

班紹介

粉体とは、例えば米やゴマなどのように、粒をたくさん集めたものを言います。このように身近な存在である粉体ですが、実はその振る舞いは理論的によく分かっておらず、予想もしなかったような多彩な振る舞いを見せてくれます。それを追求するのが粉体物理学、そして私たち粉体班の目的です。いずれのテーマも実験とシミュレーションを並行して行い、コンピュータ上で現象を再現することも成功しています。

実験内容

粉体のマクスウェルの悪魔

いくつかの部屋に仕切られた容器に均一にガラスビーズを数百～数千粒入れておき、容器を上下に振動させます。すると、はじめはどの部屋にも均一にあった粒子が、どこかの部屋へと自発的に集まります。これが「粉体のマクスウェルの悪魔」と呼ばれる現象です。(本来の「マクスウェルの悪魔」についてはp.13～14のインタビュー記事をご覧ください。)また、集まる部屋が周期的に変わる現象「粉体時計」や、集まる部屋がランダムに変わる現象もあります。

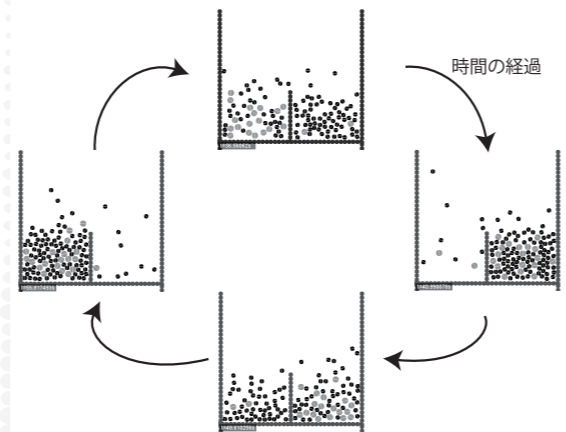
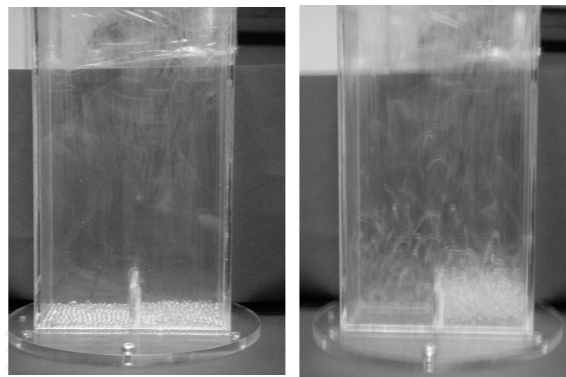
私たちは、振動の強さや粒子数を変えることにより、どのくらいの量が集まるか、どのくらい集まる部屋が変わるか、を調べました。まず2部屋の単純な容器で実験し、既存の理論と照らし合わせたうえで、より複雑な容器(複数の部屋をもつリング型の容器など)で興味深い現象が見られないか実験しました。

右上の写真は、ガラスビーズを入れた容器を振動させる実験の様子です。はじめは左の写真のようにビーズが2部屋に均等に入っていますが、振動させると右の写真のように、片方の部屋にビーズが集まってしまうのです。

右下の図は「粉体時計」のシミュレーション結果です。大きい粒子と小さい粒子を入れておくと、粒子の集まっている部屋が周期的に変わります。まず小さい粒子が別の部屋に移り、その後大きい粒子が移っていきます。

ブラジルナッツ効果

「ブラジルナッツ効果」とは、粉体の中により大きな物体(例えば直径数cmなど)が埋まっているときに粉体を振動させると、中に埋もれていた物が表面に上がってくる現象です。たとえ大きな鉄球がガラスビーズの中に埋もれていたとしても、ある強度・ある振動数の振動により鉄球が上がってきます。これは液体中における浮力とは異なり、ガラスビーズよりも密度の高い鉄球であっても上がってきます。さらに、振動の条件を変えると逆に沈み込む「リバース・ブラジルナッツ効果」も見られます。未だにそのメカニズムがよく分かっていないため、我々は振動の条件や壁との摩擦の大きさを変えるなど様々な条件下で測定を重ね、ガラスビーズ中の鉄球がどのような振る舞いをするかを実験しました。



↑(上図)「粉体のマクスウェルの悪魔」の実験の様子。(下図)「粉体時計」のシミュレーション結果。粉体時計のシミュレーションでは大きさの違う二つの粉体が入っている。



↑ブラジルナッツ効果の実験の様子。左の写真のように小さい粉体(麦チョコ)の中に大きい物体(飴)を入れておき、振動させると右の写真のように飴が浮上する。(写真提供: 東京大学佐野研究室)

Column Space



「高速道路に潜む悪魔...?」

休日のドライブでの悩みといえば、やはり“渋滞”ですね。その渋滞、実は粉体物理学との関わりが指摘されています。本文中で解説している「粉体のマクスウェルの悪魔」は粉体が自発的に集まって身動きが取れなくなってしまう現象で、渋滞も車が多くなることで身動きが取れなくなるという点で似ています。粉体は2つの粒子が衝突するとエネルギーが失われ速度が遅くなりますが、これは車の場合は後続車が先行車に近づきすぎると減速するという事に相当します。このように交通流と粉体の挙動には類似点があり、「粉体のマクスウェルの悪魔」を説明する Flux Model という理論と同様の理論で高速道路の渋滞を記述しようとす

