

# 桜島火山に発生するやゝ深い地震の発震機構

西

澤

## ON THE FOCAL MECHANISM OF VOLCANIC EARTHQUAKES IN SAKURAJIMA VOLCANO

By *Kiyoshi* NISHI

### Synopsis

Focal mechanism of volcanic earthquakes (A type) in Sakurajima volcano are studied. Main results are as follows:

- 1) At the calm stage of volcanic activity, the focal mechanism is strike slip fault type.
- 2) At the former period of active stage of volcanic activity, the focal mechanism is obliquely slip normal fault type.
- 3) At the middle period of active stage of volcanic activity, the focal mechanism is obliquely slip normal fault type or reverse fault type.
- 4) At the last period of active stage of volcanic activity, the focal mechanism is again strike slip fault type or reverse fault type.

### 1. は じ め に

活火山に発生する地震の発震機構の解明は、火山の噴火現象を理解し、噴火予知の研究を進める上で重要な問題である。Zobin<sup>1)2)</sup>は Magnitude が 5～6 以上で world wide な観測網で記録されるような地震について 4 火山の例を解析した。その結果、全ての地震を広域応力場を反映した strike slip type の発震機構で説明できるとした。しかし、normal fault type の場合もあるようで、1975 年に Kilauea 火山で噴火前に発生した M7.2 の地震の発震機構はその例である。<sup>3)</sup>

一方、Magnitude が小さい地震の場合は、火山噴出物の堆積による地震波の減衰が大きく、発震機構の研究に必要な、十分な記録が得られない。従って発震機構の解明には困難が多いが、火山活動の各 stage を反映して発震機構が変化していることを示す研究が行われてきた。<sup>4)5)6)</sup>

桜島火山では観測網の整備、拡張が進み、Magnitude の小さい地震についてもこの種の研究が行えるようになったので、最近の結果について述べる。

### 2. 観 測 方 法

地震観測網を Fig. 1 に示す。南岳山頂をとりかこむ 6 点に換振器 ( $T_0=1.0\text{sec.}$ ) を設置し出力を有線又は無線によって観測所本館へ伝送し集中記録を行っている。

観測所本館では地震発生時にトリガー方式によって、アナログデータレコーダーに地震記録が収録され同時にペンレコーダーによってモニター記録がとられる。その他、観測所における記録方式は既に報告<sup>7)</sup>したものと同一である。

用いた資料は 1975 年 4 月から 1978 年 1 月の間にこの観測システムによって得られたものであるが、一部 M が 3 に近い程度の地震で初動の読み取れるものについては春田山および黒神観測所の機械式地震計の記録も併用した。

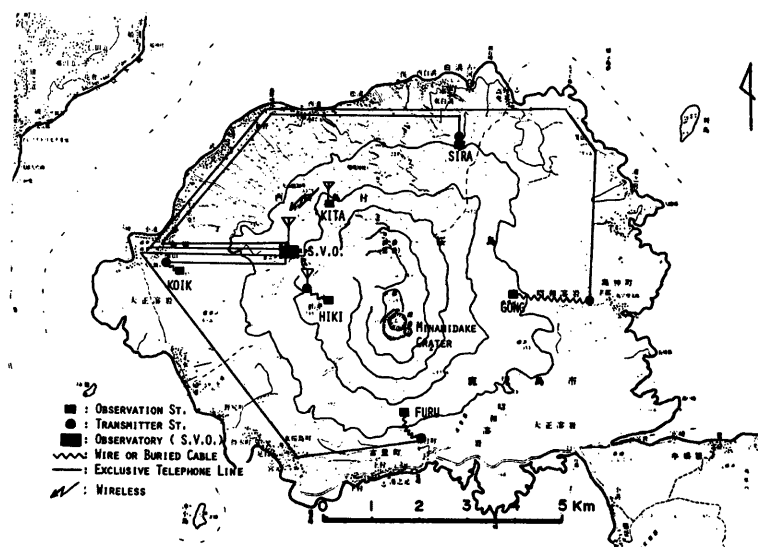


Fig. 1. The seismometrical network of Sakurajima volcano.

