

富士山の地震・傾斜観測システムと 1982年10月-1984年12月の観測結果

地震研究所 { 下 鶴 大 輔*
長 田 昇
宮 崎 務

(昭和61年10月30日受理)

1. 緒 言

富士山は有史以来、確実な噴火の記録13回を含めて表面活動の記録が23回記録されている。特に1707年(宝永4年)の噴火は富士山の活動史上稀に見る大噴火で、噴出物総量は、過去5000年間の大噴火の1回分の平均噴出量の3倍近くの量であった。このような大噴火から現在に至るまで富士山は平穏であって表面活動はない。

18世紀初頭には、関東、東海地方は稀に見る災害を蒙った。1703年(元禄16年)には、いわゆる元禄大地震があり、小田原周辺は特に甚大な被害を受けた。その翌年の宝永2年からは干ばつが続き、同地方の農民は疲弊のどん底にあった所へ、1707年(宝永4年)10月28日にはM8.4の巨大地震が発生して、東海道、伊勢湾、紀伊半島が特に甚大な被害を受けた。その50日後に富士山の大噴火に至ったのであり、翌年酒匂川の決壊による大洪水が発生した。このように5年間に、関東、東海地方に、巨大地震2回、富士山大噴火、干ばつ洪水とたてつづけに天災が集中したことは、我が国の災害史の中で特筆に価する事件であった(SHIMOZURU, 1985)。

富士山の最後の噴火から280年しか経過していない現在、新期富士山の生成が新しいことから、富士山の将来の活動の可能性が十分考えられる。富士山がひとたび噴火すれば、それによる災害は計り知れないものがある。このように潜在的爆発活力を有する富士山には常時火山活動監視施設がなかったことから、第2次火山噴火予知計画(1979-1983年)の策定にあたって、地震研究所が常時観測を開始することが決まった。これにもとずいて、1982年度(昭和57年度)から観測点の新設・整備が行われ、その後、さらに1点増設が行われた。本報告では、整備された観測システムと、その間に得られた結果について述べ、それにもとづく富士山の火山活動の評価を行う。

2. 常時観測以前の富士山の火山観測

将来の噴火活動が予想されるにも拘らず、富士山に常時観測施設がなかったことから、

* 現在 東京農業大学

地震研究所では、1965年9月18日から富士山東麓の須走（山頂より12 km）において、3成分連続地震観測を1966年3月31日まで実施した（MINAKAMI *et al.*, 1969）。この期間には丁度松代群発地震の発生期間に含まれていたため、数多くの松代群発地震が観測されたが、S-P が3秒以下の地震もいくつか観測された。

富士山は山体が巨大なため、同火山に発生する地震を研究するためには、山体をとり囲んで多数の地震計を配置しなければならない。そのため、1965年10月3日—13日の10日間、特定研究として、5大学6研究班によって、富士山の火山性地震活動に関する集中観測が実施された（噴火予知特定研究班, 1967）。観測期間は短かったが、この観測が、富士山の火山性地震活動に関する初めての組織的観測であった。観測地点は本栖湖畔、都留市上大幡、須走自衛隊富士学校、富士吉田五合目、須山十里木、富士宮市人穴、富士宮市栗倉の7ヶ所であった。このうち、須走の観測は、前述の如く翌年まで継続された。松代群発地震が8月13日から発生し始めたため、多数の地震が観測されたが、少なくとも3点で観測され、S-P の短い地震の震源を3ヶ決めることが出来たが、それらは、いずれも富士山南西部の浅い地震であった。この集中観測の結果、富士山の地震活動度は極めて低いことが判り、同火山の静穏期の活動度として基礎的資料が得られた。

しかし、集中観測は短期間であったため、富士山の地震活動度の評価としては不十分であった。従って、地震研究所では、1969年8月27日—9月23日の期間、北西山麓本栖付近の青木ヶ原溶岩上に水平・上下動2成分の地震計を設置して観測を行った（宮崎他, 1981）。また、9月18日—22日間には本栖において多点観測を行っている。この間、たまたま、9月20日18時15分に富士山南山腹直下に震源をもつM3.7の地震が発生したが、この地震の前後に山体の地震活動が活発になり、S-P ≤ 5秒の地震が17ヶ観測された。これらの地震の震源は宮崎他（1981）によって Fig. 1 のように求められた。震源が観測網より外側にあり、精度については議論の余地があるが、震源が富士山の山体の西側に NNW の方向に線状に配列しているらしいことがうかがえる。

さらに、1970年6月10日—10月11日の期間、本栖地区で、1972年3月4日—3月21日の期間、山中湖村で地震観測が行われている。宮崎他によれば、（宮崎他, 1981）上記期間中の富士山の地震活動は1969年のそれに比べれば低かった。

1979年8月25日より同年9月6日まで、第2回富士山集中総合観測が実施された。地震観測は4大学5機関によって富士山をかこむ6地点で実施された。観測点はそれぞれ、河口町大石、山北町中川、富士市岩倉、富士宮市根原、忍野村内野、富士宮市佐折である。また、地震研究所では、富士宮市根原に設置した長期間記録計による地震観測を1980年3月末まで行った。集中観測期間中、6観測点において共通して観測され、震源が決定出来た地震は8ヶであった（集中総合観測班, 1982）。これらの地震の震源は集中総合観測班（1982）によれば Fig. 2 のようになる。北東山腹に発生した No. 6 の地震の震源は4.0 km と浅いが、他の地震の深さは20 km と深くなっている。図中、地震 No. 1, 2, 3, 4, 5 は、8月26日から9月3日の間に番号順に発生したもので、富士山体の西側に NNW 方向に配列していることは興味深い。1969年9月に発生した地震の震源（Fig. 1）とを比較すると、1969年の地震に比べて、山頂から西にずれているが、震源配列の方位は酷似していることに気付く。

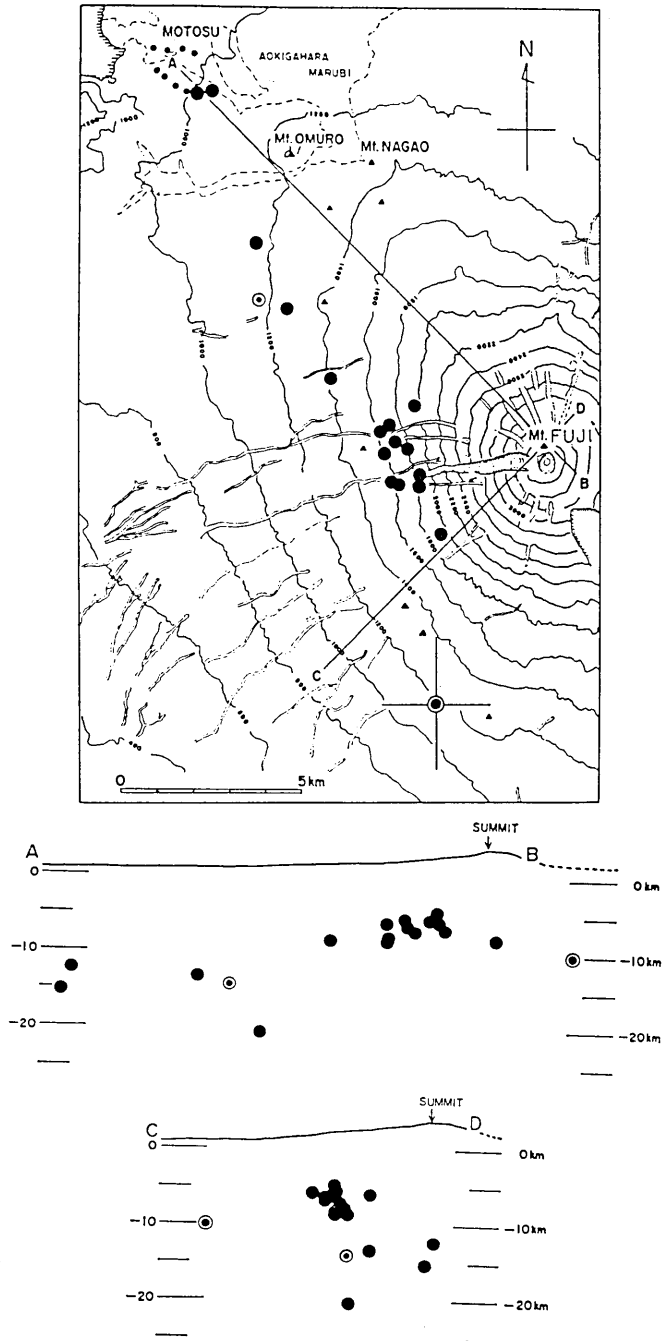


Fig. 1. Epicentral distribution (upper figure) and vertical profiles (lower figures) of earthquakes during the period between 20 and 22, Sept. 1969. A large double circle with error bar indicates the main shock ($M=3.7$) at 18:15, 20, Sept. 1969 located by JMA. Small double circle indicates a foreshock. Dotts at Motosu (top left) is the seismometer array used for hypocenter location, (MIYAZAKI *et al.*, 1981).

