

1. プロジェクトの概要

1. プロジェクトの概要

1. 1. 日本海溝・千島海溝周辺の海溝型地震に関する調査研究

「新世紀重点研究創生プラン～RR2002～」の防災分野におけるプログラムの一つとして、文部科学省が平成 16 年度から開始する、「日本海溝・千島海溝周辺の海溝型地震に関する調査研究」を、国立大学法人東京大学地震研究所、国立大学法人北海道大学及び国立大学法人東北大学並びに独立行政法人防災科学技術研究所の 4 機関が体制を構築し研究を実施する。

(1) 研究内容

(a) 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

(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

日本海溝・千島海溝周辺を対象として、自己浮上式海底地震計により、ある程度長期の観測（20 km 間隔で 1 年程度）を実施し、より正確な地震活動の把握、より詳細なプレート境界の形状の把握や地殻構造と地震活動との対比などを行う。観測点配置等の観測の詳細については、関係機関（者）との調整を図って、円滑かつ効果的に研究を推進する。

(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

日本海溝・千島海溝周辺を対象として実施する長期海底地震観測に参加してデータ処理を分担すると共に、プレート間結合特性と比較検討してプレート間結合を規定する要因を探るため、プレート境界及びその周辺域の 3 次元地殻不均質構造を推定する。また、プレート間結合特性の情報を抽出するため、相似地震解析も合わせて行う。

(a)3) アスペリティ周辺の地震活動の特性に関する研究

日本海溝・千島海溝周辺を対象として実施する長期海底地震観測に参加してデータ処理を分担すると共に、根室半島周辺から房総沖周辺までの太平洋プレート上に想定された震源域でのアスペリティおよびその周辺域を対象として、プレート上面付近およびプレート内部に発生する地震の活動度の時空間分布を ZMAP (Wiemer and Wyss, 1994) 等により把握する。

(b) 過去の地震活動などの調査

想定震源域及びその境界領域における過去の地震活動の状況を明らかにし、過去に発生していた地震のアスペリティの位置等を把握し、現在の地震活動の状況を正確に把握するために、散逸が懸念される過去（明治時代以降）の地震観測データを体系的に整理し、長期保存可能な状態を実現する手法を開発する。また、観測点情報、データの所在、観測機器の特性などの情報を一元的に得ることができるシステムの開発を目指す。

(c) 広帯域高ダイナミックレンジ孔井式地震計の開発

海溝型の巨大地震では、そ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、

1. プロジェクトの概要

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。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を開発する。

(2) 研究体制

国立大学法人東京大学地震研究所、国立大学法人北海道大学及び国立大学法人東北大学並びに独立行政法人防災科学技術研究所の4機関で体制を構築し、関係する研究機関(者)の参加・協力を得て研究を実施する。研究代表機関は、国立大学法人東京大学地震研究所とする。

研究を効果的に推進するため、上記4機関に加え関係する研究機関(者)等により構成する「東南海・南海地震等海溝型地震調査研究運営委員会(事務局は国立大学法人東京大学地震研究所)」を設置する。また、研究成果を海溝型地震の長期評価、強震動評価等の予測精度向上に効果的に繋げるため、研究の実施に際し地震調査研究推進本部との連携を十分に図る。

(a) 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

国立大学法人東京大学地震研究所、国立大学法人北海道大学及び国立大学法人東北大学が担当する。加えて、必要に応じ関係する研究機関(者)の参加・協力を得る。

(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

国立大学法人東京大学地震研究所が担当する。

(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

国立大学法人東北大学が担当する。

(a)3) アスペリティ周辺の地震活動の特性に関する研究

国立大学法人北海道大学が担当する。

(b) 過去の地震活動などの調査

国立大学法人東北大学が担当する。加えて、必要に応じ関係する研究機関(者)の参加・協力を得る。

(c) 広帯域高ダイナミックレンジ孔井式地震計の開発

独立行政法人防災科学技術研究所が担当する。加えて、必要に応じ関係する研究機関(者)の参加・協力を得る。

(3) 平成 20 年度までの成果の概要

(a) 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

(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 16 年度に、地震調査研究推進本部地震調査委員会による海溝型地震の長期評価を踏まえて、地震発生確率が高い領域から観測を行うという考え方にに基づき、三陸沖北部において長期地震観測を開始した。水深が 1,000 m より深い海底に、陸域の高感度地震観測網の観測点間隔とほぼ同じとなる 20 km から 25 km の間隔で、長期観測型海底地震計を 18 観測点に設置し、観測を平成 17 年度まで継続して実施した。また、海陸データ統合解析のために、観測対象領域および周辺で発生する地震について陸域観測網の地震データの収集を行った。

