

稠密地震観測によって推定された近畿地方中北部の活断層近傍における応力場
Local Stress Field near the Active Faults in the North-central Kinki District
Investigated by Dense Seismic Observation

○田中俊雄・飯尾能久・片尾 浩・澤田麻沙代・富阪和秀

○Toshio TANAKA, Yoshihisa IIO, Hiroshi KATAO, Masayo SAWADA, Kazuhide TOMISAKA

The local stress field in the north-central Kinki district was analyzed in detail using a large number of data obtained from a dense seismic observation network and permanent observation stations. The orientation of the maximum principal stress (σ_1) in the regional stress field was N93°E, which is approximately east-west. For the vicinity of the Arima-Takatsuki fault zone (strike N80°E) and the Mitoke fault zone (strike N110°E), the average values of azimuths of σ_1 at depths of 10 km and 12.5 km were N101.1°E and N81.4°E, respectively. These values indicate that the azimuthal angle of σ_1 is not constant, but rotates in an orientation that is likely to cause lateral slip motion. To investigate the causes behind this rotation, we set up a fault plane in the lower crust and estimated how slip motion there would affect the seismogenic zone. Similar work was conducted for the upper crust.

1. はじめに

近畿地方中北部は地震活動が活発である。この地域に関する応力場の解析は、藤野・片尾(2009)、青木ほか(2012)、飯尾(2021)などによってなされているが、断層帯の走向と応力場の方位との関係などについては、詳しく解析されていない。本研究では鉛直方向の応力場の変化も明らかにするために、グリッドの深さ幅を従来の研究より狭くし、2.5kmに設定した。解析には、稠密地震観測網(満点システム)や定常観測点からなる総数約150の観測点から得られた多数のデータを用いた。

2. 解析領域および研究方法

解析領域は近畿地方中北部の東西:80km、南北:100kmの領域である。この解析範囲で2008.11.17~2018.3.29に発生した地震について、手動読み取りを行った地震データを用いてメカニズム解を求め、応力テンソルインバージョンにより応力場を推定した。領域内にある断層帯のうち、走向が東西方向に近く、すべり運動が起こりづらいと思われる有馬-高槻断層帯(走向N80°E)と三峠断層帯(走向N110°E)を中心に解析を行った。解析結果を解釈するため、下部地殻内に断層モデルを設定し、パラメータに適値を与えることにより、地震発生帯へどのような影響が及ぼされるかについて調べた。同様の作業は、上部地殻内にも別の断層モデルを設定し、地震発生帯への影響を調べた。

3. 結果と考察

3-1 広域応力場

得られた約15,000個のメカニズム解をもとに、解析範囲全体の最大主応力(σ_1)の方位角の確認を行った結果、平均値はN93°Eであった。広域応力場の方位は、ほぼ東-西方向だといえる。

3-2 断層帯近傍の応力場

次に、応力場に関する詳細な解析を行った。有馬-高槻断層帯の近傍(断層帯から5km以内)と周辺について、深さ10kmの解析結果を、図1および表1に示す。有馬-高槻断層帯

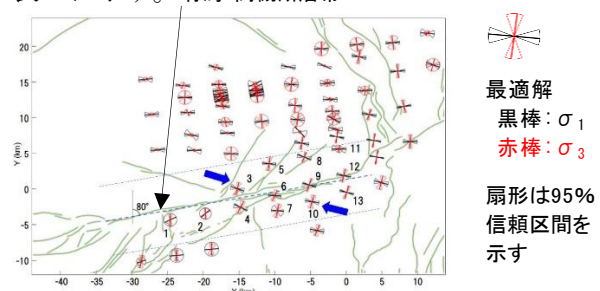


図1 有馬-高槻断層帯周辺の σ_1 と σ_3 の方位(深さ10km)

表1 断層帯近傍(5km以内)の σ_1 の最適解と95%信頼区間
数値は北方から時計回りの角度 (深さ10km)

断層帯の中心部分(直線で推定)から、両側に5kmまでの範囲に含まれるデータ

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
optimal solution	65	50	110	115	95	95	95	110	105	100	90	100	105
confidence interval	0	0	85	85	80	85	80	85	90	85	75	85	95
interval	175	175	130	125	110	120	155	120	115	120	125	115	115

太字は、95%の信頼区間が50未満のデータであることを示す。

深さ 12.5m については、断層帯近傍の σ_1 に関する数値データのみを表 2 に示す。

表 2 断層帯近傍(5km 以内)の σ_1 の最適解と 95%信頼区間
数値は北方から時計回りの角度 (深さ 12.5km)

断層帯の中心部分(直線で推定)から、両側に5kmまでの範囲に含まれるデータ

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
optimal solution	100	100	100	95	95	100	100	100	100	95
confidence interval	85	85	85	90	90	90	95	85	90	85
interval	125	130	125	110	115	110	110	120	120	110

