

(1) 実施機関名 :

鹿児島大学

(2) 研究課題（または観測項目）名 :

（和文）南西諸島北部域における小スパン海底地震観測に基づくプレート間すべり特性の研究

（英文）Study on Interplate Slip Behavior in the Northern Part of the Nansei Islands Based on Small-Span Ocean-Bottom Seismic Observation

(3) 関連の深い建議の項目 :

1 地震・火山現象の解明のための研究

- (5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震

(4) その他関連する建議の項目 :

1 地震・火山現象の解明のための研究

- (2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
地震

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究

- (1) 南海トラフ沿いの巨大地震

6 観測基盤と研究推進体制の整備

- (6) 次世代を担う研究者、技術者、防災業務・防災対応に携わる人材の育成

(5) 本課題の5か年の到達目標 :

本課題は、南西諸島北部域のうち浅部微動と通常の微小地震の双方が活動的な種子島南東沖を対象領域とし、長期収録型海底地震計を年次的に投入する小スパン海底地震観測を主体とした観測研究を実施する。使用可能な長期収録型海底地震計の台数が限られることから、一定の広がりをもつ当該領域の活動を把握するには観測点間隔を保ちながら観測網を移動させる機動的観測が不可欠であるため、5か年のうち延べ4年間の機動観測を行う。並行して、陸域観測点の中長期データを用いた日向灘南部から奄美大島沖にかけての領域の準静的すべり速度の時空間変化の解析を継続する。以上により取得される観測データに基づき、当該領域のプレート間すべり特性について精度を向上させて解明する。5か年の到達目標は、以上の観測に基づき、地震発生場の理解が進展した日向灘と奄美大島北東沖の間に位置する種子島南東沖のプレート間すべりの特性に関する知見を得て、日向灘と奄美大島北東沖での稠密観測研究の成果と比較することにより、南西諸島北部域におけるプレート間すべり特性の海溝軸方向の連続性、地域性を明らかにすることである。

(6) 本課題の5か年計画の概要 :

1. 長期収録型海底地震計を用いた機動的観測

南西諸島北部域の種子島南東沖において、8台の長期型海底地震計を用いた小スパン観測網（観測点間隔：約20 km）により、概ね1年単位・4期間で海底地震観測を実施する。本計画期間中においては、令和6年度初頭の投入から令和10年度初頭の回収までを行う。観測領域を一部重ねながら南から北へ年次的かつ機動的に観測網を展開していくことで、検知・震源決定能力を保ちながら、過去に大まかに推定された浅部微動の発生領域をできるだけ広くカバーできるように計画する。同時に、令和5年度までの対象領域と接続するように観測網を展開していくことにより、令和5年度までの計画から本計画を通じた、南西諸島海溝に沿った稠密観測を実現する。なお、海底地震計の投入と回収のた

めの航海は、大学の練習船の教育関係共同利用により実施し、大学院生・学部生の海域観測実習の場としても活用する（令和6～10年度）

2. 浅部微動活動の解析

1の海底地震観測データを用い、各観測期間それぞれについて浅部微動を検出してカタログを作成するとともに、個々の微動について震源、放射エネルギーを推定する。まとまった活動（エピソード）毎の微動緒の高速マイグレーションの様式の把握、微動の震源の不均質性について考察する（令和7～10年度）。

3. 通常の微小地震の解析と浅部微動活動との比較

1の海底地震観測データを用い、小スパン観測網内とその周辺で発生した微小地震の検出と震源決定を行う。この際、広域の稍深発地震等の検出データを利用して堆積層補正等の顕著な走時遅れ補正を施し、深さの精度を向上させた震源分布を求める（令和7～10年度）。得られた震源情報と2の結果を比較し、浅部微動と通常の微小地震との時空間的關係を抽出する（令和7～10年度）。さらに得られた通常の微小地震の震源の分布状況や地震数に基づき、速度トモグラフィの解析が可能と判断された場合は、3次元速度構造の推定も行い、震源分布と比較する（令和10年度）。

