

## 先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 実績報告書

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	キラル液晶の動的交差相関:機構解明とエネルギー変換デバイスの作製
研究機関・ 部局・職名	早稲田大学・理工学術院・教授
氏名	多辺 由佳

1. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

2. 収支の状況

(単位:円)

	交付決定額	交付を受けた額	利息等収入額	収入額合計	執行額	未執行額	既返還額
直接経費	103,000,000	103,000,000	0	103,000,000	83,762,042	19,237,958	0
間接経費	30,900,000	30,900,000	0	30,900,000	30,900,000	0	0
合計	133,900,000	133,900,000	0	133,900,000	114,662,042	19,237,958	0

3. 執行額内訳

(単位:円)

費目	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	合計
物品費	5,953	7,076,234	17,853,718	46,115,115	71,051,020
旅費	0	424,250	747,718	1,894,798	3,066,766
謝金・人件費等	90,217	39,600	1,427,544	6,507,593	8,064,954
その他	0	798,078	162,315	618,909	1,579,302
直接経費計	96,170	8,338,162	20,191,295	55,136,415	83,762,042
間接経費計	0	8,631,750	7,287,000	14,981,250	30,900,000
合計	96,170	16,969,912	27,478,295	70,117,665	114,662,042

4. 主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関名
ディレイユニット	PicoStar用PS Delay Unit	1	1,260,000	1,260,000	2011/6/14	早稲田大学
高圧電源	HAR-120No.25	1	678,300	678,300	2011/11/21	早稲田大学
デジタルコリレータ内臓コントロールユニット	ALV/LSE-5004	1	3,885,000	3,885,000	2012/3/26	早稲田大学
アバランシュフォトダイオード	Dual ALV-High QE APD	1	4,725,000	4,725,000	2012/4/9	早稲田大学
落射顕微鏡	BX51M-N23MUS	1	1,334,340	1,334,340	2013/2/14	早稲田大学
高速拡大撮影システム	SA2-WTP	1	9,937,200	9,937,200	2013/2/27	早稲田大学
UV照射装置	SP9-250DB	1	945,000	945,000	2013/6/10	早稲田大学
光学顕微鏡用デジタルカメラ	014102-037-26	1	510,720	510,720	2013/6/13	早稲田大学
蛍光・偏光顕微鏡システム	BX851-FL/P	1	2,567,565	2,567,565	2013/6/27	早稲田大学
対物レンズ	CFI Apo TIRF 100xH oil	1	893,025	893,025	2013/9/26	早稲田大学
試料冷却加熱ステージ式	10084	1	2,608,200	2,608,200	2013/10/17	早稲田大学
Optical Trapping Kit	metric	1	1,730,137	1,730,137	2013/10/25	早稲田大学
PC(一体型)	特注	2	706,650	1,413,300	2013/11/1	早稲田大学
特注レーザー導入ユニット	特注	1	790,780	790,780	2013/11/18	早稲田大学
冷却加熱ステージ	10014	1	2,173,500	2,173,500	2013/12/9	早稲田大学
LD励起個体レーザーシステム	Opus532-2000WU	1	1,781,535	1,781,535	2014/1/7	早稲田大学
ファイバマルチチャンネル分光システム	USB4000	1	768,075	768,075	2014/2/13	早稲田大学
LD励起個体レーザーシステム	Excel532-2WU	1	2,137,842	2,137,842	2014/2/20	早稲田大学
小型個体レーザー	DTL-319QT-100	1	1,638,000	1,638,000	2014/3/6	早稲田大学
共焦点レーザー顕微鏡システム一式	C2+	1	12,600,000	12,600,000	2014/3/10	早稲田大学

5. 研究成果の概要

## 様式20

微小な熱流や気体流の透過によって一方に回転するキラル液晶滴・キラル液晶膜を作製し、熱から回転運動エネルギーへの変換効率 $100 \text{ (rad/sec)/(K}\cdot\text{m)}$ を達成した。さらに回転の3つのモード、分子の方向回転(配向回転)・分子重心の一方移動・サンプル全体の剛体回転を、試料の境界条件・粘弾性・試料を透過するポテンシャル流量という3つのパラメータを制御することで切り替えられることを、実験と流体力学理論の両方で明らかにした。これらの結果により、キラル液晶の熱回転素子・モーター・温度センサーとしての新しい応用を示した。

