

## 19. 富士火山の地震活動

東京大学地震研究所 { 宮 崎 務  
行 田 紀 也  
神奈川県温泉地学研究所 平 賀 士 郎

(昭和56年4月30日受理)

### 1. はじめに

1965年、富士火山本体内部およびその周辺地域に発生する地震について、とくに、将来の噴火活動との関連性を考慮にいたった観測が、噴火予知特定研究班(1967)によって実施された。この調査は、富士火山の活動を地震学的手法を用いて解明し、噴火予知の可能性を吟味することを目的とする試みとしては、いわば嚆矢というべきものであった。5大学6研究班より成る組織的な観測によって、静穏な状態にあるとみられる富士火山本体内部にも、僅かではあるが地震活動が認められた。

しかしながら、噴火活動の予期される火山としては、その全体的な地震活動レベルは極めて低い状態にあることも明らかにされた。

我々は、1965年の調査結果を参考とし、さらに噴火予知のための基礎的資料の充実をはかることを目的として、1969年、1970年、1972年に富士火山およびその周辺において臨時観測を実施し、同火山の地震活動度を調査した。1969年、同火山北西山麓本栖湖附近における観測に際しては、富士火山本体下部に震源を有する地震(気象庁マグニチュード、 $M_{JMA}=3.7$ )が発生した。この地震については、高倍率多点観測網によって前震および余震を観測し震源域の推定等の解析を行なった。後述するが、富士火山本体下部の地震活動度から判断すると、そのような規模の地震が発生することは珍らしく、偶然の機会に恵まれたといえる。

1979年、第2回目の富士火山集中総合観測が実施された(4大学6研究班より構成、調査結果は解析中)。この観測に我々も参加し、現在の富士火山の地震活動度を知ることができた。その結果よりみると富士火山本体内部の地震活動レベルは依然として低く、同火山山体内に発生する地震について十分な情報を得ることは、なかなか困難であることを再認識させられた。このような活動状態が継続するとすれば、我々が1969年以降に実施した臨時観測の結果を、同火山静穏期の状態としてとりまとめておくことは、基礎的資料充実の意味で有意義と考えられる。

この報告は、我々が実施した臨時観測の結果を主体とするものであるが、他機関の資料も参考として、富士火山本体内部の地震活動について述べる。

## 2. 臨時観測の目的と方法

富士火山は標高 3776 m, 日本の最高峰であり, その基部の直径約 50 km, 周囲 150 km, 山体表面積が 900 km<sup>2</sup> におよぶ巨大な山体を有している. また, 過去の噴火活動記録によると, 800年 (延暦19年), 864年 (貞観6年), 1707年 (宝永4年) のいわゆる3大噴火と呼ばれる活動は, 山頂, 北西山腹, 南東山腹と, それぞれ活動中心を異にしている. したがって, 富士山全体にわたって, 微小地震の領域までを含む地震観測を実施するには, 多数の地震計を山体上, 広範囲に設置する必要がある. そのようなことは事実上不可能であるので, 我々の観測は観測域を限定して実施した. 1969年, 1970年, 1972年における臨時観測は次のような地域と目的で行なったものである.

i. 1969年の観測: 864年に噴火し多量の溶岩 (青木原溶岩) を噴出した富士山北西部の長尾山を含む地域一帯の地震活動度調査

ii. 1970年の観測: 富士山北西部においてやや長期間にわたる観測, および1707年に活動した宝永火口の火山性地震活動度調査

iii. 1972年の観測: 富士山東部より北東部にかけての地震活動度調査

Fig. 1 には富士山に対するそれぞれの観測点配置を示してある. 同図中の C 観測網は神奈川県温泉研究所 (現在, 神奈川県温泉地学研究所) の箱根火山地震観測網である.

Fig. 2 にはそれぞれの観測網における地震計換振器の配置, および観測基地の位置を示してある. Fig. 2 では箱根火山地震観測網配置図を省略してある.

観測に用いる地震計は, 同特性, 同感度のものを使用することが比較の意味で望まし

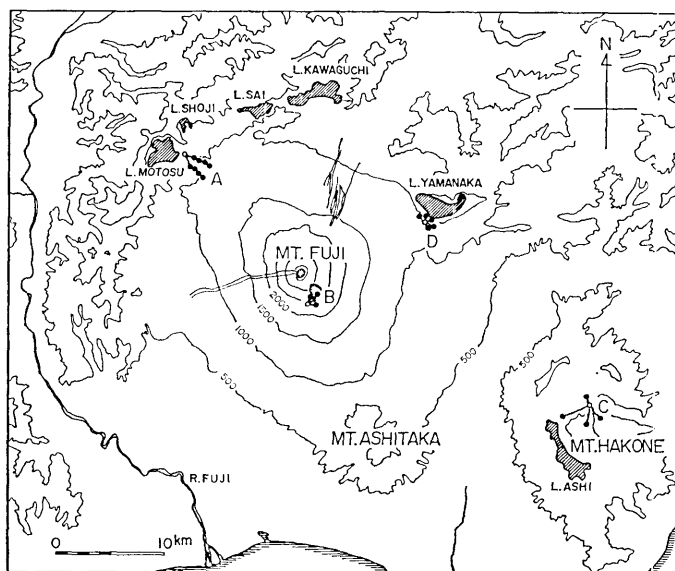


Fig. 1. The locality of the seismometers and the recorder stations on and around Mt. Fuji.

A: Motosu (1969, 1970)

B: Hoei-crater (1970)

C: Hakone (1969, 1970)

D: Yamanaka-ko (1972)

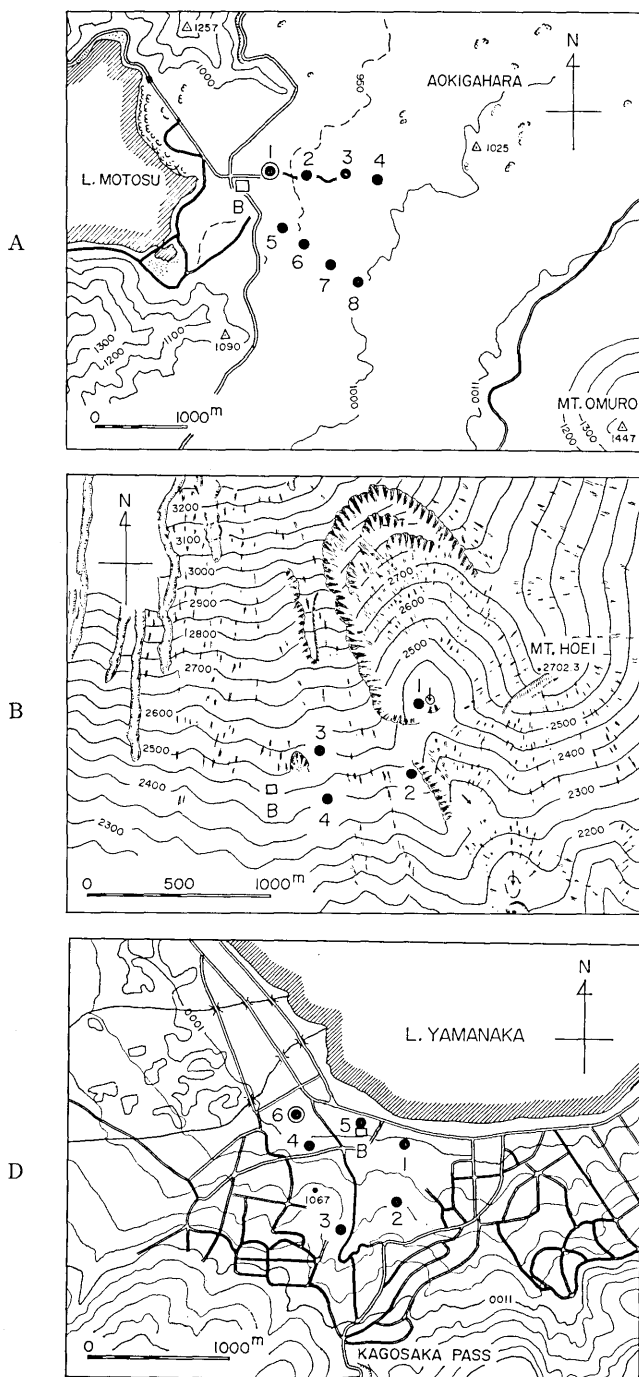


Fig. 2. Location of the seismometers at the temporal seismometrical stations.  
 A: Motosu      B: Hoei-crater      D: Yamanaka-ko  
 Solid circle: Position of the transducers for high magnification seismometers.  
 Double circle: Position of the transducers for monitoring seismometers.  
 Rectangle: Recorder station.

Table 1. List of the seismic stations, and specifications of the seismometers.

