

月面の観測的研究 ～月食による光度変化の成分分析～

初等教育教員養成課程理科選修
金光研究室 230422 竹内菜乃花

1. はじめに

2014年は2年10か月ぶりに皆既月食を見ることのできる年であった。皆既月食は年に1, 2回しか見ることのできない珍しい天体現象である。2011年で見られた皆既月食は真夜中であったが、2014年の皆既月食は18時ごろから見られたため、子供にも観察しやすい時間帯になった。また、全国的に天気も快晴となったため各地で皆既月食を見ることができた。このように、2014年の皆既月食は、観測条件に恵まれ、多くの人が観察できた身近な天体現象になった。そこで私は、身近な天体現象である月食の色や明るさに着目し、研究の題材とした。

本研究では、皆既月食における光の成分を赤 (R)、緑 (G)、青 (B) の3色に分け、それぞれの光度変化を分析した。月食は満月の時に起こるため、皆既中の月の光度と通常時の満月の光度とを比較することで、皆既中の月と通常時の満月とではどのような相違が見られるのかを調べた。また、皆既月食における月の色は、そのときの大気の状態によって変化する。そのため、2014年の皆既月食の色を「ダンジョンスケール」という色の目安を用いて、過去の月食と比較しながら調べ、考察した。

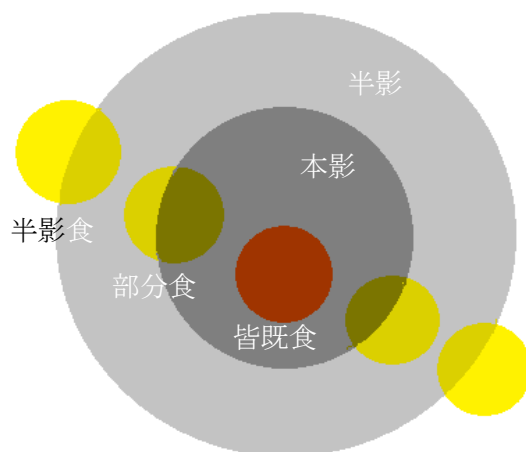
2. 月食について

○月食のしくみ

月食とは、太陽光による地球の影の中を月が通過することによって、月が暗くなったり、欠けたりするように見える現象である。また月食が起こるのは、太陽—地球—月が一直線に並んだとき、つまり満月のときである。しかし、いつも満月の時に月食が起こるわけではない。それは、太陽の通り道（黄道）と月の通り道（白道）が約5度傾いていることが原因である。黄道と白道が傾いていることで、多くの場合、満月の月は地球の影の北側か南側にそれた位置に見える。

○地球の影

地球の影には〈半影〉と〈本影〉の2種類があり、月がどちらの影に入り込むかによって、月食の呼び方が変わる。月の一部または全部が半影だけに入った状態を〈半影食〉という。半影は薄い影なので月が欠けているのかどうかは見た目では確認しにくい。また、月の一部または全部が本影に入った状態を〈本影食〉という。本影は濃い影なので、月がはっきりと欠けたように見える。月の一部分だけが本影に入り込む現象を〈部分食〉、月のすべてが本影に入り込む現象を〈皆既食〉という。



○赤銅色に見える月

皆既食では、月が本影の中に完全に入り込む。しかし、皆既食中の月は真っ暗になって見えなくなるわけではなく、「赤銅色」と呼ばれる赤黒い色に見える。その理由は、太陽光が大気の中を通過する際、波長の短い青い光は空気の分子によって散乱され、大気をほとんど通過することができないのに対し、波長の長い赤い光は散乱されにくく、大気を通過することができるからである。また、大気がレンズのような役割を果たし、太陽光が屈折され本影の中に入り込むため、屈折された赤い光が皆既食中の月面を照らし、月が赤黒く見える。

3. 使用機材・データ編集ソフト

○使用機材

| 機材 | メーカー | 備考 |
|-------------|-------|----------|
| 望遠鏡 | Nikon | 口径 10cm |
| デジタル一眼レフカメラ | Nikon | 1020 万画素 |
| ビデオカメラレコーダー | Sony | 381 万画素 |

○データ編集ソフト

| ソフトウェア | メーカー | 備考 |
|----------------------|------------|-------------------------------|
| 「Stella Image ver.7」 | Astro Arts | 天体画像処理ソフトウェア |
| 「Raw2fits」 | 星空公団 | raw 画像から RGB 各データの書き出し用ソフトウェア |

4. 観測方法

- ① 福岡県で見られる月食の開始時間を事前に調べておく。
→ 福岡での部分食の始まりは 18 時 24 分、皆既食は 20 時 24 分。
- ② 口径 10cm の望遠鏡に月を入れる。
→ 月全体の様子を観測するため口径 10cm の望遠鏡を用いる。
- ③ 接眼レンズ部分にデジタル一眼レフカメラを固定し、3 分ごとに撮影する。

