

地震本部 ニュース

冬
2016

地震調査委員会

2 2016年の主な地震活動の評価

地震調査研究推進本部

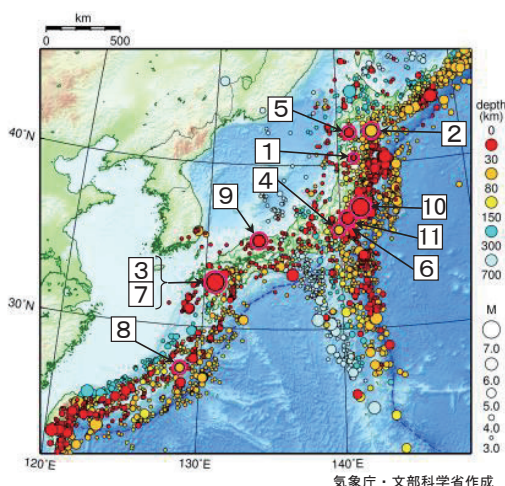
4 「長周期地震動評価2016年試作版
—相模トラフ巨大地震の検討—」の概要

調査研究レポート

6 GPS-A海底地殻変動観測によって
明らかになった南海トラフの固着状態
—海上保安庁海洋情報部—

お知らせ

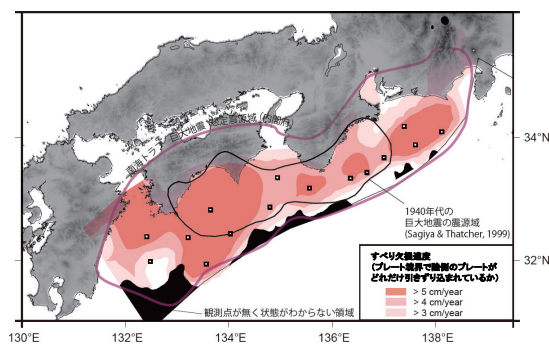
8 「ぎゅっとぼうさい博!2017」
の開催について



気象庁・文部科学省作成

2016年に日本国内及びその周辺で発生した M 3.0 以上の地震の震央分布

地形データは米国国立地球物理データセンターの ETOPO1 を使用している。



海底地殻変動観測データから推定された南海トラフのすべり欠損速度の分布。赤色が濃いほど欠損速度が大きく固着状態が強いことが示唆されます。

2016年の主な地震活動の評価

2016年の主な地震活動として地震調査研究推進本部地震調査委員会において評価したものは次の通りです。

①青森県三八上北地方の地震活動

【マグニチュード (M) 4.6、最大震度5弱】

- 1月11日に青森県三八上北地方の深さ約10kmでM4.6の地震が発生した。この地震の発震機構は東北東-西南西方向に圧力軸を持つ逆断層型で、地殻内で発生した地震である。
<平成28年2月9日地震調査委員会定例会>

②浦河沖の地震活動

【M6.7、最大震度5弱】

- 1月14日に浦河沖の深さ約50kmでM6.7の地震が発生した。この地震の発震機構は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した地震である。GNSS観測の結果によると、この地震に伴い、小さな地殻変動が観測された。
<平成28年2月9日地震調査委員会定例会>

③平成28年(2016年)熊本地震*の地震活動

【M6.5,7.3、最大震度7】

* 「平成28年(2016年)熊本地震」(気象庁による命名)

