

平成 21 年 3 月 31 日現在

研究種目：特定領域研究  
研究期間：2006～2010  
課題番号：18068015  
研究課題名（和文） ソフトマターのメソスコピック界面ダイナミクスとその応用  
研究課題名（英文） Dynamics of mesoscopic interface composed of soft matter and its application  
研究代表者  
木村康之（KIMURA YASUYUKI）  
九州大学・大学院理学研究院・教授  
研究者番号：00225070

研究分野：数物系科学  
科研費の分科・細目：物理学・生物物理・化学物理  
キーワード：光ピンセット・ソフト界面・局所力学物性

### 1. 研究計画の概要

生体系に代表されるソフトマター複合系において、メソスコピックスケールでの構造やダイナミクスを理解するためには、系を構成する個々の分子の示す物性が、メソスコピックスケールでのシステムの機能へと、いかに集約され、制御・統合されるかを理解することが必要不可欠である。近年、ナノテクノロジーの発展を支える基盤技術として、メソスコピック構造を観測可能なさまざまな方法が開発されているが、3次元構造中におけるナノスケールでの局所輸送現象をはじめとする局所ダイナミクスを3次元かつその場観測する測定法の開発、およびこれを用いたソフトマター複合系の局所界面の構造（トポロジー）とダイナミクスとの関連性を明らかにする研究は従来ほとんど行われていない。しかし、このような研究は生命現象の本質に迫ろうとする基礎的重要性に加え、ソフトマターの自己組織化を利用したメソスコピック機能性材料の創成を行なう際の設計指針を与える点で重要性である。本研究ではこのような背景を踏まえ、(1)新しいソフトマター複合材料設計の基礎となるメソスコピック物性と局所構造との関係を明らかにし、(2)それに基づく新しいソフトマター複合材料設計とその実現を目的とする。

### 2. 研究の進捗状況

#### (1)目的1に関する進捗状況

メソスコピック界面の局所トポロジーと局所ダイナミクスを同時に、3次元かつ広い時間スケールにわたりリアルタイム計測可能な新しい実験的方法論の開発を行なっ

てきた。これまでに界面の3次元実像（蛍光像）を高速観察可能な共焦点レーザー顕微鏡システムを導入することにより、サブマイクロスケールでのソフトマター界面の局所構造をリアルタイムで観測可能にした。これを2分子膜で構成されるベシクルをはじめとしたソフトマター複合系に適用し、混合脂質2分子膜からなるマイクロサイズのベシクル上における脂質の相分離ダイナミクスのリアルタイム観測を行った。次に、光ピンセットシステムおよび光散乱測定システムを併設することでメソスコピックスケールでの局所ダイナミクスの測定を可能にした。殊に2ビーム光ピンセットを用いた局所力学測定により、液晶中に分散したコロイド粒子間相互作用の測定やベシクル1個の力学物性の測定などの局所力学測定に成功した。

#### (2)目的2に関する進捗状況

液晶-高分子混合系において様々な規則構造形成とその制御を行うことに成功した。これらは今後、自己組織化による新規フォトニック材料としての展開が期待できる。また、可溶性の代表的な導電性高分子である poly(3-alkylthiophene) (P3AT) の極細ウィスカーによる導電性ネットワークの自己組織的作成に成功した。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ことでT字分岐を発生させることに成功し、さらにドーピングにより導電経路の次元が1次元から2次元へと変化することが確認された。

### 3. 現在までの達成度

おおむね順調に進展している。  
(理由) 目的(1),(2)ともに当初予定していた設備の設置が完了し、これを用いた研究成果が出つつある。すでにその一部は Physical

Review Letters をはじめとする欧米の一流雑誌に掲載されている。

#### 4. 今後の研究の推進方策

これまで、施設の導入および整備等に時間を割いてきたために九州大学および東京農工大学のグループがほぼ独立に研究を進めてきたが、今後、新たな測定法の開発、物性評価、材料開発を緊密な連携のもと推進することで、複合的な研究成果を目指した研究を遂行する予定である。

#### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計15件)

S. Samitsu, T. Shimomura, S. Heike, T. Hashizume and K. Ito, "Effective Production of Poly (3-alkylthiophene) Nanofibers by means of Whisker Method using Anisole Solvent: Structural, Optical, and Electrical Properties", *Macromolecules*, 41, 8000-8010 (2008). 査読有。

K. Kita, M. Ichikawa and Y. Kimura, "Self-assembly of polymer droplets in nematic liquid crystal at phase separation", *Physical Review E* 77, 041702-1~4 (2008). 査読有。

M. Ichikawa, K. Kubo, K. Yoshikawa and Y. Kimura, "Tilt control in optical tweezers", *Journal of Biomedical Optics*, 13, 010503-1~3 (2008). 査読有。

K. Takahashi, M. Ichikawa and Y. Kimura, "Novel force between colloidal particles in a nematic liquid crystal studied by optical tweezers", *Physical Review E* 77, 020703(R)-1~4 (2008). 査読有。

M. Ichikawa, H. Ichikawa, K. Yoshikawa and Y. Kimura, "Extension of a DNA molecule by local heating with a laser", *Physical Review Letters*, 99, 148104-1~4 (2007). 査読有。

[学会発表](計203件)

下村武史：“分子配線材料としての導電性高分子”，ポリマーフロンティア21，2008年9月5日，東京工業大学。(招待講演)

市川正敏：“Experimental study of lateral phase separation in multi-component Membranes from the side of diffusion properties”，International Workshop on Physical Phenomena in Multi-Component Membranes, 2008年3月19日，首都大学東京。(招待講演)

木村康之：“光ピンセットを用いたソフトマターの力学測定”，2007年度日本液晶学会ソフトマターフォーラム研究会，2007年11月30日，京都市国際交流会館。(招待講演)

Y. Kimura: "Measurement of Interparticle

Force between Colloidal Particles in Nematic Liquid Crystal by Optical Tweezers", 9th European Conference on Liquid Crystals, 2007年7月3日，リスボン(ポルトガル)。

下村武史：“導電性ナノファイバー1本の電気伝導測定”，ポリマー材料フォーラム，2006年11月17日，千里ライフサイエンスセンター。(招待講演)

[図書](計6件)

下村武史：“生物に学び分子でつくる電気回路”。「生物に学び新しいシステムを創る」(2)pp.7-14，博友社，東京，2008。

下村武史：“分子配線材料としての導電性高分子の要求特性と実用例”。「最新導電性高分子全集」pp.200-208，技術情報協会，東京，2007。

M. Ichikawa et al.: "Construction of exotic microstructures from nanoscale molecular assembly" (Ed. by K. Ariga), BOTTOM-UP NANOFABRICATION: Supramolecules, Self-Assemblies, and Organized Films, CHAPTER 60, pp. 1-22, American Scientific Publishers, 2007。

下村武史：“分子被覆導線の電子機能と集積化”，有機エレクトロニクスにおける分子配向技術，pp.353-359，シーエムシー，東京，2007。

Y. Kimura et al.: "Frequency domain electro-optic response of chiral smectic liquid crystals", (S. P. Stoylov, M.V.Stoimenova eds.), Molecular and colloidal electro-optics, Chapter 21, pp.525-549, Taylor & Francis CRC Press, 2006。

早川禮之助，伊藤耕三，木村康之，岡野光治：“非平衡系のダイナミクス入門：動的物性の物理”，培風館，東京，2006。

[産業財産権]

出願状況(計1件)

名称：光ピンセット装置

発明者：市川正敏

権利者：市川正敏

種類：特願

番号：2007-78314

出願年月日：2007年7月

国内外の別：国内

取得状況(計0件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年月日：

国内外の別：

[その他]