

2013年4月13日淡路島M6.3地震の震源断層の構造解析 Structural analysis of seismogenic fault of the 2013 Mw 5.8 Awaji Island earthquake, NW Japan

林 愛明^{1*}; 片山 翔一¹; Rao Gang²; 窪田 安打³
LIN, Aiming^{1*}; KATAYAMA, Shouichi¹; RAO, Gang²; KUBOTA, Yasu'uchi³

¹ 京都大学大学院理学研究科, ² 浙江大学地球科学院, ³ 応用地質株式会社
¹Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University, ²Department of Earth Sciences, Zhejiang University, China, ³OYO Cooperation

Mw5.8 (Mj 6.3) 淡路島地震は、2013年4月13日5時33分ごろ、淡路島南西部で発生した。既存の地質資料や震源メカニズム解から、この地震は傾斜70度以上の高角逆断層型の未知の活断層により引き起こされたことが示された。しかし、地震後の調査により、震源周辺域にNW-SW走向で南西に高角な傾斜をなす断層（以下、山田断層とする）は、新しく発見された。

空中写真や3D画像の判読と現地調査及び断層岩の組織構造解析から、以下のことが明らかになった。

- 1) 山田断層は、中生代花崗岩類と新生代大阪層群との地質境界に発達した線状地形に沿って観察される。
- 2) 断層破碎帯は、幅10cm以下（約1~5cm）の断層ガウジ層と幅100cm以下の断層角礫帯を含む断層コアとカタクレーサイトや割れ目を伴う幅10~50mのダメージゾーンから構成される。
- 3) 断層剪断帯で発達するS-Cファブリックにより特徴づけられるフォリエーション及び層状構造及び断層条線から、南西側上がりの逆断層型の運動センスが示され、震源メカニズム解とも調和的である。
- 4) この地震に伴った地割帯が山田断層沿いに所々現れた。

以上の発見により、新しく認められた山田断層は活断層であり、2013年M6.3淡路島地震の震源断層である可能性が高いことが明らかにされた。従って、活断層及び古地震研究における断層モデルを再構築し、人口密度の高い淡路島の活断層による地震ハザードについて再評価する必要があると思われる。

キーワード: 2013年4月13日淡路島M6.3地震, 震源断層, 活断層, 山田断層（新称）, 断層岩組織構造, 断層破碎帯
Keywords: 2013 M 6.3 Awaji Island earthquake, seismogenic fault, active fault, Yamada Fault, S-C fabrics of fault rocks, fault damage zone

地形を考慮した準円筒座標系地震波伝播モデリング Quasi-cylindrical seismic waveform modeling considering surface topography

豊国 源知^{1*}; 竹中 博士²; 岡元 太郎³; 趙 大鵬¹
TOYOKUNI, Genti^{1*}; TAKENAKA, Hiroshi²; OKAMOTO, Taro³; ZHAO, Dapeng¹

¹ 東北大・理・予知セ, ² 岡山大・理, ³ 東工大・理工
¹RCPEVE, Tohoku Univ., ²Okayama Univ., ³Tokyo Tech

局所的な地震波伝播を精度と効率良くシミュレーションする手法としては、「準円筒座標系差分法」(Takenaka et al., 2003)が知られている。円筒座標系を用いて、震源を通る鉛直軸の周りに構造の軸対称性を仮定すると、計算時間とメモリをともに2次元計算並みに抑えて、3次元の波動場を計算できる。ただ通常の円筒座標系 ($0 \leq r < \infty$, $-\pi < \theta < \pi$, $-\infty < z < \infty$) を使う場合、軸対称の仮定がネックとなり、震源を挟んで非対称な現実的な構造を扱えない。このため準円筒座標系差分法では、新たに定義した準円筒座標系 ($-\infty < r < \infty$, $-\pi/2 < \theta < \pi/2$, $-\infty < z < \infty$) を用いることで、この欠点を克服した。

この手法はもともと構造探査をターゲットとした手法であり、軸対称震源のみが用いられていたが、現在は任意のモーメントテンソル点震源と非弾性減衰が取り扱えるよう、プログラムが拡張されている (Toyokuni et al., 2013, AGU Fall meeting)。今回は、さらに現実的な地震波伝播シミュレーションのため、地表地形の導入を行った。差分法で任意形状の固液境界や自由表面を精度良く取り扱うためには、差分格子に法線応力のグリッドを中心とする「単位セル」の概念を導入したのち、境界近傍で2次精度の差分を用いればよい (岡元・竹中, 2005; Takenaka et al., 2009; Nakamura et al., 2012)。今回は、このスキームを準円筒座標系差分法に導入し、東北地方の火山を対象として行った計算例を紹介する。

キーワード: 地震波形, 差分法, 地形, 固液境界

Keywords: seismic waveform, finite-difference method, topography, fluid-solid boundary

日本海溝における余震減衰特性の空間分布 Spatial distribution of aftershock decay property beneath Japan Trench

生田 領野^{1*}; 桑原 雅典²; 村上 裕記³
IKUTA, Ryoya^{1*}; KUWAHARA, Masanori²; MURAKAMI, Hiroki³

¹ 静岡大学大学院理学研究科, ² 静岡大学防災総合センター防災フェロー, ³ 静岡大学理学部
¹Graduate School of Science, Shizuoka University, ²Center of Integrated Research and Education of Natural Hazards, Shizuoka University, ³Faculty of Science, Shizuoka University

日本海溝において、東北地方太平洋沖地震前後の1997年から2013年までの16年間に起こったM6以上の地震について、余震の減衰特性を気象庁カタログデータを用いて調査した。プレート境界型地震17個について十分な数の余震系列が得られたので、改良大森公式でその特性を評価した。減衰の速さを規定するP値について、本震のマグニチュードに対する依存性は見られなかった。東北沖地震の大すべり域の周辺で余震系列の時空間分布に特徴的な傾向が得られることを期待したが、東北沖地震を挟んで大すべり域周辺のP値に変化はなく、安定していた。空間分布は東北沖地震との関係よりはむしろプレート境界の深さに依存した結果が得られた。プレート境界の深い部分でP値が小さく（減衰が遅く）、浅い部分でP値が大きくなる傾向であった。個別の余震系列について見ると、余震はGPSにより解析された余効すべり（Suito et al., 2011）の大きな場所で継続して多く発生している傾向が見られた。プレート境界地震の余震の発生メカニズムとして、本震後の本震周辺の安定すべり域での余効すべり、プレート境界深部での安定すべりに駆動されていることが示唆される。

参考文献; Suito et al., Earth Planets Space, 63, 615-619, 2011

キーワード: 余震, 修正大森公式, 東北地方太平洋沖地震, 地震活動度
Keywords: Aftershocks, Modified Ohmori's Law, Tohoku-Oki earthquake, Seismicity

2011年東北地方太平洋沖地震の本震直後の地震活動：エンベロープを用いた地震の検出と震源決定 Location of early aftershocks of the 2011 Tohoku-oki Earthquake using seismogram envelopes as templates

小菅 正裕^{1*}; 境 優佳²
KOSUGA, Masahiro^{1*}; SAKAI, Yuuka²

¹ 弘前大学理工学研究科, ² 弘前大学理工学部

¹Graduate School of Sci. & Tech., Hirosaki Univ., ²Fac. Sci. & Tech., Hirosaki Univ.

