

#### 4. 全体成果概要

平成 28 年度は「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」の 4 年度目として、平成 27 年度に引き続き各サブテーマ内の研究課題の進捗を重点的に行った。以下に各サブテーマの成果の概要を示す。

##### 4.1 サブテーマ 1：地域連携減災研究

2011年東日本大震災の教訓を活かし、南海トラフ巨大地震大津波の被害軽減への対応、将来の南海トラフ巨大地震の復旧復興、高分解能な地域リスク評価も併せて実施する。また、情報発信や情報の共有化の観点から「東日本大震災教訓活用型アーカイブシステム」の構築・利活用と、プロジェクトの成果を防災減災に活用するための「南海トラフ広域地震災害情報プラットフォーム」の構築を進めている。そして、引き続き地域研究会の活用や減災の啓発活動を実施、人材育成にも努める。

本サブテーマは、(a)東日本大震災教訓活用研究、(b)地震・津波被害予測研究、(c)防災・減災対策研究、(d)災害対応・復旧復興研究、(e)防災・災害情報発信研究の研究課題で構成されている。

下記にサブテーマ内の各研究課題の成果の概要を示す。

###### (a) 東日本大震災教訓活用研究の成果

- ①「東日本大震災教訓活用型アーカイブシステム」の基本設計（3層アーカイブモデル）のうち、理論データベースとして開発した「震災教訓文献データベース」と「3.11からの学びデータベース」の改良を行い、モニターを対象にしたユーザー利用評価調査によって概ね良好な結果が得られたとともに、「動画でふりかえる 3.11－東日本大震災公開動画ファイナダー」を公開し、全国から多数の利用実績が得られた。
- ②引き続き、海溝軸周辺の構造探査データを収集し、特に東北沖南部の情報を付与した。その結果、岩手県南部沖や福島県北部域では相対的に薄い堆積層厚が分布していることがわかった。
- ③東日本大震災被災地に設置されている定点カメラの場所の解体により、カメラを新たな場所に移設した。また、阪神淡路大震災の長田区のモニタリングカメラをウェブサイトに取り込み、各地域の復興プロセスをウェブ上で公開しつつ、「復興モニタリングシステム」の管理・改良・運用を行った。
- ④収集した地震波形データについて、研究利用を目的としたデータの公開ができるように、自治体等と協議を行い、研究利用のためのデータ公開に関する依頼文書交付等の手続きを完了した。
- ⑤東日本大震災における建造物の被害状況として過年度で取り上げた 1) ライフライン、2) 建築建造物および 3) 地盤・土建造物について、新たに判明した事項や被害低減・抑止対策に関する事項などを抽出・整理した。
- ⑥東北地方太平洋沖地震において関東平野の長周期地震動レベルがかった原因として、関東平野の堆積層構造の不均質性と地震波入射の方位性だけでなく、東北～関東平野への伝播経路での表面波の伝播特性の大きく関係している可能性を明らかにした。

(b) 地震・津波被害予測研究

- ①徳島市中心市街地をモデル地域に対して、津波の流入－排水－湛水の一連の過程を数値計算によりシミュレートした。その結果、モデル地域において地震発生後 72 時間たっても陸地に海水が留まる可能性を示唆した。
- ②グリーン関数の相反性を利用した長周期地震動の計算法を発展させ、グリーン関数をデータベース化して、任意の震源と観測点について地震動を作成する Web システムを構築した。
- ③盛土造成斜面の共振、すなわち固有振動数と入力振動数の関係に着目した 1G 場振動台模型実験を実施し、盛土造成斜面の地震時安定性が、単に入力加速度の大きさで決まるのではなく、盛土造成斜面の固有振動数と入力振動数の関係に強く依存することを明らかにした。
- ④大規模地震災害時に特に影響の大きい重要構造物である超高層建物と庁舎建物について、超高層建物については、特に室内耐震対策を促進する振動可視化による啓発ツールの開発を、庁舎建物については 2016 年熊本地震の記録を用いた低層 RC 造庁舎建物の地震時挙動の分析を行った。また、東海地域の被害予測・被災時対応に向けて、2016 年 4 月 1 日に発生した三重県南東沖地震の観測記録の収集・分析を行った。
- ⑤南海トラフ巨大地震によるライフライン被害が社会に及ぼす影響評価を目的として、電力については熊本地震の事例調査と西三河防災減災連携研究会における被災後の電力復旧のための道路確保に関するワークショップを実施した。また、上水道については、仮想評価法 (CVM) を用いて、南海トラフ巨大地震時の生活用水の減断水による影響評価を試みた。
- ⑥現在～将来における南海トラフの確率論的地震・津波ハザード情報や人口・建物モデルを用いた広域リスク評価を踏まえ、耐震補強や堤防嵩上げ等の防災対策を実施した場合の費用対効果の評価手法を検討し、ケーススタディとして防災対策を実施した場合のリスク量の変化や費用対効果を示した。
- ⑦都市災害については、開発した「大都市複合災害時避難シミュレーション」を更に広範囲に拡張して検討を行い、帰宅困難者の一斉帰宅が地域の避難行動に与える影響が、それぞれの地域によって大きく異なることを明らかにした。経済被害については、全国を 207 地域に分割した「生活圏」をモデル化し、逐次均衡型動学応用一般均衡モデルを用いて南海トラフ巨大地震の経済被害額を暫定的に試算した。その結果、南海トラフ巨大地震により日本の年間実質 GDP は、最悪の場合、年間約 76.5 兆円減少することが示された。

