

平成21年 4月12日現在

研究種目： 特定領域研究

研究期間： 2006～2010

課題番号： 18068007

研究課題名（和文） ゲスト成分が誘起するソフトマターメソ構造の相転移ダイナミクス

研究課題名（英文） Phase Transition Dynamics of Soft matter Induced by Guest Components

研究代表者

今井 正幸 (IMAI MASAYUKI)

お茶の水女子大学・大学院人間文化創成科学研究科・教授

研究者番号： 60251485

研究分野： ソフトマター物理

科研費の分科・細目： 物理学・生物物理・化学物理

キーワード： 物性実験・化学物理・生物物理・計算物理・自己組織化

## 1. 研究計画の概要

本研究課題では、ソフトマターのメソ構造を支配する大きな内部自由度に起因するエントロピー的な力と構成要素間のエネルギー的な力の微妙なバランスに着目し、系にそのバランスを変調させるゲスト成分や界面を導入することによる新奇な秩序形成の探索とその秩序形成機構の解明を以下の3つの観点から進める。

(1) 脂質複合膜の非平衡ダイナミクス

(2) 両親媒性分子膜とコロイド粒子の静的および動的結合

(3) 微視的構造化表面上での濡れ

## 2. 研究の進捗状況

(1) 多成分ベシクルの相分離と余剰面積を結合させることにより、ドメイン界面エネルギーが支配する新しいタイプのベシクル変形が誘起される事を見出した。さらに、この変形を脂質分子の自発曲率と結合させると、ベシクル同士の接着や孔形成など生体膜がもつ機能的な変形が再現できる事を明らかにした。特に孔形成の場合、孔の淵を通過して脂質分子の上下膜間の移動が可能になり、非対称膜が形成されるなど、生体に近い機能をモデル膜に付与することができ、その物理モデルの構築に成功した。

(2) クサビセル中のラメラ相では、相転移開始後からラメラ相形成のキネティクスに起因した階段状の線欠陥が形成されるが、非常に長い時間にわたり弾性エネルギーを下げるために欠陥構造の幾何学的組み換えが起きるが、このような欠陥パターンの時間変化の素過程を明らかにすることに成功した。また、コロ

イド系のゲル化過程における局所構造形成と非エルゴート転移の関係を一粒子レベルでの解析により初めて明らかにすることに成功した。

(3) 微細構造を持つ表面上の液滴がどのように微視的接触状態間を転移するかについて研究を行った。「核生成・成長」シナリオを提唱し、どのような遷移形状変化を伴うべきかを理論的に予言した。その一部はすでに実験によってサポートされている。構造化基板への液体の浸透現象の動力学についても理論実験の両面から研究を行った。H2Oより構造化基板上での接触角履歴について基本的な理論の構築を進めている。

## 3. 現在までの達成度

② おおむね順調に進展

ソフトマター複合系の物理について、モデル生体膜・分子膜とコロイドないしは高分子複合系・エキゾチック界面などの様々なヘテロ環境でのメソ構造形成を明らかにしてきた。本研究により明らかにされた成果はいずれも世界的に高く評価されており、今後の発展により新しいソフトマター物理の展開を発信できるものと思われる。

## 4. 今後の研究の推進方策

(1) 今までに得られた脂質膜ベシクルの変形をさらに生体系へと発展させ、その物理モデルを構築させるために以下の研究を重点的に推進する①個々のベシクル変形の有機的結合による機能的変形機構の構築、②化学反応とベシクル変形の結合、③ベシクルの3次元計測による変形機構の解明。

(2) ソフトマターにおける非平衡定常状態下での運動学的経路の選択について、おもにコロイド・高分子（または膜）複合系の凝集のダイナミクスにおける流体力学的相互作用に焦点をあて、共焦点レーザー顕微鏡による一粒子レベル観察により研究を行なう予定である。

(3) 構造化表面上での接触角の履歴現象に関する基本的な理論の構築を簡単な実験も進めつつ行う。構造化表面で滴が外力を受けるなどして運動する際の動力学などについても研究を進め、一連の研究の総括を行う。

#### 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 30 件）

① M. Yanagisawa, M. Imai, and T. Taniguchi. Shape deformation of ternary vesicles coupled with phase separation Phys. Rev. Lett. 100, 148102(1-4) (2008). 査読あり

② C.P. Royall, S.R. Williams, T. Ohtsuka and H. Tanaka, Direct observation of a local structural mechanism for dynamic arrest, Nature Materials 7, 556-561 (2008). 査読あり

③ C. Ishino and K. Okumura, Nucleation scenarios for wetting transition on textured surfaces: the effect of contact angle hysteresis, Europhys. Lett. 76 464-470 (2006). 査読あり

〔学会発表〕（計 189 件）

① M. Imai, Shape Deformation of Vesicle Coupled with Phase Separation. International symposium on

Non-Equilibrium Soft Matter 2008.6.3 (Kyoto, Japan)

② H. Tanaka, Mechanical instability in phase separation, fracture, and cavitation. International Soft Matter Conference 2007.10.4. (Aachen, Germany),

〔図書〕（計 1 件）

今井正幸 シュプリンガー・ジャパン 東京  
ソフトマターの秩序形成 (2007) 399 ページ

〔産業財産権〕

○出願状況（計 1 件）

名称：2 成分ベシクルによるマイクロメートルサイズの物質輸送システム  
発明者：佐久間由香・今井正幸  
権利者：お茶の水女子大学  
種類：特許  
番号：特願 2009-42357  
出願年月日：2009 年 2 月 25 日出願  
国内外の別：国内

○取得状況（計 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〕