2K CCD カメラのThrough-Put (林野チップ) 改訂版

伊藤信成

1998 年 1 月 14 日

Abstract

2K CCD カメラの Total Through-Put を求めた。各バンドの値は

$B = 18.5\%,\ V = 23.6\%,\ R = 31.6\%,\ I = 20.8\%$。

また限界等級は (S/N=10, exp.=15min., seeing=3″)

$B = 20.9mag,\ V = 22.2mag,\ R = 21.1mag\%,\ I = 20.8mag$。

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。

2 観測データ

今回用いたデータは 1997.Dec.25 に取得したものである。データの詳細は以下の通り。

		SA96	SA98	SA101	SA104
UT		17.5h	18.2h	18.7h	20.8h
sec z		1.780	1.669	1.238	1.254
exp.time	B		60sec		
	V		15sec		
	R		15sec		
	I		15sec		
Number*		1	12	14	17
Seeing			3.2″ ∼ 3.8″		

*：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

測光方法は前回のレポートと同じで、apphot package を用いた。apphot の parameter(抜粋) を以下に示す。

	For all regions
DATAMIN (Minimum Good Value)	1000.
DATAMAX (Maximum Good Value)	50000.
THRESHOLD (Detection Threshold)	50.
CTHRESHOLD (Centering Threshold)	50.
CBOXWIDTH (Centering Box Width)	5.
SALGORITHM (Aperture Shape)	centroid
ANNULUS (Sky Aperture Inner radius)	7.85(pix)
DANNULUS (Sky aperture Width)	5.
APERTURES (Aperture Width)	3.93(pix)
ZMAG (Zero point)	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。

$$B = m_B + C_{B,0} + k_B \times secz + C_{B,1} \times (m_B - m_V) \tag{2}$$

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

$$R = m_R + C_{R,0} + k_R \times secz + C_{R,1} \times (m_V - m_R) \tag{4}$$

$$I = m_I + C_{I,0} + k_I \times secz + C_{I,1} \times (m_R - m_I) \tag{5}$$

4 結果

4.1 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
B	21.703±0.025	-0.259±0.017	-0.086±0.009	0.023
V	21.817±0.019	-0.122±0.012	-0.065±0.007	0.018
R	21.291±0.079	-0.040±0.061	0.969±0.023	0.073
I	21.190±0.034	-0.055±0.025	0.010±0.007	0.034

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。

4.2 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
	$[\mathrm{Wcm^{-2}}\mu m^{-1}]$	$[\mathrm{photons\,cm^{-2}}\mu m^{-1}\mathrm{sec^{-1}}]$	$[\mu m]$
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
I	1.14×10^{-12}	4.58×10^{6}	0.15

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

- B : $T = 0.185 \pm 0.003$
- V : $T = 0.236 \pm 0.004$
- R : $T = 0.316 \pm 0.008$
- I : $T = 0.208 \pm 0.014$

となる (Fig.2)。

4.3 限界等級

観測データの S/N は以下の式で求めることができる。

$$S/N = \frac{signal \times t}{\sqrt{a \times Nr^2 + a \times (signal + SKY + Dark) \times t}} \tag{9}$$

ここで a は aperture 内に入る pixel 数。各バンドのスカイレベルを観測データから求めると

	SKY Level	
	[ADU/pixel/sec]	$[\mathrm{mag/arcsec^2}]$
B	1.46	22.2
V	4.22	21.1
R	23.51	18.7
I	41.19	18.0

SA96 領域について各バンド 2 枚づつ撮像しているので、各々の frame の星の等級差から S/N を計算し、計算から予測される値と比較してみる。予想値の計算には、Nr=11e, SKY は表の値、積分時間は各バンド B:60sec, VRI:15sec の値を用いる。また観測データについては IRAF の daofind で星を検出し、2 枚の画像に共通のデータに対して等級および等級差を求めた。検出した星の数は各バンドで

$$B \quad 934, \quad V \quad 1052, \quad R \quad 1452, \quad I \quad 1535,$$

比較結果を Fig.3 に示す。各図のドットは検出した個々の星を表し、黒丸は 0.5mag のビン毎の平均および分散 (1σ) を示している。また実線は through-put から予想される値を示している。各バンドとも観測結果と計算値が良く一致している (V バンドでは観測データの分散の方が計算値より若干大きいが)。
この結果から **S/N=10, 露出時間 15min.** の場合の限界等級を求めると、

