

ソフトマターのメソスコピック界面のダイナミクスとその応用

九州大学大学院理学研究院・教授 木村康之

東京農工大学大学院生物システム応用科学府・准教授 下村武史

九州大学大学院理学研究院・助教 市川正敏

ソフトマター複合系にはさまざまなスケールでの階層的な構造が存在し、異種のソフトマターが接するメソスコピックスケールの界面が存在する典型的な複雑系である。我々はこのようなソフトマター界面の構造やダイナミクスに焦点をあて、その特徴的な物性研究ならびに応用を視野に入れた新たな材料開発および制御法の研究を進めている。本年度は、[1]光ピンセットを用いたネマチック液晶中におけるコロイド粒子間力の直接測定、[2]光勾配力を用いた高分子および細胞の操作、[3]導電性高分子を用いた分子ネットワークの構築、を行ない以下の述べるような新たな知見を得ることに成功した。

1. 液晶中のコロイド粒子間力の直接測定

ネマチック液晶中のコロイド粒子間には液晶の配向ひずみに起因した異方的な長距離相互作用が働くことが理論的によく知られている。我々は、光ピンセットをマイクロスケールのバネばかりとして用いて、液晶中におけるコロイド粒子間相互作用の直接測定を試みた[1-3]。例えば、図1の写真に示すような2つのコロイド粒子が紐状の欠陥で連結された Bubble-gum 欠陥と呼ばれる欠陥を人工的に作成し、このような欠陥で結合された粒子間に働く

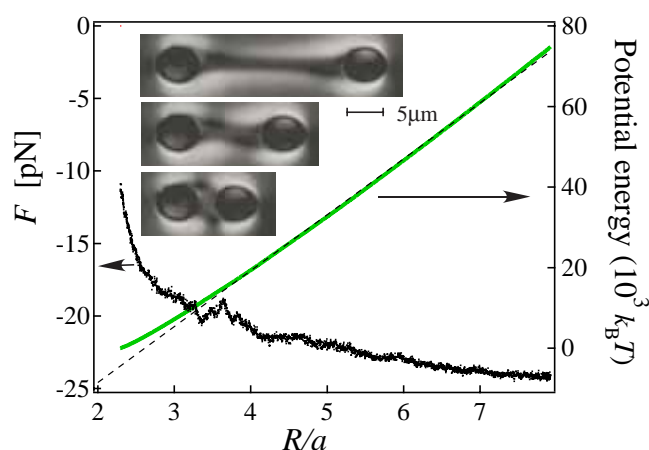


図1 Bubble-gum 欠陥を伴う粒子間相互作用。

力の測定に成功した[3]。得られた力 F は極めて長距離までほぼ粒子間距離 R に依存しない一定値を示した。また、これから算出された粒子間ポテンシャル (図1の実線) はその大きさが数ミクロンの距離で数万 $k_B T$ であり、従来知られているファンデルワールス相互作用に比べて桁違いの強い相互作用を示すことが明らかとなった。このような強力な力を用いればコロイド粒子を接着し、さまざまな高次構造を安定に構築できるものと期待される。また、得られた実験的知見を理解するために A 2 班の福田グループと共同で粒子間力のシミュレーションを開始し、いくつかの新たな知見を得ることに成功しつつある。

2. 単一分子・細胞の新規操作手法

ソフトマター研究は化学工業や医療への応用が期待できるという側面も持っている。例えば、ひとつの細胞から長い紐状の DNA 分子を取り出しそのまま遺伝子解析する手法などは、将来のテーラーメイド医療に向けて強く求められている。この様な背景の下、本研究は高分

子溶液中に分散させた DNA を集光レーザーを用いて操作する事に成功した[4]。レーザーによって作成した μm スケールの局所加熱が生成する対流場と温度勾配場が高分子溶液中の DNA に力学的な力を与える。これを応用する事で DNA 1 分子の伸張が可能である事を示した。レーザーの操作によって伸張する場所をコントロール可能であり、DNA のその場解析等に有用である。またその一方で、細胞の向きを光ピンセットによって効率的に操作する手法の提案も行っている[5]。ひとつの細胞の操作から、その中の個々の DNA の操作まで、バイオメディカル研究の発展に多面的に貢献している。

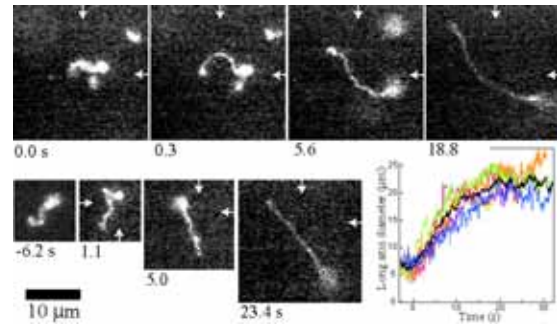


図2 高分子溶液中の DNA 1 分子が伸張される様子。

3. 導電性高分子を用いた導電性分子ネットワークの構築

可溶性の代表的な導電性高分子である poly(3-alkylthiophene) (P3AT) は適当な溶媒から析出させることで、アスペクト比が数 100 にもおよぶ極細ウィスカー形態をとることが報告されている。P3AT は側鎖の溶媒親和性と主鎖の電子間の引力相互作用が競合しながら溶媒に溶解しているが、降温により電子間の引力相互作用が優勢となり、幅が 50 nm 程度、厚みが 5 nm 程度、長さが数 μm 程度のベルト状のウィスカー形成が起こる[6]。このウィスカー形成時に分子量の異なる導電性高分子を混ぜ合わせると、図3に示すような T 字分岐が随所に観察された。ケルビン顕微鏡の表面電位測定から、分岐した 2 つの経路は電気的に等価であった。この分岐構造の電気伝導の温度依存性を測定したところ、ドーピングをすることにより導電経路の次元が一次的から二次元的へと変化することが確認された。

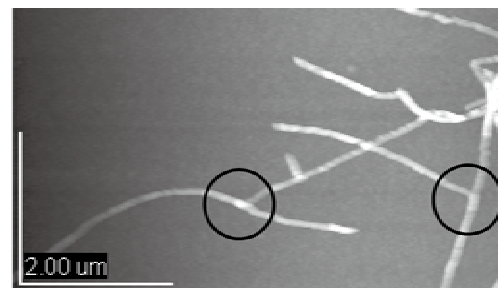


図3 ウィスカーの T 字分岐。

<参考文献>

- [1] K. Takahashi, M. Ichikawa and Y. Kimura, Mol. Cryst. Liq. Cryst. **475**, 183-192 (2007).
- [2] K. Takahashi, M. Ichikawa and Y. Kimura, J. Phys. Condens. Matter **20**, 075106-1-5pp. (2008).
- [3] K. Takahashi, M. Ichikawa and Y. Kimura, Physical Review E **77**, in press (2008).
- [4] M. Ichikawa, H. Ichikawa, K. Yoshikawa and Y. Kimura, Phys. Rev. Lett. **99**, 148104-[1-4] (2007).
- [5] M. Ichikawa, K. Kubo, K. Yoshikawa and Y. Kimura, J. Biomed. Opt., in press (2008).
- [6] S. Samitsu, T. Shimomura, and K. Ito, Thin Solid Films, in press (2008).