

Fundamental structure model of island arcs and subducted plates in and around Japan -II

*岩崎 貴哉¹、佐藤 比呂志¹、篠原 雅尚¹、石山 達也¹、橋間 昭徳¹、松原 誠²、雨宮 由美³

*Takaya Iwasaki¹, Hiroshi Sato¹, Masanao Shinohara¹, Tatsuya Ishiyama¹, Akinori Hashima¹, Makoto Matsubara², Yumi Amemiya³

1. 東京大学地震研究所、2. 防災科学技術研究所、3. 株式会社海洋先端技術研究所
1. ERI, the University of Tokyo, 2. NIED, 3. OHTI

The eastern margin of the Asian continent is under complicated tectonic environment, dominated by subduction and collision of the Pacific (PAC), Philippine Sea (PHS) and Eurasia (EU) plates. Crustal activities in and around the Japanese Islands, which have a wider range spatial extent with different time scale, are dominated by strong interplate interactions. The 2011 Tohoku earthquake (M=9.0) produced a large amount of coseismic and post-seismic crustal deformations and remarkable changes in seismic activity in in broader region of easternmost Asia, providing good opportunities to study response of trench-arc system due to a mega thrust earthquake on the plate boundary. Quantitative understanding for such phenomena requires to develop fundamental structure models including plate boundaries and crust and uppermantle structures from the fore- to back-arc provinces. This paper presents results of our research aiming to construct key items for fundamental structure models for island arcs, namely, (1) topography, (2) plate geometry, (3) fault models, (4) the Moho and brittle-ductile transition zone, (5) the lithosphere-asthenosphere boundary, and (6) petrological/ rheological models.

Our modelling area is set 12°-54° N and 118°-164° E to cover almost the entire part of Japanese Islands together with Kuril, Ryukyu and Izu-Bonin trenches. Geometry of the subducted Pacific and PHS plates are modelled through the two steps. In the first step, we constructed “base” models, which have rather smooth surfaces in our whole model area, from earthquake catalogues provided by JMA, USGS and ISC. As the second step, regional plate configuration with shorter wave-length (<50-100 km) is constrained particularly in the vicinity of Japan from recent results by seismic tomography, RF analysis and active source experiment. Our analysis indicates that the plate boundaries in the regional models are systematically shallower than those from the base models in a depth range of 10-50 km. This probably indicates that the regional models represent the structural boundary of the subducted plate, while the base models its mechanical boundary. In the Kanto area, the geometry of the PHS plate is very complicated due to the existence of the triple junction and the collision of Izu-Bonin arc to the EU plate. We defined the plate geometry of the PHS plate from results of active seismic experiments and seismic tomography studies as well as natural earthquake observation (Sato et al., 2005; Nakajima & Hasegawa, 2007; Hirose et al., 2008a,b, Nakajima et al., 2009, Sato, 2009, Uchida et al., 2010). The northern margin of the PHS plate under the NE Japan arc west of the Japan trench is based on the result by Uchida et al. (2010), which is almost consistent with the southern end of aftershock distribution and major aftershock fault of the 2011 Tohoku earthquake.

So far, detailed Moho structure was presented by several authors (Zhao et al., 1994; Shiomi et al., 2009; Katsumata, 2010; Igarashi et al., 2011; Matsubara et al., 2016). We intends to combine these results with global crust model (crust 1.1, Laske et al. 2013), to generate Moho depth models for EU, PHS and PAC plate in our model region. We are newly developing software packages necessary for this work. As an example, the Moho model by Katsumata (2010) beneath the Japanese islands is extended to the surrounding region using crust 1.1 model. For the PAC and PHS plates, the Moho depths beneath the subducted oceanic crust are assumed from our plate boundary model, which are merged to those beneath the oceanic basin. These models are still tentative, and should be revised by incorporating

structural information from active source experiments.

キーワード：島弧、プレート境界、モホ、基本構造、活動縁辺域、沈み込み帯

Keywords: island arc, plate boundary, Moho, fundamental structure, active margin, subduction zone

Crust and uppermost mantle structure of the Japanese Islands inferred from receiver function analysis

*五十嵐 俊博¹、飯高 隆¹

*Toshihiro Igarashi¹, Takashi Iidaka¹

1. 東京大学地震研究所

1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

Recent travel time inversion analyses have elucidated crust and mantle structures of whole areas in the Japanese Islands. However, they estimated only spatial changes with relatively long wavelength, and it was difficult to extract clear velocity discontinuities. Also, the resolution of their S-wave velocity structures near the ground surface was insufficient than that of P-wave velocities. Therefore, the spatial distributions of the crustal velocity discontinuities and the Moho depths are poorly understood. In this study, we show the crust and uppermost mantle velocity structures and the velocity discontinuities beneath the Japanese Islands from receiver function analyses.

