



日向灘における海底観測機器を用いた地震・測地観測の実施について

2017年3月10日

京都大学防災研究所地震予知研究センター宮崎観測所
東京大学地震研究所

要旨： 京都大学防災研究所地震予知研究センター宮崎観測所の山下裕亮助教と東京大学地震研究所の篠原雅尚教授らの研究グループは、2017年3月より宮崎県沖の日向灘において長期海底地震・測地観測を実施します。本研究では、日向灘プレート境界浅部（海溝軸付近）で発生する「スロー地震」と呼ばれる、通常の地震とは特徴が異なる現象を詳細に調査し、スロー地震の発生様式や特徴の解明を進めます。この結果は、南海トラフ沿いで発生する巨大地震とスロー地震との関係性を理解するための基礎情報となるほか、巨大津波の発生につながる可能性があるプレート境界浅部をより正しく理解するための科学的知見となり、将来の津波評価やシミュレーション研究の高度化などに生かされます。

※本研究は、文部科学省・日本学術振興会による科学研究費助成事業（新学術領域研究）により実施されます。

1. はじめに：研究の背景

宮崎県沖の日向灘は、フィリピン海プレート（海洋プレート）が大陸プレートの下に年7cm程度の速度で沈み込んでおり、海洋プレートと大陸プレートが接する部分（プレート境界）では、小さな地震が毎日起こっており、数十年間隔でM7級のプレート境界地震も発生しています（図1）。近年の海底観測により、日向灘プレート境界で地震が発生する領域は主に深さ15km程度より深く、さらに浅い領域では「スロー地震」と呼ばれる通常の地震とは特徴が異なる地震が、数年間隔で発生していることが明らかになってきました（Yamashita et al., 2015 Science, 図A1）。スロー地震とは、通常の地震に比べ断層がゆっくりとすべる現象であり（図2）、強い地震波を出さないため被害を生じることはありませんが、断層がすべることにより蓄積された「ひずみ」を解放するため、発生頻度や規模を明らかにする事でひずみ蓄積過程をより正確に理解することにつながります。一方で、スロー地震は世界各地のプレート境界巨大地震発生領域の深部側と浅部側で隣接して発生することが知られており（図3）、巨大地震と相互に関係している事が国内外の多くの研究者により指摘されています。

2. スロー地震 3 兄弟

スロー地震は、通常の地震にくらべ断層がゆっくりとすべる現象の総称です。すべりが継続する時間によって観測される波形に違いが見られます。(1) 約 1 秒前後のすべりが連続して発生する「**低周波微動**」、(2) 約 10~20 秒程度すべりが継続する「**超低周波地震**」、(3) 1 週間~1 年近くすべりが継続する「**スロースリップ**」という、主に 3 つの種類に分類されます。継続時間が長いものほど、1 回のすべりで解放するエネルギーは大きくなります。このうち、(1)「低周波微動」は通常の地震計、(2)「超低周波地震」は広帯域地震計で観測することができます。一方、(3)「スロースリップ」はあまりにゆっくりすぎるため、地震計で直接観測することが出来ませんが、規模が大きい(M5~7 程度)ため地殻変動が生じ、GPS などの測地観測機材で観測することが出来ます。(注 1)

3 新学術領域研究「スロー地震学」による海底地震・測地観測

日向灘では、2013 年に低周波微動活動の特徴が明らかとなり、2014 年より文部科学省の委託事業である「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」において、自己浮上式の海底地震計を中心とした観測を継続してきました。

そして、2016 年度より文部科学省・日本学術振興会の科学研究費助成事業である新学術領域研究において「スロー地震学」(代表：東京大学地震研究所 小原一成教授)が採択され、研究課題「海陸機動的観測に基づくスロー地震発生様式の解明」の一環で、日向灘におけるプレート境界浅部のスロー地震(以後、浅部スロー地震)をより詳細に調査するための海底地震・測地観測を実施することになりました。第 1 期観測を 2017 年 3 月より 2018 年 8 月まで、第 2 期観測を 2018 年 8 月から 2020 年 8 月まで実施する予定で、第 1 期観測では 17 台の機材を 15 地点に設置します(図 4, 表 1)。本観測は、京都大学防災研究所地震予知研究センター宮崎観測所と東京大学地震研究所が中心となって実施するもので、東京大学地震研究所で開発された自己浮上式の海底観測機材を使用します(図 5, 6)。これまでに日向灘で実施された多項目の長期海底地震・測地観測としては過去最大規模となります。

