

## 散開星団NGC7790の $BVR_c$ 測光観測

家嶋竜也<sup>1</sup>、尾久土正己<sup>2</sup>、定金晃三<sup>1</sup>

1) 大阪教育大学

2) 兵庫県立西はりま天文台

## $BVR_c$ CCD Photometric Observations of the Open Cluster NGC7790

Tatsuya IYESHIMA<sup>1</sup>, Masami OKYUDO<sup>2</sup>, and Kozo SADAKANE<sup>1</sup>

1) *Astronomical Institute, Osaka Kyoiku University, Kashiwara-shi, Osaka 582, Japan.*

2) *Nishi-Harima Astronomical Observatory, Sayo-cho, Hyogo 679-53, Japan*

E-mail: okyudo@nhao.go.jp

(Received 1994 May 31)

### Abstract

CCD photometric observations of the open cluster NGC7790 have been carried out using the 60-cm reflector at the Nishiharima Astronomical Observatory. Images were obtained with a CCD camera through wide-band  $BVR_c$  filters. Color equations are solved using 10 photometric standard stars given in Christian et al. (1985) and the transformation coefficients have been obtained.

**Key words:** CCD Photometry – Open Cluster : individual(NGC7790)

### 1. はじめに

高性能の二次元撮像素子CCDの導入により、天体望遠鏡の観測能力は飛躍的に向上した。たとえば、撮像観測ではTyson(1988)は深宇宙の26-27等級の銀河の姿をとらえることに成功している。このような観測はCCDの性能(特に高い量子効率)と高度な画像処理技術の結合により可能となった。測光観測においてもCCDは威力を発揮している。1950年代には星団の数百個の星の測光観測を行うには、大口径の望遠鏡と光電管を使って数週間の観測時間を要したが、今日では1m以下の小型望遠鏡とCCDを用いて数時間以内で達成可能となった。このようにして、多数の星団(散開星団と球状星団)のより暗いメンバーの高精度の測光結果が次々と発表されている。しかしながら、CCD測光のデータの洪水の中である種の混乱が起こりつつある。それは、各観測者が発表する結果が同じ測光システム(たとえばJohnsonの $UBV$ )と称してはいても、じつは相当な系統的誤差を含んでいる場合があることによる。たとえば、Mermilliod(1992)の指摘したNGC6705の場合は、最近(1990年以後)行われた二つのCCD測光の結果を比較した場合、これらのデータの間には、 $V$ 等級、色指数 $B-V$ ともに無視できない系統誤差がみられる。

測光観測の結果（たとえば、星団の色等級図）を理論計算の結果（アイソクロン）と比較して定量的な議論をするためには、両者が厳密に同じ測光系に依拠していなくてはならない。また、複数の観測結果の比較を行う場合もそれらが同じ測光系になっているかどうかを吟味する必要がある。測光観測を行う場合、観測から求められるいわゆる機械等級は、ディテクター特性（光電管またはCCDの波長感度特性など）やフィルターの特性、さらに、鏡の反射特性などに依存している。したがって、機械等級を標準システムの等級に変換するプロセスが必要となる。変換係数は目的天体の観測に使われたものと同じ装置で標準星を観測し、厳密に言えば観測を行うたびに決定されなくてはならない。

標準の測光システムとして現在最も頻繁に使われているのは、Johnson and Morgan(1953)によって提唱されたUBVシステムと Cousins(1976)のRIシステムである。Landolt(1983,1992)は赤道帯にUBVRI測光のための標準星を設定しそのリストを発表している。BV二色の場合には、HST用の測光標準星としてほぼ全天に設定されたリストがある(Lasker et al. 1988)。BVRバンドではパロマースカイサーベイの49領域で設定された437個の標準星(Humphreys et al. 1991)がある。これらは標準星として適切な星を吟味して、光電測光により等級や色指数が決定されているが星が天球上の広い領域に分布しているため、視野の限られたCCDの一枚のフレームには通常一個の標準星しか入らない。観測の効率を上げるには、等級や色指数の必要な範囲をカバーした複数の標準星が一枚のフレームで観測出来ることが望ましい。Christian et al.(1985)はこのような要望に答えるため、6箇所の標準星野を設定しその中の選ばれた星の光電測光観測を行った。これらの標準星野は以下の条件を満たすような配慮がされている。

- 北天でどの季節にも観測出来るよう赤経で4ないし6時間おきに配置する。
- 15等以上20等までの間で広い等級の幅がとれる。
- 色指数の出来るだけ広い範囲をカバーする。
- 星の密集度が低い。
- 過去の観測が文献にある。
- キットピークの2.1m望遠鏡のビデオカメラの視野に合わせて星野のサイズは $2 \times 2$ 分角以内とする。