る研究もあります。高速道路の渋滞も悪魔に引き起こされているといえるのではないのでしょうか。

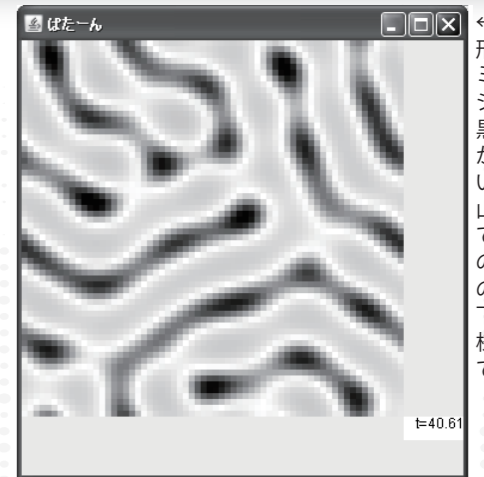


パターン形成

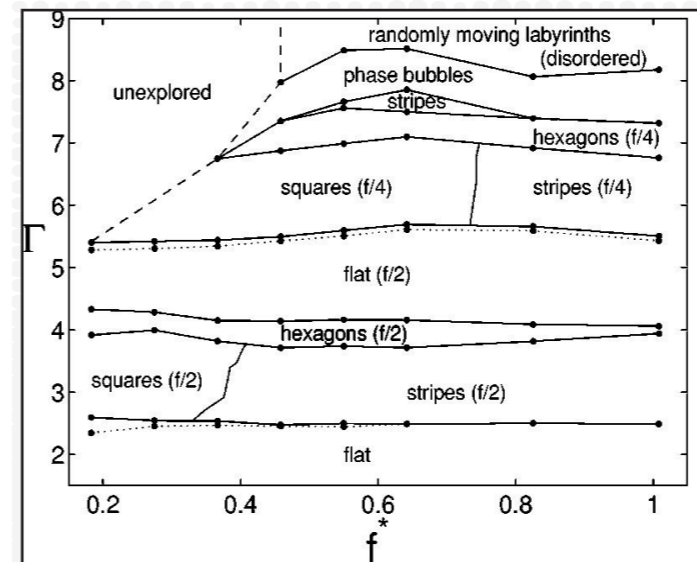
容器に細かい粉体を厚さ 5mm 程しきつめて上下振動を加え続けると、粉表面に様々なパターン(模様)が現れます。右下の写真のようにしま模様や四角形の格子模様、六角形のハチの巣模様などの観察に成功しました。似たような模様は液体でも見られ、粉体と液体に何らかの類似があることを示唆しています。

また、「オシロン」と呼ばれる、孤立した動かない波も見ることが出来ました。オシロンは粉体の分野で初めて見つかった現象で、二次元で孤立した波が見られた初めての例です。

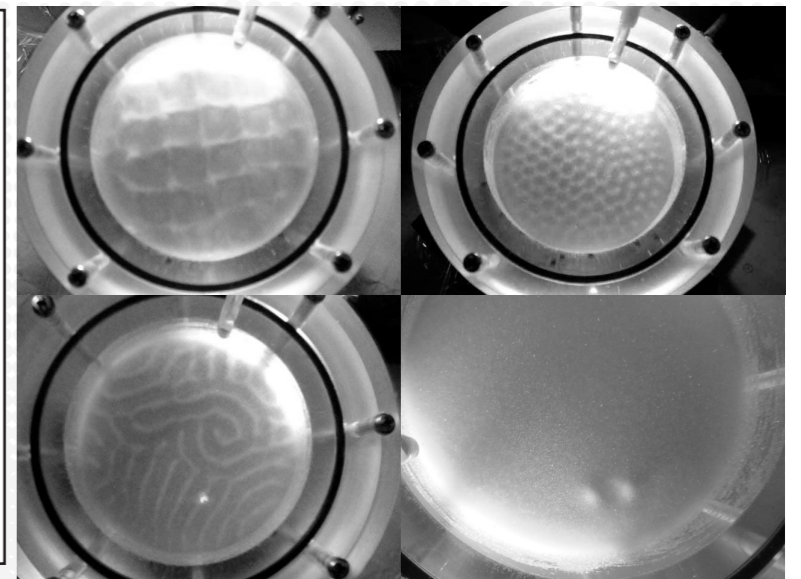
これらを理論的に解析しようと数多くの理論、シミュレーションが考えられました。それを踏まえ、シミュレーションも行いました。



←パターン形成のシミュレーション結果。黒いところが谷に、白いところが山に対応している。下の実験写真のうち、左下のしま模様を再現している。



↑パターン形成の相図。線で仕切られた各領域が、それぞれ異なるパターンを表している。横軸は振動の周波数を、縦軸は振動の強さを表す値をとっている。MOON S.J., et.al., Phys. Rev. E, 65, (2002) 011301. より引用。



↑パターン形成の実験結果。それぞれ四角形(square, 左上)、六角形(hexagon, 右上)、しま模様(stripe, 左下)、孤立波「オシロン」(右下)である。

DVD収録内容

- 1. 実験動画
- 2. 実験やシミュレーションの理論的解説
- 3. シミュレーションプログラム