

2 日目の最初のセッションは表面・界面のセッションであった。井上氏(京大)は中性子散乱法(とくに中性子反射率法)を用いて、高分子薄膜のガラス転移に関わるダイナミクスの研究を紹介した。玉田氏(九大)は、金属ナノ粒子が自己組織化して形成する微粒子シート上での細胞などの蛍光イメージングについて発表した。金属ナノ粒子のプラズモン共鳴を利用して蛍光増強と高空間分解能を両立するというのは見事なアイデアである。早水氏(東工大)はグラフェン表面でペプチドが自己組織化し、それがバイオセンサーになるという話をされた。まさに物性物理と生物の融合と感じられる内容であった。

2 番目のセッションでは、機能性物質に関する発表が行われた。芥川氏(東北大)はベンゼンやピレンに複数のテトラデシルアミド基を導入したディスク状分子を合成し、そのカラムナー液晶相において、分子間水素結合に由来する強誘電性や発光特性を見出した。福島氏(東工大)は、同じくディスク状のトリフェニレン系分子で cubic 液晶相になる系を見出し、 π 電子系ソフトマターとして発展させた。吉田氏(東大)は化学振動反応として知られている BZ 反応をゲル中で引き起こし、周期的な膨潤収縮運動や高分子鎖の形態変化を起こすゲルを開発した。まるでゲルが生きているような印象を与える非常に興味深い内容であった。以上の 3 つの発表は、どれも独創的な発想によって生まれた新規物質を対象としており、有機系の物質開発の大きな可能性を感じさせた。

最後のセッションでは、話が大きく変わり、液晶や膜のソフトマター物理についての発表が行われた。山室氏(物性研)は、近年話題のイオン液体の高次構造が液晶由来のものであることを見出し、その階層的なダイナミクスを中性子散乱により調べた。福田氏(産総研)は、キラル液晶の数値計算から、ねじれた配向構造や欠陥構造の形成について発表した。最近話題になっているキラル磁性体のスカーミオン構造とのアナロジーは興味深かった。佐々木氏(北大)は、液晶内のコロイド粒子に交流電場を印加したときに、コロイド粒子が芋虫のように電気泳動を起こすことを見出した。最後の講演では、野口氏(物性研)が生体膜の分子シミュレーションの発表を行った。生体膜には棒状の蛋白質のドメインが存在するが、そのドメインが膜の形態変化に与える影響が明快に示された。以上の 4 つの発表は広い意味で構成粒子や外場が非等方的あるいはキラルであるときに起こる現象であり、ソフトマターのダイナミクス研究の新しい展開と言える。

初日の最後に行われたポスターセッションでは、招待講演の内容に近いテーマから全く異なるテーマ(例えば水素吸蔵物質や気泡生成)まで、非常に幅広いテーマの発表が行われた。発表者には、招待講演者や世話人の研究室以外からも、多くの若手研究者(助教、ポスドク、学生)が集まった。ポスター発表数(26 件)は第 1 回のワークショップを上回っており、本研究会シリーズの注目度がどんどん上がっているのであれば幸いである。研究交流会(懇親会)と平行して行われたため、議論が盛り上がるかを心配していたが、リラックスした雰囲気that 功を奏したのか、招待講演者を中心としたシニアの研究者と若手研究者の間で活発な議論が行われた。

以上のように、講演の分野は本当に多岐にわたっており、しかも物性研内部の研究テーマからはかなり異なっているにもかかわらず、全てのセッションで休憩時間がほとんどなくなるほど活発な討論が行われた。これは、発表者の方々が専門外の聴衆に配慮した話をされたこと、逆に聴衆の方々は初歩的な質問や全く異なる立場からの質問を遠慮無くして頂いたことによる。世話人として、参加者全員に心から感謝したい。

