

## VLBI アンテナ駆動に伴う振動を用いた地震波干渉法による擬似発震記録 ( 2 ) Pseudo Shot Records by Seismic Interferometry with VLBI (2)

伊藤 忍<sup>1\*</sup>, 名和 一成<sup>1</sup>, 住田 達哉<sup>1</sup>, 大滝 壽樹<sup>1</sup>, 大谷 竜<sup>1</sup>

Shinobu Ito<sup>1\*</sup>, Kazunari Nawa<sup>1</sup>, Tatsuya Sumita<sup>1</sup>, Toshiki Ohtaki<sup>1</sup>, Ryu Ohtani<sup>1</sup>

<sup>1</sup>産総研

<sup>1</sup>GSJ, AIST

2012年4月に国土地理院本院構内で、VLBI アンテナ駆動に伴う地面の振動を探鉱機で記録した。伊藤他(2012)は日本地震学会2012年度秋季大会において、VLBI、自然地震、交通雑音を用いて作成した擬似発震記録の特徴について報告した。原記録をVLBI、自然地震、交通雑音に分類し、それぞれで相互相関処理および重合を試みたので、その特徴について報告する。

擬似発震記録は原記録を目視することにより分類した。明らかに複数の種類の震源による振動が記録されているものは除外した。しかしながら、これらの振動は相互に他の震源による振動が含まれていることに留意する必要がある。

VLBIの記録を重合して得られた記録中に、Transverse成分では少なくとも音波、表面波が記録されており、それ以外のイベントも見られる。Radial成分でも重合による改善は見られたが、Transverse成分と比較すると劣る。

自然地震については、水平動2成分のうち、VLBI駆動による振動のTransverse成分を記録している水平動成分で大きく改善された。交通雑音についても、ほぼ同様の結果が得られた。自然地震と交通雑音については、その震源の位置を考慮して測線を展開しているわけではない。すなわち、これらの記録が改善されたのは、その背景に記録されているVLBIの振動による影響であると推測される。従って、自然地震や交通雑音と比較して、VLBIアンテナ駆動による振動のTransverse成分を用いて擬似発震記録を作成することが有効であることが明らかとなった。

謝辞：観測に際して、国土地理院測地部物理測地課に多大なご協力をいただきました。記して感謝いたします。

キーワード: 地震波干渉法, VLBI, 擬似発震記録

Keywords: seismic interferometry, VLBI, pseudo shot record

## 断層破砕帯構造探査のためのボアホール内宇宙線ミュオン観測手法開発 Development of the cosmic-ray muons detecting system in boreholes to image the fault zone structure

仲達 大輔<sup>1\*</sup>, 武多 昭道<sup>1</sup>, 小村健太郎<sup>2</sup>, 田中 宏幸<sup>1</sup>

Daisuke Nakadachi<sup>1\*</sup>, Akimichi Taketa<sup>1</sup>, OMURA, Kentaro<sup>2</sup>, Hiroyuki Tanaka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所, <sup>2</sup> 防災科学技術研究所

<sup>1</sup>ERI, <sup>2</sup>NIED

断層の走向と傾斜角は、震度予測を行う上で重要な基礎データである。しかし、活断層の破砕帯は浸食されやすく、必ずしも地質調査のみからこれらが得られるとは限らない。また、断層破砕帯の幅や密度形状は断層の活動履歴を知る上で重要であるが、従来の方法でそれを知るためには、稠密な掘削調査を行う必要があった。しかし物理探査による間接的な手法を用いればその構造をより簡単に調査することが可能となる。

そこで、本研究では物理探査の手法である宇宙線ミュオンを取り上げ断層構造探査の手法開発に着手し、その原理実証試験を行った。近年、宇宙線ミュオンを用いた物理探査手法によって、火山や地表に露出した断層の透かし撮りに成功しており、その有用性が示されてきた (e.g. Tanaka et al., 2007, 2008, 2009, 2011)。この手法は検出器の視線方向に沿った平均密度が与えられるというものであり、その結果は構造物の密度以外の性質にはほぼ依存しない。これは他の物理探査手法にはない特性であり、特に不均質性の高い地殻表層部においても意味のあるデータを提供できるものと期待される。

しかし従来行われてきた方式では、地上に検出装置を配置して上空より飛来する宇宙線ミュオンを検出する形で行われてきたため、地表面下に存在する構造物はみることができなかった。宇宙線ミュオンの飛来方向を検出するために大面積を要する従来の地上設置型検出装置を小型化し地下に降ろすことは難しく、新たな手法開発が求められる。そこで、我々は個別のミュオンの飛来方向を知る代わりに、統計的に飛来方向を知ることのできる手法および検出器を開発し、検出器の小型化に成功した。本検出装置はボアホール内部から数百メートルに渡る周辺の地質構造を調べるものであり、実証試験を通してこの性能が保証されれば、単一のボアホールから周辺の断層破砕帯の構造探査を行えることが示される。

我々はボアホール型検出装置の性能試験を行うため東京大学弥生門裏に存在する井戸を用いて周辺領域の構造探査を実施した。地表から地下深さ 60m に至る範囲で試験観測を行い周辺地盤の密度構造を測定、結果として過去の掘削調査時の記録とよい一致をみせた。検出装置小型化に伴う空間分解能の精度低下は課題として残るものの、本ボアホール型検出装置により宇宙線ミュオンを用いた地下構造探査への実用性が示された。地殻表層部における断層破砕帯調査の新たなデータ提供手法として期待がもたれる。

キーワード: ミュオン, ボアホール, 断層

Keywords: muon, borehole, fault

## プレート構造イメージングの高精度化に向けた反射法地震探査技術の進展と課題 Strategic seismic data acquisition and processing for the delineation of subducting slab

阿部 進<sup>1\*</sup>, 佐藤 比呂志<sup>2</sup>, 岩崎 貴哉<sup>2</sup>, 蔵下 英司<sup>2</sup>, 石山 達也<sup>2</sup>, 平田 直<sup>2</sup>

Susumu Abe<sup>1\*</sup>, Hiroshi Sato<sup>2</sup>, Takaya Iwasaki<sup>2</sup>, Eiji Kurashimo<sup>2</sup>, Tatsuya Ishiyama<sup>2</sup>, Naoshi Hirata<sup>2</sup>

<sup>1</sup>地球科学総合研, <sup>2</sup>東大地震研

<sup>1</sup>JGI, Inc., <sup>2</sup>ERI, Univ. of Tokyo

海陸境界域を含む近年の反射法地震探査では、有線テレメトリー方式の陸域及び浅海域における受振システムと独立型データ収録システムの併用による稠密展開を伴う多チャンネル長大測線(測線長 100~250km, 受振点間隔 25~50m)の設定によって、同一測線内の複数の探査対象及び深度に見合った、低重合広角反射法、広域屈折法及び稠密展開反射法の同時取得、海域着底ケーブルを中心とした多成分データ取得によるマルチスケール・マルチモード型調査仕様が実現した。

本研究では、従来型の CMP 重合解析のみでは限界があった深部地殻・プレート構造プロファイリングについて、以下の多角的なアプローチをマルチスケール型稠密長大展開データに適用することによって、深部反射波列の抽出とイメージングの高精度化について検証を実施した。第一に、屈折法・反射法統合プロファイリングによる速度推定の高精度化を試みた。屈折トモグラフィ解析に関しては、ランダム化初期モデル手法の採用によって、客観指標による速度構造推定と誤差評価が実現し(白石他(2010))、反射波及び屈折波フォワードモデリングを併用した総合的な速度モデル構築が上部地殻領域に達する深度まで可能となった。第二に、広角領域を含む反射法イメージングの改善を目的として、近軸波線理論を前提とした MDRS(Multi-dip Reflection Surface)法を含めた最適化重合処理、さらには短波長不均質を含む MDRS 速度アトリビュートを前提とした重合前深度マイグレーション処理の適用性を検討した。さらに、本研究では、関東地域に沈み込むフィリピン海プレートの高精度イメージングを目的とした制御震源探査データを対象事例として、多様な速度推定情報の複合化を実施し、分岐断層を含めた反射法プロファイルの精度向上を試行した。併せて、相対振幅保存処理を通じプレート境界面における反射係数及び反射パターン変化に関して、定量的な議論を行った。

キーワード: プレート構造, 反射法地震探査, MDRS 解析

Keywords: Subducting Slab, Seismic Reflection Profiling, Multi-dip CRS Analysis

## 濃尾地震断層域における人工地震による地殻構造探査(序報) The seismic experiment with artificial sources at the Nobi fault area (Preliminary Report)

飯高 隆<sup>1\*</sup>, 濃尾断層域構造探査解析グループ<sup>1</sup>

Takashi Iidaka<sup>1\*</sup>, The Research Group for the 2013 Nobi Fault Seismic Expedition<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学 地震研究所

<sup>1</sup>ERI, Univ. of Tokyo

### 1) はじめに

内陸地震の発生は、日本列島域周囲の海洋プレートの沈み込みなど、プレート運動に伴って生ずる歪が島弧地殻内部に蓄積し、それに伴い特定の断層への応力集中がおこり破壊に至るといふ、一連のプロセスから成ると考えられる。その物理メカニズムを理解するためには、島弧地殻内の不均質構造を解明するとともに、プレート境界から加わる歪・応力がその不均質構造や内部変形によって局在化していく過程を明らかにしなければならない。現在実施されている“地震及び火山噴火予知のための観測研究計画”においては、2009年から5ヶ年計画で、全国の大学・関係機関と共同で、1891年に発生した国内最大規模の内陸地震である濃尾地震の断層域を研究対象として、地震観測、地球電磁気観測、GPS観測等による地球物理的総合観測を実施している。この断層は、新潟-神戸歪集中帯の中に位置しており、断層への歪・応力集中の様子を調べるのに適した断層である。

これまでにおこなってきた跡津川断層などにおける合同観測の研究から、内陸地震の発生に関しては地表近傍の構造だけでなく、下部地殻の構造や地殻の下に沈み込んでいる海洋プレートから供給される流体の影響が大きいことがわかってきた。濃尾断層域でおこなっている総合観測の一環である自然地震のテレメータ観測のデータを用いた広域トモグラフィ解析によっても、濃尾断層域下のフィリピン海プレートから上部地殻へとつながる低速度域が検出された。この低速度域は、東西方向においては濃尾地震断層の西側の琵琶湖の下あたりに存在するフィリピン海プレートから下部地殻内部を断層域直下に伸びており、また断層の走向方向においても、1891年の濃尾地震の断層の北部の下部地殻に存在していることがわかった。今年度は、その低速度域の性質を明らかにすべく、構造探査を行った。

### 2) 実施概要

2012年11月15日-16日の日程で、濃尾地震断層域を横切るように、京都府福知山市から長野県伊那市に至る全長約280kmの測線において地殻構造探査をおこなった。この構造探査では、測線上に1793点の観測点を展開し、ダイナマイトを用いた8点(500kg-6点, 300kg-2点)の発震作業をおこなった。

### 3) 結果

全体として、長測線であったにもかかわらず、すべてのショットにおいて明瞭な記録が得られた。また、明瞭な初動に加えて、プレート上面やモホ面と考えられる境界面からの明瞭な反射波の存在が確認された。それらの反射波は低速度域を通過しているため、今後の解析によって、その低速度域の性質が明らかになっていくものと考えられる。

これまでの地震波トモグラフィや震源分布から求められているフィリピン海プレートの等深度線を今回の測線上に投影してみると、起伏が激しいことがわかる。浅いところでは40よりも浅く、深いところでは80よりも深い。測線の東側で深く、徐々に浅くなって濃尾断層域近傍で一番浅くなる。反射断面においても、その等深度線にそって浅くなる波群がみられ、測線上の一部ではあるものの、フィリピン海プレートからの反射波であるものと思われる。また、測線の東側の下部地殻において西側へと傾斜する境界面が検出できた。

この地域においては、比抵抗構造研究もなされており、その研究から濃尾地震断層に沿う地下浅部に低比抵抗帯が見出されている。また、断層直下の下部中部地殻はおしなべて高比抵抗領域となっていることが得られている。今後は、地震波速度や比抵抗構造などの他の物理量との比較検討も含めて、断層域の構造を明らかにしていく予定である。

キーワード: 地殻構造, 人工地震

Keywords: crustal structure, artificial source



## ひずみ集中帯周辺域における異方性構造の特徴

## Anisotropic feature inferred from receiver function and S-wave splitting analysis around the high strain rate zone

汐見 勝彦<sup>1\*</sup>, 武田 哲也<sup>1</sup>, 関口 渉次<sup>1</sup>Katsuhiko Shiomi<sup>1\*</sup>, Tetsuya Takeda<sup>1</sup>, Shoji Sekiguchi<sup>1</sup><sup>1</sup> 防災科学技術研究所<sup>1</sup> NIED

防災科学技術研究所では、文部科学省委託研究「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究」において、ひずみ集中帯域およびその周辺における地殻・最上部マントル構造の特徴を把握することを目的に、新潟県を中心とした地域を対象に臨時機動観測を行った。前回、我々はこの臨時観測および基盤観測網で得られた遠地地震記録にレシーバ関数 (RF) 解析法を適用し、深さ約 35km のモホ面相当層からの変換波を検出したこと、越後山地内の観測点でモホ面付近に強い異方性媒質が存在する可能性があることを報告した (汐見・他, 2012; JpGU)。今回、この異方性構造について、簡単な地下構造モデルによる理論波形との比較を通じて考察を行うとともに、当該観測点における S 波の偏向異方性解析を行い、両者の結果について比較・検討したので、報告する。

