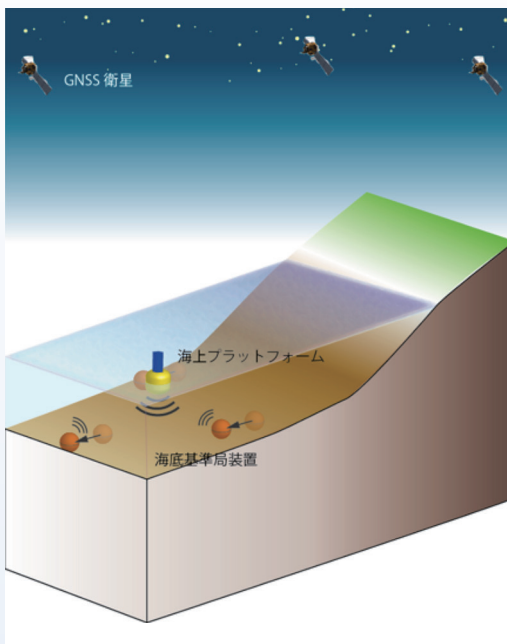


The Headquarters for Earthquake Research Promotion News

地震本部 ニュース

2015 夏



GNSS/音響結合方式観測

2 地震調査研究推進本部

関東地域の活断層の長期評価
～地域評価～を公表

4 調査研究プロジェクト

南海トラフ地震・津波
観測監視システムの構築と今後の展望

6 地震調査研究の最先端

海底地殻変動観測
～現状・展望・課題～

8 シンポジウム

地震本部 20 周年
特別シンポジウムを開催



地震本部20周年特別シンポジウム

関東地域の活断層の長期評価～地域評価～を公表

地域評価とは

地震調査研究推進本部では、社会的・経済的に大きな影響を与えられ、マグニチュード（M）7以上の大地震を引き起こす可能性のある主要活断層帯（長さが20km以上の活断層）について、個別に地震規模や発生確率の長期評価を行ってきました。しかし近年、平成16年（2004年）新潟県中越地震（M6.8）などのようにM7未満の地震によっても被害を生じるなど、主要活断層帯以外でも被害地震が発生する例が多発しました。このことから、ある地域の地震危険度を詳細に検討するためには、主要活断層帯を評価するだけでなく、周辺のより規模が小さな活断層等も含めて総合的に評価する必要があることが明らかになっています。

このような背景をもとに、地震調査研究推進本部では、対象地域に分布する活断層で発生する地震を総合的に評価する「地域評価」の考え方を導入しています。具体的には、地表の長さが短い活断層や沿岸海域の活断層を新たに選定するなど、対象とする活断層の見直しを行い、地域毎に地震発生確率や地震規模の評価を実施しています。こうした新たな評価方法に基づき、陸域及び沿岸海域に分布し、M6.8以上の地震を引き起こす可能性のある活断層について、対象とする地域ごとに総合的に評価したものを「活断層の地域評価」と呼んでいます。第1弾として九州地域の評価結果を平成25年2月に公表し、第2弾として関東地域の評価結果を平成27年4月に公表しました。

関東の地域評価の特色

関東地域の評価では、全体を6つの区域に分割して評価を行いました（図1）。評価の対象とする範囲と区域分割は、活断層のずれのタイプ、断層が生まれた起源や背景、地震発生様式に関連した地質構造の違いや、定常的に観測される地震活動の活発さなどを考慮して決定されました。糸魚川―静岡構造線断層帯や長野盆地西縁断層帯は、行政界としては「関東」ではありませんが、こ

