

平成 30 年 6 月 25 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H03709

研究課題名(和文)階層的静的・動的ヘテロジニティの制御と新奇トポロジカル相転移の創生

研究課題名(英文)Hierarchical Dynamic Heterogeneity and Topological Phase Transitions

研究代表者

山本 潤 (Yamamoto, Jun)

京都大学・理学研究科・教授

研究者番号：10200809

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究構想では、ソフトマテリアルの階層構造中に存在する、異なるスケール3つの構造と運動の状態(静的・動的不均一性)に焦点をあて、上下の空間スケールにある構造と運動との静的・動的な結合の機構を理解する。この理解に基づき、各スケールの静的・動的状態を制御することで、新しい構造やダイナミクスを有する状態を創生(並進自由度がガラス化しているが、回転自由度が融解している「不凍液晶」など)したり、あるいはその起源が理解されていないような状態(並進自由度は融解しているが、メゾ構造の回転自由度のガラス化により誘起される「トポロジカルガラス」など)の構造・ダイナミクスを理解することを可能とする。

研究成果の概要(英文)：I paid attention to structure in hierarchical structure of the soft matter and static & dynamic inhomogeneities in three different scales (micro, meso, macro), relations and combination of the static and dynamic structure in the different space scale of the top and bottom scales. I try to understand the origin of structure and dynamics of the new structure by controlling the static dynamic state of each scale.

研究分野：ソフトマター物理

キーワード：揺らぎ 動的不均一性

## 1. 研究開始当初の背景

ソフトマテリアルの階層構造中には異なるスケールの構造と運動の状態が階層的に存在する。(静的・動的不均一性)に焦点をあて、①マクロなスケールに存在するトポロジカル相状態 ②メゾスケールのナノ界面に分割された各空間内の局所相状態 ③ミクロな分子スケールの自由度の状態に着目して、上下の空間スケールにある構造と運動との静的・動的な結合の機構を理解する。この理解に基づき、各スケールの静的・動的状態を制御することで、新しい構造やダイナミクスを有する状態を創生し、起源が理解されていないような状態の構造・ダイナミクスを理解することを可能とする。この基本概念は、世の中の多くの物質の中に内包される階層的な構造と機能を、最大限に引き出すためのナノ物質設計の基本原則を提供するものである。

## 2. 研究の目的

本研究では、代表者によって原理が考案された「揺らぎ顕微鏡」の試作機を改良し、対象とする以下の新規な物質の設計と創生をターゲットとして、試作された物質の構造とダイナミクスを研究する。その3つのターゲットとは、1.アクティブ DDS シェル B(メゾ) C(ミクロ) 2.トポロジカルガラス A(マクロ) B(メゾ) 3.不凍液晶 C(ミクロ) B(メゾ) である。これらの物質の内部状態には、「分子並進自由度は凍結しながら、配向秩序の回転自由度は融解」のように、これまで見出されていないような新しい構造・ダイナミクスが現れる。このように本研究は、基礎物理学的な観点からだけでなく、アクティブ DDS や、不凍液晶といった、高機能性を有し産業上極めて応用性の高い物質の、設計原理をも提供するものである。

## 3. 研究の方法

以下の項目について3年間継続して実験を行った。結果について4に詳述する。(1). 液晶エマルジョンとアクティブ DDS シェル (2). 超膨潤相と配向相関に関する溶媒効果 (3). 揺らぎ顕微鏡の原理と試作

## 4. 研究成果

### (1). 液晶エマルジョン

「液晶エマルジョン」とは、外部刺激に感応するドラッグデリバリーシステム(DDS)のモデルとしての液晶ナノミセルが本研究の出発点である。液晶ナノミセルを形成する分子は、後に詳述する両親媒性ブロック共重合体である。ブロック共重合体の一方のブロックは親水性のポリエチレンオキシド(PEO)鎖、もう片方は疎水性の側鎖型の液晶高分子(PLC)からできている。このブロック共重合体は、一般の低分子量の界面活性剤と同様に、水溶液中でミセルを形成する。一般のミセルと大きく異なる特徴は、液晶高分子

