

小望遠鏡による基礎観測実習

理学部天文学科3年
05-122001 鵜山太智

12月12日

1 目的

東大天文センターの 30cm カセグレン望遠鏡を用い、CCD カメラによる異本的な天体観測を行う。望遠鏡の基本操作法、赤経・赤緯に基づいた天体観測の基本事項、および CCD 観測の基本技術の習得を目指す。具体的なテーマを決めて、CCD カメラや望遠鏡の改良を行い、感度の向上を図る。観測をとおして、限界等級についての理解を深めることを目標とする。

2 概要

30cm カセグレン望遠鏡を用いて主に以下の内容を行った。

- sky 撮像から flat 作成
- システム効率の算出
- 等級原点 Z_{mag} の算出
- sky レベルの見積もり
- 限界等級の算出

3 観測装置

実習のページ参照 <http://www.ioa.s.u-tokyo.ac.jp/~kmotohara/30cm/>

焦点	架台方式	口径 (=D)	焦点距離
カセグレン焦点	赤道儀	300mm	5000m(F16.7)

表 1: 望遠鏡

フォーマット	ピクセルサイズ	ピクセルスケール	Full Well	Conversion factor(= f_{conv})
2048×2048	$7.4\mu\text{m} \times 7.4\mu\text{m}$	0.27arcsec/pix	$40000e^{-1}/\text{pix}$	$0.947e^{-1}/\text{ADU}$

表 2: CCD

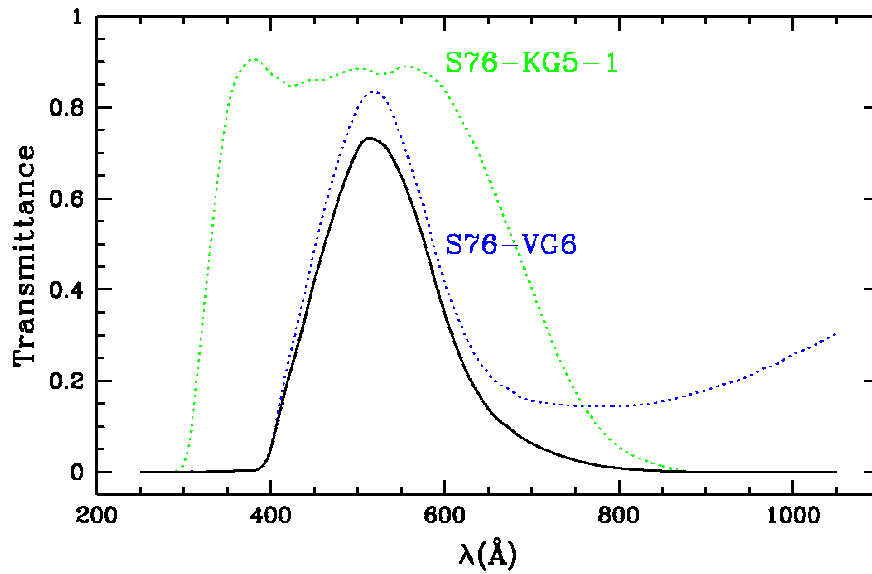


図 1: フィルター (S76-VG6 を使用、 $\lambda = 520\text{nm}$, $\Delta\lambda = 150\text{nm}$ とした。)

4 観測

4.1 観測スケジュール

- 11月13日:天体望遠鏡の修理、観測の準備
- 11月20日:bias、dark、skyの撮影、わし座 γ 、カシオペア座 v_1, η の撮影
- 11月27日:sky \rightarrow flatの作成、システム効率出し、skyレベルの見積もり
- 12月4日:限界等級の算出

4.2 フラット作成

星の無い領域を選んだ状態で望遠鏡を固定し、180sで10枚撮像した。そのうち星の影響が大きく残った2枚を除いた8枚で規格化、平均を取る事でフラット画像を作成した。

