

超巨大地震のシナリオすべり分布の推定手法の提案・中央アンデスへの適用 Estimation of slip scenarios of megathrust earthquakes: Application to Central Andes, Peru

ブリード ネルソン^{1*}, Hernando Tavera², Mohamed Chlieh³, Hugo Perfettini⁴, Zenon Aguilar⁵, 中井 正一⁶, 山崎 文雄⁶
PULIDO, Nelson^{1*}, Hernando Tavera², Mohamed Chlieh³, Hugo Perfettini⁴, Zenon Aguilar⁵, Shoichi Nakai⁶, Fumio Yamazaki⁶

¹ 防災科学技術研究所, ² ペルー地球物理庁, ³ ジョセフ・フーリエ大学 (フランス), ⁴ ニス・ソフィア・アンティポリス大学 (フランス), ⁵ ペルー国立工科大学 (UNI), ⁶ 千葉大学

¹National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, ²Instituto Geofisico del Peru, ³Universite Joseph Fourier,

⁴Universite de Nice-Sophia Antipolis, ⁵Universidad de Ingenieria (UNI), ⁶Chiba University

The recent 2011 Tohoku-oki earthquake occurred in a region where giant megathrust earthquakes were not expected. This earthquake proved the difficulty to assess seismic hazard mainly based on information from historical earthquakes. In this study we propose a methodology to estimate the slip distribution of megathrust earthquakes likely to occur in the future, based on a model of interseismic coupling (ISC) distribution in subduction margins obtained from GPS measurements (Chlieh et al. 2011), as well as information of historical earthquakes, and apply the method to the Central Andes subduction region in Peru. Our results indicate that an earthquake of moment magnitude of 8.9 is very likely to occur at this region, as a result of the rapid convergence between the Nazca and South American plates and considering a large slip deficit of 15m since the 1746 earthquake, which is the largest and more damaging earthquake and tsunami in Central Andes according to historical information. The slip model obtained from geodetic data represents the large scale features of asperities within the megathrust, which is appropriate for simulation of long period waves and tsunami modelling. In order to create slip models appropriate for broadband strong ground motion simulations it becomes necessary to introduce small scale complexities to the source slip that allow the calculation of high frequency ground motions. To achieve this purpose we propose a "broadband" source model in which large scale features of the model are constructed from our geodetic scenario slip, and the small scale heterogeneities are obtained from a spatially correlated random slip model. This spatial heterogeneity of slip is obtained from the spectral amplitudes at high wave-numbers of a Von Karman Pseudo Spectral Density function (PSD) that fits the PSD of our geodetic slip.

Our results indicate that the PSD of a slip model of the (Mw8.8) 2010 Maule earthquake, Chile, (Pulido et al. 2010), is very similar to the PSD of our geodetic scenario slip for Central Andes, suggesting that our methodology might be appropriate to typify megathrust earthquakes at this region.

References

Chlieh, M., H. Perfettini, H. Tavera, J.-P. Avouac, D. Remy, J.-M. Nocquet, F. Rolandone, F. Bondoux, G. Gabalda, and S. Bonvalot, 2011. Interseismic coupling and seismic potential along the Central Andes subduction zone, *J. Geophys. Res.*, 116, B12405, doi:10.1029/2010JB008166.

Pulido N., Y. Yagi, H. Kumagai, and N. Nishimura, 2011. Rupture process and coseismic deformations of the February 2010 Maule earthquake, Chile, *Earth, Planets and Space*, 63, 955-959.

キーワード: 巨大地震, 地震シナリオ, j 地震ハザード予測, 中央アンデス・ペルー, ナスカプレート, GPS

Keywords: Megathrust earthquake, earthquake scenario, Seismic hazard estimation, Central Andes, Peru, Nazca plate, GPS

1906年エクアドル・コロンビア地震 (Mw 8.8) は本当に3連動地震か? Was the 1906 great Ecuador-Colombia earthquake (Mw 8.8) a multiple rupture event of three segments ?

都筑 基博^{1*}, 小山 順二¹, 蓬田 清¹
TSUZUKI, Motohiro^{1*}, KOYAMA, Junji¹, YOMOGIDA, Kiyoshi¹

¹ 北大・理・自然史

¹ Natural History Sci., Hokkaido Univ.

2011年東北地方太平洋沖地震発生以降、連動型地震への注目が高まってきている。このタイプの地震で最も有名なのが東海・東南海・南海の連動型地震であろう。そしてこれらと共に注目を集めているのが、エクアドル・コロンビア領域である。Kanamori and McNally (1982)によると、1906年にこの地域で発生した地震 (Mw = 8.8) の破壊領域は、余震分布から1942年 (Ms = 7.9), 1958年 (Ms = 7.8), 1979年 (Ms = 7.7) の3地震の領域を含んでいるとされている。しかし地震観測で得た乏しい1906年の地震の規模を正確に決定することは難しい。Kanamori and McNally (1982) でもこの地震の余震分布の不確実性は否定できず、Abe (1979) によって求められた津波マグニチュード M_t の値に近いことを信頼性の根拠としている。

Abe (1979) では、日本やハワイなどの遠地での津波の高さ記録を用いて1906年の M_t を求めていた。その計算で使われたデータの中に、ハワイのヒロで3.6 m という記録があった。しかしその値には以下のような問題点がある。

- ・どの文献を遡っても情報源となっているのは地元の新聞記事のため、数値の信頼度が低い。
- ・当時の新聞記事をあたると、この地震の津波によるヒロの被害は、線路や道路が浸水した程度である。1906年のヒロでの津波は3.6 m もなかった可能性がある。

ここでは近年の観測精度の高い1979年の記録を元にして1906年の地震の規模を推定してみる。Kanamori and McNally (1982) より、1979年の M_w は8.2。この地震は津波地震ではないので、 M_t は8.1である。そこで日本など遠地の信頼度の高い津波観測の記録を用いて1906年と1979年の津波波高の振幅比を求めた。そこから両年の M_t の差を推測する。その結果1906年の M_t は8.4~8.5となった。1906年の地震も津波地震でなかったとすると、 M_w も8.5程度となり、Kanamori and McNally (1982) の値よりも0.3小さい。地震モーメントでいえば、1906年の地震は1979年の2.8倍程度である。

スケーリング則により、地震モーメントは断層の長さの3乗に比例すると考える。Kanamori and McNally (1982) のように1906年の M_w が8.8ならば断層の長さは1979年の2倍になり、3つの地震の破壊領域を含むスケールになる。一方8.5ならば1.4倍となり、1958年と1979年の2つのセグメントを含むだけのものになる。

以上の結果より、1906年の地震は本当に3連動地震だったのだろうか、それにより3つのセグメントの個々の地震モーメントを足し合わせたものよりはるかに大きくなったのかは、慎重に考える必要がある。

参考文献

Abe, K., 1979, Size of great earthquakes of 1837-1979 inferred from tsunami data, *J. Geophys. Res.* **84**, 1561-1568.

Kanamori, H. and K. C. McNally, 1982, Variable rupture mode of the subduction zone along the Ecuador-Colombia coast, *Bull. Seism. Soc. Am.* **72**, 1241-1253.

キーワード: エクアドル, コロンビア, 連動地震, 津波

Keywords: Ecuador, Colombia, Multiple rupture, Tsunami

斜め衝突帯の巨大地震 (1) 相模トラフ

Megathrust Earthquakes in Oblique Subduction Zones Part 1: The Sagami Trough

小山 順二^{1*}, 都築 基博¹, 蓬田 清¹

KOYAMA, Junji^{1*}, TSUZUKI, Motohiro¹, YOMOGIDA, Kiyoshi¹

¹ 小山 順二, ² 都築 基博, ³ 蓬田 清

¹Junji KOYAMA, ²Motohiro TSUZUKI, ³Kiyoshi YOMOGIDA

2011年3月11日マグニチュード(Mw)9.0の超巨大地震が東北・関東地方を襲った。この地震は、Along-dip Double Segmentation (ADDS) と特徴づけられる、島弧沿いに並んだ活発な地震活動帯と海溝沿いの不活発な地震活動帯が、島弧と海溝の間に海溝軸に平行に二重に存在する地震活動域で発生した。巨大地震が発生すると予測されている南海トラフの地震活動はプレート境界浅部全面で不活発な地震活動を示す。過去の南海トラフの巨大地震時のすべり分布を見ると、プレート境界の浅部全体が、海溝沿いに隣り合って破壊し広がっている。このような違いを区別して、後者を Along-strike Single Segmentation (ASSS) と名づけている。これは ADDS では、海溝沿いの浅いプレート境界面だけが強く固着しているのに対し、ASSS ではプレート境界の浅い部分全体が強く固着をしているからである。

ASSS では巨大地震が発生する前に地震空白域が、ADDS ではドーナツ現象と呼ばれるような地震活動が活発化する。ここでは、巨大地震の発生したサブダクションゾーンの性質を、ADDS であるか ASSS か、サブダクションが正面衝突か斜め衝突か、上盤側のテクトニクス、背弧海盆の活動を考慮して、世界中の巨大地震に(1)1960年チリ型(2)1964年アラスカ型(3)2004年スマトラ型と(4)2011年東北沖型の4つの典型的なタイプがあること明らかにする。さらに、ここでは(1)チリ型の対極にある斜め衝突の(3)スマトラ型の巨大地震を検証し、日本付近に存在する斜め衝突のサブダクションゾーンである相模トラフでそこに発生する地震の特性を探ることとする。

西村・鷲谷(2007)はGPS観測から1923年関東地震の震源域ほとんどの領域でカップリング係数が0.8をこえているとした。それは1703年元禄地震以後のフィリピン海プレートの斜め衝突の変形を一部弾性変形でまかなった後に残るひずみの蓄積分である。相模トラフ周辺ではM5.5をこえるような地震はほとんど発生していない。したがって大きな地震が発生するとしても、それは seismic gap を形成するような ASSS 型の地震と思われる。ASSS 型の地震の固着域周辺深部ではゆっくりすべりやスロー地震が起こることがしばしば観測されている。房総沖スロー地震がフィリピン海プレートの固着域の先端付近であるとすれば、そこは相模トラフから70°、プレート境界面の深さが約30°位である(Hori, 2006)。相模トラフの構造は大きめに見積もっても全長が約250kmであり、2011年東北沖地震の約500km、2004年スマトラ・アンダマン地震の約1300kmに比べてはなはだ小さい。もし巨大地震が相模トラフ沿いに発生するとして、相模トラフ沿いに長さ200kmでその深さまで破壊すると仮定すれば、断層の幅は約70km程度で、断層面積は約14000km²となる。Kanamori(1971)によれば、関東地震の断層は130x65km²、地震モーメントは7.6x10²⁰Nmである。断層面積比の3/2則を使って、期待される地震モーメントを推定すれば、約1.6x10²¹Nm程度、Mw[~]8.1となる。もちろん相模トラフでの地震となればMw[~]8程度でも、日本の中枢、人口密集地であるから、地震動や津波ばかりではなく、その被害は想像に余りあるが、相模トラフに限って言えば、巷間に叫ばれているようなMw9のような超巨大地震が発生する場ではない。

小さな地震のすべりベクトルから、相模トラフでは、アンダマン・スマトラ海溝のように斜め衝突の島弧に平行な成分が弾性変形により完全に緩和されているようには見えない。したがって、我々がこれから知らなければならないのは、斜め衝突による海溝軸に平行な成分が相模トラフ沿いにどのように緩和されて、どれくらいの逆断層成分が残されるかという問題である。さらに、地震の大きさとメカニズムによるすべりの収支を定量的に明らかにすることも重要である。

斜め衝突のサブダクションゾーンと言っても、スマトラ・アンダマン諸島とアリューシャン諸島でもはっきりとした違いがある。相模トラフの地震活動もそれらとは異なるものである。超巨大地震にもさまざまな発生形態があるのと同様に、斜め衝突するプレート境界でもさまざまな地震の起こり方がることが分かった。さまざまなサブダクションゾーンで発生している現象を相互に比較検証していくことが特定のサブダクションゾーンでの将来の地震活動を知ることにつながる唯一の道であると考えられる。

\$ http://www.bosai.go.jp/press/2011/pdf/20111031_01.pdf

キーワード: 巨大地震, 斜め衝突帯, 相模トラフ, 2004年スマトラ地震, 1965年ラット島地震

Keywords: Megathrust earthquakes, Oblique subduction zones, The Sagami Trough, 2004 Sumatra earthquake, 1965 Rat Island earthquake

日向灘と南海地震震源域との境界部における地震波速度構造 Seismic velocity structure around the boundary area of Hyuga-nada and Nankai seismogenic zone

山本 揚二郎^{1*}, 尾鼻 浩一郎¹, 高橋 努¹, 仲西 理子¹, 小平 秀一¹, 金田 義行¹

YAMAMOTO, Yojiro^{1*}, OBANA, Koichiro¹, TAKAHASHI, Tsutomu¹, NAKANISHI, Ayako¹, KODAIRA, Shuichi¹, KANEDA, Yoshiyuki¹

¹ 海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

In the Nankai Trough, three major seismogenic segments (Tokai, Tonankai and Nankai) of megathrust earthquake exist. The Hyuga-nada segment is located on the west of Nankai segment and it was distinguished from these seismogenic segments because of the lack of megathrust earthquake. However, recent studies pointed out the possibility of simultaneous rupture of the Tokai, Tonankai, Nankai and Hyuga-nada segments [e. g., Furumura et al., 2011]. To understand segmentation and synchronization of seismic rupture along the Nankai Trough subduction zone, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology has been carried out a series of wide-angle active source surveys and local seismic observations in the Nankai Trough seismogenic zone.

