



| | |
|------------------|---|
| Title | 樽前火山頂上部における傾斜観測 |
| Author(s) | 森 (山下), 濟; YAMASHITA MORI, Hitoshi; 鈴木, 敦生 他 |
| Citation | 北海道大学地球物理学研究報告, 50, 47-53 |
| Issue Date | 1988-02-25 |
| DOI | https://doi.org/10.14943/gbhu.50.47 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/14190 |
| Type | departmental bulletin paper |
| File Information | 50_p47-53.pdf |



樽前火山頂上部における傾斜観測

森 (山下) 濟・鈴木 敦 生

北海道大学理学部有珠火山観測所

(昭和62年12月4日受理)

Tilt Observations on the Summit of Tarumai Volcano, Hokkaido.

Hitoshi YAMASHITA MORI and Atsuo SUZUKI

Usu Volcano Observatory, Faculty of Science, Hokkaido University

(Received Dec. 4, 1987)

Tarumai volcano is located at the southeast edge of Shikotsu caldera in the southwestern part of Hokkaido, Japan. The largest eruptions (VEI=5) of Tarumai volcano took place two times in recent years since 1667. The latest large eruption occurred in 1909 (VEI=4) when the present lava dome has been extruded in a few days at the summit crater. Recently, small phreatic eruptions occurred in May 1978, Dec. 1978-May 1979 and Feb. 1981. After the latest small eruption in 1981, the seismic activity of Tarumai volcano gradually decayed and now that is very low level. On the contrary, the geothermal activity at the southern half of the summit dome and surrounding area had increased in 1981-1983, but no more enhanced after that.

Small net tilt levellings have been made at the southwestern atrio of the volcano recurrently since Oct. 1981 by Usu Volcano Observatory (UVO). Relative height change pattern shows complicated local undulations near the southwest edge of the atrio. Observed tilt change except the data at edge points indicates that the northeast side of the levelling net is upheaved that is consisted with dome inflation. To investigate the tilt change at the summit region of the volcano more precisely, three tilt levelling nets were set up at other three directions (northwest, northeast and southeast) of the summit atrio surrounding the central lava dome in Aug. 1986. In Aug. 1987 the first remeasurements were carried out by UVO. As the interval of the measurements is very short, one year, relative height changes at the each net are small but slightly larger than the accuracy of the levellings. The results of measurements at the northeastern, at the southeastern and at the southwestern nets show that the center of the summit atrio where the dome is located seems to be upheaved, but the result at the northwestern net reveals reverse tilt change (dome side down). Newly activated geothermal anomalies are located in these three areas where tilt measurements show dome side up. There are, however, no significant geothermal anomalies in the northwestern atrio, where tilt reveals dome side down. So the tilt changes seem to be related with the geothermal activity at the summit of Tarumai volcano. Further tilt measurements may clarify what these tilt changes mean; dome inflation or something else?

I. はじめに

樽前山は札幌市の南約 40 km に位置する支笏カルデラ南東縁に生まれた活火山で、過去約 300 年間に日本で最大級の噴火を繰り返し記録してきた火山の一つである。1909 年の山頂ドーム生成時の大噴火以後 77 年間大規模な活動は行っていない。過去 35 年或は 70 年の間隔で繰り返された歴史時代の大噴火の記録(石川俊夫 他, 1972) から考えて、噴火予知や災害軽減の研究の必要性は極めて高い。有珠火山観測所では 1980 年 2 月より火山噴火予知計画に基づきテレメータによる連続観測を実施している。また、1983 年には、同計画の一環として総合集中観測が行われた。最近では、1978 年 5 月、1978 年 12 月~1979 年 5 月、1981 年 2 月と 3 回にわたり小噴火活動を行った。1981 年の小噴火時には極めて著しい地震活動が先行したが、それ以降地震活動は低下傾向が続いており、1967 年に開始された気象庁 A 点の記録で見ても観測開始以来最も静穏な状態にある。しかし、これとは逆に地熱活動は、1981 年の小噴火以後、ドームを含む山頂火口原南半部で、新たな地熱活動が認められたり、噴気温度の著しい上昇が観測されるなど活発化の傾向を示して注目された。その後 1984 年以降は、樽前山の熱的活動状態に新たな変化は認められない(北大有珠火山観測所, 1979, 1980, 1981 a, 1981 b, 1982 a, 1982 b, 1982 c, 1984 a, 1984 b, 1985 a, 1985 b, 1986; 横山泉 編, 1984; 岡田弘 他, 1985; Garcia, 1986)。

