

---

# 皆既月食時の月面の色温度と明るさの関係

竹内彰継、永見莉奈、田中佐知、山根優香、永井俊一、堀江洸介、  
勝部桃子、尾上創、河原匠吾、熊本千夏、前田夏奈（国立米子工業高等専門学校）

---

## 1. はじめに

我々は、皆既月食時の月面の赤褐色が色温度の何度に相当するのか調べるため、2014年10月8日の皆既月食時に月面を分光観測した。スペクトル画像を解析し、色温度を測定したところ、色温度と本影内での月面の明るさに関係があることがわかった。ここではその結果について報告する。

## 2. 観測

我々は、2014年10月8日(水)に起こった皆既月食時に、望遠鏡VC200Lに分光器DSS-7とCCDカメラST402を取り付け、月の分光観測を行った(図1)。観測では、18時20分から月食の終わる21時20分まで10分間隔で1コマずつスペクトル撮像を行う予定だったが(図2)、観測開始後すぐに曇天となり、月食が始まった直後の18時30分から皆既食がすでに始まっていた19時50分にかけてはデータが得られなかった。しかし、食の最大の時間となると雲は去り、撮影を再開することができた。そのため、20時00分から20時40分の間で合計5コマのスペクトル画像を得ることができた。なお、露光時間は、スペクトルデータを100秒、画像データを0.04秒とした。

観測では図3のように月面の南半球にある有名なクレーター「ティコ・ブラーエ」を撮像した。これは、図2のように月の南端が本影の中心付近を通過するからである。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を行った。

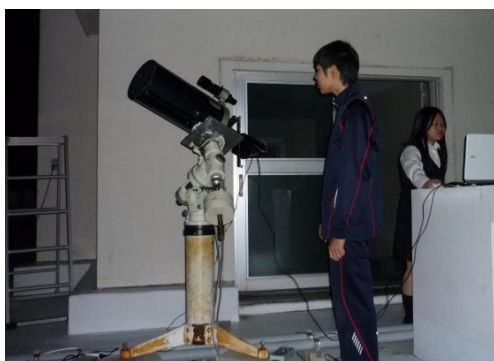


図1.分光器とCCDカメラを接続した望遠鏡

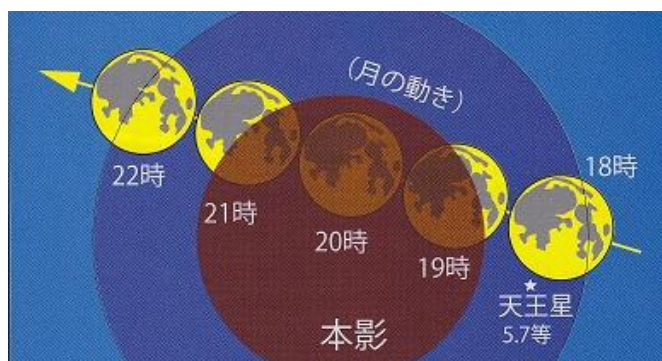


図2.月食の経過(天文ガイド2014年11月号より)。皆既食の前半は曇天のため、撮像できなかった。データがあるのは後半部分のみ。

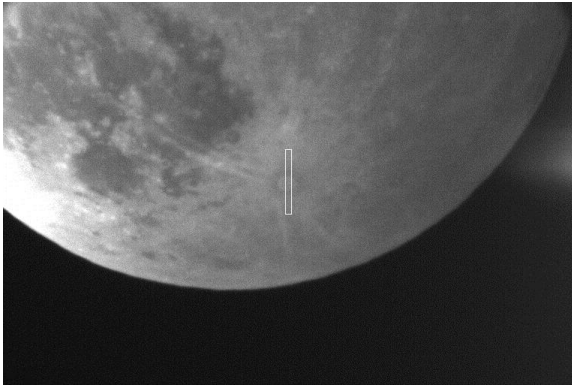


図3.スリット位置(20時40分 月食中)。  
月面の南半球にある有名なクレーター「ティコ・ブラーエ」にスリットを合わせた。これは、月の南端が本影の中心付近を通過するためと位置合わせを容易にするためである。

