

#### 4 - 6 関東・東海地域における坂田式 3 成分ひずみ計及び IBOS による最近の観測結果 (2003 年 5 月から 2004 年 4 月まで)

##### Results of Continuous Observation by Sakata-type Three-Component Strainmeters and IBOSes in Kanto District (from May, 2003 to April, 2004)

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

### 1 . 観測結果の説明

前報 1)に引き続き、最近の観測結果について報告する。当研究所においては、最近、傾斜計・三成分ひずみ計のデータ収集システムに大幅な変更があった。これを機会に、従来の観測結果の発表様式を変更する。従来は、 $120^\circ$  ずつ離れた 3 方向についてのひずみで表現してきたが、これらが各隔壁断面積変化をひずみ計断面の円の面積で割った値に等しいと、誤解される場合もあった。それでこれを廃止し、最大及び最小のひずみとそれらの方位角で表わすことにする。なお、三成分ひずみ計の観測値からひずみ 3 成分を導く方法について、後半部で解説する。

第 1 図及び第 2 図は、坂田式三成分ひずみ計八郷 1 号機および 2 号機による、2003 年 5 月を含む最近 1 年間のひずみ変化を 6 か月毎に表わしたものである。第 3 図は甲府による同様のものである。図中 A1D, A2D, A3D とあるのは、第 7 図で示した三隔壁のそれぞれの断面積変化  $\Delta S_1, \Delta S_2, \Delta S_3$  を示す。また、EXD, END とあるのは、最大及び最小のひずみである  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$  を示す。方位角 は、プログラム未完成のため表示できていない。

八郷の A1D, A2D, A3D は、観測原記録からノイズを人為的に除去したものである。しかし、EXD, END の計算には、観測原記録がそのまま使用されているため、ノイズが残っている。今後プログラムを改良の予定である。八郷で例年夏季に見られる土地膨張は、あまり顕著ではない。甲府も特筆することは無い。

第 4 図、第 5 図、第 6 図は、玄倉、平塚、真鶴の IBOS による最近 1 年間の観測記録である。降雨の影響が玄倉において著しいのは、いつものことである。ただし、11 月下旬の降雨の影響が、ひずみ、傾斜ともに 4 か月ほど延々と続いているように見え、興味深い。平塚の傾斜は、雨量が大きいときのみ、変動するようである。真鶴のひずみ計に見えていた定常クリープによる収縮は、さらに小さくなってきている。

### 2 . 坂田式三成分ひずみ計の観測結果からひずみ三成分を求める方法

第 7 図及び写真 1 は岩体中にモルタルで埋設されている坂田式 3 成分ひずみ計の地中部の断面を示す。いま、この岩体に働く応力場が変化し、新たに主応力  $\sigma_1, \sigma_2$  が加わったとすると、それに対応した各隔壁の断面積変化  $\Delta S_1, \Delta S_2, \Delta S_3$  が観測量として得られる。これらは相互に独立な量であり、以下の連立方程式を構成する。すなわち、

$$\Delta S_1 = A(\sigma_1 + \sigma_2) + B(\sigma_1 - \sigma_2) \cos 2\alpha \quad (1-1)$$

$$\Delta S_2 = A(\sigma_1 + \sigma_2) + B(\sigma_1 - \sigma_2) \cos 2(\alpha + 120^\circ) \quad (1-2)$$

$$\Delta S_3 = A(\sigma_1 + \sigma_2) + B(\sigma_1 - \sigma_2)\cos 2(\alpha - 120^\circ) \quad (1-3)$$

である。ここで  $\alpha$  は、第1隔室の中心線から測った最大主応力  $\sigma_1$  の方位であり、時計回りを正としている。また、その絶対値は  $90^\circ$  を超えないとする。筆者の以前の論文 2),3),4)では、第1隔壁（第1隔室と第3隔室の境界）に対する  $\sigma_1$  の方位として、反時計回りの角  $\beta$  が使用されているが、 $\beta$  と  $\alpha$  の関係は、 $\alpha = 60^\circ - \beta$  である。また  $A, B$  は、三つの物質の弾性定数と幾何学的形状を基に、数値計算で求められる定数である。

この連立方程式(1-1), (1-2), (1-3)を解くことにより、主応力の値、及び方位が下記のように得られる。

$$\sigma_1 + \sigma_2 = \frac{(\Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3)}{3A} \quad (2)$$

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \frac{\sqrt{2}\sqrt{(\Delta S_1 - \Delta S_2)^2 + (\Delta S_2 - \Delta S_3)^2 + (\Delta S_3 - \Delta S_1)^2}}{3B} \quad (3)$$

$$\tan 2\alpha = \frac{\sqrt{3}(\Delta S_2 - \Delta S_3)}{(2\Delta S_1 - \Delta S_2 - \Delta S_3)} \quad (4)$$

上式(4)を満たす  $\alpha$  は通常二つあるが、先の条件  $|\alpha| \leq 90^\circ$  があるので、一つの値が決まる。ここで応力状態は、 $z$  方向（鉛直方向）の変位が拘束された平面ひずみ状態にあると仮定する。岩体のヤング率を  $E_3$ 、ポアソン比を  $\nu_3$  とすると、主応力の主ひずみへの変換公式は

$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = \frac{(1 + \nu_3)(1 - 2\nu_3)}{E_3}(\sigma_1 + \sigma_2) \quad (5)$$

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = \frac{(1 - \nu_3)}{E_3}(\sigma_1 - \sigma_2) \quad (6)$$

であるから、(2)を(5)に、(3)を(6)に入れると以下の式が得られる。

$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = \frac{(\Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3)}{3A'} \quad (7)$$

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = \frac{\sqrt{2}\sqrt{(\Delta S_1 - \Delta S_2)^2 + (\Delta S_2 - \Delta S_3)^2 + (\Delta S_3 - \Delta S_1)^2}}{3B'} \quad (8)$$

$$\text{ただし、 } A' = A \frac{E_3}{(1 + \nu_3)(1 - 2\nu_3)}, \quad B' = B \frac{E_3}{(1 - \nu_3)}$$

