

## 21. 浅間火山における水準測量

地震研究所 { 宮崎 務  
行田 紀也  
小山 悦郎  
長田 昇

(昭和53年4月28日受理)

### 1. はじめに

火山の活動に伴ってその周辺地域に、隆起あるいは沈降などの地形変動が生ずることは良く知られている。有珠火山、桜島火山、北海道駒ヶ岳火山などでは、噴火に伴った顕著な変動が、水準測量によって明らかにされている。したがって、そのような地形変動を詳細に調査して、火山活動との関連性を解明する試みは、多くの火山において行われている。

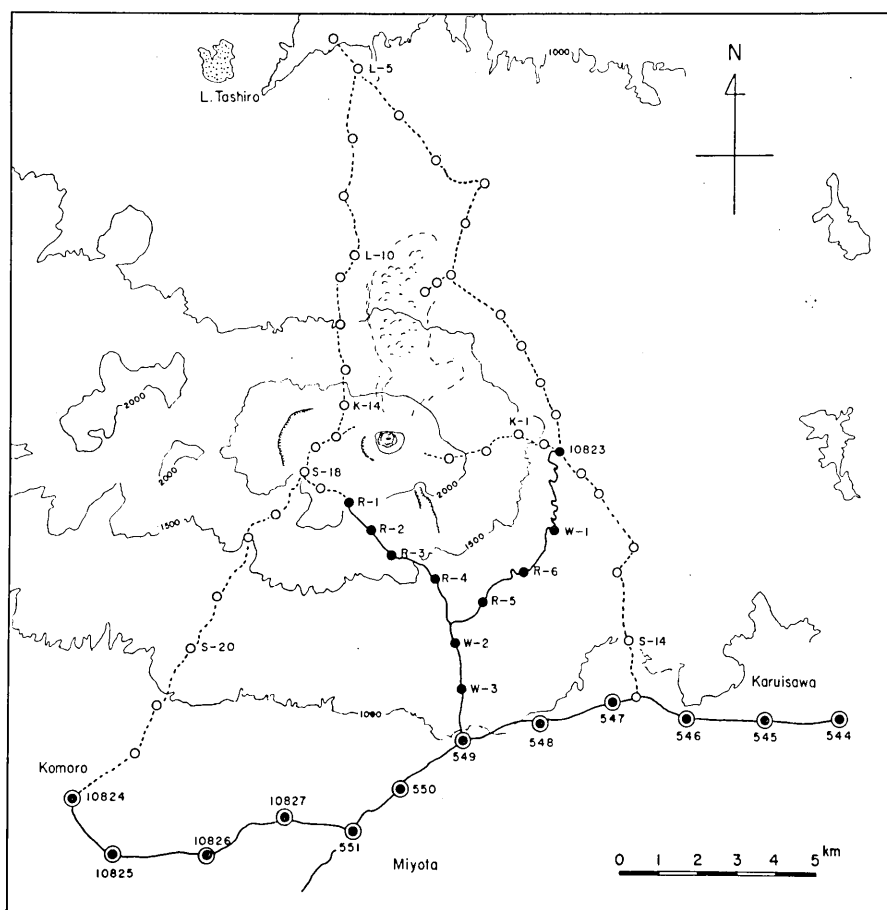
浅間火山においては、1930年代初めより、石本式シリカ傾斜計を使用し傾斜変動の連続観測が、TAKAHASI (1932, 1937), MINAKAMI (1935, 1942) によって開始された。1934年に高橋 (1935) は浅間火山の全体的地形変動を解明することを目的として、旧陸地測量部の協力を得て浅間火山山頂を越える水準測量路線を設置し測量を行なった。その後、MINAKAMI (1956, 1960) は、水準路線を補足するとともに、再測量を実施して、同火山中心部がドーム状に隆起し周辺地域が沈降する浅間火山特有の地形変動を明らかにした。同火山における水準測量は1958年の測量を最後とし、山麓部の国土地理院の路線における同院の測量を除いて行われていない。

