

Thin-skinned tectonics は東北地方背弧側で成り立っているか？ Thin-skinned tectonics holds in the back-arc region of Northeast Japan?

飯尾 能久^{1*}
IIO, Yoshihisa^{1*}

¹ 京都大学防災研究所

¹DPRI, Kyoto Univ.

東北日本背弧側では、新第三紀後期以降に堆積した地層が大きな短縮変形を受けている(例えば、佐藤, 1989)。最近、Okada and Ikeda (2011) は、この地域で得られた石油探査データ等を詳細に検討し、日本海拡大時の伸張変形およびその後現在に至る短縮変形のメカニズムを推定した。それによると、伸張時には、深さ5~10km程度に存在するほぼ水平な断層の上盤が東へ移動することにより深い堆積盆が形成される。短縮時にも同一の断層が再活動するが、そのずれのセンスは反転し、上盤が元へ戻ることにより、堆積盆にたまった地層が大きく変形する。このメカニズムは、水平な断層が比較的浅いことから、thin-skinned tectonics と呼ばれるが、このモデルには以下のような問題が存在する。

1) 1847年善光寺地震や1964年新潟地震など、西傾斜の震源断層の深部(10-15km)はほぼ水平な断層の下側となり、このモデルには含まれない。

2) 伸張時の深い堆積盆においては、アイソスタティックな隆起が見られるはずだが、推定されている地質構造にはそのような隆起は見られない。

3) 伸張時に形成された堆積盆内の孤立した基盤岩ブロックが、短縮変形時に堆積層を間に挟んでいるにも関わらず、横からの押しにより変形する。

4) 日本海拡大時の伸張量の見積もりが、場所によって大きく異なる。

これらのいくつかは、thin-skinnedではなく、堆積盆内の断層が直下の下部地殻へ伸びることで説明出来ると考えられる。

キーワード: 内陸地震, ひずみ集中帯, 断層, 下部地殻, 日本海拡大, 堆積盆

Keywords: thin-skinned, intraplate earthquake, detachment fault, tectonic inversion, lower crust, NKTZ

発震機構解から推定された2005年福岡県西方沖地震震源域での断層深部の滑りについて

Fault slip around the initiation point of the 2005 Fukuoka earthquake inferred from focal mechanism data

松本 聡^{1*}, 中尾 茂²

MATSUMOTO, Satoshi^{1*}, NAKAO, Shigeru²

¹九州大学 地震火山観測研究センター, ²鹿児島大学大学院理工学研究科

¹SEVO, Kyushu Univ., ²Dept. of Earth and Env. Sci., Kagoshima Univ.

2005年3月に発生した福岡県西方沖地震の震源域においては、地震発生後に稠密な地震観測網が展開された。これらのデータを用い、Matsumoto et al. (2012) は広域応力とモーメントテンソルを用いて応力場不均質の検出を行った。彼らの結果によると、断層深部破壊開始点付近に本震のモーメントの数割に相当する滑りが発生していることが明らかになった。余震を用いたこの推定は本震発生後の応力場を反映しているものであり、現在もなお、この滑りの影響が残っていることを示している。GPSを用いた本震や余効変動モデルによると、この滑りは本震時もしくは発生後のものではないことを示している。これは地震前に滑りを起こしたことを示唆しており、地震発生前の滑りが本震破壊開始点付近で発生し、本震の破壊を引き起こす要因の一つとなった可能性がある。GPSの連続記録には地震発生前に短期的な滑りは見いだせないものの、やや長周期の変動が発生しており、この地震前変動が寄与している可能性が考えられる。

キーワード: 内陸地震, 発震機構, 断層滑り, GPS, 福岡県西方沖地震, 応力場

Keywords: Inland earthquake, focal mechanism, fault slip, GPS, 2005 Fukuoka earthquake, stress field

2011年4月11日福島県浜通りの地震で井戸沢断層沿いで出現した地震断層で認められる条線と地殻応力場の関係 Relationship between crustal stress field and fault slickenlines due to the 2011 Iwaki earthquake

大坪 誠^{1*}, 重松 紀生², 高橋 美紀³, 吾妻 崇³, 今西 和俊³, 安藤 亮輔³

OTSUBO, Makoto^{1*}, SHIGEMATSU, Norio², TAKAHASHI, Miki³, AZUMA, Takashi³, IMANISHI, Kazutoshi³, ANDO, Ryosuke³

¹ 産業技術総合研究所 地質情報研究部門, ² 文部科学省, ³ 産業技術総合研究所 活断層・地震研究センター

¹Geological Survey of Japan/AIST, ²Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, ³Geological Survey of Japan/AIST

After the occurrence of the 2011 Mw 9.0 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (March 11, 2011), a Mw 6.8 (Mj 7.0) aftershock occurred on April 11, 2011 in Iwaki-city, Fukushima Prefecture, NE Honshu, Japan. The earthquake on April 11, 2011 (hereafter, 2011 Iwaki earthquake) occurred in temporal seismicity gaps and it was one of the major aftershocks after the 2011 Tohoku earthquake. To investigate the stress field before the 2011 Iwaki earthquake, we applied the multiple inverse method to the focal mechanisms during one month before the earthquake. Using 12 focal mechanisms during the one month, the multiple inverse method (Otsubo et al., 2008) revealed normal-faulting stress state with the NE-SW trending Sigma3-axis. The small angular misfits (7 degrees) between the slip direction predicted from the stress and that observed for fault plane of the 2011 Iwaki earthquake shows that the NW-SE trending extension is concordant with the slip motion of the 2011 Iwaki earthquake (Otsubo et al., 2011). We then succeeded measured co-seismic slip directions during the rupture of the 2011 Iwaki earthquake. Slickelines caused by the 2011 Iwaki earthquake are observed extensively over a wide range of the fault ruptures along the Itozawa Fault (Active Fault and Earthquake Research Center, 2011; Ishiyama et al., 2011; Otsubo et al., in press). Especially, the curved or cross-cutting fault slickenlines are observed at 8 localities along the Itozawa fault. The co-seismic slip have the curved slickenlines that the direction of fault motion during the rupture of the 2011 Iwaki earthquake shifted from a normal faulting with a left-lateral component to that with a right-lateral component. The angular misfits between the slip direction predicted from the NW-SE trending extensional stress and that predicted from the each component of the curved slickenlines on the fault scarps are ~33 to 65 degrees and ~2 to 17 degrees, respectively. Misfit changes show that the co-seismic slip direction shifted to normal faulting explained by the regional stress in the process of the faulting. These results suggest that co-seismic rupture processes near surface is a key to understand the gradual stress accumulations in the overlying plate associated with the huge trench type earthquake.

