

SSS034-01

会場:105

時間:5月23日 08:30-08:45

制御震源探査データによる紀伊半島南部下の遷移領域におけるプレート境界面の微細構造

Detailed structure of the locked-sliding transition on the plate boundary beneath the southern part of Kii Peninsula

蔵下 英司^{1*}, 飯高 隆¹, 岩崎 貴哉¹, 平田 直¹

Eiji Kurashimo^{1*}, Takashi Iidaka¹, Takaya Iwasaki¹, Naoshi Hirata¹

¹ 東大地震研

¹ERI, Univ. Tokyo

紀伊半島沖南海トラフは、フィリピン海プレートが西南日本弧下に沈み込むプレート収束域である。過去南海トラフ周辺域では、東南海地震(1944年)や南海地震(1946年)などの巨大地震が繰り返し発生している。この地域での地震発生様式を考える上で、沈み込むフィリピン海プレートや西南日本弧の地殻構造を詳細に把握することは重要である。近年、固着域深部延長上のプレート境界遷移領域では、深部低周波微動、深部低周波地震、超低周波地震、スロースリップといったプレート境界のすべり運動と考えられる現象が発見されている(例えば、Obara et al., 2002; Obara and Hirose, 2006; Ito et al., 2007)。これら現象が発生している領域の詳細な地震波速度構造、プレート境界面の形状は、プレートの沈み込み過程を考える上で非常に重要な知見となる。2009年12月から5カ月間、紀伊半島南部の「みなべ-下北山測線」で実施した稠密自然地震観測で得たデータの解析からは、測線下のマンテルウエッジにおけるP波速度、 V_p/V_s 構造は水平方向に大きく変化し、クラスター状に存在する低周波地震発生域近傍でP波速度が低下し、 V_p/V_s 値が大きくなる傾向がみられることを示した(蔵下・他, 2010年秋地震学会)。しかしながら、低周波地震発生域とプレート境界の構造との詳細な関係は、不明な点が多い。そこで、2010年10月に、遷移領域におけるプレート境界面の微細構造を明らかにする目的で、稠密地震観測測線と同一測線の奈良県下北山村から十津川村を経て和歌山県みなべ町に至る約60kmの区間で地殻構造探査を実施した。制御震源としてダイナマイトを使用し、測線上では、和歌山県みなべ町(SP-1D)、和歌山県田辺市龍神村(SP-2D)、奈良県十津川村(SP-3D, SP-4D)、奈良県下北山村(SP-5D)の計5か所で発破を行った。また、測線南方の和歌山県田辺市(SP-6D)でも発破を行った。薬量は、すべての点で200kgである。これら発破による信号を観測するために、探査測線上にLS8200SD型レコーダ(蔵下・他, 2006)を約200m間隔で290か所に設置した。各観測点では、固有周波数4.5 Hzの地震計によって上下動成分の観測を行った。サンプリングは、250 Hzで行った。得られた記録は良好で、初動到達後にも深部地殻内や沈み込むフィリピン海プレートに起因したと考えられる明瞭な反射波が観測された。深部地殻構造を把握するために、このような反射波の解析を行うことは有益である。そこで、得られたデータに対してNMO補正と共通反射点重合を行い、反射法断面図を作成した。得られた反射法断面図では、いくつかの反射イベントが確認できるが、この地域に於いて過去に実施された地殻構造探査の結果と比較すると、往復走時10-11秒付近に見られる明瞭な反射面がフィリピン海プレート上面に対応すると考えられ、その反射強度が、場所によって変化していることが確認できた。

キーワード: 非火山性深部低周波微動, 遷移領域, プレート境界面, 反射面

Keywords: Non-volcanic tremor, transition zone, plate boundary, reflector

SSS034-02

会場:105

時間:5月23日 08:45-09:00

紀伊半島におけるスラブ起源 Ps 変換波振幅の空間分布 : 2. 入射角依存性の影響評価 Converted Ps amplitude variations on the dipping slab Moho beneath the Kii Peninsula: 2. Ray parameter dependence

汐見 勝彦^{1*}

Katsuhiko Shiomi^{1*}

¹ 独立行政法人防災科学技術研究所

¹ NIED, Japan

観測点下における地震波速度不連続面を検出する方法として、レシーバ関数 (RF) 解析が頻繁に活用されている。RF を用いたこれまでの多くの解析では、RF に含まれる後続波位相 (Ps 変換波) の直達 P 波からの遅延時間と仮定した速度構造を元に、変換面の深さや形状を求めることが多い。一方、変換波の振幅や極性は変換面近傍における構造の特徴を反映しているが、海洋モホ面のように変換面が傾斜している場合、変換波振幅は、地震波の到来方向 (Backazimuth, BAZ) や入射角 (波線パラメタ) にも依存することが知られており、その扱いは単純ではない。Shiomi and Park (2009; AGU FM) は、傾斜する変換面で励起された RF の変換波振幅について、その BAZ 依存性を評価することにより、変換面における平均的な変換波の振幅 (以下、標準変換波振幅) を定義した。さらに、紀伊半島内の定常観測点にこの考え方を適用するとともに、求められた標準変換波振幅の空間的分布の特徴とその解釈を行った。ただ、傾斜する変換面への入射角の推定が困難であることから入射角依存性を検討対象としなかったため、推定結果の安定性に課題が残されていた。今回、より安定した標準変換波振幅の推定を目指し、入射角の違いによる推定値への影響を評価するとともに、改良した方法により紀伊半島各観測点における標準変換波振幅推定値の見直しを行ったので報告する。

解析には、紀伊半島内に存在する防災科研 Hi-net/F-net および産業技術総合研究所各観測点で得られた高品質な遠地地震記録 ($M \geq 6$) を使用した。まず、各観測点で観測された遠地地震波形に対し、BAZ ごとの入射角の分布を調査した。その結果、解析に使用できるイベントの約 8 割は、その震源が観測点の南東から南西 ($120^\circ \leq \text{BAZ} \leq 250^\circ$) に偏在すること、イベント全体の 1 割は、波線パラメタが 0.077 を越える (平面への入射角が約 37° 以上である) ことを確認した。波線パラメタの大きな地震波が傾斜する変換面に入射する場合、BAZ に対する変換波振幅の変動幅は波線パラメタの小さなイベントよりも大きくなる。相対的にイベント数の少ない西方~北東方向のデータに対しては、波線パラメタの大きいイベントがやや多く、変換波振幅推定における本特徴の全体への寄与率は小さくない。これらの方位は紀伊半島下のフィリピン海スラブの傾斜方向でもあり、そもそも変換波振幅が大きくなる方向でもあることから、特定の方位の振幅を過大評価している可能性が高い。そこで、地震波が平面に入射した場合の変換波振幅を基本に、入射角 (波線パラメタ) に応じた振幅の補正を行うとともに、標準変換波振幅推定に用いるイベントの波線パラメタを 0.055 から 0.077 (入射角: 約 $25^\circ \sim 37^\circ$) に限定して、標準変換波振幅の再推定を行った。その結果、スラブモホ面が深さ 30 km 付近に存在する場合の標準変換波振幅は、直達 P 波に対して 9~11% 程度であり、スラブが沈み込む (変換面としての海洋モホ面が深くなる) につれ、標準変換波振幅の大きさは次第に小さくなること、スラブモホ面の深さが 40 km になる周辺で、振幅は 5~7% 程度で一定になることがより明瞭になった。紀伊半島下の温度構造や海洋地殻を構成する岩石の P-T 図から、深さ 40 km 付近で脱水を伴う相転移が発生しうる。変換波振幅の傾向の変化は、岩石組成の変化を反映している可能性を指摘しうるとともに、ほぼ直上で発生する深部低周波微動との関連も示唆される。その一方で、以前見られた紀伊半島内の標準変換波振幅の地域性は不明瞭となった。スラブ境界面で発生している事象をよりの確に把握するためには、本解析を他地域に拡大することによる事例の収集をすすめるほか、観測された変換波振幅の変化を説明し得るモデルの検討を進めることが重要である。

本研究を行うにあたり、産業技術総合研究所の観測データを使用させて頂きました。また、本解析において、J. Park 教授による RF 解析プログラムを使用いたしました。記して感謝いたします。

キーワード: レシーバ関数, 変換波振幅, 波線パラメタ, 紀伊半島, 海洋モホ面, フィリピン海プレート

Keywords: Receiver function, Converted phase amplitude, Ray parameter, Kii Peninsula, Oceanic Moho, Philippine Sea plate

海洋性マンタルの地震で観測される海洋性地殻内を伝播する後続波とプレート境界付近の地下構造

Distinct trapped waves of oceanic mantle earthquakes and their relationships to the inter-plate structure

三好 崇之^{1*}, 齊藤 竜彦¹, 汐見 勝彦¹

Takayuki Miyoshi^{1*}, Tatsuhiko Saito¹, Katsuhiko Shiomi¹

¹ 防災科研

¹ NIED

自然地震の地震波形には、地球内部構造の推定に有用な情報が多数含まれている。紀伊半島下のフィリピン海プレート内部で発生した地震の地震波形を調査したところ、P波初動のあとに、複雑な地殻・最上部マントル構造を反映した顕著な後続波が到達していることが分かった。

本研究では、紀伊半島中部下の二重地震面で発生した地震を対象とし、防災科研 Hi-net 観測網で得られた3成分速度波形を調査した。二重面下面に相当する海洋性マンタル内で発生したほぼ全ての地震について、P波初動到達から2-3秒あとに顕著な後続波(X相)が観測されていることが分かった。X相の振幅は、P波初動よりやや大きく、岐阜県南西部周辺を中心とした観測点で観測され、その他の地域では観測されない。上下動成分と動径方向成分で明瞭に観測されており、卓越周期は2-4秒程度、みかけ速度は8.0km/s程度である。このような特徴から、既に報告されている海洋性地殻内で発生した地震にみられる海洋性地殻内のトラップ波や直達波[例えば、Fukao et al.(1983), Hori et al.(1985)], pPmPやsPmP波[三好・石橋(2007)]ではないと判断しうる。

X相の成因を検討するため、標準的1次元構造[Kubo et al.(2002)]にスラブ[例えば、三好・石橋(2004)]を取り入れた地下不均質構造を想定し、2次元P-SV系の地震動シミュレーションを行った。奈良県南部の深さ55kmにダブルカップル型の点震源を配置し、震源から岐阜県南西部に至る経路(測線1)と震源から愛知県に至る経路(測線2)に対し、後続波の成因と後続波が観測される条件を推定した。

両測線における理論波形の特徴は、観測記録とおおむね調和的である。測線1では、震央距離150-200km程度の観測点で、P波初動の2-3秒あとに、観測されたX相に相当する顕著な後続波がみられた。記録断面とひずみ場のスナップショット断面図を用いて、計算結果を検討した結果、この後続波は、震源から射出されたS波がスラブ上面やモホ面でP波に変換し、海洋性地殻内にトラップされたSP変換波であることが分かった。さらに、トラップされたSP変換波は、海洋性地殻と同程度の速度をもつ陸の下部地殻が接触する領域を通して、観測点に到達することも分かった。一方、測線2ではP波初動の2-3秒あとに顕著な後続波は認められなかった。これは、震源付近を除く測線のほぼ全域で陸の下部地殻と海洋性地殻が接するため、SP変換波が生じても海洋性地殻内にトラップされないためである。以上のことから、観測された後続波は、震源付近で生じたSP変換波が海洋性地殻内にトラップされた波動である可能性が高く、海洋性地殻と陸の下部地殻が観測点付近で接する場合に観測されると考えられる。本考察に基づくと、X相が岐阜県南西部周辺のみで観測されることは、尾根状の伊勢湾-湖北スラブ[三好・石橋(2008)]が陸側の下部地殻に接し、このスラブが後続波の出口であることを示していると考えられる。

スラブと陸側プレートの接触領域であるスラブ上面は、低周波イベントを含むプレート間地震の地震発生場であるだけでなく、沈み込み帯における物質学的・力学的境界条件となる。プレート境界付近の地下構造を明らかにすることは、地震テクトニクスを理解するために非常に重要な課題である。海洋性地殻内にトラップされたSP変換波の検出状況を用いれば、上述の紀伊半島の例のように、海洋性地殻と陸のマントルおよび陸の下部地殻が接する領域を推定することが可能である。さらに、海洋性地殻内で発生した地震にみられるトラップ波や直達波[例えば、Fukao et al.(1983), Hori et al.(1985)]も用いれば、より詳細な地殻・最上部マントル構造の推定が可能であろう。

