

伊豆大島カルデラ床での割れ目噴火 (1986年11月21日) の推移 一写真解析による調査一

地震研究所 { 阿 部 勝 征
高 橋 正 義

(昭和62年4月24日受理)

要 旨

1986年11月21日に伊豆大島のカルデラ床で発生した割れ目噴火について、外輪山北東端と元町郊外で撮影したスチール・フィルムなどをもとに外形上の発達を推移を調べた。

三原山の山頂火口から北へ約 1 km 離れたカルデラ床で F1 が16時15分に開口し、白煙に続いて灰色の噴煙と赤熱物が噴出した。追いかけるように F1 の南東側に F2 が開口した。続いて、16時27分に F3 が F2 の南東側に、16時40分に F4 が F3 の南東側にそれぞれ開口した。全体としてみれば、噴火割れ目は北西から南東に、低地から高地に向けて次々に開口した。各割れ目は開口直後に約 25 m/min の速さで両方向にそれぞれ拡大した。噴火割れ目からの赤熱噴出物は火のカーテンの観を呈した。F1 と F2 は一列の噴火割れ目になり、それと F3 はミ型に雁行した。噴火の勢いは16時50分頃から著しく増大した。火柱の高さはそれまで平均 15 m/min で増していたが、16時50分過ぎから 100 m/min の速さ変わった。火柱の高さは17時10分頃に最高の 1.6 km に達し、その後しだいに低くなった。火口列の全長はちょうど 1.0 km に達した。

1. は じ め に

伊豆大島三原山の山頂噴火開始から6日後の1986年11月21日、火山活動が再び活発化した。同日14時過ぎから有感地震が頻発し始め、16時15分には、山頂火口から北へ約 1 km 離れたカルデラ床で、突然割れ目噴火が始まった。17時47分からは外輪山の北側斜面で新たな山腹噴火が起こり、そこから溶岩が元町に向けて流れ出した。これら一連の噴火活動によって、1万余人の全島民は1か月に及ぶ島外での避難生活を強いられることになった。

噴火当日、筆者らは外輪山北東端で高周波帯域の地震計と長期間レコーダーを臨時に設置していた。その作業を終えた直後に火口原の割れ目噴火に直面し、その発達状況を初期の段階から写真記録として残すことができた (たとえば、阿部, 1987)。撮影場所は噴火地点に対して風上にあたっており、噴煙が風下の御神火茶屋方面へ流れたため、火口付近の噴出状況をつぶさに観察することができた。さらに、現場での退去命令が比較的遅く発せられたことも幸いした。この噴火を撮影した89枚のスチール・フィルムに対して写真測量を行い、割れ目噴火の外形的な発達過程を調べた。

本稿で調査の対象としている噴火は、伊豆大島カルデラ床のほぼ中央に起きたもので、伊豆大島総合観測班 (1986) によって B 割れ目火口噴火と称されているものである。

2. 写真解析

主たる撮影場所は、外輪山北東端にある大島温泉ホテル脇の展望台 (Fig. 1 の H 点) と、元町の外れにある地震研究所伊豆大島火山観測所 (Fig. 1 の O 点) の屋上の 2 か所である。噴火開始の地点からみて、展望台は北へ 2.1 km のところに、観測所は北西へ 3.5 km のところにそれぞれ位置している。噴火時の撮影時間は、展望台で 16 時 15 分から 17 時 02 分までの 47 分間、観測所では 17 時 34 分から 18 時 22 分までの 48 分間である。

使用した主な撮影機器はアサヒペンタックス・ME スーパーと KIRON 28-210 ミリ F3.8-5.6・マクロフォーカスズームレンズとの組み合わせ、キャノン・オートボーイ 2 クォーツデット (キャノンレンズ 38 ミリ F2.8 付) である。オートボーイ 2 のタイマーは撮影の 2 日前に JJY の時報によって秒の精度で合わせておいた。このタイマーのカタログ精度は月差 2 分以下とされるが、撮影後 11 日目にタイマーを調べた結果では 10 秒の進みがみられた程度であった。後掲の写真のうちで、タイマー記録の無いものはズームレンズによって、タイマー記録 (日時分) のあるものはオートボーイ 2 によってそれぞれ撮影されたものである。

