

機械的性質とセラミックス

(11)

岸井 貫

前回は機械的性質の基本的特性として曲げ強さ、引張強さ、圧縮強さ、圧環強さなどを概説した。今回は光弾性について述べる。

VI. 6 光弾性*

光弾性実験は、物質の光弾性効果を利用して応力を求める方法である。その発展と実用化には我が国の研究者の貢献が大きかった¹⁾。この技術は工学では重要かつ普遍的なものであるから、解説書が非常に多い^{2)~4)}。それらを抄録してこの講座とすることも有意義とは思いますが、本稿では違う行き方をとった。具体的に言えば、筆者が必要に応じて実験したり調べたり関心を持ったりした範囲を、できるだけ詳しく記しまとめるということである。その結果、理論的な部分は省いたし、極端に精密な実験を目的とはしていない。また、通常の模型実験よりも、実際の部品についての実験を重視した。記述がガラスに偏ったという傾向もあり、包括的ではない。しかし、これはこれなりに有意義なものと考えている。

6.1 応力と複屈折²⁾、レターデーション³⁾

光弾性とは、応力によって物体の光学的性質が変化する現象を指す。応力測定には、応力が引き起こす複屈折を利用する。

光学的な等方体の中では、光の速度は一定であって、光の進行方向や、光波の振動方向には関係ない。この物体に応力が加わると、進入した光は互に直角な方向に振動する二つの成分に分かれ、それぞれが互に違う速度で進むようになる。光の速度は屈折率に反比例するから、応力によって二つの屈折率ができたとも

表現できるので、複屈折と言う。

光学的な等方物体の例を挙げれば、均質でかつ応力のないガラスや非晶質プラスチック（有機ガラス）のような無定形物質および立方晶系に属する結晶（ダイヤモンド、シリコンなど）がある。一番簡単な例を述べる（図 VI-13）。矢印 F で示される圧縮力を受けた物体へ、左方から光が進入すると、 F に平行および直角な方向に振動する成分に分れて、違う速度で進む。そのため物体から出る時には一方が他方より遅れる。この遅れ Δ は、光路差⁴⁾またはレターデーションと呼べられ、 F および物体中の経路長 l に比例し、

$$\Delta(m\mu) = C \times F(\text{kg/cm}^2) \times l(\text{cm}) \quad (\text{VI-8})$$

となる。比例常数 $C(m\mu/\text{cm})/(\text{kg/cm}^2)$ が光弾性定数⁵⁾であり、通常のガラスで 2.5~4、プラスチックではその 10 倍くらいである。光弾性定数の単位として使われるブリュースター⁶⁾は、実際上は $(m\mu/\text{cm})/(\text{kg/cm}^2)$ と一致すると見なしてよい。

光弾性定数の絶対値は物質によって決まるもので、応力が圧縮力であっても、張力であっても変わらないと考えられる。また、応力の働く方向によっても変わらない。しかし、二つの光成分のうち、一方が他方に比べて進むことも遅れることもある。たとえば先の場合 Δ が正、後の場合 Δ が負というように、 Δ に符号を

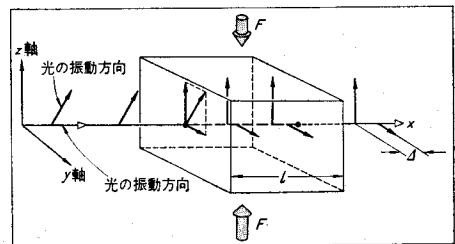


図 VI-13 応力によるレターデーション Δ の発生。

*1 光弾性 (photoelasticity)

*2 複屈折 (birefringence)

*3 レターデーション (retardation)

*4 光路差 (optical path difference)

*5 光弾性定数 (photoelastic constant)

*6 ブリュースター (Brewster = $10^{-12} \text{cm}^2 \cdot \text{dyn}^{-1}$)

表 VI-9 応力の性質と方向とにより発生するレターデイションの符号（z方向圧縮力の場合を正と決めた時）。

方向 応力	z	y	x
圧縮力	正	負	零
張力	負	正	零

つけて表わすと便利である。

一軸性の単純な圧力が z 方向に働いている時の d を、とりあえず正と決めておいたとする (図 VI-13)。他の場合の符号は表 VI-9 のようになる。いくつかの応力が組合わされた場合、 d はそれぞれによるものの代数和になる。光の進行方向に平行に働く応力は、光弾性では検出できない。

また逆に、 d の絶対値と符号とがわかった場合でも、各方向に働く応力の絶対値と圧縮力、張力の区別とを知ることはできない。これを明確にするには、他の技術による測定結果あるいは弾性論にもとづく推論が必要である¹⁰⁾。

