

3. まとめ

令和4年度はプロジェクト3年目であり、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」

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。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、得られた成果の最大活用を進める。本サブ課題は「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」の各テーマがある。

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 南海トラフ域におけるマルチパラメータ3D構造モデルの高精細化のため、新たな速度構造情報を構築中のモデルに取り込む方法の検討を進め、それらを反映した海陸統合モデルを構築した。構築する3D構造モデルの共有について、他のサブ課題担当者らと今後のモデル構築や利活用の方向性、そのための枠組みについての意見交換を継続して実施した。マルチパラメータ化に向けたS波速度構造の直接推定のため、複数の新たな手法を既存構造探査データに適用する試みを実施し、DONETの観測点直下の補正值として活用可能な堆積層内の詳細S波速度構造モデルの構築を進めた。
- 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するとともに、地震発生場所の評価に資するため、3D構造モデルに基づく発震機構解（初動解）計算機能を実装し、その動作検証を行った。その結果、大半の事例において震源の深さや発震機構解がCMT解析の結果に近づくような変化が見られた一方、トラフ軸付近の地震については改善が見られなかった。本検証を実施するにあたって、計算に使用した構造モデルを可視化する機能やデータベース登録情報を安全に管理するためのツールを整備した。さらに、整備された長期カタログに基づく地震活動変化の可視化方法の検討に着手した。

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 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に加えて南海トラフ近傍の分岐断層面における固着・すべり分布の把握するために必要なグリーン関数を整備した。
- ② 南海トラフにおける巨大地震震源域の様々な時間帯域におけるプレート間固着・すべりの現状把握を実現し、情報発信するために、現実的な3D構造モデルに基づいた、プレート境界及び分岐断層等の海域断層を含めた固着・すべりを、3D構造モデルの不確実性を含む、推定の曖昧さとともに定量化するシステム開発を行った。具体的には、推定された断層すべりが持つ誤差を定量評価するとともに、その推定において断層すべりが自己相似性を持つという先験情報を反映させるための技術開発を実施し、

その精度検証を、数値実験を中心として実施した。その結果、従来ハイパーパラメータであった相関距離も含めて同時推定することに成功した。さらに、本プロジェクトで構築を進めてきた三次元のグリーン関数(3Dグリーン関数)を用いた、正確な地殻変動場の再現を実現するための数値実験による評価を行った。

- ③ 南海トラフプレート境界浅部におけるスロー地震活動や非プレート境界の地震活動の詳細な時空間把握を目指し、広帯域地震観測を継続しつつ、回収データに対して予備的な解析を実施した。新たに固有周期 120 秒の広帯域地震計を搭載した海底地震計用レベリング装置 3 台の整備を行った。日向灘において、昨年度設置した海底地震計 10 台の回収を行うとともに、整備した小型広帯域海底地震計を含めた計 9 台の長期観測可能な海底地震計の設置を行い、観測を継続した。回収した海底地震計には良好なデータが取得されていたが、今回の観測期間中には目立ったスロー地震活動は発生していなかった。今年度設置した海底地震計は、海底地震計耐圧容器内の記録媒体にデータ収録されるため、データ取得には次年度以降の海底地震計回収作業が必須となる。

サブ課題 1c 「3Dモデル・履歴情報を用いた推移予測」

- ① 3D不均質粘弾性構造モデルを考慮した推移予測手法の開発では、応力蓄積過程の計算に必要となる前回の南海トラフ地震からの地殻変動データの整備を完了した。南海トラフを対象として、R3年度に構築した3D粘弾性不均質構造の大規模有限要素モデルで複数の粘弾性での地殻変動計算を実施し、観測データとして期待される違いを明らかにするとともに、履歴情報を活用した地震シナリオ検討のための研究協力を開始した。さらに、推移予測のための南海トラフの地震履歴の統一モデルに向けた現状を整理した。
- ② 海域における地震・津波履歴調査では、3地域で採取された海底堆積物コアの分析を行い、相対地球磁場強度記録や火山灰が歴史地震に対応する可能性のあるイベント堆積物と対比できるか検討した。
- ③ 陸域における地震・津波履歴調査では、南海トラフ沿い陸域沿岸の3地域において掘削調査等を実施し、1地域で既存の堆積物試料の分析を基にAge-Depthモデルを再構築し、さらに2地点で津波堆積物の可能性があるイベント堆積物を確認した。
- ④ 史料に基づく調査研究では、地殻変動と津波痕跡高分布に基づく昭和東南海地震の波源域の再評価と文献記録・堆積物記録に基づいた明応東海地震の津波波源モデルについて検討を行った。