ここで、 $A', B'$  は面積の次元を有している。式(7)の  $(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)$  は面積ひずみを表わし、式(8)の  $(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)$  は最大せん断ひずみを表わしている。これらの値から  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$  は容易に知ることができる。最大ひずみ  $\varepsilon_1$  の方位は最大応力  $\sigma_1$  の方位とおなじであるから、式(4)はそのままである。第1表に各観測点で現在使用している  $A', B'$  の暫定値をまとめた。今後より精緻な計算がなされれば、変わる可能性がある。

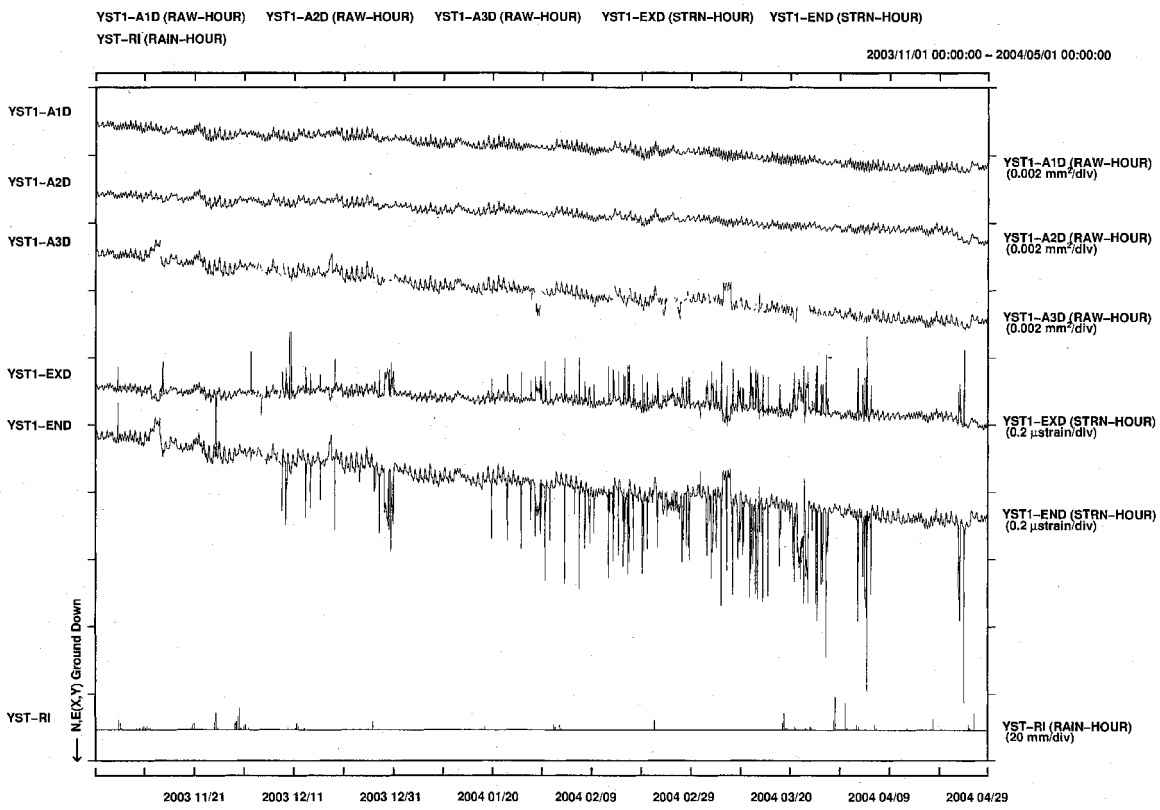
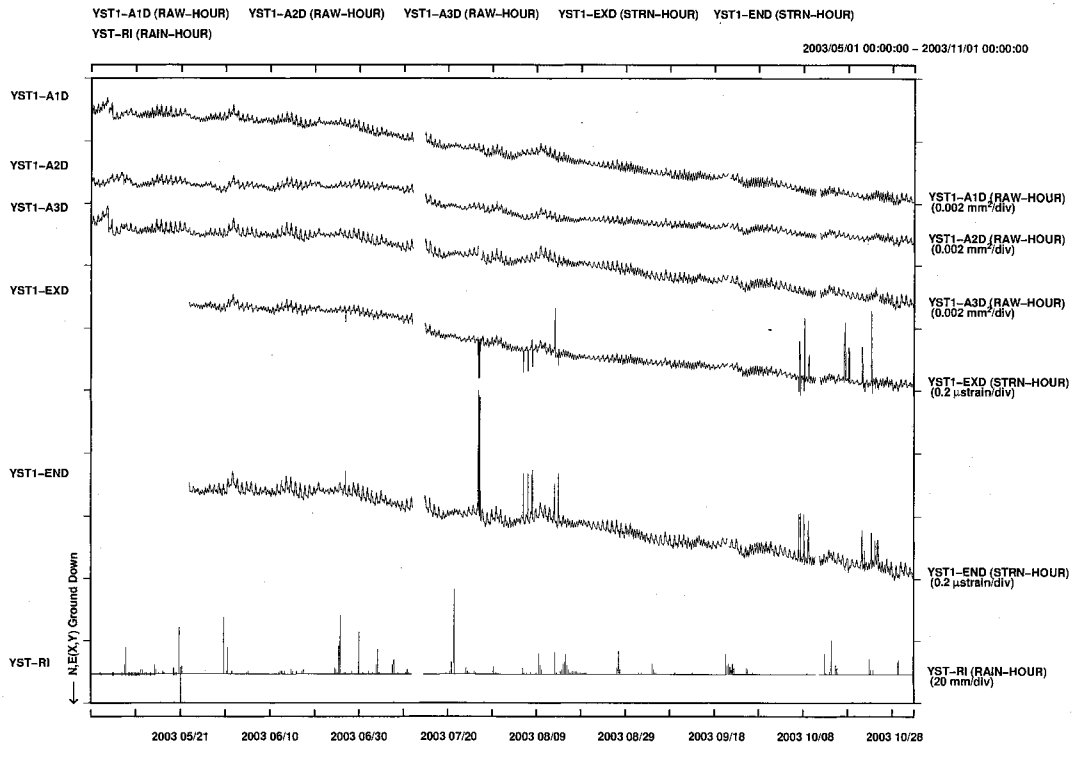
(坂田正治)

