

月食時の月面の色温度*

(第 10 回科学部研究報告)

Measurement of Color Temperature of the Lunar Surface during a Total Lunar Eclipse

(The 10th Report of the Science Club of Yonago National College of Technology)

大脇秀捷** 加川庸一** 川上優太** 久古貴将** 笹谷航**
Hidehaya OWAKI Yoichi KAGAWA Yuta KAWAKAMI Takamasa KUGO Wataru SASATANI
富田拓也** 波多野瑤** 林原真史*** 竹内彰継****
Takuya TOMITA Yo HATANO Masashi HAYASHIBARA Akitsugu TAKEUCHI

概要

皆既月食では地球の影に入った月に、大気によって屈折や散乱を起こした太陽の光が届くことにより月が赤銅色に見える。しかし、皆既月食時の月面の色は大気中のチリなどによる、大気混濁によって皆既月食のたびに明るさや色が変わる。そこで我々は皆既月食時の色の違いについて新たな観点での測定を試みた。すなわち、我々は色温度に注目した。今回の観測では、皆既月食時の月面の分光観測を行い、撮像したスペクトルデータをグラフに表しプランク関数のグラフと比較して皆既月食中の月面の色温度の測定を試みた。以下、その結果について報告する。

1.はじめに

皆既月食では地球の影に入った月に、大気によって屈折や散乱を起こした太陽の光が届くことにより月が赤銅色に見える。しかし、皆既月食時の月面の色は大気中のチリなどによる、大気混濁によって皆既月食のたびに明るさや色が変わる。皆既月食時の色の違いについてフランスの天文学者ダンジョンが定めた「ダンジョンの尺度 (スケール)」が存在するが、これは「色」と「明るさ」という 2 種類の物理量を単一尺度であらわすものであり、本当に色をあらわす尺度か疑問が残る。

そこで我々は皆既月食時の色の違いについて新たな観点での測定を試みた。すなわち、我々は色温度に注目した。色温度とは、物体の色を、黒体を加熱したときの色と比較して同じ色となる黒体の温度で表示するものである。今回の観測では、皆既月食時の月面の分光観測を行い、撮像したスペクトルデータをグラフに表しプランク関数のグラフと比較して皆既月食中の月面の色温度の測定を試みた。

なお、本研究は 2012 年 3 月 20 日に行われた日本天文学会春季年会ジュニアセッションにて発表した研究テーマである。

*平成 25 年 1 月 10 日

**物質工学科 学生

***電気情報工学科 学生

****一般科目

2.観測

科学部は 12 月 10 日(土)から 11 日(日)にか

けておこった皆既月食時に月の分光観測を行った。当日は小雨の降る悪天候であったため、学校の望遠鏡は使用できず、科学部顧問の自宅で望遠鏡 VC200L に分光器 DSS-7 と CCD カメラ ST402 を取り付けて観測を行った(図 1)。皆既月食が始まる 23 時に雨がやみ、皆既食の中心の 23 時 32 分と月食も終わりかけの 00 時 57 分のみ雲がきれたため、それぞれ 1 コマずつで合計 2 コマのみスペクトル撮像を行った(図 2, 3)。なお、露光時間は 23 時 32 分の撮像で、スペクトルデータを 100 秒、画像データを 1.0 秒、00 時 57 分の撮像でスペクトルデータを 2.0 秒、画像データを 0.01 秒とした。また、図 2,3 のように観測では月の北端を撮像したが、これは月の北端が本影の中心を通過するためである。さらに、スリットを月からはみ出させているのは月食の撮像データと同時にスカイを撮像するためである。その後、ハロゲンランプを用いてフラットフィールドの撮像も行った。



図 1.分光器と CCD カメラを接続した望遠鏡

3.解析

まず IDL を使用し、ダーク、フラット処理の後、地球大気の O₂ 線 (波長 7593.7 Å, 6869.95 Å) で波長の同定を行った。ハロ

ゲンランプの光が文献より 3000 K のプランク関数で表せると仮定して、観測で得られたスペクトルデータを光の相対強度と波長のグラフで表した。さらにそのグラフから二つの方法により色温度を求めた。まず一つ目はプランク関数のグラフを、温度の値を変化させながら描いていき一番皆既月食時のスペクトルに近似しているグラフの温度より色温度を求める方法。二つ目はウィーンの変位法則により次式

$$T = \left(\frac{2899}{\lambda_{max}} \right) \times 10^4 K \quad (1)$$

を用い波長のピークから色温度を求める方法である。

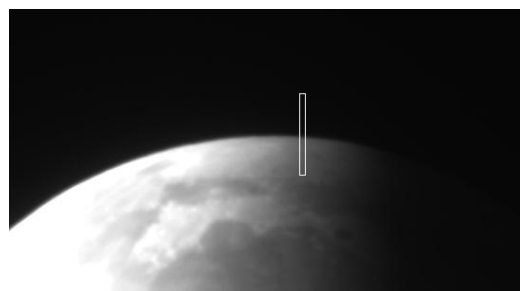


図 2.スリット位置 (皆既月食中)

