

目 次

項目別の成果	(地震・火山噴火予知研究協議会 計画推進部会)	5 2
1 (1)	地震・火山現象のモニタリングシステムの高度化	5 3
1 (2) (2-1)	地震発生予測システム	7 0
1 (2) (2-2)	火山噴火予測システム	8 5
1 (3)	地震・火山現象に関するデータベースの構築	9 4
2 (1)	日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象	9 8
2 (2) (2-1)	地震準備過程	1 3 0
2 (2) (2-2)	火山噴火準備過程	1 5 8
2 (3) (3-1)	地震発生先行過程	1 6 8
2 (3) (3-2)	地震破壊過程と強震動	1 9 3
2 (3) (3-3)	火山噴火過程	2 0 0
2 (4)	地震発生・火山噴火の素過程	2 0 6
3	新たな観測技術の開発	2 2 1
地震及び火山噴火予知のための観測研究計画の推進について(建議)の概要		2 3 3
地震及び火山噴火予知のための観測研究計画の実施機関		2 3 9

項目別の成果

地震及び火山噴火予知のための観測研究計画の推進について（建議）に示されたの実施内容について、平成 23 年度の成果の項目別の成果を学術報告としてとりまとめた。この報告は、地震・火山噴火予知研究協議会*に設置された 12 の計画推進部会の各部会長が執筆したものである。この報告に基づいて、難解な学術用語をなるべく言い換え、平易な文章で表現して書き直したものが、本編の「平成 23 年度の成果の概要」である。本編の「平成 23 年度の成果の概要」に内容について、更に詳細を知りたい場合や原著論文を参照したい場合には、この「項目別の成果」を御参照頂きたい。

- 東京大学地震研究所 地震・火山噴火予知研究協議会 計画推進部会
「地震・火山現象のモニタリングシステムの高度化」計画推進部会長
渡辺俊樹（名古屋大学大学院環境学研究科）
「地震発生予測システム」計画推進部会長
鷺谷 威（名古屋大学減災連携研究センター）
「火山噴火予測システム」計画推進部会長
鍵山恒臣（京都大学大学院理学研究科）
「地震・火山現象に関するデータベースの構築」計画推進部会長
大見士朗（京都大学防災研究所）
「日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象」計画推進部会長
松澤 暢（東北大学大学院理学研究科）
「地震準備過程」計画推進部会長
飯尾能久（京都大学防災研究所）
「火山噴火準備過程」計画推進部会長
井口正人（京都大学防災研究所）
「地震発生先行過程」計画推進部会長
中谷正生（東京大学地震研究所）
「地震破壊過程と強震動」計画推進部会長
古村孝志（東京大学大学院情報学環／地震研究所）
「火山噴火過程」計画推進部会長
西村太志（東北大学大学院理学研究科）
「地震発生・火山噴火の素過程」計画推進部会長
矢部康男（東北大学大学院理学研究科）
「新たな観測技術の開発」計画推進部会長
藤本博己（東北大学大学院理学研究科）

*東京大学地震研究所には、地震及び火山噴火予知のための観測研究計画で立案された研究を推進することを目的に設立された地震・火山噴火予知研究協議会がある。ここでは、地震及び火山噴火予知研究を行っている全国の大学が連携し、研究機関と協力しながら研究を推進している。また、科学技術・学術審議会測地学分科会観測研究計画推進委員会は大学、研究機関、行政機関が連携して計画の推進を図っている。地震・火山噴火予知研究協議会には、地震及び火山噴火予知のための観測研究計画の実施内容を、項目別に効率的かつ調和的に研究を推進するために、12 の計画推進部会が設置されている。

1 (1) 地震・火山現象のモニタリングシステムの高度化

「地震・火山現象のモニタリングシステムの高度化」計画推進部会長 渡辺俊樹
(名古屋大学大学院環境学研究科)

地震現象と火山噴火現象の理解を深めるとともに、それらの予測精度の向上を目指し、日本列島全域に稠密な地震・地殻変動等の観測網、及び全国の主な火山に地震・地殻変動・重力等の火山活動観測網が整備されてきた。本計画においても、これらの既存の観測網を着実に維持・更新し、得られたデータを活用した地震活動・地殻変動及び火山活動のモニタリングが進められている。さらに、諸観測網の高密度化及び多項目化といった整備・強化、新たな観測・解析手法の導入、観測データの実時間処理システムの開発と運用といったモニタリングシステムの高度化を図る研究が進められている。

各種観測によって得られた成果は、随時、地震調査委員会や地震予知・火山噴火予知連絡会などに提供され、会報にまとめられているほか、各機関や関連のウェブで公開されている。2011年3月の東北地方太平洋沖地震の発生後は、被災した観測点やデータ収集システムの復旧、観測点の維持、緊急観測の実施に力が注がれた。それらの貴重なデータを使用して、巨大地震発生前後の地震活動や地殻変動の解明、地震後の地殻活動のモニタリングが精力的に行われている。

ア. 日本列島域

(地震観測によるモニタリングシステムの高度化)

日本列島全域に整備された稠密な基盤的地震観測網の維持管理に努めた。特に、東北地方太平洋沖地震による被災観測点の復旧に注力し、通信障害のため収集できなかった Hi-net, F-net の現地収録データを収集し、本震発生後の余震活動の把握に活用した(防災科学技術研究所[課題番号:3001])。震源決定精度、特に地震多発時の自動決定精度の向上を目指したアルゴリズムの適用、地震活動を定量的に評価するシステムの適用、CMT 解やマグニチュード決定の M9 級の巨大地震への対応、遠地実体波及び近地強震波形を用いた震源過程解析が実施された(気象庁[課題番号:7002, 7003, 7004, 7005])。

地震データ流通システムについては、高速広域ネットワークである JDXnet 上のデータ相互交換システムの改良及び多項目観測化について検討を進めており、今年度は SINET4 と JGN-X への移行を完了した。地殻変動連続観測等データの流通試験の継続とデータベースの改良、WIN システムの IPv6 対応を行った(東京大学[課題番号:1401])。

M9 級の巨大地震に対応するため、AQUA システムに F-net の速度型強震計記録を処理対象として組み込むなどの改良を行った。SPA システムによる深部低周波微動や超低周波地震(VLFE)活動のモニタリングの安定稼働に努めるとともに、既知の VLFE 記録と過去の連続波形記録から未知イベントを検出する試みを継続して実施した。西南日本で繰り返し発生している短期的スローリップイベント(SSE)自動検出システムの運用を継続し、準リアルタイムでのイベント自動検出に成功した。地球潮汐、相似地震などによるモニタリングシステムの高度化を実施した(防災科学技術研究所[課題番号:3001])。

リアルタイムで流通する高感度地震観測連続データの有効活用を図るため、地殻活動の現況モニタリングを行うウェブ閲覧システムの構築を継続し、連続波形及びイベント波形の画像に加え、深部低周波微動モニタリング用エンベロープ画像や震源分布、地震活動時系列などを追加した。

地震や火山の長周期波動場のモニタリングのために、地震の発生・位置・メカニズム（モーメントテンソル）解を完全自動で決定する GRiD MT の改良を進め、W-phase を用いた巨大地震への対応を行った（東京大学〔課題番号：1401〕）。

地震波干渉法によるモニタリングを 2005 年福岡県西方沖地震の震源域における 2003 年から 2010 年の連続波形記録に適用し、年周変動を検出した。本震発生に伴う地震波速度の変化は検出されなかった。また、同手法を宮城県沖の海底地震計データを用いた 300 日間のモニタリングに適用し、2005 年 8 月の宮城県沖地震を境にした微動の ACF の変化から、一様な速度低下と局所化した散乱構造の変化を検出した（図 1）（東北大学〔課題番号：1201〕）。

（地殻変動観測などによるモニタリングシステムの高度化）

全国の GPS 連続観測網 (GEONET) による地殻変動連続観測、水準測量、高度地域基準点測量、絶対重力観測及び地磁気連続観測、潮位連続観測を実施するとともに、東北地方太平洋沖地震の発生を受けた緊急観測を実施した（国土地理院〔課題番号：6001, 6002, 6003, 6004, 6005, 6006〕、気象庁〔課題番号：7001, 7007〕、海上保安庁〔課題番号：8001, 8002〕）。