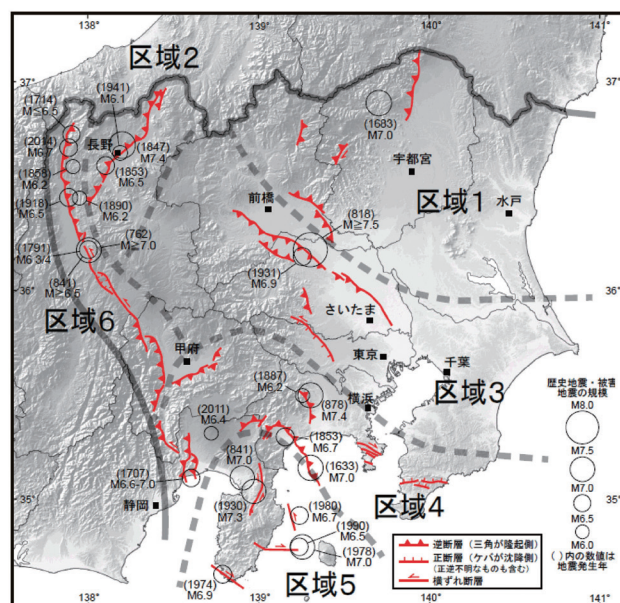


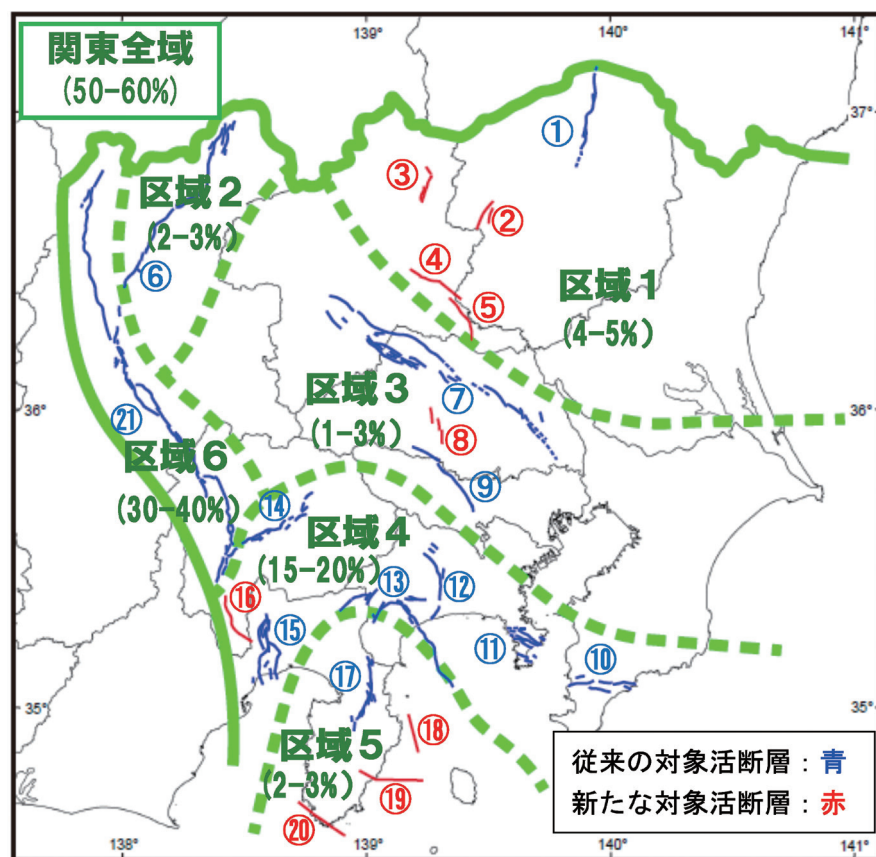
図1 関東地域の地域評価において評価対象とした活断層と区域分け

今回の評価では、M6.8以上の地震を生じうる24の断層帯を選定して評価した。また、活断層のずれのタイプ、地震発生様式や地質構造の違いを反映して、6つの区域に分割して評価した。

のような理由で関東地域の評価に含められています。

次に、区域ごと及び関東地域全域の地震発生確率を計算しますが、この確率は、区域内の活断層の少なくとも1つが動く確率となるため、まず各活断層の長期評価が必要になります。今回の関東地域評価では、上述のようにこれまで長さが20km未満のために評価対象となっていなかった短い活断層も含まれるため、評価対象活断層は従来の15断層帯から24断層帯になり、新たに9断層帯について評価を実施しました。また、従来の主要活断層帯のうち、前回の評価以降新たな知見が得られたものについても、評価の見直しを実施しました。

これらの評価結果から得られた、各区域内の活断層において今後30年以内にM6.8以上の地震が発生する確率を図2に示しています。最も地震発生確率が高いのは、区域6の30～40%となっていますが、その理由は、区域内に分布する糸魚川―静岡構造線断層帯の地震発生確率が極めて高いことにあります。また、関東の地域評価対象の全体で求められた、今後30年のM6.8以上の地震発生確率は50～60%となります。この発



	区域に含まれる主要活断層帯 (赤色は今回改訂を行った断層)	新たに評価対象となった活断層
区域1	① 関谷断層	② 内ノ籠断層、③ 片品川左岸断層、④ 大久保断層、⑤ 太田断層
区域2	⑥ 長野盆地西縁断層帯	
区域3	⑦ -1、2 深谷断層帯・綾瀬川断層、⑨ 立川断層帯	⑧ 越生断層
区域4	⑩ 鴨川低地断層帯、⑪ 三浦半島断層群、⑫ 伊勢原断層、⑬ -1、2、3 塩沢断層帯・平山-松田北断層帯・国府津-松田断層帯、⑭ 曾根丘陵断層帯、⑮ 富士川河口断層帯	⑬ 身延断層
区域5	⑰ 北伊豆断層帯	⑱ 伊東沖断層、⑲ 稲取断層帯、⑳ 石廊崎断層
区域6	㉑ 糸魚川-静岡構造線断層帯	

