

2008 年度地震火山・防災研究センター年次報告会要旨

ACROSS によるモニタリングに向けたデータ解析技術の開発

○羽佐田葉子・渡辺俊樹・山岡耕春

弾性波 ACROSS は地下の連続的モニタリングを目的として開発されたシステムである。これまでに、東海地域での観測によって地下深部に起因すると思われる時間変化も見つかっている。我々は観測された時間変化が伝播経路上のどこで発生したものなのかを特定する方法をいくつか開発してきた。

その 1 つが時間 - 周波数解析である。ACROSS データから得られるスペクトログラムには複雑な周波数依存性が存在する。これは、ACROSS が使用する周波数帯が比較的高周波であるため、短波長不均質構造による散乱が大きく影響していることを示唆する。しかし、複数の受信点で得られたデータを比較すると、P 波のスペクトル類似する特徴が見られたため、この特徴を作り出す構造は送信点近傍にあるのではないかと考えた。そこでさらに広範囲のデータを解析しスペクトル構造の比較を行った。使用したデータは、岐阜県土岐市のアクロス送信装置からの信号を東海地域の Hi-net 地震計で受信した伝達関数である。この結果、類似の特徴が見られる受信点は、ある範囲に分布することが分かった。考えられる原因としては、(1) 共通する経路の近傍に周波数依存性を生じる構造が存在する、(2) 送信点近傍に特定の放射方向の波に影響を与える構造がある、などが挙げられる。

このような特定の周波数依存性を生じるのはどのような地下構造であるのかを検討する必要がある。ACROSS の観測データの周波数依存性を解釈するより一般的な問題として、複数の波の干渉や共鳴現象がどのようなスペクトルを生じるかを、単純なモデルで検討した。複数のパターンで得られるスペクトルの特徴を利用することで、伝播経路でどのような現象が起きているかを理解する手がかりになる。

また、上述の伝達関数解析とは別に、送受信点近傍の環境変動の影響を減らすために、自然雑音を利用した送受信点モニターの手法を開発した。

弾性波アクロスのこの 1 年の成果

○渡辺俊樹・山岡耕春・羽佐田葉子・生田領野（静岡大）・古川俊之・山崎賢志

弾性波アクロス研究は、この 1 年、プレート間カップリングの時間変化の監視、およびスロースリップや深部低周波微動などの変動現象の理解を目的とした東海監視計画のための知見を積み重ねてきた。ここでは、主として地震予知計画の枠組みで行ってきた研究について総括する。

土岐アクロス震源を送信源として鳳来における2005年および2006年の地震計アレイおよびHi-net連続観測記録を解析した。アクロスの安定性、アレイ観測の再現性を確認し、2005年のアレイ解析で検出された深部からの反射波の可能性が高い端群の存在を確認した。また、これらの波群の時間変動について興味深い結果が得られた。

三河地殻変動観測所の敷地内に移設した2台の弾性波アクロス震源装置の稼働実績について報告する。2台の震源装置の信号を相互に干渉させ指向性を制御する実験を実施した。また、周辺の定常観測点での連続記録の蓄積と解析を開始した。

淡路アクロスでは断層近傍の長期状態モニタリングを行っており、走時や振幅の変動は断層の回復過程と考えると整合性がある。

そのほか、今年度は掛川-瑞浪の臨時観測（東大震研ほかと共同）、下山アレイ（気象研と共同の観測を実施し、伝達関数の解釈に必要な構造解明の努力を続けている。

マグマ上昇の定量的評価に向けた低周波制御震源システム

○山岡耕春・渡辺俊樹・生田領野（静岡大学）・山崎賢志・道下剛史・鈴木和司（理学部装置開発室）

アクロスのような能動震源をもちいて、マグマ上昇などの火山の地下構造変化を定量的に知る手法の開発をめざす。

火山噴火に先立ち、地下深部のマグマだまりからマグマが上昇してくると考えられている。このような火山の構想変化を直接的に物性変化を捉える方法としては、伊豆大島などで、地下の電気比抵抗変化からマグマ上昇を捉える試みがなされている（例えばUtada et al. 2007）。また最近では宇宙線を用いた試みも注目を浴びている（Tanaka et al. 2008）。

火山の地下構造変化を定量的に知るための課題は以下のように要約される。ある程度地下構造のわかっていることを前提として、（1）どのような震源を用いるべきで、かつその震源は現実的に製作可能か、（2）震源と観測点の配置をどのようにしたらよいか、（3）インバージョンの手法、（4）伝達関数計算の精度はどの程度必要か、（5）火山という条件のきびしい場所で運用可能か、等である。

従来型のACROSS震源は遠心力を用いて信号を発生するものであり、発生力が回転数の2乗に比例するため、火山において必要とされる低周波側における発生力が相対的に小さいという弱点がある。そのため、異なった原理の起震機を検討する必要がある。

インバージョンの可能性は、道下（2009）により検討されているが、観測点は位置の効果、伝達関数の計算精度の影響、また現実的な構造への対応について今後詳細に検討する必要がある。

火山という条件での設置については、従来型のアクロスの設置は大きすぎる。

Parkfieldにおける起震機実験を検討した結果、おそらく、基礎をどのように作るかという点に集約されると思われる。

今回、そのような制御震源の候補として直線加振装置（鹿島技術研究所）を使用し、淡路島のアクロス実験施設にて8日間にわたる試験を行ったので、その結果も報告する。

日本海東縁ひずみ集中帯における稠密 GPS 観測

○鷲谷 威

日本海東縁部では、日本海拡大時に形成された弱線が圧縮応力を受けて顕著な東西短縮変形が生じている。この変形は過去 3Ma 程度の期間継続してきたと考えられ、現在も同様な変形が進行中であることが、地質学・地形学・測地学的な研究により明らかにされている。2004 年新潟県中越地震、2007 年新潟県中越沖地震の発生により、この地域の地殻活動が注目されており、文部科学省では、2008 年から委託研究「ひずみ集中帯の重点的調査・観測」を開始した。名古屋大学では、このうち「GPS 観測による詳細なひずみ分布の解明」という課題を分担し、新潟県内に展開した稠密な GPS 観測網により、ひずみ集中の詳細な様子を明らかにすることを目指している。2008 年 11 月から 12 月にかけて、全国の大学・研究機関の協力を得て、約 50 点で 3 週間の連続観測を実施した。本講演では、ひずみ集中帯の地学的背景や未解決の問題点を整理するとともに、GPS 観測の概要および期待される成果について紹介する。