Acknowledgements:

Thanks are also due to the National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED) for making available the focal mechanism data in the study area.

Reference:

- Active Fault and Earthquake Research Center (2011) <http://riodb02.ibase.aist.go.jp/activefault/index.html>
Ishiyama, T. et al. (2011) http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/eqvolc/201103_tohoku/eng/#hamadori
Otsubo, M. et al. (2008) Determination of stresses from heterogeneous focal mechanism data: An adaptation of the multiple inverse method. *Tectonophysics*, 457, 150-160.
Otsubo, M. et al. (2011) Striations formed on the surface rupture due to the earthquake in the Fukushima prefecture on 11th of April, 2011, Japan. Abstract of the 2011 Geological Society of America Annual Meeting, 98-1.
Otsubo, M. et al. (in press) Slickenlines on fault scarps caused by an earthquake in Iwaki-city (Fukushima Prefecture, Japan) on 11th of April, 2011. *Jour. Geol. Soc. Japan*.

キーワード: 応力, 地震断層, 断層擦痕, 2011年東北地方太平洋沖地震, 前弧, 東北日本

Keywords: Stress, Surface rupture, Fault striation, 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Fore arc, NE Japan

2011年東北沖地震に伴う応力変化と東北日本内陸における誘発地震活動 2 Stress change due to the great 2011 Tohoku earthquake (Mw 9.0) and induced earthquake activity in the inland areas of

吉田 圭佑^{1*}, 長谷川 昭¹, 岡田 知己¹, 中島 淳一¹, 伊藤 喜宏¹, 飯沼 卓史¹, 浅野 陽一²

YOSHIDA, Keisuke^{1*}, HASEGAWA, Akira¹, OKADA, Tomomi¹, NAKAJIMA, Junichi¹, ITO, Yoshihiro¹, IINUMA, Takeshi¹, ASANO, Youichi²

¹ 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター, ² 独立行政法人防災科学技術研究所

¹Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Graduate school of Science, To, ²National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)は、東日本内陸部においても顕著な地震活動を誘発した(例えば, Hirose et al., 2011, EPS). 長谷川・他(2011, 地震学会), 吉田・他(2011, 地震学会)では, これらの誘発地震や余震の発震機構解を用いた起震応力場の推定を行い, 東北地方太平洋沖地震による擾乱が, 震源域から内陸部までの広域(震央距離約300km)において応力場の主軸を変化させた可能性を示した. このことは同時に, これまで未知の量であった地殻内の差応力の絶対値が非常に小さい可能性を示唆するものであり, 地震発生準備過程を考える上で重要な問題である. 現在我々は, 東北地方太平洋沖地震前後で, 応力場の主軸方向が静的応力変化と対応して変化した領域と, そうでない領域の境界付近をより詳細に調べることにより, 地殻内の一般的な差応力の絶対値を知ることを目的として解析を行っている. 本講演では, 吉田・他(2011)で起震応力場に変化が見られたいわき市付近からその沖合にかけて発生した地震についての結果を紹介し, 議論を行う.

2. データと方法

用いたデータは, (1) Asano et al. (2011)により防災科学技術研究所のF-netとHi-netの波形データを用いて決められたCMT解, (2) F-netにより波形データを用いて推定されたメカニズム解, (3) 気象庁により初動極性を用いて推定されたメカニズム解である. ただし, いわき~茨城県北部周辺では, 東北地方太平洋沖地震以前に浅い地震の発生が少ないので, (4) 2003-2011年に発生したMjma > 1.0の地震について, 波形記録からP波極性の読み取りを行い, メカニズム解を推定した. その後, 信頼性が高いと考えられる72個をデータセットに加えた. これらの地震を, Asano et al. (2011)による方法を参考に分類し, 上盤側で発生した地震を抽出して解析に用いた.

起震応力場の推定には, damped stress tensor inversion (Hardebeck and Michael, 2006)を用いた. 領域分割は, 深さ方向には内陸部と沖合で異なる方法で行った. 内陸部では, 余震分布の特徴に基づき, 深さ0kmから12.5kmまでと12.5kmから30kmまでの二つに分割し, 沖合では, プレート境界からの距離が25km以内の領域と25kmから50kmの領域との二つに分けた. 水平方向には内陸部・沖合共に, 0.25°ごとの領域に分割した.

3. 結果

内陸浅部では, 地震前後共に正断層型の起震応力場が得られた. 最大引張の方向は, 地震前では北北西-南南東, 地震後の同じ領域では東西方向と若干異なる. 信頼区間を見ると有意な変化と断じるのは困難であるが, 本震後の結果は, 地震時滑りモデルを用いて計算した応力変化の主軸方向(N86°E)とほぼ一致する. 内陸深部に関しては, 地震前後ともに起震応力場が推定可能であった領域において, 東西圧縮の逆断層型から東西引張の横ずれ断層型の応力場へと変化しているように見える. 地震後に得られた主軸の方向は地震前と比べ, 滑り分布から計算した応力変化量に近づく結果である.

一方, いわき市の沖合浅部では, 比較的沿岸に近いところにおいて地震前後双方で有意な解を得ることができたが, 東西圧縮の横ずれ型から東西引張の正断層型へと起震応力場は変化していた. いわき沖合の深部では広い範囲で地震前後それぞれの起震応力場を推定することができた. 概ね本震前の応力場は東西圧縮の逆断層型ないしは横ずれ断層型であるのに対して, 本震後では東西引張の正断層型の解が得られた. これら地震後の応力の主軸の方向は, 東北地方太平洋沖地震がそれぞれの領域に及ぼす静的応力変化の主軸の方向と概ね一致する. 一方, 地震前後で応力場の主軸方向に変化が見られる領域では, 静的応力変化の大きさが差応力で約1MPa以上となっており, 東北沖地震発生以前の差応力がただか1MPa程度にすぎなかったことを示している.

