

衝突によって放出される物質の空間分布

中空プロジェクティルとターゲット粒子サイズ分布の効果

門野敏彦（産業医科大学）

近年、惑星探査で衝突実験が行われるようになった [1-4]。そこで使われた衝突体やターゲット（天体表面）は、これまでの室内実験で用いられてきた中実のプロジェクティルや単一サイズ粒子で構成されるターゲットとは異なっている（つまり、中空や内部に構造を持つ衝突体、サイズ分布を持つ粒子で構成されているターゲット）。そこで、これらの探査での衝突実験を念頭に置いた室内実験が行われている。単一サイズの粒子で構成されている粉体ターゲットへ中実プロジェクティルが衝突した場合、逆円錐形のエジェクタカーテンが発生する。しかしながら、中空プロジェクティルの場合には逆円錐形のカーテンに加えて垂直に放出されるプリューム（鉛直プリューム）が確認された[5,6]。また、ターゲット粒子にサイズ分布がある場合にはエジェクタカーテン全体に及ぶ大規模に乱れたパターンが発生することがわかってきた [7,8]。

本研究は以下の二部構成である。

（1）鉛直プリューム(VP)発生機構の解明と惑星探査への応用

ガラスビーズターゲットに対して中空の球と円柱（開口部有と無）をプロジェクティルとして用いた衝突実験を行いプロジェクティル形状と VP 発生の有無を調べた [9]。衝突によりプロジェクティルが変形・破壊され、中心軸上にプロジェクティル由来の物質が無くなる時に掘削流の一部が中心軸に集中することで VP が発生することがわかった。これを基に iSALE2D によって様々なプロジェクティル形状の場合に VP の量を調べると、円筒が多くの VP を発生させるという結果が得られた。将来の探査におけるサンプル採取方法として、円筒衝突体を用いればより多量の VP の発生が見込まれ、探査機はタッチダウンすることなく小惑星の試料を採取することができるかもしれない。

(2) ターゲット粒子のサイズ分布とエジェクタカーテンのパターンの関係

単一サイズ, 大小二種類のサイズ, ベキ分布を持つ粉体をターゲットとして用いた衝突実験を行い, エジェクタカーテンのパターンを計測した [7,8,10,11]. これを天文学で開発された分子雲中のフィラメント構造を解析するツール, FILFINDER [12]を用いて解析を行い, エジェクタカーテン中のフィラメントの特徴的長さを評価した. さらに, はやぶさ2探査 [13]およびDART探査 [14]で得られたエジェクタカーテンのパターンも解析しフィラメントの特徴的長さを求めた. ターゲット粒子および小惑星表面の岩塊サイズ分布との関係を調べたところ, 粒子のサイズが一桁以上にわたって分布している場合にはフィラメントの特徴的サイズは大きく, ある特定のサイズに集中している場合には特徴的サイズは小さくなることがわかった. 大きい粒子から小さい粒子まで広いサイズ範囲の粒子が混在している場合には相互作用の結果としてパターンの乱れが大きく拡がると考えられる.

参考文献 : [1] A'Hearn et al. (2005) *Science* **310** 258. [2] Colaprete et al. (2010) *Science* **330** 463. [3] Saiki et al. (2017) *Space Sci. Rev.* **208** 165. [4] Cheng et al. (2018) *Planet. Space Sci.* **157** 104. [5] Schultz et al. (2010) *Science* **330** 468. [6] Hermalyn et al. (2012) *Icarus* **218** 654. [7] Kadono et al. (2019) *APJL* **880** L3. [8] Kadono et al. (2022) *Earth Planet. Sci.* **74** 132. [9] Kadono et al. (2023) *Planet. Sci. J.* **4** 82. [10] Kadono et al. (2015) *Icarus* **250** 215. [11] Kadono et al. (2020) *Icarus* **339** 113590. [12] Koch and Rosolowsky (2015) *MNRAS* **452** 3435. [13] Kadono et al. (2020) *APJL* **899** L22. [14] Dotto et al. (2024) *Nature* **627** 505.

本研究は以下の方々との共同研究です (敬称略) : 大坪貴文, 前田琉成, 渡邊竜也, 宮路仁衣奈, 村山綾弥香, 吉田二美 (産業医科大学), 樋口有理可 (京都産業大学), 鈴木絢子 (東洋大学), 長谷川直, 寫生有理 (宇宙科学研究所), 末次竜 (大島商船高等専門学校), 脇田茂 (Purdue Univ.)