

# 名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター

## 2014 年度 年次報告会要旨

### ■午前部

#### 喜界島周辺の地殻変動およびプレート間カップリング

○伊藤武男

##### 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事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  $-3.8 \times 10^{-8}$  /yr 程度であり、奄美大島と喜界島間の  $-2.5 \times 10^{-8}$  /yr と比較すると、奄美大島と喜界島間とは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{s:0063}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したモデルを作成する必要があると思われる。

## 超巨大地震の発生域と海溝沿いの重力異常分布について

○古本宗充

マグニチュードが9を超えるような超巨大地震の発生場所について、20世紀の地震学はそれなり支持を得たモデルを提供してきた。しかし2004年スマトラ・アンダマン地震と2011年東北地方太平洋沖地震の発生は、こうしたモデルの見直しを迫ることになった。こうした超巨大地震がどのような沈み込み帯で発生するかについて、我々はまだ明確な指標を持っていない。地震発生の物理を理解するためだけではなく、将来起こりうる地震災害に備えるためにも、こうした指標の発見や断層モデルの構築は重要な意味を持つと考えられる。

本報告では、これまで超巨大地震が発生した海溝の性質を、重力異常分布の観点から検討してみた結果を述べる。検討は上記2つの地震と1960年チリ地震と1964年アラスカ地震の4例でしか行えないが、これらの震源域では特徴的な海溝沿いのフリーエア異常分布を持つ。すなわち対応する領域では、海溝に沿って二重の負の重力異常帯が発達している。こうした二重の異常帯は全体の沈み込み帯のなかで、比較的限られた地域にしか存在しないので、この4例が偶然そうした場所に一致したとは考えにくい。こうした重力異常分布は超巨大地震をおこすプレート境界のカップリングと、境界の上に乗るアクリショナリプリズムの構造を反映している可能性がある。もしこうした構造が超巨大地震発生場所の指標として利用できるならば、世界の沈み込み帯でどこが潜在的な危険領域であるかを示すことができる。

## アクロスによる桜島火山活動に伴う地下構造変化の推定

○前田裕太

桜島火山噴火前後のグリーン関数の時間変化をアクロスを用いて推定したのでそれについて報告する。桜島は1年あたり1000回の頻度で爆発的噴火を繰り返す日本で最も活発な火山の一つである。火山活動に伴う地下構造変化の検出を目的としてアクロスと呼ばれる人工震源が同火山西麓において2012年9月より連続稼働している。アクロスから放射された地震波を近隣の地震計で記録し、その波形を震源時間関数でデコンボリューションすることによって震源装置と地震計の間のグリーン関数が得られる。

本研究では2012年9月～2014年7月の400秒毎のグリーン関数を最寄りの噴火との時間差を揃えてスタッキングすることにより、噴火以外の要因による変動を抑えて噴火に伴うグリーン関数変化の特徴を抽出した。その結果、震源装置に一番近い春田山観測点(震源距離615m)におけるradialソースに対するグリーン関数の3成分の2乗和(運動エネルギーに比例)の波形の振幅が2-4秒のタイムウインドウにおいて噴火前後に低下する様子が見られた。二番目に近い観測点(震源距離1200m)では2-6秒のタイムウインドウにおいて同様の振幅低下が見られた。

本研究の手法で推定されるグリーン関数はアクロス起源の波と火山性地震・微動の重ね合わせを震源時間関数でデコンボリューションしたものである。地下構造が変化しなくとも火山性地震・微動の活発化に伴って見かけ上のグリーン関数変化が生じる。この影響の評価のため、アクロスが一時的に停止していた2013年8月前半の爆発地震を含む地震波形に対して形式的にグリーン関数計算と同様の処理を行ったところ、グリーン関数の全50秒間のタイムウインドウにほぼ均一に振幅が分布した。このことから噴火前後の火山性地震・微動の活発化による見かけ上のグリーン関数変化は全50秒ウインドウに均一に現れるはずであり、2-6秒に局在した振幅低下は地下構造変化によるものと解釈できる。