From the observation data in Hyuga-nada segment, that has been performed from 2008 to 2009, we have clarified the location of subducted Kyushu-Palau ridge as a low-velocity belt with NW-SE strike in the subducted Philippine Sea plate [Yamamoto et al., 2011]. However, because the boundary area between Hyuga-nada and Nankai segments was located in the eastern end of their study area, we could not obtain enough structural information to discuss the difference between Hyuga-nada and Nankai segments.

In this study, we added the observation data in western Nankai segment that has been performed from 2009 to 2010, to the dataset of Hyuga-nada. Then, to discuss the relationship between structural heterogeneities and coseismic rupture pattern around Nankai and Hyuga-nada segments, we performed a three-dimensional seismic tomography for combined dataset.

From our results, high velocity zone is imaged within the continental plate just above the coseismic slip area of 1968 Hyuga-nada earthquake [Yagi et al., 1998]. This high velocity zone is not imaged beneath the coseismic slip area of 1946 Nankai earthquake [Sagiya and Thatcher, 1999]. Besides, uppermost slab mantle in the boundary area of Hyuga-nada and Nankai segments showed relatively higher velocity than that in eastern area. High velocity slab mantle becomes unclear at the eastern side of Cape Ashizuri. This result is consistent with the previous active source studies that showed the P-wave velocity of uppermost slab mantle as 8.0 km/s beneath Cape Ashizuri [Takahashi et al., 2002] and as 7.8km/s beneath Cape Muroto that located about 100 km eastward from Cape Ashizuri [Kodaira et al., 2000]. The existence of high velocity zone in the continental plate and high velocity uppermost slab mantle might be a one of the factor of the boundary area between Hyuga-nada and Nankai segments.

This study is conducted as a part of ‘Research concerning Interaction between the Tokai, Tonankai and Nankai Earthquakes’ funded by Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan.

Keywords: Nankai Trough, Ocean bottom seismograph, tomography, seismicity

南海地震震源域周辺におけるランダムな速度ゆらぎの空間分布 Spatial distribution of random velocity inhomogeneities around the fault zone of Nankai Earthquake

高橋 努^{1*}, 尾鼻 浩一郎¹, 山本 揚二郎¹, 海宝 由佳¹, 仲西 理子¹, 小平 秀一¹, 金田 義行¹

TAKAHASHI, Tsutomu^{1*}, OBANA, Koichiro¹, YAMAMOTO, Yojiro¹, KAIHO, Yuka¹, NAKANISHI, Ayako¹, KODAIRA, Shuichi¹, KANEDA, Yoshiyuki¹

¹ 海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

南海トラフ周辺では東海地震, 東南海地震, 南海地震といった巨大地震が繰り返し発生し, その破壊伝播過程は一つの震源域の破壊や複数の震源域が連動する破壊などの多様性を示すことが知られている。(独)海洋研究開発機構では文部科学省の受託研究「東海・東南海・南海地震の連動性評価のための調査観測・研究」の一環として, 南海トラフ周辺において制御震源及び自然地震を用いた構造探査研究を進めている。本研究では2008年から2011年までに日向灘から紀伊水道で行った自然地震観測記録を統合した解析を行い, 南海地震震源域周辺の速度ゆらぎのパワースペクトル密度の空間分布を推定した。

速度ゆらぎの空間分布の推定はピーク遅延時間の解析に基づいて行った。ピーク遅延時間はS波初動到達から最大振幅到達までの時間差として定義され, 速度ゆらぎによる多重前方散乱の影響を強く反映し, 内部減衰の影響を受けにくい量である。本研究では495台の短周期海底地震計と(独)防災科学技術研究所のHi-net及びF-net観測点378点の記録を使用し, 水平動2成分の速度波形記録から合成した4-8Hz, 8-16Hz, 16-32HzにおけるRMSエンベロープを解析に用いた。Takahashi et al. (2007)によるピーク遅延時間の最小値分布を求めた結果, 日向灘と紀伊水道付近に周囲に比べ散乱の影響が強い領域が分布し, 沈み込んだ海山(Kodaira et al. 2002)が存在する領域付近で特に散乱が強い傾向が見られた。媒質の速度ゆらぎがvon Karman型のパワースペクトル密度関数で特徴づけられると仮定して, Takahashi et al. (2009)の方法に基づきパワースペクトル密度の空間分布を推定した結果, 日向灘と紀伊水道において周囲に比べ速度ゆらぎの長波長成分に富む傾向が見られた。日向灘における速度ゆらぎの異常域は沈み込んだ九州パラオ海嶺が存在すると考えられている領域と概ね一致する。速度ゆらぎの長波長成分に富む傾向は, 北部伊豆弧のFrontal Arc High付近と似た特徴であり, 過去に火成活動があった媒質の特徴を反映している可能性が考えられる。以上の結果は, 紀伊水道における速度ゆらぎの異常域が沈み込んだ海山の構造を反映している可能性が高いことを示唆し, またランダムな速度ゆらぎが沈み込み帯における構造の特徴を議論する上で重要な物理量であることを示唆する。

南海地震(1946)震源域の構造変化と沈み込むフィリピン海プレートの形状 Structural variation and geometry of the Philippine Sea plate of the southwestern Nankai seismogenic zone

仲西 理子^{1*}, 下村 典生¹, 小平 秀一¹, 尾鼻 浩一郎¹, 高橋 努¹, 山本 揚二郎¹, 佐藤 壮¹, 金田 義行¹, 望月 公廣², 加藤 愛太郎², 飯高 隆², 蔵下 英司², 篠原 雅尚², 武田 哲也³, 汐見 勝彦³

NAKANISHI, Ayako^{1*}, SHIMOMURA, Norio¹, KODAIRA, Shuichi¹, OBANA, Koichiro¹, TAKAHASHI, Tsutomu¹, YAMAMOTO, Yojiro¹, SATO, Takeshi¹, KANEDA, Yoshiyuki¹, MOCHIZUKI, Kimihiro², KATO, Aitaro², IIDAKA, Takashi², KURASHIMO, Eiji², SHINOHARA, Masanao², TAKEDA, Tetsuya³, SHIOMI, Katsuhiko³

¹ 海洋研究開発機構, ² 東大地震研, ³ 防災科研

¹JAMSTEC, ²ERI, Univ. Tokyo, ³NIED

In the Nankai Trough subduction seismogenic zone, the Nankai and Tonankai earthquakes had often occurred simultaneously, and caused a great event. It is necessary to understand rupture synchronization and segmentation of the Nankai megathrust earthquake. For a precise estimate of the rupture area of the Nankai megathrust event, it is important to know the geometry of the subducting Philippine Sea plate and deep subduction structure along the Nankai Trough.

Based on our latest structural study of Hyuga-nada region, structural boundary between the oceanic crust of the Shikoku Basin and the crust of the Kyushu Palau Ridge is identified as the western margin of the type of Nankai megathrust event such as the Hoei earthquake occurred in 1707. To understand structural factors controlling coseismic rupture of the Nankai earthquake in 1946, the large-scale high-resolution wide-angle seismic study was conducted in 2009 and 2010. It is also important to obtain structural image and its variation around the deep low frequency earthquakes and tremors area.

In this study, approximately 200 ocean bottom seismographs were deployed for each experiment off the Shikoku Island and the Kii channel respectively. A tuned airgun system (7800 cu. in.) shot every 200m along 13 profiles. Airgun shots were also recorded along an onshore seismic profile (prepared by ERI, univ. of Tokyo and NIED) prolonged from the offshore profile off the Kii Peninsula. Long-term observation was conducted for ~9 months by 21 OBSs off the Shikoku area and 20 OBSs off the Kii channel.

Geometry of the subducting Philippine Sea plate from the Hyuga-nada region to off the Shikoku area, there is no notable variation in the subducting angle or structure around the western margin of the 1946 Nankai earthquake area. However, different structural image around the source area of the deep low frequency earthquakes and tremors is obtained by using the airgun shots recorded at onshore Hi-net (NIED, Japan) data located along prolongation of the offshore seismic profiles. At the western margin of the Shikoku Island, the deep low-frequency earthquakes and tremors are estimated to occur at the subducting plate boundary shallower than the forearc mantle, considering the normal velocity of the forearc mantle.

This research is part of 'Research concerning Interaction Between the Tokai, Tonankai and Nankai Earthquakes' funded by Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan.

複雑な振る舞いを再現するシンプルな巨大地震サイクルモデル A simple model reproducing complex behavior of a giant earthquake cycle

光井 能麻^{1*}, 鷺谷 威²

MITSUI, Noa^{1*}, SAGIYA, Takeshi²

¹ 名古屋大学環境学研究科地震火山研究センター, ² 名古屋大学減災連携研究センター

¹Earthquake and Volcano Research Center, Nagoya Univ., ²Disaster Mitigation Research Center, Nagoya Univ.

The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake is giant earthquake estimated as M9.0 and the source region is expanded from off-Miyagi to off-Fukushima. The magnitude is larger than expected one which is M7-M8 (e.g., The Headquarters for Earthquake Research Promotion, 2002). Some possible causes for reaching M9.0 are proposed in order to understand the mechanism of the earthquake occurrence. They are different on the points: 1) whether the moment of M9 is accumulated before the earthquake occurred, 2) what is the main cause of M9.0 (e.g., spatio-temporal change of frictional parameters, coseismic linkage of several asperities). However some interpretations are misled from the method of data analysis or numerical simulations.

Thus we propose a model based on a simple idea that earthquakes occur frequently at the boundary between asperity and non-asperity area because the increasing rate of the strain energy is large. From this point of view, off-Miyagi M7 source regions can be considered as the boundary not only in the depth direction but also lateral one, considering several data (past and 2011 seismic sources, interseismic activity including repeating earthquake, seafloor geometry, crustal structure, and interseismic slip deficit distribution estimating from GPS data). On the other hand, the source region of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (mainly off-Fukushima region) can be assumed at lower increasing rate than that at off-Miyagi. We express this model based on the rate- and state-dependent friction law (Dieterich, 1979). The boundary between asperity and non-asperity in the depth direction is modeled changing the value of A-B from negative to positive, and we set smaller L (characteristic slip distance) at the off-Miyagi M7 source regions than the other surrounding regions in order to reproduce the recurrence of M7 earthquakes.

As the results, we reproduce the recurrence times, the source region, and the rupture propagation of M7 and M9 earthquakes. We analyze the spatio-temporal distribution of slip and shear stress change, and we understand that the moment release rates of M7 earthquakes are comparable to expected one from the plate convergence rate at the final stage of M9 cycle. This suggests that the slip deficit of the area seems to be completely canceled by only M7 events, and it can mislead understanding the whole image of the earthquake cycle using only the data in the last stage of the earthquake cycle. Moreover we analyze afterslip of the M7 events, and we find the area and the cumulated magnitude of the afterslips become larger at the later stage of M9 cycle. In the presentation, we will report the numerical simulation of crustal deformation using this earthquake cycle model.