1977年に活動度の現状調査を目的とする浅間山の集中火山観測が実施された。我々は、同観測の一環として、同火山における水準測量を分担した。集中観測に先立って、1976年10月に一度測量を実施し、1977年6月にはその後の変化を知る目的で再測量を行なった。今回我々が測量した路線については、1958年に測量が実施されている。ここでは、1958年～1976年の比較変動結果を主とし集中観測の結果も含めて報告する。

### 2. 測量実施水準路線および測量の方法

浅間火山独自の水準路線は、1934年、高橋 (1935) と旧陸地測量部によってはじめて設置された。その路線のコースは、中軽井沢 (旧名沓掛) より東京大学地震研究所浅間火山観測所 (水準点 10823) を経て、浅間火山東側斜面を登り、山頂より湯の平 (黒斑山と前掛山) の間の火口原、水準点 S-18) に下り、蛇堀川に沿って小諸 (水準点 10824) に下り、小諸より中軽井沢に至る環状のものであった。その後、水上、岡田、内堀等によって、浅間火山観測所より旧鬼押し出し有料道路沿いに鬼押し出し (1783年溶岩流) 東側を北上し、

浅間火山北方の群馬県大笹（水準点 L-5）に至る路線，大笹より鬼押し出し西側を登り湯の平に至る路線，南側山麓にある 国土地理院水準点 549（追分西町）より浅間山に向かい，途中で分岐して東側浅間火山観測所，および西側の湯の平に至る路線が設置された．これらの路線の水準点位置を第1図に示す．水準点設置に際しては，同火山とくに中腹にお



第1図 浅間火山近傍における水準測量路線（二重丸：国土地理院，黒丸：1976, 1977年に測量を実施した路線）

る厚い軽石の堆積層の存在などの悪条件を考慮して特殊仕様の金属標（高橋 1935）を用いるなどの工夫がなされている．しかしながら，1960年代より，浅間山附近における道路の拡幅，つけ代え，土地造成工事などによって多くの水準点が破壊され，同火山東側および西北側の路線は再測不能の状態になった．僅かに南側山腹に設置された水準点が破壊を免かれている．したがって我々は，この路線について測量を行なった．1976年10月に，水準点 549より R-1，および W-1 までの Y 字型の路線について測量を行ない，その結果，1958年より1976年の間に生じた変動が明らかになったので，その変動の検討の意も含め

第 1 表 浅間火山南側水準線測量結果および比較変動値

| BM No. | H            |                | H <sub>2</sub> | H <sub>3</sub> | H <sub>4</sub>                 | dh <sub>1</sub>                | dh <sub>2</sub>                | dh <sub>3</sub> | Remarks                         |
|--------|--------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|---------------------------------|
|        | Date         | H <sub>1</sub> |                |                |                                |                                |                                |                 |                                 |
|        | 1954         | 1977. 6        | 1976. 10       | 1977. 6        | H <sub>2</sub> -H <sub>1</sub> | H <sub>3</sub> -H <sub>2</sub> | H <sub>4</sub> -H <sub>3</sub> |                 |                                 |
| 549    | 0.0 m        | 0.0 m          | 0.0 m          | 0.0 m          | 0.0 mm                         | 0.0 mm                         | 0.0 mm                         |                 |                                 |
| W-3    | + 75.7986 m  | + 75.7995 m    | + 75.7963 m    | + 75.7958 m    | + 0.9 mm                       | - 3.2 mm                       | - 0.5 mm                       |                 |                                 |
| W-2    | + 169.4199 m | + 169.4218 m   | + 169.9068 m   | + 169.9057 m   | + 1.9 mm                       | + 485.0 mm                     | - 1.1 mm                       |                 |                                 |
| R-5    | + 245.7794 m | + 245.7822 m   | + 246.2649 m   | + 246.2629 m   | + 2.8 mm                       | + 482.7 mm                     | - 2.0 mm                       |                 |                                 |
| R-6    | + 282.9314 m | + 282.9344 m   | + 283.4413 m   | + 283.4417 m   | + 3.0 mm                       | + 506.9 mm                     | + 0.4 mm                       |                 |                                 |
| W-1    | + 313.7502 m | + 313.7515 m   | + 313.7662 m   | + 313.7661 m   | + 1.3 mm                       | + 14.7 mm                      | - 0.1 mm                       |                 |                                 |
| 10823  | + 426.3855 m | + 426.3861 m   |                | + 426.3748 m   | + 0.6 mm                       |                                | * - 11.3 mm                    |                 | *H <sub>4</sub> -H <sub>2</sub> |
| R-4    | + 387.4268 m | + 387.4327 m   | + 387.8613 m   |                | + 5.9 mm                       | + 428.6 mm                     |                                |                 |                                 |
| R-3    | + 660.7081 m | + 660.7187 m   | + 661.0733 m   |                | + 10.6 mm                      | + 354.6 mm                     |                                |                 |                                 |
| R-2    | + 809.6145 m | + 809.6262 m   | + 809.7298 m   |                | + 11.7 mm                      | + 103.6 mm                     |                                |                 |                                 |
| R-1    | + 998.5894 m | + 998.6053 m   | + 998.6225 m   |                | + 15.9 mm                      | + 17.2 mm                      |                                |                 |                                 |
| K-12   |              |                |                |                |                                |                                |                                |                 |                                 |
| S-18   |              |                |                |                |                                |                                |                                |                 |                                 |
| S. D.  |              |                | ±1.55 mm/km    | ±1.30 mm/km    |                                |                                |                                |                 |                                 |