『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』の構築に向けて

○橋本千尋

プレート相対運動に起因する変動現象の物理モデリングとそれに基づく大規模数値シミュレーションによって、大地震発生や多様な地殻活動現象をプレート間相互作用の帰結として統一的に理解することが可能となりつつある。これを『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』へと発展させて、多様な地殻活動の予測研究に応用してゆく為には、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になる。この事を踏まえて、2008 年度には、ベイズモデルに基づく直接的及び間接的先験情報の統合逆化公式を用いたインバージョン解析法を、1996-2000 年の GPS 変位速度ベクトルデータに適用して、北海道・東北地域の太平洋 - 北アメリカプレート境界面の固着すべり状態を推定した。インバージョン解析の結果から、五つの強い固着域がこの地域

で過去 100 年間に発生したプレート間大地震の震源域とほぼ完全に一致することを明らかにした (Hashimoto et al., 2009, Nature Geoscience).

このような GPS データ解析に加え、地震波形データや三角／三辺測量・水準測量データ等の多様な観測データを統一的な手法で解析して得られる知見を総合したプレート境界面の過去のすべり履歴は、大地震発生サイクルの物理過程を支配する摩擦特性（断層構成関係）の推定の為のみならず、数値シミュレーションによって再現されるべきデータとしても重要な意味を持つ。現実的な設定の下で、地震発生サイクルの数値シミュレーションを行ない、過去のすべり履歴が再現されれば、数値シミュレーションの時間ステップを進めることによって、次の地震破壊過程の評価が可能となる。

熊野灘および駿河湾における海底地殻変動観測

○田所敬一・渡部 豪・杉本慎吾・奥田 隆・武藤大介・木元章典・宮田皓司

我々のグループでは、船の位置をキネマティック GPS 測位で決定し、観測船と海底局間の距離を超音波で測定して海底局位置を決定する海底地殻変動観測システムを開発している。2004 年以降、熊野灘の 2 ヶ所 (KMN, KMS 観測点) と駿河湾の 2 ヶ所 (SNW, SNE 観測点) において長期くり返し観測を実施している。これに加えて、2008 年 6 月 23 日に遠州灘 (大王崎の南南東；熊野海盆の東端) に新規の海底局 SNE を設置し、この観測点でも繰り返し観測を開始した。

これまでに、KMN 観測点では 13 回、KMS 観測点では 17 回、KME 観測点では 3 回、SNW 観測点では 11 回、そして SNE 観測点では 11 回の繰り返し観測を実施してきた。これまでの観測結果から、KMN, KMS, SNW, SNE の 4 箇所における変位速度場の検出が実現した (KME については、まだ 3 回の観測しかないため、現時点では信頼性の高い変位速度ベクトルは推定できていない)。また、場所によらず水平各成分の変動を 1~2 cm の精度で測定できる段階に達した。

海底ベンチマーク位置決定精度に最も影響を及ぼす要因は、海中音速構造の空間変化である。この空間変化は、海底ベンチマーク位置にバイアスを生じさせるため、地殻変動観測にとっては致命的である。そこで、我々は、海上局を複数にすることにより、海中音速構造の不均質性も同時に決定する観測方法を検討している。これまでは、観測船とブイを用いた 2 つの海上局を用いたシステムの有効性を検討している。今後は、簡易な海上局を開発し、さらに海上局の個数を増やす必要がある。

海中の温度・圧力連続計測を利用した海底地殻変動観測

○杉本慎吾・田所敬一・奥田 隆・渡部 豪・武藤大介・木元章典・宮田皓司・

生田領野（静岡大学）・佐柳敬造・長尾年恭（東海大学）

海底での地殻変動観測は、プレート境界型地震の発生機構、歪の蓄積過程などを解明する上で非常に重要である。我々は、駿河トラフでは2002年8月から、熊野海盆では2003年6月から観測システムの開発を行っており、海底のベンチマーク（海底局）の位置推定の精度向上を行なっている。その観測システムは、観測船と海底局間の距離を超音波走時で測定する技術（音響測距）と、移動する観測船の位置を決めるキネマティック GPS 測位技術を組み合わせたものである。当観測システムで繰り返し海底局の位置を測定することによって、震源域近傍での地殻変動を明らかにする。

近年の観測成果の一つは、フィリピン海プレートの沈み込みに伴ったプレート境界近傍での定常的な地殻変動を駿河トラフ、熊野海盆の両観測領域で実測したことである。しかしながら、現行の海底局位置解析手法では、海底測位精度は1~5cm程度である。現在の地殻変動解析から判断すると、プレート境界での固着域の正確な推定を行なうためには、海底測位精度は1cm程度必要とされる。

一般的に海底局位置（特に鉛直成分）と海中音速には相関があるために、分離性の悪い両パラメータの同時推定を行なうとランダム誤差の増大がもたらされる。そこで、測定可能な海中音速を先験的な制約として現行の解析手法に組み込むことでランダム誤差の軽減が期待される。制約に用いる海中音速は、海中の温度・圧力の連続計測を基にすることが可能であるので、連続計測を通常の実地観測と並行して行なった。本研究では、海中の温度・圧力の連続計測結果とそれを用いた海底測位結果について報告する。

海底測位でバイアス誤差が生じる要因として、海中音速の空間変化が挙げられる。その空間変化の要因は、海流や海洋内部波が考えられる。そこで、海中の温度・圧力連続計測から推定される海洋内部波スペクトルについても報告する。

