

30cm 小望遠鏡による基礎観測実習レポート

(2004年12月10日、12月17日、2005年1月6日)

小林尚人先生・本原顕太郎先生

理学部天文学科 3年

宇都宮 宏行

(学生証番号 42001F)

平成17年2月27日

1 この実習の目的

三鷹にある東大天文センターの30cmカセグレン望遠鏡を用い、CCDカメラによる基本的な天体観測を行い、望遠鏡の基本操作、観測の基本事項、およびCCD観測の基本技術を一通り習得する。

今年度が初めての实習なので、最低限「観測から望遠鏡/カメラシステムのシステム効率を出す」ことを目標にする。その上で、余力があれば「限界等級の計算」も行う。

2 限界等級

2.1 システム効率

システム効率とは、「望遠鏡に入射した星からの光子のうち、CCDで電荷となって読み出されたものの割合」である。

i) 天体から望遠鏡に入射した光子数 s_i

望遠鏡の口径を $D[m]$ 、天体からのフラックスを $F_\lambda[W/m^2/\mu m]$ 、フィルターの波長範囲を $\Delta\lambda[\mu m]$ とすれば、 s_i は、光子1個につき $h\nu$ のエネルギーをもつから、

$$s_i = \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 \frac{\Delta\lambda F_\lambda}{h\nu} \quad (2.1)$$

となる。

ii) CCDで生じた電荷の個数 n_i

画像上でのカウントを $N(ADU)$ 、1カウントが電子何個に相当するかを表すコンバージョンファクターを $f_{conv}(e^-/ADU)$ 、積分時間を $t(s)$ とすると、 n_i は、

$$n_i = \frac{N f_{conv}}{t} \quad (2.2)$$

となる。

i) と ii) の結果から、システム効率 η は、

$$\eta = \frac{n_i}{s_i} \quad (2.3)$$

で求まる。

2.2 限界等級

限界等級は、一般的にはノイズに対する信号の割合 S/N で測る。この S/N は、

$$\begin{aligned} S/N &= \frac{n_i}{N_{noise}} \\ &= \frac{\eta s_i t}{N_{noise}} \end{aligned} \quad (2.4)$$

と書ける。ただし、

$$N_{noise} = \sqrt{n_{it} + mn_{sky}t + mn_{dark}t + mN_{read}^2} \quad (2.5)$$

である。ここで、 m は素子数、 n_{sky} は単素子あたりの検出された背景放射の光子数、 n_{dark} は検出器の単素子あたりの暗電流、 N_{read} は検出器からの単素子あたりの読出しノイズである。

具体的には、積分時間 t を決めれば N_{noise} が決まり、 S/N を適当な値、例えば $S/N=5$ (通常光赤外では $S/N=5$ をこえれば検出できたとすることが多い) などと決めると、(2.4) 式から必要な s_i が求まる。(2.1) 式を逆に解けば、この時の F_λ が求まるので、あとはその値を

$$M = -2.5 \log \frac{F_\lambda}{F_0} \quad (2.6)$$

に代入すれば、限界等級 M が求まるというわけである。

3 CCD カメラ

ここでは、今回の実習で使用した CCD カメラの性能とフィルタの特性を紹介する。

3.1 CCD カメラ

図 3.1 が CCD カメラの外観である。

カメラ本体は、Spectra Source Instrument 社製 MCD-1000。

中に入っている CCD は、SITe 社の SI-502AB という裏面照射の CCD。

CCD の仕様は表 3.1 の通り。

コンパ・ジョンファクタ・は正確にはわからなかったのだが、計算上は $3.8[e^-/ADU]$ になるらしい。十分な冷却が必要なので、30 分以上は冷やすことが大事。

3.2 フィルタ

フィルタを特注すると高いので、市販のフィルタを組み合わせて使う。

今回は駿河精機の

- 青緑透過フィルタ S76-VG6
- 赤外線カットフィルタ S76-KG5-1

の 2 枚を重ねて、だいたい V-band の黒線のフィルタとした。図 3.2 はフィルタの波長範囲である。図 3.2 から、波長範囲はおおよそ $\Delta\lambda = 0.15[\mu m]$ である。

