「すばる」の主焦点ガイドについてのレポート (97/09/02)（川崎）

ここでは、「すばる」主焦点において 0.1、1 及び 5 秒の時間間隔、S/N=5、10 及び 20 でガイド星をトラッキングする場合を想定し、条件を満たす星が何個存在するかを調べる。

S/N

S/N 比は以下の式によって算出する。

$$S/N = \frac{n_{sig}}{\sqrt{n_{sig} + n_{sky} \cdot A + (\sigma_r^2 + \sigma_d^2 + \sigma_{dark} \cdot t) \cdot A}} \tag{1}$$

ここで、n_{sig}、n_{sky} は星及び sky からの光子数、A は image area(ここでは $1''.0\phi$ の円形領域とする)、σ_r、σ_d、σ_{dark} はそれぞれ readout noise ($\sim 15e^-$/pixel$\cdot$ read)、digitization noise ($\sim 1e^-$/pixel)、及び dark current ($\sim 0.001e^-$/pixel$\cdot$ s)、t は積分時間である。n_{sig} 及び n_{sky} はさらに次のように書ける。

$$n_{sig} = \frac{f_0}{h\nu} \cdot 10^{-0.4m} \cdot \epsilon_{atm} \cdot \frac{\pi}{4} D^2 \cdot \epsilon_{sys} \cdot t \tag{2}$$

$$n_{sky} = \frac{f_0}{h\nu} \cdot 10^{-0.4\mu_{sky}} \cdot \frac{\pi}{4} D^2 \cdot \epsilon_{sys} \cdot t \cdot a_p \tag{3}$$

ここで、

$$\begin{cases} \frac{f_0}{h\nu} & : \text{0等星からの大気外での光子数} = 1.14 \times 10^6 \mathrm{photons \cdot s^{-1} \cdot cm^{-2}} \\ m & : \text{天体の等級} \\ \mu_{sky} & : \text{skyの明るさ} = 20.3\mathrm{mag/\square''} \\ \frac{\pi}{4} D^2 & : \text{望遠鏡集光面積}(D : \text{口径} = 820\mathrm{cm}) \\ \epsilon_{atm} & : \text{大気減光による損失} = 0.91 \\ \epsilon_{sys} & : \text{systemによる損失} = 0.026 (= 0.60(\text{ガイダー光学系}) * 0.43(\mathrm{CCD}) * 0.10(\text{ケラレ})) \\ t & : \text{積分時間(s)} \\ a_p & : \text{1pixelの面積を}\square''\text{単位で表したもの} = 3.19 \times 10^{-2}\square''(\text{画素}15\mu\mathrm{m}) \end{cases}$$

ここでは中心波長 6900Å, バンド幅 1500Å として計算した。また、$1''.0\phi$ の aperture を通して見るとすると、$A = \pi \cdot 0.5^2 / a_p = 24.6$pixels である。その結果は図 1 のようになった。

ガイド条件を満足する星数

ここでは、ガイド星のトラッキング間隔 (即ち積分時間) が 0.1、1 及び 5 秒、ガイド星の S/N 比が 5、10 及び 20 の計 9 通りの場合を考える。図 1 より、各場合のガイド星の限界等級 $\mathrm{m_{limit}}(R)$ は表 1 のようになる。ここで限界等級はほぼ R 等級に等しいと考えて良い。
この値をもとに Yamagata & Yoshii (1992) モデルに基づいて星数の推定を行なった。Yamagata & Yoshii (1992) によると、星の色の分布は $V > 15$ では $0.2 < B-V < 1.8$ であるので平均して $B-V \sim 1.0$ 程度である。これらの値と Yamagata & Yoshii (1992) の (3) 式 ($V - R = 0.565(B-V) \sim 0.5(B-V)$) を用いて各場合の限界等級を V での値に変換し、北銀極 $[(l,b) = (65°, 86°)]$ 及び SA54$[(l,b) = (200°, 59°)]$ 領域についてガイダーの視野 ($=4' \times 9'$) に入る星数を数えた。以上の結果を表 1 にまとめる。また、最も星数の少ない北銀極領域の各場合について Poisson 分布を仮定して求めた、ガイド星が 0,1,2 個以上となる確率を表 2 に示す。

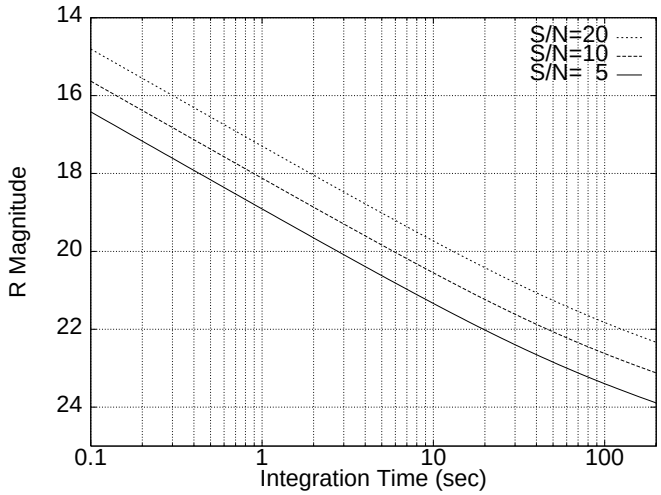

図 1: 式 (1) ~ (3) に基づいて計算された、 S/N={20,10,5} を満足する天体の限界等級を積分時間の関数として示す。縦軸が等級 (ほぼ R 等級に等しい) で横軸が積分時間 (秒)。点線、破線、実線はそれぞれ S/N=20,10,5。

積分時間(秒)	0.1			1			5		
S/N	20	10	5	20	10	5	20	10	5
$m_{limit}(R)$	14.8	15.6	16.4	17.3	18.1	18.9	19.0	19.8	20.6
$m_{limit}(V)$	15.3	16.1	16.9	17.8	18.6	19.4	19.5	20.3	21.1
星数(個/視野)(北銀極)	1.3	2.0	3.0	4.4	6.1	8.4	8.7	11.9	15.7
星数(個/視野)(SA54)	1.5	2.4	3.4	5.1	6.9	9.3	9.7	12.8	16.6

表 1: 積分時間 ={0.1,1,5} 秒、 S/N={20,10,5} の場合の、北銀極及び SA54 でガイダー視野に入る星数。

積分時間(秒)	0.1			1			5		
S/N	20	10	5	20	10	5	20	10	5
ガイド星が0個の確率(%)	27.3	13.5	5.0	1.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
ガイド星が1個の確率(%)	35.4	27.1	14.9	5.4	1.4	0.2	0.1	0.0	0.0
ガイド星が2個以上の確率(%)	37.3	59.4	80.1	93.4	98.4	99.8	99.9	100.0	100.0

表 2: 北銀極で積分時間 ={0.1,1,5} 秒、 S/N={20,10,5} の場合の、ガイド星が 0,1,2 個以上になる確率。

参考文献

Yamagata,T., & Yoshii,Y., 1992, AJ, 103, 117
すばる主焦点カメラ FDR 資料 (1996 年 5 月)