

石狩低地東縁断層帯周辺の比抵抗構造 (3)

Resistivity structure around the Ishikari-teichi-toen fault zone, Hokkaido, Japan (3)

山谷 祐介^{1*}, 茂木 透², 本多 亮², 長谷 英彰¹, 鈴木 敦生², 橋本 武志², 上嶋 誠¹

YAMAYA, Yusuke^{1*}, MOGI, Toru², HONDA, Ryo², HASE, Hideaki¹, Atsuo Suzuki², HASHIMOTO, Takeshi², UYESHIMA, Makoto¹

¹ 東京大学地震研究所, ² 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

¹ERI, Univ. Tokyo, ²ISV, Fac. Sci., Hokkaido Univ.

In order to understand source processes of inland earthquake, it is important to reveal a crustal structure and distribution of fluids beneath the fault zone. Resistivity sounding using magnetotelluric (MT) method can detect resistivity structure down to a few dozen km, depending on a frequency band, and resistivity is a sensitive quantity to the presence of fluids. The Ishikari-teichi-toen active fault zone is located on the eastern edge of Ishikari lowland. This region corresponds to the geological and tectonic boundary between the central and southwestern Hokkaido, and is realized as a strain concentration zone compressed in the E-W direction. In order to image a resistivity structure including the lower crust, the MT survey was carried out in this region.

Prior to a 2-D analysis, we calculated MT responses by 3D resistivity model assuming the ocean and conductive sediments, in order to estimate the effect due to low resistivity of the ocean. As a result, a significant effect was clarified in TE mode at a frequency band below 0.03 Hz. Therefore, 2-D analysis treated the TM mode of a whole frequency band and TE mode above 0.03 Hz. The 2-D resistivity inversion code developed by Ogawa and Uchida (1996) estimated resistivity sections along four survey lines that were perpendicular to the fault zone.

The four inverted resistivity sections indicated a similar tendency, which consisted of three layers; resistive (0-2 km), conductive (2-7 km) and resistive (>7 km). The structure shallower than 7 km was consisted with seismic velocity structure, showing characteristics of the detachment and fold due to the thrusting activity. The conductive layers are significant (<10 ohm-m) below the middle part of the lowland but they do not extend to the east beyond the fault zone. This boundary can correspond to the extension of the main fault and be interpreted as a detachment of thrusting structure. The deeper part was almost uniform resistivity of a few ohm-m, except the conductor at the southwestern part, which was probably related to the activity of the Shikotsu caldera. On the other hand, the conductor implying fluids in the crust was not found beneath the fault zone. However, the MT response including such structure (i.e. deep conductor) could be removed during the 2-D analysis, because we reduced the MT data to prevent the sea effect, which was caused by the conductive seawater surrounding the study area. A full 3-D inversion analysis can resolve this problem effectively.

キーワード: ひずみ集中帯, 石狩低地東縁断層帯, 比抵抗構造, マグネトテルリック

Keywords: high strain rate zone, Ishikari-teichi-toen fault zone, resistivity structure, magnetotelluric

広帯域MT観測から推定される南東北地方の比抵抗構造(2)

Resistivity structure in southern Tohoku region inferred from Wide-band MT surveys (2)

長谷 英彰^{1*}, 坂中 伸也¹, 小山 崇夫¹, 上嶋 誠¹, 渡邊 篤志¹, 宮川 幸治¹, 芹澤 正人¹, 小山 茂¹, 山谷 祐介¹
HASE, Hideaki^{1*}, SAKANAKA, Shin'ya¹, KOYAMA, Takao¹, UYESHIMA, Makoto¹, WATANABE, Atsushi¹, Koji Miyakawa¹,
Masato Serizawa¹, Shigeru Koyama¹, YAMAYA, Yusuke¹

¹ 東京大学地震研究所, ² 秋田大学

¹Earthquake Research Institute, Tokyo University, ²Akita University

In the tectonic zone, dehydrated fluid from a subducted oceanic plate is estimated to be localized in the crust and the upper mantle. It is considered that identifying the localized fluid is the critical key to clarify the mechanism of tectonic zone. Therefore, measuring of electrical resistivity structure which is highly sensitive to fluid, is thought to be contributing to clarify the mechanism of the tectonic zone. We started wideband magnetotelluric (MT) surveys in the northeastern margin of Japan sea tectonic zone since 2008. In 2010, we performed 27 MT surveys on YNZ line (Murakami, Niigata <-> Soma, Fukushima) from east to west in the southern part of Tohoku region. The surveys have been continued about 20 days at each site by using 12 measurement devices (11 of ADU07 [Metronix Geophysics] and a MTU [Phoenix Geophysics]). We obtained impedance responses by using the robust code of BIRRP (Chase and Thomson, 2004), and estimated 2D resistivity structure by using a 2D inversion code (Ogawa and Uchida, 1996). 2D models from TE and TM modes show a conductive part (C1) between two resistive parts (R1, R2) in the middle of the survey line. The C1 is located at the volcanic front, which can image that the C1 is partial melts or hydrothermal area.

キーワード: MT 調査, 比抵抗構造

Keywords: MT survey, resistivity structure

海陸地震観測網から推定される新潟県周辺における応力場の空間分布 Spatial distribution of stress field around Niigata prefecture inferred from a marine and land seismic network

真保 敬^{1*}, 町田 祐弥¹, 篠原 雅尚¹, 山田 知朗¹, 望月 公廣¹, 金沢 敏彦¹

SHINBO, Takashi^{1*}, MACHIDA, Yuya¹, SHINOHARA, Masanao¹, YAMADA, Tomoaki¹, MOCHIZUKI, Kimihiro¹, KANAZAWA, Toshihiko¹

¹ 東大地震研

¹ ERI

日本海東縁部にはひずみ集中帯が存在し、規模の大きな地震が何度も発生している (Sagiya et al., 2000)。そのような地震の発生メカニズムやひずみ集中帯の形成過程を解明するためには、詳細な震源分布を把握し、その領域での起震応力場を推定することが重要である。最近では、2004年中越地震や2007年中越沖地震の余震の震源メカニズムを用いて、震源域周辺の応力場の推定が行われた (例えば, Kato et al., 2006; Imanishi et al., 2006; Imanishi and Kuwahara, 2009)。陸上観測点のみで沖合いの地震の震源を精度良く決定することは難しいため、それらを用いて新潟県周辺海域における応力場を正確に推定することは困難である。しかしながら、海底地震計を用いることによって海底下で発生した地震の震源を精度良く決定することにより、正確な応力場を推定できると考えられる。真保・他 (2010) は、新潟県上越沖に設置した長期観測型海底地震計 10 台をと陸上の定常観測点を用いて 2008 年 12 月から 2009 年 10 月までに発生した地震の震源決定を行い、その発震機構解を決定した。本研究では、これらの発震機構解を用いて応力テンソルインバージョンを行い、2004 年中越地震の震源域から新潟県周辺海域までの応力場の空間分布を調べる。

応力場の解析には Hardebeck and Michael (2006) の手法を用い、主応力軸を求めた。その結果、最大主応力軸は、北西-南東方向ないしは西北西-東南東方向を向いており、その傾斜角は水平に近くなっていることがわかった。また、最小主応力軸は、2007 年中越沖地震の本震付近で水平に近いが、2004 年中越地震の震源域周辺や新潟県周辺海域ではほぼ鉛直になっている。このことから、2007 年中越沖地震の本震付近で横ずれ型の応力場になっているが、他の領域では逆断層型の応力場になっていることを示しており、応力場が局所的に変化していることを示唆する。

