2K CCD カメラのThrough-Put (林野チップ)

伊藤信成

1997 年 12 月 16 日

Abstract

2K CCD カメラの Total Through-Put を求めた。各バンドの値は
$U = 9.5\%,\ B = 17\%,\ V = 30\%,\ R = 32\%$。

1 はじめに

観測の効率および限界等級に関連するカメラの Total Through-Put を求めたので報告する。なお今回のレポートは林野チップについてである。

2 観測データ

今回用いたデータは 1997.Sep.29, 30 に吉田, 征矢野両氏によって取得されたものである。データの詳細は以下の通り。

1997.Sep.30 の取得データ

		SA92		SA95		SA115
exp. time	U	120.0,300.0 sec	U	120.0,300.0 sec	U	120.0,300.0 sec
	B	30.0,120.0 sec	B	30.0,120.0 sec	B	20.0, 60.0 sec
	V	15.0, 60.0 sec	V	15.0, 60.0 sec	V	10.0, 30.0 sec
	R	15.0, 60.0 sec	R	15.0, 60.0 sec	R	5.0, 15.0 sec
UT		$15^h - 16^h$		$16^h - 17^h$		$17^h - 17.5^h$
$sec\ z$		1.24		1.36		1.88
seeing		$4.0''$		$4.2''$		$4.3''$
Number*		19		13		6

*：測光した標準星の数。ただし、バンド毎に数は若干異なる (サチレーション or poor S/N のため)

3 解析

測光は IRAF の apphot package を用いた。Through-Put を求めるためには星からのシグナルすべてを積分する必要があるので、aperture size は seeing size の 5 倍 ($\sim 6\sigma$) に設定した。apphot の parameter(抜粋) を以下に示す。

	SA92	SA95	SA115
DATAMIN (Minimum Good Value)	1000.	1000.	1000.
DATAMAX (Maximum Good Value)	50000.	50000.	50000.
THRESHOLD (Detection Threshold)	50.	50.	50.
CTHRESHOLD (Centering Threshold)	50.	50.	50.
CBOXWIDTH (Centering Box Width)	5.	5.	5.
SALGORITHM (Aperture Shape)	centroid	centroid	centroid
ANNULUS (Sky Aperture Inner radius)	7.95(pix)	8.31(pix)	8.58(pix)
DANNULUS (Sky aperture Width)	5.	5.	5.
APERTURES (Aperture Width)	6.63(pix)	6.93(pix)	7.15(pix)
ZMAG (Zero point)	0.0	0.0	0.0

測光から得られた等級と aperture 内で積分されたカウント値との間には

$$m_\lambda = -2.5\log(\frac{Count}{exp.time}) \tag{1}$$

の関係がある。

Through-Put を正確に求めるためには大気吸収の影響を補正してやる必要があるので、大気吸収係数を求める必要がある。大気吸収係数およびカラー変換係数は次式のように定義し、観測データの最小自乗フィットから求めた。

$$U = m_U + C_{U,0} + k_U \times secz + C_{U,1} \times (m_U - m_B) \tag{2}$$

$$B = m_B + C_{B,0} + k_B \times secz + C_{B,1} \times (m_B - m_V) \tag{3}$$

$$V = m_V + C_{V,0} + k_V \times secz + C_{V,1} \times (m_B - m_V) \tag{4}$$

$$R = m_R + C_{R,0} + k_R \times secz + C_{R,1} \times (m_V - m_R) \tag{5}$$

4 結果

4.1 Consistency Check

観測では各バンド, 各領域毎に露出時間の異なる画像を取得しているので、各画像から得られたm_λを比較してみる。比較結果を Fig.1 に示す。BバンドおよびRバンドについては、短時間露出の結果と長露出時間の結果が良く一致している（$\sigma < 0.05$mag)。一方、UバンドおよびVバンドについては 2 つの系列が見られる。Uバンドでは、(短時間露出の等級）>（長時間露出の等級）の系列と （短時間露出の等級）≈ (長時間露出の等級)。Vバンドでは、(短時間露出の等級）<（長時間露出の等級）の系列と （短時間露出の等級）≈（長時間露出の等級)。U, Vの両バンドとも（短時間露出の等級）≈（長時間露出の等級）の系列からずれている星はSA92 領域の星であり、この領域の観測時間中に天候の変化があった可能性がある。したがって、以下の議論ではSA92 領域以外の 2 領域のデータのみを用いることにする（天候変化の可能性が見つかった時点で、その日のデータの信頼性は怪しくなるが...)。

