

30. 三浦半島, 房総半島及び浦賀水道 における光波測量

東京大学地震研究所

}	松	本	滋	夫
	平	田	安	廣
	加	藤	照	之
	渡	辺		茂

(昭和 58 年 7 月 30 日受理)

要 旨

地震研究所光波移動班は 1964 年来南関東地域において、光波測距儀による基線測距を繰り返してきた。観測には三浦・鋸山両短距離基線網 (3~5 km) 及び浦賀水道・鋸山両中距離基線網 (10~15 km) が用いられた。この地域は産業活動が活発なため、人為的原因による標石の亡失・改埋が多く地殻変動の詳細な議論は行えなかった。しかし、観測開始以来 1983 年までの約 20 年間の有効なデータをとりまとめ、全体を概観しておおよそ次のような点が明らかになった。

(1) 中距離基線網においては、いずれの基線も縮みを示す。代表的な基線を用いて求めた歪の主軸は北々西に $6 \times 10^{-7}/\text{yr}$ の最大短縮を示し、国土地理院の求めた約 50 年間の結果と調和的である。

(2) 短距離基線網の結果は、より複雑な様相を示し、中距離基線網の結果とは必ずしも一致しない。誤差要因が中距離基線に比べ大きく作用しているため結果の解釈は難しいが、局所的な地殻変動の結果にあらわれているとも考えられる。

1. ま え が き

三浦・房総両半島を含む南関東地域は 1923 年の関東大地震の震源域であり、また、東京・横浜等の大都市を間近に控えるという、地震予知研究上の最も重要な地域の一つとなっている。この地域に地震研究所の光波測距網がはじめて設置されたのは 1964 年のことである。以来約 20 年にわたり AGA 社製 4 型, 6 型, 8 型, 700 型を用いて光波測距が繰り返されてきた。1983 年 2 月には新たに導入されたコイフェル・アンド・エッサー社製レンジマスター III 型 (以後 R/M III 型と略記) を用いて並行観測を行った。1980 年までの観測結果については既に報告があるが (笠原・岡田, 1966; 岡田・他, 1969; 笠原ら, 1970; 地震研究所, 1980), 本論文では、観測開始以来 1983 年までの観測の経緯および結果をまとめ、得られた結果の解釈を試みる。又、今後の観測のあり方についても若干議論する。

2. 観測の歴史と成果

地震研究所が光波測距の手法を導入したのは 1963 年のことである。当時の手簿や笠原・岡田 (1966) によれば、導入初期 (1963~1966 年) には中部日本地域に 9 か所の測距網が設置され、観測が行われた。当時使用されたのはタンクステン電球を用いた AGA 社製 4 型であり、ほとんどの基線が 2~3 km 程度の距離であった。鋸山・三浦の両短距