のブロックがミセルに内包され、液晶状態(ネマチック相)がミセル内のナノ空間において実現される。さらに温度変化により、バルクの液晶同様に、液体(等方)相-液晶(ネマチック)相相転移を示す。そのため、我々はこれを液晶ナノミセルと呼び、温度・圧力・超音波・光照射などにより、薬物の保持・拡散を制御できるアクティブ DDS のモデルとして研究を行ってきた。

### ①. 液晶膨潤ミセル(LCSM)

低分子液晶と両親媒性ブロック共重合体液晶(PEO-PLC)を質量比 $\alpha$ で混合し、アセトン中に溶解させる。このアセトン溶液を約 100°C に保ち、アセトンを蒸発させることで、低分子と PEO-PLC の混合物の薄膜を作成する。その後水を加え 60°C まで加熱した後、2 時間以上攪拌しながら超音波処理を行う。1 つ 1 つの LCSM は光学異方性を有していると期待されるにもかかわらず、偏光顕微鏡を用いて作成した LCSM 水溶液を観察しても、マクロスコピックな光学異方性は存在しない。

### ②. 液晶膨潤ミセル(LCSM)のサイズ制御

水中に分散した界面活性剤が作る通常のミセルの半径は界面活性剤の長さによって決まる。一方で我々が作成した LCSM のコア部は低分子液晶により膨潤されており、界面活性剤の長さよりも大きなミセルが形成されていることが、動的散乱実験により確かめられた。

図 1 に動的散乱実験により得られた LCSM 半径の $\alpha$ 依存性を示す。100nm から 500nm まで連続的に  $r$  が変化する。図 1 中の点線は、式(4)を用いたフィッティング結果を示している。我々の理論モデルの予測は良く実験結果と一致しており、これは単純膨潤モデルに従ってミセルのコア部分が低分子液晶によって膨潤されることを示している。また得られたフィッティング曲線の $\alpha = 0$  における値は、シェル部分の厚み  $d$  に対応しており、約 60nm 程度であることがわかった。

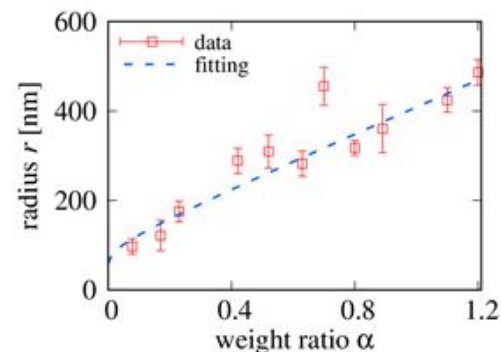


図 1: LCSM 半径  $r$  の質量比  $\alpha$  に対する依存性

### ③. 膨潤コア部に閉じ込められた液晶の相転移とダイナミクス

VH 配置においては偏光解消した散乱光が検出されるため、この VH 配置における平均散乱光強度  $I_{VH}$  は膨潤コア部の低分子液晶の配向秩序を反映している。小さなネマチック液晶滴からの光散乱理論によると、 $I_{VH}$  は液晶の誘電異方

性の2乗( $\Delta\epsilon^2$ )に比例する。また良い近似でネマチック液晶の配向秩序度  $S$  が  $\Delta\epsilon$  に比例するため、 $I_{VH}$  と  $S$  の間には、 $I_{VH} \propto S$  の関係がある。すなわち、偏光消散乱光強度から膨潤コア部に閉じ込められた低分子液晶の配向秩序度を調べることができる。

