

フラクタル解析によって推定された、微動活動の時間的な活動特性の空間変化 Spatial variations of the temporal clustering properties of tectonic tremor activities inferred from a fractal analysis

出原 光暉¹, 矢部 優^{1*}, 井出 哲¹

Koki Idehara¹, Suguru Yabe^{1*}, Satoshi Ide¹

¹ 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻

¹Department of the Earth and Planetary Science, The University of Tokyo

The spatial variation of tremor activities is characterized by means of a fractal analysis. The temporal distribution of tremor activity exhibits fractal behavior, and its fractal dimension (D) and the characteristic time (t_c) reflect the degree of temporal clustering and the recurrence interval of episodic tremors. By applying one-dimensional box-counting method for the tremor catalogs from the following tectonic regions: Nankai, Cascadia, Mexico, and New Zealand, we identify transitions of the temporal clustering properties in both the dip and the strike directions. A transition in the dip direction is possibly associated with the change in the thermal condition depending on the tremor depths, while significant variations in the strike direction is likely to be affected by other factors such as pore-fluid pressure and geometrical irregularities, as well as local temperature variations. The characteristic time has modest positive correlation with the tremor duration, probably representing the inherent correlation between the seismic moment release rate and the recurrence interval of tremors controlled by the frictional properties along the plate interface.

キーワード: 微動活動, フラクタル, 沈み込み帯, 活動周期, エピソードシテティ, 時間的なクラスタリング

Keywords: tremor activity, fractal, subduction zone, recurrence interval, episodicity, temporal clustering

立体アレーを用いた深部低周波地震 (LFE) の P 波・S 波の検出とその震源決定への応用

P- and S-wave detection of the low frequency earthquakes (LFE) using 3D array. Application to hypocenter determination

鈴木 貞臣^{1*}, 大久保 慎人¹, 雑賀 敦¹, 今西 和俊², 北川 有一², 武田 直人²

Sadaomi Suzuki^{1*}, Makoto OKUBO¹, Atsushi Saiga¹, Kazutoshi Imanishi², Yuichi Kitagawa², Naoto Takeda²

¹ 東濃地震科学研究所, ² 産業技術総合研究所

¹TRIES, ²AIST

東濃地震科学研究所 (TRIES) は深部低周波地震 (LFE) を研究するため、愛知県豊田市下山に地震観測点のアレーを 2010 年 3 月までに設置した。また産業技術総合研究所 (AIST) は同じ地域に 3 つの深度 (約 600m, 200m, 50m) に地震計を持つボアホールアレーを設置した。これらのアレーの観測点と防災科学技術研究所 (NIED) の Hi-net 観測点 SMYH を組み合わせて立体アレーとした。この立体アレーの 14 観測点のデータを使って、東海地域で発生した LFE の波形データを semblance 解析 (Neidel and Turner, 1971) し、P 波と S 波の検出を試みた。P 波の検出には上下動記録、S 波の検出には水平動記録を使った。アレー領域内を均質な速度、 $V_p=4.5$ km/s, $V_s=2.2$ km/s で伝播する平面波を仮定し、その波がそれぞれの地震計に到着する時間差と station correction の和を lag trajectory として semblance 値を計算した。semblance 値は、アレーの基準位置に平面波が到着する時刻、波の到来方向 (back-azimuth)、入射角の 3 つをパラメータとして求めた。LFE を解析する前に、震源決定精度が良く、LFE 発生領域の近くで発生した 5 個の普通地震を使って、P 波と S 波それぞれの station correction を求めた。

2010 年 11 月 11 日から 30 日までに東海地方で発生した LFE を立体アレーで観測することができた。観測されたデータの中から、気象庁によって震源が報告されている LFE を 13 個選び、上記 semblance 解析を行った。そして振幅が小さく微動状に続く LFE の波形の中から、対となる P 波と S 波に対応する semblance の極大値を持つ時間帯をさがした。P 波の semblance の極大値が 0.5 以上で、S 波の極大値が 0.6 以上である 2 つの条件を満たし、さらに P 波と S 波の入射角の差が小さい (20 °以下) 条件を付けると、最終的に 5 個の LFE が選びだされた。これらの LFE の波形記録について、semblance の極大値を持つ時間帯付近にある P 波と S 波の初動を読み取った。これらの対となる P 波と S 波到着時刻と気象庁による読取データを併合し、震源決定を行った。得られた 5 個の LFE の震央位置は気象庁震源と比べて余り変わらないが、震源の深さが浅くなった。これらの震源はこの辺りのプレート境界面付近に位置し、Hirose et al.(2008) の LFE の研究結果と調和する。

