

小望遠鏡による基礎観測実習

高橋智将
(学生証番号 S112005)

平成 24 年 1 月 25 日

1 概要

1.1 目的

三鷹にある 30cm の望遠鏡を使用し、CCD による観測を行う。
CCD 観測の基本的な方法を理解するために、限界等級の算出とその確認を行う。

1.2 日程

2011 年 11 月 10 日に基礎事項の説明と、日程を決定した。
11 月 16 日に木星およびいくつかの恒星の観測を行った。
11 月 30 日に以上のデータから限界等級を算出した。
12 月 21 日および 2012 年 1 月 4 日に限界等級を確認するための観測を行おうとしたが、悪天候により実施できなかった。

1.3 結果

1 分間積分による限界等級は 14 等となった。

2 観測

2.1 装置

天文センターにある 30cm の反射望遠鏡を使用した。
フィルターは中心波長 $\lambda = 520nm$ 、波長幅 $\Delta\lambda = 150nm$ と近似できるものを使用した。
CCD のコンバージョンファクターは大澤さんのレポートによれば $f_{conv} = 0.947$ である。

2.2 アルデバランの観測

限界等級決定のために、まずアルデバラン (0.85 等) を撮像した。

その結果

積分時間 (s)	カウント数
0.5	1507915
0.7	2143294
1.0	3172576
1.5	4753312

となった。

2.3 カペラの観測

アルデバランだけでは正しいデータが得られたか分からないため、カペラ (0.08 等) を撮像した。

積分時間 (s)	カウント数
0.1	6641051
1.0	7227344

2.4 ガリレオ衛星の観測

(当初の目的では CCD の使い方を確認するため) 木星を撮像した。

後に述べるように先の一等星 2 つでは思うような結果が出なかったため、写り込んだガリレオ衛星のカウントを計測した。

2 つのガリレオ衛星は明るいほうがガニメデ (4.5 等)、暗いほうがエウロパ (5.2 等) と推定される。

積分時間 (s)	ガニメデ	エウロパ
1.0	1268359	642336.5
1.0	1257958	631425.1
0.2	211658.4	105657.6
0.2	208150.2	104863.5

3 解析

3.1 システム効率の算出

フラックスが F の天体の等級 mag は 0 等のフラックスを F_0 として、

$$mag = -2.5 \log \frac{F}{F_0} \quad (1)$$

で与えられる。

なので、逆に解くと、 m 等の星からのフラックスは

$$F_\lambda = F_0 \times 10^{-m/2.5} (J/m^3/s) \quad (2)$$

である。ただし $F_0 = 3.69 \times 10^{-2} (J/m^3/s)$ 。

この F_λ を使うと天体から望遠鏡に入射した光子数 $s_i (/s)$ は

$$s_i = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \frac{\Delta\lambda F_\lambda}{h\nu} \quad (3)$$

となる。

また、CCD で生じた電荷の個数 n_i は

$$n_i = \frac{N f_{conv}}{t} \quad (4)$$

で表される。

求めるべきシステム効率 η は

$$\eta = \frac{n_i}{s_i} \quad (5)$$

である。

以上より観測結果からシステム効率を求めると、

アルデバランでは

積分時間 (s)	システム効率
0.5	0.006109
0.7	0.006202
1.0	0.006426
1.5	0.006419

となり、ほぼ一定の値が得られたが例年に比べ小さすぎる。

カペラでは、

積分時間 (s)	システム効率
0.1	0.066186
1.0	0.007203

と、まったく異なった値となってしまった。

このため2つのガリレオ衛星からシステム効率を計算したところ、

積分時間 (s)	ガニメデ	エウロパ
1.0	0.074092	0.071498
1.0	0.073485	0.070283
0.2	0.061828	0.058803
0.2	0.060796	0.058361

と、だいたい同じくらいで、例年通りの値が得られた。

よって、 $\eta = 0.06$ として進めることにする。

3.2 限界等級の算出

CCD からの読みだしノイズを N_{read} とすると、ノイズ N_{noise} は、

$$N_{noise} = \sqrt{n_i t + m n_{sky} t + m n_{dark} + m N_{read}^2} \quad (6)$$

と書ける。

m はアパーチャーの中のピクセル数で、今回はアパーチャー半径を 30pix としている。

背景光 n_{sky} と暗電流 n_{dark} は $N_{read}^2 \simeq 30(e^- r.m.s/pix)$ (大澤さんのレポートより) に比べ十分小さいと考え、今回は計算に入れなかった。

