

## はじめに

### このマニュアルのねらい

このマニュアルでは、**CCD** を用いて **FITS** フォーマットを取得する、つまり撮影の方法を説明しています。できた FITS フォーマットをどのようにして処理するか(要は画像処理)というのはこのマニュアルに書くところではないかもしれませんが、別の機会に行います。なのでこのマニュアルは、自分で冷却 CCD で撮影してみたい方を対象にしています。

### 心構え

ご存知かと思いますが、冷却 CCD は非常に高価なものです(別名“ご本尊様”と呼ばれる所以)。なので、使うときは気をつけて丁寧に扱います。

更にカラー画像を撮るためのカラーフィルターは、ほどほどに高い上に非常にデリケートです(ちよつと曲げただけで割れるらしいです)。なので、カラーフィルターを使う時は更に気をつかいましょう。使ってみると分かりますが、気楽に使えるんじゃないです(それ故“フィルター様”と呼ばれています(笑))。「自分は不器用だ！」と胸を張って言える人は一人で使わない方が無難だと思います。

とちよつと大げさに言いましたが、経験上怖がったまま使用するのが一番危険です(ので、ある程度肩の力を抜いて使うのがよろしいです。まずは私や MI の田中君、山口さんなど慣れている人がついた上で扱い、操作に慣れていきましよう(私は最初はフィルターに嫌われていました。割れてもいないのに“ベキッ”と妙な音がしたことが…))。

### 冷却 CCD で撮れるもの

冷却 CCD は主に星雲・星団などの暗く、淡い天体を得意としています。肉眼ではなかなかお目にかかれない美しい星雲像などを写すことができます。

逆を言えば、明るい天体には特別強みをもっているわけではありません。なので、月や木星など非常に明るい天体には向ける必要はないでしょう(暗黒の了解として、月や惑星には向けないことになっています。太陽なんかは言わずもがなです)。月なんかは携帯で撮った方が綺麗に移るし楽しいので、携帯でどうぞ(笑)

まとめると、冷却 CCD は基本的にはどんな天体も撮ることができますが、暗い天体を撮った方が能力を最大限に発揮できます。

余談ですが、はじめのうちは球状星団や昴直径の大きい(15 以上ぐらいい銀河を撮ることをお奨めします。特に球状星団は他の天体と比べて楽に綺麗に写り、見栄えがするので、練習するには絶好の天体です。

## よく出てくる用語集

このマニュアルに出てくる、もしくは出てこないけど関連した Web サイトや本を読む上でよく出てくる用語を解説します。

### 口天文・冷却 CCD 特有の用語

#### CCD

**Charge Coupled Device** の略で、一言で言うてしまえば“電子の目”です。カメラの一種と  
思ってください。他の似たようなものとして CMOS があります。取り扱いや感度の面か  
ら、天体撮影には CCD が多く使われます。(ただ最近は CMOS の出荷量が CCD を超  
えたとかなんだ...) )

知っておいで欲しいのですが、こういう画像を撮るもの(撮像素子と言います)は元々は  
全て白黒でしか撮れません。銀塩カメラ(フィルムのカメラのこと)にしろ CCD 等にしろ、  
いろいろ工夫してカラー画像を作り出しているのです。

なお、屋上にある冷却 CCD(BITRAN BJ41L)はモノクロです。カラー画像を得るには、  
別の手段を用います(「撮影関係」の「カラーフィルター」の欄を参照)。

#### FITS

**Flexible Image Transport System** の略で、天文の世界で標準として使われている画像  
形式です。拡張子は通常“**fits**”です(fits だったり fit だったりするとき)。撮影した画像  
は基本的にこの形式で保存することになります。というよりこの画像で保存すべきです  
(冷却 CCD 本体のマニュアルには真逆のことが書いてありますが、気にしないように)。  
この画像形式を扱える市販ソフトは多くはありませんが、Windows ならステライメージ・  
マカイク・Photoshop(Elements は×)、Linux なら GIMP・IRAF などがあります。まずは  
無料のマカイクを試してみるとよいでしょう(天文台と準備室のパソコンにはステライメージ  
4が入っていますので、ご利用下さい。5 もあります)。

### 口撮影関係の用語

#### サチる

英語で「飽和」を意味する単語であるサチエート(saturate)を日本語っぽく動詞化(?)  
してできた言葉です。

ピクセルに入ってきた光の量が多すぎて、ある一定以上カウントできなくなった状態のこ  
とを指します。周りの明かりが強すぎるか、露出が長すぎるもしくは対象天体が明るすぎ  
ると起きます。

ちなみに仕事などで忙しすぎて頭が回らなくなった人のことを「サチってる」と言うこともあ  
ります(笑)

