

和歌山市大浦観測室における地殻変動連続観測と 和歌山市基線網における光波測量

古澤 保・竹本 修三・尾上 謙介
大谷 文夫・山田 勝

OBSERVATION OF CRUSTAL DEFORMATION AT OURA OBSERVATORY AND ELECTRO-OPTICAL DISTANCE MEASUREMENT IN WAKAYAMA BASE-LINES

By *Tamotsu FURUZAWA, Shuzo TAKEMOTO, Kensuke ONOUE,*
Fumio OHYA and Masaru YAMADA

Synopsis

The results of observations of ground-strain and -tilt at Oura observatory since 1972, carried out by the super-invar bar extensometers of bow-string type and the tiltmeters of horizontal pendulum type, are firstly reported. Next, results of distance measurements of three base-lines in the Wakayama district, made with the geodimeters of model-6 and -600, are reported.

In 1972, many noticeable shocks ranging in magnitude from 3.0 to 4.5 were occurred at the lineament along the Hanayama-Oura line. The trends of strain accumulation obtained from data of electro-optical distance measurements for the period from 1978 to 1985 were significantly different from those obtained for the period from 1969 to 1975. These strain changes may be related to the seismic activity in this region.

1. は じ め に

和歌山市及びその周辺は局所的な地震活動の活発な地域として古くから注目されている。これ等の地震活動の時間的变化と地殻変動との関係を調べる目的で、和歌山市西浜大浦町の大浦地殻変動観測室（34° 11.3' N, 135° 09.5' E）において傾斜計・伸縮計による地殻変動観測が1960年3月に開始され（西村・他¹⁾）、現在も観測が続けられている。また、1969年には光波測量用の3基線が和歌山市内に設定され、それ以後はほぼ1～2年間隔でジオジメーターによる基線長測量が実施されている（高田・他²⁾、古沢・他³⁾）。

大浦観測室における1972年までの観測結果は田中⁴⁾によって既に報告されているので、今回はそれ以後の同観測室における観測結果と当該地域で行われている光波測量の結果について報告し、さらに同地域で国土地理院により行われている水準測量の結果も参考にしながら、短スパンの傾斜計・伸縮計による観測結果と長スパンの測地測量の結果との関係を調べた。さらにこれ等の観測、測量から得られた歪変化と地震活動との関連性について検討した。

2. 大浦観測室における観測結果

大浦観測室は Fig. 1（上側）に（+）印で示すように和歌山市の西南部に位置し、高津子山の山腹の結晶片岩、千枚岩等より成る変成岩中に掘られた横坑（海抜約 50 m）を使用している。坑道内の計器配置を Fig. 1（下側）に、また計器感度等の定数を Table 1 に示してある。同観測室では現在2成分の Bow-string 型スーパーインヴァー棒伸縮計及び2成分の水平振子型傾斜計を用いて光学記録方式による連続観測を行っている。