第 2 表 浅間火山南側水準点真高 (地理院水準点を不動とする)

|        | 1972.7                | 1976.9~10             | 1977.6                |
|--------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| BM-549 | 979.4824 <sup>m</sup> | 979.4824 <sup>m</sup> | 979.4824 <sup>m</sup> |
| W-3    | —                     | 1055.2787             | 1055.2782             |
| W-2    | —                     | 1149.3892             | 1149.3881             |
| R-5    | —                     | 1225.7473             | 1225.7453             |
| R-6    | —                     | 1262.9237             | 1262.9241             |
| W-1    | —                     | 1293.2486             | 1293.2485             |
| 10823  | —                     | —                     | 1405.8572             |
| R-4    | —                     | 1367.3437             | —                     |
| R-3    | —                     | 1640.5557             | —                     |
| R-2    | —                     | 1789.2122             | —                     |
| R-1    | —                     | 1968.1049             | —                     |

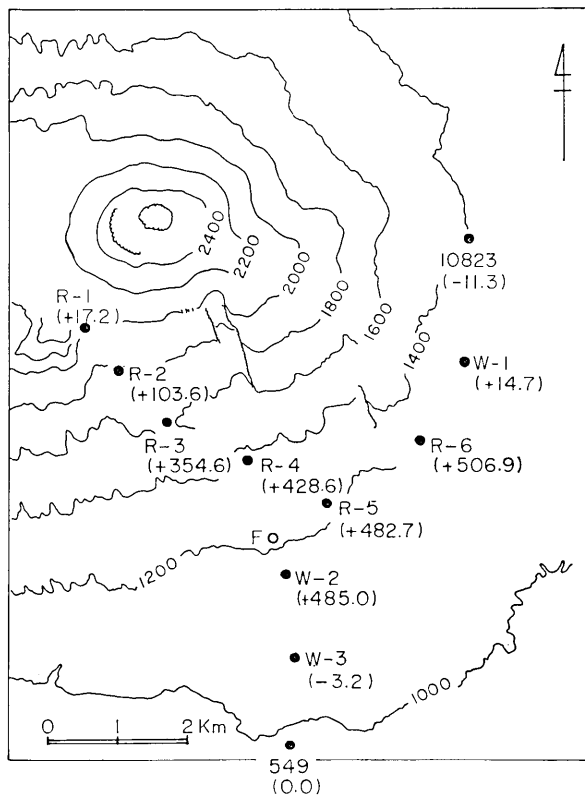
て、1977年6月に水準点549より同10823に至る区間の再測を実施した。測量に使用した水準儀は、1976年、1977年ともにカール・ツァイス社製 Ni 2 型自動水準儀であって、標尺も同社製インバール標尺長さ 3 m, 10 mm 目盛りのものを使用した。測量はすべての区間で往復行なった。この水準路線は、急峻かつ狭隘な山道であるために足場も悪く一等往復水準測量の精度を守るのは困難であった。したがって、路線の一部では二等往復水準測量の精度範囲で行なった。1976年、1977年の測量結果と、1954年、1958年の成果およびそれらの比較変動値を第1表に示してある。また、浅間火山南側、国道18号線沿いの国土地理院路線における1972年の水準測量成果(国土地理院1973)を参照し、水準点549を不動として求めた浅間火山南側の水準点真高を第2表に示してある。

