

山崎断層周辺の地震活動

中尾節郎・澁谷拓郎・片尾 浩

要 旨

最近、西日本においてM7クラスの地震を含む大・中規模地震が発生し、地震活動が活発化している。西日本内帯における代表的な活断層である山崎断層は、播磨の地震（M7クラス）の地震以後1100年以上M7クラスの地震が発生していないことに注目し、山陰地方および山崎断層における地震活動との関連を調べ、現在までの地震活動を時空間的に把握することを目的として解析をした。

中国地方東部から近畿地方北部における $M \geq 4.0$ の地震活動は、5~6年周期で繰り返して発生する傾向がみえる。また、 $M \geq 5.0$ の地震発生前後における地震活動は、発生前の地震活動の低下や発生後の移動、誘発、周辺領域での活発化および低下などの現象がみられることが分かった。

山崎断層における地震活動は、2001年以後南東側の領域において、南東方向へ地震活動の移動がみられ、活発な地震活動として注目している。

キーワード：山崎断層、播磨の地震、b値、地震活動、時空間分布

1. はじめに

山崎断層は、大原断層、土万断層、安富断層、暮坂峠断層、琵琶甲断層、三木断層から成り立つ左横ずれ断層で、北西-南東方向に約80km、確実度 I、活動度はBと評価され、変位速度は1000年で0.3cm程度の西日本内帯における代表的な活断層である（活断層研究会、1980；福井、1981）。地震調査委員会（2003）による長期評価では、大原、土万、安富、暮坂峠を含む山崎断層北西部の想定規模はM7.7、30年確率は0.06~0.8%、琵琶甲、三木を含む山崎断層南東部ではそれぞれ M7.3 と0.03~5%となっている。

この領域には、播磨の地震（M7クラス）以後1100年以上M7クラスの地震が発生していない。中国地方東部から近畿地方北部における地震活動は、1995年兵庫県南部地震、2000年鳥取県西部地震と、M7クラスの地震が発生し活発化している。今回我々は、山崎断層周辺に

における地震活動を把握するため、周辺の比較的大きな地震との関係、断層を領域区分しそれぞれの地震活動が時間空間的にどのような相互関係がみられるかなどの解析を行ったので報告する。

山崎断層を含む地域は、1964年以後京都大学防災研究所の定常観測網によって微小地震の観測がなされ、連続的観測によって詳細な震源分布（西田、1983）、発生過程における破壊単位の階層構造（西上、1983）など多くの地震活動の特徴が分かってきた（尾池ほか、1976；山崎断層研究グループ、1988a,b）。長年の連続的観測で、山崎断層にみられる地震活動は線状配列を示すことが分かった。渡辺ほか（1997）は、この山崎断層に沿う地震活動は868年の播磨の地震（M7クラス）や1865年の山崎断層杉原谷の地震（M6 1/4）の余震とは考えられず、活断層そのものが原因となっていると指摘している。

なお、京都大学防災研究所地震予知研究センター鳥取観測所による1977年以降のテレメータシステムによって

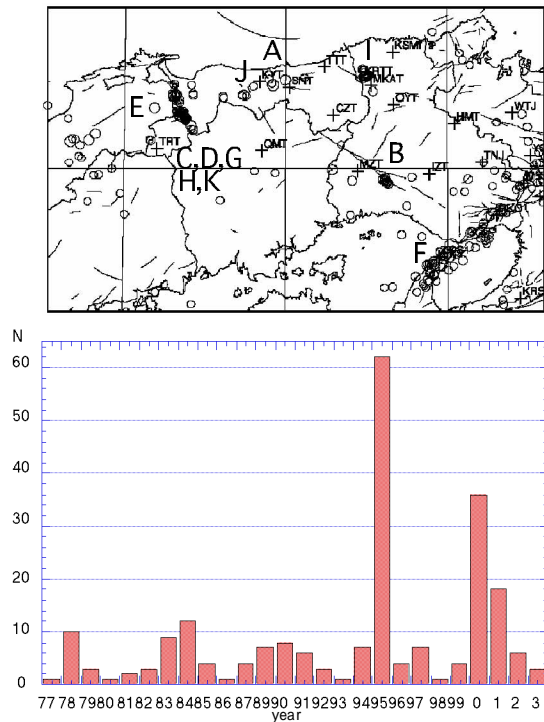


Fig. 1 Seismicity and annual number of earthquakes larger than M4.

