きを補正すれば、常時映像視野に月を表示することが可能である。

#### 3-3-1. Cartes du Ciel による月追尾

2006年度の月ライブでは、望遠鏡制御ソフトとして、Cartes du Ciel (<http://www.stargazing.net/astropc/>) を使用していた。Ciel には Temma のドライバーとして月追尾が可能となる” Lunar Tracking” 機能がある。これは” Lunar Tracking” のボタンを1クリックするだけで、月追尾できる機能として解説されていたため、テストを行った。しかし、赤経方向の追尾は行うが、赤緯方向は時間とともに月が視野より移動していく結果となった。開発元に問い合わせた結果、” Lunar Tracking” は赤経方向のみ追尾する機能であるとの回答が得られた。月が赤経方向に移動すると2時間程度で月が視野から消えるため、赤経・赤緯ともに補正できるドライバーを検証するに至った。

#### 3-3-2. The Sky6 による月追尾

##### 3-3-2-1. 追尾プレテスト

The Sky には Ciel のような、「月追尾機能」はないが、「彗星追尾機能」がある。これは彗星追尾レートを設定することにより、天体を指定レートで追尾する機能である。その機能を使用して、月の追尾が可能であれば長時間の自動運用が可能となる。そこで、The Sky の「彗星追尾機能」により、赤道儀の動きを補正する。

Temma 設定画面(図 10)の彗星追尾レートを設定する部分に赤経補正值・赤緯補正值をそれぞれ設定(図 11)する方法で。そこで月追尾テストを2007年5月27日に実施した。

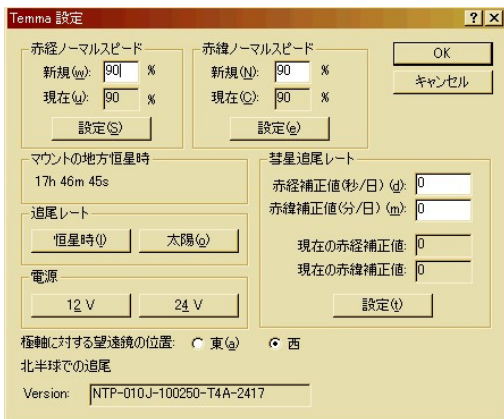


図 10. The Sky6 Temma 設定画面

### 赤経補正值 (秒/日)

一日あたりの赤経軸の補正值を恒星秒単位で指定する。1 恒星日は 86,164 秒 (1 日は 1.002738 恒星日) である。しかし、これはほぼ通常の秒単位と変わらないため、通常の秒単位で指定しても誤差がほぼない。そのため、通常の秒単位で指定する。

### 赤緯補正值 (分/日)

一日あたりの赤緯軸の補正值を、分単位で指定する。

### 追尾レートの計算

追尾レートを設定するに当たってまず、月の赤経、赤緯の値を追尾開始、終了時刻を確認し、その差を取り、その差を一日単位に変換することにより、赤経、赤緯補正值を割り出す。

### Sky の推奨方法

Sky 画面の月の天体情報ウインドウ内の赤経・赤緯レートを活用

図 11. The sky6 ヘルプ画面

表 1. The Sky ヘルプ画面方式によるレート指定値算出方法

2007 年 5 月 27 日	赤経	赤緯
13:40 (追尾開始時刻) の月の赤道座標	9h 49m 39s	+14° 37' 54"
14:40 (追尾終了時刻) の月の赤道座標	9h 51m 06s	+14° 27' 04"
1 時間の移動量	87s	-10' 87"
24 時間 (1 日) の移動量	2088s	-251'

テスト期間は2007年5月27日13時40分から1時間であり、開始・終了時刻の月の赤道座標レートを算出した(表1)。しかし、この結果、約30分間の間に月は赤緯方向に約30分角(視野内で月1個分)移動した。そして、1時間後には完全に視野内から月が消えた。