しかし、観測当日にはカビが生えていたので、本当にこのようであったかは疑問が残る。とにかく、この値を信じて考えるしかない。

4 観測

今回得られたデータとその解析は後の 5. データ解析で述べるとして、ここでは、実際にこの実習でどういうことをしたかを順を追ってまとめることにする。

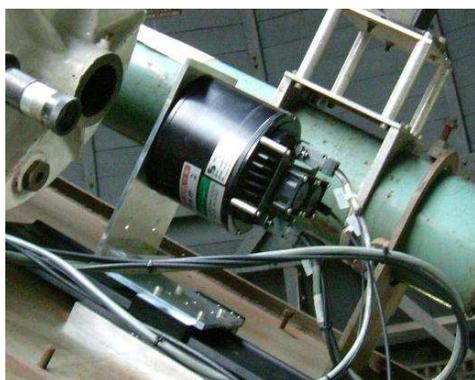


図 3.1: CCD カメラの外観

フォ・マット	512×512
アレイサイズ	12.3mm × 12.3mm
ピクセルサイズ	24 μ m × 24 μ m
Full Well	250,000 e ⁻ /pix
読み出しノイズ (@180K)	< 10e ⁻
暗電流	12.75e ⁻ /sec/pix(@240K) 0.0046e ⁻ /sec/pix(@160K)
量子効率	68 % (@450nm) 75 % (@550nm) 80 % (@650nm)
CTE	0.99999
出力数	2
f_{conv}	3.8e ⁻ /ADU
ピクセルスケール*)	0.99"/pix
視野*)	8.45' × 8.45'

表 3.1: CCD の性能

*):望遠鏡に取り付けたときの値

4.1 2004年12月10日

実習の初日。少し遅刻。

まずは天文センターの小林先生の部屋で、今回の実習に関するいくつかの資料をもらい、2. 限界等級のところで述べたシステム効率や限界等級のほか、CCDの動作原理などについての詳しい講義を受けた。

その後、30cm 望遠鏡のあるドームへ。数ヶ月使っていなかったらしいドームを掃除した。ここで、フィルタにカビが生えていたことが発覚。でもどうしようもないのであきらめる。

続いて実験室へ。計算機に多少のトラブルがあったものの、実習で観測するための天体をプラネタリウムソフトで探した。明るくて有名な星を見てもつまらないので、なるべく天頂付近にあって見つけやすい2等くらいの星のなかから1人2つずつ選んだ。表4.1は、実習に参加した3人の候補天体のデータである。

名前	天体	V 等級	赤経	赤緯
宇都宮	シェアト (ペガサス座 β)	2.4	23h3m46.5s	+28 °4'58"
	ミラク (アンドロメダ座 β)	2.1	1h9m43.9s	+35 °37'14"
坂田	アルフェラッツ (ペガサス座 α)	2.1	0h8m23.3s	+29 °5'26"
	ツイー (カシオペヤ座 γ)	2.5	0h56m42.5s	+60 °43'0"
松本	アルゲニブ (ペガサス座 γ)	2.8	0h13m14.2s	+15 °11'1"
	・ (さんかく座 β)	3.0	2h9m32.6s	+34 °59'14"

表 4.1: 各天体の等級・赤経・赤緯

なお、表 4.1 中のデータは、<http://www.alcyone.de/SIT/bsc/bsc.html> のサイトを参照した。

さて、いよいよ観測。いきなり表??の候補天体を観測することはせず、望遠鏡の操作を覚えるのと、CCDの様子などを調べるために、まずは明るくて調べやすい星を観測した。具体的には、ドームを開けて望遠鏡の電源を入れ、筒を外して準備をしてから、デネブ (白鳥座 α) を使って、望遠鏡の

