

課題番号：1218

○実施機関名：東北大学

○研究課題（または観測項目）名：
高サンプリング GPS 観測・解析技術の高度化と火山観測への応用

○この研究課題（または観測項目）の連絡担当者：太田 雄策

○平成 23 年度のこれまでの成果の概要：

3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震が発生したため、本地震に関して平成22年度中に開発したリアルタイムGPS 時系列における変位の自動検知および変位量推定アルゴリズムを適用する数値実験を主に行った。またリアルタイムGPS 時系列による変位自動検知アルゴリズムの実リアルタイムデータへの適用のためのプロトタイプを開発し、運用を開始した。以下に各項目について詳細を述べる。

1) リアルタイムGPS 時系列に基づく地震時断層面即時推定手法の開発

平成22年度に開発を進めてきたリアルタイムGPS 時系列データから永久変位を自動的に検出する手法を、2011年東北地方太平洋沖地震時の国土地理院GEONET 1秒サンプリングGPS データに対して適用し、精度評価を行った。その結果、東北日本全域における東向きの変位および沿岸地域の顕著な沈降を自動検知することができた。また変位量推定では、日座標値との比較から水平成分において10cm程度の差異で変位量の推定が可能であることを示した。日座標値による変位には余効変動や余震等による地震時変動が別途含まれていることを考慮すると、リアルタイム処理で推定された変位量はほぼ正確に地震時変位を捉えていると考えられる。さらに推定された地震時変動場を説明する断層面推定をMatsu'ura and Hasegawa (PEPI, 1987) のインバージョン手法により逐次(20秒毎)推定し、地震規模を迅速に把握する手法を開発した。その結果、地震発生後から約180秒間で M_w が8.7に到達することをほぼリアルタイムで把握可能なことが分かった。(図3)。これは、リアルタイムGPS データを用いることによって、地震発生後、極めて早い段階(数分以内)で巨大地震($M8$ 超)の規模推定が可能であることを示す結果である。

(2) リアルタイムGPS 時系列の常時監視システムのプロトタイプ開発および試験公開

上記で述べたリアルタイムGPS 時系列に基づく変位自動検知アルゴリズムの実運用に向けて、実際に長距離リアルタイムキネマティック解析を行いつつ、変位自動検知を行うシステムのプロトタイプを開発した。一部解析結果に関してはWEB上(<http://www.aob.gp.tohoku.ac.jp/ohta/rtk/>)において準リアルタイムでの試験公開を開始した。

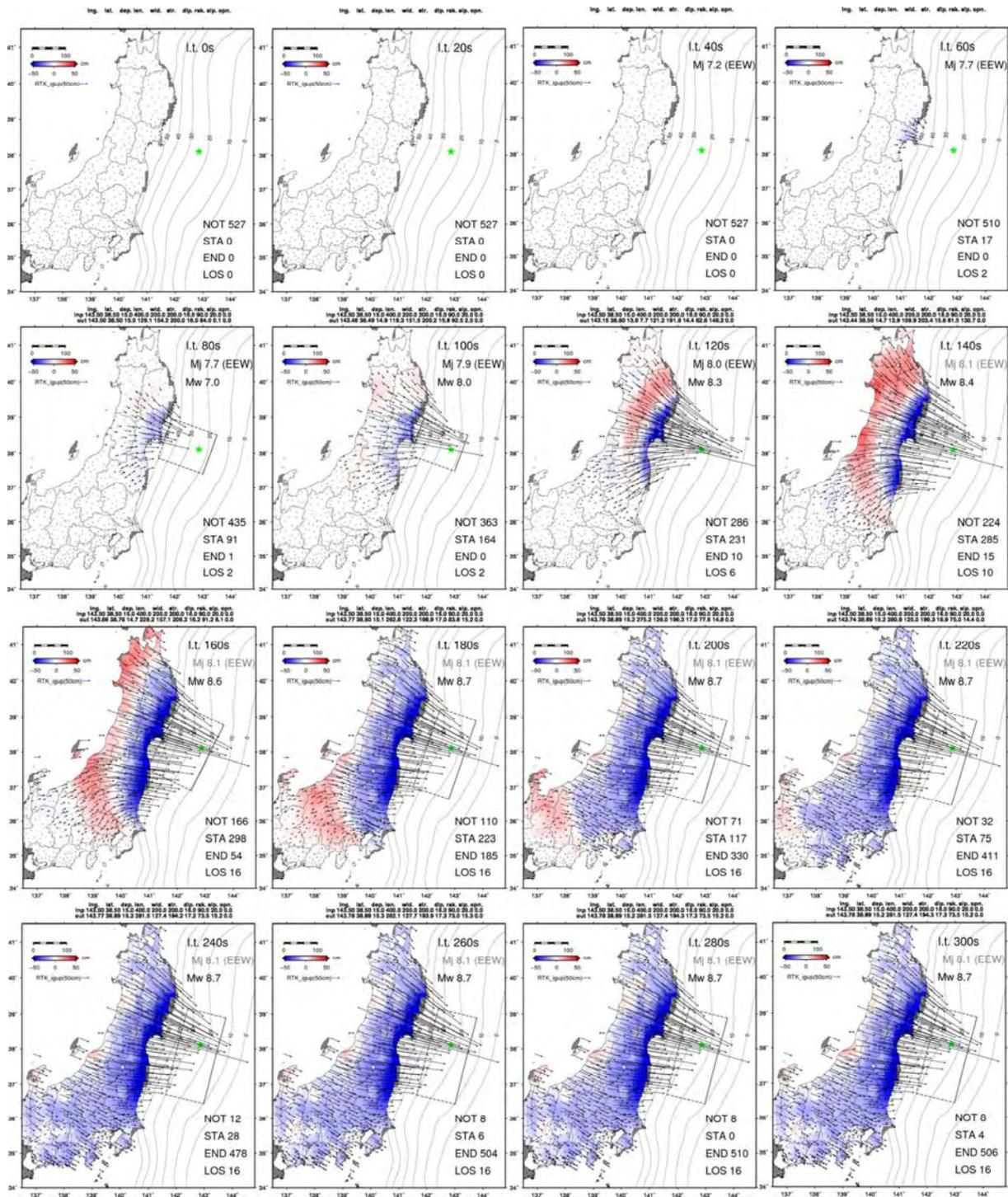


図3 RTK-GPS 時系列に対してLTA/STA を用いた変位の自動検知、変位量の自動推定アルゴリズム(Kobayashi et al., 2010) を適用して得られた2011 年東北地方太平洋沖地震の水平(矢印)、上下変動場(赤、青色)のスナップショット。図中黒矩形が得られた変動場から推定された震源断層モデル。図中に気象庁緊急地震速報によるMと本手法で推定されるMw を併記した。地震発生後430 秒時点で中部日本に広く現れている南東向きの水平変動は、変位量の自動推定を行う際に地震波の影響を受けて誤推定しているために生じており、変位量推定アルゴリズムの改良が今後必要である。

課題番号：9100

○実施機関名：東北大学

○研究課題（または観測項目）名：

2011年東北地方太平洋沖地震に関する緊急研究－陸域観測－
サブテーマ1. 巨大地震発生過程の調査

○この研究課題（または観測項目）の連絡担当者：海野 徳仁

○平成23年度のこれまでの成果の概要：

サブテーマ1（巨大地震発生過程の調査）の実施のため、2011年東北地方太平洋沖地震の震源域の広がり北端・南端に該当する陸域の領域において、オフライン観測による稠密・広帯域・高サンプリング地震観測を開始した。岩手県沿岸地域においては既存の広帯域観測点を埋めるように、17点の広帯域地震観測点を設置した。また、東北大学の既存の短周期地震計観測点7点において、サンプリング周波数1kHzの収録による臨時観測を既存の観測設備に並列することで実施した。それ以外にもオフライン観測により東北地方内陸部において既存の観測網の稠密化を行った。（図1）

