

第1回～3回 月面衝突閃光協働観測キャンペーンの 実施について

藤井大地・流星観察会

平塚市博物館研究報告 自然と文化 第48号 抜刷

2025年3月

平 塚 市 博 物 館

第1回～3回 月面衝突閃光協働観測キャンペーンの実施について

藤井 大地*・流星観察会**

1. はじめに

月面衝突閃光とは、月面に隕石が衝突する際に見られる、一瞬の発光現象である。明るい閃光であれば小型の望遠鏡でも観測することが可能で、複数地点からの協働観測が有効である。平塚市博物館のワーキンググループの1つ、流星観察会では、月面衝突閃光を協働で観測する市民参加型のキャンペーンを展開し、観測データを募集した。キャンペーンの実施にあたり、日本大学理工学部航空宇宙工学科阿部研究室と星見屋の南口雅也氏に協力いただいた。

2. 月面衝突閃光の概要

宇宙を漂う小石や砂粒は、流星物質や流星体と呼ばれる。地球は厚い大気によって守られているため、流星物質は流星現象として光って大気中に消え、隕石として地上まで到達することはほとんどない。しかし大気を持たない月では、小石がそのまま月面上に衝突し、クレーターを形成する。平均衝突速度は秒速17kmにも達し、衝突のエネルギーにより一瞬の光を放つ。これが月面衝突閃光である。

月面衝突閃光の明るさは5等～10等級程度、継続時間は通常0.01～0.1秒程度である。もとの流星物質のサイズは直径数cm～数十cm、クレーター直径は数十cmから数mだと考えられる。

月の昼側は太陽光が降り注いで明るいので、月面衝突閃光の観測は難しい。月の夜側で観測する必要があり、閃光を観測できるのは半月までの期間に限られる。夕方の月は新月から上弦の月頃までの月齢2から8くらい、明け方の月は下弦の月から新月前までの月齢23から28くらいが最適な観測条件となる。ただし、上弦を過ぎた月や下弦前の月でも、根気強く観測を続ければ閃光を捉えることが可能である。

3. 観測の目的

観測の目的には、次の3つが挙げられる。

- ・大きな流星物質の分布調査

地球上のある1カ所から観測した場合、流星が見える範囲は半径数百km程に限られる。一方で月の場合は、地球から見える表側の夜全体を観測できる。月を流星の検出器として使えば、地上の単地点観測では得られない、広大な視野を1台のカメラで効率的に観測することができる。

- ・クレーター形成過程や月の内部構造の解明

クレーターは岩石惑星の基本的な地形である。しかし、クレーターを地上実験で完全に再現することは難しい。月面衝突閃光と月震計や、月の周回衛星と協働して観測できれば、クレーターの形成過程や月の内部構造に迫ることができる。

- ・月面開発へのリスク評価

現在、世界各国の宇宙機関や民間企業が協働で月面開発を進めている。月面衝突閃光の頻度や衝撃の大きさがわかれば、月面基地の設計や運用に生かすことができる。

*平塚市博物館

**平塚市博物館 流星観察会

(赤松 翼、赤松 洋祐、秋山 純代、石井 正一、上村 雄一朗、江川 浩、大井 正子、大井 健、岡澤 智、鴈 宏道、小林 隆、齊藤 啓子、清水 紘司、鈴木 節雄、関谷 育雄、東京都立立川高等学校天文気象部、田中 匠、富永 基夫、萩原 亜香、松岡 義一、松永 薫、横関 秀美、渡邊 皓、渡邊 三恵子)

4. 協働観測の意義

月面衝突閃光はどこで発生するかを予測することは困難である。月探査機など人工天体であれば観測時間や観測領域を限定できるが、宇宙を漂う天然の小石は、数 m から数十 m 以上の比較的大きなものでない限り、事前に衝突を予測することはできない。日常的に月を観測し続ける必要があり、観測者への負担が大きく、観測場所の天候にも左右される。また月が昇っている時間は観測場所によって異なるため、1 カ所の観測では限られた時間しかモニタリングできない。地球の経度の異なる場所で観測できれば、常に月面上を監視することができる。アメリカやヨーロッパは月面衝突閃光の観測が盛んだが、アジア地域の観測拠点は少なく、日本での観測は重要である。

加えて、月面衝突閃光はほとんど点光源であるため、他の光源との区別が難しい。月の夜の映像を動体検知してみると、数分から数十分おきに点光源が見つかる。ほとんどが宇宙などから降り注ぐ、天然の放射線によるものである。放射線がカメラのセンサーにぶつくと、白いドットとなって、あたかも衝突閃光が起こったかのように見えてしまう。1 カ所からの観測でも、放射線ノイズと月面衝突閃光を見分ける方法があるが、他の観測場所でも同じ時刻、同じ場所に観測できていれば、より衝突閃光の確度を高めることができる。

