

△偏光を使った力の観察法

①「偏光と偏光板」

多くの場合、ガラスは光を通します。ガラスを通過した光はガラス表面で屈折すること、ガラス中ごく僅か、ないしは特別な場合にかなり大きな吸収を受けることを除けば、光の性質は見かけ上変わりません。ところがガラスに入る光を「偏光」にすると、ガラス内に働いている力の状況を観察できるようになります。図25は二枚の偏光板を重ね合わせた状況です。偏光板は、写真用の偏光板でも観察できるように、薄黒い色をしています。これは光のうちの一部を吸収し、残りだけを透過させているからです。二枚の偏光板を重ね合わせるとき、組み合わせの角度によっては暗くはなりますがとにかく光が透過する場合(図25a)と、光がほとんど透過しない場合(図25b)があります。このような現象は、偏光板が透過する光の性質を変える性質があるからです。光は「電磁波」です。光とは電場と磁場が振動し、その振動が速い速度(光の速度)で伝わって行くものです。電場と磁場の振動する方向は、光が進む方向を直交します。また電場と磁場とは互いに直交する方向に振動しています(図26)。今の話の場合、磁場や磁場の振動は関係がないので、これからは電場のことだけを考えます。偏光板は、一つの方向に振動する電場を持つ光だけを透過させます。これに対して、日光や電灯・蛍光灯・放電灯等からの光はあらゆる方向に振動する光が混合しています。これらの光は「自然光」です。自然光を偏光板に当てると、特定の方向に振動する電場成分だけが透過していきます。このように自然光でなくなった光を「偏光」といいます。また偏光板を透過した光の電場は一方向だけに振動しています。このような性質の偏光を「直線偏光」といいます。各種のレーザーから出る光は直線偏光であることが多いです。二枚の偏光板を組み合わせるときに、透過する光の(電場の振動方向が平行であるように組み合わせると、ある程度の光が通り抜けます。このような偏光板の組み合わせを「平行ニコル」状態だといいます(図25a)。振動方向が直交するように組み合わせると、一方の偏光板によって透過する光が他方の偏光板で全部吸収されてしまいます。これは「直交ニコル状態」です(図25b)。「ニコル」は偏光板の発明以前に偏光を作るために使われた「ニコルのプリズム」に由来します。ニコルはニコルのプリズムの発明者です。

図25 二枚の偏光板の組み合わせ

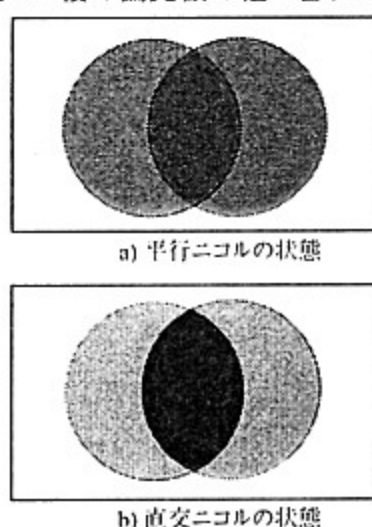
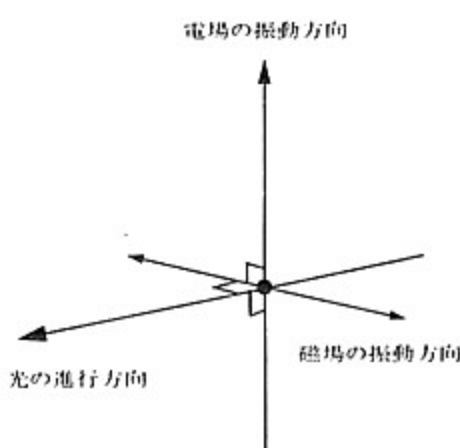


図26 光の振動方向、電場の振動方向、磁場の振動方向が互いに直交することを示す説明図



②力と偏光

二枚の偏光板を直交ニコル状態に組み合わせ、間にひずみがないガラスを入れます。視野が暗いまです(図27a)。熱処理して歪みを入れたガラスを入れると明暗の模様が見えます(図27b)。機械的な加圧器にガラスを入れて力を加えます。この場合も明暗の模様が見えます。加圧器との接触部は力が集中するところですが、その部分の明暗が特にはっきり見えます(図28)。ガラスの中に力が働くと、ガラスの光学的性質に変化が起きて、ガラスの中を通過する光の性質を変えるのです。これをガラスの「光弾性効果」と呼びます。

