

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

平成 18 年度実施した海陸統合構造調査データは現在解析中であるが、熊野灘沖より沈み込むフィリピン海プレートの海洋性地殻や付加体先端部の変形が明瞭にイメージングされている。今後さらに詳細解析を推進し、広域/詳細な構造イメージングに基づく熊野灘沖の地殻活動の把握を目指す。広域 2 次元反射法調査結果では、2004 年の紀伊半島南東沖地震の横ずれ断層を示唆する断層イメージングが得られている。

また、平成 17 年度実施した疑似 3 次元反射法調査結果ではトラフ軸から固着域にいたる詳細な地殻構造がイメージングされた。平成 16 年度実施した紀伊半島熊野灘沖広角反射・屈折法調査（大都市大災害軽減化特別プロジェクトと連携した紀伊半島での海陸統合構造調査の一環）の結果は、15 年度実施した破壊域境界横断測線での広角反射法・屈折法調査で得られた最上部マントル域の低速度構造と対応する複数の反射面が確認され紀伊半島熊野灘沖の強い構造不均質性があらためて確認された。

機動的地震観測では、2004 年 9 月の紀伊半島南東沖の地震の余震活動や 1944 年東南海地震の破壊域東縁では、沈み込む海山の周囲でクラスター状の地震活動が観測され、これに基づき、東南海地震震源域の応力場評価を進めていく。

今後はこれらの結果を統合化し、東南海・南海地震震源域の詳細な地殻活動の把握と地震発生メカニズムに関連する構造要因の抽出を目指す。

(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 15 年度に紀伊半島沖で観測を開始した 9 観測点による観測網を東西に拡大して、平成 16 年度には紀伊半島沖から紀伊水道にかける 23 観測点による観測網を構築した。平成 17 年度は、長期観測型海底地震計の入れ替えを実施して、この観測網による観測を継続した。平成 18 年度は新規に 2 台の長期観測型海底地震計を整備して 25 観測点による観測網を新たに展開し、観測域を紀伊半島沖の震源境界域および紀伊水道のトラフ軸近くにまで拡大して長期地震観測を継続した。回収した 25 台の地震記録を用いて震源決定を行うと共に、海底地震計に記録されている平成 17 年度実施のエアガン浅部地殻構造調査データを解析して、海底地震計直下の速度構造を求め、高精度震源決定の観測点補正值として使用した。気象庁一元化震源リストに含まれていないより微小な地震についても、回収した海底地震計の連続地震記録から P 波と S 波の到達時刻を読み取って震源決定を実施し、多数の震源を得た。紀伊半島沖から紀伊水道にかけての領域は構造の不均質が大きく、震源の深さ精度を高めるためには、構造の不均質を十分に考慮した震源決定が必要であることが

平成 17 年度までの解析で明らかとなっている。このため、震源決定においては震央から半径 35km 圏にある観測点のデータのみを使用したほか、全観測領域を不均質性の波長に応じたいくつかの区域に分割して求めた区域ごとの補正值を各観測点に適用して震源決定を行い、深さ精度の高い震源を求めた。

平成 18 年度に得たこれらの精度の高い震源位置と周辺の地下構造を対比した結果、プレート境界付近の地震活動度は低く、多くの地震がフィリピン海プレートの地殻とマントルで発生しているという結果を得た。これらの結果は、平成 16 年度の成果である 2004 年紀伊半島南東沖の地震の余震活動が深さ 10 km 付近の地震活動とそれより深い 20 km 付近の地震活動の二群に分かれた活動であったことと、平成 17 年度までに得た本調査研究の結果とも調和的であり、プレート内部で地震が多く発生していることは、南海トラフにおける地震発生の特性と考えられる。また、気象庁一元化震源に含まれないより微小な地震は、プレート内部で深さ方向に広く分布して発生していることが新たに明らかとなった。また、このより微小な地震活動は、東南海・南海地震想定震源域境界域を境として、東西で活動パターンが変化していることも明らかとなった。プレート境界のカップリング特性に関係している可能性がある。

(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、四国東部沖から紀伊半島沖において 2006 年 3 月 1 日から 6 月 30 日に発生した地震の震源が高精度に決定され、それらのうちのマグニチュード 2 以上の地震については、初動の押し引き分布により発震機構解が求められた。平成 17 年度の解析で、紀伊水道から紀伊半島の海岸線にかけての地域の地震の発震機構解が複雑で正断層型の地震と逆断層型の地震が隣接して発生していることが見出されたが、平成 18 年度の解析によって、より多くのデータからこの地域で発生する地震の発震機構解の多様性が確認された。ただし、ある程度の地域性も認められ、紀伊水道のスラブ内の地震は、南北圧縮・東西伸張の横ずれ断層型の発震機構解が卓越することがわかった。