このテストの結果を受けて、The Sky 販売代理店の日立ソリューション(株)がテストを行った。図12にテスト結果を示す。

### 3-3-2-2. 日立ソリューション(株)による追尾テスト

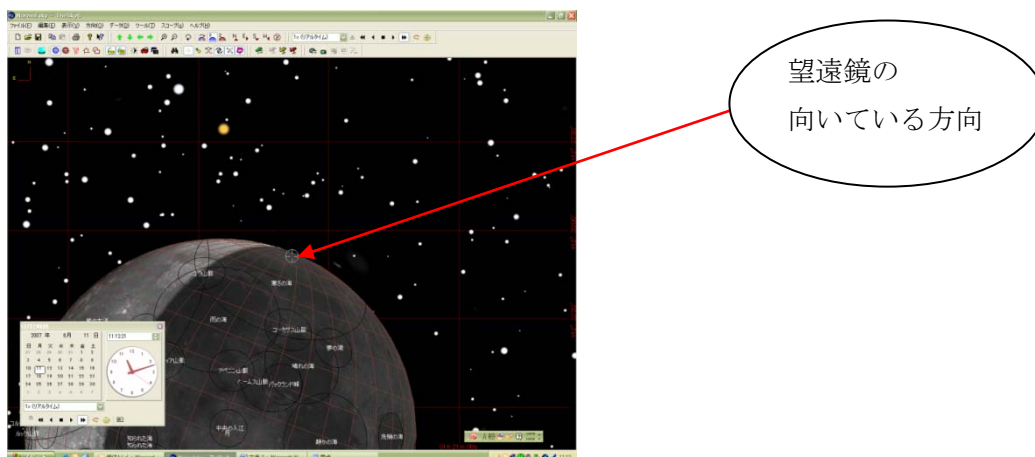


図12-a. 追尾開始時の望遠鏡視野の位置

この画像では望遠鏡の視野は月の先端部分を捉えている。

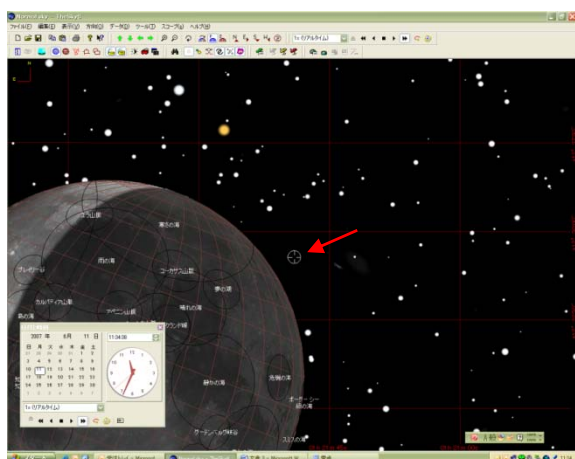


図12-b. 22分後の望遠鏡視野の位置

望遠鏡の視野は図12-aの部分から大きくずれている。

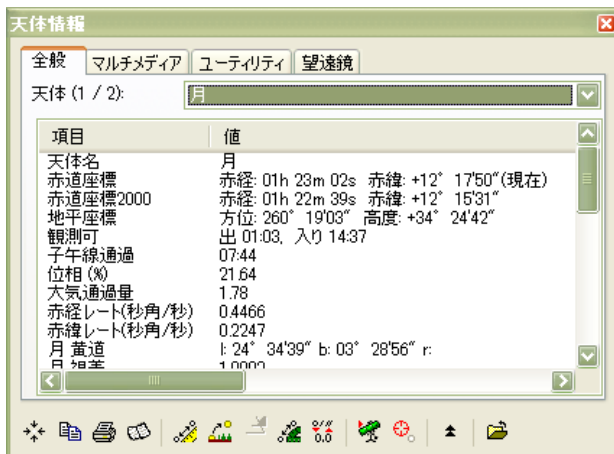


図 12-c. The Sky 画面の天体情報

### 追尾レート変更

The Sky の赤道座標レートを設定する。

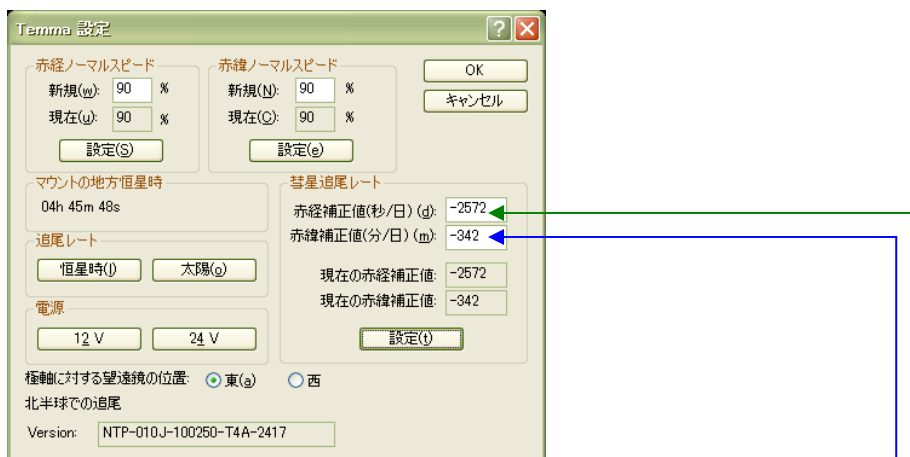


図 12-d. 赤経・赤緯補正值入力画面

赤経補正值 :  $0.4466 \times 5760 = 2572.416$  四捨五入&符号反転 -2572

赤緯補正值 :  $0.2247 \times 1440 = 323.568$  四捨五入&符号反転 -324

この値をそれぞれ彗星追尾レートの項目に入力し追尾を開始する。



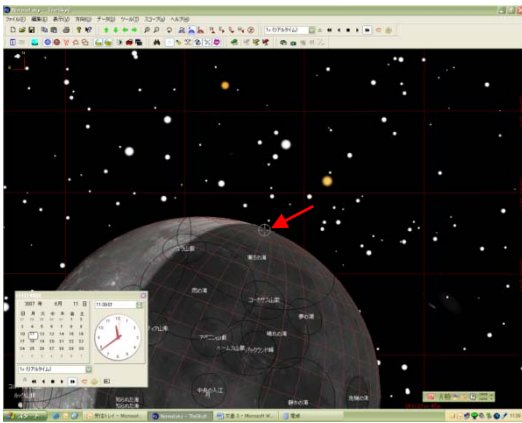


図 12-e. 追尾開始時の望遠鏡視野の位置

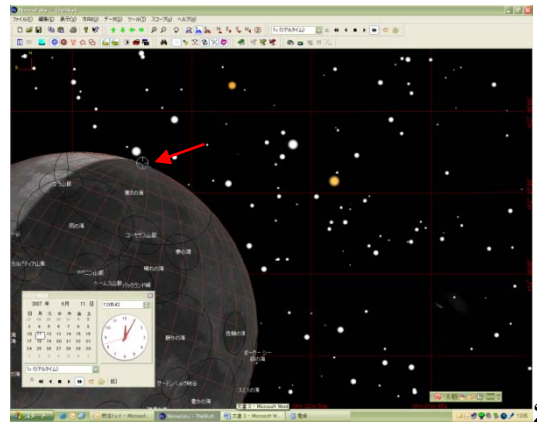


図 12-f. 26 分後の望遠鏡視野の位置

この結果、赤経方向は、本来恒星の進行方向を+としており、恒星に対し追尾する対象が遅れる場合に-と指定する仕様であるにもかかわらず、The Sky のヘルプ画面では逆に指定されていた。そのため、ヘルプ画面の記述が間違っているという結論に至った。

### 3-3-2-3. 追尾テスト 1

赤経方向の符号をヘルプ画面と逆、すなわち、恒星より進む場合を+、恒星より遅れる場合(実際の月の運動)を-として再度追尾テストを行った。追尾テストは2008年1月16日に行い表2に示される彗星追尾レートに入力した。その結果、1時間で図13から図14のように月の移動が確認された。そこで、図13, 14の画面上で、特徴的な地形(クレーター等)の座標から月の移動速度を求め、The Skyの「彗星追尾機能」を用いた追尾精度を把握する。