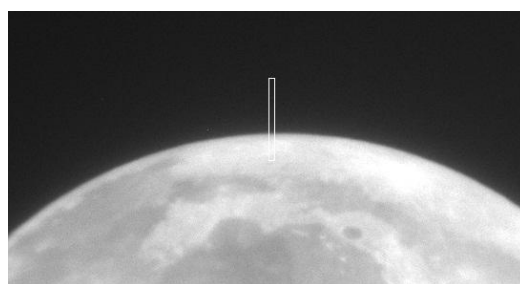


図 3.スリット位置 (本影外)

4.結果

皆既月食時と皆既月食終了時のスペクトルデータをそれぞれ図 4 と図 5 に光の相対強度と波長のグラフで表した。

皆既月食時のスペクトルデータはピークがわからないので先述の通りプランク関数の

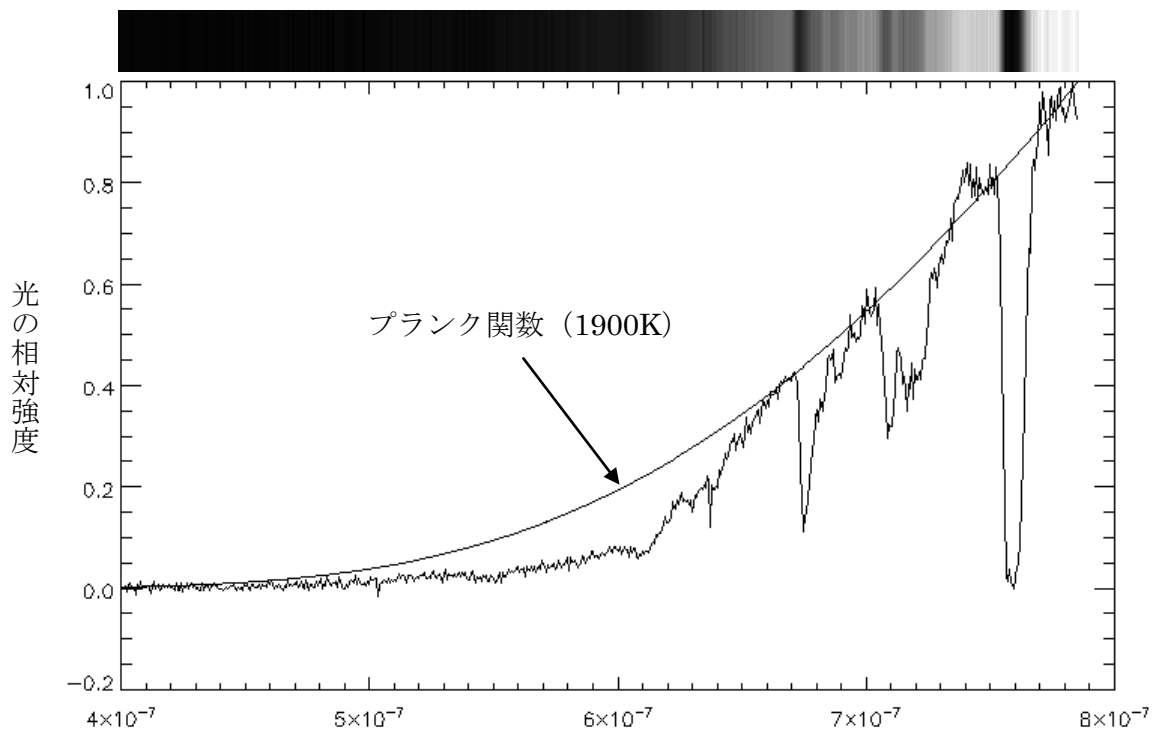


図 4. 皆既月食中の月面のスペクトル画像（上）とそのスペクトルとプランク関数（1900K）のグラフ（下）

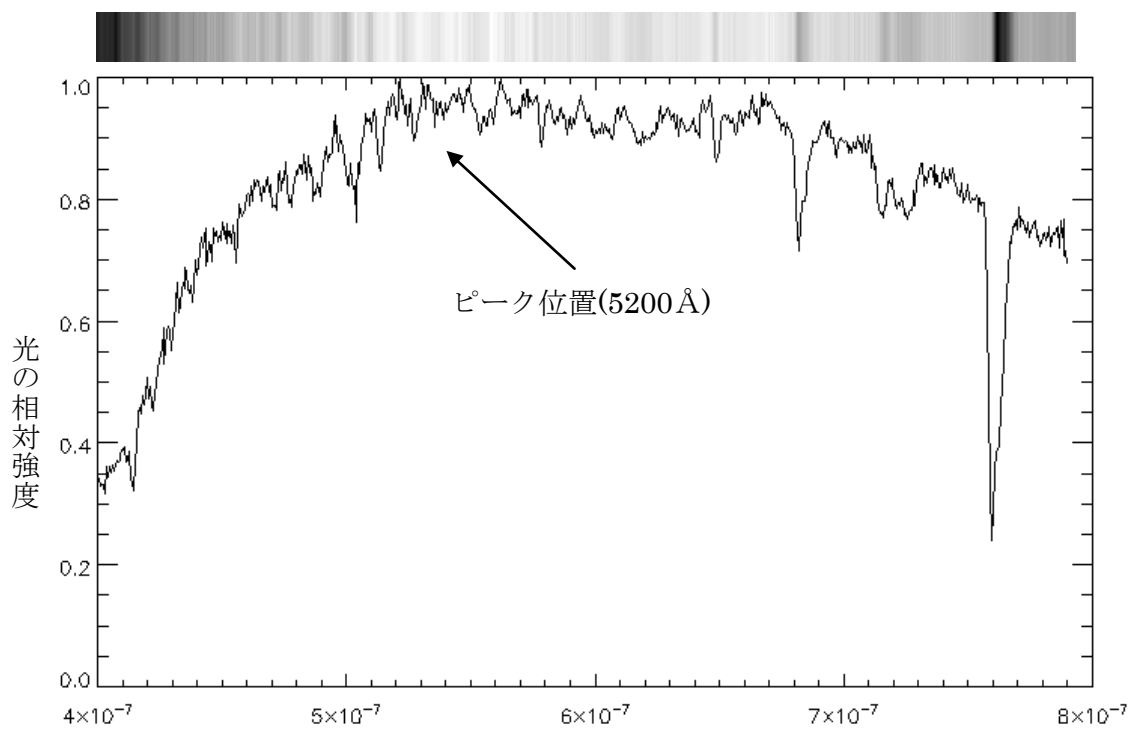


図 5. 本影外での月面のスペクトル画像(上)とそのスペクトルのグラフ（下）

グラフと一番近似したグラフから色温度を求め、皆既月食終了時のスペクトルデータにはピークがあるのでウィーンの変位法則より (1) 式を用いて色温度を求めた。

結果、皆既月食中の色温度が $1900\text{K} \pm 100\text{K}$ であることがわかった。また、図 5 より皆既月食終了時のスペクトルデータのピークは 5200\AA であるからウィーンの変位法則より 5575K となった。

5. 考察