精度良く求められた震源データおよび同地震予知研究センターの微小地震観測システム（大見ほか，1999）によって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のデータも統合処理された震源データを用いた。用いた震源データについての説明は，中尾ほか（2003）に記載されているのでここでは省略する。

2. 中国地方東部から近畿地方北部の地震活動

1977年以降, Fig.1の領域に発生した $M \geq 5$ の主な地震は, 1978年三瓶山付近の地震 ($M6.1$), 1983年鳥取県中部地震 ($M6.2$), 1984年兵庫県中部の地震 ($M5.6$), 1989, 1990年および1997年鳥取県西部の群発地震 ($M5$ クラス), 1991年島根県東部の地震 ($M5.9$), 1995年兵庫県南部地震 ($M7.3$), 2000年鳥取県西部地震 ($M7.3$; Shibutani et al., 2002), 2001年兵庫県北部の地震 ($M5.4$; 中尾ほか, 2002), 2002年鳥取県中西部の地震 ($M5.3$; 中尾ほか, 2003) である。Fig.1に示すように, これらの地震を含む領域での $M \geq 4.0$ の地震活動のピークは, 5~6年周期で繰り返す傾向がみえる。しかしながら, Fig. 2に示すように, 1995年前後の兵庫県南部地震および丹波地方の地震活動（片尾, 2002）を除くと繰り返しの傾向が崩れる。

Fig.2の図中①, ②に示す山陰地方海岸沿い (Fig.3の左図) および山崎断層沿い (Fig.3の右図) における, 19

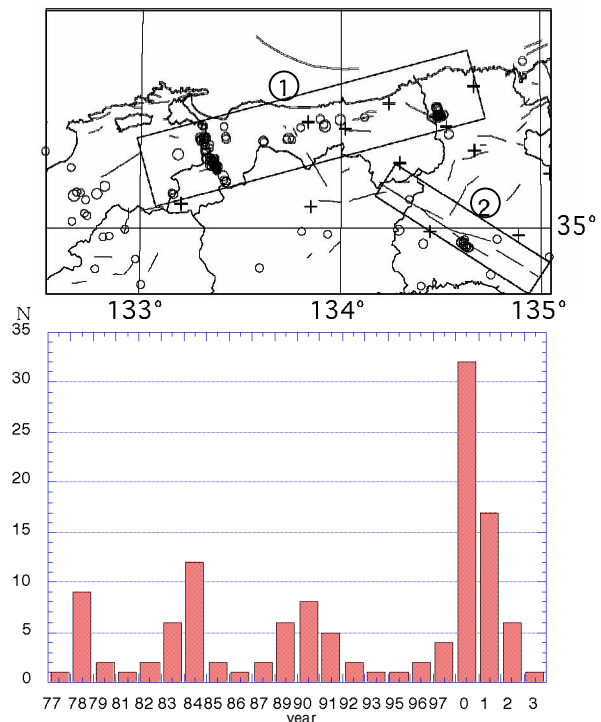


Fig. 2 Seismicity and annual number of earthquakes larger than M4 (without Hyogo and Tamba areas).

77年1月から2003年6月までの地震の時空間分布を示し, これらの地域の地震活動が上述した主な $M \geq 5$ の地震発生前後にどのように関係するのかを調べた。

なお, 図中の破線は, 鳥取県中部地震 (A), 兵庫県中部の地震 (B), 鳥取県西部の群発地震 (C, D, G), 島根県東部の地震 (E), 兵庫県南部地震 (F), 鳥取県西部地震 (H) およびその余震 (J), 兵庫県北部の地震 (I), 鳥取県中西部の地震 (K) の発生時を示す。図に示すように, $M \geq 5$ の地震発生前後におけるその領域および中国地方東部から近畿地方北部における主な特徴として, 発生前の地震活動の低下や発生後の移動, 誘発, 周辺領域での活発化および低下がみられる。上述した個々の地震前後の地震活動の特徴を詳しく述べると次の通りである。

- 鳥取県中部地震(A)発生前, その領域での地震活動は低活動, 活発化, 直前の低活動がみられ, 約8ヶ月後に山崎断層において兵庫県中部地震が発生した。
- 兵庫県中部の地震 (B) 発生前, その領域での地震活動は低活動, 活発化, 直前の低活動がみられたが他の領域への関わりはみられない。
- 鳥取県西部の群発地震(C, D, G)発生前, その領域での地震活動は小さな繰り返しの活動がみられ, 発生後群発的な地震活動が繰り返し発生し鳥取県西部地震発生につながった。
- 島根県東部の地震 (E) 発生前, その領域での地震活動

