

5. むすび

本年度は、以下の成果を得た。

(1) 東南海・南海地震に関する調査研究

(1) (a) 東南海・南海地震の想定震源域におけるプレート形状等を把握するための構造調査研究

これまでの調査において、東南海地震震源域と南海地震震源域境界に存在する不整形構造や最上部マントルの低速度帯等の南海トラフ巨大地震の連動発生の多様性を規定する可能性を示唆する構造要因が抽出された。また、紀伊半島域の2つの海陸統合構造調査によって詳細なプレート形状の把握や最上部マントルに顕著な反射波群の存在が明らかにされた。これらの反射波群と地震活動域にはある程度の整合性が見られるが現時点では確定的な結論には至っていない。一方機動的地震観測によって、トラフ軸近傍での浅部微小地震活動が観測され、巨大地震震源上限域の地殻活動評価に重要な情報が得られたことや、本研究で実施した擬似3次元反射探査で得られた詳細構造の解析から、沈み込み直後のプレート境界域の不均質構造と地震活動の関係についての議論が進展した。

また、紀伊半島東部域で実施した構造調査では、沈み込む前のフィリピン海プレート表面は、東部では銭洲海嶺に代表されるような複雑な形状をしている一方で、西部では比較的滑らかであり、2007B 測線と NT0405 測線の対照的な差異は、海洋性プレート(フィリピン海プレート)の地形の差異にも反映されていると考えられる。また、1944 年東南海地震の震源モデルに関する既往研究では、地震波データを用いた震源モデルと津波データ解析から得られた震源モデルでは、その主破壊域が地震波解析モデルでは想定東南海地震震源域南西端近傍に存在するのに対して、津波を用いた震源モデルではその波源域の主体は熊野灘に存在している。この違いは、比較的滑らかなプレート境界面形状をしている西部に比べて、東部では複雑なプレート境界面形状をしていることに起因している可能性を示唆している。

以上より、本研究では、これまで紀伊半島を中心とした各種の構造要因や不均質構造の抽出に成功した。これらは南海トラフ巨大地震発生の多様性を理解する重要な情報であった。

今後の南海トラフ巨大地震の多様性の理解を進めるためには、東海一日向灘に至る広域・詳細構造を把握し、さらには地震波速度モデルのみならず流体分布、減衰構造等の各種物性情報を取り込んだ地殻媒質モデルの構築とそれに基づくシミュレーション、モニタリング研究が必要不可欠である。

(1) (b) 東南海・南海地震の想定震源域および周辺におけるより正確な地震活動を把握するための海底地震観測研究

(1) (b) 1) より正確な地震活動を把握するための海底地震観測研究

平成 19 年度は長期観測型海底地震計を入れ替えて平成 18 年度観測網での観測を継続した。また紀伊半島沖トラフ軸海寄りに 2 点の観測点の新設を実施して四国海盆北縁ま

で観測網を拡げた。本年度は東南海・南海地震に関する調査研究の最終年度であるため、平成19年12月までに全ての長期観測型海底地震計を回収して、想定震源域および周辺におけるより正確な地震活動を把握するための海底地震観測を終了した。平成15年度に観測を開始して以来観測・解析した地震は総数23,061個である。内訳は、気象庁一元化震源リストに対応する地震が2305個、リストに含まれないより微小な地震が20,756個である。地震活動度が低い想定震源域および周辺においてこれほど多数の地震を観測・解析できたことは、地震発生現場直上での長期観測型海底地震計を用いた繰り返し地震観測手法がその威力を発揮した結果である。海底地震観測による再決定震源との比較から、気象庁一元化震源は紀伊半島の沖合では震源深さが20kmほど深くまた震央位置は10-20kmほど陸寄りに決定されていることが明らかとなった。陸域観測網による震源分布に対する矯正フィルターとして機能する成果であり、プレート境界のより正しい位置・形状も明らかとなった。想定震源域境界域での地震活動は紀伊半島沖にある潮岬海底谷の東西で対照的である。東側の東南海地震想定震源域に地震活動はほとんどみられない。西側の南海地震想定震源域では沈み込むプレートの上部マントル内および上盤側地殻内部での地震活動が活発であり、上部マントル内の活動はトラフ軸まで続いている。プレート境界近傍で発生している地震の活動は活発ではない。地震活動のより詳細なパターンは構造の不均質と良い対応がみられることが分かった。これらの結果は、予測精度向上に資する重要な知見であり、東南海地震・南海地震の地震発生予測モデルを構築する際に考慮すべき制約条件を与える成果である。

