

### 3. 研 究 活 動

- 3-1. 地震火山研究センター2011年度年次報告会要旨
- 3-2. 教員・研究員の研究教育活動報告
- 3-3. 受託・委託研究の報告
- 3-4. 「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」平成23年度年次報告

## 3-1. 2011年度 地震火山・防災研究センター一年次報告会要旨

### 2011年度総合成果報告

#### 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動

○鷲谷 威・伊藤武男・渡部 豪・松多信尚・奥田 隆・堀川信一郎・小澤和浩・鈴木翔太

昨年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴い、東日本では東向きの地殻変動がm単位で生じ、東北地方は東西方向に最大4m程度引き延ばされた。地震時および地震後の地殻変動データを用いて、地震時の断層すべりや地震後の余効すべりが推定された。推定された地震時の断層すべりは、宮城県沖の沖合いで60m程度の最大値となり、過去500~1,000年程度蓄積したすべり遅れが解消された可能性が示唆された。余効すべりは本震時のすべり領域よりも深い部分に集中しており、本震時のすべりとの空間的な棲み分けが見られる。

本講演では、日本海溝沿いの巨大地震発生サイクルと東北地方における地殻変動サイクルの関係についても考察する。今回の巨大地震発生を事前に予見できなかった要因の一つとして、明治時代以降の100年間の地殻水平歪みで、東西短縮成分が必ずしも明瞭でなかったことが挙げられているが、明治時代に行われた三角測量のスケールを規定する基線測量に、1894年庄内地震の地震時地殻変動によるバイアスの影響があった可能性が見つかり、矛盾が解消する可能性がある。一方、太平洋沿岸地域で20世紀に継続的な沈降が見られ、長期的な地殻変動傾向と食い違っていることについては、いまだ問題は解決していない。最後に、巨大地震による応力変化に対する日本海東縁のひずみ集中帯の力学的応答について、稠密GPS観測の結果に基づいて考察を行う。

#### 駿河-南海トラフにおける海底地殻変動モニタリング

○田所敬一・渡部 豪・永井 悟・安田健二・坂田 剛・江藤周平・奥田 隆

名古屋大学では、駿河湾と熊野灘の各4カ所に海底地殻変動観測点(海底ベンチマーク)を設置し、駿河湾では2カ所(SNW, SNE)、熊野灘では3カ所(KMN, KMS, KME)において定期的に繰り返し観測を実施している。平成23年度は、熊野灘で計4回、駿河湾で計3回の観測を行った。これまでの合計観測回数は、KMNで16回、KMSで20回、KMEで7回、SNWで17回、SNEで13回である。これらのデータに対し、海面や船体からの反射波の影響の除去、KGPSおよび姿勢測定結果の異常値の除去を行い、各海底ベンチマークにおける変位速度ベクトルを推定した。今年度までのデータを含めて推定された変位速度ベクトルは、熊野灘ではどのベンチマークにおいてもN70-75°E方向におよそ4cmである。

このように、南海トラフの3カ所では変位速度ベクトルの推定に成功しているが、同海域でさらなる観測の拡充が望まれる。東北地方太平洋沖地震の際には、本震時のすべり分布の推定に海底地殻変

動観測結果が大いに役立った。また、本震時には海溝付近が大きくすべったことが指摘されている。このような事柄をふまえて、今後、南海トラフでもさらなる多点観測および海溝軸付近での観測が重要になる。名古屋大学でも海上保安庁および東北大学と共同で、このような観測を行うことを行うことを計画している。さらに、効率的な観測等を目的とした新たな観測方式なども検討されており、このような技術開発の進捗状況も報告したい。

## 地震計アレイでみた 2011 年新燃岳噴火活動の推移

○山中佳子・中道治久・寺川寿子・奥田 隆・堀川信一郎・山崎文人

2011年1月19日01時27分小規模な噴火をした霧島新燃岳は、その後1月26日にはマグマ噴火、1月27日以降は爆発的噴火をおこした。GPS連続観測による基線長変化は2009年12月ころから山体膨張を示していた。1月の噴火活動をうけ、2月1日より地震火山観測チームは新燃岳東麓(夷守台)で地震アレイ観測を始めた。設置した地震計は2Hz地震計(L22-D)3成分で、Y字型に16観測点を約50m間隔で設置した。アレイ口径は約400mである。ロガーは計測技研HKS-9550を用い、データは現地収録とした。そのため1-2ヶ月に1度現地でデータ回収およびメンテナンスを行ってきた。2月以降も規模の大きな爆発的噴火が起こり、これらをアレイでとらえることができた。現時点では上下動成分のみでアレイ解析(センブリランス法)を行っている。その結果、爆発的噴火、空振や微動源の移動の様子などをとらえることができた。また名大のアレイでは山頂方向からくる波の到来方向がやや北に振る性質があることもわかった。おそらく地下構造の影響を反映しているものと考えられる。一方、新燃岳西麓では九州大学が地震計アレイを展開しており、現在九大と名大のデータを使った解析を進めている。

