

101cm 望遠鏡観測機器
操作マニュアル
— 分光器編 —

美星天文台

(2013 年 2 月 6 日)

目次

1. はじめに.....	4
1.1 装置の概要.....	4
1.2 システムの概略.....	5
2. 観測準備.....	6
2.1 カメラレンズの切り替え（必要に応じて）.....	6
2.2 使用するカメラのケーブルを PC に接続.....	6
2.3 カメラ制御 PC とシャッター、コントローラーの起動.....	7
2.4 Andor DU-440BV の冷却.....	7
2.5 分光器・接続光学系コントローラーPC、制御ソフトの起動.....	7
2.6 観測データの保存フォルダの作成と諸設定.....	8
2.7 スリットビューワ兼ガイドカメラの準備.....	8
2.8 第 3 鏡の切り替え.....	8
2.9 フォーカス調整とガイドの使い方.....	9
3. 観測.....	12
3.1 天体リストの作成.....	12
3.2 標準星と天体位置の確認.....	13
3.3 観測ログのつけ方.....	13
3.4 バイアス・ダークフレームの取得.....	14
3.5 比較光源・フラットフレームの取得.....	14
3.6 天体のデータ.....	15
4. 観測終了.....	15
CCD の冷却を停止する.....	15
制御ソフトを終了し、PC をシャットダウンする.....	15
望遠鏡の焦点位置を観望会ができる状態に戻す.....	16
各種電源 OFF.....	16

1. はじめに

101 cm 望遠鏡ではカセグレン焦点でデジタルビデオによる撮影、ナスミス焦点で1/2縮小光学系を通した一眼レフカメラによる撮影、フォールデッド・カセグレン焦点で冷却 CCD カメラによる撮像観測、スリット分光器を用いた分光観測が行えます。本マニュアルでは分光装置について起動からデータ取得までの流れを説明します。

1.1 装置の概要

分光観測はフォールデッド・カセグレン（第3鏡 南）に装着された分光器を使用します。反射グレーティングを用いたスリット分光器で、表1に諸元をまとめます。



図 1. 分光器の外観

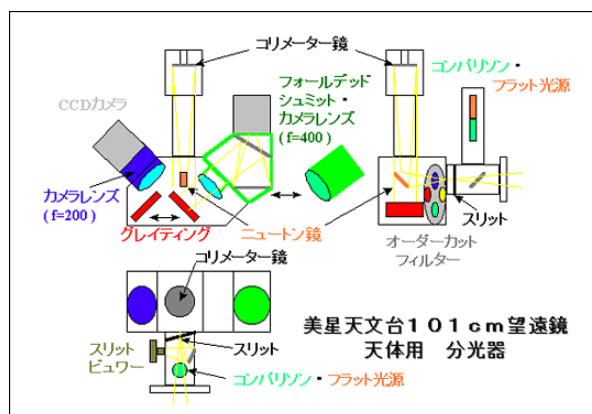


図 2. 分光器の概略図

1. スリット

- 南北固定スリットで長さは25mm(7分角)です。
- スリット幅も固定で $60\mu\text{m}(1'')$, $90\mu\text{m}(1.5'')$, $120\mu\text{m}(2'')$, $300\mu\text{m}(5'')$ 及び CCDティルト調整用、2mm(35'')のダイヤフラムの計6種類です。

2. スリットビューワ

スリットビューワの視野は、 $8' \times 5'$ です。
ガイドは、カメラのフォーカスモードで約1秒毎のスリット画像を見てガイドを行います。

3. コンパリソン（比較光）とフラット光源

波長較正用はホロカソードランプ(Fe, Ne)を、内部フラット光源はハロゲンランプを使用しています。

4. オーダーカットフィルター

$7000\text{\AA}$ 以上の波長域を観測する場合は、青域カットフィルター（フィルター2番）を使用します。
 $5000\text{\AA}$ 以下がカットされます。

5. コリメーター

コリメーターは、逆ニュートン式で 口径 100mm 焦点距離 $f=800\text{mm}$ です（ビーム径 67mm）
カメラの焦点合わせをコリメーター鏡の移動で行います。

6. グレーティング（回折格子）

溝数	ブレイズ波長	ブレイズ角	分類番号
300 本/mm	5000 Å	4° 18′	35-53-17-270
600 本/mm	5000 Å	8° 38′	35-53-17-260
1800 本/mm	5000 Å	26° 45′	35-53-17-290

