

19. 散逸構造のパターン・ダイナミクスの動画像処理による解析

山口大・工 三池秀敏, 落合浩治, 島田和幸, 橋本 基, 蛭名良雄

はじめに 非平衡開放系で観測される散逸構造のパターンダイナミクスは、広い分野の研究者の注目を集めている。我々は何らかの周期性や統計的性質を有する画像全体が時間的に変化する、いわゆるテクスチャ動画像に対して、画素の時系列相関解析を中心とした新しい処理法の開発を行って来た¹⁾。ここでは、この処理法を中心として液晶の電気流体力学的不安定性に伴い発生する対流パターンのダイナミクスを、その定常状態と非定常状態(パターン形成過程)について解析した結果を報告する。

解析方法 偏光顕微鏡下で捉えた液晶の対流パターンを、画像処理システム²⁾により64×64画素(8ビット)128枚の連続画像としてサンプリングする。その後、Fig. 1に示すように、各画素の輝度レベルの時系列データ $A_{ij}(t)$ に対して、次式で与えられるような自己相関関数 $C_{ij}(\tau)$ 、及び画像中の任意の画素時系列を中心とした他の画素時系列との相互相関関数 $M_{ij}^{kl}(\tau)$ を計算する。

$$C_{ij}(\tau) = \langle (A_{ij}(t+\tau) - \bar{A}_{ij}) \cdot (A_{ij}(t) - \bar{A}_{ij}) \rangle \quad (1)$$

$$M_{ij}^{kl}(\tau) = \langle (A_{ij}(t+\tau) - \bar{A}_{ij}) \cdot (A_{kl}(t) - \bar{A}_{kl}) \rangle \quad (2)$$

ここで \bar{A}_{ij} は ij 画素時系列の平均輝度レベルを示す。これより各画素点の分散値 $C_{ij}(0)$ 、自己相関時間 $\tau_a(ij)$ 及び相互相関時間 $\tau_m(kl)$ を求める。 $\tau_m(kl)$ は $M_{ij}^{kl}(\tau)$ が最大となる時間 τ より決定される。これらの値を画像の濃淡として表現し、「分散画像」、「相関画像」、「相互相関画像」として再構成する。Fig. 2は、一方向に運動する粒子群にこの解析法を試みた中での瞬時画像(A)は原画像の時間変化を示し、(B)が「分散画像」、(C)が「相関画像」、(D)が「相互相関画像」を示す。分散画像はパターンの濃淡変化の有無、相関画像は濃淡変化の速さの違い、相互相関画像は濃淡変化の同相性、方向性を表現していると考えられる。こうした処理により散逸構造の場所によるダイナミクスの特徴の違いが評価できると考えられる。

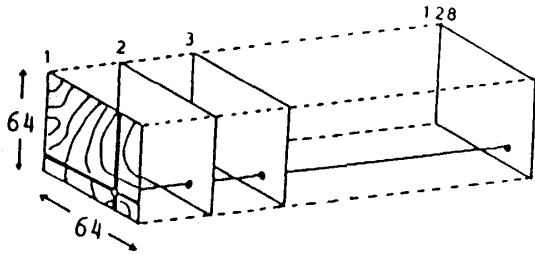


Fig. 1

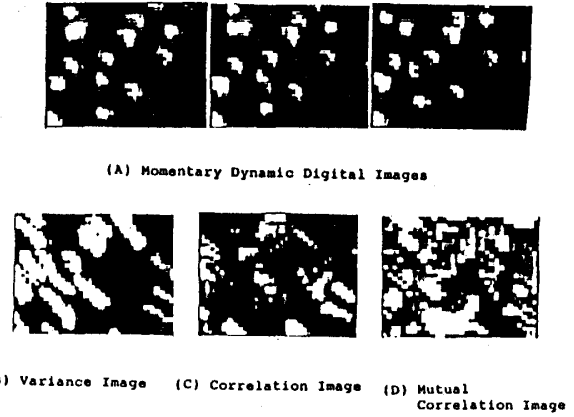


Fig. 2

解析結果 Fig. 3 は液晶の対流パタンの種々の状態について、上記の解析法を試みた結果を示している。(a) は Williams Domain (WD) の状態, (b), (c) は FWD, (d) は Grid

