

# ガラスの歪と歪の測定方法(No.6)

千葉工業大学 附属研究所 教授 岸井 賢

## ⑤偏光板・複屈折板の働き

偏光板は先に述べたとおり、光のうちの特定の方向に振動する成分だけを通過させます。水面・ガラス面も多かれ少なかれこのような働きがあります。次にガラス面についてこのことを実験してみます。

図 31a では、紙に印刷された絵の上にガラス板を乗せました。このガラス板は向こう側の蛍光灯の光を反射しています(図 32a)。絵には蛍光灯の反射像が重なって目障りです。蛍光灯の反射光はガラス面で偏光に変えられています。

図 31b のように偏光板を通して絵を見ます。これに対して絵からの光の吸収は少ないので、絵ははっきり見えます(図 32b)。

写真用の偏光板にはこのように水面・ガラスからの反射光をカットするのに使われます。池の中の鯉やショーウィンドウのなかの衣装がはっきり撮れます。

次に複屈折があると偏光板を通してどのように見えるのでしょうか？

前回の図 30(今回の図 33a でもほぼ同じです)では、二つの成分光(垂直方向に振動する成分と水平方向に振動する成分)の間で足並みが揃っていません。すなわち一方がゼロなら他方もゼロ、一方が極大の時には他方も極大です。この二つの光は「位相が合ってる」、または「光路の差(光路差)がゼロ」だと表現されます。

このような成分光を合成したものと考える光は、常に一つの平面上で振動しています。図では斜め方向に振動しながら進む光がそれです。この光の進路に偏光板を置いて、その透過軸方向が合成光の振動方向に直角に向くようにすると、合成光は全部吸収されます。

これに対して図 33b では、一方が他方とは足並みが違う場合を示しています。この場合では、二つの成分光を合成したものは、その先端が図の螺旋形曲線の上にあるような光となって進行します。

その結果、どのような方向に偏光板の軸を向けても、常に偏光板を通過する成分があり、全く暗くなることはありません。

図 31 ガラスの表面反射と偏光板の効果

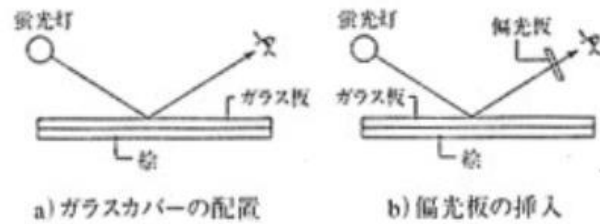


図 32 観察例

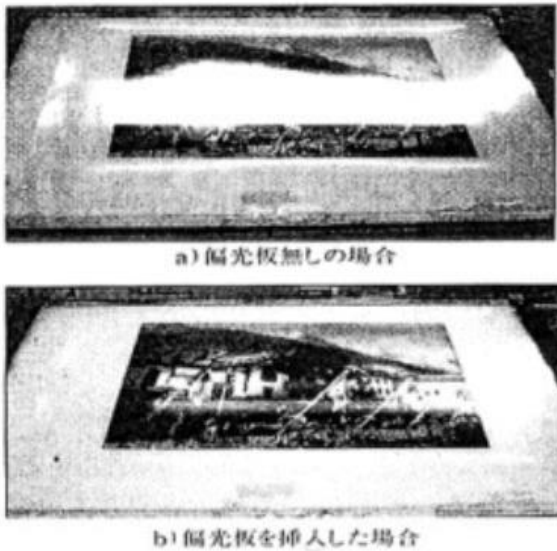
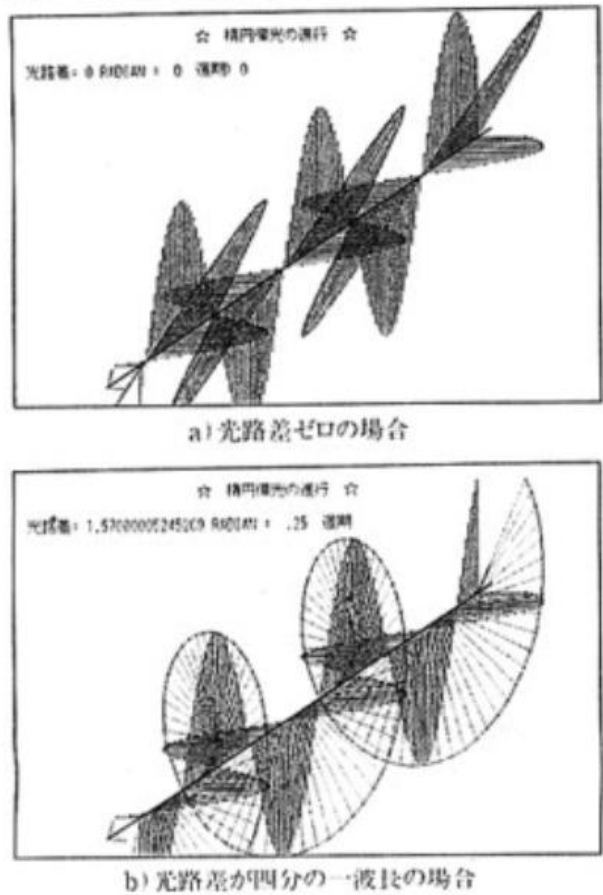


