

13. 松代群発地震にともなう水準測量の改訂値

地震研究所 井筒屋 貞 勝

(昭和50年5月31日受理)

1. 緒 言

1965年8月に始まった松代群発地震の活動は、1966年9月頃の第3活動期を最後に徐々に下降傾向をたどり、1967年末には地震発生当初とほぼ同じ程度にまで減衰した。水準測量は地震発生後直ちに実施され、その後地震域の拡大に伴ない、水準路線を新設し、頻

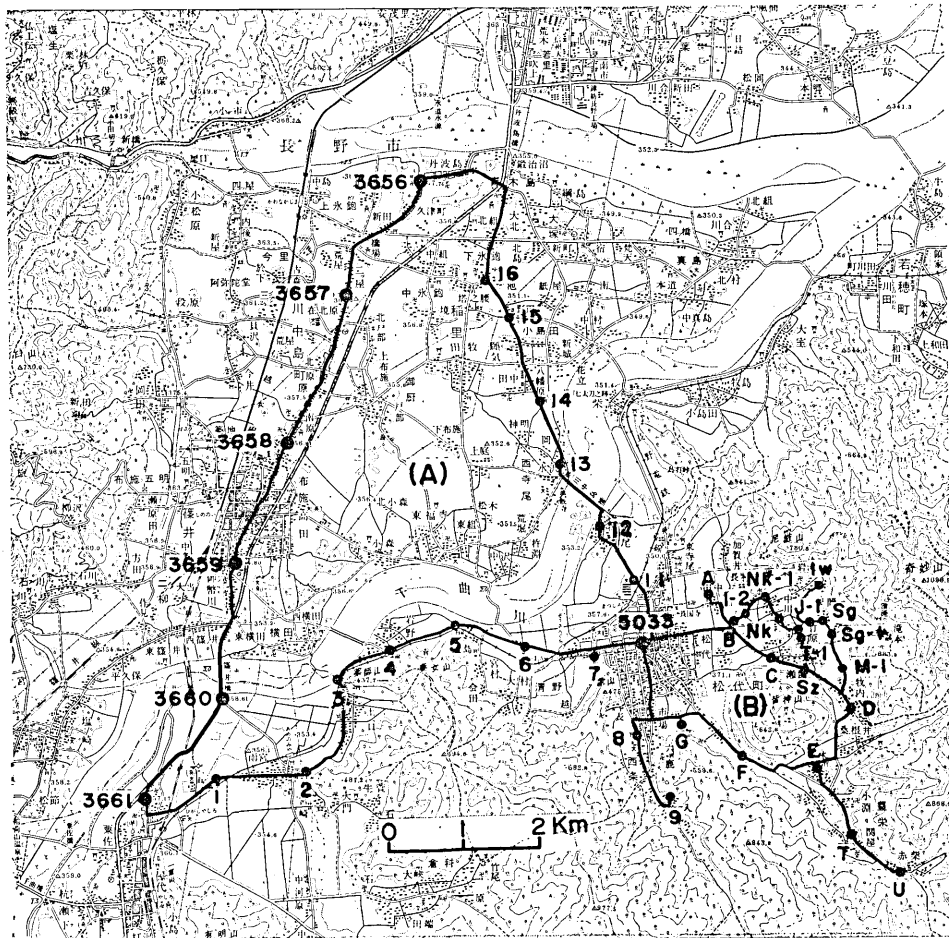


Fig. 1. Levelling routes over the Matsushiro Epicentral Area.

繁に測量をくりかえしてきた。たまたま、今回その測量結果を再検討したところ、計算の一部に間違いを発見したので、再計算を行なうことにする。

Fig. 1 に示す水準路線図において、B. M. 3661 (更埴) を基準にした A ルート (更埴—松代—丹波島—更埴) の各水準点の変動、および B. M. 5033 (松代町役場) を基準にした B ルート (皆神山周辺) の各水準点の変動の各々については、これまでに報告されたとおりで間違いはないと考えられる^{1), 2), 3)}。