We improved an estimation method of crustal velocity structure beneath each seismic station by Igarashi et al. [2011]. This method searches the best-correlated receiver function between observed one calculated from teleseismic seismograms and synthetic one based on assumed crustal velocity structure by using a grid search method. We constructed velocity structures which consist of a sediment layer, one to three crustal layers and two upper mantle layers. They cover both the crustal velocity structures and Moho depths of the Japanese Islands estimated by previous researchers. We use seismic stations installed by the National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, the Japan Meteorological Agency and Earthquake Research Institute, the University of Tokyo. We selected the 13,736 teleseismic events, which have the epicentral distance between 30° and 90°, magnitude greater than 4.5, and occurred in the period from September 1989 to February 2016.

The estimated crustal structure is characterized by areas with low-velocity layers. In several plains and basins, we identify a thick sediment layer. The surrounding areas of active volcanoes correspond to the low-velocity zones in the crust. The Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line seems to a border of crustal velocity structure. The southwestern side has the relatively stable high-velocity areas, whereas the northeastern side is heterogeneous spatially. In the lower crust, low-velocity structures are distributed in the eastern part of the Niigata-Kobe Tectonic Line and some part of the Median Tectonic Line. There are low-velocity zones around the Moho discontinuity along the middle part of the island arc. The crustal thickness tends to increase in mountain regions and decrease toward the surrounding areas with some undulations. The Moho discontinuity of the subducting Philippine Sea plate has distinct velocity change near the southern coastline of the Japanese Islands, and the velocity contrast is larger than that of the overriding plate. We suggest that S-wave velocity transition layers exist in the uppermost mantle just beneath the Moho discontinuity in broad areas of the Japanese Islands. The transition layers probably indicate crustal evolution or melting around the Moho discontinuity of the island arc.

地殻の密度構造から考察するマグマ噴出量の相違

—IBM弧と東北日本弧を例に—

Difference in erupted magma volume inferred from the crustal density structures of the Izu-Bonin-Mariana arc and the northeast Honshu arc

*三代 健太¹、巽 好幸²、金子 克哉¹

*Kenta Mishiro¹, Yoshiyuki Tatsumi², Katsuya Kaneko¹

1. 神戸大学大学院理学研究科、2. 神戸大学海洋底探査センター

1. Graduate School of Science, Kobe University, 2. Kobe Ocean-Bottom Exploration Center

伊豆-小笠原-マリアナ弧（IBM弧）と東北日本弧では、太平洋プレートが沈み込むことに伴う火山活動がみられる。これらの地域ではプレートの沈み込み速度等のテクトニックなパラメータがほぼ同じで、火山体の線密度にはあまり差がみられないため、沈み込みに沿った単位長さ当たりのマグマの生産量はほぼ同一であると推測される。しかしながら、IBM弧における沈み込みに沿った単位長さ当たりのマグマの噴出量（10.22 km³/km）は、東北日本弧におけるそれ（1.80 km³/km）よりも圧倒的に多い。また、IBM弧で噴出するマグマの組成は主に玄武岩質であるのに対して、東北日本弧では安山岩質である。本研究では、これらの違いをうむメカニズムが、弧の地殻構造の違いにあると考え考察を行った。

IBM弧は比較的若い未成熟な海洋島弧であり、地殻の厚さは約 25 kmである。P波速度から、地殻物質は、0-5 kmでは流紋岩質、5-11 kmでは安山岩質、11-25 kmでは玄武岩質と推定される（Takahashi et al., 2008）。一方、東北日本弧は成熟した大陸弧であり、地殻の厚さは約 35 kmである。P波速度から、地殻物質は、0-5 kmでは流紋岩質、5-25 kmでは安山岩質、25-35 kmでは玄武岩質と推定される（Iwasaki et al., 2001）

Perple_X（Connolly, 2005）を用いて、それぞれの地殻のモード組成・P波速度構造・密度構造を求めた。Perple_Xにより計算されるP波速度が、実際の観測値と一致する地殻の化学組成を求め、この組成に基づき、地殻の密度構造を見積もった。その結果、IBM弧の地殻の密度構造は、中部地殻 2800 kg/m³、下部地殻 3100-3200 kg/m³であり、東北日本弧の地殻の密度は、中部地殻 2750-2900 kg/m³、下部地殻 3150-3200 kg/m³という結果が得られた。このように、IBM弧と東北日本弧で地殻の密度構造に大きな違いがみられる。

地殻内を上昇するマグマは、周囲の地殻の密度と釣り合うところで停留し、マグマ溜まりを形成する。地殻内を上昇するマグマを、水を 1.65 wt%含む、沈み込み帯の初生的な玄武岩質マグマ（Tatsumi et al., 2008）が結晶化し 20%結晶を含むマグマと仮定した場合、見積もられた地殻の密度構造に基づき、IBM弧では 5 kmより浅いところで、東北日本弧では 14-21 kmの深さでマグマ溜まりが形成されることになる。