図 33 偏光に生ずる光路差の効果



## ⑥光路差

光路差の表現には色々な方法があります。

まず光路差を直接に長さで表します。光路差は光の波長程度の小さい長さですから、光の波長と同じくナノメートル(nm)で表すことができます。

次に光の波長が単一である(単色光である)場合には、光路差が波長の何倍かで表せます。例えば「半波長」・「四分の一波長」等です。また波長をギリシャ文字の $\lambda$ (ラムダ)で表して、 $1/2\lambda$ ・ $1/4\lambda$ ・ $0.75\lambda$ ・ $3\lambda$ などのように表現もできます。

さらに三番目の方法として、光の進路に沿っての波の形をサインカーブ(正弦曲線)で、波の振幅 $=\sin(2n \times L/\lambda)$   $L$  : 進路に沿っての長さ と表しますが、括弧の中は角度に相当します。

ここで光路差が長さで 1 だけあったとすると、これを角度で表現すると  $2n \times 1/\lambda$  ラジアンまたは、 $360 \times 1/\lambda$  度となります。

光の波の形がサインカーブであるため、光路差が波長の整数倍になることは、光路差ゼロの状態と全く同じ状況に戻ることになります。

二つの偏光板を直交関係に置いてその間に光に対して光路差を与えるもの(例えば歪みのあるガラス)を入れたとします。光路差ゼロでは通過する光はゼロです。

光路差が増えていくと通過する光の強さも増します。しかし更に増やしていくと、光の強さが極大の状態を経て光路差 1 波長の時にまたゼロに戻ります(図 34)。

光路差が波長の整数倍の時に通過する光はゼロ、(整数 10.5)倍のときに通過する光の量が極大です。

光が単色光でなくて赤・緑・青の光が混じった白色光であった場合は次のようになります(図 35)。光路差ゼロでは全部の光が通過しませんから暗く黒く見えます。

光路差が増すとどの光の透過率も増えるので明るくなっていきます。300 nm を過ぎると通過する光は減りますが、波長の短い青色の光が始めに 1 波長相当になり暗くなりますから、この場合の色としては茶色から黄色系の色です。

次に光路差が緑の光の 1 波長相当になると、全体としては暗いのですが、青・赤の混合ですから赤紫色です。

次に光路差が赤色の光の波長相当になると、緑・青の光の混合で青緑色(シアン色)になります。

光路差がこれより増えると、明るさの変化はこの繰り返しになりますが、その明暗の変化も色もだんだんぼんやりになります。

変交差が緑の光の波長相当であれば赤紫色ですが、光路差がこれより増えれば青っぽく、減れば赤っぽく敏感に変わりますから、この赤紫色を鋭敏色(ティントカラー)と呼びます。

図 34 光路差が偏光板系を通過する光の透過率に及ぼす影響(概念図)