(c) 防災・減災対策研究

- ①前年度に議論した各地方自治体の防災・減災対策の状況を踏まえ、東海、関西、四国、九州で地域研究会を開催した。四国・九州地域では、地域研究会と平行して分科会も行い、各県危機管理部門の関係者に出席いただき、情報交換や議論を行った。プロジェクト側研究者や自治体等の取り組みの現状の報告や東日本大震災を経験した企業からの話題等から議論を行い、課題やニーズの抽出を行った。

- ②府省庁連携の調査・検討として、今年度は、府省庁連携について引き続き調査を継続し、防災・減災対策に向けた府省庁間と自治体等との情報共有の検討を行い、前半4年間の中間とりまとめを行った。
- ③啓発活動として、12月に一般向けシンポジウムを和歌山県田辺市で開催した。11月には一般向け、2月は高校生を対象とした対話型イベントを高知市で開催した。

(d) 災害対応・復旧復興研究

- ①災害による地域への影響シナリオを構築するため、阪神・淡路大震災の被災地域とその周辺地域を対象とし、都市部での人口構造評価指数と、クラスター分析による地域特性の検証と、災害が地域へ及ぼす影響を指標の推移について、被災が大きかった地域とその他の地域を比較し、「地域特性評価システム」の高度化、問題点の改善を図った。
- ②関西地方における事前復興計画の策定では、和歌山県由良町衣奈地区を対象に、地域における記憶の継承の提案に関する取り組みを行った。
- ③地域特性をふまえた事前復興のあり方の検討として、復興準備手法およびシナリオ構築手法の開発などに取り組んだ。
- ④地震・津波被害の低減に向けた都市計画指針の策定とその検証について、三重県の都市計画分野における南海トラフ地震への対応について、「地震・津波被害の低減に向けた都市計画指針」を市町の都市計画に適用する際の課題や方法を検証するための基礎的分析を行った。

(e) 防災・災害情報発信研究

- ①「南海トラフ広域地震災害情報プラットフォーム」の利用検証を各地で行った。利用者ニーズを反映し改善されたベータ版（Ver.1）の公開と試験的な運用を開始した。研究成果データ公開や各種利活用システムの連携が可能となるよう各関係機関と調整を行った。メタデータの仕様について再検討し、防災・災害関連データの収集・DB化を継続して実施した。
- ②歴史的資料をはじめとする防災・災害関連データの取集を実施した。防災啓発などに有効な、スマートフォンで作動するアプリケーションを開発した。高校生や児童を対象としたワークショップや教材開発を行った。
- ③リアルタイム伝送（自動震源決定システムの設計）について、平成26年度に開発した自動読み取り機能に、平成27年度に構築されたDONET2のデータを導入した。その上で、震源決定した結果を用いて統計情報を求め、Webに出力できるよう画像を作成するシステムを構築した。
- ④知識構造ならびに地域課題をより現実的な場面で深く解明するために、地域防災リーダーを対象とした質的調査の詳細分析、過去に地域リーダー調査を行った沼津市の自主防災会単位の稠密な量的調査、防災行政担当者への聞き取り調査ならびに避難所運営訓練の支援を行った。

