

圧力保持機能を備えた校正用水圧計による C0002 孔内観測点での正確な圧力変化の計測

Measurements of a precise pressure in the C0002 borehole observatory using a mobile pressure gauge

町田 祐弥^{1*}; 荒木 英一郎¹; 西田 周平¹; 木村 俊則¹; 松本 浩幸¹

MACHIDA, Yuya^{1*}; ARAKI, Eiichiro¹; NISHIDA, Shuhei¹; KIMURA, Toshinori¹; MATSUMOTO, Hiroyuki¹

¹ 海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

In the Nankai Trough region, several large interplate earthquakes with magnitudes of 8 have occurred repeatedly due to a subduction of the Philippine Sea Plate beneath the Eurasian Plate at a rate of 4-6 cm/year. In this area, we deployed a long-term borehole monitoring system (LTBMS) with pressure gauges (Paro-scientific Inc.8b7000-2 and 8b7000-1) into the C0002 boreholes during the IODP expedition 332 in 2010 to understand a seismogenic process of large interplate earthquakes. In the C0002 boreholes, seafloor pressure measurements are continuously conducted since the deployment. The precise pressure measurement such as the detection of long-term crustal deformation is important in order to obtain geophysical knowledge associated with the occurrence of large earthquakes. However, pressure measurements contain instrumental drifts in the sensors in addition to the pressure changes associated with a crustal deformations. Therefore a correction of the instrumental drift is necessary to estimate precise measurements of the crustal deformation. We developed a mobile pressure gauges equipped with pressure holding system for the correction. The mobile pressure gauge has a crystal water pressure meter (Paroscientific Inc. 410K) as a pressure sensor and is equipped with a pressure holding function due to a temperature control using a heater. Also, an electric valve control was adopted. These systems decrease a pressure variation throughout an observation. To estimate an accuracy of the pressure gauge, we measured a repeatability and hysteresis of the sensor. The repeatability of the sensor equipped with a pressure holding system is 1.3 hPa, while a repeatability of the sensors without a pressure holding system is 8.93. This indicates that the pressure holding system improves the accuracy of the sensors. In this March, a calibration of the C0002 pressure gauges is performed in the KY15-05 by R/V Kaiyo (2015.3.9~3.29). In this presentation, we show preliminary results of the cruise.

GNSS データから推定された琉球弧南西部の地殻変動 Crustal Deformation in the Southwestern Ryukyu Arc Estimated from GNSS data

小池 俊貴^{2*}; 西村 卓也¹; 宮崎 真一²
KOIKE, Toshiki^{2*}; NISHIMURA, Takuya¹; MIYAZAKI, Shin'ichi²

¹ 京都大学防災研究所, ² 京都大学大学院理学研究科

¹ Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, ² Graduate School of Science, Kyoto University

1. はじめに

琉球弧南西部(八重山地方・宮古島地方)は年間 12.5cm という世界最速のプレート沈み込み速度や背弧側に位置する沖縄トラフの背弧拡大など特殊なテクトニクスの下にある。

同地域ではプレート収束速度が速いわりに大地震の発生が少なく、よく知られている大地震は 1771 年の八重山地震(M_W 8.0 程度)のみである。その一方で、ゆっくりとした地震性・非地震性の変動現象が数多く報告されており、Heki and Kataoka (2008) では半年に一度のスロースリップイベント (SSE) が報告されている。SSE は数日から数年の長いタイムスケールで断層すべりが続く現象である。SSE を引き起こす断層は西表島直下のプレート境界面上に位置していると推定されている。

同地域での数年間以上の平均的な地殻変動は Nishimura et al. (2004) や Nakamura (2004) などの先行研究により剛体回転運動で表されることが提案されている。この 2 つの研究では琉球地方を 3 つのブロックで分割しており、それぞれが独立に運動しているとしているが、ブロックの分割領域は両研究で異なる。Nishimura et al. (2004) は八重山・宮古島地方で 1 つのブロックとして運動していると推定している。一方、Nakamura (2004) では AIC を用いた評価を行い八重山地方と宮古島地方は異なるブロックとして運動していると結論付けている。

先述のような地殻変動は主に国土地理院の GNSS 連続観測網 (GEONET) による観測結果を用いて研究されている。しかし同地域は島嶼部であり観測点が少ないため、地震・SSE・固着など剛体回転以外の内部変形についての議論が十分にできていないという問題点がある。

2. 観測データについて

本研究では先述の琉球弧南西部を対象地域として、従来の研究で用いられている GEONET の観測点に我々が 2010 年から設置した八重山地方の 4 点(西表島内の舟浮・大原と小浜島・黒島)と海上保安庁提供の宮古島の 1 点を加えて計 13 点の GNSS データを用いた。

まず GNSS 解析を行って取得したデータから日座標値の推定を行った。GNSS 解析には、GIPSY6.2 の精密単独測位法 (PPP) を用いた。また、観測結果には人為的なオフセットや気象条件などによる誤差が含まれているため、地殻変動を見やすくするために移動平均などの誤差を軽減するための処理を行った。

今回我々が設置した観測点の 2010 年から 2013 年のデータを見ると、データが欠測している時期もあったが全点で 4 回の SSE と見られる変動パターンが観測された。

そこで今回は 4 点のデータのそろっている 2010.24 年から 2012.69 年の期間で、Nishimura et al. (2004) の剛体回転モデルから計算した結果と観測結果の水平変位ベクトルの比較を行った。

3. 結果と解釈

比較の結果、Nishimura et al. (2004) のモデルでは現在の地殻変動を説明できず、観測値の変動方向が計算値と比較して反時計回りになっていることがわかった。これは先行研究の期間から現在までの間に剛体回転運動が時間変化したためと考えられる。観測された水平変位ベクトルを見ると観測点の位置が西になるに従って変動方向は反時計回りに回転し、変動量が増大する傾向が見取れる。そのため、この地域の運動はある程度剛体回転で説明できると考えて剛体回転運動のオイラー極と回転速度の推定を行った。その結果、水平変位は剛体回転によって良く説明され、オイラー極は北緯 29.095 度・東経 128.089 度、回転速度は 6.675rad/Myr に決定された。また、剛体回転運動とは独立である観測点間の基線長変化についてもこの地域の内部変形を理解するために計算を行った。これらの結果及び考察の詳細については学会で詳しく発表する予定である。

4. まとめ

年間 12.5cm と非常に速いプレート収束速度が推定されており SSE などが観測されている琉球弧南西部において、計 13 点の GNSS 観測結果を用いて解析を行った。同地域は島嶼部であるため観測点の密度が低かったが、八重山地方に新たに設置した 4 点と、従来は解析に用いられていない海上保安庁の宮古島の 1 点のデータを加え、地殻変動の詳細を明らかにした。

同地域の 2010.24 年から 2012.69 年の水平変位と先行研究の剛体回転運動モデルから推定される変位との比較を行っ

SSS31-P02

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 18:15-19:30

たところ, 明確な差異が見られた. そのため, 今後は剛体回転でどこまで観測値を説明することができるのか, また剛体回転とは独立である観測点間の基線長変化がどの程度なのかについて解析を進めていく予定である.

謝辞

今回の解析には国土地理院の GEONET と海上保安庁海洋情報部の観測データを使用させていただきました.