図2は規格化した光強度  $i_{min}$  は多重散乱及び LCSM のわずかな形状異方性に由来する散乱光強度)の温度依存性を示す。ミセル半径が480nmの場合、昇温に伴い光強度が40.5°C付近で急激に減少する。この温度は、バルクにおける低分子液晶の N-Iso 相転移温度(  $\sim 42^\circ\text{C}$ )と近い温度であるため、光強度の急激な現象はコア部に閉じ込められた低分子液晶の相転移に起因すると考えられる。またバルクにおける N-Iso 相転移を記述する Landau-De Gennes モデルを用いて、得られた  $i(T)$  をフィッティングした。図2中に点線で示したフィッティング曲線は実験結果を良く説明しており、この結果より半径480nmのコア中に閉じ込められた液晶は、バルク状態と同様の1次相転移的な挙動を示すことが明らかになった。

一方でミセル半径が120nmの場合は、 $i$  は連続的に減少し以上の温度まで昇温してもゼロまで到達しない。この結果はミセル半径が小さくなると、コア中に閉じ込められた液晶の相転移の挙動が不連続的なものから連続的なものへ変化することを示している。

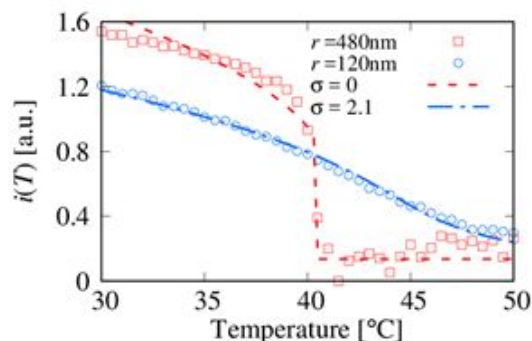


図2:ミセル半径が480nm及び120nmの場合の  $i(T)$  を示す。点線及び破線はKKLZモデルにおける自由エネルギーを最小化する  $s$  を用いてフィッティングした結果である。

#### ④. 液晶膨潤ミセルのダイナミクス

前章では VH 配置において散乱光強度の平均値を測定し性的な性質(相転移)を調べたが、散乱光強度の時間自己相関関数を測定することで、LCSM のダイナミクスについての知見が得られる。特に VH 配置で実験を行うと、光学異方性を有する散乱体のダイナミクスを取り出すことができる。図3に LCSM の VH 配置における自己相関関数を示す。

実験は、温度  $30^\circ\text{C}$ 、 $\alpha = 0.28$  で行った。得られた自己相関関数には単一の緩和ではなく、0.1ms 程度の速い緩和と、10ms 程度の遅い緩和の2段階の緩和が見られた。これは時間スケールの異なる2種類のダイナミクスが系に共存していることを示している。速い緩和時間は、バル

クにおける低分子液晶の配向揺らぎの特徴的な時間( $\sim 0.1$ -1ms)と一致しており、この速い緩和モードはコア部に閉じ込められた液晶の配向揺らぎの緩和モードである。一方で、遅い緩和時間はミセルの並進運動の特徴的な時間( $\sim 10$ ms)と近い値である。光散乱の理論によると、光学異方性を有するミセルが水中で並進・回転運動すると自己相関関数に緩和が生じる。すなわち、遅い緩和モードはミセル並進・回転の緩和モードであると示唆される。

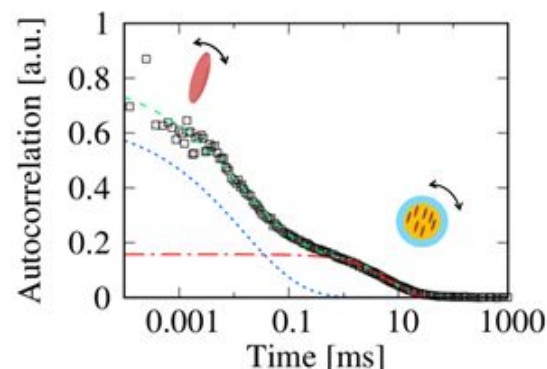


図3: LCSM の VH 配置における自己相関関数: 2つの指数関数で実験結果をフィッティングし(緑線)、それぞれ速い緩和(青線)と遅い緩和(赤線)に分離して示した。

