

近畿・中国地方における光波測量

古澤 保・竹本 修三・尾上 謙介・大谷 文夫

ELECTRO-OPTICAL DISTANCE MEASUREMENTS IN KINKI AND CHUGOKU DISTRICTS

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

Synopsis

The summary of electro-optical distance measurements carried out in 5 networks (Amagase, Donzurubo, Wakayama, Shikano and Yoshioka) during the period of 1968~1987 is reported.

The trends of strain accumulations determined by electro-optical distance measurements in Amagase and Donzurubo networks are roughly consistent with observational results obtained from extensometers in the vaults of Amagase and Donzurubo observatories, respectively.

Strain change in the Wakayama network during 1975~1978 may be related to seismic activity in this region, where many noticeable shocks of $M=3.0\sim 4.5$ occurred in 1977.

In 1983, a remarkable earthquake of $M=6.2$ occurred at the distance of 15~20 km from the Shikano and Yoshioka networks, but we could not detect the strain change associated with the earthquake.

1. は じ め に

近畿・中国・四国地方の6ヶ所の基線網(天ヶ瀬, 屯鶴峯, 和歌山, 鹿野, 吉岡, 高知)において, ジオジメーター6型(器番 No. 6618)を用いた光波測量が開始されたのは1968年であった。Fig. 1に示されているこれ等6ヶ所の基線網における測定結果は, 1971年¹⁾及び1978年²⁾に報告してある。このうち, 高知市基線網については標石の一部が消失したため, 1974年の測定の後には改測されていない。今回は高知を除く残りの5ヶ所の基線網について, 1987年までの測定結果を報告する。なお, 測定に使用した光波測距儀は, ジオジメーター6型(1968年~1986年)のほか, ジオジメーター600型(器番 No. 64062, 1981年~)及びディストマツト DI 3000 型(器番 No. 62996, 1987年~)である。これらの計器の性能比較を Table 1 に示してある。

2. 測 定 結 果

2.1 天ヶ瀬観測室隧道内基線

天ヶ瀬地殻変動観測室(京都府宇治市)の全長1830 mの観測隧道内に約400~1700 mの基線長を持つ3つの光波測量用基線を設定し, 気象的擾乱の少ない安定した条件下での計器検定, 及び同観測坑道内に設置されている伸縮計記録との比較を目的として, 1970年より測定を行っている。1976年に基点の標石を改修し, 光波測距儀及び反射鏡を, 三脚を用いずに直接基点にネジ止めできるようにした。Fig. 2に, それ以後の天ヶ瀬観測室隧道内3基線(C-1: 387 m, C-2: 915 m, C-3: 1711 m)における測定結果を示してある。



Fig. 1. Location of base-line networks.

Table 1. Comparison of instruments

Instrument	Maximum Distance	Accuracy
Geodimeter Model 6	25 km (night) 5~6 km (daylight)	10 mm $\pm$ 2 PPM
Model 600	40 km (16 prisms) 22 km (1 prism)	5 mm $\pm$ 1 PPM
Distomat DI 3000	14 km (11 prisms)	3 mm $\pm$ 1 PPM

図で黒丸はジオジメーター 6 型によるもの、白丸はディストマツ DI 3000 型によるものである。なお、1976 年 8 月～11 月及び 1979 年 12 月～1980 年 2 月の間の空白とその前後に見られる 1～2 cm の不連続は、ジオジメーター 6 型の検出部電子回路の故障のために一部の部品を交換の上、較正をやり直したことによる。

計器が安定していた 1980 年から 1986 年までの 7 年間の測定結果を見ると、各測線共に時間の経過につれて一様な“縮み”の傾向が認められる。これは同じ隧道内で行われている伸縮計観測の結果とも調和する。なお、1986 年 7 月 21 日の早朝に京都府南部を襲った局所的な集中豪雨の際に天ヶ瀬観測室に保管してあったジオジメーター 6 型が冠水したため、同機を廃棄し、新たにディストマツ DI 3000 型を購入し、1987 年以降はこれによる測定を行っている。測定が再開されるまでに半年の空白があるが、両者の測定結果を比較すると、1～2 cm の系統的な差が認められる。