キーワード: 琉球弧, GNSS, 剛体回転

Keywords: Ryukyu trench, GNSS, Rigid block rotation

喜界島周辺の地殻変動 Crustal deformation around Kikaijima

伊藤 武男^{1*}; 古本 宗充¹; 鷺谷 威¹; 堀川 信一郎¹; 奥田 隆¹; 松廣 健二郎¹; 野村 晋一¹;
横井 大輝¹; 大間 俊樹¹; 伊藤 和也¹
ITO, Takeo^{1*}; FURUMOTO, Muneyoshi¹; SAGIYA, Takeshi¹; HORIKAWA, Shinichiro¹; OKUDA, Takashi¹;
MATSUHIRO, Kenjiro¹; NOMURA, Shinichi¹; YOKOI, Dai-ki¹; OMA, Toshiki¹; ITO, Kazuya¹

¹名古屋大学

¹Nagoya Univ

1. はじめに

琉球弧は東側の琉球海溝からフィリピン海プレートがユーラシアプレート（沖縄プレート）の下に沈み込み、西側からは背弧海盆が拡大していると考えられている。従来、背弧海盆のような拡大領域が付随するプレート収束帯の地殻は比較的高温で柔らかいと考えられており、このような地域でのプレート間の固着は弱いと思われていた。しかしながら、同様のテクトニクスを持つ場所で発生した2004年スマトラ・アンダマン海地震や2011年東北地方太平洋沖地震の発生は、すべての沈み込み帯でM9クラスの超巨大地震が発生する可能性を検討する必要があることを示している。そのため、測地的・地形学・地質学的調査研究を含めた早急な琉球弧における巨大地震の発生の可能性の検討が必要である。

2. 奄美海台の衝突と喜界島の高速隆起

奄美大島・喜界島の東側の琉球海溝では、世界最大級の規模の奄美海台の衝突・潜り込みが進行しており、地殻を高速隆起させる。海岸段丘面から推定される喜界島付近の隆起速度は、2mm/yrの隆起速度を持っており、強いプレート間の固着の存在を示唆している。さらに、海岸段丘面から、大規模隆起イベントが1000年オーダーの間隔で繰り返している事を示しており、(超)巨大地震の可能性を示唆している。これらを裏付けるように、奄美大島近海で1911年にM8.0の地震が発生しており、それ以降M8クラスの地震は琉球弧では確認されていないが地震活動は活発である。

3. GNSS 観測と水準測量による喜界島の傾動と隆起速度

琉球海溝に直交して100kmを越える測線を設置することができる場所は喜界島奄美大島横当島の場所のみである。我々は横当島（無人島）にてGNSS観測を2013年10月から実施しており2014年6月にデータの回収を行った。横当島と奄美大島間のひずみ速度は -3.8×10^{-8} /yr程度であり、奄美大島と喜界島間の -2.5×10^{-8} /yrと比較すると、奄美大島と喜界島間とほぼ同じかあるいは、横当島と奄美大島間の方が短縮している可能性がある。しかしながら、観測期間がまだ短いため年周変化や横当島の火山活動の影響など考慮すべきことは多い。一方、喜界島内の傾動の方向と速度を測量する為に、喜界島内で水準測量を2014年の3月~4月にかけて実施した。今回の水準測量の結果と1997年9月の水準測量結果と比較すると海溝軸側へ約 10^{-7} /yrの沈降が観測された。

しかしながら、喜界島は海溝軸側へ傾きながら、年間2mm程度隆起しており、この地域の隆起のピークは喜界島よりも西側にあることが明らかになった。このことはプレート境界の深い場所（喜界島付近）まで固着している可能性を示唆しているが、喜界島と奄美大島の水平短縮速度では深い場所までの固着を説明する事は難しい。よって、奄美海台の沈み込み潜り込みに伴うプレート境界の移動や海台の付加などを考慮する必要があると思われる。

キーワード: 水準測量, 喜界島, プレート間カップリング, GNSS 観測
Keywords: Leveling, Kikai Island, Interplate coupling, GNSS Observation

GPS 速度データより推定される九州地方のひずみ速度場 Strain rate field in Kyushu district estimated from GPS velocity data

渡部 豪^{1*}; 奥山 哲¹; 浅森 浩一¹

WATANABE, Tsuyoshi^{1*}; OKUYAMA, Satoshi¹; ASAMORI, Koichi¹

¹ 日本原子力研究開発機構 東濃地科学センター

¹JAEA, Tono Geoscience Center

西南日本下には、フィリピン海プレートが沈み込み、四国地方沖合で M8 クラスの海溝型地震を約 100~150 年周期で発生させている (Ando, 1975)。一方、九州地方では、M7 クラスの海溝型地震が約 20~30 年周期で発生している (Yoshioka, 2007)。また、豊後水道では、スロースリップが約 6~7 年周期で発生している (Ozawa et al., 2013)。これらの違いは、同じ南海トラフ沿いの沈み込み帯である四国・九州地方での、プレート境界面の摩擦特性の違いを反映し (Hirose and Maeda, 2013)、ひずみの蓄積・解放プロセスが異なることを示していると考えられる。さらに、沖縄トラフの拡大 (Nishimura and Hashimoto, 2006) も、九州地方の地殻変動場を複雑化させる要因である。Takayama and Yoshida (2007) は、同領域の地殻変動場を複雑にする要因について、1998~2002 年に観測された GPS 速度データより検討を行った。その中で彼らは、北緯 32° 付近で GPS 速度場の東西成分に約 5 mm/yr 程度の速度差が存在し、M5~6 クラスの地震が発生していることを指摘するとともに、この速度差は、左横ずれセンスで、同領域で発生した地震のメカニズム解と調和的であることを示した。しかし、同領域にはこのような左横ずれセンスを有する明瞭な活断層は認められていない。このことは、この地殻変動が地質学的に最近の時代に開始したことを示唆している。また、九州地方には第四紀火山が多数存在し、プレート沈み込みに伴う弾性変形のみならず、高温による非弾性変形が生じている可能性 (Noda and Matsu'ura, 2010) も十分に考えられる。したがって、ひずみ速度場の定量的把握は、サイスミックポテンシャル (断層の固着領域の広さや深さなどの情報) を評価する上でも重要であると考えられる。本研究では、九州地方で進行している現行地殻変動の要因を明らかにし、将来の変化を推定するための手法を構築するために、同領域での地殻変動の運動学的解釈を第一の目的、変動源の推定を第二の目的とし、GPS 速度データよりひずみ速度場の推定を行った。

本研究では、まず、国土地理院の GPS 連続観測網 (GEONET) の F3 解 (中川ほか, 2009) を基に、アンテナ交換、地震時のオフセット、年周・半年周を除去した平均変位速度を求めた。続いて、Shen et al. (1996) の方法で、平均変位速度よりひずみ速度を推定した。ここでは、1つの GPS 観測点に対して直径 50 km 以内に含まれる観測点の平均変位速度を用いて観測点近傍でのひずみ速度を求め、対象領域全体のひずみ速度と剛体運動を最小二乗法により推定した。さらに、観測点間隔を考慮し、得られたひずみ速度を 20 km ごとに補間し出力した。解析には、Takayama and Yoshida (2007) と同一の非定常イベントが比較的少ない期間のデータを用いた。この結果、推定した九州地方における面積ひずみ速度、せん断ひずみ速度及びひずみ速度の主軸分布において、以下の特徴が認められた。

(1) 鹿児島県西部から宮崎県東部 (北緯 32° 付近) にかけて、幅約 50 km で、約 1.2×10^{-7} /yr のせん断ひずみ速度を示す、高ひずみ速度領域が認められる。

(2) 九州北部及び中部の短縮軸は、太平洋沿岸付近で東南東-西北西を示し、背弧側に向かうにつれて反時計回りに回転する。また、短縮ひずみ速度は、 $0.3 \sim 2.1 \times 10^{-7}$ /yr 程度で、背弧側に向かうにつれて減少する。

