

20. 松代群発地震にともなう水準測量 (第2報)

坪川家恒
岡田惇
地震研究所 { 井筒屋貞勝
伊藤裕
角野行栄

(昭和42年4月25日, 同年10月24日発表, 昭和43年1月30日受理)

1. 緒言

1965年8月長野県皆神山を中心として発生した群発地震は1966年8月～9月の第3活動期を終り漸次発生回数を減じ現在に至っている。しかしこの間震源域は皆神山附近を中心とした地域から次第に周辺地域に拡がり、散発的に発生するようになった。更級郡冠着山附近にも震度4～5のやや中型の地震が発生したのであるが、松代町を中心とする地域の群発地震は衰退しつつある。このような状況にともない水準測量も松代町皆神山の周辺の観測を続けると共に、国土地理院と協力して上田—松本—大町—長野を結ぶ北信地域について1967年3月より11月に至る期間再測量を行なった。前報に引続きそれらの結果について報告する。1967年5月には更級郡冠着山附近を通る更埴—麻績—生坂—松川に至る新設路線が国土地理院によつて設定された¹⁾。

測量結果については地域を松代町皆神山周辺の局所地域と長野、松代を結ぶ以西のやや広域地域とについて、水準点の変動から得られた地殻変動の推移を求めた。前報²⁾では主として、群発地震震央域の東北部に拡がる水準路線についての変動を述べたが、本報告で1967年度に実施された西部地域に関する変動状況について述べる。測量成果は国土地理院によつて実施されている長野、新潟両県にまたがる更に広域測量の一部³⁾も借用させていただいた。

2. 1967年における北信測量地域

Fig. 1は水準路線図を示し、1967年に行なわれた地域である。太線で示した部分が本報告に係る路線で、その内には国土地理院における広域測量路線の一部も含まれている。更埴—麻績—松川の路線は1967年国土地理院によつて新設されたものである。観測

- 1) 建設省国土地理院松代群発地震に伴う測地測量報告書第1報 (昭和41年11月), 第2報 (昭和42年2月), 第3報 (昭和42年6月)。
- 2) 坪川家恒他「松代地震にともなう水準測量 (第1報)」震研彙報45 (1967), 265～288。
- 3) 建設省国土地理院 長野地方一等水準測量成果第5回報告 (昭和42年12月5日)。

路線と時期および機関は次の通りである。

- | | |
|--|--------------------|
| (1) 長野—更埴—上田—松本—大町—長野
1967年3月～4月 | (地震研究所)
(国土地理院) |
| (2) 長野—信州新町—大町
1967年5月 | (地震研究所) |
| (3) 長野—更埴—麻績—松川—大町
1967年4月～5月
更埴—麻績—松川間は新設 | (国土地理院)
(地震研究所) |
| (4) 長野—更埴—麻績—松川—大町—長野
1967年8月 | (地震研究所) |
| (5) 松代を中心とする地域
1967年3月および1967年8月 | (地震研究所) |

以上の他に国土地理院においては更に広域の測量が実施されている。地震研究所による測量結果はTable 1, 2 に示す。

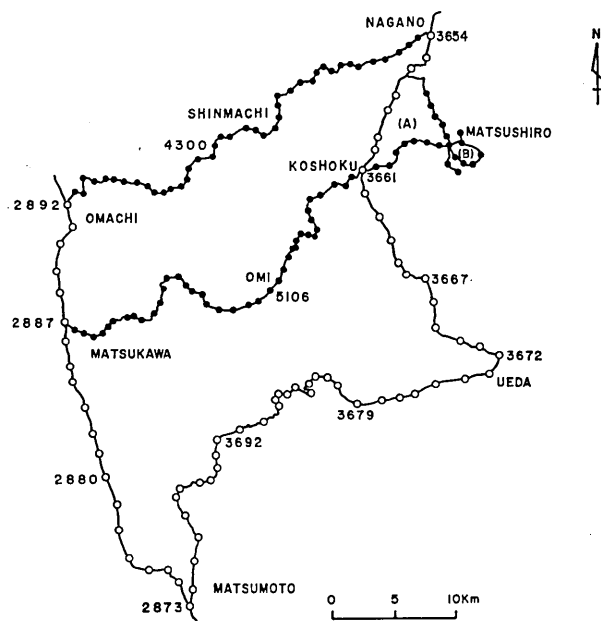


Fig. 1. Route map of levelling lines.

Hollow circle: G. S. I. 1st order bench marks.

Black circle: G. S. I. and E. R. I. 2nd order bench marks.

Table 1. Results of relevellings along the routes from Nagano to Omachi.

