

第4章 伊豆大島

田中 康裕

4.1 観測の方法

伊豆大島三原山の火口および火口原には噴気をあげている所が多数点在している。こうした地熱地帯を対象として、空中赤外温度観測を3回、地上赤外温度観測を1回実施した。観測の時期、使用計器、観測方法等は表4.4.1のとおりである。

表 4.4.1 伊豆大島三原山の赤外温度観測

	観測年月日	観測時刻	使用計器	飛行高度	撮影回数
	年月日	時分 時分		ft	回
1	1976 10 11	06 00 ~ 06 37	DS-1250	5800	4
		06 37 ~ 06 45		4300	2
2	1977 12 15	10 30 ~ 11 30	ER-2002/SD	(地上観測)	
3	1978 1 12	07 06 ~ 07 45	DS-1250	6000	6
4	1978 1 12	12 02 ~ 12 34	DS-1250	5900	6

空中赤外温度観測のための飛行コースは3回とも同じで図4.4.1に示してある。すなわち、大島の北西から進入し、中央部の三原山上空を経て、島の南東方へ抜けるコースを飛び、赤外熱映像を撮影した。観測のための飛行基地としては、このコースの北西端近くにある大島空港を使用した。また、ground truthは同空港の滑走路上でを行い、観測時刻に合わせて滑走路表面の温度を観測して熱映像の示度を検定した。

一方、地上赤外温度観測は、三原山の内輪山内において赤外線放射温度計（ER-2002/SD）を用いて地表面温度を測り、火口原、火口壁、火口底等の温度の状態を調べた。

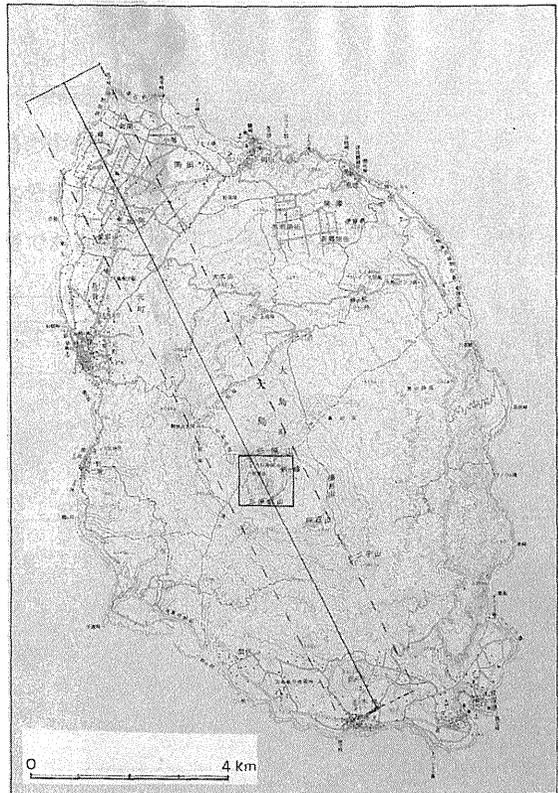


図 4.4.1 伊豆大島の空中赤外温度観測のための飛行コース。飛行コース内の四角な枠は三原火口およびその周辺で、温度解析を実施した範囲である。

4.2 観測時における三原山の火山活動

三原山は1974年2～6月の噴火を最後に、今日（1978年末）まで噴火活動は全くない。また、この噴火活動を契機として、噴煙活動が顕著に衰え、1975年半ばまでは山ろくから、ときどき噴煙が見えることがあったが、その後は山ろくからは噴煙が全く見えなくなった。しかし、噴火休止以降でも、1975年1月、1976年2月、1977年10～12月、1978年1月には、伊豆大島近くで群発地震が起り、また、1978年1月14日には、伊豆大島のわずか10 km西方でマグニチュード7.0の地震「1978年伊豆大島近海の地震」が発生するなど、火山周辺の地震活動は活発である。

三原山で赤外温度観測を実施した1976～1978年における三原火口内、火口壁、火口原の状態は、三原火口壁の崩壊が少しづつ起こっているほかは、地形の変動はほとんどない。火山活動としては、所々で弱い噴気活動を続けている程度であるが、噴気孔に昇華物はほとんど付着していない。噴気は高い時で30 m程度、低い時には地面を這う程度にあがっている。噴気の噴出音は噴気孔の近くでもほとんど聞えない。