Seismic Stn.	Period of Obs.	Transducer	Recorder	Magnification	Remarks
MOTOSU	Aug. 27~Sept. 23 1969	V 1 Hz 1 H 1 Hz 1	Smoked Paper (Drum Recording)	20,000 (at 2 Hz) Displacement	Monitoring Seismometer
	Sept. 18~22 1969	V 3 Hz 8	Data Recorder 2 (Sony PFM-15) 4ch Ink Writer 2	50,000~300,000 (at 5 Hz) Displacement	
HAKONE	Sept. 18~21 1969	V 1 Hz 3	Data Recorder 1 (Sony FMA-23, MA-33) 4ch Ink Writer 1	50,000~100,000 (at 2 Hz) Displacement	Hot Spring Research Institute Kanagawa Pref.
MOTOSU	June 10~Oct. 10 1970	V 1 Hz 1 H 1 Hz 1	Smoked Paper (Drum Recording)	5,000~10,000 (at 2 Hz) Displacement	Monitoring Seismometer
HOEI-ZAN (1707 Crater)	Sept. 8~9 1970	V 3 Hz 4	Data Recorder 1 (Sony PFM-15) 4ch Ink Writer 1	50,000~100,000 (at 5 Hz) Displacement	Power: Portable A. C. Generator
YAMANAKA-KO	March 4~21 1972	V 1 Hz 1 H 1 Hz 2	Smoked Paper (Drum Recording)	2,000~5,000 (at 2 Hz) Displacement	Monitoring Seismometer
	March 9~18 1972	V 3 Hz 5	12ch Oscillograph (Optical Recording)	20,000~100,000 (at 5 Hz) Displacement	

い。しかし、観測地点の状況等の諸制約によりその条件を満たすことができなかった。Table 1 には、各観測点における観測期間、使用地震計仕様等を表示した。観測の方式はいずれの観測網も有線搬送集中記録方式である。

### 3. 臨時観測の結果

#### 3-1. 1969年の観測

##### i) 連続観測（モニター）の結果

富士山北西部本栖湖附近に設置した連続観測用地震計{換振器設置点： $\lambda: 138^{\circ}36'26''E$ ,  $\phi: 35^{\circ}27'36''N$ ,  $H: 933$  m, 観測基地：本栖中学校（山梨県西八代郡上九一色村本栖）}によって、1969年8月27日より同年9月23日に至る期間に、400個以上の地震が観測された。日別の頻度を Fig. 3 に示す。この期間には、8月31日より9月上旬にかけて長野県西部の上高地附近に群発した地震群、および9月9日に発生した岐阜県中部地震 ( $M_{JMA}=6.6$ ) とその余震など他地域における活発な地震活動が観測されている。Fig. 3 に明らかなように S-P 時間 5 sec. 以内の地震発生数が9月20日に急増している。これは、同日の18時15分頃、富士山本体下部に震源 ( $\lambda: 138^{\circ}42' \pm 1'E$ ,  $\phi: 35^{\circ}18' \pm 1'N$ ,  $h: 10$  km,  $M_{JMA}=3.7$ , 気象庁資料) を有する地震が発生しその地震に伴った前・余震が観測されたことによる。この前、主、余震のモニター地震計記録を Fig. 4 に示す。

観測期間中に記録した地震のうち、S-P 時間が 20 sec. 以下のものについて頻度分布を求め Fig. 5 に示す。同図に明らかなように、A (S-P 2~3 sec.), B (S-P 5 sec. 前後), C (S-P 14~15 sec.), および D (S-P 17 sec. 前後) の4グループが認められる。それぞれのグループの震源域は、A が富士山本体下部か極めて近傍、B が富士山より北東方山梨県東部地域を主とするもの、C は長野県上高地附近の群発地震、D は岐阜県中部地震の余震に相当する。

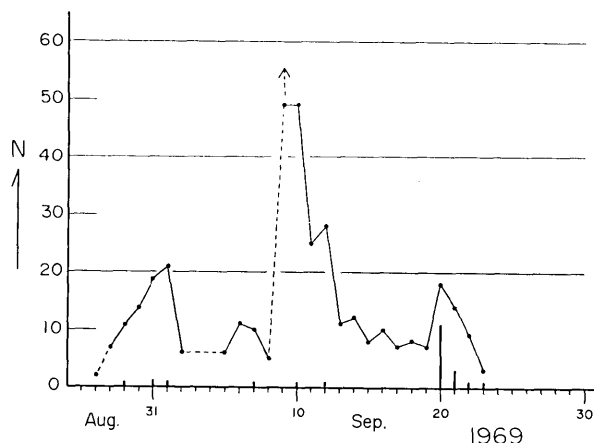


Fig. 3. Daily number of earthquakes recorded by the monitoring seismometer at the Motosu temporal station in the period between Aug. 27, and Sept. 23, 1969.

Solid column: Number of earthquakes with S-P times of less than 5.0 seconds.

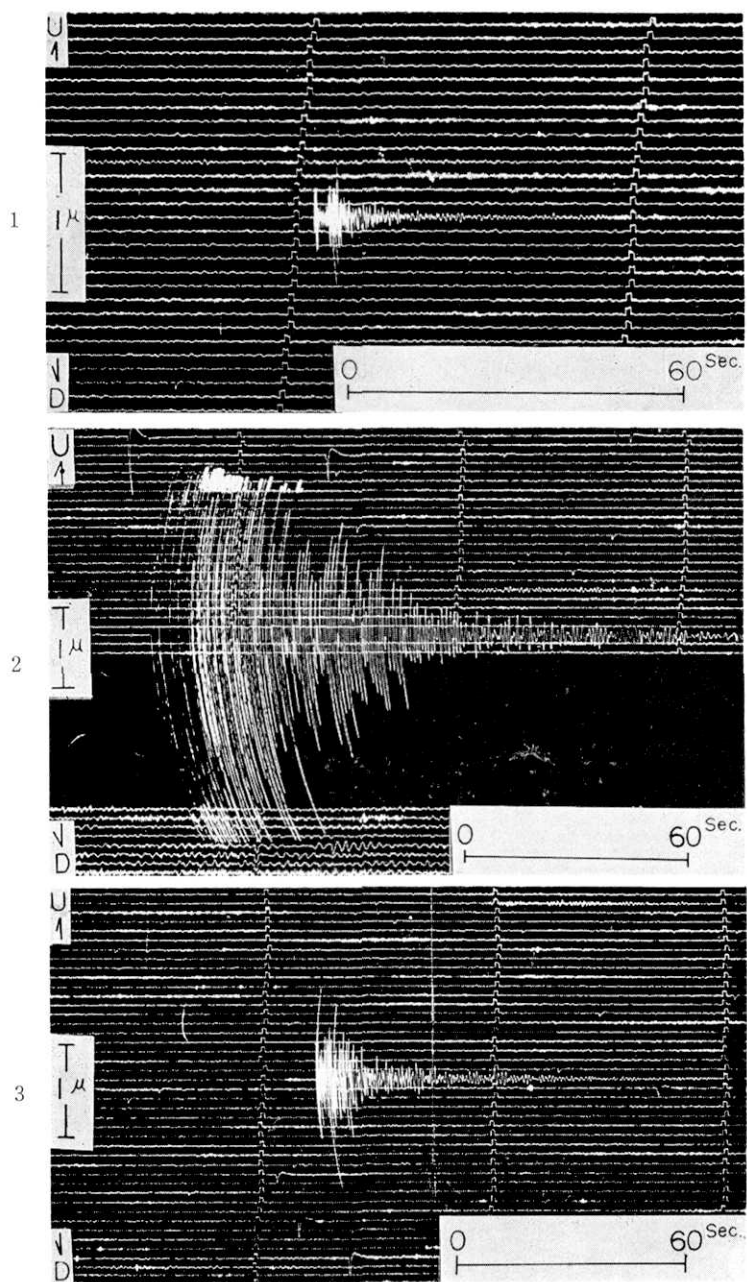


Fig. 4. The seismograms of monitoring seismometer of the earthquakes which occurred inside of Mt. Fuji volcano.

1: The seismogram of the foreshock at 04<sup>h</sup>58<sup>m</sup> on Sept. 20, 1969.

2: The seismogram of the mainshock ( $M_{JMA}=3.7$ ) at 18<sup>h</sup>15<sup>m</sup> on Sept. 20, 1969.

3: The seismogram of the aftershock at 22<sup>h</sup>20<sup>m</sup> on Sept. 20, 1969.

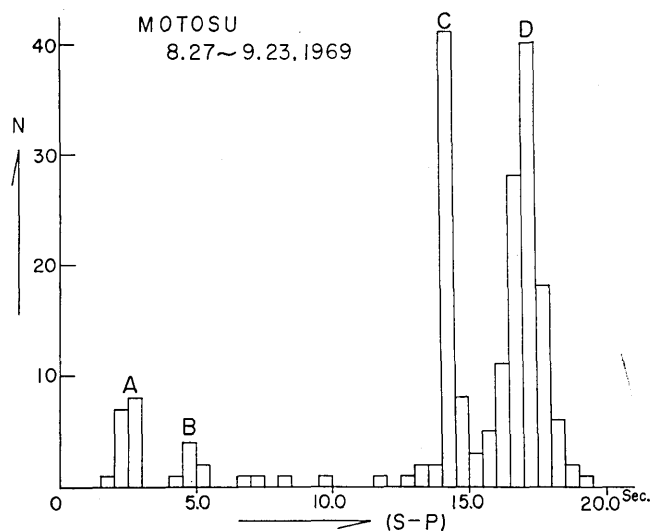


Fig. 5. Frequency distribution of S-P times of the earthquakes observed by the monitoring seismometer at the Motosu temporal station in the period between Aug. 27, and Sept. 23, 1969. A: Group of earthquakes below Mt. Fuji. B: Group of earthquakes occurring mostly in the eastern part of Yamanashi Prefecture. C: Group of earthquake swarms near Kamikochi, western part of Nagano Prefecture. D: Group of aftershocks of the earthquakes ( $M_{JMA}=6.6$ ) which occurred in the central part of Gifu Prefecture.