は、4月14日21時26分以降に発生した熊本県を中心とする一連の地震活動を指す。

※熊本地震については、地震本部ニュース平成28年(2016年)夏号を参照。

④茨城県南部の地震活動

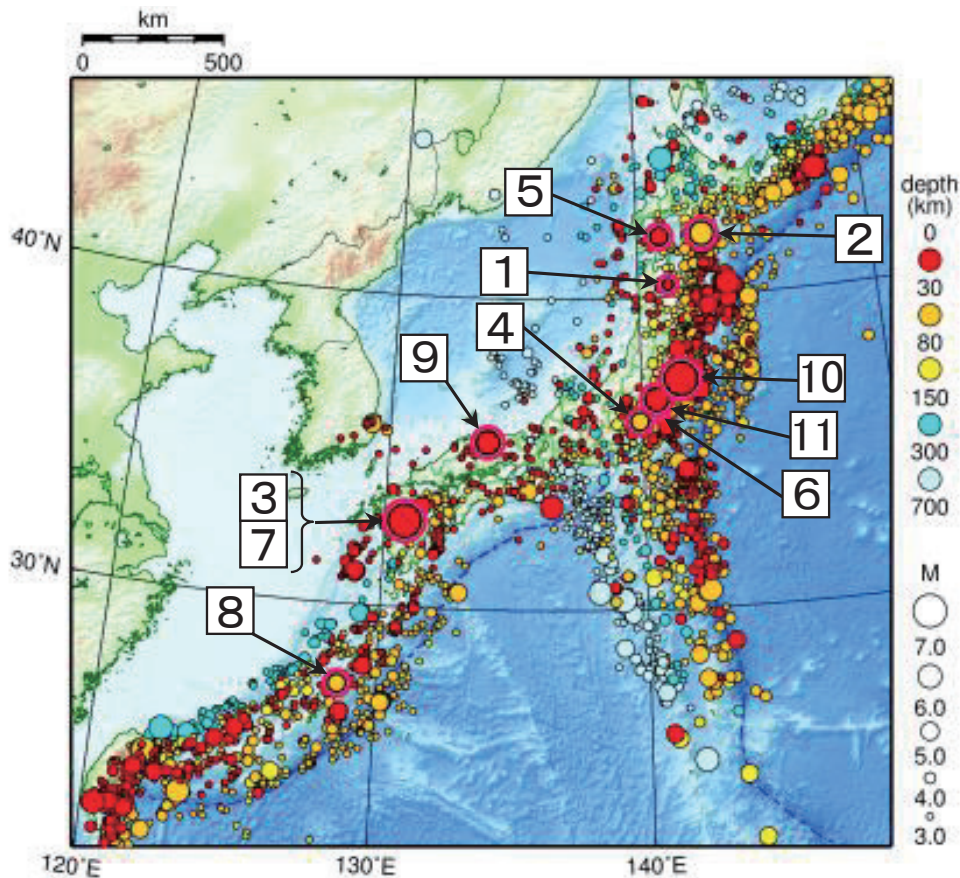
【M5.5、最大震度5弱】

- 5月16日に茨城県南部の深さ約40kmでM5.5の地震が発生した。この地震の発震機構は北西-南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、フィリピン海プレートと陸のプレートの境界で発生した地震である。
<平成28年6月9日地震調査委員会定例会>

⑤内浦湾の地震活動

【M5.3、最大震度6弱】

- 6月16日に内浦湾の深さ約10kmでM5.3の地震が発生した。この地震の発震機構は北東-南西方向に圧力軸を持つ逆断層型で、陸のプレートの地殻内で発生した地震である。この地震の震源付近では、M5.3の地震の前からまとまった地震活動が続いており、6月21日のM4.2の地震など、7月4日までに震度1以上を観測する地震が39回発生している。
<平成28年7月11日地震調査委員会定例会>



気象庁・文部科学省作成

図1 2016年に日本国内及びその周辺で発生したM3.0以上の地震の震央分布
地形データは米国国立地球物理データセンターのETOPO1を使用している。

⑥茨城県北部の地震活動

【M5.4、最大震度5弱】

- 7月27日に茨城県北部の深さ約55kmでM5.4の地震が発生した。この地震の発震機構は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した地震である。
<平成28年8月9日地震調査委員会定例会>

⑦熊本県熊本地方の地震活動

【M5.2、最大震度5弱】

- 8月31日に熊本県熊本地方の深さ約15kmでM5.2の地震が発生した。この地震の発震機構は南北方向に張力軸を持つ正断層型で、地殻内で発生した地震である。
<平成28年9月9日地震調査委員会定例会>

⑧沖縄本島近海の地震活動

【M5.6、最大震度5弱】

- 9月26日に沖縄本島近海の深さ約45kmでM5.6の地震が発生した。この地震の発震機構は北西-南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、フィリピン海プレートと陸のプレートの境界で発生した地震である。
<平成28年10月12日地震調査委員会定例会>

