

丹後半島地方の地震活動（第1報）

渡辺 邦彦・見野 和夫・西田 良平
松尾 成光・中尾 節郎・榎本 晋

ON THE SEISMIC ACTIVITY OF TANGO PENINSULA REGION (PART 1)

By Kunihiro WATANABE, Kazuo MINO, Ryohei NISHIDA, Shigemitsu MATSUO,
Setsuro NAKAO and Susumu ENOMOTO

Synopsis

On March, 1927, Tango Earthquake (M 7.5) occurred at Tango peninsula region, northern part of Kyoto Pref. and caused much damage to all that neighborhood. Two major fault systems, Gomura echelon fault system and Yamada fault, which were perpendicular with each other moved at this earthquake. So, we settled a seismic observation network with three stations in Tango region and have investigated the seismic activity near around this region.

The high seismicity near the root area of Tango peninsula and along the Japan-Sea shore is remarkable. The fault plane solutions of four moderate earthquakes were analyzed. Three of these were strike-slip type with principal stress axis of ES-NW direction, but the direction of one other earthquake was perpendicular to those of another three events.

1. はじめに

1927年（昭和2年）3月7日夕刻、京都府北部丹後半島地方を直下型大地震が襲った。死者2,900名、家屋の全潰全滅2万戸という大惨事であった。丹後地震（M 7.5）である。

震源は丹後半島中央部とされ、ほぼ直交する顕著な2つの断層を生じた。郷村断層（NWN-SES 方向）と山田断層（ENE-WSW 方向）である。特に前者は、陸上で確認され得る範囲で、長さ1～数 km の小断層が並列斜行していた、いわゆる雁行断層系として有名である（Fig. 1）。この郷村雁行断層系を構成する小断層列は、大体において、左ズレおよび東落ち成分を有しているが、その北端の日本海岸に近い部分では西落ち成分が認められている事は注目に値する。これに対し、山田断層の地震時の変位は、郷村断層ほど顕著ではないが、概して南落ちと考えられている。地殻変動については、三角測量、水準測量等が実施され、地震前後の変動が調査された。当時の被害調査、地質調査等については、地質調査所報告第百号に詳しい¹⁾。

地震発生直後より余震観測がなされた。その結果、余震活動は、主として郷村断層の西側、山田断層の南側に活発であった²⁾。

本震については、金森（1973）により、モーメントは 0.46×10^{27} dyne·cm、断層の大きさは 35 km（長さ） $\times$ 13 km（巾）、変位量 3 m（左ズレ）、ストレス・ドロップ量 100 bars と求められた³⁾。

日本海沿岸地域は、この丹後地震のほかに、鳥取地震（1943年、M 7.4）、福井地震（1948年、M 7.3）、新潟地震（1964年、M 7.5）といった、直下型大地震が頻繁に発生し、多大の被害を蒙っている。北陸地方から中国地方にかけての日本海側は、気象庁の他に京大防災研の、上宝、北陸、鳥取各観測所および京大理学部地震予知観測地域センターの各微小地震観測網が、その地震活動の監視を行っている。しかし、丹後半島地方は、過去に大地震の被害を蒙ったにもかかわらず、現状では、微小地震観測網の外側に位置し、その検