今回の新燃岳火山活動において地震計アレイ観測は微動活動を捕らえる上で有効な方法であった。しかしアレイ観測は地震計の台数も多く維持管理の労力は馬鹿にならない。噴火予知研究者から少なくとも1年間は新燃岳の東麓、西麓に設置された地震計アレイ観測を続けてほしいという要請もあり現在も観測を継続中である。このような観測研究を続けることができたのはセンターに技術職員がいるからこそだと思う。夏頃から夷守台観測点付近で平日の日中に人工的ノイズが発生し、火山活動に関するシグナルが見えにくくなっている。また1月の噴火後も膨張し続けてきた新燃岳だが、2011年11月ころから山体膨張は停滞している。これらのことから今後の継続については検討中である。

## アクロスの桜島への展開

○渡辺俊樹・山岡耕春

弾性波アクロス研究においては、プレート間カップリングの時間変化の監視を目的とした東海監視計画、野島断層における断層近傍の長期モニタリングを行ってきたが、残る大きなテーマである火山活動の監視はこれまで手がついていなかった。今年度から、桜島火山において震源装置を設置して火

山活動を監視する研究計画が実施される運びとなった。火山における時間変化監視の特徴は、時間変化の時定数が他と比較して格段に短いこと、また、変化が大きいと考えられる点である。一方で、火山に手がつけにくかった理由の一つに、火山地帯の地質や地下構造の不均質性に起因して波動の散乱、減衰がきわめて大きく、比較的高周波数の信号を利用するアクロスにとって不利な環境であると予想されていたためであった。そこで、桜島火山における人工地震構造探査の記録と東海地方のアクロスの観測記録を用いて、桜島にアクロスを設置した場合のアクロス信号の減衰特性とノイズ評価を行い、信号到達距離やスタッキング期間を見積もった(道下, 2011, Yamaoka et al., 2011)。

これまでに、現地での設置場所を選定し用地使用の手続きが行われ、一方、三河観測所に設置・保管されていた震源装置および機器類の調整が行われた。すでに震源設置用の掘削工事もほぼ完了している。火山灰起源の軟弱な表層地盤の影響を低減するために、掘削深度を増し支持層までパイルを打つなどの工夫を行った。2月上旬～中旬にかけて震源装置および機器類の設置と調整を行い、3月中に精密制御用の遠隔監視装置の設置が実施される予定であるので、順調に行けば報告会時には移設が完了している予定である。

## GPS 観測網(AGNeSS)によるスマトラ断層の断層固着の空間変化

○伊藤武男・木股文昭

インドネシアのスマトラ島には 約 1200km に渡るスマトラ断層帯がある。右横ずれの断層のスマトラ断層帯はいくつかのセグメントに分かれており、それらの多くのセグメントは最近 100 年以内に地震がすでに発生している。しかしながら、スマトラ島北部の約 200km の長さのセグメントでは最近 170 年間に地震が発生していない。我々は 2004 年スマトラ-アンダマン地震(Mw9.2)の発生後から GPS 観測網 (Ache GPS Network for the Sumatran fault System : AGNeSS)を構築してきた。現在は、AGNeSS は連続 GPS 観測とキャンペーン GPS 観測点を合わせて 24 点で構成されている。AGNeSS の観測を維持・発展させるために、バンダアチェにあるシアクラ大学と協力して、観測システムを維持できる体制を整備してきており、現在では、シアクラ大学だけで観測網を拡張できる体制が整いつつある。

AGNeSS で得られた地殻変動データには 2004 年スマトラ-アンダマン地震の余効変動も含めて観測しているため、それらをモデル化して影響を取り除く必要がある。それらの影響を取り除いた後にプレート境界の影響とスマトラ断層の固着、断層の位置などをモデル化し、マルコフ連鎖モンテカルロ法によってそれらの推定を行った。その結果、北側のセグメントと南側のセグメントで断層固着の不均質がみられた。北側のセグメントではほぼクリープしており、南側のセグメントでは、深さ約 15km までの断層固着が推定された。また、すべり欠損速度は約 1.6cm/yr が得られた。これらから換算するところの地域では、マグニチュード 7 クラスの地震の発生ポテンシャルがすでに蓄積していると考えられる。