○標準露出時間 (ISO400)

月が本影に入っていくにしたがって、光度が低くなるので、月の欠けている割合に応じてカメラの露出時間を指定する必要がある。右の表は食分に応じた露出時間の目安を示したものである。

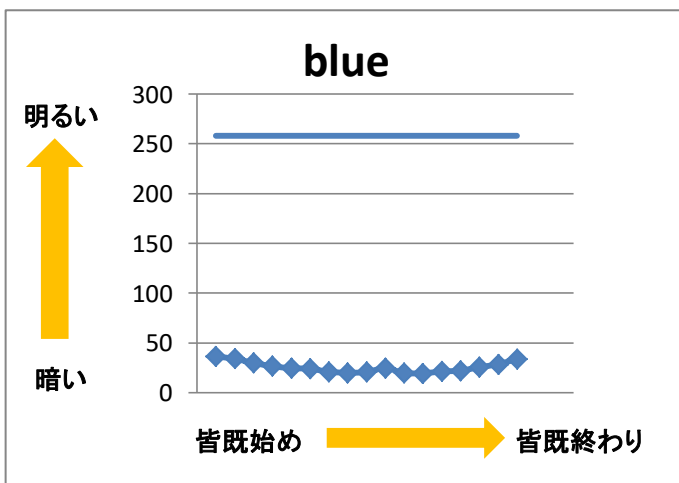
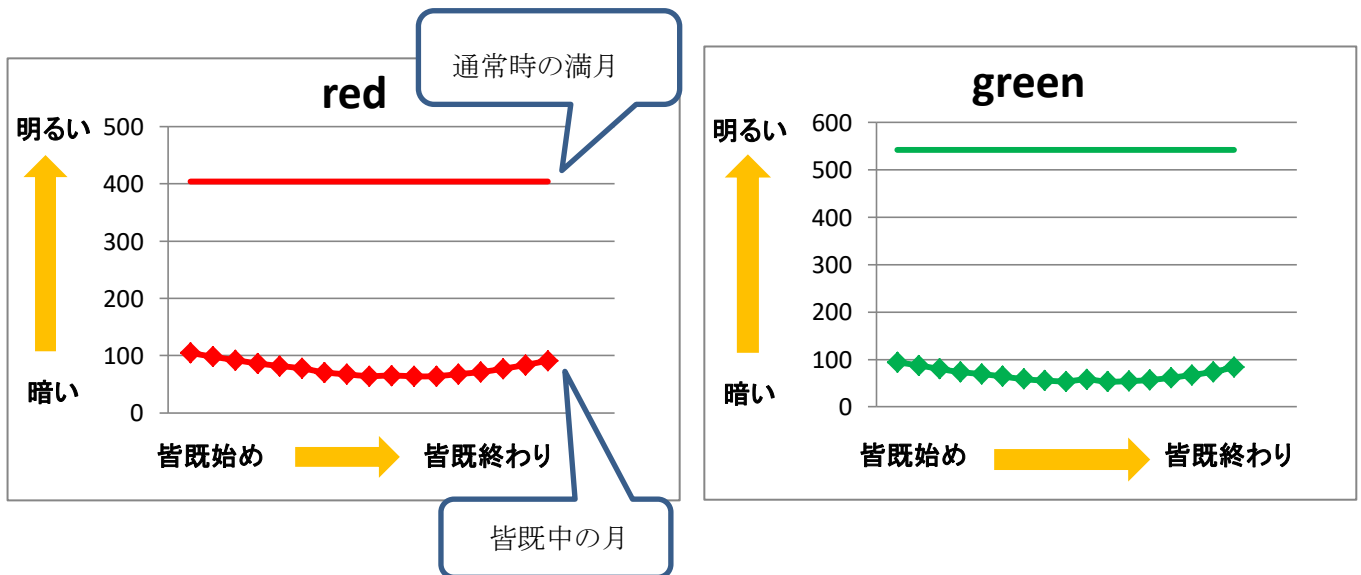
| 月の欠けている割合 | 絞り | 露出時間 |
|-------------|-----|-------|
| 欠け始め | 8 | 1/250 |
| 食分 0.2 | 8 | 1/125 |
| 食分 0.4 | 8 | 1/60 |
| 食分 0.6 | 8 | 1/30 |
| 食分 0.8 | 8 | 1/8 |
| 皆既始め, 皆既終わり | 4 | 1/2 |
| 皆既中 | 2.8 | 3 |

