

(1) 実施機関名：

東京大学地震研究所

(2) 研究課題（または観測項目）名：

スラブ内地震とプレート境界地震の相互作用 A: 海域観測より明らかにするプレート境界地震との連動性 B: 関東下におけるフィリピン海プレートと太平洋プレートの相互作用による内部変形が及ぼす影響

(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

エ．スラブ内地震の発生機構

(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

(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

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

A: 紀伊半島沖南海トラフでは 5 か年度に渡って、また日本海溝沿いでは単年度ごとに場所を移動しつつ根室沖から房総沖に至るまでの海域を網羅するように、長期観測型海底地震計を用いた地震観測を行ってきた。これによって、海域下の地震活動の詳細を知る事が可能となった。本研究ではここで得られたデータを用いて、スラブ内地震について精度の高い震源決定を行う。また陸上地震観測網のデータとあわせてトモグラフィー解析を行う事によって、沈み込むスラブから島弧下の構造まで、その不均質性を詳細に求める。ここで得られた地震活動と構造不均質をあわせて検討し、スラブ内地震の発生メカニズム解明に資する。

B: フィリピン海プレートと太平洋プレートとが接しているフィリピン海プレートの北東縁部で、二つのスラブが衝突することによってフィリピン海スラブ内で変形が進行して、内部変形が、スラブ内地震発生の準備過程を促進・抑制しているという仮説（スラブ内変形仮説）を提案して、この仮説を検証する研究を行う。このために、プレート内の速度（ V_p , V_s ）・ Q の分布、震源分布、発震機構分布を空間的に高分解能で調べる。本研究地域は、「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」で平成 22 年度までに稠密地震観測網（MeSO-net）が整備されるので、そのデータを用いて、空間分解能 5km 程度の 3 次元速度分布が得られる。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

A:

平成 21 年度：紀伊半島沖南海トラフ沿いで長期観測型海底地震計を最大 32 台用いて平成 15 年から 5 か年度に渡って行った繰り返し地震観測の記録について、観測された地震の震源を精度良く決定す

る。気象庁一元化震源リストに記載されている地震については、陸上観測点の検測値を含めた解析を行うことによって、震源と同時に南海トラフ軸から紀伊半島下の陸域を含めた領域における地震波速度構造も精度良く求める。ここで決定された地震について、その震源メカニズムを決定する。一方房総沖において、長期観測型海底地震計 40 台を用いた 1 年間地震観測を始める。

平成 22 年度：紀伊半島沖南海トラフ沿いで行った 5 か年の海域観測点のみで観測された微小地震について、前年度までに決定された地震波速度構造を用いて精度の高い震源を求める。また、これらのうち可能なものについては、震源メカニズムを決定する。房総沖においては、研究課題「アスペリティの実体解明」から、制御震源を用いた構造調査を行う。平成 21 年度に設置した海底地震計 40 台の回収を行い、観測された地震の震源決定および地震波速度構造トモグラフィー解析を始める。

平成 23 年度：紀伊半島沖で観測された地震について、前年度までに決定された震源、地震波速度構造および震源メカニズムをあわせて、スラブ内地震の発生メカニズムについて検討を行う。房総沖で観測された地震については、引き続き震源決定および地震波速度構造トモグラフィー解析を進める。また、震源メカニズムの決定も行う。

平成 24 年度：紀伊半島沖及び房総沖で観測された地震について、震源、地震波速度構造及び震源メカニズム、さらに、制御震源地震波速度構造調査の結果をあわせて、スラブ内地震の発生メカニズムについて検討を行う。これまでに紀伊半島沖南海トラフや日本海溝沿いの海域で行われてきた長期地震観測との連携を考慮し、研究課題「アスペリティの実体解明」から、制御震源を用いた構造調査を行う。

平成 25 年度：紀伊半島沖および房総沖で観測された地震について、スラブ内地震の発生メカニズムについて考察を行い、ここまでの研究をまとめる。平成 24 年度に行った構造調査の結果と、これまでの長期海域地震観測との結果をあわせて、考察を行う。

B:

