

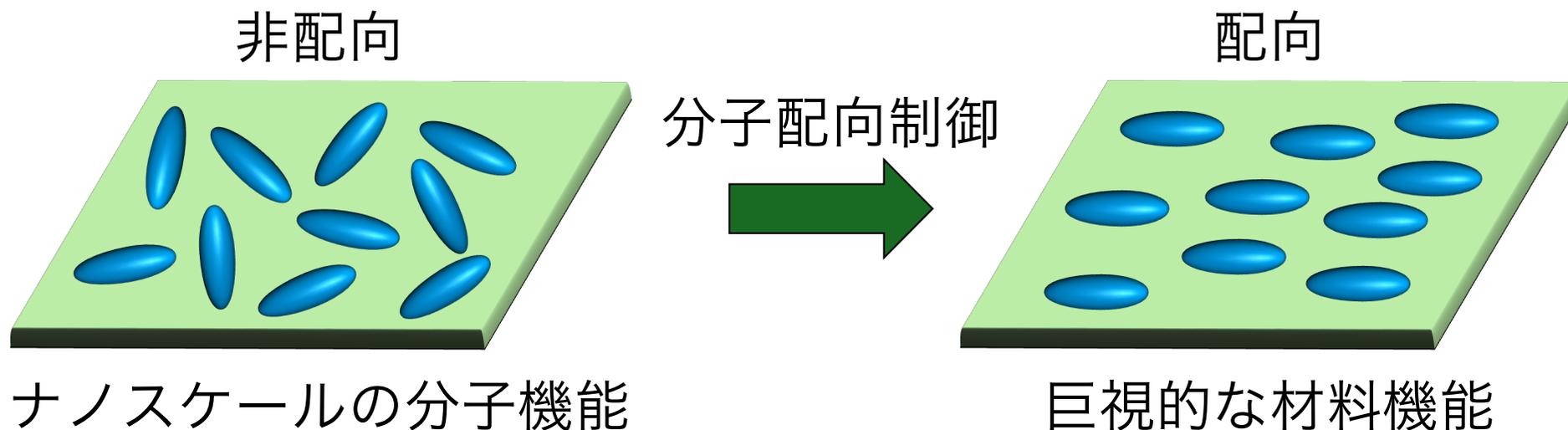
キラル液晶エラストマーのらせん軸配向制御 による光学ー力学機能フィルムの開発

○四方優輝, 木村聖也, 柳原 真樹, 久野恭平, 松本浩輔, 堤治

立命館大学 生命科学部 応用化学科
Email: tsutsumi@sk.ritsumei.ac.jp

分子配向制御による機能性フィルムの創製

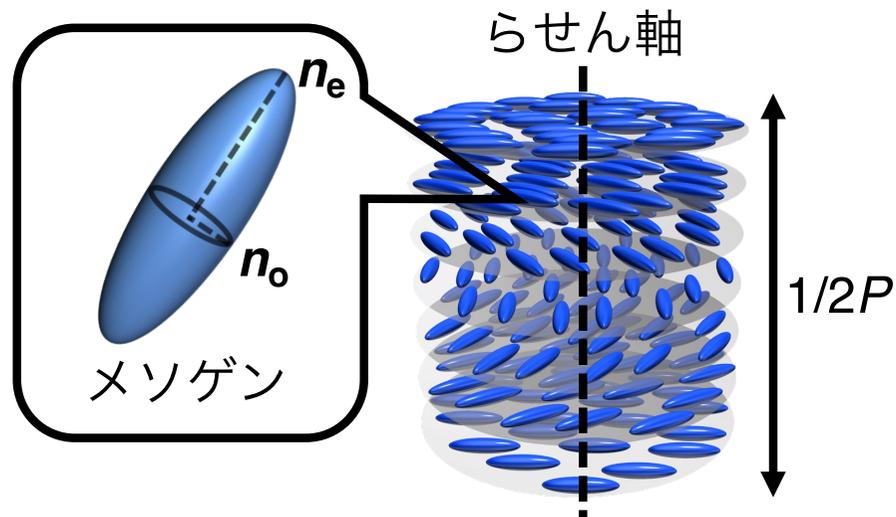
分子配向制御による機能化



分子配向制御により材料機能発現・向上が可能

キラルネマチック液晶がもつ光学機能

らせん状配向



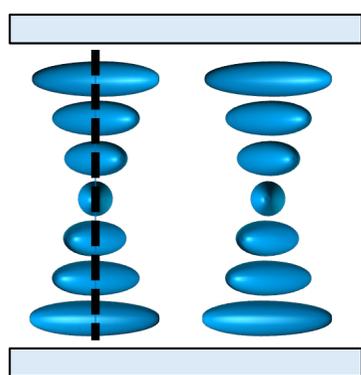
$$\beta = P^{-1}c^{-1}$$

β : らせん誘起力

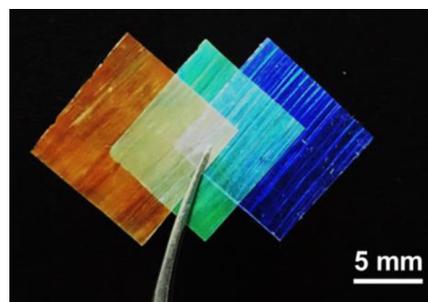
P : らせんピッチ

c : キラル分子の濃度

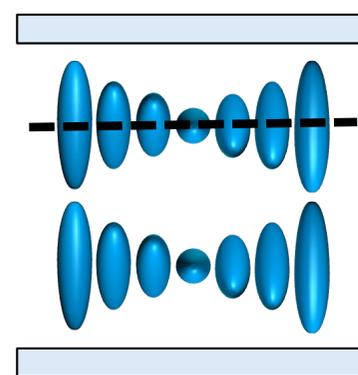
らせん軸配向制御による光学機能発現



カラーコーティング



K. U. Jeong *et al.*, *ACS Nano* **2016**, *10*, 9570.



回折格子

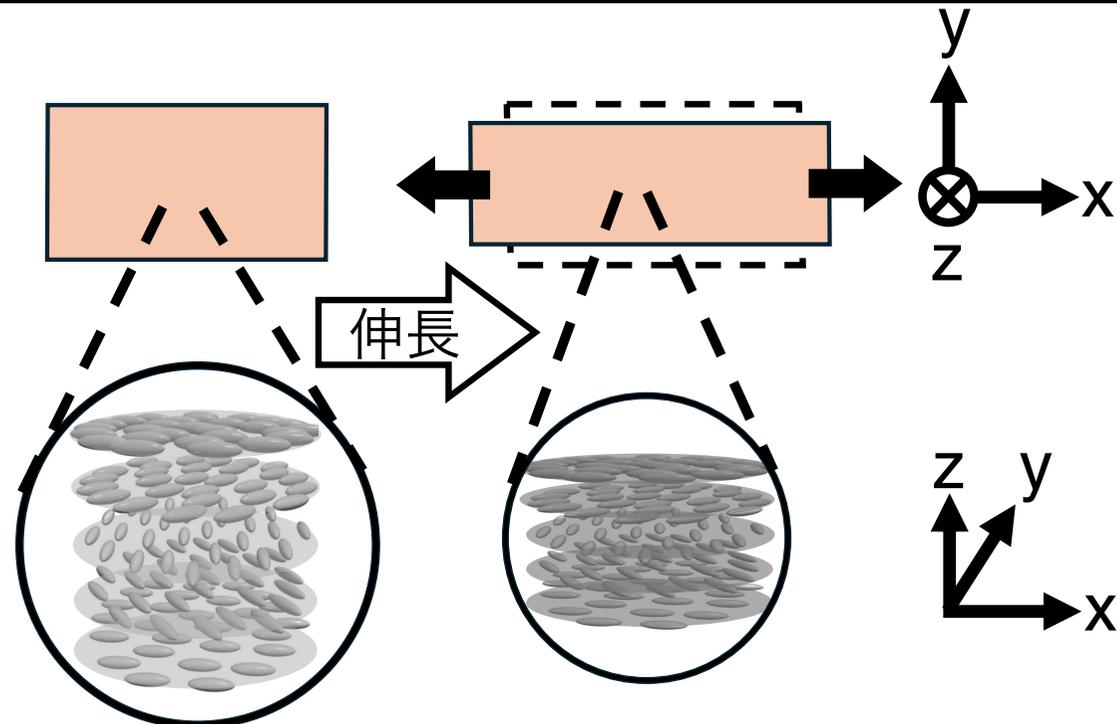
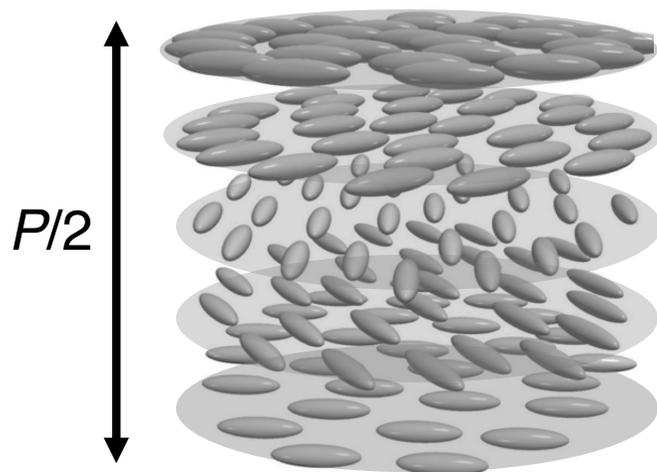