## ポスター発表要旨

### 西南日本における超巨大地震について

#### ○古本宗充

駿河-南海トラフ沿いで M9 クラスの地震が想定されるようになってきた。この想定では断層面積を大きくしているが、滑り量自体を大きくしてはいない。東北地方太平洋沖地震の経験を踏まえるならば、1000 年単位の間滑り欠損の一部が蓄積され続け、それが数十 m 分になる可能性が残っている。ここでは縄文海進（約 6000 年前）以降に形成された海岸段丘に基づき、そうした超巨大地震が存在した可能性が高いことを報告する。西南日本沈み込み帯に沿う御前崎、潮岬、そして室戸岬にはこの期間に 3～4 面の段丘が発達している（例えば、吾妻他, 2005, 宍倉他, 2008, 前奎 2001）。潮岬と室戸岬での形成年代は約 4500～4800 年前、約 2700～3000 年前、約 1800 年前、そして数百年前でそろっている。これらの隆起は近傍の分岐断層などが活動した可能性もあるが、2 地点の時期がほぼ一致していることは、広域の運動である可能性を強く示唆している。これらに加えて、富士川河口付近、御前崎、足摺岬、そして宮崎県でも同時期に数段の段丘形成がみられる。さらに西南日本各地で 1000 年オーダーの間隔で上下変動をしていた痕跡がみられる。これらは通常の巨大地震よりさらに大きな変位量をもった超巨大地震が 1000～2000 年間隔で発生していることを示していると考えられる。

### M9 巨大地震の発生を説明する地震発生サイクルモデル

#### ○光井能麻・鷲谷 威

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は、宮城沖から福島沖を主な震源域とするM9.0という超巨大地震であり、この地域で従来想定されてきたM7-8 (e.g.,地震調査推進本部、2002) を大きく超えるものであった。そのため、この地震の発生メカニズムを解明すべく、地震の規模がM9.0にまで至った原因がいくつか提案されている。それらは主に、

- ・元々解放すべきモーメントがM9に匹敵するほど存在したか否か
- ・M9に至った主因をどこに求めるか（断層面の時間的or空間的変化、複数の固着域の連動）という点で、各々異なっている。

ただし、これらの解釈の中には、データ解析手法やシミュレーション手法の制約条件に依存していると考えられるものもある。そのため、この問題に対して我々は「固着域と非固着域の境界部で歪エネルギーの蓄積が最も大きくなり、地震が頻発する」というシンプルな考え方に沿って、過去の地震の震源域およびそれらの地震の特徴、今回の本震および前震の震源域、各地震後の余効すべり、通常時の地震活動（相似地震含む）、海底地形、構造探査、GPSから推定された固着域、の各種解析結果を満たすモデルを提案した。また、このモデルを速度状態依存摩擦則(Dieterich,1979)を用いて表現し、

数値シミュレーションを行った。その結果、M7地震の発生間隔、M9地震の震源および破壊伝播を再現した。さらに、得られた地震サイクル中における各地点のすべり量や応力の時間変化を解析したところ、M7の発生履歴がM9サイクルの時期によって変化することや、M9サイクルの終わり頃にはM7の震源域のモーメント解放レートがプレート相対速度に近づき、M7の地震だけでその地域のプレートのすべり遅れを解消しているように見えることが分かった。この結果から、M9地震発生直前のデータのみでは地震サイクルの全体像を見誤る危険性があることが分かり、様々な規模の地震が混在する地震発生サイクルを正しく理解する重要性が示唆された。

## 2011年東北地方太平洋沖地震の発生とアスペリティの階層的強度構造

### ○橋本千尋

『シミュレーションとモニタリングを統合した地殻活動予測システム』の構築とそれに基づく予測研究を進めてゆく為には、シミュレーション・システムの高度化と共に、多様な観測・データ解析を通じた地殻活動モニタリングによる情報をシミュレーションに取り込むことが重要である。このことを踏まえて、今年度は、2011年3月に発生したMw9.0東北地方太平洋沖地震とプレート境界面の摩擦特性に関する研究を行なった (Hashimoto et al., 2012, GJI, in press)。先ず、インバージョン解析のモデル領域を海溝軸付近の浅部を含むプレート境界全域として、Hashimoto et al. (2009)の場合と同じモデル及び手法によるGPS変位速度データの再解析を行ない、地震間すべり遅れレートを推定した。推定したすべり遅れレートの分布は、モデル領域の拡張に伴い Hashimoto et al. (2009)に比べて海溝側（浅部）に広がるが、本質的に同じパターンを示す。根室沖・十勝沖・三陸沖・宮城沖・福島沖の5つの強い固着域は、北海道・東北地域で過去100年間に発生したM7-8クラスのプレート間大地震の震源域とほぼ完全に一致する。次に、同じモデル及び手法を用いて、GPS変位データから地震時すべりを推定した。推定したすべり分布は2つのピークを持ち、それぞれ、宮城沖・福島沖のすべり遅れ域と一致する。それぞれのすべり量は、32mと7mである。M7-8クラスとM9クラスの地震発生領域が重なることは、アスペリティの階層的強度構造を示唆する。

