

## 第6章 有 珠 山

中禮正明・長宗留男・田中康裕・澤田可洋

### 6.1 まえがき

有珠山は、明治新山（1910年）、昭和新山（1943～45年）の形成時などにみられたように、火山活動に伴って顕著な地殻変動が現われるという特徴をもっている。

1977年有珠山噴火は、山頂火口原内における噴火で始まったが、これに伴ない火口原内を中心に顕著な地盤の隆起、沈降、および水平方向への変動が起こった（北海道大学理学部：1978，北海道大学理学部・京都大学防災研究所：1978，北海道大学理学部地質学鉱物学教室：1978）。

これらの変動は、外輪山から有珠山の北西ないし東にかけての山ろくにまで波及した。

火山活動の消長と地殻水平変動との関係について研究するため、有珠山周辺に辺長測量のための測線網を設置し、1977年9月なかばから同年12月はじめの間、測量を実施した。なお、この研究は科学技術庁の特別研究促進調整費によるものである。

### 6.2 測 線 網

1977年9月中旬、図2.6.1に示したような測線網を設置した。A，B，……，Lは、この目的のために設置した標石の位置である。これら各基点の地点名は、表2.6.1に示してある。各基点の位置について、次に説明を加えておく。

基点A（三恵病院）： 壮瞥温泉の南東約1 kmの高台にある。標石は同病院の前庭園内にあり、まわり

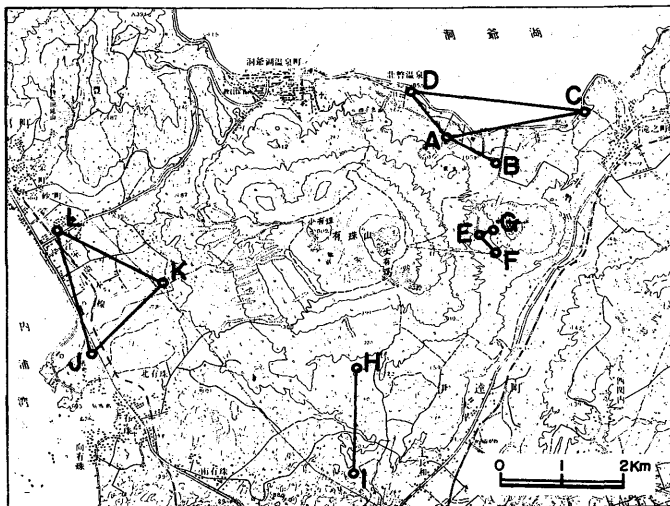


図2.6.1 有珠山における辺長測量用測線網

表 2.6.1 有珠山における標石設置地点

| 基 点 | 地 点 名         | 基 点 | 地 点 名               |
|-----|---------------|-----|---------------------|
| A   | 三 恵 病 院       | G   | 昭 和 新 山             |
| B   | 昭 和 新 山 入 口   | H   | 伊 達 カ ン ト リ ー ク ラ ブ |
| C   | 別 荘           | I   | 一 軒 屋               |
| D   | 壮 警 温 泉       | J   | 観 照 園               |
| E   | 昭 和 新 山 バ ス 停 | K   | 牧 草 地               |
| F   | 熊 牧 場         | L   | 入 江                 |

は芝生である。所在地は北海道有珠郡壮警町壮警温泉76番地、院長は加藤和雄氏。

基点B（昭和新山入口）： 洞爺湖畔から昭和新山に向う道路と基点A方面からきた道路との交叉点（三叉路になっている）の南西部に設置してある。この土地の管轄は壮警町役場（北海道有珠郡壮警町字滝之町245番地）。

基点C（別荘）： 洞爺湖の南東にある別荘地ドクタービレッジ（北海道有珠郡壮警町壮警温泉145番地）の入口、湖畔から正門に向って左側の門柱付近にある。ここのベンチマークは十字を刻み込んだ直径約1cmの鉄針がコンクリート面に埋めてある。この土地の所有者は東洋信販（北海道有珠郡壮警町壮警温泉120番地）。

基点D（壮警温泉）： 壮警温泉近くの洞爺湖畔の一周道路から約20m 有珠山寄りの毛利春夫氏（北海道有珠郡壮警町字壮警温泉64番地）宅の西側の庭園と畠との境に設置してある。