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開始した。「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」プロジェクトに着手した。「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が開始され、愛知県西三河地域を対象としたワークショップが開催された。「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に着手するとともに、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実施した。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に着手した。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が構築できた。また、サブ課題 1 およびサブ課題 3 との具体的な連携構築に着手した。

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 『事前避難要否判断ツール』に関する検討

- Web システム「逃げトレ View」と、そのベースとなるアプリ「逃げトレ」、以上 2 つの基幹ツールを包括した全体システム「逃げトレサービス」について、その全体構想を固めた。
- 「逃げトレ View」について、事前避難の要否について検討するための分析アルゴリズムを確定させ、「集合的避難行動の解析・表示システム」の分析結果の可視化手法を拡充して、「逃げトレ View」のパイロット版という形で完成させた。
- 「逃げトレ View」(パイロット版)に、臨時情報発表時に想定される津波浸水想定など、複数の津波シミュレーションを新たに実装するため、サブ課題 2 (g)と連携により、パイロット版に搭載する「半割れ」ケースを確定させた。
- アプリ「逃げトレ」に、「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、ユーザーの了解のもとで収集するための仕組みを実装するための動作フローを確定し、「逃げトレ」の機能を拡充した。
- テストフィールド(高知県内の自治体)で、「逃げトレ」の拡充版、および、「逃げトレ View」に関する実証実験、および、ユーザーからのフィードバックを得るためのインタビューなどを実施し、あわせて、今後の出口戦略策定を見据えて、「逃げトレ View」の「ガイドマニュアル」の素案を作成した。

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

- 南海トラフ地震臨時情報発令時の対応に関する職員 WS の成果をとりまとめ串本町における臨時情報発令についての要検討課題の明確化・共有を行うとともに、臨時情報についての職員説明用資料の作成を行った。
- 「逃げ地図」WS では住民・小学生・行政職員が参加し、避難タワー有無や通れない箇所の有無で設定した 4 つのシナリオをもとに逃げ地図作成を行った。また、それをもとに避難可能性について話し合い、避難可能なまちづくりのための課題と対策を明らかにすることができた。

サブ課題 2 e 「発災時の企業の事業活動停止を防ぐ」

① 産業復旧タイムライン構築に向けた都市インフラデータ整備

今年度の研究では、産業復旧タイムライン構築に向けた都市インフラデータ整備に向けて、まず、南海トラフ地震臨時情報発令時の産業活動の萎縮状況をリアルタイムで把握できるようにすることを目的として、産業活動により需要が大きく変動する工業用水道の配水量データを分析し、COVID-19 の蔓延による「緊急事態宣言」発令期間の通常状態との差異が検出できるかどうか確認を実施した。その結果、緊急事態宣言の発令期間である 2020 年 5 月の前後 1 か月を加えた 4/1～6/30 の期間のデータについて、2018 年、2019 年の同期間と比較した結果、2018 年と 2020 年、2019 年と 2020 年では有意な差異が確認され、電力需要量と共に緊急事態宣言による影響の可能性が示唆された。また、産業タイムライン構築のための産業別電力販売量および消費量に関する分析では、同様に南海トラフ地震臨時情報発令時の産業活動の萎縮状況を把握することを目的として、愛知県内の産業別業種ごとの電力消費量の割合を把握するとともに、産業状態の萎縮のリアルタイムでの把握に向け、愛知県内のさらに地方ごとに影響の大きな業種を特定した。

今後は、電力消費量、工業用水使用量について産業種別の分析を実施し、影響を受ける程度の大きい業種を特定していくと共に、継続して産業の萎縮状況に関わる他の要素についても検討を実施する。また、この影響の大きな業種向けのデータの入手、解析を試みる他、併せて災害等の非定常状態への感度の高い業種を抽出することも目指す。

② リアルタイム社会様相把握システム構築に関する検討

本研究では、リアルタイム社会様相把握システムを構築に向けて、災害前から発災後にかけて入手できる供給系ライフラインデータが、社会経済活動の状況をリアルタイムに把握するための指標として有効であることを検証した。その結果、時系列で把握される動的データに加え、対象地域の特性を反映した社会構造や社会資本ポートフォリオなどの静的データとの組み合わせが非常に重要であり、それらの関係性を整理し構造モデルを明確にすることが必要不可欠であることが明らかとなった。今後は、災害対応という視点から社会経済活動のどのような状態変化を把握すべきなのかを整理することが重要であり、そのためにも、ワークショップなどにより臨時情報発表時や災害発生時に出現する可能性のある事態を整理する取り組みと連携した検討の深化を進めていく。