4.2 システム変換式

今回の観測から得られたシステム変換係数を次表に示す。この値はIRAF の photcal package を用いて算出したものである。

BAND	C_0	k_λ	C_1	σ
U	20.977±0.723	-1.402±0.508	-0.017±0.058	0.121
B	21.571±0.086	-0.415±0.028	-0.204±0.034	0.020
V	22.251±0.105	-0.251±0.042	-0.127±0.037	0.022
R	21.973±0.018	-0.162±0.010	0.205±0.007	0.007

Fig.1 は観測値を上表の係数により変換した等級とカタログ等級の比較（左半分)、および残差（右半分）である。

4.3 Through-Put

前節の式 (2)-(5) より大気吸収がなかった場合のカウント値が計算出来る。

$$COUNT_{secz=0} = Count_{obs.} \times 10^{-0.4 \cdot k \cdot secz} \times ADC \quad [\mathrm{e/sec}] \tag{6}$$

ADC は AD コンバージョンファクター (=4.1e/ADU) である。一方、望遠鏡に入射する光子数は

$$COUNT_{catalog} = F_{0,\lambda} \times 10^{-0.4 m_{catalog}} \times \pi (D/2)^2 \times \Delta \quad [\mathrm{photons/sec}] \tag{7}$$

で与えられる。ここで $F_{0,\lambda}$は 0mag flux, $m_{catalog}$はカタログ等級, D は望遠鏡口径, Δはフィルターの透過幅である。

BAND	0mag flux		Filter 透過幅
	$[\mathrm{Wcm^{-2}}\mu m^{-1}]$	$[\mathrm{photons\,cm^{-2}}\mu m^{-1}\mathrm{sec^{-1}}]$	$[\mu m]$
U	4.24×10^{-12}	7.92×10^{6}	0.06
B	6.45×10^{-12}	1.43×10^{7}	0.08
V	3.69×10^{-12}	1.01×10^{7}	0.10
R	2.20×10^{-12}	7.09×10^{6}	0.19

Total Through-Put を

$$T = COUNT_{secz=0} / COUNT_{catalog} \tag{8}$$

と定義すれば、観測から求められた Through-Put は

- U : $T = 0.095 \pm 0.006$
- B : $T = 0.174 \pm 0.027$
- V : $T = 0.295 \pm 0.008$
- R : $T = 0.323 \pm 0.009$

となる (Fig.3)。

4.4 計算値との比較

Through-Put は望遠鏡も含めた 2K CCD カメラシステムの各要素の透過率の掛け合わせから計算できる。そこで、計算から求めた Through-Put と観測から求めた Through-Put を比較してみる。計算に必要な各要素の透過率は次の通り。

	U	B	V	R
補正板	0.95	0.98	0.98	0.98
主鏡	0.90	0.88	0.88	0.87
デュワー窓	0.90	0.92	0.92	0.93
フィルター	0.56	0.67	0.71	0.73
ＣＣＤ Q.E.	0.35	0.80	0.85	0.87
ホルダー部ケラレ*		0.7		
Total	0.11	0.30	0.33	0.35

