

# 小望遠鏡による基礎観測実習 (2009 年度)

大鶴 朋子  
(学生証番号 s092004)

実習日時：12/1 1/22  
実習場所：東大天文センター  
担当：本原先生

## 1 実習の目的

- 昨年度の望遠鏡のミラー清掃後、システム効率がどの程度になっているかを実際の観測で確認する。
- 限界等級を算出する。
- 実際に観測を行って、その限界等級が得られるかを調べる。

3つ目の理論的に得られた限界等級の星が観測できるかどうかは、日程の都合上行うことができなかった。

## 2 30cm 望遠鏡

- 鏡筒 30cm 反射望遠鏡とガイド望遠鏡、ファインダー望遠鏡からなっています。
- 架台 ドイツ式赤道儀で、手で動かした後ハンドセットで調節します。

## 3 観測

- フィルターは駿河精機の青緑透過フィルタ S76-VG6 と赤外線カットフィルタ S76-KG5-1 を用いて V-vand のフィルタの代用とした。

実験ではカシオペア座の $\beta$ 星(2等星)を観測した。10sと20sのダークフレームを測定。そのとき0sでバイアスフレームを測定。その後0.1sで $\beta$ 星の位置を変えて4回、それぞれ4枚ずつ画像をとった。最後の1回ときにエアコンの影響が出ているかもしれないので扉を閉めた。

- 星の写った画像からダークフレームを引いて、10s の画像を用いて作ったフラットフレームで補正した。このときダークフレームは 0s のバイアスフレームで代用した。

表 1: スカイを引いたアパーチャー内のフラックスカウント

aperture 半径	カウント
13	369423.9
16	392134.2
12	384843

## 4 システム効率

システム効率とは、望遠鏡に入射した光子のうち CCD で電荷となって読出しされたものの割合。だから、

天体から望遠鏡に入射した光子数  $s_i$  (個/s)

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

ただし、

D : 望遠鏡の口径

$F_\lambda$ : 天体からのフラックス。m 等級の星は  $F_\lambda = 100^{-\frac{m}{2.5}} F_{\lambda_0}$  V バンド等級では  $F_{\lambda_0} = 3.5510^{-9} [\text{erg/s/cm}^2/\text{\AA}]$

$\Delta\lambda$ : フィルターの波長範囲

とし、CCD で生じた電荷の個数  $n_i$  (個/s)

$$n_i = \frac{N f_{conv}}{t} \quad (2)$$

ただし、

N : 画像上でのカウント

$f_{conv}$  : コンバージョンファクター

t : 積分時間

とするとシステム効率  $\eta$  は、

$$\eta = \frac{n_i}{s_i} \quad (3)$$

となる。この実験では、(1) 式で

$$D = 30[\text{mm}], F_\lambda = 0.0355 * 10^{-\frac{4}{2.5}} [\text{W/m}^2], \Delta\lambda = 1.6 * 10^{-7} [\text{m}], \nu = \frac{c}{\lambda}, \lambda = 5.14 * 10^{-7} [\text{m}] \quad (4)$$

(2) 式で

$$f_{conv} = 1.31 [e^-/ADU], t = 0.1 [\text{s}] \quad (5)$$

となるので、(3) 式を用いてシステム効率は表 2 のようになった。

表 2: システム効率  $\eta$ 

aperture 半径	N	$\eta$
13	369423.9	0.02929
16	392134.2	0.03109
12	384843	0.03050

## 5 等級原点

等級原点  $Z_{mag}$  とは、あるカメラシステムで 1s の露出で 1 カウントの信号を生じる天体の等級のこと。よってこのカメラの等級原点は、表の 3 つ目の値を用いれば

$$Z_{mag} = 2 + 2.5 \log \frac{38483}{0.1} = 18.463 \quad (6)$$

となる。

## 6 星の背景光

10s 露出のときの何も星が写っていない画像の平均カウント数が 11701。よって 1s あたりの背景光の光子数は、

$$\frac{11701 f_{conv}}{t} \frac{1}{\eta} \frac{1}{0.99} = 5.0764 * 10^4 [\text{photons/s/arcsec}^2] \quad (7)$$

ここで、

$$f_{conv} = 1.31 [e^-/ADU], t = 10 [s], \eta = 0.0305 \quad (8)$$

ピクセルスケール  $0.99 ["/\text{pix}]$  をもちいた。また、それを等級であらわせば (1) 式より、

$$F_\lambda = \frac{s_i h \nu}{\pi (\frac{D}{2})^2 \Delta \lambda} = 3.404 s_i 10^{-9} = 10^{-\frac{2m}{5}} f_{\lambda 0} \quad (9)$$

よって、

$$m = 10.77 [\text{mag/arcsec}^2] \quad (10)$$

## 7 限界等級

一定の時間である S/N 値を超えると天体が検出できた、とする。よって限界等級は S/N で測る。

$$\frac{S}{N} = \frac{n_i t}{N_{noise}} \quad (11)$$

m 個のピクセルに広がった像を検出する場合ノイズ  $N_{noise}$  は、

$$N_{noise} = \sqrt{n_i t + m n_{sky} t + m n_{dark} + m N_{read}^2} \quad (12)$$

ここで、

$$n_i t = x, m n_{sky} t + m n_{dark} + m N_{read}^2 = A \quad (13)$$

とにおいて x についての 2 次方程式

$$x^2 - \left(\frac{S}{N}\right)^2 x - A \left(\frac{S}{N}\right)^2 = 0 \quad (14)$$

を検出器単素子あたりの暗電流はほとんどないとして

$$\frac{S}{N} = 5, m = 12^2 \pi, n_{dark} = 0, N_{read} = 7 \quad (15)$$

のもとで解くと、

$$x = 1.326 * 10^4 \quad (16)$$

となる。(3) 式 (13) 式より、

$$s_i = \frac{x}{\eta t} = 4.347 * 10^4 \text{ ただし } \eta = 0.0305 \quad (17)$$

ここで (1) 式を使って、

$$m = 10.94 \quad (18)$$

同様にしてさまざまな S/N と t で計算した結果が表 3。

表 3: 限界等級

積分時間 t	S/N	限界等級
5	5	10.57
5	10	10.56
10	5	10.94
10	10	10.17

## 8 考察

システム効率については昨年と同じ、あるいはそれより低い値となった。昨年の値は正しかったと考えられる。一昨々年と比べて昨年と今年の観測でのシステム効率が下がったのは、ミラーの汚れ以外の何らかの原因であるということが分かる。

限界等級については、積分時間や S/N を変化させて計算してみたがだいたい 10 であまり変わらなかった。もう少しよくてもいいのではないかと感じた。それも望遠鏡のよごれのせいかもしれない。

## 9 感想

手動で望遠鏡を動かして、ガイドスコープに観測したい天体を入れるという作業が大変でしたがとても楽しかったです。機械を操作して天体を観測するのは違った、少し昔風の天文学を感じることができました。また、IRAF の操作も少しすることができてよかったと思っています。お忙しい中丁寧に説明してくださってありがとうございました。もう少し機械に関する知識が前もってあればもっと有意義な観測実験ができたかもしれない、という思いはありますが貴重な体験ができてとても満足しています。