

月面衝突閃光の分光観測システムの構築 Construction of a spectroscopic observation system for Lunar Impact Flash

○奥山純吾¹, 堺優太¹, 阿部新助² 布施稜太²
*Jungo Okuyama¹, Sakai Yuta¹, Shinsuke Abe², Ryota Fuse²

Abstract: Flashes are generated when the meteoroids collide with the moon. They are called Lunar Impact Flash, and their studies are useful for extraterrestrial activities and lunar expansion.

In order to measure the temperature of the impact flashes, we will observe the lunar surface using the spectroscopic method by a visible light grating be capable of covering the wavelength range from 400 to 700 nm and a new equipment.

Our goal is to observe the LIF in the Ursid shower December this year.

1. 研究背景

月面衝突閃光(Lunar Impact Flash: LIF, Figure 1)とは、月面上に流星体(meteoroid)が衝突した際に、運動エネルギーの一部が発光エネルギーに変換され、その一瞬の光が観測される現象である。LIFは、Liakos et al. 2019 での定常的な観測により衝突サイズ頻度が地球大気上で観測される流星のものよりも多く、現状で観測数の少ないcmサイズにおけるメテオロイドの有効な観測法となっている。しかし、現状としてLIFにはいくつかの発光モデルを与えられているが、その発光メカニズムや構造には地球上での再現性の難しさ、観測機器の分解能の問題により未知のことが多いのである。

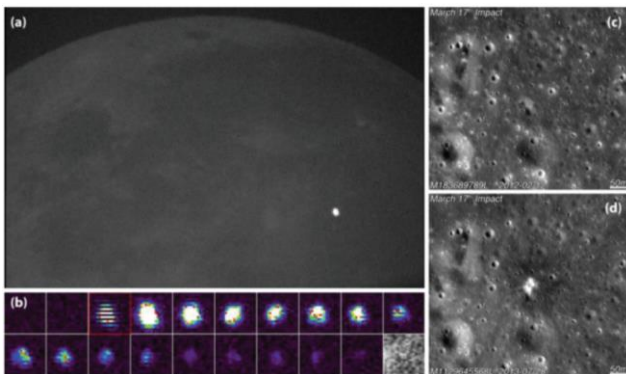


Figure 1, Images of lunar impact flash (Suggs et al, 2014)

LIFにおける発光モデルの作成には運動エネルギーから光エネルギーの変換率となる発光効率が必要となる。室内実験などで作成された現在の発光モデルでは実際の観測モデルとのずれが大きいため、精密な発光メカニズムの特定はより整合性のあるモデルの作成に役立つと考える。

そのため、今回の観測には分光観測と呼ばれる手法をとる。分光観測とは流星の組成を調査するときにも用いるものである。物体は加熱されたとき電磁波を放射し(黒体放射)、およそ1000K以上では可視光を発する、また各

原子・分子は加熱時にプラズマ発光として特定波長のみの放射(輝線、分子バンドスペクトル)をする特性がある。月面衝突閃光は衝突体が衝突時2000~4000Kほどに加熱され、以上の特性の組み合わせから閃光を発していることは既知のことであるため(Suggs et al, 2014)、観測された閃光を波長ごとに分解することができれば、黒体放射のスペクトルとのフィッティングにより衝突点内部温度の推定が可能であるが、過去の文献のものでは、カラースペクトルから二色温度のみの測定となっており有効な温度とは言えないと考える。そのため、より波長分解能のある分光器をつかうことで精密な温度測定が可能であり、各組成に応じる等級、速度関係より整合性の高い発光効率を算出することできると考える。

2. 研究目的・計画・方法

今年度では、本学構内での分光観測を可能とするため、観測機器の作成を目標とし、そのうえで12月に最盛期となり、今年観測条件が整うと考えられるこぐま座流星群時における分光観測・解析を目的とする。観測機器については、研究室内のカメラと望遠鏡(Figure 2)の間に接続が可能な回折格子をつけたものを用いる。



Figure 2, Observation system telescope and camera

1 : 日本大学理工学部 航空宇宙工学科 2 : 日本大学教員 航空宇宙工学科

10月現在、全6回を予定していたLIFの観測であるが、全ての回において天候不順により観測ができない状態である。そのため室内において Figure 3 のような実験装置を作成し、撮像を行うとともに分光器とカメラの感度特性を得ることとした。使用した機材は、カメラ QHY174GPS, 分光器 Staranalyzer 100, 光源 OceanOptics HG-1&HL-3, レンズは SIGMA24mm F1.4 DG HSM を2つ使い、間に光学スリットをはさませた。取得した画像は画像解析ソフト Makalii を用いて各ピクセルの強度を視覚化し、特定波長における分子バンドスペクトルの強度より補正を行い、感度曲線を作成した。



