

## 島根・広島県境地域, 三瓶山東麓周辺の地震活動

澁谷拓郎

### 要 旨

島根・広島県境地域では, 2003年3月から5月にかけて,  $M_j=3.8\sim 4.3$ の地震3個を含む群発的な活動が発生した。これを契機にこの地域の地震活動を調べた。2002年7月～2003年6月の期間に発生した $M_j\geq 3.5$ の7個の地震のうち, 4個は同一面上で発生したことがわかった。メカニズム解は, ひとつの地震を除いて, P軸をE-W～ENE-WSWの間にもつstrike-slip型であった。b値は0.71と小さい。この地域では, 1950年代前半と1970年代後半に地震活動が活発であり, 最大の地震は1978年6月4日の $M_j=6.1$ であった。このような地震活動の特徴には鳥取県西部地域との類似性が見られる。

キーワード: 地震活動, 島根・広島県境域, 三瓶山, JHD法, メカニズム解

### 1. はじめに

2003年3月から5月にかけて, 島根県中部の三瓶山東麓から広島県北部にいたる地域において,  $M_j=3.8\sim 4.3$ の地震3個を含む群発的な活動が発生した。この地域では, 1977年から1978年にかけても $M_j=5.2\sim 6.1$ の地震5個を含む活動が発生している。

この地域から約50km東方になる鳥取県西部地域では, 2000年10月に $M_j=7.3$ の地震が発生したが, その約10年前から $M_j=5.1\sim 5.4$ を主震とする群発的な活動が発生していた(Shibutani et al., 2002)。

本論文では, 三瓶山東麓から広島県北部にいたる地域の地震活動に関して, 震源再決定と発震機構解析の結果を基に, 鳥取県西部地域の地震活動と比較しつつ, 詳細な検討を行う。

### 2. 震源分布

2002年7月から2003年6月までの地震について, 京大防災研による読み取り値を用いて震源の再決定

を行った。京大防災研, 東大地震研, 気象庁, Hi-netの定常観測点に加えて, 震源域近傍にある大学合同観測の臨時点のデータも利用した(Fig. 1)。この再決定では, Kissling et al. (1994)によるJHD法を用い, 観測点補正值(Fig. A1)と1次元速度構造(Fig. A2)も同時に求めた。

再決定された震央分布をFig. 2に示す。さらに, Fig. 2において太線で囲まれた対象地域の拡大図をFig. 3に示す。これらの図から, この期間に発生した $M_j\geq 3.5$ の地震E1～E7(Table1)のうち, E2, E7, E4, E3は同一面上の活動であったことがわかる。その南東側には長さ約10kmのギャップが見られる。E5はこの面からは北東方向に約2kmずれている。広島県側のE1とE6もこの面上の活動ではない。

