

月・太陽の色 ～地球大気による散乱の影響～

蝦名沙也香、工藤演美（高2）、川村麻衣、後村元稀（高1）

【青森県立青森南高等学校自然科学部】

1 はじめに

私たちは、地平線近くの月・太陽が光の散乱により赤く見えることについて研究している。今年、月・太陽の色が日によってどの程度異なるかと、その原因を調べる。

2 方法・結果

1) 撮影・測定

様々な高度の月・太陽を、200mm 望遠レンズで撮影した。（月は ISO400, F11, 太陽は ISO200, F22, ホワイトバランスは「晴天」、太陽のフィルターは ND400, 16, 4）

1回の撮影で4枚の写真を選んだ。月面は海、高地それぞれ1か所ずつ、太陽は中央部を、マカリでRGBの平均カウント値を測定した。カメラに入った光の量Lとカウント値Dとの間には、 $D = a \log_{10} L + b$ (1) の関係がある。露出時間の異なる画像から求めた傾きaの値を用いて、決まった露出時間(今回は1/500秒)のカウント値D'に換算した。

2) 散乱量の大きさ

a 光が通過する大気量とカウント値の関係

地平線に近い月や太陽が赤く見えるのは、光が通過した大気量に関係する。大気量は高度の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ところ、ほぼ直線になった(図1)。この直線を

$$D = -k \{ 1/\sin(\text{月・太陽の高度}) \} + c \quad (2)$$

とし、傾きkは「大気減光係数」とする。

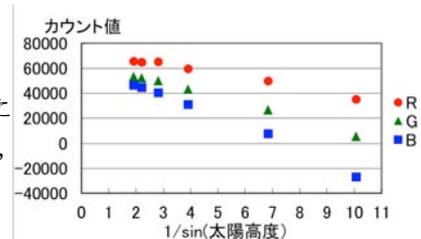


図1 大気量とカウント値の関係

b 大気減光係数

誤差の大きい日を除き、月8日間、太陽11日間のデータについて、大気減光係数kを求めた(図2)。大気減光係数は、日によってかなり違いがあるが、すべて $B > G > R$ の順になった。大気量が多くなるほど、青や緑の光が赤より多く散乱・吸収され、相対的に赤が強い。

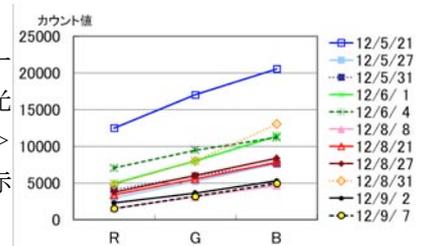


図2 太陽の大気減光係数

太陽と月を観測できた日の大気減光係数を比較した。9月2日はほぼ同じだが、5月27日はかなり違った。

c 大気に入る前の月・太陽のRGBカウント値

式(2)の切片cは、大気に入る前の月や太陽のカウント値を表している(図3)。月の高地は、Rが強くBが弱い。海はRGBほぼ同じであった。

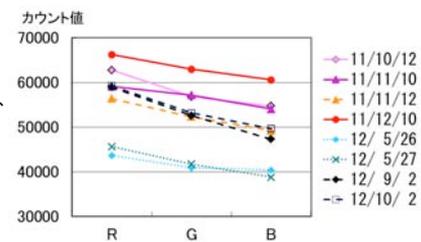


図3 大気に入る前の月の高地のカウント値

月の切片cは、日によって差が大きかったため、測定ポイントの太陽高度と値の関係を調べた。

測定ポイントの経度・緯度^{*2}と、月面上で太陽が真上から照らす地点の経度・緯度^{*2}から測定ポイントの太陽高度を計算した。

結果、月面の明るさは、太陽高度が高いほど明るかった。

d 大気減光係数の時間変化

大気に入る前の太陽のカウント値 c の平均を求め、(2)式から逆に、各時刻の大気減光係数 k を求めた。多くは1日の中であまり変化しないが、かなり変動のある日もある。

3) 散乱量(大気減光係数)と気象条件・散乱物質

散乱量と蒸気圧や湿度の関係を、気象庁のデータをもとに調べたが、関係はなかった。

散乱量と季節や気圧配置の関係を調べた。春の移動性高気圧に覆われていた5、6月は散乱量が大きく、多くが赤く見えた。8~11月は小さく、黄色がかかることが多かった。

環境省の黄砂飛来情報から、仙台と札幌のデータを調べ、散乱量との関係を調べた。観測日の散乱量と黄砂の分布に特徴的な傾向はなく、黄砂との関係は見られなかった。

国立環境研究所ライダーネットワークの札幌・仙台のデータをもとに上空の散乱物質の状況を調べた。青森のデータがないので、はっきりした結論は出なかったが、減光係数が大きい日は、水その他のエアロゾルや薄い雲が関わっている可能性が大きいと思われる。ただし、写真は曇った日には撮影していないので、肉眼でわかる雲の影響ではない。

3 考察

今回の研究で、散乱量の違いは日によって異なっており、極端に多い日もあることがわかった。その原因については十分には解明できなかったが、3つについてまとめた。

1) 散乱物質(黄砂・水蒸気・水滴)について

散乱の要因として大気中の水蒸気や塵がある^{※1}。

黄砂の影響には、観測日に黄砂が影響する日がなく、確認できなかった。

水は、気体・液体・固体のいずれか不明だが、散乱に影響することがわかった。

- ・5月21日の日食の日、散乱量が極端に大きかった。青森平野は低い雲がかかり、雲より高く快晴であった標高550mの山で撮影したことや、ライダーのデータから、水蒸気や低空のごく薄い雲に影響された可能性が高い。
- ・6月4日は月食の日で、夕方まで晴れたので、太陽を撮影した。日没あたりに曇り、晴れた山で撮影した。この日も散乱量が大きかった。

2) 朝夕の散乱量の違いについて

朝は、水蒸気や塵が空気中に散らばらず、散乱は小さい^{※1}。8月8日に撮影した朝日は、散乱が小さく、上の説明に合っている。ただ、もっとデータが必要である。

3) 月・太陽両方撮影できた2日間の大気減光係数の値の一致・不一致について

値が一致している9月2日は、1日中快晴で、大気の状態に変化がなかった。それに対し、値が違う5月27日は、減光係数が時間とともに変化したためである。

4 今後の課題

今回は、ライダーについて大まかに調べただけだが、高層大気や天気図などのデータを加えて、総合的に判断すると、もっと詳しく解析できるのではないかと。

5 参考文献

桜井邦朋 1991 『自然の中の光と色』 中公新書^{※1}

天文年鑑編集委員会 『天文年鑑 2011年版』 『天文年鑑 2012年版』 誠文堂新光社^{※2}

JAXA 『「かぐや」が見た月の地形(最新版)』^{※3}

http://wms2.wms.selene.darts.isas.jaxa.jp/selene_viewer/jpn/observation_mission/lalt/lalt_010.html

環境省黄砂飛来情報 <http://soramame.taiki.go.jp/dss/kosa/>

気象庁ホームページ <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>

国立環境研究所ライダーネットワーク <http://www-lidar.nies.go.jp/>