海底地殻変動観測によるすべり欠損検知能力

○渡部 豪・田所敬一・杉本慎吾・奥田 隆・武藤大介・木元章典（名古屋大学）・久野正博（三重県科学技術振興センター）

これまで、国土地理院によるGPS連続観測網により、プレート境界面上でのすべりの時空間変化が詳細に推定されるようになってきた。しかし、海域で起こる変動に関しては、陸域観測データの解像度が低いため、プレート境界浅部のすべりに対して必ずしも十分な推定が行われているわけではない。そのような状況下、反射法地震波探査などの結果から南海トラフ近傍の分岐断層の存在が示唆され、1944年の東南海地震、1946年の南海地震時に分岐断層がすべり、津波の発生源となったことが示唆されている。こういった事実を

ふまえると、プレート境界浅部での歪みの蓄積がどの深さから始まり、それがプレート境界で発生する巨大地震とどのように関連しているかを明らかにすることは、きわめて重要である。名古屋大学では、GPS と音響測距を結合した観測方式 (GPS/Acoustic technique) を用いて、熊野灘・駿河湾において海底地殻変動観測を行ってきた。現在では、海底地殻変動観測の測位精度は、1 観測あたり数 cm のレベルに達している。もし、時空間的に高密度な観測を行うことができれば、プレート運動の実測や海溝から陸域に至る連続的な地殻変動の検出に対し、より信頼性の高い成果が得られるものとして期待される。本研究では、南海トラフ周辺でのすべり欠損速度や固着領域の相違に伴う地殻変動を計算し、すべり欠損を効率よく検知できる観測点配置について考察する。

南アルプスにおけるGPS観測—上下変動の検出をめざして—

○奥田 隆・伊藤武男・小澤和浩・山本淳平

日本列島の中央部には3000m級の山地が飛騨山脈(北アルプス)・木曾山脈(中央アルプス)・赤石山脈(南アルプス)、連なり、総称して日本アルプスと呼ばれている。これらのなかでも赤石山脈は国土地理院による水準測量の結果から、1999年までの100年間で40cmの上昇が推定されている。これは毎年約4mmの隆起が継続しているということで、地震や地下水による影響による変動と考えられる地域を除けば、日本では最も大きい値である。しかし一方で国土地理院による1996年から6年間のGPSデータを用いて日本列島の高さの変化を調べた結果からは、長野、新潟、富山、岐阜、山梨、静岡県にまたがる北、中央、南アルプスの一帯が徐々に沈んでいる結果が報告されており、その値は最大で年間約5ミリ程度である。

どちらの値も、山岳地域を直接測量したものではなく、特に南アルプスのような険しい山深い地域における観測データは存在しない。そこで我々は、南アルプスにおける変動を検出する目的で、山梨、長野にまたがる甲斐駒ヶ岳、仙丈岳の山頂付近に複数の基点を設置して1~2年に1回のGPS観測を始めた。GPS観測によって得られる上下変動量は水平と比較して誤差は大きいですが、観測をある程度の期間繰り返し、データを蓄積することによって大きさを議論できる成果が得られるものと考えており、今回は観測の概要を報告する。

大都市圏強震動総合観測ネットワーク：2008年度の観測状況とシステム開発

○飛田 潤

大都市圏強震動総合観測ネットワークは、東海地域の様々な機関による強震観測ネットワークをオンライン/オフラインで統合したスーパーネットワークであり、2000年以降

の観測記録をデータベース化している。参加機関は自治体（計測震度ネットや防災用）、ライフライン機関、大学などであり、2009年2月現在で観測点は約600地点（オフライン観測点を含む）である。2008年1～12月には、愛知・岐阜・三重・静岡のいずれかで震度を観測した105地震で、約2400記録が得られた。2008年は大きな地震がなく、前年に比して地震数で2/3、記録数は1/2程度である。

ここでは観測の現状をまとめ、システムの構築の要点、得られた記録の特徴などについて分析する。また今年にはシステムの全面的な再構築が進行中である。サーバーは強震記録を蓄積するだけでなく、データベース化し、さらにウェブGISと統合することで、地盤・建物・社会に関する情報との関係で強震観測記録の特性を理解することが可能になる。さらに観測データ収集に関しては、観測に興味を持つ非専門家との連携により、日常のメンテナンスから非常時のデータ回収までを一貫して依頼できるようになっている。

こうして得られた記録は、建築設計や防災のみならず、防災普及啓発に活用されており、ウェブ上の愛知県防災学習システムなどに活かされている。

<http://houei.seis.nagoya-u.ac.jp/>

「地域の歴史災害を学び、地域に還元する」防災教育プログラム・教材の開発 ～防災教育チャレンジプラン優秀賞を受賞して

○木村玲欧

1. プランの目的・概要（ここがポイント！）

「地域の歴史災害」をキーワードに、地域で過去に何が起こったのかを子どもたちが学習することで「子どもたちの防災マインド」を育て、子どもたち自身が「地域の特徴を反映した具体的な行動・対策」を考え、「その成果を地域へ還元」するための防災教育プログラムと教材を開発した。今回は地震災害を対象にしたが、本プランで提案したプログラムはあらゆる災害を対象にすることができ、汎用性の広いものである。

具体的には「地域の歴史災害の理解を基礎にした防災教材・防災教育プログラム」を作成・立案し、小学校での実践を通して教材・プログラムの検証を行った。プログラムについては「1クラスの児童を対象にした1年間にわたるプログラム」と「多人数の児童に対する2時間で学ぶことができるプログラム」の2種類を提案することで、学校の実情に即したプログラムが選択できるように配慮した。また教材については「土地の歴史災害を掘り起こし、まとめ、教材にして次世代に伝えていく」という知の形式知化の一連のプロセスに着目した。