### 3. 発震機構

#### 3.1 震源位置と発震機構

火山性地震の震源は構造性地震に比べると大部分は浅いが、ここで述べる地震はやや深く A 型地震と呼

Table 1. The list of earthquakes whose focal mechanism are determined.

| No. | Date<br>Y M D | Origin time<br>h m | Focal depth<br>Km | No. | Date<br>Y M D | Origin time<br>h m | Focal depth<br>Km |
|-----|---------------|--------------------|-------------------|-----|---------------|--------------------|-------------------|
| 1   | 1975 8 2      | 9 59               | 2.8               | 10  | 1976 6 21     | 5 15               | 1.4               |
| 2   | 12 21         | 5 30               | 3.6               |     |               | 13 5               | 0.3               |
| 3   | 1976 1 5      | 4 58               | 3.2               | 11  | 11 19         | 0 52               | 1.5               |
| 4   | 1 7           | 1 1                | 1.2               |     | 30            | 16 48              | 1.5               |
| 5   | 2 3           | 6 58               | 0.4               | 12  | 1977 4 3      | 21 25              | 1.0               |
| 6   | 5 3           | 9 13               | 2.0               |     | 4             | 6 40               | 3.4               |
|     | 4             | 9 53               | 1.8               |     | 8             | 17 13              | 3.5               |
|     | 12            | 0 3                | 1.1               | 13  | 15            | 16 10              | 3.5               |
|     | 19            | 7 29               | 2.7               | 14  | 5 8           | 17 32              | 0.8               |
| 7   | 24            | 12 49              | 0.7               | 15  | 7 14          | 22 59              | 0.6               |
| 8   | 6 5           | 21 20              | 2.0               | 16  | 8 9           | 9 22               | 0.5               |
| 9   | 6             | 2 6                | 0.6               |     |               | 16 25              | 0.0               |

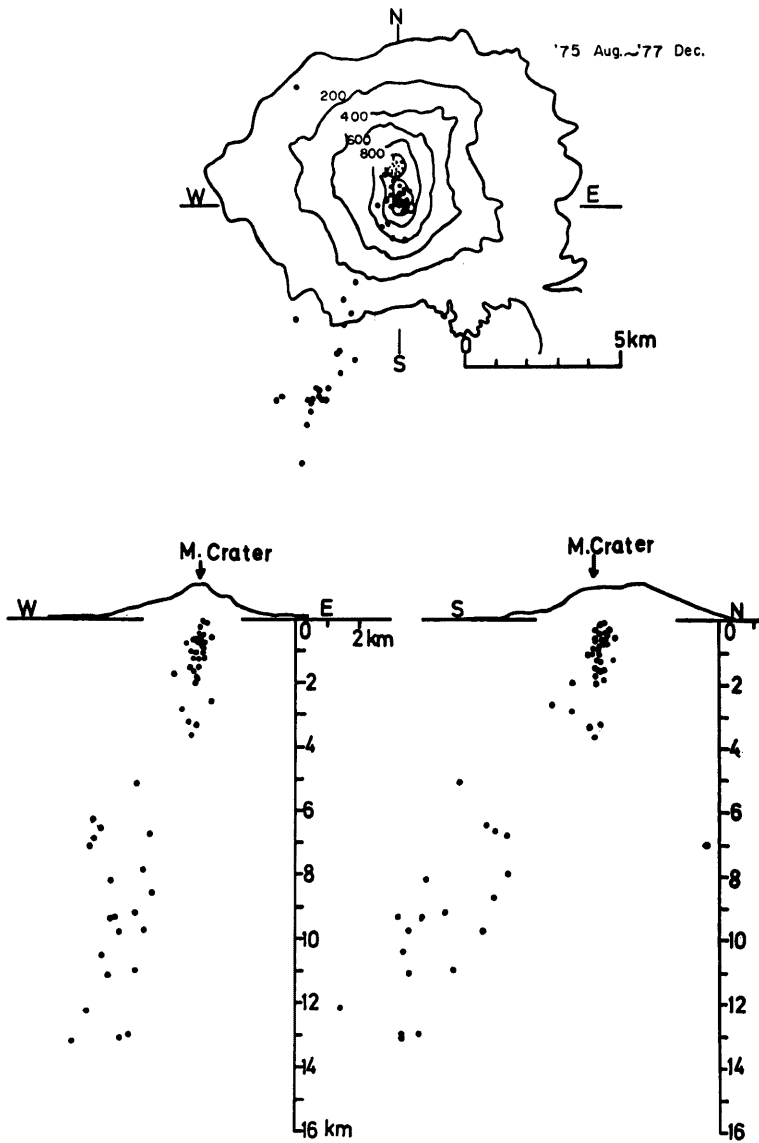


Fig. 2. The distribution of foci of A type earthquakes.

