

水面で自発的に横揺れ運動する円板

SATテクノロジー・ショーケース2026

■ はじめに

外部から摂動を与えなくても自ら運動する物体を自己駆動体という。生物は、生命活動を維持するために環境を感じて特徴的な運動で応答する。たとえば、バクテリアは化学物質を感知することで、走行・タンブル・逆走といった運動様式を切り替えることで、物質に近づいたり離れたりする走化性を示す。私は、このような生物にみられる運動の自律性や環境応答性を、化学反応に起因する非平衡ダイナミクスを利用した無生物系において再現することを試みている。無生物自己駆動体の構築と挙動構造の解明は、生物の複雑な運動の仕組みを理解つなげるだけでなく、従来のロボットでは困難な微小空間にある標的への物質輸送などをより低コストで実現する可能性を秘めている。

最近、化学反応の生成物が形成する表面張力差を駆動力とする自己駆動体として酢酸チモール液滴を報告した^[1]。酢酸チモール液滴は、pHに応答した静止と運動を繰り返す振動運動を示す。本研究では、固体である1-ナフトール(NOH)を用いてpHに応答した運動を報告する。

■ 活動内容

【実験方法】

NOHをFT-IR用円板作製キットを用いておしかため、直径5 mm・厚さ約1 mmのNOH円板を作成した。幅15 mm・長さ150 mmの直方体水槽にNaOH水溶液(深さ10 mm)を入れ、UV照射下、水面にNOH円板を浮かべ、円板の運動様相をビデオカメラで側面から撮影した。また、NOHによる駆動力を評価するため、NaOHとNOHを含む水溶液の表面張力を測定した。

【結果・考察】

NaOH濃度が0 M(pH 6.5)のとき、NOH円板は水面で水槽の長軸方向への並進運動と壁付近での反転を繰り返す往復運動を示した。NaOH濃度が0.02 M(pH 12.4)のとき、円板は浮かべた後約4分後にその場で静止した後、水槽の長軸方向に対して左右へ高速に揺れ動く、振動運動を示した(図1)。この振動運動は4分にわたって持続し、 x の最大振幅は0.55 mm、最高周波数は7.0 Hzであった。これらの結果は、NOHとNaOHの反応が円板の駆動力獲得を阻害し、時間経過とともに反応物が消費されることで駆動力を得ていることを示唆している。

NaOH-NOH水溶液の表面張力は、NaOH濃度が0 Mのとき、NOH濃度0 mMより4.5 mMの方が 2.4 mN m^{-1} 低かったのに対して、NaOH濃度が0.02 Mのとき、NOH濃度0 Mと4.5 Mとで差は 0 mN m^{-1} であった。この結果は、NOHによる表面張力低下が駆動力を誘起するが、NaOH存在下では表面張力が低下しないため駆動力が得られないことを示唆している。

■ 参考文献

[1] T. Fujino et al., *J. Phys. Chem. Lett.* **2023**, 14, 9279-9284.

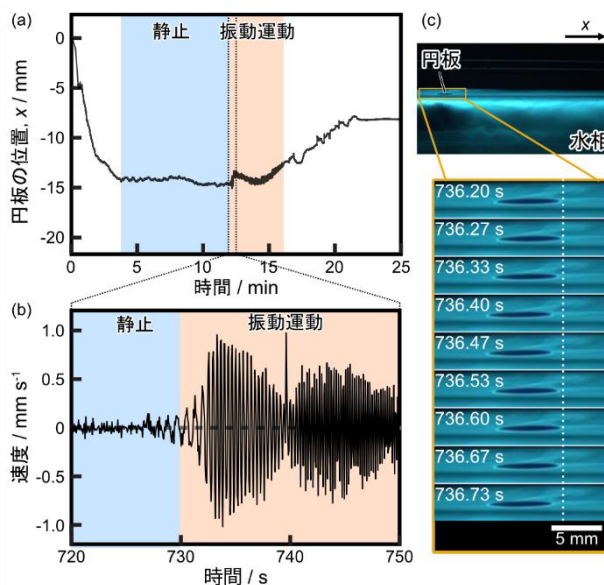


図 1. 0.02 M NaOH 水溶液上におけるナフトール円板の (a) 位置 x および (b) 速度の経時変化、ならびに(c) 側面からのスナップショット。円板を浮かべた位置を $x = 0$ とし、図の右向きを正とした。青色とオレンジ色の領域はそれぞれ静止と振動運動が観測された時間帯を示す。

代表発表者 藤野 拓也(ふじの たくや)
所 属 広島大学大学院
統合生命科学研究所
問合せ先 〒739-0047 広島県東広島市鏡山 1-3-1
TEL: 082-424-7411
E-mail: fujinotky@hiroshima-u.ac.jp

■キーワード: (1) アクティブマター
(2) 表面張力
(3) 自己組織化

■共同研究者: 松尾 宗征^{1,2}, 中田 聡¹
1. 広島大学 大学院統合生命科学研究所
2. 東京大学 大学院総合文化研究科