⑨鳥取県中部の地震活動

【M6.6、最大震度6弱】

- 10月21日14時07分に鳥取県中部の深さ約10kmでマグニチュード(M)6.6の地震が発生した。この地震により鳥取県で最大震度6弱を観測し、被害を伴った。その後、11月10日16時現在までに発生した最大の地震は、10月21日14時53分に発生したM5.0の地震で、最大震度4を観測した。M6.6の地震の震源周辺で発生している地震活動は、北北西-南南東方向に延びる長さ約10kmの領域を中心に発生しており、減衰しつつも継続している。なお、10月21日12時過ぎから、ややまとまった地震活動が震源の極近傍で見られていた。
- この地震の発震機構は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型で、地殻内の浅い地震である。
- GNSS観測の結果によると、今回の地震に伴って、鳥取県内の羽合観測点が北北東方向に約7cm移動するなどの地殻変動が観測された。また、陸域観測技術衛星2号「だいち2号」が観測した合成開口レーダー画像の解析結果によると、M6.6の地震の震央周辺に地殻変動の面的な広がりが見られた。
- この地震の発震機構と今回の地震活動の分布、GNSS観測及び合成開口レーダー画像の解析結果から推定される震源断層は、北北西-南南東方向に延びる長さ約10kmの左横ずれ断層であった。
- 鳥取県周辺では、大きな規模の地震の発生後に規模の近い地震が続発した事例が複数あり、同程度かさらに大きな地震が数ヶ月後に発生した事例もある。
- 地震調査委員会は、今回の地震活動域を含む中国地域北部の区域では、活断層は少ないが、地震活動は比較的活発であり、M6.8以上の地震が30年以内に発生する確率は40%と評価していた。
<平成28年11月10日地震調査委員会定例会>

⑩福島県沖の地震活動

【M7.4、最大震度5弱、津波を観測】

- 11月22日に福島県沖の深さ約10km(CMT解による)でM7.4の地震が発生した。この地震は陸のプレートの地殻内で発生した地震である。この地震の発震機構は北西-南東方向に張力軸を持つ正断層型で、南東方向に傾斜する断層面で発生した地震である。この地震により、宮城県仙台港で1.4mの津波を観測したほか、北海道から和歌山県にかけての太平洋沿岸及び伊豆・小笠原諸島で津波を観測した。GNSS観測によると、この地震に伴い、福島県内の小高観測点で北西方向に約4cm移動するなどの地殻変動が観測された。その後、この地震の震源付近では、24日にM6.2の地震が発生するなど、M5.0以上の地震が9回発生している。
<平成28年12月9日地震調査委員会定例会>

⑪茨城県北部の地震活動

【M6.3、最大震度6弱】

- 12月28日21時38分に茨城県北部の深さ約10kmでマグニチュード(M)6.3の地震が発生した。この地震により茨城県で最大震度6弱を観測し、被害を伴った。その後、1月13日16時現在までに発生した最大の地震は、12月28日21時53分に発生したM4.7の地震で、最大震度4を観測した。M6.3の地震の震源周辺で発生している地震活動は、北北西-南南東方向に延びる長さ約15kmの領域で発生しており、減衰しつつも継続している。
- この地震の発震機構は東北東-西南西方向に張力軸を持つ正断層型で、地殻内の浅い地震である。
- GNSS観測の結果によると、今回の地震に伴って、茨城県内の里美観測点が西南西方向に約3cm移動するなどの地殻変動が観測された。また、陸域観測技術衛星2号「だいち2号」が観測した合成開口レーダー画像の解析結果によると、最大約27cmの沈降または西向き地殻変動が観測された。
- この地震の発震機構と今回の地震活動の分布、GNSS観測及び合成開口レーダー画像の解析結果から推定される震源断層は、北北西-南南東方向に延び、西南西方向に傾斜する長さ約10kmの正断層であった。
- 今回の地震は、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の余震域で発生した。余震は時間の経過とともに減少してきているものの、東北地方太平洋沖地震前の平均的な地震活動状況と比べると約2倍であり、地震活動が定常的に高い状態が続く沿岸部を中心に依然として活発な状況にある。今後も長期間にわたって余震域や内陸を含むその周辺で規模の大きな地震が発生し、強い揺れや高い津波に見舞われる可能性があるため、引き続き注意が必要である。
- なお、2004年に発生したスマトラ島北部西方沖の地震(Mw9.1)では、4ヵ月後にMw8.6、約2年半後にMw8.5、約5年半後にMw7.5、約7年半後および約11年後に海溝軸の外側の領域でそれぞれMw8.6およびMw7.8の地震が発生するなど、震源域およびその周辺で長期にわたり大きな地震が発生している。
<平成29年1月13日地震調査委員会定例会>

注：GNSSとは、GPSをはじめとする衛星測位システム全般をしめす呼称である。

最新の評価結果は、ホームページ <http://www.jishin.go.jp> をご覧ください。

「長周期地震動評価2016年試作版 —相模トラフ巨大地震の検討—」の概要

1. はじめに

地震調査研究推進本部(地震本部)地震調査委員会では、平成15年の十勝沖地震を契機に長周期地震動予測手法の研究に着手し、平成21年、24年に想定東海地震などの「長周期地震動予測地図」を公表しております。この度、高層の建物が集中する首都圏に影響を及ぼす相模トラフ巨大地震を対象とした長周期地震動の評価を行い、その成果をまとめて、平成28年(2016年)10月に「長周期地震動評価2016年試作版—相模トラフ巨大地震の検討—」を公表しました。