ばれているものである。震源の求まったものを Fig. 2 に示す。

震源は P 波速度 2.5km/sec. の均質構造を仮定して求めたが、島外の地震については S-P time と  $V_p/V_s$  の値より origin time を求め次に震源を求める方法を用いた。Fig. 2 からわかるように島内の地震の大部分は火口周辺で深さは 0~4km に発生していてそれから南々西へ震央がのびて深くなっている。

島外の地震の発震機構については、現在の観測点は震源の北の象限のみに分布するため論じられない。このため島内の地震について述べる。島内の地震の発震機構は断層モデルを仮定して nodal plane をきめた。解の求まった地震を Table 1 に示し、解を Fig. 3 に示す。観測点がすくなく解に任意性のある場合は発生が時間的に近い地震についてのみ重ね合わせを行った。震源位置と発震機構との関係を見るために Fig. 4 に

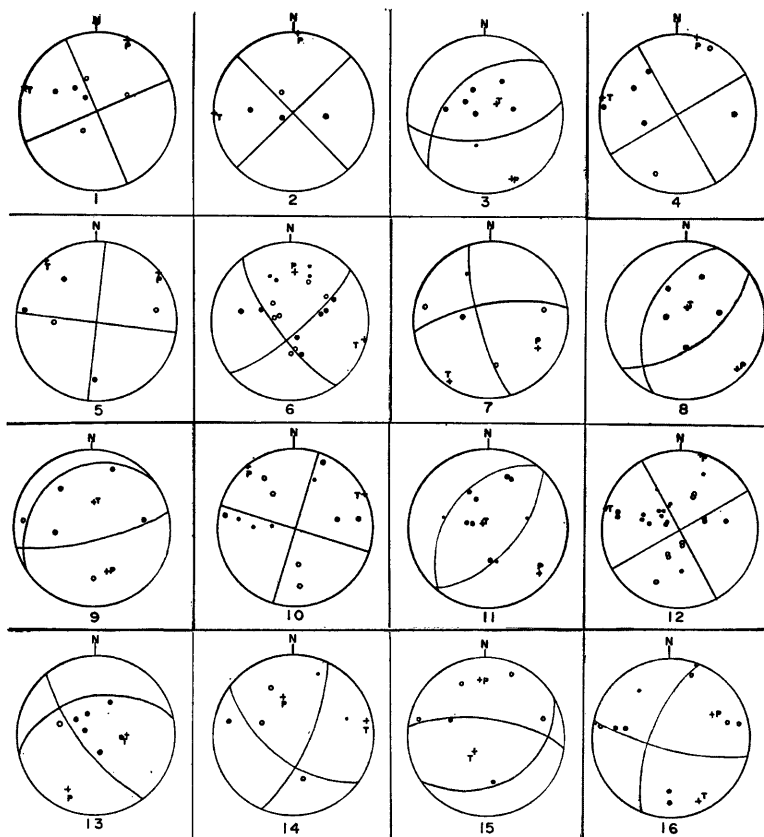


Fig. 3. Fault plane solutions. Solid and open circles indicate compression and dilatation, respectively. Less reliable data are shown by smaller circles. Crosses denote the pressure and tension axes. Numbers correspond to these in Table 1. Nos. 6, 10, 11, 12 and 16 are composite fault plane solutions. The diagrams are projections by Wulff's net on the upper focal hemisphere.

