

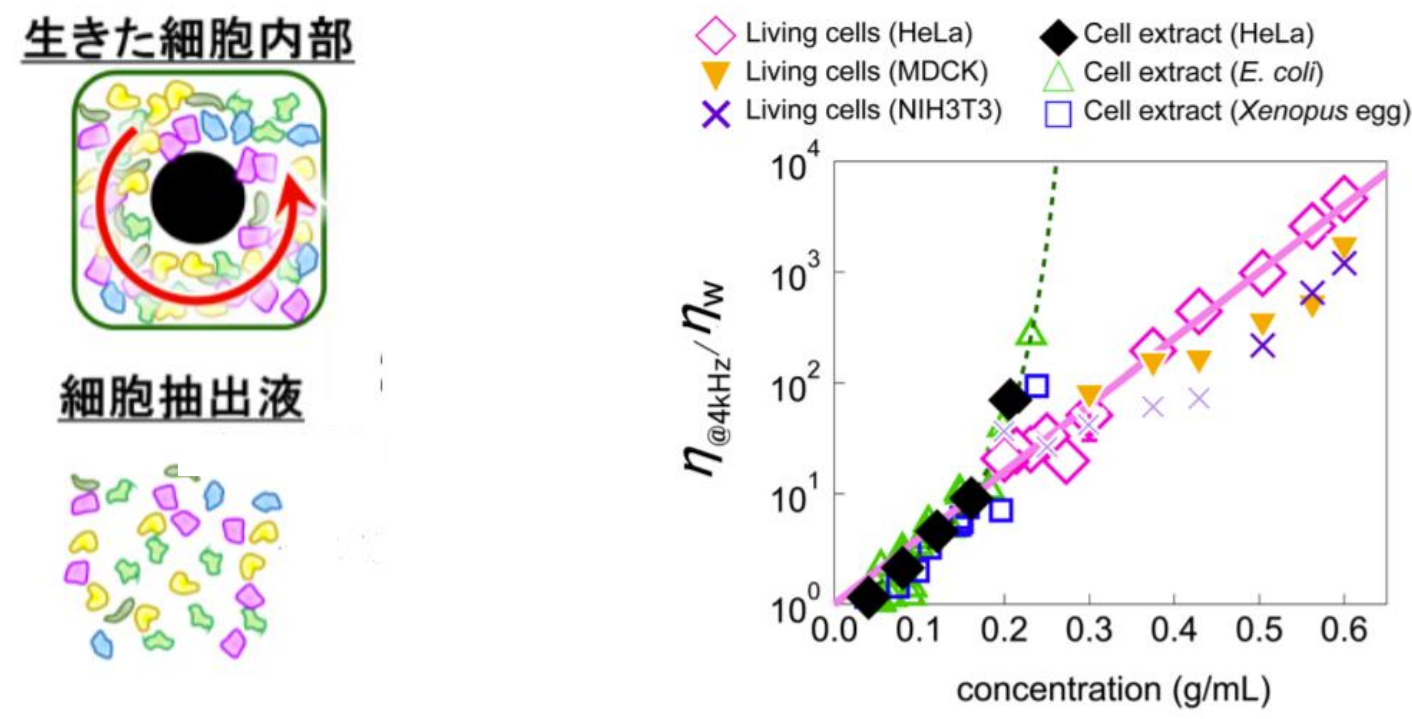
# 光駆動液晶液滴の回転運動

齊藤圭太、木村康之 (九大院理)

## 背景

細胞内部では生体物質による微小な力で内部の巨視的物性（流動化・ガラス化）が変化した

Ex) 生きた細胞内部と細胞抽出液の粘性の比較



K. Nishizawa, et al., *Sci. Rep.* 7, 15143 (2017)

生体物質程度の微小な力で粘性が大きく変化

微小な力による物性制御が期待される  
(新規高効率外場応答性素材の創出)