#### (2). 超膨潤スメクチック相における C-director の配向相関に対する溶媒効果

①. 超膨潤スメクチック相 近年、フッ素化アルキル鎖を持つ温度転移型のス멕チック液晶に対し、フッ素オイルを混合した系において、フッ素オイルが層間に局在して、層間隔が3倍程度も膨潤した”超膨潤スメクチック液晶”が報告された。この系は、濃度転移型(ラメラ相)と同様に、分子間の非相溶性によるマイクロ相分離が主たる発現起源であると予想され、層間に局在化したフッ素油の層が、隣接層間における液晶分子の直接的な衝突を阻害していると考えられる(図4左)。一方で、温度転移型液晶の発現起源は、異方性形状を持つ分子の直接衝突による、排除体積相互作用であり、超膨潤状態では、隣接層間で分子の傾く方位(C-director)を伝達する2軸性の分子間相互作用は強く弱められると考えられる。しかし、実際には SmC 相を示すシュリーレン構造が偏光顕微鏡観察により観測され、その起源は未解明である(図4右)。

本研究の目的は、動的散乱測定により、C-director の配向相関の伝達力をより直接的に反映するツイスト弾性定数の溶媒濃度依存性を測定し、この”超膨潤スメクチック液晶”において、C-director の配向相関の伝達に対する溶媒効果を実験的に明らかにすることである。フッ化アルキル鎖を持つスメクチック液晶 11-(4'-cyanobiphenyl-4-yloxy) undecyl pentadecafluorooctanoate(BI) にフッ素オイル 2H-perfluoro-5,8,11,14-tetramethyl-3,6,9,12,15-pentaoxaoctadecane を溶媒として 0wt%~50wt% 加え、各濃度の膨潤 SmC 相試料を作製した。

C-director 揺らぎに起因する光散乱を観測し、その緩和時間の散乱角依存性(分散関係)を各溶媒濃度で測定した。このとき、散乱ベクトルを平板ガラスの面に対して常に垂直にすることで、ツイストモードの C-director 揺らぎを観測し、ツイスト弾性定数  $B_3$  と回転粘性係数  $\gamma$  の比  $B_3/\gamma$  を求めた。

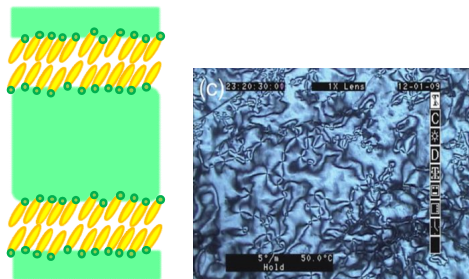


図 4 (i) Schematic drawing of a hyper swollen smectic C liquid crystal, and (ii) Microphotograph in SmC of BI mixed with 66.6wt% perfluorinated oil.

## ②. 超膨潤スメクチック相における C-director の揺らぎのダイナミクス

動的散乱法により C-director の揺らぎの分散関係を測定し、溶媒濃度依存性を求めた結果を図 5 に示す。

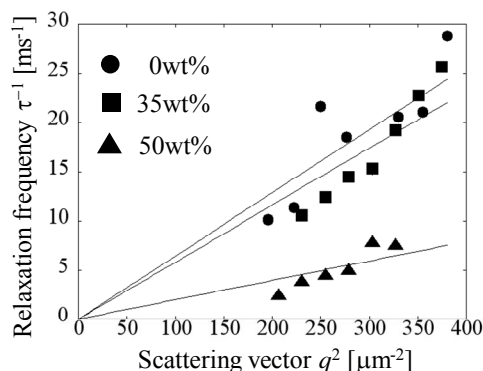


図 5 Dispersion relations for the twist mode of C-director in the mixtures containing 0wt%, 35wt% and 50wt% solvent.

