

# ソフトモード乱流について

日高芳樹

九州大学工学研究院, 〒819-0395 福岡市西区元岡744番地

hidaka@ap.kyushu-u.ac.jp

## On Soft-Mode Turbulence

Yoshiki HIDAKA

Faculty of Engineering, Kyushu Univ., Fukuoka 819-0395, JAPAN

Abstract: Soft-mode turbulence (SMT) observed in electroconvection of nematic liquid crystals is a first experimental example of spatiotemporal chaos (STC) due to nonlinear interaction between a convective short-wave mode and a Goldstone mode. The properties of macroscopic fluctuations in the SMT depend on the type of the interaction. Since the SMT is the STC with respect to the directions of convective wavevector, a new order parameter is introduced by the analogy with spin systems. The change of the symmetry of the interaction by changing control parameters induces a kind of order-disorder transition.

Keywords: soft-mode turbulence, electroconvection, nematic liquid crystal, order-disorder transition

### 1. 液晶電気対流とソフトモード乱流

ロール状対流が空間周期的に配列した秩序構造は、非平衡開放系における散逸構造の代表例として多くの研究がなされている。流体を下から熱したときに起こるRayleigh-Bénard対流が身近な例として上げられるが、電場を印加されたネマチック液晶においても対流が発生する。この液晶電気対流は、散逸構造の研究対象として、制御パラメータである電場の扱いやすさや、液晶の光学的性質により対流パターンの可視化が容易などの利点があるが、最も重要な利点は、その異方性を制御することにより、散逸パターンに対する対称性の影響を調べられる点にある。

図1(a)は液晶分子が上下平板電極に平行に配向したプレーナー系で、パターンの現れる $x$ - $y$ 面内で連続回転対称性が強制的に破れている。印加電圧 $V$ がしきい値 $V_c$ を越えると電気対流が発生するが、対流ロールの向きは液晶の初期配向に垂直である。さらに電圧を上げると第2のしきい値で時空カオスが発生する。このときの時空カオスは、欠陥の自発的生成・

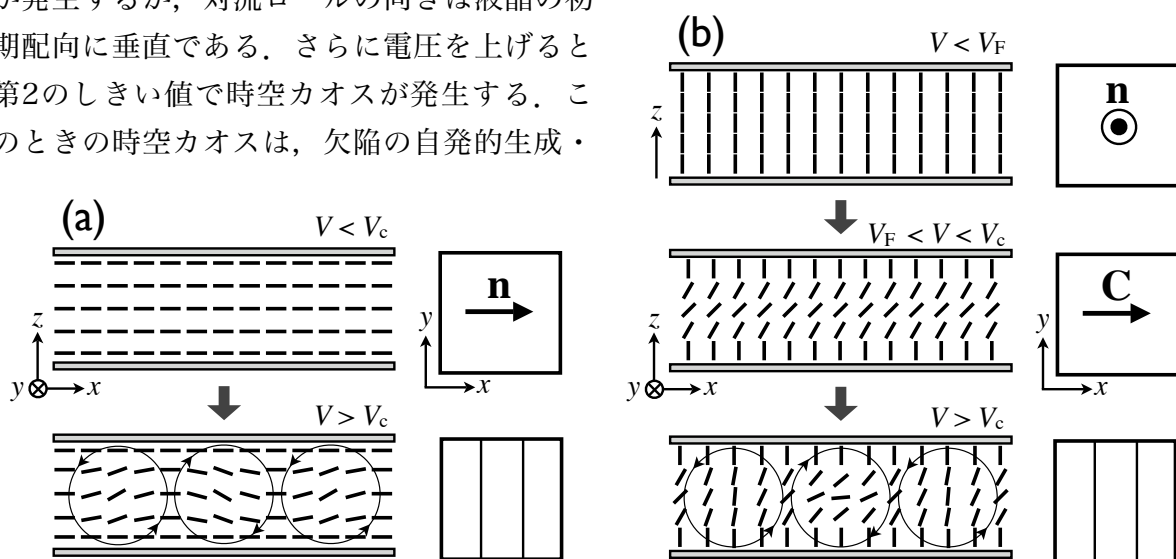


図1：液晶電気対流と分子配向。(a)：プレーナー配向系。(b)：ホメオトロピック配向系。 $\mathbf{n}$ は配向子( $\mathbf{C}$ は $x$ - $y$ 面への射影)を表す。