4.3 システム効率

カシオペア座 v_1 を1sで撮影した画像で行った。カウント数 $N = 9.858 \times 10^5$ なのでCCDで生じた電荷の個数 n_i は

$$n_i = \frac{N f_{conv}}{t} = 9.336 \times 10^5$$

天体から望遠鏡に入射した光子数 s_i は

$$s_i = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \frac{\Delta\lambda f_\nu}{h\lambda} = 1.307 \times 10^7$$

(ここで、 f_ν は AB 等級を利用して計算した。) となるのでシステム効率

$$\eta = \frac{n_i}{s_i} = 7.1\%$$

同様に、カシオペア座 η でシステム効率を計算したところ 6.7% となった。

4.4 等級原点

カシオペア座 v_1 (4.83 等級) を 1s で撮影した画像で行った。

$$Z_{\text{mag}} = 4.83 + 2.5 \log \frac{9.858 \times 10^5}{1} = 19.81$$

となった。apphot で Z_{mag} を 19.81 に変更して同じ画像を解析したところ、 v_1 の等級は 4.826 となり、非常に近い値となった。

4.5 sky レベルの見積もり

星の写っていない領域に入射している光の量を [photons/s/arcsec²], [mag/arcsec²] で表す。アパーチャー内のカウント数、面積をそれぞれ N_{apar} [photons], S_{apar} [pixel²] とすると sky の量は

$$\frac{N_{\text{apar}}}{t \times S_{\text{apar}} \times 0.272} \text{ [photons/s/arcsec}^2\text{]}$$

これを等級 Z に変換すると

$$Z = Z_{\text{mag}} - 2.5 \log \frac{N_{\text{apar}}}{t} \text{ [mag/arcsec}^2\text{]}$$

で表される。時間によって sky の平均値が変わっていたので、 $mean \sim 6000$ の場合と $mean \sim 8000$ の場合について解析を行ったところ、 $mean \sim 6000$ の場合は $450 \text{ [photons/s/arcsec}^2\text{]} \Leftrightarrow 13.2 \text{ [mag/arcsec}^2\text{]}$ 、 $mean \sim 8000$ の場合は $600 \text{ [photons/s/arcsec}^2\text{]} \Leftrightarrow 12.9 \text{ [mag/arcsec}^2\text{]}$ となった。

4.6 限界等級

S/N 比は複数素子からのノイズと、2枚の差し引きをしていることを考慮に入れると下のようになる。

$$\frac{S}{N} = \frac{\eta s_i t}{\sqrt{2} \sqrt{\eta s_i t + m n_{\text{sky}} t + m n_{\text{dark}} t + m N_{\text{read}}^2}}$$

より

$$s_i = \frac{\left(\frac{S}{N}\right)^2 + \left(\frac{S}{N}\right) \sqrt{\left(\frac{S}{N}\right)^2 + 2m(n_{\text{sky}} t + N_{\text{read}}^2)}}{\eta t}$$

$$F_\nu = \frac{h\lambda}{\pi \Delta\lambda} \frac{\left(\frac{S}{N}\right)^2 + \left(\frac{S}{N}\right) \sqrt{\left(\frac{S}{N}\right)^2 + 2m(n_{\text{sky}} t + N_{\text{read}}^2)}}{\eta t} \times 10^{-3}$$

ここで $m = 314, n_{sky} = 31, N_{read} = 12, \eta = 0.67, t = 60$ (望遠鏡のサイトから抜粋) とし、 $S/N = 5$ を超えると検出できたとすると、 $F_{\nu} = 4.557 \times 10^{-26}, Z_{limit} = 14.75$ となった。

実際にカシオペア座 v_1, η を 60s で少し場所をずらして撮影した画像で引き算することで星を探し、限界等級に近い等級を解析して S/N 比を算出したところ、 $S/N \sim 5$ となっていた。これより、東大天文センターの 30cm カセグレン望遠鏡を用いた限界等級は 14.75 付近である事がわかった。