解析対象は、良好な遠地地震記録が多数得られている防災科研 Hi-net の高郷 (N.TSTH) および津川 (N.TWAH) 観測点とした。RF 解析には、2000 年 10 月から 2012 年 9 月までに発生した M5.5 以上の遠地地震による波形記録のうち、良好な S/N を有する記録を用いた。一方、S 波偏向異方性解析には、2000 年 10 月から 2012 年 10 月までに観測点近傍で発生した地殻内地震 (深さ 40km 以浅) とやや深発地震 (深さ 80~120km) を用いた。N.TSTH 観測点については、短周期 RF (コーナー周波数  $f_c=2.0\text{Hz}$  の低域通過フィルタを適用した RF) が安定して求まったことから、この記録を参考に地下構造モデルの検討を行った。RF の時間 0 秒 (直達 P 波到着時) に対し、radial 成分のピークは優位に遅延するとともに、西側から到来する位相は 2 つに分裂している。これは、地表付近に低速度の堆積層と西傾斜の不連続面が存在することを表している。また、モホ面からの変換波は 4 秒付近に現れるが、南方から到来する位相は 2 つに分裂している。一方、この時間・方位における transverse 成分の極性が反転している。この特徴を再現するため、6 層からなる簡単なモデルを構築し、このモデルから得られる理論的 RF と観測との比較を行うことにより、地下構造の特徴の推定を行った。6 層のうち、上位 3 層は堆積層や上部地殻に相当し、以下、中部地殻、下部地殻、最上部マントルを想定した。モデル化の結果、N.TSTH 観測点下の中部地殻および下部地殻には、fast axis が南北方向である強い異方性媒質が存在すること、最上部マントルの fast axis は東西方向であることが望ましいことが示唆された。一方、N.TWAH 観測点では、 $f_c=1.0\text{Hz}$  の低域通過フィルタを適用した RF に対し、同様の地下構造モデルの評価を行った。観測された radial 成分 RF の時間 0 秒のピークは N.TSTH よりも遅延しており、より低速度あるいは厚い堆積層が表層付近に存在する。モホ面相当層からの変換波は 4 秒付近に現れる。位相の分裂は明瞭ではないが、N.TSTH 同様にモホ面直前に顕著な負の振幅を有する位相が存在する。また、時間 2-4 秒付近の transverse 成分 RF に南方で極性の反転が見られることから、本観測点下には、低速度かつ南北方向の fast axis を有する中部地殻が存在する可能性を示唆している。これらの観測点における S 波偏向異方性解析の結果、地殻内の地震に対する LSPD は、いずれも北北西 - 南南東あるいは北西 - 南東方向を示しており、RF が示す特徴と矛盾しない。当該地域周辺は東西方向の圧縮場にあると考えられているが、観測される異方性の特徴は、地表のリニアメントの方向を反映している。また、最上部マントルの異方性は、マントル内の鉱物の LPO を反映していると考えられる。

キーワード: ひずみ集中帯, レシーバ関数, 異方性, 防災科研 Hi-net

Keywords: High strain rate zone, Receiver function, Anisotropy, NIED Hi-net

## Network-MT 法による中部地方背弧の電気伝導度構造 Electrical conductivity structure beneath backarc side of Chubu District, Central Japan, revealed by the Network-MT

上嶋 誠<sup>1\*</sup>, 山口 寛<sup>2</sup>, 村上 英記<sup>3</sup>, 丹保 俊哉<sup>4</sup>, 吉村 令慧<sup>5</sup>, 市原 寛<sup>6</sup>, 小村 健太郎<sup>7</sup>

Makoto Uyeshima<sup>1\*</sup>, Satoru Yamaguchi<sup>2</sup>, Hideki Murakami<sup>3</sup>, Toshiya Tanbo<sup>4</sup>, Ryokei Yoshimura<sup>5</sup>, Hiroshi Ichihara<sup>6</sup>, Kentaro Omura<sup>7</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所, <sup>2</sup> 大阪市立大学大学院理学研究科, <sup>3</sup> 高知大学理学部応用理学科, <sup>4</sup> 立山カルデラ砂防博物館, <sup>5</sup> 京都大学防災研究所, <sup>6</sup> 海洋研究開発機構, <sup>7</sup> 防災科学技術研究所

<sup>1</sup>Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, <sup>2</sup>Department of Geosciences, Graduate School of Science, Osaka City University, <sup>3</sup>Department of Applied Science, Faculty of Science, Kochi University, <sup>4</sup>Tateyama Caldera Sabo Museum, <sup>5</sup>Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, <sup>6</sup>Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, <sup>7</sup>National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

中部地方においては、その背弧域を日本で最大のレートでひずみが蓄積しているとされる「新潟 - 神戸ひずみ集中帯」が、ほぼ海岸線に沿う方向に、富山、石川 - 岐阜県境、福井 - 岐阜県境を走っている（例えば Sagiya et al., 2000）。また同地域では、南からフィリピン海プレート、その下に東から太平洋プレートの両プレートが沈み込み、フィリピン海プレートからの脱水のほか、フィリピン海プレートの存在によってマントルウェッジの温度が下げられる効果で、太平洋プレートからも深さ 200-300km のかなりの深部で脱水が進行していることが議論されている（例えば Iwamori, 2000, Nakamura et al., 2008）。

これらの深部から供給される流体分布を明らかにし、「新潟 - 神戸ひずみ集中帯」をはじめとする当該地域の地殻活動のメカニズムを探ることを目的として、まず 2005-2008 年にかけて跡津川断層周辺域（1858 年飛越地震（M7.0-7.1）発生域、その後、2011-2013 年にかけてその西側にあたる濃尾地震（M8.0）断層周辺域でネットワーク MT 法観測を実施してきた。

跡津川断層に直交する婦中 - 秋神測線においては、ひずみ集中帯のひずみ蓄積の大部分を担っているとされる（Ohzono et al., 2011）牛首、跡津川、高山 - 大原断層帯のそれぞれの直下の中下部地殻に低比抵抗が見出され、その深部にフィリピン海プレートからの脱水を示唆すると考えられるウェッジマントル低比抵抗帯が決定された。その西にあたる高松 - 付知測線でも同じく、ウェッジマントル内に（この測線上では収斂している）牛首、跡津川断層に向けて、南側から立ち上がる低比抵抗領域が認められ、フィリピン海プレートからの脱水が示唆された。これら 2 測線では 2 次元解析を行ってきたが、さらに、その西側にあたる濃尾地震断層周辺域データについては、そのデータに著しい 3 次元性が認められたため、福井県北東部から岐阜県南西部に至る領域について 3 次元インヴァージョン解析を行った。その結果、福井 - 岐阜県境のひずみ集中帯に沿う領域の地下で（当該地域では 40-60km に存在するとされる（Hirose et al., 2008））フィリピン海プレートの上側、下側に深部から立ちのぼる低比抵抗帯が認められ、太平洋プレートからの脱水を見ている可能性が示唆された。また濃尾地震断層に沿って表層付近に良導体が認められたほか、その中下部地殻はおしなべて高い比抵抗値を示す。

キーワード: 比抵抗構造, 中部地方背弧, ネットワーク MT, ひずみ集中帯, 地殻流体

Keywords: resistivity structure, backarc side of Chubu District, Network-MT, Niigata-Kobe Tectonic Zone, crustal fluid

御嶽山周辺の群発地震域における  $V_p/V_s$  の推定Local  $V_p/V_s$  ratio estimation in earthquake swarm area around Mt. Ontake大藪 竜童<sup>1\*</sup>, 山中 佳子<sup>2</sup>, 中道 治久<sup>2</sup>Ryudo Oyabu<sup>1\*</sup>, Yoshiko Yamanaka<sup>2</sup>, Haruhisa Nakamichi<sup>2</sup><sup>1</sup> 名古屋大学大学院環境学研究科, <sup>2</sup> 名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター<sup>1</sup>Graduate School of Environmental Studies, Nagoya Univ., <sup>2</sup>Earthquake and Volcanology Research Center, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya Univ.

長野県と岐阜県の県境に位置する御嶽山は1979年に有史初の噴火(水蒸気爆発)を起こし、その後1991年、2007年にもごく小規模な水蒸気爆発を起こしている活火山である。御嶽山周辺は地震活動が活発な地域であり、1976年から御嶽山の南東・東麓で群発地震活動が観測されて以来、現在に至るまで30年以上の期間にわたって群発地震活動が継続している。群発地震活動中の1984年9月14日にM6.8の長野県西部地震が発生している。この群発地震活動は地震の発生頻度が高く、年間2000回以上の年もある。一方、地震の規模はM1以下と小さいものが大半を占める。

群発地震の発生には流体が関与していると考えられている(Nur, 1974など)。御嶽山周辺の群発地震域では深部からの流体の供給が電磁気探査(Kasaya et al., 2002)や、湧水中のLiやSr同位体の分析(Nishio et al., 2009)から示唆されている。本研究では御嶽山周辺の群発地震発生における流体の存在を明らかにするために、流体の存在に比較的敏感な指標である地震波速度比 $V_p/V_s$ を群発地震震源域について推定した。

本研究ではLin and Shearer (2007)の方法を用いて群発地震震源域内の $V_p/V_s$ を直接推定した。 $V_p/V_s$ が一定と仮定した微小領域中の $V_p/V_s$ は、微小領域中の近接する1組の地震ペアに共通する観測点でのP波、S波の走時差 $dT_p$ 、 $dT_s$ を用いて $V_p/V_s = dT_s/dT_p$ と表すことができる。複数の観測点、地震ペアから得られる $(dT_p, dT_s)$ を $dT_p$ を横軸、 $dT_s$ を縦軸とするグラフにプロットし、近似直線を引くことでその直線の傾きが微小領域中の $V_p/V_s$ であると推定できる。 $(dT_p, dT_s)$ のプロットは両軸に誤差を持つため、近似直線は直線とプロットとの垂直距離が最小となる直線の傾きを反復グリッドサーチにより決定した。また、各微小領域について $V_p/V_s$ を推定する際、単独の観測点のみで $V_p/V_s$ を推定する作業を行い、反復グリッドサーチにより傾きの値が収束しなかった観測点のデータは解析結果に悪影響を与えるものとして除外して解析を行った。解析データとして気象庁一元化震源カタログにある1997年から2011年の地震検測値を用いた。微小領域は $0.01^\circ \times 0.01^\circ \times$  深さ1.5 と設定して群発地震震源域全体について解析を行った。

解析の結果、深さ4 - 7 では $V_p/V_s = 1.6 - 1.9$ の値が得られた。この範囲の深さでは地震活動は御嶽山の南東側に多くみられる。地震数が多い微小領域では $V_p/V_s = 1.8$ 前後の値が推定された。また、地震数がそれほど多くないが $V_p/V_s = 1.9$ になるような高 $V_p/V_s$ となる領域もみられた。深さ7 - 10 では全体的に深さ4 - 7の領域よりも高 $V_p/V_s$ が推定され、 $V_p/V_s = 2.0$ に達するような微小領域もみられた。地震活動は御嶽山の東 - 北東側に集中し、南東側では少なくなっているようにみられる。地震が集中している微小領域では1.9前後の高 $V_p/V_s$ になり、その周りの微小領域よりも高い $V_p/V_s$ が推定される傾向がみられた。全体的に深さが増加するにつれて $V_p/V_s$ も増加しているようにみられた。また、 $V_p/V_s$ 直接推定に用いたものと同じデータでDouble-Difference トモグラフィ解析したところ、群発地震震源域付近で高 $V_p/V_s$ が推定され $V_p/V_s$ 直接推定の結果と概ね似た傾向が得られた。

浅部の高 $V_p/V_s$ の領域の中には電磁気探査や湧水中の同位体分析の研究結果により深部からの流体の供給が示唆されている場所と対応している領域がある。このことから浅部における高 $V_p/V_s$ の推定結果には流体の存在が関係している可能性がある。

本研究は文部科学省受託研究「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究」の一環として実施しました。

本研究では気象庁一元化震源のデータを使用させていただきました。記して感謝いたします。

キーワード:  $V_p/V_s$ , 群発地震

Keywords:  $V_p/V_s$  ratio, earthquake swarm



## 紀伊半島下に沈み込むフィリピン海スラブ周辺の3次元地震波速度構造(3) 3D seismic velocity structure around Philippine Sea slab subducting beneath Kii Peninsula (3)

澁谷 拓郎<sup>1\*</sup>, 今井 基博<sup>1</sup>, 平原 和朗<sup>2</sup>, 中尾 節郎<sup>1</sup>

Takuo Shibutani<sup>1\*</sup>, Motohiro Imai<sup>1</sup>, Kazuro Hirahra<sup>2</sup>, Setsuro Nakao<sup>1</sup>

<sup>1</sup>京大・防災研, <sup>2</sup>京大・理

<sup>1</sup>DPRI, Kyoto Univ, <sup>2</sup>Science, Kyoto Univ

### 1. はじめに

紀伊半島は、南海トラフ巨大地震の震源域の一部であり、強い地震波の関西都市圏への伝播経路に当たる。さらに紀伊半島沖は破壊開始点になる可能性が高いと考えられている。2011年東北地方太平洋沖地震の発生を受けての見直しにおいて、南海トラフ巨大地震の想定震源域が陸側深部に拡大された(南海トラフの巨大地震モデル検討会, 2011)。拡大された部分はプレート境界の深さ30~40kmに相当し、フィリピン海プレートではこの深さにおいて海洋地殻中の含水鉱物が脱水分解し、水が放出される。この水は断層面であるプレート境界面の摩擦特性に影響を与えると考えられる。それゆえこの深さの地震波速度構造をより正確に推定することは重要である。

### 2. これまでの結果

我々は、紀伊半島下に沈み込むフィリピン海プレートとその周辺の構造を推定するため、2004年から稠密リニアアレイ地震観測を行ってきた。これまでにフィリピン海スラブの傾斜方向の4測線と直角方向の2測線でレシーバ関数解析を行い、大陸モホ面、海洋地殻上面、海洋モホ面などの地震波速度不連続面の3次元形状を推定した(福居・他, 2012)。さらにこれらの不連続面を組み込んだ速度構造モデルと稠密リニアアレイ観測点も含んだ読み取り値を用いた地震波走時トモグラフィ解析を行った(澁谷・他, 2012)。その結果、紀伊半島下のフィリピン海スラブ周辺の構造について以下のような特徴が明らかになった。深さ40kmでは海洋地殻は低速度であり、浅くなるにつれて、その低速度領域はマントルウェッジ、下部地殻へと広がっている。紀伊半島北西部では深さ16kmを中心とする大きな低速度域が存在し、その上方の上部地殻内では地震活動が非常に活発である。これらの特徴は、海洋地殻の含水鉱物が深部低周波イベント発生域付近で脱水分解して、その結果放出された水がマントルウェッジや下部地殻に移動して、低速度域を作り出していることを示している。

