

# お盆のような月の輝きに迫る（続編）

ハートピア安八ジュニア天文倶楽部

田島 怜一郎(中2)【岐阜市立岐阜中央中学校】、橋口 健太(中2)【山県市立伊自良中学校】

## 要旨

お盆のような月に関心を持ち、コート紙や粗い砂などの試料で反射実験を行い、月の写真と明るさ分布を比較した。この結果、月面の反射の特徴は、拡散の強い反射で説明できた。月面のレゴリスの角ばった形状と弱い重力が、隙間の多い堆積環境を作り、そのレゴリス層での「深い反射」が拡散を進め、お盆のような月になると結論付けた。

### 1. はじめに

発泡スチロール球と満月（図-1）を比べると、月は周辺までくっきりと明るく、お盆のような月と言われる。私達は昨年に取り組み、月の非周辺減光の理由の解明に取り組んだ。

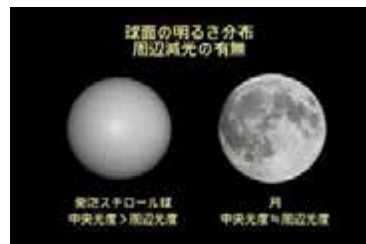


図-1 発泡スチロール球と月

### 2 研究の内容

研究の目的は、撮影と測光の習得、実験を通して両者を比べ、お盆のような月の原因究明を行うことである。

#### (1) 月の写真撮影

岐阜県安八町のハートピア安八天文台の口径 15cm 屈折望遠鏡で、デジタル一眼レフカメラを用い、直焦点撮影を行った。

#### (2) 月の写真測光

月の測光では、月の中央から縁までを 4 分割し、海やクレーターなどの地形、明るさに影響されないよう考慮し、測光ポイントを決めた。（図-2）測光は Paint.NET という画像処理ソフトで、指定範囲の明度を複数回測定し、中央値を明るさとした。

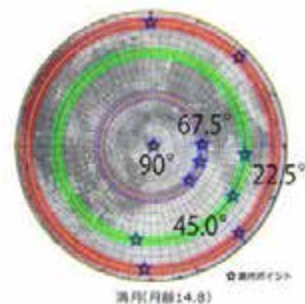


図-2 月の測光ポイント☆

#### (3) 月の測光結果

満月の測光結果は、どの地点でも明るさは変わらず、「周辺減光がない」ことを示した。（色や地形の影響がないように測光）

#### (4) 月の非周辺減光の原因（仮定）

月に周辺減光がない理由を 4 つ考えた。A 物質の組成 B 物質の色 C 月の地形 D 反射面の粒子の形状と大きさ。これらを熟考すると、D は否定要素がなく非周辺減光の原因と仮定できる。

#### (5) 月面を模した反射実験（変角高度分布）

月面は、「レゴリス」という粒子で覆われている。その多くは角ばった 1mm 程度の微粒子で、軽石のような穴がある。

月面を模した反射実験の試料とした紙やすり、粗い砂の差異は、紙やすりは砂粒が一層で、表面がのりで覆われて光沢があるのに対し、粗い砂は粒子の大きさが様々で、幾層にも重なり複雑な凹凸がある。（図-3）比較対象として、滑面の白色コート紙を用意した。

図-4 は自作の実験装置で、光源の LED ライトと照度計センサーは、自由に高度角と水平角を動かせる。実験では、それぞれを 22.5° ずつ動かし、変角光度分布を求めた。

#### (6) 反射モデル

反射には、鏡面反射と拡散反射があり、拡散反射には、ランバート反射と、より一般的なオーレン・ネイヤール反射がある。

#### (7) 反射実験結果

図-5 で実線のコート紙は、中心部が明るく周縁が暗くなっている。長

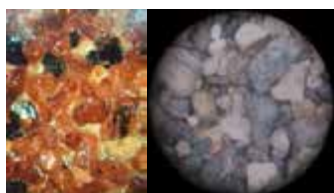


図-3 反射試料紙やすり・粗い砂



図-4 自作の反射実験装置

鎖線は紙やすりで、明るさの変化は目立たないものの周辺減光がわずかに残っている。粗い砂は、月と同様に明るさの変化がほとんどなく、月面の反射を表している。

これにより、月のレゴリスが、非周辺減光の原因の一つだと考えられる。これを反射モデルでも検証した。図-6は、コート紙、紙やすり、粗い砂の入射角  $67.5^\circ$  の反射モデルで、矢印の長さが反射光の明るさの比を表している。コート紙は、鏡面反射の要素が大きいランバート反射、紙やすりは、鏡面反射方向に散乱光成分が大きいランバート反射、粗い砂は入射光方向が明るい非ランバート反射（粗

