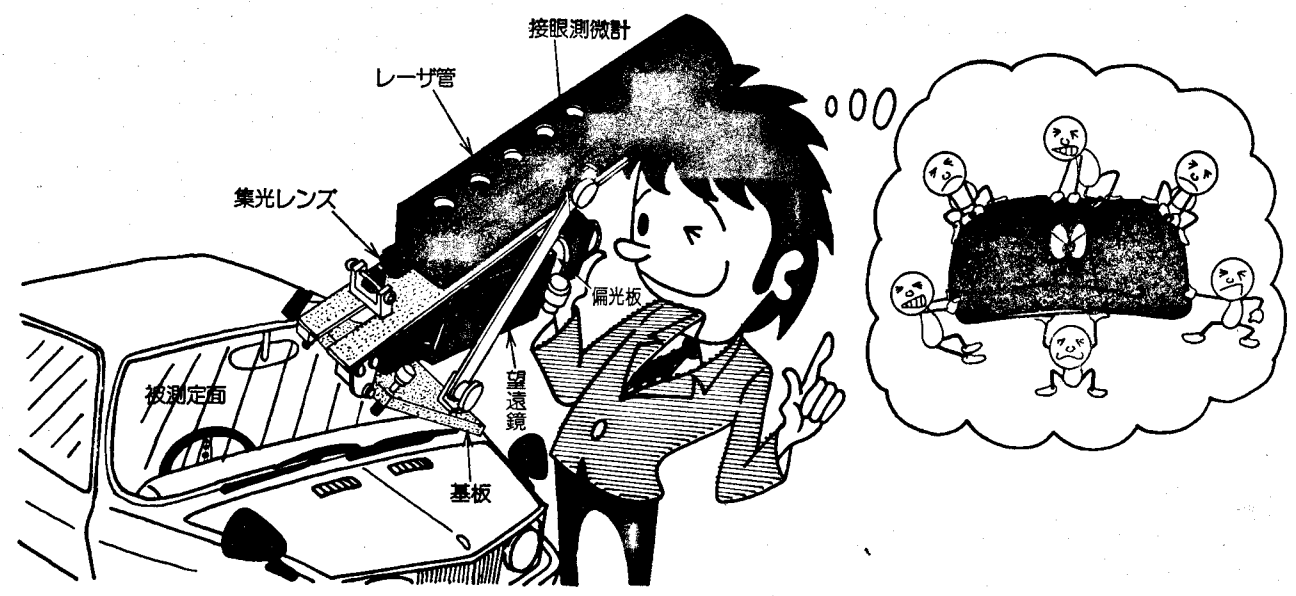


# 解説 五感ラボ

## 「非破壊式」 表面応力計

## なぞ ひずみ測定のお謎

岸井 貫



### 材料・部品の強度と表面応力

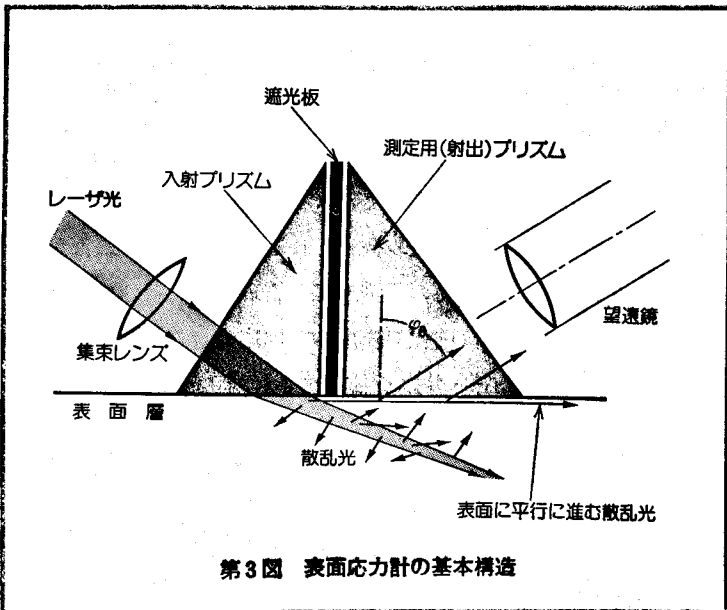
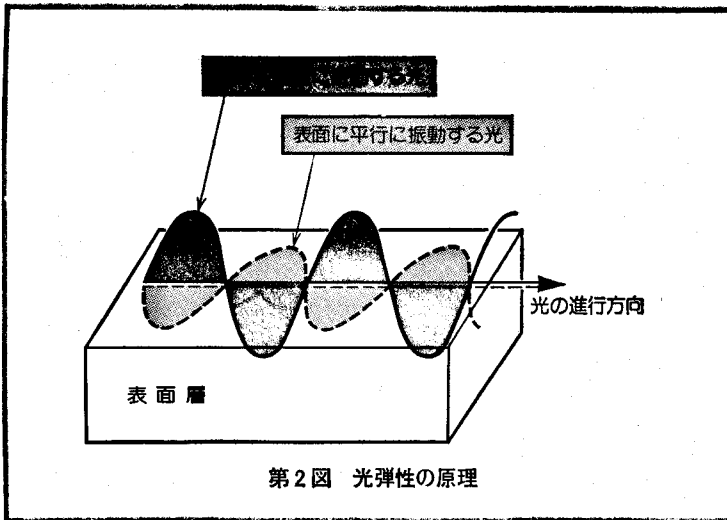
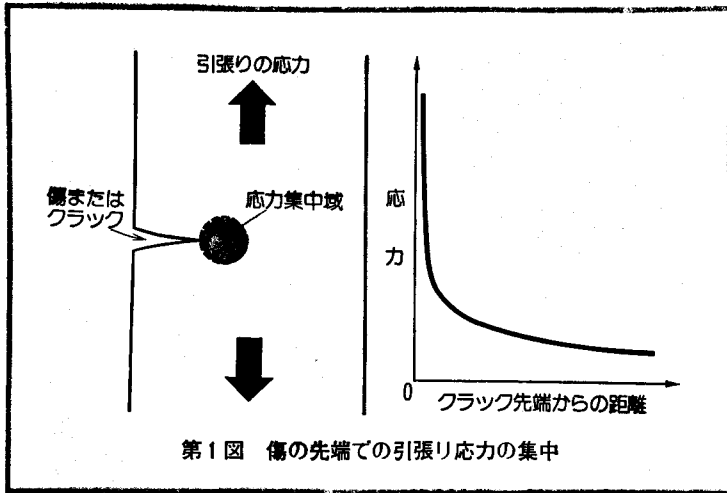
表面応力が材料工学上重要なのは、強度に関係するからである。これは、次のような経験的事実によって解釈することができる。すなわち、

- (1) 金属・プラスチック・無機材料を問わず、耐引張り強度は耐圧縮強度よりはるかに小さい。
- (2) 材料の破壊は表面から始まることが多い。そして、表面にある小さな傷やクラックの先端での引張り応力の集中と、それによる傷の伸びが直接原因である(第1図)。

したがって、表面に外力や加工履歴が原因で引張り応力があると傷は伸びやすく、材料は弱い。逆に表面に圧縮応力を作り込んでおくと、外力が圧縮応力を打ち消す

までは破壊が始まらないので材料は見掛け上強くなる。表面に圧縮応力を作り込んで強化する方法は、金属・ガラスでは工業的に実施されている。また珪瑯(ほうろう：金属基体にコーティングを施したもの)や陶磁器(表面にガラス質釉薬を施したもの)のような複合材料では、基板とコーティングの熱膨張差によって、コーティングに圧縮応力が入るように材料が組み合わされる。それゆえ、表面応力の測定は、製造時の品質・工程管理上たいせつである。

現在までに、強化ガラス用の表面応力計を開発し、時計業界(強化カバー・ガラスを使用する)、板ガラス業界(自動車用窓ガラスや建築用強化ガラスを製造する)、ガラス加工業界で活用していただいている。これらの経験を生かして、珪瑯、陶磁器、プラスチックのように、不均質であったり光散乱性があったりする材料の表面応力測定器を新しく開発した。