- ①画像は240画素×320画素である。
- ②画像の横方向を(X)、縦方向を(Y)とする。
- ③図13の画像左下のクレーターに着目し、画像上の位置を10分おきに求めた(表3)。
- ④時間ごとのX、Yの位置は図15, 16のようになる。
- ⑤結果、1時間で月はX方向に16.33画素、Y方向に66.61画素移動したことがわかる。

表 2. 2008年1月16日、追尾レートを算出した後、符号を反転させる

1月16日	赤経	赤緯
17:20(追尾開始時刻)の月の赤道座標	01h 54m 30s	+16° 20'51"
18:20(追尾終了時刻)の月の赤道座標	01h 55m 57s	+16° 34'36"
1時間の移動量	87s	13.75'
24時間(1日)の移動量	2088s	330'



図 13. 月追尾開始時の視野画面  
(2007年1月16日17時20分)



図 14. 月追尾終了時の視野画面  
(2007年1月16日18時20分)

表 3. 10 分おきのクレーター的位置

時間	X [画素]	Y [画素]
0.00	7	246
0.17	9	232
0.35	12	219
0.50	15	208
0.67	18	198
0.83	20	189
1.00	23	180

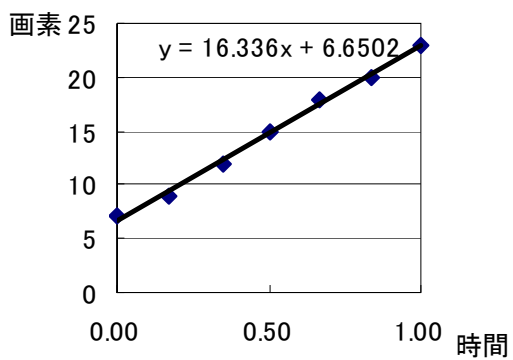


図 15. クレーターの位置  
(表 3 の X をグラフ化)

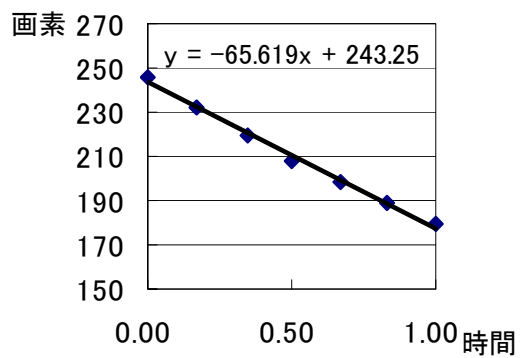


図 16. クレーターの位置  
(表 3 の Y をグラフ化)

撮像画像上の距離を天球上の離角に変換するために画面上の縮尺を求める必要がある。撮像画像(図 17)には、月の全景が示されていないため、視直径、視半径などの特徴的なパラメータは使えない。そのため、撮像画像(図 17)に示される特徴的な地形で、できる限り離れた 2 地点の距離と The Sky で表示される同日時の月の画像(図 18)における同 2 地点の距離と月の直径を求めることで、当日の月の視直径から撮像画像の縮尺を求めることにした。

