

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：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4年目で、首都圏に中感度地震観測網の観測装置が引き続き展開され、自然地震観測を行った。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。以下に、今年度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

- 1) 平成21年度までに首都圏および東京湾に設置された226台中感度地震観測装置からなる観測網へ同装置23台を新たに追加して、合計249箇所における自然地震観測を行った。
- 2) 国立大学法人東京大学地震研究所の「データ収集・処理・公開センター」の整備を進めて、引き続きデータを収集・処理した。あわせて、房総半島の観測点で得られる房総半島沖の地震データも収集した。
- 3) 収集したデータを既存観測点のデータと併せ、震源決定法・地震波トモグラフィ法・地震波干渉解析法等の手法を用いて、首都圏下のプレート境界面の形状やプレート内における弱面の存在を明らかにするための解析を進めた。
- 4) これまでに得られたデータを統合し、関東の地震カタログを整理した。
- 5) 収集したデータを学校教育に活かすための教育者や研究者、教育行政関係者等と連絡組織を構築とその組織運営を行った。

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

- 1) 国立大学法人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的に処理を行い、本プロジェクトの研究基盤となるデータベースの維持及び保管を継続して行った。
- 2) 相似地震活動や群発地震活動の高精度相対震源決定処理により関東地方西部の地震クラスターの特徴を解析するとともに、関東地域における広域三次元地震波速度構造トモグラフィ解析を進め、減衰構造トモグラフィの高度化にむけた手法開発、後続波等を用いたプレート境界性状解明に向けた解析を行った。
また、これまで開発した手法に基づき、中感度地震計設置方位推定値の検証を行った。

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

- 1) 平成21年度までに設置した神奈川県内小学校等の10観測点の維持管理をおこない、

観測データを地震研究所へ転送した。

- 2) 上記のデータは地震研究所経由で温泉地学研究所の地震観測処理システムにも転送し、震源分布や発震機構の解析を通して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 低重合反射法地震探査及び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

- 1) 九十九里-つくば間の南東側約 55km の区間（九十九里-霞ヶ浦測線）において、エアガン・バイプロサイスの稠密発震による反射法地震探査を実施した。
- 2) 九十九里-つくば間の西部区間 50km（霞ヶ浦-つくば測線）において約 1km で稠密アレイを展開して自然地震観測を行った。西部区間に直交する MeSO-net の藤岡-つくば測線の東北部とその延長約 30km 区間（つくば-水戸測線）で稠密自然地震観測を行った。
- 3) 反射法・屈折法・地震波トモグラフィ・地震波干渉解析法・レシーバ関数解析法により、フィリピン海プレートの詳細な構造を明らかにするための解析を引き続き行った。

2.2 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

- 1) 粘弾塑性物体を用いて、2 つのスラブの衝突によって発生するスラブの相互作用についての数値実験をおこなった。

2.3 長時間地殻変動からみた首都圏下の地殻構造調査研究

- 1) 平成 21 年度までに収集した長期間の垂直地殻変動に関する地質学的データ・変動地形データ・測地データから知られる変形様式や変位速度について検討を行った。
- 2) 平成 21 年度までに完成した、プレート沈み込みおよび伊豆半島の衝突にともなう関東地方の長期地殻変動を求める計算プログラムに、プレート境界が時間変化する効果を加え、より現実的な地殻変動発達の数値実験を行った。

3 歴史地震等の記録の収集、整理及び再評価

3.1 東北地方の地震記象を用いた首都圏の過去の地震の調査研究

- 1) 平成 21 年度に収集した茨城県南部の地震（1921/12/8 M7.0）と浦賀水道の地震（1922/4/26 M6.8）を中心に、それらの地震の本震および余震の震源分布やメカニズム解の調査を実施した。
- 2) 1923 年関東地震の発生前の首都直下の地震活動を調査するため、2 つの茨城県南西部の地震（1922/5/9 M6.1 と 1923/1/14 M6.1）について、東北地方で記録されている過去の地震記録を収集・整理して、それらの地震の本震および余震の震源分布やメカニズム解の調査を開始した。
- 3) 一元化震源データおよび地震波形データを用いて、首都直下およびその周辺域の相似

