

デジカメで作る星団の色等級図

埼玉県立豊岡高等学校 原 正

1. はじめに

本校の天文部の活動では、単にきれいな空や天文現象を楽しむだけでなく、科学的な活動を取り入れるように心がけている。いわゆる観望だけに終わらないで、観測とその解析にも力を入れている。ただし、天文研究で使われる冷却CCDは粘弾も高く、PCを側に置いておく必要があるなど、取り扱いに少し難点がある。一方、広く普及して安価に手に入るデジタルカメラならば、撮像した画像からデータを取り出すことが出来たならば、観測を体験できるのではないかと思ったのが動機である。

デジタルカメラのRAW形式で保存した画像は保存時に圧縮が行われるjpegなどの保存形式と比較してデータに対する演算が行われてない分、科学的な解析に向いていると思われる。さらに、星空公団という研究者団体が作成したRAW2FITSというプログラムを使えば、多くの機種種のRAWファイルをFITS形式に変換でき、この形式ならマカリで測光も可能である。RAW2FITSはRGBの三色に分解したデータをはき出すので、色指数の扱いが出来るのではないかと考え、星団の色等級図を作成してみることにした。

2. 方法

今回試みたのは、散開星団の色等級図である。以下のような観測と画像の整約を行った。

1) 撮像

測光する恒星が重ならないように、星団全体がある程度の大きさに映ることを考えて、M45や二重星団、M44など見かけ上大きな星団をサンプルとした。望遠鏡にカメラを直焦点で取り付け、ピントを少しはずした画像を撮影した。RGBの水平方向の配列があるので、同じ恒星の光が複数のピクセルにまたがるようにするためである。露出は明るい恒星の光が飽和しない程度に抑えたので、暗い天体を犠牲にした。ホワイトバランスは動くという意味がなくなるので太陽光に設定し、以後条件は変えない。

天体	M45	ヒアデス	二重星団	M44
撮影日時	2013/11/1 23:00	2014/01/17 19:00	2015/12/15 19:30	2016/01/10 23:30
望遠鏡	VixenED80Sf 8cm 屈折	VixenED80Sf 8cm 屈折	タカハシ TS130 13cm 反射	Nikon AF-S 300mm F4.0
カメラ	PENTAX K-x	PENTAX K-x	PENTAX K-5	Nikon D5500
ISO 感度	3200	3200	6400	6400
露出	10sec	10sec	1sec 10枚	1/2sec 4枚
場所	埼玉県入間市	埼玉県入間市	埼玉県入間市	埼玉県川越市

埼玉県入間市のものは埼玉県立豊岡高校の天文部の活動として観測を行った。

2) 一次処理と画像の合成

ダーク画像は撮像時に1枚ごとにカメラが自動で引く設定で撮影した。

フラット画像は天体の観測後、白い壁等を使って得た。

オブジェクト、フラットとも RAW 画像から星空公団の開発した RAW2FITS を使って RGB 別の FITS 形式に変換する。変換した FITS 画像をマカリで一次処理を行った。