キーワード: 東北地方太平洋沖地震, メカニズム解, 応力テンソルインバージョン, 静的応力変化, 絶対応力

Keywords: 2011 Tohoku earthquake, focal mechanisms, stress tensor inversion, static stress change, stress magnitude

2011年東北地方太平洋沖地震による余震・誘発地震発生メカニズムの多様性 Diversity in Triggering Mechanism for Seismic Events Following the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake

寺川 寿子^{1*}

TERAKAWA, Toshiko^{1*}

¹ 名古屋大学・大学院環境学研究科

¹ Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Extensive aftershocks and triggered seismic events are ubiquitous following large earthquakes, but the controlling mechanisms are not yet understood. Focal mechanisms of these events can provide insight into physical triggering mechanisms because they reflect friction coefficient and pore fluid pressure on the fault as well as the tectonic stress pattern. In the present study we examined physical processes triggering seismic events following the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku earthquake ($M_w = 9.0$) by examining focal mechanisms through CMT data inversion and changes in the Coulomb failure function (DCFF). In the shallow part (< 20 km) of the source region the tectonic stress pattern drastically changed from reverse-type with east-west compression to normal-type with east-west tension, while it doesn't change in the remaining region. We evaluated DCFF in the direction of resolved shear traction on the maximum shear plane of the present tectonic stress field. The direct causes triggering aftershocks of the 2011 Tohoku earthquake are increase of the magnitude of deviatoric stresses and decrease of the fault strength, which directly correspond to the two factors of the Coulomb failure function. The increase of seismicity rate in the region east to the Japan trench and central Honshu was mainly controlled by the former, which is caused by the static stress change due to the mainshock. The latter is more complicated, but one of the plausible physical processes is fluid diffusion excited by the mainshock. The temporal (apparent) stress rotation observed in the northernmost part of Nagano prefecture reflected temporal changes of statistical characteristics of focal mechanisms, caused by decrease of fault strength through increase of pore fluid pressures. The local excitation of seismicity rate in the northern Honshu also indicates that aftershocks in the region with negative DCFF may have been triggered by the same process.

キーワード: 余震・誘発地震, 応力, 間隙流体圧, クーロン破壊関数の変化

Keywords: Aftershock/triggered seismic events, Stress, Pore fluid pressure, Change in Coulomb failure function

東北地方太平洋沖地震による内陸誘発地震活動の減衰と継続性 Temporal decays of induced inland earthquakes associated with the 2011 M=9.0 Tohoku-oki, Japan, earthquake

遠田 晋次^{1*}
TODA, Shinji^{1*}

¹ 京都大学防災研究所

¹ Disaster Prevention Research Institute

大地震によるステップ状の応力増加を利用して、主要活断層や内陸地震発生域の応力蓄積状況などを推定できないだろうか。本発表では、東北地方太平洋沖地震による東日本内陸の地震活動変化の推移を調べ、構造特性・断層摩擦特性・応力蓄積速度の地域差を議論する。

東北地方太平洋沖地震後、広範囲（震源域から 400 km 以内）で地震活動が活発化した。これらの活発化域の大半は本震による静的クーロン応力（Coulomb failure stress change, CFF）の増加によって説明可能である（例えば、Hiratsuka & Sato, EPS, 2011; Ishibe et al., EPS, 2011; Toda et al., GRL, 2011）。ただし、秋田県南部、長野県北部、喜多方市周辺、茨城・福島県境付近など、東北地方内陸では逆断層への CFF が負となる地域でも地震活動が活発化した。これらの地域は火山・カルデラ地域などにあたり、地質構造や応力状態の不均質性が東北地方太平洋沖地震によって増幅され、本震後の東西伸張に呼応する中小の横ずれ断層、正断層が選択的に励起された結果と解釈される。コサイスマミックな応力変化によって、構造・応力不均質が強調されたことによる。

内陸誘発地震活動の時系列はどうであろうか。秋田県沖、佐渡西方沖、伊豆半島と伊豆諸島では例外的に数ヶ月以内に活動が終息しているが、大半の地域では、本震後 1 年経過した現在（2012 年 2 月）でも活動レベルが東北沖前に戻っていない。未だに顕著な地震活動を継続している地域は、秋田県北部、秋田県南部、山形県月山、仙台市北西部、福島県喜多方北方、長野県北部、飛騨山脈・松本市、茨城・福島県境、千葉県銚子付近、首都直下である。これらのうち、長野県北部などごく一部を除いて、活動の減衰が遅いのも特徴である。大半の地域では大森宇津公式を適用して減衰を表現することができ、 p 値が 0.8 以下となる。また、これらの地域の本震前の活動を常時地震活動と仮定すると、常時地震活動に戻るまで数 10 年かかる（例えば、秋田県北部・南部の活動は約 40 年）。これは、日本の内陸での余震継続時間が数 10 年~100 年程度とした先行研究例（例えば、Toda et al., 1998）と矛盾しない。Dieterich (1994, JGR) の速度および状態依存摩擦構成則（rate and state dependent friction law）に従うと、誘発地震継続時間はその地域の歪み速度に反比例する。応力変化量そのものは継続期間に影響しないので、誘発地震継続時間から地域間の歪み速度を比較できる。伊豆半島・諸島ではフィリピン海プレートが本州弧に衝突し、歪み速度が 1 桁以上速いために（例えば、Sagiya et al., 2000, PAGEOPH）、誘発地震活動が短期間で終了した可能性がある。秋田沖や佐渡西方なども変形速度が速い日本海東縁に位置している。一方で、常時地震活動が安定している首都直下（経度：139.2-140.35 °，緯度：35.4-36.5 °，深さ 100km 以浅）の解析では、誘発地震継続時間は約 4 年と求められた。上記の伊豆半島よりも長い、内陸の場合よりも顕著に短い。首都直下のプレート境界は、東北沖地震の大規模な余効変動域にある（Ozawa et al., 2011, Nature）。上記摩擦則では、応力速度の変化は地震発生率変化に比例することも指摘されている（Toda et al., 2003, Nature）。東北沖地震によって、関東地方のプレート境界沿いで歪み速度が増加したことは GPS によるポストサイスマミックな変動だけではなく、繰り返し地震などからも指摘されている（防災科学技術研究所, 2011, 地震予知連会報）。したがって、首都直下周辺での誘発地震活動は、プレート境界でありながら、余効すべりにより活動が促進され減衰が遅くなっているとも考えることもできる。

キーワード: 東北地方太平洋沖地震, 誘発地震, クーロン応力変化, 余震

Keywords: Tohoku-oki earthquake, induced earthquake, Coulomb stress change, aftershocks

東北地方太平洋沖地震による日光・足尾地域の地震活動の変化 Seismic changes beneath the Nikkou-Ashio area associated with the 2011 Tohoku-Oki earthquake

萩原 弘子^{1*}

HAGIWARA, Hiroko^{1*}

¹ 東京都庁

¹Tokyo Metropolitan Government

The 11 March 2011 Mw9.0 Tohoku-Oki megathrust earthquake induced many in-land earthquakes in Japan. Obvious changes in seismic activity are observed in the Nikkou-Ashio area located in the southern Tohoku. The seismicity rate was three to four times more active than usual. I have investigated the behavior of seismicity before and after the megathrust from 2000 to 2012, observed by Earthquake Research institute, University of Tokyo and report its changes, the relationship between hypocenters and the velocity structures and the b-value changes.

1) Seismicity.