## 2014御嶽噴火以降の国・自治体の対応と問題点

### ○山岡耕春

2014年9月27日に発生した御嶽山噴火は、山頂付近の登山者に死者・行方不明60名以上となる大惨事となった。そのため、国では、文部科学省（科学技術学術審議会測地学分科会地震火山部会）、気象庁（噴火予知連絡会）、中央防災会議（火山防災対策検討WG）などで火山監視／観測／防災対策に関する議論がおこなわれた。また岐阜県では火山防災対策検討会議が組織され、県としての火山防災対策推進策が提案された。長野県も研究連絡会議を提案するなど対策を打ち出している。御嶽山に関しては、従来岐阜県と長野県がバラバラに組織していた火山防災協議会を一体化し、新たに発足した。国土交通省中部地方整備局も、御嶽火山に関する火山砂防対策の見直しを行った。これらの会議に出席していることで国・自治体の対策の問題点が明らかになってきた。講演では、噴火後に取られた対策に加え、課題について議論をしたい。

## 御嶽山へのGPS観測点の設置およびGPS観測の携帯通信テレメータ化について

### ○松廣健二郎、奥田隆、伊藤武男

2014年9月27日の御嶽山噴火をうけ、今後起こりうる災害の軽減に貢献するためにも御嶽火山への理解を深める必要があり観測網の強化は急務であった。火山活動を知る上で重要な情報である地殻変動を捉える観測手段の一つにGPS観測がある。昨年の御嶽山噴火時点での御嶽山付近のGPS観測点としては国土地理院の電子基準点（GEONET）が王滝、三岳、高根の三点あるものの火口から8km以上離れており、地殻変動を捕らえるためにはより火口に近い観測点が必要である。より火口に近いGPS観測点としては気象庁が田の原に設置しているものの火口より4km圏内としてはこの一点のみである（ただし気象庁のGPS観測データは地震の観測データの様なデータ流通網にのっているわけではなく、またGEONETの様なデータ供給システムがないため我々がそのデータを取得するのは容易ではない）。本センターが今後御嶽山の火山活動による地殻変動にも注視していくためには早急に火口に近いGPS観測点を設置することが必要であった。そこで火口東側約3kmにある御嶽ロープウェイの飯森高原駅、および、火口北側約4kmにあるチャオ御嶽スキーリゾートのゴンドラ山頂駅にGPS観測点の設置を行なったのでそれについて報告する。

また今回のGPS観測点設置において携帯通信モデムを用いたテレメータシステムを稼働させたのでそれについても報告する。

## 南海トラフ地震の数値シミュレーションとプレート境界の強度分布

### ○橋本千尋

Hashimoto, Fukuyama & Matsu'ura (2014, PAGEOPH)によって、地震発生の物理に基づく地震発生サイクルシミュレーションの基本的な考え方が示され、地殻応力状態の時間発展を再現する為の理論的なフレームワークが構築された。或る時点の応力状態を適切に推定し、次ステップの地震発生シナリオを生成する為には、今後は、過去のすべり履歴を整合的に再現し得る現実的な断層構成関係を設定することが重要な課題となる。2014年度は、これまでの成果に基づき、主に南海トラフ地震を対象とした広域の地震発生サイクルの再現を目的として、数値シミュレーション・システムの高解像度化・大規模化を行なった。また、西南日本域のGPS測地データから推定したプレート境界面上のすべり遅れレートの分布に基づき、南海トラフ域の現実的な断層構成関係を設定する試行を行なった。一例として、Aochi and Matsu'ura

(2002) のすべりと時間に依存する断層構成則を用いたパラメーター設定を行ない、準静的テクトニックローディングシミュレーションの結果から、地震間のすべり遅れ分布の再現が定性的に可能であることを明らかにした。更に、プレート境界の強度や内陸の応力場形成を考える上で重要となるプレート間衝突率を推定する手法として、応力データ・インバージョン法を開発した(橋本・寺川, 日本地震学会 2014 年度秋季大会)。