### 3. 結果の更新

レシーバ関数解析では、現在観測を行っている亀山-御坊測線においてレシーバ関数を追加し、S波速度不連続面のイメージを改善した。定常観測点と既存の臨時観測点を組み合わせ、新たな8測線を設定し、レシーバ関数イメージを作成した。上述の6測線のイメージと併せて解釈し、不連続面の3次元形状のより詳細な推定を試みた。トモグラフィ解析では、観測走時の読み取りデータを追加した。40km以深の分解能を向上させるため、深発地震に加えて、より広範囲の地震を利用することを試みた。

本研究では、防災科学技術研究所、気象庁、東京大学地震研究所、名古屋大学、京都大学防災研究所の定常観測点の波形データを利用した。

キーワード: トモグラフィ, レシーバ関数, フィリピン海スラブ, 紀伊半島, 南海トラフ巨大地震

Keywords: tomography, receiver function, Philippine Sea slab, Kii Peninsula, Nankai Trough megaquake



## 近畿地方北部における地殻内 S 波反射構造の推定 The estimation of S wave reflector in the northern Kinki region

青木 将<sup>1\*</sup>, 飯尾能久<sup>1</sup>, 片尾 浩<sup>1</sup>, 三浦 勉<sup>1</sup>, 米田 格<sup>1</sup>, 中尾節郎<sup>1</sup>, 西村和浩<sup>1</sup>, 澤田麻沙代<sup>1</sup>, 近藤和男<sup>1</sup>, 坂 靖範<sup>1</sup>, 佐々木裕樹<sup>2</sup>, 土井一生<sup>3</sup>

Sho Aoki<sup>1\*</sup>, IIO, Yoshihisa<sup>1</sup>, KATAO, Hiroshi<sup>1</sup>, MIURA, Tsutomu<sup>1</sup>, YONEDA, Itaru<sup>1</sup>, NAKAO, Setsuro<sup>1</sup>, NISHIMURA, Kazuhiro<sup>1</sup>, SAWADA, Masayo<sup>1</sup>, KONDO, Kazuo<sup>1</sup>, BAN, Yasunori<sup>1</sup>, SASAKI, Yuki<sup>2</sup>, DOI, Issei<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 京都大学防災研究所, <sup>2</sup> 国際石油開発帝石株式会社, <sup>3</sup> 立命館大学理工学部物理科学科

<sup>1</sup>DPRI, Kyoto University, <sup>2</sup>INPEX Corporation, <sup>3</sup>Department of physical sciences, Ritsumeikan University

### 1. はじめに

内陸地震の発生を予測する上で、真実に近い内陸地震の発生過程モデルを構築する事は重要である。しかし、依然として地震の主な発生場である地殻の構造は未解明な部分が多く、地震の発生予測を困難なものにしており、活断層や反射面の形状など地殻の構造をより正確に推定する必要がある。近畿地方北部ではおよそ 5 km 間隔という、稠密な地震観測が行なわれており、その観測網によって質の良い大量のデータが得られている。本研究では、この観測網で得られた近地地震データを用い、地殻内の S 波反射構造を推定する目的で反射法解析を行なった。解析期間は、2009 年 2 月から 2011 年 2 月であり、主な解析対象領域は、丹波地域及び琵琶湖西岸地域である。

### 2. 手法

本研究では、先行研究である佐々木 (2011) の振幅補正処理において急激に振幅が大きくなる場合には正規化により反射波を消してしまっていることが明らかとなったため、振幅補正処理を変更し解析を行なった。また、東西・南北約 60 km の範囲に東西と南北それぞれ 11 の測線をとることができたため、解析の分解能が向上し、反射面の 3 次元的なイメージングが可能となった。さらに、波形を測線ごとに反射点の順番に並べ、東西測線と南北測線で反射の強い部分の深さを比較する事により、測線ごとに得られた結果の検証を行い信頼できる反射面の分布を推定する事ができた。

### 3. 結果

S 波反射面は、京都府と大阪府の県境付近から北東方向に京都府中部までの広範囲の地下約 23km から 28km の間に分布しており、若干波打っているが、ほぼ水平である事が明らかとなった。また、この反射面は、丹波地域における微小地震発生域と概ね一致している事も明らかとなった。

キーワード: S 波反射面

## 東海地域のHi-netで観測された土岐からの弾性波アクロス信号の走時変化(2004年~2012年)

### Travel time change of Toki seismic ACROSS signals observed by Hi-net in Tokai area from 2004 to 2012

國友 孝洋<sup>1\*</sup>

Takahiro Kunitomo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学

<sup>1</sup>Nagoya Univ.

#### 1. はじめに

東海地域の弾性波アクロスの常時送信は、岐阜県土岐市(原子力機構、2012年7月から名古屋大学)、静岡県森町(気象研究所)、愛知県豊橋市(名古屋大学)において実施されている。そのうち土岐送信所は、2002年10月から10年以上に渡って連続送信が継続されている。2004年2月からは、100km遠方までのグリーン関数取得が可能なパラメタでの送信が行われており、走時変化(地下の地震波速度変化)については、8年以上という比較的長期の議論ができるようになってきている。本報告では、東海地域のHi-netで観測された土岐からの弾性波アクロス信号のうち、S波およびP波の走時変化、特にその経年変化について報告する。

#### 2. 手法とデータ

土岐送信所での送信パラメタは以下の通り。

2004年2月~2007年2月:搬送波周波数13.01Hz、変調周期50秒、送信周波数帯域10.25Hz~19.45Hz、平均発生力約5.5tonfのFM送信で1時間毎に回転方向を反転。

2007年3月~現在まで:搬送波周波数13.005Hz、変調周期50秒、送信周波数帯域10.245Hz~19.445Hz平均発生力約5.5tonfのFM送信で2時間毎に回転方向を反転。

送信装置の偏心錘は、回転軸が鉛直であり、異なる回転方向に対応する観測データを後に線形結合することで、直交2方向の直線加振に対する伝達関数およびグリーン関数(時間波形)を取得することができる(視線方向R、接線方向Tの加振に対する視線方向r、接線方向t、鉛直方向zの観測成分で計6成分)。

走時変化は、1年間のスタッキング波形を基準とし、1日間、1週間、3ヶ月間のスタッキング波形とのクロススペクトルの位相から計算した。計算に用いたのはP波およびS波を含む1秒間の波形である。Hi-netの収録装置には、再起動の度にサンプリングクロックがGPSクロックに対して最大数ミリ秒ずれるという問題があるため、センサーチェック信号を用いて相対的なクロックのジッターを求めて、走時変化を補正した。その結果、Hi-net八百津観測点などで地震発生時以外にも見られたミリ秒オーダーのステップ状の変化はなくなり、比較的大きなステップ状の変化としては、東北地方太平洋沖地震(2011年3月11日M9.0)のような大地震に伴う遅延のみが残った。

#### 3. 結果

Hi-net八百津観測点(土岐送信所から11.3km)では、0.5~1ms程度の年周変化と大地震時のステップ状変化は認められるものの経年的な変化はほとんど見られない。Hi-net鳳来観測点(56.9km)での走時変化では、年周変化と大地震時のステップ状の遅延が顕著に認められる。ただし、tT成分(SH波)では年周変化はあまり認められない。年周変化は、地下水など地下浅部の変化が関係していると考えられるが、SH波は浅部の影響を余り受けておらず、地殻のより深部の状態を反映している可能性がある。経年変化は最近数年間は、S波で0.5ms/yr程度、P波で0.3ms/yr程度の割合で走時が早くなっており、地殻の応力蓄積過程を反映しているのではないかと考えられる。

(謝辞)防災科学技術研究所のHi-netのデータを使わせて頂きました。また、原子力機構東濃地科学センターの方々には、土岐送信所の稼働にご尽力を頂きました。記して感謝致します。

キーワード:弾性波アクロス,クロススペクトル,地震波速度変化,経年変化,東北地方太平洋沖地震

Keywords: seismic ACROSS, cross-spectrum, seismic velocity change, secular change, The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake

## 深部地盤構造モデルを改善した S-wavevector レシーバ関数解析による関東平野下の地震学的構造の推定

### Seismic Structure under the Kanto Plain Derived from Receiver Function Analysis by using Improved Deep Subsurface Model

村越 匠<sup>1\*</sup>, 竹中 博士<sup>2</sup>, 上田 拓哉<sup>2</sup>

Takumi Murakoshi<sup>1\*</sup>, Hiroshi Takenaka<sup>2</sup>, Takuya Ueda<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 防衛大学校, <sup>2</sup> 九州大学

<sup>1</sup>National Defense Academy, <sup>2</sup>Kyushu Univ.

深井戸のような地中観測点の記録にも適用可能なレシーバ関数解析として、“S-wavevector receiver function” (SWV-RF) がある。SWV-RF と従来のレシーバ関数との違いは、従来のレシーバ関数が radial 成分と上下動成分を使うのに対して、SWV-RF では上昇 S 波を上昇 P 波でデコンボリューションを行う点である。そのため、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ある。その効果を検証するため、Murakoshi and Takenaka (2012, JpGU), や Murakoshi and Takenaka (2012, SSSJ) において関東平野にある Hi-net の深井戸観測点の波形データに SWV-RF を適用して、プレート形状等の地震学的構造の推定を行った。ただ、SWV-RF を深度変換する際にはイメージングを行いたい領域のリファレンスモデルとなる地下構造モデルを使用する必要がある。本研究では、特に地震観測点のある基盤付近やプレート形状を考慮してリファレンスモデルを扱うことで、地下構造のイメージングの改善を試みた。本発表では、関東平野にある Hi-net の深井戸観測記録に加えて設置深度の浅い観測点も用いて、関東平野の地殻構造および沈み込むスラブの形状のイメージングを行い、その効果について報告する。

キーワード: レシーバ関数, 関東平野, 地殻構造, プレート構造, 深井戸

Keywords: receiver function, Kanto Plain, crustal structure, plate structure, deep borehole

## 首都圏の減衰構造

### Attenuation structure beneath the Tokyo Metropolitan area

パナヨトプロス ヤニス<sup>1\*</sup>, 平田 直<sup>1</sup>, 酒井 慎一<sup>1</sup>, 中川 茂樹<sup>1</sup>, 笠原 敬司<sup>2</sup>

Yannis Panayotopoulos<sup>1\*</sup>, Naoshi Hirata<sup>1</sup>, Shin'ichi Sakai<sup>1</sup>, Shigeki Nakagawa<sup>1</sup>, Keiji Kasahara<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所, <sup>2</sup> 地震予知総合研究振興会

<sup>1</sup>Earthquake Research Institute, the University of Tokyo, <sup>2</sup>Association For The Development Of Earthquake Prediction

本研究では首都直下における沈み込み帯の物質特性を得るために減衰構造(Q構造)を求めた。日本全国の大まかな減衰構造について、たとえば Jin & Aki, 2005 や Edwards & Rietbrock, 2009 により調べられてきた。また、関東盆地の減衰構造はボアホール観測によって Kinoshita, 1994, 2006; Yoshimoto & Okada 2009、強震観測により Nakamura et al., 2006 など調べられてきた。しかし、首都直下地域において沈み込むプレートの物質特性を知るために十分な精度の減衰構造は知られていない。2007年度から始まった「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」では、首都圏に新たに296点からなる稠密な地震観測点「MeSO-net」が構築された。MeSO-netの平均観測点間隔は約2~5kmであり、首都圏下の減衰構造をこれまでよりも高空間分解能で知ることが可能となった。本研究では、MeSO-netで観測された地震波形のスペクトルを求め、それと<sup>2</sup>震源モデルによる理論スペクトルと比較して、震源と観測点の間の減衰効果を表す指標値「t\*」を求めた。MeSO-netの観測点ごとにt\*値を推定し、トモグラフィ解析を適用した。これにより、空間分解能が数kmの詳細な減衰構造を求める。

2010年1月1日から2011年5月31日までに発生した地震に対して解析を行った。最大計測震度0.5以上の452個の地震を選択してt\*値を求めた。得られたt\*値を用いて減衰構造を推定するためにSIMUL2000を用いてトモグラフィ解析を行った。関東盆地のなかに水平方向に15km間隔、深さ方向に10km間隔でトモグラフィ解析用の格子点を配置した。速度構造は3次元構造を用い(Nakagawa et al., 2012)、初期減衰構造は水平方向一様、深さ0kmはQ116、深さ>0km Q400とした。

トモグラフィ解析によって得られた首都直下の減衰構造は次のようにまとめられる。深さ0kmから5kmの間の低Q値は(Q値50~100)関東盆地に対応すると考えられる。千葉県西部や東京都心部直下では深さ40kmを中心に低Q域(Q値300)が存在する。首都圏下に沈み込むフィリピン海プレート内に顕著な低Q域が存在し、この低Q域はフィリピン海プレートが太平洋プレートと固着している領域と対応する。太平洋プレート上面付近で発生する地震の波線はフィリピン海プレート内の低Q域を通過し、減衰すると考えられる。歴史地震の震源を推定する際、このような減衰の効果を考える必要がある。本研究で得られた減衰構造とMeSO-netデータを使った他の研究で求められた速度構造を統合して解釈することにより、沈み込むプレートの物質特性を知ることができる。これらの成果を利用することでより現実的な強震動シミュレーションが期待され、首都圏の地震防災・減災に寄与すると考えられる。

キーワード: 減衰, トモグラフィ, MeSO-net

Keywords: Attenuation, Tomography, MeSO-net



## 高密度・高速サンプリングの地震計アレイ観測による短波長不均質構造の推定 Lateral variation in seismic velocity around a fracture zone by a dense seismic observation and high frequency sampling

雑賀 敦<sup>1\*</sup>, 大久保 慎人<sup>1</sup>

Atsushi Saiga<sup>1\*</sup>, Makoto OKUBO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東濃地震科学研究所