2.2 屯鶴峯基線網

屯鶴峯基線網は屯鶴峯地殻変動観測所（奈良県北葛城郡）で行われている伸縮計・傾斜計を用いた地殻変動連続観測の結果と、この観測所周辺の数 km の広がりを持つ領域でのひずみ変化とを比較する目的で 1969 年に 4 基線が設定されたが、1974 年までに 3 個の標石が失われたため、1974 年に新たに 5 基線（上の太子、二上山、分川池、関屋、国分）を設定し、現在まで測定を続けている。これらの基線長は高々 4 km までの

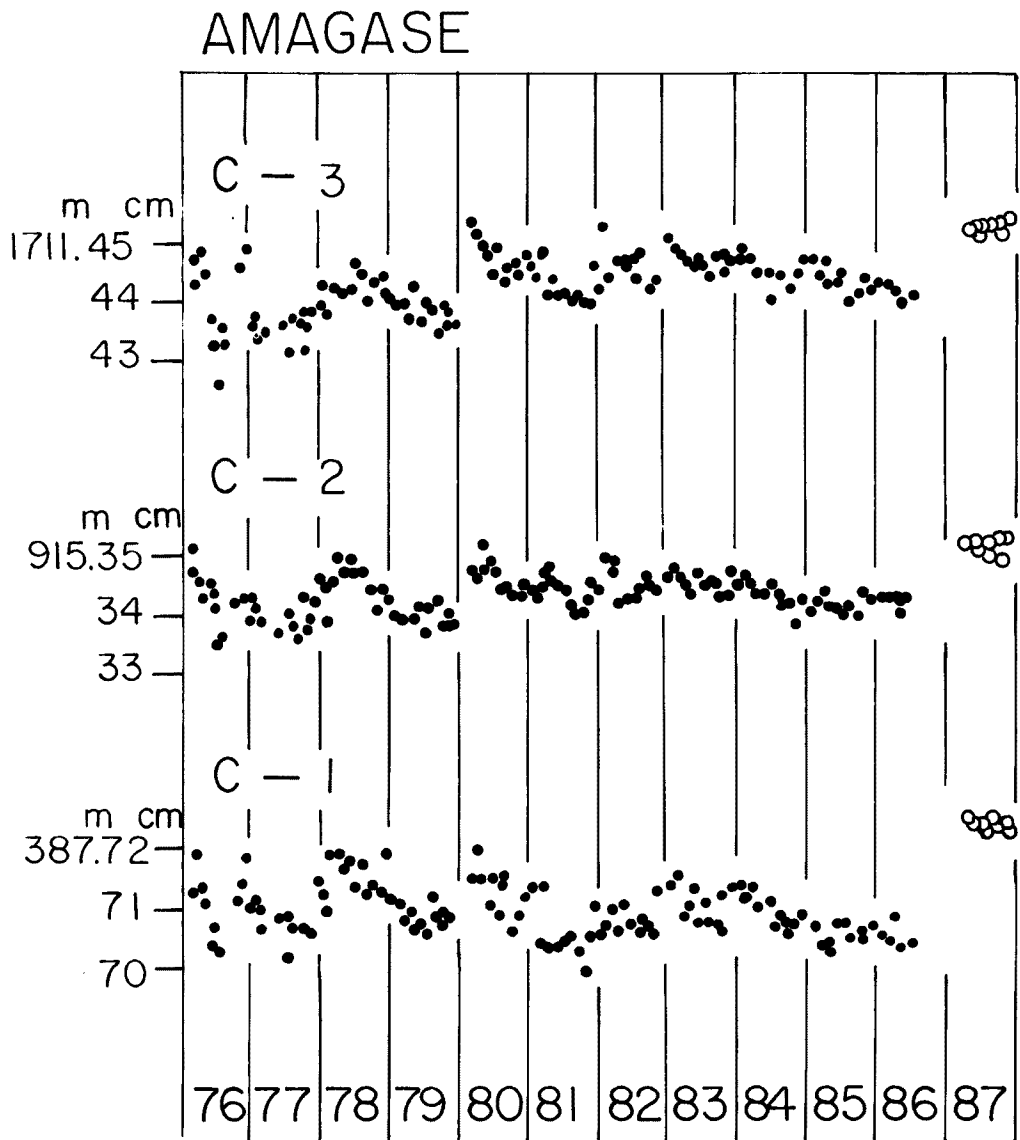


Fig. 2. Observational results of electro-optical distance measurements carried out in the Amagase tunnel during the period of 1976~1978 (● : Geodimeter Model 6, ○ Distomat DI 3000).