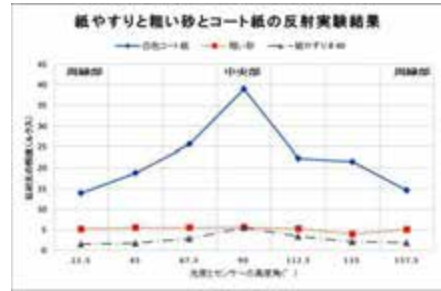


図-5 反射実験の結果

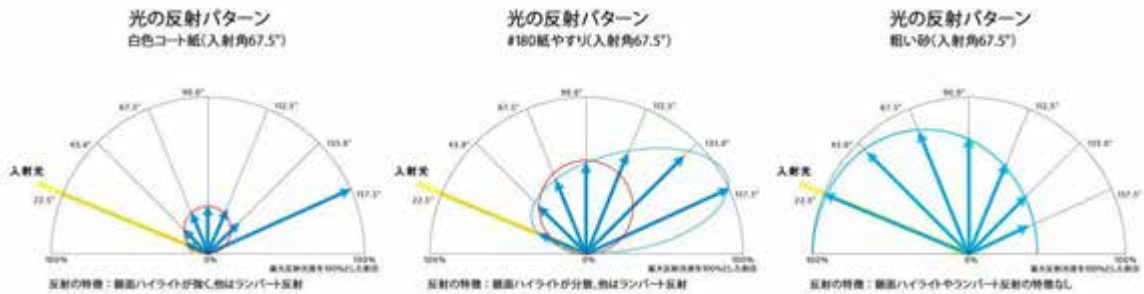


図-6 反射実験各試料の反射モデル (入射角  $67.5^\circ$ )

面のオーレン・ネイヤール反射)である。

粗い砂の拡散反射は、月の反射の特徴と同様である。

### (8) 実験結果・解析

実験の反射モデルを回転させて、満月の明るさ分布を再現した。(図-7) 白色コート紙では、顕著な周辺減光が見られる。粗い砂のモデルは、周辺減光が全くなく、満月の反射を再現している。

## 3 研究のまとめ

深い凹凸な反射面で、表土の中で何度も反射をした後に、複雑に分岐した光が表面に戻り、多数の反射光となって、表面から出ていくモデルが、月の反射の鍵を握っている。これを再現するのが図-8の剣山モデルである。剣山の針に横から LED 光束を当てた反射の様子は、粗面のオーレン・ネイヤール反射で、月のようである。この反射の特徴を「深い反射」と呼ぶことにした。

「お盆のような月」の原因を衝効果で説明している文献もある。しかし、図-9の上側を見て分かる通り、衝効果だけで示すと太陽光の入射角が全て同じのモデルになる。これは、地形としてあり得ず、お盆のような月を説明するには「深い反射」が必要である。

実験結果を受けての最終結果である。

- (1) 「深い反射」が月の反射の本質
- (2) レゴリスの穴の開いた表面、角ばった形状が隙間の多い堆積となり、「深い反射」を生み出す
- (3) 重力が弱く、風化のない月の環境もプラスに影響

## 4 参考文献

- ・天文年鑑 2014 (誠文堂新光社)
- ・光の百科事典 谷田貝豊彦ほか (丸善出版)
- ・世界はなぜ月をめざすのか 佐伯和人 (講談社)
- ・指導助言: ハートピア安八天文台 船越浩海

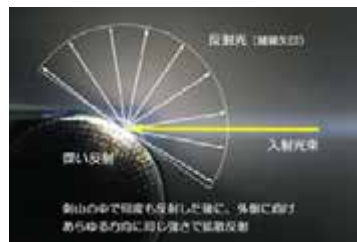


図-8 剣山の反射

反射実験で得られた反射モデルを月面に当てはめ、周辺減光を検証

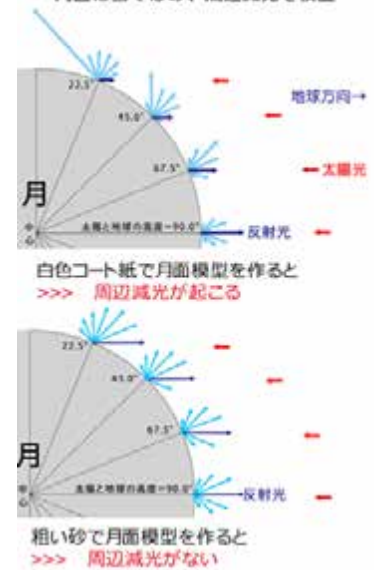


図-7 反射モデルの月

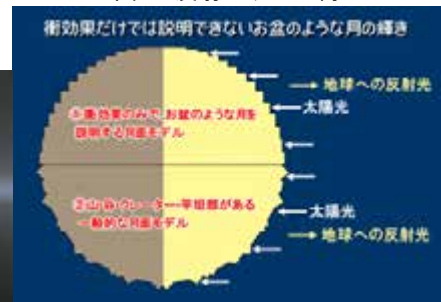


図-9 衝効果で示すお盆のような月