(3) 九州南部における短縮軸は、東北東-西南西方向を示し、背弧側で最大の短縮ひずみ速度 (1.3×10^{-7} /yr) を示す。結果 (1) で述べた観測値に対して、高ひずみ速度領域下に横ずれ断層を仮定し、5 mm/yr の相対運動速度を与えて固着領域の深さを見積もると、地表から深さ約 5 km までが固着している結果が得られた。結果 (2) と (3) については、広域に及ぶ地殻変動であることが予想されるため、プレートの沈み込みや背弧拡大を考慮した解析が必要となる。これらの結果をふまえ、今後は、より高い空間分解能で高ひずみ速度領域の特性を把握するとともに、プレート境界で発生する地震など外的な要因が高ひずみ速度領域に及ぼす影響の評価を行う。

本研究は、平成 26 年度地層処分技術調査等事業「地質環境長期安定性評価確証技術開発」(経済産業省資源エネルギー庁) で得られた成果の一部を使用した。

キーワード: 地殻変動, ひずみ速度, 高ひずみ速度領域, 非弾性変形, 九州地方, フィリピン海プレート

Keywords: crustal deformation, strain rate, high strain rate region, inelastic deformation, Kyushu district, Philippine Sea plate

基本基準点測量および街区基本調査の成果を援用した都市域での野外調査 —基準 点上での稠密重力測定例— A Method of Field Research Incorporating the Results of the Surveying by GSI and MLIT - Gravity Profiles as an Example -

領木 邦浩^{1*}
RYOKI, Kunihiro^{1*}

¹ 兵庫能開センター・電気電子系

¹Faculty of Electric and Electronics, Hyogo Polytechnic Center

1. 概要

地震や斜面崩壊などの自然災害を軽減するためには野外調査を伴う地球科学研究が不可欠である。その調査地点に関する地理位置情報の取得は必須のものであり、都市域での稠密な調査においてもこれを省略することはできない。一方、数値化された地理情報の Web 上での公開が近年進んできており、以下に述べる基準点の緯経度および標高値も入手することが可能となっている。これらは「測量記録の写しの一般の閲覧」として参照できる基準点成果等閲覧サービス(国土地理院情報サービス館, 2015)より得られる基本基準点成果や、国土交通省都市再生街区基本調査の成果(国土交通省, 2010)、各市町村が管理する公共基準点の測量成果(国土地理院情報サービス館, 2015)である。これらは、例えば地理院タイル利用規約(国土地理院, 2013)に規定される学術研究においてこのサービスを活用できることとされており、調査研究におけるフィールドワークでの利用が可能である。

筆者は長年地震発生時の地盤挙動予測に資すべく都市部での地盤構造の解明にかかわってきた(例えば、領木・他(2009), 領木(2011))。このうち、重力調査では各種の補正を行う上で測定点の緯経度および標高値の地理情報が必要である。従来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)によって得られており、その補完として大縮尺の地形図も用いられてきた。ここでは、重力測定を行う上で上述した各種測量基準点を測定点として利用する過程について報告する。

2. 対象地域

対象とする重力測定測線は大阪府堺市堺区三条通から同市北区遠野町に至る約 5.8Km で、上町断層に交差している。測線中央部には重力異常の高まりがあり、その成因について議論のある地域である。

3. 地理情報の取得

重力の測定は基準点上で行い、その緯経度および標高値には上述の web サイト上で提供される数値情報を使用した。これらの取得は各サイト固有の利用制限(例えば、アクセス毎の最大取得点数や標高値の別途アクセスの必要性など)があるものの、比較的容易に数値情報を入手できる。得られた数値位置情報は測定点の図示と重力値の補正に使用された。

4. 結果

測定点の数値情報を取得する際に、地形図からデジタイザで緯経度を入力し、かつ、標高値を読み取る場合(例えば、領木・西谷(2013)、領木((2014)など)に比べ、基準点の情報を使用すれば当然緯経度および標高値の精度が良く、データ集約作業にかかる時間が大幅に短縮できた。特に、標高値を読み取る際の誤差の精度が不均一であったものが各基準点の等級によって定められた精度内に収まることとなり、データの均質性が確保できた。

5. まとめ

基準点のうち都市再生街区基本調査による基準点および市町村が管理する公共測量の基準点は、現地において比較的容易にその点を示す金属標等が確認でき、その点上で重力等の測定も可能であるため、野外での調査研究遂行上の利便性が高いことがわかった。今回の事例を通じ、基準点情報の活用は地球科学を始めとする各種野外調査における調査効率の改善および地理情報にかかる精度の均一性保障に有効であることが示された。

参考文献

- 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>.
国土地理院情報サービス館(2015): 基準点成果等閲覧サービス, <http://http://sokuseikagis1.gsi.go.jp/>.
領木邦浩・他(2009): 和泉いぶき野における自然電位測定, 日本応用地質学会関西支部平成 21 年度研究発表会論文集, p.20-23.
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.
領木邦浩(2014): 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, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会予稿集, SSS26-P02.
国土交通省(2010): 都市再生街区基本調査成果の提供サービス(β版)について, <http://gaikuchosa.mlit.go.jp/gaiku/>.

Japan Geoscience Union Meeting 2015

(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)

©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SSS31-P05

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 18:15-19:30

キーワード: 重力構造, 数値地理情報, 上町断層, 三国ヶ丘地下山体, 高密度貫入岩, 測定効率

Keywords: gravity structure, digital geographic information, Uemachi Fault, Mikunigaoka Subsurface Peak, high-density intrusive rock, efficiency of measurement

地殻変動を捉える電磁気パルスの観測 The observation of the electromagnetism pulse to capture crustal movement

國廣 秀光^{1*}
KUNIHIRO, Hidemitsu^{1*}

¹JYAN 研究会

¹JYAN meeting for the study

地震予知のため FM 放送の直接波を観測して、電波の異常現象から地殻変動を調べる研究を行っております。電波観測は長期に亘る継続的な観測とデータ解析を行っていますが、中には、電磁気のパルスの異常がしばしば発生するため、データから原因追求をしていて、潮汐の干満とほぼ同期して異常パルスが発生していることを発見しました。しかし2割ほど潮汐に同期しない異常があるため、さらに分析してみると、地震前後に異常が多いことが判りました。そこで、潮汐に同期する8割と残りの非同期部分に、地震統計等を加えて比較検証した結果、潮汐の干満と異常パルスの正負方向は同期しており、非同期の異常はその多くが地震前後に発生していることが判りました。従って、電磁気パルスは潮汐や地震を関連づける状況証拠となりました。

この原因とメカニズムですが、観測データを利用した瀬戸内海は、潮汐が大きく、満潮と干潮の差は2~3メートルもあり、西瀬戸だけでも約50億トンという巨大な重量変化が起きています。さらに、地震統計との突合調査では、大きい潮の干潮付近で約6割の地震が発生している事から、潮汐の干満は地殻変動や地震トリガーとして可能性が高いことを示しています。また、電磁気パルスの起源は、潮汐の重力変化が、地殻に圧迫や伸張等のインパクトを与え、地殻内が圧縮や伸張等で臨界付近になると、微少破壊や摩擦等で電磁気パルスが発生しているのです。この電磁気は地殻から電磁誘導等で地表まで達すると、電磁界を形成したり空中へ放射されるため、観測グラフには潮汐の同期変化のように明確な変化が現れてきます。従って、この電磁気パルスを観測網で長期的に行えば、地殻変動が判ったり、地震を予知する重要なデータを、提供する観測になると考えています。各観測や研究資料等を示します。

キーワード: 地震予知, 地殻変動, 地震トリガー, 電磁気, 異常, 地震

Keywords: Foretelling an earthquake, Crustal movement, Earthquake trigger, Electromagnetism, Abnormality, earthquake