<sup>1</sup>Tono Research Institute of Earthquake Science

我々は破砕帯周辺で高密度・高速サンプリングの地震計アレイ観測を行い、地震波速度を従来の10~100倍の決定精度と空間分解能で推定することを試みている。観測サイトとして、東濃地震科研に隣接する日本原子力研究開発機構瑞浪超深地層研究所を選んだ。瑞浪超深地層研究所では2本の立坑とそれを深度100m毎に結ぶ水平坑道(ステージ)の掘削が行われ、現在深度500mステージで発破による掘削工事が行われている。我々は深度100mから400mステージに1か所あたり3成分加速度計と1成分速度計で構成される、計9か所の18観測点を設置し、坑道掘削のための発破をサンプリング周波数10kHzで観測している。

1次元のP波速度構造を推定した結果、深度170m以深の土岐花崗岩で $5400 \pm 30$ m/s、170m以浅の瑞浪層群で $2430 \pm 40$ m/sであった。これは従来推定された値(土岐花崗岩: $5100 \pm 600$ m/s、瑞浪層群 $2300 \pm 200$ m/s)と調和的であったが、地震波速度について10倍ほど高精度な結果が得られた。岩石試験による弾性波速度との比較から岩石中の不均質量を推定したところ、不均質として含水を仮定した場合、花崗岩中で約2%、堆積層中で約26%であった。その他に、破砕帯周辺で水平方向の速度不均質が見られたので報告する。

キーワード: 破砕帯, 地震波速度, 含水率

## 表面波の広帯域アレイ解析による日本列島下の地殻・最上部マントルのS波速度異方性

### Shear-wave anisotropy in the crust and uppermost mantle beneath Japan from broadband array analysis of surface waves

竹尾 明子<sup>1\*</sup>, 西田 究<sup>1</sup>, 川勝 均<sup>1</sup>, 汐見 勝彦<sup>2</sup>

Akiko Takeo<sup>1\*</sup>, Kiwamu Nishida<sup>1</sup>, Hitoshi Kawakatsu<sup>1</sup>, Katsuhiko Shiomi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所, <sup>2</sup> 独立行政法人防災科学技術研究所

<sup>1</sup>Earthquake Research Institute, University of Tokyo, <sup>2</sup>National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

Recent deployments of dense seismic networks enable us the broadband array analysis of surface waves such as the noise correlation analysis (1-30 s), and the array analysis of teleseismic waveforms (30-100 s). As a result, we can reduce the influence of crustal structure to the estimation of radial anisotropy ( $V_{SH} < \text{or} > V_{SV}$ ) in the mantle. The dense seismic networks are also useful for measuring phase velocities of surface waves as a function of azimuth. We can then estimate azimuthal anisotropy in the mantle, whose spatial coverage and depth resolution are much higher than body-wave studies. Although the estimation of seismic anisotropy beneath Japan is essential for discussing the stress, deformation and flow related to the subduction process, the broadband phase velocities of surface waves and their azimuthal dependences have not been reported yet. We analyze broadband surface waves recorded by Hi-net tiltmeters (two-component high-sensitivity accelerometer) for obtaining radial and azimuthal anisotropy beneath Japan.

The analysis is performed for each of 120 arrays, where an array is an aggregate of 5-10 stations within a circle with a radius of 50 km. For each array, we first measure average phase velocities of Rayleigh and Love waves (1) by applying the spatial auto correlation method (Aki, 1957) to continuous records at periods of 3-20 s, and (2) by applying an array analysis method to teleseismic waveforms at periods of 30-100 s. Using these phase-velocity measurements, we estimate one-dimensional radially anisotropic structure beneath each array. In addition, the azimuthal dependences of Rayleigh-wave phase velocities are estimated from teleseismic waveforms.

The preliminary results show the presence of radial anisotropy ( $V_{SH} > V_{SV}$ ) in the crust beneath southern part of southwest Japan. In the uppermost mantle, the radial anisotropy ( $V_{SH} > V_{SV}$ ) exists beneath entire regions except for the coastal region near the Pacific Ocean. The fastest direction of Rayleigh-wave phase velocity is east-west at a period of 35 s where the wave has sensitivity to depths of about 30-70 km. The direction becomes north-south at a period of 75 s where the sensitivity exists at depths of about 70-150 km. Along the Itoigawa-Shizuoka tectonic line (ISTL), the direction is south-north at a period of 35 s, whereas the direction becomes east-west at a period of 75 s. In the western part of Hokkaido and eastern part of Tohoku, the direction is north-south at both 35 and 75 s.

For interpreting these results, we need to consider tectonics beneath Japan such as (1) the flow in the mantle due to subduction of the Pacific and Philippine Sea plates, (2) the paleo deformation frozen in the subducting plates, and (3) the east-west compression around the Hidaka Collision Zone and the ISTL. We will examine the uncertainty of estimated anisotropy, and will discuss the origin of anisotropy after comparing our results with previous results obtained by surface-wave tomography (Yoshizawa et al., 2010), S-wave splitting analysis (e.g., Nakajima and Hasegawa, 2004) and P-wave tomography (Ishise et al., 2005, 2008).

キーワード: 異方性, 地殻, マントル, 表面波, 地震波干渉法

Keywords: anisotropy, crust, mantle, surface wave, noise correlation analysis

## 白石断層の高精度反射法地震探査から明らかになった地下構造 High resolution seismic reflection profiling across the Shiroishi fault, northeast Japan

石山 達也<sup>1\*</sup>, 加藤 直子<sup>1</sup>, 佐藤 比呂志<sup>1</sup>, 越谷 信<sup>2</sup>, 豊島 剛志<sup>3</sup>, 照井 匡子<sup>2</sup>, 櫻井翔平<sup>2</sup>, 北村 重浩<sup>1</sup>, 中山 貴隆<sup>1</sup>, 飯高 隆<sup>1</sup>, 蔵下 英司<sup>1</sup>, 坂 守<sup>1</sup>, 芹澤正人<sup>1</sup>, 増田正孝<sup>1</sup>, 中島 剛<sup>1</sup>, 岩崎 貴哉<sup>1</sup>, 東中 基倫<sup>4</sup>, 阿部 進<sup>4</sup>  
Tatsuya Ishiyama<sup>1\*</sup>, Naoko Kato<sup>1</sup>, Hiroshi Sato<sup>1</sup>, Shin Koshiya<sup>2</sup>, Tsuyoshi Toyoshima<sup>3</sup>, Kyoko Terui<sup>2</sup>, Shohei Sakurai<sup>2</sup>, Shigehiro Kitamura<sup>1</sup>, Yoshitaka Nakayama<sup>1</sup>, Takashi Iidaka<sup>1</sup>, Eiji Kurashimo<sup>1</sup>, Mamoru Saka<sup>1</sup>, Masato Serizawa<sup>1</sup>, Masataka Masuda<sup>1</sup>, Gou Nakajima<sup>1</sup>, Takaya Iwasaki<sup>1</sup>, Motonori Higashinaka<sup>4</sup>, Susumu Abe<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所, <sup>2</sup> 岩手大学工学部, <sup>3</sup> 新潟大学理学部地質学科, <sup>4</sup> 株式会社地球科学総合研究所

<sup>1</sup>ERI, University of Tokyo, <sup>2</sup>Faculty of engineering, Iwate University, <sup>3</sup>Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University, <sup>4</sup>JGI, Inc.

仙台平野西縁から福島盆地南西端にかけての奥羽脊梁山地東麓部には、逆断層が長さ約 80 km にわたり分布する。このうち、青麻山東麓部から白石盆地を経て福島盆地に至る区間には、村田断層・白石断層・越河断層・藤田東断層・桑折断層・台山断層・土湯断層と呼ばれる、北東走向・西傾斜の逆断層がほぼ連続的に連なっている。これらはいずれも第四紀後期の地形面を累積的に変位させる活断層である。これらの活断層は顕著なブーゲー重力異常の水平勾配の顕著な急変帯に沿って分布している。この急変帯は脊梁山地に後期中新世から鮮新世にかけて形成されたカルデラの外縁に相当すると考えられており (Sato et al., 2002) 活断層はこういったカルデラ形成に寄与した正断層の再活動である可能性がある。このような活断層の構造発達史的な背景を十分に理解するためには、浅部の複雑な構造や変動地形と深部構造を結びつけるために地下浅部の高解像度イメージングを行う必要がある。また、地表から地下深部にかけての構造地質的な関係を理解することは、活断層と震源断層の関わりを理解する上で重要な示唆となりうる。そこで、筆者らは文部科学省「東北太平洋沖地震の重点的調査観測・研究」の一環として、宮城県白石市において白石断層を横断する浅部の高解像度反射法地震探査を実施した。本実験では独立型収録システム GSR (OYO Geospace 社製) および中型パイプレーター震源 EnviroVib (IVI 社製) 2 台を用いた。測線は白石市地藏堂から同鎌先の児捨川沿い約 5 km 区間である。主なデータ取得パラメータは以下の通りである: 受振・発振点間隔: 12.5 m, 展開チャンネル数: 377 ch, スイープ長: 20 sec, スイープ周波数: 10-80 Hz, 地震計固有周波数: 10 Hz, 記録長: 3 sec, サンプリング間隔: 2 msec。測線周辺のノイズレベルは非常に低く、その結果ほぼ全てのショット記録において S/N 比の高い良好な記録が得られた。この観測記録を用いて、Super-XC ((株)地球科学総合研究所製) を使用した共通反射点重合法に基づくデータ解析を行った。その結果、白石断層およびその下盤側の地下 1 km までのイメージが取得できた。反射断面では、白石断層の変位地形として最も顕著である、高位・中位低位段丘面を変位させる一連の東向き撓曲崖の基部から地下に延びる西傾斜のスラストが確認できる。スラストは新第三系が参加する背斜東翼の基部を通過し、背斜は向斜に参加する新第三系・第四系に衝上するよう見える。また、emergent thrust の構造や位置は菅生田地点で実施されたトレンチ調査の結果と整合的である。このほか、変動地形で認められるより前縁の撓曲崖地形に対応する分岐伏在断層も認められる。今後は変動地形・表層地質や深部構造探査の結果などを併用して、白石断層の浅部地質構造について詳細な解析を進める予定である。なお、本研究は文部科学省委託調査「東北太平洋沖地震の重点的調査観測・研究」の一環として実施した。

キーワード: 白石断層, 活断層, 浅層反射法地震探査

Keywords: Shiroishi fault, active fault, shallow seismic reflection profiling

## 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 波高速帯の一致 6 Relationship between half-graben and high-velocities area at depths of 10km 6

大石 幸男<sup>1\*</sup>  
Yukio Oishi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> アトリエサイエンス  
<sup>1</sup> Atelier Science

中央構造線の南北の地殻構造を、海嶺の浅い沈み込みと背弧側からの抜け上がりモデルで図2(2012 大石)に示した。このモデルが丹沢(図1)、北海道中軸部の日高変成帯や神居古潭帯、イドンナップ帯にも当てはめられる可能性がある。

[3, 11 震源周辺の地殻]

図3に示すように東北地方太平洋沿岸にも深さ10 kmの地震波高速帯が分布する。そのうち北上山地にはアダカイト質安山岩が存在する。また八戸、宮古、南三陸の沖合約150~200 kmの所に3つの深さ10 kmの高速エリアが南北に並ぶ。

この3つの高速帯(東北プレート)の下のプレート境界面以深の太平洋プレートには厚さ約50 km幅約100 kmの低速帯が存在し、さらに南へと続き3, 11の震源付近を通り、茨城県沖に達する。

この低速帯は概ね低ポワソン比を示す。この低速、低ポワソン比は長崎県雲仙の地表から深さ約30 km、東西幅約30 kmのエリアにも見られる。これはすなわち火山下の流動性のあるマグマや部分溶融した岩体、クリストパライト、トリジマイト、石英などのシリカが東北沖から茨城県沖に存在している可能性を示唆している。

上記の低速帯の中に釜石沖から3, 11の破壊開始点、すなわち震源付近にまで、東西幅約20 km、南北約250 kmの高速帯が分布する。

東北プレートと下方の太平洋プレートの上下にまたがる高速帯を濃い青色の円で、低速帯を赤色の円で示した。

後者のエリアの近くでは、3, 11のM9の前震と思われる2011年2月13日からの最大M5, 5を始めとするまとまった地震のエリア、同3月9日のM7, 3、そしてM9の本震が起こっている。

この柔軟な低速帯は東からの後続の太平洋プレートに押されることにより押しつぶされ上方の東北プレートを押し上げプレート間の固着を強めていると思われる。

また、このような低速帯、高速帯の上下にまたがる分布によるプレート間の強い固着に加えて、低速帯の体積変化を伴った柔軟性が3, 11、以前の地震発生を極端に少ないものにし、そのことが巨大なアスペリティーを見逃す原因になった可能性がある。

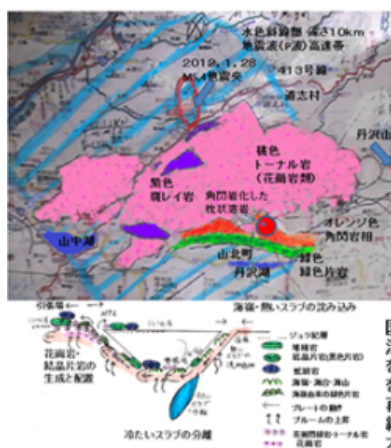


図 I  
西丹沢の地質(海嶺再浮上の現場)と深さ10kmの地震波高速帯  
図IIの中央構造線の南北で起こった、海嶺の浅い沈み込みと再浮上と同様の事が丹沢でも起きたと思われる。斑レイ岩、角閃岩が海嶺そのものの緑色片岩(一度地下に沈んでいた証拠)。トータル岩(花崗岩類)は海嶺と緑色片岩を再浮上させた浮力源。斑レイ岩等の微量元素分析が望まれる。

図 II  
深さ15km付近の脆性-塑性境界を通る沈み込んだ海嶺を含む熱いスラブの動きとその再浮上および花崗岩類と結晶片岩の生成と配置(2012 大石幸男 より)

