

35. 光波測量による地殻変動の観測

第3報 既設基線網の再測ならびに中型 基線網の設定 (昭和 43 年度)

地震研究所 { 笠 原 慶 一
岡 田 惇
柴 野 睦 郎
佐 々 木 幸 一
松 本 滋 夫
平 井 正 代

(昭和 44 年 4 月 22 日発表—昭和 44 年 5 月 31 日受理)

目 次

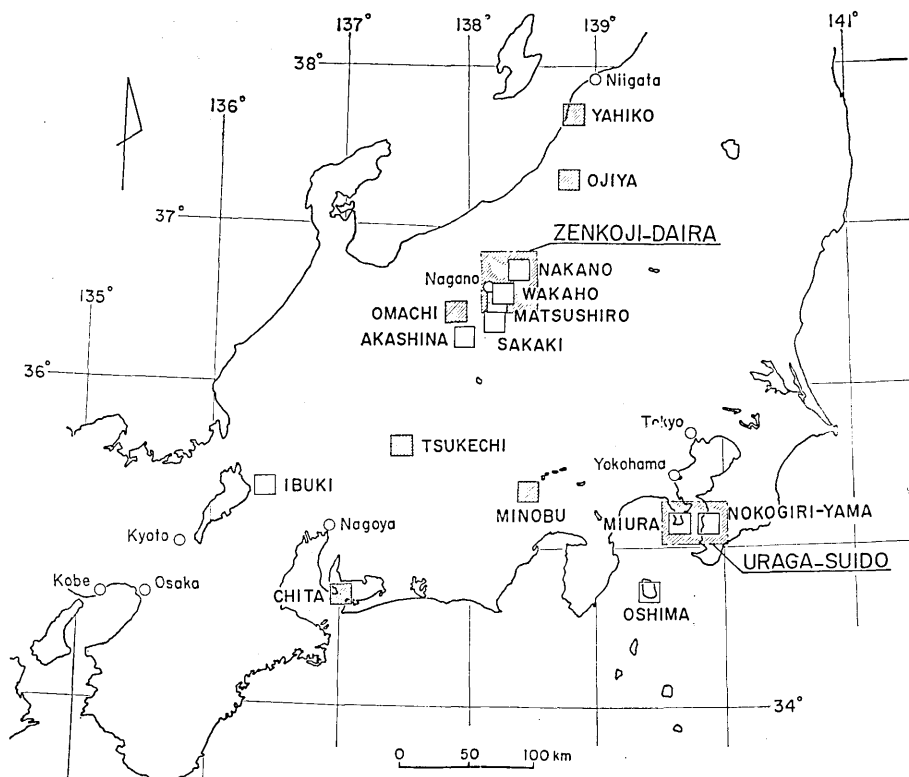
- | | |
|---------------|-----------|
| 1. ま え が き | 5. 周波数の較正 |
| 2. 既設基線網の再測結果 | 6. あと が き |
| 3. 新設基線網 | 謝 辞 |
| 4. 計算処理について | |

1. ま え が き

基線の光波測量を反復することによつて地殻の水平変動を見出そうという意図のもとに、筆者らは数年来本州中部の各地において観測を行なつてきた^{1)~6)}。前報に引き続き、本報では昭和 43 年度の作業報告として同年 4 月以降 44 年 4 月にいたる間に実施した再測量のあらましと、この間に試みた基線新設や作業方式改良などについて述べることにする。

基線網配置の現状は既設・新設のものをあわせて第 1 図に示す通りであるが、前報のものと異なる点は同図中大きな枠で示されている善光寺平 (長野県) および浦賀水道 (神奈川県・千葉県) の中型基線網が登場したことである。従来のものが 3~5 km 程度の基線長を標準としていたのに対して、上記両基線では 10~15 km のものが標準となるのでこれらを中型基線網と呼ぶことにしよう (これに対して従来のものは小型基線網と呼ぶことになる)。その詳細については第 3 節において改めて述べる。

さきに報告した松代地震に伴なう地形変動のように著しいものは今期中どこにも観測されなかつた。強いていえば地震に直接関連する調査として大町基線網の再々測 (昭和 43 年 8 月, 12 月) があげられるが、後述の通りその間の変動は特に大きいものではなかつた。変動量そのものとしては、むしろ身延基線網に見られた 6 cm (昭和 42 年 3 月~昭和 43 年 12 月) が目をひく。この間格別の地震活動は同地方になかつたから、これは地殻変形の緩慢な進行を示すものかとも考えられる。ただしその向きは地質構造から予測さ



第1図 基線網の配置図 (斜線は昭和 43 年度に測量したもの)

れる変形様式とは必ずしも調和しない。

もうひとつ小千谷基線網に見られた変形も微量ながらも予測とは逆向きのように見える。これら、ごく少数の事例から安易に論じることが戒めなければならないけれども、この事実がさらに確認されたとすれば活構造運動の機構に重要な示唆を与えることになるかもしれない。

技術的な面では前述の中型基線網登場のほかに、資料の計算処理方式やジオジメーター発振周波数較正などにおいて若干の改良が見られた。それぞれについては第 4, 5 節に述べることとする。

2. 既設基線網の再測結果

小型基線網の測量

昭和 43 年 (1968 年) 4 月以降に再測量が行なわれた基線と作業時期は次の通りである。

知 多 (愛知県)

昭和 43 年 10 月

(1)

NO.-NO.	YEAR	DATE	TIME	D1	DELT D1	E1	D2	DELT D2	E2	D3	DELT D3	E3
1	1	1966	3 26	0	8794.267	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1	1966	3 26	0	8794.267	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1	1967 11 18	0	8794.267	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1	1968 10 3	0	8794.267	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

NO.-NO.	YEAR	DATE	TIME	DILATATION	MAX. SHEAR	GAMMA 1	GAMMA 2	THETA 1	THETA 2
2	1	1966	3 26	0	10.171	11.213	21.431	-1.334	-7.300
3	1	1967 11 18	0	11.210	21.424	21.424	-1.337	17.357	-77.161
4	1	1968 10 3	0	8.160	27.612	27.612	-2.507	17.351	-77.269

(2)