2. 長周期地震動、 「長周期地震動予測地図」とは

地震動には、短い周期の地震波によるガタガタとした揺れと、長い周期の地震波によるゆっくり繰り返す揺れとが混ざっています。この後者の揺れを長周期地震動といいます。長周期地震動は、短い周期の揺れに比べて揺れが収まりにくく、海の波のうねりのように、震源から遠くまで伝わりやすい性質があります。

「長周期地震動予測地図」は、ある特定の大地震が発生した場合に、その周辺および遠方にも生じる長い周期による地震動の分布を示したものです。今回公表した「長周期地震動予測地図」では、地震動のうち主要動であるS波の速度が350m/sの地盤を工学的基盤としています。

#詳細は地震本部ニュース2011年10月～

2012年1月号P4～の特集「長周期地震動予測地図」をご参照ください。

3. 今回の長周期地震動評価の主なポイント

主なポイントとしては、まず、従来の評価のような固有地震モデルに固執しない地震シナリオ群の多様性の考慮があります。地震本部では相模トラフ沿いの地震活動の長期評価(第二版)を平成26年4月に公表しております。今回の新しい評価では、従来の固有地震モデルに固執することなく、これまでのような単一シナリオ地震による評価ではなく、地震の多様性の考慮を試みるという方針で行い、長周期地震動の平均とばらつき(標準偏差)を評価しております。今回の評価では、不確定を考慮するために震源断層のアスペリティ位置、面積および破壊開始点位置を400ケース余り設定し、1923年大正関東地震を念頭に置いた震源域・条件(Tタイプ)と1703年元禄関東地震を念頭に置いた震源域・条件(Gタイプ)で検討しました。このうち、Tタイプに属するT1タイプのアスペリティ位置、面積、破壊開始点の一例を図1に示します。

また、特性化震源モデルに不均質性を与える手法を2003年十勝沖地震の観測記録で検証し、今回の長周期地震動評価に適用したこと、関東地域を対象に構築された浅部・深部統合地盤モデルを使用することにより、周期2～10秒を評価対象にしております。

また、特性化震源モデルに不均質性を与える手法

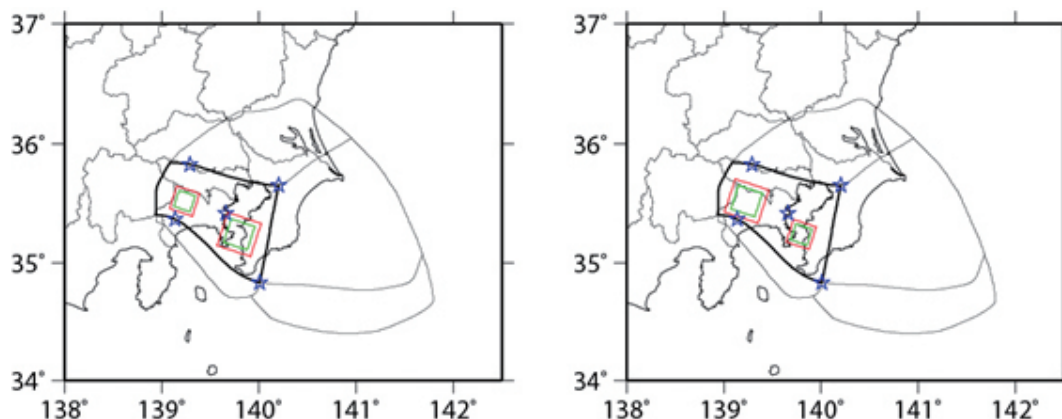


図1 T1タイプ(黒太線)における基本ケースのアスペリティ(赤および緑)と破壊開始点(青の星印)の一例

を 2003 年十勝沖地震の観測記録で検証し、今回の長周期地震動評価に適用したこと、関東地域を対象に構築された浅部・深部統合地盤モデルを使用することにより、周期 2 ～ 10 秒を評価対象にしております。

