

(1) 実施機関名：

京都大学防災研究所

(2) 研究課題（または観測項目）名：

南海トラフ巨大地震の予測高度化を目指したフィリピン海スラブ周辺域での総合的観測研究

(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

- (3) 地震発生過程の解明とモデル化
ア. 地震発生機構の解明

- (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
オ. 構造共通モデルの構築

2 地震・火山噴火の予測のための研究

- (2) 地殻活動モニタリングに基づく地震発生予測

ア. プレート境界滑りの時空間変化の把握に基づく予測

5 研究を推進するための体制の整備

- (2) 総合的研究

ア. 南海トラフ沿いの巨大地震

(5) 総合的研究との関連：

南海トラフ沿いの巨大地震

(6) 本課題の5か年の到達目標：

○四国の新規2測線においてリニアアレイ観測を行う。四国と南九州における既存データも含めたレシーバ関数解析と地震波走時トモグラフィ解析により、フィリピン海スラブの形状モデルと3次元地震波速度構造モデルを更新する。紀伊半島から南九州に至る地域のプレート境界面の状態、およびスラブ起源流体の挙動と地震・火山活動との関係について明らかにする。

○陸上GNSS、地殻変動連続観測（歪計・傾斜計）、海底圧力計、GNSS音響測距結合方式海底地殻変動観測(GNSS-A)などの測地観測データを統合して、幅広い帯域でのプレート境界すべり現象をモニタリングする手法を高度化し、すべり量の小さい短期的SSEからすべり速度の小さい長期的SSEまでSSEの時空間分布を明らかにする。

○紀伊半島と南九州の地殻変動観測点において、これまで蓄積されている地殻変動連続観測のプロマイド記録をデジタル化し、再解析を行う。プロマイド記録のデジタル画像から数値化した上で、現在の観測結果をテンプレートとし、短期的SSEの検出を試みる。前回の南海地震後の短期的SSEの活動度を明らかにできる可能性がある。

(7) 本課題の5か年計画の概要：

○地震観測による南海トラフ巨大地震の震源域周辺の詳細な不均質構造の推定

四国において、稠密リニアアレイ観測の新規の測線を2本追加し、前期の2測線と合わせて、レシーバ関数解析とトモグラフィ解析を行い、フィリピン海スラブの形状とその周辺の不均質構造を詳細に推定する。南九州においては、前期に取得したデータの再解析によりフィリピン海スラブの形状とその周辺の不均質構造を詳細に推定する。紀伊半島における同様の観測研究から得られた成果と合わせて検討することにより、紀伊半島から南九州までのスラブ形状やその周辺の速度構造を詳細に推定する。その結果から、プレート境界面付近の物性や状態を議論するとともに、強震動予測に寄与できるような速度構造モデルを構築する。

1年次：四国と南九州における既存データの解析。四国における新規測線の観測点の選点調査。

2年次：南九州における既存データの解析。四国における新規1本目の測線での観測開始、および既存データと新規取得データの解析。

3年次：四国における新規2本目の測線での観測開始、既存データと新規取得データの解析、および1本目の測線での観測終了。

4年次：四国における新規取得データの解析、および2本目の測線での観測終了。

5年次：紀伊半島から南九州までのスラブ形状やその周辺の速度構造の総合的な検討。

○測地観測による南海トラフ沿いのSSEモニタリング手法の高度化

GNSSデータや傾斜・歪の連続観測データや海底観測網（水圧計、GNSS-A）のデータを用いて、多様な測地データを解析してSSEを検出する手法の開発を行う。さらに、地域性や継続時間などを考慮してSSEと他のスロー地震（微動、低周波地震、超低周波地震）との関係を明らかにし、スロー地震を用いたモニタリング手法の高度化を行う。また、紀伊水道周辺域や東海地方などの南海トラフ沿岸域における京大防災研独自GNSS観測網の観測を継続する。