成層粘弾性媒質中での準動的地震発生サイクルシミュレーション Quasi-dynamic earthquake cycle simulation in a layered viscoelastic medium

平原 和朗^{1*}, 鹿倉 洋介¹, 大谷 真紀子¹, 兵藤 守², 堀 高峰², 橋間 昭徳³

HIRAHARA, Kazuro^{1*}, SHIKAKURA, Yosuke¹, OHTANI, Makiko¹, HYODO, Mamoru², HORI, Takane², HASHIMA, Akinori³

¹ 京都大学大学院理学研究科, ² 海洋研究開発機構, ³ 千葉大学大学院理学研究科

¹Grad. School Science, Kyoto University, ²JAMSTEC, ³Grad. School Science, Chiba University

実験室での岩石実験から導かれた速度・状態依存の摩擦構成則に基づく、地震発生サイクルシミュレーションが行われ、過去の地震発生履歴の再現に成功し、地震発生予測に役立てようという研究が行われている。これらの研究のほとんどは、均質半無限弾性媒質を仮定してのものである。ところが、日本列島のように海洋性プレートが沈み込むサブダクション帯では、マントルウェッジは粘弾性構造をもち、大地震後数十年にわたる応力緩和および余効変動を生み出している。津波堆積物の研究から、東北地方太平洋沖地震の地震サイクルは数百年に及ぶと報告され、こういった超巨大地震では、粘弾性による応力緩和により、地震サイクルが大きな影響を受けると思われる。また、プレート境界地震発生の前後に内陸地震活動が高まることが報告されているが、この地震活動の相関には、マントルウェッジを介した粘弾性応力相互作用が大きな役割を果たしていると考えられる。

準動的地震発生サイクルシミュレーションでは、プレート境界を N 個のセル (小断層) に分割し、各セルにおいて、プレート運動からのすべり遅れによる応力と速度・状態依存則に従う摩擦力の準動的な釣り合いを考え、各セルでのすべりの発展を追っている。粘弾性媒質における応力は、時間依存のすべり応答関数とすべり遅れ速度履歴の畳み込み積分で表され、全すべり速度履歴が必要となり、弾性媒質では時間に依存しない弾性すべり応答関数とすべり遅れの単なる積となるのと異なり、大変な計算になる。その重要性にも関わらず、これが、地震サイクル計算にこれまであまり粘弾性を考慮してこなかった一因であろう。

我々は、非弾性媒質における地震波動場の差分計算に用いられているメモリ変数を導入することで、履歴積分を必要としない方法を導入した (平原・他, 2011)。この方法では、すべり応答関数を M 個の緩和関数の和で表し、各緩和関数に対応するメモリ変数を導入する。各メモリ変数は時間に関する 1 階の微分方程式に従い時間発展する。応力は、すべり遅れから各メモリ変数の和を引いたものと弾性すべり応答との積になり、弾性媒質におけるすべり遅れの代わりに、すべり遅れから時間変化するメモリ変数の和を引いたものを用い、形式的には全く弾性応答の応力計算式と同じ形をとる。このため、我々が導入した、弾性媒質での応力計算の省メモリ化・高速化手法が有効に働く。その手法では、弾性媒質におけるすべり応答関数行列 ($N \times N$) とすべり遅れベクトル (N) 積のメモリ・計算量は、 $O(N^2)$ であるが、階層化行列 (H-matrices) 法を用いて、 $O(N) \sim O(N \log N)$ となる省メモリ化・高速化を達成している (Ohtani et al., 2012)。計算コストの面で見ると、粘弾性媒質におけるある時刻における地震サイクル計算では、弾性計算に比べ、すべり応答関数を近似する $N \times 3M$ 個のパラメータ、 $N \times M$ 個のメモリ変数がふえ、演算もメモリ変数の時間に関する $N \times M$ 個の 1 階微分方程式が加わり、弾性媒質に比べ、 $O(N \times M)$ のメモリおよび計算コストが増えるだけで、実際的な計算が可能になる。

本講演では、東北地方太平洋沖地震サイクルの 2 次元成層粘弾性シミュレーションを報告する。厚さ 40km の弾性層およびマクスウェル粘弾性媒質であるマントルウェッジを持つ成層構造中に、 20° で沈み込む太平洋プレート境界を仮定し、Kato and Yoshida (2011) の摩擦パラメータ分布を用いて、すべりの発展を追う。深さ 100km までを計算領域としているが、すべり速度弱体化特性をもつ地震発生層は粘弾性層中の深さ 55km まで設定している。すべり応答関数の計算には、Fukahata and Matsu'ura (2005, 2006), Hashima et al. (2008) に基づくプログラムを用いている。粘弾性層中でのすべり応答関数は時間と共に減衰しゼロになるが、弾性層中ではあるレベルに保たれる。粘弾性構造は地震の繰り返し間隔等に影響を与えるが、こういったすべり応答関数の違いは、特に粘弾性層中において弾性帯の場合とは大きく異なるすべり発展を生み出す。

キーワード: 地震発生サイクル, シミュレーション, 成層粘弾性媒質, 階層化行列法, メモリ変数

Keywords: Earthquake cycle, Simulation, Layered viscoelastic media, H-matrices method, Memory variables

過去の地震活動が解き明かす東北沖地震の動的破壊過程

Historical seismicity explains the dynamic rupture process of the 2011 Tohoku-Oki earthquake

井出 哲^{1*}, Aochi Hideo²
IDE, Satoshi^{1*}, AOCHI, Hideo²

¹ 東大・理, ² フランス BRGM

¹EPS, Univ. Tokyo, ²BRGM, France

東北沖地震の震源域周辺には、過去に繰り返し地震が多数同定されており、プレート境界面上に特徴的な構造が長期間維持されていることが示唆される。この構造を単純に周囲と切り離された固有地震的アスペリティとして取り扱うことは正しくないことが東北沖地震によって明らかになった。しかし同時に、そのような構造を基本として東北沖地震の動的破壊過程が進行した可能性が高い。その動的破壊過程を、地震断層面を半径に比例した破壊エネルギーを持つ円形パッチの分布によって表現した Ide and Aochi (2005) のモデルを用いて再現する。

1923 年以来の気象庁カタログをもとに、この地域で過去に発生したプレート境界地震のうち M8 程度 (Mj 7.8-8.3)、M7.5 程度 (Mj 7.2-7.7)、M7 程度 (Mj 6.7-7.1) のものを、それぞれ半径 50 km, 25 km, 12.5 km の円として震源を中心に配置する。この約 50 個の地震の配置から東北沖地震の大きなすべり領域が巨大な空白域として現れる。1896 年の明治三陸地震を考慮し、その南に海溝に沿って長径 130 km、短径 75 km の楕円パッチを配置する。さらに M7 程度のパッチを一つ追加するだけで、このパッチ配置から近似的に東北沖地震の動的破壊過程が説明される。

Ide and Aochi (2005) と同様にすべり弱摩擦則と境界積分法を用いて動的破壊シミュレーションを行うと、(1) 破壊開始直後から 30 秒間の西方への伝播、(2) それを震源核とする最大楕円パッチの破壊と 60 秒後の海溝の破壊、(3) 最大パッチの周辺、プレート境界深部で連鎖破壊する M7-8 の多数のパッチ、が再現される。それぞれ地震波を用いたデータ解析で指摘されている特徴である。また破壊はその後発生する余震の震源を残して停止する。計算には自由表面が入っていないのでモーメントは過小評価になるが、震源時間関数の特徴も説明できる。なお、このような破壊の連鎖には 3 月 9 日の前震による応力集中が欠かせず、それを含まない計算では破壊は (1) の西方への伝播のみで停止し、1978 年宮城沖地震のような M7.5 ~ 8 程度の地震となる。

キーワード: 2011 年東北沖地震, 動的破壊過程, フラクタルパッチ, 地震活動

Keywords: The 2011 Tohoku-Oki earthquake, dynamic rupture process, fractal patch, seismicity

プレート境界地震に関わる断層浅部の動力学モデルによる地震時挙動シミュレーション Dynamic Simulations for the Seismic Behavior of Shallow Part of the Fault Plane during Mega-Thrust Earthquakes

津田 健一^{1*}, ドルジャパラム サロル¹, 壇 一男¹, 小川 幸雄¹, 渡辺 孝英¹, 浦谷 裕明², 岩瀬 聡²

TSUDA, Kenichi^{1*}, DORJPALAM Saruul¹, DAN Kazuo¹, OGAWA Sachio¹, WATANABE Takahide¹, URATANI Hiroaki², IWASE Satoshi²

¹ 大崎総合研究所, ² 中部電力株式会社

¹Ohsaki Research Institute, ²CHUBU Electric Power Co.,Inc.

プレート境界地震の断層浅部には、プレート境界から上に向かって枝分かれした断層である分岐断層が見つかっており、プレート境界地震に伴って活動する場合には海底を隆起させ、その隆起によって津波が引き起こされると言われている。例えば南海トラフ沿いのプレート境界地震では、1944年の東南海地震や1946年の南海地震の際には分岐断層が連動し、大きな津波を引き起こしたとする報告がされている(Baba・他、2006)。一方、昨年発生した東北地方太平洋沖地震では、プレート境界浅部で強震動を伴わない大きなすべりが生じ、これはプレート間地震において地下の浅部まで断層破壊が及んだ場合の挙動の特徴として着目されている。このように、分岐断層を含め、プレート間地震における断層浅部の地震時挙動(破壊過程、地震動特性等)について観測記録の分析に基づく様々な検討がされている一方で、動力学モデルに基づく解析的な検討については、まだ十分な検討がされているとは言えない。例えば分岐断層を対象とした先駆的な研究であるWendt・他(2009)では、プレートの断層面上の初期応力分布の違いによって分岐断層の地震時挙動(連動するかしらないか)やそれに伴う海底面の変位量に大きな違いが生じることを数値シミュレーションによって示した。

本研究では、分岐断層を含め、プレート間地震における断層浅部の地震時挙動に関する知見の拡充を目的として動力学モデルによるシミュレーションを実施した。シミュレーションにおける数値計算手法としては、詳細な断層形状を組み入れることが出来、かつ計算速度の速いスペクトル要素法(Ampuero, 2009)を用いた。断層破壊に関する構成則はすべり弱体化則(Ida, 1972)を使用した。今回設定したモデルでは、東北地方太平洋沖地震の際に見られたプレート間地震の特徴的な断層浅部の挙動の再現は不十分であったものの、今後は地盤物性、摩擦構成則や初期応力状態等の諸条件によるパラメータスタディを実施し、断層破壊挙動およびそれによって生じる地震動への影響を検討することによって、分岐断層を含むプレート間地震の断層浅部の地震時挙動の把握につながるものと思われる。

キーワード: プレート境界地震, 動力学シミュレーション, 断層浅部, スペクトル要素法

Keywords: Megathrust event, Dynamic Simulation, Shallow Part of Fault Plane, Spectral Element Method

プレート運動と地震発生に伴う西南日本内陸活断層の長期的な破壊関数の変化 Long-term Changes in Coulomb Failure Function on inland faults in SW Japan due to plate motion and earthquakes

鹿倉 洋介^{1*}, 深畑 幸俊², 平原 和朗¹

SHIKAKURA, Yosuke^{1*}, FUKAHATA, Yukitoshi², HIRAHARA, Kazuro¹

¹ 京都大学大学院理学研究科, ² 京都大学防災研究所

¹ Grad. School Science, Kyoto Univ., ² DPRI, Kyoto Univ.

近畿地方とその周辺には中央構造線, 根尾谷断層, 六甲淡路断層帯など多くの内陸活断層が形成されている。これらの断層における地震発生は, オホーツク (OKH) プレートとアムール (AMR) プレートの相対運動によるとみられる新潟・神戸歪集中帯 (NKTZ) の東西圧縮 (Sagiya, 2004) がもたらすと考えられる。しかし同時に, 南海トラフ巨大地震の発生前 50 年から後 20 年に西南日本で内陸地震活動が増す (Hori & Oike, 1996) ことから, 南海トラフにおける巨大地震も内陸地震の発生に影響を与えていると推測される。これまで西南日本の内陸地震発生パターンについて, Pollitz & Sacks (1997), Hyodo & Hirahara (2004), 平原 (2007) が, クーロン破壊応力の時間変化 (CFF) を用いてフィリピン海 (PHS) プレート沈み込み境界での固着と巨大地震による粘弾性応答が西南日本の内陸活断層にもたらす影響を評価している。これらの研究は, プレートの定常沈み込みが応力蓄積をもたらさないという仮定を置いているが, 実際には数十万年スケールで変形が蓄積し, そのパターンは粘弾性時間無限大応答により得られる (Matsu'ura & Sato, 1989)。本研究では新たに, プレート沈み込み境界における「定常沈み込みの影響」, また「内陸地震発生相互の影響」を加えて西南日本の内陸活断層上に及ぼす応力変化を評価し, 活断層での応力の蓄積解放過程をモデル化する。この研究により, 南海トラフ巨大地震発生サイクル中のどの期間に地震が発生しやすくなるかを内陸活断層ごとに見積もり, 歴史記録における地震発生パターンと比較しモデルの妥当性を検証する。

粘弾性すべり応答関数の計算は, 弾性・粘弾性水平成層構造のもと, 表層の変形に伴う浮力が作用すると仮定し, 計算コードは Fukahata & Matsu'ura (2006) を用いる。また, Matsu'ura & Sato (1989) の方法で, プレートの定常沈み込みによる応力変化 CFF の時間変化の評価を行う。PAC, PHS プレートの沈み込み形状モデルは, 定常沈み込みを計算する際に必要な「滑らかさ」を重視した Hashimoto et al. (2004) のモデルを採用する。過去の南海トラフ巨大地震発生パターンは歴史記録に基づき, すべり量については時間予測および規模予測モデル (Shimazaki & Nakata, 1980) に基づき設定する。全球プレート運動モデルは, GPS データから構築された REVEL2000 (Sella et al., 2002) を用いる。また, NKTZ に代表される東西圧縮は N100E 方向に 1×10^{-7} (strain/yr) とする。伊豆弧の衝突については, Heki & Miyazaki (2001) に従い, 伊豆から駿河地域にかけ PHS - AMR 間の相対運動が減少するとしてモデルに入れる。断層の位置・形状は地震調査研究推進本部の値を採用する。また, 内陸地震による CFF 変化を考慮する。摩擦係数は間隙圧の効果を検討し 0.3 と設定する。