最後に、本ワークショップの企画・準備・開催・報告の各段階で、多くの物性研事務部および各研究室の方々にご協力いただいた。特に、共同利用係の松尾飛鳥氏、中性子科学研究室補佐員室の本田裕子氏、羽部なおみ氏、安保真理子氏に、この場を借りて感謝したい。



集合写真

10:30~11:00 休憩

【セッション4】 11:00~ 機能性固体・高分子 座長 柴山 充弘

12. 芥川 智行 (東北大多元研) 動的水素結合を利用した発光性強誘電体の創製
13. 福島 孝典 (東工大資源研) 新しい構造形態を有する π 電子系ソフトマター
14. 吉田 亮 (東大院工) 化学振動反応を利用した自励振動ゲルの創成とそのダイナミクス

12:30~13:30 昼食

【セッション5】 13:30~ 液体・中間相・膜のダイナミクス 座長 森 初果

15. 山室 修 (東大物性研) イオン液体のナノ構造とソフトダイナミクス
16. 福田 順一 (産総研) 薄いキラル液晶セルが形成する特異な欠陥構造
17. 佐々木 裕司 (北大院工) 液晶電気対流を用いたコロイド粒子の芋虫運動
18. 野口 博司 (東大物性研) タンパク質吸着による生体膜の形態変化

15:30 まとめ・閉会挨拶 (副所長・小森 文夫)

ポスター発表リスト (4月2日(木) 18:00~)

- P.01. 梶谷 孝 (東工大資源化学研) オルトフェニレンオクタマー：ディスコティック液晶
カラムの巨視的垂直配向をもたらすドーパント
P.02. 石割 文崇 (東工大資源化学研) 凝集誘起発光部位を有するポリアクリル酸及び
そのゲルの特異な Ca^{2+} センシング能
P.03. 清木 規矢 (東工大資源化学研) 巨視的スケールで高度な二次元配列規則性を有する分子性薄膜の創製
P.04. 景山 義之 (北大院理、JST さきがけ) アゾベンゼンの光異性化が誘起する酸解離現象と巨視的ソフトマター
ダイナミクス
P.05. 池上 智則 (北大院総化) 定常光照射下における薄膜状結晶の巨視的振動の創発
P.06. 高見 剛 (阪大院理) 革新的1次元空間を有する新物質とその水素吸蔵ダイナミクス
P.07. 鈴木 健太郎 (神奈川大理) 運動開始に遅れのある紫外線応答性油滴の自己駆動系
P.08. 根本 文也 (東大物性研) 中性子散乱で観た液晶性イオン液体のナノ構造とダイナミクス
P.09. 秋葉 宙 (東大物性研、JST-CREST) Pd ナノ粒子中の水素の原子配置とダイナミクス
P.10. 守島 健 (東大物性研) 両親媒性交互共重合体が水溶液中で形成する疎水性物質内包ミセル
の構造
P.11. 関 和彦 (産総研) 高い異方性を持つ分子の拡散吸着過程の理論およびシミュレーション
P.12. 原 諒平 (九大院理) 不均一環境での溶質の速度に対する溶媒の動的な効果
P.13. 山田 一雄 (九大院理) 非平衡定常駆動系における相反関係式
P.14. 玉手 亮多 (東大院工) 自励振動ベシクル：ブロック共重合体が形成する超分子集合の周期的
構造変化
P.15. 増田 造 (東大院工) 自励振動ポリマーブラシ表面の動的機能発現とその評価
P.16. 上田 顕 (東大物性研) 新規な水素結合系純有機結晶の構造とプロトン伝導性
P.17. 富永 大輝 (CROSS 東海) 水が及ぼす水溶性高分子の構造・ダイナミクスの変化



再構成アメーバ液滴の自律変形と運動

西上 幸範、伊藤 弘明、園部 誠司¹、○市川 正敏

(京都大学・大学院理学研究科、¹兵庫県立大学・大学院生命理学研究科)