After three hours later from the Tohoku-Oki earthquake, shallow micro earthquakes began to occur in the region. The induced earthquakes are characterized by locating very shallow depths of 1-2 km. They located at two different places in character. The one is near and around volcanic bodies such as Mt. Nantai-san and Mt. Shirane-san, where usual earthquakes seldom occur. The other is along the Uchinokomori faults. The place is the most seismically active zone in Ashio, where the local earthquakes always occur at depths of 7-8 km. The seismic activity around volcanoes is rapidly decreasing from June 2011, while the shallow earthquakes along the Uchinokomori faults still continue with usual activity.

2) Relationship between the seismicity and the velocity structure

Beneath the volcanoes, anomalous low velocity zones at depths of 5-8 km widely spread, which indicates the existence of magma or fluid. The induced shallow earthquakes are locating just above the low velocity zones. The shakes and the stress changes due to the significant earthquakes and fluid derived from under low velocity zones result in shallow earthquakes. The decreasing of normal stress for the Uchinokomori faults and the upwelling flow of fluid also may result in very shallow earthquakes along the faults.

3) Change in b-value

B-value in the Nikkou-Ashio region changed immediately concerned to the 2011 Tohoku-Oki earthquake. Before eight months b-value was 0.8, then gradually it increased up to 0.98 until just before the earthquake and after the Tohoku-Oki earthquake, it decreased down to 0.75. Until now the fluctuation of the b-value is related to the occurrence of low-frequency earthquakes. Low-frequency earthquakes in the Ashio region have occurred with a recurrence interval of about three years at the point of b-value reversal. When the b-value is relatively low, low-frequency earthquakes occur and after that b-value become high with promoted seismic activity. In this time, low-frequency earthquakes occur almost the same period associated with the reversal of b-value. The change of b-value is also caused by the 2011 Tohoku-Oki earthquake. We need a more study to understand the relation between them.

キーワード: 地震活動の変化, b 値, 低速度域, 日光・足尾

Keywords: seismicity change, b-value, low velocity zone, Nikkou-Ashio

地震波速度構造に基づく活断層の連動性指標の提案 - 濃尾地震震源域北部のケーススタディ - Index for simultaneous rupture assessment of active faults based on seismic velocity structure

青柳 恭平^{1*}

AOYAGI, Yasuhira^{1*}

¹ 電力中央研究所

¹ CRIEPI

1891年濃尾地震の震源域北部で微小地震観測を実施し、走時データに基づくトモグラフィ解析により、地下構造に着目した活断層の連動性指標を提案した。濃尾地震で連動した温見断層と根尾谷断層のステップ部では、地表から深さ3~5kmの浅部に明瞭な低速度領域が分布する。その分布域は、深部ほど狭まるプリズム状である。地震はその下部に多発し、連動した両断層をつなぐような直線的な分布を示す。したがって、両断層は、地下で収斂している可能性が高い。このような断層ステップ部でのフラワーストラクチャーに類似した低速度領域は、連動しやすさの指標となる。一方、濃尾地震と福井地震の震源域境界部では、両者を横断する速度構造が地震発生層に存在する。この構造は飛騨外縁帯の北側に並行し、それを境に北側(福井側)で低速度となるとともに、地震の発生深度にも急変が認められる。その直上には東西走向の断層群が分布するため、飛騨外縁帯に類する既存の横断構造が震源断層の破壊を停止させたと考えられる。このような横断構造は、連動しにくさの指標となる。さらに、連動性指標の定量的表現として、横断構造の長さと同断層セグメント長の長さの比に基づく表現方法を提案した。この比が大きければ破壊は停止し、1程度なら時々停止、それ以下なら連動する確率が高い。これはイタリアの正断層で示された関係を拡張したものである。長大な横断構造は年代が古く、剪断変形が卓越するため、両側の地質・震源断層を不連続にしやすいと解釈される。

キーワード: 活断層系, 連動破壊, 1891年濃尾地震, 地震波速度構造, 横断構造

Keywords: Active fault system, Simultaneous rupture, The 1891 Nobi Earthquake, Seismic velocity structure, Cross-structure

稠密地震観測による近畿地方北部におけるメカニズム解と応力場 Focal Mechanisms and Regional Stress Field in the Northern Kinki District using the Dense Seismic Array

青木 裕晃¹, 片尾 浩^{1*}, 飯尾 能久¹, 三浦 勉¹, 中尾 愛子¹, 米田 格¹, 澤田麻沙代¹, 中尾 節郎¹
AOKI, Hiroaki¹, KATAO, Hiroshi^{1*}, IIO, Yoshihisa¹, MIURA, Tsutomu¹, Aiko Nakao¹, Itaru Yineda¹, Masayo Sawada¹, NAKAO, setsuro¹

¹ 京都大学防災研究所

¹RCEP, DPRI, Kyoto Univ.

近畿地方北部の微小地震活動は極めて定常的で、活発である。本研究は、この地域において従来にない高密度の稠密地震観測を行うことで、時間的および空間的な分解能を上げ、詳細なメカニズム解や応力場を知ることが目的とする。

近畿地方北部では2008年11月以降に45点の臨時観測点を設置され、2010年4月からはさらに33点を追加された。これに定常観測点(72点)を加えて、全体で150点の観測点によるデータを本研究では使用している。研究対象地域の主要部分における観測点間隔5km以下を実現している。従来の定常観測網のみを使った研究では、M2.0以下の地震のメカニズム解を決めることは困難であったが、本研究ではM0.5の地震でも精度良くメカニズム解を決めることができる。近畿地方北部における一元化震源カタログの検知能力の下限より大きい地震のメカニズム解をほぼ漏れなく、精度良く決定できることが分かった。短期間でも大量のメカニズムデータを得ることができるようになり、解析の空間・時間分解能が大幅に向上した。本研究では、気象庁一元化震源カタログにある研究対象地域の地震2094イベントのうち、メカニズム解の決定精度評価基準を満たした1762個を解析に使用した。

応力テンソルインバージョンの結果、研究対象地域の最大主応力軸は、おおむね東西方向の圧縮を示していた。2009年と2010年の約3ヶ月間の応力場を比較した結果、琵琶湖西岸地域は、一貫して逆断層タイプの応力場だったが、丹波地域では時期による変化が見られた。丹波地域中央部において応力場の時間変化を詳細に調べた結果、地震活動の偏り(クラスター)に大きく影響を受けていることが分かった。デクラスタ処理を行うと、これらの変化は顕著でなくなるため、丹波地域において応力場が時間変化しているように見えたのはクラスターによる「見かけ」のものが主であることが分かった。逆に、クラスター内部の詳細なメカニズム解析が可能になった。

M4クラスを本震とする余震系列を解析した結果、余震のメカニズム解の断層タイプやP軸の方向の分布は余震系列ごとに変化に富んでいることが分かった。1kmスケールの余震系列の中であっても節面の走向が異なるメカニズム解が近接して存在することがわかった。

