

# 体験しよう！

## 液晶の不思議な世界



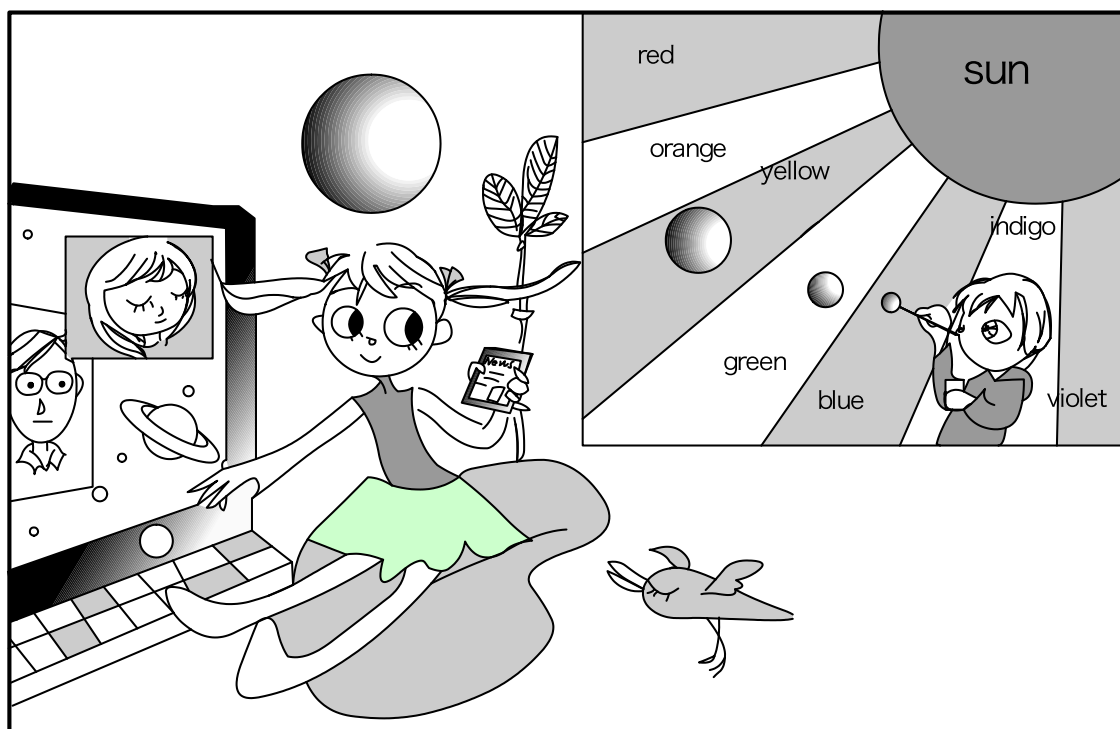
平成21年11月1日(日)  
大分大学旦野原キャンパス  
教養教育棟物理学第1実験室

主催：大分大学 研究・社会連携課

共催：日本学術振興会

実施責任者 工学部電子電気工学科教授 長屋智之





## プログラム

午前

- ・挨拶、スタッフ紹介
- ・講義「液晶って何だ？」
- ・液晶セルの組み立て その1

昼食&大学祭見学

午後

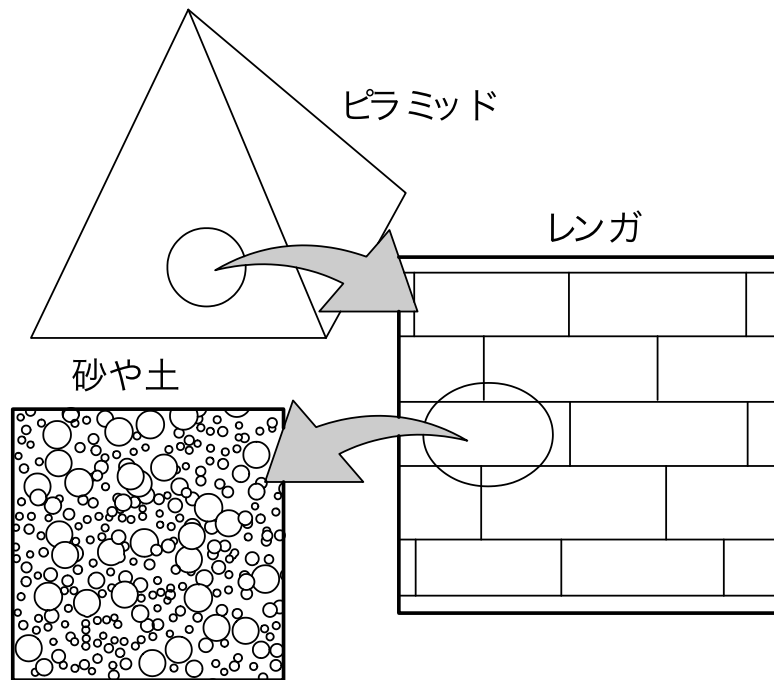
- ・セル組み立て その2
- ・コレステリック液晶の観察
- ・クッキータイム
- ・液晶の科学
- ・修了式：未来博士号授与

# プロローグ

このプログラムでは液晶が作る不思議な世界について体験します。

ですが、その前に、物質を構成している「原子」と「分子」というものについて簡単に話をしましょう。

ピラミッドを思い浮かべてみましょう。エジプトにあるあの大きな建物です。ピラミッドはたくさんのレンガを積み重なってできていますね。そのレンガはたくさんの砂の粒からできています。

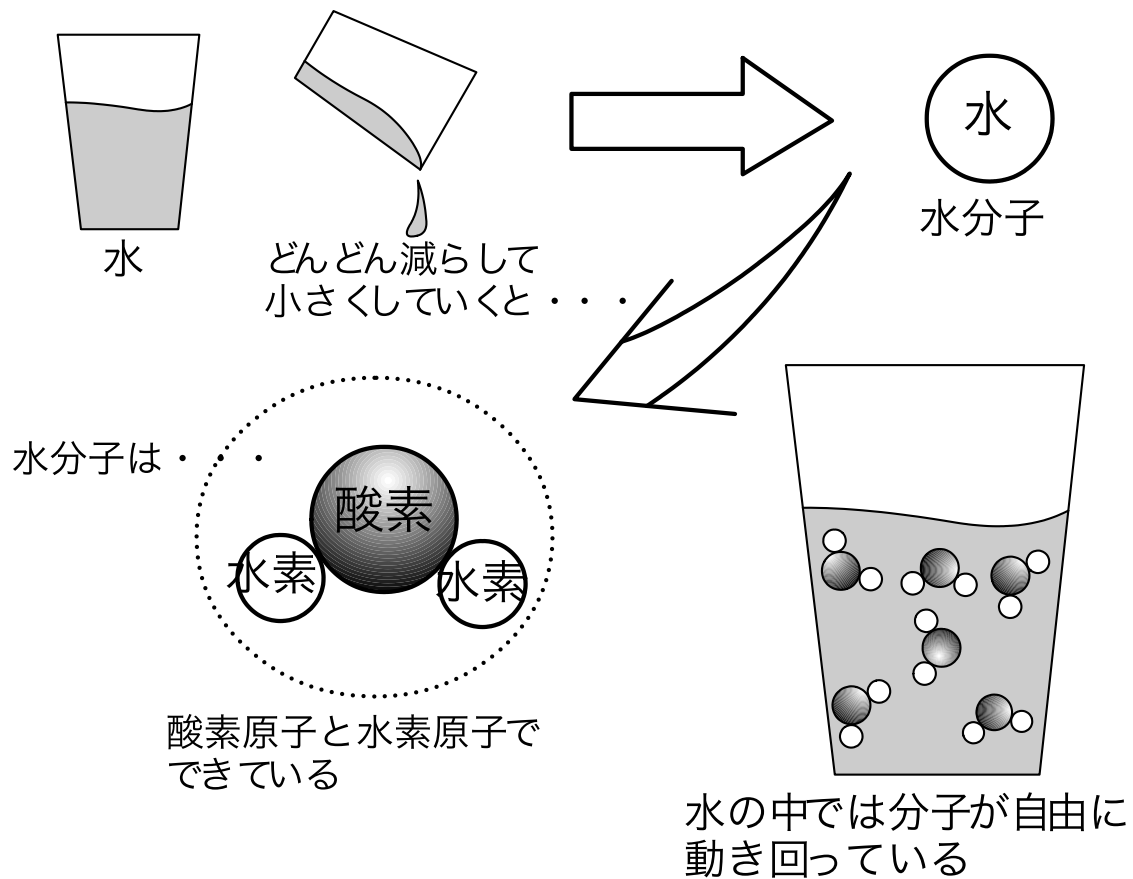


このような関係を、すべての物質にあてはめて考えることができます。つまり、私たちが目にしているものは、たとえどんなに小さくても、それらはすべてもっと小さな粒で構成されているということです。