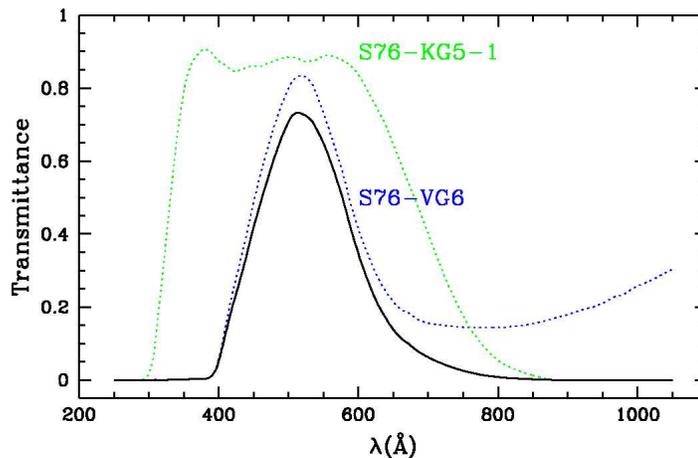


図 3.2: フィルタの波長範囲

角度を小さいものから順にとらえるようにしてハンドセットなどで調節して、いくつか撮像し、CCDの様子を見た。コネクタに異常があるかに思われたが、無事に直った。初めは積分時間が長すぎて、明らかにサチュレーションを起こしていた。

だいたい CCD の様子が分かってきたので、今度はフィルタをつけて、CCD のちょうどよいフォーカスを調べるために、CCD 台の目盛を変えながら撮像。deneb01.FTS- deneb07.FTS までのデータを得た。

ここで空が曇ってきたので、観測は中止。この日はこれで終了。

4.2 2004年12月17日

実習二日目。

この日はまず、初日に撮ったデータの解析から。

```
ssh vw または sftp vw
```

というようなコマンド (正確には覚えていない) で、ドム内のコンピュータにある deneb01.FTS - deneb07.FTS のデータをセンタ内の端末に転送した。ここで、vw というのがドム内の端末の名前らしい。

次に、ファイルの拡張子を

```
mv deneb**.FTS deneb**.fits
```

によって .FTS から .fits に変更。

しかし、ここの CCD ソフトの FITS ファイルは普通のと違っている (カウントがある値以上になると正負が逆転するらしい) ので、これを書き直す必要があった。それにはまず IRAF をたちあげないといけない。

初めに、作業するディレクトリ (今回は 041210) で x-term から

```
mkiraf
```

を実行。その後、

```
cl
```

で IRAF をたちあげる。

FITS ファイルを修正するには、chpixtype というタスクを使って、

```
cl>chpixtype deneb**.fits deneb**.fits ushort
```

とすればよかった。本原先生の用意した lchpix というタスクがなぜかうまく作動しなかったので、面倒だがこれを 01- 07 まで繰り返した。

全てのデータについて修正し終われば、いよいよ IRAF を用いてデータを解析する。この時、先ほど IRAF を立ちあげたのは別のターミナルで、

```
ds9
```

を実行して画像ビューワを立ち上げておく。IRAF のターミナルで

```
cl>display deneb**.fits
```

というコマンドを実行し、ds9 にデネブの画像を表示させた。

次にこの状態で、IRAF のターミナルから

```
cl>imexam
```

というコマンドを実行し、画像の統計量を調べた。このコマンドを実行してから ds9 上にカーソルを移動させると、カーソルの形が丸くなり、キーボードを操作することによって統計量を調べることができる。例えば、

- A:カーソル位置にあるピクセルの統計 (FWHM、フラックス、バックグラウンドなど) を調べる。
- E:カーソル位置のコントアを描く。
- R:カーソル位置周辺のカウント数をグラフにする。

などである。この imexam の A を実行して出てきた値のうち、*N*、*Sky*、*Peak* をメモし、この後のデータの解析に用いるのだが、この時はまだデータのリダクションを行っていないので、ここでの値は用いなかった。

一通り解析がすんだところで空も暗くなったので、ドームで観測。

この日は、観測を始める直前に CCD を冷却しはじめてしまったのと、まだフォーカスがうまく定まっていないので、再びデネブを観測した。

また、CCD の線型性が保たれているかどうか不安だったので、まずは CCD 台の目盛を固定し、積分時間を変えながら 5 枚撮像して、deneb01.FTS~ deneb05.FTS を得た。

