

(43) 近畿区域を含む断層系の力学的検討

埼玉大学	正員	浜島良吉
京都大学	正員	西村 進
地質調査所	正員	小出 仁

1. まえがき

1985年1月17日未明に起きた兵庫県南部地震は阪神大震災と呼ばれる甚大な被害をもたらした。そこで本研究では解析面から、主として近畿区域を含む断層系の力学的検討を試みた。

地球表面がいくつものプレートにより覆われているとするプレートテクトニクスは地震の発生メカニズムを考えるうえでの重要な基本原理であるが、日本列島を考えた場合これはさらに小さなブロック構造により分割されていると考えられる。本研究ではこうしたブロック構造に基づいたモデル化を行い、新しく開発した不連続体解析F E S M (浜島ら(1995))によりブロック間の相対変位、ブロック間、ブロック内に発生する応力等を検証し、これにより日本列島内の地震発生メカニズムを解明することを目的としている。

2. ブロック構造モデル

ブロック構造モデルは、Ron et al. (1984)、その他多くの研究者によりサンアンドレアス断層沿いの地殻変動解析等に用いられている。これらはブロックテクトニクス、あるいはブロックローテーションモデルと呼ばれており、剛なブロックの滑りと回転の幾何学といった簡単な概念から複雑な地殻構造の動きをうまく説明している。また西村ら (1987)は近畿北西部のブロック構造を明らかにしている(図1)。また図2、3 (吉岡、1992)は近畿地方周辺部の活断層の分布及びブロックの相対変位を示したものであり、図4は金折 (1994)によるマイクロプレートモデルである。さらに図5は橋本ら(1993)によるデイスロケーション解析に基づくブロックモデルである。

3. 解析手法(不連続体解析F E S Mとその地殻変動解析への応用)

本解析手法は、要素内変形を考慮し、要素間のせん断と引っ張り破壊を考慮しう特徴を有している。要素を剛と仮定したR B S M解析が変形に対する精度が悪いのに対して、本解析手法の変形に対する誤差は数%以内である。また任意の要素形状に摘要可能であり、相当、扁平な要素においても変形の精度はそれほど低下しない。こうした特徴を生かして、モデル化に際しては、地質構造図における主な断層をメッシュ分割に反映させたブロック構造モデルを作成するのに有効である。本解析手法は3次元不連続体場での熱、流体、応力の連成解析が可能であるが、ここでは2次元場での応力解析のみを扱う。

4. 地殻構造のモデル化及び境界条件、物性値の設定

解析に際しては図3に示される近畿地方周辺部の断層の相対変位の再現を可能とするような境界条件及び断層の物性値を推定した。図6は藤田ら(1988)の活断層図に重ねて表示した詳細メッシュ分割図である。図7はブロック分割図であり実線が断層、破線が要素境界線を表す。メッシュ分割は相対変位図を見やすくするため図6の詳細メッシュ分割より更に粗いものとしている。ただし、ここでは主として近畿地方周辺部に着目したブロック構造とした。断層部のせん断強度は実際には相当小さく、サンアンドレアス断層においては最大圧縮力の方向が断層に垂直に近いと言われている(実際には 80° 程度)(嶋本、1994)。そこで断層の剛性は垂直剛性 k_n に関しては岩盤相当とし、せん断剛性 k_s に関しては岩盤の $1/10000$ とした。変位境界条件の設定に関しては、岡田(1973)、中根(1973)らの列島内の応力場と、本解析結果の比較から試行錯誤により、図7の日本海側境界と左側上端部はほぼ自由境界に近い状態とした。応力境界に関しては、太平洋プレートがフィリピン海プレートに対しておよそ2倍の変位量を有していることを考慮し、方向に関しては橋本ら(1983)を参考にした。境界条件の設定に関しては、さらに広域変形場の影響を考慮して(図12)

