

## フラクタル寒天ゲルにおける濡れ挙動

(北大電子研<sup>1</sup>、山形大院理工<sup>2</sup>) ○眞山博幸<sup>1</sup>、千田茂希<sup>2</sup>、情野恵莉<sup>2</sup>、田中倫哉<sup>2</sup>、野々村美宗<sup>2</sup>

【序】動物の皮膚や消化器官などに見られる凹凸表面の濡れは手触りや栄養吸収など様々な機能に重要な役割を果たしている。その典型例である小腸壁では輪状ひだ、絨毛、微絨毛、糖鎖からなる階層構造により表面積を増大させて効率的に栄養を吸収している。このような凹凸表面の濡れを理解するためには、凹凸表面の濡れの平衡論とダイナミクス（濡れ広がり）の両方を理解する必要がある。今回、我々はラフな表面の濡れを理解するための足掛かりとして1本のピラーの濡れ（平衡論）、およびフラクタル寒天ゲルにおける濡れのダイナミクスについて研究成果を得たので発表する。

【1本のピラーの濡れ】小腸壁の絨毛を意識して1本のピラーの濡れを考えた。具体的には、ピラー断面に乗せた液滴の体積を準静的に増加させ、平らな断面における濡れ、断面縁にピン止めされている時の濡れ、さらにピン止めが外れ、液滴が等方的にピラー側面に濡れ広がる状態を次式の自由エネルギー $\Delta G$ で記述した。

$$\Delta G = (\gamma_{SL} - \gamma_S)A'_{SL} + \gamma_L(A_L - A'_L)$$

ここで、 $\gamma_{SL}$ 、 $\gamma_S$ 、 $\gamma_L$ は固液界面、気固界面、気液界面の表面張力であり、 $A'_{SL}$ は固液界面の面積、 $A_L$ と $A'_L$ は濡れの前後でのそれぞれの気液界面の面積である。ここで $A'_{SL}$ と $A'_L$ には固液界面と気液界面の幾何学性が反映されている。平らな断面での気液界面の形状は球面と仮定し、ピラー側面の濡れでの形状を不完全楕円積分で記述される繊維の濡れで記述されると仮定した。その結果、平らな表面の濡れの熱力学的安定状態はYoungの式で記述されること、ピン止めエネルギーの定式化、ピン側面への濡れにおいてもエネルギー障壁が存在することを見出した（図1）。最近実験で得られた結果と比較して議論する。

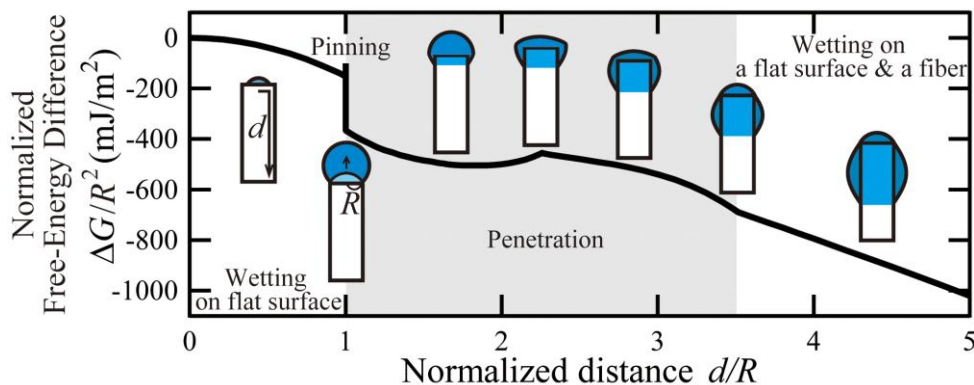


図1 1本のピラーの濡れにおける自由エネルギー変化。平衡接触角  $30^\circ$  の場合で計算。

【フラクタル寒天ゲルにおける濡れダイナミクス】界面を介した物質輸送（栄養吸収）を理解する上で、濡れ広がり振る舞いは本質的に重要である。平らな表面での濡れ広がり一般的に Tanner の法則（接触角 $\theta(t) \propto t^{-0.3}$ 、 $t$ :時間）で記述されることが知られているが、それとは対称的に凹凸のある表面での濡れ広がりはまだよく理解されていない。そこで我々は表面フラクタル次元が 2.2 次元のフラクタル寒天ゲルを作製し、濡れ広がり挙動を調べた。

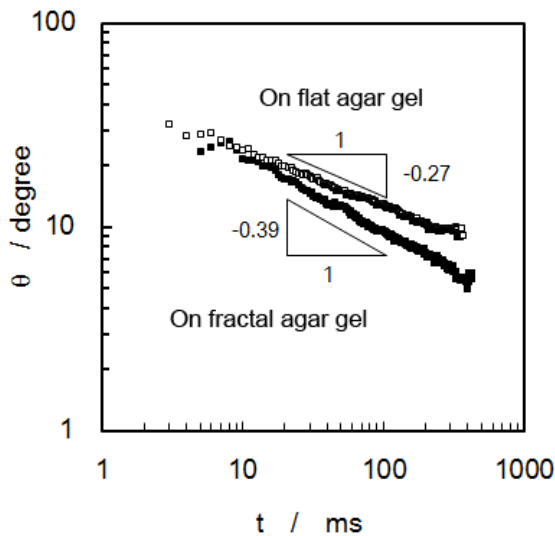


図 2 は平らな寒天ゲルとフラクタル寒天ゲルにおける濡れ広がりの実験結果である。平らな表面では Tanner の法則に一致する結果を得たが、フラクタル表面では $\theta(t) \propto t^{-0.4}$ で表される速い濡れ広がりを観察した。この振る舞いを理解するために、濡れ広がり際の粘性によるエネルギー散逸と液滴の接触線に作用する力を考慮することで次式が得られた。

$$\theta(t) \propto t^{-3(1+\varepsilon)/(10+\varepsilon)}$$

ここで増大因子 $\varepsilon$ である（平らな表面では $\varepsilon = 0$ ）。

図 2 フラクタル寒天ゲルにおける濡れ広がり

#### 参考文献

1. H. Mayama and Y. Nonomura, Langmuir 27 (2011) 3550.
2. Y. Nonomura et al., Langmuir 26 (2010) 16150.