

3. まとめ

令和6年度はプロジェクトの最終年度であり、各サブ課題間の連携を意識して着実に研究を実施し、プロジェクト全体の取りまとめを行った。以下に各サブ課題の成果の概要を示す。

サブ課題1「地殻活動情報創成研究」

本サブ課題は南海トラフの地震・地殻変動の現状を即時的に把握し情報を発信するためのシステム構築をすすめるとともに、プレート固着状態の推移予測の確立を目的とする。そのために、「高精度な3D構造モデルに基づく自動震源決定システムの開発」、「プレート固着・すべり分布のモニタリングシステムの構築」、「3Dモデル・履歴情報を用いた推移予測」のテーマを実施する。得られた成果はサブ課題2「地震防災情報創成研究」、サブ課題3「創成情報発信研究」と連携し、最大活用を進める。

以下に本サブ課題内の各テーマの成果概要を示す。

サブ課題1a「高精度な3D構造モデルに基づく自動震源決定システムの開発」

- ① 昨年度までに構築したマルチパラメータ3D構造モデルについて、観測データを用いたP波速度構造モデルの検証を行った。並行して、新たな観測や解析に基づく速度構造情報を構築中のモデルに取り込む方法の改良を進めた。モデル構築の対象領域を東海沖及び日向灘へ拡張するとともに、これまでに構築したモデルの更新を行い、海陸統合3D構造モデルを構築した。また、今後のモデル構築や利活用を想定した枠組みを試作した。震源決定の信頼性向上に不可欠な堆積層補正值の推定については、昨年度まで準備してきた構造探査データのレシーバー関数解析手法の改良及び表面波解析によるS波速度構造推定方法を多くの観測データに適用し、堆積層内の詳細S波速度構造モデルの把握を進めた。
- ② 昨年度までに構築した自動震源決定処理システムの仮運用を継続した。本課題で構築した新たな3D構造モデルを用いた震源計算の試行と結果の評価を行った。また、仮運用中のシステムにより得られる自動震源と長期震源カタログを用いて地震活動評価に資する情報を作成し、南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会に複数回の資料提供を行った。

サブ課題1b「プレート固着・すべり分布のモニタリングシステムの構築」

- ① 本業務の実施により、精密な3D構造モデルに基づいた有限要素法モデルを用いて、プレート境界面並びに南海トラフ近傍の分岐断層面における固着・すべり分布を把握するために必要なグリーン関数の整備が実現した。同成果は、プレート境界と分岐断層におけるすべりの識別可能性を判断する上での基盤的情報であり、南海トラフにおけるすべりの即時把握の観点から重要な成果と考えられる。
- ② プレート境界と海域断層におけるすべり・固着分布を同時推定かつ、その推定誤差を定量化する手法の高度化を進めた。さらにこれまでに開発した技術を活用し、2024年度能登半島地震における地震時すべり分布とその推定不確実性の推定を実施した。また、開発した技術のREGARDへの技術移転に向けた知見の整理を行うとともに

に、国土地理院測地観測センター電子基準点課との打ち合わせを実施し、本研究課題で得られた成果の REGARD への技術移転とその課題について議論を行った。これらの成果は、本サブ課題で得られた個別の成果を活用した結果得られたものであり、現業システムである REGARD への実装に向けた知見の蓄積を実現したことは、重要な成果である。

- ③ 南海トラフ西部に位置する日向灘に昨年度設置した海底地震計 9 台の回収を行った。回収した海底地震計には良好なデータが記録されていた。観測期間中に低周波微動発生域において発生した通常の地震について 3 次元速度構造を用いた震源決定を行い、ほとんどの地震が沈み込む海洋プレート内部で発生していることを示唆する結果が得られた。また、2021 年 3 月から 2022 年 1 月までの海底地震観測データを用いて、陸上に近い通常の地震の震源決定精度向上を、3 次元震源決定法や陸域観測データの利用などにより、行った。その結果、これまで上盤側プレート内に決定されていた地震はプレート境界付近で発生していることが明らかとなった。発震機構解は低角逆断層型を示す。プレート境界の通常の地震活動は、浅部スロー地震活動に同期しているが、その活動域と浅部低周波微動活動域に空白域がある結果となった。これらの知見は、プレートカップリングを考える上に置いて、重要な情報になると考えられる。

サブ課題 1 c 「3 D モデル・履歴情報を用いた推移予測」

- ① 南海トラフの力学的固着モデルを構築して豊後水道スロースリップイベントや歴史地震を再現し、粘弾性応答を含んだ地殻変動を考慮した半割れ後の次の M8 地震までの発生間隔を推定する推移予測の数値実験を実施した。
- ② 御前崎沖から掘削された海底堆積物コア C9035 Hole B と紀伊半島沖から採取されたピストンコアの分析結果は日本周辺における海底堆積物の古地磁気永年変化曲線の標準曲線になると考えられる。
- ③ 紀伊半島から四国にかけての沿岸の 3 地域において掘削調査及び既存の堆積物コア試料の分析を実施した結果、過去約 6,000 年以内に堆積したイベント層準が確認された。
- ④ 明応東海地震から昭和南海地震までの南蒲トラフ巨大地震の津波波源域の再評価を実施した結果、南海トラフの破壊様態には大きな多様性があることが確認された。