課題番号	GR089
------	-------

## 先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 研究成果報告書

本様式の内容は一般に公表されます
------------------

研究課題名 (下段英語表記)	キラル液晶の動的交差相関:機構解明とエネルギー変換デバイスの作製
	Dynamical cross effect in chiral liquid crystals: Mechanism and applications to energy-transfer devices
研究機関・部局・ 職名 (下段英語表記)	早稲田大学・理工学術院・教授
	Waseda University, Faculty of Science & Engineering, Professor
氏名 (下段英語表記)	多辺由佳
	Yuka TABE

### 研究成果の概要

(和文):

微小な熱流や気体流の透過によって一方向に回転するキラル液晶滴・キラル液晶膜を作製し、熱から回転運動エネルギーへの変換効率  $100 \text{ (rad/sec)/(K/}\mu\text{m)}$  を達成した。さらに回転の3つのモード、分子の方向回転(配向回転)・分子重心の一方向移動・サンプル全体の剛体回転を、試料の境界条件・粘弾性・試料を透過するポテンシャル流量という3つのパラメータを制御することで切り替えられることを、実験と流体力学理論の両方で明らかにした。これらの結果により、熱回転位相素子・マイクロモーター・高感度温度センサーとしてキラル液晶が応用できることを示した。

(英文):

We developed the chiral LC motors driven by a thermal or a diffusion current with the high energy conversion efficiency up to  $100 \text{ rad/sec/(K/}\mu\text{m)}$ . The external currents were found to cause not only the director rotation but also the vortex flow and the rigid-body rotation of the entire LC sample. Manipulating such parameters as the boundary condition, the viscoelastic constants and the rate of the potential currents, we succeeded in switching the three modes of motion from one to another, and gave the consistent continuum theoretical model based on the unified hydrodynamics. The chiral LCs are shown to work as a thermo-driven retarder, thermal motors and gaseous sensors.

1. 執行金額 114,662,042 円  
(うち、直接経費 83,762,042 円、間接経費 30,900,000 円)

2. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

### 3. 研究目的

液晶は表示素子・光学位相素子・センサー等に広く用いられているが、これらはいずれも熱平衡状態にある液晶の静的構造を利用したものである。対して本研究では、異方性流体としての液晶の特長がより発揮される非平衡構造に注目し、その理解と応用を目指した。具体的な研究目的を以下に挙げる。

1) 本研究の第一の目的は、鏡面对称性キラル液晶の動的交差相関のしくみを解明し、これを制御することによって、廃エネルギーである熱や物質の拡散流を液晶の回転運動に変換するキラル液晶デバイスを試作することである(申請時様式(5)から変更なし)。

2) 研究目的達成のための3つの柱を、①キラル液晶の動的交差相関メカニズムの解明②キラル液晶デバイスのプロトタイプを試作③キラル液晶の一方向回転を熱・物質流に変換する逆過程の検証、とする。鏡面对称性の破れた液晶に現れる特異な非平衡定常構造のデバイス応用を目指す。

### 4. 研究計画・方法

約3年の研究期間のうち、主に前半をメカニズム解明に、中盤をエネルギー変換効率の精密測定とデバイス作製準備に、後半をデバイス作製とパフォーマンス向上に使う計画とし、目的にあげた項目ごとに以下の計画・方法に沿って進めた。

#### 1) キラル液晶動的交差相関のしくみの解明:

時間分解蛍光偏光解消実験で、キラル液晶分子の自転をナノ秒スケールで検出する。具体的には、平衡時は熱揺動でランダムな自転運動をしている液晶分子に、水蒸気・アルコール蒸気を衝突させた際、自転方向に偏りが起きるかどうかを追跡する。平行して分子動力学計算を行い、気体分子の衝突がキラル液晶分子にどのような力を与え、その力がどのように液晶の角運動量を変化させるかをピコ秒・ナノ秒の時間スケールで解析する。

#### 2) 熱流・拡散流で回るキラル液晶デバイスプロトタイプの作製:

キラル液晶に温度勾配・ポテンシャル勾配を与えた時のエネルギー変換効率を調べ、変換係数を決める要因を明らかにし、最適値を求める。これに基づき、温度・ポテンシャル勾配で回転する液晶モーターを試作する。

