

南海トラフ地震等巨大地震災害の
被害最小化及び迅速な復旧・復興に資する
地震防災研究プロジェクト

令和 7 年度
成果報告書

令和 8 年 5 月

文 部 科 学 省 研 究 開 発 局

国立研究開発法人 海洋研究開発機構

本報告書は、文部科学省の科学技術試験研究委託事業による委託業務として、国立研究開発法人海洋研究開発機構が実施した令和7年度「南海トラフ地震等巨大地震災害の被害最小化及び迅速な復旧・復興に資する地震防災研究プロジェクト」の成果を取りまとめたものです。

実施機関

国立研究開発法人海洋研究開発機構
国立研究開発法人防災科学技術研究所
国立大学法人東北大学
国立研究開発法人産業技術総合研究所
国立大学法人東京大学
国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学
国立大学法人香川大学
国立大学法人徳島大学

無断複製等禁止

1. 陸海観測データを用いた地震活動モニタリング

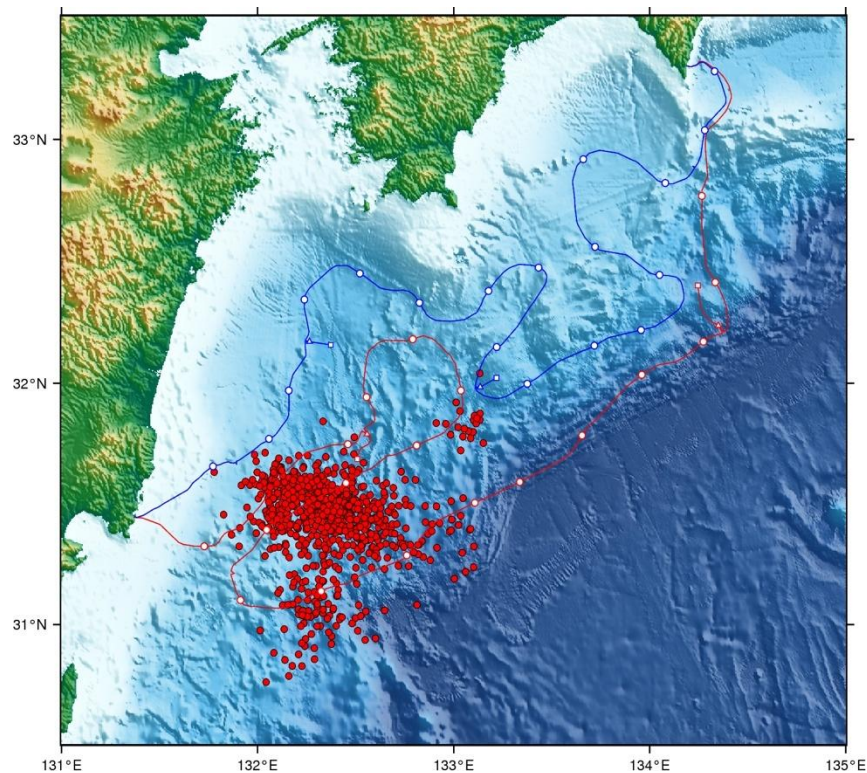


図1 N-net を用いて推定した微動分布の暫定的な結果（赤丸）。赤線は N-net 沖合システム、青線は沿岸システム、白丸は観測点の位置を表す。期間中、N-net 敷設海域の西半分にあたる足摺岬沖から日向灘の海域で微動が発生した。

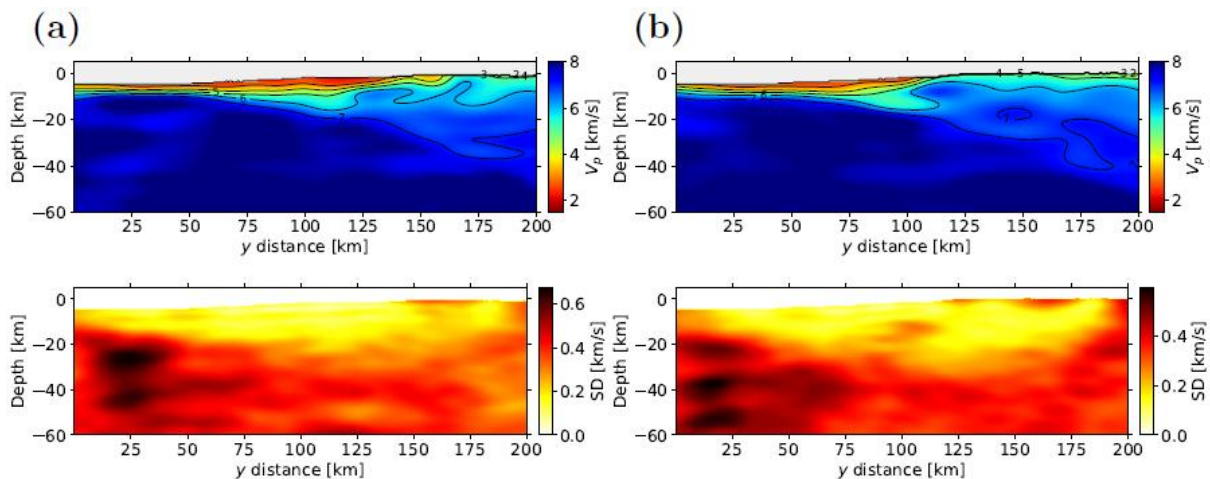


図2 AI 技術を用いた走時計算手法に基づいて推定した紀伊半島南方沖の平均 P 波速度構造モデルの断面図（上段）。下段は P 波速度構造の標準偏差を示しており、淡色で示された浅部は構造モデル推定の不確実性が小さいことを表す。

2. 陸海測地データにもとづくプレート境界の準リアルタイムモニタリング・推移評価

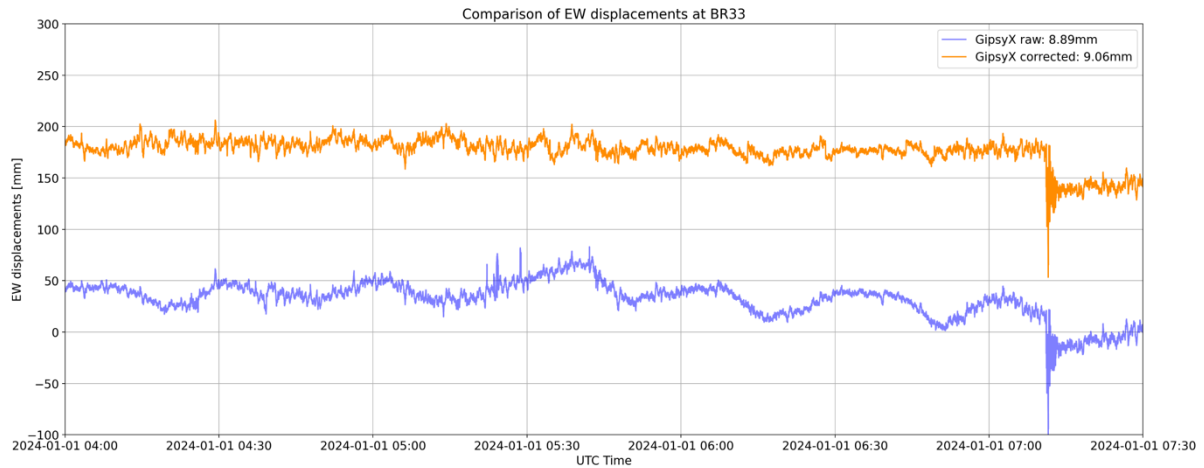


図3 開発した手法を用いてマルチパス起因と考えられるノイズを除去した東西成分の変位時系列。ソフトバンク独自基準点（BR33）の1Hz観測データをキネマティック解析した（東西成分）例を示し、2024年能登半島地震の地震時を含む。下段（青色）が補正前の時系列、上段（オレンジ色）が補正後の時系列をそれぞれ示す。

3. 連鎖複合災害リスク評価手法の構築

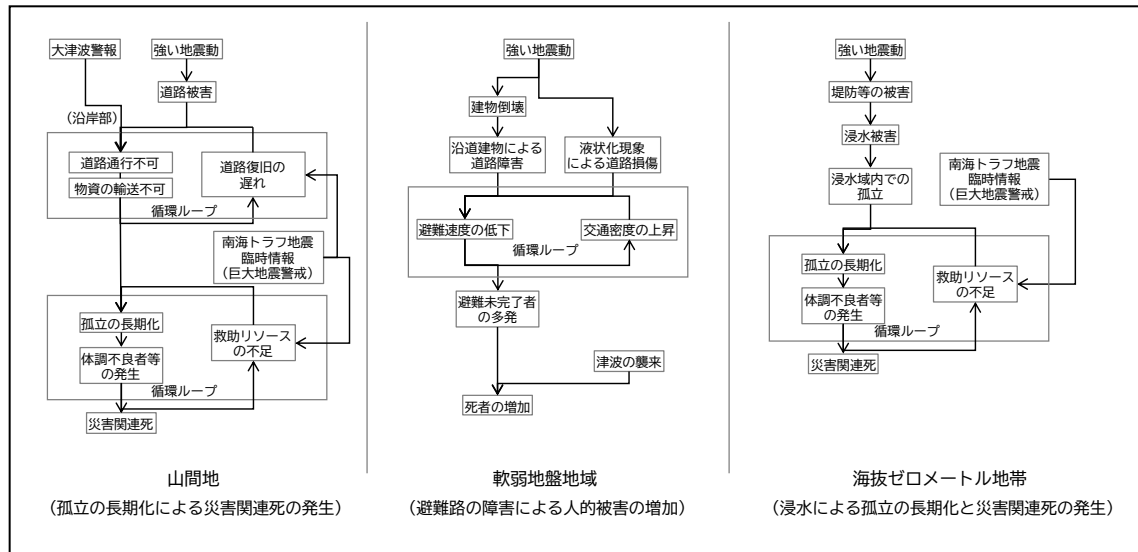


図4 山間地、軟弱地盤地域および海拔ゼロメートル地帯での連鎖複合災害を想定して試作した災害連関モデル。循環ループ構造を組み込むことにより、事態の急速な悪化（レジームシフト）を表現できるようにした。

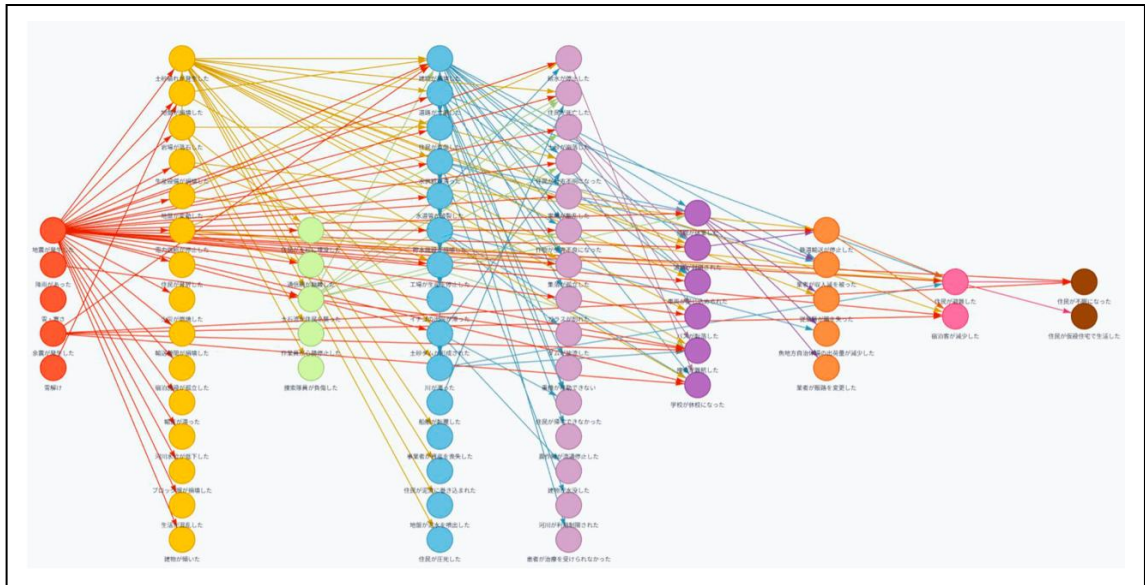


図5 平成20年岩手・宮城内陸地震を対象に作成した災害連鎖ネットワーク。作成にあたっては自然言語処理を用いて新聞記事データから災害に関する因果表現を抽出し、意味的に類似した被害事象を統合した。ノードは原因と結果を表し、その因果の有無をエッジで表現している。

4. 地域継続計画への貢献を見据えた地域防災力強化研究

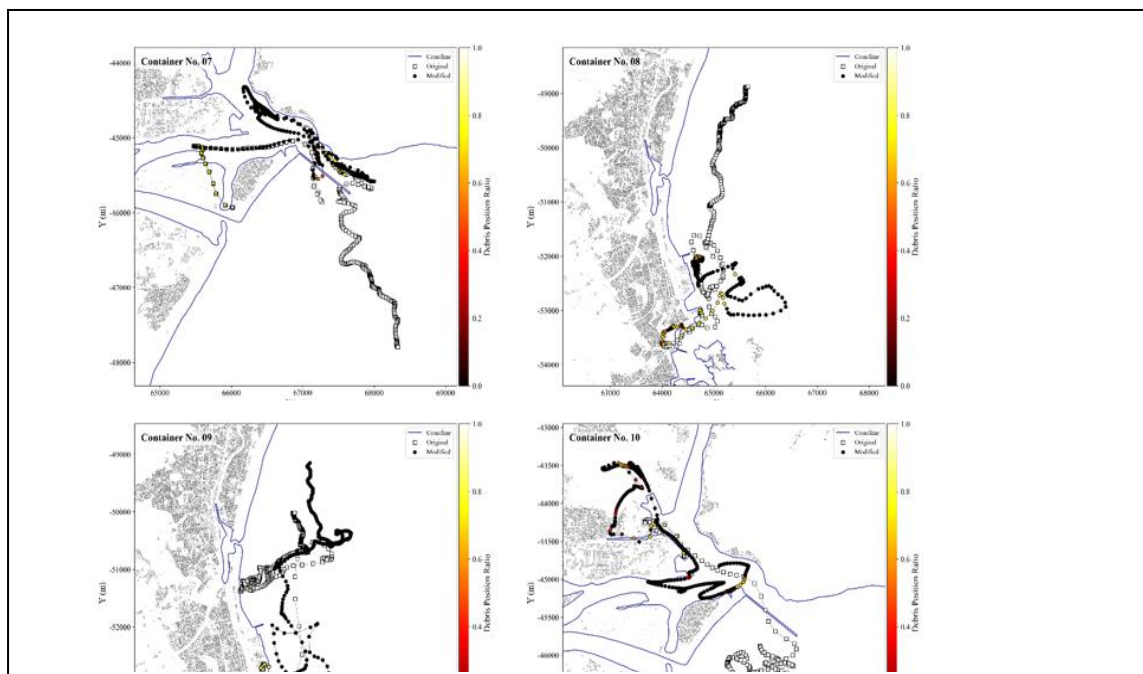


図6 コンテナ漂流計算例。



図7 延岡市中心部における津波即時予測システム構築のための計算領域と沿岸波形の出力点。

はじめに

南海トラフ地震等の海溝型巨大地震は、甚大な被害をもたらすことが想定されている。これらの想定震源域においては、一部割れやゆっくり滑りなどで普段と異なる現象等が発生した場合に、気象庁は南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）や北海道・三陸沖後発地震注意情報を発表し、事前防災対策確認を呼びかけることになっている。また、令和6年能登半島地震では、地震の揺れと津波に加えて、土砂崩れや液状化、さらには豪雨等の連鎖災害による被害の甚大化・長期化が発生した。南海トラフ地震等で想定される甚大な被害の最小化と迅速な復旧・復興といった国土強靱化の目標達成のためには、連鎖複合災害への事前対策の加速が不可欠である。

こうした背景を踏まえて、本事業では、N-net 観測データを加えた南海トラフ地震想定震源域の三次元地下構造モデルの精緻化とそれを用いた自動震源決定システムによる震源決定精度向上を図るとともに、同様なシステムを北海道・三陸沖へも展開する。また、ゆっくり滑りの推移評価手法確立のため、地震直後の地殻変動即時把握と断層滑り解析のプロトタイプシステム構築とともに、滑りによる応力変化の逐次推定手法を確立する。これらの地震活動情報並びにゆっくり滑りの推移情報は、気象庁南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会での推移評価や地震調査委員会での北海道・三陸沖を含めた地震解説情報の高度化等への活用が期待される。さらに、将来起こりうる南海トラフ地震発生シナリオを構築することで、長期評価の高度化に資するとともに、起こる可能性のより高い地震発生シナリオを対象にした連鎖複合災害リスク評価や連鎖を断ち切るための事前対策シナリオの構築、また市町村単位の災害レジリエンス指標のプロトタイプの構築によって、より効果的な事前対策の検討が行えると期待される。さらに、地域防災力の向上と地域継続計画への貢献のための複数地域で勉強会開催と地域特化の被災イメージや復旧・復興シナリオ課題の共有、自治体や教育・医療・福祉分野、地元企業との地域レジリエンス研究会を通しての分野横断的な地域全体のより現実的な継続計画構築への貢献により、地域ごとの被災と復旧・復興の動きへの意識が高まることや将来の他地域への展開にも繋がると期待される。本事業の取り組みは、南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ報告書で指摘されている、南海トラフ巨大地震対策に資する調査研究あるいは技術開発のいずれかに該当するものとなっている。

目次

1. プロジェクト概要	1
2. 研究成果	
2. 1 課題1 南海トラフ地震の評価手法高度化と他地域への展開研究	8
2. 1. 1 陸海観測データを用いた地震活動モニタリング	8
(1) 業務の内容	8
(2) 令和7年度の成果	10
2. 1. 2 陸海測地データにもとづくプレート境界の準リアルタイムモニタリング・推移評価	34
(1) 業務の内容	34
(2) 令和7年度の成果	36
2. 1. 3 地震履歴情報に基づく南海トラフ巨大地震の発生シナリオ構築	46
(1) 業務の内容	46
(2) 令和7年度の成果	49
2. 2 課題2 連鎖複合災害に備える地域防災力強化研究	87
2. 2. 1 連鎖複合災害リスク評価手法の構築	87
(1) 業務の内容	87
(2) 令和7年度の成果	90
2. 2. 2 地域継続計画への貢献を見据えた地域防災力向上研究	143
(1) 業務の内容	143
(2) 令和7年度の成果	146
3. まとめ	262
4. 活動報告	264
5. むすび	268

1. プロジェクト概要

本事業は、自然科学（理学・工学・情報学等）と人文・社会科学の知見を融合し、南海トラフなどの巨大地震災害への事前対策を加速することで、人命保護、被害最小化、社会の維持、迅速な復旧・復興といった国土強靱化の目標達成を目指す。理学分野では、新たな N-net の観測データも活用し、南海トラフ地震想定震源域の三次元地下構造モデルの精緻化や震源決定精度の向上を図るとともに、北海道・三陸沖など他地域へも展開する。また、ゆっくり滑りの推移評価手法を確立するとともに、将来起こりうる南海トラフ地震発生シナリオを構築することで、より現実的な複合災害シナリオや事前対策検討に繋げる。工学・社会科学・地域連携分野では、地震・津波・土砂災害・液状化などの連鎖複合災害リスク情報の高度化を図るとともに、応急対応から復旧・復興までの災害シナリオや事前対策、レジリエンス評価手法の確立を目指す。加えて、デジタル技術の活用と地域防災力の強化に取り組む。これらの目標達成に向けて、本プロジェクトでは以下のサブ課題を設定する。これらの研究を総合的に推進し、地震調査研究推進本部や南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会の評価、広域連鎖災害の事前対策や地域防災力向上に資する上で効果的に生かされるように適切な推進委員会を設置するとともに、全体取りまとめ事務局を代表機関に置いて推進する。

(1) 南海トラフ地震の評価手法高度化と他地域への展開研究（課題 1）

理学研究では、南海トラフ地震の評価手法の高度化と他地域への展開に向けた研究を行うため、以下の 3 つの課題を立てる。通常地震及びスロー地震活動の自動モニタリングシステムを開発する「陸海観測データを用いた地震活動モニタリング（サブ 1a）」、断層滑りの即時把握のためのプロトタイプシステム構築とゆっくり滑りに伴う応力変化の逐次推定手法確立に向けた「陸海観測データにもとづくプレート境界の準リアルタイムモニタリング・推移評価（サブ 1b）」、将来起こりうる南海トラフ巨大地震発生シナリオ構築のための「地震履歴情報に基づく南海トラフ巨大地震の発生シナリオ構築（サブ 1c）」。

サブ 1a：陸海観測データを用いた地震活動モニタリング

陸域及び海域の定常観測による連続データと三次元地下構造モデルを用いて、従来よりも高い精度で通常地震及びスロー地震活動の自動モニタリングを行うシステムを開発する。本課題で構築した三次元地下構造モデルとモニタリング成果に基づき、沈み込み帯における地震活動の詳細な時空間分布の把握やテクtonics 的な意義付けの考察、プレート境界面の状態把握の実現に向けた研究開発を進める。

