

# 1965年1月から1970年6月までの阿蘇火山に おける異常現象について\*

稲垣豊秋\*\*・槌屋 清\*\*\*

551. 21

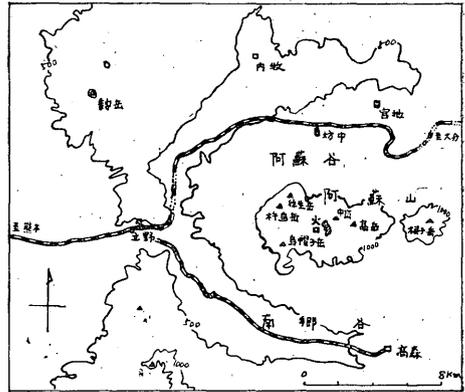
## 1. まえがき

阿蘇山では1965年1月1日から62A型直視式電磁地震計による3点観測(A, B, C点)が開始されてから1970年6月までの5年6ヵ月の間に、大爆発を伴った噴火1回と数回の小活動があった。62A型はそれまでの機械式地震計にくらべて精度が一段と向上し、以前に観測されなかった珍しい現象も記録しているので、ここにまとめて今後の火山防災の資料としたい。(稲垣・槌屋, 1969および1970)なお、3点観測の位置については第1図a, bおよび写真1a, b, cに示し、62A型直視式電磁地震計の常数は第1表に示す。

## 2. 異常現象 (第2表参照)

### (1) 1965年の異常現象

1964年11月ころから火口底に赤熱現象が現われ、しだいに火山活動は活発化し、1965年4月には火口底は全面

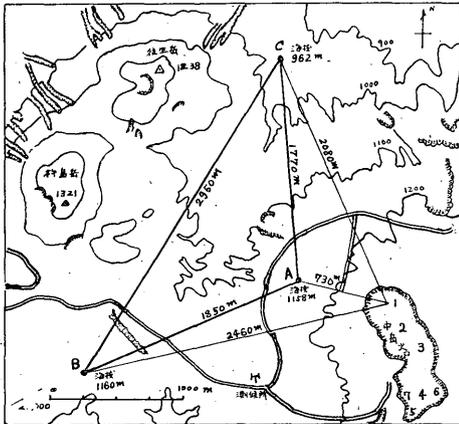


第1図b 阿蘇山とその周辺

第1表 62A型直視式電磁地震計の常数

主要常数				
T <sub>1</sub>	h <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	h <sub>2</sub>	V
1.0秒	0.5	1/15秒	0.5	3000

T<sub>1</sub>: 変換器の固有周期 h<sub>1</sub>: 変換器の減衰定数  
T<sub>2</sub>: 検流計の固有周期 h<sub>2</sub>: 検流計の減衰定数



第1図a 3観測点(A・B・C)の位置

赤熱状態となった。その後、同年の梅雨期の大雨と8月の台風による大雨で、火口底は全面湯だまりとなり埋没した。しかし、高熱の火口底は乾燥が速く、同年10月20日夜には火口底の南西すみにできた新火口孔からときどき火山灰を噴出するようになり、同月23日には小爆発、また、同月31日01時58分には大爆発をおこした。その後も噴火活動が続き、同年11月、12月にも小爆発があった。(写真2)

### (2) 1966年の異常現象

1966年に入ってからでも噴火活動は続き、同年5月10日に噴火は終わった。なお、この大爆発とそれに続く約6ヵ月間の噴火については福岡管区気象台要報第22号(1967)に「昭和40年10月下旬~41年5月上旬阿蘇火山噴火調査

\* T. Inagaki and K. Tsuchiya: On the Abnormal Phenomena at Volcano Aso from 1965 to 1970 (Received May 26, 1972).

\*\* 福岡管区気象台, 元阿蘇山測候所

\*\*\* 気象庁地震課

報告」として、噴火当時の阿蘇山測候所長竹下陸雄によって詳しく述べられているので、ここではそれに関連する地震・微動についての2~3の追加考察を述べる。

### (3) 1967年の異常現象

#### ア. 火山性地震と連続微動

4月29日~30日に鞍岳付近に震源があると思われる地震が多発し、それに続いて5月1日から連続微動の振幅が増大し(最大振幅は $0.5\mu$ )、約1ヵ月間消長をくり返したが、この間、火口の表面現象に異常は発生しなかった。

#### イ. 赤熱・火炎・噴石

10月上・中旬に連続微動の振幅がやや大きくなり、11月5日最大振幅は $0.5\mu$ となった。同月18日には噴石を飛ばしながら(高さ50~60m)、開口活動が始まった。12月3日には半身大の噴石を火口内に噴出させ、連続微動の最大振幅は $0.6\mu$ となった。同月12日には火炎を噴き上げ始め、これらの現象は12月下旬に最盛期となったが翌年の1月に入り、微動はおさまり、火炎も1月に消えた。(写真3)