1964年新潟地震震源域における浅部速度構造

P-wave velocity structure model in a shallow part around the source area of the 1964 Niigata earthquake

町田 祐弥^{1*}, 真保 敬¹, 篠原 雅尚¹, 望月 公廣¹, 山田 知朗¹, 金沢 敏彦²

MACHIDA, Yuya^{1*}, SHINBO, Takashi¹, SHINOHARA, Masanao¹, MOCHIZUKI, Kimihiro¹, YAMADA, Tomoaki¹, KANAZAWA, Toshihiko²

¹ 東京大学地震研究所, ² 防災科学技術研究所

¹ERI, Univ. Tokyo, ²NIED

At the eastern margin of the Japan Sea, large earthquakes have been occurred (e.g., 1964 Niigata earthquake, the 1983 Japan Sea earthquake, the 2004 Chuetsu earthquake and the 2007 Chuetsu-oki earthquake) along the Niigata-Kobe Tectonic Zone (NKTZ). The NKTZ is recognized as a region of large strain rate along the Japan Sea coast and in the northern Chubu and Kinki district. Among these events, the 2004 Chuetsu earthquake and the 2007 Chuetsu-oki earthquake is triggered by reactivation of pre-existing faults within ancient rift systems by stress loading through a ductile creeping of the weak lower crust (Kato et al., 2008). Because the tectonic zone is thought to be spread in offshore region, it is difficult to understand a precise activity of the tectonic zone from only land-base observations. To compare the seismic activity with the crustal structure in the region is indispensable to understand the stress field in the tectonic zone and the tectonics in the eastern margin of the Japan Sea. In order to understand precise seismic activities in the NKTZ, especially in offshore region, we installed Ocean Bottom Cabled Seismometers (OBCSs) in the source region of the 1964 Niigata earthquake in 2010 (Shinohara et al., 2010). The OBCS system has a length of 25 km and 4 OBCSs were developed with 5 km interval. The OBCSs have three accelerometers as seismic sensor. In 2011, a seismic survey using airgun and OBCSs was carried out to obtain a seismic velocity model. To understand a precise crustal structure is necessary for precise earthquake locations. The precise seismic activities may contribute to understand a current state of the source region of the 1964 Niigata earthquake. In this study, we construct a P-wave velocity model below each OBCS using the tau-p mapping and the tau-sum inversion method (Stoffa et al., 1981; Shinohara et al., 1994). Then we estimate proper station corrections each OBCS for earthquake location.

キーワード: ひずみ集中帯, 1964年新潟地震, ケーブル式海底地震計, 地殻構造

Keywords: High strain rate zone in Japan, The 1964 Niigata earthquake, Ocean Bottom Cabled Seismometer (OBCS), Crustal structure

ひずみ集中帯地殻構造探査:2012年六日町-直江津測線

Crustal structure of the fold-and-thrust belt, Chuetsu, central Japan: result of 2012 Muikamachi-Naoetsu seismic survey

佐藤 比呂志^{1*}, 阿部 進², 河合 展夫³, 加藤 直子¹, 石山 達也¹, 岩崎 貴哉¹, 斉藤 秀雄², 白石 和也², 稲葉 充³, 川本友久⁴
SATO, Hiroshi^{1*}, ABE, Susumu², KAWAI, Nobuo³, KATO, Naoko¹, ISHIYAMA, Tatsuya¹, IWASAKI, Takaya¹, SAITO, Hideo², SHIRAIISHI, Kazuya², Inaba Mitsuru³, Kawamoto Tomohisa⁴

¹ 東京大学地震研究所, ² 地球科学総合研究所, ³ 石油資源開発(株), ⁴ 国際石油開発帝石(株)

¹Earthquake Research Institute, Univ. Tokyo, ²JGI, Inc., ³Japan Petroleum Exploration Co., Ltd., ⁴INPEX Corp.

はじめに:文部科学省が実施している「ひずみ集中帯の重点観測・研究」の一環として、新潟地域を中心に地殻構造探査を実施してきた。このプロジェクトでは、2012年まで新潟地域の計5測線について地殻構造探査を実施する予定である。探査の目的は、厚い(7km)堆積層の下に位置する震源断層の位置・形状を明らかにすることと、褶曲断層帯の形成をもたらした短縮変形が集中するメカニズムを明らかにすることである。2011年には、2004年中越地震震源域南方の六日町から十日町を経て直江津にいたる70kmの区間で、海陸統合地殻構造探査を実施した。

2011年六日町-直江津測線:2011年の測線は、六日町から西へ魚沼丘陵・十日町・東頸城丘陵を横断し、高田平野沖に至る延長55kmの区間に50m間隔で受振器を設置した。また、直江津から沖合に25m間隔で受振器が装着されている海底ケーブルを9km区間渡って展開した。海域では3020 cu. inchのエアガン、陸上では大型パイプロサイズ4台を用いて発震を行った。海域での発震作業は海岸から19kmの沖合まで実施し、測線長は70kmとなる。この他、計15点で、ダイナマイト(100kg)、パイプロサイズ・エアガンの集中発震点を配置した。発震は総計1473チャンネルの固定展開で収録された。実験は、2011年8月下旬から9月上旬に実施した。

反射断面と速度構造:長大オフセットによって得られた発震記録をもとに、屈折波トモグラフィー解析によって測線中央部で地下10km程度までの速度構造が明らかになった。先第三系のほぼ上面に相当するP波速度5.4km/sより大きな弾性波速度を示す領域は、東部の越後山地では地表近傍に位置するが、六日町断層の隆起側で大きく低下し、魚沼丘陵西部で約6kmの深度となる。東頸城丘陵下では、5kmから7kmの間に分布し、全体としては東頸城丘陵の西部から高田平野下にかけて凸型の形状を示す。反射法断面の解析においては、石油公団が実施した反射法地震探査の記録も含めて解析し、良好な反射法深度断面が得られた。

地質学的な解釈:ボーリング資料も含めて、地質構造の解釈を行い、構造断面を作製した。基盤岩中には低?中角度の逆断層が形成され、全体の短縮構造を形成している。とくに、下部寺泊層でデタッチメントが存在し、上部中新統?鮮新統を能動層として褶曲が発達している。こうしたデタッチメントの介在により、堆積層下の震源断層と活褶曲・活断層の関係は単純ではなく、デタッチメントを介した乖離を示している。

高田平野東縁における高分解能反射法地震探査

High-resolution seismic reflection profiling in the eastern margin of Takada plain, central Japan

加藤 直子^{1*}, 佐藤 比呂志¹, 石山 達也¹, 蔵下 英司¹, 越谷 信², 戸田 茂³, 豊島 剛志⁴, 斉藤 秀雄⁵, 白石 和也⁵, 阿部 進⁵, 北村 重浩⁶, 中山 貴隆⁶, 脇田 懸³, 品田 航也⁴

KATO, Naoko^{1*}, SATO, Hiroshi¹, ISHIYAMA, Tatsuya¹, KURASHIMO, Eiji¹, KOSHIYA, Shin², TODA, Shigeru³, TOYOSHIMA, Tsuyoshi⁴, SAITO, Hideo⁵, SHIRAIISHI, Kazuya⁵, ABE, Susumu⁵, KITAMURA, Shigehiro⁶, NAKAYAMA, Yoshitaka⁶, Kakeru Wakita³, Kouya Shinada⁴

