

SCG058-P01

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 10:30-13:00

Evaluation of ULF electromagnetic phenomena during the 2002 and the 2007 slow slip events in Boso Peninsula, Japan Evaluation of ULF electromagnetic phenomena during the 2002 and the 2007 slow slip events in Boso Peninsula, Japan

Peng Han^{1*}, Katsumi Hattori¹, Hisashi Ishikawa¹, Takuya Hirano¹, Yuki Ishiguro¹, Chie Yoshino¹, Febty Febriani¹
Peng Han^{1*}, Katsumi Hattori¹, Hisashi Ishikawa¹, Takuya Hirano¹, Yuki Ishiguro¹, Chie Yoshino¹, Febty Febriani¹

¹Graduate School of Science, Chiba Univ.

¹Graduate School of Science, Chiba Univ.

The detection of electromagnetic perturbations prior to fault ruptures or volcanic eruptions has often been proposed as a simple and effective method for monitoring the crustal activities. Recently electromagnetic phenomena have been considered as a promising candidate for short-term earthquake prediction. And especially passive ground-based observation of ULF (ultra low frequency) geomagnetic signatures is considered to be the most promising method for seismo-magnetic phenomena study due to deeper skin depth.

In order to investigate the electromagnetic phenomena associated with crustal activities, a sensitive geomagnetic network has been established in Japan. At each station, three magnetic components and two horizontal electric components are observed. In this study, we have analyzed geomagnetic data observed during the 2002 and the 2007 slow slip events in Boso Peninsula, Japan.

According to previous studies, the geomagnetic signals at the frequency around 0.01Hz might be sensitive to underground activities. So in this research, we have applied wavelet transform analysis to the 1Hz sampling data observed at three magnetic observatories in Boso Peninsula (Kiyosumi, Uchiura, and Fudago). The signature at the 0.01Hz frequency band has been revealed and daily average energy has been computed.

In general, ULF geomagnetic signals observed on the ground mainly contain three parts: global signals originated from Ionosphere, artificial noises, and signals induced by underground activities. In order to minimum artificial noise, we only use the midnight time data (LT 0:00~3:00). And to remove influences of global magnetic perturbations, we have developed another method to obtain reliable background based on principal component analysis (PCA). Three standard geomagnetic stations (Memambetsu, Kakioka, and Kanoya) operated by the Japan Meteorological Agency have been selected as reference stations and PCA method has been applied to the yearly energy variation of the 0.01Hz signals at the three stations. The first principal component which contains more than 95% energy is considered to be global background.

After comparing the results at the stations in Boso Peninsula with global background, it is found that there are several local energy enhancements which only appear in Boso area. Especially during the 2002 and the 2007 slow slip events, significant anomalous behaviors have been detected in both Y and Z components. Time series of magnetic signals associated with this two slip events are quite similar. To verify these phenomena and clarify possible mechanism, direction finding and numerical simulation have been applied and detailed results will be presented in our presentation.

キーワード: ULF seismo-magnetic phenomena, Slow slip events, Wavelet transform, Principal component analysis (PCA)
Keywords: ULF seismo-magnetic phenomena, Slow slip events, Wavelet transform, Principal component analysis (PCA)

SCG058-P02

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 10:30-13:00

The discovery of deep tremor and low-frequency earthquakes in Kyushu, Japan The discovery of deep tremor and low-frequency earthquakes in Kyushu, Japan

矢部 優^{1*}, 岩井 麻樹¹, 小池 みずほ¹, 増田 陽洋¹, 井出 哲²
Suguru Yabe^{1*}, Maki Iwai¹, Mizuho Koike¹, akihiro masuda¹, Satoshi Ide²

¹ 東京大学理学部, ² 東京大学大学院理学系研究科

¹Dept. Geophysics, Univ. Tokyo, ²Dept. EPS, Univ. Tokyo

Kyushu is a part of the Nankai-Kyushu-Ryukyu subduction zone where the Philippine Sea plate is subducting beneath the Eurasian plate. In this area, tectonic tremors and low-frequency earthquakes (LFEs) have not been discovered yet, though they are well-studied in Tokai, Kii, and Shikoku Regions along the Nankai subduction zone. The subducting plate beneath Kyushu is a little older, but there is a high V_p/V_s zone at around 30 km depth, which is considered as an essential structural feature for tremor generation (Matsubara et al., 2009).

The envelope correlation method of Ide et al. (2010) detected many tremor activities including LFEs beneath Kyushu, in northern and southern Miyazaki prefecture. The waveforms have the characteristics of LFEs, such as dominant frequency range (1-10 Hz), detectable S-wave arrivals and obscure P-waves, and successive occurrence, similarly to those observed in the Nankai subduction zone. We relocated these LFEs, using manually identified S-waves in band-passed waveforms between 2-8 Hz, and S-P times measured by cross-correlating waveform envelopes between vertical and horizontal components. For each LFE, S-waves constrain the epicenter and S-P times at stations near the epicenter constrain the depth.