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 な起震応力場を推定する手法の検討を平成 17 年度に行ったが、海底地震観測の継続実施により、想定震源域およびその周辺の地震データが徐々に蓄積されてきたことから、その手法を適用して、当該地域の応力場解析に着手した。データの数はまだ少ないものの、次のことが明らかになってきた。紀伊水道の地殻内では東西圧縮場になっており、四国の地殻内地震や兵庫県南部地震などの内陸地震の起震応力場と同じである。一方、スラブ内はほぼ東西方向の張力場になっており、上盤側と下盤側で応力場が急変している。スラブ内の張力軸（最小主応力軸）の分布はスラブの等深度線にほぼ平行になっていることが示された。

平成 19 年度も海底地震観測を実施して海陸地震観測データの収集と蓄積を行うとともに、さらに多くのデータの想定震源域および周辺域の地震観測データに対して応力テンソルインバージョン法を適用して、想定震源域の応力分布を明らかにしていく。また、得られた

応力場の空間分布の結果と地殻構造との対比および重力異常データ等によりプレート間結合特性に関する研究を行う。

(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 18 年度は、平成 17 年度に開始した根室・釧路沖での観測を終了して、地震発生確率の高い三陸沖北部から十勝沖にかけての領域に長期海底地震観測網を移した。

平成 18 年 5 月から 6 月にかけて用船して、根室・釧路沖の観測網直下の地殻浅部速度構造を明らかにするため、シングルチャンネルハイドロフォン・ストリーマーを曳航してのエアガン(3台)発震を実施した。また、平成 18 年 9 月に用船して、根室・釧路沖の長期観測型海底地震計を回収した。続く平成 18 年 10 月に用船を用いて三陸沖北部から十勝沖にかけての領域に 22 観測点の設置を実施した。さらに、平成 18 年 11 月に大型ヘリコプターをチャーターして 20 観測点を設置し、三陸沖北部から十勝沖にかけての領域に長期観測型海底地震計を設置する作業を完了した。観測点間隔は陸域観測網とほぼ同じおよそ 20km から 25km 間隔とし、水深が 1,000m より深い海底に長期観測型海底地震計を設置した。

根室・釧路沖から回収した長期観測型海底地震計 30 台の約 9 ヶ月間におよぶ地震データと陸域観測網で記録された地震データを統合した震源決定を行い、気象庁の一元化震源リストに含まれる地震 1418 個と一元化震源リストに含まれない地震 1041 個について震源を求めた。海底地震観測による高精度な震源分布から、プレートの沈み込み角度は釧路から根室の方向(北東方向)に向かって小さくなっていくという根室沖想定震源域におけるプレート境界の幾何学的形状が明らかとなった。

三陸沖北部想定震源域(平成 16 年度から 17 年度にかけて海底地震観測を実施)の地震活動については、気象庁一元化震源リストに含まれないより微小な地震の活動について調べた。想定震源域および周辺では、地震の多くはプレート境界付近で発生している。しかしながら、アスペリティと考えられる領域ではプレート境界での定常的な地震活動が少ないという特性が分かっていた。この三陸沖北部の地震活動の特性は、より微小な地震活動についても適用される活動特性であることが今回明らかとなった。

(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 18 年度は、東京大学に協力して三陸沖北部に長期海底地震計による海底地震観測を開始するとともに、根室沖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 16 年度に本業務で行った海底地震観測のデータを用いて、1968 年十勝沖地震(M7.9)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、震源断層に対応するプレート境界面の上盤側を占めるマントル・ウエッジ域に顕著な速度不均質が存在し、地震時すべりが大きかったアスペリティ領域の直上のマントル・ウエッジは周囲に比べて、地震波速度が高速であることを見いだした。また、相似地震および GPS 観測データの解析により、2003 年十勝沖地震後の余効すべりのすべり量分布を推定した。さらに、2003 年十勝沖地震の本震時すべりと余効すべりが、その翌年に釧路沖で発生したプ

プレート境界地震 (M7.1) にどのような影響を及ぼしたのかを ΔCFS を計算することにより定量的に見積もった。その結果、余効すべりの方が本震すべりに比べて、2004 の地震の発生を促進する影響が大きく、プレート間での準静的なすべりが、プレート境界上の隣接するアスペリティ間の相互作用を考える上で重要であることを示した。

(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 18 年度は、東京大学地震研究所と東北大学と共同して、平成 17 年度に根室沖に設置した長期観測型海底地震計 30 台すべてを平成 18 年 9 月に回収した。さらに東京大学地震研究所と東北大学とで分担して地震波形の検測を行った。北海道大学は平成 18 年 2 月 1 日から平成 18 年 5 月 15 日の期間の地震のうち、気象庁一元化地震カタログ以外の、かつ各海底地震計から S-P 時間がおおよそ 15 秒未満の検測可能な地震を検測した。これらの検測結果に基づいた震源計算から、ほぼ水深 2000m を境にそれより浅い海溝寄りでは地震は極めて少ないことが明らかになった。一方、水深 2000m 以深の海底下 30km ~ 40km では比較的地震活動が高く、M2 前後の地震がほぼ定常的に起こっていた。しかし空間的には釧路海底谷を境に 2 つの震源グループに分かれて分布していたのが明らかになった。

