

粉体層の鉛直振動における対流構造の粒子形状依存性

Grain shape dependence of the convective structure in a vertically vibrate granular bed

山田 智哉^{1*}, 桂木 洋光¹

Tomoya Yamada^{1*}, Hiroaki Katsuragi¹

¹ 名古屋大学大学院 環境学研究科

¹ Graduate Schools of Environmental Studies, Nagoya University

小惑星イトカワの表面には、天体衝突起因の振動により表面のレゴリスが移動したと思われる地形があると報告されている [1]。そのような地形の発生機構を明らかにするためには、レゴリスのような砂礫の集合体が振動を受けたときどのような挙動を示すか解明する必要がある。一般に、粉体に振動を加えると、分級、対流等の様々な現象が観察される。それらの現象の物理的な素過程を室内実験により明らかにすることで、小天体表面での地形形成の基礎的な情報を得ることが本研究の目的となる。粉体対流については、これまで多くの室内実験や数値計算が行われてきた [2 - 5]。しかし、これらのほとんどは球形粒子を用いており、自然界に存在する砂礫のような不規則な形状を持つ粒子群の性質はあまり反映されてない。そこで、本実験では、球形のガラスビーズに加えランダムな形状を持つ砂 (JIS 標準砂) を用い、これに鉛直加振を加え粉体対流の実験を行った。

実験では粉体媒質として直径 0.8 mm のガラスビーズと直径 0.71 mm から 1.4 mm の標準砂を用いた。粉体を入れる容器は内径 75 mm の円筒形アクリルセルを使用し、上記の粉体を 50 mm 積層させ、電磁式の振動装置 (EMIC 513-B/A) で容器全体を振動させた。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、対流速度場を PIV (Particle Image Velocimetry) を用いて算出した。振動パラメータとしては、重力加速度で無次元化した最大振動加速度 ($\Gamma = A(2\pi f)^2 / g$; A, 振幅; g, 重力加速度) を 2 から 6 の間で、振動数 f を 10 Hz から 300 Hz の間で変化させた。得られた動画と対流速度場のデータより、グローバルな対流構造と対流速度の および、f 依存性を調べた。

結果、f の増加によりグローバルな対流構造が、円筒容器壁全体で回転するロール状態から、円筒容器中央で上昇し、容器壁面で下降するトラス状ロールに変化することが分かった。対流速度については、容器の底面に近づくほど減少するという先行研究 [2,3] と同様の結果が得られたが、減少の様式が標準砂とガラスビーズでは顕著に異なることがわかった。また、標準砂では対流速度場が時空間的に不均一であることもわかった。

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

[2] Y. Taguchi, Physical Review Letters 69, 1367-1370 (1992)

[3] J. B. Knight et al, Physical Review E 54, 5726-5738 (1996)

[4] A. Garcimartin et al, Physical Review E 65, 031303 (2002)

[5] J.M.Pastor et.al, Physica D 232, 128-135 (2007)

キーワード: 粒子形状依存性, 対流, 鉛直振動, イトカワ

Keywords: Grain shape dependence, Convection, Vertical vibration, Itokawa