## 高品質な地震カタログに基づく地震発生や火山噴火に至る直前過程の理解

○加藤愛太郎

2014 年 4 月 1 日にチリ北部で発生した (Mw8.2) の巨大海溝型地震の発生前には、顕著な前震活動が起きたことが既存の地震カタログ (e.g., USGS 地震カタログ) によって報告されている。これらの前震活動は、本震時に大きく滑った領域に対して浅い側で発生しており、相補的な位置関係を示す。USGS 地震カタログに掲載されている地震をプレート地震として用いて、本震発生前の約 3 ヶ月間と本震発生直後の数日間の連続波形記録を解析した (Kato and Nakagawa, 2014, GRL)。また、この新たな地震カタログを用いて繰り返し地震の抽出も行った。2014 年 1 月中は震源域の南部で地震が発生していたが、その後、震源域の北部へ移動し、3 月中旬まで活動が微弱ながら継続した。3 月中旬になると北部での活動が少し活発化し、南側への若干の震源移動が見られた。そして、3 月 16 日に震源域の中部において最大前震をはじめ非常に活発な地震活動が発生した。地震活動域は南北に拡大した。北部への移動後、3 月 22 日に再度地震活動が活発化し、さらなる北部への地震活動の移動が発生し、本震の震源付近で震源移動が停止した。これらの一連の地震活動の移動速度は、約 1km/日→約 5 km/日→約 10km/日と本震発生に向かって徐々に増加する点は興味深い。上記の地震活動には、繰り返し地震が含まれており、地震性滑りに加えて非地震性滑りも同時に起きていたと考えられ、地震活動の移動も考慮すると、本震発生前に大滑り域の浅部側でゆっくり滑りも発生していたと解釈できる。

御嶽山は 2014 年 9 月 27 日に水蒸気噴火を起こした。この噴火前後に発生した山頂直下の微小地震活動の再検出を遂行した。まず、相対走時差データを用いて震源再決定を行った。再決定震源は北北西-南南東走行の鉛直面上 (約 1 km×1 km) に並び、その震央位置は表面で観察された噴火孔列の分布 (国土地理院) と概ね一致する。また、噴火後の震源は、噴火前に比べて、全体的に 0.5 km 程浅くなる。地震活動は 8 月下旬から開始し、徐々に活動度が増え、9 月中旬に活動のピークを迎えた。その後、地震活動度は減少傾向を示しながらも継続し、水蒸気噴火に至った。噴火直前に着目してみると、噴火の約 10 分前から火山性微動の活発化に伴い地震活動の浅部への移動が見られた。移動速度は約 5 km/日である。同時間帯には、火口付近の傾斜計 (気象庁) でも山体上昇と矛盾のない地殻変動が捉えられており、噴火に向けて水蒸気やガスが噴火孔へ向かって上昇していたと推察される。

## ■ポスター発表要旨

### Elastic and Inelastic deformation process in the Mid-Niigata Area, Central Japan

○Angela Meneses (D1)

The Mid-Niigata area, central Japan, has been previously characterized as an inland large contraction zone ( $1.65 \times 10^{-7}$  /year) along the Japan Sea coast. However, mechanical nature of the contraction, whether it is elastic or inelastic, remained uncertain. Large historical earthquakes have occurred in this area, including, two shallow events, known as the Chuetsu Earthquake (M 6.8) on October 23<sup>th</sup>, 2004 and the Chuetsu-Oki earthquake (M 6.6) on July 16<sup>th</sup>, 2007, which occurred within 40 km and considerably affected the crustal deformation pattern. Additionally, according to the historical seismicity there has been no large earthquake in the area between the source regions of 2004 and 2007, which strongly suggests that the ongoing deformation is largely inelastic and might be accommodated by aseismic slips. To study this possibility, we review temporal variation of crustal deformation pattern in the Mid-Niigata region based on daily coordinates of 30 GPS sites from the GEONET network. We recognize a migration of the deformation pattern in the East-West direction after the occurrence of each event. These time-dependent behaviors suggest strong interaction between seismic and aseismic fault segments.