琵琶湖西岸地域から丹波地域にかけての応力場の空間変化を検証した。琵琶湖西岸地域は逆断層タイプの応力場であるのに対して、丹波地域は一樣に同じ断層タイプの応力場ではなく、局所的に断層タイプの異なる応力場が見られ、断層タイプの境界は複雑な形状であることが分かった。

稠密地震観測により解析の時空間分解能が上がったにもかかわらず、丹波地域の応力場の推定結果は2と3の95%信頼区間が重なり合って分離できない領域が多い。これは、丹波地域には局所的にクラックの特定方向への配向があり、それが1km程度のスケールで変化していることが原因と考えられる。

キーワード: 発震機構, 応力場, 微小地震, 稠密観測, 丹波山地

Keywords: Focal mechanism, Stress field, Micro-earthquake, Dense Array Observation, Tamba plateau

跡津川断層周辺で発生する微小地震のメカニズム解と応力蓄積過程 Focal mechanisms of the small earthquakes in and around the Atotsugawa fault and stress accumulation process

高田 陽一郎^{1*}, 勝俣 啓², 片尾 浩¹, 小菅 正裕³, 飯尾 能久¹, 鷺谷 威⁴, 歪集中帯大学合同地震観測グループ¹
TAKADA, Youichiro^{1*}, KATSUMATA, Kei², KATAO, Hiroshi¹, KOSUGA, Masahiro³, IIO, Yoshihisa¹, SAGIYA, Takeshi⁴,
Japanese University Group of the Joint Seismic Observations at NKTZ¹

¹ 京大・防災研, ² 北海道大学 地震火山研究観測センター, ³ 弘前大学理工学部, ⁴ 名古屋大学環境学研究科
¹DPRI, Kyoto Univ., ²ISV, Hokkaido Univ., ³Hirosaki Univ., ⁴Nagoya Univ.

To understand the stress accumulation process in and around the Atotsugawa fault system with higher spatial resolution than previous reports (Katsumata et al., 2010; Imanishi et al., 2011), we examined the focal mechanisms for very small earthquakes in this region using the data observed from January 2005 to December 2008 with temporary deployed seismometers and permanent stations. We determined the focal mechanisms from P-wave first-motion polarities by the method of Maeda (1992). The P and S-wave arrival times, and P-wave polarities were automatically determined by the algorithm recently developed by Horiuchi et al. (2011). In most depth ranges, the obtained focal mechanisms correspond to various types of faulting (normal, reverse, and right-lateral strike slip). At the deepest part, on the other hand, the right-lateral strike slip seems to be dominant, which is consistent with Imanishi et al. (2011). We have checked the automatically picked P-wave arrivals by WIN system (Urabe and Tsukada, 1991) just in case. Finally, we estimated the stress field in and around the Atotsugawa fault system from the focal mechanisms by a conventional stress inversion technique (Gephart and Forsyth, 1984). The earthquakes less than 15 focal solutions were adopted as input data for the stress inversion.

キーワード: 跡津川断層, 震源メカニズム, 微小地震, 地殻不均質構造, 応力蓄積過程

Keywords: Atotsugawa Fault, focal mechanism, small earthquake, crustal heterogeneity, stress accumulation process

地震メカニズム解の逆解析から推定される鳥取県西部地域における応力場 Stress field in the western part of Tottori Prefecture inferred from focal mechanisms in- version

小川 拓哉^{1*}, 飯尾 能久¹

OGAWA, Takuya^{1*}, IIO, Yoshihisa¹

¹ 京大・防災研

¹ DPRI, Kyoto Univ.

地震のメカニズム解から得られる断層データを用いた応力逆解析は、地震発生領域の応力場を知る上で重要な指標となる。本研究では2000年鳥取県西部合同観測データを用いて、当地域の応力場を推定した。Kawanishi et al., (2009)は、本震によるすべり量が大きい領域は応力場が不均質だとして議論していない。そこで、本研究では解析領域を深さ方向に分割した。解析領域の細分化に伴い、解析領域に含まれる地震の個数が減り、応力場の推定精度が低下する恐れがあるため、断層面を用いた標準的な応力逆解析手法(例えば、Gephart and Forsyth (1984))を改良し、応力場の推定精度の向上を計った。

断層面上のせん断応力が小さい場合、断層面の走向・傾斜の小さな変化により理論的なすべり方向が大きく変化することがあるので、この地震に対して求められるミスフィット角は大きな誤差を含んでいる可能性がある。これが原因で正確な応力場を推定できていないことが考えられるので、1-3で正規化したせん断応力が小さい断層面のミスフィット角の重みを小さくすることで応力場の推定精度の向上を試みた。テストデータから応力場を推定した結果、本研究の手法の方が標準的な手法に比べて、仮定した応力テンソルのパラメータの大部分を同等かそれ以上に再現できているという結果が得られた。

解析データには断層近傍で発生した地震のうち、精度の良い1536個の地震メカニズム解を使用した。解析領域は余震の走向方向を9領域、深さ方向を3領域に分割した。本震によるすべり量が大きい領域の応力場を推定するために、さらに、本震による静的応力変化の最大圧縮軸方向(以下においては応力変化の主軸と呼ぶ)の違いに合わせて解析領域を細分化し、領域ごとの応力場を推定した。その結果、本震のすべり量が大きい領域では、誤差の範囲内ではあるが、本震による応力変化の主軸と本研究の手法で推定した1のazimuthが一致しないため、断層強度が強いと推定された。一方、この領域を挟むように位置している領域では本震による応力変化の主軸と1のazimuthがよく一致するため、断層強度が弱いと推定された。強度が強い領域は岩田・関口(2002)によるすべり量の大きい領域(アスベリティ)とほぼ一致し、断層強度が弱いと推定された領域はこの領域を挟んでいる。このことから、断層強度が弱い領域において本震発生前から応力緩和が発生し、そのため、この領域に挟まれた領域には本震前から応力が集中しており、本震発生に伴って大きなすべりが発生した可能性が考えられる。

新潟-神戸ひずみ集中帯越後平野付近の詳細地殻変動分布

Distribution of crustal deformation around the Echigo plain, the Niigata-Kobe Tectonic Zone