仙台平野愛島丘陵周辺における重力探査 Gravity survey around the Medeshima Hills in the Sendai Plain, northeast Japan

岡田 真介^{1*}; 住田 達哉²; 今泉 俊文³; 牧野 雅彦²
OKADA, Shinsuke^{1*}; SUMITA, Tatsuya²; IMAIZUMI, Toshifumi³; MAKINO, Masahiko²

¹ 東北大学災害科学国際研究所, ² 産業技術総合研究所, ³ 東北大学大学院理学研究科地学専攻地圏環境科学
¹International Research Institute of Disaster Science (IRIDeS), Tohoku University, ²The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), ³Department of GeoEnvironmental Science, Graduate School of Science, Tohoku University

仙台平野南部では2013年1-2月において実施した反射法地震探査の結果および2013年6-7月に反射法地震探査測線を含むように実施した重力探査の結果から、伏在活断層が存在し、先第三系の基盤岩およびその上位に堆積する中新統から更新統の地質も変位させていることが明らかになった。また、1 m DEM, 2 m DEMを用いて地形解析を行った結果、平野の微地形発達にも活断層運動が影響していることが示唆された。この伏在断層は、2013年の反射法地震探査の結果および既存の反射法地震探査やブーゲー重力異常から、仙台平野南部から愛島丘陵東縁に連続すると考えられる。しかし、この伏在断層と、長町-利府断層の前縁に伏在する苦竹断層との関係、鉤取-奥武士構造線との関係については、検討の余地を残していた。仙台平野に伏在する活断層を評価する上で、その連続性(活断層の長さ)を明らかにすることは、都市防災に対しても重要な基礎的情報となる。

そこで、本研究では、仙台平野南部から愛島丘陵に連続する伏在活断層の北部への連続性について明らかにするために、愛島丘陵から名取川右岸(南部)にかけての地域において、2014年6月に重力測定を実施した。対象地域(岩沼市・名取市周辺)は住宅密集地を含むため、ノイズや道路状況に制約の多い反射法地震探査よりも重力探査が有利である。本探査では、東西に6本の測線(測線同士の間隔は約1-1.5 km程度)を設定し、測定点間隔は標準200 mとして、合計232点の相対重力測定を実施した。測定機器には、LaCoste & Romberg D型重力計およびG型重力計の2台を用いた。測定点の位置座標および標高は、Trimble R8 GPSを用いて、サンプリング間隔1秒・標準15分の高速静止測量を重力測定と同時に行った。また干渉測定を行うために国土地理院の周辺の電子基準点データを用いるとともに、GPS臨時基準点も独自に設置した。位置座標は、複数の基線解析結果を用いての網平均処理を施した。

本重力探査で得たデータには、ブーゲー重力異常値を算出した。本探査の対象地域は、2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動により、東南東方向に3.5 m程度、最大0.3 m程度の沈降が生じている(国土地理院, 2014)。重力測定値は、標高値に大きく依存するため、この地殻変動による標高の変化を無視できない。さらに、地形補正に利用しているDEMも、大地震発生前に出版されたもので差異がある。そこで、「大地震により測定対象地域直下での地質構造の変化・変形は生じていない」という仮定の下で、観測対象地域全体が単に平行移動したとして、上記の問題に対応した。既存の重力データとの整合性をとるため、本研究で測定した重力値は、2011年東北地方太平洋沖地震以前の位置座標および標高での重力値に換算することとした。具体的には、地質調査所重力補正標準手順SPECG1988(地質調査所重力探査グループ, 1989)に従って、正規重力値および潮汐補正、フリーエア補正等については観測位置座標を用いた。ブーゲー重力異常を求めるための地形補正值の計算には、測定地点近傍には50 mDEMを、それ以外には250 mDEMを用いた(村田ほか, 1996)。位置座標には大地震前に換算した座標を使用した。

本探査の結果によると、愛島丘陵よりも北側の測線では、伏在断層の断層運動に起因する高重力異常が見られないことから、仙台平野南部から連続する伏在断層は、愛島丘陵北部が終端となっている可能性が示唆された。

謝辞

重力探査における測定点の位置座標および標高の解析作業には、産総研の高橋美江氏にご協力いただきました。また、同研究所 村田泰章博士には、周辺の既存重力データをご提供いただきました。ここに記し感謝します。

[文献]

国土地理院, 2014, 特集・平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震から3年, http://mekira.gsi.go.jp/JAPANESE/h23touhoku_3years.htm (2014.03.11 掲載, 2015.02.01 アクセス).

地質調査所重力探査グループ, 1989, 地質調査所重力補正標準手順SPECG1988について, 地質調査所月報, 40, 11, 601-611.
村田泰章・牧野雅彦・遠藤秀典・渡辺和明・渡辺史郎・卜部厚志, 1996, 神戸市・芦屋市・西宮市における精密重力探査(1)-重力異常と伏在断層-, 地質調査所月報, 47, 109-132.

キーワード: 重力探査, 伏在活断層, 地下構造, 活断層の連続性

Keywords: gravity survey, concealed active fault, subsurface structure, continuity of active fault

Block Modeling of The Sunda Block Using GPS Velocities in South East Asia Block Modeling of The Sunda Block Using GPS Velocities in South East Asia

KUNCORO, Henri^{1*}; MIURA, Satoshi¹; MEILANO, Irwan²
KUNCORO, Henri^{1*}; MIURA, Satoshi¹; MEILANO, Irwan²

¹Graduate School of Science, Tohoku University, Japan, ²Faculty of Earth Sciences and Technology, Institut Teknologi Bandung, Indonesia

¹Graduate School of Science, Tohoku University, Japan, ²Faculty of Earth Sciences and Technology, Institut Teknologi Bandung, Indonesia

The Sunda block in Southeast Asia has its own independent block rotation. It covers most of Southeast Asia including Indo-China Peninsular, Sumatra, Borneo, Java, and the shallow waters that lies in between. The GPS network data in Southeast Asia derived by campaign and continuous observations are used in this study to simultaneously estimate the Euler rotation parameters of the Sunda block, and the elastic deformation due to the slip deficit on the block boundaries. In order to see the precise block rotation of the Sunda block, all effects contained in the data such as elastic deformations due to the inter-plate coupling in the southern boundary of the block have to be removed. We used the method devised by Meade (2009) and elastic deformation rates are computed for each fault segment assumed in a homogeneously elastic half-space using triangular dislocation elements to accurately represent complex fault system geometry. The Zone between 110°E to 116.5°E in the southern plate boundary of the Sunda block indicates interpolate coupling, while that between 107°E to 110°E shows postseismic slip after the 2006 interplate earthquake with M7.7. The optimum Euler pole parameters of the Sunda block are estimated as follows: the latitude of 24.629 ± 1.962 °N, the longitude of 117.369 ± 0.788 °E, and the angular velocity of 0.692 ± 0.066 °/Myr. This study excludes the effect of elastic deformations due to the slip deficit on the block boundaries in estimating the Euler rotation parameters, while the previous studies estimated the parameters by assuming the block rotation only.