## 表面応力計測の原理

この方法は本質的には光弾性である (第2図)。

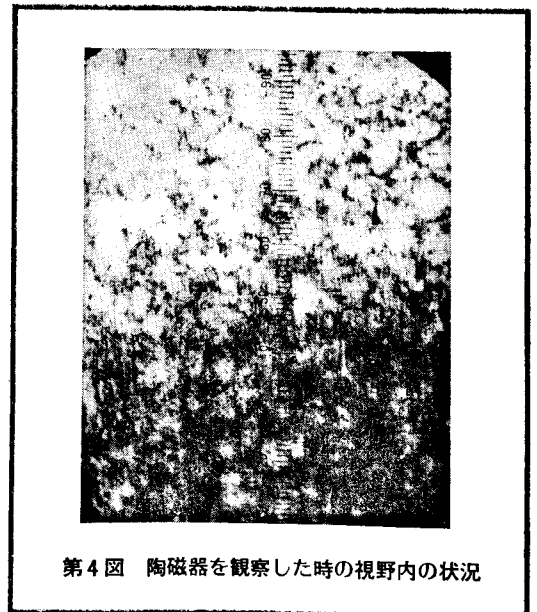
透光性の物体中を光が進行する時、その速さは (真空中の光速/物質の屈折率) に等しい。物体中に応力が働いていると、光弾性効果のために表面に平行に振動しながら進む光と、表面に垂直に振動しながら進む光との間に速度の差ができる。

したがって、物質の屈折率も、二つの光に対して違う値になる。表面での屈折率の差を検出すれば、表面応力を測定できる。

## 表面応力計測の方法

表面にガラス・プリズムを置き、望遠鏡とともに屈折計 (アッペの屈折計と呼ばれるものと同じ原理のもの) を作る (第3図)。レンズで集束した He-Ne ガス・レーザの光ビームを入射プリズムを介して表面層内へ注入すると、層の表面や内部の不規則性、不均質性によって散乱光が発生する。

散乱光のうち、表面に平行に進むものは、

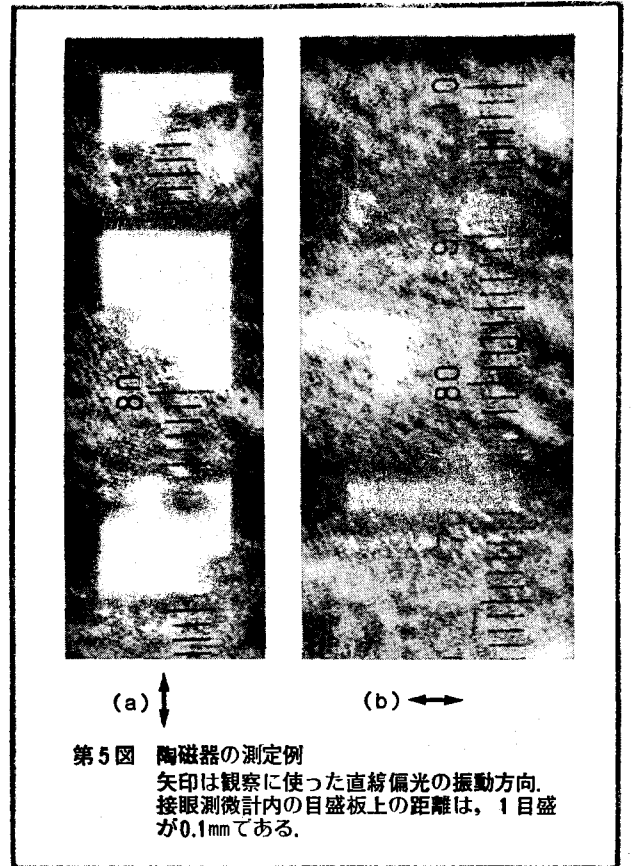


$$\sin \varphi_0 = \frac{\text{表面の屈折率}}{\text{測定用プリズムの屈折率}}$$

で決まる射出角  $\varphi_0$  で測定用プリズムに入る。他の散乱光は  $\varphi_0$  より小さい射出角でプリズムに入る。したがって、望遠鏡の視野内では、 $\varphi_0$  に対応するところが明暗の境界になって見える（第4図）。

