

# 月面衝突発光 ～ペルセウス座流星群の発光観測～

愛知県立一宮高等学校 地学部

第2学年 益田大嗣

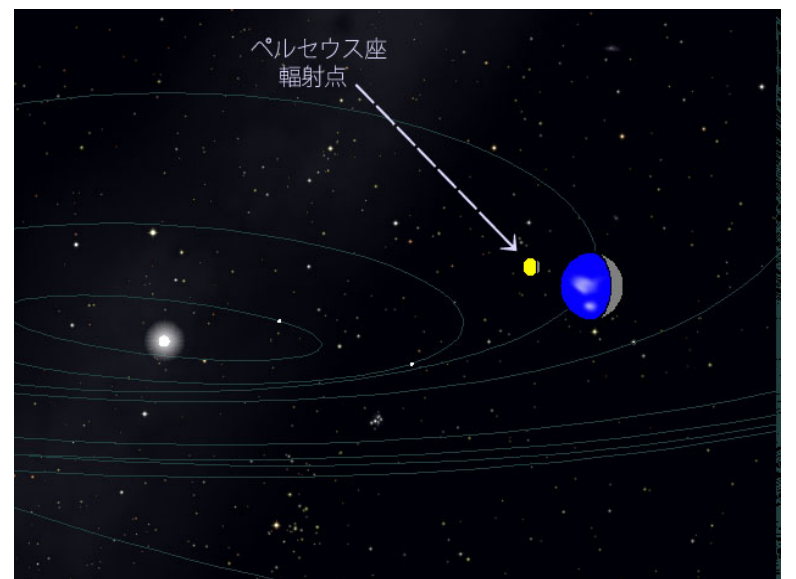
第1学年 野田恵理

## 概要

月面衝突発光とは月面への小天体（流星体）の衝突による一瞬の発光のことです。しし座流星群以外の流星体による発光の観測記録はなかったので、世界初観測を目指し、成功しました。

### (1)はじめに

8月12日の午前3時ごろペルセウス座流星群の母彗星、スィフト・タットル彗星によるダストトレイルの1つが月に0.00039AUまで接近する予報が出ました。このトレイルの中の大きな粒子が、月面に秒速59km（マッハ200ぐらい）で衝突することが予測されました。世界初となるしし座流星群以外の流星体による発光の観測を目指しました。



### (2)観測方法

電気通信大学・情報通信工学科の柳澤教授と長野工業専門学校の大西助教授が提案した観測キャンペーン情報から、アドバイスをいただき、夏合宿中の8月12日の午前1時50分～午前4時に長野県の小川天文台（坂井義人台長）との共同観測で、天文台の60cm反射望遠鏡ニュートン式F4直焦点と超高感度ビデオカメラWATEC100N（白黒）とデジタルビデオとタイム・インポージャーTIVi（固定電話に同期）を使用して、天文台内には1時間交替で2人ずつを配置して観測しました。天文台内の2人のうち1人が、モニター監視と望遠鏡コントローラによる月面ガイドを、もう1人がドームのスリット回転を担当しました。

### (3)結果と確認

2時間の観測の結果、3つの発光候補をとらえました。その後の解析で、そのうち2つはノイズでした。これは8月12日午前3時28分27秒の本物だと思われる9等級の発光です。次項の写真はビデオからキャプチャして得た発光前後の連続3フレームです。この段階では同時観測がなかったため、本物とは分かりませんでした。

滋賀県のダイニクアストロパーク天究館（観測者 天究館友の会の井田三良氏・安達誠氏）では、0.2秒前に発光がとらえられており、正しい発光の時間は、3時28分26.90秒です。時刻の違いは、本校の同期ミス（固定電話とタイムインポージャーとの同期作業上のミス）と判断されました。今後は製作したGPS時計を活用したいです。

そこで、今回の画像を、柳澤教授と大西助教授と井田氏にお送りし、共同で判定を行いました。

まず人工衛星の可能性を調べました。これは、柳澤教授が、登録されている全8888個の衛星について、調べてくださいました。その結果、小川天文台でもダイニクでも月面を通過する衛星は、その中にはないということでした。

次に位置の確認です。人工衛星など地球内での発光の場合、長野と滋賀では視差があり、発光位置がずれますが、発光位置が一致すれば月面での現象であると証明できます。計算をすると、小川天文台での正しい位置角は $319.29^\circ$ 、月中心との角距離は $14.61'$ となります。

ダイニクでの位置角  $320.96^\circ$  月中心との角距離  $14.67'$  を得ました。長野と滋賀の発光位置が、角距離で  $\pm 30''$  程度の範囲で一致することが分かりました。しし座流星群以外の流星体でも月面での発光現象が起こり得ることが、世界で初めて証明された瞬間です。