西村 卓也^{1*}, 水藤 尚¹, 小林 知勝¹, 飛田 幹男¹

NISHIMURA, Takuya^{1*}, SUITO, Hisashi¹, KOBAYASHI, Tomokazu¹, TOBITA, Mikio¹

¹ 国土地理院

¹ GSI of Japan

新潟-神戸ひずみ集中帯と日本海東縁ひずみ集中帯に位置する新潟県越後平野周辺において、ひずみ集中帯内部の詳細地殻変動分布を明らかにするため東北地方太平洋沖地震発生以前のGPSデータの解析を行った。その結果、日本海沿いの越後平野周辺では、0.2ppm/年を超える東南東-西北西方向の短縮ひずみが集中していることが明らかになった。このひずみ集中域は、幅約25kmで5mm/年以上の短縮変形を齎しているのと同時に、顕著な沈降が見られるという特徴があり、より長期間の三角・三辺、水準測量結果でも同じような特徴が確認できる。また、GPSと三角・三辺測量のデータから、ひずみ集中域でのひずみ速度は長期間にわたって有意に変化しておらず、太平洋プレートの沈み込みの影響を受ける東側の領域（福島県）の歪み速度が大きく時間変化していることと対照的である。越後平野周辺域で観測された地殻変動は、越後平野の東縁と西縁につながる逆断層深部における定常的な非地震性すべりによって説明可能である。水平方向の短縮変形と沈降を同時に説明するためには、重力を考慮した粘弾性媒質でのモデリングが必要であり、完全弾性体では難しいことがわかった。

また、2010年より実施している越後平野を横断するGPS繰り返し観測から東北地方太平洋沖地震を含む1年間の詳細地殻変動分布を明らかにした。全体的に地震による東西方向の伸張のひずみが観測されているが、越後平野では周辺よりも大きな伸張ひずみが観測された。伸張ひずみの大きな領域は、地震前のひずみ集中域に概ね対応している。

キーワード: 地殻変動, GPS, 測地測量, 深部滑り, ひずみ集中帯

Keywords: crustal deformation, GPS, geodetic survey, deep slip, strain concentration zone

GPS データから明らかになった北海道東部屈斜路カルデラひずみ集中域 Strain concentration zone in quaternary caldera, eastern Hokkaido, detected by GPS data

大園 真子^{1*}, 高橋 浩晃¹

OHZONO, Mako^{1*}, TAKAHASHI, Hiroaki¹

¹ 北海道大学地震火山研究観測センター

¹ ISV, Hokkaido University

測地学的手法を用いることで新潟-神戸ひずみ集中帯 (Sagiya et al., 2000) や奥羽脊梁山地ひずみ集中帯 (Miura et al., 2004) など、ひずみ速度が周辺よりも大きい地域の存在が明らかになっている。ひずみ集中帯の成因として、沈み込んだプレート上面やマントルウェッジからの脱水に伴う上昇流が、ひずみ集中帯下の上部マントルから下部地殻を弱化させ、非弾性的な振舞いを起こすことにあるとの考えが提案されている (例えば, Iio et al., 2004)。

北海道東部では、屈斜路カルデラで浅発地震活動が集中して発生していることが知られている。気象庁カタログにあるだけでも、1938年屈斜路湖地震 (M6.1) や1967年弟子屈地震 (Mj6.5) を含めこの100年間にM6クラスの地震が4回発生しており、北海道では最も内陸地震活動が活発な地域となっている。

本研究では北海道東部に注目し、国土地理院が展開するGEONETの日座標値 (F3解) を用いて、ひずみの時空間分布を調べた。太平洋プレートの沈み込みにもなう定常的な地殻変動場が卓越していると考えられる1998年11月から2001年10月 (期間1)、および2003年十勝沖地震 (Mj8.0) 後の余効変動がある程度落ち着いたと考えられる2007年7月から2009年11月 (期間2) の2期間について、日座標時系列に対して直線、年周・半年周トレンドを近似し、直線の傾きから各点の速度を求め、Shen et al. (1996) の手法を用いてひずみ速度を計算した。また、地震時および余効変動が卓越する非定常変動の時期となる2003年十勝沖地震および2011年東北地方太平洋沖地震 (Mj9.0) 時のひずみ場、およびこれらの地震後半年間のひずみ分布についても検討を行った。

期間1、期間2とも屈斜路カルデラの周辺で面積ひずみは収縮を示し (~ 0.2 ppm/yr)、主ひずみは北西-南東方向に短縮する。また、剪断ひずみも周辺よりやや大きい傾向が見られる ($0.1-0.2$ ppm/yr)。期間の違いによってひずみ速度の大きい領域の範囲はやや変化するものの、その分布は屈斜路カルデラ周辺を中心としている。この広がり、この地域にある第四紀火山の浅部でのマグマの収縮を想定した場合よりも広範囲に広がっているように見え、マグマの動きとは直接関係するものではない可能性が高い。

推定した2期間では、ひずみ速度の大きさにはオーダーでの変化はなく、ほぼ一定のひずみ速度が保たれていると考えられる。また、2011年の地震後半年間においては、それ以前に比べて短縮軸の向きが異なるものの、屈斜路カルデラ周辺では引き続き周りよりも大きいひずみ量が観測されている。一方、2つの地震時および2003年十勝沖地震後半年間のひずみ場については、ひずみの集中は見られなかった。これは、地震時の瞬間的な応力変化には他の地域と同様に弾性的に振舞う特性を示唆している可能性もあるが、2003年十勝沖地震後の半年間については震源に近いことから、一様で大きな余効変動にシグナルが埋もれて見えていない可能性もある。以上の観測結果は、このひずみ集中域が短期的応力変化に対しては時間遅れをもって変形し、長期的な応力変化に対しては常に変形しやすいような粘弾性的な特徴を持っている可能性を示す。

他のひずみ集中帯と同様に、屈斜路カルデラ周辺では、下部地殻での地震波低速度域の存在 (例えば, Wang and Zhao, 2009)、高地温勾配 (北海道立地下資源調査所, 1995)、下部地殻の低比抵抗領域の存在 (Satoh et al., 2001) などが報告されており、下部地殻の弱化による局所的なひずみ集中がひずみ集中のメカニズムの候補として考えられる。今後、ひずみ集中域をより詳細に特定するために、GEONETを補間するGPS観測点のデータを解析して調べるとともに、他のひずみ推定手法を用いての比較を行う必要がある。また、頻発する内陸地震を始めとして、集中して蓄積されたひずみの解放様式についても検討を行うことが必要である。

内陸活断層における地震発生と地殻応力分布 - 牛伏寺断層と萩原断層における原位置地殻応力測定 -
 Earthquake and stress around the inland active faults - in-situ stress measurements at Gofukuji and Hagiwara fault -

小村 健太郎^{1*}, 矢部 康男²
 OMURA, Kentaro^{1*}, YABE, Yasuo²

¹ 防災科学技術研究所, ² 東北大学
¹Nat'l Res. Inst. Earth Sci. Disas. Prev., ²Tohoku Univ.

