

Mon. Sep 16, 2019

ROOM C

Room C | General session | S03. Crustal Deformation, GNSS, Gravity

[S03]AM-1

chairperson:Ryoichiro Agata(JAMSTEC), Motoyuki Kido(IRIDeS, Tohoku University), Yusaku Tanaka(Earthquake Research Institute, University of Tokyo)

9:30 AM - 10:30 AM ROOM C (Research Bldg No 8 NS Hall)

[S03-01] Compliant volcanic arc and backarc crust in southern Kurile suggested by interseismic geodetic deformation

*Yuji Itoh¹, Kelin Wang², Takuya Nishimura³, Jiangheng He² (1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Pacific Geoscience Centre, Geological Survey of Canada, 3. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University)

9:30 AM - 9:45 AM

[S03-02] Introduction of data covariance in slip inversion with land and seafloor geodetic observations

*Ryoichiro Agata¹, Takeshi Iinuma¹ (1. JAMSTEC)

9:45 AM - 10:00 AM

[S03-03] Models for crustal deformation associated with seismovolcanic event in and around Miyakejima and Kozushima in 2000 inferred from GNSS data

*Takahiro Akiyama¹, Shoichi Yoshioka^{2,1} (1. Graduate School of Science, Kobe university, 2. Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University)

10:00 AM - 10:15 AM

[S03-04] Estimation of block boundary around the base of the Izu Peninsula by soft clustering of GNSS data

*Yuta Mitsui¹, Satoru Watanabe² (1. Faculty of Science, Shizuoka University, 2. formerly at Faculty of Science, Shizuoka University)

10:15 AM - 10:30 AM

Room C | General session | S03. Crustal Deformation, GNSS, Gravity

[S03]AM-2

chairperson:Ryoichiro Agata(JAMSTEC), Motoyuki Kido(IRIDeS, Tohoku University), Yusaku Tanaka(Earthquake Research Institute, University of Tokyo)

10:45 AM - 12:00 PM ROOM C (Research Bldg No 8 NS Hall)

[S03-05] Direct detection of postseismic slip heterogeneity after the 2011 Tohoku Earthquake by using direct path ranging

*Ryusuke Yamamoto¹, Ryota Hino¹, Motoyuki Kido², Chie Honsho¹, Yukihito Osada^{1,3}, Shuichi Kodaira⁴,

Yasuyuki Nakamura⁴ (1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 3. ENABLER Ltd., 4. Research Institute for Marine Geodynamics, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology)

10:45 AM - 11:00 AM

[S03-06] A possible strike-slip motion along the Nankai oblique subduction zone --direct-path acoustic ranging at the Shionomisaki Canyon--

*Motoyuki Kido¹, Eiichiro Araki², Takeshi Tsuji³, Ryusuke Yamamoto⁴, Yoshifumi Kawada¹ (1. IRIDeS, Tohoku University, 2. R&D CEAT, JAMSTEC, 3. Dept. Earth Resources Engineering, Kyushu University, 4. Graduate School of Science, Tohoku University)

11:00 AM - 11:15 AM

[S03-07] Width of the strain concentration in the San-in Shear Zone as observed by a dense GNSS network

*Angela Meneses-Gutierrez^{1,2}, Takuya Nishimura³ (1. Institute for Advanced Research, Nagoya University, 2. Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University, 3. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University)

11:15 AM - 11:30 AM

[S03-08] Attempt to detect intra-plate SSEs based on GEONET data (F3 solution)

*Yusaku Tanaka¹ (1. ERI, UTokyo)

11:30 AM - 11:45 AM

[S03-09] Detection of seafloor crustal deformation due to shallow SSE using ocean bottom pressure with long-period tidal variability corrections

*Tomohiro Inoue¹, Tomoya Muramoto², Daisuke Inazu³, Yoshihiro Ito⁴, Ryota Hino⁵, Kazuaki Ohta⁴, Syuichi Suzuki⁵ (1. Kyoto University, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. Tokyo University of Marine Science and Technology, 4. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 5. Tohoku University)

11:45 AM - 12:00 PM

Room C | General session | S03. Crustal Deformation, GNSS, Gravity

[S03]PM-2

chairperson:Yo Fukushima(IRIDeS, Tohoku University), Shun-ichi Watanabe(Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard)

2:45 PM - 3:45 PM ROOM C (Research Bldg No 8 NS Hall)

[S03-10] Construction of the sea-floor geodesy network in Nemuro-Oki, the southwestern part of the Kuril Trench

*Yusaku Ohta¹, Motoyuki Kido², Ryosuke Azuma¹, Makiko Sato¹, Syuichi Suzuki¹, Ryusuke Yamamoto¹, Hidenobu Takahashi¹, Yukiho Kimura¹, Hideto Otsuka¹, Chie Honsho¹, Ryota Hino¹, Mako Ohzono³, Kazumi Okada³, Yuki Aota³, Hiroaki Takahashi³, Shinohara Masanao⁴, Fumiaki Tomita⁵, Toshiya Kanamatsu⁵, Kan-Hsi Hsiung⁵, Takeshi Inuma⁵ (1. RCPEVE, Graduate School of Science, Toho University, 2. IRIDeS, Tohoku University, 3. ISV, Hokkaido University, 4. ERI, University of Tokyo, 5. JAMSTEC)
2:45 PM - 3:00 PM

[S03-11] Preliminary Report of the GNSS-Acoustic Observation Using the Wave Glider to Detect the Seafloor Crustal Deformation

*Takeshi Inuma¹, Motoyuki Kido², Yusaku Ohta³, Tatsuya Fukuda¹, Fumiaki Tomita¹, Iwao Ueki¹ (1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), 2. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 3. Graduate School of Science, Tohoku University)
3:00 PM - 3:15 PM

[S03-12] Validation of SSE detection capability of the present GNSS-A observation network

*Yusuke Yokota¹, Tadashi Ishikawa² (1. Institute of Industrial Science, University of Tokyo, 2. Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard)
3:15 PM - 3:30 PM

[S03-13] A compatible format for preprocessed GNSS-A seafloor geodetic data

*Shun-ichi Watanabe¹, Tadashi Ishikawa¹, Yusuke Yokota², Yuto Nakamura¹ (1. Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard, 2. Institute of Industrial Science, University of Tokyo)
3:30 PM - 3:45 PM

Room C | General session | S03. Crustal Deformation, GNSS, Gravity

[S03]PM-3

chairperson: Takao Kumazawa (Earthquake Research Institute, University of Tokyo), Yo Fukushima (IRIDeS, Tohoku University), Shun-ichi Watanabe (Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard)
4:00 PM - 4:30 PM ROOM C (Research Bldg No 8 NS Hall)

[S03-14] Creep rates along the Philippine fault, Leyte

Island, and possible repeating of Mw~6.5 earthquakes on an isolated locked patch

*Yo Fukushima¹, Manabu Hashimoto², Masatoshi Miyazawa², Naoki Uchida³, Taka'aki Taira⁴ (1. IRIDeS, Tohoku University, 2. DPRI, Kyoto University, 3. Graduate School of Science, Tohoku University, 4. Berkeley Seismological Laboratory, University of California, Berkeley)
4:00 PM - 4:15 PM

[S03-15] Geodetically estimated location and geometry of fault plane involved in the 2018 Hokkaido Eastern Iwate Earthquake

*Tomokazu Kobayashi¹, Kyonosuke Hayashi¹, Hiroshi Yari¹ (1. Geospatial Information Authority of Japan)
4:15 PM - 4:30 PM

Room C | General session | S19. Seismology General and Miscellaneous Contribution

[S19]PM-3

chairperson: Takao Kumazawa (Earthquake Research Institute, University of Tokyo), Yo Fukushima (IRIDeS, Tohoku University), Shun-ichi Watanabe (Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard)
4:30 PM - 5:15 PM ROOM C (Research Bldg No 8 NS Hall)

[S19-01] About action of disaster prevention measures research of NPO Research Organization For Catastrophic Disaster Reduction (CDR)

*Kazuo Yoshida¹ (1. NEWJEC Inc.)
4:30 PM - 4:45 PM

[S19-02] Characteristics of seismic activity before and after the 2018 M6.7 Hokkaido Eastern Iwate Earthquake

*Takao Kumazawa¹, Yoshihiko Ogata², Hiroshi Tsuruoka¹ (1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. The Institute of Statistical Mathematics)
4:45 PM - 5:00 PM

[S19-03] Disaster prevention administration that can not reach a huge earthquake

*kazunobu tani¹ (1. bujisoukenkabusikigaisya)
5:00 PM - 5:15 PM

Room C | General session | S03. Crustal Deformation, GNSS, Gravity

[S03]AM-1

chairperson: Ryoichiro Agata(JAMSTEC), Motoyuki Kido(IRIDeS, Tohoku University), Yusaku Tanaka(Earthquake Research Institute, University of Tokyo)

Mon. Sep 16, 2019 9:30 AM - 10:30 AM ROOM C (Research Bldg No 8 NS Hall)

[S03-01] Compliant volcanic arc and backarc crust in southern Kurile suggested by interseismic geodetic deformation

*Yuji Itoh¹, Kelin Wang², Takuya Nishimura³, Jiangheng He² (1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Pacific Geoscience Centre, Geological Survey of Canada, 3. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University)

9:30 AM - 9:45 AM

[S03-02] Introduction of data covariance in slip inversion with land and seafloor geodetic observations

*Ryoichiro Agata¹, Takeshi Iinuma¹ (1. JAMSTEC)

9:45 AM - 10:00 AM

[S03-03] Models for crustal deformation associated with seismovolcanic event in and around Miyakejima and Kozushima in 2000 inferred from GNSS data

*Takahiro Akiyama¹, Shoichi Yoshioka^{2,1} (1. Graduate School of Science, Kobe university, 2. Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University)

10:00 AM - 10:15 AM

[S03-04] Estimation of block boundary around the base of the Izu Peninsula by soft clustering of GNSS data

*Yuta Mitsui¹, Satoru Watanabe² (1. Faculty of Science, Shizuoka University, 2. formerly at Faculty of Science, Shizuoka University)

10:15 AM - 10:30 AM

Compliant volcanic arc and backarc crust in southern Kurile suggested by interseismic geodetic deformation

*Yuji Itoh¹, Kelin Wang², Takuya Nishimura³, Jiangheng He²

1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Pacific Geoscience Centre, Geological Survey of Canada, 3. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

北海道東部の第四紀火山列とその周囲からなる火山弧域では、GNSS観測により地震間に短縮ひずみが集中していることが知られてきた。火山弧域における高い地殻熱流量、地震波速度構造や減衰構造からは、火山弧域の地殻が前弧や典型的な大陸地殻より変形しやすいことが期待される。千島海溝では2003年十勝沖地震 (M_w 8.0) 等のM8-9級プレート境界型地震が繰り返し発生してきており、地震間にはそれらの震源域が固着していることが知られてきた。したがって、観測された地震間の短縮ひずみの集中は、プレート境界の固着による圧縮力により火山弧沿いに変形が集中した結果と考えられる。そこで本研究では、地震間における地殻の力学的挙動を、変形しやすさを表すパラメータとして地殻の厚さと剛性率に着目してモデル化する。その上で、地震間のGNSSデータから、これらのパラメータの水平不均質分布を求めた。

本研究では有限要素法を用いて単純化した沈み込み帯の3次元地下構造モデルを構築した。海溝付近のマントルウェッジの一部で、弾性的に振る舞うCold Noseよりも陸側の弾性地殻の底面の深さ (25 km) と剛性率 (48 GPa) が前弧から背弧まで一様である「標準モデル」を構築した。マントルウェッジと海洋マントルにはBurgers Rheologyを仮定し、そのMaxwell粘性率はそれぞれ 1.0×10^{19} Pa s, 1.0×10^{20} Pa sとし、Maxwell粘弾性体の剛性率は64 GPaとした。地震間の地殻変動として、海溝から深さ40 kmまでのプレート境界をプレート収束速度 (8 cm/年) で500年間固着させた場合の粘弾性変形を計算した。標準モデルを用いた場合の計算結果を、1998年3月から2003年9月のGEONET F3解から計算した地震間の地殻変動速度と比較したところ、前弧側の観測点では計算値が観測値よりも顕著に小さかった。その一方で、背弧の観測点では変動が概ね説明された。また、深さ70 kmまで完全に固着させた場合も前弧の残差は改善しなかった。このことは、地殻の底面の深さや剛性率を一様とする仮定に問題がある可能性を示唆している。そこで、スラブ上面の深さを基準にCold Noseよりも陸側の地殻を前弧域・火山弧域・背弧域に分割し、火山弧域・背弧域の地殻の底面の深さや剛性率を標準モデルから小さく設定したモデル計算を実施し、観測データと比較した。その際、それぞれのパラメータの影響を検討するために、底面の深さ (すなわち地殻の厚さ) と剛性率を別々に変化させた。火山弧域のパラメータのみを小さくした場合、背弧域の計算値が観測値より著しく小さくなった。これは、火山弧域の地殻が緩衝材のように振る舞うためと考えられる。そこで、火山弧域と背弧域の両方が変形しやすい、すなわち底面の深さや剛性率が標準モデルより小さく設定したところ、前弧から背弧までの観測データを十分説明することができた。具体的には、底面の深さか剛性率のどちらか一方を火山弧域と背弧域でそれぞれ標準モデルの10%と40%程度とした場合に観測データを説明する。しかし、どちらのパラメータを変化させた場合もモデル計算された地表変動パターンが似ていたため、地震間のGNSSデータのみからどちらのパラメータが変化しているかを区別することはできないことがわかった。そこで、各モデルの構造を用いて2003年十勝沖地震時の弾性応答を計算し、観測データと比較したところ、底面の深さを変化させたモデルや標準モデルと比べ、剛性率を変化させたモデルでは火山弧付近での計算値が観測値と整合的ではなかった。したがって、火山弧の剛性率が10%まで低いことは現実的でないと考えられる。最後に、前弧と背弧のパラメータを固定し、火山弧の地殻の剛性率と厚さを同時に変化させた。その結果、火山弧の剛性率と厚さの積が標準モデルの10%程度のとき同等のモデル計算値が得られた。パラメータ間のトレードオフを考えると、地震間と地震時のGNSSデータのみから剛性率と厚さの分布を一意に決定することは不可能であるが、例えば、火山弧の地殻の底面の深さが7.5 km (標準モデルの30%) で、剛性率が16 GPa (標準モデルの1/3 ~ 33%) であるモデルは、90%の地殻内地震が発生する深さ下限 (D90) と調和的である。このモデルでは火山弧の下部地殻が地震間に粘弾性的に変形することを示しており、Hasegawa et al. (2005, *Tectonophysics*)による火山弧の変形モデルと調和的である。