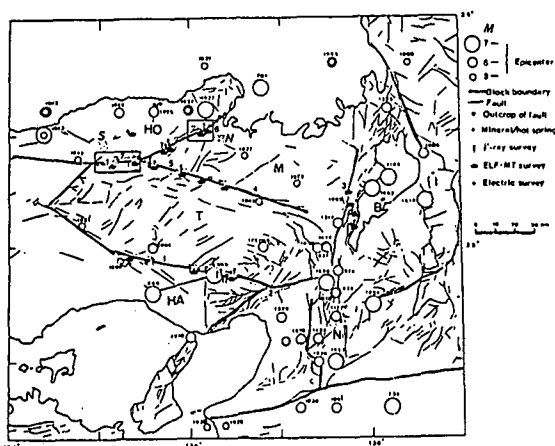


図1 近畿地方のブロック構造 (西村ら, 1987)

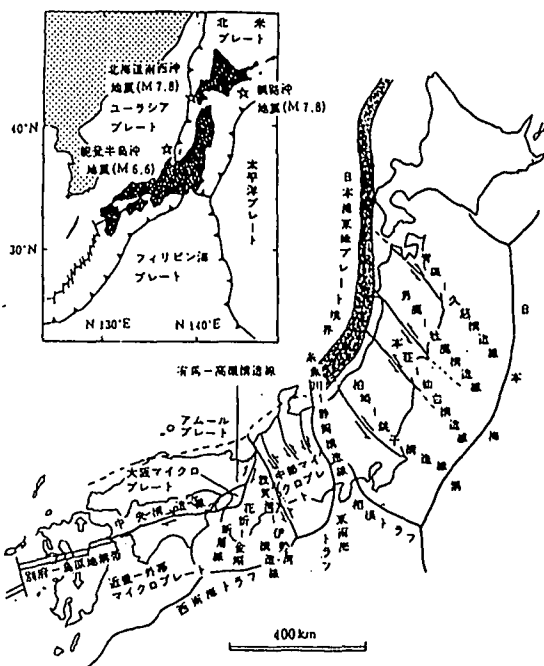
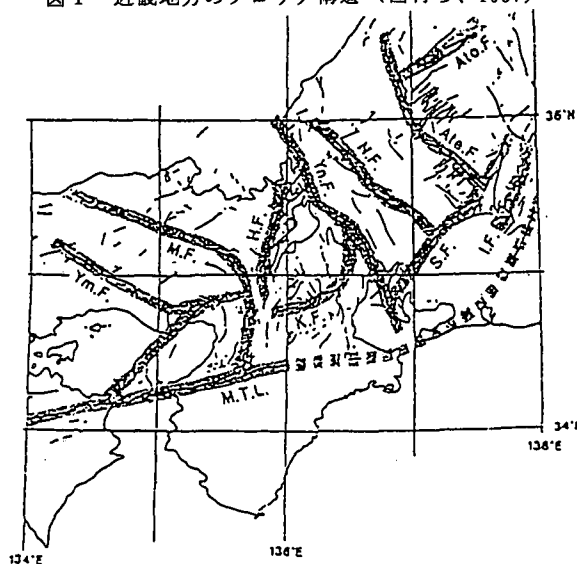


図4 マイクロプレートモデル (金折, 1994)



MTL:中央構造線、YmF:山崎断層、MF:三峠・亀岡断層、Hf:花折断層、KF:木津川断層、YnF:柳ヶ瀬断層、NF:根尾谷断層、AtoF:跡津川断層、AteF:阿寺断層、SF:猿投断層、IF:伊那谷断層

図2 近畿及び中部地方のブロック構造 (吉岡, 1992)

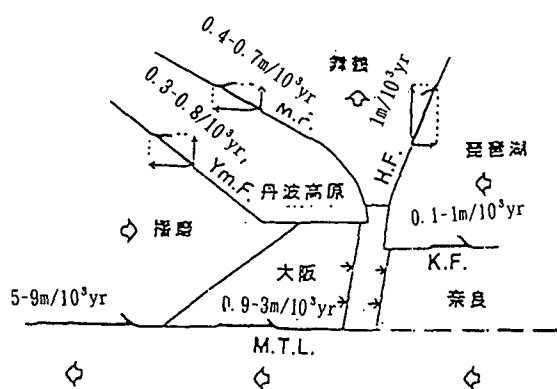


図3 近畿北部のブロックの相対変位 (吉岡, 1992)