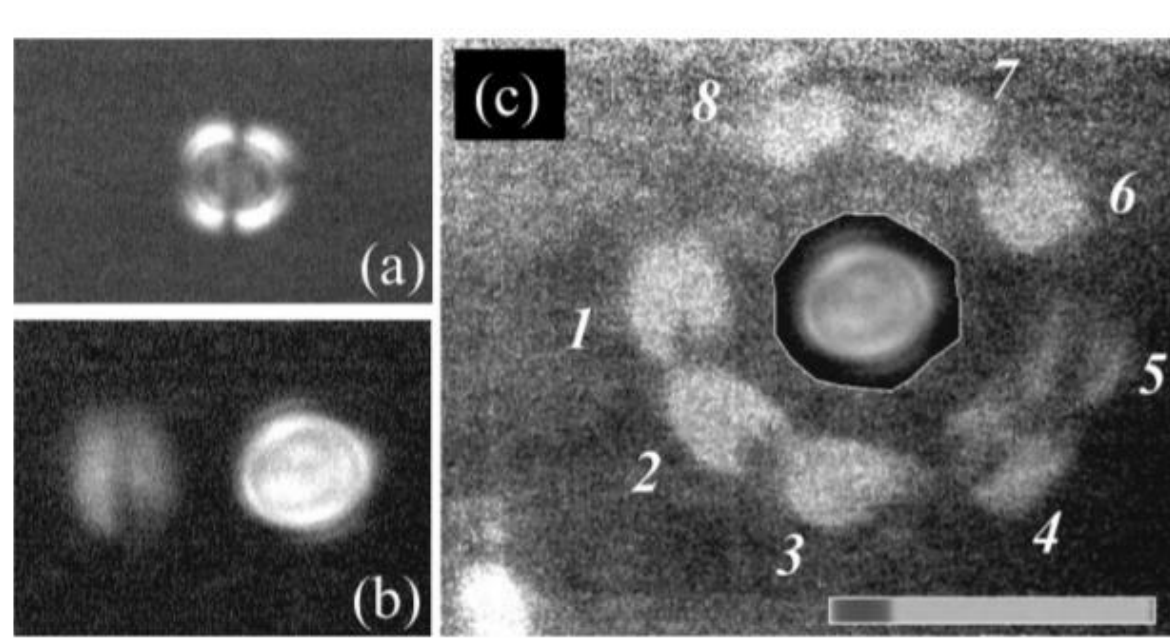
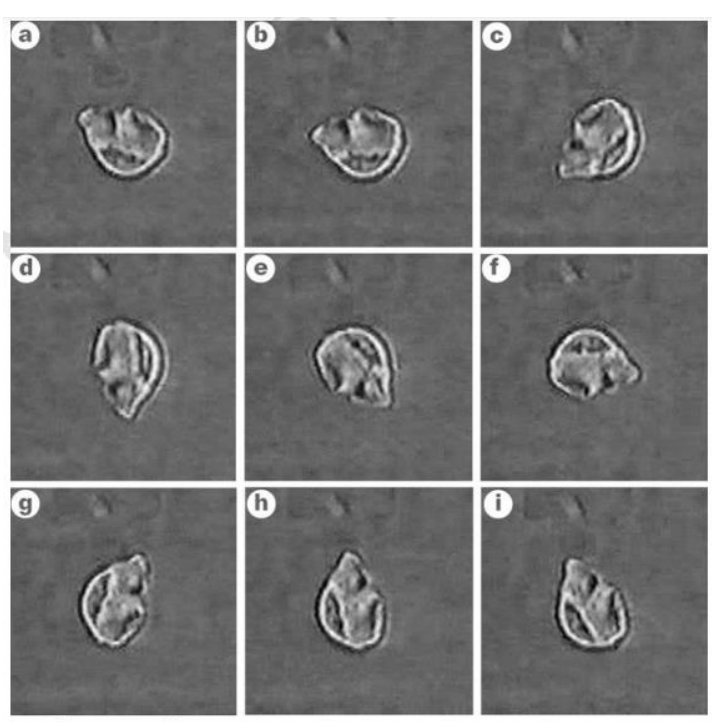
制御可能な局所力源粒子が必要