7. 分散系

グレーティング	カメラ	次数	分散	波長幅	スリット像	$\Delta\lambda$	$\lambda/\Delta\lambda$
300 本/mm	200 mm (F/3)	1	162 Å/mm	4400 Å	27.8 μm	4.5 Å	1000
1800 本/mm	400 mm (F/6)	1	13 Å/mm	360 Å	33.0 μm	0.44 Å	10000

（注）値は 6500 Å 付近での計算値。分解能はスリット[幅 120 μm (2 秒角)]の結像幅から求めた。

波長幅はアストロカム分光用(チップ長 2.76mm)を使用したとき。

グレーティングは 300 本/mm、1800 本/mm のいずれかを 600 本/mm に変更可能

8. カメラ

カメラは、低分散用 f=200mm F/1.8、高分散用 f=400mm F/2.8 のフローライトレンズ系と紫外線用にフォールデットシュミット f=400mm F/2.8 が用意されています。101cm 望遠鏡とコリメータ、カメラ全体を通した分光器の F 値は、低分散で F/3、高分散で F/6 です。

9. CCDカメラ

Andor DU-440BV (13.5 x 13.5 μm、512 x 2048 pixel、裏面照射、電子冷却)

表 1. 分光器の諸元

1.2 システムの概略

図 3 は分光器のシステムの概略図です。分光器内部の光学系、スペクトルを取得する CCD カメラ (Andor DU-440BV)、スリットビューアの CCD カメラ (SBIG ST シリーズ) の制御を 3 台の PC で行います。

● 分光器・接続光学系コントローラー PC (windows 2000)

分光器と撮像用接続光学系内のモーター、スイッチを監視・制御します。Epl Server というソフトで統合管理され、その中で起動する分光器制御ソフト (Spgops2.exe、分光用) と接続光学系制御ソフト (Dimage2.exe、撮像用) で観測装置が制御されます。PC 本体は 101cm 望遠鏡ピラー南側にあります。延長器で制御室のディス

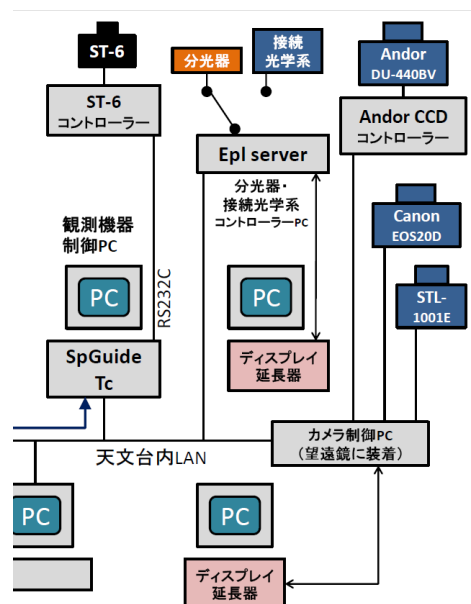


図 3. 分光器システムの概略図 (101cm 望遠鏡基本操作マニュアルより抜粋)

プレイ、キーボードに繋がれていて、制御室で操作します（図4右下）。

●カメラ制御 PC (windows 2000)

分光器のカメラ Andor DU-440BV、撮像カメラ SBIG STL-1001E、キヤノン EOS 20D の制御とデータの取り込みを行います。鏡筒の北側に装着されています。延長器で制御室のディスプレイ、キーボードに繋がれています（図4右上）。

●観測機器制御 PC (windows 7)

分光観測時のスリットビューワー兼ガイドソフト (SpGuide.exe)、望遠鏡指令ソフト (TCSxx.exe) が動作します。制御ラック中段、望遠鏡制御 PC の左側にあります。ディスプレイとキーボード、マウス（図4左）は望遠鏡制御 PC と兼用ですので、「shift + Scroll Lock」を2度押しして画面を切り替えます。

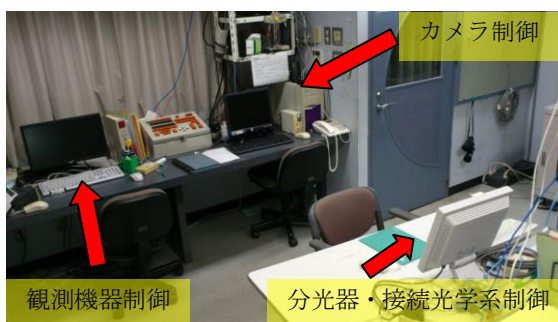


図4. 制御室と各 PC の操作

2. 観測準備

2.1 カメラレンズの切り替え（必要に応じて）

通常は $f=200\text{mm}$ を使用しますが、CCD カメラを $f=400\text{mm}$ のレンズ部に装着することでより分散の高いスペクトルデータが得られます。公募観測前に職員が切り替えを完了しています。