4.3 1976年10月11日の空中赤外温度観測

この観測で得られた赤外熱映像のうち、三原火口付近をA-D変換し、それをデジタルマップになおしたものが図4.4.3である。また、同図および白黒フィルム上の熱映像のアナログ解析に基づいて作った地表温度分布図が図4.4.4である。両図とも火口を中心とした地域の温度を示したものであるが、地図の範囲は若干違っていて、図4.4.3では東西約750 m、南北約600 m、図4.4.4では東西1100 m、南北1025 mの地域を図にしてある。

異常高温地帯は、三原火口底、三原火口壁、三原火口北西縁のテラス、三原火口南部にある噴石丘「三原新山」、内輪山の東側の火口壁などに検知された。

三原火口底には火口壁に平行した環状の高温地帯がある。地表温度の最高値は、三原火口底の東部に

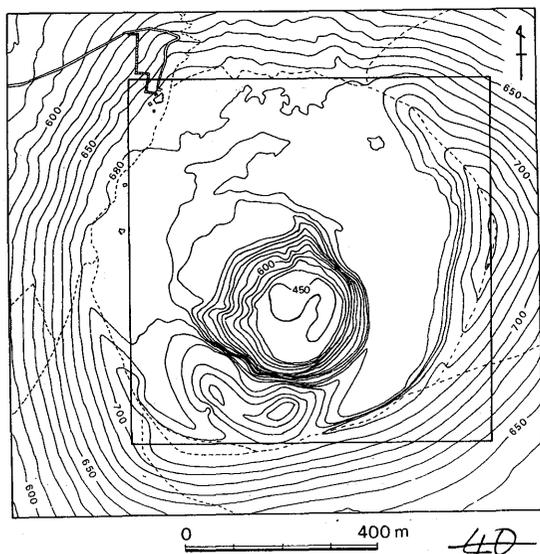


図4.4.2 三原火口およびその周辺の赤外熱映像のデジタルマップ作製地域

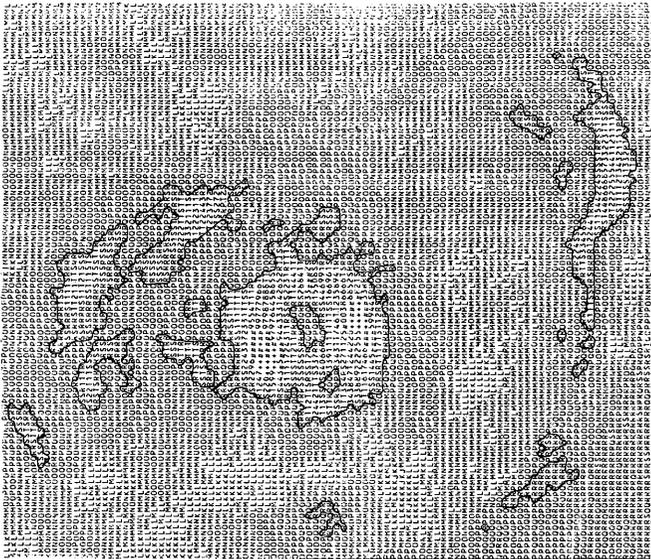


図4.4.3 三原火口およびその周辺の赤外熱映像のデジタルマップ(1976年10月11日観測)

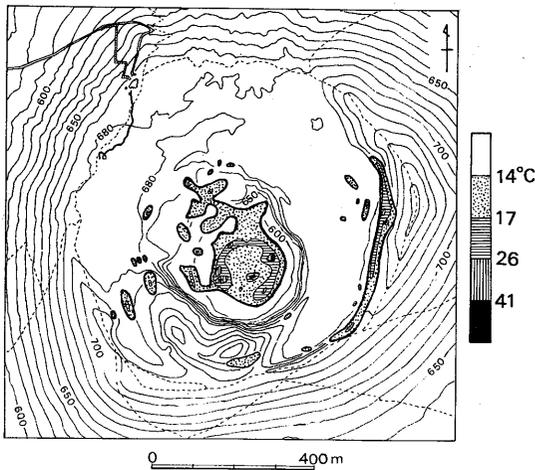


図4.4.4 三原火口およびその周辺の地表面温度分布図(1976年10月11日観測)