※新学術領域研究「スロー地震学」については、ホームページが作成されています。

<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/project/slowsq/>

4. 本研究の意義と今後の展望

今回設置する第1期観測の機材は2018年8月に回収し、データを取り出して解析を実施します(図5)。今回の観測では、これまでの海底地震計を中心とした浅部スロー地震(主に低周波微動と超低周波地震)の観測に加え、直接観測が出来ていないスロースリップにともなう地殻変動を捉えるため、海底圧力計による観測を強化しています。地殻変動を捉える事で、スロー地震3兄弟の中でも規模が最も大きいスロースリップを明らかにし、プレート境界で解放されたエネルギーを見積もることができます。これまで、浅部スロー地震3兄弟を同時に捉えた例はなく、お互いの相互関係を明らかに出来れば、浅部スロー地震の発生様式や特徴などの理解が進むと期待されます。また、他領域との比較研究により、南海トラフ沿いで発生する巨大地震とスロー地震との関係性の理解が深まると考えています。

将来の巨大津波発生の可能性を事前に正しく評価するためには、プレート境界浅部を正しく理解する事が重要です。2011年東北地方太平洋沖地震の際には、プレート境界浅部の海溝軸付近で50m近いすべりが生じ、巨大な津波が発生しました。同じ領域では、地震発生前にスロー地震が発生していたことが明らかになっていますが(Ito et al., 2013)、プレート境界浅部がどのような特徴を持っている場なのか、科学的知見が不足し未解明な点も多いことも事実です。それゆえ、浅部スロー地震を詳細に調査し特徴を明らかできれば、その結果が場の性質を理解するための重要な科学的知見となり、正しい理解につながる重要な鍵となると考えています。また、浅部スロー地震の規模や発生場所を理解することで、日向灘プレート境界浅部における「ひずみ」の蓄積過程の特徴をより正確に理解することにつながります。

以上の本観測研究から期待される結果そのものは、直接的に社会に役に立つような情報とは言えないかもしれませんが、しかしながら、他の発展的な研究の基礎情報となるため、例えばシミュレーション研究に必要な様々なパラメータを拘束する事に役立てられます。その結果、より現実に近いシミュレーションが実施され、地震・津波シミュレーション研究の高度化・高精度化につながり、地震・津波防災計画に反映されることで、間接的にはありますが役立つことができると考えています。

5. 2017年3月からの第1期観測について

第1期観測は、以下の要領により実施されます。

- ・観測期間：2017年3月～2018年8月（予定）
- ・観測海域：宮崎市の沖合約50～150kmの日向灘
- ・設置作業：2017年3月17日～21日（予定）
- ・出港地：宮崎港第2岸壁（入港も宮崎港を予定）
- ・使用機材：圧力計付き広帯域海底地震計（BBOBSP）3台
長期観測型海底地震計（LOBS）7台
海底圧力計（OBP）7台 合計17台
※機材の外観については図6を参照下さい。
- ・船舶名：海洋調査船 第七開洋丸（海洋エンジニアリング株式会社所属）



宮崎港第2岸壁（出港地：見学会実施場所）の地図（Google mapに加筆）

※出港に先立ち、3月17日午前8時より機材の積み込みと出港前準備を実施します。午前9時頃より、作業甲板において報道陣の方々を対象とした観測機材の見学会を実施します。当日宮崎港での映像撮影等は可能ですが、積み込み作業はクレーン車を使った作業となりますので、ヘルメットを着用の上、作業に支障が無い範囲でお願いいたします（ヘルメットはご持参ください）。当日は出港前の準備・打ち合わせがありますので、個別の取材についてはご遠慮頂くこととなりますが、見学会の際にまとめて対応させていただきます。なお、宮崎港出港は正午頃を予定しておりますが、準備状況及び海況により変更する可能性があります。

6. 問い合わせ先

京都大学防災研究所 地震予知研究センター 宮崎観測所
助教 山下 裕亮

7. 図版・表

以下の図版や表は、こちらからダウンロードできます。

<http://www1.rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp/~yamac/tmp/sloweq20170310.zip>