Aのグループは9月20日に発生した地震に関係するものであって、その他に本栖観測点近傍に発生したとみられる地震は認められなかった。

## ii) 多点高倍率観測の結果

Fig. 2 に示した換振器の配置のうち、観測点 1, 3, 5, 7 および 2, 4, 6, 8 を組合わせ、それぞれ 4 チャンネルのデータレコーダに記録させた (観測基地: 本栖中学校)。箱根山においては常設観測点である神山, 二ノ平, 温泉荘の 3 個所に換振器を設置し、下湯の観測所 (現在は大湧谷に移転) においてデータレコーダに記録させた。観測期間は 9 月 18 日夜より同 22 日朝に至る 5 日間であったが、本栖においては夕刻より早朝にかけて可能な限り長時間の観測につとめた。

箱根山においては観測所の制約もあって、夕刻より午前 0 時までの観測を行なった。9 月 20 日の早朝、本栖において観測中の 2 台のデータレコーダのうち 1 台が故障し 8 成分観測は不可能となった。同日の 18 時 15 分頃に富士山本体下部の地震が発生した。

本栖においては有感 (気象庁震度階で震度 II) であった。直ちに正常なデータレコーダによって観測を開始し余震を記録した。

観測した余震の再生記録例を Fig. 6 に示す。

9 月 18 日より 9 月 22 日までに、本栖の高倍率多点観測によって記録した地震の総数は 45 個 (合計観測時間 36 時間 12 分)、そのうち S-P 時間が 5 sec. 以下の地震は 19 個であった。19 個の地震のうち明瞭に P 波初動が認められる 17 個について、その到来方向、見掛け

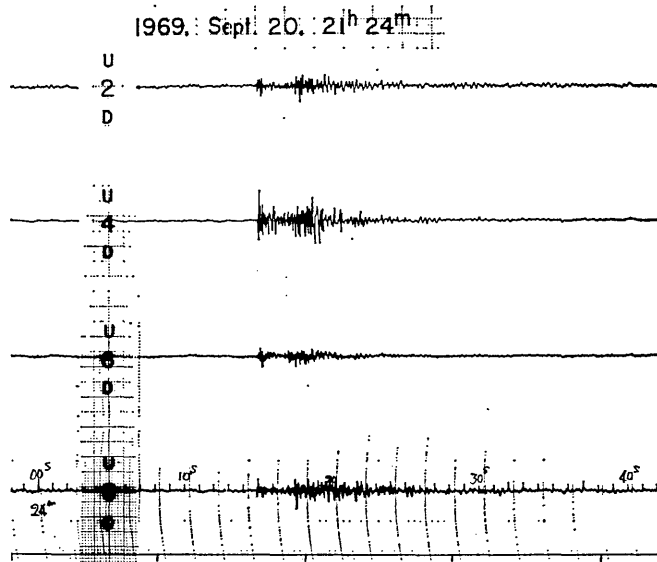


Fig. 6. Seismogram of the earthquake which occurred inside Mt. Fuji, observed by the high magnification seismometers at the Motosu temporal station at 21<sup>h</sup>24<sup>m</sup> on Sept. 20, 1969.

速度を求めた。箱根山における観測では、全体で10個を越える地震が観測されたが、グラウンドノイズレベルが高いためにP波初動識別が困難なものが多かった。そのため解析を行なっても不自然な値が得られるので使用を断念した。

本栖において観測された17個の地震について、平面波法（例えば、宮村他, 1962, 安芸他 1963）によりその震源を推定した。震源の推定にあたっては、本栖観測点周辺の地震波速度構造を次の様に仮定した。同地域西方から北方一帯にかけて分布する第三紀層、御坂層が、本栖附近においては、TSUYA (1938, 1968) の分類による本栖溶岩流および青木原溶岩流の下部に水平層として存在するとする。同層を覆っている富士火山噴出物の層厚は、本栖湖の湖深 125 m（湖面の標高約 900 m）を考慮して、本栖観測点附近では 200 m とした。次にそれぞれの層の地震波速度であるが、服部 (1962) によれば、富士山の火山岩および御坂層の P 波速度は、それぞれ平均で 2.4 km/sec., 4.4 km/sec. 程度である。また志村 (1960) によって、本栖より南方富士山西麓地域における地震探査による結果も得られているが、その結果は上記服部の結果より低目に求められている。本栖における地震観測網によって観測された地震の見掛け速度の最低値は 4.8 km/sec. であった。そこで、上部2層の P 波速度としては、服部による 2.4 km/sec., 4.4 km/sec. を採用した。4.4 km/sec. 層の下限については周辺地域の資料（例えば HOTTA *et al.* 1964）を検討したが、下限の深さおよびその下部の速度値については、かなり任意性に富むおそれがある。したがって、震源推定に用いた速度構造は2層によるものとした。

本栖の観測網は S45°E の方向に対して、3°程度の上り勾配の傾斜面上にある。そのため地震波の到来方向、および見掛け速度の補正を丸山 (1965) の方法によって行なった。

本栖において観測された17個の地震について求めた到来方向、見掛け速度および S-P



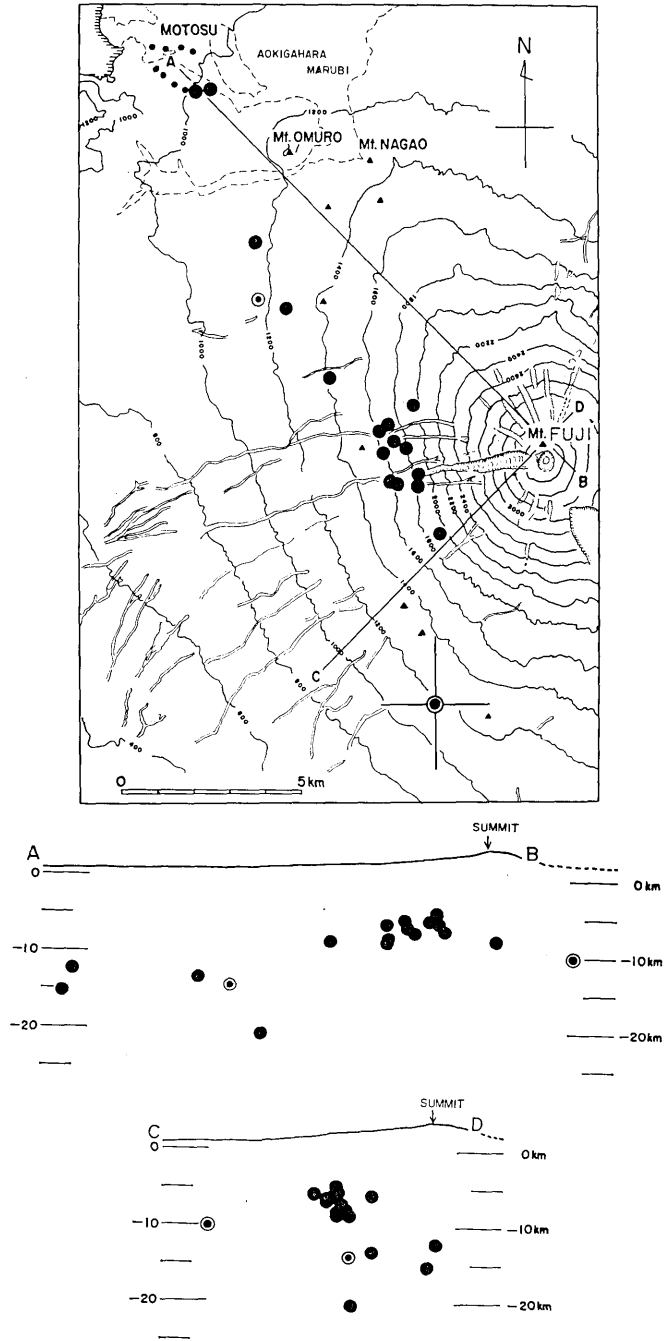


Fig. 7. Epicentral and vertical distribution of the earthquakes in the Mt. Fuji Volcano, during the period between 20 and 22, Sept. 1969. Large double circle with error bar: Hypocentral position of the mainshock determined by the JMA. The event ( $M_{JMA}=3.7$ ) occurred at 18<sup>h</sup>15<sup>m</sup> on Sept. 20, 1969. Small double circle: Hypocentral position of the foreshock determined by the seismometrical array at Motosu. The shock occurred at 04<sup>h</sup>58<sup>m</sup> on Sept. 20, 1969. Solid circle: Hypocentral position of the aftershocks determined by the seismometrical array at Motosu.

Table 2. List of the data obtained by the seismometrical array at the Motosu temporal station. The data are used for the determination of the hypocentral position of earthquakes that occur inside Mt. Fuji.

