

海底および陸上稠密地震観測から得られた北海道南部のP波およびS波速度構造

P- and S-wave velocity structure in southern Hokkaido deduced from ocean-bottom seismographic and land observations

*村井 芳夫¹、勝俣 啓¹、高波 鐵夫²、渡邊 智毅³、山品 匡史⁴、長 郁夫⁵、田中 昌之⁶、東 龍介⁷

*Yoshio Murai¹, Kei Katsumata¹, Tetsuo Takanami², Tomoki Watanabe³, Tadashi Yamashina⁴, Ikuo Cho⁵, Masayuki Tanaka⁶, Ryosuke Azuma⁷

1.北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター、2.米国ワシントン市カーネギー研究所、3.マリンワークジャパン、4.高知大学理学部、5.産業技術総合研究所 地質調査総合センター、6.気象研究所、7.東北大学地震・噴火予知研究観測センター

1.Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Hokkaido University, 2.Carnegie Institution of Washington, 3.Marine Works Japan, 4.Kochi University, 5.AIST, GSJ, 6.Meteorological Research Institute, 7.RCPEVE, Tohoku Univ.

1. はじめに

北海道南部の日高山脈付近では、西進する千島弧と東北日本弧との衝突により、前者が後者に乗り上げる大規模な衝上断層構造を形成していると考えられている。このような島弧と島弧の衝突は、山脈の形成だけでなく、定常的な地震活動や1982年浦河沖地震(Ms6.8)のような大地震発生にも影響を及ぼしていると考えられるので、地殻構造を3次元的にイメージングすることは、衝突帯のテクトニクスを明らかにするだけでなく、地震発生パターンや大地震の発生メカニズムを理解するためにも重要である。

この地域では、1999~2001年に大学合同で陸上稠密地震観測が行われ[勝俣・他(2002)]、1999年と2000年にはこれに合わせて北海道南方沖で自己浮上式海底地震計による自然地震観測が行われた。Murai et al.(2003)は、1999年の海底と陸上両方のデータを同時に地震波トモグラフィー法によって解析してP波速度構造を推定したが、データ数の制約により速度構造が推定できた領域と深さが限られ、S波速度構造も推定できなかった。今回は、Murai et al.(2003)のデータに2000年に海底と陸上の観測によって得られたデータを加えて、トモグラフィー法によりP波とS波の速度構造を推定する。

2. データおよび解析法

まず、Murai et al.(2003)で得られたP波速度構造の水平方向の平均値である1次元速度構造とP波とS波の速度比を1.73と仮定して、海底地震計と陸上の観測網それぞれ独立に震源決定を行った。その際、Murai et al.(2003)で得られた震源も同じ構造を用いて再決定した。この結果、1999年8月7日~9月30日および2000年8月1日~9月30日の期間に、北緯40.5°~43.5°、東経141°~146.5°の領域で海底、陸上のデータを用いてそれぞれ1061個、780個の地震の震源が決定された。そのうちの376個については、同じ地震が海底と陸上の両方で震源決定されていたので、海底地震計と陸上の観測点でのフェイズの読み取り値を併合して、震源の再決定を行った。

次に、これら1465個の地震からマグニチュードが1.5以上、震源決定に5個以上の走時データが使われているものを選び出した。さらに、陸上の観測点で震源決定された地震では深さが負になったもの、海底地震計で震源決定された地震では深さが最深の海底地震計の深さより浅いものをそれぞれ取り除いた。このようにして残った958個の地震の走時データから、Zhao et al.(1992)による地震波トモグラフィー法を用いて速度構造を推定し、同時に震源の再決定を行った。初期モデルには震源決定で使用した1次元速度構造を仮定した。解析に用いた走時データは、P波が18556個、S波が11335個である。

3. 結果

トモグラフィーの結果では、日高主衝上断層の南西側に東北日本弧と思われる北東下がりの低速度異常が、北東側には西向きに衝上する千島弧と思われる高速度異常がそれぞれ見られる。この低速度異常は、日高山脈直下で、沈み込んだ太平洋プレート上面の深さ付近まで続いている。これらは、Murai et al.(2003)と同様の結果であった。ただし、Murai et al.(2003)では、深さ30km付近で浅部より深部の方が低速度となる速度の逆転が見られたことから、深部にデラミネートした千島弧の下部地殻が存在すると解釈していたが、今回の結果では、速度の逆転は見られるものの構造の連続性が明瞭でなく、はっきりとしたデラミネーション構造は得

