

## まえがき

文部科学省は「ライフサイエンス」、「情報通信」、「環境」、「ナノテクノロジー・材料」、「防災」の5分野について、あらかじめ課題等を設定し、実施する期間を選定して研究開発を委託する事業を2002年度から開始しました。これらの委託事業は「新世紀重点研究創世プラン～リサーチ・レポリューション・2002(RR2002)～」と呼ばれています。RR2002の「防災」分野の研究開発委託事業の一つが「東南海・南海地震等に関する調査研究-予測精度向上のための観測研究-」です。

東南海・南海地震に関する調査研究は、「東南海・南海地震を対象とした調査観測の強化に関する計画(第一次報告)」(平成15年6月、地震調査研究推進本部政策委員会調査観測計画部会)に従い、東南海・南海地震の発生可能性の長期評価、強震動(揺れ)や津波の予測を高精度で行うことを目的としています。この目的を達成するために、下記課題に平成15年度から5ヵ年計画で取り組んでいます。

### 東南海・南海地震に関する調査研究

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

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. 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. 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

日本海溝・千島海溝周辺の海溝型地震に関する調査研究は、「海溝型地震を対象とした調査観測の強化に関する計画(第一次報告)」(平成15年6月、地震調査研究推進本部政策委員会調査観測計画部会)に従い、海溝型地震の発生可能性の長期評価、強震動(揺れ)や津波の予測を高精度で行うことを目的としています。この目的を達成するために、下記課題に平成16年度から5ヵ年計画で取り組んでいます。

### 日本海溝・千島海溝周辺の海溝型地震に関する調査研究

日本海溝・千島海溝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. 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. 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
3. アスペリティ周辺の地震活動の特性に関する研究

過去の地震活動などの調査

広帯域高ダイナミックレンジ孔井式地震計の開発

本報告集書は、「東南海・南海地震に関する調査研究」「日本海溝・千島海溝周辺の海溝型地震に関する調査研究」に関する平成18年度実施内容とその成果を取りまとめたものです。

## 東南海・南海地震に関する調査研究

### Ⅰ 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

南海トラフにおける M8 クラスの巨大地震の震源域は、四国沖を中心とする南海地震震源域、紀伊半島沖を中心とした東南海地震震源域ならびに想定東海地震震源域に大きく 3 分される。この 3 つにセグメント化された震源域の中で、南海地震および東南海地震の震源域は紀伊半島沖を境界として度々連動して M8 クラスの巨大地震を引き起こしている。また、東南海地震震源域ではこれまで、地震の破壊伝播経路と考えられる分岐断層等の不均質構造がイメージングされている。

本事業では、東南海・南海地震の想定震源域において人工震源を用いた広角反射・屈折法調査と反射法調査を実施し、想定震源域におけるプレート形状等の把握を目指す。

これら構造調査により構造モデルを構築し、地殻活動の詳細解析への貢献を目指す。

広角反射・屈折法調査は、想定震源域の境界領域や、想定されるアスペリティ及びその周辺域を調査対象として、既存の測線を考慮し、トラフ軸に垂直な海陸を統合した測線やトラフ軸に平行な測線において実施し、プレート境界面の巨視的な形状などの大構造の把握や、想定震源域と陸域の間の地震波速度構造の把握を目指す。

また、反射法調査は、既存の反射法調査の測線とあわせて面的な情報が得られるよう未実施の領域で行い、分岐断層の分布とその形状、海山などのプレート境界浅部の形状や地震波の反射強度分布の把握を目指す。なお、東南海地震と南海地震の境界域では、稠密反射法調査を実施し、詳細な空間的不均質構造評価を行い、プレート境界域からの分岐断層の発達機構の解明を目指す。加えて地震活動とプレート境界域や地殻の構造との対比を行うため、短期的な機動的地震観測を実施する。これらの地殻構造と短期および長期の機動的地震観測によって得られた地震活動との総合解析により、震源域の地殻活動評価を行う。

