



Title	7. 鬼首間歇泉の微動 : (火山の微動と関連して)
Author(s)	野越, 三雄; NOGOSHI, Mitsuo; 本谷, 義信 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 9, 67-76
Issue Date	1962-03-06
DOI	<a href="https://doi.org/10.14943/gbhu.9.67">https://doi.org/10.14943/gbhu.9.67</a>
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/13838">https://hdl.handle.net/2115/13838</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	9_p67-76.pdf



# 7. 鬼首間歇泉の微動

(火山の微動と関連して)

野越三雄・本谷義信

(北海道大学理学部地球物理学教室)

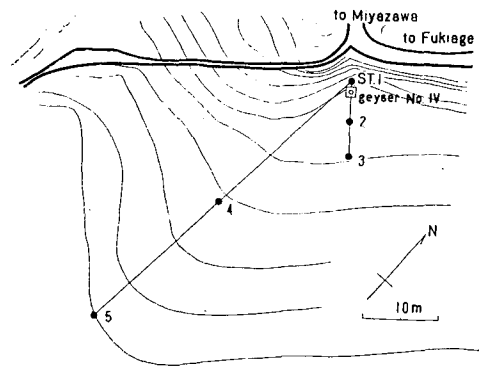
— 昭和36年8月受理 —

## I. 緒 言

火山の一つのモデルとして間歇泉を取上げ、そこで発生する微動を観測した。熔岩、水蒸気、水 (100°C) の違いと勢力の違いはあっても地下から流体を噴出することに於いては、火山の火口も間歇泉の吹口も同じである。火山性微動が連続的或いは不規則的であるのに対して間歇泉の噴泉に伴う微動は文字通り間歇的であり周期的であり、静かな状態から次第に活発化する状態が観測されるであろう。更に微動発生の機構を考える時、経路による影響を少なくするという点でその発生源に出来る限り近づくことは非常に大切なことである。伝播中に波の性質が変わって、その発生源に於ける状態が判り難くなるので発生源に近づくことは有利なのである。

## II. 位 置

鬼首吹上間歇泉は宮城県の新潟県に位し、陸羽東線鳴子駅の北方約13kmの所にある吹上沢に沿って散在している。ここに、昭和13年11月から同14年6月までに掘さくによって6個の新しい間歇泉が造られたのである。この頃から東北大学の有井、野邑両博士<sup>1)</sup>が、昭和26年頃までこれらの間歇泉に第1、第2、……第6号泉と名づけ、調査された。現在、これらの間歇泉の状況は第1号が約12時間(不規則)の周期で20mほど噴出し、第2号、第3号泉は全く活動を見せず、第4号泉は約8時間周期で15mほど噴出し、第5号泉は近づくと音はしているが噴出はしない。そして第6号泉は約1時間毎に1mほど噴出している。これらの中で第4



第1図 観測点附近の地形図

番号は地震計配置位置、等高線間隔は1mで地形は南が低くなっている。

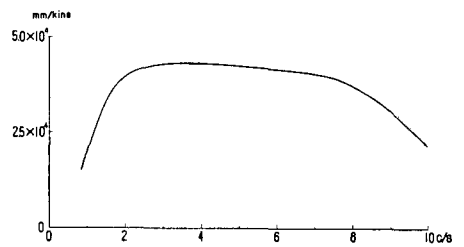
Fig. 1. Topographical map of observation point. Number represents observation point. Contour interval is 1m and topography dips southward.

1) K. Arii and Y. Nomura: Bull. Inst. Phys. Chem. Res. 20 (1941), 104-129.