## 2011年東北沖地震における余効すべりの時空間分布

### ○鈴木翔太・伊藤武男

2011年3月11日に東北地方太平洋沖地震(Mw 9.0)が発生し、地殻変動がGPS観測網(GEONET)により観測されている。本研究では、東北沖地震発生後に観測された地殻変動時系列を解析し、東北沖地震の余効すべりの詳細な時空間分布を求めた。

解析にはGEONETにより観測され、国土地理院によって解析されたF3解を用いる。この地殻変動時系列には定常的なトレンド、年周・半年周変化、地震時のステップ、および地震後の余効変動が含まれている。そこで地殻変動時系列を1次関数、三角関数、ステップ関数および、対数関数を用いて

モデル化を行い、東北沖地震の余効変動成分のみを抽出した。この観測された余効変動からインバージョン解析によって余効すべりを求める。

本研究では、マルコフ連鎖モンテカルロ法(MCMC)に基づいた手法を採用した。最小二乗法を用いたインバージョン解析では一つの解を求めるのに対して、MCMC法は解を事後確率分布として求める。インバージョン解析に内在する劣決定問題はそれぞれの解の相関として現れ、事後確率分布に内在される。MCMC法は計算が膨大であるため、GPUを用いて計算を加速している。一方、断層面上の小断層のすべりと地表面の観測点の変動量を関係づけるグリーン関数は、有限要素法による3次元の不均質を考慮したものを用いた。

解析した結果、地震後7ヶ月の余効変動の宮城沖の余効すべりの量は2.5m程度となり、国土地理院の解析による滑り量とおおよそ一致する。地震時のすべり分布(Simons et al., 2011)と比較すると地震時のすべりより深部で余効すべりが進展していることがわかった。過去に発生した地震の発生域と比較をしてみると、福島沖のアスペリティの部分とすべりの場所はほぼ一致していて、そのすべり量は約3mであった。

## 2011年東北地方太平洋沖地震の直前に発生した電離層総電子数異常についての考察

### ○山本淳平

超高層大気における電離層の電子は、地殻変動や火山活動などによって地面が上下方向に変位を生じることで密度変化を生じる。GPSによる観測では、GPS衛星とGPS受信機間の光線経路に存在する総電子数(TEC, Total Electron Content)の擾乱としてこの現象を捉えられる。これは地震時電離層変動と呼ばれる現象であり、1994年のノースリッジ地震(Calais and Minster, 1995)や2003年十勝沖地震、2004年紀伊半島沖地震(Heki and Ping, 2005)などの地震時に発生したことが報告されている。一方この現象とは別に、地震発生前にもTECの擾乱が生じる可能性がHeki(2011)によって示唆されている。Heki(2011)では、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の地震発生約1時間前から東北地方の上空でTECの正の異常が生じたことを報告している。本研究ではHeki(2011)の結果を該当研究と同様の手法で追試し、地震発生前の現象と報告されているTEC異常の特徴について調査した。その結果、東北地方のGPS観測点から得られた地震発生前のTEC異常はHeki(2011)で示されたものとは異なった様相を示した。Heki(2011)ではTEC絶対値の一割弱程度に相当する $+3 \sim 4\text{TECU}$ ( $1\text{TECU} = 16\text{electrons/m}^2$ )の異常が得られているが、本研究では $-3\text{TEC}$ の変化が得られており、空間分布や時間変化のパターンも異なっていた。TECの時間変化を検出する際に推定方法を変えてみたものの、Heki(2011)と同じ結果は得られなかった。

## 空中写真の実体視判読に基づく 2011 年東北地方太平洋沖地震の津波浸水域認定の根拠

○杉戸信彦・松多信尚・堀 和明・石黒聡士・長谷川智則・鈴木康弘・日本地理学会災害対応本部  
津波被災マップ作成チーム

2011 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震の直後に撮影された空中写真は、沿岸部の広大かつ甚大な津波被害をはっきりと捉えている。