(1) (b) 2) 想定震源域および周辺における地殻構造と地震活動の対比等に関する研究

東南海・南海地震想定震源域およびその周辺における長期観測型海底地震計の回収と設置作業の支援を行い、想定震源域および周辺域の地震データを取得するとともに、衛星ネットワーク及び地上回線ネットワーク経由でリアルタイム配信されている陸上及び海底ケーブル地震観測点の地震データを収集し、海域及び陸域地震観測データの併合処理を実施した。併合処理では、2005年3月と2007年1月から6月に発生した地震の震源位置を、国立大学法人東京大学と分担して決定した。解析は、2004年11月から2007年6月までのデータを用いて行った。三次元速度構造とその構造による震源位置から上盤側（島弧の地殻）と下盤側（沈み込むフィリピン海プレート）双方で微小地震活動が活発であることが分かった。速度偏差結果より、当該域には顕著なマントルウェッジは見られず、フィリピン海スラブにおいては相対的に高速度な領域で地震が発生していることが分かった。

M2以上の地震964個について、初動の押し引き分布により発震機構解を求めた。上盤側、下盤側とも正断層型、逆断層型、横ずれ断層型など、様々な発震機構解の地震が発生している事が分かった。このように個々の地震の発震機構解が変化している地域におけるregionalな起震応力場をHoriuchi et al. (1995)による応力テンソルインバージョン法を用いて求めた。応力場は空間的に変化があることが分り、上盤側と下盤側で応力場が異なることが分かった。上盤側（島弧の地殻）の応力場は、東西圧縮・南北張力の応力場であり、1995年兵庫県南部地震と同じである。紀伊水道以西におけるフィリピン海スラブ上面の応力場はスラブプルの状態であるが、上盤側と固着している浅い部分は、上盤側の応力場の影響を受けて斜交していることが示唆される。東南海地震と南海地震の震源域境界と

考えられている潮岬付近では、応力場が急変していることが分かった。また、ここではプレート境界面にせん断応力が働いている状態であることが分かった。これは、当該領域のプレート間の固着が大きいという事実と整合的である。

当該域では、フリーエア重力異常と地形の相関が良いことから、基本的に重力異常は地形を反映しており、日向灘のように地形だけでは説明出来ないような重力異常は特に存在しない。つまり、物質の密度差による顕著な浮力による応力場はなく、当該域でのプレート間固着特性はその他の要因、例えば沈み込むプレート上面の地形や、物質特性、更にはプレートの形状などが決めていると示唆される。

(2) 日本海溝・千島海溝周辺の海溝型地震に関する調査研究

(2) (a) より正確な地震活動を把握するための海底地震観測研究

(2) (a) 1) より正確な地震活動を把握するための海底地震観測研究

平成 19 年度は、三陸沖北部から十勝沖にかけての領域の長期観測型海底地震計 42 台を回収した後に、三陸沖において長期観測型海底地震計 49 台による観測を開始した。三陸沖北部から十勝沖にかけての領域から回収した海底地震計の記録を解析し、地震波速度構造と正確な震源分布を求めた。震源決定においては、平成 16 年度から平成 17 年度にかけて実施した三陸沖北部の地震観測が西側に隣接する海域での観測であるため、その観測データも統合した解析をすすめた。また、平成 17 年度から平成 18 年度にかけて実施した根室沖における地震観測についてもより詳細な解析をおこなった。これらの解析結果と 2003 年十勝沖地震余震観測の結果も参照して、根室沖から三陸沖北部にかけてのプレート境界の位置・形状を求めた。その結果、日本海溝・千島海溝にかけてのプレート境界面が空間的に複雑に変化している様子、それが大地震発生域の境界と空間的に対応する傾向があるという特徴が明らかになりつつある。

