

2023 年度年次報告書

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 年度採択研究代表者

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

研究成果の概要

バクテリアの示すアクティブ乱流が、円形閉鎖領域内に閉じ込められた場合に、十分小さな閉じ込め半径では一方向に安定に回転し続ける秩序状態を示す一方、半径を大きくするに従って、不安定化し、時空カオス状態へと至る乱流化シナリオを実験・数値計算・解析計算を用いて統合的に調査していた。結果として、最初の不安定性として、渦の回転方向の反転を実験的に発見し、また回転方向の振動現象を数値計算でも見出した。流体模型の弱非線形解析により、振動解を解析的に得ることに成功し、乱流への前駆現象として渦の斑点が現れることを見出した。数値計算の詳細については論文としてまとめ、投稿した¹⁾。実験および解析計算を加えた内容については、論文執筆を進めている。

また、バクテリア乱流の3次元観察のための撮影条件の検討を進めた。枯草菌を高速共焦点顕微鏡観察で十分な輝度で撮影する条件を同定したことで、バクテリア乱流のダイナミクスと構造を共焦点顕微鏡により可視化できるようになった。これにより、気液界面での円形閉じ込めにおける集団運動の回転方向の定性的な実験結果が得られ、これを説明する流体相互作用理論の構築に取り組んだ。

新たに、擬2次元系におけるバクテリア集団運動でネマチック配向秩序中の音波モードの解析にも取り組んだ。異方的な音速が実験的に得られ、理論予想と比較することで更なる理論の精密化に貢献する結果となった。この音波モードは集団運動のスケーリング指数を計算する動的くりこみ群理論における動的臨界指数を与えるものであり、集団運動理論の定量的な統計力学の構築に資する結果を得た。論文投稿の準備を進めた。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Sora Shiratani, Kazumasa A. Takeuchi, and Daiki Nishiguchi, “Route to turbulence via oscillatory states in polar active fluid under confinement”, arXiv: 2304.03306 (2023)
- 2) Daiki Nishiguchi, “Deciphering Long-Range Order in Active Matter: Insights from Swimming Bacteria in Quasi-2D and Electrokinetic Janus Particles”, J. Phys. Soc. Jpn. 92, 121007 (2023)