早期の徹底的な救援・復旧活動のため、日本地理学会災害対応本部津波被災マップ作成チームは、地震後撮影の空中写真の実体視判読をただちに開始し、地震後 17 日目の同 28 日、津波浸水域と家屋等の多くが流出した地域を示した縮尺 1:25,000「津波被災マップ」を災害対応本部のウェブサイトにて公開した。その後も判読範囲をひろげるとともに精度を高め、12 月 11 日、第 6 版「2011 年完成版」を公開した。最終的なマップ作成範囲は、青森県中部～千葉県北部の沿岸部、直線距離で約 600 km にわたる。地震後撮影の航空写真のない福島県中南部についても Google Earth 等の地震後撮影の衛星画像を援用して作成した。

具体的には、地形学を専門とする研究者が空中写真の実体視判読を実施し、微地形や標高、地形発達史、土地利用、土地条件、また道路・鉄道・家屋・水路等の人工構造物などを直接確認しつつ津波の流動コースも考慮してマッピングを実施した。参加した研究者は、地形研究において空中写真による地形判読を日常的に行い、微小な地形の判読を得意としている。なお、判読に用いた空中写真は印刷したもの以外に、より高解像度のデジタルデータを用いて、画面上で空中写真の実体視判読も行った。

地震後空中写真を用いた注意深い実体視判読によって、津波浸水域の認定は概ね可能である。縮尺 1:25,000 であれば高い信頼性で認定可能であり、さらに大縮尺でも大部分を認定できる。しかしこれまで、このことはほとんど明示されてこなかった。

本発表では今回の「津波被災マップ」をもとに、今回実施した浸水域認定の根拠と注意点、問題点を述べ、空中写真の実体視判読による津波浸水域認定の妥当性について検討する。将来の被害津波の迅速な把握に資することになれば幸いである。

日本地理学会災害対応本部津波被災マップ作成チーム：鈴木康弘（代表）・石黒聡士・碓井照子・内田主税・宇根 寛・海津正倫・熊原康博・後藤秀昭・小岩直人・坂上寛之・杉戸信彦・田村賢哉・中田 高・長谷川智則・廣内大助・堀 和明・松多信尚・宮城豊彦・渡辺満久

## 3 月 12 日長野県北部の地震に伴う地変と栄村周辺地域の活断層

○松多信尚・杉戸信彦（名古屋大学）・廣内大助・竹下欣宏（信州大学）

2011年3月11日東北地方太平洋沖地震から約13時間後、長野県北部を震源とする気象庁マグニチュード6.7の地震が発生した。この地震は内陸で発生した代表的な誘発地震と言われ、長野県北部の栄村



で震度6強を観測した。

我々は長野県下水内郡栄村から新潟県中魚沼郡津南町、十日町市にかけて地変調査を実施した。地震発生翌日の3月13日より2日間は千曲～信濃川沿いの活断層を中心に、4月29日より2日間は千曲～信濃川沿いに加え、信濃川右岸と松之山地区の主要道沿いを、そして6月24日より2日間は松之山地区を調査し、10月30日に予備調査、そのほか個別にも現地調査をおこなった。その結果、多くの地割れを確認したが、それらは液状化や重力性の割れ目と判断でき、積極的に活断層の活動を示す結果は得られなかった。

我々はその他の観測結果や被害状況からこの地震を解釈した。この地震は、北西―南東方向の圧縮軸を持つ南東傾斜の逆断層であった。この断層運動によって明瞭な地表地震断層は出現しなかった。余震から推定される断層面は本震のメカニズム解と斜行し、十日町断層帯の走向などと同じであることから既存の構造に支配された断層面と考えられる。本震後数時間内にやや大きめの余震が2回あり、これらの震源の深度はきわめて浅く、本震の南西側で発生している。震源域の南西側で見られる合成開口レーダによって見られる局所的な地殻変動や余震域南西部の複雑な余震分布は本震後の大きめの余震の影響がある可能性が高く、本震の断層面は余震域北側の南東傾斜の余震分布に対応する可能性が高い。この断層面は関田丘陵を成長させるような北傾斜の断層ではなく、北西傾斜の十日町断層帯西部とは直接関係がないと思われるが、震源域に推定される断層面延長部が松之山背斜の直下に延長し、GPS 観測結果でも松之山地区を隆起させていることから、松之山背斜を成長させる断層運動であった可能性があると考えられる。

#### 地上 Lidar 測量による長野県・新潟県県境付近の地震に伴う新潟県十日町市松代の泥火山の隆起 ○松多信尚（名古屋大）・早川裕弼（東京大）・堀 和明・杉戸信彦（名古屋大）・Kuo Yu-ting（台湾大・院）

2011年3月11日東北地方太平洋岸を震源とするマグニチュード9.0の東北地方太平洋沖地震が発生し、その後日本各地で地震活動が活発になった。長野県新潟県県境付近でも12日未明マグニチュード6.7の地震が発生した。この地震の震源域にあたる十日町市松代室野地区には泥火山が存在することが知られている。この泥火山地域は早稲田大学の自動車部の敷地で、自動車練習用のアスファルト道路が施設されている。ここで地震が原因と思われるドーム状の隆起による道路の損壊を発見したので、測量と発生の検討を行った。

