

# 物体と流体を自在に操作： 新規レーザー駆動デバイスの創出

## 背景

レーザーを利用して物体を操作する方法に、レーザーピンセットがあるが、下記の課題がある。

- 操作可能な物体サイズは数十  $\mu\text{m}$  程度が上限であり、それ以上の大きなサイズの物質を操作することはできない。
- 混合溶液にレーザーを照射することで、等方的な流体の湧き出しを誘起することはできるが、ポンプとして利用可能な一方向の流れを生成することには成功していない。

## 本技術概要

レーザーの局所加熱によって形成される温度勾配を利用することによって、液面に浮遊するcmサイズの物体の運動を非接触・非破壊で制御する方法を提案する。また、有機溶媒と水の混合溶液にレーザーを照射することによって誘起される、レーザー焦点近傍から等方的な水滴の湧き出し現象を利用して、容器に非等方性を導入することにより、容易に一方向の流れを誘起することが可能であることを報告する。

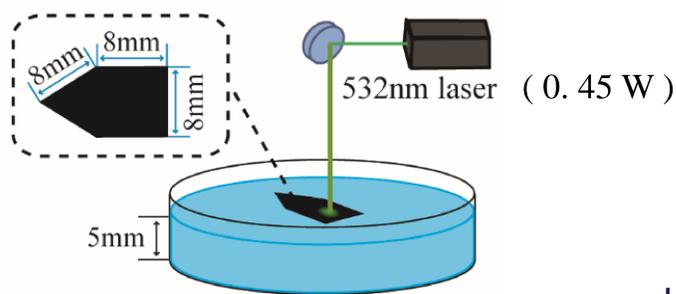
### 想定される活用例

- レーザー駆動スイッチ
- レーザー駆動モーター
- レーザー駆動マイクロポンプ

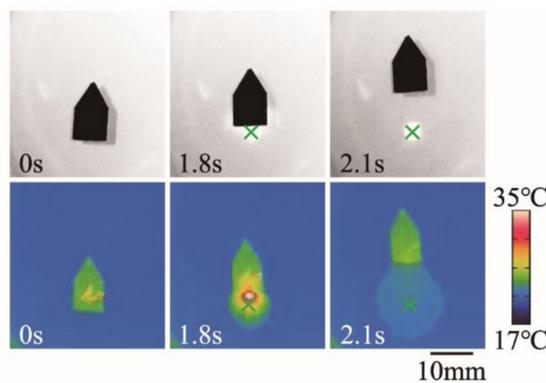
## レーザーによる物体の運動制御(直進運動)

Y. Harada, K. Koyoshi, H. Sakuta, et al., *J. Phys. Chem. C* (2018).

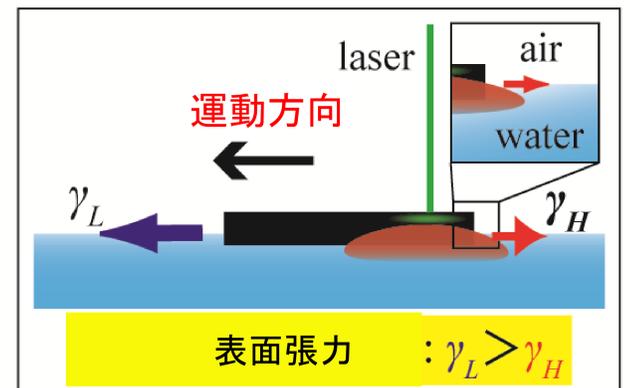
ボート型アルミニウム (Al) シート  
(厚さ: 11  $\mu\text{m}$ )



実験系の概略図



レーザー照射によるcmサイズの物体運動と温度勾配 (直線運動)



レーザー照射によるcmサイズの物体の運動メカニズム。

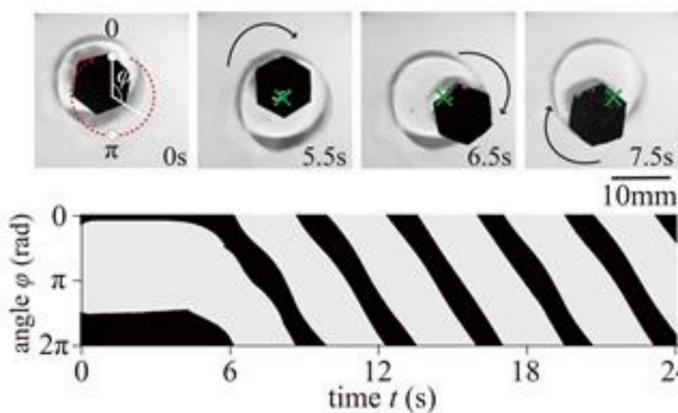
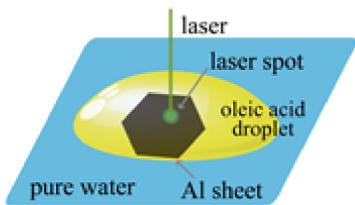
レーザー焦点近傍で局所的な温度勾配を形成されることに伴う表面張力差を利用することで、cmサイズの物体の運動を誘起することに成功した。