NO.-NO.	YEAR	DATE	TIME	D1	DELT D1	E1	D2	DELT D2	E2	D3	DELT D3	E3
1	1	1966	3 26	0	1725.694	0.0	0.0	0.0	0.0	2227.762	0.0	0.0
2	1	1967 11 10	0	1725.713	0.016	11.31	-16.737	-1.334	-1.326	2227.766	0.006	1.230
3	1	1968 10 1	0	1725.698	-0.006	-3.677	20.839	-0.010	-0.230	2227.761	-0.021	-6.305

NO.-NO.	YEAR	DATE	TIME	DILATATION	MAX. SHEAR	GAMMA 1	GAMMA 2	THETA 1	THETA 2
2	1	1967 11 10	0	10.128	18.640	28.658	-5.261	24.047	-65.058
3	1	1968 10 1	0	-10.324	2.640	-6.676	-17.076	23.718	-56.282

(3)

YAMARITA												
NO.-NO.	YEAR	DATE	TIME	D1	DELT D1	E1	D2	DELT D2	E2	D3	DELT D3	E3
1	1	1967	3 7	0	2243.759	0.0	0.0	0.0	0.0	2877.642	0.0	0.0
2	1	1968 12 13	0	2243.778	0.019	8.468	2390.285	0.060	25.102	2877.668	0.026	9.035

NO.-NO.	YEAR	DATE	TIME	DILATATION	MAX. SHEAR	GAMMA 1	GAMMA 2	THETA 1	THETA 2
2	1	1968 12 13	0	28.662	26.413	55.075	2.249	24.179	-65.821

(4)

KANAGUCHI												
NO.-NO.	YEAR	DATE	TIME	D1	DELT D1	E1	D2	DELT D2	E2	D3	DELT D3	E3
1	1	1967 10 6	0	3873.338	0.0	0.0	3347.596	0.0	0.0	5194.243	0.0	0.0
2	1	1969 4 24	0	3873.321	-0.017	-4.339	3347.612	0.016	6.780	5194.275	0.032	6.167

NO.-NO.	YEAR	DATE	TIME	DILATATION	MAX. SHEAR	GAMMA 1	GAMMA 2	THETA 1	THETA 2
2	1	1969 4 24	0	24.888	86.783	111.671	-61.895	-53.413	36.587

第1表 各基線網の測量結果 (第4節参照) (1) 知多 (2) 付知 (3) 身延 (4) 小千谷

D1, 2, 3 : 基線長 (単位 m)
 DELT D1, 2, 3 : 基線長変化 (対第1回測量, 単位 m)
 E1, 2, 3 : 歪量 (対第1回測量, 単位 10⁻⁶)
 GAMMA 1, 2 : 歪主軸の歪量 (同上)
 THETA 1, 2 : 歪主軸の方位 (東から反時計廻り, 単位 度)

付 知 (岐阜県)	昭和 43 年 10 月
身 延 (山梨県)	昭和 43 年 12 月
小千谷 (新潟県)	昭和 44 年 4 月
大 町 (長野県)	昭和 43 年 8 月
大 町 (長野県)	昭和 43 年 12 月
弥 彦 (新潟県)	昭和 44 年 4 月

以上の基線網における観測経過はまちまちであるが、そのうち昭和 42 年度までに測量が反復されたものについては前報を参照されたい⁷⁾。

ここではその後さらに測量が行なわれた基線についてのみ、観測結果を第 1 回当時と比較して第 1, 2 表に示すことにする。第 4 節で述べる通り、観測後の資料処理はほとんど自動化されているが、同表も参考までに計算機出力そのままの型式で示すことにした。後述の歪量その他計算結果の型式も同様である (第 3, 4 表)。また、これら再測が行なわれた基線網の位置と構造は、それぞれ第 1 図および第 2 図に示してある。以下それぞれの観測結果について若干の説明を加えよう。

OHACHI														
TAIRA					KASHIMACHASHI					SHINIZUSAWA				
NO.	NO.	YEAR	DATE	TIME	D1	DELT D1	E1	D2	DELT D2	E2	D3	DELT D3	E3	
1	1	1964	11	9	0	4226.790	0.0	0.0	5109.521	0.0	0.0	4353.645	0.0	0.0
2	1	1966	10	9	0	4226.790	0.0	0.0	5109.485	-0.036	-7.046	4353.591	-0.054	-12.409
3	1	1967	3	19	0	4226.831	0.041	9.700	5109.525	0.004	0.783	4353.615	-0.020	-9.117
4	1	1968	8	21	0	4226.831	0.041	9.700	5109.543	0.022	4.306	4353.586	-0.059	-13.589
5	1	1968	12	10	0	4226.847	0.057	13.459	5109.676	0.055	10.766	4353.606	-0.039	-9.955

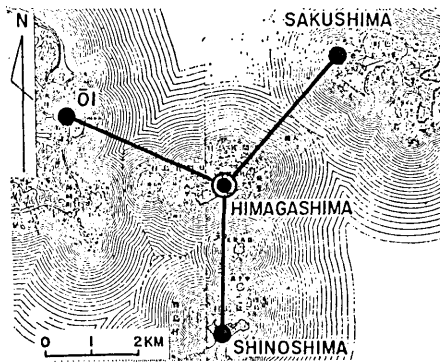
NO.	NO.	YEAR	DATE	TIME	DILATATION	MAX. SHEAR	GAMMA 1	GAMMA 2	THETA 1	THETA 2
2	1	1966	10	9	0	-12.079	12.779	0.701	-24.857	15.468
3	1	1967	3	19	0	0.504	19.030	19.534	-69.401	21.599
4	1	1968	8	21	0	-5.414	26.704	21.289	-32.118	35.842
5	1	1968	12	10	0	2.328	28.927	31.256	-49.208	40.792

第 2 表 大町基線網の測量結果 (第 4 節参照)