I. Gvozdevskyy, *et al.*, *Opt. Express* **2012**, *20*, 3499.

大面積かつ精密ならせん軸の一軸配向制御が鍵

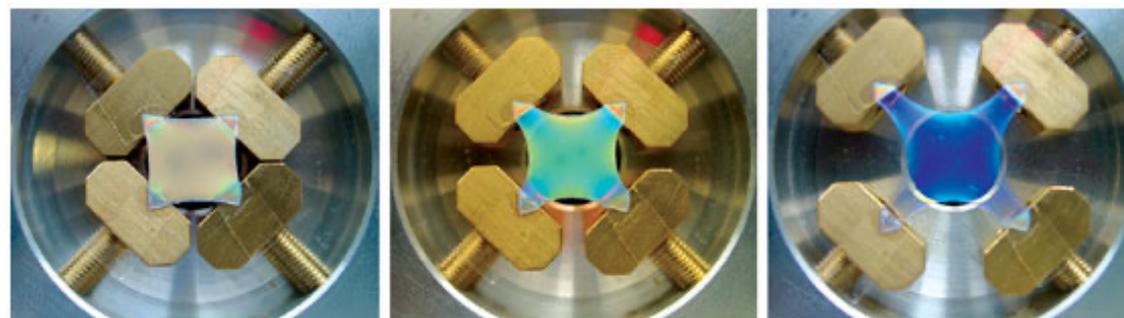
キラルネマチック液晶エラストマー

伸長変形



$$\lambda = nP$$

λ : 反射波長
 n : 屈折率
 P : ピッチ長

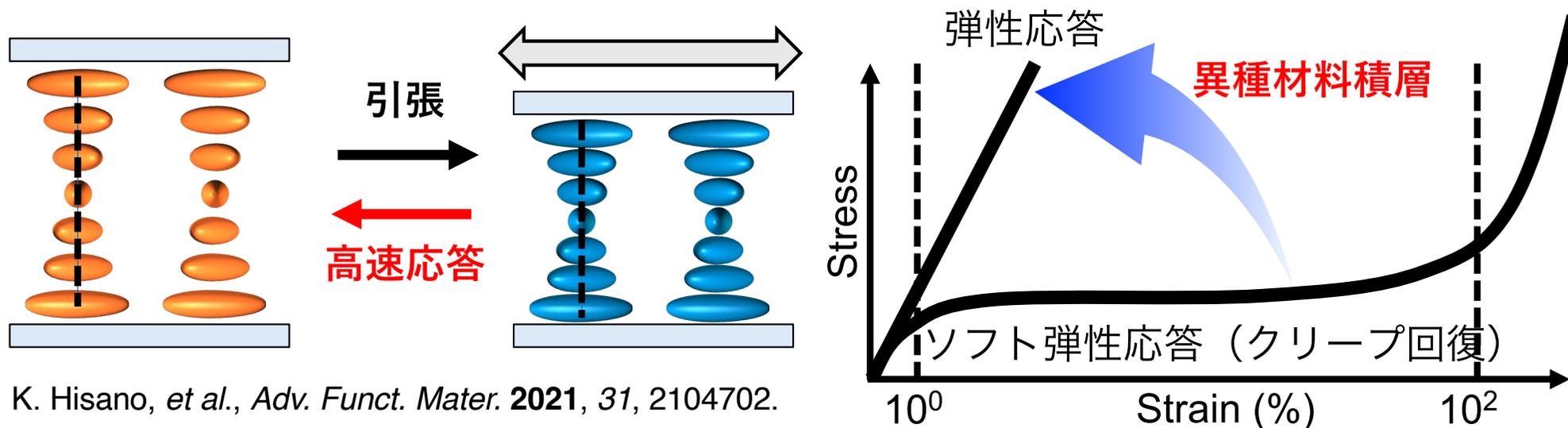


H. Finkelmann, *et al.*, *Adv. Mater.*, 2001, 13, 1069.

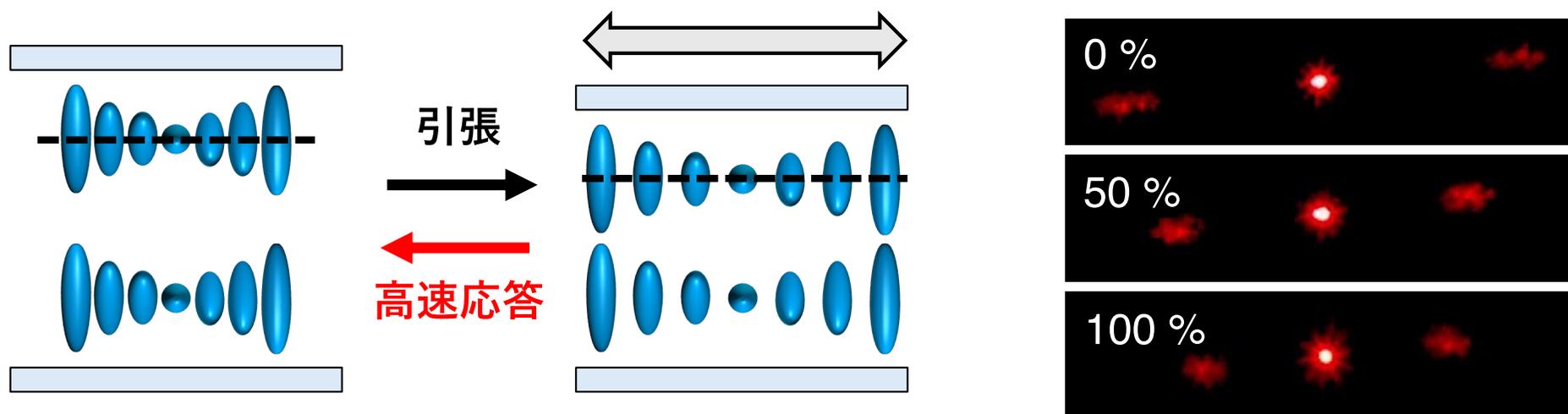
伸長変形により，膜厚が減少
