

1985年大山火山付近に発生した群発地震について

竹内 文朗・佃 為成・西田 良平・中尾 節郎
渋谷 拓郎・渡辺 邦彦・西上 欽也・尾池 和夫

EARTHQUAKE SWARM OCCURRED NEAR THE DAISEN VOLCANO IN 1985

By *Fumiaki TAKEUCHI, Tameshige TSUKUDA, Ryohei NISHIDA,*
Setsuro NAKAO, Takuo SHIBUTANI, Kunihiro WATANABE,
Kin'ya NISHIGAMI and Kazuo OIKE

Synopsis

An earthquake swarm including the main event ($M=4.9$) occurred only several kilometers east to the Daisen volcano, Tottori Prefecture from the end of June 1985. This swarm strongly drew our attention, since it could be a precursory activity of the Daisen volcanism, or could be followed by a greater earthquake which would cause a landslide. From the disaster prevention point of view, fortunately the number of earthquakes gradually decreased and at the present time (1986 April) this swarm almost died out and no volcanic activity has been reported until now.

We have, however, summarized this swarm here, because the main event was a comparatively large one that ever occurred in and around the networks of our institute. The most interesting nature of the swarm is that we could divide it into three stages, both from time sequence and epicentral distributions. We also studied the focal mechanism solution for the main event. It shows a similar pattern to those for the 1943 Tottori Earthquake and for the 1983 event in the midst of Tottori Prefecture, which indicates that the present swarm is caused by the NWW-SEE compressional force widely predominant in the Inner zone of the Southwest Japan. The b -value was also calculated to be 0.65 for 168 events. Moreover, we set up 4 temporary seismic stations near the epicentral region, one of which was to clarify the relation between the earthquake occurrence and the sound that had been reported by the residents in the epicentral region. But we could not find the relation, because no more sound was heard during the temporary observation.

1. 序

1985年6月26日、鳥取県の大山火山(1711 m)付近に微小地震が発生した。翌6月27日にはマグニチュード(以下 M と略す)4.4の地震が起こり、さらに5日後の7月2日には $M=4.9$ を含む30以上の地震の発生をみるに至った。このようすは、鳥取微小地震観測所のテレメータ網¹⁾によって捉えられ、同時に防災研究所本所の地震波自動観測システム²⁾にも記録された。

大山は有史時代の活動は知られていないが、第四紀にくり返し火山活動をしている。最も新しい時期の噴火は、少くとも約2万年前より後であり、それ以前には数万年の間隔をおくことなく活動していると推定されている^{3,4)}。今回の地震活動は、大山山頂からわずかに数 km 東方に発生しており、火山活動との関連あ

るいはより大きな地震の発生につながるかどうかなど防災上の関心をひいた。大きな地震の振動が火山地域に及ぼす災害の例としては、昭和59年長野県西部地震 ($M=6.8$, 1984) による斜面崩壊⁹⁾ が記憶に新しい。幸いにもその後地震活動は順調に低下し、8月末～9月初旬に $M \geq 3$ の地震を含む小規模な活動があったものの、10月にはルーチン観測ではわずかに1コの震源が決まっただけとなった。1986年4月現在活動はほぼ皆無に等しく、一連の活動は終了したと見られる。しかしこの地震群は、防災研究所のネットに起こる地震としては比較的大きいものであり、震央分布にも特徴がみられたので、ここに概要をまとめておきたい。

2. 地震活動

2.1 過去の活動

Fig. 1 に1926年～1985年の JMA による震央分布を示す。この図は石川ら⁶⁾ による SEIS-PC を用いて描いた。M は検知能力の変遷の影響の少ないと思われる 4 より大きいものだけを選んだ。また深さは 0～50