我々は地上 Lidar により詳細な DEM を作成し、2004年に航空ライダー測量よりもとめた 2mDEM と比較し隆起量を見積もった。使用した機材は（株）トプコン製の GLS-1500 で、調査日は 2011年6月23、24日、約 80m×120m の範囲内で約 200万点を測量し、5cm の DEM を作成した。その結果、道路と芝生を横断する約 40m×30m のドーム状の盛り上がりを計測した。この結果と 2004年の 2mDEM とを比較すると、隆起量は道路部で小さく、芝生部で大きい傾向が認められた。尾西ほか（2009）によると、今回とほぼ同じ場所で 2007年中越沖地震の際にも隆起が認められており、その

時の道路上の隆起部はその後平坦に直されたため、道路部のみ隆起量が小さく、芝生部は二回分の隆起を保存しているため隆起量が大きいと考えられた。この隆起現象は地震時に起きたものか、地震後に起きた現象かは雪解け後の測量のため分からない。ただ、隆起域は泥やガスの噴出が認められる地域の縁辺部にあたり、ここでは噴出が認められないため、隆起はガスが上昇し、地表に放出できなかったために起こった可能性が高い。このようなガスの上昇は地震による揺れによる上昇や、地殻応力の減少に伴ってガスが発生したことなどが考えうる。

## **SRTM を用いた実体視判読法とスマトラ断層のセグメンテーション**

○松多信尚（名古屋大学）・中田 高（広島大学）

インドネシアのスマトラ島を縦断するスマトラ断層はスンダトレンチに平行して分布する総延長が1600kmにも達する右横ずれ断層の大断層である。断層沿いにはマグニチュード7前後の地震の記録がいくつか存在し、その断層の分布や運動様式、活動履歴はこの地域の災害リスクを考える上で重要である。また、長大で活動的な横ずれ断層は活断層の分布から断層運動を推定する試みには多くのデータを提供してくれることが期待される。仮に活断層の分布から断層運動が推定できれば、歪みの蓄積過程や地震活動の観測の解釈と組み合わせることで、断層システムの理解に役立つと思われる。しかし、スマトラ断層では小縮尺の空中写真判読や地形図の読図から求めた断層分布や、局所的な詳細なマップがあるにすぎず、十分な調査がされているとは言い難く、歴史地震との対応も十分とは言えない。そこで、我々は約90m間隔のDEMであるSRTMを用い、“Simple DEM Viewer”というフリーソフトでアナグリフを作成し、“Global mapper”という市販のソフトで等高線図を作成し、スマトラ断層全域の活断層図を作成した。その結果、従来言われていたセグメントとは違う見解がえられ、より詳細な活断層分布を示すことが出来た。その結果をもとに断層のセグメンテーションや震源位置について議論した。

## **災害予測に関する社会的要求水準と責任**

○鈴木康弘

東日本大震災は、日本社会の「弱さ」ゆえに想定から外された巨大地震により生じた国難である。こうした問題を繰り返さないためには、災害予測の社会的位置づけと責任を明確にすることが必要である。

従来の災害予測は真理の解明を目指す理学的研究の結果であり、社会はこれに対応することが迫られた。予測情報により社会の災害対応力がある程度向上したことは事実であるが、予測結果が大規模かつ深刻になると、経済的・社会的理由で対応が困難であるとして受容されないこともあった。こうした問題は、災害予測に関する社会的要求水準と責任を明確にしてこなかったことに原因があると思われる。

今回の震災以降、「既往最大」よりも、「理論上起こり得る最大規模」の災害を予測することが重要であるとされた。これはひとつの要求水準の明確化である。一方で「既往最大」でさえ十分考慮されてこなかったことも東日本大震災の反省でもある。

要求水準を自ら明確化することで社会の側は受け身でなくなり、予測する側には責任上、確度に関する客観的説明が必須となる。こうした議論を通じて、災害国日本としてレジリエントな成熟した社会が形成されるきっかけになる。その試金石が南海トラフ巨大地震であろう。

