

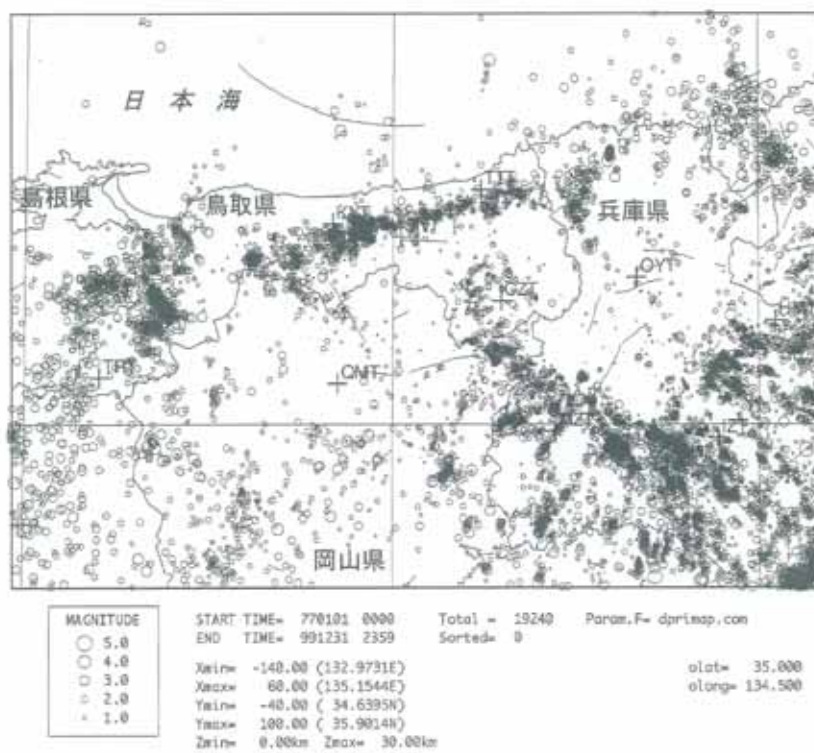
解析及び観測による技術支援

地震予知研究センター

鳥取観測所 中尾節郎

1. はじめに

京都大学防災研究所附属地震予知研究センター鳥取観測所（発足当時は京都大学防災研究所附属微小地震観測所）において1964年三日月、氷上、大屋（兵庫県）及び船岡（鳥取県）に地震観測点が設置された。その後、船岡は1971年智頭に移設された。そして、1980年までに兵庫、鳥取、岡山の各県下に5点増設され、本所を含む10観測点での微小地震観測網が整備され現在に至っている¹⁾。



1976年4月NTT回線を利用したテレメ-タシステムが導入され²⁾、精度の良い均質な地震データが得られるようになった。その結果、鳥取観測所には1999年12月末迄に中国地方東部から近畿地方北西部の範囲で、98,215個の地震が観測され、地震震源ファイルとして蓄積されている。図1に1977年から1999年までの中国地方東部から近畿地方北西部の震央図を示す。

