

箱根火山における地震活動調査, 1970

平賀士郎*, 広田 茂*, 河西正男*, 鈴木征志**

神奈川県温泉研究所

(昭和46年2月3日受理)

Seismometrical Observation in Hakone Volcano, 1970

by

Shiro HIRAGA, Shigeru HIROTA, Masao KASAI and Masashi SUZUKI

Hot Spring Research Institute of Kanagawa Prefecture

Hakone, Kanagawa

(Abstract)

The seismic activity of Hakone volcano has been studied as shown in Figure 5, most epicenters of the volcanic microearthquakes were located in a narrow area between Owaku-dani and Soun-zan, both of which are active solfataras. Most of their foci are concentrated at shallow places, where volcanic steam are derived from the vent.

After a year of the 1966 earthquake swarm, temperature of the thermal water flowing from the depth of active fumaroles had risen more than 10°C—20°C. Following this, from April to August 1968 a shallow earthquake swarm occurred in the same area. The anomalous is still observed in the eastern flank of Kamiyama.

All these facts may suggest that the activity of earthquakes is closely related to the geothermal activity of Hakone volcano.

* 神奈川県温泉研究所 神奈川県箱根町湯本 〒250-03

** 箱根温泉供給株式会社 神奈川県箱根町仙石原
神奈川県温泉研究所報告 第2巻, 第1号, 1—20, 1971

まえがき

昭和45年1月より12月まで箱根火山における地震観測結果をまとめた。箱根では昭和34年10月以来、加速度計および高倍率地震計による観測を続けている。昭和45年(1970)は換震器小屋の基礎土台を改修し、都合により観測点の位置を少し移動させ、地中地震計の2台のうち1台を移動し地震観測を実施している。

昭和42年5月以来の強羅、底倉における温泉の異常高温現象はまだ引き続けているので、箱根カルデラ内に発生した地震の震源位置をなるべく正確に求めるよう努力した。

昭和45年の地震活動は平穏であった。この1年間の箱根火山地震は総数347個で、そのうち有感地震は14個であった。1日当りの平均地震回数は0.95個であり、昭和35年～44年の平穏期の1日当りの平均値0.36個(水上他1969)に比較するとやや多くなっている。

地震観測地点および観測方法

昭和34年10月以来観測して来た高倍率電磁地震計用の換震器小屋が破損して来たので4ヶ所の観測点を作りなおした。神山、温泉荘の観測点は従来の観測点を基礎土台から作りかえ、小塚山観測点は借地の関係から、二の平観測点は観測条件から観測地点を若干移動して換震器小屋を作った。各観測点の標高および緯度、経度は表1の通りである。

昭和43年11月から観測を続けて来た大涌谷地中地震計はボーリング孔内の温度が約40°Cにまでなり観測条件が悪いので、温泉荘に新しい観測孔を作り移した。ボーリング孔掘さく地点は温泉荘地表換震器小屋の約40m西で、観測孔の深さは50mである。

地表の人工的雑震動をさけて設置されたこの温泉荘、下湯観測点の両地中地震計は短周期の感度を増大させるため、従来の変位型から速度型にきりかえた。前置増幅器の特性を変化させ10Hzにおける感度を10～30倍とした。この結果微小地震の短周期震動、とくに初動に関する情報がえられた。

表1 箱根火山地震観測位置

	観測位置および観測計	標高	緯度	経度
P ₁	温泉荘 水平動地表地震計	840 ^m	35°14.7'	134°00.5'
P ₂	二ノ平 "	830	35 14.3	139 02.4
P ₃	小塚山 "	600	35 15.3	139 02.0
P ₄	神山 "	1,280	35 13.5	139 01.4
B ₁	温泉荘 上下動地中地震計	790	35 14.7	139 00.6
B ₂	下湯 "	730	35 14.8	139 01.8
S	下湯 石本式3成分加速度計	790	35 14.8	139 01.8

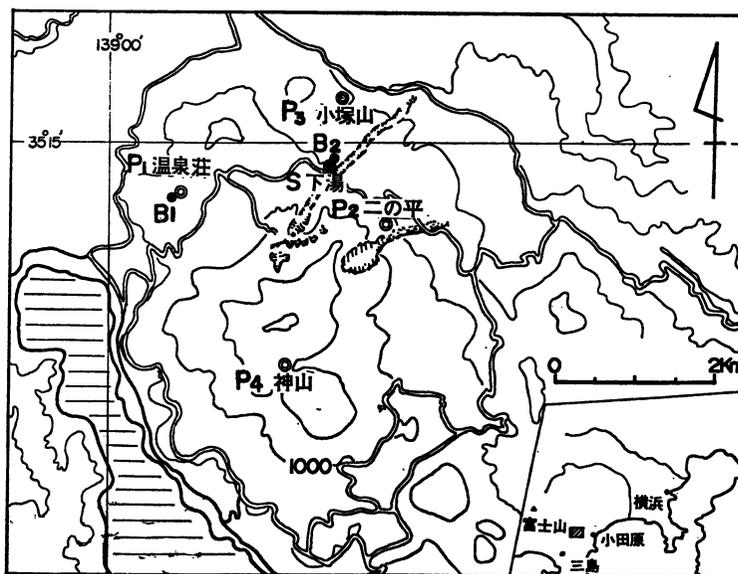


図1 箱根火山地震観測網

箱根火山の地震観測網を図1に示した。観測計器は次の三種類である。

(1)箱根火山観測所(S)の石本式3成分加速度計、感度は2gal/mmである。

(2)温泉荘(P₁)、二の平(P₂)、小塚山(P₃)、神山(P₄)の水平動変位4000倍電磁地震計(換震器固有周期T₁=1.0sec, 検流計固有周期T₂=0.05sec)。

(3)温泉荘(B₁)、下湯(B₂)の地表下50m上下動速度型地中地震計(T₁=0.22sec, T₂=0.02sec)。

昭和45年(1970年)1月~12月までの箱根火山地震活動

全期間にわたって箱根火山およびその周辺に発生した火山性地震は比較的平穏であった。この地震活動の様子は図2に示したとおりで、小塚山観測点(P₃)の1日当り地震発生回数を今までの連続観測結果に加えて図示した(水上他1969, 平賀他1969, 1970)。昭和43年(1968)4月より8月までの小規模な群発地震発生のおと、かなり地震発生回数は増加しているが、とくに短期間に群発したり、ある地域に集中して地震が発生したことはなく昭和45年3月以降は平穏期の地震発生回数にもどっている。表2は1年間の箱根火山地震で(S-P)が5秒以内の観測結果である。