その後、データのリダクションに用いるバイアス bias0001.FTS とダーク dark0001.FTS を撮像した。

ここで、デネブが移動してしまったので、ついでに、ハンドセットの表示は CCD ソフトの画面上ではどちらの向きにあたるのかも調べた。結果、ハンドセットの *N* が画面上では右に、*E* が下ということがわかった。

改めて、今度は積分時間を固定し、CCD 台の目盛で距離を変えながら撮像し、よいフォーカスを探した。

4 枚撮った時点で雲行きが怪しくなり、観測を中止。deneb06.FTS~ deneb09.FTS を得て、二日目終了。

4.3 2005 年 1 月 6 日

実習三日目。結果的にはこの日が最後。

この日もまずは前回のデータの解析から。二日目の時と同様に vw からデータを転送し、拡張子を .FTS から .fits に変更。IRAF を立ち上げて (今回のディレクトリは 041217)、また同様に FITS ファイルを修復した。

その次に、二日目に撮ったバイアスとダークをこれまでのデータから引くという作業をした。それには、IRAF で、

```
cl>imarith deneb**.fits - bias0001.fits deneb**.fits
```

```
cl>imarith deneb**.fits - dark0001.fits deneb**.fits
```

というコマンドを実行すればよい。これを 20041210 のなかの 01- 07、20041217 のなかの 01- 09 の計 16 個のファイルについて行った。

これでデータのリダクションができたので、imexam の A でデータを解析し、16 個のデータについてそれぞれ *N*、*Sky*、*Peak* をメモし、システム効率を計算した。

この日は生憎の天気だったので、夜の観測はできなかった。
後日また観測してもよかったのだが、一応計算はできるので、これで実習は終了。

5 データ解析

ここでは、撮像したデネブのデータをもとにシステム効率・限界等級を計算する。

5.1 得られたデータ

二回の観測で得られた画像をリダクションして得られたデータを表 5.1 にまとめる。 N は星のカウント、Sky は背景のカウント、Peak はピクセルでのカウントを示し、 t はその時の積分時間、 F はその時の CCD 台の目盛である。

'04.12/10	N [ADU]	Sky[ADU]	Peak[ADU]	t [s]	F [mm]	備考
deneb01	$5.742 \times 10^{6*}$	2839	65345	1.0	?	目盛はメモしていない
deneb02	605105	1454	10497	0.2	7	
deneb03	1.354×10^6	1856	29590	0.2	6	
deneb04	1.216×10^6	1580	19525	0.2	5	
deneb05	1.243×10^6	1612	10863	0.2	5	
deneb06	442299	1612	10863	0.2	5	画像に黒い線のようなもの
deneb07	1.273×10^6	1735	28449	0.2	4	
'04.12/17	N [ADU]	Sky[ADU]	Peak[ADU]	t [s]	F [mm]	備考
deneb01	1.550×10^6	1571	20840	0.2	4	
deneb02	860177	1554	15196	0.1	4	
deneb03	611918	1469	12516	0.05	4	線型性 … ?
deneb04	513725	1502	14832	0.05	4	もう一度
deneb05	577646	1461	9339	0.025	4	明らかに線型性がおかしい
deneb06	677401	1510	7878	0.05	4	
deneb07	269162	1304	4325	0.05	3	今度は目盛を変えていく
deneb08	301169	1295	2256	0.05	2	
deneb09	274331	1318	5058	0.05	5	だんだん曇ってきた

*):'04.12/10 の deneb01 は、Sky や Peak の値からも、サチュレーションを起こしていると思われる。 $t=1.0$ s では長すぎるらしい。

表 5.1: デネブのデータ

5.2 システム効率を求める

表 5.1 をもとに、まずはシステム効率を求める。

例えば、'04.12/10 の deneb05 で求めてみると、この N と t を (2.2) 式に代入して、

$$\begin{aligned}
 n_i &= \frac{1.243 \times 10^6 \times 3.8}{0.2} \\
 &= 2.36 \times 10^7 [e^-]
 \end{aligned}
 \tag{5.1}$$

と求まる。

一方、 s_i について。候補天体を調べたときに利用したサイトによれば、デネブの V 等級は 1.25 らしいので、これを (2.6) 式に代入すれば、

$$\begin{aligned} 1.25 &= -2.5 \log \frac{F_\lambda}{F_0} \\ \Leftrightarrow F_\lambda &= F_0 \times 0.316 \end{aligned}$$

