

Kinetic Ising model の外部磁場がない場合³⁾とある場合⁴⁾の両方につき、熱力学的不安定状態から安定状態へ quench した Monte Carlo シミュレーションをした。計算機実験の手続きは、まずはじめ高温側で Spin 系を熱平衡状態にした後、温度を転移点以下に急冷し、不安定状態をつくる(図1)。物理的に興味する磁化の時間発展、エネルギーの温度依存性や相関関数、また structure functionなどを求める。

計算結果は、磁場のない場合、structure functionの半値巾の $\frac{1}{2}$ power law と scaling hypothesis⁵⁾ が非常によく成立する。一方磁場のある場合は magnetization の hysteresis metastable state の出現がはっきりと見られる。しかし、scaling hypothesis と $\frac{1}{2}$ power law は精度が悪い。詳細な結果は Progress of Theoretical Physics へ投稿予定である。

参 考 文 献

- 1) K. Kawasaki, M. C. Yalabik and J. C. Gunton, Phys. Rev. A, **17** (1978) 455.
- 2) C. Murakami and H. Tomita, Progr. Theor. Phys. **60** (1978) 683.
- 3) C. Kawabata and K. Kawasaki, Physics Letters **65A** (1978) 137.
- 4) C. Kawabata and K. Kawasaki, 第14回統計力学国際会議(カナダ エドモントン) 予稿 1980 年8月
- 5) M. K. Phani, J. L. Lebowitz, M. H. Kalos and O. Penrose, Phys. Rev. Letters **45** (1980) 366.

非線型非平衡の準安定状態間の遷移

東北大・通研 沢田康次・鈴木 誠・清水 裕

熱流体系においても化学反応拡散系においても、臨界値を越えて遠く非平衡になると、数多くの準安定状態が出現する。その中で系がどの状態を取るかは、もしも系にゆらぎが無い場合は勿論初期条件だけで決ってしまう。それではもし系に十分なゆらぎ又は外乱が与えられるとどの状態を取る確率が一番大きくなるであろうか。この問題は、長いタイムスケールで観た時に、非線型非平衡系が一番取りやすい状態は何か、又その状態にどの様に移って行くかと言う問題に関係があり、生体の分化、進化に対してもある示唆を与えるものと考えられる。

熱対流系においては、この問題は或る程度解決済みであって、例えば Roberts の数値計算¹⁾

によると、ゆらぎに対して最も安定な定常モードは、熱輸送量を最大にするモードには一致する事が判っている。ここでは他の2つの例として、電気対流系と化学反応拡散系に対してどんな事が云えるかを述べる。

1) 電気対流系

2次元の電気流体系を支配する方程式は、流れ関数 Ψ 、渦度 ω 及び電荷密度に対して運動方程式と保存則;

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} = - \left(\frac{\partial \Psi}{\partial z} \frac{\partial \omega}{\partial x} - \frac{\partial \Psi}{\partial x} \frac{\partial \omega}{\partial z} \right) + \frac{1}{Re} \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega}{\partial z^2} \right) + M^2 \left(- \frac{\partial q}{\partial z} \frac{\partial \Phi}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial x} \frac{\partial \Phi}{\partial z} \right)$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} = - \nabla \cdot \{ q (\mathbf{E} + \mathbf{v}) \} \quad \nabla \cdot \mathbf{E} = q$$

及び定義式

$$\omega = \nabla \times \mathbf{v}, \quad v_x = \frac{\partial \Psi}{\partial z}, \quad v_z = - \frac{\partial \Psi}{\partial x}, \quad \mathbf{E} = - \nabla \Phi$$

を $z=0$ と $z=1$ での Φ 及び $z=0$ での q を与え、流れに対しては rigid な境界条件を仮定して数値計算する²⁾。ここで $M = (\epsilon/\rho K^2)^{\frac{1}{2}}$ 但し K はイオンの移動度, $Re = KV_0/\nu$ はレイノルズ数, ν は動粘性係数, V_0 は $z=0$ と 1 の電位差である。 $M^2 = 484$, L (横長) $= 10$, $Re/Re_c = 5.1$ において、初期条件をいろいろ変えて計算を進めると $n=8$ から $n=20$ のロール数を持つ対流が定常的に出来る。これに攪乱を加えるとどの様に構造が変わるであろうか。図1は、初期条件を $n=20$ のロールに対応する小さな振巾から成長させたものを $t=0$ に示す。図中+は流れが左廻りの領域, $\cdot$ は渦の中心を示す。 $t=0$ において, $n=14$ に対応する q_0 のゆらぎをパルス的に与え、以下にその後の時間発展を見た。図2はその時の全電流とエントロピー生成の時間変化を示している。図3は、その様な攪乱があるときの変化をまとめたものである。図中曲線は定常状態における全電流であり、矢印の根元は初期状態、頭は攪乱後の終状態である。横軸はロール数を示す。攪乱により終状態は電流最大のモードの方に向うらしい事が判る。