#### 3) 回転運動からポテンシャル勾配を生み出すエネルギー逆変換の検証:

キラル液晶薄膜の分子配向を電場で回転させ、膜の上下に水蒸気やアルコール蒸気を移動させることを試みる。実現できれば逆変換効率を調べ、オンサガー関係式が単分子層でも成

立しているかを確認する。これらがうまく進んだ場合、逆変換を利用してポテンシャル勾配を作り出すデバイスを試作する。

### 5. 研究成果・波及効果

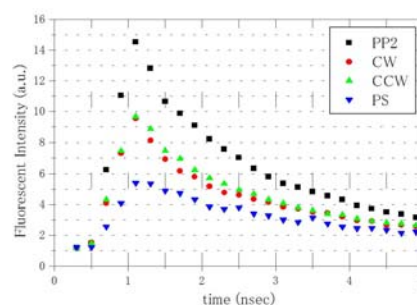
わずかな温度差で一方向に回転するコレステリック液晶滴を作製し、滴の構造を操作することで、滴そのものの回転と滴内部の配向回転を制御することに成功した。回転方向と速度も制御できる。また気体が透過すると分子が一方向回転するキラル液晶薄膜を作り、分子の集団歳差運動と流体力学的な渦運動が3つのパラメータの制御により切り替えられることを実証し、統一的流体力学で一貫した説明を与えた。項目ごとの成果詳細を以下に記す。

#### 1) キラル液晶動的交差相関のしくみの解明

##### ①時間分解偏光解消蛍光実験:

キラル液晶化合物に蛍光物質 NBD コレステロールを 1.5wt%加えて自己保持膜を作製し、水蒸気透過により分子を回転させた状態(～0.05 回転/秒)で、パルス励起後の蛍光を追跡した。

NBD コレステロールは分子長軸に垂直な遷移ダイポールを持つため、偏光励起した際に放射される蛍光強度の時間変化は、分子の長軸周りの回転情報を与える。結果を図1に示す。P方向励起に対して+45° (CW)および-45° (CCW)の偏光蛍光強度を比較すると1～2ns秒後にわずかな差が認められる。この差が有意であれば、分子の自転偏差の可能性を示唆する。ただし現時点では熱揺らぎによるデータのばらつきが大きく、偏差の



定量解析には測定精度が足りないため、さらなる工夫が必要と考えられる。

図1:パルス励起されたキラル液晶自己保持膜からの蛍光強度の時間変化。励起光の偏光に対し、0° ±45° 90° の偏光蛍光。

##### ②分子動力学計算:

MD 計算では、気体分子の衝突によりキラル液晶分子がキラリティに応じた正負のトルクを受けることを確認できた(図2)。トルクの気体単位時間当たり衝突数依存性を調べた結果、実験で与えている気体分子透過量の 10<sup>6</sup> 倍程度の流量を与えなければ、トルクは k<sub>B</sub>T を超えないことが分かった。次にキラル液晶分子 255 個で液晶単分子膜を作り、同じレートで気体透過で液晶1分子が受けるトルクを計算したところ、孤立状態に比べて1～2桁増大することがわかった。この結果は、膜を透過する気体の衝突がキラル液晶分子の自転偏差をわずかに生み、それが液晶の協調的相互作用によって増幅される、というしくみを意味する。一方、計算で得られたトルクは熱揺らぎに比べ

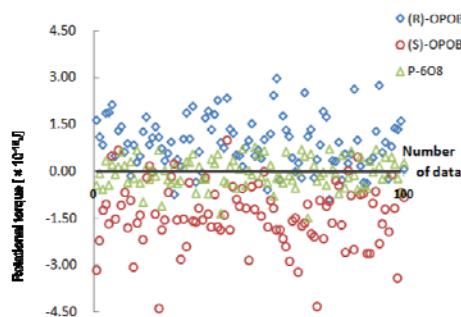


図2:孤立した液晶1分子(左右のキラル分子とアキラル分子)がメタノールの衝突により受けるトルク。

て数桁小さく、実験による分子の自転偏差検出が困難であることを予測する結果ともなった。(論文[1])

