

Spectral and spatial characteristics of the refined CRUST1.0 gravity field Spectral and spatial characteristics of the refined CRUST1.0 gravity field

TENZER, Robert^{1*} ; CHEN, Wenjin¹
TENZER, Robert^{1*} ; CHEN, Wenjin¹

¹School of Geodesy and Geomatics, Wuhan University

¹School of Geodesy and Geomatics, Wuhan University

We investigate the density structure of the oceanic and continental crust using the global crustal model CRUST1.0, which has been refined by incorporating additional global datasets of the topography/bathymetry (ETOPO1), the polar ice sheets (DTM2006.0 ice-thickness data) and the global geoid model (GOCO-03S). The analysis reveals that the average crustal density is 2830 kg/m³, while it decreases to 2490 kg/m³ when including the seawater. The average density of the oceanic crust (without the seawater) is 2860 kg/m³, and the average continental crustal density (including the continental shelves) is 2790 kg/m³. We further compile the gravity field quantities generated by the Earth crustal structures. The correlation analysis of results shows that the gravity field corrected for major known anomalous crustal density structures has a maximum (absolute) correlation with the Moho geometry. The Moho signature in these gravity data is seen mainly at the long-to-medium wavelengths. At higher frequencies, the Moho signature is weakening due to a noise in gravity data, which is mainly attributed to crustal model uncertainties. The Moho determination thus requires a combination of gravity and seismic data. In global studies, gravimetric methods can help improving seismic results, because (i) large parts of the world are not yet sufficiently covered by seismic surveys, and (ii) global gravity models have a relatively high accuracy and resolution. In regional and local studies, the gravimetric Moho determination requires either a detailed crustal density model, or seismic data (for a combined gravity and seismic data inversion). We also demonstrate that the Earth long-wavelength gravity spectrum comprises not only the gravitational signal of deep mantle heterogeneities (including the core-mantle boundary zone), but also shallow crustal structures. Consequently, the application of spectral filtering in the gravimetric Moho determination will remove not only the gravitational signal of (unknown) mantle heterogeneities, but also the Moho signature at the long-wavelength gravity spectrum.

キーワード: correlation, crust, density, gravity, Moho
Keywords: correlation, crust, density, gravity, Moho

地理院地図を活用した重力測定値の補正と上町断層南部測線データの再検討 Correction of Gravity Measurements Utilizing GSI Maps and its Application in the Southern part of Uemachi Fault Zone

領木 邦浩^{1*}

RYOKI, Kunihiro^{1*}

¹ 兵庫職業能力開発促進センター電気・電子系

¹ Hyogo Polytechnic Center

1. 概要

重力による地下構造解析などの野外調査を伴う地球科学研究では測定点などの地理位置情報の取得が不可欠である。特に重力測定においては各種の補正に際し測定点の緯経度のみならず標高を知ることが大きな負担となっている。これらの情報取得は現地での測地測量や GNSS 測量 (GPS 測量や GLONASS 測量など) で行われており、その補助的手段として大縮尺の地形図が併用されてきた。一方、近年数値化された地理情報の取得が Web 上で可能となりつつあり、例えば従来試験公開として試供されてきた国土地理院の Web 地図閲覧サービスは、2013 年 10 月 30 日に正式公開に移行し、その名称も“電子国土 Web.NEXT”から“地理院地図”へと変更(国土地理院, 2013a)になるなど、整備が進んできている。地理院タイル利用規約(国土地理院, 2013b)に沿う学術研究ではこのサービスを活用できることとされており、地球科学を始めとするフィールドワークへの支援が期待される。そこで、地理院タイル(国土地理院, 2013c)を用いて測定位置の情報を得られる JavaScript アプリケーションを作成した。このアプリケーションによってモバイルデジタル機器と併用することによって野外でも容易に地理位置情報が入手できることとなる。

一方、筆者らはこれまで上町断層系南部で該当地域の地方自治体が発行した大縮尺地形図を基図として重力測定を行ってきたが、これらの図は現行の日本測地系 2000 に基づくものと旧日本測地系によるものが混在していた。今回、前述のアプリケーションによってこれらを統合再検討したので、そのアプリケーションを紹介すると共に再検討した結果について報告する。

2. 対象地域

統合した測線は領木(2011)、領木・西谷(2013)の測定結果に今回測定したものを延長させたものである。この測線は和泉市いぶき野から泉大津市夕風町に至る約 9.7Km で、上町断層系のいくつかの断層に交差している。

3. 地理情報の取得

測定点の緯経度および標高は国土地理院が提供する数値情報を使用した。これらの取得に際し、地理院タイルを用いた構築サンプルに加筆修正して作成した JavaScript を主とする HTML アプリケーションを構築して使用した。一般に WWW ブラウザではシステム保護の目的で文字列をクリップボードに直接転写させないが、一部のブラウザには JavaScript を通じて転写する機能があり、その他のブラウザでも ZeroClipboard library (zeroclipboard.org, 2014) を用いることによって転写が可能となる。クリップボードに転写した数値情報はエディタソフトウェアまたは表計算アプリケーションで編集して使用した。今回は野外計測後に室内で一括処理するためのアプリケーションを作成したが、タブレット端末で運用すれば野帳代わりに測定現場で容易に数値情報を入手できる。これらの数値位置情報は重力測定点の図示および各種補正に使用された。

4. 結果

測定点に関する数値情報を得るために従前は地形図からデジタイズで緯度経度を得ると共に標高を讀図していたが、今回のアプリケーションを用いることによってこれらの作業にかかる時間が大幅に短縮できた。特に標高の読み取り誤差の精度が不安定であったものが地理院地図の精度に依存した一定のものとなり、データの等質性が確保できた。

5. 今後の課題

今回作成したアプリケーションは地球科学を始めとする各種野外調査において測定効率の向上およびデータの等質性確保に有用であることが明らかになった。今後はタブレット端末での運用に向けたシステム開発を行うと共に地形補正への適用を検討することが課題となる。

参考文献

国土地理院(2013): 地理院地図の公開について, 地理院地図, <http://www.gsi.go.jp/johofukyu/johofukyu40032.html>.