関東の太平洋沿岸地域において、およそ10点の広帯域地震観測点を設置した。現在観測は順調に行われており、今後収録したデータを用いて、各研究・解析項目を実施する予定である。

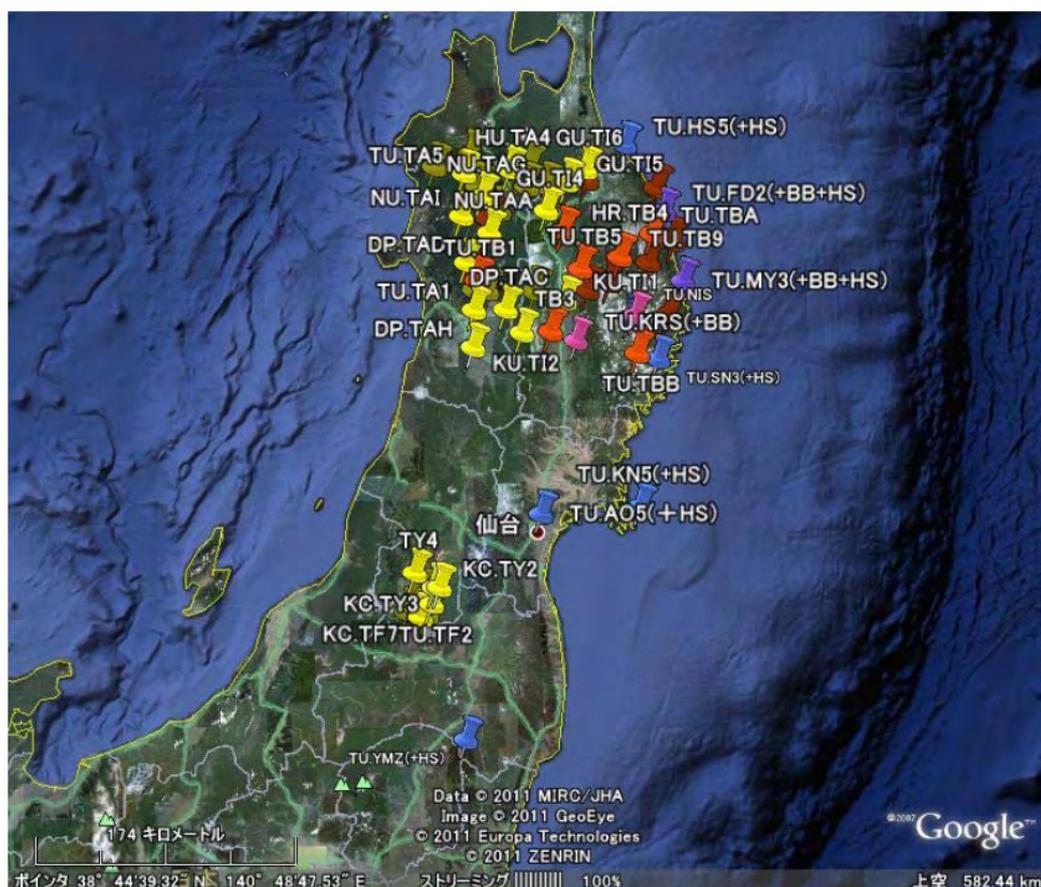


図1 東北地方における、広帯域（橙）、高サンプリング（青）、短周期（黄）の臨時観測点分布。

課題番号： 1403

○実施機関名：東京大学地震研究所

○研究課題（または観測項目）名：

東南海・南海地域および日本海溝・千島海溝周辺の地殻活動モニタリングの高度化

○この研究課題（または観測項目）の連絡担当者：篠原 雅尚

○平成 23 年度のこれまでの成果の概要：

長期観測型海底地震計を用いて行われた過去の観測データを基に、房総沖～茨城沖の解析を実施した。さらにその結果と、同領域における 2011 年東北地方太平洋沖地震発生直後の地震分布と比較を行い、共通の地震活動域・非活動域を抽出した。

平成 20 年に房総沖～茨城沖で、文部科学省委託研究「東南海・南海地震等海溝型地震に関する調査研究」により、50 台の長期観測型海底地震計を用いた観測が実施された。このデータと、定常観測やその他の臨時観測データをあわせて、長期地震観測期間中の当該地域の震源分布を求めた。震源はいくつかの領域にクラスター状に分布しており、これらのクラスター間の境界には、幾つかの震源の空白部が認められる。この空白部の中で、もっとも空間的に広域にひろがっているものは、太平洋プレートとフィリピン海プレートが地下で接触していると考えられる付近である。この地域を境として、震源の深さ分布の形状も大きくことなる。太平洋プレートが陸側プレートの下に沈み込んでいる北側地域では、震源分布は、比較的プレートの沈み込みに沿って分布している。一方、フィリピン海プレートが介在して存在する南部では、震源はさまざまな深さに分布している。これらの平成 20 年の震源分布と、気象庁による平成 23 年東北地方太平洋沖地震発生直後の震源の時空間変化を比較した。太平洋沖地震発生後の震源は時空間的に幾つかの塊に分類され、それらの境界は、2008 年の震源分布でも地震活動の少ないところに対応するようにみえる。特にフィリピン海プレートの接触部付近で顕著であり、プレート境界付近の不均質構造が、このような震源分布様式に影響していると考えられる。

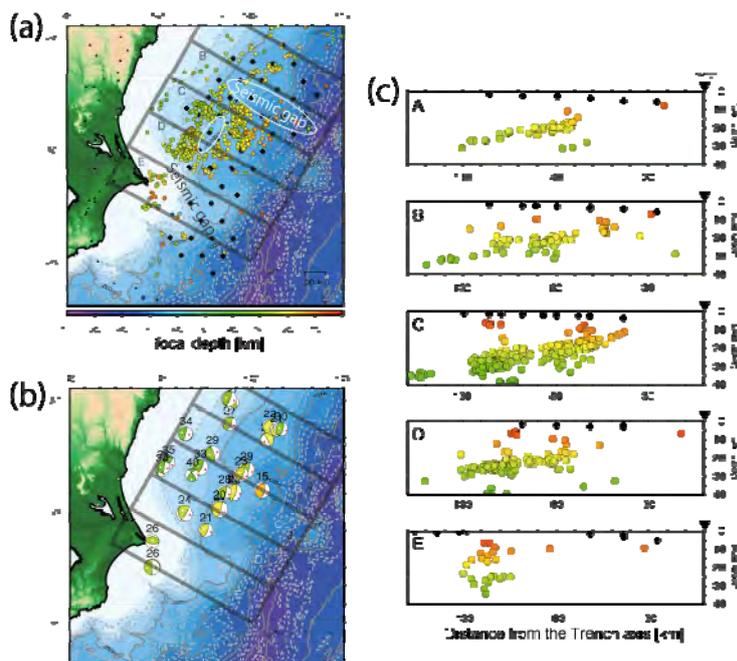


図 1 平成 20 年に実施した長期観測型海底地震観測による房総沖～茨城沖の震源分布。十字が長期観測型海底地震観測点の位置、丸が得られた震源位置であり。色は震源の深さに対応している。(a) 海底地震観測データおよび定常地震観測データ併合処理により得られた震源分布図。領域 B や、領域 C と D にかけての白楕円で示す場所や、領域 D から E にかけて存在するフィリピン海プレートとの接触部などは、地震活動度の低い地域であった。(b) 防災科学技術研究所によるメカニズム解と、海底地震観測により得られた震源の深さ（震源球の上の数値）。(c) 各領域 A-E 別の震源深さ断面。