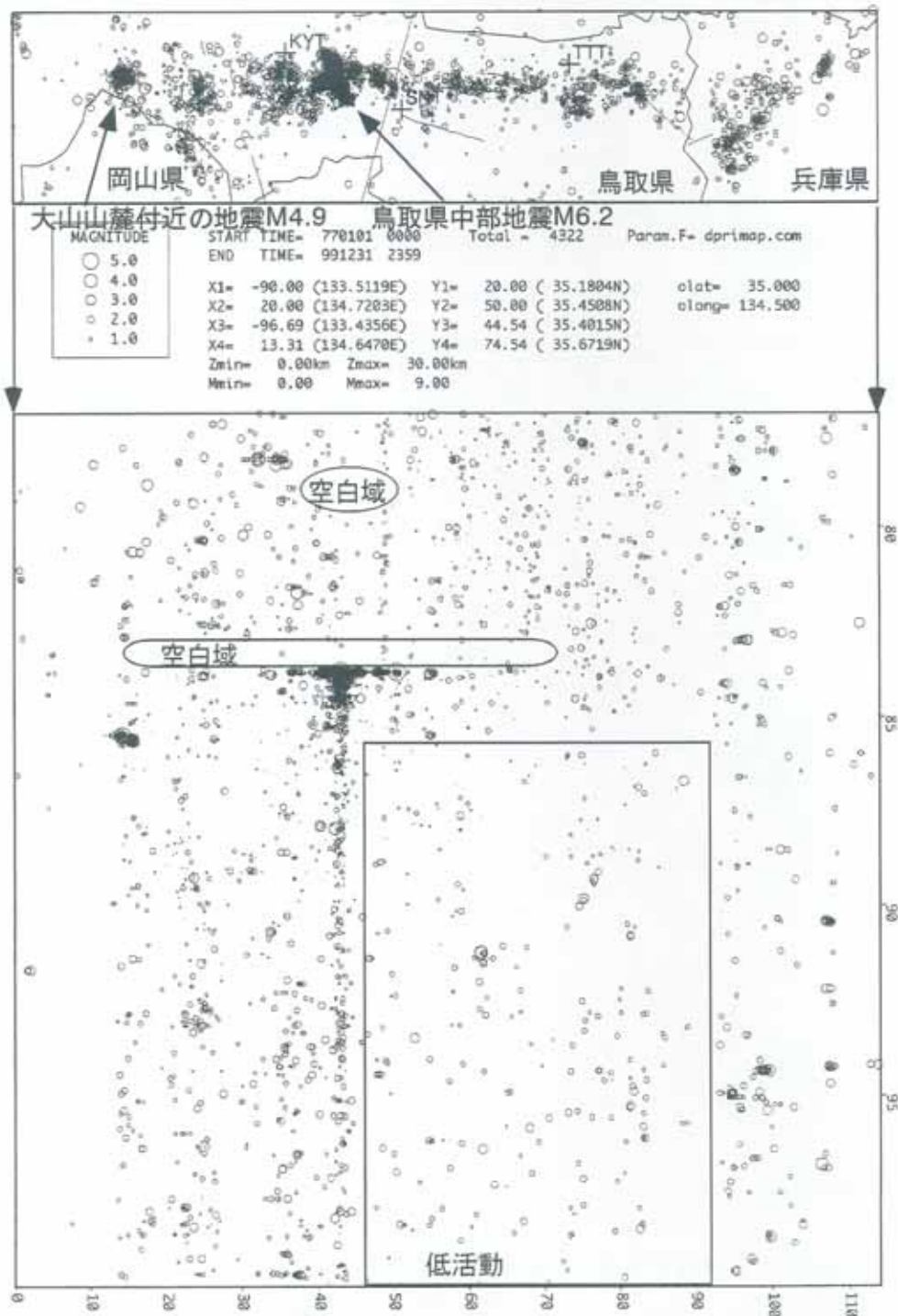


図2 鳥取県から兵庫県北西部の地震活動（上：震央図、下：時空間分布図）

テレメーターシステム以後の震源ファイル作成上の読み取りは、常時著者が行っており、その作業中に地震活動の時間変化の異変（○で示す低下、空白域等）に気付くことがある（図2）。地震活動が時空間分布や積算地震数等の解析によって、あ

る時期から地震活動の低下することや地震活動の活発な地域の中に空白域が形成されていることが見出された³⁾。また、地震断層周辺の地震活動をマグニチュード（以後、Mと呼ぶ）規模別頻度よりb値を求めると、中規模地震（M5クラス以上）の前後にb値が変動することが分かった⁴⁾。そして、その地域の詳細な地震活動を探るため臨時観測を展開した結果いくつかの現象が分かった^{5) 6)}。地震活動との関連ではガンマー線量の連続観測を行い、ガンマー線量と地震活動の時間変化の対応を試みた^{7) 8)}。これらは、単に読み取り、観測の労働提供だけでなく、観測機器の改良、解析過程、観測結果、考察まで経験出来た。これらは技術及び研究支援と考えている。

ここでは主に、著者が技術及び研究支援を行った「b値の時間変動」、「臨時地震観測」について報告する。

2、解析による技術支援

2.1 主な地震活動と時系列

対象とした3つの領域（A. 鳥取島根県境付近、B. 鳥取地震断層系、C. 山崎断層系）の1978年から1995年までの地震の震央図を図3に示す。マグニチュード（M）は1.5以上で深さ30kmより浅井地震である。これらの地域には、過去にM>5クラスの地震が発生し、活断層あるいは地質断層がある地域である。