号泉は8時間前後という割合規則的な周期であり高さも15mほどあり8時間周期というのが測定準備に適当な時間と思われたので微動測定の対象として選ばれた。この噴泉の継続時間は4~5分である。吹口には長さ4m、直径11cmの鉄管が入れてある。測定地の地形は第1図に示されている。

### III. 器械及び測定方法

使用した器械は水平動地震計3台、上下動地震計1台、トランジスター増幅器4台、電磁オシログラフである。地震計、ガルヴァノメーターの固有振動数は各々1c/s、30c/sである。地震計の周波数特性は振動台によって整えられた。第2図が総合周波数特性曲線である。地震計4台ともこの曲線と殆んど同じである。測定方法は1回の噴泉が終る毎に地震計の位置を変え、測定目的に応ずるようにした。観測点は第1図にSt. 1, 2, 3, 4, 5と示されてある。それぞれの吹口からの距離はSt. 1まで1m, St. 2まで3.5m, St. 3まで8.7m, St. 4まで22.5m, St. 5まで45mである。噴泉の始まる時刻を知るために、写真で示されているように吹口に2本の鉄棒を置き、電流の導通変化をオシログラフに記録した(写真1)。

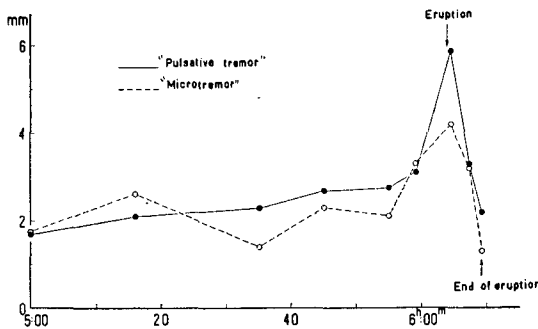


第2図 総合周波数特性曲線

Fig. 2. Frequency response curve.

### IV. 測定結果

第3図は振幅の時間変化を示したものである。観測点はSt. 2である。これをみて明らかな如く噴泉の始まるまでは全般的に振幅は増大し、噴泉が終ると振幅も減少する。このことは野邑博士<sup>2)</sup>が、第5号泉についてではあるが、測定された温度の時間変化とよく対応しているのである。観測された記録を写真に示してある。噴泉の時と噴泉後90sec.の記録にある如く頻繁に現われている周期の短い波の群を脈動的微動(pulsative tremor)と、又その中で1回衝撃波的な波が見られるが、これを衝撃型(shock-type)の波と名づけた。そして、噴泉前40分頃に常時現われる比較的長い



第3図 噴出前後における記録上の振幅の変化

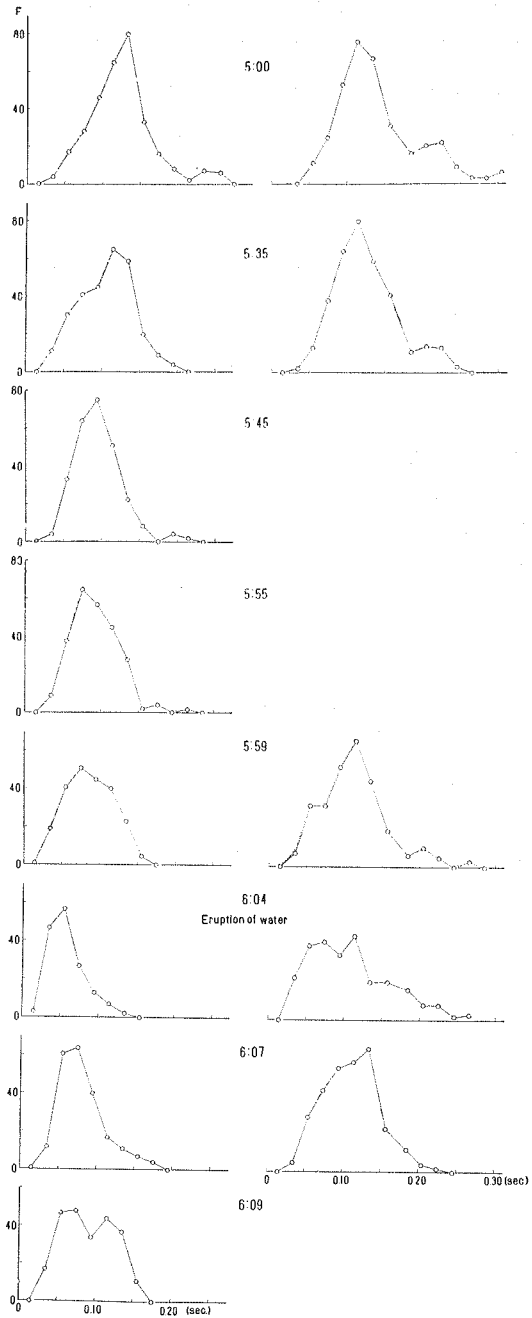
Fig. 3. Variation of trace amplitudes before and after eruption of water.