図27

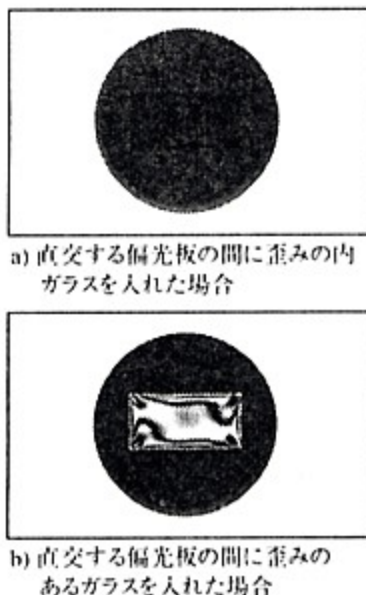
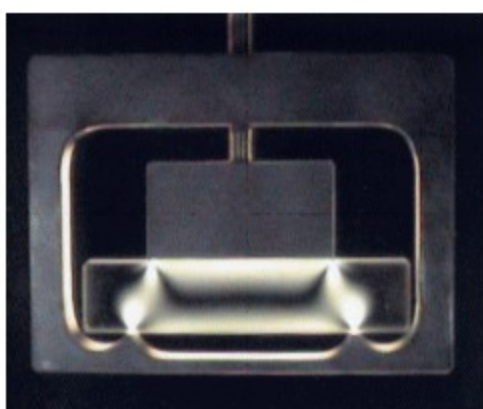


図28 直交する偏光板の間に加圧したガラスを入れた場合



③光弾性効果:ベクトルの考え

光の本体である「電場」は「ベクトル」です。ベクトルは大きさだけでなく方向も含まれる量です。大きさと方向とを記さないと完全に定義できません。他のベクトルの例は重力の場合、質点に働く力、速度などです。ガラスのような弾性固体中に働く力はベクトルより一段と複雑な「テンソル」ですが、このことについては本稿では必要がないので触れません。ベクトルはその大きさに対応した長さの矢印で表現できます。矢印の方向がベクトルの方向です。このように約束すると、ベクトルは複数(本稿では二つの場合しか考えません)のベクトル(成分ベクトル)の和(合成)として表現することができます。成分ベクトルへの分解方法は一義的には決まりません。考えるために都合のよいように決めて良いのです。図29では、一つのベクトルがいろいろの方法で成分ベクトルに分解できることを示しています。図30では電場ベクトルとの方向と、ガラス中に働く力の方向とが45度の角度をしていて、電場ベクトルを力の方向に平行な成分と、力に直角の方向の成分とに分解した場合を描いています。

図29 一つのベクトルでもいろいろな方法で成分ベクトルに分解できることを示す説明図

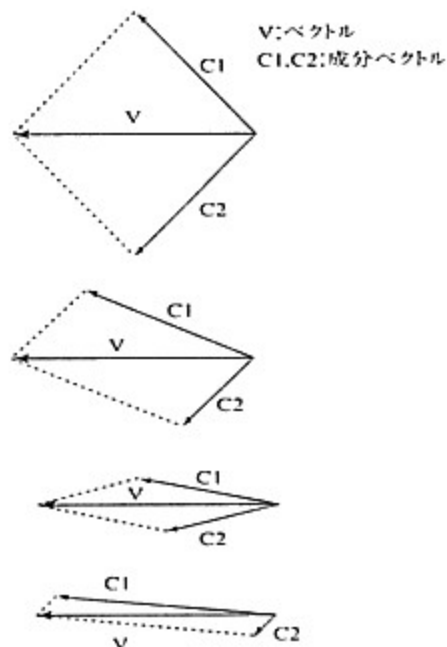
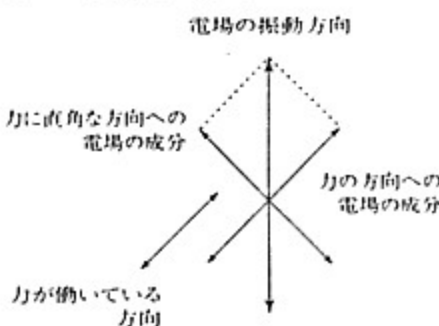


図30 光弾性効果の説明図



④光弾性効果:「複屈折」

力が働いているガラスの中では、力の方向に振動する電場成分と、力に直角な方向に振動する電場成分とは、伝播速度が違います。すなわち光の速度が二つあります。物質の屈折率は、真空中の光の速度を物質中の光の速度で割ったものです。ですから力が働いているガラスでは屈折率が二つあることとなります。これを「複屈折性」といいます。別のいい方をすれば、力が働くとガラスが複屈折性になる、ということ。また、力によりこのような性質になるといことが、ガラスの「光弾性効果」です。