2) 熱流・拡散流で回るキラル液晶デバイスプロトタイプを作製

①熱流で回転するコレステリックモーター:

等方相中にコレステリック液晶滴が分散したセルを作製し、温度勾配による液晶滴の一方向回転を制御した。境界条件・化合物組成の最適化により、熱から回転へのエネルギー変換効率として、 $\sim 100 \text{ rad/sec}/(\text{K}/\mu\text{m})$  ( $\sim 0.05^\circ\text{C}/\mu\text{m}$  の温度勾配で液晶滴が1回転/秒)を達成した。さらに駆動される回転には、コレステリック液晶滴そのもの

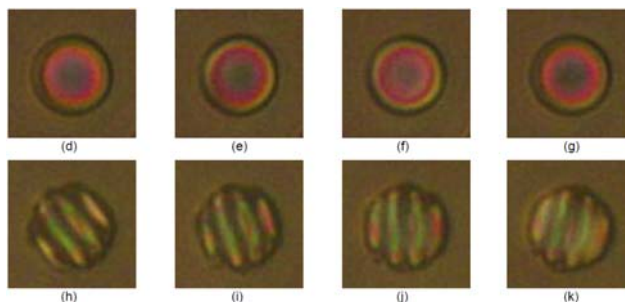


図3: 熱流(紙面表から裏)が流れると一方向回転するコレステリック液晶滴。螺旋軸が熱流に平行な場合は配向回転(d)~(g)、垂直な場合は滴自身の回転(h)~(k)。(Soft Matter より)

の回転(分子重心の運動、図3下)と構成分子の方向(配向)のみの回転(分子重心は動かない、図3上)の2種類があることを見出し、この2つの運動が液晶滴内の螺旋軸の向きによって切り替えられることを実証した。もう一つの発見として、コレステリック液晶滴の表面に内部螺旋を反映した凹凸構造が自発形成されることを見出し、滴そのものが回転する際はこの表面グループがプロペラの役割をすることを明らかにした。以上より、高効率でのコレステリック液晶滴の熱駆動回転制御に成功した。この成果は Soft Matter 7月号に掲載予定で、Front Cover に選抜されている。(論文[6])

②拡散流の透過で回転するキラル液晶薄膜モーター:

キラル液晶自己保持膜は、膜を透過する気体の『運動量』を液晶分子の『角運動量』に変換するモーター機能を持つ。このときの変換効率は、液晶化合物のキラリティ・液晶分子と透過蒸気分子の相互作用を表すSP値で主に決まることを確かめた(図4)。さらに、単分子膜ではなく厚みを持つ自己保持膜では、マクロ螺旋と分子プロペラが共存し、それぞれが独立に回転トルクを生み出す。これら起源の異なる2つのトルク

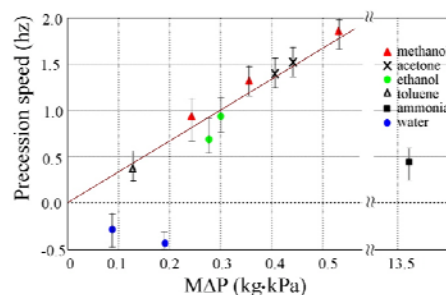


図4: キラル液晶自己保持膜を透過する気体の運動量と液晶の歳差運動の角速度の関係

が逆符号を持つとき、膜厚変化で回転方向の切り替えが起きることを明らかにした。これにより、気体の透過方向と液晶のキラリティだけでなく、膜厚でも回転制御ができるようになった。(論文[2])

次に、気体透過により自己保持膜内に発生する運動のモードの切り替えを実現した。気体がキラル液晶分子に衝突すると回転トルクが発生し、これによって液晶分子の配向回転と重心移動が起きる。気液界面上の液晶膜では重心移動が下相液体によって抑制されるが、自己保持膜には、配向回転(図5上)だけでなく流体力学的な渦(図5下)も発生することが確認された。

実験と理論を並行して進めた結果、配向回転と渦という2つの運動モードの比率は、膜を支える枠での境界条件・液晶の粘弾性・気体透過流量、という3つのパラメータで完全に決められることが明らかになった。これにより、キラル液晶薄膜モーターの制御が、回転速度と回転方向だけでなく運動モードも含めてほぼ完全にできるようになり、モーターとしての使い分けが可能となった。

