

# デジタル一眼レフカメラによる測光観測の検証

今村 和義 (岡山県岡山市)

E-mail: imako@pc.117.cx

## 1. はじめに

近年、デジタル一眼レフカメラ(Digital Single-Lens Reflex camera; DSLR)の普及と低価格化に伴い、デジカメを測光観測や新天体サーベイなどに用いる観測者が増えつつある。今日における変光星の観測手法は、伝統的な眼視観測と、冷却 CCD カメラによる測光観測が主流となっており、デジカメが第三の観測手段として期待されている。さらにデジカメは冷却 CCD カメラに比べて安価で、センサーのサイズが大きく、交換レンズが豊富などといったメリットがある。

これまでデジカメの測光値に対する検証は、大金要次郎氏や永井和男氏によって行われている。大金(2009)によれば、RGB 画像のうち G 画像の測光値は、Tycho-2 星表の VT 等級と強い相関がある事が知られている。しかし B, R 画像の測光値に対しては未検証であり、また R, G, B 画像の分光感度特性に関しても調査はなされていない。

このような流れを受け、R, G, B 画像に対する測光値の検証を行い、標準システム(B, V, Rc)への変換を試み、加えて各画像の分光感度特性について調査を行った。さらに差測光(differential photometry)の検証も行ったので、これらの検証結果について報告する。

## 2. 観測とデータ処理

### 2-1. 機材と撮影

観測に用いた機材は以下のとおりである。撮影時は F1.8 から F4 に絞り、ピント $\infty$ 、ISO800、露出 15 秒で撮影した。記録は JPEG ではなく RAW(12bit)である。また恒星時追尾は行っておらず、固定撮影となっている。

- Canon EOS kiss Digital N
- OLYMPUS OM F.Zuiko 50mm F1.8
- カメラ用三脚



図 1. EOS kiss Digital N + OM F.Zuiko  
50mm F1.8

### 2-2. 検証領域

検証する領域は、天頂付近で観測できるはくちょう座を選んだ(図 2)。EOS kiss Digital N の CMOS センサーのサイズは  $22.2 \times 14.8\text{mm}$  なので、焦点距離 50mm のレンズを使用した場合、画角はおおよそ  $24^\circ \times 16^\circ$  となる。図 2 の中から約 30 個の星を用いて検証を行っている。