平成 17 年度は、長期地震観測網を三陸沖北部から根室・釧路沖に移した。三陸沖北部から回収した長期観測型海底地震計 18 台と新規購入の 12 台を使用して 30 観測点による観測を根室・釧路沖で開始し、平成 18 年 9 月頃まで観測を継続した。また、海底地震計直下の速度構造を明らかにするため、三陸沖北部および根室・釧路沖においてエアガン速度構造調査を実施した。三陸沖北部から回収した海底地震計 18 台による約 6 ヶ月間の連続地震記録から、気象庁一元化震源リストに含まれないより微小な地震についても P 波および S 波の到達時刻を読み取ることによって約 3000 個の地震について震源決定を行い 2321 個の高精度震源から、沈み込んでいく海洋プレートの幾何学的形状をイメージングした。

平成 18 年度は、根室・釧路沖から海底地震計 30 台を回収した。新規整備の長期観測型海底地震計 12 台も使用して、三陸沖北部から十勝沖にかけての領域に 42 観測点による長期地震観測網を構築した。根室・釧路沖の解析から、海洋プレートが沈み込んでいく様子がイメージングされるとともに、1973 年根室沖地震の地震すべり領域および根室沖地震想定震源域では、海溝寄りの領域で地震活動度が低いことが明らかとなった。三陸沖北部の地震データの詳細解析から、日本海溝・千島海溝会合部のプレート境界位置は、三陸沖と較べて約 10km 程度浅くなっていることがわかった。このプレート境界面の深さ変化がみられる地点は 1968 年十勝沖地震の北側アスペリティア北縁に位置しており、沈み込む海洋プレートの幾何学的形状が、大地震でのすべり領域を制約する条件の一つである可能性を示していると考えられる。また、多くの地震はプレート境界付近で発生していることがわかったが、アスペリティアと考えられる領域ではプレート境界における定常的な地震活動度が低いことも明らかとなった。

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。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調査観測は西側の隣接する海域での観測であるため、そのデータを統合した結果を参照して本年度の解析をすすめた。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調査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形状

1. プロジェクトの概要

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。

平成 20 年度は、三陸沖南部から宮城沖海溝軸寄り・福島沖北部にかけての領域の長期観測型海底地震計 49 台を回収した後に、福島県から房総半島沖において長期観測型海底地震計 50 台による観測を開始した。当該観測対象領域の内の茨城沖については、平成 20 年 5 月に M7 クラスの地震が発生したため、12 台の長期観測型海底地震計を余震域および周辺に先行設置した。平成 20 年度は本調査研究の最終年度であるため、年度内に全海底地震計を回収して、本調査研究の全観測を終了した。三陸沖南部から宮城沖海溝軸寄り・福島沖北部にかけての地震活動については、長期海底地震観測網内およびその周辺での震源決定精度が向上した結果、海洋プレートが沈み込んでいく様子が精度良くイメージングされた。さらに、三陸沖の領域では二重地震面の下面延長の地震活動が海溝近くまで見られることが明らかとなった。房総半島沖ではプレート境界付近のほかに島弧地殻内にも地震活動が見られることがわかったほか、房総半島沖の島弧地殻内には顕著な不均質構造が存在することがわかった。

(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 16 年度は、過去に実施した海底地震観測のデータを用いてプレート境界地震発生領域における 3 次元地震波速度構造を推定する手法について検討し、少なくとも 20km 程度の空間分解能の不均質構造を解像することが可能であることを明らかとした。M7 以上の地震のアスペリティに対応する不均質構造が技術的に検出可能となる。さらに、陸上地震観測網により蓄積されたデータを用いた相似地震の解析により、大地震のアスペリティ周辺における準静的すべりの時空間的な変動を捉えることが可能であることが明らかとなった。

平成 17 年度は、過去に実施した海底地震観測のデータを用いてプレート境界地震発生領域における 3 次元地震波速度構造を推定する手法について検討を加えた結果、これまで M6 以上の地震の発生が知られていない岩手県中部の沖合の領域では、顕著な地震波低速度域がプレート境界直上にあることを見いだした。また、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域は深さ約 100km まで及んでいることを示した。こうした深部プレート境界は、地震発生前には固着していることが、同様な GPS データの解析から示され、非地震性すべりが深部プレート境界におけるプレート間のすべり過程に重要な役割を果たしていることが分かった。