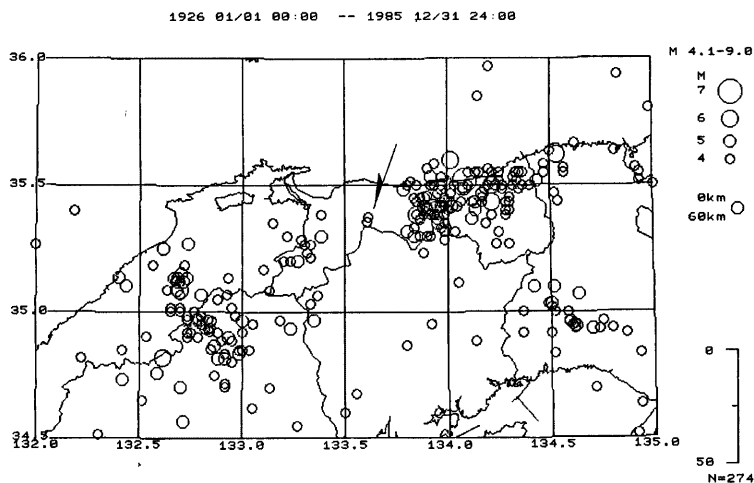


Fig. 1 Seismicity map of JMA data drawn by SEIS-PC (Ishikawa, et al.⁶⁾) Arrow shows the area presently studied.

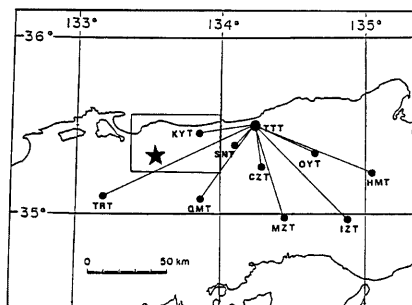


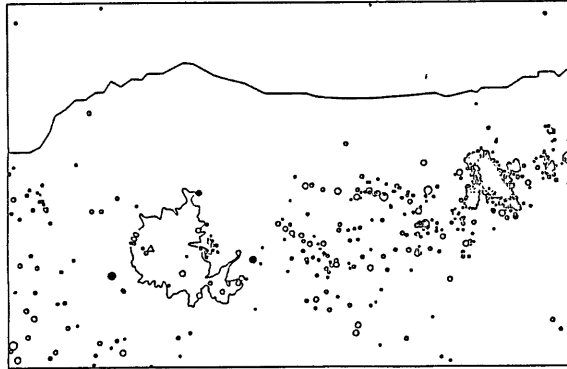
Fig. 2 Telemetry network of the Tottori microearthquake Observatory with the studied swarm (★). Rectangle is the same for those in Fig. 3.

kmである。図の中央部矢印が今回の活動域を指す。この東方20 kmには、1983年の鳥取県中部の地震⁷⁾とその余震があり、さらに東方へ海岸線に沿って延びる分布は、1943年の鳥取地震⁸⁾の活動域である。反対に矢印の西方には、鳥取・島根県境付近にいくつかの地震がみられる。これらは主に1978年に発生したものである。今回の活動は東西に約40 km離れた両域の midpoint で発生したと、見ることができる。さらに小さなMの地震については、鳥取微小地震観測所のデータを用いて調べることができる。Fig. 2 に同観測所の観測点配

1976 APR.24 - 1985 JUN.25 M.GE.1 DEPTH=0 - 30 km

• • • • •
M=1 2 3 4 5

10 km



1985 JUN.26 - 1985 AUG.31 M.GE.1 DEPTH=0 - 30 km

• • • • •
M=1 2 3 4 5

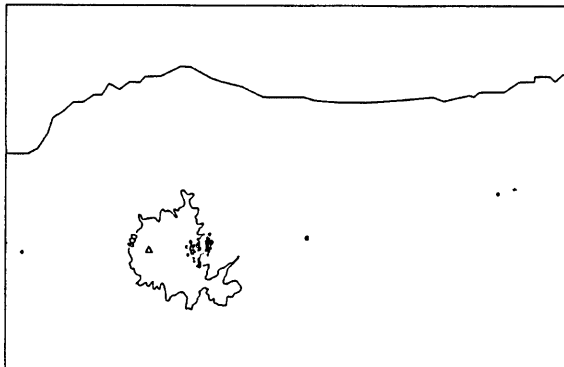


Fig. 3 Epicenters routinely determined by the Tottori Microearthquake Observatory. Upper: before the present swarm. Solid circles indicate $M \geq 3$ events very near the Daisen. Lower: Present swarm.