平成 21 年度：平成 20 年度までに完成する MeSo-net 観測点（178 点）のデータを用いて得られる房総半島下の 2 次元速度断面から、フィリピン海スラブ内の速度分布の特徴を抽出する。スラブ内変形仮説を具体的に提案する。関連の研究者とのワークショップを開く。

平成 22 年度：平成 21 年度までに完成する MeSo-net 観測点（約 300 点）のデータを用いて得られる関東下の 2 次元速度断面から、フィリピン海スラブ内の速度分布の特徴を抽出して、スラブ内変形の実体を解明する。スラブ内変形仮説を修正する。

平成 23 年度：平成 22 年度までに、MeSO-net が完成し、約 400 観測点のデータが使える。関東全域の高分解法 3 次元速度分布・Q 分布を明らかにして、関東の下の方のフィリピン海スラブ内の速度分布、スラブ内変形の実体を解明する。新しいデータに基づいて、スラブ内変形仮説の再提案。この新しい仮説によって、観測される速度・Q 分布が説明できるか検討する。

平成 24 年度：関東の 3 次元速度分布と、Q 分布から、スラブ内の「弱面」を推定する。このために、速度・Q と破壊強度の関係を解明する研究グループとの共同研究をすすめる。スラブ内変形仮説と、「弱面」が整合的であるか検討する。

平成 25 年度：スラブ内の強度分布並びに流体の供給・輸送過程を明らかにし、スラブ内地震の発生に至る過程を解明して、スラブ内変形仮説に基づく物理モデルを作成する。

（ 7 ）平成 24 年度成果の概要：

A: 海域観測より明らかにするプレート境界地震との連動性

平成 15 年度から 19 年度にかけて東京大学地震研究所で開発された長期観測型海底地震計最大 27 台（32 観測点）を用いて、紀伊半島東南海・南海地震震源域境界周辺において、繰り返し海域地震観測を行った。昨年度までに、南海トラフ軸から紀伊半島周辺域までの海域から陸域まで含めた領域で発生している地震について、P 波及び S 波の 3 次元地震波速度構造を求め、また堆積層上に設置される海底地震計の観測波形の性質を考慮して、複数の時間窓を用いて計算を行う相互相関係数解析手法を開発し、相対震源の精度向上を行った。本年度は得られた 3 次元地震波速度構造について、低周波地震発生領域などと比較して、地殻内流体の分布に関して詳しい解釈を行った。その結果、紀伊半島西部

下には、フィリピン海プレートの形成過程において拡大軸の方向が変化する時期にできたプレートが沈み込んでおり、 V_p/V_s 比が他の海洋性地殻部分と比較して低いことが分かった。また、そのすぐ東側には、上盤側プレート最下部で V_p/V_s 比が高い物質が存在することが明らかとなり、電磁気観測の結果と整合的であることから、流体が多く存在すると考えられることを示した(図1)。この領域のプレート境界では低周波地震が発生していないため、プレート境界における間隙流体圧が高くなっており、安定滑りを起こしているとするモデルを提案した(図2)。これらの流体の分布は、沈み込むフィリピン海プレート内での脱水反応と関連していると考えられる。スラブ内地震の震源については、観測波形の相互相関を用いて詳しく再決定し、流体の分布とスラブ内地震発生様式との関連について検討を始めた。また、昨年度までに求められた、紀伊水道下の海洋性マントル内に見られる直線的に分布する地震クラスターの震源メカニズムは横ずれ断層型であり、その震源分布、応力軸方向と広域応力場とは整合的であることが分かった。

平成 22 年度から 23 年度までの一年間、房総沖に設置されていた海底地震計 40 台については、現在も引き続き解析中である。一方、昨年度には、2010 年 9 月および 2011 年 2 月に茨城県沖に設置した計 34 台の海底地震計のうち 31 台を回収した。これらの地震計は観測点間隔 ~ 6 km と、通常海底地震観測と比較して、かなり短い間隔で ~ 30 km 四方の領域に設置された。相互相関解析などの海底地震計記録の波形解析をするにあたって、まずはこれらの地震計記録の波形について各観測点直下の構造からの影響を調べるために、遠地で発生した地震の波形記録について比較した。その結果、北西側の観測点グループと南西側の観測点グループで、その直下の構造による影響が異なることが分かった。この観測点アレイ下の構造について、検討を始めた。