他にも、月面上に通過する人工衛星が悪さをすることがある。月面衝突閃光を観測できるのは、基本的には夕方か明け方なので、月面上を多くの人工衛星が通過する。一定の明るさで太陽の光を反射している人工衛星であれば、衝突閃光と見分けはつくが、一時的に明るくなるフレアを起こす人工衛星の場合は、見分けが付きにくい。数 km から数十 km 離れた観測場所のデータがあれば、月面上から離れた位置に人工衛星が通過するか、反射の条件が変わってフレアが起きなくなる。複数の観測場所から同じように写っているか確かめることによって、月面衝突閃光の有無をよりはっきりとさせることができる。

5. 観測方法

観測には流星観察会会員と市民が参加し、薄明中から月が沈むまで、月の夜側全体を撮影し続けていただいた。連続した撮影であれば、動画と写真、どちらでも構わないことにした。キャンペーン期間中、藤井は口径 20cm の望遠鏡にハイスピードカメラを取り付けた、複数台の観測システムで月面上の動体検知を行い、月面衝突閃光を検出した。期間終了後、ホームページを通じて参加者に衝突閃光の発生時刻や位置を通知した。

また撮影方法や注意点に関する次の①から④の内容について、事前にホームページに掲載した。

①撮影前

- ・カメラや撮影用 PC の時計を秒単位で合わせる。PC の場合は、一定時間ごとに時刻サーバーと同期させるとよい。実際の時刻からずれてしまった状態で撮影した場合は、なるべく撮影から時間が経たないうちに、実際にどのくらい時間がずれていたのか、確認する。

- ・月没まで数時間かかる日は、バッテリーが内蔵タイプの機器では電源が持たない可能性がある。AC 電源を使うか、バッテリーが持つかどうか、事前テストを行うとよい。

- ・データの保存容量にも気を付ける。なるべく圧縮がかかっていないデータが望ましいが、保存できなければ観測結果を残すことができない。単位時間でどのくらいのデータが発生するのか、事前に確認する。

②機材

- ・月を拡大するための望遠鏡やレンズ、追尾するための架台、撮影用のカメラを用意する。
- ・望遠鏡やレンズは口径 10cm 以上が望ましい。感度の高いカメラを使うと、より小型の光学機器でも撮影できるかもしれない。
- ・F 値が小さい、明るい光学系ほど、衝突閃光を捉えやすい。長焦点の光学系はレデューサーなどで縮小したほうが写りやすくなる。
- ・カメラは連続的に撮影できればどんな機材でもよいが、より高感度なカメラが適する。デジタル一眼レフやミラーレスカメラ、惑星撮影用の USB カメラなどがよい。
- ・デジタルカメラは録画時間の上限が定められている場合もあるので、注意する。ある程度区切った方が、あとから確認がしやすい。
- ・架台は赤道儀と経緯台、どちらでも構わない。経緯台は視野が回転するので、月の夜全体が写り続けるように、カメラの画角を回転させる。手動追尾でも、月が常に視野に入り大きくぶれていなければ、閃光の有無を確認できる。

③撮影

- ・淡い閃光を写すため、感度 (Gain や ISO) を上げ、連続して撮影する。一方で、ノイズまみれになるほど感度を上げると閃光を見つけづらくなるので、あまりざらざらしない程度に留める。
- ・フレームレートを遅くし露出時間を長くすると、月や地球照の明るさに淡い閃光が埋もれてしまう。できるだけ短く設定する。ただし、記録媒体にデータ転送可能な時間よりも速いフレームレートに設定すると、一部のフレームが抜け、肝心の閃光を逃してしまう可能性がある。事前に人工衛星などの移動天体を撮影してフレーム抜けがないか確認するか、明るい天体を導入した後に画角を動かしながら撮影し、フレームの抜けが起こるか確かめる。
- ・観測の合間に、地球照がはっきり写るようにやや露出をかけた写真を撮影する。あとで衝突閃光の位置決定に役立つ。
- ・惑星撮影用の USB カメラは、SharpCap などのキャプチャソフトを使い、TIFF 形式や SER 形式で保存すると、後から衝突閃光の画像だけ抜き出しやすい。
- ・ガンマ補正や HDR 補正がないほうが解析しやすいが、昼夜境界線に近いところは飽和してしまい、月の夜の観測面積は少なくなる。状況に応じて設定する。
- ・カメラの感度や露出時間を固定し、ガンマ補正などを行わない設定で撮影できる方は、散開星団などを全く同じ条件で撮影しておく、既知の恒星の明るさを利用して閃光の測光観測ができる。今回の協働観測では、主に衝突閃光の有無を調べるが、特徴的な閃光が起こった場合、貴重なデータになる可能性がある。