円偏光による複屈折粒子の回転

光の角運動量によって回転運動が誘起される

バーテライト

液晶液滴



M. E. J. Friese, et al., *Nature* 394, 348 (1998).

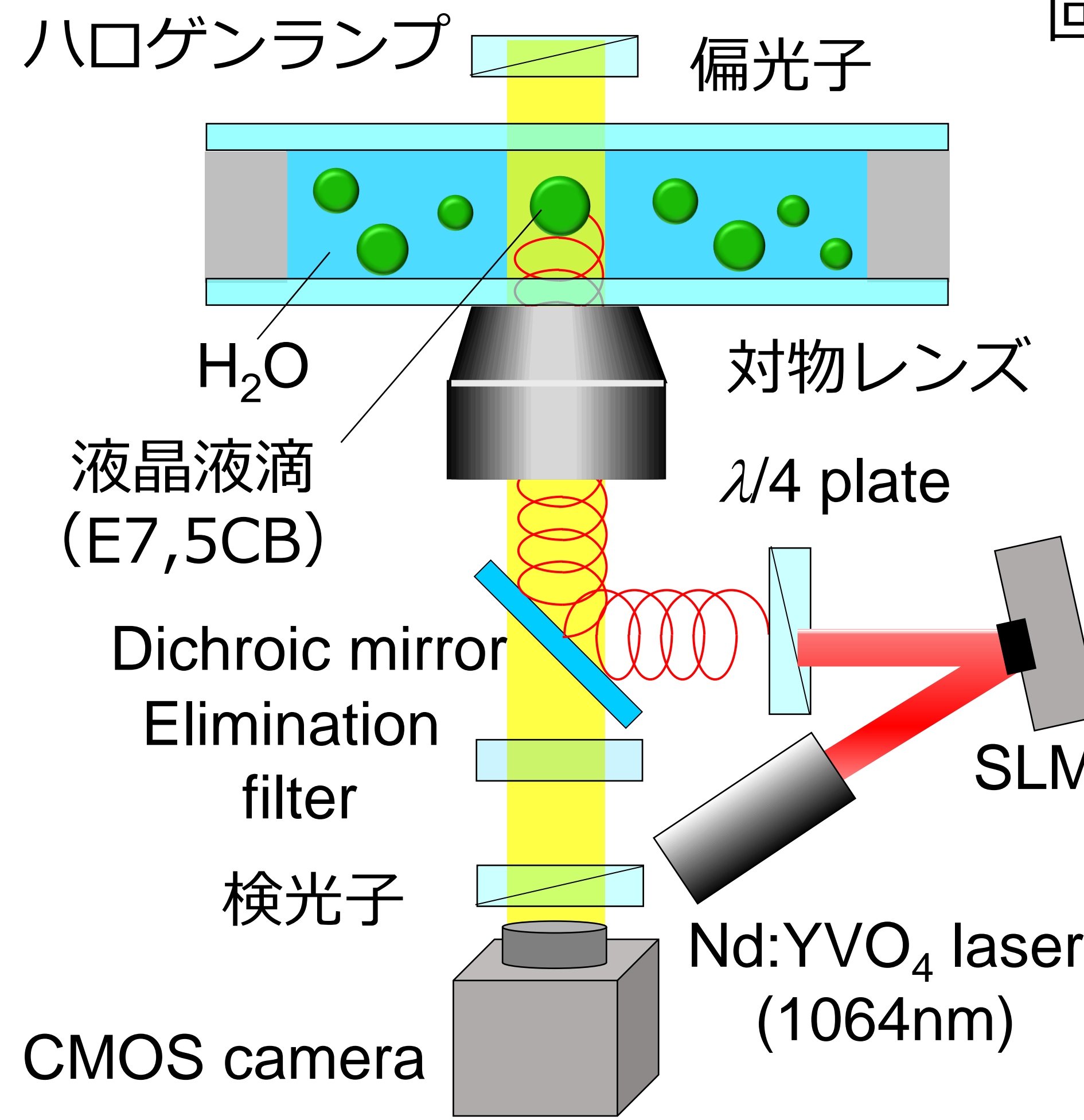
S. Juodkazis, et al., *Appl. Phys. Lett.* 82, 10, 1063 (2003)