今年度に予定されていた、研究課題 1443「海域観測による超巨大プレート境界地震震源域の実体解明」による構造調査は、余震の発生状況等を考慮して延期となった。

B:関東下におけるフィリピン海プレートと太平洋プレートの相互作用による内部変形が及ぼす影響

2012 年度から 5 か年計画で文部科学省委託研究事業「都市の脆弱性が引き起こす激甚災害の軽減化プロジェクト」が開始され、前プロジェクトによって設置された首都圏地震観測網 (MeSO-net) を引き続き運用している。これらの観測点によって、首都圏だけでなく遠地で発生する多くの地震が観測され、様々な成果が出始めている。例えば、これまでに得られたデータを用いて地震波トモグラフィ法によって関東下の速度構造を調べ、フィリピン海プレートの形状を詳細に求めた。さらに、観測波形のスペクトルを計算して求めたコーナー周波数から観測点ごとの t^* を求め、その t^* を用いた減衰構造のトモグラフィ解析を行った。関東下に沈み込むフィリピン海プレートに起因すると考えられる減衰域が見られ、特に千葉県中部の下では顕著な減衰域が存在する。この部分は、フィリピン海プレート下面が太平洋プレートと接している部分で、地震波トモグラフィ法によって得られた速度構造における高 V_p/V_s 領域と一致している。

- (8) 平成 24 年度の成果に関連の深いもので、平成 24 年度に公表された主な成果物(論文・報告書等) :
Akuhara et al., Segmentation of V_p/V_s ratio and low frequency earthquake distribution around the fault boundary of the Tonankai and Nankai earthquakes, 2013, *Geophysical Research Letters*

- (9) 平成 25 年度実施計画の概要 :

A:海域観測より明らかにするプレート境界地震との連動性

紀伊半島沖の観測から得られた 3 次元速度構造と震源を比較すると、海洋性地殻内の地震はある深さまでに限られており、それより深い場所では地震発生領域が海洋性マントルに移行しているように見える。この深さは、温度構造モデルから予想される脱水反応領域と整合的である。地震発生場所と沈み込むフィリピン海プレートの構造について詳細の比較検討のため、海底地震計波形記録を用いたレーシーパー関数解析などから、沈み込むプレートの形状について更に検証を行う。その結果から、温度構造モデルと地震発生メカニズムの関係について議論する。茨城県沖の海底地震計記録についても、沈み込むプレートの構造と震源分布を詳細に明らかにする。

B:関東下におけるフィリピン海プレートと太平洋プレートの相互作用による内部変形が及ぼす影響
 首都圏地震観測網 (MeSO-net) による観測を継続し、観測データを増やし、速度構造解析、減衰構造解析を行って、プレート内部の不均質構造のさらなる高精度化を目指す。これまでに得られた関東下のフィリピン海プレートの形状から、太平洋プレートとの接合部分に注目し、その周辺の地震活動とプレート内の速度構造との比較を進めていく。

(10) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

A: 望月公廣・篠原雅尚・山田知朗・金澤敏彦

B: 平田直・佐藤比呂志・酒井慎一・他 11 名

他機関との共同研究の有無 : 有

(防災科学技術研究所 , 神奈川県温泉地学研究所 , 地震研共同利用による公募)