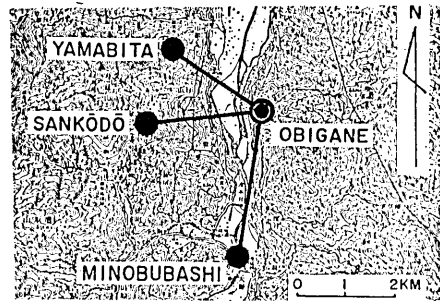
(1) 知多基線網

昭和 40 年 3 月に第 1 回観測が行なわれて以来、昭和 43 年 11 月までに 4 回の観測が行なわれた。第 3 図(1) は各々測線毎にその変動量から直線歪を求め、これを時間軸に対して記入したものである。ひとくちにいつて歪量は約 10^{-5} の程度であるが、篠島測線(南北)は一方的に縮みを示しているのに対し、大井・佐久島両基線は伸びの傾向が見られる。なお、歪量そのものは観測誤差をやや上回る程度に過ぎないけれども、僅かに 4 回の観測を通じて、それぞれ一定した向きに集積して行くようすが見られるのが興味深い。この地域における地殻歪の進行を反映しているものではなかろうか。

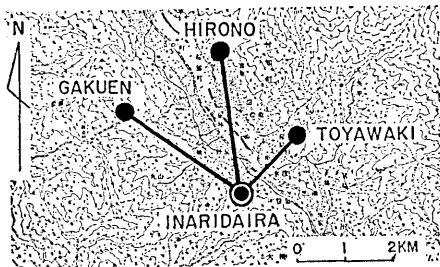
測線毎の直線歪より主軸の方向と大きさを求めた結果が第 4 図(1) である。伸張軸の方



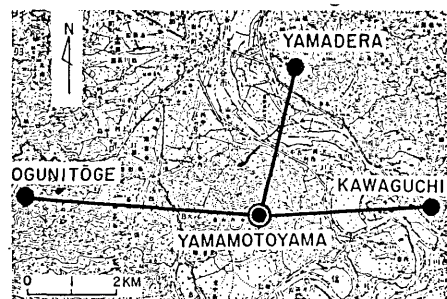
(1)



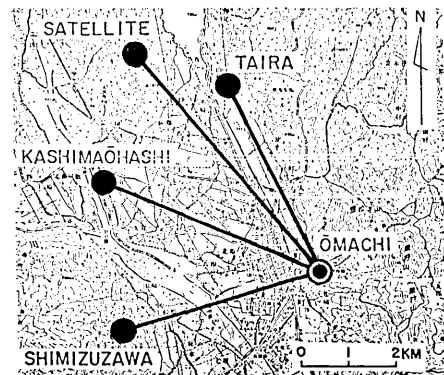
(3)



(2)



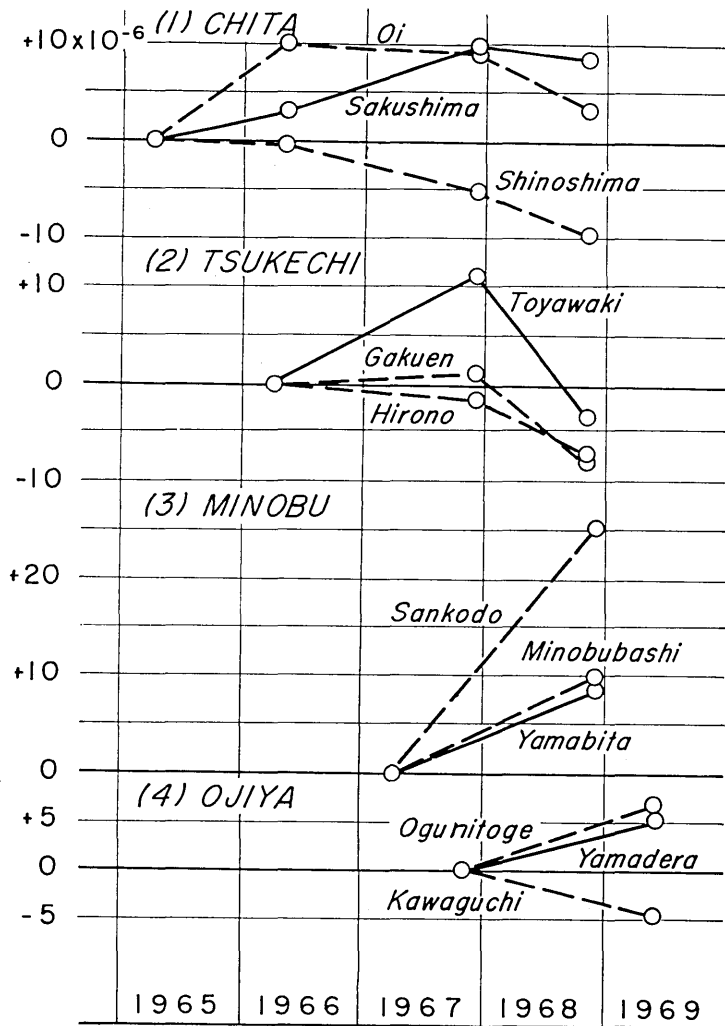
(4)



(5)

- (1) 知 多 (愛知県) 基線網
- (2) 付 知 (岐阜県) 基線網
- (3) 身 延 (山梨県) 基線網
- (4) 小千谷 (新潟県) 基線網
- (5) 大 町 (長野県) 基線網

