

空隙の高い小天体に捕獲される高速ダスト粒子の貫入物理過程 Physical Process on Penetration of High Velocity Dusts Captured by Very Porous Small Bodies

岡本 尚也^{1*}, 中村 昭子¹, 黒澤 耕介², 長谷川 直², 池崎 克俊³, 土山 明³

OKAMOTO, Takaya^{1*}, NAKAMURA, Akiko¹, KUROSAWA, Kosuke², HASEGAWA, Sunao², IKEZAKI, Katsutoshi³, TSUCHIYAMA, Akira³

¹ 神戸大学大学院理学研究科, ² 宇宙科学研究所, ³ 大阪大学大学院理学研究科

¹Department of Planetary Science, Graduate School of Science, Kobe University, ²Institute of Space and Astronautical Science, JAXA, ³Department of Earth and Space Science, Graduate School of Science, Osaka University

太陽系の小天体は始原的な天体だと考えられている。それらはガスとダストの円盤の中で合体・衝突を通して成長し、ガス円盤が晴れ上がった後はデブリ円盤内を運行したことが考えられる。このとき天体が運行することでダストを掃き集めることができる。特に空隙が大きく強度の小さな小天体では、ダスト捕獲の可能性が考えられる。そのようなダストは小天体のオリジナル物質ではなく、その天体の形成場所とは別の場所からやってきたダストである可能性が考えられる。そして、たくさんのダストの衝突は天体の表層構造や表面組成に影響を及ぼすであろう。

本研究の目的はそのような空隙の大きな小天体にダストが衝突したときにどのような物理過程を引き起こすのかを理解することである。これを解決するために高空隙な天体を模擬したターゲットを作成し、衝突実験を行った。

我々は高空隙率を持つターゲットを3種類作成した。ソーダライムガラスホウケイ酸を組成とする中空ガラスビーズを用いて焼結条件を変えることで空隙率94%と87%の焼結体を得た。また、低アルカリガラスを組成とする中空ではないビーズを焼結させて空隙率80%の焼結体を得た。

実験は宇宙科学研究所にある二段式軽ガス銃で衝突速度1.7-7.2km/sの範囲で行った。弾丸にはチタン、アルミニウム、玄武岩、ステンレスを用いている。弾丸の減速過程を調べるためにフラッシュX線を使用した。これによりターゲット内部を通過中の弾丸が撮影できる。この画像から、弾丸が抵抗係数、ターゲット密度、弾丸の断面積、弾丸速度の2乗に比例する抵抗を受けるとして解析を行った。

解析においてこれらは全てターゲット通過中に時間変化しないものとした。抵抗係数は初期動圧が増すとともに増加する結果を得た。

また、大阪大学にあるCT撮像装置を用いて弾丸が貫入して作った衝突トラックの形状を調べ、トラック体積・弾丸潜り込み深さを測定した。トラックの形状は衝突速度が遅いとき細長いニンジン型、衝突速度が速いときには太短いカブ型が観察された。これらはエアロジェルへのダスト貫入によってできるトラック形状と似ている(Horz et al.2006)。終端に残った粒子を調べると元の形を残しているものから、サイズが確認できないほどばらばらになったものもあった。

画像からトラック形状のプロファイルをとり、トラック体積を算出した。トラックの体積は弾丸の運動エネルギーとともに増加する。このような傾向はポリスチレンやポリウレタンなどの低密度物質に密度の大きな弾丸を衝突させたときに見られる(Kadono 1999)。終端粒子が元の形状をいくらか残しているとき、弾丸の運動エネルギーはトラックの質量に比例している。

本発表ではこれらの結果を元に、弾丸の潜り込み深さを予測するモデルを立てる。エアロジェルに弾丸が貫入しニンジン型のトラックを形成したときのモデルはNiimi et al.2011にある。これは速度の速いところでは上記の速度の2乗に比例した抵抗を受けるが、速度が遅くなってきたところでは、ターゲットの強度に比例した抵抗を受けるモデルである。Niimiモデルに必要な修正を行い、本実験の潜り込み深さとモデルの潜り込み深さとを比較し、議論する。

キーワード: 空隙率, 太陽系小天体, フラッシュX線, 抵抗則

Keywords: Porosity, Small bodies, Flash X-ray, Deceleration