

兵庫県南部地震と応力場, 空白域

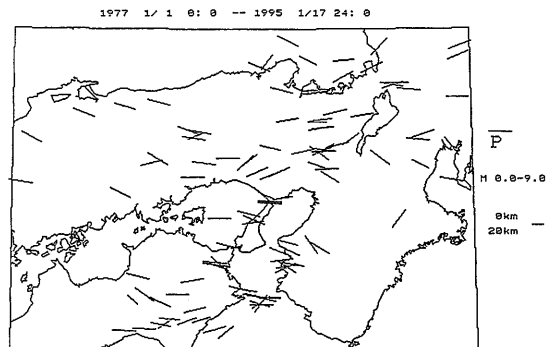
石川 有三¹⁾

1. 本震・余震と周辺の地震活動と活断層

口絵10に1月17日から2月13日までの震央分布を活断層(新編「日本の活断層—分布図と資料」, 東京大学出版会(1991)より)と重ねて示した。兵庫県南部地震の震度分布と余震活動の概略については既に地質ニュース2月号で吉田(1995)が紹介しているのでここでは省く。ここに示した約一ヶ月間の地震活動は, 大阪管区気象台が求めた震源の内で精度の良いもののみを示した。余震活動の概要に付いては吉田の紹介した特徴に変化はなく, 余震域の長さが全長で約50 km, 本震の震央である明石海峡北部では余震活動は余り見られない, 深さは20 km 以浅で地殻上部での破壊であるなどの点は同じである。しかし, 口絵10の震央分布ではそれ以外にいくつか細かな特徴が見られる。まず, 神戸側では余震が活断層に沿って分布し, 北東端が東西走向の有馬—高槻構造線できれいに遮られる。これを見ると本震時の断層運動は走向の異なる構造にぶつかり停止したと考えても良さそうである。これは後に述べる南西端についても同じことが言える。また, その後の余効的な断層運動による余震活動の拡大も有馬—高槻構造線を越えてはいないと見ることができる。しかし, その北東側に広く分布する地震活動は何を意味するのであろうか? この兵庫・大阪県境付近や京都府南部の地震活動が兵庫県南部地震の直後から以前に比べ非常に活発化していることは京都大学防災研究所(第112回地震予知連絡会)も報告している。さらに, 京都大学防災研究所(同)は今回の震源域の北西に位置する山崎断層沿いの地震活動も活発化していることも報告しており, 兵庫県南部地震が西南日本内陸部の地震活動を広域に活発化させている。

一方, 明石海峡より南側の余震域では北側に比べ

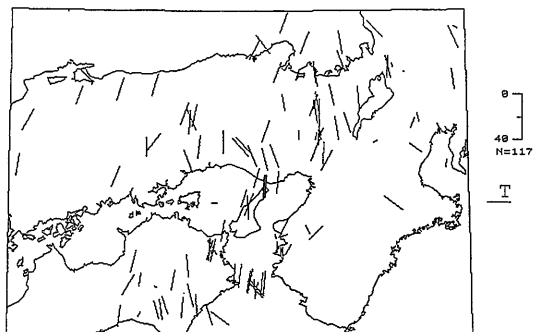
やや異なった特徴を示している。まず, 余震分布が北側域からそのまま南西へ延長するのではなく, 明石海峡をはさんでやや西にシフトしている。しかし, この分布の走向は淡路島北西岸に位置する野島断層とは正確には一致せず, 走向が野島断層とやや斜交する。そして南西延長が海域に伸びるが, 北西—南東走向の志筑断層とその延長によって断ち切られるように終わる。しかし, 広義の余震は, そこで終わらず南にシフトして淡路島内陸部に戻る。志筑断層は, 北側の有馬高槻構造線と同様南側の余震分布を遮っているが, こちらは南にずれて余震活動が断層の反対側にも分布する。明石海峡を挟んでの余震列のずれやこの南端でのずれは, 1891年濃尾地震のとき根尾谷断層系で見られた断層運動がいくつかの活断層を乗り移って破壊した現象と同じかも知れない(松田, 1974)。このように活断層は震源断層として振舞う以外にも, 断層運動を停止させた



第1図 浅い地殻内地震の発震機構解から求められた圧縮軸を水平面に投影したもの。期間は1977年から本震まで。図右の文字「P」上に示したバーの長さが軸が水平な場合に対応し, 「0 km」と「20 km」と書かれた右にあるバーの長さは軸が水平から60°傾斜している場合の長さに対応。この地域の圧縮軸はほぼ水平で東西方向を向いていることがわかる。