No.	1969				$\phi$	$V$	$S-P$	$\theta$	$Z$	$R$
	$M$	$D$	$h$	$m$	Azim.	App. Vel.		Inc. Ang.	Depth	H. Dist.
1	9	20	04	58	198°50'	11.7 Km/sec.	2.8 sec.	67°50'	14.1 Km	6.1 Km
2	"	"	18	32	210 00	5.3	3.0	33 50	8.8	14.4
3	"	"	"	40	208 00	5.0	2.45	28 20	5.8	12.5
4	"	"	"	"	211 00	5.0	2.5	28 20	6.0	12.8
5	"	"	19	58	210 30	5.0	2.3	28 20	5.4	11.7
6	"	"	20	54	205 00	14.1	3.9	71 50	20.6	7.1
7	"	"	21	24	211 30	5.6	2.45	38 10	7.9	11.2
8	"	"	"	31	208 30	5.2	2.4	32 10	6.5	11.8
9	"	"	22	04	210 30	5.1	2.6	30 20	6.7	13.0
10	"	"	"	20	241 00	61.0	2.3	85 50	12.4	1.0
11	"	21	01	28	208 30	4.8	2.4	23 30	4.6	12.7
12	"	"	02	00	209 30	5.7	2.5	39 30	8.3	11.2
13	"	"	02	11	215 30	5.2	2.25	32 10	6.1	11.1
14	"	"	03	44	211 30	5.3	2.5	33 50	7.2	12.0
15	"	"	19	41	206 30	6.3	2.3	45 50	8.6	9.3
16	"	22	02	43	221 40	105.0	2.8	87 40	15.2	0.7
17	"	"	05	23	204 30	13.0	2.6	70 20	13.3	5.1

$\phi$ : Measured from  $N$  counter-clockwise.

時間, また,  $V_p/V_s=1.73$  として求めた震源の深さ, 水平距離 (いずれも観測網の中心を原点とする) を Table 2 に示してある. Fig. 7 には17個の地震の震源位置を示してある.

同図には気象庁資料による9月20日18時15分頃の地震 ( $M_{JMA}=3.7$ ) の震源位置 (大, 中実2重丸) もプロットしてある. 同日の04時58分頃に発生した地震は, 富士山本体下部における地震活動の時間, 空間関係より考えて, 明らかに前震とみられる (Fig. 7 中の小, 中実2重丸). Fig. 7 に明らかなように, この一群の地震活動についてみる限り, 本震の発生位置に対して, 前, 余震は北より北々西方向にかけて線状に分布している. この線状分布の方向は Fig. 17 (後出) に示した本震の初動分布より得られた節線の方と良く調和している. また, 震源の深さ分布よりみると, 山頂方向に近づくにつれて震源が浅くなる傾向がうかがえるが, この点については震源の決定精度より考えて強調は出来ない. これらについては, 4章に詳しく述べる.

### 3-2. 1970年の観測

#### i) 本栖湖附近における連続観測

1969年の観測と同一地点にモニター地震計換振器 (上下, 水平各1成分) を設置して連続観測を行なった. 観測期間は6月10日より10月11日に至る4ヶ月間である. 6月10日の

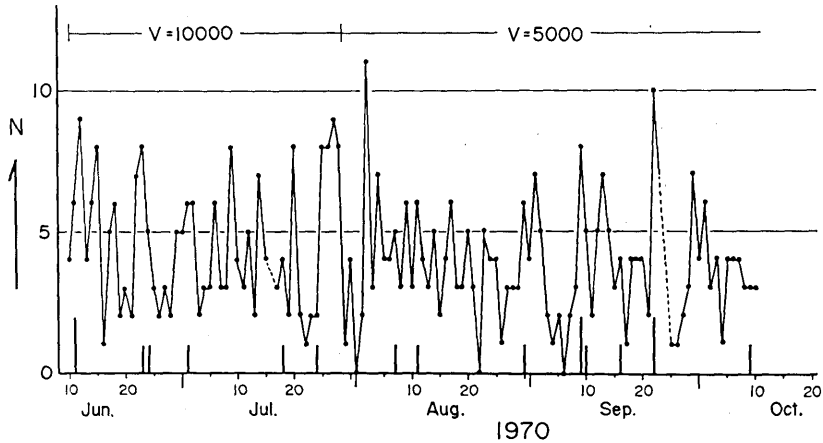


Fig. 8. Daily number of earthquakes observed by the monitoring seismometer at the Motosu temporal station in the period between June 10 and Oct. 11, 1970. Solid column: Number of earthquakes with S-P times of less than 5.0 seconds.

観測開始より7月29日までは、地震計の観測倍率（変位）を2 Hzにおいて10,000倍、それ以降は5,000倍に設定した。倍率変更の理由は季節的要因による人為的ノイズの増大である。

観測期間中に記録した地震の日別頻度を、Fig. 8に示す。1969年の観測による日別頻度数（Fig. 3）に比較すると、平均の地震記録数が半減している。この原因は地震計観測倍率の低下によるものではなく、富士山以外の地域の地震活動が不活発であったとみるのが妥当である。Fig. 9にはS-P時間が20 sec.以下の地震の頻度分布を示してある。

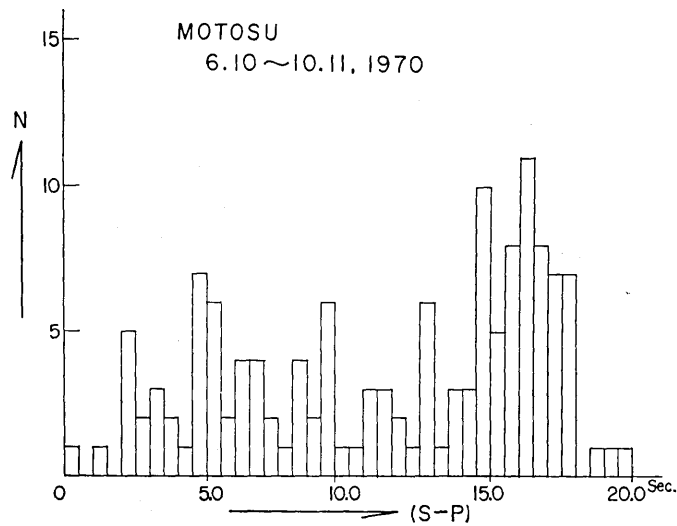


Fig. 9. Frequency distribution of S-P times of the earthquakes observed by the monitoring seismometer at the Motosu temporal station in the period between June 10 and Oct. 11, 1970. (S-P less than 20 sec.)

4 個月にわたる観測で S-P 時間が 5 sec. 以下の地震は 22 個記録された。それらの地震の発生時間間隔は Fig. 8 に示されているようにバラついていて、とくに集中して発生したことはなかった。

本栖における一点観測では震源の推定は不可能である。そこで、周辺地域の観測資料と対応させて震源の推定を試みた。使用させていただいた情報は、神奈川県温泉研究所箱根火山観測所二ノ平観測点 ( $\lambda: 139^{\circ}02.4'E$ ,  $\varphi: 35^{\circ}14.3'N$ ,  $H: 830$  m, 換振器周期, 1 sec., 水平動変位倍率 4,000 倍) の観測資料, および 東京大学地震研究所山北臨時観測点

Table 3. List of the earthquakes whose S-P times of less the 5 seconds observed by the seismometers at Motosu, Hakone and Yamakita.

Eq. No.	1970				MOTOSU				HAKONE	YAMAKITA	Remarks
	<i>M</i>	<i>D</i>	<i>h</i>	<i>m</i>	I.M.	S-P sec.	Tr. $A_{max}$ , mm		S-P sec.	S-P sec.	
							<i>V</i>	<i>H</i>			
1	6	11	03	04	D	4.3	37.0	Sat.			
2	"	"	06	04	U	5.0	11.0	28.0	4.2		
3	"	13	22	28	D	5.5	6.1	12.3	4.6	1.8	
4	"	23	02	41	D	2.3	5.8	2.4		3.7	
5	"	24	16	41	U	1.2	2.0	2.8			
6	"	27	19	14		ca.0.2	1.2	3.0			
7	7	1	22	25	U	2.4	1.5	7.5			
8	"	10	15	05		4.9	5.8	—			
9	"	12	18	32	U	3.9	2.3	6.4			
10	"	18	02	26		5.9	1.8	2.6		5.8	
11	"	"	20	47	U	2.7	2.3	4.8			
12	"	24	07	20		ca.3.8	—	4.8		2.5	
13	"	29	16	58	D	4.7	10.8	12.8	3.9		
14	8	7	14	42		ca.2.7	0.8	1.6			
15	"	11	06	25	D	3.3	7.4	12.6	2.7	2.8	
16	"	"	21	35	D	6.4	15.6	23.2	2.8	2.3	
17	"	18	00	15		ca.5.3	—	5.4	2.5	4.1	
18	"	"	09	11		ca.6.2	—	7.0	4.0	3.0	
19	"	30	08	43		ca.5.0	—	13.0			
20	9	9	07	31		4.8	0.8	1.4			
21	"	"	08	25	D	3.2	2.0	3.0			
22	"	10	22	35		ca.4.8	—	13.6			
23	"	16	19	52	D	2.5	2.6	1.8			
24	"	22	14	34	D	3.2	1.4	2.0			
25	"	"	23	40	D	5.0	6.6	18.4			
26	10	5	17	56		ca.2.3	—	Sat.			S. of the Yamanashi Pref.
27	"	9	21	38		ca.0.2	—	2.2			

( $\lambda$ :  $139^{\circ}00'52''E$ ,  $\varphi$ :  $35^{\circ}26'53''N$ ,  $H$ : 590 m, 換振器周期, 1 sec., 上下動変位換算倍率50,000倍)の資料である. 本栖における S-P 時間 5 sec. 以内の地震を主とし, 箱根, 山北両観測点の資料との対応を行なった結果を, Table 3 に表示する. 本栖において S-P 時間が 5 sec. 以内の地震で他の 2 観測点にも記録され, その S-P 時間の読み取れた地震は, 8月11日06時25分の1個 (Table 3 中の地震番号 15) だけであった. そのほかにも 6 個の地震が対応し得たが, いずれも本栖における S-P 時間が 5 sec. を越えている. 3 個所の観測点で S-P 時間の得られた地震 5 個について, 大森係数  $K$  を仮定 ( $K=8.0$ , それより小さな値では震源を求め得ない) し図式で震源を求めた. その結果によると, 8月11日06時25分の地震が富士山にもっとも近く, 御殿場付近で約 10 km の深さに発生したものと推定された. Fig. 10 に本栖におけるその地震記録を示してある. この地震以外は, 富士山を外れた地域に発生した地震であった. そのほかの地震で, 1969年の観測結果の類推より, 富士山本体内に発生したと推定される地震は, Table 3 中の地震番号 4, 5, 6, 7, 23および27の6個であって, いずれも微小な地震である. それらの地震のうち, 9月16日19時52分の地震記録を Fig. 11 に示す.