余震域は時間とともに拡大するので、本震直後の余震分布の推定は本震の断層の大きさを推定する上で重要である。しかし、本震直後の時間帯は本震のコーダ波や引き続く余震のために震源決定が困難である。そこで我々はエンベロープをテンプレートとした震源推定法を開発した。この方法ではまず、連続記録とテンプレートの相関係数を計算し、観測点平均した相関係数の時系列を全テンプレートに対して求める。次に、相関係数の降順に地震の検出（テンプレートの選択）を行う。その際、既に検出された地震の前後一定の時間帯からは地震を検出しないようにした。最後に、検出された地震の実際の波形とエンベロープ波形のラグを説明するように、テンプレートに対する相対震源決定を行う。この方法を2011年東北地方太平洋沖地震に対して適用した。33観測点における96テンプレートを用い、8 Hz帯域において本震直後30分間に22個の地震を検出した。この時間帯での気象庁一元化震源カタログに含まれる地震数は13個である。震源位置については詳細に検討する必要があるが、本研究の方法によって大地震の本震直後の地震検出が可能であることがわかった。

謝辞：本研究には防災科学技術研究所 Hi-net の波形記録を使用しました。本研究の費用の一部は科学研究費補助金（課題番号 23540487）によるものです。記して感謝の意を表します。

キーワード: 本震直後の余震, テンプレート, エンベロープ, 東北地方太平洋沖地震

Keywords: early aftershocks, template, envelope, Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake

長期海底地震計による2011年東北地震震源域北部の余震分布 Aftershock distribution in the northern source region of the 2011 Tohoku earthquake by long-term OBSs

篠原 雅尚^{1*}; 山田 知朗¹; 中東 和夫²; 望月 公廣¹; 町田 祐弥¹; 真保 敬³; 村井 芳夫⁴; 日野 亮太⁵; 伊藤 喜宏⁶; 佐藤 利典⁷; 植平 賢司³; 八木原 寛⁸; 塩原 肇¹

SHINOHARA, Masanao^{1*}; YAMADA, Tomoaki¹; NAKAHIGASHI, Kazuo²; MOCHIZUKI, Kimihiro¹; MACHIDA, Yuya¹; SHINBO, Takashi³; MURAI, Yoshio⁴; HINO, Ryota⁵; ITO, Yoshihiro⁶; SATO, Toshinori⁷; UEHIRA, Kenji³; YAKIWARA, Hiroshi⁸; SHIOBARA, Hajime¹

¹ 東大地震研, ² 神戸大理, ³ 防災科研, ⁴ 北大理, ⁵ 東北大, ⁶ 京大防災研, ⁷ 千葉大理, ⁸ 鹿児島大理

¹ERI, Univ. of Tokyo, ²Kobe Univ., ³NIED, ⁴Hokkaido Univ., ⁵Tohoku Univ., ⁶DPRI, ⁷Chiba Univ., ⁸Kagoshima Univ.

The 2011 Tohoku earthquake occurred at the plate boundary and many aftershocks followed. To obtain a precise aftershock distribution is important for understanding of mechanism of the earthquake generation. In order to study the aftershock activity, we carried out extensive sea floor aftershock observation using more than 100 ocean bottom seismometers just after the mainshock. Deployment and recovery of the OBS were repeated, and we obtained the data from OBSs just after the mainshock to the middle of September, 2011. A precise aftershock distribution for approximately three months in the whole source area, with an emphasis on depths of events, was obtained from the OBS data. In the southern source region, an aftershock distribution until September, 2011 was also estimated. Totally urgent OBS observations located 1210 aftershocks (Shinohara et al., 2011, 2012). After the urgent aftershock observation using short-term OBSs, we continued the observation using long-term OBSs to monitor seismic activities in the source area. We deployed 40 LT-OBSs in the whole source region in September 2011 and have completed recovery of the LT-OBSs until November, 2012. In this presentation, we concentrate seismic activities in the northern source region using the data from the urgent aftershock observation and long-term seafloor observation.

We selected events whose epicenter is located below the OBS network from the JMA earthquake catalog, and P and S-wave arrival times were picked from the OBS data. Hypocenters were estimated by a maximum-likelihood estimation technique with one dimensional velocity structures. Thickness of sedimentary layer changes at each OBS site was evaluated and the estimated travel times by the location program were adjusted. We will report precise seismic activities in the northern source region with spatial and temporal variation. From preliminary analysis, seismic activity in off-Miyagi region was still low until the end of the long-term observation.

A boundary of stress-field orientation in northwestern area of the Kanto plain A boundary of stress-field orientation in northwestern area of the Kanto plain

YANO Tomoko Elizabeth^{1*}; 武田 哲也¹; 汐見 勝彦¹
YANO, Tomoko elizabeth^{1*}; TAKEDA, Tetsuya¹; SHIOMI, Katsuhiko¹

¹ 防災科研

¹NIED

Kanto-Tokai area is particularly important in terms of seismic hazard and mitigating disaster since this area is having high potential to economic and social impacts. Despite the fact, the Kanto region is one of the most seismic active areas due to its complicated tectonics and has an active fault zone, containing Fukaya fault, in northwestern area of the Kanto plain, which has potential to the M8 class earthquake. Many studies and research projects have attempted to understand the seismic activity and stress field. However, reliable and high-resolution catalog is required for the detailed discussion.

We have launched Japan Unified High-resolution Relocated Catalog for Earthquakes (JUICE) project since 2013. Events were relocated using the Double-Difference method for high-resolution hypocenter location to estimate seismogenic layer thickness, to evaluate active faults, and to understand the tectonic processes in Japan. We have completed for the first version of Catalog in the region of Kanto-Tokai area for the shallow (>40 km) earthquakes between M0 and M6.5 from 2001 to 2012. Here, in this presentation, we introduce the result from JUICE focusing on the northwestern area of the Kanto plain that contains a sharp boundary in which pressure and tension axis dramatically change by 90 degrees.

The JUICE catalog clearly shows a band of seismicity from Izu peninsula to the north. This seismic band has a nearly constant width of about 50 km. The focal mechanisms show that strike and thrust type dominate throughout this seismic band continuously, though there exists a area where pressure and tension axis dramatically change within this seismic band. While this “area” has been already recognized (e.g. Suzuki, 1989), JUICE helps to draw a precise “line” as a stress-field orientation boundary where happened to be close to Fukaya fault.

Bouguer gravity anomaly and seismic exploration data imply structural changes at the stress-field orientation boundary. According to the Bouguer gravity anomaly (Komazawa, 2004), the boundary appears to be associated with the gravity-low zone. The gravity anomalies show a lineation that trends NW-SE, the same direction of the boundary. Seismic profile (Sato et al., 2003) displays changes in basement character showing the pattern of depression beneath Fukaya fault. The shape of depression corresponds to the pattern of seismicity beneath this area, and also the boundary sites beneath the lowest point of the depression.

