

## 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

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  
II 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

III 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

IV 過去の地震活動などの調査

V 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19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

南海トラフ域における巨大地震発生様式の多様性は、昭和、安政、宝永の3回の地震をとっても明らかである。これらの地震では、いずれも連動の違いといった破壊域の多様性、連動時間の違いといった連動時間差の多様性が明確に示されている。これらの規定する要因の一つに震源域に構造要因が挙げられる。本研究は南海トラフ域のプレート形状をはじめとする詳細な地下構造を把握することを目的としている。今年度は、特に東南海地震震源と想定東海地震震源の境界域における詳細な地殻構造の把握を目的とした構造調査を実施し、かつ18年度実施した紀伊半島東域における海陸統合構造調査データの詳細解析をおこなった。

### II 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

#### II 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現在可能となっている。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19年度は、平成18年度の25観測点の他に2観測点を新設し、紀伊半島沖の四国海盆北縁まで拡大した観測網で観測を実施した。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27観測点全数を12月に回収し、平成15年度から開始した長期観測を終了した。この間、気象庁一元化震源リストに記載の無いより微小な地震まで含め

23,061個の地震を観測しており、地震活動度が低い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観測として、長期観測型海底地震計を用いた繰り返し観測がきわめて有効であることを示した。多数の地震データに基づく地震活動の詳細解析から、想定震源域の境界域における地震活動の特性、プレート境界の位置・形状が高い信頼性を持って明らかとなった。

## II 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19年度は、想定震源域および周辺の海域における観測作業及び海底地震計のデータ処理を国立大学法人東京大学とともに分担して行った。当該海域で発生している自然地震の発震機構解を求め、応力テンソルインバージョン法を適用して、海陸プレート境界域の応力場の空間分布を推定した。また、重力異常データを検討した結果、日向灘のような顕著な密度差を持つ物質が当該海域下には存在しないことが分かった。

### 日本海溝・千島海溝周辺の海溝型地震に関する調査研究

## III 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

### III 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19年度は、平成18年度から三陸沖北部および十勝沖で観測を継続していた42台の長期観測型海底地震計を回収して観測を終了した。観測網は三陸沖に移し、49観測点による観測を開始した。これまでに観測データを回収した三陸沖北部、根室沖、三陸沖北部から十勝沖の地震活動についての詳細解析を実施した。本調査研究の解析結果と2003年十勝

沖地震の余震観測結果を統合して、プレート境界の形状変化を根室沖から三陸沖北部まで連続的に求めた。形状の空間的变化と大地震発生域の境界との対応が見られる。

### III 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 19 年度は、えりも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 17 年度に根室沖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、1973 年根室半島沖や 2003 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、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り返し地震の破壊過程について詳細な解析を行い、プレート境界面におけるすべり速度の擾乱が小アスペリティの破壊過程におよぼす影響についての検討を行った。

### III 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回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体的特性であり、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、海底地震観測データを使った調査・解析が必要である。

平成 19 年度は、長期観測型海底地震計による観測作業を東京大学地震研究所と東北大学大学院理学研究科と共同して実施するとともに、三陸沖北部から十勝沖にかけての領域から回収した地震記録の検測を分担して実施した。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調査を継続してその特性を明らかにした。また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た解析を行った。

### IV 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（すす書き）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 19 年度は、専門委員会を設置し、製作したデータベースシステムの試作版について検討した。さらに、東京大学地震研究所筑波観測所のフィルム記録、国立天文台（水沢緯度観測所）のすす書き記録、京都大学阿武山地震観測所ウィーヘルト地震計のフィルム

記録，北海道大学浦河観測所の MES 式地震計のフィルム記録，東北大学向山観象所のすず書き記録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。

## V 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まなう可能性が高い。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ま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 19 年度の試験観測の結果、平成 18 年度に試作した広帯域地震計が、前年度までに試作したものに比べ DC の安定性に特に優れていることがわかった。この結果から、平成 19 年度に製作する地震計は、平成 18 年度に製作したものと同モデルとした。更なる改良点として、一時的に電子回路の時定数を短いものに切り替え (100 秒→5 秒程度)、設置調整にかかる時間を短縮するための、フィードバック回路切り替え機能を組み込んだ。また、温度の安定したつくば地震試験観測施設 (横坑) において、他の地震計 (STS-1 広帯域地震計) との比較観測を継続した。この結果、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。