

遠心加速装置を用いた粉体層圧密過程の実験的研究 Experimental study of compaction process of powder bed by centrifuge experiment

大村 知美^{1*}; 木内 真人¹; Guettler Carsten²; 中村 昭子¹
OMURA, Tomomi^{1*}; KIUCHI, Masato¹; GUETTLER, Carsten²; NAKAMURA, Akiko¹

¹ 神戸大学大学院理学研究科, ²Max-Planck-Institute for Solar System Research

¹Graduate School of Science, Kobe University, ²Max-Planck-Institute for Solar System Research

微惑星の集積においては、衝突時の圧力、周辺のガスによる圧力、自己重力によって空隙率が変化する (Kataoka et al., 2013)。小惑星などの再集積過程においても、衝突時の圧力や自己重力によってラブルパイル天体やレゴリス層の空隙率が支配されると考えられる。

地上で粉粒体を降り積もらせたときの空隙率と粒子半径の関係は、次のように書かれる (Yu et al., 2003; Kiuchi and Nakamura, 2014)。

$$p = p_0 + (1 - p_0) \exp\{-mR_F^{-n}\} \quad (1)$$

ここで R_F は粒子間に働く固着力と粒子にかかる重力の比で、粒子半径の関数である。 p_0 、 m 、 n は定数で、 p_0 は粒子間力が存在しない場合の空隙率である。

(1) 式が異なる重力下でも成り立つかどうかは確かめられていない。また、(1) 式は表面粒子の空隙率についてのもので、天体内部にどの程度適用可能かはわかっていない。すなわち、すでに積もっている粒子の空隙率が新しく粒子が降り積もることによりどのように変化するかはわかっていない。仮に (1) 式がすでに積もっている粒子にも適用できるとすれば、かける重力を大きくしていくことで R_F を小さくしたときの空隙率も (1) 式から得られる値に一致すると考えられる。そこで本研究では、重力加速度を変化させる実験を行い、その結果と (1) 式の比較を行う。

実験試料には全体の 60% が粒子直径 7.5-80 μm の粒子からなる海砂と、全体の 60% が 1-8 μm の粒子からなるフライアッシュを用いた。これらを直径 5.8 cm、深さ 3 cm のプラスチック製円筒形容器にふり入れ、カップからはみでた表面を水平にすり切り、それぞれ空隙率およそ 60%、70% にしたものを用いた。これに遠心加速装置を用いて 1-18 G の模擬重力をかけ、その時の圧縮の様子を装置に取り付けたカメラで観察した。一方向からピストンで圧縮する場合はかかる圧力に偏りが出てしまうが、遠心加速器を用いた場合、容器内にかかる圧力を一様にするという利点がある (Mizuno et al., 1991)。模擬重力を印加した後に表面高さ変化を測定し、実験前後での空隙率の変化を調べた。表面高さの測定にはレーザー測距計を用いた。

実験の結果空隙率は、粉体の粒子直径がそれぞれ累積分布の中央値である 24 μm (海砂)、4.5 μm (フライアッシュ) であると仮定した場合の (1) 式とは、それぞれ空隙率 6% 以内、5% 以内で一致し、経験式と大きな矛盾はないことが分かった。海砂に注目すると、この粒子直径 24 μm というのは、海砂の大きな粒の周りに付着している小さな粒の大きさに近い。

キーワード: 微惑星, 小惑星, 空隙率, 高重力, 粉粒体

Keywords: planetesimal, asteroid, porosity, high gravity, powder and granular material