

琉球大学学術リポジトリ

表面アラサ計の試作研究

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学教育学部 公開日: 2007-10-25 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 新里, 祐宏, Shinzato, Sukehiro メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/2130

表面アラサ計の試作研究

新 里 祐 宏

Surface Roughness Tester

Sukehiro SHINZATO

1. 緒 言

ひずみゲージは変位—電気量変換要素として圧力、荷重、トルク、加速度などの変換器として今日広く利用されている。表面アラサ測定器への応用としては、ベースなしの金属抵抗線を用いた大越・篠崎式抵抗線型表面検査機¹⁾がある。このような測定器は高価で、しかも単一の目的しかないのではなかなか購入できない。そこで、接着型ひずみゲージを用いたピックアップを製作し、それに既存のひずみ指示計と記録計を組合せることによって、表面アラサの測定が可能だと考えられる。ここではその調査結果について報告する。表面アラサの表示方法としては、その代表的なものとして Hmax 法、Hrms 法、HCLA法などがあるが、ここでは Hmax 法しか採用できない。触針としては市販のステレオ用レコード針を、ゲージには半導体ひずみゲージを用いている。

2. ピックアップの構造

2.1 原 理

図1に示すような片持りにおいて、自由端にたわみ δ を与えると (すなわち外力 P を加えると)、自由端から x なる距離にある任意の点 A には曲げモーメント (= Px) によるところの曲げ応力 σ とひずみ ϵ が生じ、次の式が導出されている²⁾。

$$\sigma = Px/Z = 6Px / \ell h^2 \quad (1)$$

ただし Z : 断面係数
 ℓ : はりの巾
 h : はりの深さ

$$\epsilon = \sigma / E = 6Px / \ell h^2 E \quad (2)$$

$$\delta = P \ell^3 / 3E I \quad (3)$$

ただし E : ヤング率
 I : 断面 = 次モーメント

(1)式を(2)式に代入すると

$$\epsilon = \frac{4 x h}{2 \ell^3} \delta \quad (4)$$

となる。また(3)式より

$$P = \frac{E \ell h^3}{4 \ell^3} \delta \quad (5)$$

となる。すなわち、 $\epsilon \propto \delta$ 、 $P \propto \delta$ の関係にある。

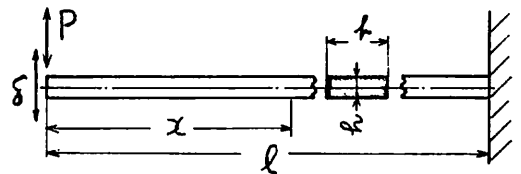


図1 片持り

いま、自由端 B に針をつけ被アラサ測定面のでこぼこに沿って上下させると、すなわち、たわみ δ を与えると針から x なる距離にある A 点では(4)式で示されるひずみを生じる。したがって、A 点にひずみゲージを接着してその点のひずみを測定することにより、針部のたわみすなわちアラサを検出することができる。外力 P はここでは測定圧となる。

さて、(4)式や(5)式が示すように、ひずみ ϵ や測定圧 P は、たわみ δ はもちろん、 x 、 h 、 ℓ 、および l の影響を受ける。ひずみはできるだけ大きく、測定圧はできるだけ小さい方が望ましいが、その要求は相矛盾するものであるから適当な値で妥協しなければならない。計算例を表1に示す。

2.2 ひずみゲージの原理および使用上の注意点³⁾

ひずみゲージには主なものとして金属抵抗線ひずみゲージと半導体ひずみゲージがある。金属抵抗線ひずみゲージは、金属抵抗線を薄い紙の間にはさんだもので、ひずみを測ろうとする物体表面にはりつけて用いる。物体がひずめば金属抵抗線もともに伸縮し、その形状変化により抵抗が変化することを利用してひずみを測定するのである。抵抗線のひずみ ($\Delta \ell / \ell$) と抵抗変化の割合 ($\Delta R / R$) の比 α ($= (\Delta R / R) / (\Delta \ell / \ell)$) をゲ

*Tech. Educ., Coll. of Educ., Univ. of the Ryukyus.