謝辞：解析には気象庁一元化データと防災科学技術研究所の Hi-Net データを使用した。

参考文献

Neidell, N. S. and Taner M. T., Semblance and other coherency measures for multichannel data, *Geophysics*, 36, 482-497, 1971.

Hirose, F., J. Nakajima, and A. Hasegawa, Three-dimensional seismic velocity structure and configuration of the Philippine Sea slab in southwestern Japan estimated by double-difference tomography, *J. Geophys. Res.*, 113, B09315, doi:10.1029/2007JB005274, 2008.

キーワード: 深部低周波地震, 立体アレー, P 波と S 波, センブランス, 震源決定, プレート境界

Keywords: deep low-frequency earthquakes, 3D array, P and S waves, semblance, hypocenter determination, plate boundary

四国西部における深部低周波微動活動と地下構造解明のための稠密アレイ観測 Seismic array observations for study of nonvolcanic tremor activity and underground structure in western Shikoku

小原 一成^{1*}, 加藤 愛太郎¹, Chao Kevin¹, 武田 哲也²
Kazushige Obara^{1*}, Aitaro Kato¹, Kevin Chao¹, Tetsuya Takeda²

¹ 東京大学地震研究所, ² 防災科学技術研究所

¹ERI, Univ. of Tokyo, ²NIED

深部低周波微動は、沈み込むプレート境界面上の巨大地震震源域から安定すべり域に遷移する領域における過渡的現象としての短期的スロースリップイベントに伴う地震現象である。西南日本では約600kmの範囲に渡って幅20~50kmの帯状の領域に微動が分布しているが、狭い幅の中でも微動の活動様式は深さとともに徐々に変化する。つまり、浅部側ではスロースリップイベントによる地殻変動が検出されるほどのエピソードが数カ月間隔の周期で発生するのに対して、深部側では比較的小規模のエピソードが頻繁に発生する。この活動周期の深さ依存性は Cascadia でも全く同様であり、深さとともにプレート間の摩擦特性が徐々に変化することを示していると考えられる。この原因の一つとしては、深さとともに間隙圧が変化することが考えられ、流体の量が影響する場合には、プレート境界付近の構造の変化として捉えられる可能性がある。そのため、微動のプレート沈み込み方向の幅が最も広い四国西部において、微動幅内での構造変化や微動活動特性の変化を詳細に捉える目的で、高感度地震計による稠密アレイ観測を実施した。

観測は線状アレイとマルチプルアレイの2種類の観測方式を採用した。線状アレイは70台の1Hz3成分地震計から構成され、愛媛県八幡浜市をL字の屈曲点として西は佐田岬半島の突端、南は高知県四万十市に至る全長100kmの範囲に約1~2kmの間隔で設置された。このアレイは、トモグラフィ及びレシーバ関数解析に基づくプレート境界付近の構造変化の把握が目的であるため、微動域の上端・下端部が完全にアレイ内に収まるように設計された。マルチプルアレイは、30台の地震計から構成される大アレイ1ヶ所と9台の地震計から構成される小アレイ4ヶ所の組み合わせであり、アレイ解析による微動源追跡が主目的である(武田・他, 2012)。観測は2011年9月から実施され、2013年3月には撤収する予定であり、その1年半の観測期間中に四国西部では2011年12月~2012年1月、2012年5月~6月、2012年11月~12月の3回の主要な微動エピソードが発生し、2012年4月11日にはスマトラ沖で発生したMw8.6の地震の表面波通過に伴って微動の動的トリガリングが観測された(Enescu et al., 2012)。この誘発微動は最初は約30秒間隔で発生していたが、後半は約20秒間隔と表面波の分散に応じて発生間隔が短くなった。また、観測点間の走時差や振幅比も変化しているため、場所やメカニズムが変化している可能性がある。

