

アクティブソリッドについて

1 アクティブソリッド

実は今回の実験系は一般的なアクティブマターではなく、**アクティブソリッド**というものになっています。特徴はアクティブマターの液体のような性質だけでなく、固体の性質も持っていることです。アクティブソリッドを作るには、

- アクティブマターの密度を高くしてそれぞれの粒子が自由に動けないようにする。
- あらかじめ構造を作り、それぞれの容器がアクティブマターの活性力を受けるようにする。

といった方法があります。今回の実験では容器とバネで構造を作り、容器の中に hexbug を入れるという後者の方法でアクティブソリッドを作っています。

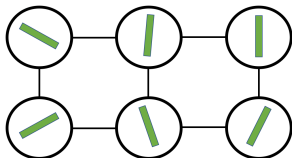


図 1: アクティブソリッドの概念図。構造体の中にアクティブマターを入れる方法を図にした。

2 セルフアラインメント

アクティブソリッド特有の現象として**セルフアラインメント**を紹介しましょう。セルフアラインメントとは各アクティブマター粒子の向きが容器の進行方向と次第に一致するという現象です。原理は簡単で図 2 のように容器とアクティブマター粒子が接触しているため、容器が移動すると摩擦によってアクティブマター粒子の先っぽが進行方向へと動かされ、回転します。その

結果、最終的には進行方向とアクティブマター粒子の向きがほとんど一致するというわけです。

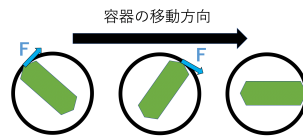


図 2: セルフアラインメントの起こる原理。

3 elasto-active フィードバック

先ほどのセルフアラインメントは固体的な容器の動きがアクティブマター粒子に影響を与えたという現象ですが、もちろん逆の現象、つまりアクティブマター粒子による活性力が容器の運動へと影響を与えることもできます。今回の集団現象はこれらの **elasto-active フィードバック**によりアクティブマターが特定の振動ばかりにエネルギーを供給することが鍵となっています。

4 生物系への応用

アクティブソリッドがどのように生物物理と関係するか見てみましょう。

4.1 角化細胞ケラトサイト

周りが密で自由にアクティブマター粒子が動けない、という状況になるとアクティブソリッドの特性が見えてきます。その一つの例が金魚の角化細胞ケラトサイトです。ケラトサイトとは魚の表皮細胞の一つで、怪我をした箇所が集まってきて傷を治すという役割を担っています。ケラトサイト自体は自らエネルギーを用いて運動するというアクティブマターの条件を満たし

ていますが、ケラトサイトが集まって密度が高くなるとアクティブソリッドに近くなっていき集団運動を引き起こす、という現象が Szabó らにより観察されました。図 3 を見ると確かに低密度と高密度で振る舞いが違っていることがわかります。[1]

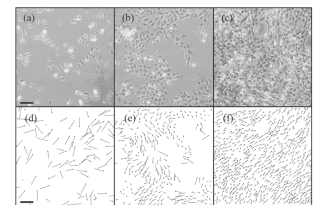


図 3: ケラトサイトの密度による振る舞いの違い。下の 3 枚は上の画像のそれぞれの細胞の速度ベクトルを示している。参考文献 [1] より引用。

4.2 バイオフィーム

微生物が固体の表面に集まって形成されたバイオフィームについてもアクティブソリッドの一例です。身近なところでいうと台所のヌメリや歯垢などは実はバイオフィームです。Xu らによると一部のバイオフィームが振動しながら移動、回転していることがわかったとのことです。[2]

参考文献

- [1] B. Szabó, G. J. Szöllösi, B. Gönci, Z. Jurányi, D. Selmeczi and T. Vicsek. “Phase transition in the collective migration of tissue cells: Experiment and model” *Phys. Rev. E* **74.6** (2006) : 061908.
- [2] H. Xu, Y. Huang, R. Zhang, et al.. “Autonomous waves and global motion modes in living active solids” *Nat. Phys.* **19.** (2023) : 46–51.