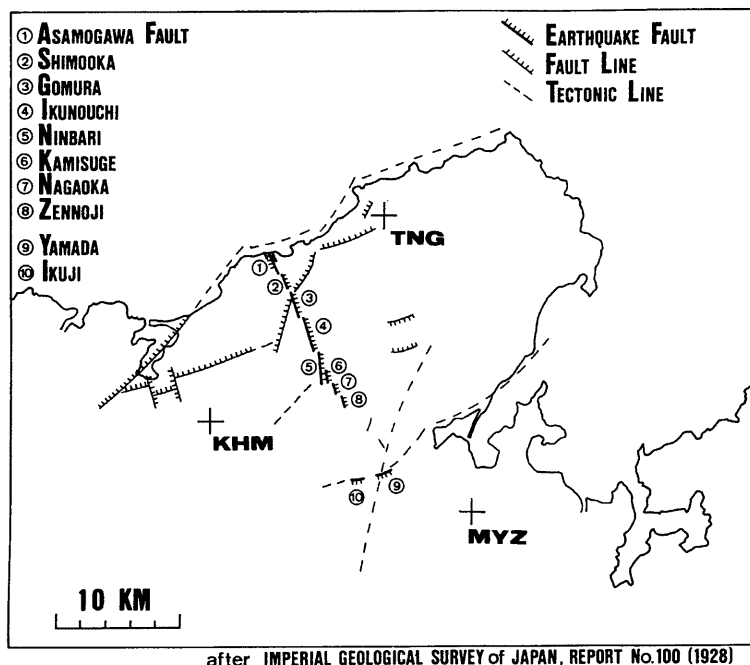


Fig. 1 Gomura echelon faults and Yamada fault moved at Tango Earthquake (1927) and our network stations

知能力の低い地域といわざるを得ない。例えば、鳥取観測所ルーチン観測網によって求められた震央分布を Fig. 2 に示す。これによると、郷村断層系に関わると思われる地震活動が、そのまま日本海沖へと延びている事が判る。しかし、郷村断層とのより詳しい関り合いを調べるためには、震源決定精度が充分でない。そこで、我々は、丹後半島に臨時の微小地震観測網を設け、同地方の地震活動状況を調査する事を計画した。その目的は、約60年前の丹後地震の余震活動の現状、郷村・山田両断層および当地方の活構造と現在の地震活動の関連、丹波帯、舞鶴帯、中国帯といった地質構造と地震活動の関連等々を調べる事である。本稿では、その観測結果の一端について述べる。

2. 観測と震源決定

現在の地震活動の概要を知る事をまず目的とした。そのため、長期間記録計による連続観測方式を採用した。記録方式は、ペン書き式、4mm/sec 送りである。観測点は、郷村、山田両断層を囲む約 20 km スパンの3点を設置した。地震計は各点とも、2 Hz 上下動成分であり、記録紙上の感度は 200~400 μ kine/cm である。1982年12月より観測を開始した。観測点の位置等については、Table 1 に示す。

地震計設置点の岩質は観測点により異なる。宮津観測点 (MYZ) は風化花崗岩の横穴内であり、久美浜観測点 (KHM) は花崗岩露岩上である。丹後観測点は熔結凝灰岩露岩上で非常に固く、地盤特性は観測点夫々で大きく異なる。従って、3観測点で共通して記録される近地震データを増す目的で、アンプ倍率、フィルターの併用等を考慮した。

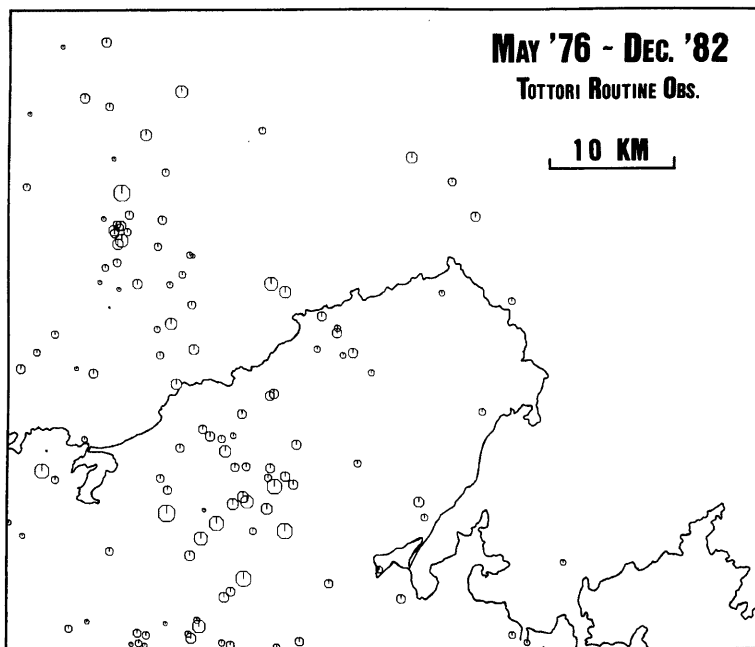


Fig. 2 Seismicity map of period from 1976 to 1983 analyzed by Tottori Observatory. High seismicity near around Gomura fault can be recognized by this map, but can not on details.