当日、2008 年 1 月 16 日 18 時 20 分の月の視直径は、32 分 16 秒角(32.27 分)であり、The Sky 画面(図 18)における月の直径は 383 画素で表せるため、The Sky 画面(図 18)の縮尺は、

$$32.27 \text{ [分角]} \div 383 \text{ [画素]} = 0.084 \text{ [分角/画素]} \quad (1)$$

となる。

また、撮像画像(図 17)、The Sky 画面(図 18)上の A1、A2、B1、B2、C1、C2 地点の画像上の座標と、A1-A2 間、B1-B2 間、C1-C2 間の距離は、それぞれ表 4、5、6 に示されるとおりである。

そこで、撮像画像の縮尺は、各地点間の撮像画像(図 17)上の距離に対する The Sky(図 18)上の距離の比に(1)で求めた縮尺を乗じることで算出した。

3 地点の距離から求まる撮像画像の縮尺を表 7 に示す。

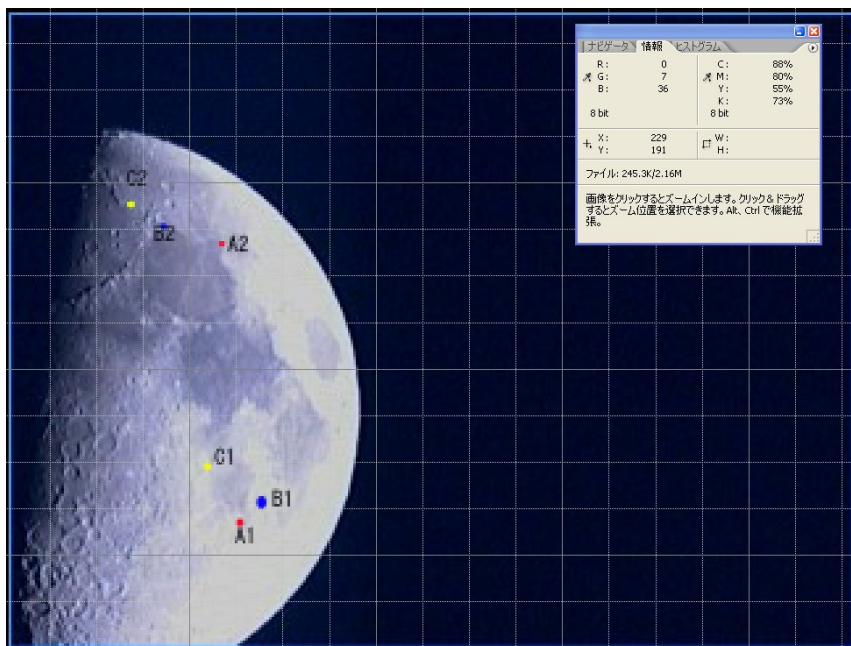


図 17. 撮像画像における A.B.C の位置

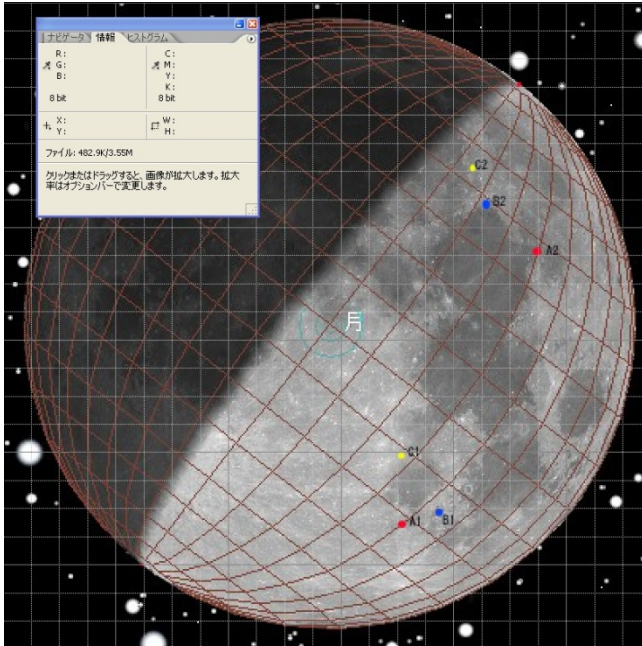


図 18. The Sky 画面における A.B.C の位置

表 4. A1－A2 地点

画像	A1		A2		A1－A2 距離 〔画素〕
	X1 〔画素〕	Y1 〔画素〕	X2 〔画素〕	Y2 〔画素〕	
視野画像	91	200	81	92	118.42
The Sky	250	326	335	154	191.85

表 5. B1－B2 地点

画像	B1		B2		B1－B2 距離 〔画素〕
	X1 〔画素〕	Y1 〔画素〕	X2 〔画素〕	Y2 〔画素〕	
視野画像	98	192	61	87	111.33
The Sky	274	321	303	127	196.15