最初にモデルの検証のため, プレートの定常沈み込みによる効果について Hashimoto et al. (2008) と同じ全球プレート運動モデル NUVEL-1A を採用して計算したところ, 調和的な隆起速度分布が得られた。また, リソスフェアの厚さは Hashimoto らの研究では日本付近を一様 40km としているが, 西南日本で沈みこむ PHS プレートで想定される 35km として計算したところ, 西南日本におけるフリーエア重力異常場と近い分布が得られたため, 以降の計算ではこのプレート厚さを採用する。次に, PHS・PAC プレート定常沈み込みと NKTZ の東西圧縮による, 内陸活断層上の CFF 長期変化を計算した。計算の結果, ほとんどの活断層で長期的 CFF 変化率は正となり, その絶対値は数 kPa/yr 程度となった。定常沈み込みによる CFF 変化率は ± 数百 Pa/yr 程度となり, その絶対値はすべて NKTZ の東西圧縮による変化率より小さくなった。これは, この地域の内陸地震発生が主として NKTZ の東西圧縮が生み出している考え方と整合的である。断層における地震発生は, 基本的に CFF が過去最大の値となる時点で発生し, CFF の考え方と調和的な結果になった。地震時の CFF の変化は, 基本的に断層側に近づくにつれて大きくなったが, 断層の幾何によって傾向は異なってくる。発表では, 以上に加えて内陸地震の発生による応力変化を考慮した計算結果を示す予定である。

キーワード: 沈み込み帯, 数値シミュレーション, 粘弾性, クーロン破壊関数, プレート定常沈み込み, 内陸地震

Keywords: subduction zone, numerical simulation, viscoelasticity, Coulomb failure function, steady plate subduction, inland earthquake

東南海地震の固着域とその海側における地震間応力蓄積量評価：弾性定数・固着域範囲の依存性

Interseismic stress accumulation at the locked zone of Nankai Trough seismogenic fault off Kii Peninsula

木下 正高^{1*}, Tobin, Harold²

KINOSHITA, Masataka^{1*}, Tobin, Harold²

¹JAMSTEC, ²Univ. Wisconsin Madison

¹JAMSTEC, ²Univ. Wisconsin Madison

Since 2007, we accomplished drilling, coring and downhole measurements at 13 sites across the Nankai accretionary complex off Kii peninsula using D/V Chikyū. Although the deepest hole is well above the seismogenic fault zone, we found that the stress regime is quite variable across the accretionary prism, and their mechanism is still in discussion.

An important source for such stress variation is the tectonic loading. In order to assess how much stress can possibly be accumulated around the locked zone during one seismic cycle, we conducted a simple 2D plain-strain steady-state elastic model using the finite-element method.

We fixed the geometry of plate interface and prohibited a horizontal displacement at one side (above the plate interface) 200km landward from the trench. Along the plate interface except the locked zone, we allowed free slip only along the fault. The locked zone is defined at 30-100 km landward of the trench, and is assumed as 100% locked (no differential movement). The movement of downgoing lithosphere is given at the landward side boundary 200 km landward of the trench. Since we deal with the total stress accumulation within one seismic cycle, a displacement of 5 m was given as a slab pull. Young modulus in the Kumano forearc basin (1 km thick) is set as 4 GPa taken from sonic log data at Site C0009, whereas that in the underlying domain is set at 50 GPa which would be too high for the accretionary sediment. In that case, estimated stress would be lower than provided below.

Most of the tectonic stress due to 5m of plate convergence is concentrated near the downdip edge of the locked zone. The principal compressional and shear stress on the fault is larger than 5 MPa and 2 MPa, respectively. They roughly agree with the stress drop during the M8 events.

These stresses along the fault, however, gradually decrease seaward to zero level. Tectonic compressional stress near the updip edge is much smaller than near downdip. At Site C0002, it is almost uniform at 0.3-0.5 MPa in the accretionary sediment below the Kumano Basin. In the Kumano basin, the stress further decreases by one order of magnitude.

Since we neglect gravity load, isostatic rebound and horizontal resistance, we cannot estimate the absolute stress level. Thus the results here cannot be compared to the observed downhole stress data, which implies strike-slip regime in the accretionary prism at Site C0002. Still, as mentioned by Wang and He (1999), the fault stress will not deviate too much from its average value. Our results confirm their implication. Furthermore, the small tectonic loading stress suggests that in the shallow part the orientation of principle stress can easily be rotated by near-surface phenomena such as stretching of sediment caused by thrusting of mega splay fault.

Keywords: NanTroSEIZE, stress, locked zone, Young's Modulus, Poisson's ratio

東北地方太平洋沖地震発生前に見られたゆっくりすべりの伝播 Propagation of slow slip leading up to the 2011 Mw 9.0 Tohoku-Oki earthquake

加藤 愛太郎^{1*}, 小原 一成¹, 五十嵐 俊博¹, 鶴岡 弘¹, 中川 茂樹¹, 平田 直¹

KATO, Aitaro^{1*}, OBARA, Kazushige¹, IGARASHI, Toshihiro¹, TSURUOKA, Hiroshi¹, NAKAGAWA, Shigeki¹, HIRATA, Naoshi¹

¹ 東京大学地震研究所

¹ERI University of Tokyo

Many large earthquakes are preceded by one or more foreshocks, but it is unclear how these foreshocks relate to the nucleation process of the mainshock. On the basis of an earthquake catalog created using a waveform correlation technique, we identified two distinct sequences of foreshocks migrating at rates of 2-10 km/day along the trench axis toward the epicenter of the 2011 Mw 9.0 Tohoku-Oki earthquake. The time history of quasi-static slip along the plate interface, based on small repeating earthquakes that were part of the migrating seismicity, suggest that two sequences involved slow slip transients propagating toward the initial rupture point. The second sequence, which involved large slip rates, may have caused substantial stress loading, prompting the unstable dynamic rupture of the mainshock (Kato et al., 2012, Science).

Keywords: Tohoku-Oki earthquake, slow slip, migration, repeating earthquakes

GPS 音響結合方式観測による 2011 年東北沖地震の余効変動 Postseismic deformation of the 2011 Tohoku Earthquake using GPS/acoustic observations

長田 幸仁^{1*}, 木戸 元之¹, 飯沼 卓史¹, 稲津 大祐¹, 佐藤 まりこ², 太田 雄策¹, 伊藤 喜宏¹, 日野 亮太¹, 藤本 博己¹
OSADA, Yukihito^{1*}, KIDO, Motoyuki¹, IINUMA, Takeshi¹, INAZU, Daisuke¹, SATO, Mariko², OHTA, Yusaku¹, ITO, Yoshihiro¹,
HINO, Ryota¹, FUJIMOTO, Hiromi¹

¹ 東北大学理学研究科, ² 海上保安庁海洋情報部

¹Graduate school of Science, ²Hydrographic and oceanographic department, Japan Coast Guard

東北日本沖では太平洋プレートが日本海溝に沈み込みにより、大きな被害をもたらすプレート境界型地震がしばしば発生する場所として知られている。しかし、大地震の発生する震源域は海底下にあるため、陸上 GPS 観測網だけでは、その位置やひずみの蓄積レート等を精密に推定することは難しい。東北大学では、海底で地殻変動を観測する方法として GPS 音響結合方式を採用し、2003 年から継続して観測を行って来た。2011 年東北地方太平洋沖地震発生後、地震に伴う変位を求めるため観測を行った結果、宮城県沖に設置した二つの観測点では、それぞれ 15m (GJT4, 海溝軸から約 140km)、31m (GJT3, 同じく約 50km) の東南東方向の水平変位が得られ、変位が海溝軸に近づくにつれ急激に大きくなっていることが明らかになった (Kido et al., 2011)。余効変動においては陸上 GPS 観測網により推定されるすべり分布は、本震時の滑り域の北西側と南側に比較的大きな滑りが推定されるとの報告が国土地理院からなされている (<http://www.gsi.go.jp/cais/topic110314-index.html>)。しかし、この解析では地震時に大きな変位が検出された海域のデータが含まれていない。そのため海域での地殻変動データが重要になってくる。地震発生後、当該海域で観測を継続している東北大学のグループの観測点は 2 点のみであり、余効変動の詳細な空間パターンを知るためには、観測点数が大幅に不足していた。そのため観測点を増設し空間分解能を高める必要があった。地震発生後福島沖 (GFK) で観測を開始し、既存点と併せての海底地殻変動観測を開始した。

地震発生前から継続的に観測を行って来た観測点 GJT3 においては、地震発生後 3 回の観測 (2011 年 4 月, 8 月, 10 月) から、東北東方向に 1.2m の水平変位が得られた。この変位量は、陸上 GPS 観測網で得られた変位場に基づいて推定された余効滑りモデルから計算される変位量 (東南東方向 0.42m) に比べて有意に大きく、方向に関してもその違いは著しい。このことから、余効変動の要因がプレート間すべりによるとすれば、浅部プレート境界でのすべりが、陸上点のみを用いての解析から得られている余効すべり分布に比べて大きいことを示唆している。海底地殻変動観測点並びに海底水圧観測点 (石川他, 本大会; 稲津他, 本大会) と陸上 GPS 観測点から得られた、海陸の測地学的データを用いた余効すべりの予察的解析結果によれば、浅部での余効すべりが大きくなっていることが示唆されている (飯沼他, 本大会)。本講演では得られた余効変動について発表を行う予定である。

キーワード: 余効変動, 海底地殻変動, 2011 年東北沖地震

Keywords: Postseismic deformation, seafloor crustal movement, the 2011 off Pacific coast of Tohoku Earthquake

2011年東北沖巨大地震：プレートカップリングが弱い沈み込み帯で起こった連動型地震

Interlocking rupture at the weakly coupled plate boundary for the 2011 Tohoku-Oki megathrust earthquake

田島 文子^{1*}, Kennett, Brian²

TAJIMA, Fumiko^{1*}, Brian Kennett²

¹LMU ミュンヘン大学, ²The Australian National University

¹LMU Munich, ²The Australian National University

Over the last few decades an asperity model has been developed to characterize the ruptures of large shallow subduction zone earthquakes in context of the strength of plate coupling [e.g., Ruff and Kanamori, 1980; Lay et al., 1982]. The 2011 Tohoku-Oki earthquake (Mw9) ruptured a large portion of the boundary between the subducting Pacific and the overriding Okhotsk plates where the coupling was considered weak and represented by sparsely distributed small asperities [e.g., Tajima and Kanamori, 1985a,b]. Thus, such a great earthquake had not been anticipated for this region in the previous scenario, in which a typical asperity break could produce an event of Mw~7.5 to lower 8, but the driving force of rupture propagation may not be large enough to break through a broad region, as was in the case of the interlocked Mw9 megathrust event in 2011. A typical large event is accompanied by a significant expansion of aftershock activity reflecting stress adjustment into the weakly coupled fault zones outside the ruptured areas.

The 2011 Tohoku-Oki earthquake sequence started with an Mw7.3 foreshock on March 9th. The 2-day aftershock area of this event mainly expanded trenchward until the March 11th main event took place at the western edge of the zone. After the March 11th earthquake ruptured the broad region in $t \sim 150$ s, however, it is notable that the aftershock area did not show much expansion over time as compared with the 1-day area in spite of the numerous aftershocks (note that we consider the aftershock area to be linked to the main rupture zone, and the large events ($M > 6$) in Niigata or Shizuoka, which were apparently induced after March 11 as a separate feature). Unlike the previous large earthquakes in this subduction zone, this expansion pattern is similar to that of the 1964 Mw9.2 Alaskan earthquake which occurred at the boundary between the Pacific and North American plates.