単写真を利用した測定の基本原理は日本測量協会 (1983) や山科・福富 (1984) などに解説されているので、ここでは省略する。単写真から精密に測定できるのは、写角から求まる対象物を見込む角度であるが、航空写真などによる噴出物や火口の分布図など (早川由紀夫, 私信, 1987 年 2 月) を参考にすることによって、対象物の高さや長さを求めることができる。解析にあたってすべての火口列の走向は 45°NW と仮定した (中村一明, 私信, 1987 年 2 月)。その位置は Fig. 1 にまとめて示してある。噴火初期の望遠写真に背景として写されている三原山の火口展望台 (Fig. 1 の P 点) を利用することによって、対象物の絶対方位を測定できた。また、三原山周辺の特徴ある地形も基準点として見込み角の測定に利用した。

スチール・フィルムをもとに測定した対象は火柱や白熱柱の高さと火口列の長さである。ここで言う火柱とは、火口上空に放出された赤熱噴出物の集中部を指す。火柱先端より上空に離散して噴き飛ばされた赤熱岩片は対象にしていない。また、白熱柱とは、プリント上で明瞭な黄金色 (golden yellow) をしたより高温な噴出物の集中部を指す。火柱の高さとは、最も高い火柱について火口から先端までの比高である。白熱柱の高さも同様である。一方、火口列の長さとは、噴火割れ目の端から端までの水平距離である。

火柱などの高さの測定は直角三角形の一辺と見込む角度から、火口列の長さの測定は不等辺三角形の一辺と両端の角度からという具合に幾何学の原理を適用して行った。火柱を識別するために解析には写真プリントを用いたが、引き伸ばしの際のトリミングの影響を避けるため、プリント画面の実画角は元のフィルムから算出した。観測所データは火口列の走向に近い方向から撮影されているために、火柱の高さの解析にのみ用いた。その際、撮影が外輪山越しにされていることや観測所と火口原の標高差が大きいと、地形の影響を補正した。展望台でのデータは火柱・白熱柱の高さと火口列の長さの測定に用いたが、展望台と火口列との標高差が小さいために地形の影響を無視した。カメラ光軸の傾きは大きくないので、その影響も無視した。これらの簡略化による測定値への影響は数%以内で

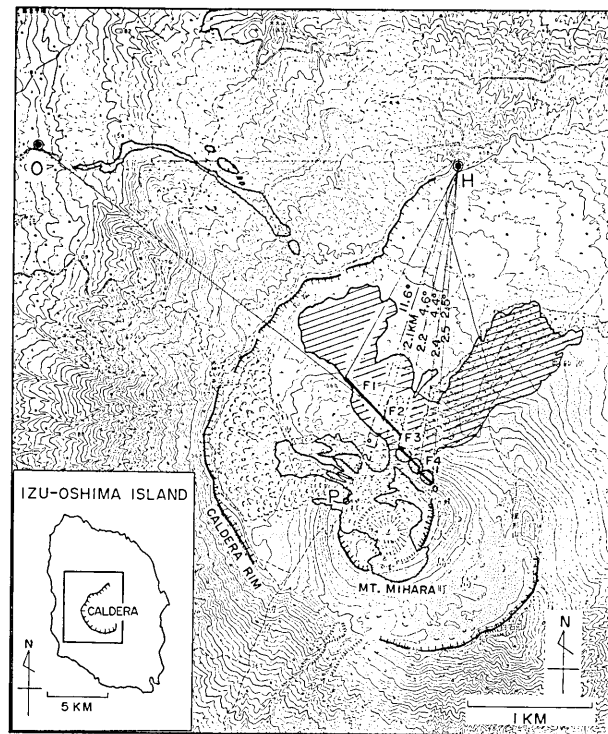


Fig. 1. Map of Izu-Oshima Volcano, showing fissures F1, F2, F3 and F4. Points H, O and P denote locations of Oshima-Onsen Hotel, Izu-Oshima Volcano Observatory of ERI and Kakou-Tenboudai (Crater Overlook Tower), respectively. Shaded area on the caldera floor shows lava flows from fissures (Y. HAYAKAWA, personal communication, February, 1987). Distances and visual angles from point H are given.