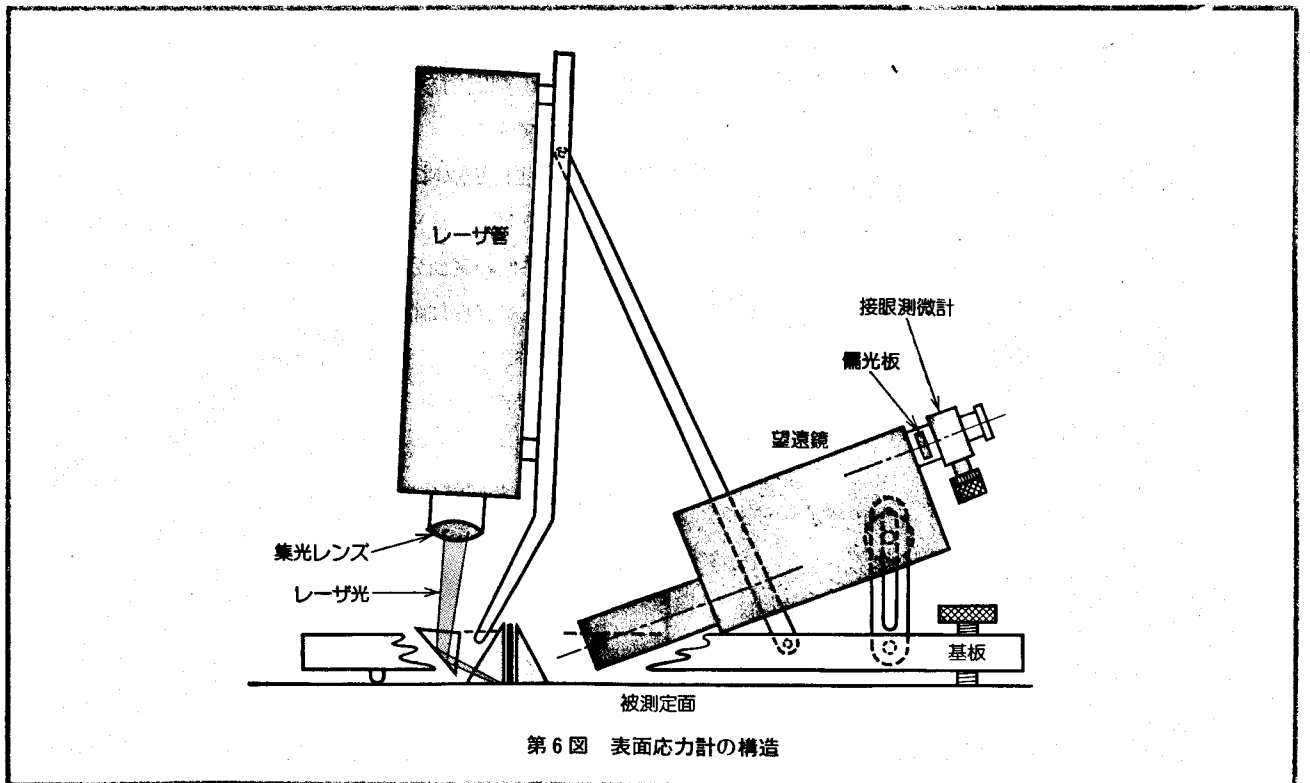
表面に応力があると、二つの光に対して  $\varphi_0$  が違うので、境界の位置も違う。偏光板を使ってこれらの境界をそれぞれ観察し、位置の差を求めると表面応力を計算することができる。

一般に表面は幾何学的な整った形をしていないし、表面層内も不均質なことがあるので、明暗の境界は鋭い線ではなく、位置の差を精密には計れない。しかし、光源のレーザー光の干渉性が良いために、視野内には干渉光斑が多数できており（第5図）、そのうちの境界に近いものを選んで目標にし、境界のかわりに使って測定精度を上げることができる。

