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3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

首都圏に設置する中感度地震観測装置44式を整備した。新たな観測地点44箇所を選定した。これらの地点に地震観測装置を設置し、前年度までに設置した観測点との合計216箇所において自然地震観測を行った。首都圏下のプレート境界面の形状やプレート内の弱面の存在を明らかにするための解析を進めた。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。収集したデータを学校教育に活かすための連絡組織を関係の教育者たちと構築し、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

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引き続き行なった。また、昨年度の房総スロースリップイベントに伴う相似地震の詳細解析に引き続き、さらに小規模な群発地震活動の詳細解析、関東地方の相似地震の詳細震源決定、房総半島下の地震による変換波の予備的解析、プレート内外のサイスモテクトニクスを解明するための高精度3次元地震波速度・減衰構造トモグラフィ手法を用いた予備的解析等、基盤観測網との統合処理によるプレート境界性状解明に向けた解析を進めた。さらに、首都圏直下の厚い堆積層に対応するレシーバ関数解析処理方法および地震計設置方位推定方法の検討を行った。

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

今年度は神奈川県内小学校の4箇所新たに中感度地震観測装置を設置した。平成19年度から観測を継続している神奈川県内小学校等の6観測点の維持管理をおこない、併せて計10箇所分の観測データを地震研究所へ転送した。これら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

首都圏北西部アレイの奥多摩周辺約 60 km 区間において、ダイナマイト震源を用いた低重合反射法地震探査を実施した。首都圏北西部アレイと直交する関東山地東縁測線において約 1 km 間隔で稠密アレイを展開して自然地震観測を行った。反射法・屈折法解析や地震波トモグラフィ解析、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構造を明らかにするための解析を引き続き行なった。

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

粘弾塑性物体を用いて、二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。数値実験を通してフィリピン海プレート北縁の運動と上盤プレートの相互作用について検討した。

2.4 長時間地殻変動からみた首都圏下の地殻構造調査研究

房総半島周辺の地質データを収集し、取得した浅海地震探査データの解釈を高度化し、長期間の垂直地殻変動を求めた。また、長期間地殻変動をシミュレートするプログラムを完成させ、伊豆半島の衝突に伴う地殻変動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 地震記象の収集と解析による過去地震の調査研究

今年度も 1900 年代以降に首都圏で起こった地震の観測記録を調査した。しかし、震源過程解析が可能な規模の地震の記録を新たに発見することはできなかった。1931 年西埼玉地震の地殻変動に関するデータの整理を行った。収集した過去の地震のアナログの記録をスキャンしてデジタル画像化を行い、また収集した強震計記録データをデータベース化し、ホームページで公開した。また 1935 年静岡地震の記録に対してデジタイズ作業を行い、これらの地震波形を数値データとして読み取った。茨城沖や伊豆地域で発生した地震についても記録を収集し、1935 年静岡地震について震源過程解析を行った。

3.2 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

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）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。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。現在の相似地震活動の時空間分布、フィリピン海プレートおよび太平洋プレートの形状などを考慮して、首都直下の地震テクトニクスについて検討した。

3.3 被害記録による首都圏の歴史地震の調査研究

首都圏で発生した被害地震のうち元禄地震（1707）、大正関東地震（1923）とならんで、江戸・東京を襲った歴史上の大地震である、安政 2 年 10 月 2 日（1855 年 11 月 11 日）江戸地震について、江戸市中の町人地の死者の詳細分布図を作成した。首都圏で発生した被

害地震のうち、文化九年神奈川地震ならびに嘉永六年小田原地震に関する歴史資料のテキストデータ化、ならびにデータベース作成のための XML 化を実施した。

3.4 液状化痕等による首都圏の古地震の調査研究

三浦半島江奈湾の入り江干潟において 3m 長ハンディジオスライサーを用いた津波堆積物調査を 2009 年 5 月ならびに 11 月に実施し、過去の関東地震によると考えられる津波堆積物を複数枚採取した。三浦半島小網代湾で採取されたコアの分析作業を引き続き、実施した。

3.5 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

1885 年以降に南関東で発生した M7 級地震について、既往研究とデータの整理を実施した。新たな速度構造モデルを用いて最近の地震の震源再決定を行った。1895 年茨城県南部の地震 (M7.2) の震源深さを推定した。