応力の強さや方向が場所により変わっている場合には、 d は光の経路に沿っての符号を含めての積分の形で表わされると考えなければならない。

本稿では d の符号については厳密な考慮をせずに説明するつもりである。説明の大筋を変える必要がないからである。

6.2 結晶の複屈折

後で必要になるので、結晶の複屈折について記す。立方晶系以外の結晶は複屈折を持つが、結晶内で特定の方向へ進行する光だけは二つの成分に分かれない。この特定の方向を結晶の光軸⁷⁾という。正方晶系、六方晶系では c 軸が光軸⁷⁾である。対称性の低い結晶系では光軸が 2 本ある。

板状の複屈折体に光が入射すると、前に記したように二つの光に分かれる。この光の電場ベクトル⁸⁾の方向を、複屈折体の振動方向と略称する。なお、光の振動方向は光波の電場ベクトルの方向（および電場の振動方向）を指し、光波の磁場ベクトル⁹⁾のそれとは直交している。

光弾性実験に使用される偏光板は、二つの光のうち一方だけを通過させる働きがある。通過する光の振動方向を、偏光板の振動方向という。

6.3 偏光¹⁰⁾とその干渉¹¹⁾現象

光路差を測定するには、偏光を試料に入射させて、二つに分れて進行した光の成分が、射出側で相互に起こす干渉現象を利用する。光弾性の理解には偏光の知識が必要なので詳しく記す。

6.3.1 光の性質 光は電磁波であり横波である。これは次のことを意味している。①光とは電場および磁場が振動する現象であること、②この振動が時間とともに空間中を伝わること、③振動の方向が光の伝わる方向と直角であること、④電場、磁場の方向が光の伝わる方向と直角であること。

電場については、その強さ E と、その方向とを定義することができる。したがって電場はベクトル量である。場所 A における電場は、A から電場の方向に矢印を引き、その長さを E に比例させることで図示できる (図 VI-14)。光が進む時には、 E が時間とともに変化しており、かつ電場およびその変化を表わすベクトルの方向が光の進行方向と直交している。これらのことは磁場についても成立つ。一つの光の中では、磁場の方向は電場の方向とも光の進行方向とも直交している。電場ベクトルの方向を光の振動方向と呼ぶ。

振動が正弦曲線状であるとして、 E の場所的および時間的变化を次のように表現できる (図 VI-15)。

$$E = E_0 \sin \left\{ \frac{2\pi}{\lambda} (x - ct) \right\} \quad (\text{VI-9})$$

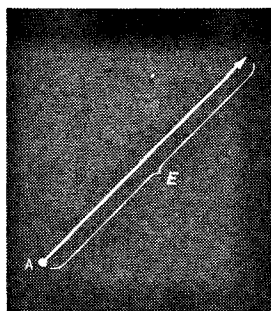


図 VI-14 A点で大きさ E をもつ電場のベクトル表示。

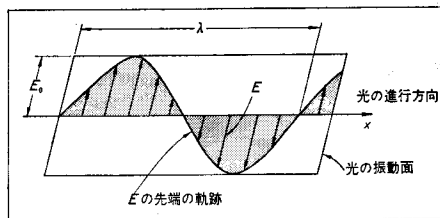


図 VI-15 ある瞬間の電場の正弦波。

⁷⁾ 光軸 (optical axis)

⁸⁾ 電場ベクトル (electric vector)

⁹⁾ 磁場ベクトル (magnetic vector)

¹⁰⁾ 偏光 (polarized light)

¹¹⁾ 干渉 (interference)

ここで中かっこの中の単位は角度ラジアンである。度で表わしたい時には、 2π のかわりに 360° とする。 t は時間、 x は光の進行方向に沿っての長さである。この式は、 t が1だけ変化すると、ある電場の状態が c だけ離れた所へ移ること、 t が一定ならば x が λ だけ変わると振動の周期が完了することを示している。したがって、 c が光の進行速度、 λ が波長である。

6.3.2 電場ベクトル 電場がベクトル量なので、二つの電場 E_1, E_2 が一点Aに働いている時にそれらの合成効果をベクトルの和として求めることができる(図 VI-16 a)。 E_1 の先端 B_1 から E_2 に平行に、 E_2 と同じ大きさの矢印を B_2 まで引くと、Aから B_3 まで引いた矢印が合成電場ベクトル E_3 を表わす。逆に、一つの電場ベクトル E と、任意の二つの方向 u, v が与えられた時、 E を u および v にそれぞれ平行な二つのベクトル E_1, E_2 に分解してこれらの和として表わすことができる(図 VI-16 b)。

6.3.3 自然光と偏光 高温の物体から熱輻射として放出される光(太陽光を含む)を始めとして、自然界の光の大部分は自然光に分類されている。自然光の中では成分光の電場、磁場の方向、強さおよび相互の位相は時間とともに無秩序に変化している(図 VI-17)。これに対して、振動方向が何らかの形で、空間的にあるいは時間の関数として空間的に制限されている光がある。これらを偏光という。偏光板を通過した光、水面やガラス面から反射してきた光、ある種のレーザーから出てくる光、粒子加速器からのシンクロトロン輻射として出てくる光⁹⁾——などがそうである。

