

金光学園天文台

使用マニュアル Ver. 3.0

2015. 5. 2 α 版



M31 NGC224 Andromeda Galaxy

Photo by Astronomy club of Konko Gakuen

金光学園天文気象部
@2003 沖田博文 作成
@2015 瀧口道雄 改訂

はしがき

- 2000年8月23日 金光学園天文台完成式典
2001年4月25日 金光学園天文台使用マニュアル太陽観測マニュアル
2003年3月24日 金光学園天文台使用マニュアル Ver.2.0
2003年5月3日 金光学園天文台使用マニュアル Ver.2.4

このマニュアルは金光学園天文を誰にでも分かり易くしようするのを可能とし、また万一トラブルが発生した時に最善の処置をとれるようにする事を目的として製作しました。

第一章から第三章までは機材の解説、第四章は天文台の基本操作を示し、第五章・第六章では眼視観測、第七章から第九章は撮影の方法を、2003年度現在の機材で具体的に解説しました。また第十章では天文台での観測に必要な備品をリストアップしておきました。

天文台を使用する人は常にこのマニュアルを携帯し、観測の参考としてください。また、天文台を使用する先生方も観測前にこのマニュアルを熟読したうえで、天文台を使用して下さい。中学校の理科教育に太陽観測は不可欠であり、積極的に天文台を使用して頂きたいと思います。

「マニュアルを作る。」このことによって著者沖田は、天文台のより深い理解、そして可能性を見いだせたように思う。このマニュアルは天文台を有効活用してほしいという願い一心に製作したのであり、もちろんマニュアルにとらわれることなく独創的な発想でよりいっそうの発展を願ってやまない。

このマニュアルを製作するにあたり諸賢の多大なる協力を頂いたことに感謝し、これをもってはしがきと替えさせていただきます。

なお、金光学園天文台使用マニュアル Ver.2.4の著作権はそのいっさいを主張しません。どうぞ自由に流用・改訂を行ってください。特に第九章冷却CCD観測は当マニュアルよりも分かりやすくかつ具体的で実用的な解説をしたものは、いまだかつて見たことがないと自負しております。何らかの形で天文の普及活動に貢献できるのであれば、これ以上の幸せはありません。

2003年5月3日
金光学園天文部沖田博文

はしがき追記

2015年6月17日 金光学園天文台使用マニュアル Ver.3.0

2016年8月17日 金光学園天文台使用マニュアル Ver.3.2

この天文台の設備の更新や、撮影方法の技術進歩、当時のマニュアルが意味を為さなくなりつつある現状を感じた2015年現在高1の瀧口がマニュアルの更新を決意し、書き直しております。

内容の修正以外にも、誤字脱字を訂正、一部の全角表記を半角に、新しい写真を導入など、読みにくかった点も修正しました。

当時は存在し得なかった技術や道具が大量に追加されているので当時のマニュアルよりもページ数が増えています。ただし、ほとんどの設備は同じためマニュアルに大きな変更点はありません。

「改訂」することで一度金光学園天文台使用マニュアルにすべて目を通し、そこからいままでより一層深い理解を得ることができました。

改訂者である瀧口は沖田博文氏にはこのマニュアルの作成や、現在の天文気象部の土台を作っていただいたことなどを非常に感謝しております。この場でお礼を言わせていただきます。

元となったVer.2.0同様に金光学園天文台使用マニュアルVer.3.2の著作権はそのいっさいを主張しません。どうぞ自由に流用・改訂を行ってください。

2015年5月2日

金光学園天文気象部瀧口道雄

内容

金光学園天文台.....	- 1 -
使用マニュアル Ver. 3.0.....	- 1 -
2015. 5. 2 α 版.....	- 1 -
はしがき	- 1 -
はしがき追記.....	- 3 -
第一章 天文台解説	- 7 -
1. 天体ドーム.....	- 7 -
2. 赤道儀.....	- 9 -
3. 制御パソコン.....	- 11 -
4. 夜間望遠鏡.....	- 12 -
5. 太陽望遠鏡.....	- 14 -
第二章 観測機材解説	- 17 -
1. 接眼レンズ.....	- 18 -
2. 接眼アクセサリ.....	- 20 -
3. デジタルカメラ.....	- 20 -
第三章 その他・諸注意	- 22 -
1. 工具.....	- 23 -
2. 文具.....	- 23 -
3. 光軸の一致.....	- 23 -
4. 光軸調整.....	- 24 -
5. 掃除.....	- 24 -
6. 湿気対策.....	- 24 -
7. その他.....	- 25 -
第四章 天文基本操作	- 27 -
1. 天文台入室.....	- 28 -
2. 望遠鏡セットアップ.....	- 30 -

3. 天体の導入.....	- 30 -
5. 天文台退室.....	- 34 -
第五章 太陽望遠鏡での観測.....	- 35 -
1. 観測目的.....	- 36 -
2. 観測装置解説.....	- 36 -
3. 装置取り付け.....	- 37 -
4. 安全確認.....	- 37 -
5. 太陽の導入.....	- 37 -
7. 片づけ.....	- 41 -
第六章 夜間望遠鏡での観測.....	- 42 -
1. 観測目的.....	- 43 -
2. 観測装置解説・取り付け.....	- 43 -
3. 天体の導入.....	- 44 -
4. 観測の実際.....	- 45 -
5. 片づけ.....	- 50 -
第七章 ビデオ観測.....	- 51 -
第八章 デジタルカメラ観測.....	- 53 -
1. 観測目的.....	- 54 -
2. 観測準備.....	- 54 -
3. 撮影方法の比較.....	- 54 -
4. 撮影.....	- 55 -
5. 用語解説.....	- 57 -
6. 著作権について.....	- 58 -
第九章 冷却 CCD カメラ観測.....	65
1. 観測目的.....	66
2. 観測準備.....	66
3. 撮影.....	76

4. 片づけ	- 89 -
5. 画像処理.....	- 91 -
6. 著作権について.....	- 92 -
7. 用語解説.....	- 92 -

第一章 天文台解説



2002年12月13日天文台にて

1. 天体ドーム



■ ドーム詳細

ドーム名称	: 天体観測ドームⅡ型 3.5m 公共天文台仕様
観測室名称	: 丸型 H=1500 公共天文台仕様
メーカー	: 合資会社 日新商会 (ニッシンドーム)
スリット開口幅	: 1100mm
ドーム回転	: 自動 (コンピューター制御)、手動操作可能
スリット開閉	: 自動 (コンピューター制御)、手動操作可能
観測室外径	: 3500mm
全高	: 3535mm
ドーム重量	: 447kg
観測室重量	: 150kg
ドーム外装	: SUS304 ステンレス 常温亜鉛メッキ塗装
観測室外装	: カラー鉄板 0.8mm

■ ドーム制御

制御は全て制御パソコンで行います。(第四章天文台基本操作参照)
緊急時、手動操作も可能。

■ 強風固定金具について

天文ドームは強風に弱いので台風などの時にドームを固定することができます。しかし経験的に**固定する必要はありません**。むしろ固定したままドームを回転し、モーターを破損させる恐れがあります。ドームの回転レールにある傷はその傷です。重ねて言いますが、固定する必要はありません。

■ 履き物等について



天文台は土足厳禁です。天文台入り口で靴を脱いで入室して下さい。天文台室内専用のスリッパは準備していませんので素足、又は各自でスリッパを持参して下さい。

備考

観測中は足から冷えます。綿入りのフカフカのスリッパを持参する事をオススメします。



■注意事項

1. 雨の日は落雷の危険性があるので天文台に入室しないようにお願いします。
2. 天文台入り口に金属切断面があり、そこで指を切る可能性があります。くれぐれも注意をお願いします。

2. 赤道儀



■赤道儀詳細

赤道儀名称	: L30型赤道儀
メーカー	: 中央光学工業
駆動方式	: マイクロステップ
駆動速度	: 赤経600倍 赤緯400倍
追尾モード	: 大気差補正恒星時・太陽時・月時
エンコーダ	: 自動制御対応エンコーダ内蔵
接続端子	: 自動ガイド端子

重量 : 350 k g
搭載可能重量 : 70kg程度
不動点高 : 1300mm
フォーク腕長 : 500mm

■赤道儀の制御

赤道儀の制御は制御パネルでの設定・ハンドコントローラを使った手動制御を除き、全て制御パソコンで行います。
(第四章天文台基本操作参照)



■制御パネル 初期値

通常の観測では、制御パネルを触る必要はありませんが、

念のためデフォルト（初期）値を示します。

- ・電源スイッチを上側へ上げてAUTOにします。
- ・恒星・太陽追尾速度微調整ダイヤルを9番STAR（平均恒星時追尾位置）にします。
- ・追尾モード切替スイッチを上側へ上げて恒星・太陽追尾モードにします。

※L30型赤道儀式架台取扱説明書 参照



■赤道儀から異常な音がする場合は赤道儀の制御パネルの電源をOFFにします。もしくは天文台の電源（ナイフスイッチ）を切ります。

※「キィーキィー」とギヤが回転する時にする音はギヤ同士の摩擦音なので異常音ではありません。「ガガガガ」という音はギヤの噛み合いがおかしい場合に鳴る音ですので、その場合、直ちに観測を中止して下さい。原因は軸とギヤの固定がゆるんでいる場合に起こるようです。変な音がした場合は念のため顧問に相談して下さい。どうしてもおかしいと思われる場合はアイベルに相談して下さい。

3. 制御パソコン



■天文台制御パソコン詳細

本体名称 : Dell Vostro 460

メーカー : Dell Computer

C P U : Intel® core™ i7-2600 CPU © 3.50GHz

メモリ : 4GB

HDD : 455GB

O S : Windows7 (32bit) professional

U S Bポート : 2つ

L A Nポート : 1つ

D V D R W ドライブ : 1つ

S Dカードポート : 1つ

■ログインID

ユーザー名 : konkou-gakuen

パスワード : konko.0

■天文台制御システムELM詳細

名称 : ELM &NEWS for E-ZEUS

メーカー : スカイグローブ

販売元 : 株式会社アイベル



パソコンの横に置かれています

■天文台制御パソコン諸注意

天文台に必要なソフトはインストールしないで下さい。天文台の制御に支障が出ては元も子もありません。よろしくお願いします。

■天文台制御システム諸注意

このシステムは望遠鏡と天体ドームの自動制御を行う為のシステムです。なおケーブルの接続は同じ色のシールとシールがあうように接続します。

■遠隔操作

平成27年5月よりアンサンプル室に天文台と同じLANのLAN端子が設置されています。これによりアンサンプル室からの天文台遠隔操作が可能です。



※ただしこの遠隔操作は制御パソコンの遠隔操作であり、望遠鏡自体をコントロールしているわけではありません。

4. 夜間望遠鏡

■夜間望遠鏡詳細

名称 : C-14

メーカー : 米国CELESTRON社

形式 : シュミットカセグレン式反射望遠鏡

主鏡有効径 : 355.6mm

焦点距離 : 3910mm (2464mm)

口径比 : F11 (F6.93)

分解能 : 0.32秒

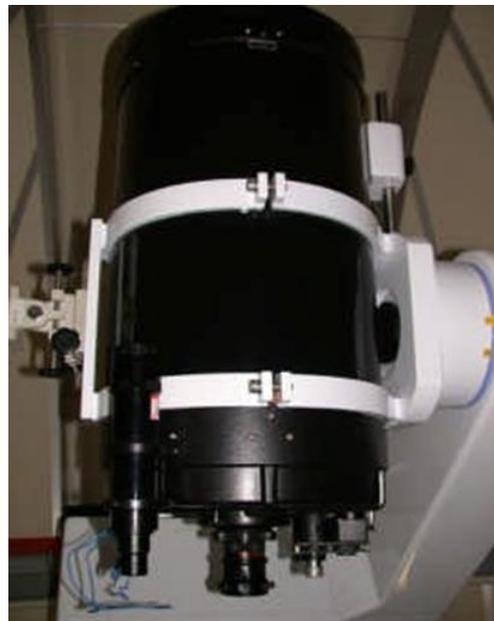
限界等級 : 14.5等星

集光力 : 2615倍

ファインダー : 9倍50mm

レデューサー : セレストロン純正0.63倍レデューサー

※括弧内はレデューサー装着時



■天文部の仕様

焦点距離が長いので普段からレデューサー（焦点距離を短くする専用の凸レンズ）を常用します。また、機材（接眼レンズ、ビデオ、デジタルカメラ、冷却CCDカメラ）の取り付けは全て2inchスリーブで行います。

■ピントの合わせ方

5. 太陽望遠鏡



■ 太陽望遠鏡詳細（望遠鏡部分）

名称 : BORG76ED金属鏡筒
メーカー : 株式会社トミーテック
形式 : アポクロマート屈折望遠鏡
有効径 : 76mm
焦点距離 : 500mm
口径比 : F6.6
分解能 : 1.45秒
限界等級 : 11.3等星
集光力 : 118倍
ファインダー : 無し



■ 太陽望遠鏡詳細（H α フィルター部分）

名称 : SOLARMAX60/BF-10
メーカー : 米国CORONAD社
有効径 : 60mm



■ 注意

望遠鏡で直接太陽を覗くと失明します。しかし、H α フィルターを正しく使用することで安全に観測する事が出来ます。なお、観測装置が1つでも欠けると非常に危険です。眩しくなくても目に見えない紫外線や赤外線が透過している可能性があり、目に見えないだ

けにかえって危険です。特に、BF-10は天頂プリズム（第二章観測機材解説参照）と同一形状ですので間違えないようにして下さい。

■天文部の仕様

常時対物レンズの前と接眼レンズの前にH α フィルターを取り付けておきます。また、機材（アイピース、ビデオ、デジタルカメラ）の取り付けは全て31.7mmスリーブで行います。

■ピントの合わせ方

1. ドロチューブ固定ネジ（2つあります）を緩め、筒を前後に動かして大まかにピントを合わせます。その後、ドロチューブ固定ネジを固定します。
2. ヘリコイド固定ネジを緩め、ヘリコイドを回してピントを微調整します。眼視観測の場合はヘリコイド固定ネジを固定する必要はありません。



■ピント合わせのコツ

ピントを合わせる前に、ヘリコイドの目盛りを10mm付近に合わせておくと、前後にヘリコイドが動くので微調整の時にピントが合わせやすくなります。また、ドロチューブを動かす段階でできるだけピントを合わせておくとヘリコイドでのピント合わせが楽になります。

■H α フィルターの調整

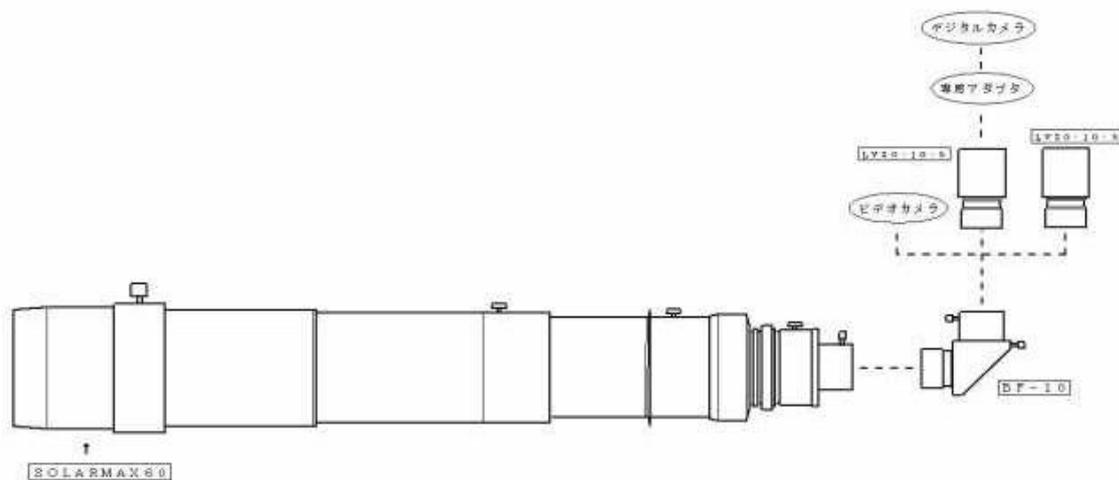
天頂プリズムの同一形状になっています。しかし、BF-10の中にはH α フィルターが組み込まれています。このフィルターをH α 調節ネジを回す事で傾斜させ、透過中心波長を変化させる事が出来ます。一番プロミネンスが見やすい位置にH α 調節ネジを回します。

■H α フィルターの原理

H α フィルターは特殊な蒸着技術を用いて、H α （波長656.3nm、半値0.07nm）線のみを透過できるフィルターの事で、通常では観測不能なプロミネンス、フレアなどを常時観測できるようにしたフィルターの事です。コロラド社のH α フィルターは対物レンズの前と、接眼レンズの前の二カ所にフィルターを配しています。どちらか一方が無いと安全な観測は出来ません。くれぐれも注意して下さい。

