

ネマチック液晶の電気流体力学的不安定性

九大・工 甲 斐 昌 一
平 川 一 美

外力によって誘起される流体力学的不安定性は非線形、非平衡問題に格好のモデルを提供してくれると考えてよいだろう。その一つに Rayleigh 数の増加によって対流から乱流へ発達する Bénard-Rayleigh の問題がある。このような低次から高次の不安定性への発達での不安定点の存在と物理量の異常について調べることは、エネルギー散逸機構の解明に興味ある知見を与える。

われわれはネマチック液晶 MBBA の電気流体力学効果によって生ずる種々の散逸構造の観測を行ない、一般流体と同じような現象および新しい space order, time order の現象が現出することを見出した。実験は異なる膜厚を持つ薄膜セルで行なわれた。散逸構造は顕微鏡を用いて観察し、光透過の揺ぎ ΔI (流速あるいはその速度勾配の揺ぎ) の測定を行なった。

次の (a) から (d) へ向って印加電圧の周波数 f を増加した場合、あのおのについて電圧の増加と共に種々の散逸構造が観測された。

(a) $f < f_c$: WD $\rightarrow$ FWD $\rightarrow$ GP $\rightarrow$ DSM-like $\rightarrow$ (DSM1) $\rightarrow$ DSM2

WD は Williams domain と呼ばれているもので閾値電圧 V_c で生じ、ロール状の平行パターンを示す。FWD (F: fluctuating) では隣り合ったロール同志の離合がロール軸に沿って起こる。離合点の増加と共に格子状の模様 (GP: grid pattern) が形成されるが、この際直流電圧印加で GP は極めて整然となるのが特徴である。この後、時間に依存した大きなスケールの流れ (DSM-like) と次に続く小さなスケールの流れ (DSM1) を経て遂には非常に小さなスケールの流れ (DSM2) に発展する。ここに DSM は dynamic scattering mode を表わす。流速、構造の形成時間などについて一応指数づけが行われている。 $\langle \Delta I(t) \Delta I(0) \rangle$ は WD, FWD では 1 モード、周期的で GP では 2 モード、周期的、DSM 領域では DSM-like (2 モード、周期的) を除いて 2 モード以上で非周期的である。 $\langle \Delta I^2 \rangle$ は FWD および DSM-like 領域で大きな値を持つ。

この領域は平衡系での臨界領域に対応するもので非線形効果が顕著に現われている領域と思われる。このような領域では強い非線形のために指数づけはあまり意味をなさない。したがって印加電圧のベキ数でその異常を特徴づけている。

(b) $f \sim f_c$: PWD $\rightarrow$ FWD $\rightarrow$ GP-like (or CV-like) $\rightarrow$ DSM2

WD がロール軸の垂直方向に伝播する PWD (P: propagating) が止って FWD, のち GP 或いは CV-like の模様が見られる。この際直流電圧印加で GP が消え, かつ DSM 領域においても WD モードが残存しているのが特徴である。

(c) $f^* > f > f_c$: CV $\rightarrow$ DSM-like $\rightarrow$ DSM2

綾杉模様の Chevron texture (CV) が見られる。このパターンが生ずる周波数が f_c である。

(d) $f > f^*$: WP $\rightarrow$ PWP1 $\rightarrow$ PWP2 $\rightarrow$ DSM-like $\rightarrow$ DSM2

波状のロールが作る渦巻模様が形成される WP 領域から急に WP が動き始めて渦巻の中心に流れ込むが (PWP1), PWP2 領域に入ると WP の波長が短くなり流れ込む速度が大となる。ここに WP は Wavy pattern を P は propagating を表わす。

周波数をより高くすると整然としたパターンを形成せずに DSM になる。

われわれはネマチック液晶の電気流体力学的不安定性は, た易く観測出来, しかも物理量が簡単な装置で測定可能であることを見出した。液晶における不安定性は非平衡系で現われる現象をた易く自由に選択して研究し得る利点があるように思われる。

一般流体における散逸構造の作る相図との比較から, われわれは $(V/V_c)^2$ と Rayleigh 数, (輸送係数を通して) (f_c/f) と Prandtl 数がそれぞれ対応するパラメータであろうと結論した。

また, このような流体力学的不安定性の現象の解明から, 非平衡系における現象は平衡系でこれ迄に解明されて来た相転移と同様な考え方が適用出来るうことが, 少なくとも非常に高次の不安定性を除いては可能であることが分った。

上記 (b) (c) (d) における光透過を用いた研究, 乱流すなわち DSM 領域における種々の実験的研究が現在行われている。

参 考 文 献

- 1) R. Krishnamurti: J. Fluid Mech. **60** (1973) 285.

中野藤生

- 2) M. J. Stephen and J. P. Straley: Rev. Mod. Phys. **46** (1974) 617.
- 3) S. Kai, N. Yoshitsune and K. Hirakawa: J. Phys. Soc. Japan **38** (1975) 1789.
- 4) S. Kai, K. Yamaguchi and K. Hirakawa: J. J. appl. Phys. **14** (1975) 1385.
- 5) S. Kai, M. Araoka and K. Hirakawa: J. Phys. Soc. Japan **39** (1975) 849.
- 6) S. Kai, K. Yamaguchi and K. Hirakawa: J. J. appl. Phys. **14** (1975) 1653.
- 7) S. Kai, N. Yoshitsune and K. Hirakawa: J. Phys. Soc. Japan **40** (1976) 267.
- 8) S. Kai and K. Hirakawa: J. Phys. Soc. Japan **40** (1976) 301.
- 9) S. Kai, M. Araoka, H. Yamazaki and K. Hirakawa: J. Phys. Soc. Japan **40** (1976) 305.
- 10) その他 S. Kai and K. Hirakawa: Solid State Comm. に 2 篇 to be published. 邦文としては九州大学工学集報に数篇あり。

準定常状態の相転移に関する考察

名大・工 中 野 藤 生

Onsager の理論¹⁾ が橋爪²⁾ および Onsager-Machlup³⁾ によって改善されたところによると、条件付確率分布関数 (2 時刻) は

$$P_2(\alpha|\alpha'; \Delta t) = \exp \left[-\frac{1}{2k} \left\{ \Phi(\dot{\alpha}) + \Psi(\mathbf{x}) - \frac{d}{dt} S(\alpha) \right\} \Delta t \right] \quad (1)$$

のように表される。 $\alpha \equiv (\alpha_1, \alpha_1, \dots, \alpha_n)$ は粗視的状态量のセットを表し、その時刻 t における値であり、 α' は同じく $t + \Delta t$ における値である。 $\dot{\alpha}$ は $d\alpha/dt$ のセットを表す。 $\mathbf{x} = \partial S / \partial \alpha$ は α に熱力学的に共役な力のセットである。 $S = S(\alpha)$ はエントロピー。定常状態であると、 P_2 は Δt のみの関数である。 α_i がエネルギー密度や粒子密度などであれば、 $\dot{\alpha}_i$ は本質的にはエネルギー流 (熱流) や粒子流の流束を表す。この場合については以前にも述べた³⁾。この場合には (1) の最大問題あるいは、