緩和周波数は波数の 2 乗にほぼ比例しており、流体力学的構成方程式から導かれるツイストモード(拡散モード)の分散関係、 $\tau^{-1}=B_3q^2/\gamma$  をよく満たしていることがわかる。この傾きから  $B_3/\gamma$  を求めた結果、溶媒濃度 35wt% においては、純粋な BI に比べて  $B_3/\gamma$  がほとんど変化していないのに対して、溶媒濃度 50wt% では著しく低下する結果が得られた。以前の研究で、強誘電性液晶に直鎖型アルカンを混合した膨潤 SmC\* 相を用いて、溶媒添加により粘性係数  $\gamma$  が低下する結果を得ており、本超膨潤相においても同様に粘性係数  $\gamma$  が低下すると予想される。つまり、溶媒濃度 50% での  $B_3/\gamma$  の低下はツイスト弾性定数  $B_3$  の低下に起因するものと考えられる。

次に、 $B_3/\gamma$  の濃度依存性の結果を図 6 に示す。横軸は、フッ素油混合系における BI の体積分率の逆数であり、溶媒が層間に強く局在する 1

次元な膨潤状態では、膨潤率に等しい。このことから、横軸は純粋な BI 分子の作るスメクチック相の層間隔を 1 とした場合の膨潤状態の層間隔の比に対応する。Fig.3 から明らかなように、 $B_3/\gamma$  は膨潤率があるしきい値(1.7 程度)を越えると急激に低下することが示された。以上の結果から、ツイスト弾性定数  $B_3$  は、あるしきい値以上の層の膨潤により、顕著なソフトニングを起こすことが確認された。これは、“超膨潤スメクチック液晶”において、層間に挿入された溶媒が、液晶分子の直接衝突を阻害し、層間の配向相関を担う排除体積相互作用を弱めていることを示した実験結果であると理解できる。

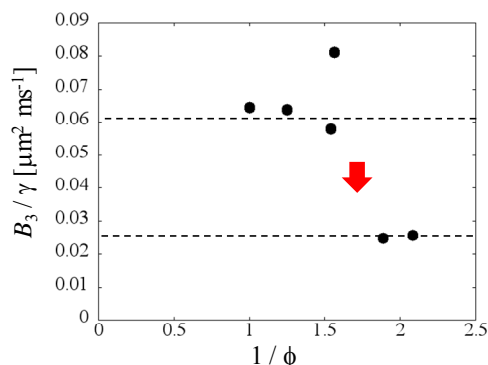


図 6 The dependence of  $B_3/\gamma$  on the volume fraction of BI with various mixing ratio of perfluorinated oil.

## (3). 揺らぎ顕微鏡の原理と試作

①. ガラス転移 ガラス物質中の「動的不均一性」は近年の物性物理学における最もホットなトピックの一つとなっている。動的不均一性とは分子が動きやすい場所と動きにくい場所が現れ、それぞれの場所が不均一に分布するという現象であり、ソフトマターにおける様々な系でその存在が確認されている、大変興味深い現象の一つである。

②. 揺らぎ顕微鏡の原理 動的散乱法を 2 次元に拡張した揺らぎ顕微鏡装置の原理図を図 1 に示す。試料上の各点において、散乱される光は、それぞれ CCD カメラの各ピクセルに結像させる。高速 CCD カメラを用いて各ピクセル上での散乱光強度を高速にサンプリングし、ピクセル毎の散乱光の自己相関関数を計算する。この自己相関関数の緩和時間、および散乱光の絶対強度を、試料上の各点において画像化することで、試料空間上の動的不均一性を可視化するというものである。