表 6. C1－C2 地点

画像	C1		C2		C1－C2 距離 〔画素〕
	X1 〔画素〕	Y1 〔画素〕	X2 〔画素〕	Y2 〔画素〕	
視野画像	77	179	48	79	104.12
The Sky	250	286	295	104	187.48

表 7. 撮像画像の縮尺

地点	縮尺 [分角/画素]	縮尺平均 [分角/画素]
A1-A2	0.136	0.145
B1-B2	0.148	
C1-C2	0.152	

この結果、1 時間での月追尾の誤差は、1 時間における移動画素数が、横方向:16.33 画素、縦方向:65.61 画素より、

$$\text{横方向} : 16.33 \times 0.145 = 2.368 \text{ [分角]} \quad (2)$$

$$\text{縦方向} : 65.61 \times 0.145 = 9.513 \text{ [分角]} \quad (3)$$

ということになった。

この値は、視野の中央に月を導入すると、約 3 時間で月が視野から完全に消える結果になった。

#### 3-3-2-4. 追尾テスト 2

追尾テスト 1 における月追尾精度を再度確認するために、極軸合わせを実施した直後の 1 月 26 日に再度追尾テストを行った。

表 8. 2007 年 1 月 26 日における月データ

1 月 26 日	赤経	赤緯
22:20(追尾開始時刻)の月の赤道座標	10h 55m 05s	+5° 12' 27"
23:20(追尾終了時刻)の月の赤道座標	10h 56m 33s	+4° 58' 06"
1 時間の移動量	88s	-14.35'
24 時間(1 日)の移動量	2112	-344.4

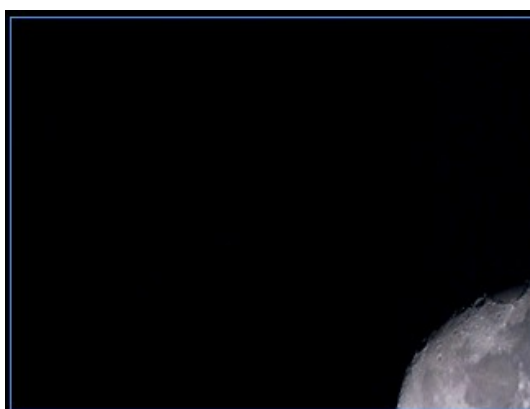


図 19. 月追尾開始時の視野画面  
(2008 年 1 月 26 日 22:20)



図 20. 月追尾終了時の視野画面  
(2008 年 1 月 26 日 23:20)

1時間で図19から図20の位置に月の移動が確認されたことから、1回目と同様の方法で月の移動量を求めた。10分おきのクレーター的位置を表9に示す。結果、月はX方向に49.73画素、Y方向に26.87画素移動したことがわかる。

表9. 10分おきのクレーターの位置

時間	X〔画素〕	Y〔画素〕
0.00	320	242
0.17	320	242
0.35	311	238
0.50	301	233
0.67	292	227
0.83	282	221
1.00	275	218

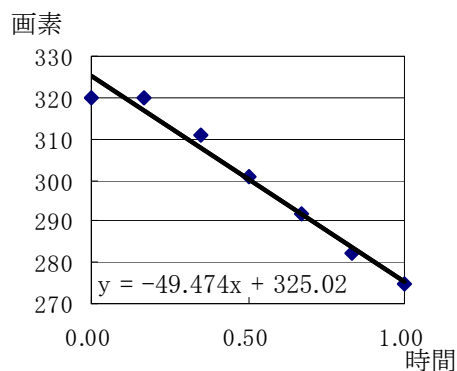


図21. クレーターの位置  
(表7のXをグラフ化)

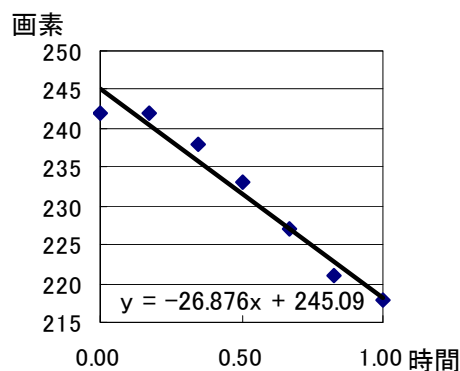


図22. クレーターの位置  
(表7のYをグラフ化)

2008年1月26日23時20分の月の視直径は30.30分角であり、Sky画面(図24)における月の直径は377画素で表せるため、Sky画面の縮尺は、

$$30.30[\text{分角}] / 377[\text{画素}] = 0.080[\text{分角}] / [\text{画素}] \quad (4)$$

となる。

また、撮像画像(図23)、Sky画面(図24)上のA1、A2、B1、B2、C1、C2地点の画像上の座標とA1-A2間、B1-B2間、C1-C2間の距離はそれぞれ表10、11、12に示されるとおりである。

