

千島海溝沿い巨大地震に先行した地震活動の長期静穏化 Long-term seismic quiescence before the recent great earthquakes along the Kurile Trench

勝俣 啓^{1*}
KATSUMATA, Kei^{1*}

¹ 北海道大・地震火山センター
¹ Inst Seismo Volcano, Hokkaido Univ

1994年北海道東方沖地震(Mw8.3)は本震発生の13年前から、2003年十勝沖地震(Mw8.3)は本震発生の10年前から、そして2006年中千島の地震(Mw8.3)は本震発生の10年前から地震活動の長期静穏化が始まっていたことが分かった。ISCの震源カタログを用いて、1964年1月から2012年6月までに研究領域(140-160E, 39-55N)で発生した深さ60km以浅、実体波マグニチュード $5.0 \leq mb \leq 7.2$ の地震1641個を解析した。Zhuang et al. (2002)が開発したStochastic declustering法を用いてデクラスター処理した。研究領域に0.1度間隔で格子点を置き、ZMAPを使用して地震活動度の変化を詳細に調べた結果、上記3個のMw8.3地震の震源域付近で長期静穏化が見つかった。1994年北海道東方沖地震に先行した静穏化の領域は、(43.5N, 146.9E)を中心とした半径32kmの円内である。2003年十勝沖地震に先行した静穏化の領域は、(42.5N, 143.5E)を中心とした半径88kmの円内である。2006年中千島の地震に先行した静穏化の領域は、(47.2N, 153.1E)を中心とした半径68kmの円内である。さらに、未だに巨大地震が発生していない静穏化領域が2か所見つかった。1つは、(39.8N, 144.2E)を中心とした半径68kmの円内で、2000年頃静穏化が開始した。この領域は2011年東北地方太平洋沖地震の震源域の北端付近であり、かつ、1968年十勝沖地震の震源域の南端付近である。もう1つは、1963年択捉沖地震の震源域周辺であり、1998年頃静穏化が開始した。これら2か所では、しばらく静穏化が継続した後、何事もなく元の活動度に戻る可能性もあるが、巨大地震が切迫しているという可能性もあるだろう。

キーワード: 地震活動, 静穏化, 千島海溝, 巨大地震, 実体波マグニチュード, ISC
Keywords: seismicity, seismic quiescence, Kurile trench, great earthquake, body wave magnitude, ISC

2011年3月15日静岡県東部地震(M6.4)の誘発過程に関する研究 Triggering process of the M6.4 Eastern Shizuoka earthquake on March 15, 2011

田村 理納^{1*}; 宮澤 理稔²

TAMURA, Rina^{1*}; MIYAZAWA, Masatoshi²

¹ 京都大学大学院理学研究科, ² 京都大学防災研究所

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

2011年3月11日東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)の4日後、富士山付近の深度約14kmで発生した $M_{JMA}6.4$ の地震(以下、静岡県東部地震と呼ぶ)の誘発過程を探る。まず、半無限弾性体を仮定して東北地方太平洋沖地震による静岡県東部地震のメカニズムに対するクーロン破壊応力変化を計算したところ、静岡県東部地震の震源域での値は約25kPaであった。正の値を示していることから、東北地方太平洋沖地震の静的な応力変化の影響を受けたと考えられる。しかし、静岡県東部地震は、東北地方太平洋沖地震による他のM6以上の余震と比べ本震の破壊領域から離れている。そこで、東北地方太平洋沖地震の静的応力変化以外の誘発要因がないか探るため、本震からの経過時間で余震の発生率を評価できる大森・宇津公式を用いて、余震の発生間隔を確率的に評価した。東北地方太平洋沖地震が発生してから1000日間の気象庁一元化震源カタログに載っている東日本で発生した $M_{JMA}6.2$ 以上の地震82個を用いた。静岡県東部地震とその約230秒前に発生した福島県沖の地震($M_{JMA}6.2$)に対して、この発生間隔より短い時間で $M_{JMA}6.2$ 以上の地震が発生する確率を求めた結果、0.37%と低い値であった。また、静岡県東部地震の震源に最も近いF-netの観測点FUJの地震波形を確認したところ、福島県沖の地震の表面波通過中に静岡県東部地震が発生していたことがわかった。これらにより、静岡県東部地震は福島県沖の地震の表面波通過に伴う動的な影響も受けていたことが推測される。

