

山陰における大(中)規模地震は、海岸線に直交する方向の震源断層(北丹後地震(1927年, M7.3), 鳥取県中部地震(1983年, M6.2), 鳥取県西部地震(2000年, M7.3)など)が海岸線に平行に並ぶ傾向にある。その中で、鳥取地震(1943年, M7.2)のみが、海岸線に平行な震源断層であった。西山ほか(1999)は、1977年1月から1997年11月の期間、鳥取県中部から東部のM2以上の地震について発震機構を求めた。その結果、この地域を支配する広域応力場とほぼ一致し、平均的な主圧力の方向は西北西-東南東であると報告している。大(中)規模地震発生に伴ってその余震分布、発震機構および地震波形からどのような断層活動であったか把握することが重要である。

鳥取観測所系観測網で決定された1977年1月から2002年10月までの微小地震活動をFig.2に示した。Fig.2の上図に震央図を示し、長方形で囲った領域をAB方向に投影した時空間分布をFig.2の下図に示す。長方形で囲った地震数は25,583個で、鳥根県東部から兵庫県北部の海岸線に沿って活発な活動域が存在する。しかしながら、大山山体および鳥取兵庫県境部には空白域が存在し、注目される特徴のひとつである。

1980年代は鳥取県中部、大山山麓、鳥取県西部、鳥根県東部へと西に地震活動が移動しているようにみえる。その後、鳥取県西部でM5クラスの地震を伴う群発的活動を繰り返した。Fig.2で示すように、鳥取県中部地震(1983年, M6.3)の東側の領域では、1999年頃から鳥取地震(1943年, M7.2)の余震活動の低下がみられた。

比較的大きな地震発生前に、震源域を囲むある空間範囲で地震活動の静穏化が起きることは良く知られている(Mogi, 1979; 中尾ほか, 1991; 石川, 1995)。そして、鳥取県西部地震発生直後に活動の低下領域がさらに西側にも拡がり、地震活動の活発な領域が鳥取県西部に集中していることが分かる。Fig.3に示す最近3年間の山陰の地震活動で分かるように、2000年鳥取県西部地震(M7.3)の約3ヶ月後に、約100km離れた兵庫県北部にM5.4の地震が発生した(中尾ほか, 2002)。ここ数年間の山陰の地震活動活発化の中、今回の地震(Fig.2, 本震を赤丸で示す)が発生した。

3. 今回の地震活動について

現在、京都大学防災研究所地震予知研究センターの微小地震観測システム SATARN(大見ほか, 1999)では、防災研究所の観測所の維持する各観測網の地震波形データのみならず、西南日本における他大学および気象庁の観測網、さらに防災科学技術研究所のHi-netのデータも統

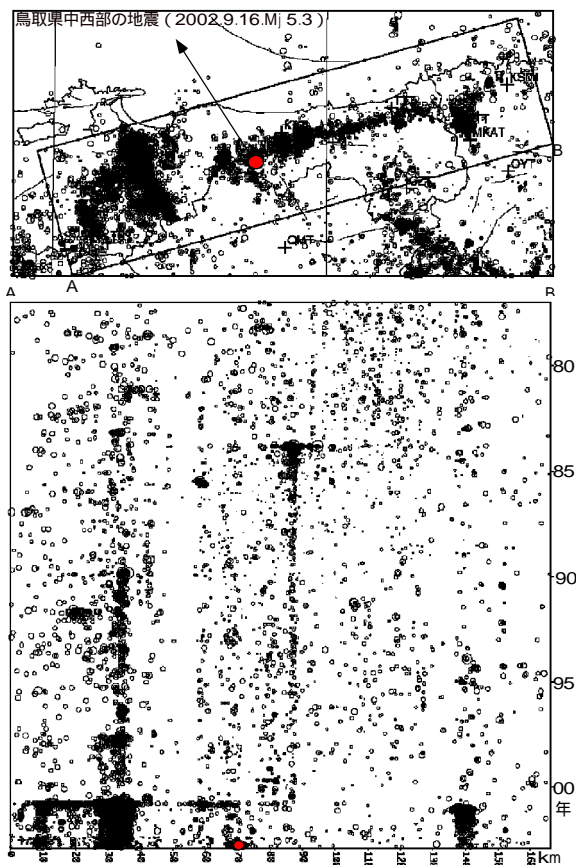


Fig. 2 Space-time distribution of microearthquakes in the San-in area (1977-2002).