図2 関東地域の地域評価において評価対象とした活断層と区域ごとの地震発生確率
対象地域全体と各区域において活断層により M6.8 以上の地震が今後 30 年以内に発生する確率。

生確率は、日常的に地震災害への備えが必要であることを示しています。

また、個別の活断層で評価した地震規模や断層の位置・形状から、地震が生じた場合の揺れの予測を行うことができます。具体的な揺れの予測結果については、できるだけ早く全国地震動予測地図に含めて公表できるよう、準備を進めています。

今後に向けて

今回公表した地域評価では、次のような課題があります。まず、評価対象とした活断層に関するデータが未だに完全なものではありません。地震発生確率の算出に

必要な活動履歴が不明なものが多く、隣接する活断層が連動して通常よりも大規模な地震を生じる可能性もあり、震源断層の実態を詳しく知るための調査観測が必要です。さらに、対象断層そのものがまだ限定的である可能性もあり、地表では認識しにくい短い活断層や認識できない伏在断層を見落としている可能性も否定できません。これらの活断層で生じる地震は、今回評価対象とした活断層で想定される地震規模よりも小さいものとみられますが、地盤の弱い地域や人口集中地域などでは、規模の小さな地震であっても大きな被害が発生する可能性があり、新たな調査および評価手法を模索していく必要があります。

1. DONET 背景

国立研究法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）では、地震・津波観測監視システム（Dense Oceanfloor Network system for Earthquakes and Tsunamis; DONET）を南海トラフの熊野灘に設置し、2011年8月より全20観測点での観測を開始しました。南海トラフ域では、100～200年間隔で繰り返しマグニチュード(M)8クラスの巨大地震が発生しており、昭和と安政の過去2回においては、紀伊半島から東へ地震が発生した後、紀伊水道沖から西へ地震が発生したことを受け、まず熊野灘にDONETシステム(DONET1)を構築しました。現在、その西側の紀伊水道沖にDONET2を構築中です(図1)。

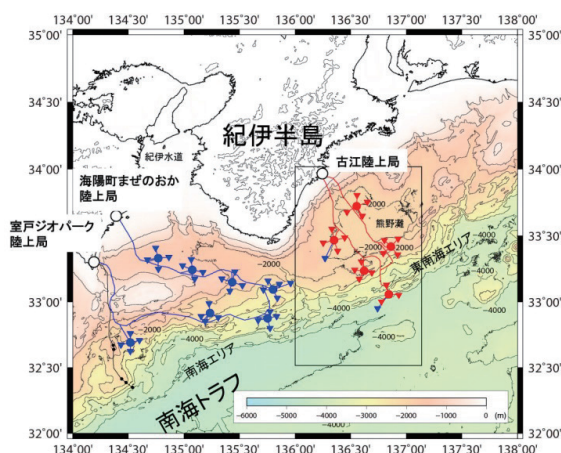


図1 DONET 配置図。赤と青はそれぞれDONET1とDONET2、丸印と逆三角印はそれぞれノードと観測装置の位置を示す。カラーで水深の違いを示している。図中の四角は図3の表示エリアを示す。

2. システム概要

DONET のコンセプトは、長期間の観測に備えて信頼性と冗長性があり、メンテナンスができること、研究の進捗を考慮して新たな観測機器を取り付けられるなどの拡張性があること、海底において短周期の信号から超長周期の信号まで、また、微弱な信号から強い信号まで記録できることです。基幹ケーブルには商用ケーブルと同様のものを用い、ケーブルシステムの両端に陸上設備を配して右回りと左回りのどちらでも給電とデータ受信を可能にしたシステムとして信頼性と冗長性を確保しました。DONET 観測点は陸上局と拡張用分岐装置（ノード）経由で接続されます(図2)。ノードと観測点は無人探査機（ROV）を用いて設置・接続することとし、メンテナンス性と拡張性を確保しました。現在、各ノードから4つの観測点に接続されており、更に

4つの観測点の増設が可能です。観測点は、3成分の強震計と広帯域地震計から成る地動センサーシステムと、津波や潮汐等を捉える水晶水圧計、ハイドロフォンのほか、微差圧計、高精度温度計から成る圧力センサーシステムから構成されています。強震計は、微小地震を記録できる設定のものと、特に強い震動も飽和せずに観測可能な設定のもの2種類を用意しています。三重県尾鷲市に古江陸上局（海底機器に電力供給し、データ受信・中間処理・伝送する施設）を設置し、DONET1 全てのデータはここからJAMSTEC 横浜研究所に即時伝送されています。