これらのマグマが、上部の低密度の地殻を上昇し、噴出するためには、さらに結晶化し、水が飽和、発泡する必要がある。Williams and McBirney（1979）に基づく、水の飽和に必要な結晶化量は、溜まり圧力が低いIBM弧で約 50%、東北日本弧では約 80%となる。すなわち、地殻を上昇しマグマ溜まりを作るマグマの量が同じ場合、水飽和時のメルトの量は、IBM弧では元のマグマの約 50%であるのに対して、東北日本弧では約 20%となる。これらのメルトが噴出マグマと考え、IBM弧では東北日本弧よりもマグマの噴出量が多くなる。また、仮定した地殻上昇マグマが約 50%結晶分化した際のマグマの組成は玄武岩質であり、約 80%結晶分化した際のマグマの組成は安山岩質である（Tatsumi and Suzuki, 2009）。このことはIBM弧で玄武岩質マグマの活動が活発で、東北日本弧で安山岩質マグマの活動が活発であることと一致している。以上のよう

に、2つの弧の地殻密度構造の違いが、マグマ噴出量と噴出マグマの組成の違いを生む1つの要因として考えら

れる.

キーワード：マグマ噴出量、地殻構造、IBM弧、東北日本弧

Keywords: erupted magma volume, crustal structure, IBM arc, northeast Honshu arc

スラブ起源Ps変換波振幅分布に基づく四国西部下深部低周波微動発生域 周辺の構造的特徴

Structural Features around the LFT Zone beneath Western Shikoku based on Converted *P*s amplitude variations

*汐見 勝彦¹

*Katsuhiko Shiomi¹

1. 国立研究開発法人防災科学技術研究所

1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

西南日本で発生する深部低周波微動（LFT）源は、繰り返し発生する海溝型巨大地震の震源域の深部境界とほぼ一致して帯状に分布している。今回、深部低周波微動活動の発生様式の解明につなげることを目的として沈み込む海洋モホ面沿いでP波からS波に変換した波（Ps変換波）の振幅分布を調査し、LFTの発生領域内外の構造的な違いを明らかにしたので報告する。

本研究では、防災科研Hi-netおよびF-netで観測されたM6以上の遠地地震波形を解析に用いた。遠地地震波形には、沈み込むフィリピン海スラブ内の海洋モホ面で変換したPs変換波が含まれる。変換波の振幅の大小は、速度不連続面におけるインピーダンス比のほか、地震波の波線パラメタにも依存する。波線パラメタによる影響を最小限にするため、解析に用いる地震波の波線パラメタを0.050から0.077の範囲に限定するとともに、簡便な振幅補正を行った。Ps変換波振幅は、遠地地震波形から求めたレシーバ関数から読み取った。この際、既往研究で明らかになっているスラブモホ面深度〔例えば、Shiomi *et al.* (2008; 2015)〕を参考とした。解析に用いた地震の到来方向は一応ではないため、地震波到来方向 θ に応じて5度のbinを作成し、binごとに平均値と標準偏差を計算した。その上で、2-lobed型を表す $\sin \theta$ 、4-lobed型を表す $\sin 2\theta$ およびバイアス成分を表す定数からなる単純な関数を用いた最小自乗解析を行った。一部の推定が不安定な観測点を除き、海洋モホ面の沈み込みに伴って、2-lobed成分ならびにバイアス成分の振幅が減少することを確認した。四国西部では、プレートの傾斜角はほぼ一定であると考えられることから、この特徴は海洋地殻の脱水を伴う変性作用（エクロジャイト化）を反映していると考えられる。一方、ほぼ全ての観測点において、2-lobed成分の振幅の方が4-lobed成分の振幅よりも大きく求まった。2-lobed成分は境界面の傾斜の影響を反映しており、変換波振幅の方位依存性から推定される傾斜方向（ $305 \pm 10^\circ$ ）は、概ね既存モデルと一致した。一方、深部低周波微動活動が活発な地域の北部に位置する複数の観測点で4-lobed成分の振幅が2-lobed成分の振幅よりも大きくなった。このことは、微動活動直下やや深部における海洋地殻は上述の変性作用により方位異方性が発達していると考えられ、微動域へ水が供給されていることを反映している。

謝辞：本研究の一部は、JSPS科研費JP16H06475の助成を受けました。

キーワード：深部低周波微動、Ps変換波、フィリピン海プレート

Keywords: Low-frequency tremor, Ps converted phase, Philippine Sea plate

フィリピン海プレートの沈み込み帯の低周波微動領域の反射面

Seismic reflector above the non-volcanic tremor along the Philippine Sea Plate

*飯高 隆¹、五十嵐 俊博¹、岩崎 貴哉¹

*Takashi Iidaka¹, Toshihiro Igarashi¹, Takaya Iwasaki¹

1. 東京大学地震研究所

1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

The Philippine Sea plate is subducting beneath the southwestern Japan. Many studies have been done in this area. One of the interesting phenomena at the subduction zone is non-volcanic tremor occurs at the plate boundary (Obara, 2002). Many large earthquakes have occurred at the Nankai Trough region. To know the seismic structure, several seismic explorations using artificial sources have been done at the region. The configuration of the Philippine Sea plate and P-wave structure were estimated by the seismic experiments (e.g. Kodaira et al., 2002; Iidaka et al., 2004; Iwasaki et al., 2016). Igarashi and Iidaka (2017) studied that receiver function analyses to estimate the plate boundary of the Philippine Sea slab and S-wave velocity structure in the crust and uppermost mantle beneath the Japanese Islands. The S-wave velocity structures were estimated using a grid search method between the observed receiver function and synthetic calculation. The P-wave and S-wave seismic structures are compared with the source area of non-volcanic tremor.