たとえば、身近な「水」を例にとりて考えてみましょう。水の小さな粒ってどういうことでしょうか。コップに入った水を半分に減らしてもそれはコップの中は水ですね。それをさらに半分に、半分に・・・と目に見えないくらいどんどん小さくわけていきます。すると、なんと、これ以上わけると水といえなくなってしまう！という粒にまで小さくなります。液体をどんどん小さくしていくと粒になってしまう、というのはイメージが少しわきにくいかもしれませんが、その水といえる一番小さな粒、つまりある性質をもった物質の最小単位、それを分子といいます。水の場合は、水分子といいます。

そして、その水というひとつのかたまり、分子も、実はふたつの水素の粒とひとつの酸

素の粒がくっついてできています。その水素と酸素の小さな粒は原子と呼ばれています。水素と酸素を飲んでも、それは水にはならないように、原子の組み合わせによってできる物質は異なります。詳しい説明はここでは省きますが、分子という単位があることを覚えておいてください。次のページからひとつの分子はひとつの○であらわしていきます。



プロローグはこれでおしまいです。  
それでは、さっそく次のページから液晶についてみていきましょう！



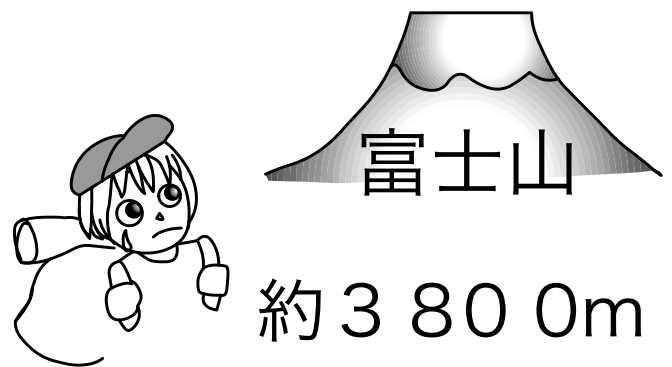
# 液晶について

みなさんは、「液晶って何？」と聞かれて、どこまで説明することができますか？

「液晶が使用されているもの」というと、パソコンや携帯電話の画面、腕時計や時計など、ディスプレイとして、今身の回りにあふれているので、簡単に思い浮かべることができると思います。しかし、その実体は何なのでしょう。どういう性質があるから、ディスプレイとして使用されているのでしょうか。

## 1 液晶ってなんだろう？

電卓の表示板、ここにも液晶が使われています。二枚のガラスにはさまれた空間、そのすきまはせいぜい人間の髪の毛の太さの十分の一程度。でも、液晶にとってもはととても広い空間です。液晶を人間にたとえると、そのすきまは富士山の高さになります。液晶はそれほど小さいものなのです。そして棒のような形をしています。でも、目には見えないくらいとても小さくて、棒のような形をしたものがみんな「液晶」というわけではありません。



ところで、理科の時間に、「物質の状態変化」という言葉を聞いたことがありますか。物質が「気体⇄液体⇄固体」と3つの状態に変化することです。

たとえば水（液体）を例にとると、冷凍庫にいれておくと凍って氷（固体）になり、逆に、やかんにいれてあたためると、沸騰して水蒸気（気体）になります。物質にはこの3つの状態があるのですが、ほんとうにこの3つしかないと思いますか？しかし、実は、これ以外の形態をとる物質が実際に存在するのです。それが、**液晶**です。

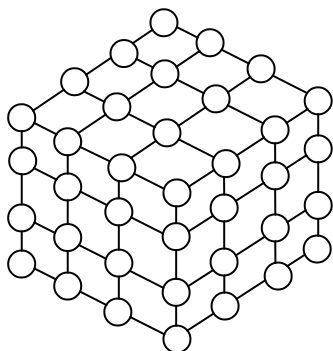
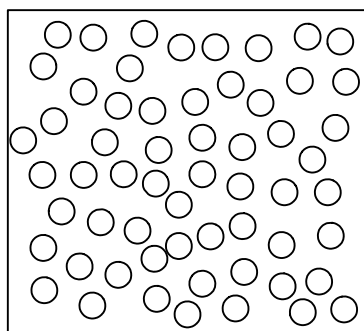
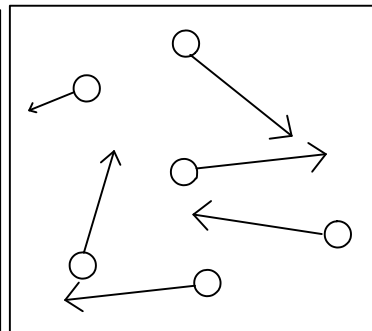


図1 固体（結晶）



液体



気体

## 2 分子の状態の違い

液晶という名前は「液体」の「液」と「結晶」の「晶」からつけられたものです。英語ではそのまま **Liquid Crystal**（液体結晶）と呼ばれます。つまり、両方の性質をあわせもつということを意味しています。では、液体のような固体のようなどっちつかずの世界にいますのでしょうか。実は、**液晶とは結晶でもなければ液体でもない、これらとは異なる第4の状態**で、それぞれははっきり区別することができるのです。

図1を見てください。固体である結晶では、○は原子または分子の粒を表しています。○は上下・左右に規則正しく並んでいます。この状態では結晶によって分子の間隔や並び方などは決まっているので、分子が自由にその場所を変えることはできません。

液体では、分子の位置は全く不規則な状態となっていて、自由に流れ、どんな形にもなることができます。

そして気体では、各々の分子の間で作用し合う力が非常に弱いので、分子はほぼ自由に動き回ることができま



固体や液体や気体には、このように特有の分子の並び方があります。そうすると、固体でも液体でもない、その中間の状態である液晶、これも液晶ならではの分子の並び方でありそうです。

液晶分子の並び方は、結晶のように分子が規則正しく並んだものではありません。しかし、全く不規則になっている液体と比べると、ある程度の規則性をもっているのです。その規則性とは、**分子の方向の規則性があり、場所の規則性がない**というものです。つまり、分子が向く方向が決まっているけれど、場所はばらばらにいるということです。さっき、液晶はとても小さい棒のような形をしていると言いました。実はそれが液晶の分子です。液晶分子は、まん丸な形ではなく、小さな棒状だったり円盤状だったりします。向く方向があるのは、液晶分子の形はまん丸ではなくて細長い棒の丸、または円盤のような形をしているので、立っているときと寝ているときの区別がつくからです。