### 3. メカニズム解

主な地震E1～E7(Table1)について, P波初動の押し引き分布からメカニズム解を求めた。データは震源再決定と同様, 京大防災研による読み取り値を用

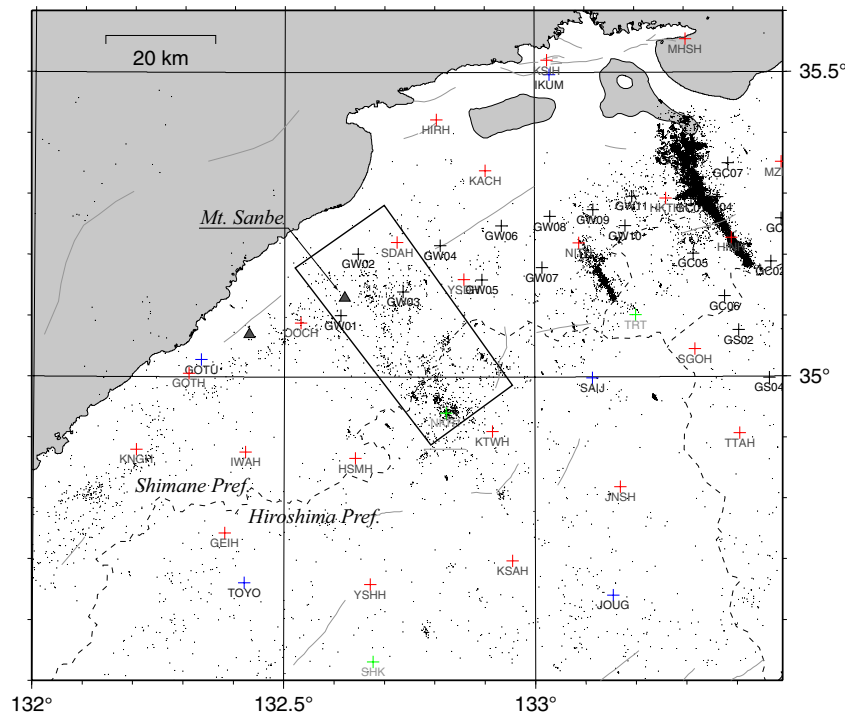


Fig. 1 Stations (+) used in the hypocenter relocation. They consist of permanent stations of universities, JMA and Hi-net (NEID), and temporal stations of universities. Dots show epicenters ( $M_j > 1.5$ ) from 1950 to 2001 in the JMA catalogue. Triangles indicate Quaternary volcanoes. The target region is surrounded by the thick lines.

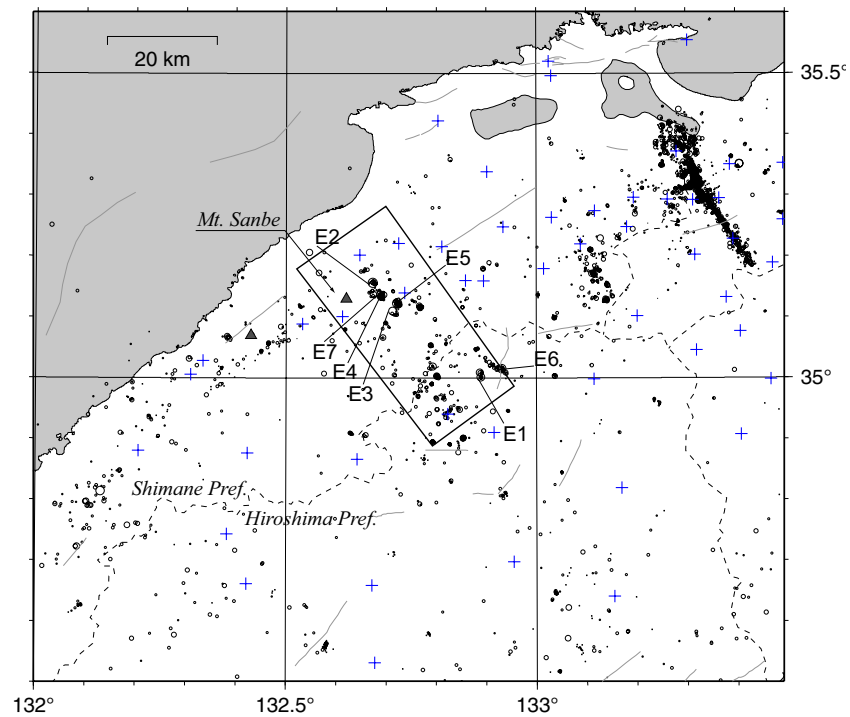


Fig. 2 Epicenters of relocated events (2002/07/01 – 2003/06/30). E1 – E7 are events with  $M_j > 3.5$  in this period. Crosses denote the stations used in the relocation. Triangles indicate the Quaternary volcanoes. The region surrounded by the thick lines is enlarged in Fig. 3.