2) 化学反応拡散系

ブラッセレーター³⁾を有限長(0.5)の一次元系に閉じこめた時に発生する定常構造の波長と単位質量あたりのエントロピー生成との関係を4図に示す⁴⁾。但し A は系内で一定であるが、非線型性に重要な役割を演ずる B の拡散定数は有限であるとする。用いた数値は $D_x = 1.052 \times 10^{-3}$, $D_y = 0.0256$, $D_B = 10.0$, $A = 10.0$, $B_0 = 70$ である。この様な場合について初期条件を適当に与えて数値計算を行うと, $\lambda = 0.05$ から $\lambda = 0.24$ の範囲で準安定状態が多数出現する。この場合も電気対流と同様に例えば X の濃度を乱してやるとモード間の遷移が起る。 $\lambda =$

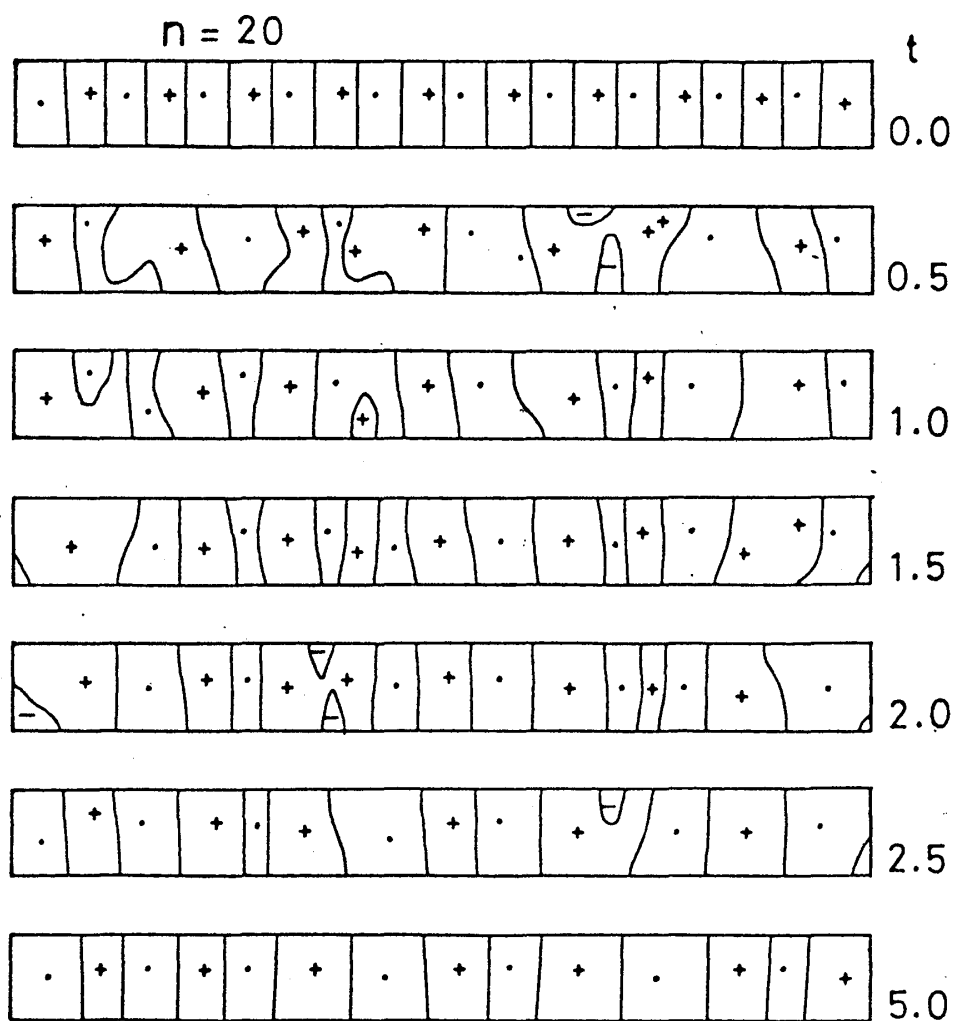


図1 攪乱による電気対流構造の変化

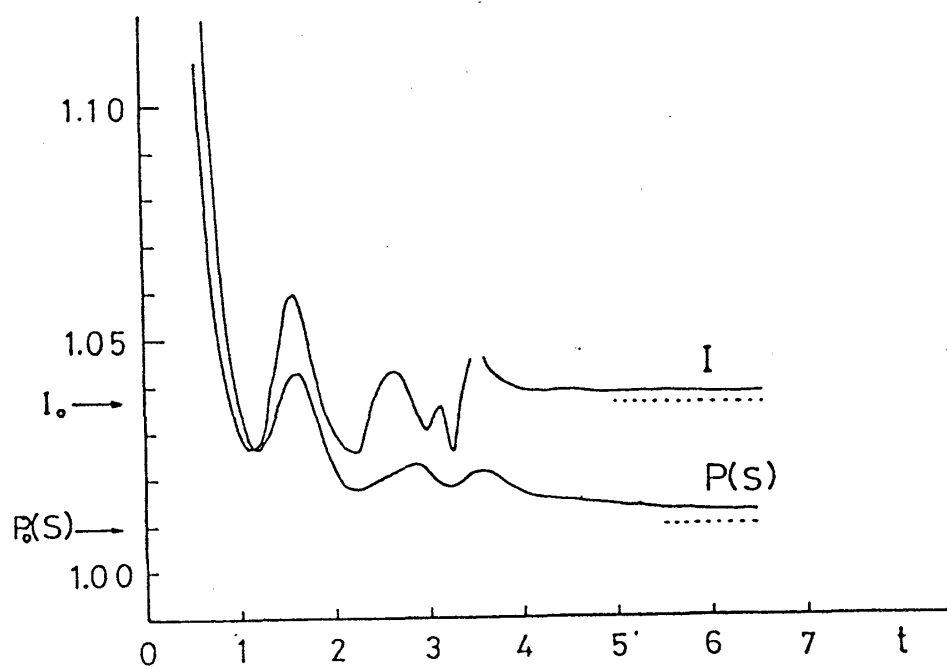


図2 1図に対応する全電流とエントロピー生成の時間的变化

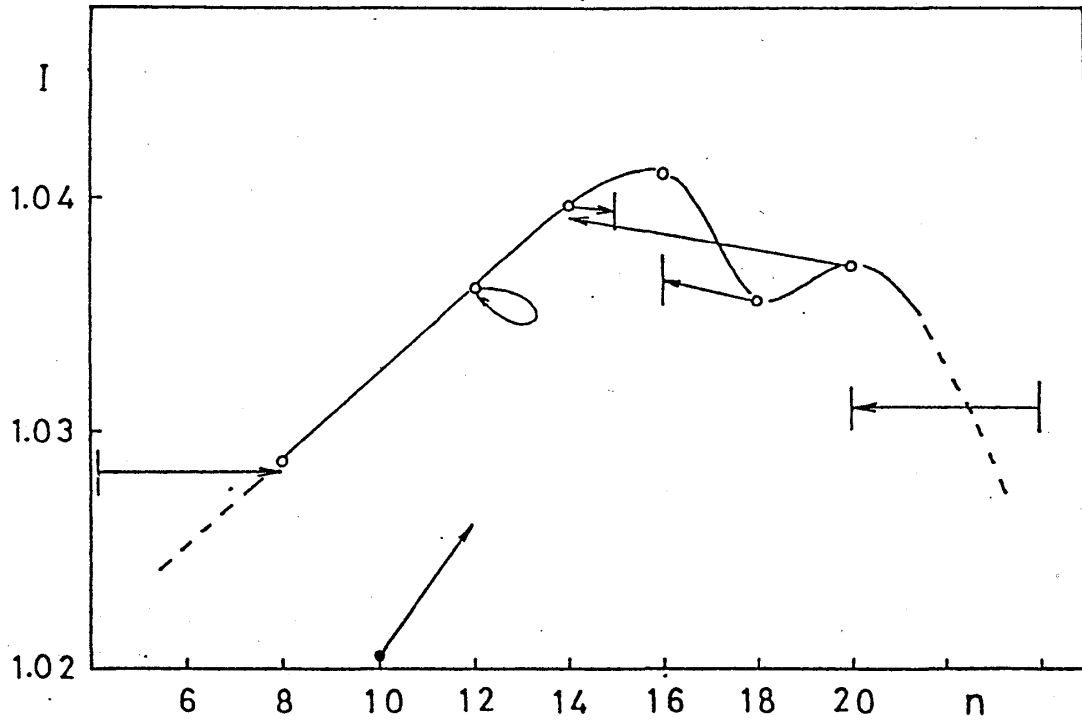


図3 定常状態と全電流の関係, 及び状態間の遷移の様子