④Seestar S50 での撮影

- ・最近広く活用されている、Seestar S50 などのスマート望遠鏡でも、月面衝突閃光を捉えられると考えられる。
- ・Seestar S50 で動画撮影される場合は、通常の方法で月を導入すれば、安定的に追尾ができる。動画の設定は手動設定にして、ゲインは 300~400 程度、露出時間は 50m 秒程度が良い。通常のビデオ撮影 (mp4) は最大 1 時間 40 分ほど連続撮影できるが、圧縮率が高い。一方で RAW モードで撮影すると、観測時間が最大 10 分に限られ、保存されるデータも十数 GB になり、すぐに Seestar S50 に保存できるデータ容量を超える。mp4 での撮影がよい。
- ・観測の合間に地球照が写るようにやや露出をかけた写真を撮影しておく、位置特定しやすい。

6. 各観測キャンペーンの開催日と観測条件

2024 年は、月面への衝突条件が良い流星群がピークを迎える期間に、3 回の観測キャンペーンを行った。開催期間と対象の流星群を表 1 に示す。

表 1 観測キャンペーン開催期間と対象の流星群

回	観測キャンペーン開催期間	対象の流星群
第 1 回	2024 年 8 月 8 日夕方から 8 月 13 日夕方	ペルセウス座流星群
第 2 回	2024 年 11 月 6 日夕方から 11 月 11 日夜	おうし座南、おうし座北流星群
第 3 回	2025 年 1 月 2 日夕方から 1 月 4 日夜	しぶんぎ座流星群

なお、観測時間は日没後 30 分後程度から月が沈むまでとし、南西から西の空が低く見渡せるところで観測するように促した。ただし、月の仰角が低くなると、透明度やシンチレーションが悪化し、捉えにくくなるため、低くなったり、雲や建物に隠れて見えなくなったりした場合は、観測を終わっていただいて構わないことにした。各回の観測条件を表 2～4、図 1～3 に示す。

表 2 第 1 回キャンペーンで平塚から観測した場合の観測開始時刻と終了時刻（目安）

日付	月齢 (日没後 30 分)	輝面比 (昼の割合)	観測開始時刻 (日没後 30 分)	観測開始時の 月の仰角	観測終了時刻 (月仰角 5 度)
8 月 8 日	4.0	14%	19 時 10 分	17°	20 時 09 分
8 月 9 日	5.0	21%	19 時 09 分	21°	20 時 31 分
8 月 10 日	6.0	29%	19 時 08 分	24°	20 時 53 分
8 月 11 日	7.0	38%	19 時 07 分	26°	21 時 18 分
8 月 12 日	8.0	48%	19 時 06 分	28°	21 時 45 分
8 月 13 日	9.0	58%	19 時 05 分	28°	22 時 18 分