## 目的

### 高効率な局所力源の作成

内部構造の制御できる液晶液滴を用いて、内部構造と回転メカニズムについて調べる

## 実験



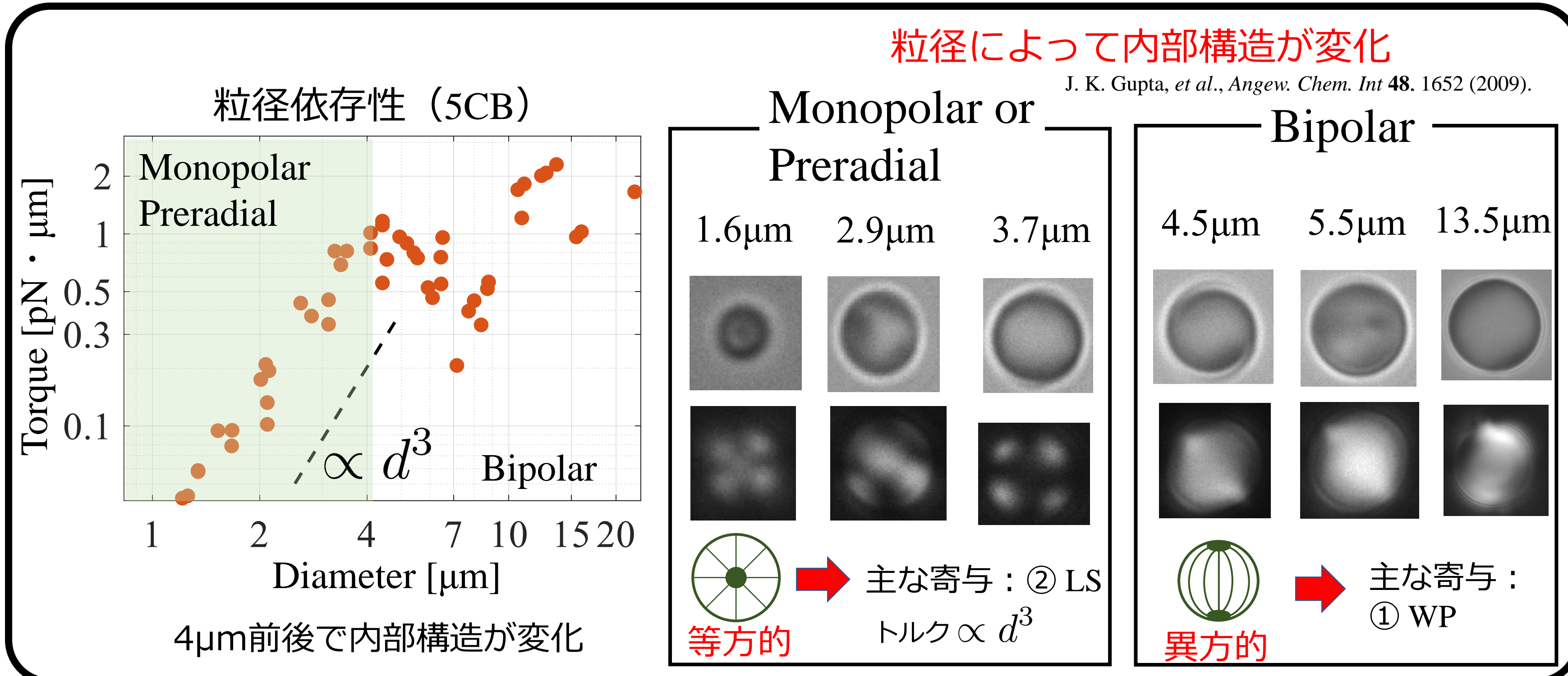
### 回転運動の評価

- 偏光顕微鏡下では粒子が回転すると画像強度が変化  
偏光顕微鏡 → 時間空間プロット (赤ライン上)
- 画像強度の時間変化から回転数を求める
- 回転数からトルクを計算