電子基準点の次世代 GNSS への対応及び防災能力向上等を図るため、東北地方太平洋沖地震の被災地を中心に、GNSS アンテナへの更新（245 点）、GNSS 受信装置への更新（136 点）及び無停電電源装置バッテリーの増強（129 点）等を実施した。GEONET による地殻変動連続観測を実施し、日本列島全域の地殻変動・火山活動のモニタリングを着実にを行った。本年度に発生した多数の地震に伴う地殻変動、及び、東北地方太平洋沖地震後の継続的な余効変動を検出し、地震の発生メカニズムの解明等に寄与した（図 2）。房総半島沖で 10 月下旬から 11 月上旬までプレート間ゆっくり滑り（スロースリップ）現象に伴う非定常的な地殻変動を検出し、滑りの時間変化の推定を通じてプレート境界面での滑りの理解の進展に寄与した（国土地理院〔課題番号：6001〕）。

東北地方太平洋沖地震及び内陸で発生した誘発地震について、「だいち」のデータの緊急解析を実施し、その地殻変動の様相を明らかにする（図 3）とともに、解析結果を迅速に公開、報告した（国土地理院〔課題番号：6006〕）。

（火山におけるモニタリング）

全国の活火山において、地震計、空振計、GPS 等により連続的な監視観測を行っている。平成 22 年度に引き続き、火山噴火予知連絡会で中長期的に観測体制の充実が必要とされた 47 火山への地震計・傾斜計等の観測施設を整備し、新たに地震計、傾斜計、GPS 等のデータを連続監視にとり入れた。南方諸島及び南西諸島の海域火山の定期巡回監視を実施し、地磁気及び重力異常を報告した（海上保安庁〔課題番号：8003〕）。火山におけるモニタリングを促進するために、大学、研究機関の地震計・傾斜計・空振計等の観測データの共有化・流通を開始した。

霧島山（新燃岳）では、噴火により消失した新燃岳火口カメラの代替として、韓国岳に遠望観測装置を設置した（気象庁〔課題番号：7006〕）。2011 年 1 月の噴火後の膨張の様子を GEONET によって継続的に監視した（国土地理院〔課題番号：6001〕）。航空機 SAR による観測を平成 23 年 12 月 14 日に実施し、火口の数値標高モデルを作成した。また、平成 23 年 2 月 7 日の数値標高モデルとの比較を行い、大きな変化がないことを確認した（国土地理院〔課題番号：6006〕）。

イ. 地震発生・火山噴火の可能性の高い地域

（宮城県沖及び周辺地域）

宮城県沖においては重点的に総合的なモニタリングが行われており、東北地方太平洋沖地震の前震から本震に至る過程、その後の余震活動を克明に記録することができた（東北大学〔課題番号：1202〕，東京大学〔課題番号：1403〕，（気象庁〔課題番号：7008〕））。

海底地震計のデータを加え、3月9日の前震とその余震及び3月11日の本震の震源分布を再決定した（図4）。前震活動の震央分布は2002～2009年の震央分布と良い一致を示し、定常的な地震活動と前震活動の分布パターンに明瞭な差異は見いだせない。前震による地震時の地殻変動を海底圧力計によって観測し（図5），前震の断層モデルを推定した。前震の破壊の開始点より陸側では余震活動が低調であり、この領域で滑り量が大きかった可能性を示唆した。また、海底圧力計で観測された上下変動量をもとに本震発生までの2日間の余効変動の解析を行った。余効滑りは地震時滑り域に比べて南側で発生しており、3月9日の前震後の地震活動の南側への拡大傾向は余効滑りの拡大に伴っていると考えられる。本震の破壊開始直後の初期破壊フェーズから大振幅の主破壊に移行する様子を海底地震計の波形記録によって明らかにした（東北大学〔課題番号：1202〕）。

海底地殻変動観測と陸上GPS観測の結果をあわせて断層滑り分布を推定した。震源よりも海溝側で50mを超える地震時滑りが推定された。宮城県沖においても15m程度の地震時滑りがあり、これらの滑り分布から宮城県沖と海溝近傍の滑り欠損の蓄積と解放について議論した。海底圧力観測による宮城県沖付近と海溝近傍の余効変動と、陸上GPS観測による宮城県の内陸の変動から、地殻上下変動の複雑な空間変化が見られ、余効滑りの空間変化が大きいことが示唆された。宮城県沿岸の隆起と宮城県沖の沈降は、想定宮城県沖地震の震源域での余効滑りが非常に小さいことで説明される。（東北大学〔課題番号：1202〕）。

長期観測型海底地震計を用いた過去の観測データを基に、房総沖～茨城沖の地震活動を解析し、東北地方太平洋沖地震発生後の地震分布と比較したところ、震源のクラスター状の分布とそれらの境界の震源の空白部が共通して認められた（図6）。太平洋プレートとフィリピン海プレートが接触していると考えられる付近の空白域を境として、南北で震源の深さ分布の形状が大きく異なり、プレート境界付近の不均質構造が震源分布様式に影響していると考えられた（東京大学〔課題番号：1403〕）。

大気中ラドン濃度の観測を継続した。測定値は年周期変動しながら経年的に減少する傾向にあったが、2010年6月頃からパターンが崩れ、東北地方太平洋沖地震の本震時までほぼ一定の値で推移した（東北大学〔課題番号：1202〕）。

（南関東と周辺域・伊豆）

東北地方太平洋沖地震に際し南関東地域でも各地で停電や回線断が発生したが、MeSO-netはバッテリーとデータ蓄積メモリを備えており、回線復旧後に自動的にデータが伝送され、欠落のないデータを得た。地震の読み取り値を用いて地震波速度トモグラフィ解析を行い、フィリピン海スラブ内の地震活動との比較検討を行った。フィリピン海プレートの上面付近に逆断層型の地震活動が集中し、くりかえし小地震が多数発見された。プレートの深さは既存研究と比較して地域によっては5～10km程度浅くなった（東京大学〔課題番号：1402〕）。

伊豆半島東部地域において長基線地電位差連続観測と全磁力連続観測を継続した。新井の南東のYOBにおいて、8月から11月中旬にかけて、2009年12月の群発地震活動の収束時の変化と類似する全磁力の緩慢な減少とその直後の急激な復旧が見られた。深さ10km程度の小規模な地震活動にともなう全磁力、自然電位の顕著な変化は見られなかった（東京大学〔課題番号：1402〕）。

(火山)

活動的な火山において多項目観測によるモニタリングを継続し強化した。樽前山，有珠山，北海道駒ヶ岳，伊豆大島，富士山，伊豆東部，浅間山，硫黄島，霧島山において，GPS 火山変動観測装置（REGMOS）による連続観測，伊豆大島において自動光波測距・測角観測装置（APS）による観測を継続実施した。富士山の REGMOS の高度化を実施した（国土地理院 6007）。雌阿寒岳，十勝岳，吾妻山，草津白根山，三宅島，伊豆大島，阿蘇山において全磁力連続観測及び繰り返し観測を実施し，火口地下の熱活動の経過を分析した。吾妻山では 9 月に大穴火口下の熱消磁の拡大が観測され，今後の火山活動の推移が注目される（気象庁 [課題番号：7009]）。火山観測網の維持管理及び火山観測データの流通を行うとともに，新たに火山観測データの公開を実施した。草津白根山に基盤的火山観測施設を 1 か所整備した（防災科学研究所 [課題番号：3002]）。

阿蘇火山及び中岳火口周辺において，TDM 比抵抗観測システム ACTIVE による比抵抗モニタリングを実施した。地下比抵抗及び顕著な活動度の変化から，火口南側の比較的深い領域で小規模噴火に関連した地下の温度状態・熱水分布の変化が生じたと考えられる（京都大学 [課題番号：1901]）。

ウ．東海・東南海・南海地域

本地域においては，の定常・臨時の地震観測網，地殻変動観測網が特に密に配置されており，重点的に観測が実施されている。レーザー式変位計，多成分ひずみ計，体積ひずみ計（気象庁 [課題番号：7011]），地下水等総合観測（産総研 [課題番号：5002]），海底地殻変動観測（名古屋大学 [課題番号：1701]），精密制御震源（名古屋大学 [課題番号：1701]，気象庁 [課題番号：7011]），海底地震計（東京大学 [課題番号：1403]，気象庁 [課題番号：7010]），地磁気，絶対及び相対重力観測（東京大学 [課題番号：1404]）海底地形調査（海上保安庁 [課題番号：8004]）など多項目の観測を実施している。御前崎，切山，館山でひずみ計・水晶管伸縮計・水管傾斜計等の地殻変動連続観測を実施した（国土地理院 [課題番号：6008]）。