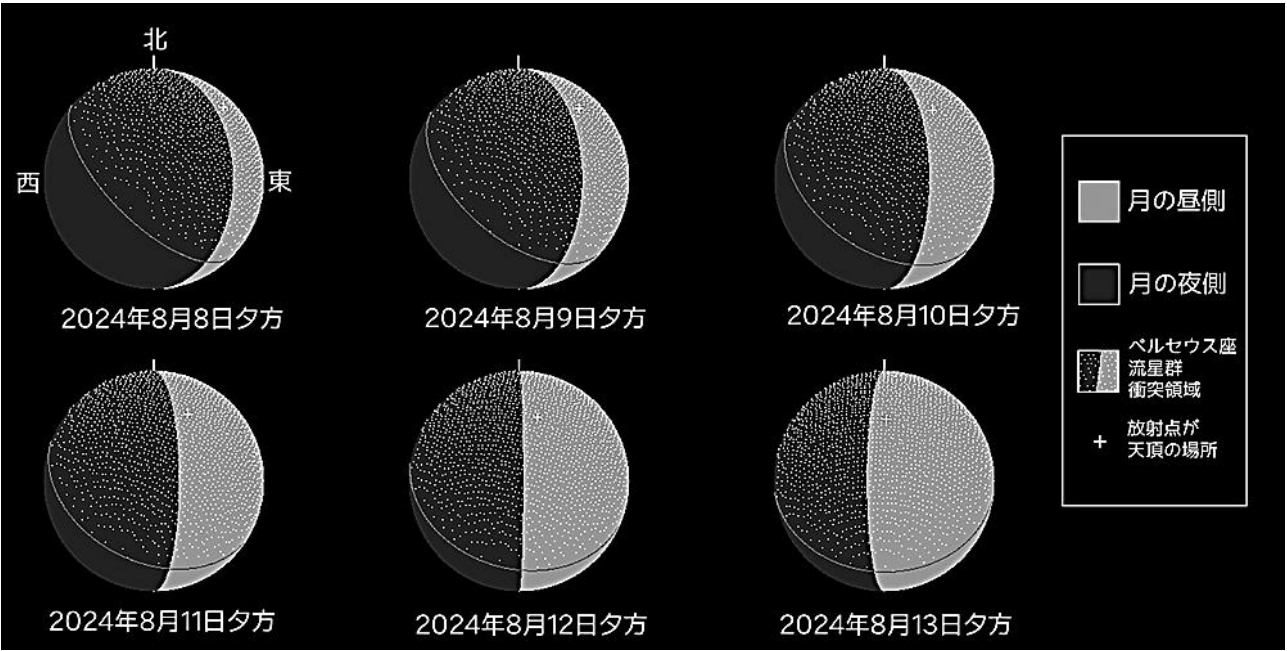


図 1 第 1 回キャンペーンの月面への衝突領域（Lunarscan でシミュレーション）

表 3 第 2 回キャンペーンで平塚から観測した場合の観測開始時刻と終了時刻（目安）

日付	月齢 (日没後 30 分)	輝面比 (昼の割合)	観測開始時刻 (日没後 30 分)	観測開始時の 月の仰角	観測終了時刻 (月仰角 5 度)
11 月 6 日	4.8	21%	17 時 14 分	20°	19 時 19 分
11 月 7 日	5.9	30%	17 時 14 分	26°	20 時 23 分
11 月 8 日	6.8	40%	17 時 13 分	30°	21 時 33 分
11 月 9 日	7.8	51%	17 時 12 分	35°	22 時 44 分
11 月 10 日	8.8	62%	17 時 11 分	36°	23 時 55 分
11 月 11 日	9.8	73%	17 時 10 分	35°	01 時 06 分