本研究は、細胞や細胞膜の変形に関与している、アクチンとミオシンの複合体(アクトミオシン)の動的な物性の一端を明らかにした。人間を含む真核生物の細胞膜は、脂質分子の二分子膜を基本とし、そこに埋め込まれた多種類の分子や、膜を裏打ちする細胞骨格のネットワークから構成されている事が知られている。特に、膜直下に存在するアクチンとミオシンの組は分子モーターであり、細胞膜の変形における力生成の源として研究が盛んである。このアクトミオシンを物理的な枠組みで見れば、それぞれ繊維状に自己集合したアクチンとミオシンで構成された、薄膜形状の動くゲルである。この薄膜ゲルは膜面方向に収縮する性質を持っており、細胞に見られる様々な現象において果たす役割に興味を持たれている。我々も、その性質を利用する事でアメーバ様運動を再現するモデル系を構築してきた[1]。今回、アクトミオシンの細胞サイズの空間に閉じ込める事で上記の動く薄膜ゲルを膜直下に再構成し、構造やそのダイナミクスを測定する事に成功した[2,3]。

<参考文献>

- [1] Y. Nishigami, *et al.*, PLoS ONE 8(8): e70317. (2013).
- [2] Y. Nishigami, H. Ito, S. Sonobe, and M. Ichikawa (submitted).
- [3] H. Ito, Y. Nishigami, S. Sonobe, and M. Ichikawa (submitted).

揺動散逸定理を破る生き物の非平衡揺らぎ

水野 大介 (九州大学 理学研究院)

生き物の最小単位である細胞の諸機能は、柔らかい生体物質(バイオリジカルソフトマター)が熱的・非熱的に駆動されることで発現する。ソフトマターは外場に対して巨大に、かつ、著しく非線形に応答することを特徴とするため、生命現象は非線形性・非平衡性が色濃く現れる予測困難な力学過程である。こうした非平衡状態にある細胞内部環境では、熱平衡系における統計物理学の基本定理である揺動散逸定理が破れている。この揺動散逸定理の破れを解析することで、逆に細胞内部で生じている非熱的な揺動力や非平衡な動力的過程を究明することができる。ここで、非熱的な揺動力とは、例えばモーターたんぱく質がATPを加水分解して得たエネルギーを利用して生み出す非平衡力のことを指す。

本講演では、培養細胞や人工的に作製した“生きている細胞骨格ゲル”において、揺動散逸定理が破れていることを実証するとともに、i)生き物の非平衡揺らぎの統計的な性質(Levy)が平衡系のもの(Gauss)とは本質的に異なること、ii)非平衡揺らぎと系の力学挙動の間に協奏的な強い相関関係が観測されることを報告する。

<参考文献>

- [1] D. Mizuno, C. Tardin, C. F. Schmidt, and F. C. MacKintosh, *Science* **315**, 370 (2007).
- [2] D. Mizuno, R. Bacabac, C. Tardin, D. Head, and C. F. Schmidt, *Phys. Rev. Lett.* **102**, 168102 (2009).
- [3] 水野大介、日本物理学会誌 **66**, 276 (2011). (pdf:<http://sleipnir.sci.kyushu-u.ac.jp/mizuno/index.html>)



水と共役した生体分子のダイナミクスと機能発現

中川 洋 (原子力機構・量子ビーム、JST・さきがけ)

本研究は、中性子非干渉性散乱を用いて、蛋白質や DNA の水と機能発現関係性の解明を目的として行った。これまで、中性子非干渉性散乱実験と分子シミュレーションを組み合わせることで、生体分子の水和やダイナミクスの研究を行ってきた。生体分子の水和やダイナミクスの研究では、中性子を使うことで、“分子の熱揺らぎが分かる”、“水がよく見える”という、中性子の持つ量子ビームとしての特徴を活かした研究が行える。また中性子散乱の実験データの解析に分子シミュレーションを援用することで、原子分解能で構造ダイナミクスの解析を行うという、実験と計算を相補的・相乗的に融合させた解析は有効である。本発表では、中性子散乱と分子シミュレーションを組み合わせさせた研究によって、生体分子の機能を支える構造揺らぎが、水和水との相互作用で発現する仕組みを解明した研究について紹介する。

