

(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：

南海トラフにおける巨大地震発生の予測高度化を目指した複合的モニタリング手法の開発

(3) 最も関連の深い建議の項目：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

(1) 地震・火山現象のモニタリングシステムの高度化

ウ．東海・東南海・南海地域

(4) その他関連する建議の項目：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

(2) 地震・火山現象に関する予測システムの構築

(2-1) 地震発生予測システム

イ．地殻活動予測シミュレーションの高度化

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

ウ．広域の地殻構造と地殻流体の分布

3. 新たな観測技術の開発

(2) 宇宙技術等の利用の高度化

ア．宇宙測地技術

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

・本課題は、主として次の 3 つのサブテーマで構成される。すなわち、(1) 紀伊半島下に沈み込むフィリピン海プレートとその周辺域の三次元構造の推定、(2) 新しい宇宙測地技術を利用した地表変動を面的にモニタリングするシステムの開発、および (3) 三次元不均質構造モデルを用いたプレート間カップリングの時空間変化の推定である。

・(1) では、引き続き紀伊半島において稠密リニアアレイ地震観測を行い、レシーバ関数解析によってフィリピン海プレート境界面の形状、陸側モホ面の形状および蛇紋岩化ウェッジの分布を 3 次元的に明らかにする。蛇紋岩化ウェッジの上端から東南海・南海地震の固着域の下限を推定する。

・(2) では、合成開口レーダ干渉法 (InSAR) と GPS 連続データを併用することにより、様々な誤差要因を排除し、高空間密度で精密 (mm 精度) な地表変動の時間変化を検出するための技術開発をおこなう。

・(3) では、レシーバ関数解析等の結果に基づき作成された三次元構造モデルを用いて、測地データのインバージョンを行うことにより、南海トラフにおけるプレート間カップリングの時間的・空間的な変化を高精度で推定する。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要 :

【紀伊半島下に沈み込むフィリピン海プレートとその周辺域の三次元構造の推定】

〔平成 21 年度〕前半に観測点を展開する。データの蓄積を開始する。

〔平成 22 年度〕観測を継続するとともに、取得データの解析から暫定的なイメージを作成する。

〔平成 23 年度〕本課題で行う 3 測線でのイメージを改良するとともに、以前行った 3 測線の結果と統合し、紀伊半島下の三次元的イメージを作成する。これを基に三次元構造モデルを作成する。データが不十分と判断された観測点および地域での観測を行う。

〔平成 24 ~ 25 年度〕三次元構造モデルの改良を行う。

【新しい宇宙測地技術を利用した地表変動を面的にモニタリングするシステムの開発】

〔平成 21 年度〕GPS 連続観測網を完成させる。研究対象に最適な InSAR 時系列解析手法を開発する。

〔平成 22 年度〕複数の衛星を用いた InSAR 時系列解析結果と GPS 連続データを融合し三次元変動の時間変化を検出するための GPS+InSAR 時系列解析アルゴリズムを開発する。

〔平成 23 ~ 25 年度〕InSAR+GPS 時系列解析を実データに適用し、過去および現在の定常的三次元変動とゆらぎの測定をおこなう。

【三次元不均質構造モデルを用いたプレート間カップリングの時空間変化の推定】

〔平成 21 年度〕モデル構築に必要な構造研究の文献・資料を収集し、予察的数値モデルを作成する。

〔平成 22 年度〕引き続き文献・資料を収集するとともに、数値モデルの精密化を図る。また、GPS/SAR データをインバージョンし、プレート間カップリング等の推定を試みる。

〔平成 23 年度〕引き続き文献・資料を収集し、モデルの精密化を図るとともに、地殻変動データからカップリング等の推定を行う。

〔平成 24 年度〕文献・資料を収集と地震波および比抵抗構造探査結果をコンパイルし、モデルの精密化を図るとともに、地殻変動データからカップリング等の推定を行う。

〔平成 25 年度〕4 年間の構造探査等研究成果を統合したモデルにより、地殻変動データからカップリング等の推定を行う。

(7) 平成 22 年度成果の概要 :

【紀伊半島下に沈み込むフィリピン海プレートとその周辺域の三次元構造の推定】

作年度展開した沈み込み方向の南伊勢 - 信楽測線 DD' (13 臨時観測点) とこれにほぼ直交する松阪 - 白浜測線 EE' (14 臨時観測点) で観測を継続し、データの蓄積を行った。ほぼ全ての観測点においてレーバ関数解析で使う遠地地震の波形データや地震波走時トモグラフィーで使う近地地震の波形データが順調に蓄積されている。