基点E（昭和新山バス停）： 昭和新山の西山ろくにある広場入口のバス停近くにある。この土地の管轄は壮警町役場（北海道有珠郡壮警町字滝之町245番地）。

基点F（熊牧場）： 昭和新山西山ろくの広場の最南端に近く、熊牧場前の植え込みの中にある。この土地の管轄はあけぼの開発株式会社（北海道支笏洞爺国立公園昭和新山）。

基点G（昭和新山）： E点から東方にはほぼ水平に約178m離れた昭和新山の麓の樹木地帯内にある。この土地の所有者は北海道有珠郡壮警町壮警温泉81-15番地三松三朗氏。

基点H（伊達カントリークラブ）： 大有珠の南々西にあるゴルフ場の駐車場上の土手の最東端近くにある。所在地は北海道伊達市東有珠町241番地、伊達観光開発株式会社伊達カントリークラブ湘南コース。

基点I（一軒屋）： この地域は上長和台地といわれている。まわりは畠で、農道のそばに物置小屋が一軒あり、その小屋の北側に設置してある。この土地の所有者は北海道伊達市長和町567番地上山正夫氏。

基点J（観照園）： 有珠湾北方の国道37号線脇にドライブイン観照園がある。標石はその庭園の最高地点付近に設置してある。この庭園の所有者は北海道伊達市有珠町137番地斎藤巖氏。

基点K（牧草地）： 虻田から南有珠方面へ抜ける農道の途中にあり、付近は傾斜地で牧草地帯になっている。標石は、その牧草地帯中央部の、道路から約2m低い方（西方）に入った所に設置してある。この土地の管轄は虻田町役場（北海道虻田郡虻田町字栄町58番地）。

基点L（入江）： 虻田町から洞爺湖温泉に通ずる道路を、室蘭本線を横切ってから約100m進んだ所に、左へ入る坂道がある。標石はこの坂道を約10m 進んだ右側の島の畔に設置してある。この土地の所有者は北海道虻田郡虻田町入江45番地 大滝昌氏。

測線のうち最も長いものは洞爺湖畔に沿うD-Cで、長さ約2743m、最も短い測線は昭和新山付近に設置したE-Gで約178mである。なお、有珠山の北東側および西側には三角形ACDおよびJKLを設け、三辺測量により主歪、面積歪等についての解析を行った。

### 6.3 測量と測量結果

測量は、9月16～20日、10月13～16日、11月8～11日、および11月29～12月1日に実施された。現地に滞在した3～5日の間に、1～2日おいて、あるいは毎日、各測線の長さを繰返し測定するようにしたので、各測線についての測定値は合計7～8個である。

表2.6.2には、測線両端の高度差と機器の高さの差10cmあたりの補正量を示してある。この高度差は、国土地理院発行の2万5千分の1地形図から読み取った値、または測量の際両端で測定した気圧、気温によって計算した値である。

測量の結果は表2.6.3にまとめて示してある。表中の $\epsilon$ （歪量）は、最初の測定値（9月16日または17日の値）を基準にした値である。図2.6.2および図2.6.3は、各測線の長さの変化および歪変化を示したものである。

表2.6.3、図2.6.2および図2.6.3からわかるように、測量された地盤変動の概要はおおよそ次のとおりである。すなわち、有珠山の北東側山ろくおよび昭和新山西側平坦地における変動は特に大きかった。

表2.6.2 有珠山の測線両端の高度差と  
機器の高さの差による補正量

| 測 線<br>(低地点)～(高地点) | 高 度 差<br>(m) | 機器の高さの差による補正量<br>(mm/10cm) |
|--------------------|--------------|----------------------------|
| B — A              | 27           | 3                          |
| C — A              | 53           | 2                          |
| D — A              | 50           | 5                          |
| C — D              | 3            | 0                          |
| F — E              | 4            | 1                          |
| G — E              | 2            | 1                          |
| I — H              | 84           | 5                          |
| J — K              | 32           | 2                          |
| L — J              | 19           | 1                          |
| L — K              | 51           | 3                          |

