

稠密地震観測によって推定された近畿地方中北部の応力場 Regional Stress Field in the Central-north 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 central-north Kinki district has been active in seismic activity, and steady microseismic activity has been continuing in Hokusetsu and Tanba area. However, it is still unclear how the crustal structures, active faults and stress fields relate to such seismic activities. The relation seems to be very important in elucidating the causes of the seismic activity. We conducted seismic wave analysis using the data obtained from about 150 observation points with dense seismic observation network named the Manten system and stationary observation points. Due to the huge amount of mechanism solution data (about 15,000), we were able to obtain detailed stress fields of a depth difference of 2.5 km. The orientation of the maximum principal stress (σ_1) is generally east-west in southwest Japan. The strike of the Arima-Takatsuki fault zone and the Mitoke fault zone is approximately east-west. The orientations of σ_1 in these fault zones were found to be slightly rotated clockwise and counterclockwise, respectively.

1. はじめに

近畿地方中北部は地震活動が活発である。また、有馬-高槻断層帯の北側の北摂・丹波地域では、活発な微小地震活動が長期間継続している。これらの活動性と、地殻構造や断層帯そして応力場などがどのように関係しているかなどについての理解は、地震の活動性を解明する上でも重要である。この地域に関する応力場の解析は、既に、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、不明な点も残されている。本研究は、飯尾(2021)と同様に鉛直方向の変化にも注目し、応力場をより詳細に明らかにすることを目的として行った。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

解析領域は大阪府北部の地震(2018. 6. 18 Mj6. 1)の震央(北緯34度50. 6分、東経135度37. 3分)を座標原点として、東西各40km、南方に30km、北方に70kmとした(東西: 80km、南北: 100km)。解析場所内の主な断層帯としては、有馬-高槻断層帯、三峠断層帯、花折断層帯、琵琶湖西岸断層帯などがある(図1)。

この解析範囲に関して、2008. 11. 17~2018. 3. 29に発生した地震波形から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



図1 解析領域(青破線範囲) 今泉ほか(2018)に加筆

した。メカニズム解の決定精度については、青木ほか(2012)に準じ、より精度の高い結果が得られるよう以下のように設定した。

- 一つの地震の観測点数15以上
- Score値は0.9以上
- メカニズム解の数は10以下
- メカニズム解の誤差(Kagan角)の最大値は35°

応力テンソルインバージョンにおけるグリッドの大きさについては、藤野・片尾(2009)、青木ほか(2012)では、東西、南北10km、深さは約10kmとしている。また、飯尾(2021)では、東西、南北、

そして深さも 5km としている。本研究では、東西、南北 10km、深さを 2.5km とし、深さについて、先行研究の 1/4 ないし 1/2 とした。また、一つのグリッド内の地震数は 16 以上 50 以下とした。応力テンソルインバージョンの方法については、Michael (1984)、Gephart and Forsyth (1984)、そして、Iio et al. (2017) を用いた。解析の結果については、Michael (1987) に従い、boot strap 法により、誤差評価を行った。

3. 結果と考察

得られた約 15000 個のメカニズム解をもとに、詳細な応力場を求めることができた。深さ 7.5、10、12.5km における水平面の最大主応力 σ_1 と最小主応力 σ_3 の方位の最適解を、95%信頼区間とともに図 2~4 に示す。黒棒と赤棒が、それぞれ σ_1 と σ_3 の最適解、扇形が 95%信頼区間を表している。