太字は、95%の信頼区間が50°未満のデータであることを示す。

有馬-高槻断層帯近傍の深さ 10、12.5km において、信頼区間が大きいデータを除いた σ_1 の平均値は N104°E、N99°E であり、全体の平均値は N101.1°E であった。三峠断層帯(走向 N110°E)では、断層帯の近傍の深さ 10、12.5km および全体について、信頼区間が大きいデータを除いた σ_1 の平均値は、N81°E、N83°E、N81.4°E であった。両断層帯とも、断層帯近傍の σ_1 は、広域応力場の方位から、すべり運動を起こしやすい方位に回転していた。

3-3 断層モデルの設定と地震発生帯への影響

有馬-高槻断層帯の下部延長の、延性剪断帯である下部地殻内に推定すべり面を設定(図 2 左)し、そこですべり運動がある場合、地震発生帯にはどのような影響があるのかを調べた。パラメータには、深さ 10km の解析結果に合致するような適値を与えた。与えた主な数値は、すべり量 4m、偏差応力 -3MPa(引張が正值)、背景応力場 N93°E である。

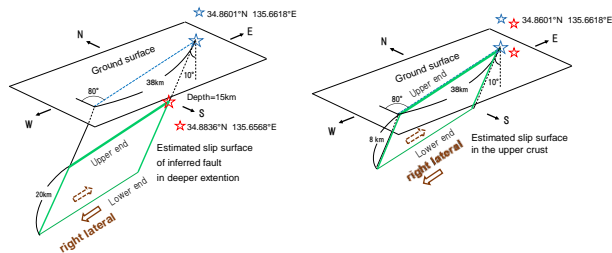


図 2 下部地殻内に設定した推定すべり面(左)と、上部地殻内に設定した推定すべり面(右)

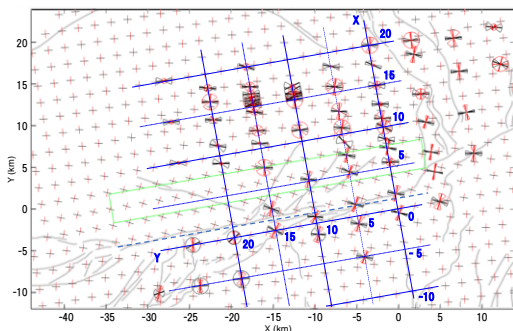


図 3 断層モデルの計算結果に、解析結果を重ねた図

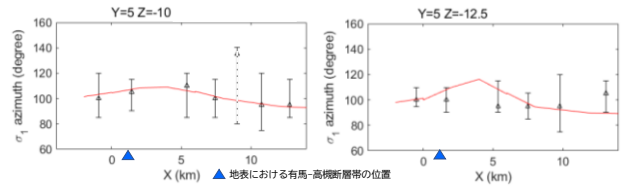


図 4 モデル計算結果(赤線)と解析結果(黒棒) (Y=5 の例)
横軸は断層帯に直交する方向に設定した X 軸座標、
縦軸はその場所での σ_1 の方位角を示す。

図 4 は、有馬-高槻断層帯付近において、断層モデルによる計算結果(赤線)と解析結果(黒棒)について、横軸 Y=5km の位置のデータを示したものである。深さ 10km では、信頼区間の大きい 1 データを除いて、モデル計算は、解析結果をよく説明できている。しかし、12.5km については、推定した断層面に近いために影響が大きいので赤線のピークが高く、また、解析結果の回転角は 10km より小さかったので、一致の度合いは低くなっている。

次に上部地殻内に推定すべり面を設定(図 2 右)し、パラメータに適値を与えて、地震発生帯への影響を調べた。与えた主な数値は、すべり量 4m、偏差応力 -7MPa、背景応力場 N93°E である。

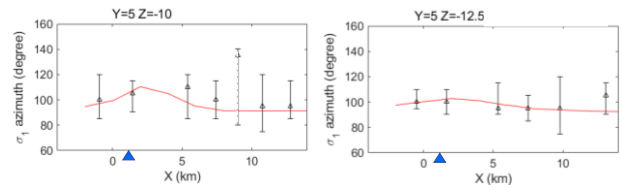


図 5 モデル計算結果(赤線)と解析結果(黒棒) (Y=5 の例)

図 5 は上部地殻内にすべり面を設定した場合の、横軸 Y=5km の位置のデータを示したものである。深さ 10、12.5km とともに、モデル計算結果と解析結果が、一部を除いて良く一致する結果が得られた。

4. まとめと今後の課題

解析領域に関する広域応力場の σ_1 の方位角はほぼ東-西方向だが一定ではなく、断層帯の近傍では、横ずれ断層のすべり運動が起こりやすい方位に回転していた。下部地殻内に設定した推定断層面についてのモデル計算を行うと、地震発生帯での σ_1 の方位の回転を表すことはできたが、深さによる違いについては課題が残された。上部地殻内に推定断層面を設定すると、回転角の、深さによる違いにもよりよく対応させることができた。

モデル計算の結果と、実際の断層運動との関連性を明らかにすることは、今後の課題である。