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震後, 日本列島の広範囲に影響がおよび, 地震活動が活発化する中, 福島県南部, 長野県北部などで, M6 を超える地震が発生した。一度地震のおこった断層で, 断層面の強度が回復し, 断層に作用する応力が蓄積し, 再度, 断層強度を超えて, 断層が破壊変位して, 地震が起こる, という, 地震サイクルでは, 断層近傍の応力分布が, 地震発生の切迫度をはかる指標になることが考えられる。地殻応力測定には, 微小地震の震源メカニズムからの推定や, 水圧破砕法などによる原位置測定などがあり, 現在の経験的なモデルに基づく確率予測に対して, 地球物理観測量に基づく根拠をとって, 補足的に活用できるのではないかと考えられる。本研究では, 例として, 糸魚川・静岡構造線断層帯牛伏寺断層と阿寺断層帯萩原断層における原位置地殻応力測定結果を報告し, 地震調査研究本部による長期予測と比較して, 応力分布の特徴を考察する。牛伏寺断層は東北地方太平洋沖地震の前から, 30 年後の地震発生の確率は高く, 東北地方太平洋沖地震のあと断層近傍で地震がおこっている。また, 萩原断層は東北地方太平洋沖地震の影響で, 地震発生確率が高くなっている可能性が指摘されている。どちらも前回の地震から長年月が経過していて, 応力分布がどのような状態か興味深い。

牛伏寺断層は長野県の松本盆地南部東縁に位置する NNW - SSE 走向の活断層で, 地震調査研究本部による長期予測では, 糸魚川・静岡構造線断層帯の牛伏寺断層を含む区間で, 地震後経過率が 1.2 となっている。断層の南端部で地表トレースから西側約 350m の地点で, 扇状地性の礫岩から基盤となる砂岩泥岩互層の中を深さ 400 m まで掘削した。BHTV 検層により孔内泥水圧による水圧破砕縦亀裂 (Drilling-Induced Tensile Fracture, DITF) を観察し, その方位から, 主応力方位が, また回収コアに対して DRA (Deformation Rate Analysis) 法により主応力値が求まった (小村, 2004; Yabe and Omura, 2011)。萩原断層は岐阜県萩原町に位置する NNW - SSE から N-S 走向の活断層で, 阿寺断層帯の北部にあたり, 地震調査研究本部による長期予測では, 地震後経過率が 1.2 - 1.9 となっている。断層の中央部で地表トレースから東側約 300m の地点で, 花崗閃緑岩の中を深さ 400m まで掘削した。同じく BHTV 検層による DITF の観察から, 主応力方位が, 水圧破砕 (Hydraulic Fracturing, HF) 法により主応力値が, また回収コアに対する DRA (Deformation Rate Analysis) 法により主応力方位と主応力値が求まった (小村, 2004; Yabe et al., 2010)。それぞれの断層に対して以下の結果となった。ただし, HF に関しては今後の再解析により修正の可能性がある。SHmax: 水平最大圧縮主応力 SHmin: 水平最小圧縮主応力

深度 (m)	SHmax 値 (MPa)	SHmin 値 (MPa)	SHmax 方位	$r=(SHmax-Shmin)/(SHmax+Shmin)$
[牛伏寺断層] NNW - SSE 走向				
327	10.4(DRA)	6.2(DRA)		0.25
331			NE-SW(DITF)	
333	11.2(DRA)	4.6(DRA)		0.42
[萩原断層] NNW - SSE から N-S 走向				
68			NE-SW(DITF)	
145.5	6.7(HF)	5.0(HF)		0.15
163.5	10.4(HF)	7.2(HF)		0.18
167			NE-SW(DITF)	
233.5	13.7(HF)	9.4(HF)		0.19
259.0	15.0(HF)	9.9(HF)		0.20
316	17.0(HF)	11.0(HF)		0.21
381			NE-SW(DITF)	
392	10.8(DRA)	6.6(DRA)		0.24

主応力方位について, 両断層とも水平最大圧縮主応力方位が, 断層走向に対して鋭角になり, 断層面に剪断応力が作用している。これに対して, 野島断層での地震直後の原位置地殻応力測定によると, 水平圧縮応力方位は, 断層走向に対して垂直に近い方向を示し, 断層面に作用する剪断応力は小さかった (Yamashita et al., 2004)。地震発生後の時間の経過にともない, 断層強度が回復し, 剪断応力が蓄積したことを示す可能性がある。発表では, 応力値についても考察する。

Japan Geoscience Union Meeting 2012

(May 20-25 2012 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2012. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SSS31-P08

会場:コンベンションホール

時間:5月22日 17:15-18:30

キーワード: 原位置地殻応力測定, 地震発生, 内陸活断層, 牛伏寺断層, 萩原断層

Keywords: In-situ stress measurement, Earthquake occurrence, Inland active fault, Gofukuji fault, Hagiwara fault

箱根における誘発地震活動域周辺での AMT 観測 AMT observations over the remotely triggered seismicity in Hakone volcano

吉村 令慧^{1*}, 小川 康雄², 行竹 洋平³, 山崎友也¹, 加茂正人¹, 神田 径², 小森 省吾⁴, 後藤 忠徳⁵, 安田陽二郎⁶, 谷 昌憲⁵, 本多 亮³, 原田 昌武³

YOSHIMURA, Ryokei^{1*}, OGAWA, Yasuo², YUKUTAKE, Yohei³, Tomoya YAMAZAKI¹, Masato KAMO¹, KANDA, Wataru², KOMORI, Shogo⁴, GOTO, Tada-nori⁵, Yojiro YASUDA⁶, TANI, Masanori⁵, HONDA, Ryou³, HARADA, Masatake³

¹ 京都大学防災研究所, ² 東京工業大学火山流体研究センター, ³ 神奈川県温泉地学研究所, ⁴ 京都大学大学院理学研究科, ⁵ 京都大学大学院工学研究科, ⁶ 鳥取大学大学院工学研究科

¹ Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, ² Volcanic Fluid Res. Centr., Tokyo Institute of Technology, ³ Hot Springs Research Institute, Kanagawa, ⁴ Graduate School of Science, Kyoto University, ⁵ Graduate School of Engineering, Kyoto University, ⁶ Graduate School of Engineering, Tottori University

東北地方太平洋沖地震の発生直後から、日本各地で誘発的な地震活動の活発化が見られた。活発化した地域を大別すると(1)地震動が到達したとほぼ同時に活発化した地域(たとえば、箱根火山周辺・焼岳周辺など)と(2)その活発化に数週間~1か月程度のタイムラグが見られた地域(福島県いわき・栃木群馬県境付近・秋田県内陸など)に二分できる。前者は本震の表面波の到達に同期しているように見えるため、その活発化に流体の存在が大きく影響した可能性が示唆される。