平成 18 年度は、三陸沖北部の長期海底地震観測データを、過去に実施した海底地震観測のデータと統合して解析に用いることにより、1968 年十勝沖地震の破壊域とその周辺における 3 次元地震波速度構造を推定することに成功した。その結果、プレート境界の上盤側のマントル・ウエッジ内に顕著な地震波速度の不均質があることが判明し、1968 年の本震破壊時に大きなすべり量を示したアスペリティ域の直上は、その周囲に比べて地震波速度が高速度であることがわかった。さらに、陸上地震観測網により蓄積されたデータを用いた相似地震の解析により、2003 年十勝沖地震の震源域近傍におけるプレート間すべりの大きさの時間・空間的な変化を推定し、そうしたすべりが、その周囲のプレート境界面に及ぼす応力変化を見積もった。その結果、2003 年十勝沖地震が発生した後、東側に拡大し

1. プロジェクトの概要

た余効すべりが、2004年の釧路沖地震の発生を促した可能性があることを示した。

平成19年度は、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により、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た。その結果、北海道南東側で発生するプレート間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ることがわかった。さらに、陸上地震観測データに基づく相似地震解析をすすめ、プレート間における非地震性すべりの加速が起こった場合、その影響により、すべり域内で発生する小繰り返し地震のアスペリティの破壊様式が、通常とは変化することが明らかとなった。

平成20年度は、三陸沖北部、釧路・根室沖、えりも沖の3海域で実施した海底地震観測により得られたデータを用いて、北海道から東北地方北部の太平洋側地域の地震波速度構造を地震波トモグラフィ解析により推定した。日高山脈の直下から襟裳岬沖にかけての千島海溝-日本海溝会合部では、千島前弧と東北日本弧の衝突による地殻の厚化がみられ、剥落した千島前弧の地殻下部物質がプレート境界面と接触している。1968年十勝沖地震と2003年十勝沖地震の震源域は、この接触領域によって隔てられていること、接触領域と2003年の地震後に発生した非地震性すべりのすべり域とが対応することは、上盤側の不均質構造が海陸プレート間カップリング状態に強い影響を及ぼしていることを示している。また、東北日本弧最南部のプレート境界で発生する相似地震を含む低角逆断層型地震の発震機構解を詳細に調べ、プレート間地震のすべりベクトルが顕著な空間変化を示すことを明らかにした。北海道～東北日本弧北部におけるトモグラフィ解析の結果とあわせて、プレート境界面の上盤側の構造不均質がプレート間固着状態に強く影響を及ぼしていることを示す証拠である。

(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16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、三陸沖北部に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。また、観測データ処理のための整備を行った。陸域地震観測網データの取得のための処理システムの構築とアプリケーション・ソフトのインストール、および想定アスペリティ周辺の陸域地震観測網データを用いてZMAP等の解析法を会得した。

平成17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、根室沖の領域に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。三陸沖北部で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行った。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。

平成18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、三陸沖北東部(えりも沖)にかけての領域に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。根室沖で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行った。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。1968年十勝沖地震のアスペリティ北縁でZ値が高いのを確認した。三陸沖北部に展開した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。

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、三陸沖中

1. プロジェクトの概要

部から三陸沖南部にかけての領域で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。三陸沖北東部(えりも沖)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開始した。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。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。

平成20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、三陸沖中部から三陸沖南部にかけての領域に展開した長期観測型海底地震計を回収した。福島県沖から房総沖にかけて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(えりも沖)にかけての長期海底地震観測データについては、気象庁マグニチュードに変換する統計式に推定した。ZMAP等を用いて三陸沖北部、および福島県沖から房総沖における想定アスペリティ周辺における地震活動の時空間変化を把握した。その結果、1938年塩谷崎の地震群のアスペリティ、および1968年十勝沖地震のアスペリティ北縁でZ値が高いのを確認した。また2003年十勝沖地震の本震近傍付近に凝集した震源分布について、波形相関法によるHypoDD法に基づく震源計算を行ったところ、一般的なシングルイベント法による分布と比較してさらに凝集した震源分布が得られた。福島県沖から房総沖に発生した地震のクラスター強度分布からは、概して陸側の地震頻発地域で高く、より海溝近傍では低い傾向が認められた。今回新たに確認できた、海溝外側のアウターライズ地震の震源域ではクラスター強度も高かった。

