

月面の観測的研究Ⅱ

～偏光フィルターを使った月の観測と偏光度マップの作成～

初等教育教員養成課程理科選修

金光研究室 240423 西村良太

1. はじめに

月は私たちの身近にある天体の1つである。その理由として、晴れた夜に見ることができることはもちろんのこと、小中学生の理科の授業でも取り上げるからである。しかし、私自身、月の満ち欠けなどは学習しているが、月自体の特徴などははっきりと理解していない。そこで今回は月を観測することでその特徴を調べようと考えた。天体を観測する方法には、撮像観測、測光観測、分光観測、偏光観測の4種類の方法がある。私は今回偏光観測の方法で月の観測を行おうと考えた。偏光にも様々あり、直線偏光、円偏光、楕円偏光の3つがある。今回は原理が比較的簡単であり、データ解析に適している直線偏光で月の偏光観測を行い偏光度に着目することを研究の題材とした。

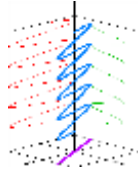
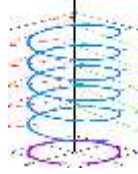
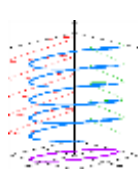
本研究ではまず、直線偏光フィルターを用いて月の観測を行った。その後、満月の光度変化を天体画像処理ソフトウェアを用いて研究した。光の成分を赤 (R)、緑 (G)、青 (B) の3色に分けることで、より正確なデータからどの色が1番多く含まれているかを分析した。その後、マカリに備わっている画像演算ソフトを使って、偏光度を求める式から偏光度マップを作った。作成した偏光度マップによって月面上の偏光度の違いを分析することができた。

また、月面を構成している岩石(玄武岩、斜長石)の光度を同じ条件で調べることで、岩石の偏光度を調べることができ、光度比較をすることで月の特徴を考察した。また、同じ方法で他の天体も調べることができるか考察した。

2. 偏光について

○偏光とは

偏光は、電場および磁場が特定の(振動方向が規則的な)方向にのみ振動する光のこと。電磁波の場合は偏波と呼ぶ。光電界の振幅は直交する2方向の振動成分に分解できている。普通の光は、あらゆる方向に振動している光が混合しており、偏光と自然光の中間の状態にある。このような光は一部の結晶や光学フィルターを通すことによって偏光を得ることができる。偏光には3つあり直線偏光、円偏光、楕円偏光がある。

直線偏光	電場(および磁場)の振動方向が一定である。直線偏光の向きといった場合、通常は電場の向きを指す。	
円偏光	電場(および磁場)の振動が伝播に伴って円を描く。 回転方向によって、右円偏光と左円偏光がある。	
楕円偏光	直線偏光と円偏光の一次結合で表現される、もっとも一般的な偏光状態。電場(および磁場)の振動が時間に関して楕円を描く。	

3. 使用機材・データ編集ソフト

○使用機材

機材	メーカー	備考
口径 10 cm 屈折望遠鏡	Nikon	F12、焦点距離 1200
デジタル一眼レフカメラ	Nikon	1020 万画素

○データ編集ソフト

ソフトウェア	メーカー	備考
「Stella Image ver.7」	Astro Arts	天体画像処理ソフトウェア
「Raw2fits」	星空公団	raw 画像から RGB 各データの書き出し用ソフトウェア
すばる画像解析ソフト (Makali`i)	国立天文台	偏光度計算を基に偏光度マップを作成

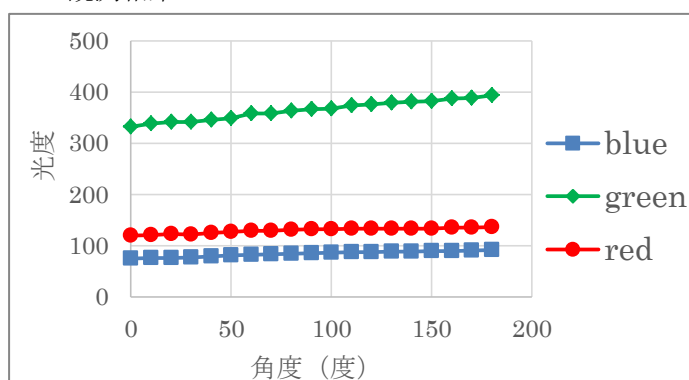
4. 観測方法

- ① 観測時期の満月の日にちを調べる。(2015 年 9 月 29 日、月齢 15.8)
- ② 口径 10 センチの望遠鏡を使って月を観測する。
→ 月全体を入れるため。
偏光フィルターの大きさに合うため。
- ③ 望遠鏡にカメラを固定し、偏光フィルターを 10 度ずつ回転させながら写真を撮る。