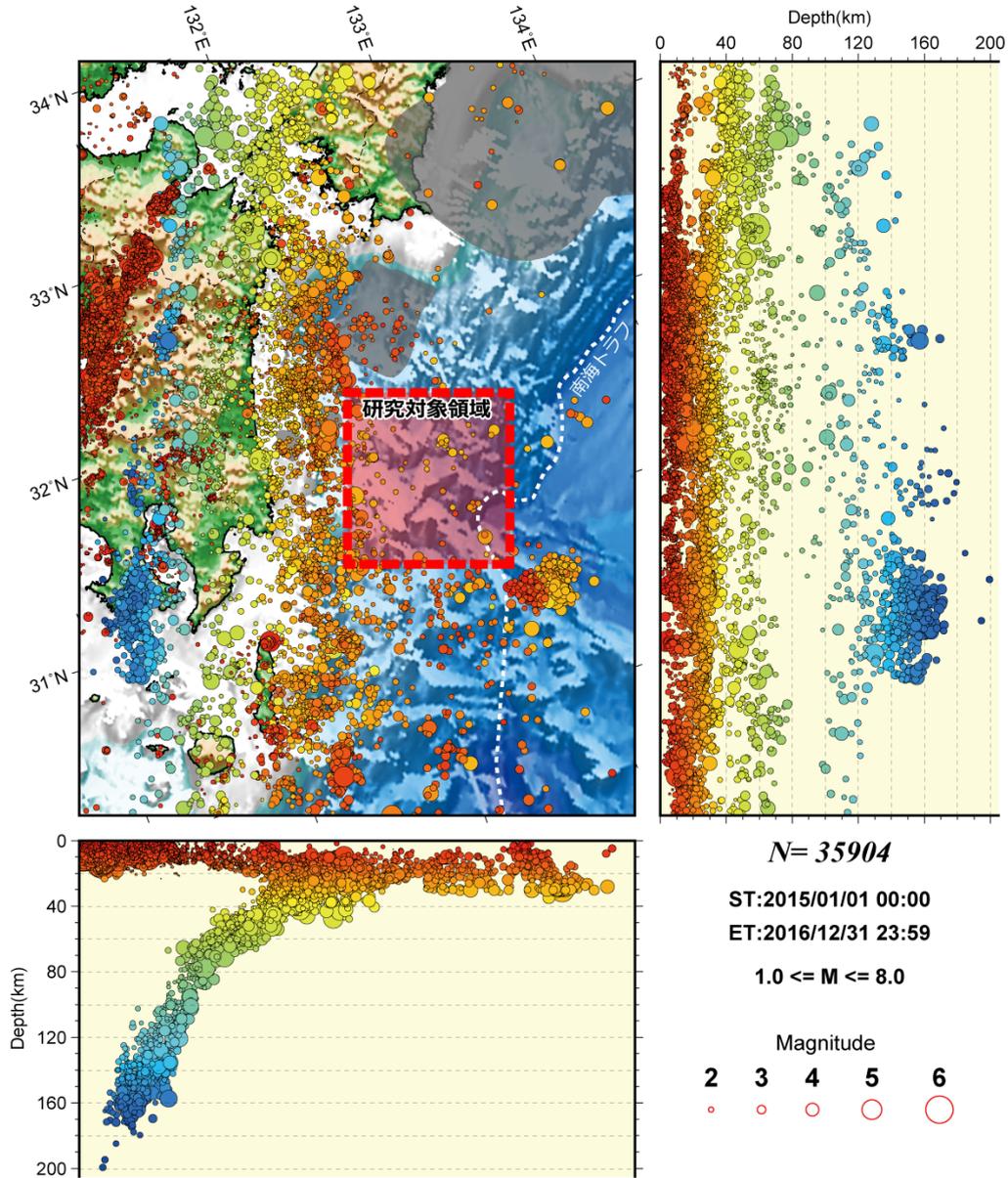


図1：九州における地震活動（2015年～2016年のM1以上の地震：九州大学地震火山観測研究センターによる震源リストを使用）．グレーの陰が付いた領域は、過去に発生した大地震の震源域を示しています．日向灘での地震活動は宮崎県沿岸から約50km程度の領域で多く発生しており、それより東側では極端に地震活動が低いことが分かります．