課題番号： 1404

○実施機関名：東京大学地震研究所

○研究課題（または観測項目）名：東海地方における地殻活動モニタリングの高度化

○この研究課題（または観測項目）の連絡担当者：加藤 照之

○平成 23 年度のこれまでの成果の概要：

重力： 東北地震太平洋沖地震後の平成23 年3 月23 日～3 月28 日に御前崎および豊橋において、絶対重力測定を実施した。23 年度にデータ解析を行い、地震前の平成23 年1 月下旬の同地の測定値と比較して、御前崎で6 マイクロガルの減少、豊橋では± 0 マイクロガルという変動量を得た。

電磁気： 2011 年3 月15 日静岡県東部地震 (M6.3) に伴い、東海地方に展開する地磁気観測点のうち富士宮観測点(FJM)で全磁力の約2nT の減少が検出された。断層の南西端に位置する同観測点とともに、断層の北東端に位置する国土地理院の富士吉田観測点 (FUJ) 観測点では約1nT の全磁力の増加、これに隣接する東大地震研の観測点 (FJ1) では約1nT の全磁力の減少がそれぞれ検出された。国土地理院、防災科研が公表した断層モデルを踏まえて解析を行った結果、線形ピエゾ磁気理論 (Sasai, 1991; Utsugi et al., 2000) に基づく応力変化に伴う磁場変化として説明しうる可能性が確認された。

課題番号： 1410

○実施機関名：東京大学地震研究所

○研究課題（または観測項目）名：日本周辺のプレート運動の精密推定

○この研究課題（または観測項目）の連絡担当者：加藤 照之

○平成 23 年度のこれまでの成果の概要：

2011 年 3 月 11 日に東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0) が発生したことを受け、緊急の調査研究を行った。実施した研究内容は (1) 本地震に伴って東北地方太平洋沿岸が沈降したことに関して、地形学的証拠からリバウンドの可能性について論じたこと、と (2) 地震時及び地震後の地殻変動観測データから地震時及び地震後のすべり分布を推定したこと、の 2 点である。以下にそれぞれについて述べる。(1) 第四紀後期の最近十万年の期間、東北から北海道にかけての太平洋沿岸においては海岸段丘の発達等から安定ないし微小の隆起 (0.3-0.5mm/yr) であることが知られている一方、最近の測地学的観測 (例えば潮位記録) からはこの地域は最近数十年では 6-10mm/yr の定常的な沈降が観測されてきた。従って、この沈降が回復する何らかのメカニズムがあるべきであることが指摘されてきた。通常海溝沿いに発生する巨大地震では M7~M8 クラスの地震では沈降が回復しないばかりでなく、逆に沿岸の沈降を引き起こすことが知られている (例えば 1974 年根室沖地震、2003 年十勝沖地震)。そこで、プレート深部まで一度に破壊する超巨大地震や深部に及ぶ余効すべりなどのモデルが提唱されている。今回の地震では、地震時は三陸沿岸が広範囲に沈降したことから前者の仮説は適当でないことが明らかとなった。地震後は宮城県沿岸を中心に余効的な隆起を示すことから、大規模な余効すべりが期待される。地震後 2 カ月程度の余効的な隆起を示す観測記録に対数関数をあてはめて余効すべりがどのように沈降を回復するか調べたところ、地震地滑りを回復するためにはプレート境界深部が 2~3 m 程度すべることが必要であり、今後 10 年程度で地震地滑りを回復するであろうことが判明した。しかしながら、地震前に蓄積してきた大きな沈降を回復するのは、その沈降が海洋プレートの引きずり込みによる弾性的な応答と考える限りは困難であることも判明した。この結果はまだ予察的なものであり、今後の地殻変動の推移を注意深く観察する必要があるが、これまでの沈降のメカニズムとして例えば、ひとつ前の地震の粘弾性的な余効変動などを考える必要があると考えられ、現在定量的なモデルについて考察中である。

(2) 地震時のすべり分布については、GEONET データの他、海上保安庁による海底地殻変動データも使用した。まず、GEONET データは 30 秒データに基づいてキネマティック解析を行い、地震時の変位と本震の約 30 分後に発生した最大余震時の変位を分離した。この結果、本震時には最大で 5.3m の水平変位、1.1m の沈降が、また最大余震では 0.45m の水平変位と 0.16m の沈降があったことが推定された。これに本震時の地殻変動として Sato et al. (2011) による GPS/音響システムに基づく海底地殻変動データを付加してインバージョン解析を行って、本震及び最大余震時のすべり分布を推定した (図 1)。計算値から本震時には 36° N~39.5° N の約 400km の領域において最大 45.6m のすべりのあったことが推定された。これから、等価なモーメントマグニチュードを計算すると約 8.9 となった。一方、最大余震では最大すべり量は約 1.9m で、等価なモーメントマグニチュードは約 8.0 となった。さらに、地震後約一か月のデータに基づいてすべりの時間発展を推定した。この推定についての詳細は課題 1702「プレート境界地震のための地殻活動予測シミュレーション・データ同化システムの構築」を参照されたい。