2.2 使用するカメラのケーブルを PC に接続

101cm 望遠鏡のピラーの南側にある分光器・接続光学系コントローラー PC (Windows 2000) の背面に、観測で使用するカメラのケーブル（分光観測なら黄色のテープ）を接続します。その後、電源ケーブルを UPS に接続します。

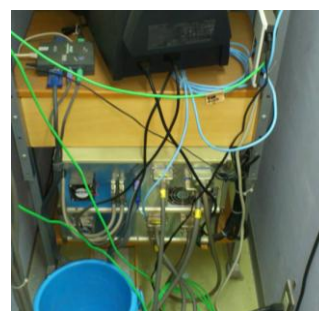


図5. 分光器・接続光学系コントローラーPCの背面

2.3 カメラ制御 PC とシャッター、コントローラーの起動

図 6 の矢印の位置にある鏡筒の北側に取り付けられたカメラ制御 PC の電源、鏡筒の東側にある電源ボックスの電源と SBIG の CCD カメラの電源 (SLIT と書かれている) を投入します。次に図 7 の矢印の位置にある Andor DU-440BV のシャッターとコントローラーのスイッチを入れます (シャッタースイッチは黒の四角のケース上部に、コントローラーは鏡筒側の灰色の箱型)。

また、観測室内のモニター用のカメラ (観測室北西側の壁) のスイッチをオンにします。

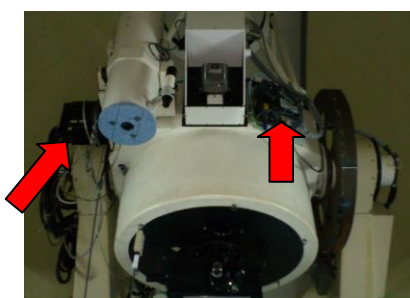


図 6. カメラ制御 PC (右)、電源ボックスと SBIG CCD カメラコントローラー (左)



図 7. Andor DU-440 BV のシャッターとコントローラーの位置

2.4 Andor DU-440BV の冷却

カメラ制御 PC のデスクトップにある「Andor MCD」を起動すると、CCD の冷却プログラム「cooling.pgm」が実行されます。設定温度を入力するウィンドウが表示されますので、気象モニターで室内の気温を確認し、おおよそ外気温から-100 度程度になるように値を入力します。急激な冷却による結露を防止するため、入力後は時間をかけてゆっくりと冷却が始まります。冷却が完了するまでおおよそ 1 時間弱かかります。

2.5 分光器・接続光学系コントローラーPC、制御ソフトの起動

101cm 望遠鏡のピラーの南側にある PC を立ち上げます。電源タップのスイッチを入れ、PC 本体前面にあるスイッチ (PC 本体に赤いテープが貼ってあります) を入れます。制御室に戻ると中央の机 (図 4 の右下) のディスプレイが表示されます。制御ソフト Epl Server については 2.9 で説明します。



図 8. 分光器・接続光学系コントローラーPC

2.6 観測データの保存フォルダの作成と諸設定

カメラの制御 PC（ディスプレイは図 4 右上）の My Documents/Data/And/ 以下に年月日ごとにフォルダを作成します。

例) My Documents/Data/And/2012/0425

新規作成したフォルダに別の日のフォルダから Back.pgm と Signal.pgm をコピーします。これらはダークやライトフレームを撮影する際に使用するプログラムで、ファイル名に通し番号を付加していきます。このプログラムファイルを Andor MCD のファイルを開く（拡張子は pgm を選択）で開き、4 行目に書かれたデータの保存先フォルダを観測日に書き換えます。また、観測の分散の度合いによって「l」もしくは「h」に書き換えます。Back.pgm と Signal.pgm は観測時に使用しますので、ウィンドウを閉じずに開いたままにしておきます。

2.7 スリットビューワ兼ガイドカメラの準備

観測機器制御 PC のデスクトップにある「Spguide2」を起動し、通信 - 通信設定 - com1 を選択します。その後、“接続”をクリックして PC とカメラを接続します。次に“ビデオオフセット”をクリックし、その後、カメラ - 温度設定 をクリックし、外気温から 20 度程度下げます。