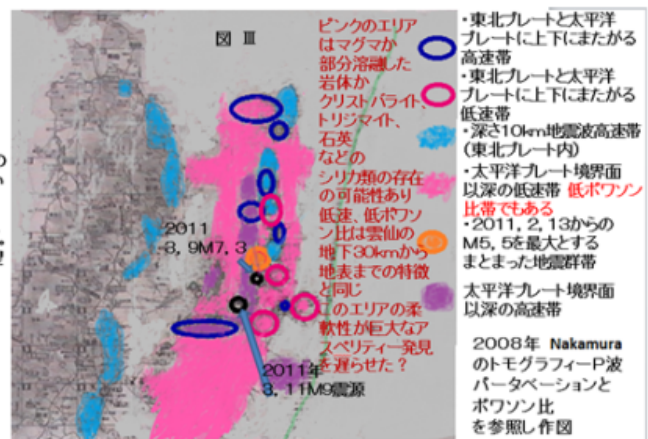


図 III  
ピンクのエリアはマグマが部分溶融した岩体かクリストパライト、石英などのシリカ類の存在の可能性あり  
低速、低ポワソン比は雲仙の地下30kmから地表までの特徴と同じ  
このエリアの柔軟性が巨大なアスペリティーを発見を遅らせた?  
東北プレートと太平洋プレートに上下にまたがる高速帯  
東北プレートと太平洋プレートに上下にまたがる低速帯  
深さ10km地震波高速帯(東北プレート内)  
太平洋プレート境界面以深の低速帯 低ポワソン比帯でもある  
2011. 2. 13からのM5, 5を最大とするまとまった地震群帯  
太平洋プレート境界面以深の高速帯  
2008年 Nakamuraのトモグラフィ-P波パターンとポワソン比を参照し作図



## 福島県浜通りの地震で出現した地震断層の地下構造調査 - 地震探査 - Seismic surveys of the earthquake faults appeared at the Fukushima-ken Hamadori earthquake

山口 和雄<sup>1\*</sup>, 伊藤 忍<sup>1</sup>, 加野 直巳<sup>1</sup>

Kazuo Yamaguchi<sup>1\*</sup>, Shinobu Ito<sup>1</sup>, Naomi Kano<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所

<sup>1</sup> AIST, GSJ

東北地方太平洋沖地震後の平成 23 年 4 月 11 日に発生した福島県浜通りの地震 (Mj7.0) によって地表地震断層が出現した活断層 (井戸沢断層および湯ノ岳断層) 周辺の 3 本の調査測線で反射法および屈折法による統合地震探査を実施した。

測線 1 (長さ 6.6km) および測線 2 (6.5km) は阿武隈高地南部東側に位置し起伏が大きく両者とも測線上の最大比高は約 400m に達する。測線 3 (4.2km) は低い丘陵地を横断する測線であり地形は緩やかである。調査地域周辺の地表の大部分は阿武隈花崗岩, 御斎所変成岩, およびこれらを基盤とする新第三系で覆われている。測線 1 は中央部で井戸沢断層の西側トレース (塩ノ平断層) を横断し, 東端部で東側トレースに接する。測線 2 は中央やや北東寄り湯ノ岳断層を横断し, 南西端で井戸沢断層東側トレースと接する。測線 3 は湯ノ岳断層南東端の延長部に位置し直下の伏在断層の有無は不明とされている。

3 本の測線全てで中型パイプレータ 2 台を震源とする「浅層反射法」(受振間隔 10m/発震間隔 10m), 測線 1 および測線 2 で地表地震断層位置を中心とする 2km 区間において高密度の「高分解能反射法」(受振間隔 5m/発震間隔 5m), 測線 1 および測線 2 で中型パイプレータ 4 台を震源とする「深部反射法・屈折法」(受振間隔 10m/発震間隔 40m) を実施した。受振は各測線の全範囲で固定展開とした。

測線 1 は, 浅層反射法で, 浅部において連続的な反射面を見出すことは困難である。地表地震断層位置近傍についても, 断層構造を直接的に示唆する反射イベントは認め難い。やや深部に注目すると, 浅層反射法重合記録の往復走時約 0.3 秒から同約 1.5 秒にかけての部分は, 地表地震断層位置より東側で reflective であり, 西側で連続的な波群に乏しく振幅も相対的に小さい。これは基盤岩内部の状態を反映したものである可能性がある。深部反射法も, 断層近傍において容易に解釈可能な反射イベントを見出すことは難しい。より深部に注目すると, 一連の波群は深度約 7km を境に, これより深部において振幅を減じる。当地域周辺の余震分布と比較すると, この振幅の境界は震源が集中する領域とほぼ一致し, 何らかの関連が示唆される。これより深部では, 測線西半分の往復走時約 4.4 秒, 深度約 12 km に連続性のよいイベントが認められ, 地殻内部の何らかの境界を示している可能性がある。

測線 2 は, 浅層反射法で, 新第三紀の堆積岩および第四紀の谷底堆積物が分布する区間 (測線全体の約 2/3) において, 地表から基盤上面に至るまでの堆積層構造が明瞭に捉えられた。基盤上面は細かな起伏を伴いながら緩やかに北東側に傾斜し, 深度約 300m から北東側へ傾斜を増して最大深度約 700m に達する。これより北東側では基盤深度は急激に浅くなり, 湯ノ岳断層地表位置付近で地表に達する。堆積層内に部分的に背斜状の構造が認められる。屈折トモグラフィ解析による速度構造は反射法で推定された堆積層構造を極めてよく説明している。表層付近の低速度分布は浅部の堆積層の起伏とよく一致しており, 基盤傾斜が急変する付近においても, 反射法による基盤形状と速度分布はよく対応している。深部反射法は, 湯ノ岳断層地表位置から堆積層最深部を経て南西端の井戸沢断層延長部に, 直ちに解釈可能な反射イベントを見出すことはできない。

測線 3 の北西方向約 1.5km 地点付近まで湯ノ岳断層に沿った地表地震断層が確認されている。測線 3 は, 基盤深度は測線南端において約 500m であり, ほぼフラットで, 途中 2 箇所ほどで緩やかに傾斜し, 深度約 800m となる。地表地震断層の直線延長の本測線との交差付近では基盤の落差は認められない。堆積層の構造は北向きに緩やかに傾斜しているが, 測線上のいずれの区間においても, 断層構造を示唆するような明瞭な基盤落差, あるいは褶曲を認めることはできない。

現地調査の実施に際して, いわき市役所の田人・遠野・常磐・小名浜の各支所にご協力いただきました。地震探査は (株) 地球科学総合研究所が実施しました。以上の関係機関に感謝します。

キーワード: 福島県浜通りの地震, 井戸沢断層, 湯ノ岳断層, 地下構造, 地震探査

Keywords: Fukushima-ken Hamadori earthquake, Itozawa fault, Yunodake fault, Subsurface structure, Seismic survey

## 2011 年いわき地震域の不均質構造と地震発生との関係

### Seismic imaging of the 2011 Iwaki earthquake area: Effect of Pacific slab dehydration on the rupture nucleation

北川 弘樹<sup>1\*</sup>, 趙 大鵬<sup>1</sup>, 豊国 源知<sup>1</sup>

Hiroki Kitagawa<sup>1\*</sup>, Dapeng Zhao<sup>1</sup>, Genti Toyokuni<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東北大・理・予知セ

<sup>1</sup> RCPEVE, Tohoku Univ.

2011年4月11日のいわき地震(M7.0)は、井戸沢断層の活動によって発生した正断層型の地殻内地震である。これまで井戸沢断層では大きな地震の発生が予想されていなかったことから、その発生要因が注目され、地震波トモグラフィーによる震源域近傍の詳細な3次元不均質構造の推定が望まれていた。

Tong et al. (2012) は、2011 年いわき地震の震源域及びその周辺域の地殻と上部マントルについて、高解像度のトモグラフィーモデルを決定した。この結果に基づいて、著者らは、いわき地震とその余震はおもに地震波速度やポアソン比の急変部で発生していること、震源域下の下部地殻と上部マントルにある低速度異常体が、沈み込む太平洋スラブの脱水で解放された流体の存在を示す可能性があることを指摘した。日本列島で過去に発生した地殻内大地震では地殻流体の関与が発見されており(例えば、Zhao et al., 1996, 2010; Wang and Zhao, 2006a, b; Gupta et al., 2009; Cheng et al., 2011; Padhy et al., 2011)、2011 年いわき地震でも同様なメカニズムが働いたと考えられる(Tong et al., 2012)が、詳細な議論のためには、さらに高解像度のトモグラフィーモデルが必要である。

今回我々は、Tong et al. (2012) に比べて観測期間を1年間以上延長し、2002年5月から2012年11月の期間に気象庁一元化カタログに記録された地震の中から、(1) M1.5以上で30点以上の観測点で観測されていること、(2) 震源の分布を均一とし群れるのを防ぐために解析領域を小さなブロックに分けて、各ブロックの中で観測された走時データが最も多い地震を選ぶ、(3) 震源の決定誤差が4.0 km以下である、という条件で6,912個の地震と139点の観測点を選んだ。また、先行研究より精度の高いトモグラフィーモデルを得るために、本研究では新たに震源の決定精度が悪い海岸から20 km以上離れた地震を使わないという条件を加えた。結果として5,099個の地震と139点の観測点による163,585個のP波到達時刻データと150,182個のS波到達時刻データをインバージョンに用いた。解析手法はZhao et al. (1992)の手法を適用した。グリッド間隔はいわき地震域で0.08°間隔、そのほかの領域では0.15°間隔とした。最終のroot-mean-square (RMS) 走時残差はP波トモグラフィーでは0.171 s、S波トモグラフィーでは0.248 sとなった。

今回得られたトモグラフィーモデルはTong et al. (2012)の結果と調和的であるが、我々の結果のほうがより高い解像度と信頼度を持っている。火山フロント直下の地殻内と上部マントルウェッジ内に高温の弧状マグマによる強い低速度異常が見られた。また、いわき地震の震源と福島第一原子力発電所(FNPP)の近くを走る双葉断層の下部地殻と上部マントルに、スラブ上面から続く顕著な低速度異常体が先行研究より非常に鮮明にイメージングされた。これらの低速度異常体は沈み込む太平洋スラブの脱水による流体を表していると考えられる。2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)の影響で、陸側のオホーツクプレートにおける応力場の変化が生じ、いわき地域の地震活動が非常に活発になった。本研究の結果は、太平洋プレートの脱水と地殻応力場の変化によって、いわき地震が誘発されたことを示唆したTong et al. (2012)の結果を支持する。井戸沢断層と双葉断層の下の構造が似ていることから、将来予期される巨大地震に備えてFNPPの耐震措置を強化するべきだと思われる。

#### 参考文献

- Cheng, Zhao & Zhang (2011) PEPI 184, 172?185.  
Gupta, Zhao, Ikeda, Ueki & Rai (2009) J. Asian Earth Sci. 35, 377?390.  
Padhy, Mishra, Zhao & Wei (2011) Tectonophysics 509, 55?68.  
Tong, Zhao & Yang (2012) Solid Earth 3, 43-51.  
Wang & Zhao (2006a), EPSL 244, 16?31.  
Wang & Zhao (2006b), PEPI 155, 313?324.  
Zhao, Hasegawa & Horiuchi (1992), JGR 97, 19909?19928.  
Zhao, Kanamori, Negishi & Wiens (1996), Science 274, 1891?1894.  
Zhao, Santosh & Yamada (2010), Island Arc 19, 4?16.

キーワード: 地震波トモグラフィー, 2011 年いわき地震, 地殻流体

# Japan Geoscience Union Meeting 2013

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SSS26-P06

会場:コンベンションホール

時間:5月19日 18:15-19:30

Keywords: Seismic tomography, The 2011 Iwaki earthquake, Crustal fluid

## 重力異常に基づく能登半島北部の基盤構造

### The basement structures of the northern Noto Peninsula based on the gravity anomalies

水林 侑<sup>1</sup>, 澤田 明宏<sup>2\*</sup>, 浜田 昌明<sup>1</sup>, 本多 亮<sup>3</sup>, 平松 良浩<sup>2</sup>

Tasuku Mizubayashi<sup>1</sup>, Akihiro Sawada<sup>2\*</sup>, Masaaki Hamada<sup>1</sup>, Ryo Honda<sup>3</sup>, Yoshihiro Hiramatsu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 金沢大学大学院自然科学研究科, <sup>2</sup> 金沢大学理工研究域, <sup>3</sup> 東濃地震科学研究所

<sup>1</sup>Natural Science and Technology, Kanazawa Univ., <sup>2</sup>College of Science and Engineering, Kanazawa Univ., <sup>3</sup>TRIES

上部地殻の地塊構造はしばしば地質学的または地形学的データのような地表から得られる情報によって定義される。地質学的ブロック構造を3次元的に知るためには地下構造モデルを構築することが必要であり、重力調査は地下の密度構造を明らかにするために有効である。

我々は能登半島北部において重力調査を行うとともに既存測定データをあわせて重力異常分布データを作成した。これを基に、13 × 35の2次元断面上で2次元タルワニ法を用いて地下密度構造を推定した。

我々は前回地震学会における発表以降、基盤構造について検討をおこなうことで結果に改良を行うとともに、その基盤構造についての検証を行った。2次元断面を組み合わせることで3次元地下構造を推定するという手法には精度についての検証はこれまでされていなかった。そこで我々は2次元断面から得られた3次元地下構造を角柱によってモデル化し、角柱が地表に及ぼす引力効果を3次元的に解析することで得られる理論引力効果と観測重力異常値とを比較した。その結果、2次元断面の組み合わせから構築された3次元地下構造から得られる引力効果は観測重力値を断面上のみならず平面的に満足させる結果が得られた。