前兆的地下水位変化検出システムを引き続き東海地方で運用した。産総研のひずみデータと防災科研の傾斜データを統合して解析し，短期的 SSE の検出精度を向上させた。短期的 SSE の発生が近いと予想される時に遠地地震波によって誘発される現象を紀伊半島で見いだした。東北地方太平洋沖地震後に，日本全国で地下水位や水圧等が低下する現象が多数認められ，同地震によって広い範囲で体積ひずみが増加（地盤が伸張）したと考えられた（図 7）。高知県須崎市において海水位変動の観測を行い，東北地方太平洋沖地震による津波の観測結果と 1946 年南海地震の直前に目撃された海水位変動から地殻の変動量を推定した（産総研 [課題番号：5002]）。

駿河湾及び熊野灘において海底地殻変動計測を実施した。また，過去の全データについてデータの質を向上させ再解析を実施した。駿河湾の SNE 観測点における暫定的な変位速度ベクトルを東西成分 -51 ± 9 mm/yr，南北成分 -8 ± 7 mm/yr と求めた。伊豆半島西岸に設置されている GEONET 観測点での変動速度と比較した結果，SNE 観測点との間で顕著な変形は見られない。一方，駿河トラフを挟んだ 2 観測点間は，少なくとも年間 10 mm（ ~ 30 mm）程度の有意な収縮傾向にある（図 7）（名古屋大学 [課題番号：1701]）。御前崎と豊橋における絶対重力測定を継続して実施した（東京大学 [課題番号：1404]）。

GPS 観測による東海地域のひずみ解析において，GPS 大学連合 31 点，GEONET 53 点の合計 84 点を用い，東北地方太平洋沖地震による地震時変位と余効変動の影響を調べた。地震後は地震前の

圧縮場が反転してほぼ伸長場となっているが、地震前に伸長場であった静岡県中部が地震後に圧縮場に転じたことは興味深い（図 8）。2000～2005 年に発生した東海 SSE について、GPS と水準測量のデータから定常的固着と見なしたドリフトを除去せずに、直接プレート間固着と滑りをバックスリップインバージョンによって推定した。スローイベントの領域が従来よりも深い方に求められ、深部低周波微動は SSE の中心部で発生することがわかった（図 9）。長期的 SSE は短期的 SSE が巨大化したものであると考えられる（東京大学 [課題番号：1404]）。

東海地域における電磁気観測点に、新たに焼津市に小浜(OBM)観測点を新設した。3月15日静岡県東部の地震の際に、震源断層に近い SHN/FJM 観測点で約 2 nT の全磁力の減少が検出された。この全磁力変化は、ピエゾ磁気効果に基づくと、余震分布により適合する断層モデルを用い応力磁化係数を 10^{-8} Pa^{-1} 程度と仮定すれば説明できる（東京大学 [課題番号：1404]）。

精密制御震源によるモニタリングにおいては、森町送信点から距離 10 km 以内の 3 観測点において、東北地方太平洋沖地震に伴い、伝達関数に数ミリ秒の走時の遅れが起き、ゆっくりと回復したことを明らかにした（気象庁 [課題番号：7011]）。次年度に向けて豊橋送信点の調整を終えた（名古屋大学 [課題番号：1701]）。愛知県新城市の鳳来アレイのデータを用いて 2011 年 7 月に発生した深部低周波微動のアレイ解析を行った。微動の到来方向に数分スケールの揺らぎが見られること、同時に複数の震源域で微動が発生している可能性があることを見いだした（名古屋大学 [課題番号：1701]）。

紀伊半島における陸域地震観測を継続した。レシーバ関数イメージングの結果、海洋地殻上面、海洋性モホ面、大陸性モホ面が明瞭にイメージされ、これらを地震波走時トモグラフィに組み込んで深さ 40 km までの 3 次元速度構造を求めた（図 10）。紀伊半島北西部には大きな低速度域が存在し、その上方の上部地殻内では地震活動が活発であることが特徴的である。紀伊半島中西部と東部の構造の違いは、海洋地殻の含水鉱物が脱水分解して放出された「水」や海洋地殻に残留する「水」の量の違いで説明できる。深部低周波微動の活動間隔や短期的 SSE の発生頻度と総合的に考えると、紀伊半島下では東部が中西部に比べて遷移層の固着の程度がやや大きいと推測される（京都大学 [課題番号：1801]）。

紀伊半島沖において、平成 23 年 2 月に広帯域海底地震計 3 台と長期観測型海底地震計 5 台を回収し、新たに 5 台の広帯域海底地震計を設置した。観測データには VLFE が記録されており、発生数が時間変化していることがわかった。VLFE の震源はトラフ付近に決定された（東京大学 [課題番号：1403]）。

広域の地殻変動検出手法である InSAR 解析では、ALOS/PALSAR データを用い、電離層の影響の大きい干渉画像を除いてスタッキングを行った。GPS からの合成干渉画像と同程度のオーダーの変動量が得られたが、画像には電離層の影響が依然残っている。プレート沈み込みに伴う経年的な変動を検出するためには電離層ノイズを軽減させることが課題である（京都大学 [課題番号：1801]）。水準測量・潮位・GPS データの統合解析により、1977～1980 年頃に高知市付近で長期的スロースリップに対応する隆起があったことを明らかにした（気象庁 [課題番号：7011]）。

四国周辺の地殻応力場には、島弧の直交方向に圧縮軸方位の変化が見られ、前弧域では紀伊半島から四国中央部までは圧縮場、四国西部では伸長場を示すという特徴がある。これを説明するモデルを検討した。南海トラフで起こる巨大プレート境界型地震の発生に関係する内陸の地震誘発現象を理解するために、昭和南海地震前後の応力変化について検討した（高知大学 [課題番号：2101]）。

これまでの課題と今後の展望

前計画（第7次火山噴火予知計画）から今計画にかけて、地震火山観測網の着実な維持・更新が図られてきた。今計画では、諸観測網の高密度化及び多項目化に重点を置くとともに、観測データの実時間あるいは逐次処理システムの開発と整備が進むなど、システムの高度化が進められてきた。

モニタリング研究の成果を上げるためには、各機関の観測網のデータを交換・共有して、研究機関の連携を更に進め、限られた資源を最大限に活用することが必要であり、これによってモニタリングの検知能力を高めることが可能となる。また、特に、プレート境界の固着・滑りに関する解析が進められたことにより、同一地域を対象として複数の観測項目のデータの総合的解析とモデル化が可能な段階に到達しつつあり、更に研究者間で議論を積極的に進めていく必要がある。これにより、地震及び火山噴火現象の解明に向けた研究へ各種の観測データ及び科学的知見を提供し、研究に役立てなければならない。

東北地方太平洋沖地震の発生により、地震及び地殻変動などの観測点やデータ収集システムに甚大な被害が発生した。重要なデータを取り逃がすことがないようにモニタリングシステムを維持するために、観測点や通信網の障害への耐性の向上を図る必要がある。また、地震や火山噴火発生時の迅速な緊急観測の体制の整備といった観点からも検討が必要である。

東北地方太平洋沖地震発生後、顕著な余震や余効変動が現在でも継続しているほか、誘発地震の発生や火山活動の活発化も見られる。現在日本列島とその周辺で進行している地殻活動現象をモニタリングし、今後の活動の推移を予測することが必要である。特に、地震や火山噴火の発生が予想される地域において、連続かつ稠密な観測が急務でありモニタリングを強化する必要があると考えられる。

成果リスト

- （地震予知連絡会・火山噴火予知連絡会会報への報告数は多数に上るため成果リストでは割愛する。）
青木重樹・吉田康宏・勝間田明男・横田崇・碓井勇二・上野寛・清本真司・2011, 平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震の地震像, 第9回環境研究シンポジウム.
Asano, Y., T. Saito, Y. Ito, K. Shiomi, H. Hirose, T. Matsumoto, S. Aoi, S. Hori, and S. Sekiguchi, 2011, Spatial distribution and focal mechanisms of aftershocks of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, *Earth, Planets and Space*, 63, 669-673.
Ebinuma, T., and T. Kato, 2011, Dynamic characteristics of high-rate GPS observations for seismology, *Earth Planets Space* (in press)
福井敬一・山崎明・山本哲也, 2011, 火山用地殻活動解析支援ソフトウェアにおける地磁気データ解析機能, 2011年Conductivity Anomaly研究会.
Hashimoto, M., A. Saito, and D. Mineyama, 2011, Imaging of Interseismic Deformation With ALOS/PALSAR And the Effect of Traveling Ionospheric Disturbance, IUGG2011, #3285.
Hashimoto, M., 2011, Evaluation of the Capability of ALOS/PALSAR to Detect Secular Crustal Deformations in Subduction Zones, 28th ISTS, Ginowan, Okinawa.
平岡喜文・横川正憲・根本盛行・村山盛行・武山峰典, 2012, 次世代衛星携帯電話を利用したGPS 火山変動リモート観測装置 (REGMOS-Hybrid) の開発, 測地学会誌, 57, 4, 173-180.
Hirose, H., 2011, Tilt records prior to the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, *Earth, Planets and Space*, 63, 655-658.