られなかった。いずれにしても、太平洋プレート上面付近まで続く低速度領域は、衝突している島弧地殻と思われる。

今回はデータ数が増えたため、Murai et al. (2003) よりも深部まで速度構造が求められ、太平洋プレートの沈み込む方向の鉛直断面では、太平洋プレートと思われる高速度領域が北西に向かって深くなる結果が得られた。また、衝突している島弧地殻と思われる太平洋プレート上面付近まで続く低速度領域は、日高山脈の海側への延長部に当たる襟裳岬の南東側で急になくなり、微小地震活動も低速度領域内では活発であるが、低速度領域外では低調になることがわかった。このことから、日高山脈の海側への延長部では、島弧衝突の影響が急速に小さくなっていることが示唆される。S波速度構造でもP波速度構造と同様の特徴が得られた。

謝辞

海底地震計の設置にあたり、気象庁旧函館海洋气象台「高風丸」の乗組員の皆様にお世話になりました。また、東北大学の趙大鵬教授にはトモグラフィー解析のプログラムを使わせて頂きました。記して感謝致します。

文献

勝俣・他, 2002, 東京大学地震研究所彙報, 77, 199-223.

Murai et al., 2003, G.R.L., 30(9), 1490, doi:10.1029/2002GL016459.

Zhao et al., 1992, J.G.R., 97, 19909-19928.

キーワード：海底地震計、地震活動、トモグラフィー、日高衝突帯、北海道、1982年浦河沖地震

Keywords: ocean-bottom seismograph (OBS), seismicity, tomography, Hidaka Collision Zone, Hokkaido, 1982 Urakawa-Oki earthquake

稠密地震観測網のデータを用いた下部地殻及び最上部マントルのイメージング

Estimation of Crust and Uppermost Mantle Structure by Reflection and Receiver Function Analyses

*青木 将¹、飯尾 能久²、片尾 浩²、澁谷 拓郎²、三浦 勉²、米田 格²、澤田 麻沙代²*Sho Aoki¹, Yoshihisa Iio², Hiroshi Katao², Takuo Shibutani², Tsutomu Miura², Itaru Yoneda², Masayo Sawada²

1.京都大学大学院理学研究科、2.京都大学防災研究所

1.Graduate School of Science, Kyoto University, 2.DPRI, Kyoto University

1. はじめに

近畿地方では、南部においてフィリピン海プレートが沈み込み、琵琶湖西岸地域など北部において新潟神戸歪集中帯(Sagiya et al., 2000)という歪速度の大きな領域の存在が知られている。Iio et al. (2002) は新潟神戸歪集中帯に関して、Water-weakened lower crust modelを提案した。このモデルでは、流体がフィリピン海スラブから脱水したり、フィリピン海スラブの存在しない部分を通過したりして下部地殻に存在する事により弱化され、そこに変形が集中し、地表で観測される歪速度が大きくなったと説明されている。

地殻内に流体が存在すれば、反射面などの不均質構造として捉えられる可能性があるが、近畿地方北部では地殻内で反射したと考えられる地震波が多数観測されており、下部地殻内に顕著なS波反射面が推定されている(片尾, 1994)。Aoki et al. (submitted) は、2008年から展開されている稠密地震観測網(三浦ほか, 2010)で捉えられたS波反射面で反射してきたと考えられる波を含む地震のみを用いて反射法解析を行った。この稠密地震観測網では、既存の定常観測点の間を埋めるように新たに89点の地震観測点が設置され、約20 kmであった観測点間隔が約5 kmになっている。そのため先行研究より高解像度な地殻内の反射強度の3次元分布及びS波反射面の広がり方が明らかとなった。しかし、S波反射面を主たるターゲットとしていたため、近畿地方北部広域の反射強度の分布は明らかとなっていない。Aoki et al. (submitted) は、S波反射面がマントルからの流体によって形成される可能性を指摘しており、近畿地方北部における地震波速度不連続面の深さや形状を理解する事が重要になる。