第2図 昭和43年度再測を行なった基線網

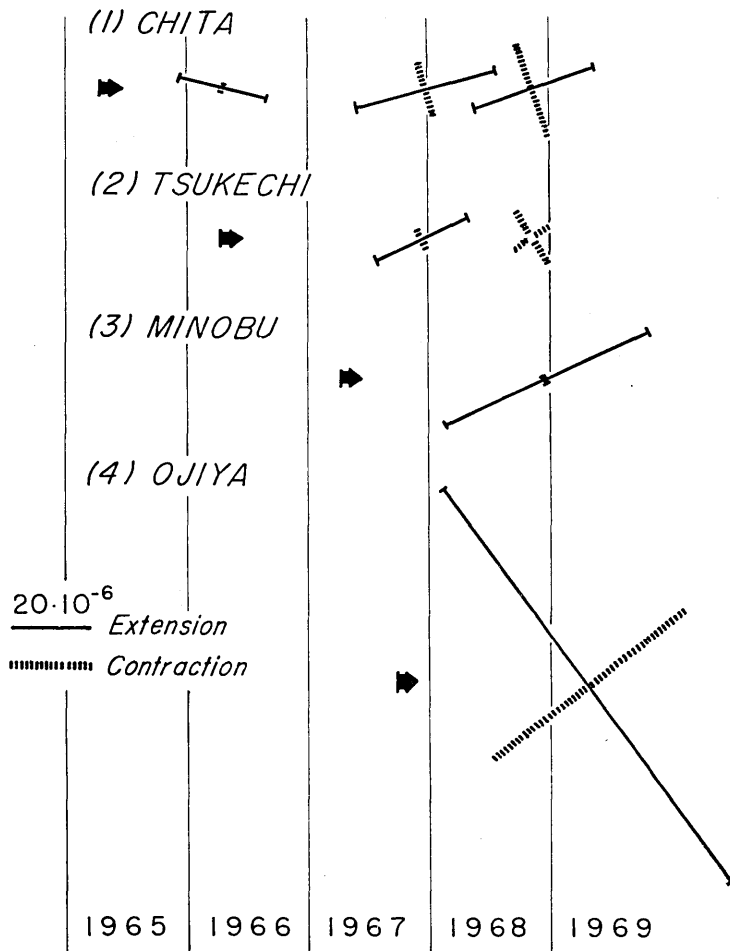


第3図 (1) 知多 (2) 付知 (3) 身延 (4) 小千谷各基線網における測線毎の基線長変化 (歪量)

向はほぼ東西を指している。

(2) 付知基線網

本基線網の測量は、昭和 41 年 3 月に開始され、昭和 43 年 10 月に第 3 回目が実施された。直線歪量の変化と主軸の方向は、それぞれ第 3 図 (2)、および第 4 図 (2) に示す通りである。このうち第 2 回と第 3 回との間では各測線共縮みを示しているが、主軸の向きには余り大きな変化はないようである。また基線網を横断するように走っている阿寺断層について見ると、もしこれが地質学的に予測される左ずれ⁹⁾の運動をするものなら、特に



第4図 (1) 知多 (2) 付知 (3) 身延 (4) 小千谷各基線網における歪主軸. 矢印は第1回測量時期を示す

広野基線が一方的に伸びることであろうが、上記の結果に関する限りではそう見られない。同断層がクリープ的運動をしている可能性はむしろないように思われる。

(3) 身延基線網

本州中部を横断する糸魚川—静岡構造線の南部地域を調査する目的で本基線網の建設と第1回の測量が行なわれたのは昭和42年3月のことであつた。その後昭和43年12月に2回目の測量を行なうことができたが、この2回の結果から歪量を示したのが第1表および第3図(3)である。この約1年9ヶ月の間に各測線共にかなり伸びを示し、最大伸張軸の向きは $N 65^{\circ} E$ である(第4図(3))。南部フォッサマグナの断層運動の水平成分についていわれるような左ずれ⁹⁾運動からは北東—南西の伸張軸が予想されるところであるが、

今回の結果がそれに対応するものであるか否かは今後の調査をまつて結論したい。

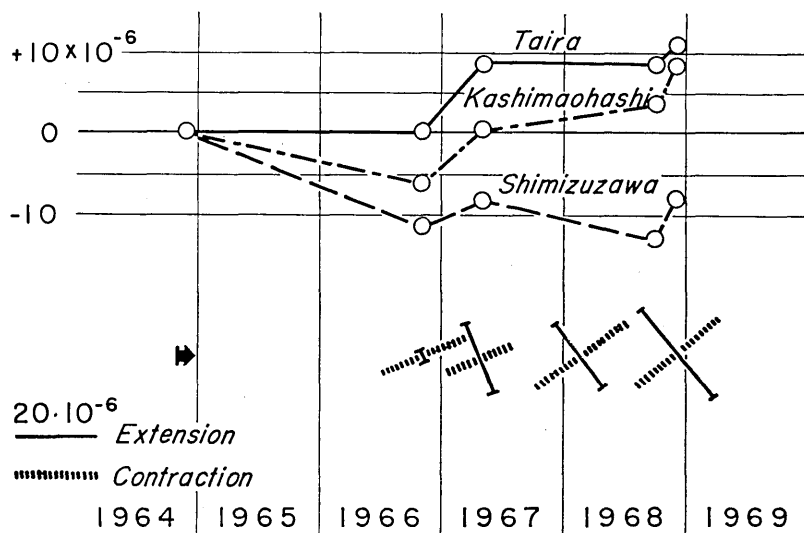
(4) 小千谷基線網

新潟県小千谷地域は活褶曲運動の進行が地形学的に確認されていることで知られている。ネオテクトニクス研究会でここを総合的に調査研究する計画が立てられたのを機会に光波測量が始められたのは昭和42年10月のことであった。身延地域同様、2回の観測結果から各測線毎の直線歪量と主軸をそれぞれ第1表、第3図(4)、第4図(4)に示した。

本地域は約10年前より宮村等¹⁰⁾による特設水準点の反復測量より垂直変動の進行が確認されており、今回の結果のように相当量の水平変動が現われるのも予想されないことではない。しかし東西方向の小国峠基線が伸びであるのは特に興味深い。今後の調査続行によつてこの事実が確認されれば、褶曲軸間距離が短縮するどころか逆に伸張していることになり、活褶曲運動の機構に大きな示唆を与えることになるのではなかろうか。

(5) 大町基線網

大町基線網は身延基線網と同じように糸魚川―静岡構造線に位置し、昭和39年(1964)より測量が何度か繰り返されていた。たまたま昭和43年の秋になつて同地域周辺に微小地震の群発していることが発見され、地震予知研究計画にもとづく移動観測班の作業として、本基線網の第5回目の測量が同年12月に実施されることになった。その結果は第2表に示す通りであつて、基線長変化のほかに歪量等も併せて記されている。第2回測量期間中に起つた基準点(大町市立山岳博物館構内)の移動事故等のため、全期間を通して測量結果を比較することは困難であるが、多少の推測をまじえつつ求めた歪量や主軸の方向の時間的変化を第5図に示した。ここで昭和41年における平測線(南北方向)は改埋