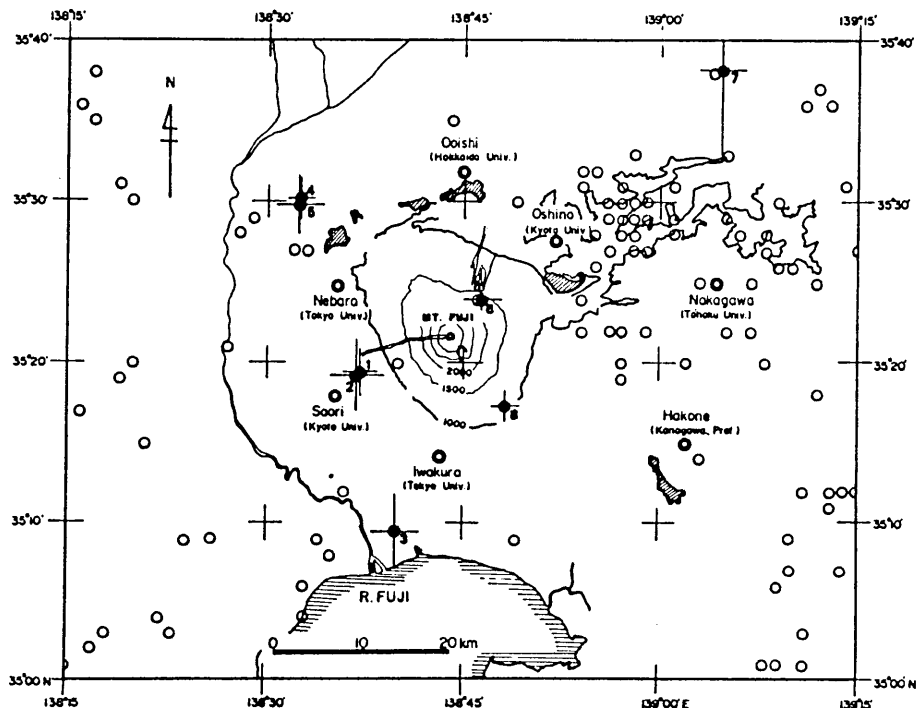


Fig. 2. Epicentral distribution of seismic events determined by the data obtained by the joint observation team during the period from August to September, 1979 (closed circles). Open circles indicate the epicenters determined by JMA during the period from Jan. 1979 to Aug. 1980 (SHŪCHŪ SŌGŌ KANSOKUHAN, 1982).

以上述べた集中観測を含む臨時地震観測の結果によれば、富士山の地震活動度は、他の活火山に比べて決して高くなく、むしろ低いと見るべきであろう。然し、このような推測はあくまで短期間の観測によるものであるとともに、一方では、巨大な山体の浅い場所に発生しているかも知れない微小地震を見落している可能性も見逃せない。マグニチュードのやや大きい地震は、大学、気象庁などの周辺の常時観測網によって観測されるが、これも、富士山の山体の比較的浅い所に起きる地震は少ない。これは事実であろうか。富士山に発生する微小地震活動の検出は、富士山の山体の適切な場所に地震観測網が設置されない限り不可能である。

3. 地震・傾斜連続観測システム

最後の噴火が280年前とはいえ、有史以来活潑な噴火活動があった富士山がひとたび噴火すれば、その広範囲に及ぶ災害は計り知れないものがあるとして、第2次火山噴火予知計画(昭和54年—58年)では、富士山の火山活動度把握のための常時観測を昭和57年度より開始することとなった。観測を担当することになった地震研究所は、従来実施してきた経験と、事前の調査に基づいて、富士山南西中腹箱荒沢所在の隧道を利用することとし、

昭和57年10月より地震および地殻変動の連続観測が開始された。以下にその概要を述べる。

3.1. 富士山観測点設置場所

富士山は観光地であること、また、東富士、北富士両演習場があることなどを考慮して、観測点を選定した。多くの場所でのノイズ測定および、集中総合観測の際に行われた地震観測の結果から、富士山南西山腹にある隧道を最適地として決定した。この隧道は、富士総合開発株式会社が、水資源開発を目的として、昭和34年9月に掘さくを開始し、3年有余で、延長2kmの隧道をつくったが、水を得ることが出来ず放置されていたものである。本隧道の学術的利用を目的として、昭和39年6月16日(新潟地震発生の日)、和達清夫を団長とする調査団が入坑している。これに基づいて、昭和40年4月には、国立防災

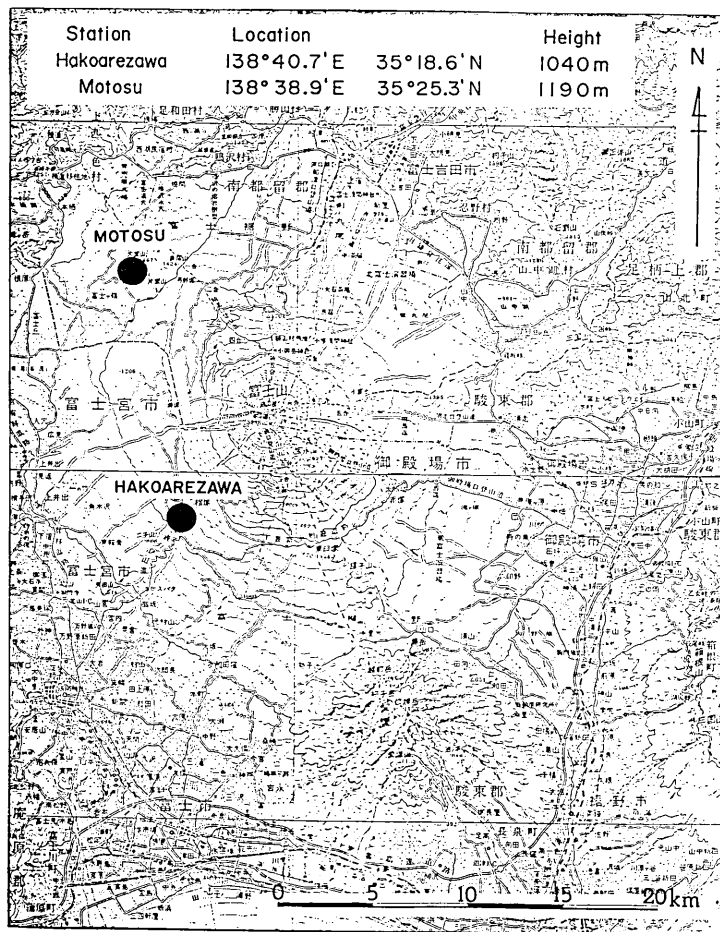


Fig. 3. Location of the seismic and tilt observation station (Hakoarezawa tunnel) and a satellite seismic station (Motosu).

科学技術センターおよび気象庁によって、隧道内の常時微動、気温、磁極方位の調査が行われ、その結果、坑口から、1400 m より奥は、標準地震計設置場所として、松代地震観測所と大差がないことが判明した（高橋他，1965）。このような調査にも拘らず、本隧道は、その後地震観測その他の学術的観測には利用されるには至らなかった。さらに、昭和54年7月には、津屋弘遠を団長とする学術調査団が入坑し、地層および、坑内の生物調査が行われた。この時点で、坑木腐朽によって、坑口より 462 m の地点までしか入坑出来なかった。

本隧道は、坑口より 100 m はコンクリートでまかれ、坑内は乾燥度がよい。それより奥は、坑木が朽ちている所も多く危険なので、観測設備を入れるのは、コンクリートで巻いてある部分のみとした。本隧道の所在地は Figs. 3 および 4 に示してあり、その概要は以下の通りである。

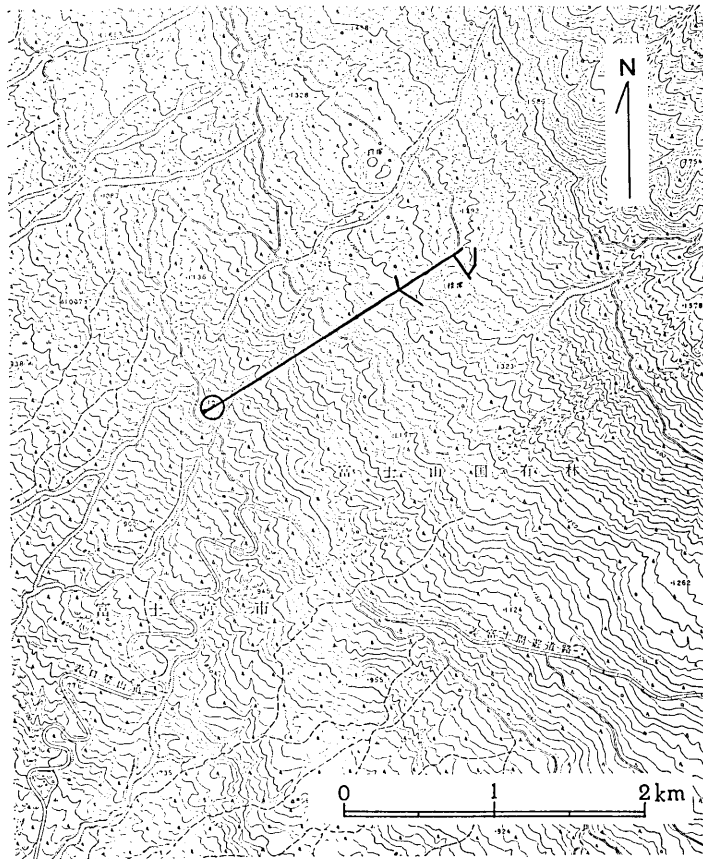


Fig. 4. The depth and azimuth of the Hakoarezawa tunnel.