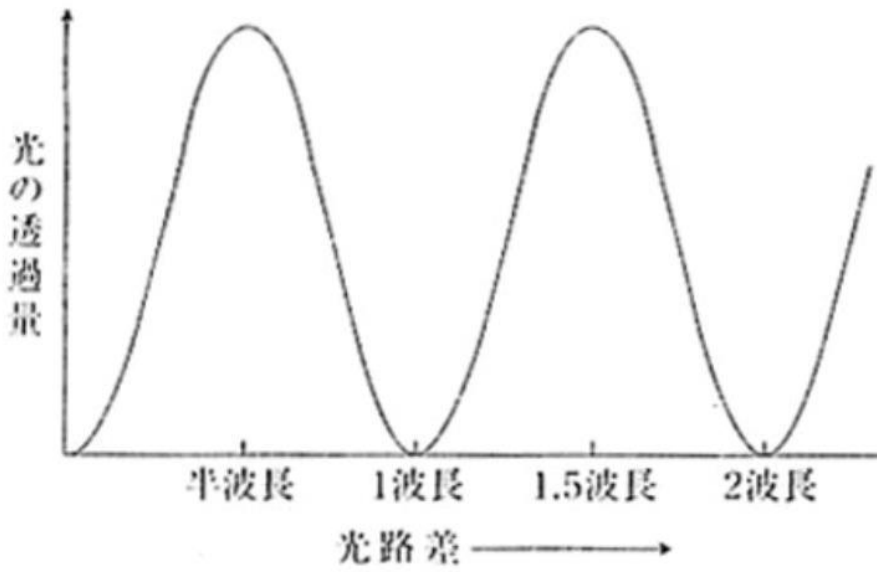
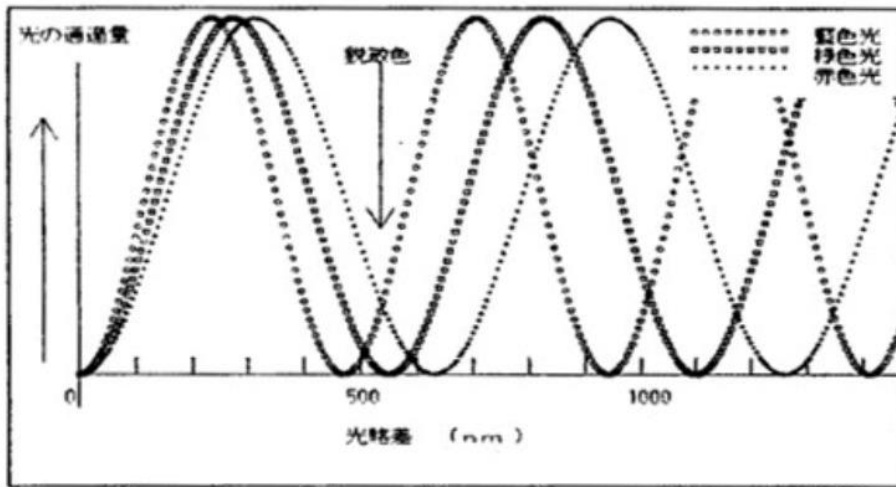


図 35 光路差と偏光板系への赤・緑・青の光の透過率との関係(概念図)