4. 評価結果

以下、三次元構造に対し差分法で計算した T タイプの地震動の工学的基盤による評価結果を説明します。T タイプのシナリオ群 120 ケースに対する計算結果ですが、平均で見ますと、いずれの都県庁位置でも 80cm/s を超えることはありませんでした。また、平均+標準偏差を見ますと、図 2 のように神奈川県など一部の都県庁位置で 80cm/s を超える周期帯がありました。都県庁以外の場合では、図 2 の小田原市などのように 120 ケース平均で既に 80cm/s を超える周期帯を持つ地点がありました。また、T タイプのシナリオ群に対して計算した減衰定数 5% 相対速度応答スペクトル (周期 2 秒、8 秒) の平均値と平均に標準偏差を加えた速度応答値の分布状況は図 3 のようになります。強い揺れが生じる地域は震源の多様性 (アスペリティ位置など) により異なりますが、速度応答スペクトルの平均値が高い場所は、図 4 で示しました地下構造 (S 波速度の深度分布) との相関性が見られます。

5. 今後に向けて

本検討成果は、主に工学の専門家向けのものですが、今後、現象の不確定性やばらつきの扱いを含めた一層の技術的検討はもとより、予測結果を広く社会に活かすため、その提示のあり方などについても防災関係者や研究者との間で議論していきたいと考えています。

地震本部では、今後とも、新たな地震発生データや情報・知見の蓄積とそれに基づく諸評価結果に応じて、長周期地震動評価を公開していく予定です。更に、新しい調査・研究成果に基づいて地震動予測手法の高度化を進めると共に、地震動予測結果について一層わかりやすい説明にも取り組む予定です。なお、報告書や各地図、主な地点の速度波形や速度応答スペクトルなどについては、地震本部のホームページ (http://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic_hazard_map/lpshm/16_choshuki/) でも見る事ができますので、ご利用ください。

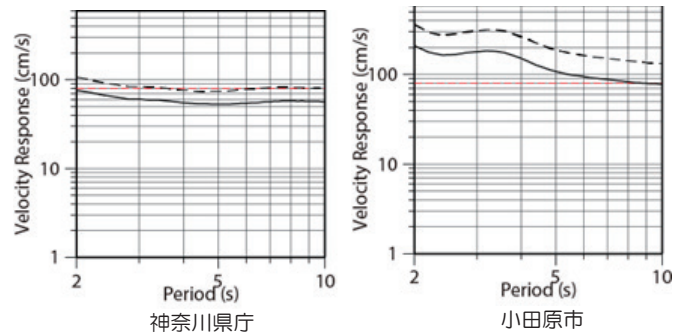


図 2 各評価地点の減衰定数 5% 相対速度応答スペクトル (T タイプ)

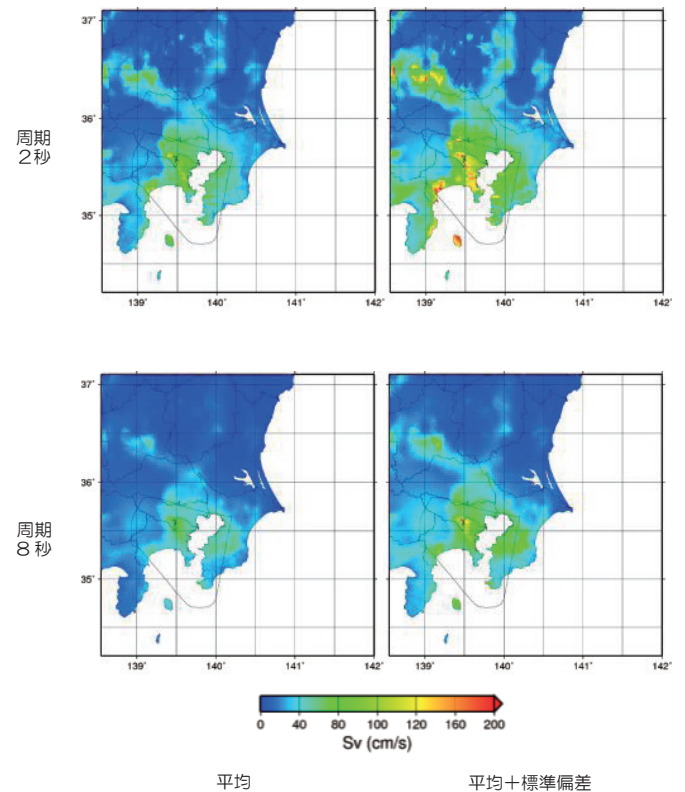


図 3 各評価地点の減衰定数 5% 相対速度応答スペクトル (T タイプ)