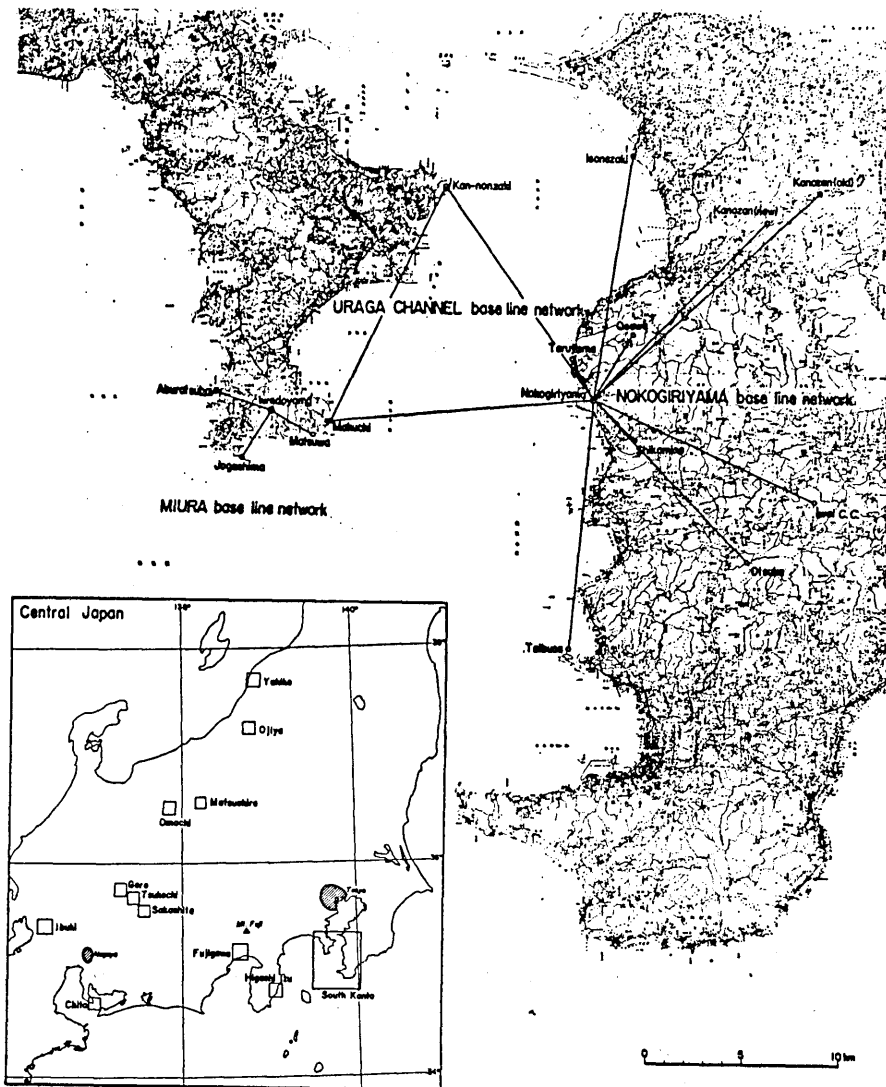


Fig. 1. Base line networks in the Miura and Boso peninsulas and Uraga channel.

離基線網が設置されたのは 1964 年である (第 1 図参照)。笠原・岡田 (1966) によれば、“三浦・鋸山両基線網は既設の地殻変動観測所と比較観測を行うと共に、観測計器・方式の開発試験地としての利用が考えられている”と述べている。以後の観測の経緯は第 1 表に示した通りである。

観測計器は、その後水銀灯を用いた 6 型を経て He-Ne レーザーを用いた 8 型、700 型、R/M III 型へと移行してきている。8 型導入をきっかけとして、より長距離の基線からなる浦賀水道基線網が 1968 年に、鋸山中距離基線網が 1972 年にそれぞれ設置された (第 1 図)。以後 1983 年までに多いところで 7 回の観測が行われている。ただ残念なこ

Table 1. History of geodimeter surveys in the south Kanto area.

第 1 表: 南関東地域光波測量観測の歴史

西暦年月	事 項	使用機種
三浦基線網		
1964. 8	予備観測 (注: この観測は悪条件の中で行われ, 気象補正も不明とのことで記録は削除).	4
1973. 2	第 1 回観測.	700
1974. 2	第 2 回観測. 松輪に新点埋設.	700
1976. 8	油壺観測所の新設に伴い, 庁舎内に新点埋設. 岩堂山との間で第 1 回観測.	700
1979. 3	油壺-岩堂山 昼夜連続観測.	700, 8
1980. 2	第 3 回観測. 松輪移点改埋.	700
1981. 3	第 4 回観測.	700
1983. 1	第 5 回観測. 700 型と R/M III 型とで並行観測.	700, R/M III
浦賀水道基線網		
1968. 5	選点及び試験観測開始. (~1969)	6
1970. 2	第 1 回観測.	8
1972. 3	第 2 回観測. 観音崎標石亡失の為改埋.	8
1973. 3	第 3 回観測.	8
1974. 2	第 4 回観測.	8
1980. 3	第 5 回観測.	8
1983. 2	第 6 回観測. 間口-観音崎, 光路遮断の為観測不能. 8型と R/M III 型とで並行観測.	8, R/M III
鋸山短距離基線網		
1964. 8	第 1 回観測.	4
1968. 1	第 2 回観測. 大沢, 樽山は標石粉失の為改埋. 但し, 大沢は旧点とのずれは約 10 mm 以内.	6
1970. 2	第 3 回観測.	6
1973. 3	第 4 回観測.	700
1974. 2	第 5 回観測.	700
1980. 3	第 6 回観測. 樽山 (約 2mm), 鹿峰は標石亡失の為改埋.	700
1983. 2	第 7 回観測. 700 型と R/M III 型とで並行観測.	700, R/M III
鋸山中距離基線網		
1972. 2	基準点調査及び標石埋設.	
1972. 3	第 1 回観測.	8
1973. 3	第 2 回観測.	8
1974. 2	第 3 回観測.	8
1980. 3	第 4 回観測. 大塚, 大房は標石亡失の為改埋. 鹿野山は気象状況不良により 3 セットのみの観測.	8
1983. 2	第 5 回観測. 鹿野山の標石を移設, 並行観測を行う. 全点, 8型と R/M III 型とで並行観測.	8, R/M III

とに, この地域は産業活動が盛んなため, 人為的原因, 例えば植林による木の成長や工場の増設に伴う光路遮断, あるいは各種工事に伴う標石亡失が多い. そのたびごとに標石の改埋を行い, できうる限り比較観測を行っているものの, 観測開始以来改埋なく観測の行

Table 2. Changes in the base line length for the networks in the Miura and Boso peninsula and Uruga channel areas.

