

粒径の異なるガラスビーズから 衝突弾丸が受ける抵抗に関する実験的研究

○瀬藤真人¹ 中村昭子¹ 山下靖幸² 三軒一義¹
¹神戸大学大学院理学研究科 ² 中部大学

<イントロ>

太陽系内の小天体には空隙率の高いものが多く発見されており、それらの構造と熱・衝突進化の過程の研究が重要である。我々はこれまでに、多孔質天体の衝突破壊強度を決定するために、ガラスビーズ焼結体を模擬天体として、衝突圧力減衰率測定実験を行ってきた。これまでの減衰率測定実験によると、ガラスビーズ焼結体の圧力は距離の-2乗に比例して減衰するという結果が出ており、これは多孔質なアルミナやモルタルの結果(-3乗) (Yanagisawa and Itoi 1994) よりも、空隙率のほとんどない玄武岩の結果(-1.8乗) (Nakazawa et al.2002) に近い。今回はガラスビーズ粉体層をターゲットとし、焼結体の結果との比較を試みた。

<実験手法>

2種類のガラスビーズ粉体(粒径5 μ mと50 μ m)をターゲットとし、地上での低速度(70-90m/s)衝突実験と、航空機の放物線飛行によって作り出された微小重力下での低速度(90m/s)衝突実験を行った。用いた弾丸は、直径6mmのプラスチック球(BB弾)である。粉体ターゲットは、中央をくり抜いたアクリルプレートに封入し、前後を薬包紙とアルミホイルで蓋をした。弾丸は薬包紙を貫いてガラス粉体に衝突し、反対側からガラス粒子が押し出される。高速度カメラを用いて反対側から放出される粒子速度を計測した。また、本実験においては、全てのパターンにおいて弾丸が粉体層を貫いて反対側から飛び出したため、その速度と初期速度からの減少具合も測定し、流体の抵抗の式を用いてガラスビーズ粉体から弾丸が受けた抵抗も計算した。

<結果>

粒子層を突き抜けた弾丸の速度低下分を計算し、速度の2乗に比例して受ける流体抵抗を仮定して、ガラスビーズ層の抵抗係数を計算した。各ターゲットでの抵抗係数とターゲット厚みの関係を表したグラフが図1である。微小重力で行った実験より、地上で行った実験の方が弾丸の受ける抵抗が大きく、抵抗係数が2を超える値を示した。これは、弾丸がガラスビーズから受ける抵抗には流体抵抗以外にも無視できない抵抗があることを意味する。重力による押しえつけ効果により、その流体抵抗以外の効果が地上実験での方が強められたのではないかと考えられる。また、5 μ m粒子では厚みに伴う抵抗係数の増加は見られなかった。50 μ m粒子に比べて流体抵抗以外の抵抗が少ないことによると思われる。

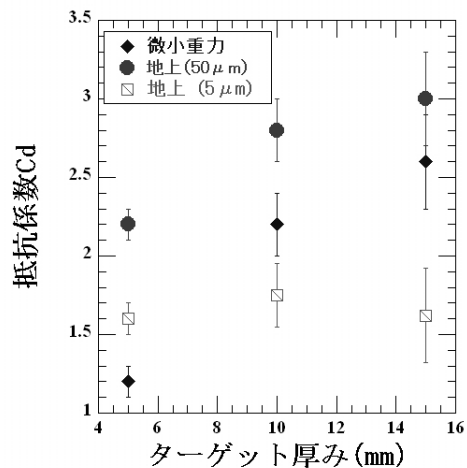


図1: 抵抗係数とターゲット厚みの関係

さらに、衝突点の反対側から飛び出す粒子の速度を測定し、弾丸初期速度で規格化した値を導いた。ターゲットの厚み（衝突点からの距離）を弾丸半径で規格化したものとの関係をグラフにしたものが図2である。放出速度は、50 μm 粒子の地上実験、微小重力実験、5 μm 粒子のいずれも距離と共に減少したが、距離に対するべき指数はすべてで異なった。50 μm の地上実験では、衝突速度で規格化された放出速度は、距離の -1.4 ± 0.2 乗に、微小重力下では -1.1 ± 0.2 乗、5 μm 粒子では -1.4 ± 0.2 乗に比例するという結果を得た。この結果によると、50 μm 粒子の粒子速度減衰率よりも、5 μm 粒子の粒子速度減衰率の方が小さいことが示唆される。そこで、地上での各実験における、弾丸貫通の所要時間を測定した（表1）。5 μm 粒子での弾丸通過時間は、ターゲット厚みと共に等間隔で増加している。これは衝突で発生した波がそのまま5mm、10mm、15mmの位置を通過したことを表す。一方で、50 μm 粒子では、最初の5mmを通過するのに要した時間が0.19ミリ秒であるが、ターゲット厚みが2倍になると所要時間は2倍+ α 、厚みが15mmの時は4倍以上になっており、衝突初期に発生した波がそのまま10mm以上の位置に届いていないことが考えられる。これは先述の、50 μm 粒子内の波の減衰率が、5 μm 粒子に比べて大きいという予測と調和的である。

また、地上実験での反対点速度は、微小重力下での実験の反対点速度よりも小さくなった。これは重力による押さえつけ効果により、粉体から弾丸が受ける抵抗が大きくなったこと、また、ガラスビーズ粒子の放出初速度が減らされたこと、などが考えられる。

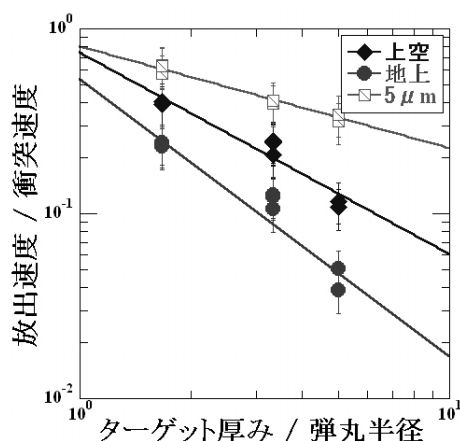


図2：規格化された放出速度と規格化された距離の関係

粒径 (μm)	厚み (mm)	所要時間 (ms)
50	5	0.19
50	10	0.48
50	15	0.83
5	5	0.22
5	10	0.43
5	15	0.62

表1：ターゲット厚みと、その厚みを弾丸が貫通するのに要した時間の表

<追加実験とその結果>

反対点速度の測定値が、地上実験よりも微小重力実験の方が大きくなった理由を考察するために、粉体層の上部に真鍮棒を重りとして挿入した状態での実験も行った。その結果、抵抗係数は、厚みが最も小さいターゲットのみ大きくなったが、それ以外では変化は見られなかった。また、反対点放出速度は重り付きの方が早くなった。その原因としては、重りによる粒子への押さえつけ効果は比較的小さく、波の伝播の効果を強める方向への影響の方が大きく効いたためではないかと思われる。

今後、粉体をより大量に封入できる実験装置などを用いて、ガラスビーズの重みの効果が顕著に現れる実験を行う必要がある。また、5 μm 粒子と50 μm 粒子で抵抗力が異なった要因を明らかにする必要がある。