

地震予知テストフィールドとしての山崎断層

渡辺 邦彦 (1967 年卒)

1. はじめに

京都大学防災研究所は、1964 年鳥取市円護寺に鳥取微小地震観測所を設けて微小地震、長周期地震等の観測を開始した。翌 1965 年に第 1 次地震予知研究計画の発足に伴い、船岡、氷上、三日月、大屋、泉の 5 箇所の民家に委託されたペン書きドラム方式の高感度微小地震計により、近畿地方西部～中国地方東部の微小地震定常観測がスタートした(1、2)。近畿地方における阿武山観測網と並んで高感度微小地震定常観測のさきがけであった。また第四紀活構造研究者との共同研究会等により地体構造と地震活動の関連についての研究が推進された(3、4、5)。

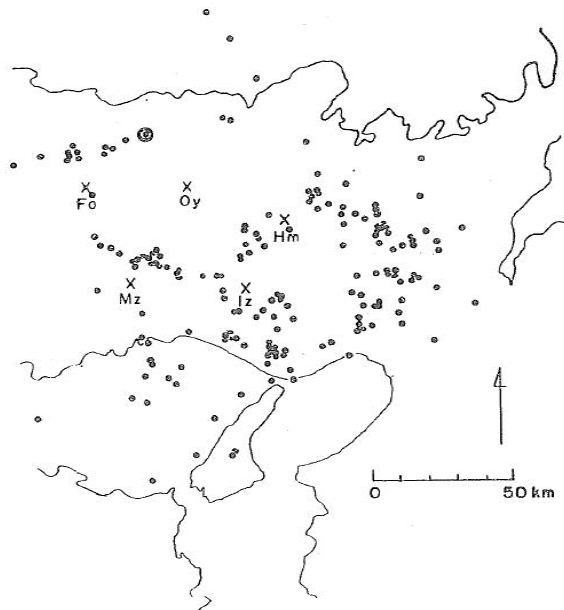


図 1 : 1964-65 年頃の震央分布(2)

山崎断層は岡山県東部から兵庫県南東部に至る北西～南東走向の左横ズレ活断層(17)で総延長約 80km、確実度 I 活動度 B 級とされる。微小地震観測開始当初の成果の一つは山崎断層や山陰海岸に沿う地震活動の線状配列の発見であった(図 1)(3、4)。以来 40 年、山崎断層に関する地震活動の特性が徐々に解明されてきた(6、7)。

1973 年 9 月に山崎断層の北方約 10km に M5.1 地震が発生した(8)。1975 年には山崎断層帯安富断層の破碎帯において伸縮計による地殻変動観測が開始され(6、10)、地震と地殻変動の関連の研究がスタートした。1977 年 9 月には山崎断層の北方約 5km に M=4 地震が発生した(9)。これらを踏まえて、1978 年～1987 年の 10 年間にわたって「山崎断層地震予知テストフィールド計画」が実施されるに至った。

2. 山崎断層地震予知テストフィールド計画

2.1 研究・観測の概要

「山崎断層地震予知テストフィールド計画」の目的は、内陸活断層に関わる大地震の予知手法の研究開発であった。そのために、山崎断層帯域を対象にして、多機関の研究者による多項目の総合観測研究が実施された。断層破碎帯の挙動研究のため、日本道路公団(当時)の協力の下に、中国高速道地下に“山崎断層安富観測坑道”が設けられ、断層破碎帯に関わる伸縮・傾斜変動(10)、自然電位(12)や坑井比抵抗(19)、放射線、地下水等の観測が開始された(図 2)。観測坑道のデータは防災研究所へ 50bps 専用回線でテレメータ伝送された(18)。計画の発足当時の研究グループ員は、京大

防災研、同理学部、同教養部、鳥取大、神戸大、筑波大、神院大、立命館大、大阪市大、東大理、秋田大、国土地理院、地質調査所等にわたっていた(9、13)。

山崎断層テストフィールドとしての観測項目・研究は上記のほか、活断層地形やトレンチ(30)、水準・三角測量(31)、地震活動(7)、広域の地球電磁気(14、20)や地球化学(11、16)等で、当時考えられた多くの項目を含んでいた(13)。10年間のテストフィールド計画が終了した後これら諸観測研究の多くは撤収終了されたが、安富坑道を拠点とする幾つかの項目は規模を縮小して継続されている。