Figure 3, Spectroscopic calibration

3. 結果・考察

撮像された HG-1 と HL-3 の 0 次光と分光された 1 次光, Makalii によって解析した 1 次光のカウント値を Figure 4 に示す。

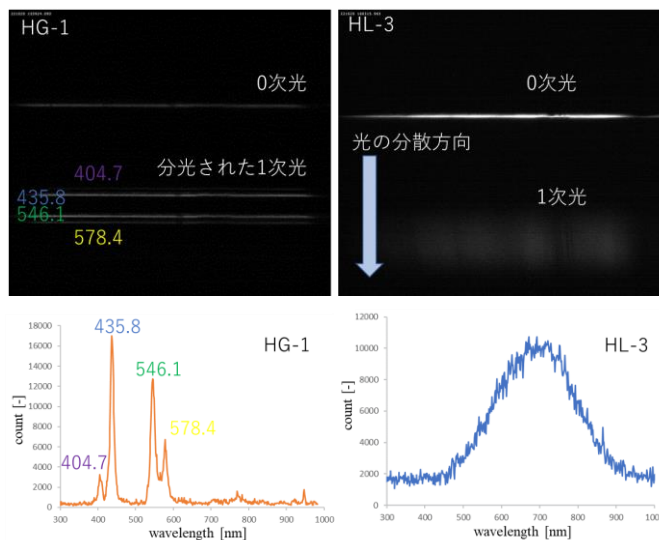


Figure 4, 0th order light and 1st order light of HG-1 (left) & HL-3 (right)

HG-1 では、波長同定に必要となる 4 本の輝線があらわれていることから、分光器の波長分解能は十分であると言える。HL-3 では、光量が弱かったためゲインの値を大きくしており、そのためノイズの影響からか、カウント値が 1800 近く大きく出ていることが見られる。Figure 4 より作成した感度曲線と QHY174GPS のみの感度曲線を Figure 5 に示す。

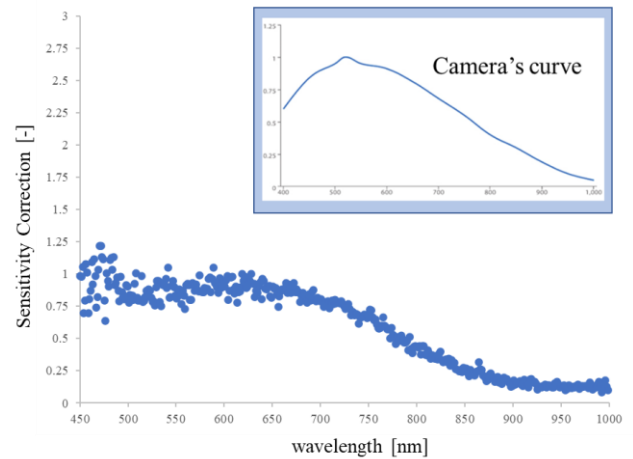


Figure 5, sensitivity curve

Figure 5,より、波長域 550~850 の部分が整って値が出ていることから可視光域における測定は可能であるといえる。しかし、550 以下の値で乱れている。これは先に述べたノイズの影響と、今回ダーク画像の減算をしていないことで低波長域におけるバイアス値等による誤差が生じたことがあげられる。

4. 課題

今回の実験では実際に使用する機材の内、望遠鏡のレンズとは違い、一つに 15 枚のレンズが入った市販のカメラレンズを用いたため、透過率やレンズの補正を考慮することができなかったことから、発光強度の測定ができなかった。そのため、実際のシステムを用いた観測限界等級の測定が必要と考える。また、Figure 1 で分かるようにカメラとレンズには光の回折角の影響からオフセット角がついており、実際のセッティングではこれらの影響を考慮する必要があると考える。

11 月と 12 月にも観測計画は立てられているので、11 月中には実際のシステムを用いて、恒星撮像から校正データの取得、限界発光等級の測定をし、12 月には前述した流星群下での月面衝突閃光の分光観測を行いたいと思う。

5. 参考文献

- [1] A.Liakos et al, NELIOTA: Methods, statistics and results for meteoroids impacting the Moon, A&A, 1-31, 2019.
- [2] R.M. Suggs, The flux of kilogram-sizes Meteoroids from Lunar impact Monitoring, Icarus, 238, 23-36, 2014.
- [3] 柳澤正久, ふたご座流星群に伴う月面閃光の 2 色測光, 電気通信大学, 2007.