これらの条件を満足する場所として球状星団M92の他、計6個の星団の近くの星野が選択され、1980年から1983年にかけてキットピーク天文台の1.3mと2.1mの望遠鏡を用いて計27夜の光電測光観測が行われた。観測にはRCAの光電管と広帯域BVRフィルターが用いられ、整約はLandolt(1983)のUBVRI標準星を用いて行われた。各星野の観測は平均3回繰り返して行われ、各星野について6ないし12個の星のV等級、I等級、色指数( $B-V$ 、 $R-I$ 、および $V-R$ )のデータが標準偏差と共に与えられている。観測された明るさの範囲はV等級で13から19等の間であり、測光の精度は $V = 16$ 等で $\pm 0.02$ 等(V)、 $\pm 0.04$ 等( $B-V$ )程度である。

このデータは小型望遠鏡によるCCD測光観測の特性を定量的に知る上で有用と考えられるので、我々はNGC7790で与えられた10個の標準星を含む領域のCCDイメージをBVRフィルターを使って観測し、標準系への変換を行うことを試みることにした。このことによって西はりま天文台の観測システム(60cm反射望遠鏡、広帯域フィルター、およびCCDカメラ)によって測光観測を行う場合の変換係数を決定し、観測の精度を明らかにすることが本研究の目的である。

本研究で取り上げた散開星団NGC7790は $\alpha = 23^h 56^m$ 、 $\delta = +60^\circ 54'$ (1950年分点)にあり、カシオペア座の近くの銀河面内に位置している。この星団は4個のセフェイド型変光星(CE Cas a and b, CF Cas, およびCG Cas)をメンバーにもつことが知られている。過去において、この星団の測光観測に関してはかなりの

数の文献があるが、最近のものとしては、Romeo et al.(1989)やOdewahn et al. (1992)がある。特に後者はChristian et al. (1985)と同じ目的でNGC7790を含む3個の星野で高精度のCCD観測を行ったものである。

## 2. 観測とデータ解析

NGC7790の観測は西はりま天文台において1993年10月22日と23日の2夜行われた。フィルターは広帯域のB, V, R干渉フィルターを使用した。今回の解析に使用したオブジェクトフレームの数は、B, V, Rの各バンドでそれぞれ7, 8, 6フレームであった。オブジェクトフレームの露出時間はすべて240秒であった。各バンドでドームフラットとスカイフラットのイメージをそれぞれ4フレーム以上、また、多数のバイアスイメージを観測した。CCDデータの一次処理(バイアスイメージの作成、バイアスの引き算、フラットイメージの作成、および、フラットフィールドイング)はIRAFを用いて行われた。各バンドの複数のイメージは位置合わせをした後、重ね合わせを行って一枚の画像にまとめた。結果として得られたイメージの例を図1に示す。四角で囲った領域はChristian et al.(1985)が測光観測を行った領域であり、彼らが観測し今回標準星として用いた10個の星が矢印で示してある。今回のイメージの星像のFWHMは4.8ピクセルであった。昨秋の観測のイメージではV等級が19.5等程度までの星が確認出来た。

## 3. 測光

以上で得られた3バンドのイメージはIRAFのAPPHOTとDAOPHOTの2種類のソフトを用いて測定された。APPHOT(アパーチャーフォトメトリー)はダイアフラムを用いて光電管で測光観測を行うのと原理的には同じ事を計算機の上で行うものである。すなわち、まず星像の周囲に適当な大きさの円(アパーチャー)を設定し、その中に含まれる全ピクセルのカウント値の合計を求める(星+スカイ)。次に、星像から適当に離れた場所に星を中心とする円環を設定し、その中に含まれるピクセルの平均のカウント値を求め、それをスカイの値とする。前に求めた星+スカイからスカイの成分を引くと正味の星のカウント値が決まるということになる。これに対してDAOPHOTは星像の形をpsf(ポイントスプレッドファンクション)という一種のモデルをあてはめることを行う。まず、各イメージに対してpsfを決め、それぞれの星像にそれをあてはめて最も適合するものでその星の明るさ(等級)を決定する。このやりかたは、アパーチャーフォトメトリーを行うのが困難な星の密集した場所(例えば球状星団)での測光に威力を発揮する。