③. 揺らぎ顕微鏡の試作 本研究で試作した揺らぎ顕微鏡を用いて、「揺らぎの空間分布 (= 動的不均一性)」の可視化を検証するため、巨視的には等方相だが、ミセルのブラウン運動により 100msec 程度の揺らぎを示す液晶ナノミセル水溶液を用いて 2 つの実験を行った。この液晶ナノミセル水溶液を封入した光学セル上に金属膜を蒸着したマスクを重ねた試料を測定した。

さらに、この液晶ナノミセル溶液を純粋な水に滴下した後の様子を、連続像として観察し、液晶ナノミセル水溶液の沈降と拡散による、試料中の揺らぎの空間分布の時間変化を測定した。

④. 揺らぎの空間分布の可視化 マスクを重ねた液晶ナノミセル水溶液を測定した結果を図 7 に示す。中央は、時間平均散乱光強度の 2 次元分布像であり、青～緑～赤の順に散乱光強度が強くなる。右側の図は揺らぎの緩和時間の 2 次元分布像であり、青～緑～赤の順で遅くなる。周辺部のマスクされていない領域では、液晶ナノミセルの並進拡散による揺らぎが、それぞれ強度と緩和時間の 2 つの物理量の空間像として観測できている。すなわち、マスクを用いて疑似的に作り出された動的不均一性の空間変化をゆらぎ顕微鏡によって可視化することができたといえる。また試作機の空間解像度が約 30 $\mu\text{m}$  であると評価した。

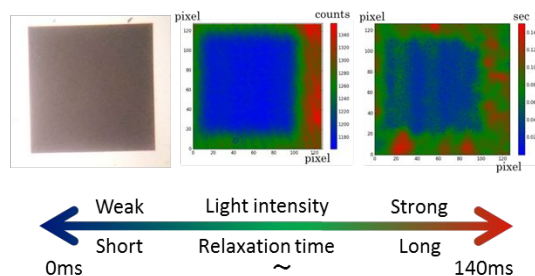


図 7 Left: a real image of a used metal mask. Center: a Average scattered light intensity profile. Right: a relaxation time profile.

純粋な水中に液晶ナノミセル溶液を滴下した様子を、滴下後 3 分毎に観測した。ミセル濃度の高い領域では強い散乱光を示すので、左側の時間平均散乱光強度分布から、滴下された液晶ナノミセル液滴が沈降・拡散しながら、時間変化する様子を観測できた。一方、右側の緩和時間には、100msec 程度の揺らぎの空間分布が観測され、この揺らぎは、液晶ナノミセルのブラウン運動に起因する並進拡散モードと一致し、その空間分布と時間変化を測定することにも成功した。

参考文献：

##### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 16 件)

1) Kanako Hata, Yoichi Takanishi, Isa Nishiyama and Jun Yamamoto, Softening of twist elasticity in the swollen smectic C liquid crystal, Euro. Phys. Lett., 査読有, 120, 56001(5P) (2017). DOI: 10.1209/0295-5075/120/56001.

2) Haruna Sasaki, Yoichi Takanishi, Jun Yamamoto, and Atsushi Yoshizawa, Photo-Driven Chirality Switching in a Dark Conglomerate Phase of an Achiral Liquid Crystal Trimer, ChemistrySelect, 査読有, 3, 3278-3283(2018). DOI: 10.1002/slct.201800067

3) Haruna Sasaki, Yoichi Takanishi, Jun Yamamoto and Atsushi Yoshizawa, Achiral flexible liquid crystal trimers exhibiting gyroid-like surfaces in chiral conglomerate phases, Soft Matter, 査読有, 13, 6521-6528 (2017). DOI: 10.1039/c7sm01499f

4) Takashi Sasaki, Yoichi Takanishi, Jun Yamamoto and Atsushi Yoshizawa, A frustrated phase driven by competition among layer structures, Soft Matter, 査読有, 13, 5194-5203, (2017). DOI: 10.1039/c7sm01090g

5) Ryoko Shimada, Hitomi Sakai, Jun Yamamoto, Hiroshi Watanabe, Creation of large, periodic temperature gradient via plasmonic heating from mesoscopic planar lattice of metal domains, Int. J. Therm. Sci., 査読有, 118, 247-258(2017). DOI: 10.1016/j.ijthermalsci.2017.04.022

6) 液晶秩序中のフラストレーションと粘弾性ダイナミクス、山本 潤、液晶、査読有、20、4-18(2016).