しかしながら、B. M. 3661 (更埴) に対する皆神山周辺の各水準点の変動を求めるには、A ルートと B ルートでは測量を始めたエポックが異なるため、その間の変動量を推定しなければならない。これまでの報告^{1), 2), 3)} では、この変動量の推定計算の間違いが予想される。第 3 活動期頃の皆神山東北部の最大隆起量が約 90 cm (精度は数パーセント以内) と云われていたが^{2), 4)}、再計算によって多少異なる隆起量が得られたとしても、この隆起量のちがいは、隆起量の精度から考えると定性的には影響を及ぼす誤差ではないであろう。

2. 再 計 算

Fig. 1 の水準路線図のうち、A ルートは 1965 年 10 月に第 1 回目の水準測量が行なわれたが、B ルート (皆神山周辺) の測量はこれより 6~11ヶ月程おくられて始められた。すなわち、B. M. 5033 をはじめ皆神山を一周する県道沿いの水準点 (A~G) は 1966 年 4 月中旬、赤柴の水準点 (T および U) は同年 8 月、また異常に隆起した竹原—岩沢一帯

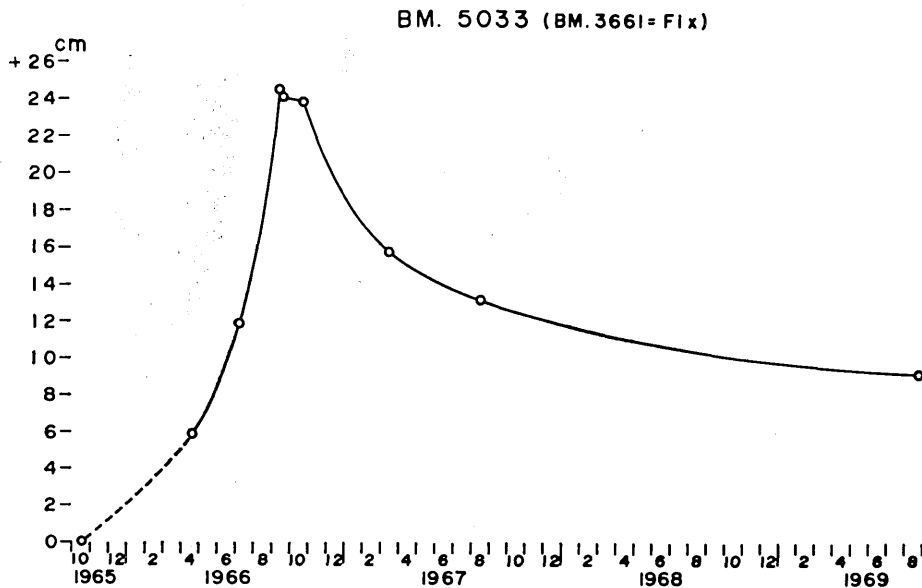


Fig. 2. Change in elevation of B. M. 5033 on the assumption that the elevation of B. M. 3661 is constant.

の水準点 (N_k , I_w 等)は同年9月にそれぞれ新設され、直ちに水準測量が開始された。皆神山周辺の水準測量は主に B. M. 5033 (松代町役場) を基準にして行われた。このため B. M. 3661 (更埴) に対する皆神山周辺の水準点の変動を知るには、B. M. 3661 と B. M. 5033 の相対関係が必要である。このため再計算では、B. M. 5033 は第1回目の測量を行なったときは、B. M. 3661 に対してすでに約 6 cm 隆起していたと推定する。この推定量は、B. M. 11 (B. M. 5033 の北方、約 800 m) の B. M. 3661 に対する変動量である。

Fig. 2 は B. M. 5033 の垂直変動量を時間的にみたもので、上に述べた約 6 cm の推定隆起量を点線で示したものである。このグラフより各測定時における B. M. 3661 に対する B. M. 5033 の隆起量を求め、これを各水準点の変動量に加算し、B. M. 3661 を基準にした変動量を考える。