この研究は、科学研究費助成事業基盤研究(A)「沈み込みプレート境界遷移領域におけるすべり特性の解明」によって実施されている。

キーワード: 深部低周波微動, スロー地震, 沈み込み帯, プレート境界

Keywords: non-volcanic tremor, slow earthquake, subduction zone, plate interface

Improvement of tectonic tremor detecting and locating methods: Case study in western Shikoku and central Kyushu

Improvement of tectonic tremor detecting and locating methods: Case study in western Shikoku and central Kyushu

Kevin Chao^{1*}, Kazushige Obara¹, Aaron Wech²

Kevin Chao^{1*}, Kazushige Obara¹, Aaron Wech²

¹ERI, the University of Tokyo, ²Victoria University of Wellington, Wellington, New Zealand026416

¹ERI, the University of Tokyo, ²Victoria University of Wellington, Wellington, New Zealand026416

Recent findings of triggered tectonic tremor in recently discovered regions in Hokkaido (Obara, GRL, 2012), Kyushu, and Kanto (Chao and Obara, AGU Meeting, 2012) provide an ideal dataset with which we can test the clock-advanced model, which predicts the occurrence of triggered tremor in regions where ambient tremor occurs. Obtaining accurate tremor sources in time and space is important because it provides essential information that reveals the mechanism of tremor activity. In this study, we improve upon two existing tremor detecting and locating methods: 1) the WECC (Waveform Envelope Correlation and Clustering) auto-detecting algorithm (Wech and Creager, GRL, 2008), which auto-detects tremor episodes, and 2) the improved conventional envelope cross-correlation technique (Obara, Science, 2002; Chao et al., BSSA, 2013), which accurately pinpoints the locations of short duration tremor sources in space. Using WECC, we detected tremor episodes in western Shikoku and compared the results with existing NIED tremor catalogs (Maeda and Obara, JGR 2009; Obara et al., GRL, 2010). Our preliminary results indicate that during the testing period, the WECC was able to successfully auto-detect the same ambient tremor episodes listed in the NIED tremor catalogs. Our next step will be to apply the WECC to the entire dataset to determine whether it can successfully detect all tremor episodes while minimizing noise. Using the modified envelope cross-correlation technique, we plan to conduct a 3D grid search to locate accurate triggered tremor sources in central Kyushu following several teleseismic earthquakes. This modified technique has been used to locate micro-earthquakes ($M \leq 0.5$) in western Shikoku, and a comparison of the hypocenter of these micro-earthquakes with those from the JMA earthquake catalog showed that they were located within 5km of one another. We plan to apply the WECC to search for potential ambient tremor in central Kyushu and present the updated results at an upcoming meeting. The improved tremor detecting and locating techniques, which combine the strengths of various algorithms, will be instrumental in the construction of an accurate tremor catalog in Japan.

キーワード: non-volcanic tremor, tremor locating/detecting methods, central Kyushu, Shikoku tremor zone

Keywords: non-volcanic tremor, tremor locating/detecting methods, central Kyushu, Shikoku tremor zone

西南日本において検出した超低周波地震のブートストラップ検定法を用いた検討 Statistical hypothesis test for the detection of very low-frequency earthquakes in south-west Japan

仁里 太郎^{1*}, 須田 直樹¹, 松澤 孝紀²

Taro Nizato^{1*}, Naoki Suda¹, Takanori Matsuzawa²

¹ 広島大・院理, ² 防災科学技術研究所

¹Hiroshima Univ., ²NIED

西南日本では、短期的スロースリップイベントに付随して深部非火山性微動や超低周波地震が発生している。先行研究では、超低周波地震のメカニズムがフィリピン海プレート上部境界面のジオメトリーや、プレートの運動方向と調和的であることが明らかにされている (Ito et al. 2007, 2009; Takeo et al. 2010)。これらはモーメントテンソル解析の手法を超低周波地震の検出に使用している。そのため、検出の際に多くのパラメータを同時決定する必要があり、多くの小イベントを検出し損ねている可能性がある。そこで我々は、これまでに超低周波地震の検出に特化した手法を開発した。