表1 計算例

h (mm)	ℓ (mm)	δ (μ)	l (mm)	x (mm)	P (g)	ε × 10 ⁻⁶
0.5	4	300	54	44	5.00	63.5
				34	5.00	49.1
			60	50	3.63	52.0
				40	3.63	41.7
			(70)	60	2.30	39.5
				(50)	(2.30)	(32.9)
			80	70	1.55	30.9
				60	1.55	26.5
			90	80	1.08	24.7
				70	1.08	21.6
			100	90	0.79	20.3
				80	0.79	18.0

※ E = 2.1 × 10⁴ kg/mm² とした。() で示す値を本報では用いた。

ージ率またはひずみ感度係数という。出力はその値に比例するので大きい方が望ましいが、アドバンス線など一般に用いられているゲージのゲージ率は2前後である。本研究において使用が検討されたが十分な出力が得られなかった。ひずみゲージの一般的な欠点として温度に敏感なことがあげられるが、アドバンス線の場合抵抗温度係数は20 × 10⁻⁶/°Cである。

ゲージ率の大きいゲージとして半導体ひずみゲージがある。その値は先のゲージの50~80倍にも達する。その原理は半導体のピエゾ抵抗効果、すなわち応力によりその比抵抗が変化する現象、による抵抗変化を利用するものである。応力による実際の抵抗変化は、この比抵抗変化と形状、すなわち長さや断面積の変化によるものとが合成される。金属物質ではニッケルを除いて、比抵抗変化による効果は形状変化による効果に比べてかなり小さい値をとる。すべての物質は程度の差こそあれ、ピエゾ抵抗効果を示すが、ゲルマニウム (Ge)、シリコン (Si)、インジウム-アンチモン (InSb) のように、この効果の大きいものが半導体ゲージとして用いられる。しかしこのゲージは抵抗温度係数が著しく大きく (700~7000 × 10⁻⁶/°C)、ひずみによる抵抗変化が非直線的であり、接着条件によりゲージ率その他の特性が変化するなど欠点も多い。また、P型とN型がありゲージ率が正と負になる。

測定回路としては、一般にホイートストンブリッジ回路が用いられるが、4個の抵抗辺のうち1辺をひずみゲージとする1枚アクティブゲージ法と、2辺に用いる2枚アクティブゲージ法、4辺に用いる4枚アクティブゲージ法などがある。2枚、4枚のゲージを用いると、出力は2倍、4倍となり、接続する辺を適当に選ぶことによって温度変化による誤差の補正、すなわち温度補償を行なうことができる。本報では、2アクティブゲージ法を採用した。接着処理も重要な問題であるがここでは割愛する。文献を参照されたい。³⁾⁴⁾

2.3 触針について

触針の先端の半径は、測定する表面アラサの程度に合わせて、表2に示すようにJISで標準値が規定されている⁵⁾。本報では、入手しやすいステレオ用レコード針 (ナガオカ120-3、サファイヤ、0.7ミリ) を使用した。先端の顕微鏡写真を図2に示す。同時に撮影された外径120μの細線と比較して、先端の半径は約15μである。上記の規格と照して、少なくとも35-S~560-Sの範囲のアラサ測定に使用できる。

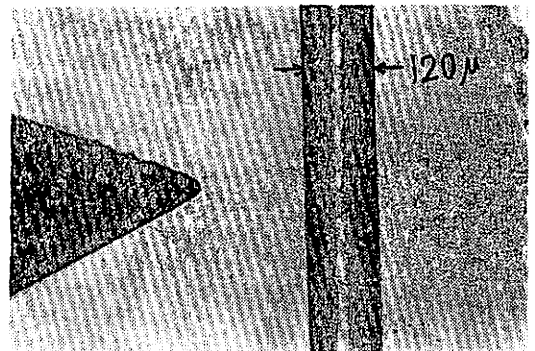


図2 触針の顕微鏡写真

表2 表面アラサと触針先端の半径

表面アラサ	JIS B 0651		
	0.1-S~ 0.8-S ▽▽▽▽	1.5-S~ 25-S ▽▽▽	35-S~ 560-S ▽
触針の先端の半径 (μ)	5	10	30

2.4 試作ピックアップの構造

図3に試作ピックアップの各部の寸法と測定系の構成を示す。

はりの材料

ステンレス鋼

半導体ひずみゲージ

製作 新興通信工業KK

型名 EN 304 (N型)
 ゲージ率 約 110
 抵抗値 350Ω
 寸法 ゲージ長 4mm
 ゲージ巾 0.2mm
 ベース長 11mm
 ベース巾 5mm