The depths of LFEs are distributed between 30 and 50 km, which are shallower than the depths of intraslab earthquakes in this area, which are between 50 and 60 km. The locations of LFEs suggest that they occur on the interface between Eurasian plate and Philippine Sea plate, and also at the depth of known high V_p/V_s area, which suggests the presence of fluid. The two areas of active LFEs are located on the northern and southern edges of the subducting Kusu-Palau Ridge. Although the distribution is not continuous like LFEs in the Nankai subduction zone, the above findings suggest that similar phenomena are occurring beneath Kyushu. The existence of slow-slip events may be predicted.

キーワード: 深部微動, 低周波地震, 九州, エンベロープ相関

Keywords: deep tremor, low frequency earthquake, Kyushu, envelope correlation

SCG058-P03

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 10:30-13:00

鉛直地震計アレイ観測網 (V-net) のみで検出された深部低周波微動活動 Non-volcanic low frequency tremors only detected by vertical seismic array network (V-net)

武田 直人^{1*}, 今西 和俊¹, 小泉 尚嗣¹
Naoto Takeda^{1*}, Kazutoshi Imanishi¹, Naoji Koizumi¹

¹産総研, 活断層・地震研究センター

¹AIST

産総研では平成 18 年度以降, 東南海・南海地震予測を目的とした新たな地下水等総合観測点を西南日本に展開している。我々はこれまで, 各観測点に設置されている 3 深度の鉛直地震計アレイ (鉛直地震計アレイ観測網: V-net) の波形記録を使い, 高感度で深部低周波微動 (LFT) を検出できることを示してきた (Takeda et al. 2010 等)。本研究では, 多くの LFT 活動のうちエンベロープ相関法等ではほとんど検出されていないが, V-net で有意に観測された活動の様子について報告する。

西南日本における 1 日以上継続する大きな LFT 活動は, 3 ヶ月 ~ 6 ヶ月の間隔で繰り返し起きている (e.g. Obara 2010)。これらの活動の様子は, エンベロープ相関法や, 気象庁一元化震源リストの低周波イベントにより確認できる。ここではこれらの活動をメジャーエピソードと呼ぶ事にする。一方, V-net を用いたセンブルス解析による LFT 検出 (鉛直地震計アレイ検出: VSAD) では, 観測開始から約 2 年半の間に, 上記の LFT メジャーエピソード以外にも 1 日以上継続する活動が数多く観測されている。その継続時間はメジャーエピソードに匹敵し, 長いものでは 1 週間程度続くものもある。また, これらの活動中は, エンベロープ相関法等で LFT の震源決定はほとんどされていない。言い換えれば, メジャーエピソードに比べその活動中の地震波エネルギー放出量は極端に小さいと考えられる。

VSAD 法のみでは LFT 震源位置の特定は困難である。しかし V-net の複数観測点で同時に検知される場合があり, 大まかな LFT 活動域の推定ができる。その結果, これらの活動のいくつかはこれまで LFT 活動が少ないとされていたギャップ領域で起きていると推定された。

参考文献

Obara K. (2010), Phenomenology of deep slow earthquake family in southwest Japan: Spatiotemporal characteristics and segmentation. *J. Geophys. Res.*, vol. 115, B00A25.

Takeda N., K. Imanishi, and N. Koizumi (2010), Precise Monitoring of Non-volcanic Low-frequency Tremors using Vertical Seismic Array: The case of Tokai Area, Southwest Japan. 2010 AGU fall meeting.

キーワード: 深部低周波微動, 地震計鉛直アレイ, センブルス解析, V-net, VSAD

Keywords: Non-volcanic low frequency tremors, vertical seismic array, semblance analysis, V-net, VSAD

SCG058-P04

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 10:30-13:00

豊田市下山の中アレーによる深部低周波地震 (LFE) の観測

Observation of deep low-frequency earthquakes (LFE) using a middle scale array at Shimoyama in Toyota city, Tokai

鈴木 貞臣^{1*}, 大久保 慎人¹

Sadaomi Suzuki^{1*}, Makoto OKUBO¹

¹ 東濃地震科学研究所, ² 東濃地震科学研究所

¹TRIES, ²TRIES

(はじめに)

東濃地震科学研究所は東海地域の深部低周波地震(または微動)活動(以後、LFEと呼ぶ)を調べるため、その活動の中心、愛知県豊田市下山(図Aの十字印位置, SMY)に2006年より短周期(2Hz)地震計の小アレー(図Cの印、TRIES)を設置し観測してきた(鈴木・他、2007、2010)。さらに2010年3月より小アレーの周辺に加速度地震計(0.1Hz-10Hz)を用いた中アレー(図Bのダイヤ印、Chy1-4)を設置し観測を始めた。それに加えて、2010年12月よりChy0観測点(図Cのダイヤ印)も開始した。ここではこの中アレーの概要を説明し、更にこの中アレー(Chy0を除く)で観測された2010年11月東海地域のLFEの波形について報告する。

