

液晶の科学

山口東京理科大学

基礎工学部 電子情報工学科 兼 液晶研究所
教授

高頭 孝毅

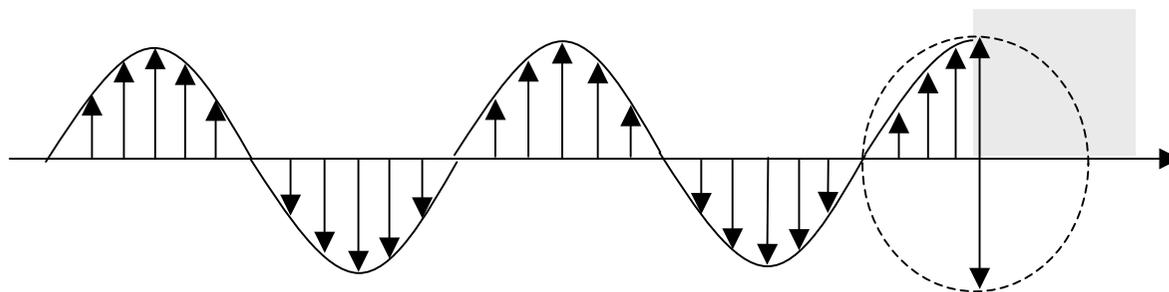
講義の内容

- 偏光について
- 液晶物質について
- LCDについて(偏光板と液晶物質のコラボレーション)