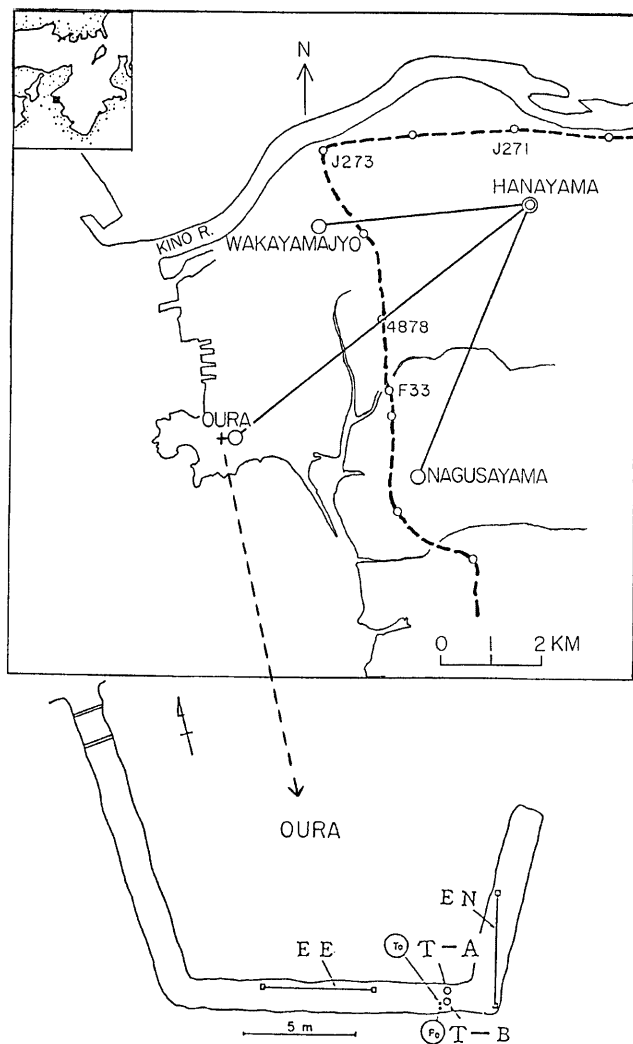


Fig. 1 Locations of Oura observatory (+), Wakayama base-lines of electro-optical distance measurement and leveling route (G.S.I.) in Wakayama city (upper) and arrangement of instruments in the gallery of Oura observatory (lower)

Table 1 List of observing instruments

Observing instrument	Mark	Azimuth	Span or Period	Sensitivity
Super-invar bar extensometer of bow-string type	EE	N69°W	5.00m	$1.47 \times 10^{-8}/\text{mm}$
	EN	N18°E	5.00m	$1.95 \times 10^{-8}/\text{mm}$
Tiltmeter of horizontal pednulum type	T-A	E18°S	15.56 ^{sec}	$5.4 \times 10^{-2''}/\text{mm}$
	T-B	S18°W	15.74 ^{sec}	$5.2 \times 10^{-2''}/\text{mm}$

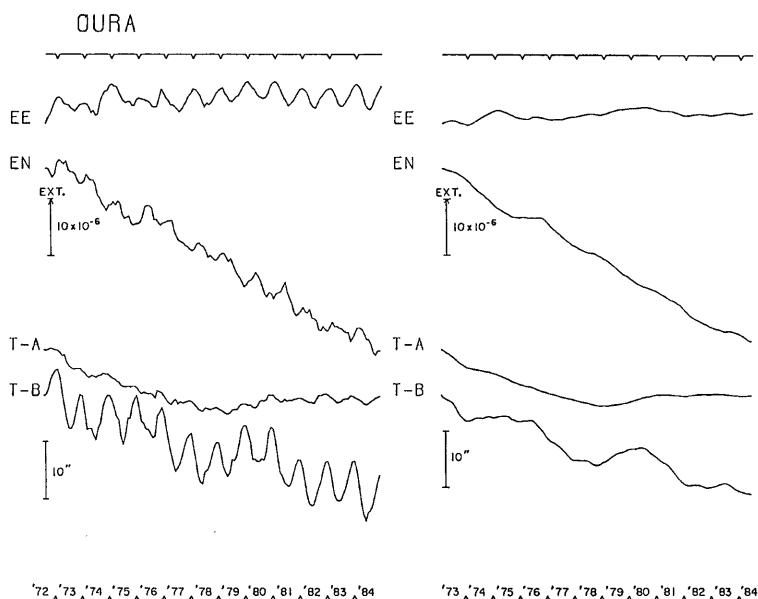


Fig. 2 Monthly plots of ground-strains and -tilts observed with extensometers and tiltmeters, respectively, at Oura observatory (left) and 13 months moving averages (right).

1972年8月から1984年12月までの13年間の記録から、1カ月毎の読取値をプロットしたものを **Fig. 2** (左側) に、それ等の13カ月移動平均をとったものを同図 (右側) に示してある。図から明らかなように、伸縮計、傾斜計共に大きな年周変化を示し、特に傾斜計の T-B 成分には10秒近い年周変化が見られる。これは観測坑道が浅く、地表からの深さが 5m 程度しかないと気象的擾乱によるものと考えられる。年周変化を取り除いた secular 変化は伸縮計については EE 成分 (N 69°W) が $0.2 \times 10^{-6}/\text{年}$ の“伸び”、EN 成分 (N 18°E) が $2.6 \times 10^{-6}/\text{年}$ の“縮み”を示し、傾斜計では T-A 成分が $0.6 \text{秒}/\text{年}$ 、T-B 成分が $1.4 \text{秒}/\text{年}$ の割合でそれぞれ W 18°N、N 18°E 方向下りの傾斜を示している。

3. 和歌山市基線網における光波測量

和歌山市で実施している光波測量の基線網は **Fig. 1** (上図) に ⊙—○ で示されている。図で⊙印の

“花山”がジオジメーター用基点、○印の“和歌山城”、“大浦”、“名草山”が反射鏡用の基点である。**Table 2** に3つの基線についての1969年から1985年までの測定結果を示してあるが、1969年から1981年まではジオジメーター6型(器番 No. 6618)、それ以後はジオジメーター600型(器番 No. 64062)を使用して得られた結果である。1981年の測定の際には新旧2台のジオジメーターを用いて比較観測を行ったが、両者による差は3測線共に8mm以内におさまっていた。それ故、計器の違いによる測定結果の補正は行っていない。