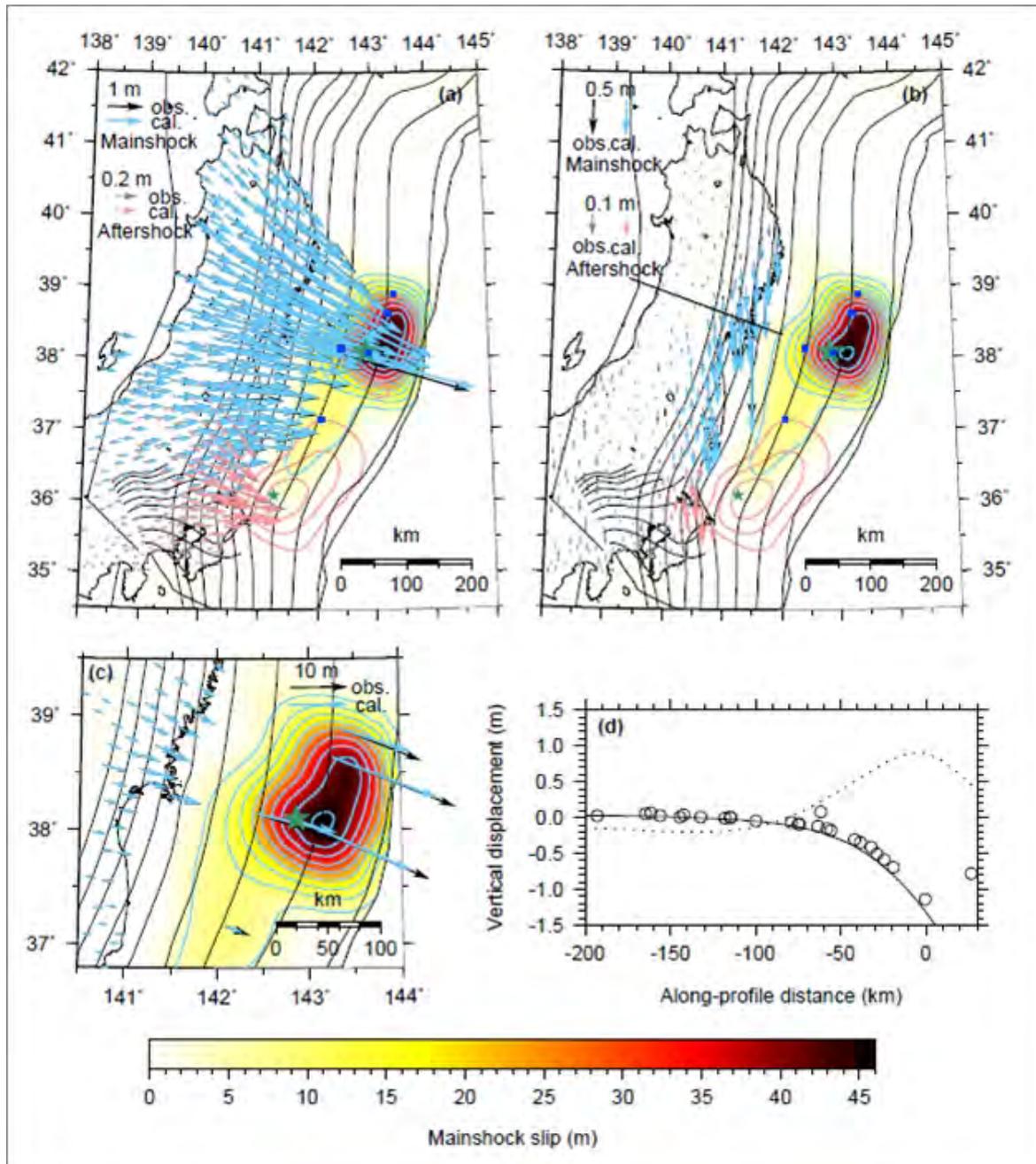


図4 (a) 本震時 (カラースケールと 5 m 毎のコンターで表示) と最大余震時のすべり分布 (0.5 m 毎のコンターで表示)。ベクトルは陸のGPS の水平変位の観測量 (黒) と計算値 (青) を示す。(b) (a) と同じであるが、観測ベクトルは上下変位を示す。また、図(d) のためのプロファイル黒線を示す。(c) (a) と同じであるが、海底地殻変動の水平変位 (観測値と計算値) を示す。(d) ○印: 上下変位の観測値、実線: 本震時の上下変位の計算値。点線: 深さ40-90km のプレート境界が2.5m すべったと仮定したときの上下変位。海岸線 (0km の地点) でほぼ地震時の沈降が解消されることがわかる。(Aoki et al., 2011)

課題番号： 1412

○実施機関名：東京大学地震研究所

○研究課題（または観測項目）名：

非火山性地震の発生メカニズムの解明—震源域深部の地殻内流体との相互作用

○この研究課題（または観測項目）の連絡担当者：加藤 愛太郎

○平成23年度のこれまでの成果の概要：

「2011年東北地方太平洋沖地震の前震活動：震源移動と潮汐応答」

2011年東北地方太平洋沖地震(M9.0)の前震活動に注目した。2月中旬から本震発生にいたるまでの間に、本震の震源付近では3月9日のM7.3を含む333個の震源が気象庁によって決定されている。しかしながら、手動読み取りではSN比が顕著に高い地震のみを取り扱うため、SN比が若干劣る多くの地震が検出されていない可能性が高い。そこで、未検出の地震を検知するために、連続波形データに対して、気象庁一元化処理震源333個を基準地震(テンプレート)として用いて、Matching-Filtering法を適用した。2月13日から本震発生直前までの連続波形データを用いた。

本解析により、2011年2月16日のM5.5を伴う地震活動を始まりとして、震源の南南西への移動が明らかとなった。震源の移動速度は、2-5 km/dayであり、その際、地震活動の潮汐応答が有意となった。さらに、3月9日のM7.3の地震発生後にも、南南西への震源移動が見られ、移動速度は平均約10 km/day (M7.3発生後から徐々に減速)であった。この際にも潮汐応答が有意となった。これらの震源移動は、M9.0の震央に近づく傾向であった。2月中旬から本震発生にいたるまでの活動には、繰り返し地震が含まれておりプレート境界面上でのゆっくり滑りが生じていたことを意味する。さらに、震源の南南西への移動が見られた期間は潮汐応答が生じており、応力レベルが破壊強度に近い状態にあったことを示唆する。これらの本震へ向かうゆっくり滑りが、本震発生の引き金になった可能性が考えられる。また、今回解析した地震の全領域のb値は、0.5以下と非常に低い値となった。

「茨城県北部の誘発地震活動」

本震発生の約9分後に、茨城県北部においてM5.7の浅い内陸地震が誘発された。その後、茨城県北部と福島県南東部で地震活動が活発化した。3月中に茨城県北部で発生した地震の震源を再決定したところ、西側へ約40~50度傾斜した複数の震源の並びが見られた。一部、西傾斜の断層面と共役関係にある東傾斜の断層面も存在する。これらの断層面は、中規模地震の節面の一つに概ね一致しており、正断層応力場に調和的な幾何形状である。さらに、東北地方太平洋沖地震による応力場の変化に注目するために、ほぼ同じ領域で発生した地震の本震発生前後の地震のメカニズム解を比較した。その結果、本震発生前は東西方向に圧縮軸を持つ逆断層運動に適した応力場であったが、本震発生後は、東西方向に引張軸を持つ正断層場へ変化したことが明らかとなった。M9.0の地震により水平方向に引張された結果、最大・最少主圧縮軸が入れ替わり上記のような応力場の変化が生じたと考えられる。

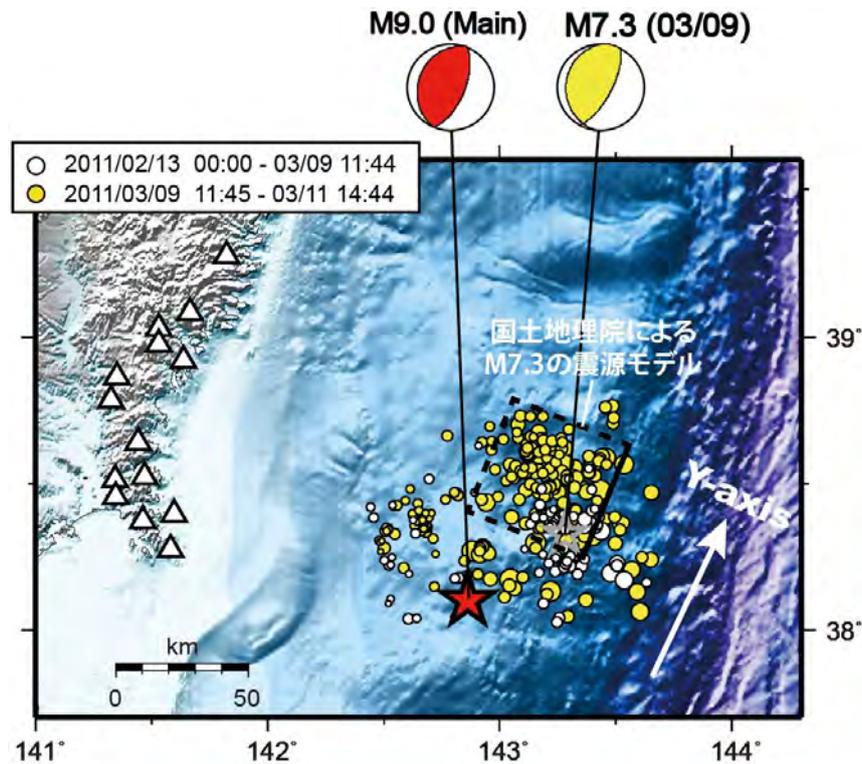


図5 Matched filter technique に用いた基準地震 (テンプレート:333 個) の震央分布を示す。解析に使用した観測点を△印で表す。国土地理院による3月9日のM7.3の震源断層モデルも重ねて示す。

