

衝突による高空隙率天体の運動量変化：弾丸衝突実験 Experimental Study on Momentum Change of Porous Small Bodies by Collisions

青木 隆修^{1*}, 中村 昭子¹, 岡本 尚也¹, 長谷川 直²

AOKI, Takanobu^{1*}, NAKAMURA, Akiko¹, OKAMOTO, Takaya¹, HASEGAWA, Sunao²

¹ 神戸大学大学院理学研究科, ² 宇宙航空研究開発機構

¹Graduate School of Science, Kobe University, ²Japan Aerospace Exploration Agency

小天体の運動に影響を与える重力以外の作用にはヤルコフスキー効果等の電磁波の放射によるもののほかに、小天体同士の衝突が考えられる。また、地球に接近する小惑星に宇宙機を衝突させて軌道を変更させる構想もある。これらのことを研究する上で小天体とその天体に比べて小さな物体の衝突による運動量変化を知ることがとても重要であると考えられる。ターゲット質量に比べて無視できる質量の小弾丸がターゲットにめりこむ衝突においてその前後で運動量は総量が一致するはずだが、ターゲット質量を一定と考えると衝突の反対方向に放出されるエジェクタの影響でターゲットの運動量は見かけ上増えることがわかっている。衝突後のターゲットの運動量の衝突前の弾丸の運動量に対する比を運動量移行効率と言う。運動量移行効率を測定するための室内衝突実験は今まで数多く行われてきており、モルタルの球体ターゲットにナイロン球を衝突させる実験において、弾丸の速度が大きくなるほど線形に移行効率が大きくなることがわかっている (Sirono et al. 1993)。しかし先行研究の多くはターゲットが低空隙率で強度が大きいものであった。近年の研究で、253Mathilde や 283Emma のような非常に空隙率が高いメインベルト小惑星が存在することがわかった (Baer et al. 2011)。これらの天体の空隙率はともに 50 % を超える。さらに空隙率が 40% ほどであるイトカワの表面は岩塊で覆われており、母天体が破壊され破片が再集積してできたラブルパイル天体で、再集積後何度も衝突を経験していることがハヤブサの観測でわかった。これらの衝突によってイトカワの軌道が再集積後からどれほど変化するかは様々な速度で衝突する小質量物体からの運動量移行効率を考慮することによって、理解をより深められるだろう。

そこで今回の実験では高空隙率のターゲットへの高速衝突実験を行ない、運動量の移行効率をもとめた。まず円柱ターゲットを 2 本の糸で吊り、それに二段式軽ガス銃によって 7.5km/s 以下で弾丸を衝突させ、弾丸からターゲットへの運動量移行効率を解析した。弾丸はアルミニウムとチタンで、ターゲットとしてはソーダライムホウケイ酸ガラス焼結体、低アルカリガラス焼結体、海砂の 3 種類の高空隙率ターゲットを用いた。それぞれの空隙率は 40~93 % である。解析には 3 台のハイスピードカメラをつかった。

ハイスピードカメラ画像を解析した結果、低空隙率物体に対する衝突実験と同様にエジェクタが弾丸運動量の数 10 % の運動量を担う場合があることがわかった。

キーワード: 空隙率, 小惑星, 衝突, 軌道

Keywords: porosity, asteroid, impact, orbit