精度を上げる目的で、4枚~20枚程度の天体画像をマカリで合成し、データ用の画像を得た。

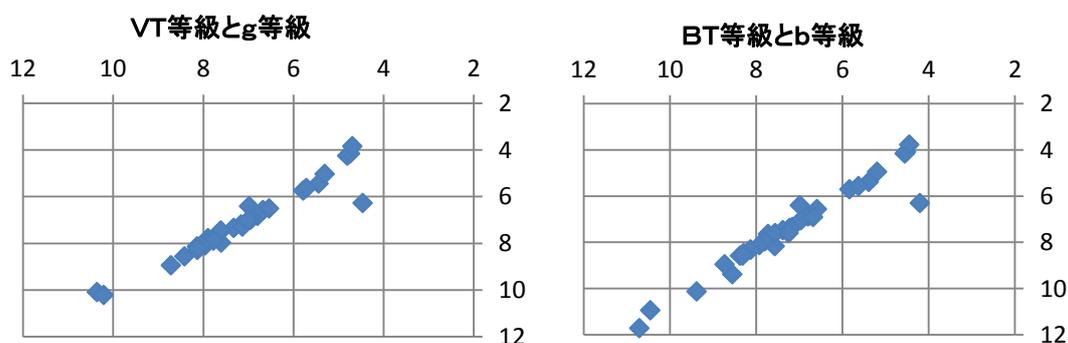
3) 色等級図

マカリを用いて、青画像、緑画像それぞれ同じ恒星の測光を行う。カウント値からポグソンの公式を使って見かけの等級を求める。等級の基準は画像の中から目的とする星団の比較的明るいグループと同程度の明るさの恒星一つを選んで、ステラナビゲータの天体情報 Tycho-2 の VT, BT を用いて決めた。緑の画像から得られた見かけの等級を g 等級、青の画像から得られたものを b 等級と呼ぶことにする。また、b 等級から g 等級を引いた値を色指数 $b-g$ と呼ぶことにする。こうして求めた色指数 $b-g$ と g 等級の関係を散布図として表した物が今回描いた色等級図である。

3. 結果と考察

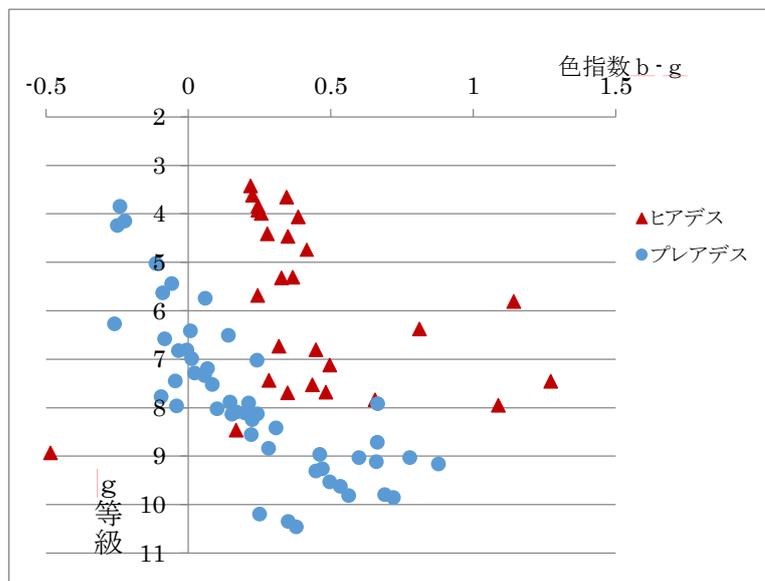
1) 既知の等級と測定した等級

既知の等級とデジタルカメラによる等級を単純に比較してみた。横軸がデジカメによる等級、縦軸が VT 等級および BT 等級である。縦軸と横軸の等級が一致してあまりばらつきが生じずに傾き 1 の直線に沿っていることが望ましい。



VT 等級、BT 等級とは、ヒッパルコス衛星のデータに付属する見かけの明るさを示すもので、厳密なことをいうと天文学で使われている V 等級、B 等級とは異なる。今回は散開星団の主系列星の特徴がわかればよい程度のレベルを目標としているので、問題ないと判断した。上の図のようにほぼ直線的な関係になっているが、明るい星ものが暗く、暗いものが明るく評価されやすいことがわかる。大半は直線関係が明瞭な（この場合は 6 ~ 10 の 4 等級差）部分なので主系列は判別できると思われる。