低温領域の表面張力 ( $\gamma_L$ ) が高温領域の表面張力 ( $\gamma_H$ ) より大きいため、物体は低温側に引き寄せられる。

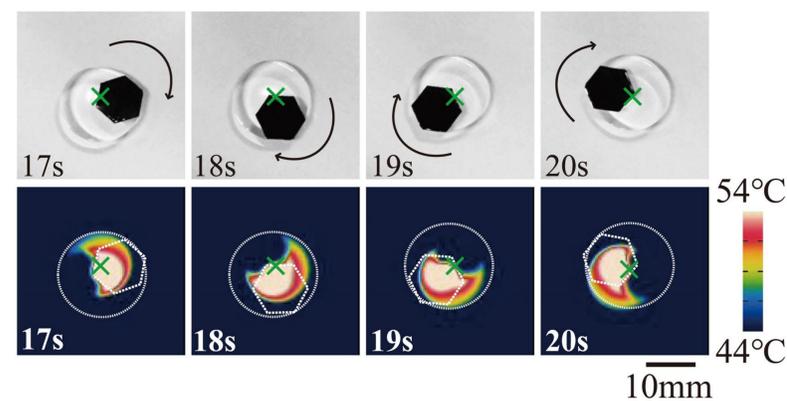
## レーザーによる物体の運動制御(回転運動)

Y. Harada, K. Koyoshi, H. Sakuta, et al., *J. Phys. Chem. C* (2018).

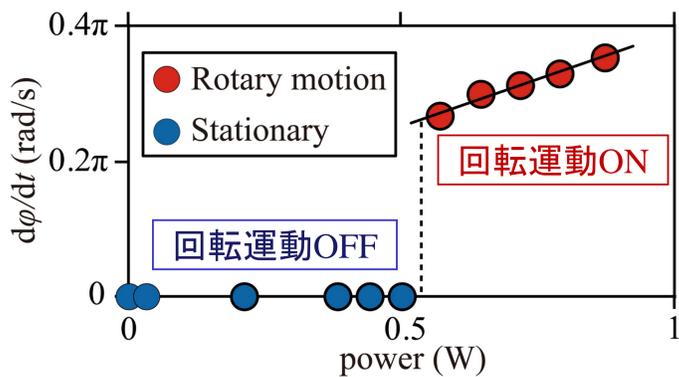
CWレーザー  
(波長532 nm : 0.87 W)



レーザー照射による物体運動と温度勾配 (回転運動 : 反時計周り)



実験系の概略図 (オレイン酸液滴 (260  $\mu\text{L}$ ) に浮かべたcmサイズの六角形のAlシート)

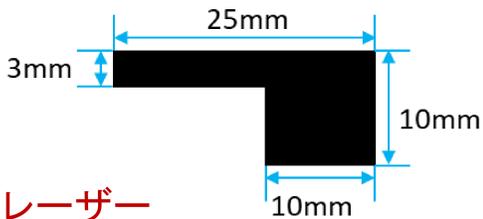


レーザー出力による運動分岐 (回転運動)

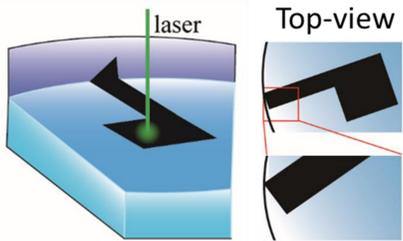
本研究で提案する方法では、レーザー出力を制御することによって、容易に物体回転運動のON/OFFスイッチングが可能である。また、物体の形状によって、物体の運動制御が容易である。