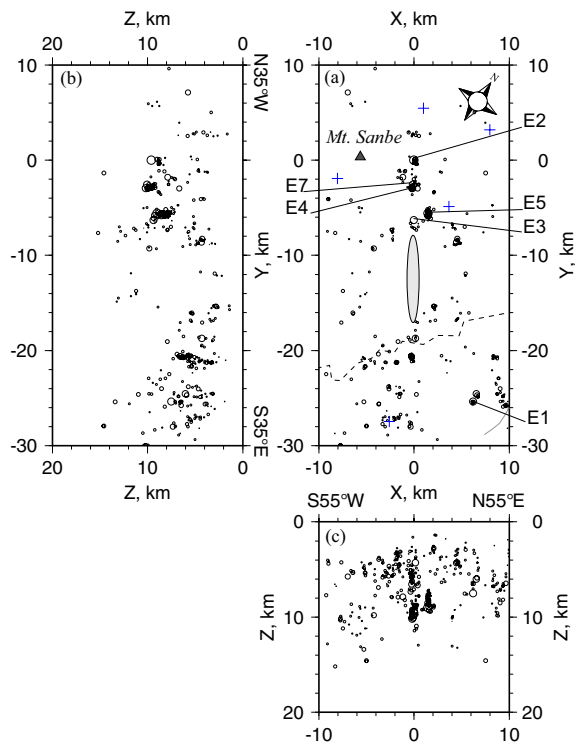


Fig. 3 The distribution of earthquakes in the region surrounded by the thick lines in Fig. 2. (a) Epicenter distributions, (b) depth distributions along N35W – S35E, (c) depth distributions along N55E – S55W. E1 – E7 are events with  $M_j > 3.5$  in the period 2002/07/01 - 2003/06/30 (See Table 1). The triangle indicates Mt. Sanbe, an active volcano.

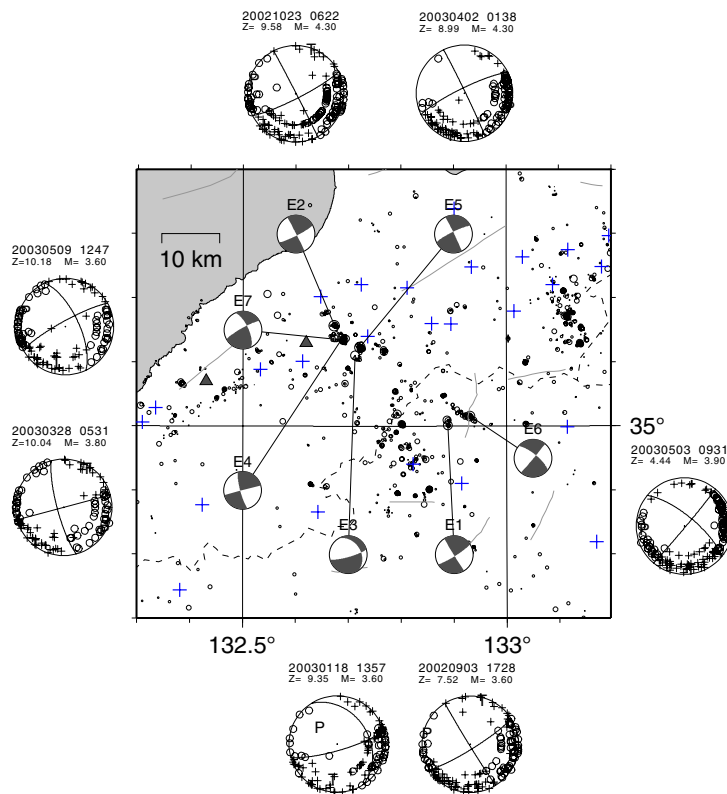


Fig. 4 Focal mechanism solutions of the events E1 – E7 (lower hemisphere projection). crosses: compressions, circles: dilatations. The detailed parameters are listed in Table 1.

Table 1 Focal mechanism solutions of major events.

