

特定助教 安田健人 (流体力学)

流体を通じて多様な生命現象を理解することを目指して、ソフト・アクティブマターの理論研究を行っている。ソフトマターでは高分子や液晶に代表される柔らかい物質の流体力学や統計力学を扱い、アクティブマターでは更に対象を広げ細胞などの生体物質の理解を目指している。その中で私は、細胞内のレオロジーと拡散、細胞膜の流体構造連成問題、微小遊泳理論、ゆらぎと流体の変分原理の研究を行ってきた。また、近年では力学的エネルギー保存が破れた物体の流体中での挙動の解析をしている。以下で個別の研究結果に触れる。

(1) 細胞内のレオロジーと拡散[10]

細胞内はタンパク質や細胞骨格といった生体分子で満たされており、流体としての力学応答は非常に複雑となる。また、細胞が小さく通常の力学応答の測定は不可能であるため、細胞内の微小粒子のブラウン運動を用いた測定がされている。そこで、私はこのような複雑な細胞内環境をモデル化し、細胞内のプローブ粒子の拡散を計算した。

(2) 微小遊泳理論[2]

細胞の変形と遊泳機構は低レイノルズ数の流体力学でよく記述される。しかしながら、流体の力学応答が複雑になると問題は複雑な移動境界問題となる。また、多体相互作用は流れ場を通じて行われ、多様な現象を引き起こす。さらに、細胞の情報処理と流体のカップリング問題は重要と認識されており、研究が精力的に行われている。

(3) 流体中の奇弾性体[1,3,5,6,7,9]

細胞のように化学エネルギーを力学エネルギーに変換する機構を持つ物体の記述が興味を持たれている。このような力学的エネルギー保存が破れた物体を奇弾性によって記述することが提案されている。そこで、流体中の奇弾性体の運動挙動を解析している。

(4) ソフト・アクティブマターの変分原理[4]

今後の研究方向としてソフト・アクティブマターの変分原理の構築を目指す。ソフト・アクティブマターでは個別の問題を各々の研究者が行っていることが現状で統一的な枠組みの構築には至っていない。そこで、非平衡確率過程を記述する Onsager-Machlup 積分に注目し、ソフト・アクティブマターの変分原理の探求を行う。

[1] K. Ishimoto, C. Moreau, and K. Yasuda, "Odd elastohydrodynamics: non-reciprocal living material in a viscous fluid", PRX Life 1, 023002 (2023).

[2] K. Yasuda, Y. Hosaka, and S. Komura, "Generalized three-sphere microswimmers", J. Phys. Soc. Jpn. 92, 121008 (2023).

[3] A. Kobayashi, K. Yasuda, K. Ishimoto, L.-S. Lin, I. Sou, Y. Hosaka, and S. Komura, "Odd elasticity of a catalytic micromachine", J. Phys. Soc. Jpn. 92, 074801 (2023).

- [4] K. Yasuda and K. Ishimoto, "Most probable path of an active Brownian particle", Phys. Rev. E 106, 064120 (2022).
- [5] K. Yasuda, K. Ishimoto, A. Kobayashi, L.-S. Lin, Y. Hosaka, I. Sou, and S. Komura*, "Time-correlation functions for odd Langevin systems", J. Chem. Phys. 157, 095101 (2022).
- [6] K. Ishimoto, C. Moreau, and K. Yasuda, "Self-organized swimming with odd elasticity", Phys. Rev. E 105, 064603 (2022).
- [7] K. Yasuda, A. Kobayashi, L.-S. Lin, Y. Hosaka, I. Sou, and S. Komura, "The Onsager-Machlup integral for non-reciprocal systems with odd elasticity", J. Phys. Soc. Jpn. 91, 015001 (2022).
- [8] K. Yasuda and S. Komura, "Non-reciprocity of a micromachine driven by a catalytic chemical reaction", Phys. Rev. E 103, 062113 (2021).
- [9] K. Yasuda, Y. Hosaka, I. Sou, and S. Komura, "Odd microswimmer", J. Phys. Soc. Jpn. 90, 075001 (2021).
- [10] K. Yasuda, R. Okamoto, and S. Komura, "Anomalous diffusion in viscoelastic media with active force dipoles", Phys. Rev. E 95, 032417 (2017).