■太陽望遠鏡システムチャート

第一章 天文台解説



なお、天文台の機は2001年3月に筆者沖田が製作したものです。

第二章 観測機材解説



1. 接眼レンズ



■接眼レンズ詳細 (LV50mm)

メーカー	: 株式会社ビクセン	焦点距離	: 50mm
アイレリーフ	: 20mm	見かけ視野	: 45度
スリーブサイズ	: 2inchスリーブ		

■接眼レンズ詳細 (LV30mm)

メーカー	: 株式会社ビクセン	焦点距離	: 30mm
アイレリーフ	: 20mm	見かけ視野	: 60度
スリーブサイズ	: 2inchスリーブ		

■接眼レンズ詳細 (LV20mm)

メーカー	: 株式会社ビクセン	焦点距離	: 20mm
アイレリーフ	: 20mm	見かけ視野	: 50度
スリーブサイズ	: 31.7mmスリーブ		

■接眼レンズ詳細 (LV10mm)

メーカー	: 株式会社ビクセン	焦点距離	: 10mm
アイレリーフ	: 20mm	見かけ視野	: 50度
スリーブサイズ	: 31.7mmスリーブ		

■接眼レンズ詳細 (LV5mm)

メーカー	: 株式会社ビクセン	焦点距離	: 5mm
アイレリーフ	: 20mm	見かけ視野	: 45度
スリーブサイズ	: 31.7mmスリーブ		

■望遠鏡の倍率

望遠鏡の倍率は以下の式で求められます。

$$\text{望遠鏡の倍率} = \text{望遠鏡の焦点距離} \div \text{接眼レンズの焦点距離}$$

・夜間望遠鏡（レデューサー使用）は、

LV50mm・・・49倍	LV30mm・・・82倍
LV20mm・・・123倍	LV10mm・・・246倍
LV5mm・・・492倍	です。

・太陽望遠鏡では、

LV20mm・・・25倍	LV10mm・・・50倍
LV5mm・・・100倍	です。

■望遠鏡の実視野

望遠鏡の実視野は以下の式で求められます。

$$\text{望遠鏡の実視野} = \text{望遠鏡の倍率} \div \text{見かけ視野}$$

・夜間望遠鏡（レデューサー使用）は

LV50mm・・・0.91°	LV30mm・・・0.73°
LV20mm・・・0.41°	LV10mm・・・0.20°
LV5mm・・・0.09°	です。

・太陽望遠鏡では、

LV20mm・・・2.00°	LV10mm・・・1.00°
LV5mm・・・0.45°	です。

※実視野とは望遠鏡で実際に見える視野のことで、見かけ視野とは接眼レンズをのぞき込んだときに見える視野の広さのことです。

2. 接眼アクセサリー



■天頂ミラー詳細

メーカー：米国CELESTRON社

スリーブサイズ：2inchスリーブ-2inchスリーブ

■天頂プリズム詳細

メーカー：株式会社ビクセン

スリーブサイズ：31.7mmスリーブ-31.7mmスリーブ

■取り付け径変換アダプター詳細

メーカー：米国CELESTRON社

スリーブサイズ：2inchスリーブ-31.7mmスリーブ

※天頂ミラー・天頂プリズムは光を90° 折り曲げる装置のことです。天体が天頂付近にある場合に使用します。なお、天頂プリズムはBF-10と同一形状なので間違えないようにして下さい。(第一章天文台解説参照)

※取り付け径変換アダプターは名前の通り、2inchスリーブに31.7mmスリーブの接眼レンズ・観測装置を取り付けるための変換アダプターです。(第一書天文台解説参照)

3. デジタルカメラ



■ デジタルカメラ詳細

名称：ニコンデジタルカメラE995

メーカー：株式会社ニコン

画素数：334万画素、1/1.8型 最大記憶画素数：2048×1536（3：2）

光学ズーム：4倍ズームニッコールレンズ

電子ズーム：最大4倍

液晶モニター：1.8inchTFT液晶

ファイル形式：JPEG準拠（最高画素の場合は非圧縮TIFF-RGB）

記録媒体：コンパクトフラッシュカード

シャッター速度：8秒～1/2000秒・60秒までのBUBL

ノイズ除去機能：有り

パワーオフ機能：1分（設定により変更可）

電源：専用充電電池EN-EL1型

第三章 その他・諸注意



1. 工具

■工具の保管

工具は全てアンサンブル室に置いてあります。必要なものをその時々に応じて使用してください。なお、六角レンチは **inch** 規格のものと **cm** 規格のものが混在しています。夜間望遠鏡・冷却 CCD カメラはアメリカ製（アメリカはヤードポンド規格）、それ以外は日本製（日本はメートルグラム規格）だからです。最適な大きさの六角レンチを使用して下さい。

2. 文具

■天文台常備文房具

- ・鉛筆 6 本
- ・消しゴム 2 個
- ・ボールペン 2 本
- ・マジック 1 本
- ・カッターナイフ 1 丁
- ・15センチ定規 1 本
- ・鉛筆削り 1 個
- ・記録帳 1 冊
- ・セロハンテープ
- ・ビニールテープ（黒）

※当天文台では観測の度に観測記録帳に記入する為に文具を常設します。観測記録が途絶えてはいけけないので、文具を天文台から持ち出さないで下さい。なくなったら気が付いた人がアンサンブルから運んでください。

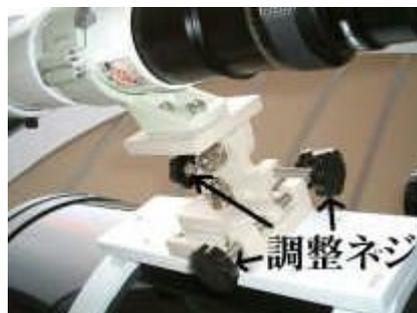
3. 光軸の一致

天文台ではファインダーを含め、3つの望遠鏡+カメラ台を同架しています。これら3本の望遠鏡を完全に平行にする必要があります。どうやって平行にするかといいますと、2～3 km以上離れた遠くの鉄塔などを見て合わせます。まず、赤道儀を「調整」と書かれた位置まで望遠鏡を手動制御で動かします。調整位置にすると、夜間望遠鏡の視野に鉄塔が見えます。それを出来るだけ中央に導入し、望遠鏡の光軸を平行にします。（第四章天文台基本 動作参照）
具体的な操作は、

1. 夜間望遠鏡を低倍率にして、視野中央に鉄塔を導入します。



2. 望遠鏡の電源を切ります。
3. 太陽望遠鏡からH α フィルターを取り外します。
4. 太陽望遠鏡のピントを合わせ、太陽望遠鏡マウントの調整ネジを回し、視野中央に鉄塔を導入します。
5. ファインダーの調整ネジを回し、視野中央に鉄塔を導入します。
6. 望遠鏡の電源を入れます。
7. 太陽望遠鏡にH α フィルターを取り付けます。



※一度光軸を平行にしますと、強い力が働かない限り、あわせ直す必要はありません。なお、太陽望遠鏡を取り外した後は調整する必要があります。

4. 光軸調整

望遠鏡の光軸が狂うと、星が点に見えなくなります。つまり、眼視観測では綺麗な星を見る事が出来ず、また撮影では精密な観測を行う事が出来ません。

しかし、望遠鏡は光学製品です。職人が長年の経験と勘で光軸を調整しています。まずもって初心者である私たちに調整できるものではありません。**自信が有る無しにかかわらず光軸調整は行わないで下さい。**もし、狂っているようであれば顧問と相談し、望遠鏡販売店に相談して下さい。



5. 掃除

天文台の普段の掃除は各自自分のゴミは自分で持ち帰る程度でいいでしょう。また、夜間観測の前にはアンサンブル室からほうき・雑巾を持ってきてそれらで掃除します。観測時に気持ちよく使えることを主眼に日頃から整理整頓に心がけます。

なお、**天文台にはゴミ箱を設置しないで下さい。**ゴミ箱にゴミを捨てて、そのまま天文台を退室すると、床に散らかして帰るのは本質的に同じ事です。ゴキブリが発生します。機材保管の観点からも天文台を衛生的に管理しなければなりません。ゴミはその都度、自分で処分して下さい。

6. 湿気対策

天文台には防湿設備がありません。湿気が高い状態が長く続くとレンズにカビが生え観測に支障が出ますので除湿をする必要があります。



その為に、**たんす用湿気取りを天文台に置きます。**

1ヶ月～2ヶ月ほどで水がいっぱいにたまりますのでその都度交換して下さい。

7. その他

■望遠鏡販売店

金光学園天文台は株式会社アイベルの代表取締役、栗本信吾さん（奥さんが天文部OB）にコーディネートして頂きました。機材を選ぶ段階からアドバイスを頂き、望遠鏡の調整等もして頂いたので、機材に精通されております。今後、機材の調整や機材の購入、観測の相談はテレスコープセンターアイベルでする事が良いと思います。

テレスコープセンターアイベル

〒514-0801 三重県津市船頭町 3412

TEL 059-228-4119

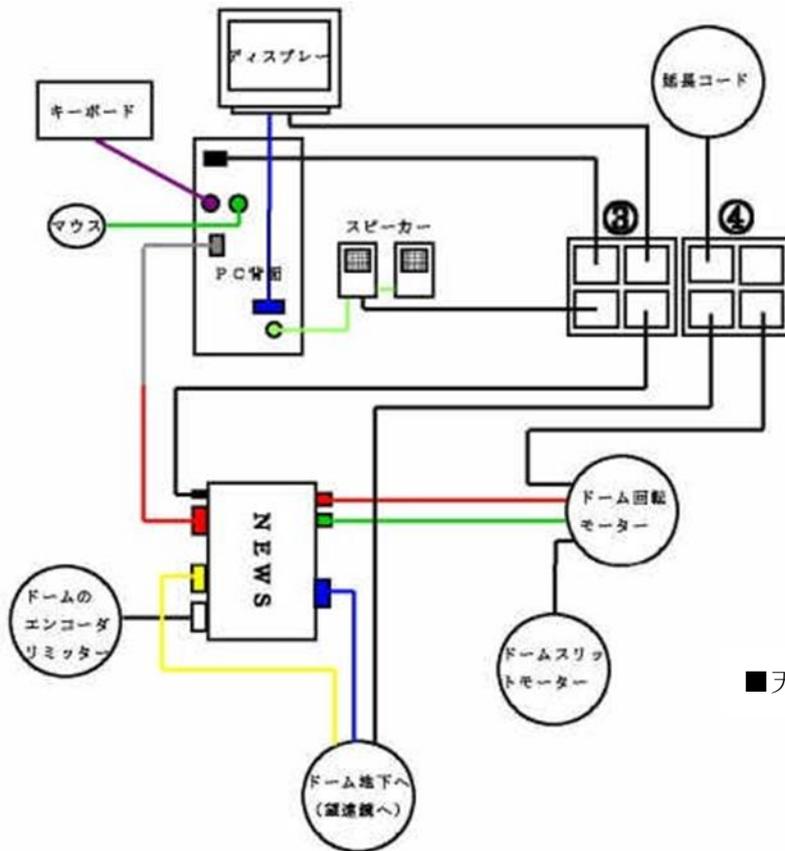
FAX 228-4199

ホームページ <http://www.eyebell.com>

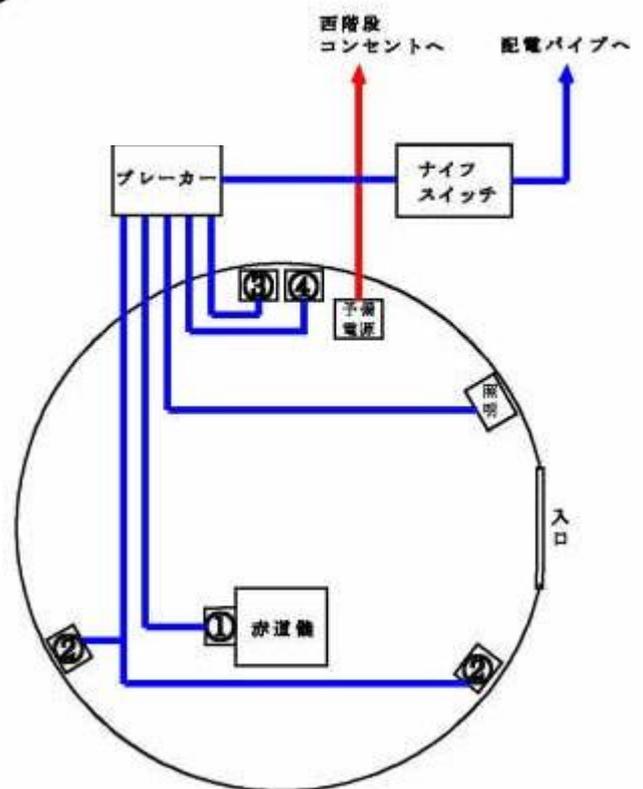
メール eyebell@diamond.broba.cc

(2015年現在)

■ パソコン周辺の接続図



■ 天文台配電図



第四章 天文基本操作



1. 天文台入室

■鍵を借りる

天文台の鍵・アンサンブル教室の鍵は顧問の机の中にあります。顧問に鍵を借りて天文台へ行って下さい。なお、**観測が終了したら必ず鍵を返却する**ようにしてください。

■屋上に出る

屋上の鍵を開けます。屋上は普段解放していないので一般生徒が勝手に屋上に上がらないようにして下さい。また、屋上には配電・排水のパイプがあり危険なので上に乗らないで下さい。

※注意

屋上で球技等、天体観測と関係ない事をすると謹慎或いは停学となります。フェンスから身を乗り出すなどもってのほかです。絶対やめて下さい。これは天文部の信用の問題です。

■天文台入室

天文台の鍵を開けます。鍵を開けたらその鍵を天文台入り口付近にある鍵掛けに掛けます。入るとき、ドアは閉めるか、開けるかのどちらかにして下さい。開ける場合はドアをブロックで固定して下さい。

ドアを固定しないと強風で指を詰める事があります。

※注意

天文台は土足厳禁です。上履きを入り口に脱いで入って下さい。観望会など大勢の人が来る場合はアンサンブル教室にある銀マットをひいてそこで靴を脱いでもらうようにして下さい。また、天文台の入り口で指を切る事があります。注意を呼びかけあって怪我の無いようにして下さい。



■電源投入

次に、天文台の電源を入れます。ナイフスイッチを上へ上げ、電源を入れます。天文台の中は暗いので、電源を入れたあとは蛍光灯のスイッチを入れて電灯を灯して下さい。

※なぜナイフスイッチなのか天文台は常に落雷の危険性があります。金光学園天文台の場合は、中学棟の避雷針があるので落雷の危険性は少ないですが、完全とは言い切れません。他の天文台で、落雷被害で機材が全滅したという事例があり、当天文台でもそれを危惧し、使用時以外は電源を物理的に遮断する必要があると考えナイフスイッチを設置しています。また、ナイフスイッチ以降にブレーカーも設置してあります。



※注意

天文台のメイン電源は 6000W (200V30A) が流れています。**ナイフスイッチの電極部分に触れると非常に危険です**ので、安全を確認してから入れて下さい。

※予備電源

天文台の電源が何らかの理由で使用できない場合があります。その際は予備電源を使用します。天文台の中の、写真の丸いコンセントからたこ足配線で電源をすべての機械に供給します。ちなみに予備電源は 18000W (100V10A) です。なお、予備電源に電気が来ないことがまれにあります。予備電源は工事用の電源を使用しているからです。コンセントが西階段の屋根部分にありますので、それを差し込みにいきます。そこへの行き方ですがまず屋上の北側のフェンスのドアを開けます。このドアは南京錠がつけられて開かないようにしてはありますが、強く手前に引くと開きます。そしてそこからフェンスの外へ出て西側へ歩き、中学棟西階段の屋上部分へ行きコンセントに差し込みます。

なお、フェンスのドアは思いっきり蹴れば閉まります。



2. 望遠鏡セットアップ

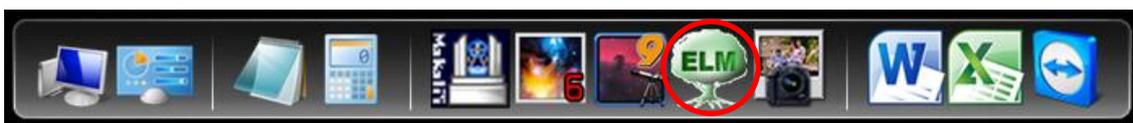
■ケーブルの接続確認 (NEWS 本体の写真)

パソコンを終了したら、次に NEWS とケーブルの接続を確認します。軽くケーブルを押し、接続を確認して下さい。この作業を怠ると NEWS を起動できないことがあります。



■天文台制御パソコン起動・ELM-NEWS 起動・原点の検出

これでやっと天文台制御パソコン起動の準備が出来ました。まず電源ボタンを押してパソコンを起動し、起動したらデスクトップ上の ELM のアイコンをダブルクリックし、ELM を起動します。



