

1. プロジェクトの概要

本プロジェクト（サブプロジェクト①：首都圏でのプレート構造調査、震源断層モデル等の構築等）では、首都圏で発生するマグニチュード7程度の地震の場所、規模、発生頻度、揺れ方などの地震像を解明するために、1. 地震計を用いた自然地震観測によるプレート構造調査、2. 制御震源を用いた地殻構造探査、3. 歴史地震等の記録の収集、整理及び再評価、4. 震源断層モデル等の構築 の4つの項目で調査研究を進めた。本年度は、5カ年計画の初年度で、首都圏に整備する中感度地震観測網の設計と観測装置の試験が行われ、観測装置の設置が開始された。最終的には、この観測網からのデータを用いた研究成果が、制御震源による構造探査、歴史地震等の研究、震源断層モデル等の研究の成果と統合される。今年度は、それぞれのグループが独立に研究を進めた。以下に、それらの研究の概要を示す。

1 地震計を用いた自然地震観測によるプレート構造調査

1. 1 中感度地震観測によるプレート構造調査

首都圏の約 400 箇所に中感度地震計を設置してデータを連続観測するシステムを設計した。20m の観測井戸の底に加速度計を設置する方式によって、高品位の地震記録が得られることが分かった。地震観測テレメータ方式として新たに自律協調型の伝送方式を取り入れた。平成 19 年度は 135 式の観測装置を整備して、室内で性能試験を行い、所期の性能が得られることを確認した。首都圏の 45 箇所で環境調査等を実施して、開発した地震観測装置を設置した。地震研究所に「データ収集・処理・公開センター」を設置してデータを収集・処理を開始した。房総半島に設置されている観測点からのデータを収集して、予備的な解析を始めた。

1. 2 統合処理によるプレート構造調査研究及びデータ保管

東京大学地震研究所に集約される中感度稠密地震観測データを防災科学技術研究所地震研究部地震観測データセンターに転送し、基盤的地震観測網データと統合する処理システムを開発し、本プロジェクトの研究基盤となるデータベースの構築及び保管システムの整備を行なった。また、首都圏直下に発生する相似地震やプレート内外の地震のサイスモテクトニクスを解明するための高精度相対震源決定法によって、茨城県南西部の活動的なクラスターの高精度による解剖を行った。また高精度 3 次元地震波速度・減衰トモグラフィ手法を開発し、中感度稠密観測網ができた際の解像度について調査した。首都圏に対応するレシーバ関数解析等の地震波形解析に基づくプレート境界性状調査手法の開発等、統合処理によるプレート構造調査に向けた予備的解析を行い、また房総沖での群発地震活動およびそれに伴うスロースリップイベントの解析を行った。

1. 3 伊豆衝突帯の地震活動調査によるプレート構造調査研究

温泉地学研究所は、神奈川県内に設置する予定の約 40 箇所（5 箇年計画分）の地震観測点の適正配置を東京大学地震研究所と検討した。次に、平成 19 年度、神奈川

県に設置する地域の地震観測環境調査を実施し、中感度地震観測装置を横浜市平戸小学校に1箇所設置した。さらに、神奈川県内に設置されている観測点からのデータを収集して、事前試行的にトモグラフィー解析および精密震源分布の構築を行い、伊豆衝突帯の地震活動およびプレート構造調査を進めた。

2 制御震源を用いた地殻構造探査

2. 1 稠密発震反射法地震探査による地殻構造調査研究

首都圏北西部測線の位置・探査仕様について検討を加えることを目的として、以下の既存の反射法地震探査データ（「大都市圏地殻構造調査」で実施した2003年関東山地東縁測線の反射法地震探査データの堆積平野部分(桐生測線)）の解析を行った。この測線は、本プロジェクトで予定している首都圏北西部アレイ測線に近接しているので、堆積盆地内の高分解能断面の構築を主眼とした反射法及び屈折法による追加解析を実施した。これらの結果にもとづいて地質学的な解釈を行い、関東平野西縁の地質構造を明らかにした。

2. 2 自然地震波干渉法による地殻・上部マントル構造調査研究

平成20年度から開始される構造探査のための稠密自然地震観測に使用する観測機器の検討を行った。その結果、本プロジェクトのような制御震源から遠地地震までの幅広い観測に対応するため、取り扱い・経済性なども考慮してデジタルMEMS (Micro Electro-Mechanical System) と1Hz地震計の組み合わせによる観測が最適と判断した。また、平成20年度以降に実施する自然地震データを用いた地震波干渉法について検討した。既存の観測データを用いて解析を行い、糸魚川-静岡構造線中北部・伊豆衝突帯北部での最上部マントルから地殻内のイメージングの実例を示した。

2. 3 首都圏下のプレート相互作用を考慮した地殻・上部マントル構造解析研究

首都圏-西南日本を含む広い領域で、太平洋プレート-フィリピン海プレートの相互作用のモデル化に関する基礎的な考察を行った。とくに房総三重会合の形状と、二つのスラブが接合する際の内部変形とマントルウェッジの挙動などを検討した。フィリピン海プレートと太平洋プレートの相互作用あるいは衝突作用が、地震活動をコントロールしている可能性があり、こうした問題を明らかにするためには、一つのスラブの沈み込みの問題を、また今後は、二つのスラブの沈み込み問題に拡張して理解していく必要があることが分かった。