図3に示された3つの領域について、地震の時系列及び発生累積頻度分布を図4及び図5に示す。図5に示された4本の線は、上からそれぞれM1.5, 2.0, 2.5, 3.0

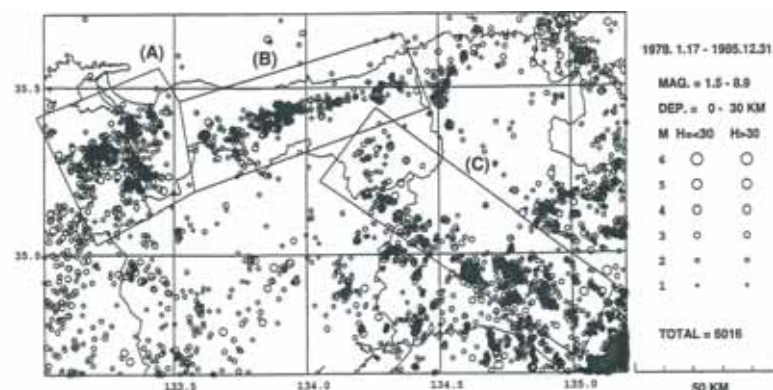


図3 1978年～1995年に発生した深さ30kmより浅い地震の震央分布（M \geq 1.5）及びb値を解析した領域（A：鳥取・島根県境、B：鳥取地震断層系、C：山崎断層系）