2) M45とヒアデス

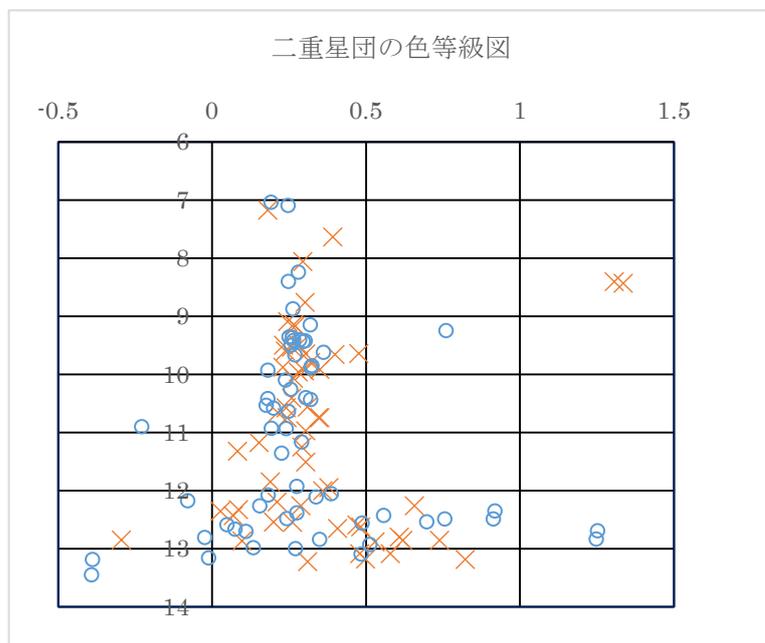


左の図はM45（プレアデス）とヒアデスの色等級図である。両者の違いがわかりやすいように、同じ図の上に両者のデータをプロットした。

色等級の小さい青い天体の光度が明るく、赤いほど光度が暗い散開星団の特徴が良く現れている。これは両者ともに比較的若い星団なので、特にM45の方は主系列星の特徴が良く現れている。

また、ヒアデスの方がM45よりも傾きが急なのは、ヒアデスの方が古いので明るく青い恒星が赤色巨星になり始めたことを表しているのかもしれない。

3) 二重星団

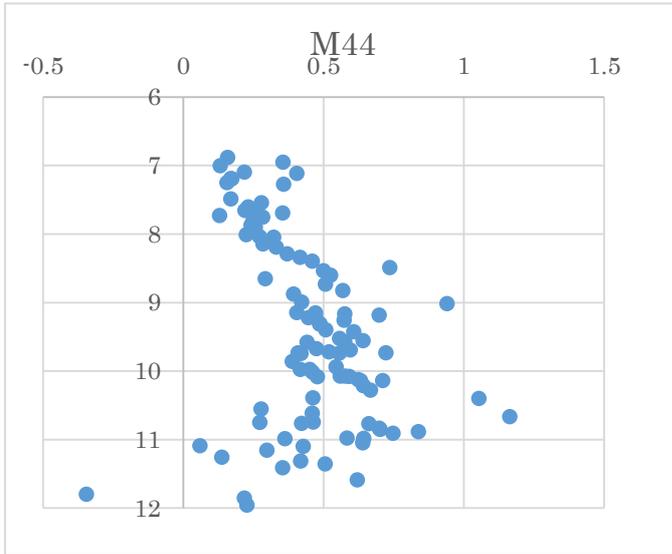


ペルセウス座の二重星団の色等級図である。豊岡高校の天文部員が近接した二つの星団の性質を調べてみたいということで選んだサンプルである。結果としては、両者の色等級図はほとんど重なっており、距離も年代も同一という結論を得たものである。