キーワード: 2011年静岡県東部地震, 東北地方太平洋沖地震, 静的応力変化, 動的応力変化, 誘発作用

Keywords: 2011 Eastern Shizuoka earthquake, 2011 Tohoku-oki earthquake, static stress changes, dynamic stress changes, triggering

2011年山形・福島県境群発地震と棚倉構造線 2011 Yamagata-Fukushima Border Earthquake Swarm and Tanakura Tectonic Line

新妻 信明^{1*}; 長谷川 昭²; 岡田 知己²; 吉田 圭佑³
NIITSUMA, Nobuaki^{1*}; HASEGAWA, Akira²; OKADA, Tomomi²; YOSHIDA, Keisuke³

¹ 静岡大学地球科学教室、仙台, ² 東北大学地震・噴火予知研究観測センター, ³ 防災科学技術研究所
¹Institute of Geosciences, Shizuoka University, Sendai, ²Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Tohoku University, ³National Research Institute for Earth Sciences and Disaster Prevention

山形・福島県境では2011年3月11日の東北沖地震に誘発されて群発地震が起こった。震源域には臨時観測点が設置され、震源の再決定がなされ、高精度の震源分布と震源移動が判明した(岡田ほか, 2014 地震学会)。流体移動に伴う地殻破壊強度の減少によって群発地震が起こったものと推測されるが、震源域の地質構造と群発地震の関係を検討したので報告する。

震源域は、米沢盆地と喜多方盆地の間の標高1000~2000mの山形・福島県境山岳地域で、活火山の西吾妻の西方および磐梯の北方に位置する。地質学的には、棚倉構造線が本震源域を南北に通過している。棚倉構造線は、白亜紀後期にアジア大陸東縁部に位置していた日本列島に当たる部分で起こった大規模な横ずれ断層によって形成された(100-80Ma) [?]と考えられており、現在は西側の足尾帯のジュラ紀付加体・朝日古第三紀花崗岩と東側の阿武隈白亜紀花崗岩類との境界となっている。足尾帯は西南日本内帯のジュラ紀付加体である美濃・丹波帯の東方延長とされているので、棚倉構造線は西南日本と東北日本の境界となる日本列島における第一級の構造線である。

群発地震の震源は、吾妻・磐梯の活火山および米沢盆地・喜多方盆地の沈降部に対応しておらず、火山活動や内陸盆地の沈降とは関係していない。

震源域の地質は;

- 1) 日本海拡大前のジュラ紀付加体・阿武隈白亜紀花崗岩類(100-85Ma)・朝日古第三紀花崗岩(65-54Ma)とその接触変成岩類などのアジア大陸東縁基盤,
- 2) 同心屈曲沈み込みスラブの下部マントルへの崩落による裂開大陸被覆陸成堆積物(20-16Ma),
- 3) 日本海拡大期の海成堆積物・「グリーンタフ」(15-14Ma),
- 4) スラブ垂れ下がりによる日本沈没期の遠洋性堆積物(13-12Ma),
- 5) スラブ切断による隆起陸化後に形成されたカルデラ火砕岩(8-5Ma),
- 6) これらを貫くデイサイト火山岩類である。

震源域の東側には阿武隈白亜紀花崗岩類、西側にはジュラ紀付加体とそれを貫く朝日古第三紀花崗岩が分布していることは、棚倉構造線が震源域を南北に貫いていることを示している。

震源分布は、これらの地質体の中でカルデラ火砕岩(5)とデイサイト火山岩(6)の分布に対応しており、これらの噴出物を供給した地下のマグマ溜との関係が示唆される。群発地震活動は、デイサイト火山岩類分布域中央の貫入岩体付近から開始している。この貫入岩体は、デイサイト火山体が隆起削剥されて中央火道が地表に露出したものと考えられることから、その地下に冷却しつつあるマグマ溜の存在が予想できる。東北沖地震による東西圧縮応力の低下により地殻上部に流体が上昇し、破壊強度を減少させて群発地震を誘発、さらに地殻上部内での流体移動に伴って震源も移動したと考えられる。