さらに、発光の経過の様子を調べます。カメラの特性から残像があり、発光継続時間の測定に影響があるかも知れません。残像検査は、カメラ～T I V i～デジタルビデオレコーダーをつなぎ、カメラに光パルス（ストロボ）を入力して行いました。その結果、ストロボによる実験では残像はみられませんでした。とらえた画像を奇数フィールドと偶数フィールドに分け、時間分解能を1フレームの  $1/30$  秒から  $1/60$  秒に上げる作業を柳澤教授に実施していただきました。この結果から発光時間は  $1/30$  秒と決定しました。

さらに、発光の様子をピクセルのカウント値から調べました。発光は  $1/60$  秒 2 フィールドで、明るさはそれぞれ 8.9 等級、9.9 等級ということが分かりました。

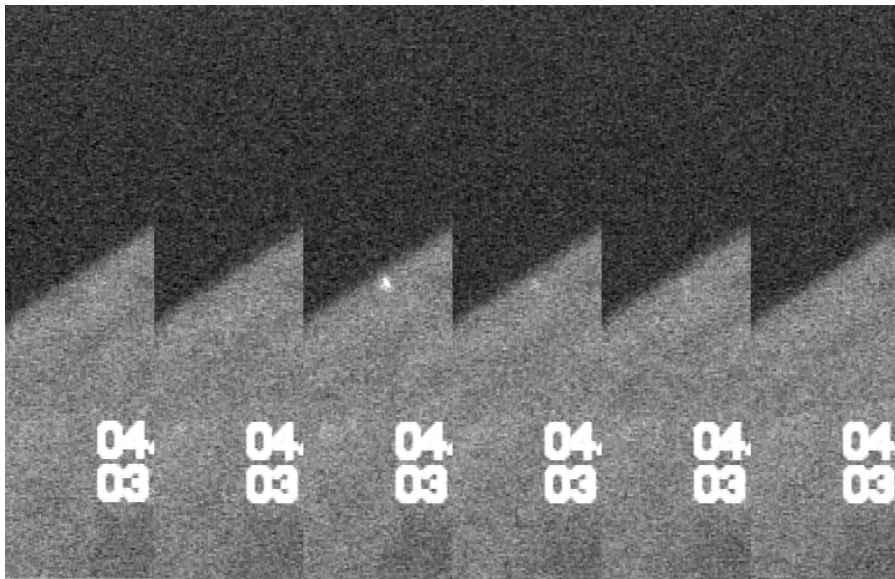
仮定 ・ポグソンの式  $m - m_0 = -2.5 \log_{10}(L/L_0)$

- ・流星体の運動エネルギーのうち、発光に使われるエネルギーの効率 0.2%
- ・等級 0 等の定義、 $\lambda = 550 \text{ nm}$  で  $3.64 \times 10^{-11} \text{ Js}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ n m}^{-1}$
- ・衝突地点を中心とした半球（月面上の地平線より上）の表面に等しく光が届く

8.9 等級の場合、 $8.9 - 0 = -2.5 \log(L/3.64 \times 10^{-11})$   $L_1 \doteq 3.64 \times 10^{-14.6} \times 500 \times (1/60) \text{ Jm}^{-2}$

9.9 等級の場合、 $9.9 - 0 = -2.5 \log(L/3.64 \times 10^{-11})$   $L_2 \doteq 3.64 \times 10^{-15} \times 500 \times (1/60) \text{ Jm}^{-2}$

衝突地点を中心とした球の表面に等しく光がとどくと仮定すると、半球分だけ光のエネルギーを集めればよいので、球の表面積



$4\pi r^2$  の半分、半径  $r$  を地球と月の距離  $3.8 \times 10^8 \text{ [m]}$  として、

8.9 等級の場合、 $L_1 \times 1/2 \times 4\pi (3.8 \times 10^8)^2 \text{ [m}^2] = 0.2 \text{ [%]} \times (1/2) \text{ mv}^2$

(運動エネルギー) 衝突速度  $v = 60 \text{ km/s} = 6.0 \times 10^4 \text{ m/s}$  なので

8.9 等級の場合、 $m = 0.02 \text{ kg} = 20 \text{ g}$  9.9 等級の場合、同様に、  
 $m = 0.01 \text{ kg} = 10 \text{ g}$

したがって、流星物質の質量は約 30 g ということがわかりました。

#### (4) 今後の課題

この発光効率 0.2% という値はあくまでも数少ない観測例からの予測に基づくものであり、今後観測例が増すにつれて、正しい値が

求められるようになります。今回の観測は、まだ観測例の少ない月面衝突発光の観測において、国内で初めて多点同時観測が成功した意味も大きいと思われます。

また、しし座流星群での観測を、11月19日の19:40~20:00のうちの20分間と11月21日の18:30~20:20のうちの1時間、行いました。しかし、ビデオを見直した結果、両日ともに月面衝突発光は発見できませんでした。これにめげず、今後も後輩に観測を続けて、観測例を増やしてもらいたいです。