 らせんピッチが減少し，**反射色が変化**

らせん軸配向制御による光学-力学機能フィルムの開発

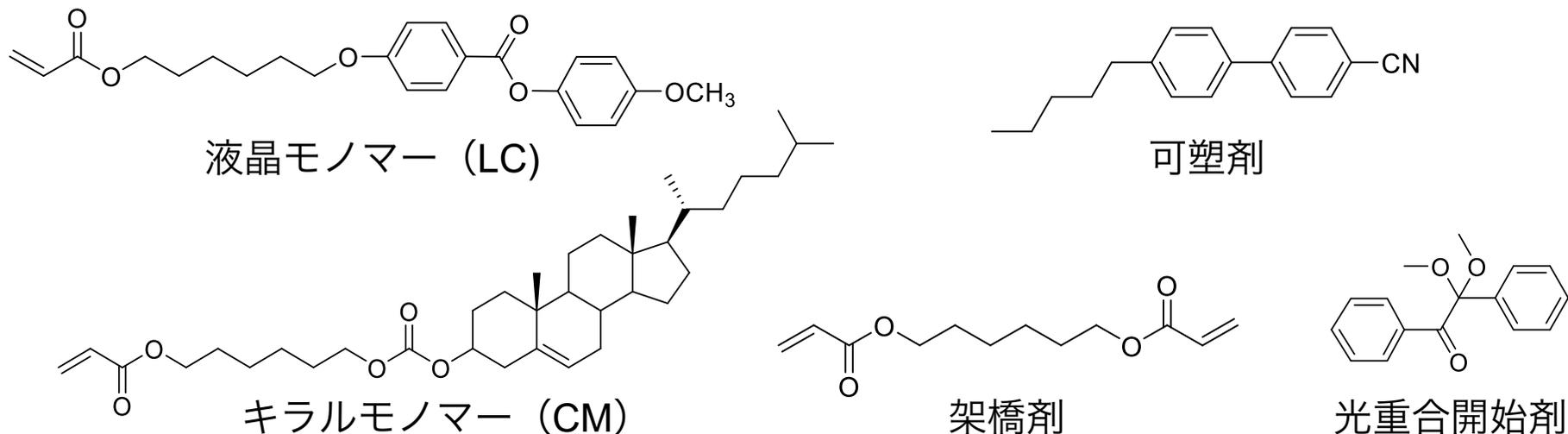
1. 異種材料積層によるエラストマーの高速応答の実現



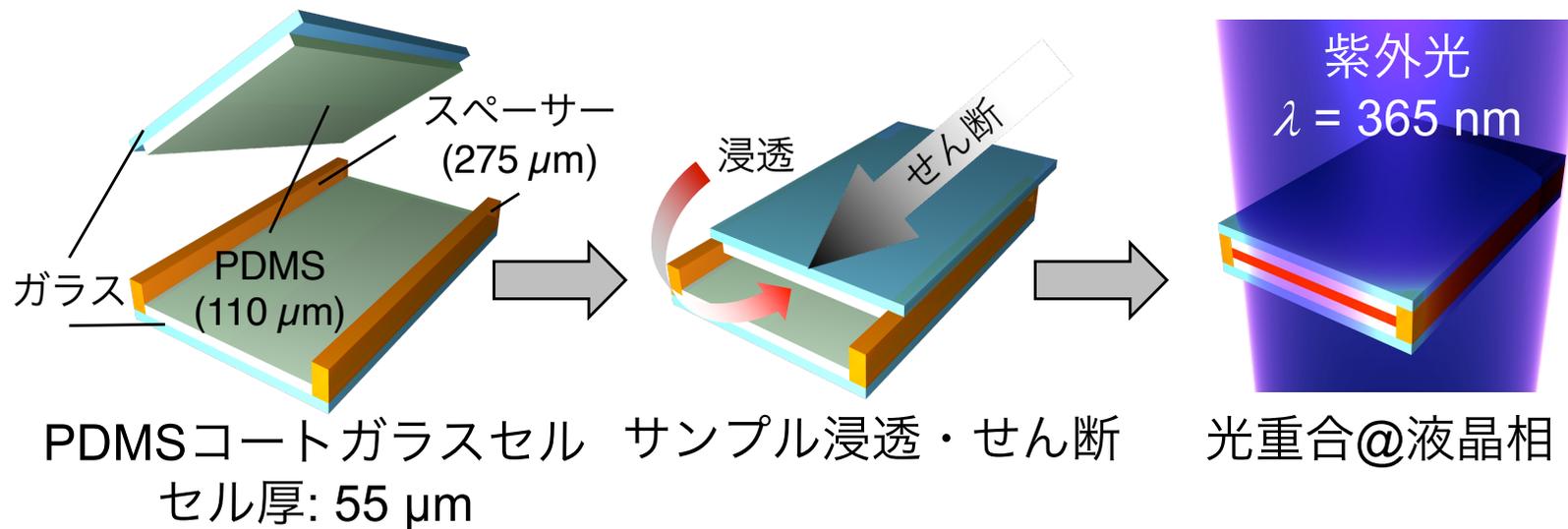
2. らせん軸が面内配向制御されたエラストマーの作製



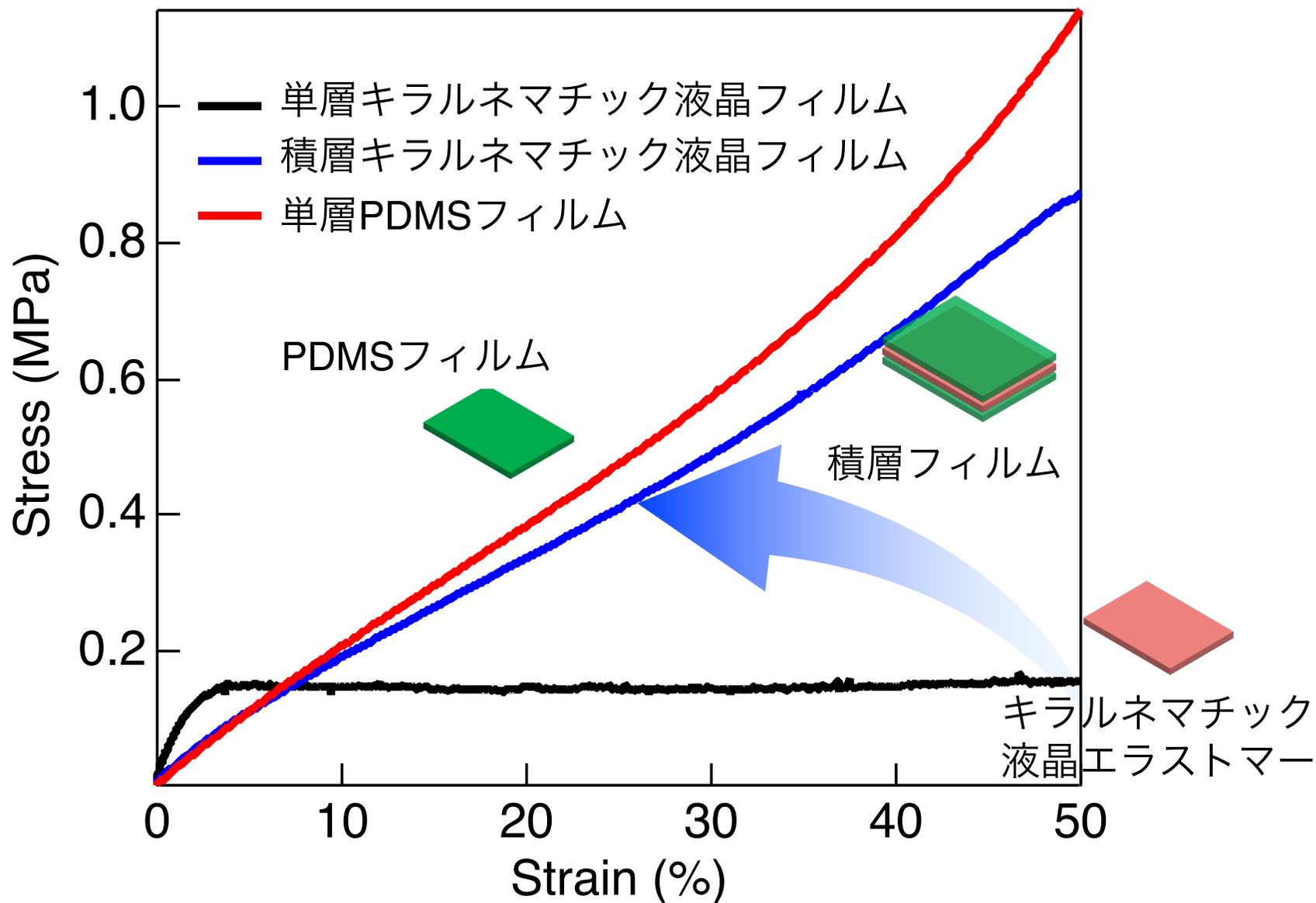
積層型キラルネマチック液晶エラストマーの作製



| | LC | CM | 架橋剤 | 可塑剤 | 光重合開始剤 |
|---------|----|----|-----|-----|--------|
| モノマー混合物 | 60 | 20 | 7 | 20 | 1 |