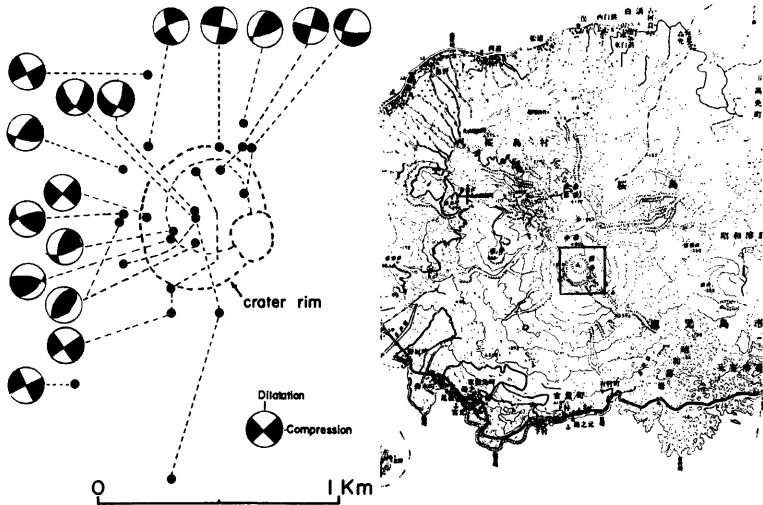


Fig. 4. Focal mechanisms of A type earthquakes in the crater area.

震央と震源球の上半球を Wulff net に投影した mechanism 解, Fig. 5 に南北垂直断面に投影した震源と震源球の東側半球を Wulff net に投影した mechanism 解をそれぞれ示す。これ等の図から震源位置と発震機構との関係についてははっきりしたものは認めにくい, 正断層成分のある地震は火口の北東部と火口の中央から南西へかけて発生し火口の西側は逆断層が横ずれ型の地震が多い。又, 3km 以上の深さの地震は横ずれ型か逆断層型の地震であると云える。いずれにしても, このような小地域内の地震の発震機構がこのように種々であり複雑であるのは応力場が火山活動を反映して刻々と変化しているためであろう。このため, 次に火山活動と発震機構の関係について見てみる。

### 3.2 火山活動と発震機構

火山活動と発震機構の関係を Fig. 6 に示す。火山活動を表わすものとして, 10日間の爆発発生回数の積算値を用い下段に示した。mechanism 解の近くの数字は重ね合わせた地震の数を示す。発震機構の変化を見やすくするために, P 軸と T 軸の位置の水平面からの角度を Fig. 6 の上段に示した。

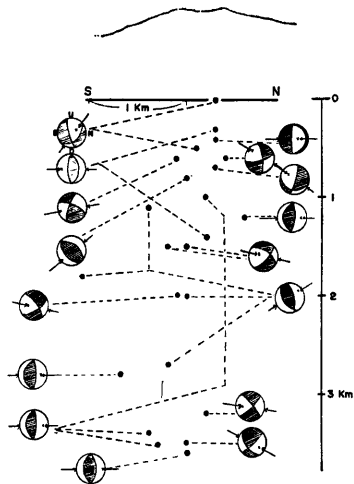


Fig. 5. Focal mechanisms of A type earthquakes projected on vertical cross section. The diagrams are projections by Wulff's net on the east side of focal hemisphere. Shaded quadrants are of compression.

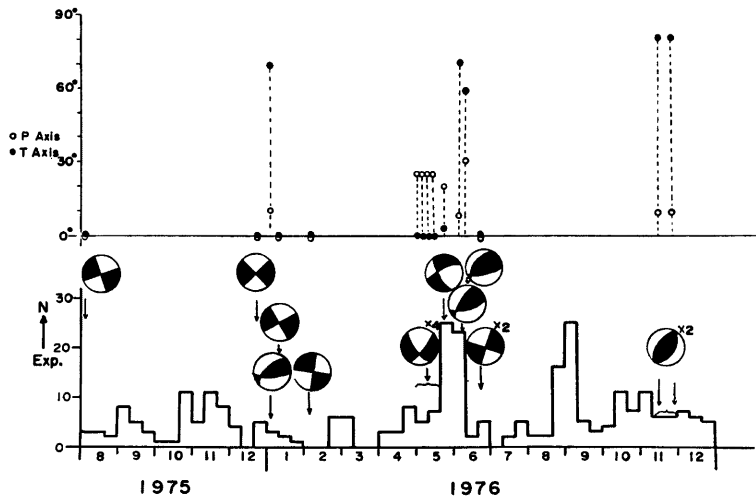


Fig. 6(a). Relation between the volcanic activity and the focal mechanism of A type earthquakes. Angles of P and T axes are measured from horizontal plane. Black quadrants are of compression. The numbers near the mechanism diagrams denote the number of earthquakes composited.