以上のように4ヶ月にわたる観測結果よりみると, 1969年に比較して, 1970年には富士山山体内の地震活動も低いレベルにあったといえよう.

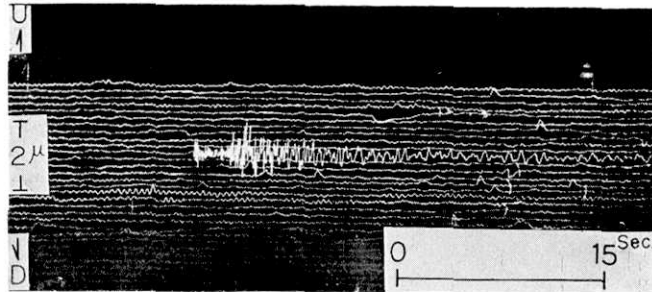


Fig. 10. Seismogram of the earthquake which occurred at the eastern foot of Mt. Fuji at  $06^h25^m$  on Aug. 11, 1970 observed by the monitoring seismometer at the Motosu temporal station.

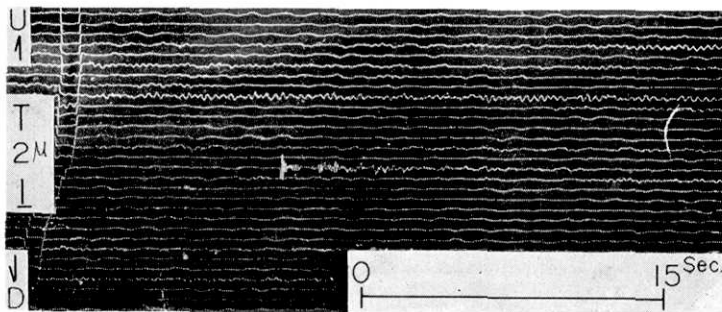


Fig. 11. Seismogram of the earthquake which occurred inside Mt. Fuji at  $19^h52^m$  on Sept. 16, 1970 observed by the monitoring seismometer at the Motosu temporal station.

## ii) 宝永火口 (1707年活動火口) における地震観測

1970年9月8日より9日にかけて、宝永火口およびその周辺に地震計を設置し観測を行なった。地震計換振器の配置は Fig. 2 に示してある。宝永火口は TSUYA (1955) によれば、第1より第3の3つの火口に分類されている。我々は第1火口(最上部)を重点として調査した。観測基地は表富士有料登山道路(1969年7月1日開通)新五合目終点附近に天幕を張って設けた。観測に使用した地震計については Table 1 を参照されたい。9月8日10時頃より9月9日にかけて連続18時間の観測を行なった。その間に記録した地震は11個である。それらの地震の観測された時間、最大振幅(記録上)を、Table 4 に示してある。観測された11個の地震のうち7個の地震は、富士山とは関連のない地域の地震である。4個の地震(Table 4 中の地震番号 2, 3, 4, 7)は宝永火口上部火口壁の崩壊による落石が急斜面を転落することによって誘起された特異な振動である。その振動記録の一

Table 4. List of the events observed by the seismometrical array at the Hoeni-crater during the period between 8 and 10, Sept. 1970.

No.	1970				Stn. 1 $A_{max.}$	Stn. 2 $A_{max.}$	Stn. 3 $A_{max.}$	Stn. 4 $A_{max.}$	Remarks
	$M$	$D$	$h$	$m$					
1	9	8	13	33	6.1 mm	5.5 mm	6.1 mm	8.5 mm	
2	"	"	"	35	16.5	2.5	2.0	2.0	Tremor
3	"	"	14	18	35.0	8.0	9.0	6.5	Tremor
4	"	"	15	21	12.5	2.0	3.5	2.0	Tremor
5	"	"	16	19	5.5	6.4	10.3	11.0	
6	"	"	17	39	4.5	5.5	6.5	7.0	
7	"	"	"	59	Sat.	24.0	17.8	14.0	Tremor
8	"	"	18	25	5.0	6.0	6.0	7.5	
9	"	9	00	33	9.0	6.3	5.5	8.8	Middle of Iwate Pref.
10	"	"	01	51	14.0	13.0	8.6	16.0	S of Hokkaido
11	"	"	02	36	2.2	2.0	1.2	2.0	

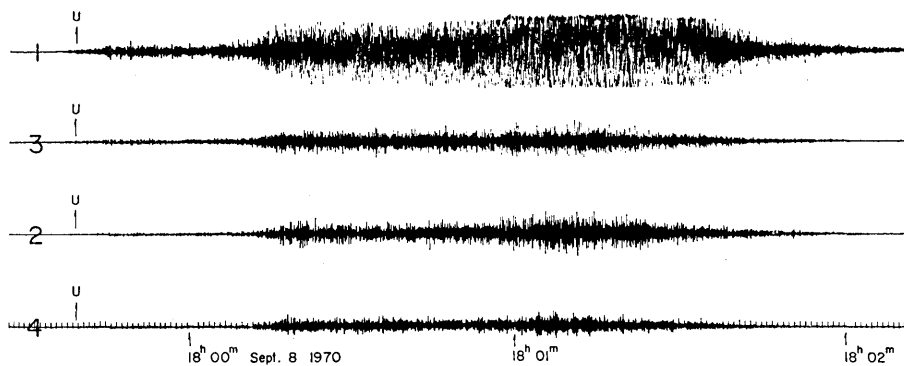


Fig. 12. The reproduced record of tremors caused by falling of rocks in the Hoeni-crater wall on Sept. 8, 1970. The tremors were recorded by high magnification seismometers with data recorders.

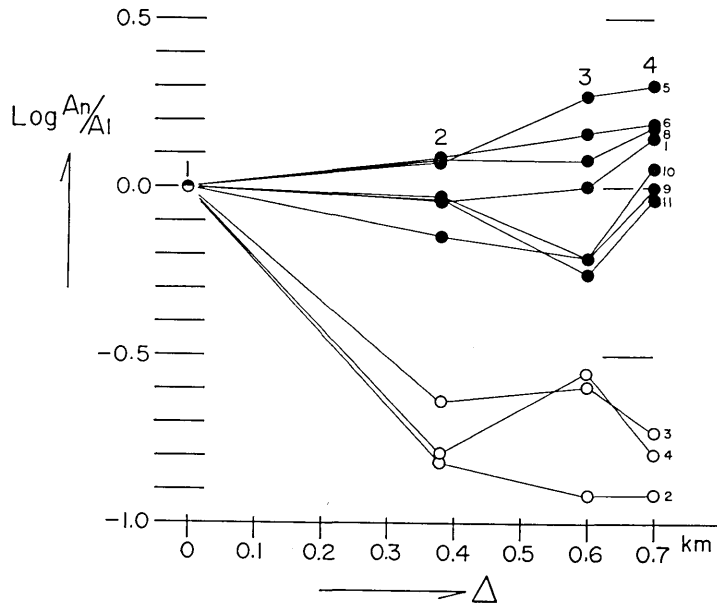


Fig. 13. Relation between the maximum amplitudes ( $A$ ) of tremors and the distance ( $d$ ) from the No. 1 seismometer to the other seismometers.  
 Open circle: Tremors caused by falling rocks at the Hoei-crater  
 Solid circle: Earthquakes occurring outside Mt. Fuji.

例を Fig. 12 に示してある。この振動発現が崩壊落石に伴うものであることは、現地における観察で確認した。Fig. 13 は、観測点 No. 1 (宝永第 1 火口底) 観測点より他観測点に対する距離と最大振幅の関係を示したものである。地震番号 2, 3, 4 の地震が落石崩壊によるものであって、他の地震と比較すると、距離によって振幅が急激に減衰することがわかる。これは極めて短周期の振動であることが原因であろう (Fig. 12 参照)。

宝永火口における火口壁崩壊は、既に、平林 (1898) によって報告されている現象である。富士山においては西側の“大沢崩れ”が有名で、調査もなされている (例えば岩塚他, 1962), 宝永火口における崩壊も大沢と同種の現象と考えられる。今回の観測において注目したいのは、Table 4 に明らかなように、火口壁崩壊の振動は日中のみ発生し、夜間には観測されていないことである。したがって、火口壁に対する日中の太陽照射による加熱が崩壊の誘因として関与していることが予想される。しかしながら、短時間の観測でもあり断定的なことはいえない。検証を必要とする興味深い現象と考える。

宝永火口における18時間にわたる観測では、活動的な火山火口附近に発生する“火山性 B 型地震” (水上, 1967) は全く検出できなかった。

### 3-3. 1972年の観測

富士山の東北東、山中湖附近において1972年3月4日より同月21日にかけて18日間の臨時観測を実施した。観測基地は東京大学山中寮 (山梨県南都留郡山中湖村平野) である。

この地域は富士山起源の降下火砕物に厚く覆われている (町田, 1964; MACHIDA, 1967).