| EQ# | YMD      | MD   | OT     | LAT.    | LON.     | DEP.  | M   | PLANE 1 |     |      | PLANE 2 |     |      | P-AXIS |      | T-AXIS |      |
|-----|----------|------|--------|---------|----------|-------|-----|---------|-----|------|---------|-----|------|--------|------|--------|------|
|     |          |      |        |         |          |       |     | STRK    | DIP | RAKE | STRK    | DIP | RAKE | AMZ    | PLNG | AZM    | PLNG |
| E1  | 20020903 | 1728 | 42.267 | 35.0017 | 132.8887 | 7.52  | 3.6 | 58      | 82  | 178  | 148     | 88  | 8    | 283    | 4    | 13     | 7    |
| E2  | 20021023 | 0622 | 29.784 | 35.1567 | 132.6732 | 9.58  | 4.3 | 63      | 82  | -179 | 333     | 89  | -8   | 288    | 6    | 18     | 5    |
| E3  | 20030118 | 1357 | 36.340 | 35.1104 | 132.7128 | 9.35  | 3.6 | 74      | 79  | -123 | 328     | 35  | -20  | 310    | 46   | 190    | 27   |
| E4  | 20030328 | 0531 | 47.637 | 35.1371 | 132.6884 | 10.04 | 3.8 | 165     | 79  | 0    | 75      | 90  | 169  | 121    | 8    | 29     | 8    |
| E5  | 20030402 | 0138 | 31.584 | 35.1234 | 132.7218 | 8.99  | 4.3 | 244     | 81  | 178  | 334     | 88  | 9    | 109    | 5    | 199    | 8    |
| E6  | 20030503 | 0931 | 51.425 | 35.0159 | 132.9304 | 4.44  | 3.9 | 40      | 88  | -163 | 309     | 73  | -2   | 266    | 13   | 173    | 10   |
| E7  | 20030509 | 1247 | 0.483  | 35.1342 | 132.6902 | 10.18 | 3.6 | 241     | 81  | 157  | 335     | 67  | 10   | 290    | 9    | 196    | 23   |

いたが、Fig. 1に示されている観測点に加えて、より広域の観測点でのデータも使用した。震源域近傍や周辺域の100以上の観測点のデータを用いたため、メカニズム解は精度よく決定することができ、その不確定さはstrikeが $5^\circ$ 、dipとrakeが $10^\circ$ 程度となった。なお、射出角は、JHD法で求められた1次元速度構造を用いて、再決定された震源に対して計算した。

結果をFig. 4とTable1に示す。P軸は、E-WからENE-WSWまでの範囲に分布する。発震機構は、E3を除いて、ほぼstrike-slip型である。E3の発震機構が、他の地震と異なり、正断層的であることは、この地震が三瓶山東麓の活動域の南東端(Fig. 3に示したギャップの北西端)に位置することと関係があるのかもしれない。

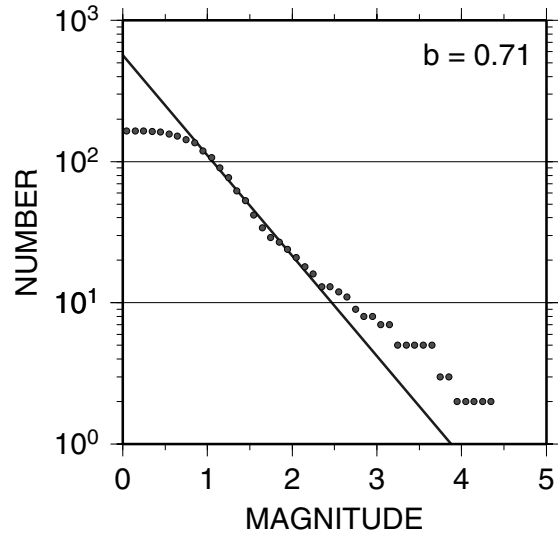


Fig. 5 Magnitude frequency distribution of events in the eastern foot of Mt. Sanbe.