Table 1 Locations of observation stations

Station	Abbreviation	Longitude (X km)	Latitude (Y km)	Altitude	Starting of observation
Miyazu	MYZ	135°11'31".1 (17.412)	35°30'20".4 (0.646)	50 ^m	Nov. 25th, 1982 —
Kumihama	KMH	134°57'35".5 (-3.638)	35°34'15".9 (7.886)	55 ^m	Dec. 8th, 1982 —
Tango	TNG	135°06'45".0 (10.177)	35°43'03".3 (24.142)	50 ^m	Dec. 22nd, 1982 —

Origin=(135°.0E, 35°.5N)

震源決定に用いた地下構造は、鳥取観測所において橋爪らが採用した、花房一倉吉爆破結果に基づく水平4層モデル⁴⁾である (Fig. 3)。3観測点のうち1点以上が欠測の場合は、鳥取あるいは地震予知観測地域センターのルーチン観測点のデータを併用した。震源決定計算は、OKITAC 50/10 ミニコン・システムを用いた。1982年12月～1983年5月の震央分布を Fig. 4 に示す。

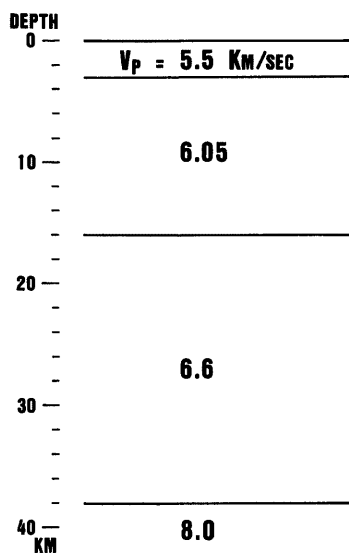


Fig. 3 Crustal structure used in calculation of hypocenters in this paper, based on Hanabusa-Kurayoshi explosions

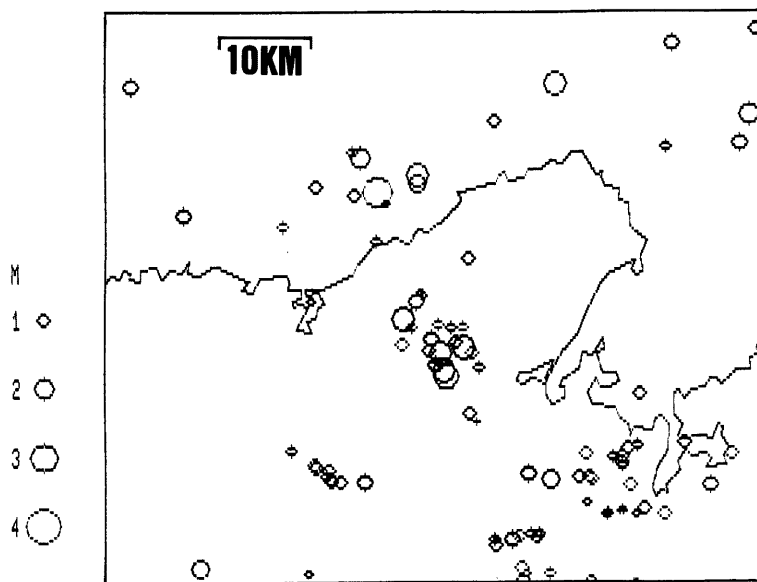


Fig. 4 Seismicity map of period from Dec. 1982 to May 1983 made by using our network data