1. 名称および所在地

- 名 称……………富士山箱荒沢調査隧道
- 所 在 地……………静岡県富士宮市大字山宮字富士山国有林 115 号林小班内

2. 規 模

- 長 さ……………本坑(直進)……………2,017 m
- 枝 坑 $\left\{ \begin{array}{l} \text{坑奥部の左右延長} \cdots \cdots \cdots 443 \text{ m} \\ \text{1.500 m 附近の左右延長} \cdots \cdots \cdots 277 \text{ m} \end{array} \right.$
- 計 (総延長)……………2,737 m
- 構 造……………坑口より 100 m の間の表土・火山砂礫の部分はコンクリート巻立。残りの部分のうち、火山砂礫の落盤の恐れのある箇所(約40%)は、松材をもって支保工を施す。
ただし現況は、坑口より 462 m の地点に坑木腐朽による壁面崩壊があり、近年その地点より奥には入坑していない。
- 勾 配……………上り $\frac{1}{300}$
- 方 位……………N58°E
- 坑口床水準……………1,040 m

本隧道の地質岩石学的調査は津屋弘遠によって行われた(TSUYA, 1962)。それによれば、坑口から 2,000 m に至るまで、主として溶岩から成り、その間に、火山灰、角礫岩などの互層がある。特に、坑口から 150 m までは東鞍骨溶岩(augite-olivine-basalt)から成っている。

3.2. 本栖観測点

富士山の地震観測点の増設計画の第一段階として、富士山北西麓、山頂火口から 11 km 弱にあり、寄生火山大室山の南側に観測点を設置した(Fig. 3 参照)。

名 称……………本栖観測点

所在地……………山梨県西八代郡上九一色村大字本栖字逢坂、地番216、林小班48イ2
本観測点は、昭和59年11月下旬から地震観測が開始された。

3.3. 観測システム

3.3.1. 送信部

富士山観測点(箱荒沢観測点)：

この場所には商用電源および公社回線(当時)がなかった。公社回線は、当時の日本電信電話公社の御協力で開催された。電源としては、太陽電池を設置した。坑口より 100 m、コンクリート巻きの部分のみを使用し、奥をふさぎ、また、入口も2重の扉とした。最奥に地震計2台、傾斜計(2軸気泡型)、温度計および、水晶気圧計を観測台上に設置し、入口近くに、蓄電池および送信器を設置した。隧道外部には、太陽電池、温度計(百葉箱

内) および雨量計が設置されている。主な機器仕様は以下の通りである。

検出器			A96L 型データ搬送装置		
地震計	検出方式	速度型	伝送容量	地震	8 CH
	周期	1 秒		傾斜	4 CH
	感度	3 V/kine		温度	4 CH
傾斜計	感度	40 mV/ μ rad		気圧	2 CH
	出力	水平 XY2 成分		雨量	1 CH
	測定範囲	$\pm 100 \mu$ rad	使用回線	電々公社 D-1 4W	
水晶温度計	測定範囲	$-50^{\circ} \sim +50^{\circ} \text{C}$	伝送速度	9600 BPS	
	精度	$\pm 0.2^{\circ} \text{C}$	サンプリング	地震	120Hz/CH
	分解能	1/100 $^{\circ} \text{C}$ 以下		地殻	2.5Hz/CH
水晶気圧計	測定範囲	820~1050 mb	地震計AMP	入力型式	差動
	精度	$\pm 0.5 \text{ mb}$		利得	0~72dB11段切換
	分解能	0.1 mb 以下	ADコンバータ	地震	8ビット非直線量子化
雨量計	検出方式	転倒ます方式		地殻	16ビット直線量子化
	感度	1 mm/1 転倒			
電源部					
蓄電池	容量	12V 1400AH			
太陽電池	出力	12V 280W			

地震・地殻変動および気象データは、NTT D-1 4W 回線により、デジタル信号として東京大学地震研究所に伝送されている。

本栖観測点：

本観測点には、地震計2台が設置され、公社回線 (NTT D-1 2W) によって、FM 信号が上記富士山観測点に常時伝送され、富士山観測点の諸データと共に、東京大学に常時伝送されている。

3.3.2. 受信および処理部

東京大学に伝送されている諸データのうち、地震データのみ地震予知観測室に分岐されつつ、火山物理学部門研究室において常時記録されている。地震は長時間連続記録計 (2成分) 2台により記録されている。また、地殻変動および気象データは、DA コンバータをとおしてアナログ信号として、2台の打点記録計に記録されるほか、同時に、デジタルプリンターにより、30分毎にデータが打出され、それらのデータの日平均値も記録されている。

データ処理部および記録部の主な仕様は次の通りである。

地殻変動信号処理部

傾斜計	FINE	±62.5 mV	フルスケール
	COARSE	±4V	フルスケール
温度計	FINE	±5°C	フルスケール
	COARSE	±50°C	フルスケール
気圧計	FINE	±10mb	フルスケール
	COARSE	820~1020mb	フルスケール
雨量計		100 mm	フルスケール

記録部

デジタルプリンター		打点記録計		長時間連続記録計	
プリント項目		方式	インク書き	方式	熱ペン円弧書き
日時分		感度	±5VF.S	感度	0.5~4 V/cm
温度	2成分	項目	地殻信号12CH	f特性	DC~70 Hz
気圧	1成分			項目	地震記録 2CH
雨量	1成分				
傾斜	2 CH 4成分				

以上述べた富士山火山活動観測システム全体の系統図を Fig. 5 に示す。

4. 観測結果

ここでは、富士山観測点のデータが得られるようになった1982年10月より、1985年3月末までの観測結果について述べる。

4.1. 地震

富士山観測点（箱荒沢）で記録されたすべての地震の日頻度を Fig. 6 に示してある。図中、黒い柱は（S-P）が5秒より小さいものである。図中に示したような顕著な地震活動時を除くと、記録される地震の日頻度は6~7ヶである。いま、記録された地震の判読可能なすべてについて（S-P）時間を読みとり、 $(S-P) \leq 20$ 秒以下のものについて期間別の（S-P）頻度分布を示すと Fig. 7 のようになる。これによれば、（S-P）頻度に5~6秒、8~9秒、15~16秒附近にピークが見られる。これらはそれぞれ、山梨・神奈川県境、伊豆川奈崎沖、茨城県南西部及び房総東南沖に主として起きた地震で、南関東の定常的な地震活動を示している。さらに、富士山を含む極く近傍の地震活動については、（S-P）が3秒以下の地震をとり出して表にしたものが Table 1 である。勿論、この他に（S-P）が明瞭でない地震もある。さらに、 $(S-P) \leq 3$ 秒以下の地震について頻度分布をつくると Fig. 8 の如くなる。柱中の数字は全体の数に対するパーセントを示している。これによれば、60%以上の地震は（S-P）2.0-3.0秒であり、これらの地震は愛鷹山、富士川河口、富士吉田附近に震源を有する浅い地震である。（S-P）1.0~2.0秒の地震は主として富士宮市直下附近の地震である。このように、富士山近傍では、以下に述べる地震を除いては、殆んど周辺山麓に発生している。

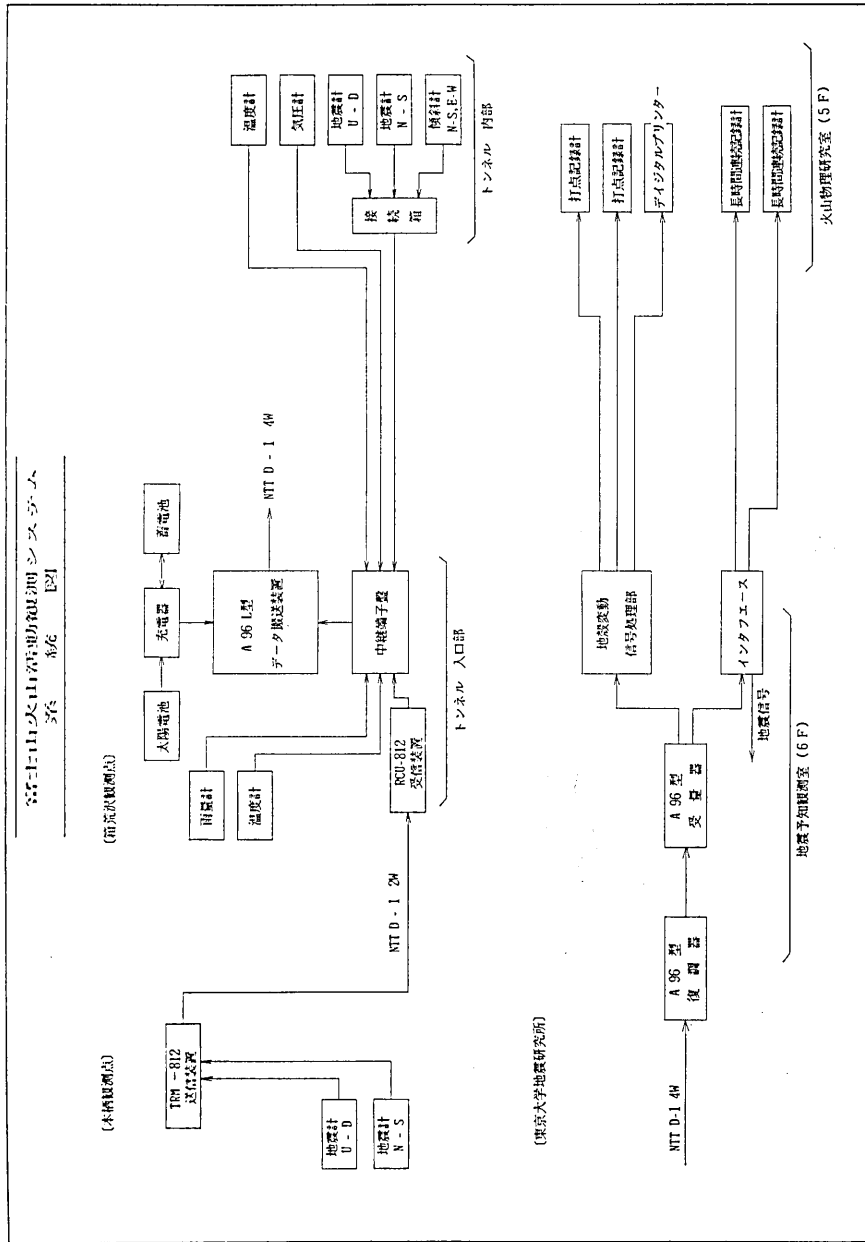


Fig. 5. Monitoring system of Mt. Fuji. Seismic, tilt and meteorological data are telemetered to Earthquake Research Institute.

