

(1) 実施機関名：

九州大学

(2) 研究課題（または観測項目）名：

九州地域（日向灘）におけるプレート境界近傍での応力場の時空間変化

(3) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(2) 地震・火山噴火に至る準備過程

(2-1) 地震準備過程

ア．アスペリティの実体

(4) その他関連する建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(1) 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象

ア．列島及び周辺域のプレート運動，広域応力場

(2) 地震・火山噴火に至る準備過程

(2-1) 地震準備過程

イ．非地震性滑りの時空間変化とアスペリティの相互作用

エ．スラブ内地震の発生機構

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

微小地震活動が活発な日向灘において、海底地震計による自然地震観測を行うことにより、地震の震源位置と発震機構解を高精度で推定する。応力場逆解析法によりプレート境界近傍での応力場を求め、アスペリティとの関係の特徴を抽出及び検証する。海域を含めた観測データを用いて地震波トモグラフィ解析を行うことにより、固着域・非固着域及びその周辺域での特徴的な構造の理解を行う。また、カップリング率の大きい東南海・南海地震想定震源域との比較、また、カップリング率が日向灘と同様に中程度と考えられている千島海溝・日本海溝との比較研究を行い、アスペリティ・非アスペリティ領域における地震波速度構造の特徴の理解を進める。応力場逆解析法を高分解で行うための手法の高度化を図り、応力場の時間変化の検出を試みる。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

平成 21 年度は長崎丸（長崎大学）を利用し、日向灘南部において 4 月から 7 月までの約 2 か月間強の期間、自然地震観測を実施する。また、九州東部における陸上定常地震観測点の空白地域にテレメータ点を設置し、データの蓄積を図る。それらのデータを用いて地震活動及び応力場解析、またトモグラフィ法により速度構造を求める。また、応力場の時間変化を検出するための解析手法の開発に着手する。平成 22 年度以降も長崎丸による海底地震計を用いた自然地震観測を行い、データの蓄積を図る。応力場逆解析法を高分解で行うための手法の高度化を図り、応力場の時間変化の検出を試みる。

(7) 計画期間中(平成 21 年度～ 25 年度)の成果の概要：

●平成 25 年度の成果

平成 25 年度は、4 月 19 日～7 月 4 日までの 77 日間に渡り、日向灘プレート境界浅部領域から地震発生層に至る領域に 12 台の短期観測型海底地震計を長崎大学水産学部練習船・長崎丸を利用して設置し自然地震観測を実施した(図 1 に観測点配置図)。本観測期間中には、5 月下旬から 6 月下旬にかけて浅部低周波微動活動が活発化し、海底地震観測によって震源域近傍で初めて活動を捉えることに成功した。

(図 2・図 3 に波形例とランニングスペクトル)。エンベロープ相関法 [Obara,2002] による震源決定結果から、詳細な時空間分布を得ることができた。特に今回の活動では、南から北に向かってマイグレーションしていた浅部低周波微動が、日向灘に沈み込む九州パラオリッジ付近でマイグレーション方向を北北西方向に変え、小繰り返し地震発生領域の up-dip limit 付近までマイグレーションしたことが明らかになった。

●本 5 か年の計画期間中に得られた成果

・日向灘における海底地震観測を継続して行い、地震の震源位置と発震機構解を高精度で推定し、高精度なデータの蓄積を進めた。

・高精度震源データを用いて地震波トモグラフィー解析を行い、発震機構解を元にプレート境界面の推定を行った結果、速度構造とプレート境界面の両方に対応するプレート境界面の高まりが存在することが分かった。この高まりは海山であると考えられ、1968 年日向灘地震の地震時滑りの伝播を止めるバリアの働きをしたことが示唆される。

・日向灘南部での応力場推定を行い、大隅半島沖から種子島沖ではプレート境界面にせん断応力があまり働いていないことが推定された。

・1994 年以降の陸上定常地震観測網の波形データを用いて小繰り返し地震解析を行い、小繰り返し地震の同定と非地震性滑りレートの空間分布を明らかにした。

・小繰り返し地震と、地震波解析から明らかとなっている M7 級のアスペリティ領域の分布はすみ分けており、M7 級の海溝型地震や最近の中規模地震は低滑りレート(固着率が大きい)領域に位置していることを明らかにした。

・日向灘南部の大隅半島沖では滑りレートが高く、プレート間固着は弱い推定される。これは、応力場推定の結果とも調和的で、スロースリップなどの非地震性滑りによってひずみを解消している可能性がある。

・非地震性滑りレートの推定結果から、海溝軸に沿った方向で、日向灘南部から北部に向かって固着率が大きくなる特徴に加え、プレートが沈み込む方向で、浅部から深部に向かって固着率が大きくなる特徴を明らかにした。

・日向灘でアスペリティが特定されていない過去の M7 級の海溝型地震(1931, 1941, 1961, 1970 年)について、本震と余震を最新の地球物理学的知見(構造データ)を取り入れて精度良く求め、余震域の広がりから震源域の推定を行った。その結果、1931 年と 1961 年の日向灘地震は 1996 年 10・12 月の地震の余震域と重なることから、30～35 年間隔で同じアスペリティが繰り返し破壊する固有地震的活動をしている可能性が高い。

