

可視光多波長撮像装置 MINT の測光補正観測 II

高木 悠平¹、新井 彰^{1,2}、森鼻 久美子¹

1) 兵庫県立大学 自然・環境科学研究所 天文科学センター 西はりま天文台

2) 京都産業大学 神山天文台

Photometric Calibrations of Multiband Imager for Nayuta Telescope (MINT) II

Yuhei TAKAGI¹, Akira ARAI², Kumiko MORIHANA¹

1) *Nishi-Harima Astronomical Observatory, Center for Astronomy, University of Hyogo, 407-2*

Nishigaichi, Sayo-cho, Sayo-gun Hyogo 679-5313, Japan

2) *Koyama Astronomical Observatory, Kyoto Sangyo University, Motoyama, Kamigamo, Kita-ku, Kyoto City, 603-8555, Japan*

E-mail: takagi@nhao.go.jp

(Received 2014 November 30)

概要

兵庫県立大学西はりま天文台のなゆた望遠鏡に設置されている可視光多波長撮像装置 MINT の色変換式を導出した。MINT は 2012 年度に CCD カメラの変更等に伴った改良が施されたため、色変換式の再決定が必要となっていた。散開星団 M67 を B 、 V 、 R_c 、 I_c バンドでそれぞれ観測し、変換係数を決定した。今回求められた変換係数を適用することにより、なゆた望遠鏡と MINT によって得られた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ことが可能となる。

Abstract

The color transformation equations of the Multiband Imager for Nayuta Telescope (MINT) equipped on Nayuta Telescope were re-estimated. This re-estimation was necessary due to the improvement of the optical system and the new CCD camera mounted on 2012. M67 was selected as a target to estimate the coefficients of B , V , R_c , and I_c band magnitude corrections. The magnitudes of the stars in the Johnson-Cousins system can be determined by using the revisited coefficients.

Key words: optical photometry — performance — photometric calibration

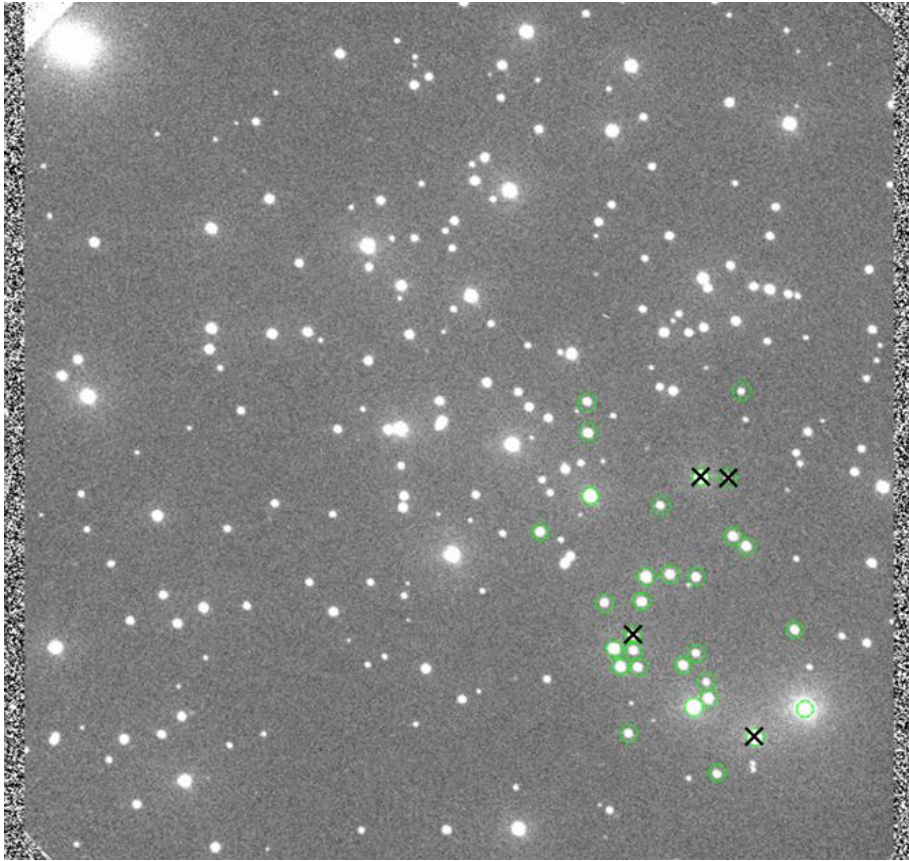


Fig. 1. M67 の B バンド画像。緑色の丸印で記した星が山中 他 (2007) で使用された 30 天体。本論文ではそのうち X 印で消されていない 26 天体を使用した。