7) Min Jae Kim, Ji Hyun Park, Jun Yamamoto, Youn Sang Kim and Giusy Scalia, Electro-optic switching with liquid crystal graphene, Phys. Status solidi RRL, 査読有, 10, 397-403(2016). DOI: 10.1002/pssr.201600038

8) Shinji Bono, Yoichi Takanishi and Jun Yamamoto, Effects of layer order on the mobility of mesogenic molecules in SmA liquid-crystalline emulsions, Europhys. Lett., 査読有, 113, 56004 (5P) (2016). DOI: 10.1209/0295-5075/113/56004

9) Haruna Sasaki, Yoichi Takanishi, Jun Yamamoto and Atsushi Yoshizawa, Achiral flexible liquid crystal trimers exhibiting chiral conglomerates, Soft Matter, 査読有, 12, 3331-3339 (2016). DOI: 10.1039/c5sm02969d

(10) Ji Hyun Park, Kyung Ho Kim, Yoichi Takanishi, Jun Yamamoto, Yung Woo Park, Youn Sang Kim and Giusy Scalia, Self-assembling of molecular nanowires for enhancing the conducting properties of discotic liquid crystals, Proc. SPIE, 9558, Nanostructured Thin Films VIII, 95580R. 査読有, DOI: 10.1117/12.2188078

11) Ewa Gorecka, Natas Vaupotic, Anna Zep, Damian Pocięcha, Jun Yoshioka, Jun Yamamoto, and Hideo Takezoe, A Twist-Bend Nematic (NTB) Phase of Chiral Materials, Angew. Chem. 査読有, 127, (2015) 10293-10297. DOI: 10.1002/anie.201502440 10.1002/ange.201502440.

12) Atsushi Yoshizawa, Yusuke Kato, Haruna Sasaki, Yoichi Takanishi and Jun Yamamoto, Chiral conglomerates observed for a binary mixture of a nematic liquid crystal trimer and 6OCB, Soft Matter, 査読有, 11, 8827-8833 (2015). DOI: 10.1039/c5sm02121a

13) S. Bono, M. Yokoyama, Y. Takanishi and J. Yamamoto, The effect of the liquid-crystalline order on releasing dye molecules from liquid-crystalline nanoemulsions, Mol. Cryst. Liq.

Cryst., 査読有, 610, 157-162 (2015). DOI:10.1080/15421406.2015.1025625  
14) H. Sasaki, Y. Takanishi, J. Yamamoto, and A. Yoshizawa, Supermolecular Bent Configuration Composed of Achiral Flexible Trimers Exhibiting Chiral Domains with Opposite Handedness, J. Phys. Chem. B, 査読有, 119, (2015) 4531-4538. DOI: 10.1021/jp512710r  
15) M. Murase, Y. Takanishi, I. Nishiyama, A. Yoshizawa and J. Yamamoto, Hyper Swollen Perfluorinated Smectic Liquid Crystal by Perfluorinated Oils, RSC Adv, 査読有, 5 (2015) 215-220. DOI: 10.1039/C4RA12938E  
16) S.Bono, Y. Takanishi and J. Yamamoto, Isotropic-to-nematic phase transition of liquid crystals confined in nanoemulsion droplets, Euro. Phys. Lett., 査読有, 109, (2015) 26004(4P). DOI: 10.1209/0295-5075/109/26004