### 3. 測量の結果および前回測量値との比較、解析

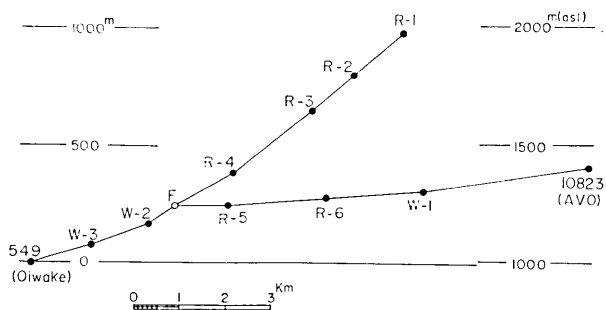
第2図には、今回測量を実施した浅間火山南側の水準路線を示してある。また第3図は、路線に沿った高度断面を簡単に表わしたものである。第2図において、各水準点番号の下に示してある数値は、水準点549を不動として、1958年より1976年の間に生じた変動を mm 単位で表わしたものである。水準点10823の変動値は先述したように1958年より1977年の間の値である。同図によると、水準点W-2とW-3の間、およびW-1とR-6の間に顕著な段差変動が生じていることが認められる。またR-1、W-2、R-6を頂点としR-2、R-3、R-4、R-5の7水準点が構成する三角形が、南東方向上りの傾斜変動を生じているように見える。この傾動がどのようなものかをつぎに検討してみた。

各水準点が一つのブロック上に存在した場合、水準点相互の  $dh/dl$  (傾斜) および  $\varphi$  (方向) が求められれば、ブロックの傾斜およびその方向は一般的に次の様に表わせる (MIYABE, 1931)。

$$\frac{dh}{dl} = \frac{dh}{dl(\max)} \cdot \cos(\theta - \varphi)$$



第2図 水準点位置図および変動値 (水準点10823の変動値は1958~1977のものである)