¹ 東京大学地震研究所, ² 岩手大学工学部, ³ 愛知教育大学教育学部, ⁴ 新潟大学理学部, ⁵ 地球科学総合研究所, ⁶ 東京大学大学院理学系研究科

¹ERI, Univ. of Tokyo, ²Civil and Envir. Eng., Iwate Univ., ³Aichi University of Education, ⁴Faculty of Science, Niigata Univ., ⁵JGI, Inc., ⁶Graduate School of Science, Univ. of Tokyo

文部科学省プロジェクト「ひずみ集中帯の重点的観測・研究」の一環として、直江津-六日町測線において震源断層のイメージングを目的とした地殻構造探査が実施された(佐藤ほか, 2012)。この探査は、上部地殻全体の大まかな構造のイメージングに焦点を当てているため浅層部の地質構造に対しては分解能が低い。このため活断層が分布すると報告されている高田平野東縁において浅層部の詳細な地質構造を明らかにするために高分解能反射法地震探査を行った。上越市東部の高田平野東縁には活断層である高田平野東縁断層(活断層研究会, 1980; 渡辺ほか, 2009 など)が分布する。

高分解能反射法地震探査を行った期間は2011年8月下旬で、測線は上越市大潟区潟田から吉川区東鳥越に至る約7km区間である。震源は中型のパイロサイズ2台を使用した。受振点間隔は12.5mで計541チャンネルの固定展開でデータを取得した。受振システムは地震研究所のオフラインレコーダ(LS8200SD)とJGI製MS2000を用いた。発震点間隔は12.5m、スイープ周波数は8-80Hz、標準スイープ回数は2回である。レコーディングのサンプリング間隔は4 msecで記録長は5 secとした。得られたデータに関して反射法地震探査は共通反射点重合処理法により解析を行った。

反射法では約2 kmまでのイメージが得られ、全体的には緩やかな非対称の背斜構造が示された。この背斜構造の中には楔状断層(wedge thrust)が見られる。大局的な構造はより深く位置する主断層が伏在し、浅層部の楔状断層は2次的な断層であると考えられる。主断層の存在は大深度探査の結果と調和的である。

ボーリング調査による高田平野東縁断層帯の上下平均変位速度 Late Pleistocene uplift rate across the eastern margin fault zone of the Takada-heiwa based on borehole drillings

廣内 大助^{1*}, 石山 達也², 鈴木 毅彦³, 今泉 俊文⁴, 佐藤 善輝⁵, 丸山 陽央⁶, 細矢 卓志⁷, 橋本 智雄⁷

HIROUCHI, Daisuke^{1*}, ISHIYAMA, Tatsuya², SUZUKI, Takehiko³, IMAIZUMI, Toshifumi⁴, SATO, Yoshiki⁵, MARUYAMA, Haruhiro⁶, HOSOYA, Takashi⁷, HASHIMOTO, tomoo⁷

¹ 信州大学, ² 東京大学地震研究所, ³ 首都大学東京, ⁴ 東北大学, ⁵ 九州大学, ⁶ 名古屋大学, ⁷ 中央開発株式会社

¹Shinshu UNIV., ²Tokyo UNIV., ³Tokyo metropolitan UNIV., ⁴Tohoku UNIV., ⁵Kyushu UNIV., ⁶Nagoya UNIV., ⁷Chuo kaihatsu Corporation

1. はじめに

高田平野は東北日本弧日本海側南部における第三系以降の大規模変動帯に位置する。平野西方には西頸城丘陵, 東には関田山地が分布し, 両者はいずれも第三系の大規模褶曲構造によって形作られている。これらに挟まれる高田平野と両山地との境界付近には, 渡辺ほか(2002), 池田ほか(2002)によって, 段丘面に変位を与え, 平野を低下させるセンスの大規模活断層が平野の東西両縁に認定された。一方これら断層の後期更新世における変位量や変位速度といった活動性に関する資料は非常に少なく, 上盤側における平山面の変形などから変位量を見積もった藤本(1999), 藤本・早津(1999)や渡辺ほか(2003)があり, 下盤側の指標を捉えて変位速度を認定した研究は, 断層帯南部で渋江川火砕流堆積物(早津ほか, 1994)の変位量 60-70mを見積もった吾妻ほか(2006)のみである。ひずみプロジェクトによる廣内ほか(2010)では, 平野西縁において, 群列ボーリング調査を実施し, 平山面と MIS5e 相当の海成層がやく 80m 以上の上下変位を持ち, 上下方向の変位速度はおおよそ 1m/ky であることを明らかにしている。

これに続いて本研究では, 平野東縁において, 断層を挟んで複数のボーリングを実施し, 既存の試錐資料とあわせながら, 高田平野東縁断層帯の変位量など活動性を明らかにすることを目的として調査を行った。本研究は文部科学省「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たものである。

2. 高田平野東縁断層帯周辺の変位地形と調査地点

高田平野東縁断層帯は, 東傾斜, 東側隆起の活断層であり, 断層帯の北部では南北走向で, 隆起側の平野丘陵境界付近に, 小規模な段丘面を形成しながら連続し, その北端は日根津付近まで認定されている(渡辺ほか, 2002)。その北部には MIS5 相当の海成段丘の原之町面(平山面相当)が広く分布する。この段丘面は開析を受けるものの, 北~西へ向かって緩やかに低下し, 日根津の北延長から西には分布しないことから, 段丘の西端より西に東側隆起, 東傾斜の断層が推定される。本研究では, 原之町面の露頭調査並びに低下側などで断層推定位置を横切る計 5 本のボーリング調査(TK-E1~5)を実施した。

3. 露頭・コアの層相と産出する指標テフラ

断層の上昇側に位置する原之町段丘原之町地区では, 約 1.7m のローム層が分布し, その下位には湿地~ラグーン相のシルト~微細砂層が連続する。風成ローム層中の深さ 1.3 m-1.4m より, K-Tz(鬼界葛原)テフラが産出し, さらに上位には斜方輝石や角閃石の屈折率や主成分分析の結果, DKP(大山倉吉)と Nm-KN(沼沢金山)テフラが認められた。原之町面の形成時期は, K-Tz の下位に約 30cm の風成ロームがあること, 段丘面の分布は広く, 海進に対応したと考えられる粘土やシルトなどの堆積物が分布することなどから, MIS5e 相当と考えられる。一方低下側のコアは解析中であるが, MIS5 に相当する可能性が高いラグーン相の堆積物などが確認できる。テフラの分析などを行い, 当日発表予定である。低下側コアの MIS5 に対比される可能性のある堆積物は, 標高-40 m~-50 m 付近に認められる。原之町段丘面の標高を約 25 m として単純に計測した上下変位量は約 65 m である。今後コアのテフラや堆積環境解析を行い, 断層低下側層序の詳細対比など検討し, また地下構造探査の結果も踏まえながら, 高田平野東縁断層帯の上下平均変位速度を検討する。

キーワード: 高田平野東縁断層帯, 平均変位速度, 活断層, 高田平野, 群列ボーリング

Keywords: the eastern margin fault zone of the Takada-heiwa, sliprate, active fault, Takada-plain, borehole drillings

鳥越断層の高精度反射法地震探査による地下構造 High resolution seismic reflection profiling across the Torigoe fault, central Japan