また、3地点の距離から求まる撮像画像の縮尺を表13に示す。



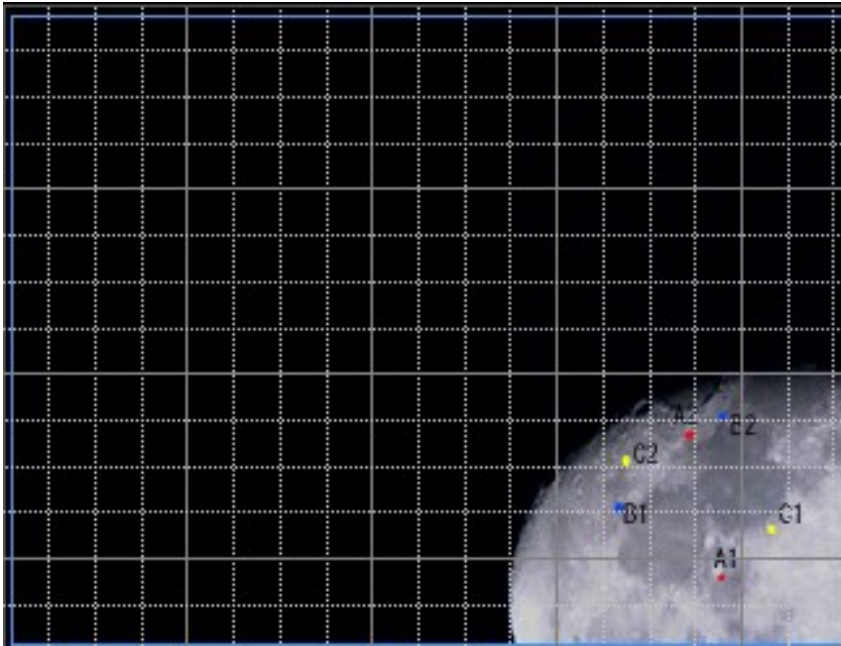


図 23. 撮像画像における A.B.C の位置

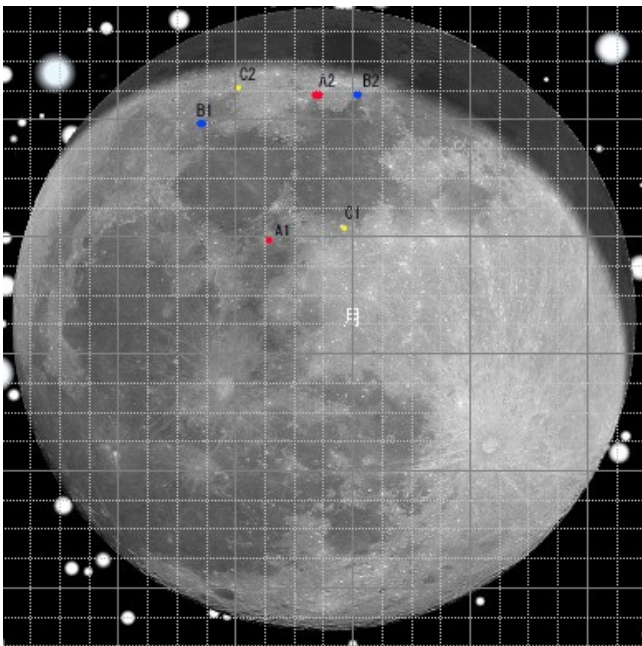


図 24. The Sky における A.B.C の位置

表 10. A1-A2 地点

画像	A1		A2		A1-A2 〔画素〕
	X1 〔画素〕	Y1 〔画素〕	X2 〔画素〕	Y2 〔画素〕	
視野画像	274	218	262	165	54.342
The Sky	159	143	188	57	90.758

表 11. B1-B2 地点

画像	B1		B2		B1-B2 〔画素〕
	X1 〔画素〕	Y1 〔画素〕	X2 〔画素〕	Y2 〔画素〕	
視野画像	236	193	276	158	53.151
The Sky	121	73	216	56	96.509

表 12. C1-C2 地点

画像	C1		C2		C1-C2 〔画素〕
	X1 〔画素〕	Y1 〔画素〕	X2 〔画素〕	Y2 〔画素〕	
視野画像	294	202	238	175	62.169
The Sky	206	136	142	52	109.343

表 13. 撮像画像の縮尺

地点	縮尺 〔分角／画素〕	縮尺平均 〔分角／画素〕
A1-A2	0.137	0.143
B1-B2	0.149	
C1-C2	0.144	

この結果、1 時間での月追尾の誤差は、1 時間における移動画素数が横方向:49.73 画素、縦方向:26.87 画素なので、

$$\text{横方向 } 49.73 \times 0.143 = 7.111 \text{ 〔分角〕} \quad (5)$$

$$\text{縦方向 } 26.87 \times 0.143 = 3.842 \text{ 〔分角〕} \quad (6)$$

となった。



### 3-3-2-5. まとめ

実験より視野内での移動量は1回目、2回目各々、9.803分角、8.082分角となり、追尾の精度が極軸あわせを行うことにより約18%上がることが確認された。また、2回目の実験の際には非常に風が強く、そのことも極軸をあわせた直後にもかかわらず、追尾の精度が落ちたことの原因である可能性もある。