⑦力と偏光との関係

次に光の振動方向と力の方向との間の角度の効果を述べます(図 36)。

図 36 で A は力の方向、B は力の方向に直角な方向、P は偏光板を通過して偏光になった光の振動方向です。

a では A と P との間の角度が 45 度、b、c、d と角度が小さくなり、d では 0 度です。

P 方向の振幅を A と B との方向の成分に分けるとそれぞれ A'、b' となります。

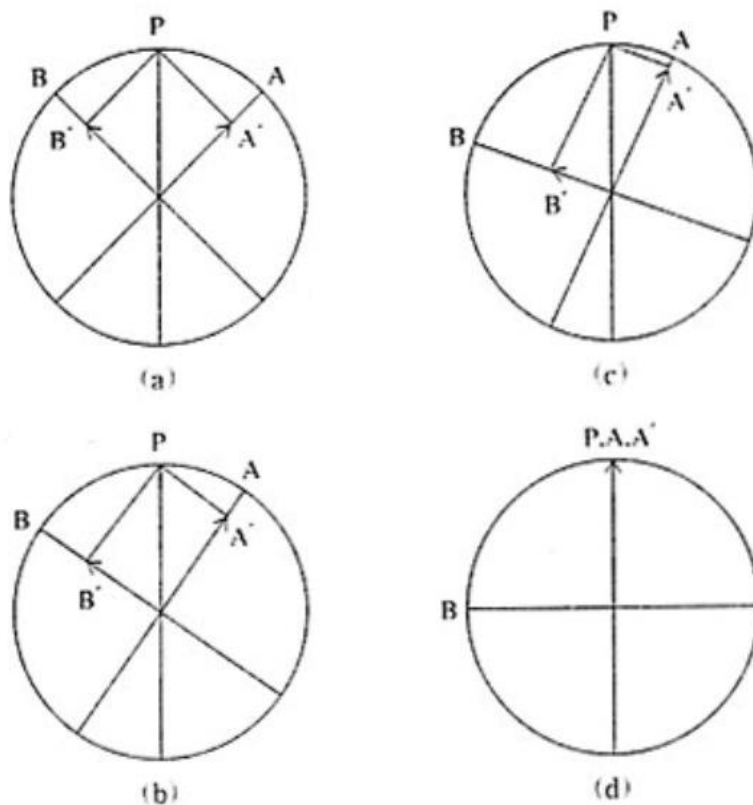
P と A との間の角度が小さくなるにつれて B' 成分が小さくなって、P、A 間の角度が 0 度になると B' 成分がゼロになります。A' 成分は A そのもので、B' 成分の影響がありませんから、光路差・複屈折・応力の影響は表れません。

従って力の影響をよく調べようとするときには、力の方向が偏光の振動方向と 45 度になるように試料を置く必要があります。

また逆に複屈折の影響が見えない場合は、光路差がゼロであるか、光路差が光の波長の整数倍であるか、または力の方向が偏光の振動方向と同じであるか、だと判断されます。

さらに、試料の角度をどのように変えても光路差が無いように見える部分は、光路差がゼロまたは波長の整数倍である場所と判断できます。

図 36 偏光の振動方向と力の働く方向との関係が偏光に及ぼす影響の説明図



P: 偏光の振動方向、A: 力の働く方向、B: 力が働く方向に直角する方向、A': A 方向への偏光の成分、B': B 方向への偏光の成分

⑧観察例

図 37 は長方形の厚ガラス片を過熱してから急冷して強い歪みがある試料としたものの観察例です。光波の振動方向とそれに直角の方向とが周囲の車線で示してあります。

試料の角度を変えての観察を総合して、また緑に垂直な方向の力はゼロである(厳密には大気圧だけである)という弾性論の一般原則を考慮して、次のようなことが簡単に結論できます。

a 周辺の力は周辺に平行の方向には働いている、b また周辺では力が集中している、c ただし四隅はその例外で、力の集中は無いが、力の方向幅所により相当に変化する。

図 37



(a)

歪みを入れたガラス片の偏光板系での観察斜線は偏光の振動方向とそれに直交する方向ガラス片の角度を順に変えて観察した場合



(b)



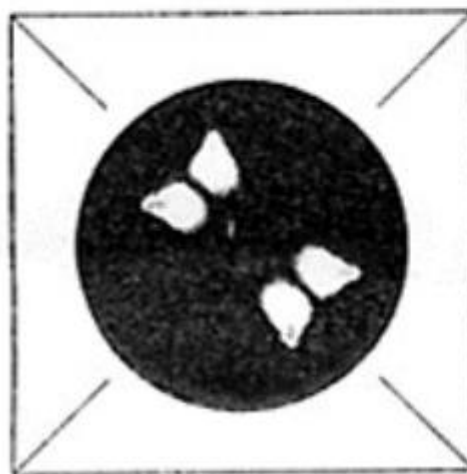
(c)



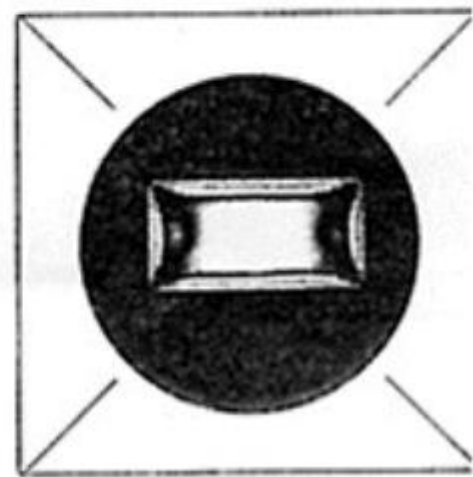
(d)



(e)



(f)



(g)