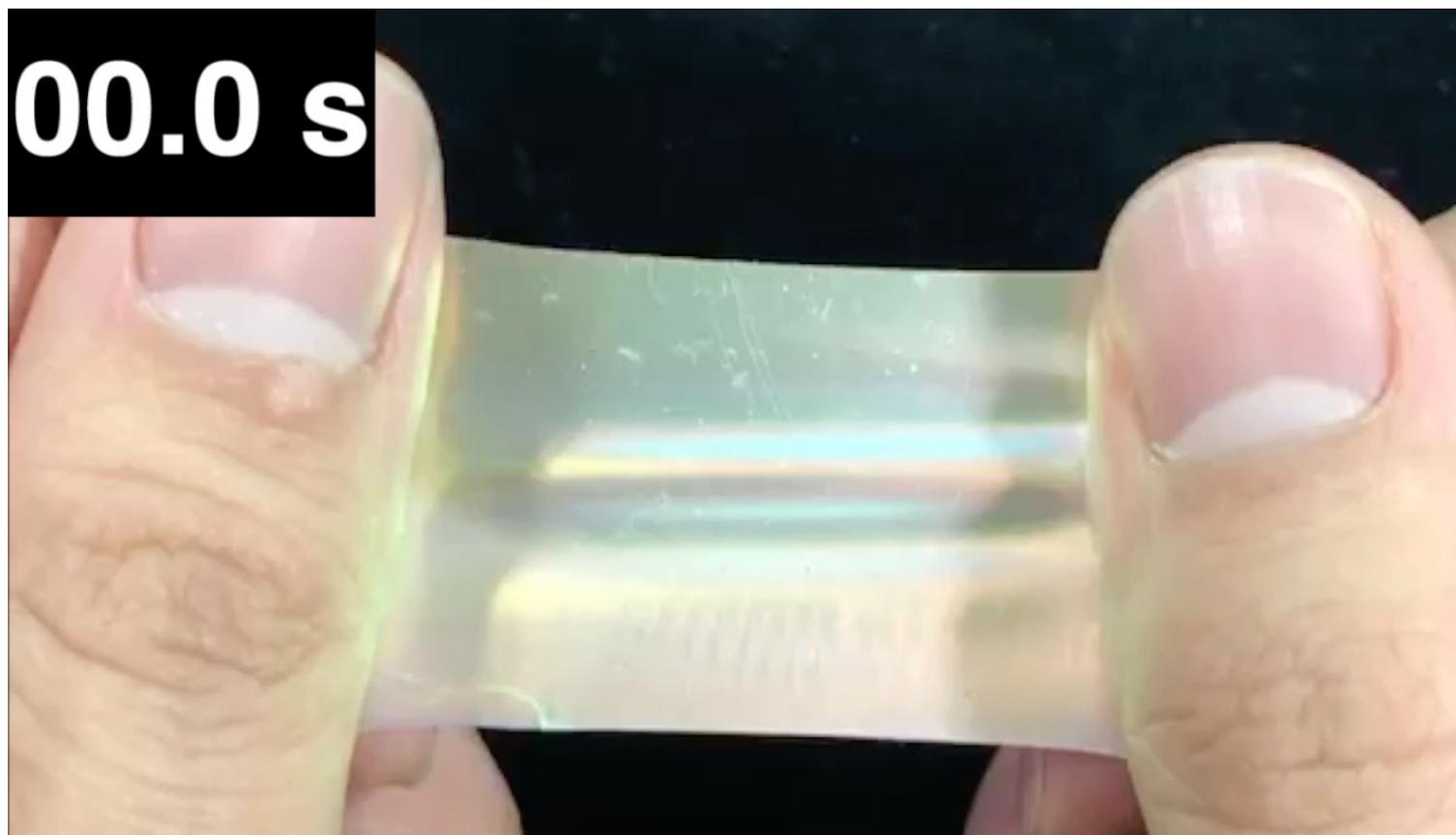


積層型エラストマーの応力ひずみ曲線



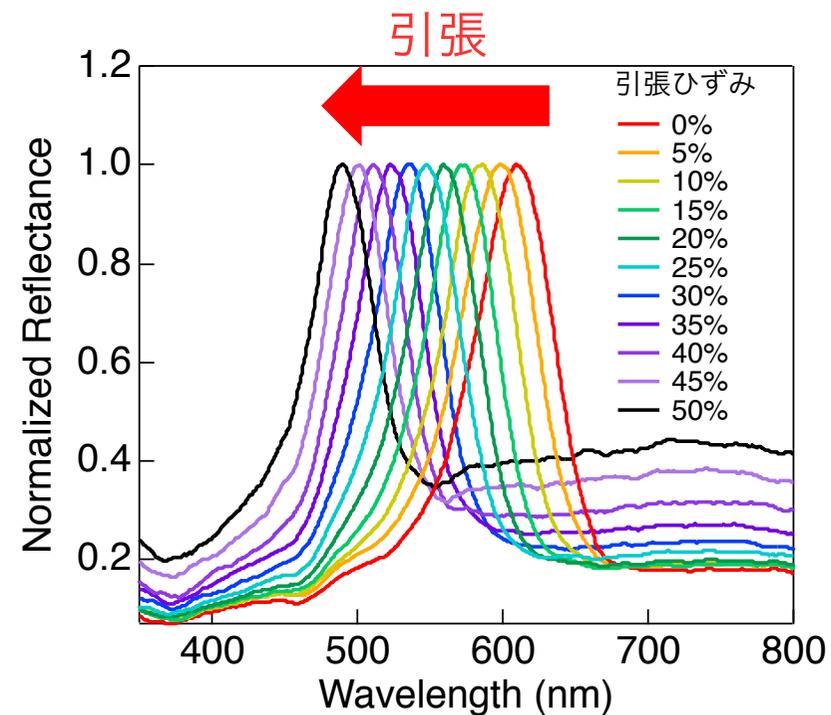
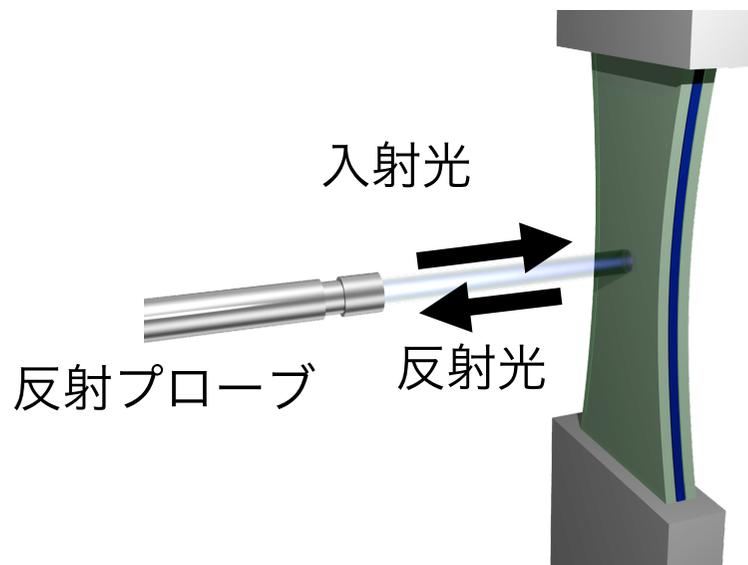
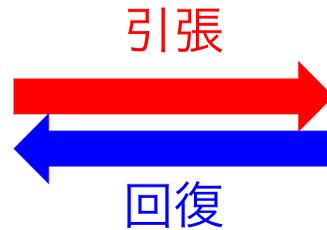
PDMSの積層によりエラストマーがゴム弾性変形を示した

高速応答性キラルネマチック液晶エラストマー



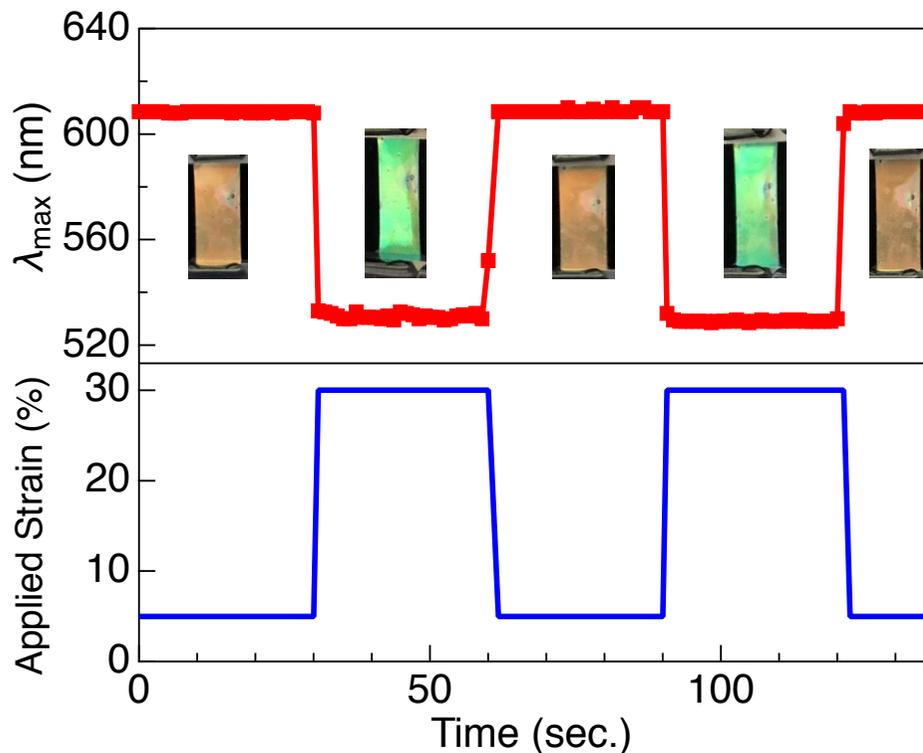
**極めて高速な戻り速度 (< 1 s) を実現
ひずみセンシングなどへの応用が期待される**