2.8 第 3 鏡の切り替え

第 3 鏡を操作し、焦点を分光器に切り替えます。制御卓の“F カセ”を押して第 3 鏡を傾け、“第 3 鏡 S”を押してください。

スイッチ	光路	用途
カセ	カセグレン	観望・ビデオ
F カセ	フォールデッド・カセグレンまたはナスミス	撮像・分光

表 2. 第 3 鏡の傾き

スイッチ	焦点	用途
第 3 鏡 N	フォールデッド・カセグレン（北）	直接撮像 CCD カメラ
第 3 鏡 W	ナスミス（西）	直接撮像カメラ（銀塩・デジタル）
第 3 鏡 S	フォールデッド・カセグレン（南）	分光器

表 3. 第 3 鏡の方向の切り替え

2.9 フォーカス調整とガイドの使い方

フォーカス調整は

- ①望遠鏡の光学系を通してスリットビューワ（SBIG CCD カメラ）で結像する光
 - ②スリットからコリメーターを通して CCD（Andor DU-440BV）上で結像する光
- のそれぞれについて行います。

1. 分光器・接続光学系制御 PC のデスクトップにある Epl_server を起動
2. Spgops2 をクリック。図 9 の画面が立ち上がる。
3. スリットをクリックし、任意のスリット幅を選択肢の中から指定。
参考) $120\mu\text{m}$ の場合は 4 を選択する。
4. 天体をクリックし、BSC カタログから天頂（赤経が LST とほぼ同じ、赤緯がほぼ 34° ）付近で 6 等級くらいの適当な天体を選び、望遠鏡制御 PC で望遠鏡を動かす。
観測ログなどを参照して望遠鏡のフォーカス位置をおおまかに合わせる。
参考) 室温 22 度でフォーカス値は $12,800$ 程度

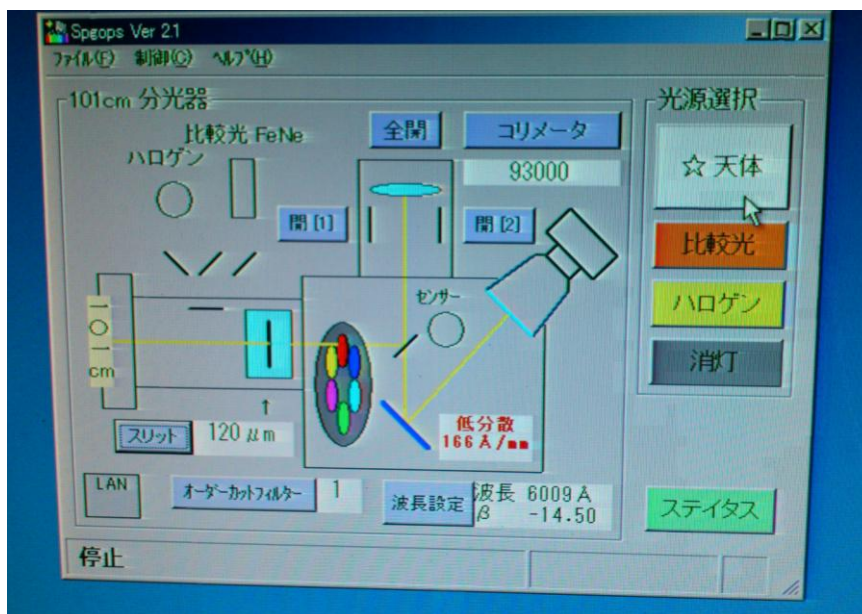


図 9. Spgops の実行画面

1. Spguide2 で SBIG CCD カメラの撮影を行う。カメラ - 撮影
2. フレーム設定の「ガイド」を選択し、ガイドフレームを立ち上げる。「フォーカス」を選択し、連続撮影をしながらハンドセットや制御卓のフォーカス調整ボタンでフォーカス調整をする。あらかじめ、観測ログから観測時の気象条件に近いとき