三浦基線網												
油壺反射点				城ヶ島反射点				松輪反射点				
年 月	D	SD	D1	D2	D	SD	D1	D2	D	SD	D1	D2
	m	±	±	±	m	±	±	±	m	±	±	±
1973. 2.	3060.832	3	0		2867.016	3	0					
1974. 2.	3060.832	3	0		2867.005	3	-11					
1976. 8.	3015.690	2	0									
1979. 3.	3015.686	3	-4									
1980. 2.	3015.699	3	+9	+13	2866.992	3	-24	-13	2548.612	4	0	
1981. 3.	3015.696	3	+6	-3	2866.998	3	-18	+6	2548.616	4	+4	
1983. 1.	3015.699	3	+9	+3	2866.991	5	-25	-7	2548.613	5	+1	-3
	(3015.687	2)			(2866.984	1)			(2548.622	3)		

浦賀水道基線網												
間口-観音崎反射点				鷗山-間口反射点				鷗山-観音崎反射点				
年 月	D	SD	D1	D2	D	SD	D1	D2	D	SD	D1	D2
	m	±	±	±	m	±	±	±	m	±	±	±
1970. 2.					13730.108	8	0					
1972. 3.					13730.137	10	+29					
1973. 3.	13271.779	7	0		13730.098	5	-10	-39	13192.658	3	0	
1974. 2.	13271.742	11	-37		13730.118	3	+10	+20	13192.662	2	+4	
1980. 3.	13271.731	6	-48	-11	13730.087	4	-21	-31	13192.633	4	-25	-29
1981. 3.	13271.723	6	-56	-8	13730.075	6	-33	-12	13192.626	3	-32	-7
1983. 3.					13730.068	3	-40	-7	13192.626	2	-32	0
					(13730.090	5)			(13192.643	2)		

鷗居山欠豆巨尾基線網												
樽山反射点				大沢反射点				鹿峰反射点				
年 月	D	SD	D1	D2	D	SD	D1	D2	D	SD	D1	D2
	m	±	±	±	m	±	±	±	m	±	±	±
1964. 8.					3918.253	9	+24		2985.382	4	-15	
1968. 1.					3918.229	1	0		2985.397	1	0	
1970. 2.	2292.448	1	0		3918.250	2	+21		2985.411	1	+14	
1973. 3.	2292.462	1	+14		3918.248	1	+19	-5	2985.414	1	+17	+3
1974. 2.	2292.463	1	+15	+1	3918.245	1	+16	-3	2985.431	1	+34	+17
1980. 3.	2292.462	1	+14	-1	3918.237	3	+8	-8	2986.939	3	0	
1980. 3.	2292.460	3	+12	-2	3918.236	2	+7	-1	2986.932	4	-7	
1983. 2.	2292.456	5	+8	-4	3918.236	2	+7	-1	2986.932	4	-7	
	(2292.451	3)			(3918.235	3)			(2986.921	2)		

鷗居山中巨尾基線網												
磯根崎反射点				鹿野山(旧)反射点				鹿野山(新)反射点				
年 月	D	SD	D1	D2	D	SD	D1	D2	D	SD	D1	D2
	m	±	±	±	m	±	±	±	m	±	±	±
1972. 3.	12541.228	2	0		15731.467	3	0					
1973. 3.	12541.196	10	-32		15731.468	1	+1					
1974. 2.	12541.207	5	-21	+11	15731.463	3	-4	-5				
1980. 3.	12541.177	5	-51	-30	15731.424	2	3	-43	-39			
1983. 2.	12541.154	8	-74	-23	15731.405	4	-62	-19	13006.542	4	0	
	(12541.181	7)			(15731.428	4)			(13006.543	4)		