③ リアルタイム社会様相把握にむけた地域・建物群被災モニタリングの検討

地域の地震災害時の被災状況や社会の変化のモニタリングに向けて、高密度な地震観測体制を展開する際に重要となる地盤情報の集約を行った。結果として、狭い範囲の地盤状況による地震動特性は既存震度計配置では十分に評価できないこと、さらに地震観測点の戦略的配置が必要なことを示している。これを受けて MEMS 地震計の高密度展開の進展と新たな観測記録を加えた考察を行った。深部・浅部地盤特性の変化に対応した地震動特性の相違が明確に見られ、既存震度計に対して高密度のモニタリングを行う意義が明確になった。また地域の建物群の被災状況把握に向けて、1 階と上階の 2 点観測による簡易な振動特性把握や室内被害予測の方針について述べ、例とし

て自治体庁舎建物の中小地震の観測結果を検討した。今後は建物に関する事前情報と合わせて、地域の建物被災モニタリングへの可能性を検討し、機能を実装したシステム構築を実施することになる。

④ 南海トラフ地震・臨時情報勉強会ツールの開発

まず、勉強会・ワークショップに関しては、南海トラフ地震の発災並びに南海トラフ地震臨時情報が発表された際の、自身や組織の想定や課題を検討するための勉強会ツールの開発を行政職員と共にを行うとともに、市民、企業人、行政職員に対し、勉強会・ワークショップを実施した。また、南海トラフ地震発災・臨時情報発表時の対応想定に関わる、勉強会ツールの開発により、ワーク結果であるワークシートには対象者である市民や企業人の状況想定と課題、対応策が記述されることが確認された。今後これらの内容について整理を行う必要がある。災害時には多様な主体者が連携して取り組む必要があるため、個人ベースで考えながら組織内や組織間で状況の想定と対応方法の検討を行えるよう進めていきたい。また、これらの実践においては、研究者並びに検討に参画していた一部自治体職員であった。今後南海トラフ地震並びに臨時情報について認知度を高めるためには、この役割を担う人材が増えるよう検討する必要がある。

⑤ 南海トラフ地震臨時情報発表時の社会事象と要因推定手法の開発

本研究では、臨時情報発表時の社会様相及び、起こり得る災害事象の要因分析手法の検討を試みた。その結果、大局的には提示された災害事象に対する要因を見出すことが可能であることが示された。一方で、事前の対策に活かす為には、抽出された要因に対応する主体をより明確にする必要が明らかとなった。今後は、参加者の属性を揃えたグループワークを実施する等、抽出された要因に対応する主体をより明確にする工夫を行った上で実践を重ね、臨時情報発表時に想定される多様な災害事象の全体像を明らかにするべく取組みを進め、事前対策に適用可能な手法としての確立を目指す。南海トラフ地震臨時情報発表という具体的かつ科学的成果に基づく状況付与に対して、参画者がどのように対応するのかを問いかけ、それらの対応に対して、産業タイムラインに基づく地域産業の活動状況、リアルタイムモニタリングで把握されうる地域社会の様相、事態想定シミュレーションで想定されうる状況、あるいは、サブサブ課題2(g)での多様な時間断面でのリスク情報を、状況付与として付与することが可能となる事態想定シミュレーションシステムとして検討を進めるとともに、地域と連携した机上演習ワークショップとして実装することが課題である。

⑥ 臨時情報発表時における地域情報共有連携手法の構築

本研究における臨時情報発表時における地域情報共有連携手法に係るワークショップは、南海トラフ地震臨時情報の認知度及び理解度の向上を目的のひとつとして実施した。その結果、臨時情報の認知度及び理解度の向上について成果がみられた。今後、臨時情報の周知及び認知度向上のためには、対象層を明確にし、各機関が伝えるべき情報を整理し、多くの関係者との継続的な地域情報共有連携手法の検討することが重要であるといえた。

サブ課題 2 f 「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 前年度に作成した地震発生時からエレベータ障害の復旧に至るまでのシミュレーションの各要素に改良を施した上で、さまざまな災害規模、地域、復旧戦略を組み合わせたシナリオから 18 の代表的なケースを選定して復旧シミュレーションを実施し、復旧戦略の良否を評価した。

