

ナイロン-ナイロン衝突における蒸気雲の発光

発表者：高橋 悠太

電気通信大学 情報・通信工学専攻 柳澤研究室

2012年11月20日

1 はじめに

流星体が月面に衝突すると流星体の運動エネルギーの一部が光エネルギーに変わり閃光が生じる。この衝突エネルギーから光エネルギーの変換効率を理解することは閃光の観測から衝突エネルギーを知る上で欠かせない。運動エネルギーから光エネルギーの変換効率は衝突速度や衝突体の空隙率が影響しているのではないかと考えられていた。しかし、青井(2010)により残存大気が発光に影響している可能性が指摘された。本研究では飛翔体の速度、衝突体の空隙率を一定にし残存大気圧と蒸気雲の発光の関係を調べる。

2 実験方法

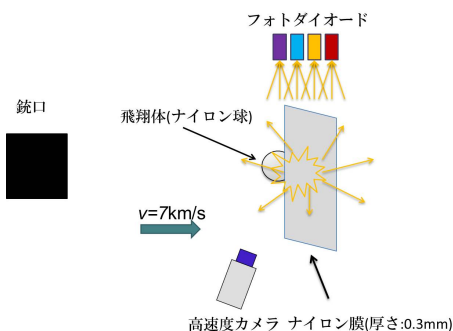


図 1: 実験模式図。衝突閃光を高速カメラと4種類のフォトダイオードで測定する。

実験はISAS/JAXAにある二段式軽ガス銃を用いて行った。実験方法を図1に示す。飛翔体はサイズ $\phi 7$ mm球(ナイロン66)、ターゲットには厚さ0.3 mmのナイロン膜を使用し、衝突速度を約7 km/sにして衝突させた。またチャンパー内気圧はshot毎に0.1 - 50 Paの間で変化させて実験を行った。二種類のAPD(アバランシェ・フォトダイオード、最大感度波長620 nm、800 nm)と二種類の赤外フォトダイオード(最大感度波長1.5 μ m、1.9 μ m)と高速カメラ(島津製作所 HPV-1)を使用して衝突閃光を測光した。フォトダイオードの分光感度特性をそれぞれの呼び名と共に図2に示す。高速カメラは100万コマ/秒で連続撮影が可能であり、得られる画像はモノクロで階調は10bitである。得られた画像を解析し測光を行った。

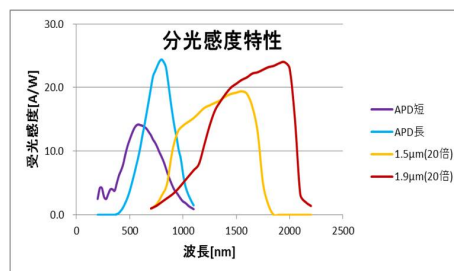


図 2: フォトダイオード分光感度特性。

3 実験結果

一回の衝突実験で得られる測光データを図3に示す。APDのグラフでは0 μ s付近で光強度が突出しているが、近赤外PDではその突出が見られない。これはAPDと近赤外PDの時間分解能の差である。

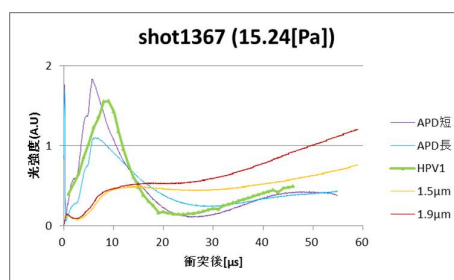


図 3: shot1367の実験データ。衝突後の時間変化と光強度の関係性。

4 考察

実験で得られたデータをAPD短、APD長、近赤外1.5 μ m、近赤外1.9 μ m、HPV1に分けて、光強度の時間変化の残存大気圧依存性を調べた。APD短の例を図4に示す。更に図4に示したファーストピーク、山、傾きの3つの値の真空度依存性を調べた。