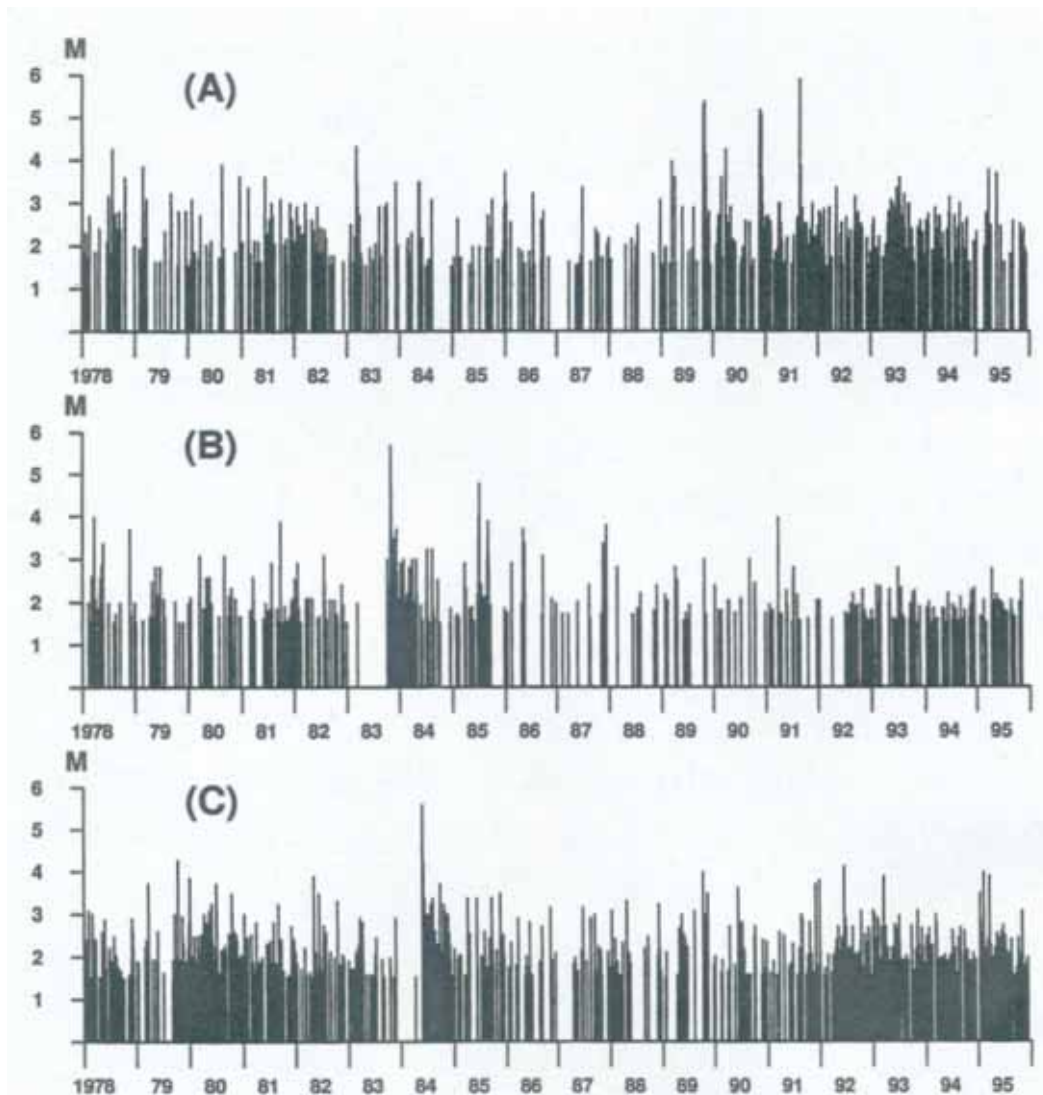


図4 第1図で示した3つの領域の地震の時系列 ($M \geq 1.5$)

以上の地震積算子個数を表している。鳥取島根県境 (A) は1989年10月27日の鳥取県西部地震以来群発地震が起き、以後地震活動は活発である。鳥取地震断層系 (B) では1983年10月30日の鳥取県中部地震 ($M6.2$) 以降比較的平穏である。また、鳥取県中部地震発生前に $M > 1.5$ の地震がひとつもない期間があることは注目される。山崎断層系 (C) でも1984年5月31日の兵庫県中部地震 ($M5.4$) 発生前に $M > 1.5$ の地震がひとつもない期間があることは注目される。また、 $M > 3$ の地震発生が1993年後半から活動の低下が見える。

2.2 b値の時間変化

地震の規模 (M) と規模別の個数 ($N(M)$) の対数の間には、のグーテンベルグリヒター-の式(1)に示されるように直線関係がある。傾きに相当するb値(b値)は地