沈み込むプレートをイメージングする際に、地震波速度不連続面の検出に有効なレシーバ関数解析が行われている。例えば、澁谷ほか(2013) は、稠密リニアアレイ観測により、紀伊半島下のフィリピン海プレートと南東上がり的大陸モホ面を推定した。しかし、紀伊半島下の大陸モホ面はほぼ平坦という推定(例えば、Salah and Zhao, 2004)も存在し、解釈が分かれている。一方近畿地方北部では、Ueno et al. (2008) による解析が行われているが、測線の観測点間隔が約20 kmであるため、局所的な不均質構造との対比を行う事が難しい。佐々木(2011) は稠密地震観測網の一部の観測点のデータを用いてpreliminaryな解析を行い、大陸モホ面を確認した。

本研究では、主に近畿地方北部広域の地殻の反射強度分布について反射法解析、近畿地方全域のフィリピン海プレート及び大陸モホ面の深さ形状についてレシーバ関数解析を行い、流体を一つの鍵として得られた結果の解釈を行った。両解析では稠密地震観測網によって得られたデータを使用するため、先行研究より高分解能な解析を行えると期待される。反射法解析に使用するデータは、2009年1月~2013年12月に発生したM2.0以上の地震で、反射波の有無に関わらず解析に使用した。使用した観測点数は、近畿地方北部の128点である。レシーバ関数解析には、震央距離、Mw6.0以上の地震を使用した。稠密地震観測網で得られたデータだけでなく、紀伊半島で行われた稠密リニアアレイ観測のデータ(澁谷ほか, 2009)も同時に処理する事により、近畿地方でのフィリピン海プレート、モホ面の深さや形状を統合的に解釈する事ができるよう努めた。解析期間は、2004年5月~2014年5月である。

2. 手法

反射法解析では、Inamori et al. (1992) の手法を改良して解析に使用した。具体的には、各トレースのコーダ波の部分を使用し、最小二乗法によりコーダQ値()を求め、得られたを用いて振幅補正を行った後、コーダ規格化法(Aki, 1980)による規格化と深度変換を行う。深度変換を行う際、反射点の位置は深さと共に震源と観測点の midpoint に漸近するため、反射点の変化量も求めた。使用した速度構造3.5 km/s で一様であ

る。最後に、地中をブロック(km)に区切り、各トレースがどのブロックを通るか調べた後、ブロック内の振幅の平均をとる事により、3次元的な反射強度の分布を推定した。この反射強度は、規格化を行った際に使用したコーダ波の振幅を1とした時の相対的な値である。

レシーバ関数解析では、Ueno et al. (2008) と同じ手法を用いた。途中デコンボリューションを行うが、スペクトルホールの影響を減らすための方法として、時間拡張型マルチテーパ法 (Shibutani et al., 2008) を使用した。また、レシーバ関数イメージを得る際にスタックを行うが、本研究では3次元のブロック(km)でスタックを行う事により、近畿地方北部では初めて地震波速度不連続面の3次元的な分布を求めた。速度構造はJMA2001 (上野ほか, 2002) を使用した。

3. 結果

反射法解析を行った結果、Aoki et al. (submitted) で報告された反射面を確認した。また、深部低周波地震(LFE)の発生している領域で反射強度が高くなっており、S波反射面とつながっている事が明らかとなった。また、レシーバ関数解析の結果から、近畿地方北部では大陸モホ面がほぼ同じ深さに存在しており、京都府中部で発生しているLFEはこの大陸モホ面の直上で発生している事が明らかとなった。この事は、マントルから地殻へ流体が移動する際に、LFEの発生している限られた場所からしか地殻に移動できない事を示唆している。一方、近畿地方南部では、大陸モホ面が南上がりになっている事が明らかとなり、澁谷ほか(2013) と調和的な結果が得られた。また、沈み込むプレートから脱水した流体によりマントル物質の蛇紋岩化が発生している可能性があり(澁谷ほか, 2009)、大陸モホ面がイメージしづらくなっている部分が存在する可能性がある。