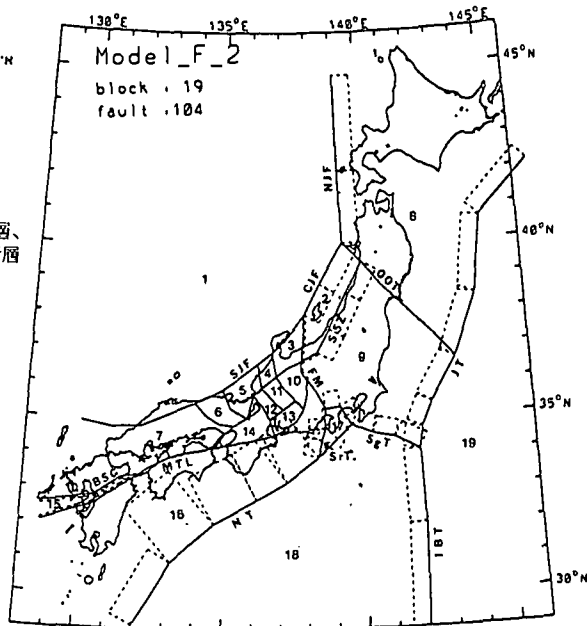


図5 日本列島のブロック構造 (Hashimoto et al. 1993)

設定する必要があると思われるが、本解析のとりあえずの目的が図3に示される近畿地方周辺部の断層の相対変位の検証にあるのでこうしたおおまかな設定を行った。

5. 解析結果

図8は断層の相対変位を図示したものであり、矢印の大きさが相対変位の大きさを示している。図3の推定値と解析結果を比較すると、相対変位の方向は同じであるが、山崎断層を1として中央構造線(四国)が10に対して、解析結果では1対8となっている。列島規模で見た場合、中央構造線一六甲断層一日本海側境界は、アメリカ西海岸のサンアンドレアス断層(図10)に類似した右横ずれの動きが見られる。サンアンドレアス断層はロサンゼルス近傍で屈曲しており、こうした屈曲部において1857年にM. 8.3の巨大地震が発生し、さらにサンフランシスコにおいて1906年に同規模の巨大地震が発生している。上記の中央構造線一日本海側境界を一つの断層系とみると、兵庫県南部地震で活動した六甲断層系はサンアンドレアス断層の屈曲部に相当し、結果としてここには大きな力が集中し(図9)、今回の地震の原因となっていると推定される。また4月1日に新潟県の笹神村を中心に北浦地震(M6.0)が発生し大きな被害が生じた。笹神村史によれば、938年に、福島湾が大きく変化するほどの大地震が発生したことが記されている。新潟県には新発田・小出構造線が存在するが、今回の直下型地震及び数年前より起きている高柳町、小国町、津南町、小出町の地震は、この構造線