It appears to split into different regimes at the stress-field orientation boundary. We conclude that it is possible to have major tectonic boundary underneath this northwestern area of the Kanto plain. Moreover, we suggest that Median tectonic line (MTL) is a major candidate underneath this area. MTL runs parallel to the island arc through southwest Japan and divides different geological structures into outer (the forearc side) and inner arc (the backarc side). The trace of MTL disappears on the eastern side of Itoigawa-Shizuoka tectonic line, but Takagi et al. (2006) found an evidence of inner arc materials in the core sample obtained around this area. Therefore we assume that MTL is buried underneath the boundary. This finding may eventually impact on the research relates to hazard of Kanto area.

キーワード: 地震活動とテクトニクス

Keywords: Seismicity and tectonics

火山地帯での群発地震活動の推定 Estimating earthquake swarms in volcanic regions

熊澤 貴雄^{1*}; 尾形 良彦¹; 木村 一洋²; 前田 憲二²; 小林 昭夫²
KUMAZAWA, Takao^{1*}; OGATA, Yoshiko¹; KIMURA, Kazuhiro²; MAEDA, Kenji²; KOBAYASHI, Akio²

¹ 統計数理研究所, ² 気象研究所

¹The Institute of Statistical Mathematics, ²Meteorological Research Institute

In the eastern Izu region, earthquake swarms have occurred repeatedly since 1978. These events are known to be triggered by magma intrusions, and the amount of magma intrusion is correlated with volumetric strain of the crust. We show the background seismicity rate is highly correlated with the volumetric strain in this region, with a short time delay. We then discuss the possibility to forecast the seismicity in volcanic regions.

To calculate the background seismicity rate, we used the epidemic-type aftershock sequence (ETAS) model extended for application to nonstationary seismic activity, introduced by Kumazawa & Ogata (2013). The time-dependent rates of both background seismicity and aftershock productivity in the ETAS model are optimally estimated from hypocenter data by Bayesian smoothing method. These rates can provide quantitative evidence for abrupt or gradual changes in shear stress and/or fault strength due to aseismic transient causes such as triggering by remote earthquakes, slow slips, or fluid intrusions within the region.

キーワード: ETAS モデル, ベイズ平滑化, 群発地震, 火山地帯, 伊豆地方

Keywords: ETAS model, Bayesian smoothing, earthquake swarm, volcanic region, Izu

Source Characteristics and Coulomb Stress Change of the 19 May 2011 Mw 6.0 Simav-Kutahya Earthquake, Turkey
Source Characteristics and Coulomb Stress Change of the 19 May 2011 Mw 6.0 Simav-Kutahya Earthquake, Turkey

GORGUN, Ethem^{1*}
GORGUN, Ethem^{1*}

¹Department of Geophysical Engineering, Istanbul University

¹Department of Geophysical Engineering, Istanbul University

Abstract

On 2011 May 19, Simav district of Kutahya province in northwest Anatolia was hit by a moderate size ($M_w=6.0$) earthquake. Centroid moment tensors for 41 events with moment magnitudes (M_w) between 3.5 and 6.0 are computed by applying a waveform inversion method on data from the Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute broadband seismic network. The time span of data covers the period between 2011 May 19 and 2011 August 22. The mainshock is a shallow focus normal event at a depth of 10 km. Focal depths of aftershocks range from 5 to 20 km. The seismic moment (M_o) of the mainshock is calculated 1.15×10^{18} Nm. The estimated rupture duration of the Simav mainshock is 30 s. The focal mechanisms of the aftershocks are mainly normal faulting with a variable strike-slip component. The geometry of focal mechanisms reveals a normal faulting regime with NE-SW trending direction of T-axis in the entire activated region. A stress tensor inversion of focal mechanism data is performed to acquire a more accurate picture of the Simav earthquake stress field. The stress tensor inversion results indicate a predominant normal stress regime with a NW-SE oriented maximum principal compressive stress. According to variance of the stress tensor inversion, to first order, the Simav earthquake area is characterized by a homogeneous intraplate stress field. Eventually, Coulomb stress analysis is performed to calculate the stress transfer and correlate it with the activated region. Positive lobes with stress more than 3 bars are obtained, indicating that these values are large enough to increase the Coulomb stress failure towards NW-SE direction.

キーワード: Aftershock, Coulomb Stress Analysis, Focal Mechanism, Simav earthquake, Stress tensor inversion, Western Anatolia

Keywords: Aftershock, Coulomb Stress Analysis, Focal Mechanism, Simav earthquake, Stress tensor inversion, Western Anatolia

関東大震災(1923)と横浜 The Great Kanto Earthquake (of 1923) and YOKOHAMA (1)

西澤 勝^{1*}
NISHIZAWA, Masaru^{1*}

¹ なし
¹ none

1. 開港 (Open a port to foreign ships for trade)

1859年横浜は開港する (Open a port to foreign ships for trade)。開港の三ヶ月前に工事が着工される突貫工事であった (The port was built at full speed)。

アーサー・ブレンドの手記によると「建物は木材以外は使用されず、倉庫はドロと漆喰 (plaster/stucco) で出来ていたために、非常に火災が (a fire) 多く「豚屋火事」と言われるくらい、ひんぱんに火災があった。火災後、プラントンが近代的町づくりをし、防火帯として「日本大通」を造り、もう一つは、「本格的な石造り (made of stone)」の町を作ることをおしすすめた。石は房州からで、洋風の石積み・ブラフ (bluff) が山手を表す固有名詞ともなった。幕府は治安も考え、海、川と運河で囲まれた近代の出島に橋をもうけ、門門をもうけた。関内、関外の呼び名が生ずる。今の山下町界隈を外国人居留地、以西を日本人居留地と定めた。この二つの町の間に港崎遊郭は外国人のためにつくられた。1866年の火災で吉田新田に遊郭は移る。開港後は商人ばかりでなく、異国情緒の満つる横浜に、浮世絵師も集り、異人の生活、風俗を描いた作品は、「横浜絵」、「横浜浮世絵」あるいは、「横浜開化錦絵」とも呼ばれ、飛ぶように売れた。画題の主な三つは、(a) 開港場として整備していく横浜の絵図 (b) 港崎遊郭と遊興する外国人の姿 (c) 居留地の町並みと外国人の日常生活であった。横浜開化錦絵 (Yokohama civilization (enlightenment) color print) も彫り、摺りの技術面の低下など又画題のパターン化もあり、終焉してゆくが、横浜のエキゾチズム (exoticism) を表現、文化の媒体となったことは特筆に値する。