ステレオ用レコード針 (ナガオカ120-3、0.7ミ
 ル、サファイヤ)

接着剤

アロンアルファ (新興通信工業KK)

3. 送り装置の構造

試作されたあらさ計は、触針を固定して被測定物を送
 るようにしている。図4に写真を、図5にその概略図を

示す。オートマツ (機構学組立セ
 ット) を用いたので製作時間が著し
 く短縮できた。電動機には 1 r.p.m.
 の同期電動機を用い、歯車の組合せ
 によって試料載台上に 1/2、1、2、
 4 mm/min の送り速度を与えるこ
 とができる。基礎調査の結果 4 mm/
 min の速度に対して十分追従するこ
 とがわかったので、本報では 4 mm
 /min で実験を行なった。移動距離
 は最大12mmで、JIS で規定され
 ている移動距離 (表3参照) を十分
 にカバーできる。記録用の出力は、
 ウォーム歯車によって送りネジに対
 して 1/24 にその回転数が落された
 軸に取りつけたポテンショメータか
 ら、移動距離 (角度の変化) に比例
 した電圧変化として取り出された。

試料載台の案内路は、拘束に過不
 足のない論理的な案内路としてよく
 知られている構造である。材料はガ
 ラス管である。台にはバフ研磨され
 た鋼板を用いた。台の横振れは ±0.
 8μで、水平度は 1/400 であった。

4. ひずみ指示計および記録計

使用したひずみ指示計と記録計の
 仕様を記す。

ひずみ指示計 (PS7/LT型 静
 ひずみ指示計 新興
 通信工業KK)