置を示した。大きな黒丸が本所で、小さな黒丸が衛星観測室である。星印は今回の活動域で、観測網の西端に位置する。星印を囲む四角形の範囲について、1976年のテレメータ観測開始以降の震央分布を Fig. 3 に示す。上図が1985年6月25日までの分布で、今度の活動のはじまる前日までのものである。△印は大山の山頂、そのまわりの実線は高度 800 m の等高線である。Mは1以上、深さは 30 km 以浅である。Fig. 1 の JMA の結果と比べれば、鳥取県中部の地震と大山との間にも相当数の微小地震が発生している点異なる。したがって微小地震クラスの震央まで含めると、鳥取地震の余震の並びが大山の 10 km 東方まで延長されていると考えられる。大山のすぐそばの地震で $M \geq 3$ の3つを黒丸で示した。これらは、いずれも1978年に発生している。下図には今回の活動を示した。同じ場所に、上図にも多くの地震がプロットされていて、今回の群発地震は、以前にも小さい地震の発生していたところに起こったものであることがわかる。

2.2 活動の推移

鳥取微小地震観測所のルーチン処理で震源の求まった地震の日別頻度を Fig. 4 に示す。Mの大きな地震に注目して時間の順に3つのかたまりとして、この図をとらえてみる。一番目立つのは、7月2日の最大の地震 $M=4.9$ で、その直接の余震らしきものが7月末まで続いている。その後8月には中旬と月末に地震数が増え、別の一組を成す。これらに先立ち、6月下旬の $M=4.4$ を含む活動は、最大地震に先行するという意味で前震群として、もう一つのグループと考える。この時間的な区分けによる地震群は空間的にもそれぞれがまとまりをもっている。そのようすを Fig. 5 に示した。時間的に分けた上述の3つのグループに加え、これらより前の地震を別の1まとまりと考え、時間順に Stage 1~Stage 4 と名づける。各 Stage の震央分布の詳細は、Fig. 5 中段と下段に示されている。4つの Stage の震央分布を模式的に表わしたのが同図上段の図である。ルーチン処理データは約20年前まで逆のぼることができるが、途中 QMT, TRT の二点が増設されたので、この二点の稼働しはじめた1981年6月からのデータに限った。今回の活動直前までが Stage 1 で、中段左図の分布である。上段の図では1の斜線領域として模式化されている。この期間の地震は、M1クラスがほとんどで、より大きいものも、より小さいものも少ない。Stage 2 は中段右図で、前震の時期である。場所的には、Stage 1 の西方約 1 km で、狭い範囲に局在している。最大のMは4.4である。 $M < 1$ の地震が多く、Mが2.5から4.0までの地震が全くない。Stage 3 は主震と約1ヶ月間の余震である。主震の位置は Stage 2 の範囲内にあるが、この期間の地震は Stage 1, Stage 2 の範囲を含み、さらにその外側までのさしわたし 3 km 程度の地域に広がった分布をしている。最後に8月以後の Stage 4 では、それまでの広がった分布が再び東方の限られた場所にのみ発生するパターンになった。その場所は、ほぼ Stage 1 の場合と重なり合う。中でも南の方に $M \geq 3$ の地震がかたまっているが、これらは主震以後2ヶ月間ではじめての