岩井CC反射点												
大塚反射点				大冨反射点				大冨反射点				
年 月	D	SD	D1	D2	D	SD	D1	D2	D	SD	D1	D2
	m	±	±	±	m	±	±	±	m	±	±	±
1972. 3.	12632.949	7	0		11615.988	5	0		13080.794	2	0	
1973. 3.	12632.939	6	-10		11615.976	11	-12		13080.764	7	-30	
1974. 2.	12632.935	5	-14	-4	11615.970	4	-18	-6	13080.772	3	-22	+8
1980. 3.	12632.882	3	-67	-53	11611.902	3	0		13081.994	3	0	
1983. 2.	12632.877	8	-72	-5	11611.915	6	+13		13081.984	5	-10	
	(12632.906	4)			(11611.936	2)			(13082.017	5)		

われている基線は 14 の基線中 4 基線である (地震研究所, 1980).

第 2 表には各基線網における測距の結果を示した. また, 距離変化の推移を折れ線グラフによって第 2 図 (a)~(d) に示した. 1960 年代の観測においては誤差の評価が不明なものもあるが, 最近のものについては, いずれも各観測につき 5 回測距の標準偏差をもっていちおうの誤差のめやすとしている (松本ら, 1983). 鹿野山測線の 1980 年の観測は気象条件が悪かったため 3 回の測距で平均計算を行ったが, ばらつきも大きいので参考記録にとどめ, 第 2 図 (d) では点線で前後を結んだ.

また, 今回 1983 年 2 月の観測には, 新たに導入した R/M III 型との比較観測も行われた (第 2 表 () 内の数字が R/M III 型の測距結果). おおよその傾向としては, R/M III 型は 700 型に比べて短かめに, 8 型に比べると長めに出る傾向にある (松本他, 1983). 第 3 図に今回の観測結果と他地区の基線網で行った比較観測の結果を加えて機種間の差を距離の関数として示した. 今後は R/M III 型による観測へと移行する予定である.

3. 考 察

前節で述べたように, この地域の基線網の標石は改埋が多い. そのため, 長期的な傾向についての立ち入った議論は, 今後の成果を待たなくてはならない. ここでは今までに得られた結果を概観してみたい. まず, 鋸山, 浦賀の中距離基線 (10~15 km) の結果 (第 2 図 (b), (d)) を見て気づくのは, 全体的に縮みが卓越していることであろう. これはフィリピン海プレートがアジアプレートの下へもぐりこむことによってアジアプレートが全体として圧縮応力を受けていることを反映しているのであろう. 試みに基線の中から, 途中改埋等の影響を受けていない三本の中距離基線 (鋸山-間口, 鋸山-磯根崎, 鋸山-岩井 C.C.) の結果に最小二乗法によって直線をあてはめ, 主軸計算を行った. 結果を第 4 図

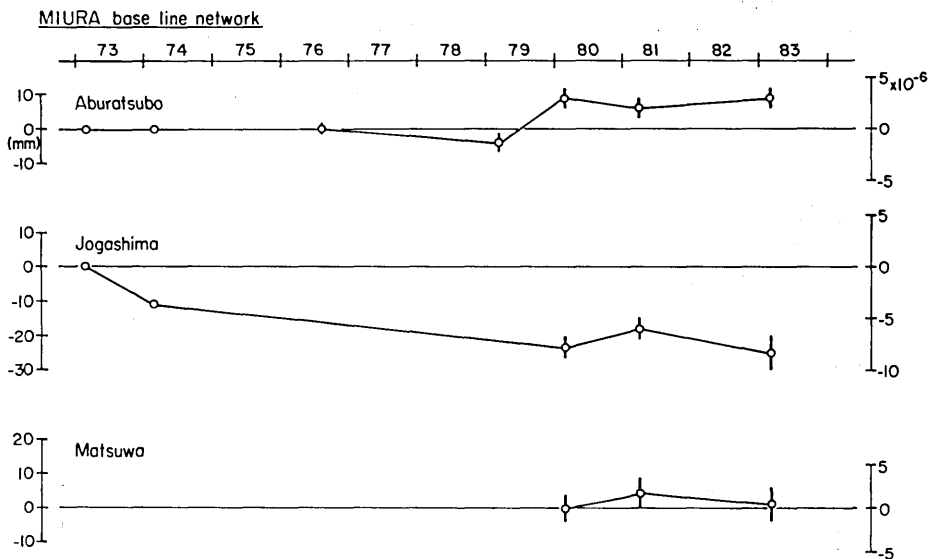


Fig. 2(a). Accumulation of horizontal strains at the Miura base line network (1973.2-1983.2).