エラストマーの反射スペクトル測定

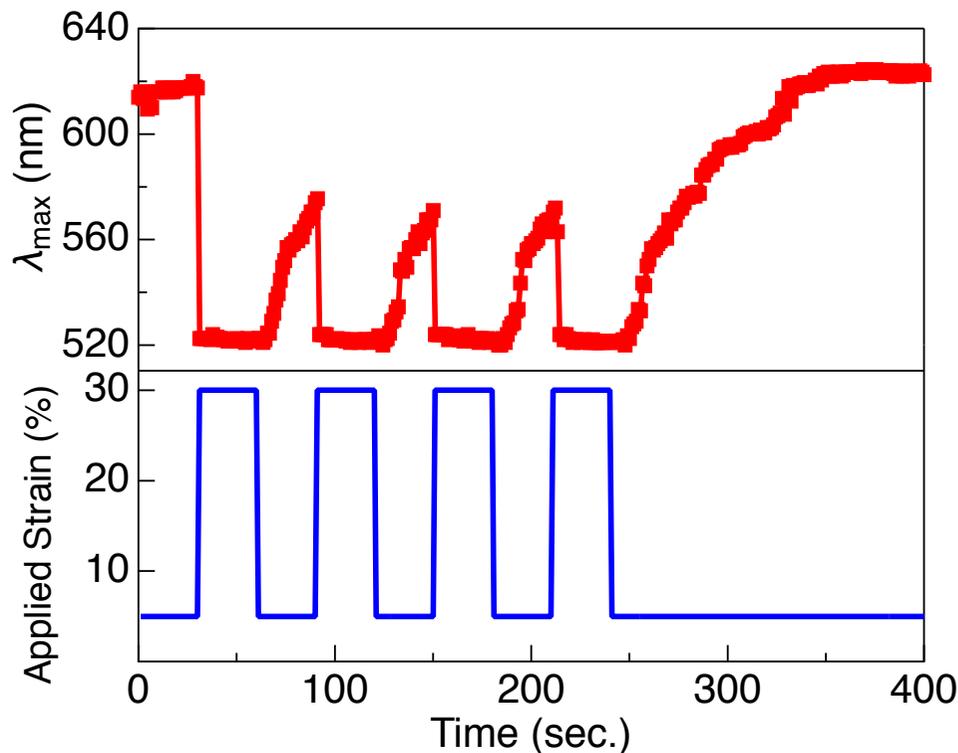


ひずみ増加に応じて反射ピーク波長が短波長シフト

時間分解反射スペクトル測定



積層フィルム

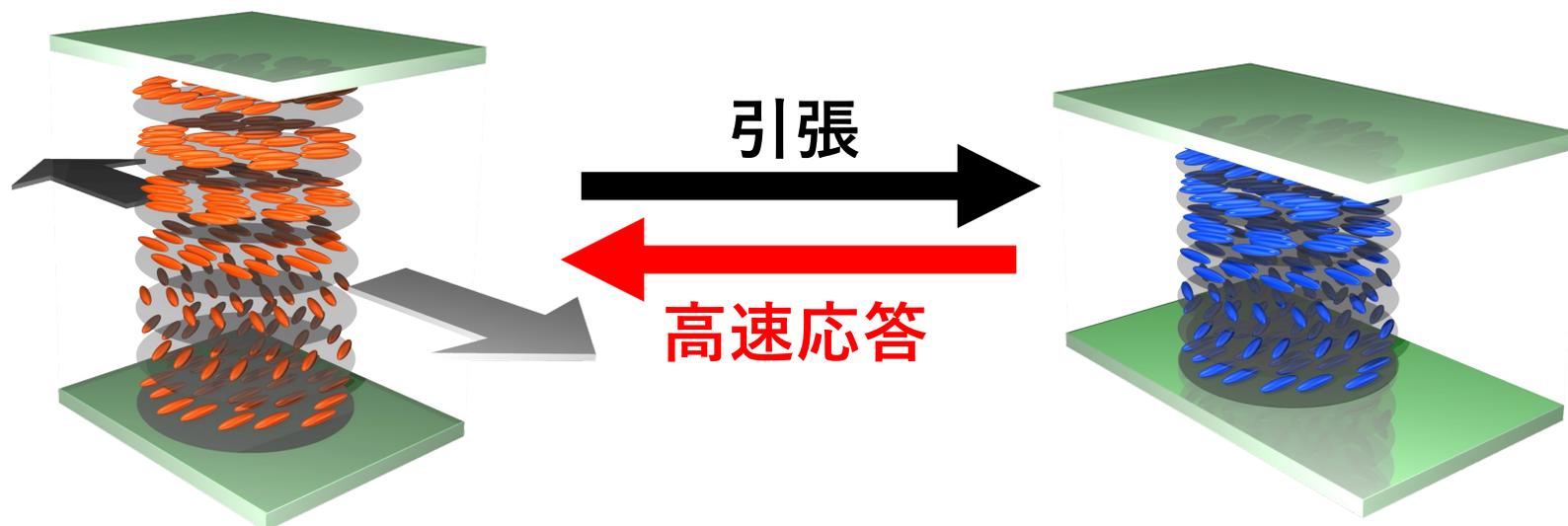


単層キラルネマチック
液晶フィルム

積層フィルムは完全弾性体のような挙動
内部のキラルネマチック液晶フィルムは粘弾性挙動

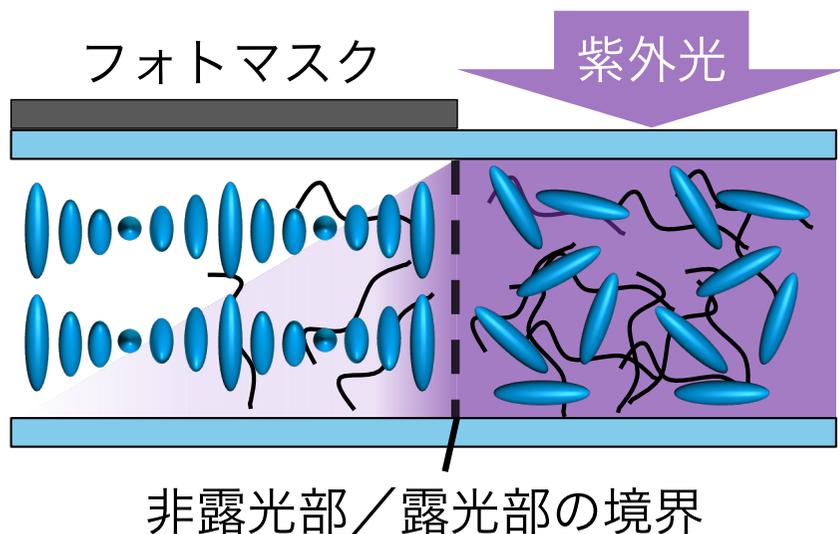
まとめ

- キラルネマチック液晶エラストマーが高速応答 (**< 1 s**)
- 積層された異種材料 (PDMS) が内部のキラルネマチック液晶エラストマーの力学特性を制御
- 分子設計を変えることなく自在な応答性を付与できる