5. データ処理の方法

- ① 「Raw2fits」を使ってRAW画像をRGB画像に変換する。
→ デジタルカメラのカラー画像（jpeg画像）は、RGB3色のデータを合成して作成している。そのため、現像してしまうとデータはコンピュータで処理された画像になってしまう。そこで、より正確な光度を測定するために、デジタルカメラの処理されていない生のデータ（RAW画像）を天体画像処理用のFITS形式に置き換え、RGB各データに分ける。
- ② 「Stella Image ver.7」を開き、RGBそれぞれの皆既中における光度を測定する。
→ 月全体の光度を測定する。
- ③ 満月時と皆既中の月の光度を比較するために、excelでグラフを作成する。

6. 観測結果

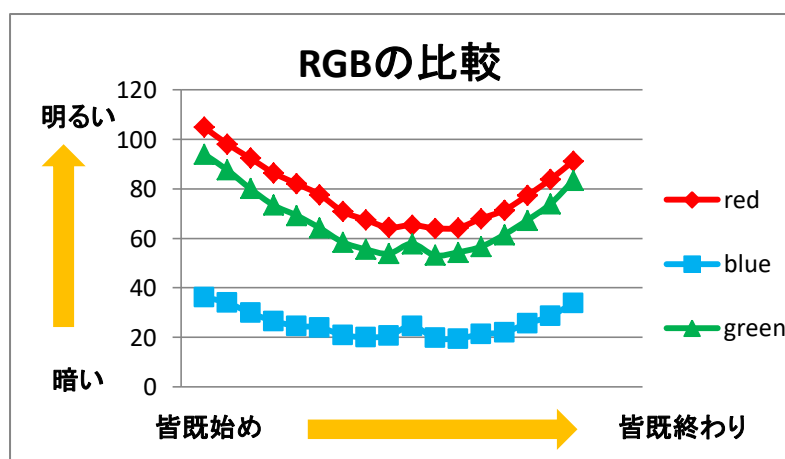
横軸を皆既始めから皆既終わりの時間軸、縦軸を光度とし、RGBの各データをもとにexcelでグラフを作成した。また、通常時の満月と皆既中の月の光度を比較するために、同じグラフ上で満月時の月の光度も示した。



○考察

グラフより、RGBそれぞれに皆既始めから皆既終わりの間で共通した変化が見られる。これは、月が本影の中心に近づくにしたがって、光度が低くなり、遠ざかるにしたがって光度が高くなることを示している。また、通常時の満月と皆既中の月の光度を比較すると、皆既中の月の光度が満月時の光度の1/4～1/5程度になっており、皆既中の月が、はるかに暗くなっていることがわかる。

次のグラフは、皆既中の月の光度を RGB 各データについてまとめたものである。



○考察

グラフより、皆既中の月が肉眼で見て赤く見えるように、光度測定の結果からも赤の成分がいちばん多いことが分かった。また、グラフの途中で光度が少々高くなっているのは、撮影時に外部からの光が入り込んでしまったことが原因と考えられる。

7. ダンジョンスケールを用いた比較

月食は大気の状態や本影での月の通り方などの条件により、その都度、皆既月食の月の色が異なっている。これらと比較するために、20世紀初頭フランスの天文学者ダンジョンが独自に「ダンジョンスケール」という色の目安を用いて、月食の色を調べた。ここでは、過去に見られた1993年の暗い月食と2014年の月食の色についてダンジョンスケールを用いて比較する。

○ダンジョンスケール

| 尺度 | 月面の様子 |
|----|---|
| 0 | 非常に暗い食。月のとりわけ中心部は、ほぼ見えない。 |
| 1 | 灰色か褐色がかかった暗い食。月の細部を判別するのは難しい。 |
| 2 | 赤もしくは赤茶けた暗い食。外縁部は非常に明るい。 |
| 3 | 赤いレンガ色の食。影は、多くの場合、非常に明るいグレーもしくは黄色の部位によって縁取りされている。 |
| 4 | 赤銅色かオレンジ色の非常に明るい食。外縁部は青みがかっており大変明るい。 |

○月食の色の比較

1993年の月食はL=1程とされている。それは、火山噴火の影響で大気に大量の塵が残ったため、その塵により太陽光が遮られ、真っ暗な月食となったからである。それに対し、2014年の月食はL=3程であった。それは、大気の影響も少なく、月が本影の中心よりも少しずれて通過したためであると考えられる。

8. まとめ

今回の研究では、通常時の満月と皆既中の月の光度について画像処理ソフトを用いて比較したことで、それぞれの光度がどの程度違うのか調べることができた。また、皆既中のRGB各データの成分分析により、それぞれの色の割合や光度変化の様子を確認できた。今年も4月4日に皆既月食が見られるので、学校現場においては観望会を開催するなどして、子どもたちに天文分野に対して興味を持ってもらいたい。