

# Eclipses 2011・2012

青山幸恵（高2）、齋藤慧大、濱田菜那、斉藤浩志（高1）

【青森県立青森南高等学校自然科学部】

## 1 はじめに

2011年から2012年の月食・日食のとき撮影した画像で、次の3つの研究をした。

- 1 日食・月食の画像から、月の距離が変化しているのかを調べる。
- 2 日食の画像から月縁の凹凸の高低差を調べる。
- 3 皆既月食の画像より地球の影の中心からの距離と、月面の色合いの違いを調べる。  
シミュレーションにより大気による太陽光の屈折を調べ、月食が赤い理由を考察する。

## 2 研究の方法・結果

### 1) 月の距離

太陽半径を  $x$ 、地球半径を  $y$ 、月半径を  $z$ 、地球の影の半径を  $u$ 、地球から太陽までの距離を  $a$ 、月までの距離を  $b$  とおき、地球から太陽・月のまでの距離の比  $a/b$  を求める式を導く。

日食の場合、写真に写った月と太陽の半径の比を  $k$  とすると、 $a/b = kx/z$  となる（図1）。

月食の場合、写真に写った地球の影と月の半径の比  $p$  とすると、 $a/b = (x-y)/(y-pz)$  となる（図2）。

結果) 月の距離は、かなりの違いがあった。部分日食は

$4.4 \times 10^5 \text{km}$ 、皆既月食は  $4.3 \times 10^5 \text{km}$ 、部分月食は  $3.5 \times 10^5 \text{km}$  だった。

ステラナビゲータと比較すると、皆既月食の誤差は 9.8% もあり、部分日食、部分月食は 2% 前後だった。

### 2) 月縁の凹凸と山の高さ

部分日食の 5 枚の画像を、マカリで凹凸がはっきり確認できるまで月縁を拡大し、縁の位置測定をした。得られた位置を、月の中心を原点とする座標に変換し、上から左回りの位置角と、平均月面からの高さのグラフを作った（図3）。

結果) 得られた月縁は、 $\pm 3 \text{km}$  の高低差があった。

5 つの画像の月縁には最大で 2 km の高さのずれがある。画像の月縁のぼやけた幅から、誤差は 2 km 以内である。

凹凸が大きいところは山や海などクレーターがあると考えられる。

天文年鑑の月面図、JAXA のホームページ「月周回衛星 かぐや画像ギャラリー」にある『「かぐや」が見た月の地形(最新版)』と比較した結果、いくつかの山脈と海を確認した。

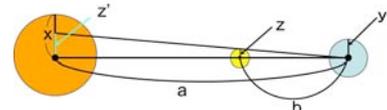


図1 日食時の月の距離の計算方法

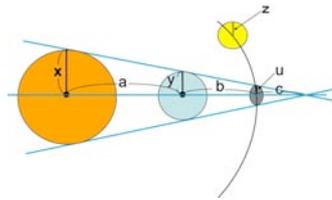


図2 月食時の月の距離の計算方法

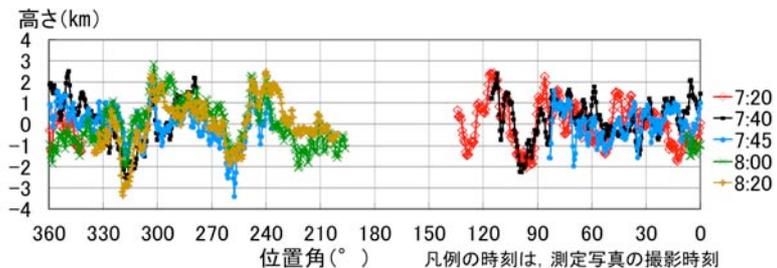


図3 月縁の凹凸

### 3) 皆既月食の色

A 皆既月食の画像をマカリで測定し、地球の影に入りこむ光の明るさの分布を調べた(図4)。

結果) 影の中心から月半径の2.6倍より内側で濃度が急降下し、特にBが低くなっていく。

B 屈折の公式  $\sin i / \sin r = n_2 / n_1$  を用い、太陽光が大気を屈折して月面に届く様子のシミュレーションをおこなった(図5)。