ELM を起動したら、画面右下の [MAIN POWER] をクリックします。すると、天文ドームが回転を開始します。

※ELM はステラナビゲーターと一緒に起動します。左側に ELM、右側にステラナビゲーターが表示されます。

※望遠鏡の制御パネルで AUTO を指していないときは AUTO に、望遠鏡が天頂を向いていないときは [手動制御] で望遠鏡を操作し天頂に向けて下さい。望遠鏡の赤経、赤緯軸それぞれに「天頂」というシールが貼ってあるので、それを指すように操作します。

3. 天体の導入

■時計の設定

天体の自動導入をするまえに、パソコンの時計を正確に合わせます。導入精度はすべてこの作業で決まります。通常はインターネットを使用し、自動的に合わせています。何らかの不具合で時計の設定をするには、まずパソコン右下の時刻が表示してあるところをダブルクリックし、日付と時刻の



第四章 天文台基本操作

プロパティというダイアログが出ますので、そこで時報にあわせた時計を見ながら、または携帯電話で時報を聞きながらパソコンの時計の時刻を変更します。時報は局番無しの 117 番です。

■導入法

天体の導入法は、大きく 2 通りの方法があります。以下それぞれについて説明します。

●制御コンソールからの導入

制御コンソールの MENU 欄から観測したい天体を選択します。

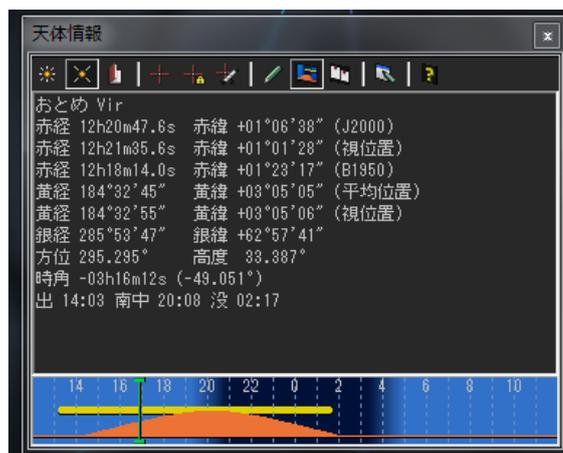
すると、コンソールはさらにその詳細を選択する画面になるので選択を行います次に [GO TO] をクリックします。すると望遠鏡は選択された天体に向けて自動的に移動を開始します。

※望遠鏡の移動中は望遠鏡から目を離さないでいると共に万が一の不測的な動きに備えいつでも望遠鏡を停止できるようにして下さい。停止法は、[GO TO] ボタンを再度押すか、非常停止ボタンを押して下さい。

●星図画面からの導入

星図上において導入したい天体をシングルクリックしその点天体の天体情報を表示します。その天体情報のダイアログ中の望遠鏡のボタンを押します。すると望遠鏡は上表表示のされている天体に向けて自動的に移動を開始します。

※望遠鏡の移動中は望遠鏡から目を離さないでいると共に万が一の不測的な動きに備えいつでも望遠鏡を停止できるようにして下さい。停止法は、非常停止ボタンを押して下さい。



■導入後の微調整

天体が中央に導入できたでしょうか。殆どの場合、視野の中にはあるが中央には導入できてないはず。マニュアルで望遠鏡を操作し、中央に導入します。動かし方は 2 通りあります。

●パソコンからの操作

制御コンソールのメニュー[MENU]欄から手動導入を選択します。

次に TELESCOPE (望遠鏡) の囲みの中の[MID]をクリックします。

第四章 天文台基本操作

※なお、[LOW][MID][HI]は望遠鏡のモーターの速度を表し、それぞれ対恒星時の0.5倍・16倍・400倍で動きます。）

そして、[E][W][S][N]のいずれかを長押しします。押ししている時間だけ、望遠鏡が動きます。

※また、この画面の下の方にはDOME（ドーム）の囲みもあります。ドームの回転やスリットの開閉はここで制御します。[AUTO]はドームの回転の制御で、クリックして点灯が消えると[LEFT][RIGHT]を選択し、長押ししない限りドームは動きません。また[OPEN][CLOSE]でスリットの開閉を制御します。

●ハンドコントローラーからの操作

パソコンの画面が手動制御の画面でないことを確認します。手動制御画面ではハンドコントローラーの操作が無効になります。（パソコン側が優先される為）まず鏡筒ポジションスイッチを押して常にE側が点灯するようにします。次にスピードセレクトスイッチを押して、[L]または[M]が点灯するようにします。

※[L][M][H]は望遠鏡のモーターの速度を表し、それぞれ対恒星時の0.5倍・16倍・400倍となります。そして、動作方向スイッチのいずれかを押ししている時間だけ、望遠鏡は各々表示方向へ動きます。

※前者の方法では接眼レンズを覗きながら望遠鏡を操作することが出来ないのでお奨めできません。後者の方法は他にも応用が利きますので、この方法を熟知することをオススメします。

■シンクロ操作

天文台制御装置においては望遠鏡の指向する位置を星図上に正確に表示、自動導入操作により目的の天体を望遠鏡の視野に正しく導入するために、シンクロ操作（望遠鏡の指向する位置と望遠鏡ポインターの位置とを一致させる操作）を必要とします。以下その方法を示します。

1. 基準星の導入

天空上にいずれの星であるかを確実に特定できる恒星を基準星として選定します。次に望遠鏡を手動操作してその基準星を視野の中心に導入します。

2. 星図画面の準備

星図上において、1. で導入した基準星をクリックしてその天体情報を表示します。

3. シンクロ

視野に導入した恒星と天体情報を表示させた恒星が同じであることを確認し、[手動制御]コンソール画面の[SYNC]のボタンをクリックします。

4. 確認

第四章 天文台基本操作

確認のメッセージが開きますので内容を確認して [OK] をクリックします

以上でシンクロ操作は完了です。

■ホームポジション

天体の導入とは特に関係ありませんが、この場を借りて記載します。ホームポジションとは、望遠鏡が天頂を向いた姿勢のことです。天文台に入室した時に見える望遠鏡の姿勢もこのホームポジションですし、望遠鏡を終了するときもこのホームポジションへ自動で戻ります。

観測中にホームポジションへ戻る必要がある場合（第九章冷却 CCD カメラ観測参照）は、制御コンソールの [MENU] の [定位置] をクリックし、さらに [ホームポジション] を選択し、[GOTO] をクリックします。すると自動で望遠鏡が動き、天頂へ向きます。

■導入ワンポイント

●長距離の自動導入（例えば西の天体を観測して次に真反対の東の天体を自動導入する場合は、機械的な誤差が累算的に大きくなり導入精度がやや劣ります。この場合、まず中間にある天体を導入し、シンクロして導入制度を高めてから導入すれば問題ない程度に導入できます。

●北極星付近の天体は導入制度が悪くなります。これは赤道儀式の望遠鏡の欠点とされていることです。また、赤道儀のフォークアームが回転し、危険が伴います。特に冷却 CCD カメラでの撮影ではケーブルが絡まるなどの事故が発生しかねないので、赤緯 60 度以北の天体を導入しないで下さい。

なお、より詳しい設定や操作法は CHOUL30 型赤道儀式架台取扱説明書を参照して下さい。

4. 観測終了

全ての観測が終わりましたら、以下のようにして終了します。

1. 制御コンソールにある [POWER] をクリックします。あらかじめ定められた終了プログラムが自動的に実行します。
2. 終了動作メッセージ中の全ての事項が青色になると、ELM が終了します。
3. パソコンを終了します。終了の仕方は [スタート] → [シャットダウン] の順にクリックします。

5. 天文台退室

退室する場合は、もとあったように、次回使いやすいうにすることを前提に片づけます。
その手順としては

1. 望遠鏡のふたを閉めます。
2. 接眼レンズ・観測装置を元の位置へ戻します。
3. 天文台の中を一通り見回して忘れ物はないか、ゴミはないか確認します。
5. ナイフスイッチを切ります。
6. 天文台のドアを閉めます。
7. 屋上を一通り見回して忘れ物は無いか、ゴミは落ちてないか確認します。
8. 屋上の鍵を閉めます。
9. 顧問へ鍵を返却します。

第五章 太陽望遠鏡での観測



1. 観測目的

太陽は地球の 109 倍の直径を持つ最も身近にある恒星で、最も我々の生活に関係の深い恒星です。太陽観測は太陽系の自然現象を解明しようという、惑星科学の基礎となります。従来ではそのあまりに強い光線の為、直接接眼レンズから覗き込んで観測するのは非常に危険です。かの有名なガリレオ＝ガリレイも晩年太陽の観測をして視力を失ったと言われるほどです。ですから従来は投影板を用いて太陽を直接見ないで黒点の位置を観測しました。アンサンブル教室には、OB が残した膨大な数の太陽スケッチがあります。これらは今後も大切に保存する必要があります。

金光学園天文台には、 $H\alpha$ フィルターという特殊なフィルターを取り付けた太陽望遠鏡があります。これは、太陽から出る光を最も変化があり観測に適した $H\alpha$ 線 (波長 656.3nm) だけを透過するフィルターです。このフィルターを用いる事で日食以外では観測が不可能であったプロミネンス等の観測が可能となり、かつ極めて安全に観測する事が出来ます。

2. 観測装置解説

■ $H\alpha$ フィルター

$H\alpha$ フィルターは SOLARMAX60 と BF-10 の 2 つで初めてフィルターとして機能します。どちらか一方が欠けても観測は出来ません。



※BF-10 は天頂プリズムと同一形状なので間違えないで下さい。

■ AstroSolar

ドイツ Baader Planetarium 社製の太陽光フィルターを夜間望遠鏡に取り付けることで黒点観測及び日食観測ができます。

※太陽観測の際は夜間望遠鏡のふたを閉めるかこのフィルターを必ず装着してください。ファインダーも同様です。

■ $H\alpha$ フィルター以外

$H\alpha$ 以外の観測装置は、普段の観測通り使う事が出来ます。太陽望遠鏡も、 $H\alpha$ フィルターを外せば普通の望遠鏡となります。

3. 装置取り付け

■ SOLARMAX60 取り付け

SOLARMAX60 を太陽望遠鏡（望遠鏡部分）のフードに取り付けます。この際太陽望遠鏡のフードは引っ込めた状態にしておきます。そして、固定ねじを締めて固定します。

※**SOLARMAX60 のフタをしっかりと閉めると開かなくなるので、フタをする時は数回回す程度にしてください。**

■ BF-10

取り付け接眼部に BF-10 を取り付けます。接眼レンズ固定ねじ（2つあります）を締めて固定します。

※なお、SORALMAX60・BF-10 は常に太陽望遠鏡に取り付けておきます。

■ 接眼レンズ取り付け

BF-10 に接眼レンズを取り付けます。まずは一番実視野（第二章観測機材解説参照）の広い LV20 を付ける事をオススメします。そして接眼レンズ固定ねじを締めて固定します。

■ AstroSolar 取り付け

黒点観測をする場合、夜間望遠鏡とファインダーに AstroSolar を取り付けます。特に固定は必要ありません。破けないように注意してください。黒点観測をしない場合はふたを閉めたままにしておいてください。

4. 安全確認

- 太陽望遠鏡に SOLARMAX は正しく取り付けられているか。
- 太陽望遠鏡に BF-10 は正しく取り付けられているか。
- 夜間望遠鏡・ファインダーのフタはきちんと取り付けられているか。
- 夜間望遠鏡・ファインダーにフィルターが取り付けられているか。

注意：BF-10 と天頂プリズムを間違えないでください。

5. 太陽の導入

※天文台制御パソコンの使用法は、第四章天文台基本操作を参照して下さい。

■ 導入法

※制御コンソールから導入

(太陽を選択したコンソール画面)

制御コンソールのメニュー (MENU) 欄から [太陽系] を選択します。

コンソールはさらにその詳細を選択する画面になるので [太陽] を選択します。

次に [GO TO] をクリックします。すると望遠鏡は自動的に移動を開始します。

※望遠鏡の移動中は望遠鏡から目を離さないでいると共に万が一の不測的な動きに備え、いつでも望遠鏡を停止できるようにして下さい。停止法は、[GO TO] ボタンを再度押すか、非常停止ボタンを押して下さい。

■導入後の微調整

※ハンドコントローラーからの操作

パソコンの画面が手動制御の画面でないことを確認します。手動制御画面ではハンドコントローラーの操作が無効になります。(パソコン側が優先)

まず鏡筒 ポジションスイッチを押して E 側が点灯するようにします。

次にスピードセレクトスイッチを押して、[M] が点灯するようにします。

※ [L] [M] [H] は望遠鏡のモーターの速度を表し、それぞれ対恒星時の 0.5 倍・16 倍・400 倍となります。

そして、動作方向スイッチのいずれかを押している時間だけ、望遠鏡は各々表示方向へ動きます。

※なお、太陽望遠鏡は夜間望遠鏡に同架している関係で太陽望遠鏡がドームスリットの中央に来ません。移動させるには導入コンソールの [手動制御] をクリックし、画面下の DOME(ドーム)の中の[AUTO]をクリックし、解除します。これでドームの回転は[LEFT] [RIGHT] を選択し、長押ししない限りドームは動かなくなります。太陽望遠鏡がドームスリットの中央に来るように [LEFT] [RIGHT] のいずれかを長押しします。ちなみに [OPEN] [CLOSE] でスリットの開閉を制御します。

6. 観測の実際

■BF-10 の調整

太陽を中央に導入した後に、BF-10 を調整します。調整の仕方は、太陽を見ながら、H α 調節ネジを回します。一番プロミネンスのコントラストがはっきりとわかる位置が最適な位置です。

■接眼レンズの交換

接眼レンズの交換は、BF-10の接眼レンズ固定ネジを緩め、接眼レンズを外して交換します。接眼レンズを持つ場合は右手で胴体をつかみ、左手を添えます。高価なものですので大切に扱います。接眼レンズの交換は必要に応じて行います。以下、一例をあげます。

LV20mm……実視野が広いので導入時に付けておきます。観望会でお客さんに見せるときはこれが良いと思います。

LV10mm……太陽が視野いっぱいに見えます。普段の観測にもっとも適していると思います。

LV5mm……プロミネンスを拡大してみるときに使用します。より詳細を観測するときを使用します。

■ 太陽詳細

右の写真は金光学園天文台で撮影した太陽の写真です。

(第七章デジタルカメラ観測参照) 太陽望遠鏡から太陽を見た場合は、ほぼこれと同じイメージかと思えます。



■ 太陽とは

太陽は地球に最も近い恒星であり、表面の様子を詳しく観測することができる唯一の恒星でもあります。

表面温度は約 6000 度でスペクトル型では G2 に分類される主系列星です。誕生してから約 50 億年の壮年期の恒星で、寿命はあと約 50 億年と推定されています。太陽のエネルギーは主に電磁波、特に紫外線・可視光・赤外線として放出されており、これは 6000 度の黒体輻射のエネルギー分布にほぼ対応しています。太陽から放射される全エネルギーは毎秒 3.8×10^{26} ジュールにもります。

■ 黒点とは

黒点とは光球面に現われる暗い領域のことです。大きなものでは角度の 1 分を越えるものもあり望遠鏡が発明される以前から記録されています。

黒点は黒く見えるが光を出していないのではなく、周囲温度 6000 度に比べて温度が低い 4000 度なので相対的に暗く見えているのです。

黒点では約 3000 ガウスという強い磁場が観測されており太陽内部で発生した磁場(磁力管)が浮上してその光球面における断面が黒点として現われているのです。なお黒点はかならず N 極・S 極の性質をもつものがペアとなっています。黒点は暗い部分(暗部)と周辺の

筋状の構造を示す半暗部からなります。半暗部にはエバーシェッド流と呼ばれるガスの流れが観測されます。

■ 白斑とは

太陽の活動領域の周辺や太陽極地方に見られる明るく輝く構造のことです。数 100~1500 ガウスの強い磁場を持ち、光球にほぼ垂直に立つ直径 300km 程度の磁力管の断面だと考えられています。

白斑は太陽面中心ではほとんど見えず、縁の方へいくほど明るく観測されます。この原因としては縁へいくほど磁場によって凹んだ温度の高い（つまり明るい）壁を見ることになるためという説と、磁束管の上空が加熱されていて斜めからだと光学的に長い距離を見ることになり明るく見えるという説があります。彩層レベルでは H α 線で明るく見えるプラージュとして観測されます。

■ プロミネンスとは

プロミネンスとはコロナ中に浮かぶ約 10000 度のガスの雲のことで、H α 線では太陽のへりから突き出たように見られます。プロミネンスはこのように背景が暗い場合は明るい構造として見え、太陽面など背景が明るい場合は逆に暗く見え、これをダークフィラメントと呼びます。

プロミネンスには静穏型プロミネンスと活動型プロミネンスがあり、前者はあまり形や大きさが変化せず寿命も長いものでは3ヶ月にもわたって見られることもあります。高さは一万 km から五万 km、長さは五万 km から十五万 km にもおよぶことがあります。後者は黒点の周辺で見られ、規模は静穏型に比べて小さく、フレア等の活動に伴ってわずか数分で飛び散る場合もあります。