仕様

使用ゲージ：60~1,000Ω

測定方式：ダブルブリッジ法、
 静ひずみ測定するとき
 零位法、動ひずみ測

触針

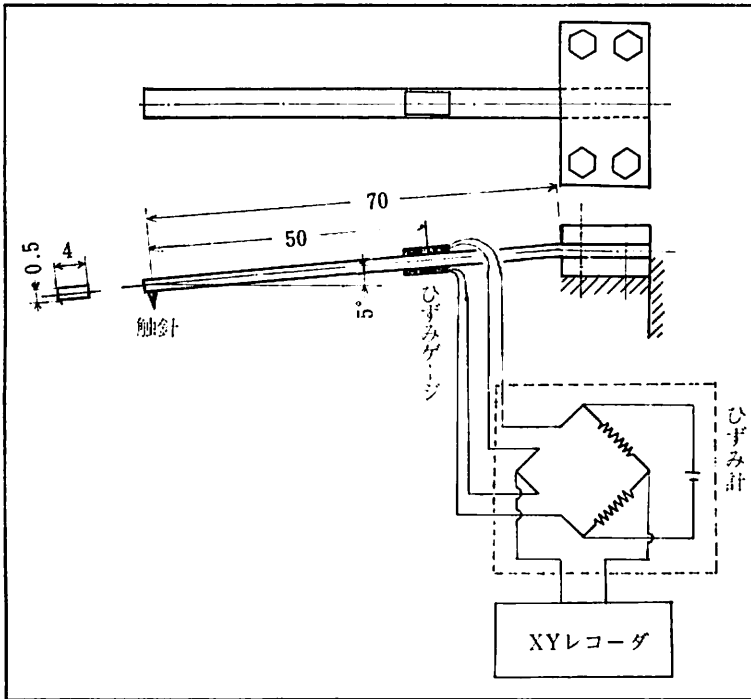


図3 ピックアップの構造と測定系

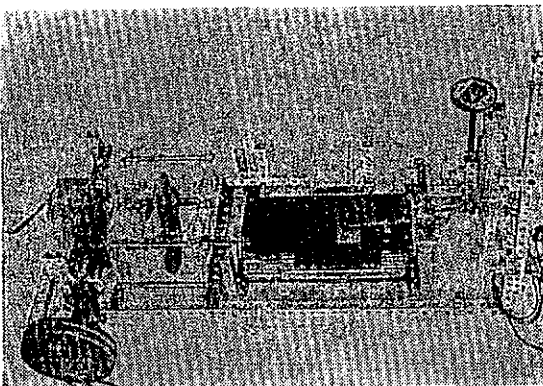


図4 送り装置の写真

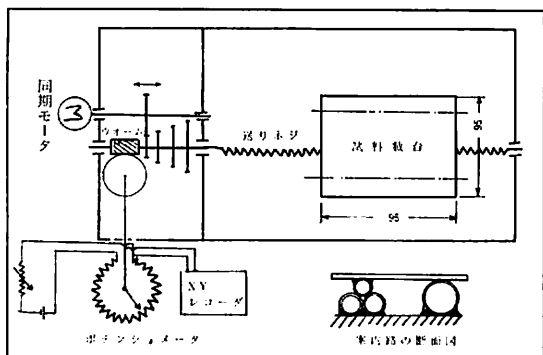


図5 送り装置の概略図

表3 触針と被測定物の相対的移動距離

表面アラサ	JIS B 0651				
	0.1-S 0.8-S	1.5-S 6-S	12-S 25-S	35-S 100-S	140-S 560-S
触針と被測定面との相対的移動距離(mm)	0.3	1	3	5	10

定のとき偏位法

測定範囲：±1～30,000×10⁻⁶ひずみ

ゲージ率設定範囲：1.80～2.20

感度調整範囲：0～最大まで連続可変

周波数特性：ハイメンピーダンス出力でDC～100Hz

電源：DC12V (UM-I A 8個)

外形：260×245×150mm 7.2kg

記録計 (XYレコーダ F-3 E型、理研電子KK)

仕様

測定電圧：X、Y、共0.5、1、5、10、50mv/cm、

0.1、0.5、1、5、10、20v/cm

記録紙寸法：JIS A-4 (180×250mm)

追従速度・Xフルスケール 0.9秒、Yフルスケール 0.6秒

入力抵抗：X、Y、共500KΩ

精度：±0.4%

電源：AC100V 50または60Hz 20W

外形：485×320×155 10kg

5. 試作あらさ計の特性

5.1 記録波形の縦倍率

マイクロメータヘッド (感度0.001mm)によって与えられたたわみ量と、記録計に記録された出力 (ペンの移動距離) との比で表わされる。ひずみ計のGain と記録計のRangeを適当に組合すことによって表4に示す倍率を得た。この縦倍率の測定方法はいうまでもなく校正の手段となる。

表4 縦倍率

XYレコーダ Range (V/cm)	0.5	1	5
ひずみ計 gain	No. 1	No. 1	No. 2
倍率	2000	1000	500

※No. 1、No. 2というのは、所定の倍率を得るために調整された、gainつまみの回転位置である。

5.2 横倍率

横倍率は被測定物載台の移動距離 (ダイヤルゲージで

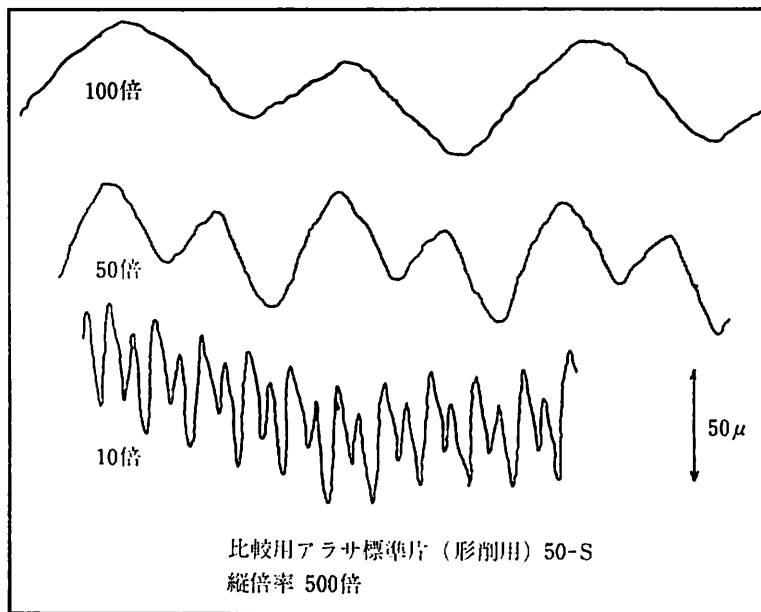


図6 種々の横倍率におけるアラサ曲線

測定) と、記録計に記録されたポテンシオメータの出力との比である。(図5参照)ポテンシオメータと直列に入っている抵抗を変化させたり、電源電圧を変えたり、記録計の Range を変えることによって連続的に種々の倍率が得られるが、本報では、記録計の Range が0.1v/cmのときに10倍になるように、あらかじめ電源電圧および抵抗を調整し、記録計の Range を50mv/cm、10mv/cmと切り換えることによって50倍、100倍の倍率が得られた。各倍率での、形削用比較用表面アラサ標準片の50-Sの部分のアラサ曲線を図6に示す。縦倍率は50倍である。