のフォーカスの値を参照するとよい。天体を見失ったり、大きな画面で確認したい場合は「撮影」をクリックし、撮影しなおす。

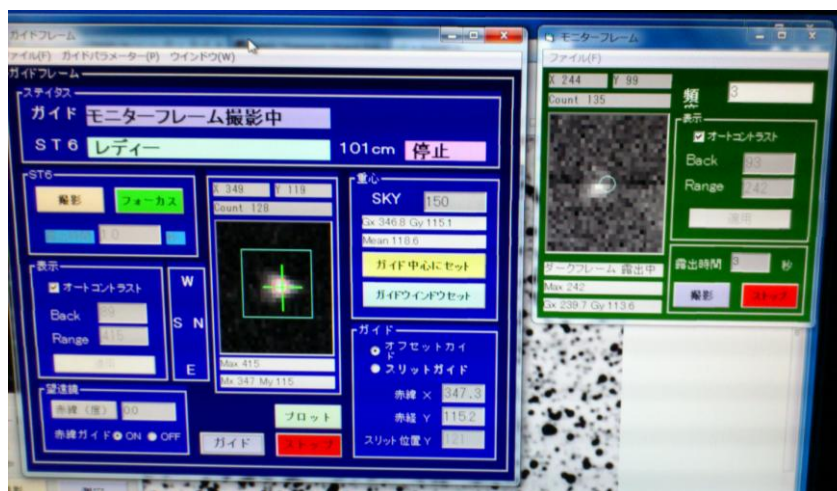


図 10. ガイドフレームとモニターフレーム

3. 望遠鏡を動かして天体をスリットに乗せる。ハンドセットを使用してもよいが、ここではマウスで天体の位置からスリットの位置へ右ドラッグ（右図のように白線が表示される）し、直後に立ち上がる「望遠鏡移動ウィンドウ」の「望遠鏡導入」をクリックして微動させる。



図 11. スリットビューワと望遠鏡移動画面

スリットの位置が分からないときはコントラストを変更するか、Spgops の画面で光源を「比較光」に選択すると視野全体が明るくなり、スリットの位置が明確になる。

4. 天体がスリットに乗ったら、「ガイド中心にセット」をクリックし、ガイドを行う範囲をマウスで囲み、「ガイドウィンドウセット」をクリックする。
ガイドするときは「ガイド」を、ガイドしないときは「フォーカス」をクリック。
＊ガイドについての詳細は観測の際に天文台職員に尋ねてください。

次に、スペクトルを写す CCD (Andor DU-440BV) 上で結像するように、分光器内の比較光をターゲットにして、コリメータ鏡の位置を移動させてフォーカス調整をします。

1. Spgops の画面 (図 9) で「比較光」をクリック
2. Andor MCD の画面 (図 12) で Acquisition - setup Acquisition で Single から Real time にチェックを入れ、読み出し時間を短くする (16 から 1 へ)。Calibrate の下にある緑ボタンを押すとその設定で読み出しを始める。ボタンが赤く表示されているときは露出・転送中のため、次の撮影を行うことができない。

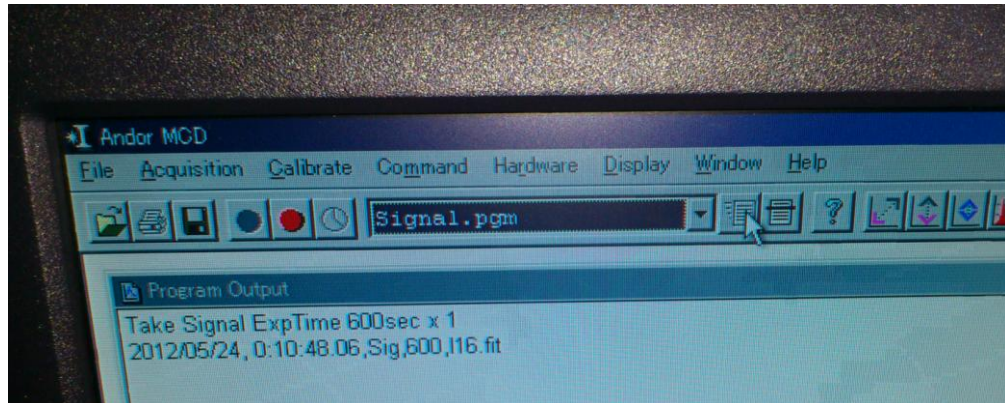


図 12. Andor MCD の画面

3. 最初はピンボケ状態なので、前回の観測ログなどを参照し、コリメータのおおよその値を入力する (95000 前後)。そして、コリメータの位置 (数値) を変えながらハルトマンシャッターを開け閉めした際 (開 1、開 2 を繰り返す。図 13 参照) に CCD 上に映った線スペクトルが左右にずれなくなる値を探す。グラフを拡大したり、カウントのスケールを変更し (図 14 参照)、線スペクトルを見やすくする。
参考) 開 1 から開 2 を選択して線スペクトルが左にずれた場合はコリメータの値を大きくする (低分散の場合)。