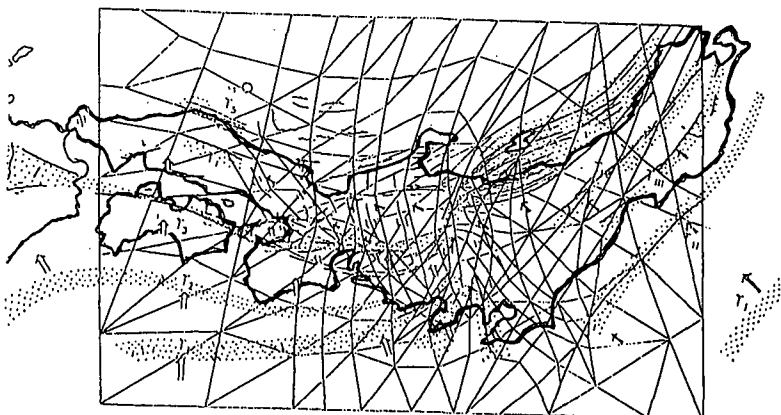


図6 詳細メッシュ分割：断層図は藤田ら(1987)による

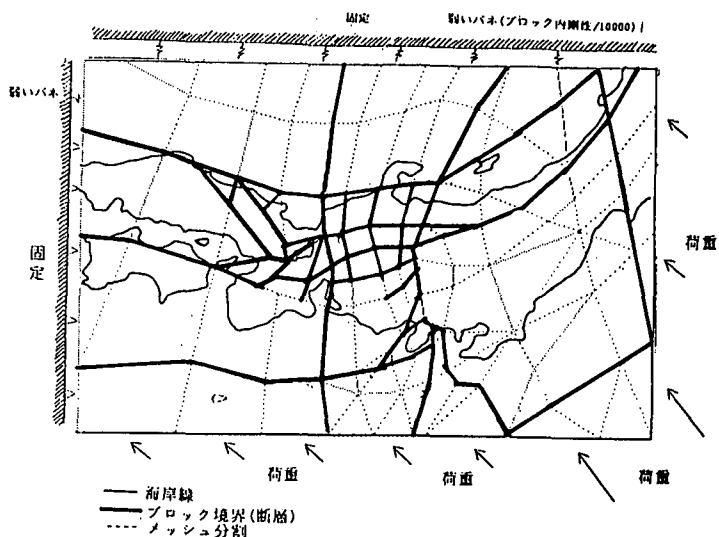


図7 境界条件およびブロック境界線

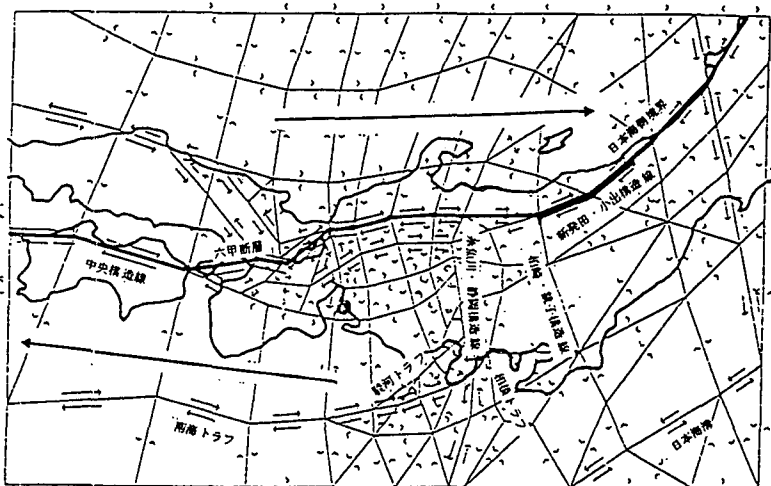


図8 解析結果(相対変位図)

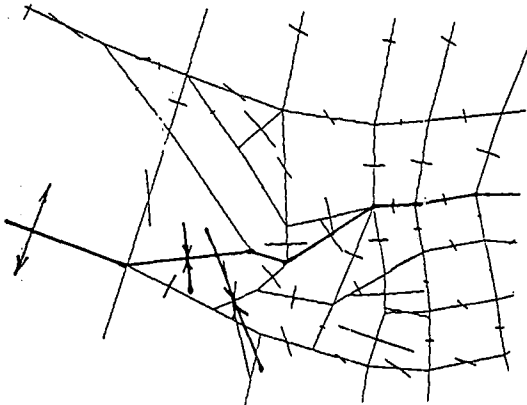


図9 ブロック境界の応力ベクトル（近畿北部）

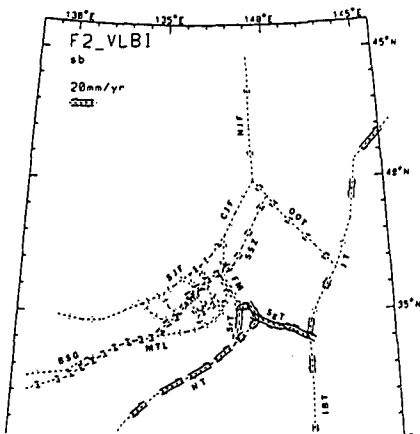


図11 ディスロケーションモデルに基づく相対変位
(Hashimoto et al. 1993)

