

15 分光観測で求めた地球照の正体

埼玉県立越谷北高等学校 天文気象部
大熊 瞭汰 (高2)

1 作成のきっかけ

昨年8月28日に皆既月食があった。皆既月食中の月は、地球大気で屈折して散乱せずに残った太陽光が月に届いているため、赤黒く見えることが多い。また、新月に近い月を見ると、太陽光が直接あたっていない部分もうっすらと見える。これは、太陽光が地球によって反射され、その光が月を照らしているもので、地球照という。これらの光に興味を持ち、研究テーマにした。部活動では分光器を持っていないため、簡単な分光器を作成することにした。残念ながら、皆既月食は天候に恵まれず観測できなかった。しかし、地球照の分光観測には成功した。

2 目的

- (1) 皆既月食中の月や地球照の観測ができる簡易分光器を作成する。
- (2) 地球照のスペクトルを捉える。
- (3) 地球照の成分を明らかにする。

3 簡易分光器の作成

□スリット

塩ビ板に、カッターの刃を幅およそ50ミクロン(0.05mm)になるように接着した。

□グレーティング(回折格子)

格子周波数 300本/mm, 25mm角の透過型ブレード回折格子(片方の1次スペクトルに強度が集中するようにしたもの)を使用した。

スリットと同様に、スペーサーなどを使って固定した。

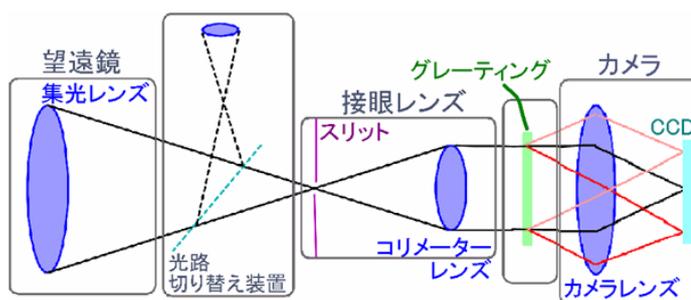


図1 簡易分光器の大まかな構造

4 カメラの特性

入射する光の強さとカメラで捉えた強度(輝度)は比例関係になっているのだろうか。カメラを含めた分光器の特性を調べた。同じ被写体に対して、露出時間を変えてスペクトルを撮影し、特性曲線のグラフをつくった。その結果、輝度が10000程度までは露光量と輝度が指数関係になっているが、それを超えると対数グラフが曲線になってしまった。さらに、波長によってその曲線の形も様々であった。したがって、画像の輝度が10000程度以下(今回の観測・測定等の条件において)のデータのみを解析に使う必要がある。

5 月と地球照の分光観測・解析

5-1 観測

《観測時刻[露出時間]》

地球照① 2007年9月9日4時03分～ 地球照② 2007年9月9日4時16分～[600秒]
月(月齢:26.8) 2007年9月9日4時15分～[1/2秒]

《観測地》 埼玉県立越谷北高等学校(埼玉県越谷市)

5-2 解析

[1]画像処理 - 天体画像処理用ソフトウェア『ステライメージ』[©AstroArts Inc.]使用
撮影時に発生したダークノイズを除去する処理を行った。

[2]測定 - 画像解析ソフトウェア『マカリ』[©国立天文台・株式会社アストローツ]使用
ピクセル座標に対する輝度（カメラで捉えた強度）のグラフを作成し、スペクトル線および0次光の座標を測定した。

[3]解析 - 『Microsoft Excel』[© Microsoft Corporation]使用

スペクトル線および0次光の座標と波長の関係から、変換ピクセル座標を波長に変換した。さらに、スペクトルのグラフをつくった。

5-3 地球照と月のスペクトル

月と地球照のスペクトルを比較した。

その結果、月の輝度に対する地球照の輝度の比 $[(\text{地球照}-\text{Sky})/\text{月}]$ は、全般に平坦であるが、波長が短くなる（青くなる）につれて高くなる傾向がみられた。

6 地球照の正体

6-1 地球による反射光

地球上にある海や陸地などが太陽光を反射したときの分光特性を文献で調べた。その結果、雲や雪の反射率は波長によらず高いこと、水の反射率は波長によらず低いことなどが分かった。

ここで、地球照の観測をしたとき、月から地球はどのように見えていたのかを調べると、大部分が海であり、陸地の比率は小さかったことが分かった。

したがって、地球照として月を照らした地球による反射光は、主に雲によるものであったと考えられる。よって、可視光では波長による反射率の違いは小さいことになる。

6-2 地球大気による散乱光

地球大気による散乱光について文献で調べたところ、大気中で光を散乱させる空気分子による散乱光の強さは、波長の4乗に反比例することがわかった。このことを観測でも確認した。

よって、月の輝度に対する地球照の輝度の比が、波長が短くなるにつれて高くなる傾向は、地球大気による散乱光で説明できる。

6-3 地球照の正体

今回観測した月と地球照のスペクトルを、波長の4乗に反比例する曲線を加え、図2に示す。こうすると、今回観測した地球照の成分は、主に雲による反射光と地球大気の散乱光で説明できる。

7 まとめ

(1) 今回作成した分光器は、恒星の分光観測をするには十分な精度はないが、細かな多色測光をする観測装置として有効である。

(2) 地球照のスペクトルは月と比べて、全般に平坦であるが、波長が短くなる（青くなる）につれて高くなる。

(3) 今回観測した地球照の成分は、主に雲による反射光と地球大気の散乱光で説明できる。

8 今後の課題

(1) 近赤外線まで観測できる分光器に改良する。

(2) 地球照の「レッドエッジ」を検出する。

近赤外線では「レッドエッジ」と呼ばれる植物による反射が急増している。そこで、分光器を改良し、「レッドエッジ」の検出に挑戦してみたい。

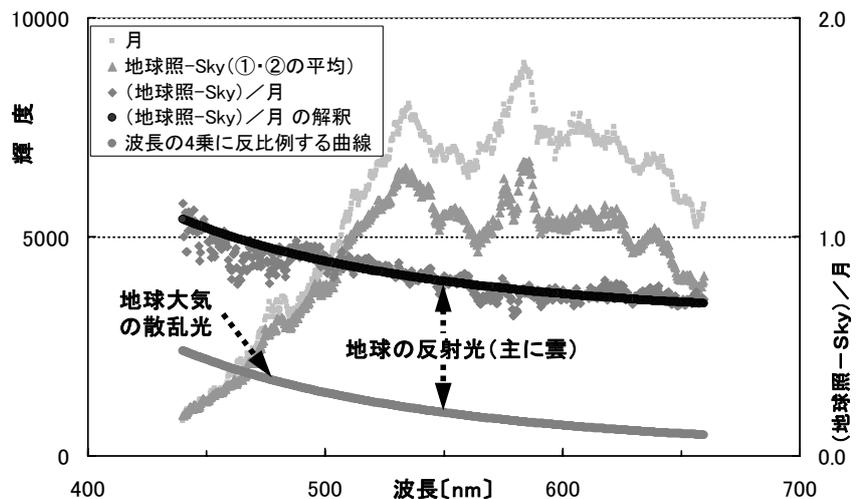


図2 地球照の正体