〔学会発表〕(計 17 件)ただし、研究代表者の招待講演および国際会議での口頭講演に限る。

#### 招待講演 (計 14 件)

1) Jun Yamamoto, Design and realization of the slippery interfaces for low voltage driving of fast ferroelectric liquid crystal, Collaborative Conference on 3D & Materials Research (CC3DMR) 2015 BEXCO, Busan, South Korea 2015/6/18.  
2) Jun Yamamoto, Slippery Interfaces - Low driving voltage and ultra-fast switching for DH-FLC mode, The 15<sup>th</sup> International Meeting on Information Display (IMID), 2015, EXCO, Daegu, South Korea 2015/8/20.  
3) 山本 潤, 液晶秩序とフラストレーション、2015 年 日本液晶学会討論会、東京工業大学 すすかけ台キャンパス (神奈川) 2015 年業績賞受賞講演、2015/9/8.  
4) Jun Yamamoto, Phantasmagoric Liquid Crystal, 8th Japanese-Italian Liquid Crystal Workshop, Kyoto International Conference House, Kyoto, Japan, 2016/7/5-7.  
5) Jun Yamamoto, Slippery Interfaces, 6th Workshop on Liquid Crystals for Photonics, Jpzef Stefan Institute, Ljubljana, Slovenia, 2016/9/14-16  
6) 山本 潤, Slippery Interfaces、ソフトマター研究会、北海道大学、2016/10/24-26.  
7) Jun Yamamoto, Slippery interfaces for the reduction of the driving voltage, CBNU-CREST Workshop, Chonbuk University, Korea, 2016/11/25.  
8) Jun Yamamoto, ソフトマターの階層構造とゆらぎ、学振 181 委員会講演会、東京大学、2016/12/2-3.  
9) Jun Yamamoto, Waki Sakatsuji, Isa Nishiyama, Vertical Slippery Interfaces - Lubrication of intra and inter helix C-director rotation motions, SPIE-Opto 2017, San Francisco, U.S.,

2017/1/28-2/2.

10) Jun Yamamoto, "Slippery Interfaces - Reduction of driving voltage of LCD by lubrication-, 3rd Asian Liquid Crystal Conference, ACLC2017, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan, 2017/2/13-15.  
11) Jun Yamamoto, Slippery Interface, ISNME 2017, 大阪工大・梅田キャンパス, 2017/6/10.  
12) Jun Yamamoto, Slippery Interfaces -dynamics of director and helix rotations-, Multi Scale Phenomena, Krakow, Poland, 2017/7/3-6  
13) Jun Yamamoto, Nano slippery interfaces in nematic gels -localization & lubrication of director motions- (Plenary), SPIE 2017, San Diego, U.S., 2017/8/6-10.  
14) Jun Yamamoto, Critical phenomena near continuous isotropic-nematic transition driven by shape transformation of micelles, OLC2017, Guaruja, Brazil, 2017/9/24-29

#### 国際会議口頭講演 (計 4 件)

1) Jun Yamamoto, Slippery Interfaces -Low driving voltage and ultra-fast switching for DH-FLC mode-, 15th International Conference on Ferroelectric Liquid Crystals(FLC-15), Prague, Czech Republic, 2015/7/30.  
2) Jun Yamamoto, Low voltage driving and ultra-fast switching of SmC\* on the slippery interfaces -Dynamics of C director in the intra and inter helix deformations-, 16th Optics of Liquid Crystals OLC2015, Sopot, Poland, 2015/9/14.  
3) Jun Yamamoto, Spontaneous slippery interface created by the interface melting effect, SPIE OPTO 2016, Moscone Center, San Francisco, United States, 2016/2/17.  
4) Jun Yamamoto, Waki Sakatsuji, Isa Nishiyama, Slippery Interfaces, -localization and lubrication of director rotations-, Liquid Matter 2017, Lubljana, Slovenia 2017/7/16-21.

#### 6 . 研究組織

(1)研究代表者

山本 潤 (Yamamoto Jun)

京都大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号 : 10200809