1年次：海底観測データを用いたSSE検出手法の開発。GNSS観測の継続及び新規観測点の調査。

2年次：多様な測地データを用いたSSE検出手法の改良。GNSS観測の継続及び新規観測点の設置。

3年次：改良したSSE検出手法の各地域データへの適用。GNSS観測の継続。

4年次：SSE検出手法の適用及びスロー地震間の相互作用に関する考察。GNSS観測の継続。

5年次：SSE検出手法の適用及びスロー地震間の相互作用に関する考察。GNSS観測の継続。

○過去の地殻変動観測記録の再解析

1～5年次：プロマイド記録の撮影をすすめる（紀州観測点および他の観測点の1940年代からのプロマイド記録）。

1～2年次：これまでに撮影したプロマイド記録（紀州観測点、1960年～1974年）のデジタル化と短期的SSEの検出を試みる。またその手法の高度化をはかる。

3～5年次：プロマイド記録（1940年代～1974年）全体の分析と短期的SSEの検出を実施する。

(8) 令和5年度及び計画期間中（令和元年度～5年度）の成果の概要：

・今年度の成果の概要

○地震観測による南海トラフ巨大地震の震源域周辺の詳細な不均質構造の推定

四国中部の須崎市から今治市まで南南東-北北西に伸びる測線上に展開した7臨時観測点のメンテナンスとデータ回収を9月に行った。2月にはデータ回収と観測機器の撤収を行い、約2年間の臨時観測を終了した。この測線上の7臨時観測点に加えて、近傍の4定常観測点も利用して、レシーバ関数解析を行い、測線断面におけるS波速度不連続面のイメージングを行った（図1）。図1に示すように、スラブ上面（ST）は、南東側の須崎市の海岸付近で深さ約26 kmにあり、北西側の今治市の海岸付近で約37 kmの深さに達していて、スラブの傾斜は、測線の南東部で約5°、深部低周波地震の発生域より北西側で約9°であり、緩いことがわかった。

○測地観測による南海トラフ沿いのSSEモニタリング手法の高度化

GNSSデータを用いて2023年に発生した南海トラフ・南西諸島海溝沿いの短期的SSEの検出を行い、少なくとも15個の短期的SSEと考えられる変位イベントを検出した。また、超低周波地震のバースト的活動が短期的SSEと同期していると仮定し、超低周波地震のバースト時期前後のGNSSデータをスタッキング処理することによって、個別には検出できない小規模なSSEに伴う地殻変動とその断層モデルの推定を行った。日向灘や十勝沖では、超低周波地震の発生時期に海溝向きの系統的な変位が見られ（図2）、沖合の超低周波地震発生域でのプレート境界断層でのすべりで説明できることがわかった。

○過去の地殻変動観測記録の再解析

阿武山観測所に残る記録の整理を行った。昨年度までに公開したデータベースに順次登録した。

・計画期間中（令和元年度～5年度）の成果の概要

○地震観測による南海トラフ巨大地震の震源域周辺の詳細な不均質構造の推定

四国西部の土佐清水－八幡浜測線と中部の須崎－今治測線において、2年間ずつリニアアレイ観測を行い、それぞれの測線断面におけるレシーバ関数イメージを作成し、沈み込むフィリピン海スラブを明瞭にイメージングすることに成功した。その結果、スラブの傾斜は、四国西部では土佐清水－八幡浜測線の南東部で約10°、北西部で約20°であるが、四国中部では須崎－今治測線の南東部で約5°、北西部で約9°であることがわかった。当初の目標は概ね達成されたと言える。

○測地観測による南海トラフ沿いのSSEモニタリング手法の高度化

主にGNSSデータを用いたSSEの検出手法の高度化を行い、南海トラフ・南西諸島海溝域のみならず東北日本やアラスカなどの沈み込み帯のデータに適用して、多くの新たなSSEを検出することに成功した。その結果、SSEの時空間分布を明らかにするとともに、スロー地震間の時空間的關係に関する新たな知見が得られた。複数センサーの統合解析という部分では、十分に成果を挙げられていない点があるものの、当初の目標は概ね達成されたと言える。

○過去の地殻変動観測記録の再解析

紀州観測点のプロマイド記録からスロースリップイベントである可能性があるトランジェントな傾斜変化を検出し、近年観測されたスロースリップイベントを参照してあり得る断層面位置や規模を検討した（Kano and Kano, 2019）。阿武山観測所に残る知覚変動のプロマイド記録を公開するためのデジタルアーカイブを公開した。

・「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

「日本周辺及びニュージーランドなどの海外の沈み込み帯において、プレート境界面の形状とプレート境界周辺の地下構造及び応力場、ならびに通常地震活動とスロー地震活動の分布等を明らかにする」という目標に対して、レシーバ関数解析により四国下のフィリピン海プレート境界面の形状を推定すること、およびGNSSデータを用いて短期的SSEを検出解析する新手法により西南日本に加えて東北日本やアラスカでもSSEを検出し、その断層モデルと継続期間を推定することにより貢献した。

(9) 令和5年度の成果に関連の深いもので、令和5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

Okada, Y., and T. Nishimura, 2023, Systematic detection of short-term slow slip events in southcentral Alaska, *Geophys. Res. Lett.*, 50, doi: 10.1029/2023GL104901, 査読有, 謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

澁谷拓郎・中川 潤・長岡愛理, 2024, 南海トラフ巨大地震の予測高度化を目指した地震学的構造研究：四国地域（5）, 京都大学防災研究所令和5年度研究発表講演会, A205

岡田 悠太郎・Freymueller Jeffrey・西村 卓也, 2023, Systematic detection of short-term slow slip events in southcentral Alaska, 日本地球惑星科学連合2023年大会, SCG45-P38

岡田悠太郎, Jeffrey Freymueller, 西村卓也, 2023, アラスカ中南部クック湾周辺における時定数の異なるスロースリップイベント間の関係, 日本測地学会第138回講演会, 30