石山 達也^{1*}, 加藤 直子¹, 佐藤 比呂志¹, 越谷 信², 豊島 剛志³, 越後 智雄⁴, 小林 健太³, 戸田 茂⁵, 今泉 俊文⁶, 岡本 貴太⁷, 入谷 正人⁷, 田中 麻衣⁷, 小野寺 智也², 畠山 拓也², 照井 匡子², 小池 太郎⁸
ISHIYAMA, Tatsuya^{1*}, KATO, Naoko¹, SATO, Hiroshi¹, KOSHIYA, Shin², TOYOSHIMA, Tsuyoshi³, ECHIGO, Tomoo⁴, KOBAYASHI, Kenta³, TODA, Shigeru⁵, IMAIZUMI, Toshifumi⁶, OKAMOTO, Takahiro⁷, IRITANI, Masato⁷, TANAKA, Mai⁷, Tomoya Onodera², Takuya Hatakeyama², Tadako Terui², KOIKE, Taro⁸

¹ 東京大学地震研究所, ² 岩手大学工学部, ³ 新潟大学理学部地質学科, ⁴ 財団法人地域地盤環境研究所, ⁵ 愛知教育大学, ⁶ 東北大学理学研究科地学専攻, ⁷ 新潟大学大学院自然科学研究科, ⁸ 株式会社ジオシス

¹ERI, University of Tokyo, ²Faculty of engineering, Iwate University, ³Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University, ⁴Geo-Research Institute, ⁵Aichi Educational University, ⁶Department of Geosciences, Tohoku University, ⁷Graduate School of Science and Technology, Niigata University, ⁸Geosys, Inc

新潟堆積盆地に発達する褶曲・衝上断層帯のうち、東頸城丘陵北部（いわゆる西山中央油帯）は、北北西走向の軸跡を有する非常に複雑な複背斜構造を呈している。2010年に行われた深部構造探査・三島-東山測線とその地質学的な解釈から、この構造が地下深部に存在する東傾斜の低角な衝上断層とそこから分岐する西傾斜の比較的高角な逆断層群の上盤側に形成された複背斜構造であること、過剰間隙水圧下にある寺泊層の延性変形によってデタッチメント褶曲が形成されており、浅部の構造をより複雑にしていることなどが明らかになった（佐藤ほか, 2011）。鳥越断層は東頸城丘陵北部と越後平野の地形・地質境界に位置し、第四紀後期の地形面を累積的に変形させることから地形・地質の構造的な落差に寄与した主要な活断層である。三島-東山測線の結果によれば、西傾斜の逆断層である鳥越断層は地下約10kmで東傾斜の衝上断層に収斂する。一方でその先端部は非常に複雑な分岐構造を呈しており、浅部の複雑な構造や変動地形と深部構造を結びつけて論じるためには地下浅部の高解像度イメージングを行う必要がある。そこで、筆者らは文部科学省「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究」の一環として、鳥越断層を横断する測線において浅部の高解像度反射法地震探査を実施した。本実験では、東京大学地震研究所所有のマルチチャンネル陸上反射法地震探査システム GDaps-4（（株）地球科学総合研究所製）および小型バイブレーター震源 T-15000（IVI社製）を用いた。測線は長岡市高瀬町から同鳥越の約6.1km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：10m、展開チャンネル数：200ch、スイープ長：24sec、スイープ周波数：10-100Hz、地震計固有周波数：10Hz、記録長：3sec、サンプリング間隔：2msec、平均垂直重合数：5-7、平均水平重合数：110。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、鳥越断層およびその下盤側の地下1.5kmまでのイメージが取得できた。それによれば、鳥越断層上盤側の複背斜構造が下盤側の地層に衝上する様子が確認出来る。さらに、断層下盤側の地層は緩やかな背斜・向斜構造を呈しており、これらは南北に分布する活褶曲が沈下して測線付近でオーバーラップしていることを示唆する。今後は変動地形・表層地質・ポーリング層序・既存の反射断面などを併用して、鳥越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。

キーワード: 鳥越断層, 活断層, 活褶曲, 反射法地震探査, 新潟

Keywords: Torigoe fault, active fault, active fold, seismic reflection profile, Niigata

新潟地域における高分解能な地震波速度構造と地震活動との関係

Improved, high-resolution underground velocity structure in the Niigata region and its relation with seismicity

Enescu Bogdan^{1*}, 武田 哲也¹, 浅野 陽一¹, 小原 一成², 関口 涉次¹, 佐藤 比呂志²

ENESCU, Bogdan^{1*}, TAKEDA, Tetsuya¹, ASANO, Youichi¹, OBARA, Kazushige², SEKIGUCHI, Shoji¹, SATO, Hiroshi²

¹ 防災科学技術研究所, ² 東京大学地震研究所

¹National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, ²Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

Niigata area is part of a broader region, located in the central and north-eastern part of Japan, known for its high strain rates (Sagiya et al., 2000). To have a detailed understanding of the seismotectonic characteristics in the Niigata region, we have installed a dense temporary network of 300 seismic stations, which started functioning from 2008. In a previous tomography analysis (Enescu et al., 2011) we have revealed the undulated surface of the basement rock, hidden under a thick low-velocity layer of Neogene sediments and volcanic extrusions that form the Niigata basin. The earthquake locations, inverted together with the velocity structure, became systematically shallower, in agreement with results reported before (e.g., Kato et al., 2009).

In this study, we have used additional very deep earthquakes to better constrain the basement structure. The data consists of 1805 crustal events that have 151,780 P-wave and 169,696 S-wave arrivals, recorded at 434 temporary and permanent seismic stations. We have also manually picked deep earthquakes, with magnitudes larger than 3.5, which occurred within the subducting Pacific plate and have depths between 80 and 280 km. We have given ten times additional weight to the deeper events. The tomography inversion is conducted using the tomoDD software (Zhang and Thurber, 2003). The horizontal and vertical grid spacing were of 5 ~ 10 km and 2 ~ 10 km, respectively.

Due to the inclusion of deep earthquake picks, the velocity image of middle to lower crust was improved. The clearest feature of our velocity model is the undulated surface of the basement rock extending from SW to NE. Compared with the results we have reported previously, the undulated structure could be imaged further to the north-east, beneath the Niigata basin. The obtained results indicate that the majority of the earthquakes are located in regions where the P-wave velocity ranges from 5.5 to 6.5 km/sec. Most of the events occur on the flanks of the low-velocity region; in the basin area (of low-velocity) and the undulated basement underneath there is almost no seismicity. However, a few earthquakes do occur in the deeper region (at depths below 15 km). The earthquake activity from 2001 to present (Hi-net catalog) confirms these features. In particular, the aftershocks of the 2004, M6.8 and 2007, M6.8 Niigata earthquakes, as well as the more recent seismic activity following the M6.7 Nagano earthquake (April, 2011) are all located either on the flanks of the low-velocity region or slightly further apart. A high velocity body (i.e., P-wave velocity larger than about 6.5 km/s) is imaged below the central axis of the rift-like structure, similar with results reported by Kato et al. (2009). However, the high velocity body appears to be present only in the central part of our study region, in-between the aftershock distributions of the 2004 and 2007 Niigata aftershock sequences. Only a few earthquakes occur within the higher velocity region. The existence of the higher velocity body constrains the lower limit of the seismogenic region. The detailed mapping of the rift-like structure helps understanding where and why large earthquakes nucleate.