距離であったが、その後、ジオジメーター600型の導入により、10 km を越える長距離の測定が可能になったことから、1985年に12~13 km の基線長の畝傍山及び耳成山の2基線が追加された (Fig. 3)。現在、これ等を含めて計7基線の測定が行なわれている。1974年~1987年の測定結果を Fig. 4 及び Table 2 に示してある。

この基線網の特徴は、光波測距儀を設置する本体用基点が、小高い山のピークにあって360°の眺望がきくことから、本体用基点を取り囲んで、ほぼ180°ずれた対称的な基線の組合せを採用できることである。Fig. 3 から明らかなように、二上山—関屋、及び上の太子—分川池の基線の組合せは、ほぼ対称的な方位となっている。Fig. 4 に示されているこれらの基線の測定結果を見ると、二上山と関屋は良く似た変化を示しており、1974年から1987年までの全体的な変化としては“伸び”の傾向が顕著である。同様に上の

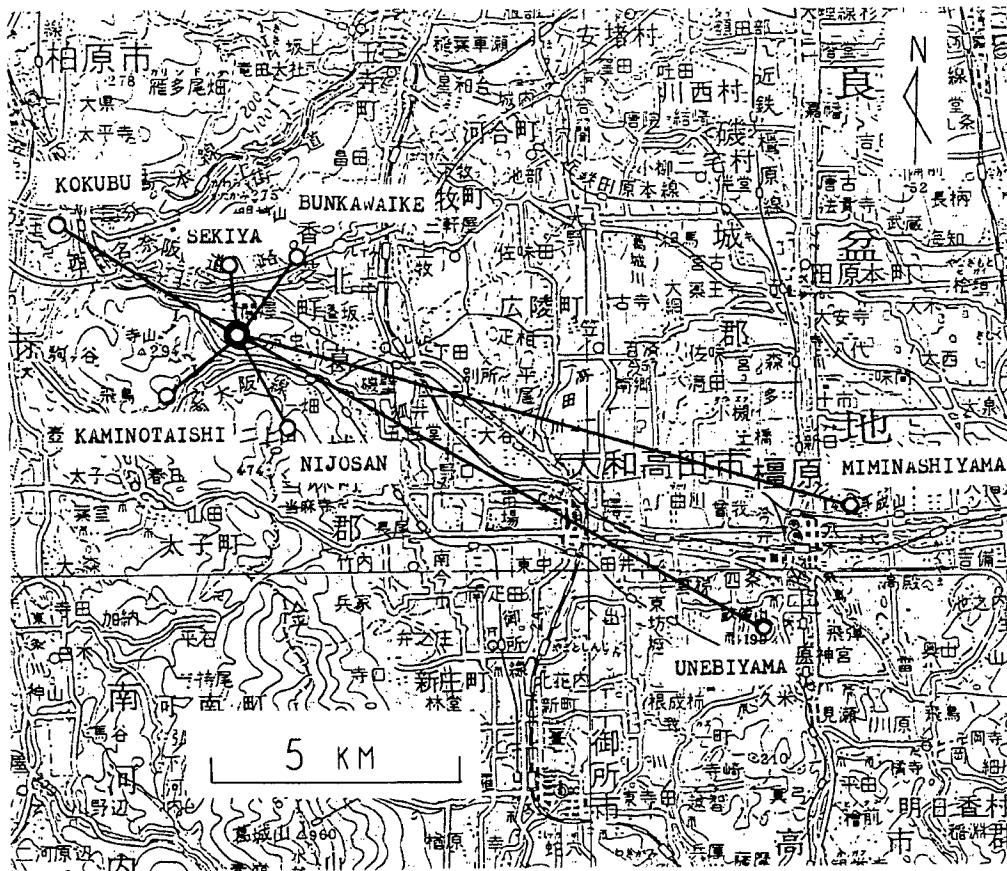


Fig. 3. Location map of the Donzurubo network.