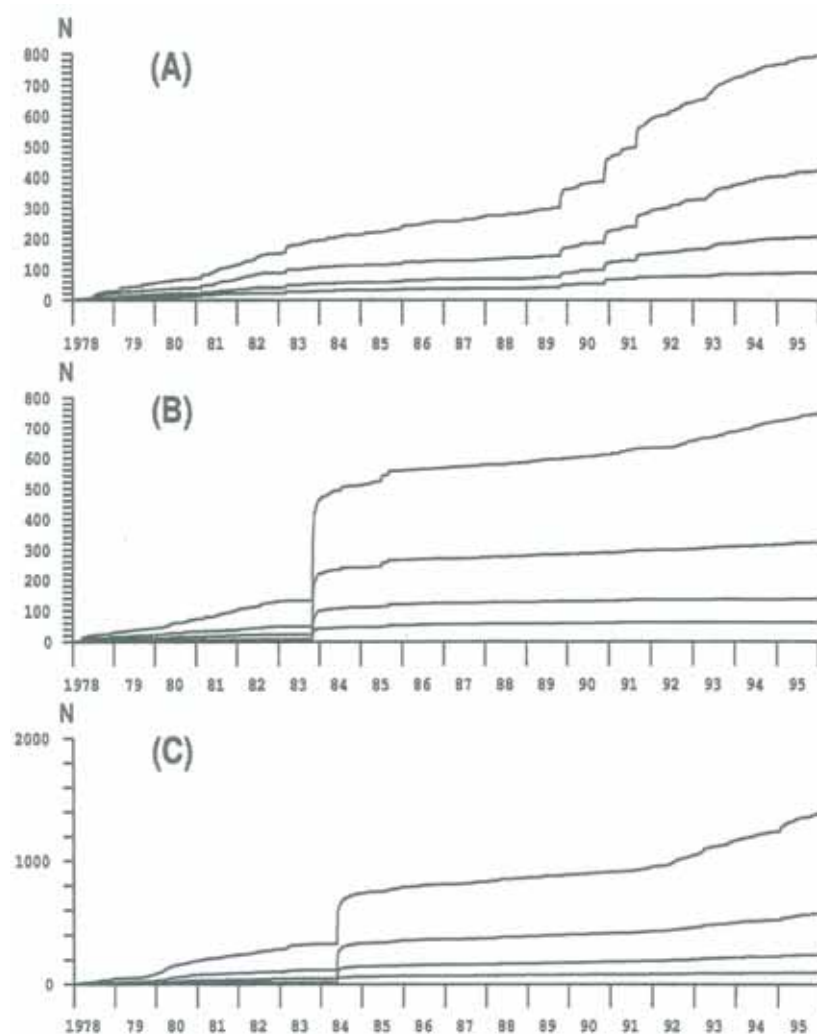


図5 3つの領域の地震累積数の時間変化、4本の線は上からM1.5、2.0、2.5、3.0以上の地震の累積個数を示す。

震活動の性質を示し、時間的に変化することが知られている⁹⁾¹⁰⁾。

$$\log N(M) = a - bM \text{ --- (1)}$$

今回は2年毎の地震についてb値を決めてその時間変化を調べた。解析した期間は1978年から1995年とし、地震の検知能力も考慮し下限をM1.6に上限をM4.0と設定した。図6にそれぞれの地域のb値の時間変化を示す。鳥取島根県境では、1988年まではb値が増加し、1989年の鳥取県西部地震発生後に減少している。鳥取地震断層系では、1982年まではb値が増加し、1983年の鳥取県中部地震後に減少している。山崎断層系では、1983年までは増加し、1984年の兵庫県中部地震後に減少している。これらの傾向から、最近の鳥取地震断層系及び山崎断層系のb値

が増加傾向には注目され、第3種の空白域との見方もある。¹¹⁾

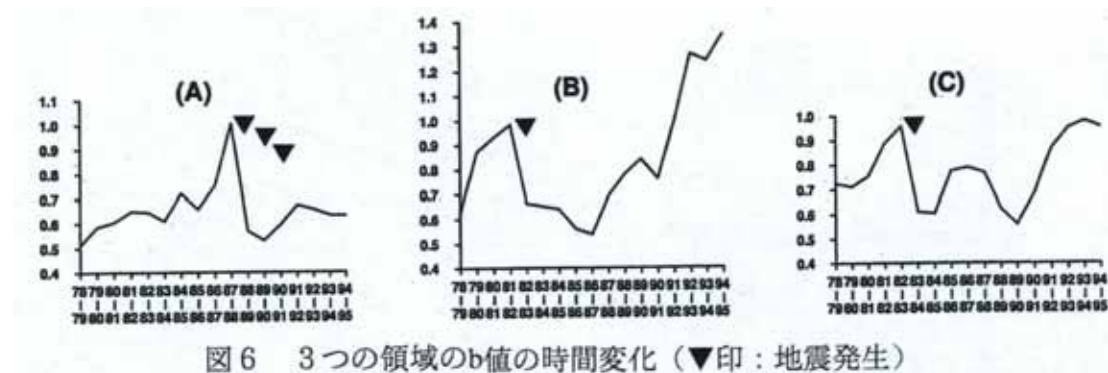


図6 3つの領域のb値の時間変化 (▼印：地震発生)

3. 臨時地震観測

3.1 鳥取 - 島根県境付近

1989年10月27日のM5.3の地震発生以来、鳥取県西部及び島根県東部において地震活動が活発化した。鳥取県西部の地震活動では、1990年までにM5以上の地震が5回発生し、1991年この推定断層の北西端でM4.4の地震が発生し、その10時間後には西へ約15 km離れた島根県東部M5.9の地震が発生した。¹¹⁾¹²⁾当地域は京都大学防災研究所地震予知研究センター鳥取観測所と東京大学地震研究所広島観測所の狭間に位置し、観測体制の手薄な領域であった。一方当地域を含む鳥取県東部は地震予知連絡会において「特定観測地域」に指定されていることから、鳥取観測所と広島観測所及び鳥取大学1992年から臨時観測を実施した。

臨時観測点は震源域を囲むように6箇所設置し、デジタルイベントレコーダ(EDR-1000)を用い1MBのフロッピーディスクに記録し解析を行った。その結果、1. 定常観測の43個に対し、84個の地震が解析された。2. 定常観測ではややぼんやりしていた地震の塊(地震の巣)がはっきりした。3. 定常観測に対しやや浅くなり、震源の深さ精度が向上された。4. 地殻上部反射面からのものと思われるX波を見つけた¹³⁾(図7)。地殻内容融体からの反射波だとすると、大地震発生場を議論する上で非常に興味深い観測結果である。