#### 参 考 文 献

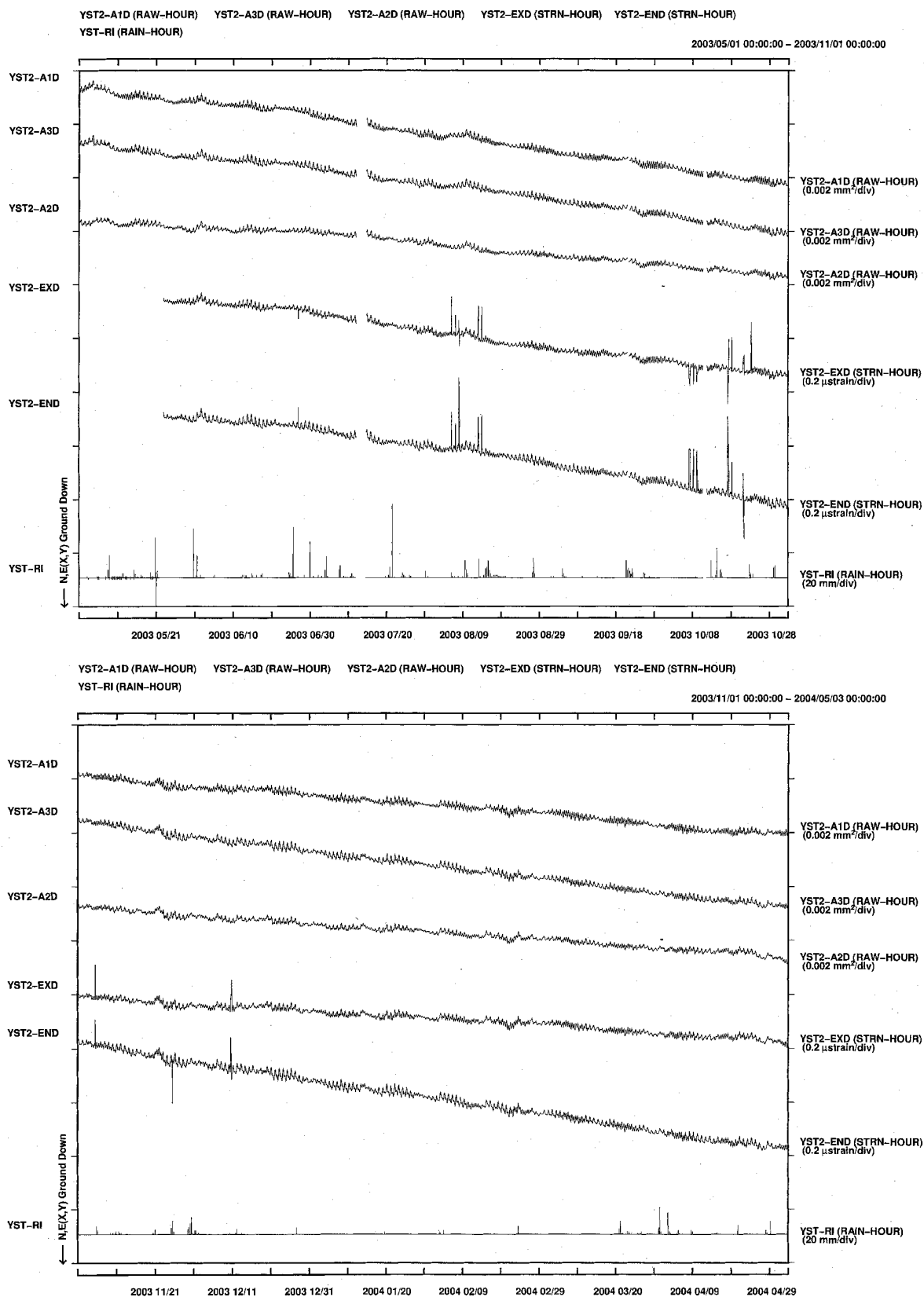
- 1) 防災科学技術研究所：関東・東海地域における三成分ひずみ計及び IBOS による最近の観測結果 (2002年5月から2003年4月まで), 連絡会報, **70** (2003), 132-138.
- 2) 坂田正治：新しく考案したボアホール式3成分ひずみ計, 国立防災科学技術センター研究報告, **25** (1981), 95-126.
- 3) 坂田正治：ボアホール式計器による地殻変動連続観測, 測地学会誌, **31** (1985), 34-45.
- 4) Sakata S. and H. Sato：Borehole-Type Tiltmeter and Three-Component Strainmeter, J. Phys. Earth, **34** (1986), Suppl., S129-140.

第1表 各観測点の  $A', B'$  の暫定値

	$A'$ [cm <sup>2</sup> ]	$B'$ [cm <sup>2</sup> ]
八郷1号	42	34
八郷2号	45	35
甲 府	38	39
玄 倉	36	37
平 塚	29	31
真 鶴	32	34