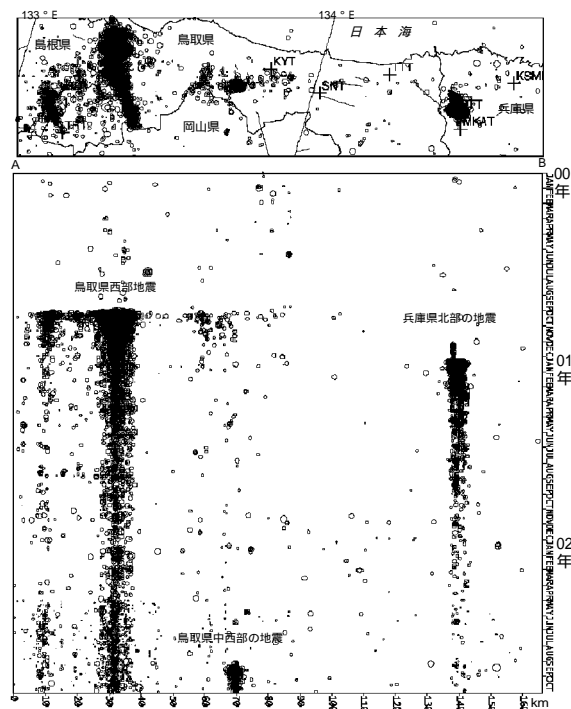


Fig. 3 Recent space-time distribution of microearthquakes in the San-in area (2000-2002).