4. 陸域の長期地震観測データによる広域の準静的すべり速度分布の時間変化の解析

令和5年度までに実施してきた、日向灘南部から奄美大島にかけての領域についての小繰り返し地震を用いた準静的すべり速度の解析を継続する（令和6～10年度）。

5. 総括

2～4の解析結果に基づき、当該領域のプレート間すべりを理解することに重点的に取り組み、モデルを構築することを目指す。さらに、観測研究が進展している日向灘南部や現行計画で取り組んでいる奄美大島北東沖で得られた知見を総合して、プレート間すべり特性の海溝軸方向の連続性、地域性を明らかにする（令和10年度）。

(7) 令和6年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

[1] 長期収録型海底地震計を用いた機動的観測

令和6年度は、南西諸島北部域の種子島南東沖において海底地震観測を実施し、予定通りに5か年の観測計画を開始した（図1の黄×：2024-2025）。併せて、令和5年度に設置した海底地震計8台を回収した（図1の赤▽：2023-2024）。海底地震計の回収・投入・測量作業は、長崎大学水産学部附属練習船・長崎丸の教育関係共同利用に基づき実施され、海域観測実習の場として大学院生4名が乗船した。観測内容については、以下のとおりである。

長崎丸第131次航海（2024年4月15日～19日）により、種子島南東沖において8台の海底地震計で構成される小スパン海底地震観測網を設置した。第6期で用いる8台のうち、7台が固有周波数1 Hzの自己浮上式長期収録型海底地震計（LOBS：Long-term Ocean Bottom Seismometer）、1台が固有周期20秒の自己浮上式小型広帯域海底地震計（CBB OBS：Compact Broadband OBS）である。投入直前の時刻較正は正常に完了した。同様に、令和5年度に設置したOBSの回収後の時刻較正も成功した。音響通信を用いたOBSの着底位置測量は、シップタイムの制約から4観測点のみで完了した。残る4観測点の着底位置は、2025年4月に実施するOBS回収時の音響通信記録を利用して推定する。図1に、第3次計画（本計画）、第2次計画及び第1次計画の観測点配置を合わせて示す。第6期OBS（図1：黄×）は、設置から約1年後の2025年4月中旬に回収し、同航海で新規位置への入れ替え（第7期、図1：黄緑+）を予定している。

展開した小スパン観測網の観測点間隔は、第2次計画の第1期観測から継続して約20 kmであり、沈み込むフィリピン海プレートと陸側プレートの境界面上で発生する浅部低周波微動（浅部微動）や、島嶼地震観測点のみでは捉えることのできない微小地震の検出および震源決定精度の向上に貢献する。本計画では、喜界島東方海域から開始した第2次計画（第1期～第5期）の観測領域と接続して、かつ、南から北へ年次的に機動観測していくことで、通常地震とスロー地震の時空間的關係を南西諸島海溝に沿って広く明らかにしていく（図1）。

[2] 浅部微動（浅部低周波微動）の活動

令和6年度は令和5年度に設置した約20 kmスパンの海底地震観測網データを用いて、期間中に発生した浅部低周波微動（浅部テクトニック微動ともいう。以降、浅部微動）の暫定的な解析を実施した。第2次計画時と同様にエンベロップ相関法による震源決定を実施した結果、小規模な活動を含めると

複数のエピソードを確認できた（図2）。このうち最も顕著なエピソードは2023年12月～2024年1月にかけて発生した。12月中旬に南側から始まった活動が北方向へマイグレーションした後、12月下旬に再び南側から北側へのマイグレーションがあった。その後、1月には主に北側で活動が認められた。浅部微動の発生領域はこれまでと同様に、プレート上面深度分布における深さ約10～15 kmの領域に対応しており、令和5年度報告（第4期観測：2022～2023観測）で得られた震央分布の一部と今年度の解析で確認された観測網西側から南西側の活動はほぼ一致している。ただし、1月の活動は北から北東側に広がっており、12月の2回のマイグレーションがあった領域とは場所がやや異なるように見える。