### (4) 1968年の異常現象

#### ア. 孤立型微動の群発

4月1日日向灘の地震( $M7.5$ )があり、その影響かどうかはわからないが、地震直後の5日から振幅の大きい孤立型微動が群発し始め、約10日間続いた。その平均振幅は約 $2\mu$ にも達した。しかし、この現象と関連があると考えられる、第1火口の表面現象は一時的な土砂の噴出と少量の火山灰の噴出程度で、特別な異常現象は発生しなかった。

#### イ. 赤熱・火炎現象

9月末ごろ火口底は湯だまり状態であったが、孤立型微動がしだいに多くなり、10月末に最盛期を示し、11月に入りしだいに衰え始めた。しかし、同月下旬から火口底は急速に乾燥し始め、赤熱・火炎現象が現われ、27日から連続微動の振幅が増大し、第1火口の火口底に新しく火孔(直径約10m)が開いた。12月に入り、微動は最大振幅 $1\mu$ を越えるようになった。

### (5) 1969年の異常現象

#### ア. 赤熱・火炎現象

前年に引続いて、赤熱・火炎現象が強くなり、とくに第1火口の火口底の新火孔からの火炎はすさまじく、直径約20mの火孔から10~15mの火炎を、ほぼ連続的に吹き上げている。(写真4a, b)

#### イ. 6~7月の大規模な土砂噴出

赤熱・火炎状態にあった火口底は梅雨末期の大雨

(1388mm)によって全面湯だまりとなり、火口は閉そく状態となった。このため、6月27日、28日、7月1日および18日の夕刻から夜半にかけて、連続的に大きな土砂の噴出があり、開口活動があった。(大雨→湯だまり→土砂噴出→開口→大雨→湯だまり→土砂噴出→開口を繰り返した)。この土砂噴出の微動を1965年10月31日以降の噴火微動にくらべると、周期はやや短かく、振幅比は3観測点で次のような比率になっている。土砂噴出による微動振幅比はA点8.0、B点1.1、C点1.0。噴火微動振幅比はA点2.4、B点1.5、C点1.0、この振幅比から、大規模な土砂噴出による開口活動の場合は噴火微動にくらべて、振幅の距離による減衰が非常に大きいことがわかる。減衰の大小によって、火道出口の土砂噴出現象と火口直下のやや深い噴火微動との区別がつきそうである。

### (6) 1970年の異常現象

#### ア. 4~5月の火山灰の噴出

前年10月ごろから孤立型の微動がしだいに増加していたが、1970年3月上測に最盛期を示し、同月中旬から急速に減少し始めた。これにかわって、同月中旬から阿蘇谷の宮地付近に有感地震を含む火山性地震が多発、ついで4月中旬から4年ぶりに、やや本格的な火山灰を噴出し始めた。

## 3. 火山性地震・微動についての考察

### (1) 大爆発直前の地震の多発について

1965年10月31日01時58分に阿蘇中岳第1火口は7年ぶりの大爆発をした。この大爆発前の2ヵ月間に次のような諸現象が発生したが、このうちとくに、9月から10月にかけて、火山性地震が多発したこと、および、爆発直前の10月26日から30日までの間にやや周期の長い(0.8~1.0秒)地震が多発したことは、爆発に深い関連があるものと推定される。後者は阿蘇山で日頃観測される地震の型と違っているので、ここではこれを長周期B型地震と仮称する。

ア. 9月から火山性地震がやや増加した。(9月17回、10月38回)

イ. 10月19日から24日まで連続微動の振幅がやや大きくなった。(最大振幅 $0.3\sim 0.4\mu$ )

ウ. 10月20日から開口活動が始まり少しずつ火山灰が出てきた。

エ. 10月23日に第1火口底南西すみで小規模の爆発があった。

オ. 10月25日から31日の大爆発まで、赤熱・火炎・

第2表 阿蘇山の異常現象一覧表  
(1965年1月～1970年5月)