たぶん冷却 CCD 関係で一番多く使われている単語です。

#### ビニング

複数のピクセルを 1 つのピクセルとして扱うことを言います。例えば正方形の 4 ピクセル

を 1 ピクセルとして扱います(この場合 2x2 ビニングです)。これを行うと、解像度は 1/4  
になりますが感度が 4 倍になるので、露出が少なくて済みます。ついでに読み出  
すときのノイズも強くなりますので、短い露出時間でもビニングしないと比べてそれな  
りに写ります(わけわかんないって方は、画像が小さくなるけどよく写る機能だと思っ  
てください)。

最近ではカラー画像はビニングで、輝度情報のみはモノクロ画像をビニングなしで撮影し  
て、LRGB 合成(「画像処理関係」の項を参照)をするのがトレンドのようです。

#### 流れる

追尾がうまくいかず、撮影した星が全て流星みたいに流れている状態のことを言いま  
す。露出時間が長すぎるとこうなります。

#### カラーフィルター

モノクロの冷却 CCD でカラー画像を得るために必要なものです。光の三原色の原理で  
カラー画像を得ることができます。

フィルターには、主に色素型と干渉型の 2 種類があります。一般に後者の方が透過率  
が高く高性能ですが、高価です。屋上には干渉型のカラーフィルター(L+RGB)がありま  
す。

余談ですが、星の光を測るフィルターは Johnson UBVRi フィルターと呼ばれるものが  
使われます。現在のところやまがた天文台にはありませんが、いつか入ることを祈りま  
しょう(笑)

### 口画像処理関係の用語

#### ダークフレーム(ダーク補正)

天体画像に混ざっている CCD 自身が作るノイズを除去するために使う画像フレーム、ま  
たその処理のことです。

#### フラットフレーム(フラット補正)

CCD のピクセルごとの感度差、また CCD 上に付着しているホコリによる影を除去するた  
めに使う画像フレーム、またその処理のことです。

#### コンボジット

加算平均と呼ばれる処理で、複数の画像フレームを足合わせて平均を取り、一枚の滑  
らかな(精度の高い)画像を作る処理です。綺麗な画像を撮るためには絶対に必要なテ  
クニックです。

#### RGB 合成

モノクロの画像から、カラー画像を作り出す方法の一つです。光の三原色である R,G,B  
それぞれのフィルターを通して撮影したモノクロ画像を合成して、カラー画像を作るとい  
うわけです(ものすごく碎いて言うて「赤、緑、青の光がこのくらい来てるんだから、多分こ  
んな色してるんじゃない?」というわけです)。

#### LRGB 合成



名前は上のと似ていますが、こちらは方法と言よりテクニックです。

人間の目は色の変化に鈍感であることを利用して、ピニンクせずに撮影した高解像度の輝度情報(モノクロ画像L 画像といいますが)に、ピニンクを利用して撮影した低解像度のカラー画像(RGB 画像)を合成して、綺麗な画像を少ない時間で得ることができます。

個人的意見ですが、球状星団などの明るい天体にはこのテクニックを使わない方がいいような気がします。どうも明るい天体にこれを行うと、色が変わってしまっています。

#### 疑似カラー

別名偽カラーとも言います。通常、モノクロ画像 1 枚から色がついた画像にしたものこのと言います。

RGB 合成で得たカラー画像は人間の目で見たと近い画像ですが、疑似カラーの画像は、モノクロの写真から天体の形などを視覚的に分かりやすくした画像というところ

です。他に、RGB の R の代わりに H  $\alpha$  を合成したものでかい天文台が公開している画像がよく見ます。これも疑似カラーの一種といえます。

#### ロバコンと共通する用語

##### ピクセル(画素)

画像を構成する点一つ一つのことです。ロバコンやテレビの画像は、ピクセルの集まりで表現されています。テレビに目を近づけると赤・緑・青の縦線がずらりと並んでますよね？(あと、水滴がテレビについたときどきに見えます) あれのことです。

余談ですが、液晶などの世の中のカラナーな映像機器は、ほとんど(多分全て)赤・緑・青の強さによって色を表現しています。更に脱線すると、印刷屋さんはふつうシアン・マゼンタ・イエロー・ブラックのインクを使います(色の三原色+黒)。

##### バッチ処理

複数のファイルに対して、共通した処理を行うことです。

冷却 CCD の場合、コンボジット(画像処理関係)の項を参照するときは多数のファイルに対して共通するダメージ・フラット補正をする必要があるので、この機能を使うと手間が省けます。いいダメージ・フラット・フラットフレームを作るときも、バッチ処理が役に立ちます。