太子と分川池の変化も良く似ており、両者とも全般的にはやや“伸び”の傾向が認められる。なお、国分基線是个々の測定結果のばらつきが、他と比較してやや大きい、1975年から1987年までの全体を通して見ると、そのトレンドはほぼゼロに近い。以上の結果から、屯鶴峯観測所を取り囲む約4 kmの範囲内の14年間の変化は、南北方向の“伸び”で特徴づけられる。この変化は伸縮計による連続観測の結果とも矛盾しない。

欽傍山及び耳成山基線の測定はこれまでに3回しか行われていないが、現在までのところ“伸び”の傾向を示している。

2.3 和歌山市基線網

和歌山市基線網是和歌山市及びその周辺地域で多発している中規模地震の活動度とその地域の地殻ひずみ変化との関係を調べると共に、同市の大浦観測室において行われている伸縮計・傾斜計観測との比較を目的として、和歌山市街を横切る3基線が設定され、1969年より測定が行われている。Fig. 5にこれまでの測定結果を示してある。図で、1975～1978年の間に見られる大きな変化は、1977年8月に和歌山市域で集中的に発生した $M=4.5$ の地震を含む多数の有感地震の活動と関連づけられる可能性があることを既に報告した³⁾。その後、1980年代にはいってからは比較的变化が少なく、平穏な時期が続いている。

なお、1981年にはジオジメーター6型とジオジメーター600型、1987年にはジオジメーター600型とディストマト DI 3000型の比較測定を行ったが、いずれの場合も計器の違いによる測定値の差はほぼ1 cm以内に納まっていた。