これまでの一連の観測（第1～4期）の期間中に検知されたイベントの波形の特徴としては大きな差はないものの数としては最少の272個であり、1エピソードの活動度もこれまでのものに比べるとやや低い。約1年の観測期間中にたまたま活発なエピソードが発生しなかった可能性もあるが、観測領域のdown-dip側はトカラ列島東方沖の中でも地震活動が非常に活発な領域であり、昨年度の観測でも明瞭に北緯29度より北と南で浅部微動の活動に差があることが示されていた。ここが喜界島東方沖から続く一連の活動領域の北限であり、セグメント境界のような場所であることが示唆される。

[3] 日向灘中部～南西諸島北部域の準静的すべり速度の時空間変化

上記[1]の機動的海底地震観測は、稠密な観測網を展開可能である一方で、使用可能な台数の制約から、広域かつ中長期の時間変化を捉えることは困難である。このため本課題では、バースト的な活動を除いたプレート境界域での小繰り返し地震（相似地震）を用い、日向灘から奄美大島にかけての小領域ごとに小繰り返し地震が発生する度に準静的すべり速度を求め、時間変化についてモニタリングを継続する。

図3に1993年4月～2024年9月の30.5年間における各領域の準静的すべり速度の時間変化を示す。各領域の速度は、領域K（トカラ列島南東沖）を除き、2000年代前半頃（2000～2005年）から2015年前後にかけての数年から10年程度は最小である。この時期の速度は、領域E（種子島南東沖）を除き1.0～1.5 cm/yr. である。ただし領域Kについては、他の領域とは異なる時間推移を呈し、2000年頃から2010年頃にかけては約2.0 km/yr. でこれ以降は速度がより低下している。この領域Kを除けば、準静的すべり速度は2015年前後から増加に転じ、2020年頃以降はさらに増加する領域が多い。すなわち、概ね2015年前後以降は日向灘や奄美大島付近までの南西諸島北部は全般的に準静的すべり速度が増加した状態が継続している。ただし、領域A（日向灘中部）、B（日向灘南部）、C（都井岬南東沖）、D（種子島東方沖）、G（トカラ列島東北東沖）、H（トカラ列島北東沖）、M（奄美大島付近）は特に2023年頃以降は速度の頭打ち、もしくは減少傾向である。2024年8月8日に日向灘で発生したM7.1の震央は領域Cに位置するが、この前後の時間変化については、この地震後のデータ期間が短いためデータの蓄積を待つ必要がある。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本課題は、南西諸島北部域のうち1911年喜界島近海地震（M8.0）の推定震央域（奄美大島東方海域）を端緒とし、ここから概ね海溝軸方向に北上する形で年次的に実施する機動的な海域地震観測を積み重ねることで、奄美大島東方沖から種子島南東沖までのプレート境界域において浅部微動と通常地震との時間空間的関係を明らかにすることを目的として実施する。併せて陸上地震観測による中長期の準静的すべり速度の時間変化で補完することにより、当該領域の地震発生場の理解の深化を図る。これまでの観測研究の結果、喜界島近海地震の推定震央領域の現状を把握することができ、さらに喜界島近海地震の断層のタイプや発生場に制約を与える知見も得られた。これらを通じ、地震発生場が未解明である南西諸島域の地震発生予測に貢献できると考えられる。

- (8) 令和6年度の成果に関連の深いもので、令和6年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
・論文・報告書等

Ching-Yu Hu, Masanao Shinohara, Yusuke Yamashita, Takashi Tonegawa, Tomoaki Yamada, Takeshi Akuhara, Kimihiro Mochizuki. Seismic activity around shallow plate boundary near westernmost Nankai Trough revealed by ocean bottom seismometer observation. Earth, Planets and Space. 168 (2024), doi:<https://doi.org/10.1186/s40623-024-02122-4>, 査読有, 謝辞

有

・学会・シンポジウム等での発表

山下裕亮・篠原雅尚・山田知朗・仲谷幸浩・平野舟一郎・八木原寛・中東和夫・松島健・伊藤喜宏, 2024, 日向灘における2023年4月～7月の浅部微動活動, 日本地震学会2024年度秋季大会, S09P-10.