ある。むしろ火柱・白熱柱の先端や火口の縁といった非定形の対象物に対する判読誤差の方が実際には大きい。その誤差は恐らく最大で10%前後に及ぶであろう。

3. 割れ目噴火の推移

伊豆大島総合観測班(1986)は山頂火口と外輪山の間の火口群を B と総称し、噴火後の地形や地理的な位置によって B1, B2 などと命名しているが、それらを噴火中の火口と対応づけるのはきわめて難しい。ここでは、噴火時の状況と噴火後の地形とを結び付けるすべは無いので、既に命名されたものとの混乱を避け、噴出の時系列に重点を置くために、B の代わりに F という名称を用い、北西から南東に向けて順に F1, F2, F3, F4 と呼ぶことにする。強いて言えば、F1 と F2 は B5 から B7 などに、F3 は B3 と B4 に、F4 は B2 にそれぞれ対応すると思われる。

3.1 概 況

噴火開始時刻は、F1 と F2 の場合、時刻を現場で確かめており、ともに16時15分である。F3 と F4 の場合、開口前後の1分刻みの撮影データから、F3 が16時27分、F4 が16時40分に噴火を始めたことがわかる。F1 と F2 はほとんど同時に噴火を始めたが、F2の方がごくわずかに遅れて始まった。Fig. 1 に示されているように全体としてみれば、火口は北西から南東側に向け、しかもカルデラ床の低地から高地へ向けて順次開口していったことになる。Table 1 は噴火状況のまとめである。噴火の概況は次の通りである。

Table 1. Initial development of fissure eruptions, as observed from Oshima-Onsen Hotel.

Local time (UT+9)	Lapse time (min)	Height of fire pillars (m)	Length of fissures (m)	Observations from Oshima-Onsen Hotel
16: 15	0	60	10	From a small fissure there poured out a small vapor cloud. This was immediately followed by the ejection of a dark cloud and red-hot material (Eruption F1). Then the second outburst occurred 150 m SE of F1 (Eruption F2). F1 and F2 were extending both to the NW and the SE with an average speed of about 25 m/min. Numerous earthquakes were felt during the eruptions.
16: 17	2	140	240	F1 and F2 were still apart from each other.
16: 19	4	170	360	F1 and F2 united together and formed a curtain of fire. F1 continued to extend to the NW.
16: 23	8	250	460	Golden-yellow projectiles began to spurt from many points along fissures. Deep rumblings, emanating from vents, were being heard.
16: 27	12	300	540	F2 stopped extending to the SE. A dark cloud and red-hot material issued from a new fissure 110 m SE of F2 (Eruption F3).
16: 29	14	310	640	F3 was extending to the NW and the SE. At the northwestern part of F1, white and grey clouds were continuously blowing up.
16: 34	19	360	750	Golden-yellow projectiles began to spurt from F3. F1-F2 and F3 were arranged <i>en echelon</i> .
16: 36	21	410	780	Lava from F3 started to pour down the mountainside. F3 stopped extending.
16: 40	25	420	870	A dark cloud and red-hot material issued from a new vent 70 m SE of F3 at the flank of Mt. Mihara-yama (Eruption F4).
16: 43	28	550	910	Activity of F4 markedly increased.
16: 52	37	810	980	Eruption phase rapidly increased in violence. Golden-yellow pillars developed rapidly along whole fissures.
16: 56	41	1230	1000	F4 showed the most incandescent eruption.
17: 02	47	1520	—	Violent eruption continued. Red-hot pillars and Mt. Mihara-yama were hidden by reddish gas. The authors were obliged to escape from the observation area.

大島温泉ホテル脇の展望台において、目下急速に進行している傾斜計の異常変動や14時過ぎからひっきりなしに起きている PS1 秒以下の有感地震、山頂火口の活動に伴う空気衝撃波などについて、渡辺火山観測所長と話し合っていた。その最中に火口原のほぼ中央に小さな白煙の噴出を認めた。「あれは何だ」と訝かるうちに、白煙に続いて灰色の噴煙と赤熱物が噴出した。これが F1 の開口である。それを追いかけるように F1 の南東側 150 m のところに小さな白煙が出現し (Fig. 2), 続いて F1 の初期と同じく灰色の噴煙と赤熱物が噴出した (Fig. 3)。これが F2 の開口である。Fig. 2 における F2 の噴煙 (写真左側) の高さは 50 m, Fig. 3 でのその高さは 120 m である。

