

Phase Wave Propagation and Defect Turbulence
in EHD Convection System

東北大・通研 那須野悟、佐野雅己、沢田康次

閉水路対流系は、近年著しい進歩を遂げている非平衡非線形系の物理現象の研究に於て常に主要な役割を果たしてきた。ここで取り上げるネマチック液晶における電気流体力学的対流系^{1, 2)}もその一つである。この系は、異方性流体であるということ自体おもしろい系であるが、非常に大きなアスペクト比 ($\Gamma \sim 10^3$) をもつ系が比較的容易に実現できるという実験上の利点がある。空間自由度が重要な役割を果たすような系 (無限自由度系) に於ける乱流現象を調べる上でこれは非常に都合がいい。我々は、この系で今回あらたに巨視的な進行位相波パターンを観測したので、それを報告する。

薄いネマチック液晶層に電界を印加すると、ある閾値電圧に達したところで層内に対流が生じる。(これにより、はじめ一様に平行配向していた液晶分子が空間的に周期的に波うつようになる。対流パターンは、液晶の光学的異方性により比較的容易に可視化できる。) 印加電圧を更に増していくと系は様々な対流構造を取りながらDSMと呼ばれる強い乱流状態に至る。^{3, 4)} 進行位相波パターンは、矩形状対流構造が現れるパラメータ領域において観測された。図1にいくつかの典型的パターンの例を示す。位相波は、図中ではゆっくりとした輝度の変調として見る事ができる(図中の細かな構造が基本対流構造に対応する)。

図1(a)に見られるような標的状(同心楕円)パターンでは、位相波はその中心から周期的に送りだされる。位相波は、水面にみられる波紋とは異なり、相互に衝突することにより消滅する。標的状パターンは、その形成後しばらくの間は、安定に存在するが、中心付近にdefect対を生成することによりいずれ崩壊する。しかし、同時にdefectの存在しないような空間領域に新たな標的状パターンが形成される。図1(b)に示してある渦巻パターンも、その回転中心が時間とともに移動するために安定には存在できない。系内には、これ

らのパターンと不規則に動きまわる defect が同時に多数存在し、生成と消滅をくりかえすために系は時間的にも空間的にも複雑な振舞いを示す。

さて、もう少し定量的にこの位相波を調べてみよう。図 2 に位相波の発生前後の系の局所的な運動を調べた結果得られたパワースペクトルを示す。これより位相波の発生以前にすでに時間振動をしていることが分かる。但し、振動周波数 (f_o) は場所により少しずつ異なっているようである。位相波が発生すると、パワースペクトルは位相波に関連した新たなピーク (f_p) を持つようになる。

ここで、我々の結果を同様な標的あるいは渦巻パターンを示すことで知られている Belousov-Zhabotinskii 反応系⁵⁾と比較しつつ簡単にまとめてみよう。1) BZ 反応系と異なり、微視的な空間構造 (周期構造) を持つ。これに伴い "defect" が現れる。defect は対生成・対消滅を繰り返しながら系内を不規則に動きまわり、位相波パターンを壊したりもする。2) 標的状パターンの中心は、系内のあらゆる場所に出現し得る。このため、BZ 反応系で考えられているような "不純物核" を考えるのは不自然に思われる。また、はじめ中心には defect は存在しないが、しばらくの後不安定化を起こし defect 対を生成する。3) 液晶系では、その異方性を反映して標的パターンは楕円型となる。4) BZ 反応系にならって '引き込み' として現象を捕らえると、個々の振動子系 (局所系) の振動数 f_o が位相波領域では f_p に引き込まれたと考えることができる。ただし、BZ 系では $f_o < f_p$ であるのに対し、液晶系では $f_o > f_p$ であった。

以上、見てきたように、ここで述べた乱流に於いては位相波といわゆる "defect-turbulence"⁶⁾ が密接に関係しているようである。標的パターン中心の自発的 (!!) 形成とその安定性など興味深い問題であるが、その解決は今後の研究に待たねばならない。

液晶セルの作成にあつたては内田龍男先生に貴重な御助言を頂き感謝しております。

< 参考文献 >

- 1) G. de Gennes, The Physics of Liquid Crystals (Clarendon,

Oxford, 1974)

- 2) E.Dubois-Violette, G.de Gennes and O.Parodi, J.Phys. (Paris), Colloq.36, C1-237 (1975)
- 3) A.Joets and R.Ribbota, J.Phys.(Paris)47, 595 (1986)
- 4) S.Kai and Hirakawa, Prog.Theor.Phys.Supp.64, 212 (1978)
- 5) Y.Kuramoto, Chemical Oscillations, Waves, and Turbulence (Springer, Berlin, 1984) and references therein.
- 6) P.Coullet, L.gil and J.Lega, preprint.; L.Gil, J.Lega and J.L.Meunier, preprint.