#### ロバコンのみで通じる用語

##### 不健康な天体

主に真夜中や夜明け直前に昇ってくる天体のことを言います。例えば 12 月に撮る M13 (夏の星座であるへラクレス座にある球状星団)とか、明け方に昇ってくる彗星とか…。こういったのを撮るには夜更かししなければならなので、不健康という言葉がっついてるわけです(笑)

#### ご本尊様

冒頭でもちょっと触れましたが、冷却 CCD 本体のことです。非常に値段が高張るので、冷却 CCD が入った当初からこのように呼ばれています。

#### 4 年生卒業研究用のメモ

卒業研究でやるというかな、というのをここにメモっておきます。小天会員の方にはあまり関係ないかもしれませんが、研究してみたことをしてみたい方は参考にして下さい(柴田先生に相談した方が早いかも)。

##### □基礎研究(晴れないときの学習法)

●関連した論文や本を読んでみる(本はまずは日本語の本を読んで世界を理解した後、オクラホマ大学天文台が書いたものを読みましょう。研究室に置いてあるはずです)

●標準光源・積分球を用いたリニアリライの測定(2005 年度卒業生はボームのランプでやりましたが、変光してるようまく出ませんでした)

●正確なフラットフレームの取得方法の探求

●去年以前に撮られた画像を用いて、画像処理・解析の手法を勉強

##### □研究のネタ

●星団の HR を用いての年齢推定(2005 年度卒業生が散開星団 M37 で行いましたが、結局うまくいきませんでした。ただいろいろとプロバイスできるので、私に相談してください。まずは論文 [Mader&Meynet, 1991] で議論されている天体でやるといいと思います)

●変光星の光度曲線(Light Curve)を作り、周期を測定

●(上の応用)セフィイド型変光星の周期-光度関係を用いた距離の測定

●(もし出たら)In 型超新星を利用した銀河までの距離推定

●単純に綺麗な写真の取り方の追求

## 撮影

### 撮影の手順

基本的には以下の流れで進みます。

### 撮影前の準備

#### ❑冷却 CCD を取り付ける前に

冷却 CCD を取り付ける前に、まずは 15cm 望遠鏡の自動導入の準備をおこないます。普通に肉眼で星を見ると同じように準備して下さい。ただし、アイピースはつけなくていいです。冷却 CCD での撮影は、通常アイピースを必要としません(焦点撮影と言います)。

#### ❑望遠鏡への取り付け、ケーブルの接続

ケースから冷却 CCD 本体、電源、通信ケーブルを取り出して下さい。

冷却 CCD 本体を取り付ける前に、必ず望遠鏡に図 1 のパーツを取り付けて下さい。これを取り付けないと絶対にピントが合いません(ちなみに延長筒と言うらしいです)。落ちるといけないので、ネジはしっかりと締めて下さいね。図 2 のようになっていれば OK です。これに冷却 CCD を取り付けてください(ネジが一本しかないので確実にね)。取り付け終わったら、冷却 CCD 本体を插してみて、しっかりとついているか確認してください。

次に、電源と通信ケーブルを冷却 CCD 本体に接続します。両方とも、上下に気をつけて接続して下さい(なかなかに刺さらないで、力ずくでやるのは厳禁)。

図 3 のようになっていれば完了です。冷却 CCD の電源を入れて下さい。電源が入ると冷却 CCD 裏のランプが点灯します(つかない時は電源の接続の確認を。たまたに AC アダプターのピンが外れているときがあります)。

#### ❑パソコンとの接続

取り付けが終わったら、次にパソコンと接続します。

左下のスタートボタンから"プログラム"→"BITRAN CCD CAMERA BI シリズ"と進み、"USB コントロールソフト"を起動します。うまくいっているなら、図 4 のウインドウが表示されます。

初めて撮影する方は、ここから先は自動手順ウィザードで撮影するといでしょう。手順に従っていただけで撮影できます。上のメニューから"設定(S)" →"自動手順ウィザード(A)"...で実行できます。

以下は、自動手順ウィザードを使わない方法を解説します。

#### ❑CCD の冷却

冷却 CCD というくらいですから、接続したらまずは冷却しましょう(ちなみに冷却しなくても撮影はできます)。

上のメニューから"設定(S)"→"冷却セット(C)"→"ウインドウ冷却設定(S)"を実行します。すると SSI が出てきます。

温度などがすでに入力されていますが、これは冷却 CCD が現在の気温から最適な冷却温度を割り出したものです\*。なので、このまま"冷却ボタン"を押します。すると冷却し始めるので、冷却が終わるまでしばし待ちましょう。冷却が終わるとその旨が表示されます。