その手法では、Hi-net 傾斜計データから得られる観測波形と、仮想的な超低周波地震の理論波形の相互相関と Variance Reduction (VR) を計算し、検出を行う。理論波形は、フィリピン海プレート上部境界面のジオメトリーやプレートの運動方向から超低周波地震のメカニズムを仮定して計算する。前回の地震学会秋季大会では、この手法が超低周波地震の検出に有効であることを示した。検出の閾値を下げていくと、これまで報告されていない小イベントからのシグナルも検出できたが、それらの有意性については十分検討していなかった。

そこで今回は、検出したイベントに対してブートストラップ法による統計的仮説検定を適用し、ノイズであるかどうかを検討する。VR を検定統計量として、帰無仮説「得られた VR は、ランダムなノイズをフィッティングした結果である」を検定する。一般にブートストラップ法による p 値は次のように求められる。

$$p = \#\{t^* > t_{obs}\} / N$$

ここで t^* は帰無仮説にもとづいて計算した検定統計量の値、 t_{obs} は観測された検定統計量の値、 N はブートストラップ実験の回数、 $\#$ はカッコ内の条件を満たした実験の数である。p 値が与えられた有意水準より小さいとき、帰無仮説を棄却する。 t^* はブートストラップ複製波形を実際と同様に解析した VR の値である。ブートストラップ複製波形は以下のように求める：(1) 観測波形のフーリエ変換を計算する。(2) 超低周波地震の卓越周波数帯である 0.02~0.05Hz におけるフーリエ変換の実部・虚部に対して重複を許したランダムなサンプリングを行い、卓越周波数帯の値を置き換える。卓越周波数帯の外はそのままとする。(3) 逆フーリエ変換を計算する。このようなブートストラップ仮説検定を用いることにより、これまでより客観的にイベントの検出を行うことができる。発表では実際の波形への適用結果を示す。

キーワード: 超低周波地震, スロー地震, 統計的仮説検定, ブートストラップ法

Keywords: very low-frequency earthquake, slow earthquake, statistical hypothesis test, bootstrap method

2011年東北沖地震により誘発された紀伊半島沖の浅部低周波イベント Broadband features of the shallow low frequency events in Nankai trough, excited after the 2011 Tohoku-Oki earthquake

藤 亜希子¹, 尾鼻 浩一郎^{1*}, 高橋 成実¹, 深尾 良夫¹
Akiko To¹, Koichiro Obana^{1*}, Narumi Takahashi¹, Yoshio Fukao¹

¹ 海洋研究開発機構

¹ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Low frequency events are seismic events, which have longer duration and less energy radiation compared to regular earthquakes. The low frequency events detected in the shallow part of the Nankai trough (depth < 10 km), reported by previous studies, can roughly be divided into two groups depending on the observable frequency ranges of the signal, where the frequency ranges actually depend on the observed instrument.

The events of the first group are very low frequency earthquakes (VLFE), which were originally detected by broadband seismographs on-land (Ishihara et al., 2003; Ito & Obara, 2005), dominant in the frequency around 0.1-0.05 Hz. More recently a close-in observation was successfully made by temporally deployed broadband ocean-bottom seismometers (BBOBS), which revealed many intriguing features of the VLFEs (Sugioka et al., 2012). The events of the second group are low frequency tremors (LFT), which are recorded by OBSs equipped with 4.5 Hz short-period seismometer sited close to the source regions. They are dominant in the frequency range of 2-8 Hz with a lack of energy above 10 Hz (Obana & Kodaira, 2009). The classification between LFTs and VLFEs must be an important step toward estimating the physical process of the shallow low frequency events.