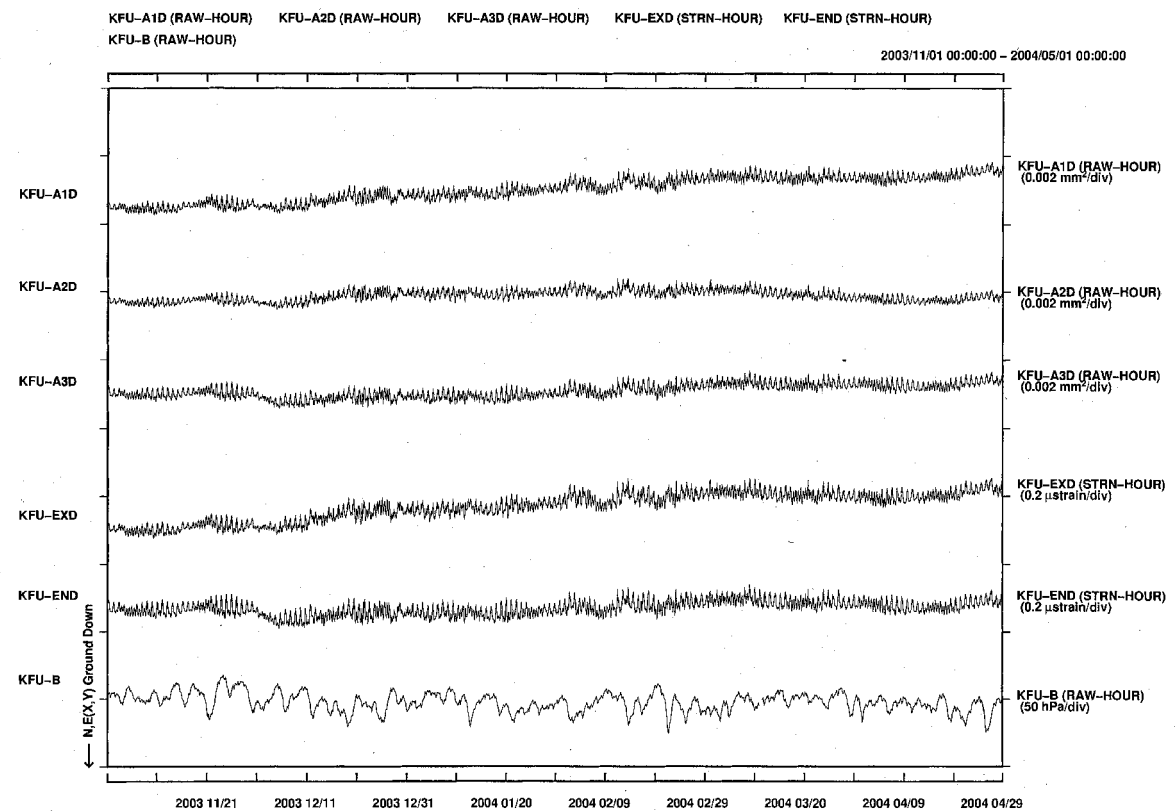
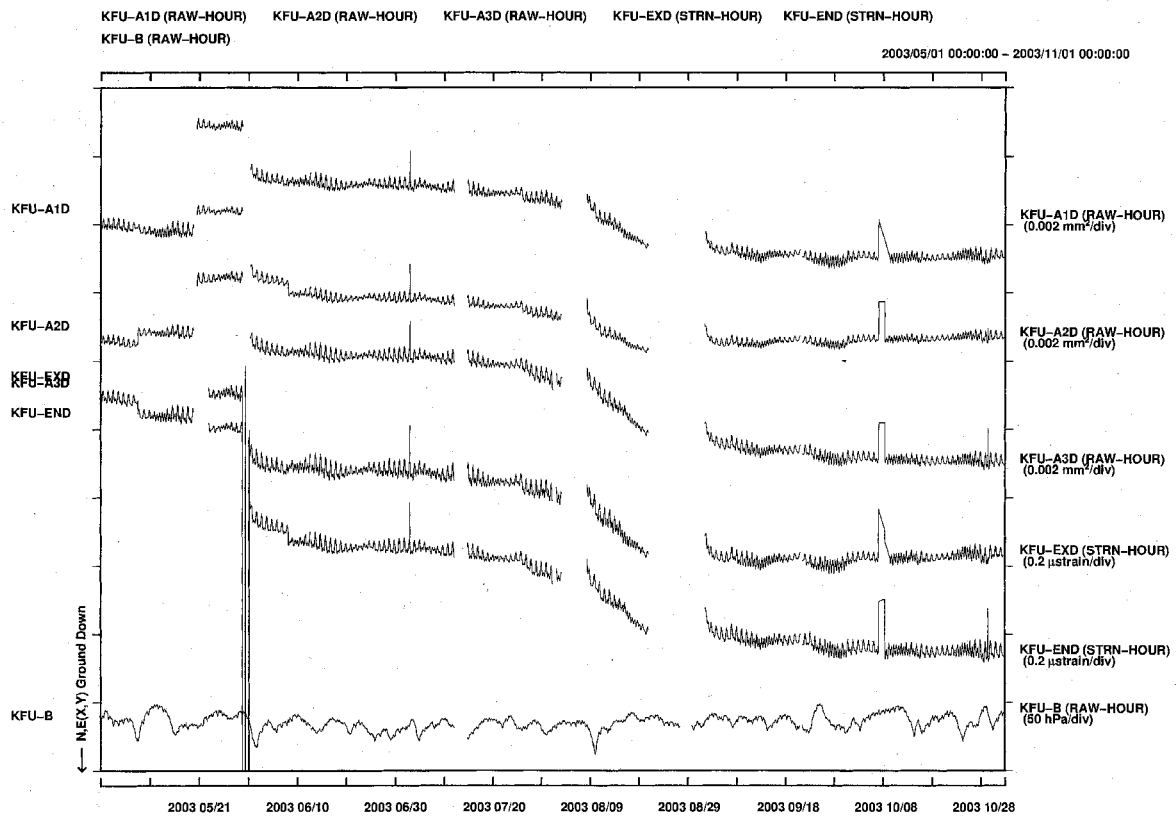


第 1 図 八郷の坂田式三成分ひずみ計 1 号機による連続観測結果(2003 年 5 月 ~ 2004 年 4 月)  
 Fig.1 Record of continuous observation by No1 Sakata-type three-component strainmeter at Yasato,  
 A1D, A2D, A3D : section area changes of three chambers, EXD : maximum strain, END :  
 minimum strain, R : precipitation.