(中アレーの設置)

小アレーは、一辺が120mの四角領域内に地震計を配置していて、それぞれの地震計間の距離が小さい。したがって波形の相関は良いがLFE地震波の伝搬方位や見かけ速度を検出する目的には効果的でない。そこで伝搬方位検出の精度を向上させるため、中アレーを設置した。それぞれの観測点では、3成分加速度計(JEP-6B3)を4m深のボーリング孔の底に設置した。それらから出力されるシグナルはデータロガーLS7000(白山工業)によって200Hzのデジタル波形に変換される。それらデジタル波形データはADSL、ISDN及び携帯電話回線を使って、本研究所まで常時伝送されている。

(2010年11月LFEの観測例)

東海地方で2010年11月11日から30日までにLFEが活動した。その活動をSMYの小アレーと中アレーの両方で観測したので、記録例を紹介する。但しCHY0観測点は12月10日より観測を開始したので記録はない。図Aに示されているように、11月のLFEの震央分布(気象庁一元化震源による)は、SMYアレーを中心とすると、西から南南西に10km程度、東北東方向に30km程度延びている。この震源の中から震央がSMYアレーに近く、Mの比較的大きいLFEを1つ選び出し、LFE-Aと名付けた。その気象庁一元化震源は次の通りである。

LFE-A: 2010/11/13, 23h58m19.54s, N35.014, E137.294, Depth36.1km, M0.6

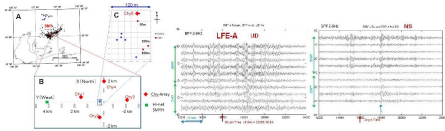
このLFE-Aの小アレー(SMYで示す)と中アレー(CHYで示す)で観測された波形を図に示した。

23時58分0秒から60秒までの上下成分(左)とNS成分(右)の記録で、2-8Hzのバンドパス・フィルターが適用されている。この図によると、小アレーの各チャンネル(上から6チャンネルまで)どうしの相関は上下成分とNS成分共に良いことが分かる。一方、中アレーの各チャンネル(上から7番目から最下部のチャンネルまで)どうしの波形の相似性は小アレーに比べて悪い。特に中アレー上下成分では相関がかなり悪い。それに対し、NS成分では、矢印で示されているようにS波と思われる波群の対応がついて、各チャンネルどうしの波形の相関は良いと思われる。このように相関の良い波群を使って、その到来方位や見かけ速度を調べる予定である。

(参考文献)

鈴木貞臣・大久保慎人・藤井 巖・宮島力雄, 2007, 震源域直上小アレーによる深部低周波微動観測の試み - 豊田市下山における観測 -, 東濃地震科学研究所報告, No.21, pp47-56.

鈴木貞臣・大久保慎人・今西和俊・北川有一・武田直人, 2010, 深部低周波地震の立体アレー観測 - 豊田市下山 -, 東濃地震科学研究所報告, No.25, pp3-9.



キーワード: 深部低周波地震, 中アレー, 加速度地震計, 東海地域の活動, 豊田市下山, 地震観測

Keywords: deep low-frequency earthquakes, middle scale array, acceleration type seismometer, activity in Tokai district, Shimoyama in Toyota city, seismic observation

SCG058-P05

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 10:30-13:00

2009-2010年豊後水道スロースリップイベント時における深部非火山性微動の活動 Activity of non-volcanic tremors associated with the 2009-2010 slow slip event in the Bungo Channel region

岸本 剛^{1*}, 須田 直樹¹, 小沢 慎三郎², 矢来 博司²
Tsuyoshi Kishimoto^{1*}, Naoki Suda¹, Shinzaburo Ozawa², Hiroshi Yurai²

¹ 広島大・院理, ² 国土地理院
¹Hiroshima Univ., ²GSI

豊後水道は、西南日本で発生する深部非火山性微動の帯状分布の最西端に位置し、微動活動が活発に起こっている。また、微動発生域よりも浅いプレート境界では、1997年、2003年、2009-2010年に長期的スロースリップイベントが発生している (Hirose et al. 1999; Ozawa et al. 2004; Hirose et al. 2011)。最近の研究では、南海トラフ沿いの浅部でそれらに伴い超低周波地震も発生していることが明らかになっており、長期的スロースリップイベントがその他のスロー地震発生域に与える影響が示唆されている (Hirose et al. 2011)。本研究では、JDXnet と豊後水道周辺に設置した臨時広帯域地震観測点の連続波形記録を解析して、豊後水道域の微動活動度の時空間分布を求め、2009-2010年の長期的スロースリップイベントとの関連性について調べた。