小塚山観測点の(S-P)分布をしらべて図3に示した。初期微動継続時間(S-P)は震源距離に比例しているのので、その分布は震源分布を表現している。3ヶ月毎に区切った(S-P)分布と1年間まとめた(S-P)分布がほとんど同じ形になっている。つまりどの期間も地震は同じ様に発生していて、特別な地域に震源が移動してないことがわかる。1月~3月の(S-P)分布で1秒以下のものが他に比較して若干多いことが注目されるが、どの期間の分布も0.5秒から1秒の(S-P)

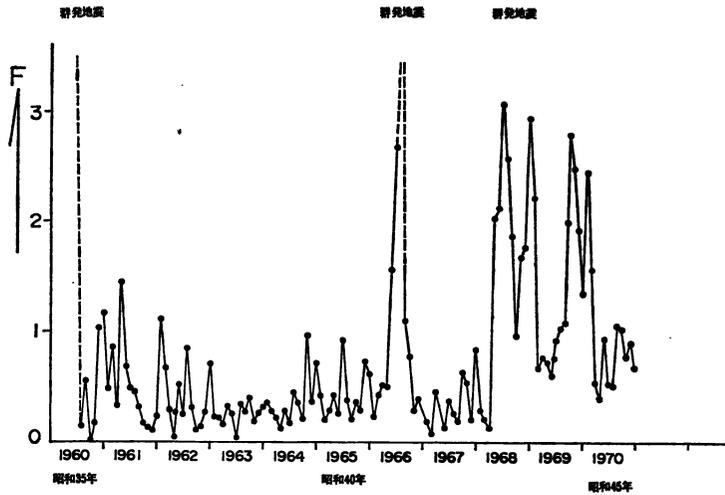


図2 箱根火山地震の一日平均発生回数（小塚山地表水平動地震計による）

をもつ地震が一番多く、3秒前後で一度少なくなり4秒の所で再び増加する。これは後にのべる（S—P）2秒以下の地震の大森係数 $k=2.5\sim 3.0$ から考えると、地震が一番多く発生している場所は中央火口丘群付近であり、古期外輪山周縁部で一番少ないということである。そして地震発生地域は北側の丹沢地震帯、南側でほとんど同距離にある北伊豆地震帯につながっていくようである。

箱根火山地震の発生頻度を最大振幅別に区分してみると図4になる。3ヶ月毎にわけて計算した最大振幅別頻度に関する石本—飯田の係数 m は $2.4\sim 2.8$ の範囲にある。全期間をとおして係数 m は 2.67 ± 0.05 となり、例年の値と有意義な差はないものと考えられる。箱根火山地震の係数 m は度々噴火を繰返す浅間火山、桜島火山等の値よりもやや小さく、一般構造地震の値より大きいことは従来どおりである。これは箱根火山地震の震源位置が活動的な火山のものより深く、一般構造地震よりもはるかに浅いことに対応している。活火山の火口付近のごく浅所に発生するB型地震、 $m=3\sim 4$ （水上、1960）に類似した地震が箱根火山にも発生していないかを注意する必要がある。

図5は昭和45年1月～12月までに求められた箱根火山地震の震源分布である。小塚山観測点で観測された（S—P）が2秒以下で最大振幅が1マイクロン以上のものを詳しくしらべた。大森公式の k 値を2.5と仮定すれば小塚山観測点を中心にして半径5kmの球体内、つまりカルデラ内に発生した1マイクロン以上の地震の位置をよく求めたことになる。図5に破線でこの5kmの境を示した。

小塚山観測点で最大振幅1マイクロン以上の地震総数は94個であり、このうち（S—P）が2秒より短いものは51個である、この約90%にあたる45個の地震の震源が求められた。

4～5の観測点で得られた（S—P）時間から大森係数 k を色々かえ作図法によって震源を求めた。 k の値は2.5～3.0まで変えたが、2.5の値でほとんど良い結果が得られた。この値は一般構造地震のものと比較するとかなり小さいが、火山噴出物や熔岩流の堆積している山体で大部分の地震が

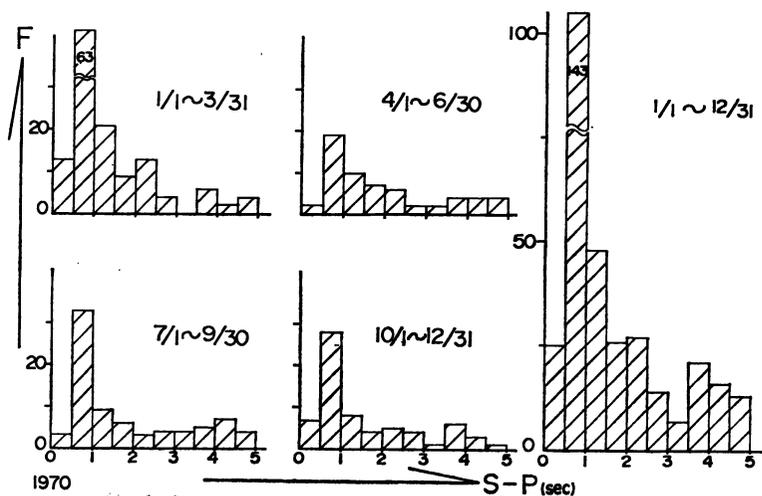


図3 箱根火山地震の(S-P)時間分布

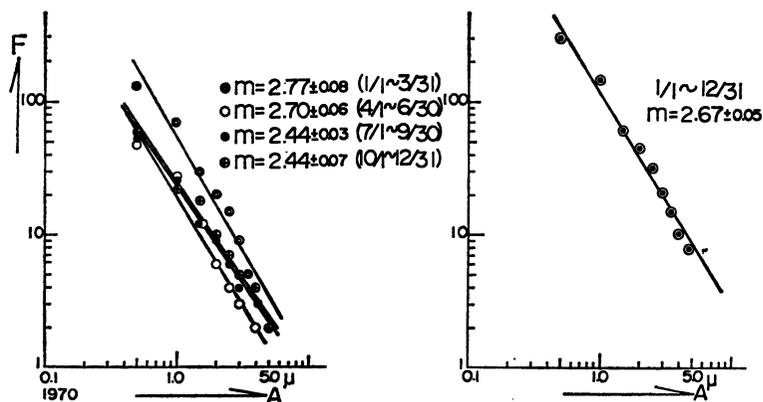


図4 箱根火山地震の最大振幅別頻度

発生していることを考えると適当な値であろう。

地震計等の不調から3ヶ所でしか(S-P)が得られないもの9個についてはkを2.5として震源を求めた。図5の黒丸が最大振幅1マイクロン以上の地震の震源であり、白丸がそれ以下の小さい地震の一部である。表2中に*印したものが震源の求まった地震である。下湯加速度計の欄で()した値は下湯地中地震計の観測値である。