年 月	震 動 観 測			表 面 現 象						
	火山性地震回数	連続微動最大振幅	孤立型微動回数	噴火	爆発	赤熱	大中小	火炎高さm	そ の 他	
1965 2	5	0.2 $\mu$	8 <sup>(0.5<math>\mu</math>)</sup>			赤熱	中	火炎	少量の火山灰噴出  震度 I : 1, 震度 II : 2, 震度 III : 3.	
3	5	0.2	4 //			//	中	//		
4	20	0.2	5 //			//	中	//		
5	13	0.2	× //			//	中	//		
6	6	0.2	23 //			//	小	//		
9	17	0.2	8 //			//	小	火炎		
10	38	3.0	274 //	噴火	大小	//	小	//		
11	23	1.0	× //	//		//		40		
12	5	1.7	× //	//		//		20		
1966 1	7		> 535 <sup>(1<math>\mu</math>)</sup>		小					
2	11		> 1997 //							
3	5		> 1887 //							
4	15		1887 //							
5	9		2176 //							
1967 4	17	0.2	105 <sup>(0.5<math>\mu</math>)</sup>						土砂噴出 (火口内)	
5	6	0.5	3 //							
11	11	0.5	11 //	噴火					噴石 (火口内)	
12	12	0.7	10 //	//				10	噴石 (火口内)	
1968 1	15	0.4	32 //			赤熱	小	//	10	少量の火山灰, 土砂噴出 (火口縁)
4	10	0.2	1979 //							
10	2	0.3	1619 //							
11	10	0.5	674 //			赤熱	小	火炎		
12	2	1.0	> 96 //			//	中	//	3	
1969 1	6	1.0	> 7 //			//	中	//	5	
2	16	0.5	78 //			//	中	//	10	
3	7	0.3	224 //			//	中	//	10	
4	14	0.3	565 //			//	中	//	10	
5	11	0.3	460 //			//	大	//		
6	3	0.6	328 //			//	大	//	3	一時全面湯だまり
7	2	1.7	86 //			//	小	//		土砂噴出 (中段火口丘)
11	8	0.2	578 //			//	中	//	10	
12	8	0.2	545 //			//	中	//	10	
1970 1	17	0.2	713 //			//	大	//	10	
2	7	0.3	1070 //			//	大	//		
3	22	0.2	967 //			//	大	//	10	
4	3	0.3	115 //			//	中	//		少量の火山灰噴出
5	10	0.2	140 //			//	小	//		

(太字は異常値を示す)

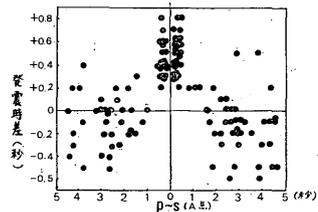
鳴動などの表面現象が消え、連続微動はほとんど停止して、無気味なまでに静寂となった。(この連続微動の停止現象は爆発前によく現われる現象である。)

カ. この静けさの中に長周期B型地震が多発した。

(2) 長周期型地震について

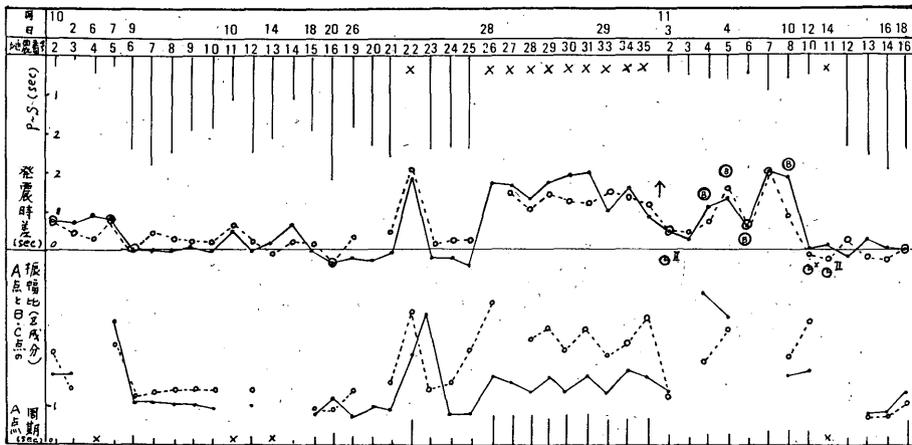
ア. 発震時差について

この地震は、一般の火山性地震と比較して、3観測点間の発震時差が大きいことが特徴である。B・C点とA点との発震時差 $T_B - T_A$ ,  $T_C - T_A$ は平常は第2図に示すとおりである。すなわち、火口付近の地震(A点のP~S 1.0秒以内のもので、第2図中央上部に群集して



第2図 発震時差

横軸 A点のP~S時間  
縦軸 左側C-A点間の発震時差  
右側B-A点間の発震時差  
(1967. 1~1968. 3)



第3図 1965年10月31日の大爆発前後の地震の状況

③ 爆発地震. 発震時差:  $\cdot\cdot\cdot T_B - T_A$ ,  $\circ\circ\circ T_C - T_A$ . 振幅比:  $\cdot\cdot\cdot M_A/M_B$ ,  $\circ\circ\circ M_A/M_C$ .  
 $P \sim S$  欄の X 印は長周期の B 型地震.  $\uparrow$ : 大爆発.

いるもの)では、発震時差は  $+0.2 \sim +0.8$  秒程度である。ところが、この長周期 B 型地震では第3図に示すように  $+1.5$  秒前後に伸びている。これは、この種の地震の発震源が浅いことを示している。この B 型地震10例についての発震時差の平均値 ( $T_B - T_A$ ), ( $T_C - T_A$ ) はそれぞれ  $+1.60$  秒,  $+1.36$  秒となった。これから地震波のみかけの伝播速度を計算すると  $1.070$  m/sec,  $990$  m/sec となる。一般に、みかけの速度が遅いほど発震源が浅いことを示しているので、この発震源もかなり浅いものと考えられる。