広島大学では、豊後水道の日振島と大分県佐伯市の鶴御崎に STS-2 型広帯域地震計を設置し、臨時観測を行っている。JDXnet で配信されている豊後水道周辺の Hi-net・気象庁・九州大学の観測点のデータに、これらの臨時観測点のデータを加えて、広島大学の低周波微動自動モニタリングシステム (ATMOS) (Suda et al. 2009) のソフトウェアを用いて、微動の検出と震源決定を行った。そして、微動の活動度を定量的に把握するため、波形から Reduced Displacement (RD) (Aki & Koyanagi 1981) を計算した。RD はモーメント解放率に比例する量であり、それを時間積分した値はモーメント解放量に比例する (Hiramatsu et al. 2008)。ATMOS の方法では、2分ごとに微動の検出と震源決定を行う。本研究では、各観測点について変位エンベロープ振幅の2分間平均を求めて、さらにそれらから上位・下位 10% のデータを除いた観測点平均として2分ごとの RD 値を求めた。

RD 値を時間積分した積算 RD 値を微動活動の見かけのモーメント解放量とみなして、その時間変化を調べた。微動のモーメント解放率は2010年より前はほぼ一定であったが、2010年に入ると急増し、特に2-5月ではそれ以前のほぼ6倍となった。スロースリップのモーメント解放率も同時期に急増しており、こちらの場合も2-5月ではそれ以前のほぼ6倍となり、増加の割合は一致している。しかし、細かく見ると、スロースリップのモーメント解放率が2010年9月頃までほぼ一定であったのに対し、微動のモーメント解放率は時間に伴いほぼ直線的に減少していた。

この地域では、日振島の北東および南西におよそ10km離れた地点を中心に、微動活動の2つの極大が存在する。これらは微動によるモーメント解放が特に大きい領域であり、それらを「北東アスペリティ」と「南西アスペリティ」と呼ぶ。これまでの研究では、各活動期ではいずれか一方での活動が卓越していて、活動全体では南西アスペリティでの活動の方が卓越していた。それに対して、スロースリップ発生期間中に発生した微動活動では、両方のアスペリティが同程度の活動度を示す活動期が見られた。

これらの結果は、長期的スロースリップイベントが微動活動域に与えた影響として、断層面の状態を考察する上で重要な情報を与える。発表では、長期的スロースリップイベントによる微動発生域での応力変化の影響を定量的に考察した結果についても示す。

謝辞: 日振島における観測では日振島漁協および NTT 西日本の、鶴御崎における観測では佐伯市役所鶴見支所のご協力を頂いています。データ解析では JDXnet で配信された波形を用いました。関係各位に謝意を表します。

キーワード: スロースリップイベント, 非火山性微動, 豊後水道, スロー地震

Keywords: slow slip event, non-volcanic tremor, Bungo Channel, slow earthquake, reduced displacement

SCG058-P06

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 10:30-13:00

日向灘および種子島周辺で発生するスロースリップイベント Repeating slow slip events in the Hyuga-nada and off the Tanegashima Island

矢来 博司^{1*}, 小沢 慎三郎¹

Hiroshi Yurai^{1*}, Shinzaburo Ozawa¹

¹ 国土地理院

¹GSI of Japan

GPS 観測網により、長期的なスロースリップイベント (SSE) が西南日本で複数検出されている。豊後水道では 1997 年, 2003 年, 2009-2010 年に 1 年程かけて長期的 SSE が発生した。このすべり域の東側に隣接した領域では, 2005 年に半年程度継続する SSE が発生している。また日向灘においては, 2004 年頃から 2 年ほどの周期で 1 年程度継続する長期的 SSE が発生していることが明らかにされている (矢来・小沢, 2010)。

日向灘周辺の他の領域について, GEONET の観測結果を精査したところ, 種子島の GEONET 観測点にも定常状態とは異なる変化が見られることがわかった。

2008 年 2 月 ~ 2009 年 5 月の変動を定常変動として定常変動からのずれ (非定常変動) を求めたところ, 種子島に設置されている 3 点の GEONET 観測点の全てにおいて, 2007 年後半, および 2009 年後半に, 半年程度継続する東向き of 非定常変動が見られることがわかった。予備的な解析では, 種子島のやや沖合にすべりが推定された。この領域でも長期的 SSE が発生している可能性があると考えられる。なお, この種子島周辺の SSE と日向灘 SSE は発生時期が異なり, 同期していない。

豊後水道や日向灘, 種子島など, これらのスロースリップは空間的に海溝軸に並行に分布しており, 大地震だけではなく, 長期的スロースリップについても走向軸に並行なセグメンテーションが存在している可能性を示している。