表 2.6.3 有珠山における辺長測量結果

D : 斜距離  $\epsilon$  : 歪量 ( - は縮みを表わす )

| BASE LINE |       |       | A - B   |                  | A - C    |                  | A - D   |                  |
|-----------|-------|-------|---------|------------------|----------|------------------|---------|------------------|
| DATE      |       |       | D       | $\epsilon$       | D        | $\epsilon$       | D       | $\epsilon$       |
|           |       |       | mm      | $\times 10^{-6}$ | mm       | $\times 10^{-6}$ | mm      | $\times 10^{-6}$ |
| 1977      | SEPT. | 16    | 985 887 |                  | 2278 960 |                  | 932 970 |                  |
|           |       | 19    | 894     | 7.1              | 922      | - 16.7           | 962     | - 8.6            |
|           | OCT.  | 13    | 986 009 | 123.7            | 490      | - 206.2          | 840     | - 139.3          |
|           |       | 15    | 016     | 130.8            | 446      | - 225.5          | 826     | - 154.3          |
|           | NOV.  | 8 ~ 9 | 033     | 148.1            | 2277 953 | - 441.9          | 764     | - 220.8          |
|           |       | 10    | 036     | 151.1            | 926      | - 453.7          | 762     | - 222.9          |
|           |       | 29    | 985 789 | - 99.4           | 2276 897 | - 905.2          | 504     | - 499.5          |
|           | DEC.  | 1     | 777     | - 111.6          | 805      | - 945.6          | 482     | - 523.1          |

| BASE LINE |       |         | D - C    |                  | E - F   |                  | E - G   |                  |
|-----------|-------|---------|----------|------------------|---------|------------------|---------|------------------|
| DATE      |       |         | D        | $\epsilon$       | D       | $\epsilon$       | D       | $\epsilon$       |
|           |       |         | mm       | $\times 10^{-6}$ | mm      | $\times 10^{-6}$ | mm      | $\times 10^{-6}$ |
| 1977      | SEPT. | 16      | 2742 748 |                  | 407 478 |                  | 177 986 |                  |
|           |       | 19      | 748      | 0                | 432     | - 112.9          | 936     | - 280.9          |
|           | OCT.  | 13      | 708      | - 14.6           | 277     | - 493.3          | 775     | - 1185.5         |
|           |       | 15      | 716      | - 11.7           | 263     | - 527.6          | 759     | - 1275.4         |
|           |       | 16      | 718      | - 10.9           |         |                  |         |                  |
|           | NOV.  | 8 ~ 9   | 650      | - 35.7           | 154     | - 795.1          | 659     | - 1837.2         |
|           |       | 10 ~ 11 | 660      | - 32.1           | 134     | - 844.2          | 651     | - 1882.2         |
|           |       | 29      | 617      | - 47.8           | 040     | - 1074.9         | 572     | - 2326.0         |

| BASE LINE |       |         | H - I    |                  | K - J    |                  | K - L    |                  |
|-----------|-------|---------|----------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|
| DATE      |       |         | D        | $\epsilon$       | D        | $\epsilon$       | D        | $\epsilon$       |
|           |       |         | mm       | $\times 10^{-6}$ | mm       | $\times 10^{-6}$ | mm       | $\times 10^{-6}$ |
| 1977      | SEPT. | 17      | 1703 213 |                  | 1716 542 |                  | 1880 775 |                  |
|           |       | 19 ~ 20 | 219      | 3.5              | 547      | 2.9              | 772      | - 1.6            |
|           | OCT.  | 14      | 215      | 1.2              | 546      | 2.3              | 778      | 1.6              |
|           |       | 15      | 224      | 6.5              |          |                  |          |                  |
|           |       | 16      | 223      | 5.9              | 560      | 10.5             | 784      | 4.8              |
|           | NOV.  | 9       | 201      | - 7.0            | 536      | - 3.5            | 768      | - 3.7            |
|           |       | 10      |          |                  | 557      | 8.7              | 785      | 5.3              |
|           |       | 11      | 213      |                  |          |                  | 773      | - 1.1            |
|           |       | 29      |          |                  | 537      | 2.9              | 780      | 2.7              |
|           |       | 30      | 214      |                  | 547      | - 2.9            | 781      | 3.2              |

| BASE LINE |       |    | L - J    |                  |
|-----------|-------|----|----------|------------------|
| DATE      |       |    | D        | $\epsilon$       |
|           |       |    | mm       | $\times 10^{-6}$ |
| 1977      | SEPT. | 17 | 2019 845 |                  |
|           |       | 20 | 843      | - 1.0            |
|           | OCT.  | 14 | 854      | 4.5              |
|           |       | 16 | 867      | 10.9             |
|           | NOV.  | 9  | 847      | 1.0              |
|           |       | 10 | 860      | 7.4              |
|           |       | 29 | 858      | 6.4              |
|           |       | 30 | 857      | 5.9              |