国土地理院(2013): 地理院タイル規約, 地理院地図, <http://portal.cyberjapan.jp/help/termsfuse.html>.

国土地理院(2013): 地理院タイルを用いた開発, 地理院地図, <http://portal.cyberjapan.jp/help/development.html>.

領木邦浩(2011): 和泉市西北部-中央部での都市地盤構造解析のための重力測定, 近畿職業能力開発大学校紀要, vol. 19, p. 18 - 19.

領木邦浩・西谷忠師(2013); 大阪湾岸中南部での重力測定, 日本地球惑星科学連合 2013 年大会予稿集, SSS32 - P23. zeroclipboard.org (2014): ZeroClipboard, <http://zeroclipboard.org/index.html>.

SSS26-P02

会場:3 階ポスター会場

時間:4 月 30 日 18:15-19:30

キーワード: 重力構造, 数値地理情報, 上町断層, 測量, 野外調査, 測定効率

Keywords: gravity structure, digital geographic information, JavaScript, Uemachi Fault, field research, efficiency of measurement

南西諸島海溝の北端部における沈み込むフィリピン海プレートの地殻構造 The crustal structures of the subduction of the Philippine Sea Plate in the northern Nansei-Shoto trench

及川 光弘^{1*}; 西澤 あずさ¹; 金田 謙太郎¹; 藤岡 ゆかり¹; 堀内 大嗣¹
OIKAWA, Mitsuhiro^{1*}; NISHIZAWA, Azusa¹; KANEDA, Kentaro¹; FUJIOKA, Yukari¹; HORIUCHI, Daishi¹

¹ 海上保安庁

¹ Japan Coast Guard

沈み込みに伴う海溝型の地震は、沈み込む海側プレート上面の海底地形や地殻構造、例えば沈み込む海山の存在がその地震の作用する範囲などに制約を与える可能性が指摘されている (Kopp, 2013)。南西諸島海溝の北端部には、奄美海台という古島弧が沈みこみつつあり、海溝軸を大きく湾入させる原因となっている。南西諸島海溝は、従来、大地震を生じる可能性が低いと考えられることが多かったが、近年の研究の結果から、大地震を生じる可能性が指摘されている。従って、奄美海台及びその周辺海域の沈み込む海側プレートの詳細な地形及び地殻構造を把握することは、巨大地震が何処でどのように発生するかを把握する際の重要な制約条件の一つとなる可能性がある。

海上保安庁は、2009年及び2012年に南西諸島北端部のフィリピン海プレートから南西諸島海溝・南西諸島島弧を横断し沖繩トラフにいたる海域において、2本の調査測線を設定し、海底地震計 (OBS) を用いた屈折法地震探査と、マルチチャンネル反射法探査をそれぞれ実施した。2009年の調査測線 (ECr10) は、奄美海台の西端から海溝を横断し奄美大島のやや北を通過する測線である。2012年の調査測線 (ECr11) は、奄美海台の北に位置する喜界海盆から海溝を横断し、屋久島のすぐ南方を通る測線である。二つの測線は、南西諸島島弧の構造的な境界の一つと言われているトカラ海峡のそれぞれ南北に位置している。

ECr10の南端は奄美海台の西端部に位置する。奄美海台はブーゲー重力の低異常から大陸性の地殻をもつ可能性 (植田, 2005) が示唆されており、また奄美海台の中央部を横断する地殻構造調査の結果から、比較的厚い地殻 (最大約16km) の古島弧的な構造を持つことが示されている (Nishizawa et al., 2009, 2014)。ECr11の南端部の喜界海盆では、ブーゲー重力の高異常から海洋性地殻の特徴を示している (植田, 2005)。当該海盆の中央部を横断する測線における地殻構造調査の結果からは、地殻の厚さが10km以下の比較的薄い地殻が確認されているが、水平方向には不均質性が大きいことが明らかになっている (Nishizawa et al., 2009, 2014)。

今回、上記の2測線の屈折法探査・反射法調査の結果に加えて、海上保安庁が取得した詳細な海底地形データを用いて、本海域における海側プレートの構造についての比較を行った。海底地形については、沈み込みに伴う海溝軸に平行方向の正断層群が広く認められることが分かった。これらの正断層は喜界海盆よりも奄美海台の方が特に顕著に認められるようである。地殻構造については、奄美海台が中部地殻 (6.0-6.5km/s) を持つことが確認されたが、比較的平坦な海域においても、中部地殻と思われる速度の物質の存在が認められた。

キーワード: MCS, 地殻構造, 沈み込み, OBS

Keywords: MCS, crustal structure, subduction, OBS

S-wavevector receiver functionによる九州地域における地殻及び最上部マントルの地震学的構造の推定
Seismic structure beneath Kyushu island, Japan, inferred from S-wavevector receiver functions.

上田 拓哉^{1*}; 竹中 博士²; 村越 匠³; 岡元 太郎⁴
UEDA, Takuya^{1*}; TAKENAKA, Hiroshi²; MURAKOSHI, Takumi³; OKAMOTO, Taro⁴

¹九州大学, ²岡山大学, ³防衛大学校, ⁴東京工業大学
¹Kyushu Univ., ²Okayama Univ., ³National Defense Academy, ⁴Tokyo Institute of Technology

The underground structure of Kyushu region is characterized by active subduction of the Philippine Sea plate (PHS) beneath the Eurasian plate and several active volcanos, for example, Aso, Kirishima, and Sakurajima volcanos along with the volcanic front, and Unzen volcano located Beppu-Shimabara graben. And also there are very thick sediments at several plains in Kyushu. Therefore the seismic structure beneath Kyushu Island is seemed to be very complicated and it is very important to understand the detailed structure, especially around Moho and the top of PHS. There are many previous researches on seismic structure beneath Kyushu Island. Travel time tomography method is very useful tool for imaging the subsurface structures. In the previous works, a lot of characteristic structures are identified by the tomography for example, low velocity structure beneath volcanic front.