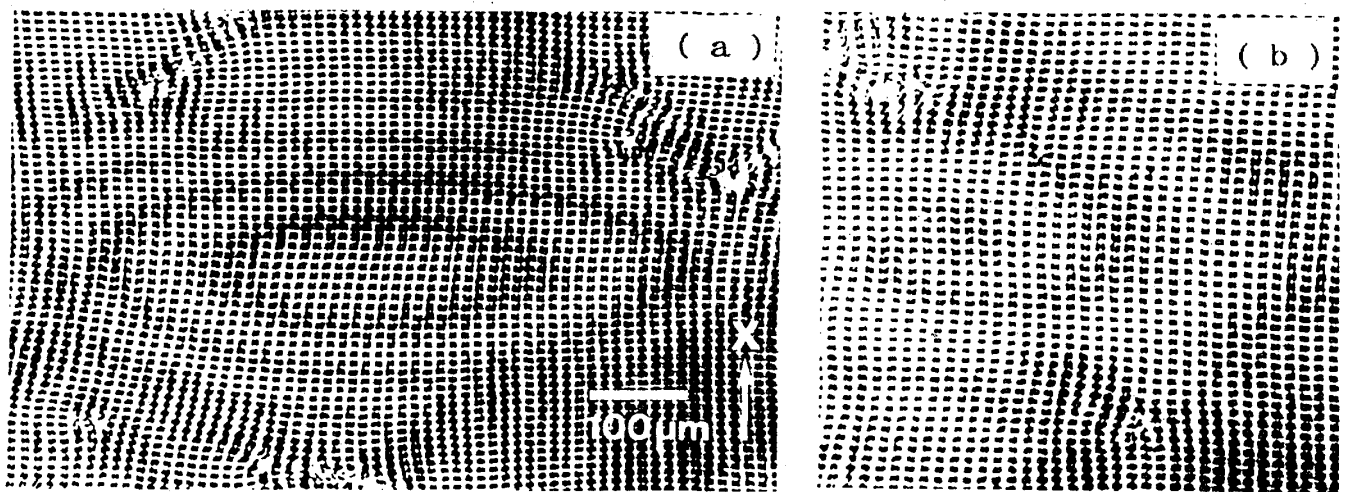


図1 液晶対流系でみられた典型的位相波パターン
(a) 標的状パターン、(b) 渦巻パターン

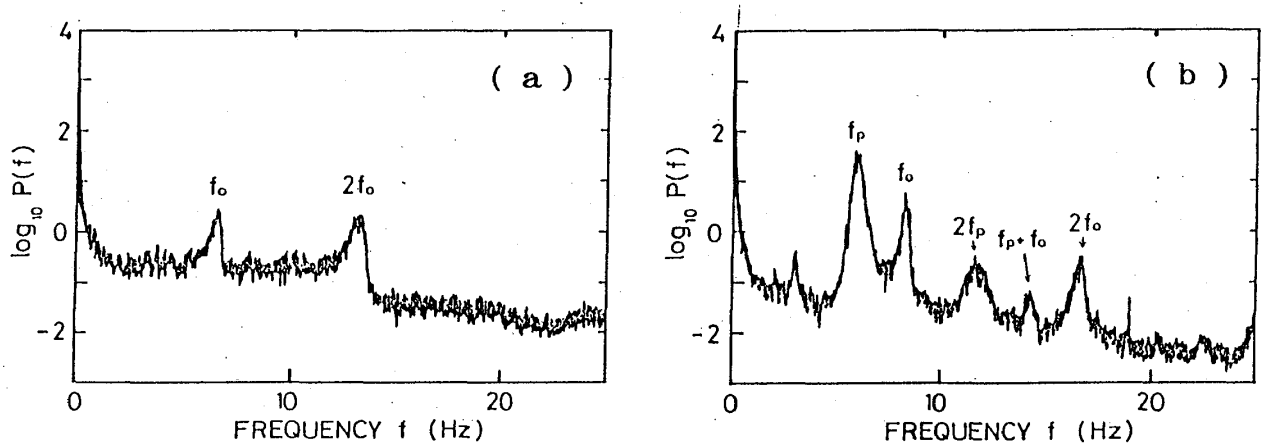


図2 (a) 位相波発生前、(b) 位相波発生後
何れも矩型対流構造存在時