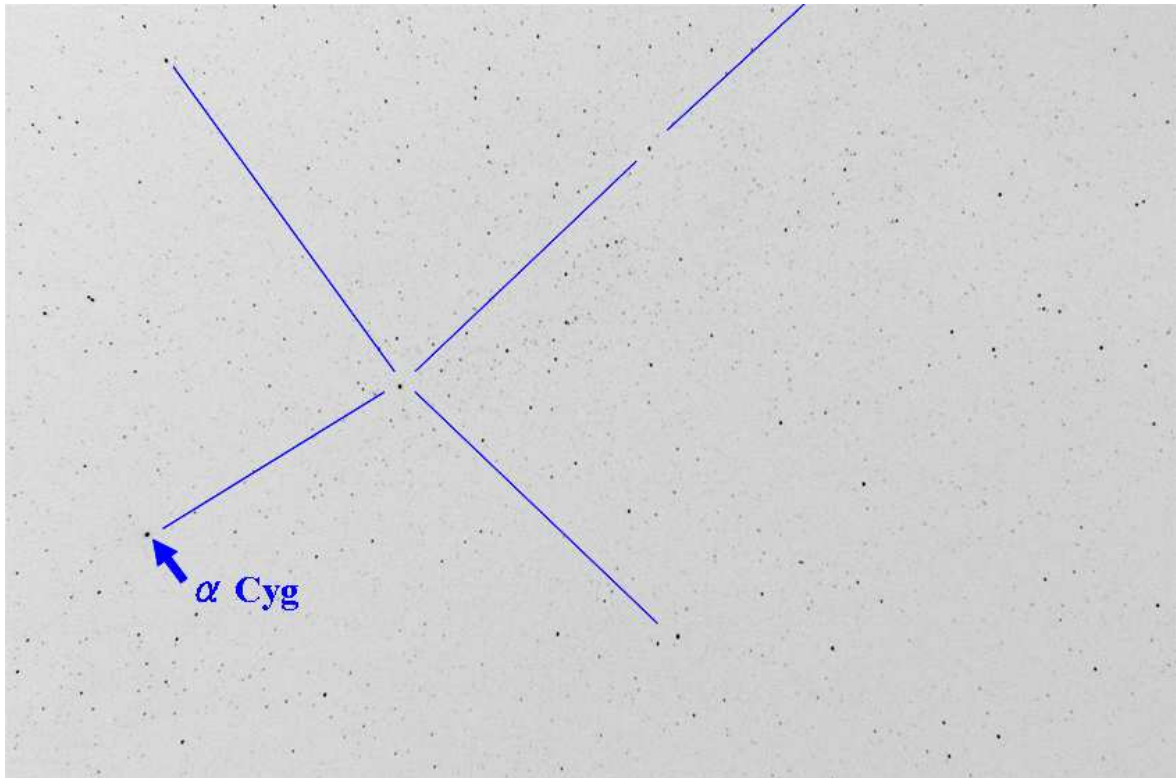


図 2. 検証に用いた画像(G 画像). 画角は約  $24^\circ \times 16^\circ$  となっている.

### 2-3. データ処理

RGB の分解にはフリーソフトである IRIS (Ver. 5.57)を用いた。IRIS はデジカメで撮影された RAW データを読み込み、R, G, B に分解後は FITS 形式で保存することができる。また測光には AIP4Win (Ver. 2.3.1)を用いた。測光の手法は開口測光(aperture photometry)である。さらに測光する星はカウント値が飽和していないかをチェックする必要がある(図 3)。データは 12bit で記録されているため、諧調は 4096 カウントと考えられる。ここでは 4000 カウント未満の星を測光の対象とした。

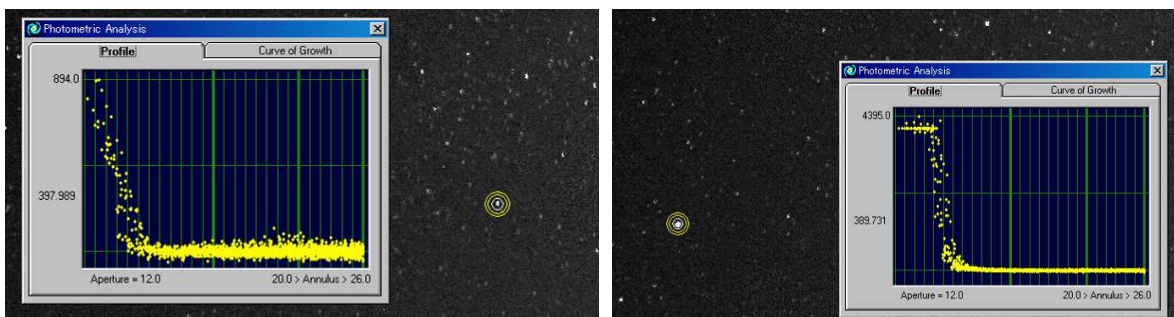


図 3. 飽和のチェック例. 左図は飽和していないが、右図は飽和していることがわかる.

### 3. 測光の結果

#### 3-1. G 画像の測光値

図4は横軸に Tycho-2 の VT 又は V 等級をとり、縦軸に G 画像の測光値をとったグラフである。VT 又は V 等級と測光値を比較した結果、G 画像の測光値は V より VT のほうが、関係性が強く現れていた。しかし V との比較でも比較的良い関係性が確認できる。

#### 3-2. B 画像の測光値

図5は横軸に Tycho-2 の BT 又は B 等級をとり、縦軸に B 画像の測光値をとったグラフである。BT 又は B 等級と測光値を比較した結果、B 画像の測光値は BT より B のほうが、関係性が強く現れていた。しかし、G 画像で見られたような強い関係性には至っていないことがわかる。

#### 3-3. R 画像の測光値

図6は横軸に Rc 等級をとり、縦軸に R 画像の測光値をとったグラフである。Rc 等級と測光値を比較した結果、R 画像の測光値は、Rc とそれなりの関係性が見受けられる。しかし B 画像と同様に、G 画像で見られたような強い関係性には至っていないことがわかる。また測光誤差は G, B 画像に比べて大きい傾向が見られた。