図3に微小地震テレメータ観測の開始以来約30年間の近畿西部～中国地方東部の地震活動を示す。長期間の観測により、山崎断層帯、郷村断層(北丹後地震)、鳥取(地震)断層、六甲・淡路島断層帯(兵庫県南部地震)などの大規模活断層や地震断層に沿う活発な地震活動が見えてきた。そしてこれらの活断層の地震活動は相互に関連しているらしいことも推察されるに至った。

2.2 観測研究の成果

2.2.1 観測開始以降の成果の概要

山崎断層帯域で得られた成果の概要を分野・項目毎に示す。最近までの特筆すべき地震活動である1984年山崎断層の地震(M5.6)及び1995年兵庫県南部地震(M7.3)については別項に述べる。

近畿地方から中国地方東部には、東西主圧力に拠る北西～南東、北東～南西走行の横ズレ断層系が卓越し、発震機構もそれを支持している(5、22)。山崎断層に沿う微小地震活動の数年周期の消長(6、7)、断層破砕帯の降雨レスポンスと中規模地震発生の関連(7)、微小地震活動空白域等(15)も議論され、微小地震活動が小地震、内陸活断層大地震と密接に関連することが示唆された。地震波形の解析から小地震の破壊単位の階層構造も議論された(21)。広域の電磁氣的調査(14、20)から安富断層破砕帯の幅が数100m～数kmと推定され、地下水調査(16、25、28)や地球化学的探査(11、24)から広域の断層構造や地震関連現象が研究された。

地殻変動観測により断層破砕帯が局所的な特異挙動を示すこともわかってきた(23)。これらの総合から、地殻活動が活断層構造に密接に関わっていることが徐々に明らかになってきた。観測研究と並行して、地元自治体や道路公団等への情報提供や市民講演会なども積極的に推進された。

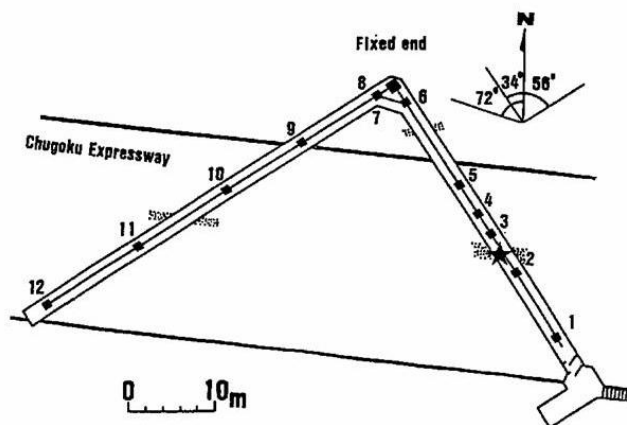


図2：安富観測坑道と伸縮計(数字)、傾斜計(★)