Introduction of data covariance in slip inversion with land and seafloor geodetic observations

*Ryoichiro Agata¹, Takeshi Iinuma¹

1. JAMSTEC

全球測位衛星システム（GNSS）による陸域地殻変動観測と、GNSS-音響測距結合方式（GNSS-A）などによる海底地殻変動観測が組み合わされることで、海底下の断層における固着・すべりの測地逆解析の解像度は近年飛躍的に向上してきた。一方で、陸域と海域の観測点の双方を用いる場合、観測点分布やその密度には空間的偏りが生じる。この偏りを適切に扱わない場合、データへの過剰適合による不自然な短波長成分が推定すべり分布に含まれることがしばしば問題となる。対策として、観測データの重みづけや観測点の間引きを行うことが考えられるが、個々のデータに対して重みや使用・不使用を客観的に決めることは難しい。地震波によるすべり逆解析に関しては、Yagi and Fukahata (2008, 2011)が、高サンプリングレートの地震波データ、つまり時間方向に密なデータへの過剰適合が、データ同士の時間方向の共分散を適切に導入することによって避けられることを指摘した。すべり分布の測地逆解析においては、データどうしの共分散を導入しない、すなわちデータ共分散行列の非対角成分を0として逆問題を定式化することが多い。本研究は、Yagi and Fukahata (2008, 2011)と同様の考えを空間方向に偏りを持った測地データに適用し、データどうしの適切な空間的共分散を導入することで、過剰適合のないすべり逆解析を行うことを目的とする。

すべり分布の測地逆解析は多くの場合、すべての確率変数が正規分布に従うと仮定した線形逆問題として定式化される。観測データの共分散行列は、観測誤差そのものと、モデル誤差に由来する成分に大別することができる。観測誤差そのものの共分散(例えばFukahata and Wright 2008, Iinuma et al. 2015)だけでなく、モデル誤差による共分散を適切に評価することが重要となる。Yagi and Fukahata (2011)、Duputel et al. (2014)などは、モデル誤差の要因が単位すべり応答関数（グリーン関数）の不確かさにあるとみなした。この場合、データ共分散行列はモデルパラメータを用いて表せるため、彼らはそれを解くための非線形逆解析問題を定式化した。本研究ではもう一つのアプローチとして、データ共分散行列をグリーン関数自体で直接表わすことを考える。これはYagi and Fukahata (2008)の考え方に近く、逆問題を従来通りの線形逆解析として扱えるため、Yabuki and Matsu'ura (1992)などの広く使われている手法に対して、追加計算をほとんど必要とせずに応用できることが利点である。

プレート境界を想定した低角逆断層を対象とした人工データを用いた数値実験に本手法を適用し、その有効性を確かめた。仮定したすべり分布を基に地表変位を合成する際に、断層の傾斜角にずれを与えてグリーン関数を計算することにより、数値実験にモデル誤差を導入した。データ共分散行列を対角行列とした場合、傾斜角の違いが大きくなるにつれ推定されたすべり分布が振幅の大きな短波長成分を含むようになった。一方、本研究の手法で共分散を導入した場合だと、ある程度傾斜角の違いが大きくなっても、真のすべり分布により近い滑らかな分布が得られることが分かった。

本手法を、南海トラフ域におけるすべり欠損分布の推定に適用した。地殻変動データとして、Nishimura et al. (2018)によって推定されたGEONETの陸上観測点と海上保安庁などのGNSS-A海底観測点(Yokota et al., 2016)における変位速度データを用いた。グリーン関数の計算には、半無限弾性体における三角形断層に対する弾性応答の解析的表現（Comninou & Dundurs 1975）を用いた。したがって、逆問題には少なくとも、1. 剛体ブロック運動による変位、2. 弾性・粘弾性の3次元不均質構造、を考慮しないことによるモデル誤差が含まれることになる。本手法を用いた推定結果として、観測データの位置に依存しない滑らかなすべり欠損分布を得た。また、観測データと推定されたすべり欠損分布から計算される変位の残差には、四国地方南部などに比較的大きな西向き成分が含まれていた。これらのことは、観測データ、とくにモデル化されていない、中央構造線の南側のブロックに生じている剛体変位に対し、推定結果が過剰適合していないことが示唆

される。これらの結果は、適切なデータ共分散の導入の重要性を示す。一方他の領域には、原因の説明が困難である系統的な残差分布もみられた。より真のものに近いグリーン関数を作成するためのモデル化を同時に行っていく必要があることも示唆される。

Models for crustal deformation associated with seismovolcanic event in and around Miyakejima and Kozushima in 2000 inferred from GNSS data

*Takahiro Akiyama¹, Shoichi Yoshioka^{2,1}

1. Graduate School of Science, Kobe university, 2. Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University

1. はじめに

2000年6月26日より三宅島直下で群発地震が発生し始め、時間の経過とともに岩脈の貫入を伴ってその活動領域は北西方向へ広がっていった。また、Mw 6程度の地震が5回発生した。三宅島のGNSS観測点では3ヶ月間で最大で約90 cmの収縮に伴う変位や、本州でも通常とは異なる変位を観測するなど非定常地殻変動が広域で観測された。この一連の地震・火山活動を三宅－神津イベントと呼ぶ。

このイベントについて、Seno(2005)は山岡(2000)の岩脈貫入モデルと伊豆半島下に設定したデタッチメントモデルによって本州の地殻変動の水平成分を説明したが、伊豆諸島の観測データを説明できていない可能性がある。また、Nishimura et al. (2001)は伊豆諸島と本州の30以上のGNSS観測点の3成分データを用いて4つの力源を推定したが、本州の地殻変動を説明できていない可能性がある。そこで、本研究では、GNSSの水平・上下データを用いて、伊豆諸島、および本州で観測された地殻変動を同時に説明しうるモデルの構築を試みた。

2. データと解析手法

解析に用いたデータは国土地理院の日々の座標値、F3解の1998年1月1日から2003年12月31日までの伊豆諸島と東海地方、中部地方、関東地方の243のGNSS観測点の時系列データである。固定点は新潟県にある大潟(950241)と柏崎2(960567)の2点とした。まず、解析に使用した全観測点の時系列データから求めた共通誤差成分とトレンドを時系列データから除去した。トレンドの推定期間は1998年5月1日から2000年6月6日までとした。同イベントによる変位量は2000年6月7日から9月5日までの時系列データから求めた。さらに、得られた変位量から、三宅－神津イベントで発生した上記の Mw 5.9-6.5の5つの地震による地震時の変位を除去した。さらに、同イベントに伴う各観測点での変位から、Nishimura et al. (2001)の断層モデルから計算される変位を除去し、本州の残差の変位データに対して、他の力源によるすべり量をインヴァージョン解析によって推定することを試みた。

3. 結果と考察

このようにして得られた本州での水平・上下の変位データに対して Seno(2005)のデタッチメントモデルのすべり域の大きさと位置を仮定して、インヴァージョンによりすべりの空間分布を求めた。その結果、最大すべり量は6.9 cm、平均のすべり量は3.9 cmと求まり、等価なモーメントマグニチュードは6.4と推定された。すべりの方向は Seno(2005)とほぼ一致したが、同研究では20 cmの様なすべりが得られており、すべり量の大きさに違いがみられた。また、インヴァージョンによるすべり分布から求めた計算変位と観測変位を比較すると、伊豆半島以外の本州の観測点ではほとんど一致しなかった。

本講演では、さらに伊豆諸島の変位と本州の地殻変動データをよりよく説明するモデルを提案する予定である。

Estimation of block boundary around the base of the Izu Peninsula by soft clustering of GNSS data

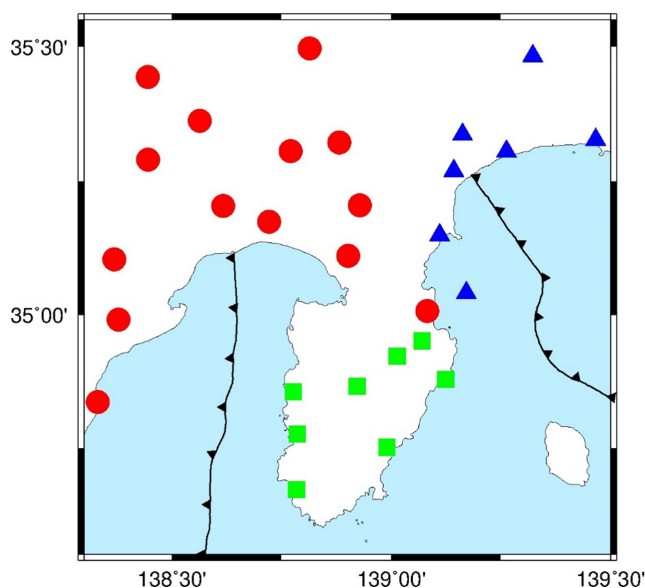
*Yuta Mitsui¹, Satoru Watanabe²

1. Faculty of Science, Shizuoka University, 2. formerly at Faculty of Science, Shizuoka University

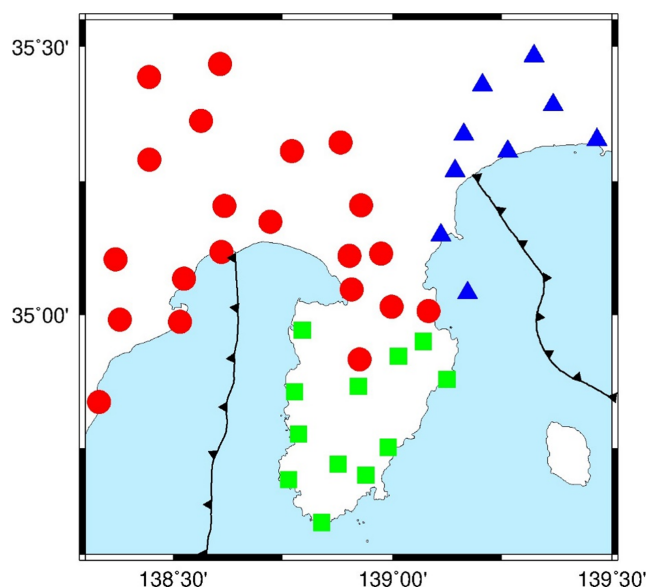
本研究では、複数の先行研究(e.g., Loveless and Meade, 2010; Nishimura, 2011)で設定にバラツキのあった、伊豆半島基部のブロック境界の位置を、国土地理院のGNSSデータ(水平成分)に基づいて推定する。手法として、近年導入が進んでいるクラスター分析(e.g., Simpson et al., 2012; Savage, 2018; Takahashi et al., 2019)を用いる。特に、各観測点データを1つのクラスターへ完全に所属させることなく、各クラスターへの帰属度を推定するソフトクラスタリング法を適用することで、どのクラスターに所属するかが曖昧なデータを除去することを可能にした。GNSSデータの期間として、1997年5月-2000年5月、および、2007年1月-2011年1月の2期間に着目する。この2期間の合間には、東海スロースリップイベントや三宅島周辺の火山活動、2004年伊豆半島沖地震の余効変動などの非定常変動が、同地域の地殻変動に大きな影響を及ぼしている。

本州側のブロック数を3としたソフトクラスタリング分析を行い、いずれかのブロックへの帰属度が高い観測点のみを表示した結果を図に示す。上記イベント前後の2期間において、ブロック同士の境界の位置は不動とみなせることがわかった。ブロックは、「伊豆半島南部」「伊豆半島北部～駿河湾西岸」「伊豆半島基部東～相模湾北岸」の3つとなった。既往研究とは異なり、伊豆半島の北側(いわゆる衝突域)ではなく、伊豆半島南部と北部を分断するような境界が推定された。地表地形としては、水抜一与市坂断層や達磨山断層に対応している。また、「伊豆半島南部」「伊豆半島北部～駿河湾西岸」ブロックの境界と、「伊豆半島基部東～相模湾北岸」「伊豆半島北部～駿河湾西岸」ブロックの境界は、伊豆東部火山群付近で交わることもわかった。「伊豆半島南部」ブロックのアムールプレートに対するオイラー回転を推定したところ、2期間に有意な差は見られなかった。同地域のブロック運動は現在安定していると考えられる。