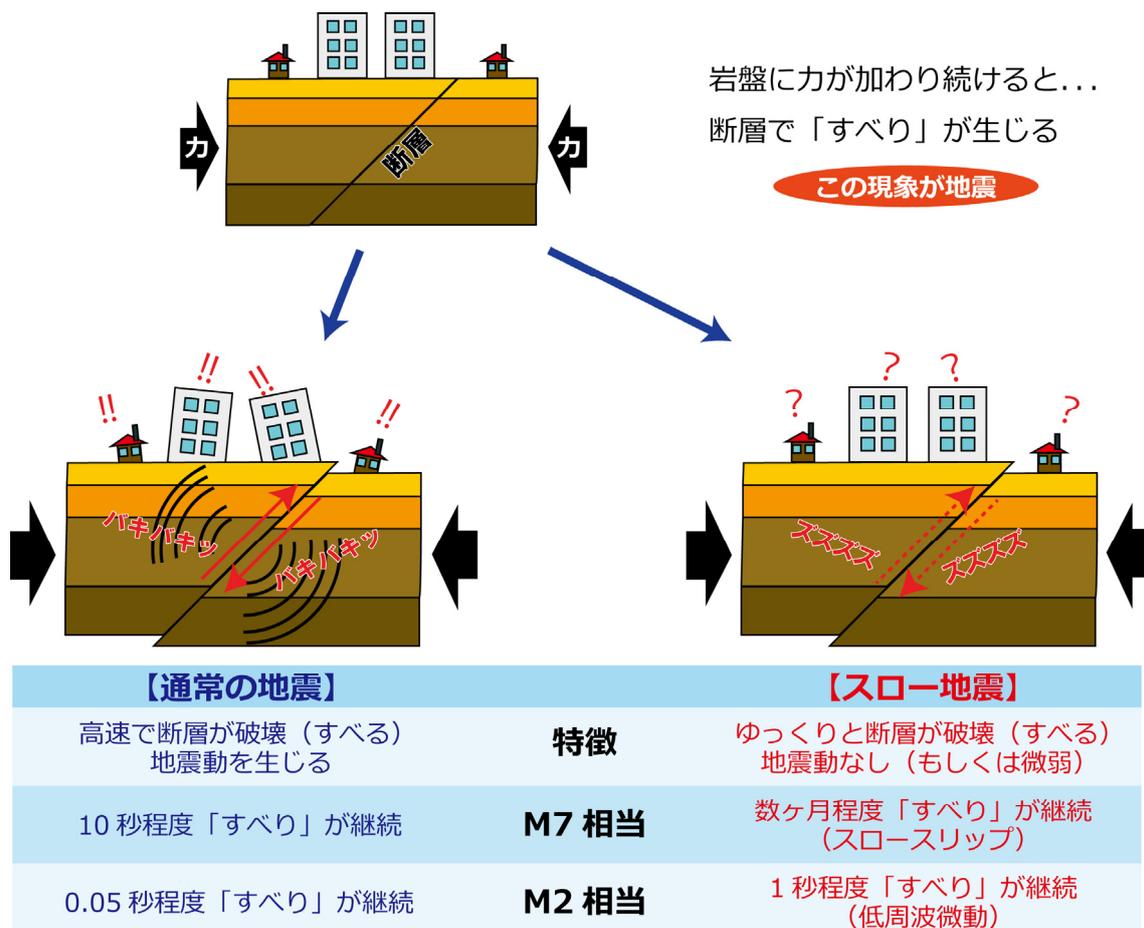


図 2 : 通常地震とスロー地震のちがい.

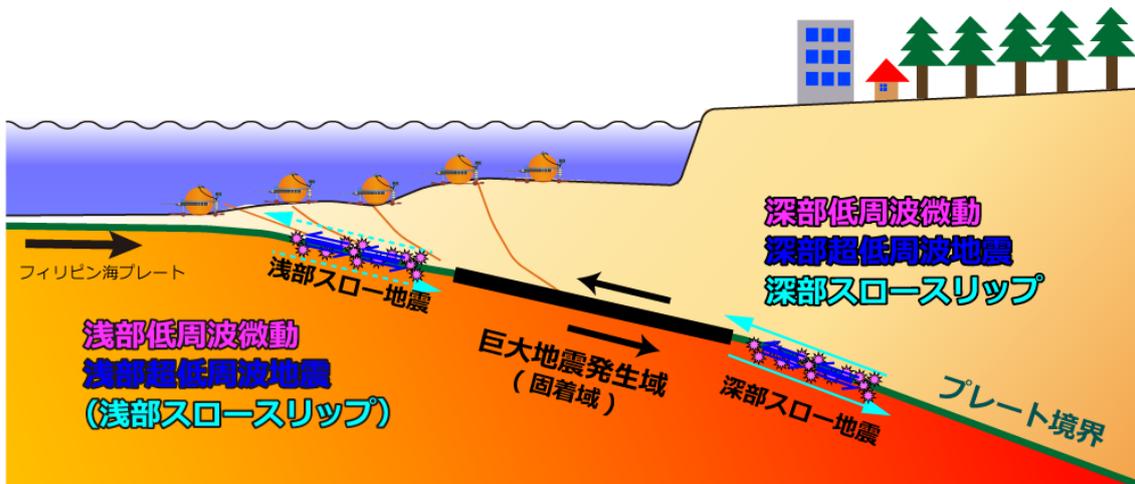


図 3 a : 西南日本で発生するスロー地震と巨大地震との位置関係. 南海トラフ沿いで発生する巨大地震の浅部側と深部側でスロー地震が発生しています. 浅部スロー地震については, スロースリップは未だに直接観測されていません.

