

(東工大・有機材料)・(長崎大・教養部)*・杉田彰夫・大内幸雄
竹森秀男・福田敦夫・久世榮一 後藤信行*

Analysis of Eigen-Modes in Cholesteric Liquid Crystals

A. Sugita, Y. Ouchi, H. Takezoe, A. Fukuda, E. Kuze and N. Goto*

Fac. of Eng., Tokyo Inst. of Tech., Fac. of Liberal Arts, Nagasaki Univ.*

1. はじめに

コレステリック液晶は、特徴としてラセン構造をもち、その光学的性質にも特異性が現われる。大きな旋光度、特性反射などがその好例であろう。さらにコレステリック液晶内部を伝播する光の偏光状態も特異な挙動を示す。一番単純な場合、すなわちラセン軸方向に平行に伝播する場合の固有偏光状態(固有モード)の波長依存性をFig-1.に示す。この図からわかるように固有モードは一般に楕円偏光であり、2つのモード(e_1 , e_2)は互いに直交してはいない。この非直交性は特性反射領域両端近傍で顕著となる。ラセン軸から傾いて伝播する光についてさらに複雑になり、いまだに不明な部分がある。そこで本報では、固有モードの数値計算及び実験による固有モードの決定を試みた。

2. 数値計算

数値計算にあたっては、D.W. Berreman の用いた 4×4 Matrix Method を採用した。ここでコレステリック液晶はネマティック相と等価な層から成る、いわゆる twisted nematic と考え、1ピッチを約500層とし、誘電率テンソルを次のように仮定した。

$$\epsilon_{ij} = \begin{pmatrix} \bar{\epsilon} + \delta \cos 2qz & \delta \sin 2qz & 0 \\ \delta \sin 2qz & \bar{\epsilon} - \delta \cos 2qz & 0 \\ 0 & 0 & \epsilon_{\perp} \end{pmatrix}, \begin{cases} \bar{\epsilon} = (\epsilon_{\parallel} + \epsilon_{\perp})/2 \\ \delta = (\epsilon_{\parallel} - \epsilon_{\perp})/2 \\ q = 2\pi/P, P: \text{ピッチ} \end{cases}$$

以上の条件で計算した固有モードがFig-1.である。ここで $\chi = \lambda / (\sqrt{\bar{\epsilon}} P)$; λ : 真空中の光の波長, $\alpha = \delta / \bar{\epsilon}$ である。Fig-3(a), (b) は、固定波長 ($\chi = 0.9$) でのラセン軸方向及びラセン軸から傾いた方向に伝播する光のそれぞれ楕円率, 方位角(楕円の長軸とz軸とのなす角, (ξ - η 平面) L \vec{s} , Z軸とz軸 \vec{s} は同一平面上, \vec{s} : 光線方向)の変化の様子を示したものである。[Fig-2参照]

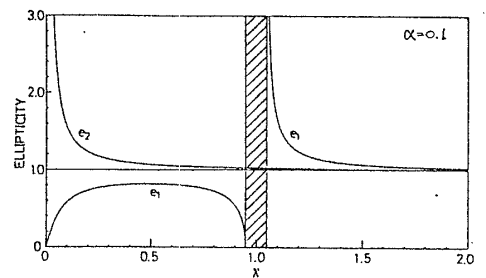


Fig-1.

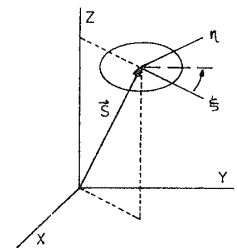


Fig-2

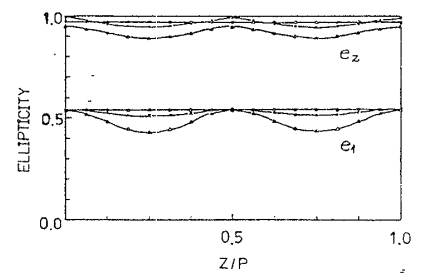


Fig-3(a)

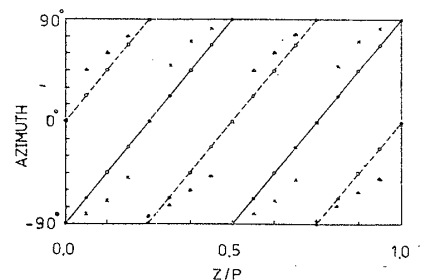


Fig-3(b)