Receiver function analysis is also very useful tool to image the seismic velocity structures. We apply it to image seismic structure on Kyushu area. In this study, we use teleseismic records from Hi-net and F-net seismic stations in Kyushu, which are supplies by the National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention.

If those seismic stations are located at the top or in the sedimentary layer, the records include strong effect of reverberation within the sedimentary layer, which makes the image of the structure unclear. To overcome this problem, we exploit the modified S-wavevector receiver functions (SWV-RFs). The SWV-RFs are derived by deconvoluting the upgoing S-wave component with the upgoing P-wave component of the records. For suppressing the sedimentary layer effect, we apply SWV-RFs for borehole records and move virtually the seismic sensor to the top of the basement layer, and calculate the SWV-RFs at that location [Takenaka and Murakoshi, 2010]. This method needs the structure model from the surface to the sensor location. We employ the Integrated Velocity Structure Model by the Headquarters for Earthquake Research Promotion. We take several cross sections in Kyushu Island to map the calculated SWV-RFs. We then interpret the continental Moho and low velocity regions in the mapped SWV-RFs. It can be seen that characteristic low velocity regions in mantle wedge, some of which may be related to magma. We also model some SWV-RF sections by the 2.5-D finite-difference method to confirm our imaging results.

キーワード: レシーバ関数, 地殻構造, プレート上面, 九州地域
Keywords: receiver function, crustal structure, top of plate, Kyushu region

反射法地震探査による警固断層南東部の構造調査 Seismic reflection survey at the Kego fault, Kyushu, Japan

松本 聡^{1*}; 清水 洋¹; 中元 真美²; 宮崎 真大²; 阿部 進³

MATSUMOTO, Satoshi^{1*}; SHIMIZU, Hiroshi¹; NAKAMOTO, Manami²; MIYAZAKI, Masahiro²; ABE, Susumu³

¹九州大学地震火山センター, ²九州大学理学府, ³地球科学総合研究所

¹Institute of Seismology and Volcanology, Kyushu Univ., ²Faculty of Sciences, Kyushu University, ³R&D Department, JGI, Inc

福岡市内を通る警固断層では北西部において 2005 年福岡県西方沖地震が発生し、その最大余震は南東部の北端で発生した。また、この地震後南東部の断層深部で微小地震活動が活発化しており、断層の活動を把握する研究が進められてきた。さらに、構造を詳細に調べるため、2013 年 7 月に断層の 2 箇所を横切る反射法地震探査を実施した。福岡市中央区においては測線長約 1km の高分解能探査を行った。また、福岡市早良区から飯塚市にいたる約 35km の調査測線において反射法・屈折法による探査を実施した。震源はバイブレータを用い、得られたデータに屈折法・反射法の処理を適用して反射断面を得た。高分解能測線では断層に対応した反射面の不連続が見出され、地下約 600 m において断層西側が隆起している結果が得られた。これらは従来得られている断層活動と整合的な特徴を示す。反射法・屈折法測線では反射強度の強い層が下部近くに見られ、その下端がモホ面に対応すると考えられる。また、地震発生層においては地表地質が花崗岩質である測線下で強い反射体が見られ、警固断層に対応する部分では反射強度が弱くなっていることが明らかになった。

キーワード: 警固断層, 反射法地震探査

Keywords: Kego fault, seismic reflection survey

人工地震を用いた警固断層周辺の地殻内不均質構造の研究 P-wave heterogeneous structure around the Kego fault inferred from reflection analysis for seismic network data

神薊 めぐみ^{1*}; 松本 聡²; 宮崎 真大¹; 中元 真美²; 清水 洋²; 阿部 進³

KAMIZONO, Megumi^{1*}; MATSUMOTO, Satoshi²; MIYAZAKI, Masahiro¹; NAKAMOTO, Manami²; SHIMIZU, Hiroshi²; ABE, Susumu³

¹九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻, ²九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター, ³株式会社地球科学総合研究所研究開発部

¹Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Sciences, Kyushu University, ²Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Sciences, Kyushu University, ³R&D Department, JGI, Inc.

警固断層は福岡平野西縁を北西-南東方向に走る断層であり、福岡市街地やその周辺の直下を通っている。2005年3月20日には警固断層北西部の延長上で福岡県西方沖地震が発生し、断層帯南東部での活動が懸念されている。警固断層の今後の活動を考えるためには、断層の位置、構造など詳細な情報が求められている。本研究では、2013年7月22~24日に行われた反射法地震探査の震源を用いて、警固断層周辺の地下構造を明らかにすることを目的とする。

今回の探査(松本・ほか、本大会)ではバイプロサイズ震源が用いられ、測線長約35km上で屈折法・広角反射法データの取得のための発震は計8箇所で行われた。各ショットは発震時間24秒で、6-30Hzのスweep波を100回発生させた。データ収録は九州大学・防災科学技術研究所の定常および臨時地震観測点で行った。簡単のため反射面までは均質半無限速度構造を仮定し、観測された波形にNMO処理を行い反射波の検出を試みた。