## 三宅島における GPS (2011) 観測について

### ○奥田 隆

名古屋大学では三宅島において、1988年に初めてのGPS観測点を設置して以来、何度かのキャンペーン観測を行ってきた。初期の観測では、少ない衛星数のもとで着実に成果を上げてきた。特に1995年から名大、東大、九大を中心に島内に設置した20点余の臨時観測点と、順次整備されてきた地理院、防災科技研などの連続観測点と併せたキャンペーン観測は、2000年噴火のマグマ観入モデルの構築に大きく役立った。しかし、2001年以降は島内への入域自体が大きく制限されたことから、観測の継続ができないままとなっていた。

2010年度に東京大学共同研究課題の1つとして、三宅島GPS観測網の再構築が採択されたことから、九大、東大、防災科技研と共同で、現在も残っているGPS観測点を再測定して10年間の地殻変動を測定するとともに、きたるべき次の噴火への基準データとすることを目的として、観測を行った。キャンペーン観測点は15点で、うち7点は新たに設置した点である。同時に、島内を一周する東京都の水準路線のベンチマークを利用して、ラピッドスタティック観測も行ったので報告する。

## 本年度に行った観測網、データ流通網の変更と現状について

### ○堀川信一郎・奥田 隆・伊藤武男

昨年度末から本年度にかけて、本センターの観測網、データ流通網に対して比較的大きな変更を行ったので、現状と合わせてここで報告する。

#### 1) JGN-X への接続について

昨年度末にJGN2plusが終了するまで、全国とのデータ流通はSINETとJGN2plusを利用し経路が二重化されていた。その後、新たにJGN-Xの運用が開始されたが、名古屋大学に設置されていたアクセスポイント(AP)は廃止された。急きょJGN-Xの東京大手町APと名古屋大学間をSINETで接続したが、名古屋大学側のSINETに障害が発生すればデータ流通網から孤立することになる。このためJGN-X名古屋AP(栄)－情報基盤センター間のダークファイバーを利用し、SINETとは独立したJGN-Xとの接続を確立した。

#### 2) NTT西日本「フレッツ・グループ」から「フレッツVPNワイド」への移行

昨年度は、NTT 東日本圏内で「フレッツグループアクセス ライト」から「フレッツ VPN ワイド」の切り替えを行ったが、今年度は本センターの観測点の多くが関係する NTT 西日本圏内の切り替えを行った。大学構内の光回線敷設から始まる少々大掛かりなものとなった。

## ボアホール内に設置するシングルフォース型震源装置

### ○山岡耕春

能動モニタリングのために用いる震源として、ボアホール内で運用できる装置が開発できれば、降雨等の影響の多い地表から離れた場所での運用や、場合によっては海底に掘削されたボアホール内での運用も可能となり、将来的に多くの用途に活用される可能性がある。一方ボアホール内での能動モニタリングを実現するには様々な課題がある。主な課題は、1) 到達距離を稼ぐために必要な十分な低周波振幅特性、2) 少ない電力で稼働するための高い振動変換効率、3) 長期連続稼働させるための耐久性、である。1) については、シングルフォース型により小さなサイズ径内で実現することが出来るが、その実現法を考案する必要がある。2) については、海底などで設置する場合には用いる電力が限られるだけでなく、発生する熱を押さえるためにも高い振動変換効率の実現が必要となる。そのため、現在 ACROSS で用いているような回転型は発熱が大きすぎて不適切である。そこで、それ以外の震源タイプの一例として、ボアホールケーシング内でおもりを落下するタイプの実現性について検討した。30W 程度の限られた電力で発信し1 km離れた場所における SN 比を10日のスタッキングで10程度にすることは現実的に可能であることがわかった。

## 地震計アレイ観測からみた諏訪之瀬島火山の爆発的噴火過程

○中道治久・青山 裕（北大）・西村太志（東北大）・八木原寛（鹿大）・太田雄策（東北大）・横尾亮彦（京大）・井口正人（京大）

我々は爆発的噴火の発生過程の詳細を明らかにするために、2010 年秋に諏訪之瀬島火山の噴火火口近傍にて地震計アレイ観測を実施し、爆発的噴火に伴う地震（爆発地震）31 個のアレイ解析を行った。そして、爆発的噴火において、火口底から 200 ~ 800 m の深さにて最初の爆発が発生したことを明らかにした。また、最初の爆発の 1 ~ 2 秒後に火口底の蓋が突き破れることで爆発的噴火になることを明らかにした。最初の爆発場所から火口底の蓋までの物質の移動の速さは 200 ~ 400 m/s と推定された。火口底の蓋が突き破れる際に空気振動が発生する。そこで、爆発地震のスローネスや空気振動の振幅と爆発に伴う空気振動と爆発地震の P 波初動の時刻差との関係を調べた。その結果、火道内でのガスやマグマ碎屑物の伝播の速さが一定ではなく、爆発毎に変化することと、伝搬の速さが大きい場合は爆発規模が大きいことが明らかになった。その理由として、蓋とその下部において高粘性・高密度である場合は、蓋の破壊強度が高いので爆発の規模が大きく、伝搬の速さが大きくなることが挙げられる。したがって、火道内の粘性や密度の変化が爆発の規模を支配している可能性がある。この研