自然光が偏光板Pに進入すると、二つの光成分のうち一方は吸収され、他の成分だけが透過する(図 VI-18)。透過した光の電場ベクトル(光の振動方向)は、光の進行方向を含む一つの平面に平行なものだけである。このような光を直線偏光^{*12}という。光の振動方向と進行方向とを含む面を偏光面という。

2枚の偏光板をその振動方向が互いに直交するように重ねると、一方を通過した光が他方で吸収されるので、光が全く通らない(図 VI-18, 19)。この配置を直交ニコルと呼ぶ。

非金属物質の表面で斜めに反射した光は、直線偏光に近い性質を持つ。特に物質の屈折率から決まる一定の入射角(ブリュースター角)で入って反射した光は全く直線偏光である。したがって、偏光板を通して観察すると、偏光板の振動方向によって、反射光の明るさが大変違う(図 VI-20)。

*12 直線偏光 (linearly polarized light)

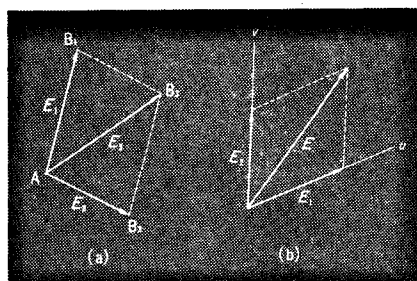


図 VI-16 a) E_1 と E_2 とから $E_1 + E_2 = E_3$ を求める、
b) E を u, v 方向の二つの成分に分解する。

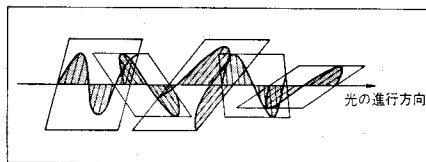


図 VI-17 自然光は振動面、振幅、位相の異なる多くの波の集まりおよびつながりできています。

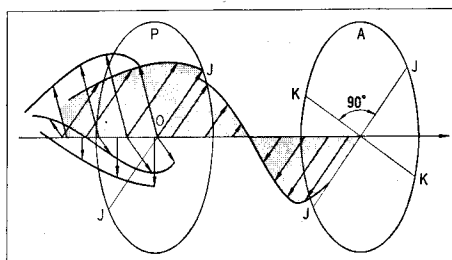


図 VI-18 偏光板Pが JOJ に平行な振動面を持つ光成分だけを通す。これらは直交した偏光板Aですべて吸収される。



図 VI-19 2枚の円形偏光板を直交させて組合せたもの。重なった部分が暗い。

6.3.4 直線偏光 光弾性ではほとんどの場合直線偏光を使い、これが光弾性装置内や物体内で楕円偏光^{*13}、円偏光^{*14}に変化することを利用して観察している。この有様を吟味する。

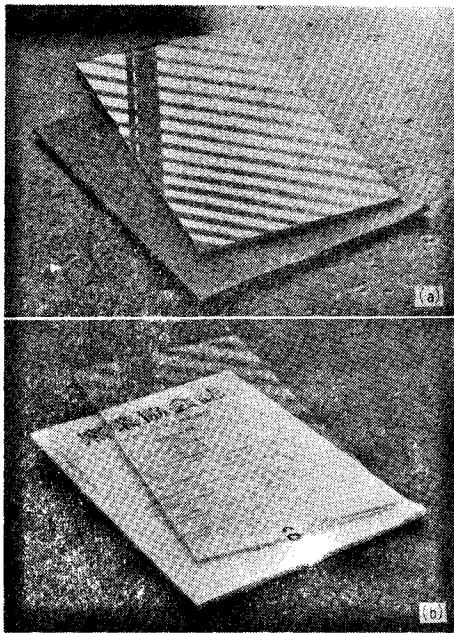


図 VI-20 ガラスからの反射光の偏光性を示す。
a) は平行ニコル, b) は直交ニコルの
配置で観察した。

直線偏光の電場ベクトルの大きさは式 (VI-9) と同じく

$$E = E_0 \sin \left\{ \frac{2\pi}{\lambda} (x - ct) \right\} \quad (\text{VI-10})$$