処理した波形を観測点ごとにまとめ、深度断面を作成した。この断面は反射法測線と観測点の midpoint を通る、警固断層を横切っているため、断層の西側と東側での地下構造の違いを見ることができる。どの深度断面においても深部(深さ20数km~30km程度)からの反射波が多数検出された。このことから下部地殻にあたる領域は非常に不均質であるということがわかる。また、この反射波群の下限はモホ面に対応すると考えられる。浅部は、場所によって様相が異なっている。警固断層推定位置の東西で明瞭な違いのある地点がいくつかあり、警固断層の西側に顕著な反射波が見られたが東側では見られなかった。その一方で断層の東西で明瞭な違いのない地点もあった。このことから、警固断層の走行方向に不均質構造の変化が存在する可能性があるといえる。

今後は他の観測点のデータも解析し、より詳細に地殻内の不均質構造を明らかにする必要がある。

キーワード: 警固断層, 反射法地震探査

Keywords: Kego Fault, Seismic Reflection Profiling

稠密地震観測に基づく近畿地方北部の地震波速度構造 The seismic velocity structure in the Northern Kinki District using the dense seismic observation

海谷 絵未¹; 片尾 浩^{1*}; 澁谷 拓郎¹; 飯尾 能久¹; 三浦 勉¹
KAIYA, Emi¹; KATAO, Hiroshi^{1*}; SHIBUTANI, Takuo¹; IIO, Yoshihisa¹; MIURA, Tsutomu¹

¹ 京大防災研

¹ DPRI, Kyoto Univ.

近畿地方北部、特に大阪府北部から京都府中部(以下、丹波地域)では定常的に微小地震活動が活発である。この地域には、第四紀の火山は存在しておらず、これらの地震活動は近年発生した内陸大地震の余震でもない。震源は特定の活断層に沿うのではなく、広範囲にわたり二次元的に分布しているなど特異な特徴を呈している。この地域で微小地震が定常的に発生する原因はまだよくわかっておらず、その解明には詳細な地殻構造を把握する必要がある。

丹波地域では、2008年11月以降83点のオフライン臨時観測点を設置して稠密地震観測が行われている。丹波地域における平均観測点間隔は約5kmで、従来の約20km間隔に比べると稠密である。本研究では、稠密観測点と周囲の定常観測点75点と濃尾合同地震観測点5点で得られたデータを用い、従来よりも高解像度の3次元地震波速度構造を推定した。トモグラフィーにはRawlinson et al., (2006)によるFMTOMOを用い、グリッド間隔や使用データ数等を変化させて解析を行った。

これまで近畿地方北部で行われた地震波速度構造研究では、長期にわたる定常観測データを用いても、グリッド間隔は水平方向0.2°が限界であった。一方、本研究では1年分のデータであってもグリッド間隔0.1°以下の十分な解像度が得られることがわかり、下記のような様々な特徴が確認できた。P波速度構造には、おおむね丹波地域の微小地震が活発な領域に重なるように低速度異常が見られた。S波速度構造には、琵琶湖西岸から南西へと帯状に低速度異常が広がり、浅部では一部に高速度異常が顕著に見られる。また、琵琶湖西岸地域の深さ3km以浅には、帯状に広がる高Vp/Vsかつ低S波速度域が存在する。丹波地域においては、これまで反射波および散乱波解析、電気比抵抗構造研究により、地殻内の流体の存在が示唆されている。流体の局所的な分布が地震波速度構造や地震活動にも影響を与えている可能性が考えられる。

キーワード: 丹波山地, トモグラフィー, 微小地震, 地殻流体, 稠密観測, 満点計画

Keywords: Tamba Plateau, Tomography, micro-earthquake, crustal fluid, dense observation, Manten Project

立山火山下の地震波減衰構造 Seismic attenuation beneath Tateyama volcano

岩田 晃治^{1*}; 川方 裕則²; 土井 一生³
IWATA, Koji^{1*}; KAWAKATA, Hironori²; DOI, Issei³

¹立命館大学大学院理工学研究科, ²立命館大学理工学部, ³京都大学防災研究所
¹Ritsumeikan University, ²Ritsumeikan University, ³Disaster Prevention Research Institute

立山火山(弥陀ヶ原火山)は、飛騨山脈立山連峰(富山県南東部)に存在する活火山である。九重や霧島などの活動が活発な活火山については、地震波減衰を用いた地下構造研究が広くおこなわれており(例えば、及川ほか, 1994; 須藤ほか, 1996)、火山下に強減衰領域が存在することが示されている。一方、立山火山については、現在の活動は比較的静穏であり、その地下の構造はあまり詳しく調べられていない。防災科学技術研究所により Hi-net (高感度地震観測網) が整備されて以来、日本全国の地震波減衰構造が推定されるようになったが (Jin and Aki, 2005; Carcole and Sato, 2009)、局所的な構造については空間分解能が不足している。本研究では Hi-net による地震波形データを用いて立山火山下の地震波減衰について調べた。

用いる観測点は立山近傍に位置する上市東種、白馬、三郷、上宝、神岡の計五つの観測点とし、立山火山からの震央距離が 70km~140km で発生した地震のうち M2.5 以上、震源深さ 30km 以浅にあるものを解析対象とした。ただし、各観測点で P 波、S 波の主要部分の S/N 比が十分大きい地震のみを解析に使用した。また、解析期間は 2012 年 1 月から 2013 年 12 月までと短く設定したが、これは使用した観測点の中でも立山火山に近い上市東種が比較的新しく設置された観測点であるためである。

まず、立山火山を挟んだ 2 つの観測点に注目し、立山火山下近傍を通過する波線と通過しない波線でいくつかの地震波形記録を比較した。その結果、立山近傍を通過した波のうちいくつかは、通過しなかったものに比べて、S 波が強く減衰していた。また、1~2Hz、2~4Hz、4~8Hz、8~16Hz のオクターブフィルターをかけて精査したところ、4~8Hz、8~16Hz において S 波の減衰が特に顕著であった。この特徴は、特定の観測点のみで見られるものではなく、北西から南東に向かう波線と南東から北西に向かう波線の両方で共通して確認された。