3.2 鳥取県東部及び兵庫県北西部

鳥取地震断層系ではb値の時間変化から地震活動が活発化することが予想され、特に鳥取県東部の地域が低地震活動が継続していることからEDR-1000による臨時観測を開始した。しかし、地震活動は兵庫県北西部の湯村断層周辺であった。こ

の地域の地震活動の特徴は、1994年に活発化し、5月には活動の様子が変化し、12月には小康状態になり、1995年1月17日の兵庫県南部地震の発生があり、直後にも地震活動が活発化した。

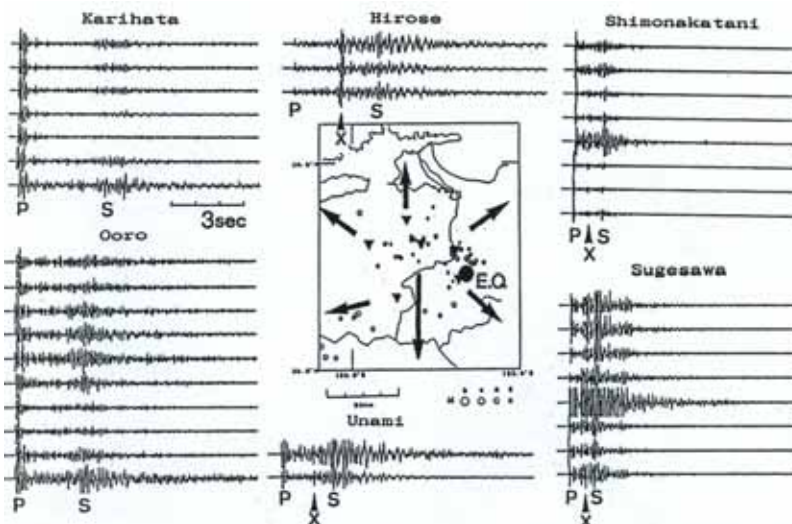


図7 鳥取 - 島根県境付近の地震で観測された反射波 (P : P 波、S : S 波、X : Z 波) 地殻上部の溶融体の存在を示す。

湯村断層周辺の地震活動の変化が兵庫県南部地震の前兆現象のひとつとして考えると 1994 年春か西南日本内帯の広域ストレス場の変化があったことを示唆させる。この観測の結果、1. 兵庫県北西部の湯村断層 (右横ずれ断層) は兵庫県南部地震の震源断層と同じ走向の断層系であり、1994 年に地震活動が活発化した。2. 湯村断層周辺の地震活動において、活動域の移動は、それまで 10 年以上の期間で南西から北西であったのが、1994 年は約 1 年で北東から南西へと変わった (図 8)。1994 年の移動は近畿地方北部から兵庫県南部への地震活動の移動と類似のパターンを示す。3. 湯村断層周辺の地殻応力が 1994 年春からほぼ東西方向への主圧力を示し、この地殻応力は兵庫県南部地震を発生させたのと同じであること等が分かった⁵⁾⁶⁾