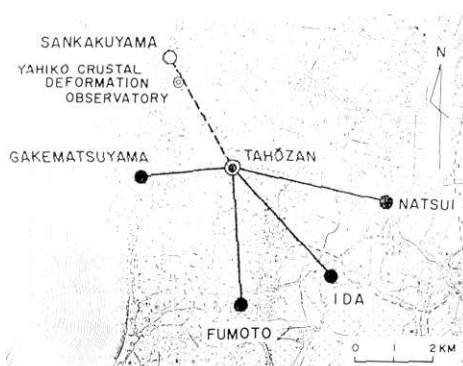
第5図 大町基線網の各測線毎の基線長変化(歪量)と歪主軸。
矢印は第1回測量時期を示す。

のため比較できないので 1964~1966 年間では不動であつたと仮定している。過去 4 年間を通算しての歪量は 10^{-5} 程度であつて、今後の微小地震活動の発展を暗示するような特異な変動は見られなかつた。主軸の方向も略々一定して北西—南東の伸張軸、北東—南西の短縮軸を示している。これまた発震機構¹¹⁾などの資料から推定される同地方の地殻歪力の様相とはむしろ相反するものといわなければならない。これといい、小千谷のそれといい、長期的な傾向に逆行する“気まぐれな”変動をわれわれは見ているのか、それともわれわれの“予測”に再考の余地があるのか、今後の問題がここにもある。

3. 新設基線網

(1) 小型基線網の増設

昭和 43 年 4 月以降新設した基線網は、弥彦(新潟県)、北信(長野県)および浦賀水道の各地域である。新潟県弥彦地方では旧来の間瀬観測所から通算すれば地殻変動観測が 10 数年続けられている。昭和 42 年 10 月に新しい観測坑および諸施設をもつ弥彦観測所が開設されたのを機会に、今回第 6 図のような基線網設置と、第 1 回の測量が実施された。結果は第 3 表に示す通りである。



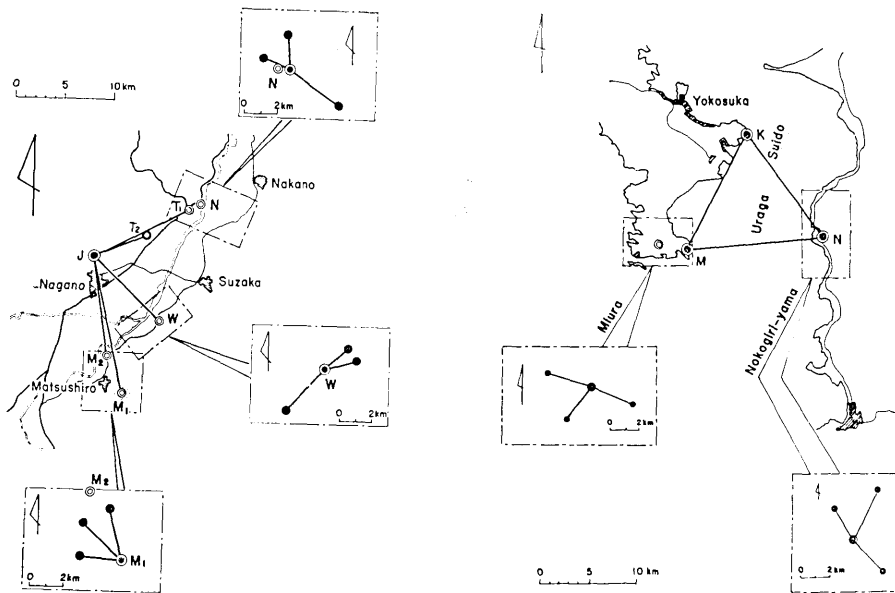
第 6 図 弥彦基線網 (新設)

YEAR	DATE	TIME	REFLECTOR ST.	AVERAGE	SUM OF CORR.	CORR. SLOPE	0	PROBABLE ERROR
1969	4 29	1211	2	2382.5720	0.0065	2382.5085		
1969	4 29	1220	2	2382.5675	0.0060	2382.5035		
1969	4 29	1230	2	2382.5569	0.0067	2382.4937		
1969	4 29	1239	2	2382.5663	0.0082	2382.5044		
1969	4 29	1249	2	2382.5702	0.0099	2382.5100	2382.5040	0.00193
1969	4 29	1520	3	3543.2906	0.1435	3543.2741		
1969	4 29	1527	3	3543.2869	0.1435	3543.2705		
1969	4 29	1534	3	3543.2879	0.1431	3543.2711		
1969	4 29	1540	3	3543.2868	0.1435	3543.2703		
1969	4 29	1546	3	3543.2935	0.1417	3543.2752	3543.2722	0.00060
1969	4 29	1600	4	3792.2589	0.1506	3792.2494		
1969	4 29	1608	4	3792.2575	0.1498	3792.2473		
1969	4 29	1615	4	3792.2549	0.1490	3792.2440		
1969	4 29	1621	4	3792.2533	0.1487	3792.2419		
1969	4 29	1628	4	3792.2571	0.1475	3792.2446	3792.2455	0.00088
1969	4 29	1420	5	4162.8878	0.1665	4162.8943		
1969	4 29	1428	5	4162.8784	0.1665	4162.8849		
1969	4 29	1439	5	4162.8829	0.1669	4162.8898		
1969	4 29	1447	5	4162.8830	0.1673	4162.8904		
1969	4 29	1455	5	4162.8780	0.1679	4162.8867	4162.8892	0.00110

第 3 表 弥彦基線網 (新設) の観測結果

(2) 中型基線網の新設

従来設置されて来た諸基線網は 3~5 km の基線長を持つものであつた。これは光波測量が始められた当時の主力計器であるジオジメーター 4 型の性能と大気の状態 (透明度が一般によくない) とから見て、この程度の基線長が無難と思われたからである。しかし、より大局的な地殻変形をとらえるにはさらに大型な基線網が必要なのはいうまでもないことである。幸いにして、その後水銀燈光源を持つジオジメーター 6 型が使えるようになり、経験を積んで見ると夜間、多素子反射鏡 (例えば 25 個) を使えば 10 km~15 km 程度の基線測量も実施できる見通しがついた。善光寺平基線網はその一例であつて、第 7 図左に示すごとく、長野市北方地附山を基点とする約 10 km の測線で構成されている。これによりかなり大局的な地殻変形の監視に役立てるとともに松代地震調査にともなつて設定された松代・若穂・中野の各小型基線網を連結することも可能になつた。



