

## 鉛直に加振による粉粒体層の座屈と曲げ波

Buckling and undulation on a granular layer due to vertical oscillation

農工大学 工学部 鶴川 亜希子<sup>1</sup>

### 1 はじめに

砂、胡麻、ガラスビーズなどに代表される粉粒体を鉛直方向に剛体的に加振させるとその表面に四角形、縞状などセル状の規則パターンが出現する。それらのパターンについてここ 10 数年の間に、多くの実験的、数値解析的な研究報告がなされている。しかし、いずれもそのメカニズムを解明する統一的な見解には至っていない。ここでは、粉粒体振動層のメカニズムを解明する一つの手だてとして、平面パターンを形成している定在波の鉛直断面に焦点をあて、そのメカニズムを調べる。準 2 次元の粉粒層を振動させると、さざ波のような“ripple”パターン(図 1-(a))や層全体がうねる“undulation”(図 1-(b))が出現する。これらのパターンに対して、外部加振条件依存性、容器サイズ依存性などを調べ連続体モデルとの比較を行う。

### 2 実験

薄型直方体容器(奥行き  $W = 8\text{mm}$  × 縦  $H = 91\text{mm}$  × 横  $L = 146, 91, 46, 30\text{mm}$ )へ粉粒体薄層をいれ鉛直方向へ  $z = a \sin(2\pi ft)$  ( $a$ : 振幅  $f$ : 振動数)で振動を加える。その様子を高速度ビデオカメラ(Photron, HVC-11B)を用いて撮影し、後に画像解析を行った。なお、粉粒体として、ガラスビーズ(粒径  $d = 0.2\text{mm} \sim 0.5\text{mm}$ )、胡麻  $2.7\text{mm} \times 1.6\text{mm} \times 1.0\text{mm}$ 、アルミニウムビーズ(粒径  $d = 1.1\text{mm}$ )、鉛球(粒径  $d = 1.1\text{mm}$ )を用いた。

### 3 実験結果

層厚を固定し、無次元加速度  $\Gamma = a(2\pi f)^2/g$  (ただし  $g$  は重力加速度)あげていくと、粉粒層は  $\Gamma$  が 3 を超えたあたりから、ripple を形成し、さらに  $\Gamma$  をあげていくと、undulation を形成する。

加振の衝撃が粉粒層全体に局所的に影響して“ripple”が出現する場合と、全体的に影響する場合の違いを調べた。容器から力積を得た粉粒層は、層内に鉛直方向だけでなく水平方向にも衝撃を伝える。鉛直方向の散逸が小さく、水平方向の衝撃が層全体に伝わる前に粉粒層自由表面に変形が起こると“ripple”が形成される。他方、鉛直方向の散逸が大きく層内全体に水平方向の衝撃

---

<sup>1</sup>E-mail: ugawa@cc.tuat.ac.jp

力が伝わると undulation が形成されることが明らかになった。また、“undulation”は弾性板を両端から圧縮したときにみられる bending に類似しており、そのモードマップは弾性体のモデルで定性的に分類されることが明らかになった (図1-(c)) [1]。

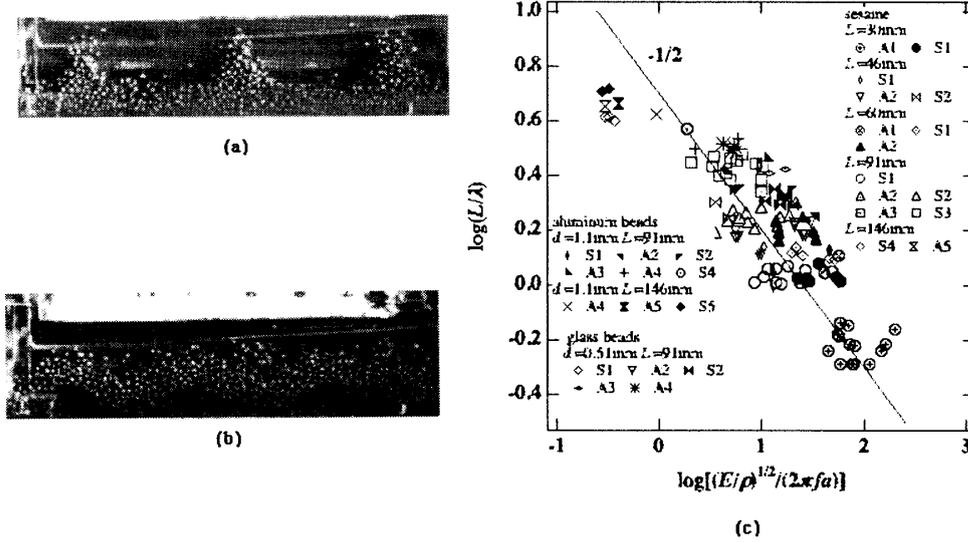


図 1:  
 (a) : ripple  $f=23\text{Hz}$ ,  $a=2.1\text{mm}$   
 (b) : undulation  $f=32\text{Hz}$ ,  $a=2.5\text{mm}$   
 (c) : undulation のモードマップ

当日は、“ripple”から“undulation”への変位、“undulation”の発生などについて発表を行う。

## 参考文献

- [1] A. Ugawa, O. Sano : J. Phys. Soc. Jpn. **72** (20031390) 2815.