この様にして(S-P)2秒以内の地震の震源位置について詳しくしらべると、最大振幅分布から

考えても箱根カルデラ内の地震はすべて地震観測網の内部にあり、大木他(1968a)の地中温度分布図上で 100°C 以上の地域にかぎられている。これは水上(1968, 1969)の指摘している昭和34-35年、昭和41年群発地震の震源分布と同じ特徴をもっている。

1 ミクロン以上の地震の震源分布を500m毎に区切ってみると、地理的には活発な噴気地帯である大涌谷、早雲山に最も多いことがわかる。深さ別では海拔0m \sim -500mの所が最大で次が+500m \sim 0mの所である。震源がとくに浅くなって注目された昭和41年群発地震の震源分布よりかなり広い範囲に分布している。

震源分布の様子、地震のおこり方は箱根火山の火山活動と直接結びついていることは勿論であるが、大木他(1968a, b)の箱根温泉の成因モデルからこの地震活動が説明出来る。最も多く地震が集中している大涌谷、早雲山の地下は成因モデルによると火道にそって高温流体が上昇して来る場所である。高温流体が運んで来る熱エネルギーは $2\sim 3 \times 10^7 \text{cal/sec}$ 、1日にすると $7\sim 10 \times 10^{19} \text{erg/day}$ で、これはマグニチュード5.0の有感地震の3 \sim 5個に相当するエネルギーである。液相の高温流体が上昇する過程で圧力低下により沸点に達し、そこで急激な容積変化—地震発生が考えられる。さらに上昇しつづける高温流体はカルデラ西部、芦の湖から東に向う地下水と混合し一部は火山ガスとして大涌谷、早雲山の噴気ガスとなり、一部が高温の塩化物泉となって神山山体の東側斜面に流下している。この箱根温泉成因モデルによる温度の低い地下水が高温流体と混合する場所も地震発生が予想される。

結語および謝辞

昭和45年1月 \sim 12月までの箱根火山における地震活動は比較的平穏であったが、広田他(1969, 1970, 1971)の調査によれば依然として強羅、底倉地区の異常高温が続いていること、火山性地震の発生回数がやや多いことが注目された。

カルデラ内に発生した地震の震源を詳細にしらべ、とくに最大振幅1ミクロン以上の地震の大部分を求めることが出来た。この震源分布は箱根温泉成因モデルによく対応している。地震活動と温泉活動が相互に関係していることがわかった。

今回の調査には東京大学水上名誉教授より終始懇切な御指導をいただいた。温泉荘の地中地震計設置には箱根温泉供給会社の各位に協力していただいた。有益な助言および討論をしていただいた温泉研究所大木靖衛所長、調査を円滑にすすめるために協力していただいた久保田博課長他多くの職員の方々に厚くお礼申し上げます。この調査は神奈川県温泉研究所の火山観測調査費で実施した。

表2 昭和45年1月1日より12月31日の箱根火山地震 (*印は震源の求まった地震)

月 日	時:分,秒	小 塚 山		二 の 平		神 山		温 泉 荘		下 湯 (N-S 加速度計)	
		最大振幅 (μ)	S-P 時間 (Sec.)	最大加速 度 (Gal)	S-P 時間 (Sec.)						
1.2	18:21,40	0.40	0.5	1.30	0.4	—	—	0.20	—	—	—
	*19:22,45	4.30	1.1	>5.00	0.8	>5.00	0.7	3.20	0.9	0.30	(0.6)
	*19:23,50	3.35	1.2	>5.00	0.8	4.10	0.8	1.90	1.1	—	—
	19:24,50	0.30	—	0.70	0.5	0.35	—	0.15	—	—	—
3	20:18,00	0.15	—	0.85	—	0.55	—	0.10	—	—	—
4	08:02,10	0.30	0.6	0.70	—	0.65	0.5	—	—	—	—
5	01:22,00	0.50	2.2	1.50	2.2	—	—	0.25	—	—	—
	05:03,00	0.30	0.8	0.80	0.6	—	—	—	—	—	—
6	19:51,25	0.70	0.6	0.40	0.8	0.30	—	—	—	—	—
7	*06:14,50	1.40	0.65	2.35	0.95	—	—	0.23	1.0	—	—
	08:43,00	0.40	—	0.70	0.7	0.25	—	—	—	—	—
	15:05,05	0.60	0.8	0.40	—	0.75	1.3	0.25	—	—	—
	*23:17,40	1.85	1.2	2.80	1.1	0.70	1.1	0.45	0.9	—	—
	*23:18,40	1.00	1.2	1.70	1.1	0.45	1.1	0.25	0.9	—	—
8	02:41,00	0.25	—	0.50	—	0.30	—	—	—	—	—
	*02:41,40	2.20	0.9	3.00	0.9	0.60	0.95	0.25	—	—	(0.6)
	02:51,25	0.45	0.8	0.55	—	0.20	—	—	不 調	—	—
	02:54,50	0.50	0.9	0.65	—	0.15	—	—	”	—	—
	03:13,25	0.70	—	1.00	0.8	0.20	—	—	”	—	—
	08:11,00	0.80	0.7	0.55	—	0.25	—	—	”	—	—
	*08:11,15	1.20	0.65	1.65	0.9	0.35	—	—	”	—	(0.6)
	08:25,15	0.55	0.6	—	—	0.20	—	—	”	—	—
	08:35,15	0.80	0.4	—	—	0.20	—	—	”	—	—
	08:37,50	0.85	0.8	—	—	0.30	0.7	—	”	—	—
	*10:08,30	2.20	0.8	—	—	0.65	1.2	0.20	1.1	—	—
	10:09,50	0.60	—	—	—	0.20	—	—	不 調	—	—
	23:01,40	0.55	0.7	0.65	0.6	0.25	—	—	”	—	—
9	11:35,15	0.30	2.0	1.35	0.9	0.45	1.0	—	—	—	—
	20:21,30	0.65	0.9	0.80	0.8	0.15	—	—	”	—	—
10	07:00,40	0.20	—	0.70	—	0.35	—	—	”	—	—
11	06:29,25	0.25	0.5	1.15	0.6	—	—	—	—	—	—
12	18:17,10	0.60	0.4	0.95	—	0.35	—	0.25	—	—	—
	21:29,00	0.50	4.9	1.20	4.9	0.65	—	0.25	—	—	—