地殻変動の観測としては、1970 年北海道大学理学部地球物理学教室によって開始された山頂部の辺長測量と 1981 年に始められた傾斜観測がある。辺長測量の結果には、この間の小噴火や地熱活動と対応した変化は認められない(山下濟 他, 1984)。山頂部の傾斜観測についての結果を以下に述べる。辺長測量に比べ分解能の高い短距離傾斜水準測量からは以下のような興味ある有意な変化が認められた。

II. 短距離水準測量による傾斜観測

傾斜観測としては 1981 年から、気泡型二軸傾斜計による 1 点連続観測と短距離水準基線網の繰り返し測量とがなされてきた(山下濟 他, 1984)。傾斜計の設置点は Fig. 1 の T 点(+印)である。連続観測は地表設置型のため日変化、季節変化等の温度変化の影響や降雨融雪等の影響が大きく S/N 比が悪いことが分かっている。これらのノイズを越える傾斜変動として、R 成分ではドーム方向下がり、T 成分では北西上がりの変化を示している。

傾斜計 1 点の変動がその地域の傾斜変動とどの程度対応するか、代表性は良いのかを調べる目的で、短距離基線の傾斜水準測量を傾斜計設置点の近傍で 1981 年 10 月から開始した。初めは南西火口原内に 3 点の基点から成る基線網(Fig. 1 の O, R 1, T 1)を設置したが、傾斜計の変動との対応が不明瞭であったので、同地域に、1983 年に 7 点(Fig. 1 の R 2, R 3, R 22, R 31, R 32, R 42, T 2)の基点を増設し、より広範囲の傾斜変動を見ることにした。10 点の相対的上下変動のパターンから、火口原南西縁の西山から連なる尾根の端の崖に近い部分では全体的な傾

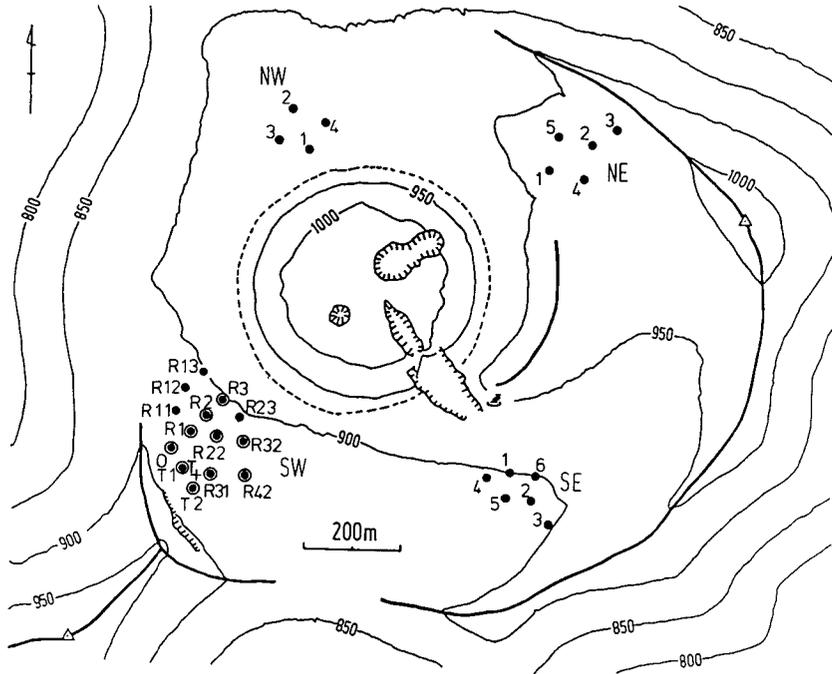


Fig. 1. Four levelling networks (NW, SW, NE and SE) for tilt measurements at the summit of Tarumai volcano. Solid and double circles denote the bench marks which were set up in 1986 and before 1983, respectively. Cross in the SW network indicates a biaxial surface tiltmeter station.