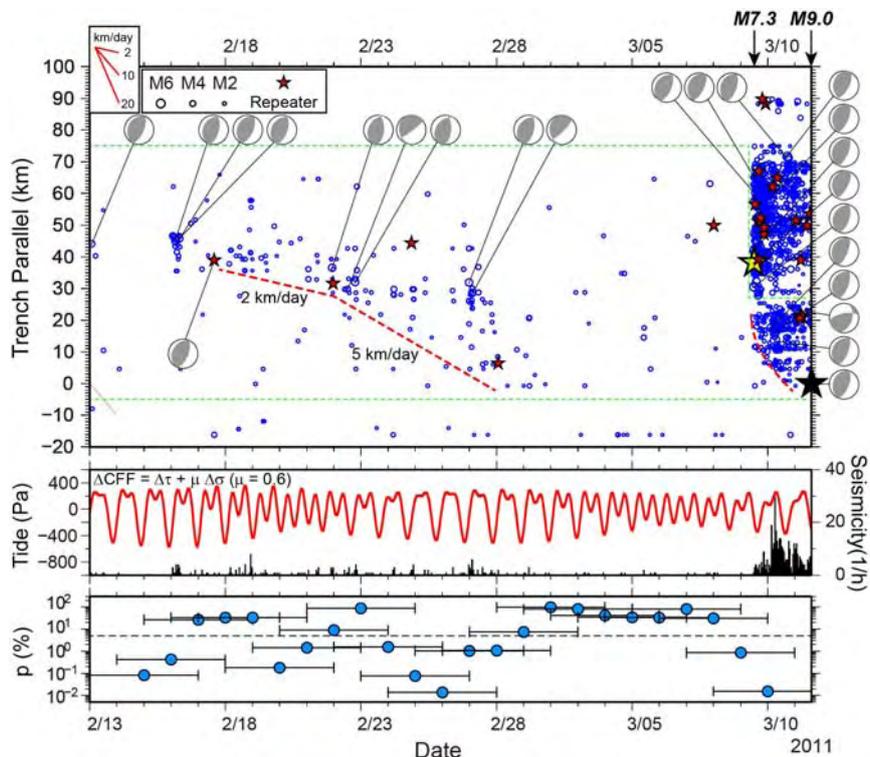


図6 (a) 日本海溝沿いに投影した震源距離の時間変化を示す。○印は検出された地震 (大きさはマグニチュードに依る)、震源球は代表的なメカニズム解、赤色☆印は小繰り返り地震、黄色☆印は3月9日のM7.3の地震、黒色☆印はM9.0の本震を表す。(b) 図6a中の緑色の破線内の地震活動度と、潮汐による応力変化を示す。(c) Schusterの検定によるp値の時間変化を示す。p値が5%以下の時、地震活動と潮汐に有意な相関があると考えられる。

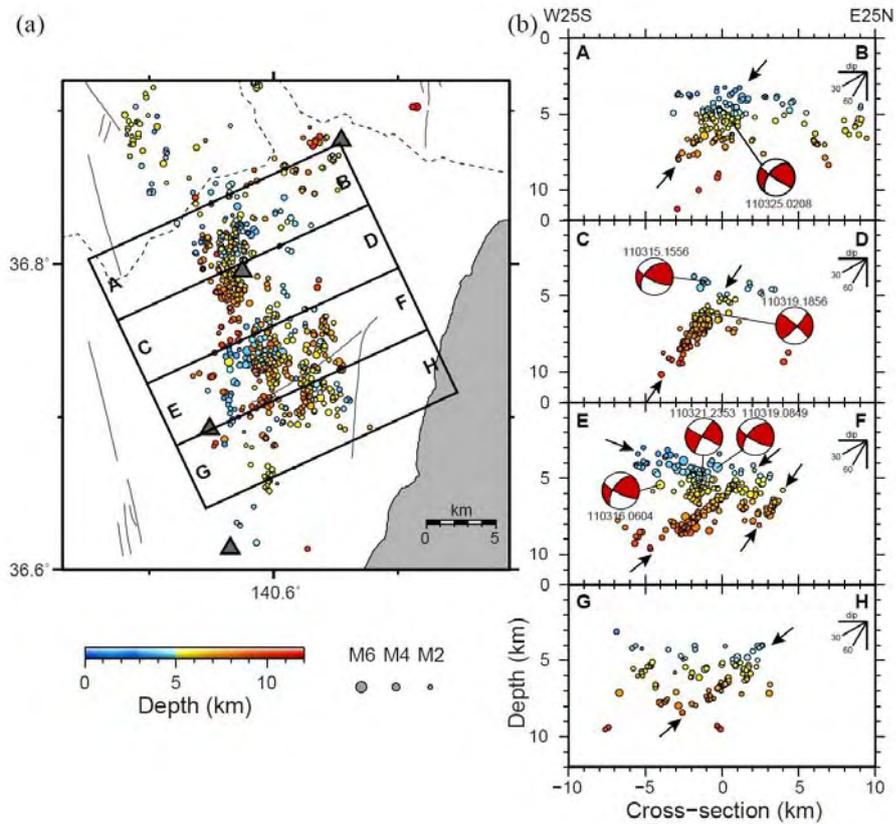


図7 茨城県北部で発生した誘発地震活動の再決定震源分布. 各深断面図上に投影した代表的な地震のメカニズム解を重ねて示す.

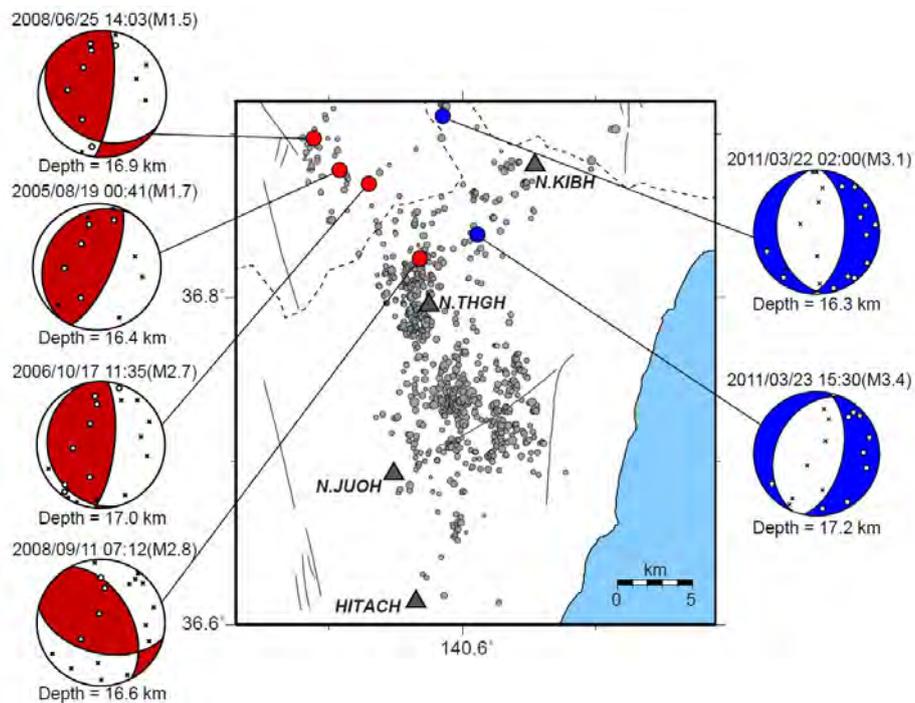


図8 東北地方太平洋沖地震前後のメカニズム解の変化 (P 波初動の極性分布も併せて示す). 各震源球の上下に、震源の発震時刻、マグニチュード、深さを表す.