(a) 1997-2000



(b) 2007-2011



Room C | General session | S03. Crustal Deformation, GNSS, Gravity

[S03]AM-2

chairperson: Ryoichiro Agata(JAMSTEC), Motoyuki Kido(IRIDeS, Tohoku University), Yusaku Tanaka(Earthquake Research Institute, University of Tokyo)

Mon. Sep 16, 2019 10:45 AM - 12:00 PM ROOM C (Research Bldg No 8 NS Hall)

[S03-05] Direct detection of postseismic slip heterogeneity after the 2011 Tohoku Earthquake by using direct path ranging

*Ryusuke Yamamoto¹, Ryota Hino¹, Motoyuki Kido², Chie Honsho¹, Yukihito Osada^{1,3}, Shuichi Kodaira⁴, Yasuyuki Nakamura⁴ (1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 3. ENABLER Ltd., 4. Research Institute for Marine Geodynamics, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology)

10:45 AM - 11:00 AM

[S03-06] A possible strike-slip motion along the Nankai oblique subduction zone -- direct-path acoustic ranging at the Shionomisaki Canyon--

*Motoyuki Kido¹, Eiichiro Araki², Takeshi Tsuji³, Ryusuke Yamamoto⁴, Yoshifumi Kawada¹ (1. IRIDeS, Tohoku University, 2. R&D CEAT, JAMSTEC, 3. Dept. Earth Resources Engineering, Kyushu University, 4. Graduate School of Science, Tohoku University)

11:00 AM - 11:15 AM

[S03-07] Width of the strain concentration in the San-in Shear Zone as observed by a dense GNSS network

*Angela Meneses-Gutierrez^{1,2}, Takuya Nishimura³ (1. Institute for Advanced Research, Nagoya University, 2. Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University, 3. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University)

11:15 AM - 11:30 AM

[S03-08] Attempt to detect intra-plate SSEs based on GEONET data (F3 solution)

*Yusaku Tanaka¹ (1. ERI, UTokyo)

11:30 AM - 11:45 AM

[S03-09] Detection of seafloor crustal deformation due to shallow SSE using ocean bottom pressure with long-period tidal variability corrections

*Tomohiro Inoue¹, Tomoya Muramoto², Daisuke Inazu³, Yoshihiro Ito⁴, Ryota Hino⁵, Kazuaki Ohta⁴, Syuichi Suzuki⁵ (1. Kyoto University, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. Tokyo University of Marine Science and Technology, 4. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 5. Tohoku University)

11:45 AM - 12:00 PM

Direct detection of postseismic slip heterogeneity after the 2011 Tohoku Earthquake by using direct path ranging

*Ryusuke Yamamoto¹, Ryota Hino¹, Motoyuki Kido², Chie Honsho¹, Yukihiro Osada^{1,3}, Shuichi Kodaira⁴, Yasuyuki Nakamura⁴

1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 3. ENABLER Ltd., 4. Research Institute for Marine Geodynamics, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

2011年東北地方太平洋沖地震（東北沖地震）の余効変動は、粘弾性緩和が卓越していることが、複数の研究から明らかになった。例えば、海底測地観測の一つであるGNSS-音響結合方式（GNSS-Acoustic）では、測地観測による粘弾性緩和の直接検出に成功し、特に、地震時変動の大きかった宮城県沖で粘弾性緩和が支配的であることを明らかにした（例えば、Sun et al., 2014; Watanabe et al., 2014; Tomita et al., 2017）。一方で、浅部余効すべりについては、海底測地観測網が海溝軸近傍まで及んでいないため、これまで実測ができなかった。本研究では、海底間音響測距（Direct Path Ranging; 以下DPR）という手法を用いて、東北沖地震の浅部余効すべりの実測を目指した。これは海底に設置した2つの音響トランスポンダ間で音波の送受信を行い、その往復時間と海中音速との積を計算することで基線長を求める手法である。海中音速は、温度、圧力、塩分を変数とする経験式で表されるが、深海においては温度と圧力の変動の影響が大きいため、これらも測距と同時に計測する。また、1脚型の機器の場合は海流によって、また3脚型の場合は堆積物中に徐々に沈み込むことによって、機器の姿勢変化が生じる。この傾斜変化の影響を、機器に搭載された傾斜計と方位計を用いて幾何的に補正する。DPRは、海底の局所的変動を精密かつ連続的に捉えることに長けている。例えば1 km程度の基線ならばミリメートルオーダーの精度で計測ができる（McGuire and Collins, 2013; Yamamoto et al., 2019）。このような高精度の観測を実現するには上述の各種補正が不可欠である。

観測は、地震時すべりが卓越していた宮城県沖と、顕著な余効すべりが示唆されている福島県沖の2箇所で、それぞれ2013–2016年（2013, 2014–2015, 2015–2016年の計3回に分けて実施）と2017–2018年に行われた。宮城県沖の海溝軸を跨ぐ基線に関して変位レートを計算したところ、いずれの観測期間中においても顕著な短縮は認められず、少なくとも本観測期間中は浅部余効すべりに起因する短縮はなかったと見られる。一方の福島県沖における観測では、 27.0 ± 5.5 mm/yrという有意な基線長の短縮が認められた。基線が海溝軸となす角度を考慮すると、 31.4 ± 6.4 mm/yrで海溝に沈み込んでいることになる。

海溝軸近傍は複数の断層が存在しており、そのどこで収束を賄っているかは不明である。我々はまず、反射法地震探査のデータから、本観測の基線がそれらを跨いでいるかを調べた。宮城県沖に関しては、海溝軸近傍の堆積層内に逆断層が認められる一方で、下部陸側斜面下の堆積層内には逆断層と解釈できる顕著な反射面が見られないことから、本DPR観測の基線が、この海域でのプレート境界断層のほぼすべてを跨いでいる可能性が高いことがわかった。従って、本観測期間中には顕著な浅部余効すべりは起きていなかったと言って良いだろう。一方の福島県沖は、海溝軸も含めて堆積層内に明瞭な反射面が見られない場所が多く、どこにプレート境界断層が出てきているかが現時点では不明である。従って、本観測がこの海域における浅部余効すべりの全てを捉えているかどうかはまだ不確定であり、もし本観測の基線が跨いでいない断層でさらなる収縮が生じていれば、実際の短縮レートは本観測で推定された値以上である可能性もある。また福島県沖では、海底地形に音響パスが阻まれて、DPR観測が行えなかった基線が多くある。そこで、DPR観測と並行して、海底局の中間に海中に漂うノードを置き、これを中継させることで音響パスを通す間接音響測距（Indirect Path Ranging）を実施した。これを併用することで、今後、福島県沖の浅部余効すべりの解明が期待される。

A possible strike-slip motion along the Nankai oblique subduction zone --direct-path acoustic ranging at the Shionomisaki Canyon--

*Motoyuki Kido¹, Eiichiro Araki², Takeshi Tsuji³, Ryusuke Yamamoto⁴, Yoshifumi Kawada¹

1. IRIDeS, Tohoku University, 2. R&D CEAT, JAMSTEC, 3. Dept. Earth Resources Engineering, Kyushu University, 4. Graduate School of Science, Tohoku University

フィリピン海プレートは南西日本に対し41-65 cm/yr の速度で斜めに沈み込んでいる。その斜交角は潮岬沖では直交方向から30-50度にもなり、横ずれ成分は26-50 mm/yrに達すると推定される。この横ずれ成分は、巨大地震時に直交成分とともに解消される可能性もあるが、地震時には解消されずに、純粋な横ずれ成分として、内陸部の中央構造線の活動、あるいは海溝付近で非地震時にクリープ等により解消されている可能性もある。Tsuji et al. (2014) では、熊野海盆の外縁帯に平行する、wedge boundary strike-slip fault (WBSF) の存在を指摘しており、潮岬海底谷のWBSFに沿う方向の地形的なオフセット量から、WBSFでの横ずれ運動の大きさが地質学的時間の平均値として~20 mm/yr 程度あると見積もっている。しかし、それが定常クリープなのか間欠的な動きであるかは、地質情報からだけでは判定ができない。それで、我々は海底間音響測距による地殻変動の実測を試み、クリープの有無を調べることにした。

WBSFと潮岬海底谷が交差する水深約3000mの海底に3台の測器を設置し、2016年6月から約2年間の連続観測を実施した。各基線は1000-2500 m で溪谷・WBSFをまたぐように設置し、WBSFに平行する横ずれ運動があれば、基線長変化として捉えられる配置とした。実際の地形は急峻な崖となっており、音響パスを通しつつ急傾斜地を避けるために、ROVを用いて確実に設置した。

2019年1月に機器を音響切り離しにより回収し、データ解析を行った。バッテリーが切れるまでの2年間、すべての基線で質の良い連続データが得られた。一方で音速補正に用いる温度計のデータは3000 mの水深にしては極めて大きい最大で0.2°Cに達する擾乱が見られた。正確な音速補正を適用するためには、基線両端での温度変化がコヒーレントであることが前提となるが、両端の温度変化の違いも0.1°C程度あり、線形な温度場空間変化の仮定が困難で、音速補正後も見かけの基線長の擾乱が1000 mの基線で10 cm 程度、2500 mの基線で20 cm 程度残ってしまった。しかし、1年間の長期データのため線形回帰による基線長変化速度は概ね1-2 cm/yrの精度で議論が可能である。暫定的な解析結果からは、観測精度内での定常的なクリープの存在は見られず、横ずれ運動は地質学的時間の中で間欠的に発生していることを支持する結果となった。現在、大きな温度擾乱を効果的に補正する方法を試行中であり、今後より精度の高い議論が可能になると期待される。

Width of the strain concentration in the San-in Shear Zone as observed by a dense GNSS network

*Angela Meneses-Gutierrez^{1,2}, Takuya Nishimura³

1. Institute for Advanced Research, Nagoya University, 2. Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University, 3. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

The San-in Shear Zone (SSZ) is a ~N80°E right-lateral shear zone in southwest Japan with a 30- to 50-km width, where seismic activity and high strain rates have been observed. Although no major active fault is identified in the SSZ, deformation in the area can be modeled by assuming a 5 mm/yr deep creep on a vertical fault with right-lateral motion and conjugate Riedel shears within the shear zone can reconcile the seismotectonics in the area (Nishimura and Takada, 2017). GNSS velocities are well explained by a model having a deep creep on a vertical fault plane, however, it is not clear the extent of the shear zone in the lower crust or how the overall E-W trending right-lateral slip is accommodated by the active faults within it. Thus, we evaluate the width of the shear zone beneath the SSZ utilizing the available GNSS data in the area.

We analyze daily coordinates from continuous GNSS stations in southwest Japan from 1 January 2014 to 31 December 2018. The network is composed by GEONET stations and original stations in the SSZ operated by Kyoto University since December 2014 near the source regions the 2000 Western Tottori and the 2016 Central Tottori earthquakes. Precise daily coordinates for the GNSS sites are calculated with the GNSS-Inferred Positioning System and Orbit Analysis Simulation Software (GIPSY-OASIS), version 6.2 using the Precise Point Positioning processing strategy with ambiguity resolution (Zumberge et al., 1997; Bertiger et al., 2010).

We utilize the horizontal displacement rates distribution with respect to site 0344 (35.09°N, 134.59°E) for our analysis. Two major earthquakes affected the crustal deformation in the area during the analyzed period: the 2016 Kumamoto earthquakes (M_w 7.0) and the 2016 Central Tottori earthquake (M_w 6.2). Coseismic and postseismic corrections are applied for the perturbed stations.

We estimate the width of the SSZ for Eastern, Central, and Western Tottori by assuming parallel vertical dislocations below 13 km depth (Omuralieva et al., 2012) in the shear zone. Optimized models based on the horizontal displacement along three profiles reveal different widths of the shear zone (i.e., 72 km in Western Tottori, 38km in Central Tottori and 55 km in Eastern Tottori). They suggest that ductile flow in the lower crust is distributed in a channel beneath the SSZ. However, models with a single vertical fault in the middle of the shear zone are within the data 2 sigma confidence interval. Current GNSS network provides a limited contribution to constraining the width of the shear zone in the lower crust.