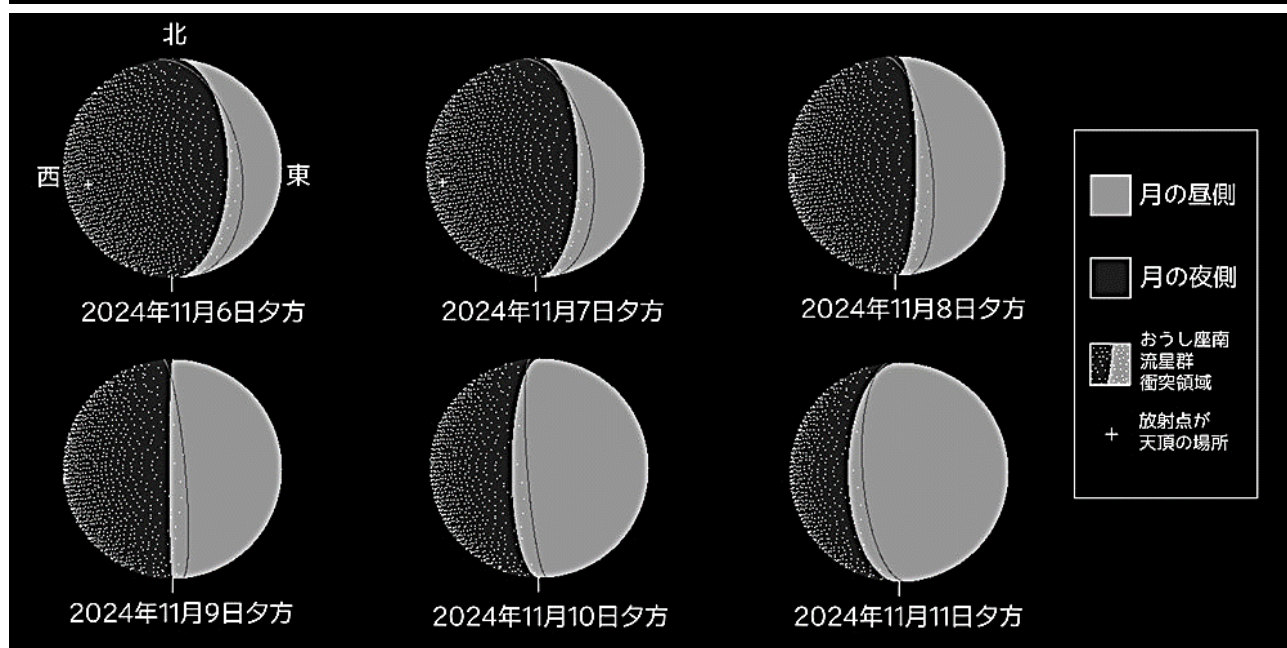


図 2 第 2 回キャンペーンの月面への衝突領域（Lunarscan でシミュレーション）

表 4 第 3 回キャンペーンで平塚から観測した場合の観測開始時刻と終了時刻（目安）

日付	月齢 (日没後 30 分)	輝面比 (昼の割合)	観測開始時刻 (日没後 30 分)	観測開始時の 月の仰角	観測終了時刻 (月仰角 5 度)
1 月 2 日	2.4	7%	17 時 13 分	16°	18 時 25 分
1 月 3 日	3.4	13%	17 時 14 分	27°	19 時 37 分
1 月 4 日	4.4	21%	17 時 15 分	38°	20 時 47 分

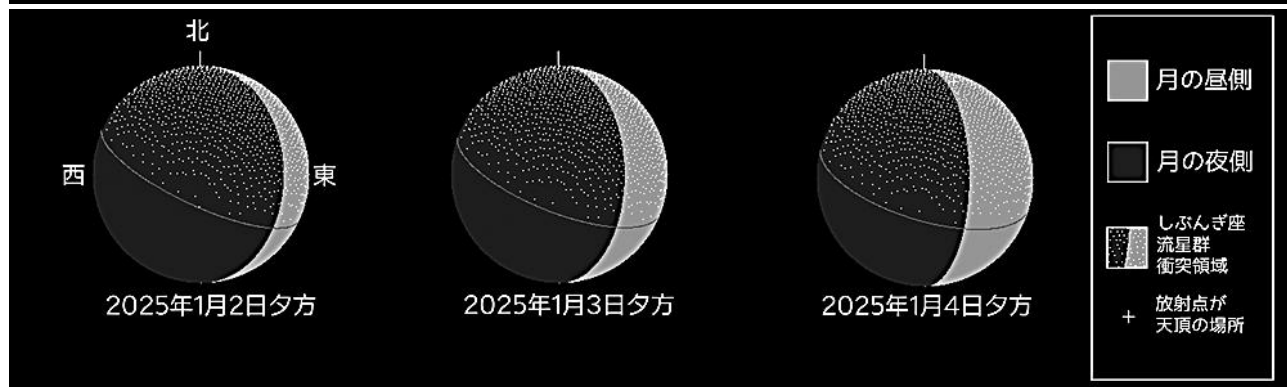


図 3 第 3 回キャンペーンの月面への衝突領域（Lunarscan でシミュレーション）

7. 観測キャンペーン中に捉えた月面衝突閃光

観測期間中に藤井が動体検知した月面衝突閃光を、表 5 と 6 に示す。それぞれ 2 台以上の望遠鏡で捉えた。期間終了後、キャンペーン参加者に閃光出現時の映像を確認いただいた。なお、第 3 回目観測期間中に衝突閃光は観測できなかった。