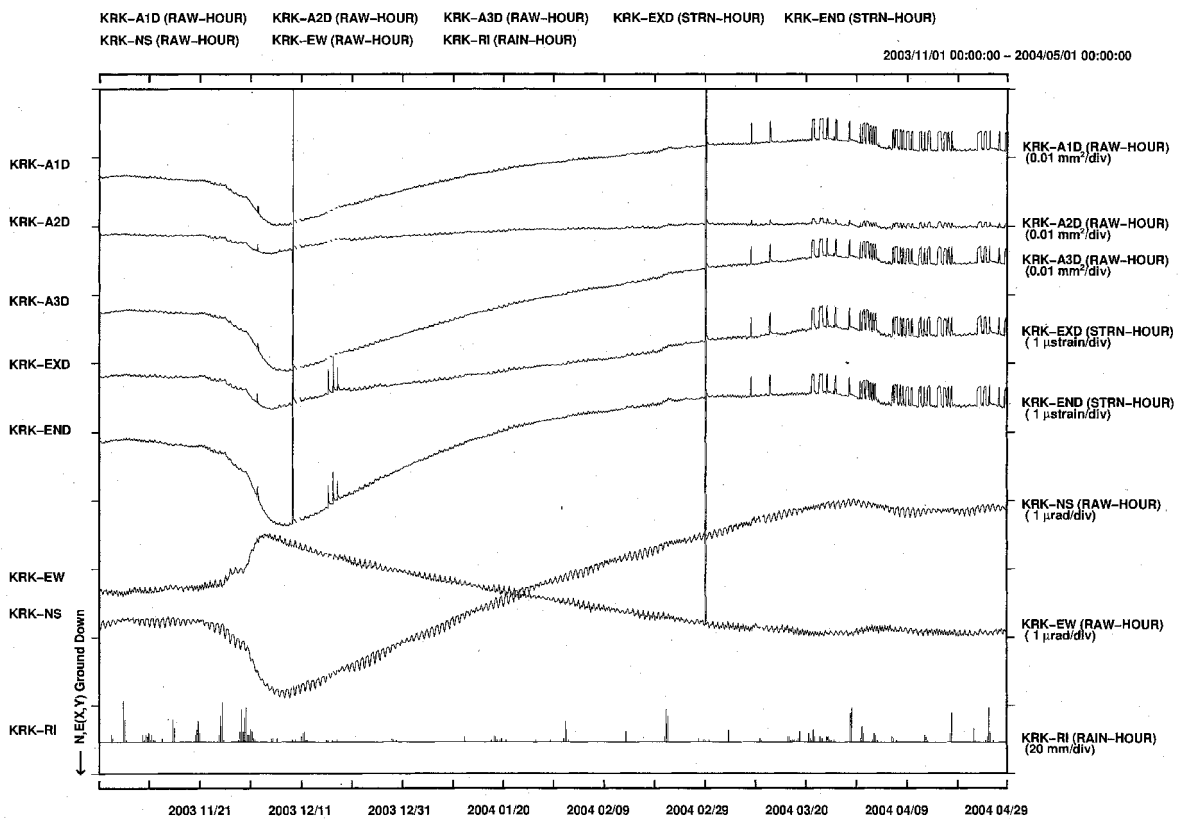
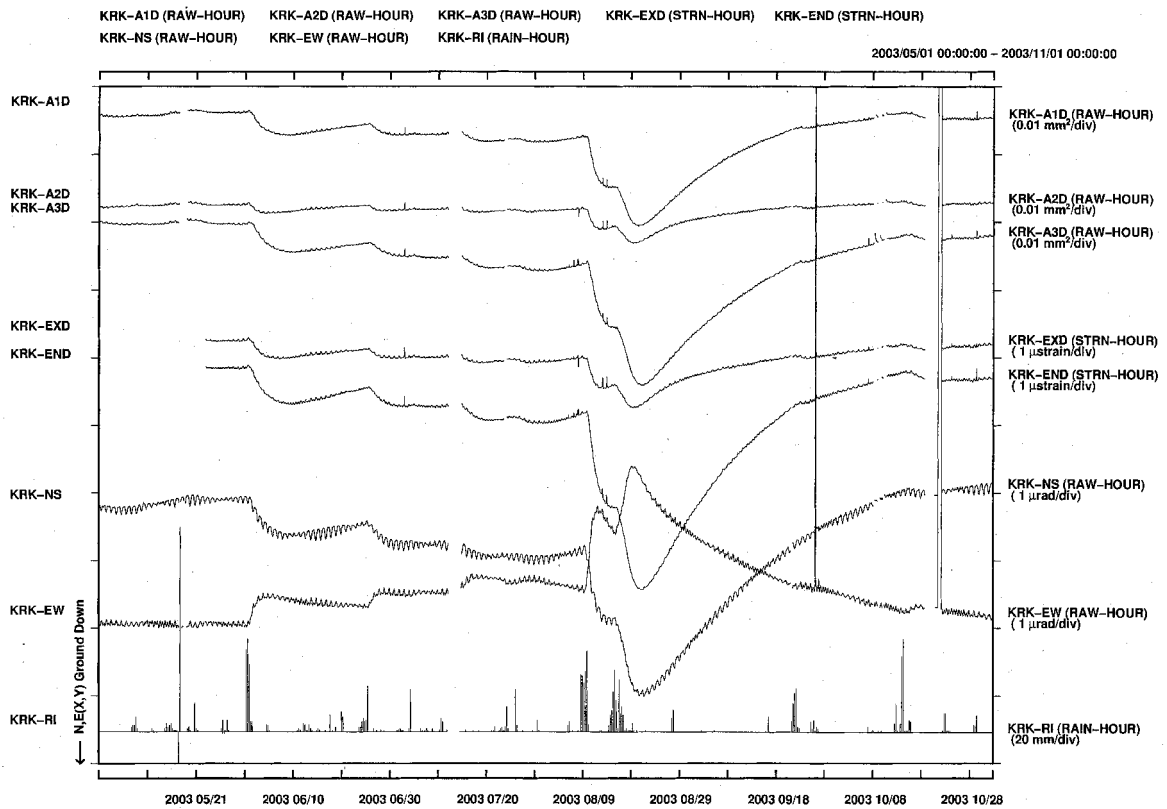
第 2 図 八郷の坂田式三成分ひずみ計 2 号機による連続観測結果 (2003 年 5 月 ~ 2004 年 4 月)

Fig.2 Record of continuous observation by No2 Sakata-type three-component strainmeter at Yasato.