火山下にはマグマをはじめとする流体の存在が考えられており、地震波が流体中を通過した場合、S 波は P 波よりも強い減衰を受ける。P 波に対する S 波の相対的な減衰の強さを調べるために、同一の地震による地震波のスペクトルを P 波と S 波に分けて求め、その比を計算した。P 波、S 波各部分のスペクトルの計算には、マルチタイムウィンドウ法 (Imanishi and Ellsworth, 2006) を用いた。具体的には 50% オーバーラップさせた 5 つのタイムウィンドウ (各 200 サンプル; 2 秒間) のスペクトルをスタックすることでスムージングを行った。また、互いに震源の近い地震については一つのグループとしてまとめて考察をおこなった。

立山火山下を北西、南東方向に横切る地震波は立山火山下を通過した後に P 波に比べて S 波が大きく減衰している例が多く存在することが確認された。特に、4~5Hz 付近から高周波成分において急激に減衰が強くなるものが見られた。一方、立山を北東、南西方向に横切る地震波は P 波と S 波の減衰の程度に大きな差は見受けられなかった。これらのことから立山火山下には S 波だけが顕著に減衰する領域が存在するがその分布は一様ではないことが示唆された。

また、立山火山下を通過後の S 波については、顕著なピーク遅延が認められた。つまり、Takahashi et al. (2007) が東北日本で示したように、立山火山下においても S 波に対する強い散乱減衰をもたらす原因があることも示唆された。

キーワード: 減衰構造, 火山, スペクトル解析
Keywords: seismic attenuation, volcano, spectral analysis

DONET データを用いた南海トラフ近傍の詳細地震波速度構造 Detailed velocity structure along the Nankai trough, off the Kii Peninsula, obtained from DONET data

中野 優^{1*}; 中村 武史¹; 利根川 貴志¹; 金田 義行¹
NAKANO, Masaru^{1*}; NAKAMURA, Takeshi¹; TONEGAWA, Takashi¹; KANEDA, Yoshiyuki¹

¹ 海洋研究開発機構
¹JAMSTEC

南海トラフでは近い将来東南海・南海地震の発生が懸念されている。海洋研究開発機構では、その震源域の直上である熊野灘において、地震・津波検知能力の向上および早期検知を目的として、地震・津波観測監視システム (DONET) の構築を行なった。DONET の全観測点が設置されてから 2 年以上が経過し、地震記録も数多く蓄積された。これまでの解析で熊野灘直下における詳細な地震活動が明らかになり、2004 年の地震 ($M_{JMA}=7.1, 7.4, 6.5$) の余震によく対応する領域に地震が分布していることが分かった。地震活動は現在ほぼ定常的である。また、地震の分布はフィリピン海プレート上面に形成した古銭洲海嶺との対応も指摘されている (Nakano et al., 2014, MGR)。地震のメカニズム解析は、P 軸が南海トラフの収束方向と直交することを示しており、この地域のテクトニクスについて詳しい調査が必要であると考えられる。そこで本研究では、その第一歩として地震波速度構造について詳しく調べる。

対象とする領域では反射法による構造探査が繰り返し行われており、P 波速度構造は詳しく調べられているが、S 波速度構造については不確定なところが大きい。したがって本研究では、以下に述べるように S 波速度を仮定した一次元構造からスタートし、走時データをよく説明するよう構造を順次更新、最終的に三次元構造を推定した。

1. 一次元構造を仮定し、観測網下の平均的な V_p, V_s 構造を推定
 - 1.1. 構造探査による P 波速度構造をもとに一次元速度構造を作成、各層の V_p/V_s 比は海洋堆積物等の影響を考慮し適当に仮定する。このモデルを用いて震源決定を行う。
 - 1.2. 得られた震源を初期震源として tomoDD (Zhang and Thurber, 2003, BSSA) によってトモグラフィーを行い、三次元構造を求める。
 - 1.3. トモグラフィーで得られた速度を深さごとに平均し、各 layer の地震波速度を更新する。
 - 1.4. 更新した一次元速度構造を用いて震源を再決定する。1.2~1.4 を構造が収束するまで繰り返す。
2. 三次元モデルを用いた速度構造の構築
 - 2.1. 東海・東南海・南海地震の運動性評価研究プロジェクト (中村ほか, 2011, JpGU) で推定された構造を基に、沈み込むプレートや海洋堆積益に対応した三次元速度構造を構築する。P 波速度構造は 1. のプロセスで得られた値を用いる。
 - 2.2. 各層の V_p/V_s 比、すなわち S 波速度構造を変化させて震源決定を行い、走時残差が最小となる構造を求める。
 - 2.3. 残差の最も小さくなる速度構造に対し、サイト補正量を推定する。
3. トモグラフィーによって三次元速度構造を推定する
 - 3.1. 2. で得られた速度構造、震源分布を初期値とし、tomoDD を用いて詳細な三次元速度構造を推定する。この時、2.3. で求めたサイト補正を考慮して解析を行う。

得られた結果は、トラフ軸に平行な方向における地震波速度異常と地震活動の対応を示している。すなわち、海洋地殻では、地震の分布は低速度異常に対応する一方、上部マントルでは高速度異常と対応している。これらの特徴は 2004 年の地震の震源断層をはじめとする弱構造の形成や、フィリピン海プレート内の応力場を考察するために役立つと考えられる。一方、本研究では熊野灘下で起きた地震のみを用いたため、地震の分布が観測点の南東に偏っておりトモグラフィーの分解能は必ずしも良いとは言えない。また、得られた速度異常の分布は初期モデルにも依存する可能性がある。分解能と復元能に関する詳しい検討及び、内陸で起きた地震も用いた広域的なトモグラフィーを今後行っていく予定である。

キーワード: 南海トラフ, 海底地震観測
Keywords: Nankai trough, Ocean-bottom seismic observations

関東・中部地方の内陸被害地震と構造不均質の関係 Mechanism of large crustal earthquakes in Kanto and Chubu: Influence of structural heterogeneities

藤澤 萌人^{1*}; 趙 大鵬¹; 豊国 源知¹; 北川 弘樹¹; 西園 幸久²; 稲倉 寛仁²
FUJISAWA, Moeto^{1*}; ZHAO, Dapeng¹; TOYOKUNI, Genti¹; KITAGAWA, Hiroki¹; NISHIZONO, Yukihisa²; INAKURA, Hirohito²

¹ 東北大・理・予知セ, ² 西日本技術開発 (株)

¹RCPEV, Tohoku Univ., ²West Japan Engineering Consultants, Inc.