*：ピンホールイメージから算出

観測結果と比べると U, V, R バンドはほぼ計算値通りである。一方、B バンドは計算から予想される値の約半分の値となった。

Fig.1 ： 短時間露出と長時間露出の比較

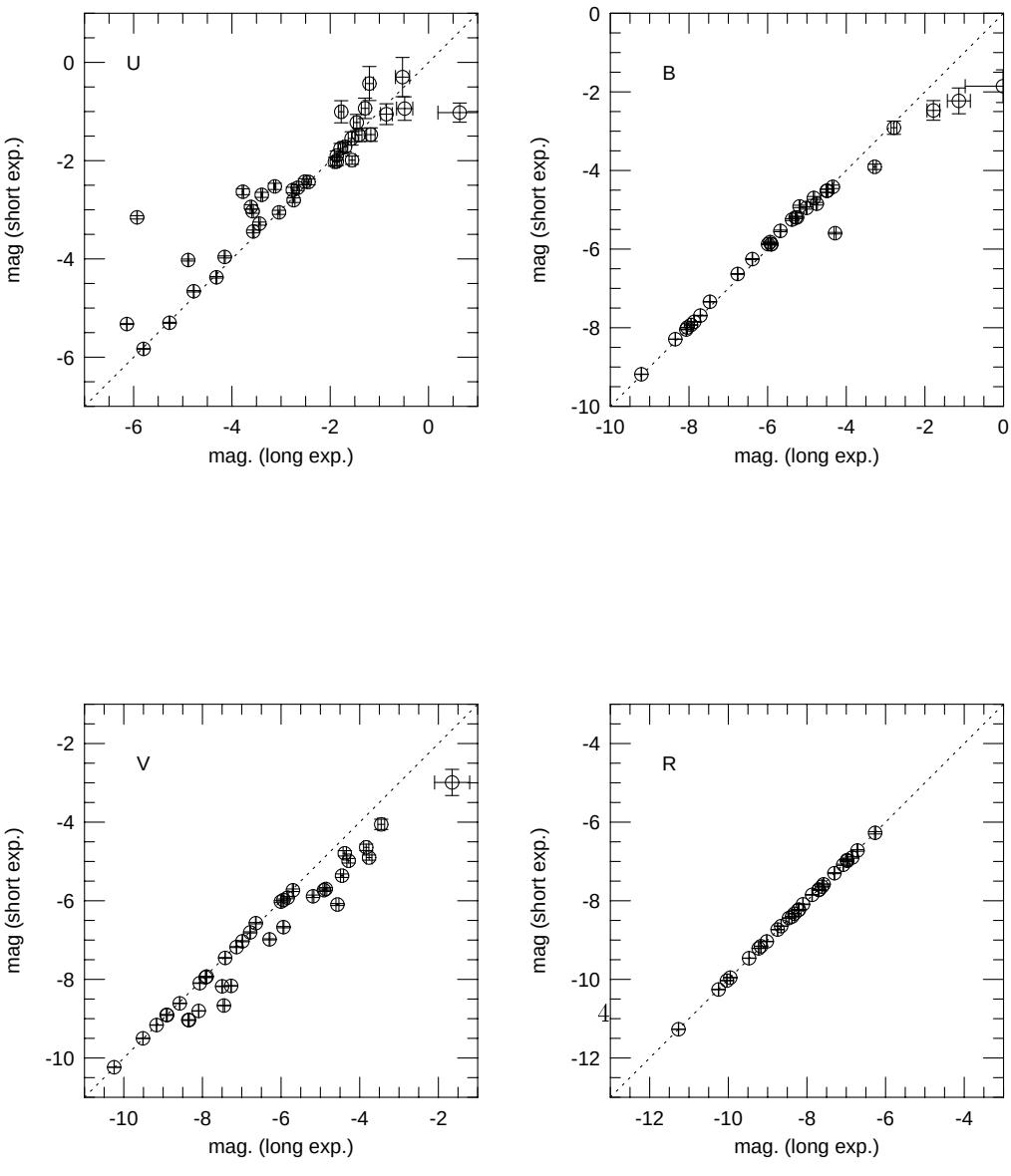

Fig.2 ： システム変換の結果

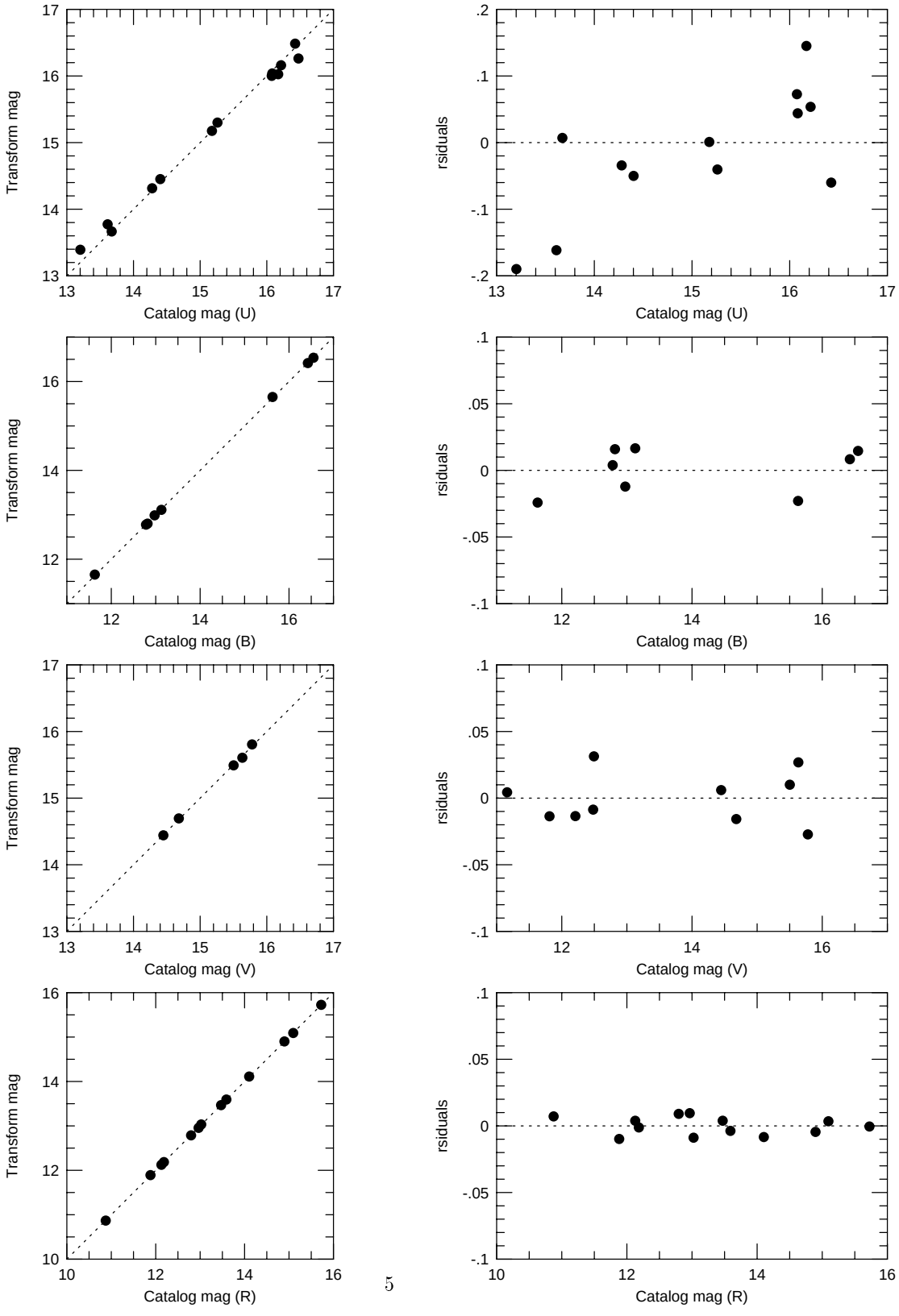

Fig.3 Total Through-Put