$$\Gamma = \pi \eta \nu d^3$$

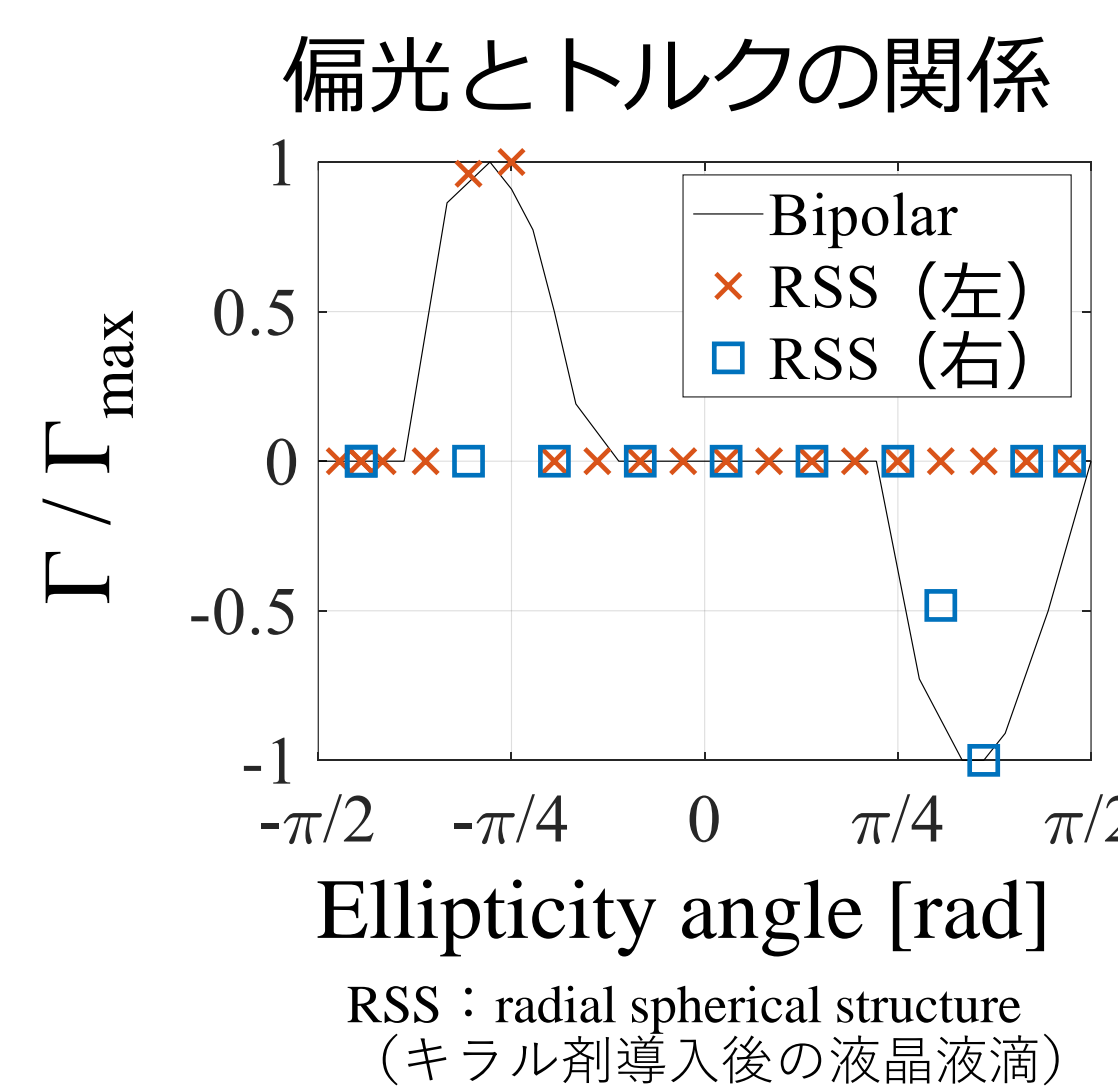
$\Gamma$ : Torque,  $\eta$ : viscosity,  $d$ : diameter  
 $\nu$ : Rotation frequency,