キーワード: 後続波, トラップ波, 海洋性地殻, フィリピン海プレート

Keywords: later phases, trapped waves, oceanic crust, Philippine Sea plate

SSS034-04

会場:105

時間:5月23日09:15-09:30

制御震源データに基づく伊豆小笠原弧の多重衝突・沈み込み構造

Multiple collision and subduction structure of the Izu-Bonin arc revealed by active source seismic data

新井 隆太^{1*}, 岩崎 貴哉¹, 佐藤 比呂志¹, 阿部 進², 平田 直¹
Ryuta Arai^{1*}, Takaya Iwasaki¹, Hiroshi Sato¹, Susumu Abe², Naoshi Hirata¹

¹ 東京大学地震研究所, ² 地球科学総合研究所

¹ERI, Univ. Tokyo, ²JGI Incorporated

中期中新世以降の本州弧と伊豆小笠原弧の衝突により、関東地方南西部には伊豆衝突帯と呼ばれる複雑な地殻構造が形成されている。地質学的な知見から、巨摩・御坂・丹沢・伊豆の4つの地塊は伊豆小笠原弧起源であり、一連の多重衝突過程によって本州弧へと付加したものと考えられている(例えば、Amano, 1991)。伊豆衝突帯の地殻構造の解明は、日本列島の形成過程というテクトニクスの問題として重要なだけでなく、世界的にも例の少ない島弧-島弧衝突という環境下での地殻の変形過程を理解する上で重要な制約を与える。近年、制御震源を用いた地殻構造探査により、伊豆衝突帯における衝突沈み込み構造に関して重要な知見が得られてきている。2003年に伊豆衝突帯の東部で行われた関東山地東縁測線からは、測線下における丹沢地塊の楔形構造と沈み込むプレートからの剥離の様子が明らかとなった(Sato et al., 2005; Arai et al., 2009)。また、衝突帯西部で行われた2005年小田原-山梨測線の反射法解析から、衝突帯下に沈み込む非地震性スラブがイメージングされた(Sato et al., 2006)。本研究は、小田原-山梨測線の屈折広角反射法解析から、御坂・丹沢・伊豆地塊の多重衝突・沈み込み構造の全体像を解明することを目的としている。

北西-南東方向に約75kmに及ぶ測線は、曾根丘陵断層帯、藤ノ木愛川構造線、国府津松田断層帯の衝突境界をそれぞれ横切るように配置された。18点の発破及びパイロサイズ多重発振、97点のパイロサイズ稠密発振、1642の受振点(平均間隔50m)という非常に大量かつ稠密な地震波データが収録された。データの質は非常に良好であり、P波初動だけでなく、P反射波やS波初動も複数のショットで明瞭に記録されている。このデータセットに対して、屈折トモグラフィ解析(Zelt and Barton, 1998)および波線追跡法によるフォワードモデリング(岩崎, 1988; Cervený and Psencik, 1983)を適用し、地震波速度構造モデルを構築した。

得られた速度構造モデルから、伊豆小笠原弧の多重衝突沈み込み構造に関して重要な知見が得られた。重要な特徴の1つとして、藤ノ木愛川構造線や国府津松田断層帯の北西傾斜とは対照的に、伊豆小笠原弧の北端を区切る曾根丘陵断層帯は南東傾斜を持つことが挙げられる。御坂・丹沢・伊豆地塊の多重衝突構造の特徴は以下のようにまとめられる。

1) 御坂地塊は南東傾斜の曾根丘陵断層帯に沿って本州弧側へ衝突しており、南側からも逆断層で区切られたポップアップ構造を形成している。

2) 丹沢地塊は両側を北西傾斜の構造境界で区切られている。

3) 御坂・丹沢地塊は中部地殻において剥離している。剥離した地殻深部(伊豆小笠原弧中部・下部地殻)は本州弧地殻の底に一部付加し、相当量は沈み込んでいる。

4) 伊豆地塊は御坂・丹沢地塊と異なり、少なくとも中部地殻以浅においては剥離しておらず、地塊全体として丹沢地塊の下に沈み込んでいる。

5) 御坂・丹沢地塊の直下には、深さ25-35kmにかけて北東に傾斜する反射面が存在し、衝突帯下に沈み込むスラブ(伊豆小笠原弧下部地殻)上面と解釈される。

6) 反射波振幅から推定されるスラブでの速度コントラストは小さく、流体を含むような低速度層は形成されていないと考えられる。この特徴は、プレート境界に大きな速度コントラストが存在し、低速度層が存在するとされる西南日本の沈み込み構造とは対照的である。

キーワード: 伊豆衝突帯, 地震波速度構造, 屈折広角反射法解析, 御坂山地, 丹沢山地, 伊豆半島

Keywords: Izu collision zone, Seismic wave velocity structure, Refraction/wide-angle reflection analysis, Misaka Mountains, Tanzawa Mountains, Izu Peninsula

SSS034-05

会場:105

時間:5月23日 09:30-09:45

東海地域における異方性観測 Shear-wave splitting in the Tokai region

飯高 隆^{1*}, 加藤 愛太郎¹, 生田 領野², 吉田 康宏⁷, 勝俣 啓⁴, 岩崎 貴哉¹, 酒井 慎一¹, 津村 紀子⁵, 山岡 耕春³, 渡辺 俊樹³, 國友 孝洋², 山崎 文人³, 大久保 慎人⁶, 鈴木 貞臣⁶, 平田 直¹

Takashi Iidaka^{1*}, Aitaro Kato¹, Ryoya Ikuta², Yasuhiro Yoshida⁷, Kei Katsumata⁴, Takaya Iwasaki¹, Shin'ichi Sakai¹, Noriko Tsumura⁵, Koshun Yamaoka³, Toshiki Watanabe³, Takahiro Kunitomo², Fumihito Yamazaki³, Makoto OKUBO⁶, Sadaomi Suzuki⁶, Naoshi Hirata¹

¹ 東京大学 地震研究所, ² 静岡大学, ³ 名古屋大学, ⁴ 北海道大学, ⁵ 千葉大学, ⁶ 東濃地震科学研究所, ⁷ 気象研究所
¹ERI, Univ. of Tokyo, ²Shizuoka Univ, ³Nagoya Univ., ⁴Hokkaido Univ., ⁵Chiba Univ., ⁶Tono Res. Inst., ⁷MRI

1. はじめに

東海地域においては、フィリピン海プレートが北西方向に沈み込んでおり、プレート境界型巨大地震の発生域として重要な地域である。また、この地域においては、低周波微動やスロースリップ等興味深い現象が観測されている (Obara, 2002; Ozawa et al., 2002)。この地域は、これまでに構造探査によって沈み込むプレートの形状やプレート境界の特徴が示されてきた (Iidaka et al., 2003, 2004; Kodaira et al., 2004; Kato et al., 2010)。これらの研究の結果、沈み込むフィリピン海プレートの形状が明らかになってきた。東海地域下に沈み込むフィリピン海プレートは平たんではなく、いくつもの海嶺が沈み込んでいることがわかってきた。また、詳細なトモグラフィー解析から微細な速度構造が明らかになり、海洋地殻内部の水の存在が示唆されてきている。

プレート境界型地震の発生過程において、アスペリティーの理解はひじょうに重要な課題である。これまでに、アスペリティーの原因となる要因については様々な議論がなされ、プレート境界部の凹凸が原因である説やプレート直上の物質が要因となる説などさまざまな説が提案されている。そのため、沈み込む海山がアスペリティーの形成と関係するかについて調べることはひじょうに重要である。この東海地域においては、構造探査において沈み込む海嶺の形状が明らかになっている。もし、この海嶺のような構造がプレート間のカップリングに大きく寄与するのであれば周囲の応力場に反映されるはずである。本研究では、沈み込み方向に並べられた約 70 点の直線アレイ観測点を用いて、地殻の異方性を調べることで、沈み込む海嶺がプレート間カップリングに対し大きく寄与するかどうかについて検証を試みた。

2. データ

東海地域において、約 70 台のポータブルレコーダを用い、北西方向にリニアアレイを形成する観測網を設置し、臨時観測をおこなった。直線アレイの測線長は約 100km であり、観測期間は 2008 年 4 月上旬から 2008 年 9 月上旬である。使用した地震計は固有周期 1 Hz の地震計を用いた。

3. 結果

異方性の値は、南側で大きく北では小さく求められた。これまでの研究結果から、今回の測線の中央部の深さ約 30km に沈み込む海嶺が検出されており、今回得られた異方性の分布をみても、海嶺直上やその北西側で大きな値を示すことはなく、沈み込む海嶺が地殻の応力場に大きな影響を与えているような結果は得られなかった。

キーワード: 異方性, 東海, アスペリティー

Keywords: anisotropy, Tokai, asperity

SSS034-06

会場:105

時間:5月23日 09:45-10:00

レシーバ関数と地震波トモグラフィの比較からみた日本列島の地殻構造 Crustal structure in Japan inferred from receiver functions and comparison with those of travel time tomography

五十嵐 俊博^{1*}, 飯高 隆¹

Toshihiro Igarashi^{1*}, Takashi Iidaka¹

¹ 東京大学地震研究所

¹ ERI, Univ. of Tokyo

Investigation on the crustal structure and configurations of the subducting plates is the key to understanding the stress and strain concentration process. Recently, many researchers have elucidated crustal structures in the Japanese Islands from travel time tomography analyses. However, they show different features in some areas. In this study, we estimated the seismic velocity structure and seismic velocity discontinuities of the crust and uppermost mantle beneath the Japanese Islands by using receiver function analyses, and compared them with existing results of seismic velocity structures estimated from travel time tomography.

We first searched for the best-correlated velocity structure model between an observed receiver function at each station and synthetic ones by using a grid search method. Synthetic receiver functions were calculated from many assumed one-dimensional velocity structures that consist of four layers with positive velocity steps. Observed receiver functions were stacked without considering backazimuth or epicentral distance. We further constructed the vertical cross-sections of depth-converted receiver function images transformed the lapse time of time series to depth by using the estimated structure models. Receiver function amplitudes were projected and stacked at each cross-section. Telemetric seismographic network data covered on the Japanese Islands and several temporal dense seismographic stations are used. We selected events with magnitudes greater or equal to 5.0 and epicentral distances between 30 and 90 degrees based on USGS catalogues.

As a result, we clarify spatial distributions of the crustal S-wave velocities. Average S-wave velocities from the ground surface to 5 km deep indicate thick low-velocity layers in several plain and basin areas. Although the velocities are slower than those of tomography models, the spatial patterns are corresponding with basement depth models. The velocity perturbations in the crust are consistent with tomography models. There are low-velocity zones corresponding to volcanoes in the upper crust and around the crust-mantle boundary. In the lower crust, our results show low-velocity structures in the Niigata-Kobe Tectonic Zone. From depth-converted cross-sections, we can detect the upper boundary and the oceanic Moho of the subducting plates that dipped toward northwest. High velocities near the southern coastline of the Japanese Islands correspond to the oceanic Moho of the subducting Philippine Sea plate. We also estimated the tops of the mantle depths in the overriding plate from the velocity discontinuities of layered structures and depth-converted cross-sections of receiver function images. It is deep beneath the mountain region of the land area and becomes shallow toward the surrounding seas in most part of the Japanese Islands. The tendency of depth changes is consistent to the patterns of the Moho discontinuity proposed previously, but the depths are deeper than those results in several regions. We will be able to resolve detailed whole structures by considering difference of both images.