したがって地盤の関係上グラウンドノイズが高く観測条件の悪さが予想された。また、人家、交通網も稠密であるので季節的にもっとも静穏と考えられる時期を選んだのであるが、やはりノイズレベルが高く観測倍率を上げることが困難であった。観測点位置、および使用地震計については Fig. 2, Table 1 にそれぞれ示してある。観測期間中に、モニター地震計 (換振器設置点,  $\lambda: 138^{\circ}51.7'E$ ,  $\varphi: 35^{\circ}24.3'N$ ,  $H=1000$  m) で 149 個の地震が記録された。それらの地震の日別記録頻度を Fig. 14 に示してある。1972年2月29日18時23分に発生した八丈島東方沖地震 ( $M_{JMA}=7.0$ ) の余震が多数観測された。観測さ

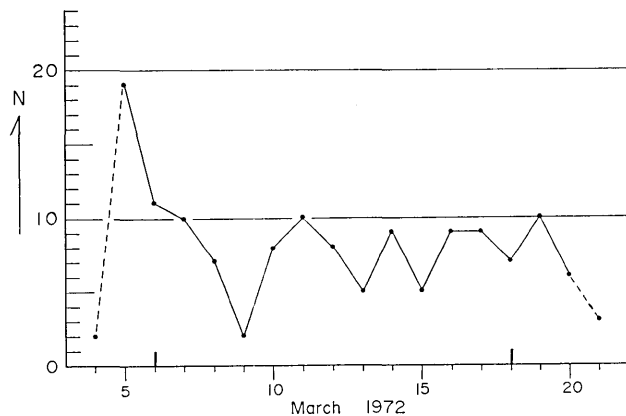


Fig. 14. Daily number of earthquakes observed by the monitoring seismometer at the Yamanaka-ko station in the period between March 4 and 21, 1972.

Solid column: Number of earthquakes with S-P times of less than 5.0 seconds.

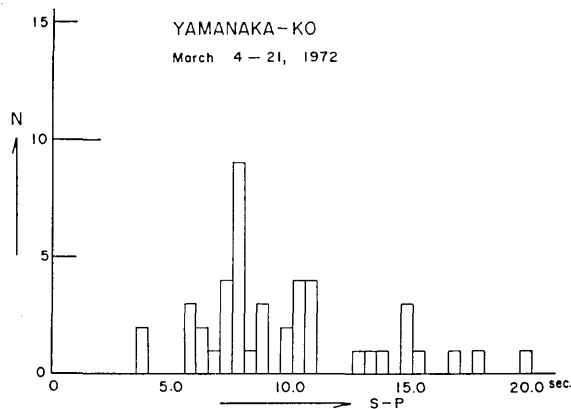


Fig. 15. Frequency distribution of S-P times of the earthquakes observed by the monitoring seismometer at the Yamanaka-ko station in the period between March 4 and 21, 1972. (S-P less than 20 sec.)



れた地震で S-P 時間が 20 sec. 以内のものについて 頻度分布を求め Fig. 15 に示してある。S-P 時間 5 sec. 以内の地震は 3 月 5 日, 3 月 18 日にそれぞれ 1 個, 計 2 個が観測されたにとどまった。

1965 年 9 月 18 日より 1966 年 3 月 31 日までの間, 今回の山中湖観測点の南方約 5 km の須走自衛隊富士学校構内において, 今回使用したモニター地震計と全く同様の地震計 (観測倍率 4,000 倍) による観測が行われている (噴火予知特定研究班 1968)。その観測結果によれば, S-P 時間 5 sec. 以下の地震が平均して 12 日に 1 個の割合で観測されている。須走, 山中湖両観測点間の距離は 5 km に過ぎない。したがって, 1972 年 3 月の山中湖附近における 18 日間の観測で, S-P 時間 5 sec. 以内の地震が 2 個観測されたことは, この地域における地震活動が 1965~66 年当時と比較して大きく変化していないことを示していると考えられよう。

次に多点高倍率観測であるが, 3 月 9 日より同 18 日にかけて, 夜間 22 時頃より翌日 02 時までの間, 静穏時を狙って延べ 20 時間の観測を実施した。その結果合計 10 個の地震を記録したが, すべて他地域に発生した地震であって, 富士山およびその周辺地域の地震は観測されなかった。

#### 4. 臨時観測の結果および他資料を含めてみた富士火山の地震活動

我々が富士火山において地震観測を行なった主目的の一つは, 富士火山山体内の地震活動の状態を調べ, 火山活動の可能性を探ることであった。1969, 1970, 1972 年に行なった臨時観測の結果よりは, 富士火山山体内において, 活動的な他火山にみられるような火山表面活動に直接関連すると考えられる特異な地震活動は認められなかった。現在, 富士火山は表面的には静穏な状態を保っている。したがって, 火山活動の徴候と思われるような地震活動が発現しなかったのは当然であるともいえる。1969 年 9 月に実施した観測に際して富士火山本体下部に地震が発生し, 不十分ではあるが解析を行うことができた。

これらの地震がどのような性質のものかを考えてみる。

1961 年 1 月より 1978 年 12 月までの 18 年間に富士火山周辺 ( $\lambda$ :  $138^{\circ}15' \sim 139^{\circ}15' E$ ,  $\varphi$ :  $35^{\circ}00' \sim 35^{\circ}40' N$  の範囲内) に発生した地震で, 気象庁によって震源の定められた地震の震央 (気象庁地震月報) を Fig. 16 に示してある。同図によって全体的な傾向をみると次のようなことがいえる。

i. 富士山の北東方に活発な地震発生域が存在する。この地域においては, 例えば 1931 年 6 月 11 日 ( $M_{JMA}=6.0$ ) と 9 月 16 日 ( $M_{JMA}=5.3$ ) の 2 回にわたって発生した道志川地震, また近年では, 1976 年 6 月 16 日に発生した山梨県東部地震 ( $M_{JMA}=5.5$ ) などの被害地震も発生している。この地震発生域は山中湖附近で一線を画し, 富士山本体下部にまで及んでいないことが, とくに注目される。

ii. 富士山北方より北西方に位置する御坂山地には, 浅発地震の発生がほとんど認められていない。

iii. 富士山西方より西南方および富士山, 愛鷹山の南方にかけて 散発的に震央が分布している。しかし, とくに集中して発生している地域は見当たらない。

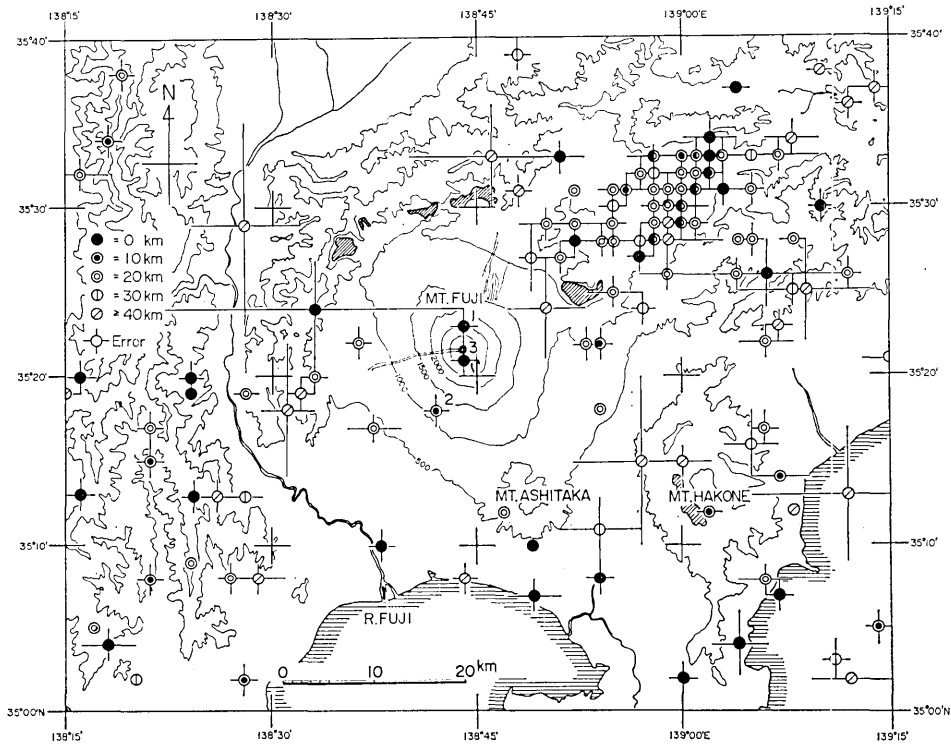


Fig. 16. Epicentral distribution of the earthquakes which occurred in and around Mt. Fuji in the period from 1961 to 1978.