イ. この B 型地震は正弦波動的振動で表面波と推定される部分が主である。A, B, C の 3 観測点に記録された地震波の様子は写真 5 a, b にその 1 例を示す。初期微動のような頭部の ripple のあとに長周期の正弦波振動が続いている。また、これらの中には火口に最も近い A 点で短周期の ripple がついているが、B・C 点では全くついていないものが 2 例あった。これは発震源が浅いために、遠くなるにつれて短周期の震動が吸収されたものと考えられる。

ウ. 周期がやや長いこと。10月26日までに発生した A 型地震の周期 ( $0.2 \sim 0.3$  秒) にくらべて、 $0.8 \sim 1.0$  秒とやや長くなっている。(第3図)

エ. 振幅比が大きいこと。第3図に示すとおり、A 型地震から長周期 B 型地震に変わって振幅比  $M_A/M_B$ ,  $M_A/M_C$  が急に大きくなっている。これも発震源が浅く、火口付近であるために B, C 点における減衰が大きいのであろう。また、第3図によれば、10月31日01時58分の

爆発以後に爆発地震が(図中③印のもの)数回発生したが、この爆発地震も、前記の長周期 B 型地震も、発震時差、振幅比がほとんど同じ値を示していることから、いずれも発震源は火口付近の浅い所とみなしてよさそうである。

(3) 10月9日の火山性有感地震(震度 I)および10月中の地震群について

10月9日の有感地震についての熊本地方気象台(ウイヘルト)と阿蘇山測候所(62A型)における験測結果は第3表のとおりである。

第3表 1965年10月9日07時53分の有感地震

観測地点	発震時	分	秒	$P \sim S$	震度
阿蘇山	07 <sup>h</sup>	53 <sup>m</sup>	24.7 <sup>s</sup>	2.5	I
熊本	"	"	26.3	3.0	付近有感

この地震の震央は阿蘇外輪山西方山麓と推定されるが、第3図中の  $P \sim S$  2~3 秒程度の地震群は  $P \sim S$  型から第3表と同じ系統のものと推定される。

阿蘇火山の噴火には阿蘇山北西の地震群が非常に関係深いことが今まで多くの人によって指摘されているが、(和田・加茂・外輝 1964)このうち外輪山周辺部の  $P \sim S$  2~3 秒程度の地震群でとくに関係深いように思われる。

(4) 1966年1月以降の孤立型微動の群発について  
 1965年11~12月の噴火前期においては、連続微動が卓越して、孤立型微動は不明であったが、噴火後期の

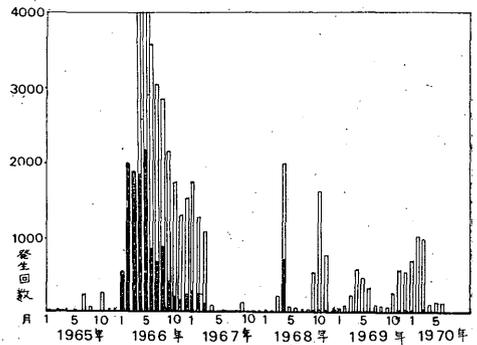
1月に入って、連続微動が衰退するとともに、孤立型微動が群発しはじめた。一般に孤立型の微動は立ち上りははっきりしないものが多いが、たまには立ち上りがシャープなものもある。このようなはっきりした例を30ほどとり出し、平均して、 $T_B - T_A = 1.64$ 秒、 $T_C - T_A = 1.67$ 秒の値を得た。これは前記の長周期B型地震とほとんど同じ値であり、発震源がB型地震と同じく浅い所にあるものと推定される。一般に火山における短周期微動は固体部分の破壊によるもの、また、周期のやや長い正弦波的な微動はマグマ自体の震動やガスなど移動によって起される振動によるものと考えられているが(下鶴大輔 1968)、阿蘇山では短周期の連続微動が前者に相当し、長周期の孤立型微動が後者に相当するものではなからうか。孤立型微動の盛衰については第4図に示すように、噴火後半に群発しているほかは1968年4月1日の日向灘の地震後に群発し、また、数回の小活動に多発している。しかし、1965年10月の大爆発前にはあまり発生していない。

なお、孤立型微動はB型地震の一種であろうが、桜島に見られるB型地震とは発震機構がいささか異なるように思われる。(桜島のB型地震と爆発との関係ほどはっきりした関係がまだ見出されていない。)

(5) 3観測点の振幅比について

阿蘇山では常時火山性微動が発生しているので、火山性地震の立ち上りが不明りようなことが多く、3点の観測点間の距離が短かすぎカルデラ内の距離係数kについての適切な値が得られないこと、などのために震源がつかめない場合が多い。このため、3点の発震時差と振幅比を利用することが震央の目安をつけるのに有効である場合が多い。

振幅比を論ずるには観測点の地盤についての説明が必要である。観測点(A, B, C)は写真1 a, b, cに示すとおり、A点は旧溶岩岩盤上にあって、最も地盤がよ



第4図 孤立微動の発生状況

白 0.5 $\mu$ 以上 黒 1.0 $\mu$ 以上  
 1965年11~12月噴火微動のため検測不能  
 1966年1~3月噴火微動のため1.0 $\mu$ 以下検測不能