B : 20.9mag
V : 22.2mag
R : 21.1mag
I : 20.8mag

となる。

Fig.1 ： システム変換の結果 (上から B,V,R,I の順)

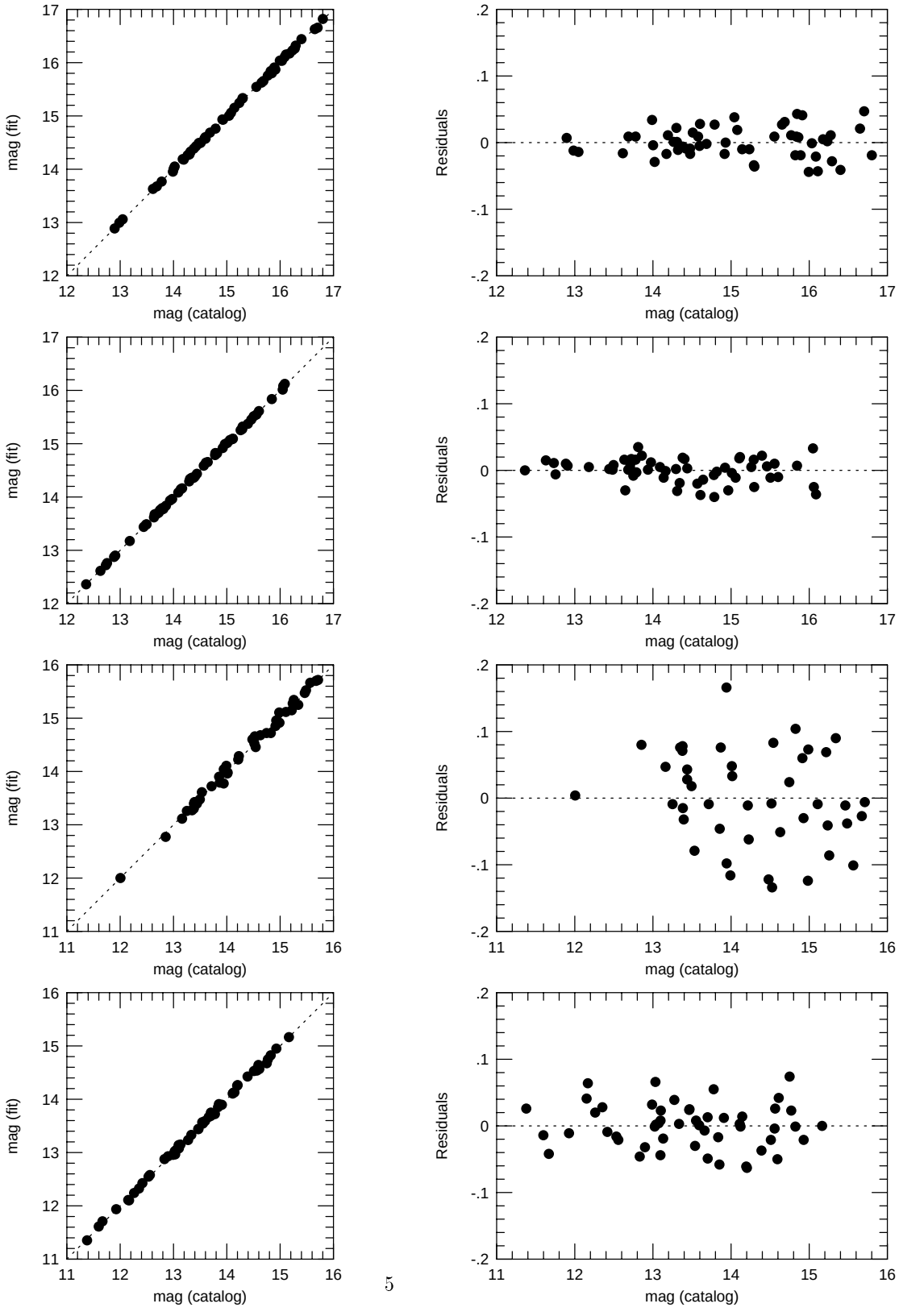

Fig.2 ： Through-Put