南海トラフ域においては、既存の陸域の地震観測データや地震・津波観測監視システム（DONET）に加え、新たに構築された南海トラフ海底地震津波観測網（N-net）の観測データ等を用いて、南海トラフ海域及びその周辺で発生する通常地震活動及びスロー地震活動検出の高度化、震源決定精度の向上に繋がるシステム開発を行う。海域及び陸域の構造探査や地震観測データ等の解析を通じ、三次元地下構造モデルの高精度化、最適化を行うとともに、本モデルを基準モデルとして通常地震活動及び南海トラフ沿いのスロー地震活動の迅速な検知と解析を実現する。日本海溝・千島海溝域においては、陸

域の地震観測データ、日本海溝海底地震観測網（S-net）及び構造探査データ等に基づいて構築される三次元地下構造モデルを用いた自動震源決定システムを新たに整備し、定常的な地震活動モニタリングを実現するとともに、スロー地震モニタリングを実現するための技術開発を行う。構造モデルの構築並びに最適化にあたっては、新たな観測データや探査データの活用を含めた検討を行う。

サブ 1b：陸海測地データにもとづくプレート境界の準リアルタイムモニタリング・推移評価

南海トラフにおける巨大地震震源域のプレート境界の固着・滑り状態をシームレスかつ準リアルタイムで把握するためのプロトタイプシステムの開発を行うとともに、それら为先験情報として、特に地震後や自発的に発生するゆっくり滑りの推移評価を実現する手法の開発を行う。具体的には、地殻変動把握に主として用いられる GNSS 観測データの時間方向の観測精度を向上させることを目的とし、地震直後の余効変動の把握技術の高度化のための開発を行うとともに、それらと日座標値をシームレスに繋ぎ、全ての時間帯域で高い精度で地殻変動を把握することを目指す。また、ゆっくり滑りの空間的検知能力を向上させることを念頭に、基盤観測網以外の GNSS 観測データの利活用も試行する。さらに N-net 等に接続された海底水圧計から地殻変動を高精度に抽出するための技術開発を行い、ゆっくり滑り等に起因する地殻変動場の把握能力を向上させる。これらを活用してそれら非定常地殻変動の原因である断層面でのすべりを即時的に把握するプロトタイプシステムを開発する。同システムには、これまでに開発されたプレート境界以外の断層も含む三次元地下構造モデルにもとづいた、地下の断層における滑りと地表及び海底での地殻変動を結びつけるグリーン関数を組み込む。さらに、サブ 1(a) で開発が行われる震源決定の高精度化と密接に連携し、推定されたプレート境界の動態を震源分布と直接比較することを目指す。そのために、プレート境界面等におけるすべりによるプレート境界面上及びプレート境界周辺における応力変化を三次元不均質粘弾性構造モデルにもとづいて計算する手法を開発し、地震活動との定量的評価を逐次的に行う。また、プレート境界面上での応力分布を評価することで、次に発生しうる地震の規模やすべり分布についての拘束を与えることを目指す。開発する技術のうち、GNSS 解析の高度化及びプレート境界での地震時滑り推定の高度化に係る部分については、国土地理院と密接に連携して開発を進めるとともに、国土地理院が運用を進める REGARD（電子基準点リアルタイム解析システム）への技術移転を念頭に置いた実践的開発体制を取る。

サブ 1c：地震履歴情報に基づく南海トラフ巨大地震の発生シナリオ構築

歴史記録、陸上地質記録と海域地質記録を統合利用して、先史時代から繰り返し発生してきたと考えられる南海トラフ巨大地震の発生履歴を明らかにする。歴史記録は近世から 7 世紀前後まで、陸域の地質記録では近世から数千年前まで、海域の地質記録では数万年まで地震発生履歴を遡ることができる。それぞれの分析媒体の特徴を活かし、時間軸を揃えた統合解析を行うことにより、先史時代から現代まで一貫通貫した南海トラフ巨大地震の発生履歴を評価する。この評価を行うために、歴史記録に基づく分析、陸上

地質記録に基づく分析、海域地質記録に基づく分析を実施する。これらの分析によって得られる発生履歴情報と近世に発生した宝永地震、安政東海・南海地震と昭和東南海・南海地震の波源断層モデルを境界条件として、将来起こり得る南海トラフ巨大地震の発生シナリオの提案を行う。加えて、地質情報などの科学的知見に基づいて、既往最大の地震規模について検討を進める。さらに、過去の履歴や将来起こりうるシナリオの知見をサブ2の複合災害評価等に取り入れることで、より具体的な対策につなげる。

(2) 連鎖複合災害に備える地域防災力強化研究（課題2）

工学・社会科学・地域連携研究では、将来起こりうる南海トラフ巨大地震発生シナリオを受けたより現実的な広域連鎖災害への事前対策の加速に向けた研究のため、「連鎖複合災害リスク評価手法の構築（サブ2a）」・「地域継続計画への貢献を見据えた地域防災力向上研究（サブ2b）」を行う。

サブ2a：連鎖複合災害に備える地域防災力強化研究

本研究は、南海トラフ巨大地震を対象に、地域社会において地震動・津波・土砂崩れ、液状化等の災害が同時または時系列的に発生した場合に、通常であれば個別に対応可能な災害が連鎖・複合的に拡大し社会機能の停止や生活の持続困難をもたらす現象を「連鎖複合災害」と捉え、その発生プロセスや構造の解明と対策の設計に資する連鎖複合災害リスク評価手法の開発を目的とする。手法開発のため、都市域、ゼロメートル地帯、軟弱地盤地域、山間地などの特徴的な地域を抽出し、それぞれの地域で想定される複数のハザードについて、「南海トラフ地震防災基盤シミュレータ」も活用し、ハザードや被害の程度、社会機能の特性などを段階的な与条件として設定する。この際、災害連鎖や因果構造に関する既往研究や先行事例を整理・参照し、学術的背景を十分に踏まえて分析を行う。そして、各災害が社会機能に及ぼす影響の因果構造をモデル化し、与条件の組合せに基づいて被害が連鎖的に拡大する連環構造を明らかにし、災害連鎖が社会機能に甚大な影響を及ぼすようになる分岐点（クリティカルポイント）を抽出する。これら一連の分析を通じて、災害がどのように時間的・空間的に展開し得るかを可視化・評価する連鎖複合災害リスク評価手法を構築する。得られた評価結果に基づき、地域毎に災害と社会機能の連鎖を描いた「連鎖複合災害シナリオ」を構築し、これに基づき、連鎖を断ち切るための事前対策シナリオを検討する。また、ハザードと被害の設定レベルの妥当性を確認するためにハザード評価の高精度化及びサブ課題1の成果に基づく検証を行う。またここでは、上記の研究開発と併せて、災害対応に資する観点から、南海トラフ地震の災害連鎖をリアルタイムで把握する方法論を具体的に検討し、数理的な災害制御法についての技術を構築する。さらに、地域社会が災害を生き延び、より良い状態へと復興を遂げる能力としての「災害レジリエンス指標」を開発し、南海トラフ地震対策の効果を評価できる技術を構築する。

サブ2b：地域継続計画への貢献を見据えた地域防災力向上研究

それぞれの地域が正しい被災イメージを持ち、発災時から復旧・復興以降までの地域の継続計画と現実的で実際の行動計画へ貢献できる要素研究を実施する。この研究

は、自治体・基礎自治体・インフラ事業者など防災の実務者とともに、各地域での要素研究を実施している理工学・社会科学の研究者間の連携で行う。まず、地域の防災特性に応じた連鎖災害の再評価を実施する。具体的には軟弱地盤や津波瓦礫、それに豪雨災害や土砂災害など、現実に応じた被災のイメージを確立する。インフラの被害などを含め、軟弱地盤被害の想定や津波瓦礫の影響、高潮発生時の広域湛水など、地域の堤防情報、港湾情報、建物情報等を収集した上で再評価を試みる。N-net を含め、サブ課題 1 と 2 からの情報を可視化するプラットフォームを開発し、これを利用した発災時被害軽減訓練を通じて現実的な軽減策を検討する。これら地域の被災イメージをもとに、被害回避・軽減と復旧・復興を加速させるための方策を検討する。地域継続計画の策定プロセスにおける復旧・復興過程の時系列的シナリオを作成し、被災による地域環境の変化を見越して地域継続計画の策定に貢献する。また、復旧・復興の事前準備プロセスを通じて地域の活性化策に資する。これらの施策を進めるには地域の理解が不可欠である。継続的にアンケート調査を行い、各地域の防災に対する意識を測定しながら、迅速で的確な行動に繋げられる方策を検討する。東日本大震災の教訓を南海トラフ沿岸域に活かしながら、地域継続計画の骨子やアクションプランの検討を、中部圏、関西圏、四国圏、九州圏の 4 つの地域に分け、それぞれの地域で事業継続計画や地域継続計画を検討している理工学・社会科学の研究者と連携して実施する。地域レジリエンス研究会を上記 4 つの地域でそれぞれ開催し、地域や各組織への還元と地域継続計画策定への貢献を目指す。

1. 1 研究概要の説明

(1) 研究者別の概要

所属機関・部局・職名	氏名	分担した研究項目及び研究成果の概要	研究実施期間	配分を受けた研究費(千円)	間接経費(千円)
国立研究開発法人海洋研究開発機構	堀高峰	プロジェクト研究代表・課題 1 責任者。 プロジェクト全体については、推進委員やアドバイザー、課題代表・サブ課題とともに、プロジェクトの出口や課題間の連携を意識した議論・検討を行った。 課題 1 については、各サブ課題の出口やサブ課題間の連携について議論・検討を行った。	令和 7 年 8 月 1 日 ～ 令和 8 年 3 月 31 日	71,678	21,503
	今井健太郎	サブ 1c 責任者および 2b 分担者。 サブ 1c では史料調査とサブ課題内の調整、2b では津波瓦礫計算高度化を行った。			

	藤江剛	サブ 1a 分担者。 三次元地下構造モデル構築及び更新に着手するとともに、自動震源決定システム改良に向けた深層学習技術開発に着手した。			
	飯沼卓史	サブ 1b 分担者。 三次元不均質粘弾性構造を考慮した応力変化評価及び推移評価の実現に向けた計算基盤の整備を行った。			
国立研究開発法人防災科学技術研究所	藤原広行	課題 2 責任者。 プロジェクトの出口や課題間の連携を意識した議論・検討を行うとともに、各サブ課題の出口やサブ課題間の連携について議論・検討を行った。	令和 7 年 8 月 1 日 ～ 令和 8 年 3 月 31 日	81,794	24,538
	汐見勝彦	サブ 1a 責任者。 地震・微動解析に N-net の観測データを導入するとともに、サブ課題内の調整を行った。			
	中村洋光	サブ 2a 責任者。 サブ課題内での調整を行うとともに、課題間やサブ課題間の連携を議論した。			
	高橋成実	サブ 2b 責任者。 サブ課題内での調整を行うとともに、課題間やサブ課題間の連携を議論した。関西ならびに九州地域レジリエンス研究会を行った。			
	齊藤竜彦	サブ 1c 分担者。 地震シナリオ構築の手法開発を進めた。			
国立大学法人東北大学	太田雄策	サブ 1b 責任者。 GNSS 時系列の高精度化と民間 GNSS 観測網の活用を進めるとともに、サブ課題内の調整を行った。	令和 7 年 8 月 1 日 ～ 令和 8 年 3 月 31 日	18,550	5,565

国立研究 開発法人 産業技術 総合研究 所	宍倉正展	サブ 1c 分担者。 地質記録の調査・分析を 行った。	令和 7 年 8 月 1 日 ～ 令和 8 年 3 月 31 日	15,944	4,783
国立大学 法人東京 大学	廣井悠	サブ 2a 分担者。 災害連鎖のリアルタイム 把握・制御技術の開発に 着手した。	令和 7 年 8 月 1 日 ～ 令和 8 年 3 月 31 日	7,210	2,163
国立大学 法人東海 国立大学 機構名古屋大学	平山修久	サブ 2b 分担者。 東海地域レジリエンス研 究会を実施した。	令和 7 年 8 月 1 日 ～ 令和 8 年 3 月 31 日	6,350	1,905
国立大学 法人香川 大学	磯打千雅子	サブ 2b 分担者。 復旧・復興シナリオ構築 に着手した。	令和 7 年 8 月 1 日 ～ 令和 8 年 3 月 31 日	9,320	2,796
国立大学 法人徳島 大学	馬場俊孝	サブ 2b 分担者。 四国地域レジリエンス研 究会を実施した。	令和 7 年 8 月 1 日 ～ 令和 8 年 3 月 31 日	3,000	900

研究実施日程

業務項目	実 施 日 程											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
(1) 南海トラフ地震の評価手法高度化と他地域への展開研究（課題 1）												
サブ 1a：陸海観測データを用いた地震活動モニタリング					←							→
サブ 1b：陸海測地データにもとづくプレート境界の準リアルタイムモニタリング・推移評価					←							→
サブ 1c：地震履歴情報に基づく南海トラフ巨大地震の発生シナリオ構築					←							→
(2) 連鎖複合災害に備える地域防災力強化研究（課題 2）												
サブ 2b：地域継続計画への貢献を見据えた地域防災力向上研究					←							→
サブ 2b：地域継続計画への貢献を見据えた地域防災力向上研究					←							→

2. 1 課題1 南海トラフ地震の評価手法高度化と他地域への展開研究

2. 1. 1 陸海観測データを用いた地震活動モニタリング

(1) 業務の内容

(a) 業務題目「陸海観測データを用いた地震活動モニタリング」

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	研究部門長	汐見 勝彦
	主任研究員	三好 崇之
	主任研究員	松澤 孝紀
	上席研究員	浅野 陽一
	主任研究員	松原 誠
	主任研究員	田中 佐千子
	副研究部門長	切刀 卓
東京大学地震研究所	教授	篠原 雅尚
国立研究開発法人 海洋研究開発機構	センター長	藤江 剛
	センター長代理	尾鼻 浩一郎
	グループリーダー	中村 恭之
	主任研究員	利根川 貴志
	主任研究員	新井 隆太
	主任研究員	白石 和也
	主任研究員	仲西 理子
	副主任研究員	縣 亮一郎
	研究員	Qin, Yanfang
	ポストドクトラル研究員	Su, Jun
	JSPS 外来研究員	Flores, Paul Caesar M
Earth Sciences New Zealand	Geophysicist	Bassett, Dan
	Geophysicist	Tozer, Brook

(c) 業務の目的

陸域及び海域の定常観測による連続データと三次元地下構造モデルを用いて、従来よりも高い精度で通常の地震及びスロー地震活動の自動モニタリングを行うシステムを開発する。本課題で構築した三次元地下構造モデルとモニタリング成果に基づき、沈み込み帯における地震活動の詳細な時空間分布の把握やテクトニクス的な意義付けの考察、プレート境界面の状態把握の実現に向けた研究開発を進める。南海トラフ域においては、既存の陸域の地震観測網や地震・津波観測監視システム（DONET）に加え、新たに構築された南海トラフ海底地震津波観測網（N-net）による観測データを用いて、南海トラフ海域及びその周辺で発生する通常の地震活動及びスロー地震活動検出の高度化、震源決定精度の向上に繋がるシステム開発を行う。海域及び陸域の構造探査や地震観測

データ等の解析を通じ、三次元地下構造モデルの高精度化、最適化を行うとともに、本モデルを基準モデルとして通常の地震活動及び南海トラフ沿いのスロー地震活動の迅速な検知と解析を実現する。日本海溝・千島海溝域においては、陸域地震観測網及び日本海溝海底地震津波観測網（S-net）による観測データ、構造探査データ等に基づいて構築される三次元地下構造モデルを用いた自動震源決定システムを新たに整備し、定常的な地震活動モニタリングを実現するとともに、スロー地震モニタリングを実現するための技術開発を行う。三次元地下構造モデルの構築並びに最適化にあたっては、新たな観測データや探査データの活用を含めた検討を行う。

(d) 5 か年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

1) 令和 7 年度：

南海トラフ域において、新たな観測網である N-net の観測データの評価を行うとともに、「防災対策に資する南海トラフ地震調査研究プロジェクト」（以下、防災南海プロジェクト）で構築した三次元地下構造モデルを用いて震源決定を自動的に行うシステムに N-net による観測データを追加した。これにより得られた震源情報や発震機構解情報の評価に着手した。N-net データ及び一次元地震波速度構造を用いて、南海トラフ沿いで発生するスロー地震（微動）のモニタリングシステムを試験的に構築し、結果の評価を行った。より現実的な三次元地下構造モデルを用いた自動震源決定システム構築に向け、深層学習技術を用いることにより、詳細な三次元地下構造モデルでも高速かつ安定した走時計算を実施するための解析手法を開発した。さらに、その解析手法を活用して三次元地下構造モデルの不確実性を評価できるトモグラフィ解析手法の開発を進めた。既存データに基づく南海トラフ域の三次元地下構造モデル更新に着手するとともに、南海トラフ域及び日本海溝・千島海溝域の三次元地下構造モデル構築及び更新のため、構造データや観測データ、研究成果、知見の収集・蓄積・整理を行った。

2) 令和 8 年度：

南海トラフ域において、N-net データを用いて得られた震源カタログの評価を進める。スロー地震モニタリングの仮運用を開始するとともに、DONET 海域を解析対象に加えるための技術開発とシステム拡張を行う。日本海溝・千島海溝域では、既存の三次元地下構造モデルを用いた自動震源決定の試行を進める。深層学習による走時解析手法については南海トラフ域で試験解析と評価を行い、トモグラフィ解析への適用を進める。三次元地下構造モデルの構築・更新に向け、新たな観測データや研究成果の収集・整理を継続するとともに、南海トラフ海域の三次元地下構造モデルの更新作業を継続する。

3) 令和 9 年度：

構築したモニタリングシステムの仮運用を継続しつつ、得られた結果と他の様々なカタログとの照合により課題を抽出することで、解析手法の改良・高度化を行う。深層学習を用いて開発した高速・安定的な走時解析手法を自動震源計算システムへ導入するための改修に着手する。さらに、新たな観測成果や陸海域データを用いて南海トラフ域の三次元地下構造モデルと断層モデルを更新するとともに、日本海溝・千島海溝域では三次元地下構造モデルのプロトタイプ構築を進める。

4) 令和 10 年度：

構築したモニタリングシステムの仮運用を継続しつつ、得られた結果の評価、解析手法の改良・高度化を継続する。スロー地震モニタリングに三次元地下構造モデルを試験導入し、課題を抽出する。南海トラフ海域では、深層学習を用いた走時解析手法を組み込んだ自動震源計算システムを試験稼働させ、その成果を評価する。新たに収集した観測データ等を用いて三次元地下構造モデルを更新する。日本海溝・千島海溝域では断層モデルのプロトタイプを構築する。これまでに得られたモニタリング成果や地下構造モデルを他のサブ課題と共有する。

5) 令和 11 年度：

構築したモニタリングシステムの仮運用を継続し、得られた結果の評価や必要な調整を継続する。スロー地震解析では、三次元地下構造モデルの活用に向けて抽出した課題を踏まえ、解析手法の高度化や高速化を図る。得られた解析結果や三次元地下構造モデルを用いて、通常地震とスロー地震の時空間的關係や推移、スロー地震の定量化手法を検討する。深層学習を用いた走時解析手法を組み込んだ自動震源計算システムの対象に日本海溝・千島海溝域を試験追加し、その結果を評価する。新たな観測データに基づいて三次元地下構造モデルの更新を進める。これらの成果を基に、プレート境界の構造的特徴や沈み込み帯での通常地震・スロー地震活動のテクトニックな意義の評価を試みる。

(e) 令和 7 年度業務目的

南海トラフ域において、新たな観測網である N-net の観測データの評価を行うとともに、防災南海プロジェクトで構築した三次元地下構造モデルを用いた自動震源決定システムに N-net による観測データを追加する。これにより得られた震源情報や発震機構解情報の評価に着手する。N-net データ及び一次元地震波速度構造を用いて、南海トラフ沿いで発生するスロー地震（微動）のモニタリングシステムを試験的に構築し、結果の評価を行う。より現実的な三次元地下構造モデルを用いた自動震源決定システム構築に向け、深層学習技術を用いることにより詳細な三次元地下構造モデルでも高速かつ安定した走時計算を実施するための解析手法を開発する。既存データに基づく南海トラフ域の三次元地下構造モデル更新に着手するとともに、南海トラフ域及び日本海溝・千島海溝域の三次元地下構造モデル構築及び更新のため、構造データや観測データ、研究成果、知見の収集・蓄積・整理を行う。

(2) 令和 7 年度の成果

① 陸海観測データを用いた地震活動の自動モニタリング

(a) 業務の要約

南海トラフ海域に新たに敷設された N-net の観測データを三次元地下構造モデルに基づいて自動的に震源決定を行うシステムに導入し、通常地震活動の震源計算の試行及び結果の評価を実施した。その結果、三次元地下構造モデルと N-net の観測データを導入することで、日向灘南部で発生する地震の震源深さ推定の安定性が著しく改善することを示した。また、一次元地震波速度構造を仮定し、N-net のデータにエンベロープ相