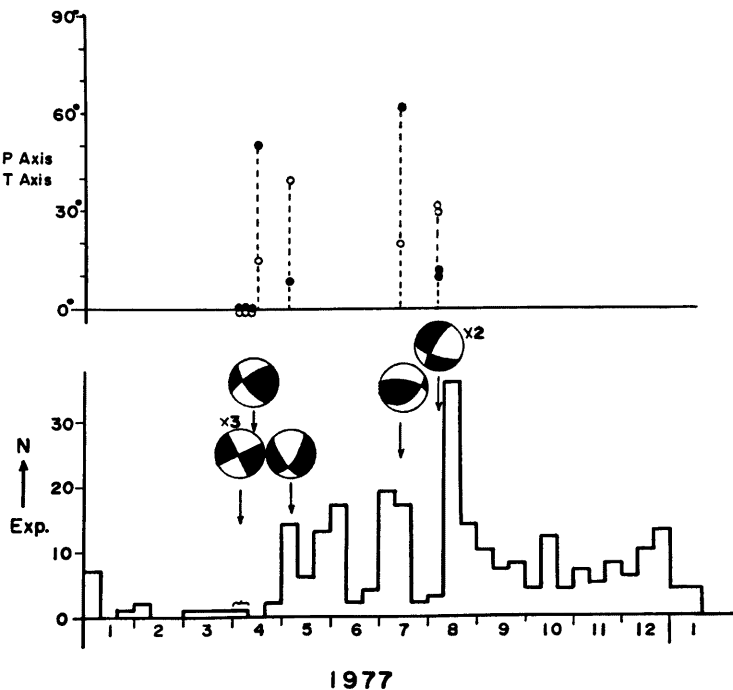


Fig. 6(b). Relation between the volcanic activity and the focal mechanism of A type earthquakes. Angles of P and T axes are measured from horizontal plane. Black quadrants are of compression. The numbers near the mechanism diagrams denote the number of earthquakes composited.

桜島の火山活動を静穏期と活動期に分け、活動期は最盛期を中心として更に前期、中期、後期に分け、それぞれの段階で発生した地震の発震機構を調べた。1975年8月上旬と1975年12月下旬から1976年2月上旬迄は横ずれ型および逆断層型の地震が発生している。このときの火山活動は爆発がないか又は散発的に発生しているのみで顕著な peak はない。従って一応静穏期としておく。次に1976年5月～6月の活動期には前期と中期に T 軸が水平で P 軸が鉛直成分をもつ、即ち正断層成分をもつ地震が発生している。活動の後期には T 軸が鉛直成分をもつ逆断層型の地震および T 軸、P 軸共に水平な横ずれ型の地震が発生している。1976年11月中旬から下旬に逆断層型の地震が発生しているが、このときの火山活動は10月～11月の活動期の中間又は後期に当る。1977年4月上旬～中旬に発生している横ずれ型と逆断層型の地震は静穏期に発生したものである。同年5月上旬の正断層成分をもつ地震は5月～6月の活動期の前期に発生している。1977年6月下旬～7月下旬の活動期の中期に当る7月中旬には逆断層型の地震が発生している。又、同年の8月上旬から始まる活動期の前期には正断層成分をもつ地震が発生している。

以上をまとめると、静穏期には横ずれ型又は逆断層型、活動の前期には正断層成分をもつ型、中期には正断層成分をもつ型、又は逆断層型、後期には逆断層型又は横ずれ型の地震が発生すると云える。これを模式的に示すと Fig. 7 となる。