となる。V-band の 0 等級のフラックス $F_0 = 3.64 \times 10^{-8} [\text{W}/\text{m}^2/\mu\text{m}]$ から、結局、 $F_\lambda = 1.15 \times 10^{-8} [\text{W}/\text{m}^2/\mu\text{m}]$ である。

これを (2.1) に代入すると、 $\Delta\lambda=0.15[\mu\text{m}]$ 、 $D=0.3[\text{m}]$ 、 $h = 6.626 \times 10^{-34}$ であるから、

$$\begin{aligned} s_i &= 3.14 \left(\frac{0.3}{2} \right)^2 \frac{0.15 \times 1.15 \times 10^{-8}}{6.626 \times 10^{-34} \frac{3.0 \times 10^8}{0.55 \times 10^{-8}}} \\ &\simeq 3.37 \times 10^8 [e^-] \end{aligned} \quad (5.2)$$

と求まる。

n_i と s_i が求まったので、(2.3) 式から、

$$\eta = \frac{n_i}{s_i} \simeq 0.07 = 7\% \quad (5.3)$$

となる。

同様の計算を 16 個のデータについて全て行い、表 5.2 の結果を得た。

'04.12/10	$N[\text{ADU}]$	$t[\text{s}]$	$\eta[\%]$
deneb01	5.742×10^6	1.0	6.5
deneb02	605105	0.2	3.4
deneb03	1.354×10^6	0.2	7.6
deneb04	1.216×10^6	0.2	6.9
deneb05	1.243×10^6	0.2	7.0
deneb06	442299	0.2	2.5
deneb07	1.273×10^6	0.2	7.2
'04.12/17	$N[\text{ADU}]$	$t[\text{s}]$	$\eta[\%]$
deneb01	1.550×10^6	0.2	8.7
deneb02	860177	0.1	9.7
deneb03	611918	0.05	13.8
deneb04	513725	0.05	11.6
deneb05	577646	0.025	26.1
deneb06	677401	0.05	15.3
deneb07	269162	0.05	6.1
deneb08	301169	0.05	6.8
deneb09	274331	0.05	6.2

表 5.2: システム効率

5.3 限界等級を求める

今度は、得られたデータをもとに限界等級を求める。

まず、カウント N から電荷の個数 n_i を求めたのと同様にして、背景のカウント Sky から背景の電荷の個数 n_{sky} を求める。それには (2.2) 式の N の代わりに表 5.1 にある Sky の値を入れて計算すればよい。

CCD の暗電流 n_{dark} と読み出しノイズ N_{read} は、表 3.1 の値からそれぞれ $n_{dark}=0.0046[e^-/\text{sec}/\text{pix}]$ 、 $N_{read}=10[e^-]$ である。ただし、暗電流については CCD が十分に冷えているとして 160K の値を採用した。また、読み出しノイズについては、限界を求めたいので、できるだけ大きい値を採用して $10[e^-]$ とした。

次に、像が広がったピクセル数 m についてであるが、これは CCD のピクセルスケールと角分解能から求める。デネブの大きさが何秒角かがわかれば、ピクセルスケールからピクセル数がわかるのである。

表 3.1 から、CCD のピクセルスケールは $0.99''/\text{pix}$ である。一方、この望遠鏡の角分解能 θ は

$$\theta = 1.3 \frac{\lambda}{D} \quad (5.4)$$

$$\begin{aligned} &= 1.3 \frac{0.55 \times 10^{-6}}{0.3} \\ &= 2.38 \times 10^{-6} [\text{rad}] = 0.49'' \end{aligned} \quad (5.5)$$

である。しかし、デネブが $0.49''$ で見えているわけではない。大気のゆらぎがあるからだ。三鷹のシーイングスケールはおよそ $2''$ ということなので、これは望遠鏡の角分解能よりも十分大きい。したがって、デネブは $2''$ の大きさに CCD に写りこむことになる。