向とは異なった極めて局所的な変動が認められることが判明した。連続観測の傾斜計の設置点はこの領域に位置している。

Fig. 2 にドーム方向の基線の相対的上下変動の時間変化を示す。最も南西外輪山側のO点に対する、R 1点の上下変動は1982~83年に一時的に沈降傾向が認められた以外は一貫して隆起傾向を示している。また1983年以降は、ドーム寄りのR 2およびR 3点が増設された結果、ドームに近い点ほど相対的隆起量が大きくなったことが明らかになった。O点を仮不動点とした場合、R 1~R 3点の1983年~1987年の4年間の隆起量は各々3.0 mm, 6.6 mm, 8.0 mmで隆起率は平均で各々0.7 mm/year, 1.7 mm/year, 2.0 mm/yearである。山頂ドーム方向が隆起する変動がドーム南西方向では観測により確認されたことになった。これが、本当にドーム又はその直下のinflationによる変動であるかどうかはドームを取り囲む火口原の他の方向での観測によって確認する必要がある。これらの事実を踏まえ、火口原内の傾斜変動の全方向にわたる平面的な分布を調査する目的で1986年8月に、南東火口原に6点、北東火口原に5点、北西火口原に4点の基点からなる基線網を新設し、南西火口原の基線網に4点の基点を増設し(Fig. 1)、1986年9月に第1回の測量を行った。

ドームを取り囲む4方向の基線網について1987年8月に初回の再測を行った。その結果につ

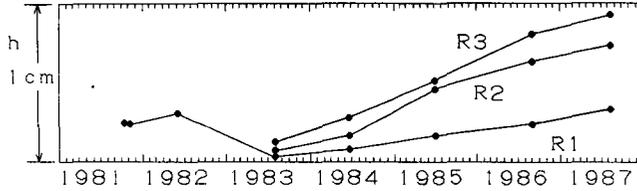


Fig. 2. Secular changes in height of R1, R2 and R3 referred to O in the SW network. The observed tilt pattern is dome "inflation" type since 1983.

Table 1. Relative heights of bench marks for the four tilt levelling networks. The reference bench marks are NW2, O, NE3 and SE3.

| B.M. | Sep.1986 | Aug.1987 | B.M. | Sep.1986 | Aug.1987 |
|------|------------|------------|------|------------|------------|
| NW1 | + 6.53360m | + 6.53251m | NE1 | - 1.34961m | - 1.34736m |
| NW2 | 0.0 m | 0.0 m | NE2 | + 1.34693m | + 1.34716m |
| NW3 | + 1.28658m | + 1.28628m | NE3 | 0.0 m | 0.0 m |
| NW4 | + 5.16578m | + 5.16532m | NE4 | + 1.31288m | + 1.31453m |
| | | | NE5 | - 0.77301m | - 0.77148m |
| R 1 | - 1.85860m | - 1.85769m | SE 1 | 2.63719m | + 2.63905m |
| R 2 | - 3.14566m | - 3.14467m | SE 2 | - 0.77848m | - 0.77793m |
| R 3 | - 2.14091m | - 2.13971m | SE 3 | 0.0 m | 0.0 m |
| R 12 | - 3.63770m | - 3.63637m | SE 4 | - 0.27813m | - 0.27585m |
| R 22 | - 4.69635m | - 4.69517m | SE 5 | - 2.11583m | - 2.11445m |
| R 32 | - 7.43154m | - 7.42975m | SE 6 | + 2.02153m | + 2.02255m |