2) Y. Nomura: Studies on Geysers at Onikôbe, Technology Reports of Tôhoku Univ. **19** (1954), 45-62.

周期を持つ微動を常時微動 (microtremor) と名づけた。第3図に示される如く、噴泉前40分頃は常時微動の振幅は大きく、噴泉の前兆にも現われる脈搏的の微動が出始めると、この振幅の方が常時微動のそれより増大する。

次に卓越周期について述べる。周期別頻度図を作る時に注意しなければならないことは記録上で周期別に波の数をそのまま数えた場合、同じ時間をとるなら本質的に短周期の波が長周期のそれより多くなることである。つまり、実際には短周期の波はそれほど卓越してはいるが、数の上では非常に多く数えられるので、あたかも卓越しているように見えることになる。今同じ時間に  $f_1$  c/s の波が  $n_1$  個、 $f_2$  c/s の波が  $n_2$  個数えられたとする ( $f_1 > f_2$ )。この時当然、単位時間に  $f_1$  c/s の波は  $f_1$  個、 $f_2$  c/s の波は  $f_2$  個含まれるのであるから、 $n_1 > n_2$  であっても  $f_1$  c/s の波が  $f_2$  c/s の波より卓越しているとは考えられない。そこでこの場合  $n_1 \times \left(\frac{f_2}{f_1}\right)$  と  $n_2$  を比較して、どちらが本質的に卓越しているか決める方が妥当であると考へた。

第4図に於いて、左側が St. 2 (3.5 m) での卓越周期の時間変化、右側が St. 3 (8.7 m) での卓越周期の時間変化を示したものである。これを見ても明らかな如く、噴泉前1時間頃には 0.11~0.14 sec. の波 (常時微動) が卓越しているが、噴泉の前兆と思われる脈搏的の微動が現われ始めるとその卓越周期の山は短い方へ寄り、噴泉が始まると 0.05~0.08 sec. の波が卓越する。そして噴泉が終りになると、又 0.11~0.14 sec. の

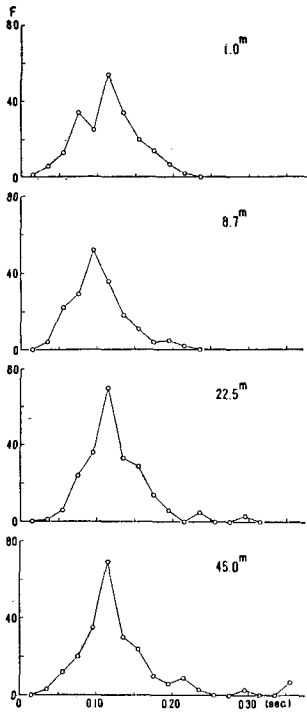


第4図 周期別頻度の時間的变化  
左: 観測点 2 (3.5 m) 右: 観測点 3 (8.7 m)

Fig. 4. Frequency distributions of wave period. N.B. the successive variation accompanied by eruption. left: Station 2 (3.5 m), right: Station 3 (8.7 m).