表4.4.2 1976年10月11日早朝の三原火口の地表面温度と平面積
(記号は図4.4.3と対応)

記号	温度 ℃	面積 ×10 ² m ²	記号	温度 ℃	面積 ×10 ² m ²
J, K, …… , Q	13<	3794	6	22	11
R	14	314	7	23	10
S	15	117	8	24	10
T	16	79	9	25	10
1	17	38	0	26	3
2	18	34	#	27~31	18
3	19	21	+	32~36	8
4	20	23	*	37~51	1
5	21	11			

(注) 大島測候所における10月11日の最低気温は16.2℃。06時の気温16.5℃, 湿度70%, 気圧1009.8 mb, 風向東, 風速7.9 m/sec, 天気晴。

あって、51℃を示した。

デジタルマップからは詳細な温度が識別できるので、図4.4.3から温度別面積（ただし、この段階ではデジタルマップに地形補正を施してないので、面積は概略である）を求めると表4.4.2のようになる。

4.4 1978年1月12日早朝の空中赤外温度観測

第4.3節に述べたものと同じ方法により、三原火口付近のデジタルマップと地表面温度分布図を作製して、それぞれ図4.4.5、図4.4.6に示す。図4.4.5は図4.4.3と、また、図4.4.6は図4.4.4と、それぞれ同じ地域が示してある。

高温地帯は1976年の観測の場合と同様に、三原火口底、三原火口壁、三原火山の北西縁のテラス、三



図4.4.5 三原火口およびその周辺の赤外熱映像のデジタルマップ
(1978年1月12日早朝の観測)

原火口の南部の噴石丘、内輪山の東側の火口壁などに検知された。高温地帯の形状は、1976年のものとくらべて、細部では違っているが、大勢としてはよく似ている。三原火口底の環状の高温部はまだ存在しているし、1976年に高温だった場所の多くは、1978年にも高温である。ただ、この観測を実施した季節（1月）の気温は、第4.3節で述べた観測の季節（10月）のそれとくらべて約10℃も低下しているの、その影響もあって、1978年1月の高温域の示度は全般に低い。

地表面温度の最高値は三原火口底の東部で検

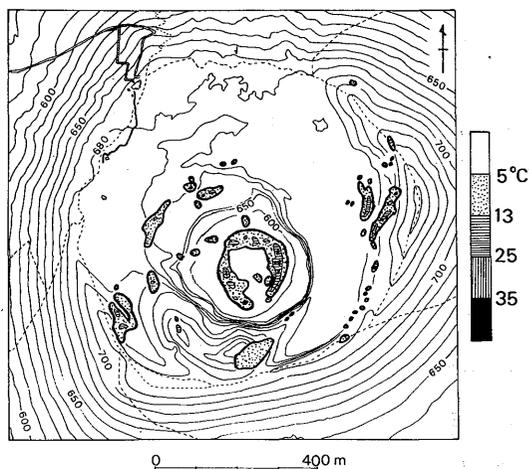


図4.4.6 三原火口およびその周辺の地表面温度分布図(1978年1月12日早朝の観測)

知され、約40℃を示した。

図4.4.5のデジタルマップから求めた温度別面積は表4.4.3のとおりである。ただし、このデジタルマップも地形補正は施していないので、面積には若干の誤差がある。

表4.4.3 1978年1月12日早朝の三原火口の地表面温度と平面積
(記号は図4.4.5と対応)

記号	温度	面積	記号	温度	面積
O, P, ……., S	5.0 <	3463	Z	20.0~22.5	20
T	5.0~7.5	335	1	22.5~25.0	11
U	7.5~10.0	282	2	25.0~27.5	6
V	10.0~12.5	164	3	27.5~30.0	7
W	12.5~15.0	108	4	30.0~32.5	5
X	15.0~17.5	65	5	32.5~35.0	1
Y	17.5~20.0	35	6	35.0~40.0	> 1

(注) 大島測候所における1月12日の最低気温は4.5℃。0.6時の気温6.1℃,湿度70%,気圧1012.1mb,風向南西,風速5.7m/sec,天気晴。

4.5 1978年1月12日昼間の空中赤外温度観測

この赤外温度観測の目的は、日射が熱映像に及ぼす影響を調べることにあった。そこで、この日は早朝(第4.4節)と日中との2回にわたって観測を実施し、両者の温度分布図を比較した。