<参考文献>

- [1] H.Nakagawa *et al.*, (2010) JPSJ, 79, 083801
- [2] H.Nakagawa *et al.*, (2014) Phy.Rev.E., 90, 022723

一分子蛍光分光法によるタンパク質のフォールディング研究

高橋 聡 (東北大学・多元物質科学研究所)

タンパク質は、ランダムコイルの性質を持つ変性状態から、一次配列により定められる単一構造に自発的にフォールディングする性質を持つ。タンパク質のフォールディングは、タンパク質の構造予測や新規デザインなど、さまざまな応用と関連する重要な研究課題である。

近年、David Baker と David Shaw という 2 人の研究者が、この分野に変革をもたらしつつある。Baker らはタンパク質の構造予測やデザインを可能にし、新規酵素のデザインにも成功した[1]。Shaw は、生体分子の長時間の分子動力学計算を可能にする専用マシンを開発し、様々な系に応用を広げている[2]。今後、大規模な計算を用いてフォールディング機構を理解するとともに、タンパク質のデザイン研究が進展すると予想される。

我々は、タンパク質のフォールディング運動を、一分子レベルで観察するための装置開発を進めている。これまでの努力により、十マイクロ秒の時間分解能で 10 ミリ秒程度の一分子時系列データの観察が可能となった[3]。我々が明らかにしたタンパク質の物性について紹介し、さらにどのような装置の工夫が可能か、どんな現象が面白いかなどのお話を提供したい。

<参考文献>

- [1] Siegel *et al.*, Proc. Natl. Acad. Sci. USA. (2015) asap article.
- [2] Piana, Lindorff-Larsen, Shaw, Proc. Natl. Acad. Sci. USA. (2013) 110, 5915-5920.
- [3] Oikawa, Suzuki, Saito, Kamagata, Arai, Takahashi, Sci. Rep. (2013) 3, 2151.



リンカーヒストンが引き起こすクロマチン構造のコンパクト化のダイナミクス

白井 伸宙 (京都大学大学院理学研究科)

真核細胞の核内において DNA はクロマチンと呼ばれるタンパク質との複合体を形成して高度に凝縮して存在している。コンパクトなクロマチン構造が誘起されるとその構造に含まれる DNA 上の遺伝子発現が抑制されるため、クロマチンの構造変化のダイナミクスは生体機能の制御について知る上で重要である。リンカーヒストン H1 はクロマチン構造を凝縮させるタンパク質として知られており、クロマチンの基本単位であるヌクレオソームに結合してヌクレオソーム同士の配置や相互作用を変化させることが電子顕微鏡[1]や NMR[2]によって観察されている。しかし、これらの実験でヌクレオソームの構造変化のダイナミクスを追うことは困難であり、また H1 が持つ C 末端の長い変性部位がどのように凝縮に寄与しているのかは観測できていない。そこで本研究では H1 とヌクレオソームを含む粗視化モデルを構築し、分子動力学シミュレーションを行って凝縮過程や H1 の C 末端変性部位の動きを解析した。ヌクレオソームは DNA がヒストンコアに巻き付いた構造を持ち、隣のヌクレオソームへと繋がる DNA 部分はリンカー DNA と呼ばれる。シミュレーションの結果、H1 の C 末端変性部位はヌクレオソームから飛び出している二つのリンカー DNA に絡みつき、DNA がヒストンコアにより巻き付いた構造を誘起することがわかった。この結果から、H1 の変性部位はヌクレオソーム構造の凝縮ダイナミクスにおいて重要な役割を持つことが示された。

<参考文献>

- [1] F. Song *et al.*, *Science* **344**: 376-380(2014).
- [2] B.-R. Zhou *et al.* *Proc. Natl. Acad. Sci.* **110**: 19390-19395 (2013).