箱根火山周辺では、これまでに群発的地震活動がたびたび観測されている。今回の誘発地震活動の大部分は、これらの群発活動域に重なる領域で発生しているものの、後に地震活動が低調であった丹那断層に延びる活動が見られたことは非常に興味深く、誘発活動域周辺の構造的特徴を把握することは、今後の箱根火山の活動や箱根-丹那断層の評価を行う上で重要だと考えられる。

箱根周辺では、2010年から2011年にかけて神縄・国府津-松田断層を対象とした広帯域 MT 観測が実施されている(小川他、2012)が、このデータを概観すると、箱根市街地の高ノイズ域であっても周期1秒までの MT 応答が得られていることが分かる。今回対象とする箱根地域では地震活動の下端深度が浅いことも考慮し、周波数帯域を可聴域(10,400~0.35Hz)に絞った AMT 観測を計画・実施した。2011年12月に、箱根カルデラを包括する領域において、39観測点で夜間の電磁場データを取得した。3次元比抵抗構造を推定することを目的に、面的に観測点を配置した。ノイズ低減のため、短周期側では調査領域内の相互参照、長周期側では岩手県沢内のデータを用いた遠地参照により、探査曲線の推定を行った。一部の観測点を除き、1Hzまで比較的良好な探査曲線が求まった。本発表では、観測の概要ならびに、得られた MT 応答に認められる特徴を報告するとともに、予察的な3次元解析の結果と地震活動に関して比較を行う予定である。

キーワード: 比抵抗, MT 法, 箱根火山, 誘発地震

Keywords: resistivity, magnetotellurics, Hakone volcano, triggered earthquake

濃尾地震断層周辺におけるネットワークMT観測について On the Network-MT survey in the vicinity of the 1891 Noubi Earthquake seismic fault

上嶋 誠^{1*}, 山口 寛², 村上 英記³, 丹保 俊哉⁴, 吉村 令慧⁵, 市原 寛⁶, 小村 健太郎⁷

UYESHIMA, Makoto^{1*}, YAMAGUCHI, Satoru², MURAKAMI, Hideki³, Tanbo Toshiya⁴, YOSHIMURA, Ryokei⁵, ICHIHARA, Hiroshi⁶, OMURA, Kentaro⁷

¹ 東京大学地震研究所, ² 大阪市立大学大学院理学研究科, ³ 高知大学理学部応用理学科, ⁴ 立山カルデラ砂防博物館, ⁵ 京都大学防災研究所地震防災研究部門, ⁶ 海洋研究開発機構, ⁷ 防災科学技術研究所

¹Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, ²Department of Geosciences, Graduate School of Science, Osaka City University, ³Department of Applied Science, Faculty of Science, Kochi University, ⁴Tateyama Caldera Sabo Museum, ⁵Earthquake Hazards Division, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, ⁶Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ⁷National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

日本において過去最大級の内陸地震となった1891年濃尾地震断層帯を取り囲む領域で、2011年3月末よりネットワークMT観測を開始し、現在も観測を継続している。本観測地域は、2008年度までに実施してきた中部ネットワークMT観測領域の西縁部にあたる。前観測キャンペーンからは、2次元解析によってフィリピン海プレートからの脱水や地殻中下部への流体の供給を示唆する比抵抗構造が得られてきた(臼井ほか, 2010, 最上, 2011など)。一方、地震波速度構造解析や震源分布の解析から、当該地域はフィリピン海プレートが非常に複雑な形状をもって沈み込んでいることが明らかになりつつある(Hirose et al., 2008)。従って、前観測キャンペーンのデータと併せて中部地方広域的3次元深部比抵抗構造を決定し、フィリピン海プレートからの脱水や、それに伴って形成されたと考えられる新潟-神戸歪集中帯の形成メカニズムを探ることが観測の主たる目的としてあげられる。一方、濃尾地震断層帯では、3つの主たる断層を横切って、従来の広帯域MT観測が防災科学技術研究所によって実施されてきた(小村ほか, 2008)。広域深部構造を議論するために、より長周期のデータを精度よく求めること、既存データにgalvanic効果の影響の小さいネットワークMT応答関数によって制約を与え、より精度の高い断層周辺構造を推定することも本観測の目的の一つとなる。

濃尾断層を取り囲む福井県北東部から岐阜県中西部地域において20交換所エリア(福井県:7エリア, 岐阜県:13エリア)を選定し、1エリアあたり3-5点の電極を設置した(各交換所エリアでは、メタル通信回線をケーブルとして用いることで、数kmから10数kmの電極間隔で電位差を毎秒サンプリングでモニターしている)。ネットワークMT法における参照磁場測定値を得るため、フラックスゲート3成分磁力計を中竜鉱山坑道内と根尾谷周辺域に設置した。ネットワークMT法では、その磁場変動に対する各エリア各チャンネルの地電位差の周波数応答関数(ネットワークMT応答関数)を推定する。自動車などの磁性体の移動や風による地動などによるローカルな磁場ノイズを除去するために、remote reference解析を行う必要があるが、その遠方参照磁場観測として、京大上宝地殻変動観測所蔵柱地下壕内、石川県輪島市に3成分磁力計を設置し、磁場変動を記録している。

Uyeshima et al (2001)に従い、まず、各地電位差と参照水平磁場2成分間のネットワークMT周波数応答関数を推定したうえで、周波数領域で合成を行うことによって、各エリアの平均的なインピーダンステンソルを推定した。参照磁場、遠隔参照磁場として、それぞれ、中竜および輪島のデータを用い、Chave & Thomson (2004)によるBIRRP解析コードを用いて応答関数を推定した。周期2730sまでの短周期においては午前1時から6時までの夜間値のみを用い、それより長周期側では全日データを用いた。福井県内から岐阜県の中北部にかけては概ね良好な応答関数を推定することが可能であったが、NEO, MYM, MTS, KZE, SKU, KSGなど岐阜県南西部では、直流電化路線からの漏れ電流や集落からのノイズの影響を受け、十分な品質の応答関数が得られていないため、本予稿執筆時点で顕著な磁気擾乱を捉えるべく、観測を継続している。

impedance tensorの形に合成した応答関数を検討したところ、 Z_{yx} 成分に周期1000s以上の長周期帯で位相が90度を超える異常位相が認められた。異常位相は福井県の観測域全域、岐阜県の岐阜県板取、美並エリアなどに認められ、すべて Z_{yx} 成分に現れていた。本講演では、観測を継続して精度をあげた応答関数をもとに、上記の異常位相の存在を考慮に入れた3次元構造解析を紹介する予定である。

キーワード: 濃尾地震断層, 比抵抗構造, ネットワークMT

Keywords: noubi earthquake seismic fault, resistivity structure, network-MT