観測当日の12時の気象状況は、大島測候所の観測によれば、気圧1010.4mb,気温11.5℃,湿度53%,風向西南西,風速8.3m/sec,天気快晴である。

この空中赤外温度観測で得られた三原火口付近の地表面温度分布図を図4.4.7に示す。

この観測は図4.4.6の時点から、わずか6時間後のものであるから、両者の間で火山体内部の熱的状态が変化したとは考えられない。しかし、地表面温度の状態は著しく変わったように見える。

早朝の観測(図4.4.6)では5℃以上の地域は明らかに高温地帯として識別できた。しかし、日中に観測したもの(図4.4.7)では、日射で山肌が温められて、大部分の地域の温度が5℃以上にあがってしまったため、高温地域として識別できるのは20℃以上の地域であった。しかし、

図4.4.7の20℃以上の地帯には、明らかに地熱地帯ではなくて、日射によって温められた岩肌地帯が含まれている。

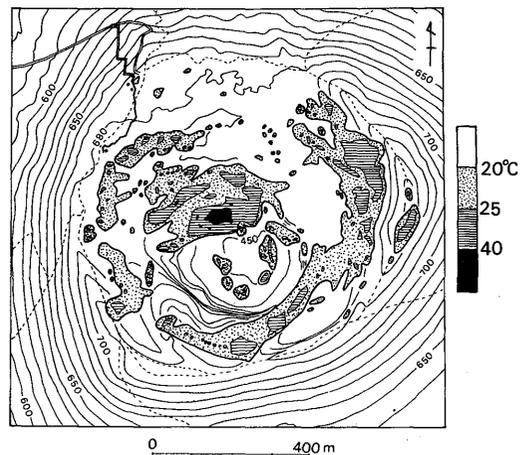


図4.4.7 三原火口およびその周辺の地表面温度分布図(1978年1月12日昼間の観測)

そこで、図4.4.7の25℃以上の地帯に注目すると、そこには図4.4.6の高温地帯のほとんどの所が含まれていることがわかる。ただし、両者の高温地帯の位置的関係はよく一致しているが、その形、面積、温度の示度等は必ずしも一致していない。

これらのことから、温度がかなり高い地熱地帯を対象とした調査では、日中の空中赤外温度観測でも、相当利用価値のある結果が期待できる。

図4.4.7で、日射の影響が顕著な場所としては、三原火口の北ないし北西火口壁があげられる。ここでは、早朝にはなかったかなり広い高温地帯が日中に現われ、温度も40～50℃にあがっている。この地域の火口壁は傾斜がややゆるやかで、かつ、南向きであるため、日射を強く受けやすいと思われる。同様な現象が内輪山東部の剣ヶ峰でも起きており、山頂部の稜線沿いの地帯が高温になっている。

4.6 1977年12月15日の地上赤外温度観測*

赤外線放射温度計(ER-2002/SD)を三原山上へ携行し、10時30分～11時30分の間に三原火口周辺の温度および噴気の状況を観測した。

観測当日の気象状況は、大島測候所の観測によると次のようである。

09時：気圧1031.9mb, 気温11.4℃, 湿度77%, 風向東, 風速3.4m/sec, 天気曇(雲量10)

12時：気圧1030.1mb, 気温13.2℃, 湿度74%, 風向東北東, 風速3.1m/sec, 天気曇(雲量10)

観測時は曇天であったため、この地表面温度値は、直射日光の影響は受けていない。

赤外線放射温度計を作動させた地点は図4.4.8中のP, Q, R, S, T点である。なお、この温度観測では、地物の輻射率をすべて1.0と仮定して行った。

P点からの観測

ここからは三原火口の東側火口縁、剣ヶ峰を含む内輪壁、三原火口南部の噴石丘「三原新山」などが見わたせる。それらを入れたスケッチを図4.4.9に示す。図中の数字は観測した温度である。高温な所が剣ヶ峰下の内輪壁の一部、それに続く火口原、三原新山の右側山ろくなどにある。図中に斜線を記入した位置からは、弱い噴気が1～2mの高さに立ちのぼっていた。