2.4 鹿野及び吉岡基線網

鹿野及び吉岡基線網は1943年の鳥取地震($M=7.2$)の際に出現した鹿野及び吉岡断層のその後の活動を

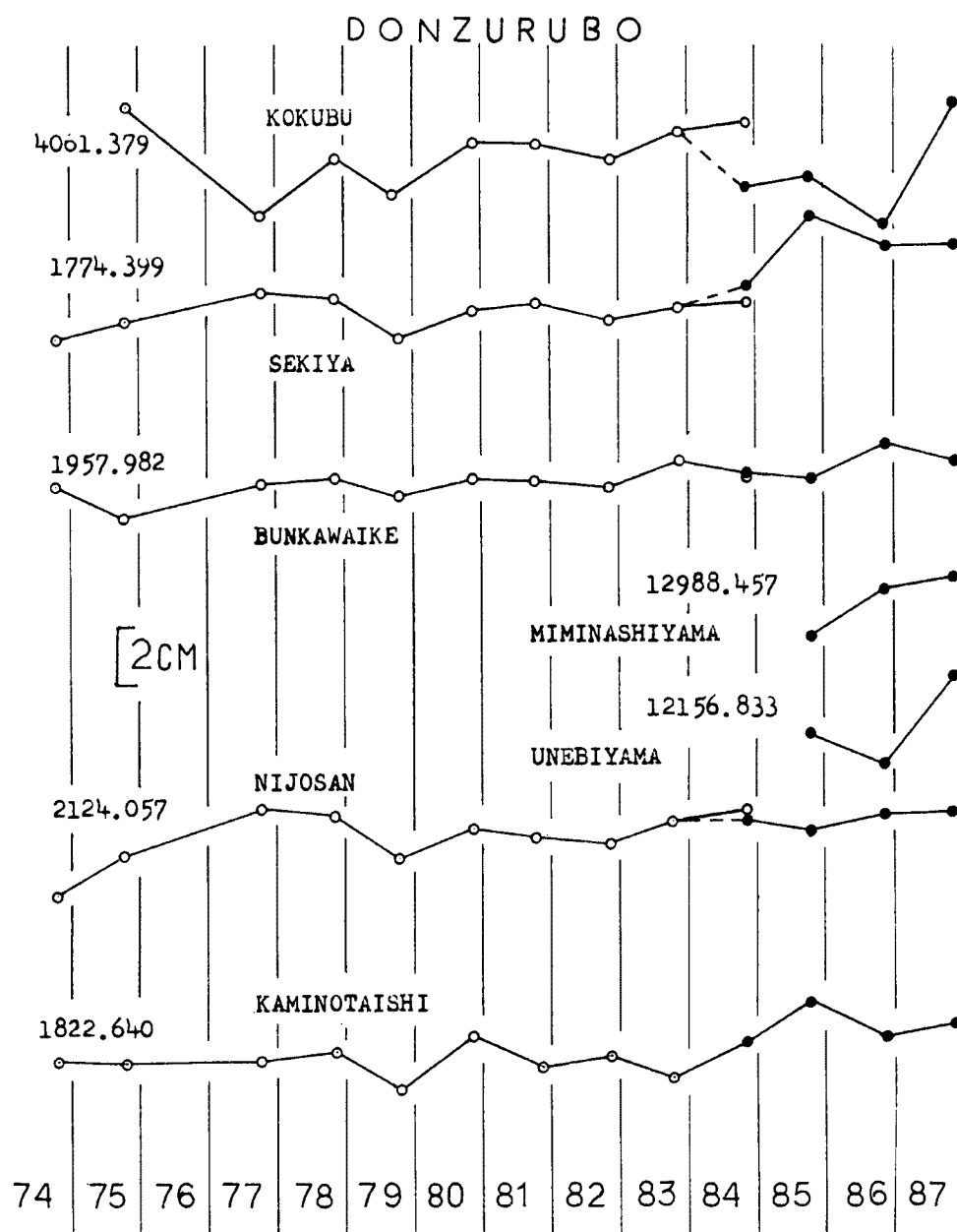


Fig. 4. Observational results of electro-optical distance measurements in the Donzurubo network (○ : Geodimeter Model 6, ● : Geodimeter Model 600).

調べる目的で、それぞれの断層をまたいで各々3基線が設定され、1968年より測定が行われている。Fig. 6に1968～1987年の20年間の測定結果を示してあるが、断層面の活動を裏付けるような明瞭な変化は認められない。なお、これ等の基線網の西方約15～20kmの位置に1983年10月31日、 $M=6.2$ の地震が発生した。地震の1週間後に両基線網の改測を行なったが、地震と関連づけられる変化は見い出されなかった。むしろ、地震の約1年後の1984年11月の測定を境に、ひずみ変化の傾向が変わっているように見受けられる。