F1 と F2 から次第に噴煙が上空高く噴き上げるとともに、噴火割れ目は北西と南東側の両方向へ拡大し、赤熱噴出物が火のカーテンをつくっていった (Figs. 4, 5, 6, 7)。Fig. 7 における火口列の長さは 500 m である。噴煙の色は下から上に黒色、灰色、白色であった。噴火とともに、火口から発したと思われる「ゴー」という低い連続音があたり一帯に響き始めた。

16時17分以降のタイマー付き写真には、F1 の北西域に白色や灰色の噴煙が地上に低く広がっているのが認められる (Fig. 8)。この現象は絶えず続くもので、水蒸気と火山灰が赤熱噴出物を伴わないで低地の割れ目から噴出しているものと思われる。Fig. 8 における噴煙の高さは約 1.3 km である。

噴火開始から4分後に、F1 の南東端と F2 の北西端がつながり、多数の小火口から成る一列の火のカーテンをつくった (Fig. 9)。接合点の位置は撮影場所と三原山の火口展望台を結んだ方向より 2.1° 反時計回りの方向にある (Fig. 1 参照)。これはホテル脇の展望台から約 18.5° SW の方向にあたる。23分頃に F2 の小火口群から黄金色の高温噴出物が出始めた。

噴火開始から12分後の16時27分に F2 の南東側 110 m 先に F3 が新たに開口し、黒煙と火柱がほぼ同時に出現した (Fig. 10)。F3 はカーテン状に両方向へ拡大し、その火口列は F1・F2 とミ型雁行をなした (Fig. 11)。さらに16時40分には F3 の南東側 70 m 先の三原山中腹に F4 が開口し、黒煙と火柱が新たに出現した (Fig. 12)。

噴火開始から約35分後、あたりが暗くなり始めた16時50分頃に噴火の状況が一変した。比較的ゆっくりと進行していた活動はここで一転して、溶岩を爆発的に上空に噴き上げる大噴火に急変したのである (Fig. 13)。その後の状況はあたかも数個の巨大な蛇口から大量の水が上空へ連続して噴き出すようであった (Figs. 14, 15)。一方、カルデラ床での噴火割れ目の拡大はこの頃にほぼ終わったとみられる。

大噴火にともなって赤味がかった噴煙が急速にあたり一面を覆いはじめ、火柱も三原山も見えなくなった (Fig. 16)。噴火の最中も震度3ないし4と感じられる有感地震が相変わらずひっきりなしに起きていた。噴火状況が一変したに加えて、展望台の東側にヘアークラックが発見されたために、現場の警察官から全員に対して退去命令が発せられた。このため、17時02分過ぎに已む無く観測所に向けて避難した。ヘアークラックの幅は約 2 mm, 長さは少なくとも 2 m であったが、暗かったためにそれ以上のことはわからない。恐らく強い地震動によって生じたごく表層の地割れでないかと思われる。

約30分後に火山観測所に戻り、17時34分から再び写真撮影を始めたが、噴火のピークは

過ぎていた (Fig. 17). 活動の勢いは断続的にゆらぎ始めており、しだいに衰えていった。17時47分に外輪山斜面の C 割れ目火口で新たな噴火が始まった (Fig. 18, 写真左側)。18時過ぎにはそこから溶岩が流れ出し (Figs. 19, 20, 21), 流下の途中で観測所の方に向きを変えた。事態が切迫してきたため他の研究者とともに観測所の重要書類などを慌ただしく車に積み込んで、また避難のための準備に入った。そのために火柱の写真撮影は18時22分で中止せざるを得なかった。この頃、三原山の山頂火口の活動にともなう「ドーン」という大音響が間をおいてひっきりなしに轟いていた。カルデラ床での噴火活動は20時前から目立って衰え始め、23時頃に終息した。筆者らは希有な体験をしながら島内を転々と移動し、翌22日の午前5時55分に避難最後の巡視船「みずほ」で大島町長らとともに島外に出た。