これに比べて南側および西側の測線における変動はごくわずかで、途中やや複雑な変化を示しているが、最終的な長さの変化量は大きいもので約 10 mm 程度であった。

次に各地域ごとに詳しく述べる。

### 1) 有珠山の北東側

この地域には三角形 A C D および A - B がある。測線 A - C, A - D および D - C はいずれも終始縮みを示しており、A - C および A - D ではその量が特に大きかった。これらの測線における変化のパターンは、必ずしも一様ではなく時期によって変化している。

A - C および A - D は、11 月 10 日 ごろまではほぼ一定の割合（それぞれ約 19 mm/日および 3.8 mm/日）で縮んでいるが、それ以降変化の速さがそれまでの約 3 倍（それぞれ約 53 mm/日および 13 mm/日）に増大している。

北海道大学理学部・京都大学防災研究所(1978)によると、有珠山北東の洞爺湖岸と北東山ろくを結ぶ比較的短距離の測線の辺長測量結果では、11 月上旬ごろから 12 月なかばごろまでの変化量が、一時的にそれまでの約 20 mm/日から 45 mm/日に増加している（その後、12 月末では約 30 mm/日に減少している）。この測線の変化は、上に述べた A - C および A - D におけるものと同じ傾向を示しているとみられる。

湖岸にほぼ平行な測線 D - C の変化は、あまり大きくはなかったが、ほぼ一定の割合（約 1.8 mm/日）の縮みを示している。11 月末までの約 2.5 か月間の変化量は約 13 cm、歪量にして約  $4.8 \times 10^{-5}$  の縮みであった。

A - B における変化は上の各測線のものとは異なり、10 月中旬の測量時まではかなり大きい速度で伸びていたが、その後その速度がややゆるやかになり、11 月 10 日の測量時、すなわち A - C, A - D において変化の速度が増加し始めた時期以降は反対に縮みに転じている。

### 2) 昭和新山付近

この地域には、有珠山と昭和新山との間の平坦な地域に、測線 E - F および E - G を設置した。

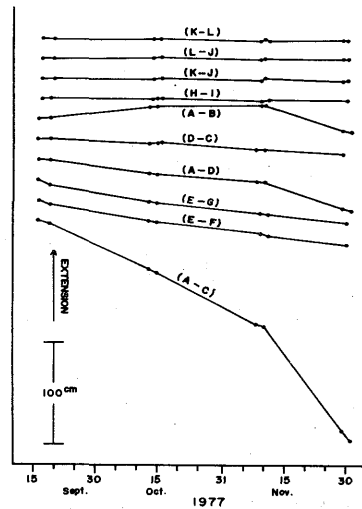


図 2.6.2 有珠山における測線の長さの変化

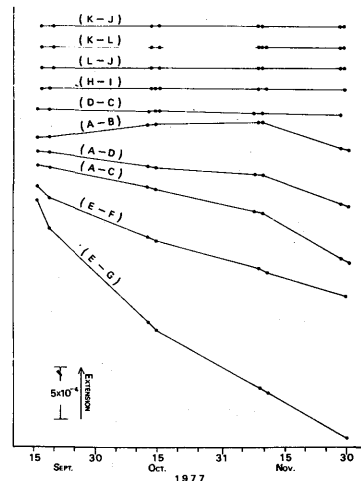


図 2.6.3 有珠山における測線の歪変化

これらの測線においては終始縮みが測定されたが、測量を開始した9月中旬ごろはかなり大きい速度で縮んでいたものと想像される（最初の2回の測定値によると縮みの量は、それぞれ15 mm/日および17 mm/日、歪量で $3.8 \times 10^{-5}$ /日および $9.4 \times 10^{-5}$ /日になる。図2.6.2および図2.6.3）。

その後徐々に変化速度が減少し、10月なかばからはほぼ一定の割合（1日あたりそれぞれ4.8 mmおよび4.7 mm、歪量で $1.2 \times 10^{-5}$  および $2.3 \times 10^{-5}$ ）の変化が続いている。

測量開始から終了までの約2.5か月間には、両測線ともほぼ同じ量（41～44 cm）の縮みが測定された。図2.6.3からわかるように、歪量はこれらの測線でもっとも大きく、E-Fで $1.1 \times 10^{-3}$ 、E-Gでは $2.3 \times 10^{-3}$ であった。