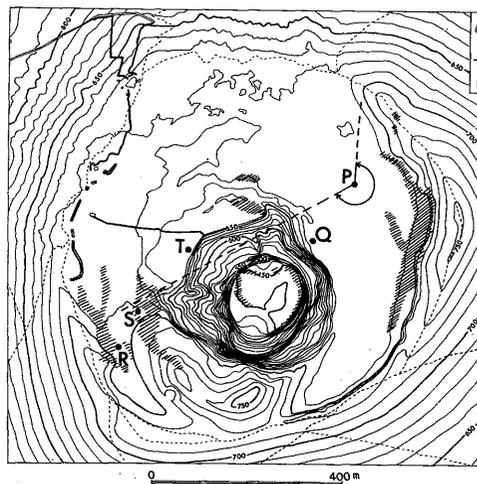


図4.4.8 三原火口周辺で赤外線放射温度計を設置し、観測した地点(P, Q, R, S, T)。P点に記入した角度は温度観測を実施した範囲。目視観測では、図の中の斜線の地域に噴気が立ちのぼっていた。(1977年12月15日)

* 田中康裕・澤田可洋・中禮正明観測

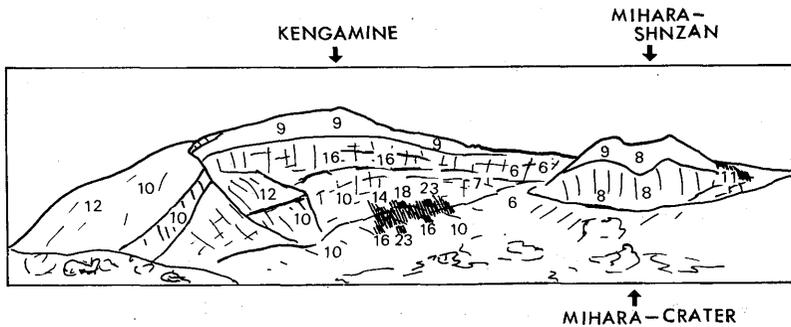


図 4.4.9 図 4.4.8 の P 点から望んだ三原火口原，剣ヶ峰（内輪山の最高点），内輪壁，三原新山などを含む範囲のスケッチと，赤外線放射温度計で観測した温度（数字で示してある）。図中の斜線部には少量の噴気が立ちのぼっているのが観測された（1977年12月15日）。

Q点からの観測

ここは三原火口縁の北東部である。ここから測った三原火口西側火口壁の温度は 8~12℃，同火口壁中央部の小噴気孔付近の温度は 18℃（この噴気孔からは弱い噴気を 1~2 m の高さにあげていた）。火口底の温度は最高 32℃を示した。ただし，ここからは火口底の 1/2 程度しか見えない。三原火口北西縁のテラス上の温度は 16~18℃，このテラスの一部からは弱い噴気を約 3 m の高さにあげていた。

R点の観測

ここは噴石丘「三原新山」と内輪壁との間の凹地である。小さな噴気孔が凹地に沿って無数にあり，かすかに噴気を出している。噴気の高さは 50 cm 以下であった。噴気孔に接近して孔内の温度を測り，54~69℃を得た。

S点の観測

ここは噴石丘「三原新山」の西側陵線である。火口に平行して 5~30 cm 程度の割れ目がじゅづつなぎにできている。噴気孔からは弱い噴気を 1~2 m の高さにあげている所もあった。噴気孔に接近して測った温度は 59~65℃であった。

T点からの観測

ここは三原火口北西縁のテラス上である。ここから測った三原火口東側火口壁の温度は 10~12℃，テラス下の西側火口壁では 10℃，テラスの温度 19℃，テラス北東部の噴気地帯の温度は 23℃であった。

4.7 1976年と1978年の地表面温度分布図の比較

先づ，日射の影響のない早朝に実施した標記 2 回の空中赤外温度観測の結果を比較する。これらの観測によって得られた熱映像ないしデジタルマップから求めた三原火口付近の地表面温度の状態は表 4.4.2 と表 4.4.3 とに記載してある。これらの表中の数字に基づいて兩年の等温度域の面積を対比させると表 4.4.4 のようになる。

この表でわかるように、1976年と1978年の早朝の温度分布図では、1976年の14℃以上、1978年の7.5℃以上の地域の面積がほぼ等しい。これらの示度は、それぞれの熱映像から高温域として識別できる限界付近の値であることから、何らかの物理的意味を持つ値であると思われる。一方、1976年と1978年の等温度域の面積を比較すると、後者は前者の半分程度しかなく、かなり冷却したように見える。また、火口底の最高温度も1976年は51℃であったのが、1978年には40℃になっている。