表 5 第 1 回目観測期間中に出現した月面衝突閃光の出現時刻と位置

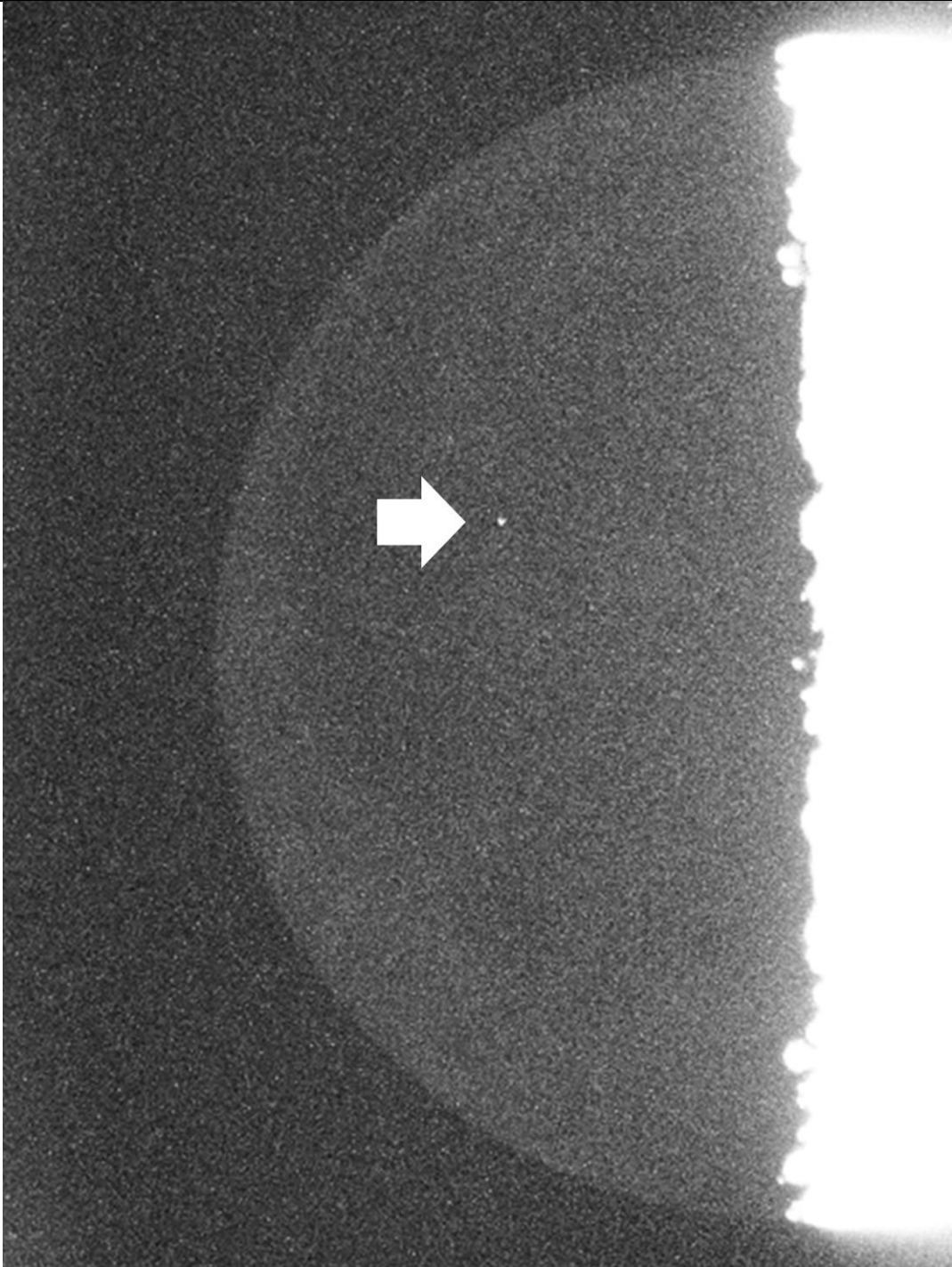
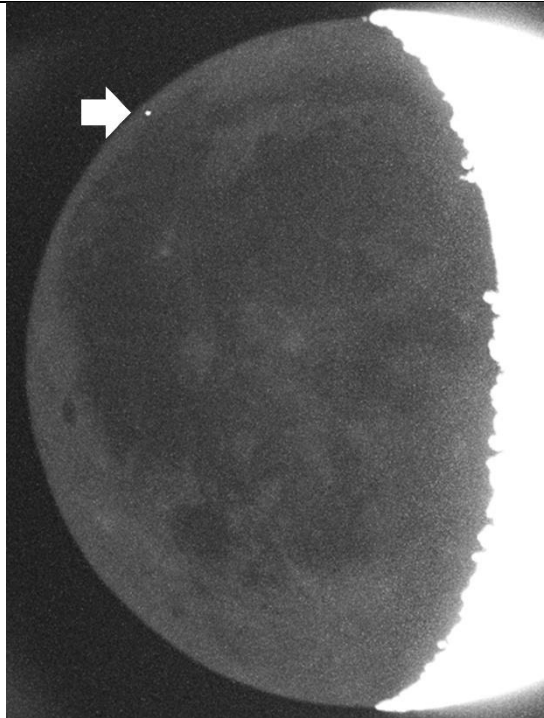
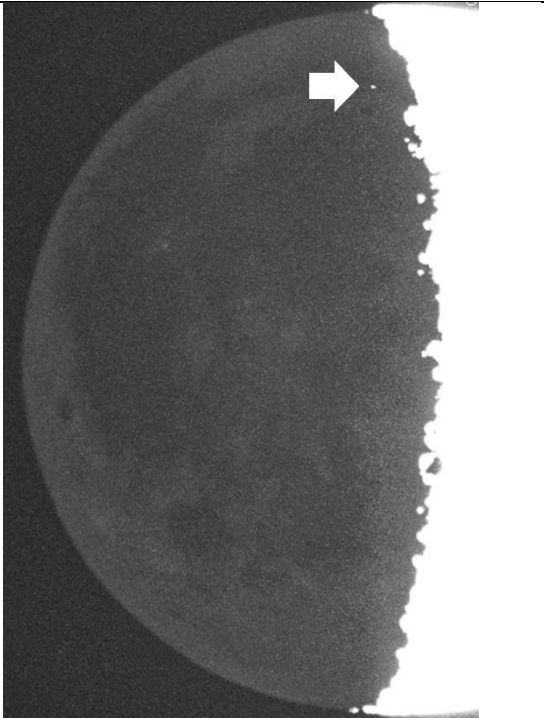
出現時刻	2024 年 8 月 12 日 21 時 31 分 3.1 秒
出現位置	北緯約 15 度, 西経約 39 度 (ケプラークレターの北)
画像	
概要	最大等級は約 6 等。ペルセウス座流星群と仮定すると突入角は 44 度、流星物質の質量は約 0.1kg、できたクレター直径は約 5m。継続時間は 0.018 秒。