構築中のDONET2の基本機器構成も共通ですが、ケーブルが長くなり、接続観測点数も多いため、DONET1よりも高電圧のシステムとして開発しました。このDONET2ケーブルには29観測点が接続される予定で、徳島県に海陽町まぜのおか陸上局、高知県に室戸ジオパーク陸上局を設置し、これら2局からJAMSTEC 横浜研究所にデータ伝送しています。またDONET1にも2点観測点を追加する予定です。

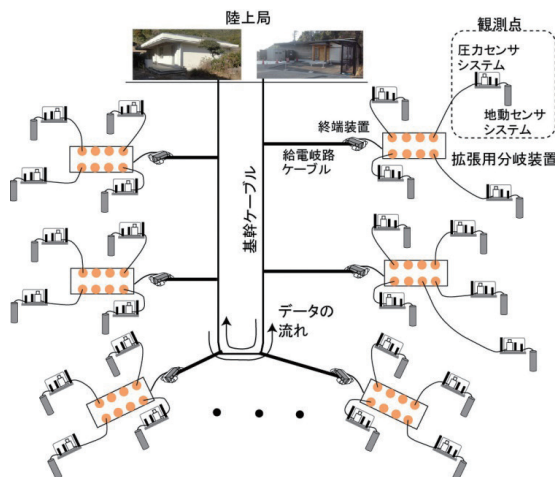


図2 DONET の模式図。観測点からのデータは、拡張用分岐装置、端末装置、給電岐路ケーブル、基幹ケーブルを通過して陸上局に即時伝送される。

3. これまでの成果

(1) 早期検知

DONET1 の観測点は、熊野灘の水深2000m程度の前弧堆積盆地からトラフ軸近傍まで配置されており、海域で発生する地震や津波の早期検知が期待できます。そのため、DONETの強震計、広帯域地震計、水晶水圧計の記録を古江陸上局から国立研究開発法人防災科学技術研究所が管理するEarthLANと呼ばれる地震ネットワークにデータを即時伝送しています。気象庁はEarthLAN 経由

で DONET データを受信し、緊急地震速報や津波警報への利用を開始しました。

南海トラフ沿岸の市町村では、津波により繰り返し甚大な被害がもたらされてきました。JAMSTEC では和歌山県、あるいは中部電力と尾鷲市との共同研究により、DONET の水晶水圧計を用いた即時津波予測システムを構築しました。津波は浅海に移動するにつれて、あるいは、湾口部などで増幅します。これら地形の情報は事前に把握できることから、多くの断層モデルを南海トラフ沿いに設定し、DONET 観測点や対象沿岸市町の津波波形との振幅比較から DONET で観測した水晶水圧計の振幅値に対して即時的に対象市町の津波高や到達時刻を予測します。このシステムを和歌山県庁、中部電力浜岡原子力研究所、尾鷲市防災センターに実装し、システム稼働の安定性を検証中です。

(2) 科学的成果

DONET1 を設置している熊野灘では、M1 - 2 の微小地震が定常的に毎月数百個程度発生しています (図 3)。

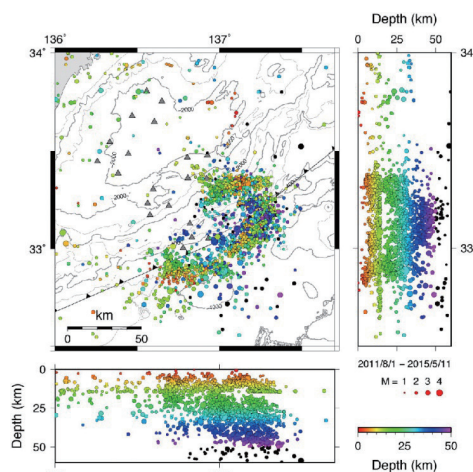


図 3 DONET で検知した震源分布 (2011 年 8 月 ~ 2015 年 4 月)。
丸印と三角印はそれぞれ震源位置と DONET 観測点を示す。

これらの震源のほとんどは、2004 年に発生した M7 クラスの紀伊半島沖地震と同じ海域に分布しており、同地震の余震と考えられます。震源分布はプレートの上盤側から下盤側の沈み込むフィリピン海プレートまで広がっています。地震活動は、東北地方太平洋沖地震発生直後活発化しましたが、半年程度で安定しました。しかし、2013 年から静穏化が始まりました。JAMSTEC ではそれらの状況を継続的に監視しています。