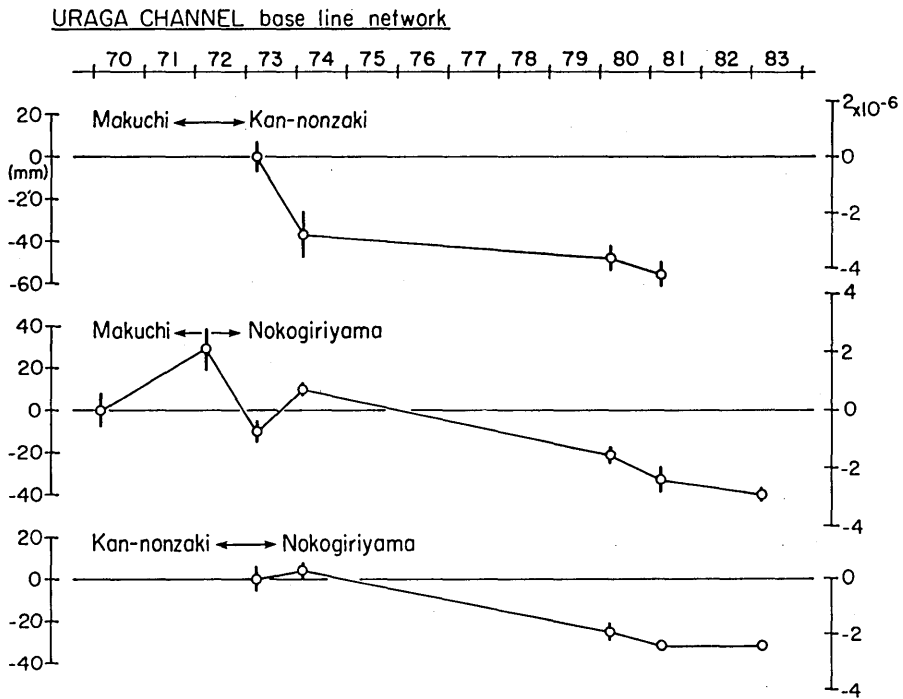


Fig. 2(b). Accumulation of horizontal strains at the Uraga channel base line network (1970.2-1983.2).

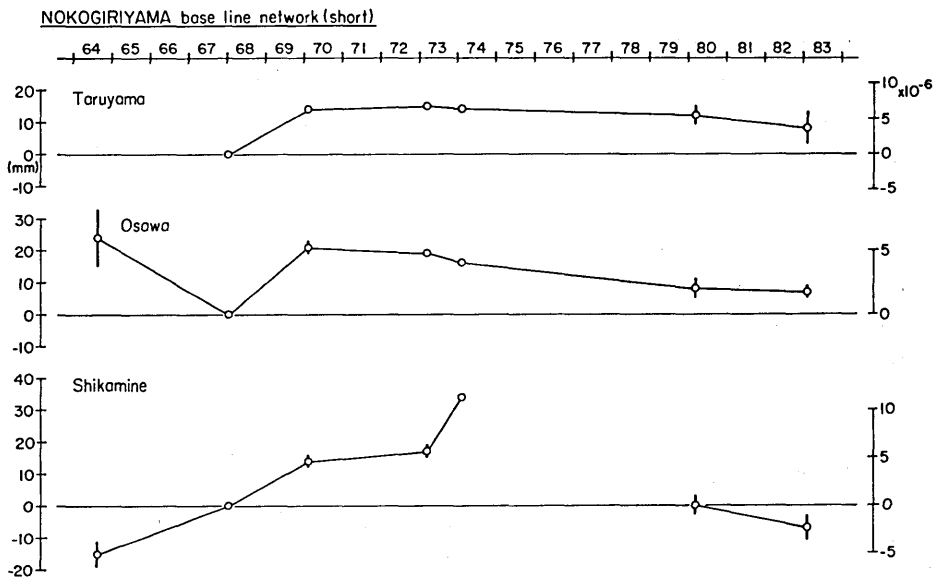


Fig. 2(c). Accumulation of horizontal strains at the Nokogiriyama base line network (short; 1964.8-1983.2).