そして、液晶にはいろいろな種類があります。まず、**ある温度範囲だけで液晶になる液晶と、ある濃度になったときに液晶状態が現れる液晶**とに分けることができます。

さらに、ある温度範囲だけで液晶になる液晶はその分子配列の状態により、**ネマチック液晶、コレステリック液晶、スメクチック液晶**の3種類に分けられます。

次に、分子の並び方によって異なる液晶の種類を見ていきましょう。

3 分子の並び方の違い ～液晶は魚の学校～

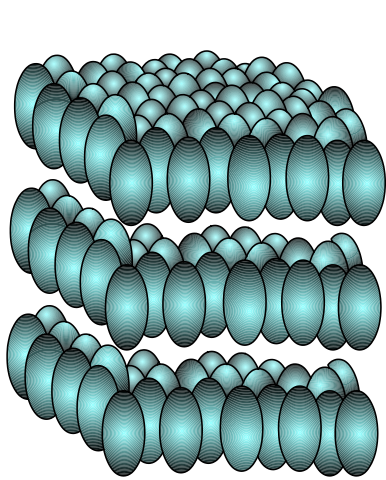


図 2 - 1  
スメクチック液晶

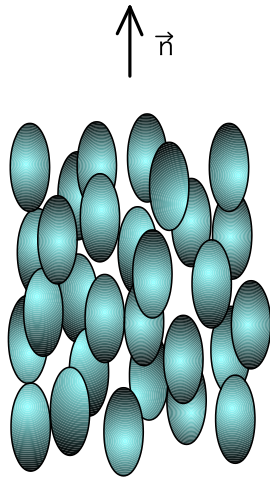


図 2 - 2  
ネマチック液晶

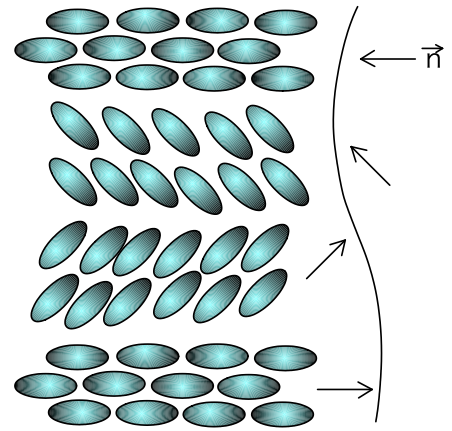


図 2 - 3  
コレステリック液晶

「2 分子の状態の違い」で、液晶は場所の規則性がない状態であると説明しました。つまり、分子がばらばらにしているということです。では、液晶の温度をあげて固体から液晶に変化するとき、場所の規則性は一瞬で失われるのでしょうか。

実は、場所の規則性にも種類があるのです。ということは、液晶もいくつかの種類にわけることができそうです。簡単にその種類をみていきましょう。

図 2 - 1 の液晶分子は、固体のように分子は層状で、層の中では分子は液体のように自由に動きまわることができますが、規則正しい層の積み重なりがあるので、上下には固体のように場所の規則性が残っています。このような液晶をスメクチック液晶といいます。

スメクチック液晶の高さ方向の規則性も失われると、分子の方向だけ全体的にそろって、方向の規則性だけが残ります。この液晶をネマチック液晶（図 2 - 2）といいます。

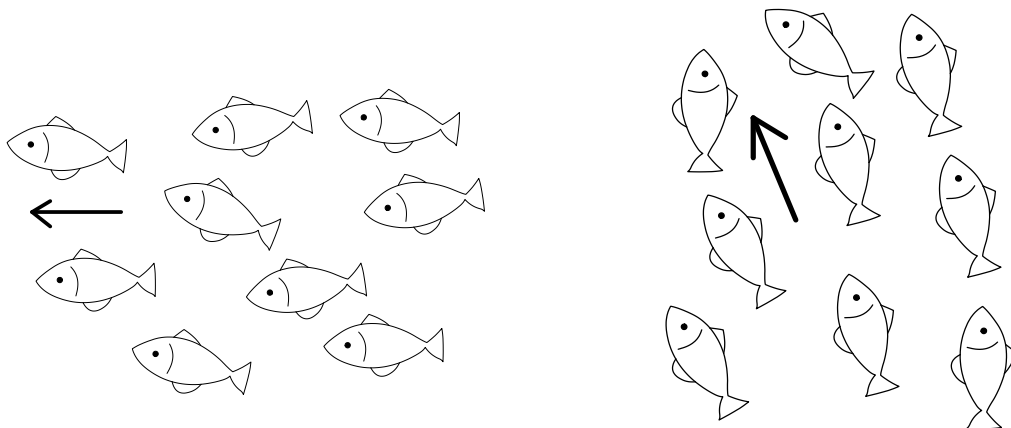


図 3

魚の群れを思い浮かべると、魚はなんとなくある方向を向いてそろっていますね。一匹が向きを変えると、他の魚も同じように向きを変えます。ネマチック液晶は、まるで魚の群れのようになんとなく方向がそろっています。つまり、液晶は魚の学校です。ただし、正確に言えば、**本当の液晶状態では、魚の頭がほぼ同じ方向を向いているのではなく、頭か尻尾のどちらかがほぼ同じ方向を向いているのです。**

ネマチック液晶とスメクチック液晶とではどちらがより固体に近い構造をしているでしょう。分子の並び方を考えると、高さ方向の場所の規則性があるスメクチック液晶の方が、より固体に近いということがわかりますね。つまり、温度を上げると、**固体→スメクチック液晶→ネマチック液晶→液体**という順番で変化していきます。

図2-3を見てください。これは、ある平面で見ると分子が一定方向にそろったネマチック液晶の場合と似た分子配列をとっていますが、隣り合う平面ごとに少しずつ方向がねじれたら**らせん構造**になっています。これを**コレステリック液晶**といいます。これは分子がある規則をもったときに起こります。

#### 4 七色の液晶 ～らせん構造をもつ液晶～

コレステリック液晶が、**らせん構造**になっているときましたが、これはらせん階段を思いうかべてみてください。階段の一段一段が液晶分子と思うとイメージしやすいと思います。そのらせん構造の**周期（らせんがひとまわりするのに必要な距離）**は、ちょうど光の**波長**と同じになります。

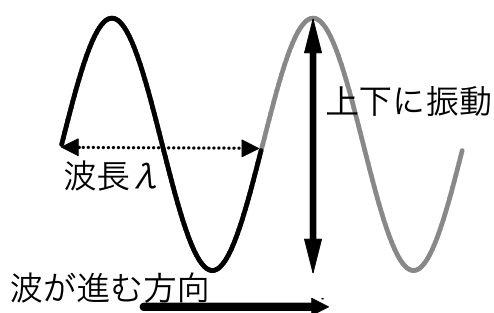


図 4 - 1

ここで、突然、**波長**という言葉ができましたね。波長ってどういうことでしょうか。文字通り光の波の長さのことです。光の波の長さ？と不思議に感じるかもしれませんが、実は光には波の性質があるのです。しかも、波の中でも横波といわれる波です。海岸に打ち寄せる波を想像してください。波は上下に振動しながら、岸に打ち寄せます。それと同じで、光も進む方向に垂直に揺れる波なのです。

そして、図で示す部分が**波長λ（ラムダ）**といって、波の長さを表します。

光の場合、この波長によって、その光の持つエネルギーが違ってきます。光の持つエネルギーが違うことで、「その光の色」が違ってくることになります。つまり、

**「色が違う = 光の波長が違う」**

— ということになるのです。

さて、話を液晶に戻しましょう。波はその波長と、同じ周期をもつ構造中を進むときには、強く反射されます。図4-2のように、コレステリック液晶中を、らせん軸にそって進む光があるとき、その光のうち、らせん構造の周期と同じ波長、同じねじれを持つ光だけを選択して強く反射します。これは円偏光の選択反射と呼ばれています。このため、コレステリック液晶を見ると反射した色がみえるのです。これを利用すると図4-3のようなアクセサリーを作ることができます。また、自然界では、この様ならせん構造を利用して色を出している生き物があります。例えばコガネムシの仲間もこのらせん構造を利用しています。らせんの光を遮る円偏光板というものを使うと、右ねじれか左ねじれのどちらの構造があるかがわかります。図4-4はエクアドル産のコガネムシを左偏光板と右偏光板を通して見たときの写真です。コガネムシは右円変更の一部の波長の光によって発色していることがわかります。

