

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

2022 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

研究成果の概要

遊泳バクテリアの集団運動の定量的予測と制御を目指し、まず昨年度に引き続き GPU ベースのコードをもちいたアクティブ乱流の数値計算を実施した。特に、円形閉鎖領域内での乱流化過程に着目し研究を進めた。円形の閉じ込め半径を徐々に大きくしていった際に、小さい半径での 1 つの安定な渦への自己組織化から、大きい半径での時空カオスの乱流状態へと遷移していく過程を詳細に調べた。結果として、最初に見られる 2 渦の振動状態への転移はヒステリシスを示すことがわかり、この転移を Lyapunov 指数解析などで詳細に調べたところ、一部の結果は低次元力学系の Hopf 分岐と整合するものの、低次元力学系の既知のいずれの分岐とも合致しない性質を示し、高次元力学系の未知の分岐構造を捉えていることが明らかとなった。また、さらに半径を大きくしていった場合に、単周期解・準周期解・カオス解を行き来するリエントラント転移を示すという、従来知られていなかった乱流化シナリオを経ることがわかった。本研究成果を論文としてまとめる作業をおこなった。

実験面では、アクティブ乱流の 3 次元観察のための撮影条件の検討を進めた。共焦点顕微鏡の納品が 2023 年 2 月末までずれ込んだため、その間に透過光での顕微鏡観察で可能な撮影や条件検討を進めた。前述の数値計算に対応する円形領域内での閉じ込め実験をおこない、定常渦の再現や数値計算の予測の実証をすすめた。共焦点顕微鏡納品後は、この定常渦を用いて三次元撮影条件を検討し、高速撮影に耐えうる蛍光観察条件の最適化を進めた。

前年度までに実施していた、バクテリアの集団運動や境界条件の次元依存性の理解のための、擬二次元空間における一匹の遊泳バクテリアと障害物との相互作用の実験と数値計算については、追加のデータ解析とデータの再解釈をおこなった。本成果は、Phys. Rev. E 誌に出版された。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Yuki Takaha and Daiki Nishiguchi, "Quasi-two-dimensional bacterial swimming around pillars: enhanced trapping efficiency and curvature dependence", Phys. Rev. E 107, 014602 (2023).