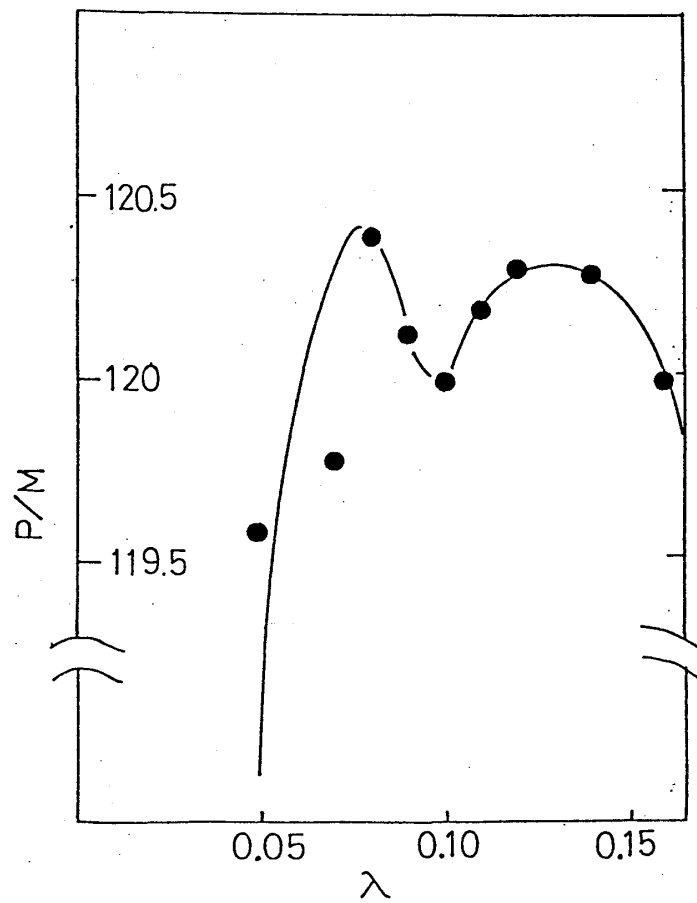


図4 化学反応拡散系の定常状態の波長とエントロピー生成の関係

0.08のモードに $\lambda = 0.16$ のXのゆらぎをパルス的に与えた場合に $\lambda = 0.16$ のモードに移行するゆらぎの最小値は、その逆に $\lambda = 0.16$ のモードに $\lambda = 0.08$ のゆらぎを与える事により $\lambda = 0.08$ のモードに移らせるゆらぎの最小値よりも大きい。即ち $\lambda = 0.08$ の手が他よりも安定である。この様にここでも、力が一定の境界条件に置かれた系は、流れ即ちエントロピー生成が最大のモードが、外的ゆらぎに対して最も安定なモードになっている様に見える。

参 考 文 献

- 1) P. H. Roberts; “Non-equilibrium Thermodynamics, Variational Technique and Stability”, ed, R. J. Donnelly, R. Herman and I. Prigogine (University of Chicago Press 1964).
- 2) 鈴木誠, 東北大学博士論文 (1981 unpublished)
- 3) 例えば「散逸構造」ニコソス, プリゴジーン著, 小島陽之助, 相沢洋二訳 (岩波書店1980)