Attempt to detect intra-plate SSEs based on GEONET data (F3 solution)

*Yusaku Tanaka¹

1. ERI, UTokyo

スロー地震と呼ばれる、同規模の通常の地震より長い時定数で発生する地震は、その時定数に応じて超低周波地震、低周波地震・微動、スロースリップイベント(SSE)に分けられる。この中でもSSEは最も長い時間スケールで進行し、その観測には主としてGNSSが用いられている。スロー地震データベース(<http://www-solid.eps.s.u-tokyo.ac.jp/~sloweq/>)によれば、SSEは、これまで主にプレート境界で観測されており、内陸での検出例は北海道で観測された事例しかない(池田・日置, 2014, JpGU; Ozono et al., 2015)。プレート境界型のSSEは、例えばプレート境界上にSSEを起こす矩形断層を仮定する事で地上の観測点各々の位置における地殻変動が予測できる上に、ある程度まとまった数の観測点が同じ方向に動く事が期待できる。プレート境界型のSSEは、この予測に従ってシグナルを探す事で検出が可能である。一方、内陸SSEは、発生する断層を仮定する事が困難であり、地殻変動観測点の移動方向の予測も難しく、内陸SSEが浅部で発生した場合はシグナルを捉える観測点の数も限定的なものになる。このような点が、これまで内陸SSEの検出事例がごく限られていた理由である。

そこで本研究では、国土地理院が提供するGNSSデータ(GEONET, F3解)を用いて、下で述べる[手法概略]に沿って日本の地殻変動を包括的に調査し、その他の内陸SSEの検出を試みる。本研究は予稿投稿時点で[手法概略]の(8)まで進行しており、これまでに内陸SSEの可能性が疑われる数十の地殻変動の検出に成功した。学会講演では、この成果について報告する。

ただし、本研究は地殻変動データにのみ基づいており、検出した地殻変動が内陸SSE起源であると断定することは現時点では不可能である。内陸SSE起源の可能性が非常に高いことを示すためには、今後、例えば同時期における同じ場所での低周波微動の発生の有無などを確認していくことが必要である。

[手法概略]

(1) 第一に、F3解を利用して日本中の水平方向の地殻変動量の時系列を作成する。この段階では誤差の大きい鉛直方向は使わない。 $(dE)^2 + (dN)^2$ の平方根(dE, dN は各々東向き変動量と北向き変動量)を用いる事で、地殻変動の発生方向に依存せずにシグナルが検出できる。

(2) 作成した時系列に対して、一ヶ月幅の移動時間窓を作成し、その時間窓の中で(中央値 $\pm$ $3 \times$ 中央絶対偏差)の外側に位置したデータを外れ値として除外する。

(3) F3解の時系列にはアンテナ交換や、地震時の地殻変動、火山活動による地殻変動などによって不連続が含まれる。この不連続は本研究ではノイズとなるため、この補正を行う。まず移動時間窓を作成し、この時間窓を前半と後半に分割する。そして前半と後半の各々に最小二乗法で二次関数をフィッティングする。前半の終端と、後半の始端の値を見積もり、その差を取る。この差が、ある閾値を超えていた場合、その差の分だけ不連続が存在すると見做して、時間窓の後半以降すべてのデータから、その値を差し引く。ただし、これには閾値が大きいと小さな不連続が見逃され、小さいと大きな不連続が上手く補正できないという問題がある。そこで大きく設定した閾値を徐々に小さくしながら補正を繰り返し行う。

(4) 不連続を補正した時系列に対し、(2)と同じ方法で、再度、外れ値の除去を行う。

- (5) $\sigma = 10$ 日のガウシアンフィルターを適用し、時系列を平滑化する。
- (6) 平滑化した時系列の中で、ジグザグ型の地殻変動が存在する部分を抽出する。
- (7) ジグザグ型の地殻変動が抽出された観測点を含む、その近傍5観測点の内、4観測点以上で同時にジグザグ型の地殻変動が抽出された場合、そこで地殻変動を検出したとする。
- (8) 検出された地殻変動について、各観測点で東西方向・南北方向・上下方向の地殻変動量を見積もる。
- (9) 見積もられた地殻変動を内陸SSEによるものと仮定し、その地殻変動を説明可能な断層を数値計算で求める。

Detection of seafloor crustal deformation due to shallow SSE using ocean bottom pressure with long-period tidal variability corrections

*Tomohiro Inoue¹, Tomoya Muramoto², Daisuke Inazu³, Yoshihiro Ito⁴, Ryota Hino⁵, Kazuaki Ohta⁴, Syuichi Suzuki⁵

1. Kyoto University, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. Tokyo University of Marine Science and Technology, 4. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 5. Tohoku University

近年海底下での地殻変動検出を目的とした海底圧力観測が重要視されている。特に海底下の浅部で発生するスロースリップの変動源の推定に際して、陸上のGNSS観測のみでは不十分であり、直上の海底圧力計が重要な役割を果たす。本研究では深海域に設置された海底圧力計記録に含まれる海洋起源の圧力変動に着目する。特に長周期潮汐成分（周期2日以上）を除去することで浅部スロースリップに伴う、海底の上下変動を精度よく検出する手法について述べる。

海底で観測される水圧は機器直上の海水の量に大きく依存する。海底圧力計は海底の地殻変動（上下動）を高い分解能で観測する一方で、観測される圧力値には直上の気圧や海水量など地殻変動以外の成分も含まれる。海洋起源の圧力変化は、観測される非地殻変動成分の中でもその割合が大きく、潮汐成分および潮汐以外の要因からなる非潮汐成分に分けられる。さらに潮汐成分は短周期の成分（2日未満）と長周期の成分（2日以上、以後「長周期潮汐成分」）が含まれる。本研究で研究対象とするスロースリップに伴う地殻変動（数週間から数ヶ月の変動）の解析では、地殻変動成分と長周期潮汐成分の周波数成分はほぼ一致するため、長周期潮汐成分の除去が不可欠となる。しかしながら、先行研究（Muramoto et al., 2019; Hino et al., 2013など）では観測された圧力値から短周期の潮汐成分と非潮汐成分を取り除いており、長周期潮汐成分は除去していない。

ニュージーランドヒ克蘭ギ沈み込み帯に2014年から2017年の期間に設置された海底圧力計記録を解析に用いた。非潮汐成分の補正には海洋モデル（Inazu et al., 2012）を使用し、長周期潮汐成分の補正にはBAYTAP-L（Tamura et al., 1991）を使用した。その結果、長周期潮汐を観測記録から除去することで、ある観測点では、長周期潮汐を除去する前の圧力値の時系列に比べて標準偏差が10%程度（0.1hPa程度）減少した。議論では、推定された長周期潮汐とモデル計算による長周期潮汐を比較し、推定された値の妥当性を検証する。さらに、長周期潮汐を除去した圧力値を用いて、観測期間に発生したスロースリップ（2015年9月、2016年11月など）に対して、海底地殻変動の推定を行った結果を示す予定である。

Room C | General session | S03. Crustal Deformation, GNSS, Gravity

[S03]PM-2

chairperson:Yo Fukushima(IRIDeS, Tohoku University), Shun-ichi Watanabe(Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard)

Mon. Sep 16, 2019 2:45 PM - 3:45 PM ROOM C (Research Bldg No 8 NS Hall)

[S03-10] Construction of the sea-floor geodesy network in Nemuro-Oki, the southwestern part of the Kuril Trench

*Yusaku Ohta¹, Motoyuki Kido², Ryosuke Azuma¹, Makiko Sato¹, Syuichi Suzuki¹, Ryusuke Yamamoto¹, Hidenobu Takahashi¹, Yukiho Kimura¹, Hideto Otsuka¹, Chie Honsho¹, Ryota Hino¹, Mako Ohzono³, Kazumi Okada³, Yuki Aota³, Hiroaki Takahashi³, Shinohara Masanao⁴, Fumiaki Tomita⁵, Toshiya Kanamatsu⁵, Kan-Hsi Hsiung⁵, Takeshi Ilnuma⁵ (1. RCPEVE, Graduate School of Science, Tooh University, 2. IRIDeS, Tohoku University, 3. ISV, Hokkaido University, 4. ERI, University of Tokyo, 5. JAMSTEC)

2:45 PM - 3:00 PM

[S03-11] Preliminary Report of the GNSS-Acoustic Observation Using the Wave Glider to Detect the Seafloor Crustal Deformation

*Takeshi Ilnuma¹, Motoyuki Kido², Yusaku Ohta³, Tatsuya Fukuda¹, Fumiaki Tomita¹, Iwao Ueki¹ (1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), 2. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 3. Graduate School of Science, Tohoku University)

3:00 PM - 3:15 PM

[S03-12] Validation of SSE detection capability of the present GNSS-A observation network

*Yusuke Yokota¹, Tadashi Ishikawa² (1. Institute of Industrial Science, University of Tokyo, 2. Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard)

3:15 PM - 3:30 PM

[S03-13] A compatible format for preprocessed GNSS-A seafloor geodetic data

*Shun-ichi Watanabe¹, Tadashi Ishikawa¹, Yusuke Yokota², Yuto Nakamura¹ (1. Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard, 2. Institute of Industrial Science, University of Tokyo)

3:30 PM - 3:45 PM

Construction of the sea-floor geodesy network in Nemuro-Oki, the southwestern part of the Kuril Trench

*Yusaku Ohta¹, Motoyuki Kido², Ryosuke Azuma¹, Makiko Sato¹, Syuichi Suzuki¹, Ryusuke Yamamoto¹, Hidenobu Takahashi¹, Yukiho Kimura¹, Hideto Otsuka¹, Chie Honsho¹, Ryota Hino¹, Mako Ohzono³, Kazumi Okada³, Yuki Aota³, Hiroaki Takahashi³, Shinohara Masanao⁴, Fumiaki Tomita⁵, Toshiya Kanamatsu⁵, Kan-Hsi Hsiung⁵, Takeshi Ilnuma⁵

1. RCPEVE, Graduate School of Science, Toho University, 2. IRIDeS, Tohoku University, 3. ISV, Hokkaido University, 4. ERI, University of Tokyo, 5. JAMSTEC

2011年東北地方太平洋沖地震(M9.0, 以下東北沖地震)ではGNSS-音響結合方式(以下, GNSS-A)や, 海底水圧計による海底地殻変動観測によって, プレート境界の深さ十数km以浅で50mを超える大きな断層すべりが生じていたこと, さらにその断層すべりが海溝軸まで到達していたことが高い確度で明らかになった. こうしたプレート境界浅部での大すべりを規定する要因をさまざまな側面から理解することは, 超巨大地震の発生様式の理解を深める上で重要であり, 特に他の地域における超巨大地震との比較研究を行うことは地震の多様性理解のために必須である.

千島海溝は, 日本海溝と同じ太平洋プレートが沈み込む場であり, M8クラスの巨大地震が十勝沖や根室沖といった各セグメントで繰り返し発生している. 一方, 津波堆積物の分布等から, 17世紀に, 十勝・根室沖の両セグメントを破壊し, さらにプレート境界浅部で大きなすべりが生じるような巨大地震が発生していた可能性が指摘され, そのすべり様式の2011年東北沖地震との類似性が示唆されている(Ioki and Tanioka, 2016).

こうした観点から, 東北大学と北海道大学では, 千島海溝根室沖における現在のプレート間固着の実測を目指した海底測地観測網の整備を共同で実施した. 具体的には2019年7月に実施された東北海洋生態系調査研究船「新青丸」の共同利用航海KS-19-12航海において, 3箇所のGNSS-A観測点および1箇所の海底間音響測距(ADM)観測点の設置を行った.

本航海では併せて, ピストンコアを用いた採泥による乱泥流堆積物調査を2箇所で実施した. また, 海底水圧計の長期ドリフトの除去を目的とした自己校正機能付きの海底水圧観測システムのプロトタイプ機の動作実証試験を行った. さらに, 日本海溝-千島海溝会合部の地震・微動活動を把握することを目的とし, 自己浮上式海底地震計5台の設置も実施している. またウェーブグライダーによる長期自律的GNSS-A観測のための試験観測も実施した(飯沼・他, 本大会).

図にKS-19-12観測において根室沖に新設したGNSS-A観測点, ADM観測点等の観測点分布を示す. GNSS-A観測点は, 海溝軸に直交する方向に3観測点を新設した. そのうちの2点は陸側斜面に設置し, 1点は沈み込む太平洋プレートの移動速度の実測を目的として, 海溝軸よりも南側に設置した. 各観測点は3局もしくは4局のトランスポンダーによって構成され, 設置後に新青丸の船底トランスデューサーを用いた移動観測による各トランスポンダー位置の計測および, 各アレイの初期位置推定のための定点観測を実施した.

ADM観測点は, 海溝軸を跨いで3海底局を設置し, うち2局は沈み込む太平洋プレート上に, 1局を陸側斜面に設置した. ADMでは, 海底局間で音線のパスが通る必要があるため, あらかじめ予定した箇所に正確に設置する必要がある. そのためウィンチで観測装置を吊り下げ, 潮流の影響が少ない深度で切り離すことによって, 予定した箇所に正確に設置を行った. 設置後, 船上から単発の測距指示を行い, ADM海底局間で, 相互に測距に成功していることを確認した.

今後, GNSS-A観測点については, 1年に1回程度の頻度で繰り返し観測を行い, 特にプレート境界浅部における固着について明らかにすることを目指す. ADM観測点については, 2年間程度の連続観測によって, プレート境界最浅部におけるひずみ蓄積の定量評価を目指す. 発表では, より詳細な観測内容等および, 現時点までに得られているデータの暫定的な解析結果等について報告する予定である.