Table 2 Summary of electro-optical distance measurements in Wakayama base-lines from 1969 to 1985

No.	Base Line		Nagayama	Wakayama-jyo	Oura
	Date				
1	Mar. 9-10, 1969		5542m.782±3mm	3869m.645±1mm	7014m.066±2mm
2	Mar. 12-13, 1970		.792±8	.652±4	.066±3
3	Mar. 18-19, 1971		.778±4	.661±3	.073±5
4	Mar. 9-10, 1972		.782±2	.658±1	.079±2
5	Mar. 8- 9, 1974		.777±4	.663±2	
	Apr. 4, 1974				.047±3
6	Mar. 7, 1975		.765±3	.668±2	.043±2
7	Feb. 19-20, 1978			.627±2	.008±2
8	Apr. 4- 5, 1978		.754±4	.635±2	7013.988±2
9	Feb. 27-29, 1979		.750±1	.637±3	7014.027±2
10	Feb. 25-27, 1981		.777±2	.642±1	.059±5
11	Feb. 24-26, 1981		.785±4	.640±3	.051±3
12	Mar. 8- 9, 1982		.784±2	.659±2	.054±2
13	Mar. 1- 3, 1983		.782±2	.637±1	.067±1
14	Feb. 28-29, 1984		.781±3	.637±3	.057±4
15	Feb. 26-27, 1985		.795±1	.640±1	.060±1

No. 1-10 Geodimeter Model 6

No. 11-15 Geodimeter Model 600

和歌山市基線網における光波測量は、通常2月末から4月初旬までの季節に1～2年の間隔で繰り返しているが、1975年から1978年にかけては3年間の空白がある。この間に和歌山城基線は約4cmにも達する大きな“縮み”の変化を示した。他の大浦、名草山基線についてもこの前後で傾向が変わっているように見える。しかし、最近の測定値は3基線共に1969、1970年頃の測定開始当初の値にほぼ戻っている。

次にこの光波測量の結果を、大浦観測室の伸縮計による連続観測の結果と比較した。さらに国土地理院によって実施されている和歌山地域の水準測量の結果と大浦観測室の傾斜計による連続観測の結果との比較も行った。

4. 地殻変動連続観測と測地測量との比較

Fig. 3 は1969年から1985年までの和歌山市基線網における光波測量から求めた各基線についての歪変化と大浦観測室における伸縮計で得られた1972年から1984年までの歪変化とを比較したものである。

先に述べたように光波測量は1975年から1978年にかけて測定間隔が3年間空いているが、この前後で歪変

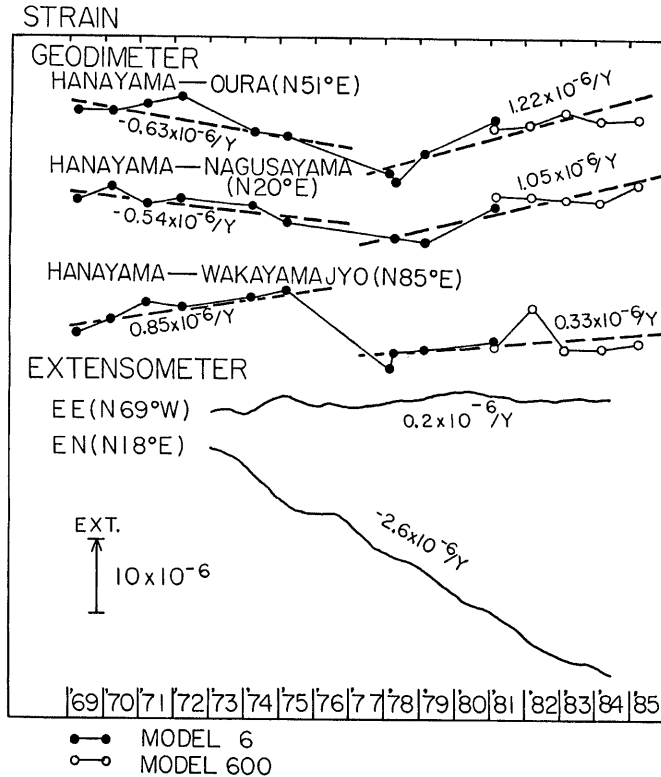


Fig. 3 Ground-strains obtained from electro-optical distance measurements in Wakayama base-lines and from extensometers at Oura observatory