上で求めた N_{noise} とシグナルの比

$$\begin{aligned} S/N &= \frac{n_{it}}{N_{noise}} \\ &= \frac{\eta s_{it}}{N_{noise}} \end{aligned} \quad (7)$$

が定めた値よりより大きければシグナルは検出されたと出来る。今回は $S/N=5$ 以上で検出できたとする。

以上より計算すると、1 分間積分では 14 等が限界等級であることが分かった。

積分時間によって限界等級は変化するが、それをグラフにしたのが図である。横軸の単位は秒、縦軸の単位は等級である。

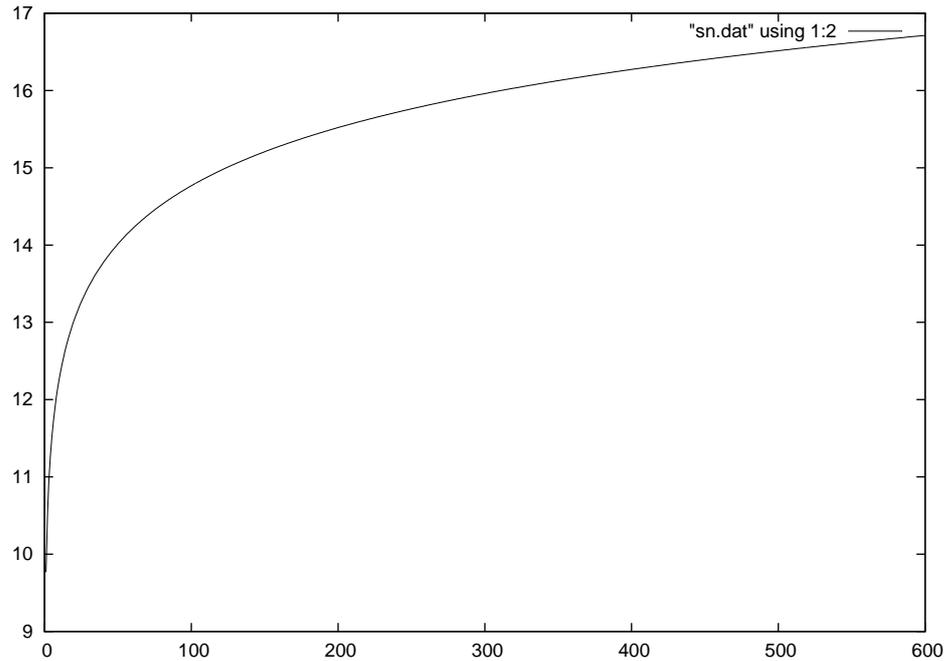


図 1: 限界等級

3.3 等級原点の算出

1 秒間の露出で 1 カウントの信号を生じる等級を等級原点と言う。

今回の等級原点は

$$\begin{aligned} Z_{mag} &= 4.5 + 2.5 \cdot \log \frac{208150.2}{0.2} \\ &\simeq 19.5 \end{aligned} \quad (8)$$

であった。

4 考察

アルデバランとカペラでおかしなデータが得られた理由はよく分からないが、もしかすると星を間違ったのかもしれない。

また、カベラのデータから、0.1 秒積分を実行しても、より長い時間シャッターが開いてしまっていることが推測できる。

今回は $\eta = 0.06$ で計算したが、上記の理由から 0.2 秒積分も少し信頼できないことを考えると、 $\eta = 0.07$ を採用した方が良かったかもしれない。

しかし $t=0.2$ の方が $t=1.0$ よりシステム効率が悪く計算されていることを考えると、0.2 秒よりも短い時間しか開いていなかったことになり、先ほどと矛盾する。

これについては CCD の性能評価をする必要があるかもしれないが、来年度以降の実習では 0.5 秒以上の積分をした方が安全かもしれない（アルデバランでは問題なかったため）