キーワード: 重力異常, 能登半島, 基盤構造

Keywords: gravity anomaly, Noto peninsula, basement structure



## 地震波干渉法による関東平野の堆積層構造の推定 - 上総層群及び相当層の基底深度 -

### Basal boundary depth of the Kazusa Group and its equivalents in the Kanto Plain inferred from seismic interferometry

吉本 和生<sup>1\*</sup>, 平田 直<sup>2</sup>, 笠原 敬司<sup>2</sup>, 小原 一成<sup>2</sup>, 佐藤 比呂志<sup>2</sup>, 酒井 慎一<sup>2</sup>, 鶴岡 弘<sup>2</sup>, 中川 茂樹<sup>2</sup>, 木村 尚紀<sup>3</sup>, 棚田 俊收<sup>3</sup>, 宮岡 一樹<sup>4</sup>, 中原 恒<sup>5</sup>

Kazuo Yoshimoto<sup>1\*</sup>, Naoshi Hirata<sup>2</sup>, Keiji Kasahara<sup>2</sup>, Kazushige Obara<sup>2</sup>, Hiroshi Sato<sup>2</sup>, Shin'ichi Sakai<sup>2</sup>, Hiroshi Tsuruoka<sup>2</sup>, Shigeki Nakagawa<sup>2</sup>, Hisanori Kimura<sup>3</sup>, Toshikazu Tanada<sup>3</sup>, Kazuki Miyaoka<sup>4</sup>, Hisashi Nakahara<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 横浜市立大学生命ナノシステム科学研究科, <sup>2</sup> 東京大学地震研究所, <sup>3</sup> 防災科学技術研究所, <sup>4</sup> 神奈川県温泉地学研究所, <sup>5</sup> 東北大学理学研究科

<sup>1</sup>Nanobioscience, Yokohama City Univ, Yokohama, Japan, <sup>2</sup>ERI, Univ. of Tokyo, Tokyo, Japan, <sup>3</sup>NIED, Tsukuba, Japan, <sup>4</sup>Hot Springs Res. Inst. of Kanagawa Pref, Odawara, Japan, <sup>5</sup>Geophysics, Science, Tohoku Univ, Sendai, Japan

#### 1. はじめに

首都圏における長周期地震動の発生を正確に評価するには、関東平野で盆地状の地盤構造を形成する新第三系の堆積層の構造の地域変化を明らかにする必要がある。関東平野におけるこの堆積層は、地表近くから、地震波速度の小さい上総層群及び相当層や上総層群及び相当層によって構成されていると考えられている。本報告では、地震波干渉法を地震波形記録に適用して推定した関東平野における上総層群及び相当層の基底深度について紹介する。

#### 2. データと解析

首都圏地震観測網 (MeSO-net) や首都圏強震動総合ネットワーク (SK-net) 等の地震観測点で得られた 231 の近地地震についての波形記録を解析した。地震波干渉法では、各観測点の加速度波形を変位波形に変換し、直達 S 波を含む 10 秒間の SH 成分について自己相関関数を求めた後に、重合処理により地盤の S 波レスポンス関数 (地盤の S 波反射応答関数) を評価した。そして、この S 波レスポンス関数を直線状に配列した多数の観測点について並べることによって疑似反射断面を作成した。さらに、堆積層中からの反射 S 波の往復走時を検出した後に、その値から VSP 法調査 (山水 2004・他) で得られている首都圏内 14 地点の S 波速度構造モデルを線形補間及び外挿して用いることで上総層群及び相当層の基底深度を推定した。

#### 3. 結果

上記の波形処理によって求められた地盤の S 波レスポンス関数には多くの観測点において、上総層群及び相当層の基底からの反射 S 波に対応する明瞭な大振幅の位相が検出された。特に MeSO-net の観測点では地震計を深さ 20m 程度のボアホールに設置していることから、SK-net などの観測点の波形データと比較してノイズが小さく、安定してこの反射波の位相が検出された。この位相の発現時間は、地表 上総層群及び相当層の基底間の S 波の往復走時に相当するものであり、地域によって大きく変化することが確認された。例えば、MeSO-net のつくば 藤沢測線では、千葉県内で 3.5 秒程度、東京都区部の北東部で 4.0 秒程度、神奈川県に入ると 3.0 秒程度以下にまで小さくなる。これらは深度に換算すると、それぞれ 1.0km 強、1.5km 程度、及び 1km 程度以下になる。上総層群及び相当層の基底深度は、大局的に見ると房総半島の付け根付近にあたる千葉市周辺で特に大きくなる傾向が見られる。本発表では、複数の疑似反射断面とともに深度換算の結果の地域変化を示して、関東平野における上総層群及び相当層の基底深度の詳細について提示する。

#### 謝辞

本研究では、首都圏地震観測網の地震波形記録及び、首都圏強震動総合ネットワークの東京都、東京消防庁、茨城県、神奈川県、群馬県、埼玉県、千葉県、栃木県、横浜市、東京大学地震研究所の強震波形記録を使用しました。また、気象庁と防災科学技術研究所の強震波形記録、東京ガス (株) の SI センサ波形記録を使用させていただきました。本研究は、東京大学地震研究所共同研究プログラムの援助を受けました。ここに記して感謝します。

キーワード: 地震波干渉法, 関東平野, 堆積層構造, 上総層群

Keywords: seismic interferometry, Kanto Plain, sedimentary structure, Kazusa Group

## スペクトル比法を用いた東海地域における地震波減衰構造の推定

### Attenuation structure beneath the Tokai region, Central Japan using a spectral ratio method

高岡 宏之<sup>1\*</sup>, 津村 紀子<sup>1</sup>, 加藤 愛太郎<sup>2</sup>, 吉田 康宏<sup>3</sup>, 勝俣 啓<sup>4</sup>, 山岡 耕春<sup>5</sup>, 國友 孝洋<sup>5</sup>, 山崎 文人<sup>5</sup>, 大久保 慎人<sup>6</sup>  
Hiroyuki Takaoka<sup>1\*</sup>, Noriko Tsumura<sup>1</sup>, Aitaro Kato<sup>2</sup>, Yasuhiro Yoshida<sup>3</sup>, Kei Katsumata<sup>4</sup>, Koshun Yamaoka<sup>5</sup>, Takahiro Kunitomo<sup>5</sup>,  
Fumihito Yamazaki<sup>5</sup>, Makoto OKUBO<sup>6</sup>

<sup>1</sup> 千葉大学大学院理学研究科, <sup>2</sup> 東京大学地震研究所, <sup>3</sup> 文部科学省 研究開発局 地震・防災研究課, <sup>4</sup> 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, <sup>5</sup> 名古屋大学環境学研究科附属地震火山研究センター, <sup>6</sup> 東濃地震科学研究所  
<sup>1</sup>Graduate School of Science, Chiba University, <sup>2</sup>Earthquake Research Institute, University of Tokyo, <sup>3</sup>Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, <sup>4</sup>Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University, <sup>5</sup>Earthquake and Volcano Research Center, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, <sup>6</sup>Tono Research Institute of Earthquake Science

東海地域はフィリピン海プレートがユーラシアプレートの下へ沈み込んでおり、その境界において長期的なスロースリップ (LTSS) や非火山性の深部低周波地震 (LFE) が発生している地域である。既存研究から、それらは地震性の固着すべりと安定すべりの遷移領域で、プレート境界近傍の流体が影響して発生していると考えられている。Q 値は流体の存在に敏感なパラメータで、特に  $Q_p/Q_s$  値は岩石中の水の飽和度によって敏感に変化するので、水がどのような状態で存在しているかを示す重要なインディケータである。本研究では  $Q_p/Q_s$  値及び  $Q_s$  値を推定し、 $Q_p$  値や地震波速度などのパラメータと比較し、プレート境界近傍のより詳細な物性を推定することを試みた。

本研究では P 波と S 波の速度振幅スペクトルの比をとって  $Q_p/Q_s$  値を推定するスペクトル比法を開発し、データに適用した。

本研究では東京大学地震研究所、千葉大学、気象研究所、静岡大学、名古屋大学、北海道大学および東濃地震科学研究所が 2008 年 4 月～8 月の期間に設置した臨時観測点と防災科学技術研究所 Hi-net 観測網の定常観測点の計 113 点で得られた 92 個の地震から 750 個波形スペクトルを作りスペクトル比法の解析に用いた。

解析の結果、深さ 0～15km の浅部では、中央構造線を境に東側では相対的に  $Q_p/Q_s$  値が高く、 $Q_s$  値が低いのに対し、西側では相対的に  $Q_p/Q_s$  値が低く、 $Q_s$  値が高くなる傾向が見られた。中央構造線は西南日本における内帯と外帯の境界であり、内帯には主に花崗岩が分布している。外帯には、ジュラ紀変成岩、白亜系の岩石、古第三系の岩石が分布している。推定された Q 値の違いは分布している岩石の違いを反映している可能性がある。また、内帯側でも中央構造線を境に西側 5km ほど  $Q_s$  値が低い領域が存在した。これは断層運動による破碎が影響したと解釈した。深さ 15km～35km の深部では、フィリピン海プレート上面を境に上盤の大陸地殻側で  $Q_p/Q_s$  値が低く、 $Q_s$  値が高い領域 A、下盤の沈み込む海洋プレート側で  $Q_p/Q_s$  値が高く、 $Q_s$  値が低い領域 B が存在した。先行研究で推定された  $Q_p$  構造、地震波速度構造と比較したところ、領域 A は高  $Q_p$  値、高速度領域に対応し、領域 B は相対的に低  $Q_p$  値、低速度、高 VP/VS 領域に対応した。高  $Q_p/Q_s$ 、低  $Q_s$ 、低  $Q_p$ 、低速度、高 VP/VS という結果から、領域 B には高圧流体が存在すると考えられる。海洋プレート内に高圧流体が存在するためには上方への流体の移動を疎外する機構が必要である。低  $Q_p/Q_s$ 、高  $Q_s$ 、高  $Q_p$ 、高速度という結果から、領域 A が不透水性の非常に硬い岩石であると解釈すると、領域 A がキャップロックとなり海洋プレートから供給される流体をトラップしたことにより、海洋プレート内の領域 B が高圧となった可能性が考えられる。キャップロック領域は長期的なスロースリップのすべりの大きい領域の直上に位置するため、スロースリップの発生原因がキャップロックによって生まれる高圧流体と関連している可能性が高い。

キーワード: 地震波減衰構造, スペクトル比法, Q 値, 東海地域, スロースリップ

Keywords: Attenuation structure, spectral ratio method, Q value, Tokai region, Slow slip

## 紀伊半島南部下の遷移領域におけるプレート境界域の3次元構造

### 3-D structure of the locked-sliding transition on the plate boundary beneath the southern part of Kii Peninsula

蔵下 英司<sup>1\*</sup>, 飯高 隆<sup>1</sup>, 岩崎 貴哉<sup>1</sup>, 雑賀 敦<sup>2</sup>, 津村 紀子<sup>3</sup>, 酒井 慎一<sup>1</sup>, 加藤 愛太郎<sup>1</sup>, 山崎 文人<sup>4</sup>, 宮下 芳<sup>5</sup>, 澁谷 拓郎<sup>6</sup>, 伊藤 潔<sup>7</sup>, 武田 哲也<sup>8</sup>, 小原 一成<sup>1</sup>, 平田 直<sup>1</sup>

Eiji Kurashimo<sup>1\*</sup>, Takashi Iidaka<sup>1</sup>, Takaya Iwasaki<sup>1</sup>, Atsushi Saiga<sup>2</sup>, Noriko Tsumura<sup>3</sup>, Shin'ichi Sakai<sup>1</sup>, Aitaro Kato<sup>1</sup>, Fumihito Yamazaki<sup>4</sup>, Kaoru Miyashita<sup>5</sup>, Takuo Shibutani<sup>6</sup>, Kiyoshi Ito<sup>7</sup>, Tetsuya Takeda<sup>8</sup>, Kazushige Obara<sup>1</sup>, Naoshi Hirata<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東大地震研, <sup>2</sup> 東濃地震科学研究所, <sup>3</sup> 千葉大, <sup>4</sup> 名古屋大, <sup>5</sup> 茨城大, <sup>6</sup> 京大防災研, <sup>7</sup> (株) 阪神コンサルタンツ, <sup>8</sup> 防災科研  
<sup>1</sup>ERI, Univ. Tokyo., <sup>2</sup>TRIES,ADEP, <sup>3</sup>Chiba Univ., <sup>4</sup>Nagoya Univ., <sup>5</sup>Ibaraki Univ., <sup>6</sup>DPRI, Kyoto Univ., <sup>7</sup>Hanshin Consultants Co., Ltd, <sup>8</sup>NIED

フィリピン海プレートが沈み込む紀伊半島沖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が重要である。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、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紀伊半島南部下の地震波速度構造、プレート境界面の形状や物理特性を把握する目的で、2004年度に和歌山県新宮市から京都府舞鶴市に至る「新宮-舞鶴測線」と和歌山県大塔村から三重県熊野市に至る「大塔-熊野測線」のそれぞれで制御震源地殻構造探査(Ito et al., 2005; Kurashimo et al., 2005)が、2009年度と2010年度には、和歌山県みなべ町から奈良県十津川村を経て下北山村に至る「みなべ-下北山測線」で稠密自然地震観測(蔵下・他, 2010)及び制御震源地殻構造探査(蔵下・他, 2011)が実施された。これら観測データの解析から、それぞれの測線下におけるフィリピン海プレートの形状やプレート境界域の地震波速度構造に関する知見が得られつつある(例えば、蔵下・他, 2012)。しかしながら、詳細な3次元的不均質構造を明らかにするには至っていない。そこで、紀伊半島南部下のプレート境界域の構造を3次元的に把握する為に、これら探査測線上での発破と紀伊半島下で発生した自然地震を、探査測線上の観測点及び紀伊半島にある定常観測点で観測したデータから読み取ったP波・S波の初動走時データに対して地震波トモグラフィー解析(Thurber and Eberhart-Phillips, 1999)を適応した。トモグラフィー解析の初期モデルには、連携震源決定法(Kissling et al., 1994)を用いて得た1次元速度構造モデルを使用した。得られた3次元地震波速度構造からは、「みなべ-下北山測線」の十津川村より西側で、深さ約25km以深に分布するP波速度が7.5km/secを超える領域は南に延びて存在していることが確認できた。また、深部低周波微動は、この高速度領域を避けるように分布し、深部低周波微動発生域では $V_p/V_s$ 値が大きくなることから、深部低周波微動発生過程において流体の関与が示唆される。