ここで Rc 等級は Landolt (1983) に記載されている B-V と V-R から変換係数を求め、

$$R = -0.560(B-V) - 0.019 + V \quad (1)$$

(1)式より Tycho-2 の B, V から R へ変換し、これを暫定的に Rc とした。

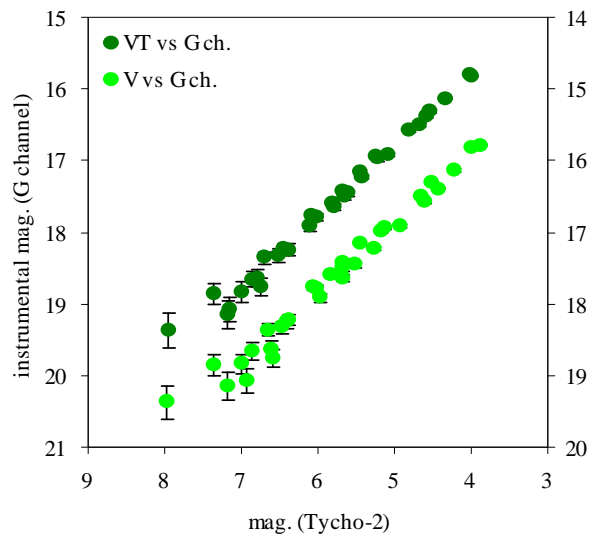


図4. G 画像の測光値と VT or V 等級との比較

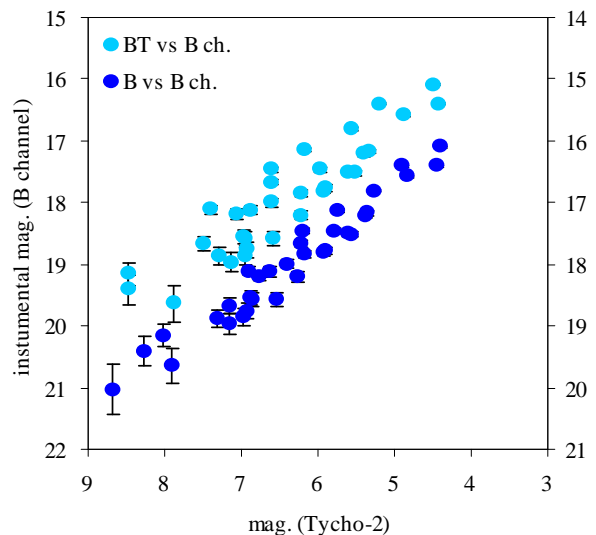


図5. B 画像の測光値と BT or B 等級との比較

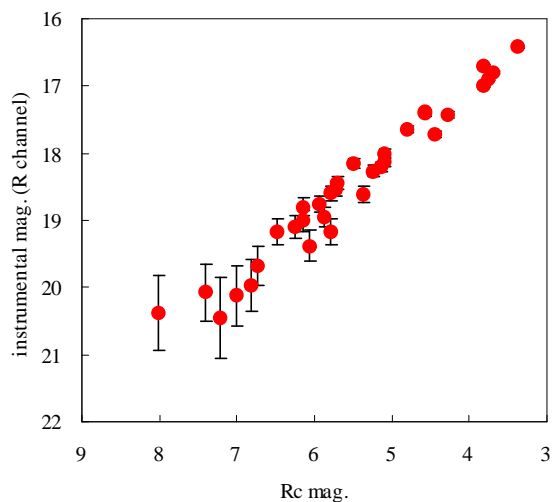


図6. R 画像の測光値と Rc 等級との比較

## 4. 分光感度特性

スペクトルの撮影には岡山理科大学田辺研究室の実験室用分光器(島津製作所)を用いた。光源には白熱球、分散素子には回折格子(200 per mm)、比較光源には水素のスペクトル管を使用し、波長較正は  $H\alpha$  と  $H\beta$  の二本で暫定的に行っている。