図 13. Spgops のコリメータ、ハルトマンシャッター開閉部分の拡大

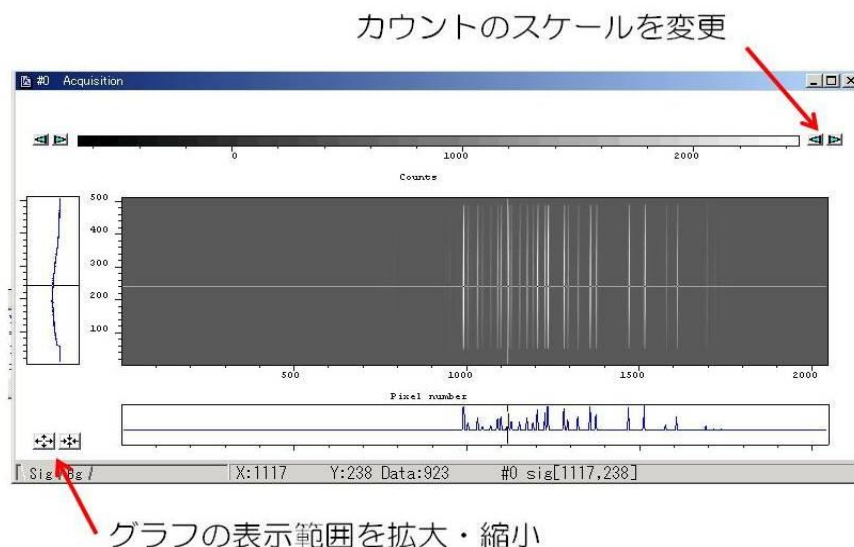


図 14. 比較光のスペクトルと表示画面

4. フォーカス調整が終われば、Spgops2 の画面で光源選択を「天体」にします。Andor MCD で setup Acquisition で Real time から Single にチェックを入れ、読み出し時間を長くします（1 から 16 へ）。
 - * 比較光やハロゲンランプの消耗を減らすため、使用しないときにはすぐに「天体」に戻すようにします。「天体」をクリックすれば比較光源やハロゲンは消灯されますので、「消灯」をクリックする必要はありません。

3. 観測

対象天体のほか、バイアスやダーク、比較光（コンパリソンともいいます）、フラット（ハロゲン球を使用します）を取得します。

3.1 天体リストの作成

観測する天体をあらかじめテキスト形式のファイルにまとめ、望遠鏡制御ソフトでファイルを読み込むことで導入がスムーズになります。ファイルの中身の記述は天体名, 赤経, 赤緯, 分点です。

例えば、NGC7331、NGC7662 の 2 つの天体でリストを作りたい場合は
 NGC 7331, 22:37:04, +34:24:56, 2000,
 NGC 7662, 23:25:54, +42:32:06, 2000,

と記述し、テキストファイルで保存し、公募観測前にメール添付等で天文台まで送ってください。なお、NGC、HR、BSC、M天体などはカタログごとにリスト化されています。

3.2 標準星と天体の高度確認

目標天体の強度校正が必要な場合、標準星のスペクトルを取得します。標準星はできるだけ目標天体と同じ時刻、同じ高度で観測するようにします。IRAF をインストールしたマシンの `/iraf/iraf/noao/lib/onedstds/spec16cal/` など (spec16cal/ には $16\text{\AA}$ ごとのフラックスが示された標準星データがある) から標準星を選び、観測に適しているか以下の ESO のサイトから座標などを調べます。

<http://www.eso.org/sci/observing/tools/standards/spectra/stanlis.html>

標準星も 3.1 で作成する天体リストに加えます。これらの天体リストを EL Plot で開き、観測日の時間ごとの天体の高度を確認し、最も効率良く観測できる順番を決めおくとよいでしょう。EL Plot は美星天文台の web ページからダウンロードできます。

使い方) EL Plot を立ち上げ、観測日を指定し、「ファイルを開く」で 3.1 で作成した天体リストを開き、「天体選択」で観測する天体にチェックを入れ、OK を押す。高度表示をクリックすると天体が色分けされて時間ごとの高度が表示される。