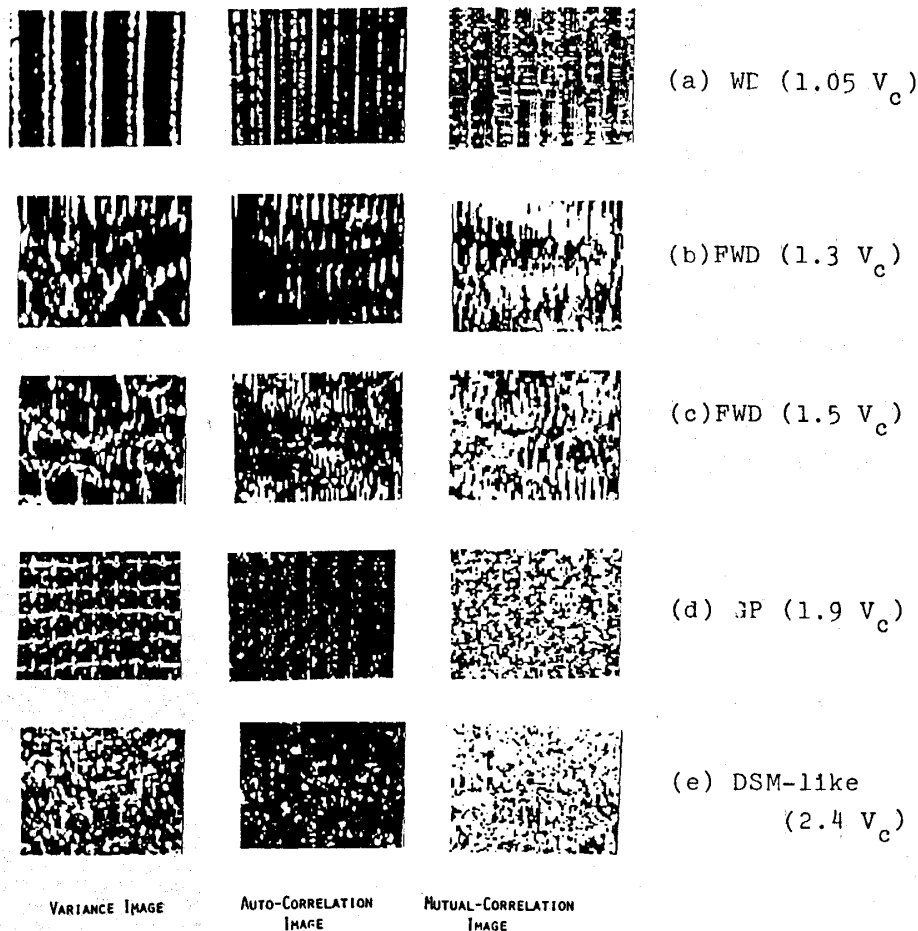


Fig. 3

Pattern (GP), (e) は DSM-like の状態である。各画像は各対流パタンの場所による運動状態の違いを良くあらわしている。画像化することは直観的理解を助けてくれるが、情報量が多く定量化は容易ではない。そこで以下では捉えた画像全体の平均的な特徴について解析した結果を示す。

Fig. 4 は、画像全体について平均した相関関数 ($\sum_{ij} C_{ij}(\tau)$) の電圧依存性の一例を示している。(a) は印加電圧 0V の状態で相関はほとんど見られない。(b), (c) は FWD の状態で非常に長周期の揺らぎが徐々に成長している様子がかがえる。(d) ~ (f) は GP の状態で、とくに(f) では GP の構造が画像全体にわたって整然とした状態に形成されている。相関関数は GP パタンの振動的特徴を良く示している。

Fig. 5 は Fig. 4 に示した相関関数に対して、分散及び相関時間の電圧依存性を示している。対流構造の逐次転移に対応した領域で、分散及び相関時間に異常が見られるのは、従来の知見と一致する³⁾。以上の解析は一つの捉え方であるが、画像という多量の情報量の中から系の運動状態の望ましい特徴を捉える他の方法を模索中である。

Fig. 6 は WD パタンの形成過程を捉えた一例を示している。ここでは各時刻でのパタンの 2次元空間相関関数及びそのスペクトルを求め、パタンの秩序形成の定量化を試みた。解析結果の一例を Fig. 7 に示す。(a) は空間相関関数, (b) はそのスペクトル, (c) はスペクトルの主要なピーク (P_1 及び P_2) の時間変化を示している。WD の周期性は P_1 及び P_2 にあられ