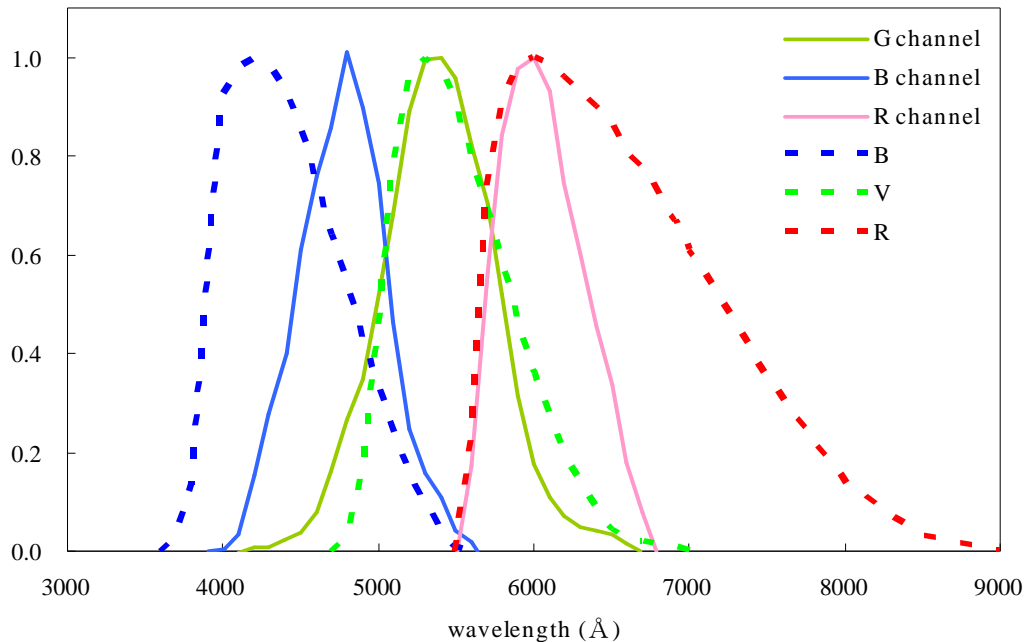


図7. R, G, B 画像の分光感度特性(EOS kiss Digital N における)

実線が R, G, B 画像の分光感度特性になる。比較のために標準システムの分光感度特性を破線で示す。

各画像(R, G, B)の分光感度特性を図7に示す。G画像は標準システムのVと比較的プロファイルが似ているが、B画像は標準システムのBと比べて、ピーク波長が約600Åずれていることが判明した。さらにR画像は標準システムのRと比べ、ピーク波長は概ね一致するが、6000Å後半から感度がまったく無いことがわかる。

## 5. 標準システムへの変換

R, G, B の各画像で得た測光値を器械等級  $b, v, r$  とし、標準システムの値を  $B, V, Rc$  とし、以下のような2変数の式を考え

$$B - b = (b - v)x_b + (v - r)y_b + z_b \quad (2)$$

$$V - v = (b - v)x_v + (v - r)y_v + z_v \quad (3)$$

$$Rc - r = (b - v)x_r + (v - r)y_r + z_r \quad (4)$$

各係数(x, y, z)を最小二乗法で求めた。計算にはR言語を使用した。ここで標準システムへの

変換結果を図 8 に示す。図 8 左は横軸に標準システムの等級値(カタログ値)をとり、縦軸に変換後の等級値をとったグラフである。いずれのバンドもほぼ一直線になり、およそ 0.1 等以内に変換することが出来た。しかし中には 0.1 等以上外れる場合もある(図 8 右)。

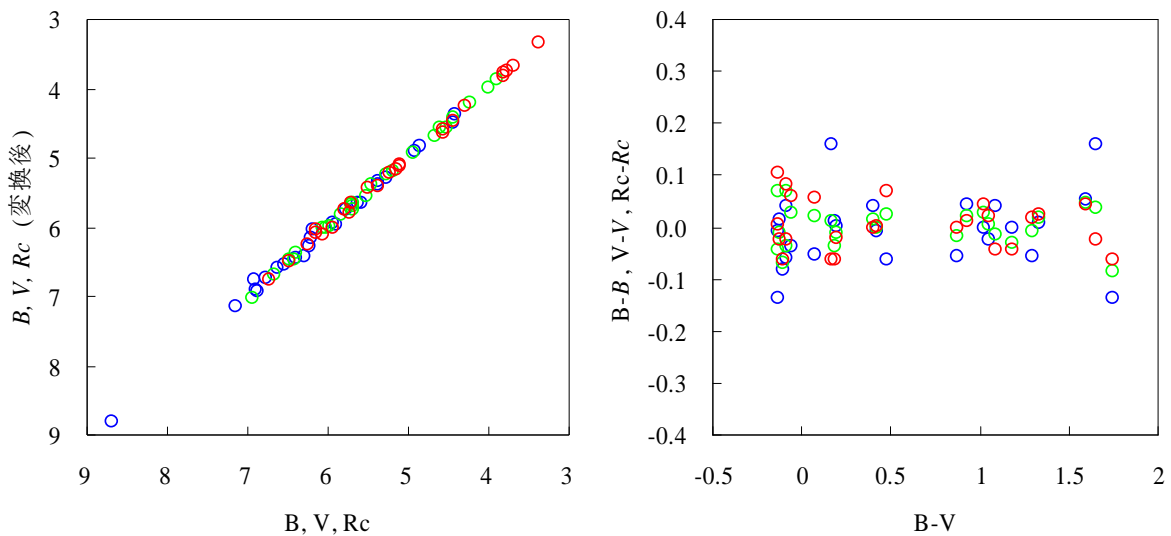


図 8. 標準システムへの変換結果.