B.M.	Loc.	obs. 1967			B.M.	Loc.	obs. 1967		
		I 3.01~3.31	II 5.16~5.27	III 8.6~8.27			I 3.01~3.31	II 5.16~5.27	III 8.6~8.26
3654	長野市	+ 7.9115	+ 7.9104	+ 7.9118	4297	信州新町	+ 0.5734	+ 0.5720	- 7.2564
4277	"	- 8.6037	- 8.6050	- 5.7169	4298	"	+ 3.6456	+ 3.6426	+ 3.6405
4278	"	+ 2.8866	+ 2.8874		4299	"	+12.3624	+12.3594	+12.3561
4279	"	+20.2160	+20.2227		+20.2128	4300	"	+19.5254	+19.5294
4280	"	-14.1356	-14.1387	-14.1322	4301	"	-23.5624	-23.5708	-23.5459
4281	"	+12.9105	+12.9108	+12.9060	4302	"	+ 7.6557	+ 7.6540	+ 7.6548
4282	"	+ 1.2662	+ 1.2651	+ 1.2692	4303	"	+ 6.7572	+ 6.7559	+ 6.7562
4283	"	+ 1.8311	+ 1.8310	+ 1.8310	4304	"	- 4.6894	- 4.6900	- 4.6891
4284	"	- 1.3018	- 1.3022	+ 8.1534	4305	"	+108.2398	+108.2359	+108.2409
4285	"	+ 9.4527	+ 9.4522		4306	"	+117.4006	+117.3936	+117.3952
4286	"	+ 3.4829	+ 3.4778	+ 3.4803	4307	"	+79.2429	+79.2427	+79.2437
4287	"	+15.2319	+15.2316	+15.2316	4308	"	+ 3.6164	+ 3.6176	+ 3.6038
4288	"	-16.1248	-16.1217	-16.1212	4309	"	-33.0202	-33.0190	-33.0037
4289	"	+ 3.2083	+ 3.2068	+ 3.2062	4310	美麻村	+19.7890	+19.7876	+19.7871
4290	"	+26.2897	+26.2808	+26.2806	4311	"	+21.4169	+21.4183	+21.4173
4291	"	- 1.6934	- 1.6923	- 1.6923	4312	"	+15.0343	+15.0332	+15.0332
4292	"	+ 0.8530	+ 0.8543	+ 0.8614	4313	"	+57.3776	+57.3740	+57.3742
4293	信州新町	+ 6.0646	+ 6.0611	+ 6.0642	4314	"	+54.4813	+54.4745	+54.4766
4294	"	+ 2.0374	+ 2.0328	+ 2.0337	4315	大町市	-80.9217	-80.9154	-80.9125
4295	"	+ 4.3409	+ 4.3380	+ 4.3424	4316	"	-65.9567	-65.9587	-65.9587
4296	"	- 7.8290	- 7.8333	}	4317	"	-19.6317	-19.6289	-19.6336
4297	"				2892	"			

2-1 長野—上田—松本—大町—長野間の変動状況

この路線は延長約 300 km を越える大きな環を形成し、地震研究所、国土地理院によつて 1966 年 4 月以降計 3 回実施された。

測量結果による 1966 年 4 月～5 月を基準とした 1966 年 9 月～10 月および 1967 年 3 月～4 月の変動図は Fig. 2 である。変動状況は大町、松川附近において約 10 cm の隆起が表われている。一方地震も松代より周辺に拡がり冠着山附近にも発生していることが

Table 2. Results of revellings along the routes from Aoki to Matsumoto and from Kōshoku to Omachi.

obs.		1967 3.16~4.13	obs.		1967 8.24~9.4	obs.		1967 8.9~9.4
B.M.	Loc.		B.M.	Loc.		B.M.	Loc.	
3680	青木村	+ 71.5592	3661	更埴市	+ 3.9946	5111	坂北村	- 31.9877
3681	"	+ 88.5696	5089	"	+ 1.1017	5112	"	- 10.3107
3682	"	+ 75.2007	5090	"	+ 0.4494	5113	生坂村	- 40.9008
3683	"	+ 79.0501	5091	"	+ 24.4459	5114	"	- 7.3850
3684	"	+ 27.3141	5092	"	+ 48.9960	5115	"	+ 1.8344
3685	"	- 31.0463	5093	"	+ 53.4618	5116	"	+ 2.6159
3686	"	- 4.7255	5094	"	+ 65.2821	5117	"	+ 23.2965
3687	四賀村	- 78.3470	5095	"	+ 74.3984	5118	"	- 20.2566
3688	"	- 67.8679	5096	"	+ 84.5687	5119	"	+ 13.7472
3689	"	- 71.5389	5097	"	+ 256.4928	5120	"	+ 6.8355
3690	"	- 71.4538	5098	"	- 4.3401	5121	"	+ 59.5351
3691	"	- 31.2864	5099	"	- 42.6346	5122	池田町	+ 61.1743
3692	"	+ 21.7228	5100	麻績村	- 62.1957	5123	"	+ 62.0048
3693	"	+ 9.1263	5101	"	- 75.1994	5124	"	- 69.2016
3694	"	+ 78.8774	5102	"	- 70.8346	5125	"	- 20.9872
3695	"	- 23.7667	5103	"	- 65.9485	5126	"	+ 5.5328
3696	"	- 64.5117	5104	"	- 25.2189	5127	"	+ 6.9192
3697	"	- 58.7828	5105	"	- 14.2529	5128	松川村	+ 9.9987
3698	"	+ 89.5050	5106	"	- 11.7636	2887	"	+ 25.8971
3699	松本市	- 22.3007	5107	"	- 13.8306	2888	大町市	+ 30.6714
3700	"	- 63.9369	5108	"	- 10.3371	2889	"	+ 25.7622
3701	"	- 36.9311	5109	"	- 4.1799	2890	"	+ 6.0213
3702	"	- 7.7595	5110	坂北村	- 4.1799	2891	"	+ 19.5496
2874	"		5111	"		2892	"	