長野県北部地震の地殻変動と栄村・津南町 - 松之山地域の地震テクトニクス Crustal movement of North Nagano earthquake and seismotectonics of the Sakae - Tsunan - Matsunoyama district

伊藤 優花^{1*}, 竹内 章¹

ITO, Yuka^{1*}, TAKEUCHI, Akira¹

¹ 富山大学大学院理工学教育部

¹ Graduate school of Science and Engineering for Education, University of Toyama

2011年3月11日14:46宮城県沖でM9.0の東北地方太平洋沖地震が発生し、この地震に誘発されるように、翌3月12日午前3:59長野県と新潟県の県境で深さ8kmを震源とする、M6.7の長野県北部地震が発生した。今回は、この「誘発地震」にかかわる震源断層面の特徴、電子基準点の変位を検討した結果を報告する。

震源域周辺のGPS電子基準点の解析結果(国土地理院, 2011)によれば、長野県北部地震により「松之山」では北東へ39.3cm、「長野栄」では北に4.2cmの水平移動が報告されている。また、震源メカニズム解は3月12日の本震は逆断層型の地震であり、中越地震や中越沖地震と同様であった。本研究では、電子基準点の地震時の詳細な挙動を明らかにすることを試みた。

まず、電子基準点の変位を詳細に明らかにするためにGEONETのGPSデータを解析した。時系列解析より、東北地方太平洋沖地震と長野県北部地震の影響による変位を分離してとらえることができ、長野県北部地震のみで生じた変位は、「松之山」では北方向に35.6cm、東方向に20.2cm、30.0cmの隆起、「長野栄」では北方向に7.7cm、西方向に9.0cm、10.4cmの隆起の変位が見られた。

つぎに、余震分布より断層面を推定し、断層運動により地表に生じる変位計算を行った。

余震が面的な分布から想定される断層面の姿勢はN58°W 38°Eであった。信濃川左岸側ではこの走向の活断層が知られているが、地表地震断層が想定される右岸南方山地に活断層の分布は知られていない。また、過去の震源メカニズム解より、長野県北部地震の震央および周辺地域では、NW-SE圧縮であることが知られており、十日町断層の南方延長部が活動した可能性も考えられた。

そこで、DCSTN(岡田, 1992)により、断層運動によって地表に生じる変位計算を行ったが、期待されるNE-SW走向の逆断層では、この変位は説明できなかった。ほかに、どのような断層を仮定しても、北東または北に大きく変位した電子基準点の変位の原因と言える断層モデルは見つからなかった。それゆえ、長野県北部地震本震時の地殻変動については断層運動ではなく、地盤の局所的な挙動が考えられる。ひとつの可能性として、北部フォッサマグナ東縁と中央隆起帯西縁の交点を特徴づける松之山ドームにおける高速変形(不均等な隆起沈降)があげられ、原因にはジオプレッシャーに関係する流体移動が考えられる。

キーワード: 長野県北部地震, 電子基準点, 断層, 松之山ドーム, ジオプレッシャー

Keywords: North Nagano earthquake, GEONET, faults, Matsunoyama dome, geopressure

新潟南部地域における GNSS 連続観測網の構築 GNSS continuous observation network in southern Niigata Prefecture

吉見 雅行^{1*}, 松浦友紀², 森俊行³
YOSHIMI, Masayuki^{1*}, Yuki Matsuura², Toshiyuki Mori³

¹ 産業技術総合研究所 活断層・地震研究センター, ² 日立造船株式会社, ³ ジオサーフ株式会社

¹Geological Survey of Japan, AIST, ²Hitachi Zosen Corp., ³GEOSURF Corp.

新潟県柏崎市から南魚沼市に至る東西 50 km 南北 15km 程度の範囲にて 30 観測点からなる観測点間距離 5km 程度の GNSS 連続観測網を構築した。受信機は Leica geosystems GR10, アンテナはレドーム一体型の AR10 である。観測点は鉄筋コンクリート造の小中学校・高等学校・公民館の屋上壁面固定もしくは地上設置とした。当地域は豪雪地帯であるが冬期間でも観測を継続するため壁面固定観測点のアンテナは屋上面より 1m 以上上方になるよう設置した。観測網の全観測点の観測開始日は 2011 年 12 月 9 日である。

データ解析はソフトウェア Bernese Ver5.0 を用いて次のように行った。30 秒サンプリングのデータを用い、仰角 15 度以上の衛星のみを採用した。1 日 (UT0 時?24 時) を単位とし、各観測点の日座標値を ITRF2005 座標系に準拠して計算した。GPS データについては、周辺の GEONET 観測点と遠方の IGS 観測点のデータを用いて解析した。使用暦は IGS 発行の最終暦とした。新潟周辺の観測点網には固定点を置かず、十分遠方の IGS 観測点 6 点の座標値を強く拘束して解いた。対流圏パラメータは 1 時間ごとに推定した。また GPS と GLONASS データの統合解析も実施した。これについては、観測点網のみのデータを用いている。

観測網全体が東方向に移動する結果が得られた。観測網内部の変位のバラツキなどはまだ把握できない。今後数年間の観測を行い、当地域の地殻変動の地域特性を把握していく予定である。

本研究は独立行政法人原子力安全基盤機構の新潟工科大学敷地内における深部地震動観測システムプロジェクトの一環である「柏崎深部地震動観測サイト周辺の広域地下構造調査」の一部として実施した。

キーワード: GPS, 地殻変動

Keywords: GPS, crust deformation



ひずみ集中帯地域における浅部・深部統合地盤モデルの構築

Construction of integrated velocity model of shallow and deep structure in the high strain rate zone

先名 重樹^{1*}, 前田宜浩¹, 稲垣賢亮², 松山尚典², 森川信之¹, 藤原広行¹

SENNA, Shigeki^{1*}, Takahiro Maeda¹, Yoshiaki Inagaki², Norihiro Matsuyama², Nobuyuki Morikawa¹, Hiroyuki Fujiwara¹

¹ 防災科研, ² 応用地質(株)

¹NIED, ²OYO corp.

1. はじめに

強震動予測を高度化するためには、0.1秒から10秒程度の広帯域の地震動特性を評価できるような地盤モデルの構築が重要な課題の1つである。そのためには、これまで別々にモデル化を実施してきた浅部地盤モデルと深部地盤モデルを統合し、観測記録を再現できるようなモデルの作成を進めていくことが不可欠である。しかしながら、双方の地盤モデルを単純に結合して利用することになれば、浅部と深部地盤の両方に影響のある周期付近(0.5~2秒)を十分説明できるモデルを再検討した上で作成する必要があるため、ボーリングデータの収集と、接続する周期帯を説明する上で重要な微動データを収集し、浅部・深部を接合した上での地盤モデルの再検討が必要である。本研究では、山形県全域において、面的に詳細な常時微動探査を実施し、浅部・深部統合モデル(初期地質モデル)を作成した。また、新潟県全域においては、昨年実施した初期地質モデルおよびS波速度構造を見直し、浅部・深部統合地盤モデルの高度化を行った。