関法を適用することにより、南海トラフ沿いで発生するスロー地震（微動）の検出と微動源の決定を行った結果、微動は主として N-net の敷設海域の西半分で発生していることを明らかにした。さらに、N-net に整備されている海底ケーブル監視用の光ファイバを用いた分散型音響計測（Distributed Acoustic Sensing : DAS 観測）の試験観測を開始した。

(b) 業務の成果

1) 三次元地下構造モデルを用いた自動震源決定システムの整備

防災南海プロジェクト（令和2年度～令和6年度）では、南海トラフ及びその周辺で発生する地震活動を迅速かつ精度良く把握することを目的として、高精度な海陸統合三次元地下構造モデルの新規構築及びそのモデルを用いて自動的に震源位置を推定するシステム（以下、3D 震源決定システム）の整備を行った¹⁾。このシステムは、防災科学技術研究所（以下、防災科研）が別途運用する一次元地震波速度構造を用いた自動震源決定システム（以下、Hi-net システム）による震源情報をトリガーとし、その震源位置を初期震源として三次元地下構造モデルを用いた震源再計算を自動的に、あるいは手動で実行するものである。一方、これまで定常観測点の空白域であった室戸岬沖から日向灘の海域では、南海トラフ海底地震津波観測網（N-net）の沖合システム及び沿岸システムの整備が完了し、それぞれ 2024 年 7 月、2025 年 6 月から観測データの収集と処理を開始した。N-net のデータ活用により当該海域で発生する地震の震源決定精度の向上が期待されている。今年度は、3D 震源決定システムへ最新の三次元地下構造モデルの反映と N-net による観測データの追加を行うとともに、これらのデータを活用した震源再決定の試行とその結果の評価を行った。

N-net の観測例として、2026 年 2 月 25 日に四国沖で発生した気象庁マグニチュード (Mj) 5.0 の地震の上下動成分の観測波形を図 2-1-1-1 に示す。観測波形について、陸域に設置された Hi-net 観測点の波形（黒線）の初動到着時刻が同時刻に揃うよう震央距離 D を見かけ速度 7.5km/s で割った走時を差し引くことで時間軸を補正した。この結果、Hi-net の観測波形における初動は補助的に示した縦破線と良く対応しているのに対し、N-net 沖合システム（青線）や沿岸システム（橙線）には、縦破線より数秒早く初動が到着する観測点の存在が確認出来る。図 2-1-1-1 の地図に示されるとおり、初動が早く到着する観測点は震央からトラフ軸側に位置している。その結果、地下の比較的浅部に存在するフィリピン海プレート由来の高速媒質の影響を受けるため、陸域観測点から想定される見かけ速度よりも地震波が速く伝播した。南海トラフ海域で発生する地震の震源決定において N-net データを有効に活用するためには、三次元地下構造モデルを活用することが不可欠であることが分かる。

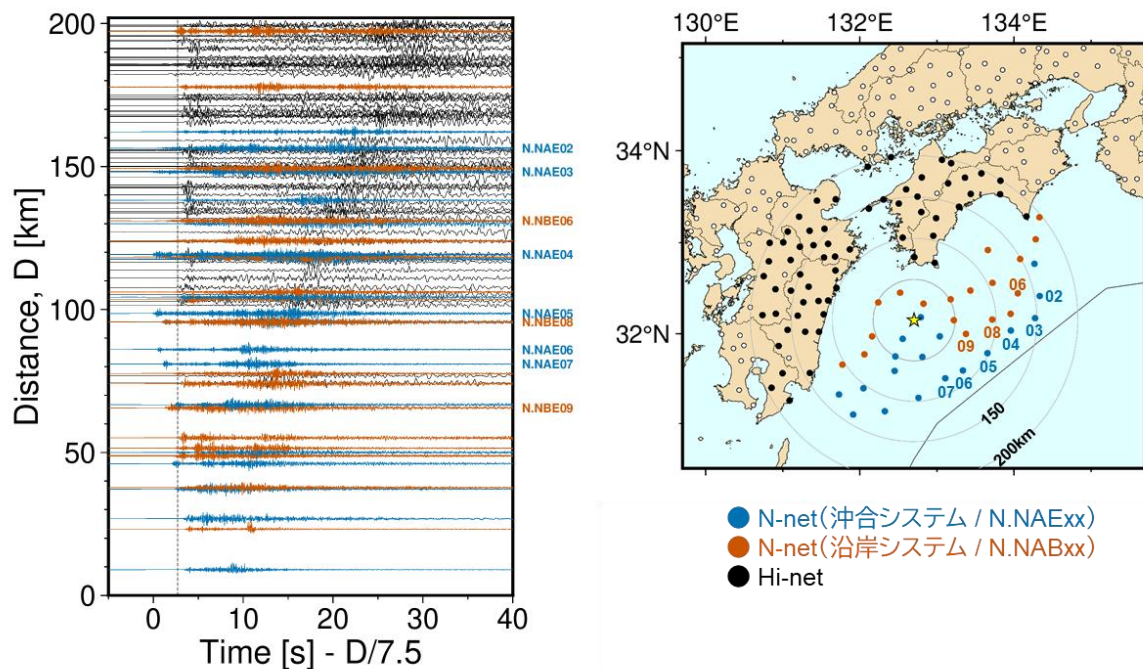


図 2-1-1-1 2026 年 2 月 25 日 18:07 頃に四国沖で発生した Mj5.0 の地震に対する上下動成分の観測波形例。震央距離 D と見かけ速度 7.5km/s に基づき時刻補正をした。波形を表示した観測点の分布を地図中に示す。波形及び観測点の配色は観測網・観測システムに対応しており、Hi-net、N-net 沖合システム、沿岸システムをそれぞれ黒、青、橙で表した。波形を表示していない Hi-net 観測点は地図中の白丸で示した。地図中の星印は気象庁による震央位置を示し、震央を中心とした 50km 間隔 200km までの等距離線を灰色の円で示す。地図中の番号は波形横に示した観測点名の下二桁に対応する。

3D 震源決定システムは、サーバ上に設定された複数の仮想マシン (VM) と計算結果を保存するリレーショナルデータベース (RDB) から構成される。各 VM 上では異なる計算パラメータや構造モデルを用いて完全に独立した震源計算を実施可能である。計算によって推定された震源情報は、Hi-net システム側で与えられた地震ごとの ID に加え、VM ごとに独自のサブ ID を添えて RDB に保存する。これにより、Hi-net システムと 3D 震源決定システム間、及び 3D 震源決定システム内の異なる VM 間での結果を互いに比較、検討することが容易に出来る。今回の震源計算の試行では、防災南海プロジェクトで令和 6 年度に構築した海陸統合三次元地下構造モデル^{1),2)}と地震波走時トモグラフィ解析による構造モデル³⁾を新たに導入し、3D 震源決定システムの過去震源再計算機能を用いて、2003 年 1 月～2026 年 2 月に発生した M1.0 以上の地震の震源再決定を行った。三次元地下構造モデルを用いた震源再決定における走時計算是 Pseudo-bending 法⁴⁾を用いた。以後、防災南海プロジェクトによる構造モデルを用いて得られた震源カタログを BN24、トモグラフィ解析によるカタログを MB22 と呼ぶ。なお、2024 年 7 月以降及び 2025 年 10 月以降に発生した地震については、それぞれ N-net 沖合システム、沿岸システムの検測値が含まれる。得られた震源計算結果は、Hi-

net システムによる震源カタログ (Hi1D) や気象庁一元化震源カタログ (JMA) ⁵⁾、フィリピン海プレート上面形状 ²⁾と比較した。震源再計算対象領域と N-net の観測点分布を図 2-1-1-2 に示す。

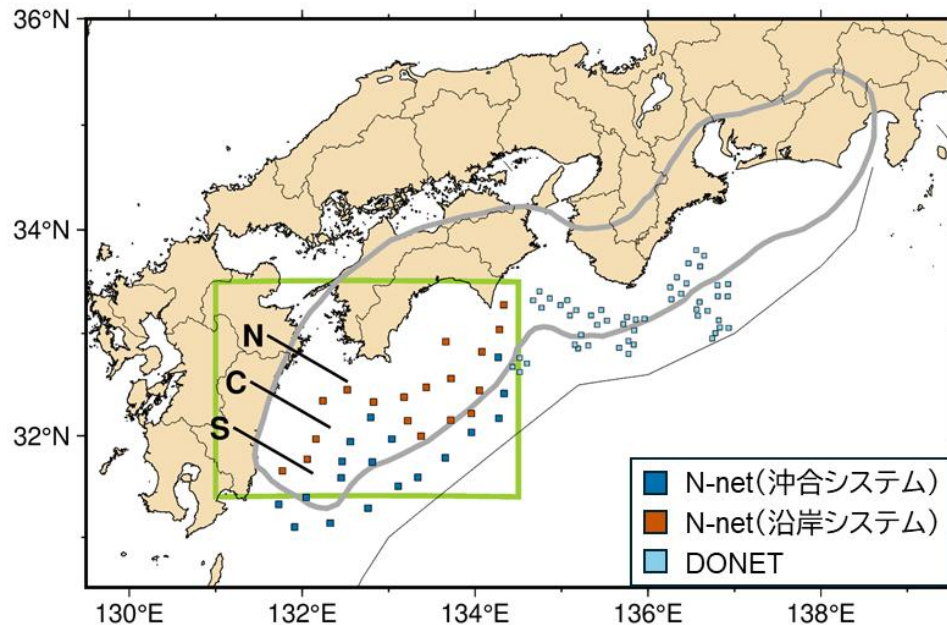


図 2-1-1-2 3D 震源決定システムにより震源再計算を試行した領域 (黄緑枠)。黒線は図 2-1-1-3、図 2-1-1-4 で示す断面の位置、灰色の線は南海トラフ巨大地震の想定震源域 ⁶⁾を表す。四角は海底に設置された N-net と DONET の観測点位置を表す。

再計算対象領域の西部に位置する日向灘は、南海トラフ巨大地震想定震源域内で最も地震活動が活発な地域である。まず、Hi-net システムに N-net 沖合システムのデータが追加される前の期間を対象に、今回導入した新しい三次元地下構造モデルの有効性評価を行う。前述の通り N-net 沖合システムのデータ収集開始は 2024 年 7 月だが、同年 3 月下旬以降、Hi-net システム上で試験データを用いた震源決定が試行されていた。ここでは、この処理の影響を避けるため、試行開始前の 2024 年 3 月 23 日までを対象期間とした。各震源カタログを用いて作成した日向灘の鉛直断面図を図 2-1-1-3 に示す。三次元地下構造モデルを用いた再決定震源 (MB22、BN24) は、全ての断面の沖合側において初期震源 (Hi1D) よりも浅くなる傾向が見られた。日向灘北部 (N 断面、図上段) では、一次元地下構造モデルに基づく JMA や Hi1D の震源分布とフィリピン海プレート上面モデル (青線) との間には薄い隙間が見られたが、MB22 や BN24 の深さ 30km 以浅ではプレート沈み込みに伴う地震活動の上端とフィリピン海プレート上面は概ね一致した。中部 (C 断面、図中段) では、いずれのカタログにおいても沖合に多数の浅い地震活動が認められた一方、深さ 35~40km 程度以深ではスラブ内地震活動が主となった。南部 (S 断面、図下段) では、JMA や Hi1D、MB22 にお

いて沖合（距離-20km 付近）で深さ 40km 以深の活発な地震活動が確認されたが、BN24 では同様の活動はほぼ認められなかった。MB22 は N-net 整備前の地震波走時データに基づくトモグラフィ解析に基づく三次元地下構造モデル³⁾を用いている。日向灘北部では、四国南西部と九州の観測点で波線を確保出来るのに対し、日向灘南部は九州のみの観測データでモデル推定が行われているため、モデルの信頼性に課題があると考えられる。一方、BN24 で用いたモデルは、海域構造探査や臨時観測データ解析など複数の成果を統合して構築されたものである^{1),2)}。結果として、40km 以深の活動が低調な BN24 の震源分布がより現実的なものであろうと考えられる。

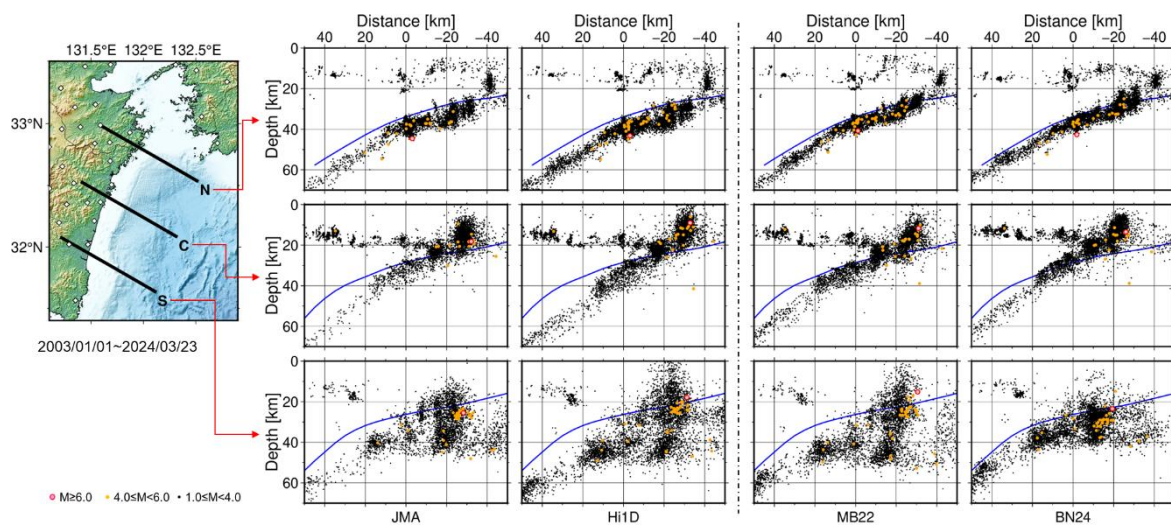


図 2-1-1-3 各震源カタログに基づく日向灘の地震活動。左の地図に示した断面線から±10km の範囲内で、2003 年 1 月 1 日から 2024 年 3 月 23 日までに発生した M 1 以上の地震の震源分布を示す。M 6 以上は赤丸、M 4 以上は橙丸を用いた。縦列は同一の震源カタログを用いており、最下部にカタログの略称を記す。横列は断面の位置に対応し、上から順に北部（N 断面）、中部（C 断面）、南部（S 断面）を示す。断面図中の青線はフィリピン海プレート上面の位置²⁾を、地図中の白菱形は観測点位置を表す。各断面図の右が太平洋側、左が九州側である。

次に、N-net 導入の効果を調べるため、N-net 沖合システム導入前後の震源分布を比較した（図 2-1-1-4）。N 断面及び C 断面では、N-net 導入前後の差異は明瞭ではない。これは、これらの断面が N-net 沖合システムの観測点から離れていること、特に N 断面は四国南西部の観測点が比較的近くに位置するため、N-net による新たなデータ追加が震源決定精度に大きな影響を及ぼさなかったことが要因である。今回、沿岸システムについては導入からの期間が短く、導入前後の震源分布の変化を確認することは困難であった。沿岸システムの効果については、今後のデータ蓄積を待った上で改めて評価する必要がある。一方、図 2-1-1-3 の S 断面で見られたプレート上面よりも 10km 以上深い地震活動は、N-net 沖合システム導入後、いずれのカタログにおいても著しく減少した。従来、日向灘南部の沖合で発生する地震の震源決定には、震央距

離の遠い陸域観測点のデータを用いるしかなかったため、特に震源深さの推定精度が低下していた。N-net 沖合システムの導入により震央付近及び震央東側の観測点データが新たに追加されたことで、震源深さの推定が安定し、過去に震源位置を深く評価されていたような地震活動の評価精度向上につながったと言える。

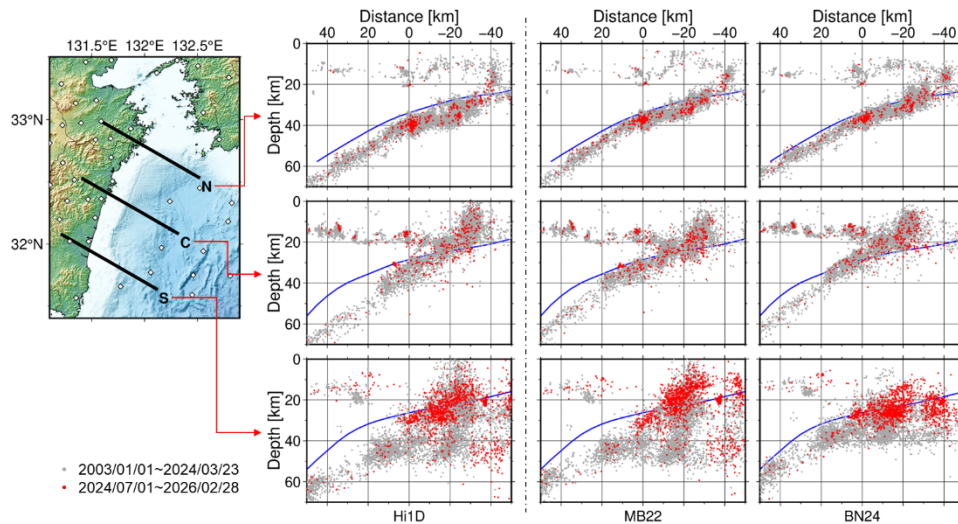


図 2-1-1-4 N-net 導入前後の震源分布の比較。導入前を灰色、導入後を赤の点で示す。断面線の位置や描画幅は図 2-1-1-3 と同じ。断面図中の青線はフィリピン海プレート上面の位置²⁾を、地図中の白菱形は観測点位置を表す。

N-net 沖合システムが利用可能となった 2024 年 7 月以降に日向灘で発生した Mj5.5 以上の 3 地震及び 2026 年 2 月 25 日に四国沖で発生した Mj5.0 の地震について、三次元地下構造モデルに基づいて評価した初動解を、Hi1D の初動解及び気象庁による CMT 解⁵⁾と比較した。結果を図 2-1-1-5 に、各地震の気象庁による震源情報⁵⁾を表 2-1-1-1 に示す。検討対象とした全ての地震において、発震機構解推定結果間の差異は小さく、CMT 解とも概ね一致する解となった。「南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）」の対象となった地震①では、Hi1D 解の走向が他の解よりもやや北向きに求まっていた。Hi1D 解は、他の地震を含め、震源球上に円弧を描くように観測点が分布している点が特徴的である。これは、一定の震央距離以遠の観測点における射出角評価にヘッドウェーブが強く影響していることを表している。極性が不一致となる観測点も少なからず存在しており、節面推定の安定性に影響を与えている。地震①及びほぼ同じ場所で発生した地震②は、地震調査委員会により沈み込むフィリピン海プレートと陸のプレートの境界で発生した地震であると評価されている^{7), 8)}。これらの地震の MB22 解及び CMT 解はいずれも低角逆断層型を示しており、この評価と整合している。これに対して、BN24 解の節面は高角に求まった。地震①及び②は BN24 で用いた三次元地下構造モデルの端部に近いため、フィリピン海プレート形状を含めた地下構造の解像が十分では無いことが影響した可能性が高い。一方、これらの地震の北東側で発生した地震③はフィリピン海プレート内部で発生した地震である⁹⁾。この地震の BN24 解はほぼ CMT

解と同様であるほか、極性不一致となる観測点も極めて少ないことが分かる。四国沖の地震（地震④）の震央直上周辺には、新たに敷設された N-net 観測点が分布している。陸域観測点のみで初動解を計算すると横ずれ成分の強い解が示唆されるが、菱形あるいは四角で示された N-net 観測点の初動極性を取り込むことによって CMT 解と同等の発震機構の推定が可能となっており、N-net が安定した初動解推定に大きく貢献している。