謝辞: 本研究の一部は, 災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画(第2次)の支援を受けて行われました. またKS-19-12航海の実施において, 東北海洋生態系調査研究船「新青丸」の乗組員には多くの支援を

頂きました。深く感謝いたします。

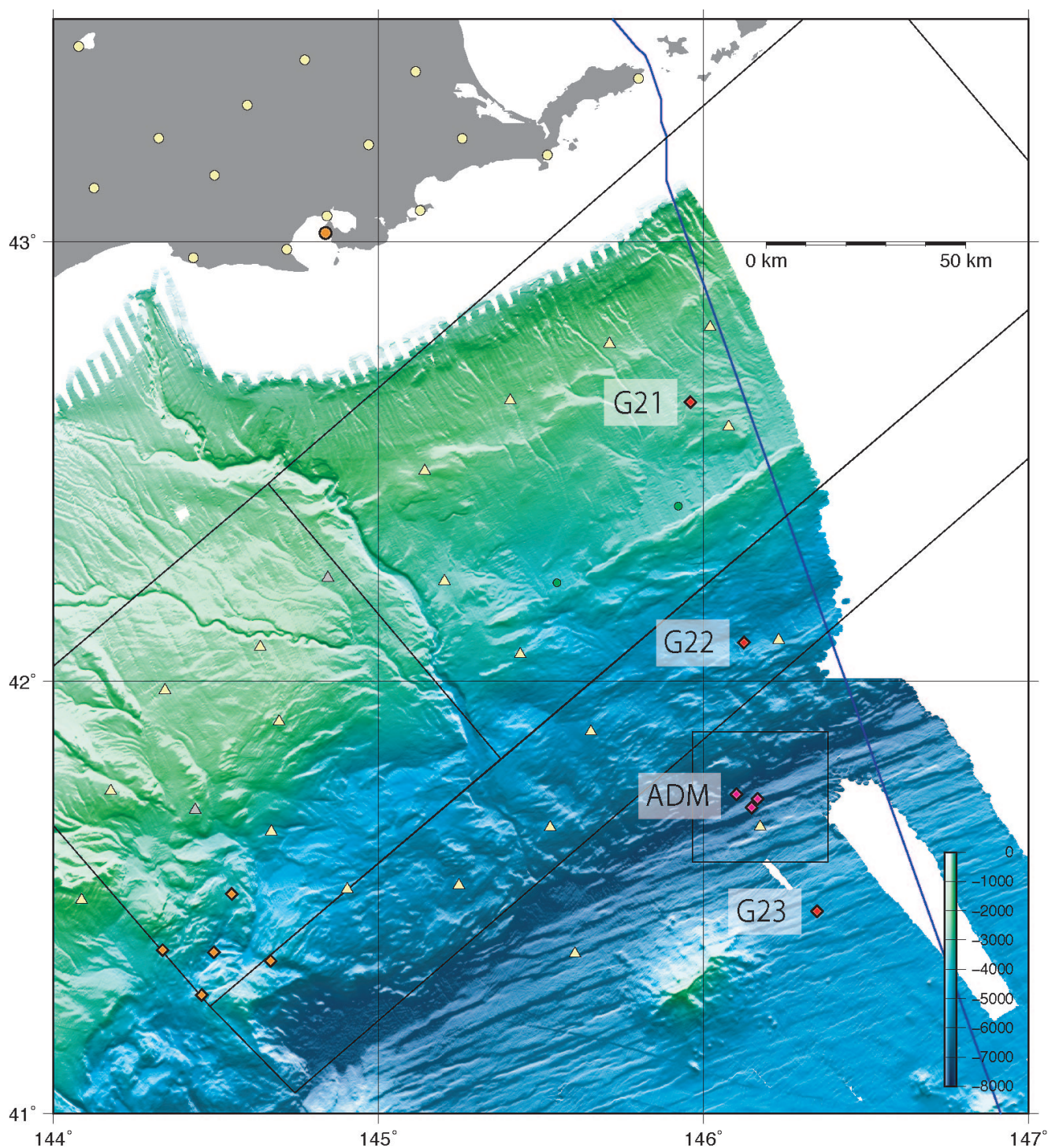


図:KS-19-12航海で設置したGNSS-A観測点およびADM観測点の分布図. 赤ひし形が新設GNSS-A観測点, ピンク色のひし形がADM観測点をそれぞれ示す. 図中の黒矩形はIoki and Tanioka (2016)で示された十勝・根室連動型地震の断層面を示す. 黄色三角形はS-net, 黄色丸はGEONET, オレンジ色の丸印がGNSS-A観測における陸上基準GNSS観測点をそれぞれ示す.

Preliminary Report of the GNSS-Acoustic Observation Using the Wave Glider to Detect the Seafloor Crustal Deformation

*Takeshi Iinuma¹, Motoyuki Kido², Yusaku Ohta³, Tatsuya Fukuda¹, Fumiaki Tomita¹, Iwao Ueki¹

1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), 2. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 3. Graduate School of Science, Tohoku University

近年、GNSS-音響測距結合方式の海底地殻変動観測（以下、GNSS-A観測）によって、プレート間の固着や地震時すべりによる地殻変動が海底で捉えられるようになってきた。しかしながら、GNSS-A観測の実施には、海上でのGNSS測位、及び、海底トランスポンダーとの間の音響測距を行うための海上プラットフォームが必要であり、これまででもっぱら船舶もしくは船舶の制御下にあるブイが用いられてきたが、有人船舶の必要性が、観測の高頻度化に限界を設けるとともに、観測実施コストの低廉化を妨げてしまっているのが現状である。これに対し、海底地殻変動観測点の直上に係留されたブイを用いてGNSS-A観測を行うことによって、リアルタイムに海底地殻変動の検出を行うための技術開発が進められているが、日本近海だけでも現在60点を超えている海底地殻変動観測点すべてにブイを設置するには膨大な費用が必要となる。そこで、海洋研究開発機構と東北大学では、多数の観測点におけるGNSS-A観測の高頻度化を達成すべく、無人機を用いた長期自律的GNSS-A観測を実施するための技術開発に共同で取り組むこととし、2019年7月に実施されたKS-19-12航海において、ウェーブグライダーを用いたGNSS-A観測を試験的に行った。

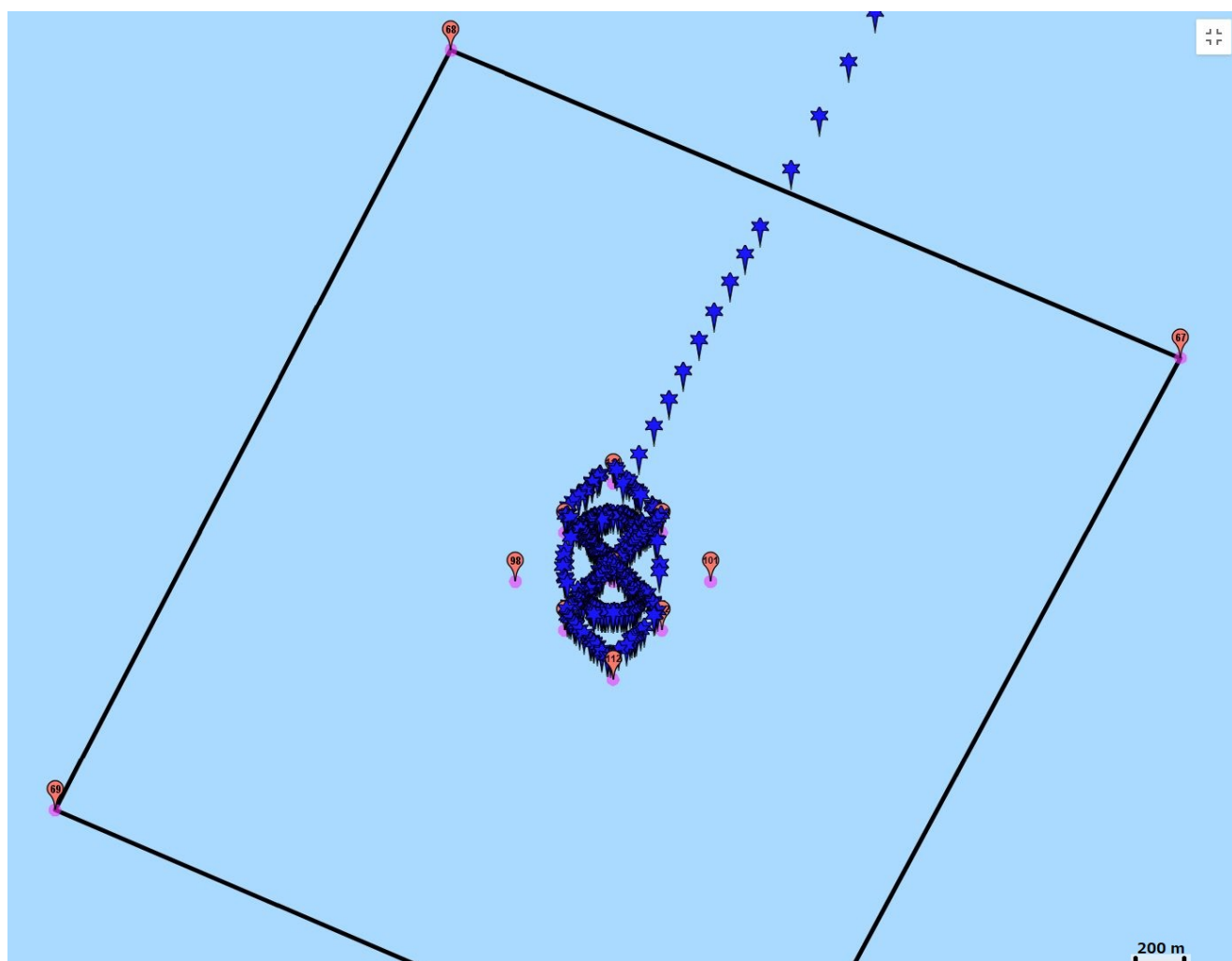
ウェーブグライダーは洋上に浮かぶフロート部と水中のグライダー部から構成される。太陽光発電による電力によって制御を行い、波浪によるフロート及びグライダーの上下動を推進力に変えて自律的に航行する無人観測プラットフォームである。燃料を必要としないため長期間の洋上運用が可能であるとともに、観測点における定点保持や海底局アレイ内での移動観測、観測点間の移動やAIS搭載船舶との衝突回避といった運動を自動的に行うことができる。衛星通信を介して陸上からのミッション管理が可能であり、内部ペイロードの電源のオン・オフや航路の設定が随時可能である。今回は以下の点を目指としてシステムの開発を行い、試験観測を実海域で実施した。

1. 海底地殻変動観測点において、
 - (ア) フロート上に設置したGNSSアンテナ及びフロート内のジャイロからのデータを取得すること
 - (イ) 各観測点に設置されている海底トランスポンダーを起動させること
 - (ウ) 十数時間のあいだ、一定時間間隔で音響測距信号を発信し、各トランスポンダーからの音響測距信号を受信し、記録すること
2. 海底地殻変動観測点間を自律的に移動し、観測点においては設定された範囲内にとどまること

2019年7月3日から13日にかけて行われた、東北海洋生態系調査研究船「新青丸」の共同利用航海（KS-19-12）において、関連機材を搭載したウェーブグライダーを用いた試験観測を実施した。東北大学が青森県沖に設置したG02観測点において投入してGNSS-A観測を開始し、終了後は岩手県沖に設置されたG03観測点に移動させてGNSS-A観測を実施する、という計画のもとに各種設定を行った。結果として、海況に恵まれず、G03観測点への移動及びそこでの観測を断念せざるを得なかったが、G02観測点での観測、並びに、十勝沖の海底地震計設置点への移動によって、前述の目標を達成することができた。図にG02観測点におけるウェーブグライダーの航跡を示す。外側の黒実線の四角形は各海底局を頂点としており、中心定点付近に設定された地点を通る8の字もしくは半径200mほどの円形の航路をほとんど外れることなく辿っていたことが良く分かる。取得したデータについては現在解析中であり、秋季大会当日においては、暫定的な解析結果についても報告する予定である。

謝辞：本研究の一部は文科省科研費26109007の助成を受けて行われました。また、ウェーブグライダーの整備及び運用に際してご尽力・ご協力いただいた、株式会社マリン・ワーク・ジャパンの長濱徹哉氏、藤井信宏

氏，松永浩志氏及び横田牧人氏，並びに，東北海洋生態系調査研究船「新青丸」の乗組員及びKS-19-12航海乗船研究者各位に深く感謝いたします。



Validation of SSE detection capability of the present GNSS-A observation network

*Yusuke Yokota¹, Tadashi Ishikawa²

1. Institute of Industrial Science, University of Tokyo, 2. Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard

GNSS-音響測距結合方式(GNSS-A)による海底地殻変動観測技術は長期的スケールにおける海底の精密な地殻変動場を連続的に検出することができる唯一の観測技術である。これまでに、東北沖地震の巨大な地殻変動場、その余効変動場、南海トラフ沿いや南西諸島海溝沿いの固着状態などのきわめて重要な地震学的知見を提供しており、地震学において重要な役割を持っている。

近年、GNSS-Aは観測システムの高度化と洗練、解析システムの開発が進み、cmオーダーの観測精度で年スケールの地殻変動場を検出できるようになった。たとえば、観測頻度を向上させるための音響システム開発やシミュレーション研究、海中音速構造の複雑性の理解とその検出などが進められた。2019年時点では、地点によって違いが大きいものの、頻度は4-10回/年、精度は1.5-2.5 cm (1- σ) を達成している。これにより、従来は捉えられなかった非地震性の海底地殻変動場をある程度の感度で検知することが可能となった。