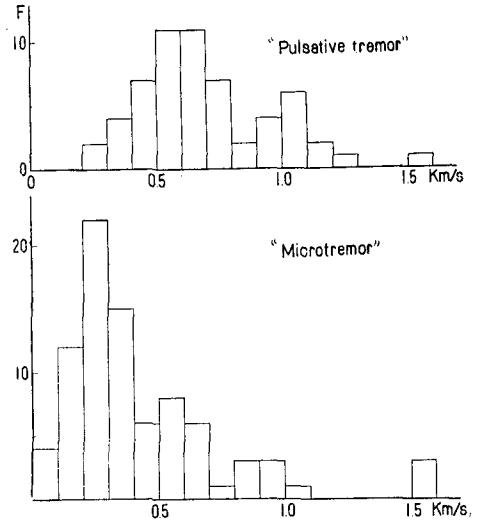
波が卓越してくる。即ち噴泉前1時間頃には常時微動があり、次第に脈搏的微動が加わり、噴泉時には脈搏的微動が連続して現われ、終りに近づくと又常時微動の混在したものとなり、更に時間が経つと常時微動のみが卓越する。このような活動が噴泉の前後に繰り返されるのであろう。St. 3 (8.7 m) に於ける卓越周期の時間変化は傾向として、St. 2 での場合と同じことがみられる。活動が活発になると短周期の波が卓越するのは興味あることである。

噴泉後 90 sec. に於いて、吹口からの距離 (震央距離) と卓越周期との関係を示したのが第5図である。距離が遠くなるに従って卓越周期は大きくなっている。これは波の伝播する際の減衰の特性によるものであろう<sup>3)</sup>。所で噴泉の前後での振幅については前述の通りであるが、



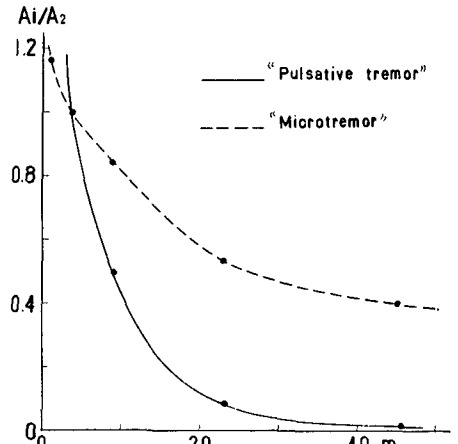
第5図 周期頻度の場所による変化

Fig. 5. Frequency distributions of wave period at various stations observed simultaneously.



第6図 見かけの速度の頻度分布

Fig. 6. Frequency distributions of apparent wave velocity.