### 測地データに基づく糸魚川—静岡構造線北部から中部における震源断層モデル

○寺谷尚子 (M2)

長野県を縦断するようにはいる糸魚川—静岡構造線（以下、糸静線）は北部・中部・南部に区分されており、中部に属する牛伏寺断層は内陸部において活動度が最も高い断層の1つである。政府の地震調査委員会は糸静線中部に対し30年以内にマグニチュード8級の地震が発生する確率を14%と評価している。また、2014年11月22日には糸静線北部を震源とするM6.7（気象庁, 2014）の地震が発生しており、この地域の地震発生確率がさらに高まっている可能性がある。本研究では糸静線の神城断層、松本盆地東縁断層、牛伏寺断層の3つの活断層を対象とし、GPS観測により得られた地殻変動パターンから各断層の固着状況や断層形状の推定を行い、将来の震源断層モデルを考察した。その結果、北部の神城断層と松本盆地東縁断層は構造が類似しており、地殻浅部のみが固着している東傾斜の逆断層だと推定された。また、昨年の地震で被害の集中していた地域の一つである堀之内地区において、約300年前にも地震による被害記録が残されていた。このことから、北部の断層では非常に短い再来間隔でM6-7級の地震が発生する可能性がある。一方、牛伏寺断層は北部よりも深部まで固着している鉛直もしくは高角傾斜の左横ずれ断層だと推定された。以上のことから、本研究地域では牛伏寺断層が歪みを蓄え続けている可能性が高く、今後大地震発生の可能性が懸念される。

### 2011年東北地方太平洋沖地震後における東海地域の地殻歪異常

○野村晋一(M2)

日本列島は通常東西圧縮の応力場である。しかし2011年東北地方太平洋沖地震以降によって東西伸張の地殻変動が生じ、余効変動は減衰しながら今日まで継続している。この地震時や地震後の東西伸張の地殻変動に含まれる歪異常が、ローカルな構造的不均質を反映していることが報告されている。本研究ではGNSS観測を用いて東北沖地震後の中部日本における1年ごとの地殻歪速度を算出して定常状態との比

較を行い、いくつかの地殻歪異常を見出してその原因について考察した。

地震前の東西圧縮場が地震後においてもそのまま残っている領域があり、地震前の東西圧縮に非弾性変形が含まれていることを示唆している。関東山地の伸張歪速度は他地域と比べて大きく、地下の地質学的構造、特に蛇紋岩の存在との関連が考えられる。伊那谷では地形に対応して標高の高い領域が伸張場、標高の低い領域が圧縮場となっており、これは地震時の東西伸張によって東西圧縮応力が減少したことによって山地と盆地の間のリソスタティックな応力バランスが崩れたためと考えられる。

## 東北地方太平洋沖の 2011 年東北地方太平洋沖地震前の 50 年間の地殻変動 (研究計画)

### ○黒川祐梨 (M1)

東北地方太平洋沖は M7、8 クラスの地震が繰り返し発生している地域であり、さらに 2011 年に Mw9.0 という超巨大地震が発生したため、巨大地震の準備過程を解明するために多くの関心が集まっている地域である。最近の研究により、東北地方の中部—南部において、陸上 GPS 観測データから東方向に変動が加速していることが発見された (Mavrommatis et al., 2014) 彼らは、この変化が日本海溝のプレート境界面でのすべり速度が増加し、かつ・または、2011 年東北沖地震前の数十年間における深部の非地震性すべりが上昇してきたことにより説明できると主張している。しかし、上下成分の変化に関しての議論が行われていない。

そこで本研究では、特に上下成分に注目して、東北地方太平洋沖地震前からデータが存在する測地観測データを解析し、観測された地殻変動を説明する断層モデルを構築することで、プレート境界での地震発生のプロセスの理解に繋げることを目的とする。

今回は、今後の研究計画について報告する。

## Construction of a three dimensional model for deformation zone evolution in the lower crust

### ○張 学磊 (M1)

In order to consider the process of stress accumulation toward the occurrence of an intraplate earthquake, it is essential to build a mechanical model considering the mechanical behavior of the lower crust and the interaction between the lower and the upper crust.

There have been 2-dimensional models to consider loading processes of a very long strike slip fault such as the San Andreas Fault. In the central Japan, however, there exist deformation zone that contains complicated conjugate active faults. It is obvious that 2-D approximation is not appropriate in this case.