ラセン軸方向に伝播する場合、 $e_1 \cdot e_2$ 両モードとも楕円率は一定であるが、楕円の主軸方向は、液晶分子の配列方向と一致して回転している様子がわかる。ラセン軸から傾いた場合は、楕円率は分子配列と同一の周期（1/2ピッチ）で変化をし、楕円の主軸方向は、分子配列方向とはずれが生じはじめるが、これは液晶内部での伝播方向が、入射面からはずれてくることなどによるためであろう。しかし、変化の仕方は、楕円率と同様の周期をもつことがわかる。傾き角がより大きい場合にも上記と同様の傾向を示すが、詳しくは当は報告する。

先述した固有モードの非直交性のため、外部から液晶内に光を入射した場合、2つのモードを完全に分離することはできない。したがって実験に先だて、数値計算より得られる固有モードと実験より得られるデータとの一対一の対応関係をつけておかななくてはならない。これは、コレステリック液晶に外部よりすべての偏光状態の光の入射に対し、入射光と平行・垂直それぞれの偏光成分の強度を計算することによって達成される。ラセン軸に平行に入射した場合の計算結果を Fig-4 (a), (b) に示す。Fig-4(b) は、(a) の平行成分の強度が最大のときの楕円率をプロットしたものであり、Fig-1 とは異なるが、対応関係をつけることができ楕円率を求めることができる。

3. 実験

測定系の原理図を Fig-5 に示す。原理は次のようである。偏光子と Stress Modulator (SM) 1 とで作られた偏光に平行な成分を、SM 2 と検光子によってカットする状態に、偏光子・検光子・SM 1, 2 をセットする、つまりサンプルのない場合は常に暗視野になり、サンプルによって depolarize された成分がフォトマルチplier (PMT) に入力される。PMT からの出力は Transient Memory を介して Micro-Computer に入力し、その後データ処理を行なう。測定に用いた液晶は、室温でコレステリック相をとる p-ethoxy benzo[*p*-(β -methyl butyl) aniline : EBMA で、活性体とラセミ体の混合比によってピッチ可変である。ピッチ約 900 nm ($\chi \approx 0.7$) の場合に測定した結果を Fig-6 に示す (プリンタ出力)。現在は、これらのデータについて数値計算との比較検討中であり、詳細については当日述べる。

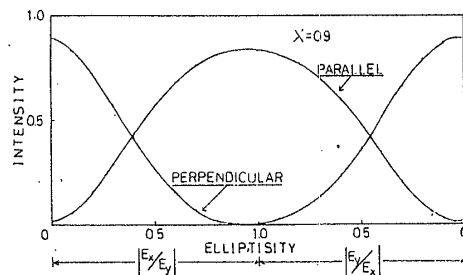


Fig-4 (a)

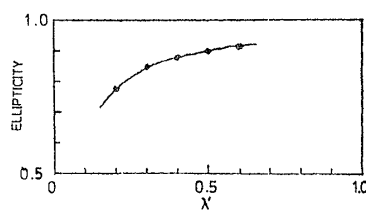


Fig-4 (b)

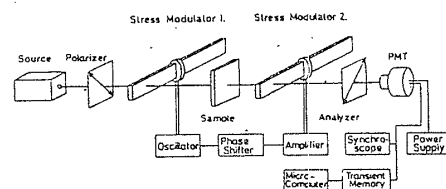


Fig-5

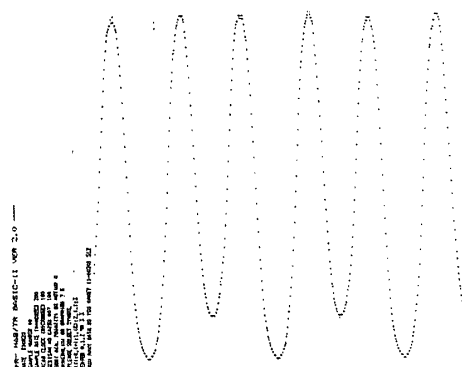


Fig-6

すぎた あきお ・ おうち ゆきお ・ たけぞえ ひでお
 ふくだ あつお ・ くせ えいいち ・ ごとう のぶゆき