## 2. 粒径と回転メカニズム (ネマチック液晶液滴)



## 3. キラリティを持つ液晶液滴 (コレステリック液晶液滴)

キラリ剤を導入することで液晶液滴 (E7) に光学活性を持たせる  
→ 円偏光との相性が良くなり駆動力増大を期待



### トルク (回転) の方向

- Bipolar (キラリティ無) → 円偏光の向き
- RSS (キラリティ有) → キラリティの向き

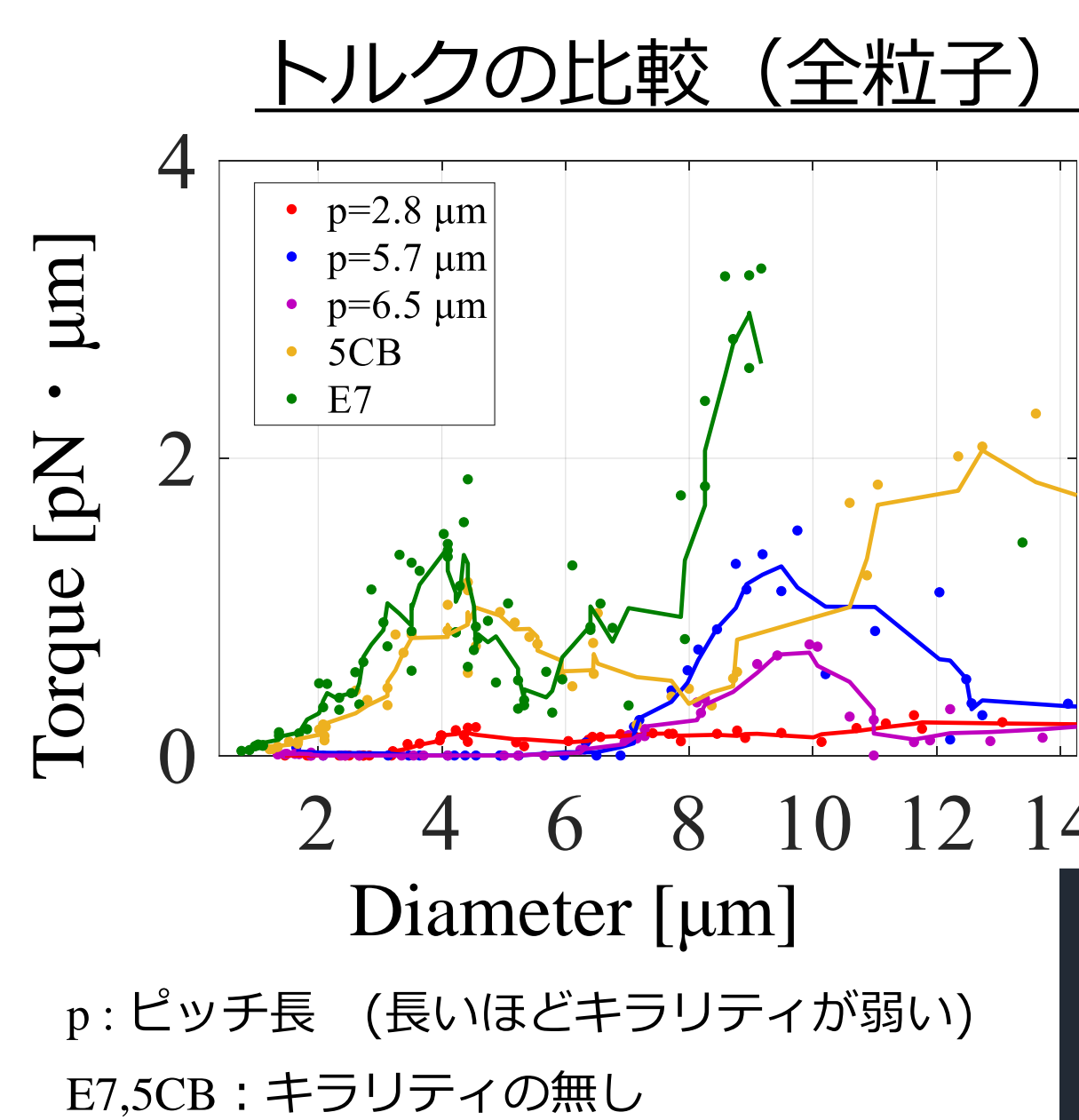
キラリティの有無で回転のメカニズムが異なる  
キラリ剤が受けるトルク (ブラッグ反射に起因)