震源域の北東部では、震源が西傾斜の面上に分布し、西側深部から東側浅部に向かって震源が移動している。この西傾斜の震源面と地表の地質構造との対応については、震源深度が8-10km程度であることから容易でない。発震機構から算出される節面の方向が震源分布に揃っている場合には同一断層面に沿う変位によって地震が起こっていることが推定されることから、節面方向を地表まで延長することによって地表地質との対応を検討することができる。震源域北東部では節面の方向が西傾斜の震源分布面に沿っている。節面方向の地表延長面は、阿武隈白亜紀花崗岩(1)の西縁とそれを不整合に覆う裂開大陸被覆堆積物(2)の分布に沿っていることは、群発地震の震源が棚倉構造線に沿って移動したと考えられる。棚倉構造線に沿う北東上方への進展の後にみられる震源域の西方への進展は、流体の供給源となったと予想されるマグマ溜の上盤に沿って起こったものと考えられる。

キーワード: 山形・福島県境, 棚倉構造線, 震源分布, 震源移動, 節面, 地質構造

Keywords: Yamagata-Fukushima border, Tanakura Tectonic Line, distribution of hypocenters, migration of hypocenter, nodal plane, geologic structure

樽前山周辺での地震活動と応力場 Seismic activity and stress field in and around Tarumae Volcano

千葉 慶太^{1*}; 棚田 俊收¹
CHIBA, Keita^{1*}; TANADA, Toshikazu¹

¹ 防災科学技術研究所

¹ National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

北海道の南西部、支笏カルデラ南側に位置する樽前山(1041m)はマグマ噴火や多数の水蒸気噴火など有史以降、活発な活動を繰り返してきた活火山である。近年は比較的静穏な状態が続いていたが、2013年6月下旬から7月上旬にかけて、山体北西部深部で膨張を示す地殻変動が観測され、7月上旬から8月には山体西側の深さ3~5kmを震源とする地震活動が活発化した。この一連の地震活動は1967年の観測開始以来、最も活発な活動であったと考えられている(気象庁、2013、噴火予知連会報)。また、2014年7月8日18:05頃には山体西側でM5.3の地震(以下、本震)が発生し、本震近傍では活発な余震活動も観測された。樽前山のマグマ供給システムを理解するためにマグマ溜まり周辺の地震活動、応力場を把握することは火山活動の理解とともに、噴火予測の高度化にもつながると期待される。

本解析では2014年7月8日の本震前後の地震活動に注目し、観測点補正を加えてhypomh法(Hirata and Matsu'ura 1987)による震源決定を行った。その結果、本震前に比較して本震後には震源分布が西側に移動する傾向(=樽前山から離れるセンス)がみられる。一方、本震前後で樽前山直下の地震活動に変化はみられなかった。また、Hardebeck and Shearer(2003)の手法を用い、初動極性とS,P波の振幅比を加えて、メカニズム解を求めた。得られたメカニズム解を用いて、Martinez et al(2014)のコードを使用し、本震前後に期間を分けて応力逆解析を行ったところ、応力場に有意な変化は認められなかった。両期間ともに最大圧縮応力軸の方向は北西-南東方向の逆断層~横ずれ型の応力場を示す。さらに、余震活動が本震に伴う応力変化の影響を受けるか否かを検証するために、レシーバ断層として得られたメカニズム解を参照にしながら ΔCFS を計算した。その結果、 ΔCFS が負の領域でも余震が多く発生する箇所も存在しており、余震活動は必ずしも ΔCFS が正の領域だけで発生しているわけではないことがわかった。

以上から、樽前山近傍での地震活動は基本的にはプレート沈み込みに伴う広域応力場のもとで発生するものの、少なからず複雑なメカニズムのもとで発生していることが示唆される。また、樽前山直下での地震活動に大きな変化はみられないことから、2014年の本震による樽前山での火山活動への影響は少ないと考えられる。

キーワード: 火山活動, 震源分布, 応力場, 静的応力変化

Keywords: volcanic activity, hypocenter distribution, stress field, static stress change

気象庁地震カタログの改善 An improvement of JMA's earthquake catalogs

庄司 哲也^{1*}; 瀧山 弘明¹; 溜瀨 功史¹; 森脇 健¹; 橋本 徹夫¹
SHOJI, Tetsuya^{1*}; KATAYAMA, Hiroaki¹; TAMARIBUCHI, Koji¹; MORIWAKI, Ken¹; HASHIMOTO, Tetsuo¹