ZMAP による地震活動調査は、平成 17 年度と同様、長期海底地震観測を実施した三陸沖北部と 2003 年十勝沖地震以後注目された根室沖との 2 つの海域を対象とした。その結果、三陸沖北部では、東経 142.40 度、北緯 41.80 度を中心とした海域で 2001 年 8 月に Z 値 4.7 の最大値を示し、その時から地震活動の静穏化が始まっていたのが示された。この傾向は平成 17 年度の調査結果とほぼ同じである。一方根室沖では、2004 年 11 月 29 日の浜中沖 (釧路沖) 地震 (M7.1) 前においても特別大きな Z 値は現れず、比較的地震活動であった。さらに比較的地震活動の高い根室半島東方沖の ZMAP の調査からも大きな Z 値を示すような地震活動の異常はなかった。浜中沖地震のような M7 程度の地震では当海域の地震活動にそれほど大きな影響はなかったといえる。しかし 1973 年根室半島沖地震のアスペリティと 2004 年 11 月 29 日の浜中沖 (釧路沖) 地震 (M7.1) が極めて近接していたことから推して、長期的にはこの地震活動が 1973 年根室沖地震のアスペリティ域の活性化の兆しとも解釈できる。

クラスター地震に注目すると、1968 年十勝沖地震のアスペリティ周辺は平成 17 年度の報告と同様、南北 2 つのアスペリティのうち北部側の周辺域でその存在が認められた。一方根室沖では、1973 年根室半島沖地震のアスペリティ周辺でそれが確認された。さらにクラスター地震の相似性を地震波形間の相関係数でみると、たとえば 2003 年十勝沖地震の直前のそれらはおおよそ 0.8 以上の高い相関関係にあった。これらのクラスター地震領域は、プレート間カップリングの弱い、準静的滑り域に相当していると解釈できる。これらの酷似したクラスター地震は、想定地震の大きなアスペリティ周辺で繰り返し滑りが起こっているのを示唆したといえる。

さらに三陸沖北部の海底地震計に観測された地震波形を用いてマグニチュードの計算法を吟味した。ここでは帯域が 1Hz ~ 12Hz のバンドパスフィルターを通過させた地震波形の最大振幅 (上下動成分の P から 2 秒間、または S から 4 秒間のいずれかの最大振幅) に対して、各観測点補正と震源距離補正を施した一次の経験式から気象庁マグニチュードに対応する海底地震計マグニチュードを求めた。その結果、三陸沖北部の海底地震計マグニ

チュード別積算頻度分布から M0.6 までほぼ直線的に分布し、その傾きは - 0.7 であるのが示された。

(2)(b) 過去の地震活動などの調査

平成 18 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およびインターフェイスについて検討した。

大型スキャナーを用いて、旧水沢緯度観測所の 1920 年から 1935 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。また、フィルムスキャナーを用いて、東京大学地震研究所筑波地震観測所の 1737 年から 1978 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。さらに、フィルムスキャナーを用いて、北海道大学浦河観測所の 1768 年 5 月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、全国の大学等にある明治時代以降のすす書き記録紙、フィルム記録の在庫状況を整理した。

水沢観測所のすす書き記録紙を調査して、1933 年、1936 年、1937 年、1939 年、1981 年の宮城県沖の地震の余震の再決定を行い、宮城県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 18 年度では、平成 17 年度に試作した地震計を基本として、計測の安定性を向上させるための改良を加えた地震計を新たに試作した。また、温度の安定した横坑である F-net つくば観測施設（茨城県つくば市）において長期観測を行い 2007 年 3 月 8 日の鳥島近海地震（深さ 140km、M6.0）、3 月 25 日の能登半島地震（深さ 11km、M6.9）の地震波を観測した。さらに、強震時の強震計の動作を確認するため、VSE 型強震計との比較観測も開始した。

特に鳥島近海地震、能登半島地震にともなう地震波を観測し、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、短周期帯域での帰還（制動）を強くし振り切れを押さえたうえで高感度化を行うという、本業務で採用した高ダイナミックレンジ化方式の有効性を示すものである。実際の観測に使用するには、観測目的に応じた最適性能を得るために、試験観測を重ねて回路定数を決定する作業が必要になる。平成 19 年度では、これまでの試験観測結果を総合し、孔井型広帯域地震計としての性能・安定性のバランスがとれる電子回路のパラメータ決定を行い、これを実現する最終的な試作機の製作を行う予定である。