

# 自発的に運動する油滴のモード選択

## — Mode Selection of Self-Running Droplet —

京都大学 大学院理学研究科 住野 豊<sup>1</sup>

等温系での化学エネルギーから力学的エネルギーへの直接変換は物理的に興味深いだけではなく、生命のエネルギー変換を理解する上でも非常に重要なテーマである。この問題に対するアプローチとして、我々は実空間上でのモデル系を見出し、解析することが有効な手段であると考えている。ここで実空間でのケモメカニカル変換系として、複数の液相の界面における、表面張力の勾配による自発的な運動-マランゴニ対流-が知られている [1]。しかしながら、これまではバルク中での流れの様子解析が主であり、各液相の運動のモードに対する境界条件の幾何学的影響はあまり調べられていなかった。そこで我々は、化学マランゴニ対流の中でも特に反応性液滴の基板上での自発的運動に注目した。反応性液滴の自発的運動とは液滴が基板表面と化学反応を起こすことで液滴と接している基板表面の濡れ性の勾配を生み出し、液滴を駆動する現象である [2]。ところが、これまでの反応性液滴の自発的運動の系としてはガラス基板上でのシラン化剤を含む液滴 [3] で示されていたが、その系の特徴として、ガラス基板表面をシラン化することで、半永久的に疎水表面に変化させ駆動力を得ていたため往復運動といった系特有の運動モードは観察されていなかった。

これに対し、今回我々の用いた油-界面活性剤水溶液-ガラス共存系（以下、油水系）では、水相中には陽イオン性の界面活性剤が含まれており、油滴中にはその界面活性剤と強く結合し水に不溶にさせるヨウ素イオンが含まれている [4]。水相中に含まれる陽イオン性界面活性剤は負に帯電しやすいガラス基板表面に疎水基を水相に向けてガラス界面上に吸着するのだが、油滴がその上を通過すると、界面活性剤が油滴に溶け込むことで油滴の通過後のガラス界面は、油滴通過前に

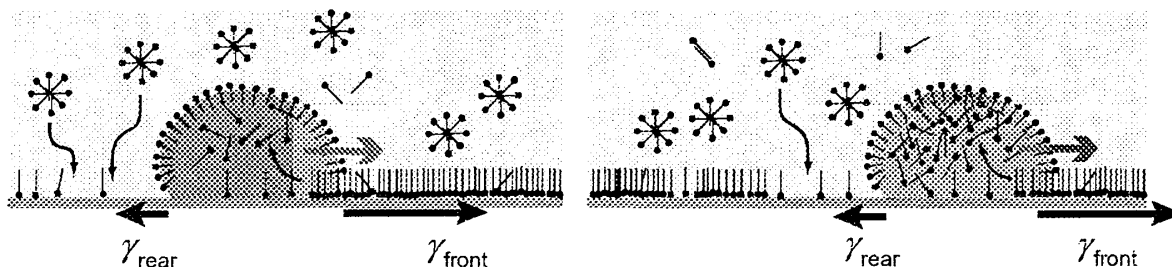


図 1: 油滴の運動のメカニズム：油滴の前後の水-ガラス界面の界面エネルギー差で油滴が駆動される。ただし、油滴通過後のガラス界面はすぐに通過前の状態を回復する。

<sup>1</sup>E-mail: sumino@chem.scphys.kyoto-u.ac.jp

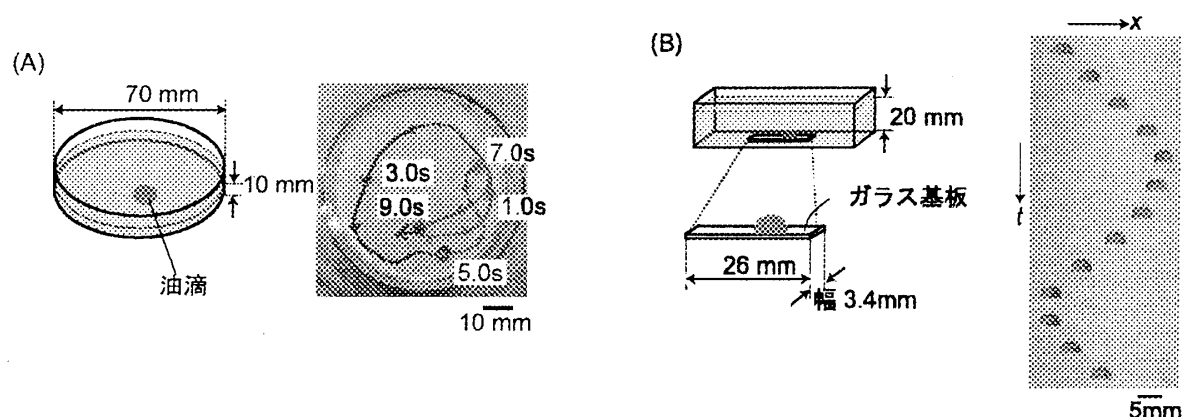


図 2: 実験設定の模式図及び油滴の運動の様子：(A) 等方的なガラス界面上（ペトリ皿内）での油滴の運動の様子、油滴はランダムな動きを示す。(B) 細長い基板上での油滴の運動の様子、油滴は規則的な往復運動を示す。右図は 1/6 秒ごとに撮影された。

比べ親水的になっていることになる [5]。ここで注目すべきはこの系の特徴として、油滴通過後のガラス基板表面は水相から界面活性剤の供給を受けるため、油滴の通過後に素早く通過前の状態を回復することである (図 1)。我々はこの油水系の特徴に加え、及び液滴のサイズを mm-スケールにまで落とすことで表面効果を顕在化し、同一の化学種ながら基板形状により往復運動や回転運動など様々な固有の運動モードを顕にすることに成功した。

この油水系の実験設定、および運動モード出現の一例を図 2 に示す [5]。図 2(A) に見られるように、等方的な基板上において油滴は不規則な挙動を示した。またその速度変化にも特徴的な周期は見られなかった。これに対し、図 2(B) においては細い基板を用いることで見かけ上の運動の自由度を落とした。このとき油滴はある一定の周期で規則的な往復運動を示した。

本発表においては、界面張力の揺らぎの効果を取り入れたモデルによる上記の往復運動モードの定性的な説明、及び他に見出された多様な運動モードの様子について述べる。

## 参考文献

- [1] M. G. Velarde. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. Ser. A-Math. Phys. Eng. Sci.*, **356**, 829, (1998).
- [2] F. Brochard. *Langmuir*, **5**, 432, (1989).
- [3] F. Domingues Dos Santos and T. Ondacuhu. *Phys. Rev. Lett.*, **75**, 2972, (1995).
- [4] N. Magome and K. Yoshikawa. *J. Phys. Chem.*, **100**, 19102, (1996).
- [5] Y. Sumino, N. Magome, T. Hamada, and K. Yoshikawa, nlin.AO/0406016.