内陸で発生する地震は直下型のために大きな被害をもたらすと考えられ、減災を考える上でその発生メカニズムの解明が必要不可欠であると考えられる。過去に日本列島内陸の地殻内で発生した地震では、沈み込むスラブから脱水された水の関与が指摘されている (Zhao et al., 2010)。そこで本研究では関東・中部地方に焦点を当て、地殻と上部マントルの3次元速度構造と内陸の地殻内で1900年以降に発生したM6以上の被害地震 (宇津, 1999; 宇佐美ほか, 2003) の分布を比較することで、その発生の原因について調査した。

本研究では、気象庁の一元化カタログの2002年6月3日から2013年11月10日までの地震データと、東北大読み取り値の2003年3月10日から2013年6月26日までの地震データから、以下の基準で地震を選んだ。(1) 20点以上の観測点で観測されたもの; (2) 震源の決定誤差が4 kmよりも小さいもの; (3) 研究領域を5 km × 5 km × 1 kmのブロックに分け、各ブロックの中で最もデータ数の多いもの、計21,831個の地震を選出し、877点の観測点による824,742個のP波到達時刻データと、627,664個のS波到達時刻データをインバージョンに使用した。解析手法はZhao et al. (1992)の手法を適用した。グリッド間隔は0.20°間隔とした。

本研究で得られた3次元速度モデルは、火山周辺の下部地殻と上部マントルにマグマと思われる低速度異常を確認することができた。また、太平洋側から内陸に向かうフィリピン海スラブと考えられる高速度異常も確認することができ、場所によってはその直上に低速度異常を確認できた。この低速度異常はフィリピン海スラブの脱水された水と考えることができる。本研究の結果では、地殻内で発生したほぼすべての被害地震の震源の周囲に流体と考えられる低速度異常を見ることができた。これらの低速度異常は沈み込むスラブ起源の水やマグマと考えることができ、地震の発生に深く関与したと思われる。

参考文献

宇津徳治, 1999. 地震活動総説. 東京大学出版会.

宇佐美 龍夫・石井 寿・今村 隆正・武村 雅之・松浦 律子, 2003. 日本被害地震総覧. 東京大学出版会.

Zhao, D., A. Hasegawa, S. Horiuchi, 1992. Tomographic imaging of P and S wave velocity structure beneath northeastern Japan. *J. Geophys. Res.* 97, 19909-19928.

Zhao, D., M. Santosh, A. Yamada, 2010. Dissecting large earthquake in Japan: Role of arc magma and fluids. *Island Arc* 19, 4-16.

キーワード: 地震波トモグラフィー, 地殻流体

Keywords: seismic tomography, crustal fluid

富士川河口地域における反射法地震探査 Seismic Reflection Survey around the Mouth of Fuji River

伊藤 忍^{1*}; 山口 和雄¹; 入谷 良平¹; 山中 義彰²; 伊東 俊一郎²; 村田 和則²
ITO, Shinobu^{1*}; YAMAGUCHI, Kazuo¹; IRITANI, Ryohei¹; YAMANAKA, Yoshiaki²; ITO, Shun'ichiro²; MURATA, Kazunori²

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

¹GSI, AIST, ²Suncoh Consultants Co., Ltd

2014 年 2 月に、富士川河口地域において反射法地震探査を実施した。この地域では富士川河口断層帯が確認されている。下川ほか (1996) はこの地域で反射法地震探査を実施し、入山瀬断層を確認している。また、静岡県総務部地震対策課 (1996) は中山断層を確認している。我々の目的は、過去の研究よりもこれらの断層周辺の構造をより詳細に把握することである。調査路線は 2 本である。測線 1 (FJK1) は、富士川河口から西に海岸沿いを通り、向田川に至り、長さは 3.5km 程度である。測線 2 (FJK2) は、富士川右岸を海岸から 2km 程度北のほぼ東西の路線であり、いわゆる蒲原地震山を横切る。FJK2 の長さは 1km 強である。震源は大型バイブレーター (IVI 社製 Y2400) を使用した。FJK1 と FJK2 のスイープ周波数はそれぞれ 10-100Hz と 10-120Hz とした。いずれの測線においても、スイープ長は 12 秒、記録長は 16 秒とした。受振には Sercel 社製 SG-10 (固有周波数 10Hz) とサンコーコンサルタント社製の分散型探鉱機 DSS-12 を使用した。FJK1 の同時展開長は約 1km である。FJK2 は固定展開とした。いずれの測線においても受振器は 5m 間隔で設置した。FJK1 の発震記録例には反射波と推定されるイベントが見られる。しかしながら、これらは堤防によって生成されている可能性もある。今後、詳細な結果を示す予定である。

キーワード: 反射法地震探査, 富士川

Keywords: seismic reflection survey, Fuji River

P 波及び S 波地震波干渉法より推定される関東堆積盆地内の地震波速度の深さ変化 Depth variation of the P- and S-wave velocities in the Kanto sedimentary basin inferred from seismic interferometry