2. 関東大震災以後

関東大震災によって壊滅状態となった横浜の復興の街並みの中心となったのは、耐震性と耐火性の双方に勝れる、鉄筋コンクリート建築であった。「関東大震災と横浜」「横浜港と関東大震災」「横浜・関東大震災の記憶」等の横浜市等の資料及び博物館等での展示会を見ての感想は、まず、最近の中国内陸部や中近東での地震における、ブロック造りや土壁造りなどの家屋の崩壊の仕方と非常によく似た建物の崩壊をしているということであった。鉄筋が当時なかったのかと、一瞬思ったほどで、そのために、1.で開港の章を設けた。ブロック状で造られていたり、その間の繋ぎ目も不備であることが写真等で判る。次に、港や街中の写真からは、液状化の現象らしきものは認められない。しかし、復興後の計画を見ると、かなり埋立造成地が増加しており、液状化多発の要因を作っている計画となっている。なお現在の横浜は近代的ビルが建設され、港には一見、見かけは美しい横浜ベイブリッジなども建設され、見る者に複雑な想いに浸らせる。関東大震災以後に、重要視されたものを以下にいくつか示す。(1) ズロース：アメリカに留学した津田梅子ら少女五人が最初に着用したらしいが、大震災焼跡の女性の無惨さが、ズロースの必要性を悟らす。昭和7年白木屋の火事で着物のすそを気にして、手を離したり、脱出を拒んだ女性の焼死体以後徹底す。(2) 地下足袋は、全国から集まった、関東大震災復興作業の労務者が用いて広く普及。商品名の地下足袋が一躍普通名称に。平安時代、「尻切」、室町時代「足半」、江戸時代、竹皮草履、中貫、麻裏、板草履や雪駄が。地下は直に土地を踏むので「はだし足袋」とも。(3) スリッパは明治初年以來洋館が建つと共に普及。(4) アパートの普及。アパートは古代ローマに始まるが、欧米は18世紀産業革命に伴い、日本は1910年上野池の端の上野倶楽部竣工が最初。1925~1927年関東大震災後、住宅建設を目的の同潤会により、渋谷の青山、代官山に鉄筋コンクリート造りのアパート。以後木造アパートも個人経営の貸し家として企業化。(5) タイピストの出現。明治10年頃アメリカからの欧文タイプに刺激され、大正4年邦文タイプ完成。関東大震災復興後、婦人の職場進出が広がり、邦文タイピストは時代の先端をゆく新職業。しかし服装は依然和服。

参考文献

- 樋口清之監修：「起源のナゾ」光文書院、昭和49年
- 西澤勝：1995年1月兵庫県南部地震の液状化に伴う免振力についての若干の考察、2002年6月、第28回日本環境学研究発表会
- 西澤勝：液状化に対する私見とその応用、2011年6月、第37回日本環境学研究発表会
- 西澤勝：句集「行雲流水」(増補版)-地震考-一波相論に備へて-、平成22年10月(2010、10月)
- 宗像盛久編：横浜開化錦絵を読む、東京堂出版、平成12年

キーワード: 関東大震災, 横浜, 開港, 横浜開化錦絵, 鉄筋コンクリート

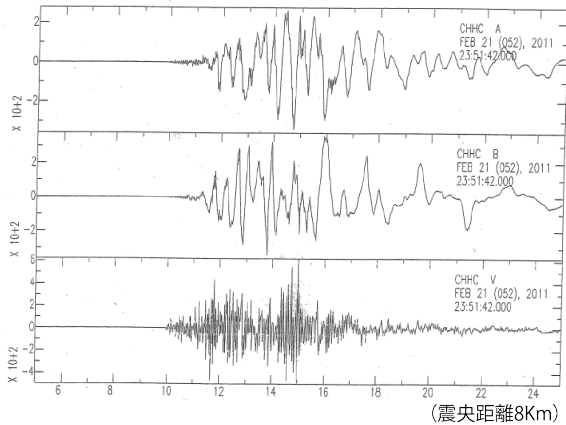
Keywords: The Great Kanto Earthquake (of 1923), Yokohama, Open a port, YOKOHAMA civilization color print, The reinforced concrete building

SSS24-09

会場:315

時間:5月1日 17:45-18:00

クライスチャーチの波形



東西、南北の波の位相は逆転していることは他と同じで、水平方向に建物に対して回転力(又はねじれ)が生じることが判る。

主要動以後の波形は波うっていることは他と同様。しかし、上下動も多少は波うってはいるが、東西、南北に比べると小さい。

日本列島内陸および震源域における東北地方太平洋沖地震後の地震活動の変化 Seismic activity in eastern Japan and the source region after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake

魚落 昭子¹; 久家 慶子^{1*}
UOOCHI, Akiko¹; KUGE, Keiko^{1*}

¹ 京都大学大学院理学研究科

¹Dept. Geophysics, Kyoto University

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は、日本観測史上最大のM9.0であった。この地震直後には震源域のみならず日本列島でも地震活動の変化が報告された(Toda et al., 2011; Kato and Igarashi, 2012 など)。東北地方太平洋沖地震発生から3年が経過し、本研究では、震源域および日本列島内陸を含んだ広域を対象に、本震から2年半後までの地震活動の変化について系統的に調査した。

本研究では、緯度33.4~41° 経度136~145° の調査領域を緯度経度0.2° 幅の小領域に分割し、各々の小領域内において、東北地方太平洋沖地震発生前9年間での1年あたりの地震発生頻度に対する、東北地方太平洋沖地震発生から1年間、および発生1年半後から1年間の地震発生頻度の比を算出した。これらの比の比較と空間分布から、地震活動の変化を検出した。震源データには気象庁一元化震源を用いた。東北地方太平洋沖地震前に大きな内陸地震が発生した場所については、顕著な余震期間を除いて地震発生頻度を計算した。また、これに平行して、東北地方太平洋沖地震の震源域については、F-netのCMTカタログからプレート境界地震と思われる震源データを選び出して同様の手法を適用した。

算出した地震発生頻度比の結果から、東北地方太平洋沖地震震源域のプレート境界地震については、東北地方太平洋沖地震から2年半後には、岩手県沖をのぞく震源域全域が本震以前の地震活動より低下していることが明らかになった。日本列島内陸に関しては、本震からの1年間、磐梯山、日光白根山、草津白根山、苗場山、富士山の活火山周辺や、いわき、秋田県北部・中部、関東地方南部で顕著に活発な地震活動が検出された。2年半後には、日本列島内陸の広い範囲で、本震前よりも地震発生頻度が低くなり、磐梯山、苗場山、富士山周辺の地震活動も低下した。一方、秋田県北部・中部、関東地方南部やいわき、日光白根山、草津白根山周辺では、2年半後も依然として活発な地震活動が検出された。

本研究で検出された地震発生頻度比が顕著な地域を対象にして各々の地震活動を丁寧に調べると、日本列島内陸のその多くで、東北地方太平洋沖地震前後で地震発生場所やメカニズムに変化があったことが確認できた。更に、顕著な地震発生頻度比をもつ地域の東北地方太平洋沖地震後の地震活動に改良大森公式の適用を試みたところ(気象庁一元化震源を使用)、東北地方太平洋沖地震震源域から離れた日本列島内陸でも多くの地域でおおよそ改良大森公式に従うようにみられ、地震発生頻度が本震2年半後まで高い領域で $p=0.2\sim 1.1$ 、本震1年後まで高かった地震発生頻度が2年半後には低下した領域で $p=0.8\sim 1.1$ となった。特に関東地方南部では、 p 値が0.2となり、他の地域と比較してかなり小さく、地震活動が比較的ゆっくり減少しているといえる。また、活火山の周辺では、地震発生頻度変化の違いに関わらず、比較的大きな p 値となる。一方、東北地方太平洋沖地震の震源域では、震源域全域、余効すべり域、および余効すべり域外の領域で p 値はいずれも1.0~1.1となり、余震の減衰の仕方に大きな違いが見られなかった。