表4.4.4 1976年と1978年の三原火口の地表面温度の比較

温度範囲	面積 (×10 ² m ²)	
	1976年	1978年
> 7.5	—	704
> 14	708	—
> 15	394	150
> 20	105	50
> 25	40	20
> 32	9	2

しかし、わづか1年余の間に、火山体自身がこれほど急速に冷却するとは考えられないので、その原因は観測した季節の違いにあると考えた方がよい。そのことは、1978年1月12日の早朝(図4.4.6)と日中(図4.4.7)に実施した空中赤外温度観測結果を比較すればよくわかる。すなわち、日中の温度値は早朝のものよりかなり高くなり、かつ、広い範囲が高温に変わった。

1976~1978年の三原山の火山活動はきわめて穏やかであるので、火口付近の地表面温度にも大きな変化は現われていないと考えられる。

4.8 これまでに実施された三原火口の赤外温度観測

火山観測を目的とした三原火口の赤外温度観測は、近年になって毎年実施されている。その様子は表4.4.5に示してある。なお、本章末尾の参考文献にはそれらの詳細が記載されているが、各文献の番号は表

表4.4.5 三原火口の赤外温度観測

No.	観測年月日	観測の種類	使用計器	実施機関等	参考文献
1	年月 1974 6 10~11	地上	サーモカメラ(CT-4B) 赤外線放射温度計 (千野IR-LH (ナショナルER-2002))	東京大学地震研究所・ 北海道大学理学部・ 防災科学技術センター 湯原・関岡	} 1,2,3,8 4
2	1974 10 29	航空	AGA-THP-1 (改造型)	東京大学地震研究所・ 北海道大学理学部	
3	1975 6 16	地上	ERI Ground Scanner (旭電子サーモエース・モデル) (TA-60Sの改造)	東京大学地震研究所	
4	1976 1 30	航空	JSCAN-AT-5M	"	6,7,8
5	1976 3 14	地上	ERI Ground Scanner	"	5,8
6	1976 10 11	航空	DS-1250	気象研究所	
7	1976 12 1	"	JSCAN-AT-12M	東京大学地震研究所	8
8	1977 3 10	地上	ERI Ground Scanner	"	7,8
9	1977 12 10	"	"	"	9
10	1977 12 15	"	ER-2002/SD	気象研究所	
11	1978 1 12(夜)	航空	DS-1250	"	
12	(昼)	"	"	"	
13	1978 1 16	地上	ERI Ground Scanner	東京大学地震研究所	9

4.4.5の右欄の番号と一致させてある。

下鶴・他³⁾⁴⁾によれば、三原火口底の温度は1974年の噴火活動以来低下しており、三原山の活動が活発化している傾向はないという。

参 考 文 献

- 1) 北海道大学理学部・防災科学技術センター(1974):大島三原山,その1,火口の熱的状态.火山噴火予知連絡会会報,1,15-17.
- 2) 北海道大学理学部・東京大学地震研究所(1975):空中赤外映像による伊豆大島三原山の観測.火山噴火予知連絡会会報,2,4-7.
- 3) 江原幸雄・横山泉・下鶴大輔・宮崎務(1975):伊豆大島三原山の熱分布.伊豆大島三原山の集中観測—1974年6月—.8-16.
- 4) 湯原浩三・関岡満(1975):三原山火口よりの放熱量と火口壁の温度分布.伊豆大島三原山の集中観測—1974年6月—.17-22.
- 5) 東京大学地震研究所(1976):伊豆大島三原山の調査.火山噴火予知連絡会会報,7,32-34.
- 6) 下鶴大輔・鍵山恒臣(1976):改造型赤外放射温度計による三原火口底の表面温度測定.火山2集,21,95-105.
- 7) 東京大学地震研究所(1977):伊豆大島の地形変動と温度測定.火山噴火予知連絡会会報,10,24-28.
- 8) 下鶴大輔・鍵山恒臣(1977):伊豆大島三原山の熱映像の調査研究.噴火予知のための主要活火山における熱的状态の調査研究, No. A-52-1, 87-98.
- 9) 東京大学地震研究所(1978):伊豆大島三原山の最近の活動—特に1978年1月の大島近海地震に際しての三原山の挙動.火山噴火予知連絡会会報,12,68-72.