究は、地震噴火予知研究の機動的多項目観測による火山爆発機構の研究（東北大・西村代表）のサブテーマとして行われた。諏訪之瀬島島民の皆様の協力により実現できた。観測機材の準備において奥田隆氏と堀川信一郎氏が手伝ってくださいました。渡部豪氏には GPS 測量の解析をしていただきました。記して感謝します。

## バーゼル地熱貯留層での間隙流体圧分布の推定

○寺川寿子<sup>(1)</sup>・Stephen Miller<sup>(2)</sup>・Nicholas Deichmann<sup>(3)</sup>

(1) 名古屋大学・環境学研究科・地震火山研究センター

(2) Geodynamics/Geophysics, Steinmann-Institute, University of Bonn

(3) Swiss Seismological Service, ETH-Zürich

地震は、地殻内に蓄積された応力を脆性破壊により一気に解放する物理プロセスである。ある断層で地震が発生するかどうかは、断層面に働いている応力状態と、クーロンの摩擦則で記述される剪断強度の関係によって支配される。地震の発生を理解するためには、テクトニック応力場と間隙流体圧場の両方を知ることが本質的に重要である。最近、我々は地震のメカニズム解から地殻内の 3 次元間隙流体圧を推定する手法、地震メカニズムトモグラフィーを開発した。本研究では、この解析法をスイス・バーゼルで地熱発電開発のために行われた注水実験により誘発された地震のデータに適用し、貯留層内の間隙流体圧分布を推定した。間隙流体圧の時空間分布は、注水実験で実際に載荷した水圧の履歴と調和的であり、これは本手法が地殻内間隙流体圧を推定するための有効な手法であることを示す。また、地震をトリガーした平均的な間隙流体圧は静水圧を 10MPa 程度上回るレベルであり、従来の多孔質媒質を用いた数値計算で推定されてきた値より 1 桁以上大きいことがわかった。さらに、地震の規模と地震を駆動した剪断応力・間隙流体圧の関係を調べたところ、大きな地震は応力場に対する剪断破壊の最適面で静水圧に近い間隙流体圧下で発生する傾向がある。一方、小さな地震は、高圧な間隙流体圧に駆動されて本来すべりにくい非最適面でも発生する。これらの解析結果から、間隙流体圧は断層強度を低下させ、地震を誘発する役割を果たすが、マクロスケールでの地震破壊のプロセスは周辺域のテクトニック応力に支配されていることがわかった。

## 木股文昭教授 最終講義

### 「二万人の視線を感じながら次の巨大地震に備える」

2004年スマトラ地震津波でアチェは10万の人々を失った。彼らは津波に襲われてから、アチェ語の津波イブーナを思い出した。長く続く揺れに遭遇しても津波を思い出さず、海岸線に近い町内ほど多くの人々を喪った。

2011年3月11日、気象庁は直ちに大津波警報を発し、沿岸では辻々の緊急防災行政無線から避難命令が流れた。海岸には大防潮堤が築かれ、8日前に津波避難訓練を行っていた。津波波高の過小評価を除けば、まさに万全の体制で津波を迎えるはずだった。私たちは迅速に警報が出されれば人々を津波から救えると思っていたようだ。防災行政無線の充実だけでは人々を救えないことを示した。

「駿河湾地震迫る」との若い研究者の指摘を、政府は「次の地震防災は東海、予知して戒厳令のような地震警戒宣言で」と意識的にずらしてしまった。当然、大きなツケが回った。「明日にも」といわれながら35年が経過し、その前に内陸直下の1995年阪神淡路大震災が襲った。未だに東海地震調査情報も2008年駿河湾地震では20%の人しか理解できない。警戒宣言で電車を止め、動けないにも関わらず、帰宅が強制される。帰宅できないのに未だに再検討されない。

一方、次の南海海溝の巨大地震は20-30年後をめどに、駿河湾から四国沖までが連続的に破壊する確率は極めて高い。その時、高齢化は日本全体で30%、紀伊半島や四国は50%となる。

もう、政府主導の防災体制では人々を救えないことが明らかになる。なぜなら、地域も救う策を有さないからだ。防災も、政府や県が与えるものでなく、地域、市町村で私たちがいかに備えるかを考える以外に手はない。研究者も政府の問題点のすり替えを明確にしつつ、100年に1回の巨大地震に遭遇する研究者に期待する。