ら、更に詳しく地殻変動の調査をおこなうことが必要であると考えられ4月~5月に更埴市より分岐して冠着山附近を通り麻績村を経て松川に至る路線が新設された。

2-2 長野—更埴—麻績—松川—大町—長野間の変動

1967年4月—5月国土地理院によつて更埴市 B. M. No. 3661号より千曲川を渡り聖高原を経て麻績村、生坂にて国道19号線と交叉して松川に至り、旧一等水準点 B. M. No.

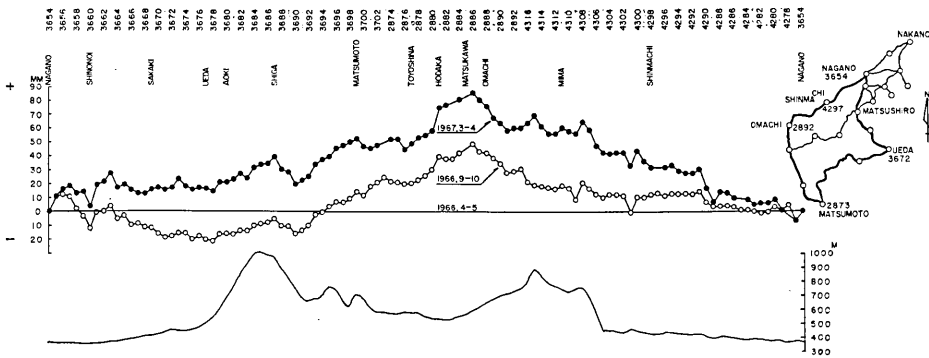


Fig. 2. Change of heights of bench marks of the closed route from Nagano to Nagano through Ueda, Matsumoto and Omachi, B.M. No. 3654 being fixed.

2887号に接続する新路線が設定され、第1回の測量が実施された。地震研究所ではこの機会に大町一長野間の測量を行ない両者の観測を併せて閉塞路線を形成した。ただし松川一大町、更埴一長野間は国土地理院によって測量路線の延長作業が行なわれて閉塞が完成された。約3カ月後、1967年8月、この閉塞路線を地震研究所が再測量を行なった。それぞれ閉塞した結果の比較が Fig. 3 に示されている。

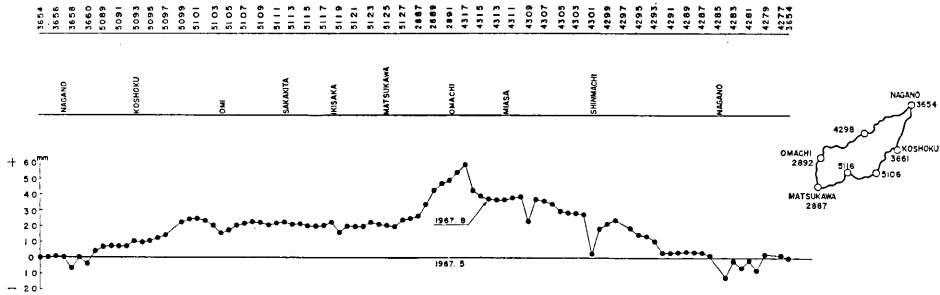


Fig. 3. Change of heights of bench marks of the closed route from Nagano to Nagano through Kōshoku, Omi, Matsukawa, Omachi and Shinmachi, B.M. No. 3654 being fixed.

