

竹内研究室

竹内 一将 准教授 西口 大貴 助教

1 非平衡な世界の物理法則を探る

熱力学や、それに裏打ちされた統計力学は、熱平衡状態、つまり一定一様な環境下で行きつく素朴な状態については、深く強力な物理法則の存在を教えてくださいました。一方で、ふと周りを見回すと、自然現象には熱平衡状態にないものが無数にあります。水や空気は、地球規模で巨大な対流を起こしています。空や大地は、様々な模様で彩られています。そして生物。私たちの体内では、生体分子が様々な連携プレーで細胞機能を支えており、細胞は協同して組織を作り、それが組み合わさって生命個体ができています。そうした個体が集って集団となり、様々な種が絡み合う生態系をなしています。これらはすべて、非平衡な状況で相互作用する自由度が数多く集まった結果、マクロスケールで非自明な性質が発現している典型例と言えるでしょう。これだけ魅力的な現象が散見されるにも拘らず、非平衡現象を扱う物理法則は発展途上にあり、その構築は現代科学に課された大きな未解決問題と言えます。

2 竹内研究室のテーマ

竹内研究室では、非平衡現象が織りなす統計物理法則の理解を目指して、液晶、粉体、コロイドなどのソフトマター、バクテリアなどの生命材料を活用して、実験研究を展開しています。個別の現象の理解はもとより、現象に依らない共通の物理法則を抽出すること、そのような俯瞰的な視点から物事を捉えることを目指し、研究室単位では比較的多彩な問題を扱っているのが特徴です。以下、現在取り組んでいる主なテーマを紹介します。

2.1 液晶が紡ぐ非平衡法則とトポロジカル欠陥

液晶とは、棒のような分子が向きを揃えた状態を指します。すなわち、液晶の特徴はその配向秩序にあります。実際は図1挿図のように、向きが整合しない特異点が生じることがよくあります。このような点は「トポロジカル欠陥」と呼ばれ、液晶に限らず物理の諸分野で重要な役割を担ってきました。液晶の1つの強みは、様々な対象を光で観察できることにあり、トポロジカル欠陥も例外ではありません。我々は最近、3次元空間における線状トポロジカル欠陥の運動観察手法を提案し

(図1)、欠陥動力学の重要な性質を明らかにしました。我々はまた、こうしたトポロジカル欠陥の集団が示す非平衡相転移や非平衡界面ゆらぎの普遍法則などの研究を展開しており、数理模型や量子スピン系などとの興味深い関係が生まれています。

2.2 微生物集団の統計法則を探る

普通の物質が多くの分子からできているように、生き物のように「自ら動く粒子」「増殖する粒子」の集団を、一種の物質と考えることはできるでしょうか。実は最近、こうした研究が世界中で展開されており、「アクティブマター」という分野が生まれました。我々は、バクテリアなどの微生物集団を観察して、アクティブマターの液体状態、液晶状態、ガラス状態など、様々な非平衡相を探求し、理解を進めています。特に、微小流体実験技術などを使い、制御された条件下で細胞集団を観察して、集団に生まれる秩序状態や、非平衡ゆらぎの統計法則を調べています。例えば、大腸菌などの棒状の細菌は、向きが揃った液晶的配向秩序を示し、トポロジカル欠陥も現れます(図2)。我々は、それが細胞流動や細菌の集団成長に役割を担っていることを見出しました。

2.3 他にもいろいろ

研究室では他にも、「実験統計力学」をテーマに、ソフトマターや生命材料を使った様々なテーマが走っています。研究室メンバーの興味に応じて、出来るかもしれない面白そうな新テーマに積極的に挑戦していくことをモットーとしています。

3 もっと詳しく知りたい方へ

百聞は一見に如かず。ぜひ見学に来てください。竹内の連絡先はこちら：kat@kaztake.org
研究室ウェブサイト：<http://labjp.kaztake.org>
(より詳しい研究紹介があります)

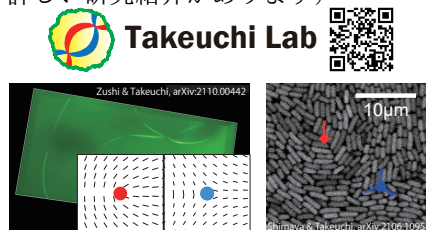


図1 (左): 液晶トポロジカル欠陥の可視化。
図2 (右): 大腸菌集団に生じるトポロジカル欠陥。