2018年までの観測結果には、南海トラフ沿いのいくつかの観測地点で非地震性の地殻変動と考えられる信号が見られており、かなり明瞭なものから不明瞭なものまで観測点や時期によってさまざまな信号が得られている。そこで、Nishimura et al. [2013, JGR] を参考に c-AIC [Akaike, 1974, IEEE TAC; Sugiura, 1976, CSTM] を用いた識別方法によって、これらの信号の分析を行い、豊後水道沖、紀伊水道沖、熊野灘沖の3領域について非地震性の地殻変動は統計的に尤もらしく、SSEによるものと推定されることがわかっている。

これらの信号は数多くあるはずのSSEによる地殻変動のうち巨大な信号のみが検出されていると考えられる。今後、観測網の整備、他の観測手法による結果との議論や検出の可否の議論を行っていく上で、GNSS-A観測網のSSE検出能力を適切に把握しておく必要がある。本稿では、疑似データによる数値試験と実際のデータに対する統計検定の結果から、海底地殻変動場の検出能力についての評価を行う。

現状のGNSS-A観測網において、最高の精度が達成されている場合における観測感度を疑似データによる試験で調査した。疑似データは現在の観測能力に合わせて数値的に誤差を与えて生成する。得られた1000ケースほどの疑似データに対して、c-AICによる識別を行い、地殻変動を含むかどうかを検定していく。その結果からは、4-5 cm 程度の地殻変動を検知することはできるが、それ以下の場合、誤検知率や空振り率が高くなってしまうことが示された。またいくつかの時定数の地殻変動を含む疑似データに対してモデルによる時定数の推定精度を調査したところ、時定数の決定精度が低いことも示された。これは現在の観測頻度が隔月程度であることが主な原因と考えられる。

合わせて、それぞれの観測点の個別の感度検証も行った。観測点ごとの時系列データから、いくつかのデータを省いて地殻変動の有無を検定した時の各パラメータの決定精度を検証した。この時、省いたデータが多くなっても地殻変動に関する推定パラメータが安定している場合は高感度の観測地点、データの除去により簡単に推定パラメータが不安定になる場合は低感度の観測地点である。この検証により、たとえばASZ1 (足摺岬の沖合) とHYG1 (日向灘の沖合) の2点を比較すると、ASZ1がより不安定であることがわかる。近傍2点でも生じてしまうこの違いの原因については、海中音速構造以外の要因も含めて今後検証する必要がある。

また、現状のGNSS-A観測網の能力を考慮して、水藤 [2016, 測地学会誌] と同様の手法でSSEの検出範囲の推定も実施した。この結果からは沖合の海底観測点近傍でのSSEの検出能力が新たに得られたと解釈できる

が、検出不能な領域も広く、観測網の拡張が求められる。

参考文献：

Yokota, Y., T. Ishikawa and S. Watanabe (2018): Seafloor crustal deformation data along the subduction zones around Japan obtained by GNSS-A observations, Scientific Data, 5:180182, doi:10.1038/sdata.2018.182

Yokota, Y., T. Ishikawa and S. Watanabe (2018): Gradient field of undersea sound speed structure extracted from the GNSS-A oceanography, Mar. Geophys. Res., doi:10.1007/s11001-018-9362-7

A compatible format for preprocessed GNSS-A seafloor geodetic data

*Shun-ichi Watanabe¹, Tadashi Ishikawa¹, Yusuke Yokota², Yuto Nakamura¹

1. Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard, 2. Institute of Industrial Science, University of Tokyo

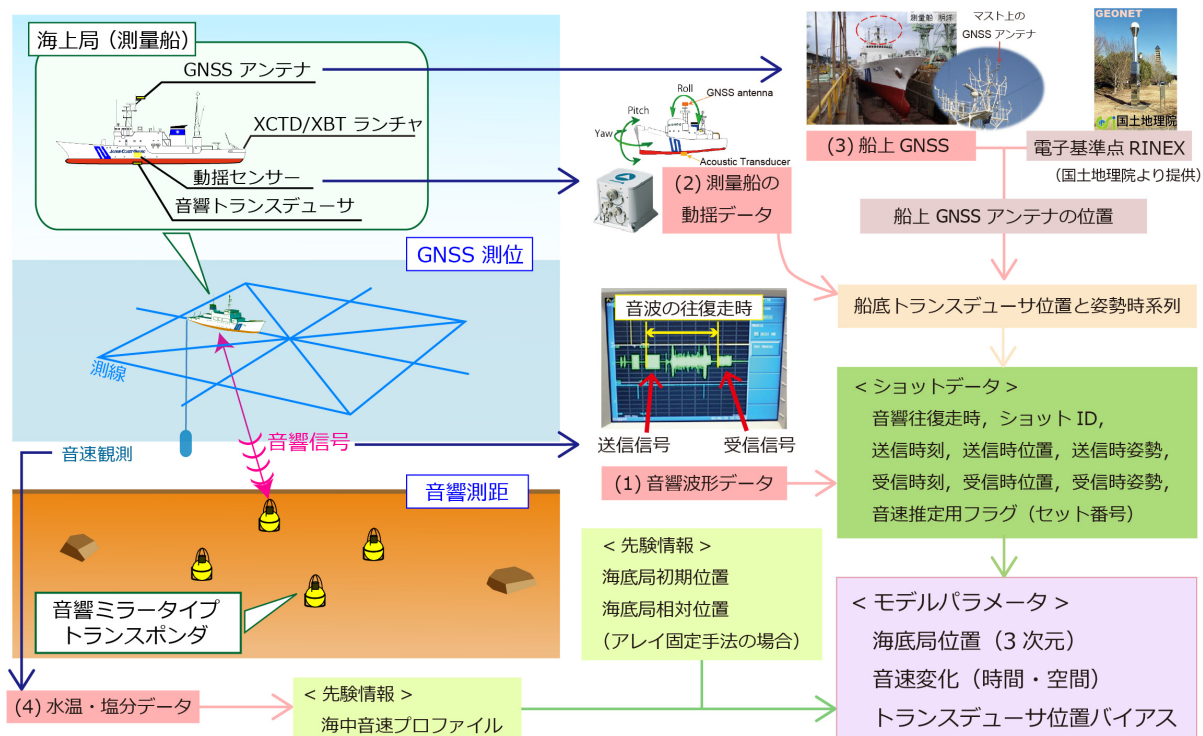
GNSS-A技術を用いた海底測地観測は、海上保安庁や大学等、複数の機関で実施されている。各機関で得られたGNSS-Aデータはそれぞれ独自のフォーマットで収集され、独自のルーチンで処理・解析される。他方で、GNSS-A解析において必要となるデータは原則として観測手法によらない。そのため、もし互換性のあるGNSS-Aのデータフォーマットが作成されれば、複数の観測主体のデータを直接比較したり、それぞれの解析ストラテジで処理したりするといった連携が可能になる。さらに、データフォーマットが定まれば、GNSS観測のRINEXのように、GNSS-A観測を実施していない研究者もGNSS-A解析を直接行うことが容易になり、研究の裾野が広がることも期待される。そこで、本研究ではまず、GNSS-Aの解析において必要となるデータセットを以下のように整理した。

2019年現在において、海上保安庁の実施する海底地殻変動観測で測量船において取得される生データは、（１）音響波形データ（200 kHzサンプリング）、（２）動揺計測データ（10-20 Hzサンプリング）、（３）GNSSのRINEXデータ（2 Hzサンプリング）、（４）音速測定用XBT/CTDデータ（1 m層の水溫・塩分濃度プロファイルデータ）である（図中ピンク背景）。海底局位置の解析（以下、局位置解析）においては、まずこれらの生データから、各ショットに関するデータを抽出する必要がある。具体的には、現行の局位置解析において必要なデータとして、ショットごとに、ショットID（海底局番号）、ショット発信時及び受信時の、時刻、トランスデューサ位置及び測量船の姿勢（それぞれ3成分）、並びに音波往復走時に加え、そのショットが含まれる観測セット番号（一般にはフラグとして扱う変数）の17パラメータを抽出する（図中緑背景）。なお、ここで時刻が必要になるのは音速補正を時間の連続関数としてモデル化しているため、及び固体地球潮汐の効果を補正するためであり、測量船の姿勢が必要になるのはGNSSアンテナ・トランスデューサ間の測定誤差（トランスデューサ位置バイアス）を推定するためである。また、ショット発信時刻と受信時刻に加えて往復走時が必要なのは、海底局において設定される返答シグナルの発射ディレイが、海底局ごとに異なるためである。

これらショットごとのデータセットをCSV等にまとめたファイルを、GNSS-A一次処理データフォーマットとして定義できる。実際の解析においては、これらショットデータに加え、音速プロファイルデータ及び初期局位置データ等の広い意味での先験情報が必要になる（図中薄緑背景）。ただし、前者は実測値に限らずモデルによっては統計値でも代用可能であり、後者については本質的にショットデータから抽出可能であるため、データセットとしての重要性は低く、あくまで解析の再現性を担保するための情報に過ぎないともいえる。そのため、これらはショットデータとは別ファイルとして与えるようにしている。

今回作成したデータセットは観測の生データからかなりの容量が圧縮されたものであり、データ読み込みの高速化の点や、将来のデータ交換時にも有利に働く。他方で、データセットにおいて捨象される情報、中でも特に重要と思われるのはGNSS解析が一次処理に含まれておりその手法が観測者に依存してしまうこと、をどう扱うべきかについては、今後議論する必要があると考える。

本発表では、上記データセットについて、海上保安庁で収集されるデータを基に紹介する。また、作成したデータセットに合わせて、局位置解析プログラムを全面的に改修・簡略化し、容易にモデルを変更することを可能としたので、当プログラムにおいて試みた複数の音速モデルによる結果も示し、その内容についても議論する。



Room C | General session | S03. Crustal Deformation, GNSS, Gravity

[S03]PM-3

chairperson: Takao Kumazawa (Earthquake Research Institute, University of Tokyo), Yo Fukushima (IRIDeS, Tohoku University), Shun-ichi Watanabe (Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard)
Mon. Sep 16, 2019 4:00 PM - 4:30 PM ROOM C (Research Bldg No 8 NS Hall)

[S03-14] Creep rates along the Philippine fault, Leyte Island, and possible repeating of Mw~6.5 earthquakes on an isolated locked patch

*Yo Fukushima¹, Manabu Hashimoto², Masatoshi Miyazawa², Naoki Uchida³, Taka'aki Taira⁴ (1. IRIDeS, Tohoku University, 2. DPRI, Kyoto University, 3. Graduate School of Science, Tohoku University, 4. Berkeley Seismological Laboratory, University of California, Berkeley)

4:00 PM - 4:15 PM

[S03-15] Geodetically estimated location and geometry of fault plane involved in the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake

*Tomokazu Kobayashi¹, Kyonosuke Hayashi¹, Hiroshi Yarai¹ (1. Geospatial Information Authority of Japan)

4:15 PM - 4:30 PM

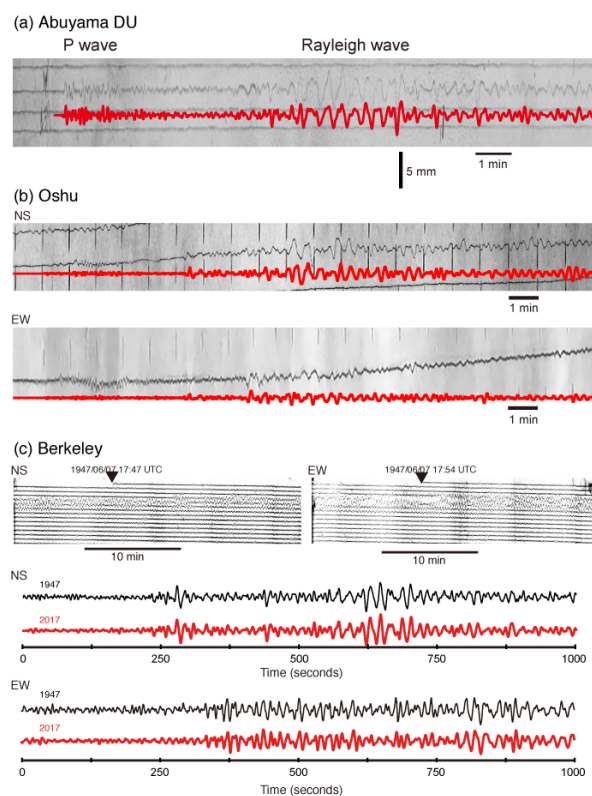
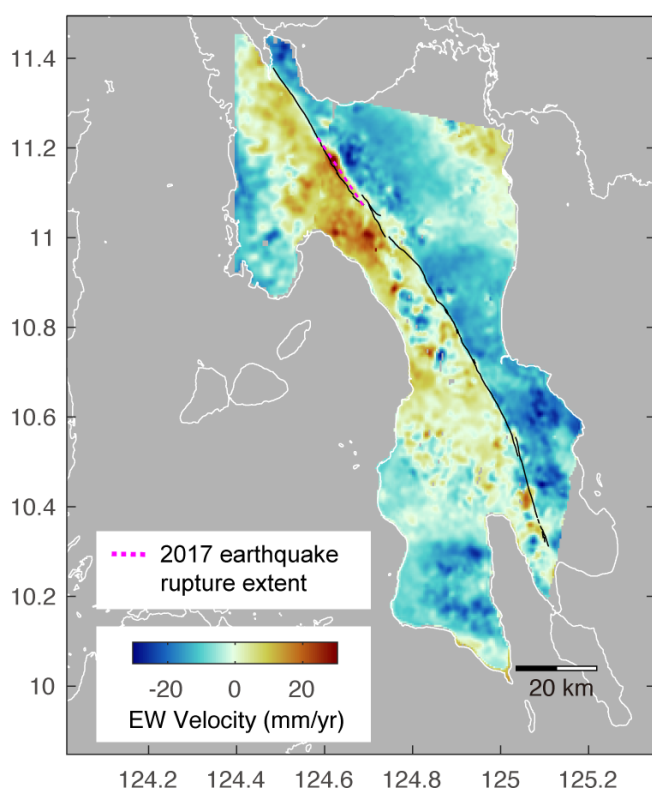
Creep rates along the Philippine fault, Leyte Island, and possible repeating of Mw~6.5 earthquakes on an isolated locked patch

*Yo Fukushima¹, Manabu Hashimoto², Masatoshi Miyazawa², Naoki Uchida³, Taka'aki Taira⁴

1. IRIDeS, Tohoku University, 2. DPRI, Kyoto University, 3. Graduate School of Science, Tohoku University, 4. Berkeley Seismological Laboratory, University of California, Berkeley

Shallow active faults commonly repeat cycles of sudden rupture and subsequent silence of hundreds to tens of thousands of years, but some parts of well-developed faults exhibit continuous creep accompanied by many small earthquakes. Discovery and detailed examination of such fault creeps on land have been in a rapid progress with the advent of synthetic aperture radar interferometry applied to satellite data.