2. プランによって期待される効果（ここがおすすめ！）

本プランによって以下の3つの効果が期待できる。まずは、1)「地域」を題材として

取り上げるために、子どもたちにとって被害の具体的なイメージがしやすく、災害・防災を「わがこと」として捉えることができること、次に、2) 地域の被災体験を語り継ぐことによって、地域の歴史・風土・災害文化を子どもたちに継承できることである。また、3) 子どもたちが学んだことを学芸会などで発表することによって、子どもたちから家庭・地域へ防災の知恵を広げていくことができる。

3. プラン実施における困難（ここが困った！）および今後の継続予定

「1年間にわたる防災教育プログラム」についての先例がほとんどなく、1年間にわたってどう体系的に防災を学んでいくのかのプログラムづくりに試行錯誤した。

また「子どもたちが学んだことをいかに家庭や地域に還元していくか」について当初はアイデアがでてこなかった。最終的に家族や地域の人々が来る「学芸会」において防災劇を上演することで、子どもから家庭や地域への防災の知恵の還元を実施した。

今後の継続予定として、本プラン実施の過程で、安城市防災課・学校教育課・教育委員会から「来年度以降も市のプロジェクトとして継続的に行っていきたい」との評価を得るに至った。今年度で検証したプログラムを基に、来年度以降は別の学校を対象にしながら試みを継続させていきたい。

糸静線活断層帯中南部，富士見町御射山神戸における断層変位地形の発達史

○杉戸信彦・鈴木康弘・糸魚川一静岡構造線活断層帯重点的調査観測変動地形グループ

主に左横ずれ変位を示す糸魚川一静岡構造線活断層帯中南部，茅野市南部～富士見町には、活断層帯とほぼ同じ北西-南東走向の長軸をもつ大小のテクトニック・バルジ（構造的膨隆丘）が発達する。しかしながら、こうしたバルジ群の発達史には未解明の点が多い。発表者らは「糸魚川一静岡構造線断層帯における重点的調査観測」の一環として、平成19年度，富士見町御射山神戸，入笠湖すぐ北東に位置する相対的に大規模なテクトニック・バルジを対象とした空中写真判読と露頭調査，群列ボーリング掘削を実施した。平成20年度には航空レーザ計測，ピット掘削，追加ボーリング掘削を実施している。以上の調査結果から，1) バルジ中央に発達する活断層について，鉛直～高角度の断層面における新期の左横ずれ運動が推定される，2) 新期の断層運動はバルジ両縁では発生しておらず，バルジ中央付近の活断層で発生している可能性が高い，とする結論を得た。大局的にみて，当初は地下浅部で断層面が分岐してバルジを成長させる地表変位が起こっていたが，変位が累積した結果断層面がダイレクトに地表面まで突きぬけ，バルジ中央付近に活断層線が出現して現在に至った，と考えられる。詳細な地形解析・浅部地質構造解析によって地表変位と地下の断層運動の関係とその時空的変遷が復元された好例といえる。

スマトラ沖地震に伴うアンダマン諸島北西端の地震時隆起量

○石黒聡士・鈴木康弘

2004年のスマトラ沖地震時には、アンダマン諸島からニコバル諸島にかけて様々な場所で顕著な隆起・沈降が生じた。既存研究から、アンダマン諸島においては北西側が隆起し南東側が沈降する傾動現象が明らかにされた。GPS観測により十数カ所の沈降量が計測されたが、GPSサイトが隆起域にほとんど存在せず、また、これらの場所への立ち入りが厳しく制限されているため、隆起量を現地踏査または写真測量で計測することはほとんど不可能であった。

本研究の目的は、北アンダマン島の北西端（リーフ島）における地震時隆起量を計測することである。北アンダマン島北西部は、地震後の余効変動の影響で、隆起量が地震後数ヵ月以内に減少したことが予測された。本研究では、リーフ島の隆起量を計測するために、地震直後に撮影された高解像度衛星画像を用いた。まず、DSM（数値表層モデル；Digital Surface Model）をIKONOSとQuickBird単画像から作成した。次に、地震前画像と地震後画像の間にみられる汀線位置の変化を、GISを用いて読みとり、標高変化を計測した。

その結果、リーフ島は地震直後には2.15m隆起していたことが明らかとなった。この手法による計測精度は標準偏差で0.78mであるが、地震後の衛星画像の中で離水したサンゴ礁縁地形を視認できることから、リーフ島の隆起量は2mを下回らないと判断された。

本研究では、地表面変化を測定するために高解像度衛星画像を用いた。これにより、従来、たとえば変動が大きすぎるなどの理由で、InSARによる解析が不可能な場所においても、地殻変動の計測が可能となった。近い将来、衛星データの高解像度化・高精度化が進むことが予想され、対象物を視認して地殻変動等を捉える研究に対して、衛星画像の応用範囲はさらに広がる可能性が高いと考えられる。

名古屋大学地震観測網の現状と将来

○山中佳子

地震火山・防災研究センターは地震予知計画および火山噴火予知計画のもとに設立されたもので、1965年の設立以来地震・地殻変動観測を続けている。現在地震観測としては30点あまりの定常および臨時観測を行っている。設立から40年以上が経ってセンター構成員の状況も大きく変わり、当センターは、地震観測を中心とした体制から地殻変動解析や技術開発をメインとした体制へ移行しつつある。この体制の中で、センターとしてどのように定常地震観測点を維持管理し、地震予知、噴火予知計画の名古屋大学としてのミッションを果たしていくかが問われている。かつては東海3県の地震活動のモニターとして

名大の地震観測データは重要であったが、防災科技研による Hi-Net の展開、気象庁の一元化震源といった現状をふまえると、名大として東海 3 県に広く均等に観測網を展開する必要性はなくなった。