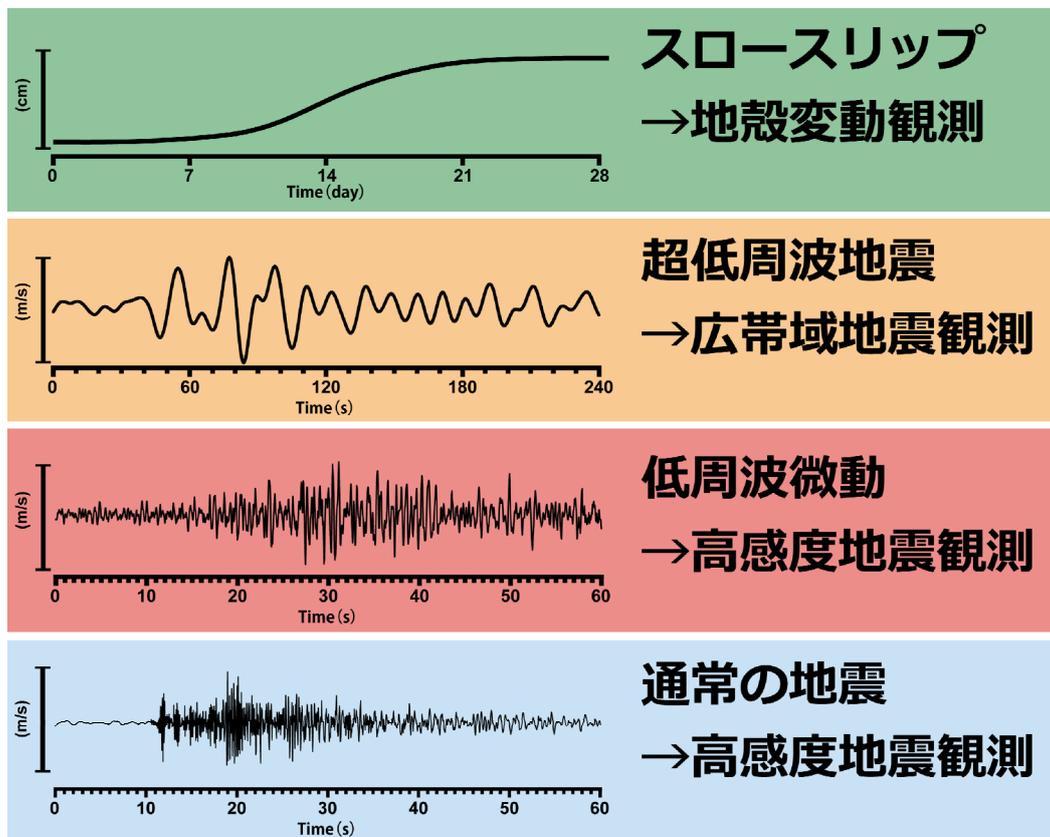


図 3 b : スロー地震と通常の地震の違い (実際のデータ例).