表 6 第 2 回目観測期間中に出現した月面衝突閃光の出現時刻と位置

出現時刻	2024 年 11 月 7 日 19 時 00 分 39.2 秒	2024 年 11 月 8 日 18 時 01 分 39.2 秒
出現位置	北緯約 46 度, 西経約 280 度 (ジェラルド C クレーター近傍)	北緯約 58 度, 西経約 8 度 (プラトークレーターの北)
画像		
概要	最大等級は 6.0 等。おうし座流星群と仮定すると、突入速度 27km/s、突入角 40 度で、流星物質の質量は約 0.3kg、クレーター直径は約 4m。継続時間は 0.008 秒。	最大等級は 6.2 等。散在流星と仮定し、突入速度 17km/s、突入角 45 度と仮定すると、流星物質の質量は約 0.5kg、クレーター直径は約 4m。継続時間は 0.003 秒。

8. 市民との協働観測の結果

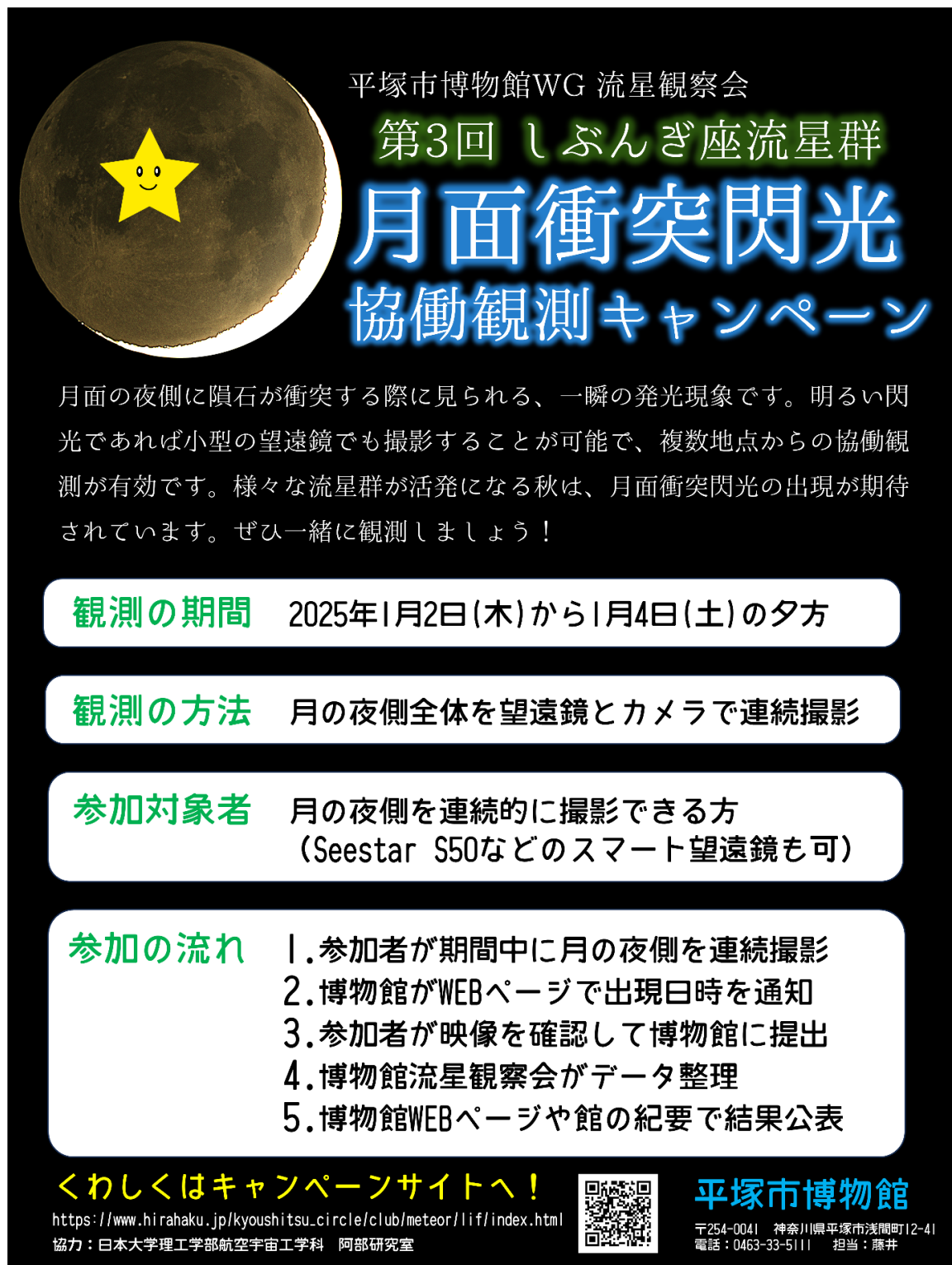
第 1 回と第 2 回期間中は衝突閃光が発生したものの、発光時間が短く、流星観察会会員や市民との協働観測は成立しなかった。第 3 回については天候不良が重なり衝突閃光を動体検知できず、協働観測は成立しなかった。流星観察会会員が観測に使用した機材を表 7 に示す。発光時間が 0.01 秒程度の短い月面衝突閃光については、これらの機材での撮影は困難であることがわかった。

