

LED 調光器で恒星の色を再現する

ハートピア安八天文台ジュニア天文倶楽部：

古方 伶旺 (中1) 【岐阜東中学校】、尾崎 由基 (中3) 【安八郡安八町立登龍中学校】、
曾我部 文麗 (小6) 【岐阜市立合渡小学校】、小林 美琴 (小5) 【津島市立南小学校】、
高賀 寧子 (小4) 【岐阜市立長良小学校】

要 旨

モノクロ CMOS カメラ (以下、CMOS カメラ) にジョンソン光電測光フィルター-BVR (以下、3色フィルター) を付け、撮影した恒星をマカリで測光し、各色のカウント値の比を3色 LED 調光器 (以下、LED 調光器) に光度として指定し恒星の色を再現した。

1. 目的

LED 調光器で恒星の色を再現する。

2. 観測方法

a. 恒星の撮影 タカハシ FS-60 望遠鏡 (以下、望遠鏡)、CMOS カメラ、3色フィルターを望遠鏡の対物側に装着し、測光値が飽和しないよう図1のように撮影した。

b. LED 調光器の撮影 望遠鏡、CMOS カメラ、測光値の飽和を避けるための ND フィルター (ND4+ND8) を用い各色の光度特性を測るため、約 25m 離れた LED の光度を変え撮影した。

図2で示した PIC マイコン装着の LED 調光器は、赤緑青の LED チップを PWM 制御で光度 (0~255) を指定し、フルカラーLED を任意の色 (光) で表現できる装置である。また、21 個の1等星と任意で30個のRGB値を記録できる。装置制作は榎谷則夫先生に依頼した。

恒星、LED とともに10枚撮影し加算平均し1次処理を行った。そのデータからマカリで開口測光し光度のカウント値を得た。

3. 結果

a. 恒星の測光結果：3色フィルターを用いて撮影した1等星アークトゥルス、デネブ、ベガの測光結果を表1に示す。測光値の比を、LED 調光器で明るさの指定ができるように8ビット整数比の数値で表した。

b. LED の測光結果：図3はLEDの調光器の光度特性を示したグラフである。各色LEDの光度は、ほぼ比例関係となり直線性を確認できた。ただし、このグラフのy切片は原点(0,0)を通らない。これはLEDとPWM調光の相性(特性)が原因で、光度指定値が30(255の10%)以下は誤差が大きい。測光結果では、同じ指定光度値でも、赤が青や緑に比べ大きく上回っている。これはCMOSカメラの感度特性によると考えられる。RGBの光度指定値をすべて100にするとピンクを帯びた白になった。緑と青を赤同様の光量にするには補正が必要で、表2の色成分を考慮して表1の補正後値とした。

4. 解析考察

補正前の指定値でLED調光器を点灯させると、アークトゥルスはピンクを帯びた赤になり、デネブは薄い白青、ベガは白青となった。また、LED調光器の3色を同じ比で光度指定しても、数字の大小で色合いが違って感じ、特に数値が大きいと白っぽくなり要注意である。さらに、簡易スペクトルメーターを用いてLED調光器の白を見たとき、光度が低いときは黄のスペクトルが欠落したような薄い色であった。それが原因で、特に黄から橙の再現色は、ピンク味が強くなったと考えられる。

そこで、簡易色彩輝度計でLED各色のRGBの光度を調べると、表2のように赤LEDにも緑成分や青成分があり、緑や青LEDも同様だった。この互いに含まれる色の光度が無視できない値となり色合いがうまく再現できない原因と考えた。各LEDの他色の割合を導き出し、各色に値を加算するとより恒星に近い色が再現できた。しかし、アークトゥルスは白っぽくなった。これは、黄から橙を出すためには赤と緑の光度が必要だが、全体光度も上がるためである。

図4は人の眼による色の感じ方に着目したxy色度図で、図中に黒体軌跡が示されている。アプリ(*1)で星の表面温度からxyz(RGB)値を求めた。表1にあるxy色度図の値をLED調光器で再現すると、指定値が大きいいため白味を帯びた橙であった。

5. 結論

恒星の測光結果の補正値を使ったLED調光器で、ベガとデネブなどの青から白は再現できた。一方アークトゥルスの橙は、再現したい色よりもやや白っぽくなった。輝度調整のため乳白色フィルターを使用する、または、黄成分のみ加色できる仕組みが必要であると考えた。今後の課題として黄から橙の再現方法を模索していきたい。

6. 参考文献等

ルミエネーションによる恒星の色再現 天文教育 28(6),P.50-56、2016年11月,日本天文教育普及研究会

音と色の散歩道 黒体と色温度(*1) <http://k-ichikawa.blog.enjoy.jp/etc/HP/js/CIEXYZ2/cie6.html>

LEDの色度図(色度座標)とその見方 https://my-craft.jp/html/aboutled_led_shikidozu.html

あなたもできるデジカメ天文学 鈴木文二・洞口俊博 編,2015年11月15日,恒星社厚生閣

【謝辞】科学普及支援団体でんもんぶ 榎谷則夫先生にLED調光器を作成していただきました。また、ハートピア安八天文台台長 船越浩海先生には研究の様々な場面でご指導・ご助言をいただきました。ありがとうございました。

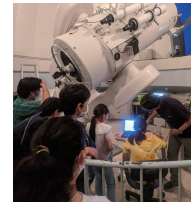


図1 恒星撮影の様子



図2 LED調光器(光の三原色実験器)

表1 恒星の3色測光結果とxy色度図のBGR値

アークトゥルス(500ms) K2型 4,200K 橙 4,195K	デネブ (500ms) A2型 8,600K 淡青白 8,590K	ベガ (500ms) A0型 9,500K 青白 9,400K		
フィルター	測光結果	8ビット整数値	補正後値	xy色度図
青 B	3,649,492	111	69	109
緑 G	4,197,335	128	88	174
赤 R	6,422,655	195	92	255
青 B	2,771,433	84	78	255
緑 G	3,539,494	108	101	194
赤 R	3,229,497	98	71	180
青 B	8,226,309	250	96	255
緑 G	5,771,483	175	94	182
赤 R	5,392,071	164	60	163

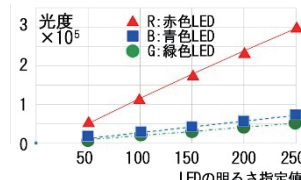


図3 明るさを指定したLED調光器の測光結果

表2 各色LEDに含まれる他色の割合

3色LED	赤LED	緑LED	青LED
色成分	赤	青	赤
割合	0.05	0.09	0.14
	0.43	0.05	0.30

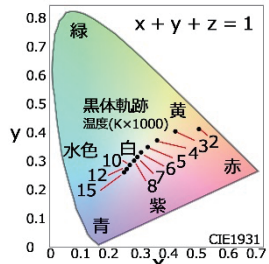


図4 xy色度図における黒体軌跡