中性子散乱による高分子薄膜のダイナミクス

井上 倫太郎 (京都大学原子炉実験所)

近年の計測技術の向上に伴い、高分子薄膜の物性はバルクと大きく異なることが知られている。ガラス転移温度 (T_g) [1]、熱膨張係数の膜厚依存性、bulk T_g 以下での脱濡れ [2]などが例として挙げられる。特にガラス転移温度は高分子薄膜の熱的安定性に直結しているため、高分子薄膜の T_g に関する研究はこれまで X 線・中性子線反射率法、エリブソメトリー、走査プローブ顕微鏡、誘電緩和などにより詳細に調べられてきた。その結果、最も単純な高分子の一つであるポリスチレン (PS) 薄膜の場合には膜厚が減少するに伴い T_g が減少することが明らかとなった。具体的にどのようなメカニズムが作用して高分子薄膜特有の特異な T_g 挙動に繋がっているかに関する知見は欠落したままである。ガラス転移自体は旧来考えられてきたように熱力学的相転移ではなく、緩和現象である。そのため、高分子薄膜の T_g 挙動を理解するためにはダイナミクス研究を積極的に行う必要があるが、分子レベルのいわゆるミクロスケールにおける分子運動を実験的に明らかにする試みはこれまでほとんど行われていない。そこで、そのような状況を打開するため中性子散乱を利用して高分子薄膜のダイナミクス測定を行い、高分子薄膜のガラス転移機構解明を目指した [3]。

<参考文献>

- [1] J. L. Keddie *et al.*, *Faraday Discuss.* **98**, 219 (1994).
- [2] G. Reiter *et al.*, *Macromolecules* **27**, 3046 (1994).
- [3] R. Inoue *et al.*, *Phys. Rev. E.* **80**, 031802 (2009).

銀微粒子シートによるナノ界面の高分解能蛍光イメージング

玉田 薫 (九州大学 先導物質化学研究所)

金属ナノ微粒子をはじめとするナノ材料は、ナノサイズに由来する特有の光学および電気的特性により、さまざまなデバイス応用が期待されている。中でも金属ナノ構造体による局在プラズモン共鳴 (Localized surface plasmon resonance (LSPR)) は、基礎と応用の両方において、近年進展がめざましい研究分野である。

近年我々は粒径の揃った銀微粒子 (直径 5 nm) および金微粒子 (直径 10 nm) の多次元自己組織化とそのプラズモン特性について研究を進めている [1]。これら金属ナノ微粒子は界面活性を有し、気水界面に展開すると自発的に 2 次元結晶を形成する [2]。これら微粒子シートを蛍光増強基板として用いると、界面から数 10 nm の領域でのみ波長選択的に蛍光増強効果が現れる。伝搬型プラズモン由来の蛍光増強とは異なり空間分解能が低下しないため、ナノ界面に特化したイメージングを高空間分解能で行うことが可能である。これまでに、高速 CCD カメラによる直径 1 μm の蛍光ビーズ観察において、30 ms/frame の実時間観察で、160 nm の空間分解能を維持しつつ、蛍光強度を 4 倍上げることに成功している [3]。最近の試みとして、広島大学との共同研究で、銀微粒子二次元シート基板上に接着した細胞の接着点の高分解能観察に成功している。今後は局在プラズモン下での高分解能局所蛍光顕微鏡観察を通じて、ナノ界面における分子ダイナミクスに関する研究を進めたいと考えている。

<参考文献>

- [1] K. Okamoto, B. Lin, K. Imazu, A. Yoshida, K. Toma, M. Toma, K. Tamada, *Plasmonics*, **8**, 581, 2013. A. Yoshida, K. Imazu, X. Li, K. Okamoto, K. Tamada, *Langmuir*, **28**, 17153, 2012.
- [2] M. Toma, K. Toma, K. Michioka, Y. Ikezoe, D. Obara, K. Okamoto and K. Tamada, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **13**, 7459, 2011.
- [3] E. Usukura, S. Shinohara, K. Okamoto, J. Lim, K. Char, K. Tamada, *Appl. Phys. Lett.*, **104**, 121906, 2014.