いて、以下に議論する。Table 1にもっとも外側の点を基準とした、1986年9月及び1987年8月の2回の測定の比高を示す。各基線網の2点間の傾斜変化をFig. 3に示すように方位に対してプロットし、最小自乗法でこれらの観測値に最もよくあったサインカーブを計算して、基線網全体が一様に傾動したと仮定した場合の最大傾斜の方向と大きさを決め、傾斜ベクトルを求めた(Fig. 4)。ただし、SW基線網では、基線網の形と基点数を他の基線網と同様にして比較するために、R 1~3, R 12, R 22およびR 32の6点を使用した。NEおよびSE基線網では、全点を用いるとバラつきが大きいのでNE4或はNE5およびSE1を除いて示した。1年間という短期間内の変化なので、相対的な高さの変化は各基線網とも最大1mmを越え測定精度以上ではあったが小さいため、ベクトルの向きは $\pm 30^\circ$ の範囲で正しいと思われるが、大きさについては議論が難しい。北東基線網については、NE4およびNE5の何れを除外するかで二通りの結果(Fig. 3のNE-case1; Fig. 4のベクトル1およびFig. 3のNE-case2; Fig. 4のベクトル2)が得られ、甲乙つけ難い。これはこの地域が1936年の割れ目小噴火の亀裂のある場所であるためその影響を受けているためと思われる。両者の平均をFig. 4のベクトルMで示す。北東基線網では、充分ではないが、ドーム方向上りの傾向にあると考えて矛盾しない。南東及び南西の2方向の基線網では、どれもドーム方向が上がる変動を示している。しかし、北西の基線網では、逆にドーム方向が下がる変動を

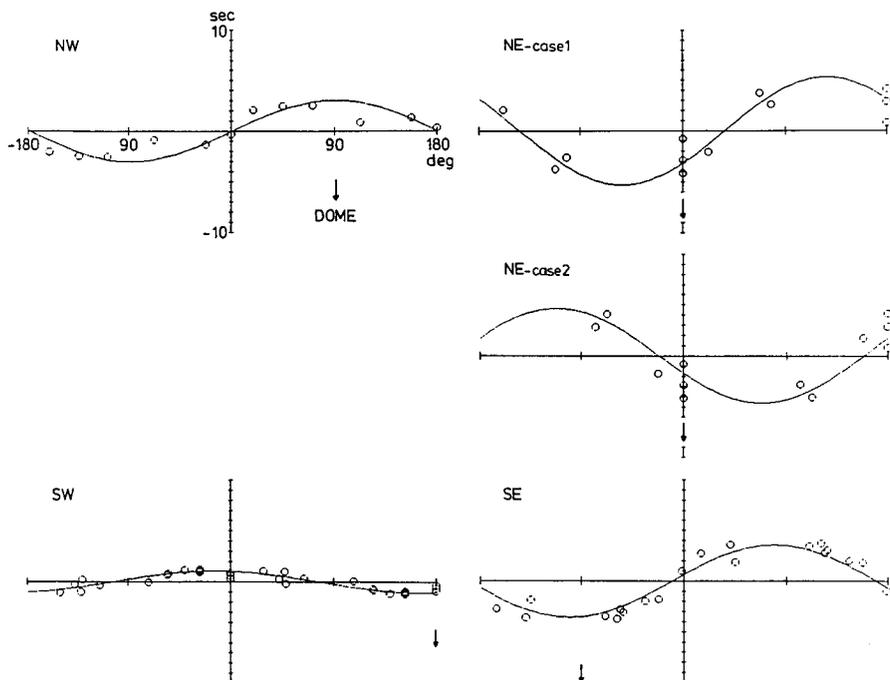


Fig. 3. Tilt changes deduced from relative height measurements at the four tilt levelling networks. Arrows indicate the direction corresponding to that the dome moves upward. At the SW network only six bench marks (R1, R2, R3, R12, R22 and R32) are used, for comparing with the data at other three networks. At the NE network we have two results; NE-case1 indicates the data except those related with NE4 bench mark, and NE-case2 shows the data without those referred to NE5 bench mark. At the SE network the data related with SE1 bench mark are excluded because of its irregularity.

