

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カ年計画の最終年度にあたり、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。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た。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 22 年度までに首都圏および東京湾に設置された 249 台の中感度地震観測装置からなる観測網へ同装置 47 台を新たに追加して、合計 296 箇所における自然地震観測を行った。
- 2) 地震観測データ蓄積・公開装置を用いて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 1) の自然地震観測データを収集・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) 2) で収集・整理されたデータをこれまでに国内で設置された既存観測点のデータと併せ、データ解析装置 HDD および可搬型データ回収解析装置を用いて震源決定法・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、震源分布や地震波速度と非弾性常数の三次元的分布、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把握した。
- 4) 2) および既往の地震観測データを総合的に整理・統合し、関東の地震カタログを利用可能な形でまとめた。
- 5) 1) ～4) で得られた情報を震源断層モデル構築のために 4. 1 に提供した。
- 6) 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、行政関係者等と連絡組織の運営を行った。
- 7) 海外で開催される会議や学会に出席して最新の研究成果を発表し、各国から参加する研究者との議論を通じて、本プロジェクトの目標達成に有益な情報を収集するため、統計地震学国際ワークショップ（5月、ギリシア国）、国際測地学・地球物理学連合総会（6月、豪州）、アジア・大洋州地球科学学会（8月、台湾）、米国地球物理学連合秋季大会（12月、米国）などに出席した。

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・火山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) また、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地震クラスターの特徴を解析するとともに、3次元地震波速度・減衰構造に基づき、首都直下後続位相解析装置を用いて後続波解析等を行うことで、プレート境界面性状、浅部地震基盤構造を明らかにし、首都直下のプレートモデルを構築した。
- 3) 「1. 1 中感度地震観測によるプレート構造調査」にこれまでの研究成果を提供し、1. 1 3)の研究成果取りまとめに協力した。

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22年度までに設置した10箇所で自然地震観測装置を維持・管理した。国立大学法人東京大学地震研究所に設置される「データ収集・処理・公開センター」にデータを送信し、引き続き観測データの蓄積に資した。
- 2) 平成22年度までに明らかになった伊豆衝突帯の速度構造モデルを基本として、「1. 1 中感度地震観測によるプレート構造調査」による中感度地震観測装置からなる観測網(MeSO-net)、神奈川県温泉地学研究所及び他機関の地震観測データとの統合処理による詳細な、震源分布・メカニズム解の分布、S波スプリッティング解析の結果を統合し、首都圏西部及び伊豆衝突帯のテクトニクス解明を進めた。
- 3) これまでの研究成果から、伊豆半島衝突帯におけるフィリピン海プレートの速度構造モデルおよび震源パラメータを「1. 1 中感度地震観測によるプレート構造調査」に提供し、1. 1 3)の首都圏下のプレート構造の研究成果および1. 1 4)の関東の地震カタログの取りまとめに協力した。

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) 平成22年度の霞ヶ浦-つくば測線とつくば-水戸測線で取得した稠密自然地震観測データを地震波トモグラフィ法・地震波干渉解析法・レシーバ関数解析法により解析し、首都圏の地殻とフィリピン海プレートの詳細な構造（地殻の速度構造や不連続面の形状等）を明らかにした。平成20年・21年に関東山地周辺で取得した制御震源による構造探査データと、稠密自然地震観測データについて協調的な統合解析を行い、首都圏の地殻とその下に沈み込むフィリピン海スラブの詳細な構造を明らかにした。大都市大震災軽減化特別プロジェクトで取得した大深度地殻構造探査データを含めて、首都圏の地殻・プレート構造データを検討し、構造的な弱面を抽出した。
- 2) 海外で開催される会議や学会に出席して最新の研究成果を発表し、各国から参加する研究者との議論を通じて、本プロジェクトの目標達成に有益な情報を収集するため、国際測地学・地球物理学連合総会（6月、豪州）、米国地球物理学連合秋季大会（12月、米国）などに参加した。

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) フィリピン海プレート北縁の運動、同プレートの上盤及び太平洋スラブの相互作用について数値実験を行い、フィリピン海スラブの変形パターンを解析し、その結果をまとめた。

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 22 年度までに得られた長期間垂直地殻変動の変形様式や変位速度データと、プレート沈み込みおよび伊豆半島の衝突、プレート境界の時間発展を取り入れた長期地殻変動シミュレーションモデルを用いて、データを再現する現実的な地殻変動の数値実験を行い、関東地方の長期的地殻変動（プレート運動）の原因を解明した。
- 2) 「制御震源を用いた地殻構造探査」にこれまでの研究成果のうち長期的地殻変動の変形様式とプレート境界の状態（衝突の位置やプレート形状の時間変化）を含めた地殻変動モデルを提供し、「制御震源を用いた地殻構造探査」のスラブ内変形のモデル化の研究成果取りまとめに協力した。
- 3) 海外で開催される学会において長期地殻変動シミュレーションに関する本プロジェクトの研究成果を発表するとともに、各国から参加する研究者との議論を通じて、本プロジェクトの研究成果のとりまとめに反映させるため、国際測地学・地球物理学連合総会（6 月、豪州）、米国地球物理学連合秋季大会（12 月、米国）に出席した。