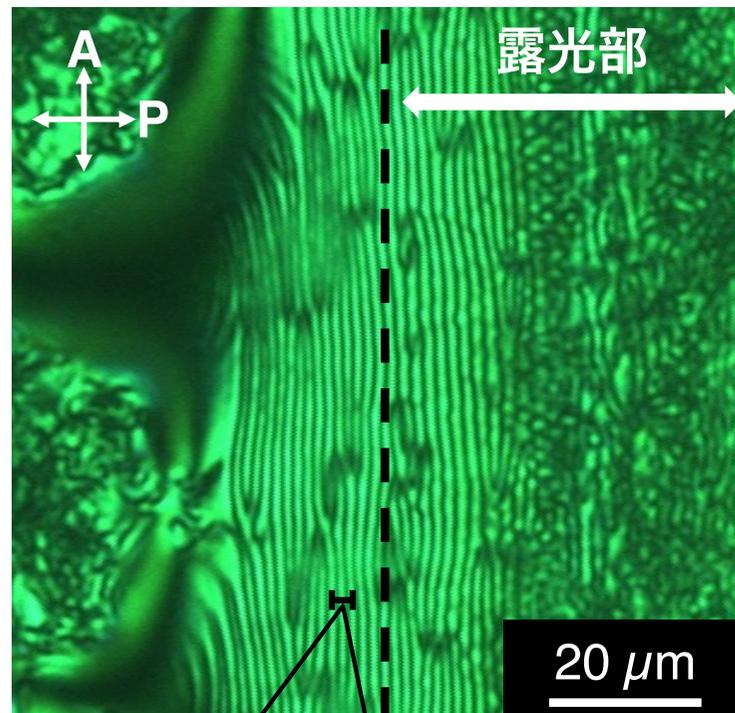


らせん軸の面内配向を制御できる傾斜光重合

傾斜光重合



遮光部 / 露光部の境界付近に
光強度勾配が形成

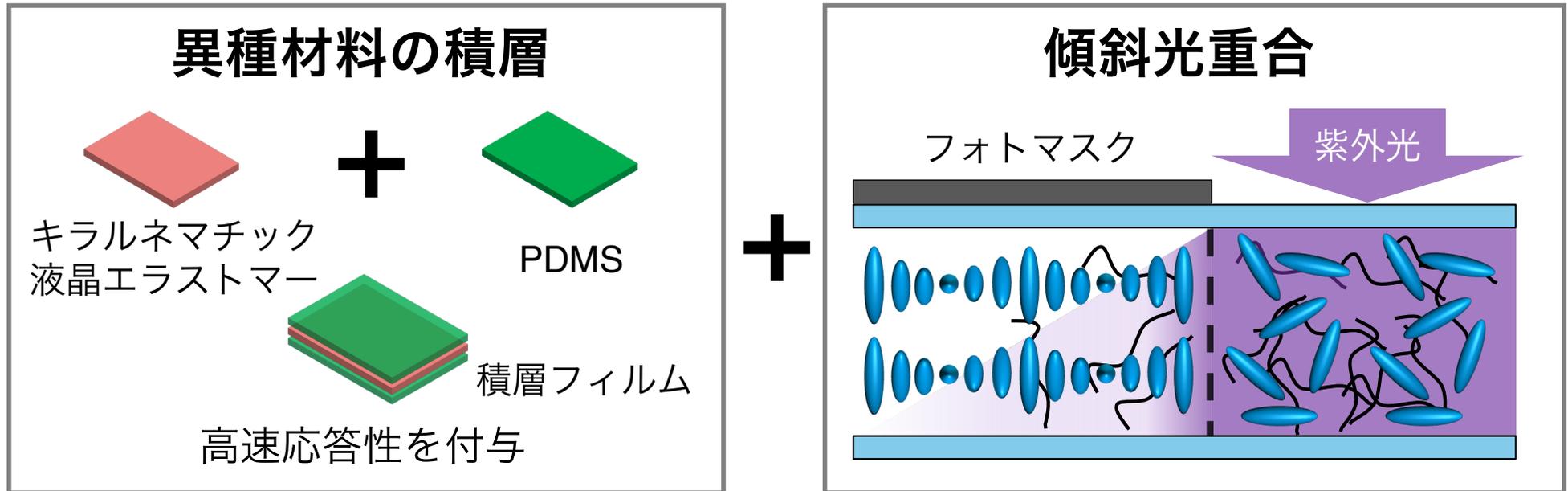


らせん軸の面内一軸配向が形成

Y. Shikata, et al., *Small Structures* 2024 in press.

光強度勾配によりらせん軸の配向方向を規定できる

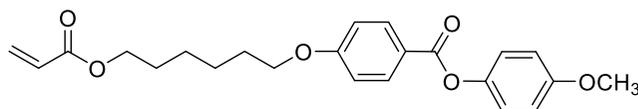
傾斜光重合によるキラル液晶エラストマーの創製



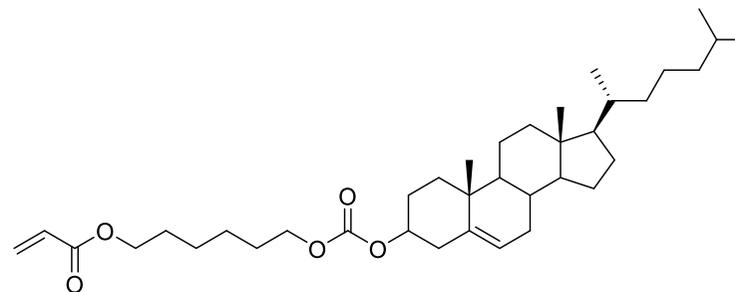
- 面内一軸配向を制御したキラル液晶エラストマーの開発
- 力学刺激により回折特性を制御できる
- 異種材料積層により高速応答かつ可逆的変形を実現

モノマー混合物の作製

