

Microswimmer 分散系に見られる集団運動特性の理解 -直接数値計算によるアプローチ-

大山 倫弘¹, John Jairo Molina², 山本量一^{2,3}

(¹産業技術総合研究所 MathAM-OIL, ²京都大学化学工学専攻,

³東京大学生産技術研究所)

【はじめに】

系内の local なエネルギーを力学的な仕事に変換して自発的に運動を始める系を総称して Active Matter と呼ぶ。Active Matter 系では、構成要素単体の運動からは予測が困難な非自明な集団運動が観察されることが知られている。Active Matter の代表例としては、我々人間も含むすべての生物を挙げることができるが、上記要件を満たせば、非生物もその範疇に含まれる。微生物や Active Janus 粒子など、粘性流体中で泳動するような Microswimmer の場合、複雑な生物学的機構とは関係なく、純粋に物理的な起源のみから非自明な集団運動が観察され得ることがわかっている。本研究では、一般的な Microswimmer の数値モデル (Squirmer model^[1]) を用いて、そうした集団運動の物理的な起源・特性について直接数値計算を用いて調べた。Squirmer model では Microswimmer は剛体球で表現される。剛体球表面に境界条件として流れ場を設定することで、流体との相互作用による駆動力が記述できる。モデル中のパラメータの調整により、swimmer の泳動機構の違いも表現可能である。他の多くの Active Matter 系と同様に Squirmer 分散系でも一部のパラメータ領域 (泳動機構) に対しては粒子の泳動方向が揃う方向秩序の形成が観察される。本発表では、Squirmer 分散系で観察される方向秩序の形成メカニズムについて報告する。

【結果と考察】

Squirmer 分散系における方向秩序は、Vicsek Model でみられるそれとは異なり、低濃度でも観察される。このことから、Squirmer 分散系では二体衝突のみから方向秩序が形成され得る可能性が示唆される。そこで、本研究では、二体衝突の影響のみを考慮した平均場モデル (二体衝突モデル (Binary Collision Model) : BCM) の構築を行った^[2]。BCM から予測されるバルクでの方向秩序の値と実際のバルクでの数値計算結果を比較すると、概ね定量的に良好な一致が見られ、期待どおり Squirmer 分散系では基本的に二体衝突のみから方向秩序が形成されることが確認できた。しかし、特定の泳動機構 (中プラーと呼ぶ) では BCM の予測値がバルク計算結果と大きく外れてしまう。中プラーはクラスター形成傾向を示すことが知られている。本結果は、Squirmer 分散系にみられる方向秩序の形成メカニズムが泳動機構ごとに異なることを示す。特に、中プラーではクラスタリングに起因する多体相互作用等が重要であることを示唆する。

【参考文献】

(1) M. J. Lighthill, Commun. Pure Appl. Math., **5**, 109 (1952)

(2) NO, J. J. Molina, and R. Yamamoto, arXiv:1606.03839 (2016)