鹿野・吉岡基線網においても1981年にジオジメーター6型と同600型、1987年にジオジメーター600型と

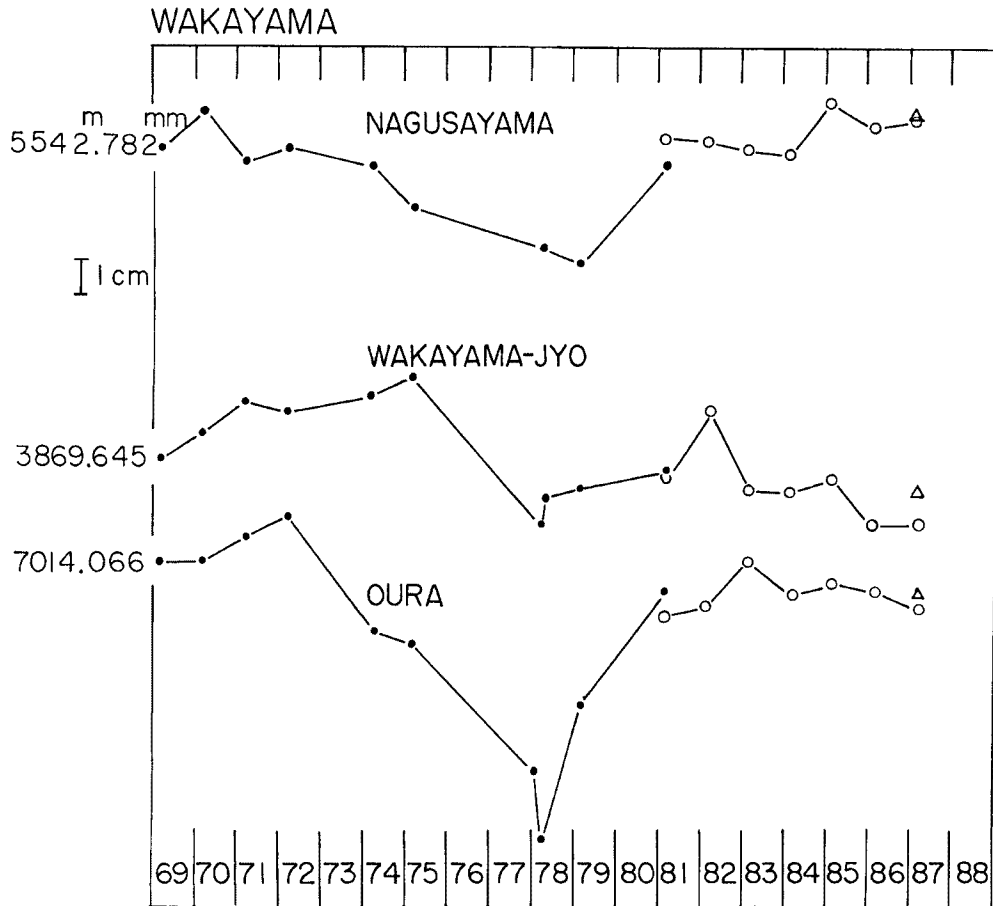


Fig. 5. Observational results of electro-optical distance measurements in the Wakayama network (● : Geodimeter Model 6, ○ : Geodimeter Model 600, △ : Distomat DI 3000).

ディストマツト DI 3000型との比較測定を行なったが、1981年の鹿野基線網城山基線の測定値以外は計器の違いによる測定値の差はいずれも 1 cm 以内に収まっていた。

3. ま と め

Fig. 1 に示した 6 ヶ所の基線網において光波測量を開始してから20年を経過した。このうち、高知を除く近畿・中国地方の 5 ヶ所の基線網におけるこれまでの測定結果を報告した。天ヶ瀬以外の測定値をまとめて Table 2 に示してある。

天ヶ瀬及び屯鶴峯基線網におけるこれまでの測定結果は、それぞれの地域で行われている伸縮計連続観測の結果と定性的には矛盾しない。和歌山市基線網における1975年と1978年の測定結果の間に見られる大きな変化は、1977年8月の和歌山市内の地震に関連づけられる可能性があるが、測定間隔が空きすぎているため、この例だけで断定することはできない。1983年10月31日に鹿野・吉岡基線網の西方約 15~20 km の位置に $M=6.2$ の地震が発生したが、この地震の前後の光波測量の測定結果に注目すべき変化はなかった。また活断層の運動を裏付けるような変化も見い出されなかった。

測定に使用した光波測距儀はジオジメーター 6 型、同600型、ディストマツト DI 3000型の 3 種であるが、これらの計器の比較観測を各地で行なった結果、計器の違いによる測定値のばらつきは、おおむね 1 cm 以内に納まっていた。しかし一部に 2 cm 程度に達するものもあった。