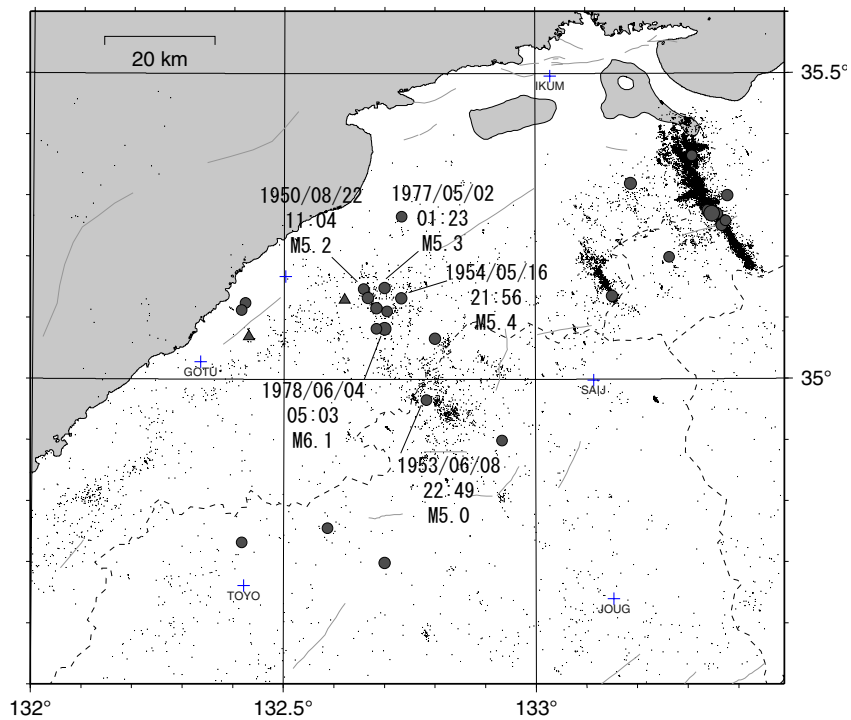


Fig. 6 Epicenters (circles) of events with  $M_j > 5$  from 1950 to 2001 in the JMA catalogue. For major events their origin time and magnitude are shown. Events with  $M_j > 1.5$  are denoted by dots. Crosses are stations of JMA.

#### 4. b 値

三瓶山東麓の地震群 (E2~E5, E7を含む) のマグニチュード頻度分布を Fig. 5 に示す。最尤法 (宇津, 1965) による b 値の推定値は 0.71 となった。これは、2000 年鳥取県西部地震に先行して発生した群発地震の b 値が、0.51~0.67 と小さい値を示したと調和的である。

#### 5. 過去の地震活動

Fig. 5 に 1950 年から 2001 年までの  $M_j \geq 5$  の地震を赤丸で示す。Table 2 にこれらの地震の発震時や位置などを示す。この地域では、1950 年代前半と 1970 年代後半に地震活動が活発であったことがわかる。この期間の最大地震は、1978 年 6 月 4 日の  $M_j = 6.1$  である。

2000 年鳥取県西部地震の震源域でも 1950 年から本震の前までに  $M_j \geq 5$  の地震が 8 個発生している。そのうちの 6 個は、「はじめに」で述べたように、1989 年から 1997 年にかけて発生した先駆的群発地震に含まれる。

#### 6. 議論

2000 年鳥取県西部地震における先駆的群発地震の発生域と本震時のすべり分布 (岩田・関口, 2002) の関係を Fig. 7 に示す。この図から、群発地震の発生域の南東側、すなわち本震前地震が発生していなかったところに、すべり量の大きな領域が存在したこと

Table 2 Major earthquakes in the past.

| Y    | MD  | HM   | OT    | LAT.    | LON.     | DEP. | M   |
|------|-----|------|-------|---------|----------|------|-----|
| 1950 | 822 | 1104 | 5.70  | 35.1483 | 132.6583 | 7.0  | 5.2 |
| 1950 | 822 | 1114 | 52.90 | 35.1117 | 132.7050 | 2.0  | 5.0 |
| 1953 | 608 | 2249 | 58.30 | 34.9667 | 132.7833 | 10.0 | 5.0 |
| 1954 | 508 | 1726 | 0.00  | 35.0667 | 132.8000 | 0.0  | 5.3 |
| 1954 | 516 | 2156 | 29.60 | 35.1333 | 132.7333 | 30.0 | 5.4 |
| 1965 | 226 | 1542 | 53.40 | 35.2667 | 132.7333 | 20.0 | 5.1 |
| 1972 | 414 | 429  | 4.60  | 34.9000 | 132.9333 | 10.0 | 5.2 |
| 1977 | 502 | 123  | 2.30  | 35.1500 | 132.7000 | 10.0 | 5.3 |
| 1978 | 604 | 503  | 53.20 | 35.0833 | 132.7000 | 0.0  | 6.1 |
| 1978 | 604 | 603  | 9.60  | 35.0833 | 132.6833 | 0.0  | 5.2 |
| 1978 | 604 | 620  | 58.50 | 35.1167 | 132.6833 | 10.0 | 5.5 |
| 1978 | 604 | 622  | 53.30 | 35.1333 | 132.6667 | 0.0  | 5.3 |