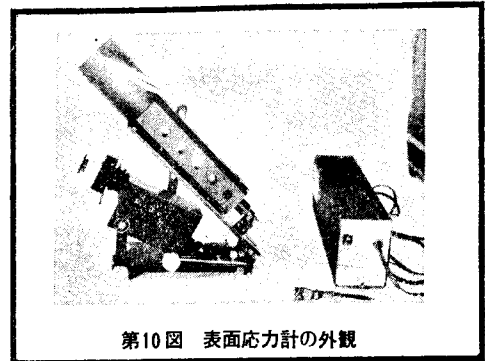
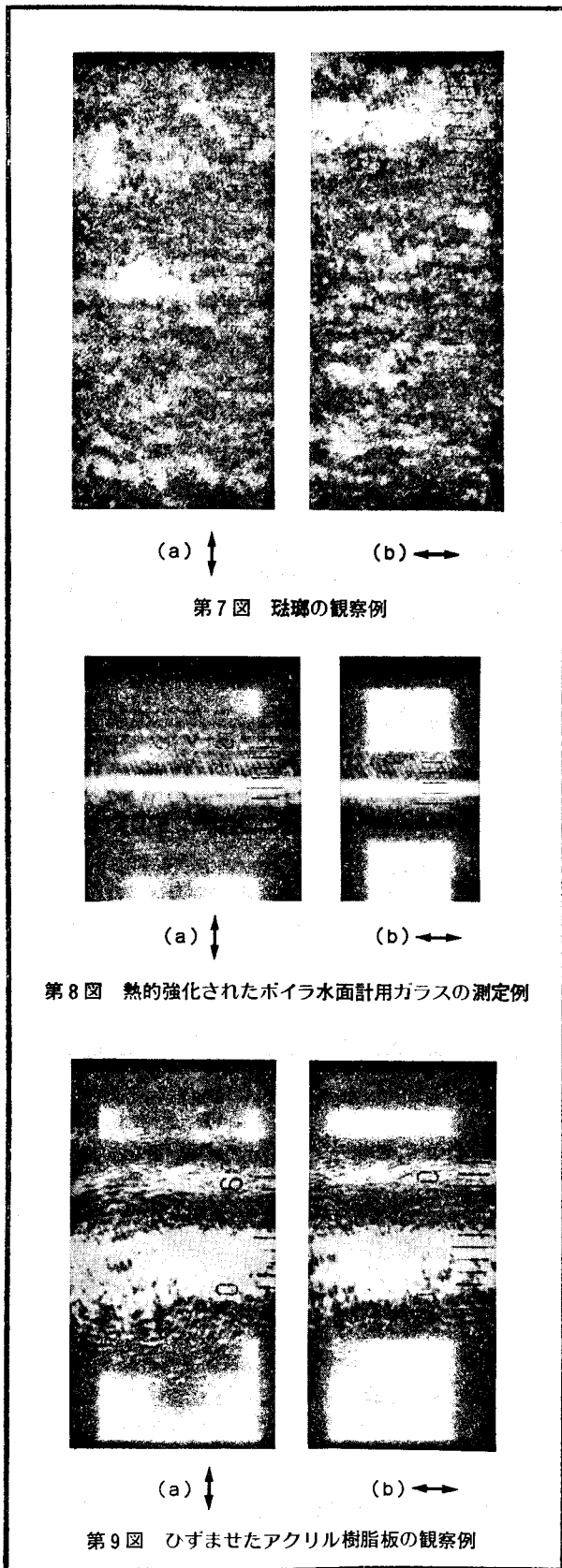


第5図 陶磁器の測定例

矢印は観察に使った直線偏光の振動方向。接眼測微計内の目盛板上の距離は、1目盛が0.1mmである。



第6図 表面応力計の構造



## 測定器

レーザー電源を別置きにし、レーザー管・入射光学系測定用プリズム系・望遠鏡からなる(第6図)。望遠鏡の接眼レンズには接眼測微計を使って、光斑の位置の差を精測することができる。入射光の入射角と望遠鏡の傾角とは、表面の屈折率に対応して調整できるような機構になっている。

## 測定・観察例

陶磁器の結果は第5図に示した。この例では、表面応力は $8 \sim 9 \text{ kg} \cdot \text{mm}^{-2}$ と推算された。

珪瑯の測定例を第7図に示す。表面応力は $9 \sim 10 \text{ kg} \cdot \text{mm}^{-2}$ である。

熱的強化ガラスは、均質性が良く表面も平面に研磨されていたため、細い線状の光斑を示し(第8図)、 $2 \sim 3 \text{ kg} \cdot \text{mm}^{-2}$ の表面応力があると推算された。

アクリル樹脂板に曲げひずみを加えて測定した例を第9図に示す。この樹脂の光弾性定数は、無機ガラス質のものとは符号が逆であるから、張力面を測定したにもかかわらず、偏光板の回転に伴う模様移動は、第5, 7, 8図のものと同じになっている。

\* \* \*

この測定器はその原理から、ある程度以上の透光性を持った表面でないと適用できないが、それでも活用の範囲は広い。従来はこのような非破壊測定器は全くなかったので、今後、有用なデータが数多く得られるものと思われる。わが国の材料工業の品質・歩留り・収益性の向上に役立てば、大変嬉しいことである。