- Iinuma, T., M. Ohzono, Y. Ohta and S. Miura, 2011, Coseismic slip distribution of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (M 9.0) estimated based on GPS data - Was the asperity in Miyagi-oki ruptured?, *Earth Planets Space*, 63, 643-648, doi:10.5047/eps.2011.06.013.
- 石川有三, 2011, 東北地方太平洋沖地震の概要, *情報地質*, 22, 143-147.
- Itaba, S. and R. Ando, 2011, A slow slip event triggered by teleseismic surface waves, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L21306, doi:10.1029/2011GL049593.
- Ito, Y., T. Tsuji, Y. Osada, M. Kido, D. Inazu, Y. Hayashi, T. Tsushima, R. Hino, and H. Fujimoto, 2011, Frontal wedge deformation near the source region of the 2011 Tohoku-Oki earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, 38, doi:10.1029/2011GL048355.
- 鍵山恒臣・吉川慎, 2011, 長湯温泉周辺の表層電気伝導度分布, 大分県温泉調査研究会報告書, 62, 9-12.
- 鹿島雄介・南須原美恵・中村隆志・山内常生・大槻憲四郎, 2011, 宮城県沖大地震の前兆を捉えるための深層地下水変動研究: 2009年2月~2009年12月の観測結果, *地質学雑誌*, 117, 451-467.
- 川元智司・野神憩・横川正憲, 2011, 霧島山(新燃岳)の噴火に伴う地殻変動, *国土地理院時報*, 121.
- Kido, M, Y. Osada, H. Fujimoto, R. Hino and Y. Ito, 2011, Trench-normal variation in observed seafloor displacements associated with the 2011 Tohoku-Oki earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L24303, doi:10.1029/2011GL050057.
- Kitagawa, Y. and N. Koizumi, 2011, Groundwater changes related to the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku earthquake (M9.0), *Proceedings of the 7th Taiwan-Japan joint seminar on natural hazard mitigation in 2011*, 11-17.
- Kitagawa, Y., S. Itaba, N. Matsumoto and N. Koizumi, 2011, Frequency characteristics of the response of water pressure in a closed well to volumetric strain in the high frequency domain, *J. Geophys. Res.*, 116, doi:10.1029/2010JB007794.
- 北川有一・小泉尚嗣, 2012, 東北地方太平洋沖地震(M9.0)後1日間での地下水位・地下水圧・自噴量変化, *活断層・古地震研究報告*, 印刷中.
- 木村一洋・近澤心・菅沼一成・草野利夫, 2012, EPOS4における地殻変動の異常監視処理の高度化, *験震時報*, 76, 印刷中.
- Kobayashi, A., and T. Yamamoto, 2011, Repetitive long-term slow slip events beneath the Bungo Channel, southwestern Japan, identified from leveling and sea level data from 1979 to 2008, *J. Geophys. Res.*, 116, B04406, doi:10.1029/2010JB007822.
- 小林昭夫, 2011, 高知市付近で1978~1980年頃に発生した長期的スロースリップ, *地震* 2, 64, 63-73.
- Kobayashi, T., M. Tobita, T. Nishimura, A. Suzuki, Y. Noguchi and M. Yamanaka, 2011, Crustal deformation map for the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, detected by InSAR analysis combined with GEONET data, *Earth Planets Space*, 63, 621-625, 2011.
- 小林知勝・飛田幹男・今給黎哲郎・鈴木啓・野口優子・石原操, 2011, 「だいち」 SAR干渉解析により捉えられた霧島山(新燃岳)の火山活動に伴う地殻変動とその圧力源の推定, *国土地理院時報*, 121, 195-201.
- 小林知勝・飛田幹男・鈴木啓・野口優子, 2011, 2010年福島県中通りの地震(M5.7)のSAR干渉解析, *国土地理院時報*, 121, 165-169.
- Margerin, L. and H. Sato, 2011, Generalized optical theorems for the reconstruction of Green's function of an inhomogeneous elastic medium, *J. Acous. Soc. Am.*, 130, 3674-3690, doi:10.1121/1.3652856.

- Matsumoto, N. and N. Koizumi, 2011, Recent Hydrological and Geochemical Researches for Earthquake Prediction in Japan, *Natural Hazards*, doi 10.1007/s11069-011-9980-8.
- Nakahara, H., and L. Margerin, 2011, Testing equipartition for S-wave coda using borehole records of local earthquakes, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 101, 2243-2251.
- 中条恒太, 2012, 海底常時微動の自己相関解析, 東北大学大学院理学研究科修士論文.
- 野口優子・鈴木啓・飛田幹男・小林知勝・矢来博司, 2011, 「だいち」 SAR干渉解析による豊後水道周辺の非定常地殻変動抽出の試み, *国土地理院時報*, 121, 1-8.
- 野村晋一, 2012, 2011年東北地方太平洋沖地震による東海地域の地殻変動, 静岡大学理学部地球科学科卒業論文.
- Ochi, T., 2012, Temporal change of plate coupling distribution during Tokai slow slip event inferred from GPS and leveling data, *Dr. of Sci., Dissertation, the University of Tokyo*, 80pp.
- 大谷竜・板場智史・梅田康弘・北川有一・松本則夫・高橋誠・小泉尚嗣, 新解析戦略の組み込みによる産総研GPS定常解析連システムの更新, *地質調査研究報告*, 62, 319-328.
- 大島健一・三浦優司・影山勇雄・古屋有希子・矢萩智裕・丸山一司, 2012, 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震によるGPS観測施設・験潮場の被災状況及び復旧対応, *国土地理院時報*, 122, 113-125.
- Ozawa, S., T. Nishimura, H. Suito, T. Kobayashi, M. Tobita, and T. Imakiire, 2011, Coseismic and postseismic slip of the 2011 magnitude-9 Tohoku-Oki earthquake, *Nature*, doi:10.1038/nature10227.
- 笹岡雅宏・山崎明, 2011, 火山における地磁気全磁力観測に影響する磁場擾乱の統計的特徴, *Conductivity Anomaly研究会 2011年論文集*.
- 笹岡雅宏・山崎明・小山崇夫, 2011, 火山性磁場の長期トレンド抽出のためのウェーブレット解析, *Conductivity Anomaly研究会 2011年論文集*, 1-7.
- 下野隆洋・南秀和・西井康郎・大野裕幸・渡部金一郎, 2011, 航空機SARによる霧島山(新燃岳)の火口地形観測, *国土地理院時報*, 第121集, 195-201.
- 水藤尚・原慎一郎・西村卓也・小沢慎三郎・小林知勝・飛田幹男・今給黎哲郎・矢来博司・矢萩智裕・木村久夫・川元智司, 2012, GEONETによる平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震に伴う地震時の地殻変動と震源断層モデル, *国土地理院時報*, 122.
- 水藤尚・原慎一郎・西村卓也・小沢慎三郎・飛田幹男・矢来博司・矢萩智裕・木村久夫・川元智司, 2012, GEONETによる平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震に引き続いて発生している余効変動と余効滑りモデル, *国土地理院時報*, 122.
- 田口陽介・三島稔明・増子徳道・芥川真由美・山崎明・熊坂信之, 2011, 伊豆大島の地磁気全磁力観測, *Conductivity Anomal 研究会 2011年論文集*, 14-19.
- 武田直人・今西和俊・北川有一, 2012, ボアホール歪計で観測された2011年東北地方太平洋沖地震の歪地震記録, *活断層・古地震研究報告*, 印刷中.
- 田中佐千子, 2011, 月や太陽の引力が地震の引き金に—東北地方太平洋沖地震に先行した地球潮汐の地震トリガー現象, *科学*, 81, 1060-1062.
- 梅田康弘, 2011, 2011年東北地方太平洋沖地震, *環境と健康*, 24, 538-548.
- 梅田康弘・板場智史, 2011, 1946年南海地震前の四国太平洋沿岸の上下変動, *地質調査研究報告*, 62, 243-257.