今回の解析では観測した領域の星を上記の2通りの方法で測定した。まず、標準系への変換を行うため、10個の変換標準星の機械等級( $b, v, r$ )をAPPHOTで測定した。これらの星は、V等級で13等から16等の間にあり、色指数 $B - V$ では0.5から1.6の間にある。測定の結果を表1に示す。機械等級の測定において、スカイの等級は一律に26等と設定してある。この場合のアパーチャーの大きさ(半径)は8ピクセル、スカイを測定する円環の大きさは半径15ピクセルで幅5ピクセルと設定してある。ただし、イメージ上で1ピクセルは0.63秒角に相当する。測定の精度は $\pm 0.02$ 等程度である。

## 4. 変換式

表1の結果を用いて機械等級( $b, v, r$ )から標準等級( $B, V, R$ )への変換を行うための変換係数を求めた。各バンドでの変換式は一次式

$$V = \alpha v + \beta(B - V) + C$$

の形を仮定し、さらに、 $\alpha = 1.00$ (すなわち、完全な直線性)を仮定した。10個の変換標準星を用いて、最小自乗法により係数( $\beta$ )と定数( $C$ )を決めた。ただし、 $C$ は仮定したスカイによって決まるもので、任意定数で

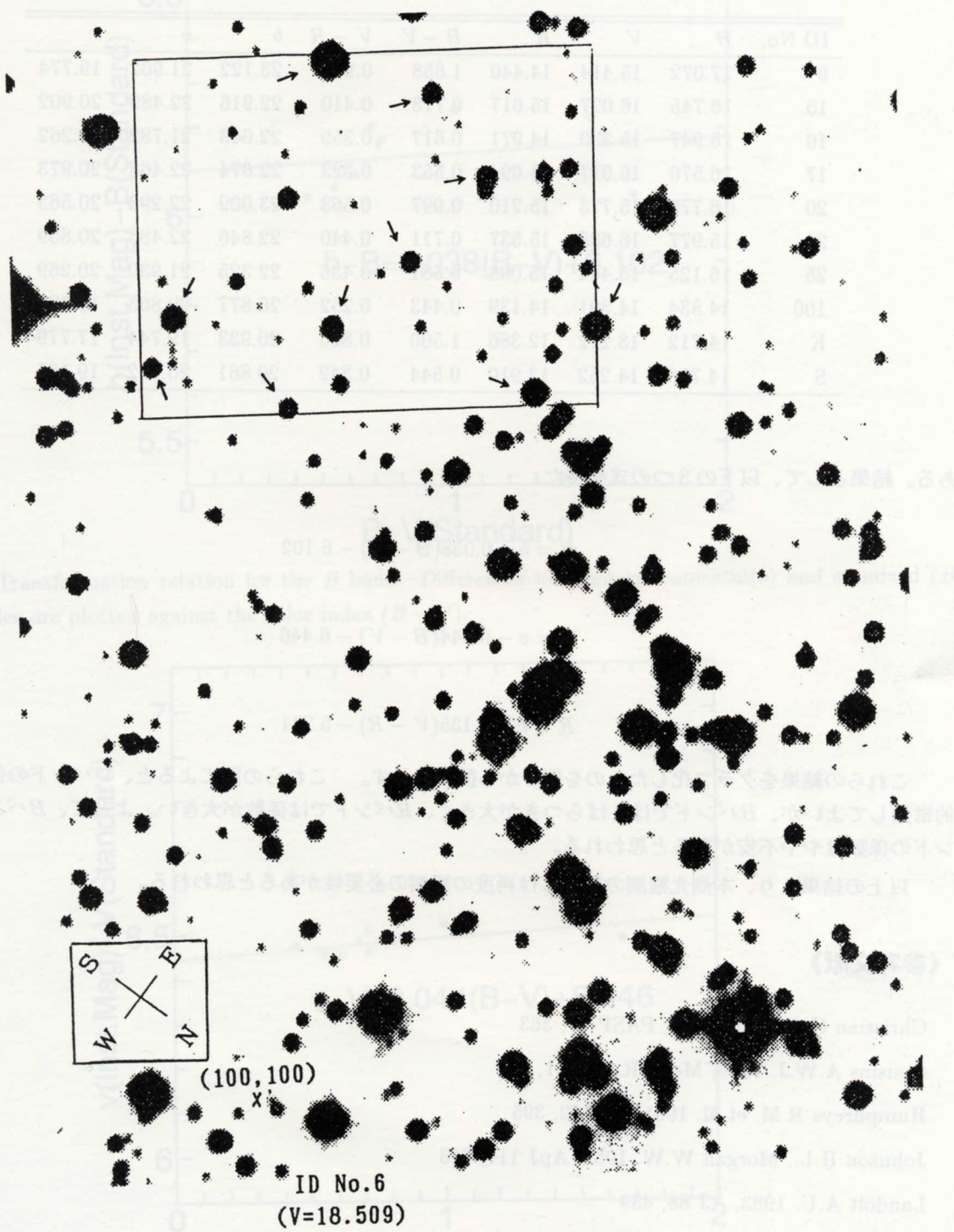


Fig. 1. CCD image of the open cluster NGC7790 analyzed in the present study. The square in the upper left corner is the field observed by Christian et al.(1985). Ten standard stars given by them are shown by arrows.