約3カ月間の短い期間ではあるが、大町を中心とする局所的な範囲に5~6cmの上昇が認められたことは注目すべきことである。更に国土地理院は1967年11月に同路線3度目の測量が実施されているがその結果については国土地理院の報告があると思われるのでここでは省略する。

2-3 長野一信州新町一大町間の変動

前節までに一部含まれている路線であるが、1966年4月に国土地理院が新設以来、上田、松本を経由する大きな閉塞路線と、前節の、更埴、麻績、松川経由の小閉塞路線の線

返し等併せて5回の測量が行なわれている。Fig. 4は長野一大町間の5回の測量結果を1966年4月を基準とし、長野市 B.M. 3654号を不動とした変動図である。長野一大町を結ぶ地域において短い期間内に、傾動を繰返しているように思われる。同じ変動を信州新町附近の B.M. No. 4300 を固定して画いたのが Fig. 5 である。

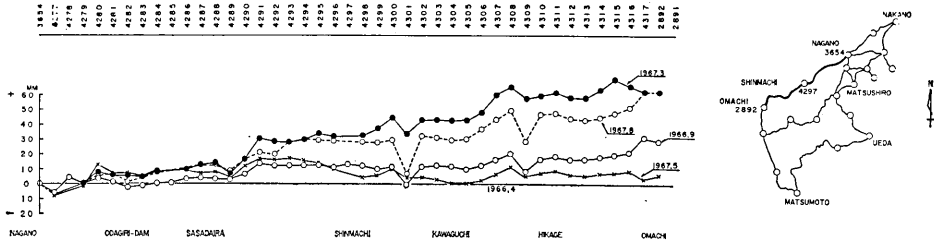


Fig. 4. Change of heights of bench marks along the routes from Nagano to Omachi through Shinmachi, B.M. No. 3654 being fixed.

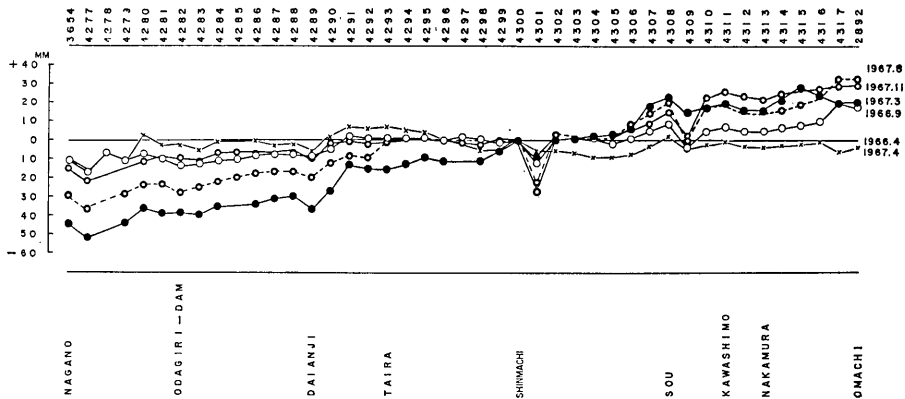


Fig. 5. Change of heights of bench marks along the route from Nagano to Omachi, B.M. No. 3400 being fixed.

1966年9月には約50kmの路線で大町の上昇が目立つたが以後は大きな上昇はなく傾動の繰返しの様な現象が表われている。この路線の内10個の水準点について新町を不動とした時の1カ年半の変動を示したのが Fig. 6 である。定性的にはほぼ同じ振幅を示しているが、新町を境にして水準点の昇降の傾向は逆である。

3. 松代地域を中心とする変動

1967年3月および8月に再び測量を繰返し、第1報以後の変動状態が明らかになった。1966年9月以降地震発生回数も減じ1967年ほぼ一定した活動を続けている。この間周辺の活動に対する広域測量と同時に1967年3月および8月に本地域の測量が行なわれた。

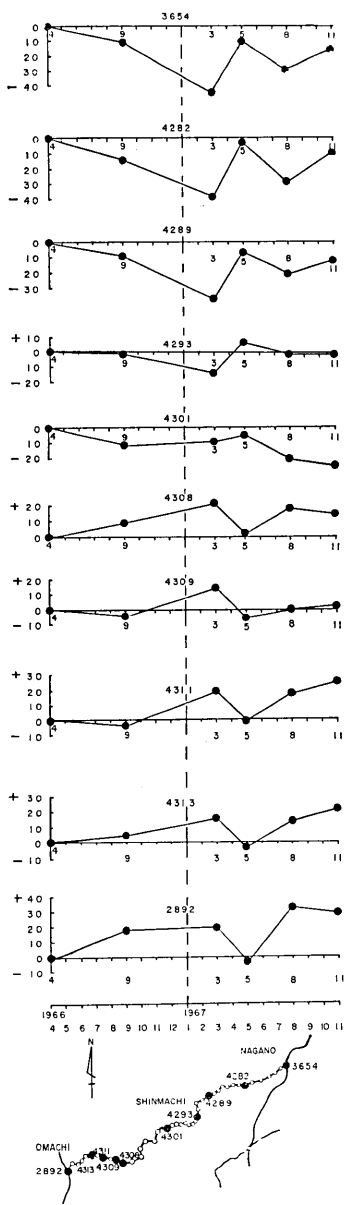


Fig. 6. Change of heights of respective bench marks along the route from Nagano to Omachi, B.M. No. 3400 being fixed.