この静穏化とほぼタイミングを同じくして、水晶水圧計に上下方向の地殻変動が観測されました。この地殻変動を検知した観測点は 4 観測点に限定され、非常に狭い範囲の変動であることがわかりました。また、観測点の隆起と沈降のパターンから、プレート境界の変動ではなく、分岐断層に沿った逆断層方向に動いたゆっくりすべりであることもわかりました。断層面の固着がはがれると低周波地震の活動度が上がることを示したシミュレーション研究もあり、広帯域な成分をもつ地震の観測も進んでいます。

これまで、2010 年 12 月の小笠原諸島東方沖の地震、2011 年 3 月の東北地方太平洋沖地震、2014 年 4 月のチリ・イキケ地震等による津波も検知しています。東北地方太平洋沖地震では、20 ~ 30cm の津波を観測しました。2010 年の小笠原諸島東方沖の地震、2014 年のチリ・イキケ地震による津波は、それぞれ 1cm かそれ以下の微弱な津波でした。チリ・イキケ地震など遠地からの津波は、分散の影響を受けて長時間の津波が観測されています。

4. 今後の展望

日本周辺の巨大地震は主に海域で発生します。M7 を超えると地震に伴い津波が発生する可能性もあります。地震や津波を早期検知することはもちろんですが、一連の地震活動の次に何が起こるかを知ることが防災上も科学的にも重要です。巨大地震の破壊域、余効すべりの範囲や伝搬の広がりといった情報は、その後の地震発生パターンを推測するためには重要になるのです。DONET で観測され得る東南海エリアでの地震後の余効すべりが南海エリアの地震発生を誘発する現象が考えられますが、それらのデータからそれらの発生間隔を予測する手法開発も進められています。特に、四国沖から日向灘の海域では、日向灘海域で発生した M7 クラスの地震が南海エリアの地震を誘発させ得ることがシミュレーション研究からわかってきました。その誘発地震の発生は四国沖の固着の状態に依存します。固着の状態を把握し連動発生の可能性を知るためには、海域の観測ネットワークが不可欠です。

巨大地震の連動発生をモニターするためには、前述の余効すべり、つまり、地殻変動の正確な把握が不可欠ですが、DONET はこれらの連続かつ即時的な観測を可能にします。日本列島を取り巻く海底を震源として発生する巨大地震の発生リスクを評価するためには、地震の準備過程から地震時、地震後の余効変動まで、様々な時空間スケールの海底での地殻変動を高精度で観測する必要があります。沈み込むプレート上には海山もあり、沈み込みによる地殻変動は不均質なばらつきも示すでしょう。特に数年にわたって変化するようなきわめてゆっくりとした地殻変動を検知するためには、水圧計自体のドリフト量の把握も必要です。上記の連動発生する地震間の発生観測を予測するようなケースでは、これらの情報の即時性が不可欠です。これらの情報を整理して、地震発生リスク評価につなげることができると考えています。

高橋 成実 (たかはし・なるみ)



国立研究開発法人海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センター研究開発センター長代理。理学博士。1995 年、千葉大学大学院自然科学研究科環境科学専攻博士課程修了。東京大学海洋研究所中核的研究機関研究員、海洋科学技術センター深海研究部研究員、米国コロンビア大学ラモン・ドハティ地球観測研究所在外研究員等を経て、2005 年より海洋研究開発機構に所属。DONET の開発のほか、地球内部ダイナミクスの研究に従事。2014 年より現職。

はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震の発生に伴う地殻変動を震源の直近で捉え、この地震の発生メカニズムを理解する上で重要な多くの手掛かりを提供したことで、海底地殻変動観測は国内外の注目を集めるようになりました。本稿では、日本における海底地殻変動観測の現状とこれからについて述べたいと思います。

海底地殻変動の観測手法

・GNSS／音響結合方式（GNSS/A）観測

今や、GNSS観測が地殻変動観測の主力となっていますが、衛星からの電波が届かない海底の動きを捉えるには、音波を用いた精密測位が重要な役割を果たします。観測船やブイなどの海上プラットフォームと海底基準点に設置した装置との間の音響精密測距により海底局装置の測位を行うと同時に、海上プラットフォームの位置をキネマティックGNSS精密測位で求め、海底基準点の座標を陸上測地基準点と同じ座標系の中で定めます（図1）。この基準点の位置の時間変化から海底での地殻変動が捉えられます。