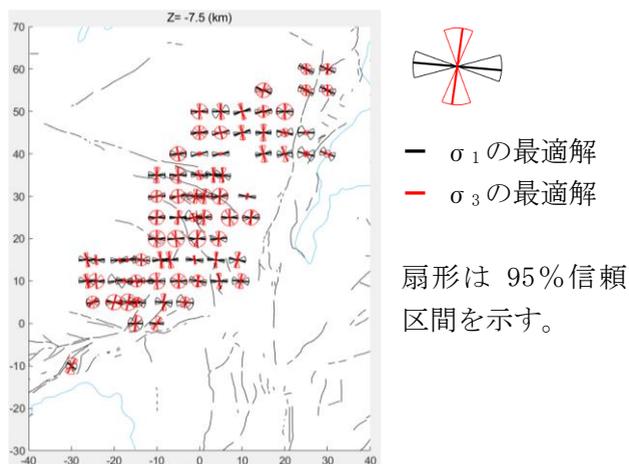


図 2 深さ 7.5km における σ_1 と σ_3

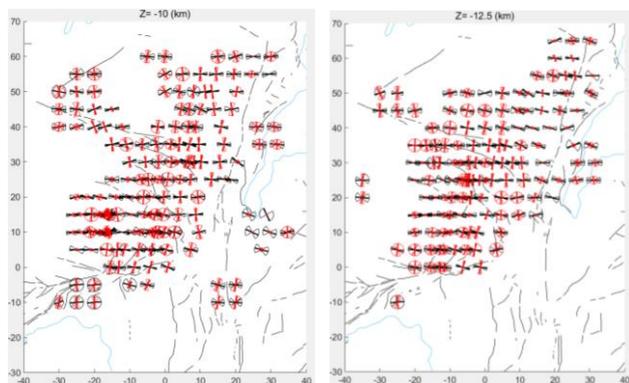


図 3 10km の σ_1 と σ_3 図 4 12.5km の σ_1 と σ_3

有馬-高槻断層帯の主部付近における地表変位が北方となす角度は $N80^\circ E$ である。 σ_1 の方位が東西方向だとすると、すべり運動は起こりにくい

と思われるが、本研究の結果、 σ_1 の最適解は $N95 \sim 110^\circ E$ であった。西南日本の最大主応力の一般的な方位である東西方向からは、時計回りに回転していた。図 5 に深さ 10km における応力を示す。

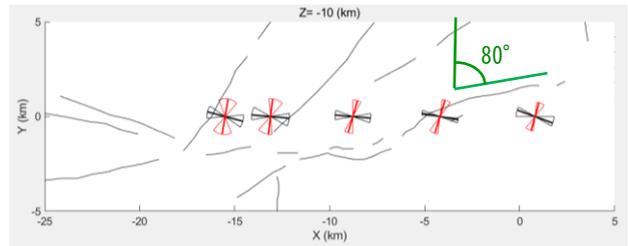


図 5 有馬-高槻断層帯の主部付近での σ_1 と σ_3 (深さ 10km)

一方、三峠断層帯の地表変位が北方となす角度は $N110^\circ E$ である。本研究の結果、 σ_1 の最適解は $N65 \sim 75^\circ E$ であることが分かった。西南日本の最大主応力の一般的な方位である東西方向からは、有馬-高槻断層帯付近における回転とは反対方向である、反時計回りに回転していた。図 6 に深さ 10km における応力を示す。

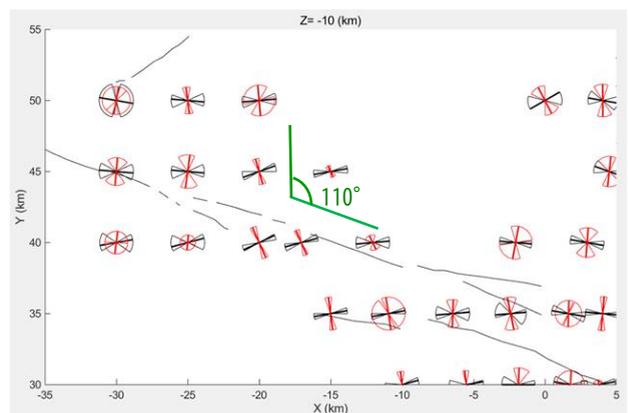


図 6 三峠断層帯付近での σ_1 と σ_3 (深さ 10km)

以上の解析結果により、有馬-高槻断層帯、三峠断層帯のいずれについても、すべり運動を起こし得るような応力場になっていることが分かった。

他方で、北摂・丹波地域における微小地震が活発な場所や、花折断層帯や琵琶湖西岸断層帯およびその近傍では、上記の断層帯とは異なる応力場となっていて、深さにより、断層が別タイプになるような変化をしている場所もあった。

4. 今後の課題

応力場の変化を引き起こす原動力について、地質特性や上部・下部地殻の構造も考慮しながら、考察を今後さらに深めていく予定である。