は低活動であったが鳥取県西部の地震に誘発されたように発生した。

- 兵庫県南部地震 (F) 発生前, その領域での地震活動は低活動であった。また, この地震発生に影響され山崎断層全体に地震活動活発化がみられた。なお, この地震発生前後に兵庫県北部の湯村付近に地震が発生し, 1984兵庫県中部の地震の余震域では逆に減少した。
- 鳥取県西部地震 (H, J) 発生前, その領域での地震活動は群発的地震活動(C,D,G)を繰り返していた。また, この地震発生に影響され島根県東部, 大山麓麓付近の領域において誘発活動があったが, 1983年鳥取県中部の地震の余震活動が急に低下した。
- 兵庫県北部の地震 (I) 発生前, その領域での地震活動

は低活動であるが, 1995年兵庫県南部地震の前後に一時活発化した。2000年鳥取県西部地震の3ヶ月後にM 5.4の地震が発生した。

- 鳥取県中西部の地震 (K) 発生前, その領域での地震活動は低活動であった。この領域は, 2000年鳥取県西部地震発生時に誘発された大山麓麓付近の活動域の東端で, 鳥取県中西部の地震に成長し発生した。

3 . 山崎断層の地震活動

佃・中尾 (1976,1977) は, 微小地震活動が集中して発生する領域を「地震の巣」と呼び「巣」から「巣」への活動移動があることを見つけた。今回我々は, 山崎断