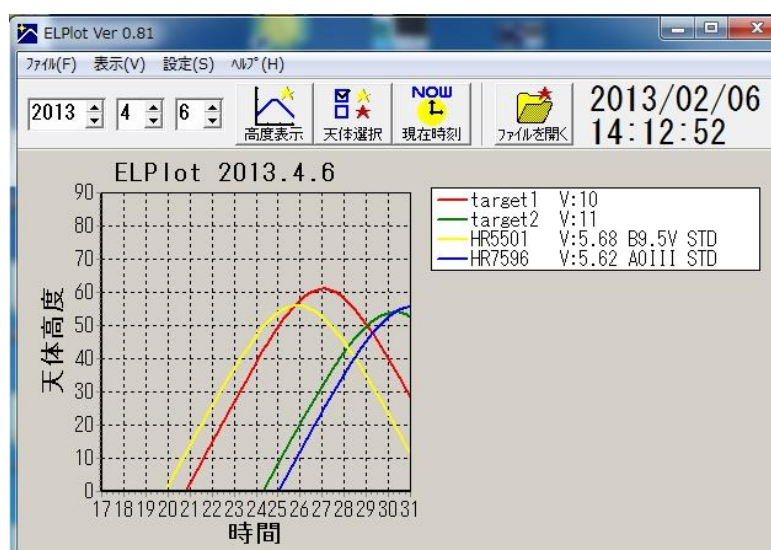


図 15. EL Plot で表示した時間ごとの天体の高度

3.3 観測ログのつけ方

観測した日時や天体、設定などを記録することで、解析の際に役立てるとともに、他のユーザーがそれらを参考にして効率的な観測が行えるようになります。文字ははっきりと書き、また内容が間違って解釈されないことがないように、あやふやな表現は避け簡潔にまとめましょう。

記入例) 天体名、観測開始時刻、露出時間、保存したファイル名、備考

3.4 バイアス・ダークフレームの取得

Back.pgm を使用し、観測前後で適宜バイアスフレーム、ダークフレームを取得します。図 16 に示すように Back.pgm を選択後、選択ウィンドウに隣接する run program をクリックするとファイル番号、露出時間、枚数を設定するウィンドウが開きます。ファイル番号に問題がなければエンターキーを押し、露出時間と取得枚数を入力し、実行します。ファイル番号を変更したい場合は「n」キーを押したあと、数字を入力してください。

バイアスの場合は露出時間を 0 秒にします。ダークの場合は天体と同じ露出時間にします。Andor DU-440BV のダークについては調査結果をまとめた資料が制御室にありますので、参照してください。

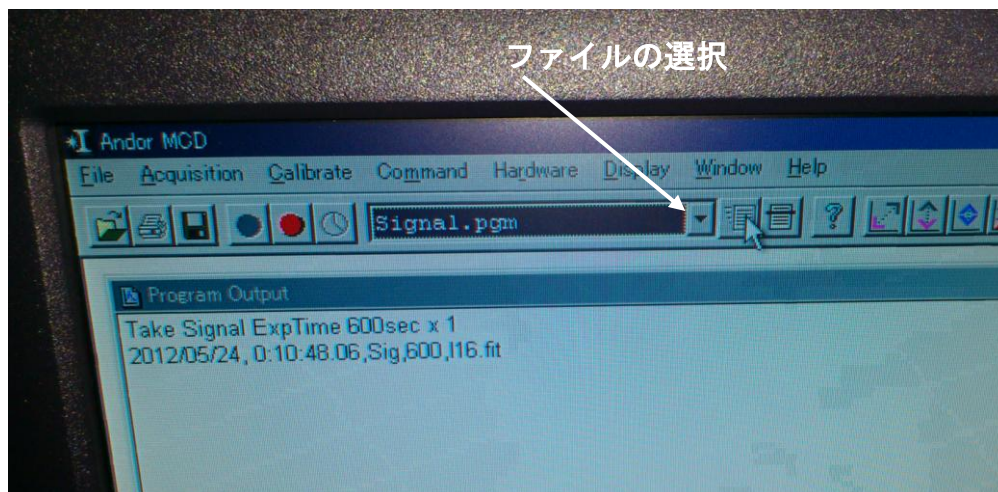


図 16. 分光器のカメラ Andor DU-440BV の制御画面

3.5 比較光源・フラットフレームの取得

目標天体を観測する前後で比較光を取得します。また、次の目標天体に望遠鏡を動かす前にフラットを取得します。Spguide の画面でガイドフレーム中の“フォーカス”もしくは“STOP”をクリックしてガイドを中断し、Spgops の画面で比較光もしくはハロゲンをクリックします。ウィンドウに表示される文字を見て、切り替えが完了したことを確認してから、Andor MCD 画面で Signal.pgm を選択し、run program をクリックします。ファイル名の番号を確認し、露出時間、撮影枚数を入力して実行します。撮影後は取得した画像のカウン트가数万以上、5 万以下であることを確認し、光源を“天体”にします。