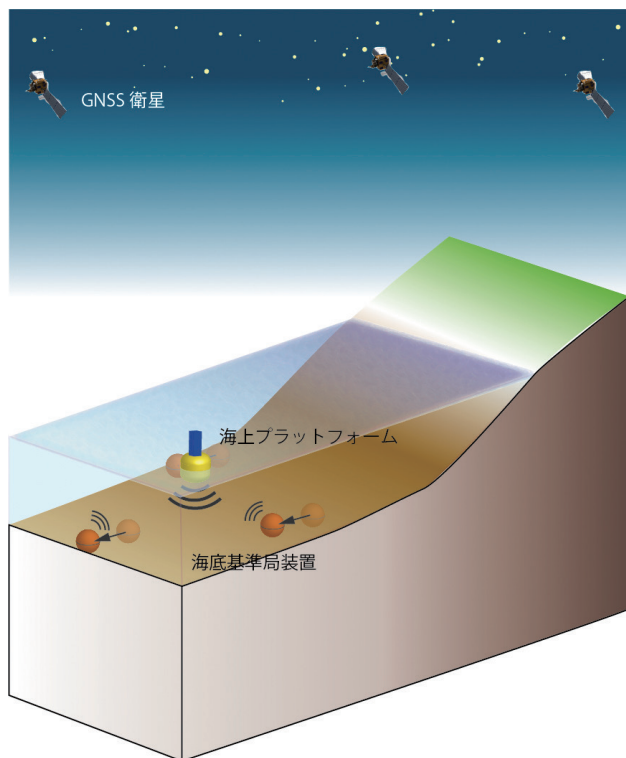


図1 GNSS/音響結合方式観測。

・海底水圧観測

海底での水圧の変化は観測地点での水深の変化を反映していると考えられます。従って、潮汐などによる海面高

変動成分を除去した後の水圧の変化から海底の上下変動を検知することができます。海底にセンサー・記録装置・電源を一体化した小型の観測装置を用意し、その設置と回収を繰り返すことで、海底上下変動の連続観測が行われてきました。

海底地殻変動観測の成果

海底地殻変動観測が大いに注目されるきっかけとなったのは、2011年東北地方太平洋沖地震（東北沖地震）による巨大な地震時変動を捉えたことでした。震源周辺の海底で捉えられた地震時変位量が、陸上で観測された量と比べ著しく大きいこと・海溝軸に近づくにつれ増加していること、といったことは、プレート境界浅部が地震時に大きくずれ動いたことを示す重要な証拠となりました（図2）。一方、東北沖地震直前の海底上下変動の時間変化から、本震発生に先行して震源周辺で「ゆっくりすべり」が進行していたことが明らかにされています。また、海底観測による震源域直上の地震後地殻変動の実態は、プレート境界断層の挙動や沈み込み帯の変形機構を理解する上で極めて重要な知見を提供しています。

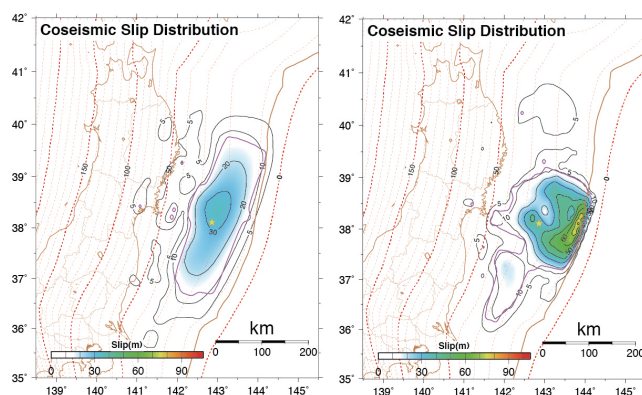


図2 地殻変動観測データから推定された2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地震時すべり。左：陸上観測データのみを用いた場合。右：海陸の観測データを用いた場合。

東北沖地震の影響を受けて、日本海溝沿いの海溝型大地震の発生予測は、以前にも増して困難になっていますが、そうした状況を打破するためには、地震後地殻変動の実態解明が不可欠です。一方、フィリピン海プレート北縁沿いで実施されている海底地殻変動観測は、こうした海域における海溝型大地震に関する長期評価の精度向上に大きく貢献することが期待されています。これまでの観測データの蓄積により、各海域での地殻変動の特徴がかなりわかってきました。こうした観測データは、プレート境界断層上での固着強度の空間変化を評価することを可能にし、今後発生する大地震の震源像を絞り込む上で貴重なものです。