¹ 気象庁地震火山部

¹ Japan Meteorological Agency

気象庁では、地震調査研究推進本部の施策に基づき、全国の高感度地震計のデータを収集し震源決定等の処理を一元的に行い、その結果を地震カタログとして公表している。

現在の地震カタログは、精査の結果、一定の基準を満たしたものを掲載することとしている。しかし、東北地方太平洋沖地震後、余震域では余震活動は低下してきているものの以前と比べれば活発な状況にあり、処理対象地震の規模の下限を上げた処理を行っている。このため、精度の十分でない地震や自動処理によって検知されても処理基準未滿ではカタログに掲載されない地震がある。また、今後計画されている海域の地震観測網の展開により海域では検知力の向上が見込まれ、処理すべき地震数はこれまでより増加することが予想される。今後はより効率的、効果的な処理を行っていく必要がある。

これらのことを背景に、地震カタログのあり方について平成 25 年度に同本部地震調査委員会の下で改善のための検討が行われ、1) これまでの検知能力は維持し、2) 検知された地震のすべてを地震カタログへ掲載する、3) 精度に段階をつけた品質管理を行う、の 3 つの方向性を示した報告がまとめられた。

気象庁ではこの報告を踏まえ、自動検出処理を活用するなど、震源決定処理を変更し改善する予定である。

ここでは、現状のカタログから次期カタログへの変更点等について紹介する。

キーワード: 地震カタログ

Keywords: Earthquake Catalog

ハーフグラベン（地下基盤のV字谷構造）と深さ10kmでのP波高速帯の一致 8 Relationship between half-graben and high-velocities area at depths of 10km 8

大石 幸男^{1*}
OISHI, Yukio^{1*}

¹アトリエサイエンス
¹Atelier Science

2011年3月11日の東北沖のM9の破壊開始点に接した沈み込んだ太平洋プレートは Nakamura 2008 のトモグラフィック断面によるとP波パターンは高速で高ポアソン比領域となっている。(図左 参照)これに先立つ同年3月9日のM7クラスの地震はそれより約50km北東、太平洋プレートの低速低ポアソン比帯で発生している。さらに先立つ同年2月16日にはM5.5の地震がプレート境界面より約20km深い高速低ポアソン比帯で発生している。これら3つの震源域を便宜上それぞれ3, 11, 3, 9, 2, 16ポイントと呼ぶこととする。

3, 11ポイントと同様の高速高ポアソン比帯は日本列島の深さ10kmにも存在し、図右ではこのエリアを赤ないし紫色で示してある。そのうち赤色は約1800年以降の主な被害地震の発生した所である。特に1995年以降の主な被害地震8つのうち5つがこの高速高ポアソン比帯で発生していることは注目すべき点である。1995年阪神淡路、2000年鳥取県西部、2003年宮城県北部、2004年中越、2005年福岡県西方沖、などの地震がそれである。残り3つのエリアのうち二つの能登半島や中越沖の地震もこの高速高ポアソン比帯に隣接する所で発生している。ちなみに残り一つの岩手宮城内陸地震は際立った特徴のないエリアで発生している。紫色で表示した他の高速高ポアソン比帯を見てみると、紀伊半島南部、四国室戸岬の中央海嶺玄武岩(MORB)や北海道中軸部のカンラン岩産出域や伊豆半島東部などがあることから、これらのエリアはMORB、カンラン岩、海上島弧的であると言えるかもしれない。

3, 9ポイントと同様の低速低ポアソン比帯(図右 黄色)は雲仙、別府、桜島の始良(あいら)カルデラ、高千穂の加久藤カルデラ、米沢カルデラなどにも見られることから、これらのエリアは珪長質カルデラ、火山灰質粘土(スメクタイトなど)、火山ガス浸透領域的と考えてよいであろう。

2014年11月22日糸魚川静岡構造線上の白馬村のM6.7の地震もこれと同質のエリアで発生している。なお、同構造線上では安曇野市、松川村が同質のエリアとなっている。注視したい。またM8を記録した内陸地震として知られる1891年の濃尾地震の根尾谷断層も広大な低ポアソン比帯の中にあり、かつ近くには低速帯が存在する。

2, 16ポイントがプレート境界よりさらに約20km深い高速帯であり、同じ2011年2月22日、26日にもほぼ同じ深さでM5クラスの地震が発生している。3, 11の後報告された大量のヘリウム3や水の存在(2014 佐野有司)はこのエリアからもたらされた可能性があり、また低速低ポアソン帯のスメクタイトと相まって高速高ポアソン比帯の海山(3, 11ポイント)の最後のクサビを動かしたのかもしれない。2, 16ポイントと同様の高速低ポアソン比帯(図右 青色)は東北太平洋沿岸にも点在する。そのなかの茨城県北部の棚倉構造線以東から福島県南部の井戸澤断層までは3, 11以降M7クラスの地震をはじめとする多くの正断層型地震の見られたエリアである。

