

月面衝突閃光の発光メカニズム

Radiation mechanisms of lunar impact flashes

柳澤 正久¹、内田 有紀¹、栗原 誠弥¹、阿部 新助²、布施 綾太²、田中 智³、
小野寺 圭祐^{3,4}、吉田 二美⁵、Hsin-Chang Chi⁶、Zhong-Yi Lin⁷、Jim Lee⁸、
川村 太一⁹、山田 竜平¹⁰

¹電気通信大学、²日本大学理工学部、

³宇宙科学研究所/宇宙航空研究開発機構、⁴総合研究大学院大学、⁵千葉工業大学、

⁶National Dong Hwa Univ.、⁷National Central Univ.、⁸Taipei Astronomical Museum、

⁹Univ. Paris Diderot、¹⁰会津大学コンピュータ理工学部

太陽系内の衝突は、実験室では再現の難しい 10 km/s を越える速度で起こるものが多い。このような衝突では、これ以下の速度では起こらないシリケイトや鉄等の溶融、蒸発、プラズマ化が起こる。このような過程を伴う高速度衝突の理解は惑星科学にとって重要な課題であるが、実際にどのような現象が起こるのかはよく分かっていない。月面衝突閃光の観測からこの問題にアプローチすることができる。

月面衝突閃光の発生頻度や明るさ、その時間変化に関しては幾つかの研究結果が報告されている[1, 2]。しかしスペクトルに関する報告はわずかである。我々は、月震研究のために衝突閃光を利用する SAKURA 日仏合同観測プロジェクトの一環として、電気通信大学(東京都調布市)から、可視光簡易スペクトルカメラで、ふたご座流星群に伴う月面衝突閃光の観測を行った。使用した望遠鏡は、口径 450 mm(焦点距離 2015 mm)のニュートン式反射望遠鏡および、口径 280 mm(実効焦点距離 940 mm)のシュミットカセグレン式反射望遠鏡である。

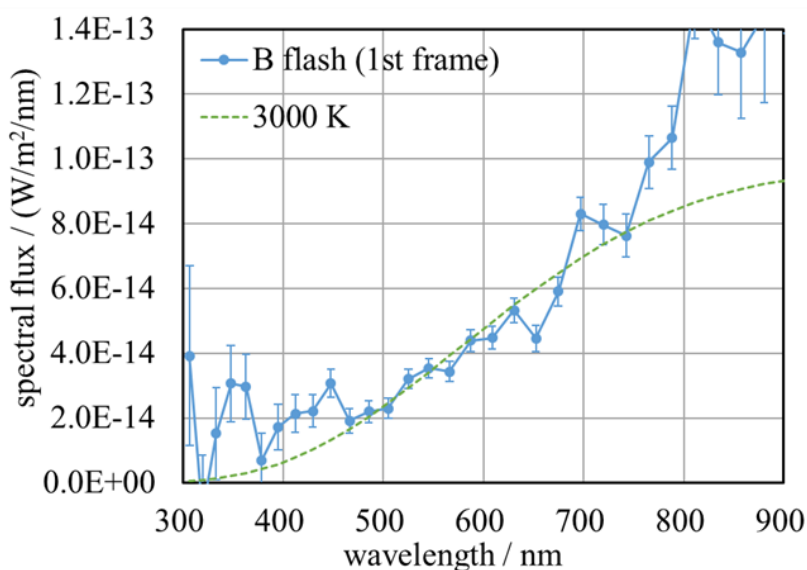


図 1 : 月面衝突閃光のスペクトルの一例。
2018 年 12 月 15 日
17:29:35 (JST) に 月の北緯 30° 西経 57° で起きた閃光の 1 フレーム目(露光時間 16 ミリ秒)。縦軸は地球大気上端で観測した場合の分光フラックスである。エラーバーはカウントノイズのみを示す。400-870 nm 以外では信頼性が落ちる。

スペクトルカメラは、デジタルビデオカメラのカバーガラス(埃よけ)を外し、CMOSあるいはCCDイメージセンサのカバーガラスに格子周波数 70 本/mm のブレード回折格子を直接貼り付けたものである。スリットがないので月面上のどこで起きた閃光も観測でき、また、波長分解能は悪いが1次像が広がらないため、継続時間が0.1秒以下で、一般の天体のように長時間積分ができず、積分光量の小さい閃光のスペクトル像を得ることができる。ちなみに口径 450 mm の望遠鏡に取り付けたカメラには ZWO 社の ASI174MM を使っているが、これには SONY IMX174MM CMOS センサが搭載されている。

12月15日晚(JST)に13個の閃光が電気通信大学から検出された。11個は台湾・鹿林天文台や日本大学からも同時検出された。人工衛星による太陽光の一瞬の反射を月面閃光と見間違ふ可能性があるが、電通大とこれらの観測点から衛星を見た場合の視差を計算することにより、その可能性はないことが確認された。残り2個については、他の観測地点では観測休止中、あるいはカメラの視野外であった。

スペクトルの一例を図1に示す。すべての閃光は連続スペクトルを示し、また約3000 Kの黒体放射スペクトルでよく近似できる。図2に2フレーム以上にわたってスペクトル解析が可能だった明るいものについて、黒体で近似した場合の温度の時間変化を示す。

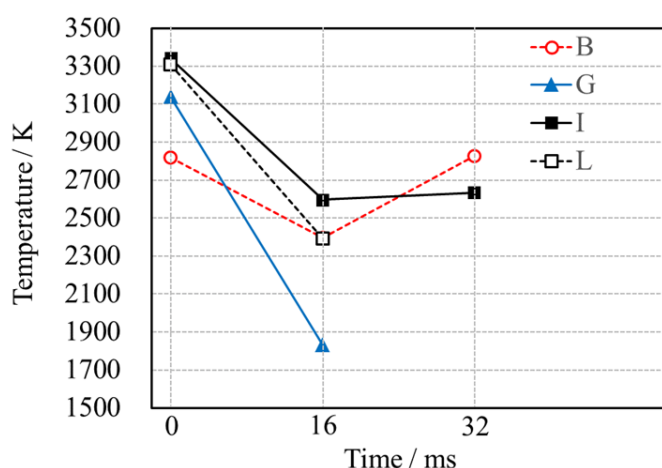


図2: B, G, I, Lと名付けた4つの月面衝突閃光の黒体温度の時間変化. フレーム間隔は16ミリ秒である. B閃光の最初のフレームのスペクトルは図1に示されている. 3300 Kも約3000 Kとする。

約3000 Kという温度は、 SiO_2 やケイ酸塩鉱物が蒸発する温度である。しかし、蒸発して気体になってしまうと、密度が高く光学的に厚くない限り、原子や分子がそれぞれに特有の波長の線スペクトルで光を放射するだけで、放射効率は黒体放射に比べて低い。蒸発したガスが凝縮し、生じた液滴あるいは塵が効率よく約3000 Kの黒体放射をしているのではないだろうか[3]。鉱物種によって凝縮温度は異なるから、高温のものから順番に凝縮していくと考えれば、時間と共に温度が下がることも説明できる。しかし、急速に拡散、希薄になっていくガス中で凝縮が起きるかどうかは問題である。

引用文献 : [1] Suggs et al. (2014) *Icarus* 238, 23-26. [2] Yanagisawa and Kisaichi (2002) *Icarus* 159, 31-38. [3] Nemtchinov et al. (1998) *Solar System Research* 32, 99-114.