キーワード：反射法解析、レシーバ関数解析、流体、新潟神戸歪集中帯

Keywords: Reflection analysis, Receiver function analysis, Fluid, Niigata-Kobe Tectonic Zone

南西諸島の広帯域地震波形データを用いたレシーバ関数解析

Receiver Function Analysis for Broadband Seismic Stations in Ryukyu Arc

*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 Univ., 3.Fukuoka University of Education

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てレシーバ関数解析を行った。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る。南西諸島の地下構造については、海域において海底地震計やエアガンを使った調査が行われてきている（例えば、Nakahigashi et al., 2004）。陸上での観測については、防災科学技術研究所のHi-netの地震観測点が日本のほとんどの地域で約20km間隔で整備されているが、島嶼部については整備されていないため南西諸島にもHi-net観測点はない。防災科学技術研究所の広帯域地震観測網F-netの観測点はあるが、観測点の間隔は平均で100km以上となるため連続的な地下構造のイメージングを行うことは難しい。ただ最近になってHi-netのダウンロードサイトから2004年4月1日以降の気象庁、国立大学、海洋研究開発機構などの連続波形データの取得が可能となり、南西諸島についてもF-net以外の地震観測点の記録が利用しやすくなった。そこで、本研究では南西諸島にある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観測点を加えた合計9観測点の遠地地震波形を解析に利用した。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。観測点間隔が広いと、測線上にレシーバ関数を並べた地下構造イメージングではなく、各観測点のレシーバ関数からその直下の1次元地下構造を推定した。本発表では、全国1次地下構造モデルやJ-SHISの深部地盤構造モデル、地震波速度・減衰トモグラフィとの比較した結果について報告する。謝辞：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させていただきました。地下構造モデルとして全国1次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

海底地震観測データにより推定した琉球海溝南部のプレート境界形状

Geometry of plate boundary beneath the southern Ryukyu Trench subduction zone deduced from passive seismic observation

*山本 揚二郎¹、高橋 努¹、石原 靖¹、海宝 由佳¹、新井 隆太¹、仲西 理子¹、尾鼻 浩一郎¹、三浦 誠一¹、小平 秀一¹、金田 義行²

*Yojiro Yamamoto¹, Tsutomu Takahashi¹, Yasushi Ishihara¹, Yuka Kaiho¹, Ryuta Arai¹, Ayako Nakanishi¹, Koichiro Obana¹, Seiichi Miura¹, Shuichi Kodaira¹, Yoshiyuki Kaneda²

1.海洋研究開発機構、2.名古屋大学

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

In the Ryukyu Trench subduction zone, many large earthquakes occurred historically. Recent seismic and geodetic studies indicate that the occurrence of very low frequency earthquake [Ando et al., 2012] and slow slip events [Heki and Kataoka, 2008; Nishimura, 2014] in the southern Ryukyu subduction zone. In addition, plausible seismogenic zone of the 1771 Yaeyama earthquake (Mw 8.0) is located near the trench [Nakamura, 2009]. These results suggest that the interplate coupling is not so weak and it is possible for the large interplate earthquake to occur in this region. However, the plane geometry is uncertain due to the sparse seismic observation network. To investigate the subducted plate geometry, we have conducted the passive seismic observation around the southern Ryukyu Trench using 6 land stations and 30 ocean bottom seismographs (OBSs) from Nov. 2013 to Mar. 2014, as a part of "Research project for compound disaster mitigation on the great earthquakes and tsunamis around the Nankai trough region".

First, we conducted event detection from continuous seismic records and picked their first arrivals of P and S waves. We could detect microearthquakes about three times of Japan Meteorological Agency (JMA) catalogue during same periods. Second, we performed a seismic tomography to estimate the precious hypocenter locations. To improve the spatial resolution beneath the Island arc, we also used the first arrival data of JMA catalogue from 2013 to 2014. Then, we estimated the focal mechanisms of relocated earthquakes and searched the small repeating earthquakes according to the catalogue of Igarashi (2010). Finally, we estimated the depth variation of the subducted Philippine Sea plate beneath the Ryukyu arc by following assumptions: 1) low-angle thrust-type earthquakes and small repeating earthquakes occur along the plate boundary, 2) landward dipping high velocity layer indicates the slab mantle and the thickness of oceanic crust is about 7 km. The consistency of our plate geometry model and the result of active source survey [Arai et al., 2015] indicated the validity of above assumptions. In the western Ishigaki Island, we set our model as same as slab1.0 model [Hayes et al., 2012] because their model satisfied our assumptions.