低速高ポアソン比帯(図右 茶色)には新潟県や静岡県の油田地帯が含まれる。しかし秋田県の油田の多くは低速低ポアソン比帯(図右 黄色)に存在する。

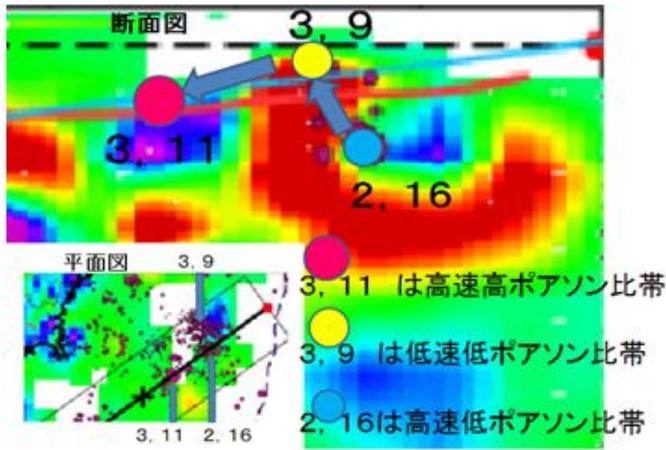
3, 11ポイントの東に隣接する前震の3, 9やスロークエイク域を含む広範囲の低速低ポアソン比帯の上に乗る東北プレートは3, 11時に大きく東へ動き甚大な津波被害をもたらすことになった。冷たくて硬いプレートとひとくくりにされがちだった沈み込んだ太平洋プレートのイメージを一新させるこれらの低速低ポアソン比帯のカルデラ、スメクタイトの特徴は今後研究されるべきであろう。C0019掘削の断層面のほとんどはスメクタイトであった。(2014 氏家恒太郎)このことと太平洋プレートの広大な低速低ポアソン比帯の存在とは調和的であるように思われる。また3, 11の数日前夜間にもかかわらず東北上空に大量の電子の存在が報告されている。(2012 服部克巳)このこともあわせて今後スメクタイトの電気伝導性、流動性、スメクタイト粒子衝突による電気発生、またそれによる水の電気分解と水素、酸素ガスの発生、さらにそれらの爆発による水の発生、スメクタイトのゲル化による流動などの一連の繰り返しについての複合的研究が大地震発生やその連動のメカニズムのナゾを解く手がかりとなるかもしれない。

キーワード: 高速高ポアソン比帯, 中央海嶺玄武岩, 低速低ポアソン比帯, カルデラ, スメクタイトの特徴, 電気伝導性
Keywords: high velocities and high Poisson's area(HVHParea), MORB, low velocities and low Poisson's ratio area (LVLP area), smectite, caldera

SSS32-06

会場:A04

時間:5月26日 15:30-15:45



北アナトリア断層西部、マルマラ海およびエーゲ海における震源メカニズム解析 Focal mechanism determinations along the North Anatolian fault, below the Sea of Marmara and the Aegean Sea

中野 優^{1*}; citak seckin ozgur¹; Kalafat Dogan²
NAKANO, Masaru^{1*}; CITAK, Seckin ozgur¹; KALAFAT, Dogan²

¹ 海洋研究開発機構, ² トルコ・ボガジチ大学カンディリ地震観測所
¹JAMSTEC, ²KOERI, Bogazici Univ.

Rapid determinations of centroid moment tensor (CMT) of earthquakes, namely the source centroid location, focal mechanism, and magnitude is important for early disaster responses and issuing Tsunami warnings. Using the SWIFT system (Source parameter determinations based on Waveform Inversion of Fourier Transformed seismograms) developed by Nakano et al. (2008), we are developing earthquake monitoring system in Turkey. Also determinations of CMT solutions for background seismicity would reveal the tectonics in the target region, which contribute to develop scenarios for future disastrous earthquakes.

The North Anatolian fault (NAF) is one of most active fault in Turkey, which is a right-lateral fault system running in the East-West direction. NAF can be separated into a number of segments of which ruptures have propagated from east to west in the 20th century. The 1999 Izmit (Kocaeli) earthquake (Mw 7.4) is the westernmost activity along NAF in recent years, and next activity below the Sea of Marmara is anticipated. On 24 May 2014, an Mw 6.9 (USGS) earthquake occurred beneath the northern Aegean Sea, western extension of NAF. A seismic gap between these events still exists beneath the Sea of Marmara.