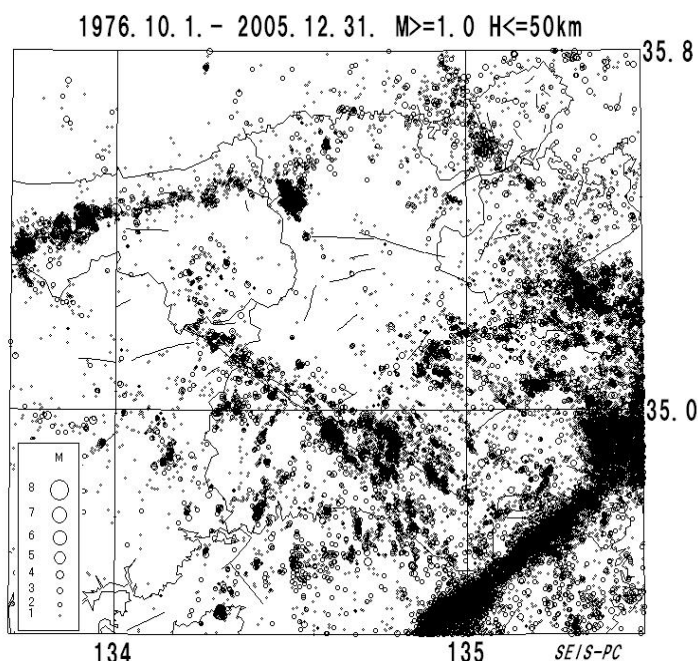


図3：山崎断層を中心とする地域の約30年間の地震活動

2.2.2 1984年山崎断層の地震に関する結果

「テストフィールド計画」の7年目の1984年5月30日、山崎断層帯の暮坂峠断層を震源とするM5.6地震(姫路で震度4)が発生した。この地震のいわゆる“予知”は出来なかったが、事後の検証から次に述べる幾つかの観測項目に前駆的異常らしき現象が記録されていた(29)。

山崎断層周辺の地震活動は1984年5月の山崎断層の地震発生の約半年前の鳥取県中部の地震(1983年10月、M6.3)の発生以降約7ヶ月にわたって静穏化していた。同時期、断層破碎帯の伸縮変動はそれまでのトレンドから方向を反転し、傾斜変動も年周変動の振幅が約3倍に増大した(23)。これらをやや長期的な前駆変動とすれば、短期的には地震発生の1、2ヶ月前から断層周辺の全磁力勾配や見かけ比抵抗変化に異常が認められた(26)。坑内自然電位差は約40日前から平素と異なる変動を示し、地震発生の約2日前から極端な直前異常値を示し、地震発生後間もなく平常値に戻った(27)。観測坑道や周辺での異常のほか、断層域での水素ガス(24)や塩田温泉水の塩素イオン濃度(25)にも地震に関連する異常変動が記録されていた。このM5.6地震の震央は山崎断層観測室から水平距離約3kmで、震源の深さを考慮しても震源距離約20kmの近距離にあった。条件を整えば、中規模地震でも前兆の変動が捉えられる可能性を示すものであり、断層破碎帯での観測は地震関連現象を増大させるのではないかと考えられた。ただこれらの現象を統一的に説明するメカニズムは未だ不明である。

2.2.3 1995年兵庫県南部地震に関する結果

テストフィールド計画が終了して7年後の1995年に兵庫県南部地震が発生した。震源となった六甲・淡路島断層帯と山崎断層帯は共役関係にあり、山崎断層観測室は震源から約60km西北に位置している。この内陸大地震

に先立って、山崎断層周辺の地震活動は約1年間低活動となり、地震発生後約1年間にわたって通常の3倍程度に活発化した(34)。また断層破碎帯の地殻変動のトレンドも地震発生の約半年前から加速された(32)。

図4に当該地域の活断層・地震断層と地震活動から地殻をブロック構造にわけて示す。そこにM7以上の歴史地震の震央をプロットした。880年出雲地震の震央は不確かであるが、殆どが地殻ブロック境界に位置し

ていたと考えられる。兵庫県南部地震の震源断層である六甲・淡路島断層帯は山崎断層帯と共役関係にあり、播磨ブロックを囲む境界構造線となっている。兵庫県南部地震に呼応したかのような山崎断層帯の地震活動の消長も、内陸地殻ブロック相互運動が地殻活動に及ぼす影響の大なることを示しているであろう(34)。