キーワード: レシーバ関数解析, 地殻構造, 日本列島

Keywords: Receiver function analysis, Crustal structure, the Japanese Islands

SSS034-07

会場:105

時間:5月23日 10:00-10:15

鉛直・動径レシーバ関数を用いた地殻の地震波速度および厚さの推定 Crustal V_p , V_s , and thickness estimations via vertical and radial receiver functions

利根川 貴志^{1*}, 入谷 良平¹, 川勝 均¹
Takashi Tonegawa^{1*}, Ryohei Iritani¹, Hitoshi Kawakatsu¹

¹ 東大地震研

¹ERI, Univ. of Tokyo

Receiver function analysis is one of the effective tools to investigate crustal seismological structure. Here, we present a grid search technique using three seismic phases, Ps, PpPs, and PpPp, observed at teleseismic P coda portion in radial and vertical components, in order to simultaneously determine crustal properties, such as vertically-averaged P and S wave velocities (V_p and V_s), and Moho depth. Using a nonlinear waveform analysis, called simulated annealing, source wavelet of teleseismic P wave can be estimated by using records in vertical component observed at an array of seismometers. Deconvolving individual vertical component by the resulting source wavelet, PpPp phases recorded in vertical component can be extracted. Ps and PpPs phases can be extracted by calculating conventional radial receiver function. The frequency bands are 0.2-1.0 Hz for Ps converted phase, and 0.1-0.5 Hz for PpPs and PpPp reflected phases. The time-to-depth conversion of receiver function is performed by using 1D JMA velocity model. As a result, in addition to seismic images produced by using Ps and PpPs phases, seismic images with PpPp phase also successfully display the continental Moho, the oceanic Moho and the top slab surface of the Philippine Sea slab. This allows us to obtain reliable crustal properties by a grid search over three parameters, V_p , V_s , and thickness. Moreover, we demonstrate that seismic images could be improved by applying the estimated crustal properties, representing crustal lateral variations, to the conversion of time-to-depth domain receiver function.

キーワード: レシーバ関数, モホ面, 地震波速度, V_p/V_s

Keywords: receiver function, Moho, seismic wave speed, V_p/V_s

SSS034-08

会場:105

時間:5月23日 10:15-10:30

広帯域地震計観測と重力測定による東南極大陸中央部の地殻構造 Crustal structure of the central part of East Antarctica from broadband seismic deployments and gravity surveys

金尾 政紀^{1*}, 渡邊 篤志²

Masaki Kanao^{1*}, Atsushi Watanabe²

¹ 国立極地研究所, ² 東京大学地震研究所

¹NIPR, ²ERI, University of Tokyo

The Antarctica's GAm bur tsev Province / GAm bur tsev Mountain SEISmic experiment (AGAP / GAMSEIS) was an internationally coordinated broadband seismic deployment in the middle part of East Antarctic continent during the International Polar Year (IPY 2007-2008). More than 50 broadband seismographs were deployed over huge highland on the ice sheet from the crest of the Gambursev Subglacial Mountains (GSM; including Chinese station Dome-A (79.6S, 77.4E)) to the region around Japanese station of Dome-F (77.4S, 39.6E). The broadband seismic studies from the recorded teleseismic events provide new information of fine crustal structure and constrain on the origin of GSM, and more broadly on the structure and evolution of the East Antarctic craton and the subglacial environment. The GSM has the most enigmatic tectonic features as one of the Earth frontiers. Buried beneath the thick ice sheet, the mountains are characterized by peak elevations reaching 3000 m above sea level. Until recently, only limited constraints were available on the crustal structure of the GSM and surrounding region but new data from GAMSEIS allows more detailed investigation. The gravity measurements with land-type gravity meters were conducted by the Japanese Antarctic Research Expedition (1992; JARE-33, 1997; JARE-38, and 1998; JARE-39) over the inland traverse routes from Syowa Station (69.0S, 39.6E) to Dome-F. Free-air and Bouguer anomalies based on gravity disturbance along the routes were obtained by use of both surface elevation and bedrock elevation from radio-echo sounding. A density model of crustal structure between Syowa and inland plateau was derived based on the P-wave velocity model from active source refraction surveys and of the P-wave receiver function inversions. A crustal structure of the southern part of the inland plateau was derived from only gravity data. The Bouguer gravity anomalies were calculated by assuming the layered density model of the crustal structure to fit the observed Bouguer anomalies. Decrease in Bouguer anomalies about -200 mgal from Syowa toward Dome-F indicated crustal thickness about 45km beneath the Dome region. Analyses on S-wave receiver functions and Rayleigh wave phase velocities for GAMSEIS data provided estimates on crustal thickness beneath the GSM and surrounding region. The cratonic crust surrounding the GSM was 40-45 km thickness, which agrees with the crustal thickness from gravity surveys by JAREs and was consistent with average Pre-Cambrian crustal thickness found globally. Beneath the GSM, in contrast, the crust thickness was determined almost 55-58 km and provides isostatic support for the high mountain elevations. It is considered that the thicker crust beneath the GSM may reflect the old continental feature associated with Proterozoic and/or Paleozoic orogenic events in East Antarctica. Accordingly, the whole crustal model from the Luzow-Holm Bay (around Syowa) to Dome-F and GSM were obtained for the first time by combining the results of both broadband seismic studies by GAMSEIS and gravity surveys by JAREs. The cross section over 3,000 km length in the middle part of Antarctic continent was achieved to provide predominant information on tectonic evolution of Gondwana super-continent in Earth history.

キーワード: 南極大陸, 広帯域地震計, 極域フロンティア, アレイ観測, 国際極年, 重力測定

Keywords: Antarctic continent, broadband seismometer, polar frontier, array deployment, International Polar Year, gravity measurement

SSS034-P01

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 10:30-13:00

エアガン - OBS 構造探査で推定した 1952 年十勝沖地震震源域周辺の地殻構造 Crustal structure around the focal area of the 1952 Tokachi-oki earthquake by an airgun-OBS seismic survey

東 龍介^{1*}, 村井 芳夫¹, 勝俣 啓¹, 西村 裕一¹, 山田 卓司¹, 望月 公廣²

Ryosuke Azuma^{1*}, Yoshio Murai¹, Kei Katsumata¹, Yuichi Nishimura¹, Takuji Yamada¹, Kimihiro Mochizuki²

¹ 北海道大学地震火山研究観測センター, ² 東京大学地震研究所

¹ ISV, Hokkaido Univ., ² ERI, Univ of Tokyo

We conducted an airgun-OBS experiment between the Tokachi-oki and the Nemuro-oki seismogenic segments in August 2010. The seismic line is parallel to the Kuril Trench axis and runs ~50 km landward from the trench axis with 240 km length. The experimental area includes the source area of the 1952 Tokachi-oki interplate earthquake (M8.2), where the largest amount of coseismic slip of 7 m took place at the eastern central part of the line. The corresponding area was not ruptured by the 2003 Tokachi-oki earthquake (M8.0), though the hypocenters of these earthquakes are almost the same. This difference can be explained by a physical condition on the plate boundary, such as the topography of the slab surface, the existence of the low velocity layer on the subducting plate. The object of this experiment is to investigate the relation between the seismic structure and the interplate rupture area.

OBSs recorded clear airgun signals, and they imply a structural difference bounded on the central part of the line. At the OBSs deployed westward of the line, observed first arrival was discontinuous at the offset ~40 km, increasing apparent velocity from 5 to 7.2 km/s. Meanwhile the eastern OBSs recorded continuous first arrival. Several later phases were observed within the offset 40 km but not clear enough to be picked at the western OBSs. These along-arc differences imply a structural difference between the 1952 rupture area and surrounding area. We expect that further analyses using travel time data will extract lateral structural variation related to the extent of rupture area.

キーワード: 地殻構造, 千島海溝, 沈み込み帯

Keywords: crustal structure, Kuril Trench, subduction zone

SSS034-P02

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 10:30-13:00

常時微動の相互相関解析による東北地方中央部におけるレイリー波群速度分布 Group velocity distribution of Rayleigh wave in the central part of the Tohoku rejoin by ambient noise cross-correlation

高木 涼太^{1*}, 岡田 知己¹, 中原 恒², 海野 徳仁¹, 長谷川 昭¹
Ryota Takagi^{1*}, Tomomi Okada¹, Hisashi Nakahara², Norihito Umino¹, Akira Hasegawa¹

¹ 東北大・理・予知セ, ² 東北大・理

¹RCPEV, Tohoku Univ., ²Graduate School of Sci., Tohoku Univ.

近年, 地震波干渉法が画期的な地下構造推定方法として注目を集めている。地震波干渉法とは, 2 観測点で観測された波動場の相互相関関数から, そのうちの 1 点を震源とし, 残りの 1 点を観測点とするグリーン関数が抽出できるという手法である。この地震波干渉法を常時微動に適用し, 地下構造を推定する研究が盛んに行われるようになった。Shapiro et al. (2005) は, カリフォルニアにおいて観測された常時微動から抽出したレイリー波を用いて, レイリー波群速度構造を推定した。このような手法は Ambient noise tomography と呼ばれている。本研究では, 東北地方の密な観測網を用いてこのような常時微動の相互相関解析を行い, 2008 年岩手・宮城内陸地震震源域とその周辺域におけるレイリー波群速度分布の推定を行った。

相互相関解析には, Hi-net に F-net と東北大学と気象庁の観測点を加えた密な観測網で観測された上下動速度記録を用いた。それぞれの観測点ペアについて 1 日毎の相互相関関数を計算し, それを解析期間にわたりスタックすることで, 明瞭なピークを持つ相互相関関数を得た。得られた相互相関関数に対してマルチフィルタ解析 (Dziewonski et al., 1969) を適用することで, 周期 1-16 s におけるレイリー波群速度分散曲線を推定した。さらに, 得られた群速度に対して速度トモグラフィを行うことで, 周期 1-16 s のレイリー波群速度分布を推定した。

周期 2 s の群速度マップは, 北上山地と脊梁山地で高速度, 仙台・大崎平野と北上低地で低速度となり, 地表地形との明瞭な対応関係が見られる。これは, 平地の遅い堆積層, 山地の速い基盤岩といった表層付近の構造を反映しているためと考えられる。

一方, 深さ 10 km 程度に感度を高く持つ周期 10 s 程度の長周期側の群速度マップでは, 栗駒山付近に顕著な低速度域を確認することができる。既存の実体波トモグラフィ (例えば, Nakajima et al. (2001); Okada et al. (2010)) でも 10 km 以深に同様の低速度領域が検出されており, 本研究において, 常時微動により, マントルウェッジと起源とし各火山へと向かうマグマ供給系の浅部を検出することができたと考えられる。さらに, 本研究において, 松島湾付近に顕著な低速度領域がイメージングされた。これに対応すると思われる顕著な低速度域は, やはり実体波トモグラフィでもイメージングされている。このような低速度域は, 2008 年岩手・宮城内陸地震と 2003 年宮城県北部地震の震源域深部付近に位置していることから, 本研究では, Hasegawa et al. (2005) が指摘するような内陸地震発生に寄与すると推定される水やメルトの分布をイメージングした可能性がある。

SSS034-P03

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 10:30-13:00

埼玉県川島町における反射法地震探査 Seismic Reflection Survey at Kawajima Saitama

伊藤 忍^{1*}, 山口 和雄¹, 横倉 隆伸¹, 伊東 俊一郎²
Shinobu Ito^{1*}, Kazuo Yamaguchi¹, Takanobu Yokokura¹, Shun'ichiro Ito²

¹ 産業技術総合研究所, ² サンコーコンサルタント株式会社
¹ Geological Survey of Japan, AIST, ² Sunco Consultants Co., Ltd

埼玉県比企郡川島町において2010年12月に反射法地震探査を実施した。調査測線は入間川河川敷から、同町内の地盤沈下観測井を経て、市野川に至る南北約7600mである。入間川沿いでは産総研が2007年に反射法地震探査を実施している。本調査は、入間川沿いの構造と地盤沈下観測井における構造の対比を明らかにすることを目的としている。受振器は固有周期10Hzのジオフォンを使用し、測点の間隔は10mとした。収録にはサンコーコンサルタント株式会社製の分散型記録装置DSS-12を使用した。サンプリング周波数は1msとした。震源はIVI社製のミニバイブレータT-15000を1台使用した。10mごとに発震し、各点における発震回数は6回を基本とし、スイープ周波数は15-120Hz、スイープ長は16秒、リスニング長は3秒とした。各発震点における標準受振点数は156点とした。相互相関後のショット記録では、測線の全域において、すべての受振点で初動が明瞭である。測線のほぼ全域において、往復走時0.6秒から0.8秒付近に反射波が見られる。測線の北部では往復走時1.6秒付近に強い反射波が見られる。2km/s以下での定速度重合の結果、測線の北端で0.2秒から0.4秒付近に現れ、測線の南端で0.4秒から0.7秒付近に至る、緩く南に傾斜するイベントが見られた。また、2.1km/sでの定速度重合の結果、測線の北端で0.7秒、測線の中央付近で1.3秒に至る、南に傾斜するイベントが見られた。さらに、測線の北側では、1.4秒付近に明瞭なイベントが見られた。北側でしか明瞭に見られないこれらのイベントであるが、測線の南側でもかろうじて追跡することが可能である。

