

**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)  
実施状況報告書(平成 24 年度)**

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. 当該年度の研究目的

平成 24 年度の研究計画では、①キラル自己保持膜のガス透過で誘起される流体力学的流れと配向回転の制御 ②流れ場におかれたキラル液晶1分子の自転偏り検出 ③ポテンシャル勾配により自走するベシクルの実現、を個別テーマとして、交差相関によるキラル液晶の一方向運動の解明と制御を目指した。また外場としてポテンシャル勾配による物質流だけでなく、④『熱流』を使ってキラル液晶の一方向回転を制御し、そのメカニズムを解明すること、をもう一つのテーマとした。熱流を用いた液晶の回転駆動は、エネルギー再利用という点から、交差相関の応用範囲をさらに広げるものである。

### 2. 研究の実施状況

4つのテーマのうち、①ガス透過で誘起されるキラル自己保持膜の流体力学的流れと配向回転については、理論計算による解析と実験がいずれも進み、ほぼ完全な制御が可能になった。具体的には、Leslie のモデルを我々の実験系に適用して流体力学的流れと配向回転を計算し、支配的になる流れが外場の強さと実効的弾性の比によって決まることをシンプルな式で示した。さらに実験でもこの理論式が成り立つことを証明した(第 24 回液晶国際会議で招待講演、論文執筆中)。これにより、2つの運動が自在に制御できるようになった。②キラル液晶 1 分子の自転については、分子動力学計算により運動の偏りを定量的に求めた。その結果、室温実験で自転の偏りを検出するには、現在与えている物質流の流量を 100 万倍以上にする必要があることがわかった(JSPJ 掲載決定)。個々の分子の自転偏りが熱揺らぎより桁違いに小さくてもマクロな一方向運動の起源になることが定量的に示され、その過程の追及が求められる。③の自走するベシクルについては、装置のトラブルから 2012 年度は新規な結果が得られなかった。④の熱流によるキラル液晶の回転については、 $1^{\circ}\text{C}/\mu\text{m}$  の温度勾配の下で 1 回転/秒という高速の分子集団回転を駆動することに成功した。結果として、熱の液晶回転運動への変換効率が従来に比べ 2 桁高くなった(特許出願準備中)。さらに、熱流で駆動されるキラルネマチック液晶滴の回転も、キラル自己保持膜中の分子運動と同様、重心回転と配向回転に分類されることがわかり、これら 2 つの運動は、界面アンカリング・配向弾性・螺旋ピッチ・熱伝導率を制御することで切り替わることが明らかになりつつある。またキラルネマチック液晶滴の特殊な表面構造を共焦点顕微鏡で観察し、熱流による回転効率と表面構造の変調強度が線形関係にあることを明らかにした。

様式19 別紙1

3. 研究発表等

雑誌論文 計 1 件	(掲載済み一査読有り) 計 0 件  (掲載済み一査読無し) 計 0 件  (未掲載) 計 1 件 G. Watanabe, J. Saito, Y. Fujita and Yuka Tabe "Two-Dimensional Diffusion Behavior in Smectic Liquid Crystalline Monolayers by Molecular Dynamics Simulation" accepted for publication in JSPJ
会議発表 計 8 件	専門家向け 計 7 件 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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 (2012. 8. 19-24) (Invited Talk)</li> <li>・ Yuka Tabe, "Non-equilibrium dynamics in smectic bubbles induced by DC electric field", Japanese - German satellite meeting of ILCC2012 within the core-to-core program, Mainz, Germany (2012. 8. 25).</li> <li>・ 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. 12.15).</li> <li>・ Shin-ya Sugisawa and Yuka Tabe, DC field-induced non-equilibrium dynamics in smectic bubbles", Mainz, Germany (2012. 8. 19-24)</li> <li>・ Go Watanabe and Yuka Tabe, "Diffusion behavior of two-dimensional liquid crystals by molecular dynamics simulation", Mainz, Germany (2012. 8. 19-24)</li> <li>・ 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」日本液晶学会討論会(千葉大学、2012年9月)</li> <li>・ 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)</li> </ul> 一般向け 計 1 件 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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)</li> </ul>
図書 計 1 件	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
産業財産権 出願・取得状況 計 0 件	(取得済み) 計 0 件  (出願中) 計 0 件
Webページ (URL)	<a href="http://www.f.waseda.jp/tabe/index.html">http://www.f.waseda.jp/tabe/index.html</a>
国民との科学・技術対話の実施状況	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。 またホームページの充実に努めた。
新聞・一般雑誌等掲載 計 0 件	
その他	

4. その他特記事項

## 実施状況報告書(平成25年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されず

## 1. 助成金の受領状況(累計) (単位:円)

	①交付決定額	②既受領額 (前年度迄の 累計)	③当該年度受 領額	④(=①-②- ③)未受領額	既返還額(前 年度迄の累 計)
直接経費	103,000,000	33,850,000	34,700,000	34,450,000	0
間接経費	30,900,000	10,155,000	10,410,000	10,335,000	0
合計	133,900,000	44,005,000	45,110,000	44,785,000	0

## 2. 当該年度の収支状況 (単位:円)

	①前年度未執 行額	②当該年度受 領額	③当該年度受 取利息等額 (未収利息を除 く)	④(=①+②+ ③)当該年度 合計収入	⑤当該年度執 行額	⑥(=④-⑤) 当該年度未執 行額	当該年度返還 額
直接経費	25,415,668	34,700,000	0	60,115,668	20,191,295	39,924,373	0
間接経費	1,523,250	10,410,000	0	11,933,250	7,287,000	4,646,250	0
合計	26,938,918	45,110,000	0	72,048,918	27,478,295	44,570,623	0

## 3. 当該年度の執行額内訳 (単位:円)

	金額	備考
物品費	17,853,718	機械器具3件、実験器具、実験薬品、他
旅費	747,718	研究調査、学会参加
謝金・人件費等	1,427,544	研究補助者人件費
その他	162,315	学会参加費、機械輸送費、他
直接経費計	20,191,295	
間接経費計	7,287,000	
合計	27,478,295	

## 4. 当該年度の主な購入物品(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
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