In this study, we measured the spatial variation of the creep rate along the Philippine fault on Leyte Island using ALOS/PALSAR data acquired between October 2006 and January 2011. Prominent creep of 27 ± 10 mm/year was estimated in northern and central parts of the island except for a locked portion in the middle. We compared the creep rate distribution along the fault with the slip distribution of the 2017 Mw 6.5 Ormoc earthquake that occurred in northern Leyte, estimated from the displacements mapped by ALOS-2/PALSAR-2 interferometric data. The estimated slip of the 2017 earthquake amounted up to 2.5 meters and to moment magnitude of 6.51, with the dominant rupture area coinciding with the locked portion identified from the creep analysis. Teleseismic waveforms of the 2017 earthquake and another event that occurred in 1947 (Ms 7.0) exhibit close resemblance, indicating the same locked portion ruptured repeatedly with a time interval of 70 years.



Geodetically estimated location and geometry of fault plane involved in the 2018 Hokkaido Eastern Iwate Earthquake

*Tomokazu Kobayashi¹, Kyonosuke Hayashi¹, Hiroshi Yari¹

1. Geospatial Information Authority of Japan

1. はじめに

平成30年（2018年）9月6日3時8分頃、北海道胆振地方中東部でマグニチュード6.7の地震が発生し、最大震度7を記録した。胆振東部地震の震源域近傍には、活断層である石狩低地東縁断層帯が分布している。胆振東部地震では、国土地理院が運用するGNSS連続観測システム（GEONET）及びだいち2号によって地殻変動が捉えられた。本発表では、これら地殻変動から推定された震源断層モデルについて報告する。

2. データと解析

GNSS（GEONET）及びSAR（だいち2号）で観測された地殻変動を基に震源断層モデルを推定した。モデル解析では、GEONETの定常解析の最終解（F3解）を用いた。この地震に伴い苫小牧観測点で東方向へ約4cm変位する等、震央周辺の観測点で地殻変動が観測されたが、電子基準点「門別（950141）」及び「厚真（950132）」では、地震に伴いピラーが傾斜したことが現地観測により分かっている。そこで本解析では、傾斜測定の結果から推定される見かけの変位を補正してモデル計算に利用した。干渉SARのデータについては、南行右観測及び北行左観測の軌道から撮像した2018年8月23日と同年9月6日の画像ペア、北行右観測の軌道から撮像した2018年8月25日と同年9月8日の画像ペアを使用した。モデル計算ではこれらの干渉SARデータを位相連続化した後、データをリサンプリングし、モデル計算に適したデータセットを作成した。これらGNSS及びSARデータを用いて、1枚の矩形断層における一様滑りを仮定した震源断層モデルを構築した。震源断層の各パラメータは、Simulated Annealing法による解探索から最適解を得た。

3. 結果

モデル計算の結果、以下の特徴が得られた。断層は震央付近から南に約10km延び、ほぼ南北の走向を持つ。断層の上端深さは約16kmであり、一般的な内陸の地殻内地震より深い位置に断層面が求まっているのが特徴である。傾斜角は74度と高角の断層面であり、東に傾斜する断層面上での逆断層運動が推定された。これら震源断層モデルの諸特徴を概念図として図1に示す。すべり量は約1.3mで、地震モーメントは 8.68×10^{18} Nm（モーメントマグニチュード（Mw）：6.56）である。これは、気象庁や防災科学技術研究所等の各機関で地震波形から推定されたマグニチュード（いずれもMw6.6）と調和的である。なお、地震モーメントの計算には、剛性率30 GPaを仮定した。

震源領域付近には石狩低地東縁断層帯が存在するが、断層面は高角で、断層の浅部延長は石狩低地東縁断層帯より東に位置し、既知の断層トレースとは繋がらない。このことは本地震の断層面が石狩低地東縁断層帯とは異なる、もしくは同断層帯の構成要素であるが浅部に向かう途中で低角になっている、ということを示唆しているのかもしれない。

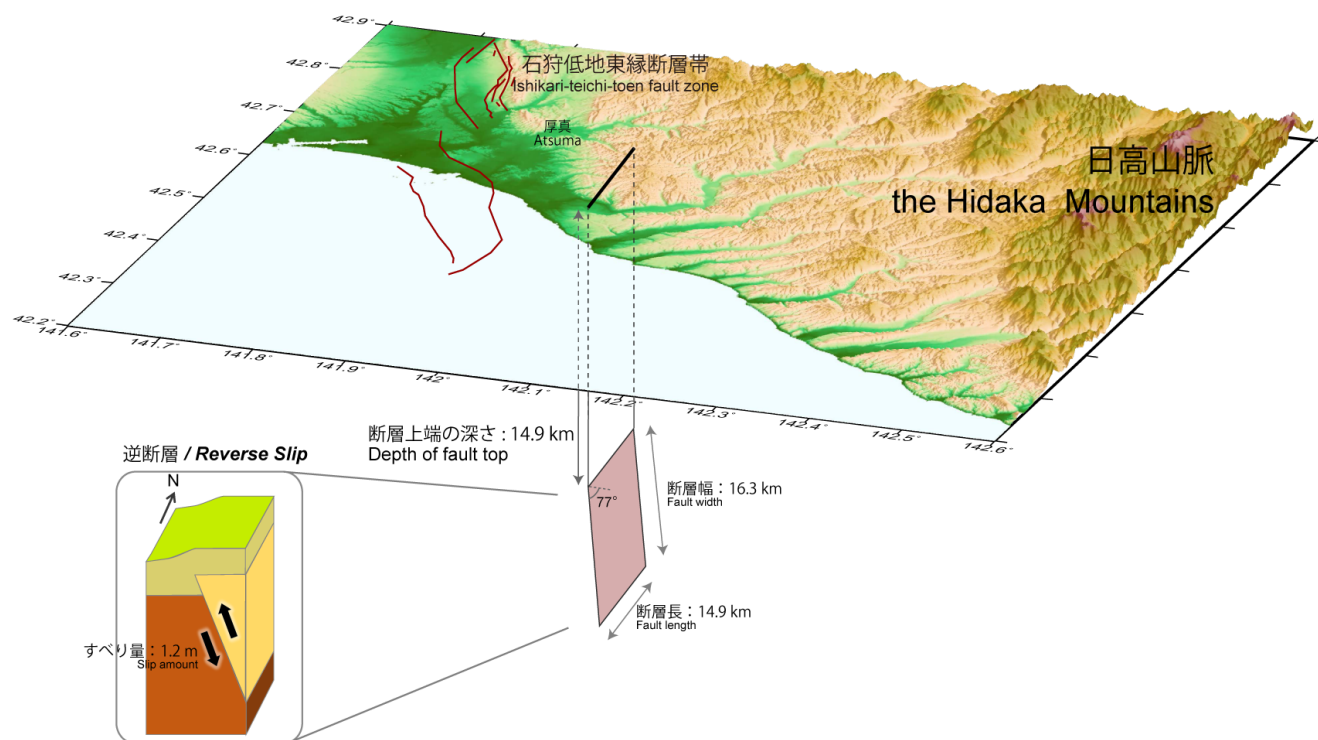
地震波速度構造と比較すると、推定された断層面は速度構造が空間的に不均質な場に位置することがわかった。断層面の東側にはP波速度が小さい領域が鉛直方向に厚く分布しており、P波速度の大きな層と小さな層の境界面は東に傾き下がっている。本地震の断層面は、こうした東に傾き下がる速度構造の境界付近に沿うように位置している。

謝辞： 本報告で使用したALOS-2データの所有権は、JAXAにあります。これらのデータは、国土地理院とJAXAの間の協定及び地震予知連絡会SAR解析ワーキンググループの活動に基づいて、JAXAから提供されたものです。地震データは気象庁の一元化震源を用いました。速度構造との比較に防災科学技術研究所のHi-net 3D Tomography Viewer (Ver. 3.0)を用いました。ここに記して感謝いたします。

参考文献：

Kobayashi, T., K. Hayashi, H. Yurai (2019), Geodetically estimated location and geometry of the fault plane involved in the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake, *Earth Planets Space*, 71:62, doi:10.1186/s40623-019-1042-6.

【概念図 / Schematic view】



Room C | General session | S19. Seismology General and Miscellaneous Contribution

[S19]PM-3

chairperson: Takao Kumazawa (Earthquake Research Institute, University of Tokyo), Yo Fukushima (IRIDeS, Tohoku University), Shun-ichi Watanabe (Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard)
Mon. Sep 16, 2019 4:30 PM - 5:15 PM ROOM C (Research Bldg No 8 NS Hall)

[S19-01] About action of disaster prevention measures research of NPO Research Organization For Catastrophic Disaster Reduction (CDR)

*Kazuo Yoshida¹ (1. NEWJEC Inc.)

4:30 PM - 4:45 PM

[S19-02] Characteristics of seismic activity before and after the 2018 M6.7 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake

*Takao Kumazawa¹, Yoshihiko Ogata², Hiroshi Tsuruoka¹ (1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. The Institute of Statistical Mathematics)

4:45 PM - 5:00 PM

[S19-03] Disaster prevention administration that can not reach a huge earthquake

*kazunobu tani¹ (1. bujisoukenkabusikigaisya)

5:00 PM - 5:15 PM

About action of disaster prevention measures research of NPO Research Organization For Catastrophic Disaster Reduction(CDR)

*Kazuo Yoshida¹

1. NEWJEC Inc.

まえがき

東海・東南海・南海地震など大規模災害の発生が危惧され、危機管理の重要性が訴えられている。安全で持続的な地域社会を形成していくためにも、日頃より災害対策情報を知り、予防策をとると同時に、情報ネットワークを構築する必要がある。

そこで、大規模災害によって広域的な発生が予想される人的・物的被害を軽減することを目的として、河田恵昭教授（関西大学社会安全研究センター長、特別任命教授、京都大学名誉教授）らが平成9年に「任意団体 東海・東南海・南海地震津波研究会（以下「研究会」という）」を、平成18年に「特定非営利活動法人 大規模災害対策研究機構（CDR）（以下「CDR」という）」を設立した。

ここでは、このCDR活動の概要を紹介する。そして、大規模災害対策研究に関わる多くの研究者や実務担当者の方に参加していただき、共に我が国の自然災害に対する防護力の向上を目指すものである。

1. 研究会および研究機構の設立経緯

1.1. 研究会の発足

南海トラフでは100～150年周期でM8以上の巨大地震と津波災害が必ず発生しており、近い将来かならず次の巨大地震が起こると予測されている。そこで、広域的な人的・物的被害を軽減することを目的として、太平洋沿岸地域の津波防災などをテーマに、官・民・学が継続的に情報や意見交換、さらには相互啓発できる場を提供して、国民の防災意識の向上と同地域の津波防災への寄与を図るために、平成9年7月に「任意団体東海・東南海・南海地震津波研究会」を発足させた。

発足に際しては、中央防災会議において東海地震や東南海・南海地震に関する専門調査会を立ち上げる4年も前に、河田が南海トラフ巨大地震津波による広域かつ大規模災害のメカニズムや被害シナリオ、その対策に対する研究の必要性を訴え、地震津波研究のトップレベルの研究者、国、自治体の行政機関の要職の方々とともに、国、自治体、教育・研究機関、ゼネコン、建設コンサルタント、ライフライン企業等から構成する研究会を立ち上げた。