月は太陽光を反射しているので、皆既月食終了時の色温度は太陽表面と同じ 5780K となる。今回の測定で得た皆既月食終了時の色温度は 5575K となっており、太陽表面の色温度とほぼ同じことから、皆既月食時の色温度が正しく測定されている可能性は極めて高いと思われる。

皆既月食終了時のスペクトルのグラフは 6000\AA より長波長側で少し上昇しているが、これはおそらくスペクトルデータを撮像したときに撮像部分がまだ半影内にあり、多少赤化の影響を受けたためと考えられる。

6. まとめ

地球から見た月食中の赤銅色光は、地球大気を通った太陽光であるため、これをスペクトルとして数値化、比較することによって地球大気の状態を知ることができる。近年では大規模な火山噴火などなく大気混濁による影響も少ないと考えられる。まだこれが 1 回目の観測なので比較対象がなく、大気の状態はまだよくわからない。そのため、これからは月食の度に観測を行い、地球大気の状態

の変化を調べていきたいと思う。

<参考文献>

吉田正太郎著 天文アマチュアのための新版屈折望遠鏡光学入門 2005 年 誠文堂新光社

エドワード G. ギブソン 現代の太陽像 太陽物理学序説

月刊星ナビ 2012 年 1 月号

<http://naojcamp.nao.ac.jp/phenomena/2011210/about/color.html>

<http://www.geocities.jp/hiroyuki0620785/lamp/collortemp.htm>