今後データを精査し, 西南日本のプレート境界のスロースリップ現象について時空間的に詳細な解析を行っていく予定である。

キーワード: GPS, 日向灘, 種子島, 長期的スロースリップ

Keywords: GPS, Hyuga-nada, Tanegashima, Long term SSE

SCG058-P07

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 10:30-13:00

水準測量と潮位記録から推定される 1978 ~ 1980 年頃の高知市付近の長期的スロースリップ

Long-term slow slip event around Kochi between 1978 and 1980

小林 昭夫^{1*}

Akio Kobayashi^{1*}

¹ 気象庁気象研究所

¹ Meteorological Research Institute

南海トラフ沿いでは浜名湖付近や豊後水道で長期的スロースリップイベント (SSE) が GPS により観測されており、小規模な長期的 SSE は四国西部でも見つかっている。また、南海トラフのプレート沈み込み帯に沿って深部低周波微動の震源が分布しており、その活発化に伴っていくつかの地域では短期的 SSE による地殻変動も観測されている。これら長期的および短期的 SSE の発生域は、将来の巨大地震発生に向けて歪が蓄積されているプレート境界の固着域に隣接しており、その過去からの発生状況を把握することは、南海トラフ沿いの巨大地震の発生予測のための重要な情報となる。

過去の地殻変動を調査する手段として、水準測量は観測精度が高いが実施頻度が低い。潮位記録は海況の影響除去が難しいために水準測量より地殻変動の観測精度は悪いが、連続記録でありイベントの時期の特定には有力な情報を提供する。これらを組み合わせることにより、過去に発生した非正常なイベントによる地殻変動の場所と時期を推定できる可能性がある。これまで、四国西部の水準測量と潮位観測から、豊後水道地域で少なくとも 1970 年代終わりから繰り返し長期的 SSE がほぼ一定間隔で発生していたことが推定された。ここでは同様の手法により、四国中・東部の過去の地殻変動について調査した。

南海地震の余効変動が落ち着いて測量間隔も数年となった 1970 年以降について調査した。最近の GPS の上下変動データから定常的な地殻上下変動速度を推定し、それを水準測量結果による各測量間の上下変動から差し引くことにより、各期間に発生した非正常な地殻変動を抽出した。期間中に非正常な地殻変動が発生していなければ、上下変動の分布はゼロを中心とするばらつきの範囲内に入るはずである。高松市付近を基準にすると、四国南西部の宿毛湾付近に繰り返し豊後水道の長期的 SSE に伴う隆起が見られる。その他に 1999 ~ 2007 年の松山市付近に 2001 年 3 月に発生した芸予地震による沈降と、1979 ~ 1982 年に高知市付近を中心とする隆起域が見られる。

水準測量で見られた高知市付近の隆起の確認と、隆起時期の絞り込みのため、潮位記録を用いた。潮位観測点は高知、久礼、小松島、細島を使用した。土佐清水は豊後水道長期的 SSE の影響を受ける恐れがあるため外した。調査対象期間は水準測量の期間を含む 1971 年から 2010 年までの月平均潮位とした。気圧補正には潮位観測点に近い気象観測点の値と静力学的な比例係数 -1cm/hPa を用いた。ここでは単純に 2 点間の潮位差をとることで海況の影響を小さくし、2 点間の相対的な地殻上下変動を推定した。隆起域にある潮位観測点は高知と久礼である。そこで高知 - 小松島、高知 - 細島、久礼 - 小松島、久礼 - 細島の潮位差をとった。高知は小松島、細島に対し、1978 ~ 1980 年頃に 10cm ほどの相対的な隆起が見られ、久礼も小松島、細島に対し同時期に 5 ~ 10cm ほどの隆起が見られる。この変化は他の時期には見られないもので、時期的にも水準測量による高知市付近の隆起と一致している。

高知市付近では、水準測量で一つ前の時期の 1970 ~ 1979 年にも隆起傾向が見られるが、1979 ~ 1982 年ほど顕著なものではない。潮位差変化からわかるようにこの時期に 2 年ほどで数 cm の隆起が発生したとすると、それは 1946 年南海地震の余効変動とは考えにくく、長期的スロースリップのような一時的な現象によるものと考えられる。隆起の中心が高知市付近にあることは、隆起をもたらした変動源がプレート境界にあるとすると、すべり領域は高知市の北西側となる。豊後水道や四国西部の長期的 SSE のすべり領域が深部低周波微動の活動域に隣接する浅い側にあることから、高知市の北西側がすべり領域である可能性は十分にある。ただ、GPS の観測が始まってからこれまでに高知市付近が隆起域となる長期的 SSE は発生しておらず、水準測量や潮位記録からも他に同様の現象は見られない。高知市付近の隆起が長期的 SSE によるものだとすると、豊後水道のように繰り返し発生する長期的 SSE の他に、繰り返さないまたは繰り返し間隔が非常に長い長期的 SSE が存在することになり、まだ GPS により長期的 SSE が見つからない領域についても今後同様のすべり現象が発生する可能性がある。

キーワード: 長期的スロースリップ, 潮位, 水準測量, 地殻上下変動, 四国

Keywords: long-term slow slip, sea level, leveling, vertical crustal movement, Shikoku