Our plate model indicates local variation between Ishigaki to Miyako Islands, whereas plate geometry western Ishigaki seems to be smooth. In this area, plate boundary estimated shallower than slab1.0 model. Especially, plate boundary seems to have a convex structure beneath the Tarama Island. The difference in E-W direction also appeared in the seismicity pattern. Microearthquakes within oceanic crust in forearc region is active in only the eastern side, whereas the long-term slow slip located mainly western Ishigaki Island [Nishimura, 2014]. Besides, low-angle thrust-type earthquakes and small repeating earthquakes estimated in this study located the outside of the active area of long-term slow slip. Our tomographic result of P-wave velocity model also indicated that the landward mantle is strongly serpentinized, which might be corresponding to the occurrence of slow slip events.

キーワード：琉球海溝、プレート境界形状、地震活動、地震波速度構造

Keywords: The Ryukyu Trench, Geometry of the plate boundary, Seismicity, Seismic velocity structure

南西諸島海域の断層分布と構造的特徴

Fault Distribution and Structural Characteristic in the Nansei Islands

*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 成美¹、田中 恵介¹、及川 信孝¹、金田 義行²

*Rei Arai¹, Shimizu Shoshiro¹, Nobuaki Sato¹, Minako Katsuyama¹, Goro Ando¹, Narumi Takahashi¹, Shigeyoshi Tanaka¹, Nobutaka Oikawa¹, Yoshiyuki Kaneda²

1.独立行政法人海洋研究開発機構、2.名古屋大学減災連携研究センター

1.Japan Agency of Marine-Earth Science and Technology, 2.Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University

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 and reprocessing data to obtain high resolution seismic profiles by state-of-the-art data processing methods.

Interpretation of faults on a seismic survey profile is a simple work, but in order to map out the distribution of a fault, the spatial distribution of the fault must be assigned from subsurface structures interpreted on each seismic profile and geomorphologic features. The distribution of displacement along faults is frequently recognizable in the landscape, therefore it is a well-approved method to map out the location of active faults from the geomorphologic features. In this project, we utilize both the seismic profiles and high resolution bathymetric data. The seismic profiles enable us to determine the actual location of displacement of the fault in the subsurface, and the high resolution bathymetric map tells the extension and direction of the fault. This interpretation process led the result of a brief and advanced offshore fault mapping.

The Ryukyu Arc is located in the Eurasian plate and extends from Kyushu, Japan to the Taiwan collision zone. At the Ryukyu Trench, the Philippine Sea plate is subducting beneath the Eurasian plate, and the backarc basin called the Okinawa Trough is formed by crustal extension behind the subducting system.

In offshore of Yonaguni-jima, Iriomote-jima, and Ishigaki-jima, a forearc basin forms a flat terrace. The thickness of basin sediments increases westwards due to a normal fault striking at SE, and dipping NE. In the southeast offshore of Ishigaki-jima, a reverse fault striking at NNE, and dipping NW up-ripts the basin sediments and forms boundary of the west end of the basin. In the south offshore of Miyako-jima, there are several reverse faults striking at NE, and dipping NW develop and up-lift the basement exposing at the sea floor with thin sediments. In the south margin of the forearc basin, accretional wedges develops by thrust faults, and there is remarkable east-west trending steep slope continuously exists exposing the basin sediment layers on the slope face. This could happened if some lateral displacement due to the movement of the Philippine Sea plate had effected slope stability on the wedge, and then the mass sediment body had collapsed. In offshore from Miyako-jima to Kerama Gap, the forearc basin sediments distribute with relatively thin layer, and the entire basin and basement is uprifted by thrust faults. In offshore of Okinawa-jima, a gentle slope composed of thick sediment layers forms from the edge of island shelf towards the trench. There are three large step-like terraces developed along the trench with small to large scale trust faults.