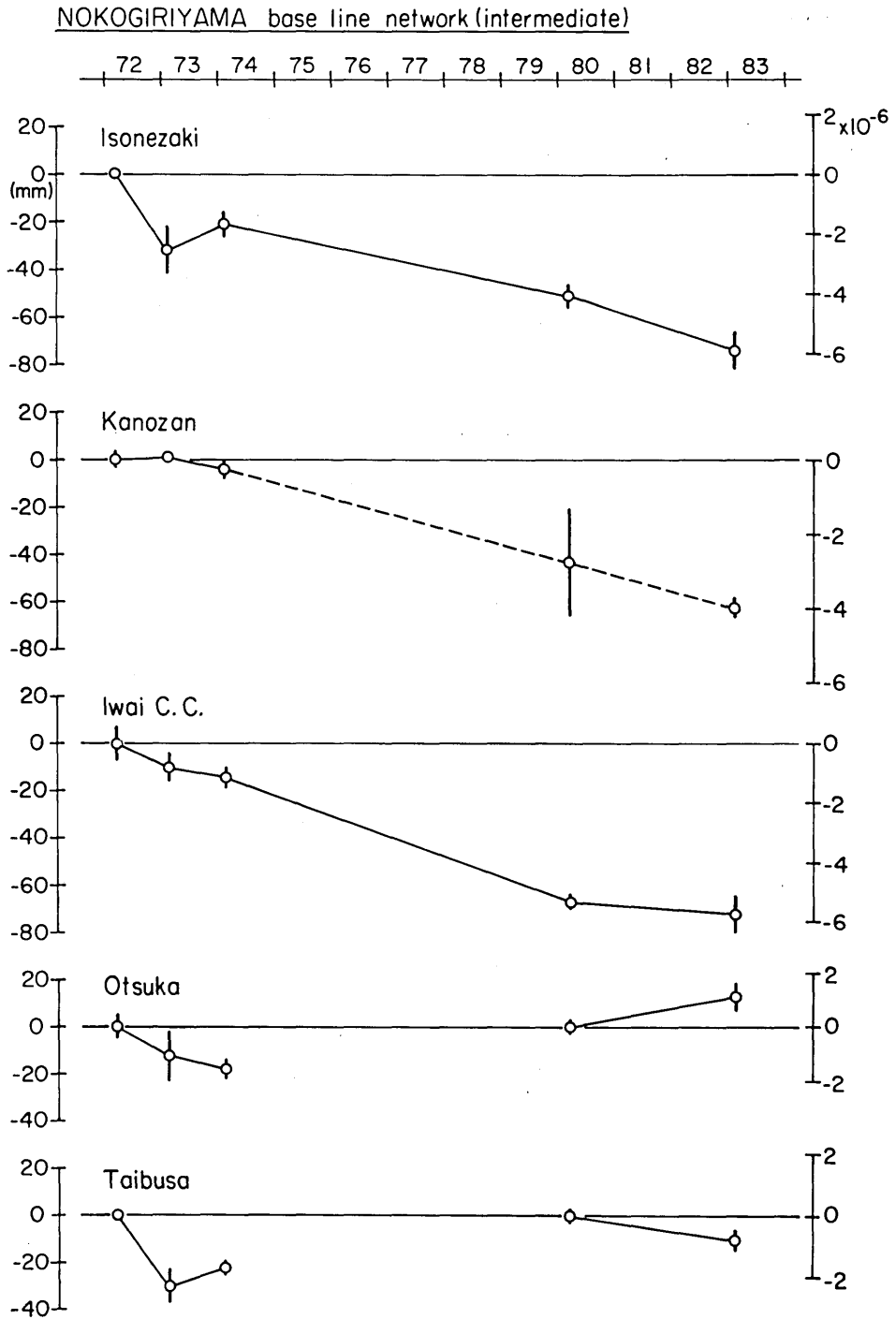


Fig. 2(d). Accumulation of horizontal strains at the Nokogiriyama base line network (intermediate; 1972.3-1983.2).

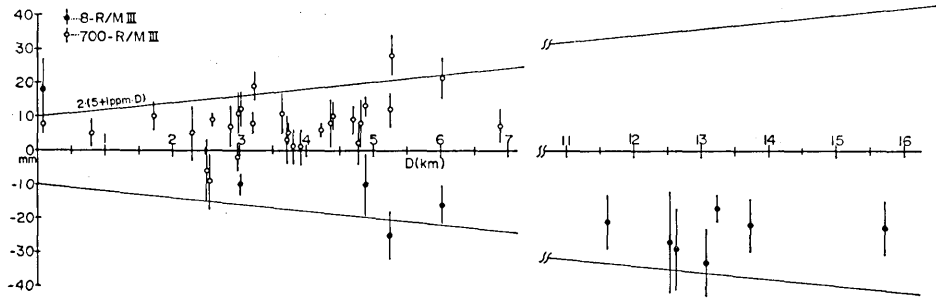


Fig. 3. Comparison of distances measured with three different instruments. (700-R/M III) and (8-R/M III) are plotted by empty and solid circles, respectively. Error limits defined by $\pm 2 \times (5 + 1 \times 10^{-6} \cdot D)$ are also indicated.