It is remarkable characteristic of the seismic experiments in this region that the clear reflected wave around the plate boundary was detected. The clear reflected wave was explained as a reflected wave at the top of the extremely low-velocity layer, which was located at the top of the subducting Philippine Sea slab (e.g. Kodaira et al., 2002; Iidaka et al., 2004). The P-wave velocity values of the thin layer were 3 km/s and 2 km/s in the Nankai and Tokai regions, respectively (Kodaira et al., 2002; Iidaka et al. 2004). Similar strong reflector was also detected at the eastern part of the Kii Peninsula (Iwasaki et al., 2016). The locations of the strong reflectors are compared with the source area of the non-volcanic tremor. In the Nankai region, the depth of the reflector was located at 10 km –30 km (Kodaira et al., 2002). The source area of the tremor is located at the deepest part of the low velocity layer. In the Tokai region, the extremely low velocity layer is located just above the source area of the tremor. Iwasaki et al. (2016) also reported that the strong reflector was located just above the source area of the tremor in the eastern part of the Kii peninsula. At the three areas, the strong reflector was located above the source area of tremor. The seismic structure of the S-wave structure at the tremor area was characterized to be high-velocity mantle wedge and low-velocity oceanic crust (Igarashi and Iidaka, 2017). It is expected that the low velocity layer seems to be related to the dehydration of the oceanic crust.

The non-volcanic tremor had been reported at many subduction zones. Song et al. (2009) reported the ultra low velocity layer in the Mexico subduction zone. The ultra low velocity layer is located at top of the slab. The low velocity layer is located in shallower than tremor area. The extremely low-velocity layer has been reported at several subduction zones. The research of the characteristics of the low-velocity layer is very important to know the source of the non-volcanic tremor.

キーワード：プレート境界、反射面、低周波微動

Keywords: plate boundary, reflector, non-volcanic tremor

S-wavevectorレシーバ関数解析による南西諸島の地震学的構造の推定

Seismic structure beneath Ryukyu arc, Japan, inferred from S-wavevector receiver functions

*村越 匠¹、竹中 博士²、小松 正直²、山田 伸之³

*Takumi Murakoshi¹, Hiroshi Takenaka², Masanao Komatsu², Nobuyuki Yamada³

1. 防衛大学校、2. 岡山大学、3. 福岡教育大学

1. National Defense Academy, 2. Okayama University, 3. University of Teacher Education Fukuoka

本研究では南西諸島にある広帯域地震観測点の遠地地震波形データを用いたレシーバ関数解析により地震学的構造の推定を行った。南西諸島では沖縄トラフ、琉球弧、琉球海溝の背弧海盆-島弧-海溝系が形成され、琉球海溝を挟んでフィリピン海プレートが北西側にあるユーラシアプレートに向かって沈み込んでいく。観測データには南西諸島にあるF-net 6観測点と、気象庁の津波地震早期検知網のうちの広帯域地震計の設置されている3観測点の遠地地震波形データを利用した。解析には通常のレシーバ関数に比べて明瞭なPS変換波を検出することができる手法である Takenaka and Murakoshi (2010, AGU) の S-wavevectorレシーバ関数を用いた。解析により得られた観測点ごとのS-wavevectorレシーバ関数を深度変換することで、その直下の1次元地下構造を推定した。本発表ではback-azimuthの違いによるレシーバ関数の特徴や、推定したモホ面およびプレート上面付近までの地震波速度構造の結果について報告する。

謝辞：解析には防災科学技術研究所のF-net、気象庁の津波地震早期検知網の地震波形記録を利用しました。地下構造モデルにはJ-SHISの深部地盤モデルを利用しました。記して感謝致します。

キーワード：レシーバ関数、南西諸島、地殻構造

Keywords: receiver function, Ryukyu arc, crustal structure

地震探査による兵庫～鳥取沖・日本海大和海盆南縁の島弧-背弧海盆域の地殻構造

Crustal structure in the margin of the Japan Sea back-arc basin off Hyogo to Tottori deduced from the seismic survey