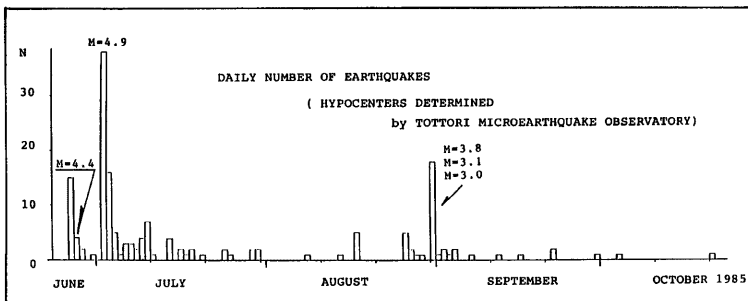


Fig. 4 Frequency distribution of earthquakes whose hypocenters were determined routinely by the Tottori Microearthquake Observatory.

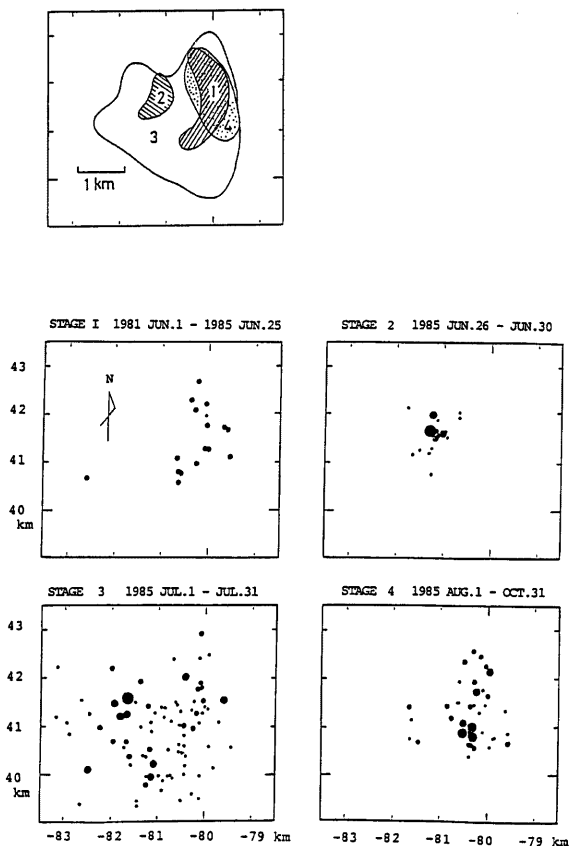


Fig. 5 Four stages of earthquake occurrence. Upper shows schematically the active region in each stage. Detailed epicentral distributions are shown by the middle and lower figures. Diameter of the circle is proportional to the magnitude. Largest; $M > 4$, Smallest; $M < 1$.

$M \geq 3$ である。図は10月末までの活動であるが、この後は数ヶ月間ルーチン処理で震源の求まる地震はなく、1986年4月18日に $M=0.3$ が1コ発生したにとどまる。なお Stage 4 の地震のうち西方の4つは別の群をなすようにも見える。このうち1つを除くと他の3つは東方の群の発生後半月の9月中旬に起こったもので、細かく分ければもう一つの群れと考え得る。そうだとすれば、Stage 1 から Stage 2 への移行と同様東側の地震のあと西側が活動するという共通パターンがあることになる。以上、時期と震央位置による区分けを行なったが、各 Stage での震源の深さにも特徴がみられる。ただし震源の深さの誤差は一般に水平方向の誤差より大きいので、ここではだいたいの値を記しておくだけにしたい。Stage 1 から Stage 4 までの地震はおよそ2 km~15 kmの深さに震源が求まっている。Stage 1 ではこの全範囲に、Stage 2 では9 km以深に多

く、Stage 3 では逆に10 km より浅い部分に多い。Stage 4 は、Stage 3 と同様 10 km 以浅が多いが、Stage 3 でMの小さい地震ばかりが発生している所に、比較的大き目の地震が集っているため、Stage 3 との区別は容易である。以上、ルーチン処理の震源座標を用いて議論した。より精密な読みとりを行ない再決定すれば、震源とくにその深さは異って求まるであろうが、時間の流れに従って、震源分布の空間位置が移り変わったという点は変わらないであろう。