謝辞: 気象庁, 防災科学技術研究所の波形データを利用しました。解析に使用した震源リスト作成には、気象庁と文部科学省が協力してデータを処理した結果(気象庁一元化処理震源カタログ)を使用させて頂きました。ここに記して深く感謝の意を表します。

キーワード: フィリピン海プレート, 地震波トモグラフィー, 遷移領域, 非火山性深部低周波微動

Keywords: philippine sea plate, seismic tomography, transition zone, nonvolcanic deep low frequency tremor



## 紀伊半島下の三次元地震波減衰構造 Three-dimensional attenuation structure beneath Kii Peninsula

梅山 恵理<sup>1\*</sup>, 津村紀子<sup>1</sup>, 蔵下英司<sup>2</sup>, 飯高隆<sup>2</sup>, 酒井慎一<sup>2</sup>, 加藤愛太郎<sup>2</sup>, 雑賀敦<sup>3</sup>

Eri Umeyama<sup>1\*</sup>, TSUMURA, Noriko<sup>1</sup>, KURASHIMO, Eiji<sup>2</sup>, IIDAKA, Takashi<sup>2</sup>, SAKAI, Shinichi<sup>2</sup>, KATO, Aitaro<sup>2</sup>, SAIGA, Atsushi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 千葉大学, <sup>2</sup> 東京大学地震研究所, <sup>3</sup> 東濃地震科学研究所

<sup>1</sup>Chiba University, <sup>2</sup>Earthquake Research Institute, University of Tokyo, <sup>3</sup>Tono Research Institute of Earthquake Science

紀伊半島は、過去 100~150 年周期で繰り返し発生してきた海溝型巨大地震の震源域近傍に位置し、和歌山県北部における浅部群発地震や、紀伊水道から伊勢湾にかけての非火山性深部低周波微動 (Obara, 2002) の存在などが認められる等、防災とテクトニクスの両面から注目される地域である。本研究では、温度や密度等の物性データに敏感なパラメータである Q 値を求めることで、紀伊半島の地下において不均一な地震波減衰構造を推定し、当該地域の地下構造解明に寄与したい。そこで、Tsumura et al. (2000) によるインバージョン手法を用いて、複数の観測地震波形スペクトルから震源パラメータ、Q 構造、観測点近傍の地盤増幅特性を同時推定した。

今回、東経 134.75°~136.85°までを 10 個、北緯 33.3°~34.75°までを 8 個、深さ方向は地表~5km, 5~10km, 10~20km, 20~35km, 35~50km, 50~80km の 6 層の計 480 個に分割したブロックを設定し、観測スペクトルの値からインバージョンにより各ブロックの Q 値を求めた。

まず、インバージョン解析をした結果の再現性を確認するためのチェッカーボードテストを行った。その結果、第 1 層では、北緯 34.45°以南で Q 値の高低パターンが再現され、良好な解像度であった。第 2 層、第 3 層では北緯 34.25°以南で概ね良好である。第 4 層、第 5 層、第 6 層では、良好な解像度が得られる地域が限定され、深部低周波微動の発生深度領域にあたる第 4 層では北緯 34.1°以南で解像度が良く、第 5 層では和歌山県北部を除く東経 135.35°~136.1°、北緯 33.65°~34.45°の地域、第 6 層では、おおそ奈良県の地下でのみ解像度が良かった。第 1 層、第 2 層の浅部群発地震発生領域直下、第 4 層と第 5 層の微動発生領域および直下領域で Q 値がおおむね再現されており、当該地域のテクトニクス解明に有意な解析結果が得られることが期待される。

今後は北部ブロックの第 1 層、第 2 層を通る波線を加え、北緯 34.25°以北における地下浅部の更なる解像度の向上を目指すとともに、実データによるインバージョン結果から当該地域の地震波減衰構造を明らかにする。

キーワード: 低周波微動, 紀伊半島, Q 値, 減衰, トモグラフィ

Keywords: non-volcanic deep low-frequency tremors, Kii Peninsula, Q value, attenuation, tomography



## 近畿地方北部における地震活動と地震波速度構造 The seismicity and the seismic velocity structure in the Northern Kinki District

海谷 絵未<sup>1\*</sup>, 片尾 浩<sup>1</sup>, 澁谷 拓郎<sup>1</sup>, 飯尾 能久<sup>1</sup>, 三浦 勉<sup>1</sup>  
Emi Kaiya<sup>1\*</sup>, Hiroshi Katao<sup>1</sup>, Takuo Shibutani<sup>1</sup>, Yoshihisa Iio<sup>1</sup>, Tsutomu Miura<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 京都大学防災研究所

<sup>1</sup>Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

近畿地方北部、特に大阪府北部から京都府中部地域では定常的に微小地震が多発している。しかし、これらの微小地震活動の原因、また地殻構造や周辺の活断層との関係性についてはよくわかっていない。

京都大学防災研究所では「満点計画」により、近畿地方北部において2008年11月から45点、2010年4月以降は37点の臨時観測点を設置して稠密地震観測を行っている。丹波山地中央部における平均観測点間隔は約5kmで、定常観測網に比べると密であるため、従来の定常観測点のデータのみによる解析よりも高解像度の結果を得ることができると考えられる。本研究では、稠密地震観測データを用いることでより高解像度の地震波速度構造を推定し、微小地震活動の原因を探ることを目的とする。

地震波速度トモグラフィーはFMTOMO (Rawlinson et al., 2006) を用い、波面法により理論走時計算を行い、インバージョン解析を行った。解析においては、グリッド間隔や使用するデータ数等を変化させて解像力の検討を行った。

現在までの暫定的結果としては、微小地震が多く発生する丹波山地中央部には相対的に低速度が見られ、琵琶湖西岸地域周辺で一部高速度であるという特徴が見られる。

講演では、さらに詳細な3次元速度構造解析結果を示し、地震活動や比抵抗構造との関係について比較検討する予定である。

キーワード: 近畿地方北部, 速度構造, 地震波速度トモグラフィー

Keywords: the Northern Kinki District, seismic structure, seismic velocity tomography

## 四国西部三波川帯における原位置で取得した深部地盤物性による地盤増幅特性および地震発生層の検討(速報)

### Evaluation of earthquake amplification characteristic and seismogenic layer by in-situ deep underground rock properties

石川 慶彦<sup>1\*</sup>, 西坂 直樹<sup>1</sup>, 下口 裕一郎<sup>1</sup>, 大野 裕記<sup>1</sup>, 菅原 大介<sup>2</sup>, 田村 栄治<sup>2</sup>, 安藤 賢一<sup>3</sup>, 長井 千明<sup>3</sup>, 木村 一成<sup>4</sup>  
Yoshihiko Ishikawa<sup>1\*</sup>, NISHIZAKA, Naoki<sup>1</sup>, SHIMOGUCHI, Yuichiro<sup>1</sup>, OHNO, Yuki<sup>1</sup>, KANBARA, Daisuke<sup>2</sup>, TAMURA, Eiji<sup>2</sup>, ANDO, Kenichi<sup>3</sup>, NAGAI, chiaki<sup>3</sup>, KIMURA, Kazunari<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 四国電力株式会社, <sup>2</sup> 株式会社四電技術コンサルタント, <sup>3</sup> 株式会社大林組, <sup>4</sup> 株式会社ナイバ

<sup>1</sup>Shikoku Electric Power Co. Inc, <sup>2</sup>Yonden Consultants Co. Inc, <sup>3</sup>Obayashi Co. Inc, <sup>4</sup>Naiba Co. Inc

#### 1. はじめに

重要構造物の地震動評価を適切に行うためには、構造物の立地する地盤の地震基盤から地表にかけての地盤増幅特性や地震発生層の深さを把握する必要がある。そのためには、地震波速度、密度、地殻熱流量等の地盤物性が必要であり、地下深部に至る地盤物性を原位置で直接取得することが地震動評価の信頼性を高める上で重要である。一般に沖積平野や軟岩地域では掘削が容易で地震動の増幅も大きいため、深さ1,000mを超える地下深部まで原位置の地盤物性による検討が報告されているが、硬岩地域における報告はほとんどみられない。

本研究では、極めて堅硬な三波川帯の結晶片岩が地表に分布する四国西部の佐田岬半島付け根付近において、最深約2,000mまでボーリング孔を掘削するとともに、孔を利用した各種の物理検層によって地表から深度約2,000mにかけての連続的な地盤物性を取得し、地盤増幅特性および地震発生層の深度について検討した。ここではその結果を速報する。

#### 2. 調査概要

##### (1) 深部ボーリング

深部地震観測のため、各々深さ約500m、約2,000mのボーリング孔を掘削した。

##### (2) 物理検層

深部ボーリング孔を利用してP S検層(ダウンホール法, サスペンション法)、密度検層、温度検層等の各種検層を実施した。

#### 3. 検討結果

##### (1) 地盤増幅特性

・ボーリング掘削地点では、地表付近に埋立土や風化岩が薄く分布し、深度50mで新鮮な岩盤に達する。深度50mから深度約2,000mまで掘削中の逸水も確認されず、堅硬かつ緻密な結晶片岩が連続して存在する。

・P S検層(ダウンホール法)による地盤のS波速度は深度50m~620mで2.2~2.6km/s、620m~1280mで3.0km/s、1,280m~2,000mで3.3km/sと深度方向に漸増し、P S検層(サスペンション法)による速度値もほぼ同等である。深度2,000m以深は地震基盤に相当する。

・密度検層による地盤の密度は、深度50m~2,000mで2.7~3.0g/cm<sup>3</sup>を示し、岩種に応じて変化するものの、深度方向への大局的な増減傾向は認められない。

・原位置で取得した速度構造や密度構造から設定した地盤構造モデルを用いて地盤増幅特性を検討したところ、地震基盤(深度2,000m)から地表付近の岩盤までの伝達関数は1前後であり、増幅はほとんど認められない。

・今後、各深度の地震計で取得する鉛直アレー地震観測記録を用いて、地盤増幅特性の評価をさらに高度化する予定である。

##### (2) 地震発生層

・P S検層(ダウンホール法)による地盤のP波速度は深度50m~620mで4.6~5.0km/s、620m~1,280mで5.2km/s、1,280m~2,000mで5.5km/sと深度方向に漸増し、P S検層(サスペンション法)による速度値もほぼ同等である。地震発生層の上限深さはP波速度が約6km/sの層の上面に対応するとされており(例えば、入倉・三宅, 2001; 吉井・伊藤, 2001; 廣瀬・伊藤, 2006)、当該地点における地震発生層の上限は深度2kmよりも深いと考えられる。

・温度検層によると、気温の季節変動の影響を無視できる深度300m~2,000mの地温勾配は2.81 / 100m、深度2,000mにおける地温は73.2 であった。ボーリング孔の掘削で取得した岩石コアの熱伝導率を用いて算定した地殻熱流量は74mW/m<sup>2</sup>であり、Tanaka(2004)の知見に照らし合わせると、地震発生層の下限に相当するD90%は深度15km程度と推定される。

・気象庁一元化震源によると、ボーリング掘削地点付近における内陸地殻内地震の発生深さは約2km~12kmである。また、地震調査委員会(2011)は、当該地点付近における地震発生層の下限深さを約15kmとしている。これらは上記の原位置で取得した地盤物性による評価と整合的である。

# Japan Geoscience Union Meeting 2013

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SSS26-P13

会場:コンベンションホール

時間:5月19日 18:15-19:30

・以上より、ボーリング掘削地点における地震発生層の上限は深度 2km よりも深く、下限は深度 15km 程度であると評価される。

キーワード: 地盤増幅特性, 地震発生層, 深部地盤物性, 地震波速度構造, 地殻熱流量

Keywords: earthquake amplification characteristic, seismogenic layer, deep underground rock properties, seismic velocity structure, heat flow

## レシーバ関数を用いて推定した九州地方のモホ面の深度分布 Depth distribution of the Moho discontinuity beneath Kyushu, Japan, as derived from receiver function analyses

安部 祐希<sup>1\*</sup>, 大倉敬宏<sup>1</sup>, 平原和朗<sup>1</sup>, 澁谷拓郎<sup>2</sup>

Yuki Abe<sup>1\*</sup>, Takahiro Ohkura<sup>1</sup>, Kazuro Hirahara<sup>1</sup>, Takuo Shibutani<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 京都大学大学院理学研究科, <sup>2</sup> 京都大学防災研究所

<sup>1</sup> Graduate School of Science, Kyoto Univ., <sup>2</sup> DPRI, Kyoto University

九州地方は、フィリピン海プレートの沈み込み、中央構造線の運動、背弧の拡大などの影響を受けて地殻の運動や変形が複雑な地域であり、成因の特定されていない地質構造や火山が存在する。モホ面の深度分布は、地殻のひずみやマントルの流動を反映しており、テクトニクスや火山活動を考察する上で重要な情報である。そこで、私たちはレシーバ関数 (RF) を用いて九州地方のモホ面の深度分布を推定した。

私たちは、九州地方に防災科学技術研究所が設置した Hi-net の観測点、および気象庁・九州大学・鹿児島大学・京都大学が設置した J-array の観測点で得られた遠地震波形をもとに RF を作成した。RF の作成には時間拡張型マルチテーパ (Shibutani et al., 2008, BSSA) を用い、0.56Hz 以上の高周波数成分を除去した。作成した RF を Matsubara et al. (2008, Tectonophys.) の 3 次元速度構造をもとにスタックし、北緯 31 度から 34 度まで 0.1 度おきに東西断面図を作成した。

私たちは、作成した RF 断面図から九州地方のモホ面の深度分布の推定を試みた。北緯 33 度以南かつ東経 131 度以東の地域では、モホ面からの Ps 変換波に対応する明瞭なピークが得られず、モホ面の深度を推定することができなかった。モホ面深度が推定できた領域では、その深度分布に以下のような特徴がある。