化の傾向が変っているように見える。最小自乗法により年平均歪変化を求めると1969～1975年の期間では大浦，名草山基線が“縮み”，和歌山城基線が“伸び”で，それぞれ -0.63 ， -0.54 ， 0.85×10^{-6} /年の値を示している。これに対して1978～1985年の期間では3基線共に“伸び”であり，それぞれ 1.22 ， 1.05 ， 0.33×10^{-6} /年であった。一方，大浦観測室の伸縮計記録にはこのような明瞭な変換点は認められず，全期間を通してEE成分がわずかな“伸び”(0.2×10^{-6} /年)，EN成分が“縮み”(-2.6×10^{-6} /年)を示している。以上のように現在までの観測結果では数mのスパンの伸縮計観測と数kmのスパンの光波測量とに共通する顕著な歪変化は認められなかった。

次に大浦観測室の傾斜計によって得られた観測結果を水準測量の結果と比較した。和歌山市内を通る国土地理院の水準路線はFig. 1に示してあるが，この路線についての水準測量の結果は地震予知連絡会会報^{5,6,7)}に報告されている。これ等の報告の中からはほぼ東西方向に並んでいるJ271とJ273水準点についての結果を用いてJ271に対するJ273の相対的な上下変動を求め，2点間の距離で割ることにより東西方向の傾斜変化を求めた。同様にほぼ南北に並んでいる4878とF33水準点について南北方向の傾斜変化を求めた。こ

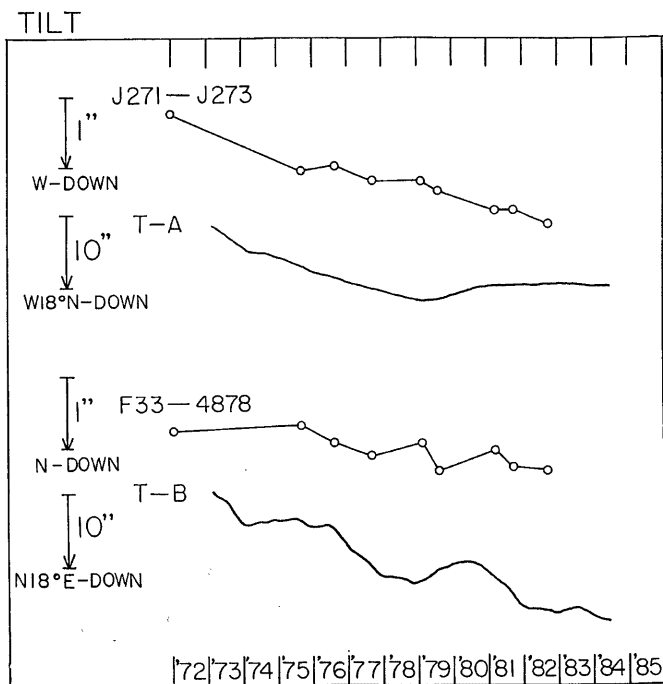


Fig. 4 Ground-tilts obtained from leveling data of G.S.I. and from tiltmeters at Oura observatory

れ等の結果を大浦観測室における傾斜計の観測結果と共に Fig. 4 に示してある。両者を比較すると定性的にはほぼ似たような変化を示しており、前者が西北西、後者が北北西方向下りの傾斜を示している。しかし、量的には後者の方が1桁大きい。

5. 地殻歪・傾斜と地震活動との関係

これまで述べた地殻歪・傾斜の観測結果がこの地域の地震活動とどのように関連づけられるかを調べた。Fig. 5 は $34^{\circ}00' \sim 34^{\circ}20' \text{ N}$ 及び $135^{\circ}00' \sim 135^{\circ}20' \text{ E}$ の範囲内で1968年から1984年の間に発生した地震の放出エネルギー・積算値と $M \geq 3.5$ の地震の年間発生回数をまとめて示してある。1968年3月に $M=5.0$ の地震が発生したが、その後この地域でこれを上回る地震は起こっていない。1969年以後で地震活動が比較的活発であったのは1969年と1977年であるが、特に1977年8月には $M=4.5$ の地震を含む多くの有感地震が集中的に発生している。溝上・他⁹⁾によればこれらの地震の震央は、我々が実施している光波測量の花山一大浦を結ぶ基線とほぼ一致する線上に分布している。彼等はこの直線に沿って右ずれの潜在断層を仮定しているが、Fig. 3 に示した光波測量の結果の1977年前後に見られる変化はこの地震活動と関連するものであるかも知れない。しかし、大浦観測室における伸縮計、傾斜計の観測結果及び水準測量の結果にはこれに対応する変化は認められなかった。