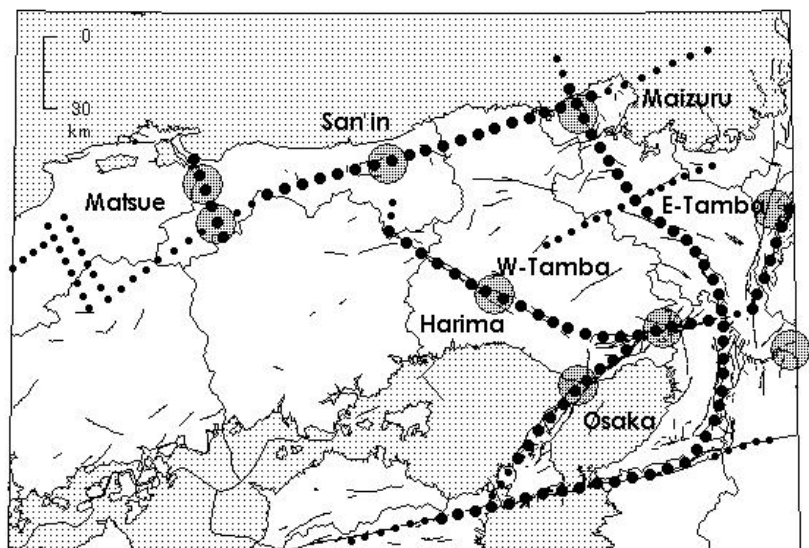


図4：近畿～中国地方東部のブロック構造とM7以上歴史地震

2.2.4 山崎断層観測のまとめ

先に述べた 1983 年鳥取県中部の地震、1984 年山崎断層の地震、1995 年兵庫県南部地震はそれぞれが共役関係にある西南日本の主要内陸活断層（および地震断層）に発生し、それら中・大地震の発生に関して隣り合うブロック境界は互いに呼応したような地震活動の消長を示した(34)。山崎断層域では上記のほかにも重力探査(33)、GPS サーベイ、電磁波探査、岩石密度(35)の測定等も実施された。

これらを総括した結果、①内陸大地震は活断層に関わるものが多く、②活断層と地震活動帯の多くは対応していて内陸地殻をブロックに分ける境界をなし、③その境界ゾーンに地殻活動関連現象は増幅されて出現するのであろう、と考えた。これらを踏まえた結果、1)地震活動度の詳細な把握が大地震発生等の地殻活動の理解と予測に重要であり、2)ブロック境界である断層域での多項目総合観測が内陸地震発生予測には必要かつ有効であるというのが約 30 年間の経験の帰結と考えている。

3. テストフィールド計画の総括に基づく将来への考察

“地震予知は出来ないので、防災・減災を考えるべきである”と云われる。しかし予知の精度が向上すれば、やはり防災には有効な情報となるであろう。

課題は「社会生活に有効な精度での予測」である。全ての内陸地震が同様の手法や理論で予知できるとは考えられないが、大規模活断層に予想される大地震の幾分か予知できれば大きな進歩である。可能か不可能かの検討も含め、これは地震学のおおきな課題であろう。

問題となる「時」の予測については、地震研究者の 1 世代が 30 年なのに対し内陸活断層の活動サイクルはおよそ 3 千年と 2 桁大きいので、同一時間軸で見ると成果は得難い。この障壁を乗り越えるためには、まず①「活断層の地震活動度の量的評価法」が重要である。従来、地震活動度は主観に左右される場合が多かったが、客観的かつ定量的に扱う方法が求められている。次に②「活断層的時間スケール」を“人間の時間スケール”に写像するための発想の転換」が必要である。(36)

4. おわりに

山崎断層における 30 余年の経験から、内陸地殻活動を知り内陸地震発生を予測するためには、地震活動をはじめ、地殻活動全般を総合的に把握することが重要という基本的結論を再認識した。また、“自然は現在レベルの教科書どおりには振舞わない”ことも携わった者に教えてくれた。

京大地球物理の伝統は“まず対象を正しく把握する”から始めるとことにある。そこから仮説が生まれ、検証を経て学説となる。そしてそれらは客観的手法で定量的に評価されねばならない。これは科学全般の基本であり、地震学においても最近あらためてそのような機運が感じられることは嬉しい。加えて、研究者は社会との連携をもっと重視すべきであろう。情報の公開、地震学上の知見の解説などを積極的に発信することが防災・減災の向上に繋がると信じている。

参考文献 (年代順)

1. Hashizume, M., K.Oike and Y.Kishimoto, 1966, Bull. Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., 15, 3, 35-47.
2. Kishimoto, Y. and M.Hashizume, 1966, Bull. Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., 16, 1, 41-55.
3. Huzita, K., 1969, J. Geosciences, Osaka City Univ. 12, 5, 3-70.
4. Huzita, K., Y.Kishimoto & K.Shiono, 1973, J. Geosciences, Osaka City Univ., 16, 6, 93-124.