※普段見られるプロミネンスは静穏型プロミネンスです。なおプロミネンスは200万度のコロナの中に存在しているのに蒸発してしまわないのはプロミネンスの物理状態が入ってくる熱と出ていく熱がうまく釣り合っているからです。またプロミネンスの密度はコロナの約 100 倍もあるのに浮かんでいられるのは、磁場がガスを支えているからです。プロミネンスのガスは光球からガスが吸い上げられたり、コロナのガスが凝縮して形成したりしてできています。

■ フレアとは

太陽活動領域である黒点は太陽内部から浮上した磁束管の断面であるのでその上空には磁場のエネルギーが蓄積されています。活動領域が発達するにつれてガス運動にひきずられ磁場のエネルギーが増大し、そこに下から新たな磁場が浮上して上空の磁場とぶつかった時に磁場はよりエネルギーの低い状態に移ろうとして磁力線のつながりかえ（リコネクション）が起こります。この時余分の磁場のエネルギーが一気に解放される現象がフレアと呼ばれています。

フレアはコロナ（軟X線）や彩層（ $H\alpha$ ）で最も明るく顕著に観測されますが、まれに白色光でも見られることがあります。フレアの継続時間は1分から長くて30分程度で、放出されるエネルギーは最大 1032erg にも及び電波障害の原因とされます。

また最近ではマイクロフレア・ピコフレアと呼ばれる、上記よりもはるかに規模が小さいリコネクション現象が頻繁に起こっているようでコロナの加熱に関与していると考えられています。

7. 片づけ

1. 太陽望遠鏡にフタをします。なお SOLARMX60 のフタをしっかりと閉めると開かなくなるので、数回回す程度にしてください。
2. 接眼レンズを片づけます。なお、SOLARMAX60・BF-10 は取り外す必要はありません。
3. 夜間望遠鏡とファインダーから AstroSolar を取り外し、ふたを閉めます。

第六章 夜間望遠鏡での観測



M27

Photo by Konko Gakuen Astronomy club

1. 観測目的

多くの天体は夜間にのみ観測可能です。天体観測は夜間の観測とって過言ではありません。金光学園天文台は天体写真撮影を主たる目的として建設されましたが、それを行うためにもこれから述べる眼視観測の方法を熟知する必要があります。

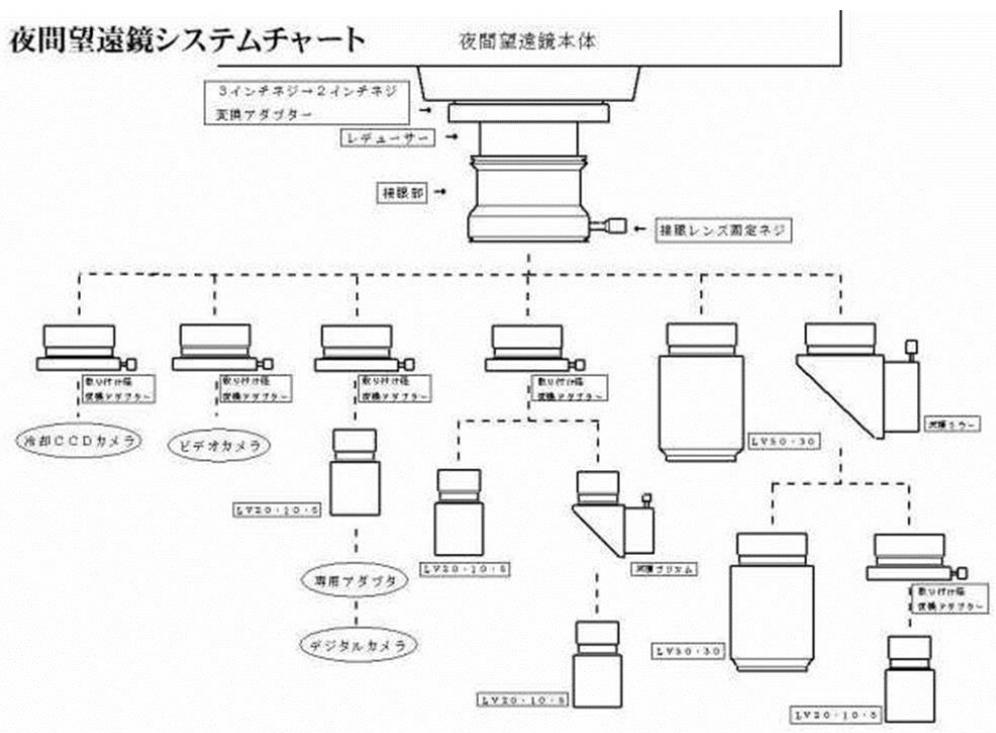
夜間観測では数多くの天体を見ることが出来ます。月・惑星をはじめ星雲星団、彗星など殆どの天体を十分な明るさで観測することが出来ます。

天文台が出来る以前は運動場に銀マットを広げ、一晩中星空を眺めながら望遠鏡を操作したものです。当時の観測と、今の観測は機材、環境は違っても本質的には一緒です。多くの天体が私たちの遥か頭上で静かに見守っています。全身で、宇宙の神秘を感じ取って下さい。



2. 観測装置解説・取り付け

特にこれといった観測装置を取り付ける必要はありません。第一章天文台解説や下記のシステムチャートを参照して接眼レンズを取り付けて下さい。



3. 天体の導入

※天文台制御パソコンの使用法は、第四章天文台基本操作を参照して下さい。

■導入法

制御コンソールのメニュー (MENU) 欄から観測したい天体例えば星雲・星団) を選択します。すると、コンソールはさらにその詳細を選択する画面になるので選択を行います (例えば M31) 次に [GOTO] をク



リックすると望遠鏡は選択された天体に向けて自動的に移動を開始します。

※望遠鏡の移動中は望遠鏡から目を離さないでいると共に万が一の不測的な動きに備え いつでも望遠鏡を停止できるようにして下さい。停止法は、[GO TO] ボタンを再度押すか、非常停止ボタンを押して下さい。



■導入後の微調整

※ハンドコントローラーからの操作

パソコンの画面が手動制御の画面でないことを確認します。手動制御画面ではハンドコントローラーの操作が無効になります。(パソコン側が優先される為)

まず鏡筒ポジションスイッチを押して E 側が点灯するようにします。

次にスピードセレクトスイッチを押して、[M] が点灯するようにします。

※ [L] [M] [H] は望遠鏡のモーターの速度を表し、それぞれ対恒星時の 0.5 倍・16 倍・400 倍となります。

そして、動作方向スイッチのいずれかを押している時間だけ、望遠鏡は各々表示方向へ動きます。

※なお、ドームスリットが夜間望遠鏡の中央に来ない場合があります。その際は導入コンソールの [手動制御] をクリックし、画面下の DOME (ドーム) の中の [AUTO] をクリッ



クシ、解除します。これでドームの回転は [LEFT] [RIGHT] を選択し、長押ししない限りドームは動かなくなります。そして 夜間太陽望遠鏡がドームスリットの中央に来るように [LEFT] [RIGHT] のいずれかを長押しします。ちなみに [OPEN] [CLOSE] でスリットの開閉を制御します。

4. 観測の実際

■接眼レンズの交換

接眼レンズの交換は、接眼部の接眼レンズ固定ネジを緩め、接眼レンズを外して交換します。接眼レンズを持つ場合は右手で胴体をつかみ、左手を添えます。高価なものですので大切に扱います。接眼レンズの交換は必要に応じて行います。以下、一例をあげます。

LV50mm……この望遠鏡で使用できる最低倍率です。大きく広がった天体を観測する時に使用します。

LV30mm……LV50mm よりも少し狭い視野、少し高い倍率で観測できます。望遠鏡に最初につける接眼レンズとしてオススメします。

LV20mm……球状星団・惑星状星雲などある程度倍率の必要な天体を観測するのに適した倍率です。普段の観測にもっとも適しています。

LV10mm……惑星を観測するときに使用します。

LV5mm……大気の状態が安定したとき、極めて高い倍率（約 500 倍）で惑星を観測したいときに使用します。二重星の観測に適した倍率といえます。

■水星

軌道半径：0.38 天文単位

公転周期：88.0 日

自転周期：58.7 日

赤道半径：2440km

質量：地球の 0.06 倍

平均比重：5.4

衛星数：0

水星は太陽にもっとも近い惑星です。大気が存在せず、自転周期が長いので表面温度が 430°C~170°C と変化が激しいです。表面は多くのクレーターで覆われている。また、太陽の強力な重力作用によって固定され、自転周期と公転周期の比がほぼ 2 : 3 という整数比になっており、力学的に安定している。内部には鉄とニッケルの大きな金属中心核があり、全質量の 80%にも達しています。水星は見かけ上、太陽から最大離角でも 18度~28度程度しか離れないため、肉眼では日の出前あるいは日没後のわずかな時間しか見ることができません。



(画像著作権 ©NASA)

■金星

軌道半径：0.72 天文単位

公転周期：225 日

自転周期：243 日

赤道半径：6052km

質量：地球の 0.82 倍

平均比重：5.2

衛星数：0

金星は明けの明星、宵の明星として親しまれている。厚い雲に包まれているため表面を見ることはできません。表面温度



(画像著作権 ©NASA)

は 470℃、気圧は 90 気圧にも達します。これは金星の大気組成がおもに二酸化炭素なので、その厚く濃い大気の温室効果

によって高温になっているからと考えられています。また、

雲の粒子は硫酸と考えられています。金星は自転と公転の向きが逆になっており、自転周期が公転周期を上回る特異な惑星でもあります。金星の最大離角は 46 度~47 度なので、夕方あるいは明け方の比較的限られた時間にしか見ることはできません。

■火星

軌道半径：1.5 天文単位

公転周期：687 日

自転周期：1.03 日

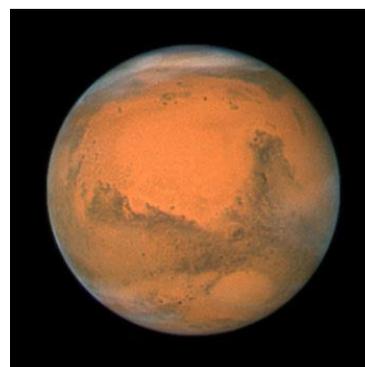
赤道半径：3400km

質量：地球の 0.11 倍

平均比重：3.9

衛星数：2

火星はほぼ 2 年 2 か月ごとに地球に接近しますが、火星の軌道が楕円をしているため 接近距離は毎回異なり、その距離



(画像著作権 ©NASA)

は約 15 年周期で変化します。最大接近では 5500 万 km まで接近しますが、最小接近では 1 億 km を越えます。表面には模

様が見え、暗い模様は海、明るい赤褐色の部分は大陸と呼ばれます。火星表面が赤いのは表面が酸化鉄に覆われているからです。大陸部には細い線状模様が見られ、イタリアの天文学者スキヤパレリによって「カナリ」（すじ、運河の意）と名づけられ、これが火星騒動の原因となりました。両極には極冠と呼ばれるドライアイスがあり、火星の四季に応じて大きさが変化します。また時には火星全面を覆うほどの砂嵐「黄雲」が発生することもあります。

■木星

軌道半径：5.2 天文単位

公転周期：11.9 年

自転周期：0.41 日

赤道半径：71500km

質量：地球の 318 倍

平均比重：1.33

衛星数：40

木星は太陽系最大の惑星です。直径は地球の約 11 倍あり、アンモニアやメタンの厚い雲に覆われていて赤道に平行な何本もの帯線が走っています。暗く見える帯線を「縞」、縞と縞の間にある明るい部分を「帯」と呼びます。また、南半球の中緯度帯には、地球 2 個分に匹敵する大きさを持った「大赤斑」があります。木星表面は -140°C しかありませんが、太陽から 5 天文単位離れた惑星の表面温度の計算値の 3 倍近くもエネルギーが大きいので、内部から熱が供給されていると考えられています。なおこのエネルギー源は木星自身の重力収縮によるものだと考えられています。木星には 40 個の衛星がありますが、その中でガリレオによって発見されたイオ、エウロパ、ガニメデ、カリストの 4 個の衛星はとくにガリレオ衛星として知られています。



(画像著作権 ©NASA)

■ 土星

軌道半径：9.55 天文単位

公転周期：29.5 年

自転周期：0.44 日

赤道半径：60300km

質量：地球の 95 倍

平均比重：0.60

衛星数：30



(画像著作権 ©NASA)

土星は環のある惑星として知られ、木星に次ぐ太陽系第 2 の巨大ガス惑星です。平均密度は太陽系最小です。今日では木星型惑星にはすべて環があることが惑星探査機により観測されています。土星表面には淡い縞模様があり、ときには白い斑点状のもの（白斑）が見られる。土星の環は、外側から E、G、F、A、B、C、D 環と命名されている。A 環と B 環の隙間は「カッシーニの空隙」と呼ばれる。さらに A 環は 3 つの部分に分かれていて、その隙間を「エンケの空隙」と呼ぶ。環は数 cm～数十 cm の氷や岩石の粒子からできています。環は土星の自転軸が公転軌道に対して約 27 度傾いているため、地球から見ると約 15 年（公転周期の半分）ごとに環を真横から見る位置にくるので、このとき環の消失という現象が起こります。

■ 天王星

軌道半径：19.2 天文単位

公転周期：84 年

自転周期：0.72 日

赤道半径：25500km

質量：地球の 15 倍

平均比重：1.27

衛星数：21

天王星は 1781 年ウイリアム＝ハーシェルによって、偶然に発見された。望遠鏡で見ると、やや緑がかった青色をしている。自転軸が公転面に対して約 98 度も傾いており、横倒しの状態



(画像著作権 ©NASA)

で公転しています。これは、初期に原始惑星の衝突によって自転軸が傾いたからと考えられています。夜間望遠鏡で見ると、小さな面積をもつ青い星のよう に見えます。

■海王星

軌道半径：30 天文単位

公転周期：165 年

自転周期：0.67 日

赤道半径：24700km

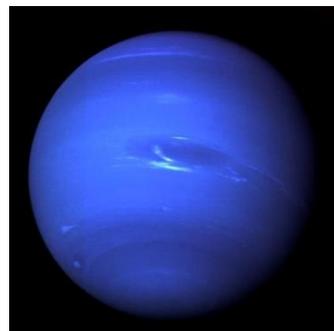
質量：地球の 17.2 倍

平均比重：1.64

衛星数：11

海王星は天体力学の理論的予測によって発見され、天体力学の勝利と称えられた惑星です。天王星が発見されたのち、天王星の予測位置が実際と食い違っていることに気がついたイギリスのアダムスとフランスのルベリエは、未知の惑星の重力がこ

のズレを起こしているとして、新惑星の位置予報を推算した。それを受けたベルリン天文台のガレが、1846年に予報位置近くで海王星を発見した。海王星の表面には巨大な斑点（大暗斑）や白い雲が存在します。大気は青いのはメタンが赤色の光を吸収するためだからです。また衛星トリトンでは、 -200°C の冷たい物質を吹き出す氷火山も発見されています。トリトンの公転方向は他の惑星や衛星と違って逆向き（逆行衛星）でもあります。夜間望遠鏡で見ても恒星のようにしか見えません。



(画像著作権 ©NASA)

■月

月は地球の唯一の衛星です。大きさはほぼ地球の4分の1で、平均距離 38 万 km の軌道を回っていて、見かけの大きさはほぼ太陽と同じくらいです。月面には大気がなく、クレーターや山脈、谷のほかに、海と呼ばれるやや滑らかで黒っぽく見える部分があります。月は約1ヶ月かけて地球の回りを公転しており、その間に満ち欠けをします。これは月が太陽の光を受けて輝いているから

です。公転周期と自転周期が等しいため、月はいつも同じ面を地球側に見せていますが、秤動という運動によって 59%の範囲を見ることができます。



(画像著作権 ©国立天文台)

■小惑星

小惑星とは、主に火星と木星の軌道の間にある小さな天体のことです。1801年1月1日にイタリアのピアッツィによってケレスが最初に発見され、現在までに約 52000 個の軌道が確定しています。直径が 200km 以上の小惑星は 26 個あり最大のものはケレスで、直径 914km、質量は全小惑星の 25%もあります。また、火星と木星の間以外にも小惑星があり、主なものに木星のラグランジュ点 (L4、L5) にあるトロヤ群や、地球にもかなり近づく特異小惑

星、その他カイパーベルト付近にも小惑星が存在します。望遠鏡で見ても恒星のようにしか見えません。

■彗星

彗星は、長い尾を持った天体です。彗星の主成分は氷と、ガスの凍ったものと塵の混合物で、太陽系が形成された時に出来たとされています。彗星は、ふつう核を中心とするコマと尾からできています。核は、氷、ドライアイス、個体アンモニア、岩石などからできており、太陽に近づくと核の表面が太陽の熱で暖められて、氷、ドライアイス、個体アンモニアなどが蒸発し、ガスとなって核のまわりをとりまいてコマとなります。それが太陽風や太陽からの光による放射圧で押し流されて尾ができます。このため、彗星の尾はいつも太陽と反対方向を向いています。尾にはダストテイルとイオンテイルがあり、前者は塵の粒子から、後者はプラズマから成ります。