平田一聖・山下裕亮・松島健・仲谷幸浩・平野舟一郎・八木原寛・中東和夫・江本賢太郎・松本聡・大柳修慧・伊藤喜宏・胡靚好・山田知朗・篠原雅尚, 2024, 日向灘の通常の地震と浅部スロー地震の発生領域境界部における地震活動, 日本地震学会2024年度秋季大会, S09-07.

Issei Hirata, Yusuke Yamashita, Takeshi Matsushima, Yukihiro Nakatani, Shuichiro Hirano, Hiroshi Yakiwara, Kazuo Nakahigashi, Kentaro Emoto, Satoshi Matsumoto, Shukei Oyanagi, Yoshihiro Ito, Chin Yu Hu, Tomoaki Yamada, and Masanao Shinohara, 2024, Seismic activity in the transition zone between the ordinary earthquake and shallow slow earthquake in Hyuga-nada, southwest Japan, International Joint Workshop on Slow-to-Fast Earthquakes 2024, P126.

平田一聖・山下裕亮・松島健・仲谷幸浩・平野舟一郎・八木原寛・中東和夫・江本賢太郎・松本聡・大柳修慧・伊藤喜宏・山田知朗・篠原雅尚, 2024, 日向灘の通常の地震と浅部スロー地震の発生領域境界部における地震活動, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SSS08-P15

Ching-Yu Hu, Masanao Shinohara, Yusuke Yamashita, Takashi Tonegawa, Tomoaki Yamada, Takeshi Akuhara, Kimihiro Mochizuki. Earthquake distribution by OBS observation in Hyuga-nada region and comparison with slow earthquake activities, AGU fall meeting 2024, S41C-03

Ching-Yu Hu, Masanao Shinohara, Yusuke Yamashita, Takashi Tonegawa, Tomoaki Yamada, Takeshi Akuhara, Kimihiro Mochizuki. Seismicity in shallow part of Hyuga-nada subduction zone by ocean bottom seismometer from 2015 to 2022, 日本地震学会2024年秋季大会, S09-14

Ching-Yu Hu, Masanao Shinohara, Yusuke Yamashita, Takashi Tonegawa, Tomoaki Yamada, Takeshi Akuhara, Kimihiro Mochizuki. Seismic activity around plate boundary near westernmost Nankai trough revealed by ocean bottom seismometer observation, JpGU2024, SCG40-P20

(9) 令和6年度に実施した調査・観測や開発したソフトウェア等のメタ情報：

項目：地震：地震：短周期地震観測

概要：種子島南東沖における海域オフライン地震観測

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：鹿児島県種子島南東沖 29.15 130.91

調査・観測期間：2023/4/-2024/4/

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

(10) 令和7年度実施計画の概要：

種子島南東沖に投入中の第6期LOBS+CBOBSを2025年4月中旬に全8台回収する。同時期に第7期LOBSを投入する。回収データを用いて、期間中に発生した浅部微動の震源決定を実施する。また、第1期～第5期観測データを用いて、これまでの観測結果の精査を進め、浅部微動分布のマッピングを行う。さらに、通常地震の震源再決定等を通じ、浅部微動と通常地震の時空間関係について考察する。また、日向灘中部～南西諸島北部域の中長期の陸上地震観測データを用いた準静的すべり速度の解析を継続する。以上により、当該領域のプレート間すべり特性等について議論する。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

八木原 寛（鹿児島大学大学院理工学研究科）, 中尾 茂（鹿児島大学大学院理工学研究科）

他機関との共同研究の有無：有

山下 裕亮（京都大学防災研究所）, 中東 和夫（東京海洋大学海洋資源エネルギー学部門）, 山田 知朗（東京大学地震研究所）, 篠原 雅尚（東京大学地震研究所）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：鹿児島大学大学院理工学研究科附属南西島弧地震火山観測所

電話：099-244-7411

e-mail：yakiwara@sci.kagoshima-u.ac.jp

URL：https://grad.eng.kagoshima-u.ac.jp/about/associated-facilities/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：八木原 寛