1. はじめに

可視多波長撮像装置 (Multiband Imager for Nayuta Telescope; MINT) は、兵庫県立大学西はりま天文台の 2m 望遠鏡 (なゆた望遠鏡) のカセグレン焦点に取り付けることができる観測装置である。2005 年に設計、運用を開始し、2012 年にはベルティエ素子による冷却が可能な撮像素子の取り付けおよび光学系の改良が行われた (高木 他 2012)。視野はおおよそ 11 分角で、5 分積分の限界等級は R_c バンドおおよそ 21 等である。またこの改良では、フィルタターレットおよびフィルタも新調された。

測光観測によって天体の等級測定を行う際は、望遠鏡および観測機器、フィルターに起因する系統誤差を補正する必要がある。このような系統誤差は、特に、望遠鏡の透過率、フィルターの透過率、CCDカメラの波長感度特性に起因し、精密な測光観測を行うためには、各観測システムごとに評価しておく必要がある。系統誤差の補正に使用する色変換式の変換係数は山中 他 (2007) で求められていたが、2012 年の改修に伴い、変換係数を新たに求め直す必要があった。本論文ではその結果を報告する。

2. 観測・解析

改修後の色変換式の変換係数を求めるため、山中 他 (2007) と同様に散開星団 M67 を観測した。M67 は、かに座に位置する明るい散開星団である。星団を構成する星の $B - V$ のカラーが、-0.2 から 1.4 まで幅広く分布しているため、色変換式の変換係数決定に適している。観測は 2014 年 5 月 19 日に行った。積分時間は B バンドで 30 秒、 V 、 Rc 、 Ic バンドで 5 秒とし、それぞれのバンドで合計 5 フレームずつ取得した。なお、観測に使用した CCD カメラは Finger Lakes Instrument 社の PL23042-1-B であるが、このカメラには Residual Bulk Image と呼ばれる種の残像がでることが確認されている (高木 他 2012)。本観測ではこの残像が出現した状態で行っているため、これに起因する系統誤差が結果に残ってしまっている可能性がある。

解析は IRAF¹ を用いて行った。オーバースキャン除去、ダーク除去の後、予め取得していたトワイライトフラットを用いてフラット処理を行った。次に、各バンドで撮影した計 5 フレームの位置を合わせた後、重ね合わせを行った。図 1 は一次処理後の M67 の B バンド画像である。図 1 の緑色の丸印で示された天体が Chevalier & Ilovaisky (1991) および山中 他 (2007) で使用された 30 天体である。本論文では、これらの天体のうち、近傍に星がいると思われる天体 4 天体を対象から外し、計 26 天体を測光した。

各天体の測光は開口測光で行った。星が多い混雑した領域であるため、開口半径は 26 天体のプロファイルの半値幅 (Full width Half Maximum, FWHM) の 1.5 倍とした。また、スカイ領域の補正を行うための、スカイの平均カウントを導出するための円環領域の内径は FWHM の 2.5 倍、円環の外径は内径 +3 ピクセルとした。

3. 結果

全 26 天体の測光結果をもとに、色変換式の変換係数を導出した。使用した色変換式は以下のとおりである。

$$B - b = T_b(B - V) + C_b \quad (1)$$

$$B - V = T_{bv}(b - v) + C_{bv} \quad (2)$$

$$V - v = T_v(V - R) + C_v \quad (3)$$

$$V - R = T_{vr}(v - r) + C_{vr} \quad (4)$$

$$R - r = T_r(R - I) + C_r \quad (5)$$

$$R - I = T_{ri}(r - i) + C_{ri} \quad (6)$$

大文字は本来の等級、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を示している。以下に使用例を記す。 B 、 V バンドで相対測光を行った場合、(1) 式は対象星と測光標準星に対しそれぞれ

$$B_o - b_o = T_b(B_o - V_o) + C_b \quad (7)$$

$$B_c - b_c = T_b(B_c - V_c) + C_b \quad (8)$$

と書ける。また、同様に (2) 式についても、

$$B_o - V_o = T_{bv}(b_o - v_o) + C_{bv} \quad (9)$$

¹ IRAF is distributed by the National Optical Astronomy Observatories, which are operated by the Associations of Universities for Research in Astronomy, Inc., under cooperative agreement with the National Science Foundation.