■星雲

星雲は散光星雲、暗黒星雲と、大きく2つに分類することができます。

散光星雲は宇宙空間にあるガスやチリが近くの恒星の光で照らし出されて光っている星雲です。代表的な散光星雲には、オリオン大星雲（M42）、干潟星雲（M8）があります。



(画像著作権 ©NASA)

暗黒星雲とは星間を漂う低温のガスのことで、このガスは光を放たず、地球から見るとその部分だけ星がほとんど見えないのでそう呼ばれています。代表的な散光星雲は馬頭星雲（NGC2024）ですが、一般に暗黒星雲を肉眼で見ることは困難です。

■星団

星団は球状星団、散開星団の2つに分類することができます。球状星団は数万～数100万個の恒星が球状に密集した星団で、まるい形状をしています。構成する星は、年齢が100～150億年と老齢で重元素の少ない種族IIの星であるので銀河系形成の初期の段階でつくられた星団だと考えられています。代表的なものに、M13があります。散開星団は数百～数千個の恒星が集まった星団で、不定形で星がまばらに集まっている

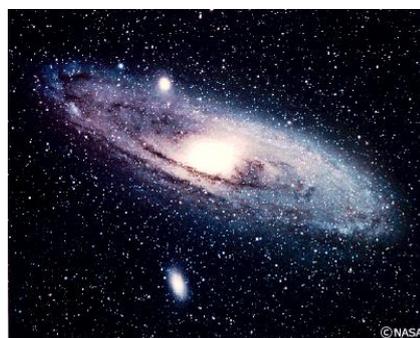


(画像著作権 ©NASA)

ことから散開星団と呼ばれています。構成する星は、年齢が 50 億年以下と比較的若齢で種族 I の星です。特に年齢が若い星団には星団誕生時の母胎となった星間ガスがともなって見られます。代表的なものにプレアデス星団 (M45、すばる) があります。

■ 銀河

銀河は恒星、星団、星雲、星間物質などによって構成される宇宙で最大の天体のことです。銀河はその形態や性質によって様々に分類されますが、ハッブル分類によれば楕円銀河、レンズ状銀河、渦巻銀河、棒渦巻銀河、不規則銀河などに分類できます。代表的な銀河にアンドロメダ銀河 (M31) があります。



なお、恒星や星間物質の集合体を一般に銀河と呼びます。なお我々の太陽系が所属している銀河を銀河系または天の川銀河と呼び、他の銀河を系外銀河と呼んで区別します。

(画像著作権 ©NASA)

■ 惑星状星雲

質量の小さい星は、その一生を終える前に赤色巨星へと進化します。その時星の表面のガスはゆっくりと星間空間へ向けて放出されます。一方、星の中心は収縮し非常に高温になり白色矮星となります。この白色矮星から放射される紫外線により広がったガスが電離し発光しています。惑星状星雲は望遠鏡で観察すると惑星のように円形に見えることからウイリアム=ハーシェルによりこのように名付けられました。形は必ずしも球対称ではなく様々な形の惑星状星雲があります。代表的な惑星状星雲には、かに星雲 (M1)、リング状星雲 (M57)、アレイ星雲 (M27) があります。



(画像著作権 ©NASA)

5. 片づけ

1. 夜間望遠鏡からフードを外し、フタをします。
2. 接眼レンズを片づけます。なお、レデューサーは外す必要はありません。

第七章 ビデオ観測

第八章 デジタルカメラ観測



M49

Photo by Konko Gakuen Astronomy club

1. 観測目的

デジタルカメラでの撮影はフィルムカメラと違い現像処理が必要なく、デジタルデータのため加工が容易です。近年は画解像度もよく、撮影も単純にできるカメラが一般にも普及したため割と安価で手に入ることができます。

ただし、デジタルデータゆえの誤廃棄や操作ミスなどで苦勞して撮影した写真が跡形もなく消えてしまうというデメリットと常に隣り合わせです。そのあたりを肝に据えての観測が必要となります。

天体写真を撮る目的としては、本来は学術的に価値のある研究資料の為に撮影するのです。しかし、それだけが目的ではありません。美しい鑑賞写真を得ることができればどれほどの多くの人が宇宙に興味を持つでしょうか。金光学園天文部の方針として、一般の人により宇宙の神秘を感じてもらおう鑑賞写真の撮影を目的としたいと思います。

2. 観測準備

デジタルカメラでの観測は二通りの方法があります。

- ・望遠鏡へ取り付けての撮影
- ・赤道儀に乗せての撮影

■夜間望遠鏡への取り付け

夜間望遠鏡の接眼部にカメラを取り付けます。天体写真撮影には、直焦撮影・拡大撮影・コリメート撮影があります。それぞれの目的にあったものを選んで取り付けてください。

■赤道儀への取り付け

望遠鏡上部にカメラ台が設置されています。そこに置くことで星野撮影が可能となります。

3. 撮影方法の比較

■直焦撮影

月の全体、星雲や星団の撮影として一般的なのが直焦撮影です。直焦撮影は、天体望遠鏡に直接カメラや CCD を取り付けて撮影する方法です。星雲などの直焦撮影の際は、天体を正確に長時間追尾する必要があります。拡大撮影よりも被写体は小さいですがシャープに映せます。

■拡大撮影

月や惑星の撮影などに適しています。直焦撮影が天体望遠鏡の本体のみを使うのに対して、拡大撮影は接眼レンズも合わせて使います。直焦撮影の数倍から数十倍の拡大率を得ることができるので、月面クレーターの細部や惑星の撮影に威力を発揮します。

■ 星野撮影



鏡筒は使わず、カメラを赤道儀に搭載して撮影する方法です。広角または標準レンズを取り付けたカメラで広範囲の星空を撮影した写真が星の野原のようにみえることから星野写真とよばれています。星座全体や天の川を撮影する時などに使います。

4.撮影

撮影はそれぞれのデジタルカメラで絞り・ISO・シャッター速度・露光時間・撮影枚数の設定を行い、複数枚同じ写真を撮ります。

なお、撮影の祭は必ず紙のノートに撮影データを記録します。

実際には画像に自動的に撮影データが保存されるので、これは一見非能率的に思えます。しかし国立天文台等でも紙のノートに撮影データを記入しています。これは、**電子上の実体のないデータは何かのトラブルで簡単に失ってしまう事があるからです。また天体写真において撮影データのない写真に価値はありません。**

撮影データはすべて撮影ノートに記入します。筆記用具、撮影ノートは天文台に置いてあります。天文台での撮影の祭は必ずこの撮影ノートに以下の項目を記録して下さい。

ページのはじめに

- ・ 撮影年月日 例：2016年7月31日
- ・ 撮影機材 例：夜間望遠鏡+Canon EOS kiss x7i
- ・ 撮影者 例：滝口道雄
- ・ 撮影開始時刻 例：26時05分45秒
- ・ 露出時間 例：25秒
- ・ 撮影間隔 例：20秒
- ・ ISO 例：1600



- ・焦点距離 例：f = 110mm
- ・撮影枚数 例：240 枚
- ・撮影対象 例：Perseus
- ・撮影方法 例：星野撮影
- ・備考 例：途中で薄雲が通過

■フラットフィールドの撮影

撮影した画像を見れば分かるのですが、写真に何か少し濃度にムラがあるように見えると思います。これらを除くためにフラットフィールドを撮影し、ある演算によってこの濃度ムラ、周辺減光を除きます。

このフラットフィールドを撮影する時は、夜も明け、空が白くなり始めた頃でなければなりません。一晩中観測することになると思いますので非常に大変ですが、これを撮影しないと美しい鑑賞写真とはなり得ないのでがんばって撮影してください。実際の撮影方法を以下に示します。

まず、望遠鏡を天頂に向けます。(第四章天文台基本操作を参照)

そして、夜間望遠鏡のフードを外し、フラットフィールド板（半透明アクリル板）を 夜間望遠鏡の上に乗せます。



この状態で撮影を行います。

■撮影データの扱いについて

デジタルカメラで撮影した画像は、デジタルデータとして SD Card 内に保存されます。ですから銀塩カメラのようなネガといった実体がありません。これは加工もしくは消失してしまうと二度とその画像を復元することが出来ないということです。その為、これから

述べる**画像処理を行う前にすべての画像をコピーし、違うファイルに保存**します。出来れば観測日毎にHDDに撮影データをデジタル化した物と共に保存する事をおすすめします。なお、この説明が分からない場合はパソコンの詳しい人に聞いて下さい。とにかく、**一度失ったデータは復元できません**。それを頭の片隅に置いて、画像処理を行って下さい。

■基本的な画像処理

ここではダークフレーム補正・フラットフィールド補正・コンポジット合成を行います。これらは画像処理と言うよりも、当然しなければならない、画像処理の下準備と考えて下さい。なお処理は複数の画像を一括して処理します。

まず画像処理をする前に、すべての画像に対して行わなければならないのがこのダークフレーム補正・フラットフィールド補正です。用語解説で詳しく解説しますが、ダークフレームとは撮影した画像と同一温度・同一露出時間の画像でノイズのみが写った画像です。撮影した画像からこのダークフレームを引き算することでノイズを消去することが出来ます。フラットフィールドは光学系に由来する視野の濃度ムラやCCDのピクセル固有の感度ムラのみが写った画像です。撮影した画像をこのフラットフィールドで割ることで濃度ムラ・感度ムラを補正することが出来ます。

フラットフィールドの撮影は極めて大変ですから、場合によってはフラットフィールド補正を省略せざるをえないと思いますが、それも仕方ないと思います。**フラットフィールド処理はしていなくても鑑賞写真に耐えうると経験的に断言できます**。しかし、ダークフレーム補正の場合は別です。**ダークフレーム補正をしないととても鑑賞には耐えません**。必ず処理して下さい。ただし、学術研究上ではフラットフレームの撮影は必須事項です。もしも研究に応用するのであればフラットフレームの撮影も行ってください。

5. 用語解説

■ダークフレーム補正

カメラで撮影すると、赤外線にも感度があるので、必ずノイズが写ります。ノイズは数学的に除去します。暗電流の量は温度・露出時間が同じならば一定なので、予めノイズのみ写った画像を撮影しておき、実際に撮影した画像からその画像を引き算すればよいのです。数式で書くと

$$A(x,y) = L(x,y) - D(x,y)$$

$A(x,y)$ はダークフレーム補正後の画像、 $L(x,y)$ はライトフレーム、 $D(x,y)$ はダークフレームです。具体的には、まず目標の天体を撮影（この画像をライトフレームと呼びます。）し、

それから同じ温度で真っ暗な何もない画像（これをダークフレームと呼びます。）を撮影し、パソコン上で引き算をします。

■フラットフィールド補正

フラットフィールドとは、均一な光景の写野を撮影し CCD 素子の画素の感度のばらつき（個体差）や光学系のひずみ・周辺減光などの撮影時のばらつきを取り除くために行います。処理の方法は、まずダークフレームを削除した画像を用意します。この画像を撮影した機材を使って、均一な光量をもつ壁面やスクリーンを撮影し、先の画像とは別にフラットフィールド画像をファイルとして保存します。ただし、実際には均一な光量を持った面は非常に得にくいもので、通常は撮影に用いた望遠鏡の筒先に乳白色のアクリル板等を取りつけ、薄明中に空を撮影します。こうして撮影したフラットフィールド画像は、コンピュータの画面上で無階調の画像となるはずですが、実際には感度ムラや周辺減光を含んだ画像となります。実際のフラットフィールド処理では、ダークフレーム処理の終わった画像に対して次のような演算を行います

$B(x,y)$ がフラットフィールド処理後の結果で、 $A(x,y)$ は前述のダークフレーム補正をしたライトフレーム、 $F(x,y)$ はフラットフィールド、 $D(x,y)$ はダークフレーム。 k は比例定数で一般的にフラットフィールド画像の明るさの平均値を取ります。これにより、得られた画像は画素のばらつきや背景・光学系の補正済のものとなります。

フラットフィールドは望遠鏡を含めたすべての撮影条件をそろえなければいけません。フラットフィールドの撮影は、ライトフレームの撮影後の薄明中に撮影します。

6. 著作権について

金光学園天文台及びその機材を使って撮影したいかなる画像・映像（以下画像と表記）の著作権はすべて金光学園天文気象部およびその画像の撮影者の双方が有するものとする。画像を公開する場合はその画像どこか、またはその画像付近に必ず「金光学園天文気象部」の名称を併せて明記しなければならないものとする。また、画像を撮影者が個人名義でフォトコンテスト等に出品し賞金を得た場合は、その賞金の半額を金光学園天文気象部に払い、また賞品等を得た場合はその所有権を金光学園天文部に譲渡しなければならないものとする。

その他、個人・団体が画像を天文普及活動に使用したい、或いは個人的趣味の範囲において使用したい使用したい場合はこれを許諾する。但し、その際は金光学園天文気象部にその旨を連絡する必要があるものとする。

第九章 冷却 CCD カメラ観測



NGC5194
Photo by Konko Gakuen Astronomy club
Photo in Bisei Astronomical Observatory

1. 観測目的

冷却 CCD を用いた観測とは、天体写真の撮影そのものです。従来は望遠鏡に一眼レフカメラを取り付け、高感度フィルムを用いて 30 分、1 時間と長時間露出をして暗くて淡い天体を、時間をかけることによって撮影していました。長時間の露出では機械誤差等により正確な追尾が不可能なので、撮影用の望遠鏡のすぐ横に小型の望遠鏡を取り付け常に追尾状態をチェックしながら撮影していました。

冷却 CCD の大きな特徴はその超高感度です。今まで長時間露出してやっと写った天体が、短い露出で撮影が可能で、すなわち F 値の大きな暗い望遠鏡、つまり焦点距離の長い望遠鏡でも撮影が可能となり、銀河等のクローズアップ写真が簡単に撮影できるようになりました。金光学園天文台の夜間望遠鏡の焦点距離 2464mm をフルに生かして銀河・星雲・星団等のクローズアップ撮影をすることが可能です。

天体写真を撮る目的としては、本来は学術的に価値のある研究資料の為に撮影するのです。しかし、それだけが目的ではありません。美しい鑑賞写真を得ることができればどれほどの多くの人が宇宙に興味を持つでしょうか。金光学園天文部の方針として、一般の人により宇宙の神秘を感じてもらおう鑑賞写真の撮影を目的としたいと思います。



2. 観測準備

冷却 CCD カメラは天体撮影に特化した特殊なデジタルカメラです。超高感度、そして応用の利く設計が大きな特徴となっていますが、それゆえ観測前の初期設定をいろいろしなければなりません。ここでは実際の準備の順を追って説明していきます。

なお、冷却 CCD の取り扱いにおいて、必ず電源を切った状態でケーブルの抜き差しを行って下さい。冷却 CCD は精密機械です。致命的なダメージを与える可能性があります。

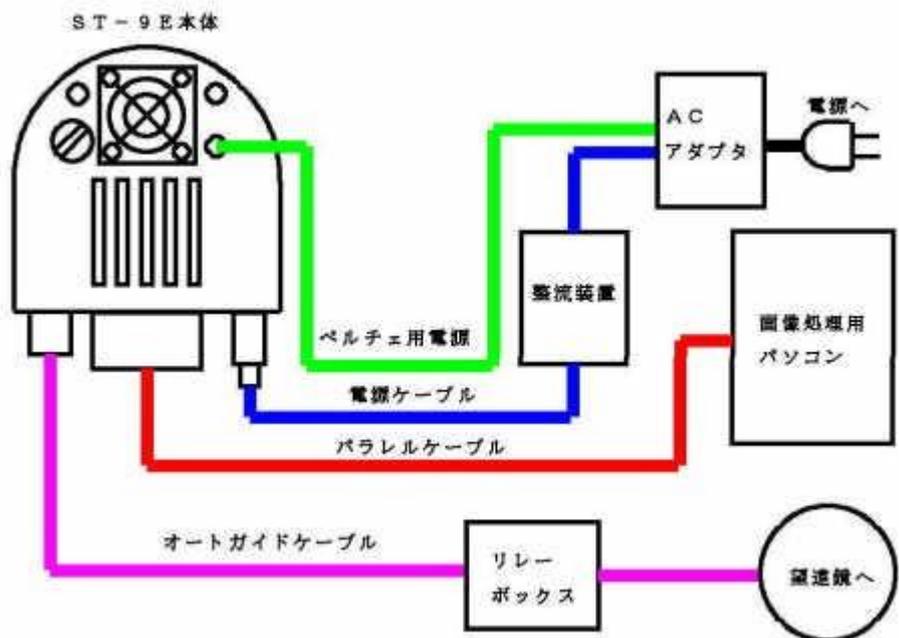
■ケーブルの接続

まず、図のように各種ケーブルを接続します。なお、現在は観測能率をあげるため、ケーブルを接続したままにしています。

実際に必要な接続は、

- ・電源をコンセントに指す
- ・パラレルケーブルをノートパソコンと接続する

です。



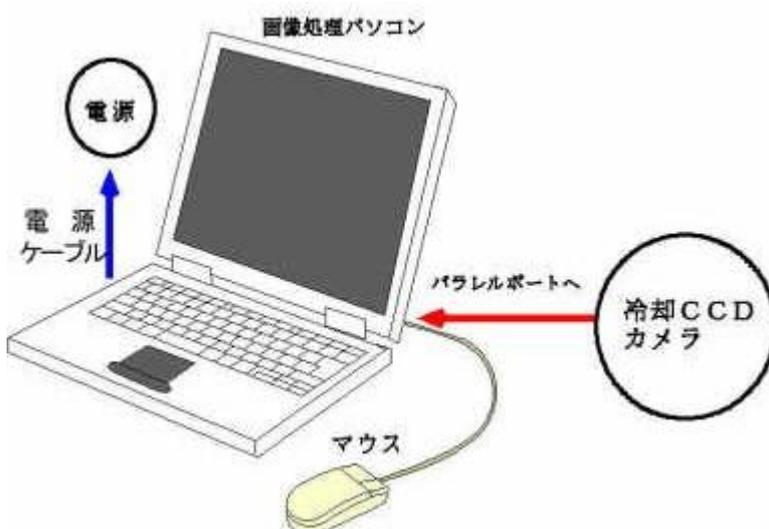
備考：上図にはオートガイドケーブルの接続も図示していますが、このマニュアルではオートガイド機能を使用した撮影は行いませんので、特に接続の必要はありません。