5. データ処理の方法

- ① 「Raw2fits」を使って RAW 画像を RGB 画像に変換する。
→ デジタルカメラのカラー画像 (jpeg 画像) は、RGB3 色のデータを合成して作成している。そのため、現像してしまうとデータはコンピュータで処理された画像になってしまう。そこで、より正確な光度を測定するために、デジタルカメラの処理されていない生のデータ (RAW 画像) を天体画像処理用の FITS 形式に置き換え、RGB 各データに分ける。
- ② 「Stella Image ver.7」を開き、RGB それぞれの満月中における光度を測定する。
→ 月全体の光度を測定する。
- ③ 満月時の光度を比較するために、excel でグラフを作成する。

6. 観測結果



○考察

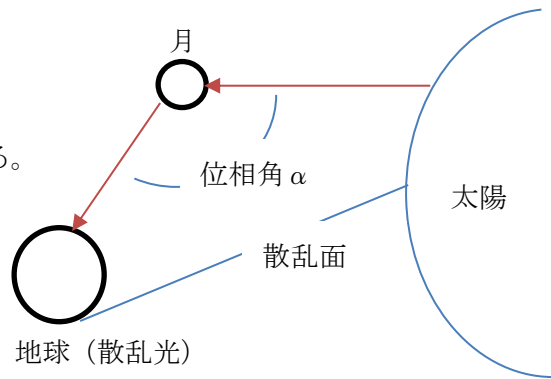
グラフより、角度を変えるとわずかだが右上がりになっており、偏光フィルターを回転させることによって光量に変化していることが分かる。グラフより、Green の成分が多いことがわかる。Green が多いのは、白色光の光は Green が多いからだと考えられる。

7. 画像演算機能を用いた偏光度マップの作成

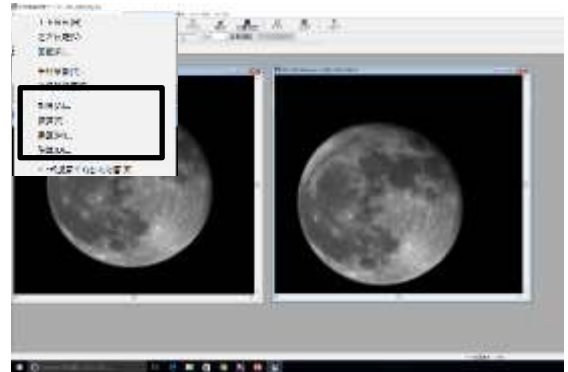
マカリに備わっている画像演算機能を使うことで、偏光度マップを作成することができる。

偏光度を求める式は $p(\text{偏光度}) = \frac{I_1 - I_2}{I_1 + I_2} * 100$ である。

ここで、散乱面に対して、 I_1 が散乱光の垂直成分、 I_2 が平行成分である。今回は、垂直成分をグラフの最大値、平行成分を最小値で求めた。この偏光度の位相角 α に対する成分を求めることが、偏光度の求め方である。



この偏光度の式を画像演算ソフトに入れることで、偏光度マップを作成することができる。四角で囲んだところを使って偏光度の式を入力する。偏光度マップを作成することは天体全体の偏光度の違いを表しており、偏光度に差があるところは異なる岩石で構成されているという手掛かりになると考えられる。



