

## 散開星団 M67 を使った三瓶自然館 60 cm 反射望遠鏡の測光補正観測

矢田 猛士\*

### CCD photometry of stars in the M67 for photometric calibration of the imaging system mounted on the 60 cm reflector of The Shimane Nature Museum of Mt. Sanbe

Takeshi Yada

#### 要約

島根県立三瓶自然館の 60 cm 反射望遠鏡に搭載されている冷却 CCD カメラ SBIG ST-10MME および  $B$ ,  $V$ ,  $R_c$ ,  $I_c$  フィルターを用いて散開星団 M67 の撮像観測を行い、色変換係数を導出した。今回求めた係数を用いることによって、観測で得られる機械等級を標準的な Johnson-Cousins  $B$ ,  $V$ ,  $R_c$ ,  $I_c$  システムの等級に変換することが可能となった。

#### Abstract

The color transformation equations of the imaging CCD system equipped on the 60 cm reflector of the Shimane Nature Museum of Mt. Sanbe were estimated. M67 was selected as the target to estimate the coefficients of  $B$ ,  $V$ ,  $R_c$ , and  $I_c$  band magnitude corrections. Magnitudes of stars in the Johnson-Cousins system can be determined by using the coefficients.

## 1. はじめに

島根県立三瓶自然館のカセグレ式 60 cm 反射望遠鏡 (F10, 西村製作所) には, Johnson-Cousin system に従う  $U$ ,  $B$ ,  $V$ ,  $R_c$ ,  $I_c$  フィルターおよび冷却 CCD カメラ SBIG ST-10XME による可視撮像観測装置が取り付けられている。観測データには, 望遠鏡の透過率, フィルターの透過率および CCD カメラの波長感度特性等により起因する系統的な誤差が存在するため, 測光観測によって天体の精密な等級測定を行う際は, これらの誤差を補正する必要がある。M67 は, かに座に位置する明るい散開星団で, 星団を構成する星の色指数が  $B-V$  で -0.2 から 1.4 まで幅広く分布しており, 色変換式の変換係数決定に適している。このため, これまでに M67 を測光標準とする補正観測の研究が実施されている (例えば, Schild 1983; Schild 1985; Joner & Taylor 1990; Chevalier & Ilovaisky

1991; Montgomery et al. 1993; 山中ほか 2007; 高木ほか 2014; 溝口ほか 2016)。本稿では, 島根県立三瓶自然館の 60 cm 反射望遠鏡において, M67 を使った測光補正観測を行い, 観測で得られる等級 (機械等級) を標準等級に変換するための色変換式の変換係数を導出したので, その結果を報告する。

## 2. 観測および測光方法

望遠鏡は三瓶自然館の 60 cm 反射望遠鏡 (図 1), 冷却 CCD は SBIG ST-10XME, フィルタホイールは SBIG FW8-8300 をそれぞれ使用している。また, 観測時はレデューサを使用し, 視野角は 28.6 分角  $\times$  19.2 分角である。望遠鏡および CCD の制御は, それぞれ, Nishimura The Master of Telescope および SBIG CCDOPS を使用した。観測は 2015 年 4 月 17 日に実施し, 積算時間は, それぞれ,  $B$  バンドで 20 秒,

\* 島根県立三瓶自然館, 〒694-0003 島根県大田市三瓶町多根 1121-8

The Shimane Nature Museum of Mt. Sanbe (Sahimel), 1121-8 Tane, Sanbe-cho, Ohda, Shimane, 694-0003, Japan

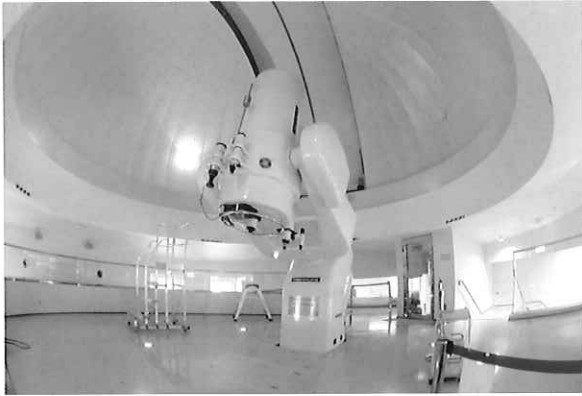


図1 三瓶自然館60 cm 反射望遠鏡

Vバンドで10秒,  $R_c$  および  $I_c$  バンドで5秒である.