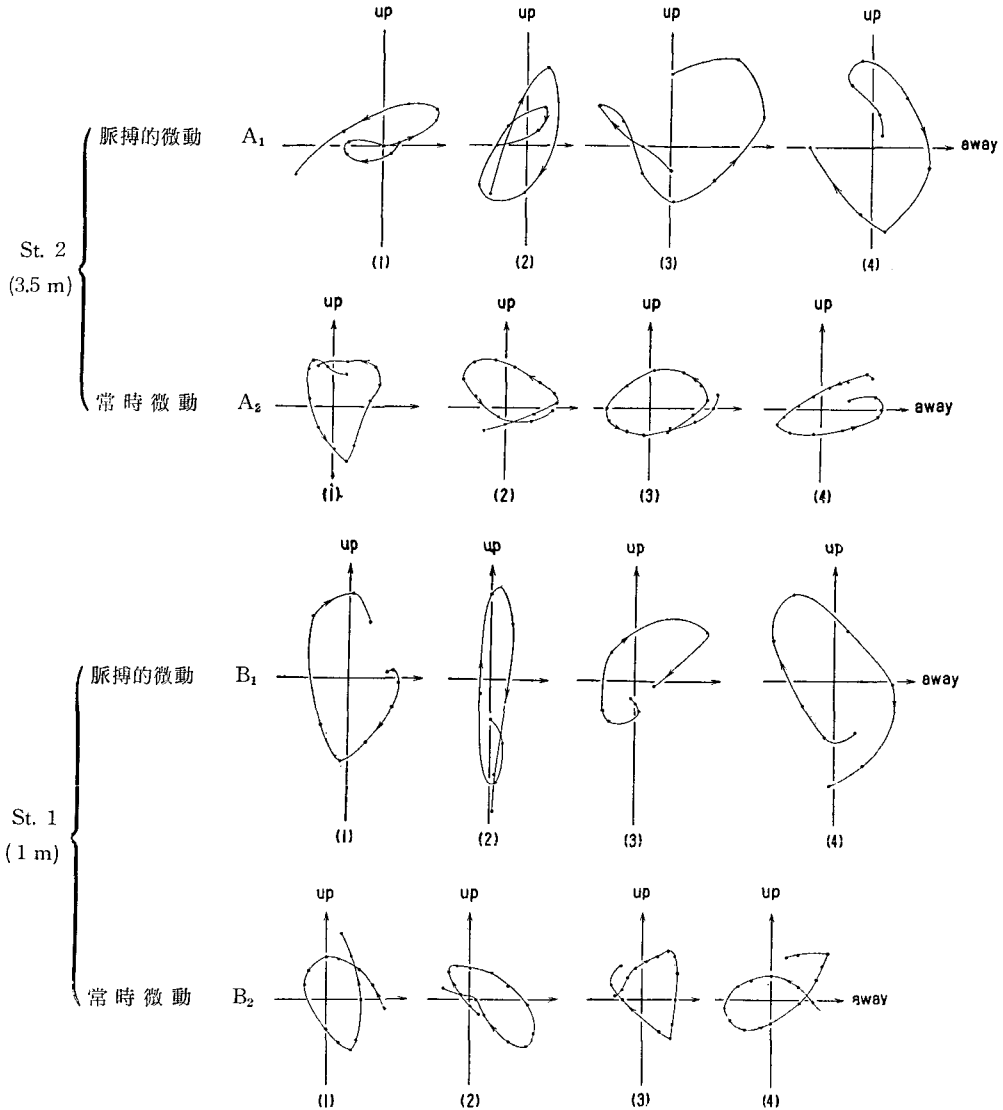


第7図 振幅の減衰曲線。観測点2における振幅を基準にとつてある。

Fig. 7. Relation between amplitude and epicentral distance. Amplitude at each station is compared with one of Station 2.

3) 下鶴大輔・後藤賢一・中牟田修・野田博治：阿蘇火山に於ける火山微動の観測。火山, 3 (1958) 35~42.

これらの波の性質，発生源について，次に考えてみたい。先ずこれらの波の見かけの速度の頻度分布は第6図ようになる。これによると常時微動は300~500 m/sec. が，脈動的微動は500~800 m/sec. の速度が多い。つまり前者は表面波的な速度を，後者は岩石に比れば非常におそいけれども（しかし，媒質から十分考えられる<sup>4)</sup>），実体波的な速度を持っていると云える。



第8図 各観測点に於ける地面の一点の運動

A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>: 脈動的微動 A<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>: 常時微動

Fig. 8. Motions of ground particle at Station 1 and Station 2.

A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>: Pulsative tremor A<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>: Microtremor

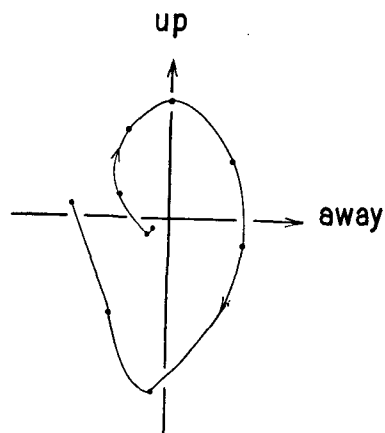
4) 神田祐太郎: 弾性波伝播速度の持つ地質工学的意義. 物理探鉱, 12 (1959) 124~128.