- Uchida, N., and T. Matsuzawa, 2011, Coupling coefficient, hierarchical structure, and earthquake cycle for the source area of the 2011 Tohoku earthquake inferred from small repeating earthquake data, *Earth Planets Space*, 63, 7, 675-679, doi:10.5047/eps.2011.07.006.
- 宇津木充・鍵山恒臣・小森省吾, 2011, MT法を用いた鶴見・伽藍火山周辺域における地下比抵抗構造調その2, 大分県温泉調査研究会報告書, 62, 29-34.
- Yamada, T., K. Nakahigashi, A. Kuwano, K. Mochizuki, S. Sakai, M. Shinohara, R. Hino., Y. Murai, T. Takanami, and T. Kanazawa, 2011, Spatial distribution of earthquakes off the east coast of Kanto region along the Japan Trench deduced from ocean bottom seismographic observations and its relations with aftershock sequence of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, *Earth Planets Space*, 63.
- Yasuoka, Y., H. Nagahama and T. Ishikawa, 2011, Anomalous Radon Concentration Prior to an Earthquake: A Case Study on the 1995 Kobe Earthquake, Japan., *Collected Papers*. LAP Lambert Academic Publishing, ISBN 978-3-8433-8451-3, paperback, 148pp.
- Yasuoka, Y., T. Ishikawa, Y. Omori, Y. Kawada, H. Nagahama, S. Tokonami, and M. Shinogi, 2011, *Handbook of Radon: Properties, Applications and Health*, Editors: Zachary Li and Christopher Feng, Anomalous Atmospheric Radon Variation before an Earthquake: A Case Study of 1995 Kobe Earthquake, Japan, Nova Science Publishers, NY, USA.
- 安岡由美・石川徹夫・長濱裕幸・川田祐介・大森康孝・床次眞司・志野木正樹, 2012, 地震とラドン濃度異常, 地震予知研究の最前線ー地震予知工学・耐震工学・地震学の融和をめざしてー, 早川正士 (監修), 日本専門図書出版.
- 矢萩智裕, 2011, GPS連続観測システム (GEONET) によって観測された平成 23 年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動, 雑誌「河川」, 9 月号.
- 矢萩智裕, 後藤清, 2012, 東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動・地盤沈下の状況, 雑誌「海岸」, 51.
- 山崎伸行・福井敬一, 2011, 草津白根山における地磁気全力観測ー平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖震後の消磁変化ー, *Conductivity Anomaly研究会 2011 年論文集*.
- 山中雅之・野口優子・鈴木啓・宮原伐折羅・石原操・小林知勝・飛田幹男, 2011, 衛星合成開口レーダーを用いた平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動の検出, *国土地理院時報*, 122, 47-54.
- 横川正憲・平岡喜文・松村泰敬・根本盛行, 2011, GPS 火山変動リモート観測装置 (REGMOS) の改良とその効果, *国土地理院時報*, 121, 135-142.
- Yoshida, Y., H. Ueno, D. Muto, and S. Aoki, 2011, Source process of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake with the combination of teleseismic and strong motion data, *Earth Planets Space*, 63, 565-569.

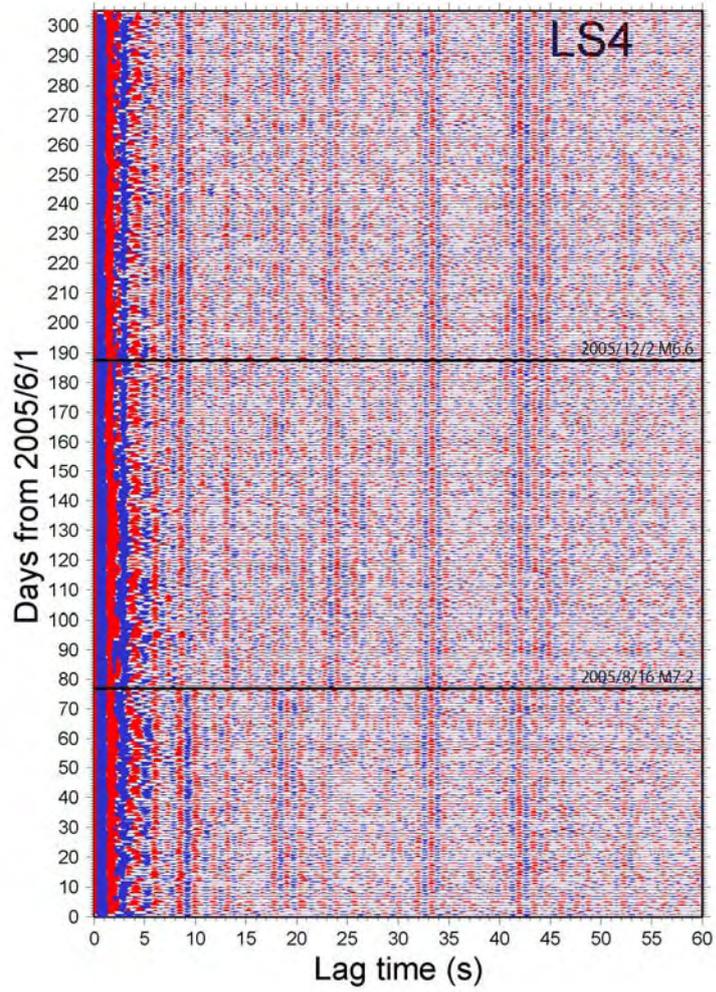


図1 OBS連続記録の自己相関により検出された2005年8月宮城県沖の地震に伴う時間変化(LS4観測点) (東北大学 [課題番号: 1401])