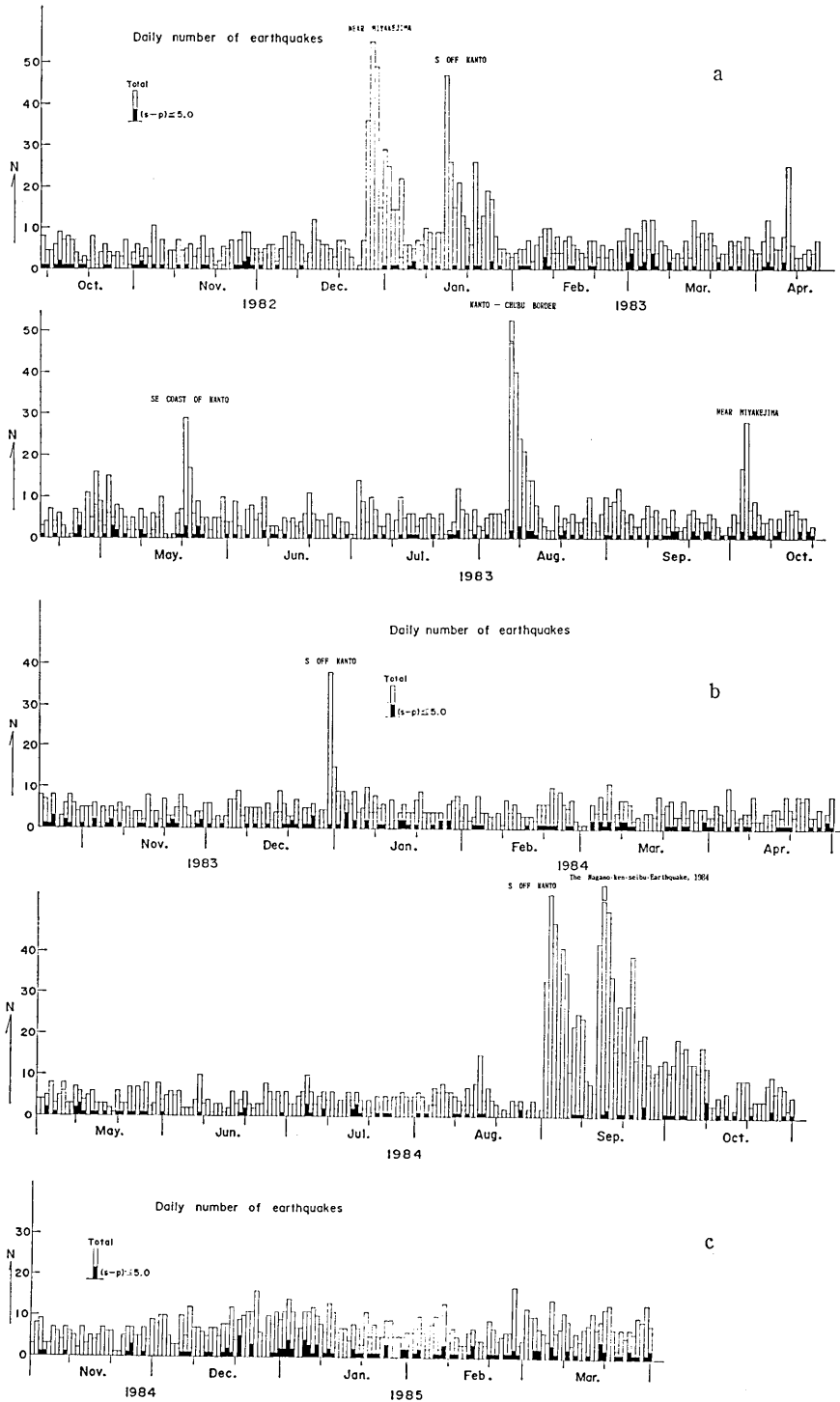


Fig. 6. Daily number of earthquakes recorded at FJI (tunnel).

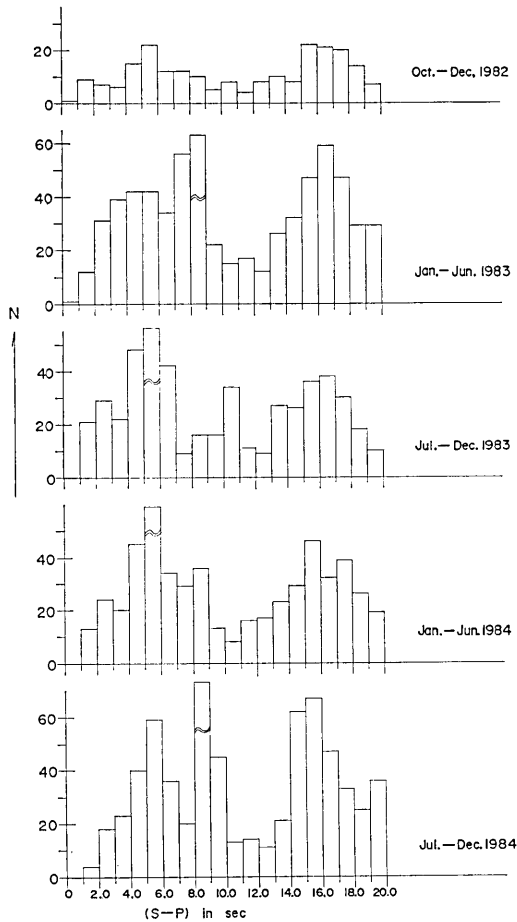


Fig. 7. Histogram of (S-P) time observed at FJI.

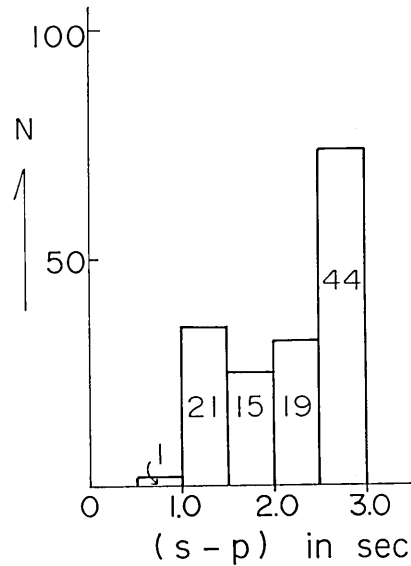


Fig. 8. Histogram of earthquakes of which (S-P) is less than 3s. Numerals in columns indicate percent to the total.

次に、普通の微小地震と顔つきが異なる地震について述べよう。

1979年秋に富士山において集中火山観測を実施した。その際、我々は、富士山西北西山麓の根原に長時間記録計を設置して、やや長期間の地震観測を行った。その時の記録によれば、1979年9月11日 18h 36m に火山微動に似た長周期の波動が2~3分間続いたことがあった。当時はよく判らないままにしてあったが、その後、富士山観測点の観測が開始されてから、稀ではあるが同様の波動を観測していた。一方、地震予知計画によって、富士山周辺にも少なからぬ地震計が各機関によって設置され、観測網がかなり充実して来た。浜田は気象庁及び他機関のデータに基づいて、1979年4月以降1981年2月までの期間に、この種の地震が6回発生していることを報告している(浜田, 1981)。それによれば、震源は山頂部の北側と推定された。この低周波地震に関しては、この他、地震研究所(1984)、防災科学技術センター(1984)、名古屋大学理学部(1984)によっても報告されている。富士山観測点(FJI)において長時間記録計によって観測された記録の例をFig.

Table 1. List of earthquakes (S-P \leq 3s) observed at FJI
 (Hakoarezawa tunnel).

Y	M	D	h	m	I. M	S-P sec.	Tr. Amax. mm	
							V	H
1982	Oct.	13	16	28		2.0	6.0	9.0
		16	09	27	D	ca. 2.0	Sat.	Sat.
	Nov.	1	07	11		1.5	2.0	4.5
		9	19	08		3.0	2.5	4.0
		13	04	18		2.0	6.5	10.0
		24	14	32	U	1.2	23.0	Sat.
		26	00	21		1.4	8.5	10.5
		28	09	31		2.5	6.0	11.0
	Dec.	29	02	27		2.8	1.5	3.0
		1	00	15		2.9	21.5	30.5
		4	21	33	D	2.5	16.0	30.0
		2	01	26		2.0	4.0	6.5
1983	Jan.	10	01	26	D	2.0	9.0	19.0
		22	04	52		1.6	2.0	5.0
	Feb.	23	18	46	U	2.0	4.0	8.5
		28	12	18	U	2.5	Sat.	Sat.
		2	03	15	D	ca. 2.5	2.0	5.0
	Mar.	3	19	14	U	ca. 3.0	Sat.	Sat.
		4	09	37		3.0	3.0	6.0
		8	22	32	D	1.3	7.5	14.5
		9	19	38	U	2.9	3.5	7.0
		11	20	41	U	3.0	6.5	10.0
		11	20	44	U	3.0	9.0	15.5
		11	21	18	U	3.0	10.0	18.0
		14	10	37		3.0	2.0	4.0
		3	21	45		3.0	4.5	6.0
		4	08	05		3.0	2.0	3.0
1983	Apr.	4	19	03		3.0	3.0	4.0
		6	05	49		3.0	2.5	5.0
		7	01	24	U	1.4	17.0	40.0
		10	22	19	U	3.0	16.0	28.0
	25	01	35		3.0	3.0	14.0	
	2	00	57		ca. 2.1	5.0	7.0	
	3	14	04	U	1.5	8.0	19.0	
	13	17	56		1.7	2.0	5.5	
25	06	40	U	1.5	18.5	30.0		
28	09	26	U	1.5	4.0	9.0		

Table 1. (continued)