2次元ナノ材料上のペプチド自己組織化：バイオ-エレクトロニクス界面の物性

早水 裕平 (東京工業大学大学院 有機高分子物質専攻)

本研究では、グラフェン表面で特異的に自己組織化する固体吸着ペプチドを用い、ナノ材料とバイオ材料の複合システムを構築し、新規なバイオ・エレクトロニクス分野の開拓を目指します。我々の研究室では、米国ワシントン大学のサリカヤ研究室との共同研究において、バイオコンビナトリアル法を用いてグラフェン・グラファイトに特異的に吸着するアミノ酸 12 個からなるペプチドを 60 個、選択しました。そのうちの 1 つが、グラファイト上に長さ数ミクロン、幅数ナノのナノワイヤー状の構造に自己組織化することが発見されました [1]。このペプチドのアミノ酸配列の一部を変化させることによって、ペプチドの自己組織化を制御することが可能です [2]。近年は、これらのペプチドを用いたバイオセンサーの実証もなされています [3]。

これらの研究をさらに発展させ、現在では、グラフェン以外の種々の 2 次元ナノ材料上で自己組織化するペプチドの開発に成功しました。講演ではその界面の物性について発表いたします。

<参考文献>

- [1] C. R. So, *et al.*, "Controlling Self Assembly of Engineered Peptides on Graphite by Rational Mutation," *ACS Nano*, **6** (2) 1648-1656 (2012).
- [2] D. Khatayevich, *et al.*, "Controlling the Surface Chemistry of Graphite by Engineered Self-Assembled Peptides" *Langmuir*, **28**, 8589 (2012).
- [3] D. Khatayevich, *et al.*, "Selective Detection of Target Proteins by Peptide-Enabled Graphene Biosensor", *Small*, **10**, 1505-1513 (2014).



化学振動反応を利用した自励振動ゲルの創成とそのダイナミクス

吉田 亮 (東京大学大学院工学系研究科)

演者は刺激応答性高分子ゲルの研究に長い間携わる一方で、心臓の拍動のように一定条件下で自発的に周期的リズム運動を行う新しい「自励振動ゲル」を開発した。Belousov-Zhabotinsky (BZ) 反応は、時間リズムや空間パターンを自発的に生み出す化学振動反応としてよく知られている。この BZ 反応を、金属触媒を化学的に結合したゲル内で引き起こし、その化学エネルギーを力学エネルギーに変換する分子設計を行うことによりゲルの周期的な膨潤収縮振動や高分子鎖の周期的形態変化を生み出すことに成功した。1996年に初めてこの「自励振動ゲル」(self-oscillating gel)を報告し[1]、以降系統的に研究を進めている。生体模倣アクチュエータ、自律物質輸送システム、自励振動ポリマーブラシ表面、周期的粘弾性変化を伴う機能性流体など、時空間機能をもつ新たな自律機能材料への応用展開を試みている[2]。また近年ではミセル構造[3]やベシクル構造[4]の形成崩壊サイクルを繰り返す新規 AB, ABA, ABCBA 型ブロック共重合体の創製、細胞膜に見られるような周期的かつ自律的な二重膜構造の変形を生起する架橋ベシクル[5]の創製に成功した。本講演ではこれらの最新の成果を紹介する。

<参考文献>

- [1] R. Yoshida, T. Takahashi, T. Yamaguchi and H. Ichijo : *J. Am. Chem. Soc.*, 118, 5134 (1996).
- [2] R. Yoshida and T. Ueki : *NPG Asia Materials*, 6, e107 (2014).
- [3] T. Ueki, M. Shibayama, R. Yoshida : *Chem. Commun.*, 49, 6947 (2013).
- [4] R. Tamate, T. Ueki, M. Shibayama, R. Yoshida : *Angew. Chem. Int. Ed.*, 53, 11248 (2014).
- [5] R. Tamate, T. Ueki, R. Yoshida : *Adv. Mater.*, 27, 837 (2015).