## 4.2 サブテーマ2：巨大地震発生域調査観測研究

南海トラフ、南西諸島域の調査観測による震源域の実態解明とそれらの成果に基づくシミュレーションによる発生予測、被害予測研究の推進を目的とする。

これらの研究成果を、サブテーマ1の地域連携減災研究に確実に活用し、南海トラフ広域地震防災・減災を図るものである。

本サブテーマは、調査観測分野とシミュレーション分野で構成されており、各分野に研究課題が設定されている。

調査観測課題では、(a)プレート・断層構造研究、(b)海陸津波履歴研究、(c)広帯域地震活動研究、シミュレーション課題では、(d)データ活用予測研究、(e)震源モデル構築・シナリオ研究の課題がある。

下記にサブテーマ内の各研究課題の成果の概要を示す。

### 4.2.1 巨大地震発生域調査観測研究（調査観測分野）

#### (a) プレート・断層構造研究

- ①南西諸島海溝地震発生帯モデルの構築、南海トラフの拡大想定震源域上限の構造マッピング、拡大想定震源域下限および海洋プレート構造・物性の決定を実施した。
- ②四国東部における稠密地震観測点データの解析により、深部低周波地震の高精度検出に着手するとともに、四国西部における深部低周波微動等の活動域とその周辺におけるプレート境界付近の地下構造の特徴把握を行い、地下構造の概略モデルを構築した。

#### (b) 海陸津波履歴研究

- ①南部沖縄八重山前弧域のピストンコア試料と表層堆積物試料の年代測定を実施し、挟在するタービダイトの堆積間隔が400～1000年であることを明らかにした。
- ②高知県東洋町・南国市・四万十町・黒潮町で採取した堆積物の年代測定や微化石分析を実施し、イベント砂層を検出した。その年代や堆積速度などを解析した結果、南国市では約6000～2500年前の間に津波の可能性のある遡上流が少なくとも4回生じたことが明らかになった。
- ③静岡県富士市の浮島ヶ原低地において採取された既存の柱状堆積物試料の放射性炭素年代測定を行った結果、過去約3000年間に少なくとも5回の沈水イベントが示唆され、地震による沈降の可能性が指摘できる。
- ④歴史記録の調査から安政地震前後における富士川河口域の流路の変遷を調べた結果、安政地震時に富士川河口西岸域が広域に隆起した可能性が指摘された。さらにボーリング掘削調査により隆起域における地層の層序を確認した。

#### (c) 広帯域地震活動研究

- ①ブイシステムを用いた試験観測により、約11か月の長期の水圧データをリアルタイムで取得した。陸上局では取得した水圧データのみならず、気象海象データも含めて自動で画像を作成し、Webにアップするシステムを構築した。2016年4月1日の三重県南東沖の地震、同年11月22日の福島県沖の地震による津波を確認することができ

た。

- ②平成 27 年度日向灘に設置した圧力計付き長期観測型海底地震計および長期観測型海底地震計を回収し、良好な波形データが取得できた。観測期間中の 2016 年 4 月には、平成 28 年熊本地震発生後に観測点周辺で発生したと考えられる浅部低周波微動と超低周波地震活動が記録されていることを確認できた。

#### 4.2.2 巨大地震発生域調査観測研究（シミュレーション分野）

##### (d) データ活用予測研究

- ①前年度までに実施してきた成果（過去の地殻変動データの整理、有限要素モデルの構築等）を統合して解析するため、日本列島のブロック運動モデルの解析手法の開発を実施した。日本列島では、プレート境界に起因する弾性変形とは独立に、活断層等に関連する非弾性変形が地殻深部で進行していることが見出された。
- ②2011年東北地方太平洋沖地震前後のプレート間固着強度の時空間ゆらぎの予測実験を継続した。東北沖地震の際に、北部隣接領域における海溝海側で地震活動が誘発されたのとは逆に、1933年昭和三陸地震の際は、海溝海側の地震の後、プレート境界の地震が誘発されていた可能性を示した。関東地方の繰り返し地震を解析し、太平洋プレートとフィリピン海プレートについて、東北沖地震後に沈み込み速度の加速が起きたことを明らかにした。これが、関東地方下の地震活動の増加の原因の1つと考えられる。また、東北沖地震直後の余効変動場について、キネマティックGNSS解析の高精度化を進めた。さらに東北沖地震発生以前のスロースリップイベントを再検討し、これまでに推定されていた位置よりもプレート境界浅部に断層を仮定しても、データを説明可能であることを示した。
- ③豊後水道スロースリップイベントや2011年東北地方太平洋沖地震前後のすべりに対する予測の試行実験に向けて、シミュレーションデータベースの蓄積を行うとともに、日本海溝域において、データ同化手法を用いた推移予測の試行実験に着手した。
- ④余効変動データによる東北地方太平洋沖地震の地震時すべり分布の推定、内陸ブロック運動を考慮した海陸地殻変動データに基づく南海トラフカップリング推定の高度化、およびMCMKF（モンテカルロ混合カルマンフィルタ）を用いて2013～2015年に東海地方で発生したスロースリップイベントの地殻変動時系列解析を行った。EnKF（アンサンブルマンフィルタ）による摩擦パラメータおよびすべり発展予測の数値実験を継続し、豊後水道SSE震源域では、簡単なモデルでEnKFによる摩擦パラメータおよびすべり発展の推定・予測が可能なが分かった。