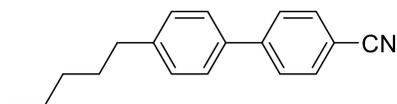
分子構造



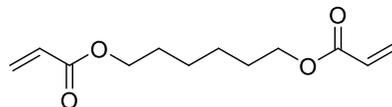
液晶性モノマー (75 mol%)



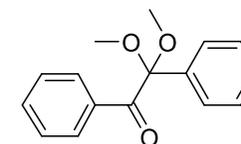
キラル剤 (5 mol%)



可塑剤 (20 mol%)



架橋剤 (1.5 mol%)



光開始剤 (1 mol%)

相転移温度

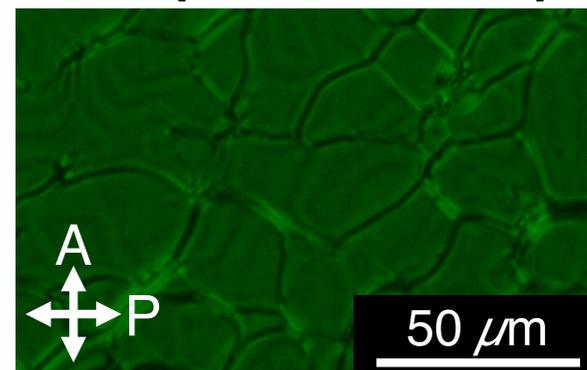
Cooling Cry 25 N* LC 33 Iso

Cry: 結晶相

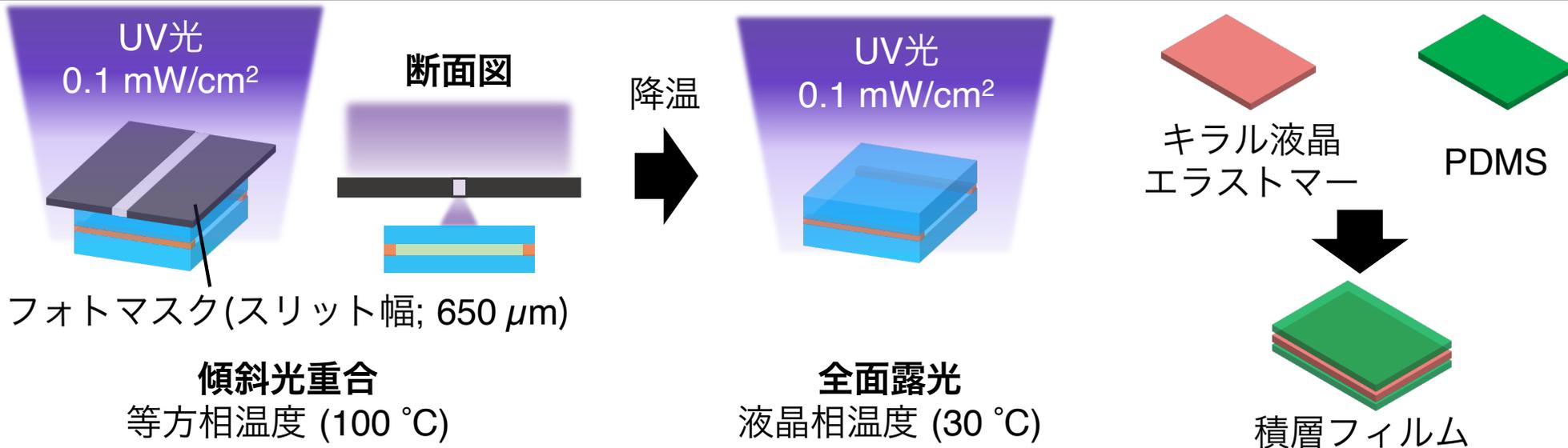
N* LC: キラルネマチック液晶相

Iso: 等方相

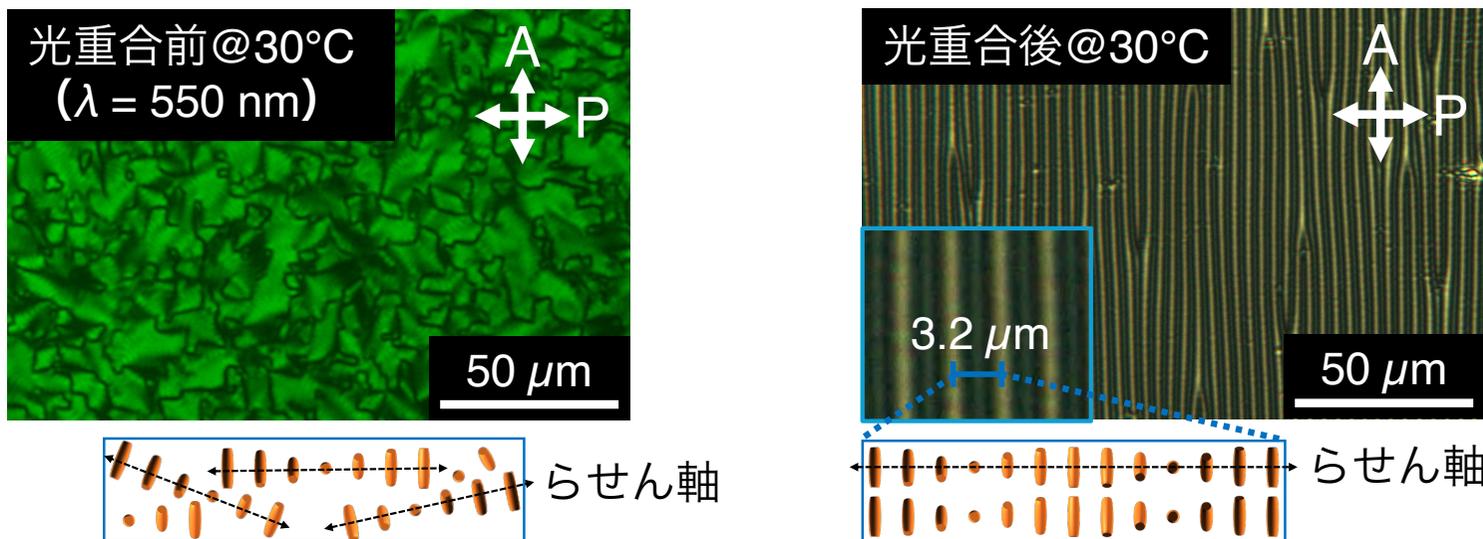
モノマー混合物のPOM画像 @30°C ($\lambda = 550 \text{ nm}$)