第4表 観測点A, B, C観測点の振幅比(C点1.0をとして)  
 (1965. 1~1970. 6 における平均値)

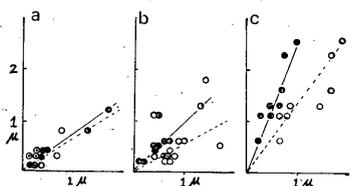
	成 分	N~S			E~W			U~D					
		観測点			A	B	C	A	B	C	A	B	C
	震央	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
阿蘇火山性震動	熊 本 ↔ 阿 蘇 間	0.6	2.4	1.0	0.6	2.8	1.0	0.7	1.8	1.0			
	鞍 岳 付 近	0.4	1.7	1.0	0.4	2.0	1.0	0.6	1.6	1.0			
	宮 地 付 近	0.4	0.3	1.0	0.6	0.5	1.0	0.7	0.6	1.0			
	火 口 付 近	1.7	1.5	1.0	2.5	3.0	1.0	1.7	0.9	1.0			
	噴 火 微 動	1.1	1.4	1.0	0.8	1.3	1.0	2.5	1.5	1.0			
	土 砂 噴 微 動 (推定の高さ約 100 m)	2.5	0.8	1.0	2.5	1.0	1.0	10.0	1.0	1.0			
火山外の地震	宇 和 島 地 震	0.3	0.4	1.0	0.4	1.0	1.0	0.3	0.5	1.0			
	日 向 灘 地 震	0.3	0.6	1.0	0.3	0.8	1.0	0.7	1.1	1.0			
	え び の 地 震	0.6	1.0	1.0	0.5	1.4	1.0	1.0	1.7	1.0			
	雲 仙 岳 地 震	0.4	1.2	1.0	0.5	2.0	1.0	0.8	1.1	1.0			
	奄 美・屋 久 島 付 近	0.5	1.1	1.0	0.4	1.4	1.0	0.9	1.9	1.0			

く、B点は草千里火口の堆積地にあるため最も地盤が悪く、C点は往生岳中腹にあってA、B两点の中間的地盤である。B点は一般的にはA、C点よりも振幅が大きく出る傾向があるが、震央の地域、また、方向によっては逆に小さく出る場合もある。

さて、阿蘇山および、その周辺部の火山性地震と九州の一般地震についてA、B、C3点のおおよその振幅比を計算し、平均値として第4表のような結果が得られた。

(Sample 20~30)

このうち、熊本・阿蘇間の地震群と外輪山北西方向の鞍岳付近の地震群  $M_B$  がとくに大きく、ほぼ同じ値を示す。これらはともに、阿蘇の北西域の地震群として、阿蘇山噴火の前後に多発する傾向がある。また、火口から北東方向の宮地付近の地震群は  $M_C$  が大きく、火口付近の地震群は  $M_A$  が大きく（とくに上下動が大きい）、振幅



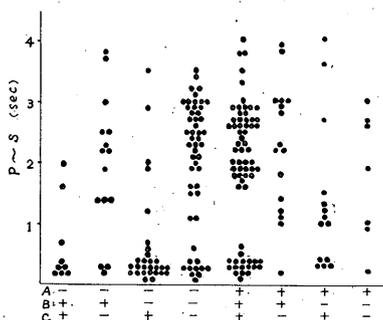
第5図 1965年10月31日の大爆発までの振幅比の変化 (Z成分)

縦軸 A点  
横軸 B・C点

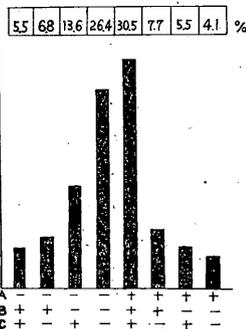
● B点 ○ C点

- a. 1965年9月  $M_A/M_B=0.6$ ,  $M_A/M_C=0.7$
- b. 1965年10月 (短周期地震)  $M_A/M_B=0.6$ ,  $M_A/M_C=1.0$
- c. 1965年10月下旬 (長周期地震)  $M_A/M_B=1.4$ ,  $M_A/M_C=2.5$

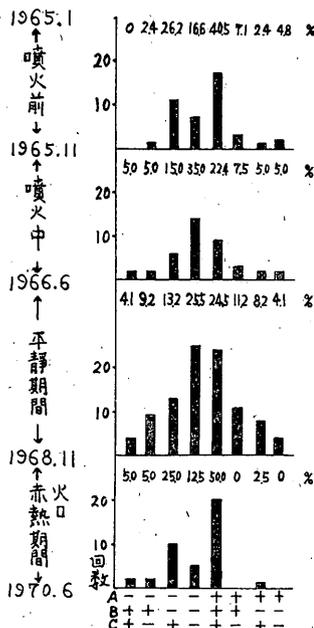
1965年1月~1970年6月



第6図a 3点における押し・引き組合せ(横軸)とP~S(縦軸)別の地震分布 (1965年1月~1970年6月)