3. サイスマシディ

震央分布図によると、震源は Fig. 2 で見るより地域的に集中して見える。特に活発なのは、丹後半島の付根の地域で、1927年丹後地震の震源近傍である。しかし、この活動は、断層に沿う線状配列というより、むしろ直径 5~10 km 程度の狭い範囲内に集中しているように見える。空中写真によると、この辺りには郷村断層とほぼ並行な走行の構造線が見られる。特に、郷村断層の東側数 km の辺りをほぼ南北に通る構造線は、地形に関する限り、郷村断層より顕著に見える。上述の集中した地震活動は、必ずしも丹後地震直後の余震のように、郷村断層の西側に位置するようには見えないことから、郷村断層をも含めた地形的に顕著ないくつかの構造線に関して発生している可能性もある。丹後半島の付根から日本海沖まで約 35 km にわたって延びるとされる郷村断層にずっと沿っているような地震活動は、解析期間が短いせい、この震央分布では認められない。むしろ、丹後半島沖に、ENE-WSW 方向の、海岸線に沿うような地震活動が見られる。この方向を西へ延長すると、兵庫県北部の地震活動空白域を越えて、鳥取地方の鹿野、吉岡両断層に沿う活動帯につながる。この日本海岸沿いの一連の地震活動の走向は、近畿地方から中国地方東部にかけての内陸部に見られる NE-SW 方向、あるいは NW-SE 方向の地震活動の分布と少し方向を異にしている事に留意すべきである。参考のために、近畿地方から中国地方東部にかけての震央分布の例を Fig. 5 に示す⁵⁾。発震機構により求められた主圧力軸も、日本海沿岸部と内陸部では、平均的な方向が少し異なっているようである。前述の丹後半島付根地域の震源が殆んど 10 km 以浅と浅いのに対し、海岸沿いの活動は比較的深いのが特徴的である。Fig. 6 に深さ別震央分布を示す。久美浜観測点の南方の集中した活動には、一部、発破が含まれている可能性がある。

宮津観測点の東南側では、狭い領域に地震が集中発生するのではなく、平均的に散在する形態の活動が見られる。地質図によると、宮津観測点の少し南辺りを通る北東-南西方向の線を境界にして、北西側が中国帯、

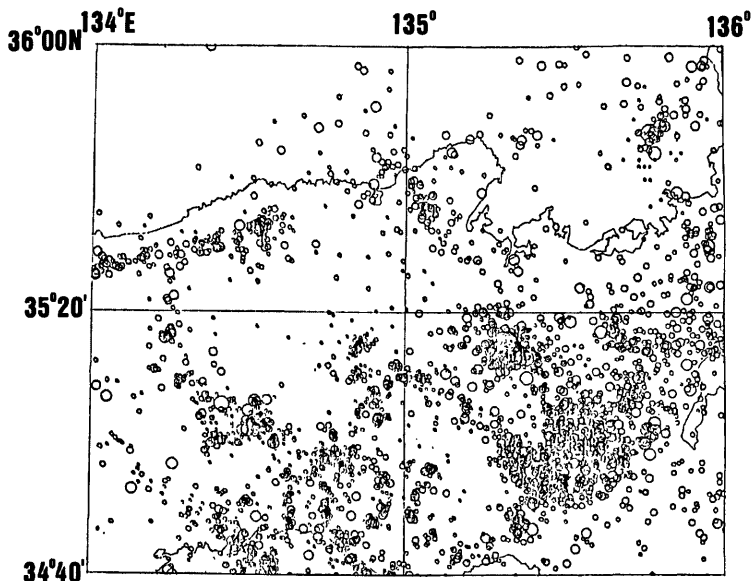


Fig. 5 An example of seismicity map compiled by Tottori Observatory (after Oike, 1975)