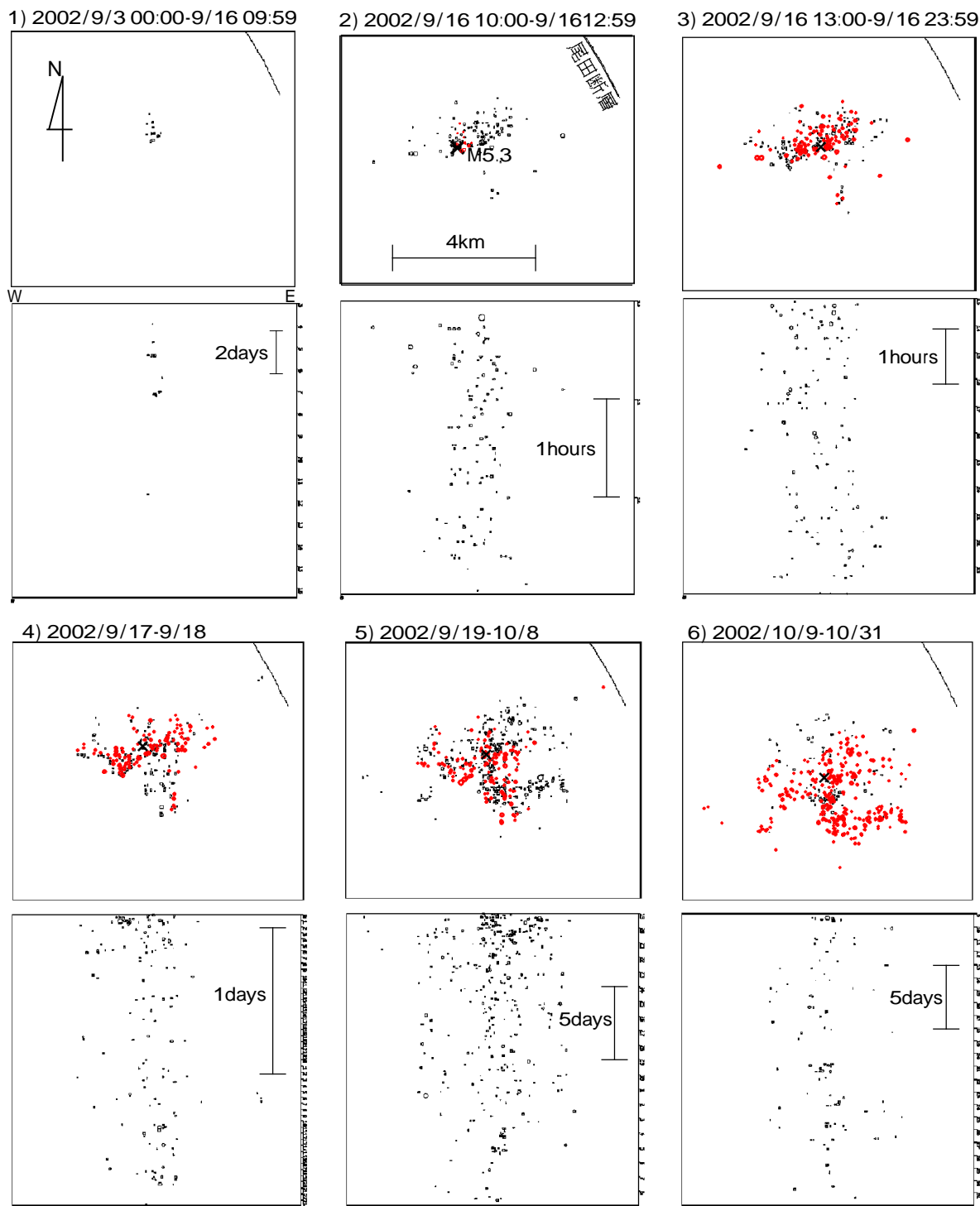


Fig. 4 Space-time distributions for 6 periods around the Middle-western Tottori earthquake.

合して処理している。これらの定常観測点に加え、今回の地震の発生時点では2002年度初めから行われている西南日本合同地震観測（西南日本合同地震観測グループ、2002）の臨時観測点のデータも利用可能であった。本報告に用いた震源データは、これらの観測点の地震波形データをwinシステム（卜部・東田、1992）で再検測処理して求めたものである。震源決定にはプログラム hypomh（Hirata and Matsu'ura, 1987）と、鳥取観測所系観測網で

