

高空隙ターゲットの衝突キャビティと キャビティ周辺部の密度変化

○岡本 尚也¹, 中村 昭子¹, 長谷川 直²

¹神戸大学大学院理学研究科, ²宇宙科学研究所,

1. はじめに

近年の探査計画や地上観測装置の発展により小惑星や彗星といった小天体は非常に空隙率が高く、86%を持つ天体も存在していることが分かってきた。小天体表面の衝突地形は空隙率や天体強度によって変わることが考えられる。これまで石膏、ガラスビーズ焼結体、雪を使った空隙率 0-60%を持つ標的への衝突実験が行われ、クレーターの直径や深さが調べられている。それぞれの物質にできるクレーター直径や深さが空隙率の違いによって変わることは分かっているが、これら物質間の違いの比較は十分に行われていない。そこで我々はこれまでよりもさらに高い空隙率を持つ標的を用いて衝突実験を行い、このデータと様々な先行研究のデータを用いることで幅広い範囲の空隙率を持つ標的にできるクレーター形状（最大径、深さ）の整理を試みた。併せてクレーター形成メカニズムを理解するために我々の実験では弾丸貫入中の標的の観察も行った。

2. 実験方法

標的は 80, 87, 94%の空隙率を持つガラスビーズ焼結体を用意した。弾丸にはチタン、アルミニウム、ステンレススチールからなる直径 1.0, 3.2mm の金属球、そして直径 3.2mm, 高さ 2.0mm の円柱形の玄武岩弾丸を使用し、秒速数キロメートルで衝突させる実験を行った。

3. 結果・考察

衝突痕（トラック）の形状は弾丸直径程度の径が広がる細長いニンジン型となるものと、衝突点側に大きなキャビティを持つ太短いカブ型となるものが観察されており、初期発生動圧が弾丸の引っ張り強度の 20 倍程度となるところを境に2つの型に分かれる（日本惑星科学会 2012 年秋期講演会）。このカブ型のキャビティをクレーターとみなし、この最大径と深さを従来の強度支配域のクレータースケーリング則を用いて整理し、キ

キャビティの最大径と深さに関する半経験式をそれぞれ得た。また、フラッシュ X 線装置を用いてキャビティが成長する様子を観察した。元のターゲットよりも密度が大きくなっている場所の密度値を解析したところ、衝突から $4.5\mu\text{s}$ では、元の値 335kg/m^3 から $610\pm 240\text{kg/m}^3$ まで大きくなっていた。また、時間とともにキャビティ体積がどのように成長するのかを Schmidt and Housen (1987) のスケーリング則を用いて整理したところ、空隙率 87% と 94% のターゲットでは成長の違いは見られなかった。

過去に提唱されているキャビティ成長の理論モデル(Kadono et al., 2012)がある。これは衝突点で発生する初期圧力が衝突方向からの角度 θ 方向に異方性を持っており、その初期圧力が衝突位置からの距離と共にベキ乗則で減衰され、減衰された圧力がターゲットの強度と等しくなるとキャビティの成長が終了するというモデルである。この考えを適用し、粒子速度も衝突位置からの距離と共にベキ乗則で減衰すると仮定した。衝突位置からの粒子の移動距離と時間の関係から、粒子速度の減衰率と θ 方向の初期粒子速度を求めた。その結果、粒子速度の減衰率は 0.2-1.6 の値をとった。また、角度 θ が大きくなるにつれ初期粒子速度は遅くなる傾向が見られた。