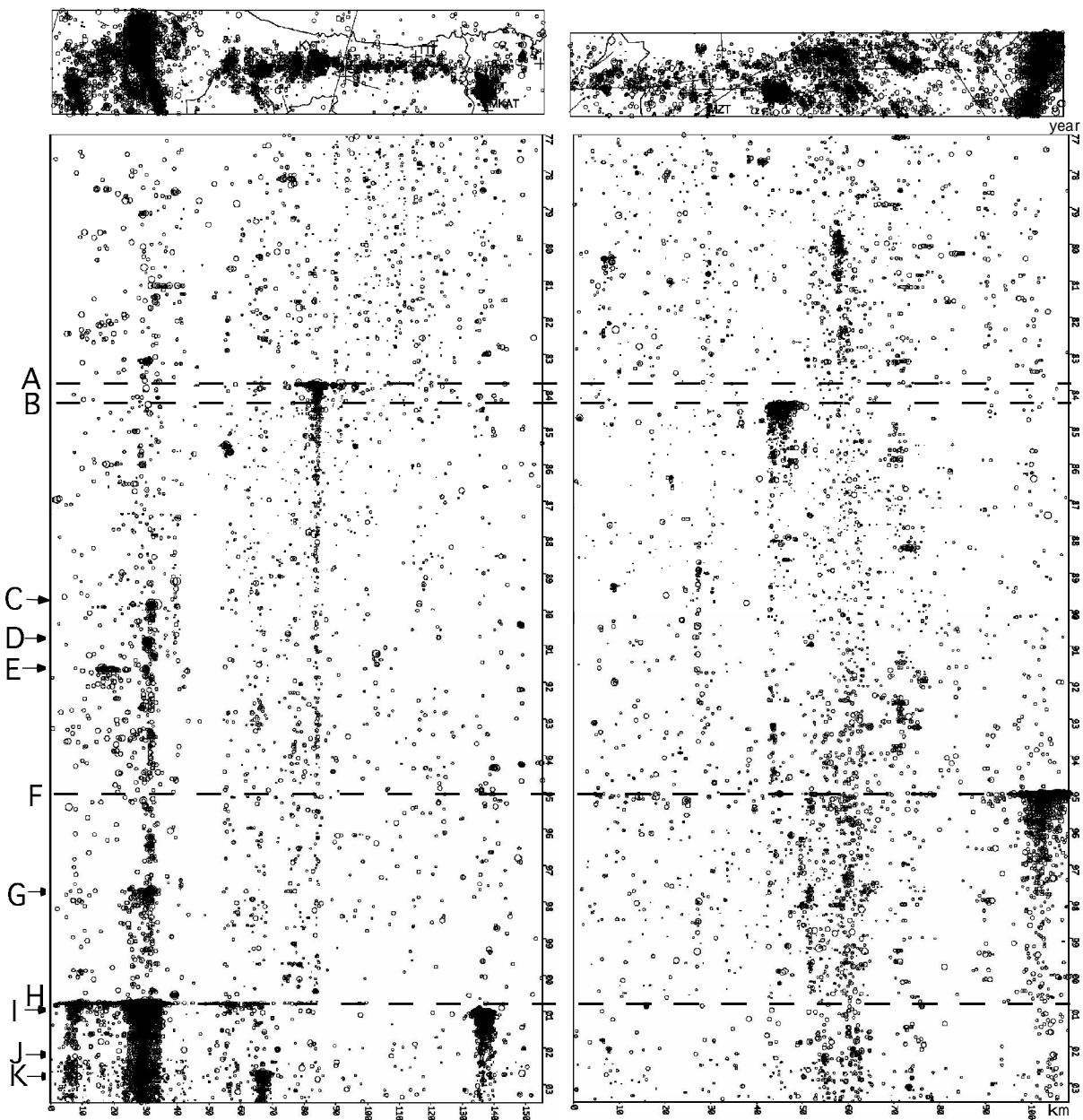


Fig. 3 Space-time distributions for San-in area (left) and Yamasaki fault area (right).

層における「地震の巣」が、それぞれの断層毎や相互お
 び上述した兵庫県中部の地震、兵庫県南部地震および
 鳥取県西部地震（M7クラス）の地震発生前後にどのよう
 に関わっているのか詳しく解析を行なった。