2.3 発震機構, b 値

Fig. 6 に本震のメカニズム解を示す。データは防災研究所で得られたものの他に隣接のネットのデータも使用した。2枚の節面はその傾斜角に若干の任意性があるものの、走向はほぼ一意的に求まり、Strike 成分の卓越した発震機構であることを示している。この解は、上述の鳥取地震⁹⁾や鳥取県中部の地震の解¹⁰⁾とも類似しており、この地域に支配的な東南東-西北西圧縮場によると見える。b 値は、168コの地震の $\log N$ と M の関係から求めた。Fig. 7 に見る通り、 $b=0.65$ と比較的小きな値が得られた。なおMについては、3 以

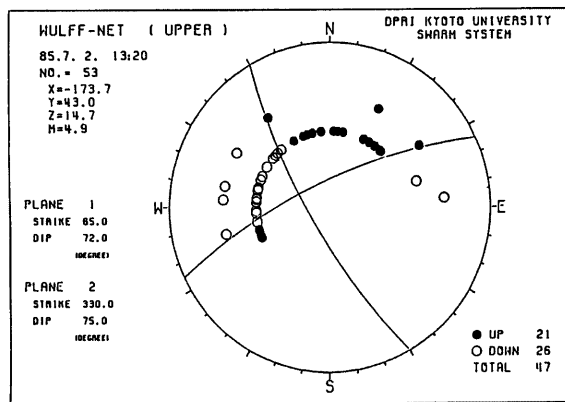


Fig. 6 Fault plane solution for the main event ($M=4.9$). Polarity data of the neighboring networks and of JMA are also used. This solution is similar to those of the 1943 Tottori Earthquake and the 1983 event in the midst of Tottori Prefecture.

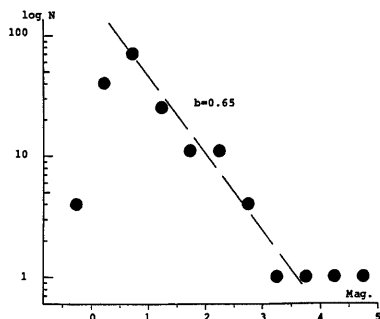


Fig. 7 Logarithmic frequency of magnitude distribution. The b-value is determined for the dashed line.

上のは気象庁発表の値を用い、それより小さいものはF-Pを用いて、鳥取微小地震観測所で求めた値を使用した。2.2節におけるStage 1すなわち、本シリーズより前の地震は当然ながらb値の算出には用いていない。M $\geq$ 3.5の地震が3コあるが、これらを重視してb値を求めれば、更に小さな値が得られる。

3. 臨時観測と鳴動

本地震群の発生当初は特別に臨時的な地震観測の必要を認めなかった。それは、Fig. 2に見られるように震央をとりまくルーチン観測点があって、M1以下の地震も十分検知できていたからである。ところが震央近くの関金町野添地区で鳴動があったとの情報があり、鳥取大学に調査の依頼があった¹¹⁾。これによると、「7月2日の地震以降『ドーン』という鳴動がしているがゆれはない」、「8月11日22時30分、8月12日1時のものが特につよかった。下から突き上げられるような感じがした」、「8月9日、11日の深夜に野添地区において『ドーン』という鳴動があった」などとなっている。しかし、ルーチンデータによると8月9日、11日、12日については該当時刻には少なくともM $\geq$ 1の地震は発生していない。むしろ、Fig. 4に見られる通り、この期間は地震活動が最も低下している時期にあたっている。そこでより小さな地震とこの音の関係を見るため、8月15日、野添地区の民家に上下動一成分トリガー方式の可視記録装置をセットした。得られた記録のうちS-P timeが2秒以下位のごく近傍の地震数を日別にFig. 8に示した。ルーチン記録の数倍の地震をとらえていて、活動の消長がより詳しく伺える。ほとんどがS-P time約1秒で、このことから震源の深さが10 km以浅であることが判った。セット後の8月下旬から9月上旬にかけては、地震数が増加したが、鳴動が聞かれた報告はなく、先程の鳴動がこの地震群によるものであったかどうかについての結論は得られなかった。野添他にも、震源決定のためにより多くのデータを得るべく、震央をとりかこむような3点を選んで、上下動各1成分による観測を行なった。これらの配置をFig. 9に示す。また座標をTABLE 1に示す。観測点配置が、必ずしも理想的な形でないのは、地動ノイズや電源の便等の制約に左右されたからである。セット完了の9月17日以後は、地震数が少なくなり、また計器のトラブルもあって、3点揃ってデータの得られたのは数例にすぎない。地震活動の低下に伴い、11月6日以後は小泉の1点を残して臨時観測は終了した。