# レーザー駆動振り子

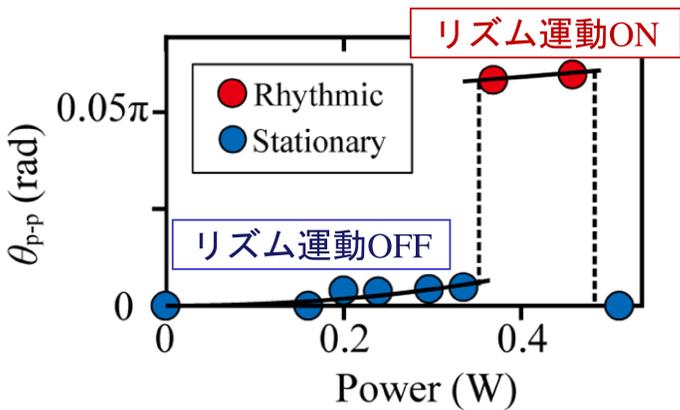
ハンマー型Alシート (厚さ: 11 $\mu$ m)



CWレーザー (波長532 nm : 0.45 W)

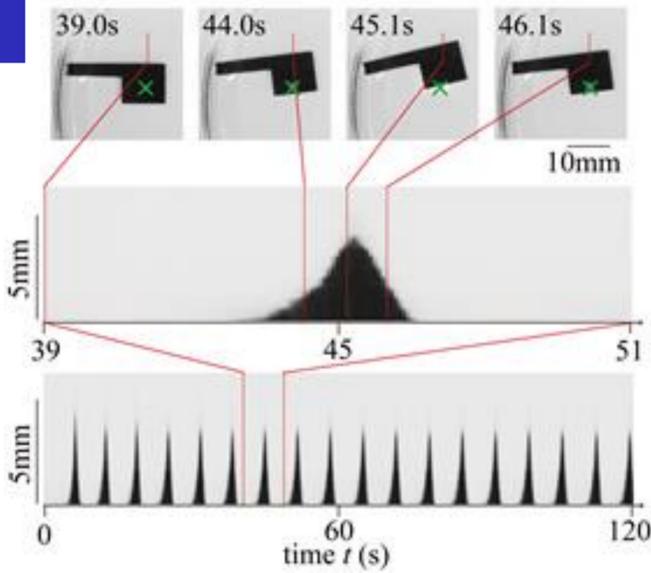


実験系の概略図

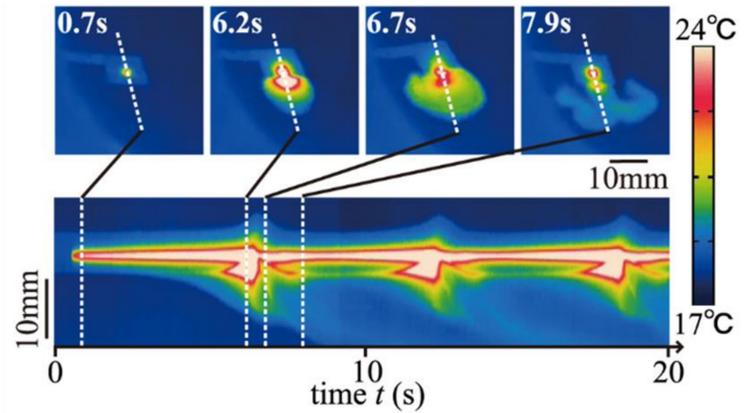


レーザー出力による運動分岐 (リズム運動)

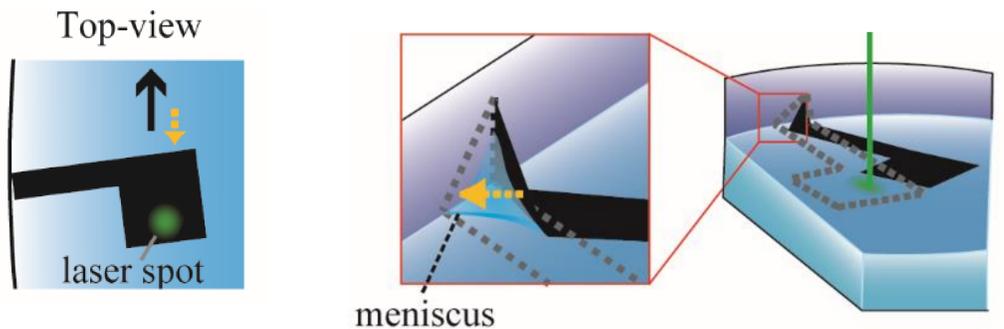
Y. Harada, K. Koyoshi, H. Sakuta, et al., J. Phys. Chem. C (2018).



