

複雑な流動・輸送現象の解明・予測・制御に向けた新しい流体科学
2021年度採択研究者

| |
|-----------------|
| 2021年度 年次報告書 |
|-----------------|

西口 大貴

東京大学 大学院理学系研究科
助教

アクティブ乱流の3次元構造と制御方法の開拓

§ 1. 研究成果の概要

遊泳バクテリアの濃厚懸濁液において発現するアクティブ乱流の3次元時空間構造を実験的に取得することを目的とし、3次元顕微鏡撮影に向けた実験系の検討を進めた。メーカー各社の共焦点顕微鏡システム、対物レンズ、および3次元スキャンシステムのデモを行い、アクティブ乱流中のバクテリアの速度場および配向場を可能な限り高速かつ精度良く取得できるものを選定し実験系の設計を終えた。濃厚懸濁液内を深いところまで蛍光観察を可能とするための屈折率マッチング手法の検討も終え、実際の3次元観察に必要な準備を概ね終えた。

実験系の検討と並行して、アクティブ乱流の数値計算コードの改良をおこなった。境界の存在下でアクティブ乱流の示す時空間構造を数値的に予測し、実験系の設計を効率化するために、任意の境界形状下でアクティブ乱流の流体方程式を計算できるコードを GPU ベースで構築した。この高速化されたコードを用いて、従来は計算量的に困難であった閉鎖領域内でのアクティブ乱流をシミュレートした結果、新たな転移現象を発見し、その特徴付けをおこなった。この結果は現在論文準備中である。

加えて、アクティブ乱流を構成するバクテリア単体の境界での振る舞いおよび集団運動の境界条件の空間次元依存性を理解するために、バクテリアを3次元的な空間および擬2次元的な薄い流体層中に閉じ込めた場合の微小な柱周りの運動を解析した。結果として、擬2次元性が強くなると、3次元的な場合に比べてバクテリアが感じる壁方向の引力が急激に増大することを実験的に見出した。この観測結果は有限要素法の数値計算でも再現することに成功し、擬2次元の流体相互作用の特異性として理解できた。これらは、境界とバクテリアの相互作用のみならず、バクテリア間の相互作用やそれに伴う集団運動状態の次元依存性の理解へとつながる結果である。これらの結果は論文へまとめ、現在査読中である¹⁾。

【代表的な原著論文情報】

- 1) “Quasi-two-dimensional bacterial swimming around pillars: enhanced trapping efficiency and curvature dependence”, arXiv: 2203.16017, 2022