日本列島内陸地震に先立つ異常地震活動の統計的特徴 A statistical feature of anomalous seismic activity prior to large inland earthquakes in Japan

河村 将^{1*}; 呉 イーシュエン²; 工藤 健³; 陳 建志²
KAWAMURA, Masashi^{1*}; WU, Yi-hsuan²; KUDO, Takeshi³; CHEN, Chien-chih²

¹ 国立台湾大学地質科学系, ² 台湾国立中央大学地球物理研究所, ³ 中部大学工学部共通教育科

¹Department of Geosciences, National Taiwan University, ²Grad. Inst. of Geophysics, National Central University, Taiwan,

³General Education Division, College of Engineering, Chubu University

内陸地震発生に先立つ異常地震活動(地震活動静穏化・活発化)は、地震発生準備過程(応力蓄積過程)の反映と考えられる。日本の内陸地震発生の準備過程について、特徴的時間スケールが存在するとすれば、それを明らかにすることは準備過程解明に重要な情報となる。そこで、異常地震活動(地震活動静穏化・活発化)の位置(空間メッシュ)をパターンインフォマティクス法により特定し、さらにその後内陸地震($M \geq 6.4$)が異常地震活動の位置で発生する傾向にあるかどうかを、Molchan の error diagram を用いて統計的に評価した。解析には気象庁一元化震源を使用した。2000 年から 2010 年の間に、主に日本内陸で発生した $M \geq 3.5$ 、 $M \geq 4.0$ 、および $M \geq 4.5$ (3 通り)、深さ 30km 以浅の地震を用い、4・6・8・10・12・14 年の異なる時間スケールについて地震活動変化(平均的な日地震発生数の変化量)が有意に大きな位置を特定した。結果、日本の内陸地震発生に要する準備期間は 8 年から 10 年で、下限マグニチュードが $M \geq 4.0$ と $M \geq 4.5$ の場合には、この傾向が統計的にも有意となった。

キーワード: パターンインフォマティクス, 地震活動静穏化, 地震活動活発化, 誤差ダイアグラム, 応力蓄積, 内陸地震
Keywords: pattern informatics, seismic quiescence, seismic activation, Molchan's error diagram, stress accumulation, inland earthquake

東北地方太平洋沖地震後の南東北～関東沿岸域のプレート境界近傍における応力変化の時間変化 Coulomb stress change inverted from the seismicity rate change in southern 2011 Tohoku earthquake's source region

高橋 豪^{1*}; 津村 紀子¹
TAKAHASHI, Go^{1*}; TSUMURA, Noriko¹

¹ 千葉大学大学院理学研究科

¹ Graduate School of Science, Chiba University

本研究の対象地域である南東北～関東の沿岸域は東北地方太平洋沖地震の破壊域の南端に位置し、東北地方太平洋沖地震発生後余震が多発した領域である。対象地域内には太平洋プレート (PAC) 及びフィリピン海プレート (PHS) が沈み込んでおり、茨城沖の PAC 上面付近では本震発生から 30 分後に Mw7.9 の最大の余震、房総半島沿岸部の PHS 上面付近では 2011 年 10 月に平均発生間隔より短い期間でスロースリップイベント (SSE) が発生した。このような巨大地震発生後の余震活動は本震による応力の変化が重要な役割を果たしていると考えられている。そこで、本研究では地震発生回数の変化から応力変化の時間変化を求める手法を使用し、東北地方太平洋沖地震発生後、研究対象地域内のプレート上面近傍でどのような応力変化があったのかを推定した。

推定された応力変化は、東北地方太平洋沖地震が発生した直後に対象領域内の PAC および PHS 上面のほとんどの領域で非常に大きい値を示した。この大きな応力変化は房総半島沖付近まで達した。その後、これらの大きな応力変化は時間の経過とともに小さな値になったが、PAC 上面付近では、福島沖―銚子沖において本震発生後から 2012 年 2 月まで大きな応力変化を示した。PHS 上面付近では、PHS の北東端付近と 2011 年 10 月の SSE 発生域の北東部において 2013 年 3 月まで大きな応力変化が維持されていたことが示された。過去の研究では、PHS の北東端付近を本震の破壊域の南端と推定している。本研究では房総半島沖付近まで大きな応力変化が見られたことから、破壊域よりも更に南側まで大きな応力変化が達したことが示唆される。

地震発生回数から推定された応力変化について考察するため、PAC と PHS の上面において東北地方太平洋沖地震と Mw7.9 の余震、余効変動による応力変化の数値計算を行った。数値計算の応力変化の分布の特徴は地震発生回数の変化から推定した応力変化の特徴と類似した。このことから、本研究で示された対象地域内の東北地方太平洋沖地震発生後の応力変化は本震と Mw7.9 の余震、余効変動による影響でほぼ説明しうると考えられる。また、それらの大きな応力変化が房総半島付近まで達したことが明らかになった。一方で、2011 年 10 月の SSE 域北東部では、数値計算から求めた応力変化は相対的に小さい値であったが、地震発生回数から推定した応力変化は大きな応力変化となった。このことから、本震や Mw7.9 の余震、余効変動以外の影響があったか、この SSE 域北東部では破壊強度に近いレベルにあったことが考えられる。この SSE 域北東部は 2011 年 10 月の SSE のすべりが開始したと指摘されている領域であることから、この領域での大きな応力変化が 2011 年 10 月の房総半島の SSE の発生に影響したことが示唆された。

キーワード: 応力変化, 2011 年東北地方太平洋沖地震, 余震, スロースリップ

Keywords: stress change, 2011 Tohoku earthquake, aftershock, slow slip

長期海底地震観測で得られた2011年東北地方太平洋沖地震後の茨城・房総沖の地震活動 Spatial distribution of earthquakes off the coast of Ibaraki and the Boso Peninsula after the 2011 Tohoku Earthquake

中東 和夫^{1*}; 町田 祐弥²; 真保 敬⁷; 山田 知朗²; 望月 公廣²; 塩原 肇²; 篠原 雅尚²; 村井 芳夫³; 日野 亮太⁴; 東 龍介⁴; 鈴木 健介⁸; 久保田 達矢⁴; 長谷川 和也⁴; 佐藤 利典⁵; 高田 裕能⁵; 植平 賢司⁷; 八木原 寛⁶
NAKAHIGASHI, Kazuo^{1*}; MACHIDA, Yuya²; SHINBO, Takashi⁷; YAMADA, Tomoaki²; MOCHIZUKI, Kimihiro²; SHIOBARA, Hajime²; SHINOHARA, Masanao²; MURAI, Yoshio³; HINO, Ryota⁴; AZUMA, Ryosuke⁴; SUZUKI, Kensuke⁸; KUBOTA, Tatsuya⁴; HASEGAWA, Kazuya⁴; SATO, Toshinori⁵; TAKATA, Hiroyoshi⁵; UEHIRA, Kenji⁷; YAKIWARA, Hiroshi⁶