示している。

一般に、山体中心部の隆起は火山体の inflation を表し、地下のマグマ溜り等の圧力源の圧力増加を意味し、火山活動の活発化を示唆する。一方、山体中心部の沈降は山体全体の deflation の反映である場合と、地下深部の inflation による局部的沈降の場合の二通りが考えられる。全体的な deflation は火山活動の沈静化を示唆するが、山頂部だけの局所的沈降は地下深部での活動の活発化のため生じた山頂部の張力場を意味する場合もある。大噴火後の deflation に関する観測データは比較的豊富であるのに対し、噴火の前兆期や火山活動の静穏期における山頂部での高精度の地殻変動観測データは極めて乏しい。従って、実際には上述の単純な inflation, deflation のモデルとは全く異なった種類の変形が様々な形で起きている可能性も充分に考えておかなければならない。樽前山の場合、山頂火口原全域で山頂ドーム上がりの傾斜が現れているわけではなく、一部では逆向きの傾斜を示しており、火山体の inflation が起きているかどうかの結論は現時点では明瞭でない。従って、火山活動の今後の推移を傾斜変動の観測によって見守る必要がある。ド-

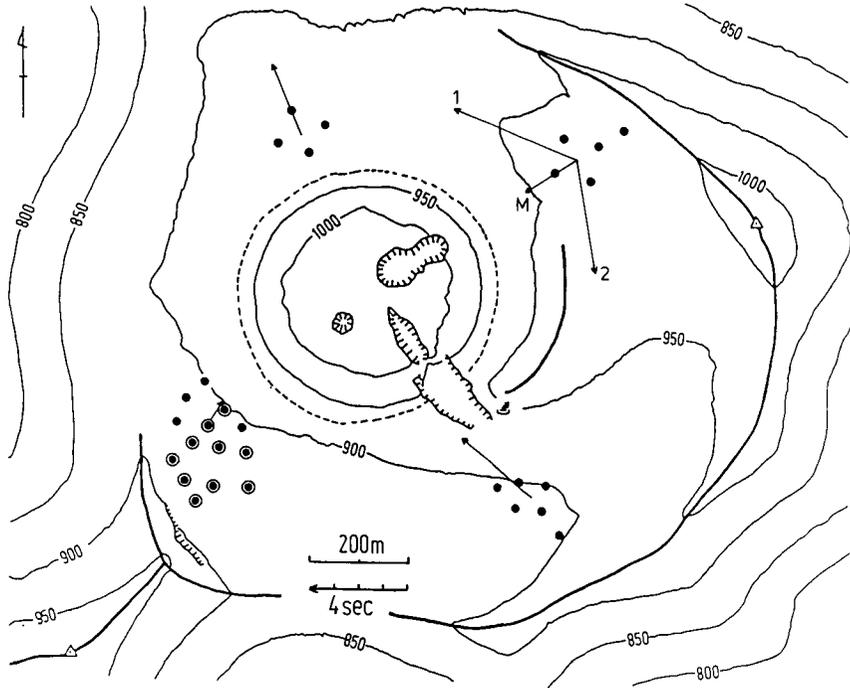


Fig.4. Tilt vectors determined by the data shown in Fig.3 at the four tilt levelling networks (Sep.1986–Aug.1987). The direction of arrows indicates the direction of upward tilting. At the NE network three arrows indicate the upward tilt vectors deduced from NE–case1 and NE–case2, and their mean (M). General trend of tilt for SW,SE and NE networks indicates dome “inflation” pattern, while that of NE network indicates opposite tilting.

ム上がりの傾斜変動が加速的に大きくなったり、ある程度持続した後群発地震或は地熱異常発現を伴うような場合は、活発化を意味する inflation と考えられよう。

III. おわりに

山頂火口原内の傾斜変動は地熱異常地域のある北東、南西及び南東の3方向で、ドーム方向が隆起する傾向を示している。1981年以降続いている地熱活動の活発化の傾向との関連が注目される。しかし、地熱異常地域の無い北西方向では、ドーム方向が沈降する傾向の傾斜変動を示しており、必ずしもドーム全体が隆起しているとは言えない。得られた結果は4方向の基線網が揃ってから僅か1年間という短期間をはさんでの初回の再測の結果であり、今後の再測の積み重ねにより、定量的議論も含めて変動の原因が明らかにされることが期待される。今回の結果が樽前山の下での圧力の蓄積による inflation であるかどうかは極めて重要な問題であり、他の測地観測手法を用いた多面的な検討が必要と思われる。