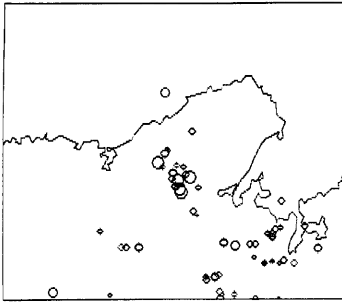


Fig. 6(a) Epicenter distribution whose foci are shallower than or equal to 8 km

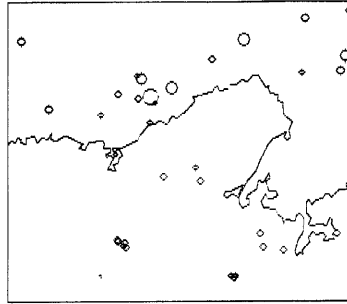


Fig. 6(b) Epicenter distribution whose foci are deeper than or equal to 9 km

南東側が丹波帯および舞鶴帯に分けられている。上述の散在する地震活動は、この境界線辺りから南東側、すなわち、舞鶴帯および丹波帯古生層地域内に属する。古生層には微小地震が多数散在し、花崗岩、火山岩域には局地的に集中する⁶⁾という発生様相の違いの例が、ここに見られる。

震央決定には3観測点のいずれかが欠測の場合、適宜ルーチンの観測点（例えば氷上、和知など）を用いたため、観測点組み合わせによる幾分の誤差を含んでいると考えられる。特に深さ分布については慎重に議論の必要がある。マスターイベント法等による震源精度の検討については、別の機会に議論する事とする。

4. 発 震 機 構

解析期間中に当地方に発生した $M \geq 2$ の地震 8 個について、初動の押し引きにより発震機構を調べ、解が求まった 4 個を Fig. 7 に示す。他の 4 個は、初動データが少なすぎて、解を求め得なかった。

解が求まった 4 個のうち、丹後半島付根地域に発生した 2 個の地震 (C, D) は、水平ズレで主圧力軸が SE-NW 方向である。断層面はいずれを採っても郷村断層の走向 ($N20^\circ W$) と一致しない。しかし、もし郷村雁行断層系を形成する個々の小断層の走向を考えれば説明が容易になる。例えば、Fig. 1 の⑤番、丹後地震の震源に近い新治断層の走向は 2 個の地震 C, D のメカニズム解と調和的である。なお、この 2 個の地震は、1983年 5 月 26 日 15 時 49 分、同 17 時 00 分に発生しており、同日 11 時 59 分に発生した日本海中部地震 ($M 7.7$) がトリガーになって発生したとの考え⁷⁾ もあって興味深い。

地震 (B) も水平ズレで主圧力軸は東西から少し時計回りの方向である。日本海岸に沿って分布する線状配列の方向を断層面と考えれば、メカニズム解とやはり調和的である。

地震 (A) のみ特異である。これは本解析期間中、当地方で最大 ($M 3.9$) で、有感であった。欠測等のため震源精度が悪く、ルーチン観測データや JMA データ等を参照し、震源として 2 つの場合 (A1, A2) を考え、夫々について発震機構を求めた。その結果は、前記 3 個の地震と異なり、NW-SE 方向が主張力軸（主圧力軸はほぼ NE-SW 方向）と求まった。すなわち、従来この地方に言われている圧力軸方向とほぼ 90° 異なり、正反対方向を示している。この地震が、郷村断層系と日本海沿岸系の会合部辺りに発生した比較的大きめの地震である事にも、このような珍らしい発震機構の原因を解明する鍵があるかも知れず、今後更に詳しく調べるつもりである。