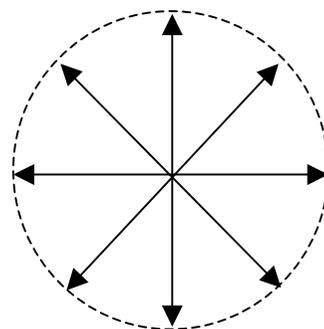
偏光について

光は電場の振動でできる波

光は電場が振動して形成される波

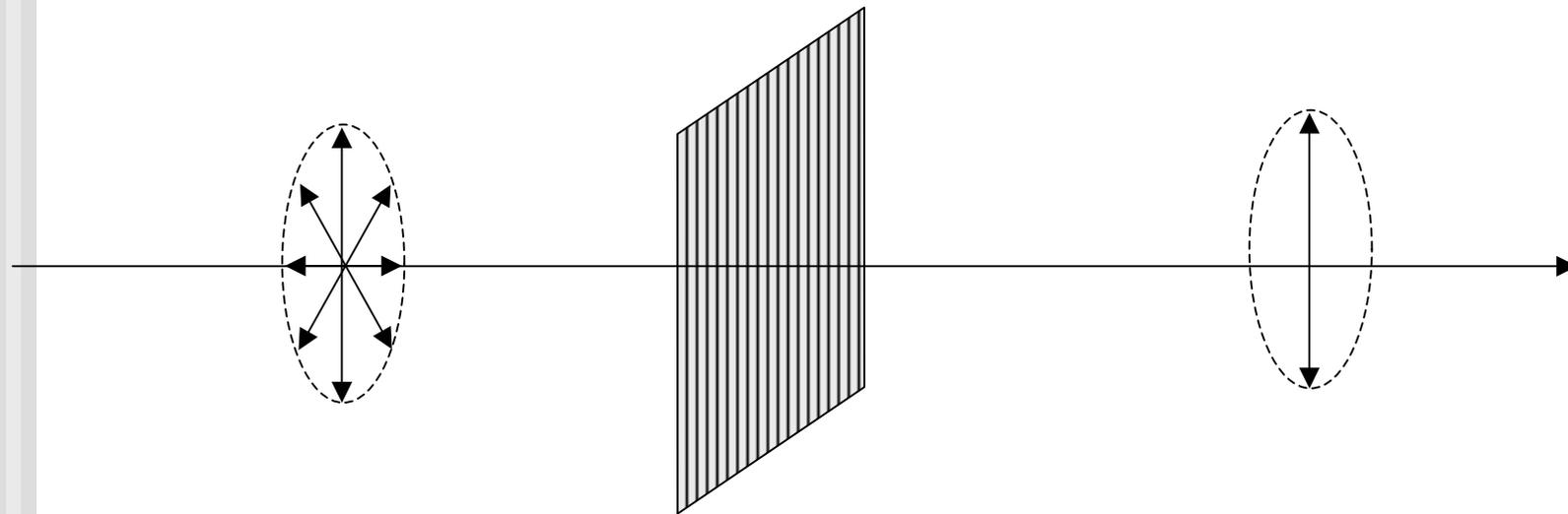


通常的光



偏光について

偏光と偏光板



自然光

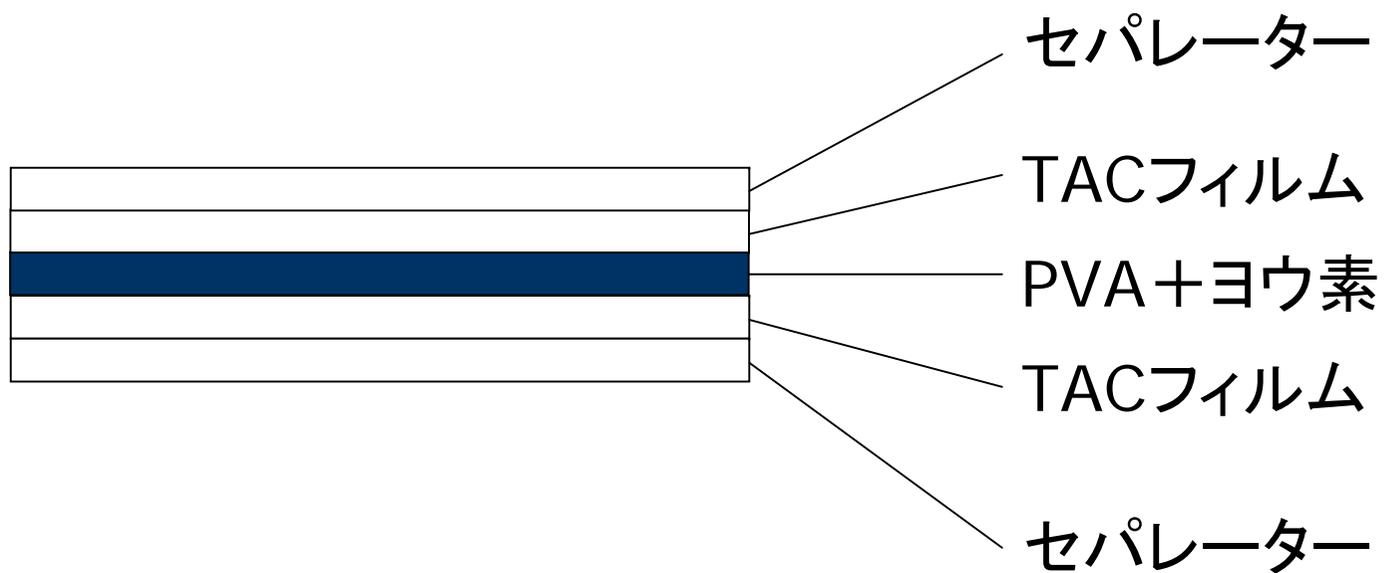
偏光板

偏光

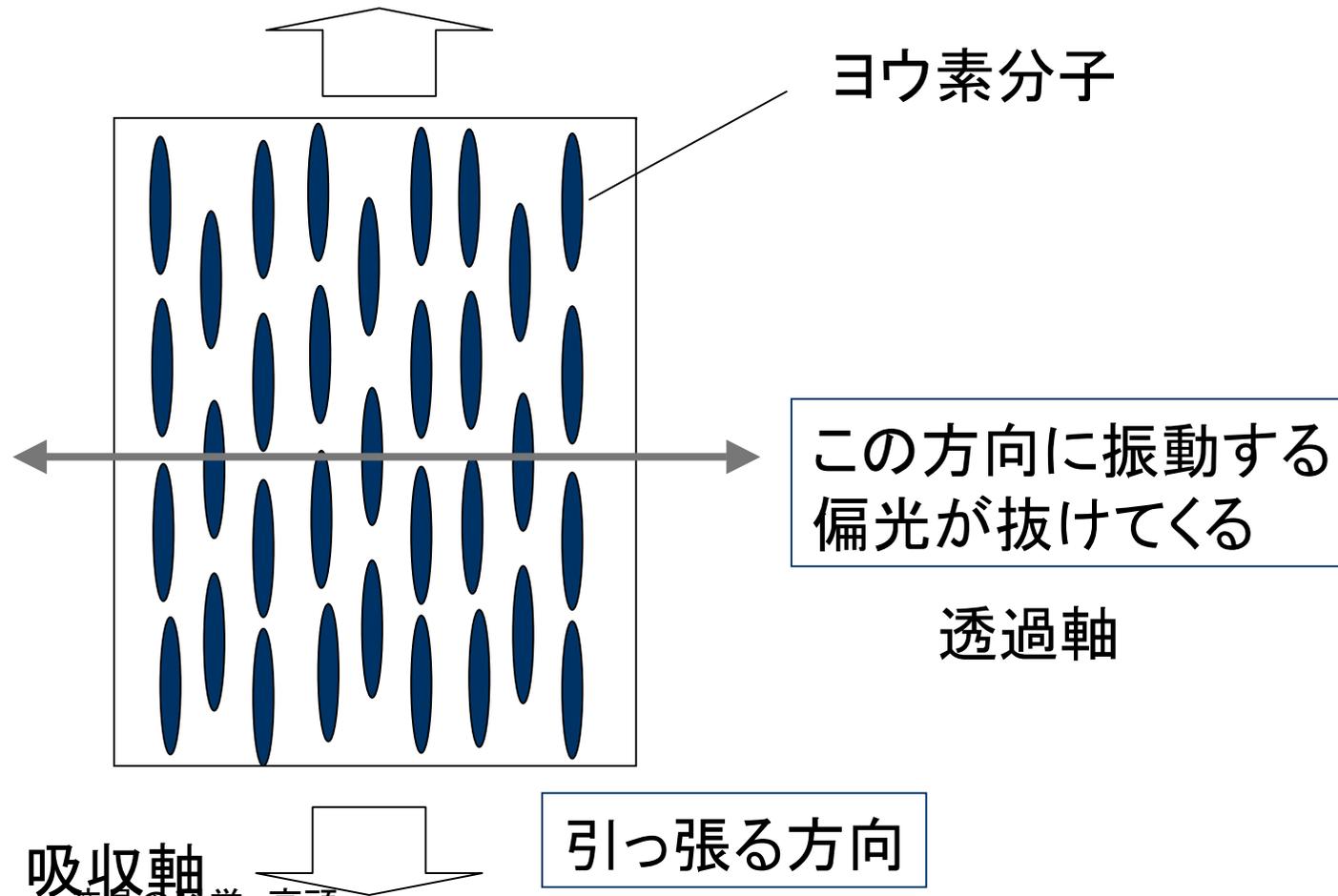
1方向に振動する光
だけを通す

電場が1方向に
のみ振動する光

偏光板の構造(1)



偏光板の構造(2)

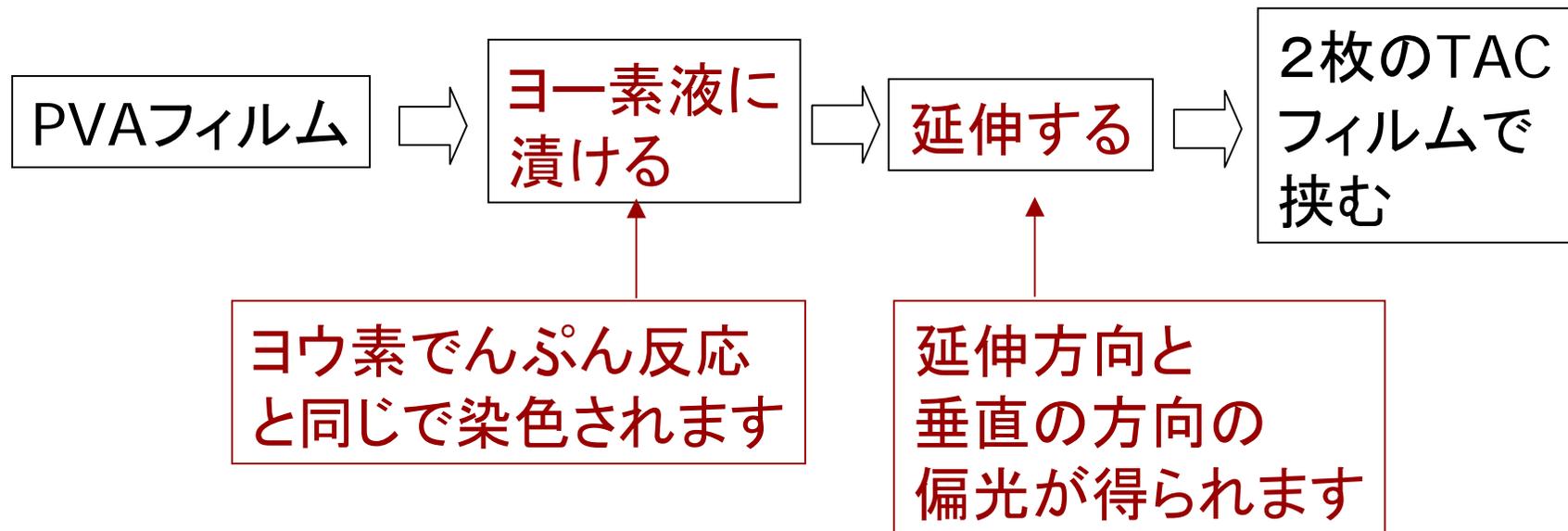


吸収軸

液晶の科学 高頭
2006/08/03.07

引っ張る方向

偏光板の作り方



偏光の応用

- LCDの光は偏光
- 反射光は偏光
 - 偏光サングラス
 - 偏光フィルター
- エンターテインメント
 - ブラックウォール
 - 万華鏡

LCDの光は偏光

- LCDを偏光板を通して見る
 - PC用のLCDではほとんど斜め 45° （2種類）
 - 一部は上下方向・それ以外もある
 - 偏光の方向で液晶の種類がわかる

例えば・・・

- このPCはどうかしら・・・
- ちょっとまって(偏光板をとりだす)。そうか、PCはレノボだけど、液晶は日立のIPSを使っているのか。視野角はもともと広いし、最近応答速度も上がってきているから、画はいいかもしれないね。

