

粗い界面成長に対するダイナミックスケーリング

中央大学理工学部 小林 奈央樹¹, 小澤 達哉, 齋藤 和亮, 森山 修, 松下 貢
 奈良女子大学大学院人間文化研究科 狐崎 創
 早稲田大学理工学部 山崎 義弘

1 はじめに

自然界において、厳密な意味で滑らかな界面成長というものはほとんど存在せず、大部分は粗い界面成長を行う。結晶界面の成長や紙への流体の染み込み、バクテリアコロニーなどは、そのような界面成長を行う典型的な例である。現在、多くの界面成長に見られる粗さの定量的な解析は、1980年代に提案された Family-Vicsek らのスケーリング仮説によるものが主流である。それ自体の正当性は様々な理論的な検証から問題のないものと認識されているが、Family-Vicsek のスケーリング仮説を用いての実験的な研究に関しては、形式上の困難がありそれほど信用に足る結果が得られていない。そのような経緯を踏まえ、本研究では界面成長に関する新しい視点に基づいて動的なスケーリング仮説を再構成し、比較的簡単な実験においてそれを応用することで、どのような結果が見られるか観察することが目的の一つである。

2 粗い界面成長に対するダイナミックスケーリング

Family-Vicsek のスケーリング仮説は、粗い界面成長における特徴的な時間が動的な性質を持つことに基づいて定式化されているが、我々は特徴的な幅が動的な性質を持つことに基づいて定式化を行った。簡単のため、線状に与えられた初期状態から粗い界面が成長していく様子を考える。横幅 L を決めると、その中に含まれるサイトの高さ（成長時間）に対する平均自乗偏差 w が求まる。与えられた w は次のような形式でスケーリングされる。

$$w \sim L^\alpha \quad (L \ll L^*),$$

$$w \sim \text{constant} \quad (L \gg L^*).$$

その結果、次のような特徴的な幅 L^* に基づいたスケーリング仮説を導くことが出来る。

$$w \sim t^{\frac{\alpha}{\beta}} f\left(\frac{t}{L^z}\right), \quad z = \frac{\alpha}{\beta}.$$

この結果は Family-Vicsek のスケーリング仮説とは相反することはない、むしろ自明な結果のように思われるかもしれないが、この形式にすることで今まで求めることが困難だった動的なスケーリング指数をより容易に求めることが出来る。

3 応用例

3.1 (1+1) Eden model

粗い界面成長を行うモデルとして、よく知られているものに Eden model がある。粗い界面成長を特徴付けるスケーリング指数の値はよく知られているように、 $\alpha \simeq 0.50$, $\beta \simeq 0.33$ である。実

¹E-mail: knaoki@seagull.phys.chuo-u.ac.jp

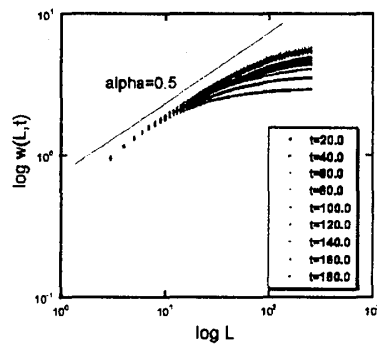


図 1: The log-log plots of $w(L,t)$ vs L for Eden model

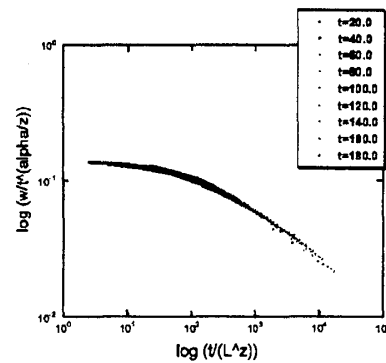


図 2: Results of a data collapse : $\alpha = 0.5$, $\beta = 0.33$.

際上記のスケーリング仮説を用いて数値計算を行った結果が図 1 と図 2 である。一般的に知られているスケーリング指数の値を再現していることが分かる。

3.2 実験系

1980 年代後半から様々な粗い界面成長を行う系の実験が成されてきたが、ほとんどは界面の静的な性質である粗さ指数 α についての研究であり、界面の動的な性質を特徴付ける成長指数 β に関してはほとんど研究されなかった。その理由の一つとして、成長の初期の段階で t に対する w を求めることが困難だったということが挙げられる。今回、我々はバクテリアコロニーの成長界面 (図 3) と紙の濡れ (図 4) という 2 種類の実験系において、上で述べたスケーリング仮説を用いてスケーリング指数を測定した。結果、バクテリアコロニーに関しては $\alpha \simeq 0.81$, $\beta \simeq 0.54$ となるが、紙の濡れに関しては通常の scaling では記述できないことが予想されることがわかった。

参考文献

N. Kobayashi, O. Moriyama, S. Kitsunzaki, Y. Yamazaki and M. Matsushita : J. Phys. Soc. Jpn. **73** No.8 (2004) その他の文献についてもこの論文の参考文献を参照。

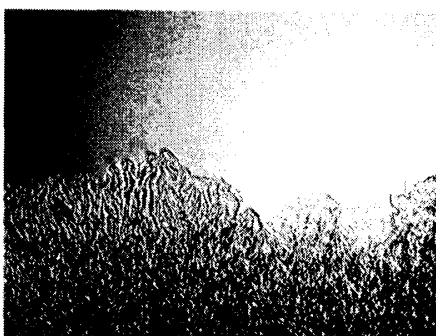


図 3: Bacterial Colony in the Eden-like region

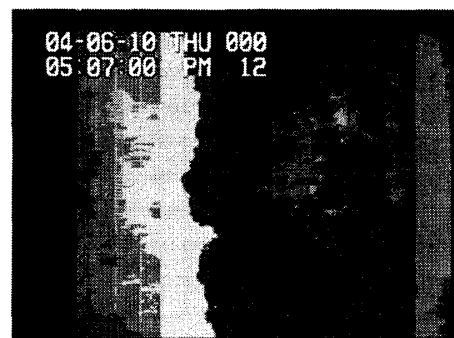


図 4: Paper wetting