で表わされる。VI. 6.1 で記したように、応力 F のある物体に入った直線偏光は、 F に平行および垂直な二つの成分に分かれて進む。この成分は

$$E_u = E_{u_0} \sin \frac{2\pi}{\lambda} (x - ct) \quad (\text{VI-11})$$

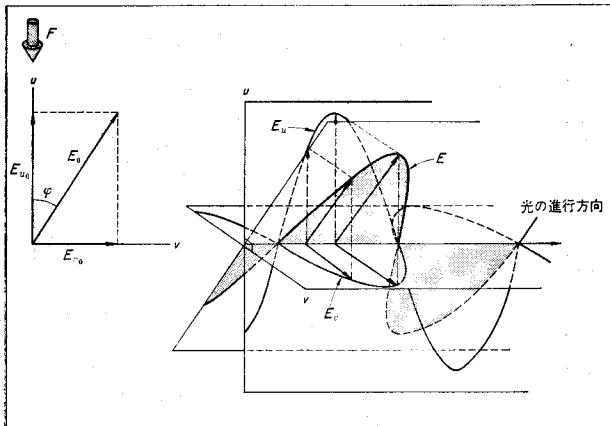


図 VI-21 位相の合った二つの直線偏光 E_u 、 E_v の和としての直線偏光 E 。

*13 楕円偏光 (elliptically polarized light)

*14 円偏光 (circularly polarized light)

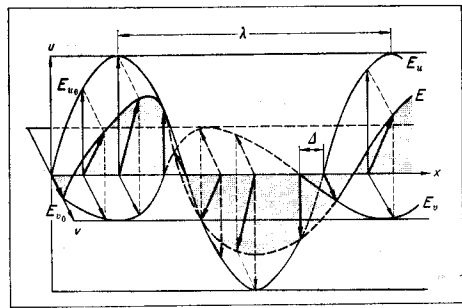


図 VI-22 Δ に対応する位相差のある二つの直線偏光 E_u 、 E_v の合成としての楕円偏光 E 。

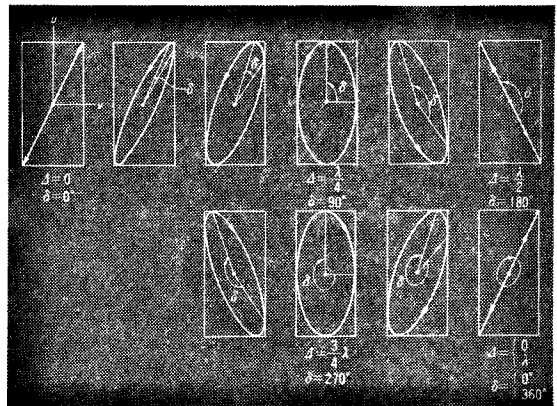


図 VI-23 レターデーション Δ の変化にともなう楕円偏光の特性変化。 δ は角度に換算したレターデーション $360^\circ \times (\Delta/\lambda)$ を示す。

$$E_v = E_{v_0} \sin \frac{2\pi}{\lambda} (x - ct) \quad (\text{VI-12})$$

$$E_{u_0} = E_0 \cos \varphi, \quad E_{v_0} = E_0 \sin \varphi \quad (\text{VI-13})$$

φ は入射光の振動方向と F との間の角である (図 VI-21)。

6.3.5 楕円偏光 式 VI-11,12 の二つの光が応力のある物体中を進行した結果としてレターデーション Δ が生じたとする。そうすると、二つの光は一方が他方より空間的に Δ だけ遅れているので

$$E_0 = E_{u_0} \sin \frac{2\pi}{\lambda} (x - ct) \quad (\text{VI-14})$$

$$E_v = E_{v_0} \sin \frac{2\pi}{\lambda} (x - ct - \Delta) \quad (\text{VI-15})$$

と表わすことができる。一定の場所 ($x = \text{const.}$) で観察していると、 E_u と E_v との合成ベクトルは時間 t とともにくるくる回転し、その先端の軌跡は $\pm E_{u_0}$ 、 $\pm E_{v_0}$ の四つの辺で囲まれた楕円形をなしている。ある瞬間 ($t = \text{const.}$) における状況を図 VI-22 に示す。このような振動をする光を楕円偏光という。

Δ の変化にともなう楕円偏光の特性変化を調べる (図 VI-23)。

まず $\Delta = 0$ ならば直線偏光である。

Δ が増すにつれて、直線がふくらんで楕円になり、 $\Delta = \lambda/4$ で u, v 軸を二つの軸とするもっともふくらんだ楕円となる。そのあとは $\Delta = \lambda/2$ まで楕円はやせて、ついに直線偏光になる。つぎにさらに楕円を経て、 $\Delta = \lambda$ で初めと同じ直線偏光になって1周期が完了する。 Δ がさらにふえると、上記のサイクルをさらに周期的に繰り返してゆく。

どのような楕円偏光でも、その短軸および長軸方向に振動する二成分に分けると、これらの間の Δ は $\lambda/4$ である (図 VI-24)。

6.3.6 円偏光と四分の一波長板 入射直線偏光の振動方向が F と 45° の角をなしているとき、 $E_{u_0} = E_{v_0}$ である。この時の Δ による変化は 図 VI-25 のようであり、 $\Delta = \lambda/4, 3\lambda/4, \dots$ では、電場ベクトル先端の軌跡は円形になる。このような偏光は円偏光と呼ばれ、光弾性によく利用される。