Therefore we try to construct a three dimensional mechanical model for crustal deformation around intraplate active faults. We consider how the upper and the lower crust interact each other, how shear heating and temperature dependent rock rheology in the lower crust contribute to the evolution of structural heterogeneity in the lower crust, and how we can apply appropriate boundary condition for the whole system. We will present the framework of the model setting and future research plan.

## ■午後の部

### 2014年御嶽山噴火に伴う地震メカニズム解の時間変化

○寺川寿子・加藤愛太郎・山中佳子・前田裕太・堀川信一郎・松廣健二郎・奥田隆

2014年9月27日、御嶽火山で7年ぶりに水蒸気噴火が発生した。名古屋大学では御嶽山周辺域に稠密地震観測網を展開し、WINシステムの自動検出によるイベントリストに基づく再検測を行い、2012年5月以降、定常処理として詳細震源決定とP波初動の押し引きをデータとした地震メカニズム解の推定を行っている。通常、ほとんどの地震活動は、御嶽山の北東麓～東麓～南東麓で発生しているが、2014年8月31日ごろから、山頂直下で微小地震活動 ( $M < 1$ ) が継続して活発化する様子がとらえられた。本研究では、地震のメカニズム解と応力場の関係を分析することにより火山噴火過程を理解することを目指す。

まず、2012年5月～2014年7月までの定常処理で得られた地震のメカニズム解、約550個 ( $M > 1$ ) をデータとし、CMTデータインバージョン法 (Terakawa & Matsu'ura, 2008) により御嶽山周辺域の広域応力場を推定した。御嶽山周辺域は、西北西～東南東方向に最大圧縮軸を持つ横ずれ型の応力場で特徴づけられる。次に、微小地震のメカニズム解を安定的に推定するために、P波初動の押し引き分布だけでなく、P波とS波の振幅比をデータとして、Hardebeck & Shearer (2003) の手法により噴火火口付近で発生した地震、約70個のメカニズム解 (2014年9月から2015年1月) を推定した。これらのメカニズム解をFrohlich (1992)の方法で分類すると、噴火前は主として東西方向にT軸を持つ正断層型地震が卓越するのに対し、噴火後は東西及び南北方向にP軸を持つ逆断層型地震が卓越する。

次に、地震のメカニズム解と応力場の関係を分析するために、「地震は既存弱面でトラクションのせん断方向に発生する (Wallace, 1951; Bott, 1959)」という考えに基づき、観測されたすべりベクトルと応力場から期待される理論すべりベクトルの差を評価した。その結果、噴火前の正断層型地震の多くは広域応力場から期待されるものと逆センスであるが、噴火後の逆断層型地震は広域応力場に合うことがわかった (Terakawa et al., in prep.)。噴火前後の震源位置の違いに関しては、噴火後に震源深さが1 km程度浅くなる傾向が見られたが、震央位置の変化は少ない。

噴火前に東西伸長の正断層型地震が発生したことは、噴火火口の配列や震源詳細分布 (Kato et al., in prep.) に加え、噴火によるVLPイベントの波形インバージョンの結果 (前田ほか, 2014 火山学会) とも調和的であり、御嶽山直下に存在する熱源による地殻の膨張と関係があると考えられる。また、噴火後の逆断層型地震の発生は、火山噴出物の放出に伴う地殻の収縮過程を広域応力場が支配する現象かもしれない。噴火前に広域応力場と非調和的な正断層型地震が発生したことは、火山噴火の準備過程に伴い山頂直下の深さ2-3 kmの狭い領域 (水平面積1 km×1 km程度) で応力場が局所的に時間変化した可能性や、山頂直下に火山活動に起源を持つ応力場の不均質があることを示唆する。いずれにしても、山頂直下の正断層型地震は火山活動の活発化を示す1つの指標となる可能性がありそうである。

### 御嶽山周辺域での地震観測点と運用状況について

○堀川信一郎、松廣健二郎、奥田隆、寺川寿子、山中佳子

名古屋大学では、1976年から継続している御嶽山山麓域での比較的活発な群発地震と1979年の有史以来初の噴火から始まった御嶽山の火山活動とについて理解を深めるべく研究・観測を行ってきた。両者の関連性については未だ明らかではないが、同時期に活動を始めた事実を無視することはできず、切り離して考えることはできない。