3.2 火柱の高さ

最も高い火柱や白熱柱は主として F1 と F2 に現れた。そこで展望台から火柱や白熱柱までの水平距離 c を 2.1 km とした。この場合、写真から求めた火柱の高さを見込む角 α から、火柱の高さ H は $H=c \cdot \tan \alpha$ で与えられる。観測所屋上 (海拔 90 m) からは、2.4 km 先の外輪山 (海拔 590 m) 越しに 3.3 km 先のところ (海拔 580 m) にある火柱を見ているとした。

Fig. 22 は火柱 (黒丸) と白熱柱 (白丸) の高さの時間変化である。図中の三角印は展望台からクリノメーターで測定した赤熱噴出物の最大上昇高である (歌田久司による)。それらの値が写真解析の値より系統的に大きいのは、火柱先端部からさらに上空へ噴き飛ばされた赤熱スコリアをとらえたためである。写真から求まる高さはそれらより低いと言う意味で下向きの矢印を付した。17時45分の四角印は観測所からトランシットで測定した火柱の平均の高さを示す (歌田久司による)。火柱の高さが時間的に大きくゆらいでいたために平均の高さを測定したのである。その時点での最高高度はそれより高いと言う意味で上向きの矢印を付した。その頃に火柱の高さがゆらいでいたことは観測所からの写真データより求めた高さに大きなばらつきがみられることからわかる (Fig. 22 参照)。

噴火直後の16時17分から約30分の間、火柱先端は 15 m/min の平均速度で上昇していたが、16時50分頃から上昇の平均速度は 100 m/min に急増した。白熱柱のデータにも全く同じ変化が現れている。白熱柱は16時23分に出現した後、平均 7 m/min で上昇が続けたが、16時50分頃から平均速度は 100 m/min に急増した。急増後の平均上昇速度は火柱、白熱柱ともに同じである。17時02分に展望台から火柱の高さを見込む角度は35.9°, 高さにして 1520 m に達した。それ以後の30分間は避難中であつたため写真データは無い。避難前後の写真データやテレビ局各社の報道画面からみて最大の高さは避難直後の17時10分頃に 1.6 km に及んだとみられる。その頃、噴煙は海拔 10~12 km の高さに達していた (清野他, 1987)。

高い火柱がみられた例に、1779年8月の Vesuvio 火山の噴火がある (BULLARD, 1976)。そのときの火柱は割れ目火口から約2マイル (約3 km) の高さに達したと言われる。1969年11月の Kilauea Iki の噴火では、火柱はハワイで最高の1900フィート (570 m) の高さに達したが、この噴火様式は玄武岩溶岩の噴泉であつた (MACDONALD and HUBBARD,



Fig. 2. Beginning of eruptions F1 (right) and F2 (left). Eruption cloud from F2 was 50 m high. Close-up photo was taken from Oshima-Onsen Hotel at 16:15.



Fig. 3. Red-hot projectiles began to spurt up from F2. Eruption cloud of F2 was 120 m high. Photo at 16:15.



Fig. 4. Dark clouds started to blow up from F2. Fissures were extending bilaterally. Photo at 16:16.



Fig. 5. Kakou-Tenboudai on the mountain rim was visible through a gap in the enormous clouds. Photo at 16:16.



Fig. 6. F1 and F2 nearly united. A small fissure just opened at the left end. Photo at 16:18.



Fig. 7. Close-up view of curtain of fire 260 m high and 500 m long. Golden-yellow material just spurted from F2. Photo at 16:25.



Fig. 8. Two minutes after eruption. Eruption cloud was 1.3 km high. View from Oshima-Onsen Hotel. Times indicated are in local days, hours, and minutes. Photo at 16:17.



Fig. 9. Four minutes after eruption. F1 (right) and F2 (left) united to form a continuous line of fountains 360 m long. Photo at 16:19.



Fig. 10. F3 opened at 16:27 southeast (left). Gas and red-hot material started to squirt from it. Photo at 16:28.



Fig. 11. F3 (left) formed a line of fountains 210 m long. F1-F2 and F3 (left) fissures were arranged *en echelon*. Photo at 16:34.



Fig. 12. F4 opened at 16:40 on the mountainside. Lava from F3 began to spread out. Photo at 16:43.



Fig. 13. Change into violent stage. Eruption phase changed form from fire curtain to some fire pillars. Photo at 16:52.