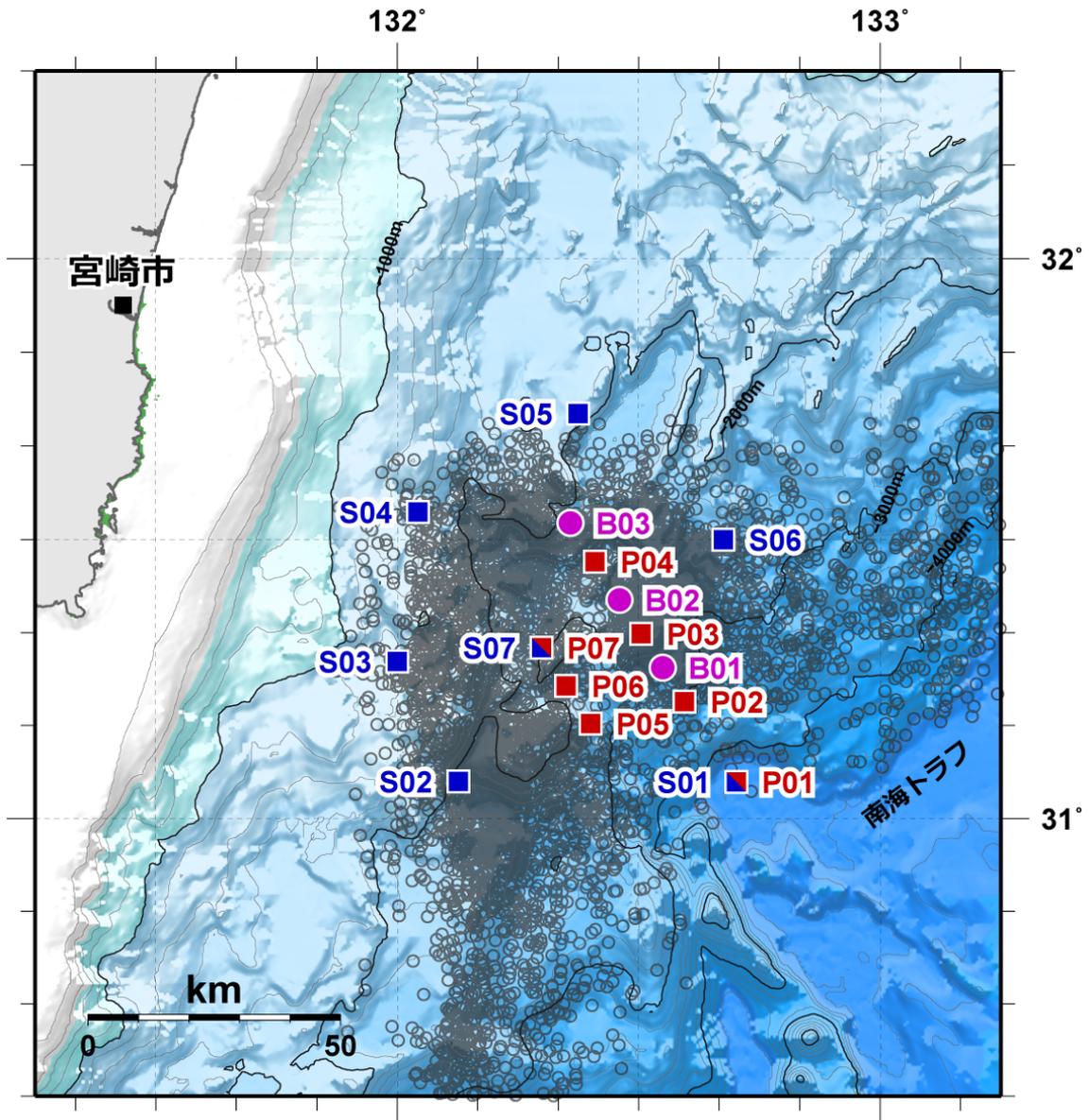


図4：本作業における海底地震計設置位置. ●では、圧力計付き広帯域型海底地震計の設置を行います. ■では、海底圧力計, ■では長期観測型海底地震計の設置を行います. 色が二色付いている場所では、同一地点に海底圧力計と長期観測型海底地震計を1台ずつ設置します. 図中のマイナスがついた数字は水深値を表し、太い線は1000m、細い線は200m間隔で等深線を描いています. 背景のグレーの丸は2013年~2015年に発生したスロー地震（低周波微動）を示しています.

自己浮上式海底地震計による観測

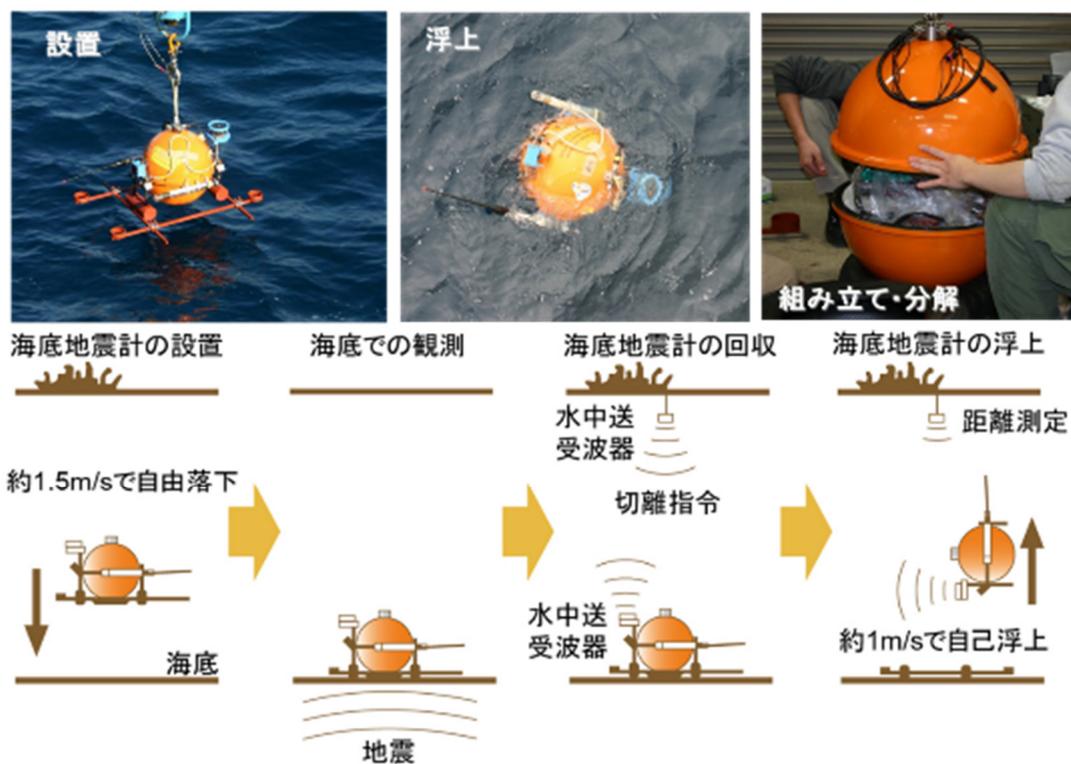


図5：自己浮上式海底地震計による観測の概要。観測データは組み立て・解体時に取り出されます。DONETやS-netなどのケーブル式海底地震計と異なり、リアルタイムでデータを取得することは出来ませんが、機動性に優れ、目的に応じた配置をプランニングできるので、今回のような多点稠密観測が可能です。