近年 (私が当センターに着任した2009年以降) は、比較的活発な山麓域での群発地震の観測研究を軸

に、時折起こる山頂直下の地震活動に注意を配る観測体制となっていた。昨年の噴火後も、山頂での火山地震活動はもちろんであるが、山麓域での群発地震にも注意を払い、研究・観測が行われている。

本講演では、主に私が着任した 2009 年以降の御嶽山周辺域の地震観測点とその運用状況などについて述べたいと思う。

2008 年には、これまでの観測網に加えて、活動中心を移動しながら拡大する群発地震を取り囲むように 5 点の地震観測点を増強した。現在、これらの観測点は重要な観測点として継続運用されているが、群発地震の活動中心はさらに観測網外へ広がっており、今年度は新たに 3 点の観測点設置を計画した。

また、2009-2011 年の夏季には、山頂近くを取り囲む領域 (8~12 キロ内) に 11 点の臨時地震観測点を設置した。現在の観測網では時折活発化する山頂直下の地震活動を詳細に把握することは難しいが、この臨時観測点があることで山頂直下の震源決定に成果を上げることができた。ただし、深さ方向の誤差は大きく、山頂直上の観測点の重要性が再認識された。

山頂には長野県の運用する地震観測点があるが、厳しい自然環境での観測は保守が難しく、残念ながら稼働率の低い状態が続いていた。そこで本年度は、技術職員としてこの問題に取り組みたいと考え、「御嶽山山頂における地震観測の強化、および冬期における観測手法の評価」と題した実験的な地震観測を計画し、準備を進めていた。

#### 糸魚川-静岡構造線北部の地殻変動と 2014 年長野県北部地震 (Mw6.3) との関連

○鷲谷 威・寺谷尚子 (名古屋大学)、松多信尚 (岡山大学)、西村卓也 (京都大学)、矢来博司・水藤尚 (国土地理院)

The Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line (ISTL) is a major geologic boundary intersecting the Japanese mainland into the northeastern and the southwestern parts. It is also an active fault system that is supposed to have a high seismic potential. We have conducted dense GPS observation and identified a highly localized E-W contraction around the Kamishiro fault at the northern ISTL. Kinematic modeling of this deformation pattern suggests that the fault is dipping to the east and accommodating the E-W contraction by aseismic faulting below the depth of 2-4 km.

On November 22, 2014, a Mw 6.3 earthquake occurred at the Kamishiro fault. The hypocenter is located at a depth of 5 km and surface rupture appeared for about 9 km along the fault trace. Considering the pre-seismic deformation pattern and aseismic fault slip at depth, this earthquake is considered to rupture the remaining shallow locked part. Thus no further large earthquake is not anticipated in this area in the near future although much larger event is expected to occur along the whole ISTL.

This earthquake caused a heavy damage on a small neighborhood called Horinouchi. It should be noted that the same neighborhood had experienced a severe damage by another earthquake in 1714. Considering that the locked portion is limited to the shallowest 5 km and strain rate around this area is very large, it is possible that the same fault segment was reactivated in 300 years, which is an unusually short recurrence interval as an intra-plate active fault. This example demonstrates an importance of dense as well as precise geodetic observation for seismic hazard evaluation and understanding the crustal seismogenesis.



## 2014年長野県神城断層地震と活断層

○鈴木康弘

2014年長野県北部の地震（神城断層地震）は、地震調査研究推進本部が「主要活断層」を定めて以来、初めてそのうちのひとつ糸魚川－静岡構造線（糸静線）が活動して起きたものである。震源断層面が浅かったため局地的に強震動が発生し、白馬村神城・堀之内地区では甚大な被害が生じた。地表地震断層は、既存の活断層地図で示された場所に出現した。しかし、糸静線のごく一部が比較的小規模に活動したものであり、地震本部の予測とは異なっていた。地震規模が小さく死者は出なかったが、活断層地震の長期評価（発生確率）や強震動予測に再考を促す重要な地震であった。