平成 18 年度は、熊野灘沖から紀伊半島陸域における海陸統合構造調査を実施する。本調査では、東南海地震震源域トラフ軸側から陸域深部に至る構造のイメージングを目的とし、アスペリティ評価につながる構造要因の抽出を目指す。

また、熊野灘沖での短期の機動的地震観測の結果のとりまとめ、ならびに平成 16 年度に実施した紀伊半島熊野灘沖における広角反射・屈折法調査データ（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）解析と併せた深部構造評価を実施する。

### 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. 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

想定震源域における微小地震分布を把握することは、東南海・南海地震の発生予測精度の向上に基本的に重要である。このため、長期観測型海底地震計を用いた繰り返し観測による定点的観測を実施して、想定震源域および周辺の関係海域における微小地震分布を正確に把握し、さらに、求めた高精度震源分布から、詳細なプレート境界の位置・形状の把握、および地殻構造と地震活動との対比などを行う。

陸域の地殻上部において発生する地震については、陸域に展開されている高感度地震観測網により、現在、マグニチュード 1.5 程度以上の地震の活動を把握することが可能となっている。しかし、海溝域の巨大地震である東南海・南海地震の想定震源域および周辺の関係海域で発生する地震については、想定震源域北側に展開されている陸域観測網だけで精度よく震源を決定することが困難である。かつ、震源を決定することが可能である地震の規模の下限も、海域で発生する地震については陸域において発生する地震に比べて高い。

このため、本調査研究においては、陸域観測網に接続する形で海域観測網を展開することによって、陸域の地殻上部において発生する地震の検知能力および震源決定能力相当を海域に広げて、より小さな地震まで正確に震源を決定し、東南海・南海地震の想定震源域における微小地震分布を陸から海まで連続的に把握する。また、陸域観測網により、およびこれまでに行われた数例の機動的な海底地震観測により、南海トラフ沿いでの微小地震活動が非常に低いことがわかっている。より正確に地震活動を把握するためには十分な数の微小地震を観測することが重要であり、1年間連続観測可能な長期観測型海底地震計を用いた観測を繰り返して実施することによって、想定震源域における定点的な地震観測を行う。

平成 18 年度は、平成 17 年度に東南海・南海地震の境界域および紀伊水道に設置した長期観測型海底地震計 23 台を回収して、データ解析を開始した。また、新規整備した長期観測型海底地震計 2 台を加えた総数 25 台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。観測域の拡大は、平成 17 年度までの本調査研究による成果としてトラフ軸付近に微小地震が発生していることが明らかとなったことと、2004 年紀伊半島南東沖の地震がトラフ軸近傍で発生したことから、トラフ軸付近までの地震活動の正確な把握がより重要となったためである。また、観測網直下の浅部構造を推定するためにエアガン発震を実施した。回収した海底地震計の連続地震記録を詳細に解析することによって、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震源を多数決定し、紀伊半島沖から紀伊水道にかけての南海トラフにおけるより正確な地震活動を明らかにした。

## 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のプレート境界の固着状態や応力集中のプロセスを明らかにするためには、想定震源域における高精度の微小地震分布を把握するとともに、地震活動や起震応力場を地殻構造と対比して、想定震源域における地震活動のより深い理解を得ることが必要である。そこで、想定震源域および周辺域における長期海底地震観測により得られた正確な地震活動とこれまでに得られている地殻構造にどのような関係があるかを調査する。また、地震活動より推定される応力場の空間分布と地殻構造との対比および重力異常データ等より、プレート間結合特性に関する研究を行う。

平成 18 年度は、想定震源域および周辺域における海底地震観測を支援し海域データの取得を行った。併せて陸域データの集積も行い、海域データとの統合震源決定処理と発震機構解析を実施した。また、平成 17 年度に検討を行った応力場解析法を適用し、想定震源域における応力場の空間分布を推定した。

## 日本海溝・千島海溝周辺の海溝型地震に関する調査研究

日本海溝・千島海溝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. 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

日本海溝・千島海溝周辺の海溝型地震の想定震源域におけるより正確な地震活動を把握して、さらに、震源分布による詳細なプレート境界の位置・形状の把握、および地殻構造と地震活動との対比などを行うことは、海溝型地震の発生予測精度の向上に基本的に重要である。このため、本調査研究においては、1年間連続して観測可能な長期観測型海底地震計を用いて、想定震源域において約20km間隔の観測網による海底地震観測を実施する。