そこで 1. 名大として近い将来、成果が出せる観測、2. 東海 3 県で地震火山活動があったときの拠点となれる観測、3. 少人数の研究者による管理体制でできる程度の観測点数、という観点から名大観測網の再配置を行う。ここ 5 年間の観測としては歪み集中帯プロジェクト（文科省受託研究）による御嶽山周辺と低周波微動発生原因解明のための東海地域での観測にターゲットを絞る。新規観測点として今年度御嶽山周辺に新たに 4 点観測点を設置した。また鳳来でこれまで短期間行ってきたアレイ観測をとりあえず 1 年程度連続観測する予定である。今年度はバッテリーとデータ収集のため学生にも手伝ってもらい毎月メンテナンスに行き半年間観測をしたが、来年度は一部テレメータ化をし、残りについてもメンテナンス回数を減らし効率化を図る予定である。一方、今年度この計画に乗っ取り、焼岳観測点を京大に移管、水見色、馬瀬、多度、勢至、三笠山（作業は雪がとけてから）、（南伊豆も実質的には）を廃止した。来年度にも美杉、豊田を廃止する予定である。

美杉・京都の 2 地点観測による地殻活動に伴う地中電磁波パルスの波源位置特定 の現状

○筒井 稔（京都産業大学 コンピュータ理工学部）・鷲谷 威・山田 守

平成 18 年 1 月に、三重県津市美杉町丹生俣にある名古屋大学大学院環境学研究科附属地震・火山防災研究センターの美杉地震観測施設のボアホール内に地中電磁波到来方位検出用センサーを挿入して観測を試みる事が決まり、6 月 17 日（土）からそのボアホールの排水作業を行った。その後ボアホールでは漏水（2 ヶ月間に 1.8m の増水）がある事が判明し、その防止に努めたが実現せず、それをあきらめ、観測準備を急いだ。センサー試作を行うのと並行して、信号ケーブルの配線・通信回線の設定等を行い、12 月末に 2 地点観測を開始した。しかし、観測データをチェックすると、様々な問題が浮び上がってきた。その主な部分はセンサーシステムへの雑音の干渉で、その改修と試行観測の繰り返しに約 1 年を要したが、この経験により本観測用センサーとして確立したものを完成させる事ができた。

これにより平成 20 年 5 月 18 日から第 2 観測点として美杉での観測を開始し、第 1 観測点のある京都産業大学構内での観測データとの間で「地中電磁波パルス波源位置の実時間特定システム」を完成させた。この連続観測では、極めて多くの波源と思われる位置を特定する事ができ、その特定された地域の一部は地震源と極めて密接な関係がある様相を示し

た。

しかし、そのデータを検討していて、信頼できる波源位置以外に、位置プロット数の多さとその集中箇所に疑問を抱き、平成 21 年始めから観測点での検出状況を調査した。その結果、美杉のボアホール内で検出した電磁波パルスの多くが、送電線に重畳したパルス雑音で、それが柱状トランスの midpoint アースを經由して、ボアホールがある堆積層内の伏流水内に流れ込んでいる可能性を突き止めた。

真の地殻変動に伴った電磁波パルスの波源位置を特定するためには、この種の雑音パルスを避けた方法での観測を行う必要があり、現在その対策を検討中である。

御嶽山の火山活動と地震活動の推移

○山崎文人・山田 守

御嶽山は1979年10月28日に噴火して以降、噴煙・噴気活動や火山性地震・微動などの火山活動が認められてきたが、1991年5月、2007年3月の2度、極めて小規模ではあるが噴火活動が認められた。噴火活動の前後には山頂直下の浅部において火山性地震の活動が活発化し時間の経過とともに地震活動度も低下しているが、2007年3月24日（地震活動により同定）の小規模噴火以後はそれ以前とは異なり、山頂直下浅部での地震活動が消長を繰り返しつつ今日に至っている。

御嶽山およびその周辺域では山頂直下浅部での火山性地震活動の他、1976年1月以来の長期にわたり山麓で発生している顕著な群発地震活動、その群発地震活動域内で発生した1984年長野県西部地震（M6.8）とその余震活動、群発地震活動域の下、地殻下部で発生する深部地震活動、さらにその下のマントル最上部内で発生している低周波地震活動などに分類される地震活動が存在している。とりわけ群発地震活動は、当初御嶽山の南東麓で活動を開始し、1995年以降東麓から北東部～北部に震源域を拡大したが、御嶽山山頂から半径6～7 kmの範囲内では山頂直下浅部での地震活動を別として活動度が極めて低く、群発地震の震源分布は山頂域を取り囲むかたちとなっている。このような分布ではあるが、群発地震活動と火山活動との関連性は認められず、1979年の噴火の際にも地震活動度の変化は認められていない。

これらの活動は地質学的なスケールでいえば一連の地殻活動としてとらえることができるが、火山活動と地震活動の関連性やそのメカニズムを把握するのは、噴火に伴う山頂直下浅部の地震活動などの一部の現象を除き、容易ではない。火山体に固有に見られる深部（地殻下部および上部マントル）での地震活動と群発地震の活動度とに相関が認められることは既に報告したが、群発地震活動域の中で特定の地域・時期に発生するクラスター状地震活動は山体直下浅部での地震活動とともに、火山活動としての地下深部での流体の

移動を示唆している。群発地震活動の東一北への震源域拡大の過程もこれを示唆する。火山活動と地震活動の推移を「流体移動モデル」の視点から見直すことにより、御嶽山地域の地殻活動の実体把握に接近できると思われる。

また、御嶽山における地震活動およびその活動域の変化は御嶽山の火山活動の活動度、あるいは広域地殻応力変化のメルクマールとして重要と考えられる。

永い眠りから覚めて 30 年を迎える御嶽火山：御嶽火山研究の現状と課題

○木股文昭

1979 年 10 月 28 日に御嶽火山が有史初の噴火をしてから、今秋で 30 年を迎える。「御嶽が噴く」は火山研究者に大きなショックを与え、全国の活火山の再検討が始まった。そして、その後の 1984 年長野県西部地震、ごく小規模な噴火も 1991 年、2007 年と 2 回も生じた。これらを通して、次のようなことが明らかになってきた。1) ごく小規模な噴火ながらも 2006 年には地震活動や地殻変動など典型的な噴火に先行する現象が観測された。しかしながら、観測網が十分でなく噴火の日時が特定できなかった。2) 火山灰成分や地震活動から、マグマは深部から供給されている。3) 供給が推定される熱水は 2006 年の場合、地表から 2km まで到達していた。4) 東山麓で 30 年以上にわたり継続する群発地震は、連動した隆起と沈降が観測され、低比抵抗域やマントル起因のガスが観測されることから深部から供給される熱水の活動と考えられる。そして、2007 年噴火では、噴火活動と全く関連した活動が観測されないことから異なる供給システムが考えられる。