課題番号： 1416

○実施機関名：東京大学地震研究所

○研究課題（または観測項目）名：

海域から陸域までの総合的調査・観測によるアスペリティの実体解明

○この研究課題（または観測項目）の連絡担当者：篠原 雅尚

○平成23年度のこれまでの成果の概要：

平成23年東北地方太平洋沖地震が、3月11日に発生した。この超巨大地震の発生を考える上において、正確な余震分布は重要な情報である。また、破壊領域の研究に、有益な制約を加える。そこで、今回の地震の余震分布を正確に求めるために、本震発生後4日目から、計73台の海底地震計の震源域への設置を開始した。これにより、本震発生以前から震源域で観測を行っていた海底地震計と併せて、総計121点での海底地震観測を4月初めより、実施した（図6）。この緊急観測のために設置した海底地震計は、約1ヶ月の観測を行った後、49台の海底地震計を順次回収した。さらに、ほぼ同一地点に新規の海底地震計を再度設置し、観測を継続すると共に、観測網を広げるために、計65台の海底地震計を5月始めまでに設置した。これらの海底地震計は、解析を実施するために、6月始めから回収を行っている。ほぼ100台規模での余震観測となっている。観測域は、陸上観測網から活発な地震活動が求められていた、ほぼ500km x 200km の領域とし、海底地震計の設置間隔は約25km である。この観測網により震源域ほぼ全域をカバーすることができた。デジタル収録式海底地震計には、いくつかの種類を用いた。もっとも数が多いものは、固有周波数4.5Hz の3成分地震計センサーを搭載したガラス球を耐圧容器としたものである。この海底地震計の観測期間は、1-3ヶ月である。いくつかの海底地震計は、固有周期1秒の地震計センサーを用いている。このタイプの海底地震計は、耐圧容器にガラス球またはチタン球を用いている。さらに、地震計センサーに広帯域地震計センサーや加速度計を用いた海底地震計も使用した。チタン球を耐圧容器に使った海底地震計は、観測期間はほぼ1年まで可能である。地震計センサーからの信号は16 または24 ビットの分解能でA/D 変換され、ハードディスクなどに記録される。時刻制御には高精度水晶発振子を用いた。使用した全ての海底地震計は、音響切り離し方式の自己浮上型である。海底での海底地震計の位置は、GPS による観測船位置および音響測距による。

震源域南部において、本震発生以前から34台の長期観測型海底地震計が設置されていた。このうち、3台の海底地震計を3月30日に回収し、余震の深さ分布を求めた（図7）。3月12日から19日までの99個の余震の震源決定を行った結果、余震は深さ5-30km で発生していること、太平洋プレートと日本列島のプレートの境界で多く発生していることがわかった。また、余震は、陸側プレートの6.2-km/s層および、太平洋プレートの地殻内でも発生している。太平洋プレートのマントル内には、余震は発生していなかった。この領域で2008年に行われた制御震源構造探査実験の結果からは、南から沈み込むフィリピン海プレートが、日本列島の下に沈み込む太平洋プレートと接触していることが推定されている。今回求めた余震発生領域の南限は、この2つの海洋プレートが接している領域に対応する。本震とそれに伴う一連の破壊伝播は、2つの海洋プレートが接している領域で停止したことが推定される（図8）。

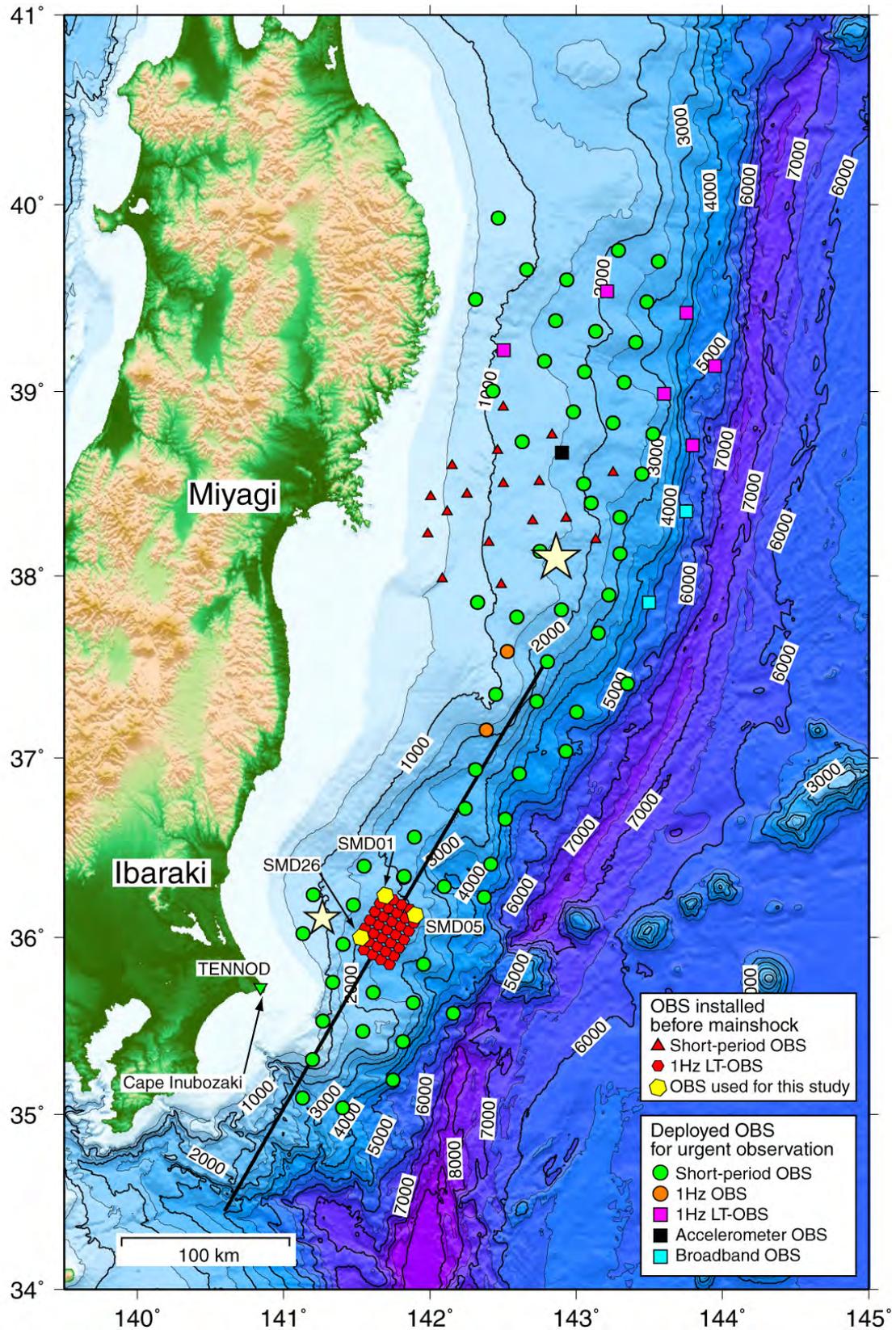


図6 2011年4月8日時点での海底地震計の配置図。三角と六角形で示す海底地震計は、本震発生前から設置されていた。丸と四角は、余震観測のために、本震後に設置した海底地震計の位置を示す。海底余震観測には、他種類の海底地震計が使用された。黄色の六角形で示す海底地震計は、3月30日に回収され、緊急解析に使用された。黒線は、2008年に本研究課題により行われた海底地震構造探査測線を示す。