A recent joint seismic tomography model using both P and S wave arrivals provides an indication of the complex variations in physical properties of the fault zone [Gorbatov and Kennett, 2003; Kennett et al., 2011]. In the old subducting Pacific plate in the source region, shear wavespeed variations (dV_S/V_S) dominate variations in bulk-sound speed (dV_{ph}/V_{ph}) (the wavespeed associated with bulk-modulus alone). The variations in the wavespeed structure can be enhanced by examining a measure (R) of the relative variations in dV_{ph}/V_{ph} and dV_S/V_S with respect to the *ak135* reference model [Kennett et al., 1995]. The tomographic images taken on a plane approximately coincident with the March 11 main event fault surface show an anomalous zone of distinct reduction to zero in R, and slightly negative values just up-dip of the mainshock hypocenter. The zone of reduced R is largely associated with a reduction in dV_S/V_S with the effects enhanced by the increase in dV_{ph}/V_{ph} , and appears to have a strong influence on plate coupling over the rupture area. A consistent feature determined for the 2011 March 11 source rupture is the separation of areas associated with dominant high-frequency radiation down-dip and low-frequency up-dip from the hypocenter although the models show notable differences depending on the specific source of information employed. The down-dip edge of the anomalous zone in R corresponds to the separation between the areas of dominant high-frequency radiation and dominant low-frequency radiation. The edges of the anomalous zone we have delineated act as the initiation points for rupture process of the March 2011 sequence starting on March 9 as well as for the 1978 (Mw7.5) and 1981 (Mw7.0) events, and these locations will be where the strongest contrasts exist in physical properties.

In summary we suggest not to preclude a possibility that a weakly coupled plate boundary could produce an interlocked megathrust event as in the case of March 11th main event, given an effective plate coupling.

Keywords: 2011 Tohoku-Oki megathrust earthquake, Weakly coupled plate boundary, Interlocking rupture

北海道南東沖における地殻構造と巨大地震震源域の関係

A plate interface geometry off the southeastern coast of Hokkaido and its relation to source areas of large earthquake

町田 祐弥^{1*}, 篠原 雅尚¹, 高波 鐵夫¹, 中東 和夫¹, 山田 知朗¹, 望月 公廣¹, 村井 芳夫², 東 龍介², 日野 亮太³, 金沢 敏彦⁴
MACHIDA, Yuya^{1*}, SHINOHARA, Masanao¹, TAKANAMI, Tetsuo¹, NAKAHIGASHI, Kazuo¹, YAMADA, Tomoaki¹, MOCHIZUKI, Kimihiro¹, MURAI, Yoshio², AZUMA, Ryosuke², HINO, Ryota³, KANAZAWA, Toshihiko⁴

¹ 東京大学地震研究所, ² 北海道大学地震火山研究観測センター, ³ 東北大学大学院理学研究科, ⁴ 防災科学技術研究所
¹ERI, Univ. of Tokyo, ²ISV, Hokkaido Univ., ³Tohoku Univ., ⁴NIED

In the region off southeastern coast of Hokkaido, Japan, several large interplate earthquakes with magnitudes of 8 have occurred repeatedly due to a subduction of the Pacific Plate. The source regions of the earthquakes are spatially divided into several segments. Revealing a crustal structure in the region is essential to understand the distributions of source region. Seismic experiments using an airgun array and fifty-nine ocean bottom seismometers (OBSs) were performed along 4 profiles in 2006 and 2007. The profiles are located to cross the source regions of the earthquakes and an afterslip area following the earthquake. In this study we investigate relations between the source regions of large interplate earthquakes and an upper surface geometry of the subducting Pacific Plate. Combined the result from the wide angle seismic data with the previous seismic studies, we constructed a precise geometry of an upper surface of subducting Pacific plate in and around the source regions of large interplate earthquake. The depth of the plate interface geometry is not uniform along the trenches. A structure of the island arc crust and the plate interface geometry indicate a folded structure related to the arc-arc collisional tectonics of the Hokkaido region due to oblique subduction of Pacific plate. We found regions with high concentrated stresses on a fault based on the geometry of the plate interface. The areas are comparable with the source regions of the 1952 and the 2003 Tokachi-oki earthquake and the region where large slip was estimated during the 1952 Tokachi-oki earthquake from tsunami waveform inversion. In contrast to the stress concentrated regions, we found a region where the stresses are less concentrated. The afterslip of the 2003 Tokachi-oki earthquakes is distributed to the region. Therefore we suggest that the geometry of the subducting Pacific plate is strongly related to the distributions of source areas in the southernmost Kuril Trench. Due to the difference of the stress acting on the plate boundary, a wide variety of ruptures can occur for M 8 class earthquakes.

キーワード: 沈み込み帯, 巨大地震, 地殻構造, 千島海溝, 日本海溝, 島弧 島弧衝突

Keywords: subduction zone, megathrust earthquake, crustal structure, Kuril Trench, Japan Trench, arc-arc collision

千島海溝-日本海溝北部沿いの大地震・巨大地震の複雑な時空間分布 Complex Space-Time Pattern of Great and Large Earthquakes in the Northern Japan to Kurile Subduction Zones

原田 智也^{1*}, 佐竹 健治¹, 石橋 克彦²
HARADA, Tomoya^{1*}, SATAKE, Kenji¹, ISHIBASHI, Katsuhiko²

¹ 東京大学地震研究所, ² なし

¹Earthquake Research Institute, The Univ. of Tokyo, ²None

本研究では、日本海溝北部-千島海溝において1913年-2010年の約100年間に発生したM7以上の全てのタイプの地震について、本震・余震の震源再決定を行い、その時空間分布を検討した。次に、1960年代以降の全ての地震について、すべり分布の推定を行い、本震・余震分布とともに時空間分布の検討に用いた。その結果、この地域におけるM7以上の地震の時空間分布は、従来考えられてきたよりも複雑であることが分かった。

日本海溝北部-千島海溝南部の陸側は、M8級のプレート間巨大地震が時間・空間的に規則正しく発生する典型地域とされてきた(宇津, 1972; 1984)。しかしながら、この地域ではプレート間巨大地震以外にも、M7級のプレート間大地震、M7以上のスラブ内地震・アウターライズ地震・津波地震が多く発生してきた。本研究では、日本海溝北部-千島海溝において1913年-2010年の約100年間に発生したM7以上の全てのタイプの地震について、本震・余震の震源再決定をおこない、その時空間分布を検討した。震源決定には、Schweitzer (2003)のHYPOSATを用いた。いくつかの地震に関しては、さらにHurukawa (1995)の改良型連係震源決定法(MJHD法)を用いた再決定もおこない、震源の相対分布の精度を向上させた。読み取り値は、1964年以前の地震に関してはISS(International Seismological Summary)とBCIS(Bureau Central International de Sismologie)のカタログから、それ以降の地震に関してはISC(International Seismological Centre)のホームページから得た。

次に、1960年代以降に発生したM7以上の地震について、すべり分布の推定をおこない、本震・余震分布とともに時空間分布の検討に用いた。地震のすべり分布の推定には、Kikuchi and Kanamori (2003)の遠地実体波インバージョン・プログラムを用いた。古い地震に関してはWWSSNの長周期地震波形記録を、新しい地震に関してはIRIS-DMCより取得した広帯域地震波形記録を使用した。

結果は以下の通りである。日本海溝北部-千島海溝南部沿いは、過去のプレート間巨大地震の余震域から複数の領域に分けられているが(宇津, 1972; 地震調査研究推進本部, 2004)、各領域において、M8級のプレート間地震が単独で発生する場合と、M7級のプレート間地震が複数発生する場合がある。ウルップ島沖は1963年エトロフ沖地震(Mw8.5)の震源域であるが、そこで1991年、1995年にMw7.6, Mw7.9のプレート間地震が発生した。1963年、1991年、1995年のすべり分布から、1963年の南西側のアスペリティが1995年の地震によって再破壊された可能性がある。1990年代以降、この地域ではプレート間(巨)大地震が複数発生し、現在、青森県東方沖、釧路-択捉島沖、北ウルップ水道沖の3つのプレート間地震空白域が存在する。

1978年、1994年に色丹島付近で発生したスラブ内地震は太平洋スラブの断裂に起因する。2つの地震の近くでは、1939年にM7級のスラブ内地震が発生している。プレート間地震と考えられてきた1915年にシムシル島沖、1918年9月7日にウルップ島沖付近で発生したM8級の地震はスラブ内地震であった可能性がある。

この地域の海溝軸外側の海洋プレート内では、1933年、2007年のM8級の巨大地震をはじめ、1919年、1963年、1982年、2009年にM7級の地震が発生している。ウルップ島沖のM7級のプレート間地震とされてきた1918年11月8日の地震は、アウターライズ地震の可能性もある。2007年の正断層型の巨大地震の余震域内で発生した2009年の地震は逆断層型であったが、すべり分布の比較の結果、2007年はプレートの浅い部分、2009年は深い部分を破壊していることが分かった。1963年にウルップ島沖、1975年に色丹島沖で津波地震が発生している。

本研究では、HYPOSAT, MJHD法, 遠地実体波インバージョンのFORTRANプログラムを用いた。記して感謝します。

キーワード: 日本海溝北部-千島海溝, M>7の地震の時空間分布, 震源再決定, 遠地実体波インバージョン, 空白域

Keywords: Northern Japan - Kurile subduction zones, space-time pattern of M>7 earthquakes, hypocenter relocation, teleseismic body-wave inversion, seismic gap

長期的歪蓄積過程からみた千島-日本海溝沈み込み帯の特徴

Characteristics of long-term strain buildup in the Kuril-Japan subduction zone: a global comparison

池田 安隆^{1*}

IKEDA, Yasutaka^{1*}

¹ 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻

¹Dept. Earth Planet. Sci., Univ. Tokyo

Crustal strain is build up in and around a subduction zone in association with interseismic coupling on the plate interface. The elastic component of the crustal strain is released during episodic decoupling events on the plate boundary; the remainder is accommodated as permanent (= inelastic) deformation mainly within the subduction-related orogenic zone. Coseismic deformation is basically elastic, although damped by asthenospheric viscosity and thereby followed by postseismic deformation. Recent GPS observations have made it possible to detect crustal strain precisely and extensively, but are not sufficient in time to cover a whole cycle of strain buildup and release in subduction-related orogens. We propose here that geological methods and data should be used to evaluate inelastic strain buildup quantitatively, thereby to evaluate present-day elastic strain buildup, which may eventually result in gigantic earthquakes.

There has been a discrepancy between long-term (geologic) and short-term (geodetic) strain observations in both horizontal and vertical directions over the Northeast Japan (NEJ) arc. Geodetic observations in the past ~100 years have revealed strain accumulation across the NEJ arc at a rate as high as 10^{-7} strain/yr, whereas geologically observed strain rates are one order of magnitude slower. A similar discrepancy exists also in vertical movements; tide gauge records along the Pacific coast have indicated subsidence at a rate as high as ~10 mm/yr during the last ~80 years, whereas late Quaternary marine terraces indicate long-term uplift at 0.1-0.4 mm/yr. The ongoing rapid coastal subsidence is due to dragging by the subducting Pacific plate beneath the NEJ arc. Thus, most of the strain accumulated in the last 100 years at abnormally high rates is elastic, and is to be released by slip on the coupled plate interface. Only a fraction (~10%) of geodetically-observed crustal shortening is accommodated within the NEJ arc as long-term (inelastic) deformation.

Fairly large (Mw 7-8) subduction earthquakes occurred in the past ~100 years on the Kuril-Japan subduction zone, but they had nothing to do with strain release or coastal uplift. The 2011 Tohoku earthquake of Mw 9.0, whose rupture surface encompassed those of previously occurred Mw 7-8 subduction earthquakes, is likely to be such a decoupling event that effectively releases the elastic strain due to plate coupling. Pattern of interseismic subsidence indicates that, at 50~100 km depths down-dip of the 2011 rupture, there still exists a coupled part of plate interface, on which a large amount of aseismic after slip may occur in the coming decades.

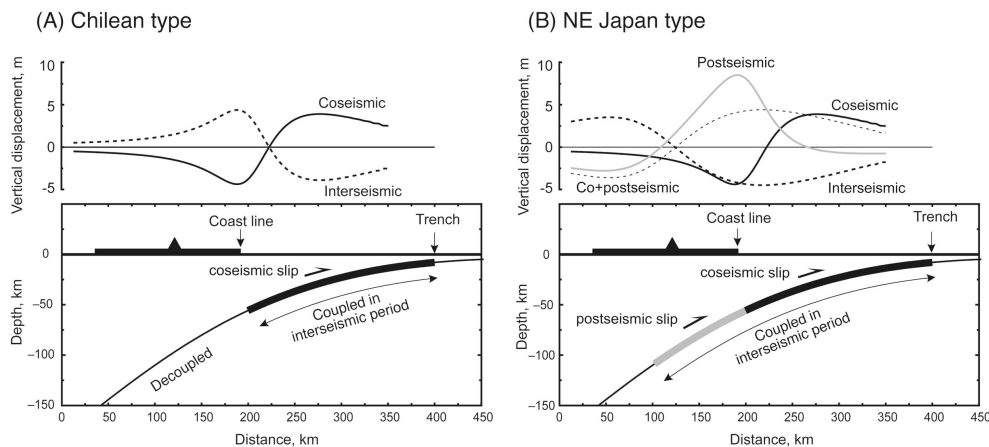
A global survey suggests that gigantic (Mw \geq 9.0) subduction earthquakes are classified into two types: the NEJ type and the Chilean type. The Chilean type strain buildup/release process is simple and straightforward in the sense that seismogenic zone (down to a 40-50 km depth) plays everything. The source areas of the 1960 Chile, 1964 Alaska, and 1700 Cascadia earthquakes lack evidence for interseismic deep coupling. Paleoseismological evidence indicates interseismic uplift around the down-dip edge of coseismic rupture, where coseismic subsidence is observed. This implies that the deeper plate interface is basically decoupled in interseismic periods, although subtle postseismic slip could exist on a transition zone down-dip of the coseismic rupture. In contrast, the NEJ type strain buildup/release process seems to be exceptional in that interseismic coupling occurs to a depth as deep as ~100 km. Its decoupling process is two-fold: seismic decoupling occurs only on the shallower plate interface while the deeper interface (50~100 km depths) decouples aseismically following the earthquake. A possible cause for such deep coupling would be thermal; the oceanic lithosphere of the western Pacific is very old and therefore cold, and has subducted beneath the NEJ-Kuril arc.