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 22 年度に収集した 2 つの茨城県南西部の地震(1922/5/9 M6.1 と 1923/1/14 M6.1) のすず書き記録を用いて、それらの地震の震源位置を調査した。
- 2) 1924 年 1 月 15 日丹沢地震 (M7.3) と 1931 年 9 月 21 日西埼玉地震 (M6.9) 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・整理した。収集したすず書き記録を基にして、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を調査した。
- 3) これまでに得られている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、詳細なフィリピン海プレートの形状を基にし、過去に首都直下で発生した大地震の発生様式（メカニズム）や余震活動の特徴を考察し、首都圏で発生した過去の地震等の再評価を行い、それらを明らかにした。
- 4) 「歴史地震等の記録の収集、整理及び再評価」にこれまでの研究成果のうち、過去に首都直下で発生した大地震の発生様式や余震活動の特徴を提供、研究成果のとりまとめに貢献した。

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き、安政二年十月二日（1855 年 11 月 11 日）江戸地震による大名屋敷の被害分布を調査した。
- 2) 首都圏に被害を及ぼした地震のうち、これまでにデジタルデータ化された文化九年十一月四日（1812 年 12 月 7 日）神奈川地震、嘉永六年二月二日（1853 年 3 月 11 日）小田原地震、ならびに安政二年十月二日（1855 年 11 月 11 日）江戸地震の歴史資料のデー

データベース化を実施し、5カ年の成果の取り纏めをした。

3. 3 液状化痕等による首都圏の古地震の調査研究

- 1) 平成22年度までに行った南関東の古地震研究を継続して実施し、過去に発生した関東地震のタイプ分け・発生年代・繰り返し間隔の推定を行った。「地震サイクルの解明と再評価のための地形・地質調査検討会」を開催し、関東地震の再来間隔等について議論した。これらから長期予測の基礎となる地震サイクルを解明し、再評価を行った。

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5つの直下型地震(1894年明治東京地震、1895年と1921年茨城県南部の地震、1922年浦賀水道付近の地震および1987年千葉県東方沖の地震)についての記録を引き続き収集・整理した。
- 2) 5つの直下型地震の震源域の位置や発震機構、繰り返しの有無等の推定をもとに、新たに得られた地震波速度構造との対比等を行い、類型化を実施した。
- 3) 海外で開催される会議や学会に出席して最新の研究成果を発表し、各国から参加する研究者との議論を通じて、本プロジェクトの目標達成に有益な情報を収集するため、国際測地学・地球物理学連合総会(6月、豪州)、米国地球物理学連合秋季大会(12月、米国)などに参加した。

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) 茨城県で266編、山梨県で195編の考古遺跡の発掘調査報告書を調査し、山梨県の6カ所の遺跡から地震の痕跡についての記述を確認した。なお、茨城県では液状化痕等の記載のみられる報告書はなかった。さらに平成21年度および22年度に収集した、埼玉県、群馬県、栃木県、東京都、神奈川県および千葉県についての情報を追加収集した。その結果、確認した報告書類の数量は、3年間で計3,572編におよんだ。その中で液状化等の地震痕跡の記述がみられた遺跡の数は、埼玉県が59カ所、群馬県が55カ所、栃木県が2カ所、東京都が6カ所、神奈川県が34カ所、千葉県が5カ所、茨城県が0カ所そして山梨県が6カ所であった。また、これらの情報から、地震発生年代や揺れの大きさに関連した情報を抽出し、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) 構築・改良された地下構造モデルを、2)で行う地震動シミュレーションで利用しやすい形に整理した。
- 2) 構築された震源断層モデル及び地下構造モデルに基づき、高速計算機を用いて首都直下地震による強震動予測を広帯域で行い、予測波形や応答スペクトル分布等として整理した。これらは、5.7)首都直下地震動研究成果の利用促進に関する作業部会での検討のための資料とした。

- 3) 2)の予測結果をハザード地図や入力地震動波形の形で整理した。これらは、5. 6)でのサブプロジェクト②及び③へ提供する情報とした。
- 4) 海外で開催される会議や学会に出席して最新の研究成果を発表し、各国から参加する研究者との議論を通じて、本プロジェクトの目標達成に有益な情報を収集するため、米国地震学会（4月、米国）、米国地球物理学連合秋季大会（12月、米国）などに出席した。