九州地方の北緯 32 度より南側の地域では、モホ面が 35km より浅部に存在する。そのなかでも、薩摩半島南部と大隅半島ではモホ面深度が 30km 以内である。北緯 32-33 度の地域では、布田川・日奈久断層よりも南側の地域でモホ面が 35km より深部に存在し、それ以外の地域ではモホ面は 30-35km の深さに存在する。北緯 33 度より北側の地域のうち、東経 130 度から西側ではモホ面は 35km より深部に存在し、東経 131 度から東側ではモホ面は 30-35km の深さに存在する。東経 130-131 度の地域では、北東側のモホ面が 35-40km、南西側のモホ面が 30-35km の深さに存在する。

東経 130.3 度より東側の地域では、北緯 32 度を境に北側から南側にかけてモホ面深度が 38km 程度から 33km 程度に変化する。Takayama and Yoshida (2007, JGR) は、1998-2002 年の GPS データから、北緯 32 度より南側の地域は南東方向に伸張しながら変位していること、および北緯 32 度より北側の地域は南東方向にほとんど変位していないことを示し、南側の地域における伸張の原因は背弧の拡大やスラブの後退の影響であると主張した。私たちが見出した地殻の薄化も、そのように地殻が引き伸ばされることが原因であると考えられる。

東経 131 度より西側では、布田川・日奈久断層に平行な帯状の領域で、モホ面が周囲より浅部に存在する。この帯状の領域は、一方の境界が布田川・日奈久断層であり、別府島原地溝がこの領域内にある。また、この領域の幅は 70-80km である。この領域の内側では、外側に比べてモホ面の深度が 5-10km 浅い。多田 (1993, 地質学論集) は、島原半島を南北に横切る測線上で観測された重力値をもとに、島原半島を中心とする幅 50km の領域でモホ面が最大で 10km 上昇していると推定しており、私たちの解析結果はそのフォワードモデリングと調和的である。この帯状の領域の直下ではマントルの上昇流が存在する可能性がある。

キーワード: 九州, モホ面, レシーバ関数

Keywords: Kyushu, Moho, receiver function



## 宮崎平野における第三紀前弧堆積盆の重力異常解析 Re-analysis of Gravity Anomaly around the Tertiary forearc basin of Miyazaki Plane

小坂 英輝<sup>1\*</sup>, 中山 英二<sup>2</sup>, 黒澤 英樹<sup>2</sup>  
Hideki Kosaka<sup>1\*</sup>, Eiji Nakayama<sup>2</sup>, Hideki Kurosawa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 環境地質, <sup>2</sup> 応用地質

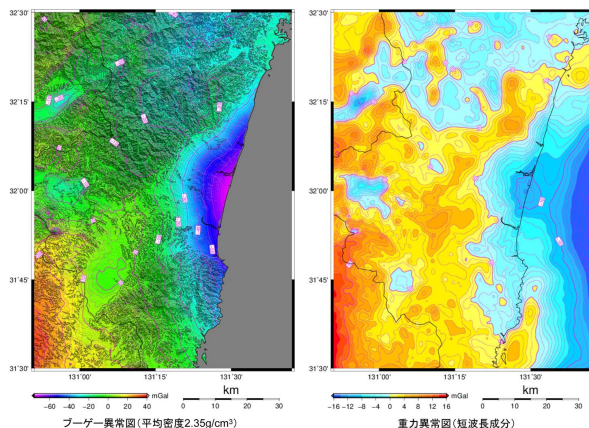
<sup>1</sup>Kankyo Chishitsu Co., Ltd, <sup>2</sup>Oyo Co.

筆者らは、第三紀に形成された前弧堆積盆（宮崎層群）が陸化している宮崎平野を対象として、その堆積盆の構造を明らかにするために、既存の重力異常の再解析を行った。再解析に使用したデータは、「日本の重力CD-ROM」、「西南日本重力データベース」に収録されているフリーエア異常データである。再解析では、仮定密度 2.35g/cm<sup>3</sup> を用いて計算したブーゲー異常に上方接続処理を施して長波長成分からなる傾向面を求め、これを元のブーゲー異常から差し引くことで、上部地殻構造に起因する短波長成分を抽出した。上方接続距離は 3km としており、得られた結果は深さ 1-2km までの地質構造を反映していると考えられる。再解析の結果、北東 - 南西方向の地質構造と宮崎層群の分布と対応する低重力異常が示された。宮崎層群の西縁とほぼ一致する重力異常の急変部には、西へ凸状に張出した形状が複数みられる。その形状は、宮崎平野の堆積盆が北部・中部・南部に分けられることを示唆する。

なお、堆積盆南部では外所地震（1662年）において海岸沿いが沈降したことが知られている。その沈降域には今回の重力図（短波長成分）でも低重力異常が示されている。

キーワード: 前弧堆積盆, 重力異常, 上方接続処理, 重力異常の急変部

Keywords: forearc basin, Gravity Anomaly, Coparison of Variance of Upward Residual, steep gravity gradient



## 小笠原海台南東海域における下部地殻内P波速度の異方性 P-wave velocity anisotropy in oceanic lower crust near the Ogasawara Plateau

金田 謙太郎<sup>1\*</sup>, 西澤 あずさ<sup>1</sup>, 森下 泰成<sup>1</sup>, 及川 光弘<sup>1</sup>  
Kentaro Kaneda<sup>1\*</sup>, Azusa Nishizawa<sup>1</sup>, Taisei Morishita<sup>1</sup>, Mitsuhiro Oikawa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 海上保安庁海洋情報部

<sup>1</sup>JHOD

小笠原海台は、北西太平洋プレート上の直径 150-200km 程の海台で、海溝部に位置しているものの完全には海溝に沈みこんでおらず、フィリピン海プレートと衝突していると考えられている。小笠原海台の南東には、海洋性地殻に特徴的な地磁気のリニエーションが確認される平坦な海域が広がっており、海上保安庁は、このリニエーションとほぼ垂直及び水平方向に調査測線を設定し、海底地震計を用いた屈折法地震探査及びマルチチャンネル反射法探査を実施した。その結果得られた速度構造モデルは、下部地殻内にP波速度異方性が存在していることを示唆しており、本発表で報告する。

海上保安庁は、大陸棚調査の一環として、小笠原海台周辺の地殻構造を把握するため、小笠原海台南東方に広がる地磁気のリニエーションに平行な測線 OGr16、リニエーションに垂直な測線 OGr13 において、総容量 8,040 cubic inch (131.8 ?) のチューンドエアガンアレイを人工震源とした屈折法及び反射法地震探査を実施した。解析結果の品質を担保するため、両測線はほぼ垂直に交差するように設定されている。屈折法地震探査では、海底地震計を約 5 km 間隔で設置し、距離 200 m 間隔でエアガンアレイを発震した。反射法探査では、ケーブル長 6,000 m のマルチチャンネルストリーマケーブルを曳航し、距離 50 m 間隔の発震を実施した。

OGr13 上の測線交点付近に設置した海底地震計の記録には、下部地殻を伝播したと思われる見かけ速度約 6.8 km/s のP波初動が確認されたが、測線交点付近に設置した OGr16 の海底地震計の記録には、同様に見かけ速度約 6.8 km/s のP波初動が確認されるものの、この見かけ速度を持つ初動は急激に減衰し、やがて確認できなくなる。そのため、OGr16 下の下部地殻内には、地震波を減衰させる構造、もしくは、6.8 km/s より遅いP波速度構造が広がっていることが予想された。

幸いにも、両測線共、マルチチャンネル反射法探査では明瞭なモホ面からの反射波が記録され、海底地震計の記録では PmP 及び Pn を確認することができたため、解析にあたっては、下部地殻の速度及びモホ面位置を変化させ、両地震探査の記録と整合的になるような速度構造モデルを求めることにした。この結果、OGr16 では、下部地殻内でP波速度構造が逆転しているモデルが整合的であり、逆転部の平均P波速度は約 6.5 km/s との値が得られた。この速度は、OGr13 で得られた速度構造モデルの下部地殻の平均速度 (約 6.9 km/s) と比べて有意に遅く、下部地殻内におけるP波速度異方性を示しているものと思われる。OGr16 のみならず、OGr16 と平行な測線である OGr15、OGr17 等においても、同様に下部地殻内におけるP波構造の逆転現象が確認され、速度異方性は当調査海域周辺に広く確認されるものと思われる。

速度異方性が生じる要因としては、プレート沈み込みに伴う断層の発達、下部地殻の結晶再配列などが考えられるが、未だ結論は出ず、現在検討中である。

キーワード: 地殻構造, P波速度異方性, 海洋性地殻

## 海域構造調査によるニュージーランド北島南端におけるヒクランギ沈み込み帯の速度構造と重力モデリング

### Wide-angle OBS velocity structure and gravity modeling along the SAHKE transect, lower North Island, New Zealand

望月 公廣<sup>1\*</sup>, 山田 知朗<sup>1</sup>, 篠原 雅尚<sup>1</sup>, 岩崎 貴哉<sup>1</sup>, 佐藤 比呂志<sup>1</sup>, ヘンリース スチュアート<sup>2</sup>, サザーランド ルパート<sup>2</sup>  
Kimihiro Mochizuki<sup>1\*</sup>, Tomoaki Yamada<sup>1</sup>, Masanao Shinohara<sup>1</sup>, Takaya Iwasaki<sup>1</sup>, Hiroshi Sato<sup>1</sup>, HENRYS, Stuart<sup>2</sup>, SUTHERLAND, Rupert<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所, <sup>2</sup>GNS Science

<sup>1</sup>Earthquake Res. Inst., Univ. of Tokyo, <sup>2</sup>GNS Science

As part of the Seismic Array HiKurangi Experiment (SAHKE) project, we acquired wide-angle reflection / refraction seismic data using ocean bottom seismometers (OBSs) along a transect across the southern North Island of New Zealand, where the Hikurangi Plateau, an early Cretaceous large igneous province, which subducts westward beneath Wellington, the capital city of New Zealand. The SAHKE project was designed to investigate the physical parameters controlling locking at the plate interface beneath the southern North Island and characterize slip processes in a major segment of the Hikurangi system. We deployed 16 OBSs with 5 km spacing off the east coast and 4 OBSs with 10 km spacing off the west coast. Controlled airgun sources were shot at every 100 m along a 350 km onshore-offshore transect. Although data from OBSs at shallow depths (~100 m) contain large amplitude ambient noise, first arrivals from the airgun sources can be traced up to over 100 km offset on record sections of most OBSs. We applied first-arrival travel-time inversion in order to obtain P-wave velocity structure along the 80 km-long OBS profile off the east coast. Starting with a simple stratified velocity model including subduction structure, we iteratively revise the initial model and put more constraints on the first arrival picks. The velocity structure to ~20 km depth was resolved, and the down going slab was clearly imaged. We picked travel times of reflected waves, and projected reflection points by applying a travel-time migration method using the first arrival velocity model. Reflection interfaces including the plate interface, a prominent phase that may represent the base of the Hikurangi Plateau and an interface between the upper and lower crusts are imaged. These interfaces can also be traced westward beneath the Wellington Region and consistent with observations from onshore active source data. We also observed P-wave arrivals with very fast apparent velocities (> 8.5 km/s) on the eastern-most OBSs, at offsets larger than ~120 km. These arrivals are not reversed but can be explained as a refractions from the base of the Hikurangi Plateau crust beneath the Chatham Rise or as an eclogite layer within lower crust. We use gravity data and Vp-density relationships to test the hypothesis that the lower crust of the Hikurangi Plateau has transformed to eclogite.

キーワード: ヒクランギ沈み込み帯, ヒクランギ海台, 人工地震調査, 海底地震計

Keywords: Hikurangi subduction zone, Hikurangi Plateau, active seismic survey, ocean bottom seismometer

Does the crustal flow intrude into the Longmen-Shan fault zone in the southeastern Tibetan plateau?

Does the crustal flow intrude into the Longmen-Shan fault zone in the southeastern Tibetan plateau?

Wang Zhi<sup>1\*</sup>

Zhi Wang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu Univ. of Tech.

<sup>1</sup>State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu Univ. of Tech.

The Longmen-Shan range front, characterized by convergent mountain building with a greater topographic gradient than anywhere else on the Tibetan Plateau, lies in a conjunctural area between the northwestern Songpan-Ganze terrane and the Sichuan foreland basin. The Songpan-Ganze fold system has obliquely collided with the Sichuan foreland basin, resulting in three large reverse-thrust and strike-slip faults along the Longmen mountain region with 250?300 km extents, including the Guanxian-Jiangyou fault (fore fault), the Yingxiu-Beichuan fault (central, principal fault), and the Wenchuan-Maowen fault (rear fault), oriented from southwest to northeast across the fault zone (Figure 1). The Longmen-Shan fault zone is one of the most extensively studied areas in the world, yet its deformation model and seismic generating mechanism remain subjects of vigorous debate. This paper presents a new three-dimensional (3-D) velocity model determined using 136,795 P and Pn phases and 121,292 S and Sn phases from 16,142 local earthquakes, together with two-dimensional (2-D) magnetotelluric (MT) profiles from previous studies, to investigate the nuclei of crustal deformation and earthquake generation along the reverse-thrust and strike-slip fault zone. It has been observed that anomalously low velocity, with low resistivity relative to the Sichuan foreland basin, is in sharp contrast to high-velocity and high-resistivity anomalies in the Songpan-Ganze block in the upper crust. The tomographic model presented here reveals two crustal bodies with anomalously low velocity and high conductivity underneath the Longmen-Shan fault zone, which is separated into three contrasting segments by the bodies. These low-velocity and low-resistivity bodies have been interpreted as being associated with extrusion of either fluids or products of partial melting from the lower crust, the upper mantle, or both. This suggests strong variations in the rheological strength of the rock along the fault zone. This finding implies that the coupling between these presumably fluid-bearing bodies and earthquake generation could be extremely complex and that there is dramatic variation from the southwestern portion to the northeastern segment along the fault belt. It is suggested here that this complex and variable deformation system along the fault zone played a principal role in controlling seismic generation and rupturing during the 2008 Wenchuan earthquake (Ms 8.0) and that it will do so again during possible future earthquakes in the region.

Keywords: Crustal flow, Crustal deformation, Longmen-Shan fault zone, seismic tomography, Crustal stress, continental colliding