四分の一波長板は、 $\lambda/4$ の レターデーションを与え、振動面が波長板の振動方向と 45° の角をなす直線偏光を入れると円偏光に変わって出てくる。また円偏光を四分の一波長板に入れると、直線偏光に変わる。

楕円偏光を、その短軸、長軸が四分の一波長板の振動方向に平行であるように入れると、振動方向が四分の一波長板のそれと一致する直線偏光にもどるこれらの現象は光弾性測定に有効に利用される。

6.4 光弾性実験

偏光板、四分の一波長板のほかに光弾性実験に用いられる複屈折性の器具としてバビネの補整器 (または水晶光楔)、鋭敏色検板*15 (550 m μ くらいの Δ を持つ板) などがある。これらの働きはそれぞれのところで説明し、その構成については 6.5 でまとめて詳しく記す。

6.4.1 直線偏光法 一番簡単な実験装置である 図 VI-18 の直交ニコル型配置に、単色光源を用いた場合を吟味する。

光源 S からの自然光は、偏光板 P (偏光子またはポーライザー*16 と呼ぶ) によって JOJ 方向にだけ振動する直線偏光になる。もう一つの偏光板 A (検光子またはアナライザー*17 と呼ぶ) は KOK 方向に振動する光だけを通す。 JOJ と KOK とは互に直交するよ

*15 鋭敏色検板 (tint plate)

*16 ポーライザー (polarizer)

*17 検光子 (analyser)

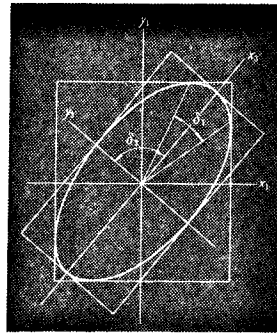


図 VI-24 楕円偏光の直線偏光への分解。 x_1, y_1 方向に分けると二つの直線偏光の位相差は δ_1 、 x_2, y_2 方向に分けると δ_2 である。

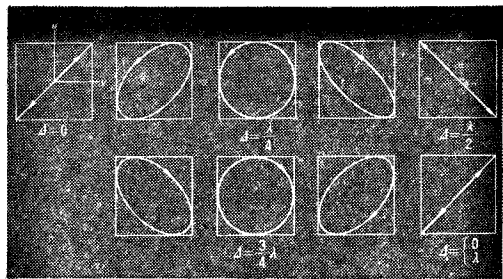


図 VI-25 レターデーション Δ の変化にともない円偏光ができる場合。

うに配置される。

- ① 物体がない場合、 P を通過した光には KOK 方向に振動する成分がないので、 A ですべて吸収され、視野は暗い。
- ② 物体 H があるが、 H 中に応力がない場合、 P を通過した光はそのまま H 中を進むので、やはり A ですべて吸収され、視野は暗い。
- ③ 物体 H に応力があり、その方向が JOJ に一致している場合、光は JOJ に平行および直角に振動する光に分かれるはずである。しかし、容易にわかるように、後者の強度は零であるから、 P を通過した直線偏光はそのまま進み、 A ですべて吸収され、視野は暗い。応力の方向が KOK に平行であっても同じことである。
- ④ 応力の方向が JOJ, KOK のどちらとも平行でなく、角度 φ をなす場合 (図 VI-26)、レターデーションにより 図 VI-23 のように偏光特性が変化する。 $\Delta = 0, \lambda, 2\lambda, \dots$ においては、入射光と同じ直線偏光に戻るのだから、検光子で全く吸収され視野は暗い。その他の場合には、 KOK に平行な光の成分を含む期間があるので明るい。明るさは近似的には、楕円を KOK に投射してできる線分の

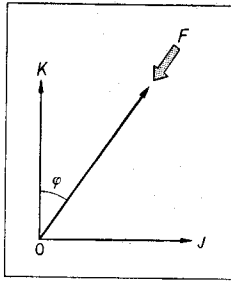


図 VI-26
応力と偏光の振動面との関係.

大きさと対応する (図 VI-27). したがって $\Delta = \frac{\lambda}{2}, \frac{3\lambda}{2}, \dots$ 付近でもっとも明るい. 図 VI-25 の場合にも, このことは成立する.

以上の①~④結果をまとめると次のように言える. 直交ニコルの間に物体を入れた時に暗く見えるのは, 応力の方向が偏光板の振動方向に平行な所と, Δ

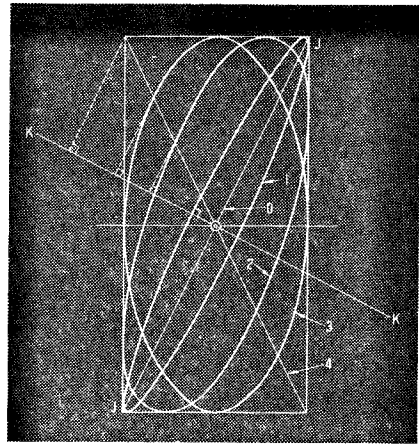


図 VI-27 KOK に平行な振動面を持つ偏光板で直線偏光 0,4, 楕円偏光 1,2,3 を見た時の明るさは, これらの KOK への正射影の長さに対応する.