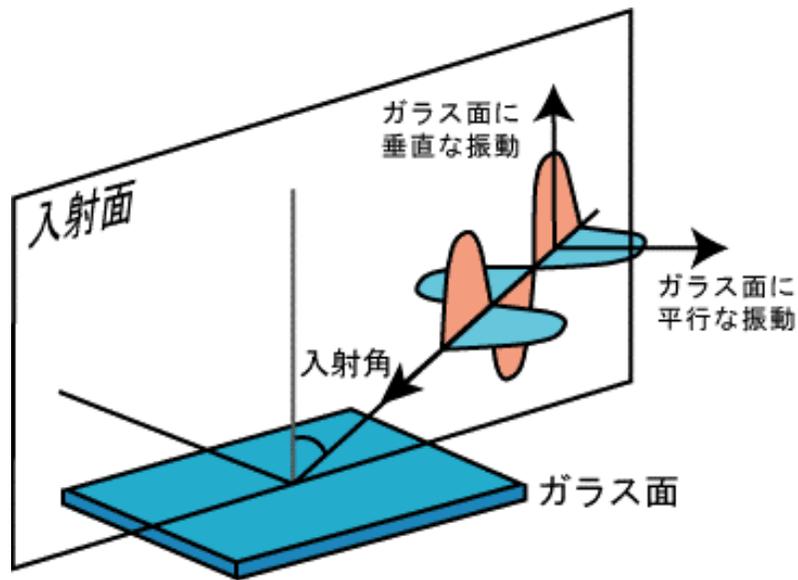
という会話が可能になります。



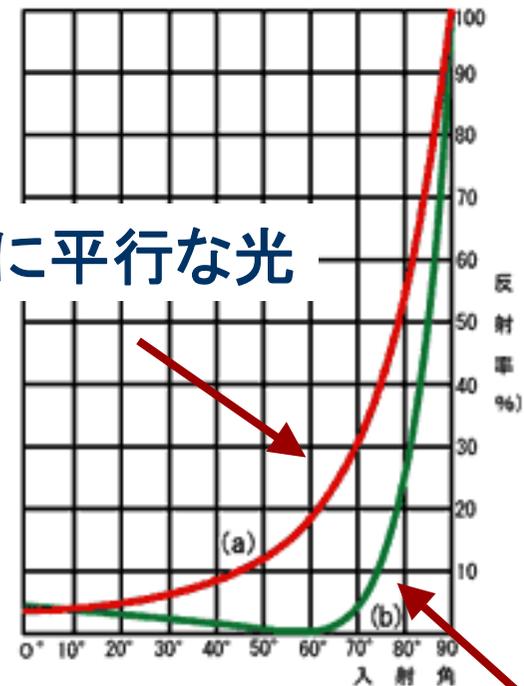
反射光は偏光

- 偏光サングラス
- 偏光フィルター

反射された光は表面に平行な偏光



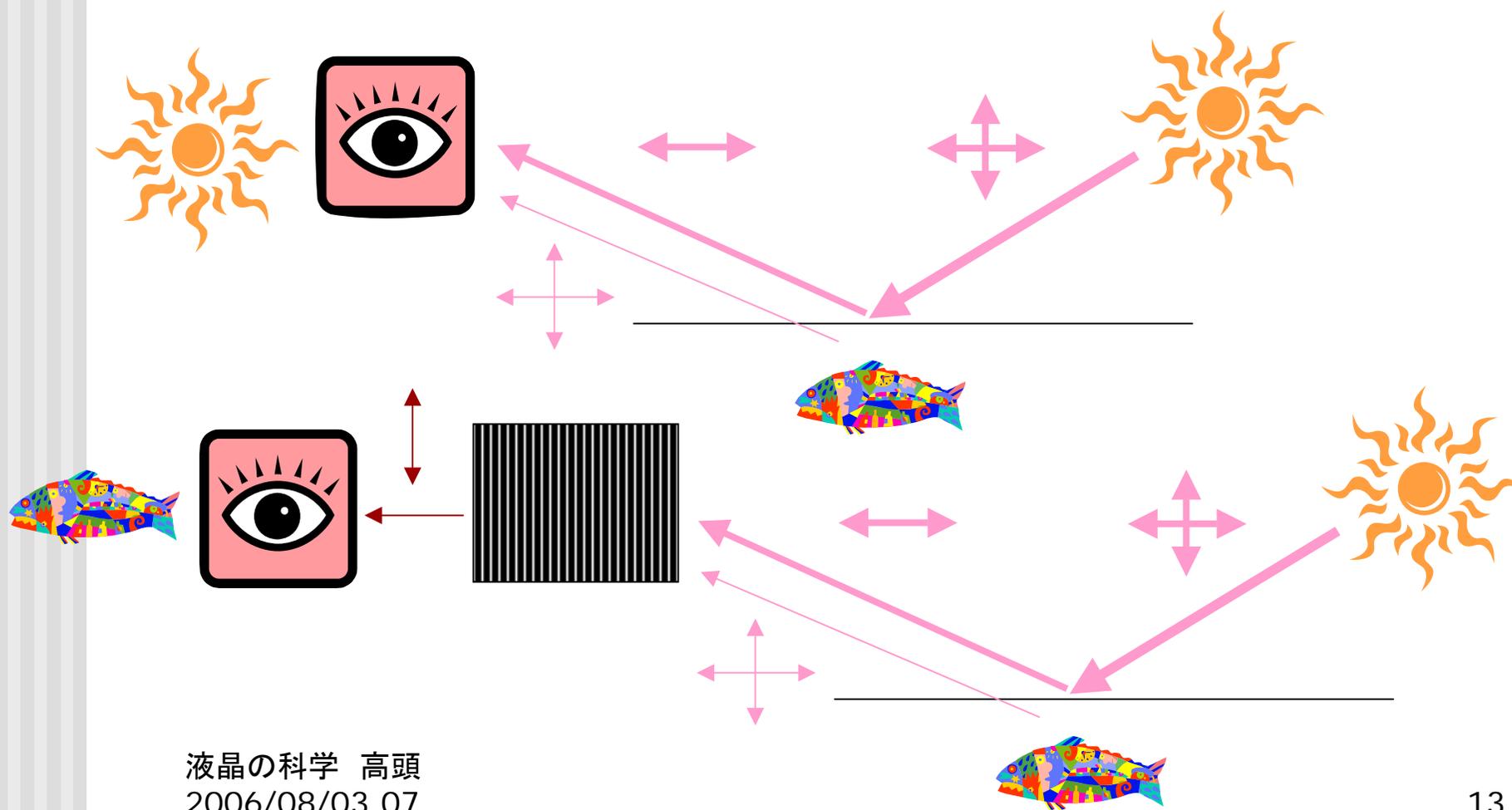
ガラスに平行な光



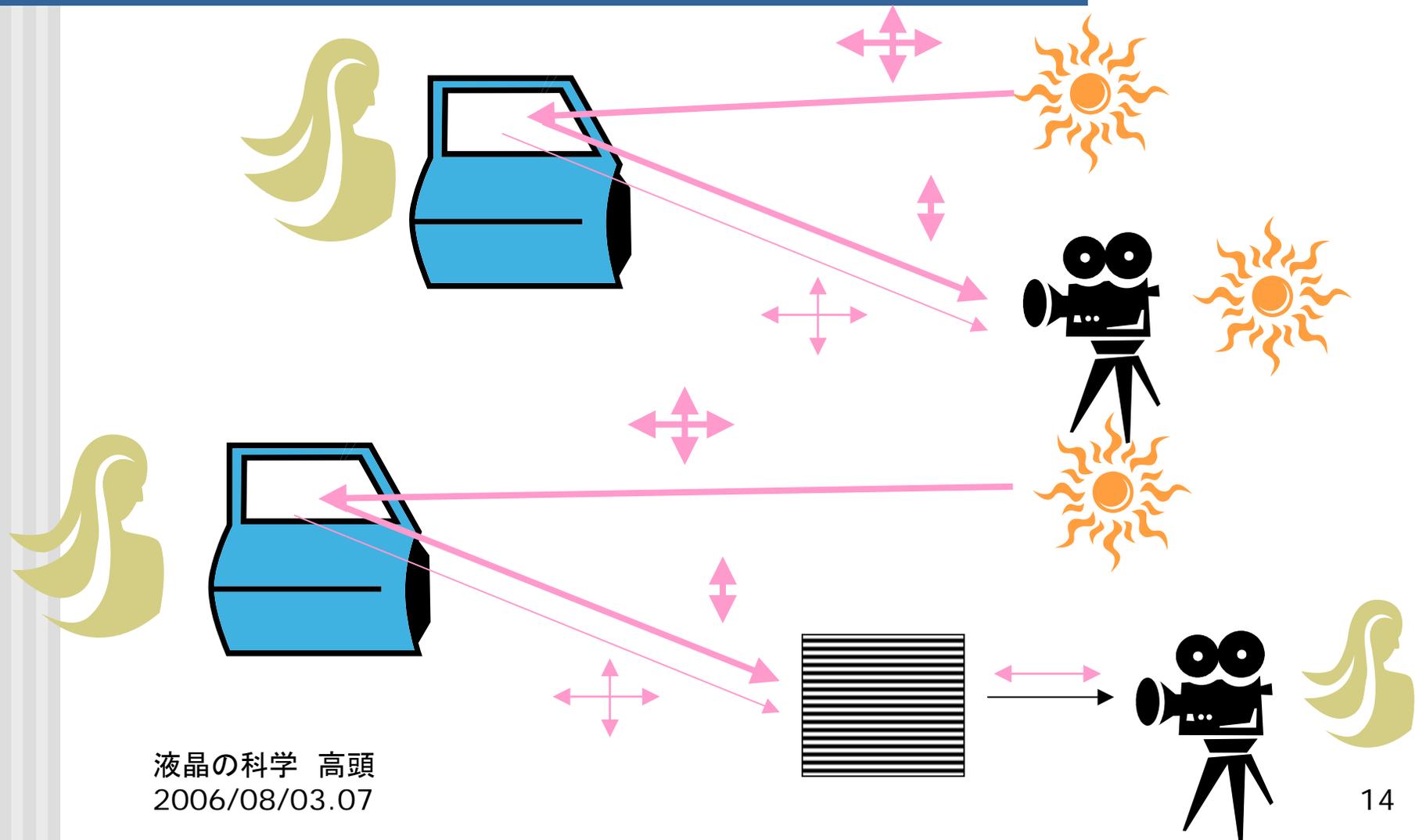
(a) ガラス表面に平行な振動成分の反射率
(b) ガラス表面に垂直な振動成分の反射率

ガラスに垂直な光

偏光サングラス



カメラの偏光フィルター



透過軸を決めよう

- 偏光板を透かして、机などの光を反射する所を見てください。
- いろいろ回してみると一番明るいところと、一番暗いところがあります。
- 一番明るいところで、机に平行な方向が透過軸です。

問題（10分間）

- （グループ分けする）
- ブラックウォールについて紹介します。
- ブラックウォールの構造となぜそのように見えるのかを説明しなさい。
- 上で立てた仮説を実験的に証明しなさい。ただし、ブラックウォールに手で触れてはいけません。
 - 初からブラックウォールを知っている人はグループからはずれてください。
 - できた班は手を挙げてください。

ブラックウォールを作ろう

これまでに得られた知識を活かしてブラックウォールを作ってください。

注意

円筒は2種類あります。

(細い円筒)

内径 21mm (内周: 65.9mm)

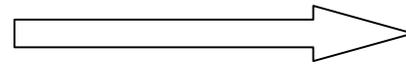
長さ 97.0mm

(太い円筒)

内径 26mm(内周: 81.6mm)