3 歴史地震等の記録の収集、整理及び再評価

3. 3. 1 地震記象の収集と解析による過去地震の調査研究

近代観測がなされて以降の関東地域で起きた地震について記録が現存するかどうかを調査した。特に今年度は関東地震前後にターゲットをあてて記録を探した。その結果関東地震前後の強震計記録、普通地震計記録はほとんどなく、微動計記録が何点か残っているくらいであることがわかった。これらのデータを使うにはどうしたらよいか、今後検討する必要がある。古い記録を探すことにあわせて地震計特性情報を集

め、それらのデータベース化を始めた。地殻変動データについては過去に関東地域で起こった地震に関して解析可能な地震の洗い出しを行った。特に今年度は1949年の今市地震前後の水準測量データについて整理し、今市地震に伴う上下変動データを整理した。

3. 3. 2 被害記録による首都圏の歴史地震の調査研究

関東7都県の各都立・県立図書館において、1990年以後に発行された市町村誌を調査対象として、それらの文献に新たに紹介された地震記事を集積した。そのうち文化9年(1812)神奈川地震の被害記録をデータベース化し、詳細な震度分布を解明した。この地震の震源は、神奈川宿と戸塚宿の線上にあると見られる。震度5と6の範囲から推定される地震規模はM6.8~7.0の程度で、安政2年(1855)江戸地震にも匹敵する規模を持つことになる。将来首都圏で発生する地震として、安政江戸地震のような地震のほか、文化9年神奈川地震のような地震を考慮する必要のあることが分かった。

3. 3. 3 液状化痕等による首都圏の古地震の調査研究

東京都江戸川区旧江戸川でのジオスライサー掘削、音波探査および電気探査から、古地震履歴の推定を行った。埋没谷周辺部に発生した地震痕跡が見つかった。本調査においては平成8年度以降の河川整備事業によるものと思われる浅部地層の剥離から、最新の地震痕跡の発生年代を推定することが困難であったため、調査地点に近い陸上(江戸川小学校)においてボーリング調査を行った。

これまでのハンディジオスライサー調査から約2mのコア中に3枚の津波堆積層が認定されている神奈川県三崎町小網代湾において音波探査により堆積構造の連続性についての調査を行い、明瞭な反射層が比較的沖合に至るまで連続的に分布していることを確認した。

3. 3. 4 過去地震の類型化と長期評価の高度化に関する調査研究

1943年鳥取地震(M7.2)、1948年福井地震(M7.1)など内陸活断層で発生し、現在も余震活動がみられ、かつ震源過程が解析されている地震を用いて、クーロン応力変化(Δ CFF)を用いた発震機構の推定の有効性の調査を行った。その結果、これらの地震については、本震による静的クーロン応力変化と現在の微小地震活動の間に関係がみられた。一方、1945年三河地震については明瞭な相関が認められなかった。また、深発地震である1993年釧路沖地震の余震についても同様の調査を行い、深さに応じて Δ CFFと余震活動の変化に違いのあることが分かった。したがって、余震活動の変化から、本震の発震機構等を推論することができる可能性のあることが示された。しかし、余震活動から過去の大地震の情報が得られるかどうかは、背景的な地震活動度や余震の時間減衰特性に大きく依存するため、その適用限界を十分に把握した上で推論する必要があることが分かった。

4 震源断層モデル等の構築

4. 1 強震動予測手法と地下構造モデルに関する調査研究

重要な長周期地震動の計算手法について再検討を行い、新たに導入した差分格子化方法により首都圏における地震動の予測精度が向上することを確認した。また、地下構造モデルの構築を行うため、常時微動や地震観測記録のレイリー波成分を使った速度構造推定法（HZ法）を導入し、その適用性について検討した。その結果、関東地域においてもHZ法が適用可能であることが示された。

4. 2 震源断層モデルの高度化に関する調査研究

国内外で発生したスラブ内地震の地震波等を用いて推定された震源モデルを収集し、地震規模に対する断層破壊領域や平均すべり量、さらにはアスペリティ面積等の不均質震源特性を分析した。その結果を既往のプレート境界地震や内陸地殻内地震の経験式と比較して、スラブ内地震の不均質震源特性の平均像を見出した。

プレート境界地震の強震記録が多く得られたイベントである2005年宮城沖地震の広帯域地震波を用いた強震動生成領域の推定を行った。この分析結果より、既往の強震動生成領域サイズの地震規模依存性を調べ、内陸地殻内地震のそれより、同規模の地震に対して面積が狭い可能性を示した。これらの特徴を踏まえて強震動予測のためのプレート境界地震の震源断層モデルのプロトタイプを提案した。