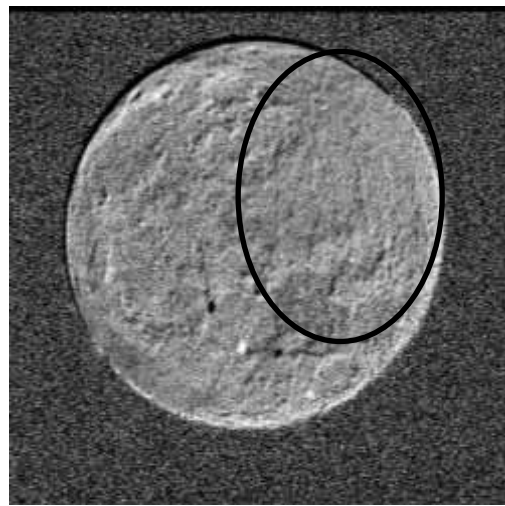
○偏光度マップによる考察

偏光度マップを作成すると次のような形になった。他の Blue、Green も同じような形になった。下の左側の図は偏光度マップを作成する前の画像である。

偏光度マップ作成前の画像



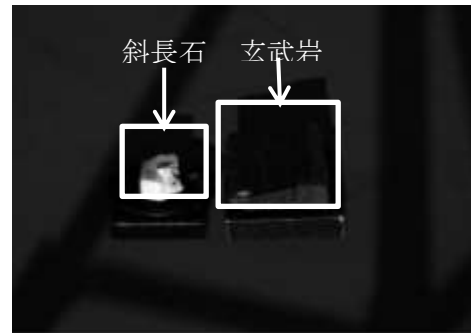
偏光度マップ (Red)



偏光度マップの丸で囲んだところとその周りとの比較でわかるように、場所によって色の違いがあることがわかる。これは月の海側と陸側で偏光度に違いがあるからだと考えられる。このことから、色の違うところは異なる岩石で構成されていると考えられ、月の海側のほうが陸側よりも偏光度が高いことが分かる。

8. 月を構成する岩石の偏光観測

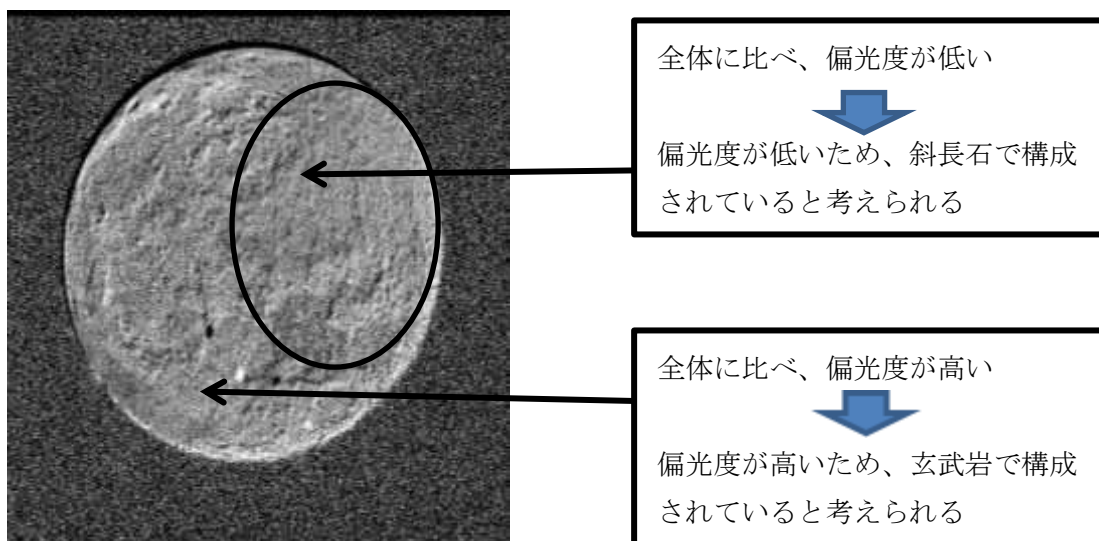
月の観測と同じ方法で月を構成していると考えられている岩石（斜長石と玄武岩）の光度を測定し、データ処理を行って偏光度を求めた。位相角は月の時と同じ0度である。偏光度は表の形になった。この表からわかるように、玄武岩の方が斜長石よりも偏光度が高いことがわかる。



	斜長石	玄武岩
Blue	4.9	18.6
Green	2.7	12.5
red	3.4	10.6

9. 岩石の偏光度と偏光度マップの比較

作成した偏光度マップと月を構成していると考えられる岩石の偏光度を比較した。



9. まとめ

- ・ 偏光度を求める式から偏光度マップを作成することができた。
- ・ 月は Green の成分が 1 番多く、太陽の影響を受けていることがわかる。
- ・ 岩石の偏光度を測定することから、月の海は玄武岩を中心に構成されており、陸は斜長石を中心に構成されていることがわかった。
- ・ 偏光度を求めることにより、他の惑星の特徴も調べることができる。

10. 考察

今回は偏光フィルターを使って観測を行った。月は身近な天体であることから、様々な観測で行われてきた。それにより、構成されている岩石などはすでに分かっているが、この偏光観測を行うことで他の天体の偏光度を量りそこから岩石を特定することや天体の特徴を調べることができる手がかりになるのではないかと考えた。