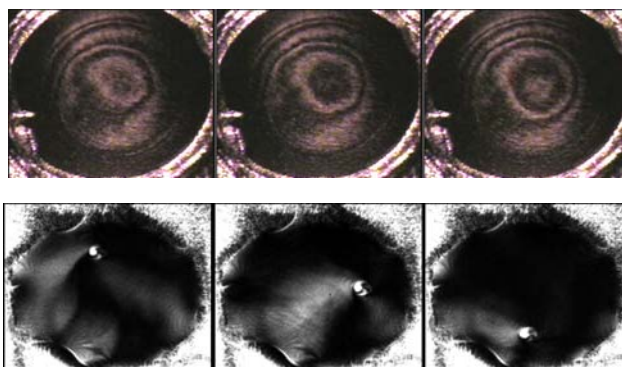


図5:キラル液晶自己保持膜を水蒸気が透過した際の偏光顕微鏡像。膜の直径は1.5mmで左から右に1秒間隔のスナップショット。上図は配向回転がメイン、下図は流体力学的渦がメインの運動。

(論文投稿中、発表[1, 6])

③キラル液晶ドメインの埋め込まれた巨大ベシクルモーターの作製:

アンチバブル法を用いて、液晶ドメインを埋め込んだ巨大ベシクルの作製に成功した(図6)。界面活性剤に比べて生成確率はまだ低いですが、表面波の分散関係から最適条件を出し、これまで一例も報告のなかったリン脂質膜でのアンチバブルを安定に作製できるようになった。この方法で作ったリン脂質ベシクルは、従来法で作製したベシクルに比べて2桁以上大きく、埋め込まれた液晶ドメインの確認がしやすい。ただ現時点では、内外のイオン濃度勾配を与えても膜を安定化させるためのエチレングリコールがイオン透過を妨げ、回転が確認できていない。イオン透過を妨げないアンチバブル安定化材料の探索と大きさの最適化を継続して行っている。

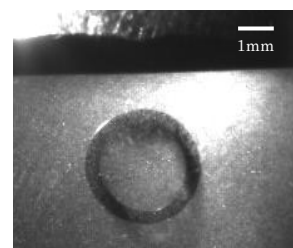


図6:リン脂質DLPCで構成されたアンチバブル。

3) 回転運動からポテンシャル勾配を生み出すエネルギー逆変換の検証:

飽和蒸気圧にある空気と接触しているグリセリン水溶液上にキラル液晶薄膜を展開し、回転電場をかけて分子の配向方向を回しながら、下相のグリセリン水溶液の質量を精密天秤で測定した。結果を図7に示す。電場の回転方向に応じてグリセリン水溶液の質量増減にわずかながら差が生じ、逆変換過程の兆候が観測された。しかしデータのばらつきが大きく、十分なSN比が得られていない。繰り返し実験した結果、現在の実験系では増減の差はエラーバーと同レベルしか得られないことがわかったため、精度向上の工夫が求められる。