がわかる。

本研究が対象とする三瓶山東麓から広島県北部にかけての地域は、(1) 第四紀火山の近傍にあり、(2)  $M = 5 \sim 6$  の地震の活動度がかなり高いという点で、2000 年鳥取県西部地震の震源域と類似性を有する。

この地域で、2002 年 9 月から 2003 年 5 月にかけて発生した  $M_j = 3.6 \sim 4.3$  を主震とする活動は、(1) b 値が 0.71 と小さく、(2) 主要な活動は同一面上で発生したという点で、2000 年鳥取県西部地震前の群発地震との類似性を示す。

このような類似性から当該地域においても Fig. 3 において示したギャップが大きくなる可能性を指摘することができ、今後もこの地域の地震活動を注意深く観測する必要がある。

#### 7. おわりに

2003 年 3 月から 5 月にかけて  $M_j = 4$  程度の地震 3 個を主震とする群発的地震活動が発生したことを契機

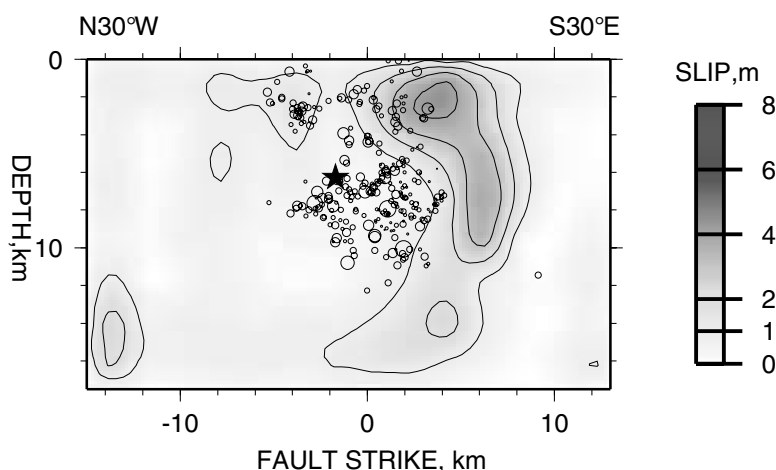


Fig. 7 Depth distributions of precursory swarms (circles) and total slip (contours) on the fault plane of the 2000 Western Tottori Earthquake. The star indicates the starting point of the mainshock rupture.

として、島根・広島県境域の地震活動を詳細に検証した。鳥取県西部地域の地震活動との類似性から、この地域にもMj=7程度の地震が発生する可能性があり、その際にはFig. 3に示したギャップが大きくなるのではないかと考えられる。

### 謝 辞

本研究では、京大防災研の震源カタログを使用しました。これには、京大防災研、東大地震研、気象庁、防災科技研(Hi-net)、大学合同観測のデータが含まれています。

### 参考文献

岩田知孝・関口春子(2002):2000年鳥取県西部地震の震源過程と震源域強震動, 月刊地球, 号外38「西日本の地震活動」, pp. 182-188.