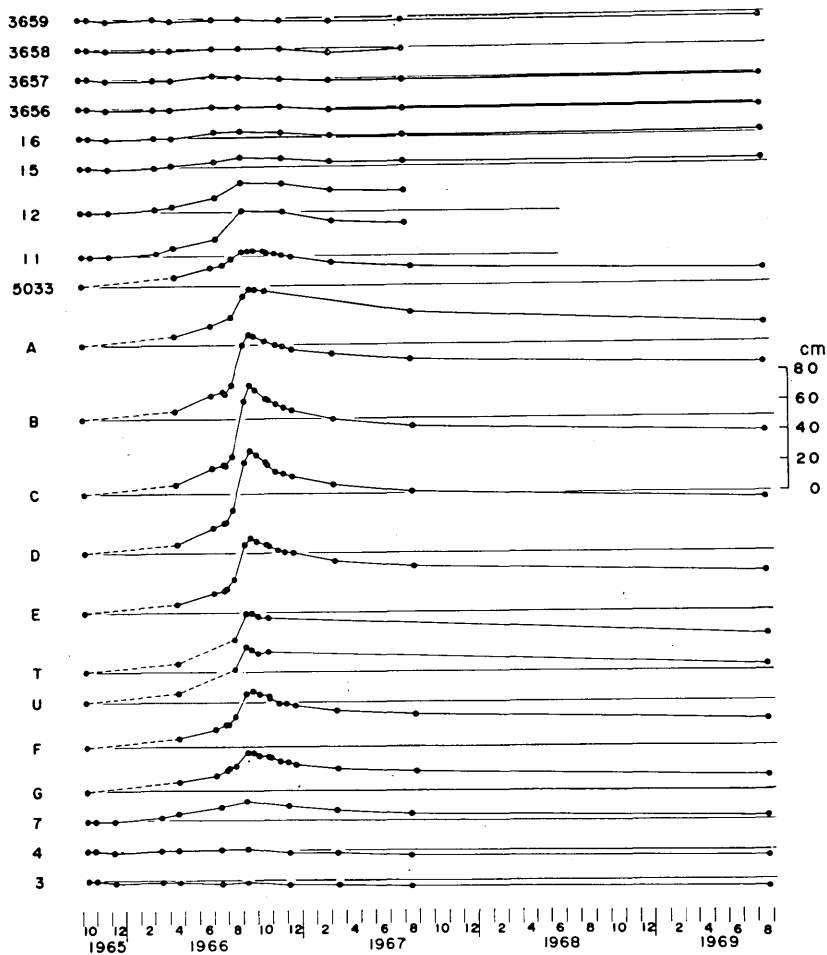
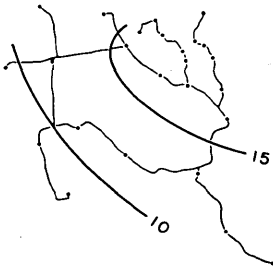
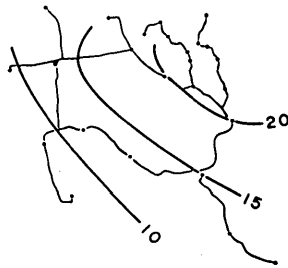


Fig. 3. Changes in bench mark elevations during the seismic activities.



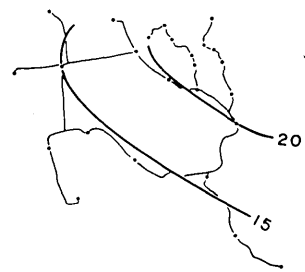
JUL. 6, 1966

Fig. 4(a)



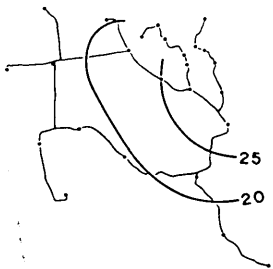
AUG. 2, 1966

Fig. 4(b)



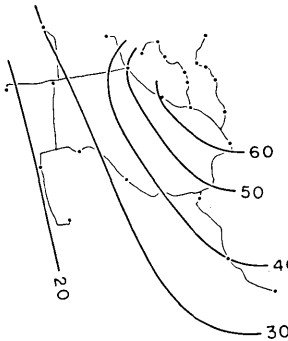
AUG. 3, 1966

Fig. 4(c)



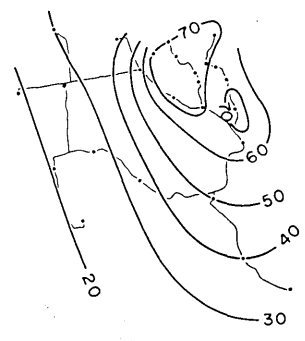
AUG. 19, 1966

Fig. 4(d)