レーザー照射によるハンマー型Alシートの振子運動 (リズム運動)



レーザー照射によるハンマー型Alシートの温度勾配 (リズム運動)



レーザー駆動振り子のメカニズム

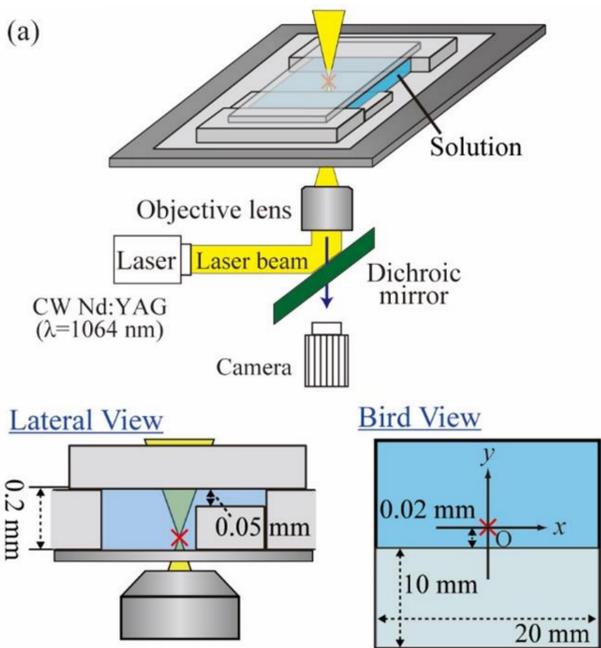
温度勾配に起因する表面張力差による力(上図黒色矢印方向)と容器壁とAlシートとのメニスカス形成に起因する復元力(上図黄色矢印方向)とのバランスによって、Alシートのリズム運動(往復運動)を構築することができる。また、レーザー出力によって、物体のリズム運動のON/OFFスイッチング制御が可能である。

# レーザー駆動ポンプ

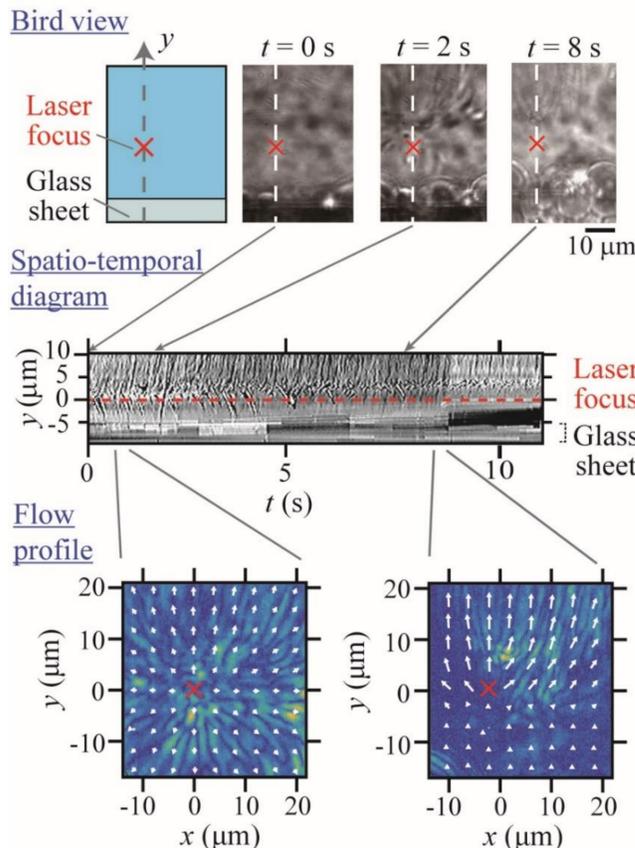
H. Sakuta, et al., J. Phys. Chem. Lett., 122, 2747-2752 (2018).

水/トリエチルアミン混合液 (体積比1:1)

CW Nd:YAGレーザー(波長 1064 nm)



実験系の概略図



実験結果 (一方向の水の流れ生成)

レーザーの振動電場を,  $E = E_0 \sin \omega t$  とすると, 誘電ポテンシャル  $U$  は,

$$U = -\alpha \langle E^2 \rangle = -\frac{\alpha}{2} E_0^2,$$

で与えられる。ここで,  $\alpha$  は物質の分極率,  $\omega$  はレーザー光の角周波数である。したがって, 誘電力は誘電場の強さ(光の強度)と分極率に比例して大きくなる(レーリー散乱)。

S. Mukai, Appl. Phys. Lett., 83, 2557-2559 (2003).  
S. Mukai, Chem. Phys. Lett, 402, 529-534 (2005).

水に比べて分極率の大きいトリエチルアミンが、レーザーの振動電場強度が最も強い焦点に引き寄せられることによって、焦点からの水の液滴の等方的な湧き出しが誘起される。

実験系の概略図で示されるように、実験系に非対称性を導入することによって、容易に流体の一方向の流れを誘起することが可能である。