傾斜光重合によりらせん軸の面内一軸配向の形成



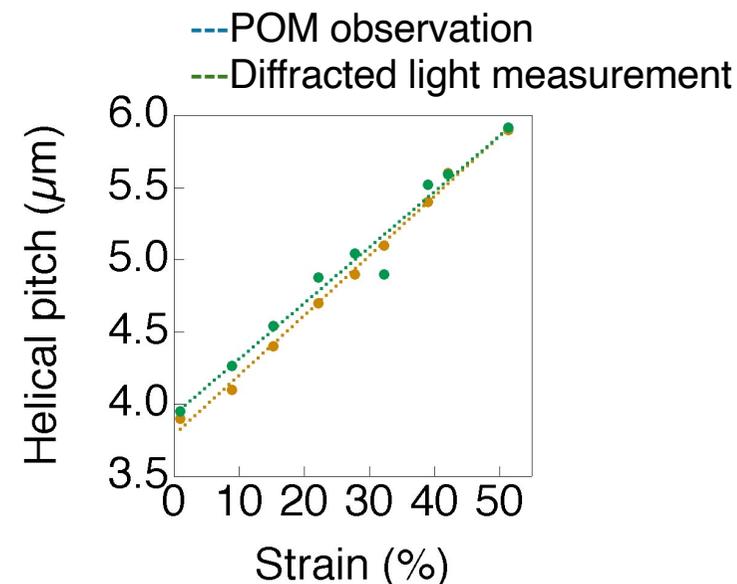
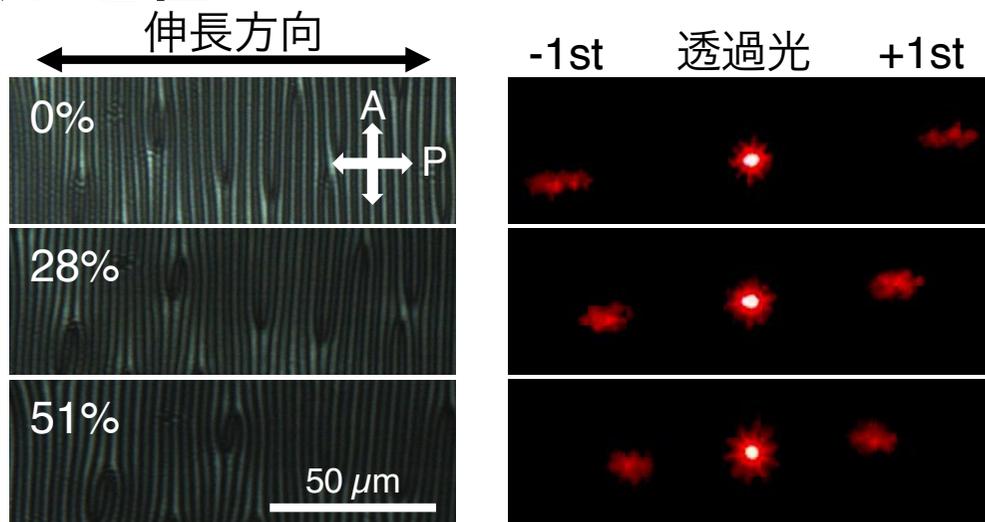
偏光顕微鏡観察



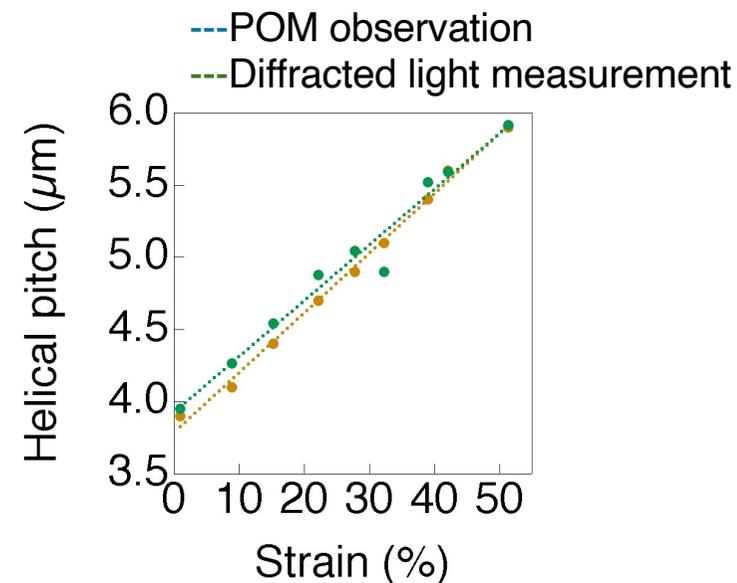
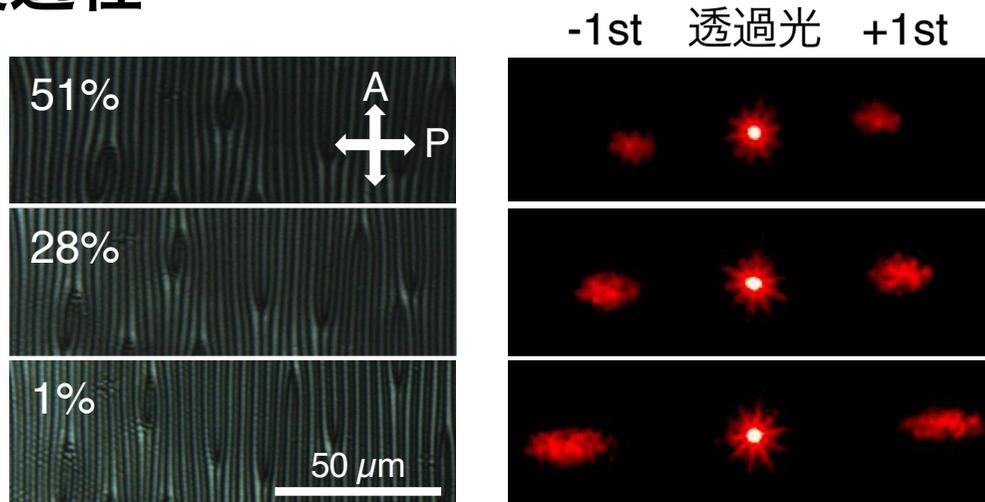
らせん軸の面内一軸配向が形成

一軸延伸に伴う可逆的な回折角の変化

引張り過程



回復過程



力により回折機能を可逆的に制御可能

まとめ

- 傾斜光重合によりエラストマー内でらせん軸の面内一軸配向制御
- ひずみ印加に伴い，回折機能が可逆的に変化
- フレキシブル回折格子への応用が可能

