

# ソフトマターにおける構造と輸送の結合

京都大学大学院理学研究科・教授 太田 隆夫

【はじめに】本研究課題では、内部自由度の運動や輸送によって階層構造を発現するソフトマターにおいて、非平衡性としての“運動”と“構造”の動的な結合のメカニズムを、理論・実験の両面から明らかにする。すなわち、外場によるメソスコピック構造の非線形応答、非線形粘弾性や、メソ構造とゲスト粒子との相互作用を調べることにより、新しい構造の探求、階層性をもつダイナミクスの普遍性を解明することを目的としている。本課題は太田と山本の共同研究であり、下記の(1)は太田グループ、(2)、(3)は山本グループの成果である。

## 【結果と考察】

(1) アクティブソフトマター ソフトマターの輸送として自己推進粒子系の研究は表面を修飾したコロイドや液晶分子で実験、計算機実験などが行われている。理論的考察として、生体細胞などをも視野に入れて、推進速度と粒子の変形間のカップリングを考慮したモデルを導入し、そのダイナミクスの研究を行った。個々の粒子の多様な運動形態と相互作用を入れたときの協調運動とその不安定化などに、世界初の知見を得た [1]-[6]。

(2) 分子マニピュレーターによる分子輸送 液晶中に分散した高分子や  $1\mu\text{m}$  以下のナノ粒子は、自らのエントロピーを増大させるため周囲の液晶の秩序度を低下させる。すなわち、分散した高分子・ナノ粒子の濃度  $\phi$  は、液晶の秩序度  $S$  と直接結合する。本研究 **G** では、この効果を用いて新しい分子マニピュレータの原理を考案し、そのプロトタイプを試作することに成功した。液晶に **Trans-Cis** 光異性化反応を起こすアゾ液晶化合物を混合し、パターン化された UV 光(図 1 は円形)を照射して人為的に秩序度の高い場所と低い場所を作成する。この結果、液晶中に分散した蛍光高分子は、秩序度の低い領域に集まるのである(図 1)(1)。蛍光高分子濃度の空間変化に起因する浸透圧は、自由エネルギー中の  $f$  と  $S$  のカップリング項を介して、 $S$  の空間変化に起因する親和力と釣り合う。

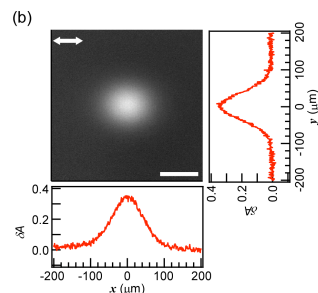


図 1 分子マニピュレーターにより集められた蛍光高

(3) 穴あきラメラネマティック(PLN)相 通常の棒状液晶分子(7CB)と、炭化水素鎖の末端に全フッ素置換鎖を有した両親媒性液晶分子(BI)の混合系において、ネマチックの配向秩序を有した領域とラメラの層状秩序を有した領域が、マイクロ相分離を起こして空間に共存する、新しいタイプの穴あきラメラネマチック(PLN)相が発現することを発見した。PLN 相では、円板状のフッ素ミセルは層状に配列してスメクティックの穴あき層状構造を形成し、層に開いた穴によって、棒状液晶の作るネマティック配向秩序は 3 次元的な連結性を保って共存する(図 2)。本 **G** では、蛍光拡散測定や、動的散乱法による分散関係の測定から、このモデルの正当性も検証した。さらに、(3)流動誘起スメクティック C-スメクティック A 転移の発見や、(4)超膨潤ラメラ相のフォトニック構造を用い蛍光発光増強効果を検証を行ってきた。

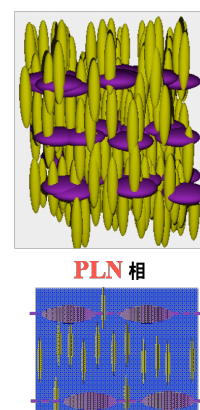


図 2 PLN 相の構造モデル

## 【参考文献】

- [1] T. Ohta and T. Ohkuma, Phys. Rev. Letters, 102, 154101 (2009)
- [2] T. Ohta, T. Ohkuma and K. Shitara, Phys. Rev. E 80, 056203 (2009)
- [3] T. Ohkuma and T. Ohta, Chaos, 20, 023101 (2010)
- [4] T. Hiraiwa, et al, Europhys. Letters, 91 20001 (2010)
- [5] T. Hiraiwa, K. Shitara and T. Ohta, Soft Matter DOI: 10.1039/c0sm00856g (2010)
- [6] Y. Itino and T. Ohta, unpublished.
- [7] S. Samitsu, Y. Takanishi and J. Yamamoto, Nature Materials, 9, 816 - 820 (2010).