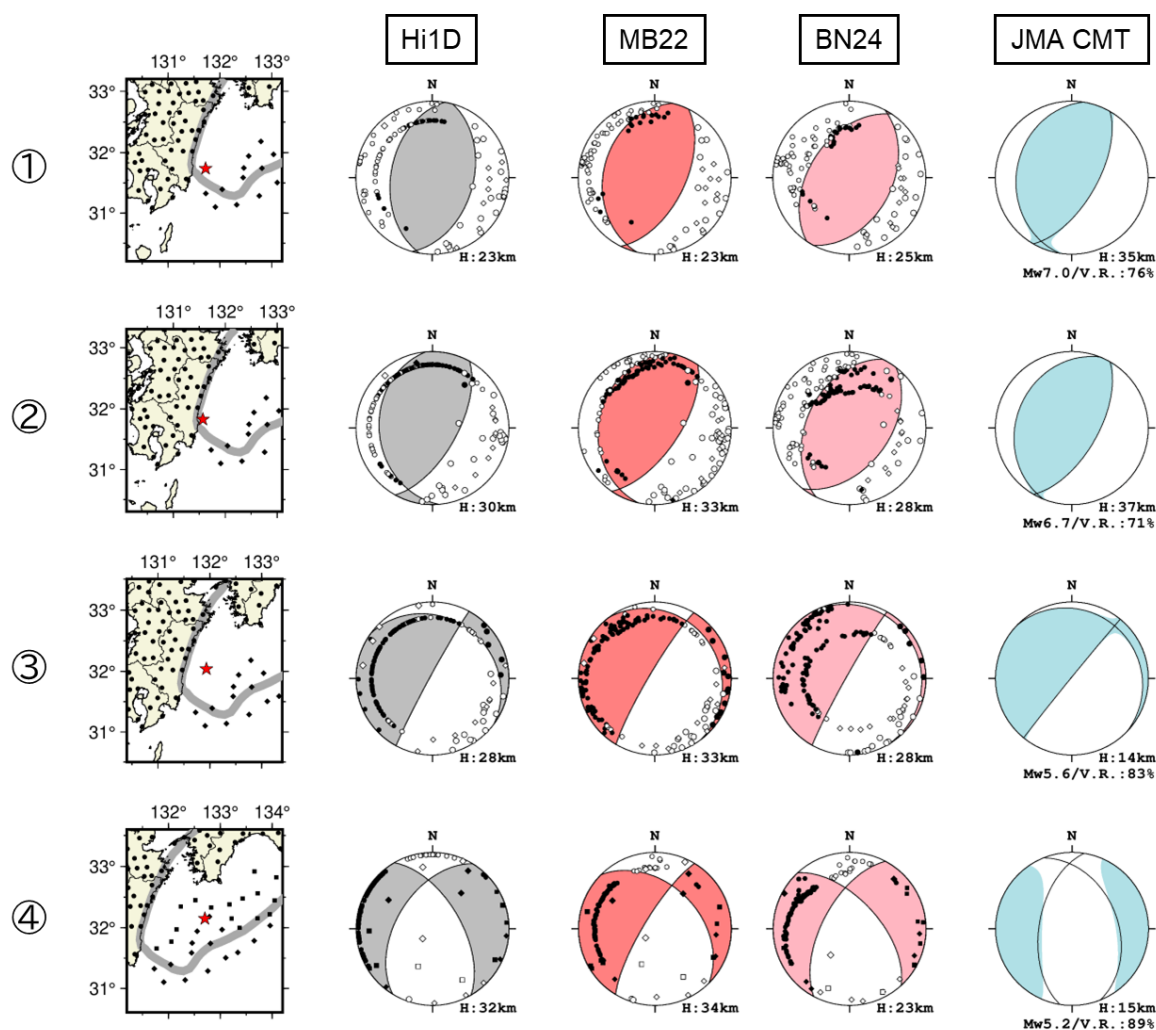


図 2-1-1-5 主な地震の発震機構解推定結果。番号①～④は、に対応する。地図中、気象庁一元化震源カタログによる震央位置を赤星、南海トラフ巨大地震想定震源域⁶⁾を灰色の線で示した。地図中及び初動解震源球上において、Hi-net、N-net 沖合システム、沿岸システムの観測点位置をそれぞれ丸、菱形、四角で示した。

表 2-1-1-1 発震機構解を確認した地震の諸元⁵⁾

	震源時刻	北緯	東経	深さ	M
①	2024/08/08 16:42:55	31.738°	131.723°	31 km	7.1
②	2025/01/13 21:19:32	31.829°	131.570°	36 km	6.6
③	2025/08/17 06:13:14	32.038°	131.936°	29 km	5.7
④	2026/02/25 18:07:46	32.149°	132.704°	33 km	5.0

本サブ課題では、今後、南海トラフ域を対象とした三次元地下構造モデルを用いた自動震源決定システムと同様のシステムを日本海溝・千島海溝を対象に新規構築し、震源計算結果の評価を行う予定である。日本海溝・千島海溝域を対象とした試験計算を新たに開始するための環境整備として、今年度は、南海トラフ域用に整備した 3D 震源決定システムが稼働しているサーバ上に日本海溝・千島海溝域を処理対象とする新たな VM を立ち上げた。基本設定は南海トラフ域と同等とし、三次元地下構造モデルには地震波走時トモグラフィ解析による構造モデル³⁾を仮設定した。

2) 海域観測データを用いたスロー地震モニタリング

本サブ課題では南海トラフ地震臨時情報へ貢献することを視野に、N-net 及び DONET を用いて南海トラフ浅部微動のモニタリングを行うことを目的の一つとしている。本年度は N-net のデータを用いた微動の検出と微動源の決定を試みた。

N-net は沖合システムと沿岸システムの 2 システムからなり、それぞれ 18 観測点に加速度計、速度計、水圧計を有している。本サブ課題では、2025 年 6 月に完成した N-net の速度計で取得された 3 成分の波形データを解析に用いた。目視によって連続波形を確認したところ、日向灘から南海トラフ及び室戸沖に設置した沖合システムと沿岸システムの観測点で振幅が比較的小さいにもかかわらず継続時間の長い（1 分以上）、微動と考えられる波形が確認できた。一例として、図 2-1-1-6 に連続波形記録を示す。ほぼ全点で観測される通常の地震のほか、概ね N-net の敷設海域の西半分にあたる足摺岬沖から日向灘の海域に設置した観測点（図 2-1-1-6 下段の下半分）で微動と考えられる波形が観測されていた。

次に、微動源を決定するためのモニタリングシステムを試験的に構築した。今回は DONET での微動モニタリング¹⁰⁾と同様の手法を採用し、一次元地震波速度構造を仮定した。まず、2～8 Hz のバンドパスフィルタを連続波形に対して適用し、1 Hz でリサンプリングして各観測点のエンベロープ波形を作成した。次に、エンベロープ相関法^{11),12)}を用いて微動の検出と微動源の決定を行った。震源決定された結果を既存の地震カタログと照合し、微動、地震、エアガンといった分類を行い、可視化を行った。微動源の決定の結果、N-net の敷設海域の西半分にあたる足摺岬沖から日向灘の海域で微動が決定された。暫定的な微動の分布を図 2-1-1-7 に示す。なお、主な活動時期は、既報¹³⁾の 2024 年 8 月の日向灘の地震の発生後に加え、2025 年 1 月の日向灘の地震後、2025 年 5 月下旬、7 月中旬であった。今後、微動の発生位置とともに精査する

予定である。

一方、DONET の海域における南海トラフ浅部微動のモニタリングについては、過年度に防災科研で構築したモニタリングシステムを今年度に調達したサーバで稼働できるように整備した。以上により、N-net 及び DONET の海域における南海トラフ浅部微動のモニタリングを着実に進めることができた。

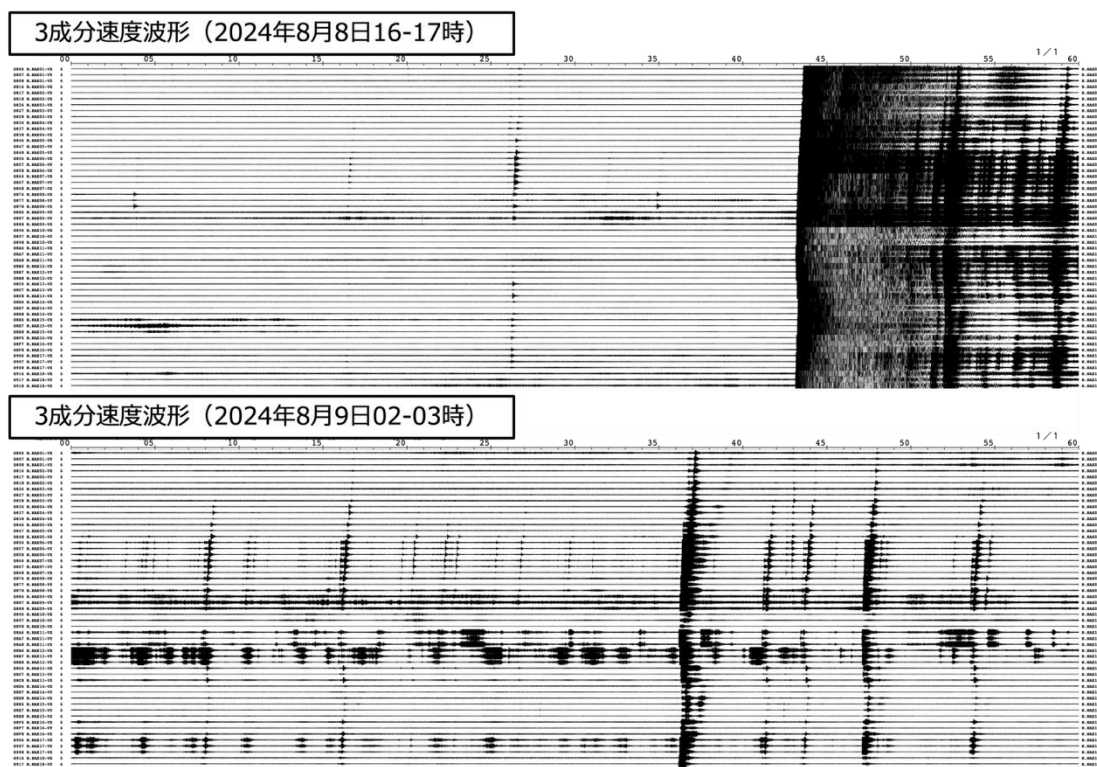


図 2-1-1-6 N-net 沖合システムの速度計 3 成分の連続波形の例。トレースは上から室戸から串間の順に 18 観測点の波形記録を並べた。(上) 2024 年 8 月に発生した日向灘の地震時の記録。(下) その後の地震と微動を含む記録事例。

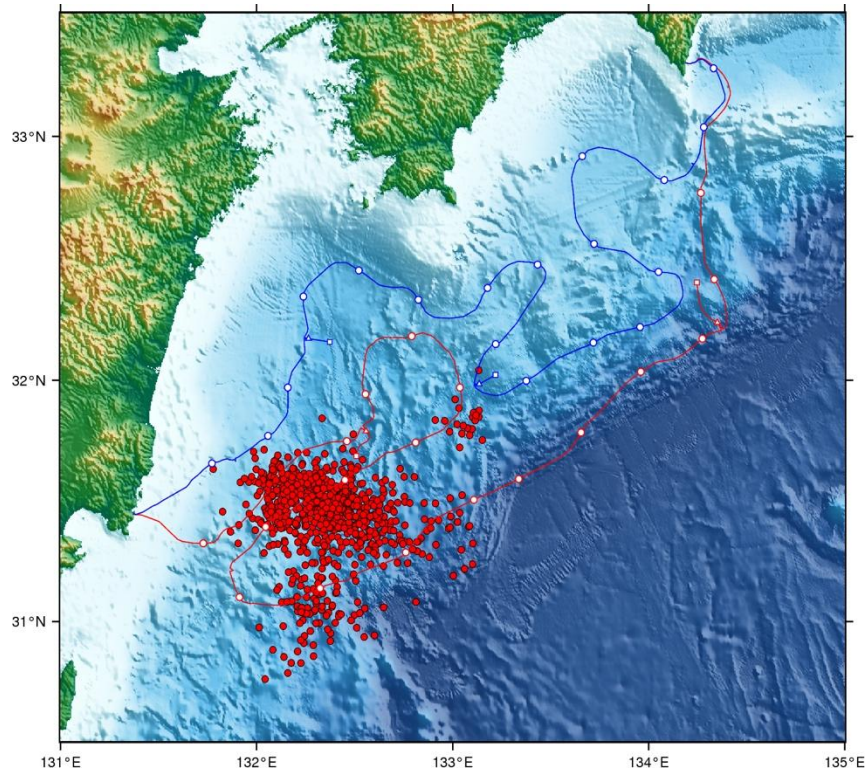


図 2-1-1-7 N-net を用いた微動分布の暫定的な結果 (赤丸)。赤線は N-net 沖合システム、青線は沿岸システム、白丸は観測点の位置を表す。

3) 新たな海域観測データの取得と解析方法の検討

N-net は、沖合システムが約 900km、沿岸システムが約 740km の光海底ケーブルによって高知県室戸市の室戸ジオパーク陸上局と宮崎県串間市の串間陸上局がつながっている。このうち、室戸ジオパーク陸上局及び串間陸上局からそれぞれ約 50km 程度、監視用の光ファイバが両システムに整備されている。この監視用の光ファイバは、インライン観測で使用する光ファイバとは別に沖合システム及び沿岸システムのそれぞれで利用可能である。本年度は、串間陸上局から沖合システム及び沿岸システムの監視用に整備されている光ファイバを用いて、DAS 観測を実施することとした。

2026 年 3 月に東京大学地震研究所より串間陸上局に 2 セットの DAS 計測装置 (インテロゲータ)、データ収録装置、刻時用 GNSS、UPS とその周辺機材等を運搬し、それらを串間陸上局のサーバ室内に設置した。インテロゲータは OptaSense 社の QuantX を用いた。刻時にはサーバ室内で GNSS 信号を分岐、再放射したものを受信して利用した。沖合システム及び沿岸システムの海底ケーブル端末をそれぞれ DAS 計測装置に接続し、10m 間隔で約 5,000 チャンネルを設定して観測を開始した。写真 2-1-1-1 は沖合システムと沿岸システムそれぞれの DAS 計測装置等の設置状況と観測の様子である。タップテスト等を経て、2026 年 3 月 18 日より両システムの観測をスタートした。

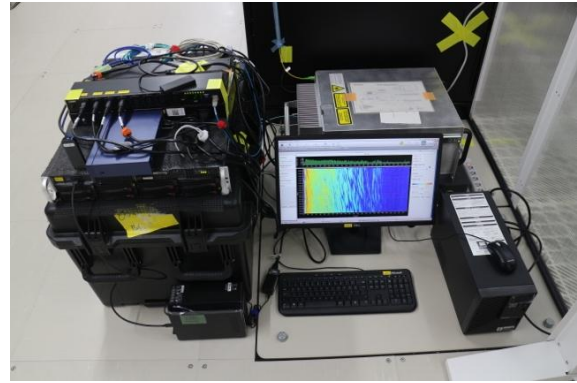
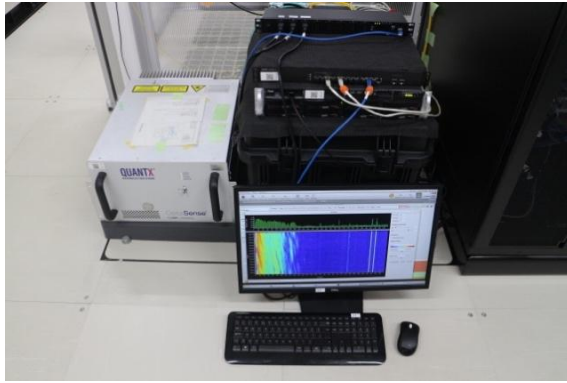


写真 2 - 1 - 1 - 1 DAS 計測装置等の設置状況と監視用の光ファイバによる DAS 観測の様子。左が沖合システム、右が沿岸システム。

(c) 結論ならびに今後の課題

地下構造が複雑な南海トラフ及びその周辺域で発生する震源の位置を適確に把握するためには、震央近傍で観測されたデータと現実に即した三次元地震波速度構造を用いた震源決定を行う必要がある。今年度は、南海トラフ海域に新たに敷設された **N-net** の観測データを三次元地下構造モデルに基づいて自動的に震源決定を行うシステムに導入した。三次元地下構造モデルには、防災南海プロジェクトで構築した最新のモデル及び地震波走時トモグラフィによるモデルを採用した。2003 年以降に日向灘で発生した地震を対象として震源再決定を行ったところ、特に日向灘南部の沖合で発生する地震について、最新の三次元地下構造モデルと **N-net** の観測データを導入することで震源の深さを著しく安定して推定可能なことが明らかになった。以上により、今年度の目標である 3D 震源計算システムへの **N-net** データの追加及び計算結果の評価は達成された。ただし、**Hi-net** システム上での **N-net** 沿岸システムのデータ処理は 2025 年 10 月に開始したばかりであり、震源位置や発震機構解推定への貢献は未評価である。また、**N-net** 各観測点の特徴把握を進め、より高精度な震源を推定するための観測点ごとの走時補正値を評価する必要がある。地震活動の活発な日本海溝・千島海溝域に対しては、南海トラフ用に整備した 3D 震源決定システムに、当該地域の既存三次元地下構造モデルを仮設定する環境整備を行った。今後、自動処理を行うための処理性能の確認及び計算パラメータの設定、震源計算結果の評価を行う。また、南海トラフ域、日本海溝・千島海溝域ともに、新たな構造モデルが構築された際には、それぞれの 3D 震源計算システムにモデルを反映する必要がある。

南海トラフ沿いで発生するスロー地震（微動）活動について、**N-net** の沖合システム及び沿岸システムの速度計で得られたデータを用いて、その分布を明らかにした。目視による連続波形の確認を行ったほか、一次元地震波速度構造を仮定した、エンベロープ相関法による試験的なモニタリングシステムを構築して解析を行った結果、微動は主として **N-net** の敷設海域の西半分で発生していることが明らかとなった。また、導入したサーバにおいて **DONET** を用いたモニタリングシステムを稼働できるよう整備した。以上のように、本年度の目標は達成できた。今後、**N-net** 海域においては結果を精査する

とともに、観測点補正等により振幅を考慮することで微動のエネルギーを決定する。さらに、現在手動で実施している解析を安定的に自動で行うことで、網羅的に微動源を決定する予定である。また、N-net 及び DONET を同時に用いた解析も行う予定である。

N-net を用いた新たな海域観測データの収集を目的として、N-net 沖合システム及び沿岸システムの監視用の光ファイバを用いた DAS 観測を開始した。観測期間は約 2 ヶ月を予定している。今後、DAS 観測によって得られた時空間的に稠密なデータと N-net の地震計や津波計データとを比較して、観測データの評価等を行う。

(d) 引用文献

- 1) 文部科学省研究開発局・国立研究開発法人海洋研究開発機構：防災対策に資する南海トラフ地震調査研究プロジェクト 令和 6 年度 成果報告書 令和 7 年 5 月，
<https://www.jishin.go.jp/database/project_report/nankai-bosai/nankai-bosai-r06/>，(参照 2026-03-25)，2025.
- 2) 仲西理子・他：様々な用途に活用可能な 3 次元海陸統合地下構造モデルを目指した南海トラフ域における多様な構造モデルの統合，日本地球惑星科学連合 2025 年大会（千葉市），SSS08-05，2025.
- 3) Matsubara, M., Ishiyama, T., No, T., Uehira, K., Mochizuki, M., Kanazawa, T., Takahashi, N., and Kamiya, S.: Seismic velocity structure along the Sea of Japan with large events derived from seismic tomography for whole Japanese Islands including reflection survey data and NIED MOWLAS Hi-net and S-net data, Earth, Planets and Space, 74:171, doi: 10.1186/s40623-022-01724-0, 2022.
- 4) Koketsu, K. and Sekine, S.: Pseudo-bending method for three-dimensional seismic ray tracing in a spherical earth with discontinuities, Geophys. J. Int., 132, 339-346, doi: 10.1046/j.1365-246x.1998.00427.x, 1998.
- 5) 気象庁：地震月報（カタログ編），
<<https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/bulletin/index.html>>，(参照 2026-03-25).
- 6) 内閣府 南海トラフの巨大地震モデル検討会：南海トラフの巨大地震モデル検討会中間取りまとめ（平成 23 年 12 月 27 日），
<https://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/chukan_matome.pdf>，(参照 2026-03-25)，2011.
- 7) 地震調査研究推進本部 地震調査委員会：2024 年 8 月 8 日 日向灘の地震の評価（令和 6 年 8 月 9 日），
<https://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2024/20240808_hyuganada.pdf>，(参照 2026-03-25)，2024.
- 8) 地震調査研究推進本部 地震調査委員会：2025 年 1 月の地震活動の評価（令和 7 年 2 月 12 日），
<https://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2025/2025_01.pdf>，(参照 2026-03-25)，2025.