3. 1 山崎断層の領域を3区分

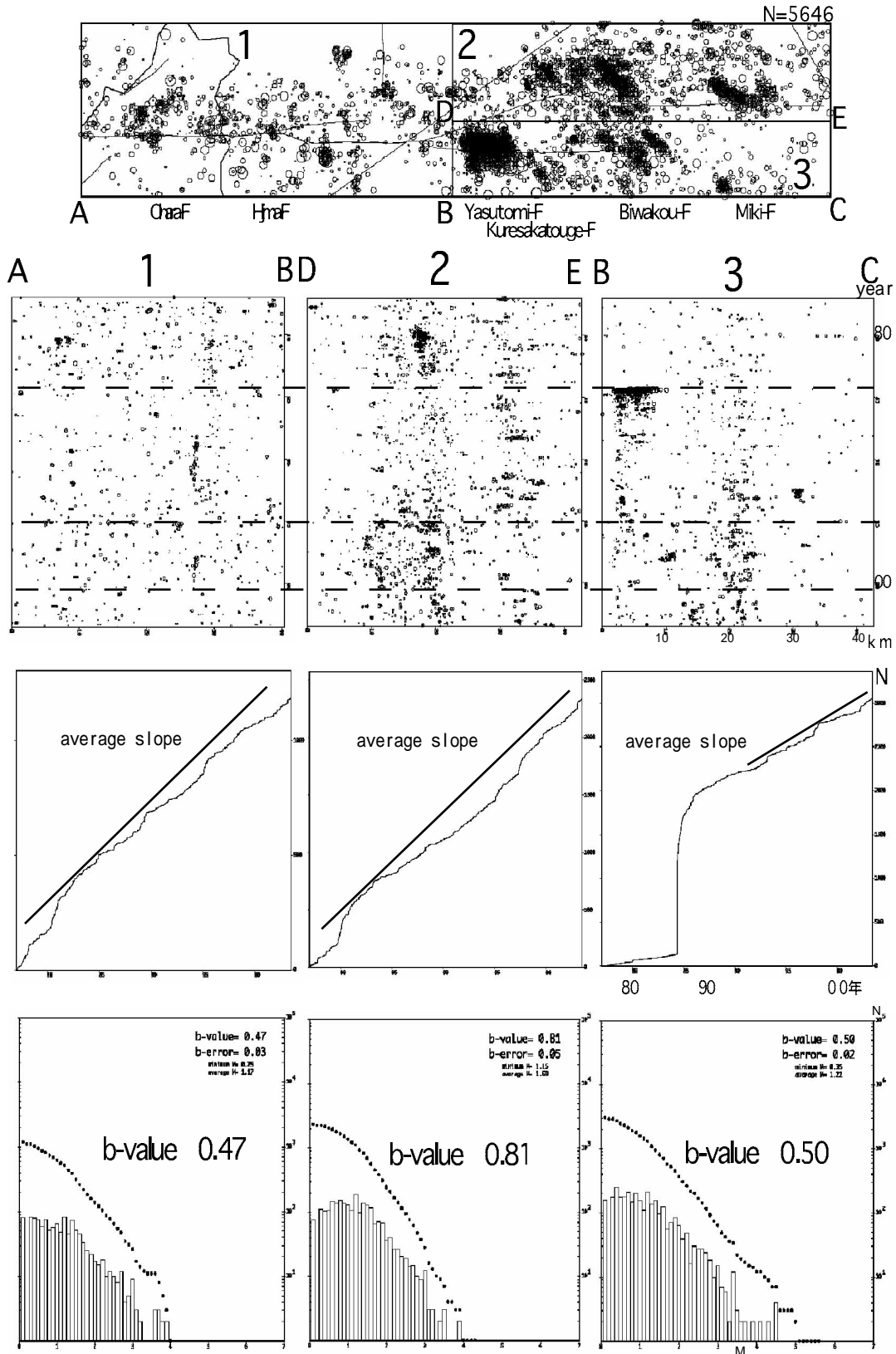


Fig. 4 Seismicity of 3 regions along the Yamasaki fault. Space-time distribution (upper), cumulative number (middle) and magnitude histogram (lower).

Y字形を示している山崎断層を北西—南東走向の北西側と南東側とに区分し、さらに南東側部分を南北2つの領域に区分し、計3区分した領域（図中1, 2, 3）での、震央分布、時空間分布、積算地震数、b値などの解析を1977年1月から2003年6月までの震源データを用いて行った（fig.4.5）。

- ・北側部分1の領域の地震活動の特徴は、大原および土方断層中央部で地震活動の「巣」がみられる。また、大原断層において兵庫県南部地震直後に誘発された活動がみられる。最近数年間、活動低下の傾向がみられる、b値は0.47と低い値を示している。
- ・南側2の領域の地震活動の特徴は、安富、琵琶甲断層で地震活動の「巣」がみられる。また、安富断層において兵庫県南部地震前あるいは直後に活動活発化がみられ、鳥取県西部地震前に安富断層の北西側の活動が低下している。また、1979, 1980年および1995, 1997, 1999年に活動の活発化がみられる。b値は0.81を示している。
- ・南側3の領域の地震活動の特徴は、暮坂断層北西部において1984年兵庫県中部の地震が発生し、その活動は兵庫県南部地震後に活動低下がみられる。また、1993年頃から暮坂断層南東部において活動の活発化がみられ、北西方向に拡大しているように見える。また、兵庫県中部の地震以降活動度が高く、さらに繰り返して活動の活発化がみえる。b値は0.50と低い値を示している。

なお、領域1の南東側領域および領域2の北西側に全期間通しての低活動領域がみえる。

3.2 山崎断層の領域を8区分

山崎断層付近を各断層の両端、中央などでさらに8区分し、用いた震源データの検知能力を考えマグニチュードの下限を1.6として解析した。また、解析するにあたって上述した3区分の解析結果やそれぞれの断層沿いにおける地震活動を考慮し、それぞれの断層付近で発生する地震が8区分した領域の中でどのように相互関係があるのかみるため時系列の解析を行った（Fig.6）。なお、区分領域の面積が同じでないため単位面積あたりの地震数を算出し、その領域の活動度を示した。