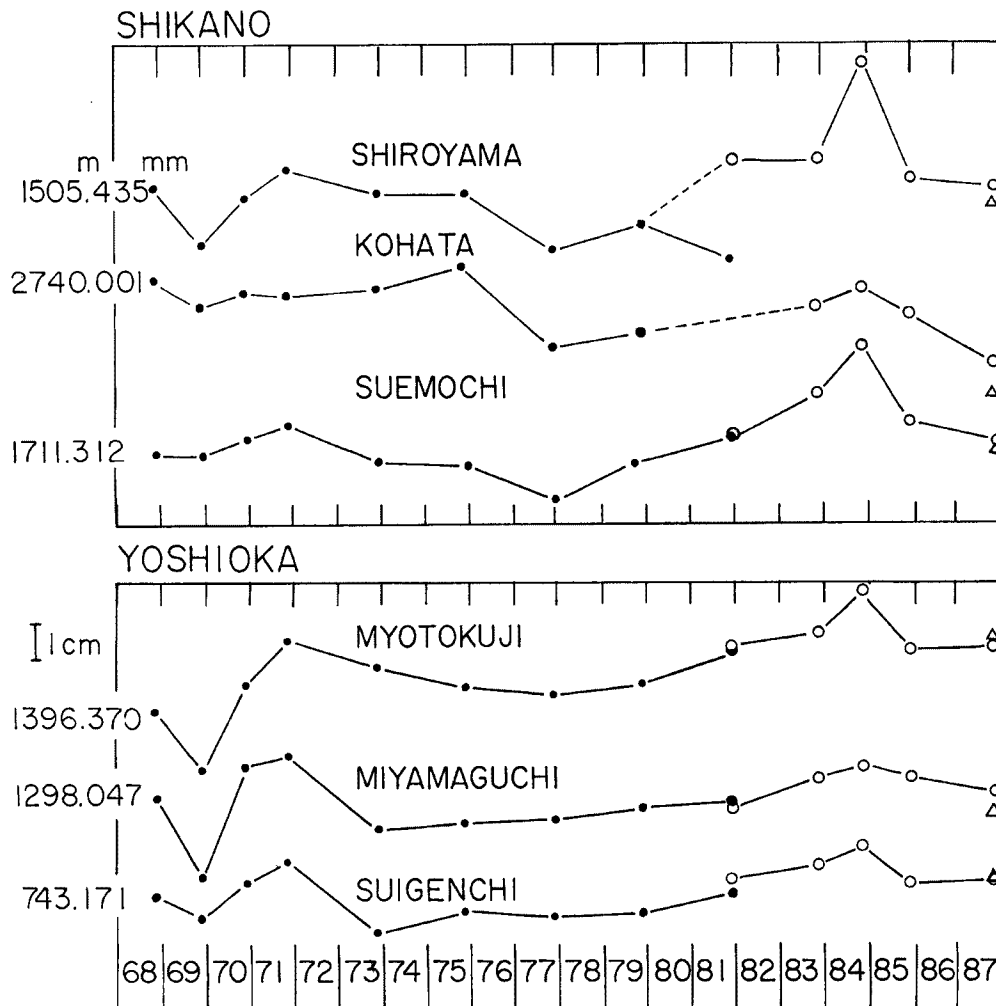


Fig. 6. Observational results of electro-optical distance measurements in Shikano and Yoshioka networks (● : Geodimeter Model 6, ○ : Geodimeter Model 600, △ : Distomat DI 3000).

おわりに、測定にご協力いただいた山田 勝・藤田安良両技官に深く感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 古澤 保・竹本修三・尾上謙介・大谷文夫・山田 勝：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，京都大学防災研究所年報，第28号B-1，1985，pp. 41-48.

Table 2. 1. Summary of electro-optical distance measurements

DONZURUBO

No	Date	Kaminotaishi	Nijosan	Bunkawaike	Sekiya	Kokubu	Unebiyama	Miminashiyama	*
1	Nov. 7, 1974	1822.641±1	2124.058±3	1957.983±2	1774.400±1	m mm			A
2	Sep. 25-26, '75	.640±2	.072±2	.978±4	.405±2	4062.379±1			"
3	Oct. 18-19, '77	.641±1	.087±1	.989±1	.415±1	.342±1			"
4	Nov. 20-21, '78	.644±2	.085±2	.991±1	.413±1	.361±2			"
5	Oct. 11-12, '79	.631±1	.070±1	.985±1	.399±0	.347±1			"
6	Oct. 23-24, '80	.651±1	.081±3	.991±2	.409±2	.363±1			"
7	Oct. 20-21, '81	.639±2	.078±2	.991±2	.412±1	.366±1			"
8	Nov. 4- 6, '82	.642±1	.076±1	.988±2	.406±1	.360±1			"
9	Oct. 11-12, '83	.635±2	.082±1	.998±1	.410±1	.370±1			"
10	Nov. 6- 7, '84	.647±2	.087±4	.992±1	.412±1	.373±4			"
10	Nov. 5- 6, '84	.648±3	.084±2	.993±6	.417±3	.351±3	m mm	m mm	B
11	Oct. 22-24, '85	.661±2	.080±2	.992±2	.442±2	.355±2	12156.834±2	12988.457±1	"
12	Oct. 23-24, '86	.649±3	.086±5	1958.013±5	.431±1	.340±2	.823±3	.473±3	"
13	Oct. 29-Nov.10 '87	.654±3	.086±3	1957.998±2	.431±2	.380±1	.854±3	.478±1	"

Table 2. 2.

