

べん毛と繊毛の流体相互作用による同期と集団運動

内田就也

東北大学大学院理学研究科物理学専攻

べん毛および繊毛は微生物の遊泳や高等生物の体内物質輸送に用いられるフィラメント状の細胞小器官であり、そのダイナミクスや輸送能力の解明は生物学的にも重要な課題である。分子スケールでの駆動機構に関しては多くの知見がある一方、フィラメント間の相互作用や巨視的スケールにおける集団運動については未だ不明な点が多い。本発表では特に流体力学的な相互作用が重要になる2つの例を取り上げる。

べん毛バクテリアの集団同期相転移¹⁾

多数のべん毛バクテリアを基盤に貼り付けたバクテリアカーペットは、べん毛が自発的な方向秩序を形成して巨視的な流れを生むため、自己組織化するマイクロ流動デバイスとしての応用が提案されている。われわれはこの秩序化現象を、べん毛の歳差運動が流体相互作用によって同期する集団同期相転移とみなすシナリオを提案した。回転子モデルによって得られる動的相図を示す。最新の実験結果との比較や、一般的な同期現象の理論²⁾における位置付けについても述べる。

繊毛の同期現象とメタクロナル波³⁾

繊毛はゾウリムシなど繊毛虫の遊泳や、ヒトの気管、胚などにおける物質輸送を司っている。われわれは繊毛の周期的なビーティング運動を粗視化した回転子モデルを用いて、2本の繊毛の運動が流体力学相互作用により同期する様子を解析した。

駆動力の変調パターンや繊毛間の距離、軌道の傾きや弾性変形によって同期パターンが制御されることを示す。また、多数の繊毛が形成する進行波（メタクロナル波）の相図（図2）と流体輸送効率を導出した。人工繊毛（光駆動コロイド）を用いた検証実験についてもふれる。

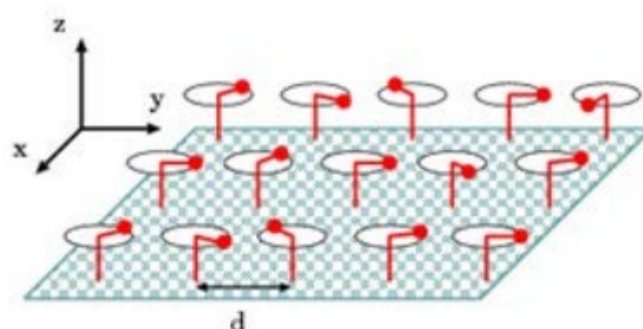


図1. 基盤上に配列した回転子。各回転子はべん毛または繊毛を表し、流体相互作用により同期する。

参考文献

- 1) N. Uchida and R. Golestanian, Phys. Rev. Lett. **104**, 178103 (2010); Europhys. Lett. **89**, 50011 (2010).
- 2) N. Uchida, Phys. Rev. Lett. **106**, 064101 (2011).
- 3) N. Uchida and R. Golestanian, Phys. Rev. Lett. **106**, 058104 (2011); Eur. Phys. J. E **35**, 135 (2012).

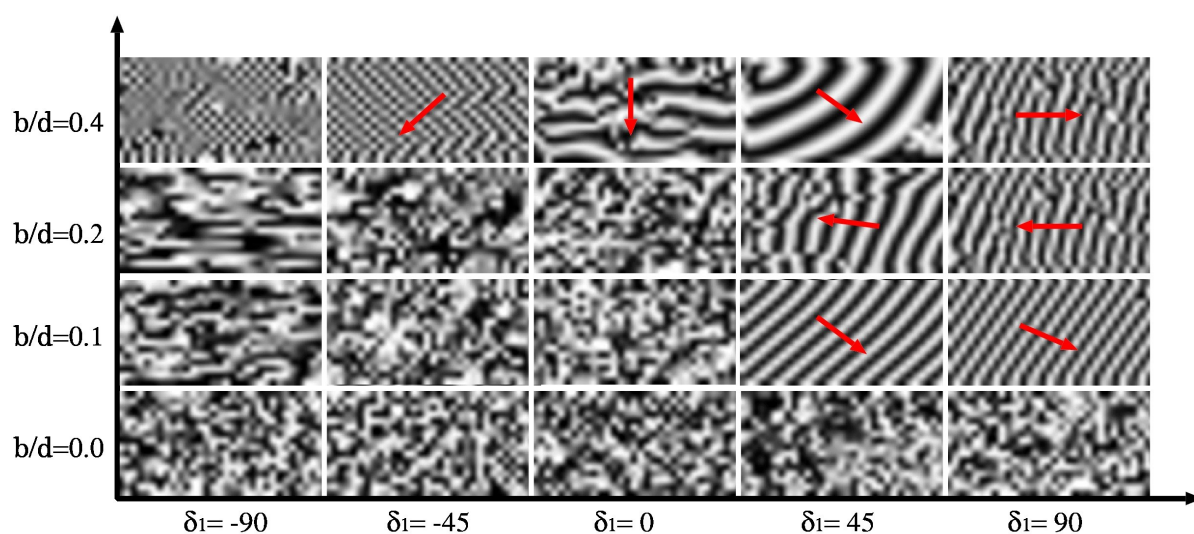


図2. 繊毛メタクロナル波の動的相図。