海底地殻変動観測網の整備状況

日本における本格的な海底地殻変動観測網の整備は 2000 年代初頭に、南海トラフや日本海溝沿いに GNSS/A 観測の海底基準局を展開することで始まりました。津波早期検知の目的で海底ケーブル式の海底水圧観測システムが 1980 年代から徐々に展開されていましたが、地殻変動検知を目的とした観測は、先述の小型装置を用いて宮城県沖地震の想定震源海域周辺で行われていたものが嚆矢と言えます。こうした第一世代の観測網による調査観測が大きな成果を挙げたことから、観測網の大幅な増強が図られました（図 3）。東北沖地震がプレート境界断層のごく浅部での大きなすべりを伴ったことから、日本海溝沿いでは海溝軸に沿った深海域に重点をおいた整備が行われました。南海トラフでもトラフ軸近傍への観測点展開が行われるとともに、巨大地震の想定震源域が九州東方沖にまで拡大したことによって観測網の拡大が図られました。一方で、海底ケーブル式の地震・津波観測システムの整備も進んでいますが、最新型の観測システムは、微小な地殻変動を検知する性能をも有することから、海底上下変動を連続観測する広域観測網として機能すると期待されます。

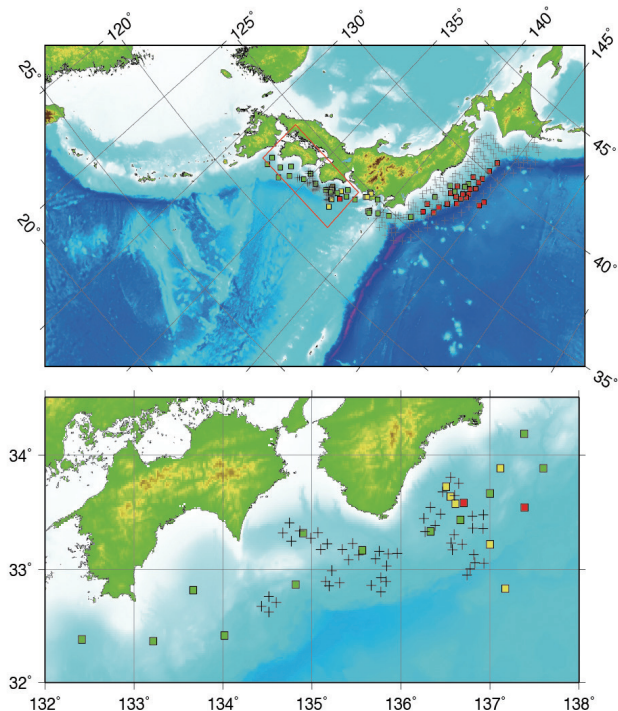


図3 海底地殻変動観測網の現状。

- : GNSS/A 観測点（赤: 東北大学、黄: 名古屋大学、緑: 海上保安庁）。
+: 海底ケーブル式観測システム（防災科学技術研究所・海洋研究開発機構）の水圧観測点。上: 全国、下: 南海トラフ周辺域の拡大図。

海底地殻変動観測のこれから

南海トラフや日本海溝沿いでは海底地殻変動観測網の整備が進んでいますが、未だ多くの観測空白域が残されています。過去に巨大な津波が繰り返し発生していることが知られている千島海溝や琉球海溝沿いのプレート間固着の状態を海底地殻変動から明らかにすることは、大津波を引き起こす巨大地震の発生機構を解明し、その発生ポテンシャルの評価するために不可欠

であり、こうした海域にも観測網を展開する努力が必要です。

地殻変動場の理解には長期・広域での継続的な観測データの蓄積が重要ですが、それを海底で実現するためには、幾つかの技術的な課題が残されています。現状の GNSS/A 観測では、海底基準局が設置された海域に観測船が赴いて測量することでデータを取得していますが、広域・多点観測のためには、膨大な航海日数を必要とします。そこで、船舶観測の観測効率を精度劣化なく向上させることで、限られた日数の中で観測の機会を増やすための方策が研究されています。また、観測船を自律型の観測装置に置き換えることができれば、観測効率が大幅に向上するだけでなく、それを常時展開することで、大地震発生直後など、必要なタイミングで直ちに海底地殻変動の情報を得ることが可能となります。現在、そのための装置の開発が進んでおり（図 4）、それを発展させることで海陸に広がるリアルタイム地殻変動観測網が実現できるはずです。海底水圧観測では、年間 1cm 程度の微小な変化率を検知するための技術開発を通して、海底ケーブル観測網のデータからプレート間固着状態の時空間変化を海底上下変動のモニタリングで捉えることをめざしています。また、海中精密音響測距の技術を応用した海底伸縮観測の長基線化・長期間化の試みも進んでいます。東北沖地震の震源域では、プレート境界断層最浅部の動きを捉えるため、海溝軸を跨ぐ基線の連続観測に着手しました。その他にも、深海掘削孔内設置型の歪・傾斜計や海底設置型の傾斜計の開発なども進んでいます。こうした海底観測の技術革新がもたらす新たなデータにより、プレート境界断層をはじめとした海域で発生する大地震の発生機構の理解が、これからの 10 年間に飛躍的に進むと確信しています。