¹ 神戸大学, ² 地震研究所, ³ 北海道大学, ⁴ 東北大学, ⁵ 千葉大学, ⁶ 鹿児島大学, ⁷ 防災科学研究所, ⁸ 海洋研究開発機構
¹Kobe Univ., ²Earthquake Research Inst., ³Hokkaido Univ., ⁴Tohoku Univ., ⁵Chiba Univ., ⁶Kagoshima Univ., ⁷National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, ⁸JAMSTEC

The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake occurred on March 11, 2011, off shore of the northeast Japan region. Many aftershocks occurred following the mainshock. To obtain a precise aftershock activity is important for understanding the mechanism of earthquake generation, and the recovery of plate coupling at a ruptured plate boundary. In order to study the aftershock activity, we had deployed 66 long-term ocean bottom seismometers (LTOBS) off the coast of Ibaraki and the Boso Peninsula from October 2011 to November 2012.

For hypocenter determination, we selected 1606 events whose epicenter catalog which the Japan Meteorological Agency for hypocenter determination. P- and S- wave arrival times were manually picked using the WIN system (Urave and Tsukada, 1991). Hypocenters were determined by the maximum-likelihood estimation technique (Hirata and Matsuura, 1987). The hypocenter location program used in this study is based one-dimensional structure with constant V_p/V_s ratio of 1.73. Because a sedimentary layer below the sea floor generally has a large V_p/V_s value, an adjustment of the station corrections is needed. To obtain the station correction, we used the following method. First, we located the hypocenter using the P- and S-wave arrival times with the assumed station correction values for the velocity structure used. The averaged differences between observed travel time and estimated travel times (O-C times) for each station were then calculated. The averaged O-C times were added to the previous station correction values, and the hypocenters were relocated. We repeated this procedure eleven times. After this procedure, the averaged O-C times were less than 0.1 s for both the P-wave and S-waves. We estimated 458 hypocenter locations with an error of less than 5 km in the horizontal direction and less than 3 km in depth by using LTOBS data.

Most of the hypocenter locations have a depth shallower than 40km. The earthquakes form a plane dipping landward in the study area. Comparing the hypocenter locations with crustal structures obtained by active seismic studies (e.g. Miura et al., 2003). Many events occurred along the plate boundary. We also compared the hypocenter locations with aftershock distribution of the seismic observation conducted immediately after 2011 Tohoku Earthquake (Shinohara et al., 2012). Shinohara et al., (2012) reported that the low seismicity region has seen at the shallow part of the plate interface in the off-Fukushima. On the other hand, our results showed the seismicity is not low at the same region. This difference may reflect the change of stress fields at a ruptured plate boundary.

海底地震観測による2013年福島沖の地震活動 Spatial distribution of earthquakes off the coast of Fukushima deduced from a one-year OBS observation in 2013

山田知朗^{1*}; 中東和夫²; 篠原雅尚¹; 望月公廣¹; 塩原肇¹

YAMADA, Tomoaki^{1*}; NAKAHIGASHI, Kazuo²; SHINOHARA, Masanao¹; MOCHIZUKI, Kimihiro¹; SHIOBARA, Hajime¹

¹ 東大地震研, ² 神戸大理

¹Earthquake Research Institute, Univ. of Tokyo, ²Kobe Univ.

The 2011 Tohoku earthquake (M9.0) vastly changes stress field around the rupture zone, and many aftershocks and other related geophysical phenomenon such as geodetic movements have been observed. The seismicity not only keeps still high rate compared with that before the 2011 earthquake but is important to figure out the time-spacious distribution during the relaxation process for understanding the giant earthquake cycle. Many studies using ocean bottom seismometers (OBSs) [e.g. Shinohara et al., 2011, Nakahigashi et al., this meeting] have been doing since soon after the 2011 Tohoku earthquake in order to obtain aftershock activity precisely. Here we show one of the studies at off the coast of Fukushima which is located on the southern edge of the rupture zone of the 2011 Tohoku earthquake. 12 short-period type [Lennartz 3Dlite] OBSs (SOBS) and 4 broadband type [Guralp CMG 3T] OBSs (BBOBSs) in August 2012 were installed. 20 SOBSs and 4 BBOBSs attached with absolute pressure gauge [Paroscientific Model 8B] were added in November 2012. After one year continuous recording, 36 OBSs were recovered in November 2013. We selected characteristic 1,000 events in the vicinity of the OBS network based on a hypocenter catalog publish by the Japan Meteorological Agency, and extracted the events' data from all available OBS data after time corrections caused by each internal clock. Each P and S wave arrival times, P wave polarity and maximum amplitude were picked manually on a computer display using the WIN system [Urabe and Tsukuda, 1991]. We assumed one dimensional velocity structure that is modification of the result from an active source experiment close to our network, and applied time corrections every station which were estimated from differences from theoretical and observational travel times for removing ambiguity of the assumed structure. Then we adopted the maximum-likelihood estimation technique [Hirata and Matsu'ura, 1987] and calculated the hypocenters. Preliminary results show that intensive activity near the Japan trench can be seen while there was a quiet seismic zone between the trench zone and landward high activity zone.

キーワード: 福島沖, 余震活動, 長期型海底地震計

Keywords: off Fukushima, Aftershock activity, Long-term OBS

房総半島沖のプレート間すべりによる応力変化と地震活動の関係 (その2) Relation between Seismicity and Stress Change Associated with Interplate Slips off Boso Peninsula: Part 2

弘瀬 冬樹^{1*}; 前田 憲二¹
HIROSE, Fuyuki^{1*}; MAEDA, Kenji¹

¹ 気象研究所

¹ Meteorological Research Institute

弘瀬・前田 (2012, 2013, JpGU; 2013, SSJ) は、房総半島沖のスロースリップイベント (以下, SSE) に伴う応力場の変化と地震活動度および b 値とに時空間的な相関がみられることを指摘した。例えば、地震活動についてみると、(S-1) SSE 時に活発化、(S-2) 2002 年および 2007 年 SSE 前に静穏化、(S-3) 2007 年 SSE を境に発生率が増加、という 3 つの特徴が挙げられる。次に G-R 則の b 値についてみると、(b-1) SSE 中および直後に小さくなる、(b-2) 次の SSE まで徐々に大きくなる、というサイクルを繰り返している。