3.6 天体のデータ

Signal.pgm を使用し、光源を“天体”にして取得します。望遠鏡を天体に導入するときは観測室内の足元灯をつけ、監視カメラで望遠鏡の動きをチェックします。導入後は足元灯、制御卓の表示灯を消し、露出を開始します。ガイドについては 2.9 を参照してください。ある天体 A に対して取得するデータとその流れは以下の通りです。

- ①望遠鏡を天体 A に導入
- ②天体 A をスリットに乗せる
- ③比較光を撮影
- ④天体 A の分光観測（③と④を交互に繰り返す）

天体 A の観測を終了する、もしくは望遠鏡を大きく動かす場合は

- ⑤望遠鏡は天体 A の位置のままで、光源をハロゲンに切り替えてフラットを撮影

4. 観測終了

CCD の冷却を停止する

Andor DU-440 BV は観測前の冷却と同様、急激な温度変化を避けるために、heating.pgm を選択、実行し、少しずつ常温に戻していきます。15 秒に 1℃ずつ上昇します。設定温度を入力するように促されますので、気象モニターの室温を参考にしてください。

SBIG の CCD カメラも常温に設定し、冷却を停止します。

観測データ、ログのコピー

観測データはカメラ制御 PC に保存されているので、天文台職員が天文台のファイルサーバーにコピーします。データと観測ログを持ち帰る方は職員から受け取ってください。択

制御ソフトを終了し、PC をシャットダウンする

Epl_server はコリメーターやスリットのパラメータはそのままの状態で、“ファイル” - “終了” で終了させます。

カメラ制御 PC はカメラが常温に戻ったことを確認してから、Andor MCD、Spguide2 をそれぞれ、“ファイル” - “終了” で終了させます。ソフトが終了したら PC をシャットダウンします。

望遠鏡の焦点位置を観望会ができる状態に戻す

フォーカスの位置は 11050 程度にします。制御卓の「カセ」を選択して、第 3 鏡の傾きをカセグレン焦点にします。第 3 鏡の向き（分光観測時は S になっています）はそのまま構いません。

各種電源 OFF

観測室内のカメラの電源を OFF にします。2.3 の逆の手順で、Andor DU-440BV のシャッターとコントローラーの電源、スリットビューワの SBIG の CCD カメラとその電源ボックス、カメラ制御 PC の電源を切ります。分光器・接続光学系制御 PC がつながった電源タップのスイッチを OFF にして、UPS から電源ケーブルを抜きます。

昇降床を下ろし、換気窓を閉め、制御室で操作卓を、「ドーム・昇降床」スイッチ、「メイン」スイッチの順で OFF にします。

- シーケンサー
直接の望遠鏡制御を担当します。制御卓からマニュアルでも望遠鏡やドームを制御できます。各モーターの制御、エンコーダーの読み取り、リミットスイッチの監視等を行います。
- 望遠鏡制御 P C (Windows XP, Linux)
制御ソフト (Telcont.exe) は、ソケット通信によりコマンドを受信しシーケンサーに命令を出します。このソフトはシーケンサーから望遠鏡の全てのステータスを取得し制御します。
- 指令ソフト (TCSxx.exe)
Microsoft Visual Basic Ver 6.0 で開発されたソフトで、天文台内 LAN 上のマシンで動作します。このソフトが、Telcnt.exe へソケット通信によって指令を出します。
- 気象モニタ
気温、湿度、気圧、風速、風向などの気象データを記録します。
- 分光器・接続光学系コントローラー P C (Windows2000)
分光器と撮像用接続光学系内のモーター、スイッチを監視、制御する PCI バスのバックプレーンで組まれた制御装置です。ワンボードマイコンにより Windows2000 を OS としたパソコンとして機能します。Microsoft Visual Basic Ver 6.0 で開発された Epl Server というソフトで統合管理され、その中で起動される、分光器制御ソフト (Spgops2.exe) と接続光学系制御ソフト (Dimage2.exe) によって、それぞれの観測装置は制御されます。ディスプレイとキーボード、マウスを延長し制御室内で操作ができます。
- 観測機器制御 P C (Windows7)
分光観測時のスリットビューワー兼ガイドソフト (spguide.exe)、指令ソフト (TCSxx.exe) が動作します。
- カメラ制御 P C (Windows2000)
Andor 社 C C D カメラ DU-440BV、SBIG 社 CCD カメラ STL-1001E、Canon デジタルカメラ EOS 20D の制御とデータの取り込みを、それぞれのカメラに付属のソフトで行います。ディスプレイとキーボード、マウスを延長し、制御室内で操作できます。