月日	時:分,秒	小 塚 山		二 の 平		神 山		温 泉 荘		下 湯 (N-S 加速度計)	
		最大振巾 (μ)	S-P 時間 (Sec.)	最大加速 度 (Gal)	S-P 時間 (Sec.)						
1.13	13:04,55	2.00	1.6	—		不 調		不 調			
14	02:32,00	0.55	1.1	0.90		0.80		0.20			
	05:41,30	0.20		1.25	1.4	0.40		0.15			
15	14:50,35	0.50	1.8	1.55	1.5	0.25		不 調			
	23:44,00	0.70		1.85	4.9	0.55	4.9	"			
16	11:20,05	1.00	1.0	0.65		—		"			
17	01:20,10	1.05	2.7	0.95	2.8	0.55		0.90			
	10:33,55	0.75	0.6	—		—		—			
	16:58,50	1.10	0.5	—		—		0.15			
18*	10:28,45	2.15	1.1	>5.00	0.8	3.75	0.9	0.90	0.9		
	12:50,00	0.25		1.30	0.8	1.10	1.1	—			
	13:30,05	0.30		0.90		0.25		0.25			
	14:25,00	2.75	2.3	4.05	1.9	2.20	2.6	0.60		0.5	2.5
19	06:26,40	1.80	2.5	2.65		0.85	2.7	0.70			
	06:28,10	0.50	2.1	不 調		0.25	2.0	0.15			
	10:06,40	0.60	1.4	"		0.35		0.55			
	11:43,00	0.80	1.1	"		0.50	0.5	—			
	11:43,50	0.55	1.2	"		0.55		0.45			
	11:44,15	0.60	1.1	"		0.65	0.6	0.50			
	12:06,45	0.35	1.3	"		不 調		1.10			
	12:51,45	0.30		"		"		—			
	13:10,20	0.90	1.2	"		0.35		0.35			
	13:11,10	0.55		"		0.25		0.35			
	13:21,50	0.55	1.0	"		0.30		0.55			
20	03:55,25	1.00	2.4	1.30		0.50	2.5	0.25			
21	09:36,35	4.00	5.0	5.00	5.0	—		2.50	5.0	0.5	
	10:28,05	0.30	2.5	不 調		欠 測		—			
22	14:21,20	2.60	2.2	"		"		—			
	15:34,15	0.45		"		"		—			
	22:09,00	1.10	3.9	2.00	3.7	不 調					
23	07:46,10	0.60	0.8	欠 測		"		—			
	07:46,25	0.35		"		欠 測		—			
	14:01,40	0.75	1.6	"		"		—			

月日	時:分,秒	小塚山		二の平		神山		温泉荘		下湯 (N-S 加速度計)	
		最大振巾 (μ)	S-P時間 (Sec.)	最大加速 度 (Gal)	S-P時間 (Sec.)						
1.24	11:18,10	3.60	2.0	欠測		不調		—			
	16:00,10	2.10	2.1	"		"		—			
25	13:41,40	0.45		"		0.70		0.30			
26	03:02,40	0.35		"		0.35		—			
27	08:28,25	0.40	1.7	1.15		—		0.50			
	16:01,05	0.40		2.10		1.25		0.55			
	22:22,10	0.30		1.25	0.4	—		—			
	23:08,00	0.30		0.30		0.15		—			
28	02:30,45	1.30	2.2	2.10	2.3	0.50		0.55			
	23:17,00	3.50	3.6	4.50	4.0	1.10	3.9	0.55			
2.2	13:02,25	0.75	2.5	4.85		1.15		0.55			
4	20:09,25	0.45	2.1	0.80		0.50		0.20			
7	13:18,30	1.70	4.5	0.75		1.95	4.5	0.90			
9	22:36,00	0.75	0.6	0.75	0.5	—		0.15			
	22:36,10	0.23		0.30		—		—			
	*23:02,00	2.00	0.75	1.60	0.6	0.85		0.35			(0.5)
	23:21,05	0.55	0.5	0.50		—		—			
	23:29,35	0.50		0.50	0.6	—		—			
	23:36,15	0.30		0.40	0.5	—		—			
	23:38,20	0.45	0.6	0.60	0.6	—		—			
	23:38,25	0.35		0.35	0.6	—		—			
	23:39,25	0.30		0.40	0.6	—		—			
	*23:44,40	1.50	0.7	1.35	0.65	0.35		0.25			(0.55)
10	00:13,40	0.25		0.30		—		—			
	00:13,45	0.25		0.20		—		—			
	02:20,00	0.25		—		—		—			
	02:22,35	0.25		—		—		—			
	02:36,00	0.50	0.6	0.35		0.20		0.15			
	02:38,40	0.40	0.5	0.25		0.35		0.20			
	03:02,10	0.90	0.7	0.70		0.40		0.15			
	03:21,40	0.30		0.35		0.20		0.15			
	12:52,05	0.95	0.5	0.70	0.6	0.30		0.15			
	*12:58,10	3.65	0.55	3.95	0.45	1.90	0.55	0.80	0.65		
	13:24,50	0.65	0.5	—		0.40		—			