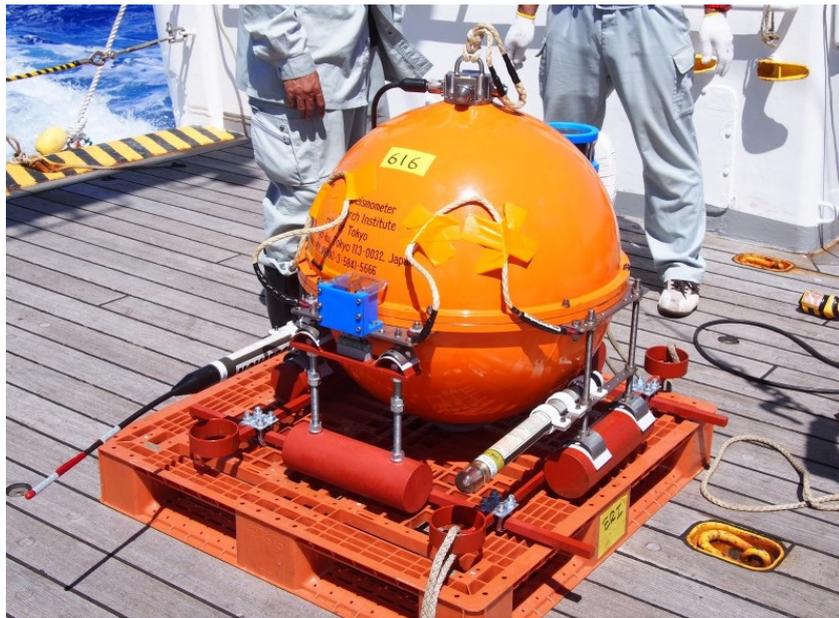


図 6 : 海底観測機材の写真. 上は長期観測型海底地震計 (球の直径 50cm), 下は広帯域海底地震計 (球の直径は 65cm). 海底圧力計は, 長期観測型海底地震計に圧力計センサーがつけられたもので, 長期観測型海底地震計と外観はほぼ同じです. 回収の際は, おもりを切り離して浮上させます.

表1. 設置する海底観測機器の座標値と種類（設置する場所および機材は、天候等により変更される場合があります）.

観測点名	緯度 (度-分)	経度 (度-分)	水深 (m)	観測機材	備考
HYS1.B01	31-16.2	132-33.0	2706	BBOBSP	
HYS1.B02	31-23.5	132-27.6	2391	BBOBSP	
HYS1.B03	31-31.7	132-21.5	2095	BBOBSP	
HYS1.P01	31-03.9	132-42.1	4805	OBP	※S01 と同一地点
HYS1.P02	31-12.6	132-35.7	2993	OBP	
HYS1.P03	31-19.9	132-30.3	2360	OBP	
HYS1.P04	31-27.6	132-24.6	2675	OBP	
HYS1.P05	31-10.2	132-24.0	2544	OBP	
HYS1.P06	31-14.3	132-21.0	2404	OBP	
HYS1.P07	31-18.4	132-17.9	2203	OBP	※S07 と同一地点
HYS1.S01	31-03.9	132-42.1	4805	LOBS	※P01 と同一地点
HYS1.S02	31-04.0	132-07.6	2245	LOBS	
HYS1.S03	31-16.9	132-00.0	1389	LOBS	
HYS1.S04	31-32.9	132-02.6	1585	LOBS	
HYS1.S05	31-43.5	132-22.5	1910	LOBS	
HYS1.S06	31-30.0	132-40.5	2523	LOBS	
HYS1.S07	31-18.4	132-17.9	2203	LOBS	※P07 と同一地点

※観測機材の略称について

BBOBSP : 圧力計付き広帯域型海底地震計

LOBS : 長期観測型海底地震計

OBP : 海底圧力計（圧力計型海底地震計）

8. 注

注1：これまでのスロー地震研究について

スロー地震の研究は、主に陸上の地震・地殻変動(GPS)観測網を利用した研究が1999年以降精力的に実施されてきており、特に西南日本は世界的にも研究が進んでいる領域です。四国や紀伊半島など、南海トラフ沿いのプレート境界巨大地震発生領域よりも深部(深さ約30~40km)では、スロー地震3兄弟である「低周波微動」,「超低周波地震」,「スロースリップ」が1999年~2007年に相次いで発見されました(Hirose et al., 1999; Obara, 2002; Ito et al., 2007)。これらの発見は、1995年兵庫県南部地震(阪神・淡路大震災)以降に日本の高感度地震観測網・地殻変動(GPS)観測網が拡充されたことが大きく関係しており、世界のスロー地震研究をリードしてきました。

一方で、陸上の観測網からは遠く離れすぎて、検知そのものが難しいプレート境界浅部の海溝軸周辺(海洋プレートが大陸プレートの下に沈み込みを始める地点)で発生するスロー地震は、2005年に「超低周波地震」が発見されました(Obara and Ito., 2005)、それ以外のスロー地震については実態そのものが謎のままです。近年、一部の海域ではありますが観測が実施されてきており、その中でも日向灘では2013年にスロー地震の一つである「低周波微動」の観測に成功しました(Yamashita et al., 2015, 図A1)。この観測により、低周波微動活動の特性や超低周波地震との関係が世界で初めて明らかになり、2014年からは長期連続海底地震観測が実施されるなど、世界で最もプレート境界浅部のスロー地震の研究が進んでいる領域の一つです。また、プレート境界の深部で発生するスロー地震と同期発生現象など、世界でも日向灘でしか確認されていない珍しい現象が発生していることが知られています。このような背景から、新学術領域研究「スロー地震学」では、日本でスロー地震の観測研究を行っている研究者が、日向灘とその周辺で発生するスロー地震を海底と陸上の両方から重点的に調査し、スロー地震発生様式の解明を目指しています。