Y	M	D	h	m	I. M	S-P sec.	Tr. Amax. mm	
							V	H
1983	Apr.	29	22	39		ca. 2.6	Sat.	Sat.
		29	22	49		2.6	2.0	5.0
		29	22	59		2.5	2.0	4.0
		29	22	59		ca. 2.3	Sat.	Sat.
		29	23	18		2.6	3.0	5.0
		29	23	19		2.5	2.0	3.0
		29	23	23	D	2.6	4.0	7.0
		26	23	42	D	2.8	Sat.	Sat.
		30	00	35		2.5	3.0	5.0
		30	03	30		2.5	6.0	11.0
	May.	6	20	34	D	2.6	6.5	10.5
		23	07	20		ca. 1.0	Sat.	Sat.
		23	07	20	U	ca. 1.0	Sat.	Sat.
		24	08	38		ca. 2.9	11.0	41.0
		25	13	45	D	2.9	5.0	9.5
		30	23	42	U	2.9	3.5	16.0
	Jun.	6	23	19	D	1.7	26.0	27.0
		26	12	34	U	3.0	26.5	41.5
	Jul.	6	10	08	U	1.3	30.0	Sat.
		8	08	28	U	1.4	3.0	8.0
		16	08	17	U	2.6	Sat.	Sat.
	Aug.	26	08	03		2.6	11.5	14.0
		13	04	11		1.9	6.0	17.0
		14	05	31	U	2.9	29.0	30.0
		21	03	54	U	3.0	23.0	34.0
		21	09	32	U	1.4	Sat.	Sat.
		23	07	06		2.9	10.0	21.0
		27	04	21		1.3	3.0	5.0
		Sep.	1	23	07	U	3.0	8.0
	3		00	54		3.0	2.0	3.5
	16		17	18	U	ca. 1.2	39.0	Sat.
	17		03	28	U	2.9	3.0	4.0
17	03		38	U	2.8	7.0	9.0	
21	00		56		2.7	2.0	5.0	
24	14		29	U	1.5	15.0	40.0	
25	02		12	U	1.4	7.0	22.0	
25	05	31		1.5	2.0	4.0		

Table 1. (continued)

Y	M	D	h	m	I. M	S-P sec.	Tr. Amax. mm	
							V	H
1983	Oct.	8	22	20	U	1.9	9.5	19.0
		12	23	32	U	1.3	10.0	15.0
		17	00	04		2.7	5.0	15.0
		17	18	33	U	1.4	6.0	13.5
		19	12	50	D	1.4	15.0	21.0
		19	15	52		ca. 3.0	4.0	6.0
		23	02	55	U	1.3	5.0	7.0
	Nov.	3	08	42		1.5	5.0	7.5
		7	02	16	D	2.8	7.0	12.0
		15	07	50		3.0	4.0	5.0
		22	00	59		3.0	2.0	3.0
	Dec.	4	21	02		2.2	3.0	4.5
		10	06	24		ca. 2.0	2.0	3.0
		18	05	18	U	ca. 1.8	6.0	8.0
		20	21	52		3.0	5.0	6.0
		21	17	26		1.5	4.0	7.0
		21	17	31		ca. 1.1	3.0	6.0
		24	02	08		2.8	4.0	5.0
		25	19	34		2.1	3.0	6.0
1984	Jan.	26	01	42		2.7	1.5	3.0
		3	16	24	D	2.2	Sat.	Sat.
		3	17	22		ca. 2.3	2.0	6.0
		3	17	26		2.4	20.0	Sat.
		3	17	38		2.3	4.0	13.0
		8	17	07		ca. 2.3	2.5	2.5
		8	20	28		2.0	1.0	2.5
		10	02	57	U	2.1	9.0	20.0
		10	02	57		1.9	1.0	2.0
		16	07	15		1.5	4.0	11.5
		17	02	34	U	3.0	2.0	3.0
		18	10	54		2.0	2.0	4.0
	Feb.	5	07	32	U	2.7	8.0	11.0
		5	15	48	U	2.7	8.5	14.0
		16	21	23	U	2.8	4.0	7.0
		22	22	57	D	2.9	7.0	14.0
	Mar.	26	13	26		ca. 2.8	7.0	11.0
		3	07	17		2.5	4.0	8.5

Table 1. (continued)

Y	M	D	h	m	I. M	S-P sec.	Tr. Amax. mm	
							V	H
1984	Mar.	9	11	12		2.6	5.0	9.5
		22	19	53		2.6	8.0	10.5
		26	22	35		1.3	2.0	4.0
		30	05	09		2.1	5.0	10.0
	Apr.	5	13	49		2.6	2.0	3.5
		9	18	32	U	3.0	8.0	12.5
		10	03	54		1.5	3.0	12.0
		17	05	37		2.9	4.0	8.0
		18	07	50	D	1.6	20.0	41.0
		19	15	14	U	2.2	6.0	14.0
		7	04	33		2.0	2.0	2.0
	May.	7	04	48	D	2.0	3.0	3.5
		10	07	49		ca. 2.1	4.0	7.0
		11	21	38		2.4	12.0	21.0
		11	22	34		2.8	1.5	2.0
		11	22	51		2.6	1.0	1.5
		18	12	06		2.0	7.0	12.5
		31	12	52		1.5	10.0	23.5
	Jul.	5	12	48	U	2.1	13.0	20.0
		5	12	52	U	2.1	11.0	16.0
		5	12	56		ca. 2.2	2.0	2.5
		9	01	00	U	ca. 3.0	12.0	24.0
		25	10	17		2.9	3.0	6.0
	Aug.	5	09	41	U	2.9	2.5	4.0
		5	10	21		1.3	2.5	6.5
		11	08	34	U	2.1	7.0	15.0
	Sep.	9	12	22	D	2.8	6.0	17.0
		15	20	15	U	ca. 3.0	6.0	11.0
	Oct.	1	22	47	U	1.3	9.0	23.5
		10	12	55	U	ca. 2.9	2.5	3.0
		10	13	01	U	2.8	5.0	8.5
		13	02	29		1.5	2.0	3.0
		21	03	21		1.5	2.0	5.0
Dec.	31	03	46		3.0	3.5	8.0	
	8	01	39		ca. 2.8	1.0	2.0	
	19	20	24	D	3.0	7.0	12.0	
	24	23	57		ca. 2.6	1.5	3.0	

Table 1. (continued)

Y	M	D	h	m	I. M	S-P sec.	Tr. Amax. mm	
							V	H
1985	Jan.	3	18	26		3.0	1.5	3.0
		22	15	20		1.3	8.0	16.0
		26	21	22	U	3.0	2.0	4.0
		26	22	05		3.0	1.0	2.0
		31	10	00		ca. 2.5	2.0	5.5
	Feb.	2	07	58		2.5	2.0	5.0
		7	19	32		3.0	1.0	2.0
		8	22	08		2.5	2.0	3.0
		15	22	37		2.0	2.0	4.5
		20	00	02		ca. 1.5	1.5	4.0
		22	02	19		1.5	2.5	6.5
		24	21	41		3.0	1.5	2.5
	Mar.	3	15	16		2.5	6.5	10.0
		4	17	08	U	2.5	6.5	13.0
		4	18	58		2.0	1.0	2.0
		7	21	04		2.0	1.0	3.0
		7	21	08		2.0	1.0	3.0
		11	08	24	U	1.4	8.0	10.0
		12	11	21	U	2.0	39.5	Sat.
19	06	11		ca. 3.0	1.5	3.0		

9(a) (b) に示した。波形の特徴は、いくつかの地震を除いて明瞭な P, S 相が認め難く、数分から十数分連続していることである。KANJO *et al.* (1984) は富士山観測点を含めた周辺の微小地震観測網のデータを用いて Fig. 10 に示すように震源を推定した。それによれば、震源は富士山山頂部より、やや北東部側の深さ 10 km 以内の浅い地震である。震源に最も近い我々の富士山観測点において判読出来る (S-P) は 2.5 秒である。

先にも述べたが、この地震群の特徴は、sporadic な burst として微小地震が連続的に発生するもので、やや遠い観測点では、一般の地震と比較して高周波成分が観測されないことである。1979年の集中観測のとき、富士宮市根原(山頂より北西 14 km)で観測された記録例を Fig. 9(c) に示してある。微小地震観測網で得られた結果からは、富士山山体下の low Q による高周波成分の吸収によるものとされている。一方、推定震源域に最も近い富士山観測点では、初動部分にかなり高周波成分が含まれ (Fig. 9(a) 参照) ている。初動部分を見ている限りに於いては、火山に発生する地震とかわりはないが、振幅に比較して coda が比較的単調な周期で長い震動時間を持っていることが特徴である。その coda の震動中に次の地震が統発するパターンが繰り返されている。長い coda は山体中での地震波の scattering または reverberation によるものであろう。なお、この種