キーワード: Sunda block, Euler rotation, GPS velocities
Keywords: Sunda block, Euler rotation, GPS velocities

2003年十勝沖地震における北海道地方の歪み異常分布の検出 Abnormal strain distribution in Hokkaido, Japan, inferred from the 2003 Tokachi-oki earthquake

石森 健太郎^{1*}; 大園 真子²

ISHIMORI, Kentaro^{1*}; OHZONO, Mako²

¹ 山形大学大学院理工学研究科, ² 山形大学理学部

¹Department of Earth and Environmental Sciences Graduate School, Yamagata University, ²Faculty of Science, Yamagata University

GPSにより観測される地震時地殻変動を、半無限均質弾性体を仮定した断層モデルによる地震時地殻変動の理論値と比較することで、実際の地下構造を反映した歪み異常分布を検出できる (Ohzono et al., 2012)。本研究では、2003年十勝沖地震の地震時地殻変動から、北海道の地下構造を反映した歪み異常分布の検出を試みた。国土地理院のGEONET観測点のうち北海道地方の171点について、F3解を用いて2003年十勝沖地震の地震時変位とそれに基づく面積歪み(観測値)を計算した。得られた観測値を、国土地理院が報告している断層パラメータをOkada (1992)のディスロケーションモデルに代入する事で得た地震時変位から計算した面積歪み(理論値)と比較した。観測値と理論値は大局的には一致するものの、変化(膨張や収縮)不足あるいは変化過多の地域が混在し、北海道地方の歪み異常分布が検出された。この歪み異常分布をKita et al. (2012)で示された北海道日高地方の地震波速度構造と比較すると、日高変成帯直下の高速度域と膨張不足域の分布が一致した。さらに神居古潭帯の堆積層分布と膨張過多域の分布が一致した。このことから北海道日高地方における歪み異常分布は、地殻の強度や堆積層の低弾性定数といった不均質な地下構造との関係があるものと考えられる。

山形県の2011年東北地方太平洋沖地震の余効変動時系列のモデル化 Modeling of the time series of the postseismic deformation in Yamagata, Japan, after the 2011 Tohoku earthquake.

三浦 俊介^{1*}; 大園 真子²
MIURA, Shunsuke^{1*}; OHZONO, Mako²

¹ 山形大学大学院理工学研究科, ² 山形大学理学部

¹Department of Earth and Environmental Sciences Graduate School, Yamagata University, ²Faculty of Science, Yamagata University

山形県に設置されている GEONET 点の日座標時系列から、2011 年東北地方太平洋沖地震に伴う余効変動時系列を抽出し、その要因について考察を行った。2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震以降、東北日本を中心に広域で余効変動が観測されており、その主な要因として余効すべりや粘弾性緩和等が挙げられる。この 2 つについては、それぞれ摩擦すべり構成則や岩石実験などから、対数関数、指数関数 (もしくはべき乗則) での時間発展が予想されている。実際の地殻変動は、定常的な運動に加え、複数の要因が混在した状態で観測されるため、各余効変動の要因の影響を明らかにするためには定量的な分離が必要である。

山形県の GEONET 観測点 20 点について、国土地理院が提供する日座標値 (F3 解) を使用した。2003 年 12 月から 2008 年 6 月までの時系列を定常変動と仮定して、直線、年周・半年周成分で近似し、2011 年東北地方太平洋沖地震以降 2014 年 4 月までの時系列からその成分を差し引いて余効変動時系列を抽出した。時間発展を対数関数でモデル化された余効すべりの理論式と指数関数でモデル化された粘弾性緩和の理論式でいくつかの期間に区切ってそれぞれ近似し、振幅と時定数を求めた。その結果、地震後約 100~150 日までは余効すべりによる変動が卓越し、その後は徐々に粘弾性緩和で説明可能な変動が捉えられることがわかった。以降、東北時定数と振幅はそれぞれ、余効すべりの場合は時定数 7~9 日、振幅 80~140 mm、粘弾性緩和の場合は時定数 800~1000 日、振幅 700~1000 mm であった。この結果は、太平洋側の時系列について調べた飛田・他 (2014) が示す余効すべりの時定数が 8 日程度、粘弾性緩和の時定数が 1000 日程度という結果と調和的である。

粘弾性緩和による変動は地殻変動を観測する観測点周辺の地下の粘弾性構造の影響を大きく受けると考えられている。粘弾性緩和の時定数と振幅の空間分布を見ると、時定数は下部地殻の V_p/V_s が低い地域では大きくなり、逆に V_p/V_s が高い地域では小さくなる。このことから、下部地殻の固さが余効変動の変動速度に影響を与えている可能性がある。振幅は震源からの距離が近いほど大きくなり、 V_p/V_s による地域差は見られない。このため、変動の大きさは下部地殻の固さよりも震源距離による影響が大きいと考えられる。

キーワード: 余効変動, 東北地方太平洋沖地震

Keywords: postseismic deformation, tohoku earthquake

測地測量データに基づく東北地方太平洋沖地震以前のプレート間カップリングの再評価 Revisiting Interplate Coupling Beneath the Tohoku District Based on Geodetic Observations

飯沼 卓史^{1*}; 今野 美冴²
IINUMA, Takeshi^{1*}; IMANO, Misae²

¹ 東北大学災害科学国際研究所, ² 東北大学大学院理学研究科

¹International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, ²Graduate School of Science, Tohoku University

日本海溝から沈み込んでいる太平洋プレートと陸側のプレートとの境界におけるプレート間カップリングに関しては、GPS 観測データに基づいて求められた地表での地殻変動場を用いて、どこがどれくらいの強さで固着しているのかを推定する試みが数多くなされてきた。また、プレート間のカップリングの時間変化を把握するために、測地的なデータに限らず、小繰り返し地震などの地震学的なデータも用いられてきた。陸上に設置された観測点で取得される地球物理学的データに基づいて、海底下に位置するプレート境界面上でのプレート間カップリングの分布を、海溝軸に直交する方向に解像することは必ずしも簡単ではないが、海溝軸と平行な方向に関してはある程度の拘束をもたらすことができる。

飯沼・他 (2010, 日本測地学会第 114 回講演会) は、時間変化のモニタリングのため、観測された地殻変動場から、海溝軸に直交する方向に設定した帯状の地域内に含まれる観測点での変位を切り出し、海溝軸からの距離に対して水平変位・上下変位がそれぞれどう変化しているのかを、変位の空間勾配として数値化した。そのうえで、水平変位の空間勾配が急であるほど沖合でのプレート間カップリングが強いことに、また、海岸線よりも深部に固着域が及んでいるか否かが、上下成分の変位空間勾配の符号と対応していることを利用して、プレート間カップリングの時間変化を、海溝軸に平行な方向にのみ区分してモニタリングするという手法を考案した。その結果見出されたプレート間カップリングの時間変化と、小繰り返し地震の解析から求められるすべりレートの時間変化とがおおむね対応する点も、内田・他 (2013, 日本地震学会 2013 年度秋季大会) によって報告されている。

GPS 出現以前に関しても、三角測量や水準測量などの測地測量のデータを用いて、海溝軸に直交する方向での変位の空間勾配を算出することで、その観測がなされた時期のプレート間カップリングの状態について知見を得ることができると思われる。そこで、本研究では、近代的測地的観測手法の一つである、水準測量によって得られた観測データを用いて、上下変位場の空間勾配を算出し、これによって過去 100 年間のプレート間カップリングに関して再評価を行うことを目標として、データの整理・解析を行った。

石巻市の鮎川検潮所を発し、利府市を経て仙台市に至る国土地理院の水準観測路線に関して、データを整理したところ、1900 年以降 2010 年までに上下変位の空間勾配を計算可能なデータセットを 15 回分取得することができた。それぞれについて解析を行った結果、過去 1 年間の GPS 観測データから推定した平均的な変位速度場から計算される上下変位場の空間勾配と、2000 年以降の水準観測データから計算される上下変位の空間勾配それぞれの時間変化の位相がほぼ一致しており、観測手法の違いはあれど、同様な変位場の時空間変化を捉えられていることを確認することができた。GPS 出現以後の宮城県周辺の地殻活動と変位場との比較から、GPS 出現以前の水準データの解析結果から類推すると、1978 年並びに 1936 年の宮城県沖地震の直前にはプレート間の固着が深部にまで達しており、地震発生後にはそれが消失するというサイクルが繰り返されていることが推定できる。今後、釜石市～北上市～横手市を結ぶ路線およびいわき市～郡山市～会津若松市を結ぶ路線についても解析を行い、大会においてはその結果を含めて報告を行う。