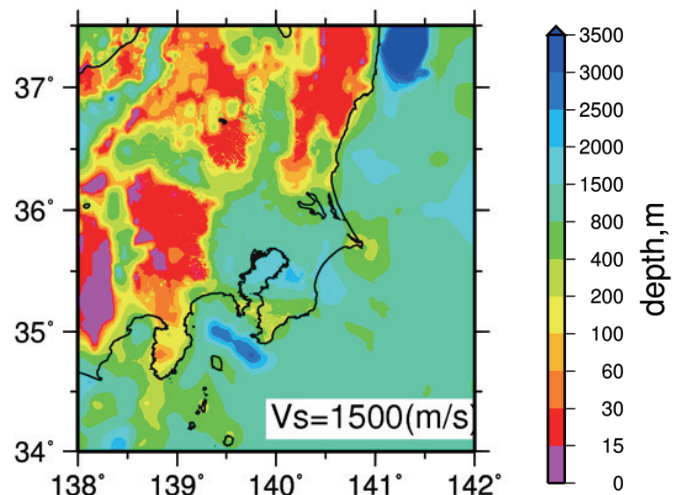


図 4 浅部・深部統合地盤構造モデルの S 波速度 (Vs)=1500 (m/s) の上面深度

GPS-A海底地殻変動観測によって 明らかになった南海トラフの固着状態 —海上保安庁海洋情報部—

● はじめに

東北地方太平洋沖地震のようなプレート境界で発生する巨大地震は、海側のプレートが陸側のプレートを引きずり込んでいる場所で起こります。この引きずり込み（すべり欠損）の蓄積量は、プレート間の現在のくつき具合（固着状態）から概算することができます。この量から巨大な地震を引き起こすポテンシャルを推定することができます。言い換えると、現在の固着状態がわかれば地震発生に至る過程の進行状況を知ることができるということです。

プレート間の固着によって陸側のプレートは変形しているため、陸側の地表変形を観測すれば固着の状態やその分布を知ることができます。その地表変形を定量的に測るためにはGPSのような高精度の測地観測が必要ですが、多くのプレート境界は海底下にあるため、陸域のGPS観測網だけではプレート境界の固着状態がぼんやりとしかわかりません。これまでのプレート間固着に関する議論では、この点が大きな問題となっていました。

この問題を解決するためには、震源域の真上に当たる海底の動きを測定するしかありません。しかし、海中には電波が届かないため、GPSをはじめとする宇宙測地技術を用いても、海底の動きは測定できません。

● GPSと音響測距の融合（GPS-A）

海上保安庁海洋情報部では音波を用いて海中の距離を測定する手法（音響測距）とGPSを組み合わせたことで、海底の動きを測定する“GPS-A”という手法（図1）の開発と、それによる観測を実施してきました。この手法では、海底にあらかじめ特定の音響信号

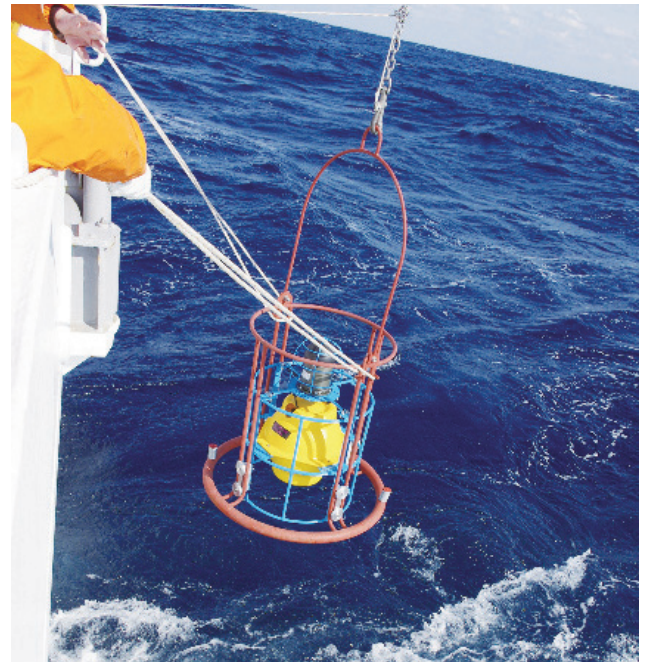


写真1 海底局を設置するための投入作業の様子。海底局にはおもりが付いているため、海底に向かって自由落下させることで、着底時にトランスポンダが上を向いた状態になります。