3.6 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

埼玉県・群馬県・栃木県で、1996 年以降の計 1330 地点の考古遺跡の発掘調査報告書を精査し、96 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

平成 20 年度より継続している地下構造モデルの構築を完成させ、長周期地震動予測地図をとりまとめた。対象とした地震は、想定東海地震及び東南海地震であり、昨年度試作した長周期地震動による最大速度分布図に加え、速度応答スペクトル分布図及び地震動継続時間分布図の試作版を作成した。首都圏に脅威をもたらした相模トラフから南海トラフに至る過去の地震について、プレート形状や地震波伝播経路の地下構造による影響を考慮できるように、昨年度から継続して計算手法の改良を行った。対象とした地震は南海地震であり、過去に発生した南海地震の震源過程研究成果を参照して震源モデルの検討を行い、南海地震の震源域及び周辺領域の地下構造モデルについて昨年度の手法を適用して検証と改良を行った。

4.2 震源断層モデルの高度化に関する調査研究

平成 20 年度に提案したスラブ内地震のすべり分布の特性に基づき、強震動予測のための特性化震源モデルパラメータの構築とプロトタイプを示した。上記の強震動予測のための震源モデルを使って、地震想定を行った。対象とした地震は、既存の強震記録がある、2001 年芸予地震と、2003 年宮城県沖のスラブ内地震である。いくつかの破壊シナリオを設定し、経験的グリーン関数法によって強震動シミュレーションを行い、2001 年芸予地震の観測強震記録と比較し、モデル構築手法の適用性を検討した。

4.3 強震観測研究の高度化に関する調査研究

千葉県内の小・中・高等学校および震度観測点において単点・アレイによる常時微動調査を実施した。調査した結果（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。単点の結果より、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、単点の微動観測地点全点で行い、観測データとの比較を行い、現状の地盤のモデル化の検証を実施した。

4.4 地盤構造モデルの高度化に関する調査研究

微動観測データおよび地震観測データの分析結果と既存の地盤モデルとの比較・検証を行い、地盤モデルの改良について検討した。微動観測データ等の分析結果に基づき、首都圏の改良 3 次元地盤モデルを試作した。試作した 3 次元地盤モデルを用いて、中小地震の予備的地震動シミュレーションを行った。

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

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い破壊過程を求めた。平成 20 年度に実施した 2004 年パークフィールド地震の破壊過程とあわせて複雑な断層のスケール法則を導いた。この結果を論文として準備、投稿した。また深部低周波地震の震源時間関数に関するスケール法則を導き、学会において公表した。その他次年度以降の研究のための地震活動解析コードの開発なども行った。

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

2003 年宮城県沖地震時の多数の強震記録の解析から、多くの地点で非線形応答が起こっていたことを示した。その際に、地盤の非線形応答評価手法として、従来の S 波の地表/地中スペクトル比と同様に、地表での S 波水平動/上下動 (S-H/V) のスペクトル比が有効であることを示した。強震時の地表/地中スペクトル比及び S-H/V スペクトル比の弱震時からの変化を非線形応答度合いの定量的指標 (DNL) として提案した。DNL 値は、200 cm/s² 以上の地表の最大加速度値 (PGA) と正の相関を有している。非線形応答を考慮せずに EGF 法により広帯域の強震動予測を行い、その合成波形と観測波形とを比較した。その結果、多くの観測点で PGA、PGV (最大速度)、計測震度に過大評価がみられた。DNL 値が 5 以上となった観測点では、合成 PGA が観測値に対して約 2 倍、合成計測震度は 0.5 程度の過大評価となった。強震動予測の高度化のためには、予測に非線形応答を適切に取り込むことの必要性が改めて明らかになった。

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。具体的には、初期破壊と主破壊の断層面が異なる可能性のある

2007年中越沖地震について解析した。

4.5.4 相模トラフ沿いのアスペリティの解明

プレート境界での巨大地震である1923年関東地震・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を開発した。また、元禄地震の測地学的データに対する地震時滑り分布を推定した。

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

「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。観測網の設計と研究の進め方について、交流会を開催して、広く国内外の研究者と議論し、最新の研究動向を把握した。国立大学法人東京大学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た。