ルーチン処理に使用している一次元速度構造（尾池、1975）を用いた。

以下に、今回の地震活動の推移、深さ分布について述べる。

3.1 時空間分布について

震央および時空間分布を6つの期間に区分しFig. 4に示した。時間空間的な地震活動の推移をみるため、Fig. 4の

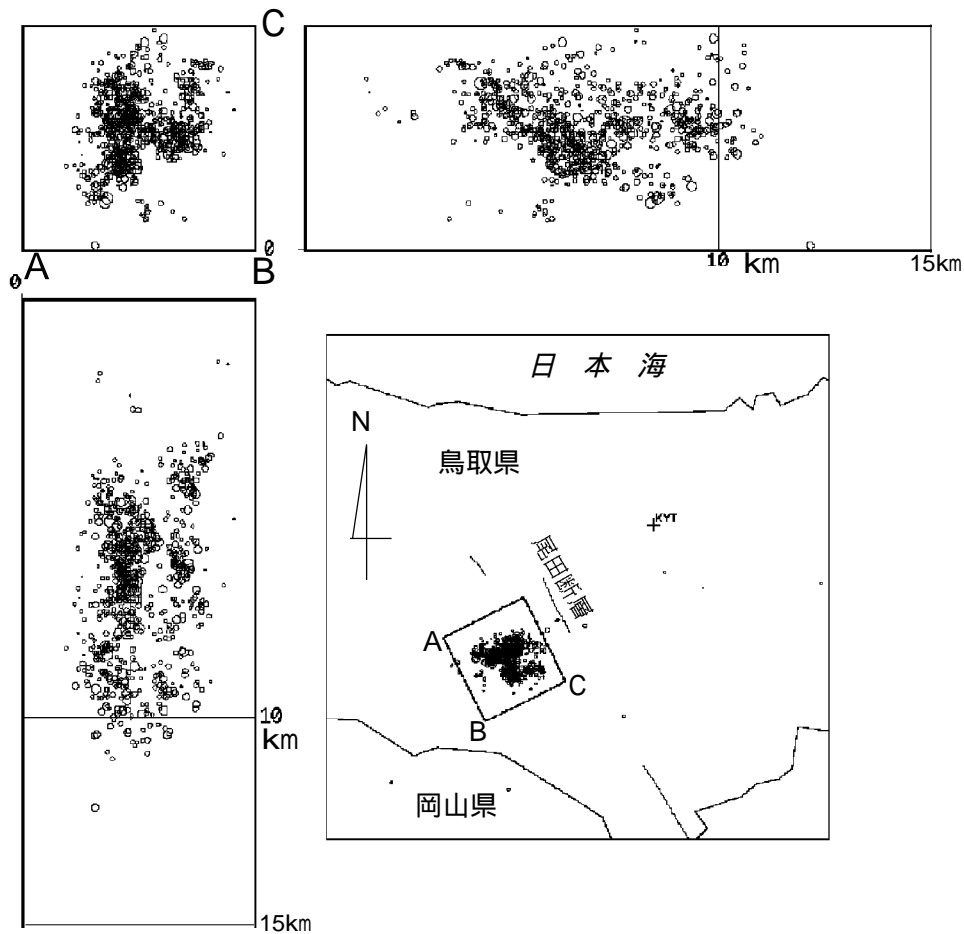


Fig. 5 Depth distribution around the Middle-western Tottori earthquake.