第 7 図 北信 (善光寺平) および浦賀水道地域における中型基線網図

第 1 回の測量は昭和 43 年 11 月に行なわれ、その結果は第 4 表に示す通りである。実施可能とはいへども、この程度の距離になるといふそう気象条件に支配され易く、時期の選定にもまた計器の操作にも細心の注意が要求される。なおこの種の測量のために大型反射鏡を試用しつつあるが、これは第 8 図に示す通り 25 個の素子を密集して配列し反射効率の向上をはかつたものである。

一方関東南部では東京湾口の浦賀水道を挟む中型基線網について選点と基準点の埋設を終り (第 7 図右)、試験測量を昭和 43 年 5 月に実施した。一応の見通しが得られたので

DISTANCE MEASURING BY GEODIMETER MODEL 6								
ZIZUKIYAMA								
YEAR	DATE	TIME	REFLECTOR ST.	AVERAGE	SUM OF CORR.	CORR. SLOPE	D	PROBABLE ERROR
1968	11	24	1805	1	5720.2092	0.1973	5720.2466	
1968	11	24	1827	1	5720.2060	0.1922	5720.2382	
1968	11	24	1831	1	5720.2072	0.1922	5720.2394	
1968	11	24	1840	1	5720.2073	0.1933	5720.2406	
1968	11	24	1855	1	5720.2082	0.1945	5720.2427	
1968	11	22	1800	2	13869.8396	0.4050	13870.0846	5720.2415 0.00099
1968	11	22	1815	2	13869.8434	0.4036	13870.0870	
1968	11	22	1827	2	13869.8411	0.4008	13870.1019	
1968	11	22	1845	2	13869.8535	0.3967	13870.0902	
1968	11	22	1900	2	13869.8604	0.3939	13870.0943	
1968	11	21	1945	3	8934.6729	0.2439	8934.7568	13870.0916 0.00206
1968	11	21	1955	3	8934.6744	0.2439	8934.7603	
1968	11	21	2000	3	8934.6757	0.2439	8934.7597	
1968	11	21	2007	3	8934.6703	0.2439	8934.7562	
1968	11	21	2015	3	8934.6719	0.2439	8934.7559	
1968	11	20	2012	4	9701.9576	0.3095	9702.1071	8934.7574 0.00078
1968	11	20	2108	4	9701.9574	0.3085	9702.1059	
1968	11	20	2119	4	9701.9645	0.3085	9702.1131	
1968	11	20	2133	4	9701.9676	0.3085	9702.1161	
1968	11	20	2143	4	9701.9684	0.3085	9702.1169	
1968	11	22	2300	5	12068.3580	0.2571	12068.4550	9702.1118 0.00153
1968	11	22	2320	5	12068.3636	0.2595	12068.4630	
							12068.4590	0.00269

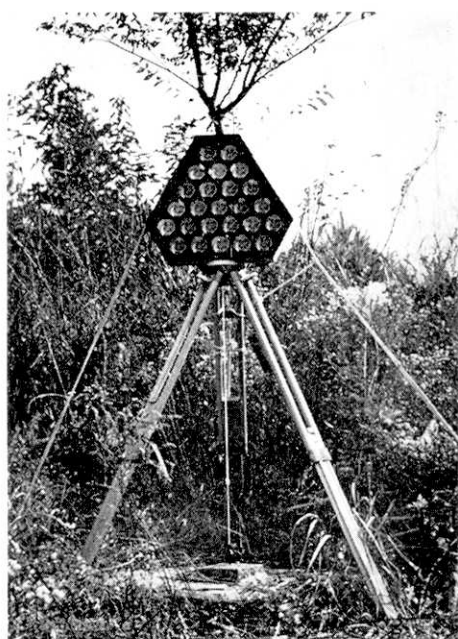
第4表 北信地域善光寺平中型基線網の観測結果

REFLECTOR ST. 1: T-2 豊野-2 (第7図参照)
 2: M-1 皆神山 (松代小型基線網の基準点)
 3: W 綿内 (若穂小型基線網の基準点)
 4: M-2 金井山
 5: T-1 豊野-1
 D: 基線長 (各セット読取值および平均値, 単位m)

本測量に着手したのであるが、昭和44年2月・3月の二度にわたる試みにもかかわらず、良好な気象条件に恵まれず不満足な結果に終った。今年度に第1回測量が完成するよう三たび測量を試みる機会を待っている次第である。

4. 計算処理について

測量作業においては、所定の測量シート上に計器の読取り値を記入するかたわら、計算をすすめるのがふつうである。既報の通り筆者らは測線当り5セットの作業を標準としているが、この間30分毎に気圧・気温(乾・湿)の測定を行ない、各セット毎の中心観測時刻に対する気象補正を施す。このようにして求めた5セットの平均値に対して偏心・器械常数・反射鏡常数等を補正して基線長とする。これらの計算を測量中に行なうことはそれほど困難でないけれども、野外、特に夜間作業と並行させるのでは誤計算の入るのは避



第8図 25 素子の大型反射鏡

け難い。このような事情から作業中の計算は参考資料とするにとどめ、以下に述べるような方式による半自動的処理にたよるようになった。現在は読取値をデータシートに直接記入したものを速達便で本所に送る程度で満足しているが、松代地震最盛期の当時にはテレックスを利用して迅速処理を行なつた例もある。以下は計算機による処理の手順である。

第1段階

測量に当つては、周波数 U_1, U_2, U_3 について C (較正短絡回路に対する読取値), R (遠方反射鏡に対する読取値) がそれぞれ4個ずつ読み取られるから、計24個の数値が1セット分として得られる。テレックスまたは速達で現地から送られて来るこれらのデータは気象観測値等と共にカードパンチされる。各セット毎の読取値のカードは、あらかじめ用意された換算表カード

と共に計算機に送り込まれる。気象要素、器械常数等の補正も含めた計算が行なわれるが、その手順は第9図のフローチャートに示されている通り、手計算のそれと全く同じである。このようにして得られる出力は第4表のような型式に印刷される。