#### ❑ピント合わせ

続いてピント合わせを行います。

その前に望遠鏡を適当な星に導入して下さい(余談ですが、0.5 秒程度の露出でも 1 等星どころか 5 ～ 6 等星くらいでも明るすぎて確実にサチります)。感覚的には 8 ～ 9 等星くらいが適当に思えます。

ピント合わせではフォーカスモードを使うと楽にできます。フォーカスモードにするには上のメニューから"撮影(P)"→"フォーカス(F)"を実行します。そうすると SS2 のような画面になるはずです。

ピントノブを回して、星の大きさが一番小さくなるようにしたら止めてください。一番小さくなったと思ったらピントをロックしてください。

#### ❑試し撮り

ここまでできてやっと撮影に近づいてきました。いざ目標天体に向けてみます。今回は試しにヘラクレス座の球状星団(M13)を撮ってみましょう。

ステラナビゲータで望遠鏡を M13 に向けます(この辺は説明いりませんね)。望遠鏡が止まったら、ピント合わせで使ったフォーカスモードで対象天体が写っているか確認してみましょう。

さて、何が写っていましたか？ 画面内に星がびっしり固まっているものがあれば、うまくいっています。その場合以下の項目はすつとばしてうまいってない時の画像はたいたい以下のノターンに分けられます。該当するものがあれば、そのチェック項目を調べて下さい。

#### 真つ暗な画像

1)望遠鏡の蓋、冷却 CCD のフィルター取り付け部分がちゃんと閉まっているか(一番あり

\*1 やみくもに低い設定温度にすればいいというわけではありません。現在の気温から 20℃低いくらいが適当なようです。



がちなミス)

2)ドーム内部の光が明るすぎないよう基本的にはドームを真つ暗にして撮りましょう

#### 左右の両隅が極端に明るい画像

冷却 CCD のファインダー取り付け部分が開いていませんか？ 開いている場合は、最初についていたパーツを取り付けて下さい。

#### 白いざらざらした画像・黒い大きな斑点がある画像

黒い大きな斑点は、CCD 上についてたホコリの影です。擦れているわけではありません。

1)ドームのズリットは開いているか

2)ドーム内部の光が明るくないか

星らしき点はあるが、それ以外は上と同じような画像。左上と上やや右が、うつすらと明るい画像

天体によってはそれが正常です。銀河などの暗い天体に対してフォーカスモードを使うと、そういう画像になりやすいです。自動導入がうまくいっていないだけかもしれないので、周囲を探索してみましょう。

左上と上やや右の部分がうつすら明るくなるのは、どうもこの CCD のダークノイズの特徴のようです。ダーク補正をかければ消えますのでご安心を。

球状星団なら大丈夫なのですが、対象天体が銀河の場合、冷却 CCD が対象天体を捕らえていても、画面に表示されないことがあります<sup>2)</sup>。周りの星が見えているのなら、ハンドコントローラーで望遠鏡を少し動かしてみして下さい。銀河を捕らえていければ、動かしただときにもやつとしたものが出てきます。出てこなければ捕らえてない可能性が高いので、ファインダーを使ってあわせるなり周囲を探索したりしてみしましょう。捕らえたと明らかに星じやないものが写るはずですが(迷ってしまったらパソコンで再導入するともとの位置に戻ります)。

この辺はちよつと勘が必要です。いくらやつても見つからないときは、近くのファインダーでも見えるような明るい星で同期してから、対象天体に向けるといいでしょ。この手を使うとだいたい一発で導入できます。以下見つけたとして話を進めます。

#### 口片付け

撮影が終わったので、片づけ方を説明します。

\*2CCD が受け取った光を全て画面上に表示すると、天体の光が弱いのでほとんど画面上に表示されません。なので、普通はあるカウンタ数からカウンタ数の範囲を表示しています。このカウンタの範囲内に天体からの信号がなければ、表示されないというわけです。表示する範囲を変更する方法もありますが、写っているか確認するには少し動かし方が楽です。

基本的には準備した時と逆のことでして元の状態にすればいいのですが、いくつか注意が必要な点があります。

1)冷却 CCD とパソコンを切断するときは必ず「USB コントロールソフトの終了→冷却 CCD の電源を切る→パソコン側の USB 端子を外す」の順に行ってください。いきなり USB 端子を抜いたり、撮影しているのに電源を切ったりするのは絶対にしないです。

2)冷却 CCD 側の電源コネクタはヤケに固いです。なかなか外れないですが、力づくで外したりはしないようにしてください。

3)コード類をまとめるときには、次に使う人が使いやすいようにまとめましょうね。