第3図 水準測量路線に沿った高度断面

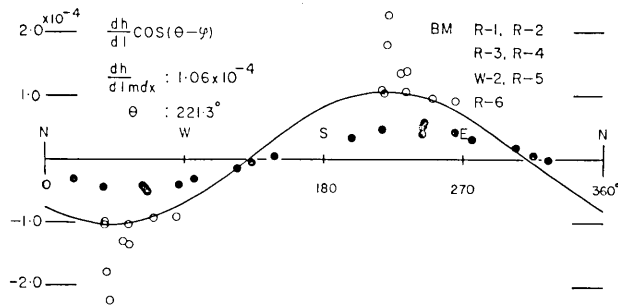
ここに

$\frac{dh}{dl}$  : 傾斜量

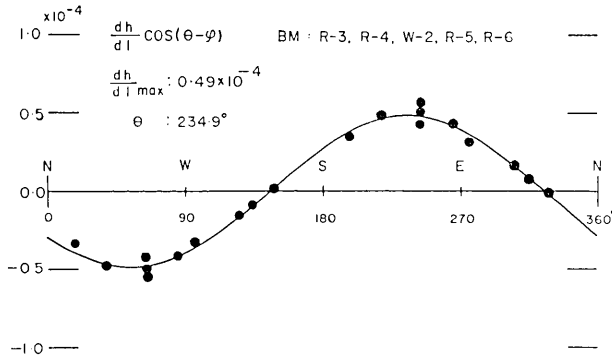
$\theta$  : ブロックの最大傾斜の方向

$\varphi$  : 北より反時計廻りで測った角度

である。上式によって傾斜の方向とその大きさを求めた。7水準点は、実際には、ある斜面上に分布しているが、計算では水平面上に分布しているものとした。ブロックとして求めた傾斜量と方向を第4図に図示してある。同図で明らかな如く、各点組合せの分布がかなりばらついている。したがって7水準点の一つのブロック上にあることは無理であろう。ところで、第4図中に黒丸で示した組合せは良く曲線に適合しているようであるから、その組合せを取り出し、同様の方法で求めた結果を第5図に示してある。この組合



第4図 7水準点の組合せによる傾斜の方向とその大きさ  
(傾斜の単位: ラジアン)

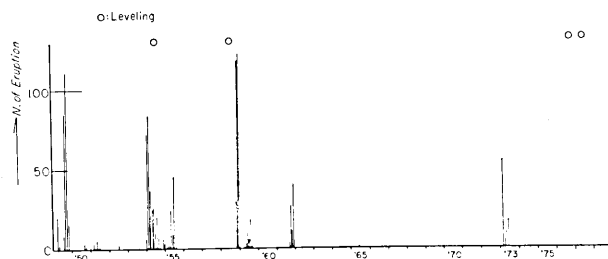


第5図 5水準点の組合せによる傾斜の方向とその大きさ  
(傾斜の単位: ラジアン)

せは良く曲線に適合している。第4図における7水準点の組合せより、R-1, R-2を除いた5水準点R-3, W-2, R-6, R-4, R-5の位置する三角地域は一つのブロック状の傾動を生じたと考えてよい。その大きさ、方向は第5図に示してある。この変動の再検討の意も含めて、1977年6月実施した再測結果によると、W-2, R-5, R-6点は其の後有意な変動を示していない(第1表参照)。したがって、1976年の測量によって明らかになった傾斜変動は、1976年以前に発生し既に固定しているものとみられる。

## 4. 考察およびまとめ

今回の水準測量実施の当初目的の一つは、1977年の浅間山集中火山観測に際して、他の物理量の測定（例えば重力）のために、浅間火山に設置されている水準点の真高変化を確かめることであった。しかるに浅間火山南側斜面において、異常な傾動の発生が明らかになった。過去における水準測量によって明らかにされた浅間火山の地形変動は、同火山中央部がドーム状に隆起し、周辺地域は沈降するようなパターンを示している。今回の水準測量によって見いだされた変動は、そのパターンとかなり異なる傾向をみせている。この水準路線の位置を地形的にみる（荒牧 1968）と、路線の西部分は黒斑山火山（古期成層火山で、東方部分はその後の活動で破壊され現在は浅間火山の第一外輪山として黒斑山、牙山、剣ヶ峯が残存する）と仏岩火山（現在は前掛山の噴出物に覆われているが、前掛山の南側、南東側、東側の山腹のところどころに火山体の一部が露出している）の間にある主として前掛山噴出物の堆積した谷間の如き地形をなしている。また東の部分は、前掛山噴出物に覆われた仏岩火山溶岩流の外縁を廻る形で水準点 10823 に至っている。さらに寄生火山である石尊山も存在して、同地域の下部構造は複雑だと考えられる。したがって、この地域特有の地形変動が生ずることは十分に想定される。



第 6 図 1949 年以降の水準測量実施時期と月別爆発頻度数  
(気象要覧による)