火山で発生する超長周期イベントの震源時間関数について

○中道治久

活発な火山において広帯域地震観測が精力的に行われてきており、周期 10 秒～100 秒の超長周期イベント (VLP event) が発生していることが分かってきた。その大半がマグマ噴火によるものである。しかし、少数であるが水蒸気爆発噴火や熱水活動に伴って発生する超長周期イベントがある。その一例として、2007 年 1 月に御嶽山にて発生した超長周期イベントが挙げられる。

火山で発生する地震や微動は多種多様であるが、その中でも超長周期イベントを使う利点は、波形モデリングが容易な点である。卓越周波数数 Hz の低周波地震やより高周波が卓越する火山構造性地震の波形は、不均質構造や観測点サイト効果の影響を強く受けているのに対して、超長周期イベントの波形はそれらの影響をほとんど受けないからである。

我々は 2007 年の御嶽山の超長周期イベントの波形インバージョン解析を行い、貫入し

てきたマグマによって山頂直下にある熱水系が暖められ超長周期イベントが発生したというモデルを提唱した (Nakamichi et al., submitted to JVGR). 御嶽山の超長周期イベントの震源時間関数は膨張と収縮がそれぞれ同じ振幅で30秒継続するパルス的な形をしている。一方、マグマ噴火に伴って観測されている超長周期イベントの震源時間関数は小さな膨張、大きな収縮、膨張の位相が現れる。これらの位相の出現はマグマの上昇に伴う減圧過程とその圧力回復過程を反映していることが数値シミュレーションにて確かめられている (Nishimura, GRL 2004). 以上のことから、超長周期イベントの震源時間関数のパターンからマグマ活動か熱水活動なのかを判別できる可能性があることが分かった。したがって、多くの火山において超長周期イベントの震源時間関数を系統的に調べることは重要である。

地震予知と共に30数年

○山田 守

昭和42年4月に名古屋大学理学部地球科学科地球物理講座に非常勤技術職員で就職した。その後、豊橋に地震予知を目的に三河地殻変動観測所ができることになり、技術職員に採用され、1年間かけて観測に使う機材を、理学部金工室の皆さんの助けを借りて作り上げ、観測所ができあがると同時に豊橋に移り、助手の山内先生と2人で約1年かけてそれらを組み上げて、苦労の末観測を始めた。その後観測が軌道にのり、大学に地震予知地域センターができることになり、移動して地震観測を始めた。その後センターの名称はいろいろ変わるが、現在の地震火山・防災研究センターになるまで勤めてきた。

大学に移ってからは、主に地震に関係する仕事についてきた。その間、多くの先生方と共に全国いろいろなところに出かけたり、南極のエレバス火山観測や韓国の地震観測に参加してきた。地震以外では電磁気的な観測や実験をいろいろし、縦穴を用いた地電位観測は珍しく、良い記録が取れた。等々、多くの仕事をしてきた。これら地震予知などに関連した観測を振り返ることで、発表に返させていただきます。

長い間、指導協力していただいた先生方や関係者の方々にお礼申し上げます。

GPSを用いた地殻構造探査の手法の開発の試み

○伊藤武男

地殻応力が岩石の破壊強度に達すると地震が発生する。この地震を予測するためには地殻の絶対応力を知ることが重要であるため、多くの研究がなされている(佐野, 2005など)。しかしながら、地震の発生予測の視点に限って言えば、必ずしも絶対応力を知る必要は

なく、むしろ、絶対応力がどの程度、破壊強度に達しているかを知ることのほうが重要である。特に、地震発生前には、地殻の非弾性的な応答が示唆されており、この変化をとらえる事も重要であると考えられる。

本研究では、上記の目標を達成するために、GPS によって地球潮汐応答を監視することができる事を利用して、まずは、地殻構造のトモグラフィー手法の構築を試みる。このことは、地球潮汐応答が、地殻構造を反映した応答であることを利用し、それらの応答関数を作成した後、逆解析手法の作成を試みる。これらの現実可能性はすでに、いくつかの研究者が手法の開発に着手しており、今後の発展が期待できる。また、地震波を使用しない構造トモグラフィー 手法として確立する事ができれば、独立した観測データが増えることから、物質パラメータトモグラフィー(剛性率、密度など)の現実可能性もあり得る。これらの時間変化を検出することができれば、地震発生前の非弾性的な物質の変化についても議論できるであろう。

ポスター発表要旨

中部日本地殻変動の運動学的モデリング

○小澤和浩

本研究は、中部日本の地殻変動に対する、内陸変形およびプレート間固着の影響を同時に推定し、その全体像を明らかにすることを目的とする。また、期間を変えた解析を行うことにより、南海トラフから沈み込むフィリピン海スラブ上面の固着分布の時間変化についても併せて推定した。解析には、GEONET によって観測された日座標解は用いた。このデータをスロースリップイベント(SSE)発生前、発生中、発生後の3期間に分け、それぞれ変動速度を計算し、期間ごとの解析に用いた。また、ブロック分割パターンについてもAICを用いた比較を行い、現在のGPS観測網から推定される最適なブロック分割についても評価した。

本解析から、各地域においての内陸変形及びプレート相互作用の影響がそれぞれ推定された。この結果、新たに紀伊半島周辺が前弧スリバーのような動きをしているのが捉えられた。これは本研究の大きな成果と考えられる。