第2段階

第1段階で得られた各測線毎の最終的な基線長について、各基線網新設当時の数値に対する比較が行なわれ、実距離 (基線長) の変化量と直線歪量は観測月日、時刻と共に作表印刷される。

第3段階

第2段階により三方向の直線歪量が得られたから、次には歪主軸の方向や大きさ (θ, γ)・Dilatation (D)、Maximum Shear (σ) などの計算が行なわれる。よく知られているように基準座標軸 (x, y) に関する歪成分を e_{xx}, e_{yy}, e_{xy} とすれば

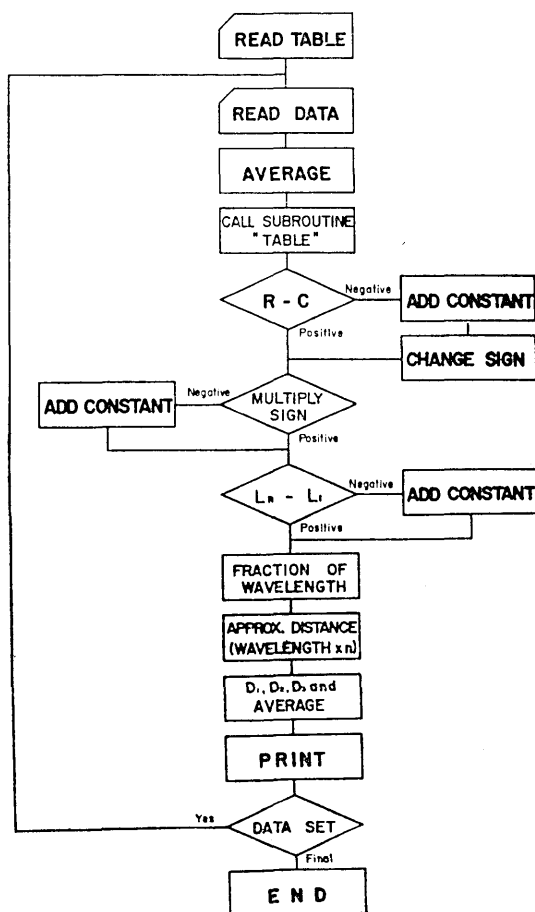
$$\gamma = (e_{xx} + e_{yy}) \pm \sqrt{e_{xy}^2 + (e_{xx} - e_{yy})^2},$$

$$\theta = \tan^{-1} \{ (\gamma - 2e_{xx}) / e_{xy} \},$$

$$D = e_{xx} + e_{yy},$$

$$\sigma = \sqrt{e_{xy}^2 + (e_{xx} - e_{yy})^2},$$

である。 e_{xx}, e_{yy}, e_{xy} は三つの独立な方向に対する歪量 ($e_i, i = 1, 2, 3$) が観測から求められれば、



第9図 ジオジメーター読取值処理の
フローチャート

$$e_i = l_i^2 e_{xx} + m_i^2 e_{yy} + l_i m_i e_{xy}$$

によつて計算することができる (l_i, m_i は i -方向の方向余弦)。

第1, 2表では, 第2, 3段階の出力形式を基線網ごとに並示してある。

5. 周波数の校正

筆者らが使用中のジオジメーター4型および6型による観測精度の吟味は, 前報にすでに述べた^{12), 13)}。この間4型の周波数を時おり検定して来たが, 極めて安定であり, 許容周波数偏差 $\pm 2 \cdot 10^{-6} \text{ Hz}$ ($\pm 60 \text{ Hz}$) の範囲に充分納まるものであつた。また6型が購入されたのを機会に, 国土地理院秋多町比較基線場で行なつた比較観測の結果も満足すべきも

第5表 ジオジメーター6型の周波数測定結果

	U_1	U_2	U_3	
規定周波数	29 970 000 H_z	30 044 920 H_z	31 468 500 H_z	許容偏差 = $\pm 2 \times 10^{-6} = 60 H_z$
1968, 10.15 測定値	29 969 831 } H_z 839	30 044 541 } H_z 548	31 468 212 } H_z 220	大町, 付知, 知多の観測後 $\Delta f = -170 \sim -380 H_z$
較正周波数 (現在)	29 969 997 } H_z 970 004	30 044 913 } H_z 924	31 468 498 } H_z 507	偏差 = $\pm 15 H_z$ (1 ppm 以下)

ので、4型・6型共に観測誤差の範囲で一致していた。ところが、その後（昭和43年10月）6型を用いて付知、知多で測量を行なつたところ、やや不審な結果を得たので、帰京後周波数検定を行ない、第5表に示す通り規定周波数に対して U_1 , U_2 , U_3 それぞれ Δf が $-150 H_z$, $-380 H_z$, $-280 H_z$ だけずれていることを発見した。もつともこの程度のずれはその量さえ判れば補正可能であるが、このような変化が、ある時期に突然起きたものなのか、さらにはその時期がいつなのか、あるいは徐々に進行した経年変化的なものなのかは、現在では充分解明することができない。4型機の安定性に安心して、6型購入後周波数検定を省略していたための障害である。このような事情からひんばんに周波数を検定する必要が痛感されたので、現在のように野外観測の前後には必ず周波数の検定を行なうことになった。その結果では今までのところ規定周波数に対して $\pm 15 H_z$ 以内のずれであり、偏差規格は充分満足している。この周波数検定にはタケダ理研製ユニバーサル・カウンター (TR-5578) を用いているが、測器と同調回路のカップリングに対する配慮が必要であることはいうまでもない¹⁴⁾。

6. あとがき

ジオジメーターによる局地的な小基線の反復測量によつて基線長の変化を見出し、地殻の水平変動の研究が続けられてきた。この間全く変動の認められない地域もあるが、精度を超えるような基線長変化が認められている地域もある。まだ観測開始以来年月が短いため、これらの変動について地学的意味づけを行なうのは困難であり、今後の測定結果に期待がかけられる。今期においては、新たな試みとして基線長 10 km を超える中型基線網の建設も二地域において行なわれた。試験測量の結果この程度の実用測量も可能な見通しはついたけれども、位置の選定や気象条件にきびしい制約を受けることが改めて痛感された。ジオジメーターの周波数は一般に充分な安定性をもっているけれども、稀には原因不明の変動もあり得るので、最高精度が望まれる場合は測量前後の周波数検定をするのが無難と思われる。