The southern Ryukyu Arc consists of the edge of continental crust, and the terrace of the arc was eroded to naturally flat surface. Normal faults, which cut perpendicular to the axis of the arc, are developed such as Miyako Saddle and Kerama Gap, and these gaps play structural transmit zone in both the trench and the trough geology.

In the Okinawa Trough, there are hundreds of meter cliffs developed along west side of island arc with northeast-southwest trend. In the southern Okinawa Trough, widely known as the present trough's growing stage, east-west trending rift valleys exist at the trough bottom, and the subsurface structure displays spreading system such as great number of normal faults developing towards the axis of the valley. In the central Okinawa Trough, there are series of NE-NW normal faults, and the edge of the rotated block appears as ridges or small cliffs.

In this session, we will briefly report the structural interpretation on seismic profiles and discuss structural characteristic based on the fault distribution.

キーワード：海域断層、反射法地震探査、琉球弧、沖縄トラフ、琉球海溝

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

Rayleigh admittanceを用いた1次元S波速度構造インバージョン

The one dimensional S-wave velocity structure inversion using Rayleigh admittance

*利根川 貴志¹、荒木 英一郎¹、木村 俊則¹、中村 武史¹*Takashi Tonegawa¹, Eiichiro Araki¹, Toshinori Kimura¹, Takeshi Nakamura¹

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

A cabled seafloor network with 20 stations (DONET: Dense Oceanfloor Network System for Earthquake and Tsunamis) has been constructed on the accretionary prism at the Nankai subduction zone of Japan between March 2010 and August 2011, which means that the observation period became more than 4 years. Each station contains broadband seismometers and absolute and differential pressure gauges. In this study, we estimated the Rayleigh admittance at the seafloor for each station, i.e., an amplitude transfer function from pressure to displacement in the frequency band of microseisms, particularly for the fundamental Rayleigh mode of 0.1-0.2 Hz. The pattern of the transfer function depends on the S-wave velocity structure at the sediment beneath stations (Ruan et al., 2014, JGR). Therefore, we estimate one-dimensional S-wave velocity structure beneath each station, and investigate lateral variation of the accretionary prism in the Nankai subduction zone. We used the Rayleigh wave records of earthquakes with magnitude greater than 6.5 and within an epicentral distance of 30°. At each station, the velocity seismogram was converted to the displacement seismogram by removing the instrument response. The pressure record observed by the differential pressure gauge was used in this study because of a high resolution of the pressure observation. In the frequency domain, we estimated the amplitude transfer functions of displacement/pressure for each event, smoothed it using a Parzen window with a frequency band of 0.01 Hz, and stacked them over all of the used events. For inversion, we employed a simulated annealing technique to estimate one-dimensional S-wave velocity structure, in which the predicted admittance was calculated through a software of DISPER80 (Saito, 1988). Because we used a broad frequency range (0.03-0.15 Hz), the velocity structure down to 10-20 km depths could be estimated. In particular, at depths from the seafloor to 5 km, the error of the estimated velocity was small compared with those at deeper depths. At some sites, it seems that the obtained S-wave velocity structure shows a low velocity layer within the accretionary prism. In the presentation, we will show other characteristics of the obtained velocity structures.

キーワード：S波速度構造、海底観測

Keywords: S-wave velocity structure, seafloor observation

Crustal structure of Thailand from receiver function and ambient noise tomography studies

*Sutthipong Noisagool¹, Songkhun Boonchaisuk², Patinya Pornsopin³, Kiwamu Nishida⁴, Weerachai Siripunvaraporn^{1,5}

1.Department of Physics, Faculty of Science, Mahidol University, 272 Rama 6 Road, Rachatawee, Bangkok, Thailand., 2.Geoscience Program, Mahidol University, Kanchanaburi Campus, Saiyok, Kanchanaburi, Thailand., 3.Seismological Bureau, Thai Meteorological Department, 4353 Sukumvit Road, Bangna, Bangkok, Thailand. , 4.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, JAPAN , 5.TheEP Center, Commission on Higher Education, 328, Si Ayutthaya Road, Rachatawee, Bangkok, Thailand