詳細な処理により、これらのイベントが測線の全域でイメージできることが期待される。

キーワード: 反射法地震探査, 埼玉県, 川島町
Keywords: seismic reflection survey, Saitama, Kawajima

P波反射法測線に加えた3成分地震計1個でのS波速度の簡易推定法 - 埼玉県北部での適用例 -

Estimation of V_s Using one 3-Component Seismometer with P-wave Reflection Profiling - Application to a Survey in Saitama

大滝 壽樹^{1*}, 加野 直巳¹, 横倉 隆伸¹

Toshiki Ohtaki^{1*}, Naomi Kano¹, Takanobu Yokokura¹

¹ 産業技術総合研究所地質情報研究部門

¹GSJ, AIST

地震基盤までのS波速度構造を求める方法はいくつかあるが、それぞれ一長一短がある。たとえば、PS変換波反射法は測線全体にわたり深部まで詳細な構造を求めることができる[加野・他, 2004]が、測線全体に3成分地震計を設置する必要があるため時間と費用がかかることに加え解析にも手間がかかる。我々は、P波反射法探査に1点3成分地震計を追加することにより簡単にS波速度を求めることができることを示し、その手法を1点P-SV法と呼んだ[大滝・他, 2011]。この手法では、ラディアル成分の観測点ギャザーを作成し、ギャザー上で観測したP-SV反射波の走時を解析する。P-SV反射波は観測点近くで反射するため、反射波の走時曲線の傾きは、ほぼ反射面の深さと V_p による。 V_p はP波反射法で求められるから、走時曲線の傾きから反射面の深さが決まり、その走時から V_s が決まる。論文中では、この方法について述べるとともに、傾斜層を含む簡単な構造で方法の妥当性を示した。また、過去に別の手法(P-SV変換波反射法、VSP法)でS波速度が求められている測線の地震記象を解析し、以前の結果とほぼ同じ速度構造が得られることを示した。P波反射法探査は広く使われる手法であり、その際に少ない追加費用・時間でS波速度が求められる本方法は簡便なS波速度構造の推定法として期待できよう。

上記の論文で解析した実探査はPS変換波反射法の実用性調査を目的としたものであり、全点に3成分地震計を設置した探査であった。したがって、その探査の仕様はP波反射法探査の仕様とはオフセット長などが異なっているし、反射波が見えやすい測線が選ばれている。そのため、本手法の実用性の試験には、既探査での反射波の見えやすさ・3成分計による探査を考慮しないで行われるP波反射法探査で解析した現場試験も必要であろう。我々は2005年より数回にわたりP波反射法探査の際に3成分地震計1,2点を追加して観測している。今回は、これら探査のうちから埼玉県鴻巣市周辺での探査[横倉・他(2007)]を選び、その探査記録を大滝・他(2011)の手法で解析し、本手法の実用性を示す。

解析を行う探査は2006年11月に埼玉県鴻巣市周辺で行ったP波反射法探査である。探査領域は、深谷断層・綾瀬川断層の間隙部であり、深谷断層や綾瀬川断層等の関東平野北西縁から平野中央部へと北西・南東方向に断続的に続く断層群の一部である。測線は、鴻巣市関新田から南西方向に延びて吉見丘陵へと到る約10kmであった。震源として測線中央部以外では大型パイプレータを1台使用した。固有周波数10Hzの上下動地震計を10m間隔で展開し、一度に192ch分のデータを乗用車内に設置されたレコーダに集約して記録した。このような地震計展開を、全体として5展開実施した。3成分地震計はそのレコーダ近くに1点設置した。このため、測線全体で5点の3成分記象が得られている。今回はこれらのうちデータ数の多い1点を選び、解析を行った。なお解析の際のP波速度および層構造は横倉・他(2007)によるP波反射法解析の結果に固定する。

選んだ点(st98)は測線の北東に位置する。この点では、観測点の両側それぞれ約1kmのデータが得られた。データ長はP波探査と同じ4秒である。まだ予備的解析ではあるが、いくつかのP-SV反射波がギャザー上で確認できており、深さ1km程度までの速度が得られる可能性がある。今後、これらの反射波を基にS波速度構造の解析を行う予定である。

SSS034-P05

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 10:30-13:00

ハーフグラベン (地下基盤のV字谷構造) と深さ10 kmでのP波高速地帯の一致 4

Relationship between half-graben and high-velocities area at depths of 10km in Kanto area 4

大石 幸男^{1*}
Yukio Oishi^{1*}

¹ なし

¹ none

深さ10 kmのP波高速帯(松原誠 2005)と関東のV字谷構造(ハーフグラベン)の分布がほぼ一致する。(大石幸男 2007)

またかつて茨城県南、千葉県北部が埼玉県の下側に重なっていて、約1500万年前の日本海の開き、日本列島の折れ曲がり時のリフト運動に伴い抜けあがってきた可能性がある一高速帯の分布、断面、岩石の分布等の分析から(大石幸男 2010)

その後、特に茨城県南が上盤の下側から斜めに抜け上がってきた下盤そのもの、リフト縁辺隆起帯であり、変成コアコンプレックスであるという証拠がそろってきた。北米ネバダ州、ニューメキシコ州などにあるベイスンアンドレンジの変成コアコンプレックスの主な3つの特徴は モホ面が25 kmと浅い プーゲー重力異常が高い 熱流量が大きい である。(平朝彦 地質学2 P-323)つくば市を中心とした茨城県南はこれら3つの条件をすべて満たしている。

つくば付近のモホ面の深さは25 km程しかない(気象研 勝間田明男 2010 東大 五十嵐俊博 2008 私信) つくば付近は高プーゲー重力異常である(産総研 プーゲー重力異常図) 茨城県南の北緯36度以北は熱流量が大きく80 mW/以上ある(防災科研 松本拓己 2005)

またつくば市からは董青石、珪線石、片麻岩、ミグマタイト、ドレライト、や同市3か所からマイロナイト(つくばユーワールド、荃崎観測井、万博公園の応用地質)が見つかることから、この地域が抜けあがってきた下盤であると考えてよいであろう。(1980年代 アメリカのワーニック、リスターらのベイスンアンドレンジの左右非対称のリフトモデル参照 Wernick 1981 Lister and Davis 1989)

さて、これら地殻の薄化をもたらしたリフトの開きの前の地殻の厚化は、ジュラ紀の堆積層や乗り上げた海台の下に浅く沈みこんだ白亜紀後期(70 Ma頃)の海嶺衝突によってもたらされたと考えられる。(海嶺由来の玄武岩と砂質堆積層、タービダイトの年齢がほぼ同じであることから海嶺衝突が丸山茂徳、磯崎行雄らによって考えられている)

(図左)

図右はリフト運動(15 Ma頃)での下盤の隆起、それによって上盤の上に持ち上げられた、または下盤に残ったまま(千葉県北部の成田と柏の三波川帯、長崎県西彼杵半島の結晶片岩)の三波川帯、結晶片岩の動き、を示す。後者の千葉県北部、長崎県西彼杵半島はリフトの開く量が特に大きかった地域であるために結晶片岩が上盤に乗ることが出来なかったものと思われる。さらにこの右図では、下盤の抜け上がりによって分断されたジュラ紀の層が中央構造線(MTL)をはさんで反復分布をする様子を理解することができる。

また筑波山や周辺の吾国山南部、荃崎観測井に分布する斑レイ岩の群れは抜け上がってきた海嶺(筑波山北西部、荃崎観測井にはトータル岩が存在することから)の下盤そのもの、さらには大西洋海嶺などで見られる斑レイ岩の巨大な岩体、メガマリオンそのものである可能性もあるので、微量元素分析等の早期の実施が望まれる。

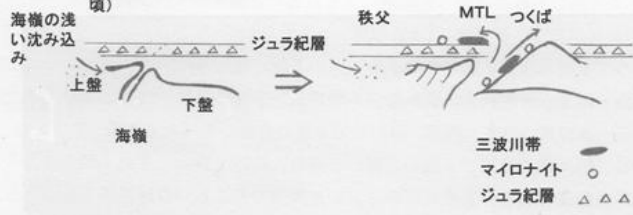
中央構造線の再考 2

これまで中央構造線付近の反射法断面はMTLからの北傾斜の線が目目されてきたが、近畿地方の反射法探査の和泉側線(2006)断面にはMTL以南の下部から抜け上がったと思われる南傾斜の動きが、和泉層群の北半分の地域の下方深さ8 km付近に認められる。他のMTL付近も和泉側線と同レベル以上の精度(稠密パイプレーター発震)の反射法探査が期待される。

また中部地方から西日本にかけてのMTLのやや北方には、深さ10 kmの地震波高速帯の帯状の巨大な連なりが見て取れる。(松原誠のトモグラフィー 2008 P波パーティションによる)これらは中新世の長大なリフト運動の痕跡である可能性があるため、今後の詳細な調査が必要である。そのためにもトモグラフィーの水平方向分解能が5 km~10 km以上(2011年現在オープンになっている 産総研の地下構造可視化システムは水平方向分解能は約20 km位)のこれからの開示を切望する。

ジュラ紀の層の下に浅く白亜紀後期の海嶺が衝突(80Ma~70Ma頃)

中新世15Maの下盤の抜け上がり



SSS034-P06

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 10:30-13:00

深井戸観測記録のレシーバー関数解析による関東平野の地震学的構造の推定 Seismic structure under the Kanto Plain using receiver functions from deep borehole records

村越 匠^{1*}, 竹中 博士²

Takumi Murakoshi^{1*}, Hiroshi Takenaka²

¹ 防衛大学校, ² 九州大学

¹National Defense Academy, ²Kyushu University

関東平野の高感度地震観測網 Hi-net には、深さ 1 km 以上の深井戸観測点が数多くある。関東平野は堆積層が厚く分布するため、基盤にまで達している深井戸観測点の記録は、地殻構造やプレート形状など深部の地下構造解析のための情報として貴重である。しかし、従来のレシーバ関数解析は、これらの深井戸観測記録の解析には不向きであるため、地表もしくは浅い観測井の記録のみを使って地下構造の解析が行われてきた。

深井戸観測記録を扱うことが可能なレシーバ関数の解析手法が、Takenaka and Murakoshi (2010, AGU) によって提案されている。この手法は、Reading et al.(2003, GRL) で提案された地表記録版の”S-wavevector receiver function” (SWV-RF) を、地中記録版として拡張した SWF-RF に相当する。両方の SWV-RF に共通する特徴は、SWV-RF からは直達 P 波が取り除かれて、原理的には不連続面からの変換波の解析に理想的な関数となることである。従来のレシーバ関数では、地表面やセンサーより上層の堆積層からの反射波の影響でゴーストが強く PS 変換波の判別が困難になるのに対して、SWV-RF ではゴーストを取り除く効果が期待される。実際、Takenaka and Murakoshi (2010, AGU) では関東の厚木の深井戸記録などで、レシーバ関数から直達 P 波が消え顕著な変換波を見ることができた。

本発表では、関東平野の Hi-net の深井戸観測記録も使って地中記録版の SWF-RF を適用して推定した地震学的構造の結果について報告する。

キーワード: レシーバー関数, 深井戸, 関東平野, 地殻構造, フィリピン海スラブ

Keywords: receiver function, deep borehole, Kanto Plain, crustal structure, Philippine Sea slab

