

粉体振動層における底壁圧力のスケーリング

(名古屋大学大学院環境学研究科) 桂木 洋光

【はじめに】

ガラスビーズや砂などの乾燥した粉体に振動を加えると、粉体対流やそれに伴うサイズ分級、表面定在波など様々な現象が観察される(1)。これらの現象は一見直感に反しており、パターン形成の問題としても非常に興味深い話題を提供するが、振動が加えられた粉体層がどのような力学的特性を示すのか、という問題については、意外にもまだ十分には理解されていない。粉体振動層の運動を記述するモデルとして最も単純なものとしては例えば **Inelastic Bouncing Ball Model (IBBM)** (2)があるが、これも運動学的記述にとどまっており、力を含めた動力的記述までは踏み込んでいない。

粉体振動層で起こる様々な現象の統一的理解のためにはその力学的特徴付けが必要となる。粉体振動層のレオロジー的観点からの特徴付けを目指した実験はこれまでいくつか報告されている(3)。しかし、それらの先行研究ではいずれも振動の強度（振動による最大加速度と重力加速度の比 Γ で定量化される）が小さい領域（ $\Gamma < 1$ ）での特徴付けが行われており、粉体振動層の系統的理解はまだ得られていない。

そこで本研究では、 Γ が 1 より大きな領域における粉体振動層の力学的特徴付けを目指し、粉体振動における底面圧力を計測する実験を行った。得られたデータをもとに、底面圧力の振動強度依存性についてスケーリングの手法を用いて解析した結果について報告する。

【結果と考察】

円筒容器（内径 D ）にガラスビーズ（粒径 d ）を厚さ H まで積層させ、振動強度 Γ 、角周波数 ω 、振幅 A で系を振動させたときの底面圧力 p を計測し、各振動サイクルでの圧力の最大値 p_m のスケーリングによる特徴付けを試みた。実験条件を様々に変化させ p_m の挙動を系統的に確認した結果、

$$\frac{p_m - p_J}{p_J} \sim \left(\frac{\sqrt{dg}}{\omega H} \right)^{1/4} \Gamma$$

という関係を得た(4)。ここで、 p_J はヤンセン効果による圧力の飽和値、 g は重力加速度の値を示す。この関係は、規格化された圧力値が振動強度の指標である Γ に加えて非自明な無次元数の $1/4$ 乗に依存することを示している。この無次元数依存性（スケーリング関係）の物理的解釈はまだ十分に得られていないが、いくつかの可能性について報告する。

【参考文献】

- (1) I. Aranson and L. Tsimring, *Granular Patterns*, Oxford Univ. Press (2009).
- (2) A. Mehta, *Granular Physics*, Cambridge Univ. Press (2007).
- (3) P. Umbanhowar and M. van Hecke, *Phys. Rev. E* **72**, 030301 (2005); C.-J. Hsu, et al., *Phys. Rev. Lett.* **102**, 058001 (2009); G. H. Wortel, et al., *Phys. Rev. E* **89**, 012202 (2014).
- (4) H. Katsuragi, *Sci. Rep.*, in press (2015).