Using data from broad-band seismometers (Guralp CMG-3T, CMG-3ESP, or CMG-3ESPC) of the regional network in Turkey, we determined CMT solutions of earthquakes along the NAF beneath the Sea of Marmara and Aegean Sea. Seismic events are selected from the USGS ANSS Comprehensive Catalog (ComCat) with magnitude larger than 4 in the target area. We analyzed earthquakes that occurred between 2008 and 2014. We selected seismograms with good data quality. The seismograms are corrected for the seismometer response, band-pass filtered between 20-50 s, and integrated in time to obtain displacement seismograms. The Green functions are synthesized assuming the standard Earth model ak135. Assuming a double-couple source, waveforms are inverted in the frequency domain to obtain best-fit source location and mechanism.

Most events are outside the observation network and the azimuthal gap is larger than 180 and 270 degree for events beneath the Sea of Marmara and the Aegean Sea, respectively. However, for most events the obtained source location in our analysis were almost identical to, or different at most 0.1 degree from, the initial source location from the ANSS catalogue. Because of the large azimuthal gap, we also carefully checked the stability of the obtained focal mechanism.

For the 2014 event beneath the northern Aegean Sea, we obtained a right-lateral strike-slip focal mechanism (Mw=7.2), of which one of nodal planes was directing in ENE-WSW consistent with the slip on NAF. Most of other events represented similar focal mechanisms. Some normal faulting events were also observed several tens of kilometers east of the 2014 earthquake and beneath of the Sea of Marmara.

The Sea of Marmara is a pull-apart basin developed at a segment boundary of NAF, where the crust opens and extensional stress develops. The normal-fault earthquakes may represent such tectonic settings. Detailed descriptions of fault segments would help to estimate future earthquake magnitudes. Normal faulting earthquakes beneath the sea would cause tsunamis if large enough. Historical studies of earthquakes beneath the Sea of Marmara revealed that damaging tsunamis had been triggered due to large earthquakes. Therefore, mapping normal faults and evaluation of their seismic potential are important for disaster mitigation from tsunami in this region.

In the research project of SATREPS-Earthquake and tsunami disaster mitigation in the Marmara region and disaster education in Turkey, we will develop a CMT determination system and a CMT catalogue in Turkey.

キーワード: 北アナトリア断層, プルアパート, モーメントテンソル
Keywords: North Anatolian fault, pull-apart basin, centroid moment tensor

海底地震観測によるトルコ・マルマラ海西部の地震活動 Offshore seismicity in the western Marmara Sea, Turkey, revealed by ocean bottom observation

山本 揚二郎^{1*}; 高橋 成実¹; citak seckin ozgur¹; Kalafat Dogan²; Pinar Ali²; Gurbuz Cemil²; 金田 義行³

YAMAMOTO, Yojiro^{1*}; TAKAHASHI, Narumi¹; CITAK, Seckin ozgur¹; KALAFAT, Dogan²; PINAR, Ali²; GURBUZ, Cemil²; KANEDA, Yoshiyuki³

¹ 海洋研究開発機構, ² ボガジチ大学, ³ 名古屋大学
¹JAMSTEC, ²Bogazici University, ³Nagoya University

The North Anatolian Fault (NAF) extends 1600 km westward from a junction with the East Anatolian Fault at the Karliova Triple Junction in eastern Turkey, across northern Turkey and into the Aegean Sea, accommodating about 25 mm/yr of right-lateral motion between Anatolia and the Eurasian plate. Since 1939, devastating earthquakes with magnitude greater than seven ruptured NAF westward, starting from 1939 Erzincan ($M_s=7.9$) at the eastern Turkey and including the latest 1999 Izmit-Golcuk ($M_s=7.7$) and the Duzce ($M_s=7.4$) earthquakes in the Marmara region. Considering the fault segments ruptured by the May 24th, 2014 Northern Aegean earthquake ($M_w=6.9$), the only un-ruptured segments left behind the 1600 km long NAF locate beneath the Marmara Sea and those segments keep their mystery due to their underwater location.