月日	時:分,秒	小塚山		二の平		神山		温泉荘		下湯 (N-S 加速度計)	
		最大振幅 (μ)	S-P 時間 (Sec.)	最大加速 度 (Gal)	S-P 時間 (Sec.)						
2.10	13:31,00	0.85	0.6	0.65		0.30		—			
	*14:13,05	1.80	0.55	1.50	0.45	0.75	0.55	0.30	0.65		(0.45)
11	00:00,05	0.50	0.5	0.60	0.6	0.25		—			
	04:31,35	0.45		0.60	2.0	0.25		0.25			
	07:17,55	0.40	0.5	0.40		0.15		—			
	10:16,10	0.50	1.3	2.95	0.8	0.80	1.1	0.35			
	23:21,00	0.15		0.25		0.30		—			
12	07:50,20	0.45	0.6	0.55		0.30		0.20			
	*12:46,05	2.75	0.8	2.20	0.55	1.45	0.75	0.55	0.7		(0.5)
	12:46,40	0.50	0.5	—		—		—			
	12:56,45	0.50	0.6	0.55		0.30		—			
	13:31,00	0.45	0.5	—		0.20		—			
13	01:35,35	0.50	0.6	0.40	0.5	0.30		—			
	15:07,20	0.50	0.9	—		—		—			
15	05:50,10	0.50	0.8	0.70		0.35		0.25			
17	04:04,40	2.50	4.2	2.60	4.1	0.65		0.90			
18	05:46,00	0.30	0.6	1.65	0.7	0.25		0.20			
19	15:34,55	0.70	3.7	1.25		0.60		0.25			
20	11:10,35	0.85	1.0	—		—		0.25			
25	17:24,30	0.60	2.4	欠測		不調		—			
3.1	05:30,05	2.95	3.9	—		1.75	4.1	1.90	3.8		
	21:00,15	0.55		欠測		0.75	1.5	0.20			
7	07:11,05	0.30		4.10	0.9	0.40		0.30			
	12:11,00	2.30	2.1	不調		2.65	1.8	2.10	1.7		
8	*15:12,50	1.10	1.1	>5.00	0.75	1.90	0.85	1.00	0.9		
	21:14,00	0.55	0.8	1.00		0.35		0.15			
9	06:18,25	0.40		0.70		0.20		—			
11	04:07,50	1.90	4.3	3.60		0.75		1.10	3.9		
	16:13,50	0.30	0.6	—		—		—			

月日	時:分,秒	小塚山		二の平		神山		温泉荘		下湯 (N-S加速度計)	
		最大振幅 (μ)	S-P時間 (Sec.)	最大加速 度(Gal)	S-P時間 (Sec.)						
3.12	14:18,30	0.65	1.7	—	—	—	—	欠測	—	—	—
13	*06:30,40	1.05	0.85	>5.00	0.7	1.35	0.9	欠測	—	—	—
16	15:59,15	0.55	1.2	1.45	0.7	0.55	—	欠測	—	—	—
17	*19:54,50	1.80	1.15	>5.00	0.9	1.80	0.85	欠測	—	—	(0.85)
18	*03:40,15	1.40	0.8	0.45	0.8	0.45	0.9	欠測	—	—	(0.5)
26	13:29,00	0.50	1.5	—	—	不調	—	1.50	—	—	—
27	09:43,40	1.00	0.5	—	—	"	—	—	—	—	—
31	16:41,15	0.30	—	不調	—	0.55	—	0.25	—	—	—
4.2	03:47,00	0.35	2.5	—	—	0.50	—	欠測	—	—	—
3	20:49,40	1.55	4.6	—	—	1.00	—	0.80	—	—	—
9	*09:19,55	不調	1.1	>5.00	0.8	>5.00	0.75	>5.00	0.8	2.0	0.9
18	05:05,10	0.30	3.5	1.35	3.7	0.25	—	0.15	—	—	—
	12:21,50	0.55	1.9	0.55	—	1.00	—	—	—	—	—
22	*09:51,55	1.05	0.75	1.85	0.6	—	—	0.65	0.9	—	—
	*11:16,00	0.50	0.8	3.65	0.6	0.65	0.7	0.35	0.7	—	—
	*17:51,15	1.00	0.7	5.00	0.5	0.60	0.9	0.35	—	—	—
24	01:44,10	0.60	0.7	0.95	0.5	1.05	—	0.20	—	—	—
26	00:44,10	0.50	1.1	4.15	0.9	不調	—	0.30	—	—	—
27	02:03,10	0.15	1.7	0.65	—	不調	—	不調	—	—	—
	02:03,15	0.40	1.7	0.75	—	"	—	"	—	—	—
5.3	02:16,10	0.40	2.5	0.75	2.5	欠測	—	0.15	—	—	—
4	21:32,10	0.15	—	0.75	—	0.45	—	0.10	—	—	—
5	15:46,40	0.70	3.5	2.05	—	0.35	—	0.30	—	—	—
6	04:48,40	0.30	3.0	0.60	3.2	0.45	3.3	0.20	—	—	—

月日	時:分,秒	小塚山		二の平		神山		温泉荘		下湯 (N-S 加速度計)	
		最大振幅 (μ)	S-P 時間 (Sec.)	最大加速 度 (Gal)	S-P 時間 (Sec.)						
5.10	03:37,30	0.55		1.05	2.7	0.25		0.25			
	22:19,50	2.30	3.9	>5.00	4.1	1.60	3.9	1.20	4.1		
12	06:20,50	0.50	1.4	1.05	1.2	0.45		0.25			
13	*05:10,20	1.50	0.8	2.10	0.8	0.60	1.1	1.10	0.9		
	06:57,30	0.90	0.6	1.50	0.8	0.30		0.55	0.8		
14	01:47,00	0.95	1.0	0.65	1.0	0.20		0.15			
	*17:37,05	1.10	0.9	3.00	0.9	1.30	1.15	1.25	0.9		
	19:39,10	0.55	0.5	1.00	0.7	0.20		0.30	0.7		
15	06:28,00	0.50	0.4	0.95	0.8	0.20	0.5	0.40	0.8		
16	07:21,30	0.95	0.5	0.75		0.40		0.25			
18	*04:30,05	0.30	1.2	2.75	1.0	0.50	1.0	0.30	0.9		
20	13:42,10	0.75	1.6	0.75		0.50		0.40			
	22:21,00	0.80	2.5	1.00	2.5	0.30		0.15			
21	03:14,10	0.25		3.05		0.20		—			
22	16:43,00	0.55	0.8	1.25		0.20		0.25			
	*22:02,00	0.60	1.1	3.75	0.85	1.00	1.0	0.30	1.0		
	22:09,00	0.15	2.2	0.50		0.35		0.15			
23	22:57,05	0.25	1.1	1.75	0.7	0.25		0.10			
24	03:53,10	0.20		1.75	0.7	0.45	0.6	0.10			
25	22:49,30	0.15	1.0	1.35	0.8	0.25	0.5	—			
26	10:32,55	0.50	1.0	1.40	0.8	不調		0.60			
	10:42,25	0.45	0.8	1.60		"		0.15			
	10:42,40	0.8	0.9	3.40	0.6	"		0.45	0.8		
27	*00:07,05	3.10	1.6	>5.00	1.5	"		0.85	1.4	(1.4)	
6.1	17:52,40	0.40	0.5	0.70	0.6	0.20		—			
5	06:39,25	0.25	1.9	0.75		0.30		0.15			