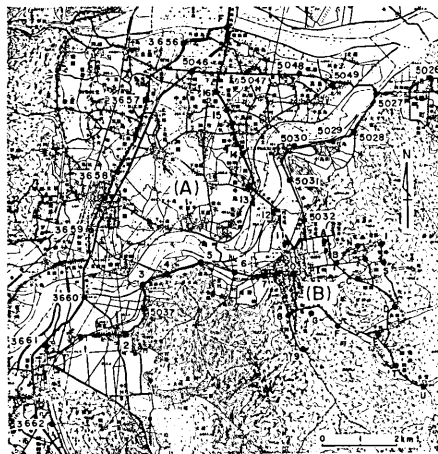


Fig. 7. Route map around the closed routes "A" and "B".

Fig. 7 は松代地域をA地区B地区に分けた route map を示す。Table 3 は 1967 年 3 月, および 8 月の測量結果を示し長野 B.M. No. 3654~更埴 B.M. No. 3661 間は前述の広域閉塞路線の一部である。

3-1 A 地区 松代—更埴—長野間の変動

Fig. 8 は A 地区について示すもので第 1 報と重複して 1967 年 3 月, 8 月の 2 回の測量を加え 1965 年 10 月を基準とした変動図である。20 km 余の閉塞路線で更埴 B.M. No. 3661 号を固定したものであるが長野平野からみて (更埴—長野を結ぶ線) 松代町附近 B.M. No. 11 号は漸次下降を続け, 1966 年 9 月の異常隆起に比して沈降量は約 10 cm に達している。

3-2 B 地区 皆神山周辺の変動

B 地区については 1966 年 4 月, 皆神山東北山麓における地表変化の進行と同時に測量が開始され, 1966 年 12 月 20 日までの変動は第 1 報に述べてある。1967 年も前記 A 地区と同時に 3 月, 8 月に測量を追加したが, これによる変動図を Fig. 9 に示す。1966 年 9 月 22 日以降松代町 B.M. No. 5033 号を基準としておよそ 17 cm の沈

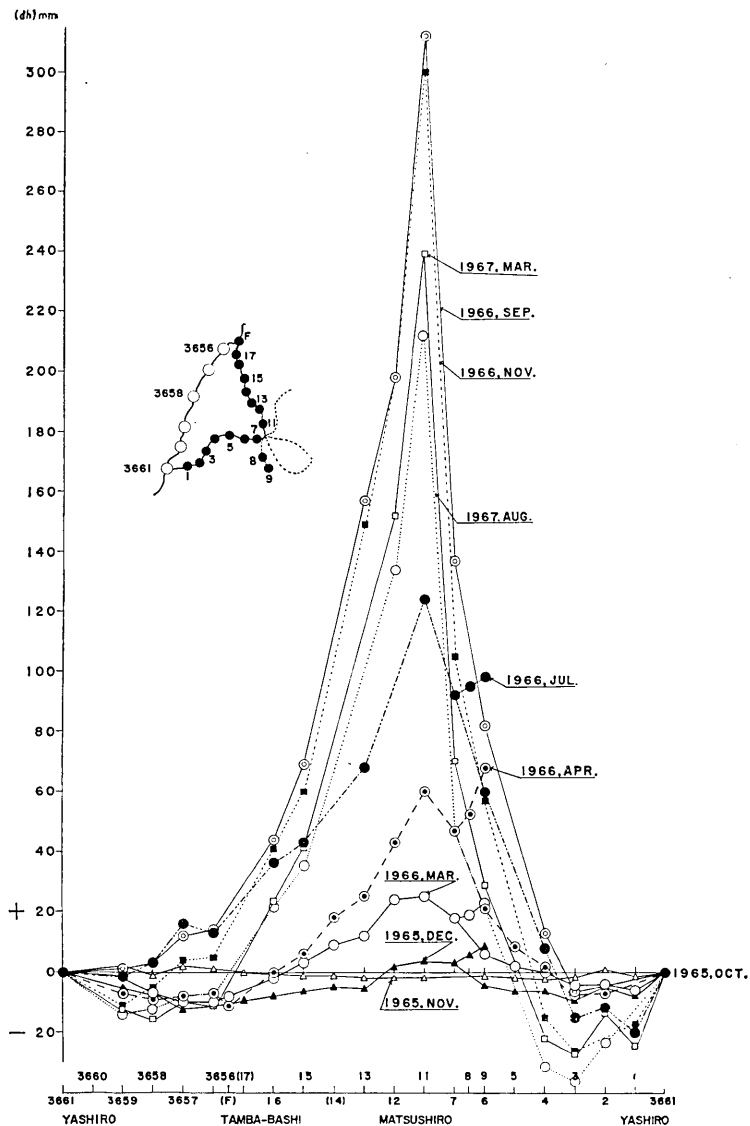


Fig. 8. Change of heights of bench marks of the route "A", B. M. No. 3661 being fixed.