- 9) 地震調査研究推進本部 地震調査委員会：2025 年 8 月の地震活動の評価（令和 7 年 9 月 9 日），
https://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2025/2025_08.pdf，（参照 2026-03-25），2025.
- 10) 太田和晃：DONET データを用いた南海トラフ浅部微動の網羅的検出, 日本地震学会 2021 年度秋季大会（オンライン），S09-22，2021.
- 11) Ide, S.: Striations, duration, migration and tidal response in deep tremor, Nature, 466, 356-359, doi:10.1038/nature09251, 2010.
- 12) Ohta, K., Ito, Y., Hino, R., Ohyanagi, S., Matsuzawa, T., Shiobara, H., Shinohara, M.: Tremor and inferred slow slip associated with afterslip of the 2011 Tohoku Earthquake, Geophysical Research Letters, 46, 9, 4591-4598, doi: 10.1029/2019GL082468, 2019.
- 13) 三好崇之・太田和晃・松澤孝紀・浅野陽一・功刀卓・武田哲也・青井真：N-net を用いた南海トラフ浅部微動活動のモニタリングに向けて，日本地震学会 2024 年度秋季大会（新潟市），S23P-17，2024.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
南海トラフ周辺を対象とした新たな三次元地震波速度構造を用いた震源決定の試行（2）～モデルの更新と N-net の導入～（ポスター発表）	汐見勝彦 松原誠 仲西理子 藤江剛 浅野陽一 三好崇之	日本地震学会 2025 年度秋季大会	R7.10.20	国内
N-net を用いた南海トラフ浅部微動活動のモニタリング（口頭発表）	三好崇之 松澤孝紀 浅野陽一 太田和晃	日本地震学会 2025 年度秋季大会	R7.10.22	国内
Introduction of monitoring for shallow tectonic tremors along the Nankai trough using the N-net（口頭発表）	Miyoshi, T. Matsuzawa, T. Asano, Y. Ohta, K	ESNZ-NIED Earthquake and Tsunami Workshop	R8.02.22	国外

2) 学会誌・雑誌等における論文掲載

なし

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

② AI(深層学習)技術を用いた走時計算法及びトモグラフィ手法の開発

(a) 業務の要約

震源決定の高精度化には高精度な三次元地下構造モデルが不可欠だが、防災南海プロジェクトで構築された三次元地下構造モデル¹⁾も含めて、既存のモデルでは構造推定に伴う不確実性はほとんど把握されていない。本サブ課題では、この課題解決に向けて、地球科学分野において不確実性の定量化のために広く用いられるベイズ推定に基づき、走時トモグラフィ解析手法による三次元地下構造モデルの構築と不確実性の評価を行うことを目指す。ベイズ推定では確率分布を推定するために多数の走時トモグラフィ計算結果からなるアンサンブルを作る必要があり、必然的に計算負荷が高い。そこで、ベイズ推定での活用を念頭に **Physics-informed neural network (PINN)** に基づいた効率的な走時計算法を開発した。加えて、PINN に基づくベイズトモグラフィ解析手法の開発も実施した。さらに、本トモグラフィ手法を用いて、紀伊半島沖の3次元P波速度構造モデルのアンサンブル推定を行い、推定結果の不確実性を定量化することに成功した。

(b) 業務の成果

1) 紀伊半島沖三次元P波速度構造のアンサンブルモデルの構築

防災南海プロジェクトにおいて、これまで蓄積されてきた二次元や三次元の様々な構造情報を元に、南海トラフ域の三次元P波速度構造モデルが構築された¹⁾。また、同領域において海洋研究開発機構が実施してきた海域地震探査による制御震源データと自然地震データを統合した走時トモグラフィ解析による三次元P波速度構造モデルも構築されている^{2),3)}。このような構造モデルには、地震研究におけるコミュニティモデルとしての役割が期待される。一方で、解析領域にはモデル構築に使用された地震データにより地震波速度が拘束されていない部分が当然含まれているため、モデルの信頼性に関する情報を明示することが課題となる。そのためには、速度構造の推定結果における不確実性の定量化が可能であるトモグラフィ解析手法が必要となる。

そこで本サブ課題では、地球科学分野において不確実性の定量化のために広く用いられる、ベイズ推定に基づく走時トモグラフィ解析手法の導入を検討した。ベイズ推定は、推定対象のパラメータに関する事前情報とデータからの情報を合わせた下でのパ

ラメータの確率分布を求める。非線形性の強い走時トモグラフィ解析においては、速度構造を最少でも数百程度のメンバーからなるアンサンブルモデルとして推定することにより、確率分布を近似的に表現することが望ましい。しかし、三次元地震波速度構造をグリッドモデルにより表現し、それを数百個のアンサンブルとして管理することは、データ量等の観点から容易ではない。そこで本研究ではさらに、**Physics-informed neural network (PINN)**⁴⁾によるメッシュフリーな走時トモグラフィ⁵⁾を導入することとした。この手法では、速度構造をニューラルネットワークにより表現して推定を行う。ニューラルネットワークは速度構造を関数そのものとして表現できるため、グリッドモデルよりデータ効率ははるかに高く、速度構造をアンサンブルモデルとして保持することも容易となる。PINNに基づくベイズ走時トモグラフィの手法は担当者らによりすでに提案されており⁶⁾、地震探査実データによる二次元P波速度構造モデルの推定にも適用済み⁷⁾であるが、三次元モデルへの適用性はこれまで未検討であった。

まず、Sin 波型の空間パターンの人工的三次元速度構造に基づく数値実験を実施し、PINNに基づくベイズ走時トモグラフィ手法の適用性を確認した。そして、南海トラフ域の一部、具体的には紀伊半島沖の領域を対象に、実データによる三次元P波構造のアンサンブル推定を行った。対象領域を図2-1-1-8に示す。Arnulf et al. (2022)²⁾が用いた海域地震探査による制御震源データと自然地震データを統合したデータセットから、対象領域に含まれるものを抽出して使用することとした。抽出したデータセットには、制御震源と自然地震に由来するそれぞれ 322,549 と 61,710 の走時データが含まれる。このデータセットに基づき、255 個のモデルからなる速度構造アンサンブルモデルを推定した。

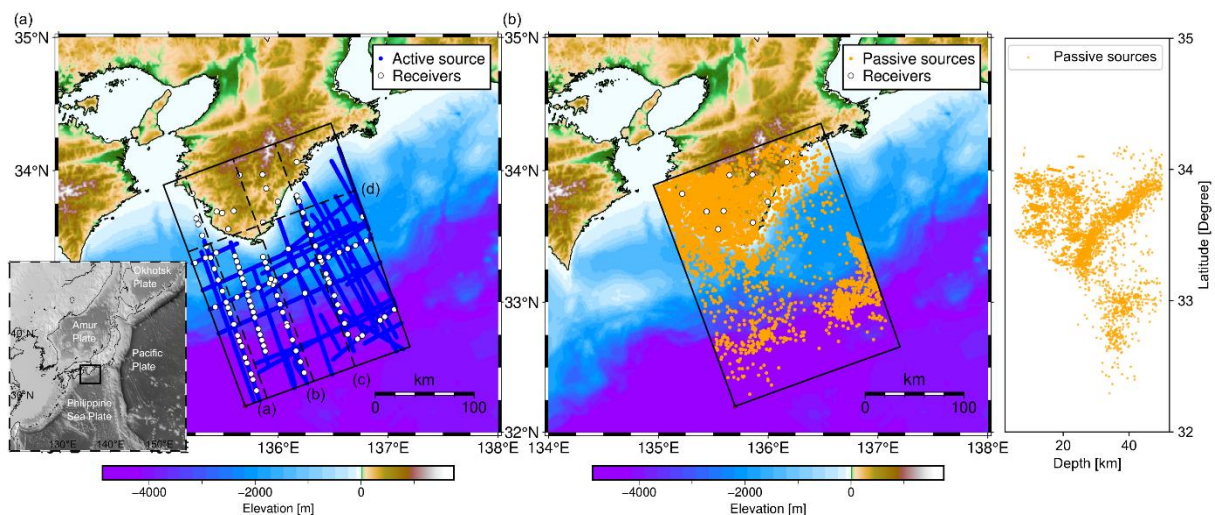


図2-1-1-8 紀伊半島沖の解析対象領域。(a) 制御震源と受振点の分布。(b) 自然地震震源と受振点の分布。

推定結果の断面、全体での可視化結果を図2-1-1-9、図2-1-1-10に示す。Arnulf et al.の結果とは、255モデルのアンサンブル平均モデルでよく対応している。255モデルの標準偏差は不確実性の一つの指標となる。平均モデルとArnulfモデ

ルでずれのある部分は、不確実性の影響として説明できると考えられる。標準偏差の分布は、制御地震データによる拘束が強い浅部では不確実性が小さく、自然地震データの拘束が比較的強くなる深部に行くにつれ大きくなり、さらにデータからの拘束がない端点では大きくなるといった解釈性の高い特徴を示している。

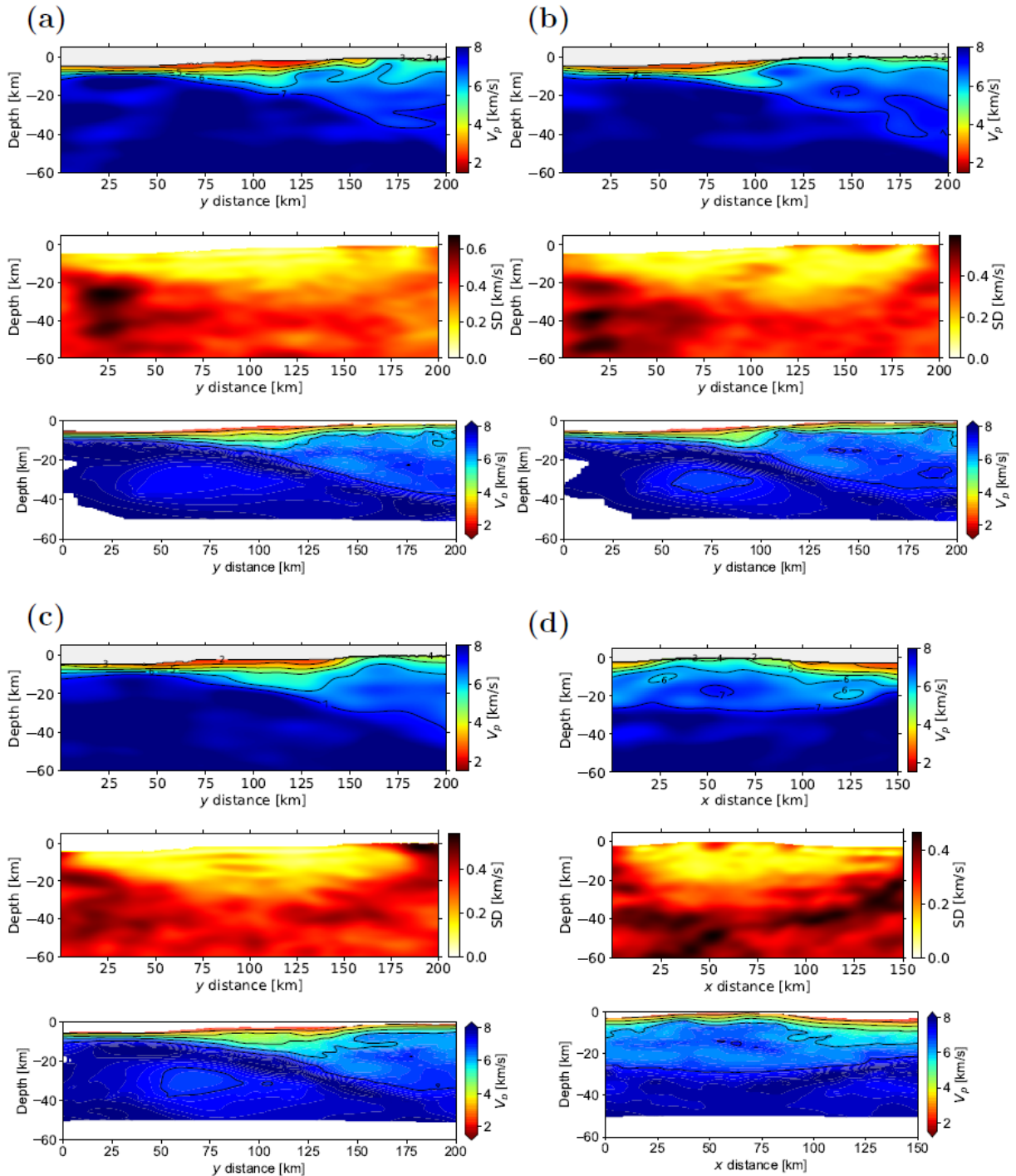


図 2-1-1-9 図 2-1-1-8 (a)に示す(a)-(d)の断面位置における、平均P波速度構造モデル（上段）、P波速度の標準偏差（中段）、Arnulf et al. (2022) ²⁾による平均P波速度構造モデル（下段）。

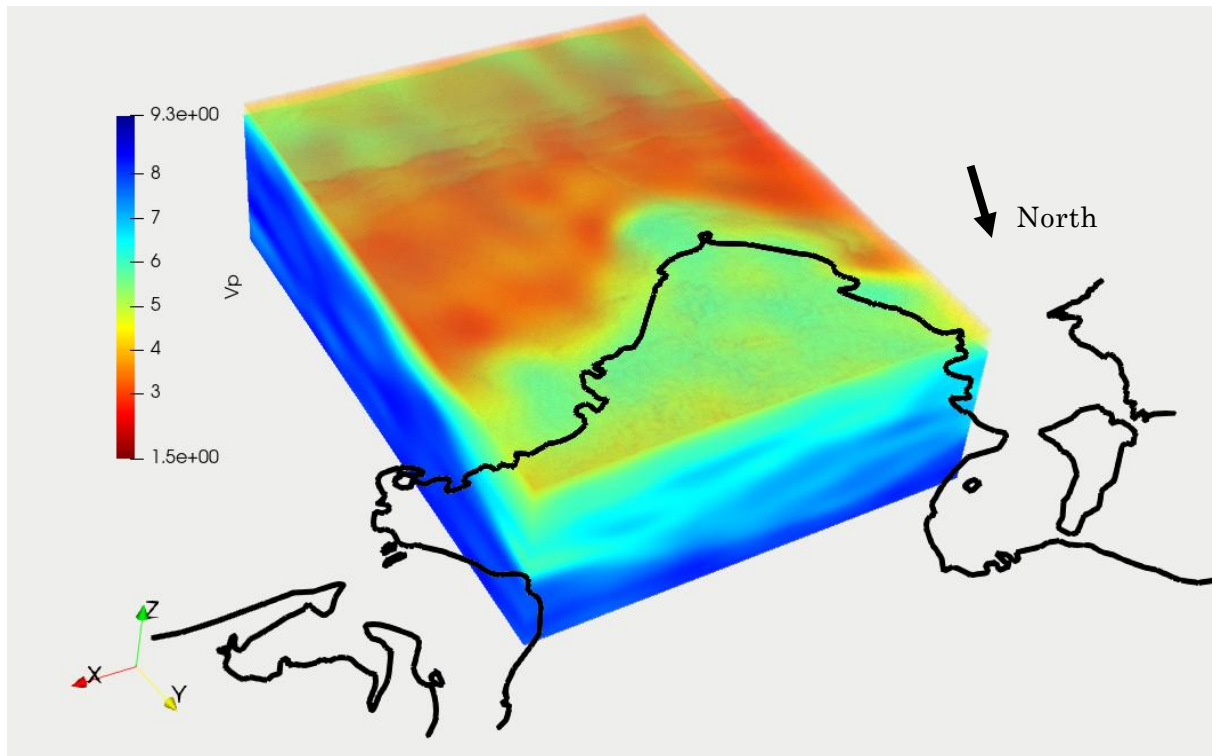


図 2 - 1 - 1 - 10 平均速度構造モデルの三次元可視化結果。P 波速度が 6 km/s 以下の領域を半透明としている。黒線は左から渥美、知多、紀伊半島、淡路島などを表す海岸線。

(c) 結論ならびに今後の課題

Physics-informed neural network (PINN)に基づいたトモグラフィ解析にベイズ推定手法を導入することで、紀伊半島沖の三次元 P 波速度構造モデルのアンサンブル推定を行い、推定結果の不確実性を定量化することに成功した。以上により、今年度の目標である走時計算方法の開発のみならず、来年度の目標である PINN に基づくベイズトモグラフィ解析手法の開発に着手することができた。今後は、南海トラフ域全域での解析を目指した解析領域の拡大を予定している。今回の紀伊半島沖の解析を行うために、85GPU を 20 時間以上占有している。解析領域拡大のために、計算環境の確保が重要となる。また、計算プログラムで用いる機械学習用ライブラリを、より計算性能に特化したものに移行することで、計算時間短縮を図ることも検討する。

(d) 引用文献

- 1) 仲西理子・他：様々な用途に活用可能な 3 次元海陸統合地下構造モデルを目指した南海トラフ域における多様な構造モデルの統合，日本地球惑星科学連合 2025 年大会（千葉市），SSS08-05，2025.
- 2) Arnulf, A. F., Bassett, D., Harding, A. J., Kodaira, S., Nakanishi, A., and Moore, G.: Upper-plate controls on subduction zone geometry, hydration and earthquake behavior, *Nature Geoscience*, 15(2), 143-148, 2022.
- 3) Bassett, D., Arnulf, A., Kodaira, S., Nakanishi, A., Harding, A., and Moore, G.: Crustal structure of the Nankai subduction zone revealed by two

decades of onshore - offshore and ocean - bottom seismic data: Implications for the dimensions and slip behavior of the seismogenic zone, Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 127(10), e2022JB024992, 2022.

- 4) Raissi, M., Perdikaris, P., and Karniadakis, G. E.: Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations, Journal of Computational physics, 378, 686-707, 2019.
- 5) Waheed, U. B., Alkhalifah, T., Haghighat, E., Song, C., and Virieux, J.: PINNtomo: Seismic tomography using physics-informed neural networks, arXiv preprint arXiv:2104.01588, 2021.
- 6) Agata, R., Shiraishi, K., and Fujie, G.: Bayesian seismic tomography based on velocity-space Stein variational gradient descent for physics-informed neural network, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 61, 1-17, 2023.
- 7) Agata, R., Shiraishi, K., and Fujie, G.: Physics-informed deep learning quantifies propagated uncertainty in seismic structure and hypocenter determination, Scientific Reports, 15(1), 1846, 2025.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
物理情報深層学習に基づく能動・受動震源を用いたベイジアントモグラフィ （口頭発表）	縣亮一郎 白石和也 藤江 剛 Bassett, D.	日本地震学会 2025 年度秋季大会	R7.10.20	国内
Bayesian three-dimensional seismic traveltime tomography based on physics-informed neural network （口頭発表）	Agata, R. Shiraishi, K. Fujie, G. Bassett, D.	International Workshop on Interdisciplinary Research of Information Science and Seismology (IWIRISS 2025)	R7.11.25	国内

2) 学会誌・雑誌等における論文掲載

なし

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

③ 三次元地下構造モデルの構築及び更新に向けた取り組み

(a) 業務の要約

防災南海プロジェクトで構築した南海トラフ域の海陸統合三次元地下構造モデルの精緻化、信頼性向上のための更新及び日本海溝・千島海溝域の三次元地下構造モデルを実データに基づき新たに構築するため、地下構造に関する既存の研究成果など公表済みの知見を整理するとともに、地下構造の構築に有用な未公開の構造探査データの収集に向けた取り組みを進めた。日本海溝・千島海溝域については、国内の多数の大学等の研究者に聞き取り調査を進めた結果、三次元地下構造モデルの構築にきわめて有用な多数の未公開データを本プロジェクトで活用できる道筋をつけることができた。

(b) 業務の成果

1) 南海トラフ域の三次元地下構造モデルの更新に向けた取り組み

防災南海プロジェクトで構築した南海トラフ域における三次元地下構造モデル¹⁾の精緻化、信頼性向上のために、活用可能な既存の研究成果や調査観測データの収集に着手した。防災南海プロジェクトの三次元地下構造モデルは、走時トモグラフィによって構築した三次元地下構造モデル²⁾を基盤としていたが、走時トモグラフィに用いた構造探査データは 2010 年以前のもののみであった。2011 年以降、南海トラフでは海洋研究開発機構だけでも 100 本以上の二次元反射法地震探査や 10 本以上の二次元屈折法地震探査を実施しており、これらの人工震源データを DONET や Hi-net などの海陸定常地震観測網で受信したデータを走時トモグラフィ解析に適用することで、三次元地下構造モデルの精緻化や信頼性の向上が期待できる。しかし、反射法地震探査ではエアガン発振間隔が約 20 秒と短いため、前の発振による水中多重反射がノイズとして重畳し、初動など地下を伝播した信号が著しく乱されてしまう。このため、実際の解析では利用が困難であるという大きな問題がある。そこで、本年度は、AI を用いたノイズ抑制手法の開発研究に取り組んだ。概念図を図 2-1-1-11 に示す。繰り返し同一測線で実施した構造探査データをスタックして得られた高品質（低ノイズ）データを教師データとして用い、AI をトレーニングすることでノイズ抑制を試みた。現在までのところ、二次元地震探査（オンライン発振）における突発ノイズ等への有効性を確認した。水中多重反射の抑制は対応困難な課題であることは間違いないが、今後は、三次元構造の構築で重要となるオフライン発振データにおける前の発振の水中多重反射についても検証していく計画である。