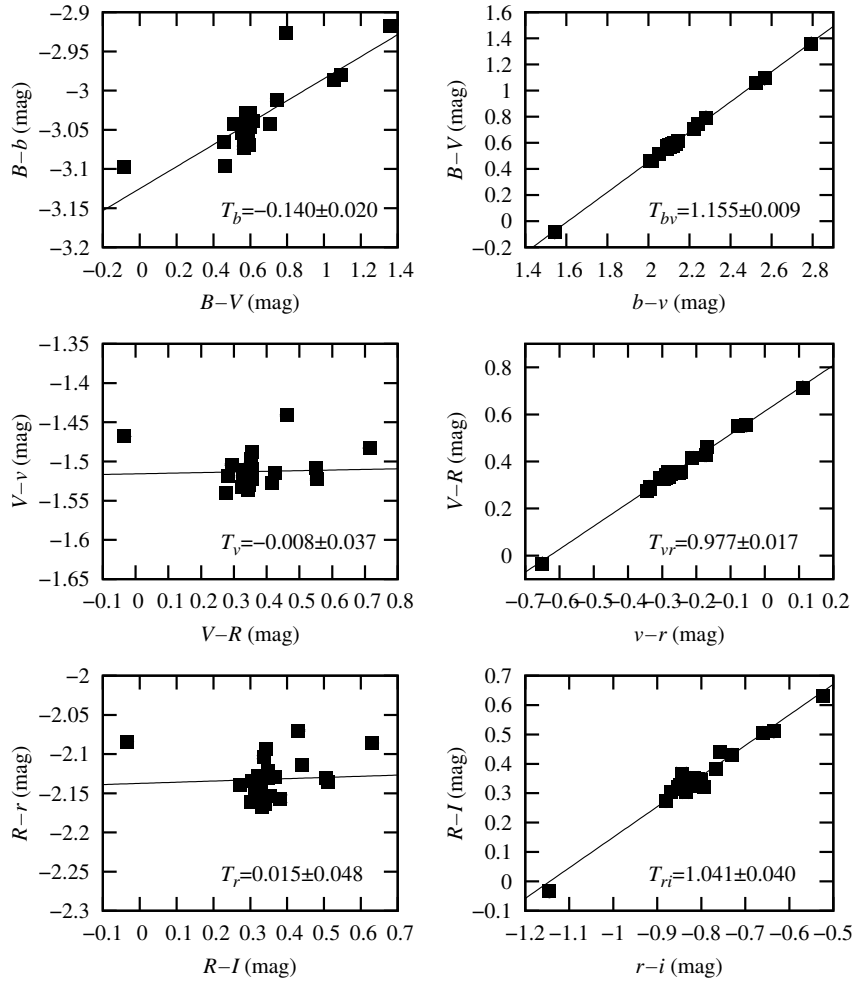


Fig. 2. 機械等級と標準等級の比較によって求められた変換係数。各パネルに導出された変換係数とその誤差が記されている。

$$B_c - V_c = T_{bv}(b_c - v_c) + C_{bv} \quad (10)$$

となる。標準星の等級 (B_c, V_c) が分かっているれば、(7) 式から (10) 式を使って連立方程式を解くことで B_o および V_o を求めることができる。

上記の (1)~(6) 式の変換係数 T を求めるために、2 章の観測と解析で得られた 26 天体の 1 秒あたりのフラックスを機械等級とし、これを Chevalier & Ilovaisky (1991) で求められた等級と比較した。図 2 はその結果を示しており、それぞれの色変換式に対し最小二乗法を用いて変換係数を導出した。

本観測の結果、 B バンドを使用した際に、系統誤差が最も大きく現れることが判明した。これは山中 他 (2007) で示された結果と同様の傾向である。一方で T_b の値は小さくなっていることから、系統誤差の大きさは小さくなったと考えられる。これは、新たに導入した CCD カメラが、山中 他 (2007) で使用したものよりも、短波長側の感度が高いためだと考えられる。

なお、変換係数を求めるための観測は 1 度しか行われておらず、加えて 5 月 19 日の観測では観測天体の

高度が30度ととても低かったため、高度が高い天体を観測する場合は正しい結果が得られない可能性もある。今後、高高度での観測を行い、変換係数の改訂を引き続き行う予定である。また、SDSS フィルタの変換係数についても今後導出する。

4. まとめ

兵庫県立大学西はりま天文台のなゆた望遠鏡で使用されている可視多波長撮像装置 MINT の CCD カメラおよび光学系の改修に伴い、 B 、 V 、 Rc 、 Ic バンドの系統誤差を補正するための色変換式の変換係数を導出した。幅広いカラー分布をもつ散開星団 M67 を観測することで、単一の領域の観測から変換係数を求めることができた。2007 年に行われた変換係数決定と同様、 B バンドにおいて大きな系統誤差が見られることが判明したが、新 CCD の短波長側の効率が高いため、変換係数は小さくなった。

《参考文献》

Chevalier, C. & Ilovaisky, S. A. 1991, A & AS, 90, 225

山中雅之、内藤博之、定金晃三 2007、西はりま天文台年報、第 17 号、4 頁

高木悠平、新井彰、高橋隼、坂元誠、鳴沢真也、伊藤洋一 2012、西はりま天文台年報、第 22 号、27 頁