1) 気象研究所地震火山研究部: 〒305 つくば市長峰1-1

キーワード: 地震, 兵庫県南部地震, 応力場, 空白域, 活断層

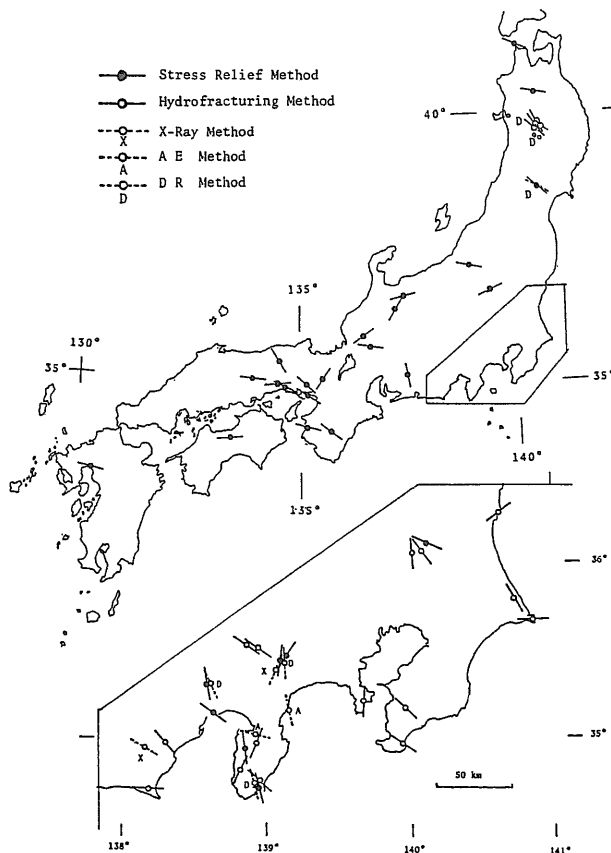


第2図 浅い地殻内地震の発震機構解から求められた張力軸を水平面に投影したもの。期間や図の表記法は第1図と同じ。この地域の張力軸はほぼ水平で南北方向を向いていることがわかる。

り、断層運動を別の地点へ誘導したりする役割を果たしている。従ってある地域で発生可能な地震を推定するためには、活断層の活動履歴の総合的な診断が必要不可欠である。

2. 応力場

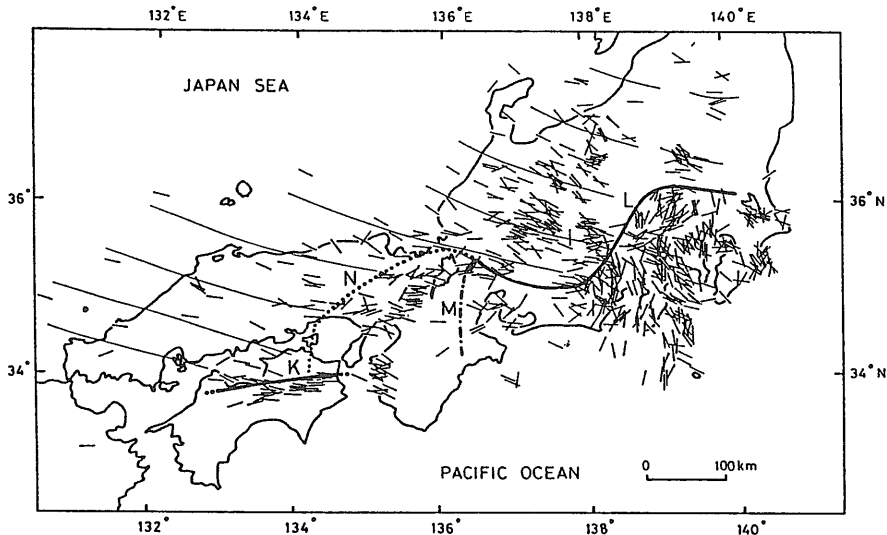
本震は、吉田(1995)、菊池(1995)に報告されているように東西圧縮の右横ずれ断層であった。この地震の主応力軸の方向を周辺の地震のものとは比べてみた。第1, 2図に地殻内地震の発震機構解(データは京都大学防災研究所, 1994, Tsuboi et. al, 1994とハーバード大学グループのセントロイド・モーメント・テンソル解)から求められた圧縮軸と張力軸をそれぞれ示した。両図から圧縮軸は東西方向、張力軸は南北方向をほぼ示していることがわかる。今回の地震もそれぞれの図中に太い線で示したが、周囲の地震とはほぼ同じ方向を示している。また、第3図に地殻応力測定で求められた水平最大主応力軸の方向を示した。この図でも、兵庫県南部地域では水平最大主応力軸は東西方向を示している。塚原・小林(1991)はやや広く関東地方から中国地方西部までの応力場を調べ地殻応力特性の地域分けを行った。彼らは第4図のN-Kの点線がこの地域を分ける境界としているが、この図の兵庫県南部と岡山県に注目すればこれらの地域の主応力軸の方向に有意な違いは見られない。ただ山陰地方と日本海で主応力軸の方向が異なり、東西方向から少し時計回りに回転している。一方、更に広く東アジアの応力場を見るとまた様子が異なってくる。第5図は、三雲