Thailand located in inner shelf of Eurasia plate. Tectonic evolution and crustal structure knowledge in Thailand is relatively poor. Major tectonic provinces of Thailand can be divided into 2 terranes, Indochina (IC) in east and Shan-Thai (ST) in west. In this study, 40 seismometers of Thailand Meteorological Department (TMD) and 4 of Mahidol University were used for data analysis. Two seismological methods, receiver function (RF) and ambient noise tomography (ANT), were applied to the data. For receiver function, we obtain total number of 1684 RFs. The crustal thickness and Poisson's ratio of Thailand were measured from the stacking amplitude of predicted arrival time. In average, Poisson's ration of crust in Thailand is lower than global average indicate more felsic composition in crust. Crustal thickness of Thailand is ranging from 31 -42 km with increasing trend from west to east across ST to IC. In comparison, crust of IC is thicker and have higher Poisson's ratio than ST. From ANT, cross-correlation function were calculated from three components seismogram of 4 years long data set. Rayleigh and Love wave group velocity dispersion were measured using frequency time analysis (FTAN) scheme. Due to data quality and station geometry observed period of dispersion curve are in between 6-24 second. Two dimensional tomographic inversion was used to construct the travel time tomography of group velocity at each frequency. Results of ANT clearly show that shallow crust of IC have lower velocity than ST. The lower velocity value may be refer to thick clastic rock deposited in uppermost crust of IC. Combining with a result from receiver function, lower crust of IC should have high mafic composition. Isostatic model suggest that dominated tectonic process in present day of ST is crustal thickening by the stacking of upper crust, while IC is thinning by the erosion.

Keywords: Receiver function, Ambient Noise , Mafic lower crust, Poisson's ratio

九州における地殻内の地震波減衰と地震発生層

Seismic attenuation and seismogenic layer in the crust beneath the Kyushu Island

*志藤 あずさ¹、松本 聡¹、大倉 敬宏²

*Azusa Shito¹, Satoshi Matsumoto¹, Takahiro Ohkura²

1.九州大学 大学院理学研究院附属 地震火山観測研究センター、2.京都大学 大学院理学研究科附属 地球熱学研究施設 火山研究センター

1.Institute of Seismology and Volcanology, Kyushu University, 2.Institute for Geothermal Science, Kyoto University

The spatial distribution of the seismogenic layer is one of the important parameter for seismic hazard analysis. The focal depths of inland seismicity are restricted to the upper several tens kilometers of the crust and are varied depending on the tectonic settings. Previous studies reported the negative correlation between the depth of the seismogenic layer and heat flow [e.g., Sibson, 1982; Ito, 1990; Tanaka and Ito, 2002]. Recently, increasing studies suggest that fluids play an important role in triggering earthquakes [e.g., Terakawa et al., 2010]. At present, it is widely believed that the spatial distribution of seismogenic layer is controlled by temperature and pore fluid pressure (and strain rate). However, quantitative estimates of the two parameters are difficult. Instead, in this study, we compare the spatial distribution of seismogenic layer and seismic wave attenuation, which is sensitive to temperature and existence of fluid. This is expected to provide us new insight into physical properties of the crust and control parameters of inland seismogenesis.

Attenuation of seismic wave energy is caused by two factors: scattering and intrinsic absorption. The former is the scattering of seismic wave energy due to random heterogeneities in seismic wave velocity and the density of the medium, while the latter is the conversion from seismic wave energy to heat energy by internal friction due to anelasticity of the medium. Quantifying scattering and intrinsic attenuation is important to understanding the structure of the lithosphere in terms of seismotectonic features. In this study, we separately estimate scattering and intrinsic attenuation by applying the multiple lapse time window analysis (MLTWA) technique [Hoshiya et al., 1991]. This technique is based on a comparison between observed and calculated seismic wave energy density obtained using radiative transfer theory in several successive lapse time windows.

Estimated structures of scattering and intrinsic attenuation in the crust beneath the Kyushu Island show strong spatial variations that depend mainly on the tectonic setting. The seismic attenuation structures are compared with local cut off depth of inland earthquakes, "D90" defined as the depth above which 90 % of the earthquakes occur [Matsumoto et al., 2015]. Regions with high attenuation geographically correlate with shallow seismogenic layers. We will discuss quantitative relation between intrinsic and scattering attenuations and local depths of seismogenic layers.