Keywords: interseismic coupling, decoupling event, elastic strain release, inelastic strain buildup, subduction-related orogen

SSS38-18

会場:303

時間:5月23日 15:30-15:45



17世紀に発生した千島海溝の連動型地震の再検討 Reexamination of the 17th century Kuril multi-segment earthquake

岡村 行信^{1*}, 行谷 佑一¹

OKAMURA, Yukinobu^{1*}, NAMEGAYA, Yuichi¹

¹ 産業技術総合研究所活断層・地震研究センター

¹ Active Fault and Earthquake Research Center, GSJ, AIST

17世紀に北海道東岸を襲ったと推定されている巨大津波を発生させた千島海溝の連動型地震は、津波堆積物の分布域を津波浸水域として津波シミュレーションを行い、Mw 8.4 から 8.5 と推定されている。しかしながら、2011年東北地方太平洋沖地震は、津波堆積物の分布域より津波浸水域の方が広いことを明確に示した。この知見を千島海溝に適用すると、17世紀の津波を発生させた連動型地震は、Mw8.5よりかなり大きい可能性が出てくる。もし、この地震の規模が従来の推定より大きくなると、三陸海岸へも被害を与え、歴史記録に残ると考えられる。17世紀の歴史記録に残る三陸海岸の被害津波を見ると、西暦1611年の三陸慶長津波があり、同地震が千島海溝の連動型地震によって発生した可能性が高くなる。津波シミュレーションによると、千島海溝の地震規模を Mw8.9以上にすると、三陸海岸で歴史記録に残る津波に匹敵する津波が発生する。このようなシミュレーションが妥当かどうかについては更に検討が必要であるが、千島海溝の連動型地震については従来の推定よりは規模が大きいと考えるのが妥当であろう。

文献：岡村・行谷（2011）活断層・古地震研究報告，11，15-20. (<http://unit.aist.go.jp/actfault-eq/seika/kojishin.html>)

キーワード: 巨大津波, 連動型地震, 千島海溝, 1611年慶長三陸津波

Keywords: giant tsunami, multi-segment earthquake, Kuril trench, 1611 Keicho-Sanriku-tsunami

地殻上下変動量・津波浸水域・津波高さ分布に基づく1703年元禄関東地震の断層モデル

A fault model of the 1703 Genroku Kanto earthquake inferred from coastal movements, tsunami inundation area and heights

行谷 佑一^{1*}, 佐竹 健治², 宍倉 正展¹

NAMEGAYA, Yuichi^{1*}, SATAKE, Kenji², SHISHIKURA, Masanobu¹

¹ 産業技術総合研究所活断層・地震研究センター, ² 東京大学地震研究所

¹ Active Fault and Earthquake Research Center, GSJ/AIST, ² ERI, U. Tokyo

元禄関東地震は元禄十六年十一月二十三日(西暦1703年12月31日)に相模トラフ沿いで発生した地震である。この地震により海岸の隆起や津波が生じた。

これまで検討されてきた元禄関東地震の断層モデルは、大きく分けて二つのタイプに分けられる。すなわち、笠原ほか(1973, 関東大地震五十周年論文集)に代表されるような震源域が相模湾から房総半島南部に及ぶモデルと、Matsuda et al.(1978, Gel. Soc. Am. Bull.)に代表されるような、さらに房総半島南東沖合まで震源域(断層C)が延びるモデルである。本研究では地形・地質学的に明らかにされた地殻上下変動量の逆解析を出发点に、津波浸水域や津波高さの情報を加味して断層Cの必要性について検討した。

まず、フィリピン海プレートの上面形状に関する最近の研究成果(Sato et al., 2005, Science; 武田ほか, 2007, 月刊地球; Tsumura et al., 2009, Tectonophysics)を統合し、その上面に34枚の小断層(大きさ:15km四方)を設置した。そして、地質・地形学的な調査により得られた地殻上下変動量(宍倉, 2003, 地震研彙報)を再現するよう、インバージョン解析により断層すべり量分布を推定した。ただし、断層Cによる地殻上下変動は陸域にほとんど影響を及ぼさないため、この段階で断層Cの必要性については検討していない。この結果、房総半島南部で最大10mのすべり量が推定された。神奈川県大磯付近から三浦半島にかけての断層面上では平均して5m程度のすべり量が推定された。

つぎに、この推定した断層すべり量分布を用いて九十九里浜の津波浸水計算を行ったところ、津波供養碑から推定された浸水範囲にはほとんど到達せず、狭い範囲しか浸水しなかった。そこで、この断層モデルに房総半島南東沖合の断層C(すべり量10m)を加えて浸水計算を行ったところ、津波供養碑による浸水範囲までほぼ浸水することがわかった。すなわち、元禄地震の破壊域は、房総半島南東沖合にまで達したと言える(行谷ほか, 2011, 活断層・古地震研究)。

さらに、この断層モデルによる沿岸の津波高さと、歴史記録から推定される津波高さについて比較を行った。この結果、房総半島南東部では断層Cを加えた場合の方が、加えない場合よりも2倍程度津波が高く、歴史記録から推定された津波高さ(平均で約7m)に近くなることがわかった。津波高さの視点から見ても、断層Cは必要であると言える。

キーワード: 1703年元禄関東地震, 津波, 沿岸の地殻変動, 九十九里浜, 断層モデル

Keywords: the 1703 Genroku Kanto earthquake, tsunami, coastal movement, Kujukuri beach, fault model

安政南海地震に伴う地殻変動：高潮及び大潮被害の時間変化 Crustal movement associated with 1854 Nankai earthquake: Temporal change of damage caused by storm surge and spring tide

露木 啓悟^{1*}, 中西 一郎¹

TSUYUKI, Keigo^{1*}, NAKANISHI, Ichiro¹

¹ 京都大学 理学部 地球物理学教室

¹Dept. Geophysics, Kyoto University

安政南海地震について当時書かれた史料を読み、高知市および高知市付近での地震、津浪、高潮、大潮などの被害を調べた。それをもとに高知市、また高知市付近での地殻変動を推定した。

用いた史料は

(1) 嘉永七甲寅年十一月五日土佐国大地震并御城下大火事且大汐入之実録之事 (高知県立図書館)

(2) 嘉永七甲寅年十一月五日土佐国大地震并御城下大火事且大汐入之実記 (京都大学図書館)

の2点であり、これらは文章がほぼ同じことから同じ史料を写したものと思われるが、文が抜けている部分や(2)にはそもそも書かれていない部分もあり、2点あることで互いに補完している。

これらの史料には安政南海地震当時の被害や事象、具体的には津波、高潮、大潮など潮について、火事、建物の崩壊、天候などについて記述されている。以下に記述の一部を記す。

俄二天气雨を催大雨降出大時化大雷鳴二成其中二震も発し誠二是社世之末也ト諸人心の中二八思ひけり其時化二半潰之家も風吹破浪打破り委く破却翌廿六日又々常と殊成大西風吹出誠二重々之大変何二譬へん方もなく哀はかなき世とは成にけり先西八潮江下知比島東は葛島高須新木鹿兒田部島絶海大島屋頭東崎孕下田介良一円白海と成日々大浪立破損船も少々有其内大島絶海屋頭田部島杯山添之土地高き家へ八潮不入高知も南会所之辺迄汐上ル右之中二而潮ノ不入所八壱ヶ村二四五軒七八軒計也

これは(2) 嘉永七甲寅年十一月五日土佐国大地震并御城下大火事且大汐入之実記の14頁目を引用したものである。この部分から天気に関すること(大雨、大時化、大雷鳴、大西風)や家が時化により半潰、また(安政元年十一月)廿六日にいくつかの村が高潮の被害にあったことなどが記述されている。このように史料には被害の種類によっては日付や、被害にあった地域なども記述されている。

次に上記の被害、事象の中でも特に高潮や大潮の被害について、また潮が干るという事象に注目し当時の村の位置を参考に調べ、それらによる被害の規模と地震後の時間推移の関係について調べたところ、高潮は地震が起きて1年以内に集中しており、大潮も地震直後頻度が高く、地震から2年ほど経つと潮が干るとの記述が目立つようになる。

これらの結果から高知市及び高知市付近では安政南海地震で地盤の沈下が起こり、その後徐々に隆起していったことが推測できる。

キーワード: 安政南海地震, 津波, 高潮, 大潮, 地殻変動

Keywords: Ansei Nankai earthquake, tsunami, storm surge, spring tide, crustal movement

中部琉球海溝での巨大地震・津波発生の可能性 - 沖縄本島羽地内海と塩屋湾で発見された津波堆積物 -

Evidence for prehistoric large earthquakes in the central Ryukyu Trench ? : Tsunami sediments at the Haneji Inner Bay

原口 強^{1*}, 中村 衛², 山田 和芳³, 瀬戸 浩二⁵, 五反田 克也⁴, 米延 仁志³

HARAGUCHI, Tsuyoshi^{1*}, NAKAMURA, Mamoru², YAMADA, kazuyoshi³, SETO, Koji⁵, GOTANDA, Katsuya⁴, YONENOBU, Hitoshi³

¹ 大阪市立大学大学院理学研究科, ² 琉球大学理学部, ³ 鳴門教育大学大学院学校教育研究科, ⁴ 島根大学汽水域研究センター, ⁵ 千葉商科大学政策情報学部

¹Graduate School of Sciences, Osaka City University, ²Faculty of Science, University of the Ryukyus, ³Graduate School of Education, Naruto University of Education, ⁴Research Center for Coastal Lagoon Environments, Shimane University, ⁵Faculty of Policy Informatics

これまで琉球海溝には巨大地震を発生しうる場所である固着域がなく、巨大地震は起こらない場所とされてきた。しかし最近の研究から、沖縄本島南東沖の琉球海溝に固着域があり、琉球海溝でも巨大地震が発生する可能性が指摘されている。

一方、沖縄の地震津波の歴史記録をみると、約300年前以降の情報しかなくそれ以前に沖縄本島付近での巨大地震・津波の情報が欠如している。

このような背景から、沖縄本島沿岸域での過去数千年間の巨大地震・津波の履歴を明らかにすることを目的として、津波堆積物調査を行っている。

調査地域は、1960年チリ津波により屋我地大橋が落橋するなどの被害を受けた沖縄本島の西岸の羽地内海と、同様の閉鎖海域である塩屋湾を対象とした。両方の地域で音波探査とコアリング(代表地点:長さ約3m)を実施した。音波探査から、両方の湾ともに表層から10m以上の泥層が氷期の旧河道を埋積していることが明らかとなった。羽地内海は、台風時の船舶避難港であり波浪の影響を殆ど受けないことから、こうした静穏な環境が過去数千年程度に亘って保たれてきたといえる。さらに塩屋湾は羽地内海以上に静穏な堆積環境となっている。

採取したコアに含まれる植物片を用いた年代測定の結果、羽地内海で約2100年間、塩屋湾で約1500年分がカバー出来た。堆積物は概ね塊状の明灰色～オリブ灰色シルトで構成されている。羽地内海では、深度80, 180, 280cmに3枚、一方、塩屋湾では、深度110cmおよび280cmに2枚、層厚5~10cm程度のサンゴの破片や外洋棲貝の破片の密集する薄層が挟在している。年代-深度関係から、おおよその薄層の堆積年代を推定すると、羽地内海では、600-800年前、1300-1500年前そして2200-2400年前に、塩屋湾では、700-900年前、1400-1600年前であることがわかった。異なる地点間でこれら薄層を形成させるイベントの発生年代が同調していることやほぼ等間隔であることが確認された。台風や高潮で貝やサンゴが内海に入って来たのであれば、その痕跡が頻りに繰り返しあってもおかしくない。しかし他の部分は極めて均質な泥層で、同じ傾向が塩屋湾にも見られることから、この薄層は津波堆積物の可能性が高い。