第 6 図には 1949 年以降に浅間火山に発生した爆発の月別頻度と、今回測量した路線における水準測量実施時期を示してある。1958 年より 1976 年に至る間に、1958, 1961, 1973 年の 3 回にわたる活発な活動期があった。今回の調査で見いだされた浅間火山南斜面の傾動は、上記 3 回の何れの活動期に生じたものか不明である。あるいは活動のたびに永続的に蓄積されてゆく性質のものであるのか、または浅間火山の活動とは無関係の原因によるものであるのかも不明である。TAKAHASI (1932, 1937), MINAKAMI (1935, 1942) が、1930 年代にそれぞれ小諸、および浅間火山観測所において実施した傾斜計の連続観測によると、噴火の前に浅間火山の南東麓が膨れ上ると考えると都合が良いような現象が観測されている。この現象が距離の離れた二個所で観測されていることは注目し値いする。ただしそれらの傾斜変化は、噴火の終了とともに旧に復するものであって、いわば短期的な変動である。今回の浅間火山南側斜面における水準測量によって明らかになった傾動は、固定されたものと考えられる。この様な、時間的、空間的、質的に異なる観測によって認めら

れた現象が、傾動の方向については一致しているのは興味深い。したがって、傾動の方向のみによって類推することは多分に難点があるとしても、浅間火山の噴火活動に直接関連して、南東山腹部分に何らかの異常地形変動が発生する可能性は十分に考えられる。今後はそのような観点も含めて、この地域の地形変動原因を調査する必要がある。

## 5. 謝 辞

1954年および1958年の水準測量成果は、水上武東京大学名誉教授よりいただいた。貴重な成果（未発表）を快く使用させて下さった御好意に厚く御礼申し上げる。東京大学地震研究所下鶴大輔教授、荒牧重雄教授には有意な御討議をいただいた。併せて御礼申し上げます。本調査に要した費用の一部は火山地震移動観測事業費によったものである。

## 文 献

- 荒牧重雄, (1968), 浅間火山の地質. 地学団体研究会 専報/14 1968.  
 国土地理院, (1973), 一等水準点検測成果集録, 第17巻, 47-(8).  
 MINAKAMI, T., (1935), The Explosive Activities of Volcano Asama in 1935. (part 1.), *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **13**, 629-644.  
 MINAKAMI, T., (1942), On Volcanic Activities and Tilting of the Earth's Surface. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **20**, 431-504.  
 MINAKAMI, T., (1956), Report on Volcanic Activities and Volcanological Studies in Japan for the Period from 1951 to 1954. *Bull. Volcanologique, Tome 18*, 57-69.  
 MINAKAMI, T., (1960), Fundamental Research for Predicting Volcanic Eruptions. (part 1), *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **38**, 497-544.  
 MIYABE, N., (1931), Blocks in the Earth's Crust and their Movements. Part 1., *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **9**, 256-270.  
 TAKAHASI, R., (1932), Tilt of the Earth's Crust observed at the Asama Volcano. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **11**, 25-37.  
 高橋龍太郎, (1935), 浅間火山の精密水準測量結果. 地震研究所彙報, **14**, 18-25.  
 TAKAHASI, R., and T. MINAKAMI, (1937) Tilt Observations during the Recent Activities of Volcano Asama. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **15**, 463-491.

### 21. *Levelling Surveys at the Asama Volcano.*

By Tsutomu MIYAZAKI, Noriya GYODA, Etsuro KOYAMA  
 and Noboru OSADA,  
 Earthquake Research Institute.

Precise levelling surveys were carried out successively on the southern flank of the Asama Volcano in Oct. 1976 and in June 1977. Marked uplift movement of part of the southern flank was found since the previous survey in 1958. In this levelling route, the bench marks are two-dimensionally distributed over the area, so that the magnitudes and directions of tilting of the land block can be calculated. It was found that the block,



which involves the five bench marks, R-3, R-4, W-2, R-5 and R-6, was tilted towards the direction S55°E by the amount of 10 seconds. T. MINAKAMI found that the vertical crustal deformation of the Asama Volcano is characterized by a domelike upheaval having the summit crater as its center and a subsidence of the surrounding area. However, our result shows a deformation pattern quite different from the one stated above. It seems that the cause of the present block movement may be due to the structural complexity of the area concerned.