すべてのケーブルを接続した後に、ACアダプタの電源を入れます。すると、冷却CCDの冷却ファンが回り始めます。なお、冷却ファンが回ってもこの状態では実際にはまだ冷却は開始されていません。



■パソコンとの接続

下図に画像処理パソコンとそれに接続するケーブル等の概念を示します。画像処理パソコンはノートパソコンですから、バッテリー駆動も可能です。しかし、撮影中にパソコンが終了してしまうと冷却CCDが壊れてしまいますので必ず常に電源につないでおきます。



第九章 冷却 CCD カメラ観測

なお、ケーブル類の接続は画像処理パソコン起動前に行います。各ケーブルの接続は以下の写真を参照してください。



■ 画像処理パソコンの起動

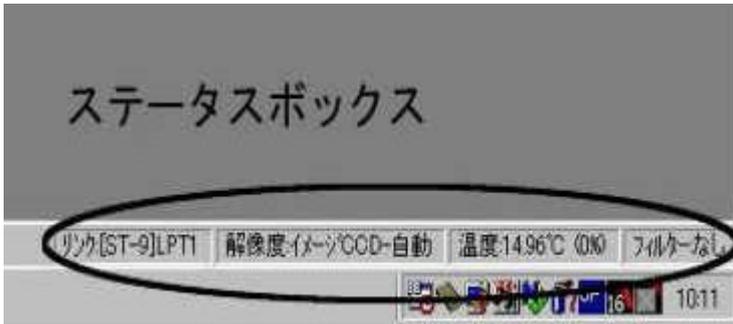
画像処理パソコンの電源ボタンを押して起動します。
電源ボタンを押すと、Windows98 が起動します。



■ カメラ諸設定

冷却 CCD カメラはすべて画像処理パソコンから、専用の制御ソフトを使用して操作します。まず、デスクトップ画面の『CCDOPS4.12J』というアイコンをダブルクリックします。CCDOPS が起動すると、『カメラとの通信の確立』という画面が出てきます。そして通信が確立したらステータスボックス内に各種情報が表示されます。





なお、CCDOPS はアイコンバーを使うことで簡単に操作できます。



アイコンバーは CCDOPS 起動時から表示されますが、表示されていない場合は、以下の手順で表示させることができます。

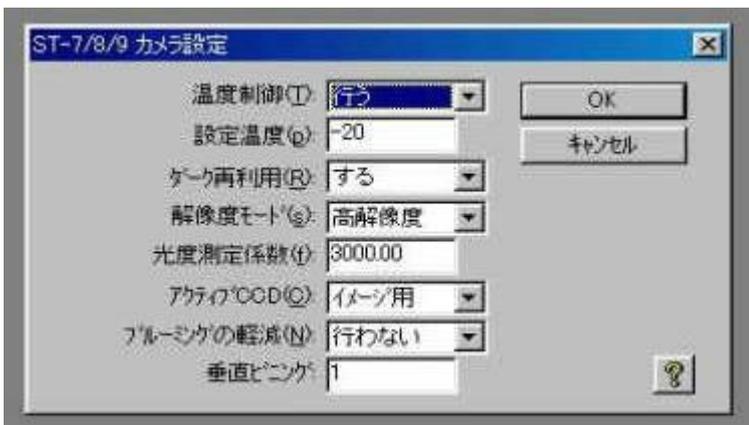
メニューバーの『表示(D)』をクリックし、出てきたバーのなかの『アイコンバー(I)』をクリックします。



つぎに、アイコンバーの左の、『Set up』をクリックします。



すると新たにダイアログが表示されますので、各種数値を入力します。以下その数値を示します。



温度制御(T) : 行う

設定温度(E) : 夏期-10℃、冬期-20℃
ダーク再利用(R) : する
解像度モード(S) : 高解像度 (通常の撮影の場合)
光度測定計数(f) : 3000.00 (デフォルト値のままよい)
アクティブ CCD(C) : イメージ用
ブルーミングの軽減(N) : 行わない
垂直ビニング : 1

これらの数値を入力したら、『OK』をクリックします。これで冷却 CCD の諸設定は終わります。後はカメラが設定温度まで冷却するのを待ちます。冷却温度はステータ スボックスにリアルタイムで表示されます。

なお、**冷却が安定するまで 30 分程度かかります。観測時間を有効に使うため、これら一連の動作は明るいうちに行ってください。**

■大まかなピント合わせ

冷却 CCD カメラのピント合わせは、まず接眼レンズを使って大まかにピントを合わせるころからはじめます。これを行うことでピント合わせにかかる時間を大幅に短縮することが可能です。

具体的には、天頂付近の 1～2 等星ぐらいの星を視野中央に導入し、20mm の接眼レンズを取り付け、ピントを合わせます。(第四章天文台基本操作・第六章参照) **この時、導入した星 (今後基準星と呼びます) は出来る限り視野中央に導入して下さい。**



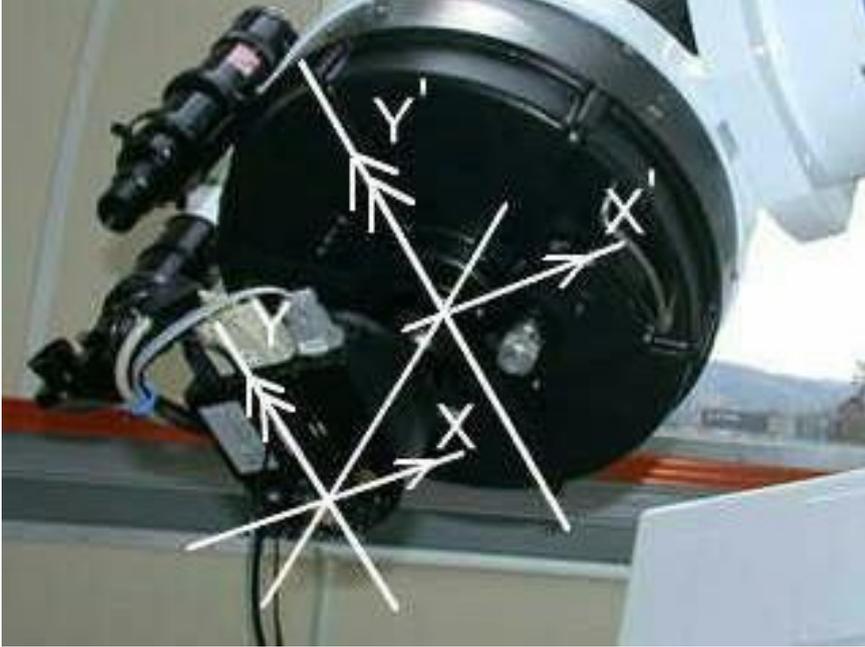
■冷却 CCD カメラの取り付け

まず、冷却 CCD カメラのスリーブに『透明フィルター』を取り付けます。スリーブにはフィルターネジが切ってありますのでそれにフィルターをねじ込みます。フィルターは冷却 CCD ラックの箱の中にあります。



第九章 冷却 CCD カメラ観測

次に冷却 CCD を望遠鏡に取り付けます。スリーブに冷却 CCD カメラを挿入し、接眼レンズ固定ねじで固定します。ここで注意しなければならないのは、**望遠鏡に取り付けるときは必ず以下の写真のように取り付けてください。**このように取り付けることで、CCD カメラの X 軸方向、Y 軸方向が正確に赤経軸、赤緯軸に平行になり、画像処理パソコンに表示される画像は正立になり、天体導入の際に快適に操作できます。



※冷却 CCD カメラを固定する際は、わずかなたわみも許されません。直角に注意して 固定ねじをしっかり締めて固定します。

これらを取り付けたあとは冷却 CCD からのケーブルが垂れ下がっていると思います。そのままだと冷却 CCD カメラに無理な力が働き、また絡まったりして危険なので、以下のように夜間望遠鏡に針金で固定します。



■ピント合わせ

大まかなピント合わせのところで導入した基準星が中央に導入してあることを前提に話を進めていきます。

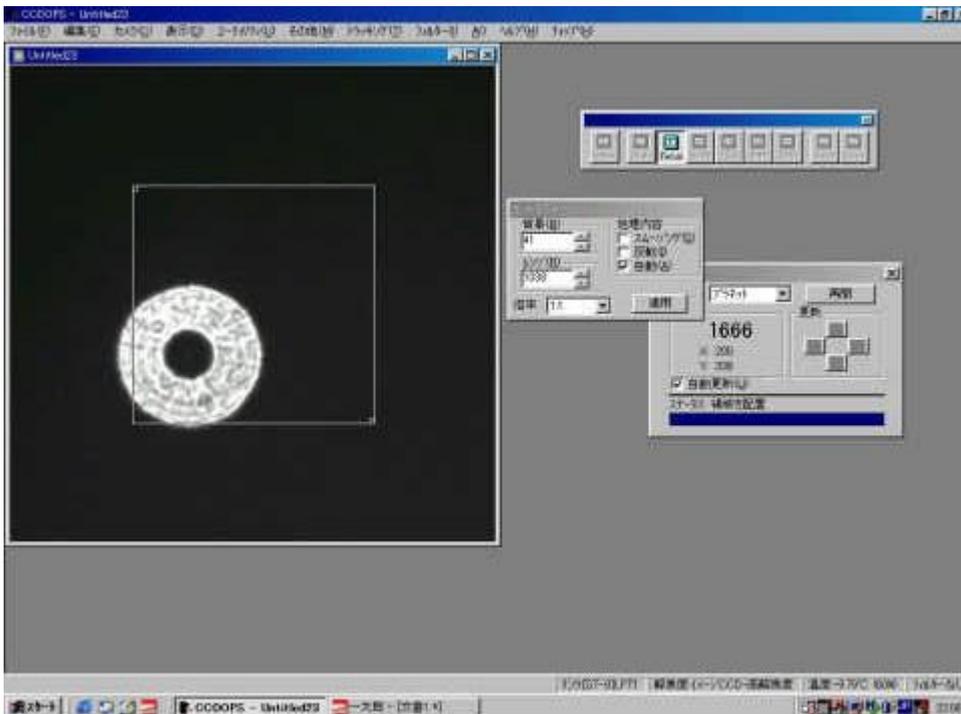


- ① まず、アイコンバーの『Focus』をクリックします。以下のようなダイアログが出てきますので、とりあえず各種設定を以下のようにします。



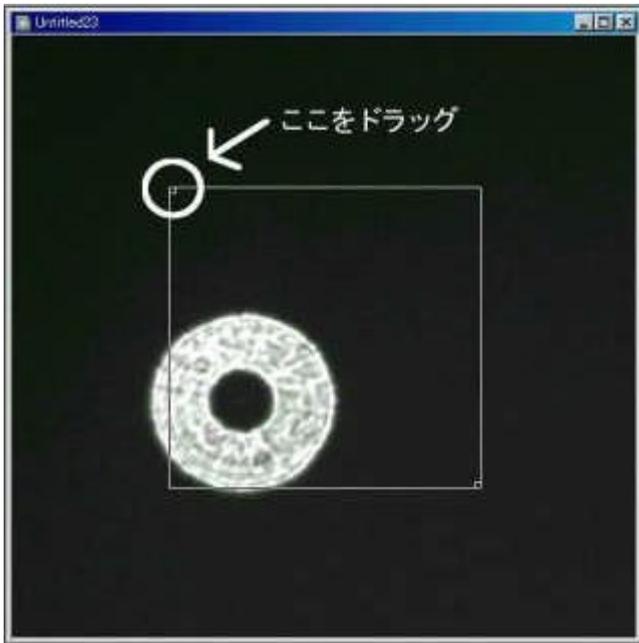
露出時間(E) : 0.4
 フレームサイズ(F) : プラネット
 更新モード(U) : 自動更新
 遅延時間(d) : 0

これらの設定を入力して『OK』を押します。すると撮影が開始され、カメラからパソコンにデータが転送された後に、画像が表示されます。



画像が表示されると、ピンボケな画像が表示されると思います。今後はこの画像を見ながらピントを絞り込んでいくこととなります。

②次にマウス操作にて領域選択を行います。白い囲みが領域選択後の画像です。



白い囲みの隅の小さい四角をドラッグすることで白い囲みの大きさを変更できます。領域が狭いほど画像の転送時間が短縮され、リアルタイムに近いピント合わせが可能になりますが狭すぎると今度は基準星が視野外に逃げてしまうことがありますので、適度な大きさになるように調整します。

③適当な大きさになりましたら、フォーカスダイアログの『再開』をクリックします。



すると今度はビデオカメラのように画像が次から次へと更新されていきます。ピント調節ネジを回して、ピントが合うように（ピンボケの恒星像が小さくなるように）調節します。

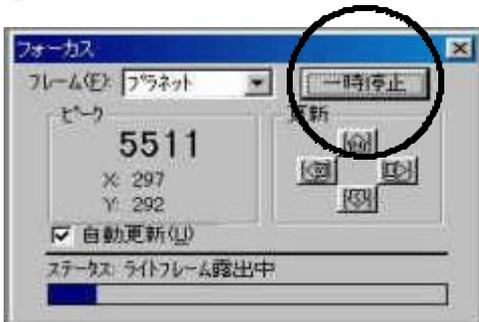
④ここで、『フォーカス』ダイアログに注目します。ダイアログ内の『ピーク』という値は CCD チップ上にある最も明るいピクセルのデータを表示しています。ピントが合っていくに従い、この値が大きくなります。ピント合わせの参考にします。



⑤しばらくしていると、画像の縦方向に白い線が写り出すと思います。これはブルーミングと呼ばれる現象で、こうなると正確なピント合わせは不可能になります。



⑥ですから、いったんフォーカスダイアログの『一時停止』をクリックし、右上の×をクリックします。



⑦次に、望遠鏡を操作して、基準星付近の 5~7 等星の星を導入します。(第四章天文 台基本操作)

⑧5~7 等星を導入した後はまた先の①~④の手順を繰り返します。今度はブルーミングは発生しないと思います。恒星像が一番小さくなり、ピーク値が最大となりましたら、ピントが合ったと言えます。ピントが合いましたら⑥の手順をし、ピント合わせを終了します。

⑨ピント合わせが終わったら、ピント固定ネジを回してピントを固定しておきます。



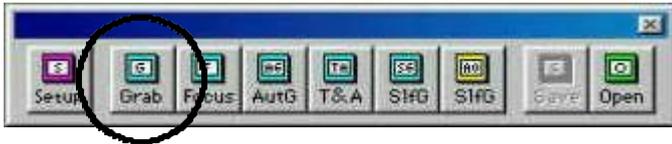
■天体の導入

天体導入の方法は第四章天文台基本操作で述べていますので、ここでは冷却 CCD カメラ特有の導入の微調整の方法を示します

冷却 CCD カメラを夜間望遠鏡に取り付けた場合の実視野は 14.3'×14.3' と、とても狭いと言えます。天文台の自動導入で導入しても、視野中央に目標天体が入ることは皆無に等しいと言えます。そこで目標天体を視野中央に導入するために、『試し撮り』を行います。

『試し撮り』とは、目標天体がかすかに写る程度の短い露出時間で試しに撮影し、ハンドコントローラーを用いて望遠鏡を操作し目標天体を微妙に移動させ、そしてまた撮影し、また望遠鏡を動かし・・・