After the 2011 Mw9.0 Tohoku-oki earthquake, many shallow low frequency events were recorded at a cabled network of ocean bottom broadband stations (DONET) deployed in the northern part of Nankai trough. The characteristics of the events are similar to previously observed LFTs at the frequency range around 2-8 Hz. In addition, some of the events are accompanied by a lower frequency signal, clearly visible around 0.02-0.05 Hz, whose features are similar to those previously observed as VLFEs by Sugioka et al. (2012). One of such features of VLFEs is the ramp-type motion of the instrument-corrected seafloor displacement, which corresponds to a subsidence of up to 0.04 mm with a rise time of 10-20 s.

In order to examine whether the events accompanied by the 0.02-0.05 Hz signal are intrinsically different from those without the 0.02-0.05 Hz signal, the amplitudes of each event measured at 2-8 Hz and 0.02-0.05 Hz are compared. The comparison shows that the events without the 0.02-0.05 Hz signal tend to have lower amplitude in 2-8 Hz than those accompanied by the 0.02-0.05 Hz signal. The result indicates that there is no such event, which is intrinsically missing the 0.02-0.05 Hz components but has large amplitude in 2-8 Hz. In other words, the events without the 0.02-0.05 Hz signal are likely to be either smaller in size or occurred further away from the stations, compared to the events accompanied by the 0.02-0.05 Hz signal. Our dataset shows that the two types of low frequency events are likely the same phenomenon.

キーワード: 浅部低周波微動, 浅部低周波地震

Keywords: very long frequency earthquake, low frequency tremor

四国東部から紀伊水道にかけて発生した長期的スロースリップ(2) Long-term slow slip events around eastern Shikoku and Kii Channel (2)

小林 昭夫^{1*}, 畑中雄樹²

Akio Kobayashi^{1*}, HATANAKA, Yuki²

¹ 気象庁気象研究所, ² 国土地理院

¹Meteorological Research Institute, ²Geospatial Information Authority of Japan

日本では近年の稠密な GNSS 観測網 GEONET [国土地理院測地観測センター (2004)] の展開により、様々な時定数を持つプレート境界でのすべり現象が発見されている。そのうち南海トラフ沿いでは、数か月から数年の継続時間を持つ長期的スロースリップイベント (SSE) が、東海地域で 2001~2005 年に [Ozawa et al. (2002)、国土地理院 (2007)]、豊後水道付近で 1996~1997 年 [Hirose et al. (1999)]、2003 年 [Ozawa et al. (2004)]、2009~2010 年 [国土地理院 (2010)] に発生したことが観測された。この他に小規模な長期的 SSE が 2005 年に四国西部 [小林 (2010)] や 2005~2010 年にかけて四国中部 [気象研究所 (2012)] でも発生していたことが報告されている。

同じ南海トラフの沈み込み帯においても、長期的 SSE の発生する領域が限られていたり、発生間隔、発生規模が異なっていたりすることが明らかになってきている。長期的 SSE の過去および現在の発生を把握することは、プレート境界面の領域による状態の違いに関する情報を提供する。ここでは、GNSS の解析から明らかになった四国東部から紀伊水道における長期的 SSE について報告する。

データは、国土地理院 GEONET の GNSS 日座標値 (F3 解) を用いた。非定常な地殻変動を見るため、プレートの沈み込みなどに伴う定常的な成分を除去する。中国・近畿地域で豊後水道付近を除いて目立った地殻変動を生じる地震や長期的 SSE などがなかった、2006 年 1 月から 2009 年 12 月の 4 年間のデータから直線トレンド係数を求め、全期間からその係数を用いて定常成分を差し引いた。年周変化については補正をしていない。また、GEONET 観測点のアンテナ交換などに伴う人為的要因によるオフセット [岩下・他 (2009)] は、国土地理院ホームページで公開されているデータセット [国土地理院 corr30.dat] を用いて補正した。

2001 年 4 月から 2 年間の非定常変位を見ると、四国北西部から中国地方の多くの観測点の水平変位は小さく、これらの地域の観測点はこの 2 年間に定常的な変動をしていたことを示している。一方、四国東部の観測点には南東向き of 1 cm 弱の水平変位が見られる。水平変位の見られた観測点の座標時系列と、周辺の観測点との基線長変化を見ると、2001~2004 年にかけて定常とは異なる南東向きの変化が見られる。これらの変位は不適当な直線トレンドや、オフセットの除去によるものではない。さらに基線長には 1996 年にも伸びの変化が見られるが、伸びの開始時期はデータの存在する 1996 年 3 月より前である。同様の変化は複数の基線長にも見られ、特定観測点の設置後の不安定とは考えにくい。