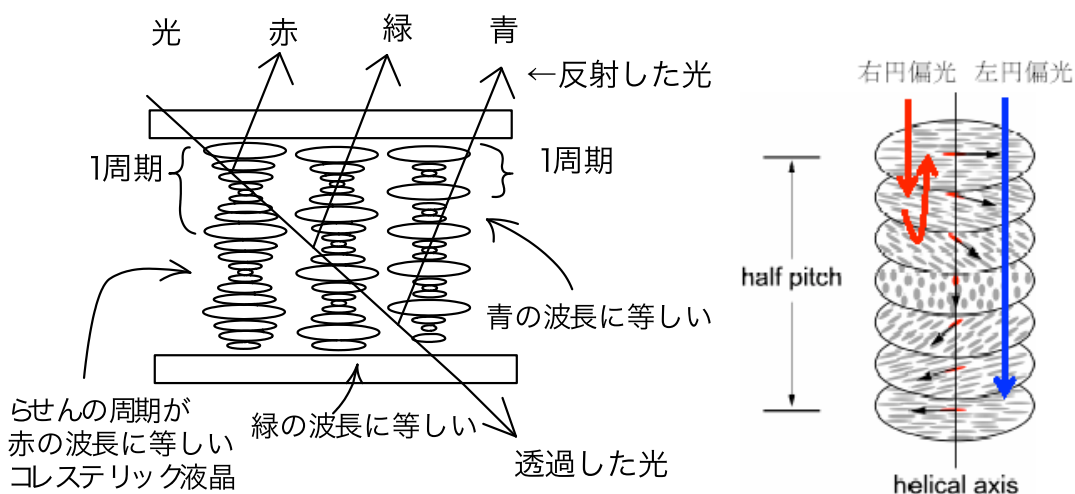


図4-2 らせん構造と選択反射

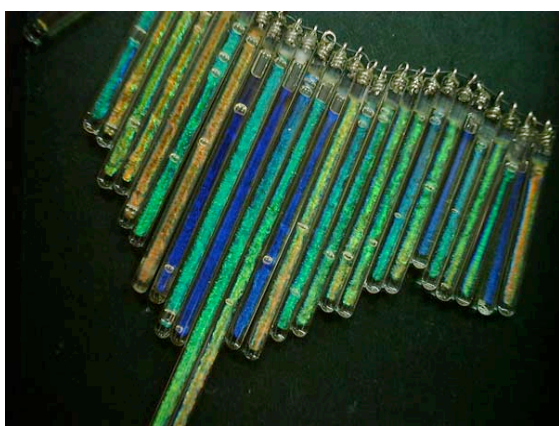


図4-3 液晶アクセサリー<sup>1</sup>



左円偏光板使用 右円偏光板使用

図4-4 円偏光板を入れて撮影したコガネムシ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 岐阜聖徳大学 伊藤 敏先生の個人HPより引用 <http://itf.que.jp/lc/lca.html>

<sup>2</sup> 東京工業大学 石川 謙先生のHPより引用

<http://www.op.titech.ac.jp/lab/Take-Ishi/html/ki/hg/et/sb/goldbug/goldbug.html>

ところで、反射した色が見えるってどういうことだろう？と思いませんか？

少し液晶から離れて、色がなぜ見えるのかについて考えてみましょう。色の見え方には2種類あります。

### ① 自分で光って見える色

自分で光るもの、太陽、星、蛍光灯、ブラウン管形式のテレビなどがそうですね。炎や蛍も自分から光を出して色が見るものの一つです。こういったものの色が見えるというのは、そのものが、私たちに見える色の波長の光を出しているということになるのです。

それでは、太陽の光の色は透明で見えないのはどうしてでしょうか？それは、「太陽や蛍光灯の光には、色々な波長の光が混ざっており、光は全ての波長を混ぜると「白」になってしまうから」です。

### ② 光を反射して見える色

実際には、自分で光をだしているものは少なく、「ほとんどの物の色は太陽の光や蛍光灯の光を反射し、その反射された光を見て、それをそのものの色として認識している」のです。

例えば・・・赤い花があったとき、まず、太陽から出た光が花に当たります。花に当たった光は、花によって、ある特定の波長の光は反射されるのですが、他の波長の光は花に吸収されてしまいます。

ですから、液晶アクセサリの場合、太陽などの自然の光は色々な波長の光を出し、それぞれの波長のコレステリック液晶に反射するのです。ちなみに、液晶自身はもちろん光ることはできませんよ！

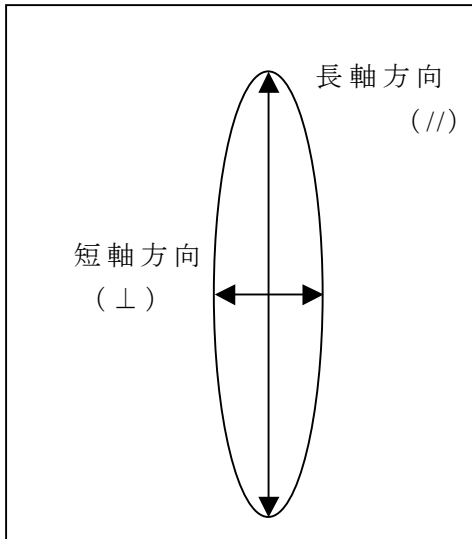
今回皆さんにお土産として差し上げるコレステリック液晶は、ヒドロキシプロピルセルロースという紙(セルロース)を水に融けるようにしたものに蒸留水を加えて混ぜたモノです。もし自分でも作りたくなったらインターネットに情報が載っていますので参考にしてください<sup>3</sup>。このコレステリック液晶は紙を原料としていますので危険ではありませんが、目に入れたり食べたりはしないで下さい。

廃棄したい場合には、爪楊枝などで瓶から溶液を取り出して、ティッシュなどに包んで可燃物として捨ててください。ガラス瓶は流水で溶液を洗い流してからガラスゴミとして捨ててください。

<sup>3</sup> <http://itf.que.jp/lc/lca.html>

## 5 ディスプレイに使われる液晶

ここでは最も単純な TN 型ディスプレイを紹介します。この TN とは、「Twisted Nematic」の頭文字をとったものです。「ねじれたネマチック液晶」という意味です。液晶ディスプレイの液晶は、多くの場合、ネマチック液晶が使われています。



い

ネマチック液晶の分子は細長い棒状です。この分子に電圧をかけると、分子に電氣的なかたよりができます。この分子電氣的なかたよりのできやすさを誘電率といいます。分子はまん丸な形をしているわけではないので、誘電率は左図の長軸方向と短軸方向によって違います。

そして、長軸方向の誘電率が短軸方向の誘電率が大きいとき、電氣的なかたよりは、左図で言うと、液晶分子の上と下の部分にできます。液晶に電圧をかけると、下図のように分子が電圧方向に平行に並ぶようになります。

(逆に短軸方向の誘電率が長軸方向の誘電率が大きい場合は、電圧方向に垂直に並びます。)

図 5 - 1

→この平行に並ぶ性質が、TN 型ディスプレイに用いるために必要な条件です！

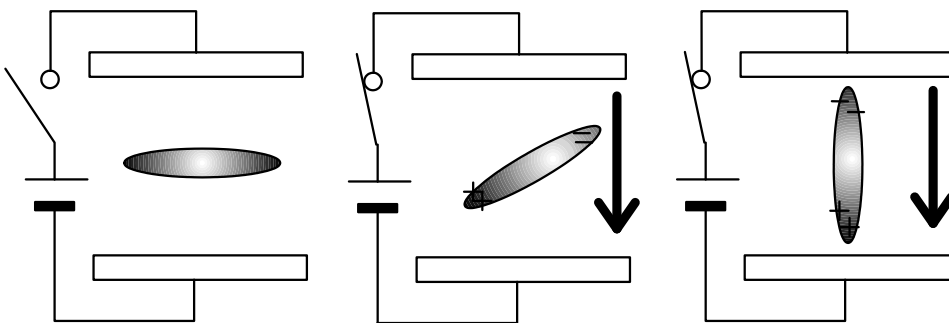


図 5 - 2

このタイプのネマチック液晶は液晶分子の向きを容易に一定方向にそろえることができるので、ディスプレイに広く用いられています。

ところで、「4 七色の液晶」で、光は横波だという話をしましたね。自然の光、例えば、太陽や蛍光灯の光は、上下に振動しながら、さらに、あらゆる方向に振動して進みます。