$$\Gamma \propto R^+$$

$R^+$ : (Bragg) Reflectance  
粒子と光のキラリティの向きが一致

実験結果と一致

## 4. トルクの比較 (ネマチック・コレステリック) とその応用



p: ピッチ長 (長いほどキラリティが弱い)  
E7,5CB: キラリティの無し

キラリティが無いほうがエネルギー効率が良い

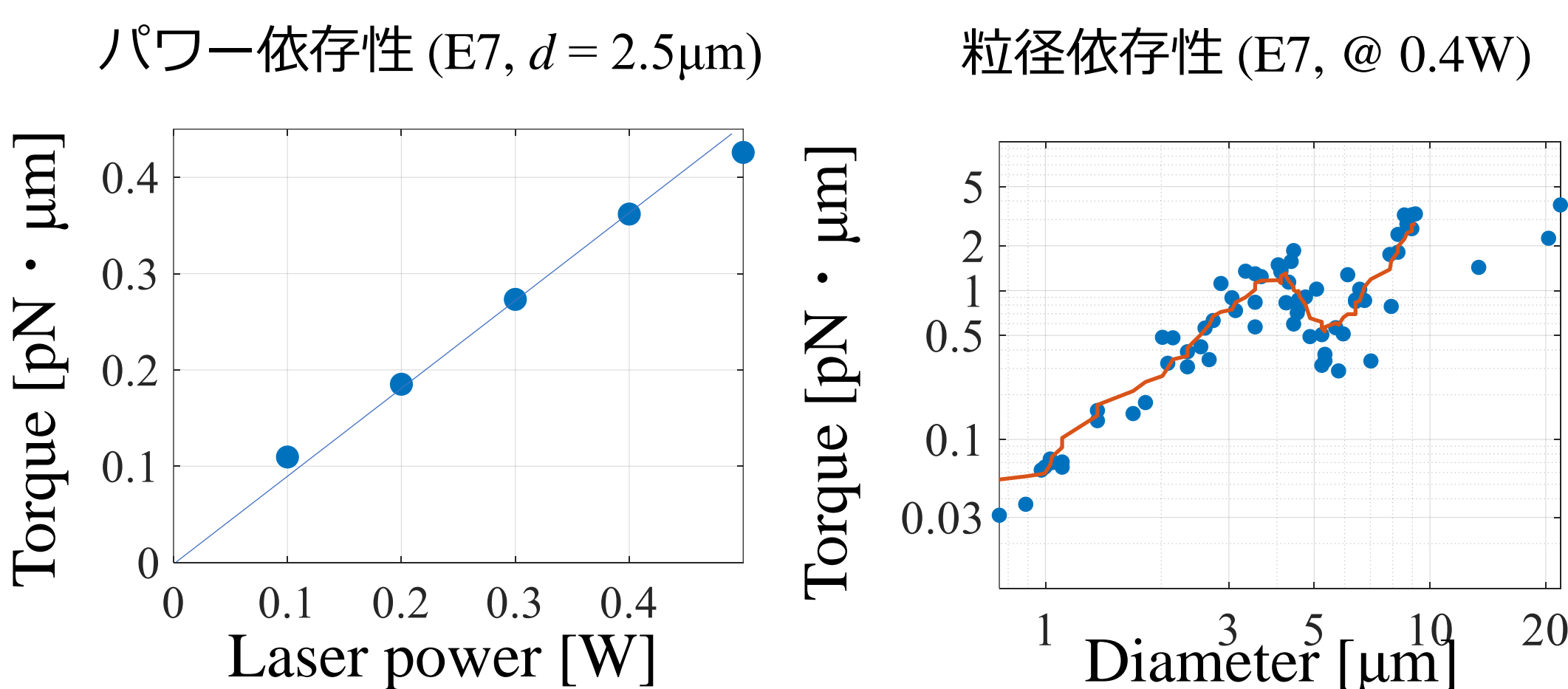
## まとめ

液晶液滴の回転メカニズムについて調べた

- 内部構造の違いによって回転メカニズムが異なることが分かった
- キラリティの無い液晶液滴の方が効率よく回転を誘起出来る

## 結果

### 1. パワー・粒径依存性 (ネマチック液晶液滴)



### 様々な回転メカニズム

- Wave-plate behavior  $\Delta = \frac{2\pi \Delta n t}{\lambda}$   $t$ : thickness  
 $\Gamma = I(1 - \cos \Delta)$   $\lambda$ : wavelength  $\Delta n$ : birefringence
- Light scattering process  