よって、ピクセル数 m は、 $2 \div 0.99 \simeq 2 \text{ pix}$ だとわかった。

以上の値を (2.5) 式に代入すれば、ノイズ N_{noise} が求まる。

いま、 $S/N=5$ を超えれば検出できたとするとして、 $S/N=5$ となるときの s_i は

$$S = n_i t = \eta s_i t = 5 N_{noise} \quad (5.6)$$

である。この N_{noise} の中身にも $n_i = \eta s_i$ があるので、この 2 次方程式を解けば、結局、

$$s_i = \frac{25\eta t + \sqrt{625\eta^2 t^2 + 100\eta^2 m t (n_{sky} + n_{dark} + N_{read}^2)}}{2\eta^2 t} \quad (5.7)$$

である。

これから、2.2 にあるように F_λ を求め、限界等級 M を求めた結果が、表 5.3 である。となった。

6 考察

6.1 CCD のフォーカス

今回、CCD のフォーカスについては目盛を調節しながら手探りでいい具合のところを調べていった。結局どれくらい目盛の位置が適切なのだろうか。

比較するのは、積分時間が等しくて目盛が違うデータである。表 5.1 から、それは '04.12/10 の deneb02-07 と '04.12/17 の deneb01、そして '04.12/17 の deneb06-09 である。このうち、12/10 の deneb06 については、黒い線のようなものが画像に写っており、カウントも他に比べて異常に少ないので、比較の対象外とする。CCD の調子が悪かったのだろうか。また、12/17 の deneb06 は逆に、なぜかは分からないが異常にカウントが多く、比較には適さないと思われる。

これらを除いたデータを比較すると、7mm では大きすぎると思われる。少しサンプル数が少ないのではっきりと値を断定することはできないが、だいたい 4-6mm が妥当なように思われる。

'04.12/10	η [%]	$N_{noise}[e^-]$	$s_i[e^-]$	$F_\lambda[\times 10^{-13}W/m^2/\mu m]$	M [等級]
deneb01	6.5	4673.48	11545.34	3.94	12.42
deneb02	3.4	1520.08	35248.27	12.02	11.20
deneb03	7.6	2271.45	17760.45	6.05	11.95
deneb04	6.9	2152.44	18085.17	6.16	11.93
deneb05	7.0	2176.20	18001.72	6.14	11.93
deneb06	2.5	1301.23	50404.82	17.18	10.82
deneb07	7.2	2202.45	18140.31	6.18	11.92
'04.12/17	η [%]	$N_{noise}[e^-]$	$s_i[e^-]$	$F_\lambda[\times 10^{-13}W/m^2/\mu m]$	M [等級]
deneb01	8.7	2429.43	14303.58	4.88	12.18
deneb02	9.7	1811.27	17993.26	6.13	11.93
deneb03	13.8	1528.61	17364.27	5.92	11.97
deneb04	11.6	1401.35	20883.00	7.12	11.77
deneb05	26.1	1485.38	12929.52	4.41	12.29
deneb06	15.3	1608.04	50020.85	17.05	10.82
deneb07	6.1	1016.33	116762.36	39.80	9.90
deneb08	6.8	1074.47	104388.42	35.58	10.02
deneb09	6.2	1026.00	36656.64	12.50	11.16

表 5.3: 限界等級

6.2 CCDの線型性

12/17の観測で、積分時間を短くしても、カウントがそれに比例して小さくならないという現象が見られた。果して今回使用した CCD の線型性はどこまで保証されるのだろうか。目盛を固定して積分時間を変えている、表 5.1 の'04.12/17 の deneb01~ 06 を比較する。

積分時間を 0.2s から 0.1s に半分に減らした deneb01 と 02 を見てみると、カウントもおおよそ半分になっており、まだ線型性は保たれているとみてよいだろう。次に、それを半分にした 0.05s のデータ deneb03,04,06 を見てみると、カウントにバラつきはあるものの、どれも 0.2[s] の 1/4 とはいえない値になっている。さらにこれを半分にした 0.025s の deneb05 の値は、0.05s の deneb04 の値よりも大きくなってしまっている。こうなるともう線型性があるとは言えない。0.025s と指定しても、それより長い時間露光してしまっているためにこのようなことになっているのだろう。どうやら、線型性のとれたデータを得るには、積分時間を 0.1s 程度はとらないといけないようである。というわけで、12/17 の deneb06~ 09 の値も 0.05s なのでいまひとつ信用できないかもしれない。また、12/10 の deneb01 のデータから、1.0s は長すぎるらしい。明るい星はこのあたりが繊細な気がする。