*佐藤 壮¹、野 徹雄¹、三浦 誠一¹、小平 秀一¹

*Takeshi Sato¹, Tetsuo No¹, Seiichi Miura¹, Shuichi Kodaira¹

1. 海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センター

1. Research and Development Center for Earthquake and Tsunami, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

漸新世後期から中期中新世にかけて、大陸リフティング、海洋底拡大を一連とする背弧拡大によって形成された背弧海盆である日本海では、東縁部から南縁部において、東西方向の圧縮応力により形成した活断層や活褶曲を伴う短縮変形域が分布し（例えば、Sato, 1994, Itoh et al., 1997）、さらにこの地域では多くの被害地震が発生している（例えば、Okamura et al., 2007）。近年、日本海で実施されたマルチチャンネルストリーマを用いた反射法地震探査（MCS探査）と海底地震計（OBS）を用いた屈折法・広角反射法地震探査（OBS探査）の結果より、東縁の短縮変形域と背弧拡大で形成した地殻構造の間により対応関係があることが明らかになった（例えば、No et al., 2014）。このことは日本海縁辺部に分布する短縮変形域の変形メカニズムを理解するためには、日本海の背弧拡大過程やその過程で形成した地殻構造の情報が必要であることを示している。日本海南西縁部では、大和海盆、隠岐トラフといった複数の背弧リフト・海盆が存在し、複雑な拡大過程が想定されている。さらに沿岸部では短縮変形域も分布しているが、東縁と同様な規模の地震探査は行われていないため、地殻構造や構造と背弧拡大の関係、さらにこれらと変形域や活断層・褶曲との関係もよくわかっていない。そこで、これらの関係を明らかにするために、「日本海地震・津波調査プロジェクト」の一環として、2016年夏に日本海南西縁部の兵庫県から鳥取県にかけての沖合から背弧リフトの隠岐トラフ、背弧海盆である大和海盆に至る海域でMCS探査とOBS探査を実施した。OBS探査は兵庫県の沖合から隠岐トラフ、隠岐海嶺、大和海盆、北隠岐堆に至る長さ約225 kmの測線において、制御震源として総容量7,800 cubic inchのエアガンアレーとOBS50台を使用して行われた。MCS探査はOBS探査と同一のエアガンアレーと444チャンネルの約5800 mのハイドロフォンストリーマを用いて、上記のOBS探査と同一な測線と、2002年に行われたOBS探査測線（Sato et al., 2006）にて実施した。得られたOBS記録、MCS探査記録ともに良好である。

現在の暫定的な結果では、測線に沿って地殻構造は大きく変化している。隠岐海嶺の地殻は23 km程度の厚さを持ち、朝鮮半島の大陸性上部地殻に対応するP波速度5.4～6.2 km/sの部分（Cho et al., 2006）が厚く存在していることから、大陸性地殻の特徴を持っていることが推測される。一方、大和海盆南縁部の地殻は隠岐海嶺よりも薄く、速度分布も異なっている。沿岸部では、MCS探査結果で確認できる基盤の凹凸に対応するような速度構造の不均質が確認できる。

キーワード：地殻構造、日本海、島弧-背弧海盆

Keywords: Crustal structure, Japan Sea, arc-back-arc basin

2016年鳥取県中部地震震源域を横切る倉吉-倉吉沖海陸統合地殻構造探査 Seismic image across the epicentral area of 2016 Tottoriken-chubu earthquake to the southern part of Yamato basin

*佐藤 比呂志¹、石山 達也¹、加藤 直子¹、戸田 茂²、川崎 慎治³、阿部 進⁴、藤原 明³、田中 康久³
、Claringbould Johan¹、Van Horne Anne¹

*Hiroshi Sato¹, Tatsuya Ishiyama¹, Naoko Kato¹, Shigeru Toda², Shinji Kawasaki³, Susumu Abe⁴,
Akira Fujiwara³, Tanaka Yasuhisa³, Johan S Claringbould¹, Anne D Van Horne¹

1. 東京大学地震研究所地震予知研究センター、2. 愛知教育大学、3. (株)地球科学総合研究所、4. 石油資源開発(株)
1. Earthquake Prediction Research Center, Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. Aichi University
of Education, 3. Japex Geoscience Institute, 4. Japan Petroleum Expolaration Co., Ltd.

文部科学省の「日本海地震・津波調査プロジェクト」では、海域から沿岸域の地殻構造探査を行い、震源・波源断層モデルを構築し、発生する強震動や津波を予測する調査・研究を行っている。このプロジェクトの一環として2016年7月から8月上旬にかけて、大和海盆南西部から南北に鳥取県倉吉市に至る180 kmの測線で制御震源による地殻構造探査を実施した。倉吉周辺では、2015年から地震活動が活発していたため探査地域を微小地震発生地域の南端を越えた地域まで延長した。その後、鳥取県中部地震(Mw6.2)が発生したが、震央は測線下に位置する。構造断面は、縁海と伸張された大陸地殻のテクトニクスを反映したものであるが、ここでは発生した地震との関係についても議論する。