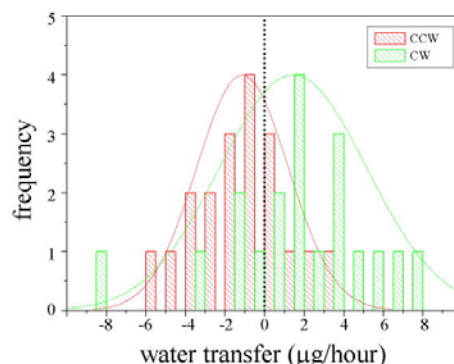


図7:キラル液晶単分子膜を電場で配向回転させた時の下相溶液の質量変化。

6. 研究発表等

<p>雑誌論文 計 6 件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計 5 件</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) G. Watanabe, J. Saito, Y. Fujita and <u>Yuka Tabe</u> "Two-Dimensional Diffusion Behavior in Smectic Liquid Crystalline Monolayers by Molecular Dynamics Simulation", J. Phys. Soc. Jpn (2013) Vol. 82, 084603.</li> <li>2) Kazuyoshi Seki, Ken Ueda, Yu-ichi Okumura, and <u>Yuka Tabe</u>, "Non-Equilibrium Dynamics of 2D Liquid Crystals Driven by Transmembrane Gas Flow", J. Phys.: Condens. Matter (2011) Vol. 23, 284114.</li> <li>3) Yoko Ishii, Shin-ya Sugisawa, and <u>Yuka Tabe</u>, "Anomalous Deformation of Smectic Liquid Crystal Bubbles under DC Electric Field", Mol. Cryst. Liq. Cryst. (2011) Vol. 549, 166-173.</li> <li>4) Kazuyoshi Seki, Ken Ueda, Yu-ichi Okumura, Kzuhisa Uda, Kazumasa Tsunekawa and <u>Yuka Tabe</u>, "Lehmann Force Acting on a Micro-Particle in Smectic C_ Free-Standing Films Subjected to Methanol Vapor Transport", Jpn. J. Appl. Phys. (2011) Vol. 50, 125804.</li> <li>5) <u>多辺由佳</u>、<u>杉澤進也</u>、<u>石井陽子</u>「スメクチックバブルの外場による変形挙動」液晶学会誌 (2012) 第 16 巻第 1 号, 30-37.</li> </ol> <p>(掲載済み一査読無し) 計 0 件 (未掲載) 計 1 件</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>6) Jun Yoshioka, Fumiya Ito, Yuto Suzuki, Hiroaki Takahashi, and <u>Yuka Tabe</u>, "Director / Barycentric rotation in cholesteric droplets under temperature gradient", Soft Matter in press (Paper Ref: C4SM00670D オンラインでは upcoming paper として既掲載。7 月号の Front Cover に決定。)</li> </ol>
<p>会議発表 計 36 件</p>	<p>専門家向け 計 32 件 (国際会議)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Yuka Tabe, "Cross correlation and transport phenomena in soft matter", Workshop on Cross Correlation &amp; Transport Phenomena in Soft Matter, Waseda (Jan. 27-28, 2014) <u>NEXT 成果発信のため、自身で企画・主催した国際ワークショップ</u></li> <li>2) Jun Yoshioka and Yuka Tabe, "Heat-driven rotation of cholesteric droplets with stripe textures" Workshop on Cross Correlation &amp; Transport Phenomena in Soft Matter, Waseda (Jan. 27-28, 2014).</li> <li>3) Shin-ya Sugisawa, Sho Hanehara and Yuka Tabe, "DC Field-induced two-dimensional EHD pattern formation in Smectic Bubbles", International Soft Matter Conference, Roma, Italy (Sep. 22-26, 2013).</li> <li>4) Sho Hanehara, Shin-ya Sugisawa and Yuka Tabe, "Periodic oscillation of liquid crystal bubbles under DC electric field", International Soft Matter Conference, Roma, Italy (Sep. 22-26, 2013).</li> <li>5) Jun Yoshioka, Yuto Suzuki, Hiroaki Takahashi and Yuka Tabe, "Dynamic structures of cholesteric droplets under temperature gradient", International Soft Matter Conference, Roma, Italy (Sep. 22-26, 2013).</li> <li>6) Yuka Tabe, "Dynamical cross correlation in chiral liquid crystals", 7<sup>th</sup> International conference of Engineering Chemical Complexity, Rostock-Warnemunde, Germany (Jun. 10-13, 2013). (Invited)</li> <li>7) Shin-ya Sugisawa and Yuka Tabe, "DC field-induced pattern formation in smectic bubbles", 1<sup>st</sup> Asian Conference on Liquid Crystals, Fuji-Yoshida, Japan (2012. Dec.14-16).</li> <li>8) Yuka Tabe, "Non-equilibrium dynamics in smectic bubbles induced by DC electric field", Japanese - German satellite meeting of core-to-core program, Mainz, Germany (Aug. 25, 2012).</li> <li>9) Yuka Tabe, "Orientational and hydrodynamic motions in chiral liquid crystalline films induced by transmembrane vapor transfer", 24<sup>th</sup> International Liquid Crystal Conference, Mainz, Germany (Aug. 19-24, 2012) (Invited Talk)</li> <li>10) Go Watanabe and Yuka Tabe, "Diffusion behavior of two-dimensional liquid crystals by molecular dynamics simulation", 24<sup>th</sup> International Liquid Crystal Conference, Mainz, Germany (Aug. 19-24, 2012).</li> <li>11) Shin-ya Sugisawa and Yuka Tabe, DC field-induced non-equilibrium dynamics in smectic bubbles", 24<sup>th</sup> International Liquid Crystal Conference, Mainz, Germany (Aug. 19-24, 2012).</li> <li>12) Yuka Tabe, "Anomalous Deformation of Smectic Bubbles under DC Electric</li> </ol>