4. 3 強震観測研究の高度化に関する調査研究

面的な地震動分布の推定精度向上のため、南関東地域の既存強震観測施設の設置環境調査及び既存強震観測施設周辺での地盤調査のため、常時微動測定を実施した。既存観測点の揺れやすさに関する特性を評価し、各観測点のデータから面的な地震動分布を推定するための各観測点毎の補正係数を求めた。地方公共団体が所有する観測施設より得られたデータに関して、今後のデータの利活用の可能性についての調査を実施した。

4. 4 地盤構造モデルの高度化に関する調査研究

既往の浅部地盤モデルの収集および整理を行い、既存データの分布状況を明らかにした。データ密度の低い地域を明確にし、さらに既往の深部地盤モデルとの接続をする際の問題点を整理した。浅部地盤データの不足した部分で、微動の1点観測を行い、地盤卓越周期のデータを現地計測による追加した。さらに、既存データの密度が著しく低い地域では、微動アレイ観測を実施し、地盤データベースを補強した。

4. 5 震源断層モデル等の構築に関する共同研究

4. 5. 1 地震の破壊成長とスケーリング

マルチスケール断層すべりインバージョン法の最初の適用例である2004年中越沖地震についての問題点を整理し、結果をまとめて出版した。また同手法の紹介と議論のためにIUGG 2007に参加した。また数値計算によって断層面の複雑性と動的破壊を関連付ける方法についての研究例を出版した。100秒程度のゆっくり地震の発見について米国地球物理学連合において発表並びに議論を行った。その他次年度以降の研

究に必要な地震波データ（パークフィールド地震、西日本のゆっくり地震、南アフリカ金鉱山微小地震など）を収集し、予備解析を行った。

4. 5. 2 スラブ内地震による強震動予測の高度化に関する研究

提案されているスラブ内地震の特性化震源モデル設定レシピに則って1993年釧路沖スラブ内地震（ $M_w7.6$ ）の断層モデルを設定し、経験的グリーン関数法によって予測した強震動波形と観測記録と比較した。震源のモデル化に用いられた観測点で両者はかなり一致するが、震源のモデル化に用いられていない、大きな加速度を観測した釧路市の3観測点では、予測最大加速度値（PGA）がかなり過大に評価された。これらの観測点では地盤の非線形応答が発生することで、過大評価されたことがわかった。

4. 5. 3 非一様な破壊伝播を考慮した震源モデルの構築とリアルタイム強震動予測へ向けた基礎的研究

実記録に基づく効果的な断層面同定法及びイメージング法の検討を実施し、2007年新潟県中越沖地震と2007年能登半島地震に適用して、以下の結果を得た。

新潟県中越沖地震では、近地強震記録のP波の解析から、破壊は北西傾斜の面で発生し（初期破壊）、少なくとも最初のアスペリティが破壊（主破壊）を開始するまでは北西傾斜面で破壊が進行した。さらに、この地震において3つのアスペリティのうち最初のアスペリティまでは初期破壊と同じ北西傾斜面に位置することが強く示唆された。また、能登半島地震では地震発生0.5秒後に破壊が初期破壊面から主破壊面へと移行し、その2.3秒後にアスペリティの破壊（主破壊）が開始し、その破壊は震源に対し輪島市側（北東方向）に向けて進展した。

4. 5. 4 相模トラフ沿いのアスペリティの解明

相模トラフ沿いで繰り返し発生し、首都圏に壊滅的な被害を与えてきた海溝型プレート間地震のアスペリティを解明するための準備を開始した。まず、フィリピン海スラブ上面に関する過去の複数の研究結果を統合し、アスペリティ推定に使用する断層面の形状モデルを構築する準備を開始した。そのために、フィリピン海スラブ上面に関する論文・研究報告を収集して、これらのフィリピン海スラブ上面の形状モデルを統合し、断層面の形状モデルを作成した。小断層面間の隙間や重ならないように曲面状の断層面を埋めるために、小断層面を三角形とした。滑り分布や震源過程のインバージョンに必要な各小断層の各種の数値を計算して求めた。各小断層面の走向（strike）、傾斜（dip）、重心、面積を幾何的に求めた。震源過程を得るために各小断層面の滑り始める時間も求めた。

5. 「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト ①首都圏でのプレート構造調査、震源断層モデル等の構築等」の管理・運営

プロジェクトの効率的な推進を図るために、本計画の代表研究機関である国立大学

法人東京大学地震研究所、分担研究機関と関連する研究者等より構成される「首都圏でのプレート構造調査、震源断層モデル等の構築等運営委員会」を平成19年9月4日と平成20年2月29日に2回開催することで、プロジェクトの総括的・効率的な運営を図った。観測網の設計と研究の進め方については、地震研究所共同利用のシンポジウム（「首都圏における地震テクトニクス」研究集会）を開催し、広く研究者と議論した。地震研究所と学術協力協定を結んでいる南カリフォルニア地震センター（SCEC）との研究協力を進めるために、SCEC年次総会（米国カリフォルニア、2007年9月8日から12日）に参加して情報収集した。さらに、米国地球物理学連合（AGU）、国際測地学・地球物理学連合（IUGG）総会（イタリア・ペルージャ、2007年7月2日から13日）に参加して、本プロジェクトの意義と現在までに得られた成果を広報し、世界の研究者と情報の交換を行った。