2) 以降の震央分布図には、それぞれ直前の期間の震央分布を赤色で重ね合わせた。

期間区分およびその期間の地震活動の特徴を以下に述べる。

1) 本震発生前、2002年9月3日から2002年9月19日9時59分までの17日と10時間

9月3日に前震活動が始まり、5日にはこの期間の最大地震 M2.8 が本震の北側で発生した。この活動は南北走向のびをもつ地震活動である。

2) 本震発生当日、2002年9月16日10時から2002年9月16日12時59分までの3時間

9月16日10時10分に本震が発生し、1)の活動領域からさらに東西両側に地震活動が拡大した。

3) 本震発生後、2002年9月16日13時00分から2002年9月16日23時59分までの11時間

2)の活動域の周囲からしみ出すように少し東北東-西南西方向に地震活動が拡大した(以後、北側部分と呼ぶ)。

4) 2002年9月17日から9月18日までの1日間

17日01時07分に北側部分の西端辺りで最大余震(M4.2)が発生した。3)の北側部分の活動領域から少ししみ出

すように地震活動が拡大し、さらに本震付近から分岐するように南へ地震活動が拡大した。

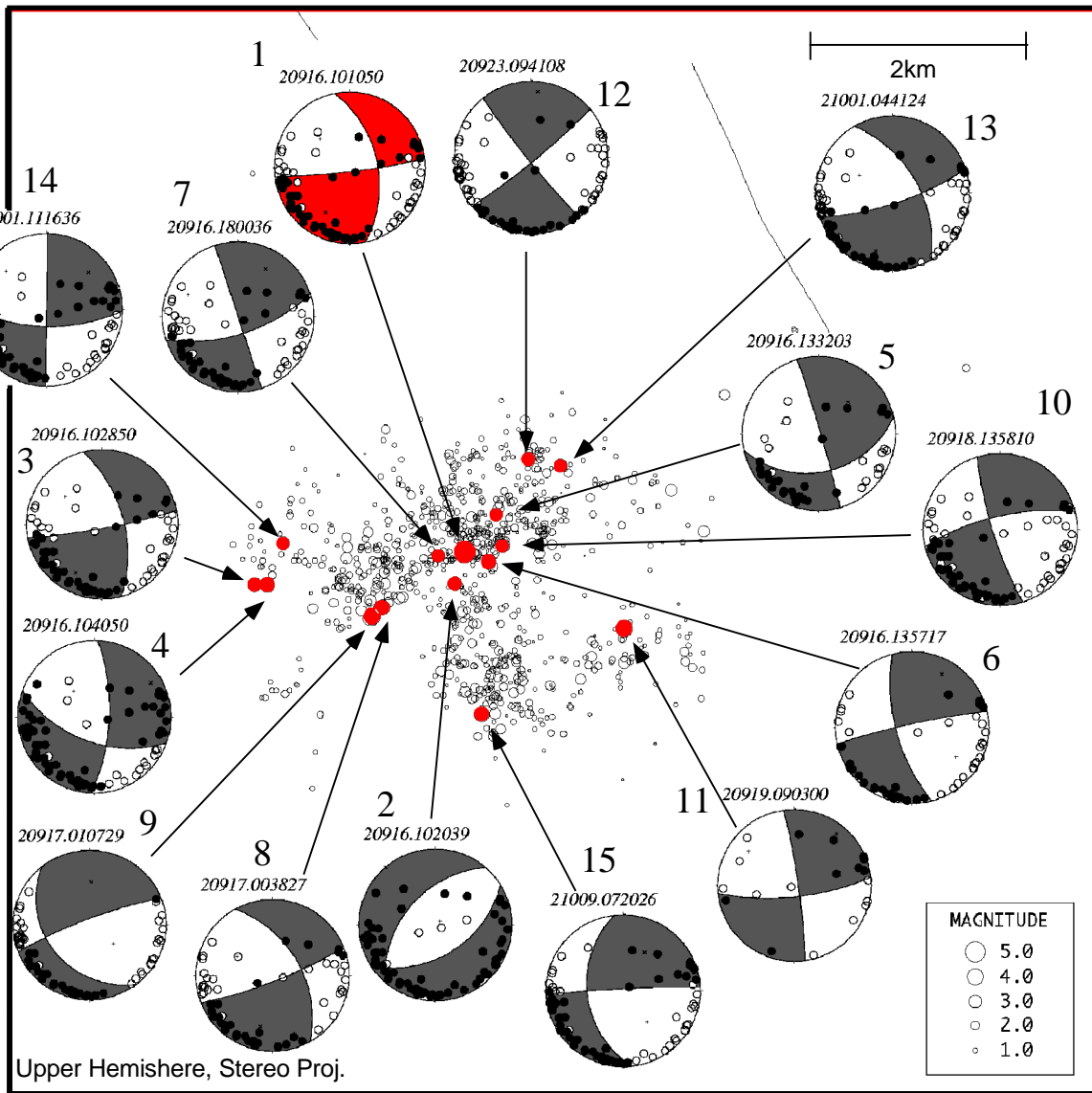
5) 2002年9月19日から10月4日までの16日間

4)の活動領域の空白域を埋めるように発生し、北側部分の領域がさらに東に拡大し、南側においても北側部分と平行に東に地震活動が拡大した(以後、南側部分と呼ぶ)。

6) 2002年10月9日から2002年10月31日までの23日間

5)南側部分の活動は低下し、本震付近から分岐するように南側につながる活動は、本震の南で少し活動がみられる。北側部分ではさらにしみ出すように拡大した。

以上、2002年9月3日から10月31日までの地震活動全体をみると、北側部分および南側部分の地震活動は東北東-西南西の走向で約2kmの間隔をおいて平行している。本震震央付近で分岐するように北側部分と南側部分をつなぐ活動がみられる。全体として前震、本震、余震のパターンをとりながらも、複雑な余震域の拡大をともなって、最終的にZ形の余震分布を呈している。



1	02	9	16	10	10	50.17	35.3697	133.7389	7.73	5.4	9	02	9	17	1	7	29.75	35.3643	133.7295	6.78	4.2
2	02	9	16	10	20	39.78	35.3671	133.7379	7.90	3.4	10	02	9	18	13	58	10.35	35.3702	133.7427	8.82	3.0
3	02	9	16	10	28	50.50	35.3670	133.7176	8.34	3.4	11	02	9	19	9	3	0.96	35.3633	133.7550	4.26	4.1
4	02	9	16	10	40	50.90	35.3670	133.7189	8.51	3.7	12	02	9	23	9	41	9.00	35.3774	133.7454	5.32	3.3
5	02	9	16	13	32	3.22	35.3728	133.7421	8.97	3.1	13	02	10	1	4	41	24.14	35.3768	133.7486	5.42	3.1
6	02	9	16	13	57	17.63	35.3689	133.7413	6.18	3.6	14	02	10	1	11	16	36.14	35.3704	133.7205	9.35	3.1
7	02	9	16	18	0	36.05	35.3694	133.7362	9.46	3.2	15	02	10	9	7	20	26.72	35.3562	133.7406	6.37	3.6
8	02	9	17	0	38	27.05	35.3651	133.7305	7.01	3.8											

Fig.7 Focal mechanisms of the mainshock (1) and aftershocks larger than M3.0.