SSS034-P07

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 10:30-13:00

伊豆衝突帯北西部の地殻構造：御坂地塊の衝突構造と甲府花崗岩体の貫入構造への制約

Crustal structure in the northwestern part of the Izu collision zone

新井 隆太^{1*}, 岩崎 貴哉¹, 佐藤 比呂志¹

Ryuta Arai^{1*}, Takaya Iwasaki¹, Hiroshi Sato¹

¹ 東京大学地震研究所

¹ERI, Univ. Tokyo

中期中新世以降の本州弧と伊豆小笠原弧の衝突により、関東地方南西部には伊豆衝突帯と呼ばれる複雑な地殻構造が形成されている。御坂や丹沢などの伊豆小笠原弧起源の地塊の北側には、三波川帯・秩父帯・四万十帯の各付加体から成る関東山地が位置している。関東山地の南西部には甲府花崗岩体が地表に露出するとともに、甲府盆地が形成されている。これらの領域は伊豆小笠原弧の北西端部と接しており、初期段階における衝突過程に関して地質学的・地球物理学的に重要な情報を含んでいると予想されるが、その詳細な地殻構造は不明であった。

1982年、爆破地震動研究グループによって関東山地および甲府花崗岩体の西縁において制御震源探査（御代田敷島測線）が行われた（Research group for explosion seismology, 1986）。60 kmの探査測線は2005年小田原-山梨測線（Sato et al., 2006）から北へ伸びている。この測線上に配置された61の観測点において、5発のダイナマイト発振による地震波データが記録された。このデータは伊豆衝突帯北西部の地殻構造を明らかにする上で非常に重要であるが、本州弧と南側の伊豆小笠原弧との衝突構造の観点からはこれまで十分議論・解釈されていない。そこで我々は、関東山地南西部における四万十帯の速度構造とその広がり、および甲府花崗岩帯の地下での分布を地震波速度の面から明らかにすることを目的とし、1982年御代田-敷島測線のデータを再解析した。

御代田-敷島測線で得られたデータの質は非常に良好であり、全ショットにおいてP波初動が測線全域で記録された。さらに、複数の反射P波とS波初動が捉えられている。これらのデータセットに波線追跡法によるフォワードモデリング（Iwasaki, 1988; Cervený and Psencik, 1983）を適用し、走時および振幅データを満足するP・S波の速度構造モデルを構築した。

得られた地震波速度モデルから、以下の二つの特徴的な構造が明らかとなった。一つ目は、P波速度5.6-6.0 km/sおよびS波速度3.4-3.7 km/sを持った厚さ4 kmの上部地殻である。この地殻は地表地質との対応から四万十帯であると考えられる。測線南部では甲府花崗岩体が地表に露出しているが、対応する顕著な速度変化は見られない。地殻内には深さ4-20 kmに複数の反射面が検出された。そのうち最も重要な反射面は測線南部の深さ4 kmに存在するものである。振幅解析から推定されたこの反射面直下のP波速度は6.15-6.4 km/sであり、その北側より0.15-0.2 km/sほど高速度であることがわかった。この面は2005年小田原-山梨測線の測線北部で見られた甲府花崗岩体の高速度体の上面と連続している（Arai et al., 2010）。また、この反射面の南北方向への広がり、地表での甲府花崗岩体の分布とよく一致する。従って、深さ4 kmの反射面は甲府花崗岩体の高速度体の上面と解釈される。これらの結果から、四万十帯は南側の甲府盆地と御坂山地の下まで続いていると考えられ、また、甲府花崗岩体に対応する大部分のマグマは甲府盆地直下から貫入したものと解釈される。

キーワード: 伊豆小笠原弧, 地震波速度構造, 屈折法-広角反射法解析, 甲府花崗岩体, 御坂山地, 四万十帯

Keywords: Izu collision zone, Seismic wave velocity structure, Refraction/wide-angle reflection analysis, Kofu granitic complex, Misaka Mountains, Shimanto belt

箱根火山の群発地震発生域におけるS波スプリッティング解析 Shear-wave Splitting Analysis in the Focal Area of Earthquake Swarm at the Hakone Volcano

丹原 裕^{1*}, 田所 敬一¹
Yu Nihara^{1*}, Keiichi Tadokoro¹

¹ 名大・環境

¹Environmental Studies, Nagoya Univ.

1. はじめに

箱根火山は、現在でも活発な噴気活動が続いている活火山であり、たびたび群発地震が発生している。これまでの先行研究で、箱根火山域の群発地震の発生と地殻内流体との関係が議論されており、その発生原因については地下深部からの熱水活動によるものが考えられている。

そこで、本研究では、2009年8月に箱根火山で発生した群発地震の震源域直上および周辺の観測点で得られた地震波形データを用いて、上部地殻のクラック分布を検出するのに有効な手段であるS波スプリッティング解析を行い、その周辺の地震学的構造、つまりクラックの分布を明らかにし、群発地震の発生との関連性について議論する。

2. データと解析手法

本研究では、箱根火山周辺に展開された観測点5点(KZR、T.OSS、KIN、KZY、KOM)において、2009年6月から2010年2月までに収録した地震波形を用いた。それらの地震波形のうち、S-P変換波の影響を避けるために各観測点への入射角が35°以内で、M1以上のS波初動の明瞭なものを選び出し、解析に用いた。

解析は、10Hzのローパスフィルタをかけた水平2成分の波形に対して、座標軸を5°ずつ回転させ、片方の成分の波形の時間をずらしながら相互相関係数を計算していく方法を採用した(たとえばShih and Meyer, 1990)。S波スプリッティング解析から求められるパラメータは、やはりS波の振動方向()と2つの波の到達時間差(DT)であるが、相互相関係数が最も大きいときの座標軸の回転角度と時間差をそれぞれのパラメータとして採用した。

3. 結果と考察

解析の結果、北を0°とし時計回りに測った場合の の平均値は、群発地震の震源域直上に位置する2つの観測点では、KZRで $148 \pm 2^\circ$ 、T.OSSで $101 \pm 4^\circ$ となり、それぞれ群発地震の北側と南側の断層面の走向によく一致している。一方、群発地震の震源域周辺に位置する3つの観測点では、KINで $137 \pm 5^\circ$ 、KZYで $135 \pm 7^\circ$ 、KOMで $163 \pm 7^\circ$ となった。この方向は、本地域における水平最大圧縮応力の方向(行竹ほか, 2007)に一致している。したがって、2009年8月の群発地震の震源域周辺では応力場によって形成されたクラックが広範囲に分布しているが、震源域近傍では群発地震の断層面の走向と同じ向きのクラック群が局所的に分布していることが明らかになった。

また、DTについては、KZRで 60 ± 5 ms、T.OSSで 46 ± 3 ms、KINで 30 ± 5 ms、KZYで 39 ± 8 ms、KOMで 38 ± 10 msとなり、群発地震の震源域直上では、相対的に大きくなる傾向がある。よって、群発地震の震源域近傍では、応力場によって形成されたクラックよりも高い密度でクラックが分布していることが明らかになった。

以上のことから、群発地震の震源域近傍では、応力場によって形成されたクラックとは異なる配向方向のクラック群が相対的に高い密度で分布し、その面的な構造の中に選択的に地殻内流体が入り、2009年8月の群発地震が発生したことが推定される。

キーワード: S波偏向異方性, 箱根火山, 群発地震, 地殻内流体, クラック

Keywords: Shear-wave splitting, Hakone Volcano, earthquake swarm, crustal fluid, crack

3次元S波異方性速度構造解析のための試験的研究 A Pilot Study on Three-dimensional S-wave Anisotropic Tomography

石瀬 素子^{1*}

Motoko Ishise^{1*}

¹ 東京大学地震研究所

¹ERI, Univ. Tokyo

地震波異方性は、岩石中の割れ目や鉱物の格子選択配向など、地球内部のダイナミクスやテクトニクスに因るところが大きい。従って、地球内部の異方性を適切に評価し、既存の構造の情報と関連付けて解釈することができれば、地球内部構造の理解が深まると期待される。特に、日本列島のような活動的地域における異方性構造は、その流動場や応力場の理解にとって非常に重要であると考えられる。

我々は、異方性を考慮した走時トモグラフィー [e.g., Ishise and Oda, 2005] を用いた日本列島下の3次元P波異方性速度構造解析に取り組んできている。その一環として、得られた3次元P波方位異方性とS波の波形解析によるS波偏向異方性の比較を行ったところ、地殻の異方性はP波とS波でよく一致するが、マントル以深ではしばしば食い違うことが明らかになった。この原因はS波の波形解析の手法上の問題に起因し、波線が複数の異方性領域を通過した場合に観測される異方性は最上層の異方性の影響を強く反映していることによると考えられる。つまり、S波の波形解析からのみでは、スラブやマントルの異方性を得るのは困難ということである。しかし、沈み込み帯の構造の更なる理解には、S波異方性の情報が必要となる。特にマントル内の構造の解釈の際には不可欠な情報源となる。

そこでP波の異方性解析で用いた走時解析をS波に適用し、3次元S波異方性トモグラフィー法の開発を試みた。対象とする異方性は、P波の解析と同様の六方対称の異方性で、対称軸が水平面内に分布すると仮定した(この場合、Crampin (1974)によると、速いS波はSH波となる)。未知パラメータは、等方性速度、異方性の方位(S波が速く伝播する方向)、異方性の強さである。

この手法を気象庁一元化処理震源の検測値データに適用し、中国・四国地方の地殻および最上部マントルを対象にした予備的な解析を行った。その結果、先行研究 [e.g., Matsubara et al., 2008] と矛盾しない3次元の等方性S波速度構造と系統的な変化を示す3次元のS波異方性構造(S波が速く伝播する方向と異方性の強さ)を得た。本解析で得られる等方性不均質構造は、異方性を考慮したことで一般的な等方性トモグラフィーよりも真に近い速度値を示していると考えられる。したがって、P波異方性トモグラフィーで得られた同様のP波速度を併せて用いることで、地震波速度の絶対値を用いた定量的評価も可能となることが期待される。一方、異方性については、その方向はS波の波形解析やP波の異方性トモグラフィーで得られる方向とは異なるため、得られた異方性をP波方位異方性やS波偏向異方性と比較する手段の確立とその解釈が当面の課題である。

キーワード: P波異方性, S波異方性, 走時トモグラフィ, 方位異方性

Keywords: P-wave anisotropy, S-wave anisotropy, travel-time tomography, azimuthal anisotropy

Ps変換波を用いた多層構造の偏向異方性の推定 Estimation of Polarization Anisotropy in Multilayer Structure by using Ps-converted Wave

渡辺 光美^{1*}, 小田 仁¹
Mitsumi Watanabe^{1*}, Hitoshi Oda¹

¹ 岡山大学大学院自然科学研究科

¹ Dept. Earth Sci., Okayama Univ.