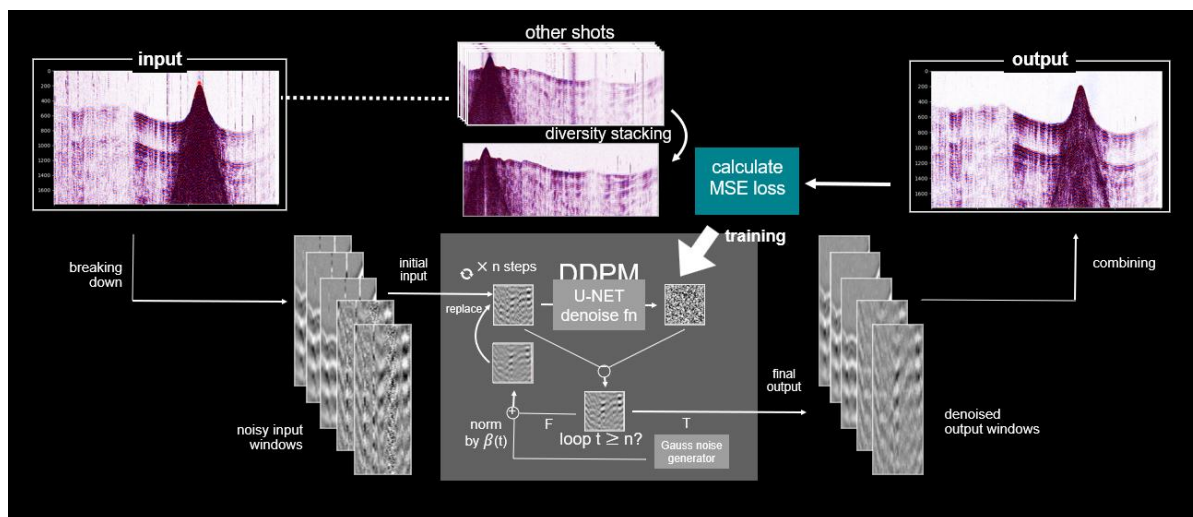


図 2-1-1-11 AI を用いたノイズ抑制処理の概念図。

2) 日本海溝・千島海溝域のデータ収集・整備

日本海溝・千島海溝域における海洋研究開発機構の海域地震構造探査観測データは、南海トラフ域に比べて圧倒的に少ない（図 2-1-1-12）。そのため、海洋研究開発機構のデータのみでは、南海トラフ域に比べて解像度や信頼性が著しく低い三次元構造モデルしか得られない。一方、千島海溝・日本海溝域では、様々な大学や研究機関等が国のプロジェクト等を活用し、地下構造探査に関する研究を実施してきた。その成果の一部は国際誌で論文として公表されているが、受託研究等の報告書のみにとどまっているものも少なくない。さらに、観測データについては公開や利活用に関する情報が明示されていないのが実情である。そこで本プロジェクトでは、これら既存の有用な研究成果や観測データを掘り起こし、日本海溝・千島海溝の三次元地下構造モデルの構築ならびに解像度や信頼性の向上に活用するとともに、それらのデータを将来の研究資産として保存・継承していくことを目指す。

令和 7 年度は、過去 20～30 年の間に日本海溝・千島海溝域で地震構造探査を実施した主要な大学である北海道大学、東北大学、東京大学地震研究所と相談、議論を重ね、既存データの活用手順や、データ活用後の成果の公開方法等について整理を進めた。その結果、本プロジェクトでこれらのデータを活用するための道筋を確立することができた。

本プロジェクトにとってとりわけ重要な観測データは、日本海溝全域と北海道沖の千島海溝域を網羅して観測を実施した「日本海溝・千島海溝周辺の海溝型地震に関する研究調査」（平成 16 年度～平成 20 年度）^{3)・7)}（以下、海溝型調査）である。海溝型調査では、年度ごとに自然地震観測のための長期間の海底地震計設置と構造探査を実施しており（図 2-1-1-13）、その解析結果は、各年度の報告書等^{4)・8)}に記載されている。これらの報告では構造探査結果は二次元に限られているが、実際の観測は全ての海底地震計設置後に実施されている。このため、測線上でエアガンを発振したデータ（オンラインショット）に加え、別測線で発振したデータ（オフラインショット）も海底地

震計に記録されているはずである。オフラインショットは三次元地下構造モデルの構築にも極めて有効である。そこで、本プロジェクトでは生データ（観測期間中の連続記録）からオフラインショットを切り出し、解析に活用する方針のもと、関係者との調整を進めている。

一方、海溝型調査も含め、大学による構造探査データの多くは各大学独自のフォーマットで保存されており、そのままでは近年の解析ソフトウェアを活用することが難しい。今後、これらのデータを研究資産として継承していくためにも、業界標準フォーマットに変換することが望まれる。このため本プロジェクトでは、各大学独自の旧来のフォーマットを業界標準のデータフォーマット（SEG-Y）に変換する取り組みにも着手した。令和7年度は、北海道大学独自のデータフォーマットを SEG-Y 形式に変換するソフトウェアコードを開発し、実データに適用することでその有効性を確認した。

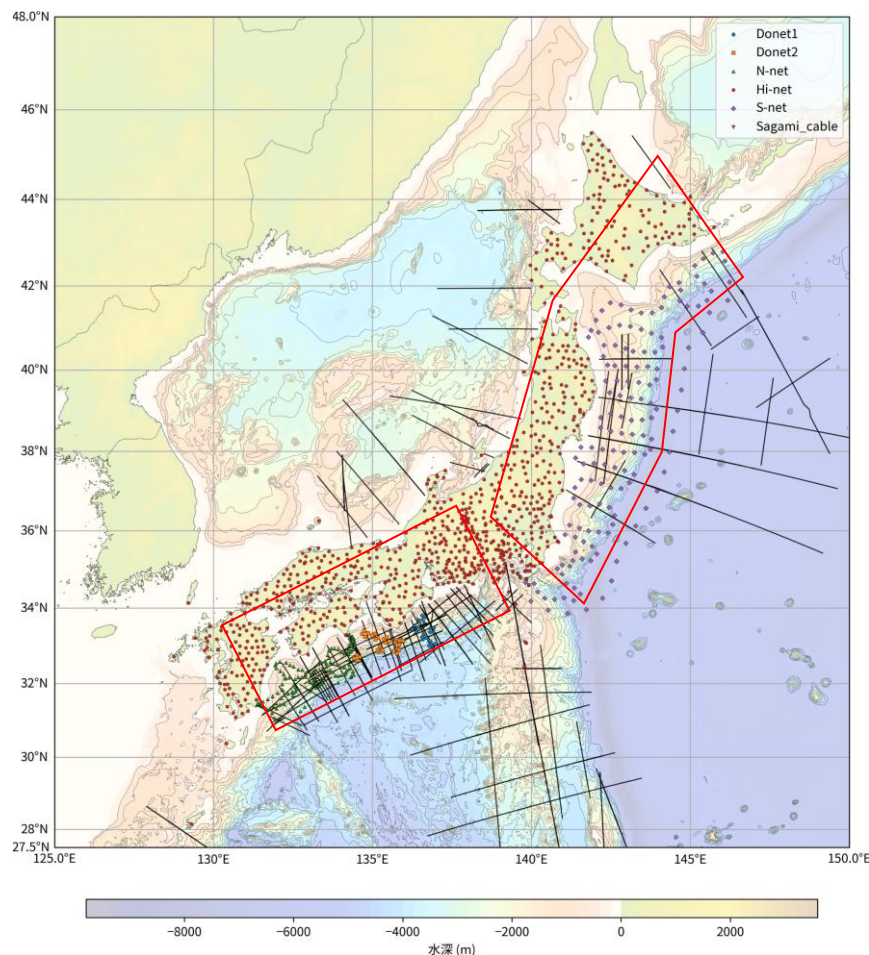


図 2-1-1-12 海洋研究開発機構が行った南海トラフ域、日本海溝・千島海溝域の構造探査測線の配置（黒線）と海陸の地震観測点分布（凡例参照）。南海トラフ域に比べて、日本海溝・千島海溝域の調査観測が少ないことがわかる。

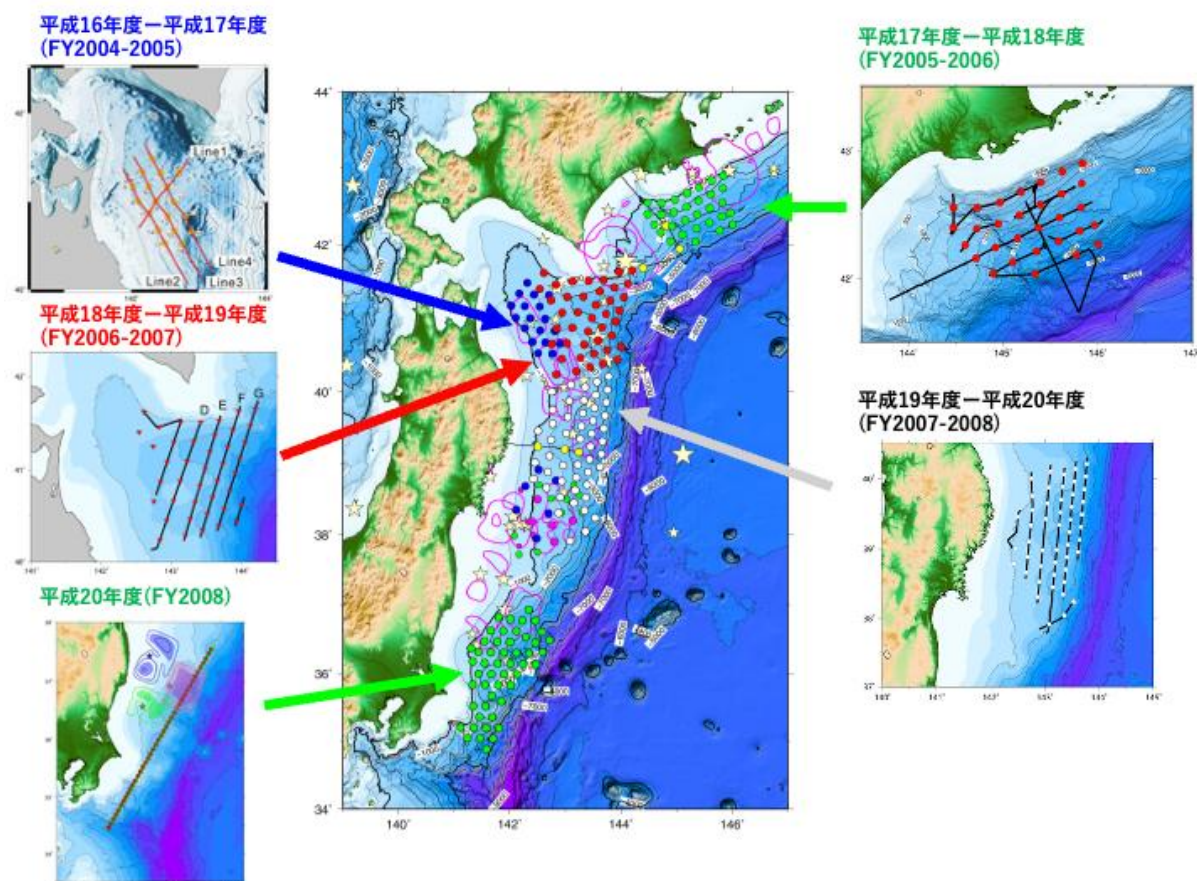


図 2 - 1 - 1 - 13 「東南海・南海地震等海溝型地震に関する調査研究」の一環として実施された「日本海溝・千島海溝周辺の海溝型地震に関する研究調査」（平成 16 年度～平成 20 年度）の自然地震観測の観測点分布及び構造探査測線配置図。

(c) 結論ならびに今後の課題

防災南海プロジェクトで構築した南海トラフ域における三次元地下構造モデル¹⁾の高度化を目的として、活用可能な既存の構造探査データ及び構造研究成果の整理を進めた。その一環として、膨大なデータ量がある反射法地震探査のエアガン発振を活用したモデルの高度化の可能性を検討するため、AIを用いたノイズ抑制手法の開発を進めた。また、日本海溝・千島海溝域における実データに基づく三次元地下構造モデル構築に向けて、既存の構造探査観測の情報、データ、研究成果の収集を進め、今後の活用に向けた道筋を確立した。さらに、各大学独自の旧来フォーマットを業界標準であるデータフォーマット（SEG-Y）へ変換する取り組みにも着手した。以上により、南海トラフ域及び日本海溝・千島海溝域の三次元地下構造モデルの高度化、構築に必要なデータや知見の収集・整備という本年度の業務目標を達成した。

今後は、新たに収集した地震探査データも活用し、走時トモグラフィにより三次元地下構造モデルの構築及び高度化を進めていく必要がある。蓄積されてきたデータ量が膨大であるため、効率的な解析手順、手法の確立も求められる。また、本プロジェクトで収集した既存データを将来にわたり多様な研究で活用可能な研究資産として継承していくためには、持続的なデータ維持・管理の仕組みを確立する必要がある。容易ではな

い課題であるが、関係機関と協議を進めていくことが肝要である。

(d) 引用文献

- 1) 文部科学省研究開発局・国立研究開発法人海洋研究開発機構：防災対策に資する南海トラフ地震調査研究プロジェクト 令和6年度 成果報告書 令和7年5月，
<https://www.jishin.go.jp/database/project_report/nankai-bosai/nankai-bosai-r06/>，（参照 2026-3-25），2025.
- 2) Arnulf, A. F., Bassett, D., Harding, A. J., Kodaira, S., Nakanishi, A., and Moore, G.: Upper-plate controls on subduction zone geometry, hydration and earthquake behavior, *Nature Geoscience*, 15(2), 143-148, 2022.
- 3) 文部科学省 研究開発局・国立大学法人東京大学 地震研究所・国立大学法人名古屋大学大学院 環境学研究科・国立大学法人東北大学大学院 理学研究科・独立行政法人海洋研究開発機構：科学技術振興費 主要5分野の研究開発委託事業 新世紀重点研究創世プラン 〜リサーチ・レボリューション 2002〜「東南海・南海地震等海溝型地震に関する調査研究」 平成16年度 成果報告書，平成17年5月，
<<https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/nankai/seika16.html>>，（参照 2026-3-25），2005.
- 4) 文部科学省 研究開発局・国立大学法人東京大学 地震研究所・国立大学法人名古屋大学大学院 環境学研究科・国立大学法人東北大学大学院 理学研究科・独立行政法人防災科学技術研究所・独立行政法人海洋研究開発機構：科学技術振興費 主要5分野の研究開発委託事業 新世紀重点研究創世プラン 〜リサーチ・レボリューション 2002〜「東南海・南海地震等海溝型地震に関する調査研究（東南海・南海地震）（日本海溝・千島海溝周辺の海溝型地震）」 平成17年度 成果報告書集，平成18年5月.
- 5) 文部科学省 研究開発局・国立大学法人東京大学 地震研究所・国立大学法人名古屋大学大学院 環境学研究科・国立大学法人東北大学大学院 理学研究科・独立行政法人海洋研究開発機構：科学技術振興費 主要5分野の研究開発委託事業 新世紀重点研究創世プラン 〜リサーチ・レボリューション 2002〜「東南海・南海地震等海溝型地震に関する調査研究」 平成18年度 成果報告書，平成19年5月，
<<https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/nankai/H18seikaHP/H18seikaHP.htm>>，（参照 2026-3-25），2007.
- 6) 文部科学省 研究開発局・国立大学法人東京大学 地震研究所・国立大学法人東北大学大学院 理学研究科・独立行政法人防災科学技術研究所・独立行政法人海洋研究開発機構：科学技術振興費 主要5分野の研究開発委託事業 新世紀重点研究創世プラン 〜リサーチ・レボリューション 2002〜「東南海・南海地震等海溝型地震に関する調査研究（東南海・南海地震）（日本海溝・千島海溝周辺の海溝型地震）」 平成19年度 成果報告書，平成20年5月，<<https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/nankai/H19seikamokuji.html>>，（参照 2026-3-25），2008.
- 7) 文部科学省 研究開発局・国立大学法人東京大学 地震研究所・国立大学法人東北大学大学院 理学研究科・独立行政法人防災科学技術研究所：科学技術振興費 主要5

分野の研究開発委託事業 新世紀重点研究創世プラン ～リサーチ・レボリューション 2002～「東南海・南海地震等海溝型地震に関する調査研究（日本海溝・千島海溝周辺の海溝型地震）」平成 20 年度 成果報告書，平成 21 年 5 月，
 <<https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/nankai/H20seikamokuji.html>>，（参照 2026-3-25），2009.

- 8) Nakahigashi, K., Shinohara, M., Mochizuki, K. et al.: P-wave velocity structure in the southernmost source region of the 2011 Tohoku earthquakes, off the Boso Peninsula, deduced by an ocean bottom seismographic survey, Earth, Planets and Space, Vol. 64, pp.1149-1156, 2012. <https://doi.org/10.5047/eps.2012.06.006>

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
Denoising ocean bottom seismometer data with diffusion models: A real-world application of DDPM to Geophysical Signal Enhancement (口頭発表)	Su, J. Agata, R. Fujie, G. Nakamura, Y.	日本地震学会 2025 年度秋季大会	R7.10.20	国内

2) 学会誌・雑誌等における論文掲載

なし

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

2. 1. 2 陸海測地データにもとづくプレート境界の準リアルタイムモニタリング・推移評価

(1) 業務の内容

(a) 業務題目「陸海測地データにもとづくプレート境界の準リアルタイムモニタリング・推移評価」

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
東北大学大学院理学研究科	教授	太田 雄策
東北大学大学院理学研究科	准教授	高木 涼太
東北大学災害科学国際研究所	助教	富田 史章
東北大学災害科学国際研究所	助教	岡田 悠太郎
東北大学大学院理学研究科	教授	日野 亮太
東北大学災害科学国際研究所	教授	木戸 元之
東北大学災害科学国際研究所	准教授	福島 洋
東北大学大学院理学研究科	技術補佐員	平岡 恵美子
東北大学大学院理学研究科	技術補佐員	小島谷 久美子
海洋研究開発機構	主任研究員	飯沼 卓史
海洋研究開発機構	ポスドク研究員	村上 颯太

(c) 業務の目的

南海トラフにおける巨大地震震源域のプレート境界の固着・滑り状態をシームレスかつ準リアルタイムで把握するためのプロトタイプシステムの開発を行うとともに、それら为先験情報として、特に地震後や自発的に発生するゆっくり滑りの推移評価を実現する手法の開発を行う。具体的には、地殻変動把握に主として用いられる GNSS 観測データの時間方向の観測精度を向上させることを目的とし、地震直後の余効変動の把握技術の高度化のための開発を行うとともに、それらと日座標値をシームレスに繋ぎ、全ての時間帯域で高い精度で地殻変動を把握することを目指す。また、ゆっくり滑りの空間的検知能力を向上させることを念頭に、基盤観測網以外の GNSS 観測データの利活用も試行する。さらに N-net 等に接続された海底水圧計から地殻変動を高精度に抽出するための技術開発を行い、ゆっくり滑り等に起因する地殻変動場の把握能力を向上させる。これらを活用してそれら非定常地殻変動の原因である断層面でのすべりを即時的に把握するプロトタイプシステムを開発する。同システムには、これまでに開発されたプレート境界以外の断層も含む三次元地下構造モデルにもとづいた、地下の断層における滑りと地表及び海底での地殻変動を結びつけるグリーン関数を組み込む。さらに、サブ 1(a) で開発が行われる震源決定の高精度化と密接に連携し、推定されたプレート境界の動態を震源分布と直接比較することを目指す。そのために、プレート境界面等におけるすべりによるプレート境界面上及びプレート境界周辺における応力変化を三次元不均質粘弾性構造モデルにもとづいて計算する手法を開発し、地震活動との定量的評価を逐次的に行う。また、プレート境界面上での応力分布を評価することで、次に発生しうる地震の

規模やすべり分布についての拘束を与えることを目指す。開発する技術のうち、GNSS 解析の高度化及びプレート境界での地震時滑り推定の高度化に係る部分については、国土地理院と密接に連携して開発を進めるとともに、国土地理院が運用を進める REGARD（電子基準点リアルタイム解析システム）への技術移転を念頭に置いた実践的開発体制を取る。

(d) 5 か年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

1) 令和 7 年度：

巨大地震直後の地殻変動把握能力の向上を目指し、1 日以下の時間帯域における GNSS 時系列の精度向上に係る研究開発に着手した。基盤観測網以外の GNSS 観測データの利活用によるゆっくり滑りの空間的検知能力の向上を目指した時系列の精度向上についての技術開発を開始した。同様に海域における地殻変動能力を向上させることを目的として水圧観測時系列からの地殻変動シグナルの高精度化に関する研究開発を開始した。また得られた複合測地データからプレート境界面でのすべりを即時的に推定するための技術開発を開始した。さらに、推移評価のため、南海トラフ地震臨時情報の対象となる大地震や通常と異なるゆっくりすべりが発生した際に、その後に発生する地震活動との定量的な比較を実施することを目指し、プレート境界断層で発生したすべりによる断層面上及び断層周辺における応力変化を三次元不均質構造を反映したモデルを用いて計算する手法を確立するための技術開発に着手した。

2) 令和 8 年度：

1 日以下の時間帯域における GNSS 時系列の精度向上に係る研究開発を継続するとともに、それらを実時間で処理するために必要な知見を整理する。基盤観測網以外の GNSS 観測データの利活用によるゆっくり滑りの空間的検知能力の向上についての技術開発と性能評価を継続する。海域における地殻変動能力を向上させることを目的として水圧観測時系列からの地殻変動シグナル抽出の高精度化に関する研究を継続する。得られた複合測地データからプレート境界面でのすべりを即時的に推定するための技術開発を継続し、数値実験データ等での性能評価を開始する。さらに、推移評価のため、プレート境界断層で発生したすべりによる断層面上及び断層周辺における応力変化を三次元不均質構造を反映したモデルを用いて計算する手法に係る技術開発を継続するとともに、計算結果についての精度評価を行う。