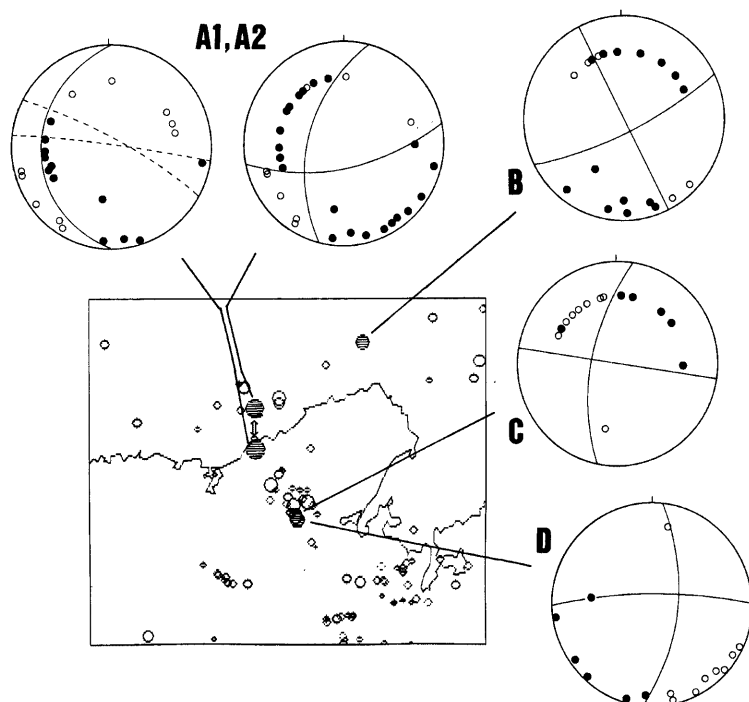


Fig. 7 Fault plane solutions (upper hemisphere) of the earthquakes whose magnitudes are greater than 2. Solid circles denote compressional initial P waves.

5. おわりに

地震被害の面で重要な日本海沿岸の丹後地方において微小地震観測を開始した事を報告した。丹後半島付根部分に活発な活動が見られるが、これが1927年丹後地震の余震か否かは、未だ結論づけられない。地震活動と地質構造との関連も無視できない。発震機構については、圧力軸方向が従来の例と正反対の地震が発生し、その発生機構に興味を持たれた。本報告は解析期間が短かったため、今後、資料の蓄積、震源精度の向上と波形解析等により更に詳しい解析を行いたいと考えている。

丹後半島地方に観測網を設置するにあたって、京都大学理学部地質学鉱物学教室、西村進博士には、現地の地質構造その他多大の知識、情報を提供して頂いた。心より御礼申し上げます。松下清吾氏はじめ京水工業株式会社の方々、また小西通夫博士には観測点設置に際してお世話になった。岸本兆方教授はじめ京都大学防災研究所微小地震部門の方々、防災科学資料センター松村一男氏には観測に御協力を頂いた。特に尾池和夫博士には、観測計器の整備に多大の御尽力を頂戴した。これらの諸氏により御礼申し上げます。また、京都大学理学部地震予知観測地域センター黒磯章氏には地震データを頂戴した。感謝いたします。各観測点の、奥野力太郎、岡田勝、岡田与志各氏には現在も計器の管理・保守をお願いしている事、感謝いたして

おります。本研究の一部は、文部省科学研究費，自然災害特別研究(1)，課題番号 57020026，同 58020029 によりました。

参 考 文 献

- 1) 渡辺久吉・佐藤戈止：丹後震災地調査報文，地質調査所報告，第百号，1928.
- 2) Nasu, N.: Supplementary Study on the Stereometrical Distribution of the After-shocks of the Great Tango Earthquake of 1927, Bull. Earthquake Res. Inst., Tokyo Univ., vol. 13, 1935, pp. 336-399.
- 3) Kanamori, H.: Mode of Strain Release Associated with Major Earthquakes in Japan, Annual Rev. of Earth and Planet. Sci., vol. 1, 1973, pp. 213-240.
- 4) 橋爪道郎・岸本兆方：微小地震の震源の求め方について，京大防災研年報，第10号 A, 1967, pp. 35-41.
- 5) 尾池和夫：鳥取微小地震観測所の震源表について，地震，第 2 輯，第28巻，1975, pp. 331-346.
- 6) 渡辺邦彦：微小地震活動とその周辺——跡津川断層を眺めて——，月刊地球，vol. 5, No. 7, 1983, pp. 404-410.
- 7) 尾池和夫・松村一男：大振幅の地震波によって誘発された微小地震について，地震学会講演予稿集，No. 2, B44, 1983.