・日向灘におけるアスペリティは、小繰り返し地震解析による固着率の大きな領域に位置しており、小繰り返し地震解析から推定された固着の空間分布は数十年以上にわたって保持される可能性が高いこと、また、将来も同じ場所で M7 級の海溝型地震が発生すると考えられる。

・日向灘の海溝軸付近(プレート境界浅部領域)で発生している浅部超低周波微動を、平成 25 年度の海底地震観測によって震源域近傍で初めて捉えることに成功した。海底地震データを用いたことで震源決定精度が格段に向上し、その結果、浅部低周波微動活動の時空間変化を詳細に求めることができた。特に今回の活動では、南から北に向かってマイグレーションしていた浅部低周波微動が、日向灘に沈み込む九州パラオリッジ付近でマイグレーション方向を北北西方向に変え、小繰り返し地震発生領域の up-dip limit 付近までマイグレーションしたことが明らかになった。

・プレート境界深部の遷移領域で発生する微動とスロースリップの関係から、浅部低周波微動のマイグレーションは短期的スロースリップイベントの発生とその滑り発展を示唆している。マイグレーション方向が九州パラオリッジによって変化したことから、九州パラオリッジがスロースリップの滑りの進展を妨げるバリアの役割をしていると考えられる。

以上の結果から、日向灘における応力場は以下の様に特徴づけられる。

・プレート境界浅部領域から小繰り返し地震発生層の up-dip limit 付近までは非地震性滑りが卓越している。

・小繰り返し地震発生層の up-dip limit から down-dip limit (プレートの沈み込む方向)においてプレート間固着が徐々に強くなる。

・プレート境界浅部領域では間欠的な短期的スロースリップによってある程度のひずみを開放していると考えられる。

・九州パラオリッジがプレート境界面上の滑りの進展を妨げるバリアの役割を果たしている。

応力場の比較短期的な時間変化については本課題実施期間において達成されなかったが、空間変化については海底地震観測や小繰り返し地震解析、過去に発生した海溝型地震の解析からおおむね達成できた。特に、これまで不明な点が多かったプレート境界浅部における情報が得られた点は大きく、日向灘の地震活動に大きく影響を及ぼしていると考えられる九州パラオリッジが果たす役割についての知見を得ることが出来た点は、当初の予定以上の成果であった。

(8) 平成 25 年度の成果に関連の深いもので、平成 25 年度に公表された主な成果物(論文・報告書等) :

Yamashita, Y., H. Yakiwara, H. Shimizu, K. Uchida, M. Kamizono, M. Nakamoto, M. Fukui, S. Fujita, K. Aizawa, H. Miyamachi, S. Hirano, K. Umakoshi, T. Yamada, H. Kanehara, T. Aoshima, 2013, Shallow Low-frequency Tremor in the Hyuga-nada region, western Nankai Trough subduction zone, observed by ocean bottom seismographic experiment, Abstract S41B-2428 presented at 2013 Fall Meeting, AGU, San Francisco, CA, USA

山下裕亮・八木原寛・清水 洋・内田和也・神薗めぐみ・中元真美・福井海世・藤田詩織・相澤広記・宮町宏樹・平野舟一郎・有門那津美・馬越孝道・山田知朗・兼原壽生・青島 隆, 2013, 海底地震観測により捉えられた日向灘における浅部低周波微動活動(序報), 日本地震学会 2013 年秋季大会講演予稿集, A31-07

(9) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

清水 洋、内田和也、松本 聡、松島 健、山下裕亮

他機関との共同研究の有無 : 無

(10) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名 : 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター

電話 : 0957-62-6621

e-mail : hshimizu@kyudai.jp

URL : <http://www.sevo.kyushu-u.ac.jp/>

(11) この研究課題(または観測項目)の連絡担当者

氏名 : 清水 洋

所属 : 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター

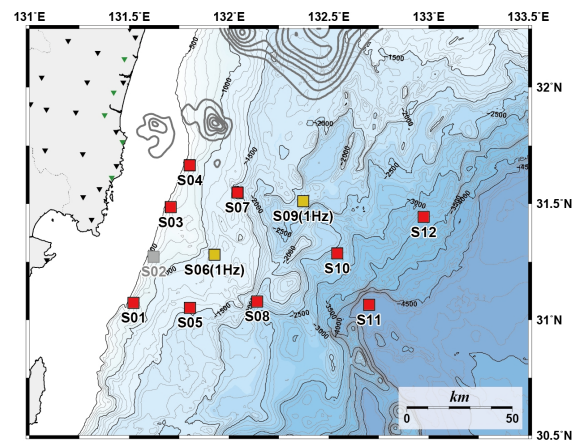


図 1 . 平成 25 年度海底地震観測の観測点配置図

□が海底地震計の設置位置を示し、赤の四角は 4.5Hz，黄色の四角は 1.0Hz のセンサーを示す．S11 はフィリピン海プレート上で水深は約 4900m である．