4. おわりに

30 数年間、地震の波形を眺め、読み取りをすることによって、計算機のハードディスクに入ると共に、震源の何割かが筆者の脳にインプットされ、且つ時間空間的

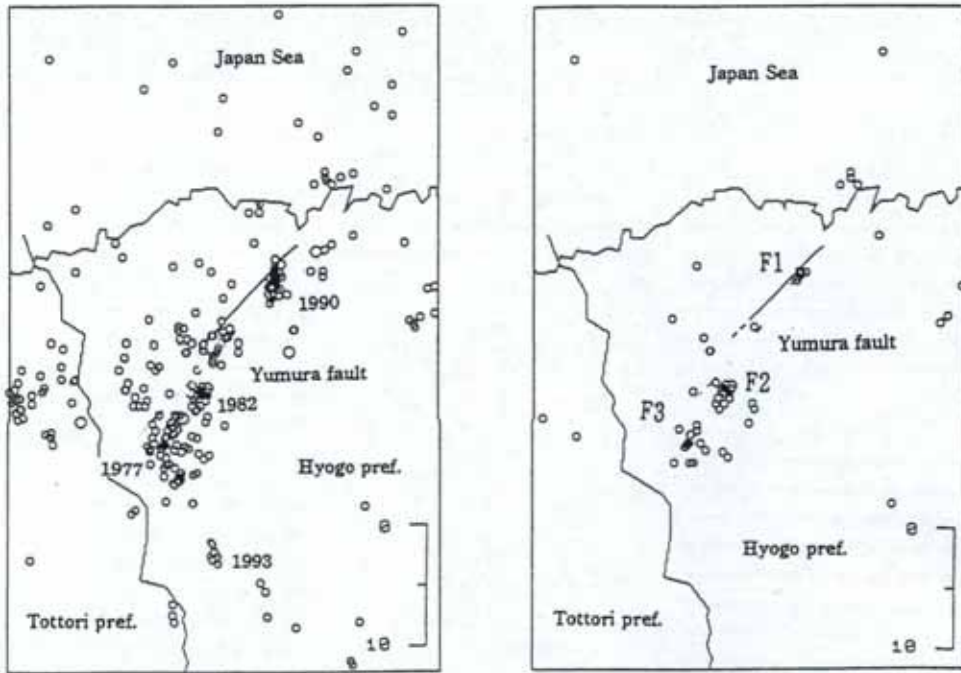


図8 兵庫県北西部の地震活動の推移、太線は湯村断層を示す。

左図：1977、1982、1990年の地震活動の南西から北東への移動

右図：1994年の地震活動の北東から南西への移動、F1（3～4月）、
F2（5月）、F3（12月）

に地震活動の様子が脳の中で経験的にぼんやりと解析できる。それによって低活動、活発化、空白域形成等の地震活動の時間変化をなんとなく伺い知ることができる。また、臨時地震観測や他の手法で地震活動の時間変化と対応させて見ることによってその地域の活動を捕え、得られた地震データと他の手法での結果を解析することによってさらに詳細に伺い知ることが出来る。

長年の経験から研究及び技術支援を行い、技術者として確立して行く支援を今後も考えていきたい。

謝辞

この報告書をまとめるに当たって、鳥取大学光学部西田良平教授、京都大学防災研究所附属地震予知研究センター松村一男助教授に査読をしていただいた。

参考文献

- 1) 鳥取観測所パンフレット：京都大学防災研究所地震予知研究センター、1993年
- 2) 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、第31巻、1978、

pp. 265-274

3) 中尾節郎・渋谷拓郎・西田良平・佃 為成・尾池和夫：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、1991、pp. 231-251

4) 中尾節郎・松村一男・渋谷拓郎・西上欽也・渡辺邦彦：中国地方東部～近畿地方西部の地震活動その 1-b 値の時間変化-、日本地震学会秋季大会予稿集、1993、No. 2、B-92

5) 西田良平・瀧谷哲司・中尾節郎・西上欽也：兵庫県南部に先行した湯村断層に沿う地震活動、日本地震学会秋季大会予稿集、1995、No. 2、A-52

6) 西田良平・中尾節郎・石賀 崇・西上欽也：鳥取県東部及びその周辺の地震活動について、京都大学防災研究所年報、第 41 号 B-1、1998、pp. 1-26

7) 中尾節郎・西田良平・岸本兆方：鹿野・吉岡断層におけるガンマ-線測（Ⅱ）、京都大学防災研究所年報、第 26 号 B-1、1983、pp. 109-116

8) 中尾節郎・岸本兆方・渋谷拓郎・見野和夫・西田良平・桂 郁雄：観測坑内におけるガンマ-線連続観測（Ⅰ）、京都大学防災研究所年報、第 30 号 B-1、1987、pp. 57-65

9) 松村一男・渡辺邦彦・竹内文朗・中尾節郎・渋谷拓郎・渡辺 晃：西日本の地震活動特性（マグニチュード別頻度分布の非直線性について）、京都大学防災研究所講演会予稿集 1997、1-34

10) 松村一男・中尾節郎・渡辺邦彦・西上欽也：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、1996、pp. 191-203

11) 中尾節郎・西田良平・梅田康弘：島根県東部における地震活動、京都大学防災研究所講演会予稿集 1993、1-24

12) 西田良平・中尾節郎・梅田康弘・森 健彦：最近の山陰地方中部の地震活動、日本地震学会春季大会、1993

13) 中尾節郎・西田良平・梅田康弘：鳥取-島根県境付近の地震活動、京都大学防災研究所年報、第 36 号 B-1、1993、pp. 269-278