キーワード: プレート間カップリング, 2011 年東北地方太平洋沖地震, 水準測量, GPS
Keywords: Interplate coupling, The 2011 Tohoku-oki Earthquake, Leveling Survey, GPS

2011年東北沖地震によるクーロンの静的応力変化：丸い地球の場合 Coulomb's static stress changes induced by the 2011 Tohoku-Oki earthquake: a case of spherical earth

高木 悠^{1*}; 大久保 修平¹
TAKAGI, Yu^{1*}; OKUBO, Shuhei¹

¹ 東京大学地震研究所
¹ Earthquake Research Institute, University of Tokyo

本震によるクーロンの静的応力変化 (ΔCFF) が正である地域で、その後の地震活動が活発化しているということがいくつかの研究で指摘されている (e.g. King *et al.*, 1994; Stein, 1999)。 ΔCFF は、断層面上の剪断応力変化 $\Delta\tau$ (すべり方向が正) と垂直応力変化 $\Delta\sigma$ (外向きが正)、有効摩擦係数 μ を使って、 $\Delta\text{CFF}=\Delta\tau+\mu\Delta\sigma$ と定義され、 ΔCFF が正であると破壊が促進される。この ΔCFF の計算には、Okada (1992) の一様半無限媒質における地震時内部変形を表す理論が広く使われている。Toda *et al.* (2011) はこの理論を用いて、2011年東北沖地震による ΔCFF を計算した。彼らによると、0.1bar 以上の応力変化が震央距離数百 km にわたって広がっている。しかしながら、これほど広範囲にわたる変形に対して、Okada (1992) の理論を直接適用して良いのかという点には疑問が残る。つまり、地球の曲率や成層構造の影響を考慮する必要があるのではないかとということである。しかしながら、これらの効果を過不足なく考慮した球対称地球で、地震に伴う内部変形を計算する手法は確立していない。先行研究では、非圧縮という仮定をおいていたり (Piersanti *et al.*, 1995)、重力の項を単純化していたり (Pollitz, 1996) するからである。本研究では、このような不自然な仮定を置かずに、球対称地球における地震時内部変形を理論的に計算する手法を開発した。この方法を用いて予備的に計算した東北沖地震による体積歪と従来の一様半無限媒質で計算した体積歪との間には、震央距離 200km 程度で 30 パーセントを超える差があった。 ΔCFF についても、同程度の差があることが期待される。

本発表では、球対称地球の地震時内部変形の理論計算手法を 2011 年東北沖地震による ΔCFF の計算に適用し、一様半無限媒質理論で計算されたものとの違いを論じる。

キーワード: クーロンの静的応力変化, 2011 年東北沖地震, 球対称地球, 内部変形

Keywords: Coulomb's static stress change, 2011 Tohoku-Oki earthquake, spherical earth, internal deformation

東濃地震科学研究所のボアホール観測網で検出された東北地方太平洋沖地震に伴う
弾性波アクロス信号の走時変化
Travel time changes of the ACROSS signal detected by the TRIES borehole network
associated with the Tohoku Earthquake

國友 孝洋¹; 浅井 康広^{1*}; 大久保 慎人¹
KUNITOMO, Takahiro¹; ASAI, Yasuhiro^{1*}; OKUBO, Makoto¹

¹ (財) 地震予知総合研究振興会 東濃地震科学研究所
¹Tono Research Institute of Earthquake Science, ADEP

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震(M9.0、以下、東北地震)は、震央から約600km離れた東濃地震科学研究所における歪や応力などの地殻活動観測データに顕著な変化をもたらした[例えば、浅井・石井(2011)]。地下水位の変化は、最大で14mにおよび(TGR350)、観測点毎に様々な変動パターンを示している。また、Hi-netにより観測された土岐送信所(日本原子力研究開発機構 東濃地科学センター)の弾性波アクロス信号の走時にも顕著な変化があったことが報告されている[例えば、國友・他(2014a)]。本研究では、土岐送信所の周囲約9kmまでの範囲に分布する東濃地震科学研究所のボアホール観測網のデータを解析し結果を報告し、主として東北地震前後の地震波速度変化を議論する。解析に用いた観測点(SBS110、JRJ、TRIES、TGR165、TGR350、TOS、BYB)は、土岐送信所(TOKI)から1から9kmの距離にある。解析期間は、2010年4月から2012年3月までの2年間である。アクロスのデータ処理により1日間スタッキングした伝達関数からグリーン関数を求め[例えば、國友・他(2014b)]、クロススペクトル法により1日毎のS波の走時変化を推定した。

S波走時は、東北地方太平洋沖地震の際に全ての観測点でステップ状の遅延を示した。遅延時間は観測点によって異なり、SH波で1から7ms、SV波で1から3msであった。走時遅延は、2~3週間程度で指数関数的に回復する短期遅延と1年後でも残る長期遅延とに区分できる。短期遅延は、観測点によって大きく異なっており、観測点近傍の変化を反映していると考えられる。瑞浪超深地層研究所付近の観測点(TRIES、TGR165、TGR350)では、特にSH波の遅延時間が大きい。長期遅延は、瑞浪超深層研究所付近の観測点を除けば、概して遠くの観測点ほど大きくなっており、広域の変化を表していると考えられる。地殻活動観測データが観測点周辺の状態を示すのに対して、弾性波アクロス信号の変化はパスの積分値となるため補完的な情報が抽出できる可能性がある。今後、ボアホール観測網で得られた地殻活動観測データと弾性波アクロスの総合的な議論を進めていきたいと考えている。

浅井康広・石井紘, 2011, 岐阜県東濃地域で観測された2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地下水変化, 日本測地学会第116回講演会要旨集, 103-104.

國友孝洋・山岡耕春・渡辺俊樹, 2014a, 東北地方太平洋沖地震以降の土岐弾性波アクロス信号の変化, 日本地震学会秋季大会, S19-P05.

國友孝洋・山岡耕春・渡辺俊樹・吉田康宏・勝間田明男・生田領野・加藤愛太郎・飯高隆・津村紀子・大久保慎人, 2014b, 弾性波アクロスによる東海地域地殻のP波およびS波構造の推定, 地震, 67(1), 1-24.