(b) 過去の地震活動などの調査

平成16年度は、全国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、すす書き記録紙のデジタル化手法について検討した。従来のマイクロフィルムに撮影する手法では光学系の持つ画像ひずみ、撮影時の光量調整など問題点があることが指摘され、大型スキャナーを用いて原記録紙全体を画像化する手法が現時点での最適解であるとの結論を得た。記録紙の保管・整理が整っている旧水沢緯度観測所の1902年から1920年までの期間に発生した地震のすす書き記録について必要な記録紙を大型スキャナーにより画像化した。また、国立大学法人東京大学地震研究所筑波地震観測所の1961年から1966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フィルムスキャナーにより画像化した。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調査した。

平成17年度は、全国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において、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。大型スキャナーを用いて、旧水沢緯度観測所の1911年から1919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1967年から1972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。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。

1. プロジェクトの概要

平成 18 年度は、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 1973 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。さらに、国立大学法人京都大学防災研究所阿武山観測所の 1929 年から 1956 年までの期間に発生した地震のウィーヘルト型地震計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。国立大学法人北海道大学浦河観測所の MES 型地震計のフィルム記録の中から、1968 年十勝沖地震の本震前後の記録をフィルムスキャナーを用いて画像化した。これらの画像ファイルは DVD-R に保存した。水沢緯度観測所および東北大学向山観測所のすす書き記録紙を調査して、1930 年代に発生した宮城県沖地震の震源分布の再検討を実施した結果、想定宮城県沖地震の震源域周辺には、少なくとも 3 つのアスペリティが存在している可能性が高いことを明らかにした。1978 年宮城県沖地震 (M7.4) は、これら 3 つのアスペリティが同時にすべったことによるものであると考えられる。また、これらのアスペリティのうちのひとつが、2005 年宮城県沖地震 (M7.2) を引き起こした可能性がある。

平成 19 年度は、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 1979 年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。さらに、国立大学法人京都大学防災研究所阿武山観測所の 1957 年から 1963 年までの期間に発生した地震のウィーヘルト型地震計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。国立大学法人北海道大学浦河観測所の MES 型地震計のフィルム記録の中から、1973 年根室半島沖地震の本震前後の記録をフィルムスキャナーを用いて画像化した。さらに、国立大学法人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紙を選択して、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。これらの画像データを検索するためのデータベースシステムを試作した。

平成 20 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、そのシステムを作成した。フィルムスキャナーを用いて、京都大学阿武山観測所の 1947 年から 1960 年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。北海道大学浦河観測所の 1969 年北海道東方沖の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。大型スキャナーを用いて、旧水沢緯度観測所の 1952 年から 1970 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。京都大学上賀茂観測所の 1901 年から 1915 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。これらの画像ファイルは DVD-R に保存した。

(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 16 年度においては、基盤地震観測網で用いられている、高感度加速度計、低感度

1. プロジェクトの概要

加速度計（強震計）をベースに広帯域高ダイナミックレンジ化をはかるための改良について検討を行い、試作機を製作した。新型広帯域地震計については、現行の高感度加速度計を元に短周期で振り切れを押さえる対策をおこなった。この結果として、短周期では地震計の出力が地動速度に比例する（速度平坦の特性をもつ）。強震計についても同じ改良を行った。

平成 17 年度は、計測性能向上のため平坦帯域を広げる改良を加えた地震計を新たに試作した。さらに、水平動強震計については、振動台による加振試験を行い、基準センサー（加速度計）で得られた波形との一致を確認した。

平成 18 年度は、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。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能登半島地震にともなう地震波を観測した。強震時の強震計の動作を確認するため、既存の地上設置速度型強震計との比較観測を開始した。

平成 19 年度は、これまでの試験結果を総合して最終試作機を製作した。この試作機には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が新たに組み込まれている。また、試験観測の結果、2007 年 3 月能登半島地震（深さ 50km、M7.1）、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。

平成 20 年度は、つくば地震試験観測施設（横坑）においての試作地震計の試験観測を続行し、他の地震計との並行観測データを取得した。観測成果として、四川地震（2008 年 5 月 12 日）等の遠地地震記録を取得した。また、70 日間の連続記録からは、試作広帯域地震計（水平動）が傾斜計として機能することが確認できた。強震計については小型高精度振動台による加振によって感度が設計値の 5%以内に収まることを確認した。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評価を行った。評価の結果、本計画で試作した地震計は、各種の評価から今後のボアホール地震観測の高度化に資するものと判断できる。ただし、本計画の試作は地震計の本体部分のみであり、ボアホール用の筐体に組み込み実際に観測を行うためには、開発および確認試験が必要である。特に、地震計の姿勢制御（設置傾斜補正）については慎重に検討しなければならない課題である。また、ボアホール用の筐体は高性能の耐圧容器であり、組み込むことでノイズレベルの低減が期待されるため、十分に試験開発を行うことが望ましい。