PRINCIPAL AXES(1970-1983)

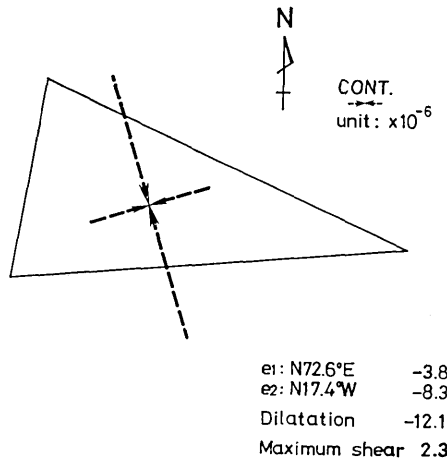


Fig. 4. Principal axes of horizontal strains (cumulative from 1970, 72 to 1983) derived from the three intermediate length base lines (Nokogiriyama-Makuchi, Nokogiriyama-Isonozaki and Nokogiriyama-Iwai C.C.).

に示してあるが、最大圧縮歪の方向は N 17.4°W で歪速度はおおよそ $6.4 \times 10^{-7}/\text{yr}$ である。これは第5図に示した国土地理院 (1971) の結果と南北縮みという点でよい一致を示す。また、最大せん断歪の集積速度も我々の結果が約 $1.8 \times 10^{-7}/\text{yr}$ 、地理院の結果が約 $2 \times 10^{-7}/\text{yr}$ とよい一致を示している。我々の測量が 2~3 年に 1 度の観測、地理院が 50 年を隔てた 2 度の観測の結果ということを考えると、両者の結果の一致はむしろ驚くほどよい。これは、この地域一帯の歪の進行が 1925 年から 1983 年まで時間的にほぼ一様に進行していることを示すとみてよいであろう。ただこの歪の進行が常に一様に進むものか否かについてはもう少し資料の蓄積が必要であろう。

一方、鋸山、三浦の両短距離基線網にみられる歪変化はより複雑である。定常的な縮みを示しているのは三浦基線網の城ヶ島基線のみで、他は伸びを示すものや、伸び縮みが時

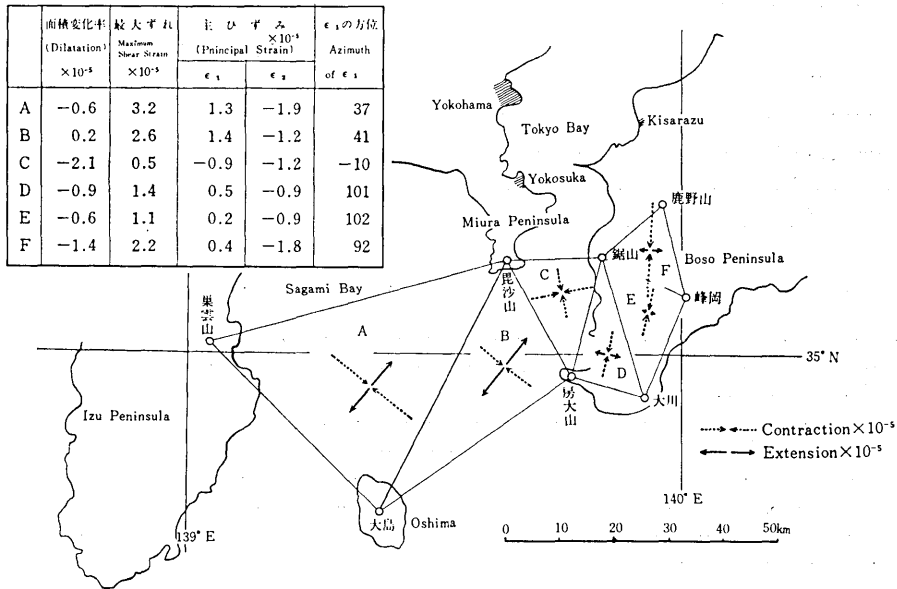


Fig. 5. Horizontal strains in the south Kanto area (1925-1971) (after GSI, 1971).