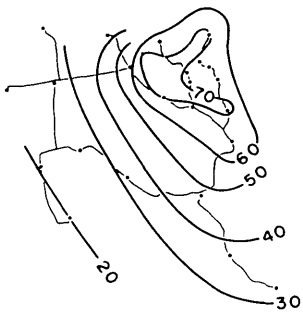
SEP. 11, 1966

Fig. 4(e)



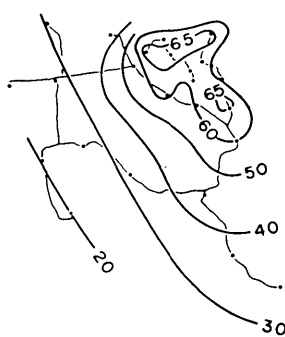
SEP. 24, 1966

Fig. 4(f)



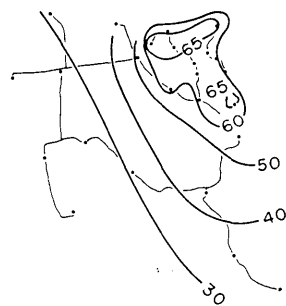
OCT. 6, 1966

Fig. 4(g)



OCT. 28, 1966

Fig. 4(h)



NOV. 2, 1966

Fig. 4(i)

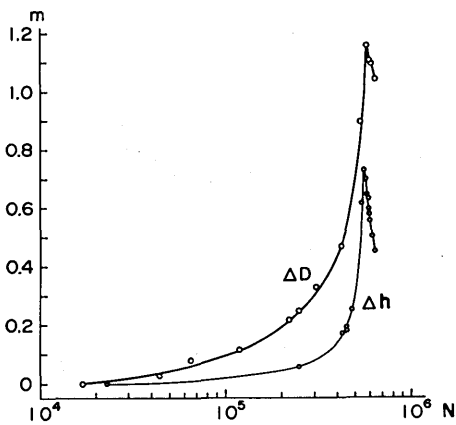
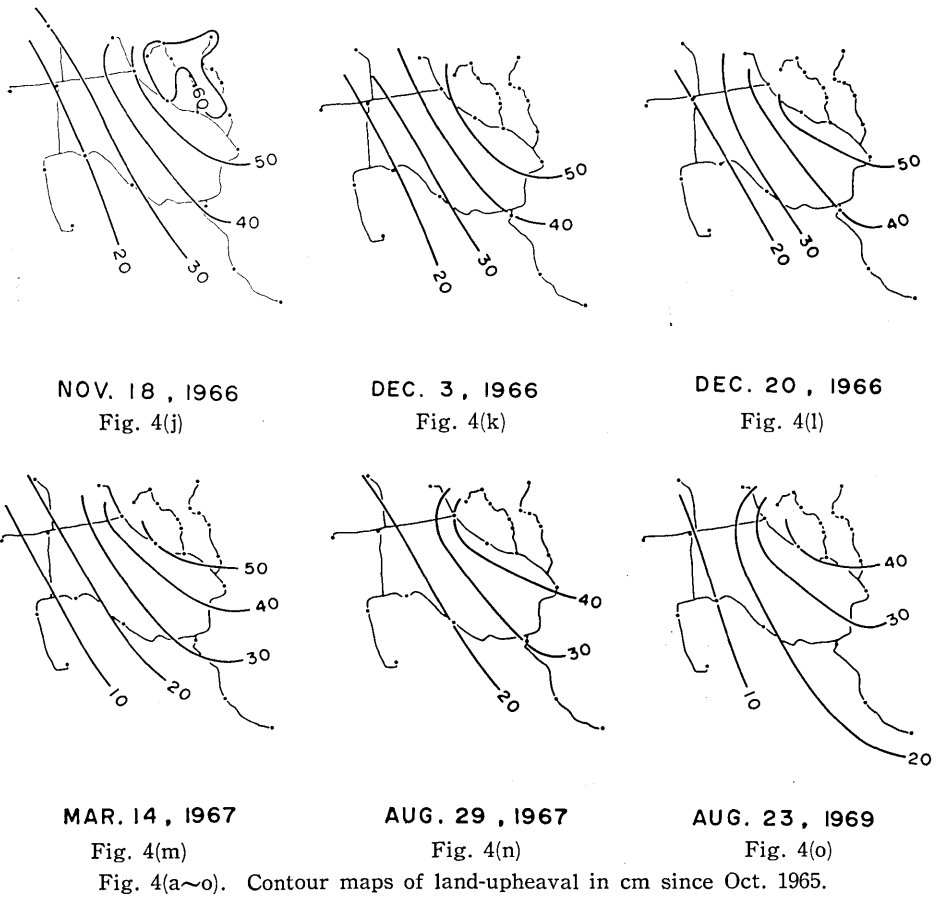


Fig. 5. The curve between the crustal displacement and the integrated number of seismicities.
 ΔD : Extension of Sorobeku base line.
 Δh : Upheaval of B.M.C.

