

平成22年 6月16日現在

研究種目： 基盤研究 (B)
 研究期間： 2007 ~ 2009
 課題番号： 19340118
 研究課題名 (和文)
 多成分ベシクルの形態形成ダイナミクス
 研究課題名 (英文)
 Morphology Formation Dynamics of Multi-Component Vesicles
 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

研究成果の概要 (和文)：

我々は生体膜の示す様々な膜変形現象を、多成分ベシクルを用いたモデルを通して研究した。様々な形状を持つベシクルで相分離を起こすことにより、ベシクルが内側に分裂したり、外側に分裂したりする現象、球状のベシクルが数珠状に繋がる現象等、相分離するベシクルに特徴的な変形を示す事がわかった。さらに、脂質分子の自発曲率と相分離を結合させることにより接着や孔形成などの機能性膜変形も再現できる事がわかった。

研究成果の概要 (英文)：

We demonstrate shape deformations of multi-component vesicles from experimental point of view. The phase separation of multi-component vesicle causes the line tension at the domain boundary, the local bending modulus, and the local spontaneous curvature on a vesicle, which leads to unique shape deformation pathways. Especially binary vesicles composed of lipids having different spontaneous curvatures show functional shape deformations, such as adhesion, pore formation, and lipid sorting. These observations give the physical basis of shape deformations in cellular membranes.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	7,900,000	2,370,000	10,270,000
2008年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
2009年度	2,300,000	690,000	2,990,000
総計	1,390,000	4,170,000	18,070,000

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： 多成分ベシクル・生体膜・膜内相分離・自発曲率・膜接着・孔形成

1. 研究開始当初の背景

生体膜が示す様々な機能性変形については、いままで様々な角度から検討が加えられ

てきたが、その多くは生物学ないしは化学側からのアプローチであり、物理的な機構解明は遅れていた。

2. 研究の目的

本研究はこのような脂質混合膜を用いて非平衡条件下で相分離と結合したベシクルの変形・分裂機構の解明およびその結果を利用したエンドサイトーシス経路の再現を目指す。具体的な研究課題は以下の通り。

(1) 浸透圧差による膜変形と相分離の結合によるベシクル膜の大変形ダイナミクス

(2) ベシクル膜の大変形ダイナミクスを利用したエンドサイトーシス現象の再現。

3. 研究の方法

(1) 球状の均一相ベシクルが浸透圧効果により多角形ベシクルへ形態転移した後、温度を下げて相分離を進行させ、ドメイン形成による膜弾性率の不均一性およびドメインとマトリックスの界面エネルギーの競合により引き起こされる形態変化を蛍光顕微鏡観察により追跡する。

(2) 脂質分子のベシクル膜上での相分離をその自発曲率と結合させることにより、エンドサイトーシス経路に現れる特徴的な膜変形、接着・孔形成・融合等、を再現する。

4. 研究成果

(1) ベシクル形状が相分離と結合した場合の変形ダイナミクスの機構を明らかにする事ができた。特にベシクルの分裂方向の制御や数珠状ベシクルの形成等相分離との結合により、全く新しい変形ダイナミクスを明らかにした。

(2) 脂質分子の持つ自発曲率を相分離と結合させることにより、生体膜の持つ機能性変形の再現に成功した。負の自発曲率の場合は膜接着、正の自発曲率の場合は孔形成が誘起され、その物理モデルの構築にも成功した

5. 主な発表論文等

(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 14 件)

- 1) Pore Formation in a Binary Giant Vesicle Induced by Cone-Shaped Lipids
Y. Sakuma, T. Taniguchi, and M. Imai
Biophys. J. in press. 査読あり
- 2) Diffusion of domains on nanometer sized vesicle
Y. Sakuma, N. Urakami, Y. Ogata, M. Nagao, S. Komura, T. Kawakatsu and M. Imai
J. Phys. Conf. Ser. in press. 査読あり
- 3) Nano-meter-sized domain formation in lipid membranes observed by small angle neutron scattering
T. Masui, N. Urakami and M. Imai
Eur. Phys. J. E 27, 379-389 (2008). 査読あり
- 4) Shape Deformation of Vesicle Coupled with Phase Separation
M. Yanagisawa, M. Imai, and T. Taniguchi
Progress of Theoretical Physics Supplement 175, 71-80 (2008). 査読あり
- 5) Adhesion of Binary Giant Vesicles Containing Negative Spontaneous Curvature Lipids Induced by Phase Separation
Y. Sakuma, M. Imai, M. Yanagisawa, S. Komura
Eur. Phys. J. E, 25, 403-413, (2008). 査読あり
- 6) Shape deformation of ternary vesicles coupled with phase separation
M. Yanagisawa, M. Imai, and T. Taniguchi
Phys. Rev. Lett. 100, 148102(1-4) (2008).
- 7) Lamellar to Micelle Transition of Nonionic Surfactant Assemblies Induced by Addition of Colloidal Particles
Y. Sugauma, N. Urakami, R. Mawatari, S. Komura, Kaori Nakaya-Yaegashi and M.

Imai

J. Chem. Phys. 129, 134903 (2008) 査読あり

8) Concentration fluctuations in binary fluid membranes

K. Seki, S. Komura and M. Imai

J. Phys.:Condens. Matter 19, 072101 (2007). 査読あり

9) Growth Dynamics of Domains in Ternary Fluid Vesicles

M. Yanagisawa, M. Imai, T. Masui, S. Komura and Takao Ohta

Biophysical J. 92, 115-125 (2007).

[学会発表] (計 79 件)

1) M. Imai

Diffusion of nanometer-sized domains on a vesicle

Biophys. Soc. 54th annual meeting, Feb. 22 2010, San Francisco, USA.

2) 今井正幸

多成分ベシクルの変形挙動

特定領域研究 非平衡物理学の創成 第3回公開シンポジウム

2009年11月21日、京都

3) M. Imai

Inter-membrane interactions modulated by addition of guest components

Conference on Neutron Scattering & Mesoscopic Systems

Oct. 12, 2009, Goa, India.

4) M. Imai

Lamellar to Micelle Transition of Nonionic Surfactant Assemblies Induced by Confinement of Colloidal Particles.

ICNS2009, May 5, 2009, Knoxville USA,

5) M. Imai

Shape Deformation of Vesicle Coupled with Phase Separation

International symposium on non-equilibrium soft matter, June 3, 2008 Kyoto.

6) M. Imai

Shape Deformation of Vesicle Coupled with Phase Separation

International Workshop on Physical Phenomena in Multi-Component Membranes,

Mar. 18, 2008, Tokyo

7) M. Imai

Shape Deformation of Vesicle Coupled with Phase Separation

The 5th International workshop on complex systems, Sep. 26, 2007, Sendai.

8) M. Imai

Domain growth of deformed vesicles

International Soft Matter Conference 2007,

Oct. 1, 2007, Aachen, Germany.

[図書] (計 1 件)

1) ソフトマターの秩序形成

今井正幸

シュプリンガー・ジャパン 東京 (2007) 399 pages.

[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

[その他]

ホームページ等

<http://sofia.phys.ocha.ac.jp/imalab/index.html>

6. 研究組織

(1) 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

(2)研究分担者

浦上 直人 (Urakami Naohito)
山口大学・理工学研究科・講師
研究者番号：50314795

中谷 香織 (NAKAYA KAORI)
お茶の水女子大学・大学院人間文化創成科学
研究科・助教
研究者番号：50323861