予察的に琉球海溝においた断層モデル(幅約50km,長さ200km,すべり量20m, M8.5)での予想される津波は、沖縄本島の東海岸全域で最大波高が15m以上、湾奥など局所的に20m以上となる。海溝と反対側の那覇、北谷、名護港でも8~10m程度の津波となり、羽地内海や塩屋湾にも大きな津波が到達する。

このことから、羽地内海と塩屋湾で発見された津波堆積物は、過去に琉球海溝で発生した巨大地震・津波を記録している可能性が高い。今後、沖縄本島沿岸全域での津波堆積物調査と同時に海底地殻変動観測で固着域が琉球海溝に沿ったように分布しているのかを調べるのが重要である。

キーワード: 中部琉球海溝, 巨大地震, 津波, 津波堆積物

Keywords: central Ryukyu Trench, large earthquake, tsunami, tsunami sediment

南海トラフ底の熱流量分布：巨大地震発生帯の温度構造との関係

Heat flow distribution on the floor of the Nankai Trough: Relation to the temperature structure of the seismogenic zone

山野 誠^{1*}, 後藤 秀作², 川田 佳史¹, 濱元 栄起³

YAMANO, Makoto^{1*}, GOTO, Shusaku², KAWADA, Yoshifumi¹, HAMAMOTO, Hideki³

¹ 東京大学地震研究所, ² 産業技術総合研究所, ³ 埼玉県環境科学国際センター

¹ Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo, ² Geol. Surv. Japan, AIST, ³ Center Environ. Sci. Saitama

沈み込む海洋プレートの温度構造は、沈み込み帯の温度構造を支配する要素の1つである。海洋プレートの温度構造は基本的にその年齢で決まることから、南海トラフ沈み込み帯では、沈み込むフィリピン海プレート（四国海盆）の年齢分布に応じて、プレート境界面や前弧域の温度構造が東西方向に変化するものと考えられる。しかし、南海トラフ底で観測される熱流量の値は、四国海盆の海底年齢と必ずしも整合的でないことが判明している。特に顕著な異常を示すのは四国東部・室戸沖のトラフ底で、熱流量のばらつきが大きく、平均値は約 200 mW/m² と海底年齢に対応する値（堆積効果を補正したもの）の2倍にも達する。これに対して紀伊半島東南方・熊野沖では、ほぼ年齢に応じた正常な値（約 100 mW/m²）である。この違いの原因が何であるかは、南海トラフ沈み込み帯の温度構造を考える上で重要な問題である。我々は、室戸沖の異常高熱流量と熊野沖の正常値の間の変化を調べるため、紀伊半島沖の南海トラフ底で熱流量測定を行ってきた。

これまでの測定で、東経 136 度付近（潮岬南方）より西側のトラフ底では熱流量のばらつきが大きく、平均値は室戸沖と同程度に高いことがわかってきた（山野ほか, 2009 年連合大会）。しかし、東側（熊野沖）の正常値への遷移について検討するにはデータが不十分であった。このため、2011 年の淡青丸 KT-11-15 航海、なつしま NT11-23 航海において、紀伊半島南方の南海トラフ海域での熱流量測定を実施し、計 23 点の新たな測定値を得た。特に東経 136 度近辺のトラフ底で重点的な測定を行った結果、136 度を境にして熱流量分布が明瞭に変化することが明らかになった。すなわち、136 度より西では熱流量は高くばらつきが大きく（120 - 250 mW/m²）、基本的に室戸沖と同じ特徴を示す。これに対し、東側ではほとんど値のばらつきがなく、東に向かって単調に減少し、50 km の距離で約 200 から約 100 mW/m² まで変化する。西側での値の大ききばらつきや、136 度で急に分布が変化することは、その原因がかなり浅いところ（海洋地殻程度）にあることを示している。熱流量分布が変化する場所は、1944 年東南海地震と 1946 年南海地震の震源域境界に近く、トラフ陸側の地震活動もこの付近で東西に顕著に変化することが報告されている。このことは、沈み込むプレートの温度構造と地震活動に何らかの関係があることを示唆している。

室戸沖トラフ底の高熱流量の原因については、沈み込んだ海洋地殻上層部の透水層で活発な熱水循環が起き、これが深部から熱を効率的に輸送してトラフ底を加熱するというモデルが提唱されている（Spinelli and Wang, 2008）。この熱水循環モデルを紀伊半島南方の熱流量分布に適用すると、136 度の西側では室戸沖と同様な循環による熱輸送が起きているが、136 度を境に循環の強度やパターンが変化するすると推定される。熱水循環の変化は、海洋地殻内透水層の構造の変化によると考えられる。四国海盆形成末期に拡大方向が東西から北東-南西に変わった際の構造境界が、これに対応する可能性がある。熱水循環による深部からの熱輸送は、トラフ底の熱流量を高める一方、プレート境界面の温度を低下させる。したがって、トラフ底の熱流量分布の東西方向の変化は、プレート境界地震発生帯の温度構造の変化（地震発生過程や鉱物の脱水反応が起きる深さ等の変化）を表す指標になり得る。

キーワード: 南海トラフ, 熱流量, 熱水循環, 温度構造, 四国海盆, 地震発生帯

Keywords: Nankai Trough, heat flow, hydrothermal circulation, temperature structure, Shikoku Basin, seismogenic zone

深海曳航式浅部地層探査により明らかになった熊野トラフ周縁の活構造 Active structures in the margins of the Kumano Trough revealed by deep-tow subbottom profiler

芦 寿一郎^{1*}, KH-11-9 Leg 3 乗船研究者¹
ASHI, Juichiro^{1*}, KH-11-9 Leg 3 Shipboard Scientists¹

¹ 東京大学大気海洋研究所

¹ AORI, the University of Tokyo

The Nankai Trough is a convergent margin at which the Philippine Sea plate is subducting to the northwest beneath the Eurasian plate at a rate of about 4 cm/yr. The area off Kumano is characterized by a well-developed forearc basin called the Kumano Trough and a NE-SW trending continuous outer ridge. Multichannel seismic survey data demonstrate that megasplay faults branch from the master decollement ~50 km landward of the accretionary prism toe to form an outer ridge. A NE-SW elongated depression is developed between the outer ridge and the forearc basin. The deep-towed sidescan sonar WADATSUMI revealed a strong NE-SW lineament on the basin floor of the depression and a swarm of normal faults at the southern margin of the forearc basin. Bacterial mats, tubeworms and carbonate crusts are also observed at landward slopes of the depression where the forearc basin strata are partly exposed. Bathymetric map off Kii Peninsula suggests a dextral displacement of the axis of Shionomisaki Canyon. In order to know the deformation at the southern margin of the Kumano Trough, we carried out deep-tow subbottom survey and pinpoint core sampling by ROV NSS (Navigable Sampling System) during Hakuho-maru KH-11-9 cruise. We introduced a chirp subbottom profiling system of EdgeTech DW-106 for high resolution mapping of shallow structures on this study. The profile crossing the elongated basin does not reveal a fault plane itself but clearly indicates complex geometry of the sedimentary strata. The zone where the sidescan sonar imagery shows a distinct lineament correspond to a small ridge morphology and exhibits sudden dip changes of the strata. Existence of the continuous ridge and deformation of shallow formation suggest recent strike slip displacement along this lineament.

キーワード: 前弧海盆, 活断層, 横ずれ, 冷湧水, 付加体

Keywords: forearc basin, active fault, strike slip, cold seep, accretionary prism

南海トラフ巨大分岐断層の形態と物性 Geometry and physical properties of mega-splay fault in the Nankai Trough

山田 泰広^{1*}, 増井玲央那¹, 辻健¹
YAMADA, Yasuhiro^{1*}, Reona Masui¹, Takeshi Tsuji¹

¹ 京都大学

¹Kyoto University

南海トラフ付加体で認められた巨大分岐断層の三次元形態を反射法地震探査データを用いて解析した結果、場所によって傾斜角度や傾斜方向に変化があることや、単なる平板ではなく複雑な屈曲形態を示すこと、断層帯の厚さや音響インピーダンス分布も場所によって変化していることなどが明らかになった。これらの断層帯形態や物性分布は、海底斜面崩壊堆積物から推定された断層活動の地域差と調和的である。

キーワード: 南海トラフ, 分岐断層, 構造形態, 物性, 物理検層, 反射法地震探査

Keywords: Nankai Trough, mega-splay fault, structural geometry, physical properties, geophysical logging, reflection seismology

南海トラフ断層浅部物質の大変位条件下における摩擦の速度依存性 Friction velocity dependence of the shallow parts of faults within the Nankai Trough at a large displacement

堤 昭人^{1*}, 水野有梨², 東 修平³, 金川 久一³

TSUTSUMI, Akito^{1*}, MIZUNO, Yuri², AZUMA, Shuhei³, KANAGAWA, Kyuichi³

¹ 京都大学大学院理学研究科, ² 京都大学理学部, ³ 千葉大学大学院理学研究科

¹Graduate School of Science, Kyoto University, ²Faculty of Science, Kyoto University, ³Graduate School of Science, Chiba University

Frictional velocity dependence of clay-rich fault material collected from the Nankai Trough in IODP Exp.316 at the shallow portion of the megasplay system (C0004) and at the frontal thrust site (C0007) were examined in frictional experiments performed at a normal stress of 5 MPa under water-saturated conditions with >250 mm of displacement. Experimental results derived for slip velocities from 0.026 to 2.6 mm/s reveal that there exist both velocity-weakening and velocity-strengthening materials along the megasplay fault. In contrast, all of the tested fault material from the frontal thrust region shows only positive velocity dependence at the same experimental conditions. The frictional coefficient values for slow slip velocities ($v = 0.26$ mm/s) are relatively low (0.2 to 0.35) for velocity-strengthening samples compared to the values for velocity-weakening samples (0.38 to 0.49). Microstructural analyses reveal that velocity-strengthening samples generally show homogeneous deformation textures in which the entire gouge layer is deformed, whereas velocity-weakening materials show evidence of shear localization in which deformation is concentrated along narrow subsidiary shears.

Results of XRD analysis shows that each of the tested fault rock samples contains clays (smectite, chlorite, illite and kaolinite), quartz, plagioclase and calcite. Low values of friction recorded for the velocity strengthening samples may indicate a higher content of weak clays in the experimental fault layers [e.g., Summers and Byerlee, 1977; Morrow et al., 1992]. However, a semi-quantitative XRD analysis of the clay fraction performed both on the velocity-strengthening samples and the velocity-weakening samples reveals that clay composition are rather uniform and the variations are small among the all examined fault materials.

These results may imply that velocity dependence of friction along the shallow parts of the faults within the Nankai Trough is sensitive to the variation of the clay content of the fault zones. Alternatively, it could be suggested that another property of the fault material, such as the size distribution of the grains within the fault zone also plays an important role in controlling deformation processes of the faults, whereby the velocity dependence of friction could be affected.

キーワード: 南海トラフ, 断層, 摩擦, 前縁断層, 分岐断層

Keywords: Nankai Trough, fault, friction, frontal thrust, splay fault

南海トラフ付加体浅部の半遠洋性・タービダイト起源泥質堆積物の力学的・水理学的特性

Hydrological and mechanical properties of hemipelagic and turbidite muds from the shallow Nankai accretionary prism

東 修平¹, 金川 久一^{1*}, 高橋 美紀², 上原 真一³, 井上 厚行¹

AZUMA, Shuhei¹, KANAGAWA, Kyuichi^{1*}, TAKAHASHI, Miki², UEHARA, Shin-ichi³, Atsuyuki Inoue¹

¹ 千葉大学理学研究科地球科学コース, ² 産業技術総合研究所活断層・地震研究センター, ³ 東邦大学理学部生命圏環境科学科

¹Department of Earth Sciences, Chiba University, ²Active Fault and Earthquake Research Center, AIST, ³Department of Environmental Science, Toho University

IODP Exp. 315 において南海トラフ付加体浅部(海底下約 1000 m)から採取された泥質堆積物 2 試料の起源が、それぞれ半遠洋性およびタービダイト起源と判明した。半遠洋性泥試料は石英や長石などの碎屑粒子に乏しく(36-37 wt%)、スメクタイトなどの粘土鉱物粒子に富み(36-42 wt%)、細粒均質(1.40 ± 1.25 μm)で孔隙が少ない(約 11%)。一方、タービダイト起源泥試料は石英や長石などの碎屑粒子に富み(52-58 wt%)、粘土鉱物粒子が比較的少なく(29-34 wt%)、比較的粗粒で淘汰が悪く(2.27 ± 3.59 μm)孔隙も多い(約 38%)。