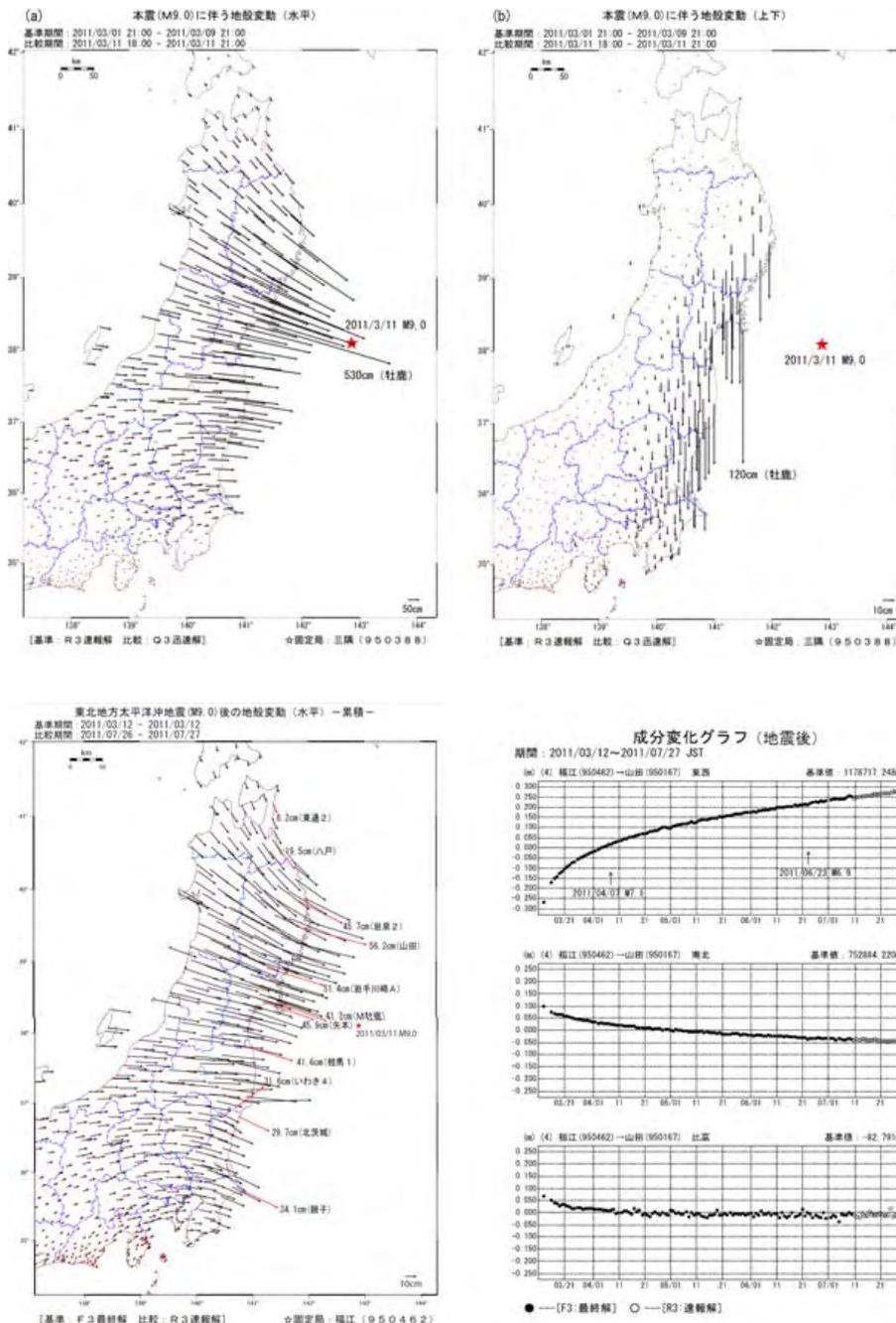


図2 東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動量(上段(左):水平成分,右):上下成分),及び地震後(3~7月)の余効変動量(下段(左):水平成分,右):電子基準点「山田」時系列(国土地理院[課題番号:6001])

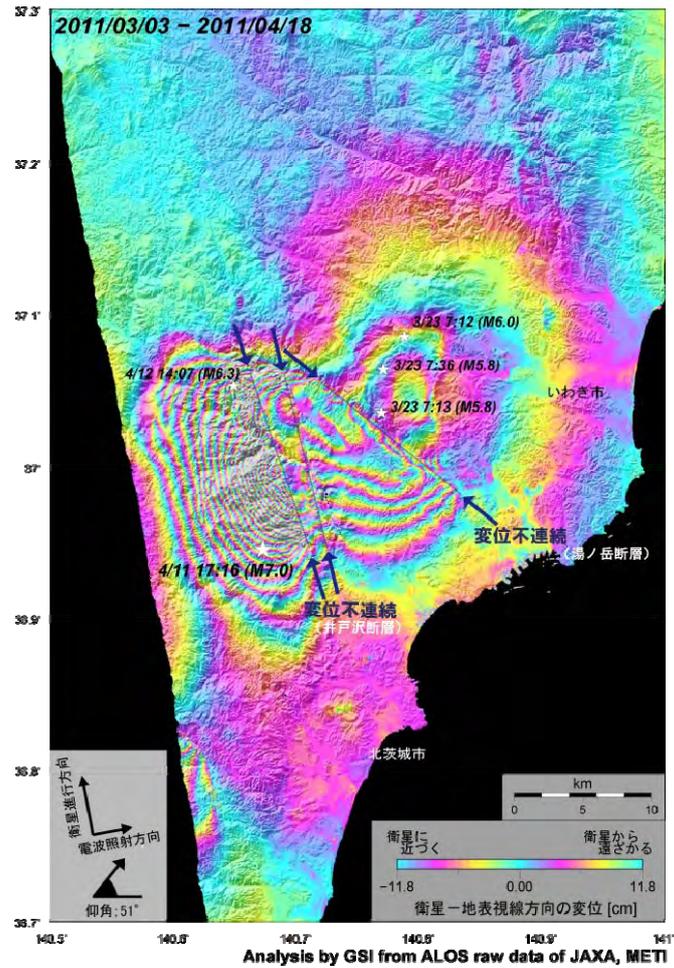


図3 SAR干渉解析で捉えた2011年4月11日福島県浜通りの地震(Mj7.0)に伴う地殻変動。地表地震断層などに対応する数条の位相の不連続が見られる(国土地理院[課題番号:6006])

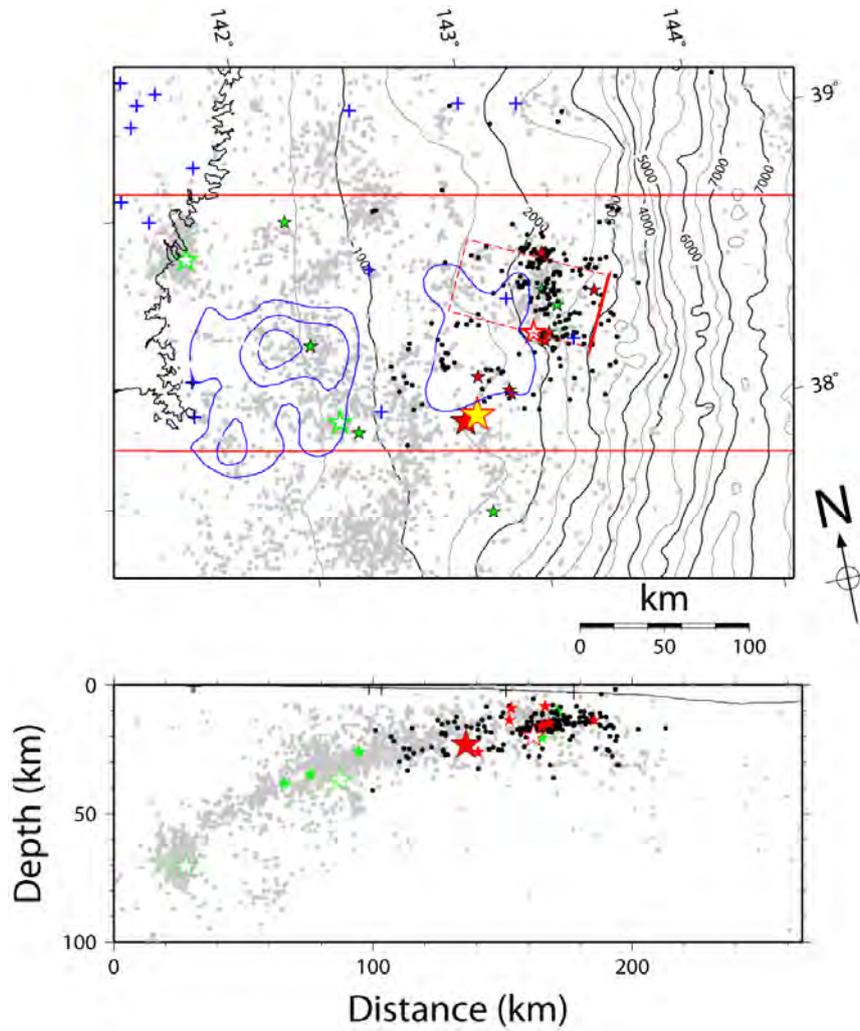


図4 2011年3月9日に発生したM7.3の前震(赤白抜星)から3月11日のM9.0の本震(赤大星)までに発生した地震の震源分布(黒丸)。小赤星はこの間に発生したM6級の地震。灰色丸は2002年から2009年までにOBSのデータを使って走時残差0.5秒以下で決定された地震。M6以上を緑星、M7以上を緑白抜星で示した。震央分布中の黄色星は観測波形にみられる大振幅位相の立ち上がりと初動との走時差から推定した主破壊の開始点。赤色矩形は前震の断層モデル(東北大学[課題番号:1202])