写真2 海底地殻変動観測システムを搭載した測量船「明洋」。

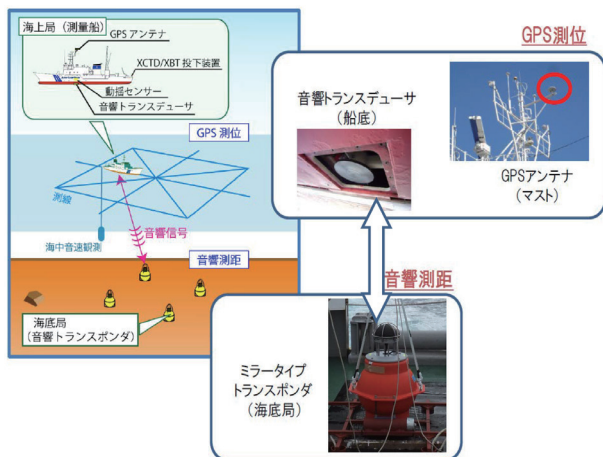


図1 GPS-Aを用いた海底地殻変動観測システムの概念図。

を送受信することができる音響トランスポンダ（海底局）を基準として設置しておきます（写真1）。その周辺海域を船底に音響トランスデューサーを搭載した測量船（写真2）で周回して音響測距観測を行うことで測量船と海底局の相対位置を決定します。測量船の船底トランスデューサーの絶対位置はGPSと動揺センサーを用いて決定することができるため、合わせて海底局の絶対位置を決定することができます。これを繰り返すことで、海底の移動速度を測定しています。

現在、海上保安庁では、日本海溝沿いや南海トラフ沿いなどのプレート境界の直上に観測点を設置し、海底の

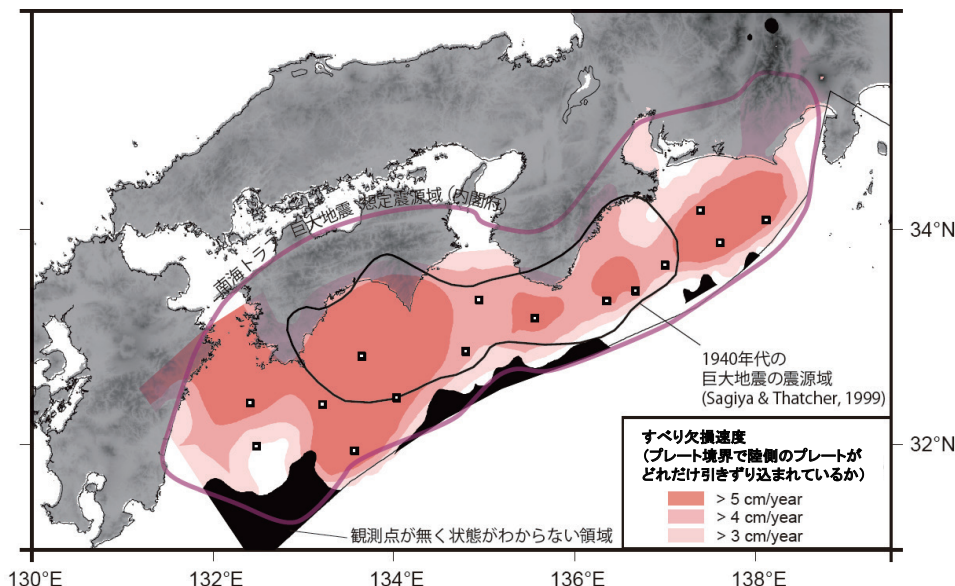


図2 海底地殻変動観測データから推定された南海トラフのすべり欠損速度の分布。赤色が濃いほど欠損速度が大きく固着状態が強いことが示唆されます。

動きを計測しています。南海トラフ沿いでは、2011年より前から6点の観測点を設置し観測を実施してきました。これに加えて2011年度以降、最大クラスの地震の想定震源域全域に展開するため、9点の観測点を加えて、現在は合計15点での観測を実施しています。

● 南海トラフの固着状態

測量船で現場海域まで向かう必要があるため、観測の頻度は年に3回行けるかどうかです。そのため、信頼できるデータが揃うまで2011年度の展開から約4年の月日が必要でした。そうして得られた海底地殻変動観測の結果によれば、国土地理院のGEONETによる陸上観測網の結果と比べて、海底の移動速度場は大きさの違いがはっきりしていました。これは、南海トラフでのプレート間の固着状態が、東西方向に均質ではなく、いくつかの領域ごとに強さが異なっていることの証拠です。これまでぼんやりとしか見えていなかった固着状態の分布が初めてはっきりと捉えられました。

さらに、得られた海底地殻変動観測データとGEONETのデータを合わせることで、南海トラフ沿いのすべり欠損速度分布（年間でどの程度陸側のプレートが海洋プレートに引きずり込まれているかを示す値、固着状態の定量的指標）を、推定することができました（図2）。その結果、プレート境界の固着状態が強い領域と弱い領域の分布が大まかにわかってきました。例えば、九州・パラオ海嶺が陸側のプレートの下側に沈み込んでいる日向灘の沖合では固着の状態は弱く推定されています。一方で、東隣の土佐湾の沖合の領域では、強い固着状態が示唆されています。この土佐湾沖の領域は1946年の南海地震の震源域であったと考えられており、震源域と強い固着状態の領域が合致していること