第6図b 火山性地震の3点における押し、引き組合せ別発生回数 (1965年1月~1970年6月)



第6図c 火山性地震の押し、引き組合せ別回数と火山活動の推移 (1965年1月~1970年6月)

だけで火口付近の地震ということが推定できる。

火山活動の推移につれて、地震の発震源が移動するため3点の振幅比に変化が起ることが考えられる。実例として、第3図に1965年10月31日の爆発前の状況を示したが、これをさらに詳細に図示したのが第5図である。

これは火山性地震がA型からB型に移行したのであるから当然のことであるが、地震が群発し、しだいに振幅比が変わっていくことは阿蘇山の火山活動にとって赤信号

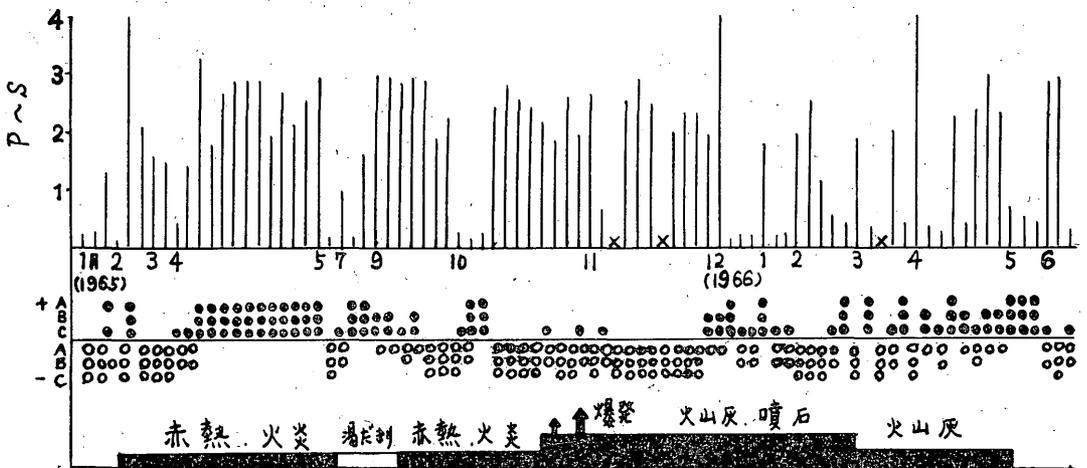
と考えねばならない。

(6) 3点の押し引きと火山活動について

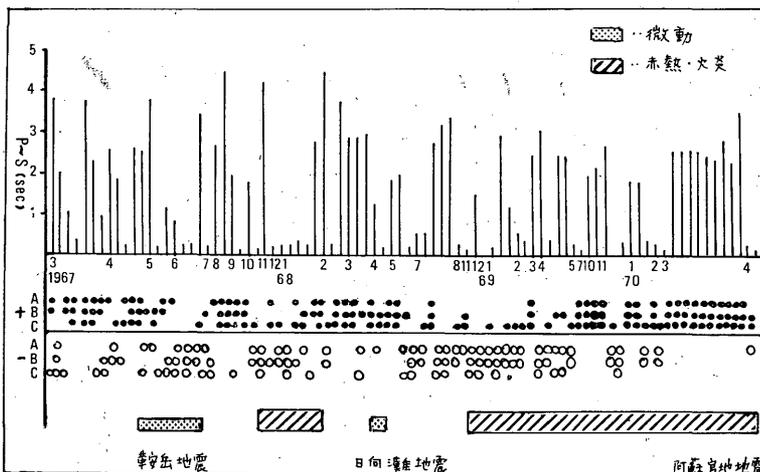
ア. 3点の押し引き組合せ別地震回数

観測点A, B, C 3点ともに、初動がはっきりした火山性地震だけを取り出し、横軸に押し引きの組合せを、縦軸に  $P \sim S$  (秒) をプロットしたのが第6図aである。また、1965年1月から1970年6月までの全期間について3点の押し引き組合せ別の総回数を第6図bに示す。第6図a, bによればA, B, C 3点同符号のものが最も多く、57%を占めている。これらは火口付近の  $P \sim S$  0.5秒前後の群と  $P \sim S$  2~3秒程度の群に大別される。次

いでA, B, C 3点がそれぞれ(一, 一, 十)の組合が多い(これはほとんど  $P \sim S$  1秒以内の火口付近のもの)。なお、第11図aで、全組合せとも、 $P \sim S$  1秒前後の地震が少なく、また、前記のとおり、2群に大別され( $P \sim S$  0.5秒前後と2~3秒程度)しかも特種な組合せに集中している。(和田・須藤 1965) この点の押し引きの組合せの時間的変化と火山活動の推移との関係について、最近5年6ヶ月間の変化を第6図cに示す。これは、1965年1月から1970年6月までを4段階(噴火前、噴火中、平静期間、赤熱期間)に分けて、各段階における特徴とその変化を図示したものである。