キーワード: 地震波速度変化, 地殻変動, 弾性波アクロス, 東北地方太平洋沖地震

Keywords: seismic velocity change, crustal movement, seismic ACROSS, the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake

High resolution seismic and magnetic mapping of Kucukcekmece Lagoon (Istanbul), Turkey High resolution seismic and magnetic mapping of Kucukcekmece Lagoon (Istanbul), Turkey

ALP, Hakan^{1*}; BOYCE, Joe I.²; SUTTAK, Phil²; OKSUM, Erdinc³; KARABULUT, Savas¹; ISCAN, Yeliz¹; OZCEP, Ferhat¹
ALP, Hakan^{1*}; BOYCE, Joe I.²; SUTTAK, Phil²; OKSUM, Erdinc³; KARABULUT, Savas¹; ISCAN, Yeliz¹; OZCEP, Ferhat¹

¹Istanbul University Engineering Faculty Department of Geophysical Engineering 34320 Avcilar/Istanbul, ²Department of Geography and Earth Sciences, McMaster University, 1280 Main Street West., Hamilton L, ³Suleyman Demirel University Engineering Faculty Department of Geophysical Engineering Isparta/Turkey

¹Istanbul University Engineering Faculty Department of Geophysical Engineering 34320 Avcilar/Istanbul, ²Department of Geography and Earth Sciences, McMaster University, 1280 Main Street West., Hamilton L, ³Suleyman Demirel University Engineering Faculty Department of Geophysical Engineering Isparta/Turkey

To understand the submarine features of the Kucukcekmece Lagoon, a total of 42 km high resolution seismic reflection data and total field marine magnetic data were collected and processed. The results were interpreted together with bathymetric data in detail. Total magnetic intensity distribution identifies several north-northwest trending (340-350⁰) magnetic lineaments (L1-L5) that are aligned with strike-slip faults mapped from offshore seismic data. Analytic signal depth estimates indicate magnetic source bodies at ~100 m depth within the Thrace Basin Cenozoic sediments. Further analysis of the magnetic field data would provide information on faults kinematics and depth. Stratigraphically, parallel reflection pattern of the lagoon indicate initial deposition under low-energy conditions. From place to place, some whiteout areas are interpreted as gas charging area. Structurally, three main fault zones, FZ1, FZ2 and FZ3 are mapped with strike-slip character in NW-SE orientation. These faults delimit the lagoon from eastern and western coast where the bathymetry decreases from 10m to 5m and is characterised by two linear NW-SE directed feature on the seafloor morphology. The direction of active faults of the lagoon are also well matching with onland NE-SW oriented ridges and lineaments toward northern part of the lagoon and southern coast area. The right lateral displacement at the coast line of the lagoon in the northern Sea of Marmara and strike-slip character of FZ1, FZ2 and FZ3 are thought that these fault zones maybe related with the North Anatolian Fault Zone (NAFZ). In terms of reducing the high seismic risk posed with increased urbanization of the densely populated Istanbul, it becomes significant to monitoring or identification of the continuities of these faults in current sediments represented at the shallow parts of the seismic sections.

キーワード: High resolution seismic data, Marine Magnetic data, Istanbul, Tectonic, Faults
Keywords: High resolution seismic data, Marine Magnetic data, Istanbul, Tectonic, Faults

発震機構が示す紀伊半島とその下のスラブの右回転傾向の証拠～2004年の地震前の 応力分布の解析～ Focal mechanisms prove the right-turn of slab beneath Kii Peninsula

間瀬 博文^{1*}
MASE, Hirofumi^{1*}

¹ 所属なし
¹ none

(図面を参照のこと スラブ名・海底地形名等は便宜上命名した)

図中の曲線 cr は地震活動の先端部 (1) でスラブの実質的な縁と解釈している。南海スラブは北西に向いた斜面の縁が東進する中国地方のマントルに押される (赤色矢印) ので常時右回転力を受けており (2)、その上の地殻は下からの影響を受けられない。この縁 cr は北東方向へ2つの弧を描く一方、四国スラブとの境では和歌山北部から南方へV字を描く。こんな特徴を持つスラブの表面や内部で地震が発生している。その発震機構からスラブと地殻の右回転を証明し右回転力の詳細を明らかにしたい。発震機構は気象庁の月報を利用して頂いた。(3)(期間'90/01/01-'04/01/31 深さ 25-80km) から読み取れる限り転記した。紀伊水道南の海底のものは (4) ('23/05/01-'04/10/31、30-90km) からも転記した。

地震の断層型が典型的なら付近の力学を明確に理解できる。逆断層型や正断層型であればそれぞれ圧力と張力の方向が判明する。ただし、直下の物質少による沈下力や直下からの突上げ力はそれぞれ逆断層型と正断層型を装うから判断を要する。一方、横ずれ断層型は一次力は圧力なのか張力なのかを判断しなければならない。過半数の地震はこれらの典型でなく折衷型なので直感的な理解が難しく取り扱い難い。まず典型的な地震に注目して働いた本質の応力を探った後、折衷型に掛かる水平面における圧力や張力の向きを使って判断の補強とする。このような方針で分析した。

典型的な型の応力の向きについて、逆断層型の圧力軸はピンク色の片矢印で、正断層型の張力軸は青色の両矢印で、横ずれ断層型の圧力軸はオレンジ色の片矢印、張力軸は空色の両矢印で表示した。折衷型の圧力軸はオレンジ色、張力軸は空色の細線で表示した。V字の最下点を通る南北線と紀伊半島南端を通る東西線の交点を回転の中心と仮定し同心円弧5本(内側から1,2,3,4,5)を描いた。説明し辛い地震を除外し、残りを破線で囲んでA,B,C,D,E,Fにグループ分けした。

A内の緑色矢印は付近の平均的な張力軸である。東進傾向の南海スラブを繋ぎ止めているが故にこの領域は伸張状態と理解する。B,C内の灰色矢印は付近の正断層型の平均的な張力軸である。正断層型は赤色矢印の回転半径方向の張力成分が原因であろう。Bの南部は、てこの作用点を受ける反作用として紫色矢印(南西から)の力を受けよう。B,C,D,E内の黄色矢印はその付近の平均的な圧力軸である。Cグループ内の黄色矢印は円弧2の外側に傾き赤色矢印の向きのままEグループに衝突しているように見える。実際地震 ce は疎外された逆断層型だが二つの圧力の合力が原因とすれば理解される(図中作図)。D,Eグループ内の円弧4上の黄色矢印は接線より内側に傾く。これらの黄色矢印が接線に乗らない訳は別稿で考察する。その他の黄色矢印は円弧に調和する。以上のように南海スラブの全体的な右回転を仕向ける力が各所に広く実在するから右回転の根拠になる。このスラブに起こる地震は張力軸で全体を見ても意味不明であるが圧力軸に注目(正断層型は除く)すれば理解可能である。

東海スラブとの摺り合わせ部は円弧5に沿わなければスムーズな回転ができないが亀裂(b)が南海スラブの外周を反映していると考えられる。無理な回転による破壊は南北はトラフから浜名湖まで東西は円弧5から円弧4までの間で起きて滞った物質が山を形成しているであろう。Fグループには正断層型気味のものが多いが張力軸の方向はまちまちである。このうちマントルが東海スラブを下から突き上げる(5)ため発生した地震が相当あると考える。

(1) 木村昌三(2001)/1946年南海地震に関係する四国における地震活動の特徴(図2)

(2) 間瀬博文(2014)/JpGU2014/SSS29-P10

(3) 気象庁/地震・火山月報(防災編)/平成16年1月/発震機構分布図(P8)

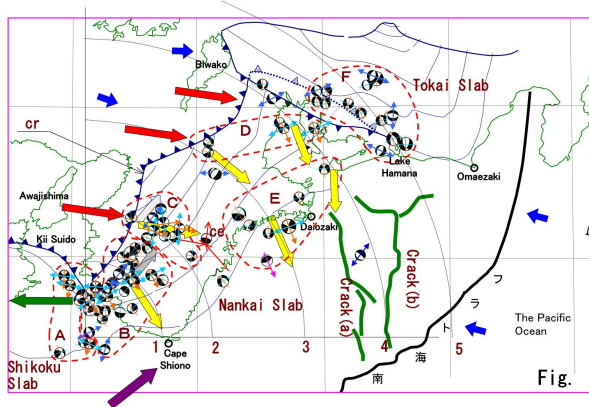
(4) 気象庁/地震・火山月報(防災編)/平成16年10月/発震機構分布図(P16)

(5) 間瀬博文(2012)/JpGU2012/SCG67-P06

SSS31-P15

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 18:15-19:30



/About information on earthquake
 referable to (3)/(4)/
 /About sea bottom
 (shape line)
 extracted from (6)/
 /About "Nankai Slab"
 (shape line, contour)
 referable to (1)/
 /About "Tokai Slab"
 (shape line, contour)
 referable to (7)/

Reference literature

- (1)木村昌三(2001)/1946年南海地震に関係する四国における地震活動の特徴/(図2)
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jgeography/1889/110/4/110_4_581/article/-char/ja/
- (3)JMA/Monthly Report on Earthquakes and Volcanoes in Japan/January 2004/発震機構分布図 (P8)
<http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/gaikyo/index.html#monthly>
- (4)JMA/Monthly Report on Earthquakes and Volcanoes in Japan/October 2004/発震機構分布図 (P16)
- (6)JHOD.JCG/Seafloor Topography of the Plate Boundaries
http://www.i.saito.mlit.go.jp/jshin/sokuryo_E/sokuryo_E.html
- (7)Nagoya Univ./Structure of the Subducting Philippine Sea Slab
<http://www.seis.nagoya-u.ac.jp/SEIS/slab/slab-j.html>

Fig.

