22pVB-3

タイガーブッシュのパターン形成理論

早大先進理工 坪田遼, 相澤洋二

Pattern formation theory of tiger bush,
Haruka Tsubota, Yoji Aizawa, Department of Applied Physics, Advanced Scool of Science and Engineering, Waseda University

アフリカ、オーストラリアなどの半乾燥地帯では数メートルから数百メートルにおよぶ帯状、斑状パターンの植物分布が観察されることが知られており、これらの植物分布は「TigerBush」と呼ばれる。パターンは植物の種類や土壌の種類に関わらず生じるためその原因は水と植物の相互作用にあるとされ、このパターンは速い拡散である水の拡散と遅い拡散である植物の拡散によって生じるチューリング不安定性に起因するチューリングパターンの一種であると考えられている [1][2]。このような経緯のもと、いくつかの数理モデルが提案されているが [1][2]、高い精度での現象の再現にはいたっていない [3]。

本研究の目的は数理モデルによるシミュレーションを通して植物分布のダイナミクスを考察すること、及び数値指標を導入することで数理モデルを評価することである。本研究では地表水、地下水、植物の 3 変数からなる反応拡散方程式によるモデル

$$\frac{\partial w}{\partial t}(\overrightarrow{r},t) = a - lw(\overrightarrow{r},t) - kn(\overrightarrow{r},t)w(\overrightarrow{r},t)(1-\frac{s(\overrightarrow{r},t)}{fn(\overrightarrow{r},t)}) + A_{\mathrm{w}}\cdot\nabla w(\overrightarrow{r},t) + D_{\mathrm{w}}\Delta w(\overrightarrow{r},t)$$

$$\frac{\partial s}{\partial t}(\overrightarrow{r},t) = kn(\overrightarrow{r},t)w(\overrightarrow{r},t)(1-\frac{s(\overrightarrow{r},t)}{fn(\overrightarrow{r},t)}) - pns + A_{\mathrm{s}}\cdot\nabla s(\overrightarrow{r},t) + D_{\mathrm{s}}\Delta s(\overrightarrow{r},t)$$

$$\frac{\partial n}{\partial t}(\overrightarrow{r},t) = qpn(\overrightarrow{r},t)s(\overrightarrow{r},t) - mn(\overrightarrow{r},t) + D_{\mathrm{n}}\Delta n(\overrightarrow{r},t)$$

をとりあげ、数値シミュレーションをおこなった (図 1)。モデルから計算される植物の空間分布を定量的に評価する特性指標として平均値・標準偏差値を導入し、コントロールパラメータの変化に対するパターンの変化と安定性について調べた。その結果、双安定領域の存在が示され、それを含めたグローバルな相図の精密化ができた。また、他のモデル [4] との比較および数値シミュレーションによるパターン形成の過程で新たに観察された特徴的パターンの詳細なダイナミクスについても報告する予定である。

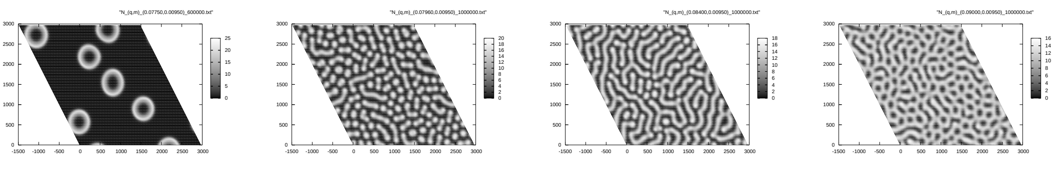

図 1: 数値シミュレーションによって得られたパターン

参照

[1]O. Lejeune, P. Couteron and R. Lefever, *Short range co-operativity with long range inhibition explains vegetation patterns*, Acta Oecologica 20 (1999), 171.

[2]T. Okayasu and Y. Aizawa, *Systematic Analysis of Periodic Vegetation Pattern*, Prog.Theor.Phys. 106 (2001), 705.

[3]P. Couteron and O. Lejeune, *Periodic spotted patterns in semi-arid vegetation explained by a propagation-inhibitation model*

[4]E. Meron,E. Gilad, J. V. Hardenberg, M. Shachak, Y. Zarmi, *Vegetation patterns along a rainfall gradient*, Chaos, Solitons and Fractals 19 (2004), 367.