1の領域（177.54km²）の活動度は、0.43個/km²

2の領域（148.37km²）の活動度は、0.47個/km²

3の領域（124.48km²）の活動度は、0.49個/km²

4の領域（183.34km²）の活動度は、0.22個/km²

5の領域（85.93km²）の活動度は、5.61個/km²

6の領域（141.13km²）の活動度は、2.58個/km²

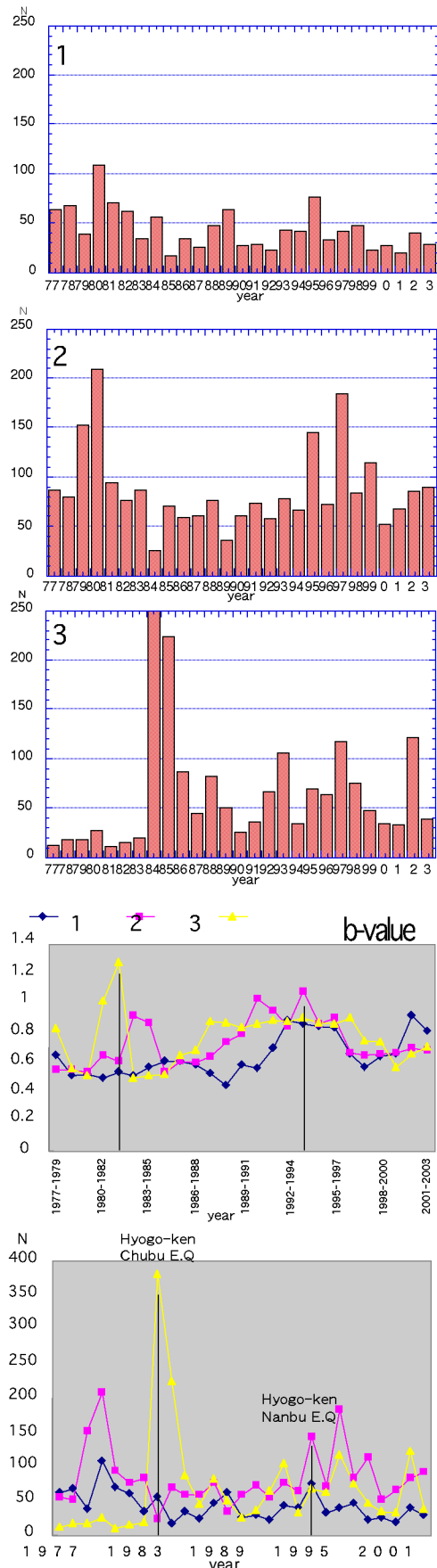


Fig. 5 Annual number of earthquake and b value for 3 regions along the Yamasaki fault.

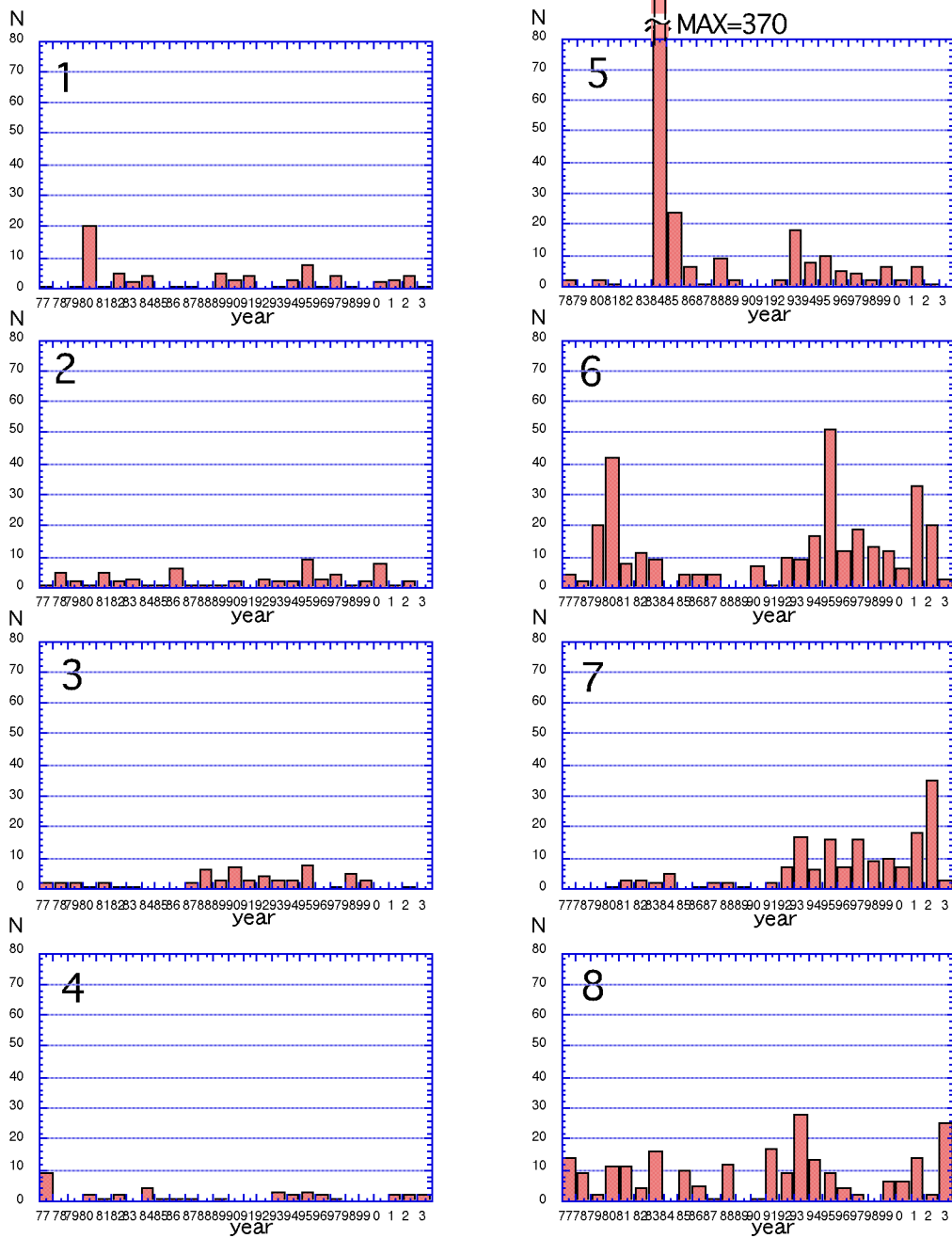
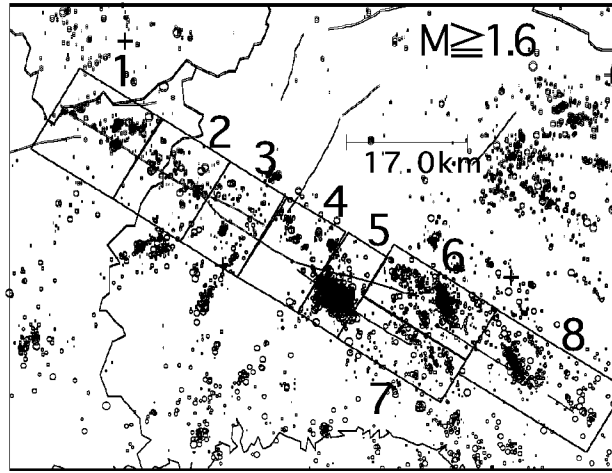