Fig. 14. Outburst of golden-yellow projectiles from all fissures. Photo at 16:56.



Fig. 15. Climax of violent phase. Fissures were 1.0 km long. Pyroclastic materials remained red-hot on the ground. Mt. Mihara-yama became reddish. Photo at 16:59.



Fig. 16. Eruption was almost hidden by reddish gas. Red-hot pillars reached as high as 1.5 km. Photo at 17:02.



Fig. 17. View from Izu-Oshima Volcano Observatory of ERI. The foreground is the caldera rim. Photo at 17:35.



Fig. 18. Another flank eruption C started on the left. Red-hot pillars (right) was 1.1 km high from the caldera floor. Photo at 17:50.



Fig. 19. Activity on the caldera floor (right) notably declined by this time. Eruption C (left) was hidden by black smoke. Photo at 18:02.



Fig. 20. Red-hot pillars (right) were 500 m high from the caldera floor. Photo at 18:10.



Fig. 21. Lava from C (left) began to flow down the slope. Photo at 18:22.

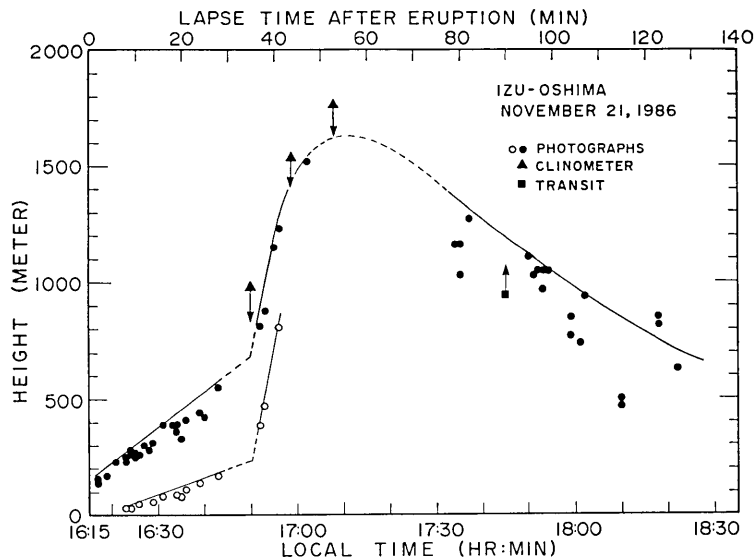


Fig. 22. Heights of fire pillars. Solid and open circles from photographic analysis denote maximum heights of red-hot pillars and golden-yellow pillars, respectively. Triangles, measured by a clinometer, show heights of the highest red-hot scorias blown off over masses of red-hot projectiles, and the square symbol shows the average height of pillars measured by a transit (Courtesy of H. UTADA). Arrows indicate that data are either overestimated or underestimated.

1972). 日本の例では、1983年10月三宅島割れ目噴火の時に、溶岩噴泉が約 200 m の高さに噴き上がったと言われる (1983年10月4日付朝日新聞). 1978年9月の有珠山噴火のときには、銀沼火口より 700 m の高さに噴出した火柱が撮影された (NIIDA *et al.*, 1980). 伊豆大島の割れ目噴火は火柱の高さの面からも注目に値する.

3.3 火口列の長さ

火口列の長さの計測では不等辺三角形の測量になるため、あらかじめ次の数値を与えた. 展望台から各火口列の南東端までの水平距離 c として、F1 までは 2.1 km, F2 までは 2.2 km, F3 までは 2.4 km, F4 までは 2.5 km とした. また、展望台から火口列に向けての方位と火口列とのなす角度 ϕ は各火口列の南端において、F1 の場合 62° , F2 の場合 57° , F3 の場合 53° , F4 の場合 50° とした. 写真から求めた火口列を見込む角度 β から、火口列の長さ W は $W = c \cdot \sin \beta / \sin (\beta + \phi)$ で与えられる.