地表設置方式の傾斜計は温度及び温度勾配の影響および降雨融雪等の影響が大きく S/N 比が

悪い。また、落雷事故等による欠測が2～3回/年あり、連続観測を維持していくには多大な労力の投入を必要とした。また、短距離傾斜水準測量では連続的变化を把握することは出来ない。火山活動の研究並びに監視には、地殻変動の連続観測が重要であり、労力の効率的活用を計り、S/N比を向上させ、研究を進めるためには、臨時的でなく、本格的な観測坑道等の設備が将来的には必要不可欠である。また、山頂部の相対的変動だけではなく、山体の絶体的変動を観測することは定量的研究を行う上で必須の条件であり、GPS、水準測量等による火山体周辺をも含めた広域測地観測網の整備が極めて重要である。

謝辞 当観測所の現所長の岡田弘助教授には本論文作成にあたり、有益な議論をしていただき、深く感謝いたします。横山泉前所長には火山学研究全般にわたり、ご指導助言いただき心からお礼申し上げます。短距離傾斜水準測量の基点の設置には、当観測所の前助手で現在伊豆大島火山観測所の渡辺秀文助教授、当観測所の前川徳光技官、宮町宏樹助手並びに岡田弘助教授の各氏のご協力をお願いした。厚くお礼申し上げます。

文 献

- Garcia, D. C., 1986. Surveillance of Tarumai volcano, Japan with reference to the seismic phenomena preceding the February 27, 1981 activity. *Individual Studies by Participants at the International Institute of seismology and Earthquake Engineering*, **22**, 127–141.
- 北大有珠火山観測所, 1979. 1979年前半期の樽前山における火山観測. 噴火予知連会報, **16**, 17–20.
- 北大有珠火山観測所, 1980. 1979年後半期の樽前山における火山観測. 噴火予知連会報, **17**, 44–47.
- 北大有珠火山観測所, 1981 a. 樽前火山観測報告(1980年). 噴火予知連会報, **20**, 23–27.
- 北大有珠火山観測所, 1981 b. 樽前火山観測(1981年1月～4月). 噴火予知連会報, **21**, 19–23.
- 北大有珠火山観測所, 1982 a. 樽前火山観測(1981年5月～11月). 噴火予知連会報, **23**, 40–43.
- 北大有珠火山観測所, 1982 b. 樽前火山観測(1981年12月～1982年3月). 噴火予知連会報, **24**, 25–28.
- 北大有珠火山観測所, 1982 c. 樽前火山観測(1982年4月～6月). 噴火予知連会報, **25**, 28–31.
- 北大有珠火山観測所, 1984 a. 樽前火山観測(1982年7月～1984年3月). 噴火予知連会報, **30**, 74–80.
- 北大有珠火山観測所, 1984 b. 樽前山の最近の地震活動(1984年5月まで). 噴火予知連会報, **31**, 52–55.
- 北大有珠火山観測所, 1985 a. 樽前火山観測(1984年6月～1985年3月). 噴火予知連会報, **33**, 36–38.
- 北大有珠火山観測所, 1985 b. 樽前山・有珠山の最近の火山活動の状況. 噴火予知連会報, **34**, 1–4.
- 北大有珠火山観測所, 1986. 北海道の火山活動とその観測報告(1985年4月～9月). 噴火予知連会報, **35**, 13–25.
- 石川俊夫, 横山泉, 勝井義雄, 1972. 樽前山. 北海道防災会議, 124 pp.
- 岡田弘, 森濟, 渡辺秀文, 鈴木敦生, 前川徳光, 横山泉, 1985. 樽前火山の火山性地震活動と山頂ドームの熱的状態. 火山体の物理的場の比較研究による噴火災害予測, 125–133.
- 山下済, 渡辺秀文, 鈴木敦生, 前川徳光, 1984. 樽前火山山頂付近における地殻変動観測. 主要活火山の集中総合観測(樽前山第1回–1983年), 167–170.
- 山下済, 鈴木敦生, 岡田弘, 東宮英文, 1984. 樽前火山山頂部の熱的活動状態(1983年). 主要活火山の集中総合観測(樽前山第1回–1983年), 185–190.
- 横山泉 編, 1984. 主要活火山の集中総合観測報告(有珠山第2回–1982年, 樽前山第1回–1983年). 214 pp.