降量となり、A 地区の基準点から積算すると約 30 cm に近い沈降となる。

第3活動期(1966年8~9月)の最盛期における、9月22日測量時の隆起量が、A地区基準点に対して約90cmと推定されているのに対し約30%を回復したこととなり、沈降の速度も次第に減じつつある。

Table 3. Results of relevellings along the closed routes "A" and "B", and along the routes from Nagano to Kōshoku.

		XIV		XV		IX		X	
		obs.		obs.		obs.		obs.	
B.M.	Loc.	1967. 3.	1967. 8.	B.M.	Loc.	1967. 3. ~4.	1967. 8.		
5033	松代	+ 1.9953	+ 1.9842	3656					
B	東条	+24.8423	+24.8295	F	丹波島橋				
C		+70.9528	+70.9506	17		-3.8314	-3.8365		
D	牧内	-14.4355	-14.4256	16		-1.2678	-1.2718		
E	平林	-41.0196	-41.0060	15	野口				
F		-23.8905	-23.8833	14		-2.2351	-2.2458		
G		-18.4448	-18.4494	13	西寺尾				
5033	松代	- 5.9066	- 5.9054	12		-0.4235	-0.4316		
11				11	松代	+3.5444	+3.5517		
B	東条	- 7.0703	-7.0787	7					
A	加賀井			6		-0.8365	-0.8296		
3654	長野市	- 2.9250	- 2.9255	5					
3655		- 1.6745	- 1.6744	4	岩野	+4.3586	+4.3626		
3656		+ 2.4209	+ 2.4191	3		-2.9403	-2.9435		
3657		- 3.3869	- 3.3850	2		+3.2990	+3.3100		
3658	南原	- 1.6297	- 1.6345	1		-0.2503	-0.2512		
3659		+ 2.0128	+ 2.0147	3661	屋代				
3660									
3661	屋代								

3-3 A, B 両地区における水準点の時間的变化

A 地区の基準を更埴 B. M. No. 3661 号に置いた 1966 年 9 月 22 日の異常隆起の様子を Fig. 10 に示す。皆神山、奇妙山にはさまれる地域の横ずれ断層や地すべり地帯の調査のために、臨時に設定された水準点、奇妙山東北側保科に至る分岐水準路線等の測量結果から、地表変形の最もはげしいこの地区を中心とし、やや東北より西南に長軸を持つような同心円的ドーム状隆起を推定することができる。中心部である瀬関、牧内附近は横ずれ断層と大地すべり等によつて地盤変動は極めて複雑である⁴⁾。

4) 中村一明・恒石幸正「横ずれ断層によると考えられる松代の地割れ群 II——松代地震断層」震研彙報 45 (1967), 417~471.

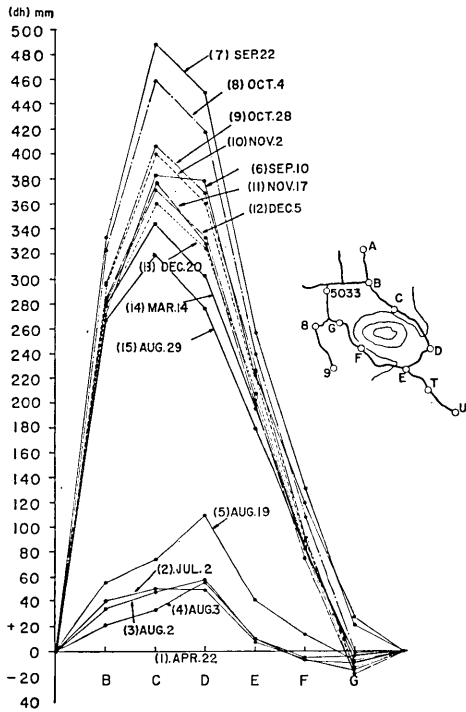


Fig. 9. Change of heights of bench marks of the route "B", B.M. No. 5033 being fixed