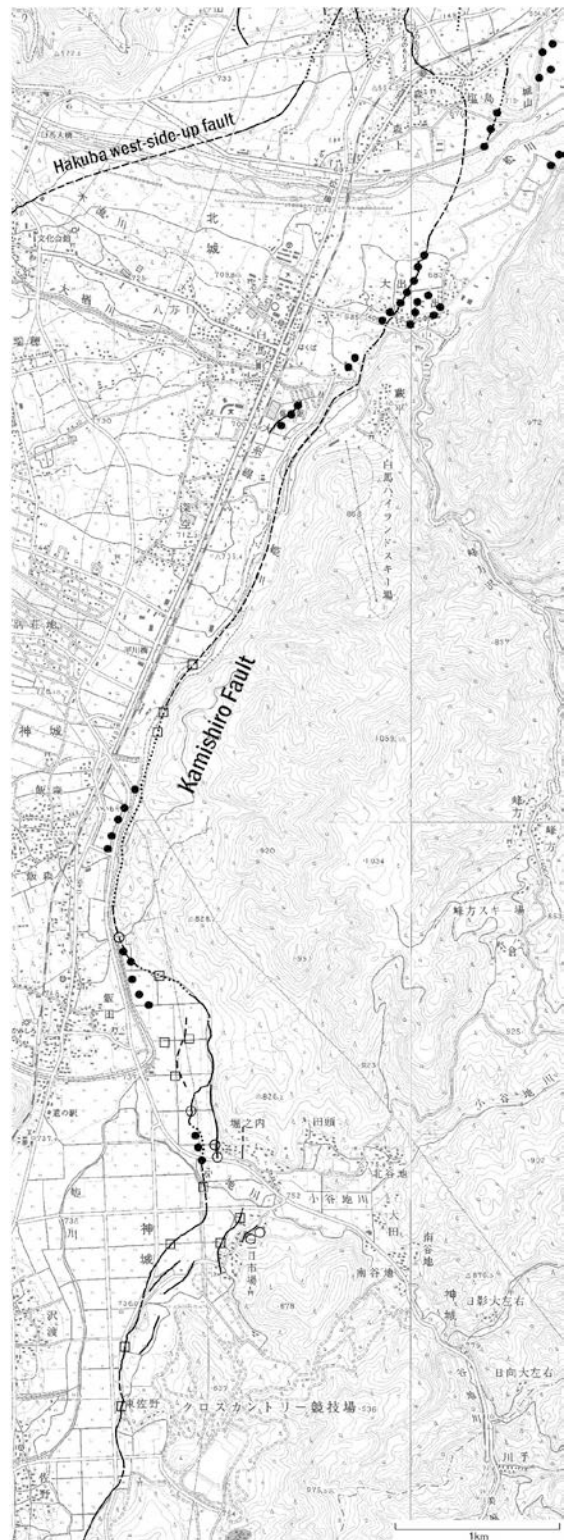
既存の活断層地図についても問題はあった。神城盆地では、逆断層の migration 理論に依存しすぎたために、山地一盆地境界の構造を書き落とし、また、植生に覆われた変位地形を見逃すなどの問題があり、教訓を残した。また、姫川沿いでは河川浸食の影響により断層変位地形を認定しきれなかった。白馬駅～飯森間の正確なトレース認定も困難だった。

長野県白馬村において、神城断層に沿って南北約9kmの範囲で地表地震断層が現れ、主な変位は糸静線と調和的な東上がりの逆断層であった。明瞭な断層変位はすぐに見出されたが、撓曲変形については綿密な地形調査を必要とした。水田が傾き、雨水が不均一に溜まったことで断層変位が確認された場所もあった。

地震本部は1996年に糸静線の評価結果を公表している。その内容は「現在を含めた今後数百年以内に、M8程度（M7.5～8.5）の規模の地震が発生する可能性が高い。しかし、地震を発生させる断層区間（場所）がどこまでかは判断できない」というものであった。今回の地震はこれに比べて明らかに「ひとまわり」規模が小さい。