長さ 97.0mm

ブラックウォール



偏光板を通して
見ると



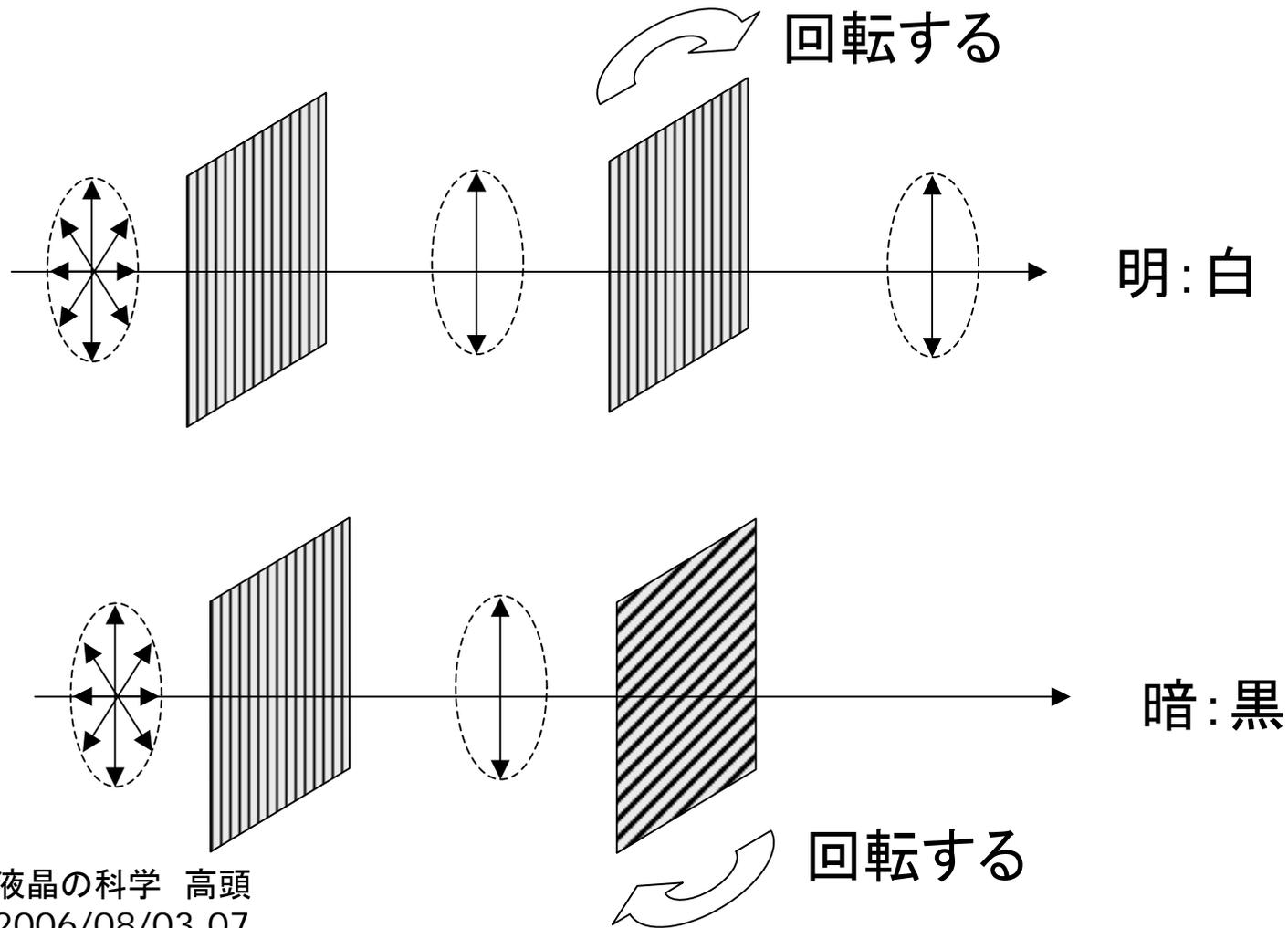
液晶の科学 高頭
2006/08/03.07

偏光を使った光のスイッチング

- まず2枚の偏光板を使って光のスイッチングを試してみよう

偏光について

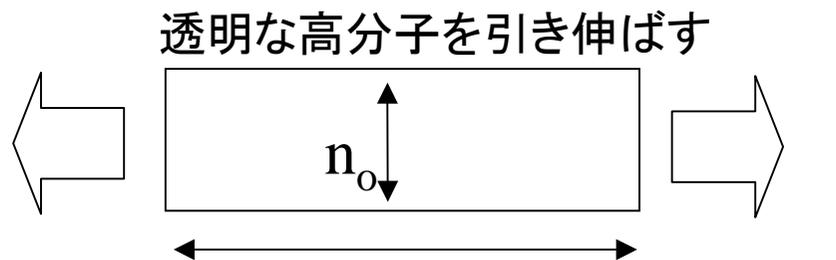
偏光板2枚でのスイッチング



1/2波長板

- セロテープを使ってスイッチングをする
- 厚みを変えればどうなるだろう
- いろいろなパターンを楽しもう

光の強さをコントロールする 光学フィルム



$$n_e > n_o \quad (\text{屈折率})$$

縦と横の屈折率が変わる

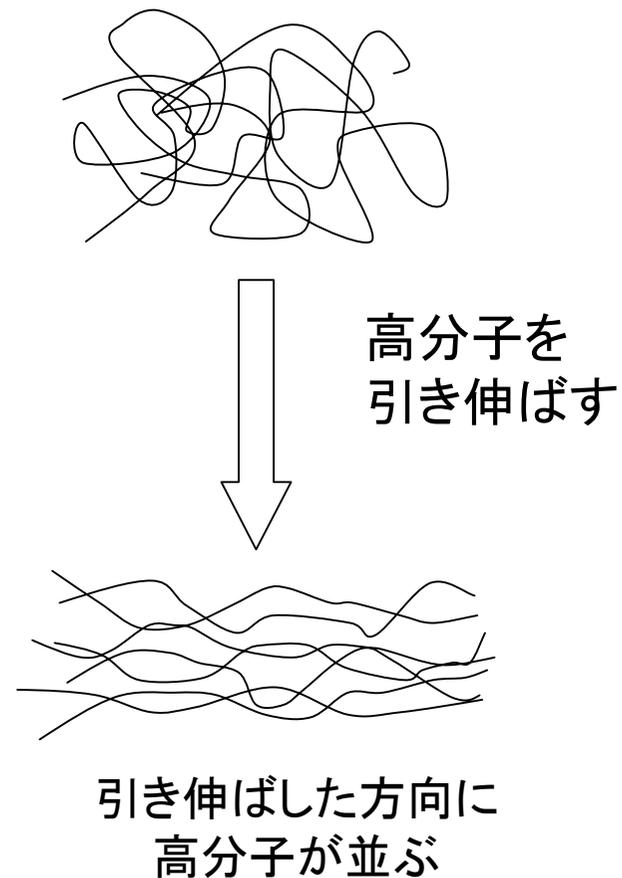
$$\begin{aligned} v_e &= c / n_e \\ v_o &= c / n_o \\ \rightarrow v_o &> v_e \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_e &= \lambda_o / n_e \\ \lambda_o &= \lambda_o / n_o \\ \rightarrow \lambda_o &> \lambda_e \end{aligned}$$

伸ばした方向に振動する偏光が遅れる

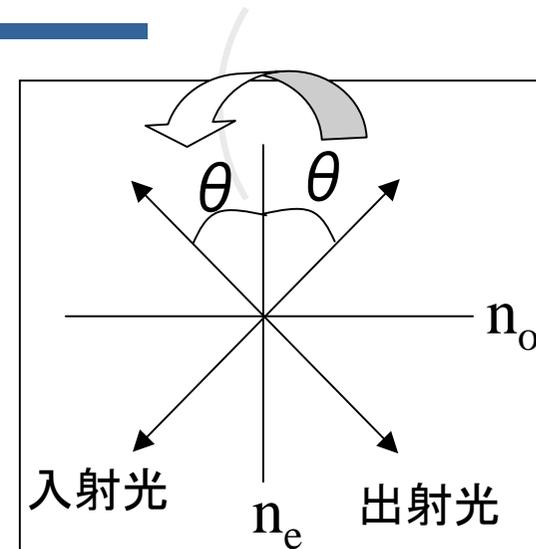
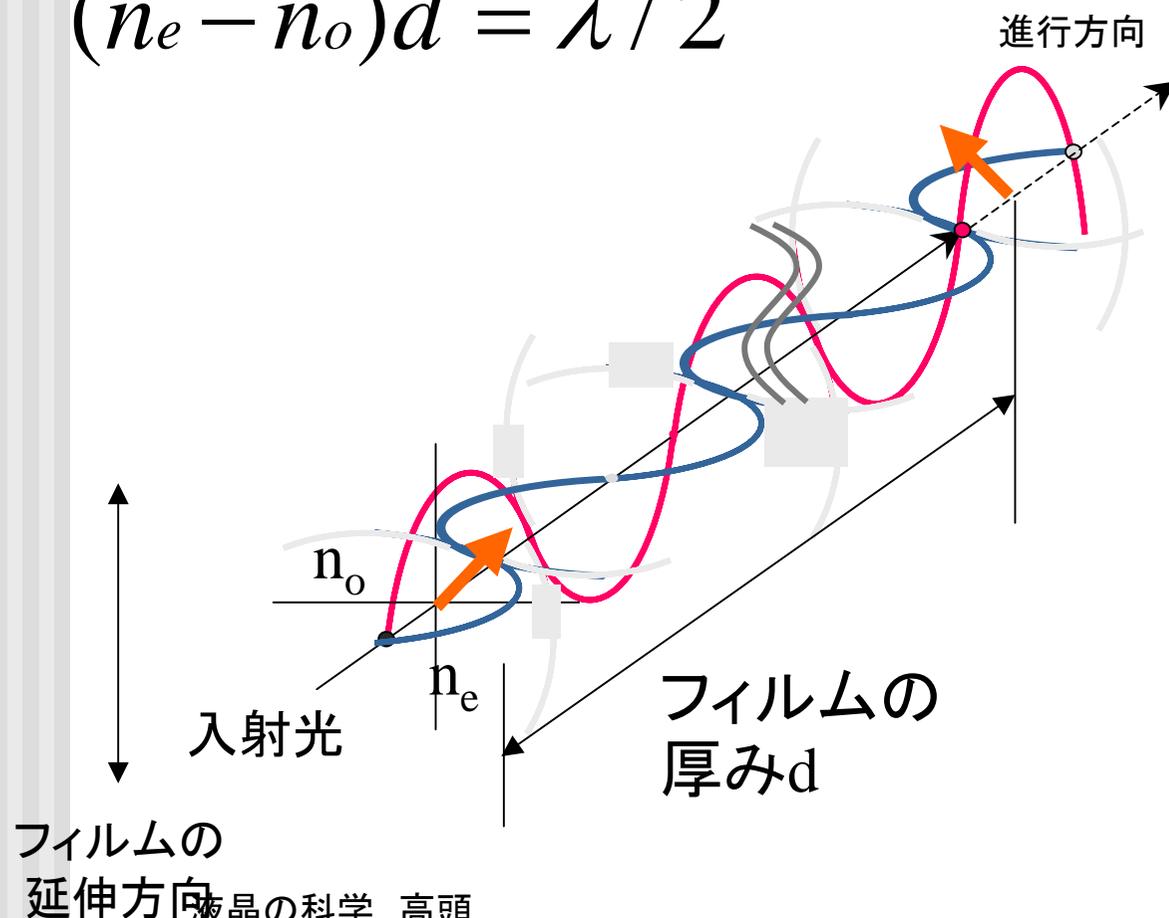
波長が短くなる

