

基礎天文学観測実習  
小望遠鏡による基礎観測実習 レポート

佐藤一樹  
学籍番号：05-152005

実習日時:2015年10/8,10/30,11/5,12/3,12/22

実習場所:東京大学天文学研究センター

実習担当教員:本原顕太郎先生

## 概要

21cm カセグレン望遠鏡および CCD カメラを用いた観測を行い、そのデータを解析してシステム効率・等級原点を求めた。

## 1 観測

### 1.1 観測装置

使用した望遠鏡、CCD カメラについてまとめた。情報は実習の HP を用いた。鏡筒はタカハシの  $\mu$ -210 という 21cm 反射望遠鏡を用いた。この鏡筒は今年度の観測実習から使い始めたものである。

表 1: 鏡筒の仕様

口径	210mm
焦点距離	2415mm
プレートスケール	85.3 arcsec/mm

また、本来はドーム内で観測を行う予定だったが、ドームが故障しておりドームが開かなくなってしまったため、ドームの横に三脚を立てて観測を行うこととなった。三脚と赤道儀は Vixen のものを用いた。赤道儀は自動導入・自動追尾機能付きであったが、自動導入にはかなりの誤差があった。北極星にきちんと合わせておいても、ファインダーの視野内にも収まらなかった。何か他に誤差の原因があるのかもしれない。

CCD カメラは Finger Lake Instrumentation 社の Proline PL4021 を用いた。仕様は表 2 に載せた。

表 2: CCD カメラの仕様

フォーマット	2048 × 2048
アレイサイズ	15.2mm × 15.2mm
ピクセルサイズ	7.4 $\mu$ m × 7.4 $\mu$ m
Full Well	40000e <sup>-</sup> /pix
量子効率	55% (500nm), 40% (600nm)

## 1.2 観測前の準備

Stellarium を使って観測したい天体を探した。また、望遠鏡のセッティングを行った。

## 1.3 実際の作業内容

10/8

実習の簡単な説明の後、望遠鏡・赤道儀をドームから取り外し、ドームの外に設置。また、CCD カメラのフィルターホイールにフィルターを取り付けた。その後、軽く観測を行ったが、車用の携帯電源を使っていたところ出力不足のため、自動追尾させると出力不足で電源が落ちてしまうという問題があった。この時は望遠鏡でとりあえず撮影できるか試してみようというスタンスであり、観測データは全くログを取っていなかった。そのため、この日のデータは解析に用いることはできなかった。

10/30

観測する天体を Stellarium で探した。距離の分かった 2 星を観測することでピクセルスケールを調べることをこの日の目標とした。しかし、かなり雲が多く肉眼では 1 等級クラスの星しか見られない状況であった。この日は電源としてバッテリーを用いた。バッテリーを用いることで、撮影したデータに入る雑音を減らすことができた。これは、コンセントから取得するときの 50Hz の交流による雑音を取ることができたためだと考えられる。雲ってはいたがベガと  $\beta$  アンドロメダを V バンドで観測した。 $\beta$  アンドロメダは雲により肉眼では見られなかったため赤道儀の自動導入機能を使って導入したが、自動導入機能には誤差があり、ファインダーにも収まっていなかったため、望遠鏡を少し手動で動かし近くの星で色が似ているものを  $\beta$  アンドロメダだろうと考え撮影を行った。そのため、もしかしたら  $\beta$  アンドロメダではない可能性もある。(後述)

11/5

観測の準備をするも、準備中に鏡筒を落としてしまい鏡筒を壊してしまった。原因は赤道儀と鏡筒をつなぐボルトの締めが緩かったこと。かなりきつく締めないと固定されないようであった。きちんと像が取れなくなってしまったため、そのまま終了。

12/3

望遠鏡が修理から戻らないため、解析を行った。

12/22

望遠鏡がちょうど修理から戻ってきたものの、時間などの関係で解析を続けて終了。

## 2 測光

まず、CCD カメラで取得した fits ファイルの画像を ubuntu に取り込んだ。ds9 で表示した画像は図 1 のようになった。横縞はバッテリーをコンセントにつないでいたため、交流電源の周波数の影響