ファーストピークでは衝突後から0.5 μ s後の間の極小点までの光強度の時間積分値と残存大気との関係を調べた(図5)。残存大気の影響は受けていないことが分かる。

山(図4参照)の部分では光強度の極大値と残存大気との関係を考えた(図6)。残存大気圧の増加と共に光強度(極大値)も増加している。

傾き(図4参照)では衝突後30 - 40 μ s後の傾きと残存大気との関係を考えた(図7)。残存大気圧の増加と共に傾きが大きくなっている。

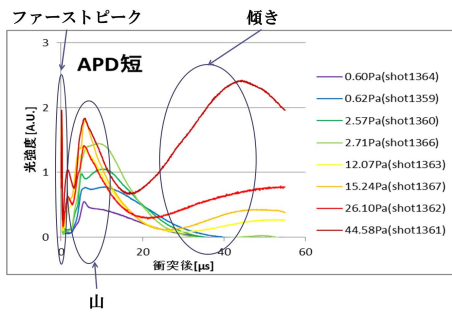


図 4: APD 短の残存大気圧別グラフ。

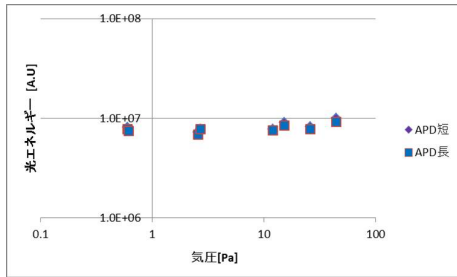


図 5: 「ファーストピーク」と残存大気の関係性。

ファーストピークでは真空度依存がみられなかった。これは蒸気雲ではなく飛翔体が発光しているためと考えられる。山と傾きでは真空度依存がみられた。これは衝突した際発生する蒸気雲が残存大気と衝突して光っていると考えられる。残存大気中でガスが燃えている事なども考えられる。

残存大気と依存していると考えられるジェットング雲の発光モデルを考えた。単位時間でジェットング雲がするエネルギー率を式 (1) より導出しそのグラフを図 8 に示す。実験で得られたデータの明るさを図 9 に示す。

$$W_{(t)} = \frac{C\rho}{2} v_{(t)}^3 r_{(t)}^2 \quad [W] \quad (1)$$

5 まとめ

これらのグラフからジェットング雲は残存大気との影響を受けている事がわかった。計算値と測定値の差は大きかった。考えられることは、可視光領域の光は少ない、残存大気の運動エネルギーになっている可能性がある、熱エネルギーとなっている可能性がある。

参考文献

- [1] 青井宏樹, 高速度衝突における衝突の測光, 平成 22 年度修士論文, 電気通信大学 情報通信工学専攻, 情報通信システム学講座 2010.
- [2] 柳澤正久, ナイロン-ナイロン衝突の超高速撮影, スペースプラズマ研究会, JAXA 宇宙科学研究所, 2012.

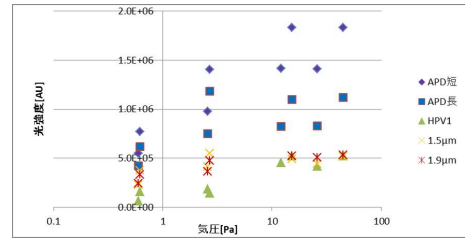


図 6: 「山」と残存大気の関係性。

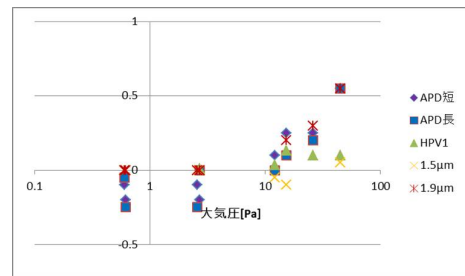


図 7: 「傾き」と残存大気の関係性。

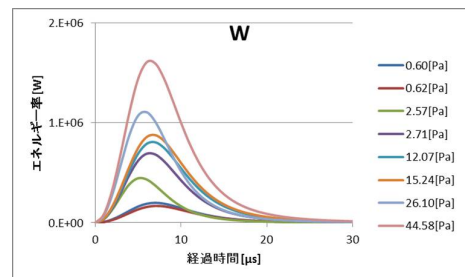


図 8: ジェットング雲のエネルギー率の理論値グラフ。

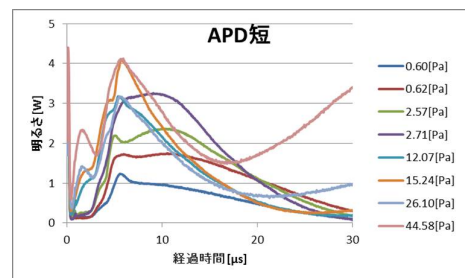


図 9: 実験データから求めた APD 短の明るさ。