液晶の科学 高頭
2006/08/03.07



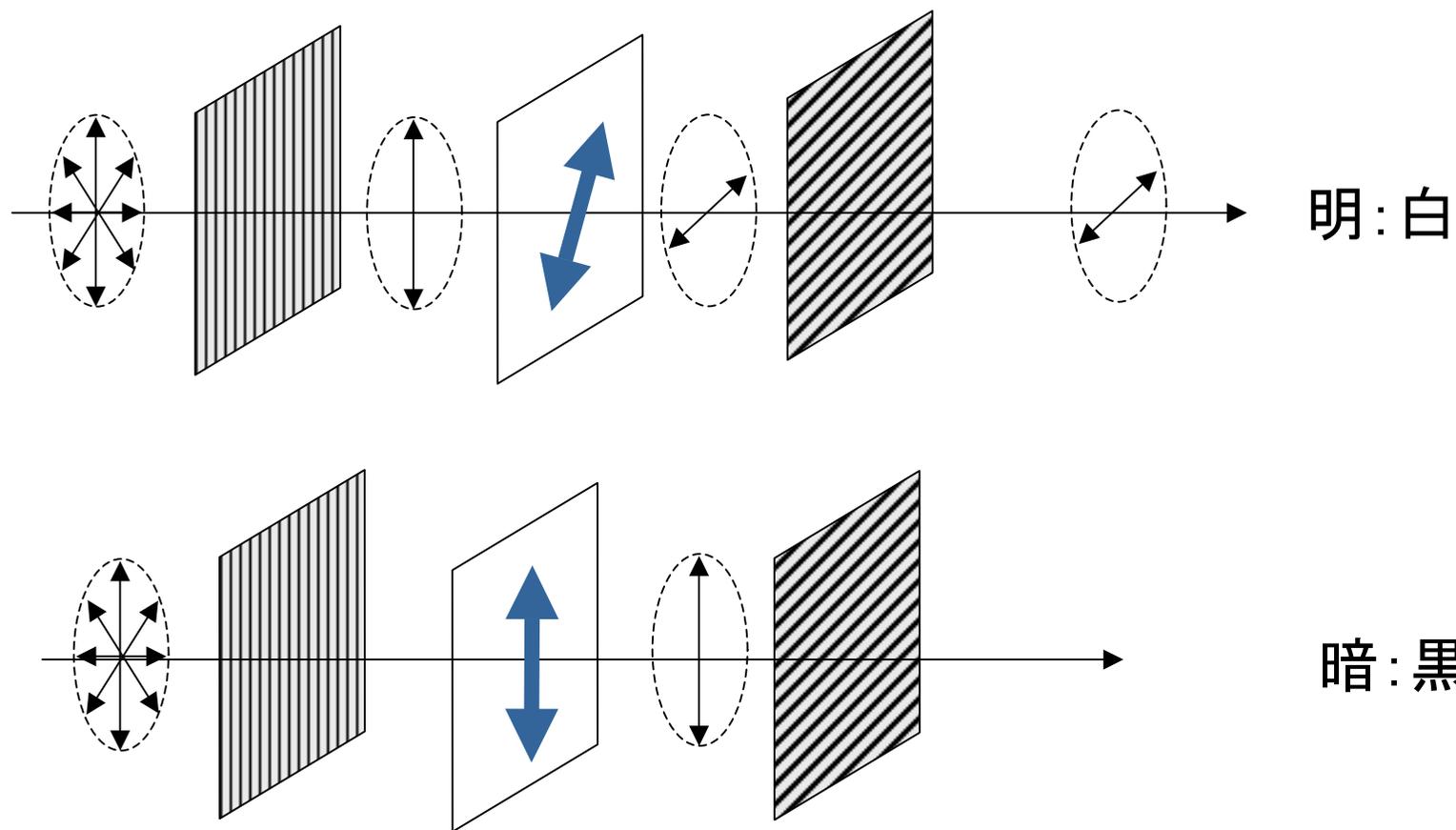
光の強さをコントロールする $\lambda/2$ 板

$$(n_e - n_o)d = \lambda/2$$



偏光を回転する

$\lambda/2$ 板の回転によるスイッチング



2枚の偏光板を通して透明板を見る

- とにかくいろいろな物を見てみよう。
- なぜこのような模様が見えるのだろうか？
- この模様から何が判るだろうか？

とにかくいろいろな物を見てみよう

- プラッチックケース 四角・楕円
- プラッチックの球
- アクリルの管

なぜこのような模様が見えるのだろうか？

- プラッチックの分子の向きや、ひずみで複屈折の大きさと方向が変わる
- 複屈折の大きさと方向で出てくる偏光の波長が変わってくる
- プラッチックの分子の向きやひずみで模様ができる
- なぜアクリル管は模様が見えないのだろうか？

この模様から何が判るだろう？

- どのようにしてこの製品が作られたか推理してみよう
- どのような歪がかかっているか？
- 身の回りのものを試してください。

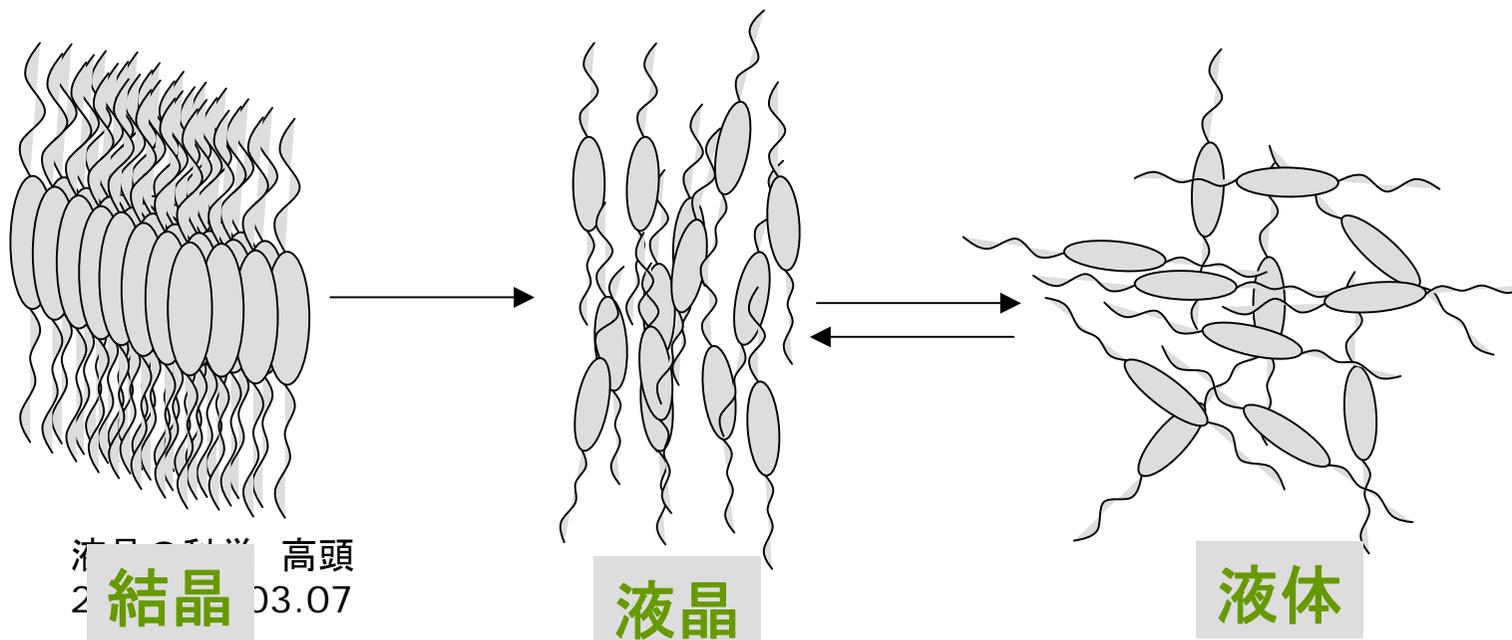
偏光板 → $\lambda/2$ 板 → 液晶

液晶物質とはなにか

- 結晶と液体の中間状態
- 結晶の性質と液体の性質を併せ持つ
- 電場に応答して動くことができる

液晶とは

棒状有機化合物

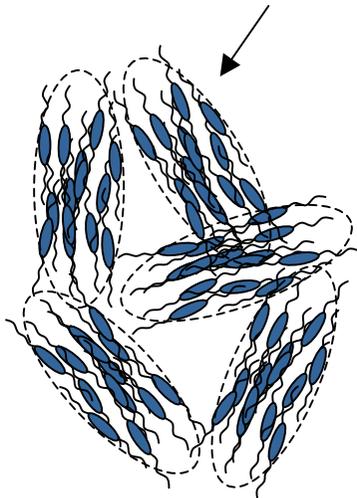


液晶物質を実際に見てみよう

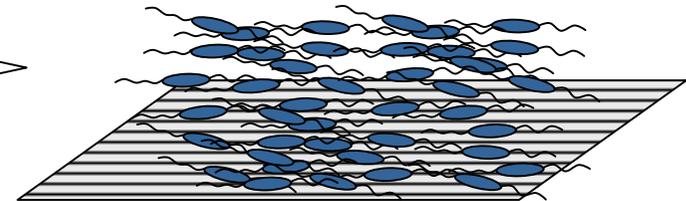
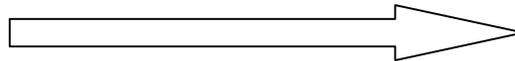
- 液晶物質を実際に見てみよう
- 流動性が観察される 液体の性質
- 白く見える(光の乱反射) 結晶の性質