WAKAYAMA

No.	Date	Nagusayama	Wakayama-jyo	Oura	*
		m mm	m mm	m mm	
1	Mar. 9-10, 1969	5542.782±3	3869.645±1	7014.066±2	A
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		"
6	Apr. 4, 1974			.047±3	"
7	Mar. 7, 1975	.765±3	.668±2	.043±2	"
8	Feb. 19-20, 1978		.627±2	.008±2	"
9	Apr. 4- 5, 1978	.754±4	.635±2	7013.988±2	"
10	Feb. 27-29, 1979	.750±1	.637±3	7014.027±2	"
11	Feb. 25-27, 1981	.777±2	.642±1	.059±5	"
11'	Feb. 24-26, 1981	.785±4	.640±3	.051±3	B
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	"
16	Feb. 27-28, 1986	.788±2	.627±2	.058±2	"
17	Feb. 25-26, 1987	.790±2	.627±1	.053±1	"
17'	Feb. 25-26, 1987	.791±0	.637±0	.059±0	C

Table 2. 3.

SHIKANO

No.	Date	Shiroyama	Kohata	Suemochi	*
		m mm	m mm	m mm	
1	Nov. 29, 1968	1505.435±2	2740.001±1	1711.312±2	A
2	Dec. 1, 1969	.420±1	2739.994±2	.312±2	"
3	Nov. 5, 1970	.432±1	.997±3	.316±2	"
4	Nov. 17, 1971	.440±1	.996±1	.320±1	"
5	Nov. 30, 1973	.434±2	.998±3	.310±3	"
6	Nov. 6, 1975	.434±1	2740.004±1	.309±2	"
7	Nov. 16, 1977	.418±1	2739.983±1	.300±1	"
8	Nov. 21, 1979	.425±1	.986±1	.310±1	"
9	Dec. 2, 1981	.416±2	/	.316±3	"
9'	Dec. 1, 1981	.443±2	/	.320±1	B
10	Nov. 8-9, 1983	.433±2	.993±1	.329±2	"
11	Nov. 20, 1984	.469±2	.998±2	.341±3	"
12	Nov. 20, 1985	.438±1	.991±3	.321±2	"
13	Nov. 19, 1987	.436±2	.978±2	.316±1	"
13'	Nov. 19, 1987	.432±0	.970±0	.314±0	C

Table 2. 4.

YOSHIOKA

No.	Date	Myotokuji	Miyamaguchi	Suigenchi	*
		m mm	m mm	m mm	
1	Nov. 29, 1968	1396.370 $\pm$ 1	1298.047 $\pm$ 2	743.171 $\pm$ 2	A
2	Dec. 2, 1969	.354 $\pm$ 2	.025 $\pm$ 2	.165 $\pm$ 2	"
3	Nov. 6, 1970	.377 $\pm$ 2	.055 $\pm$ 2	.174 $\pm$ 2	"
4	Nov. 18, 1971	.389 $\pm$ 2	.058 $\pm$ 3	.180 $\pm$ 1	"
5	Nov. 29, 1973	.381 $\pm$ 2	.039 $\pm$ 2	.161 $\pm$ 1	"
6	Nov. 5, 1975	.376 $\pm$ 2	.040 $\pm$ 1	.166 $\pm$ 1	"
7	Nov. 15, 1977	.374 $\pm$ 1	.041 $\pm$ 2	.165 $\pm$ 1	"
8	Nov. 20, 1979	.377 $\pm$ 2	.044 $\pm$ 1	.166 $\pm$ 1	"
9	Dec. 1-2, 1981	.386 $\pm$ 2	.045 $\pm$ 1	.171 $\pm$ 1	"
9'	Dec. 2-3, 1981	.387 $\pm$ 3	.044 $\pm$ 1	.175 $\pm$ 2	B
10	Nov. 7-8, 1983	.391 $\pm$ 1	.052 $\pm$ 2	.179 $\pm$ 1	"
11	Nov. 19-21, 1984	.403 $\pm$ 2	.055 $\pm$ 1	.184 $\pm$ 1	"
12	Nov. 18-19, 1985	.386 $\pm$ 3	.052 $\pm$ 2	.174 $\pm$ 1	"
13	Nov. 17-18, 1987	.387 $\pm$ 1	.048 $\pm$ 1	.175 $\pm$ 1	"
13'	Nov. 17-18, 1987	.390 $\pm$ 0	.042 $\pm$ 0	.175 $\pm$ 0	C

* A; Geodimeter Model 6
 B; Geodimeter Model 600
 C; Distomat Model DI3000