3) 令和 9 年度：

基盤観測網以外の GNSS 観測データの利活用によるゆっくり滑りの空間的検知能力の向上について性能評価を継続する。海域における地殻変動能力を向上させることを目的として水圧観測時系列からの地殻変動シグナルの抽出の高精度化に関する研究を継続する。得られた複合測地データからプレート境界面でのすべりを即時的に推定するための技術開発を継続し、一部実データを用いた性能評価を試行する。それらの効果についてマイルストーンとして当該年度末までに知見をまとめるとともに、プロトタイプ構築に着手する。さらに、推移評価のため、プレート境界断層で過去に発生した地震やゆっくりすべりイベントによる、断層面上及び断層周辺における応力変化を三次元不均質構造を反映したモデルを用いて計算するとともに、マイルストーンとして当該

年度末までに地震活動との比較を行い、プレート境界面上での応力分布推定手法の妥当性を検証する。

4) 令和 10 年度：

得られた複合測地データからプレート境界面でのすべりを即時的に推定するための技術開発を継続し、実データを用いた性能評価を継続しつつその性能評価を行い、それらを実システムで運用するための知見をまとめる。GNSS に関して前年度までに得られた知見をまとめ、国土地理院 REGARD システムで活用するために必要な事項について整理する。さらに、推移評価のため、プレート境界断層で発生する地震やゆっくりすべりイベントによる断層面上及び断層周辺における応力の時空間変化を、三次元不均質粘弾性構造を反映したモデルを用いて計算する手法を開発し、精度評価を行う。

5) 令和 11 年度：

得られた複合測地データからプレート境界面でのすべりを即時的に推定するための技術開発を完了し、それらを国土地理院 REGARD システムで活用するための技術要件を整理する。また、三次元不均質粘弾性構造に基づいてプレート境界面での応力変化を逐次推定するための技術開発を行い、地震やゆっくりすべりイベントが発生した後に、プレート境界面上での応力分布を計算して、次に発生する地震のすべり分布を予測するシステムを構築するための技術要件を整理する。

(e) 令和 7 年度業務目的

巨大地震直後の地殻変動把握能力の向上を目指し、1 日以下の時間帯域における GNSS 時系列の精度向上に係る研究開発に着手する。基盤観測網以外の GNSS 観測データの利活用によるゆっくり滑りの空間的検知能力の向上を目指した時系列の精度向上についての技術開発を開始する。同様に海域における地殻変動能力を向上させることを目的として水圧観測時系列からの地殻変動シグナルの高精度化に関する研究開発を開始する。また得られた複合測地データからプレート境界面でのすべりを即時的に推定するための技術開発を開始する。さらに、推移評価のため、南海トラフ地震臨時情報の対象となる大地震や通常と異なるゆっくりすべりが発生した際に、その後に発生する地震活動との定量的な比較を実施することを目指し、プレート境界断層で発生したすべりによる断層面上及び断層周辺における応力変化を三次元不均質構造を反映したモデルを用いて計算する手法を確立するための技術開発に着手する。

(2) 令和 7 年度の成果

① 巨大地震直後の地殻変動把握能力の向上

(a) 業務の要約

巨大地震直後の地殻変動把握能力の向上を目指し、1 日以下の時間帯域における GNSS 時系列の精度向上に係る研究開発に着手した。具体的には GNSS データ解析における精度劣化要因の一つであるマルチパスノイズを周辺観測点との基線解析データから抽出し、それらを搬送波位相の次元で補正する手法の開発を開始し、マルチパスノイズが顕著な場合にそれらを効率的に低減できることを確認した。また、基盤観測網以外の GNSS 観測データの利活用によるゆっくり滑りの空間的検知能力の向上を目指した時系列の

精度向上についての技術開発を念頭に置いたそれら観測網の日座標時系列の精度評価を実施した。具体的には民間 GNSS 観測網であるソフトバンク株式会社が運用する独自 GNSS 観測網のデータの日座標値時系列を推定し、それらと国の基盤観測網である GEONET と比較を行ったところ、日座標値ではおおよそ同等の精度を持つことを明らかにした。同様に海域における地殻変動能力を向上させることを目的として水圧観測時系列からの地殻変動シグナルの高精度化に関する研究開発を開始した。具体的には海底水圧計に含まれる非潮汐海洋変動成分が海洋物理学におけるどのプロセスを反映しているかを海洋モデルにもとづいて検討を行った。また得られた複合測地データからプレート境界面でのすべりを即時的に推定するための技術開発を開始した。

(b) 業務の成果

1) 1 日以下の時間帯域における GNSS 時系列の精度向上に関する研究開発

GNSS データ解析における精度劣化要因の一つであるマルチパスノイズは特にキネマティック GNSS 解析においてその影響が顕著であり、1 日以下の時間帯域における地殻変動を把握する上での阻害要因となっている。これらの低減を目指し、本業務ではマルチパスを低減させたい観測点の周辺の複数観測点との短基線解析を行い、それらの解析の際に得られる搬送波位相残差を得た上で、それらをスタックすることで対象観測点におけるマルチパス起因と考えられる情報を抽出した。さらにそれらを用いて対象観測点の搬送波位相データを直接補正した上で、改めて長基線のキネマティック解析を行うことで、その精度評価を行った。その結果、マルチパスノイズが顕著な観測点においてそれらを効率的に抑制できることが明らかになった。(図 2-1-2-1) また、これらの結果について 2025 年 11 月 18 日に国土地理院測地観測センターと打ち合わせを行い、課題について議論した。

2) 基盤観測網以外の GNSS 観測データの利活用

基盤観測網である国土地理院の GEONET は全国を平均 20km 間隔でカバーする稠密 GNSS 観測網であり、地殻変動監視の観点からきわめて重要である。一方、近年では民間事業者による独自の GNSS 観測網が展開され、それらによる地殻変動監視能力の向上が期待されている。例えば 2019 年 11 月以降、ソフトバンク株式会社による独自基準点が全国に 3,300 点以上展開され、これまでにそれらデータが地殻変動監視に活用可能であることが実証されている¹⁾。一方、全国規模でのそれらデータの精度評価は十分ではなかった。そのため、本業務では東北大学が中心となって運用している「ソフトバンク独自基準点データの宇宙地球科学用途利活用コンソーシアム」においてルーチン的に解析されているソフトバンク独自基準点の日座標値の短期的なばらつきを GEONET とともに評価した結果、それらの中央値は両観測網において、水平成分で 1.0-1.5mm、鉛直成分で 4.5-5.0mm 程度とほぼ同等であり、日座標値を使用するという観点では両者はおおよそ同程度の精度を持ちうることを明らかにし、それら観測網が基盤観測網である GEONET を空間的に補完する観測網として機能しうることを示した²⁾。図 2-1-2-2 に 2023 年 6 月 23 日～7 月 2 日における各成分の日座標標準偏差のヒストグラム例を示す。

3) 海域における地殻変動能力の向上

海底水圧計は海底における鉛直地殻変動場を連続的に捉えることができる重要な観測センサーであるものの、それらに含まれる非潮汐海洋変動成分の卓越周期がプレート境界における非地震性すべり等と類似することから、地殻変動把握能力向上の阻害要因となっていた。これらを踏まえ、本年度は海底水圧計データに含まれるデータにおける非潮汐海洋変動成分が海洋中のどのような物理によって引き起こされているかを明らかにするための初期解析に着手した。具体的には海洋大循環モデル OFES2³⁾を用いて算出した海底圧力変動（OBP）について、その変動を構成する要素を分解し、各成分がモデル化された OBP をどの程度説明できるかを評価した。OFES2 では、海面気圧、海面高度、水温・塩分に基づく密度構造、および流速場が与えられており、これらを用いて OBP およびその時間変化を記述できる。これらにもとづき、OBP 変動を気圧項、海面高度項、水平密度移流項、鉛直成層項に分け、どの成分が支配的であるか、不一致の原因がどこにあるかを検討した。その結果、気圧と海面高度を足し合わせた成分がモデル化された OBP と良い相関を持つことを明らかにした。

4) プレート境界面でのすべりの即時推定

海陸の複合測地データからプレート境界面でのすべりを即時的に推定するための技術開発を開始した。具体的には国土地理院と東北大学が共同開発を進める REGARD システムに内在する課題等の整理を行った。現在 REGARD に実装されている MCMC 法を用いた震源断層即時推定システムにおいては、地震時に観測データが欠損した場合でも残存する観測点のみで断層推定を通常通り実施する。しかし、これは震源域のデータが欠損した場合、変位勾配が最も大きい観測量が使用できないことを意味し、特に断層幾何等の誤推定を生じる可能性がある。実際に 2024 年能登半島地震時には半島内のデータが通信網等の断絶で欠損したために、REGARD は地震規模や断層面の広がりこそある程度正確に推定することに成功したものの、断層の傾斜角が実際とは大きく異なるという結果を得た。これら事象はプレート境界面付近で発生する地震等でも発生が懸念されることから、対策が急務となっていた。これらを踏まえ、観測データが途絶した際に、それらを踏まえて断層パラメータの探索する範囲をより広範囲に拡大できる仕組み（欠測データモード）を MCMC 法に付加し、それらによってどの程度精度が向上するかを評価した。その結果、データが一部欠損した場合でも断層傾斜角を一定程度正確に把握できる可能性を示すことに成功した。（図 2-1-2-3）また、これらの結果について 2025 年 11 月 18 日に国土地理院測地観測センターと打ち合わせを行い、課題について議論した。

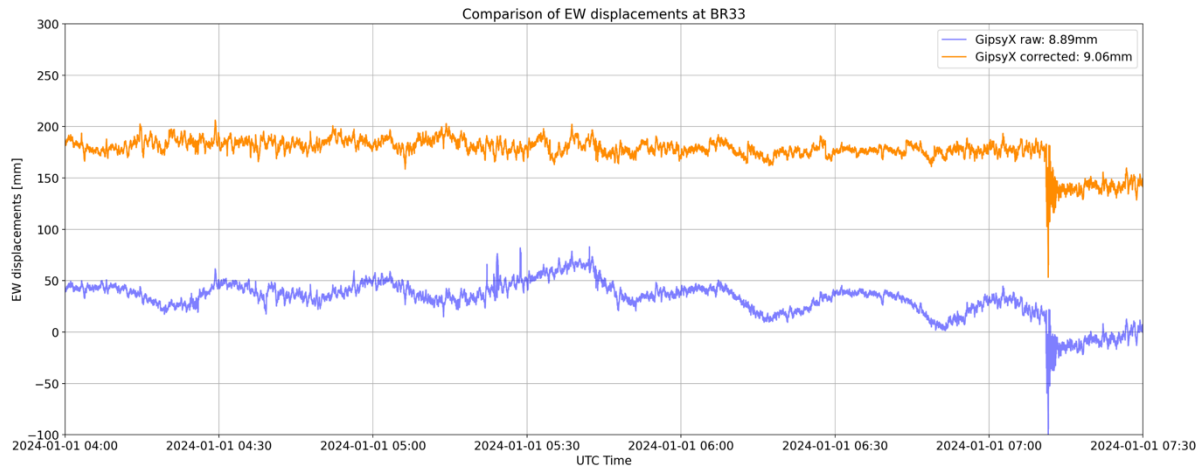


図 2-1-2-1 開発した手法を用いてマルチパス起因と考えられるノイズを除去した東西成分の変位時系列。ソフトバンク独自基準点（BR33）の 1Hz 観測データをキネマティック解析した（東西成分）例を示し、2024 年能登半島地震の地震時を含む。下段（青色）が補正前の時系列、上段（オレンジ色）が補正後の時系列をそれぞれ示す。

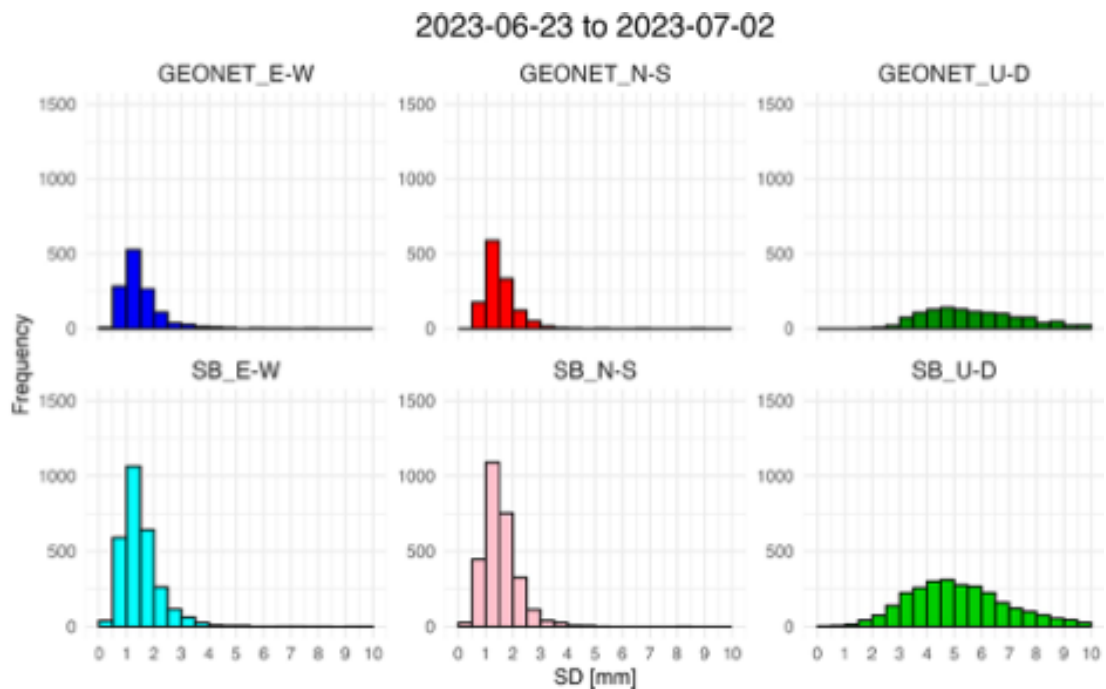
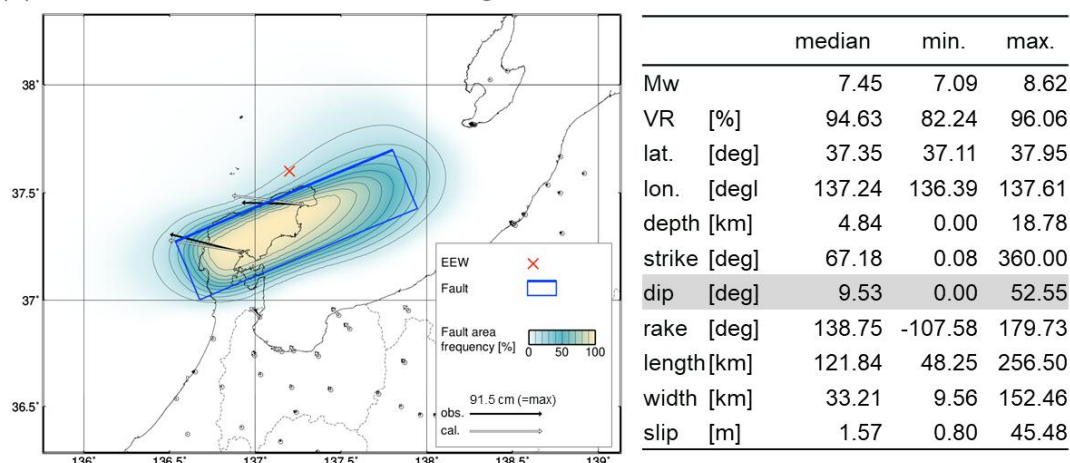


図 2-1-2-2 Ohta and Ohtate(2026)より引用。2023 年 6 月 23 日～7 月 2 日における各成分の日座標標準偏差のヒストグラム。上段は GEONET，下段はソフトバンク独自基準点網を示す。左列は東西（EW）成分，中央列は南北（NS）成分，右列は上下（UD）成分である。

(a) Estimated result with data shortage mode



(b) Worst case extracted from samples in data shortage mode

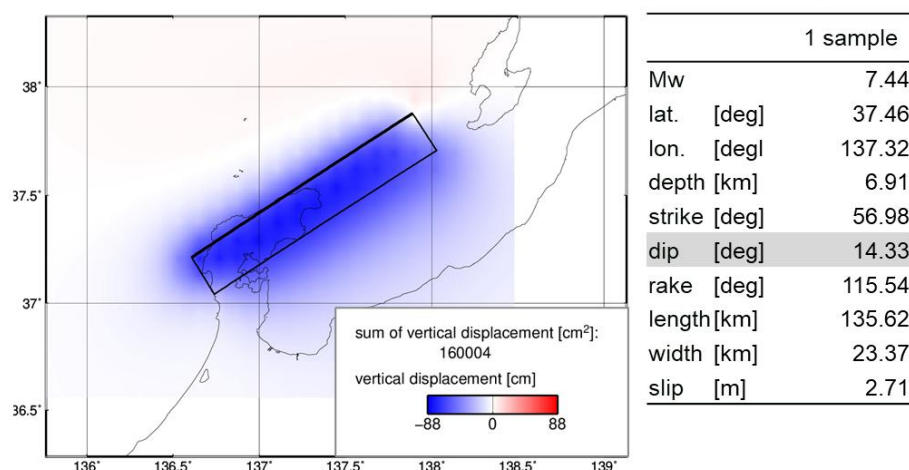


図 2-1-2-3 (a) 「欠測データモード」を用いた RENE の推定結果。(b) 欠測データ時の事後分布から抽出した最悪ケースモデル。色は、欠測データモードで探索した領域に対して Okada (1992) により計算した鉛直変位を示す。

(c) 結論ならびに今後の課題

GNSS 時系列の高精度化、民間 GNSS 観測網の利活用、海底圧力データの海洋成分理解、震源断層即時推定手法の高度化を進めた。その結果、マルチパスノイズの効果的低減、ソフトバンク独自基準点の日座標値が GEONET と同程度の精度を持ち、それら観測網が基盤観測網である GEONET を空間的に補完する観測網として機能しうることを示した。また、海底圧力変動では気圧・海面高度成分が主要因であること、さらに観測点欠損時でも MCMC 法の改良により断層傾斜角推定の改善が可能であることを示した。今後、これら技術開発を継続しつつ、特にリアルタイムでのこれら精度向上のための手法を確立することが課題である。

(d) 引用文献

- 1) Ohta Y. and M. Ohzono, Potential for crustal deformation monitoring using

a dense cell phone carrier global navigation satellite system network, Earth, Planets Space, 74:25, 1-9, <https://doi.org/10.1186/s40623-022-01585-7>, 2022.

2) Ohta Y. and M. Ohtate, Quality assessment of daily GNSS coordinate time series from the SoftBank proprietary reference network, Earth Planets Space 78 (19), <https://doi.org/10.1186/s40623-025-02354-y>, 2026.