液晶材料を表示材料として使うために

狭い領域では
方向は揃っている



広い面積で
液晶を並べたい

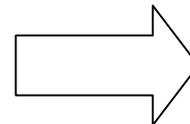
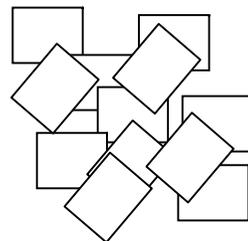


液晶は全体としては
バラバラ

光の散乱のため

白く見える
液晶の科学の頭
2006/08/03.07

砂糖は白い



氷砂糖は透明



液晶分子が並んでいるパネルと そうでないパネルを見てみよう

- 液晶分子が並んでないパネルはセロテープをランダムに張ったように見える。
- 液晶分子が並んだパネルは1枚のセロテープを張ったように見える
- 偏光顕微鏡写真で見るとはっきりと違いが観察される

液晶の偏光顕微鏡写真

- 液晶の偏光顕微鏡写真を見てみよう

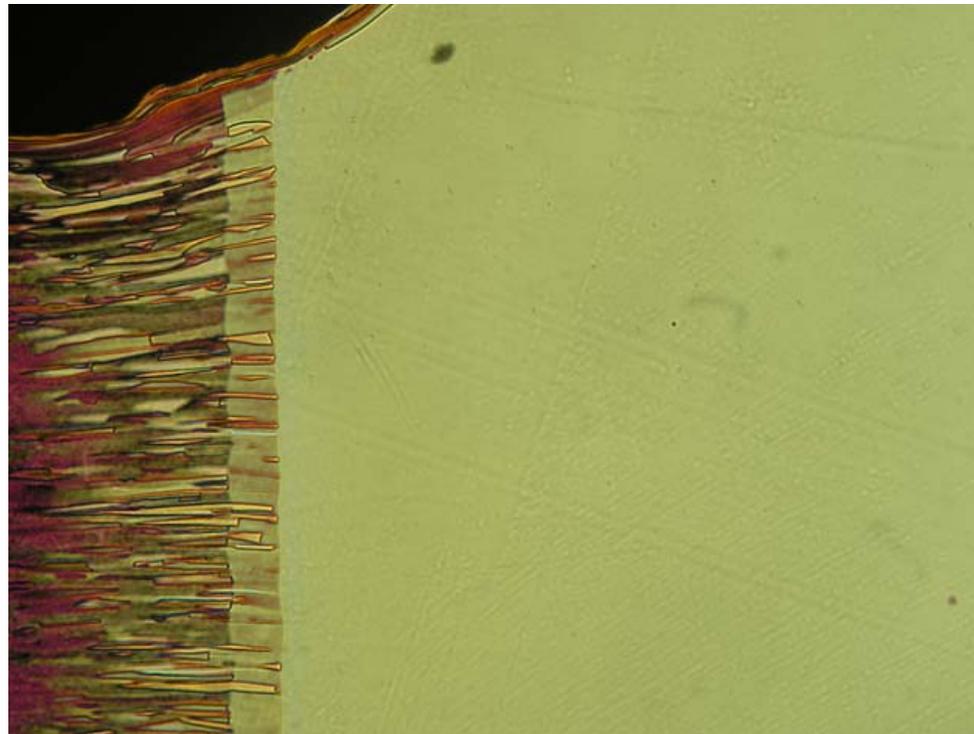


液晶分子が一様に並んでいない状態

液晶の科学 高頭
2006/08/03.07

液晶の偏光顕微鏡写真

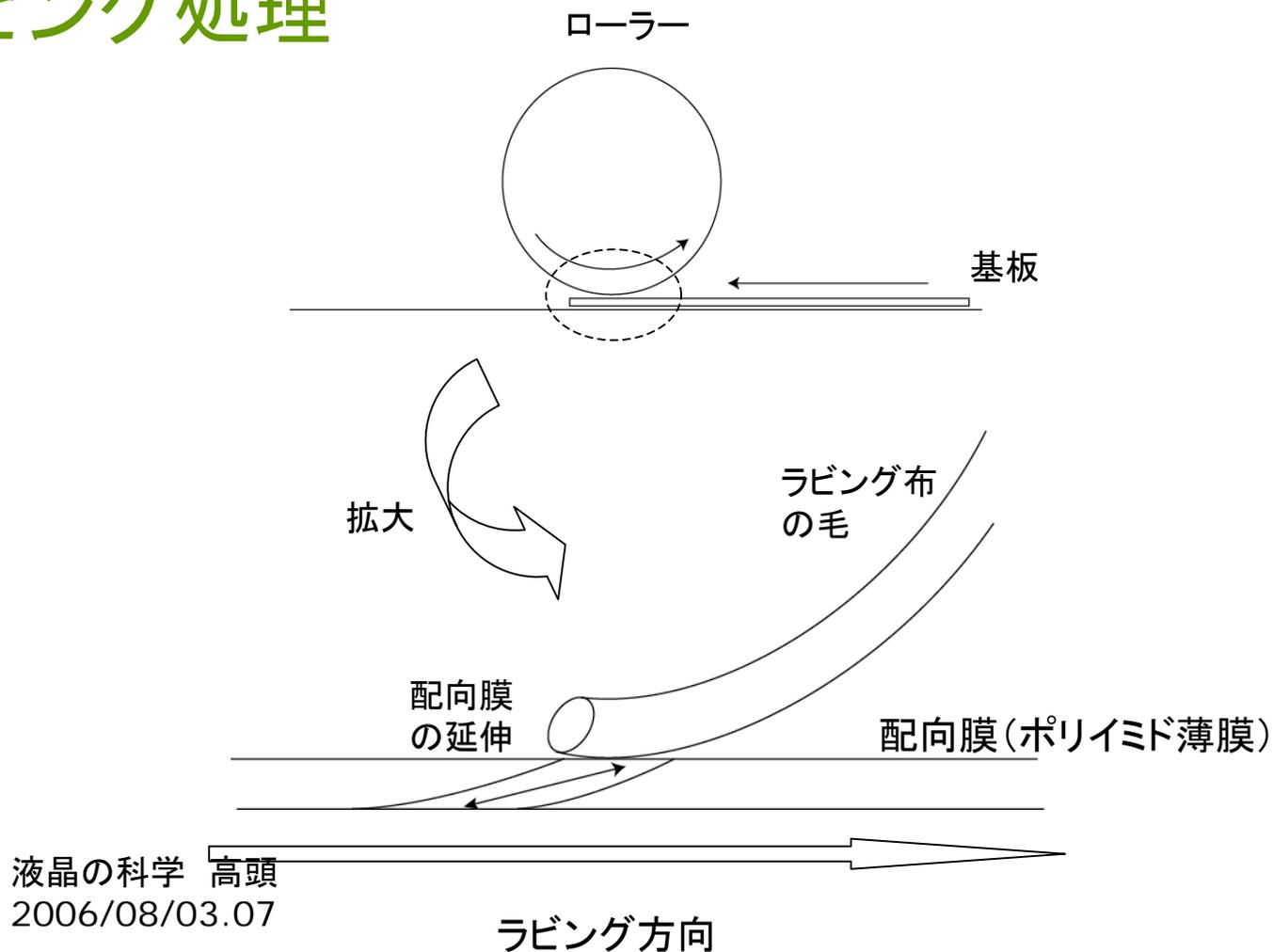
- 液晶の偏光顕微鏡写真を見てみよう