宇津徳治(1965):地震の規模別度数の統計式  $\log n$

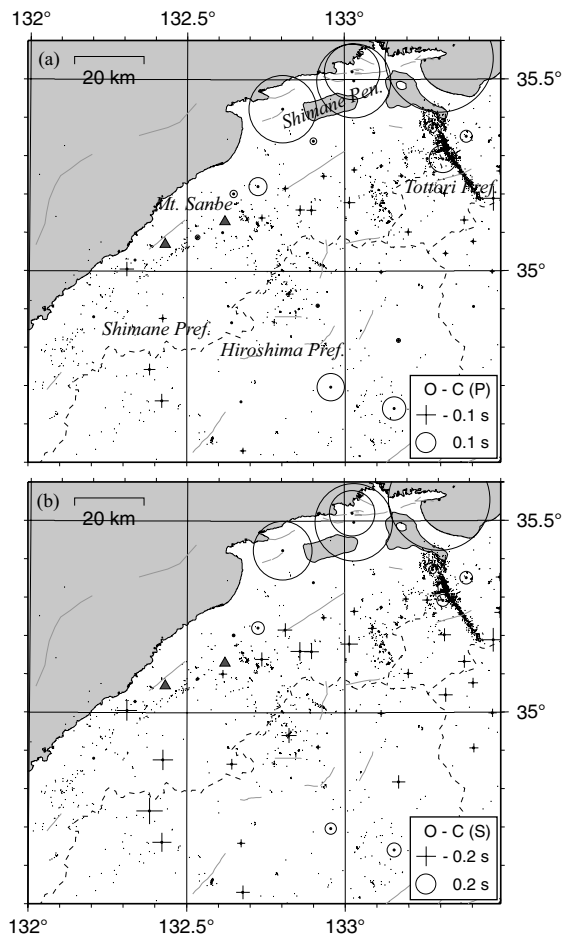


Fig. A1 Station corrections obtained from the JHD method. (a) P-time, (b) S-time.

=  $a - bM$  の係数  $b$  を求める一方法, 北海道大学地球物理研究報告, Vol. 13, pp. 99-103.

Kissling, E., Ellsworth, W. L., Eberhart-Phillips, D. and Kradolfer U. (1994): Initial reference models in local earthquake tomography, J. Geophys. Res., Vol. 99, pp. 19635-19646.

Shibutani, T., Nakao, S., Nishida, R., Takeuchi, F., Watanabe, K. and Umeda Y. (2002): Swarm-like seismic activity in 1989, 1990 and 1997 preceding the 2000 Western Tottori Earthquake, Earth Planets Space, Vol. 54, pp. 831-845.

### 付 録

JHD法による震源再決定において、観測点補正值(Fig. A1)と1次元速度構造(Fig. A2)を同時に推定した。

Fig. A1を見ると、島根半島に大きな正の走時残差があることに気づく。これは、この地域がグラーベン構造をしていて、地震波速度の遅い地層が厚く堆積しているためと考えられる。2000年鳥取県西部地震の余震域、三瓶山北東域、広島県東部にも正の残差をもつ観測点が見られる。その他の観測点はおおむね小さい負の残差をもつ。

1次元速度構造の推定では、深さ1kmから24kmまではresolutionが0.9より大きく、精度よく求まっていると考えられるが、最下層(マントル最上部)では0.5より小さく、信頼性にやや欠ける。深さ3kmから32kmまでの地殻の速度は、深さとともに漸増しており、大きな不連続は見られない。

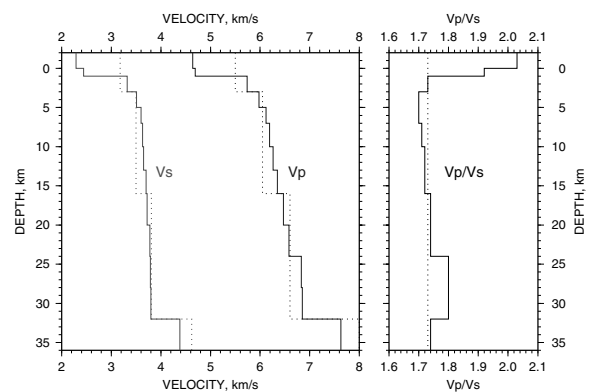


Fig. A2 1-D velocity structures obtained from the JHD method (solid lines). Dashed lines indicate the initial models.

## **Seismic activity at the eastern foot of Mt. Sanbe, Shimane-Hiroshima border region**

Takuo SHIBUTANI

### **Synopsis**

In the Shimane-Hiroshima boarder region, swarm-like seismic activity containing three earthquakes with  $M_j = 3.8 - 4.3$  from March to May in 2003. We investigated the seismic activity in this area. Seven earthquakes with  $M_j > 3.5$  occurred in the period from July 2002 to June 2003. We found that four of them occurred on a fault plane. Six of them had strike-slip type focal mechanisms with their P axes in the direction between E – W and ENE – WSW. The b-value of events on the eastern foot of Mt. Sanbe was 0.71. In this region the seismic activity was high in the early 1950s and in the late 1970s. The largest earthquake with  $M_j = 6.1$  occurred on June 4, 1978. The above features are similar to those in the Western Tottori region.

**Keywords:** seismicity, Shimane-Hiroshima border region, Mt. Sanbe, JHD technique, focal mechanism solution