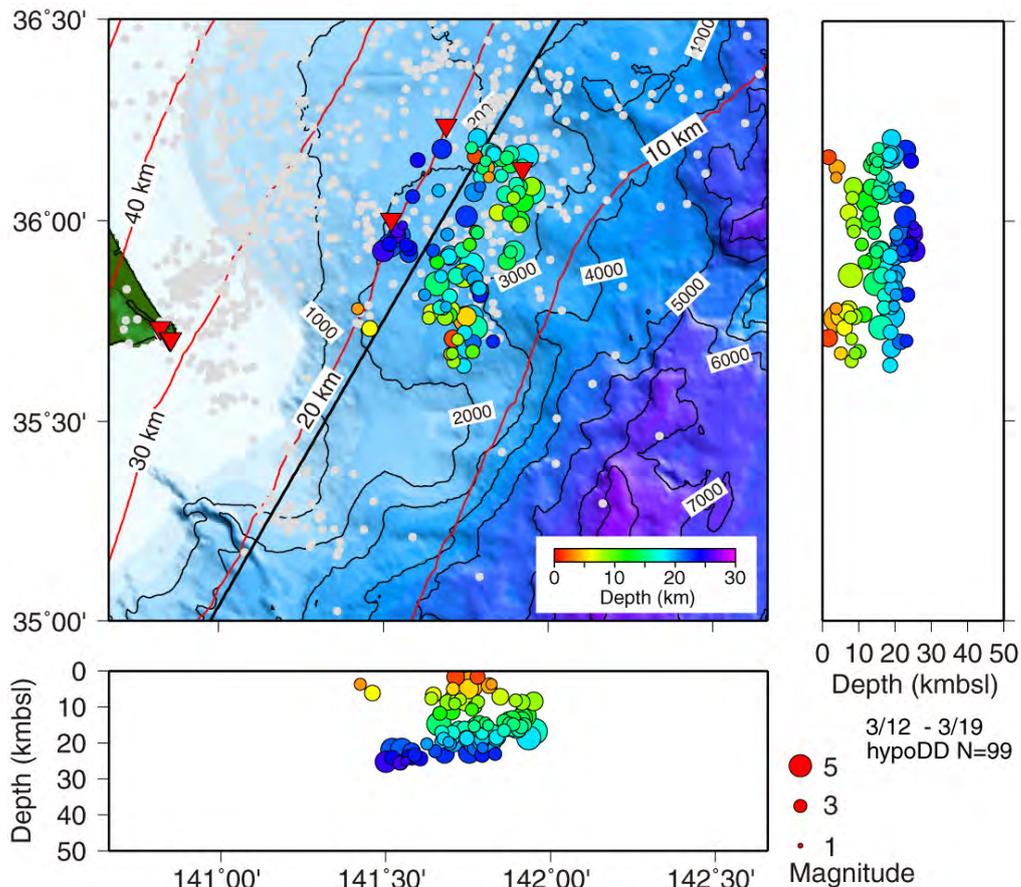


図7 2011年3月12日から3月19日までの余震の震源分布。震源決定には、Double-Difference法を用いた。逆三角が震源決定に用いた観測点、丸が震源を示す。平面図中の灰色の丸は、同期間に気象庁により、震源決定された震央位置を示す。黒線は、構造探査測線を示す。赤線のコンターは、海底地震観測による構造探査結果と震源分布により得られている太平洋プレート上面の深さを示す。多くの余震は、深さ5kmから30kmで発生している。

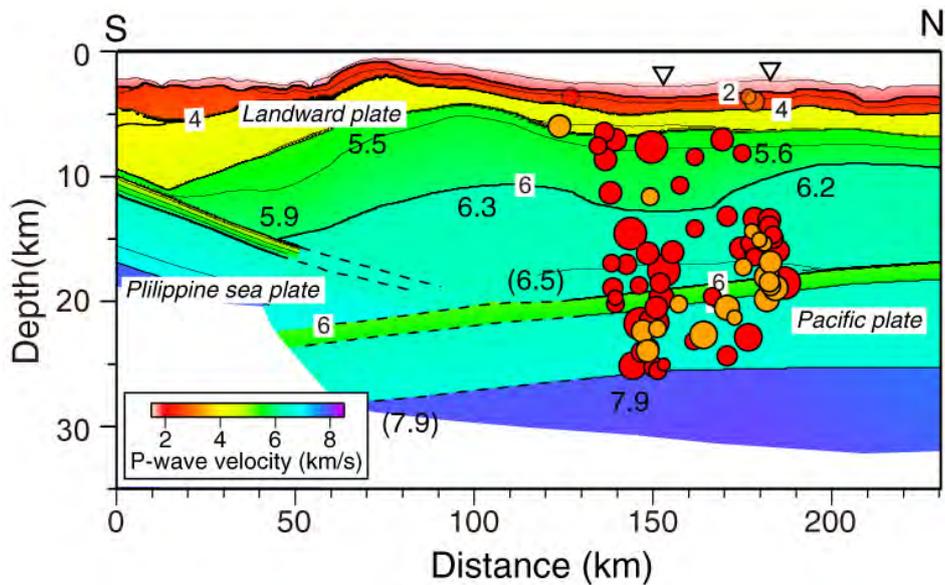


図8 2008年に本研究課題により行われた海底地震構造探査実験で得られた速度構造と余震分布。探査測線からの距離が15km以内の余震震源を投影した。橙色の余震は、測線からの距離が、5km以内である。逆三角は、測線に投影された観測点の位置。余震は、陸側地殻内と沈み込む海洋プレートの地殻内で発生しているが、フィリピン海プレートと太平洋プレートが接触していると思われる領域では、ほとんど余震活動がない。

課題番号：1419

○実施機関名：東京大学地震研究所

○研究課題（または観測項目）名：大地震サイクルと関連した地震活動変化の詳細な解明

○この研究課題（または観測項目）の連絡担当者：鶴岡 弘

○平成 23 年度のこれまでの成果の概要：

東北地方太平洋沖地震前後において、この地震による影響をデルタCFF によって評価した結果、震源が30キロよりも浅い地震は静岡県東部から神奈川県西部で、30キロよりも深い地震は茨城県南西部、東京湾北部で起きやすくなっていることがわかった。

日本における地震活動と地球潮汐との応答性を詳細に検討するために、1km メッシュの地球潮汐定数（固体潮汐と海洋潮汐荷重）のデータベースを作成した。このデータベースにより任意の地震カタログにおいて地球潮汐との関連性を迅速に調査可能となった。

課題番号： 1424

○実施機関名：東京大学地震研究所

○研究課題（または観測項目）名：広帯域シミュレーションによる強震動・津波予測

○この研究課題（または観測項目）の連絡担当者：古村 孝志

○平成 23 年度のこれまでの成果の概要：

(1) 東北地方太平洋沖の地震における強震動と長周期地震動

強震観測網K-NET とKiK-net の1189 観測点で記録された加速度波形を用いて、本地震の強震動特性を調査した。本地震により、岩手県沖から茨城県沖の広い震源域に沿って、東北日本太平洋側全域で0.5～1G の強い加速度が広がり、特に福島県と茨城県の2カ所に大きな地動加速度領域が広がった。加速度波形を岩手から関東に向けて並べると、福島県沖の2カ所から50 秒の時間を空けて強い地震動が放射され、その後、茨城県の直下から3つめの強い地震動が放射される、震源破壊過程のマルチプルショックが確認できた。こうして、継続時間の長い強震動が生成されたことがわかった。

最大加速度の距離減衰を求め、これに日本の距離減衰式 (Shi and Midorikawa, 1999) をM9.0 に外挿して当てはめると、震源距離100km 以遠ではM8 規模の地震の加速度値相当であったことがわかった。強震動域はM8 地震の何倍も広いもの最大加速度値には頭打ちが発生し、大きくならないものと考えられる。