により反転するというパターンが見られる。数 km 以内のスケールの歪変化はより局所的な影響をうけやすいのであろう。このような局所的な変動をより詳しく調べるには、所期の目的のように地殻変動観測所の連続記録との比較調査も必要である。この点についての報告はまは別の機会に譲る。

4. 今後の展望と課題

10 年以上にわたる南関東地域での光波測量の経験を通じて得られた結果をふまえ、今後の観測のあり方について少し考えてみたい。光波測量における我々の使命は、国土地理院の実施している基準測量と、我々の地殻変動連続観測とのギャップを埋めることにあった(例えば笠原・岡田, 1966)。前節の結果に従えば、10~15 km 程度の基線からなる房総・浦賀基線網では測地測量の結果とも調和的であり、地殻の広域変動を比較的良好に反映しているようである。従って、この程度の拡がりをもつ基線網で繰り返し測量を行えば、広域変動の時間変化がより詳細に追跡できると期待される。一方、短距離基線網の結果は中距離基線網の結果とは必ずしも調和的でなく、逆センスの動きもみられる。これは小さな基線網の場合、より局所的な変動が反映するためとも考えられるが、いっぽう標石の改埋(第1表参照)や測距儀の変更等で必ずしもデータの質がそろっていないといえないので、資料の解釈には注意を要する。2~3 km 程度の基線では各種の誤差要因が歪の計算に大きくきいているので(1 km の基線では 1 mm の誤差が 1×10^{-6} になる)、より注意深い測量とより頻繁な改測が必要であらう。

基線長の違いによって、みえる地殻変動の様相が違うのは大変興味深いことである。同一の地域において様々な基線長をもつ基線を測るという檀原(1980)の試みなども今後積極的に取り組むべきであらう。又、特に短距離基線網については地殻変動連続観測との調和性

を調べることが基本的に重要な課題である。

謝 辞

地震研究所の笠原慶一教授には観測開始以来常に激励と助言を賜わり、また原稿を読んで不備な点を指摘して頂いた。また観測に際しては油壺地殻変動観測所の高橋辰利技官、鋸山地殻変動観測所の島津孝元講師（昭和 56 年退職）に大変御世話になった。これらの方々に深く感謝する次第である。

文 献

- 檀原 毅, 1980, 静岡大学地殻活動観測所概報, 日本測地学会第 54 回講演会要旨, 40-41 pp.
 笠原慶一・岡田 惇, 1966, 光波測量による地殻変動の観測第 1 報中部日本における基線網設定, 地震研究所彙報, 44, 1149-1165.
 笠原慶一・岡田 惇・柴野睦郎・佐々木幸一・松本滋夫・平田安広, 1970, 光波測量による地殻変動の観測第 4 報既設基線網の再測, 地震研究所彙報, 48, 999-1008.
 松本滋夫・平田安広・加藤照之・渡辺 茂, 1983, 光波測距儀の同時比較観測 (AGA 8 型 AGA 700 型及び K & E レンジマスター III 型), 地震研究所彙報, 58, 465-475.
 岡田 惇・柴野睦郎・笠原慶一, 1969, 光波測量による地殻変動の観測, 測地学会誌, 14, 72-85.
 東京大学地震研究所地殻変動移動班, 1980, 三浦・房総・浦賀水道地域における光波測量 (その 1), 地震予知連絡会報, 24, 90-95.
 国土地理院, 1971, 関東南部における最近の地殻変動 (3), 地震予知連絡会報, 6, 25-31.

30. *Geodimeter Surveys in the Miura and Boso Peninsulas and Uraga Channel Areas.*

By Shigeo MATSUMOTO, Yasuhiro HIRATA, Teruyuki KATO
and Shigeru WATANABE,

Earthquake Research Institute.

Geodimeter surveys using AGA 4, 6, 8 and 700 and K & E Rangemaster III have been conducted by the Earthquake Research Institute, University of Tokyo, in the south Kanto area since 1964. The area under consideration includes two short distance (3-5 km) base line networks (Miura and Boso) and two intermediate distance (10-15 km) base line networks (Uraga and Boso). Several times surveys have been made until 1983 with various intervals of one to six years.

Analysis of data from the twenty years' work has yielded the following results.

(1) Base lines of intermediate distances show general contractions. The maximum principal strain rate in the selected three base lines is NNW contraction at a rate of about $6 \times 10^{-7}/\text{yr}$. This is consistent with the GSI's data from 1925 to 1971.

(2) Base lines of short distances show a rather complicated pattern which is not always consistent with the results obtained from the longer base lines. Land movement in a very local scale is suspected as a possible cause of these inconsistencies.