海陸地殻構造探査は、海域においては1950 cu. inchのエアガンと4 kmのストリーマによる反射法地震探査、二船式による受振-発震点距離の大きなデータも取得した。陸上には1150チャンネルのセンサーを約30kmにわたり展開し、バイプロサイズ4台で発震した。海陸で連続したイメージングを行うために、海上発震を陸上で観測した。また、深部のイメージングと速度構造を明らかにするために、陸上測線では9地点でバイプロサイズによる集中発震を行った。取得したデータは、CMP重合法・屈折トモグラフィ法による解析を行った。

得られた反射法地震探査断面では、大和海盆と陸域の間の大陸地殻部分は日本海形成期に大きな伸張変形を被り、ハーフグラベンが形成されている。これらのハーフグラベンでは最大5 kmを越える深さの堆積物で充填されている。リフト盆地を充填した堆積物は、後期中新世に南北方向からの短縮変形を被っている(eg. Itoh et al., 1996)。得られた断面では、陸域に近いハーフグラベンでの短縮量が最大となり、北方に短縮量は減少する。鮮新統の堆積層が褶曲したリフト堆積物をほぼ水平に覆い、浅層部は高角度の断層で変位している。ハーフグラベンを規制した断層が、選択的に再活動している。

陸域ではバイプロサイズ4台の発震によって、ノイズの少ない山地域では往復走時5.5秒程度までの反射波が得られている。測線は2016年鳥取県中部地震のNNW-SSE方向に伸びる震源域と交差し、本震のほぼ真上を通過する。屈折トモグラフィでは、本震より南側ではVp5.5km/sの上面が、震源付近を隔てて北方に深さ2kmほど低下している。また、南側ではより反射面に富む。測線は震源断層の走向と少ない角度で交わるため、直接的に断層の存在を認定することは困難である。

キーワード：2016年鳥取県中部地震、地殻構造、反射法地震探査、日本海拡大

Keywords: 2016 Tottori-ken Chubu earthquake, Crustal structure, Seismic reflection profile, Opening of the Sea of Japan

反射法地震探査・地質学的データに基づく関東地域の震源断層モデル Earthquake source fault model for Kanto area based on seismic reflection profiling and geologic data

*石山 達也¹、佐藤 比呂志¹、加藤 直子¹、阿部 進²

*Tatsuya Ishiyama¹, Hiroshi Sato¹, Naoko Kato¹, Susumu Abe²

1. 東京大学地震研究所、2. 石油資源開発株式会社

1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. Japan Petroleum Exploration Co., Ltd.

関東平野周辺域には、深谷断層・綾瀬川断層といった第四紀後期に活動を繰り返してきた断層が分布する。また、このほかにも関東平野を含む南関東地域の活構造については、上総層群・下総層群および中期更新世以降の海成・河成段丘面の分布・編年に基づいた数多くの研究がある。本研究では、近年関東平野で行われてきた大深度地殻構造探査と周辺地域の新生代層序との対比の結果に基づき、関東平野周辺域に分布する伏在活断層・活構造の深部形状の推定を行い、震源断層モデルを再検討した。大大特・北関東測線が延びる青梅から春日部にかけての区間では、地下に半地溝構造（ハーフ・グラベン）が複数認められる。ハーフグラベンを覆う上総層群と下総層群は緩い背斜を形成していることから、第四紀中期以降に逆断層として繰り返し活動したと考えられる。2015年に富士見市で実施した反射法地震探査によって、北関東測線で見出された反転する半地溝と構造的に類似した、反転する半地溝構造が見出された。これらのデータから、川越市から富士見市にかけてほぼ南北に伸びる、西傾斜の伏在逆断層の存在が推定される。反射断面と川島コアとの対比によれば、この伏在逆断層の上盤側で上総層群および下総層群が累積的に変形している。同様に、北関東測線中央部では上総層群相当層が参加する西向きの変曲構造が認められ、この地下には西傾斜の伏在逆断層が伏在すると推定される。これは再解析した東京都(2003)測線中央部に存在する半地溝構造に連続する可能性がある。ボーリング層序との対比によれば、半地溝構造を形成した西傾斜の逆断層は、狭山丘陵の形成に寄与した可能性がある。加えて、これらの伏在断層に沿っては、後期更新世の段丘面に東側低下の変曲崖地形が断続的に分布しており、これらは伏在断層の第四紀後期の変位を示す可能性がある。以上の結果に基づき、関東地域の震源断層モデルを作成した。本研究で新たに推定した断層は、限られた数の反射断面と、断片的な変位の可能性がある地形に基づいて推定しており、形状や分布については不確実性が残る。一方で、これらの構造は首都圏の近傍に位置し、地震防災上の重要性は極めて高いと言える。さらに、低い活動度は過去の地震活動に関する地質学的資料を得ることの困難さを意味している。これらの伏在断層の性格を明らかにするためには、さらに多くの地下構造断面を取得するとともに、変位地形についてもより詳細な検討を進めることが重要である。

三浦半島断層群主部の深部への連続性 — 複数の反射法地震探査記録の比較検討 —

Fault geometry on Miura-hanto fault group revealed by an integrated seismic profile using various resolution seismic reflection data