SCG058-P08

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 10:30-13:00

愛知県西部における短期的スロースリップイベント Short-term slow slip events in western Aichi Prefecture

北川 有一^{1*}, 武田 直人¹, 板場 智史¹, 松本 則夫¹, 小泉 尚嗣¹

Yuichi Kitagawa^{1*}, Naoto Takeda¹, Satoshi Itaba¹, Norio Matsumoto¹, Naoji Koizumi¹

¹産総研活断層・地震研究センター

¹AFERC, GSJ, AIST

産業技術総合研究所活断層・地震研究センターでは、東海・近畿・四国周辺に約50点からなる地下水等総合観測網を持ち、地下水の観測を行っている。約半数の観測点ではボアホール式歪計と地震計が設置され、地殻歪と地震の観測を行っている。

南海トラフ沿いのプレート境界では活発な深部低周波微動とほぼ同時に短期的スロースリップイベント(SSE)が発生していることが良く知られている。一方、伊勢湾北部では、深部低周波微動はあまり活発ではなく、短期的SSEも2006年1月の事例を除いて殆ど知られていない。

鉛直地震計アレイ観測網(V-net)によるセンブランス解析を参考に、愛知県のTYE観測点とTYS観測点における地殻歪変化を調査した。2010年3月と2010年9月、伊勢湾北東側の愛知県西部において短期的SSEが発生したと思われる事例が見つかった。これらの事例では深部低周波微動はあまり活発ではなかった。

キーワード: 地殻歪変化, 短期的スロースリップ, 深部低周波微動, 鉛直地震計アレイ, 伊勢湾, 南海トラフ

Keywords: crustal strain change, short-term slow slip, deep low-frequency tremor, vertical seismic array, Ise bay, Nankai Trough

SCG058-P09

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 10:30-13:00

紀伊半島において低周波地震発生時にその地域周辺で観測された地殻変動 Ground deformations observed at around the active area of low frequency earthquakes in Kii Peninsula

尾上 謙介^{2*}, 細 善信¹, 大谷 文夫², 森井 互¹, 藤田安良¹
Kensuke Onoue^{2*}, Yoshinobu Hosoi¹, Fumio Ohya², Wataru Morii¹, Yasuyoshi Fujita¹

¹ 京都大学防災研究所, ² なし

¹DPRI, Kyoto Univ., ²no

西南日本で深部低周波微動(地震)が繰り返し発生していることが知られている。そして高感度地震観測網 Hi-Net に併設された傾斜計には低周波微動発生時に特徴的な傾斜変動が見られ、さらにはそれと同期した短期スローイベントによる変動がみられることが報告されている(防災科学技術研究所,2010)。また中部地方、東海地方ではボアホールひずみ計による同様な結果が報告されている(気象庁,2010)。紀伊半島では三重県中部から奈良県南部さらに和歌山県中部と北東-南西に沿った地域の各地で、深部低周波地震が高い頻度で発生することが知られている。これらの紀伊半島の低周波地震発生地帯をはさんで京都大学では北側では屯鶴峯(135.67E,34.53N)、南側では紀州(135.89E、33.86N)と中辺路(135.64E,33.83N)の各観測点で地殻変動連続観測が行われている。これらの観測点は横坑での高感度観測であり、ボアホール観測に比べ気象変化に影響される傾向にあるが、低周波地震発生時にこれらの観測点での地殻変動を調べると、低周波地震と関連する変動や短期スローイベントによると見られるひずみ変化が確認された。例えば、2010年11月12日に紀州観測点から北東30~40kmの震源距離の低周波地震発生と同期してひずみ変化が見られ、ほぼ3日間変動し、低周波地震活動の終息とともに変動が小さくなる。そして緩やかな変動がさらに10日ほど続く。この低周波地震域から屯鶴峯観測点は震源距離が約70kmになるが、11月12日から10日ほどの緩慢な変動が確認される。このことから短期スローイベントの発生が考えられた。今回さらに過去の低周波地震発生と地殻変動観測との関連を調べたので報告する。

中辺路観測点は長さ1m程度の簡易ひずみ計での観測であり、低周波地震に関連する変動が検出されることがわかった。低周波地震は20~30kmの深度での活動であり、地震活動と地殻変動との関連を調べるためにはより震源近くでの観測が望まれる。簡易ひずみ計は安価で簡便な観測が可能であり、震源近くでの地殻変動観測に有効な方法であると考えられる。

低周波地震については公表されている気象庁一元化データ使用させていただきました。

参考文献:地震予知連絡会会報、2010

キーワード: 地殻変動, ひずみ, 紀伊半島, 低周波地震, 震源距離, ひずみ計

Keywords: ground deformation, strain, Kii peninsula, low frequency earthquake, source distance, strain-meter

SCG058-P10

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 10:30-13:00

DONETで観測された長周期イベント Long-period events observed by DONET

中野 優^{1*}, 荒木 英一郎¹, 中村 武史¹, 金田 義行¹
Masaru Nakano^{1*}, Eiichiro Araki¹, Takeshi Nakamura¹, Yoshiyuki Kaneda¹