イオン液体のナノ構造とソフトダイナミクス

山室 修、古府 麻衣子、根本 文也 (東京大学物性研究所・附属中性子科学研究施設)

イオン液体はおそらく現在の液体科学分野で最も注目されている液体である。単一のイオン性物質であるにもかかわらず、室温で液体であり、それが過冷却しガラス転移を示す。イオン液体の陽イオンは、イミダゾール環などのコア部分(正電荷が局在)にアルキル鎖が結合した構造をもつ。イオン液体が興味深いのは、このコア部分と陰イオンからなるイオン性ドメインとアルキル鎖が集まった中性ドメインが高次構造(ナノ構造)を形成することである。もちろんドメイン内にも特徴的な構造が存在するので、イオン液体は、単一成分液体であるにもかかわらず、水・油・界面活性剤系のような階層構造をもつ液体と捉えることもできる。上記の様な基礎科学的興味だけでなく、イオン液体は不揮発性溶媒、電気化学材料、アクチュエーターなどの機能性物質としても大いに注目されている。我々は、このイオン液体の構造とダイナミクスに注目して、熱測定や中性子散乱の研究を行ってきた[1-8]。講演では、ナノ構造とそれに由来する遅い緩和の話を中心に、これまでの我々の研究を紹介する。

<参考文献>

- [1] O. Yamamuro *et al.*, *Chem. Phys. Lett.* 423, 371 (2006).
- [2] Y. Inamura *et al.*, *Physica B* 385-386, 732 (2006).
- [3] O. Yamamuro *et al.*, *AIP Conf. Proc.* 832, 73 (2006).
- [4] O. Yamamuro *et al.*, *J. Chem. Phys.* 135, 054508 (2011).
- [5] O. Yamamuro *et al.*, *J. Phys. Chem. B* 116, 10935 (2012).
- [6] M. Kofu *et al.*, *Soft Matter* 8, 7888 (2012).
- [7] M. Kofu *et al.*, *J. Phys. Chem. B* 117, 2773 (2013).
- [8] F. Nemoto *et al.*, *J. Phys. Chem. B*, in press.



薄いキラル液晶セルが形成する特異な欠陥構造

福田 順一 (産業技術総合研究所 ナノシステム研究部門)

液晶が物性科学の研究対象として興味を持たれてきた理由としては、様々な対称性の秩序構造を自己組織的に形成すること、位相欠陥の観察が容易なモデル系となりうること、超伝導体などの他の物理系との理論的アナロジーが考えられることなどが挙げられる。本研究では、自発的にねじれた配向構造を形成するキラル液晶(鏡映対称性の欠如した分子からなる液晶)が、薄い平行平板からなるセル中でどのような秩序構造を形成するかを、数値計算によって議論する。

強いねじれを誘起するキラル液晶は、コレステリックブルー相と呼ばれる、液晶配向の欠陥が3次元的に配置した複雑な秩序相をバルクで形成することが知られている[1]。そのようなキラル液晶を薄いセル中に閉じ込めると、バルクのものとは似ても似つかない、欠陥を含む様々な秩序構造が形成されることを見いだした[2]。その中には、近年特にキラル強磁性体でその存在が注目を集めている、渦状の励起構造であるスカーミオンからなるヘキサゴナルな格子も含まれる。時間があれば、そのような秩序構造の光学的性質を計算した試みについても紹介する[3]。

<参考文献>

- [1] D. C. Wright and N. D. Mermin, *Rev. Mod. Phys.* **61**, 385 (1989).
- [2] J. Fukuda and S. Žumer, *Phys. Rev. Lett.* **104**, 017801 (2010); *Phys. Rev. Lett.* **106**, 097801 (2011); *Nature Commun.* **2**, 246 (2011).
- [3] J. Fukuda and S. Žumer, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **594**, 70 (2014).