エンコーダー画面の画素数は縦240画素×横320画素であり、これは、縦34.32分角、横45.76分角に対応する。また、月の視直径の平均が30.9分角であることから、月をエンコーダーの画面中心に入れたとすると、画面の縦横それぞれ、1.7、7.4分角の移動量を超えると月の一部が画面の外に出てしまう結果になる。

もちろんこれらの値は月の赤緯によって移動速度も異なるため、上記精度の見積もりで変化する。画面内には月の月齢による欠け具合などが理解できる程度残ってことが必要であると考えられるため、月の半分以上は画面内にいることが必要だと考えられる。月を画面中央に導入し、月の半分が視野から消えるまでの時間は月が視野から半分消えるために必要とされる視野内での移動量は、

$$\text{横方向 } 30.9/2(\text{半径})+7.43=22.88 \text{ [分角]} \quad (5)$$

$$\text{縦方向 } 30.9/2(\text{半径})+1.71=17.17 \text{ [分角]} \quad (6)$$

である。

そのため、月が半分視野内から消えてしまうまでに要する時間は、月追尾を行なった場合、月追尾テスト2のデータを元にとすると、

$$\text{横方向 } 22.88/7.111=3.22 \text{ [時間]} \quad (7)$$

$$\text{縦方向 } 17.17/3.842=4.47 \text{ [時間]} \quad (8)$$

である。

これに対し、月追尾を行わずに月を観測したとする。その際、月の移動量などは月追尾テスト2と同時刻のものとする。また、視野画像を横方向＝赤経方向、縦方向＝赤緯方向とすると、月が半分視野内から消えてしまうまでに要する時間は、

$$\text{横方向 } 22.88/22=1.0 \text{ [時間]} \quad (9)$$

$$\text{縦方向 } 17.17/14.4=1.2 \text{ [時間]} \quad (10)$$

となる。これより、月追尾を行なった場合は、月追尾を行なわない場合に対し、約3倍の時間、視野に月をとどめておくことができるということが確認された。

また、月追尾機能を用いた際、視野に月を留めておける時間は3.22時間となる。この約3時間という時間は、月ライブを1日行う最大の時間の5時間(10時から15時)の半分以上となっているため、月ライブを行う際1度だけ画面の中央に入れ直すだけでいいということとなり、以前までの画面のチェックを行わずにいたなら直す、というものよりも何時に直せばよい、という予定を確実に立てることが可能となった。

#### 4. 月ライブの配信

月ライブは、小学校4年生理科で活用されることを想定している。そこで、月ライブ実施日を、単元の授業時期である、7～10月を中心に考え実際にはシステムの準備が整った2007年9～11月に配信を行った。

配信の行う日は、

- ④ 小学校の授業時間中に月が観測できる、特に満月をはさんだ±1週間(月齢8～22)は小学校の授業時間に月が観測できない。
- ⑤ 新月をはさんだ±1日(月齢28～2)は月が太陽に近すぎるため観測が困難。
- ⑥ 月の出後約1時間、月の没前約1時間は月の高度が低いため、観測が困難。

という条件のもとに、配信可能スケジュールを立案したのは、①は、月ライブが小学校教材として企画したこと、②は、月の位置が太陽に近すぎるため、月が薄く、観測が困難であり、望遠鏡の視野内に導入することが困難である。さらに導入できた場合でも、ホームページの画面上での形が不明瞭なため、配信は不可能であった。③は、天文台内の望遠鏡から物理的に、低い位置の天体が観測することができない。そのため、月の出後、月の没前の月の観測が不可能な時間を調べたところ、月の出後、月の没前ともに、約1時間が観測が不可能であったため、配信を行わないものとした。

これらの条件をふまえ、スケジュールを設定し月ライブ予定表(表14)にした。

また、今年のみ月ライブでは、現場の教師の方々に月ライブの存在をアピールし、小学校理科の授業での活用を目的とし、宮城県内の小学校に案内を出した(資料1)。

(資料1)

各小学校長 殿

宮城教育大学副学長

阿部 芳吉

(公印省略)

## 小学校4年生理科の授業に併せた月ライブのお知らせと活用のお願い

拝啓

時下、ますますご清栄のこととお喜び申し上げます。

平素は格別のお引き立てにあずかり、厚くお礼申し上げます。

さて、このたび、下記の要領で、地域連携事業の一環として、宮教大インターネット天文台において、「月のライブ映像配信」を行うことになりました。是非、各担当教諭にご周知頂き、4年生理科の「月の形・運動」の単元やその他の授業に、ご活用をいただくと幸いです。また、事前にご一報頂きましたら、できる限りご要望に応じたいと考えておりますので、下記連絡先まで賜りますよう、よろしくお願い申し上げます。