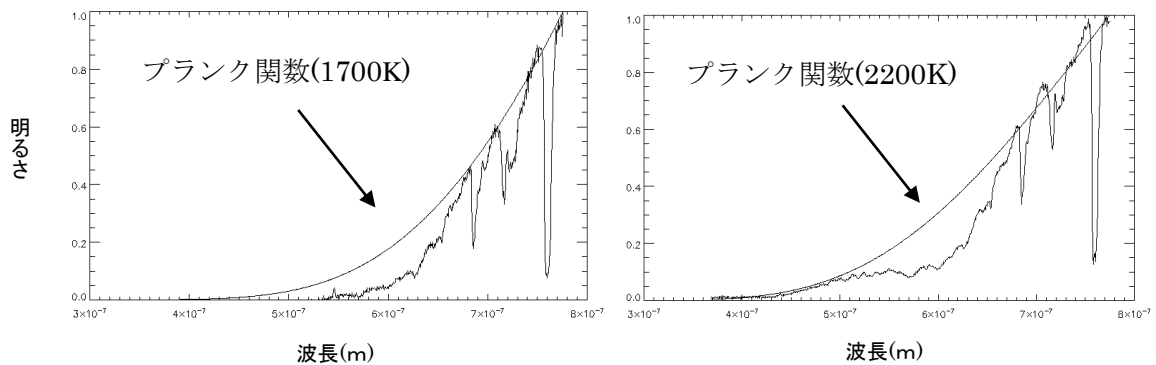


図4.皆既月食中の月面のスペクトル(左：20時00分，右：20時40分)。プランク関数がスペクトルに比較的精度良くフィッティングでき、フィッティングパラメーターとして「色温度」が求まることがわかる。また、色温度は20時00分で1700K、20時40分で2200Kと時間が経過するにつれて高くなっていった。

表1.色温度の時間変化。色温度は時間が経過するほど高くなっていった。本観測では、撮像箇所（ティコ・ブラーエ）は時間が経過するほど本影の中心から離れていくので、色温度は本影の中心から離れるほど高くなることになる。なお、測定誤差は部員全員で独立に測定を行い、そのばらつきから推定した。

撮像時間	20:00	20:10	20:20	20:30	20:40
色温度(K)	1745±109	1783±107	1918±103	1968±132	2175±115