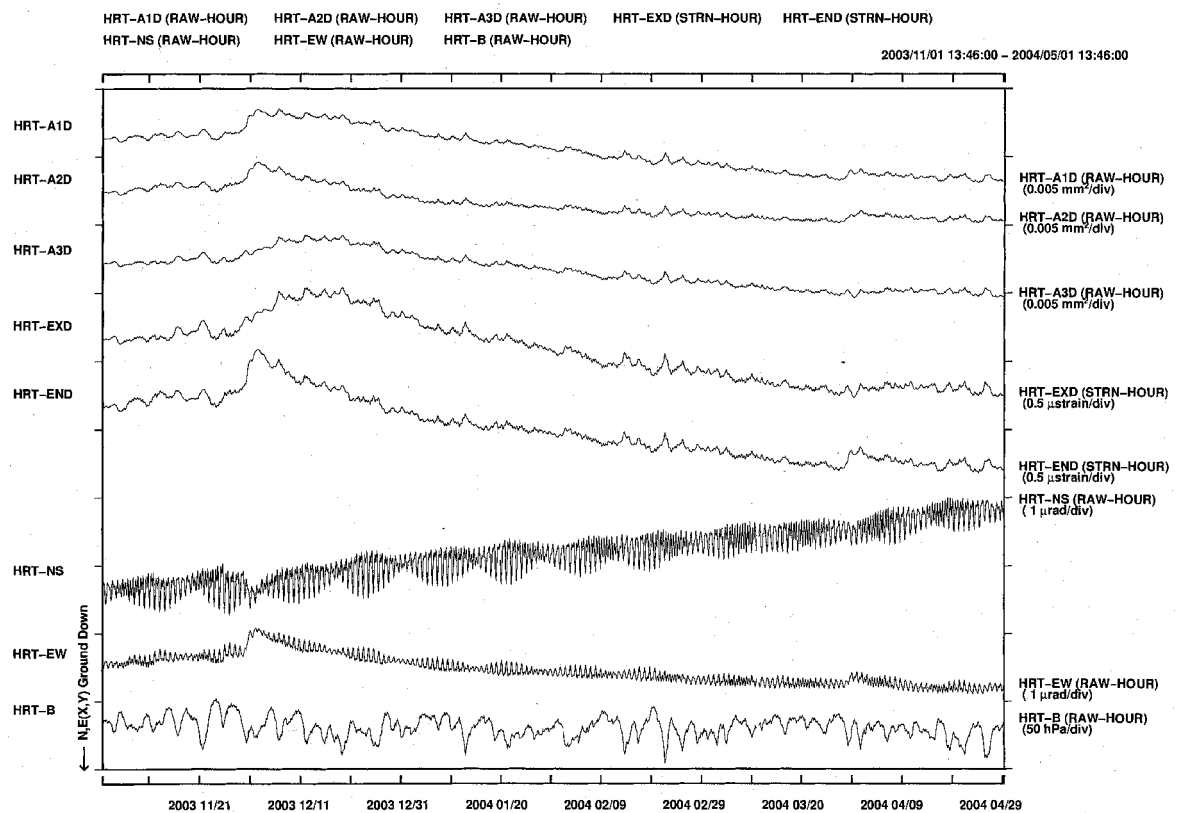
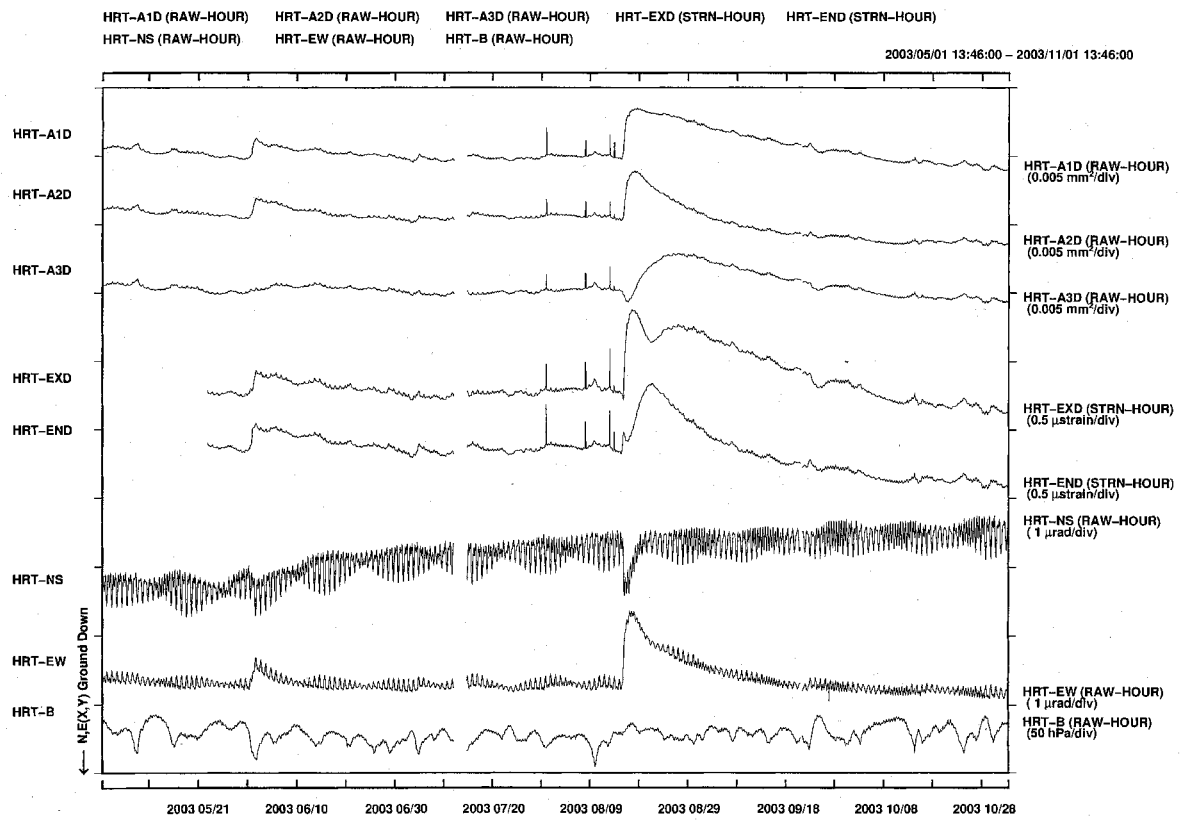
第 3 図 甲府の坂田式三成分ひずみ計による連続観測結果(2003年5月 ~ 2004年4月)

Fig.3 Record of continuous observation by the Sakata-type three-component strainmeter at Kofu, B : atmospheric pressure.