消滅が起こる「欠陥乱流」である。一方(b)のホメオトロピック系では、しきい値  $V_F$  で連続回転対称性が自発的に破れ、配向子  $\mathbf{C}$  はGoldstoneモードとしてふるまう。  $V_c$  を越えるとプレーナー系と同様に電気対流が発生するが、Goldstoneモードと対流の相互作用によりその対流パターンはすぐに不安定化し、「ソフトモード乱流[1]」とよばれる時空カオスが発生する(図2)。ソフトモード乱流は、対流と同時に発生すること、波数ベクトルの向きに関する時空カオスであることなどの特徴がある。

## 2. ソフトモード乱流の統計力学的性質

非線形物理学の進展により時空カオスのダイナミクスに関する研究は進んだが、散逸構造や時空カオスが生じることによってその系の物理的性質がどのように変わったかという観点からの研究は充分ではない。そのためには、時空カオスを揺らぎとみなした統計力学的観点からの研究が必要となる。特にソフトモード乱流は、非線形性の弱い領域で発生する特異性の少ない時空カオスであり、これまで熱揺動や線形系に対して確立されてきた統計力学の手法の適用を試み、その類似性や相違点から統計力学的性質を議論することができると考えられる。これまでわれわれは、ソフトモード乱流に微粒子を混入してBrown運動を観測し、輸送現象の観点からソフトモード乱流の統計力学的な性質を調べてきた[2]。

さらにわれわれは、ソフトモード乱流が波数ベクトルの向きに関する時空カオスであることに着目して、波数ベクトルについて2次元XY系であるとみなし、スピンモデルとの比較を行った。ソフトモード乱流は、対流モードとGoldstoneモードの相互作用の対称性の違いから、ObliqueロールとNormalロールの2種類が存在する(図2)。スピンモデルの磁化とのアナロジーからカオスパターンの秩序度を新たに定義することにより、印加電圧の大きさや周波数の変化による両者の間の転移が秩序-無秩序転移であることを明らかにした[3]。

[1] Y. Hidaka, K. Tamura and S. Kai: Prog. Theor. Phys. Suppl. **161**, 1 (2006).

[2] K. Tamura, Y. Hidaka, Y. Yusuf and S. Kai: Physica A **306**, 157 (2002).

[3] R. Anugraha, K. Tamura, Y. Hidaka, N. Oikawa and S. Kai: Phys. Rev. Lett. **100**, 164503 (2008).

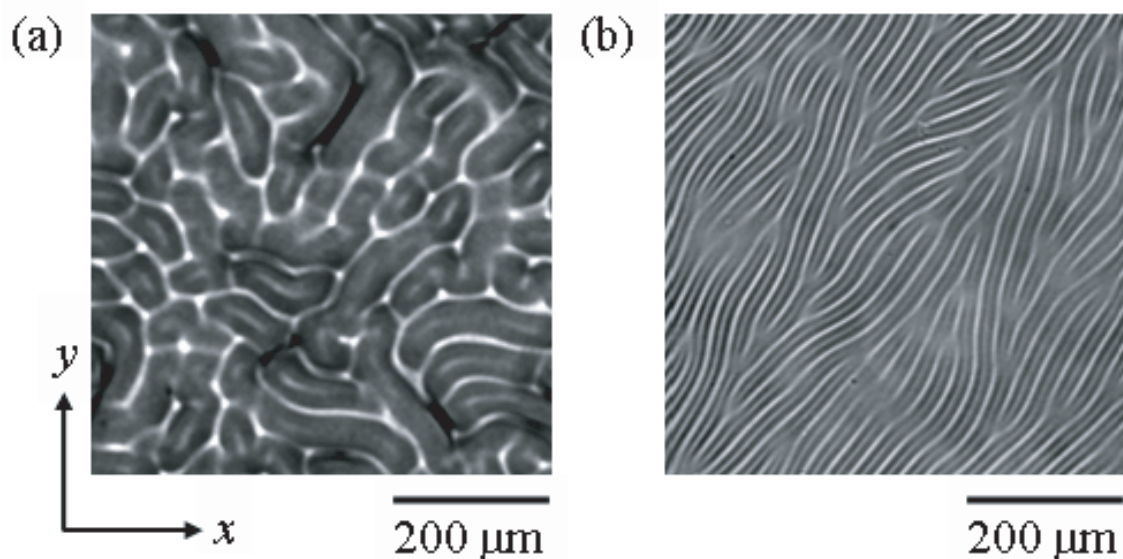


図2：ソフトモード乱流のsnapshot. (a)：Obliqueロール. (b)：Normalロール.