これまでに蓄積された利用可能なデータを用いて、南伊勢 - 信楽測線 DD' と松阪 - 白浜測線 EE' の暫定的なレーバ関数イメージを作成した。南伊勢 - 信楽測線 DD' のレーバ関数イメージを同じ沈み込み方向の 3 測線 (潮岬 - 田尻 AA' , 新宮 - 河内長野 BB' , 尾鷲 - 京丹後 CC') のイメージとともに図 1 に示す。低速度層である海洋地殻の上面 (フィリピン海スラブの上面) , スラブ内の海洋モホ面 , および島弧側の大陸モホ面は 4 測線に共通して明瞭にイメージされた。紀伊半島中部 ~ 西部の 3 測線 (AA' , BB' , CC') では、深部低周波イベント (DLFE) 発生域から陸側のマントルウェッジが広範囲に低速度域となり、DLFE 発生域のやや下方で海洋モホ面のイメージが不明瞭になり、スラブの全体的な形状は上に凸に湾曲するという特徴がみられた。一方、東部の DD' 測線では、DLFE 発生域からマントルウェッジに張り出すような低速域は見られず、海洋モホ面およびスラブ上面のイメージも深さ 70km まで一様に明瞭であり、スラブの形状は直線的である。この違いは、脱水分解を経た後の海洋地殻内に残留する「水」の量の違いで説明できるのではないかと考えられる。

当初計画では、沈み込みに直交する方向の測線 (亀山 - 御坊 FF') を北側にもう 1 本展開する予定であったが、観測機材とマンパワーの問題で、南西端地域に臨時観測点を設けたものの実施が遅れている。来年度の FF' 測線の拡充の準備として、測線の残りの部分に 8 観測点の設置場所を確定した。

今まで得られたレシーバ関数イメージから海洋モホ面，スラブ上面，大陸モホ面の深さを読み取り，それらのコンターマップを作成した。

【新しい宇宙測地技術を利用した地表変動を面的にモニタリングするシステムの開発】

紀伊半島において3か所で1 HzGPS 連続観測を継続している。ただし，奈良県十津川村の観測点は2010年7月に落雷による停電の影響によりロガーに不具合が生じ，現在は30秒サンプリングの観測を行っている。白浜および潮岬はほぼ連続的に観測を継続している。

SAR 解析においては，昨年度に引き続き，経年的な変動を検出することを試みた。解析したのは，2006年～2010年前半までの室戸～岡山（パス417），室戸～兵庫西部（パス67），四国西部（パス70），紀伊半島～丹後半島（パス414）のALOS/PALSAR データである。

アセンディングのパス417において，全45ペアのうち時間基線長1年9ヶ月以上，垂直基線長（以下Bperp）が760 m以下のペアを解析した。いくつかの干渉画像には，電離層の影響と考えられる擾乱が認められる。10cmを超える変動のほとんどが電離層の影響（伝播性電離層擾乱：TID）と考えられ，スタッキングに使用できない。電離層の影響の大きい干渉画像のみを除いて，総解析ペアの40%にあたる18ペアの画像を，Gammaのstacking関数を使用しスタッキングした。対流圏の影響は無視している。得られたスタッキング画像は，GPS 観測変位からの合成干渉画像と四国においては概ね整合している（図2）。しかし，岡山側にはGPSからの合成干渉画像には見られない東西方向の変位勾配が見られ，電離層の影響が依然残っている。

ディセンディング軌道パス67および70からの画像についても，同様な解析を行った。ディセンディング軌道からの観測は回数が少ないものの，昼間の観測であるためTIDの影響は少ないと期待された。しかし，電離層の擾乱が見られる日もあるので，これらを除くと，スタッキングに十分な干渉画像数を確保できなかった。四国西部については，2009年後半より活動が見られる豊後水道スロースリップに伴う変動の検出を試みたが，現在のところ明瞭な変動は得られていない。

アセンディングのパス414において，今年度新たに取得された7枚の画像を用いてInSAR 解析を行ったところ，他のパスの解析と同様に，電離層の影響が依然強く含まれていることが明らかになった。ただし，1000日を超える長スパンの干渉画像でも，植生の成長等に影響されず干渉性のよい画像が得られているため（図3），何らかの方法で電離層ノイズを軽減させることができれば，長スパンの干渉画像をうまく利用することによりプレート沈み込みに伴う変動を検出できると考えられる。