Fig. 6 Annual number of earthquakes larger than $M1.6$ for 8 small regions along the Yamasaki fault.

7の領域(115.60km²)の活動度は、1.51個/km²

8の領域(219.24km²)の活動度は、1.06個/km²

但し、5の領域では、1984年兵庫県中部の地震の余震活動を除くと約1.3個/km²となり小さい値を示す。以上のことから、過去約30年間の地震活動において断層の北西側の領域1から4は活動度が低く、南東側の領域5、6、7、8は活動度が高い値を示す。中でも領域6は最も活動度が高い領域である。

4. 考察

1983年鳥取県中部の地震発生後、1984年兵庫県中部の地震が発生した。今回、鳥取県西部地震、鳥取県西部の地震が発生したにも関わらず、山崎断層において中規模地震は発生せず、むしろ地域全体の地震活動は低活動を示している。また、3区分した山崎断層において領域1の南東側領域および領域2の北西側領域に全期間通しての低活動領域がみえる。また、最近この山崎断層周辺では小さな地震活動はみられるがM3以上の発生がみられない。これらのことが何を意味しているかは分からないが、播磨の地震(M7クラス)以後1100年以上経過した今、山崎断層の地震活動を把握しておくことは意味深いことと推察される。

解析に用いた震源データは、鳥取観測所定常観測網による震源決定データ(1977年から2000年10月6日鳥取県西部地震本震まで)およびWinシステムによる統合処理後の震源決定データ(2000年鳥取県西部地震余震以降)を統合処理した震源データである。マグニチュード別頻度分布において検知能力を調べると、1990年頃に大きな違いがみられた。1977年から1989年まではおよそM0.5くらいから直線性がみられるのに対し、1990年以降はおよそM1.6くらいから直線性がみられる。このことは、前者では極微小地震まで検知能力があったのに対し、後者では検知能力が劣化していることを示唆している。

5. まとめ

最近、中国地方東部から近畿地方北部においてM7級の地震を含む大・中規模地震が多く発生している。今回、西南日本内帯における代表的活断層である山崎断層における地震活動について種々の基本的な解析を行った結果、次のことが分かった。

中国地方東部から近畿地方北部におけるM \geq 4.0の地震活動は、5~6年周期で繰り返して発生する傾向がみえる。しかしながら、兵庫県南部および丹波地方の地震活

動を除くとそれは崩れる。

中国地方東部から近畿地方北部のM \geq 5の地震発生前後における地震活動は、発生前の地震活動の低下や発生後の移動、誘発、周辺領域での活発化および低下するなどの現象がみられる。