### 3) 有珠山の南側および西側

この地域に設置した4本の測線では、時期によって $1 \times 10^{-5}$ 程度の変化はあったが、上の2つの地域におけるような大きな変動は測定されなかった。また、比較的短時間の変化をならしてみると、これらの測線の長さは、測量期間中ほとんど変動していない。（ただし測線L-Jでは、0.2～0.3 mm/日程度の、ごくゆるやかな伸びを示しているともみられる。）

国土地理院によって実施された二次基準点測量の結果によると、1967～1977年に有珠山北北西の洞爺湖岸（洞爺湖温泉町）、南東側および南南西側中腹において42～54 cmの外向き（山体が膨張するようなセンス）の水平変動が測量されている（国土地理院、1978）。

この変動は、恐らく今回の火山活動に伴って起こったものであろうが、われわれが南側（測線H-I）において行った測量では、上に述べたように、あまり大きな変動はなかった。このことを考慮すると、二次基準点測量によって得られた大きな変動は、少なくともわれわれが測量を開始した時期より前に一時的に起こったもので、1) および2) で述べたような火口原内の地盤変動に関連して続いている変動とは異なるものと思われる。

前に述べたように、この地域では期間中地殻変動はほとんどなかったと考えてよいが、表2.6.2からもわかるように、例えば測線H-I、K-JおよびL-Jにおける10月16日と11月9日との測定値の間には、20 mm以上の差がある。又、測線K-J、K-LおよびL-Jにおける11月9日と10日の1日間でも、13～21 mm の変化がある。これらに関しては次節で述べる。

有珠山の北東側および西側における三辺測量の結果から、最初の測定値を基準にして主歪値ならびにその方向を求めると、北東側山ろく地域における歪の主軸の方向は、WNW～ESEおよびNNE～SSWであり、これは測量期間を通じてほとんど変っていない。図2.6.4は、11月29日の測定値に対する主歪の方向を地図上に画いたものである。

図2.6.5は、三角形ACDについての測定から求められた主歪の時間的变化である。主歪値の変化の割合は、11月10日の測量時を境にして、その前後においてかなり大きく変っているが、これは前に述べた測線A-CおよびA-Dの時間的变化の傾向と同じである。

三角形ACDについて求めた主歪、面積歪および最大せん断歪の1日当りの変化の割合をまとめて

表 2.6.4 に示しておく。

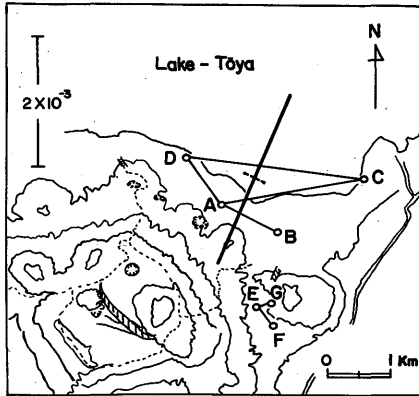


図 2.6.4 三角形ACDにおける主歪  
(9月16日と11月29日  
の測定値による)

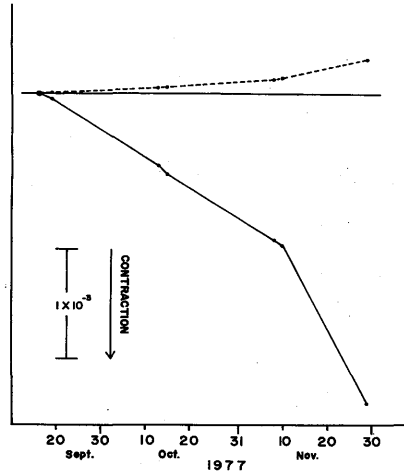


図 2.6.5 三角形ACDにおける  
主歪の時間的变化

表 2.6.4 三角形ACDの歪

| 期 間    |                  | 9月16日～11月10日                    | 11月10日～11月29日                   |
|--------|------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 歪      | 主 歪 { $\sigma_1$ | $0.3 \times 10^{-5}/\text{day}$ | $0.9 \times 10^{-5}/\text{day}$ |
|        | $\sigma_2$       | - 2.5                           | - 7.6                           |
| 面 積 歪  |                  | - 2.2                           | - 6.7                           |
| 最大せん断歪 |                  | 2.7                             | 8.5                             |