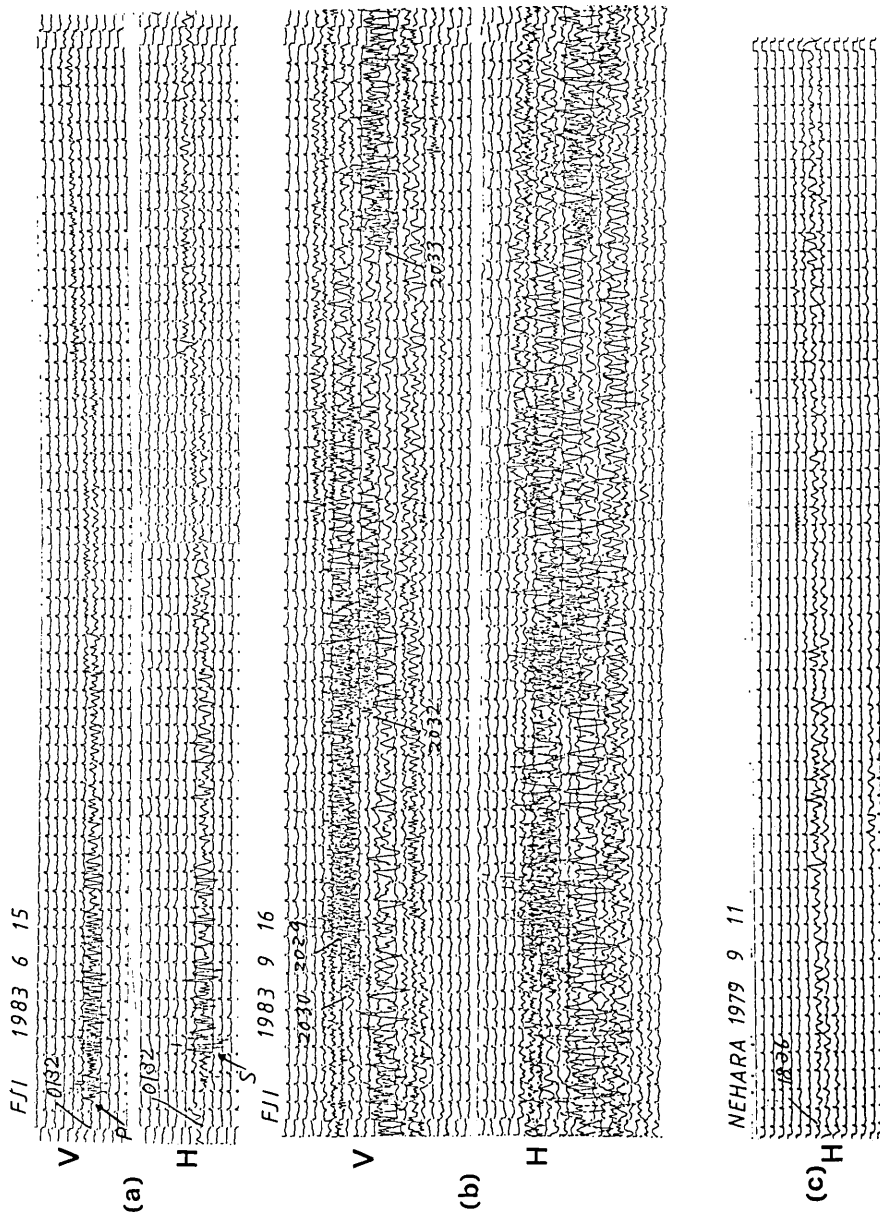


Fig. 9. Sample seismograms observed at FJI (a, b) and at Nehara (c).

79 7 1 - 83 10 31 (N= 28 MAG= 0.0 - 3.0)

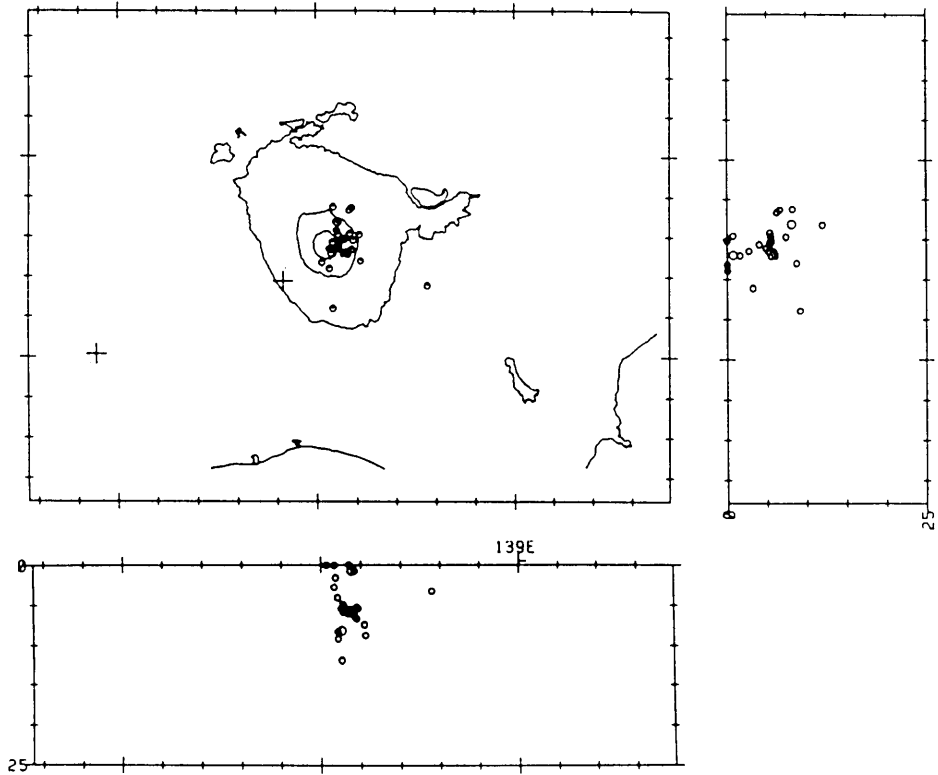


Fig. 10. Epicentral plot of low frequency events (KANJO *et al.*, 1984).

の地震活動は、微小地震観測網のデータの再検測によれば、従来から時々観測されているという (KANJO *et al.*, 1984, 防災科学技術センター, 1984).

富士山観測点開設以来、富士山周辺で発生した顕著な地震活動を Table 2 に示した。

4.2. 傾斜

富士山観測点 (箱荒沢) の坑内の奥 90 m の地震計台上に、Kinematics 社製の気泡型傾斜計を設置し、デジタル伝送により、研究室まで伝送し、ここで気象データと共にアナログ記録に変換する。これと並行して30分毎のデータおよび日平均値を気象データと共にデジタルプリンタで打出している。その記録例を Fig. 11 に示してある。また、傾斜変動と気象データのアナログ記録例を Fig. 12 に示した。坑内の温度は年間を通じて約 1°C の範囲で変動しており、傾斜観測としては最適の条件ではないが止むを得ない。NS, EW 成分とも、年周変化を示し、その振幅は 4×10^{-6} rad である。しかし、1983年の EW 成分のみ、ほぼ2倍の振幅の年周変化を示している。兩年を通じて、外気温および気圧変動ともほぼ同じであるが、雨量については1983年の方がかなり多量である。兩年を通じ

Table 2. Noticeable seismic events in 1983 surrounding Mt. Fuji.
List of earthquakes occurred at Ashitaka-yama on 29 Apr., 1983.

Origin time	Longitude	Latitude	Depth (km)	Magnitude (ERI)
Apr. 29, 22 h 39 m 07.72 s	138°48.526'E	35°13.172'N	5.8	4.6
59 m 18.52 s	138°47.809'E	35°11.982'N	2.0	2.7
23 h 42 m 12.91 s	138°48.393'E	35°12.558'N	7.0	2.2

List of earthquakes occurred at Tenshu mountain range, W of Fuji on May 2, 1983.

Origin time	Longitude	Latitude	Depth (km)	Magnitude (ERI)
May 2, 00 h 26 m 14.51 s	138°31.7'E	35°14.7'N	7.3	2.1
22 h 12 m 58.76 s	138°27.4'E	35°14.9'N	16.3	1.9

List of earthquakes occurred at Fujinomiya City on May 23, 1983.

Origin time	Longitude	Latitude	Depth (km)	Magnitude (ERI)
May 23, 07 h 19 m 59.27 s	138°40.864'E	35°13.980'N	2.7	2.3
20 m 52.29 s	138°41.429'E	35°14.247'N	0.0	1.7

て、傾斜の短周期変動は EW 成分によく表われている。これは、富士山周辺の地震活動とは相関がなく、雨量によるものと思われる。また、傾斜の年周変化の位相については、兩年にわたって NS 成分に差は見られないが、EW 成分にやや位相の差がある。しかし、2年間を通じて、本質的な地殻変動は得られていない。

5. ま と め

1982年10月より開始された富士山の地震および傾斜の常時モニター観測のシステムと富士山観測点（箱荒沢）の観測結果の概要を述べた。現在、地震観測点が2点なので、独自に震源決定をすところまで整備されていない状況であるが、本報告期間を通じて、富士山に発生する地震の概要を把握したものと考えられる。本観測が開始する迄に臨時に実施された数回の観測結果から、富士山の山体に発生する地震活動は低レベルにあったと判定されていた。常時観測が始まってからの観測結果によれば、富士山の巨大な山体に発生する地震活動は、280年の休止期にある活火山としては決して低レベルにあるとは考えられない。現在の富士山の地震活動としての特徴は、震源域で分類すると、1) 山頂のほぼ下に burst 的に発生するいわゆる低周波地震、2) 山麓西側に発生する南北の配列をもつ地震、3) その他、西麓、南麓などに発生する地震の3種類に分けられよう。このうち2)は、いわゆる富士川断層の存在と深い関係があるものであろう。

富士山は、フィリピン海プレートのもぐり込みに対して極めて特異な位置を占めていることは間違いない。たとえば、Table 3 に示すように、1982の終りから翌年5月までの5