と考えられる。今回の解析ではベガのデータを用いた。

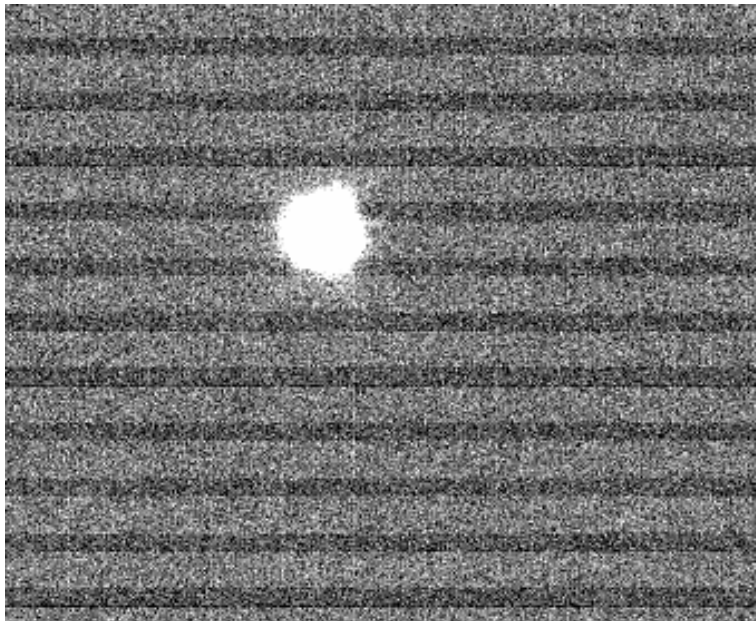


図 1: 撮影したデータ (ベガ)

iraf の apphot パッケージを用いて CCD で得られたベガからの光子カウント  $N$  は、588376 個となった。

### 3 実習課題

#### 3.1 フィルタの透過率

フィルターは、V バンドフィルターを用いた。実習の HP のデータを用いて透過率をプロットすると図 2 のようになった。このフィルターのデータを表 3 にまとめた。

表 3: フィルターの特性

中心波長 ( $\lambda_{eff}$ )	517nm
半値全幅 ( $\Delta\lambda$ )	83nm
平均透過率 ( $T_{eff}$ )	74.19%

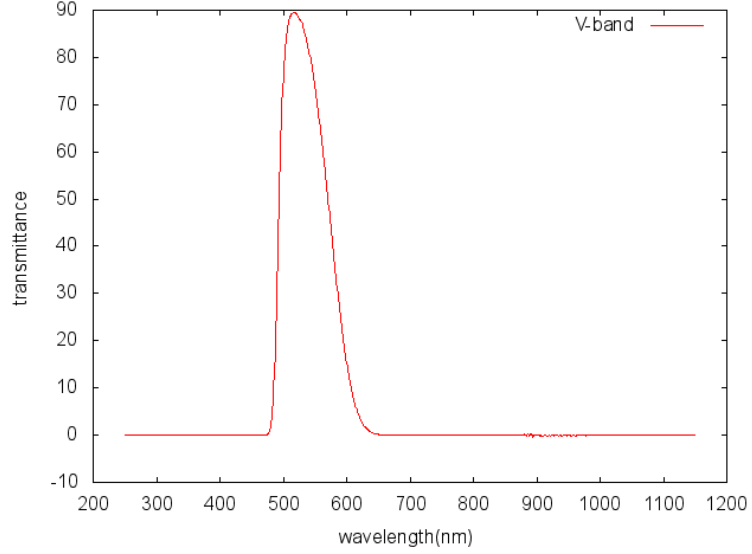


図 2: V バンドフィルターの透過率

### 3.2 カメラの視野とピクセルスケール

望遠鏡の焦点距離 (2415mm) と CCD のピクセルサイズ (7.4 $\mu$ m) から、ピクセルスケール (arcsec/pixel) を計算すると、

$$\frac{d}{f} = 3.06 \times 10^{-6}(\text{rad/pix}) = 0.63(\text{arcsec/pix})$$

と求まった。本来は間隔の分かった 2 つの星を撮影し、その距離とピクセル数を比べたかったが、雲のため星があまり見えず、星を同定することができなかつたため断念した。

