

月面温度変化

三枝 千春(高2)、 小船 有美(高2)、 高橋 真生(高1)、 福原 育代(高2)、 室井 千堯(高2)、
高松 由佳(高1)、 榎本 仁美(高1)、 郡司 歩直美(高1)、 長谷川 千桂(高1)、 大岡 莉央(高1)、
牧田 里美(高1)、 山出 果歩(高1)、 黒沢 奈央(高1) 【春日部女子高等学校・地球科学部】

1 はじめに

私たちは、赤外線放射温度計を用いて、月の平均表面温度の観測を続けている。温度計の感度域の8~16 μm では、水蒸気による吸収の影響が無視できない。そのため、高層気象観測データから、観測時の絶対水蒸気量を見積もる補正を加えてみた。位相角の違いによる赤外線強度の変化を明らかにすることができた。また、昨年12月10日の皆既月食時に月面温度の観測を行い、月表面の熱特性について貴重なデータを得ることに成功した。

2 観測

位相角ごとの観測は、温度計の視野2°の中を視直径0.5°の月が通過するのを待ちかまえる方法をとった。出力されるデータは温度計の感度分布の影響で、必ずピークのある滑らかな曲線になる。このピークの値を月からの赤外線量と考えた。データはセルシウス温度(°C)で表されているため、これを絶対温度(K)に換算する。次にステファン・ボルツマンの法則($E = \sigma T^4$)を用いて赤外線エネルギーの単位(W/m²)に変換した。さらに、温度計の視野と月の視直径の比による補正を行い、月からの赤外線総量とした。

3 位相角による月面温度変化

観測はすべて快晴で雲の影響のない日に行ったにも関わらず、位相角の異なる月の長期間の観測をまとめると、なかなかスムーズな曲線で表せなかった。高度によって大気吸収量が異なり、なかでも水蒸気の影響は無視できない。そこで、まず観測時の高度(h)による大気量を求めた。この補正は $1/\sin(h)$ である。次に「つくば市館野の高層気象台」の観測データを用い、相対湿度を絶対湿度に換算した。そして、地表から400hPaまでの水蒸気量の積算値(V)を求めた。水蒸気による吸収は指数関数として考え、吸収係数(k)を独自に定義して補正式を作った。視直径補正まで行った月からの赤外線総量(I_0)とし、真の赤外線総量(I)は以下の式で求めた。

$$I = I_0 \times \frac{1}{\sin(h)} \times k \times \ln(V)$$

なお、相対湿度から絶対湿度への換算は、「空気調和・衛生工学会」の式を用いた。

求められた赤外線総量から、再びステファン・ボルツマンの式を用いて、月面平均温度(°C)を計算した。位相角による違いを図1に示す。水蒸気総量が約3000(g)を超えた際の観測デー

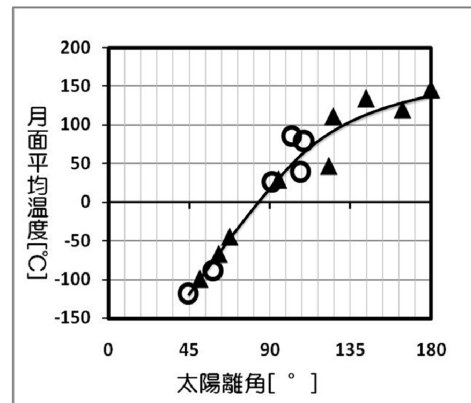


図1 位相角による月面平均温度の変化

位相角(θ)として、○は $\theta > 180^\circ$ 、▲は $\theta \leq 180^\circ$ を表している。満月前後の違いをみるために、横軸は位相角を太陽離角に直してある。

夕は、他の観測に比較して著しくはずれていたため、今回の補正方法ではカバーできないと考えて除外した。図1のマークの大きさが、ほぼ観測誤差に等しい。観測結果は、位相角に対する温度の依存性がよくあらわれているが、離角が等しい上弦と下弦の月の温度に差があるように思える。

4 皆既月食の観測

月食とは、地球の影に月が入り、月が欠けて見える現象である。月は太陽エネルギーで暖められている。短時間ではあるが、月食によって光がさえぎられたら、どのような温度変化が起こるか、絶好の観測機会である。今までの観測とは違い、月を赤道儀で追いかけて温度計で連続観測し、同時に全く同じ温度計をもう一本使って月の近くの背景の大気を測り続けた(図2)。皆既月食だったため、約4時間にわたって、月面温度変化が観測できた(図3)。

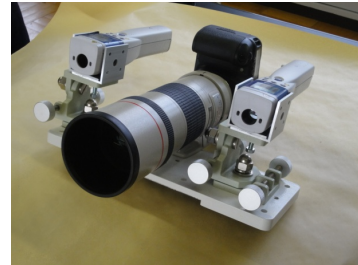


図2 月食の観測装置

5 月食時の月面平均温度

部分食が始まると温度はどんどん低下した。皆既食は部分食開始から約1時間半後に始まり、23時から24時の約1時間に渡った。皆既食最深の月面平均温度が最低温度ではなく、皆既食が終了してからも温度は下がり続けた。24時30分頃になると再び温度は急激に上昇し始めた。温度の下降と上昇の傾きは、ほぼ一致している。私たちの観測では、満月時の温度は120℃であるので、部分食が終了してから、約1時間経って元の温度になったことがわかる。

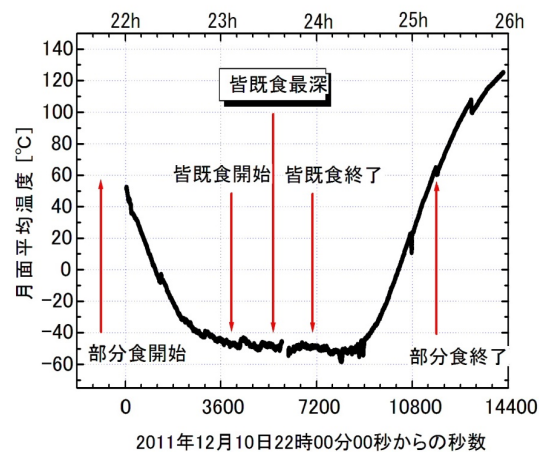


図3 皆既月食中の月面平均温度の変化

6 考察

まず、図1の離角45°の月の温度は約-120℃、図3の皆既月食中の月は約-50℃ということがわかった。これは、皆既月食の数時間程度では、月面は完全に冷え切らないということである。月表面のある深さまで熱がたまっていると考えられる。次に、皆既月食中も冷え続けている様子が観測された。皆既に入って、光の当たらない月面は冷え続ける。皆既が終わっても冷え続け、光が当たり始めた場所の温度が上がっても、月面の平均を考えると「冷え」が上回る時間帯が続く。月面がある程度暖まると、皆既前の温度低下とほぼ同じ温度上昇となる。

7 参考文献

- (1) 地球の影に何を見る？ 月食2011 12月観測ガイド(Astro-HS編)
- (2) 「はやぶさミッション目的小惑星Itokawaの中間赤外線観測:サイズと表層特性」、関口朋彦 他、日本天文学会春季年会講演、2006
- (3) 「最新・月の科学」、渡部潤一、NHKブックス、2008
- (4) 「理科年表」、国立天文台編、丸善、2011