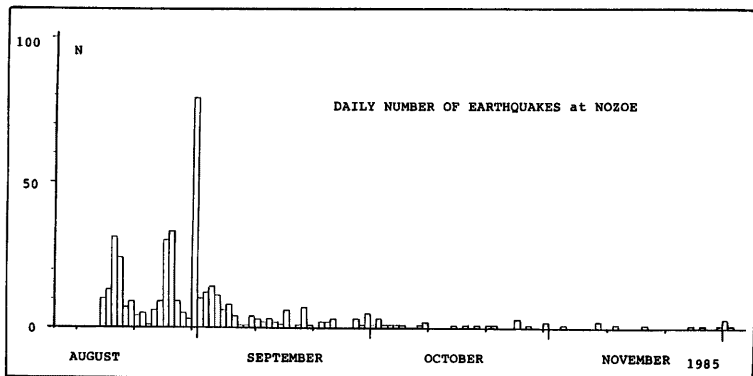


Fig. 8 Frequency distribution of earthquakes (S-P $\leq$ 2 sec) observed at Nozoe temporary station.

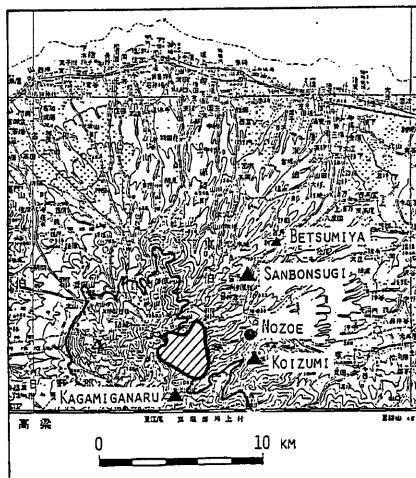


Fig. 9 Temporary stations. ●; visible recording, ▲; magnetic recording. Hatched area indicates the seismic region shown in the upper one of Fig. 5. Detailed informations for these stations are listed in Table 1.

Table 1 Coordinates and observation conditions for the temporary stations.

Station	Latitude	Longitude	Height	Period	System
NOZOE	35°22'25.1"	133°38'38.7"	390 m	Aug. 15-	2 Hz V Visible
KOIZUMI	35°21'25.3"	133°39'14.9"	425 m	Sept. 17-	2 Hz V OM-2*
KAGAMIGANARU	35°20'33.1"	133°35'46.0"	935 m	Sept. 17-Nov. 6	2 Hz V OM-2*
BETSUMIYA	35°25'21.6"	133°39'42.8"	240 m	Sept. 17-Sept. 27	2 Hz V OM-2*
SANBONSUGI	35°24'14.1"	133°38'27.9"	310 m	Sept. 27-Nov. 6	2 Hz V OM-2**

(*: OIKE and MATSUMURA¹²⁾ **: Moved from BETSUMIYA)