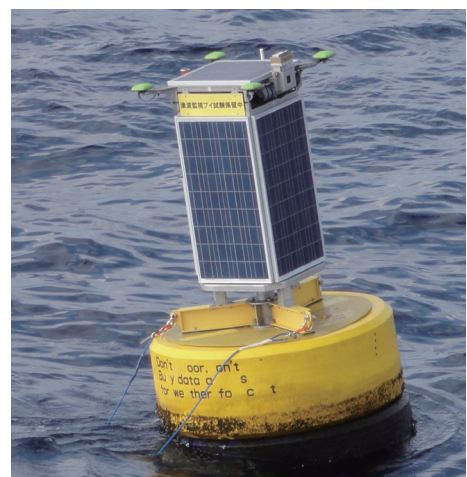


図4 開発中の自律式 GNSS/A 観測用海上プラットフォーム（海洋研究開発機構）。

日野 亮太（ひの・りょうた）



東北大学大学院理学研究科 教授

1992 年東北大学大学院理学研究科（地球物理学専攻）修了。博士（理学）。東北大学理学部助手・助教授、同大学災害科学国際研究所教授を経て、2015 年 4 月より現職。地震調査研究推進本部長期評価部会海溝型分科会（第 2 期）委員。専門は海底地震学・測地学。

地震本部20周年特別シンポジウムを開催しました

1. はじめに

地震調査研究推進本部は、平成7年の阪神・淡路大震災の教訓を踏まえ、全国にわたる総合的な地震防災対策を推進するため、政府に設置されました。本年度20周年の節目を迎えることから、地震本部が今後どのような活動に力を尽くすべきかを考える契機とするため、6月23日に東京大学伊藤謝恩ホールにてシンポジウムを開催しました。当日は約430人の方々に御参加いただき、会場は熱気に包まれました。

冒頭、山中伸一地震本部長代理・文部科学事務次官、中島正愛政策委員会委員長より開会挨拶を行い、その後、田中正朗研究開発局長より各省庁の施策紹介を行いました。

2. 第1部 高嶋哲夫氏(作家)による基調講演

第1部では、高嶋哲夫氏による基調講演が行われました。高嶋氏は、阪神・淡路大震災に遭遇し、その被災体験を踏まえ、地震や防災に関する様々な書籍を執筆されております。本講演におかれては、災害とはどういうものか、組織としての防災対策のあり方、人と機関、地域の連携の必要性等について提起していただきました。被災現場の情景が目の前に浮かび上がるような臨場感のあるお話をいただき、来場者からは、「改めて東日本大震災を振り返ることができた」、「防災への意識をもっと高めなければならないと思った」といった声を多数いただきました。

3. 第2部 講演及びパネルディスカッション

第2部では、専門家による講演及びパネルディスカッションを行いました。

講演では、平田直東京大学地震研究所教授、今村文彦東北大学災害科学国際研究所教授、渡邊正樹東京芸術大学教授より、「阪神・淡路大震災以後の地震発生長期評価と揺れの予測」、「東日本大震災を踏まえた津波の即時予測・評価への取組」、「学校における地震・津波に関する防災教育」について、それぞれお話しいただきました。

パネルディスカッションでは、時事通信社解説委員の中川和之氏をコーディネーターとし、地震本部側（中島委員長、本藏義守調査委員会委員長、長谷川昭総合部会会長）と地震研究の成果を利用するユーザー側（佐藤浩樹宮城県教育庁スポーツ健康課課長補佐、齊藤隆弘東



京ガス株式会社執行役員防災・供給部長、杉渕武藤沢市総務部防災危機管理室防災専任研究員）で、地震本部の成果の普及に係る課題等について議論しました。

4. 展示スペース

講演会場に隣接したスペースにおいて、関係機関による展示スペースを設けました。地震調査研究を行っている国の機関や宮城県、神奈川県藤沢市など地方自治体の取組についてのパネル、情報通信研究機構のPi-SAR実機・模型、東京大学地震研究所の海底地震計等の展示を行い、多くの皆様に御来場いただきました。

5. おわりに

本藏委員長より閉会挨拶を行い、盛況のうちに終了しました。当日の詳しい様子については、地震本部のホームページにて掲載されておりますので、ぜひ御覧ください。

<http://www.jishin.go.jp/main/20years.html>

地震本部は、シンポジウムにおいて講演者やパネリストの先生方、御参加いただいた皆様からいただいた御意見や御提案を踏まえ、地震調査研究の一層の推進及び研究成果の社会への普及に努めてまいります。