に近い値を得た。他の地震活動域におけるb値の解析では、地域的に有意な差を示すことがある。例えば1998年飛騨山脈の群発地震では、b値が北部で南部より有意に小さいことが分かった (Enescu and Ito, 2003)。ただしこのb値の差は時間変化の可能性もある。また、異なるテクトニック変化をする地域について、多くの地震活動の時系列内でb値が地域的に変化することが報告されている (例えばWiemer and Wyss, 2002 にレビュー；松村ほか, 1996)。実験室では不均質構造、応力変化、温度勾配など多くの要素によって、b値が変化することが知られているが、実際の地震データについて、どの要素がb値の変化をもた

らすかは確定されていない。

今回の地震の震源域の西側の大山および東側の鳥取県中部域で、広帯域MT観測によって比抵抗構造が求められている。その結果、地震が発生する場所としない場所の境界付近に比抵抗の違いが認められ、約15km以浅は高比抵抗であり、それよりも深いところは低比抵抗であると指摘されている (前田和彦, 2000；宇都智史, 2001)。これらのMT観測による結果は、およそ深さ3~11kmに求めた今回の地震の余震域の下に低比抵抗構造が存在することを示唆している。

6. まとめ

最近の山陰における地震活動活発化の中、2002年9月16日、鳥取県中西部の地震 (Mj5.3) が発生した。この地域での地震活動の特徴を把握するため、地震活動および発震機構などで解析を行った。

山陰地方の地震活動の特徴である、海岸線に直交する方向の個々の活動が海岸線に平行に並ぶ傾向の中、今回の地震は鳥取地震と同様海岸線に平行な震源断層であった。前震活動の発生場所は本震の東側で、本震発生後の余震活動は東西に約4km、南北に4kmに及んだ。また、余震の震央分布は北側部分、南側部分および北側から南側につながる部分と、およそ3つのクラスターに分けることができ、北側および南側部分は概ね東北東-西南西方向の走向をもつ地震活動であった。北側と南側をつなぐ部分は共役する方向の地震活動と考えられる。複雑な余震域拡大により、全体としてはZ形の余震分布が形成された。

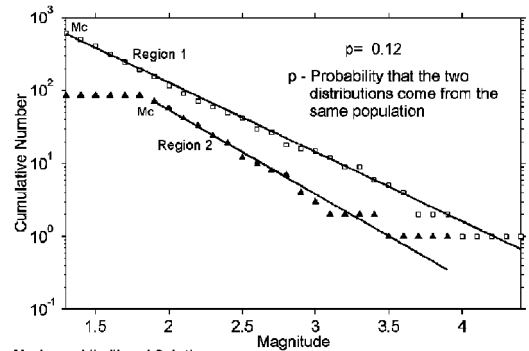
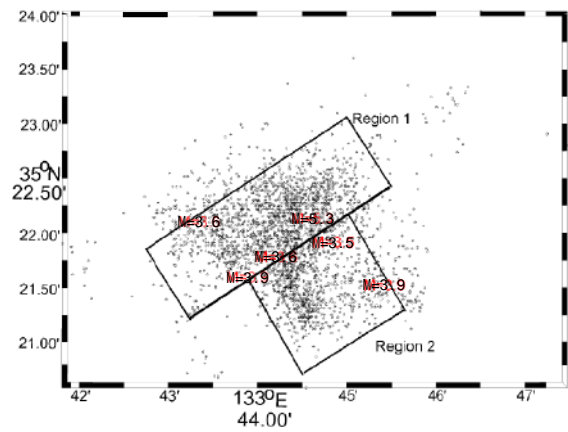
今回の地震は、鳥取県西部地震の誘発された領域である大山の東端、鳥取地震の余震域の西端で発生した。最近約2年の間にM5以上の地震が約100km以内の領域に集中し発生した。それぞれの因果関係は不明だが、山陰において地震活動が活発化していることは明確である。