といった動作を繰り返し、最終的に視野中央に目標天体を移動させることです。その具体的方法は



まず、アイコンバーの『Grab』をクリックします。すると『撮像』というダイアログが出てきますので、それぞれ以下のように入力します。



露出時間(E)	:	30
ダークフレーム(D)	:	撮影しない
画像サイズ(T)	:	フルサイズ
遅延時間(x)	:	0
撮影方法(P)	:	なし

これらを入力して『OK』を押します。すると撮影が開始され、パソコンにデータが転送された後に画像が表示されます。



ハンドコントローラーを写真のように持つ事で、画像処理パソコンに表示された画像とハンドコントローラーの方向が一致します。ハンドコントローラーで右を押せば画像に移っている目標天体は右に移動します。

スピードセレクトスイッチを押して『L』が点灯するようにします。そして、目標天体を動かしたい方向のスイッチを長押しします。8秒間押すことで1'動きます(理論値)。画像のサイズは14.3'×14.3'です。

何秒か数えて、目標天体が中央に移動したと思えば、いったん画像の右上の×をクリックします。『画像を保存しますか』というダイアログが出ますので『いいえ』をクリックします。



ここまでの動作を何回か繰り返し、目標天体が中央に導入できたら導入は完了です。

3. 撮影

冷却 CCD での観測は、先にも述べたように超高感度を生かした、銀河・星雲星団等のクローズアップ撮影を行い美しい鑑賞写真を得ることにあります。美しい写真を得るにはコツがあります。そのコツさえ分かれば、比較的短時間に美しい写真を得ることが可能です。しかし、比較的短時間といえども一枚の鑑賞写真を得るためには、モノクロ撮影なら最低でも 15 分、カラー撮影なら 30 分も必要となります。暖かい服装をし、リラックスして撮影に望んでください。

■撮影対象

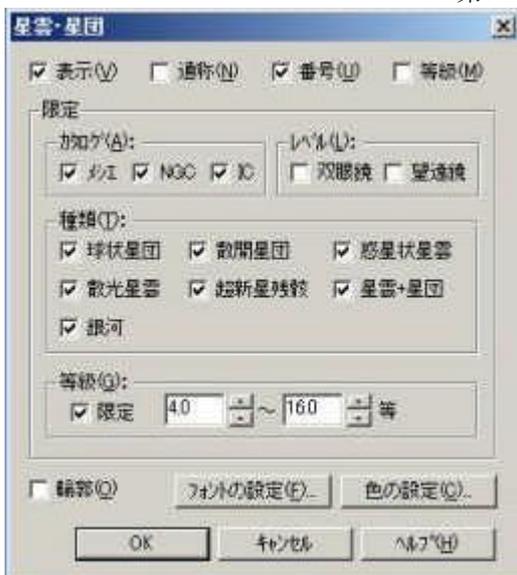
冷却 CCD で撮影する天体は以下の手順で選別します。

- ・ 目標天体の視直径が 12'以下
- ・ 目標天体の等級が 4~16 等星

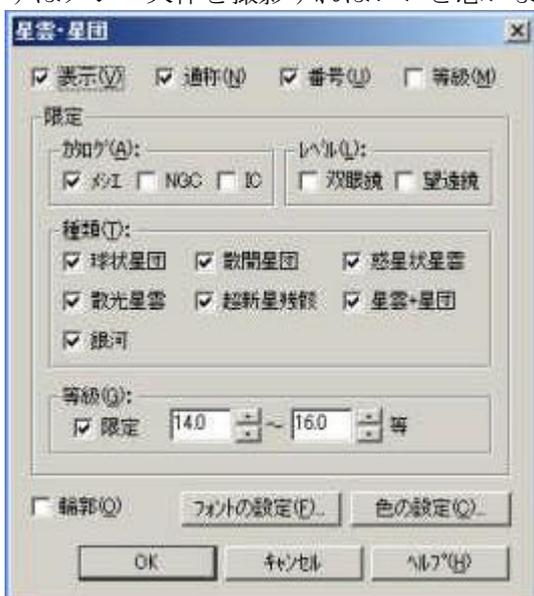
このような天体は、ステラナビゲーターで表示させることが出来ます。制御パソコンにはすでにステラナビゲーターが表示されていると思うので、それを使います。まず、まず、メニューバーの『天体(O)』をクリックし、出てきたバーの中の『星雲・星団(N)』をクリックします。



そして右図のようにそれぞれ入力します。無数の天体が表示されますので、それらが撮影対象となります。



ただし、これだとはっきり言って多すぎてどれを撮っていいのか分からないと思います。ですから、まずはメシエ天体を撮影すればいいと思います。以下にその入力例を示します。



撮影する天体に関しては星雲星団のガイドブックや写真集を参考に事前に撮影したい天体を選別しておく必要があると思います。

美しい鑑賞写真を得るということは、つまり有名な天体を撮影するということでもあります。ハッブル宇宙望遠鏡やすばる望遠鏡の撮影した天体と同じ天体を撮影し、それと比較するというのもおもしろい方法だと思います。

■モノクロ（白黒）撮影

冷却 CCD カメラに搭載されている CCD チップはモノクロ撮影専用です。後述のカラー撮影はこれに赤・緑・青それぞれの色フィルターを用いて波長別に撮影し、後で合成しています。

まずは基本となるこのモノクロ撮影の方法を示します。なお、ここではピントが合っていて、天体が視野中央に導入されている状態だということを前提に話を進めていきます。

まず、アイコンバーの『Grab』をクリックします。



『撮像』というダイアログが出てきますので、それぞれ以下のように入力します。



露出時間(E) : 300
 ダークフレーム(D) : 撮影しない
 画像サイズ(T) : フルサイズ 0
 遅延時間(x) :
 撮影方法(P) : なし

これらを入力して『OK』を押します。撮影が開始され、パソコンにデータが転送された後に画像が表示されます。



次に、この画像を保存します。メニューバーの『ファイル(F)』をクリックし、出てきたバーの中の『名前を付けて保存(A)』をクリックします。すると『名前を付けて保存』というダイアログが表示されます。



そこで以下のように保存場所とファイル名を決めて、保存をします。



保存場所：D：¥天文部¥天体写真¥日付¥撮影天体名
 ファイル名：撮影天体名_露出時間_フィルター色_撮影番号.st9

※日付は 30 時間制で入力します。30 時間制とは、深夜 24 時をすぎても日付は変わらず、そのまま 1 時は 25 時、2 時は 26 時というふうにし、翌朝の 6 時が 30 時となり、そこで日付を変えるという、天文業界ではよく使われる時間制です。

※撮影番号とは、コンポジット合成の関係から同じ構図・同じ露出時間で何コマも撮影するので、それらを整理して保存するために入力します。

入力例：2003 年 3 月 24 日 2 時 32 分から M82 を 5 分間、透明フィルターで撮影した場合
 保存場所：D:¥天文部¥天体写真¥2003.3.24¥M82
 ファイル名：M82_300s_L_01.st9

※ファイル名の最後にある、St9 というのは、拡張子と呼ばれるものです。拡張子がないと画像処理ソフトでそのファイルを読み込めません。忘れずに入力してください。

なおここでフィルター色は

透明フィルター：L (Light)
 赤フィルター：R (Red)
 緑フィルター：G (Green)
 青フィルター：B (Blue)
 赤外線フィルター：I (Infrared)
 紫外線フィルター：U (Ultraviolet)

というように入力します。

すべてを入力し終えたら、ダイアログの中の『保存(S)』をクリックします。これで、一枚の写真が撮影できたわけですが、これだけでは美しい鑑賞写真は出来ません。そこで、**同じ構図・同じ露出時間でさらに 2～4 コマ撮影**します。1 コマの写真には突発的なノイズが多数写っているので、それらを除去（低減）する為に、コンポジットと呼ばれる画像の合成を行う必要があります。何コマも同じ画像を合成し、それらを平均化すれば相対的にノイズが低減されます。

撮影方法は前述と全く同じです。同じフォルダに、撮影番号を変えたファイル名で保存します。

入力例：2003年3月24日22時40分からM82を5分間、透明フィルターで撮影した場合
(2回目)

保存場所：D:\天文部\天体写真\2003.3.24\M82

ファイル名：M82_300s_L_02.st9

最低でも3コマ、時間があれば5コマ程度同じ写真を撮ります。

なお、撮影の祭は必ずパソコン上ではなく、紙のノートに撮影データを記録します。

実際には画像に自動的に撮影データが保存されるので、これは一見非能率的に思えます。しかし国立天文台等でも紙のノートに撮影データを記入しています。これは、**電子上の実体のないデータは何かのトラブルで簡単に失ってしまう事があるからです。また天体写真において撮影データの無い写真に価値はありません。**

撮影データはすべて撮影ノートに記入します。筆記用具、撮影ノートは天文台に置いてあります。天文台での撮影の祭は必ずこの撮影ノートに以下の項目を記録して下さい。

ページのはじめに

- ・撮影年月日 例：2003年3月24日
- ・撮影機材 例：夜間望遠鏡+冷却 CCD
- ・撮影者 例：沖田博文
- ・撮影開始時刻 例：25時23分45秒
- ・露出時間 例：300秒
- ・撮影対象 例：M104
- ・フィルター 例：L
- ・冷却温度 例：-20℃
- ・保存ファイル名 例：M82_300s_L_02.st9
- ・備考 例：途中で薄雲が通過



以上でモノクロ撮影は完了です。

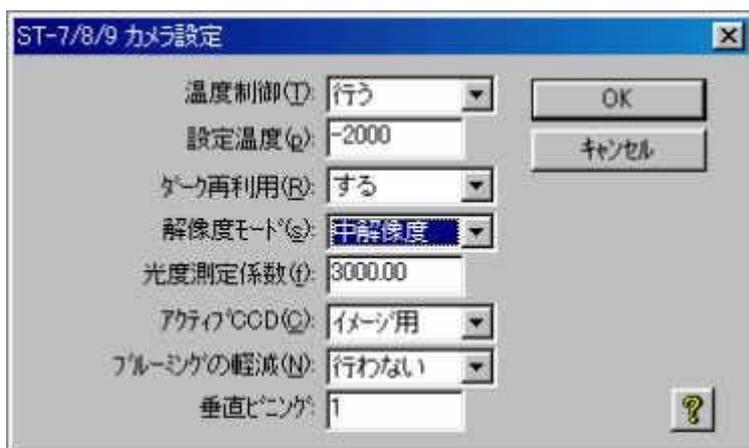
■カラー(LRGB)撮影

カラー撮影はモノクロ撮影の応用的な撮影です。**カラー画像はモノクロ撮影で得た画像に、赤・緑・青の色情報を持った画像を合成して得ます。ですから、まずモノクロ撮影を行う必要があります。**モノクロ画像の撮影はすでに示していますのでここでは色情報を与える、各種フィルターを用いた撮影法を示します。なお、ここではピントが合っていて、天体が視野中央に導入されている状態だということを前提に話を進めていきます。

まず、アイコンバーの左の、『Set Up』をクリックします。



新たにダイアログが表示されます。カラー撮影の際はここ中の解像度モードを変更します。以下その数値を示します。



解像度モード(S) : 中解像度

変更したら、『OK』をクリックします。

つぎに、冷却 CCD カメラを望遠鏡からはずします。この際、写真のように冷却 CCD カメラと夜間望遠鏡の接眼部にテープを貼って再び同じように取り付けられるように することをおすすめします。

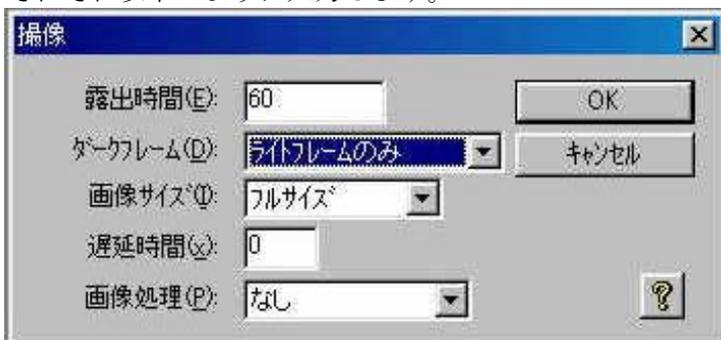


冷却 CCD カメラをはずしたら、スリーブに取り付けられている透明フィルターを外し、そこに赤・緑・青いずれかのフィルターをねじ込みます。色フィルターはぱっと見、色が分からないと思います。光にすかしてみると、赤フィルターなら赤色に見えますのでそうすることで各フィルターを識別してください。

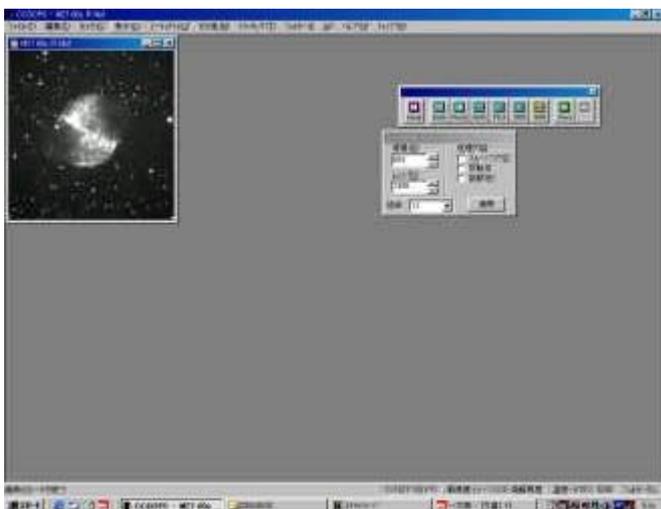


そして、冷却 CCD カメラを望遠鏡の接眼部に元あったように取り付けます。この時、出来る限り厳密に元あったように取り付けてください。

ここまでしますと、後はモノクロ撮影と何ら変わりません。(露出時間はちがいます。) アイコンバーの『Grab』をクリックし、すると『撮像』というダイアログが出てきますので、それぞれ以下のように入力します。



これらを入力して『OK』を押します。すると撮影が開始され、パソコンにデータが転送された後に画像が表示されます。

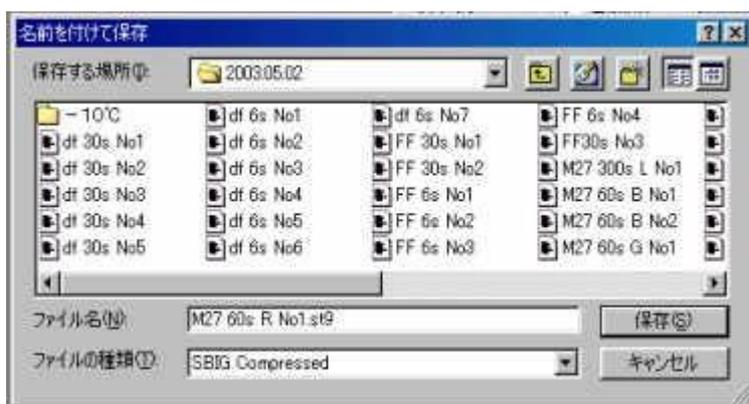


なお、得られる画像はモノクロ撮影の時の画像の 1/2 の大きさしかありません。これは先の解像度を中解像度にしたので、ビニングを行ったからです。これにより解像度は低下しますが感度は増大（この場合だと 4 倍）になります。詳しくは用語解説を参照して下さい。

次に、この画像を保存します。メニューバーの『ファイル(F)』をクリックし、出てきたバーの中の『名前を付けて保存(A)』をクリックします。『名前を付けて保存』というダイアログが表示されます。



そこで以下のように保存場所とファイル名を決めて、保存をします。



保存場所：D：¥天文部¥天体写真¥日付¥撮影天体名

ファイル名：撮影天体名_露出時間_フィルター色_撮影番号.st9

入力例：2003年3月24日22時51分からM82を1分間、赤フィルターで撮影した場合

保存場所：D：¥天文部¥天体写真¥2003.3.24¥M82

ファイル名：M82_60s_R_01.St9

なおフィルター色は

透明フィルター：L (Light)

赤フィルター：R (Red)

緑フィルター：G (Green)

青フィルター：B (Blue)

赤外線フィルター：I (Infrared)

紫外線フィルター：U (Ultraviolet)

というように入力します。すべてを入力し終えたら、ダイアログの中の『保存(S)』をクリックします。

この操作を同じフィルターのまま、さらに 2~4 コマ撮影します。(コンポジット合成するため)

なお、撮影の祭は必ずパソコン上ではなく、紙のノートに撮影データを記録します。

実際には画像に自動的に撮影データが保存されるので、これは一見非能率的に思えます。しかし国立天文台等でも紙のノートに撮影データを記入しています。これは、**電子上の実体のないデータは何かのトラブルで簡単に失ってしまう事があるからです。また天体写真において撮影データのない写真に価値はありません。**