	<p>Field”, Optics &amp; Photonics SPIE, San Francisco, USA (Jan.22-24, 2012). (Invited Talk)</p> <p>13) Yuka Tabe, “Dynamical Cross-coupling in Chiral Liquid Crystals”, Gordon Research Conference (Liquid Crystals), NH, USA (June 19-23, 2011).(Invited Talk) (国内会議)</p> <p>14) 多辺由佳”液晶性超薄膜の動的構造:揺らぎの役割” 第 69 回年次大会物理学会シンポジウム(東海大学、2014 年 3 月 27-30 日)(招待講演)</p> <p>15) 伊藤文哉、鈴木雄仁、吉岡潤、多辺由佳 “3 種のコレステリック液晶滴における熱駆動回転” 第 69 回年次大会物理学会(東海大学、2014 年 3 月 27-30 日)</p> <p>16) 瀧澤秀明、吉岡潤、多辺由佳 “コレステリック液晶-等方液体界面の自発的変調に対する理論解析” 第 69 回年次大会物理学会(東海大学、2014 年 3 月 27-30 日)</p> <p>17) 齋藤智洋、多辺由佳 “リン脂質 DLPC を用いたアンチバブルの作製” 第3回ソフトマター研究会(首都大学、2013 年 12 月 13-15 日)</p> <p>18) 杉澤進也、多辺由佳 “混合誘起高秩序相の構造と物性” 第3回ソフトマター研究会(首都大学、2013 年 12 月 13-15 日)</p> <p>19) 鈴木雄仁、吉岡潤、多辺由佳 “コレステリック液晶滴の熱駆動回転:回転速度のキラリティ依存性” 2013 年日本液晶学会討論会(大阪大学、2013 年 9 月 8-10 日)(虹彩賞受賞)</p> <p>20) 塚原直起、大橋誉吏貴、藤田悠介、多辺由佳 “分子動力学法による液晶膜中における気体分子拡散挙動の解析” 2013 年日本液晶学会討論会(大阪大学、2013 年 9 月 8-10 日)</p> <p>21) 大橋誉吏貴、塚原直起、藤田悠介、多辺由佳 “Smectic B 単分子膜における気体分子の拡散機構の解明” 2013 年日本液晶学会討論会(大阪大学、2013 年 9 月 8-10 日)</p> <p>22) 吉岡潤、伊藤文哉、鈴木雄仁、多辺由佳 “縞状組織を有したコレステリック液晶液滴における熱駆動回転運動” 2013 年日本液晶学会討論会(大阪大学、2013 年 9 月 8-10 日)</p> <p>23) 杉澤進也、小林健介、多辺由佳 “単成分 SmA 相の混合による高秩序相の発現” 2013 年日本液晶学会討論会(大阪大学、2013 年 9 月 8-10 日)</p> <p>24) 羽原将、多辺由佳 “DC 電場下におけるスメクチックバブルの非線形振動” 2013 年日本液晶学会討論会(大阪大学、2013 年 9 月 8-10 日)</p> <p>25) 吉岡潤、伊藤文哉、鈴木雄仁、多辺由佳 “縞状組織を有したコレステリック液晶液滴における動的交差相関” 2013 年日本物理学会秋季大会(徳島大学、2013 年 9 月 20-23 日)</p> <p>26) 渡辺豪、多辺由佳 「スメクチック液晶単分子膜のマイクロダイナミクス解析」 第 6 回分子科学討論会(東京、2012 年 9 月)</p> <p>27) 杉澤進也、原田悠生、多辺由佳 「スメクチックバブルの電場誘起非平衡ダイナミクス」 2012 年日本液晶学会討論会(千葉大学、2012 年 9 月)</p> <p>28) 渡辺豪、藤田悠介、多辺由佳 「物質透過による二次元キラル液晶の非平衡構造のマイクロ機構解明」 2011 年日本液晶学会討論会(東京都市大学、2011 年 9 月 11 日)</p> <p>29) 杉澤進也、原田悠生、多辺由佳 「スメクチックバブルの電場誘起非平衡ダイナミクス」 2011 年日本液晶学会討論会(東京都市大学、2011 年 9 月 11 日)</p> <p>30) 高橋宏明、多辺由佳 「温度勾配下のキラル液晶の回転挙動」 2011 年日本液晶学会討論会(東京都市大学、2011 年 9 月 11 日)</p> <p>31) 斎藤純一、渡辺豪、多辺由佳 「分子動力学を用いた二次元スメクチック液晶の拡散挙動の解析」 日本液晶学会討論会(東京都市大学、2011 年 9 月 12 日)</p> <p>32) 多辺由佳 「液晶超薄膜に微弱外場で誘起される非平衡構造」 京大基研研究会 2011 非平衡系の物理—マイクロとマクロの架け橋—(京都大学 2011 年 8 月 18-20 日). (招待講演)</p> <p>一般向け 計 4 件</p> <p>1) 多辺由佳 「光で・熱で・水で・液晶を回す:分子が協力して働く液晶マシン」 早稲田大学オープンキャンパス 2013 年 8 月 3 日、4 日(高校生向け)</p> <p>2) 多辺由佳 「液晶って何?液晶を動かしてみよう」 早稲田大学理工展特別企画 2013 年 11 月 2 日、3 日(女子中高生向け)</p> <p>3) 多辺由佳 「液晶自己保持膜のダイナミクス」 未踏科学サマー道場、湘南国際村、2012 年 8 月 16 日</p> <p>4) 多辺由佳 「光で走る・水で回る液晶」、静岡県浜松日体高等学校、2011 年 11 月 19 日</p>
<p>図書 計 1 件</p>	<p>液晶ディスプレイ物語-50年の液晶開発と未来に託す夢-、エース出版(監修 小出直之)、2013 年 3 月 15 日出版、多辺由佳担当箇所 p293~294</p>