地震活動度が低い南海トラフにおいては十分な数の地震を観測するためには数年にわたる定点的観測を行う必要があるが、地震活動度が高い日本海溝・千島海溝周辺においては1年程度の観測で十分な数の地震を観測することが可能である。このため、本調査研究においては、1年程度の観測を順次場所を移しながら実施し、5年間で日本海溝・千島海溝周辺ほぼ全域のより正確な地震活動の把握をすすめる。観測対象領域の優先度の考え方としては地震発生確率の高い領域から実施する。

平成18年度は、平成17年度に観測を開始した根室・釧路沖から長期観測型海底地震計を回収して、地震発生確率の高い三陸沖北部および十勝沖に観測網を移した。回収した長期観測型海底地震計30台を再整備すると共に、新規整備した海底地震計を加えた合計42観測点による観測網で三陸沖北部・十勝沖における地震観測を開始した。平成19年6月頃までこの観測を継続する。平成18年度に回収した根室・釧路沖の海底長期観測データを陸域地震データに併合して処理し、根室沖想定震源域における地震活動の正確な把握を進めたほか、平成17年度に回収した三陸沖北部の地震観測データの解析を引き続き実施して、三陸沖北部の地震活動の正確な把握を進めた。

### 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

海溝型地震発生予測の高度化のためには、その震源となるプレート境界面における海陸プレート間固着強度の空間分布を知ることが決定的な役割を果たすものと考えられるが、固着度の空間変化を高い精度で直接推定するのは困難である。しかし、プレート間固着強度は、プレート境界周囲の不均質構造の影響を強く受けたものである可能性が高く、カップリング強度と不均質構造との対応関係を解明できれば、地震学的な構造イメージングを通してプレート間の結合の強さの空間分布の把握が飛躍的に進むものと期待できる。本事業では、海溝型地震発生域である海底下において発生する地震を海底ならびに陸上の地震観測網で観測し、それにより得られたデータを地震波トモグラフィ解析することにより、地震発生域周辺の3次元不均質構造をあきらかにする。これと同時に、得られた観測データを相似地震解析にも使用することにより、プレート境界面上での準静的すべりの時空間的な分布の推定をおこなう。平成18年度は、根室沖に設置した長期観測型海底地震計を回収し、その処理解析に着手するとともに、三陸沖北部および十勝沖における長期観測型海底地震計による観測を開始した。さらに、平成16年度に三陸沖

北部において実施した海底地震観測のデータを用いたトモグラフィ解析を行い、1968年十勝沖地震震源域における地震波速度不均質構造を推定し、プレート間カップリングの地域性との対応関係についての検討を行った。また、2003年十勝沖地震の震源域周囲における準静的すべりの時空間的な変化を、陸上の地震およびGPS観測網で観測された相似地震と地表面の変位速度のそれぞれの解析から推定し、そうした準静的なすべりが隣接するアスペリティに対して及ぼす影響を定量的に見積もることを試みた。

### 3. アスペリティ周辺の地震活動の特性に関する研究

千島海溝・日本海溝沿いで M8 クラスの海溝型地震が繰り返し発生している。これら過去の大地震の地震波形を解析して推定されたアスペリティ分布は、本震時の断層運動で大きく変位した場所に相当している。一方余震域の中にあってもその周りでの変位量は本震時にはそれほど大きくないことが地震や津波の波形のインバージョンなどから明らかになってきた。しかし、たとえば2003年十勝沖地震の場合には、余震活動や余効変動がこのような大きなアスペリティを避けるようにして本震後しばらく継続していたことが確認されている。これは大地震の本震域とその後活動した余震域とで地殻活動の時空間分布の違いがあることを示唆している。一方長期間の地震カタログからは、アスペリティとその周辺での地震活動度の変化が指摘されている。大地震発生前のある時期から、地震活動の静穏化が継続的に認められ、アスペリティ周辺で地震活動度の低下が確認されている。しかしこれらは陸域観測データから確認された大概的特性であり、海溝型大地震のアスペリティ周辺とその周りの余震域との詳細な地震活動の時空間変化を観察するためには、それらは想定している海溝型大地震の震源域からは大きく離れている。千島海溝・日本海溝沿いに起った過去の大地震の地震記録から推定されたアスペリティ分布とその周辺での地震活動の詳細な特性について精査するためにはその海域で継続的に地震観測することが望ましい。