サブ課題 2 「地震防災情報創成研究」

サブ課題 2 では、地震発生の時空間的な多様性を持つとされている南海トラフ沿いの巨大地震に対して、「通常と異なる現象」発生後の時間推移についてもその多様性の一例としてとらえることにより、地震や津波のハザード・リスクの防災情報基盤を創生し、「命を守る」「地域産業活動を守る」「大都市機能を守る」の 3 つの目標を立て研究を行っている。「命を守る」を目標とするサブ課題 2 d 「臨時情報発表時の人々の行動意思決定に資する情報の提供」では、「事前避難要不要判断ツール」の開発および「逃げ地図」プロジェクトを進めている。「地域産業活動を守る」を目標とするサブ課題 2 e 「発災時の企業の事業活動停止を防ぐ」では、産業タイムライン構築、リアルタイムでの社会様相把握手法の開発、事態想定シミュレーション手法の構築に向けた研究を行っ

ており、愛知県西三河地域を対象としたワークショップを開催している。「大都市機能を守る」を目標とするサブ課題 2 f 「発災時の大都市機能の維持」では、自然言語処理を用いた災害事象の因果関係を機械的に抽出する研究とともに、高層建築物のエレベータ復旧オペレーションにおける現状の把握と課題の抽出を行っている。これら 3 つの研究の基盤情報の創出を目標とするサブ課題 2 g 「地震防災基盤シミュレータの構築」では、シミュレータの基本設計を実施するとともに、各サブ課題で必要とされる情報の創出に向けた研究を行っている。サブ課題 2 g を要として調整を行った結果、サブ課題 2 の中の課題間の連携体制に加え、サブ課題 1 およびサブ課題 3 との具体的な連携も構築している。以下に本サブ課題内の各テーマの成果概要を示す。

サブ課題 2 d 「臨時情報発表時の人々の行動意思決定に資する情報の提供」

① 『事前避難要不要判断ツール』に関する検討

- ・ 本プロジェクトの基幹ツールである Web ツール「逃げトレ View」と、そのベースとなるアプリ「逃げトレ」の 2 つの基幹ツールを包括した全体システムを「逃げトレサービス」として完成させた。
- ・ 「南海トラフ臨時情報」発表時の事前避難の必要性の有無など、市町村やコミュニティの津波避難戦略について検討するための WEB システム「逃げトレ View」について、事前避難の要不要の分析アルゴリズムを確定し、「集合的避難行動の解析・表示システム」（津波浸水想定の変更、避難開始までの準備時間の変更、移動速度の変更に伴うシミュレーションを含む）として完成させ、特許を取得した（特許第 7 5 1 3 9 7 4 号）。
- ・ アプリ「逃げトレ」についても、「逃げトレ View」で活用する個人属性情報（性別、年齢や、避難時の支援の必要性など）を収集する仕組み、および、臨時情報に関する解説動画を「逃げトレ」に実装し、「新逃げトレ」として完成させた。
- ・ 実際のフィールドで「逃げトレ View」の実証実験を実施し、自治体の津波避難戦略策定業務に利用する際に活用できる手続きをまとめた。

② 避難困難区域での「避難を可能にする」まちづくり方策の検討

和歌山県串本町田原地区を対象に、住民や小学生とともに「逃げ地図」づくりや現地調査（まち歩き）を実施し、高齢化や地域特性を踏まえた避難可能なまちづくりの検討を行った。多様な歩行速度を想定した避難シナリオに基づき、畑や空き地を通る抜け道の活用、老朽ブロック塀の撤去・整備等により避難時間を短縮できる可能性が確認できた。一方で、高台へ続く急峻な坂道や整備されていない線路の横断は高齢者にとって困難であり、避難時間が延びる区域も見られた。住民の意見を反映した避難目標地点の見直しや、安全・安心な道の共有を通じて、地域の実情に即した避難計画の見直しが進められている。

サブ課題 2 e 「発災時の企業の事業活動停止を防ぐ」

- ① 電力使用量と地域産業の特性との関係性を分析し、あらかじめ地域の産業構成が分かっているならば、電力使用を観察することで、その地域を優占している産業に対しての

社会事象の影響を把握できること、緊急事態宣言のような外的要因で工場等が停止するような業種が多い地域では、電力使用がその指標になりうることを明らかにした。また、地域単位では、外的イベントに対して影響が出る産業、出ない産業が混在しており、その混在割合が違うエリアを抽出して観察することで、非常時において電力使用に変化が表れた地域とそうでない地域を分けることができた。