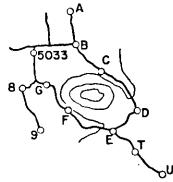
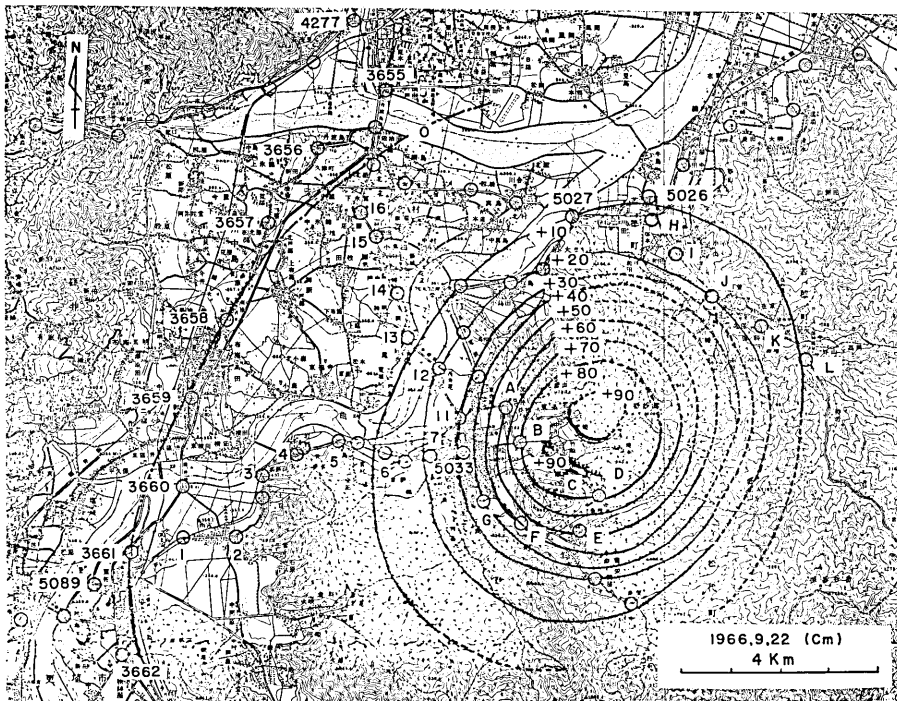


Fig. 10. The upheaval contour lines in the area of Matsushiro on Sept. 22, 1966, B.M. No. 3661 being fixed.



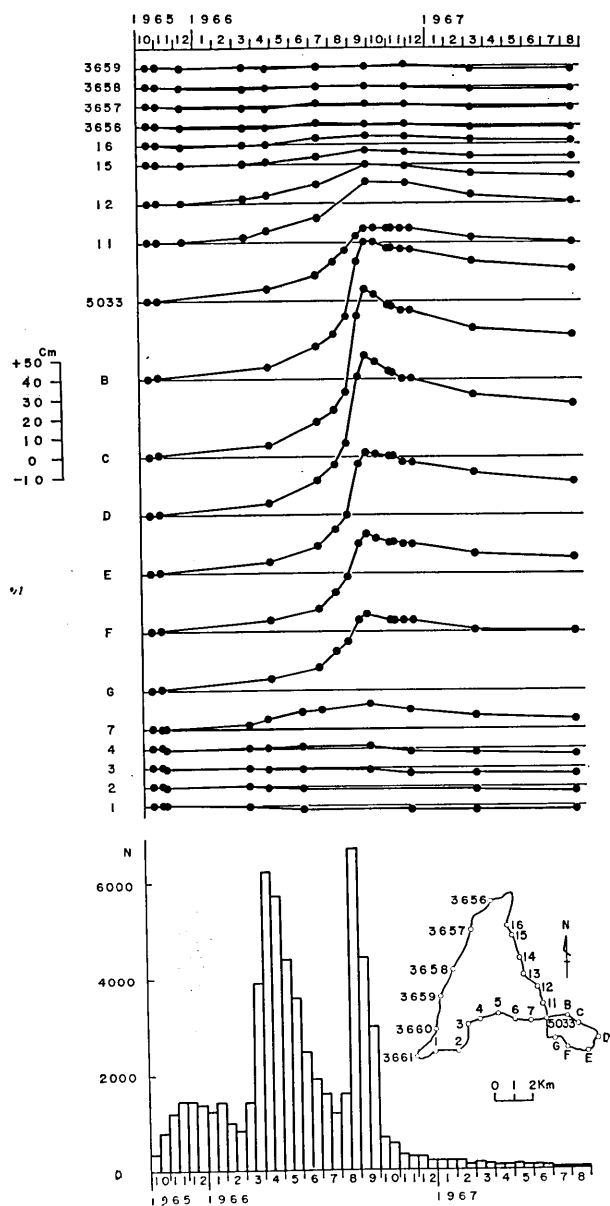


Fig. 11. Change of heights of respective bench marks of the routes "A" and "B", B.M. No. 3661 being fixed.