1. はじめに

地殻内の異方性は直達S波のスプリッティング解析によって検出されている (Kaneshima, 1990)。しかし、多層構造を伝った直達S波のスプリッティングは多くの層の影響を受けるため、検出されたスプリッティングがどの深さの異方性を反映しているのかわからない場合が多い。そこで、レシーバ関数に現れるPs変換波のスプリッティング解析によって異方性構造を推定する方法が開発された (McNamara and Owens, 1993)。この方法は、Ps変換波を使っているため、異方性が存在する領域を特定できることが利点である。しかし、多層構造で発生するPs変換波を解析する場合、変換波の偏向異方性が変換面よりも上の層の異方性の影響を受けるため、各層の異方性を求めることが困難である場合が多い。本研究では、多層構造の境界面で発生したPs変換波のスプリッティング解析にストリッピング法を導入することにより各層の異方性の推定が可能であることを示し、この方法の有効性を数値実験により検討した。また、ノイズの処理のために使うスタッキング法と特異値分解フィルターがストリッピング法で得た結果に如何なる影響を与えるかを調べた。

2. 多層構造の異方性の特徴

半無限媒質の基盤の上に三層から成る異方性成層構造を仮定し、基盤にP波を入射したときの伝達関数を使ってP波レシーバ関数のradial成分とtransverse成分を合成した。各層の異方性を六方対称とし、それぞれ六方対称軸の方位と傾斜角、異方性の大きさを与えた。合成したレシーバ関数上でP波初動の後に三つのPs変換波が見られ、これらを三つの速度境界面で発生した変換波であると同定した。それぞれの変換波にS波スプリッティング解析を行った結果、第1層と第2層の境界面で発生したPs変換波からは、第1層の異方性を正しく見積もることができた。しかし、第2層と第3層および第3層と基盤の境界面で発生するPs変換波からは、第2層、第3層の異方性が正しく求められなかった。これは、2番目や3番目の境界面で発生したPs変換波の偏向異方性はそれらが生じた境界面よりも上にある層の異方性の影響を受けるからであると解釈した。そこで、この影響を補正するためにストリッピング法を考案した。

3. ストリッピング法

第2層と第3層の境界面で発生したPs変換波のスプリッティング解析によって第2層の異方性を推定するためには、第1層の異方性の影響を補正しなければならない。この補正には、 2×2 のスプリッティング行列 (Silver and Savage, 1994) を使う。行列要素は第1層の異方性から求めることができる。補正されたPs変換波は第2層の異方性のみを受けているので、これにスプリッティング解析を実行することによって第2層の異方性が推定できる。第1層の異方性の補正はレシーバ関数に対して行われるので、補正後のレシーバ関数上の3番目の境界面で発生したPs変換波は、第2層と第3層の異方性のみを受けていることになる。従って、第3層の異方性は、同様な手順に従って、第2層の異方性のみを受けていることによって求めることができる。このように、各層の異方性を剥ぎ取る様にして補正することにより、各層の異方性が正しく見積もられることを確認した。本研究では、この方法をストリッピング法と名付けた。

4. ノイズ処理の影響

異方性を推定するときに行うノイズ処理がストリッピング法による異方性の推定に及ぼす影響を調べる。合成波形にノイズを重ね合わせたP波レシーバ関数を合成し、スプリッティング解析が困難であるような状況となるようにノイズの大きさを設定した。ノイズ処理を行わないでストリッピング法を適用して各層の異方性を求めようとした場合、第1層の軸の異方性は正しく見積もることができた。しかし、第2層および第3層の異方性はノイズの影響で定まらなかった。そこで、レシーバ関数波形をスタッキングした後に特異値分解フィルターを掛けてノイズを取り除いた。スタッキングは20度毎の方位角の間で得られたレシーバ関数を使って行った。このようにして得られたレシーバ関数にストリッピング解析を行った結果、第2層、第3層の異方性を正しく求めることができた。このことは、スタッキング法や特異値分解フィルターによるノイズ処理がストリッピング法による異方性の推定に大きく影響していないことを意味している。

キーワード: ストリッピング法, S 波偏向異方性, Ps 変換波, 多層構造

Keywords: stripping method, polarization anisotropy, Ps-converted wave, multilayer structure

SSS034-P11

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 10:30-13:00

地震計アレイ観測による紀伊半島南部の深部低周波微動域周辺の異方性構造 Anisotropic medium structures above a deep low-frequency tremor zone in the southern Kii peninsula

雑賀 敦^{1*}, 加藤 愛太郎¹, 蔵下 英司¹, 飯高 隆¹, 津村 紀子², 岩崎 貴哉¹, 酒井 慎一¹, 平田 直¹

Atsushi Saiga^{1*}, Aitaro Kato¹, Eiji Kurashimo¹, Takashi Iidaka¹, Noriko Tsumura², Takaya Iwasaki¹, Shin'ichi Sakai¹, Naoshi Hirata¹

¹ 東京大学地震研究所, ² 千葉大学大学院理学研究科

¹ Earthquake Research Institute, University of Tokyo, ² Graduate School of Science, Chiba University

紀伊半島南部において2009年12月から約半年間、66台の地震計からなる高密度アレイ観測網を展開し自然地震観測を行った。本研究の目的は、この地震計アレイデータのS波偏向異方性解析から深部低周波微動発生域の詳細な異方性媒質構造を明らかにし、深部低周波微動の発生メカニズムに関する新たな知見を得ることである。アレイ観測網で収録された微小地震のS波部分に対して、S波偏向異方性の2つのパラメータ(速いS波の振動方向、速いS波と遅いS波の到達時間差)を、Silver and Chan (1991)の手法を用いて推定した。入射角35度以内の制限を満たす12219個の波形データを解析した。S波の立ち上がりが見やすいもの、相関係数が0.80以上のものの中から、計1934個の異方性パラメータを得た。その結果、アレイ全域にわたって、速いS波の振動方向が概ね東西方向を示すS波偏向異方性が見られた。この結果は、定常観測点のデータのみを用いた異方性構造の特徴と調和的であり、紀伊半島南部において広域応力場によってS波偏向異方性が生じていることを意味する。また地殻内地震とスラブ内地震の到達時間差を比較すると、スラブ内地震で到達時間差が大きくなる傾向が見られた。これは、下部地殻からマントルウェッジにかけて東西方向のS波偏向異方性が存在することを示唆する。到達時間差が0.20秒より大きかった地震-観測点ペアは、紀伊半島中央部で、地震計アレイの北側に集中しており、マントルウェッジを長く伝播するS波が大きな偏向異方性を示しており、マントルウェッジに強い異方性が存在する可能性が考えられる。

キーワード: S波偏向異方性, 紀伊半島, 深部低周波地震, マントルウェッジ, 地震計アレイ

Keywords: shear wave splitting, Kii Peninsula, deep low frequency earthquake, mantle wedge, seismometer array

SSS034-P12

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 10:30-13:00

紀伊半島群発地震発生域およびその周辺部における地殻内速度不連続面の推定 Estimation of velocity discontinuities in and around the swarm seismicity region beneath the Kii Peninsula

榎崎道清¹, 土井 一生^{1*}, 川方 裕則¹
Michikiyo Narazaki¹, Issei Doi^{1*}, Hironori Kawakata¹

¹ 立命館大学理工学部

¹Ritsumeikan Univ.

紀伊半島、特に和歌山地域において、非火山性の群発地震活動が地殻内で定常的に見られる (Mizoue, 1971; Matsunami and Nakamura, 2004)。Mizoue (1971) はまた群発地震発生域を含む紀伊半島北部で、発震後 10 秒付近に大振幅を持つフェイズを検出し、深さ 20 km に存在するコンラッド面からの S 波反射波であると推定した。また、レーバ関数解析 (例えば、Yamauchi et al., 2003; 汐見ほか, 2008; Ueno et al., 2008; 澁谷ほか, 2009) により深さ 20 km 付近に速度不連続面が見出されている。さらに、Kato et al. (2010) は群発地震域南部において 10 km 四方程度の領域で稠密地震観測網を展開し、走時トモグラフィ解析から、深さ 8 km 付近に低 V_p/V_s 領域を検出しマグマの貫入で説明した。このように群発地震発生域下の地殻構造が明らかになりつつあるが、いまだその発生メカニズムを解明するには至っていない。

本研究では、深発地震による S_p 変換波を用いて、群発地震発生域およびその周辺域において横断的に地殻および最上部マントルの速度不連続面を推定する。遠地震よりも高周波 (~5Hz 程度) 成分を含む深発地震の波形を用いることで、速度不連続面を地殻内地震の発生していない領域も含めて高解像度で推定できることが期待される。解析には、和歌山地域の Hi-net、大学による観測点で記録された、近畿地方下で発生する太平洋プレート内の深発地震 (深さ 320-420 km) 約 20 個の波形記録を用いた。水平 2 成分の記録をラディアル・トランスバース方向に回転し、目視で読み取った S 波初動時刻で上下動成分の波形記録を観測点ごとに震源方位順に並べ、連続的なフェイズを検出した。波形には 1.2-1.5 Hz、1.2-3.0 Hz のバンドパスフィルターをかけ、モホ面・コンラッド面などの大局的な構造と地殻内の不均質構造をそれぞれ推定した。また、パーティクルモーションを描き、検出したフェイズが変換 P 波であることを確認した。

その結果、和歌山地域およびその周辺において深さ約 20 km、約 40 km に広域的な速度不連続面を推定した。これらは、既往研究との比較からコンラッド面、モホ面に相当すると考えられる。また、群発地震発生域の深さ約 10 km に速度不連続面を検出した。この不連続面は群発地震の深さ分布の下限に位置する。今後、データを増やすなどにより高解像度での不連続面の推定を目指すとともに群発地震の発生メカニズムについての議論を行う。

キーワード: 速度不連続面, 変換波, 群発地震, コンラッド面

Keywords: velocity discontinuity, converted waves, swarm activity, the Conrad discontinuity

弾性波アクロスと地震計アレイによるプレート境界震源域の長期連続監視法 Semi-permanent continuous monitoring of a focal region along an interplate boundary by seismic ACROSS & multi-receivers

鶴我 佳代子^{1*}, 笠原 順三², 羽佐田 葉子³, 藤井 直之²
Kayoko Tsuruga^{1*}, Junzo Kasahara², Yoko Hasada³, Naoyuki Fujii²

¹ 東京海洋大学, ² 静岡大学理学部, ³ 大和探査株式会社

¹Tokyo Univ. Marine Sci. and Tech., ²Shizuoka Univ., ³Daiwa Exploration and Consulting Co. Ltd

プレート境界上の顕著な反射面は、地震発生の要因の1つと考えられる流体の存在を示唆し、三陸沖 (Fujie et al., 2002; Mochizuki et al., 2005) や、中部日本・東海浜名湖周辺 (飯高ほか, 2002) で見つかっている。このようなプレート境界上の強い反射面は地震活動と密接な関係があり、反射波群の連続監視が、震源域の物理状態の変化の検出に有効であることを期待させる。弾性波アクロスは、既知の特性をもつ地震波を地下に繰り返し照射し、観測し続けることで、地下の状態変化を能動的に監視するための計測技術である (熊澤ほか, 2000)。アクロスでは、2004年以來、東海地域での広域観測がなされている。そこで本研究では、同地域のプレート境界上の震源域の変動を想定した地震波伝播の数値実験を行い、波群の微小変化 (差分波形) に逆伝播 time reversal 手法を適用するイメージング法 (Kasahara et al., 2010) を用いて、変化領域の検出を試みた。

数値実験には、東海中部日本海陸統合地殻構造探査の波形記録の解析から得た2次元速度構造モデル (Tsuruga et al., 2005) を用いた。静岡県浜名湖付近および岐阜県土岐市付近にアクロス震源を想定し、有限差分法 (Larsen, 2000) により、受振間隔 500 m ごとに、上下動および水平動成分の理論波形を計算した。プレート境界からの反射波群等の波線経路および走時は、波線追跡法により同定した。深さ約 30 km のプレート境界上の一部 (厚さ 200m 程度) に流体移動を想定し、P波速度が $V_p=3.5\text{km/s}$ から 2.5km/s に、30% 程度低下すると仮定した。波形記録には、震央距離 25~60 km 付近の、走時 10~13 秒にはプレート境界からの顕著な PP 反射波が出現する。

プレート境界からの反射波群を対象に、上下動と水平動の各成分で、変化の前・後の波形記録の差 (差分波形) を、変化前の構造モデルを用いて逆伝播し、イメージングした。その結果、波形変化量の大きな波群は、プレート境界付近の速度変化領域にフォーカシングされ、生じた領域を概ね特定できることが分かった。降雨などの影響を考慮し、表層付近での速度変化が 10% 程度 (P波速度が $V_p=3.5-4.5\text{km/s}$ から $3.15-4.05\text{km/s}$ 減少) 生じたケースでは、波形変化部が表層付近に集中するものの、本来想定した変化領域よりも下方にまで変化分のエネルギーが染み出す。しかし、この際でも、反射波群が観測される地域が限定されることを利用し、震源と受振点の配置を適切に選択 (観測区間を制限) することによって、表層と深部の変化領域の識別がしやすいイメージが得られることが分かった。

現時点では変動領域の形状などの厳密な決定は難しく、直接速度変化量でのイメージングも今後の課題である。しかしながら、本研究の結果は、アクロスのように連続的に同一信号を送信する震源を用いることによって、仮に単独の震源の場合でも、観測アレイの配置を最適化することで、プレート境界からの反射波群の連続 (繰り返し) 観測が、特定領域での状態の時間変化の有/無や相対的な変化量の追跡に有効であることを示している。

キーワード: 弾性波アクロス, 長期連続監視, プレート境界, タイムラプス, 逆伝搬

Keywords: ACROSS, continuous active monitoring, interplate boundary, time lapse, back-propagation time reversal