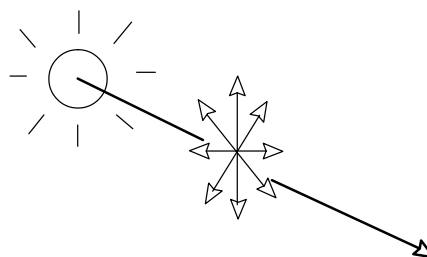


図6 自然光

そして、TN型ディスプレイは一定方向にのみ振動する光を使います。このような光を作り出すために**偏光板**を使います。偏光板は特定方向に振動する光だけを透過します。出てきた光は一定方向にのみ振動します。この光を**偏光**と呼びます。

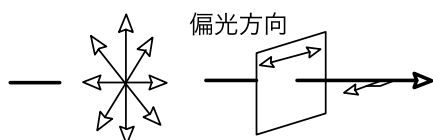


図6-1 偏光

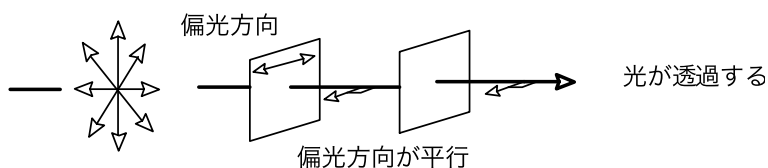


図6-2 偏光（平行）

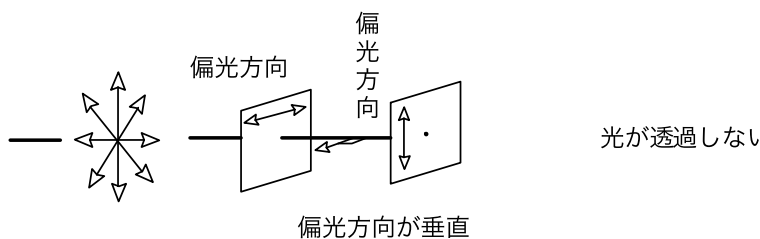


図6-3 偏光（垂直）

このように2枚の偏光フィルムの重ね方で、「光が透過する/しない」を選ぶことができます。

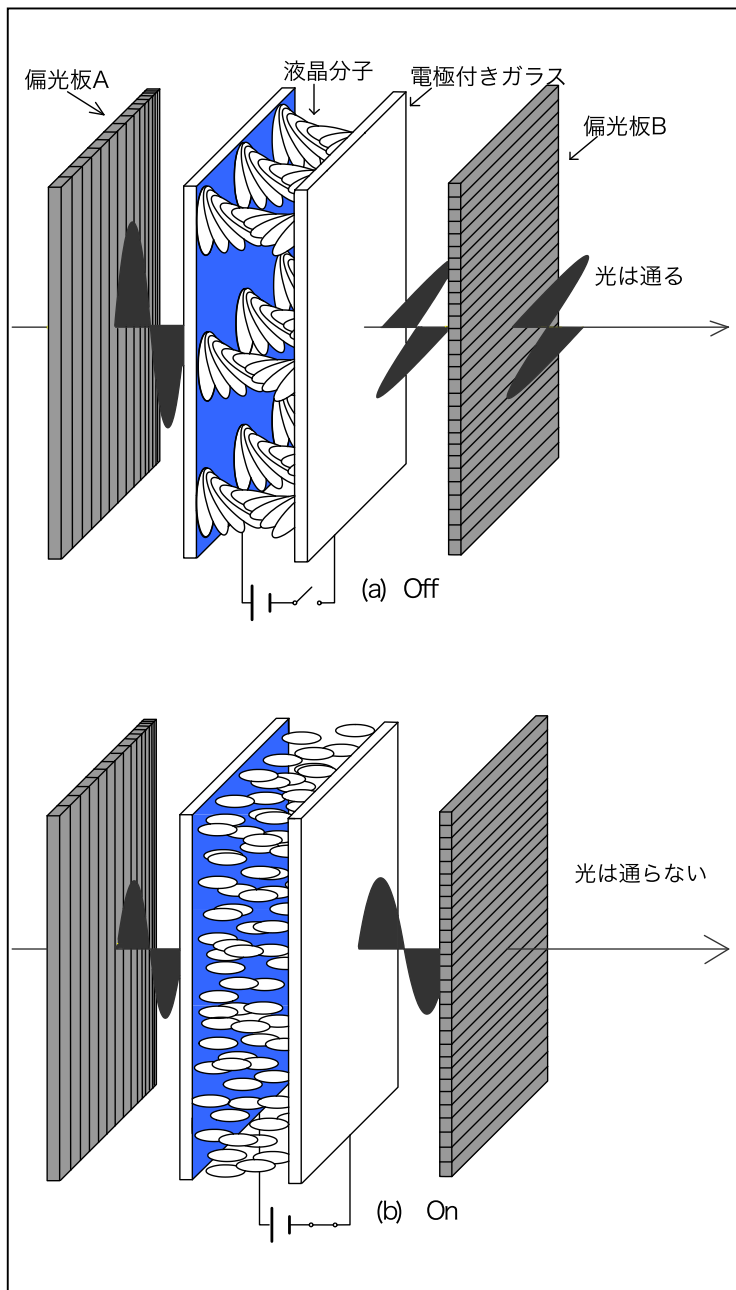
もし、2枚の偏光板の間に何かをおき、それが入ってきた偏光の状態を変化させることができれば、ある組み合わせの偏光板で光が透過する状態から光が透過しない状態へ、またその逆に変化させられます。その役割を演じるのが液晶です。というのも、光の振動方向は、液晶分子の配向方向に合わせて回転するからです。



# TN型液晶ディスプレイ

TN(Twisted Nematic)型液晶ディスプレイとは、ねじれた液晶状態を利用したディスプレイで、TNセルとも呼ばれています。ここでは、TNセルはどのような仕組みでディスプレイとして機能しているのでしょうか。

TNセルは、2枚の偏光板、2枚の電極付きガラス、(図では省略していますが)スペーサー、そして、**ネマティック液晶**で構成されています。ガラスの電極面は内側になっており、その電極の間に液晶がはさまれています。電極面には配向剤が塗られ、ラビング処理されています(「ラビング」のページ参照)。



(a)では、セルに電圧はかけられていません。ラビングの方向は、左側のガラスは $y$ 方向、右側のガラスは $z$ 方向となっています。このことにより、**液晶分子がガラスの間で 90 度ねじれます**。 $x$ 方向に進む光は、偏光板 A で $y$ 方向の直線偏光になります。その光がセルに進入すると、分子のねじれに沿うように偏光方向が 90 度変わり、セルを出てくるときには $z$ 方向の直線偏光になります。よって、光は $z$ 方向の振動を通すように置いた偏光板 B を通り抜けることができ、セルを通して向こう側が見えます。

(b)は、セルに電圧をかけた状態です。**長軸方向の誘電率が短軸方向の誘電率が大きい液晶**は、電界方向に平行に分子が揃います。そのため、光は偏光方向を変えずにセルを通り抜けます。 $z$ 方向の直線偏光は、偏光板 B を通過することはできないので、セルを通して向こう側を見ることはできません。