第4図 玄倉のIBOSによる連続観測結果(2003年5月~2004年4月)

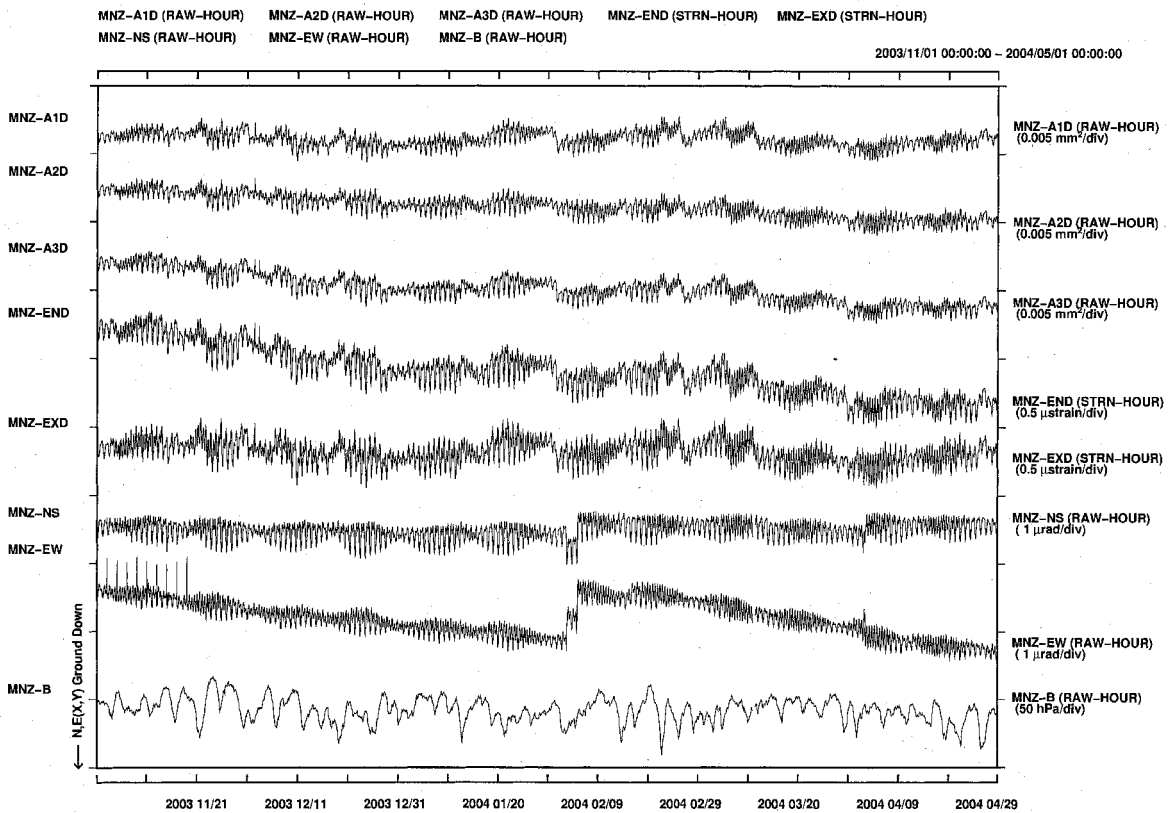
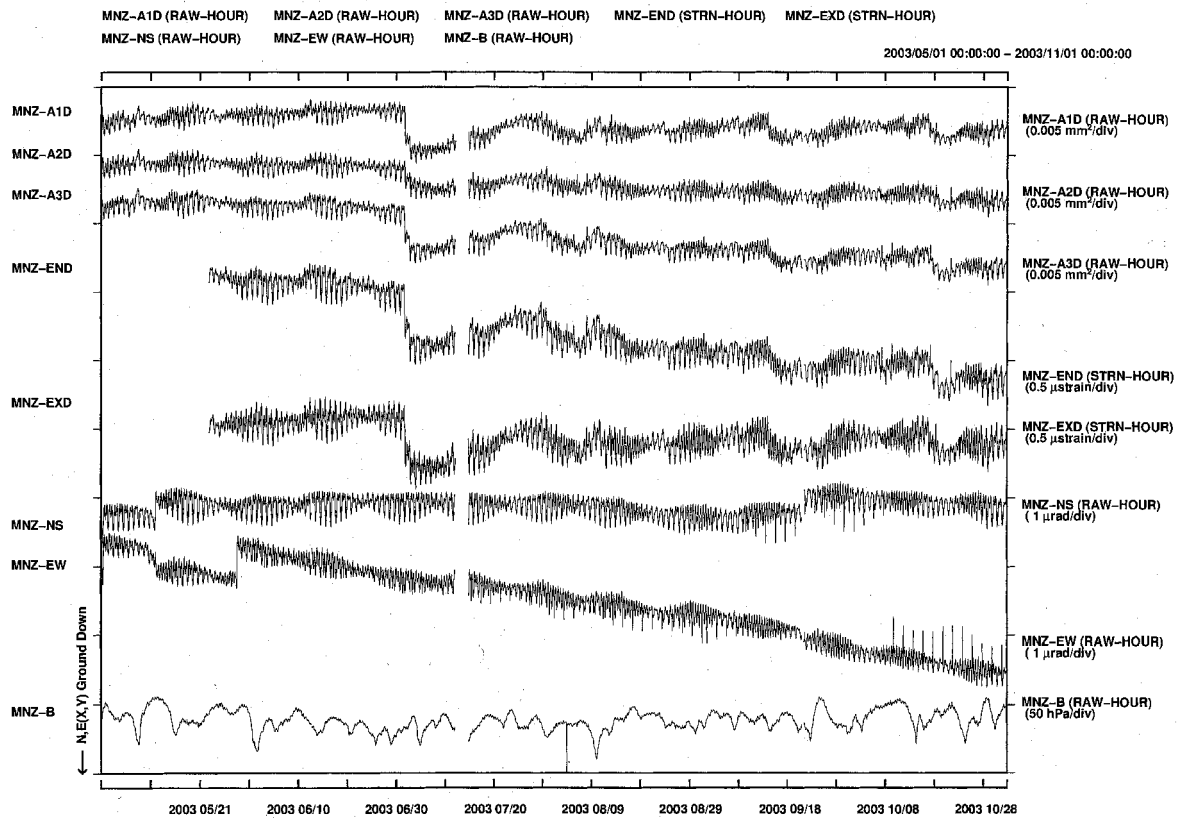
Fig.4 Record of continuous observation by IBOS at Kurokura, NS, EW : tilt components.