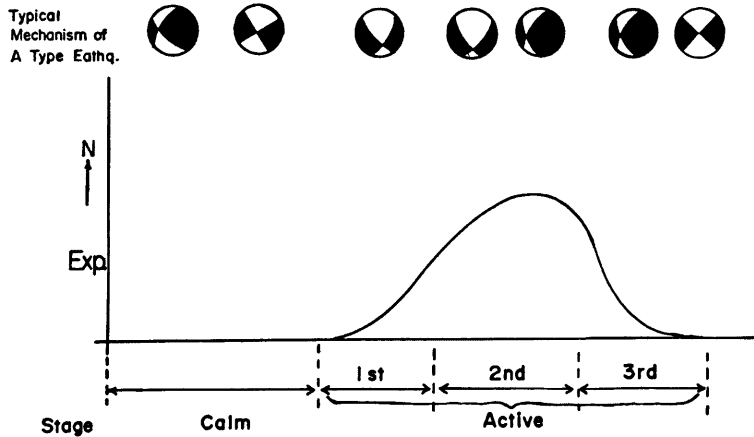


Fig. 7. Schematic representation of the relation between the volcanic activity and the idealized focal mechanism of A type earthquake.

静穏期に発生する地震が横ずれ又は逆断層型の発震機構であることから、火口周辺は、通常は南北主圧力の圧縮場であるらしい。活動の前期に正断層成分をもつ型の地震が発生するが、これは深部の圧力増加によって火口周辺が張力場になるためであろう。

正断層成分のある地震が発生した場合、震源附近の観測点の初動は引きとなる場合が多く、逆断層の場合は押しとなる。阿蘇火山では活動の前期では引きの初動の地震が多く、次いで引きと押しの地震がほぼ同数になると云う観測事実があるが、<sup>4)5)</sup> Fig. 7 に示した発震機構の変化と関連があるのかも知れない。

なお、活動前期に発生する地震の発震機構において、slip angle は  $15^{\circ} \sim 35^{\circ}$  であるので、slip angle が  $45^{\circ}$  以下のものを横ずれ型とする立場をとれば（正断層成分をもつ）横ずれ型と云える。

#### 4. ま と め

桜島火山の火口周辺に発生し、深さ 0~4km の地震の発震機構を調べ主な結論として次のものを得た。

- 1) 火山活動の静穏期には横ずれ型又は逆断層型の発震機構をもつ地震が発生する。主圧力方向はほぼ南北である。
- 2) 火山活動の前期には正断層成分をもつ地震 (slip angle は  $15^{\circ}\sim 35^{\circ}$ ) が発生する。
- 3) 火山活動の中期には正断層成分をもつ地震又は逆断層型の地震が発生する。
- 4) 火山活動の後期には逆断層型又は横ずれ型の地震が発生する。この時期は 1) の静おん期につながる stage とも云える。

この研究を進めるにあたりご指導をいただき又、原稿の校閲と有益な御教示をいただいた加茂幸介教授にお礼申し上げます。又、常時観測に従事されている桜島火山観測所の諸氏にお礼申し上げます。

#### 参 考 文 献

- 1) Zobin, V. M.: Mechanism of Volcanic Earthquakes of Sheveluch Volcano, Kamchatka. Bull. Volcanol., 35-1, 1971, pp. 225-229.
- 2) Zobin, V. M.: Focal Mechanism of Volcanic Earthquakes. Bull. Volcanol., 36-4, 1972, pp. 561-571.
- 3) 安藤雅孝: マグマ貫入に伴う正断層型大地震, 1975 年 11 月 29 日 Hawaii 島, 地震学会講演予稿集, 1977, No. 2, pp. 255.
- 4) Sassa, K.: Micro-Seismometric Study on Eruptions of the Volcano Aso, Mem. Fac. Science, Kyoto Univ., Ser. A, 19, pp. 11-56.
- 5) 和田卓彦・須藤靖明: 阿蘇火山の火山性地震の発震機構, 火山, Vol. 12, No. 2, 1967, pp. 61-69.
- 6) 東北大学理学部: 鳥海山1974年噴火と地震活動 (その2), 噴火予知連絡会報, 第2号, 1975, pp. 8-10.
- 7) 西 潔: 桜島火山の爆発地震について, 京都大学防災研究所年報, 第19号 B, 1976, pp. 67-73.