2. 微動観測と初期地質モデルの作成および地震動データ等の収集

山形県全域において、主に小・中・高校の敷地を利用した単点による微動観測(合計435地点)と、K-net、KiK-net、自治体の震度観測地点において微動アレイ観測(合計45地点)をそれぞれ実施した。観測には水平2成分上下動1成分およびロガー(LS-7000XT)が装備された微動観測装置JU-210およびJU-215(白山工業社製)を用いた。観測は、単点については、新潟県内の主に低地・台地について2kmメッシュ毎の学校・市施設等を選択し、1観測点あたり20分以上の測定を実施した。微動アレイ観測については、半径R=400,200,100mの大きさの三角計のアレイと、それよりも小さな半径については一辺75mのL字アレイ(一部の地点ではR=10,20,40mの小三角アレイ)を展開し、各三角アレイについて1時間程度、L字、小アレイ等については30分~40分程度の観測を行った。また、山形県で収集したボーリングデータより、初期地盤モデル(地質モデル)も作成した。さらに山形県の自治体震度計の地震波形について、平成23年1月~平成23年11月までのデータを収集した。

3. 初期浅部・深部統合地盤モデル作成方法の見直しによるS波速度構造の算出と周期特性等の検討

新潟地域については、これまで作成していた初期地盤モデル(浅部地盤モデル+J-SHISモデル)が微動観測で得られた位相速度と大きく乖離した。そのため、浅部と深部をつなぐ構造接続部分を柏崎の3000mのポアールのVsデータと、新潟平野に多数存在する基礎試錐のVpデータとの変換式を作成し、J-SHISの深部地盤構造モデル最上部のVs=600(m/s)と浅部地盤モデルの最下部(低地部でVs=200~300(m/s)程度)の間をVs=300,400,500(m/s)の100(m/s)で等間隔となるように速度層を追加した。追加された速度構造モデルによる理論位相速度は、観測位相速度と調和的であり、周期特性を合わせるジョイントインバージョン計算の収束性が極めて良くなった。また、モデルから計算される周期特性等の結果は、地震観測記録による周期特性等の結果と比較し、調和的な結果が得られることが確認できた。

4. まとめ

本研究において、初期地質モデルの作成の時点で、微動観測による位相速度の結果と近い結果を得ることが出来き、解析結果の収束性も非常に良くなった。今後、地域毎にこのような取り組みを実施し、全国の浅部・深部統合地盤モデルの構築について、さらなる精度の向上を目指す。

<謝辞>

本研究は、文科省委託事業「ひずみ集中帯における調査・研究」(H20~H24)により実施したものである。

キーワード: 浅部・深部統合地盤モデル, 強震動, 微動観測, 地質層序, S波速度構造

Keywords: Integrated structure model, strong-motion, microtremor measurements, Geology stratigraphy, S-wave velocity

1828年三条地震の高震度域における微動観測

Microtremor Measurement at Large Seismic Intensity Regions of the 1828 Sanjo Earthquake

三宅 弘恵^{1*}, 坂上 実¹, 宮川 幸治¹, 浦野 幸子¹, 瀧 一 起¹

MIYAKE, Hiroe^{1*}, Minoru Sakaue¹, Koji Miyakawa¹, URANO, Sachiko¹, KOKETSU, Kazuki¹

¹ 東大地震研

¹ Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo

1828年三条地震は、新潟県三条市および見附市付近を震源としたM6.9(宇佐美, 2003)程度の内陸地震と考えられており、その震源に関して様々な研究がなされている。震源域は、新潟-神戸ひずみ集中帯に位置し、2004年新潟県中越地震や六日町断層帯と月岡断層帯の間に位置する。死者1,681人、家潰13,149棟など(宇佐美, 2003)の甚大な被害に関する歴史記録が豊富であり、震度分布を用いた強震動評価に適した歴史地震である。

三条地震の震源断層モデルについては、歴史震度分布を観測データとして、加茂~見附~長岡に至る越後平野東縁において、南東傾斜および北西傾斜の断層面の検討がなされている(徳光・他, 2006 歴史地震; 石瀬・他, 2010 地震学会, 2011 連合大会)。石瀬・他(2011)はMw 6.95のシナリオ地震を想定し、簡便法による強震動評価を行った。南東傾斜の断層面の場合、見附~長岡にかけて震度7の領域が得られた一方、北西傾斜の断層面の場合、加茂~見附~長岡の全域および三条市街も含む広い地域で震度7が得られる結果となった。しかし、詳細法による強震動予測を行う場合、震源近傍において簡便法よりも高震度域が広がるケースがあるため、断層面傾斜の検討に際しては、高震度域における地盤増幅特性の精度良い推定が重要な課題となる。

矢田・ト部(2010)の歴史震度分布によると、三条地震の高震度域は越後平野内およびその東縁部に多く見られる。越後平野内では、先名・他(2011)により稠密微動探査および深部・浅部統合地盤モデルの作成が行われている。そこで我々は、震度7の領域が顕著な見附市東山丘陵付近(田井・名木野・明晶町・小栗山町)、震度5~7が混ざっている見附市から三条市に至る越後平野東縁(高安寺・大面・北潟・矢田・吉野家)、および震度7と5の地点が隣接する田中新田と弥彦を対象に、地盤増幅特性の調査を目的とした微動観測を行った。

観測期間は2011年11月28日から30日の日中に行った。観測機器はSMAR-6A3Pの三成分加速度センサーとLS-7000XTのロガーから構成される機動型強震計を用いた。1地点における測定は30分とし、100 Hz サンプリングで収録した。初期解析の結果、H/V スペクトル比の卓越周期は、震度7の地点において約1 Hz が卓越する地点が多かったが、そうでない地点では3~5 Hz の卓越が見られた。今回の観測地点は、ほぼ全地点が微地形区分において後背湿地に該当するが、増幅率が地点によって違う可能性があるため、今後の精査が必要である。

キーワード: 三条地震, 歴史地震, 微動観測, H/V スペクトル比

Keywords: Sanjo earthquake, historical earthquake, microtremor measurement, H/V spectral ratio

ひずみ集中帯における歴史地震データベースの試作版 The trial edition of historical earthquake data base in high strain rate zone

佐竹 健治¹, 西山 昭仁^{1*}, 矢田 俊文², 卜部 厚志³, 前嶋 美紀⁴

SATAKE, Kenji¹, NISHIYAMA, Akihito^{1*}, Toshifumi Yata², URABE, Atsushi³, MAEJIMA, Yoshinori⁴

¹ 東京大学地震研究所, ² 新潟大学人文学部, ³ 新潟大学災害・復興科学研究所, ⁴ (株) まえちゃんねっと

¹Earthquake Research Institute, the University of Tokyo, ²Faculty of Humanities, Niigata University, ³RINHDR, Niigata University, ⁴Maechan-net Ltd.