室温、封圧 36-38 MPa、間隙水圧 28-29 MPa の条件で透水実験を行った結果、半遠洋性泥試料は浸透率が小さく(2.9 × 10⁻¹⁹ m²)透水性が悪く、一方タービダイト起源泥試料は浸透率が大きく(2.3 × 10⁻¹⁸ m²)透水性が良いことが明らかとなった。上記の温度・封圧・間隙水圧条件、および変位速度 10 μm/s で三軸圧縮実験を行った結果、半遠洋性泥試料は破壊強度が約 14 MPa と小さく、1 分ほどかけてゆっくりと破壊したのに対し、タービダイト起源泥試料は破壊強度が約 20 MPa と大きく、数秒間で急激に破壊した。上記の温度・封圧・間隙水圧条件、および軸方向の変位速度を 0.1, 1, 10 μm/s でステップ状に変化させて三軸摩擦実験を行った結果、半遠洋性泥試料は摩擦強度が小さく(摩擦係数約 0.25)すべり軟化の挙動を示し、一方タービダイト起源泥試料は摩擦強度が大きく(摩擦係数約 0.56)、摩擦強度がほぼ一定の定常すべりの挙動を示した。両試料ともに変位速度の増加に伴い摩擦強度が増加する速度強化の挙動を示したが、半遠洋性泥試料の方がより顕著な速度強化の挙動を示した。一方、タービダイト起源泥試料は短期的には速度強化の挙動を示すが、長期的には速度弱化的挙動を示す可能性が示唆された。

このような半遠洋性とタービダイト起源の泥質堆積物の力学・水理学的特性の相違は、付加体浅部におけるこれらを母岩とする断層運動にも大きな相違をもたらすと考えられ、それについても議論する。

キーワード: 南海トラフ付加体, 泥質堆積物, 水理特性, 破壊特性, 摩擦特性

Keywords: Nankai Trough accretionary prism, mud sediments, hydrological properties, failure properties, frictional properties

断層岩から最大応力、破壊エネルギー、臨界すべり距離を推定する Estimation of Peak stress, Fracture energy and Critical distance from natural fault

坂口 有人^{1*}

SAKAGUCHI, Arito^{1*}

¹ 海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

New methods based on the technique of calcite twin piezometer can estimate seismic frictional parameters of peak stress, fracture energy (Gc), critical distance (Dc). Though these are fundamental parameters of fault friction, it has been hard to know from a fault rock.

The calcite records paleo-stress as stress dependent intracrystalline deformation of mechanical twinning. Calcite grains, interleaving between rigid grain aggregate, will deform during elastic deformation of the whole body. The record of stress may be preserved by the indicator after elastic rebound of the whole body. This concept was documented by tri-axial sandstone experiment and numerical simulation of discrete element method (Sakaguchi et al., 2011).

This method is applied to natural fault at Pseudotachylyte bearing ancient seismic Okitsu fault, Cretaceous Shimanto complex. High peak stress of 350 MPa was found at center of fault zone, and it drops to 260 MPa with short distance of several 10 m perpendicular to the fault. Such a localized high stress may result in stress-concentration at rupture front. If dynamic fracture energy is close to concentrated strain energy at rupture front, fracture energy can be estimated from paleo-stress and elastic modulus of the fault rock. In fault energy model, peak stress, critical distance and fracture energy are plotted at simple triangle diagram. The critical distance can be assumed from other two parameters.

Keywords: seismic fault, paleo-stress, calcite twin, Dc, Gc

沈み込みプレート境界地震発生帯における堆積物の深度方向の物性変化: 四国白亜系四万十帯の例 Change in physical properties of sediments in seismogenic depth along subduction zone: The Cretaceous Shimanto Belt

橋本 善孝^{1*}, 坂本駿¹

HASHIMOTO, Yoshitaka^{1*}, Shun Sakamoto¹

¹ 高知大学理学部応用理学科

¹Department of Applied Science, Faculty of Science, Kochi University

沈み込みプレート境界地震発生帯における堆積物の物性変化を明らかにすることは岩石強度の変化や脱水プロセスを理解することにつながり、地震発生の物質的なメカニズムを理解する上で重要である。本研究の目的は高知県西部白亜系四万十帯における弾性波速度分布から堆積物の深度方向の物性変化を検討することである。弾性波速度は間隙率に依存する物性であるが、固結した岩石では間隙率よりも弾性波速度の方が変化を捉えやすい。また、弾性波速度は間隙形状の変化に関する議論を可能にする。本研究ではピトリナイト反射率 (VR) を深度の指標に用いて、弾性波速度の深度方向の変化を検討する。

調査対象地域の高知県西部白亜系四万十帯である。高知県西部白亜系四万十帯は厚いタービダイト相と、それに挟するメラングジュ相からなる。VR による熱構造は仏像構造線から南へ約 15km の間に約 150 から 230 へ増加し、アウトオブシークエンススラスト (OST) を境に約 150 に低下、再び南へ緩やかに上昇する傾向を示す (Sakaguchi et al. 1999)。本研究では OST を境に上盤から砂岩 11 個、泥岩 5 個、下盤から砂岩 6 個、泥岩 4 個の計 26 個サンプルの弾性波速度を測定した。

500 k Hz の S 波発信器を 2 個用いて透過法で波形を取得した。流体圧を 1MPa で固定し、有効圧を 5MPa から 65MPa まで 5MPa きざみで変化させて、P・S 波弾性波速度を求めた。以下では、1) 最大有効圧のときの最大速度 (V_{max})、2) 有効圧の変化に伴う弾性波速度の変化量 (ΔV)、3) サンプル採取地点における VR (内挿で求める) の 3 つの要素を用いて、それぞれの相関を検討した。

V_{max} と VR について砂岩には相関は見られず、泥岩には正の相関が見られた。 ΔV と VR について砂岩に正の相関が見られたが、泥岩には相関が見られなかった。また V_{max} と ΔV の間では砂岩の P 波に正の相関があり、S 波には相関が見られなかった一方、泥岩では S 波に負の相関があり、P 波には相関が見られなかった。以上のように砂岩と泥岩ではまさに逆の関係が見られた。

このことは沈み込みプレート境界地震発生帯において砂岩と泥岩の物性がまったく異なる進化を示している。砂岩は沈み込む過程で地震発生帯に達するまでに岩石化が完了しており、地震発生帯内では深度とともに間隙率は変化しない。一方泥岩は地震発生帯内部でも未だ岩石化が完了しておらず、深度とともに進行する。 ΔV は異方的な間隙の量比に依存したパラメータで、砂岩では深度とともに変化するが、泥岩では変化しない。また、P 波と S 波で V_{max} と ΔV との間の相関が異なることは異方的な間隙の方位が層に平行であることを示唆している。

キーワード: 付加体, 弾性波速度, 物性変化

Keywords: accretionary prism, velocity, change in physical properties

南海分岐断層と過去の分岐断層（延岡衝上断層）の比較研究

A comparison of the modern Nankai megasplay fault and the exhumed ancient megasplay fault, the Nobeoka thrust

木村 学^{1*}, 山口 飛鳥¹, 斎藤 実篤², 浜橋 真理¹, 福地 里菜³, 亀田 純¹, 濱田 洋平¹, 藤本 光一郎³, 橋本 善孝⁴, 比名 祥子¹, 栄田 美緒⁴, 北村 有迅², 水落 幸広⁵, 長谷 和則⁵, 明石 孝行⁵

KIMURA, Gaku^{1*}, YAMAGUCHI, Asuka¹, SAITO, Saneatsu², HAMAHASHI, Mari¹, FUKUCHI, Rina³, KAMEDA, Jun¹, HAMADA, Yohei¹, FUJIMOTO, Koichiro³, HASHIMOTO, Yoshitaka⁴, HINA, Shoko¹, EIDA, Mio⁴, KITAMURA, Yujin², MIZUOCHI, Yukihiro⁵, Kazunori Hase⁵, Takayuki Akashi⁵

¹ 東京大学, ² 独立行政法人海洋研究開発機構, ³ 東京学芸大学, ⁴ 高知大学, ⁵ 住鉱資源開発株式会社

¹Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, ²IFREE, JAMSTEC, ³Tokyo Gakugei University, ⁴Kochi University,

⁵Sumiko Resources Exploration & Development Co., Ltd.

Megasplay fault branched from plate boundary megathrust in subduction zone is located around the border between outer and inner wedges and is considered to cause great earthquake and tsunami such as 1960 Alaska earthquake, 1944 and 1946 Nankai-Tonankai earthquakes, and 2004 Sumatra earthquakes. Therefore, understanding the fault mechanics of the megasplay faults is essential toward assessing their role in the plate boundary processes and seismo-tsunamigenesis. Seismic reflection studies for the megasplay faults in 2D and 3D in the Nankai forearc present the reflector with negative or positive polarities of various amplitude for the megasplay fault, and suggest complicated petrophysical properties and condition of the fault and its surroundings. The Nankai megasplay fault at a depth of ~5km is going to be drilled and cored by Integrated Ocean Drilling Program, NantroSEIZE experiments and is expected for great progress of understanding of the fault mechanics. Deep portion of the megasplay fault and its connection to the plate boundary megathrust is, however, impossible to be accessed by direct drilling. Far and near field geophysical observation is therefore only way to access the modern and active megasplay fault. On-land exhumed and fossilized megasplay faults, on the other hand, give a clue for the fault mechanics when they were active in depth although the exhumation and fossilization process modifies their primary properties due to physico-chemical weathering and crack opening by unloading. Our previous studies from the Nobeoka thrust in Kyushu, southwest Japan present well-preservation of primary faulting processes and clear contrast of physical property between the hanging wall and footwall.

We have conducted the seismic, drilling, coring and logging investigation into the Nobeoka thrust to the depth of ~250 m including ~40m hanging wall and ~210 m footwall. The coring was ~99% recovery and full logging was successful. The result of the logging together with triangular S-wave vibro-seismic array investigation presents a clear contrast between the hanging wall and footwall. The results indicate how the fossilized megasplay fault is useful to investigate the primary properties in depth, excluding the secondary effects associated with exhumation and surface weathering.

化石分岐断層から得られた連続的コア・検層データ：延岡衝上断層掘削速報 Continuous coring and logging dataset obtained from fossilized megasplay fault

山口 飛鳥^{1*}, 木村 学¹, 浜橋 真理¹, 福地 里菜², 亀田 純¹, 濱田 洋平¹, 藤本 光一郎², 橋本 善孝³, 比名 祥子¹, 栄田 美緒³, 斎藤 実篤⁴, 北村 有迅⁴, 水落 幸広⁵
YAMAGUCHI, Asuka^{1*}, KIMURA, Gaku¹, HAMAHASHI, Mari¹, FUKUCHI, Rina², KAMEDA, Jun¹, HAMADA, Yohei¹, FUJIMOTO, Koichiro², HASHIMOTO, Yoshitaka³, HINA, Shoko¹, EIDA, Mio³, SAITO, Saneatsu⁴, KITAMURA, Yujin⁴, MIZUOCHI, Yukihiko⁵

¹ 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻, ² 東京教育大学自然科学系, ³ 高知大学大学院理学研究科応用理学専攻, ⁴ 海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域, ⁵ 住鉱資源開発株式会社
¹Department of Earth and Planetary Science, the University of Tokyo, ²Faculty of Education, Tokyo Gakugei University, ³Department of applied science, Faculty of Science, Kochi University, ⁴Institute For Research on Earth Evolution, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ⁵Sumiko Resources Exploration & Development, Co., Ltd.

Mechanics and evolution of large thrust faults along subduction plate boundaries are one of the essential topics in earth sciences because of their potential for causing catastrophic geohazards. Megasplay faults, large landward-dipping thrust fault branching from plate boundary megathrusts, are one of the candidates for the source of large tsunamis. Deep portion (~5200 mbsf) of the megasplay fault in the Nankai Trough is listed for the next drilling target of the NanTroSEIZE project. In such depths, the megasplay fault is recognized as strong reflector of seismic profiles, however, the thickness, architecture, deformation styles of the fault zone is still ambiguous. To evaluate the status of modern megasplay fault before drilling, we projected drilling, coring and logging to the Nobeoka thrust, Japan, a fossilized on-land analog of such megasplay fault and its basic setting has been constrained (Kondo et al., 2005): Nobeoka Thrust Drilling Project (NOBELL).

Drilling operation continued from July to September, 2011. Coring was operated up to 255 m depth with excellent recovery (99.82%). Visual core descriptions including detail sketch, lithological and structural characterization, measurements on 3,787 structural elements, were performed on the whole core. Subsequently, geophysical logging (temperature, spontaneous potential logging, natural gamma-ray, resistivity, P/S-wave velocity, neutron porosity, caliper) and borehole imaging (optical and ultrasonic wave) were operated and continuous dataset from 12 to 252 m-depth were obtained. Cores were stored in Kochi Core Center (KCC) at Kochi University, and gamma-ray density, magnetic susceptibility measurements were performed by a multi-sensor core logger.

Although analyses of core description and logging dataset are now in progress, various cataclasites and slip zones possibly reflecting protolith type and deformation mechanisms, and many spikes on logging data have been recognized. The results of NOBELL would provide new insights on not only the architecture but mechanics and evolution of ancient and modern megasplay faults.