 $\Gamma = V \beta I n / c$   $\beta$ : scattering angle  
 $V$ : volume
- Photon absorption process  
 $\Gamma = V \alpha I / \omega$   $\alpha$ : absorption coefficient
- Light induced Freedericksz transition

T. A. Wood, et al., *Appl. Phys. Lett.* 84, 4292 (2004).

本実験でのメカニズム

1. パワー ( $I$ ) に対して比例

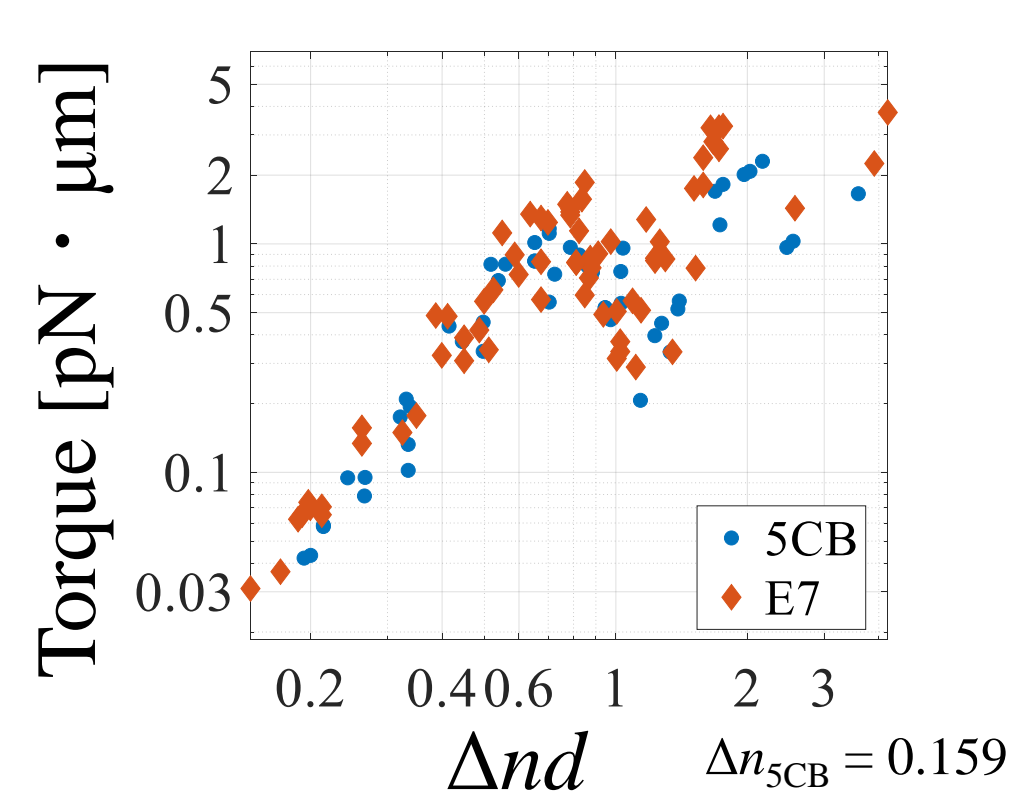
→ ①、②、③

2. 粒径に対して振動

→ ①

①が支配的?

横軸を位相差 ( $\Delta n d$ ) で規格化



$\Delta n_{5CB} = 0.159$   
 $\Delta n_{E7} = 0.192$

ピークの  $x$  位置が重なった → ①が支配的  
支配的な回転メカニズムは①、③

T. A. Wood, et al., *Appl. Phys. Lett.* 84, 4292 (2004).