第5図 平塚のIBOSによる連続観測結果(2003年5月~2004年4月)

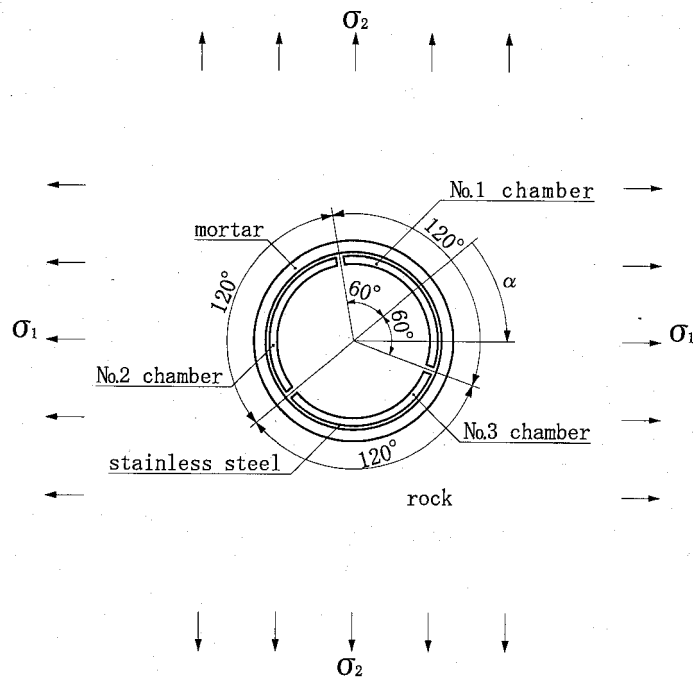
Fig.5 Record of continuous observation by IBOS at Hiratsuka.





第6図 真鶴のIBOSによる連続観測結果(2003年5月~2004年4月)

Fig.6 Record of continuous observation by IBOS at Manazuru.



第7図 遠方で主応力  $\sigma_1, \sigma_2$  を受ける弾性体の中に埋設された、坂田式三成分ひずみ計の地中部断面

Fig.7 Section of the sensing part of the Sakata-type three-component strainmeter in a rock mass subjected to principal stresses  $\sigma_1, \sigma_2$  at infinity.

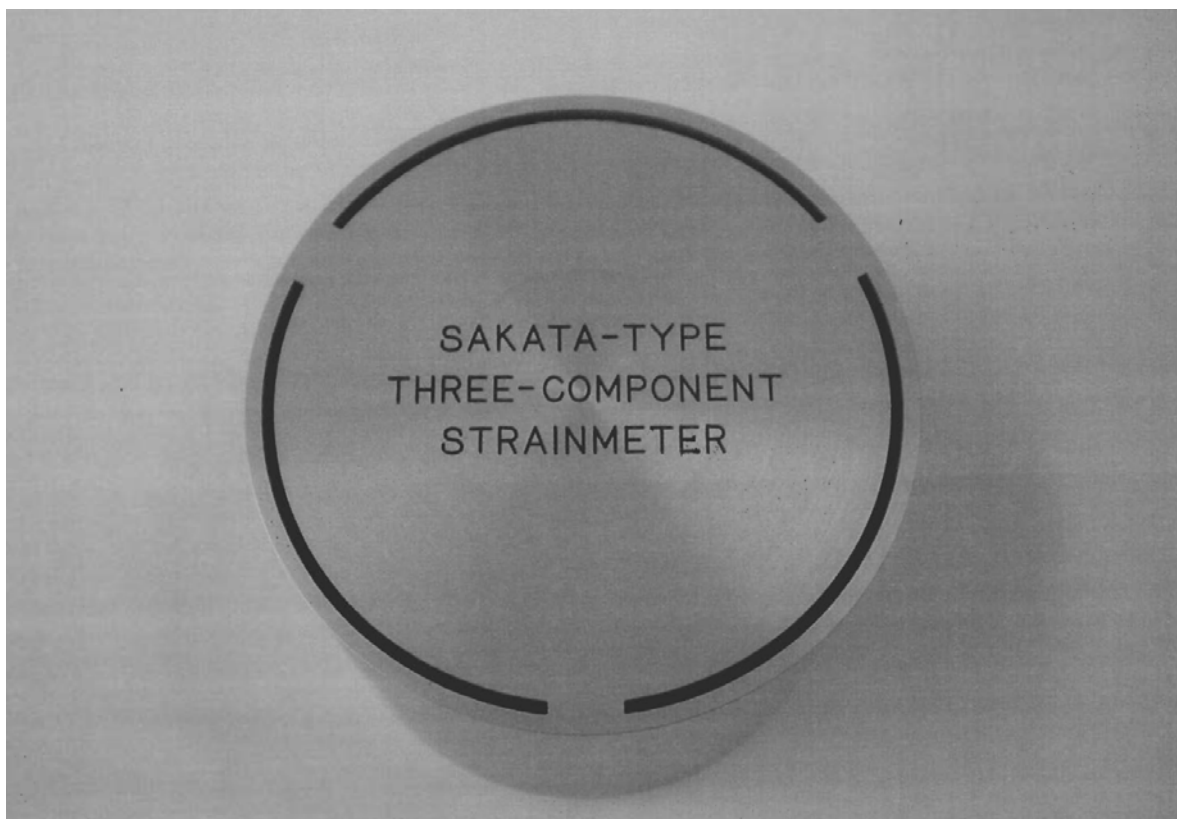


写真1 坂田式三成分ひずみ計地中部のカットモデル ( 外径 114mm )

Photo.1 Cut model of the Sakata-type three-component strainmeter.