

2024 年度
創発的研究支援事業 年次報告書【公開版】

研究担当者	前多 裕介
研究機関名	京都大学
所属部署名	大学院工学研究科化学工学専攻
役職名	教授
研究課題名	幾何学を軸とするアクティブ乱流物理学の開拓
研究実施期間	2024 年 4 月 1 日～2025 年 3 月 31 日

研究成果の概要

細胞集団は、自律的に運動する物質群アクティブマターであり、その協調的な集団運動の理解は、生体組織の秩序構造の形成メカニズムを解明する上で重要である。本研究では、アクティブマターの集団運動を捉える幾何学的ルールを明らかにすることを目指し、その乱流的な運動に現れる渦などの幾何的構造に着目した解析を行う。本年度は、(1)空間拘束を受けた上皮細胞の集団運動とアクティブ乱流の幾何学的解析、(2)筋芽幹細胞の集団運動と位相欠陥の形成過程の幾何学的制御を実施した。第一の課題では、2つの円を重ねた非対称な境界を設計し、配向場の非対称性により、細胞は長軸方向に運動し、約 6 時間周期で方向を反転する振動現象が現れることを見出した。この周期は幾何的な対称性に依存せず安定に現れ、空間拘束の非対称性に依じて、回転する渦ペアと振動運動が共存する状態から、渦ペアが消失した乱流的運動へと転換することを発見した。この構造転移機構を明らかにするため、Active vertex model による数値計算を行ったところ、実験と同様の振動現象および幾何学的依存性が確認された。この結果は、上皮細胞のアクティブ乱流にも相互作用する渦としての秩序性が内在することを示すものである（論文準備中）。第二の課題では、上皮細胞とは異なる相互作用様式で集団運動を示す筋芽幹細胞 C2C12 細胞を用いて、その配向場の位相欠陥の解析と幾何的制御を行った。円柱状のピラーを 3 回対称な配置で周期的に並べた格子構造における集団運動を解析したところ、位相欠陥が規則的に配置されることや、格子サイズによりその周期性が破れる転移現象が発生することを見出した。この実験結果とのデータ比較を行うため、アクティブ液晶の数値計算を進めている。また、関連するアクティブ乱流の幾何的制御の実験研究を Phys. Rev. Res. に発表しており、研究は順調に進展している。