現在まで関東・中部地域における基線網の選定に当つては、構造地質学的な判断から経年的水平変動の期待される地域に重点がおかれて来たが、1~2年周期で測量を反復して

見ると、比較的変動量が大きくて地殻運動の活動性を認められるような地域と、一方ほとんど変動が認められないような地域とがわかつてくる。このような場合、変動レートに応じて第3回以降の反復間隔を調節すべきか否かという問題が生じる。われわれの場合は、限られた作業能力でもつとも効果的に変動地域を監視しようという立場から、不活発な地域は後まわしにする方針をとつて来たのであるが、事情が許せば“全く不活発な”地域も対象に入れて、光波測量技術そのものの長期信頼性を確認すべきである。いずれにせよ合理的な作業計画をあらためて考える時期に来ているといえよう。

謝 辞

地震研究所における光波測量の実施に当つては終始ネオテクトニクス研究会（代表者は当初萩原教授、現在森本教授）の方々の御教示と御協力をいただいた。特に基線網の選定については構造地質学的な立場から現地踏査を含め一方ならぬお世話になつた。その後地震予知研究計画の進展にともなつて移動観測班（委員長坪川教授）が編成され、われわれの作業の一部はその光波測量班として実施されるようになった。

現地の測量作業に当つては地震研究所附属北信微小地震地殻変動観測所、弥彦、鋸山、油壺各地殻変動観測所の方々および下記に示す各方面の御協力を得た。

ここに記して謝意を表する。

岐阜県付知町役場

愛知県南知多町日間賀支所

長野県大町市役所

長野県大町市立山岳博物館

長野県長野市開発公社

長野県長野国際観光株式会社

山梨県身延町役場

新潟県企業局土木課

新潟県小千谷市役所

新潟県弥彦村弥彦神社

神奈川県土木部

（順不同）

文 献

- 1) KASAHARA, K. and A. OKADA, 1966, Electro-Optical Measurement of Horizontal Strains Accumulating in the Swarm Earthquake Area (1), *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 44, 335~350.
- 2) KASAHARA, K., A. OKADA, M. SHIBANO, K. SASAKI and S. MATSUMOTO, 1966, Electro-Optical Measurement of Horizontal Strains Accumulating in the Swarm Earthquake Area (2), *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 44, 1715~1733.
- 3) KASAHARA, K., A. OKADA, M. SHIBANO, K. SASAKI and S. MATSUMOTO, 1967, Electro-Optical Measurement of Horizontal Strains Accumulating in the Swarm Earthquake Area (3), *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 45, 225~239.
- 4) KASAHARA, K., A. OKADA, M. SHIBANO, K. SASAKI, S. MATSUMOTO and M. HIRAI 1968, Electro-Optical Measurement of Horizontal Strains Accumulating in the Swarm Earthquake Area (4), *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 46, 651~661.
- 5) 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, 震研彙報 44, 1149~1165.
- 6) 笠原慶一・岡田 惇・柴野睦郎・佐々木幸一・松本滋夫・平井正代, 1968, 光波測量による

- 地殻変動の観測 第2報 関東・中部地方における基線網の増設と観測結果(昭和41・42年度), 震研彙報 46, 741~758.
- 7) 前掲 5), 6).
 - 8) SUGIMURA, A. and T. MATSUDA, 1965, Atera Faults and Its Displacement Vectors, *Bull. Geol. Soc. Am.*, 76, 509~522.
 - 9) 小林国夫, 1968, フォッサ・マグナ地域内陸部の第四紀地殻運動 地学論集 第2号 第四紀地殻変動, 33~38.
 - 10) 宮村撰三・中村一明・杉村 新・溝上 恵, 1968, 活褶曲の地学的特性の研究, 災害科学の研究成果とその問題点, 第2編, 139~141.
 - 11) 笠原慶一, 1968, 地殻変動と発震機構, 地学論集 第2号 (第四紀地殻変動), 3~8.
 - 12) 前掲 5), 6).
 - 13) " "
 - 14) 須田教明, 1969, 測量器械の点検・調整—電磁波測距儀—, 測量, 4, 29~36.

35. *Observation of Horizontal Strain Accumulation by Electro-Optical Means.*

3. *Resurvey in Central Honshu, Japan, for the Period May, 1968~April, 1969*

By Keichi KASAHARA, Atusi OKADA, Mutsuro SHIBANO,
Koichi SASAKI, Shigeo MATSUMOTO
and Masayo HIRAI,
Earthquake Research Institute.

The present paper reports the authors' Geodimeter work for the period May, 1968~April, 1969, which is the continuation of their previous work since 1963. During this period, they did not observe such active deformation as those associated with the Matsushiro swarms. Resurvey on the Omachi network in August and December, 1968, was the only emergent field expedition in the present period, which purposed to monitor an abnormal seismicity discovered there. However no significant deformation was detected on it. According to the seismic observations and precise levellings conducted in parallel with the Geodimeter surveys, no evidence for further development of the activity was discovered. Therefore, we may accept the negative data on the Omachi network as reasonable, or at least, not contradictory to the other sorts of information.

Strain accumulation in the Minobu and Ojiya areas might be more interesting from a tectonic point of view, though the observed changes in base-line lengths are not so large as to permit a definite conclusion. In the Ojiya area, for example, strain accumulation in the east-west direction amounted, in the past eighteen months, to $+6 \times 10^{-6}$, exceeding obviously the standard deviation in the ordinary case. We had no local earthquakes there since the first surveys in 1967, so that the observed deformation might be a creep-type event. It is rather natural for us to see the land in active folding areas as Ojiya subject to strain accumulation at a high rate, but the authors would like to see the base-line connecting the two neighboring axes of folding having undergone extension rather than contraction. Further observations are needed in order to clarify the nature of the present event.

Some technical development has been achieved in this period, too, regarding the construction of larger base-line networks, data-processing and frequency check of a Geodimeter. These are also described, briefly, in the present paper.