様式21

<p>産業財産権 出願・取得 状況</p> <p>計 1 件</p>	<p>(取得済み) 計 0 件</p> <p>(出願中) 計 1 件</p> <p>「コレステリック液晶組成物」多辺由佳(早稲田大学)西山伊佐(DIC 株式会社)特願 2013-167086 2013 年 8 月 9 日出願(国内)</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p>研究室ホームページ <a href="http://www.f.waseda.jp/tabe/index.html">http://www.f.waseda.jp/tabe/index.html</a></p>
<p>国民との科学・技術対話の実施状況</p>	<p>2013 年 8 月 3 日 4 日の両日、早稲田大学オープンキャンパスで高校生(両日とも 50 名程度)を対象に、「光で・熱で・水で・液晶を回す:分子が協力して働く液晶マシン」と題して模擬講義をおこなった。</p> <p>2013 年 11 月 2 日と 3 日の両日、早稲田大学理工展特別企画『集まれ!理系 Girls』にて研究室を女子中高生に公開し、“液晶って何?液晶を動かしてみよう”と題して研究紹介を行い、液晶実験を体験してもらった。中学 2 年~高校 2 年の 10 名ずつが集まり、アンケート結果で好評を得た。</p> <p>2012 年 8 月 16 日、未踏科学サマー道場(於湘南国際村センター)にて、様々な大学・学科の大学院生、一般企業の若手および中堅の方々(全 80 名ほど)を対象に、「液晶自己保持膜のダイナミクス」と題して講演をおこなった。</p> <p>2011 年 11 月 19 日、静岡県浜松日体高等学校にて同校 1, 2 年生 45 名を対象に「光で走る・水で回る液晶」と題して 1 時間の講演を行った。(同校 HP に紹介: <a href="http://kouhouh.hamazo.tv/e2921549.html">http://kouhouh.hamazo.tv/e2921549.html</a>)</p>
<p>新聞・一般雑誌等掲載 計 0 件</p>	
<p>その他</p>	

7. その他特記事項