

## 多層膜系の微斜面描像

群大工: 山本隆夫、岩本幸俊

配向した脂質二重膜の長波長低エネルギー揺らぎは、表面張力よりも膜の曲げに対する剛性から強く影響を受けるとされている。このような膜が配向し、さらに、それが多数重なった系の多体効果、特に膜の非交差効果について考える。この多層膜系を“4次元結晶”の“微斜面”とみなしてみよう(多層膜系の微斜面描像)。通常の3次元結晶の微斜面は、対象性のよい平らな面より少しだけ傾いた結晶表面のことを言い、平らなTerrace面をStepという紐状にのびた階段でつなげられて構成されている面である。微斜面は交差しないStepという紐の集団と見なせる。紐状のStepのかわりに曲面状に広がった膜を考えれば、4次元結晶の微斜面という考え方に至る。この膜の微斜面描像に基づき膜の揺らぎを解析すると Helfrich<sup>1)</sup>により提案された Hamiltonian とは異なったタイプの Hamiltonian で記述されるモデル、Harmonically-Interacting Membrane(HIM) 模型が得られる<sup>3)</sup>。

一枚の膜が平均として  $x$ - $y$  平面に平行であるとしよう。平均面からのズレを  $u(x, y)$  とかくと、一枚の膜の揺らぎを記述する Hamiltonian は、

$$H_{\text{one}}(\{u(x, y)\}) = \int dx dy \frac{1}{2} K (\nabla^2 u)^2 \quad (1)$$

と書くことができる<sup>2)</sup>。  $n$  枚の膜について考える。HIM 模型では、その  $j$  番目 ( $j = 0, 1, n-1$ ) の膜の平均位置からのズレを  $z = u_j(x, y)$  と書くとする、揺らぎの Hamiltonian は、

$$H = \sum_{j=0}^{n-1} H_{\text{one}}(\{u_j(x, y)\}) + H_{\text{HIM}}, \quad (2)$$

$$H_{\text{HIM}} = \int dx dy \sum_{j=0}^{n-1} \left[ \frac{1}{2} c_1 (\nabla u_j(x, y))^2 + \frac{1}{2} c_2 (u_{j+1}(x, y) - u_j(x, y))^2 \right] \quad (3)$$

となる。ここで、 $c_1 = \partial \Delta f(\rho) / \partial \rho$ ,  $c_2 = \rho^3 \partial^2 \Delta f(\rho) / \partial \rho^2$ 。  $\rho$  は膜密度。  $\Delta f(\rho)$  は膜の非交差性のために増加した単位体積あたりの自由エネルギー。

(3) 式が多層膜の揺らぎを正しく示していることを Monte-Carlo シミュレーションを用いて定量的に確認したのでこの結果について報告する。

### 参考文献

- 1) W. Helfrich: Z. Naturforsch. **33a** (1978) 305.
- 2) F. Brochard and J.F. Lennon: J. Phys. (Paris) **36** (1975) 1035.
- 3) T. Yamamoto and Y. Kawashima: J. Phys. Soc. Jpn. **69** (2000) 2715.