# TNセルの作り方

このテキストでは作り方のおおまかな説明をします。  
実際の作業時の注意点などは直接スタッフが指導します。

以下の行程を経て、TNセル、つまり液晶ディスプレイを作成します。  
今回は時間短縮のため1～4までをスタッフが準備してみなさんに渡します。

- 1 電極付きガラスを切り、洗浄する
- 2 ガラスの電極を表示させたいパターンの形だけ残す  
(フォトリソグラフィ)
- 3 もう一度ガラスを洗浄する
- 4 配向剤の塗布
- 5 ガラスをこする  
(ラビング)
- 6 隙間を作る物(スペーサー)を挟み、ガラスを張り合わせる
- 7 液晶を入れる
- 8 電極をつける
- 9 接着剤で周囲を固める
- 10 偏光板を貼る

## 1 電極付きガラスを切り、洗浄する

- ・ガラス切りを使ってガラスを3×4センチの大きさに切る。(4枚：2セット)
- ・中性洗剤と純水で数回超音波洗浄をする。

「超音波洗浄機」を使うことで、ガラスの表面に傷を付けることなく細かい汚れを取ることができます。

※ガラスの片面には、あとで液晶に電圧をかけるときの電極にするために、電気を通す膜がついています。

## 2 ガラスの電極を表示させたいパターンの形だけ残す

この行程の技術をフォトリソグラフィと言います。詳しくは p.16 を見てください。

- ① フォトレジストを塗って膜を作る。（ガラスを高速で回転させて薄く広げる。）
- ② ホットプレート（90℃）で乾燥させる。
- ③ パターンが印刷された OHP シートをフォトレジストが塗られた側にのせる。重石をのせて、紫外線を照射する。
- ④ 5℃程度の現像液に 20～30 秒、揺らしながらつけたあと、すぐに水洗いする。
- ⑤ 水洗い後、水をエアスプレーで飛ばし、ホットプレート（130℃）で焼き付ける。  
（レジスト膜の密着，耐食性向上のため）
- ⑥ 塩酸（35%）・硝酸（60%）・純水を 2：1：2 の割合で混ぜたエッチング液を 50℃程度に保ち、揺らしながらつける。
- ⑦ <sup>はくり</sup>剥離液を 50～60℃に保ち、60 秒程度揺らしながらつける。水洗いした後、よく乾燥させて、よぶんな膜をとりさる。

これで、映し出したい絵柄が電極のパターンとして残ります。

## 3 もう一度ガラスを洗浄する

- ・中性洗剤、純水、専用の洗浄剤で数回超音波洗浄する。

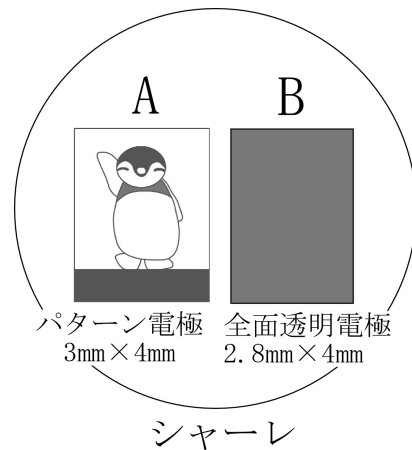
## 4 配向剤の塗布

- ・ガラスを高速回転して、配向剤を薄く塗る。
- ・ホットプレートで乾燥させた（120℃）後、オーブンで1時間加熱（250℃）する。

みなさんに渡すガラスのセットはここまでの処理がされているものです。

## ここから皆さんの実験スタート！！

パターン電極が付いたガラス A と、全面が透明電極のガラス B の 2 枚が一つのシャーレに置かれています。ガラス B の短辺はガラス A に比べて約 2mm 短くなっています。



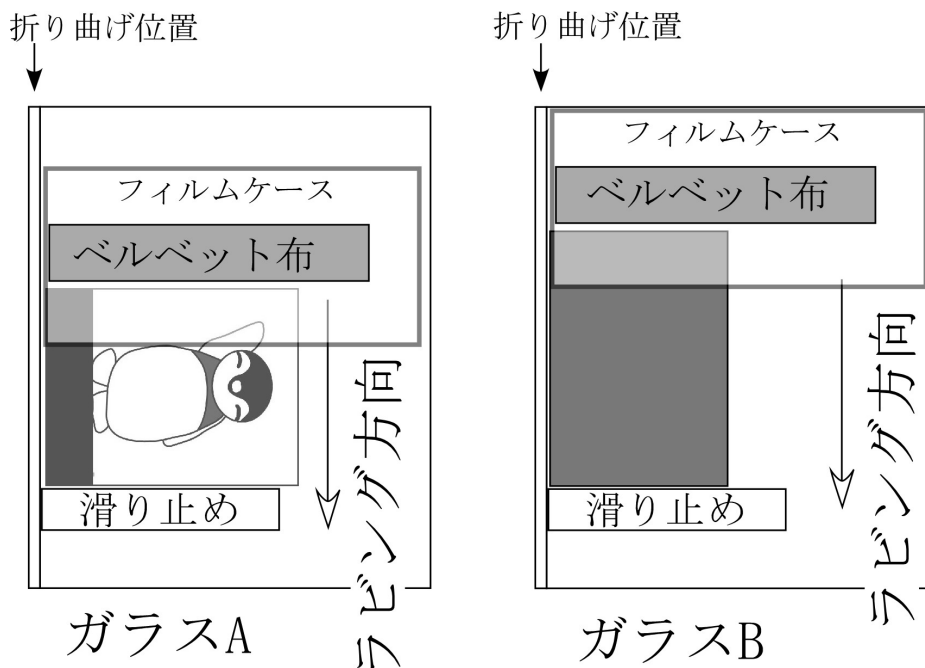
### 5 ガラスをこする (ラビング)

この行程の技術をラビング (p17) といいます。

ガラスの上面には配向剤が塗ってあり、布で配向剤をこすることにより液晶がそろう方向を決めます。図の様に、液晶がそろう方向を 90° ずらすことにより、Twisted Nematic 状態が実現します。

L 型に折り曲げられたアルミ板と黒いベルベットの布が付いたフィルムケースを使ってガラス板をこすります。折り曲げられたアルミがフィルムケースを動かす際のガイドになります。

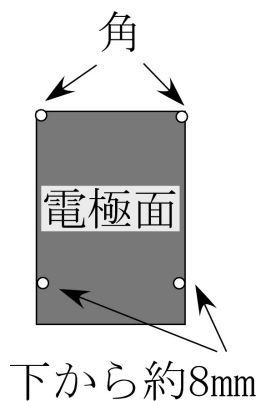
ガラスや布にゴミがある場合、エアースプレーでゴミを飛ばして下さい。3回ほどこすって下さい。



## 6 すき間を作る物（スペーサー）を挟み、ガラスを張り合わせる

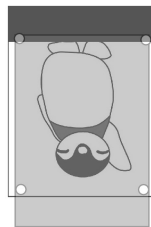
今スペーサーとして目に見えない程小さいプラスチックの粒を使います。  
スペーサーですき間を作り、そのすき間に液晶を入れます。

- ① ガラス A を紙の上に置く。
- ② ガラス B をピンセットで持ち、真正面から 30cm 程離れた位置で霧吹きを使ってスペーサー入りの霧を吹き付ける。必ず、電極面に吹き付ける。ガラスに付いた霧が乾くまで待つ。
- ③ 爪楊枝の先に紫外線硬化型接着剤をごく少量つけ、ガラス B の電極面の図の位置につける。（下の左図）
- ④ **電極面が内側**に、また、電極用に残した 8mm の部分が外に出るように、ガラス A の上にガラス B を慎重に置く。（下の中図）
- ⑤ 重石としてビニールテープがついたガラスを載せ、紫外線照射器で紫外線を 2 分あて、接着剤を固める。（下の右図）