#### 6.4 辺長測量時における測線長の変化と地震

有珠山の火山活動においては、有感地震を含む多くの地震が発生した。測量を実施している最中にも、何回かの有感地震があったが、その際、地震前と地震後に若干測線長に変化が測定された例がある。

図 2.6.6、図 2.6.7 および図 2.6.8 に、測定例を示してある。図の横軸には測定時間の経過を、縦軸には辺長の読取值の下 2 桁を示してある。図の点線はそれぞれの期間における読取值の平均である。また、矢印は有感地震で、矢印に示したアラビア数字は震度である（筆者等の観測による）。

図 2.6.6 は、有珠山南側の測線 H—I における測定例で、有感地震のなかった時（10月16日、14時02分～14時46分の42分間）のものである。一般に測定は、この例のように行われる。すなわち、読取值にはバラツキ（この例では最大数 mm）があるが、これらの算術平均（点線で示した値）をもってその時の測定値とする。

図2.6.7には、有珠山北東地域の測線D-Cの測量例(10月15日, 09時16分～10時16分の60分間)を示してあるが、この例では、始め4回の読取値と地震後の6回の読取値の間には、明らかにギャップがみられる。すなわち、09時36分ごろの震度Ⅲ程度の地震の前後で約4mmの縮みが観測された。観測中に経験したすべての地震の場合にこのような現象があったわけではないが、他にもいくつかの例があった。

北海道大学理学部・京都大学防災研究所(1978)は、外輪北々東部と洞爺湖畔との間の辺長測量の結果から、大きな地震に対応して長さの縮みの量が大きくなり、しかもこのことは地震の震源位置に関係するらしい、ことを報告している。

われわれの観測においても、有珠山北東側から東側にかけての測線では大きな変化があったが、これらの変化は、恐らく図2.6.7の例のように、ある種の地震によって不連続的に大きく変化しながら進んだものと考えられる。

図2.6.8には、有珠山南側の測線H-Iにおける測定例(11月30日, 09時05分～10時37分の92分間)を示してある。この例でも、始めの4回の読取値と震度Ⅰの地震をはさんで次の5回の値との間、および震度(Ⅱ～Ⅲ)の地震の前後の読取値の間には明らかにギャップがみられる。すなわち、震度Ⅰの地震によって数mm伸び、次に震度(Ⅱ～Ⅲ)の地震によって反対に約4mm縮んでいる(その後の震度Ⅲの地震の前後における3回および4回の読取値についても一応

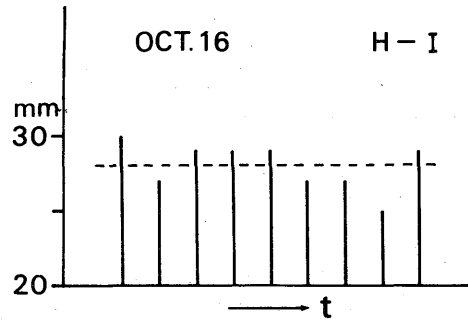


図2.6.6 ジオジメーター読取値の例  
(10月16日14時02分～14時46分)

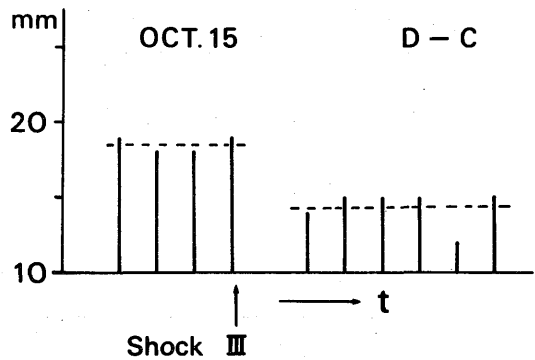


図2.6.7 測線D-Cにおける地震前後の測線長の変化(10月15日09時16分～10時16分)

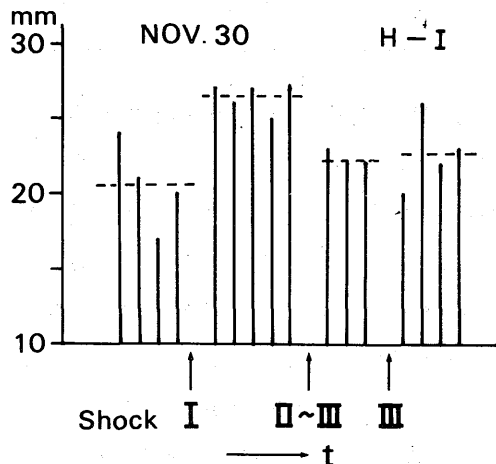


図2.6.8 測線H-Iにおける地震前後の測線長の変化(11月30日09時05分～10時37分)