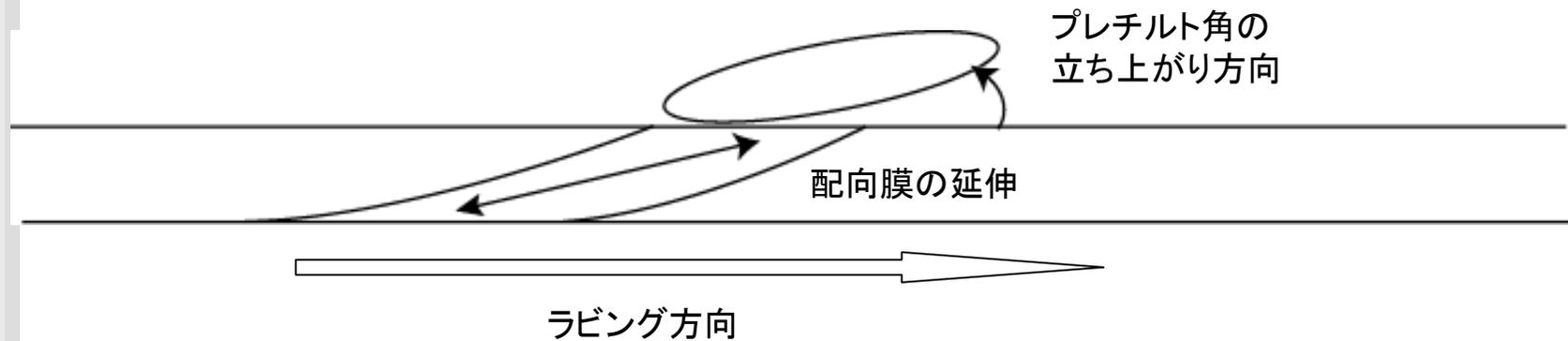
液晶分子が一様に並んでいる状態

液晶分子を1方向に並べる

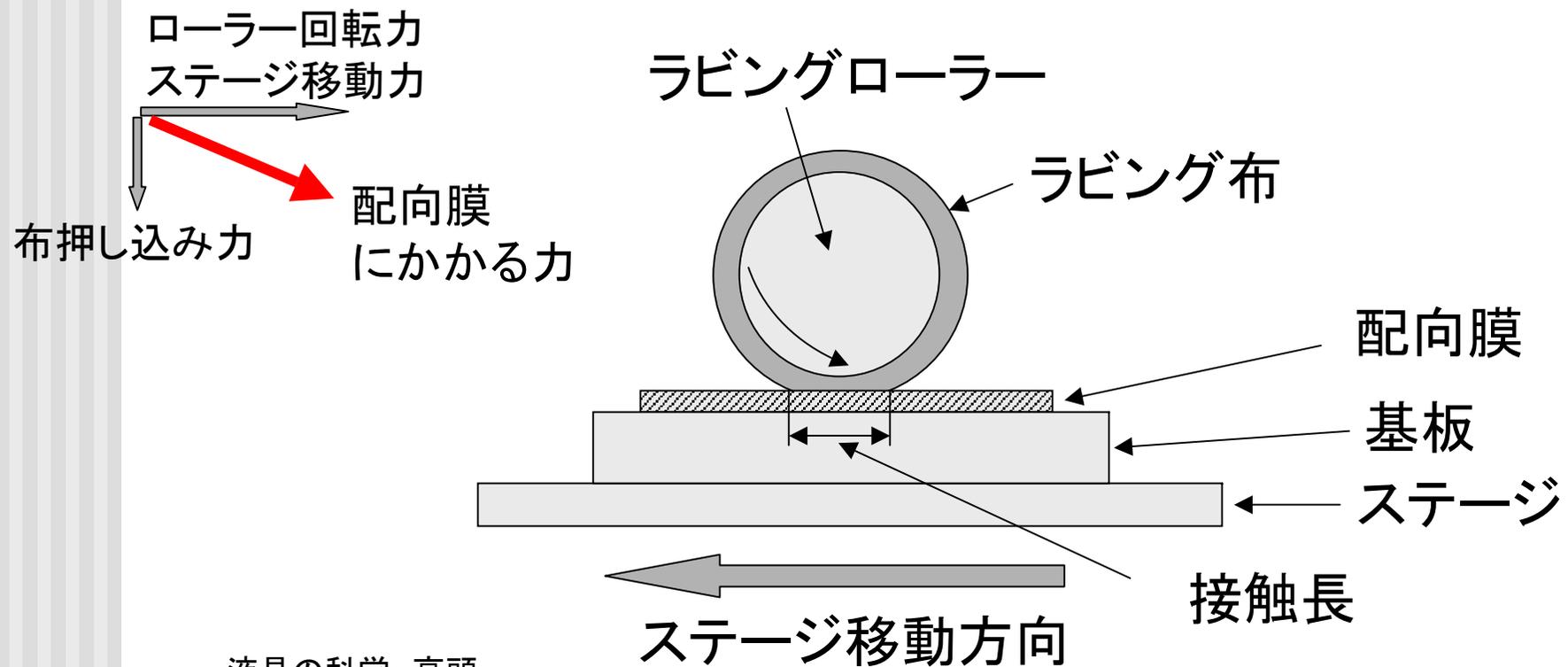
ラビング処理



ラビング処理と液晶の配向



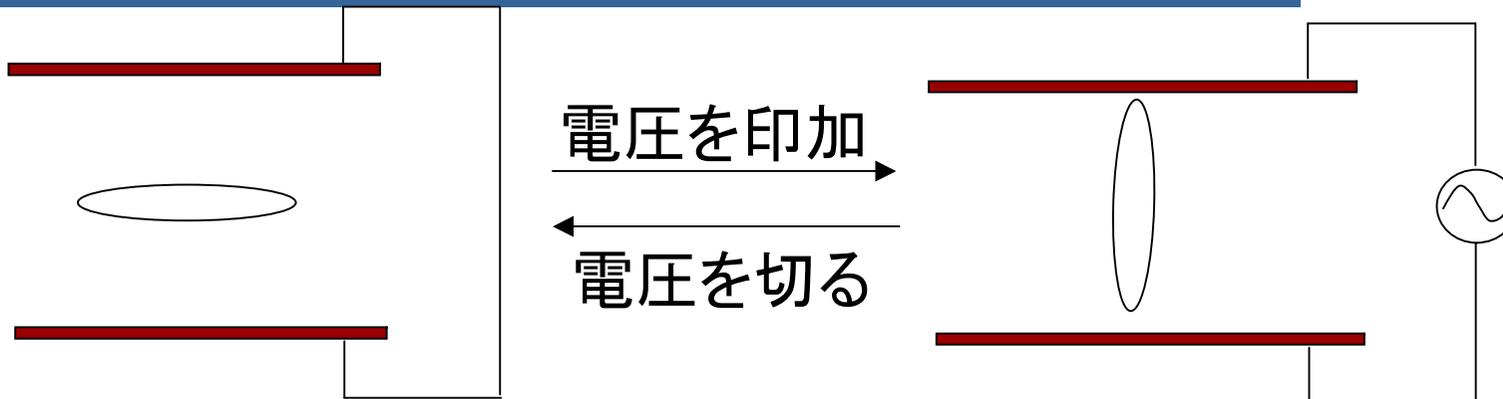
実際のラビングプロセス



液晶を動かしてみよう

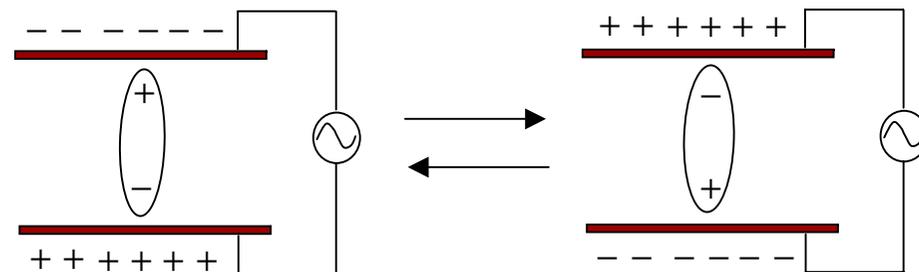
- 液晶は光のシャッター
- 電圧を調整して濃さを調整できる
- 画素を細かくすることで画を出している

電場によるスイッチング



誘電分極のし易さが、横方向に比べ縦方向の方が大きい。

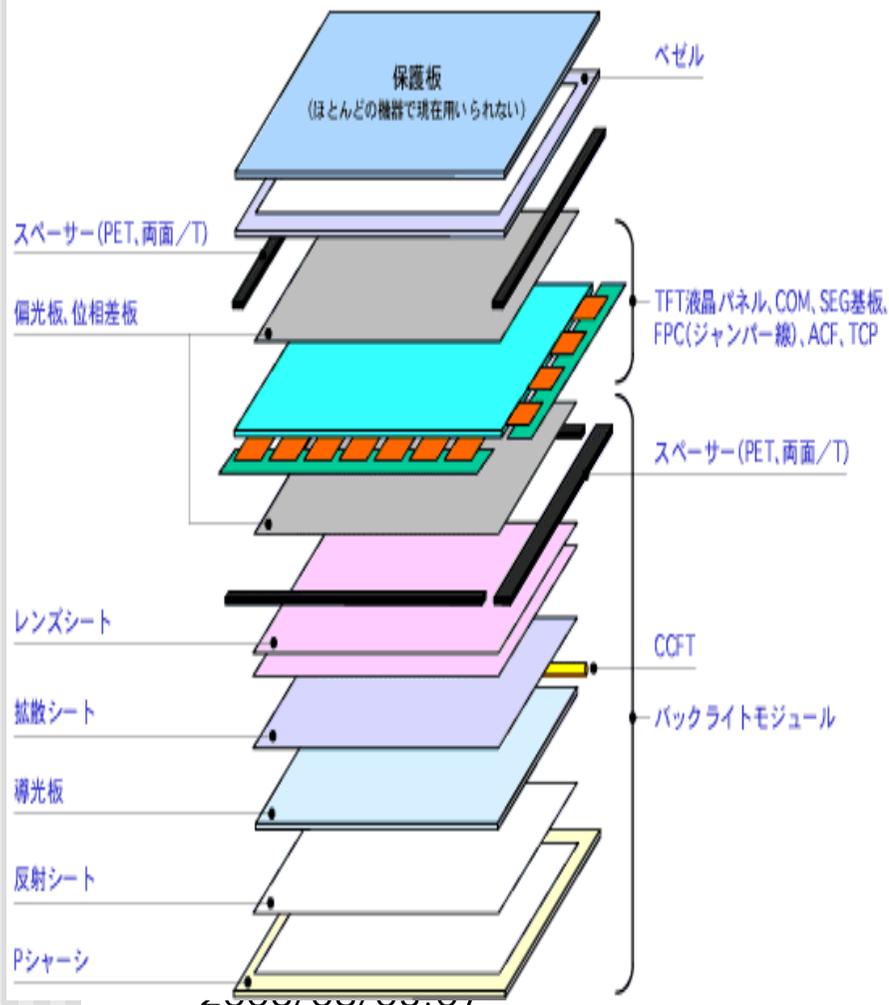
誘電分極



LCDは多くの種類が可能

- 配列方法と電場のかけ方を工夫することで、様々な種類のLCD(液晶)が可能になる。
- 毎年新しいLCDが提案されている。
- 過去より視野角の広いLCDが求められていた。現在は、高速応答・低電圧駆動が求められている。