To obtain the detailed information about fault geometry and its stick-slip behavior beneath the western Marmara Sea, we started to operate a series of ocean bottom seismographic (OBS) observations. As a first step, we deployed 3 pop-up type OBSs on 20th of Mar. 2014 as a trial observation, and recovered them on 18th of Jun. 2014. Although one of the OBSs worked only 6 days from the start of the observation, other two OBSs functioned properly during the whole 3-month observation period.

We first searched for the microearthquakes missing by the land seismic network and estimated their precious location by using the initial 6 days data, i.e., using all the temporary OBS stations. Although there are only 3 earthquakes listed on the Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute (KOERI) catalogue, we could identify 41 earthquakes with more than 5 picking data of P and S first arrivals, and two-third of them located within the OBS network. We found the earthquake cluster (cluster-A) along the main NAF and whose depth interval is 12-20 km, and some event pair within cluster-A has similar waveform. The location of cluster-A indicates that the dip angle of the main NAF is almost vertical.

Then, we relocated the KOERI-catalogued earthquakes in 3 months periods by combining the land and OBS data. The results indicated that some earthquakes occurred 5-10 km away from the main NAF, and the upper limit of seismicity along NAF seems to dip eastward. Besides, we calculated the correlation coefficient between the waveform data of cluster-A earthquakes and continuous 3-month OBS records to estimate the temporal change of cluster-A activity. The result indicates that the cluster-A became inactive on the end of March. Since the KOERI catalogue reported the active seismicity from 13th to 18th of Mar. near the cluster-A, there is a possibility that the duration of the cluster-A activity was about 2-3 weeks.

To obtain more information of the fault geometry beneath the Marmara Sea, we started a second step observation by using 10 OBSs from Sep. 2014 to Jun. 2015. In addition, we are planning to add 5 OBSs to this observation in Mar. 2015. All OBS observations are conducted as a part of the "Earthquake and Tsunami Disaster Mitigation in the Marmara Region and Disaster Education in Turkey" project, financially supported by Japan International Cooperation Agency (JICA), Japan Science and Technology Agency (JST), and the Ministry of Development in Turkey.

Keywords: The Marmara Sea, The North Anatolian Fault, Seismicity, Ocean bottom seismograph

1945年三河地震の余震震源再決定と断層面推定 Relocation and fault planes of the 1945 Mikawa earthquake

古川 信雄^{1*}
HURUKAWA, Nobuo^{1*}

¹ 建築研究所国際地震工学センター
¹ Building Research Institute

1. はじめに

1945年1月13日に発生した三河地震(M 6.8)は、南海トラフで発生した東南海地震(1944年12月7日、M 7.9)後の誘発地震である。地震波・地殻変動・津波データ等の解析からいくつかの断層モデルが提唱されている。代表的なモデルは以下である。

浜田(1987)は気象庁のデータを用いて、前震・本震・余震の震源を再決定した。主な結果は以下である。1)本震は、震源域南端の深部で発生。2)前震は本震の東側浅部で発生。3)余震域の大きさは、北北西-南南東方向に約30 km、東北東-西南西方向に約15 km。浜田(1987)は上記震源分布と本震の発震機構、地殻変動を考慮して、「北西-南東走向を持つ南西に傾斜した左横ずれの逆断層を第一近似断層モデルとして提案した。

一方、高野・藤井(2009)は、三河地震に伴い出現した二つの地表地震断層である深溝断層と横須賀断層の位置と三角測量結果から2枚の断層からなる以下の震源断層モデルを提案した。1)断層の走向は共にN7°W。2)深溝断層がほぼ上端となる南側のセグメント1は、長さ幅が共に13 kmで、41°で西傾斜。3)約7 km西にある横須賀断層が上端となる北側のセグメント2は長さ幅がそれぞれ8 kmと11 kmで、70°で西傾斜。

浜田(1987)の余震分布は、おおむね高野・藤井(2009)震源断層モデルと一致するものの、深さの議論がなされていないため、余震発生場所と断層面との詳しい関係を議論することができない。そこで、これらの議論を可能にするために、本研究では改良連携震源決定法(Hurukawa, 1995)を用いて三河地震の前震・本震・余震の震源を再決定した。