がわかります。また、さらに東側の1944年の東南海地震の震源域でも、やはりある程度強い固着状態になっています。ただし、1940年代の地震では破壊を起こしていないと考えられている足摺岬の沖合の領域にも強い固着状態が示唆されており、過去の震源域と完全に合致しているわけではありません。

また、固着状態とゆっくり地震（浅部VLFE）の活動域や海山・海嶺の沈み込み領域との相関関係についても示唆されました。詳細な解析や議論については、参考文献を参照して頂ければと思います。

● おわりに

海底地殻変動観測の結果は、地震学や海洋地質学という自然科学から、地震防災・減災のための工学や社会学の領域まで幅広く影響を与えるものです。ただし、ご紹介した成果は、測地学スケールでは極めて短期の帰結と言えます。今後、10年単位でデータを蓄積することによって更に高い精度で議論できるようになり、場合によっては時間変化の有無についても議論できるようになるかも知れません。また、海上保安庁では、未観測地域への展開や観測点の高密度化に向けた技術開発、観測頻度の向上・観測精度の改善に向けた手法の高度化などの課題についても取り組んでいます。今後は、さらに高度化されたデータを用いて将来の巨大地震に関する議論を進めることができるよう努力して参ります。

参考文献：

Yokota, Y., T. Ishikawa, S. Watanabe, T. Tashiro and A. Asada: Seafloor geodetic constraints on interplate coupling of the Nankai Trough megathrust zone, *Nature*, 534, 374-377 (2016).

近年、東北地方太平洋沖地震や熊本地震等による甚大な地震・津波災害が発生しています。その一方で、地震本部が公表している長期評価では、今後30年以内に南海トラフの地震（M8～M9クラス）が発生する確率を70%程度と評価しており、いつ発生してもおかしくない状態にあります。地震・津波災害から生命や財産を守るためには、科学的知見に基づく正しい知識と防災に関する理解を高め、備えに結び付けることが重要です。

本イベントは、一般国民、特に防災への関心が低く災害時に予備情報が不足しがちな若者・子育て世代や災害弱者となりがちな子供・女性を中心に、地震・防災に関する興味を持ってもらい、「防災の基本を1日で取得できる」ことを目的とした博覧会です。イベントを通して、地震本部や関係機関が行っている地震調査研究の取組や成果の更なる普及、正しい知識と防災に関する理解を高め、備えの実践あるいは今後の取組へのきっかけにつなげることを目指します。

また、本イベントでは、地震・防災研究成果の防災教育・学校教育などへの活用、地震・防災研究や取り組みを行う民間企業等と国立研究開発法人とコラボレーションし、来場者の幅広い防災知識の習得や地震・防災研究成果の普及に寄与する新たな協力・支援者の獲得を目指します。

ぎゅっとぼうさい博!2017

～1日でぎゅっと防災・減災が身につく博覧会～

日時：平成29年2月18日（土）10:00～16:00

場所：池袋サンシャインシティ
文化会館2階 展示ホールD

（東京都豊島区東池袋3-1-1）

【同時開催】「知って」「そなえる」体験型防災イベント 大地震へのソナエ

～あなたの「たいせつ」を守るために～
（主催：気象庁）

【イベントテーマ】

「防災を、ぎゅっとこの日に」

防災って、ついあと回しにしてしまう。そんな「大切だけど気の進まない」防災の基本を、まるっとギョッと習得できちゃう、1日終了防災イベント!

【イベント内容】

○防災スペシャリストへの道

各展示・体験ブースには、防災・減災のエキスパートたちが「今日から使える防災知識」を教えてください。「ACTION FOR BOSAI」で、あなたも防災のスペシャリストに!

○防災ヒューマンライブラリー

防災エキスパートが、ビブスを着てみなさんをお待ちしています!会場全体が防災の図書館のように変わります。

○「今日からはじめるソナエ」セミナー

さまざまな防災・減災のエキスパートたちが、研究や、取り組み紹介を行いながら、「今日からはじめるソナエ」などをお教えします。

イベントの更なる詳細は、今後、ぎゅっとぼうさい博!公式ホームページ (<http://gyuttobosai.jp>)、Facebook、Twitter や文部科学省ホームページ等に掲載しますので、是非ご参加ください。