4. ま と め

1985年6月26日にはじまった鳥取県大山東方の地震群は、最大地震 $M=4.9$ を含む百数十個の震源が鳥取微小地震観測所のルーチン処理で求まった。時間・空間的に特徴的な3つのStageに分割でき、これより前数年間の地震群と合わせて4つのStageを考えることができた。心配されたような火山活動や、さらに大きな地震発生には結びつかず、一連の活動は1986年4月現在ほぼ完全に終了している。最大地震のメカニズム解は鳥取地震(1943)など近傍の大きな地震のそれと類似しており、広域的な応力場に支配されているように思われる。b値は約0.65と求まった。地元では、8月に鳴動のあったという報告が相つぎ、これとの関連や、より詳しい震源を求める目的で臨時観測を実施したが、鳴動との対応はつかなかった。また、臨時観測点で得られたデータは、地震活動の低下もあって、ごく少数であるので、ルーチンデータと合わせての解析は行っていない。しかし1点では1986年4月現在も観測を続けており、今後の地震活動の変化に対応できる態勢をとっている。

5. 謝 辞

本稿をまとめるにあたり、京都大学防災研究所岸本兆方教授、同理学部久保寺章教授には貴重な助言を頂

いた。また東京大学地震研究所広島、和歌山両微小地震観測所、高知大学高知地震観測所、京都大学徳島地震観測所の押し引き分布を使用させて頂いた。臨時観測や現地調査に協力いただいた鳥取県関金町・江府町の皆様、および観測補助をしていただいた京都大学大学院生小泉尚嗣氏、岡本拓夫氏（当時）、以上の皆様にお礼申します。

参 考 文 献

- 1) 岸本兆方・尾池和夫・渡辺邦彦・佃 為成・平野憲雄・中尾節郎：鳥取および北陸微小地震観測所のテレメータ・システムについて，地震，Ser 2, Vol. 31, No. 3, 1978, pp. 265-274.
- 2) 佃 為成・竹内文朗・小泉 誠・栗山 知・岸本兆方：防災研究所の微小地震定常観測システム，地震学会講演予稿集，昭和60年度秋季大会，No. 2, 1985, pp. 90.
- 3) 津久井雅志：大山火山の地質，地質学雑誌，第90巻，第9号，1984, pp. 643-658.
- 4) 津久井雅志・西戸裕嗣・長尾敬介：蒜山火山群・大山火山の K-Ar 年代，地質学雑誌，第91巻，第4号，1985, pp. 279-288.
- 5) 酒井潤一：昭和59年長野県西部地震による斜面崩壊，1984年長野県西部地震の地震および災害の総合調査，1985, pp. 165-178.
- 6) 石川有三・松村一男・横山博文・松本英照：SEIS-PC の開発一概要一，情報地質，10, 1984, pp. 19-34.
- 7) 「1983年10月31日鳥取県中部の地震」研究グループ：1983年10月31日鳥取県中部の地震について（概観），地震学会議演予稿集，昭和59年度春季大会，No. 1, 1984, p. 104.
- 8) 東京大学地震研究所：図説日本の地震1872年-1972年，1973, pp. 80-81.
- 9) Masaji ICHIKAWA: Reanalyses of Mechanism of Earthquakes which Occurred in and near Japan, and Statistical Studies on the Nodal Plane Solutions Obtained, 1926-1968, Geophysical Magazine, Vol. 35, No. 3, 1971, pp. 207-274.
- 10) 西田良平・西上欽也：83年10月31日の鳥取県中部地震一発震機構一，地震学会講演予稿集，昭和59年度春季大会，No. 1, 1984, p. 108.
- 11) 鳥取県消防防災課私信：関金町野添地区の「鳴動」について，1985.
- 12) 尾池和夫・松村一男：音響用テープレコーダを用いた地震波記録装置（OM 型イベントレコーダ），地震，Ser. 2, Vol. 38, 1985, pp. 359-364.