吉本 和生^{1*};菅原 勇真¹;鍛冶川 謙吾¹;小林 学¹;増田 啓¹;武村 俊介¹;平田 直²;酒井 慎一²;佐藤 比呂志²;中原 恒³

YOSHIMOTO, Kazuo^{1*}; SUGAWARA, Yuma¹; KAJIKAWA, Kengo¹; KOBAYASHI, Manabu¹; MASUDA, Kei¹; TAKE-MURA, Shunsuke¹; HIRATA, Naoshi²; SAKAI, Shin'ichi²; SATO, Hiroshi²; NAKAHARA, Hisashi³

¹ 横浜市立大学生命ナノシステム科学研究科, ² 東京大学地震研究所, ³ 東北大学理学研究科

¹Nanobioscience, Yokohama City Univ, Yokohama, Japan, ²ERI, Univ. of Tokyo, Tokyo, Japan, ³Geophysics, Science, Tohoku Univ, Sendai, Japan

1. はじめに

関東平野における長周期地震動の発生を正確に評価するためには、関東堆積盆地内の新第三系以降の堆積層の地震波速度の深さ変化を詳細に明らかにする必要がある。しかしながら、深層井での VSP 法調査などを除いて、P 波と S 波を同時に解析対象として、それらの速度の関係を調べた研究の数は限られる。本報告では、堆積層内を伝播する P 波及び S 波の地表-地震基盤間の走時を地震波干渉法によって測定し、この測定結果に基づいて推定した P 波速度と S 波速度の関係の深さ依存性などについて紹介する。

2. データと解析

首都圏地震観測網 (MeSO-net) の地震観測点で得られた 160 の近地地震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、S 波については初動から 10 秒間の SH 成分、P 波については初動から 5 秒間の上下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レスポンス関数 (地盤の地震波反射応答関数) を評価した。さらに、各観測点で得られたレスポンス関数において地震基盤の反射波の波相を検出し、堆積層内を伝播する P 波及び S 波の地表-地震基盤間の往復走時を測定した。

3. 結果

上記のデータ解析により、関東堆積盆地内の 266 地点において、P 波及び S 波の地表-地震基盤間の往復走時 (以下、それぞれ T_p と T_s とする) の測定に成功した。これまで S 波地震波干渉法に関しては多くの研究報告があるが、本研究の結果は、大深度地盤構造探査手法としての P 波地震波干渉法の有効性を示すものであると言える。測定された地表-地震基盤間の往復走時の範囲は、 T_p で 0.5~4.0 s 程度、 T_s で 2.0~8.0 s 程度であった。全ての測定値を用いて T_p と T_s の関係をグラフ化すると、きれいな右肩上がりの比例関係が確認された。グラフの傾きは、左端で 4 程度であるが、 T_p の増大とともに徐々に緩やかになり、右端では 2 弱程度になる。興味深いことに、この T_p と T_s の関係は、岩槻の深層井における VSP 法調査 (Yamamizu 2004) の測定結果に極めて類似するものであった。このことは、岩槻における地震波速度構造を関東堆積盆地の標準的な構造であると指摘した Yoshimoto and Takemura (2014) の報告と整合的である。この結果をもとに、今回の測定結果を解釈すると、堆積層の P 波速度 (V_p) と S 波速度 (V_s) の比は、深さ約 0.5 km 以浅では平均値として 4 程度であるが、深さとともに漸減し、深さ約 2.0 km 以深では 2 弱程度になると言える。

謝辞

本研究では、首都圏地震観測網の地震波形記録を使用しました。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, 関東堆積盆地, 堆積層構造, 地震波速度構造

Keywords: seismic interferometry, Kanto sedimentary basin, sedimentary structure, seismic velocity structure

福島-山形県境地域の地震活動と減衰構造 Seismic activity and attenuation structure in fukushima-yamagata prefectural border area

宮垣 敬一郎^{1*}; 津村 紀子¹
MIYAGKI, Keiichiro^{1*}; TSUMURA, Noriko¹

¹ 千葉大学院理学研究科

¹ Faculty of Science, Chiba University

福島-山形県境地域では、東北地方太平洋沖地震後から急激に地震活動が活発化した。これらの地震の詳細な発生場所とメカニズム、活発化の原因を明らかにするために、防災科学技術研究所が設置している高感度地震観測網 Hi-net の定常地震観測点で得られた M2.0 以上のイベント波形データを解析して、本震前後の期間で詳細な震源決定とメカニズム解を求めた。解析期間は東北地方太平洋沖地震前の 2002 年 6 月 3 日から 2011 年 3 月 10 日と以後の 2011 年 4 月 1 日から 2011 年 8 月 31 日である。その結果、本震発生以後は、それ以前の期間に起こっていた震源域とは異なる領域で活発化しており、それらの震源が 5 つのクラスター状に分布することが分かった。地震活動が活発化した領域の北側には活動度 A、南側には活動度 B の活断層が存在することが知られており、クラスターによっては活断層の断層面の走向・傾斜に近い面状に震源が分布するものがあった。一方で、活断層の断層面と共役な関係にある面状に震源が分布するクラスターも存在した。また、地震活動を詳細にみるとクラスターによっては、時間経過に従って震源が緯度、経度、深さ方向に一定の方向、速度で移動する現象が見られた。また、本震以前、以後ともに逆断層型のメカニズム解をもつ地震が卓越していた。さらに、地震発生にマグマや水が関与している可能性を検討するため、温度や流体の存在などに敏感な指標である Q 値の推定を試みた。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 値を推定する方法を用いた。震源域近傍の 9 観測点で得られた 152 個の地震の P 波・S 波スペクトル 898 個について震源と観測点を結ぶ経路上の平均的な Q_p/Q_s 値を計算した。また、この値を求めるために Tsumura et al.(2000) で推定されたこの地域の Q_p 値も使用した。その結果、震源域から水平方向に 20 km 以内の相対的に近い観測点に向かう経路で高 Q_p/Q_s 値を示した。遠い観測点は低 Q_p/Q_s 値を示すため、この地震活動が活発化した領域の浅部付近に高減衰をもたらす要因があると考えられる。