撮影データはすべて撮影ノートに記入します。筆記用具、撮影ノートは天文台に置いてあります。天文台での撮影の祭は必ずこの撮影ノートに以下の項目を記録して下さい。

ページのはじめに

- ・撮影年月日 例：2003 年 3 月 24 日
- ・撮影機材 例：夜間望遠鏡+冷却 CCD
- ・撮影者 例：沖田博文
- ・撮影開始時刻 例：25 時 23 分 45 秒
- ・露出時間 例：60 秒
- ・撮影対象 例：M104
- ・フィルター 例：R
- ・冷却温度 例：-20℃
- ・保存ファイル名 例：M82_60s_R_01.st9
- ・備考 例：途中で薄雲が通過



以上でカラー撮影は完了です。

■フラットフィールドの撮影

冷却 CCD で撮影した画像を見れば分かるのですが、写真の四隅の方は少し背景が中央よりも暗くなっていると思います。また、同じ背景なのに何か少し濃度にムラがあるように見えると思います。これらを除くためにフラットフィールドを撮影し、ある演算によってこの濃度ムラ、周辺減光を除きます。

フラットフィールドの撮影は基本的にはモノクロ撮影と全く同じです。カラー撮影を行ったときは、透明フィルターではないと思いますので、必ず透明フィルターに戻して下さい。また、『Set up』の解像度モード、『Grab』の露出時間も変更してありますのでモノクロ撮影の時と同じ値に再入力します。

このフラットフィールドを撮影する時は、夜も明け、空が白くなり始めた頃でなければなりません。一晩中観測することになるとと思いますので非常に大変ですが、これを撮影しないと美しい鑑賞写真とはなり得ないのでがんばって撮影して下さい。実際の撮影方法を以下に示します。

まず、望遠鏡を天頂に向けます。(第四章天文台基本操作を参照)

そして、夜間望遠鏡のフードを外し、フラットフィールド板(半透明アクリル板)を夜間望遠鏡の上に乗せます。



この状態でモノクロ撮影の手順で撮影を行います。すると写真のような画像が表示されます。



そして、この画像を保存します。メニューバーの『ファイル(F)』をクリックし、出てきたバーの中の『名前を付けて保存(A)』をクリックします。すると『名前を付けて保存』というダイアログが表示されます。



そこで以下のように保存場所とファイル名を決めて、保存をします。



保存場所：D:\¥天文部¥天体写真¥日付¥フラットフィールド

ファイル名：露出時間_F_撮影番号.st9

※FF というのはフラットフィールドの頭文字です。

入力例：2003年3月24日27時34分からフラットフィールドを5分間、撮影した場合

保存場所：D:\¥天文部¥天体写真¥2003.2.24

ファイル名：300s_F_01.st9

というように入力します。すべてを入力し終わったら、ダイアログの中の『保存(S)]ををクリックします。

この操作をさらに2~4コマ撮影します。(コンポジット合成するため)

なおフラットフィールドの時の露出時間は、そのときの空の状態で大きく変わります。薄明が始まったばかりの時だとほとんど何も写らず(写真)、また、十分明るくなってからだと真っ白な写真となってしまいます。(写真)





そこで露出時間を調整して、最適なフラットフィールドを得ます。露出時間の変更はアイコンバーの『Grab』をクリックし、撮像ダイアログの中の露出時間(E)を変更することで可能です。ただし、露出時間を変更する場合は後に同じ温度・露出時間の **ダークフレーム** を撮影する必要があります。

なお、撮影の祭は必ずパソコン上ではなく、紙のノートに撮影データを記録します。

実際には画像に自動的に撮影データが保存されるので、これは一見非能率的に思えます。しかし国立天文台等でも紙のノートに撮影データを記入しています。これは、**電子上の実体のないデータは何かのトラブルで簡単に失ってしまう事があるから**です。また**天体写真において撮影データのない写真に価値はありません**。

撮影データはすべて撮影ノートに記入します。筆記用具、撮影ノートは天文台に置いてあります。天文台での撮影の祭は必ずこの撮影ノートに以下の項目を記録して下さい。

ページのはじめに

- ・ 撮影年月日 例：2003年3月24日
- ・ 撮影機材 例：夜間望遠鏡+冷却 CCD
- ・ 撮影者 例：沖田博文
- ・ 撮影開始時刻 例：25時23分45秒
- ・ 露出時間 例：300秒
- ・ 撮影対象 例：M104
- ・ フィルター 例：L
- ・ 冷却温度 例：-20℃
- ・ 保存ファイル名例：300s_F_01.st9
- ・ 備考 例：途中で薄雲が通過



4. 片づけ



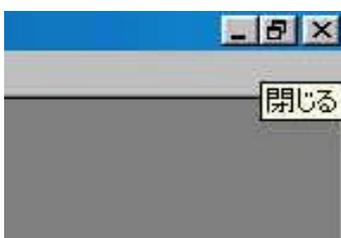
アイコンバーの左の、『SET Up』をクリックします。新たにダイアログが表示されますのでそのなかの温度制御を以下のように設定します。



温度制御(T) : OFF

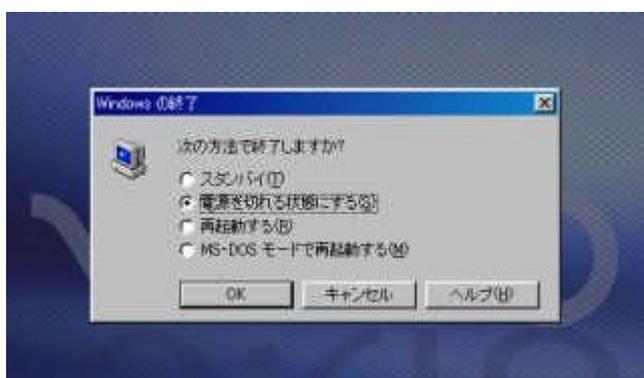
これらの数値を入力したら、『OK』をクリックします。これで冷却システムへの電源供給が停止されます。

これをする事で CCDOPS を終了することが出来ます。右上の×をクリックして CCDOPS を終了します。



CCDOPS を終了させた後、画像処理パソコンを終了させます。

『スタート』をクリックし、『Windows の終了』をクリックします。そして『終了』を選択し、パソコンを終了します。



画像処理パソコンを終了させた後は、撮影準備の逆の手順で片づけます。以下その手順を示します。

1. 冷却 CCD の AC アダプタの電源を切る
2. 冷却 CCD の電源をコンセントから抜く
3. 冷却 CCD を冷却 CCD ラックに納めて机の下にしまう
4. 画像処理パソコンから各種ケーブルを抜く



以上で冷却 CCD カメラの片づけは完了です。天文台の終了の方法は第四章を参照してください。

5. 画像処理

ここで述べる画像処理はすべて基本的な処理です。最低限見栄えのする写真を得るために必要と思われる処理を示していますので、この処理だけがすべてではありません。各自、研究して最良の画像を得るように努力してみてください。

また、画像処理は主に『ステライメージ』というソフトを用いて行います。

■撮影データの扱いについて

冷却 CCD カメラで撮影した画像は、デジタルデータとしてパソコン内に保存されます。ですから**銀塩カメラのようなネガといった実体がありません**。これは**加工もしくは消失してしまうと二度とその画像を復元することが出来ない**ということです。その為、これから述べる**画像処理を行う前にすべての画像をコピーし、違うファイルに保存**します。出来れば観測日毎に CD-R に撮影データをデジタル化した物と共に焼いて保存する事をおすすめします。ただし、画像処理パソコン・制御パソコンとも CD-R ドライブは搭載されていないので、別のパソコンで作業する必要があります。

なお、この説明が分からない場合はパソコンの詳しい人に聞いて下さい。とにかく、**一度失ったデータは復元できません**。それを頭の片隅に置いて、画像処理を行ってください。また、この項目では説明が前後している事があるので、一通り読んでから実際に画像処理を行ってください。

■基本的な画像処理

ここではダークフレーム補正・フラットフィールド補正・コンポジット合成を行います。これらは画像処理と言うよりも、当然しなければならない、画像処理の下準備と考えて下さい。なお処理は複数の画像を一括して処理します。

まず画像処理をする前に、すべての画像に対して行わなければならないのがこのダークフレーム補正・フラットフィールド補正です。用語解説で詳しく解説しますが、ダークフレームとは撮影した画像と同一温度・同一露出時間の画像でノイズのみが写った画像です。撮影した画像からこのダークフレームを引き算することでノイズを消去することが出来ます。フラットフィールドは光学系に由来する視野の濃度ムラや CCD のピクセル固有の感度ムラのみが写った画像です。撮影した画像をこのフラットフィールドで割ることで濃度ムラ・感度ムラを補正することが出来ます。

ダークフレームは温度・露出時間によってほぼ一定であるので金光学園天文部では事前に撮影し、保存してあります。しかし、フラットフィールドは光学系に由来するものも補正するので、観測毎に新たにフラットフィールドを撮影しなければなりません。フラットフィールドの撮影は極めて大変ですから、場合によってはフラットフィールド補正を省略せざるをえないと思いますが、それも仕方ないと思います。**フラットフィールド処理はしていなくても鑑賞写真に耐えうると経験的に断言できます。**しかし、ダークフレーム補正の場合は別です。**ダークフレーム補正をしないととも鑑賞には耐えません。**必ず処理して下さい。

6. 著作権について

金光学園天文台及びその機材を使って撮影したいかなる画像・映像（以下画像と表記）の著作権はすべて金光学園天文気象部およびその画像の撮影者の双方が有するものとする。画像を公開する場合はその画像どこか、またはその画像付近に必ず「金光学園天文 気象部」の名称を併せて明記しなければならないものとする。また、画像を撮影者が個人名義でフォトコンテスト等に出品し賞金を得た場合は、その賞金の半額を金光学園天文気象部に払い、また賞品等を得た場合はその所有権を金光学園天文部に譲渡しなければならないものとする。

その他、個人・団体が画像を天文普及活動に使用したい、或いは個人的趣味の範囲において使用したい使用したい場合はこれを許諾する。但し、その際は金光学園天文気象部にその旨を連絡する必要があるものとする。

7. 用語解説

■冷却 CCD とは

冷却 CCD とは、天体観測に最適化した、一種のデジタルカメラのことです。

■CCD の原理

CCD (Charge Coupled Device) とは、デジタルカメラやビデオカメラなどにも用いられる、光子を電子に変換する半導体のことです。天文分野ではすでに 20 年以上前から使用されていました。CCD は画素 (ピクセル) と呼ばれる小さな受光面の集合からなり、その受光面にあつた光子を電子に変換します。CCD はこの変換効率が高く、またあつた光子の数に比例して電子を生成するという性質があります。電子は各画素内に蓄えられ、ある手順により読み出されます。読み出された電子は、電圧や電流に変換され、適当な処理を経て画面に表示できる画像となります。

■冷却

暗い被写体を撮影する場合、ノイズが大きく影響します。CCD は赤外線にも感度があり、熱があれば必ずノイズが写ります。ノイズの写った画像は S/N 比の悪いざらざらした画像となります。ノイズは熱であるのですから、CCD チップを冷却することでノイズを劇的に減らすことができます。ST-9E には冷却装置としてペルチェ素子が装備されています。ペルチェ素子とは、片面を冷却しもう片面を加熱する性質を持った半導体のことです。このペルチェ素子を使用して CCD を冷却して撮影します。しかし冷却温度は低ければ良いというものではなく、温度が安定するようにします。ノイズの量は温度が同じならば一定なので、後述のダークフレーム補正をする時に都合がよいのです。金光学園天文台では、夏期は-10℃、冬季は-20℃で撮影します。

■暗電流 (ダークノイズ)

電子部品は稼働時に必ず発熱します。CCD チップは赤外域も感度を持ち、この熱を赤外線として検出してしまいます。このノイズのことを暗電流 (ダークノイズ) と呼びます。しかしこの暗電流はペルチェ素子を配することで、そのほとんどをカットすることができます。前述したように温度を下げれば良いと言うものではなく、温度を一定に保つことが重要になります。金光学園天文台では夏期-10℃、冬季-20℃で撮影します。

■ダークフレーム補正

CCD を冷却してもノイズは一部残ってしまいます。この物理的には除去困難なノイズは数学的に除去します。暗電流の量は温度・露出時間が同じならば一定なので、予めノイズのみ写った画像を撮影しておき、実際に撮影した画像からその画像を引き算すればよいのです。数式で書くと

$$A(x,y) = L(x,y) \cdot D(x,y)$$

$A(x,y)$ はダークフレーム補正後の画像、 $L(x,y)$ はライトフレーム、 $D(x,y)$ はダークフレームです。具体的には、まず目標の天体を撮影（この画像をライトフレームと呼びます。）し、それから同じ温度で真っ暗な何もない画像（これをダークフレームと呼びます。）を撮影し、パソコン上で引き算をします。この演算は CCDOPS という、冷却 CCD 専用の制御ソフトを用いて行います。ここで重要になるのは、冷却温度を出来る限り一定に保つことです。前述の通り暗電流の量は温度によって変化しますので、温度が違えばこの演算は意味をなさなくなります。金光学園天文台では撮影時間確保のため 予めダークフレームを撮影してあります。それを使用するためにも、温度は夏期-10℃、冬季-20℃でライトフレームを撮影します。なお上記の式は行列式です。

■フラットフィールド補正

フラットフィールドとは、均一な光景の写野を撮影し CCD 素子の画素の感度のばらつき（個体差）や光学系のひずみ・周辺減光などの撮影時のばらつきを取り除くために行います。処理の方法は、まずタークフレームを削除した画像を用意します。この画像を撮影した機材を使って、均一な光量をもつ壁面やスクリーンを撮影し、先の画像とは別にフラットフィールド画像をファイルとして保存します。ただし、実際には均一な光量を持った面は非常に得にくいもので、通常は撮影に用いた望遠鏡の筒先に乳白色の亚克力板等を取りつけ、薄明中に空を撮影します。こうして撮影したフラットフィールド画像は、コンピュータの画面上で無階調の画像となるはずですが、実際には感度ムラや周辺減光を含んだ画像となります。実際のフラットフィールド処理では、ダークフレーム処理の終わった画像に対して次のような演算を行います

$B(x,y)$ がフラットフィールド処理後の結果で、 $A(x,y)$ は前述のダークフレーム補正をしたライトフレーム、 $F(x,y)$ はフラットフィールド、 $D(x,y)$ はダークフレーム。 k は比例定数で一般的にフラットフィールド画像の明るさの平均値を取ります。これにより、得られた画像は画素のばらつきや背景・光学系の補正済のものとなります。

フラットフィールドは望遠鏡を含めたすべての撮影条件をそろえなければいけません。フラットフィールドの撮影は、ライトフレームの撮影後の薄明中に撮影します。

■ビニング

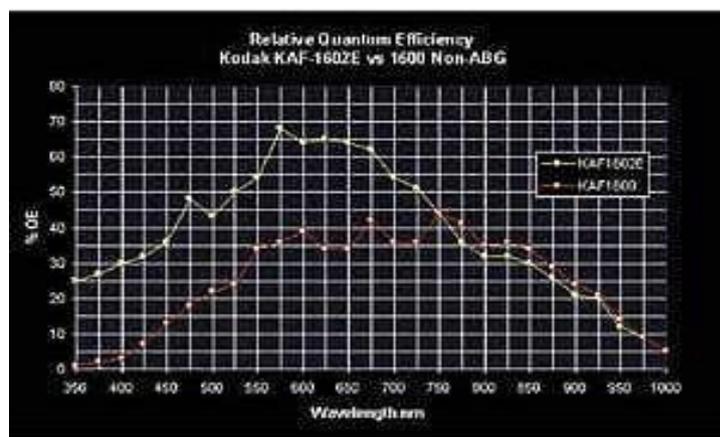
複数の画素を組み合わせ、見掛け上 1 つの巨大画素として扱うことをピニングといいます。ビニングを行うと見掛けの画素数が減少し、解像度が低下しますが、受光感度は飛躍的に向上します。ST-9E では縦方向 2 個×横方向 2 個の 2×2 ビニング、及び同じく 3 個×3 個の 3×3 ビニングが可能です。とくに LRGB 撮影の時に使用します。

■ スペクトル特性 (感色特性)

ST-9E に採用されている CCD チップの、光の波長別の感度をグラフに示します。

これは LRGB 撮影に必要な要素となります。グラフの黄色の線が ST-9E の感度曲線です。

(画像著作権 : SBIG)



■ カメラ

ST-9E は本体に CCD、ペルチェ素子、シャッター回転板などが内蔵されています。それらはすべてパソコンで制御します。カメラとパソコンはパラレル (プリンタ) ポートを利用して接続します。パソコンには、予めインストールしておいた CCDOPS という専用制御ソフトを用い、すべてのカメラ操作を行います。つまり、冷却 CCD カメラで一番重要になることは制御ソフトの使い方をマスターすることにあると言えます。これは通常のカメラでもその使い方を知らないと写真が撮れないことに等しいことです。

※ここに書いていないことは、各種専門書を参考にしてください。