

# 月の色・星の色

## 【青森県立青森南高等学校自然科学部】

畑山佳奈子 村上千敏 加藤成美(2年) 青山 幸恵 蝦名沙也香 工藤 演美(1年)

### 1 はじめに

地平線近くの月が大気散乱によって赤く見えることや、恒星は表面温度で色が決まっているのに、暗い恒星は色を感じない場合が多いことに注目し、次の2つの研究をした。

- 1 高度が違う様々な月の色の違いから、大気散乱の度合いを調べる。
- 2 恒星の色の感じ方は、明るさや色の種類によって異なるかどうかを調べる。

1では月食の色も解析し、2では肉眼や望遠鏡で観測した後、LEDを用いた実験も行った。

### 2 方法・結果

#### A 月の色

##### (1) RGBによる色の解析

###### 1) 撮影・データ処理

200mm望遠レンズをつけたカメラで、高度が違う様々な月や月食を撮影し、月面のRGB濃度の平均値を求めた。(撮影データ ISO400, F11, 1/4000~30秒, 色温度5560K)

RGB濃度Dと露出時間 t は、 $D = a \log_{10} t + b$  の関係がある。同時刻で露出時間の異なる画像のデータから求めた傾き a の値を用いて、RGB濃度をISO400, F11, 1/500秒で撮影した場合の濃度に換算した。

###### 2) 赤い月

日没後のさまざまな高度の月の写真から、RGB濃度と月の高度との関係を調べた。月が赤く見えるのは、大気中を光が通過する距離に関係すると考えられる。通過する距離は月の高度のsinに反比例するため、横軸に1/sin(高度)をとったグラフをつくった(図1)ところ、大気量が多くなるほど青や緑が多く吸収され、相対的に赤が強くなった。

###### 3) 月食

皆既中の月面の中心と地球の影の中心を結ぶ直線の濃度分布を調べた(図2)。明るい縁の方はRGBすべてが強いが、暗い方にいくに従ってGBが急激に小さくなり、Rのみになっていく。

##### (2) スペクトル

スリット分光器を製作して、月のスペクトルを撮影した。

月の高度が異なるもの(図3)を比較すると、高度が低い方ではRはGの約2.5倍の強度であるが、高度が高い方では2倍程度であり、Bの割合が大きくなっている。

スペクトルの波長はスペクトル管のHe輝線、強度はベガのスペクトルと文献を比較して得られた分光感度曲線より求めた。

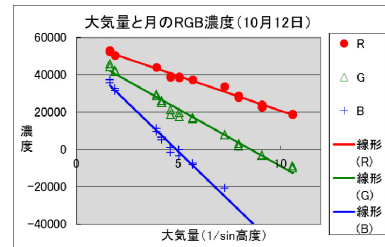


図1 大気量と月のRGB濃度

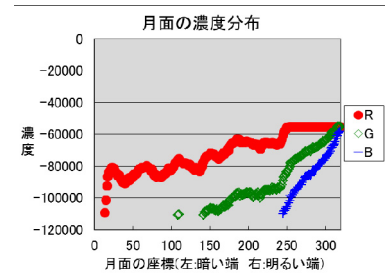


図2 月面のRGB濃度分布

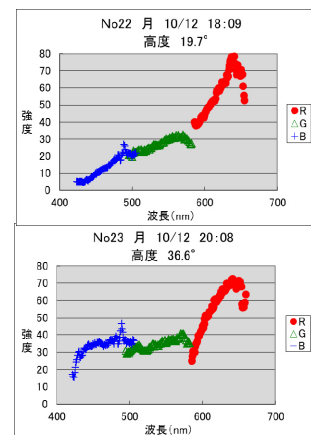


図3 月のスペクトル

## B 星の色

### (1) 肉眼・望遠鏡による観測

様々な明るさとスペクトル型の星16個の色を、肉眼・双眼鏡・望遠鏡で観測し、教科書に書いてある色との一致度をスペクトル型別にグラフにした(図4)。その際、望遠鏡などを覗いたときの明るさを、肉眼で見たときの等級に換算した。

明るくなると色が見えやすくなる傾向があったが、M型(赤)は一致度は低く、黄～橙色に見えることが多かった。

### (2) LED実験① — 「何色に見えるか」

夜の学校の敷地の10～50mの距離で6色のLEDをランダムに点灯させ、何色に見えるか調べた。LEDの色と実際に見えた色の一貫度は、距離が近づけば近づくほど高かった。色別では緑、青の一貫度が著しく高く、赤の一貫度が低かった。

### (3) LED実験② — 「どこまで色が見えるか」

波長と明るさをスペクトル撮影によって調べた12種類のLEDを暗くした実験室内で点灯させ、色が見える限界距離 $r_0$ を測定した。光源の明るさ $L$ 、フィルターの濃さ $D$ とすると、限界の明るさ $I_0$ は、 $I_0 = L / (D r_0^2)$ となる。限界の明るさと波長の関係(図5)から、限界の明るさは波長が600nm以上(赤)では大きくなって、青～黄より見えにくくなることがわかった。

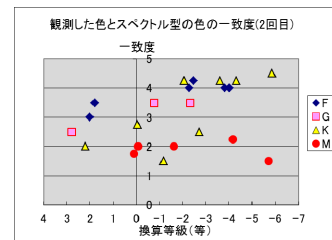


図4 観測された色とスペクトル型の色の一貫度

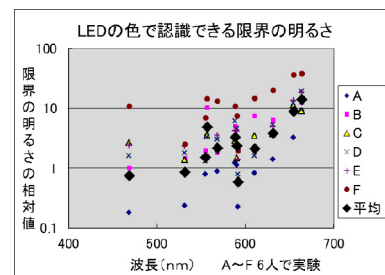


図5 LED色別の限界の明るさ

## 3 考察

光は大気中で波長が短い青い光ほど散乱される。今回のRGBデータから、散乱量が大気の厚さに比例すること、青い光ほど大きいこと、そのために地平線近くの月が赤く見えることがはっきりわかった。

皆既中の月面は地球大気を通るとき屈折した太陽光があたって光っている。影の中心から遠い部分は、大気上層部を通過した光で、散乱が小さく青や緑もあるが、大気下層部を通過した部分は、散乱量が多くほとんど赤い色となったと考えられる。

ヒトの視細胞は、青・緑・赤の光を感じる3種類の錐体細胞と、弱い光にも反応するが色の違いを感じないかん体細胞がある。赤色の光に反応する錐体細胞は、波長が600nm以上になると光を感じにくくなる。M型の星が橙色や黄色に見えたこと、波長が長い赤色のLEDが色を感じにくいのは錐体細胞の感度特性によるものと考えられる。

## 4 今後に向けて

未解析の月食画像を解析し、地球の大気の状態を詳しく調べたい。

スペクトル強度を正確に測定して、大気による散乱をもっと詳しく調べたい。

月面の地形によって色が異なるかどうかや、昼の月が白い理由についても調べたい。

## 5 参考文献

石川純・浅島誠他 2007 『生物 I』 東京書籍株式会社

茨木孝雄・小関高明 1986 『天体写真の撮り方 II』 ニュー・サイエンス社

国立天文台 2008 『平成21年理科年表』 丸善

天文年鑑編集委員会 2010 『天文年鑑2011年版』 誠文堂新光社

ベガスペクトル <http://astrosurf.com/buil/us/vatlas/vatlas.htm>

LED 仕様書 (東芝, スタンレー電気, 日亜化学, para light, OptoSupply)