(10) 令和5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：レシーバ関数解析によるフィリピン海プレート形状推定のためのリニアアレイ観測

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：愛媛県久万高原町面河溪 33.7150 133.0932

調査・観測期間：2022/3/22-2024/2/9

公開状況：公開留保中（協議のうえ共同研究として提供可）

(11) 次期計画における課題名：

西南日本と中南米地域における巨大地震の地震津波災害軽減に向けた学際的比較研究

(12) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

澁谷拓郎（京都大学防災研究所）,西村卓也（京都大学防災研究所）

他機関との共同研究の有無：有

加納靖之（東京大学地震研究）

(13) 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：京都大学防災研究所

電話：0774-38-4192

e-mail：shibutani.takuo.4r@kyoto-u.ac.jp

URL：http://www.rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp/

(14) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：澁谷拓郎

所属：京都大学防災研究所

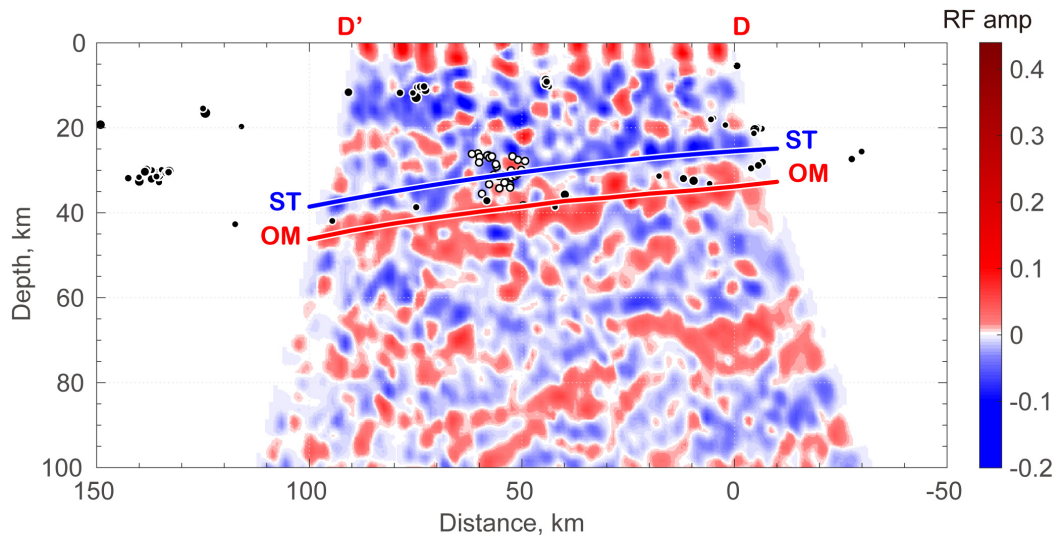


図1 須崎—今治測線におけるレシーバ関数イメージ

STとOMはそれぞれスラブ上面と海洋モホ面を示す。白丸は深部低周波地震、黒丸は通常の地震を示す。

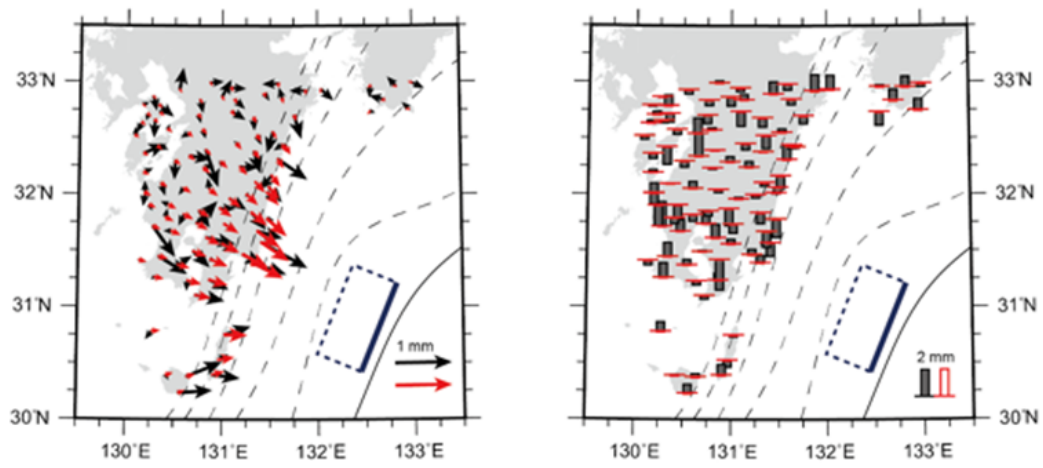


図2 日向灘の超低周波地震と同期する地殻変動と短期的SSEの平均的な断層モデル（岡田, 2024博士論文）。

黒と赤の矢印は、スタッキング処理したGNSS観測点での変位の観測値と計算値を示す。矩形領域が推定された断層モデルの位置。（左）水平変位。（右）上下変位。