ここで注目している地震活動域のすべり欠損レートはほぼゼロである。すなわち、安定的に滑っているプレート境界面に小さなアスペリティが分布しているため、地震が定常的に発生していると考えられる。一方、SSE の発生に伴って地震活動域のプレート間すべりレートも増加する。そして、歪蓄積レートが高くなるため、応力の増加率も高くなる。ここで、室内実験から得られた「応力の増加率が高い=地震発生率が高い (Dieterich, 1994, JGR)」または「応力と G-R 則の b 値は逆相関 (Scholz, 1968, BSSA)」という結果を考慮すると、SSE 時に地震発生率が高くなり、同時に b 値は低くなると予想される。観測結果はこの予想と整合している。

具体的にみてみると、SSE 時 (S-1, b-1) では、SSE の中心部は勿論のこと、SSE の縁に位置する地震活動域のプレート間すべりレートも SSE 間のそれより高くなる (GNSS データから推定されたすべり欠損および SSE 分布より確認できる)。そして、歪蓄積レートが高くなるため、応力の増加率も高くなる。それにより地震発生率が高くなり、同時に b 値が低くなる。一方、SSE 間 (S-2, b-2) では、プレート間すべりレートが SSE 時より低下するため、上記と逆の現象となり、地震活動の静穏化が現れ、同時に b 値は高くなる。2007 年 SSE を境に発生率が増加 (S-3) については、2007 年 SSE 前後ですべり欠損分布に大きな違いはない。この状況下で地震発生率に変化が現れるためには、Dieterich (1994) の枠組みで考えると、すべり欠損レートは変わらず、定常すべりレートだけが高くなればよい (定常すべりレートの値がいくつであろうとすべり欠損には影響しない (Savage, 1983, JGR))。つまり、プレート間カップリング率 (すべり欠損レート/定常すべりレート) の低下を意味する。このように、地震活動や b 値の時間変化は、プレート間すべりレートの擾乱で包括的に説明できる。

ところで、房総 SSE は概ね 4-7 年間隔で発生していたが、2011 年末および 2014 年初めにも発生し、直近 2 回の発生間隔は 2 年程度とこれまでに比べて極端に短い。発生間隔が短縮した主な原因は 2011 年東北地方太平洋沖地震 (以下、東北沖地震) の影響によるものと考えられるが、これまでにみられた特徴が 2014 年 SSE でもみられるかどうか、期間を延長して解析した。その結果、(S-1) SSE 時の地震活動の活発化、(S-3) 2007 年以降の高い地震発生率、(b-1, b-2) b 値の時間変化はこれまでと同じ傾向を示した。一方、東北沖地震の影響が依然強く、(S-2) SSE 前の地震活動の静穏化については認められなかった。

キーワード: 房総半島, スロースリップイベント, b 値, 応力, 時間変化

Keywords: Boso peninsula, slow slip event, b value, stress, temporal change

紀伊半島南方沖の南海トラフ軸周辺における微小地震活動について Microseismicity around the Nankai trough south off the Kii Peninsula

山崎 明^{1*}
YAMAZAKI, Akira^{1*}

¹ 気象研究所
¹ Meteorological Research Institute

紀伊半島南方沖の南海トラフ周辺海域で実施された海底地震観測はこれまでほとんどが海溝軸より陸側で行われており、海溝軸から南方にかけての地震活動についてはあまりよくわかっていなかった。気象研究所では2005年から2008年にかけて気象庁地震火山部と共同で紀伊半島南方沖の南海トラフ軸周辺とその南方海域で海底地震観測を実施した。観測は自己浮上式海底地震計を10台程度使用し、観測期間が約3カ月の観測を計4回行った。観測の結果、南海トラフ軸周辺では微小地震活動がかなり活発であることが明らかとなった。これらの微小地震は気象庁一元化震源のカタログには記載がなく、海底地震観測を実施することによって見出された地震活動であるといえる。

紀伊半島南方沖の南海トラフ軸周辺で発生している微小地震活動の特徴として次のようなことが言える。まず微小地震の震源の深さについてはほとんどの地震が10km~25kmに分布している。同海域の気象庁一元化震源では深さはおおむね30km~40kmに分布しているが、海底地震観測の実施により実際の震源は一元化震源より20km程度浅いことが明らかとなった。震源の深さ分布には比較的はっきりした下限の面が存在し、その面より下部ではほとんど地震は発生していない。全般的にみて微小地震活動の震源分布はトラフ軸を挟んでトラフ軸より海側では南傾斜、陸側では北傾斜で分布する傾向が認められる。微小地震の面的な分布は一様ではなくかなり偏った分布をしており、ところどころに地震クラスターや線状の地震配列を見出すことができる。また微小地震のほとんど発生していない直径が20km~30kmのサイズの空白域が数箇所存在し、フィリピン海プレート内に地震活動のセグメント構造が形成されているように見える。

南海トラフに限らずトラフ軸沿いの地震活動はプレートの屈曲やプレート間の固着状態の変化による沈み込み帯の力学的状態の変化の影響を受けている可能性がある。例えば、プレート境界型巨大地震の発生に伴ってアウターライズで発生する地震のメカニズムが圧縮場から張力場のメカニズムに変化することが指摘されている。このように南海トラフ軸沿いの微小地震活動の時間的变化は沈み込み帯の固着域の何らかの状態変化を反映している可能性があり、今後の活動の推移が注目される。

キーワード: 海底地震観測, 東南海地震, 南海地震, 南海トラフ, 微小地震活動, フィリピン海プレート

Keywords: ocean bottom seismograph, Tonankai earthquake, Nankai earthquake, Nankai trough, microseismicity, Philippine Sea plate

伊豆-小笠原および琉球海溝沿いの繰り返し地震活動 Repeating earthquake activity along the Izu-Bonin and Ryukyu trenches

日比野 剛大^{1*}; 内田 直希¹; 松島 健²; 中村 航¹; 松澤 暢¹
HIBINO, Kota^{1*}; UCHIDA, Naoki¹; MATSUSHIMA, Takeshi²; NAKAMURA, Wataru¹; MATSUZAWA, Toru¹

¹ 東北大学大学院 理学研究科, ² 九州大学理学研究院
¹Graduate School of Science Tohoku University, ²Faculty of Sciences, Kyushu University

日本周辺には、いくつかの沈み込み帯が存在している。このうち、東北日本沈み込み帯では、2011年東北地方太平洋沖地震が発生し、巨大地震と小繰り返し地震 (small Repeating Earthquake; RE) の関係が議論されている。他の沈み込み帯で、REを抽出しその活動を調べることは、同じプレート境界上で発生する、大地震発生のメカニズムを考える上で重要である。

本研究では、2003年3月8日-2012年3月31日の間に記録された気象庁と防災科学技術研究所 Hi-net の地震波形データを使用し、伊豆-小笠原海溝および琉球海溝沿いで地震ペアの波形の類似性から、REを選定した。これまでこの領域では、Igarashi (2010) や Yamashita et al. (2012) による研究があるが、本研究では、Uchida et al. (2010) の方法を踏襲し日本海溝沿いとこれらの沈み込み帯でのREの活動を比較した。