第7図は St. 2 で得られた振幅 ( $A_2$ ) と St. 1, 2, 3, 4, 5 の各点で得られた振幅 ( $A_i$ ) の比 ( $A_i/A_2$ ) の分布である。これによると、常時微動の振幅は距離の 0.5 乗に、脈搏的微動は距離の 1.3 乗に逆比例して減衰している。つまり前者は表面波的に、後者は実体波的に減衰している。

次に St. 1 (1 m), St. 2 (3.5 m) での両者の particle motion をみると第8図のようになる。A には St. 2 での両者の particle motion を示したものであり、B には St. 1 での particle motion を示したものである。St. 2 での particle motion は脈搏的微動に於いては実体波的な波 ((2), (4)) と表面波 (Rayleigh-type) 的な波 ((1), (3)) とが混在し、常時微動に於いては表面波的な波のみとなっている。又、St. 1 でのそれは脈搏的微動に於いては実体波的な波のみであり常時微動に於いては実体波的な波 ((2), (3)) と表面波的な波 ((1), (4)) とが混在している。第9図には前述した、St. 1 での衝撃的な波を示した。これは写真4の記録にある如く、速度を読み取れぬほど早いのであり、particle motion と合わせ考えるとこれは実体波であることがわかる。このようなことから、脈搏的微動は実体波的な波であるけれども、それが発生源の近くでは明瞭に現われ、距離が遠くなると観測されなくなる。又常時微動が実体波的な波と表面波的な波との混在であるというのは発生源の上の地表面に常時ある表面波と発生源から直接来る実体波とが混ざり合うからであり、又このことは St. 2 に於ける脈搏的微動が実体波的な波と表面波的な波との混在であるということの理由にもなる。

従って、以上のことから衝撃型の波、脈搏的微動が実体波とすればこれらは当然吹口の下にその発生源が求められる。そして常時微動も第7図の減衰曲線から、その発生源はやはり吹口下にあると考えられるのである。

現在の所、間歇泉の噴騰機構を説明するものとして、Bunsen<sup>5)</sup> の鉛直管説と Mackenzie<sup>6)</sup> の地下空洞説とがある。この二つのいずれにしても地下に於いては温度上昇による熱水の攪拌が行なわれているに違いない。これが微動を起こす擾乱源となっているのであろう。即ち、この擾乱が衝撃型の波、及び脈搏的微動を起こすパルス状の力であり、又常時微動も地表面や地層での反射などによって表面波に変えられたものであろう。衝撃型の波も、脈搏的微動も、常時微動も、つまりは上に述べたような同一の力によって起こされていると考えるのが適当である。



第9図 観測点1に於ける衝撃波の地面の一点の運動

Fig. 9. Motion of ground particle of shock type wave observed at Station 1.

5) R. Bunsen: Progg. Anr. 72 (1847), 159-170.

6) G. Mackenzie: Travels in Iceland (1811).

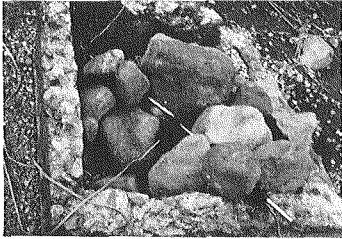


写真 1. 間歇泉の吹口

Photo. 1. Vent of the geyser.



写真 2. 間歇泉の噴水

Photo. 2. Eruption of the geyser.

## V. 結 語

以上のことを要約すると次のようになる。

1) 噴泉に至るまでの振幅はやはり徐々に増大し、噴泉が終ると減少する。このことは温度の時間変化と一致する。

2) 卓越周期から、間歇泉のサイクルをみると、常時は割合周期の長い微動(常時微動)が生じているが噴泉の段階に近づくと周期の短い波(脈搏的の微動)がまじつてきて、噴泉と共に周期の短い波が卓越する。このことから、噴泉の段階で観測された連続した短周期の微動は脈搏的の微動の連続であろうと考えられる。

3) 吹口からの距離が遠くなるに従って卓越周期は大きくなる。

4) 観測された衝撃型の波と脈搏的の微動は速度、減衰曲線及び particle motion から判断すると、実体波的な波であり、常時微動の発生源は吹口下に於けるパルス状の外力であろうと推察される。