1.2. CDRへの移行

平成18年4月に、従来の活動基盤をさらに充実させ、関連学会、研究機関、行政などの公的機関との連携・協力体制の構築を目指すとともに、災害予防および発生時の減災、救援対策について、各方面への情報発信を行うことを目的として、「特定非営利活動法人 大規模災害対策研究機構（CDR）」に移行した。なお、研究会は「任意団体」として継続させ、行政機関が研究活動に参加しやすいようにした。

2. 活動概要

主な年間行事は以下の通りである。

(1)企画委員会と理事会・総会

(2)大規模災害対策に関する現地調査（日本全国で実施）

調査の一例：①歴史地震や津波に関する痕跡、行政・民間企業による対策、復興状況調査（北海道南西沖地震津波（1993）、明治・昭和三陸津波（1896、1933）、宝永・安政・昭和東南海・南海地震津波（1707、1854、1944、1946）、新潟県中越大震災（2004）、東日本大震災（2011）、熊本地震（2016））、②火山災害（有珠山噴火（2003）、雲仙普賢岳噴火（1991））、③高潮（佐渡島寄り回り波（2008）、八代海高潮（1999）、大阪湾高潮（2018））、等

(4)大規模災害対策セミナー

一般国民向けに、国内外で発生した地震、津波、高潮、洪水、土砂災害等の発生メカニズムや被害予測等を解説、被害軽減・抑止対策の計画、実施状況等の紹介、地元行政機関や住民等立場が変わることによる問題点や課題、対処方法の違いについても紹介。

(5)ワーキンググループ活動（大阪市域における津波危険度と津波対策に関する研究、他）

(6)研究会

「東海・東南海・南海地震津波」をメインテーマとし、行政および企業の防災担当者向けに、より専門性の高いセミナーを開催。

3. CDR活動がもたらすメリット

研究活動を通じて得られるメリットは以下の通り。

①我が国の防災研究の名だたる研究者や国土交通省や内閣府、自治体の防災のトップの方々とは面識ができ、事業協力や研究協力につながる。

②防災に関する先進の研究成果、対策事例に関する一般では入手困難な情報が入手可能。また、非公開の現場や施設内でも特別に立ち入りが許可され、説明を受けられる。

③中央省庁や学会、委員会に委員やオブザーバーとして参画できる。

4. あとがき

長きにわたる研究活動を通じて、①災害現場、復旧復興状況を直に見て、聞くこと、②最新の研究成果、行政機関等の取り組みを聞き、学び、発展させること、③様々な業種、立場の人たちと交流をもち、多種多様なも

のの見方を学ぶこと、等の重要性を感じており、一人でも多くの命を救えるよう使命感をもって活動が続けていく所存である。

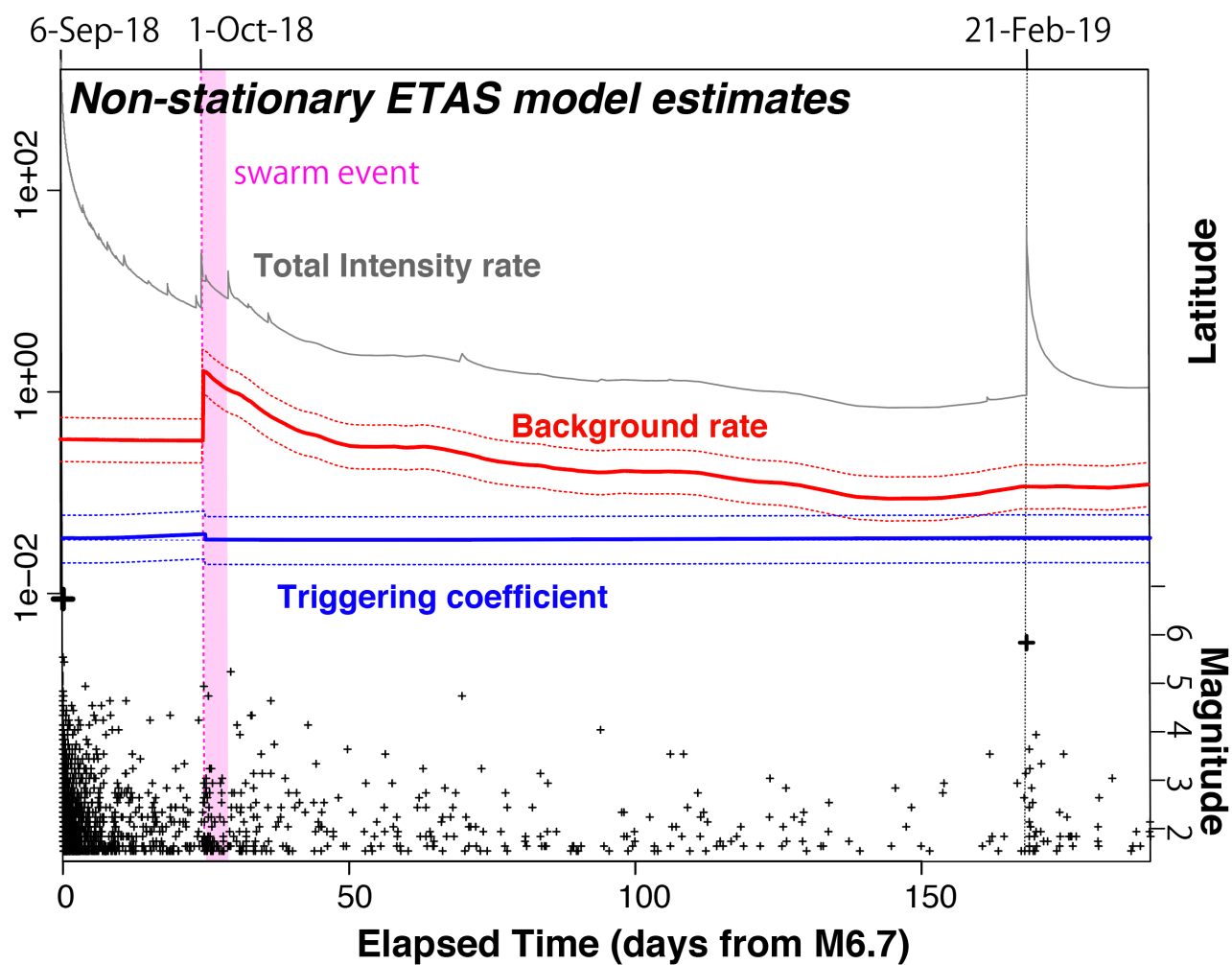
最後に、是非とも多くの研究者、実務担当者の方々にもご参加いただき、我が国の防災研究、防災事業への貢献にご協力を賜りたい。

Characteristics of seismic activity before and after the 2018 M6.7 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake

*Takao Kumazawa¹, Yoshihiko Ogata², Hiroshi Tsuruoka¹

1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. The Institute of Statistical Mathematics

In this study we investigated seismic activity in the Eastern Iburi region, before and after the M6.7 earthquake on September 16, 2018, based on earthquake data from after October 1997. First, after the 2003 M8.0 Tokachi-Oki earthquake, seismic activity in the Eastern Iburi region reduced relative to the Epidemic Type Aftershock Sequence (ETAS) model. During this period, the depth ranges of the seismicity were migrating towards shallow depths, where a swarm cluster, including a M5.1 earthquake, finally occurred in the deepest part of the range. This swarm activity was well described by the non-stationary ETAS model until the M6.7 main shock. The aftershocks of the M6.7 earthquake obeyed the ETAS model until the M5.8 largest aftershock, except for a period of several days when small, swarm-like activity was found at the southern end of the aftershock region. However, when we focus on the medium and larger aftershocks, we observed quiescence relative to the ETAS model from 8.6 days after the main shock until the M5.8 largest aftershock. For micro-earthquakes, we further studied the separated aftershock sequences in the naturally divided aftershock volumes. We found that the temporal changes in the background rate and triggering coefficient (aftershock productivity) in respective subvolumes were in contrast with each other. In particular, relative quiescence was seen in the northern deep zones that includes the M5.8 largest aftershock. Furthermore, changes in the b-values of the whole aftershock activity showed an increasing trend with respect to the logarithm of elapsed time during the entire aftershock period, which is ultimately explained by the spatially different characteristics of the aftershocks. This research is supported by Tokyo Metropolitan Resilience Project.



Non-stationary ETAS model applied to the aftershock sequence of M6.7.

Disaster prevention administration that can not reach a huge earthquake

*kazunobu tani¹

1. bujisoukenkabusikigaisya

§ 1. はじめに

震災事後よく聞く「考えられない災害でした」は天災ではなく考えられるのに考えようとしなかった人災、過分にあります。震度5強（強震）以上に遇えば立っていることも困難。震度7（激震）となれば須らく置物は‘跳ねる’‘飛び交う’グランドピアノも‘横転する’事態。自治体お薦めのつっぱり棒、L型金具等の定番グッズでは耐える代物ではありません。メーカー品質保証も曖昧、驚くべきは問合わせ先不明のグッズあり、データ表示は概ね主導する所轄機関（消防）です。

§ 2. 非力、粗い防災対策

「揺れたら机の下へ」「火を消しましょう」の決まり文句。巨大地震に遇っては動きもままならない15秒前後の瞬時の圧死です。避難・救助訓練も共助に欠かせませんが、確かな安全空間がなければこれらのステップは踏めません。死傷者必至の巨大地震に遇っても一括りの粗い防災マニュアル、重視すべきは犠牲者を極力出さない、生き延びる、確かな減災対策でなければ備蓄品も訓練等も活かされません。旧態依然。防災行政は専ら起床時、生存を前提にした事後対策が主体になっています。

抑制的な発信、上廻る犠牲者。兵庫県南部地震、東日本大震災等々しかり、惨事の情報は瞬時に伝わるに係らず、過去を知り、体験者は語る教訓に学んでいるとはとは言えず、真に市民の生命と財産を守る気概はあるのか甚だ疑問。巨大地震の想定訓練、対策は危機をあり、不安を増幅させる。或いは地震対策の支出の呼び水なるためか、ありえないが如くスルー、生存を左右する巨大地震を含めた防災の配慮が未だ伺えません。巨大地震に届かず、儀礼的。事ほど左様に防災行政、大いなる問題あり。事は命の明暗を分ける一大事。過信、丸投げは危ない橋を渡りかねない。

減災対策は優る対策。熊本地震、大阪北部地震、北海道胆振（いぶり）地震、山形県沖地震等々と明日は我地域。M6以上の地震は世界の約2割は私達の住む列島日本で起こっています。90年～150年のサイクルで定期的に繰り返されている巨大地震。既に臨界点を超えていると想われます。エネルギーは増幅。連動も予測される東南海、南海地震等あり、惨事は広域に及ぶ可能性大。活断層、判っているだけで2千余り。兵庫南部地震、長期評価30年以内に8%で起こりましたが、連動、触発が想定され、確率が低いからと言って今や何処にあっても油断出来ない状況に。

首都圏直下型地震、政府発表は死者2万3千人と予測されていますが、密集する家屋・人口、網の目の様に張り巡らされた交通網、幾層にも重なるライフラインの地下壕、東京湾沿岸の危険物タンク群の集積、150万人が住むゼロメートル地帯。広範な軟弱地盤の関東ローム層、とてもそんな数値で収まるとは想えません。首都圏にも及ぶ必至の東海地震もあり。

§ 3. 結論

多様な地震対策、情報があれば自らの判断で選択、対策をする市民は多いはず。出向けなければ、求めなければ知り得ない地震対策の情報は多様に在り、精査は可能。

所轄の消防庁、自治体に防災課もしくは危機管理課。担う、謳う防災にあるも専ら許認可等の定型的な業務。減災対策を図る器具の開発、物理的な強度を研究する専門家集団ではありません。人事異動もあり。過信、慢心は禁物。薦めるに談合の指摘に躊躇あり。

惜しむ些少な支出、無防備であっては明暗を分ける事に、孫の代まで負荷負わすことになりかねません。命

あつての物種、自己実現。いつかその内では悔いあり。超えられない防災行政、命拾いに叶うは自分の身は自分で守る一刻も早い自立、自衛です。

平成7年の兵庫県南部地震をきっかけに地震から身と財の無事を図る減災対策、予知に関心を持ち現在まで研究に取り組む、市民目線でアウトプット。

文献

朝日新聞アエラ. 1995. 「大震災100人の瞬間」.

石橋克彦・他. ニュートン. 2005. 科学雑誌. ニュートンプレス. 26-55

岩瀧幸則. 2009. ぼうさい. 内閣府防災担当(編). 11月号. 30pp

岩瀧幸則. 2010. ぼうさい. 内閣府防災担当(編). 7月号. 21pp

木村 学・他. ニュートン. 2008. 「連動して発生する巨大地震(別冊)」. 科学雑誌. ニュートンムック. 6-171pp

気象庁. 2009. 震度階級の解説書が新しくなりました. 震度の揺れ等の状況.

東條充敏・他. NHKスペシャル取材班. 2016. 「震度7 何が生死を分けたのか」.

日本経済新聞. 1995. 阪神大震災の犠牲者死因.

山村武彦. 2006. 大地震発生. 公的支援くるまで200時間を生きの延びる知識と知恵. 小学館. 159pp.

谷 和信. 2015. 「カウントダウン巨大地震」.

文部科学省. 研究開発局 地震・防災研究課. 地震調査研究推進本部事務局(編).

無事総研株式会社

*192-0362 東京都八王子市南大沢大沢3-15-1-103