富士山地殻データ

DATE M D	TIME H M	TEMP-1 °C	TEMP-2 °C	PRESS mb	RAIN m/m	TILTMETER-1 N/S	E/W
05/17	01:00	7.47	9.89	885.0	50	82.6	-209.0
	01:30	7.43	9.89	885.4	51	82.6	-209.1
	02:00	7.43	9.89	885.5	51	82.6	-209.2
	02:30	7.31	9.89	885.4	52	82.9	-209.2
	03:00	7.21	9.89	885.4	52	82.9	-209.4
	03:30	7.08	9.89	885.4	52	82.9	-209.1
	04:00	6.92	9.91	885.4	53	82.9	-209.2
	04:30	6.82	9.89	885.4	53	83.1	-208.7
	05:00	6.73	9.89	885.0	53	83.3	-208.9
	05:30	6.82	9.92	885.4	53	83.3	-208.7
	06:00	7.12	9.91	885.4	53	83.4	-208.4
	06:30	7.30	9.91	885.9	53	83.7	-208.1
	07:00	7.79	9.91	885.7	53	84.2	-208.0
	07:30	8.32	9.91	885.7	53	84.7	-208.0
	08:00	8.96	9.92	885.9	53	85.3	-207.9
	08:30	9.33	9.92	885.9	53	85.9	-207.9
	09:00	9.78	9.92	886.2	53	86.4	-208.1
	09:30	9.94	9.92	886.4	53	87.2	-208.3
	10:00	10.62	9.92	886.4	53	88.1	-208.4
	10:30	11.47	9.92	886.6	53	88.5	-208.6
	11:00	11.81	9.92	886.9	53	88.9	-208.7
	11:30	12.04	9.92	886.9	53	89.5	-208.7
	12:00	11.24	9.92	887.1	53	90.0	-209.2
	12:30	10.68	9.92	887.1	53	90.5	-209.6
	13:00	10.32	9.92	887.3	53	90.8	-209.6
	13:30	9.97	9.92	887.6	53	91.1	-210.3
	14:00	9.68	9.92	887.6	53	91.1	-210.6
	14:30	9.34	9.92	887.8	53	90.8	-210.7
	15:00	8.83	9.92	887.8	53	90.6	-210.6
	15:30	8.57	9.93	887.6	54	90.3	-210.5
	16:00	8.48	9.93	887.4	54	89.8	-210.2
	16:30	8.38	9.93	887.4	54	89.5	-210.1
	17:00	8.19	9.93	887.8	54	89.1	-209.8
	17:30	8.14	9.93	887.4	54	88.6	-209.7
	18:00	8.09	9.93	887.6	54	88.4	-209.2
	18:30	8.05	9.93	887.4	54	87.9	-208.4
	19:00	7.97	9.93	887.6	54	87.5	-208.5
	19:30	7.91	9.93	887.4	54	87.3	-207.9
	20:00	7.74	9.95	887.4	54	87.3	-207.8
	20:30	7.69	9.95	887.4	54	87.3	-207.5
	21:00	7.69	9.95	887.8	54	87.2	-206.9
	21:30	7.54	9.95	887.6	54	87.2	-206.9
	22:00	7.43	9.95	887.6	54	87.3	-206.9
	22:30	7.31	9.95	888.0	54	87.3	-206.8
	23:00	7.21	9.95	888.0	54	87.8	-206.7
	AVERAGE	8.44	9.92	886.6	06	86.6	-208.7

Fig. 11. A sample record by digital printer at every 30 minutes for meteorological and tilt data at FJI station. Temp-1 and Temp-2 mean the air temperature of outside and inside the tunnel.

ヶ月間に、伊豆諸島まで含めた南関東には特異な地震活動が顕著であった。また、この期間の火山噴火をも参考までに示してある。特に1983年4月-5月の期間、富士山南麓および西部の地震活動が目立った。たとえば、1983年4月29日の愛鷹山附近の地震は NNW-SSE の主圧力によるほぼ垂直な横ずれ断層によるものであった (防災科学技術センター, 1983)。富士山の火口、割れ目の配列方向は、この附近の地震から推定される主圧力の方向とほぼ一致することから、富士山を含むこの地域の広域応力場は少なくとも新期富士火山生成後 (約5,000年)、ほぼ変わらず安定していたと見るべきで (SHIMOZURU, 1985)、今後、富士山周辺の地震は、この応力場に支配されることになる。

富士山の山体に発生する微小地震を検出することは、噴火予知研究上重要であるから、地震観測点の今後の増設が要望される。

過去2年間の傾斜変動については、本質的な地殻変動は観測されていない。

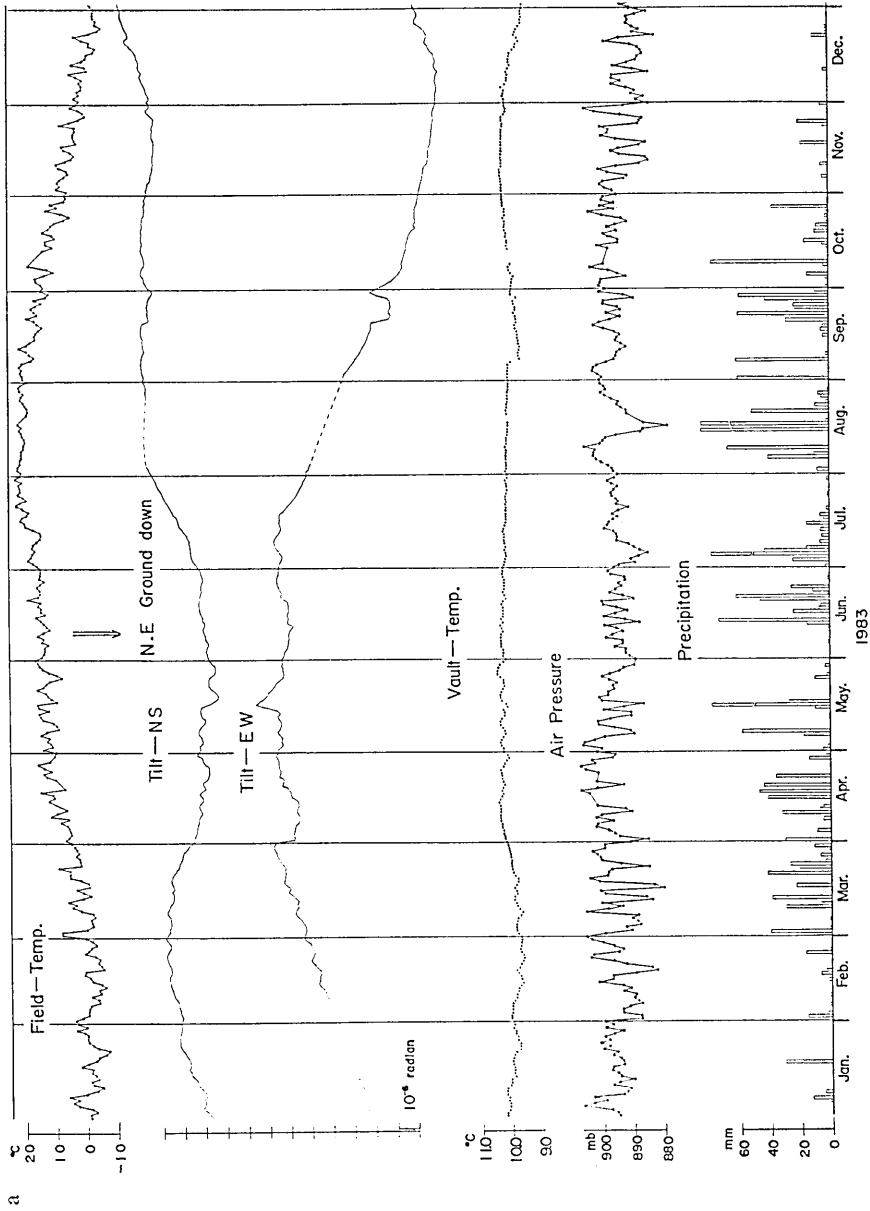


Fig. 12. Plot of daily average of air temperature, tilt, vault temperature, atmospheric pressure and precipitation.

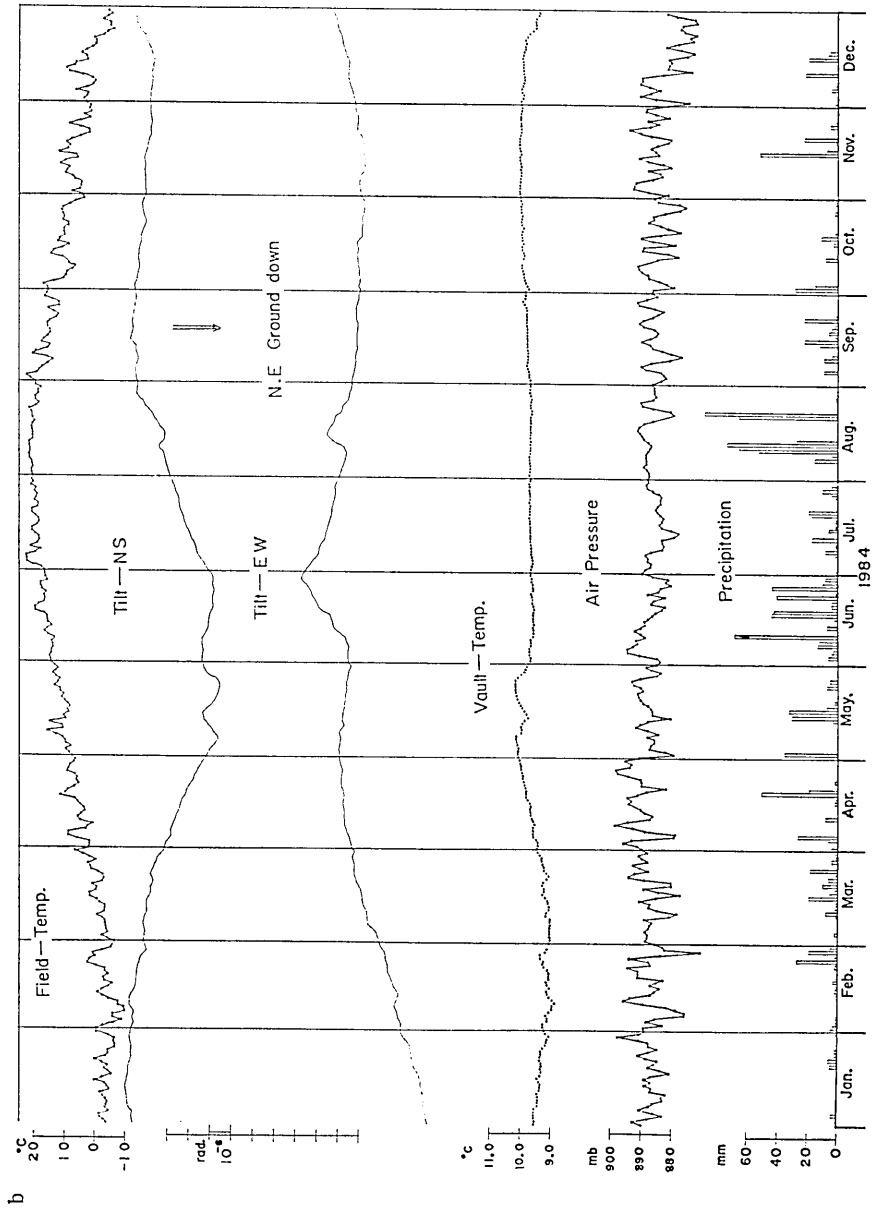


Table 3. List of volcanic eruptions and earthquakes which occurred at Kanto District during 5 months since the end of 1982.