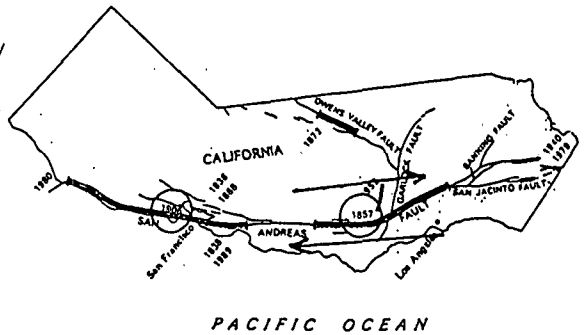


図10 サンアンドレアス断層

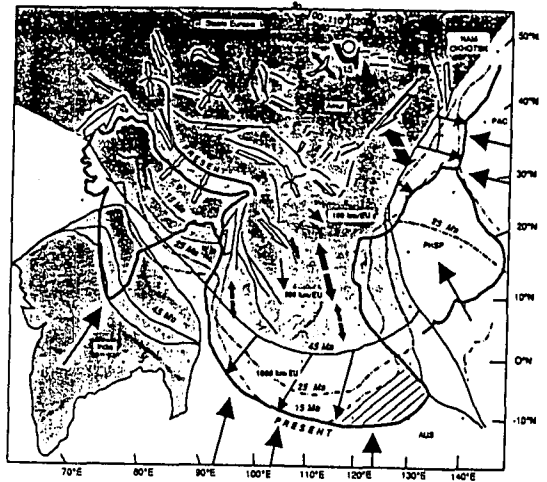


図12 アジア地域の変形場
(Jorivet et al. 1994)

の両端部近くで生じている。また新発田・小出構造線は本解析の日本海側境界線上にあり、柏崎・銚子構造線との交点付近は屈曲部に相当し力の集中部に当たる。図11は橋本ら(1983)による解析結果(ブロック相対変位)であり、全体の挙動は本解析結果と類似している。

6. 結論

本解析結果からサンアンドレアス断層に類似した断層線が推定された。ただし本解析では図2に示される跡津川断層の西側延長部もブロック境界としているが、この部分の物性値を変化させることにより、図4に示される日本海側境界(北米プレート境界)に近い断層の動きが得られる。これは逆に推論すれば、今回の北蒲地震から新発田・小出構造線の動きが推定されることから、跡津川断層西側延長部の断層の動きが懸念される。この部分の断層の動きは、中央構造線の動きをより活発化させることが推定される。本解析は2次元解析であり、また物性値の設定、境界条件の設定に対しても更に検討が必要である。

参考文献

- 岡田寛正(1973). 中央構造線の大四紀断層運動について、中央構造線、東海大学出版会、79頁。
- 浜島良吉他(1995). (a)、要素変形を考慮した不連続体解析の精度について、第26回岩盤力学に関するシンポジウム、460-464頁。
- (b)、節理系岩盤の応力・変形・破壊挙動、第26回岩盤力学に関するシンポジウム、251-253頁。
- 藤田和夫、尾池和夫(1987). "州弧の活動と地震活動": 日本列島の形成、岩波、97頁。
- Hashimoto, M., and D. D. Jackson(1993): Plate Tectonics and Crustal Deformation Around the Japanese Islands. J. of Geophysical Research, Vol. 98, No. B9, 16, 149-16, 165p.
- Jolivet, L., K. Tamaki, and M. Fournier(1994): Japan Sea, opening history and mechanism: A synthesis. J. of Geophysical Research, Vol. 99, No. B11, pp. 22, 237-22, 259.
- 金折裕司(1994). 断層列島、近未来者、21頁。
- 西村 進他(1987). 近畿北西部地域の活構造(5)、地震、第2号、第40巻、561-573。
- 中根勝見(1973). 日本列島の水平歪、第39回日本測地学会。
- Ron, R., R. Freund, and Z. Garfunkel(1984). Block Rotation by Strike-slip Faulting and Paleomagnetic Evidence, J. of Geophysical Research, Vol. 89, No. B7, 6256-6270p.
- 嶋本利彦(1994). "断層の深部を探る"、地震と断層、東大出版会、143頁。
- 吉岡敏和(1992). 近畿地方のネオテクトニクス: 地質調査所月報、43巻、第1/2号、87-90頁。