

基礎天文学観測 ・ レポート

天文学科 3 年有馬圭祐

- ・ 目的

天文センターの30cmカセグレン望遠鏡を使って、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観測の基本技術の一通りを習得する。

- ・ 手順

- (1)観測から望遠鏡/カメラシステムのシステム効率を出す。
- (2)限界等級を求める。
- (3)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。

観測した星：35nu and , 55 and

- ・ システム効率を出す

まずVバンドのフィルターを用いて、事前に調べておいた2個の星を観測する。このフィルターの透過特性は解析により、ピーク波長525nm、半値幅180nmと求まった。よってm等級の星から望遠鏡へ入射する光子数は、

$$s_i = \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 \frac{\Delta \lambda F_\lambda}{h \nu} = \pi \left(\frac{30}{2} \right)^2 \frac{180 \times 10^{-3} \times 525 \times 10^{-9}}{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^8} \times 3.92 \times 10^{-12} \times 10^{-\frac{m}{2.5}}$$
$$= 1.32 \times 10^9 \times 10^{-\frac{m}{2.5}}$$

と表すことができる。観測した星は2つで、それぞれの光子数は以下ようになる。

35nu and : 4.5 等級 , 光子数 2.09×10^7

55 and : 5.4 等級 , 光子数 9.12×10^6

また、コンバージョンファクターが $f_{conv} = 3.8e^- / ADU$ とわかっているので、画像上の

カウントNから電子数は、積分時間をt(s)として、 $n_i = \frac{N f_{conv}}{t}$ と求められる。観測した

2つの星の露出時間はともに1秒であったので、実際に値を求めると次のようになる。

35nu and : $N = 428614$, $n_i = 1.63 \times 10^6$

55 and : $N = 232659$, $n_i = 8.84 \times 10^5$

システム効率 は、 $\eta = n_i / s_i$ で求められるので、2個の星それぞれに対し、システム効率を求めると、

35nu and : 0.0779 , 55and : 0.0971

となるので平均を取り、今回は 0.875 をシステム効率としてすすめていく。

・ 限界等級を求める

撮影した画像からダークを引き、また背景を 9 ヶ所とりそれらのカウントを調べ、平均をとると 243 であった。これを背景光のカウント、要するに単素子あたりの検出された背景放射の光子数 n_{sky} とする。

また、imexam を用いて、星の CCD 上での半径は $R=9.83$ とわかったので、星のピクセル数 m は、

$$m = \pi \times 9.83^2 = 304$$

と考えられる。単素子あたりの暗電流 n_{dark} ($e^- / s / pix$) は今回考えなくてよいものとした。

また、読出しノイズ N_{read} は、 $N_{read} = 32.3$ とする。

いよいよ限界等級の星の光子数を求める。

$$N_{noise} = \sqrt{\eta s_i t + m n_{sky} t + m n_{dark} t + m N_{read}^2}$$

であるから、

$$N_{noise} (S/N) = \eta s_i t$$

の両辺を 2 乗して、

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

今回の観測では、限界等級は露出時間 $t=3$ で $S/N=5$, 10 , 30 となる場合をそれぞれ考える。上式に値を代入し、2 次方程式を解くと、

$$S/N = 5 : s_i = 2.08 \times 10^4 , S/N = 10 : s_i = 4.17 \times 10^4 , S/N = 30 : s_i = 1.26 \times 10^5$$

これを等級に直し、限界等級を求めると、

$$S/N = 5 : 12 \text{ 等級} , S/N = 10 : 11.2 \text{ 等級} , S/N = 30 : 10 \text{ 等級}$$

と求めることができた。

- ・ 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

今回残念ながら、天候の影響で実際に観測を行うことはできなかった。そこで、限界等級を求めるときに撮影した画像を使って、そこに写っている暗い星がうかっていたかどうかを調べた。S/N は等級の誤差を用いて求めることができる。その式は、

$$S/N = \frac{F_0 \times 10^{-0.4 \times \alpha}}{F_0 \times 10^{-0.4 \times \alpha} - F_0 \times 10^{-0.4 \times (\alpha + \beta)}} = \frac{1}{1 - F_0 \times 10^{-0.4 \times \beta}}$$

ここで α は等級, β は誤差, F_0 は星のフラックスをそれぞれ表している。選んだ星は2つで、10.7 等級で誤差が 0.152, 11.8 等級で誤差が 0.215 という2つだった。それぞれ上の式に代入して計算すると、

10.7 等級: S/N = 7.65, 11.8 等級: S/N = 1.3

となった。

- ・ 考察

今回は2回目の観測ができなかったので、前に撮影した画像を用いたが、選んだ2つの星のうち10.7 等のほうはうかっていたといえる。S/N = 5とした場合には 12 等までわかる計算であったので、ちゃんとそれが数値として表れた。また、S/N = 10においても理論上は 11.2 等までわかる計算であったが、天候やシステム効率、その他の誤差要因を考えれば、結果の上ではうからなかったが、かなり理論に近いようなデータを得ることができたのではないかと思われる。

- ・ 感想

今回計算で求めた限界等級が実際にうかるかどうかの観測ができなかったのは残念であったが、1回目の観測またその他の作業も観測を行ううえでの基礎を学べたので非常によかった。自分たちで実際に観測をするというのが初めてのことだったので、楽しくこの実習を行うことができた。

レポートの提出が遅れてしまい、申し訳ありませんでした。