5. Kishimoto, Y. and R.Nishida, 1973, Bull. Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., 23, 1-25.
6. 尾池和夫, 岸本兆方, 1976, 地震予知研究シンポジウム(1976), 83-90.
7. Oike, K., 1977, J. Phys. Earth, 25, Suppl., S31-S41.
8. 佃 為成, 中村佳重郎, 岸本兆方, 1977, 地震, 第2輯, 30, 151-162.
9. 山崎断層研究グループ代表・岸本兆方, 1978, 京大防災研究所年報, 21B-1, 1-9.
10. 尾池和夫, 中村佳重郎, 1978, 京大防災研究所年報, 21B-1, 11-18.
11. 竹内文朗, 見野和夫, 貞広太郎, 1978, 京大防災研究所年報, 21B-1, 19-26.
12. 宮腰潤一郎, 1978, 京大防災研究所年報, 21B-1, 43-46.
13. 岸本兆方, 1980, 地震予知研究シンポジウム(1980), 133-142.
14. 乗富一雄, 1980, 地震予知研究シンポジウム(1980), 149-154.
15. 尾池和夫, 1980, 地震予知研究シンポジウム(1980), 155-158
16. 吉岡龍馬, 1980, 地震予知研究シンポジウム(1980), 159-162.
17. 福井謙三, 1981, 地理学評論, 54, 196-213.
18. 尾池和夫, 渡辺邦彦, 中村佳重郎, 谷口慶祐, 岸本兆方, 1981, 京大防災研究所年報, 24B-1, 29-40.
19. 吉野登志男, 行武 毅, 1981, 地震研究所彙報, 56, 603-621.
20. Electromagnetic Research Group for the Active Fault, 1982, J. Geomag. Geoelectr., 103-127.
21. 西上欽也, 佃 為成, 1982, 地震第2輯, 35, 523-537.
22. 西田良平, 1983, 鳥取大学教養部紀要, 17, 209-234.
23. 渡辺邦彦, 尾池和夫, 1985, 京大防災研究所年報, 28B-1, 99-109.
24. 中村裕二, 脇田 宏, 1985, 月刊地球, 7, 1, 27-31.
25. Koizumi, N., R.Yoshioka and Y.Kishimoto, 1985, Geophys. Res. Letters, 510-513.
26. Sumitomo, N. and K.Noritomi, 1986, J. Geomag. Geoelectr., 38, 971-989.
27. Miyakoshi, J., 1986, J. Geomag. Geoelectr., 38, 1015-1030.
28. 小泉尚嗣, 吉岡龍馬, 赤松 信, 西村 進, 岸本兆方, 1986, 京大防災研究所年報, 29B-1, 59-66.
29. 岸本兆方, 1987, 地震予知研究シンポジウム(1987), 101-107.
30. 岡田篤正, 安藤雅孝, 佃 為成, 1987, 地学雑誌, 96, 2, 81-97.
31. 藤森邦夫, 山本剛靖, 大塚成昭, 1996, 京大防災研究所年報, 39B-1, 303-309.
32. 古澤 保, 1996, 阪神大震災—防災研究への取り組み—, 34-42.
33. 竹内文朗, 中村佳重郎, 渡辺邦彦, 松村一男, 2001, 京大防災研究所年報, 44B-1, 177-184.
34. 渡辺邦彦, 2004, 京都大学防災研究所年報, 47B, 665-672.
35. 竹内文朗, 中村佳重郎, 松村一男, 渡辺邦彦, 2005, 京都大学防災研究所年報, 48B, 175-183.
36. Itaba, S. 2005, Doctor Thesis, Fac. of Sci. Kyoto Univ.