月日	時:分,秒	小塚山		二の平		神山		温泉荘		下湯 (N-S 加速度計)	
		最大振巾 (μ)	S-P 時間 (Sec.)	最大加速 度 (Gal)	S-P 時間 (Sec.)						
6.8	05:25,10	0.80	4.4	2.00	4.5	0.55	4.6	0.50			
11	06:04,40	1.65	4.3	1.60	4.2	—		0.65	4.3		
12	*10:46,05	0.90	1.1	>5.00	0.9	1.35	0.95	0.40	0.85		
13	22:23,20	1.35	4.6	1.70	4.8	0.60		0.40			
15	03:37,40	0.25		0.85	2.4	—		—			
17	*00:28,05	2.75	1.5	>5.00	1.5	1.05	1.6	0.60	1.3		
	*15:04,35	3.05	0.8	>5.00	0.5	2.70	0.65	1.25	0.6		
18	19:36,25	0.30		0.35		0.55		0.25	0.5		
27	*20:39,15	1.75	0.85	2.25	0.65	1.50	0.95	0.70	0.9		(0.6)
	*21:11,10	0.70	0.85	1.05	0.5	0.45	0.65	0.25	0.75		(0.5)
28	03:18,00	1.20	4.6	1.50	4.6	0.55	4.8	0.70			
29	04:26,45	0.45		1.25	3.6	0.20		0.30			
	21:38,00	0.15		0.35		0.25		—			
	21:38,10	0.15		0.20		0.20		—			
7.1	09:05,15	0.25	0.8	0.85	0.8	0.30	0.8	0.40	0.8		
5	13:55,55	0.40	0.8	1.00		不調		不調			
7	*19:27,15	3.90	0.7	>5.00	0.45	0.65	0.55	”			(0.45)
8	00:59,10	0.50	0.9	1.25	0.5	0.20		欠測			
	15:56,50	0.50		0.75	1.3	—		”			
10	15:05,10	0.30		1.40		欠測		0.20			
	19:50,15	0.35		2.55		”		0.25			
13	11:11,00	0.35	0.8	不調		”		—			
17	03:42,00	0.95	3.3	1.85	3.3	”		0.35			
	17:42,05	0.45	1.5	1.75	1.2	”		0.35			
19	02:04,00	0.40	0.6	0.75	0.4	不調		0.20			

月 日	時 : 分 , 秒	小 塚 山		二 の 平		神 山		温 泉 荘		下 湯 (N-S 加速度計)	
		最大振巾 (μ)	S-P 時間 (Sec.)	最大加速 度 (Gal)	S-P 時間 (Sec.)						
7.24	04 : 05,15	0.30		0.70		0.35	1.0	欠 測			
27	22 : 03,00	0.25	1.0	0.40		0.30		0.35			
28	12 : 50,25	0.85	0.4	0.90		0.25		—			
	13 : 22,25	0.40	0.7	1.15		0.55	0.6	—			
29	16 : 58,35	2.35	4.3	>5.00	3.9	—		1.05			
8.1	*03 : 22,30	0.40	0.8	2.00	0.85	—		0.25	0.7		(0.6)
2	00 : 28,15	0.40	3.9	0.70	4.0	0.20		0.15			
	15 : 48,00	0.25		0.60		0.10		0.25			
	15 : 48,20	0.25		0.55		0.20		0.25			
5	23 : 30,30	0.40	2.4	0.40		—		0.25			
9	00 : 11,20	0.25		0.40		0.20		0.15			
	00 : 16,00	0.25		0.35		0.20		0.10			
10	02 : 46,45	0.40		1.10		0.30		0.25			
	10 : 57,10	2.50	4.2	>5.00	4.1	0.85		1.10			
11	06 : 25,05	3.60	2.7	>5.00	2.8	3.65	2.9	1.70	2.6	0.3	
	21 : 35,00	>5.00	2.4	>5.00	2.2	3.60	2.3	>5.00	2.3	2.7	
12	*18 : 57,45	0.95	0.95	2.65	0.6	0.80	0.55	0.20			(0.5)
13	02 : 35,45	0.15		0.35		0.15		0.20			
	05 : 04,50	0.45	0.9	0.60	1.0	0.25		0.35			
14	02 : 55,55	0.20	1.8	0.60		0.30		0.10			
	03 : 49,45	0.40	3.4	4.15	3.3	0.85		0.20			
	05 : 50,40	0.35	4.8	0.75	4.8	0.25		0.15			
16	21 : 01,15	0.40	0.7	1.10	0.8	0.30	0.7	0.20			
17	06 : 30,45	0.60	1.0	0.70		0.80	0.8	0.30			
18	00 : 15,40	3.95	3.8	>5.00	3.8	1.60	4.1	1.50	3.6	0.5	
	09 : 11,50	0.85	4.0	1.75		0.35		0.30			
21	01 : 17,00	0.60	3.7	1.25	4.0	—		0.25			