Area:  $\lambda$ ,  $138^{\circ}15' \sim 139^{\circ}15' E$ ,  $\varphi$ ,  $35^{\circ}00' \sim 35^{\circ}40' N$ . (Data from the Seismological Bulletin of the JMA)

iv. 富士山本体下部には3個の地震が発生している (Fig. 16 中で 1, 2, 3 の番号を附したものが、その震源の深さは 10 km 以内であり、深い地震は発生していない。

1926年より1968年の間に日本およびその周辺に発生した地震の発震機構の解析 (ICHIKAWA 1971) によると、富士山北東方の浅発地震群については、その P 軸の方向は東西方向が卓越している。また、西、西南方の地震は南北方向の P 軸を持ったものが多くみられる。

富士山周辺において発震機構が異なる 2 群の地震がみられることは、この地域における複雑な起震応力の存在を示唆している。

1961年よりの18年間に富士山体下部に発生した3個の地震であるが、Fig. 16 中の No. 1, 2, 3 の地震の発生日時、規模は次のとおりである。

No. 1: 1962年 5月17日 23時36分,  $M_{JMA}=3.9$ ,  $h=0$  km

No. 2: 1969年 9月20日 18時15分,  $M_{JMA}=3.7$ ,  $h=10$  km

No. 3: 1973年 8月26日 20時57分,  $M_{JMA}=3.3$ ,  $h=0$  km

この3個の地震について気象庁、神奈川県温泉研究所、地震研究所関係観測所の資料によって初動分布を調べ Fig. 17 に示してある。

4象限型の発震機構と仮定し節線を引くと No. 2 および No. 3 の地震については Fig. 17 のような分布と考えられる。No. 1 の地震については資料の不足もあり、確定できない。No. 2 の地震に関しては、3章に述べたように臨時観測によって前、余震の震源が求められている (Fig. 7)。この震源位置には、震源決定の際の仮定条件より考えて、必然

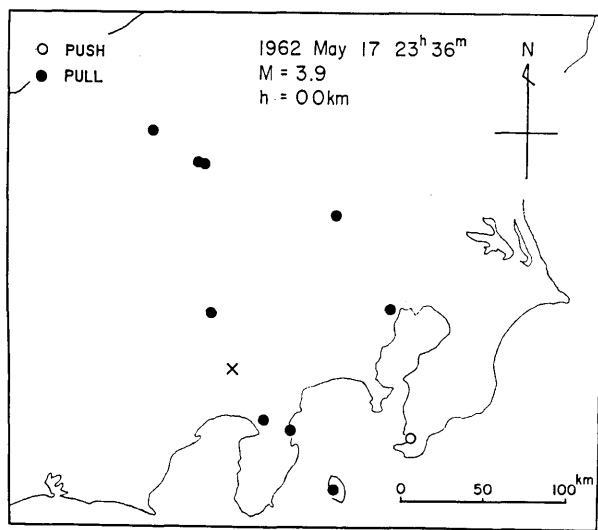


Fig. 17-1.

Fig. 17. Push-pull distribution of initial motions of P-wave for the three earthquakes which occurred inside Mt. Fuji Volcano. The nodal lines of No. 2 and 3 earthquakes were drawn on the assumption of their quadrant type.

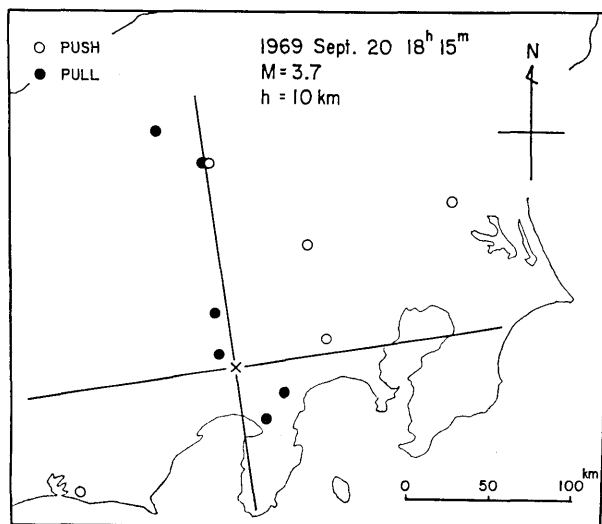


Fig. 17-2.

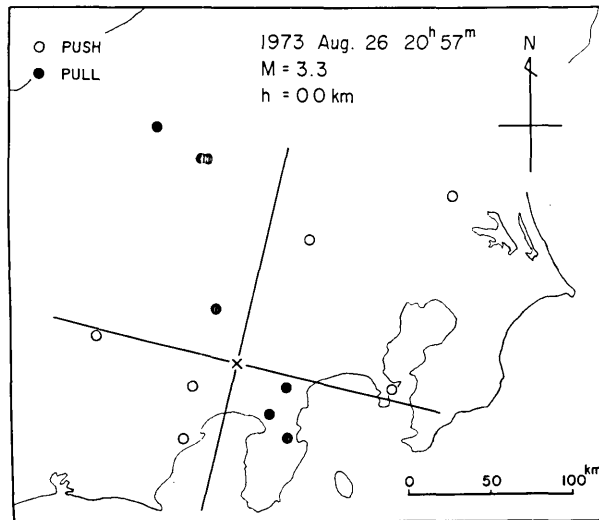


Fig. 17-3.

的に系統的誤差が含まれているとみられる。しかしながら、震源分布の線状分布に大きな影響を及ぼす程のものとは考えられない。したがって、前、余震の線状分布 (Fig. 7) と節線方向 (Fig. 17) の調和よりみると主震 (No. 2 の地震) は、北北西の走向を持った左横ずれ型の断層発生によると考えるのが妥当であろう。このことは2次元的にみて、富士山に対して北西、南東方向の圧縮力が作用していることを示したといえる。節線の方に差異が認められるにしても、定性的に同方向の圧縮力の作用によるとすると、No. 3 の地震の初動分布も理解し得る。すなわち、No. 1 の地震の不確定さを除いて、富士山本体下部に発生した2個の地震については、北西、南東方向の圧縮が原因していると考えられる。

中村 (1969) は、広域応力場の観点より富士山には北西、南東方向の圧縮造構応力が働いていることを指摘している。また、測地三角測量結果の解析より求められた富士山周辺地域の定常的地殻水平歪の収縮方向も北西、南東方向を示している (中根, 1973)。1961年よりの18年間に富士山本体下部に発生した3個の地震のうち2個が北西、南東方向の圧縮によるものとみられる。この観測結果もまた、富士山は現在でも北西、南東方向の圧縮下にあることを示す証左の一つといえよう。

## 5. まとめおよび考察

我々が実施した臨時観測の結果および1961年より1978年の間の各種地震観測資料を併用して、富士火山の地震活動を調べた。その結果次のようなことがわかった。

- i. 富士火山山体内において、他の活動的な火山にみうけられるような“火山性地震”の活動は認められなかった。
- ii. 宝永火口においても、大沢崩れに代表されるような、主として気象的要因によると

みられる山体崩壊が原因の特異な振動が観測される。

iii. 富士火山山体下部における地震活動は、周辺地域より不活発であって、とくに、深い地震の発生は認められない。

iv. 時折富士火山山体下部に発生する地震は、その原因として、同火山の位置する地域に作用している広域応力の影響による確度が高い。

以上のうちi, の火山性地震であるが、これは火山下部におけるマグマの移動、あるいは火山体内部における圧力増大、または熱的応力の増加によって火山体表面近くに局部的に集中して発生する地震に限定してある。

ところで、過去において富士山に関する地震活動がいくつか報告されている。注目すべき活動としては、1933年5月に富士山北麓、山梨県船津（現河口湖町）において、41回におよぶ局発性群発地震（無感）が観測されている（中央气象台，1933）。また、1939年10月13日には、富士山西麓人穴附近において、有感8回、無感24回におよぶ群発地震が発生している（中央气象台，1939）。前者については、その後の地震活動から類推して、富士山北東方の地震多発域に発生した群発地震と考えてよからう。しかし後者については、どのような性質の地震であったのか判断し得ない。その後の地震活動の推移よりみて、この地域にとくに地震が集中して発生している徴候は認め難い。富士山に関する地震活動としては、とくに注目すべき現象であったといえる。その他、高橋他（1965）は富士山南部箱

