



0171-810111

ソフトマターの動力学とパターン形成



自然科学系・物理学領域

狐崎 創

教授

KITSUNEZAKI Sou

博士(理学)(京都大学)

■研究キーワード 非線形動力学、パターン形成、レオロジー、ソフトマターの变形と破壊現象の研究

■主な所属学会 日本物理学会、数理生物学会

■研究者総覧 <https://koto10.nara-wu.ac.jp/profile/ja.37345b78aa59dda2520e17560c007669.html>

研究概要

非線形動力学は形や構造といった空間パターンや、リズムやカオスなどの複雑な時間変化がどういう仕組みで自発的に生まれるのかを調べる分野です。物理では、多数の原子が集まってできた物質の性質を理解する強力な手法として熱統計力学がありますが、適用対象が熱平衡状態と呼ばれる、一様で静的な状態に限られています。これに対して、非線形動力学はよりダイナミックな現象の解明を目的として発展しています。研究対象は多岐に渡りますが、私はいわゆるソフトマター(やわらかい物質)の総称で、ゲルやゴムなどの高分子材料や、液晶、界面活性剤、粉体、ペーストなどの変形や破壊現象を中心に、生物系や地学系に見られるパターン形成にも関心を持っています。

理論的には一筋縄ではいかないですが、研究テーマに応じてやれることは何でもやる精神で、理論、計算機シミュレーションを併用し、手作りで実験装置を組み立てることも多いです。

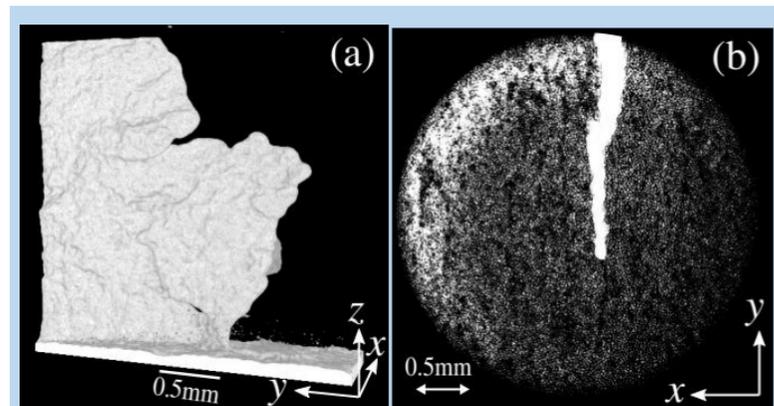


図1: 粉体ペーストの乾燥亀裂のμX線CT画像(Spring-8で撮影)。加振によってできた縞状の微細構造が塑性により記憶され、乾燥時の亀裂成長の方向を決めている。Phys.Rev.E 105(2022)。

図2:(右上)澱粉ペーストの乾燥で現れるシャーレの中の柱状節理。(右下)高千穂峡の柱状節理地形。



研究のプロセス・研究事例

1. 粘土やペンキのような固体微粒子と液体の混合物が乾燥する際の破壊現象では、液体の割合に応じて液体から固体までレオロジーが変化するためユニークな亀裂成長が起こります。例えば、乾燥前のペースト状態で一方向に揺らすことで、乾燥後に現れる亀裂の方向を制御できる「記憶効果」が近年見つかりました。図1は石松子という花粉の微粒子で作ったペーストに入る亀裂を、Spring-8のμX線CTで撮影し、加振により内部に縞状の微細構造が形成されることを明らかにした結果です。また、図2は澱粉ペーストを乾燥した際に現れる亀裂の様子です。現象が起きる時間、空間スケールがまったく違いますが、溶岩の冷却で生じる柱状節理地形の成り立ちを探るアナログ実験として、日本を始め世界のいくつかのグループで研究されています。

2. 物質を原子の集まりと見るように、生物の集団を一種の“粒子”の集まりと捉え、集団として現れる性質を調べています。例えば図3のように微生物のゾウリムシを水中で高密度にすると、自発的な対流が現れます。これは液体を温めたときに起こる熱対流と似ていますが、微生物の運動が原因で起こる対流で生物対流と呼ばれています。また図4はプロテウスというバクテリアのコロニーで現れる乱流的な時空間パターンに対して、数理モデルを提案して数値計算した結果です。これら一種のエンジンつき“粒子”の集団は近年アクティブマターと呼ばれて研究が盛んです。

3. ソフトマターが相転移を伴って大変形するときのパターン形成を実験で調べ、理論を考えています。例えば図5は、パラフィン溶かして作った液滴を温度の低い水面に衝突させる実験ですが、条件によっては、衝突中のごく短い時間に液滴の表面が固化して、できた膜が花卉状のパターンを作って残ります。このように相転移に伴う極端な力学特性の変化がキーとなって“形”ができる現象は、身近にありふれていますが、その一端を解明できればと考えています。

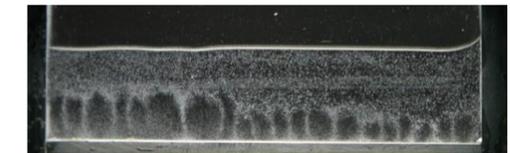


図3:ゾウリムシが水面に向かって集まりながら下部に生物対流が現れている様子。

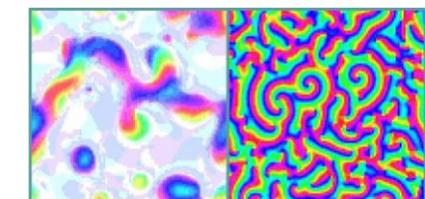


図4: バクテリアコロニーの数理モデルの数値計算結果



図5:パラフィン液滴が水面に衝突してできる固化膜