また、SSE発生前、発生中、発生後の期間についてのそれぞれの解析結果から、SSEが本モデルからも捉えられたことが確認でき、さらにSSEが終わったとされる2006年以降も、まだその遷移領域では以前のような固着は復元されていないという結果が新たに得られた。また、内陸活断層の平均変位速度や地震モーメントの蓄積についても考察を行い、現在まで行ってきたGPS観測データを用いた中部日本の地殻変動モデリングのまとめを

行いたいと思う。

キネマティックGPS を用いた固体地球潮汐応答の時間変化

○山本淳平・伊藤武男

地震発生に関連する前兆的な地殻変動を捉えようとする試みは、様々な手法によって行われてきている。これらの研究の一つに、地震発生と地殻変動の固体地球潮汐成分との関係について検証を行う手法がある。

本研究では、キネマティック精密単独測位 (KPPP) GPS により固体地球潮汐応答を解析し、その時間変化から地震発生との関連性が見られるかどうか調べた。その結果、2004 年新潟県中越地震と2008 年岩手・宮城内陸地震の震源周辺の潮汐応答時系列データに、地震発生に関連すると考えられる有意な変化が見られた。新潟県中越地震の震源周辺では、M2 振幅比に有意な変化は見られなかったが位相差は震源周辺30km で地震の3ヶ月前から位相差に有意な変化が見られた。一方、岩手・宮城内陸地震の震源周辺では、地震の半年前から振幅比と位相差が同期して有意な変化を示していた。

1891 年濃尾地震と 1995 年兵庫県南部地震の余効変動による中部日本の粘性構造の推定

○朝日友香

我々は、内陸の変形過程および内陸地震の応力蓄積過程の理解を目的として、大地震の余効変動の解析による日本列島内陸部のレオロジー構造推定を進めている。これまでに朝日、鷺谷 (JPGU, 2008) は、1891 年濃尾地震の余効変動解析から、弾性リソスフェアの厚さを 37km, 粘弾性アセノスフェアの粘性係数を $1.0 \times 10^{19} \text{Pas}$ と推定した。これにより、粘弾性層の緩和時間が 5~10 年と推定されることから、現在まで蓄積された国土地理院の GPS 連続観測記録に 1995 年兵庫県南部地震の粘性緩和による余効変動が記録されている可能性があると考えられる。

本研究は 1996 年 4 月の観測開始時から現在までの国土地理院の GPS 連続観測データを解析し、兵庫県南部地震の余効変動記録が含まれているのかを検討した。その結果、震源域周辺の GPS 観測点において、時定数 3 年程度で指数関数的に減衰する座標変化が認められた。この結果は、兵庫県南部地震の余効変動を数年の時間スケールで検出した最初の事例である。

さらに、ソフトフェア VISCO1D (Pollitz, 1997) を用いて、Hashimoto et al. (1996) の断層モデルに基づいて粘弾性緩和による余効変動を計算したところ、GPS データの時間変

化パターンを説明する為には、アセノスフェアの粘性係数が $1 \times 10^{18} \text{Pa} \cdot \text{s}$ 程度が適当であると推定された。これは、濃尾地震の余効変動から推定した結果よりも1桁小さく、加えて震源域の北西側では、モデル計算から予想される変位とは逆向きの変化が生じている地域も見られた。この結果から、兵庫県南部地震の余効変動は複合的な要因を反映している可能性が考えられ、余効変動に影響を及ぼす要因について検討を行った結果を報告する。

土岐 ACROSS 信号を用いた愛知県新城市鳳来近傍の地下構造推定に向けた波群の検討

○山崎賢志・渡辺俊樹・羽佐田葉子・古川俊之・山岡耕春・中道治久・生田領野（静岡大学理学部地球科学科）

東海地域のプレート境界の時間変化を監視することは ACROSS の重要課題であり、スローリップ、深部低周波微動などの現象を理解する手がかりとなることが期待される。岐阜県土岐市東濃鉦山 (JAEA) に設置された ACROSS 震源から地震波信号を発生させ、約 55km 離れた愛知県新城市 (鳳来) に設置した地震計アレイで 2006 年 7 月～同年 12 月までの 6 ヶ月間、観測を行った。ACROSS 信号は FM 変調周期 50s、変調周波数 9.01～22.01Hz である。地震計アレイは南北 2km、東西 1km の範囲に設置された 11 個の地震計で構成されている。SN 比を向上させるため、6 ヶ月間の記録をフーリエ変換し、周波数領域でスタッキングを行った。抽出された ACROSS 信号を震源関数で除算して伝達関数を得た。これを逆フーリエ変換し、時間領域の伝達関数を求めた。アレイを構成する各地震計のデータから求めた時間領域の伝達関数に関してセンブランス解析 (Neidell and Taner, 1971) を適用し、最大センブランス値を与える入射角と方向角、スローネスの組み合わせを検討した。

これまでのアレイ解析の結果、2005 年と 2006 年の伝達関数の相関が非常に良いことから、アクロス信号の安定性やアレイ観測の再現性が示された。また、センブランス解析により、P 波に関して各波群の到来方向、入射角度、走時が求められ、アクロス信号がアクロス震源と地震計アレイを結ぶ方向以外からも到来している可能性を示した。

今回の発表では、今年度行ってきたこと、連合大会に向けて現在検討していることを報告する。

ニュージーランド北島におけるスローリップとプレート間カップリング

○岡崎仁一（立命館大学理工学部 4 年生）

ニュージーランドでは、近年、GPS 観測に基づいてスローリップの発生が報告されている。

本研究では、ヒ克蘭ギ・トラフで 2008 年 1 月以降に発生した 3 度のスロースリップについて、ニュージーランドの GPS 観測網 (GeoNe) データを解析することにより、それぞれの断層すべり分布を推定した。その結果、3 回のイベントとも、ヒ克蘭ギ・トラフ北部の深さ 10km 以浅という非常に浅い地域に逆断層型のすべりによって生じたことが分かった。また、ヒ克蘭ギ・トラフにおけるすべり欠損を求めたところ、大きな値を示した地域はトラフの南部で、深さ 10-20km の部分で最大となった。これらより、スロースリップは、すべり欠損が小さく浅い領域で発生していると言える。