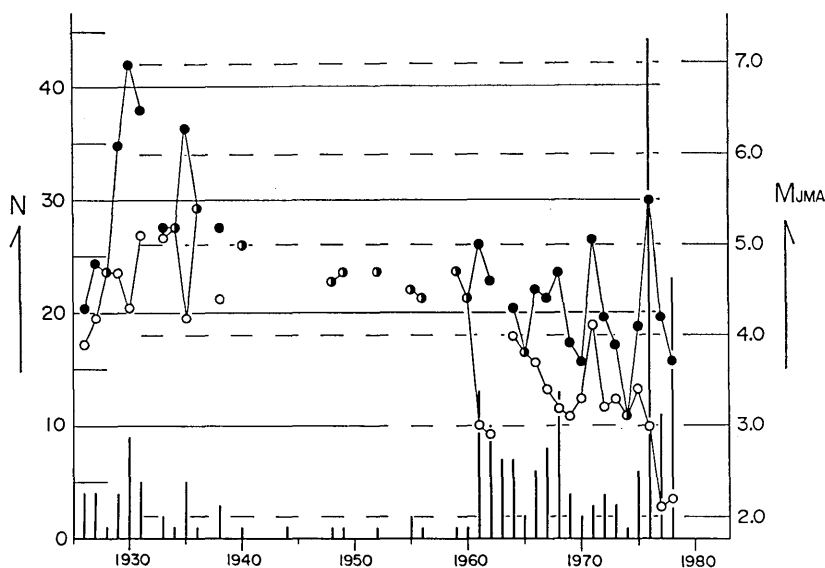


Fig. 18. The annual number of earthquakes which occurred in the area ( $\lambda$ ,  $138^{\circ}15' \sim 139^{\circ}15' E$ ,  $\varphi$ ,  $35^{\circ}00' \sim 35^{\circ}40' N$ ), and maximum and minimum magnitudes of earthquakes that occurred in the same area in the same year.  
 Solid column: Number of earthquakes.  
 Solid circle: Maximum magnitude.  
 Open circle: Minimum magnitude.  
 (Date from the Seismological Bulletin of the JMA)

荒沢の富士山坑道内における観測によって、また、MINAKAMI *et al.* (1969) は箱根山における観測に際して、それぞれ富士山体内に震源を有する地震を観測したことを報告している。これらの観測結果よりも、地震の性質解明は不可能である。

Fig. 18 には、1925年より1978年の間に、富士山周辺 ( $\lambda$ :  $138^{\circ}15' \sim 139^{\circ}15' E$ ,  $\varphi$ :  $35^{\circ}00' \sim 35^{\circ}40' N$ ) に発生し観測報告された地震 (気象庁地震月報) についてその数、それらの地震の最大、最小マグニチュードの年別値を示してある。同図に明らかなように、この地域内における地震活動は、最大マグニチュードよりみる限り、とくに活発化しているとはいえない。しかしながら、地震月報に報告される地震数は1961年以降に増加し、とくに1975年以降の増加はいちじるしい。これは観測報告される地震の最小マグニチュードの低下に端的に示されているように、周辺地震観測網の充実によって検知能力が強化されてきたことを意味する。現在では、富士山体内に発生するマグニチュード2程度の地震まで検知し得る状態にあると考えられる。

火山の噴火を予知するには噴火に直接関連する地震が重要な意味を持つことは当然である。しかしながら、我々の実施した臨時観測の結果も含め富士山の地震活動を考えると、現在、時折富士火山本体下部に発生する地震は、広域応力の影響による可能性が高いとみられる。過去における同火山の大規模噴火に際しては、前兆として地震が頻発したことが記録に残されている。火山噴火とはその本質として物質移動をともなう現象である。したがってそのような現象と密接に関連する“火山性地震”と、広域応力に由来する応力歪の変化を原因とする地震の差異を確認する必要がある。この問題は、必ずしも富士火山に限ることではない。しかし富士火山のように山体が巨大であって、将来の噴火活動中心位置も断定し得ない火山においては、とくに重要であろう。また、火山の活動エネルギーの蓄積が臨界状態に達している場合には、応力状態の変化による噴火誘発の可能性 (例えば、横山, 1971; 中村, 1975) も十分に想定される。富士山においては、1707年の宝永大地震と宝永山の噴火との関連はその一例と思える。富士火山の地震活動について、さらに詳細にその質および量的評価を可能にする恒常的観測の充実が望まれる。

## 6. 謝 辞

1969年の観測に際しては、地震研究所水上武教授 (現東京大学名誉教授) に御指導いただいた。厚く御礼申し上げます。

1970年の観測実施については、本栖中学校宮本義文教諭、および神奈川県温泉研究所の各位の御協力をいただいた。また、1972年の観測においては、地震研究所火山物理研究部、沢田宗久氏の御助力を得た。貴重な観測資料を心よく提供して下さった堂平観測所をはじめとする地震研究所地震部門の各位、気象庁関係の資料収集に御尽力くださった気象研究所田中康裕博士、以上の方々に厚く御礼申し上げます。有益な議論をしていただいた地震研究所中村一明助教授、原稿通読をお願いし不備な点を指摘していただいた渡部暉彦助教授に謝意を表する次第です。本研究調査に要した費用の一部は文部省科学研究費によった。文部省当局に厚く御礼申し上げます。

## 文 献

- 安芸敬一・松本英照, 1963, Seismometer Array による地震の研究, 第2報, みかけ速度の測定法並びに関東地方の地下構造, 地震研究所彙報, 41, 279-292.
- 噴火予知特定研究班, 1967, 富士火山の地震活動の現状, 火山, 12, 132-144.
- 噴火予知特定研究班, 1968, 火山噴火予知, 災害科学研究成果とその問題点, 第2編, 191-226.
- 服部保正, 1962, 屈折波走時曲線の解析法についての研究, 日本物理探鉱K.K., 地質工学, 第2輯.
- ICHIKAWA, M., 1971, Reanalyses of Mechanism of Earthquakes which Occurred in and near Japan, and Statistical Studies on the Nodal Plane Solutions Obtained, 1926-1968, *Geophys. Mag.*, 35, 207-274.
- 岩塚守公・町田 洋, 1962, 富士火山大沢の発達—火山の谷の発達と侵蝕機構についての基礎的研究—, 地学雑誌, 71, 3-18.
- 中央気象台, 1933, 気象要覧, 昭和8年上, 543-569.
- 中央気象台, 1939, 気象要覧, 昭和14年下, 1210-1237.
- 気象庁, 地震月報, 1951-1978年. 同別冊 1, 1926-1956年, 2, 1957-1962年.
- 町田 洋, 1964, Tephrochronology による富士火山とその周辺地域の発達史—第四紀末期について—, 地学雑誌, 73, 293-308, 338-350.
- MACHIDA, H., 1967, The recent development of the Fuji Volcano, Japan, *Geogr. Rep. Tokyo Metropol. Univ.*, 2, 11-20.
- 丸山卓男, 1965, 三点観測における傾斜補正, 地震研究所彙報, 43, 409-420.
- 水上 武, 1967, 火山地震, 地震, 20, 177-181.
- MINAKAMI, T., 1969, Fundamental Research for Predicting Volcanic Eruptions, (Part 2), *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 47, 893-949.
- 宮村撰三・堀 実・安芸敬一・辻浦 賢・松本英照, 1962, 筑波, 栃本において同時におこなった多点式観測法による関東および中部地方の微小地震の研究, 地震研究所彙報, 40, 885-897.
- 中根勝見, 1973, 日本における定常的な水平地震歪 (II), 測地学会誌, 19, 200-208.
- 中村一明, 1969, 広域応力場を反映した火山体の構造—側火山の配列方向—, 火山, 14, 8-20.
- 中村一明, 1975, 火山の構造および噴火と地震の関係, 火山, 20, 229-240.
- 志村 馨, 1960, 富士山西麓および東麓地域における地質, 地下水調査について, 物理探鉱, 13, 46-64.
- 高橋末雄・高橋 博・熊谷貞治・田中康裕, 1965, 富士山坑道の微動調査, 国立防災科学技術センター研究速報, 1, 1-9.
- 津屋弘達, 1938, 富士火山の地質学的並に岩石学的研究 (II), 2, 青木原熔岩の分布と噴出中心, 地震研究所彙報, 16, 638-657.
- TSUYA, H., 1955, Geological and Petrological Studies of Volcano, Fuji, V. 5. On the 1707 eruption of Volcano Fuji, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 33, 341-383.
- TSUYA, H., 1968, Geology of Volcano Mt. Fuji, *Geological Survey of Japan*.
- 横山 泉, 1971, 大地震によって誘発された噴火, 北大地物研報, 25, 129-139.

19. *The Seismic Activity of Mt. Fuji Volcano.*

By Tsutomu MIYAZAKI, Noriya GYODA,  
Earthquake Research Institute, University of Tokyo.

and Shiro HIRAGA,  
Hot Springs Research Institute, Kanagawa Prefecture.

Mt. Fuji, the highest peak in Japan, is one of the largest and most famous volcanoes which have displayed violent volcanic eruptions in historic times. It may easily be supposed that Mt. Fuji has the potential of erupting in the future. Therefore, in terms of its social impact, Mt. Fuji is one of the most dangerous volcanoes in Japan.

In order to accurately predict volcanic eruptions from seismological observations, it is very important to clarify the detailed seismic activity of the volcano. We carried out temporal seismometrical observations of Mt. Fuji in 1969, 1970 and 1972.

From the analysis of the temporal observational data combined with the data obtained by the routine observations of other observatories, the seismicity of Mt. Fuji may be summarized as follows:

1) Seismic activity identifiable as directly related to the volcanic activity was not found by the temporal observations carried out on and around Mt. Fuji.

2) Only three earthquakes with a magnitude over 3.0 occurred beneath the body of Mt. Fuji proper during the past 18 years, from Jan. 1961 to Dec. 1978. The seismic activity inside Mt. Fuji seems rather low compared to that in the area around Mt. Fuji.

3) The analysis of the distribution of *P*-wave initial motions of the earthquakes which occurred inside Mt. Fuji indicates the existence of horizontal compressional stresses in the direction NW-SE.