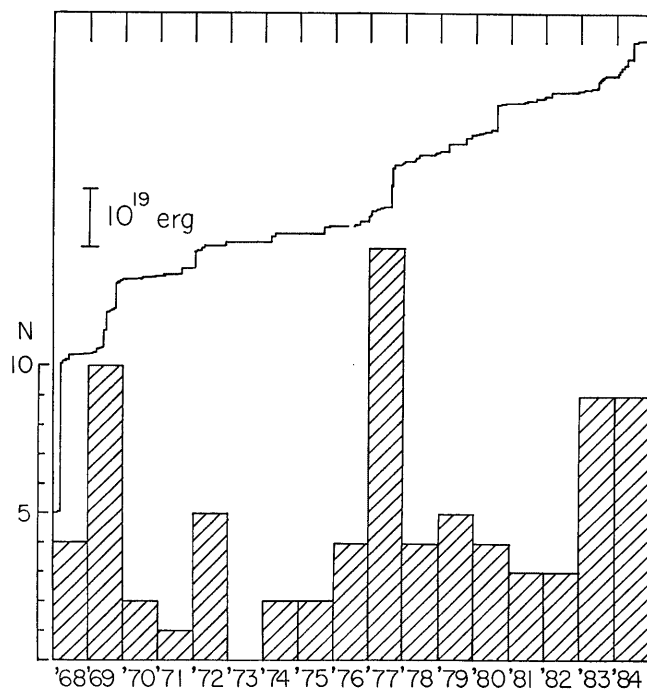


Fig. 5 Released seismic energy in the square region ($34^{\circ}00' \sim 34^{\circ}20'$, $135^{\circ}00' \sim 135^{\circ}20'$) and number of earthquakes ($M \geq 3.5$) per year.

6. ま と め

大浦観測室における伸縮計・傾斜計の観測結果及び和歌山市基線網における光波測量の結果を報告した。さらに国土地理院によるこの地域の水準測量の結果も参考にして、数 10 cm～数 m の基礎の傾斜計・伸縮計観測から得られた歪・傾斜変化と数 km の範囲の測地測量から得られた歪・傾斜変化との関連性を調べた。その結果、両者の間で定性的にも定量的にも一致する有意な変化は、現在までのところ認められなかった。

地殻歪・傾斜観測と地震活動との関係については、光波測量の結果に見られる1975～1978年前後の歪変化が1977年8月に和歌山市内に集中的に発生した地震と関連づけられる可能性があるが、大浦観測室の伸縮計、傾斜計及び水準測量の結果にはこれを裏付ける変化が見られないことから今回の例だけで断定することはできない。

おわりに臨み、終始御指導いただいた高田理夫教授に深く感謝すると共に大浦観測室、和歌山市光波測量基線網の設置に御尽力いただき、その後も種々の御援助をいただいた田中寅夫教授に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 西村英一・岸本兆方・田中寅夫：和歌山における局所地震前後の微細土地変動の研究（第1報），京都大学防災研究所年報，第5号 A，1962，pp. 44-56.
- 2) 高田理夫・田中寅夫・尾上謙介・山田 勝・藤田安良・大谷文夫：光波測量による地殻水平ひずみの観測（第1報）京都大学防災研究所年報，第14号 A，1971，pp. 33-40.
- 3) 古沢 保・竹本修三・尾上謙介：近畿，中国，四国地方における光波測量（1974～1978），測地学会誌，第24巻，第3号，1978，pp. 132-140.
- 4) 田中寅夫：和歌山市大浦における地殻変動連続観測の結果（1960～1972年），京都大学防災研究所年報，第16号 B，1973，pp. 29-35.
- 5) 国土地理院測地部：紀伊半島の上下変動，地震予知連絡会会報，第24巻，1980，pp. 195-200.
- 6) 国土地理院測地部：近畿地方中部の上下変動，地震予知連絡会会報，第26巻，1981，pp. 256-261.
- 7) 国土地理院：近畿地方の地殻変動，地震予知連絡会会報，第30巻，1983，pp. 329-335.
- 8) 溝上 恵・中村正夫・石桁征夫・瀬戸憲彦：和歌山市周辺地域の地震活動パターンの推移とその規則性，地震学会秋季大会講演予稿集，1977，pp. 90-91.