ここでは、海溝型大地震は繰り返し発生していることから、このようにアスペリティとその周辺での地震活動の時空間的特性を把握しておくことは、海溝型大地震の発生機構を解明するためにはきわめて重要であると考え、それらの海域で直接海底地震観測網を展開し、継続的な海底地震観測を企画した。

平成18年度では、この観測目標を達成するために、平成17年12月と平成18年1月の2回にわたって設置した海底地震計30台を平成18年9月に回収し、その間に観測された地震波形は、東京大学地震研究所および東北大学大学院理学研究科とも分担して検測を実施した。また、東京大学地震研究所および東北大学大学院理学研究科と共同して、三陸沖北部から十勝沖に平成18年10月と11月の2回にわたって長期観測型海底地震観測網を展開した。

とくに本課題では、平成16年度に構築されたデータ処理システムを用いて、想定アスペリティ周辺での地震活動度の時空間分布調査を進めている。平成18年度では、地震活動を視覚的に把握するために開発されたZMAP法などを用いて、三陸沖北部、および根室沖周辺海域に想定されたアスペリティ周辺の地震活動の特性を明らかにすること、およびこれらのアスペリティ周辺で見られる準静的滑り現象の地震学的証左としてのクラスター地震の特性を明らかにすることを目指している。

## 過去の地震活動などの調査

地震調査研究推進本部では、繰り返し発生する海溝型地震（東南海・南海地震および日本海溝・千島海溝の海溝型地震）の発生の長期評価・強震動評価等の精度向上のために、過去の地震記録を用いた地震活動の調査をすすめ、さらに、過去（明治時代以降）の地震記録（スス書き）を、観測点やセンサー特性も含めて体系的に整理し、情報を一元的に得ることができる仕組みを作る必要があるとしている。

本研究では、これらの方針に基づき、東南海・南海地震および日本海溝・千島海溝の海溝型地震を対象として、地震記録の保存方法、データベースシステムの構想、および、利用における協定等について十分な検討を行い、さらに、過去の地震記録については、機関の垣根を越えた、観測点情報、観測システムに関する情報および観測記録を一元的に取得できるデータベースシステムを開発する。

さらに、東南海・南海地震および日本海溝・千島海溝の海溝型地震の長期評価・強震動評価等の精度向上を目標とし、上記データベースシステムの開発を踏まえ、過去の地震活動などの調査を行う。

平成 18 年度は、前年度までに調査した全国の大学等にある明治時代以降のスス書き記録紙、フィルム記録の在庫状況を整理した。専門委員会を設置し、海溝型地震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。さらに、平成 16 年度から始まった国立天文台（水沢緯度観測所）のスス書き記録、東京大学地震研究所筑波地震観測所のフィルム記録、および北海道大学浦河観測所のフィルム記録の一部の地震記録について、デジタル化を進め、DVD-R に編集した。

また、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。

## 広帯域高ダイナミックレンジ孔井式地震計の開発

海溝型巨大地震の地震動は広帯域かつ大振幅である。また、スロースリップ、プレスリップ、余効変動といった、超長周期の地震波をともなう可能性が高い。これらの現象を高精度観測することができれば、海溝型地震の発生プロセスの解明や、長大構造物に被害をもたらす長周期地震動に関する研究が大きく進展することが期待される。本業務では、海溝型地震の発生にともなう広帯域地震動を高精度に観測することを目指し、既存の地震計をベースに広帯域・高ダイナミックレンジ化を図りかつ安定運用が可能な新型地震計の開発を行う。

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 日の鳥島近海の地震（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。