皆神山周辺の各水準点の垂直変動の時間的変化と、変動の様子を平面的にみるためのコンターマップはそれぞれ報告されているが^{1), 2), 3)}、再計算によると、隆起を示すコンターのパターンがこれまでと多少違ってきたため、これらを Fig. 3 および Fig. 4 (a~o) に示す。

Fig. 3 にみられるように、皆神山周辺の水準測量は地震発生以来頻繁に実施されたので、各水準点の変動の過程を克明に把握できた。皆神山東北部の竹原—岩沢一帯は1966年8月にはいって急速に隆起し始め、ついに9月下旬にいたってピークに達した。以前の報告²⁾ではこの最大隆起量は約90 cm となっていたが、今回の再計算では約70 cm に変わった。この隆起地域の縁にあたる水準点 B および C は急速な隆起に移る直前にわずかに沈降したあと隆起しはじめた。この沈降量は精度の点から有意性があるとは断定できないが、急速な隆起が孔げき水圧の増大によるものと仮定すれば、岩石の破壊によりきわめて短い時間に沈降したものと考えられる。最大隆起を示した第3活動期のあと、各水準点

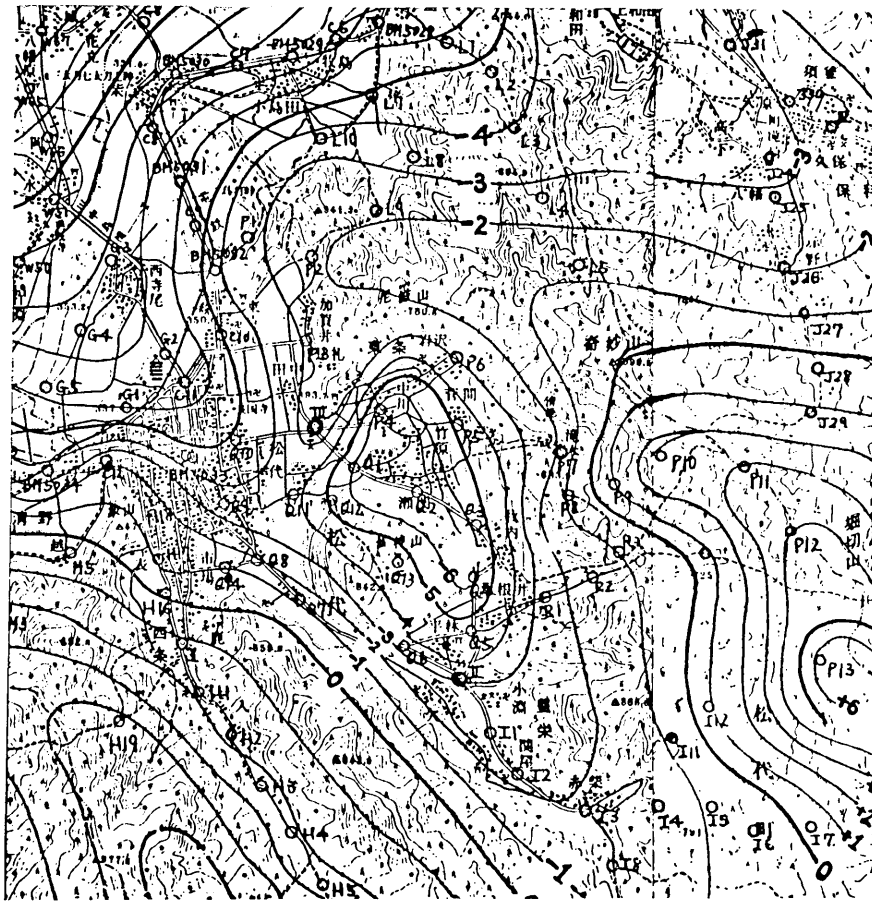


Fig. 6. Bouguer anomaly distribution in mgal over the Matsushiro Epicentral Area (after Seya, 1967).