Table 1. Results of the photometry of the standard stars

ID No.	<i>B</i>	<i>V</i>	<i>R</i>	<i>B - V</i>	<i>V - R</i>	<i>b</i>	<i>v</i>	<i>r</i>
9	17.072	15.414	14.440	1.658	0.974	23.122	21.902	19.774
10	16.745	16.027	15.617	0.718	0.410	22.916	22.489	20.902
16	15.947	15.330	14.971	0.617	0.359	22.043	21.782	20.262
17	16.570	16.017	15.694	0.553	0.323	22.674	22.468	20.973
20	16.770	15.773	15.210	0.997	0.563	23.009	22.293	20.563
21	15.977	16.688	15.537	0.711	0.440	22.846	22.485	20.859
25	16.125	15.444	15.008	0.681	0.436	22.325	21.930	20.269
100	14.834	14.391	14.139	0.443	0.252	20.877	20.863	19.423
K	14.712	13.212	12.386	1.500	0.826	20.933	19.744	17.779
S	14.796	14.252	13.910	0.544	0.342	20.861	20.712	19.185

ある。結果として、以下の3つの式を得た。

$$B = b - 0.038(B - V) - 6.102 \quad (1)$$

$$V = v - 0.044(B - V) - 6.446 \quad (2)$$

$$R = r - 0.135(V - R) - 5.241 \quad (3)$$

これらの結果をグラフ化したものを図2から図4に示す。これらの図によると、*V*バンドの係数は比較的信用してよいが、*B*バンドでは、ばらつきが大きく、*R*バンドでは係数が大きい。よって、*B*バンドと*R*バンドの係数はやや不安があると思われる。

以上の結果より、本測光観測の議論には再度の観測の必要性があると思われる。

#### 《参考文献》

- Christian C.A. et al. 1985, PASP 97, 363  
 Cousins A.W.J. 1976, Mem. R.A.S. 81, 25  
 Humphreys R.M. et al. 1991, AJ 102, 395  
 Johnson H.L., Morgan W.W. 1953, ApJ 117, 313  
 Landolt A.U. 1983, AJ 88, 439  
 Landolt A.U. 1992, AJ 104, 340  
 Lasker B.L. et al. 1988, ApJS 68, 1  
 Mermilliod J.-C. 1992, in Astronomy from Large Databases II, ESO Conference and Workshop Proceedings No. 43, p373

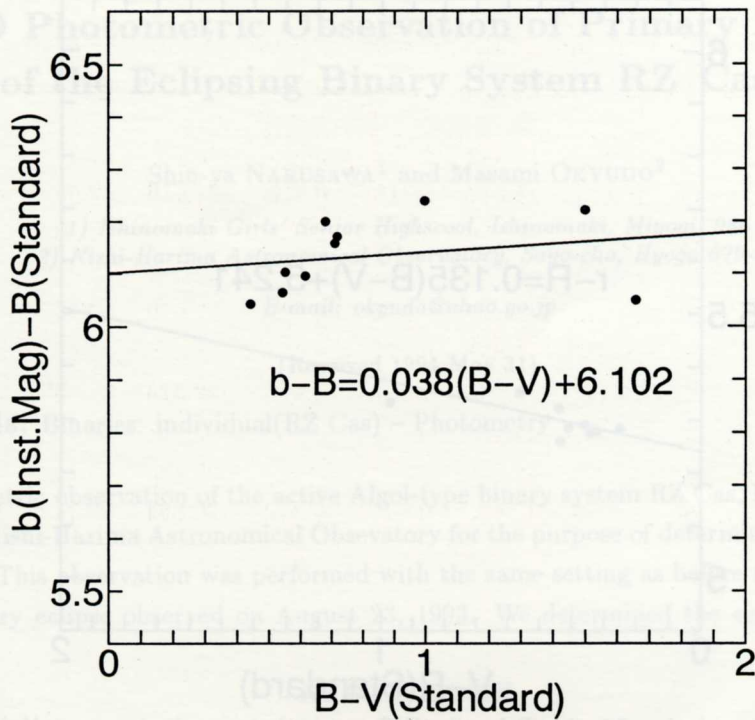


Fig. 2. Transformation relation for the  $B$  band. Differences between instrumental( $b$ ) and standard ( $B$ ) magnitudes are plotted against the color index ( $B - V$ ).

