

仮想電極ディスプレイによる脂質膜操作

Manipulation of Lipid Bilayers Using Virtual Cathode Display



○(DC)宮廻 裕樹^{1,2}, 満洲 邦彦¹, 星野 隆行¹ (1. 東大院情理, 2. 学振特別研究員(DC1))

○(DC)Hiroki Miyazako^{1,2}, Kunihiro Mabuchi¹, Takayuki Hoshino¹ (1. Univ. of Tokyo, 2. JSPS Research Fellow(DC1))

E-mail: hiroki_miyazako@ipc.i.u-tokyo.ac.jp; takayuki_hoshino@ipc.i.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】生体膜は多様な3次元構造をとることができ、その構造は局所的な弾性エネルギーと線張力によるエネルギーのバランスに依存する。このような生体膜の力学特性を計測・制御するには、膜に対して局所的な張力を発生させることが必要であり、これまでに光ピンセットやAFMなどを用いた力学的操作が行われてきた。しかしながら、これらの手法では同時に数点のみにしか力を印加することができないという制約がある。この課題を解決するため、本発表では、電子線による仮想電極ディスプレイによって脂質膜に対して2次元の応力パターンが印加可能であり、生体膜の立体構造を局所的かつ可逆的に操作できることを示す。

【原理】電子線による仮想電極ディスプレイ[1]を用いた応力印加法の概要図を図1に示す。倒立電子線描画装置を用いて加速電圧2.5 kVの電子線を厚さ100 nmのSiN膜膜に対して照射すると、SiN膜膜内に蓄積された散乱電子によって電場が発生する[2]。水と脂質分子は誘電率が異なるため、SiN膜膜上にある脂質膜に電場がかかると水と脂質との界面においてMaxwell応力が発生する。さらに電子線照射点まわりのイオンが電場を遮蔽するように輸送されることで脂質膜内外での浸透圧差による圧力が生じる。これらの圧力により脂質膜に対して応力を局所的に印加することができる。また電子線は高速走査することができるため、脂質膜に対し、2次元の応力パターンが印加可能であると考えられる。

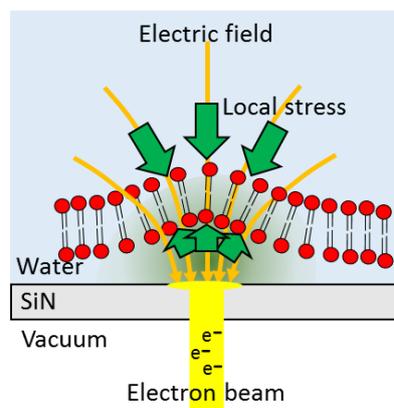


図1: 仮想電極ディスプレイによる応力印加の概要図

【実験・結果】液温37 °Cの10 mM NaCl水溶液中にジパルミトイルホスファチジルコリン(DPPC)とコレステロール(Chol)を成分とする脂質膜のチューブ状構造を形成させた(DPPC:Chol=1:1)。チューブに対して電子線(加速電圧: 2.5 kV, ビーム電流: 1.0 nA)を1秒間照射した。照射前後の脂質膜の時間応答を図2に示す。電子線照射点においてくびれが生じ、チューブが数珠状にくびれていく様子が観察された。また、電子線照射後は元のチューブ構造に戻った。チューブを構成するリン脂質は電気的に中性であるにも関わらず、電子線照射によってチューブが変形したことから、電子線の電場によるMaxwell応力と浸透圧差による圧力がチューブの表面張力を超えたためにチューブが数珠状に変形したと考えられる。今後、電子線を2次元走査することにより複雑な応力パターンを脂質膜に与えたときの脂質膜のダイナミクスを計測・制御することを目指す。

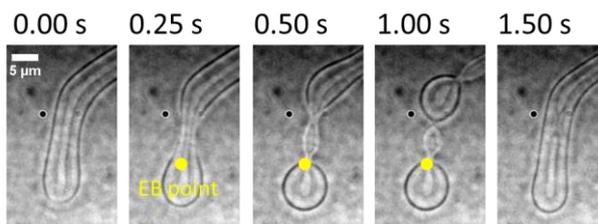


図2: 電子線照射に対する脂質膜チューブの時間応答

[1] T. Hoshino and K. Mabuchi, *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **432**, 345 (2013).

[2] H. Miyazako, K. Mabuchi, and T. Hoshino, *Langmuir* **31**, 6595 (2015).