各火口列の長さの時間変化は Fig. 23 の通りである. F1 は噴火の約20分後まで拡大を続けたが、他の火口列は噴火後約5分位の間に拡大を終えた. 拡大当初、F1, F2, F3 の火口列の両端は約 25 m/min の平均速度で北西と南東の両方向にそれぞれ拡大している. 写真データからみた各火口列の最大の長さは、F1 で 440 m, F2 で 200 m, F3 で 220 m, F4 で 140 m である. 展望台からそれぞれを見込む角度は Fig. 1 に示してある. 各火口列の長さを単純に加えたものが Fig. 24 である. 全長を見込む角度は 23.1° で、そ

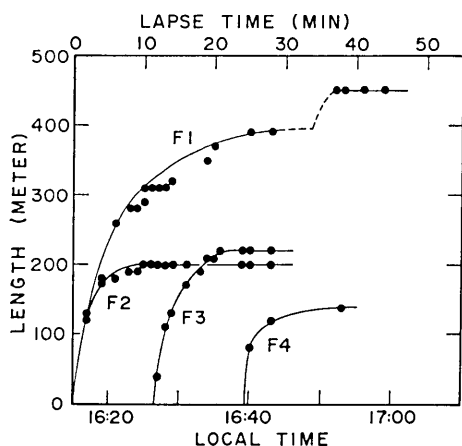


Fig. 23. Development of horizontal length of individual fissures.

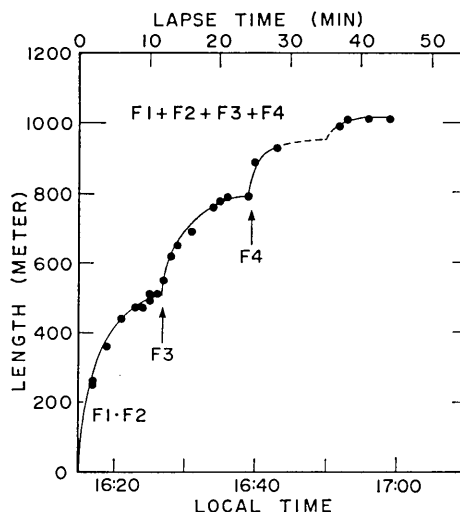


Fig. 24. Total length of four fissures. Arrows indicate the opening of fissures.

の長さはちょうど 1.0 km である。

最後に、各火口列の高度差について述べておく。写真解析によれば、F3 と F4 の開口地点は F2 に対してそれぞれ約 50 m と約 110 m の高度差をもつ。開口時刻と高度差からみて、高地にある火口ほど遅く開口したようにみえる。もし地下の垂直岩脈の上端が部分的に水平に上昇してきたためにそのようなことが生じたと単純に考えるならば、火口の間の高度差と噴火開始時刻のずれから、岩脈の上昇速度として平均でおよそ 5 m/min という値が求まる。

4. ま と め

1986年11月21日に伊豆大島のカルデラ床で発生した割れ目噴火について、スチール・フィルムをもとに外形上の発達を推移を調べた。主な結果は次の通りである。

(1) 三原山の山頂火口から北へ約 1 km 離れたカルデラ床で F1 が16時15分に開口し、そこから白煙に続いて灰色の噴煙と赤熱物が噴出した。それを追いかけるように F1 の南東側に F2 が開口した。続いて、16時27分に F3 が F2 の南東側に、16時40分に F4 が F3 の南東側にそれぞれ開口した。

(2) 全体としてみれば、噴火割れ目は北西から南東に、しかも低地から高地に向けて次々に開口したことになる。もし岩脈の上端が水平に上昇したとするならば、その上昇速度は平均で 5 m/min である。

(3) 各割れ目は開口直後に約 25 m/min の速さで北西、南東方向にそれぞれ拡大した。噴火割れ目からの赤熱噴出物は火のカーテンの観を呈した。

(4) F1 と F2 は一列の噴火割れ目になり、それと F3 はミ型に雁行した。

(5) 噴火の勢いは16時50分頃から著しく増大した。火柱の高さはそれまで平均 15 m/min で増していたが、16時50分過ぎから 100 m/min の速さに急増した。白熱柱の高さにも同様の変化がみられた。

(6) 火柱の高さは16時50分頃に 0.7 km であったが、17時10分頃に最高の 1.6 km に達し、それ以降はしだいに低くなっていった。

(7) 各火口列の長さは、F1 で 440 m, F2 で 200 m, F3 で 220 m, F4 で 140 m であった。全長はちょうど 1.0 km になった。