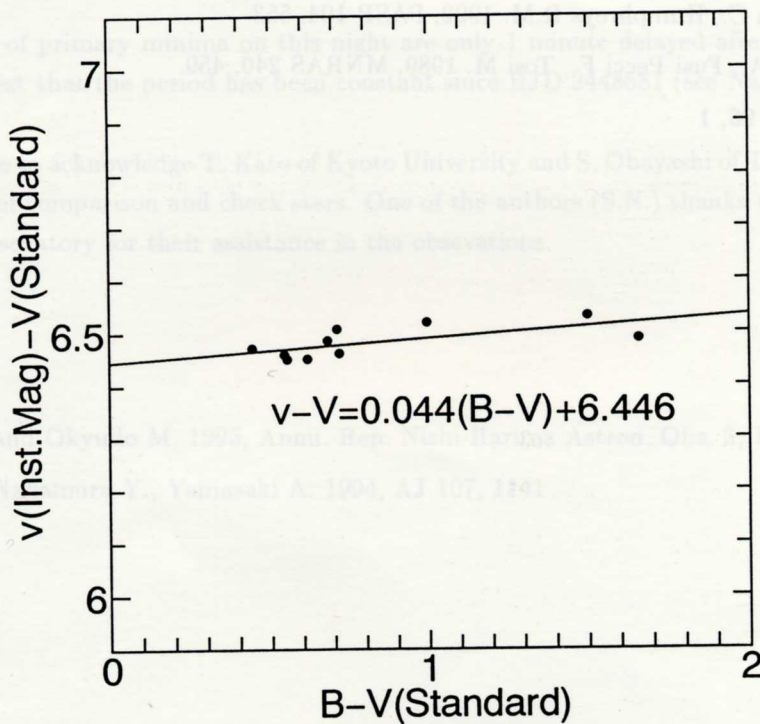


Fig. 3. Transformation relation for the  $V$  band. Differences between instrumental( $v$ ) and standard ( $V$ ) magnitudes are plotted against the color index ( $B - V$ ).

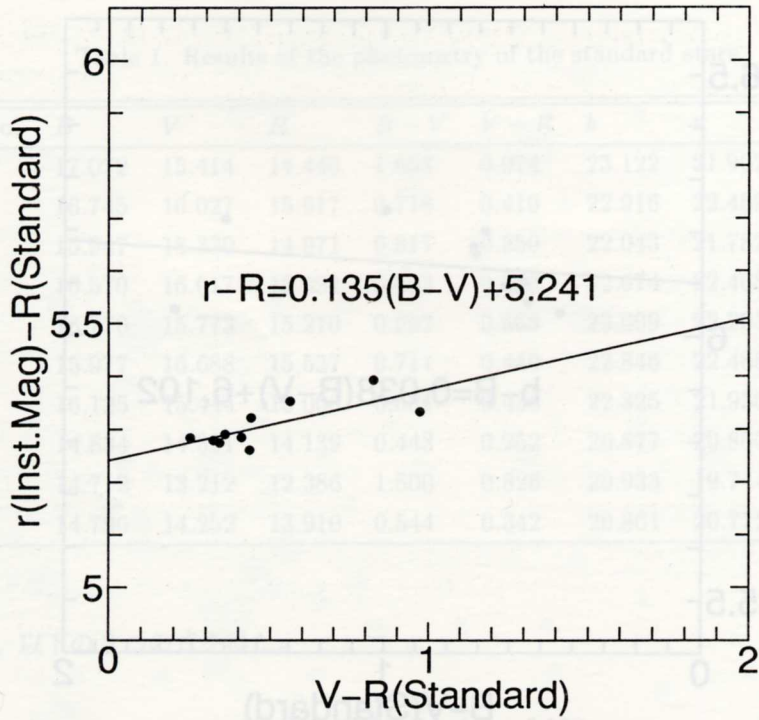


Fig. 4. Transformation relation for the  $R$  band. Differences between instrumental( $r$ ) and standard ( $R$ ) magnitudes are plotted against the color index ( $V - R$ ).

Odewahn S.C., Bryja C., Humphreys R.M. 1992, PASP 104, 553

Romeo G., Bonifazi A., Fusi Pecci F., Tosi M. 1989, MNRAS 240, 459

Tyson J.A. 1988, AJ 96, 1