

# 青く光る皆既月食の謎

齋藤 桃子、佐々木 勇太、秋田 莉英 (高2)  
越田 望月、古枝 志織、小泉 ひなた (高1)  
【青森県立青森南高等学校 自然科学部】

## 1 研究の動機・目的

月食の際に、ターコイズフリンジと呼ばれる月の縁が青緑色に輝く現象がここ 10 年で見られていることが分かり、調べると、NASA では「青緑色の原因は成層圏下部のオゾンである。」、天文雑誌では「デジタルカメラの登場によってターコイズフリンジが写るようになった？」とあり、まだ詳しく解明されていないことを知った。私たちは、3つの仮説を検証し正体を明らかにする。

- 1 ターコイズフリンジは最近見られるようになった。
- 2 地球の影に達する光が青くなる原因は成層圏に存在するオゾンである。
- 3 デジタルカメラとフィルムでは色の違いが生じる。

## 2 研究の方法

### 1) 写真の解析

5回の月食（フィルム：1990年、デジタルカメラ：2007・2011・2014・2015年）の画像を使用し、月面の海・高地、計16か所とターコイズの領域数か所の RGB カウント値（濃度）を「マカリ」で測定し、影の RGB 分布を調べた（図1）。

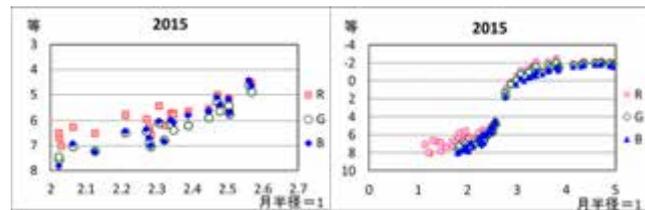


図1 影の明るさのRGB分布（横軸：影中心からの距離、縦軸：等級は相対値）

また、撮影した写真の中で肉眼で確認できるターコイズフリンジの境界をマカリで測定し、影中心距離を調べた。

### 2) シミュレーション

1979US標準大気より、大気の屈折率を高さごとに計算し、また、気象庁のホームページから「オゾン分圧高度分布」を取得した。

地球大気の厚さを30kmとし、1kmごとの層に分けて地球の影に届く光がどこを通ったかを調べるシミュレーションを行い、通過した経路の大気量とオゾン量から、光の散乱・吸収量を理科年表にある大気の減光係数を用いて計算し、地球の影の波長別の明るさの分布を求めた（図3）。

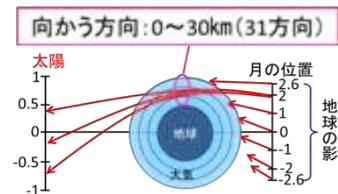


図2 シミュレーションのイメージ

### 3) デジカメ画像とフィルムの色の違い

デジタルカメラとフィルムカメラに回折格子を付け、太陽とHeのスペクトルを撮影し、He輝線の見え方と太陽スペクトルの波長強度分布（図4）を比較した。

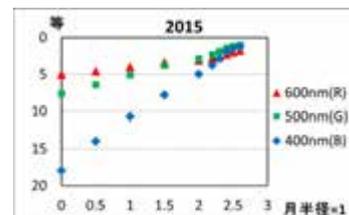


図3 シミュレーションで得られた影の明るさの分布

### 3 結果・考察

#### 1) 写真の解析

月までの距離が遠い年の月食ほど、ターコイズフリンジの領域が内側に広がる。その中で、距離が中くらいの 1990 年のみ確認できないので、仮説 1 はほぼ正しい。

#### 2) シミュレーション

シミュレーションによると、ターコイズフリンジの領域にはオゾンがある成層圏を通過した光が届き、画像では見られなかった 1990 年も含めて、どの年もオゾンによる赤の減光が見られる。また、距離が遠くなると屈折率の差によってターコイズフリンジの幅が広がるため、月までの距離によって、ターコイズフリンジの領域が変わる理由が説明できる。

これらから、ターコイズフリンジが現れる原因はオゾンであり、昔から存在したはずだと考えられる。よって仮説 2 は正しいが、ここ 10 年でターコイズフリンジが見られる原因ではない。

#### 3) デジカメ画像とフィルムの色の違い

デジタルカメラとフィルムで He 輝線の色の見え方が異なること、フィルムは、R が強く B が波長の短い方に寄っている (図 4) ことから、仮説 3 は正しい。

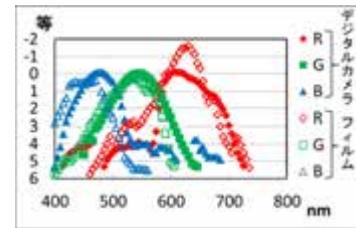


図 4 太陽スペクトルの波長強度分布

### 4 結論

検証した年は、すべてターコイズフリンジ領域で R の減光が見られるので、昔からターコイズは存在したはずだと考えられるが、オゾンが最近増えたという事実はなく、オゾンそのものはターコイズフリンジが見られるようになった原因ではない。ターコイズフリンジが 1990 年に見られず、ここ 10 年で見られるようになった理由は、デジタルカメラに変わったことで、フィルムで強調されていた赤が減り、緑に近い青のターコイズフリンジが写るようになったためである。シミュレーションの過程で、ターコイズフリンジの幅は月までの距離で変化することが分かった。

### 5 今後の課題

1990 年以外のフィルム画像を用いることや、大気層の範囲をオゾンが存在する 50km まで広げより精密に検証を行うこと、使用したフィルムは現在使われているもので、現在のフィルムと昔のフィルムの性能が同じという確証はないので、昔のフィルムのデータを手すること、さらに 2 年後の月食をフィルムで撮影することで、この結論を証明することができる。

### 6 参考文献

- 青森南高校自然科学部 2013 『月・太陽の色 ～地球大気による散乱の影響～』
- アストロアーツ 2015 『星ナビ 2015 年 4 月号』
- 気象庁 月平均オゾン分圧の高度分布グラフ <http://www.data.jma.go.jp/>
- 国立天文台 2014 『理科年表』 丸善
- 国立天文台天文情報センター暦計算室 <http://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/>
- 『天文観測年表'90』 『天文観測年表 2007』 地人書館
- 『天文年鑑 2011 年版』 『天文年鑑 2014 年版』 『天文年鑑 2015 年版』 誠文堂新光社
- NASA サイエンスニュース 2008 13 Feb <http://science.nasa.gov/science-news/>