5.3 出力波形のひずみ

出力波形のひずみを検討するには、検査用アラサ標準片を用いて拡大記録図形を求めればよい。アラサ標準片の形状が正しく、表面アラサ測定機のピックアップの構造により拡大記録波形に波形ひずみが生じる場合には、送り方向と同じにしてアラサ標準片の測定方向を逆にしても同じ波形ひずみが生じる。この意味でアラサ標準片の方向を変えて測定することは波形ひずみを検討する方法である。本報では、比較アラサ標準片(形削用であるので、この目的のために十分使用できる)の100-Sの部分を用いて検討がなされたが、両測定波形には差異を認めることができなかった。すなわち波形ひずみはほとんどないことになる。

つぎに理論的に検討を加える。図7に触針の運動状態の要領を示す。たわみ量が小さいのではりは点Oを中心回転するものとする。aを触針の先端、rをOa間の距離、Oaの水平方向に対する傾き角を θ とし、触針のFを高さdh、長さlなる二等辺三角形の凸起a θ cが右方に移動したときのOaの最大回転角を $d\theta$ とすれば、触針先端aがd点に到達するためには凸起は $(l/2 + dh \tan \theta)$ だけ右方に移動せねばならないし $(l/2 - dh \tan \theta)$ だけさらに移動すれば先端は凸起の斜面をすべり落ちて最下点に到達することになる。したがって、二等辺三角形はあたかも図8のような不等辺三角形であったような結果を示すことになる。さて図7において

$$\begin{aligned} \tan d\theta &= a d / O a \\ &= (dh / \cos \theta) / r \\ &= dh / r \cdot \cos \theta \end{aligned}$$

一般に $d\theta$ は非常に小さいから $\tan d\theta \doteq d\theta$

$$\therefore \frac{r d\theta}{dh} = \frac{1}{\cos \theta} \tag{6}$$

(6)式の $r d\theta$ はピックアップ先端のたわみ量を意味するので(6)式の値は1に近いほどよいことになる。実際の

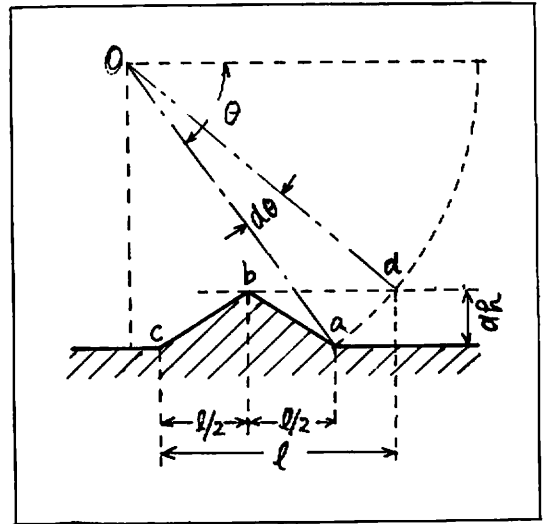


図7 触針部における触針の運動状態

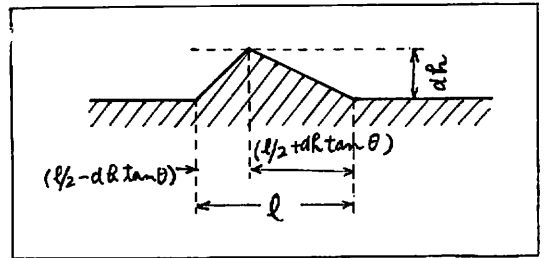


図8 記録された波形

数値を代入して計算すると

$$\begin{aligned} \text{横方向変形 } dh \tan \theta &= 0.1 \times \tan 5^\circ \\ &= 0.0087 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{縦方向変形 } r d\theta / dh &= 1 / \cos \theta \\ &= 1 / 0.99 \\ &\doteq 1 \end{aligned}$$