##### (e) 震源モデル構築・シナリオ研究

- ①震源シナリオ研究の高度化へ向け、日本列島規模の大規模地殻モデルにおける弾性・粘弾性応答の解析のための有限要素法コードの改良を行い、従来コード比で計算時間を2～3割節約することに成功した。高分解能モデル（100億自由度程度）を用いた地殻変動解析モデルを整備した。日本列島広域3次元不均質構造1次モデルを作成し、東北地方沖合の地震を想定した地震時、及び地震後の地殻変動解析を行ない、観測デ

ータと整合する結果を確認した。

- ②準動的地震サイクル計算の高速化による南海トラフ地震発生の実用計算の実現に向けて、計算の高精度化のためのアルゴリズムを改良し、他の計算アルゴリズムと比較して、その有効性を確認した。また、粘弾性を考慮した地震サイクル計算の高速かつ低メモリ計算の実現に向けて、線形粘性弾性媒質中での応力計算に必要なモデルの定式化を行うとともに、地震サイクル模擬モデルにおいて、新規導入した計算手法の有効性を確認した。
- ③準静的テクトニックローディングのシミュレーションを実施し、計算された大地震発生後 50 年のすべり遅れレート分布が、現在の GPS データ解析に基づくすべり遅れレート分布に対応することよりモデルの有効性を確認した。また、すべり遅れによる応力蓄積が十分でない状態で地震が起きた場合には、破壊がすぐに停止するが、応力が十分に蓄積されている場合には、破壊がすべり遅れ領域（固着域）全体に広がることを確認した。
- ④M6 クラスの地震が震源域内かつプレート境界で発生したとしても、M8 クラスの地震に至るかどうかは M6 地震の発生タイミング次第であること、また、M6 地震後の推移が、タイミング次第で大きく異なることがわかった。したがって、こうした地震が発生した場合に、リアルタイムで地震後の余効すべりの推移をモニタすることが、M8 クラスの地震に至る可能性を検討する上で重要であることが示された。
- ⑤プレート境界の巨大震源のモデル化に関して、不均質強震動生成域（SMGA）モデルのすべり分布モデルを構築し、平成 27 年度に開発した応力降下量分布モデルと合わせて、2011 年東北地方太平洋沖地震の短周期パルス源を含む SMGA が、本不均質 SMGA 分布モデルで表現できる確認した。
- ⑥強震動評価の高度化に向け、地震波干渉法を用いて、南海トラフ外縁隆起帯から熊野海盆周辺にかけての海域において、地震波の周期別の群速度の空間マッピングを行った。
- ⑦強震動・長周期地震動シミュレーション高度化に向け、差分法計算コードに、メモリ変数を用いた広帯域 Q 値一定のモデルを導入した。また、南海トラフ巨大地震の震源モデルの多様性・不確定性が強震動・長周期地震動評価のバラツキに与える影響を評価した。現実的な不均質断層運動を考えることで、震源の位置や破壊方向の違いによる強震動生成の変動が小さくなる可能性を示した。
- ⑧明応東海地震に先行する明応南海地震と考えられてきた明応七年六月十一日の地震の史料を見直し、日向灘の大地震あるいは明応南海地震の可能性を否定した。過去の南海トラフ地震の震源像の理解に向けた基礎資料として、1707 年宝永地震、1854 年安政東海・南海地震の震度情報を収集してデータベース化した。
- ⑨既往研究では取り上げられていなかった地震史料や最近に発掘された史料に基づき、安政南海地震津波の痕跡調査を実施し、和歌山県沿岸における安政東海・南海地震津波の痕跡高分布を示した。