サブ課題 2 g 「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
南海トラフ沿いに想定される最大クラスの地震を含む強震動計算用震源断層モデルを 91 通り作成し、新たに構築した計算モデルを用いて、波動場平滑化スキームを実装した 3 次元差分法により計算した長継続時間の長周期地震動と、統計的グリーン関数法により計算した短周期地震動をハイブリッド合成することにより面的に広帯域強震動を拡充し、検討結果は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
瀬戸内海や東京湾周辺地域を対象として、内閣府や地方自治体のデータを収集し、11 都県の 38 個の 10m 格子領域を対象として、地形標高データ等を整備し、南海トラフ沿いに想定される最大クラスの地震を含む 3480 個の波源断層モデルに対する津波伝播遡上計算を実施し、浸水深分布の多様性を示すことができ、検討結果は地震防災情報創成研究の他の課題へ情報共有した。
- ③ 地震発生の多様性を考慮したリスク評価
海岸構造物を考慮した空間分解能 10m の津波ハザード評価結果に基づいて建物及び人的被害リスク評価を更新し、南海トラフ沿いで異常な現象が観測された場合の事前避難を考慮した人的被害リスクを試算することができた。また、住民避難・経済活動維持・大都市機能維持を目的とした地震像の類型化に用いる特徴量を算出し、地震像の類型化を行い、影響の大きさと発生しやすさの 2 つの観点に基づく代表指標値に基づいて代表地震を抽出することができた。さらに、一部の代表地震を対象として地震像の類型化に用いた特徴量の変遷をとりまとめた災害シナリオを試作することができた。
- 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、強震動シミュレーション、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プロトタイプ可視化 Web システムを構築し、試験的な公開をすることができた。今後新たな情報のシステムへの登録と改良を進める。

サブ課題3「創成情報発信研究」

サブ課題3では、サブ課題1とサブ課題2からの研究成果の地域や企業での利活用を推進している。そのために、①地域の防災上の課題評価、②情報発信検討会、③情報リテラシー向上の3つの取り組みを進めている。地域の防災上の課題評価は、地域との防災連携を進める上で、地域にとって不可欠な情報を洗い出し、地域に情報を展開するためのものである。情報発信検討会は、サブ課題3の取り組みや各地域での取り組みを、他地域との情報共有を通じて加速させるためのものである。情報リテラシー向上は、本プロジェクトからの成果情報を受け取り手が適切に防災行動に使うためのものである。

以下に本サブ課題の成果概要を示す。

- ① 津波瓦礫計算について、延岡市について建物情報を基礎自治体から借用し、津波瓦礫の漂流計算を行った。これまで津波浸水の方向性は昨年度で把握していたが、これに津波瓦礫の漂流量を情報として加えることができた。今後、車両や船舶の集積場所を判定し、津波火災へのリスク評価につなげていく予定である。また、津波浸水に対する構造物への影響であるが、延岡市の浜川の場合、一定の津波の高さを超えると、水門を閉めることで浸水した津波が外洋に流れずに滞留する効果が認められた。また、河川堤防の変状の様相について、地震動の継続時間が長い場合は、より大きく変形する様子が認められた。南海トラフのように連動発生により、結果として長い継続時間が実現する状況では注意が必要である。これらの研究成果は地域の河川国道事務所にも提供された。今後も、適宜情報共有を進める予定である。
- ② 情報発信検討会の開催について、昨年度と同様、ハザード評価、複合災害対応、事業継続、人材育成の4つのテーマで年2回のペースで進めた。ハザード評価では、発災時に起こりえる地域の課題について議論された。複合災害対応では、発災後に台風や豪雨などによる複合災害、南海トラフ地震や津波で被災した後の内陸地震による複合災害について議論された。事業継続では、サブ課題2の研究成果の共有と臨時情報発令後の様相についてミニワークショップを開催し、様々な意見が取り上げられた。人材育成では、被災地や地域防災の現場の状況を視察しつつ、一般向けの地震や津波や防災対応について、動画作成が進められ、一部は既に公開された。
- ③ 情報リテラシーの向上については、小学校、中学校、大学での定点観測を通して、講義による介入前後のアンケートによる調査が進められた。介入による効果は当然認められているが、本プロジェクト終了時に、全体的な情報リテラシー向上の底上げが進んでいるか、継続して調査を実施する。また臨時情報についてもワークショップを実施、一定の効果は得られている。今後、他地域での調査を実施し、地域ごとの認知の差を把握したい。

以上が令和4年度の成果の概要である。コロナ禍で移動の制限があったものの、オンラインでの議論等を最大活用し、上述のように多くの研究成果が得られた。