- 4) 清水裕, 東北大学修士論文 (1981 unpublished)

神経興奮・ゆらぎ・散逸構造

電子技術総合研究所 松 本 元

神経細胞の軸索部は電気インパルスによって情報を伝播する器官である。ここでは、イカの巨大軸索の電気興奮現象を物理的な立場から捉える。ここで得た原理は人間を含めた他の動物の神経についてもあてはまるものと思われる。

興奮していない(静止状態にある)軸索では、軸索内の電位は軸索外にくらべ約60mV程度低くなっている。軸索外を基準にした軸索内電位を静止電位(−60mV)という。静止状態にある軸索を興奮させる方法には通常次の2つがある:(1)軸索内電位20mV程度軸索外電位に近づける,(2)軸索外液中に含まれるCaイオン濃度を2mM程度に下げる(通常の外液のCaイオン濃度は10mM)。この2つの方法は神経興奮の構造の立場からみても、もう少しミクロな現象論的立場に立っても等価である¹⁾というのが本稿の基礎である。両者の違いは神経興奮発生迄の時間過程にあり、前者がミリ秒と短いのに対し、後者の脱Caの方法ではCa濃度を10mMから1mMに変化させてから興奮が発生する迄数分から15分程度と長い。従って、興奮の発生迄の過程の研究対象としては、外液のCaイオン濃度を下げる方法がよい。ここでは、この方法