REと同定にあたって、琉球海溝沿いにおいては、波形間のコヒーレンスの閾値を0.95以上とUchida et al. (2010) と同じ基準を用いた。一方、伊豆-小笠原海溝沿いにおいては、観測点がまばらにしか存在しないため、震源から観測点までの距離が遠く、S/N比が低い波形が多いため、閾値を0.80まで下げるとともに、地震波が記録されたのが1点だけだとしても複数成分で閾値をこえるような地震ペアも暫定的にREとして扱うこととした。

その結果、琉球海溝沿いでは、REが比較的多い領域が海溝に平行に帯状にみられ、深さ60km程度までREが発生していた。繰り返し地震のみからこの帯に挟まれる部分の性質を解釈することは困難であるが、東北地方同様に、RE発生域に挟まれている領域には広範囲で固着しているアスペリティが存在している可能性もある。一方、伊豆-小笠原海溝沿いでは、多数の地震が発生しており、閾値を下げていても関わらず、東北地方に比べ求まったREは少ない結果となった。これらのREは、プレート境界の浅部のみで発生しており、東北地方と異なり、上盤がマンツルの部分ではほとんど発生していないことが分かった。

以上のような各沈み込み帯での繰り返し地震の活動特性の違いは、沈み込み帯でのすべり過程の多様性を表しており、今後その特徴をより詳しく調べることで、プレート境界の摩擦特性の理解の進展に貢献できると考えられる。

キーワード: 沈み込み帯, 繰り返し地震, 伊豆-小笠原, 琉球, プレート間固着
Keywords: subduction zone, repeating earthquake, Izu-Bonin, Ryukyu, interplate locking

ニュージーランド北島沖合ヒクランギ沈み込み帯における海底地震観測 Ocean bottom seismic observation in the Hikurangi subduction zone offshore the North Island of New Zealand

齧島 大資^{1*}; 望月 公廣¹; 塩原 肇¹; 山田 知朗¹; 篠原 雅尚¹; HENRYS Stuart²; FRY Bill²; BANNISTER Stephen²
HAIJIMA, Daisuke^{1*}; MOCHIZUKI, Kimihiro¹; SHIOBARA, Hajime¹; YAMADA, Tomoaki¹; SHINOHARA, Masanao¹;
HENRYS, Stuart²; FRY, Bill²; BANNISTER, Stephen²

¹ 東京大学地震研究所, ²GNS Science

¹Earthquake Reserch Institute, University of Tokyo, ²GNS Science

ニュージーランド北島沖合のヒクランギ沈み込み帯では、太平洋プレート上に形成された厚さ 12 km 程度の地殻を持つヒクランギ海台がオーストラリアプレート下に沈み込んでいる。プレート境界の沈み込みが非常に浅いという特徴があり、このため地震波反射断面上で、プレート境界の構造が高解像度で詳細に見ることができる [Bell et al. 2010 など]。近年ニュージーランド北島では GPS 観測網が整備され、沈み込み帯に沿ったプレート間固着強度分布が求められている。沈み込み帯北部ではプレート間の固着域が狭く、固着域の上限は海溝軸近くまで延びており、その下限は 10-15km と浅い。固着域のほとんどが海底下となるが、これまで海域での地震観測は行われておらず、地震活動や震源分布の詳細はよくわかっていない。固着域の下限付近ではスロースリップイベントが観測されており、他の沈み込み帯と比較して非常に浅いところで起こっていることが特徴的である。

このような海域下の定常地震活動やスロースリップイベントに伴う低周波イベントの調査のため、2012 年 4 月から約 1 年間にわたり Gisborne 沖にてこの海域で初めての海底地震観測を実施した。設置された海底地震計は長周期地震計 2 台、1 Hz 地震計 2 台の計 4 台である。長周期地震計のうち 1 台の記録がレコーダーの不具合により断続的となってしまっているが、それ以外の 3 台では良好なデータが得られた。観測期間中の 2012 年 9~11 月には、本観測網の北方で群発地震活動が発生した。また、観測期間終盤の 2013 年 2 月中旬以降、観測網南方の Hawke Bay 周辺域で、これまでにない大きな規模のスロースリップが発生した。本データの解析では、まず得られたデータに対し STA/LTA アルゴリズムを適用し、地震活動の検知を行った。検知結果を見ると、北方の群発地震活動や南方のスロースリップイベントに対応して、海域での地震活動が活発化しているようである。本研究では海底地震計 4 台に陸上の観測点を加えこれらのイベントの震源決定を試みた。海域で発生している地震については海底地震計のほうが S/N 比が良く、陸の観測網だけではとらえられなかったイベントを多く捉えることができた。

キーワード: 地震活動, ヒクランギ, 海底地震計

Keywords: seismicity, Hikurangi, OBS

グリーンランド氷床ダイナミクスと氷河地震活動 Greenland Ice Sheet Dynamics and Glacial Earthquake Activities

金尾 政紀^{1*}; 坪井 誠司²; 豊国 源知³; 姫野 哲人⁴; 東野 陽子²
KANAOKI, Masaki^{1*}; TSUBOI, Seiji²; TOYOKUNI, Genti³; HIMEMOTO, Tetsuto⁴; TONO, Yoko²

¹ 国立極地研究所, ² 海洋研究開発機構, ³ 東北大学, ⁴ 成蹊大学

¹National Institute of Polar Research, ²Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ³Tohoku University, ⁴Seikei University

近年グリーンランド氷床は、衛星観測データから氷体積が顕著な減少傾向にあり、かつ減少速度が加速している。グリーンランド氷床、特にその縁辺部での流動・崩壊・流出に伴う振動現象である、「(氷河地震, Glacial Earthquake)」が 21 世紀に入り顕著に観測されている。このような、氷床内あるいは氷床底部で起きていると考えている氷河地震の発生メカニズムと頻度は、氷河流動および近年の気候変動との関連性が指摘され、これらを解明することはグリーンランド氷床の変動メカニズムと温暖化増幅作用を知る上で重要である。グリーンランド氷床に広帯域地震計を設置して氷床及びその縁辺部で発生する氷河地震の頻度を観測し、氷床流動と氷河地震の関連から氷河地震の発生メカニズムを解明する。氷河地震の発生頻度は、21 世紀の最初の 5 年間で倍になっており、季節変動が見られることから、その活動は氷河の下を流れる水路の変動を反映しており、最近の気候変動による氷床の後退の速度変化が原因となっていることを示唆する。本研究では、グリーンランド氷河に設置した広帯域地震計によって、氷河地震の発生機構とその活動を解析することにより、地球温暖化による氷床後退と氷河地震発生との間の関連性を明らかにする。ETAS モデルを用いた統計解析からは、2005 年以降の氷河地震の分布は、グリーンランドの北西の海岸で増加している様子が見て取れる。このようにグリーンランド氷床の地震活動と発生過程から、地球温暖化の影響を評価する研究計画は独創的であり、グリーンランド氷床の気候変動に対する応答メカニズムの解明と将来予測について、新しいデータセットと学際的視点をもたらすことが期待される。

キーワード: グリーンランド, 温暖化, 氷河地震, 広帯域地震計, モニタリング

Keywords: Greenland, global warming, glacial earthquakes, broadband seismometer, monitoring