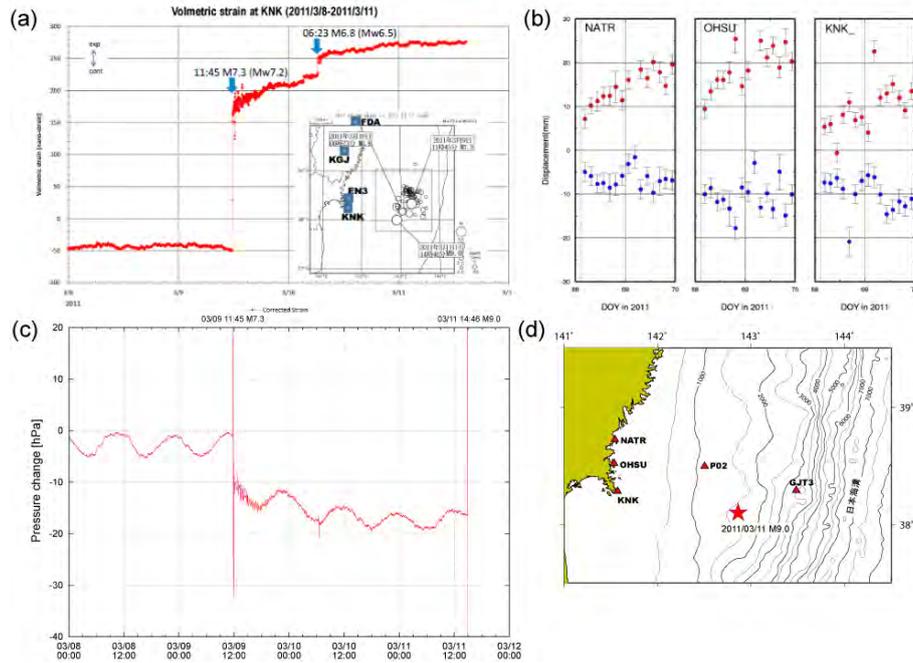


図5 (a) 3月9日の前震前後におけるKNK観測点における体積ひずみの変化。(b) 宮城県沿岸域のGPS観測点における東西(赤)及び南北(青)各成分の変位時系列, 誤差棒は 3σ の信頼区間。(c) GJT3とP02観測点の海底圧力差の時間変化。(d) 観測点配置(東北大学[課題番号:1202])

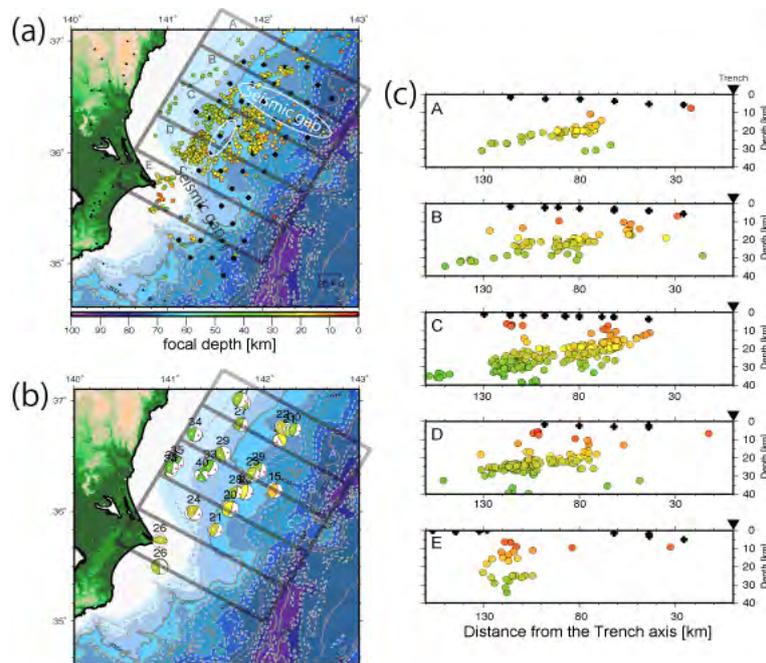


図6 平成20年に実施した長期観測型海底地震観測による房総沖～茨城沖の震源分布。十字が長期観測型海底地震観測点の位置, 丸が得られた震源位置であり, 色は震源の深さに対応している。(a) 震源分布図。領域Bや領域CとDにかけての白楕円で示す場所や, 領域DからEにかけて存在するフィリピン海プレートとの接触部などは地震活動度が低い。(b) 防災科学技術研究所によるメカニズム解と, 海底地震観測により得られた震源の深さ(震源球の上の数値)。(c) 各領域A-E別の震源深さ断面(東京大学[課題番号:1403])

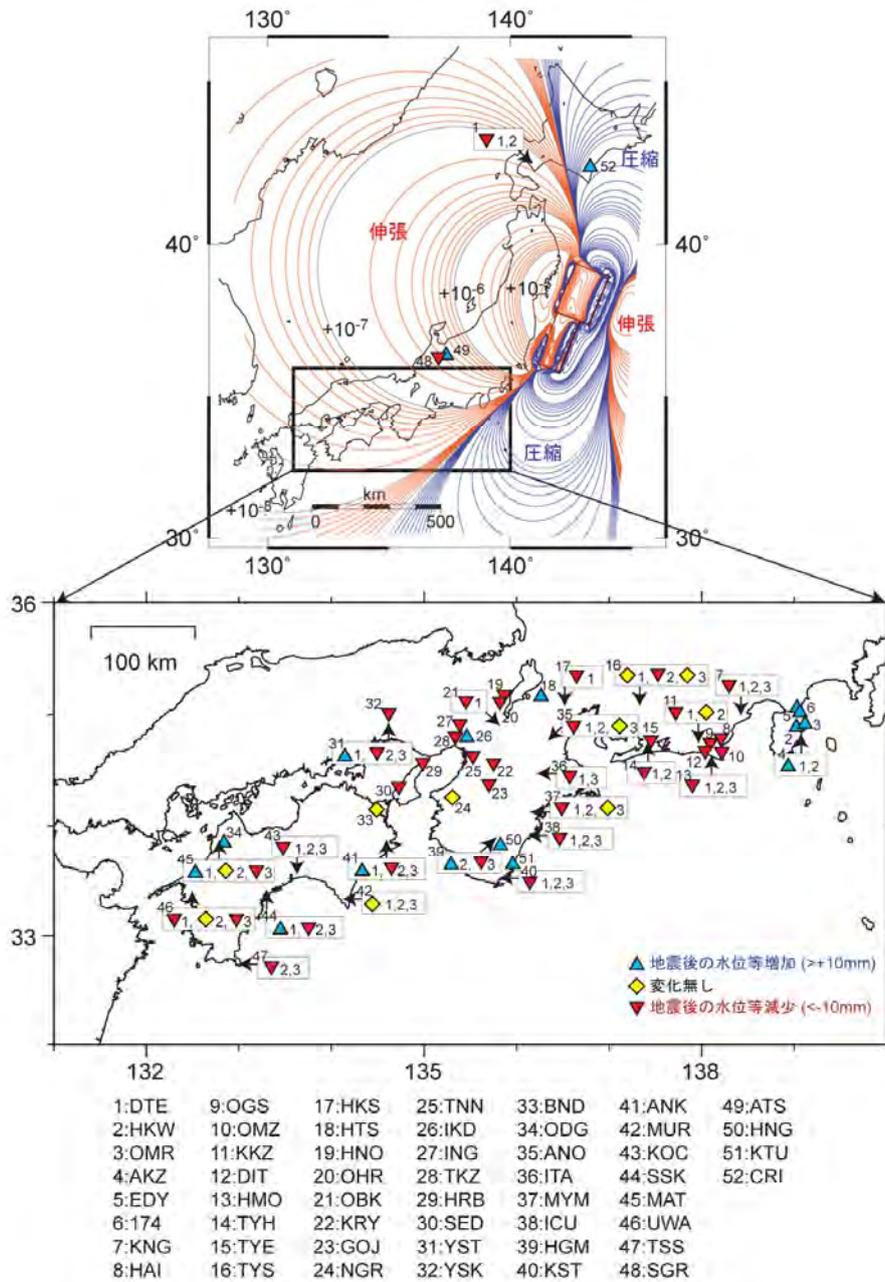


図7 産総研の観測井における東北地方太平洋沖地震後1日間での地下水位・地下水圧・自噴量変化。
 (上) 地震の断層変位による静的な体積ひずみ変化の分布と4観測点(5観測井)での地下水位・自噴量変化,
 (下) 東海・近畿・四国の48観測点(82観測井)での地下水位・地下水圧・自噴量変化。複数の観測井がある観測点では、観測点ごとに深い観測井から順に1, 2, 3と通し番号を付けて、観測点番号を付けた矩形の中にそれぞれの観測井での変化を示した(北川・小泉, 2012)
 (産総研 [課題番号: 5002])