液晶産業界の研究者・開発者



電機産業

液晶パネルの開発	理・工 物・化・電子
TFT構造・製造方法	理・工 物・電子・電気
製造プロセス	理・工 物・化・電・機
回路設計(駆動回路)	工 電子・電気

部品メーカー

部材の設計	理・工 物
部材の製造	理・工 物・化・電・機

素材メーカー

原料の製造	理・工 化・物
-------	---------

山口東京理科大学 液晶研究所



小林駿介所長



液晶研究所
2006/08/03.07

- 日本で唯一の液晶研究所
- 液晶は毎年新技術生み出されており、タイムリーに技術を提供。
- 産学連携による活力ある研究

クリーンルームを完備

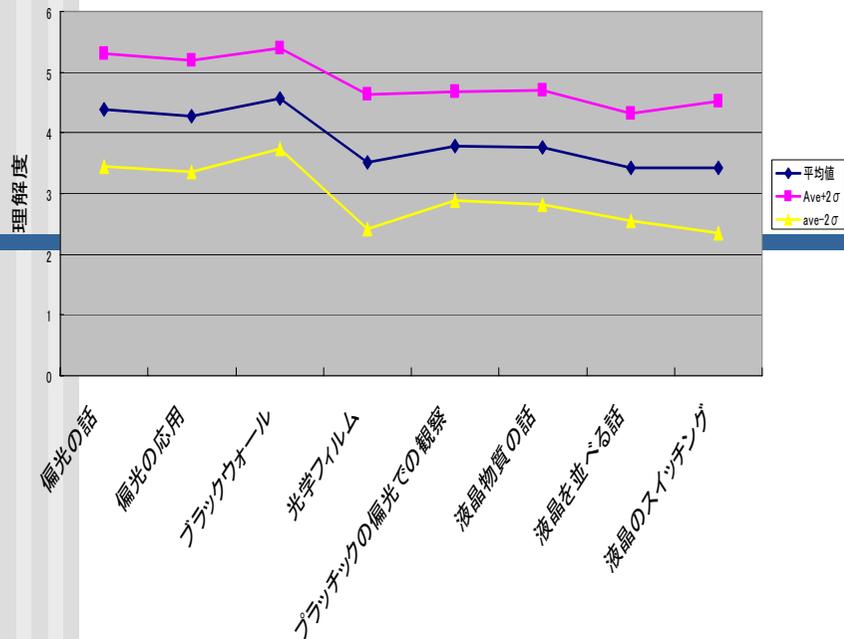
<http://www.e-lcdinfo.com>

- 私の作っている、液晶技術に関するポータルサイトです。
- Yahooで“LCD技術者”で2番目（1番目も私のサイトですがやや古い）
- いろいろ楽しめると思うので覗いてみてください。

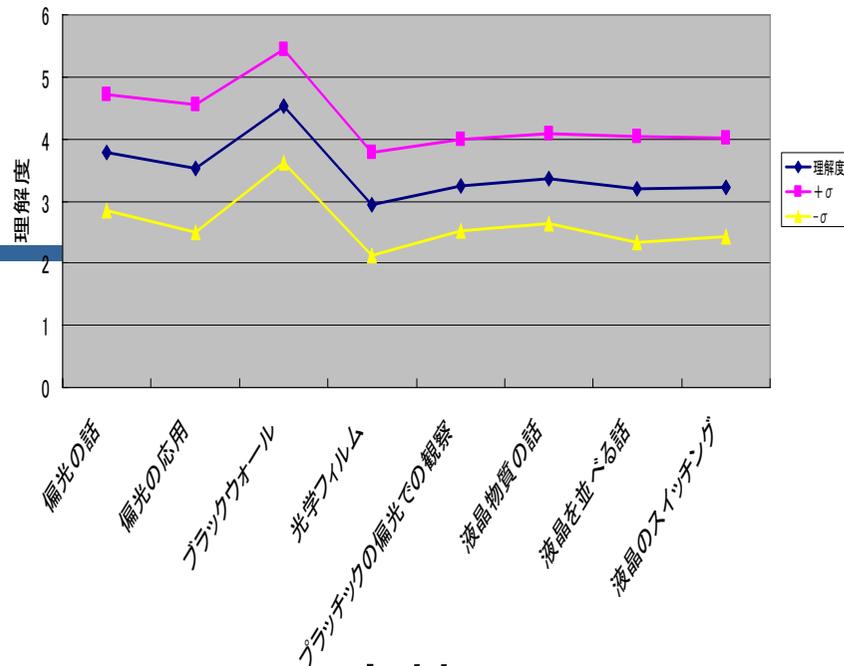
まとめ

- 光を偏光とすることで、それまで見えなかったいろいろな現象を観察することができるようになる。
- 液晶は液体と結晶の性質を併せ持つ、非常に有用な物質である。
- 液晶の配列をコントロールすることで、表示が可能になる。

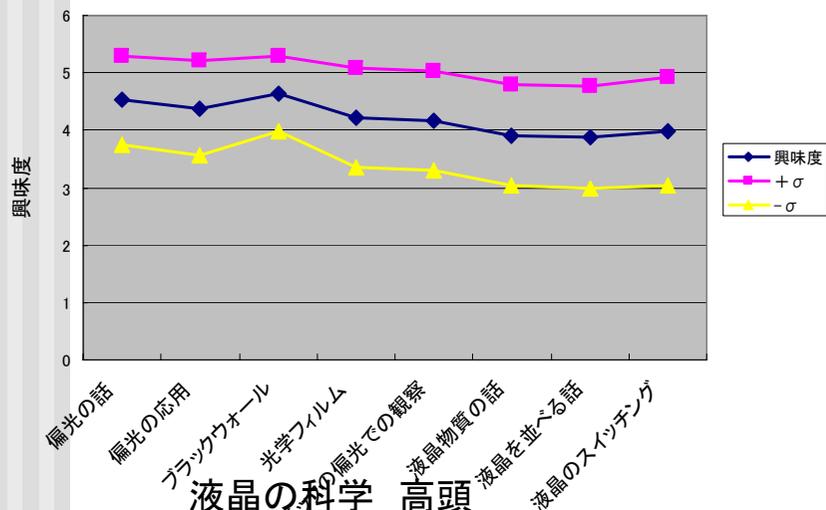
高校A



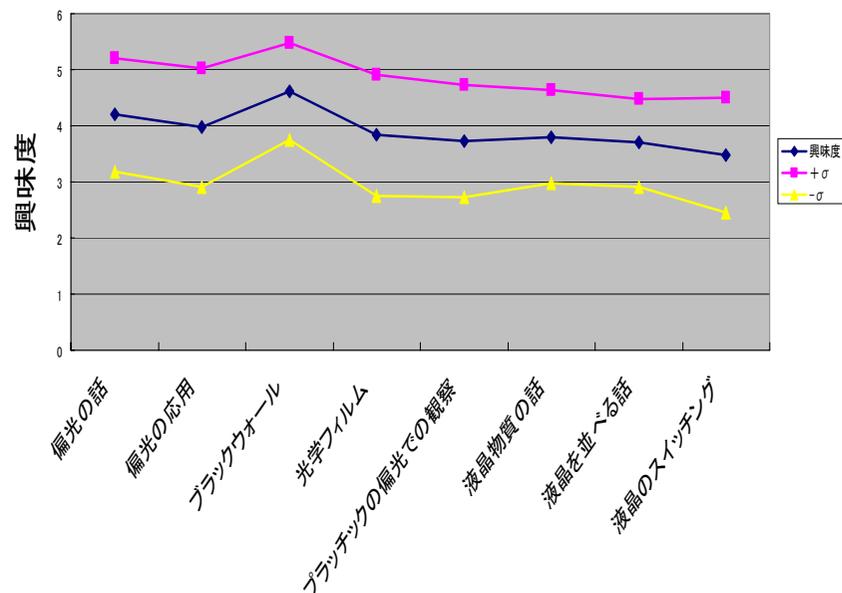
高校B



高校A



高校B



液晶の科学 高頭
2006/08/03.07

アンケートのまとめ

- 全項目を通してブラックウォールの理解度・興味が飛びぬけて高い。
- 偏光の話題は理解度が高いが、光学フィルム・液晶に入ると理解しにくくなる。
- 興味を引く話題については、ブラックウォール以外大きな差はないが、偏光の話の方が光学フィルム・液晶よりやや高くなる。