地震活動の時空間分布、3次元地震波速度構造を調査して、詳細なフィリピン海プレート
の形状を決定して、首都直下の地震テクトニクスについて検討した。

3.2 被害記録による首都圏の歴史地震の調査研究

- 1) 歴史地震の被害資料に基づいて安政二年十月二日(1855年11月11日)江戸地震(1855)
による寺院被害分布、および液状化発生地点の分布を調査した。
- 2) 文化九年十一月四日(1812年12月7日)神奈川地震ならびに嘉永六年二月二日(1853
年3月11日)小田原地震のテキストデータ・XMLデータの校正作業を実施すると
ともに、安政二年十月二日(1855年11月11日)江戸地震の歴史資料データのテキ
ストデータ化・XML化を実施した。

3.3 液状化痕等による首都圏の古地震の調査研究

- 1) 三浦半島南部に位置する小網代湾と江奈湾において、深さ2.5mまでの掘削調査を行
い、津波堆積物について分析した。小網代湾では三枚の津波堆積物が認定され、それ
ぞれ1923年大正関東地震と1703年元禄関東地震、一つ前の関東地震に起因するこ
とが判明した。また、江奈湾において掘削を実施し、複数枚の砂礫層を認めた。

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

- 1) 相模トラフ沿いの地震活動の長期評価(地震調査研究推進本部)に掲げられた南関東
の直下型地震の5つ(1894年6月20日明治東京地震、1895年1月18日と1921年
12月8日茨城県南部の地震、1922年4月26日浦賀水道付近の地震および1987年12
月17日千葉県東方沖の地震)の地震についての記録を引き続き収集・整理した。
- 2) 引き続き、1895年茨城県南部の地震(M7.2)、1921年茨城県南部の地震(M7.0)、1922
年浦賀水道付近の地震(M6.8)、1894年明治東京地震(M7.0)の震源や発震機構等を
検討した。

3.5 考古遺跡における液状化痕データの収集並びにデータベース化

- 1) 東京都・神奈川県・千葉県で、1996年以降の計1513地点の考古遺跡の発掘調査報告
書を精査し、21地点から地震の痕跡についての記述を確認した。地震発生年代や揺れ
の大きさに関連した情報を抜き出し地理情報システムを用いたデータベースを作成し
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

- 1) 首都圏に脅威をもたらした過去の地震の解析結果をもとに、首都直下で懸念される地
震の震源位置を絞込み、震源断層モデルを構築した。
- 2) 相模トラフから南海トラフに至る領域で過去に発生し首都圏に脅威をもたらした地震
について、解析から得られた結果をもとに、震源断層の位置するプレート形状モデル・
地震波伝播経路にあたる地下構造モデル・震源断層モデルの構築を完成させ、長周期

地震動予測地図を高度化した。

4.2 震源断層モデルの高度化に関する調査研究

- 1) 平成 21 年度に検証をはじめたスラブ内地震の強震動予測のための特性化震源モデル構築手法の適用性検証を継続した。対象とする地震としては、太平洋プレート内で起きているスラブ内地震として、1987 年千葉県東方沖地震とし、観測記録や震度分布等の情報を収集した。1987 年の地震の震源域付近で発生した小・中地震の波形記録が十分に得られないことから、経験的グリーン関数法によるシミュレーションではなく統計的グリーン関数法によるシミュレーションを行った。平均的なパラメータ値の震源モデル設定を行って波形を合成し、観測地震波形や震度分布との比較を行い、観測をほぼ再現できることを示した。これにより、我々が提唱しているスラブ内地震の震源モデル構築手法の妥当性が示された。

4.3 想定首都直下地震に関する強震観測研究

- 1) 千葉県内の主に震度観測点において微動アレイ（L 字アレイ）による常時微動調査を実施した。調査した結果（観測位相速度・微動観測生データ・現場写真・H/V スペクトル等）について、データの解析等の利活用をスムーズに行うため、データベースに納め整理した。観測結果を用い、観測位相速度と地震観測結果の R/V スペクトル比を用い、ジョイント面的な地盤増幅率分布を推定するため、微地形区分毎にスペクトルを分けて、千葉県全域のスペクトル増幅率を作成した。また、SK-NET 観測点を中心に微動アレイ探査を行い、位相速度を計算し、これも微動データベースに収めた。今までに作成された関東地域の地盤モデルによる、理論 H/V スペクトルの計算を、微動アレイ観測地点全点で行い、観測データによる位相速度と地震記録から得られる R/V スペクトル比とのジョイントインバージョン処理による S 波速度構造結果より、現状の地盤のモデルとの比較と検証を実施した。