第3図 各種応力測定法で求められた地殻内水平最大圧縮軸の方向。田中(1987)より。

・石川(1987)によるが、アジア大陸北東部で発生する浅い地震の主圧縮軸の方向は北東—南西方向である。この方向は西南日本内帯や日本海南部で発生する地震の主圧縮軸の方向と有意に異なる。ただ、朝鮮半島から日本海南部の地域は地震活動が低く、主圧縮軸の方向を求めることの出来る地震は少ない。このため主圧縮軸の方向の異なる両地域の境界がどこを通るのか、また、明瞭な境界線がなく徐々に変化するのもはっきりしない。

結論として、今回の地震は近畿地方および中国地方東部で現在支配的な応力場のもとに発生した地震と結論される。一方、この地域の南方に位置する南海トラフではフィリピン海プレートが北北西方向へ沈み込んでいる。現在述べたように、陸側プレート内の応力場が東西圧縮、南北張力であることは、沈み込む海洋プレートによる圧縮力が陸側へ伝わっていないことになる。このことはフィリピン海プレートの運動が現在自重による沈下運動が主で、プレ



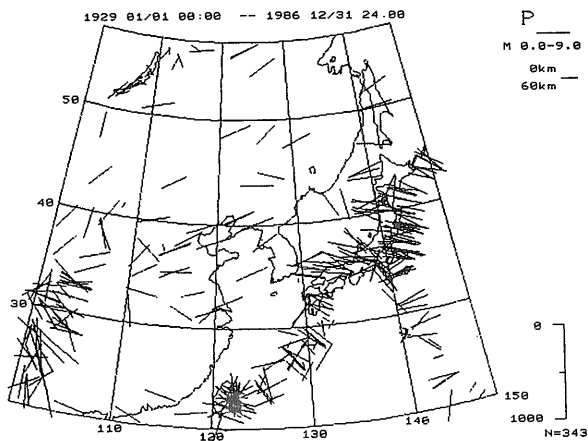
第4図 塚原・小林(1991)が浅い地殻内地震の発震機構解から求められた応力場。

ト境界で西南日本を押ししていないことを意味する(石川, 1995)。

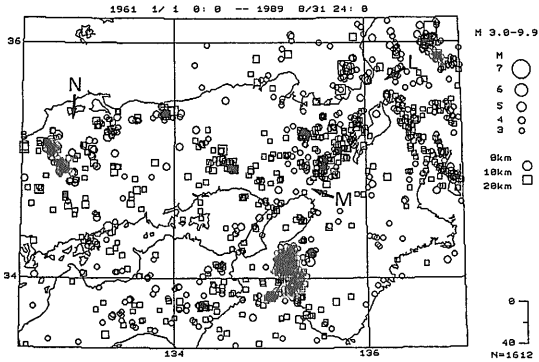
4. 地震帯, 地震空白域と地震予知

西南日本の地殻内地震活動は、帯状分布を示す(石川・濱田, 1985)。図12に示した地震の分布は、1961年から昨年9月までの33年間余りの活動(データは石川・濱田, 1995)に、今回の兵庫県南部地震の本震・余震活動を重ねてそれらの震央を赤色で示したものである。また、その上に1885年から1960年までのマグニチュード6以上の浅い地震の震央を緑色で示した。これを見ると、伊勢湾から若狭湾へ続く地震帯、琵琶湖北岸から兵庫県南部地震の震源域を通り淡路島の北西岸を通る地震帯などがはっきり見える。中央構造線の北側の西南日本内帯は、Huzita(1962)の指摘した「近畿トライアングル」の内部を除き活断層も地震帯も北東-南西、北西-南東走向の分布が目立つ(藤田・尾池, 1981)。唯一例外が山陰地方の日本海沿岸に沿った地震活動で、石川・濱田(1995)は、古い火山フロントが地殻の弱線となり、その弱線に地震が集中すると考えている。このような構造が地殻をブロック状に分割し、地震がブロックの境界に並び地震帯を形成する。石川(1990)は、このような内陸地震帯の概念をもとに地震帯内で地震活動の低い地域に注目し、将来地震の発生する恐れのある地域=地震空

白域と考えた。そして全国で18ヶ所の地震空白域を指摘した。従来の地震空白域の概念は、プレート境界の巨大地震に対して使われていた。そこで発生する巨大地震の繰り返し周期は100年から200年と短いため将来の震源域である可能性は非常に高い。ところがここで提案した地震空白域は内陸地震についてであった。内陸地震の繰り返し間隔は千年以上というような長い場合もあり、そのため内陸地震の空白域は必ずしも近い将来の震源域ではない可能性もある。ただ、今回の兵庫県南部地震の震源域は、全国18ヶ所の内の一カ所であった。第6図に「M」として六甲地域が指摘されていた(図中の「L」,