Date	Earthquakes	Volcanic Eruption
1982 Dec. 27	S off coast of Miyake-jima (M=6.8) (swarm)	
29		Kusatsu-shirane
1983 Jan. 1	Near Kozu-shima (swarm)	
16	Near O-shima (swarm)	
27	E of Tokyo (M=4.7)	
Feb. 27	SW of Ibaragi Pref. (M=6.3)	
Apr. 8	Suruga Bay	Asama
14		Niigata-yake-yama
24	Utsunomiya	
29	Ashitaka-yama (M=4.6)	
May. 2	S of Tenshu mountain range (M=2.1)	
23	Fujinomiya (M=2.3)	

6. 謝 辞

富士山観測点開設にあたり、箱荒沢隧道の一部を提供された富士総合開発株式会社に衷心より感謝の意を表わす次第である。また、長距離にわたる電話回線の新設を実施された電電公社富士宮営業所（当時）に深基の謝意を呈する。上記二団体の御協力なくして、富士山観測点を実現することは不可能であった（Fig. 13, Fig. 14 参照）。

また、静岡営林署および地元の関係各位にも並なみならぬ御協力を戴いた。

本観測点開設にあたっては、上九一色村及び山梨県林務部にお世話になった。ここに併せて厚く御礼申し上げる次第である。

本観測に必要な経費は、火山噴火予知計画に基づく事業費によった。文部省当局にお礼申し上げる。

参 考 文 献

- 噴火予知特定研究班（1967），富士火山の地震活動の現状，火山，第2集，12，132-144。
 浜田信生（1981），微小地震観測網で捉えた富士山の地震活動，火山，第2集，26，143（講演要旨）。
 KANJO, K., I. KARAKAMA and S. R. MATSU'URA (1984), Seismic activities of Mt. Fuji region detected by continuous observation of micro-earthquakes, *Jour. Phys. Earth*, 32, 463-468.
 国立防災科学技術センター（1983），1983年4月29日の富士山南麓の地震について，火山噴火予知連絡会会報，28，29-32。
 （1984），富士山附近の微小地震活動について，同上，29，57-62。
 MINAKAMI, T., S. HIRAGA, T. MIYAZAKI and S. UTIBORI (1969), Fundamental research for predicting volcanic eruptions. (Part 2), *Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo*,

この隧道は古来富士山西南麓高原開拓を妨げて来た水資源問題の打開を悲願として富士綜合開発株式会社に集った先覚者諸士が社の総力を挙げ昭和三十四年九月一日より三年有余を費し掘削したものであるが雄図空しく水脈を発見すること能わず二料地点に於てその壯業を断念するに至つたのである顧みるに宝永四年富士山の噴火に因る災害は本邦火山災害史上屈指のものであつた昭和四十九年より発足した火山噴火予知計画は本邦の数多い活火山の噴火による災害を軽減せんとする社会的要請に基づき策定されその一環として昭和五十七年度より富士山の火山活動観測を開始することとなつたこの目的のために本隧道の一部の設備を富士綜合開発株式会社より提供され富士山観測点として火山活動常時観測が発足したのである茲に本隧道掘削の努力に思いを致し観測開始を記念してこの碑を掲げる

昭和五十七年十月 東京大学地震研究所

Fig. 13. The commemorative engraving at the entrance of Hakoarezawa tunnel describing history of the tunnel and initiation of the permanent observation.

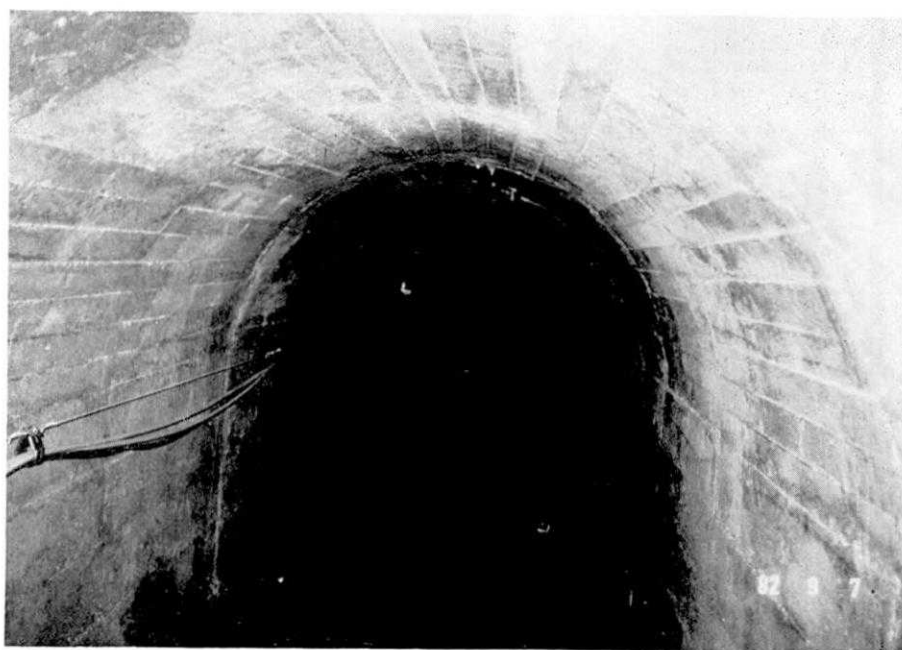


Fig. 14. Outside view of Hakoarezawa tunnel.

- 47, 893-949.
- 宮崎 務, 行田紀也, 平賀士郎 (1981), 富士火山の地震活動, 地震研究所彙報, 56, 391-414.
- 名古屋大学理学部 (1984), 東海地方の微小地震の分布 (1983年5月1日~1983年10月31日) 地震予知連絡会会報, 31, 269-272.
- SHIMOZURU, D. (1983), Volcanic hazard assessment of Mount Fuji, *Natural Disaster Science*, 5, 2, 15-31.
- 集中総合観測班 (1982), 富士山集中総合観測報告, 1-30.
- 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.
- 東京大学地震研究所 (1983), 富士山観測点における地震・傾斜観測, 火山噴火予知連絡会会報, 27, 13-15, 28, 26-28.
- (1984), 富士山の地震活動及び傾斜観測, 同上, 30, 101-104.
- TSUYA, H. (1962), Geological and petrological studies of Volcano Fuji (VI). Geology of the volcano as observed in some borings on its flanks, *Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo*, 40, 767-804.

*Seismic and Tilt Monitoring of Mount Fuji during the
Period from October 1982 to December 1984*

Daisuke SHIMOZURU*, Noboru OSADA and Tsutomu MIYAZAKI

Earthquake Research Institute

Mount Fuji, the highest mountain in Japan is located 100 km WSW of central Tokyo and is a typical strato-volcano with beautiful slopes. Its volume is 1,400 km³. Its last eruption was in December 1707 (the Hoei Eruption), since then no marked volcanic activity has been recorded. This 1707 eruption was exceedingly violent and provinces to the east of the volcano were covered by falls of thick scoria and ash.

Historical records tell us that Mt. Fuji has erupted on at least 17 occasions since the 9th century. Two hundred and eighty years have passed since the last eruption and an awakening of Mt. Fuji in future is highly probable. Use of the land surrounding Mt. Fuji has changed greatly since the last eruption; traffic networks and land near the volcano have been extensively developed. Consequently, if it erupts the social confusion and economic damage would be impossible to estimate. Thus, there have been many requests for a hazard assessment of the future activity of the volcano as well as for volcano monitoring to mitigate volcanic disaster.

As for the volcano surveillance, short term seismic and other volcanic observations have been carried out on several occasions by university scientists and the staff of the Japan Meteorological Agency over the past few decades. We have found no marked sign of volcanic activity in Mt. Fuji, though several earthquakes have been located there. But, considering its potential danger and the seriousness of the effects of any future activity, permanent monitoring of Mt. Fuji has been started along with a national program on the prediction of volcanic eruptions. In October, 1982, a seismic and tilt monitoring station was established in a tunnel in the SW flank of the volcano at the altitude of 1040 m. Two-component seismometers and bubble type tiltmeters that are operated by solar batteries were installed. An additional seismic station was set up at the NW skirt of the volcano in November, 1984, the signal of which is transmitted to the above tunnel. Their signals as well as meteorological data, are telemetered by commercial telephone cable to the Earthquake Research Institute in Tokyo.

Seismic and tilt data recorded during the period from October 1982 to December 1984 yielded no sign of unrest of Mt. Fuji. As for seismic data, earthquakes with (S-P) time less than 3 seconds was counted 168. Most of these earthquakes were located at the region of southern side of Mt. Fuji. Sometimes, not often, succession of small earthquakes with long duration of coda occur sporadically lasting several to ten minutes. These earthquake bursts were located near to the summit region within 10 km depth. The long coda wave is considered to be resulting from scattering or reverberation of seismic waves under Mt. Fuji. Tilt data showed no significant change other than the seasonal variation and the fluctuation of short wavelength due to precipitation.

* Retired in March 1985.

Present address: Tokyo University of Agriculture