1 G を超える強い加速度を観測した宮城県築館、塩竈、茨城県日立の3地点の加速度波形に対して速度応答スペクトルを求めたところ、周期0.2 秒以下の極短周期地震動成分が強く含まれていることが確認できた(図4)。木造家屋の倒壊に結びつく周期1～2 秒の地震動のレベルは低く、たとえば1995年兵庫県南部地震で震度7を観測した鷹取や葺合地点の1/3 程度であった。こうした強震動の特性は、天井の落下や崖くずれ、液状化現象などの地盤被害・施設被害のいっぽうで、木造家屋の全壊率が地震の規模に比べて低かった原因の可能性が高い。

本地震により、都心では高層ビルが十数分間以上にわたって数十センチメートル以上の振幅で大きく長く揺れるという長周期地震動の影響が報告されている。都心の強震計記録を用いて速度応答スペクトルを求めたところ、周期0.5～20 秒の広い帯域で30cm/s を超える速度応答(減衰= 5%の場合)が確認でき、この揺れにより固有周期の短い低層建築から固有周期の長い超高層ビルまで多様な建物が一緒に大きく揺れたことがわかる。ただし、東京都心で卓越する長周期地震動(周期6～8秒)のレベル(最大速度応答値)は、2004 年新潟県中越地震において同地点での観測値と同程度であり、1944 年東南海地震における追手町での観測値の1/3 程度であった。これまでも南海トラフの地震に対して、宮城県沖の地震では長周期地震動のレベルが小さくなることが報告されている。日本海溝と南海トラフのプレート境界の堆積層構造(付加体)の違いが長周期地震動の伝播と発達特性に影響していると考えられる。

(2) 東北地方太平洋沖の地震により生まれた巨大津波

釜石沖の2点の海底ケーブル津波計記録には、地震発生直後から海面が徐々に2 m 盛り上がり、その後急激に5 mにまで波高が上昇するという、二段階の津波波形が記録されていた(図5)。

この特異な津波計記録を説明するために、フォワードモデリングに基づいてプレート境界の各地点の断層滑り量を見積もった。そして深部プレート境界(深さ10～40km)の滑り(10～20m 程度)に加えて、さらに福島県沖の海溝付近の浅部プレート境界(深さ0～10km)で最大57m の大きなずれ動きが起きたことが確認された(図5)。海溝付近の浅部プレート境界の大滑りによる海底面の局所的な大きな隆起が、沿

岸で10~20 mを超えるような巨大津波の原因であると結論づけられる。

海溝付近の大きなずれ動きが起きた場所は、1896年明治三陸地震と1677年延宝房総沖の地震（いずれも津波地震）の間、すなわち津波地震の空白域であった。今回の地震では、宮城県沖を震源とした始まった深部プレート境界の滑りが海溝付近の浅部プレート境界にまで進行し、プレート境界が大きなずれ動き（オーバーシュート）したと考えられる。

こうした、通常地震の連動と津波地震との大連動は、宮城県沖だけでなく、他の場所でも起きる可能性を考える必要がある。たとえば、南海トラフでは東海・東南海・南海地震の連動発生に加えて、1605年慶長地震（津波地震）の連動についても今後検討する必要がある。

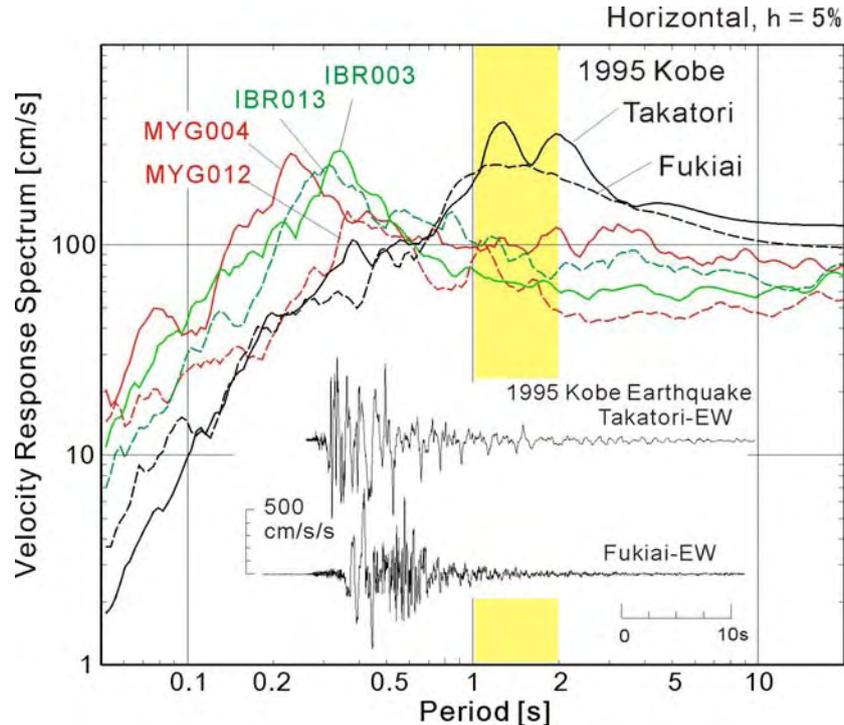


図4 2011年東北地方太平洋沖地震の強震動（速度応答スペクトル）

震源近傍の震度7相当の地点の強震動と、兵庫県南部地震時の鷹取、葦合地点の強震動の速度応答スペクトル比較

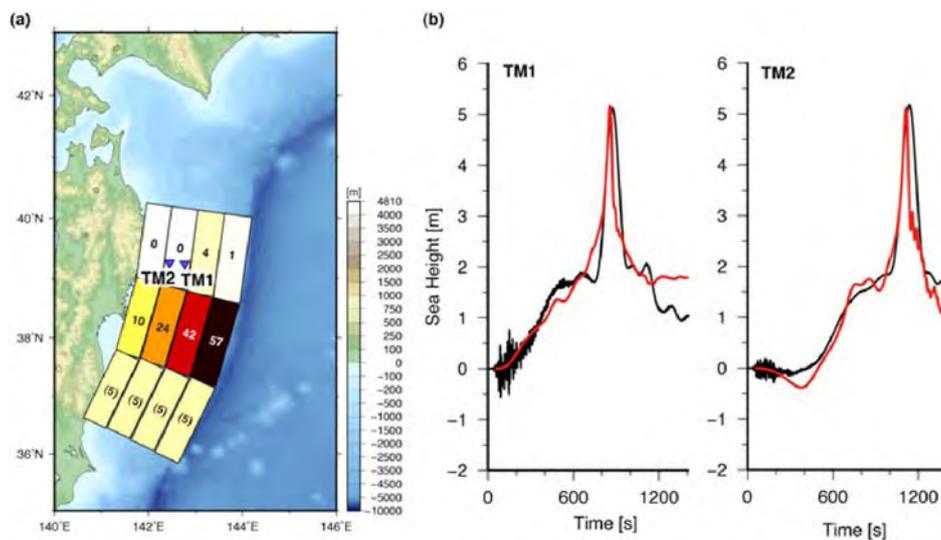


図5 海底ケーブル津波計記録から推定した2011年東北地方太平洋沖の地震断層滑りモデル

釜石沖海底ケーブル津波計記録（2点）のフォワードモデリングから推定されたプレート境界の滑り量と、津波波形のシミュレーション結果の一致度 (Maeda et al., 2011)。

課題番号：1434

○実施機関名：東京大学地震研究所

○研究課題（または観測項目）名：干渉合成開口レーダー解析の高度化

○この研究課題（または観測項目）の連絡担当者：青木 陽介

○平成 23 年度のこれまでの成果の概要：

東北地方太平洋沖地震にともない、特に火山地域において局所的な沈降が観測されており、構造の不均質に由来するものと考えられる。