【三次元不均質構造モデルを用いたプレート間カップリングの時空間変化の推定】

今年度は他の2テーマを重点的に行った。

- （8）平成22年度の成果に関連の深いもので、平成22年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
- 澁谷拓郎・中尾節郎・西村和浩・澤田麻沙代，紀伊半島でのリニアアレイ地震観測とレシーバ関数イメージング，日本地球惑星科学連合2010年大会，2010年5月，千葉市
 - 福居大志・澁谷拓郎・中尾節郎・西村和浩・澤田麻沙代・平原和朗，紀伊半島の地震波速度構造，日本地震学会2010年秋季大会，2010年10月，広島市
 - Nakagawa, Y., Shibutani, T., Abe, Y., Kawakata, H., Doi, I., Receiver function images beneath Kii Peninsula, southwest Japan with an improved procedure, 2010年12月，アメリカ・サンフランシスコ市
 - 橋本学，4年間のALOS/PALSAR 観測から見た四国の地殻変動，平成22年度東京大学地震研究所共同利用研究集会「地震・火山活動と関連する災害のリモートセンシング」，2010年9月7～9日，東京大学地震研究所
 - 橋本学，4年間のALOS/PALSAR 観測から見た四国の地殻変動，日本地震学会2010年度秋季大会，2010年10月28日，広島国際会議場
 - 橋本学，4年間のALOS/PALSAR 観測から見た四国の地殻変動，日本測地学会第114回講演会，2010年11月8日，京都大学宇治おうばくプラザ
 - Manabu Hashimoto, Secular crustal deformations derived from 4 year long observation of ALOS/PALSAR, The 4th Joint PI Symposium of ALOS Data Nodes for ALOS Science Program in Tokyo 2010, Nov.

(9) 平成 23 年度実施計画の概要 :

【紀伊半島下に沈み込むフィリピン海プレートとその周辺域の三次元構造の推定】

南伊勢 - 信楽測線 DD 'と松阪 - 白浜測線 EE 'において 2 年間の観測で蓄積された波形データが十分なほとんどの臨時観測点を撤収し , その一部を亀山 - 御坊測線 FF 'に移設する。この測線 FF 'でのデータ蓄積を開始する。

南伊勢 - 信楽測線 DD 'と松阪 - 白浜測線 EE 'において取得データの解析からレシーバ関数イメージを完成する。亀山 - 御坊測線 FF 'の暫定的なレシーバ関数イメージを作成する。

レシーバ関数イメージから海洋モホ面 , スラブ上面 , 大陸モホ面の深さを読み取り , それらのコンターマップを作成する。これをもとに不連続面の 3 次元形状を入れた速度構造モデルを作成し , 稠密アレイ観測点を含む紀伊半島の観測点での近地地震と遠地地震の走時データを用いたトモグラフィー解析に着手する。

【新しい宇宙測地技術を利用した地表変動を面的にモニタリングするシステムの開発】

GPS 連続観測は , 紀伊半島内 3 か所において引き続き実施するとともに , 観測開始以来の変動速度を得る。

SAR 解析では , 四国東部および西部の PALSAR 画像を収集し , 平均視線距離変化を推定する。また , GEONET データを活用し , 電離層擾乱によるノイズの軽減を試みる。

【三次元不均質構造モデルを用いたプレート間カップリングの時空間変化の推定】

モデル構築に必要な構造研究の文献・資料を収集し、予察的数値モデルを作成する。

(10) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

澁谷拓郎、橋本学、福島洋 (京都大学防災研究所)

平原和朗 (京都大学大学院理学研究科)

他機関との共同研究の有無 : 有

宇宙航空研究開発機構 (JAXA)

欧州宇宙機関 (ESA)

(11) 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 : 京都大学防災研究所 地震予知研究センター

電話 :

e-mail :