(2) (a) 2) プレート境界及びその周辺域の 3 次元地殻不均質構造の推定

平成 19 年度は、東京大学に協力して三陸沖において長期観測型海底地震計による海底地震観測を開始するとともに、三陸沖北部から十勝沖にかけての領域に設置されていた海底地震計を回収してその観測データの処理と観測海域周辺で発生する地震についての P および S 波の到達時刻読みとり（検測）を行った。一方、平成 17 年度に本業務で行った海底地震観測のデータを用いて、1973 年根室半島沖地震 (M7.4) および 2003 年十勝沖地震 (M8.0) の震源域における 3 次元地震波速度構造を推定した。その結果、1973 年根室半島沖地震の震源域のほとんどで、プレート境界面の上盤側は千島島弧の地殻であり、太平洋スラブがマントル・ウエッジと接している領域では顕著な地震時すべりがなかった可能性がある。同様な破壊域の広がりや地殻構造との関連は、2003 年十勝沖地震の震源域についても成り立っている。また、2002 年に宮城県沖で発生した M6.3 のプレート境界地震の余効すべり発生域内に位置する小繰返し地震の破壊過程を解析し、余効すべりが発生中に起こった地震の波形は、同一系列に属する他の地震波形との相似性が低下していることを見いだした。この現象は、定常的には規則正しい破壊を繰返す小アスペリティの破壊過程が、プレート間すべりの加速による影響をうけて、通常とは異なる破壊を起こしたことを反映したものと解釈される。

(2) (a) 3) アスペリティ周辺の地震活動の特性に関する研究

平成 19 年度は、東京大学地震研究所、東北大学大学院理学研究科とともに、三陸沖における長期観測型海底地震計による観測網を構築し、海底地震観測を実施した。三陸沖北部から十勝沖にかけての長期海底地震観測データと陸域データとの併合処理を実施した。想定アスペリティ周辺を注目した、ZMAP 等を用いた地震活動の時空間変化を把握した。2003 年十勝沖地震の余震活動が及ばなかった根室沖で、1973 年根室半島沖地震のアスペリティの北西端付近（根室市付近）、1973 年根室半島沖地震の本震近傍での地震活動の低下が確認できた。1968 年十勝沖地震のアスペリティ北縁で Z 値が依然として高いのを確認した。根室沖に展開した長期観測型海底地震計の観測記録から気象庁マグニチュードに対応したマグニチュード算出式を確立した。釧路海底の位置と震源の分布状態が大きく変化する場所とよい対応がみられた。

(2) (b) 過去の地震活動などの調査

平成 19 年度は、全国の大学等の関係者および有識者を構成員とする専門委員会を設置して、デジタル化したすす書き記録およびフィルム記録のデータベースの仕様について検討した。フィルムスキャナーを用いて、東京大学地震研究所筑波観測所の 1979 年以降に発生した地震のフィルム記録の中から必要な記録を選択し、それらの画像化を実施した。大型スキャナーを用いて、旧水沢緯度観測所の 1936 年から 1951 年までの期間に発生した地震のすす書き記録紙の中から必要な記録紙を選択して、それらの画像化を実施した。京都大学阿武山地震観測所ウィーヘルト地震計の 1957 年から 1963 年までの期間に発生した地震のフィルム記録の中から必要な記録紙を選択して、それらの画像化を実施した。北海道大学浦河観測所の 1973 年室半島沖地震の本震および余震の MES 式地震計のフィルム記録の中から必要な記録紙を選択して、それらの画像化を実施した。また、東北大学向山観象所の 1914 年から 1930 年までの期間に発生した地震のすす書き記録の中から必要な記録を選択し、それらの画像化を実施した。これらの画像ファイルは DVD-R に保存した。また、1933 年三陸地震 (M8.1) の余震の再決定を行い、三陸沖の海溝型地震の発生様式に対する新しい知見を得た。

(2) (c) 広帯域高ダイナミックレンジ孔井式地震計の開発

平成 19 年度は、試験観測の結果、2007 年 3 月能登半島地震（深さ 50km、M7.1、データ解析は平成 19 年度）、2007 年 7 月中越沖地震（深さ 10km、M6.6）の地震記録を取得した。これらの記録は数ヶ月の稼働状態の間に収録された記録であり、本試作機が長期安定稼働していることを示す。これらの記録や地動雑音の記録からは、時間領域で見ると限りにおいて、試作広帯域地震計と既存の広帯域地震計と遜色がないことが確認された。長期稼働状態において STS 地震計と一致した地震記録を得ることができたことは、本業務で開発した試作地震計の有効性を示すものである。今後は、これまでに取得した試験観測データと他の地震計データの比較を行い、試作した地震計の性能に関する総合評価を行う。特に、常時微動観測による地震計自己雑音スペクトル（高感度加速度計、強震計）の取得

5. むすび

によりノイズ性能を確認し、地震計の設計・構造に基づく考察とともに、既存地震計との得失の評価を行うことが重要である。平成 20 年度においては、試験観測を続行し、長期稼働した時の地震計の挙動を確認するし、他の地震計との並行観測データを取得する。また、平成 20 年度は計画の最終年度であることから、これらの試験観測データと他の地震計データ等との比較を行い、試作した地震計の性能に関する総合評価を行う計画である。