観測では露出 10sec と 1sec の撮影を行ったが、10sec のものは明るい恒

星が恒星の多くが飽和していたため、1sec の物のみを使った。ただ暗い方がノイズに埋もれてしまう（横に広がってしまう）状態になっている。

3) M44

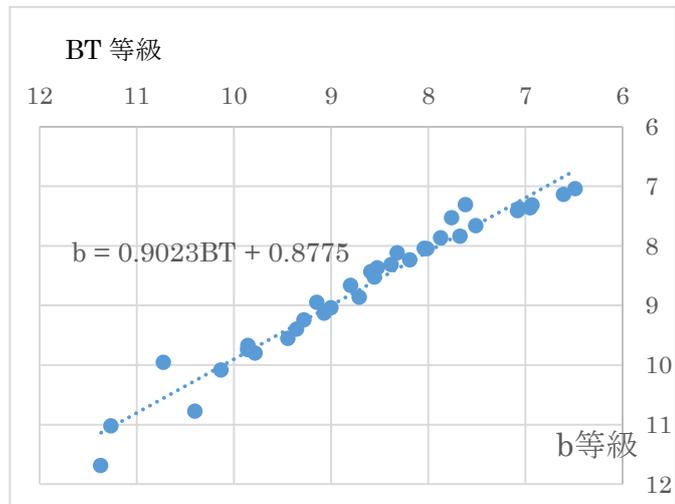


今回のワークショップで参加者に実際の作業体験として取組んでもらおうと撮影したM44の色等級図である。望遠鏡は使わず、望遠レンズでの撮影である。

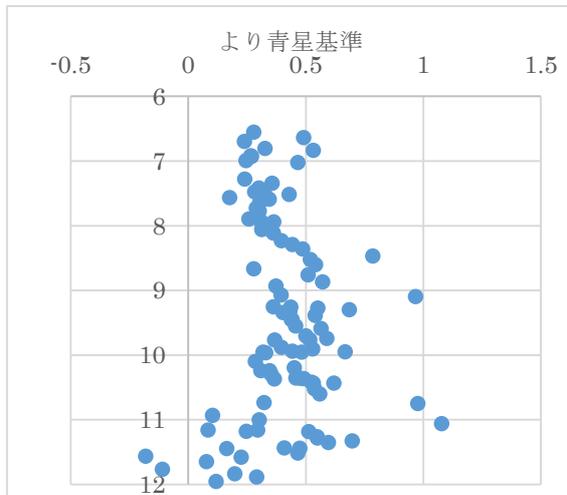
4) 考査

散開星団の色等級図づくりをいくつか試みてわかったことは、やはりデジタルカメラでの色指数(この報告での色指数 $b-g$)と天文学で使われるV等級、B等級から得られる色指数 $B-V$ とはずれることである。当然のことながら、カメラに用いられている rgb 各色フィルターとジョンソン・カズンズフィルターシステムでは波長感度がずれているからである。

特に今回目立ったことは、カメラによる色指数が、基準にした恒星の色指数 $BT-VT$ に大きく左右されることである。そのため、撮影した画

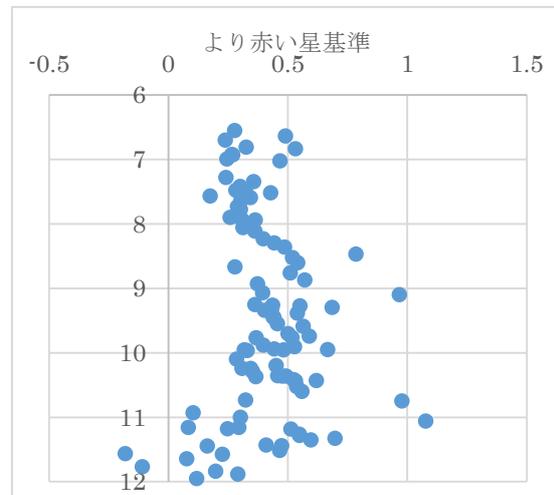


像の中から BT, VT がわかるものと測定したみかけの等級の一次近似を行い、近似式を用いて補正することを試みた。上の図は縦軸 b 等級、横軸 BT 等級とした。得られた一次式を用いて、 b 等級を BT に換算する。同様に g 等級も VT に換算する。その結果、次ページの図のように、色指数の異なる基準星を用いても、色等級図内で各恒星の色指数が大きく異なる状況は回避できた。ただし、補正は一次近似なので、明るい側、暗い側でのずれはある。一次近似の補正なので、線形性が見える部分だけに限定して使うべきであろうが、今回はそこまで追求していない。各図の直下の情報が基準星を表す。



TYC1395-2321-1

VT=7.29 B-V= 0.25



TYC1395-2737-1

VT= 6.67 B-V=0.91

4. まとめと今後の課題

デジタルカメラの RAW 画像を使うことで「こうすれば色等級図ができる」という教材にはなり得ることがわかった。プレアデスやM44などの若い星団なら主系列星を明らかにすることもわかった。

今回得られた色等級図は明るさの幅が5等級程度である。デジタルカメラの RAW 画像の出力は多くは 14bit なので単純に計算すると 10.5 等級の明るさを測定できることになる。星団の年齢や距離を求めるにはより等級差のある、いわゆるダイナミックレンジの広い図としたいので、1つの露光時間のみで最大のダイナミックレンジを得るのは難しい。露光時間を変えた画像をいくつか撮影し、明るい恒星、暗い恒星用にターゲットを絞ったデータ化を行い、グラフ上で統合することも考えられる。また、等級の補正がある程度効果的であることがわかった。しかし、ダイナミックレンジの拡大にしろ、補正にしろ、これを授業に取り入れることには限られた時間の制約の中では二の足を踏んでしまう。

より正確な色等級図を目指すなら、冷却 CCD、簡易な方法としてモノクロ WEB カメラとジョンソンフィルターシステムの組み合わせ等が考えられるだろう。

ともあれ、デジタルカメラを使って、比較的近い（見かけ上大きい）散開星団をサンプルに主系列星の性質を学ぶ教材にはなり得る。なにより、観測する体験ができるのである。