火山性微動の卓越周期は各火山によって異なっているが、下鶴<sup>7)</sup>は各火山の熔岩の  $\text{SiO}_2$  含有率、又は温度というような量を機械的な量に置き変えて微動との関連を調べている。即ち各火山の熔岩の  $\text{SiO}_2$  含有率と微動の周期、或いは各火山の熔岩の温度と微動の周期との関係を見、やや大ざっぱながら  $\text{SiO}_2$  含有率が多くなると微動の周期は小さくなり、或いは熔岩の温度が低いと微動の周期は小さくなることを示している。つまり、このことは、一般に  $\text{SiO}_2$  の含有率が少ない basic な熔岩は温度が高いことを考えるのと同じことである。そして、一般

7) 下鶴大輔：火山性脈動について。火山, 5 (1961), 154~162.

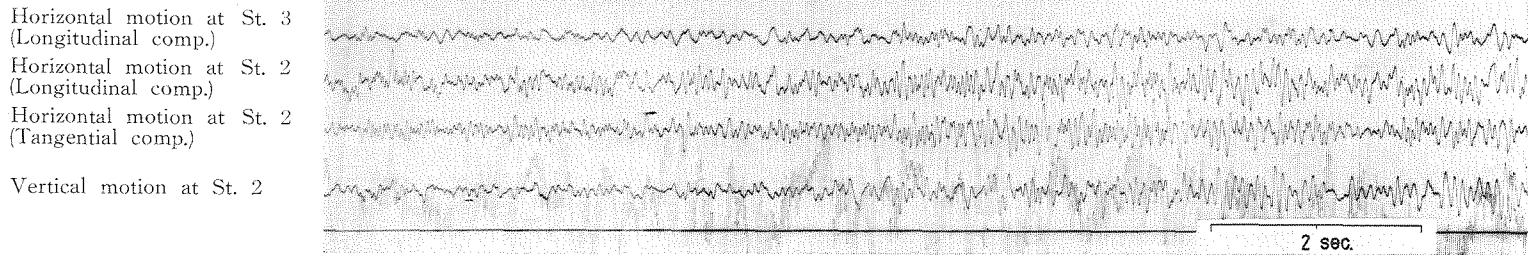
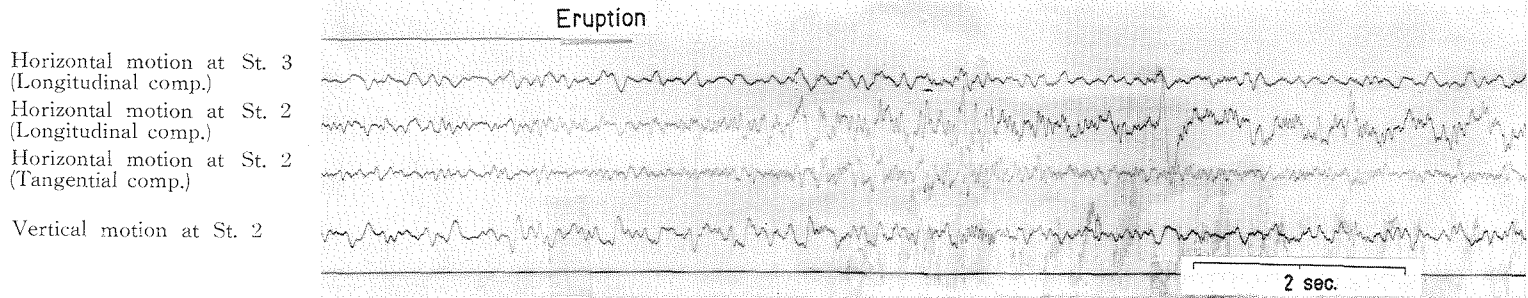


写真 3. 噴泉時の記録      Photo. 3. Records when the geyser was erupting.