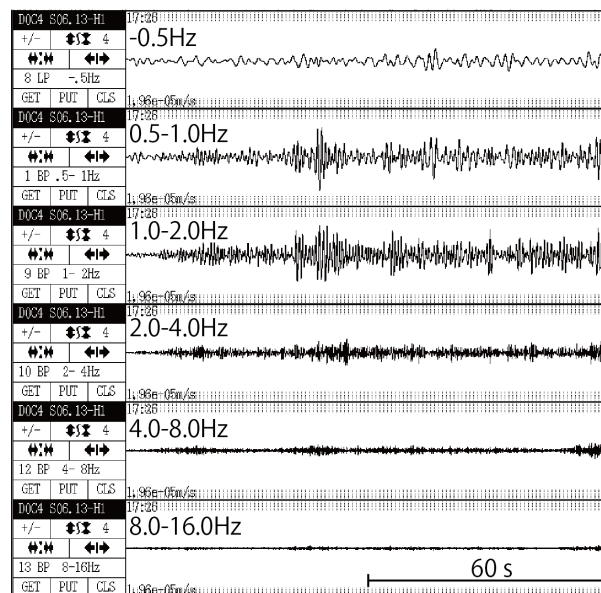
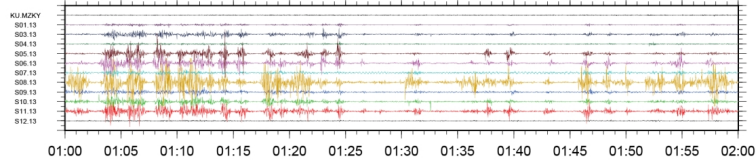


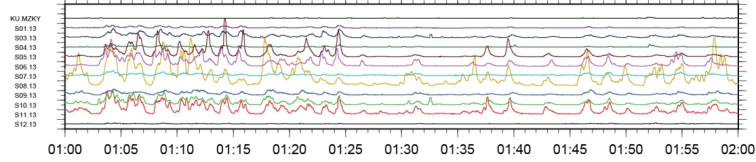
図 2 . 1Hz 地震計で捉えられた浅部低周波微動の波形例 (S06 観測点)

一番上は 0.5Hz のローパスフィルタをかけた波形，それ以降は 0.5-1Hz, 1-2Hz, 2-4Hz, 4-8Hz, 8-16Hz のバンドパスフィルタをかけた波形で，スケールは全て同じに揃えられている．横軸はおよそ 2 分であり，数分程度の継続時間を持つものが多い．0.5-2Hz の低周波帯域で卓越していることが分かる．

Raw (BPF:2-8Hz)



RMS envelope (BPF:2-8Hz)



Running spectrum

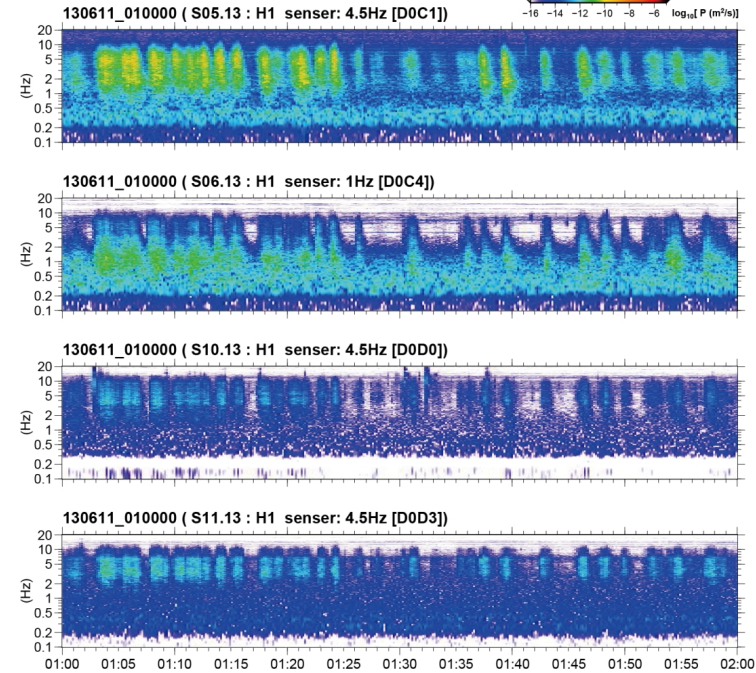


図 3 . 1 時間の連続 RAW 波形・エンベロープ波形・ランニングスペクトルの例

2013 年 6 月 11 日 01 時台の全観測点の連続波形 (2-8Hz のバンドパスフィルタをかけている) とそのエンベロープ波形 , 4 観測点のランニングスペクトル (上から S05, S06, S10, S11 . S06 はセンサーが 1Hz .) . 日向灘だけでなく , より南方で発生している微動も一部捉えられている . 通常地震は 10Hz 以上の高周波成分も含むが , 浅部低周波微動はおおよそ 1-8Hz の帯域に卓越している .