キーワード: Q 値, 減衰, 福島-山形県境地域, 地震活動, 東北地方太平洋沖地震

Keywords: Q value, attenuation, In Fukushima - Yamagata prefectural border area, seismicity, off the Pacific coast of Tohoku earthquake

国際極年での広帯域地震観測による東南極大陸の地殻・上部マントル構造 Crustal and upper mantle structure of East Antarctica, derived from broadband seismic deployments at the International P

金尾 政紀^{1*}; 坪井 誠司²

KANAO, Masaki^{1*}; TSUBOI, Seiji²

¹ 国立極地研究所, ² 海洋研究開発機構

¹National Institute of Polar Research, ²Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Deployment of broadband seismic stations on the Antarctica continent have been an ambitious project to improve the spatial resolution of seismic data across the Antarctic Plate and surrounding regions. Several international collaborative programs were conducted in Antarctica during the International Polar Year (IPY 2007-2008). The Antarctica's GAMBURTSEV PROVINCE (AGAP; IPY #147), the GAMBURTSEV MOUNTAIN SEISMIC EXPERIMENT (GAMSEIS), a part of AGAP, and the POLAR EARTH OBSERVING NETWORK (POLENET; IPY #185) were major contributions in establishing a geophysical network in Antarctica. The AGAP/GAMSEIS project was an internationally coordinated deployment of more than 30 broadband seismographs over the crest of the Gamburtsev Mountains (Dome-A), Dome-C and Dome-F area. The investigations provide detailed information on crustal thickness and mantle structure; provide key constraints on the origin of the Gamburtsev Mountains; and more broadly on the structure and evolution of the East Antarctic craton and subglacial environment. In addition to the PASSCAL observation system by USA, original coordinated systems were developed by Japan (at Dome-F (GM07) and GM06 stations), as well as by other groups in China and France. Regarding Japanese instrument system, the same sensor and data logger as used by US/PASSCAL were utilized, but the electric power supply system and enclosures were developed independently. Data were recorded in MiniSEED format, a commonly accepted international standard, to ease analysis. Logistical and staff support were provided by the US researchers and staff at AGAP-S camp in the installation of the Japanese stations GM06 and GM07. From GAMSEIS and POLENET data obtained, local and regional seismic signals associated with ice movements, oceanic loading, and local meteorological variations were recorded together with a significant number of teleseismic events. In this presentation, in addition to the Earth's interiors, we will demonstrate some of the remarkable seismic signals detected during IPY that illustrate the capabilities of broadband seismometers to study the sub-glacial environment, particularly at the margins of Antarctica. In future, monitoring stations inland ice plateau of Antarctic, such as Dome-F, firmly attribute a crucial role in the Federation of Digital Seismographic Network (FDSN) in southern high latitude.

キーワード: 南極大陸, 国際極年, 地殻構造, 広帯域地震計, 国際共同観測

Keywords: Antarctica, International Polar Year, crustal structure, broadband seismographs, international project

Seismo-stratigraphy and structure of the Adventure Plateau (Sicily Channel): an example of old data recovery

Seismo-stratigraphy and structure of the Adventure Plateau (Sicily Channel): an example of old data recovery

CIVILE, Dario² ; ALP, Hakan^{1*} ; LODOLO, Emanuele² ; CENTONZE, Jacques²
CIVILE, Dario² ; ALP, Hakan^{1*} ; LODOLO, Emanuele² ; CENTONZE, Jacques²

¹Istanbul University Department of Geophysics, ²Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale

¹Istanbul University Department of Geophysics, ²Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale

We present here a seismo-stratigraphic and structural study of the Adventure Plateau, the north-westernmost sector of the Sicily Channel. This bank, where water depths do not generally exceed 150 m, is the shallowest part of the whole Sicily Channel, with relief which sometime rises up to less than 50 m. This analysis is based on a large set of multichannel seismic profiles and well information acquired mostly for commercial purposes in the 70s and 80s. Despite the general poor quality and consistency of the data used, it was possible to draw with sufficient detail the various seismo-stratigraphic sequences, calibrated with well information. The sedimentary sequence crossed by wells in the Adventure Plateau comprises deposits ranging from Triassic to Plio-Quaternary. A broad lithological distinction can be made between the sequences ranging from Triassic to Middle Miocene, predominantly carbonate, and the sequences ranging from Tortonian to Quaternary, predominantly siliciclastic. Moreover, we observe in the wells the presence of various hiatuses, particularly at the top of the Miocene and at the Early Jurassic. Three main structural domains have been identified within the Adventure Plateau: (a) a compressional belt in the N-W part of the bank, deformed during Middle-Late Miocene, and corresponding to the SW-trending offshore part of the Maghrebian Chain; (b) the Adventure foredeep of the Maghrebian Chain, located in the central part of the bank, and filled by over 2000 m of siliciclastic Late-Miocene to Quaternary deposits; (c) the Adventure foreland of the Maghrebian Chain, corresponding to the S-W part of the bank, affected from the Early Pliocene by a strong extensional phase associated to the Pantelleria Graben rifting. The eastern boundary of the Adventure Plateau is part of a broadly NS-trending, lithospheric-scale transfer zone which separates the Sicily Channel into two distinct sectors. This study shows the potential and capability of old data in areas where there is scarce geophysical knowledge. They represent an important source of information, especially for the shallow water areas of the Sicily Channel that are still poorly known in terms of geology and stratigraphy.

キーワード: Sicily Channel, Adventure Plateau, seismo-stratigraphy, synthetic seismograms, structural setting
Keywords: Sicily Channel, Adventure Plateau, seismo-stratigraphy, synthetic seismograms, structural setting