観測データの整約は, AIP4Win (Astronomical Image Processing for Windows) を使用し, ダーク処理, フラット処理を行った後, アパーチャー測光を行っている. 開口半径は天体のプロファイルの半値幅 (Full Width Half Maximum, FWHM) の2.5倍とした. また, スカイ領域の補正を行うための円環領域は開口半径+3から3ピクセルの範囲とした. 今回は, 図2に示す12天体について測光を行った.

### 3. 解 析

一般に, 色補正を考慮すると, ある天体の標準測光システム下での等級  $m$  と観測で得られた等級  $m'$  は, 色変換係数  $Col$  を用いて,

$$m = m' + a + Col \times color$$

と表される. ここで  $a$  は積算時間や観測条件の違いで決まる0次のなゼロ点等級の差であり,  $color$  には  $B - V$  等の特定のフィルターシステムの色を用いる.

今回の解析では, 機械等級として図2に示した12天体の測光結果および標準等級としてChevalier & Ilovaisky (1991) の等級を参照し, 以下の色変換式をもとに, 最小二乗法により変換係数を導出した. なお, 今回は, 大気補正は行っていない.

$$\begin{aligned} B - b &= T_b (B - V) + C_b \\ B - V &= T_{bv} (b - v) + C_{bv} \\ V - v &= T_v (V - R) + C_v \\ V - R &= T_{vr} (v - r) + C_{vr} \\ R - r &= T_r (R - I) + C_r \\ R - I &= T_{ri} (r - i) + C_{ri} \end{aligned}$$