別府-万年山断層帯下の不均質構造に関する研究2

Study on heterogeneous structure beneath the Beppu-Haneyama fault zone 2

*神薊 めぐみ¹、松本 聡²、中元 真美²、宮崎 真大³

*Megumi Kamizono¹, Satoshi Matsumoto², Manami Nakamoto², Masahiro Miyazaki³

1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、3.京都大学防災研究所

1.Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Sciences, Kyushu University, 2.Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Sciences, Kyushu University, 3.Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

The Beppu-Haneyama fault zone is the active fault zone in Kyushu, running from the Beppu Bay to western part of Oita prefecture. In the Beppu-Haneyama area, there are many faults and some volcanoes exist between the fault zones. This suggests that the sub-surface structure is heterogeneous in this area. For example, the thin seismogenic layer (about 7km) and the seismic velocity anomaly. Here we developed a method for estimating the complex structure in the area. We modeled the structure of this fault zone as a structure composed by a background heterogeneity and strong scatterers.

We analyzed the 18 seismic events observed at 29 seismic stations deployed by Kyushu and Kyoto Universities, NIED and JMA. We estimated background structure by comparing the observed envelope with theoretical curve based on multiple scattering model. Then, the ripples in the observed envelope were extracted by comparing the envelope with the theoretically expected curve. We estimated the distribution of scatterers based on travel time of the ripples. At 4Hz, the strong scatterer located around the fault zone, the seismic velocity anomaly and the tectonic lines. At 8Hz, scatterer are distributed in the Kuju volcano area.

In conclusion, we could estimate the complex heterogeneity beneath the Beppu-Haneyama fault zone. This method can be applied to the heterogeneous structure of other area, and it is expected to image the structure.

キーワード：別府-万年山断層帯、短波長不均質

Keywords: Beppu-Haneyama fault zone, Short wavelength heterogeneity

秋田県森吉山の誘発地震発生域におけるS波偏向異方性

Shear wave splitting caused by triggered seismicity near the Moriyoshi-zan volcano in the Akita Prefecture, northeastern Japan

*小菅 正裕¹

*Masahiro Kosuga¹

1. 弘前大学理工学研究科

1. Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University

秋田県森吉山周辺では2011年東北地方太平洋沖地震後に活発な誘発地震活動が始まり、現在でも継続している。その震源域近傍で実施した臨時地震観測のデータを用いて、2000個以上の地震を対象にS波スプリッティング解析を行った。観測点は震源域直上の森吉観測点と、震源域から北に5 km程度離れたアレイ観測点のうちの1点、及び震源域から西南西に10 km程度離れた定常観測点のHi-net阿仁である。スプリッティングの2つのパラメータ、速いS波の振動方向 ϕ と遅いS波の到達時刻差 δt を変えて直交する2方向のS波波形を合成し、2つの波形の相互相関係数が最大となる ϕ と δt を求めた。

震源域直上の森吉観測点では、 ϕ は北西-南東方向を向き δt は0.015秒程度である。それに対して、アレイ観測点と定常観測点での ϕ は南北で δt はほぼ0秒である。震源域直上の観測点での δt は地震波のサンプリング間隔の3倍程度とわずかではあるが、 δt の頻度分布はこの値が他の2点とは明確に異なることを示し、有意な観測結果と考えられる。この観測事実は、地震波が震源域を下から上に通過する過程で異方性の影響を受けていることを明瞭に示している。ただし、震源域直上で観測された ϕ は、メカニズム解のP軸方位よりはむしろT軸方位と調和的である。

観測された異方性が誘発地震活動によるとした場合、それがいつ形成されたかが問題になる。しかし、臨時観測は東北地方太平洋沖地震の発生から1年半ほど経過してから開始したので、異方性の形成時期は不明である。観測開始の2012年9月から2014年5月までの期間での異方性パラメータの時間変化を調べたところ、 δt については測定の間隔を超える変化は認められなかった。 ϕ はこの期間で20°程度小さくなり、より東西に近い偏向に変わったように見えるが、有意な変化かどうかは詳細な検討が必要である。

キーワード：S波スプリッティング、異方性、誘発地震

Keywords: shear wave splitting, anisotropy, triggered seismicity