謝 辞

今回の地震活動の解析にあたり、地震予知研究センターの中尾愛子氏にほとんどの地震波形の読み取りをしていただきました。

参考文献

- 石川有三 (1995) : 地震活動空白域の定義, 月刊地球, 号外No.13, pp.71-80.
- 宇都智史 (2002) : 山陰地方の地殻比抵抗構造に関する研究, 鳥取大学大学院修士論文.
- ト部 卓・東田進也 (1992) : win-微小地震観測網波形験測支援のためのワークステーションプログラム (強化版), 地震学会講演予稿集, No.1, C22-P.18.
- 尾池和夫(1975) : 鳥取微小地震観測所の震源表について, 地震, 2, 28, pp.331-346.
- 大見士朗・渡辺邦彦・平野憲雄・中川 渥・竹内文朗・片尾 浩・竹内晴子・浅田照行・小泉 誠・伊藤 潔・和田博夫・澁谷拓郎・中尾節郎・松村一男・許斐直・近藤和男・渡辺 晃 (1999) : SATARNシステムの現状と概要, 京都大学防災研究所年報, 第42号,



Maximum Likelihood Solution

Region 1
b value = 0.952 +/- 0.034, a value = 4.0161
Magnitude of Completeness = 1.2

Region 2
b value = 1.15 +/- 0.13, a value = 4.0414
Magnitude of Completeness = 1.9

Fig. 8 Analyses of b-value for the activities of the Middle-western Tottori earthquake.

B-1, pp.45-60.

西南日本合同地震観測グループ (2002) : 西南日本における大学合同地震観測, 日本地震学会2002年秋季大会講演予稿集, P004.

中尾節郎・澁谷拓郎・西田良平・佃 為成・尾池和夫 (1991) : 地震活動帯における空白域と地震発生の関係について, 京都大学防災研究所年報, 第34号, B-1, pp.1-21.

中尾節郎・片尾 浩・澁谷拓郎・渡辺邦彦 (2002) : 兵庫県北部の地震 (2001年1月12日, Mj=5.4) と一連の地震活動について, 京都大学防災研究所年報, 第45号, B-1, pp.561-569.

西山浩史・西田良平・中尾節郎 (1999) : 鳥取県東部・中部地域の発震機構の研究, 地震, 第2輯, 第51巻, pp.271-281.

前田和彦 (2000) : MT法を用いた鳥取県中部の比抵抗構造の調査, 鳥取大学工学部卒業論文.

松村一男・中尾節郎・渡辺邦彦・西上欽也 (1996) : 兵庫県南部地震前後の中国地方東部~近畿地方西部の地震活動, 京都大学防災研究所年報, 第39号, B-1, pp.1-13.

Enescu, B. and K.Ito (2002) : Temporal and spatial variations of seismicity during the 1998 Hida Mountain earthquake swarms, 京都大学防災研究所年報, 第45号, B-1, pp.591-594.

Enescu, B. and K. Ito (2003) : Spatial and temporal changes in b-values and their physical significance for several moderate earthquake sequences occurred in Japan, Earth and Planetary Science Joint Meeting.

Hirata, N. and M. Matsu'ura (1987) : Maximum likelihood estimation of hypocenter with origin time eliminated using nonlinear inversion technique, Phys. Earth Planet. Inter., 47, pp.50-61.

Maeda, N (1992) : A method of determining focal mechanisms and quantifying the uncertainty of the determining focal mechanisms for microearthquakes, Bull. Seismol. Soc. Am., 82, pp.2410-2429.

Mogi, K. (1979):Two kinds of seismic gaps, Pure Appl. Geophys, Vol..117, pp.1-15.

Wiemer, S. and M.Wyss (2002) : Mapping spatial variability of the frequency-magnitude distribution of earthquakes, Advances in Geophysics, 45, pp.259-302

The Middle-Western Tottori Earthquake (Sep.16, 2002; Mj5.3) and the Seismicity in the San-in Area

Setsuro NAKAO, Hiroshi KATAO, James Jiro MORI, Takuo SHIBUTANI,
Kunihiko WATANABE, Kiyoshi ITO and Bogdan ENESCU

Synopsis

September 15, 2002, the Middle-western Tottori earthquake (Mj5.3) occurred. The seismic activities showed foreshock-mainshock-aftershock pattern. The rupture of the mainshock is ENE-WSW direction. Although, following aftershock activities are complicated showing Z shaped distribution. In this paper, we review the seismicity in the San-in area, and describe seismic activities around the Middle-western Tottori earthquake precisely.

Keywords: The Middle-Western Tottori earthquake, seismicity, space-time distribution, focal mechanism, b value, SH wave