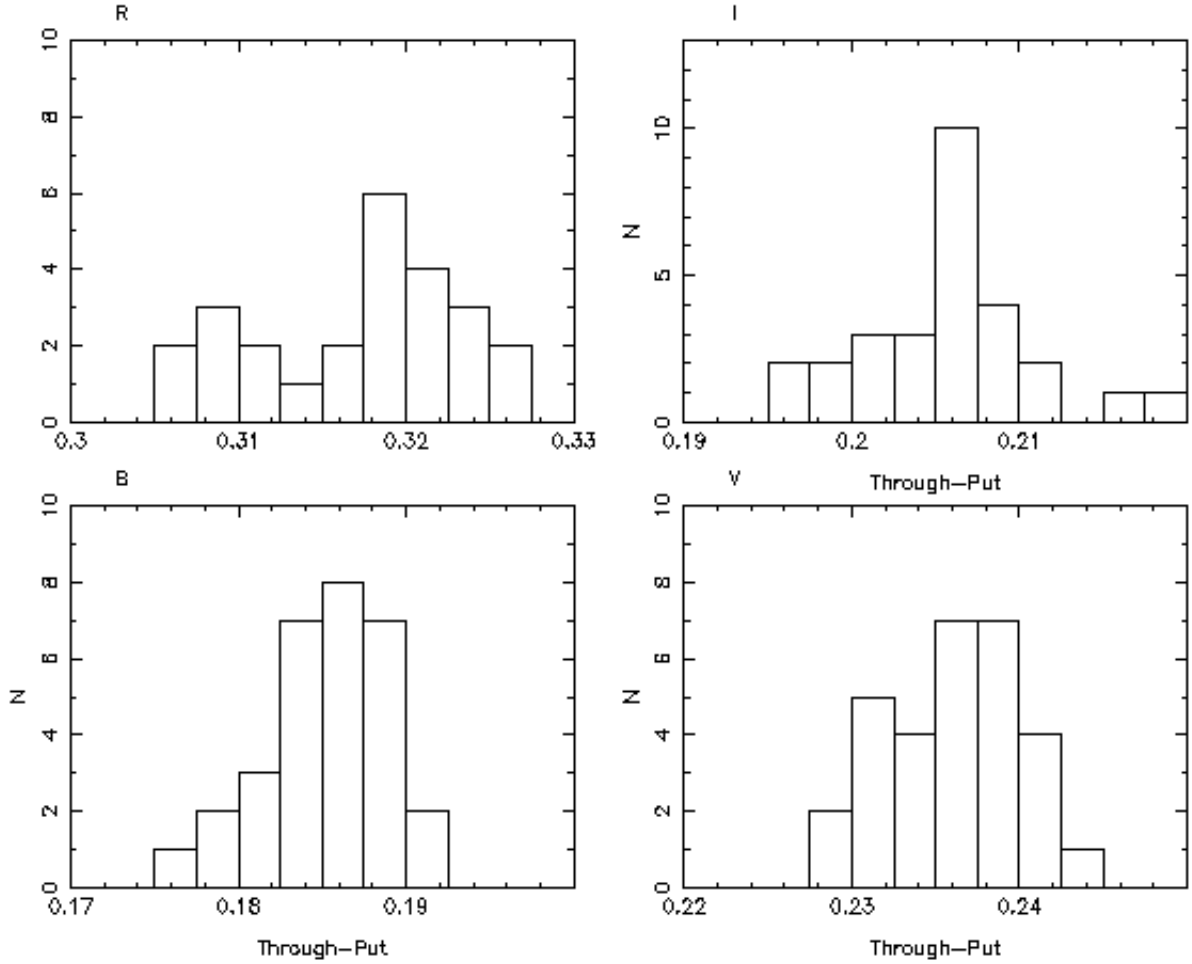
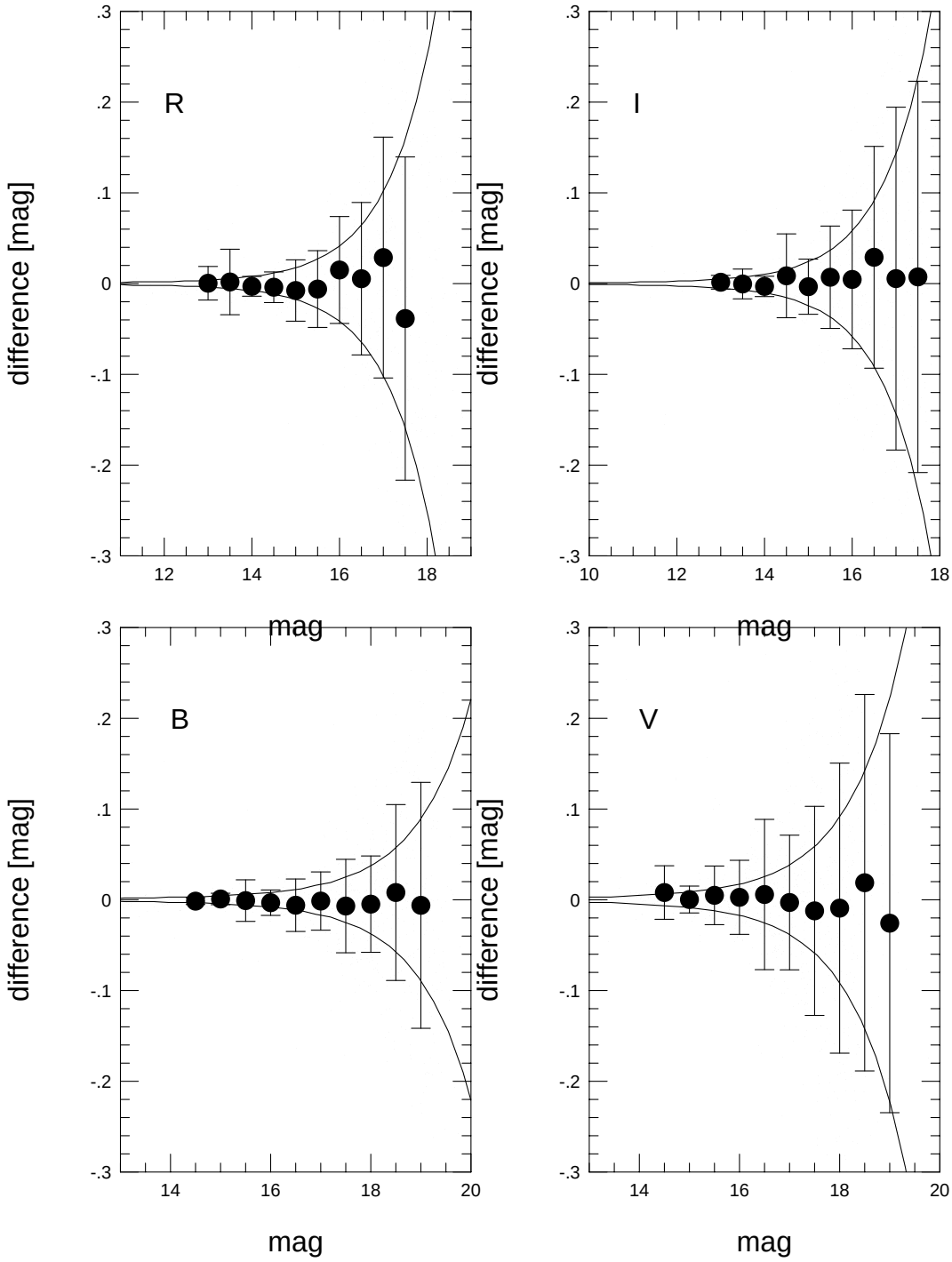
Fig.3：観測データと計算予想値の比較