2014年豊後水道のスロースリップ The 2014 Bungo slow slip

小沢 慎三郎^{1*}; 矢来 博司¹
OZAWA, Shinzaburo^{1*}; YARAI, Hiroshi¹

¹ 国土地理院
¹ GSI of Japan

はじめに

四国沖合では、M8クラスの巨大地震が150年程の間隔で発生し、九州沖合では、M7クラスの地震が20-30年程の間隔で発生してきた。豊後水道域は四国と九州に挟まれた領域で、四国側と九州側の異なるテクトニックな状態の遷移領域といえる。この豊後水道地域では、1997, 2003, 2009年に長期的なスロースリップが発生している。また短期的なスロースリップは半年程度の周期で頻りに低周波微動の領域で発生している。このような中、この豊後水道域で2014年に入ってから、非定常変動が発生している。本研究では、2014年以降の豊後水道地域の非定常地殻変動時系列データから、豊後水道付近のプレート境界滑りを時間依存のインバージョン解析によって推定した。

解析手法

プレート境界モデルとしては、弘瀬他(2008)等によってまとめられているフィリピン海プレート上面のモデルを使用した。データとしては、2014年1月1日~2015年1月1日までのデータを使用している。観測点としては155観測点を解析に使用した。また定常状態として、2007年1月~2008年1月までのデータを使用して、年周成分とトレンド成分を推定し、座標時系列データから除いている。固定局は三隅を使用した。このように前処理したデータと、採用したプレート境界モデルを用いて、時間依存のインバージョンの解析を行いプレート境界滑りに関して調べた。

結果と考察

その結果2014年初めころから、豊後水道付近の地殻変動に非定常な変動が含まれはじめ、2014年7月頃から比較的大きな非定常変動が推定された。またこの非定常変動を説明するために、プレート間滑りが四国南西部~豊後水道を中心として発生していることが示された。モーメントマグニチュードにして6.3程度の滑りが推定されている。過去3回の長期的スロースリップはMw7.2程度のエネルギーを出しているため、今回のスロースリップは規模がかなり小さい。2006年にもやはり小規模なスロースリップが発生しているが、これら小規模な豊後水道のスロースリップとM7クラスの豊後水道スロースリップの関係がどのようになっているのかは今のところ不明瞭である。

キーワード: 豊後水道, スロースリップ
Keywords: Bungo channel, Slow slip

観測点の上流部からの流入を考慮したひずみ計データの降水補正の試み (1) Rainfall correction of strainmeter data in consideration of the flow from the upper reaches (1)

木村 一洋^{1*}
KIMURA, Kazuhiro^{1*}

¹ 気象研究所
¹ Meteorological Research Institute

木村・他 (2015) は、東海地域の体積ひずみ計 16 観測点の降水補正の結果から、観測点の上流部からの流入がない観測点では良好な降水補正が可能だが、観測点の上流部からの流入がある観測点では降水補正をしてもバラつきが大きいことを明らかにした。そこで気象研究所では、観測点の上流部からの流入の影響を取り入れた体積ひずみ計の降水補正手法について、複数の手法による調査を開始した。

まず 1 つ目の取り組みとして、山の上部で観測している雨量計のデータを用いることによって降水補正が改善するかを試みた。東伊豆奈良本の観測点是天城山の裾野に位置しており、山の上部に降った降水が地下水として流入する影響を受けていると考えられる。現在は、これまで稲取のアメダス (標高 130m) のデータのみを用いた降水補正を行ってきたが、これに天城山のアメダス (標高 1070m) のデータも組み合わせた降水補正を行ったところ、若干ではあるが改善効果が得られた。

また、2 つ目の取り組みとして、河川水位の観測による降水補正の改善に取り組み始めた。島田川根の観測点は大井川と身成川に挟まれた高台に位置しており、山の上部に降った降水が身成川として流入する影響を受けていると考えられる。そこで、この身成川に衛星通信型で太陽電池パネルを用いた水位計を設置した。

本発表では、それらの概要について紹介する。

キーワード: ひずみ計, 降水補正, 上流部からの流入
Keywords: strainmeter, rainfall correction, the flow from the upper reaches

ALOS-2 干渉解析による長野県北部の地震に伴う地殻変動 Crustal Deformation caused by the Earthquake of Northern Nagano Prefecture using InSAR analysis of ALOS-2/PALSAR-2 data

安藤 忍^{1*}; 迫田 浩司²; 吉田 康宏²

ANDO, Shinobu^{1*}; SAKODA, Kouji²; YOSHIDA, Yasuhiro²

¹ 気象研究所, ² 気象庁

¹MRI, ²JMA

2014年5月24日に、陸域観測技術衛星「だいち2号 (ALOS-2)」が打ち上げられた。衛星に搭載された合成開口レーダ (PALSAR-2) は、先代の「だいち1号 (ALOS)」同様、地表面の状態把握に優れたLバンド波長帯を利用しており、干渉性が高く面的な地殻変動観測に有効である。

平成26年11月22日に長野県北部でM6.7の地震が発生し、最大震度6弱を記録した。気象研究所では、地震発生前後のALOS-2/PALSAR-2のデータを用いて干渉解析を行い、この地震に伴う地殻変動の検出を試みた。使用したデータは、2014年9月19日と11月28日の北行軌道 (パス126, フレーム720, 右観測) 及び2014年10月2日と11月27日の南行軌道 (パス25, フレーム2840, 左観測) で、どちらも良い干渉結果が得られた。各々のマイクロ波は西南西及び西北西上空から照射されており、震央付近の入射角は、約39°と約37°である。解析の結果、震央の東側では、最大8サイクル以上の衛星に近づく方向の位相変化が検出された。さらに、震央付近には神城断層が北北東-南南西に縦断しており、それに沿って、位相不連続線が認められた。

本解析で用いたPALSAR-2データの一部は、国土地理院が中心となって進めている防災利用実証実験 (地震 SAR 解析WG) に基づいて観測・提供されたものである。また、一部はPIXELで共有しているものであり、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) と東京大学地震研究所との共同研究契約によりJAXAから提供されたものである。PALSAR-2に関する原初データの所有権はJAXAにある。なお解析には、防災科学技術研究所の小澤拓氏により開発されたRINC (Ver0.25) を使用した。なお、干渉画像の処理過程においては、国土地理院発行の数値地図10mメッシュ (標高) を元にしたDEHMを使用し、地図の描画にはGMTを用いた。ここに記してお礼申し上げます。

キーワード: SAR 干渉解析, 地殻変動, ALOS-2/PALSAR-2, 長野県北部の地震

Keywords: InSAR, Crustal deformation, ALOS-2/PALSAR-2, earthquake in northern Nagano prefecture