- ② 電力使用量にもとづく業種別生産額の推計モデルの構築を試みた結果、簡易的な推計モデルにより、リアルタイムで参照できるデータである電力使用量を用いて、産業活性度（生産額）を把握する手法を構築した。すなわち、産業活動の活性度や萎縮状態を予測・把握するための観察指標として、電力データは有用であることを示した。また、使用電力量による生産額の推計モデルによって、モニタリングデータから産業活性度（生産額）を定量的に把握する可能性を示した。
- ③ 2023 年 6 月 2 日台風 2 号による浸水被害を受けた地域の中学校校区に着目し、低圧電力を対象に時系列分析を行い、電力の観測により災害時の市民生活の状況をモニタリングできることを示した。
- ④ 既存の震度観測網を補間する地域の高密度地震観測網を目的として、MEMS 地震計と 4G-LTE 接続による観測システムを構築し、愛知県西三河地域における試行を継続してきた。今年度は新たな観測点を設置する際の地盤状況や建物の影響などを常時微動観測により確認する方法を検討した。地盤については H/V スペクトル、建物については有効入力動の評価により、観測結果に及ぼす影響を評価できた。
- ⑤ 多数の建物の早期の被災状況把握にむけて、建物 1 階と最上階の 2 点観測に加えて、建物上部の 1 点観測を想定して、ウェーブレット解析による振動特性評価法を検討した。手法の検証のため、大地震で被災した建物の観測記録に適用し、妥当な結果が得られることを確認した。
- ⑥ 開発した臨時情報勉強会ツールに関して、企業版への拡張を行い、その効果の検証を行った。その結果、参加者へのアンケート結果等から、企業版の勉強会ツールが、臨時情報が発表され得る状況も含めた南海トラフ地震の多様性を踏まえた災害対応に関わる事前の備えに一定の効果が得られることを示した。
- ⑦ 災害に関わる不確かな状況に対する課題の抽出方法及び、図上訓練等への活用も念頭に、抽出された課題や社会事象に対する整理方法を提示することを目的に、臨時情報発表時の状況を事例として、本事業において実施した臨時情報ワークショップで得られたデータに基づいて検討を行った。その結果、臨時情報発表時に想定される課題間の関係を整理し、項目群として抽出できた。また、「建物の安全」と「避難行動」の項目群のように、関連付けて検討すべき項目群を見出し得ること明らかにした。また、「避難行動」のように、注意情報と警戒情報に共通する想定課題については、より優先的に課題の解消に取り組むべき項目である可能性を認めた。
- ⑧ 2024 年 8 月 8 日日向灘の地震での臨時情報（巨大地震注意）発表後の新聞記事に対するテキストマイニングにより、社会の様相について考察した。その結果、今回の南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）では、社会の混乱、パニック、極端な活動萎縮などネガティブな社会とはならなかったものといえた。

- ⑨ 臨時情報発表時における不安について多次元尺度法により、南海トラフ地震臨時情報発表時の社会の不安要素について明らかにした。その結果、10 のカテゴリーがみられることを示した。
- ⑩ 臨時情報発表時の社会福祉施設の対応や状況について明らかにした。その結果、今回の8月8日の日向灘の地震では、南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）であったにも関わらず、約1割の施設・事業所が一時的に事前避難を実施していた。事前避難した施設・事業所は事前避難対象地域に立地していると回答している傾向にあり、南海トラフ地震による被災リスクを認知していることが明らかになった。
- ⑪ 令和2年度から昨年度までの産業復旧タイムライン構築による地域社会の構造把握、動的な被害把握手法開発による地域社会の様相把握、臨時情報勉強会ツールや臨時情報ワークショップで導出してきた対応・行動シナリオや社会様相シナリオを、統合的に取りまとめ、臨時情報机上演習シナリオデータとして構築し、ライフライン事業者を対象として机上演習を実践した。その結果、産業復旧タイムラインの構築、動的な被害把握手法開発、勉強会ツールやワークショップによる社会様相把握、サブ課題2gの地震防災基盤シミュレータの成果を活かした机上演習シナリオを構築し、机上演習を実施し、事前対策につなげる一連の手法を導出した。

サブ課題2f「発災時の大都市機能の維持」

- ① 本年度は新聞記事などを用いて自動的に因果連鎖を抽出する作業に、ワークショップなどを用いて因果連鎖に新たな因果を加えるための方法論およびシステムを開発し、検証を行った。
- ② 昨年度までに構築した都市機能被害評価モデルに、電力障害評価と低層建物被害評価を付加した上で、都心4区の南海トラフ地震174ケースと相模トラフ地震5ケースに対する評価を行い、南海トラフ地震における首都圏の都市機能被害の特徴を整理した。