謝 辞

本稿をまとめるにあたり、東京大学地震研究所の荒牧重雄、中村一明、渡辺秀文、宮崎務、北海道大学理学部の勝井義雄、岡田 弘、東京都立大学の早川由紀夫の各氏より有益な助言を頂いた。東京大学地震研究所の歌田久司氏には噴火最中に火柱高の計器測定をして頂いた。同研究所の上田誠也氏からは噴火翌日に火口を上空から観察するという機会を提供して頂いた。これらの方々に記して謝意を表します。さらに噴火直後の避難に際しては様々な形で実に多くの方々より援助を賜った。ここに関係各位に対して厚くお礼申し上げます。

文 献

- 阿部勝征, 1987, 1986年11月21日伊豆大島大噴火学術写真資料集, 12葉, 風光社.
BULLARD, M., 1976, *Volcanoes*, Univ. Texas Press Austin & London, 579 pp.
伊豆大島総合観測班・噴出物グループ, 1986, 第40回火山噴火予知連絡会資料 (1986年11月28日).
MACDONALD, G.A. and D.H. HUBBARD, 1972, *Volcanoes of the National Parks in Hawaii*, Tongg Publ. Co., Hawaii, 56pp.
日本測量協会, 1983, 現代測量学, 第6巻, 写真測量 (1), 坪川家恒編, 503pp.
NIIDA, K., Y. KATSUI, T. SUZUKI and Y. KONDO, 1980, The 1977-1978 eruption of Usu Volcano, *J. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. IV*, 19, 357-394.
清野政明・福井敬一・山本博二・小宮 学, 1987, 1986年11月21日伊豆大島火山噴火における噴煙活動の規模について, 日本火山学会講演予稿集, 春季大会, 87.
山科健一郎・福富高明, 1984, 写真を利用した地殻の上下変動調査 一久六島を例にして一, 測地学会誌, 30, 287-296.

*Description of the November 21, 1986 Fissure Eruption on the
Caldera Floor of Izu-Oshima Volcano, Japan: Analysis
of a Series of Photographs*

Katsuyuki ABE and Masayoshi TAKAHASHI

Earthquake Research Institute, University of Tokyo

On the evening of November 21, 1986, new fissure eruptions occurred on the caldera floor of Izu-Oshima Volcano, Japan. The sequence of their formation is studied on the basis of time-printed photographs which were taken in succession by the authors at close range during the eruption. Shortly after 2 p.m., earthquakes began to increase in number. At 4:15 p.m. (7:15 a.m. in UT), the first eruption began with the opening of a small fissure from which gas started to rise into the air and then red-hot material spurted up. This outburst was about 1 km north of the summit pit of Mt. Mihara-yama. At about the same time the second outburst broke out 150 m to the southeast. At 4:27 p.m., *en echelon* fissure started to open 110 m farther southeast. During the early stage of eruptions, individual fissures extended, with an average speed of 25 m/min, both to the northwest and to the southeast across the caldera floor. Red-hot scorias with enormous clouds squirted from many points along fissures in the form of a nearly continuous line of eruptive fountains, producing a curtain of fire. The fountains gradually grew in height with an average speed of 15 m/min. By 4:40 p.m., the curtain of fire reached a height of 440 m and a length of 870 m. During the eruption, deep rumblings emanating from fountains were heard, and numerous earthquakes were felt. At 4:40 p.m., a new eruption occurred 70 m farther southeast at the flank of Mt. Mihara-yama. On the assumption that the eruptive activity migrated to the southeast due to a rise of local dyke, an average rate of the rise is estimated to be about 3 m/min.

Shortly after 4:50 p.m., the eruptive phase markedly increased in violence and changed form from fire fountains to some red-hot pillars. The pillars grew rapidly higher with an average velocity of 100 m/min. They reached maximum heights of 1.6 km at 5:10 p.m. By that time, the fissure zone extended as much as 1.0 km long and consisted of four individual fissures 140-440 m in length. Lava from fissures spread out to form fan-shaped flows to the north-northwest and to the northeast of the caldera floor. The activity started to decline around 6 p.m. and ceased at about 11 p.m., having lasted 7 hours. Although no lives were lost, a series of violent eruptions on November 21 forced all 10,000 islanders to evacuate Izu-Oshima island temporarily.