山崎断層を北西部および南東部をさらに2区分した計3区分の領域でb値は、領域2の0.81に比べ領域1は0.47、領域3は0.50と小さい値を示す。

山崎断層を8区分した領域での地震活動度は、1984年兵庫県中部の地震発生の領域を除くと、領域6が2.58個/km²と最も高い値を示す。また、山崎断層の南東側において6 \rightarrow 5 \rightarrow 8,7 \rightarrow 6と北西方向に地震活動の移動がみられたのに対し、2001年以後の地震活動は6 \rightarrow 7 \rightarrow 8と、南東方向へ地震活動の移動がみられる。領域6,7,8の南東側の領域における2001年の地震活動は活発で注目すべき活動と考えている。

謝辞

今回の山崎断層の地震活動を解析するにあたり、巨大災害研究センターの川方裕則博士にコメントをいただきました。また、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。加納靖之氏には本稿の作成にいろいろとご協力いただいた。

参考文献

- 尾池和夫・岸本兆方(1976):地震予知テストフィールドとしての山崎断層,地震予知研究シンポジウム, pp.83-90.
- 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, B-1, pp.45-60.
- 片尾 浩(2002):丹波山地の地震活動,月刊地球,号外, No.38, pp.42-49.
- 活断層研究会編(1980):日本の活断層-分布図と資料一, 東京大学出版会
- 岸本兆方・尾池和夫・渡辺邦彦・佃 為成・平野憲雄・中尾節郎(1978):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,第2輯,第31巻, pp.265-274.
- 地質調査委員会:山崎断層帯の長期評価について(2003

-) : http://www.jishin.go.jp/main/03dec_yamasaki/.
- 佃 為成・中尾節郎 (1976) : 東中国・北近畿地方における微小地震系列の研究(I), 地震, 第2輯, 第29巻, pp.395-410.
- 佃 為成・中尾節郎 (1977) : 東中国・北近畿地方における微小地震系列の研究(II), 地震, 第2輯, 第30巻, pp.339-358.
- 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.
- 中尾節郎・片尾 浩・James Jiro MORI・澁谷拓郎・渡辺邦彦・伊藤 潔・Bogdan ENESCU (2003) : 鳥取県中西部の地震 (2002年9月16日, Mj 5.3) と山陰の地震活動について, 京都大学防災研究所年報, 第46号, B-1, pp.701-708.
- 西上欽也 (1983) : 微小地震の発生過程における破壊過程における破壊単位の階層構造, 地震, 第2輯, 第36巻, pp.672-675.
- 西田良平 (1983) : 山崎断層周辺の微小地震発震機構について, 鳥取大学教養部紀要, 第17巻, pp.209-234.
- 福井謙三 (1981) : 山崎断層系の変位地形, 地理学評論, 54-4, pp.196-213.
- 山崎断層研究グループ (1988a) : 山崎断層研究論文集 (1) .
- 山崎断層研究グループ (1988b) : 山崎断層研究論文集 (2) .
- 渡辺邦彦・尾池和夫・中村佳重郎・岸本兆方 : 山崎断層安富観測坑における長周期伸縮変化の特徴 (1983) : 京都大学防災研究所年報, 第26号, B-1, pp.87-94.
- 渡辺邦彦・中尾節郎・松村一男・竹内文朗 (1997) : 兵庫県南部地震前後の山崎断層域の地殻活動(その2), 地震データベース構築のために, 京都大学防災研究所年報, 第26号, B-1, pp.21-26.
- Shibutani, T., S. Nakao, R. Nishida, F. Takeuchi, K. Watanabe and Y. Umeda(2002): Swarm-Like seismic activity in 1989, 1990 and 1997 preceding the 2000 Western Tottori Earthquake, Earth Planets Space, 54, pp.831-845.

Seismicity around the Yamasaki Fault

Setsuro NAKAO, Takuo SHIBUTANI and Hiroshi KATAO

Synopsis

Recently, several large and middle earthquakes were occurred, and seismicity became active in southwestern Japan. The Yamasaki fault system is typical in-land active fault in southwestern Japan. The last large earthquake around the Yamasaki fault occurred more than 1100 years ago.

We investigated the seismicity along the Yamasaki fault, and its surrounding areas. Seismic activity of these areas shows periodicity of 5-6 years. Much seismic quiescence induced activation, migration were observed before/after large earthquakes ($M>5$). After 2001, active area along the Yamasaki fault migrated toward southeast direction.

Keywords: The Yamasaki fault, Harima earthquake, b value, seismicity, space-time distribution