予測より規模が小さければ良いという問題ではない。マグニチュードを過大評価すると、その反動で地震発生確率が過小評価される。すなわち、「千年に一度だけM7.5の地震が起きる」と考えれば発生確率は低いが、「M6.7～6.9程度の地震が数百年に一度起きる」とすれば発生確率は高まることに留意する必要がある。

白馬村堀之内地区に甚大な被害が集中した。家屋倒壊率は3割を超えたことから、震度7相当と見られる。その原因は、逆断層直近の上盤側で発生した強震動にある可能性が高い。神城盆地の地盤が軟弱であることを理由にする意見も多々あるが、堀之内地区は上盤側（隆起側）で段丘化しているため、地盤がとくに軟弱だとは言えない。堀之内地区周辺の活断層は複数列あ



黒線：活断層、●：地震断層、○：産総研による地震断層、□：地盤変状  
(鈴木ほか,2015,科学 より)

り、少なくとも数列は今回の地震時にずれを生じた。集落内に逆向き（西側隆起）の副次的な断層も認められ、堀之内地区は複雑な変形帯に位置する。

1714年の信濃小谷地震の際にも堀之内地区の被害は甚大であった。300年ぶりの活動をどう評価するか、今後の課題である。

（文献：鈴木康弘・廣内大助・渡辺満久(2015)：長野県神城断層地震が提起する活断層評価の問題。科学, 84, 2月号。）

#### 地震予知噴火予知計画課題：

#### 古文書を用いた南海トラフ超巨大地震の地震発生メカニズムの解明

○山中佳子

本課題の目的は、古文書から南海トラフ巨大歴史地震の地震活動、地殻変動、津波、人的・建物的被害状況などの情報を地震毎に面的に整理し、情報量が多く地球物理的データも存在する昭和の南海、東南海地震と比較することによって、南海トラフでの巨大地震を明らかにすることである。今年度も昨年度に引き続き名古屋大学所蔵の高木家文書の修復（弘化4年～嘉永6年、安政3年～安政4年）を行った。徳川林政史研究所、蓬左文庫、岐阜歴史博物館、佐賀県立図書館、唐津図書館や個人所蔵の新たな史料収集を行い、新しく見つかった史料については順次翻刻を行っている。神社明細帳については高知県、和歌山県の調査を行い、海岸線沿いの市町村についてはほぼ完了した。また高知県、和歌山県、愛知県、三重県、岐阜県、静岡県、長野県の地方史の収集を行った。

また「新収日本地震史料」18冊および「日本の歴史地震史料」8冊に記載されている基本的情報だけをエクセル化し、それらを検索できるシステムを構築した。エクセル化したものは史料集に載っている古文書に記載されている年月日、史料名、被害を受けた場所、史料の所在などである。これまで「新収日本地震史料」および「日本の歴史地震史料」のどの巻にどのような史料が載っているかは熟読している人でないとわからず、調査するとき不便を感じていた。本システムでは、たとえば年月日を入れるとその日に発生した地震についてどのような史料があり、それがどの巻に載っているのか検索ができる。今後センターのHPで公開を予定している。

#### 南海トラフ域での海底地殻変動観測

○田所敬一・安田健二・藤井越百・植村雄一・松廣健二郎

当研究室では、熊野灘の4ヵ所および南海トラフ軸近傍の2ヵ所で海底地殻変動観測を行っている。平成26年度は、おおむね各点1回ずつの観測を実施した。過去のデータも含めて解析し、海底局位置の時系列のトレンドから変位速度ベクトルを推定したところ、熊野灘ではアムールプレートに対しておよそ西北西方向に年間約3～4cmであった。一方、南海トラフ軸近傍では、2013年8月、2014年1月、2014年6月、2014年1月の4回、観測を実施している。この観測に使用している船舶の一部は船底に音響送受波器が装備されており、距離が6,000mを超えても5ノットで航行しながらの音響測距が可能である。現在、これらのサイトで取得したデータについて、海中音速構造による測位への影響やKGPSのクオリティを確認しながら海底ベンチマーク位置決定解析を行っているところである。

#### 総合討論

○山岡耕春（司会）