

2023 年度年次報告書

多細胞システムにおける細胞間相互作用とそのダイナミクス

2021 年度採択研究代表者

大森 俊宏

東北大学 大学院工学研究科

准教授

体の左右非対称を形成する力学的な機構の解明

研究成果の概要

2023年度においては、繊毛運動が作り出す流れの相互作用を表現する数理モデルの構築を行った。前年度までの研究から、ノード繊毛の回転運動によってマウスノード内には左右で流れの向きが異なること(左は背側、右は腹側)、また、流れの向きを不動繊毛が感じ取るメカニズムについて報告している。本年度はその手法を論文としてまとめ発表を行った。ノード流れを定量評価する際に重要となるのはノード繊毛の回転位相であるが、実験的には近接するノード繊毛の回転位相が同期している様子が観察される。この回転同期が流体運動と繊毛の弾性力によるものではないかと考え、繊毛軸系の数理モデル化を進め軸系ダイニンのすべり運動による駆動力、ダブレット微小管の弾性力、繊毛運動に付随する流体力のバランスを表現する力学モデルを構築した。分子モーターの駆動力制御に過去提案された曲率制御モデルを組み込むことで自律的な同期運動が達成され、平均流量がおおよそ2倍高まることが示唆された。

繊毛運動の自律同期モデルを精子や繊毛虫など細胞遊泳の数理モデルに実装することで、多数の繊毛、鞭毛の力学的な相互作用が遊泳効率や遊泳速度に与える影響を定量化し、それらをまとめ論文発表を行った。特に、繊毛流れが密に相互作用しあう高密度な遊泳微生物懸濁液においては、細胞間を流動する流れの効果で、ブラウン運動による物質拡散に比して100倍ほど物質拡散性が増加する。流れによる高い物質攪拌効果は、微生物が少ない運動で多くの物質交換ができることを示唆しており、微生物が集団化する力学的な優位性を示す結果となる。

【代表的な原著論文情報】

- 1) T. A. Katoh, T. Omori, T. Ishikawa, Y. Okada, H. Hamada, Biophysical analysis of mechanical signals in immotile cilia of mouse embryonic nodes using advanced microscopic techniques, *Bio-protocol*, **13**, e4715, (2023)
- 2) Y. Kogure, T. Omori, T. Ishikawa, Flow-induced diffusion in a packed lattice of squirmers, *Journal of Fluid Mechanics*, **971**, A17-1, (2023)
- 3) T. Omori, T. Ishikawa, Computational Fluid Dynamics of Swimming Microorganisms, *Journal of the Physical Society of Japan*, **92**, 121002, (2023)