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

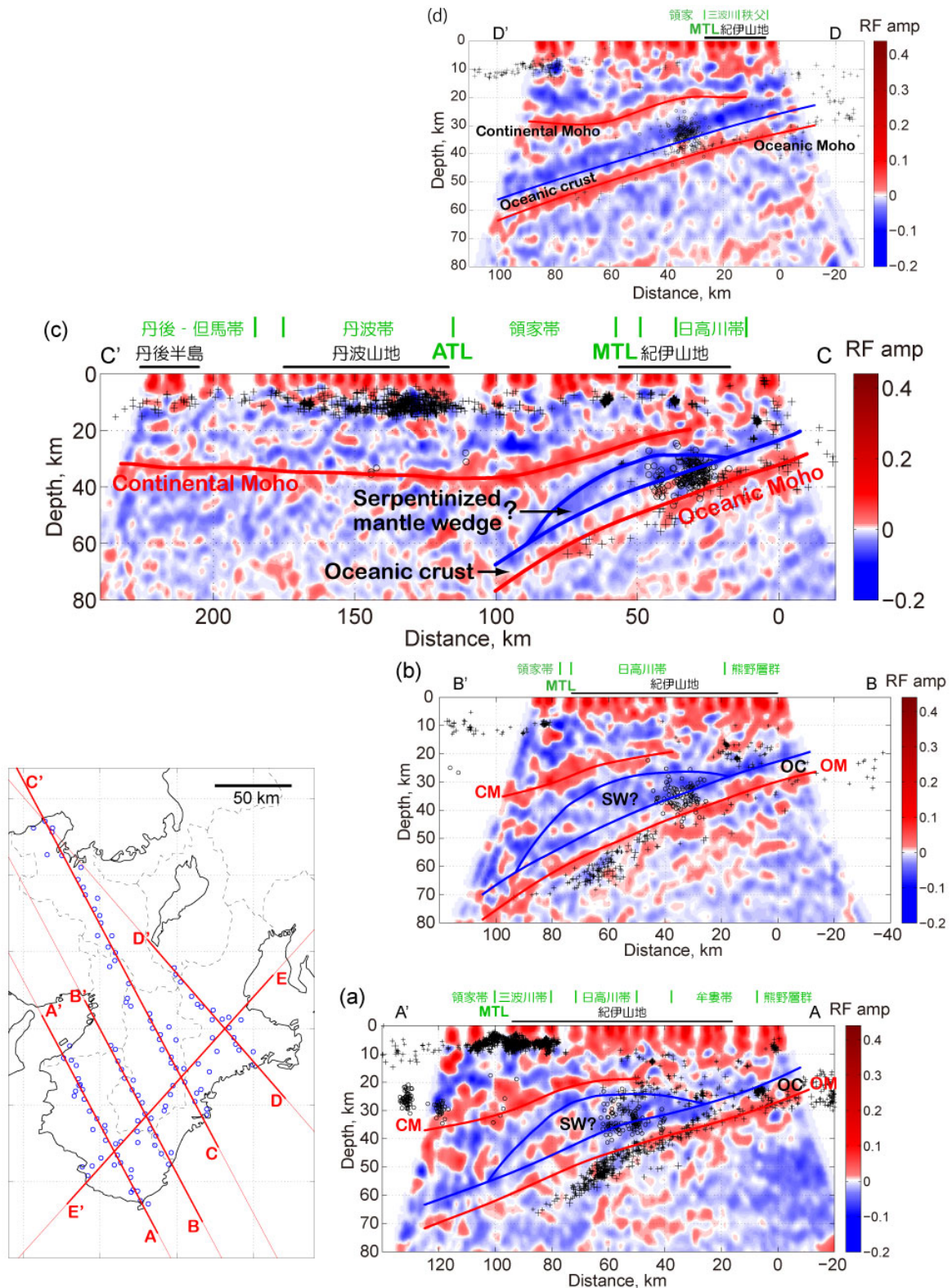


図 1

沈み込みの方向の 4 測線におけるレシーバ関数イメージ。赤でレシーバ関数の正の振幅を、青で負の振幅を示す。
 ○は深部低周波イベント、+は通常の地震、どちらも気象庁のカタログに基づく。イメージの解釈において、赤線は高速度層の上面、青線は低速度層の上面を表す。(a) 潮岬 - 田尻測線 AA', (b) 新宮 - 河内長野測線 BB', (c) 尾鷲 - 京丹後測線 CC', (d) 南伊勢 - 信楽測線 DD'。(a) と (b) において, CM: continental Moho, SW: serpentinized mantle wedge, OC: oceanic crust, OM: oceanic Moho。