所属：鹿児島大学大学院理工学研究科附属南西島弧地震火山観測所

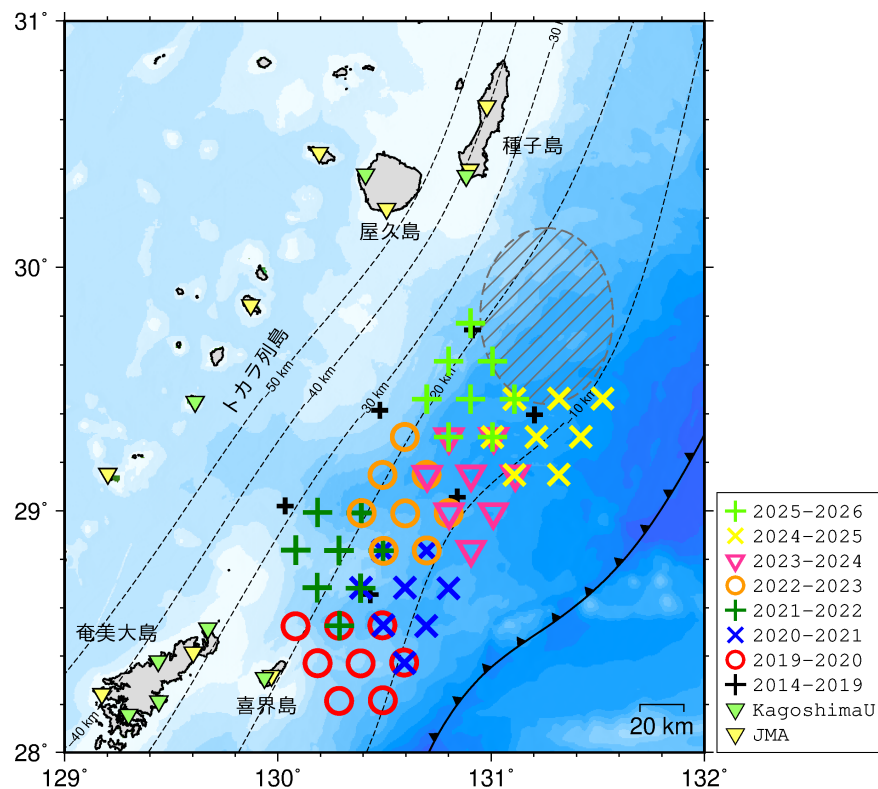


図1：南西諸島北部域における海底および島嶼域の地震観測点配置

黄×は令和6年度に新規投入した第6期観測点を示す。黄緑+は令和7年度に観測開始予定の第7期、赤○、青×、緑+、橙○及びピンク▽は第2次計画（第1～5期）、黒+は第1次計画の観測点である。その他▽は南西諸島北部域における定常地震観測点である。網掛け領域は令和8年度以降の観測予定領域を表す。Iwasaki et al. (2015) によるフィリピン海プレート上面深度の等深線及び南西諸島海溝軸をそれぞれ破線と実線で示す。海底地形はETOPO 2022 (NOAA, 2022) を使用した。