サブ課題2g「地震防災基盤シミュレータの構築」

- ① 長継続時間・広帯域強震動シミュレーション
本業務では、広帯域強震動シミュレーションデータの短周期成分が遠方において過小評価となることを補正するために令和5年度に開発した手法の有効性を確認した。また、シミュレーションデータを網羅的に作成するための多様な震源モデル群構築を目指して、令和5年度に開発した南海トラフ地震を対象としたシミュレーションデータを活用したガウス過程回帰に基づく長周期地震動の空間補間手法を高度化した。また、これまでの計算結果を地震防災情報創成研究の他の課題へ情報共有した。
- ② 津波遡上シミュレーション
過年度に得られた津波計算結果データのより良い利活用に向けて、これまでに蓄積した計算結果データを集計し、南海トラフ巨大地震の時空間的な地震発生の多様性を考慮した916669通りの地震パターンを対象に、南海トラフ沿いの港湾・漁港における隆起の特徴、および沈降により新たに発生するゼロメートル地帯の特徴、さらに課題2(d)の実証実験対象地域における海岸構造物の破壊の有無による浸水範囲の特徴を分析することができた。

③ 地震発生の多様性を考慮したリスク評価

リスク評価の観点から海岸線付近の津波ハザードの改良を取り込み、被害の様相を特徴量とした類型化を行うとともに、類型化の成果を取り込んで代表的な地震パターンを構築した。そのうえで、自然現象の多様性に加えて事前避難等の社会活動側の多様性を踏まえた広域災害シナリオをとりまとめた。この結果として、人的被害と経済活動とのトレードオフの関係を示すことができた。

④ 地震防災基盤シミュレータシステム

地震防災基盤シミュレータシステムへ蓄積した、震源断層モデル及び波源断層モデル、強震動や津波シミュレーション、それぞれのリスク評価結果等を検索、可視化情報提供を可能にする地震防災基盤シミュレータを完成することができた。

サブ課題 3

① 地域の防災上の課題評価

延岡市の津波瓦礫の漂流評価、瓦礫集積・堆積評価、津波氾濫評価、軟弱地盤の被害評価を実施、それらの結果を取りまとめた。延岡市において防災に関係する方々に集まって頂き、研究の成果と今後の課題を共有した。津波瓦礫については、瓦礫集積・堆積評価からは、特定の場所に集積するよりも薄く広く広がる傾向を示したが、漂流計算からも同様の結果を示した。延岡市内南部は中心部よりも津波被害が大きく、宝永地震のようなL1クラスの地震による津波でも瓦礫が発生することを確認した。このような津波研究の一部を取り入れている津波即時予測システムを用いた図上訓練を通じて地域に還元した。軟弱地盤被害研究からは、延岡中心部で現在の想定以上の被害のリスクがあることを示した。これは現在の被害想定では考慮に入っていない地層不整形に起因する実体波や表面化による影響が大きい。そのため、徳島県那賀川周辺でも同様の評価を行い、やはり地層不整形の影響が大きく表れることがわかった。地層不整形と軟弱地盤の組み合わせでは、概して過小評価になっている可能性を示唆する。

② 情報発信検討会

これまで同様、ハザード評価、複合災害対応、事業継続、人材育成の4つのテーマを設定し、自治体や基礎自治体、インフラ事業者、大学や研究機関等、100以上の組織の方々に集まって頂き実施してきたが、最終年度の今年度の2回目は4テーマ合同で実施した。能登半島地震による甚大な被害を受けた珠洲市からの報告も受け、災害後に地域が必要とする要素は何かを議論した。その結果、(1)複合災害を含めた多様なシナリオへの対応と対策最適化、(2)コミュニティの維持とつながり、(3)発災から復興までを見据えた事前の備え、(4)地殻活動とハザード情報の常時モニタリングによる切迫度の把握、の4つの項目を得た。また、地域への研究成果の還元を目的として、延岡分科会を開催し、科学技術のもたらす効果と今後への課題を議論した。

③ 情報リテラシーの向上

災害情報に関しての発信側、受信側の相互の立場から、情報を正しく理解する情報リテラシーの向上を図り、災害前、災害時ならびに災害後のそれぞれの状況下で

正しい行動を促すことを目的としてきた。今年度も昨年度から引き続き、香川県、高知県、宮崎県の小学校において調査を実施、その結果を分析した。その結果、授業前後での防災意識への改善がみられ、授業を繰り返すことで一定の向上がみられることを確認した。同様の効果は、防災意識尺度 1)からも確認することができ、防災に関するセミナーの開催等、熱心に取り組んでいる地域では、防災意識が高い傾向がみられる。一方で、効果の方向性には世代ごとの違いも見られている。

以上が令和 6 年度の成果の概要である。