

3. まとめ

令和3年度はプロジェクト2年目であり、各サブ課題間の連携も意識し着実に研究を進めた。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 これまで未活用だった熊野灘周辺の構造探査成果等を既存の三次元P波速度構造モデルに取り込み、また、令和2年度に取りまとめたマルチパラメータ化手法を適用することで、熊野灘周辺のマルチパラメータ3D構造モデルの高精細化を進めた。他のサブ課題等の関係者と3D構造モデルの共有やモデル統合に向けた検討を開始した。前年度に引き続きDONETの観測点直下の堆積層の詳細S波速度構造推定のための解析を進めた。
- ② 昨年度構築した自動震源決定システムの仮運用を行うとともに、過去の震源カタログ構築に必要なツール類を整備した。2022年1月に発生した日向灘の地震及びその余震活動を対象として、震源決定システムの動作状況ならびに計算結果の確認を行った。高精細なマルチパラメータ3D構造モデルに対応することを念頭に、最短経路法を震源決定システムに反映するための検討を開始した。

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 プレート境界におけるすべり遅れの蓄積や、地震時のすべり、スロースリップなどの時空間分布を迅速かつ精度よく把握するシステムの構築を実現するため、全国一次地下構造モデルを基盤とした既存の3D有限要素法モデルでは簡略化されていた地下浅部に関して、全国一次地下構造モデルにできうる限り忠実に従った有限要素法モデルを構築するとともに、プレート境界でのすべり・固着による陸域及び海底に設置されている地殻変動観測点における変位応答グリーン関数の計算を実施した。
- ② 推定された断層すべりが持つ誤差を定量評価するために、マルコフ連鎖モンテカルロ法を活用した推定手法の開発を継続するとともに、得られた断層すべりの推定不確実性をリスク情報へと変換するための試みとして津波浸水リスクマップとして可視化するための手法開発を行った。また、得られた断層すべりの推定不確実性を可視化するためのWebアプリの改良を実施した。
- ③ 浅部スロー地震活動が活発な南海トラフ中西部において広帯域海底地震観測によりプレート境界浅部におけるスロー地震活動の詳細な時空間把握を行うために、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10台の回収を行った。また、新規

の固有周期 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 台の整備を行い、長期観測可能な海底地震計を 10 台設置して観測を継続した。これらのうち、6 台は小型広帯域海底地震計である。回収した海底地震計にはデータが取得されており、複数のスロー地震活動とスロー地震活動に同期発生したと考えられる地震活動を含む良好なデータが取得されていることを確認した。これらに加え、本年度は過去に実施された観測データの再解析も行い、日向灘における浅部低周波微動活動の新たな活動特性を明らかにした。

サブ課題 1 c 「3 D モデル・履歴情報を用いた推移予測」

- ① 3 D 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、3 D 弾性不均質構造の曖昧さを考慮した地殻変動計算を行うとともに、地殻変動データとの比較と断層面での応力評価を行うための 3 D 粘弾性不均質構造大規模有限要素モデルを構築した。
- ② 海域における地震・津波履歴調査では、令和 3 年度に採取した海底堆積物コアの分析を行いタービダイトの平均堆積間隔やタービダイト中の底生有孔虫群集の分析からタービダイトを構成する粒子の給源について考察した。
- 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 4 地域において掘削調査等の実施し、1 地域での既存の堆積物試料の分析を行い、さらに活断層のトレンチ掘削調査現場で露出したイベント砂層の試料採取を行った。
- ④ 史料に基づく調査研究では、静岡県南伊豆町入間における津波痕跡高の数値再現と体験談に基づいた現地測量から昭和東南海地震の津波痕跡調査、安政南海地震津波による家屋流失率の推定を行った。さらに、推移予測からみた南海トラフの地震履歴の統一モデル (ver1.0) のイメージを検討、整理した。

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2d「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』の開発と社会実装に関する検討

- ・『事前避難要不要判断ツール』について、事前避難の要不要の分析アルゴリズムについて検討し、「集合的避難行動の解析・表示システム」（「逃げトレView」）の分析結果の可視化手法を開発した。
- ・避難訓練支援アプリ「逃げトレ」に、臨時情報発表時に想定される「半割れ」ケースにおける津波浸水想定（サブ課題2（g）と連携）を含めて、複数の津波シミュレーションを新たに実装するための準備作業を完了した。
- ・『事前避難要不要判断ツール』で活用する個人属性情報（避難時の支援の必要性など）を同定するための仕組みを「逃げトレ」に実装するための動作フローを確定し「逃げトレ」を拡充した。
- ・実際のフィールド（高知県内の自治体）で『事前避難要不要判断ツール』の実証実験を実施するための準備作業を行った。

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

- ・津波防災まちづくりのツールとして開発された「逃げ地図」を元に、その課題の検証・改善方法の抽出を行い、避難困難区域において避難を可能にするまちづくり方策を検討するための仕組みの構築を行った。
- ・テストフィールド（和歌山県串本町）において避難困難区域における事前避難のあり方について検討を行うとともに、「逃げ地図」ワークショップの本格実施に向けた知見を得るため、先行して実施している地域（静岡県下田市）において先進事例調査、ワークショップ支援システムの改良・評価を行った。

サブ課題2e「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

リアルタイム観測データを用いた産業活動の「萎縮」状態の想定において、産業の活性度を映し出す鏡として、産業に欠かせない電力の需要量（消費量）をモニタリングすることを考案し、その妥当性について時系列データ分析等の統計学的手法を用いて検証した。結果、電力需要量の増大・低下をリアルタイムに観測することで、産業の活性度に変調があるかどうかを判断できる可能性があることが示唆された。