Fig. 11 は A, B 両地区併せ個々の水準点について 1965 年 10 月以来の変動を画いたものである。基準は更埴 B. M. No. 3661 号で、下方に気象庁発表による有感地震半月毎の回数を示した。1967 年以降は沈下速度が極めて鈍くなり、隆起量の大きい水準点 B. M., No. C, No. D 等が沈降量も相対的に大きいようである。

3-4 地殻変動量と地震活動との相関

1965 年 10 月以来水準点の最も大きな変動を示した瀬関における B. M. No. C と、光波測量による南北方向基線の変動量⁵⁾を、観測時点における地震活動の総数(気象庁発表)とそれぞれに対比して画くと Fig. 12 のようになる。垂直方向の変動と、水平方向の伸びがよく一致していて、変動量の最高値の附近において大地すべり等が発生していることは興味深いことである。

地震活動の減衰と同時に変動量が逆転し始めたことも地殻変動解明に寄与するであろう。

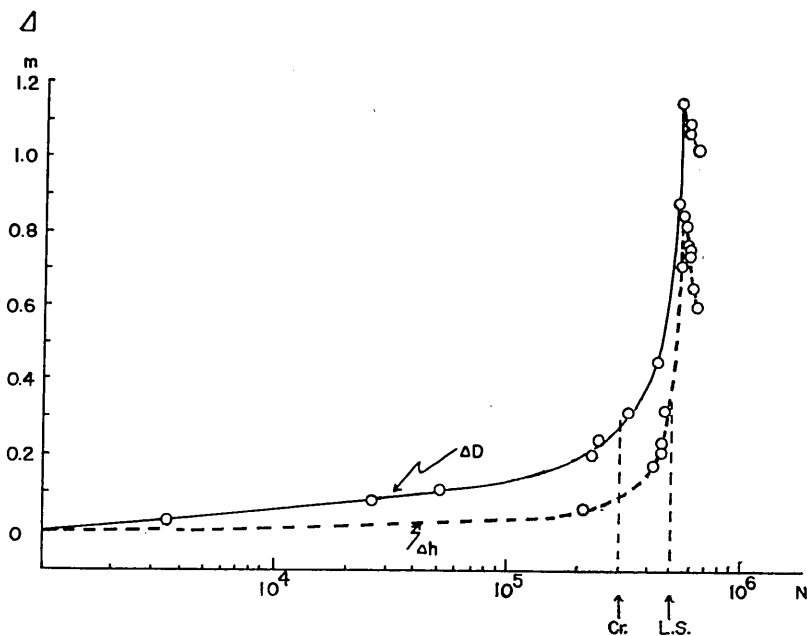


Fig. 12. The curve between the crustal displacement and the integrated number of seismicities.

Real line : Extension (ΔD) of Sorobeku base line (geodimeter surveys).

Broken line: Vertical movement (ΔV) of B. M. No. C (levelling surveys).

4. 結 語

1965 年 8 月群発地震発生以来、松代地域における臨時増設の水準路線の 15 回におよ

- 5) K. KASAHARA et al., "Electro-Optical Measurements of Horizontal Strains Accumulating in the Swarm Earthquake Area (3)", *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 45 (1967), 225~239.

ぶ繰返し測量結果から 1966 年 9 月 22 日 (第 7 回) の隆起量を最高値として漸次沈降し始めたことが推定される。かつ沈降速度も次第に減じつつあり、地震活動の減少ともよく対応している。

一方長野平野を含む松代以西大町方面にわたる広域地域において特に大きな変動は現われていないが、大町、松川附近にやや目立つ上昇があることは注目すべきことで今後の調査を必要とする。

水準測量の実施に当り、地震研究所の各部門にわたる関係者、国土地理院測地部北信地域調査測量関係者等より有益な助言、指示を頂いた。また現地においては長野市松代町支所、信州新町役場、麻績村役場等関係機関の御支援を得、測量作業の一部は地震研究所測地研究室、村田一郎、田島広一の両氏および東京大学理学部天文学教室大学院生波岡宏年氏をわずらわせ、計算整理、図版作製には測地部蓮池文子嬢にお世話になった。

調査は主に松代地震調査特別予備費によつて行なわれた。記して謝意を表する。

20. *Levelling Resurvey Associated with the Area of Matsushiro Earthquake Swarms (2).*

By Ietsune TSUBOKAWA, Atusi OKADA, Sadakatu IZUTUYA,
Yutaka ITO and Koe KADONO,
Earthquake Research Institute.

Since October 1965, the Earthquake Research Institute and the Geographical Survey Institute repeated the levelling resurvey in the area of Matsushiro Earthquake Swarms, in the northern part of Nagano Prefecture. The results of the surveys in the period from October 1965 to December 1966 are reported in the first paper.

In 1967, levelling resurveys were carried out on the route of the western part of the swarm-quakes area and in the area of Matsushiro by the Earthquake Research Institute and the Geographical Survey Institute (Fig. 1). In this period the Geographical Survey Institute established a new levelling route from Kōshoku (BM. No. 3661) to Matsukawa (BM. No. 2887) through Omi-village in May 1967.

From the results of the surveys, the following features of the crustal movement were found.

- (1) Conspicuous upheaval movement in the Mt. Minakami area tends to subsidence corresponding to the decrease of the swarmquake activities (Figs. 8~11).
- (2) Some changes of heights of bench marks are detected in the far west side, Omachi area. It is uncertain whether they have any relation to the occurrence of the earthquake or not. Further surveys and investigations are considered to be necessary (Figs. 2~3).