はほぼ同じ割合で沈降に向っているが、1969年8月の測量によると、約3年間で最大隆起量の約50%が回復していることがわかった。

Fig. 4はB. M. 3661(更埴)をfixし、1965年10月を基準にした変動の様子をあらわす。皆神山東北部の異常に隆起した地域は、扇状地でありその堆積物は10m以上と推定される。この扇状地の上にある竹原一岩沢一帯の水準点(N_k , I_w 等)は1966年9月に新設されたため、地震活動に伴う隆起の過程は推測の域を出ないが、9月中旬の湧水量の減少と関係があると思われる沈降の様子は検出できた。沈降のパターンをみると、先ず扇状地が沈降しこれにおくれて皆神山熔岩を含む地域が沈降し始めたようである。最大隆起地域の測量は、1966年11月以降は行われていないのでその後の経過は不明である。

地殻変動量と地震活動の相関についても報告されているが²⁾、再計算による結果をFig. 5に示した。地震活動の総数は1965年8月3日以降の松代群発地震日別回数⁵⁾の累計である⁵⁾。光波測量による可候基線の変動とB. M. Cの垂直変動とはよい相関を示している。

3. 再計算結果に対する考察

Fig. 6は皆神山付近のブーゲー異常図である。これは1966年6月頃測定が行われ、 $\rho=2.3$ で作製されたものである。皆神山円頂丘熔岩と扇状地の堆積物を反映して特異なコンターを示しているが、このパターンはFig. 4(g)に示すように、水準測量による隆起のパターンとよく似ており、重力調査の結果⁶⁾では竹原一帯の地下浅部に負の異常が認められ、この負の地域と水準測量による異常隆起地域はほぼ一致する。

皆神山湧水帯は、皆神山をとりまく扇状地全域におよんでいるが、湧水個所を高さ別にみると、低地部から始まり高地部(400~500m)に及んだ⁵⁾。特に瀬関、牧内では、第3活動期の9月中旬に湧水量はピークに達した後減少した。異常な隆起を示した瀬関の隆起地域は、湧水量の減少にややおくれて沈降し始めた。湧水が扇状地の扇央部から始まり扇頂部におよんだこと、あるいは水準測量により得られた隆起または隆起から沈降へ移るコンターのパターンなどから、異常な隆起は地下水によって生じたものと思われる。

参 考 文 献

- 1) 坪川家恒, 岡田 惇, 田島広一, 村田一郎, 長沢 工, 井筒屋貞勝, 伊藤 裕(1967), 松代群発地震にともなう水準測量(第1報), 地震研究所彙報, 45, 265.
- 2) 坪川家恒, 岡田 惇, 井筒屋貞勝, 伊藤 裕, 角野行栄(1968), 同上(第2報) 地震研究所彙報, 46, 417.
- 3) 地震研究所測地移動観測班(1970), 同上(第3報), 地震研究所彙報, 48, 341.
- 4) 岡田 惇(1970), 松代付近の地盤の垂直変動, 地震研究所彙報, 48, 345.
- 5) 気象庁(1968), 松代群発地震調査報告, 気象庁技術報告, No. 62, 145-146.
- 6) 瀬谷 清(1967), 物理探査の結果について, 地質ニュース, No. 149, 17-27.

13. *Revised Results of Levelling Surveys during the
Matsushiro Earthquake Swarm.*

By Sadakatu IZUTUYA,
Earthquake Research Institute.

The land-upheaval associated with the seismic activities of the Matsushiro Earthquake Swarm was detected by the levelling surveys successively made over the epicentral area. It was reported that the elevation increase amounted to 90 cm or more at maximum. Very recently, however, we have found a mistake in the process of levelling data adjustments, so that we have made thorough recalculations. The contour map of time variations in elevation obtained from the revised results indicate patterns well consistent with the distribution of alluvial fans and the faulting zone. After the spring flow of mineral water through the faulting zone, the bench mark elevations turned into subsidence, but the residual land-upheaval still remains. The maximum elevation increase is revised as 73 cm.