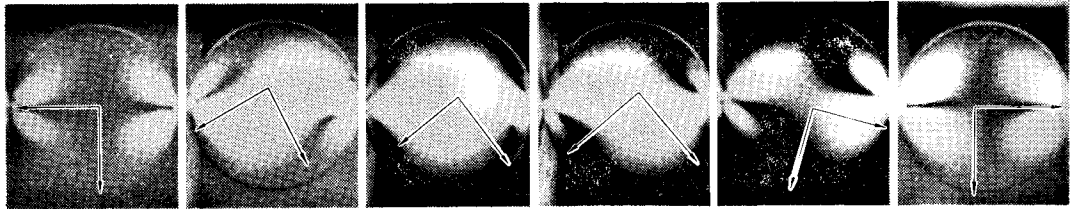


図 VI-28 圧力をかけられた円板を直交ニコル下で観察する. 矢印は偏光板の振動方向

が λ の整数倍である所とである. 数式を使って計算した結果は次のようになる.

$$I \propto \sin^2 2\varphi \sin^2(2\pi\Delta/\lambda) \quad (\text{VI-16})$$

I は出てくる光の強度である.

この式は Δ が λ の整数倍の時と, φ が 0 および $\pm 90^\circ$ の時, A を通過する光がないことを表わしている.

図 VI-28 は, ガラスの円板を一つの直径の両端で圧縮し, 直交ニコル下で観察したものである. $\Delta=0$ の部分と $\varphi=0^\circ, 90^\circ$ の部分が暗い. 偏光板の振動方向を回転してゆくと, $\Delta=0$ の部分は暗いままであるが, $\varphi=0^\circ, 90^\circ$ の部分は移動してゆく. この方法で, 各部分において応力が働いている方向 (主応力方向) を決めることができる.

市販の鉱物顕微鏡は, 直交ニコル装置として小形試料の光弾性測定に利用できる.

以上のように, 応力によってレターデーション Δ が発生する. 次にこのレターデーションを測定する方法が必要である. それには, ①バビネ補整器^{*17} (水晶光楔^{*18}) 法, ②鋭敏色法^{*19}, ③セナルモン法^{*20}などが

*17 バビネ補整器法 (method by a Babinet (Babinet-Soleil) compensator)

*18 水晶光楔 (quartz wedge)

*19 鋭敏色法 (method by a tint plate)

*20 セナルモン法 (Sénarmont method)

ある.

① バビネ補整器法 バビネ補整器は複屈折性の

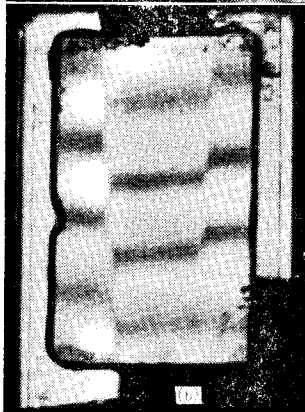
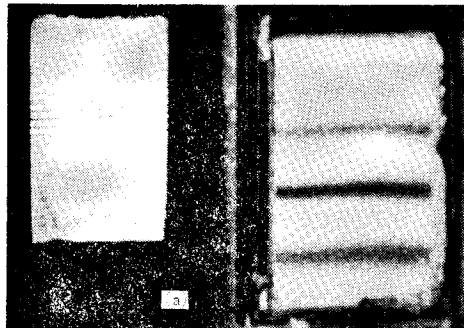


図 VI-29 水晶光楔

- a) 縞間隔の広いものと狭いもの. 直交ニコル.
- b) 雲母板を重ねると縞が移動する.

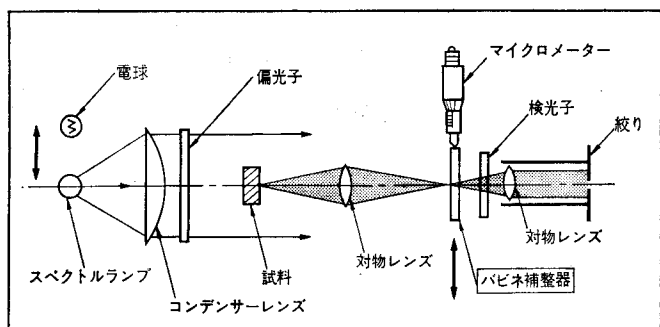


図 VI-30 バビネ補整器法の配置例

結晶板で、そのレターディションが長さ方向の位置の一次関数として知られているものである。また長さ方向は振動方向と一致している。普通、楔形の水晶体を組み合わせて作られる。その構成には二、三の異なる方法がある。いずれも外見、作用は同じなので、本稿ではバビネ補整器と水晶光楔とを区別しないで使う。