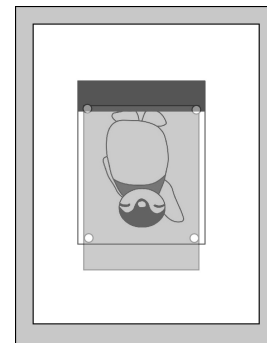
接着剤の位置

ガラスA  
電極面は上



ガラスB  
電極面は下

貼り合わせ方



重りガラスを置く

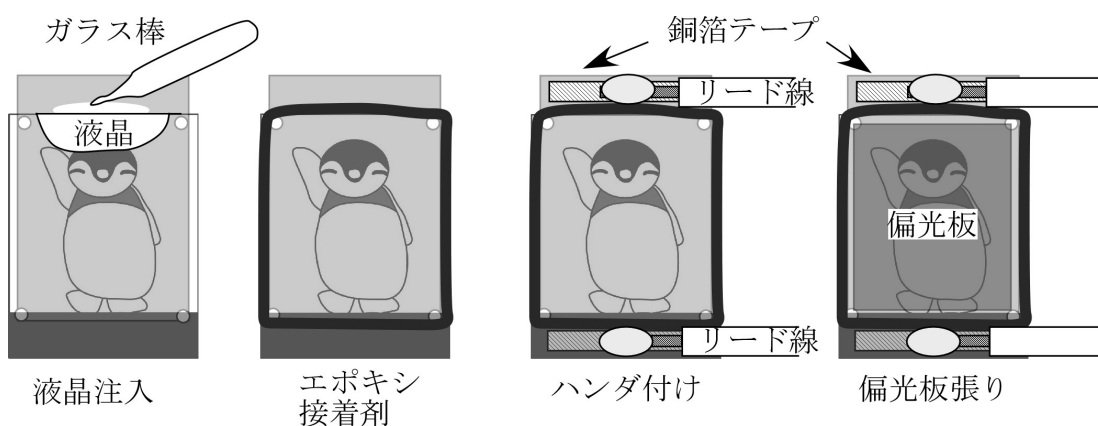
## 7 液晶入れ、液晶封入、導線付け、偏光板貼り

ネマチック液晶をすき間に入れ、接着剤で周囲を固めます。そして、透明電極に電池スナップからのリード線を付け、偏光板を貼ります。

- ⑥ すき間から先が細いガラス棒で液晶を注入する。液晶を入れる場所は図に示す一カ所にして、ガラス板の間に液晶が広がるまでゆっくり液晶を入れる。液晶を入れすぎたらアルコールをつけた綿棒で拭き取る。
- ⑦ 爪楊枝を使って周囲の隙間をエポキシ系接着剤で閉じる。接着剤が乾くまで待つ。エポキシ系接着剤は、2つの液を混ぜてから塗る。分厚い金属板の上に液晶セルを置いて接着剤を乾かす。

\*\*\* 接着剤が乾くまで待つ \*\*\*

- ⑧ 銅箔テープに電池スナップのリード線をハンダ付けし、電極部分に貼る。
- ⑨ 偏光板を貼る。2枚の偏光板を重ねた時、真っ暗になるような向きで貼る。白か赤のテープがある面のフィルムをはがし、縦長にして貼ります。



### 電池を付けて完成！！

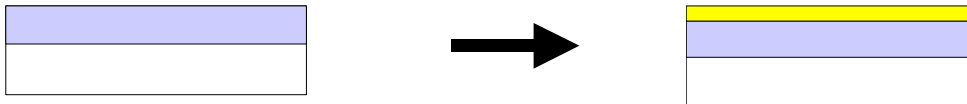
(作成した液晶ディスプレイが不要になった場合は、液晶ディスプレイが付いている電卓などの捨て方に従ってゴミ処理して下さい。)



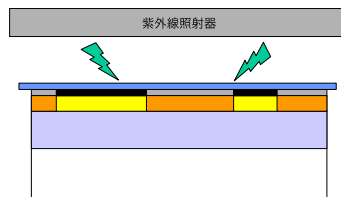
# フォトリソグラフィ法

フォトリソグラフィとは、基板に高分子膜を塗布し、そこに光でパターンを書き込む技術です。この方法は半導体による IC（集積回路）や LSI（大規模集積回路）を作るときにも使われています。

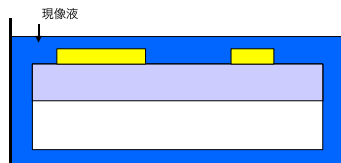
- 1 洗浄済みの電極付きガラスに紫外線に反応するレジスト剤を塗布します。



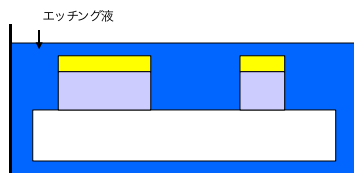
- 2 レジストを硬化するために、高温で焼きます。
- 3 あらかじめ目的のパターンが書き込まれたシートをレジストの上に重ねて、その上から紫外線を照射します。



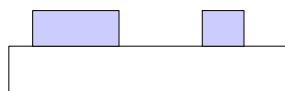
- 4 露光で紫外線が照射された部分のレジストを現像液に浸して、取り去ります。



- 5 再び、高温で焼きます。
- 6 レジストで覆われていない部分の電極をエッチング液に浸して、取り去ります。



- 7 最後に、残っているレジストをはく離剤に浸して取り去り、洗浄します。こうして、目的の形の電極だけが、基板上に残ります。

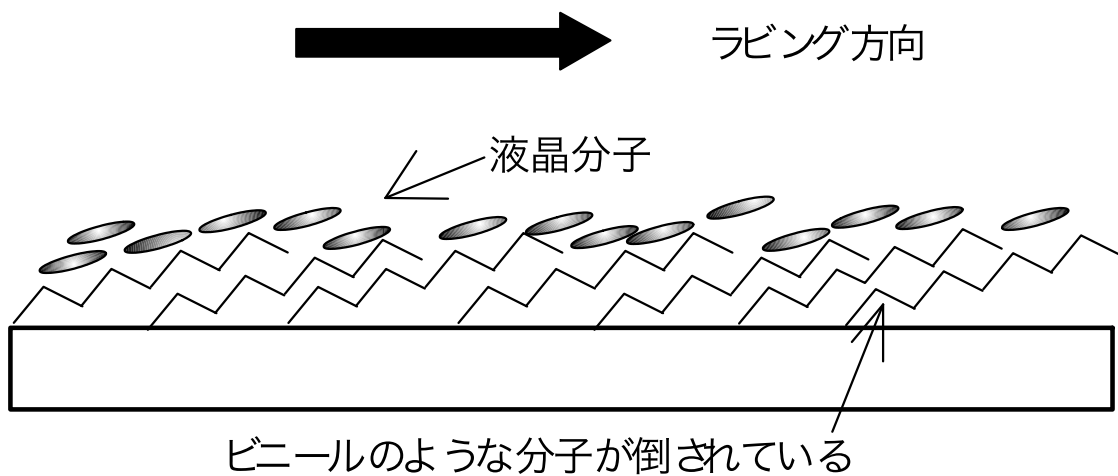


# ラビング

ガラスに平行に液晶分子を揃える方法

TN型液晶ディスプレイを作成するためには、液晶分子をガラス面に水平に向かせる必要があります。その方法の一つがラビング法です。

ガラスの電極面をビニールのような分子を薄く塗り、その表面をベルベットのような毛足の長い布で1方向にこすります。そうすることで、ビニールのような分子たちが、草がなぎ倒されたようにこすった方向に倒れ、液晶分子がその方向に揃うと考えられています。