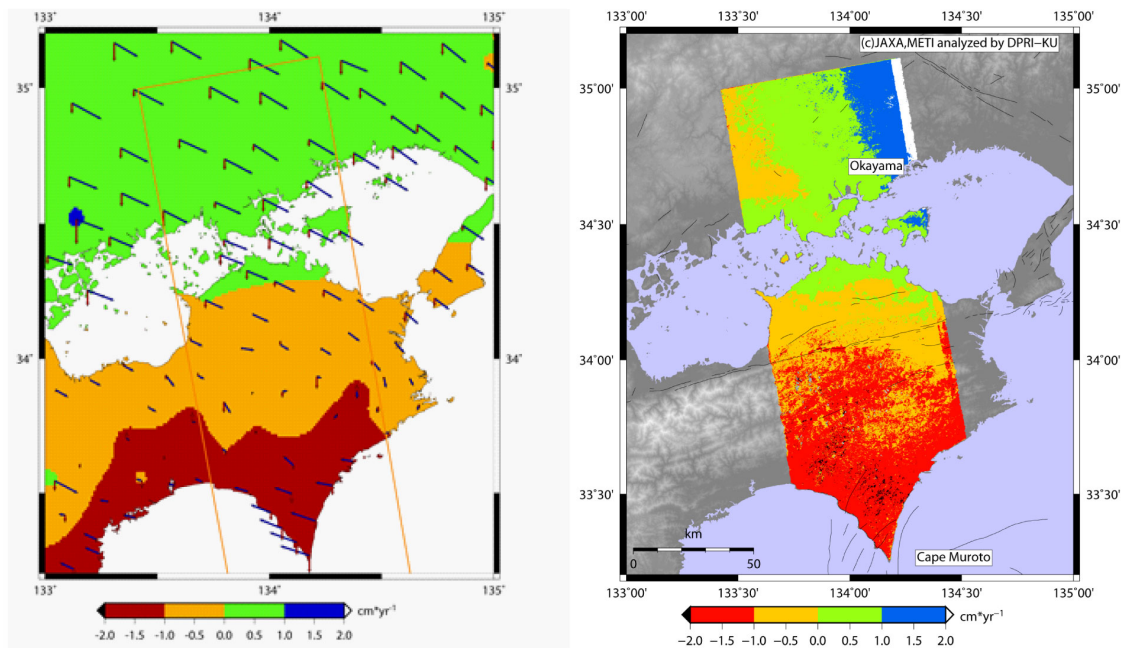


図 2

四国東部パス 417 の 4 年間のデータから作成した干渉画像の内、短基線のもの 18 ペアをスタッキングして得られた平均視線距離変化の分布。(左) GEONET データから合成した平均視線距離変化。(右) PALSAR 干渉画像から作成したもの。四国北岸がほぼ 0cm/yr と成るように調整している。

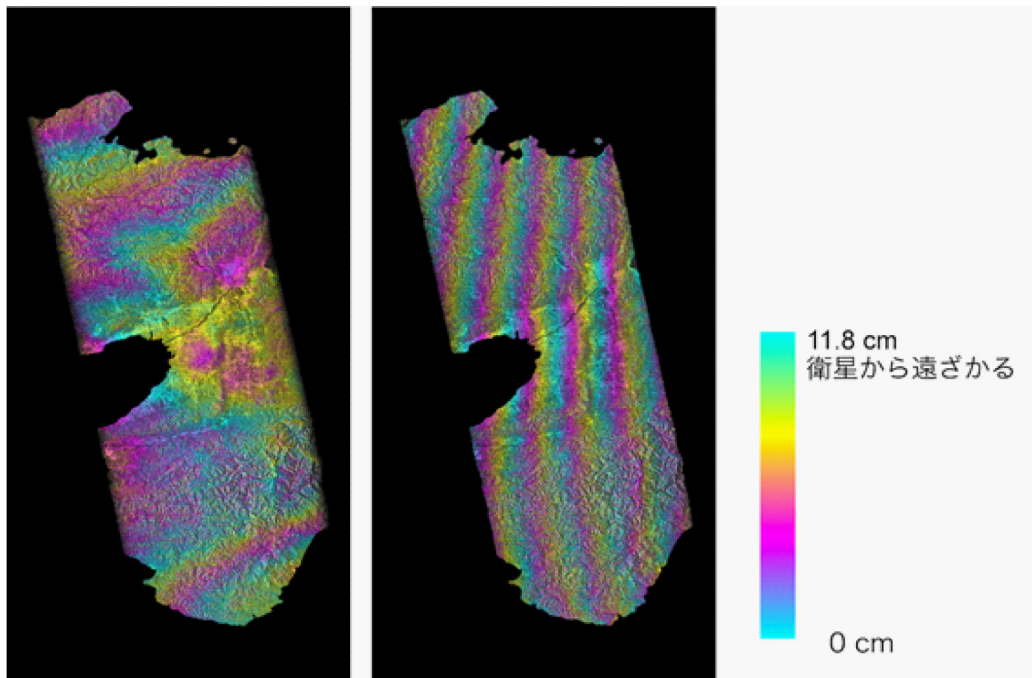


図 3

紀伊半島を含むパス (414) における 1000 日を超える長スパンの干渉画像。(左) 2007/10/11 - 2010/7/19。(右) 2008/1/11 - 2010/10/19。両者とも数 10cm の変動に相当する電離層に起因すると考えられるノイズが確認できるが、干渉性は極めて良好である。