

模擬天体圧力減衰率に関する実験的研究

Experimental study about attenuation rate of stress wave in porous small body

瀬藤 真人 [1]; 中村 昭子 [2]; 平岡 賢介 [3]; 山下 靖幸 [2]; 長谷川 直 [4]; 小野瀬 直美 [5]; 奥平 恭子 [4]; Michel Patrick[6]
Masato Setoh[1]; Akiko Nakamura[2]; Kensuke Hiraoka[3]; Yasuyuki Yamashita[2]; Sunao Hasegawa[4]; Naomi Onose[5];
Kyoko Okudaira[4]; Patrick Michel[6]

[1] 神大・理; [2] 神戸大・理; [3] 神大・自然; [4] 宇宙研; [5] JAXA/ISAS; [6] コートダジュール天文台

[1] Science, Kobe Univ.; [2] Grad. Sch. of Sci., Kobe Univ.; [3] Graduate School of Sci. & Tech., Kobe Univ.; [4] ISAS/JAXA;
[5] ISAS; [6] Observatoire de la Côte d'Azur

太陽系内の小天体には空隙率の高いものが多いとされている。それら小天体の進化の過程を知る上で重要な衝突現象を実験室で模擬的に再現し、天体間衝突における基礎的な物理現象の解明を目的としている。

多孔質の模擬天体を用意し、数十 m/s ~ 数 km/s の速度領域で衝突実験を行い、衝突後の最大破片が実験条件からどのように規格化できるかを求める。これら室内実験の結果は、天体の起源と進化を調べるための数値シミュレーションにとって有効なデータとなる。

多孔質ターゲット作成のために、SiO₂ を含むソーダライムガラスビーズ (粒径 ~ 50 μm、密度 2.5g/cm³、軟化点 734 度) を軟化点以下の温度で過熱して焼結させ、空隙を内部に含みながら圧縮強度の高い焼結体を作成した。それらを用いて、神戸大学の 2 種類のヘリウム軽ガス銃による低速衝突破壊実験と、宇宙科学研究本部の二段式軽ガス銃による高速衝突破壊実験を行った。実験後の最大破片 (ML) を元のターゲット質量 (Mt) で規格化し、プロジェタイルの運動エネルギーとターゲット質量から衝突のエネルギー密度を求めて、 $(ML/Mt) = 0.5$ となる時のエネルギー密度を衝突破壊強度として Q^* とした。その結果、低速衝突実験における衝突破壊強度は、圧縮強度のおよそ 1 乗に比例するという結果を得たが、衝突破壊強度の絶対値は速度条件の差によって違いが見られ、衝突のエネルギーだけで最大破片を求めることはできないことが分かった。

一方、衝突で発生する圧力がターゲット内部を伝わる際に、距離とともに減衰していく割合を求めるために、衝突の様子を撮影した高速カメラ画像から衝突の反対側での粒子速度減衰率を求める実験を行った。厚みの異なる円盤型ターゲットを 3 種類用意し、衝突後に反対点から飛び出す粒子速度を衝突速度で規格化したものと、ターゲットの厚み (衝突点からの距離) をプロジェタイル直径で規格化したものを比較し、反対点粒子速度が距離に対してどの程度のべきで減衰していくのかを求めた。その結果、速度数百 m/s から数 km/s の実験では、いずれも圧力減衰率は約 -2 乗となり、さらにそれを用いて、衝突点の反対側に伝播する圧力とターゲットの圧縮強度から求まる PI という無次元衝突圧力を用いて、衝突後の最大破片と比較する PI スケーリング (Mizutani et al.1990, Takagi et al.1984) を行ったところ、それぞれの実験の最大破片の割合は衝突のエネルギー密度によるものよりもやや良いスケーリング結果を示した (瀬藤他、合同大会 2007)。

今回我々は、小天体内部を伝わる圧力波の減衰率をより定量的に調べるために、空隙率を減らし、圧縮強度を高めたガラスビーズ焼結体を用いて同様の反対点粒子速度測定実験をいったところ、空隙の多寡に依らず、圧力減衰率はこれまでの結果と同様に衝突点からの距離のおよそ - 2 乗であるという結果を得た。さらに、ガラスビーズの粉体に対する衝突反対点粒子速度測定実験を行い、結合部分を持たないガラスビーズがどのような圧力減衰を起こすのかを調べ、これまでの焼結体の圧力減衰率との関連を考察する。