現在、国土地理院からは GEONET 日座標値として 1996 年 3 月以降の F3 解が公開されている。一部の GNSS 観測点では 1996 年 3 月以前の観測値がある。F3 解と同じ条件の解析はされていないが、一つ前の解析戦略である F2 解に整合するように求められた解析結果がある (畑中・他、2004)。F2 解は年周変化成分が大きく、大気遅延勾配による誤差が含まれるなど F3 解と比較して精度が落ちるが、短い距離の基線長を取ることで誤差をある程度抑え込むことができる。岡山県の 940077 笠岡と徳島県の 940081 阿南 1 との基線長変化について、F2 整合解を 1994~1995 年を定常としてトレンド除去した。F3 解と解析の重複した期間の両者の値はよく一致し、非定常変化は 1996 年初めに開始したことがわかる。

観測された 1996~1997 年の非定常変位がプレート境界上のすべりによるものとして、すべり分布をインバージョンにより求めたところ、紀伊水道付近にすべりが推定された。南海トラフ沿いに深部低周波微動 [Obara(2002)] が分布する中で、この領域には微動の活発な発生が観測されていない。深部低周波微動の活発な発生の見られない領域でも長期的 SSE が発生していることになる。また、非定常変位の出現パターンから、1996 年と 2001~2004 年の長期的スロースリップの変動源がほぼ同じ領域だと思われる。これから、同じ領域で規模や時間経過が異なる長期的スロースリップが発生しうることになる。これらのことはプレート境界の状態推定について重要な情報を提供する。

本調査には国土地理院 GEONET の座標値を使用させていただきました。記して感謝いたします。

キーワード: 長期的スロースリップ, GNSS, 地殻変動, 四国東部, 紀伊水道

Keywords: long-term slow slip, GNSS, crustal deformation, eastern Shikoku, Kii Channel

沈み込み帯における余効すべり再訪: すべり速度と本震マグニチュードのスケールリング関係および定義拡張の可能性について

Afterslip revisited: Scaling relation of slip rate versus mainshock magnitude and possible expansion of the definition

三井 雄太^{1*}, 日置 幸介¹
Yuta Mitsui^{1*}, HEKI, Kosuke¹

¹ 北海道大学理学研究院

¹ Grad. Sch. Sci., Hokkaido Univ.

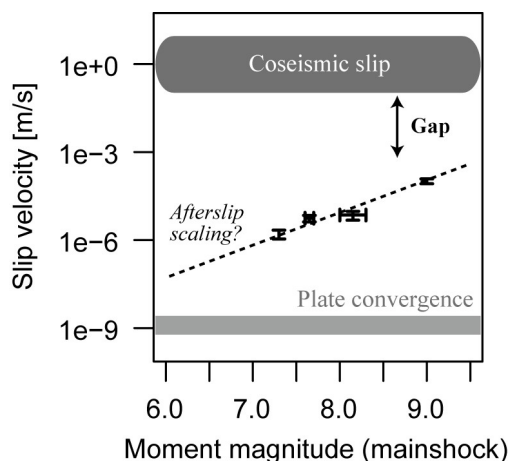
2011年東北地方太平洋沖地震前後のGPSデータ(国土地理院 GEONET 観測網による)を基に、プレート境界地震後の余効すべりイベントに関する2つの話題を提供する。