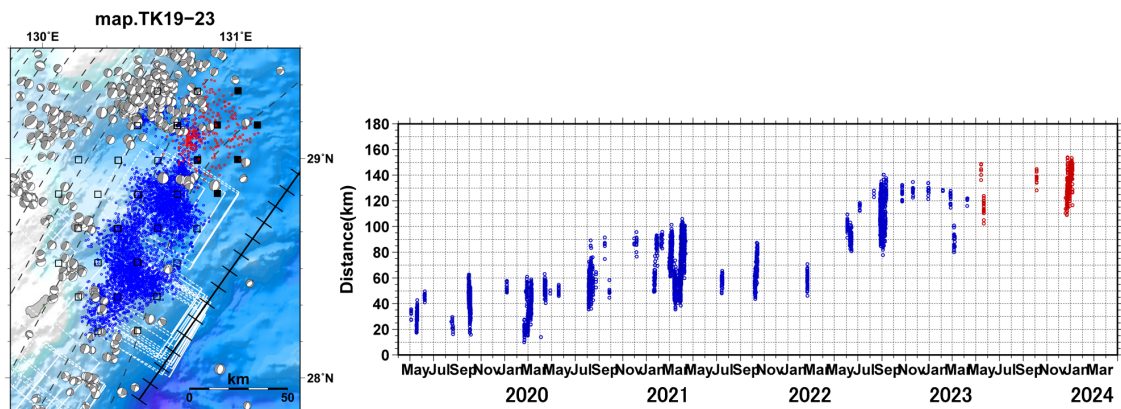


図2：浅部微動の活動（第1～5期観測）

（左）浅部微動の震央分布。青色は第1期～第4期の震央で、赤色は今期（第5期）の観測で得られた震央である。

（右）along-strike方向（A' -B' ）に沿った時空間分布。

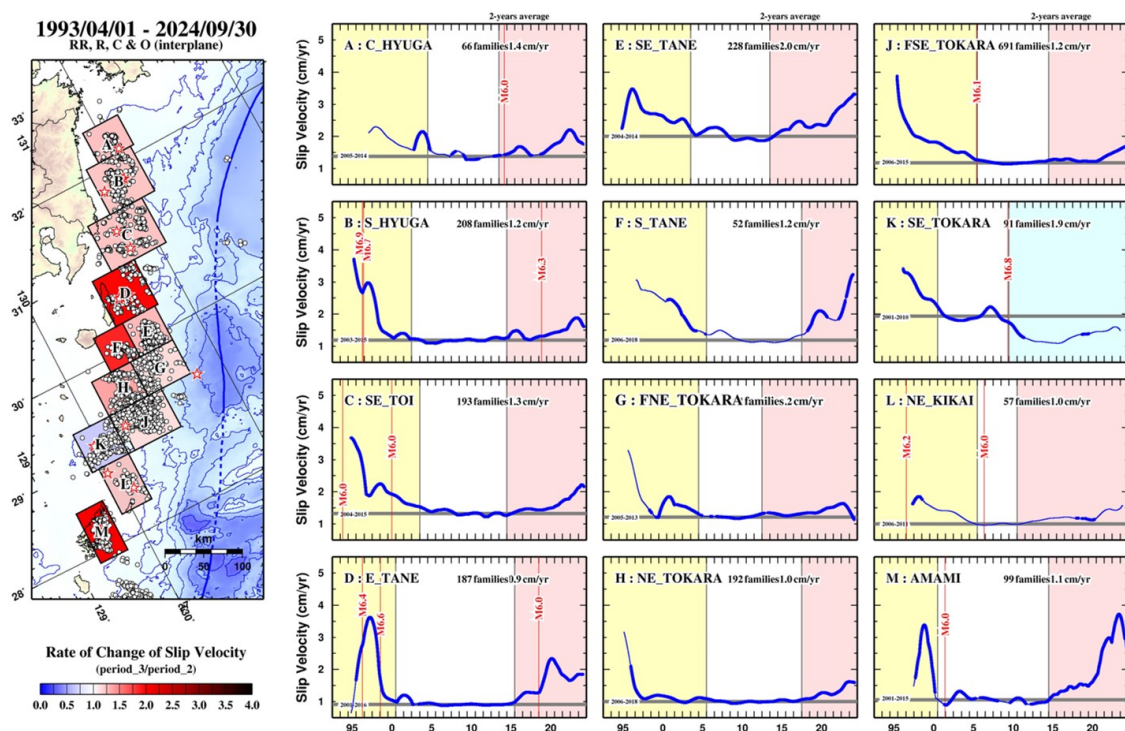


図3：日向灘中部一奄美大島にかけての各小領域における準静的すべり速度の時間変化

陸域地震観測データを用い1993年4月～2024年9月の期間における小領域（A～M）の位置と範囲（左）と領域毎の準静的すべり速度の時間変化（右）である。各領域に示された白色の期間は、速度が最小と判定した期間（Period2）を示し、それ以前と以降をそれぞれ、Period1, Period 3とした。左図の各領域の色は、Period 2とPeriod 3 の速度比を表す。