青印が B 等級、黄緑印が V 等級、赤印が Rc 等級を表す。ここでは変換後の値を *B, V, Rc* (斜体) で表している。右図はカタログ値と変換値との残差を色(B-V)に対してプロットしたもの。

## 6. 差測光の検証結果

ここでは以下の点について留意し、比較星を決めて G 画像に対して差測光を行った。

- 比較星の色(B-V)は目的星から±0.4 以内の星を選ぶ。
- 比較星は目的星より位置的になるべく近い星を選ぶ。

差測光で得られた値に、Tycho-2 の V 等級を足すと、カタログ値に対してほぼ一直線になるような結果が得られた(図 9)。なお比較的明るい星どうしの差測光なら、誤差は 0.04 等程度に抑えられる。

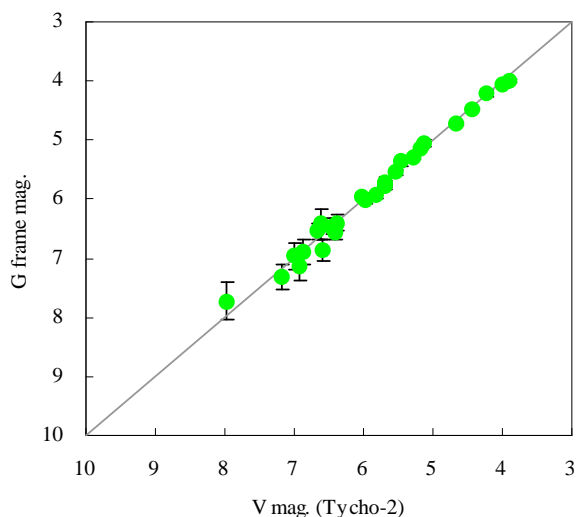


図 9. G 画像に対する差測光の結果.

## 7. まとめと今後の課題

以上のような結果を踏まえて、以下のようにまとめられる：

- ① 50mm レンズ(F1.8→F4)、15 秒露出、固定撮影で約 8 等台まで測光可能。非常に手軽な観測手法と言える。
- ② R, G, B の各画像は、とりわけ G 画像が標準システムの VT or V と強い相関関係があると見られる。これは G 画像の分光感度特性が、V バンドと非常に近いことに起因すると考えられる。
- ③ 標準システムへの変換は概ね良い結果が得られる(特に V バンドへの変換)。しかし 0.1 等以上外れる場合もある。これは広視野であるため、他の星をブレンドして測光した可能性や、dark や flat を補正していないことが原因の一つではないかと考えられる。
- ④ G 画像を差測光した結果、V 等級に近い測光値が得られた。デジカメでも差測光で変光星の観測が十分可能と思われる。

今後の課題としては、以下の点が挙げられる：

- ① 一次処理用のダークフレームとフラットフィールドの検討。
- ② ガイド撮影で露出時間を延ばし、さらに暗い天体の測光。
- ③ 他の機種や他社のデジカメではどのような結果になるのか。

最後になりましたが、本研究を行うにあたり筆者の Blog や VSOLJ のメーリングリスト、さらに発表会場において、多くの方々からご指摘、ご助言を頂きました。この場を借りて御礼申し上げます。

## 8. 参考資料

- 大金要次郎, 「天体観測の教科書変光星観測, 4-3 デジタルカメラによる観測」, 誠文堂新光社, 2009
- 大金氏の HP (<http://homepage2.nifty.com/h-ao/index.htm>)
- 大沢清輝, 「星の色」, 地人書館, 1984
- 永井氏の HP (<http://eclipsingbinary.web.fc2.com/>)
- Berry, R. & Burnell, J., *The handbook of astronomical IMAGE PROCESSING*, Willmann-Bell, Inc., 2005
- Bessell, M. S., *ARA&A*, 2005, **43**, 293
- Henden, A. A. & Kaitchuck, R. H., *Astronomical Photometry*, Willmann-Bell, Inc., 1982
- Høg, E. et al., *A&A*, 2000, **355**, L27-L30
- Landolt, A. U., *AJ*, 1983, **88**, 439