2. データ

解析には気象庁地震観測点におけるP波とS波の初動走時を用いた。期間は1945年1月1日から31日までの1か月間。範囲は、北緯34.4°-35.2°、東経136.6°-137.4°で、全ての深さ。なお、同一観測点でP波とS波の読取値がある場合は、あたかも異なる独立な観測点のデータとみなして取り扱った。走時残差(O-C)が大きい読取値を徐々に取り除き、最終的にO-C < 3 sの読取値のみを用いた。その結果、「46地震以上用いた観測点」の条件を満たした39観測点(22 P波観測点と17 S波観測点)を用いて、「読取値が25個以上の地震」の条件を満たした92地震の震源を再決定した。

3. 結果

再決定震源分布の特徴はおおむね浜田(1987)に一致する。震源精度、特に深さ精度が向上したために、更に以下のことが明らかになった。

- 1) 高野・藤井(2009)震源断層モデルに対応する、南北2枚の余震分布が見られる。
- 2) 南の断層(セグメント1)の上盤側でも多くの余震が発生している。
- 3) 両断層を結ぶ東西の地表地震断層付近にも地震活動が見られる。

浜田(1987)が精査したように、気象庁の初動読取値の精度は1940年代であってもかなり高く、精度は3秒以内程度であり、深さも含めた地震活動の詳しい解析が可能であることが確かめられた。

(参考文献)

- 浜田信生, 1987, 気象研究所研究報告, 38, 77-156.
Hurukawa, N., 1995, Geophys. Res. Lett., 22, 3159-3162.
高野和友・木股文昭, 2009, 地震第2輯, 62, 85-96.

1596年豊後地震により誘発された大分県杵築市，別府市，湯布院町での地滑り Landslides triggered by the 1596 Keicho Bungo earthquake in Kitsuki, Beppu, and Yufuin, Oita Prefecture, Kyushu, Japan

中西 一郎^{1*}

NAKANISHI, Ichiro^{1*}

¹ 京都大学大学院理学研究科地球物理学教室

¹ Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University

1596年慶長豊後地震に関するほとんどの研究は別府湾沿岸域で発生した津波のみを扱っている。史料収集と断層モデルに基づく津波高の計算も湾内と湾口に限定されている。この地震が津波だけでなく、豊後国（大分県の旧名）内陸部で強震動を発生したことはよく知られている。東京大学地震研究所によって行われたこの地震に関する地震史料の収集は高崎山の地滑りや杵原八幡拝殿の倒潰が起きたことを示している。

本研究の目的は、この地震の発生直後に豊後国を支配した大名家文書中のこの地震に関する史料を収集し、地震に伴う諸現象、地震規模、震源域を推定することである。これら大名家は細川家、松井家、中川家、木下家、佐伯毛利家、久留島家、稲葉家であり、中川家は1594年に豊後に入った、細川家、松井家、稲葉家は1600年、木下家、佐伯毛利家、久留島家は1601年であった。松井家は細川家の家臣であり、大名家ではない。しかし、将軍および細川家は松井家に大名家格の地位を与えており、八代城（熊本）の城主であった。

松井家文書（八代市立博物館松井文庫所蔵）中に地震史料2点を見出した。ここではその内の1点について報告する。それは慶長6年4月22日（和暦）（1601）（鳥津，私信，2014）の細川忠興自筆松井康之宛書状であり、地震発生後約5年後に書かれた。忠興によると速見郡（現在の杵築市，別府市，湯布院町）の知行石高は6万石であった。忠興は康之に地震被害分約5千5百石を差し引きその割合で年貢高を決めるようにと指示している。書状中には地震発生日についての言及はない。この書状に書かれた地震は1596年豊後地震であると仮定する。

豊後国速見郡・由布院知行方目録（慶長5年2月7日）（1600）（松井家文書）を用いて慶長豊後地震による破壊的地滑りの被害を受けた村の特定を行った。村名を書く。高須（杵築市片野），八代（日出町真那井八代），辻間（日出町豊岡），浜脇，立石，鶴見，仏山寺，馬場，八川，若宮八幡社，興禅院，ここで旧地名（現地名）と略してある。海岸近くの地滑りは別府湾に入り、津波を発生する。

謝辞：史料収集等において、京都大学法学部図書室，八代市立博物館，熊本大学附属図書館，熊本県立図書館，杵築市立図書館，日出町立萬里図書館，大分県立図書館から協力を受けた。

キーワード: 1596年慶長豊後地震, 強震動, 地滑り, 津波, 松井家文書, 細川忠興自筆書状

Keywords: 1596 Keicho-Bungo earthquake, strong ground motion, landslide, tsunami, documents of Matsui, letter written by Hosokawa Tadaoki