直交ニコル間で単色光（波長 λ とする）で観察すると、 $d=0, \pm\lambda, \pm 2\lambda$ の位置に暗い縞が見える（図 VI-29）。白色光では $d=0$ が黒い縞に、他が着色した縞に見える。複屈折のある試料またはそのレンズによる実像をバビネ補整器に重ねると、黒い縞が移動する（図 VI-29 b）。黒い縞はレターディションの代数和が $N\lambda$ (N : 整数) の所にできている。この移動状況を観察するか、あるいは補整器を移動して縞をもとの位置にもどして移動量を読みとることによって試料のレターディションとその分布を知ることができる。

試料のレターディションが大きい場合、縞の移動量が大きいので N の判断をする必要がある。そのためには光源を白熱電球に換えて、黒い縞の配置を慎重に観察して決める。このため、単色光源と白色光源とを簡単に交換できるようにすると便利である。

図 VI-30 は装置の配置例で、物体の実像をバビネ

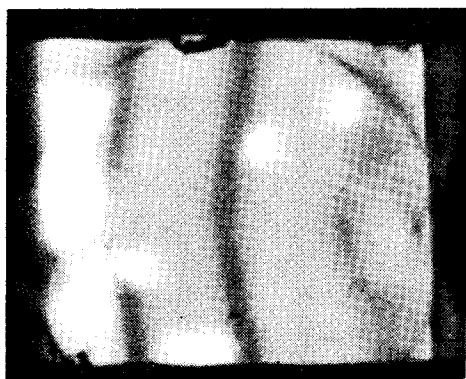


図 VI-31 圧縮された円板を水晶光楔に重ねたところ。

補整器に重ねている。主応力方向をあらかじめ直交ニコル配置で決めておき、バビネ補整器の振動方向を主応力方向に平行に、偏光板の振動方向を 45° の角度に配置する。

図 VI-31 は、圧縮された円板をバビネ補整器に重ねて観察したところである。図 VI-32 は安部俊夫博士により開発された歪み計で、小形部品中の応力分布を精密測定するのが目的である。これは現在製造が中止されているが、社内的に

はこれにかわるものを作って需要に応じている。図

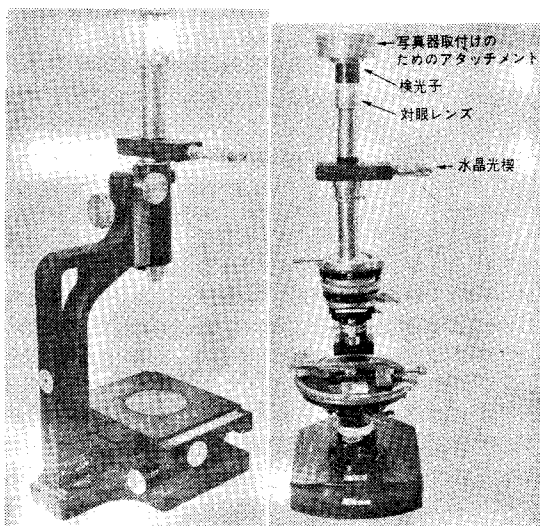


図 VI-32 小形部品用光弾性装置

図 VI-33 顕物顕微鏡用架台を利用した光弾性装置。

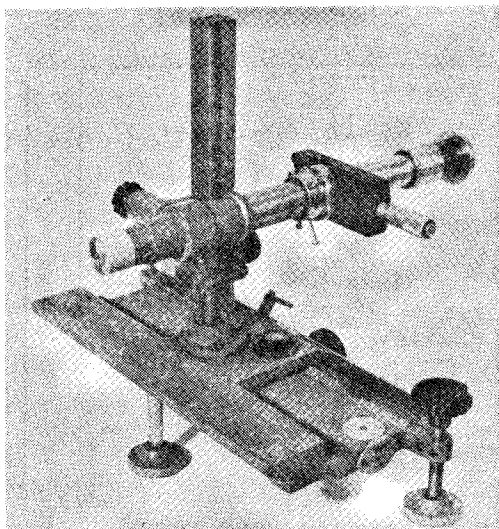


図 VI-34 遊動顕微鏡架台を利用した光弾性装置。

VI-33 は、補整器の部分を鉱物顕微鏡架台と組み合わせて、顕微光弾性および写真装置としたものである。

図 VI-34 では、遊動顕微鏡の架台と組み合わせ、対物レンズを焦点距離 10 cm 前後のものとし、大型部品の測定に用いるようにしている。

文 献

- 1) 辻 二郎, 河田幸三, “光弾性実験法” 理研計器 (株) 発行.
- 2) R.B. Heywood “Photoelasticity for Designers” Pergamon Press (1969).
- 3) “Photoelasticity” edited by M.M. Frocht, Pergamon Press (1963).
- 4) M.M. Frocht, “Photoelasticity” edited by M.M. Levin, Pergamon Press (1969).
- 5) M.M. Frocht, “Photoelasticity” John Wiley and Sons, vol. 1 (1941); *ibid.* vol. 2 (1949).