¹ 海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

海洋研究開発機構では、熊野灘において地震・津波検知能力の向上および早期検知を目的として、地震・津波観測監視システム (DONET) の構築を行なっている。DONETの各観測点には広帯域地震計 (Guralp CMG-3T)、強震計 (Metrozet TSA-100S)、ハイドロフォン (High Tech inc. HTI-99-DY)、微差圧計 (日油技研工業製)、水晶水圧計 (Paroscientific社製) が設置されている。これら複数のセンサーを合わせて用いることにより、地動及び水圧変動に対して、広帯域かつ広ダイナミックレンジの測定を実現している。各観測点は海底ケーブルで接続され、観測データはリアルタイムで常時転送される。DONET観測点は2011年1月までに8点の設置、接続が完了した。

紀伊半島から熊野灘にかけては、深部低周波微動や南海トラフ近傍における浅部超低周波 (VLF) 地震などの特異な地震の活動が知られている。特にVLF地震については、震源域直上におけるDONET観測記録はメカニズムを調べる上で重要である。しかしこれまでの観測期間において、VLF地震と思われるシグナルは見つかっていない。一方で、数十秒~十分程度の特徴的な周期で振動するシグナルが広帯域地震計に記録された。これらのシグナルは通常のテクトニックな地震でもなければ、深部低周波微動やVLF地震なども明らかに特徴が異なる。本研究ではDONETで観測されたこれらの長周期シグナルについて紹介する。

観測されたシグナルの中でもっとも頻繁に観測されるのは、約60秒の周期で単調に減衰する振動である。このシグナルは水平動成分が卓越し、パーティクルモーションはほぼ直線状である。多くの場合継続時間は5分~10分程度であるが、1時間程度振動が継続するイベントも見られた。このようなシグナルは、火山では良く観測されるが、熊野海盆に火山の存在は知られていない。また別の例として、十秒程度の卓越周期を持つ紡錘形のシグナルが間欠的に観測されることがある。より長周期なシグナルの例としては、5分~10分程度の周期でサイクロイド状の波形を示すシグナルがある。いずれも今までのところ明瞭なシグナルは1観測点のみで記録されているため、震源位置やメカニズムについて詳しく推定するには至っていない。しかし、周囲の観測点でシグナルが記録されないことから、震源は観測点近傍にあると考えられる。この観測点の近くには泥火山の存在が知られており、そこから発せられたシグナルである可能性がある。泥火山については不明な点が多く、今後このようなイベントについて詳しく調べることで、そこで起きている現象について詳しく分かると期待される。

一方で、これらのシグナルが観測点の設置条件に起因する人為的なものである可能性も現時点では否定できない。DONET観測点は海底に設置後、地震計パッケージは砂で埋設することになっている。しかし、これらの長周期シグナルが観測された観測点は埋設が未完了である。海底における水流などの影響によって観測機器が振動し、それが記録されているということも考えられる。これについては今後地震計パッケージを埋設することで確認が出来る。仮にこれらのシグナルがセンサーの埋設によって見られなくなった場合、海底に設置する広帯域地震計は底層流の影響を抑えるために、完全に埋設するなどの工夫をより慎重に行う必要がある。

キーワード: 泥火山, 低周波地震

Keywords: Mud volcano, low-frequency earthquakes

SCG058-P11

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 10:30-13:00

広帯域海底地震計で捉えた紀伊半島沖超低周波地震の2.5次元差分法によるモーメントテンソル解析(2)

Moment tensor inversion of broad-band ocean bottom records from very-low-frequency earthquakes off Kii peninsula (2)

岡元 太郎^{1*}, 中村 武史², 杉岡 裕子², 石原 靖², 伊藤 亜妃², 尾鼻 浩一郎², 小平 秀一², 末次 大輔², 木下 正高², 深尾 良夫²

Taro Okamoto^{1*}, Takeshi Nakamura², Hiroko Sugioka², Yasushi Ishihara², Aki Ito², Koichiro Obana², Shuichi Kodaira², Daisuke Suetsugu², Masataka Kinoshita², Yoshio Fukao²

¹ 東工大, ² 海洋研究開発機構

¹Tokyo Institute of Technology, ²JAMSTEC

We installed three broadband ocean bottom seismometers (BBOBSs) from July 2008 to October 2009 off Kii peninsula, Japan (Sugioka et al., in preparation): in the study area activities of the very low frequency (VLF) earthquakes have been reported (Ishihara, 2003; Obara and Ito, 2005). Our BBOBSs successfully recorded VLF swarms re-activated after five years of quiescence at very short epicentral distances. During the last SSJ Fall meeting (2010) we reported the preliminary results of the waveform inversions of the VLF events. Here we report the updated moment tensors, source time functions, and waveform-relocated source positions determined by using a new structural model.