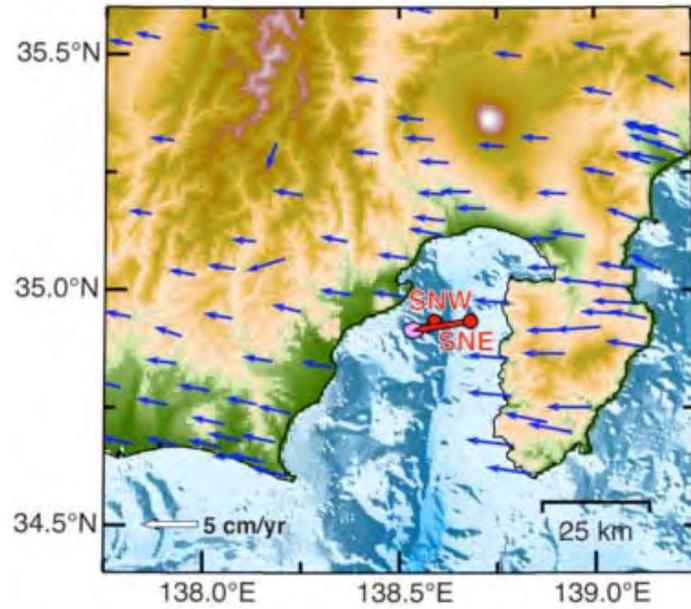


図8 駿河湾SNE観測点におけるアムールプレートに対する変位速度ベクトル（名古屋大学〔課題番号：1701〕）

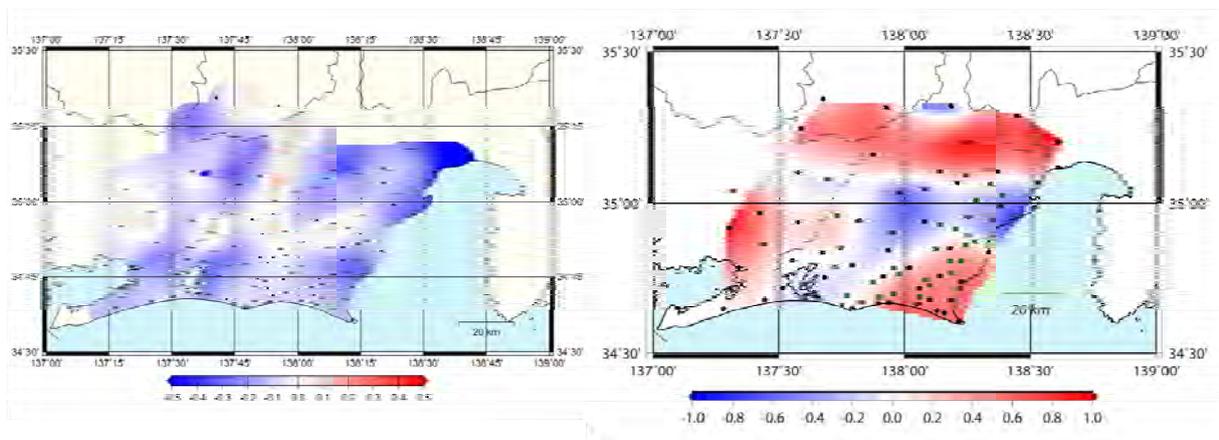


図9 東海地方のGPS観測から求めた東北地方太平洋沖地震発生前後の面積ひずみ速度。（左）地震前（2005/8/1～2006/12/31）、（右）地震後（2011/3/17～2011/7/13）。赤は伸長、青は収縮を示す。単位： μ strain/yr（東京大学〔課題番号：1404〕）

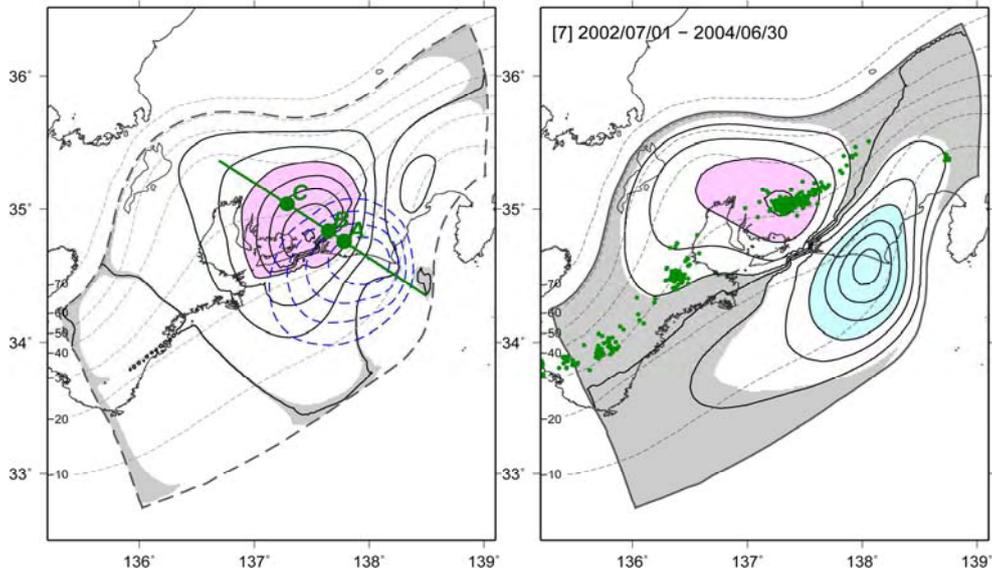


図10 2002年7月1日~2004年6月30日の期間における（左）従来の手法による“東海スロースリップ”と（右）本研究によるスロースリップと固着の領域。従来の手法より本研究によるスロースリップの領域が深い方によっていることがわかる。同期間の深部低周波微動（緑点）の分布も示す（東京大学 [課題番号：1404]）

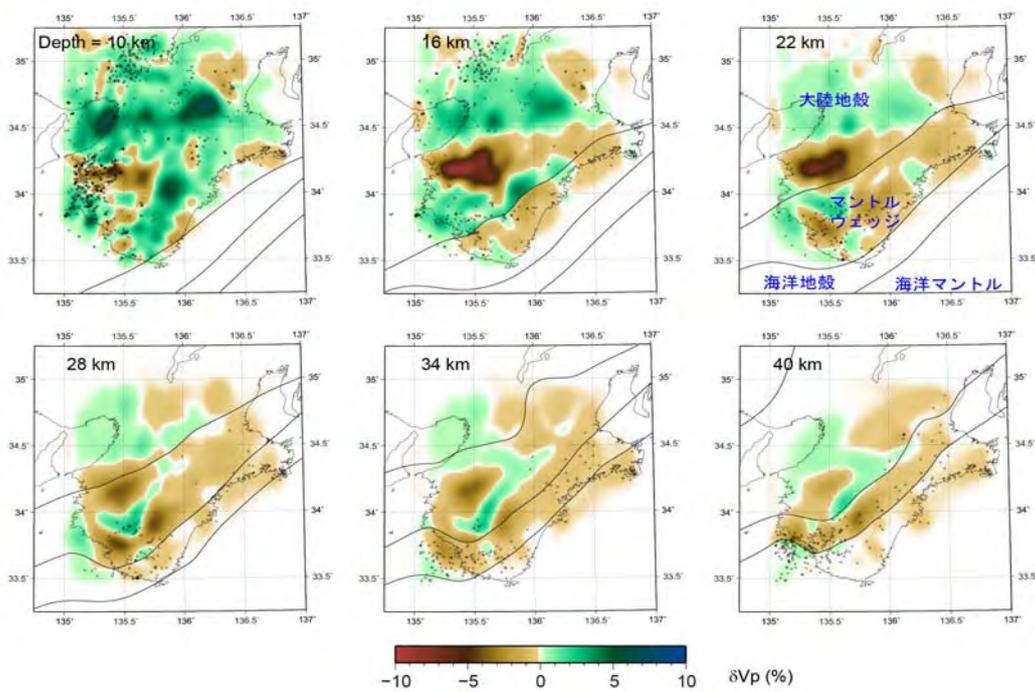


図11 地震波速度トモグラフィーによって求めたP波速度の初期モデルからのパータベーション。初期モデルはJMA2001（上野・他，2002）を基準とし，海洋地殻の速度を-5%，海洋マントルとマントルウェッジの速度を+5%と与えた。○はトモグラフィーに用いた地震のうち各深さ断面の近傍で発生したものを表す。太線は北から大陸モホ面，海洋地殻上面，海洋モホ面を示す（京都大学 [課題番号：1801]）