とはいえ、この日は観測する直前に CCD の冷却を開始してしまったので、十分に冷えきっていないために正常な動作をしていなかった、ということも考えられなくはない。

6.3 最終的なシステム効率と限界等級

これまでの考察から、信用できるデータとしては、「目盛が 4~ 6mm 程度」で「積分時間が 0.1s 以上」のものと考え、それは'04.12/10 の deneb03,04,05,07 である。これらについて表 5.3 のシステム効率と限界等級を比較すると、システム効率は順に 7.6 %, 6.9 %, 7.0 %, 7.2 %、限界等級は順に 11.95, 11.93, 11.93, 11.92 なので、平均すれば

「三鷹の 30cm 望遠鏡のシステム効率は約 7.2 %、限界等級は 11.93」

と言えるであろう。

6.4 候補天体を観測すると

望遠鏡のシステム効率が求まったので、最後に、今回の実習で観測できなかった候補天体を実際に観測するとどういった値が得られたかを予測してみる。私の候補天体は、シェアトとミラクであった。

i) シェアトの場合

表 4.1 から、シェアトの等級は 2.4。従って、(2.6) 式から

$$2.4 = -2.5 \log \frac{F_\lambda}{3.64 \times 10^{-8}}$$

$$\Leftrightarrow F_\lambda = 0.1096 \times 3.64 \times 10^{-8} = 0.399 \times 10^{-8}$$

であり、(2.1) 式から、

$$s_i = \pi \left(\frac{0.3}{2} \right)^2 \frac{0.15 \times 0.399 \times 10^{-8}}{6.626 \times 10^{-34} \frac{3 \times 10^8}{0.55 \times 10^{-6}}} = 1.171 \times 10^8 [e^-] \quad (6.1)$$

と求まる。

先ほど、システム効率 $\eta=7.2\%$ だったので、CCD では

$$n_i = s_i \times \eta = 1.171 \times 10^8 \times 0.072 = 8.43 \times 10^6 [e^-] \quad (6.2)$$

という電荷が生じるはずである。コンバ・ジョンファクタ・は $f_{conv}=3.8[e^-/ADU]$ だったので、CCD の単位時間あたりのカウントは

$$n_i = \frac{N f_{conv}}{t} = 8.43 \times 10^6$$

$$\Leftrightarrow N/t = 8.43 \times 10^6 / 3.8 = 2.22 \times 10^6 [ADU/s]$$

となると予測される。

ii) ミラクの場合

表 4.1 から、ミラクの等級は 2.1。i) と同様の計算を行えば、CCD の単位時間あたりのカウントは

$$N/t = 2.92 \times 10^6 [e^-]$$

となると予測される。

7 感想

30cm の望遠鏡は東大理学部 3 号館の屋上で何回か使ったことがあったのですが、実際に観測してみると思った以上に道のりは長く、思わぬ落とし穴がいくつもあって、さすがにもう少し事前の準備をしっかりとっておいていただきたかったかなと思います。とは言っても、将来自分で観測計画を立てて現場に立ったときには、もっと多くの落とし穴が待っているはずなので、不測の事態に慣れるのも実習の内だと思えば、とても貴重な体験をさせていただきました。

また、東京の空での限界等級などを求めたのはいいのですが、これだけでははたしてどれくらい明るいのか、いまいちピンときませんでした。例えば木曾や野辺山などで同じ望遠鏡を使って観測したときにどれくらいの値がでるのか、というような比較検討する材料があれば、東京の空がいかにも明るすぎるかがわかりやすくなるのではないかと思います。

最後に、今年から始まった実習ということで、このレポートが来年以降につながればと思います。今回はあまり天気に恵まれず残念でしたが、とても楽しめました。時間があればもっと観測をしたいです。ありがとうございました。