### 3.3 システム効率

#### 3.3.1 理論

システム効率とは、望遠鏡に入射した光子のうち CCD で検出された者の割合である。天体から望遠鏡に入射した光子数  $s_i$  は、

$$s_i = \pi \left( \frac{D}{2} \right)^2 \frac{\Delta\lambda F_\lambda}{h\nu} \quad (1)$$

と計算できる。また、 $F_\lambda$  は

$$F_\lambda = \frac{d\mu}{d\lambda} F_\nu = \frac{c}{\lambda^2} F_\nu$$

であるから、(1) 式の  $s_i$  は

$$s_i = \pi \left( \frac{D}{2} \right)^2 \frac{\Delta \lambda F_\nu}{h \lambda} \quad (2)$$

と  $\lambda$  の式で表せる。

(1) 式に  $D = 0.21\text{m}$ ,  $\lambda = 5.17 \times 10^{-7}\text{m}$ ,  $F_\nu = 3636\text{Jy} = 3.636 \times 10^{-23}\text{W}/(\text{Hzm}^2)$  を代入して  $s_i$  を計算すると、

$$s_i = 3.06 \times 10^8 \text{個/s}$$

と求まった。CCD で生じた電荷の数を  $n_i$  とおくと、システム効率  $\eta$  は

$$\eta = \frac{n_i}{s_i}$$

で求められる。

### 3.3.2 計算

入射した光子数  $N$  を用いて  $n_i$  を計算する。コンバージョンファクター  $f_{conv} = 0.947$ 、積分時間  $t = 0.1$  秒、フィルターの平均透過率  $T_{eff} = 74.19\%$  を用いて、

$$n_i = \frac{N f_{conv}}{T_{eff} t} = 7.51 \times 10^6 \text{個/s}$$

と得られた。 $n_i$  と  $s_i$  を用いて、システム効率  $\eta$  は、

$$\eta = \frac{n_i}{s_i} = 2.45\%$$

と求まった。他の人のシステム効率と比べると、半分以下となった。ds9 を用いて自分が解析に用いた画像とほかの画像を比較すると、自分が用いた画像は他と比べ CCD カウント数が低く、雲が厚いタイミングで撮影されていたものだと考えられる。そのため、この数分前に撮影されたより明るい画像（ただしこの時も雲はかかっていた）を用いて再度測光を行ったところ、光子カウント  $N$  は 1714325 個となった。これから再度システム効率を計算すると、

$$\eta = \frac{N f_{conv}}{st} = 7.15\%$$

と得られた。

### 3.4 等級原点

つぎに、等級原点  $Z_{mag}$  を求める。等級原点とは、あるカメラシステムで、1 秒間露出した時に 1 カウントを得る天体の等級のことである。ベガを撮影した時の光子カウント  $N=1714325$  個を用いて、

$$Z_{mag} = 2.5 \times \log\left(\frac{1714325}{0.1}\right) \approx 18.1$$

より、等級原点は 18.1 等級と求まった。

## 4 まとめ

本来ならばさらに空の背景光を求めて、限界等級を計算したかったところであるが、ダークの画像を撮影していないため、背景光を測定することができない。また、フラットの画像も取得すべきであった。今回は観測データ不足により残念な結果となってしまった。もし本番の研究に使う観測機器を壊してしまったらこれ以上に大変なことになってしまうであろうから、観測機器の取り扱いにより一層注意するように心がけていこうと実感させられた。

## 5 参考文献

「天体観測の基礎」 <http://www.astro.phys.s.chiba-u.ac.jp/miyaji/class/daigakuin/uchubuturi-2/uchubuturi2-3.pdf> 宮路茂樹

基礎観測実習 HP <http://www.ioa.s.u-tokyo.ac.jp/kmotohara/30cm/> 本原 顕太郎