液晶電気対流を用いたコロイド粒子の芋虫運動

佐々木 裕司 (北海道大学 大学院工学研究院 応用物理学部門)

ネマチック液晶は棒状分子の長軸に長距離の秩序をもった異方的な流体である。このような媒質中にコロイド粒子が置かれた場合、粒子周辺の配向場の乱れによって粒子間に独特な相互作用が現れ、通常の等方性液体を用いたコロイド系とは異なる性質を示す。[1] 最近ではダイナミクスの観点からも関心を集め始めており、その一例として液晶中でのコロイド粒子の交流電気泳動が挙げられる。[2] これは粒子の周りの配向場が非対称に歪むことにより、たとえ球形の粒子であってもその周囲の電気的な性質が非対称になることで運動を可能としている。最近、私たちはこの電気泳動現象に液晶電気対流効果を組み合わせた研究に取り組んでいる。ある閾値以上の電圧を液晶に印可することによって対流が発生させ、流れの中での粒子の運動について詳しく調べた。特に、弾性力によって直線状に繋がったコロイド粒子は、対流の中で切れることなく芋虫のような運動することが観察される。さらに通常の偏光顕微鏡観察に加えて、コロイド鎖が上下に動く様子を三次元的に観察することを試みた。その結果、対流の流れに加えて、電気泳動の力やガラス界面からの反発力もまた運動のメカニズムに重要な役割を果たしていることが明らかになってきた。[3]

<参考文献>

- [1] H. Stark, *Phys. Rep.*, **351**, 387, 2001.
- [2] O. D. Lavrentovich *et al.*, *Nature*, **467**, 947, 2010; O. D. Lavrentovich, *Soft Matter* **10**, 1264, 2014.
- [3] Y. Sasaki *et al.*, *Soft Matter*, **10**, 8813, 2014; Y. Sasaki *et al.*, *Langmuir* (accepted).

タンパク質吸着による生体膜の形態変化

野口 博司 (東大物性研)

生体膜に囲まれた様々な形状の細胞内小器官があるが、それらの形状は時々刻々と動的に変化している。これらの形状を決めるメカニズムの解明を目的として研究を行っている。最近、生体膜に吸着するバナナ状の BAR ドメインを持つタンパク質が多く見つかっている。吸着ドメインが曲率を持つため、ドメインに沿って脂質膜を曲げてチューブ状に変形させる。しかし、その形成機構はまだよくわかっていないことが多い。我々は粗視化膜模型を用いたシミュレーションによってこのような曲がった棒による膜変形を研究した。棒同士に直接の引力を与えなくても、膜を介した相互作用で、棒は集合する。しかし、通常の相分離と異なり、この集合は棒の縦と横方向の 2 つの 1 次元の集合に分かれて起こる[1]。また、これまでの研究では棒に沿った自発曲率のみが考慮されていたが、横方向に弱い自発曲率を加えることでチューブ形成のダイナミクスが大きく変わることが分かった[2]。平衡状態の性質はそれほど変化しないが、集合途中でネットワーク構造が安定化することによってチューブ形成が抑制される。最近、タンパク質の種類によってチューブ状の突起が脂質膜全体から一様に伸びてくるものと一箇所から伸びるものがあることが実験的に報告されている[3]。このようなネットワーク形成が一因である可能性が考えられる。

<参考文献>

- [1] H. Noguchi, EPL 108, 48001 (2014).
- [2] H. Noguchi, arXiv:1503.00973 [cond-mat.soft].
- [3] Y. Tanaka-Takiguchi, *et al.* Langmuir 29, 328 (2013).