(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 : 東京大学地震研究所 地震予知研究推進センター

電話 : 03-5841-5712

e-mail : yotik@eri.u-tokyo.ac.jp

URL : <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/index-j.html>

(12) この研究課題 (または観測項目) の連絡担当者

氏名 : 望月公廣

所属 : 東京大学地震研究所 地震地殻変動観測センター

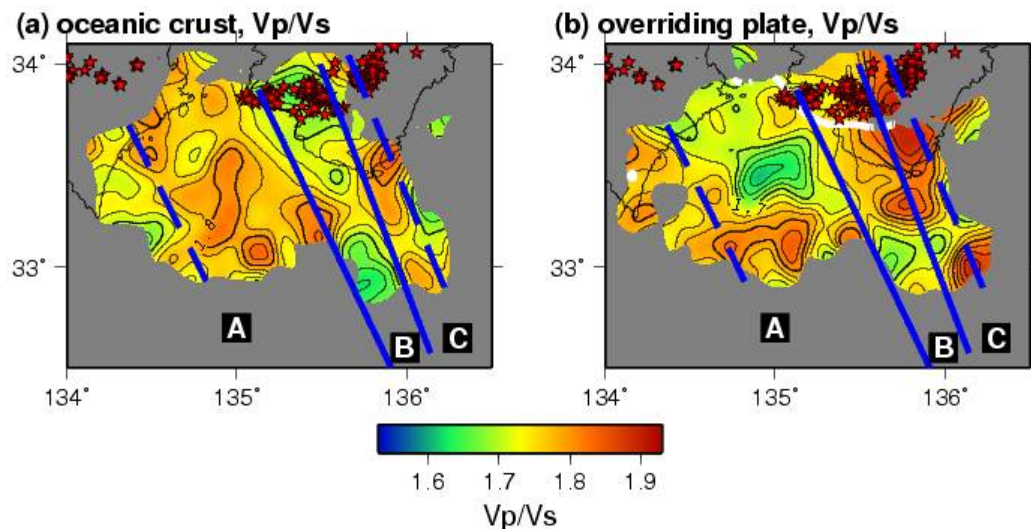


図1 フィリピン海プレート地殻内及び上盤側プレート最下部における V_p/V_s 比と低周波地震の分布
 フィリピン海プレート地殻内及び上盤側プレート最下部における V_p/V_s 比をカラー及びコンターで、低周波地震の震央を星印で示す。青線は、 V_p/V_s 比を参照して決定した構造セグメンテーション境界。低周波地震の分布と V_p/V_s 比は良い一致を示し、フィリピン海プレートの海洋性地殻で V_p/V_s 比が低い場所に低周波地震が発生している。そのすぐ東側では上盤側最下部における V_p/V_s 比が高くなっており、低周波地震は発生していない。

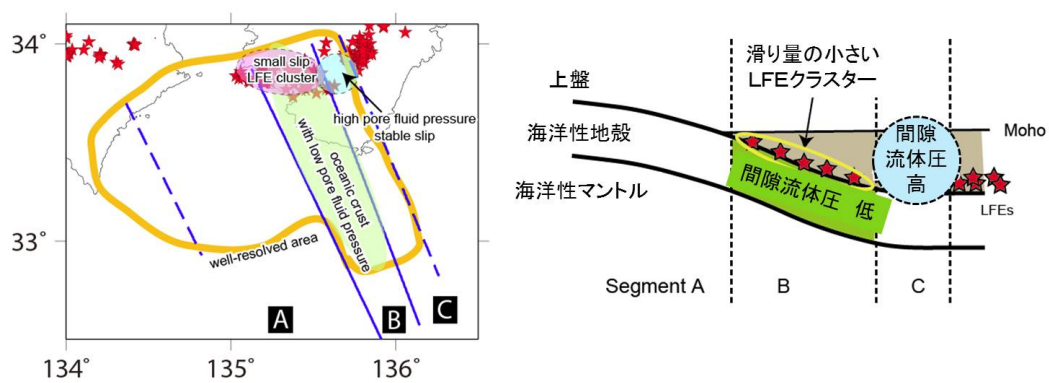


図2 紀伊半島周辺下における流体の分布モデル

V_p/V_s 比及び低周波地震の分布から考えられる、地殻内流体の分布に関するモデル。 V_p/V_s 比が低い海洋性地殻が沈み込んでいる場所（セグメント B）と一致して低周波地震が分布しているが、これらの積算滑り量は非常に小さい。そのすぐ東側の上盤側地殻最下部では流体が多く存在すると考えらる。