SSS034-P14

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 10:30-13:00

森町アクロス送信信号の準リアルタイム解析 Quasi-realtime analysis of seismic ACROSS signal transmitted from Morimachi

吉田 康宏^{1*}, 勝間田 明男¹, 國友 孝洋², 熊澤峰夫²
Yasuhiro Yoshida^{1*}, Akio Katsumata¹, Takahiro Kunitomo², Mineo Kumazawa²

¹ 気象研究所, ² 名古屋大学

¹Meteorological Research Institute, ²Nayoga University

我々は2006年に静岡県森町に弾性波アクロス送信点を設置し、その信号の解析を行ってきた。森町は東海地震の想定震源域の直上に位置しており、フィリピン海プレート境界面の変化を監視するには最適の場所である。数年にわたる観測記録を解析し、伝達関数の時間変化を求めてきた。その結果、伝達関数の各波群の走時変化については(1)後続相のほうに走時変化量は大きい、(2)観測点あるいは送信点近傍の降水量に相関のある走時変化が見られる、(3)観測点あるいは送信点で大きな震動があると(2008年8月に起きた駿河湾地震)大きく走時が変化する、ということがわかってきた。今後、プレート境界で固着の変化などがあれば伝達関数に変化が起こる可能性は考えられる。時間変化が現れた時に迅速に対応するには解析の自動化及び異常値の自動検出が必要である。今回は解析の自動化を行ったので報告する。

現在気象研究所ではHi-netなど定常観測点の波形を常時受信している。昨年の6月から、その波形を用いて森町送信点と定常観測点間の伝達関数を1日ごとに求め、各波群の走時変化及びエネルギー比変化の図を作成するようにした。スタックを行う時間長は各観測点のSN比に応じて決定した。解析の手順は従来から行っているものとほぼ同等である。波形データを400秒毎に区切ってスタッキングを行い、6成分の伝達関数テンソルを求めた。次にS波が到着する走時以後で時間を1秒ずつ切り出してきてクロススペクトル法で最初の期間(2010年6月22日)の伝達関数に対する走時差を計算した。また、任意の区間で迅速に重み付きスタッキングが行えるように、4時間のノイズチャンネルの分散をファイルに保存しておく。

観測点は森町送信点からの距離が40km以内で比較的ノイズレベルの低いものを選んだ。各観測点で2-3個の波群を選び出し、時間窓の長さを1秒間として、基準伝達関数(今回は最初の期間で計算したものを基準とした)からの走時差とエネルギー比を計算した。また、N.TT2HとN.TOEHについては、Kato et al. (2010)の構造を仮定して計算したフィリピン海プレート海洋地殻上面からの反射波の到達時間を時間窓の1つとして設定した。反射点は深部低周波微動及び短期的スロースリップが起きている場所よりプレート浅部に位置しているが、2000年長期的スロースリップで大きなすべりが起きた場所に位置しており、今後同じようなスロースリップが起きた時に変化が検出される可能性がある。

謝辞

解析にはHi-netの波形記録を使わせて頂いた。

キーワード: アクロス, 時間変化, プレート境界からの反射波

Keywords: ACROSS, temporal variation, reflection phase from plate boundary

SSS034-P15

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 10:30-13:00

反射法解析による北美濃地域地下構造の解明

The subsurface structure in northern Mino region, central Japan revealed by reflection method

古屋 裕^{1*}, 津村 紀子¹, 駒田 希充¹, 濃尾地震震源断層域合同地震観測グループ²

Hiroshi Furuya^{1*}, Noriko Tsumura¹, Nozomi Komada¹, Joint observation group in the Nobi-earthquake source region²

¹ 千葉大学大学院理学研究科, ² 東京大学地震研究所

¹ Graduate School of Science, Chiba Uni., ² ERI, Uni. of Tokyo

中部日本北西部は日本の中でも変形が集中した地域であり, 多くの褶曲と断層が存在している. 1891年濃尾地震震源断層の根尾谷断層はそのうちの一つである. このような断層の形成・発達には, この地域下に沈みこむフィリピン海プレート (PHP) も密接に関係していると考えられる. 地震の震源分布や走時トモグラフィの結果から, 研究領域下の PHP 上面は北西方向に伸びる尾根状の形状をしていると推定されているが, 陸側プレートのモホ面やマントルウェッジとの空間的位置関係は明らかになっていない. 本研究では, 研究地域内で実施された発破記録に反射法解析を適用し, 同地域下の地下構造を明らかにすることを試みた.

解析には, 2009年10月9日・11日にかけて千葉大学他により実施された8点の発破を, 濃尾地震震源断層域合同観測のアレイ地震観測点で記録した波形を使用した. アレイ地震観測点は北東から南西方向に約1km間隔で約30点ずつ3本配置され, 根尾谷断層と高角で交差している. 測線を北からline1, line2, line3と呼ぶ. これらの観測点で連続記録された地震波形を発破時刻から16秒間切り出した波形を各ラインごとにまとめたショット記録に, 標準的な反射法処理 (AGC, 幾何減衰項の補正, NMO処理, バンドパスフィルター) を適用し, ショットごとのゼロオフセット記録を作成した. 各ショットのゼロオフセット記録を精査すると, 往復走時10秒付近から2~3秒程度継続する反射波群が見られた. この反射波群には3測線とも北東に緩やかに傾斜している傾向がみられる. さらにline1におけるいくつかのショット記録には上述の反射波群より下, 往復走時14秒前後にショットにより微弱だが位相の揃った反射波が見られた. ただし, line2及びline3では同様の往復走時に孤立した反射波は認められない.

西南日本における既存反射法地震探査と比較した結果, この反射波群は西南日本に広く分布していることが分かった. この広範囲に分布することなどの特徴から陸側地殻の下部地殻ラミネーションであると考えられる. 深いほうの反射波については, その深さからPHPでの反射の可能性が高いが, 反射波の連続性の問題から現有の反射断面等から知られているPHP上面との接続はできなかった. 深いほうの反射波がフィリピン海プレートであった場合, その上面形状はline1の下ではほぼ水平である. この観測事実は変形したプレート形状によって北美濃地域の大屈曲が引き起こされたというより, プレートと地殻の間に存在するウェッジマントルの層厚の違いが, プレートから地殻へ及ぼす力の違いを生じさせている可能性を示唆していると思われる.

キーワード: 北美濃, 下部地殻, 根尾谷断層, 反射法地震探査, フィリピン海プレート

Keywords: northern Mino region, lower crust, Neodani fault, reflection method, Philippine Sea Plate

北美濃深部構造探査による中部日本北西部の地殻構造解明(第2報)

Second report on the Deep Seismic Profiling "Northern Mino Transect(NORM)2009" in the NW part of Central Japan

津村 紀子^{1*}, 溝畑 茂治², 藤原 明³, 菊池 伸輔², 阿部 進², 駒田 希充¹, 小嶋 智⁴, 狩野 謙一⁵, 小村 健太郎⁶, 武田 哲也⁶, 小原 一成⁷, 岩崎 貴哉⁷, 池田 安隆⁷, 山北 聡⁸, 金田 平太郎¹, 松波 孝治⁹, 深畑 幸俊⁹, 加藤 潔¹⁰, 山田 浩二¹¹, 早川 信¹, 古屋 裕¹, 朱里 泰治¹, 高橋 明久², 伊藤 谷生¹

Noriko Tsumura^{1*}, Shigeharu Mizohata², Akira Fujiwara³, Shinsuke Kikuchi², Susumu Abe², Nozomi Komada¹, Satoru Kojima⁴, Ken'ichi Kano⁵, Kentaro Omura⁶, Tetsuya Takeda⁶, Kazushige Obara⁷, Takaya Iwasaki⁷, Yasutaka Ikeda⁷, Satoshi Yamakita⁸, Heitaro Kaneda¹, Koji Matsunami⁹, Yukitoshi Fukahata⁹, Kiyoshi Kato¹⁰, Koji Yamada¹¹, Makoto Hayakawa¹, Hiroshi Furuya¹, Yasuharu Shuri¹, Akihisa Takahashi², Tanio Ito¹

¹ 千葉大学大学院理学研究科, ² 地球科学総合研究所, ³(株)ジオシス, ⁴ 岐阜大学, ⁵ 静岡大学, ⁶ 防災科学技術研究所, ⁷ 東京大学, ⁸ 宮崎大学, ⁹ 京都大学 防災研究所, ¹⁰ 駒沢大学, ¹¹ 阪神コンサルタンツ

¹Grad. Sch. of Science, Chiba University, ²JGI Inc., ³GEOSYS, Inc, ⁴Dep. of Civil Engineer. Gifu University, ⁵Shizuoka University, ⁶NIED, ⁷Tokyo University, ⁸Miyazaki University, ⁹Kyoto University, ¹⁰Komazawa University, ¹¹Hanshin Consultants co.ltd

中部日本北西部, 北美濃地域には, 活断層が集中し, 美濃帯のメガキンク構造の中でも最大のヒンジが存在する. さらに陸側プレートの下にはフィリピン海プレートが北側に張り出す複雑な形状で沈み込んでおり, これらの間には強い関係があると考えられている.

そこで地殻全体およびフィリピン海プレート上面の形状を明らかにする目的で, 深部地震探査「北美濃2009」(NORM)が2009年9月30日から10月20日まで行われた. この探査では東西走向の西側測線と南西-北東走向の東側測線に2つに分割される総延長90 km測線が配置された. この測線は2つの主要な活断層, 柳ヶ瀬断層と根尾谷断層と高角に交差する. 受信器間隔はおよそ50 m, 8点のダイナマイトと2点のバイプロサイズ発振を行った.

標準的な反射法処理を適用したところ, 顕著な深部反射波群が測線の西端から東端まで存在することが明らかになった. この反射波群は西側では8~11 s付近, 東側では9~12 s付近に存在する. また, その反射波群の2 sに不連続な反射波も見られた.

これらの反射波の成因を明らかにするため, 我々は得られたNORM測線の反射断面と中部日本の近畿地方で得られている反射断面の比較を行った. なお, 比較した測線は1989年藤橋-上郡測線と2004年新宮-舞鶴測線である. 藤橋-上郡測線は琵琶湖の北側に東西走向で位置し測線長は約210 kmである. 観測点はおおよそ1.6 km間隔で並べられ, 4点でダイナマイトによる発震が行われた. 藤橋-上郡測線の反射断面においてTWT 9-11 s付近に反射の卓越する領域がほぼ全測線にわたって見られた. この藤橋-上郡測線の東端は我々の測線の西端と近接しているため, 我々の反射断面に見られた深部反射波群は広く西側まで連続していることがわかった. 藤橋-上郡測線はまた, 新宮-舞鶴測線とも交差し, 新宮-舞鶴測線においても同様の反射波群は確認される. これらの反射波群は既存研究では下部地殻におけるラミネーションと解釈されているため, NORM反射断面に見られた深部反射波群は下部地殻ラミネーションであると解釈される.

一方この反射波群の下に見られた断続的な反射波の成因ははっきりしない. 反射面の候補としては沈み込んでいるフィリピン海プレート上面かプレートモホが考えられるが, その場合強い変形を受けた上側プレートの地殻と沈み込むプレートの間にはきわめて薄いマントルウェッジしか存在しないと考えられる.

キーワード: フィリピン海プレート, 根尾谷断層, 反射法地震探査, 下部地殻, 美濃帯

Keywords: Philippine Sea Plate, Neodani fault, seismic reflection survey, lower crust, Mino belt

濃尾断層帯における人工震源を用いた地震探査 - 詳細解析

Seismic survey using artificial sources at Nobi fault system, central Japan - advanced analysis

小村 健太郎^{1*}, 浅野 陽一¹, 武田 哲也¹, 小原 一成², 駒田 希充³, 津村 紀子³, 伊藤 谷生⁴, 小嶋 智⁵, 溝畑 茂治⁶, 菊池 伸輔⁶, 阿部 進⁶, 須田 茂幸⁶, 高橋 明久⁶

Kentaro Omura^{1*}, Youichi Asano¹, Tetsuya Takeda¹, Kazushige Obara², Nozomi Komada³, Noriko Tsumura³, Tanio Ito⁴, Satoru Kojima⁵, Shigeharu Mizohata⁶, Shinsuke Kikuchi⁶, Susumu Abe⁶, Shigeyuki Suda⁶, Akihisa Takahashi⁶

¹(独)防災科学技術研究所, ²東京大・地震研, ³千葉大・理学, ⁴千葉大・理・地球科学, ⁵岐阜大・工・社会基盤, ⁶(株)地科研
¹Nat'l Res. Inst. Earth Sci. Disas. Prev., ²ERI, Univ. Tokyo, ³Grad. School Sci., Chiba Univ., ⁴Dept. Earth Sci., Fac. Sci., Chiba Univ., ⁵Dept. Civil Eng., Gifu Univ., ⁶JGI, Inc.