第5図 三雲・石川(1987)による東アジアの浅い地震の発震機構解から求められた圧縮軸の方向分布。



第6図 5年前に指摘された明石海峡から神戸付近の地震活動空白域(「M」地域)。

「N」地域も地震空白域)。第6図が発表された後5年ほど経過しているが、この地域はその後地震活動が低く、そして地震を迎えた。このことは場所についての長期予知がされていたことになる。しかし、「M」地域で空白域とされたのは本州側だけで淡路島の震源域は含まれていなかった。この震源域が空白域より広がったことについては、次のような解釈が可能である。まず、地震を発生させるためのエネルギーを主に蓄積していたのはやはり本州側の「M」地域で、そこが応力の高まりに耐えきれなくなって破壊を始めると同時に淡路島側も伴われて破壊したと考えれば、空白域が本州側だけでも良いことになる。しかし、このことは地震空白域で将来の最大地震を推定する場合に空白域の領域よりも大きな地震を想定する必要があることを意味する。なお、18ヶ所のうちの残りの地域でもその後地震が発生した。それは4月1日に新潟県北部で発生したマグニチュード6.0の地震である。この地震は新潟県中部にある空白域内の北東部で発生した。しかも地震のメカニズムは石川(1994)が想定したものと同様であった。

口絵12の震央分布図は震源データが以前に比べ約5年分追加されたため5年前は明瞭でなかった分布も見えてきた。実際、空白域である可能性のある地域も出てきた。例えば、京都府中部で、北隣に1927年の丹後地震の震源域がある地域である。この地域は現在両側に地震活動の比較的活発な地域があるが、地域内は地震活動が低い。ただ、分布する活断層の走向が丹後地震の震源断層の走向である北西—南東と一致しない。従って、微小地震など他の

データを詳しく調べてみる必要がある。しかし、第111回地震予知連絡会では、今回の兵庫県南部地震は南海トラフ沿いの巨大地震の発生前に見られる内陸地域の活動期の開始を示す地震であると判断した。過去の内陸の活動期にはいくつもの被害地震が発生したことが知られており、今回の活動期にもマグニチュードが7を越える地震が内陸で発生する可能性が高い。その被害を最小限に食い止めるためには京都府中部以外にも依然空白域である福井・滋賀県境付近や宍道湖南方地域などで各分野の調査を総合し、危険区の推定を早急に行う必要がある。

文 献

- Huzita, K. (1962): Tectonic development of the median zone (Setouchi) of southwest Japan, since Miocene. *J. Geosci. Osaka City Univ.*, **6**, 103-144.
- 藤田和夫・尾池和夫(1981): 本州弧の活構造と地震活動. *科学*, **51**, 704-711.
- 石川有三(1990): 日本列島内陸部の地震活動空白域—序論—. 月刊「地球」, no. 6, 355-361.
- 石川有三(1994): 残された空白域. 月刊「海洋」, 号外 no. 7, 102-107.
- 石川有三(1995): データで見る近畿地方の地震. *科学朝日*, 増刊, 6-8.
- 石川有三・濱田信生(1985): 再決定震源に基づく日本の地震活動 no. 1, 2. 地震学会講演予稿集, no. 2, 15-16.
- 石川有三・濱田信生(1995): 再決定震源に基づく日本の地震活動. (準備中).
- 菊地正幸(1995): 兵庫県南部地震の震源モデル—遠地の地震波解析速報—. *地質ニュース*, no. 486, 12-15.
- 京都大学防災研究所(1994): 四国東部の地震活動. 地震予知連絡会報, **52**, 426-432.
- 松田時彦(1974): 1891年濃尾地震の地震断層. *東京大学地震研究所速報*, **13**, 85-126.
- 三雲 健・石川有三(1987): 日本海沿岸沿岸の地震と広域テクトニクス及び長期的地震予知. 地震予知シンポジウム, 259-269.
- 田中 豊(1987): 日本における地殻応力測定—研究動向と問題点—. 地震予知研究シンポジウム, 199-212.
- Tsuboi, S., K. Abe and Y. Ishikawa (1994): Determination of fault plane solutions for small earthquakes in Japan. *J. Phys. Earth*, **1994**, **42**, 45-67.
- 塚原弘昭・小林洋二(1991): 中・西部日本の地殻応力. *地震*, **44**, 221-231.
- 吉田明夫(1995): 1995年兵庫県南部地震. *地質ニュース*, no. 486, 6-11.

ISHIKAWA Yuzo (1995): Hyōgoken-nanbu earthquake and its relation to the stress field and the seismic gap.

〈受付/受理: 1995年4月27日/5月17日〉