日本には数多くの史料が現存しており、歴史学者の間で分析が行われている。これらの史料（特に文献史料）には、日本やその近傍で発生した地震について、発生日時や被害状況の記述が含まれている。しかし、これらの史料の分析に際しては歴史学の知識が必要であり、他分野の研究者が直接利用するのは容易ではない。西暦 1600 年頃までの歴史地震の史料については、石橋・他によって「[古代・中世] 地震・噴火史料データベース」が作成されている。それ以降の江戸時代になると、史料の分量は多くなり、多種多様になるために、史料内容の吟味はより重要になってくる。本研究では、歴史地震に関する史料本文と、史料から分析された被害率や推定震度など各種データを組み合わせて、歴史地震データベースの試作版を作成した。

本研究で試作した歴史地震データベースは、地震史料データベースと震度データベースから構成されている。試作版の地震史料データベースでは、江戸時代に越後国（現在の新潟県）で発生して大きな被害を及ぼした、1751 年越後高田地震と 1828 年越後三条地震を取り上げている。これらの歴史地震について記述されている史料の中から、信頼性の高い史料のみを選び出して XML データ化し、地震史料データベースを作成した。このデータベースには、地震被害の様子を描いた絵画史料も含まれており、地震の様子を視覚的に知ることができる。

この地震史料データベースから、地震発生時の村・町ごとの総家数と、倒壊家屋数の両方が記されている史料を選び出して、それらの史料から村・町ごとに家屋倒壊率を算出した。なお、時代によって村・町ごとの総家数は変化するため、地震発生と同時に記されている史料が必要不可欠である。これらの家屋倒壊率から、宇佐美（1986）の「歴史地震のための震度表」に基づいて、気象庁（JMA）震度階における震度の推定を試みた。この研究で用いた家屋倒壊率と震度と関係は以下のとおりである。

気象庁震度階 7 (改正メルカリ震度階 XII) : 家屋倒壊率 81-100%

気象庁震度階 6 (改正メルカリ震度階 X-XI) : 家屋倒壊率 71-80%

気象庁震度階 5+ (改正メルカリ震度階 IX) : 家屋倒壊率 1-70%

気象庁震度階 5- (改正メルカリ震度階 VIII) : 家屋倒壊率 0%

このようにして得られた推定震度から、Google Earth を用いて震度データベースの試作版を作成した。今後は、他の地域においても同様な地震史料データベースを作成していき、震度データベースの作成を試みたい。

謝辞：本研究は、文部科学省の研究プロジェクト「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究」の一環として実施されたものです。

キーワード: 歴史地震, 1751 年越後高田地震, 1828 年越後三条地震, 家屋倒壊率

Keywords: historical earthquakes, 1751 Echigo-Takada earthquake, 1828 Echigo-Sanjo earthquake, ratio of collapsed houses

草津白根山南部の地震活動

Seismic activity at southern part of Kusatsu-Shirane volcano

山脇 輝夫^{1*}, 野上 健治¹, 青山 裕²

YAMAWAKI, Teruo^{1*}, NOGAMI, Kenji¹, AOYAMA, Hiroshi²

¹ 東京工業大学火山流体研究センター, ² 北海道大学理学研究院

¹ Volcanic Fluid Research Center, Tokyo Institute of Technology, ² Graduate School of Science, Hokkaido University

We examined seismic activity at southern part of Kusatsu-Shirane volcano with our seismic network supported by temporary stations. We have observed seismic activity of the volcano since 2001. Currently six stations are concentrated within about 1 km from the main crater lake, Yugama. Based on past seismic network, Mori et al. (2006) pointed out two seismic clusters, one at Yugama and the other at Ainomine, an old volcanic cone 1.5 km to the south of Yugama. Mori et al. (2006) also pointed out that seismic activity at the latter zone is comparable to the former. There used to be a station at Ainomine till few years ago, and current capability of event detection is relatively low. In response to the crustal deformation event on May 27, 2011, we constructed a temporal seismic station to the south of Ainomine. The station is equipped with a L-4C three-component seismometer by Mark Products Corporation and LS-7000 data logger by Hakusan Corporation. Seismic data are stored on site and periodically collected. Collected data are then combined with our data of real time seismic network. Now seismic events are detected based on variation of seismic amplitude.

跡津川断層帯周辺におけるコーダ Q の空間分布 Spatial distribution of coda Q around the Atotsugawa fault zone

平松 良浩^{1*}, 澤田 明宏¹, 山内順公¹, 上山信吾¹, 西上 欽也², 蔵下 英司³, 歪集中帯大学合同地震観測グループ⁴
HIRAMATSU, Yoshihiro^{1*}, SAWADA, Akihiro¹, Yoritaka Yamauchi¹, Shingo Ueyama¹, NISHIGAMI, Kin'ya², KURASHIMO, Eiji³, Japanese University Group of the Joint Seismic Observations at NKTZ⁴

¹ 金沢大学, ² 京大防災研, ³ 東大地震研, ⁴ 歪集中帯大学合同地震観測グループ

¹Kanazawa Univ., ²DPRI, Kyoto Univ., ³ERI, Univ. of Tokyo, ⁴Japanese University Group of the Joint Seismic Observations at NKTZ

内陸地震を発生させる応力蓄積過程の解明のために歪速度が周辺地域に比べ 1 桁程度大きい新潟から神戸にかけての歪集中帯 (Sagiya et al., 2000) が注目されている。歪集中帯の地震学的な特徴の 1 つとして低 coda Q 地域 (Jin and Aki, 2005) であることが挙げられる。Hiramatsu et al. (2010) では、歪集中帯周辺における S 波偏向異方性と Jin and Aki (2005) の結果から地殻における応力蓄積速度の空間変化量を推定し、下部地殻における大きな変化量が歪み集中帯の原因であることを指摘した。本研究では跡津川断層帯周辺における稠密な地震観測データを用いて、歪集中帯内部の coda Q の詳細な空間分布を明らかにし、歪集中帯との関連性、3 次元地震波速度構造との比較、下部地殻における応力蓄積速度の空間変化量、について議論する。

解析には跡津川断層帯周辺における合同自然地震観測、Hi-net、大学、気象庁の観測点で得られた 3 成分地震波形データを使用した。解析に用いた地震は 2004 年 11 月から 2006 年 12 月に飛騨地方および北陸地方で発生した M1.8 以上、深さ 30 km 以浅の 186 個の地震である。Sato (1977) の一次等方散乱モデルを適用し、1.5 Hz から 24 Hz までの 10 周波数帯においてコーダ Q 値を推定した。

低周波数帯である 1.5 Hz 帯や 2.0 Hz 帯では、北東-南西方向に跡津川断層帯と重なるように低コーダ Q 域 (高コーダ Q-1 域) が広がり、跡津川断層帯から離れるにつれ、高コーダ Q (低コーダ Q-1) になる。しかし、この低コーダ Q 域は周波数帯が高くなるにつれて不明瞭となる。すなわち、新潟-神戸構造帯に対応するコーダ Q の空間変化は低周波数帯で顕著である。

低周波数帯のコーダ Q 値の空間分布について、Nakajima and Hasegawa (2007) による地震波トモグラフィーの S 波速度構造と比較すると、上部地殻下部から下部地殻での S 波速度と相関が見られ、低速度では低コーダ Q、高速度では高コーダ Q となる傾向がある。したがって、低周波数帯におけるコーダ Q 値は地殻の脆性?延性遷移領域以深の状態を反映したパラメータであると考えられる。

Hiramatsu et al. (2010) による方法を用いて、コーダ Q 値と GPS 観測で得られた差歪速度 (Sagiya et al., 2000) との関係から応力蓄積速度の空間変化量を推定すると、1.5 Hz 帯で 15 ± 3 kPa/year、2.0 Hz 帯では 18 ± 4 kPa/year と求められる。これらの値は Jin and Aki (2005) の結果から推定された値 (13 ± 3.5 kPa; Hiramatsu et al., 2010) より若干大きく、跡津川断層帯周辺地域では応力蓄積速度の空間変化量が新潟-神戸構造帯での平均的な値より大きい可能性がある。

謝辞: 本研究を行うにあたり、跡津川断層帯周辺における合同自然地震観測、東京大学地震研究所、京都大学防災研究所、名古屋大学、防災科学技術研究所、気象庁の波形データを使用しました。また、東北大学の中島淳一博士には地震波トモグラフィーデータを提供して頂きました。記して感謝いたします。