- ・大気モデルと屈折率の式「1979 U.S.標準大気」、 「大気差」にある式を利用
- ・大気圏を0~30kmに限定し、厚さ1kmの屈折率一定の層に分けた。

計算) 光の波長: 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8  $\mu\text{m}$

- ・光の出発点: 太陽の上端~下端の5か所
- ・光の出発方向: 地球上空0~30kmに向けた

結果) 波長による経路の差は少しである。

- ・太陽からの出発点により、到達点はかなり違う。
- ・光が大気圏の16~20km程度の高さを通過すると影の中心に到達する。

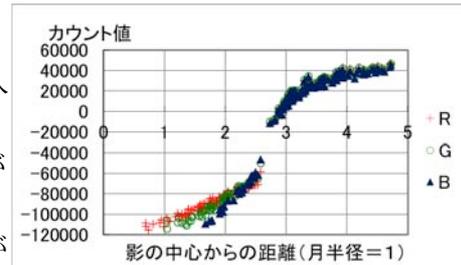


図4 地球の影の明るさの分布  
(カウント値は、露出1/500秒に換算)

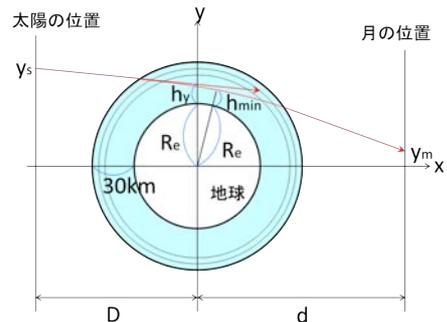


図5 太陽面から出た光の経路

## 3 考察

### 1) 月の距離

月の公転軌道は楕円である。部分月食と金環日食では月が反対の位置にある。月食のときは地球に近く、日食のときは遠いことを確認した。

皆既月食は部分月食より半年前だったので、軌道上の位置が反対で遠かった(図6)。

### 2) 月縁の凹凸と山の高さ

凹凸は多かったが、数100kmの間に3kmほどの高低差で、傾斜は緩やかであった。

各画像の高さが2kmほどずれるところは、何回測定しても変わらないので、大気のゆらぎによる画像の乱れの可能性がある。

### 3) 皆既月食の色

シミュレーションによって、皆既月食の本影部分の光は、成層圏下部の狭い範囲で散乱していることが分かった。散乱は大気・塵・水蒸気が大きな原因だが、成層圏には水蒸気はほとんどないので、月食の赤みの原因は成層圏にある大気や塵であると考えられる。

色によって屈折の仕方に大差がなかったのが意外であった。

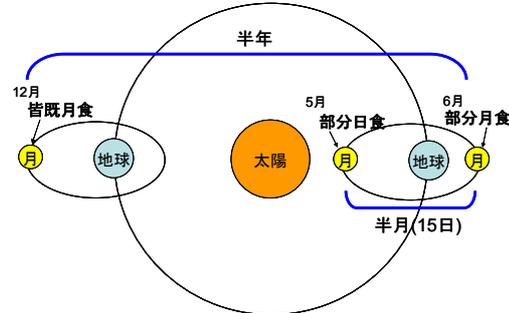


図6 月の軌道と日食・月食時の月の位置

## 4 参考文献・使用ソフト

国立天文台 『平成23年理科年表』『平成24年理科年表』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/>

天文年鑑編集委員会 『天文年鑑2012年版』『天文年鑑2013年版』 誠文堂新光社

JAXA 『「かぐや」が見た月の地形(最新版)』

[http://wms2.wms.selene.darts.isas.jaxa.jp/selene\\_viewer/jpn/observation\\_mission/lalt/lalt\\_010.html](http://wms2.wms.selene.darts.isas.jaxa.jp/selene_viewer/jpn/observation_mission/lalt/lalt_010.html)