- 6) 応力測定技術研究会編 “応力測定法” 朝倉書店 (昭 30).
- 7) E.G. Coker and L.N.G. Filon, “A Treatise on Photoelasticity” Cambridge Univ. Press (1931).
- 8) “Handbook of Experimental Stress Analysis” edited by M. Hetényi, John Wiley and Sons (1950).
- 9) 高良和武, 富家雄, 日本物理学会誌 30 [8] 574 (1973).
- 10) 安部俊夫, 大沢秀夫, 東芝レビュー, 16 [5] 586 (1961).

【 著 者 紹 介 】



岸井 貫 (きしい とおる)
昭和 25 年東京大学理学部物理学
科卒業。同年東京芝浦電気 (株) 入
社, 昭和 38 年まで同硝子技術部,
38 年以降 総合研究所勤務, 現在同
金属セラミック研究所ガラスグル
ープ研究主幹。工学博士。

注形樹脂内部歪み観察用マイクロ光弾性測定装置——電総研で試作

IC やトランジスタ等の電子機器に使用する素子を保護するための封止樹脂は、エポキシ樹脂をベースとして、熱伝導性や熱膨脹係数を改善する目的で、種々の充填材を混合したものを使用する。こうした特性の異なる材料を組み合わせた複合材料では、特性を改善する相補効果だけでなく、負の効果も生ずる場合があり、とりわけ充填材とエポキシ樹脂との熱膨脹係数の差による内部歪み発生が最も大きい。この内部歪みは線膨脹係数や熱伝導性に異方性をもたらす樹脂の劣化を促進する場合もある。そこで電子技術総合研究所電子化学研究室では、充填材と樹脂の相互作用によって発生するミ

クロな内部歪みを光弾性測定によって観察する方法を開発した。

図 1 は顕微鏡を利用して試作したマイクロ光弾性測定装置の原理図。λ/4 波長板を除いた系で観察すると、主応力の方向を示す等傾線を見ることが出来る。λ/4 波長板を挿入した円偏光の系では等傾線は消えて内部歪みの大きさに比例した等色線のみが観察され縞の数(等色線次数)から内部応力が計算される(非逃散型干渉縞)。ところが雲母やアルミフレイク粉末のような薄片状の充填材が樹脂中で配向しサンドイッチ構造を形成している場合、歪みの増大と共に縞が現われたり消えたりする逃散型干渉縞を生じ、観察

時の縞が何次の縞次数に相当するか写真からは測定できない。

そこで、この装置では顕微鏡の接眼部の光の強度を光電変換素子を通して測定する回路を組み、試料の温度を変えて光の明暗を自記記録する方式を採用した(図 2)。白色光下では歪みがゼロになった点(0次)で暗黒になり、光の強度が最も弱く、他の点では色の変化として現われる。単色光(この場合 He-Ne レーザー)の測定で一致する温度での暗黒部が 0 次に相当し、これを基準にして暗黒部の次数を数えると、任意の温度で内部に発生している応力の大きさを計算することができる。(電総研ニュース 319 号)

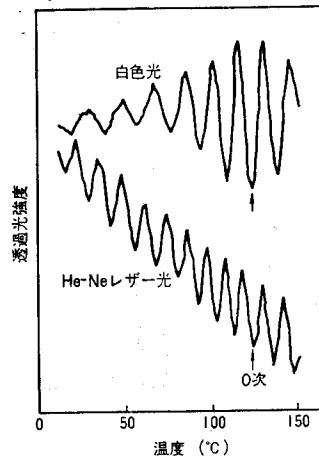
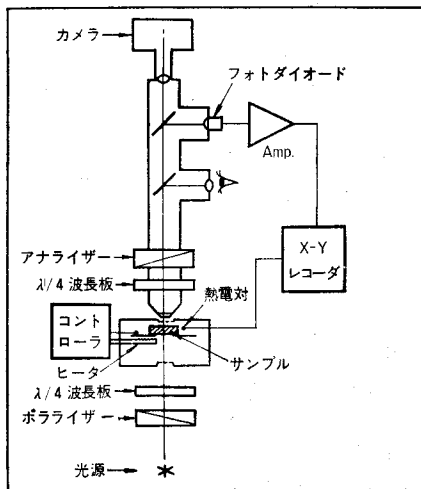


図 1 装置の構成図 (左)

図 2 エポキシ-ガラスサンドイッチ構造の透過光強度の変化 (右)