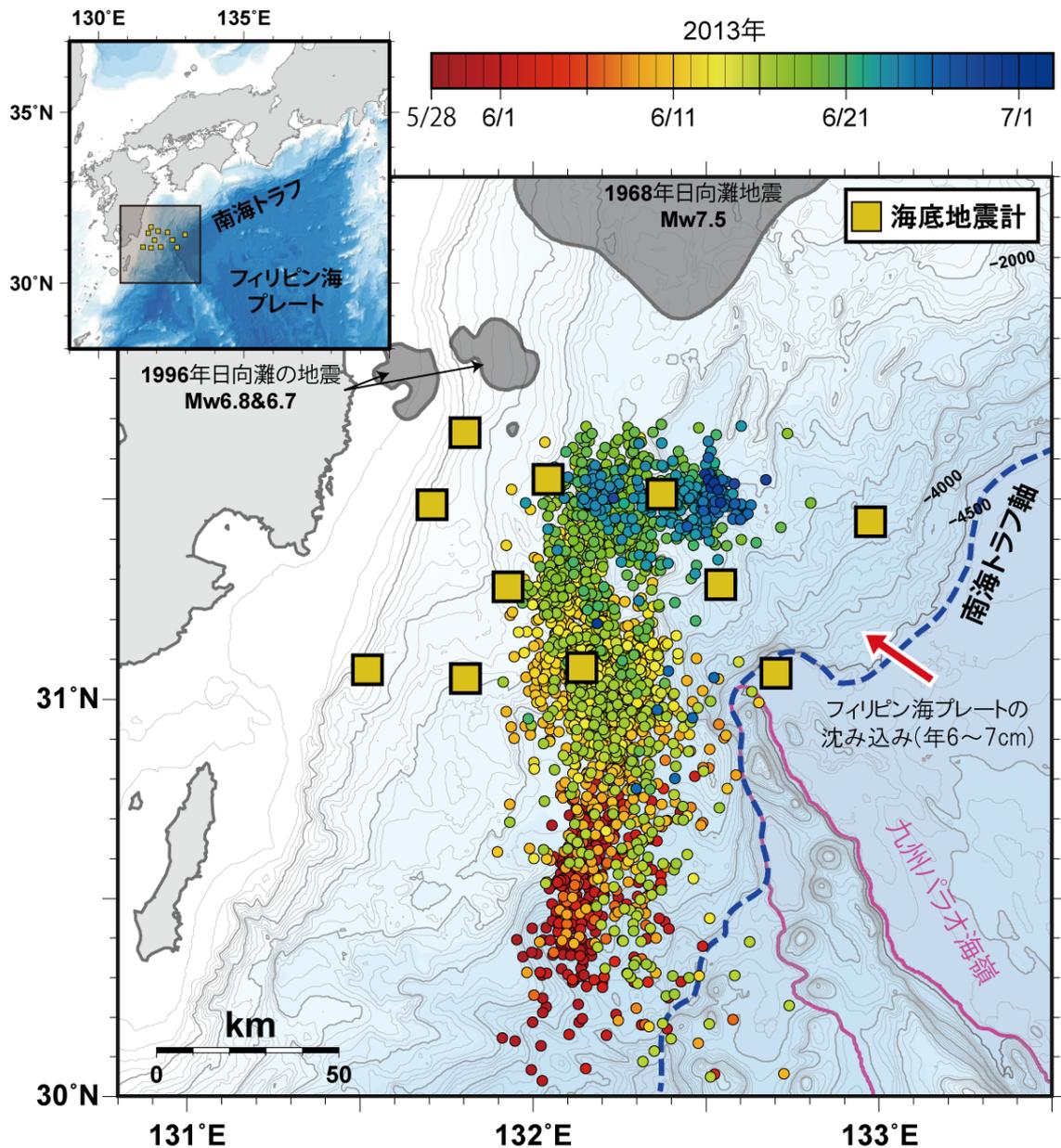


図 A1. 2013 年に観測に成功したスロー地震の 1 つである浅部低周波微動の震央分布 (Yamashita et al., 2015 を一部改変). 黄色の四角は 2013 年の観測で設置した海底地震計の場所を示しています. グレーの領域は過去に発生した M7 級のプレート境界地震の震源域 (地震時に大きくすべった領域) を示しています. 色の付いた丸が低周波微動の発生場所で, 色は発生日時に対応しており, 低周波微動が南 (赤色) から北 (青色) へ移動していることがわかります. プレート境界浅部での低周波微動の移動現象が観測されたのは, この 2013 年の日向灘における観測が世界で初めてのことでした.