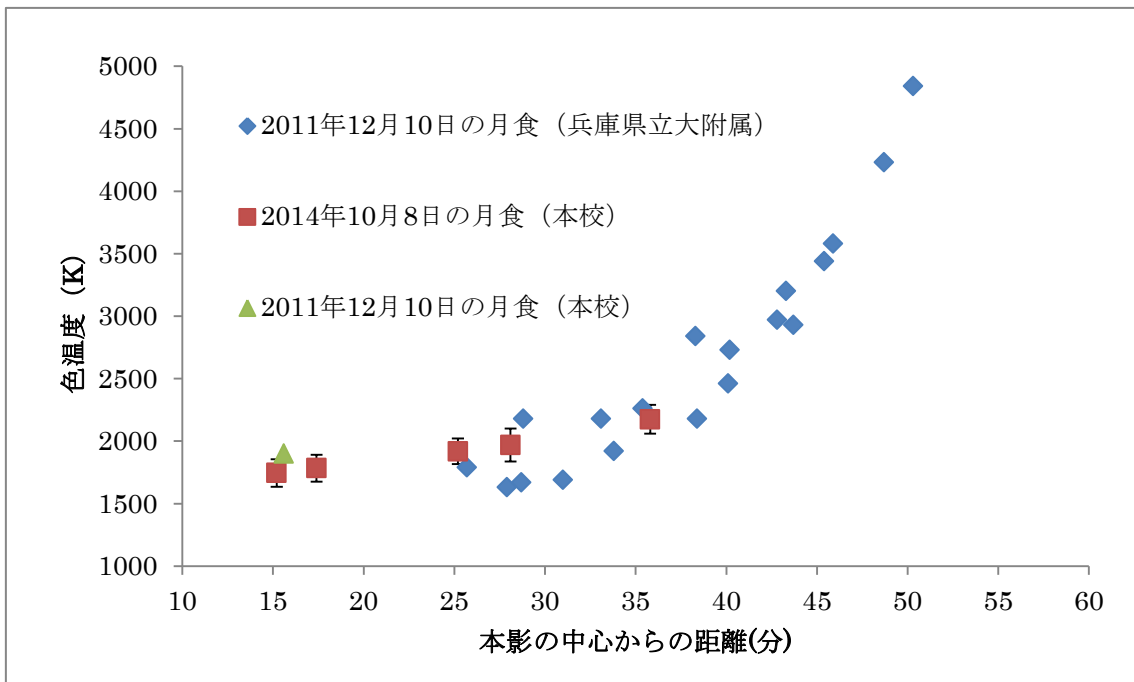


図5.色温度と本影中心からの距離の関係。本校の結果と、兵庫県立大学附属高校による前回の月食での結果は同一曲線上にのっているように見える。

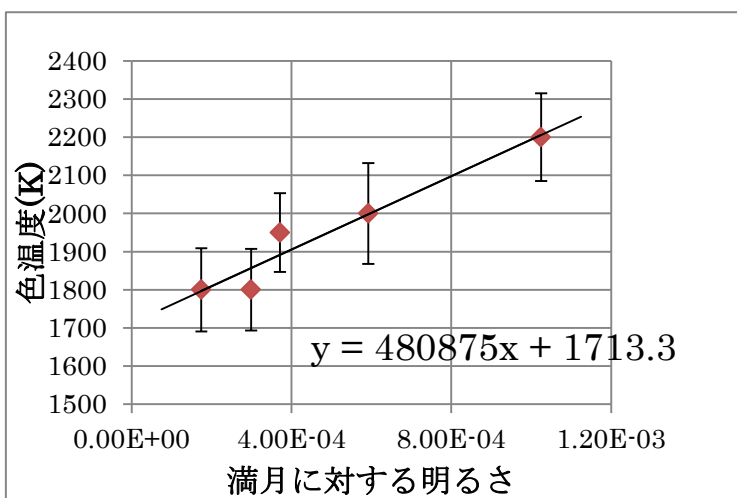


図6.色温度と皆既月食時の月面の明るさの関係。色温度は月面の明るさに比例して高くなる。

### 3. 結果と考察

ダーク、フラット処理の後、地球大気中の $O_2$ 線（波長 $7593.7\text{\AA}$ ,  $6869.95\text{\AA}$ ）で波長の同定を行い、ハロゲンランプの光が $3000\text{K}$ 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から色温度を求めた。

具体的には、図4のようにプランク関数が皆既食中の月面のスペクトルに比較的精度良くフィッティングできることを利用してフィッティングパラメーターとして「色温度」を求めた。一方、表1のように色温度は20時00分で $1700 \pm 109\text{K}$ 、20時40分で $2175 \pm 115\text{K}$ と時間が経過するほど高くなっていった。本観測では、撮像地点（ティコ・ブラーエ）は時間が経過するほど本影の中心から離れていくので、色温度は本影の中心から離れるほど高くなることになる。

ところで、2011年12月10日の前回の皆既月食では兵庫県立大学附属高校が皆既月食時の月面の色指数を本影の中心からの距離の関数として求めていた。そこで、色指数と色温度の変換式を使い今回の結果と比較した（図5）。

$$B-V = 0.70 \times 10^4 \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{1.5 \times 10^4} \right) \dots (1)$$

図5より今回の色温度と兵庫県立大学附属高校の観測結果から求めた色温度は同一曲線上にのっているように見える。このことから、今回求めた色温度には大きな間違いはないと考えられる。また、今回と前回の皆既月食の間では、大規模火山噴火などによる地球大気の大きな変化はなかったともいえる。

ところで、「本影の中心からの距離」より「皆既月食時の月面の明るさ」の方が重要な物理量と考えられる。そこで、色温度と皆既月食時の月面の明るさの関係を調べた（図6）。すると、色温度は月面の明るさに比例して高くなることがわかった。これは、太陽光が地球大気を通過する際、強く屈折した（本影中心に近い）光ほど強い散乱（赤化）と吸収（減光）を受けているためと考えられる。

今後は別の皆既月食でも同様の観測を行い、今回の「色温度と明るさの関係」がどう変わるか調べてみたい。

#### 4. まとめ

2014年10月8日に起こった皆既月食時の月面のスペクトルを解析することによって色温度を求めたところ、色温度と月面の明るさのあいだに一次関数的な関係があることがわかった。今後は別の皆既月食でも同様の観測を行い、今回の色温度と明るさの関係がどう変わるか調べてみたい。

#### 参考文献

- ・ウンゼルト著，小平桂一訳，「現代天文学」，1978年，岩波書店発行
- ・「日本天文学会第14回ジュニアセッション発表予稿集」，2012年，日本天文学会発行
- ・「天文ガイド」，2014年11月号，誠文堂新光社発行