以上、ご高配のほど、よろしくお願い申し上げます。

敬具

### 記

1. 内容 : 宮教大インターネット望遠鏡でとらえた現在の月の映像をホームページ上で公開します。月の形、過去の映像、月の地形などの学習が可能です。
2. ホームページ 星空観察ネットの広場 (URL: <http://www.hosizora.miyakyo-u.ac.jp/>) から、「月ライブ」をクリックする。
3. 日時:平成19年9月3日(月)より12月18日(月)まで  
**土・日・祝日を除く晴天時、午前9時-午後3時 の月が観察できる時**
4. **必要機器**: ウィンドウズメディアプレーヤー(マイクロソフト社、フリーソフト)搭載のホームページが閲覧できるパソコン。
5. 予定の詳細、閲覧に関する技術的な問題等についての詳細は、上記ホームページ「月ライブ」内の「xxxxx」でご確認下さい。
6. 問合せ先: 宮城教育大学 理科教育講座 高田淑子 email [toshiko@miyakyo-u.ac.jp](mailto:toshiko@miyakyo-u.ac.jp)  
電話 022-214-3415

5. 月ライブ評価

5-1 評価

前述したスケジュールに従い9月から11月まで月ライブを行った。

表 15. 月ライブ実施状況(2007 9月～11月)

日付	時間	成否	原因	月齢
9/4	10-12	○		21.2
5	10-13	×	雨	22.2
6	10-14	×	雨	23.2
7	10-14	×	台風	24.2
13	10-15	×	薄い雲と月	1.6
14	10-15	○		2.6
18	13-15	×	停電によるサーバーの不具合	6.6
19	14-15	×	曇り	7.6
25	19-24	○		13.6
10/2	10-11	×	曇り	20.6
3	10-12	○		21.6
4	10-12	○		22.6
5	10-13	○		23.6
9	10-15	○		27.6
15	11-15	×	曇り	3.9
16	12-15	×	曇り	4.9
17	13-15	○		5.9
18	14-15	○		6.9
19	14-15	×	曇り	7.9
11/1	10-11	×	曇り	20.9
2	10-12	×	曇り	21.9
5	10-13	○		24.9
6	10-13	×	曇り	25.9
7	10-14	○		26.9
8	10-15	×	薄い雲と月	27.9
12	11-15	×	曇り	2.2
13	11-15	○		3.2
14	12-15	○		4.2
15	12-15	×	曇り	5.2
16	13-15	○		6.2

実施の可否については表 15 に示すとおりである。

9 月・10 月・11 月にはそれぞれ 8 日・10 日・11 日間の計 29 日実施する予定であったが、実際に配信したのは、2 日・6 日・6 日の計 14 日である。配信の行うことができなかった 15 日のうち、天候不良の理由が 12 日間あり、約 80%の原因となっている。

残りの 3 日間の 1 日は、停電によるサーバーの不具合であり、システムメンテナンスのため配信を行うことができなかった。

残りの 2 日間は、月齢が 27.9 と 1.6 で、月が太陽に近すぎ、観測が困難であった。しかし、10 月 9 日には、月齢 27.6 という条件の下、配信を成功させている。同じ月齢でも、配信の可否が分かれるのは天候(大気の透明度)、月の高度等によるものかもしれない。新月±2 日の月齢ではこれらも考慮して配信予定を組む必要がある。

## 5-2. 課題提示と解決

月ライブの配信期間を終えて見えてきた課題は配信予定日に実際に配信を行なうことができない日が多くあったことである。原因は先にも述べたように、ほとんどが天候によるものであり、このことは予測できない。しかし、まったく晴れ間がないわけではなく、多少晴れ間のある日もあったが、配信を行なうことができなかった。その晴れ間の間に、すばやく月を視野に導入していれば、短い時間であれば、配信を行うことができたかもしれない。

また、月追尾機能が、9 月～11 月の時点ではまだテスト段階であったため、ライブ配信中にもかかわらず月が視野から外れてしまうことがあった。しかし、現在は月追尾が可能となったために、月が視野から完全に消えてしまうことはなくなった。

## 6. まとめ

本年度より本格的に月ライブが始動することとなったが、仙台市内の小学校において当初はアンケートなどの評価を行う予定であったが、月ライブの配信を行った期間は2007年9月～11月の3ヶ月間のみであり、その期間中においても実際に配信を行ったのはわずか14日間だけであったため評価を行うまでには至らなかった。しかし、月ライブは新しい機能を追加することができた。このことにより、小学校教育教材として、さらに有益なものになったと同時に、運営する上でもさらに月追尾機能により手間の削減となりより使いやすいものとなった。

## 参考文献

- ・ 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）
- ・ 千島 拓朗（2007）「IT 機器を利用した天文教育プログラム開発」
- ・ 齋藤 弘一郎（2008）「全天ライブシステムの構築とその活用」

## 謝辞

本卒業論文の研究を進めるにあたって、さまざまな場面での御助言や御説明をいただいて御指導にあたってくださった宮城教育大学惑星科学研究室の高田淑子教授に深く感謝いたします。

また、研究全般を通して御協力、御助言いただいた、宮城教育大学惑星科学研究室の太田孝弘君、木村雄太君、斉藤宗一郎さん、千島拓郎さんをはじめとする皆様に深く感謝いたします。

最後に、自分を励まし支えてくださった関係者の皆様に、この場を借りて深く御礼申し上げます。