

# 高速度カメラによる衝突閃光の測光 III

青井 宏樹<sup>1</sup>, 海老名良祐<sup>1</sup>, 武市真理子<sup>1</sup>, 高橋悠太<sup>1</sup>, 山下広大<sup>1</sup>, 柳澤正久<sup>1</sup>, 長谷川直<sup>2</sup>

<sup>1</sup>電気通信大学、<sup>2</sup>ISAS/JAXA

## 1. はじめに

流星体が月面に衝突する際、閃光が生じることが知られている [1]。これは運動エネルギーの一部が光エネルギーに変わっているということである。しし座流星体による月面衝突閃光における流星体の運動エネルギーから可視光エネルギーの変換効率は約 0.2 % と見積もられている [2]。これは室内実験で得られる値よりも一桁以上も大きい。この差は月面閃光 (数十 km/s) と室内実験 (数 km/s) における衝突速度の違いから生じるものと考えられる。また、流星体は多孔質であることもその原因の一つではないかと考えられている。室内実験では飛翔体を多孔質物質とすることはできない為、強い加速に耐えうるものを用いて実験を行い、発光効率を求める。飛翔体に比べ微小なターゲットを多孔質とすることで相対的に衝突現象を考える。微小ターゲットの空隙率と発光効率の関係を探る。

発光効率を  $\eta$ 、運動エネルギー  $E_k$ 、可視光エネルギー  $E_R$  とすると、

$$\eta = \frac{E_R}{E_k} \quad (1)$$

と定義される。

## 2. 実験方法

実験は JAXA の二段式軽ガス銃を用いて行った。飛翔体には直径 7[mm] のナイロン 66 の球を用い、衝突速度は約 6[km/s] であった。チャンパー窓の外に高速度カメラを設置し、衝突閃光を撮影し、得られた画像から測光を行った。

## 3. 発光効率の算出

高速度カメラのデータ (各イメージのカウント値) を衝突閃光と標準光源 (電球) で比較し、閃光エネルギーを求める。衝突位置と同じ位置に電球を置き、高速度カメラの設定をショット時と同じにし、撮影を行った。電球でのカウント値  $n$ 、電球の光出力を  $W$  とする。電球の光出力は LASER POWER METER (LP1, Sanwa 製) で測定した。LP1 の受光面積を  $S$  とする。衝突閃光カウント値を  $k$ 、時間幅  $\Delta t$ 、高速度カメラまでの距離を  $r$ 、透過率補正を  $x$  とすると、全光エネルギー  $E_{\text{光}}$  は、

$$E_{\text{光}} = \sum \left( W \times \frac{k}{n} \times \frac{4\pi r^2}{S} \right) \times \Delta t \times x$$

として表すことができる。得られた可視光エネルギー  $E_R$  と、運動エネルギー  $E_k$  から発光効率  $\left(\frac{E_R}{E_k}\right)$  から発光効率を求めた。各ショットの発光効率を表 1 に、空隙率と発光効率の関係を図 1 に示す。

表 1: 算出された発光効率

shot #	Target 空隙率 [%]	可視光エネルギー [J]	運動エネルギー [J]	発光効率
943	62	$5.60 \times 10^{-6}$	8.06	$6.95 \times 10^{-7}$
949	24	$4.25 \times 10^{-6}$	4.03	$1.05 \times 10^{-6}$
950	14	$4.56 \times 10^{-6}$	5.34	$8.55 \times 10^{-7}$
952	22	$3.63 \times 10^{-6}$	2.55	$1.42 \times 10^{-6}$
953	0	$3.88 \times 10^{-6}$	10.4	$3.70 \times 10^{-7}$

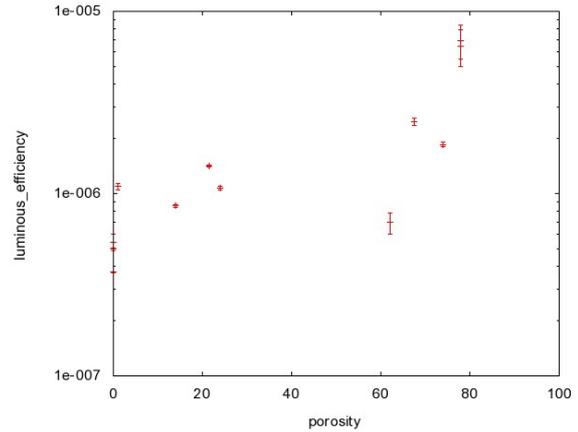


図 1: 発光効率と空隙率のグラフ。表 1 のデータ以外にも過去のショットのデータも含まれている。

## 4. 結果と考察

図 1 より、空隙率が高い方が発光効率が大きそうである、ということが分かった。ただし、衝突角度が各ショット毎で違い、またデータ数も多くない為一概に比較はできない。空隙率が高い方が発光が大きい原因として、表面積の大きさが関係しているのではないかと。衝突の際にターゲットが潰れ、その時に生じる摩擦により発光が大きくなると予想できる。現にナイロンプレートを打ち抜いて作成した空隙率 0[%] のターゲットでは発光が最も小さくなっている (その他の空隙率ターゲットはナイロン 66 の糸から直径と高さを同じにした円柱を作成している)。これは摩擦による発光が関係していることを裏付けていると言える。

## 参考文献

[1] 柳澤正久, 池上裕美, スペースプラズマ研究会 (JAXA 宇宙科学研究会), pp. 68-71, 2007.

[2] Bellot Rubio, L. R., J. L. Ortiz, and P. V. Sada, Luminous efficiency in hypervelocity impacts from the 1999 Lunar Leonids, *Astrophys. J.*, 542, L65-68, 2000.