野島断層周辺におけるコーダ Q の時間変化

○小林由実

内陸地震に至る応力の変化やひずみの集中といった地震発生の準備過程を解明するためには、活断層の構造や破砕帯の強度回復過程を理解する必要がある。大地震による応力変化は、震源域における地殻内不均質性（クラック等の散乱環境）を変化させる。変化した地殻内不均質性は、時間と共に元の状態に戻り、活断層の構造や強度が回復するとされる。

地殻内は不均質性に富んでいるため、地震波は地殻を伝播する際に散乱体で散乱し、振幅エネルギーが減衰していく。S 波の後ろのコーダ波はこのような散乱波から構成され、このコーダ波の減衰特性コーダ Q (Q_c) を推定することで、地殻内の散乱環境を調べる。

研究の最終目標は野島断層帯内の地震波の減衰の時間変化を求めることだが、本研究では、まず、コーダ波を用いて断層を含む周辺領域でのバックグラウンドの減衰構造を求めた。S 波コーダの減衰を求める際には、後方一次散乱モデル (Aki and Chouet, 1975) を用いた。

データは、1995 年兵庫県南部地震後に計画、実行された断層解剖計画によって野島断層近傍に設置されたボアホール地震計の記録で、1997 年 6 月から 2008 年 6 月に起きた 107 の近地地震から得られた 387 の波形記録を解析した。また、周波数による違いを調べるため波形に 5 つのバンドパスフィルターをかけ、発震時からの経過時間による違いを調べるために、解析区間は 3 種類用いた。

本研究で得られた Q_c は、解析期間内において顕著な変化はなく 100~250 であった。また系統的な周波数や lapse time による違いは確認されなかった。この解析結果より野島断層周辺における不均質構造は、本震後約 2 年以降は安定した状態が続いていることが分かった。

これらのことを踏まえた上で、地震発生の準備過程の解明につなげていくため、さらに断層近傍の不均質構造を調べ周辺の不均質構造と比較する必要がある。

地震サイクルシミュレーションのためのデータ同化

—釜石沖固有地震活動に対する1自由度バネ・ブロックモデルの適用—

○佐々木朋樹・鷲谷 威

近年、地震サイクルの数値シミュレーションが精力的に行われているが、そこで用いられるパラメーターや初期条件は半ば恣意的に与えられたものが多く、シミュレーションによる将来予測を実現する上での障害となっている。将来予測が可能な現実に即したシミュレーションを行うには、パラメーターや初期条件を観測に基づいて推定するとともに、常に最新の観測データを取り入れてモデルを逐次更新することが必要である。データ同化と呼ばれるこの一連の過程は、地震を対象とするシミュレーションではほとんど行われてこなかった。

我々は、1自由度のバネ・ブロックモデルを用いて、岩手県釜石沖で見られる固有地震活動の断層面の摩擦パラメーター推定を試みた。釜石沖では、プレート境界上のほぼ同一の場所でマグニチュード 4.9 ± 0.1 の地震が 5.52 ± 0.68 年間隔で発生しており [Uchida et al., 2007]、地震発生の規則性から、この地震の破壊領域は安定すべり領域の中に孤立していると考えられ、1自由度のバネ・ブロックモデルの適用が可能である。断層面の摩擦法則として、すべり速度・状態依存摩擦法則 [Dieterich, 1979; Ruina, 1983] を仮定し、3つの摩擦パラメーター a 、 b 、 D_c を推定した。

本研究では、バネ・ブロックモデルの物理パラメーターを固有地震活動の発生条件に即して設定し、3つの摩擦パラメーター (a 、 $a-b$ 、 D_c) の組み合わせを変えてシミュレーションを行い、それぞれの計算結果から地震の発生間隔と地震時のすべり量を求めた。その結果から、地震発生間隔および地震時すべり量の観測値を満たす摩擦パラメーターの組を、3次元パラメーター空間に有限の長さの曲線として絞り込むことができた。

火山活動における人工震源を用いた能動監視の可能性

○道下剛史・山岡耕春・渡辺俊樹

噴火予知において、マグマの動きを定量的に監視することは重要である。噴火前に火道でのマグマの動きを検出できれば噴火の過程がより詳しく分かる。

本研究では、火山におけるマグマの移動を人工震源から発生させる弾性波の能動的監視によって検出出来るかどうかを検証することを目的としている。マグマの動きによる地下構造の変化を調べるためには、あらかじめ地下構造の情報があり、伝達関数と呼ばれる地下構造の応答関数が必要である。ACROSS 震源のような周波数、振幅、位相を精密に制御できる震源を用いた場合、自然地震や地震波干渉法と比べて、震源関数が精度よく求めら

れ、伝達関数の変化に対する感度が高いことが期待される。そこで本研究では火道にマグマが上昇してきたときに、火道内で物性が変化すると仮定し、数値シミュレーションにより伝達関数の変化から火道の変化を求めるインバージョンが出来るか検証した。

有限差分法プログラムを用いてモデル計算を行う。計算領域の中心に火道がありその周りに1台の震源と多数の地震計をおいたモデルを仮定する。震源に震動を与えたときに得られる各地震計での変位を計算し、伝達関数を求める。次に構造を変化させ、伝達関数の構造依存率を求める。また伝達関数の変化が構造変化に対して線形であると仮定すると伝達関数の変化と構造の変化の関係式が得られる。マグマが火道下部から上昇してきたことを仮定して構造モデルを作り、合成波形を計算する。その結果からインバージョンを行い、火道内での構造の変化を求められるか検証した。

高周波成分で得られた伝達関数を使うより低周波成分を使って得られた伝達関数を使ったほうがより実際の構造の変化に近い値を示した。またどのようなモデルを考えても V_s の変化は明瞭に捉えられている。今後は、インバージョン手法の改良、非弾性効果の導入、さらに実際の火山構造に近い構造モデルを用いた研究を行う必要がある。