第7図a 1965年10月31日大爆発前後の火山性地震の押し・引きおよび火山活動の推移。  
●押し ○引き A・B・Cは観測点



第7図b 平静期における押し・引きおよび  $P \sim S$  と火山活動の推移  
A・B・Cは観測点 (1967年3月~1970年4月)

この図によれば、噴火前の10ヵ月間では、3点ともに押し(十, 十, 十)が引き(一, 一, 一)よりはるかに多く、噴火中はこれが逆転していること、一方平静な期間ではいずれもほぼ同数となっていること、また、1968年11月以降の火口底赤熱・火炎の継続期間中は噴火前の期間と類似していることなどがおもな特徴となっている。

#### (7) 3点の押し引きおよびP~S時間と火山活動の推移

第7図aに見られるとおり、1965年10月31日爆発の半年前の4月に押しの地震が多発し、爆発3週間前には引きの地震群に変わり、11月いっぱい続いている。12月にはいり押し引きが半々くらいになり、1966年に入り火山活動はしだいに弱くなっていった。第7図bは、火山活動が比較的平静なときで、押し引きが半々になっている状況を示す。前記爆発前には微弱ではあるが、いろいろな異常現象があった。しかし、爆発予測のきめてになった前兆現象はなかった。(阿蘇山には常に大なり小なりの異常現象が発生することが多いので、どの現象が爆発につながるか、その予測は困難である。)これらの異常現象の中で、地震群の押し引きの特性が爆発3週間前に変化することに注目したい。これらの地震群は外輪山周辺部のも推定されるところから半年前の押しの地震群から、爆発3週間前に引きの地震群に変わったことは重要な意味があるように思われる。しかし、1回だけの例で断定することは危険であろう。この押し引きと火山活動については(和田・加茂・小野・須藤1968)により、

引きの地震群に注意したいということが述べられている。

#### 4. ま と め

現在火山性地震・微動の観測は、火口の現地観測とともに最も有力な火山防災の資料となっている。しかし、爆発の前駆現象を事前に正確には握することはむずかしく、とくにいつ爆発するかについて予測することは最も困難である。62A型電磁地震計が設置されて、日なお浅く、まだ、爆発1回を経験したに過ぎず、資料不足という感が強い、とくに、火山の地震・微動には未解決な点が多いので、ここでは、できるだけ事実を述べることに重点をおいたが、やむを得ず主観的な推定をせざるを得ないところがかなり多かった。

最後に、写真等作製にご協力いただいた阿蘇山測候所の職員各位に厚く感謝します。

#### 参 考 文 献

- 和田卓彦・加茂幸介・外輝 明 (1964): 阿蘇山の簡単な地質構造と火山性地震の震源分布, 火山, 2集, 9, 25~37.  
 和田卓彦・須藤靖明 (1965): 阿蘇山の火山性地震の発震機構, 火山, 2集, 12, 61~69.  
 竹下睦雄 (1967): 福岡管区気象台要報, 22.  
 和田卓彦・加茂幸介・小野博尉・須藤靖明 (1968): 噴火前後の火山性地震の性質, 京大防災研究所年報, 11 A.  
 下鶴大輔 (1968): 第3編第2章火山脈動, 地震火山岩石物性(宮村撰三編), 共立出版, 225~227.  
 稲垣豊秋・槌屋 清 (1969): 福岡管区気象台研究会誌.  
 稲垣豊秋・槌屋 清 (1970): 福岡管区気象台研究会誌.