Mitsui and Heki (in revision) では、2011年東北地震直後約30分間の三陸沖における余効すべり量を、津波の伝播に伴う陸の沈降と独立に見積もった。その結果、平均的なすべり速度は0.1 mm/sのオーダーに達することがわかった。この値は、1994三陸はるか沖地震、2003十勝沖地震、2011宮城県はるか沖地震(東北地震2日前のイベント)といった、近隣で過去に発生したプレート境界地震直後の余効すべりのそれを桁で上回る。我々の知る限り、観測史上最大のすべり速度である。これらの直後余効すべりの平均すべり速度と本震のモーメントマグニチュード(M_w)との関係をプロットすると、すべり速度が 10^{M_w} に比例するかのようなスケールリング関係が得られた(下図参照)。もし0.1 mm/sという値が余効すべりという現象自体のすべり速度の最大値に近いとするならば、摩擦係数の速度依存性が0.1 mm/s近辺で変化して速度強化的振る舞いを見せるようになる、とするWeeks (1993)の岩石実験からの示唆と調和的と考えられる。

Heki and Mitsui (2013, EPSL) では、2003年十勝沖地震と2011年東北地震のそれぞれ直後から、破壊されたセグメント近傍のGPS点の海向き速度増大(旧来の余効すべり)と同期する形で、隣接セグメント近傍のGPS点の陸向き速度が増加することが発見された。また、同様の現象は、2012年に樺太沖で発生した深発地震の直後にも遠く離れた道東の観測点で見出されている(日置・三井, 本大会発表)。これらの事実から我々は、プレート運動の抵抗喪失に伴う一時的なスラブ沈み込みの加速、という仮説を提唱している。このスラブ沈み込みの加速は、プレート上面および下面の広域における広義の「余効すべり」と捉えることもできる。旧来の狭義の余効すべり(例えばHeki et al. (1997))は、地震破壊が停止した端における応力集中がゆっくりと伝播しながら解放されていく力学的プロセス、と解釈されてきた。一方、広義の余効すべりは、より広域の力のバランスが調整されるプロセスと解釈できる。広義の余効すべりをモニターすることによって、沈み込み帯の浅部から深部までの新たな地球科学的な情報を得ることが可能となるかもしれない。

キーワード: GPS, 余効すべり, 摩擦特性, 2011年東北地方太平洋沖地震, プレート沈み込みの加速, 深発地震

Keywords: GPS, afterslip, frictional property, 2011 Tohoku-oki earthquake, plate subduction acceleration, deep earthquake



メキシコ沖沈み込み帯で発生するスロースリップイベントのモデル化 Modeling of slow slip events along the subduction zone off the Pacific coast of Mexico

芝崎 文一郎^{1*}
Bunichiro Shibazaki^{1*}

¹ 建築研究所国際地震工学センター

¹International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Building Research Institute

Recent high-resolution geodetic observations have revealed the occurrence of slow slip events (SSEs), along the Mexican subduction zone. In the Guerrero gap, large slow slip events of around Mw 7.5 have been observed (Lowry et al., 2001; Radiguet et al., 2012), and the 2006 Guerrero slow slip propagated at an average velocity of 0.8 km/day. Recurrence intervals of SSEs are around every 3-4 years. On the other hand, in the Oaxaca region, SSEs of Mw 7.0-7.3 repeat every 1-2 years and last for 3 months (Correa-Mora et al., 2009). The present study models SSEs along the subduction zone off Mexico, based on a model by Shibazaki and Shimamoto (2007).

We use a rate- and state-dependent friction law with a small cut-off velocity for the evolution effect. We also consider the 3D plate interface, which dips at a very shallow angle at 100-150 km from the trench. We set the unstable zone from a depth of 10 to 20 km, and the zone of SSEs from 20 to 30 km. By setting the effective normal stress at around 1 MPa and the cut-off velocity for the evolution effect at $10E-7.5$ m/s at the SSE zones, we reproduce SSEs occurring at intervals of around 5 years with propagation velocities of 1.0 km/day. In the present model, velocity strengthening occurs at a velocity greater than $10E-7.5$ m/s, and therefore only small slips occur at the SSE zone when earthquakes occur in the seismogenic zones. A Mw 7.4 subduction earthquake occurred beneath the Oaxaca-Guerrero border on March 20, 2012, and the 2012 SSE coincided with this thrust earthquake (Graham et al., 2012). We verify our model by comparing numerical results with the observations.

キーワード: スロースリップイベント, メキシコ, 沈み込み帯, すべり速度・状態依存則

Keywords: slow slip event, Mexico, Subduction zone, a rate- and state-dependent friction law