4. 2 震源断層モデルの高度化に関する調査研究

- 1) スラブ内地震の強震動予測のために、これまでの調査研究で得られた震源断層パラメータ、地域性・深さ依存性の分析結果を分析結果保存用記憶装置に保管、管理を行うとともに、特性化震源モデルを改良・検証し、スラブ内地震の強震動予測のためのモデル構築手法を提案した。
- 2) 海外で開催される会議や学会において、スラブ内地震の強震動予測のための特性化震源モデルの構築・改良・検証の成果を発表した。また、各国から参加する研究者との議論を通じて、本プロジェクトの目標達成に有益な情報を収集するため、「表層地質が地震動に与える影響」第4回国際シンポジウム（8月、米国）、米国地球物理学連合秋季大会（12月、米国）などに出席した。
- 3) 「震源モデル等の構築」にこれまでの研究成果のうち強震動予測のためのスラブ内地震の震源モデル構築手法を提供し、震源断層モデルのモデル化の研究成果取りまとめに協力した。

4. 3 想定首都直下地震に関する強震観測研究

- 1) 平成 22 年度までに実施した、千葉県北部、茨城県南部地域を中心とした単点による微動観測結果や微動アレイ観測結果、既往の地盤モデル等をもとに、既存の強震観測点に基づく面的な地震動分布の推定精度の高度化について検討を行った。
- 2) 「震源モデル等の構築」にこれまでの研究成果のうち既存の強震観測点に基づく面的な地震動分布の推定手法を提供し、「震源モデル等の構築」の強震動予測の高精度化に関する研究成果の取りまとめに協力した。

4. 4 首都圏周辺の高精度な地盤モデルの構築

- 1) 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結果に基づいて地下構造モデルを改良した。
- 2) これまでに収集した地盤モデルのデータを統合し、表層から地震基盤までの地盤モデルを再構築した。また、モデルの修正状況に応じて微動観測などを実施した。
- 3) データサーバ及びワークステーションから構成される地震波動伝播シミュレーション装置を用いて、2)で得られた3次元地盤モデルでの地震波干渉法によるグリーン関数のシミュレーションを行い、地盤モデルの妥当性を検証した。
- 4) 「震源モデル等の構築」にこれまでの研究成果のうち地盤モデルを提供し、「震源モデル等の構築」の地下構造モデルの改良の研究成果取りまとめに協力した。

- 5) 研究成果の発表および本プロジェクトの目標達成に有益な地盤のモデル化に関する情報を収集するため、「表層地質が地震動に与える影響」第4回国際シンポジウム(8月、米国)などに出席した。

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

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) 地震および低周波微動の活動解析について事例を増やした。平成22年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に対して経験的すべりインバージョン法を適用し、破壊過程を推定した。

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) 2005年三陸沖アウターライズ地震(Mw7.0)による最大加速度の距離減衰関係は、既存のスラブ内地震の予測式よりもはるかに上側に分布していること、及び、この地震による擬似速度応答の距離減衰関係は、既存のスラブ内地震による予測式とほぼ整合していることがわかった。
- 2) 極めて浅い地震でありながら、2005年三陸沖アウターライズ地震の強震動生成領域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。
- 3) 太平洋プレート内のアウターライズ地震の応力降下量は、フィリピン海プレート内の浅い地震のそれよりもはるかに大きいことがわかった。

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) 開発してきたソース・イメージングの手法に観測点分布の非一様性を補正する工夫を追加して空間精度を上げる改良を図った。それを2011年8月1日に駿河湾で発生した地震の解析に適用した。

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行った。

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

- 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」（以下、運営委員会）を2回開催した。
- 2) 観測網の計画やそれにより得られたデータの活発な利用に向けて、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) 本研究とカリ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を推進するため、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る。また、南カリフォルニア地震センターと合同でワークショップを開催する（12月、米国）と共に、南カリフォルニア地震センター年次総会に出席して業務の成果を発表した。
- 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明らかになりつつある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報告書等の作成とホームページへの掲載等を行った。
- 5) サブプロジェクト①～③において、主にプロジェクト期間中に得られた研究成果をまとめた総括成果報告書（仮称）の作成と編集に協力した。また、プロジェクト全体の最終成果報告会を幹事として実施した。
- 6) サブプロジェクト間の有機的連携のために、サブプロジェクト②へ計算によってもとめた地震動波形等の地震情報、また、サブプロジェクト③へ首都圏の震度分布図等の地震情報を提供した。
- 7) 1)の運営委員会の下部組織として、各分野の有識者により構成される首都直下地震動研究成果の利用促進に関する作業部会を設け、本サブプロジェクトの研究成果を社会実装可能な形でとりまとめるための会合を4回開催した。