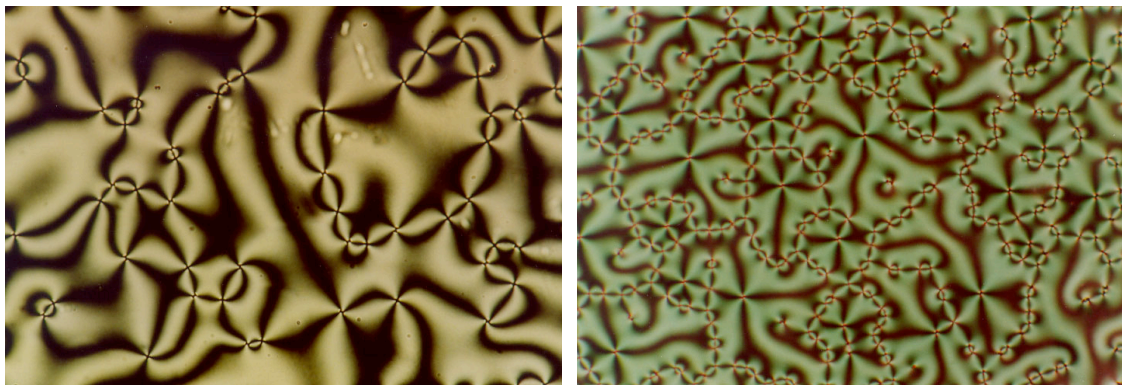


# 液晶の不思議なパターンと科学

きらめき☆ときめきサイエンスは、「科学研究費」という国の補助金による研究を社会に還元するための事業です。今回の講座は、実施責任者（工学部教授長屋智之）がこれまでに受けてきた科学研究費補助金の内容を中学生の皆さんにわかりやすく解説し、科学への興味を高めてもらうために企画しました。そこで、液晶の不思議なパターンとその科学について紹介します。

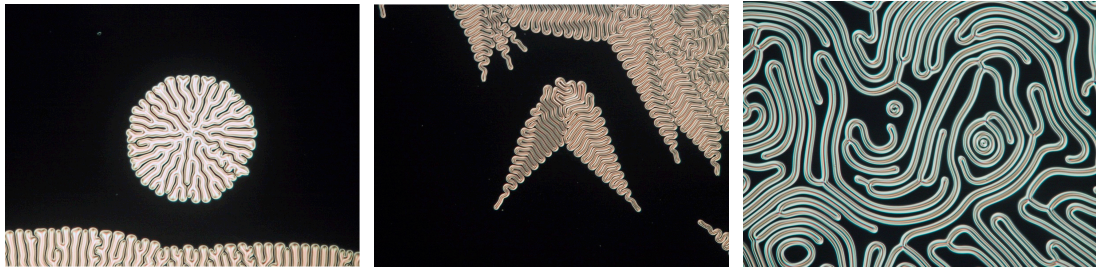
自然界には、無生物であってもある環境が整えば自然に規則正しい構造が出現する現象があります。このような構造は、**自己組織化構造**、あるいは**自己組織化パターン**と呼ばれ、その構造の生成（**秩序形成**）、運動、別の構造への変化（**転移**、**分岐**）のメカニズムの研究が活発に行われています。これまで説明したように、液晶は棒状の構造をしており、磁気や電気で簡単に分子の向きを変えることができます。そのため、液晶は柔らかい物質（**ソフトマター**）と呼ばれています。液晶の特有の性質のため、様々な自己組織化パターンが現れます。また、分子長軸方向とそれに垂直な方向で屈折率に差がある（**複屈折**）ので、自己組織化パターンを光学的手法で容易に観測することができます。

## A. 液晶の配向欠陥とその運動



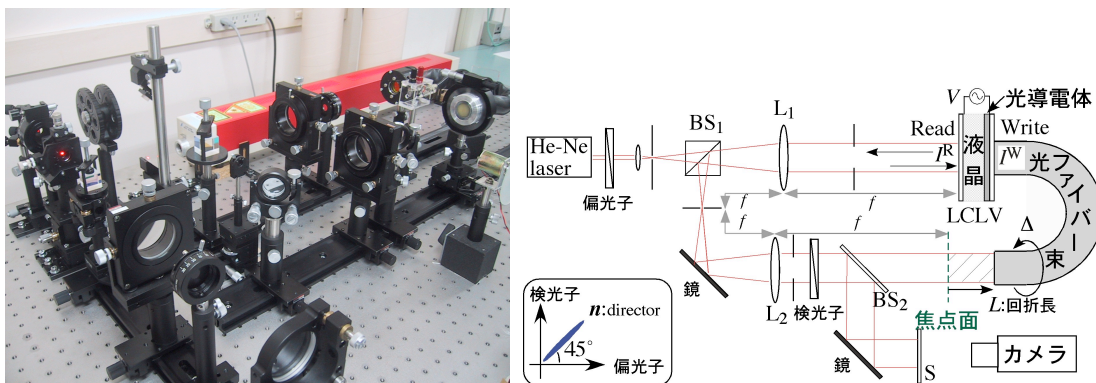
液晶は大変柔らかいため、ある環境の中で向きが定まらないような場所が出てきます。これを液晶の配向欠陥といい、台風の目に例えることができます。液晶の向きを風の方向とすると、台風の目は無風状態のため、どの方向にも液晶が向いていないことになります。上の写真で黒い帯が交わっているところはその様な台風の目に対応します。ところで、南半球の台風は北半球の回転方向が違うことを知っていますか？実は上の写真は、右回りの台風と左回りの台風が沢山ある場合と同じなのです。沢山の台風は時間と共に合体して消滅します。その時の時間変化を研究すると面白いことがわかります。また、この様な研究は、宇宙ができた直後にどのようなことが起こったかを究明する研究にもつながっているのです。

## B. コレステリックフィンガーパターンの成長

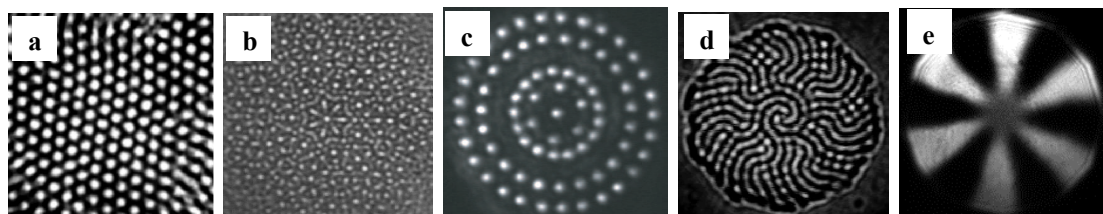


小学校や中学校では、ミョウバンなどの物質が綺麗な結晶を作ること習いますが、液晶の中でもこれとよく似た現象が起こります。上の写真で黒い部分は液晶分子が紙面に対して垂直に立っているネマチック状態であり、それ以外の領域は液晶分子が複雑にねじれてコレステリック状態となっています。これらの写真は同じ場所を写しているのですが、紙面に垂直に電気を掛けていて、その電圧が違うだけです。電圧を変えるだけで発生するパターンが大きく変わります。この様な模様の違いが何故生じるかという研究を紹介します。

## C. 光フィードバック下の液晶光バルブのパターン



スピーカーの近くにマイクを置くと「ピー」という発信音がします。スピーカーの音を音の入り口であるマイクに戻す「フィードバック」という行為が、音という時間的構造を作り出しています。液晶光バルブ(Liquid Crystal Light Valve:LCLV)は、光の波(位相)を光と電気によって制御する素子です。この素子は、液晶層と、光を感知して液晶を傾ける光導電体層が張り合わされていて、液晶層から出た光を光導電体層に入れてやると(光フィードバック)、液晶の向きを反映した不思議な模様(自己組織化パターン)が出現します。この模様は実験環境によってきまり、同じ実験装置で様々な模様を観測することができます。なぜこのような模様が生まれるか、模様が変化するのはなぜか、などの謎を解明する研究を紹介します。



## 謝辞

今回の実験講座を実施できたのは、実施責任者が過去に岡山大学において実施した中学生対象の実験講座の経験があったためです。それらの活動では、当時岡山大学大学院教育学研究科に在籍していた河田有紀さん、藤原照浩さん、吉田彩子さんが中心となって実験方法の開発、テキストの作成、実験指導をしていただきました。今回の活動においては、そのリソースを活用させて頂きました。河田さん、藤原さん、吉田さんに深く感謝申し上げます。

## スタッフ

工学部 近藤隆司，小野澤晃，高橋 徹，長屋智之（責任者）

社会連携課 今村正明

アシスタント 工学研究科大学院生