表 7 流星観察会会員が観測に使用した機材

望遠鏡や望遠レンズ	カメラ
Vixen A80M(屈折望遠鏡)	Canon EOS Kiss X6i
TAMRON 16-300mm F3.5-6.3(望遠レンズ)	Canon EOS R10
口径 60mm f=300mm(屈折望遠鏡)	Olympus E-M5 MarkII
Kenko hyper500-gt(望遠レンズ)	Sony RX100III + コリメートアイピース
Kenko 口径 150mm f=750mm(反射望遠鏡)	Player One Ceres-C + 0.5 倍レデューサー
Sigma 100-400mm F5-6.3(望遠レンズ)	Zwo ASI 533MM
Takahashi FC-100(屈折望遠鏡)	Zwo ASI 174MM、ASI 1600MM
Zwo Seestar S50(スマート望遠鏡)	Sony IMX 462 (CMOS センサー)

9. 今後に向けて

市民との協働観測は成立しなかったが、観測時間を長くとれば、今後明るく、継続時間の長い月面衝突閃光を期待できる。今後も観測キャンペーンを実施していきたい。



平塚市博物館WG 流星観察会
第3回 しぶんぎ座流星群
月面衝突閃光
協働観測キャンペーン

月面の夜側に隕石が衝突する際に見られる、一瞬の発光現象です。明るい閃光であれば小型の望遠鏡でも撮影することが可能で、複数地点からの協働観測が有効です。様々な流星群が活発になる秋は、月面衝突閃光の出現が期待されています。ぜひ一緒に観測しましょう！

観測の期間 2025年1月2日(木)から1月4日(土)の夕方

観測の方法 月の夜側全体を望遠鏡とカメラで連続撮影

参加対象者 月の夜側を連続的に撮影できる方
(Seestar S50などのスマート望遠鏡も可)

参加の流れ

1. 参加者が期間中に月の夜側を連続撮影
2. 博物館がWEBページで出現日時を通知
3. 参加者が映像を確認して博物館に提出
4. 博物館流星観察会がデータ整理
5. 博物館WEBページや館の紀要で結果公表

くわしくはキャンペーンサイトへ！
https://www.hirahaku.jp/kyoushitsu_circle/club/meteor/lif/index.html
協力：日本大学理工学部航空宇宙工学科 阿部研究室



平塚市博物館
〒254-0041 神奈川県平塚市浅間町12-41
電話：0463-33-5111 担当：藤井

図4 第3回月面衝突閃光観測キャンペーンのポスター

流星観察会 月面衝突閃光協働観測キャンペーンのホームページアドレス

https://www.hirahaku.jp/kyoushitsu_circle/club/meteor/lif/index.html