

# 酸化物表面ナノ構造が誘起する支持平面脂質二重膜内での異常拡散

(豊橋技術科学大学) 手老 龍吾

【はじめに】細胞膜での分子の拡散においては、ドメインやコンパートメントの形成によってホップ拡散などの異常拡散が起きることが知られており、脂質膜の面内方向での組織化と分子拡散は密接に関連している。細胞膜の機能に関わるドメイン・コンパートメントの大きさは数十 nm～数百 nm と考えられているが、このような微小領域における脂質膜の基礎物性について研究された例は少ない。本講演では、人工脂質二重膜系の1つである支持平面脂質二重膜(supported planar lipid bilayers: SLB)において、固体表面ナノ構造が誘起する異常拡散について発表する。

【結果と考察】図 1b に  $f=1004$  fps で計測した DOPC-SLB/TiO<sub>2</sub>(100)内での Rb-DPPE の拡散軌跡を示す。各 Rb-DPPE 分子の軌跡について平均二乗変位( $\langle r^2 \rangle$ )を計算した後、多数 ( $n>100$ ) の分子の平均の $\langle r^2 \rangle$ を求めた。異常拡散における $\langle r^2 \rangle$ と時間( $t$ )の関係式は $\langle r^2 \rangle = 4D_0 t^\alpha = 4D(t)t$ ,  $D(t) = D_0 t^{1-\alpha}$  ( $\alpha \leq 1$ ) と表される。 $\langle r^2 \rangle$ - $t$  プロットを  $t = 1\Delta t - n\Delta t$  ( $\Delta t = 1/f$ ) の範囲で $\langle r^2 \rangle = 4D(t)t$ に直線フィッティングすることで、 $t=n\Delta t$ における拡散係数  $D(n\Delta t)$ を求め、時間に対してプロットしたのが図 2 である。図 2 にはその時間における平均拡散距離( $d = \sqrt{\langle r^2 \rangle}$ )も示してある。TiO<sub>2</sub>(100)表面上では、 $t=2$  ms,  $d=160$  nm では  $D=4.70 \mu\text{m}^2/\text{s}$  の拡散係数が  $t=10$  ms,  $d=390$  nm の時間・空間スケールまで拡散するうちに  $3.3 \mu\text{m}^2/\text{s}$  まで減少し、 $t=20$  ms,  $d=710$  nm 以上のスケールではほぼ一定の値( $3.1 \mu\text{m}^2/\text{s}$ )をとった。SiO<sub>2</sub>表面上ではこのような急峻な  $D(t)$ の減少は観察されなかった。TiO<sub>2</sub>(100)上での  $D(t)$ の挙動はホップ拡散に特徴的なものであり、TiO<sub>2</sub>(100)表面上の DOPC-SLB において 100 nm 程度の大きさのコンパートメントが形成されていることが示唆される。この大きさは原子ステップのピットが並んだ TiO<sub>2</sub>(100)表面上でのステップ間距離と一致することから、基板原子ステップに沿った SLB の歪みが拡散のエネルギー障壁として働き異常拡散を誘起していると考えている。

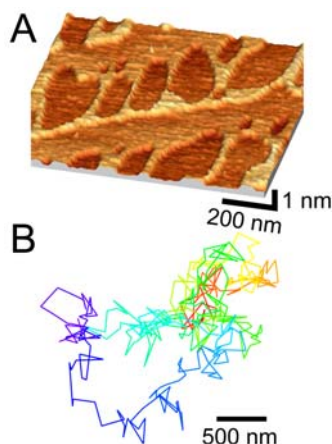


図 1 (A) 原子ステップ&テラス TiO<sub>2</sub>(100)表面の AFM 像と、(B)その上に形成した DOPC-SLB 中での Rb-DPPE の拡散軌跡 ( $f=1004$  fps)。

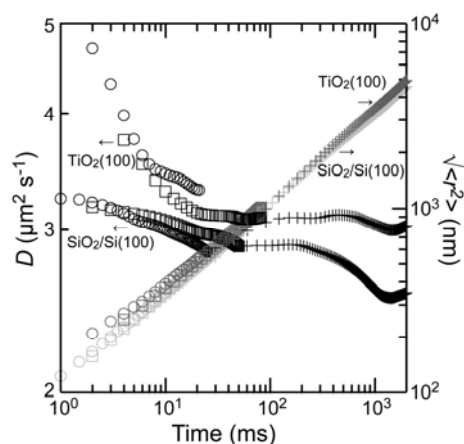


図 2 TiO<sub>2</sub>(100)および SiO<sub>2</sub>/Si(100)上の DOPC-SLB 内での拡散係数( $D$ )の時間依存性と平均拡散距離( $\sqrt{\langle r^2 \rangle}$ )。