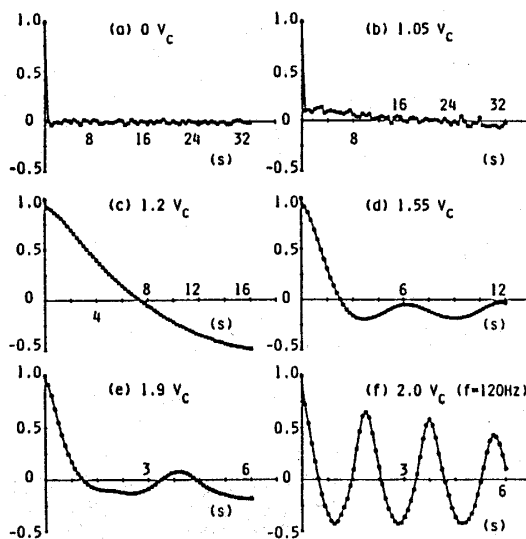


Fig. 4

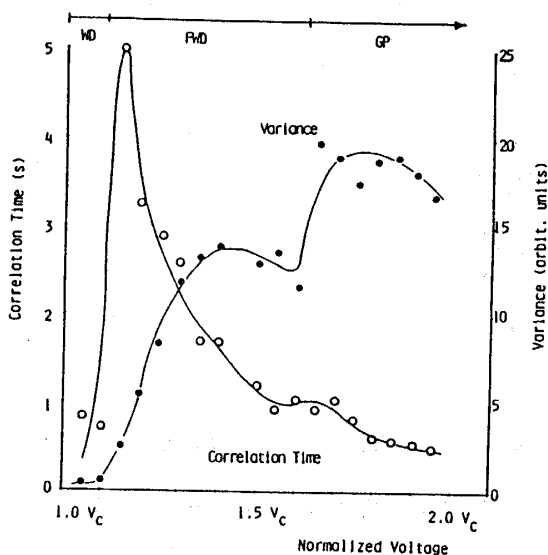


Fig. 5

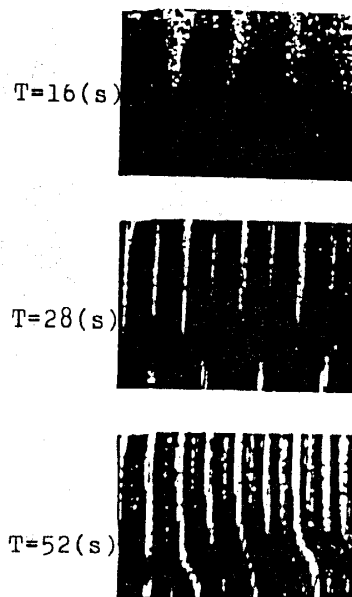


Fig. 6

ており、このスペクトルのパワーは散逸構造の秩序度を示していると考えられる。この方法はWDのような単純なパタンの形成については有力と思われるが、より複雑なパタンの形成に対してはその状態を特徴付ける特性量自体が不明である。パタンの時間・空間的揺らぎを総合的に捉えた解析法が必要となろう。

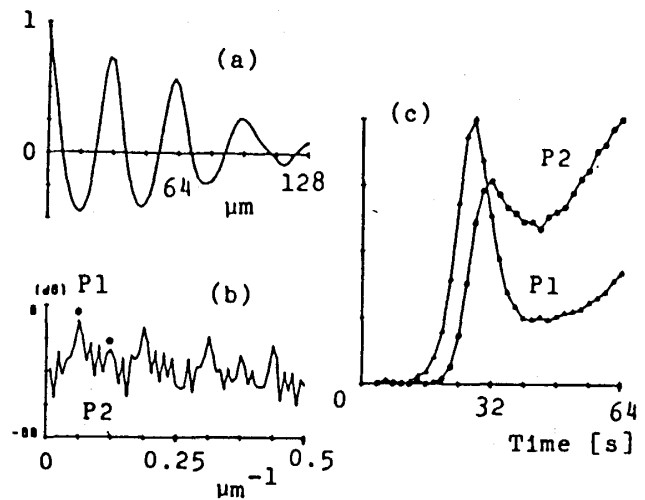


Fig. 7

おわりに 画素の時系列相関解析を用いて、液晶の対流パタンの解析を行ったが、

乱流のような複雑なパタンの特徴を定量化するのはなかなか困難である。提案した処理法は時間的及び空間的スケールを対象に合わせて選択していく必要があると考えられる。

参 考 文 献

- 1) H. Miike et al.; Jpn. J. Appl. Phys. 23 (1984) L379.
- 2) 橋本基他；トランジスタ技術No.11(1984)462.
- 3) 例えば， S. Kai and K. Hirakawa; Prog. Theor. Phys. Suppl. 64 (1978) 212.

20. フラストレーションのある系でのパターン

東大・理 鈴木 増 雄

§ 1 はじめに

今までは、協力的な力によって秩序が出来る非平衡系をスケーリング理論^{1)~6)}によって扱ってきたが、ここでは反協力的な力も混じっており、互にフラストレートしながら変化発展する系⁶⁾の秩序形成の理論を作る試みを報告する。これはまだ始めたばかりで、そのための準備に当る部分を紹介する。