キーワード: 跡津川断層帯, コーダ Q, 応力蓄積速度, 歪集中帯

Keywords: the Atotsugawa fault zone, coda Q, stressing rate, high strain rate zone

発震機構解から推定した九州内陸の応力場と間隙水圧分布

Stress field and pore-pressure distribution in seismogenic zone of Kyushu, Japan inferred from and focal mechanisms

千蔵 ひろみ¹, 松本 聡^{1*}, 大倉 敬宏², 宮崎 真大¹, 安部 祐希², 清水 洋¹, 井上 寛之², 中元 真美¹, 吉川 慎², 山下 裕亮¹, 植平 賢司¹

CHIKURA, Hiromi¹, MATSUMOTO, Satoshi^{1*}, OHKURA, Takahiro², MIYAZAKI, Masahiro¹, ABE, Yuki², SHIMIZU, Hiroshi¹, Inoue Hiroyuki², NAKAMOTO, Manami¹, Shin Yoshikawa², YAMASHITA, Yusuke¹, UEHIRA, Kenji¹

¹九州大学 地震火山観測研究センター, ²京都大学火山研究センター

¹Institute of Seismology and Volcanology, Kyushu Univ., ²Aso Volcanological Laboratory, Kyoto University

九州内陸では横ずれ型の発生メカニズムをもつ地震が卓越しており、活断層である日奈久断層付近や2005年福岡県西方沖地震(M7)震源域において高い地震活動度を示している。一方、大分県別府湾から長崎県島原半島に跨る別府島原地溝帯と呼ばれる地域において、過去の規模の大きな地震の多くが発生しており、微小な地震活動も活発である。この地域では正断層型の発震機構解も見られる。また、阿蘇や霧島、桜島など活発な活火山があることから、これらと地震活動の相互作用が地震発生場を理解する上で重要な課題となっている。本研究では九州での地震活動特性を理解するために地殻内応力場を詳細に調べ、空間的特徴や違いと地震活動の関連を議論する。

本研究では精度向上させる観測点配置を検討し、京都大学と共同で2009年11月から計35点の観測点を展開してデータを取得した。このデータを九州地域の九州大学・京都大学のルーチン観測・臨時観測、防災科学技術研究所 Hi-net、気象庁によるデータとともに処理を行った。

解析した地震は2000年1月から2011年8月までの深さ20km以浅に発生した地震を用い、震源はSaiga et al. (2010)による3次元速度構造を用いて震源の再決定を行った。発震機構解はP波初動極性を用いて決定し、このうち、精度の良い1889個を選んだ。

応力場は微小地震の発震機構解をもちいて応力テンソルインバージョンを行って推定した。緯度・経度方向に0.2°のグリッドを設定し、グリッド内の応力を一様とした。インバージョンによって得られた空間分布の特徴は、福岡県西方沖地震震源域や日奈久断層周辺に比べ、別府島原地溝帯のうち阿蘇西部や霧島などで最大主圧縮応力(?1)と中間主圧縮応力(?2)が近い値を取ることが明らかになった。これはこの地域で正断層型の地震が発生していることを示す応力場である。また、主応力の方向は地溝帯周辺で向きが変化していることが明らかになった。これは媒質中に非弾性変形をおこす物質が存在している可能性を示唆している。

次に、断層の破壊はクーロン・ナビエの破壊基準によると仮定し、地殻の強度を低下させる間隙水圧の空間分布について検討した。ここではTerakawa et al. (2010)の方法を用い、グリッドごとの間隙水圧の推定を行った。彼らの方法は、ある応力場の中での発震機構解の違いが間隙水圧の変化であると見なして、間隙水圧を推定する。ここでは、グリッドごとの平均間隙水圧と静水圧の差 P を求めた。大局的傾向として、別府島原地溝帯では P は小さく、福岡西方沖地震や日奈久断層周辺では大きくなっている。すなわち、地震活動の活発な活断層地域では高間隙水圧であることを示している。

キーワード: ひずみ集中帯, 応力, 間隙水圧, 地震活動, 九州

Keywords: stress field, pore-pressure, seismic activity, Kyushu

ひずみ集中帯内外でのM7クラス地殻内地震系列間の震源特性の比較(3) Comparisons of source characteristics among recent disastrous inland earthquake sequences in Japan (3)

染井 一寛^{1*}, 宮腰 研¹, 浅野 公之², 岩田 知孝²

SOMEI, Kazuhiro^{1*}, MIYAKOSHI, Ken¹, ASANO, Kimiyuki², IWATA, Tomotaka²

¹ 地盤研, ² 京大防災研

¹G.R.I., ²DPRI, Kyoto Univ.

地域性や断層タイプ別のような地震発生環境による震源特性の違いを調べることは、将来発生する地震の強震動予測を行う上で重要な問題である。本研究は、日本各地で起きているM7クラスの内陸地殻内地震の本震、余震の地震系列の震源特性を評価し、地震発生環境のひとつとして、「ひずみ集中帯」の内外で発生した地震という点に着目した比較を行ってきた。前報まで(染井・他, 2010, 2011, JpGU)は、ひずみ集中帯内の8地震系列と外の5地震系列を対象とした。これらの地震系列の結果からは、本震や地震系列全体について、ひずみ集中帯の内外、また断層タイプによる震源特性の違いは無かった。

今回は、2011年東北地方太平洋沖地震以降に発生した4つの内陸地殻内地震(ひずみ集中帯内:2011年3月12日長野県北部の地震, 2011年3月12日青森県西方沖の地震, ひずみ集中帯外:2011年3月15日静岡県東部の地震, 2011年4月11日福島県浜通りの地震)の地震系列を新たに解析し、計16地震系列356イベント(M_w :3.1-6.9)を対象とした。前回までと同様に、S波コーダを用いたスペクトル比法による解析を行った。また、本震など規模の大きい地震のスペクトル形状やコーナー周波数の推定精度を高めるため、幾つかのイベントペアに対しては、データセットとして、可能な限り多くの強震記録と、さらにF-net広帯域地震計記録を用いた。F-net広帯域地震計記録はこれまでのデータより低周波数域において高いSN比が確保されており、コーナー周波数が比較的低周波数側にある規模の大きな地震に対しては有効なデータセットである。なお、使用する記録は、イベントペア間で、解析区間(S波コーダ部)の時間減衰曲線の共通性(コモンシェープ)を確認している。その結果、観測震源スペクトル(比)はほとんど ω^{-2} 震源スペクトル(比)モデルによってモデル化が可能であることには変わりなかった。以上から推定されたコーナー周波数から、スケーリング評価を行った。得られた応力降下量に注目すると、新たに解析したイベント群を入れても、ひずみ集中帯内外という地震発生環境による違いは前回までと同様に確認されなかった。

謝辞

独立行政法人防災科学技術研究所 K-NET, KiK-net, F-net, 関西地震観測研究協議会による強震記録, F-netの広帯域地震計記録, モーメントテンソル解, 気象庁一元化震源カタログの震源情報を、それぞれ使用しました。東京大学地震研究所加藤愛太郎博士には2007年能登半島地震系列, 2004年新潟県中越地震系列の再決定震源情報を使わせて頂きました。記して感謝いたします。

キーワード: ひずみ集中帯, S波コーダ, 震源スペクトル比, コーナー周波数, スケーリング

Keywords: High strain rate zone, S-wave coda, Source spectral ratio, Corner frequency, Scaling