月日	時:分,秒	小塚山二の平				神山温泉荘				下湯 (N-S加速度計)	
		最大振巾 (μ)	S-P時間 (Sec.)	最大加速 度 (Gal)	S-P時間 (Sec.)						
8.21	06:05,15	0.65		0.75	0.6	0.95	0.9	0.25			
	06:05,55	0.55		0.75	0.5	0.75	0.7	0.20			
	*19:10,35	0.85	0.95	3.05	0.85	1.10	1.1	0.65	0.8		
25	09:44,50	0.55	1.2	1.00		0.35		0.25			
	*23:47,20	1.75	0.65	1.25	0.6	0.10		0.15			(0.4)
26	*03:13,25	2.00	0.8	4.35	0.6	0.65	0.9	1.80	0.85		(0.55)
	*04:39,25	1.05	0.9	2.20	0.8	0.20		0.60	0.85		(0.7)
30	*09:35,40	1.10	0.9	3.30	0.65	0.40	0.85	0.35	0.8		(0.65)
31	08:10,00	0.50		2.15	1.1	0.30		0.40			
	08:33,00	0.30	0.4	1.35	1.0	0.30		0.35			
	16:56,20	>5.00	5.0	>5.00	5.0	>5.00	5.0	>5.00	5.0	1.7	5.0
9.2	21:32,15	0.15		1.40	0.9	0.15		—			
4	*04:32,45	—		5.00	0.7	4.95	0.75	2.60	0.6		(0.6)
5	07:06,00	欠測		>5.00	1.5	0.75	1.5	0.25			
	07:08,10	"		1.75	1.5	0.60	1.8	0.20			
6	*14:24,55	1.30	1.6	3.50	1.4	0.30	1.5	0.45	1.6		
7	02:35,15	0.70	1.0	0.15	1.3	—		0.10			
8	16:23,25	0.50	1.0	4.15	0.9	0.60	1.0	0.35	1.1		
10	02:28,00	0.60	4.5	0.80	4.7	0.25		0.15			
11	02:34,50	4.75	3.8	>5.00	4.0	2.55	4.2	2.75	3.8		
13	*14:33,25	>5.00	1.9	>5.00	1.8	>5.00	2.0	>5.00	2.1	10.5	1.9
	14:42,15	2.25	4.7	2.80	4.7	0.90		0.65	4.5		
14	03:33,25	0.35		2.40	3.7	0.50		0.25			
	05:42,20	0.80	0.7	1.55	0.75	0.20		0.85	0.7		
	05:42,25	0.35	0.7	0.80		—		0.50	0.7		
	05:42,35	0.90	0.65	1.65		0.20		0.75	0.6		
	08:43,40	0.60		1.65		0.35		0.35			
	23:57,15	0.40		0.75		—		—			

月 日	時 : 分 , 秒	小 塚 山		二 の 平		神 山		温 泉 荘		下 湯 (N-S 加速度計)	
		最大振幅 (μ)	S-P 時間 (Sec.)	最大加速 度 (Gal)	S-P 時間 (Sec.)						
9,16	05 : 08,50	0.25		0.50		0.15		0.15			
20	06 : 02,40	0.40		0.40		0.60	0.8	0.45			
	*13 : 44,40	0.55	0.9	1.80	0.75	1.50	0.95	2.00	0.8		(0.6)
21	14 : 28,55	0.65		0.55	0.6	0.35		—			
22	*00 : 32,50	0.90	0.8	0.50	0.65	1.40	0.75	1.55	0.5		(0.45)
	01 : 43,10	0.30		0.55	0.7	0.55	1.0	0.50	0.7		
	02 : 21,35	0.15		0.60	0.9	0.25		0.10			
	02 : 22,40	0.25		0.25		0.20		0.20			
	*02 : 23,05	>5.00	1.4	>5.00	1.2	>5.00	1.0	>5.00	1.0	0.8	1.1
	*02 : 49,00	1.80	0.8	1.55	0.7	0.95	0.6	0.25	0.6		
	23 : 39,20	3.40	4.4	3.35	4.6	2.80	4.9	1.60	4.5		
26	11 : 32,35	0.55		0.60		0.55		0.40			
	22 : 46,00	>5.00	5.0	>5.00	5.0	>5.00		3.50			
28	22 : 13,00	0.30		0.35		0.25		0.20			
10,3	10 : 32,25	3.55	3.7	4.25	3.8	2.00	3.8	1.45	3.9		
5	18 : 18,40	0.25		0.50	1.4	0.25		0.15			
6	02 : 21,10	3.00	3.7	3.40	3.7	1.60	3.6	1.30	3.6		
7	04 : 08,00	0.10		0.35	0.8	0.15		—			
9	04 : 05,00	0.15		0.25		0.40		0.25			
13	07 : 54,00	0.40	1.0	0.65	1.2	1.20	1.2	0.70	1.1		
14	11 : 32,35	0.15		0.60	1.6	0.25		—			
15	08 : 29,00	0.60		1.65	2.7	1.45	2.9	0.70	0.5		
16	07 : 14,50	0.15		0.45	0.5	—		0.15			
19	18 : 19,20	0.40		0.55	0.5	0.20		0.30	0.5		
21	02 : 56,10	1.75	3.1	0.95	2.9	0.45	2.8	1.60	2.7		
	04 : 27,00	0.35	0.5	0.40		0.75		0.30			
	08 : 00,05	0.25		1.00	0.9	0.65		0.40			

月日	時:分,秒	小 塚 山 二 の 平 神 山 温 泉 荘								下 湯 (N-S 加速度計)	
		最大振幅 (μ)	S-P 時間 (Sec.)	最大振幅 (μ)	S-P 時間 (Sec.)	最大振幅 (μ)	S-P 時間 (Sec.)	最大振幅 (μ)	S-P 時間 (Sec.)	最大加速 度 (Gal)	S-P 時間 (Sec.)
10.22	15:36,45	0.50	4.2	1.75	4.1	0.75	4.4	—	—	—	—
23	*12:45,25	1.85	0.7	2.40	0.5	2.00	0.65	1.45	0.6	—	—
25	03:02,25	0.30	1.5	0.35	—	0.40	1.3	0.30	—	—	—
26	16:10,10	0.80	4.9	1.00	4.7	0.60	—	—	—	—	—
27	*07:20,50	1.25	0.65	1.60	0.6	2.10	0.85	1.85	0.65	—	—
28	09:48,50	0.70	2.1	1.95	—	0.30	—	0.45	—	—	—
	20:44,00	0.20	—	0.30	—	0.50	0.6	0.15	—	—	—
29	*11:52,20	4.10	0.85	4.15	0.65	2.50	0.95	>5.00	0.95	—	—
	*14:03,00	2.30	0.8	3.70	0.7	0.80	—	2.80	0.7	—	—
30	16:01,15	0.25	0.9	0.45	—	0.10	—	—	—	—	—
31	02:43,00	0.70	—	0.95	0.6	0.25	—	0.25	—	—	—
11.2	10:29,45	5.00	3.8	>5.00	3.9	5.00	3.8	4.60	3.6	1.2	3.6
4	06:40,40	0.85	3.0	0.75	—	1.05	—	0.55	—	—	—
	06:44,30	0.25	—	0.20	—	0.30	—	—	—	—	—
	06:51,05	0.25	—	0.15	—	0.25	—	—	—	—	—
5	*13:16,35	1.00	0.8	1.85	0.6	1.50	0.8	1.55	0.65	—	—
7	01:18,20	0.20	—	0.50	0.8	0.25	0.6	—	—	—	—
10	05:17,20	0.45	0.6	0.90	1.0	不 調	—	0.50	—	—	—
	05:24,20	0.25	0.6	0.40	0.5	”	—	0.25	—	—	—
	11:25,35	0.15	0.4	0.35	0.5	0.35	—	0.45	—	—	—
	11:45,35	0.30	0.7	0.55	0.6	1.10	—	0.45	—	—	—
	16:06,15	0.15	1.1	—	—	0.85	—	—	—	—	—
13	06:56,00	0.55	1.2	1.70	0.8	0.95	—	1.50	0.8	—	—
14	23:13,00	0.25	1.0	0.80	0.9	欠 測	—	0.30	—	—	—
15	13:52,40	1.25	2.1	1.70	2.0	欠 測	—	0.50	2.0	—	—
16	17:47,45	1.35	—	1.05	0.5	0.65	0.5	0.90	—	—	—