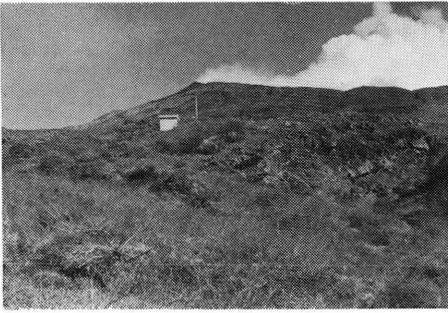


写真1-a 観測点A

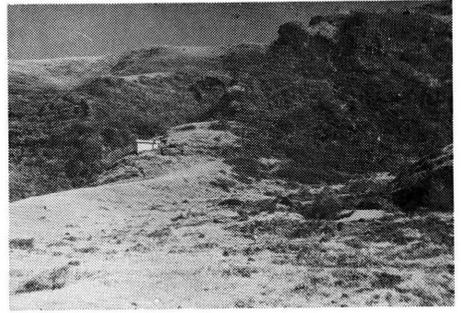


写真1-b 観測点B

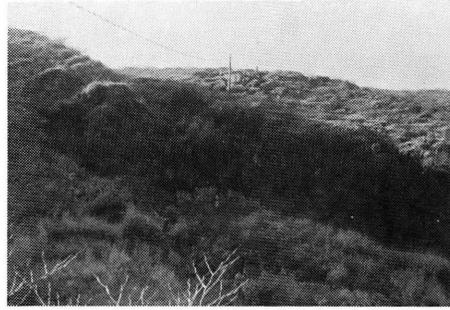


写真1-c 観測点C

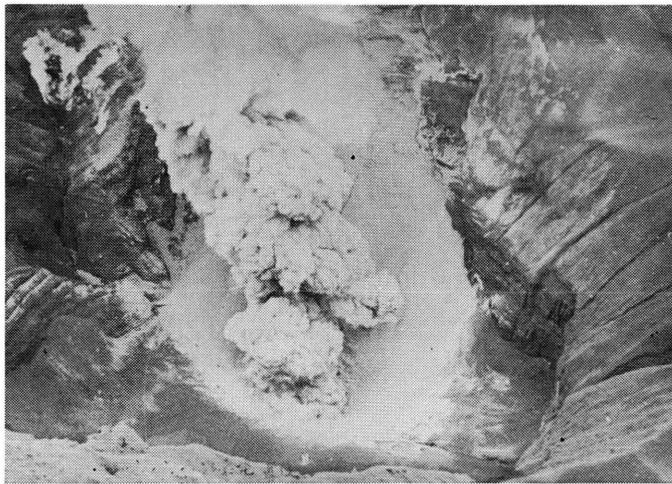


写真2 1965年10月31日爆発後の第1火口（11月6日7時井上敏男氏撮影）

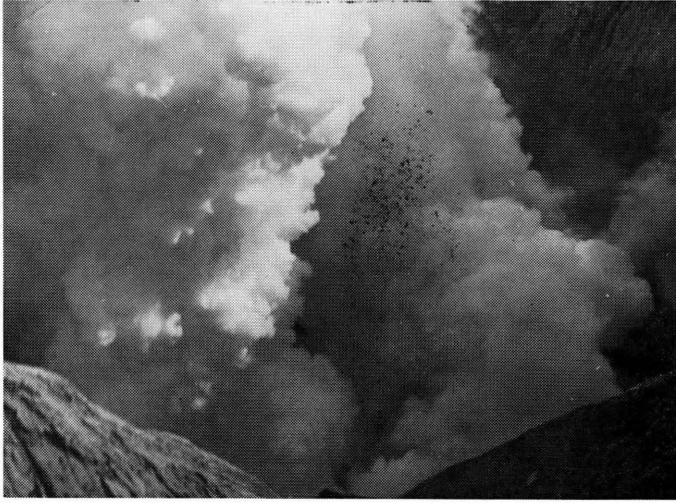


写真3 第1火口の噴石活動噴石の大きさは半身大(1967年12月3日11時30分撮影)

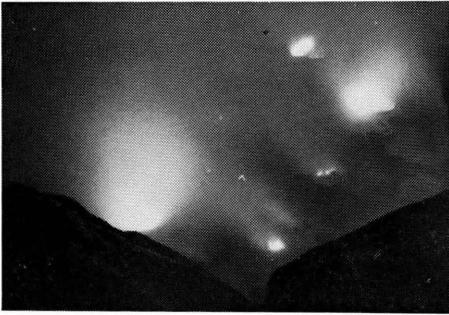


写真4-a 第1火口底の赤熱と火炎  
(1968年11月29日20時)

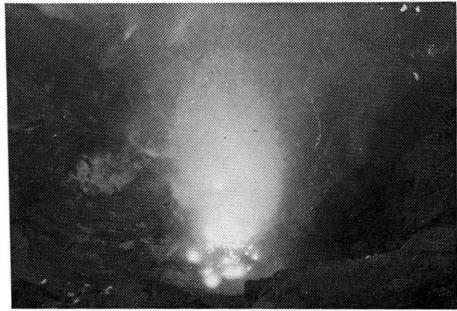


写真4-b 第1火口底の赤熱と火炎  
(1969年12月23日)

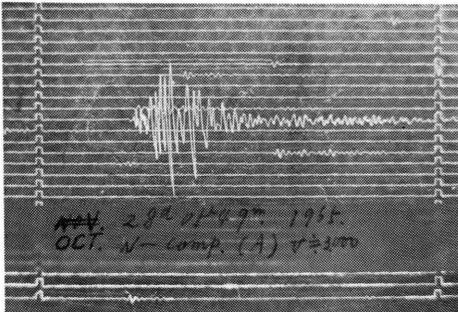


写真5-a 1965年10月28日5時49分の地震記象.  
(A点 N成分)

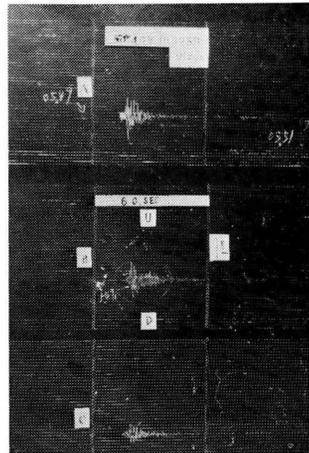


写真5-b 同左地震のA・B・C3点の地震記象.  
(Z成分)