

デジタルカメラによる、星の明るさと色の測定

駿台学園高等学校

井口 雨桐、 石井 悠太郎、 齊藤 有咲（高1）、 田中 弘樹（高2）

要 旨

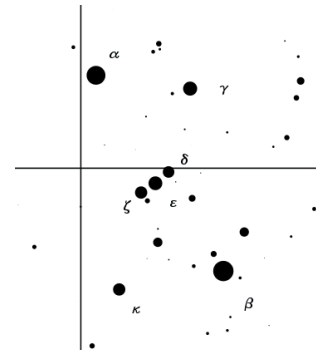
通常のデジタルカメラ（Nikon D5100）を用いて、恒星のカラー撮影を行い、その3色データをC言語を用いて処理し、恒星の明るさと色の違いを定量的に調べる実験を行った。実験では、明るさや色の測定値のばらつき、および測定の精度を、統計的に調べた。その結果、1分程度の短時間の測定誤差は、デジタルカメラの各カラー毎の明るさの測定で0.08等級程度であった。色指数（相対値）は、それらの差としての推定誤差の範囲で求められた。

1. はじめに

恒星の明るさの変化を簡単な方法で測定することができれば、恒星の突発的な変光（たとえば大きな惑星の恒星面通過や爆発現象）の検出などに役立てることができる。駿台学園高校では、昨年3月のジュニアセッションで、アルゴルの変光をテーマとして、今回と同様な方法で恒星の明るさの測定を行い、結果を報告した。今回は、色の違いが顕著な恒星の比較観測として、オリオン座の恒星を使用し、明るさと色の違いの測定と、その精度の検討を行った。

2. 観測天体

今回は、恒星の明るさと同時に色の違いをも測定するので、多様な色の恒星を含む領域として、オリオン座を撮影した。測定に使用した恒星は、右図の、 $\alpha \sim \kappa$ までの7星である。前回のペルセウス座の恒星は2~3等級であったが、今回は0.1~2.2等級と広範囲になっている。



3. 天体の撮影の状況

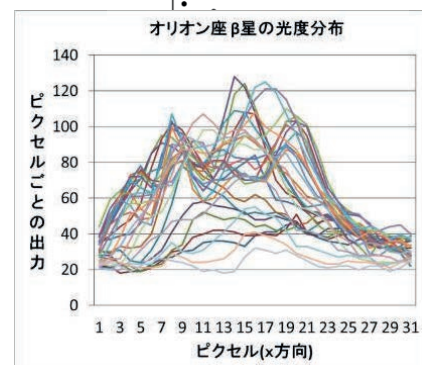
機材： Nikon D5100 標準レンズ（18~55mm, f3.5~5.6）

撮影： ISO 800、f5、焦点距離 40mm、1秒露出を多数回。星像： 直径 30ピクセル程度の、アウトオブフォーカス星像とする。（星像の光度分布は右下図）

日時： 2014年1月16日 18時30分前後

場所： 都内北区王子、駿台学園高校校舎屋上

状況： 快晴であったが、満月が近くにあった。



4. データとその処理の状況

今回は jpg 画像を、gimp を用いて ppm に変換して解析した。RAW 画像と jpg 画像では、ピクセル数やカラーの割合に差があることがわかったが、今回は jpg 画像を中心に解析した。jpg 画像のピクセル数は 4928x3264 であった。なお、ppm 画像では、1ピクセルの出力は1バイト、すなわち 0~255 となっている。

アウトオブフォーカスで撮影した星の像は、最も明るい星で右図のようになっている。星像直径は 30ピクセル程度、ピーク値は 150程度で、255に達していないことを確認した。

画像データ解析の手順は、次のとおりである。

- 1) jpg 画像を ppm 画像に変換 (gimp を利用)。
- 2) バックグラウンドのレベルの平均と標準偏差を、画面の場所ごとに調べる。
- 3) バックグラウンドのばらつきを考慮した上で、星像の位置を測定する。
- 4) アウトオブフォーカスの星像を十分に含む範囲を切り出し、ピクセル強度の積算値を、R, G, B 毎に計算する。
- 5) 星像に隣接する部分を切り出し、バックグラウンドの値を積算する。
- 6) 星像の積算値からバックグラウンドの積算値を引いて、測定データとする。
- 7) 表計算ソフトを用いて、測定データの検討を行う。

今回はいずれの処理も、C 言語を用いた直接処理プログラムを作成して行った。

5. それぞれの計算結果

1) バックグラウンドの平均値と標準偏差

画面全体の平均値は 26 程度で、R, G, B 各色でほぼ同じであったが、画面の上辺と下辺で最大 5 程度の系統差があった。そこで、バックグラウンド値はそれぞれの星像近辺の背景を切り出して測定することにした。これらの概略平均値は、上辺で 17 ± 1.8 、下辺で 31 ± 2.2 であった。

2) 星像として、バックグラウンド値より 8 以上大きい値のピクセルが約 30 個以上あるものを測定対象として選出した。その結果、前述の、オリオン座 $\alpha \sim \kappa$ の 7 星を測定対象とした。明るさの範囲は、実視等級で、 β の 0.1 等 \sim δ の 2.2 等となる。

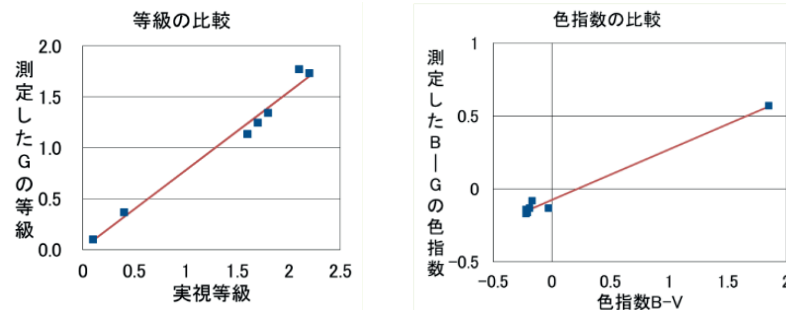
3) 星像のピクセル積算値を等級に換算したものと、実際の等級との関係

バックグラウンドを除去したピクセル積算値 (G の値) を、対数計算によって等級に換算し、理科年表に掲載されている各星の実視等級と比較したものが、下左図である。測定した等級範囲では良好な直線性が得られたが、傾きは 0.77 で、比例関係にはなっていない。また、近似直線からの偏差は、0.08 等級であった。図では、1.5 等級以上の狭い範囲では比例関係が成り立っているように見える。

4) ピクセル積算値の B および G 等級の差と、実際の B-V との関係

B および G の積算値を上と同様に等級に換算し、B-G の測定値として、各星の理科年表による色指数 B-V と比較したものが、下右図である。今回は、+1 程度の色指数の星がなかったので測定精度の見積もりは困難であるが、-0.1 程度の星については、比較的良好な色指数測定値を与えているように見える。しかし α 星 (色指数 1.85) については、測定値は大きく異なっている。

このため、直線の傾きは 0.35 となっているが、この直線からの偏差 0.03 は、図の色指数-1 程度の青い星の測定値の測定誤差を与えると考えられる。



6. まとめ

通常のデジタルカメラを用いて恒星を手軽に撮影し、恒星の明るさや色の様子をどの程度測定できるかについて、データ解析を行った。この解析プログラムを標準化して手軽に恒星を測光することにより、たとえばベテルギウスの突発的な変光をモニターすることができるのではないだろうか。