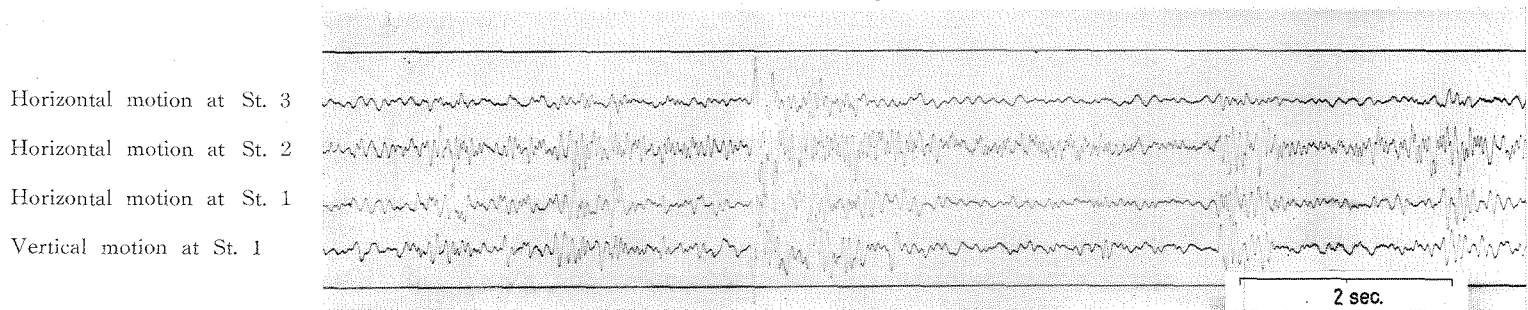


写真 4. 噴泉後 90 sec. 頃の記録      Photo. 4. Record after the geyser erupted.

に粘性係数は温度と共に指数的に減少することを考え合わせて粘性係数が高くなると微動の周期は小さくなることを示した。彼はまた一方、微動の発生源として、粘性の大きい熔岩の column を仮定し、粘性係数、温度、ヤング率、縦波の速度を求め、これから column の縦固有振動周期は粘性係数が高くなると小さく、温度が低くなると小さくなるということを計算し、観測事実とよく対応していることを示した。つまり、火山性微動の発生機構を説明するものとして、山体を構成している層の特性或いはその発生源ともなるべきものの物性を考えているのである。

しかし、今回の観測結果を考えると、火山性微動の発生機構を考えるには、その微動の波の性質を見きわめるために発生源での活動そのものへ近づくべきであると思われる。そして、下鶴の説も勿論考えられるが、熔岩の物性の他に発生源そのものの活動の仕方にも、微動発生の機構を説明する要因があるように思われる。

終りに、御指導を賜った松沢教授、種々の御助言を頂いた横山助教授に厚くお礼を申し上げますと共に、振動台使用の際に御援助頂いた田助教授に深く感謝致します。

## 7. Tremors at the Onikôbe Geyser

(with special relation to volcanic tremor)

By Mitsuo NOGOSHI and Yoshinobu MOTOYA

(Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University)

In this report a geyser is considered as a model of volcanoes, and the tremors observed at the Onikôbe geyser, are discussed with special relation to the volcanic tremors. The observation was carried out by means of pick-ups of moving coil type connected to an electromagnetic oscillograph through amplifiers. The results of the observation are as follows :

- 1) The amplitude of tremors increases with approach to the water eruption of the geyser.
- 2) When the geyser is calm, the tremors of rather long periods ("microtremors") predominate. On approach of the water eruption, the pulsative tremors of shorter periods ("pulsative tremors") begin to appear and then wholly predominate during the eruption. The above is the cyclic change of tremors due to the geyser.
- 3) According to the increase of distance from the geyser, the tremors of longer periods are observed.
- 4) Judging from their apparent velocities, attenuation and orbits of particle motions, the shock-type waves and the pulsative tremors may be classified mainly to body wave. And it may be supposed that origin of these tremors is due to pulsative forces beneath the vent of the geyser.

In explanation of mechanism of volcanic tremors, a hypothesis saying that they are

generated by the free longitudinal vibration of the viscous lava column, has been proposed. The writers, however, think that volcanic tremors may possibly be caused by some kinds of agitating force beneath volcanoes.