月日	時:分,秒	小塚山		二の平		神山		温泉荘		下湯 (N-S 加速度計)	
		最大振巾 (μ)	S-P 時間 (Sec.)	最大加速 度 (Gal)	S-P 時間 (Sec.)						
11.16	*21:00,50	3.85	0.9	3.55	1.0	不調		1.50	0.95		(0.65)
17	07:19,45	0.40	0.8	0.30	0.8	不調		0.35			
	10:07,30	0.20	0.7	0.50		"		0.30			
	11:42,10	0.15		—		"		—			
22	21:54,10	欠測		0.85	3.6	欠測		0.30			
26	06:38,30	0.10		0.65	0.9	0.35	1.0	—			
	08:24,15	0.30	2.8	0.60	2.7	—		—			
	*10:09,10	1.70	1.1	3.50	1.0	1.50	1.1	1.65	1.0		(0.9)
	11:29,00	0.55	1.1	1.40	1.1	0.60		0.65			
	17:29,55	0.60	4.4	1.10	4.6	0.70		0.35			
28	00:11,35	1.25	4.4	0.95	4.5	0.90		0.55			
29	20:41,20	0.15		0.55	3.6	—		—			
30	02:55,25	0.35		0.70	2.5	1.00		0.40			
12.1	15:00,30	1.10	2.6	1.75	2.8	2.40	2.9	0.80			
3	20:06,50	0.35	1.1	1.00	1.0	0.80	1.1	—			
6	22:26,40	>5.00	3.9	3.40		2.80	3.9	1.85	3.6	0.6	
9	19:42,30	0.40	3.8	欠測		0.50	4.1	—			
14	18:47,20	0.25	0.7	0.30	0.6	0.25	0.6	—			
15	02:05,45	0.35	0.5	0.30		0.25		0.20			
17	13:29,55	1.50	2.1	2.10	2.1	不調		0.55			
18	05:40,15	0.30	1.3	0.60		0.60	1.0	0.60	0.9		
	08:40,05	0.30		1.05	1.0	0.60	1.0	0.80	0.8		
	10:09,55	0.25		—		0.85	0.5	—			
19	06:59,20	>5.00	2.4	>5.00	2.2	>5.00	2.3	>5.00	2.1	4.5	2.2
20	23:43,00	0.75		0.35	3.0	0.25		0.25			
21	11:01,30	0.20		0.50	0.7	0.75		—			

月日	時:分,秒	小塚山		二の平		神山		温泉荘		下湯 (N-S 加速度計)	
		最大振幅 (μ)	S.P 時間 (Sec.)	最大加速 度 (Gal)	S.P 時間 (Sec.)						
12.23	07:05,50	0.15		0.85	1.8	—		—			
26	03:03,45	欠測		1.15	2.0	0.30		—			
	15:34,05	欠測		0.75	1.9	1.20		—			
27	00:05,15	0.65	1.0	1.20	1.1	0.45	1.2	0.65			
	05:04,15	欠測		0.85	0.5	0.40	0.5	—			
28	05:18,35	欠測		0.55	1.0	0.25		—			
30	*20:14,15	2.30	1.0	欠測		欠測		2.85	0.8		(0.9)
31	00:39,20	1.25	3.9	欠測		欠測		0.60			

参考文献

平賀士郎, 広田茂, 河西正男, 鈴木征志 (1969, 1970), 箱根火山における地震活動調査, 1968, 1969, 神奈川温研報告 No. 7, 1—30, No. 11, 1—24.

広田茂, 平賀士郎, 河西正男 (1969), 箱根火山における温泉および地中温度の連続観測, 1968, 神奈川温研報告 No. 7, 31—37.

_____, _____, _____, 小鷹滋郎, 小沢清 (1970), 箱根火山における温泉および地中温度の連続観測, 1969, 神奈川温研報告 No. 11, 25—32.

_____, 横山尚秀, 河西正男, 大山正雄, 小沢清 (1971), 箱根火山における温泉および地中温度の連続観測 1970, 神奈川温研報告 Vol. 2, No. 1, 21—30.

MINAKAMI, T. (1960), Fundamental research for predicting volcanic eruptions (Part 1), Bull. Earthq. Res. Inst., Vol. 38, 497—544.

水上 武 (1967), 火山地震, 地震, Vol. 20, 107—181.

MINAKAMI, T., S. HIRAGA, T. MIYAZAKI and S. UTIBORI (1969), Fundamental research for predicting volcanic eruptions (Part 2), Bull. Earthq. Res. Vol. 47, 893—949.

大木靖衛, 荻野喜作, 平野富雄, 広田茂, 大口健志, 守矢正則 (1968a), 箱根強羅温泉の温度異常上昇とその水理地質学的考察, 神奈川温研報告 No. 6, 1—20.

大木靖衛, 平野富雄, 田嶋綾子 (1968b), 箱根温泉の成因, 神奈川温研報告 No. 6, 35—50.