田之口 英史¹、*阿部 信太郎²、津村 紀子¹、森 宏³、荒井 良祐⁴、青柳 恭平⁵

Hidefumi Tanoguchi¹, *Shintaro Abe², Noriko Tsumura¹, Hiroshi Mori³, Ryoyu Arai⁴, Yasuhira Aoyagi⁵

1. 千葉大学大学院理学研究科、2. 産業技術総合研究所活断層・火山研究部門、3. 信州大学理学部、4. 川崎地質株式会社、5. 電力中央研究所

1. Chiba University, 2. AIST, Geological Survey of Japan Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, 3. Shinshu University, 4. Kawasaki Geological Engineering Co.Ltd, 5. Central Research Institute of Electric Power Industry

プレート内地震の発生により表層近傍にどんな影響があるかを理解するためには、地震発生層から地表に至る震源断層の浅部への連続性を解明することが重要である。本研究で検討対象とした三浦半島断層群においては、断層の分布、性状、活動性を明らかにすることを目的とした活断層調査として様々な分解能と可探深度を有する反射法地震探査が数多く実施されている（e.g, 神奈川県, 2000；文部科学省, 2003；阿部・青柳, 2006；森ほか, 2015）。

本研究においては、上述した既存の反射法地震探査記録（e.g, 神奈川県, 2000；文部科学省, 2003；阿部・青柳, 2006；森ほか, 2015）からほぼ同一測線上にあり、深度方向に向かって相補的に比較検討することが可能な測線を選択し、三浦半島断層群の浅部から地震発生層に至る断層形状の把握を試みた。

統合断面に使用したデータの種類（ターゲット深度）は、海域のチャープソナー記録（50m）、シングルチャンネル記録（100m）、ブーマーマルチチャンネル（MCS）記録（100m）、ウォーターガンMCS記録（1km）、陸域のバイプロサイズ記録（2km）、バイプロサイズ/エアガンMCS記録（30km）である。

得られた統合断面からは、武山断層および北武断層が浅部から深部にかけて傾斜を緩めながら連続している様子が捉えられた。これらの断層をそのままの傾斜で深部に延長すると、フィリピン海プレート（PHS）から派生した反射群に連続しているように見える。すなわち三浦半島断層群は浅部では急傾斜を示し深部に向けて傾斜を緩めながら深部まで連続するPHSからの派生断層である可能性がある。速度構造と震源との比較から、本研究で追跡した断層周辺では、P波速度が約5km/s程度を示していることが分かった。Okada et al.(2012)が推定した岩手・宮城地震周辺の余震震源分布とP波速度構造を比較すると、震源は $V_p > 6\text{km/s}$ の領域に集中している。このことから、一般的な地震動を生じさせる地震発生層の速度はおおむね6km/sより大きいと考えられる。すなわち、本研究で推定した断層は深度10~15km程度の領域まで地震動を発生させず、深部の震源断層の運動に伴い変位している可能性がある。

キーワード：三浦半島断層群、活断層、反射法地震探査

Keywords: Miura-hanto fault group, Active fault, Seismic reflection survey

南西諸島北部海域の断層分布と構造的特徴

Fault Distribution and Structural Characteristic in the northern Nansei-Shoto Islands, Japan

*新井 麗¹、清水 祥四郎¹、佐藤 伸明¹、勝山 美奈子¹、安藤 五郎¹、高橋 成実¹、田中 恵介¹、金田 義行²

*Rei Arai¹, Shoshiro Shimizu¹, Nobuaki Sato¹, Minako Katsuyama¹, Goro Ando¹, Narumi Takahashi¹, Shigeyoshi Tanaka¹, Yoshiyuki Kaneda²

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 香川大学

1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Kagawa University

The Nansei-Shoto Islands, located along the Ryukyu Trench which extends over 1,200 km from Kyushu, Japan to the Taiwan collision zone, had experienced less seismic history in comparison to the other subduction zone such as the Nankai Trough and the Japan Trench.

Over the past few hundred years, there were a dozen of M7+ class earthquakes had occurred within this subduction zone, and the most of them caused minor damages except the 1771 Great Yaeyama Tsunami and the 1911 Kikai Island Earthquake, the largest historic earthquake observed along the Nansei-Shoto subduction zone. Due to a large percentage of the population of an island lives in coastal region, earthquake generated tsunami is the most life threatening factor. Through decades, various studies had been done identifying offshore faults which could possibly cause an earthquake and tsunami.

In this project, as a part of “the Comprehensive evaluation of offshore fault information project” by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, JAMSTEC has carried out collecting seismic reflection data from various institutes and private companies combined with reflection/refraction data from JAMSTEC seismic projects. Also in order to obtain unifying high resolution seismic profile out of seismic data from different survey ages and various survey specifications, the original data were reprocessed by state-of-the-art data processing methods which capable of interpreting subsurface structures and fault morphology.