産業タイムライン構築のための都市インフラ被害と機会損失評価において、水道、電力や企業の建築物の被害も考慮した経経済機会損失を算出する機会損失評価モデルを構築した。その結果、本稿における解析対象地域では、南海トラフ地震が発生した際、発災直後給水人口の約6割の断水や、最長1ヶ月以上の断水が予測される地域が示され、産業構造を明らかにし、臨時情報発表時の産業活動の極度の停滞を回避する必要があるといえた。

COVID-19による産業への影響調査において、状態空間モデルと時系列データを用いて、いくつかの産業におけるCOVID-19の影響を定量的に把握した。COVID-19の

影響は産業によって大きく異なり、COVID-19により生産水準が大きく落ち込み続けている産業もあれば、ほとんど影響がみられないあるいは生産水準が増えた産業も確認された。

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

ライフラインの稼働状況や需要量の推移、交通状況やさらには地震計によってとらえられた雑微動のデータなどにより社会の活性度合やその変化を推定しうる可能性のあることを明らかにした。

地盤条件や社会状況から見て既存の震度観測の密度が相対的に低い地域があること、このような地域に、無線ネットワーク接続された小型地震計を階層的かつ戦略的に配置する振動モニタリングで、多大なコストを要せずに、事前の対策や発災後の対応に有用な情報が得られる可能性があることを示した。

実験を通じ、CASI-KAシステムを用いた災害情報の収集・共有について、明確なメリットがある事が確認できた。今後、組織内の部署間など比較的近いところから情報共有を試み、そのためのシステム最適化を図っていく。

③ 事態想定シミュレーション手法の構築に関する検討

名古屋大学減災連携研究センター自治体研究会、あいち・なごや強靱化共創センターと連携し、ワークショップを地域研究会活動として実施し、南海トラフ地震臨時情報に対する被災シナリオについて検討した。その結果、南海トラフ地震臨時情報発表時においては、社会、心理、サプライチェーン、対象地域に関する事象が多く、これらに関連する産業、避難、インフラ、経済活動など、特徴的な時間断面での社会様相を示しえた。

南海トラフ地震臨時情報発表時における事態想定検討では、想定被災地域の給水車による応急給水の限界を示すとともに、南海トラフ地震臨時情報が発表された場合、いかに病院機能維持を維持するのかが重要となることを指摘した。

④ 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2f「発災時の大都市機能の維持」

① 令和元年東日本台風における新聞記事データを対象として因果データベースを作成し、発災後1年間における災害連鎖ネットワークの可視化を試みた。また、これらをベースとしたWebベースの災害シナリオ自動生成技術を構築した。

② 前年度に実施したエレベータ障害・復旧過程の現状調査に基づいて、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に必要な各要素に対して理論モデルを構築し、被害規模や災害シナリオを任意に設定したケーススタディによる事例解析を通して、復旧戦略の良否を判別する評価方法を検討した。

サブ課題 2 g 「地震防災基盤シミュレータの構築」

- ① 課題 2 f の検討に必要な広帯域強震動シミュレーションのための断層や地下構造のモデル化とシミュレーションの実施
- ② 課題 2 d やリスク評価の検討に必要な最大クラスの地震を含む波源断層モデルによる津波遡上シミュレーションの実施
- ③ 複数回の地震が発生した場合の条件付きハザード評価と半割れケースに着目した条件付きリスク評価
- ④ 地震防災基盤シミュレータのプロトタイプ開発

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って頂くためのものである。

以下に本サブ課題の成果概要を示す。

① 地域の防災上の課題評価

津波浸水のあとの被災地の状況を把握したい、という地域側からの意見を受け、津波瓦礫の漂流と堆積厚分布の評価を併用する形で手法を確立した。昨年度の成果を踏まえ、尾鷲市には、車両や船舶を含む津波瓦礫の動きを評価できる津波被害即時予測システムとして実装した。この評価手法を用いて、延岡市の建物情報を取得して地形データを作成し津波浸水評価をまず進め、同時に車両や船舶の初期位置の設定を行った。軟弱地盤による強震時の地盤変動評価としては徳島県那賀川下流域の河川堤防を対象に水～土連成弾塑性有限変形解析による耐震性再照査を実施、嵩上げと地盤改良による対策を実施すると健全性を確保できることを確認した。従来法では、粘性土層が適切にモデル化されてないことに加えて、地震動の長周期成分が十分には考慮されていないため、被害を過小評価してしまう危険性を指摘した。

② 情報発信検討会

今年度は、各地域や企業との信頼関係を構築して連携を開始した。各地域の防災上の特性を分類し、改めてハザード評価、複合災害対応、事業継続、人材育成の 4 つの具体的なテーマを設定し、それぞれ年 2 回ずつオンライン開催した。南海トラフ地震で起こりえる被災イメージの共有を進め、臨時情報をどう活用するか、という議論に今後進めたい。同時に、サブ課題 1 による地殻活動モニタリングや推移予測、サブ課題 2 からのハザード評価やリスク評価といった研究成果を地域側と即時的に共有できるクラウドシステムを構築した。

③ 情報リテラシー向上

香川県、高知県、宮崎県の小中学校や大学において、定点観測を開始した。毎年の授業による介入が個々の防災力の向上につながるか、数年間にわたる調査を進める。一方で、アンケート調査の設問の見直しも進め、知識、備え、行動、未来志向、経験、情報リテラシー、臨時情報、判断力の項目に整理した。臨時情報のワークショップを開催し、認知度調査を行ったところ、一定の効果は認められた。オンラインで被験者が答えられる環境を整備するとともに、防災意識尺度調査との併用も開始した。

以上が令和3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。