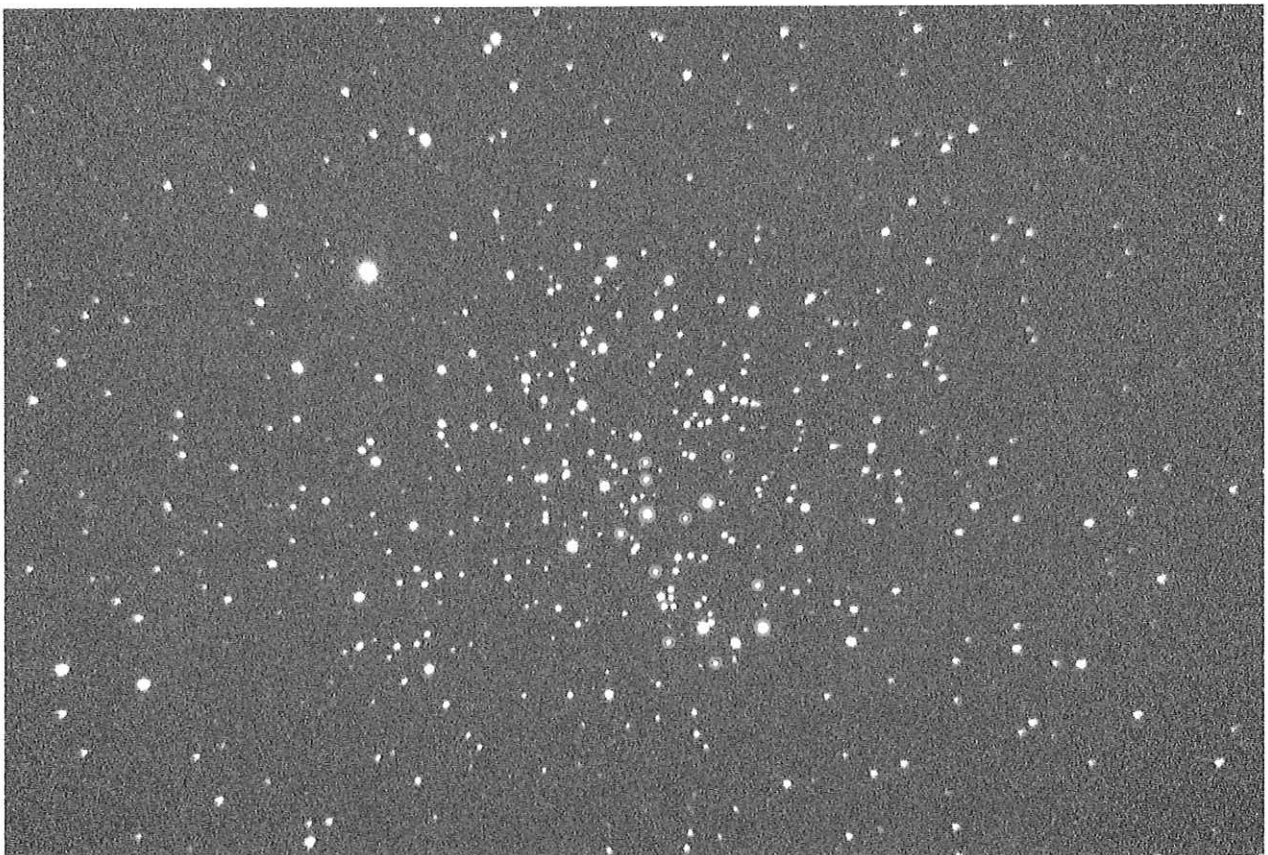


図2 M67のVバンドでの画像. 緑色の丸印で記した12天体を使用した.

ここで、大文字は標準等級、小文字は機械等級、 $T$ は変換係数、 $C$ は積分時間に応じて変化する定数である。変換係数については、観測システムが標準系と一致する場合 $T_{bv} = T_{vr} = T_{ri} = 1$ 、 $T_b = T_v = T_r = 0$ となる事が期待される。

最小二乗法の結果および得られた変換係数を、図3および表1にそれぞれ示す。標準等級と機械等級の色指数の比較において、通常、大気減光の影響の小さい、波長の長いフィルターバンドで相関が悪くなっているのは、今回使用したレデューサの透過率が影響している可能性が考えられる。

表1 色変換係数

変換係数	値
$T_b$	0.194 ± 0.089
$T_{bv}$	1.048 ± 0.173
$T_v$	-0.104 ± 0.095
$T_{vr}$	0.412 ± 0.146
$T_r$	-0.118 ± 0.439
$T_{ri}$	0.228 ± 0.124

