

## 粉体対流の速度スケージングとそのレゴリス移動の時間スケールへの応用 Velocity scaling of granular convection and its application to timescale of regolith migration

山田 智哉<sup>1\*</sup>; 桂木 洋光<sup>1</sup>  
YAMADA, Tomoya<sup>1\*</sup>; KATSURAGI, Hiroaki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学大学院 環境学研究所

<sup>1</sup> Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

小惑星のイトカワには、表面のレゴリスが流動化・分級したと考えられる痕跡がある [1]。また、サンプルリターンにより持ち帰られた粒子の分析から、その宇宙線照射年代はおおよそ 8Myr と比較的若いことが分かった [2]。これらの観測結果を説明するための仮説の一つとして、“天体衝突起源の地震動でイトカワ表面のレゴリスが流動化、移動することによって表面が更新された可能性”が提唱されている [1]。実際、地上の室内実験ではレゴリスのような粉体に振動を加えると、粉体対流が生じることが知られている (e.g. [3])。しかし、イトカワのような微小重力環境下で生じる粉体対流の対流速度に関する定量的な議論はこれまで十分になされてない。一般に、室内実験で重力を変化させることは難しい。そこで、本研究では室内実験で粉体対流の対流速度と重力加速度  $g$  の満たすスケージング関係を次元解析により求めた。得られたスケージング関係から対流速度の重力依存性を実効的に求めた。また、得られたスケージング関係から粉体対流によるレゴリス粒子の表面移動時間の推定を試みた。

実験では粉体試料として直径  $d=0.4, 0.8, 2$  mm のガラスビーズを用いた。粉体を入れる容器は内半径  $R=16.5, 37.5, 75$  mm の円筒形アクリルセルを用い、ガラスビーズを高さ  $H=20\sim 110$  mm の範囲で積層させた。電磁式の振動装置 (EMIC 513-B/A) で容器全体に鉛直振動を加え、最大振動加速度と重力加速度の比を表す  $\Gamma$  ( $\Gamma=A(2\pi f)^2/g$ ;  $A$ : 振動振幅,  $f$ : 振動数,  $g$ : 重力加速度) を 2~6 の間で、 $f$  を 100~300 Hz の間で変化させ、粉体対流を発生させた。円筒容器壁面での粉体の流れ場を高速カメラ (Photoron SA-5) により 1000 fps で撮影し、鉛直方向の対流速度  $v_z$  を PIV (Particle Image Velocimetry) を用いて算出した。 $v_z$  の最大値  $v_{zmax}$  を重力と粒子径が作る特徴速度  $(gd)^{1/2}$  で無次元化し、これと振動と重力のエネルギーバランスを表す無次元パラメーター  $S=(2\pi Af)^2/gd$  [4] および無次元システムサイズ  $L=(RH)^{1/2}/d$  の 2 つのコントロールパラメーターとのスケージング関係を求めた。

系統的な次元解析の結果、 $v_{zmax}$  は上記の無次元数を用いて  $v_{zmax}/(gd)^{1/2} \sim S^{0.47} L^{0.82}$  と表されることが分かった。 $S, L$  にその定義を代入すると、重力依存性は  $\Gamma$  一定の条件の下で  $v_{zmax} \propto g^{0.97}$  と表されることが分かった。これより、微小重力環境では対流速度は  $g$  にほぼ比例して遅くなるとが明らかになった。一方、本実験では  $L$  は無次元の対流ロールサイズともいえる。得られたスケージングから、 $L$  を無次元対流ロールサイズとみなすことでレゴリス粒子の表面移動時間を見積もると、対流ロールサイズの時間スケールへの影響が少なくなることも分かった。本発表では粉体対流による粒子の移動と宇宙線照射年代 8Myr との整合性の詳細検討の結果についても議論する。

[1] H. Miyamoto *et al.*, *Science* **316**, 1011 (2007)

[2] K. Nagao *et al.*, *Science* **333**, 1128-1131 (2011)

[3] A. Garcimartín *et al.*, *Physical Review E* **65**, 031303 (2002).

[4] P. Eshuis *et al.*, *Physics of Fluids* **19**, 123301-1 (2007)

キーワード: 粉体対流, スケージング, 重力加速度, レゴリス移動, イトカワ

Keywords: granular convection, scaling analysis, gravitational acceleration, regolith migration, Itokawa