

斜め衝突による Impact jetting の速度計測 Velocity measurements of impact jetting during oblique impacts

黒澤 耕介^{1*}; 長岡 洋一¹; 長谷川 直²; 杉田 精司³; 松井 孝典¹

KUROSAWA, Kosuke^{1*}; NAGAOKA, Yoichi¹; HASEGAWA, Sunao²; SUGITA, Seiji³; MATSUI, Takafumi¹

¹ 千葉工業大学 惑星探査研究センター, ² 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所, ³ 東京大学 大学院新領域創成科学研究科 複雑理工学専攻

¹PERC, Chitech, ²ISAS, JAXA, ³Dept. of Complexity Sci. & Eng., The Univ. of Tokyo

平板同士がある臨界角以上の角度で斜めに衝突すると、接触点から衝突速度よりも速く物質が放出される現象は 1950 年代から知られていた。これは Impact jetting と呼ばれている。Impact jetting には (1) 衝突速度よりも高速の物質を生成すること、(2) Jetting で放出される物質は現象の中で最も強い衝撃加熱を受けること、という 2 つの重要な特徴がある。そのため惑星科学においてもコンドリュール、テクタイト、衝撃生成ガラスの起源、巨大衝突で発生する Jet による冥王星、月の起源を説明する過程として検討されてきている。

天体衝突による Impact jetting を検討するためには球が衝突する状況で起こる現象を理解する必要があるが、球形状飛翔体を用いた実験データが非常に限られており、十分に理解されているとは言えない。特に Jet の速度に関しては、非公表データを含む 3 点が報告されているのみである。Jet 速度は Jet の生成を記述する理論モデルを構築する上で重要なアンカーであることは言うまでもない。

我々は千葉工業大学惑星探査研究センターに設置された新型二段式軽ガス銃を用いて球形状飛翔体の高速度斜め衝突実験を行った。100 ns/frame の時間分解能で Jet 生成過程を捉え、世界で初めて Jet 速度を衝突速度と標的ショックインピーダンスの関数として得ることに成功した。その結果衝突速度で規格化した Jet 速度 (Jet 速度比) は衝突速度の増加とともに減少すること、Jet 速度比は標的のショックインピーダンスが大きいほど大きくなることが明らかとなった。

次にこのデータ・セットを用いて Jet 理論の構築を試みた。得られた結果は、(1) 衝突速度を衝突面に垂直な成分と水平成分に分離し、Ang により提唱された現象論的 Jet モデルに当てはめると実験結果をうまく再現できること、(2) Jet 速度は、衝突速度の水平成分、弾丸の変形速度、放出点からの粒子飛び出し速度の和でも表すことができることがわかった。(2) のモデルはまだ preliminary であるがこれまで現象論的な理解にとどまっていた Jet 速度に物理的な説明を与えるものである。

最後に惑星科学的な応用について議論する。我々のモデルは実際の天体衝突時においても衝突速度の 2.5 倍の速度を持つ Jet が発生することを示唆する。空力加熱率は速度の 3 乗に比例するため、大気を持つ惑星/衛星上ではこれまで予測されなかった強い加熱を受け、極めて高温の電離プラズマが発生することが期待される。このような高温プラズマが緩和していく際には周辺に強い EUV 放射を放つであろう。例えばタイタンのような炭化水素を多く含んだ大気中では激しい化学反応が引き起こされると期待できる。これまでタイタンの地表付近での化学反応のエネルギー源は極めて高いエネルギーを持つ銀河宇宙線しかないと考えられてきた。Impact jetting は時間的空間的に局所的ではあるが、タイタン地表付近の化学反応を駆動する重要なエネルギー源であったかもしれない。

キーワード: 天体衝突, 斜め衝突, 高速ビデオカメラ, 撮像計測, ジェットティング, タイタン

Keywords: Hypervelocity impacts, Oblique impacts, High-speed video camera, Ultrafast imaging observation, Impact jetting, Titan