別々の平均値を示してあるが、これらの間には特に変化があったとはみられない)。伸縮の量は必ずしも震度に関係ないようである。恐らく、大きさよりも震源の位置に関係があるものと思われる。

この測線は先に述べたように、測量期間を通じてみるとほとんど変化はなかった。しかし、図 2.6.8 でみられるように、ある種の地震によっては不連続的に伸び、また他の地震では反対に縮むような変化を繰り返し、全体としてはほとんど変化しなかったものと考えられる。

前節で述べた短期間の大きな測線長の変動も、おそらく上記のことに起因すると考えられる。

## 6.5 ま と め

「1977年有珠山噴火」に伴ない、有珠山周辺に辺長測量用測線網を設置して、9月中旬から12月初旬の間、ほぼ定期的に測量を実施した。

今回の噴火に続いて起こった地盤・地形変動は、山頂火口原中央部に生じた断層を境にして、その北ないし東方向において顕著であり、これらは北～東側山ろくにまで及んでいる。

特に筆者らが測量を実施した時期には、北東～東側山ろく地域において顕著な地盤変動が続いた。辺長測量用測線網のうちA点のある三恵病院付近では、家屋、石垣などの変形、路面の盛り上り等の現象が特に顕著であった。また、昭和新山と有珠山の間の平坦地では、噴火後間もない8月18日にはすでに縁石の変形があった。

一方、有珠山の南側・西側等においては、家屋・道路の変形等の異常は現われていない。

今回実施した測量も、おおよそ上のような地形変動の傾向を反映している。測量によって得られたおもな成果は次のとおりである。

- (1) 有珠山の北東側および東側地域では、顕著な変動が測量された。しかし、南側および西側では、目立った変化はなかった。
- (2) 9月中旬から12月上旬までの約2.5か月間に、昭和新山西側の平坦地で $(1 \sim 2) \times 10^{-3}$ 、北東側山ろくでは大きいもので $(0.5 \sim 1) \times 10^{-3}$ の縮み(いずれも測線の歪)がみられた。
- (3) 北東側三辺測量の結果によると、歪の主軸の方向は測量期間中ほとんど変化なく、北北東～南南西および西北西～東南東で、前者の方向に大きな縮みがあった。
- (4) 北東側山ろくの測線における変動のパターンは、11月10日ごろを境にして多少変化した。A-Bでは伸縮の方向がそれまでのものに比べて反対になり、測線A-C、A-Dでは変動の割合が大きくなった。
- (5) 有感地震の前後で、測線長に数mmの変化が測定されることがあった。

なお、辺長測量によって測定する長さは両端の標石間の斜距離であるが、一端が他端に対して上下方向に変動した場合にも斜距離は変化する。

今回の活動では、北東～東側山ろくにおいてもかなり大きな地盤の上下変動があった(例えば、北海道大学理学部・京都大学防災研究所:1978)。そして基点A付近は、特に地盤の水平方向の変動とともに

隆起の大きかったところである。

測線A-B, A-D, A-C等には, 当然このような上下変動の影響があるはずである。しかし, もしA点が相対的に約1 m隆起したとしても, これによる長さの変化は, もっとも影響の大きい測線A-Dにおいて約5 cm弱で, 実際に測定された変化量に比べるとかなり小さく, 議論の本質を左右するほどのものではないので, 地盤の上下方向の変動の影響については考慮しなかった。

### 参 考 文 献

北海道大学理学部(1978): 計器観測による有珠山頂火口原の地殻変動(1977年8月~12月), 火山噴火予知連絡会会報, 第11号, 8-12.

北海道大学理学部・京都大学防災研究所(1978): 有珠山北東麓の地殻変動(1977年8月~12月), 火山噴火予知連絡会会報, 第11号, 13-20.

北海道大学理学部地質学鉱物学教室(1978): 1977年有珠山噴火に伴った火口原の地形変化, 火山噴火予知連絡会会報, 第11号, 38-44.

国土地理院(1978): 有珠山付近の地殻変動, 火山噴火予知連絡会会報, 第12号, 19-22.