We compute the synthetic waveforms by a 2.5D finite difference method (Okamoto, 2002) because the BBOBSs were installed on the ocean bottom that is an irregular solid-fluid interface, and because the data were recorded very close to the VLF sources: approximations with flat-layered structure or with far-field terms should be avoided. In this report, we assume a "new" crustal model based on the results of detailed seismic experiments performed in the source area: we incorporate oceanic layer, sedimentary layers, and subducting oceanic crust in the new model. Assuming a point source for the VLF source, we infer the moment tensor and the source time function simultaneously by using a non-linear waveform inversion method (Okamoto and Takenaka, 2009). Finally we apply the waveform-relocation procedure (Okamoto, 1994; Okamoto and Takenaka, 2009) to determine the best point source position: in the procedure we setup a three-dimensional grid of candidate source positions, and apply a grid search to find the best source position that minimize the residual between the observed and synthetic waveforms. The data used for the inversion are the waveforms of three components of ground velocity with durations of 120-150 s from the onset. We apply a band-pass filter (8-50s) to the raw data. For some data we also generated waveforms by applying another band-pass filter with very long period (50-360s).

We analysed eleven VLF events whose moment magnitudes were about four. We found that most (nine) of the events had shallow angle thrusting mechanism. The estimated depths of the nine events were in the range between 6.4 km to 8.4 km. Moreover, five events had very shallow, near horizontal nodal plane (i.e., dip angles were less than 10 degrees). These results strongly suggest that the shallow angle thrusting events represent the slips along the very shallow part of the plate boundary under the accretionary prism. The estimated durations of the source time functions (30-50 s or longer) of the VLF earthquakes are much longer than the typical values for M4 events.

Acknowledgments: This research was partially supported by KAKENHI (19GS0211). The computers in Earthquake and Volcano Information Center, Earthquake Research Institute, University of Tokyo was used for FDM computations.

キーワード: 低周波地震, 紀伊半島沖, モーメントテンソル, 地殻変動, 差分法

Keywords: VLF earthquake, Off Kii Peninsula, moment tensor, crustal deformation, finite-difference method

SCG058-P12

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 10:30-13:00

Hi-net 高感度加速度計によって観測された庄内平野での超低周波微動活動 Very low frequency tremors beneath Shonai plain revealed by Hi-net tiltmeters

西田 究^{1*}, 汐見 勝彦²

Kiwamu Nishida^{1*}, Katsuhiko Shiomi²

¹ 東大地震研, ² 防災科研

¹ERI, Univ. of Tokyo, ²NIED

周期 5 秒から 20 秒の帯域では通常の地震活動以外にも、超低周波地震 (e.g. Ito et al. 2007) や阿蘇にによる火山性の微動活動 (e.g. Kaneshima et al. 1996) が知られている。長周期波動場のモニタリングしたところ、新たに庄内平野の北部に特異な微動活動が見られたので報告する。

Hi-net 高感度加速度計 (水平動 2 成分) 約 700 点を用いアレー解析をおこなった。解析期間は 2004 年 6 月から 2006 年 6 月である。日本列島を 6 つのサブアレーに分けてアレー解析を行った結果、2004/12/7 に庄内平野北部を震源とする微動活動が見つかった。表面波の伝播が卓越しており、継続時間はほぼ 1 日であった。Love 波の励起が卓越しており、Rayleigh 波がほぼ観測されないという大きな特徴をもつ。

微動活動を明らかにするため、2 年分のデータを用い震源を以下のように求めた。(1) 観測記録を 1024 秒のセグメントに分割した。(2) 地表に震源を仮定し、局所的な 1 次元構造 (Nishida et al. [2008]) を対して表面波の励起を計算した。放射パターンは azimuth order 2 までを考慮した。(3) 仮定した震源に対して震源から半径 200 km 以内の観測記録を用いて、variance reduction (VR) を Love 波、Rayleigh 波それぞれについて計算した。(4) VR の計算に際して震源時間関数は仮定しない。周波数領域で各周波数で独立に VR を計算し、0.05-0.1 Hz の帯域で VR を平均化した。(5) 東北地方に仮想震源を置き、平均化した VR が最小になる位置を 1024 秒ごとに計算し、その時刻の震源とした。

多くの震源は海岸線付近に決まっておおており、脈動の励起源 (海洋波浪) に対応すると考えられる。脈動とは独立に庄内平野北部に、微動活動が 2 年を通じて見られた。平均にすると月に 3~4 回程度で、継続時間はいずれも 1 日から数日程度だった。震源は、5km 程度の精度領域で同じ領域に決定された。いずれの活動でも Love 波の振幅が Rayleigh 波の振幅よりも桁で大きい。また Love 波が卓越しているため、震源は 10 km より浅いと推測される。励起メカニズムとしては鳥海山に関連した火山性の可能性や、地殻内流体が関与している可能性が考えられる。しかし、今のところ Love 波の卓越を説明できる励起メカニズムの描像を得られるには至っていない。今後、より詳しい震源メカニズムの解析を行っていく予定である。

キーワード: 低周波微動

Keywords: low frequency tremors