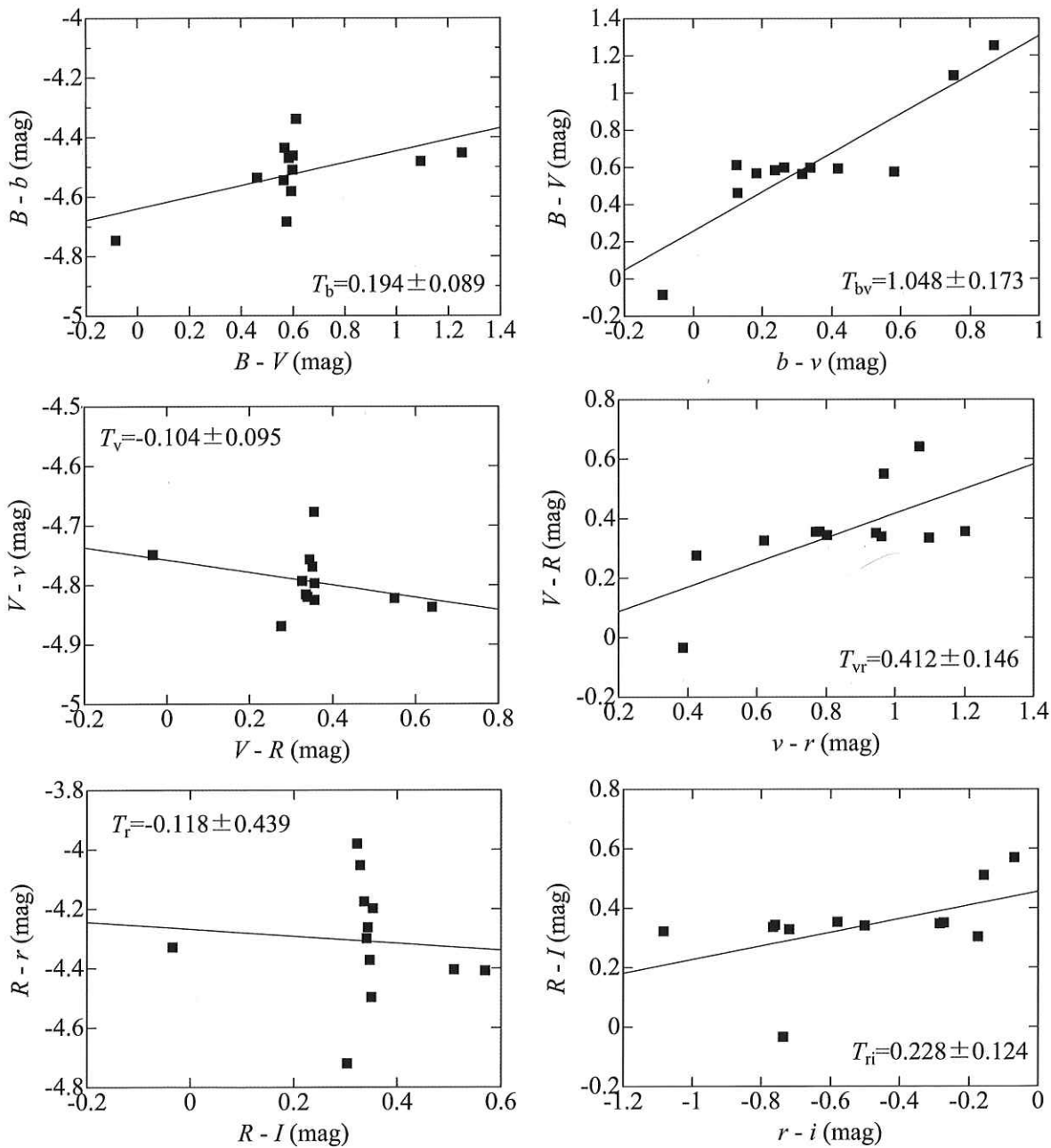


図3 機械等級と標準等級の比較

#### 4. ま と め

散開星団M67の観測により、島根県立三瓶自然館の60 cm 反射望遠鏡に搭載されている撮像用冷却 CCD システムにおいて、観測で得られる機械等級を標準的な Johnson-Cousins  $B$ ,  $V$ ,  $R_c$ ,  $I_c$  測光システムの等級に変換するための色変換係数を導出した。今後は、レデューサの透過率による影響を確認するとともに、新たに突発天体の等級測定などに取り組みたい。

#### 参 考 文 献

- Chevalier, C., & Ilovaisky, S. A. (1991) Cousins BVRI CCD photometry of stars in the M 67 "dipper asterism", *Astronomy and Astrophysics, Suppl. Ser.*, 90, 225-229
- Joner, M.D., & Taylor, B.J. (1990) Cousins VRI Standard Stars in the M67 Dipper Asterism, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 102, 1004-1017
- Montgomery, K.A., Marschall, L.A., & Janes, K.A. (1993) CCD Photometry of the Old Open Cluster M67, *Astronomical Journal*, 106, 181-219
- Schild, R. E. (1983) CCD photometry of M 67 stars useful as BVRI standards, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 95, 1021-1024
- Schild, R. (1985) CCD observations of M 67 stars useful as photometric standards, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 97, 824-826
- 高木悠平, 新井彰, 森鼻久美子 (2014) 可視光多波長撮像装置 MINT の測光補正観測 II, *兵庫県立大学天文科学センター紀要*, 2, 1-6
- 溝口小扶里, 松下真人, 土佐誠 (2016) ひとみ望遠鏡撮像用 CCD カメラの測光補正観測, *仙台市天文台研究・実践紀要*, 2, 2-13
- 山中雅之, 内藤博之, 定金晃三 (2007) M67 を使ったなゆた望遠鏡可視光撮像装置 MINT および 60 cm 反射望遠鏡 ST-9 の測光較正観測, *西はりま天文台年報*, 17, 4-15