内陸地震を引き起こす活断層は地表に地形変化として見えるだけでなく、地下10数kmの深部までつながっている。特に断層深部では温度条件や、水分の分布により岩石の特性が変化し、地震の起こり方に影響しているはずである。地表から地下深部にいたる断層の形状と環境条件を明らかにすることは、内陸地震発生のモデル構築や、地殻変動のモデル化、そして地震動予測の精度向上を定量的に進めるために不可欠である(佐藤他(2001, 地学雑誌)では「震源断層 - 活断層システムのイメージング」を提起している)。そのため防災科学技術研究所では、平成20年度に、1891年濃尾地震を起こした濃尾断層帯で、断層の地下深部形状や物性に関する知見を得ることを目的に、断層帯を横切る2つの測線(以下、北測線と南測線と呼ぶ)で、人工震源(パイロサイス)を利用した反射法地震探査を実施した。2010年連合大会では、共通反射点(Common Mid Point, CMP)法による解析結果を発表したが、深さ10km付近までの地殻深部の反射面分布の分解能を高めるため、今回、同じ探査データをもとに、近年採用されてきた先進的な解析方法を適用した結果を報告する。なお、この探査のうち北測線では千葉大学を中心とする大学グループの北濃深部構造探査と共同して実施した。また、濃尾断層帯では大学等を中心に集中観測が実施されており、それらとの比較対照が期待される。

本探査の概要は以下の通りだった。4台の大型のパイロサイス車による人工震源を震源点として、主に有線テレメトリ型地震受振データ伝送装置をほぼ50m等間隔に並べ、おおよそ200mおきに6-40Hz、20秒、標準30スイープで発震を行った。北測線は岐阜県本巣市および揖斐川町周辺で、濃尾断層帯のうち根尾谷断層を横切り、主に山間部の林道にそった測線長約30km、発震点数105点、受振点数684点(固定展開)の測線である。南測線は、岐阜県各務原市、可児市および愛知県犬山市周辺で、主に市街地近郊の国道、県道に沿い、濃尾断層帯のうち梅原断層の南の測線長約22km、発震点数93点、受振点数453点(固定展開)の測線である。今回の解析では、新たにCRS(Common Reflection Surface)法のうちMDRS(Multi-dip Reflection Suraces)法と'Fresnel-volume'マイグレーションを適用した。CRS法では、CMPに属するトレースだけではなく、その近傍のCMPをあわせた所謂スーパーギャザーを重合処理することで従来のCMP重合法と比べて多くの重合数が得られ、重合記録の品質の向上が期待される。'Fresnel-volume'マイグレーションでは有効周波数に対応する波束を'Fresnel-volume'によって定義し、特に深部構造に関して、分解能を維持したマイグレーション結果が期待される。

本解析により、北測線では、既存解析による結果に比べて、深度3km以浅の急傾斜な反射面が明瞭になり、地表地質に見られる背斜構造及び向斜構造との対応がはっきりした。さらに既存解析でもみられた深度8-11kmの2枚の反射面が断層の南西部と北東部に明瞭になるとともに、断層下でそれらの連続性がとぎれているようにみえた。より深部では断層南西部の深さ14km付近に、あらたに反射面がみとめられた。一方で、浅部反射面と深部反射面のあいだ、深度3-8kmには反射面分布の乏しい領域が認められた。南測線では、既存の処理で深度4kmまで追跡できた反射面が、分解能が上がり、深度10kmまで追跡できるようになった。反射面を深部に延長すると、震源分布や発震機構解が示唆する西傾斜・東落ちの逆断層に対応した構造境界につながると考えられる。また、測線西側に深度3km付近まで東落ちの反射面が明瞭になり、南測線北側の地表地質にある向斜構造を反映していると考えられる。

キーワード: 濃尾断層帯, 地震探査, 反射法, パイロサイス, Common Reflection Surface 法, 'Fresnel-volume' マイグレーション

Keywords: Nobi fault system, Seismic survey, Seismic reflection method, Vibroseis, Common Reflection Surface method, 'Fresnel-volume' migration

上町断層帯南部地域における重力測定 A Gravity Survey in the Southern Area of Uemachi Fault Zone

領木 邦浩^{1*}, 西谷 忠師²

Kunihiro RYOKI^{1*}, Tadashi Nishitani²

¹ 近畿職業能力開発大学校産業化学科, ² 秋田大学工学資源学部地球資源学科

¹Kinki Polytechnic College, ²Akita University

1. はじめに

大阪平野北部にある佛念寺山断層から南部に位置する久米田池断層に至る長約 44km の上町断層帯は、大阪平野中央を南北に縦断する断層帯である(大阪府, 1999)。このうち、南部地域については大阪府(1997)・大阪府(1998)・大阪府(1999)により詳細に調査された。ここでは反射法地震探査やボーリング調査が実施され、上下変位量や平均変位速度が見積もられた。

一般に、断層帯端部の形状や性状は明らかにされておらず、断層の形成や挙動を論ずる上で大変興味深い問題である。筆者らは前回、断層帯端部の形状を検討するために上町断層帯南端部に当たる久米田池断層周辺における重力測定を行った(領木・西谷, 2010)。今回は、これに北接する坂本断層の南端部を横断する測線上での重力測定を行った結果について報告する。

2. 調査地域

調査は大阪府和泉市西部の府中町付近から中央部の室堂町付近にかけての国道 480 号線に沿う測線とその周辺の坂本断層にほぼ直交するいくつかの道路沿いで実施した。測線は国土地理院(1996)の活断層位置をほぼ中心に設定し、その長さは約 1~4.5km であり、測点間隔は概ね 50m 毎である。

3. 測定方法

測定には LaCoste & Romberg 社製重力計 G-308 を使用した。仮設重力原点を岸和田市稲葉町の近畿職業能力開発大学校内に設置し、1 日の一連の測定が閉ループとなるようにこの点で基準測定を行った。この仮設重力原点上の重力値は和歌山地方気象台にある一等重力点上の重力値と比較して決定されている(領木・西谷, 2010)。

4. 測定結果および考察

沖積層におおわれていて変位を示す地形が直接現れていない坂本断層の伏在部とされる位置(国土地理院, 1998)を横断する測線での測定結果は、北西側(海側)が小さく南東側(山側)が大きい分布を示している。これを二次元断層構造の理論重力断面と比較すると、推定断層位置より北西側での重力値の上昇割合がやや大きく、南東側ではやや小さいことがわかる。すなわち、推定断層より北西側では重力分布の水平 2 次微分値がより大きく、この断層が逆断層であることを示している。

5. おわりに

今回の測定により坂本断層を横断する測線において相当高密度に重力値の分布が得られた。この分布は逆断層構造を示唆するものである。今後はこれに基づいて三次元構造解析を行ってゆく予定である。

謝辞

岸和田市建設部道路河川課を始め、関係諸官庁の皆様には公共基準点測量成果を利用するに当たり便宜を図っていただいた。記して感謝する。なお、本研究には平成 21 年度科学研究費補助金(奨励研究, 研究課題番号: 21916014)の一部を使用した。

参考文献

国土地理院(1998): 1:25,000 都市圏活断層図 岸和田, 日本地図センター。

大阪府(1997): 平成 8 年度地震関係基礎調査交付金 上町断層帯に関する調査 成果報告書, pp. 188.

大阪府(1998): 平成 9 年度地震関係基礎調査交付金 上町断層帯に関する調査 成果報告書, pp. 121.

大阪府(1999): 平成 10 年度地震関係基礎調査交付金 上町断層帯に関する調査 成果報告書(概要版), pp. 39.

領木邦浩・西谷忠師(2010): 上町断層帯南端部における重力測定, 日本地球惑星科学連合 2010 年大会予稿集, SSS015-P16.

キーワード: 重力異常, 逆断層, 基盤構造, 坂本断層, 三次元構造解析, 高密度測定

Keywords: gravity anomaly, reverse fault, basement structure, Sakamoto Fault, 3D structure analysis, high dense gravity measurement

SSS034-P19

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 10:30-13:00

西南日本地域における地殻熱流量分布と熱構造 Terrestrial heat flow and thermal structure in Southwest Japan

松本 拓己^{1*}

Takumi Matsumoto^{1*}

¹ 防災科研・地震研究部

¹Earthquake Research Department, NIED

1. はじめに

防災科学技術研究所高感度地震観測網 (Hi-net) の地震観井における地殻熱流量データに基づき推定した西南日本地域の地下温度構造について報告する。

防災科学技術研究所では 1990 年代後半から Hi-net の整備を実施している。これは日本全国に約 20km メッシュを基本とした均質な観測点配置からなる稠密な微小地震の観測網であり、2010 年 1 月現在での観測点数は約 800 箇所となる。西南日本地域においては 1996 年以降整備が進み、約 200 カ所の観測点が建設された。各観測点は標準で深度 100m ~ 200m 程度の観測井が掘削されており、特に安城、羽島、田尻、此花の 4 カ所に 1000m を越える観測井が整備されている。最も深い観測井は此花で深さは 2000m に達する。これらの観測井では掘削後数ヶ月以内に温度検層を実施しており、その掘削時に採取した岩石コアの熱伝導率の計測を進め、地殻熱流量を求めている。

2. 熱構造の推定

Hi-net 坑井より得られた地殻熱流量データに基づき、簡易的に定常状態における一次元熱伝導を仮定して西南日本地域の地下温度構造の推定を試みた。ただし一次元熱伝導の仮定が成り立たないソリダス温度以上の部分熔融状態においては、地殻の構成物質である花崗岩のソリダス温度を 700 °C と仮定して大久保ほか (1998) の手法を踏襲した。本研究では地殻内の放射性発熱量とその層厚について小村 (1999) を参考にし、発熱層厚は基盤岩を花崗岩と仮定して 25km とし、地殻内の発熱量を多めとしている。なお、平野部などの厚い堆積層が広がっている地域では、正確な地盤構造の情報が地下温度構造の推定には欠かせない。これについては深部地盤モデル (藤原・他, 2009) を用いることにより温度構造の推定精度を高めることとした。また、基盤岩については熱伝導率の温度依存性、堆積層については空隙率の減少による熱伝導率の深さ依存性を考慮している。

3. 結果

西南日本全域について深さ 30km までの温度構造を推定した。大局的には地震発生層下限分布 (D90) と地殻熱流量分布は相関関係にあることが認められるが、推定温度構造との対比では、D90 深度における温度は概ね 400 °C 前後と推定されている。

紀伊半島中部では観測点の設置状況から良質な熱流量データが取得できなかったため、正確な温度構造の推定は困難である。また、日本海側に広がる第四紀火山周辺の地熱地帯の一部では局所的な高熱流量異常が存在するため高精度の温度構造の推定は困難である。しかしながら、前弧側である紀伊半島から兵庫県にかけては全般的に高温の領域が広がる他、四国中部にも同様に高温の領域が広がっており、推定温度構造も深さ 10km 前後で 400 °C を越える領域が広がっている。一方で広島県南部には特徴的な低熱流量の領域が広がっており、これに伴い温度構造も深さ 30km で 200 °C 程度と極めて低温となっている。

西南日本地域では、東北地方に見られるような前弧側で低熱流量、背弧側で高熱流量といった熱構造とは全く異なる様相を呈している。前弧側の高熱領域は深部低周波微動の発生域と一致しており、こうした熱構造の異常は、沈み込んだ海洋地殻起源の深部流体の上昇による熱の移送が関与している可能性があるものと考えられる。

キーワード: 熱構造, 熱流量, Hi-net

Keywords: heat flow, thermal structure, Hi-net