となる。本報では横倍率が最大100倍なので曲線の横方向変形量は最大0.87mmで、アラサ曲線にほとんどひずみを与えないことがわかる。

5.4 測定圧

測定圧は、構造上理解できるように触針部のたわみ量によって変る。検査は図9に示すように、天びん秤の一方に分銅、他方に触針部を載せてピックアップの固定端を秤が平衡するまで下げる。平衡したときの触針部のたわみ量を記録計から読みとる。分銅の重さがそのたわみ量における測定圧となる。

検査の結果

$$1 \text{ g} - 123 \mu, 2 \text{ g} - 254 \mu$$

となりほぼ比例している。これより300 μ のたわみに対する測定圧を計算すると2.4g前後となり、表1に示した理論値とのよい一致を見た。

表5に測定圧に関するJIS規格を示したが、試作ピックアップは十分に小さい測定圧をもっている。

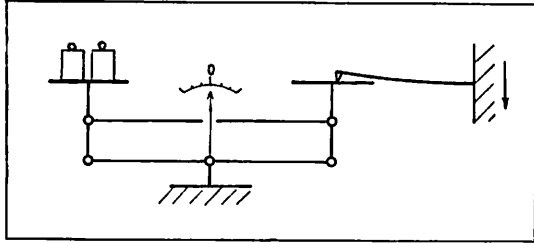


図9 測定圧試験

表5 表面アラサと測定圧

表面アラサ	JIS B 0651		
	0.1-S~ 0.8-S	1.5-S~ 25-S	35-S~ 560-S
荷重 (g)	0.5	1	10

6. 測定例

比較用アラサ標準片(形削用)のあらさ曲線を求めた。図10に示す。満足すべき結果で、十分実用に供せられるものと思われる。触針の先端の半径が大きいためにおこるところの、曲線の凹部でとがり、凸部で丸くなる波形

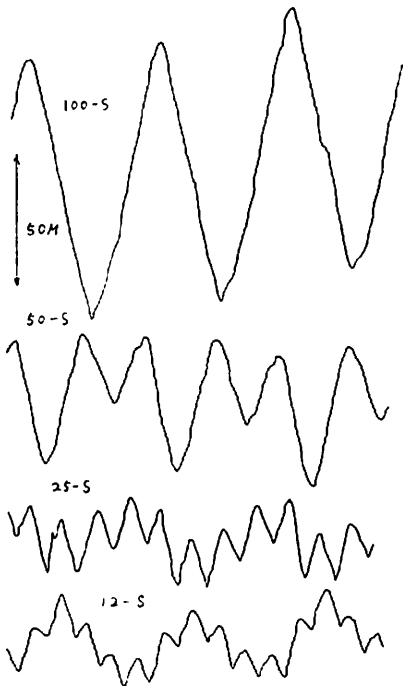


図10 測定例 (比較用アラサ標準片、形削用)

ひずみは25-S, 12-Sの場合において少し認められる

7. 結 語

半導体ひずみゲージと市販のステレオ用レコード針を用いて、片持はり型のひずみ検出器を作り、それに既存のひずみ測定器、記録計を組合せて表面アラサ計を構成させ、その実用性を調べた。その結果、レコード針の先端の半径が0.7ミル (=17.8μ) なので、小さいアラサの測定はできないが、少なくとも12-S以上のアラサについては実用に供せられることが明らかになった。

試作表面アラサ計の性能

縦倍率: 2000、1000、500 (倍)

横倍率: 10、50、100 (倍)

測定圧: $H_{max} = 100 (\mu)$ で約2.4 (g)

送り速度: 1/2、1、2、4 (mm/min)

触針先端の半径: 17.8 (μ)

アラサ測定範囲: 12-S ~ 560-S

終りにあたり、本研究を進めるにあたり、実験に協力してくれた、本学技術科学生、上地弘行、上地義次、高良幸男の三君に感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 大越 淳 表面アラサ検査法 139 (1959)
- 2) たとえば中山秀太郎 材料力学 (1972)
- 3) 渡辺 理 ひずみゲージとその応用 (1971)
- 4) 倉林 昭 抵抗線ひずみゲージの工業計測への応用 計測と制御 6 (6) 405-412 (1967)
- 5) JIS B 0651 (1955)