The forearc structure of the northern Nansei-Shoto subduction zone is very different to the southern subduction zone. In the southern subduction zone, the Philippine Sea plate subducts beneath the steep slope continental shelf with minimum volume of accretionary prism, while in the northern subduction zone, the extensive accretionary prism has been developed in front of the continental shelf. The factor of the difference is likely the amount of sediment supply from the incoming oceanic plate. Also the incoming oceanic plate shows a complicated morphology of ridges, sea mounts such as Amami Plateau and Kikai Sea Mount, and its high relief feature probably cause the complex faulting in the accretionary prism (Kasahara and Sato, 1997).

At the margin of the northern Okinawa Trough, there are numbers of normal faults develop in the thick continental shelf sediments, which exhibits the Trough increases its depth gradually without distinctive edges seen in the southern Okinawa Trough. Faults identified in the northern Okinawa Trough are classified into two types; normal faults resulted from the present trough's growing tectonics, and at the southwestern offshore of Kyushu where NW-SE extensional tectonics fields dominates, lateral transforming faults are identified which presumably continuous from Kyushu region.

キーワード：海域断層、反射法地震探査、琉球海溝、沖縄トラフ

Keywords: offshore fault, seismic reflection survey, Ryukyu Trench, Okinawa Trough

福島県会津美里町新鶴地区における反射法地震探査

Seismic Reflection Survey at Niitsuru Aizumisato Fukushima

*伊藤 忍¹、木下 佐和子¹、山口 和雄¹、内田 洋平¹、石原 武志¹

*Shinobu Ito¹, Sawako Kinoshita¹, Kazuo Yamaguchi¹, Youhei Uchida¹, Takeshi Ishihara¹

1. 産業技術総合研究所

1. Geological Survey of Japan, AIST

我々は会津盆地での地中熱利用促進を目的として、会津盆地の地質構造の理解に取り組んできた。2016年度には、会津美里町新鶴地区でボーリング調査を実施した。新鶴地区は、南西から扇状地を形成して下ってきた佐賀瀬川が大きく南東に屈曲し、南から下ってきた宮川と合流して北へと流れを変える場所である。また、ほぼ南北の走向をもつ会津盆地西縁断層の地表トレースが、東西に大きく食い違う場所でもある。会津盆地西縁でほぼ南北のトレンドをもつ構造が、新鶴地区では大きく変化していることが示唆される。新鶴地区の地質構造を理解するには、ボーリング調査の結果に加えて空間的な広がり把握する調査が重要であり、反射法地震探査は有効なツールのひとつである。

新鶴地区南部の米沢では、福島県が反射法地震探査を実施している。米沢では、会津盆地西縁断層の地表トレースはほぼ南北の走向となっている。また、東西にまっすぐに伸びる道路も整備されており、反射法地震探査には非常に好条件がそろっている。一方、新鶴地区のほぼ中央部に位置するボーリング地点は、東西に伸びる道路は、南北に走る県道や鉄道（只見線）により分断されており、それらを挟んだ両側で直線につながらない。また、テレメトリー型の地震探査システムでは、高架や橋脚のない鉄道を超えることは困難である。そこで我々は、ボーリング地点から南方に向かって、3本の東西の測線でS波反射法地震探査を実施することにした。

調査は2016年9月5日から16日までの12日間で実施した。会津美里町新鶴測線1（AMN1）は、ボーリング地点に近い道路で実施し、その延長は約440mである。全域が鉄道の東側に位置しており、テレメトリー型の探査システムを使用した。会津美里町新鶴測線2（AMN2）は、AMN1の南方約500mに位置する道路で実施し、その延長は約520mである。この測線は鉄道を横断するため、一部に独立型の探査システムを使用した。その西端は福島県道59号線となっている。会津美里町新鶴測線3（AMN3）は、AMN2測線のさらに約200m南方に位置する道路で実施した。この測線は福島県道59号線を横断するが、県道の西側は舗装道路、東側は未舗装道路である。県道の西側と東側のいずれも約100mであり、固定展開とした。サンプリングは、独立型システムを併用したAMN2が1ms間隔、テレメトリー型システムのみを用いたAMN1とAMN3が0.5ms間隔で収録した。受振にはGS32CT（固有周波数10Hz）を内蔵した水平動シングル受振器を使用した。震源装置には可搬型バイブレーターを使用した。スイープ周波数は20Hzから160Hz、スイープ時間は7秒、相互相関前の記録長は8秒とした。発震・受振点間隔は2m、チャンネル数は96、発震回数はオフセット距離によって5回から10回とした。

テレメトリー型システムによる発震記録は現場で目視し、良好な記録が得られていることを確認した。一方、独立型システムでは、データの切り出しと結合を行わなければ発震記録を目視することができない。後日、データの切り出しと結合、さらにテレメトリー型システムのデータと結合し、良好な記録が得られていることを確認した。今後、処理を進めていく予定である。

キーワード：会津盆地西縁断層帯、反射法地震探査

Keywords: West Aizu Basin Fault Zone, seismic reflection survey