4.4 首都圏周辺の高精度な地盤モデルの構築

- 1) 平成 21 年度に引き続き、浅部地盤の卓越周期データ、微動アレイ観測による深部地盤データの収集を行った。
- 2) 首都圏に展開されている中感度稠密地震観測で得られた観測記録を用いて、水平/上下スペクトル比などの地盤構造に関する情報を抽出した。
- 3) 抽出した地盤情報を用いて平成 21 年度に改良した表層から地震基盤までの地盤モデルの妥当性を検証し、必要に応じて地盤モデルの修正を行った。
- 4) 得られた 3 次元地盤モデルを用いて中小地震による地震動のシミュレーションを行い、首都圏での地震動の伝播特性を明らかにした。

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ルリング

震源断層モデルおよび強震動予測の高精度化のために、地震時の破壊成長過程のモデル化に関する以下の研究を進めた。

- 1) 米国パークフィールド地域で M1.7-6.0 の地震の断層すべりインバージョンを行った。東京湾北部で発生した群発地震の確率過程解析を行った。低周波地震の時間関数のスケーリングについて解析表現を導出した。

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

震源断層モデルおよび強震動予測の高精度化のために、スラブ内地震とプレート間地震との震源モデルの比較に関する以下の研究を進めた。

- 1) 2007年千島列島中部アウターライズ地震 (Mw8.1) による震度分布は、この地震の2ヶ月前にほぼ同じ領域で発生した2006年千島列島中部プレート間地震 (Mw8.3) よりも広い有感域を有しており、これは、海洋プレート内部で発生する地震が、プレート間地震に比べて短周期地震波を強く励起することを意味している。
- 2) 経験的グリーン関数法を用いて推定した2007年千島列島中部巨大アウターライズ地震は、6個の強震動生成領域 (SMGA) を有していることがわかった。
- 3) 極めて浅い地震でありながら、2007年千島列島中部巨大アウターライズ地震のSMGAの総面積、応力降下量、短周期レベル等の震源パラメータは、既存のスラブ内地震のスケーリング則とほぼ整合していることがわかった。

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

震源断層モデルおよび強震動予測の高精度化のために、非一様な破壊伝播過程を含む震源解析に関する以下の研究を進めた。

- 1) 震源断層モデルや強震動予測の高精度化に資するため、非一様な破壊伝播を考慮した震源解析の研究を行った。

4.5.4 相模トラフ沿いのアスペリティの解明

震源断層モデルおよび強震動予測の高精度化のために、地震波伝播経路にあたる地下構造モデルの高度化に関する以下の研究を進めた。

- 1) プレート境界での巨大地震である1923年関東地震と1703年元禄地震に対する実際のプレート境界面に即した曲面状の断層面を用いた震源断層モデル推定手法の開発を継続して行った。
- 2) 1923年関東地震の測地学的データと地震学的データとを同時に使用した震源過程の推定を行った。

5. 「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト 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

- 1) プロジェクトの総括的・効率的な運営を図るため、代表研究機関である国立大学法人東京大学地震研究所の研究者及び、分担研究機関、関連研究機関の研究者等が参加する「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2回開催した。

- 2) 観測網の設計と研究の進め方については、交流会を開催して、広く国内外の研究者と議論する機会を設け、最新の研究動向を把握した。
- 3) 本研究とカルフォルニアで得られた研究成果を比較検討し、プレート境界近傍の地震像解明及び、地震の長期予測・強震動予測の高度化へ資するため、国立大学法人東京大学地震研究所と学術協力協定を結ぶ南カリフォルニア地震センターと研究協力を進めた。
- 4) 平成 22 年度までの首都直下地震防災・減災特別プロジェクト全体の成果の活用促進とプロジェクトで分かってきた首都直下地震像を多くの人々に向けて広報するために、成果報告会等の開催や広報物を作成しホームページへの掲載、希望者への配布を行った。