3) Sasaki, H., Kida, S., Furue, R., Aiki, H., Komori, N., Masumoto, Y., Miyama, T., Nonaka, M., Sasai, Y., and Taguchi, B., A global eddying hindcast ocean simulation with OFES2. Geoscientific Model Development, 13(7), 3319-3336. DOI: 10.5194/gmd-13-3319-2020, 2020.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
ソフトバンク独自基準点における GNSS 日座標時系列の品質評価（口頭）	太田雄策, 大館未来	日本測地学会第 114 回講演会	R7. 10. 29	国内
MSS-MHM 法による GNSS マルチパスノイズ低減手法の高度化（口頭）	伊藤嘉秋, 太田雄策	日本測地学会第 114 回講演会	R7. 10. 29	国内
搬送波位相残差マップに基づく RINEX 観測ファイルに対する GNSS マルチパスノイズ低減手法（口頭）	伊藤嘉秋, 太田雄策	GPS/GNSS シンポジウム 2025	R7. 12. 05	国内
Leveraging Ultra-Dense GNSS Networks for High-Resolution Crustal Deformation Monitoring in Japan（口頭）	Yusaku Ohta	AGU 2025	R7. 12. 19	国外

2) 学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載した論文（発表題目）	発表者氏名	発表した場所（学会誌・雑誌等名）	発表した時期	国内・外の別
Quality assessment of daily GNSS coordinate time series from the SoftBank proprietary reference network（査読あり）	Yusaku Ohta Miku Ohtate	Earth Planets Space	R8. 01. 05	国外

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

②プレート境界面上での応力分布評価

(a) 業務の要約

プレート境界におけるすべり・固着状態の推移評価のため、プレート境界断層で発生したすべりによる断層面上及び断層周辺における応力変化を、現実的な三次元不均質粘弾性構造を反映したモデルを用いて計算する手法を確立するための技術開発を行う。

本年度は上記目的達成のため、高精細な三次元不均質構造モデルを使った有限要素法による計算結果と比較するため、スペクトル要素法に基づく数値計算コードを用いて、南海トラフで発生する大地震後の粘弾性地殻変動及び応力評価を行った。また、南海トラフで発生する大地震のすべり分布について、多数の尤もらしいすべり分布を得るために必要な地震サイクルシミュレーションの数値計算コードの高速化を実施した。

(b) 業務の実施方法

プレート境界におけるすべり・固着状態の推移評価のため、プレート境界断層で発生したすべりによる断層面上及び断層周辺における応力変化を、現実的な三次元不均質粘弾性構造を反映したモデルを用いて計算するためには、高精細な有限要素法モデルを構築したうえで数値計算を実施することが、現実的なアプローチであるといえる。しかしながら、現状では、有限要素法モデルを用いた応力変化計算では、断層のある場所がすべったことによる断層面上の他の場所に対する影響を把握することが困難だったり、粘弾性の効果が考慮されていないため半割れや一部割れ後の推移評価の逐次実施が困難な場合がある。前者に関しては解の収束判定が課題であり、解析解が存在しない三次元不均質媒質中の曲面断層について、正確な応力変化が評価できているかどうか、別の手法による計算結果と比較するなどして確認する必要がある。また、後者に関しては、どの範囲がどのタイミングで破壊されるのかについての情報、すなわち地震発生シナリオを多数生成して、評価の妥当性を検証していく必要があるが、そのためには地震サイクルシミュレーションを多数回実行することが不可欠である。

そこで今年度は、不均質構造を反映した粘弾性地殻変動計算のために、スペクトル要素法に基づく数値計算コード「VISC03D」¹⁾を使用し、南海トラフで発生する大地震後の粘弾性地殻変動及び応力評価を地球シミュレータ上で実施するための体制を整備するとともに試験的な計算を行って、先行研究と同様の結果が得られるかどうかを確認した。また、地球シミュレータのベクトルエンジンでの実行のために最適化されていた地震サイクルシミュレーションの数値計算コード²⁾を、GPUでの実行に適したものに改良し、

次年度以降に実施する多数シナリオ構築に備えることとした。

(c) 業務の成果

「VISCO3D」を地球シミュレータ上で実行可能とするための計算環境の構築を役務により実施した。作者によって用意されているチュートリアル計算を再現するとともに、必要な入力ファイル・パラメーターファイル等について確認を行い、マニュアルを作成した（図 2-1-2-4）。次いで、Sherrill and Johnson (2021)³⁾に倣った粘弾性地殻変動数値計算を役務によって実施し、結果の整合性を確認した。仮定した粘弾性構造を図 2-1-2-5 に示す。

Hori et al. (2014) の開発した南海トラフ沿い沈み込み帯における地震サイクルシミュレーションの数値計算コードを、地球シミュレータの GPU ノードを活用して高速計算するための改良を役務により実施した。

国立研究開発法人 海洋研究開発機構 様	
VISCO3D 粘弾性地殻変動計算環境	
マニュアル	
株式会社ハイドロ総合技術研究所	
2025 年 12 月 22 日	
lock: 15,088 文字 (保護ビュ)	
表示設定 フォーカス	
目次	
1. VISCO3D 粘弾性地殻変動計算環境の概要	4
2. 事前の準備	5
3. 計算の設定	6
3.1. conf/Common/mpioctf.txt	7
3.2. conf/main/config_main.txt (MAIN SN 識別子)	9
3.3. conf/Common/system.map	9
3.4. conf/Common/system.txt	9
3.5. conf/Common/option.txt	10
3.6. conf/main/parallel.txt (※0)	11
3.7. conf/main/simulation-spherical.info (※0)	11
3.8. conf/main/source-spherical.param (※0)	13
3.9. conf/main/execution-s-latlondep.txt (※0)	15
3.10. conf/main/ANLAPL_PARAM (※0)	17
3.11. conf/main/elastic.param (※0)	20
3.12. conf/Common/jobParameters_main.txt (MAIN SN 識別子)	23
4. 計算の手順	32
4.1. ローカル PC 環境から地球シミュレータへの転送	32
4.2. 計算の設定ローカル PC 環境における準備	32
4.3. VISCO3D の計算実行	33
4.3.1. main Step01:初期ファイル生成実行	33
4.3.2. main Step02:分割地殻変動計算実行	33
4.3.3. main Step03:分割地殻変動計算統合	34
4.4. 環境地球シミュレータからローカル PC への転送	34
5. 生成ファイル	35
5.1. data/sporder.out	35
- 2 -	

図 2-1-2-4 役務により作成した、「VISCO3D」を地球シミュレータ上で作動させるためのマニュアルの表紙及び目次（の一部）。

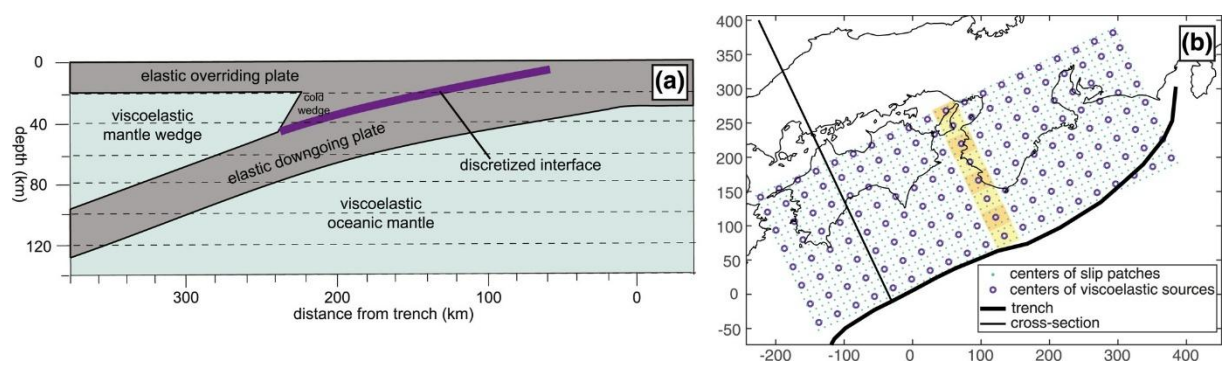


図 2－1－2－5 (a) 仮定した粘弾性構造の断面図。(b) に示されている四国西部を通る実線に沿った断面を示す (Sherrill and Johnson, 20213) からの抜粋)。上盤側のプレート (elastic overriding plate) 及び沈み込むプレート (elastic downgoing plate) の厚さ、「Cold wedge」の深さとその側面の傾斜角、「viscoelastic mantle wedge」及び「viscoelastic oceanic mantle」の粘性係数は Sherrill and Johnson (2021)3) において最適解とされたものを採用した。

(d) 結論ならびに今後の課題

本業務により、来年度以降に実施する、精密な三次元不均質構造モデルに基づいた有限要素法モデルを用いて、南海トラフ地震に伴うプレート境界面上及び周辺における応力変化計算を実施した際に、その結果の妥当性を検証することが可能になるとともに、プレート境界面での地震性・非地震性のすべりの時空間発展の尤もらしいシナリオを生成するための準備を行うことができた。今後、今回整備した計算環境及び数値計算コードを活用して、三次元不均質粘弾性構造を導入したうえで推移評価を行うための応力変化計算を実施するとともに、大規模有限要素法を用いた応力変化計算の妥当性を検証する。

(e) 引用文献

- 1) Pollitz, F.F., Post-earthquake relaxation using a spectral element method: 2.5-D case, Geophys. J. Int., 198, 308-326, 2014.
- 2) Hori, T., Hyodo, M., Miyazaki, S., Kaneda, Y., “Numerical forecasting of the time interval between successive M8 earthquakes along the Nankai Trough, southwest Japan, using ocean bottom cable network data”, Mar. Geophys. Res. 35:285-294, 2014.
- 3) Sherrill, E. M., & Johnson, K. M., New insights into the slip budget at Nankai: An iterative approach to estimate coseismic slip and afterslip. J. Geophys. Res., 126, e2020JB020833, 2021.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
-----------------------	-------	--------------	--------	--------

の別)				
南海トラフにおけるプレート固着・すべり予測システムのプロトタイプ構築（ポスター）	堀 高峰 中田令子 飯沼卓史 日吉善久 兵藤 守 加納将行 佐藤大祐	日本地震学会 2025 年度秋季大会	R7.10.21	国内
Development of a Forecasting System for Plate Boundary Sliding Behavior Based on Sequential Data Assimilation along the Nankai Trough Subduction Zone（ポスター）	T. Iinuma T. Horii R. Nakata Y. Hiyoshi M. Hyodo M. Kano D. Sato	12th ACES International Workshop	R7.11.05	国外

2) 学会誌・雑誌等における論文掲載

なし

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

2. 1. 3 地震履歴情報に基づく南海トラフ巨大地震の発生シナリオ構築

(1) 業務の内容

(a) 業務題目「地震履歴情報に基づく南海トラフ巨大地震の発生シナリオ構築」

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立研究開発法人産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門 海洋地質研究グループ	主任研究員 研究員 招聘研究員	鈴木 克明 中西 諒 池原 研
国立研究開発法人産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門	総括研究主幹	宍倉 正展
国立研究開発法人産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門 海溝型地震履歴研究グループ	研究グループ長 上級主任研究員 主任研究員 主任研究員 主任研究員 研究員	澤井 祐紀 行谷 佑一 松本 弾 谷川 晃一朗 伊尾木 圭衣 嶋田 侑真
法政大学 文学部	教授	前杢 英明
国立大学法人東京大学大学院理学系研究科	准教授	安藤 亮輔
国立研究開発法人海洋研究開発機構 海域地震火山部門 地震発生帯研究センター 海底地質・地球物理研究グループ	上席研究員	金松 敏也
国立研究開発法人海洋研究開発機構 海域地震火山部門 地震津波予測研究開発センター 地震津波モニタリング研究グループ	GL 代理	今井 健太郎
国立研究開発法人防災科学技術研究所 巨大地変災害研究領域 地震津波発生基礎研究部門	主任研究員 主任研究員 契約研究員	齊藤 竜彦 久保田 達矢 水谷 歩

(c) 業務の目的

歴史記録、陸上地質記録と海域地質記録を統合利用して、先史時代から繰り返し発生してきたと考えられる南海トラフ巨大地震の発生履歴を明らかにする。歴史記録は近世から7世紀前後まで、陸域の地質記録では近世から数千年前まで、海域の地質記録では数万年まで地震発生履歴を遡ることができる。それぞれの分析媒体の特徴を活かし、時間軸を揃えた統合解析を行うことにより、先史時代から現代まで一貫通貫した南海トラ

フ巨大地震の発生履歴を評価する。この評価を行うために、歴史記録に基づく分析、陸上地質記録に基づく分析、海域地質記録に基づく分析を実施する。これらの分析によって得られる発生履歴情報と近世に発生した宝永地震、安政東海・南海地震と昭和東南海・南海地震の波源断層モデルを境界条件として、将来起こり得る南海トラフ巨大地震の発生シナリオの提案を行う。加えて、地質情報などの科学的知見に基づいて、既往最大の地震規模について検討を進める。さらに、過去の履歴や将来起こりうるシナリオの知見をサブ2の複合災害評価等に取り入れることで、より具体的な対策につなげる。

(d) 5か年の年次実施計画

1) 令和7年度：

史料記録に基づく分析では、中世に発生した地震イベント等に関する情報の再収集と再整理を原史料あるいはそれに近いと推測される史料立ち戻って丹念に行った。その中で、地震像の推定に活用し得る情報の抽出を試みた。陸上地質記録に基づく分析では、紀伊半島東部沿岸及び四国沿岸の津波浸水履歴の特徴抽出のための地質調査を実施した。また津波浸水履歴に関する地質情報の分析を進めるとともに、新たな履歴情報の収集のため調査地の絞り込みを行った。海域地質記録に基づく分析では、御前崎沖、室戸～紀伊半島沖、日向灘周辺海域の既存試料の分析と、御前崎沖の結果の取りまとめを行った。近世以降に発生した南海トラフ巨大地震に関する波源断層モデルに関する結果のとりまとめを行い、過去の履歴を考慮した巨大地震の発生シナリオ評価の基礎的検討を実施した。

2) 令和8年度：

史料記録に基づく分析では、中世史料のうち明応年代や中世と近世の狭間にある慶長年代に発生したイベントに関する情報の収集と再整理を行う。陸上地質記録に基づく分析では、紀伊半島東部沿岸において引き続き津波浸水履歴の特徴抽出のための地質調査を行う。また四国沿岸で得られた試料の分析と新たな履歴情報の収集のため地質調査及び津波浸水履歴に関する地質情報の整理を行う。海域地質記録に基づく分析では、室戸～紀伊半島沖、日向灘周辺海域の既存試料の分析と、御前崎沖、日向灘の結果の取りまとめを行う。近世以降に発生した南海トラフ巨大地震に関する波源断層モデルに関する結果のとりまとめを引き続き行い、マイルストーンとして当該年度末までに結果をとりまとめる。さらに、過去の履歴を考慮した巨大地震の発生シナリオ評価の基礎的検討を引き続き実施するとともに、昭和東南海・南海地震のイベントを考慮した南海トラフ巨大地震の発生シナリオ評価モデルを検討する。

3) 令和9年度：

史料記録に基づく分析では、中世年代等に発生したイベントに関する情報の収集と再整理を引き続き行い、それらの情報に基づいた震度分布や地殻変動についての再評価を実施する。陸上地質記録に基づく分析では、紀伊半島東部沿岸及び四国沿岸の地質調査で得られた試料の分析を進め、津波浸水履歴に関する地質情報の整理を行う。また四国～九州沿岸において津波浸水履歴の特徴抽出のための地質調査を行う。海域地質記録に基づく分析では、室戸～紀伊半島沖、日向灘周辺海域の既存試料の分析と、御前崎沖、日向灘周辺海域の結果の取りまとめと公表を行う。歴史記録、陸上地質記録と海

域地質記録に基づく発生履歴統合を行うための基礎的な情報整理を実施する。歴史時代の南海トラフ巨大地震の発生履歴を議論する上で、明応年代の南海地震の存在有無を明らかにすることも重要である。そのため、明応年代の南海地震と考えられる史料分析を進めるとともに、陸上地質記録の再整理を実施する。過去の履歴を考慮した巨大地震の発生シナリオ評価の基礎的検討を引き続き実施するとともに、マイルストーンとして当該年度中に、宝永地震、安政東海・南海地震及び昭和東南海・南海地震の3イベントの履歴を考慮した南海トラフ巨大地震の発生シナリオ評価モデルを提案する。

4) 令和10年度：

史料記録に基づく分析では、中世年代及び近世初頭に発生したイベントに関する情報の収集と再整理やそれらの情報に基づいた津波痕跡高の再評価を実施する。陸上地質記録に基づく分析では、引き続き紀伊半島東部沿岸及び四国沿岸の地質調査で得られた試料の分析を進め、履歴情報の整理を行う。また四国～九州沿岸において津波浸水履歴の特徴抽出のための地質調査を行うとともに、得られた試料の分析を進める。海域地質記録に基づく分析では御前崎沖、室戸～紀伊半島沖、日向灘周辺海域の既存試料の分析結果の取りまとめと公表を行う。中世年代の南海地震と考えられるイベントに対して、史料分析、陸上地質記録や海域地質記録の統合検討を通じて、地震の存在有無について検討を行い、中世年代の南海地震と考えられるイベントや波源像がいまだ複数案ある慶長地震に対して、史料分析、陸上地質記録や海域地質記録の統合検討を通じて、地震の存在有無や波源像等について検討を行い、状況に応じて波源断層モデル評価を試みる。加えて、これまでに得られた知見を踏まえて、歴史記録、陸上地質記録と海域地質記録に基づく発生履歴統合を試み、先史時代から現代まで一貫通貫した南海トラフ巨大地震の発生履歴像について検討を行う。中世から近世初頭のイベント履歴を考慮した南海トラフ巨大地震の発生シナリオ評価モデルを検討する。

5) 令和11年度：

令和10年度までに実施した歴史記録に基づく分析、陸上地質記録に基づく分析、海域地質記録に基づく分析の補間作業と取りまとめを行い、これまでに得られた知見を踏まえて発生履歴統合を試み、先史時代から現代まで一貫通貫した南海トラフ巨大地震の発生履歴像について検討を行う。さらに、履歴情報を活用した南海トラフ巨大地震の発生シナリオ評価モデルをもとに、将来発生し得る巨大地震の発生シナリオを提案する。

(e) 令和7年度業務目的

史料記録に基づく分析では、中世に発生した地震イベント等に関する情報の再収集と再整理を原史料あるいはそれに近いと推測される史料に立ち戻って丹念に行う。その中で、地震像の推定に活用し得る情報の抽出を試みる。陸上地質記録に基づく分析では、紀伊半島東部沿岸及び四国沿岸の津波浸水履歴の特徴抽出のための地質調査を実施する。また津波浸水履歴に関する地質情報の分析を進めるとともに、新たな履歴情報の収集のため調査地の絞り込みを行う。海域地質記録に基づく分析では、御前崎沖、室戸～紀伊半島沖、日向灘周辺海域の既存試料の分析と、御前崎沖の結果の取りまとめを行う。近世以降に発生した南海トラフ巨大地震に関する波源断層モデルに関する結果のとり

まとめを行い、過去の履歴を考慮した巨大地震の発生シナリオ評価の基礎的検討を実施する。

(2) 令和7年度の成果

(a) 業務の要約

本研究では、海底コアや湖沼・陸域堆積物の分析、歴史資料調査、GNSS 解析を組み合わせ、過去の地震・津波履歴と将来の巨大地震評価を行った。海底コアでは火山灰層や古地磁気を用いた年代モデルを構築し、完新世と最終氷期で異なる海洋レザバー補正が必要であることを明らかにした。これによりタービダイトやイベント層の堆積年代推定が可能となり、地震発生間隔の解明に向けた基盤が整備された。さらに、湖底や陸域でもイベント層が確認され、過去の地震との関係解明が期待される。歴史資料調査では1605年慶長地震津波の記録整理と新知見の取得を進め、東海地域における寺院のアンケート調査により17世紀以前の地震記録の実態も把握した。加えて、GNSS 解析によりプレート境界の応力蓄積を評価し、将来の巨大地震の規模や発生様式の定量的評価が可能となったが、応力解放率の不確実性が今後の課題である。

(b) 業務の成果

1) 海底堆積物を用いた地震・津波履歴情報の整備

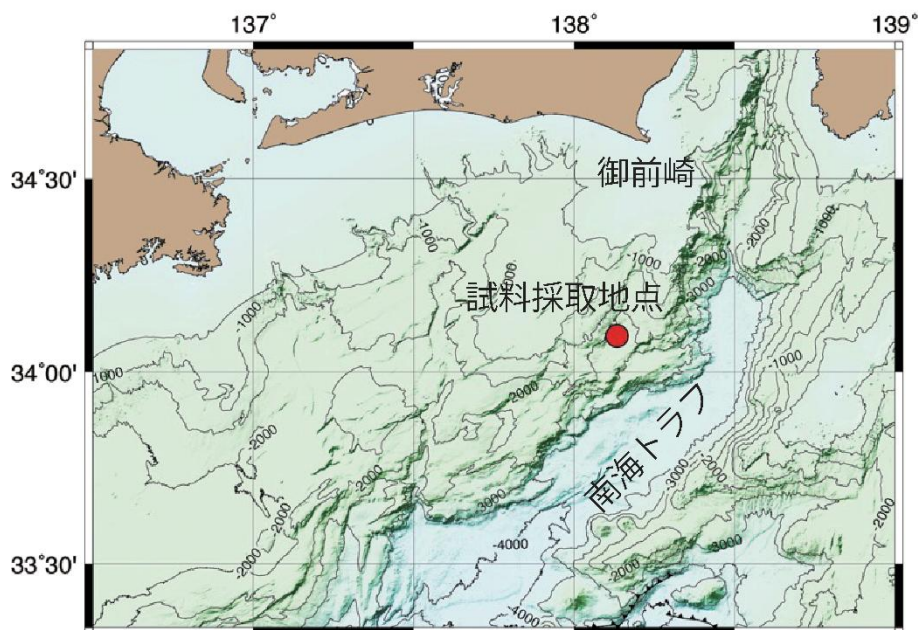


図2-1-3-1 「ちきゅう」による御前崎沖掘削コア C9035 Hole B 採取地点。

南海トラフ東部における巨大地震の発生履歴を検討するために、静岡県御前崎沖の金洲ノ瀬トラフの水深2414mから「ちきゅう」により採取された掘削コア C9035 Hole B (図2-1-3-1) の上部約42mを用いて解析を行った (図2-1-3-2)。このコアには多数の砂質堆積物の挟在が確認され、下面が明瞭かつ侵食的で、上方へ細粒化する構造などから、堆積物重力流の一つである混濁流から形成されたタービダイトと解釈される。タービダイトの砂質部分の上位にはわずかに上方に細粒化する生物擾乱

を持たない泥が存在し、タービダイト泥と判断される。この海盆は陸棚域につながる海底谷を欠き、浅海域での気象学的イベントによるイベント堆積物の供給がないあるいは少ないと考えられる場である上、海盆の陸側斜面には巨大地震の震源断層として動きうる活断層とされる東海スラスト¹⁾が存在し、巨大地震発生時には地形変化や激しい地震動が期待できる場である。そして、先行プロジェクトによるこれまでの研究結果から、同じ地点で採取された不擾乱表層堆積物コアの堆積構造及び過剰鉛 210 と放射性セシウムのプロファイルから、表層堆積物コアには 1944 年昭和東南海地震の記録は明瞭な砂層として残されていないことが明らかにされており、このことから、この地点のタービダイトが示す地震は、御前崎沖より東方の東海セグメントまで破壊が及んだ地震と考えられている。

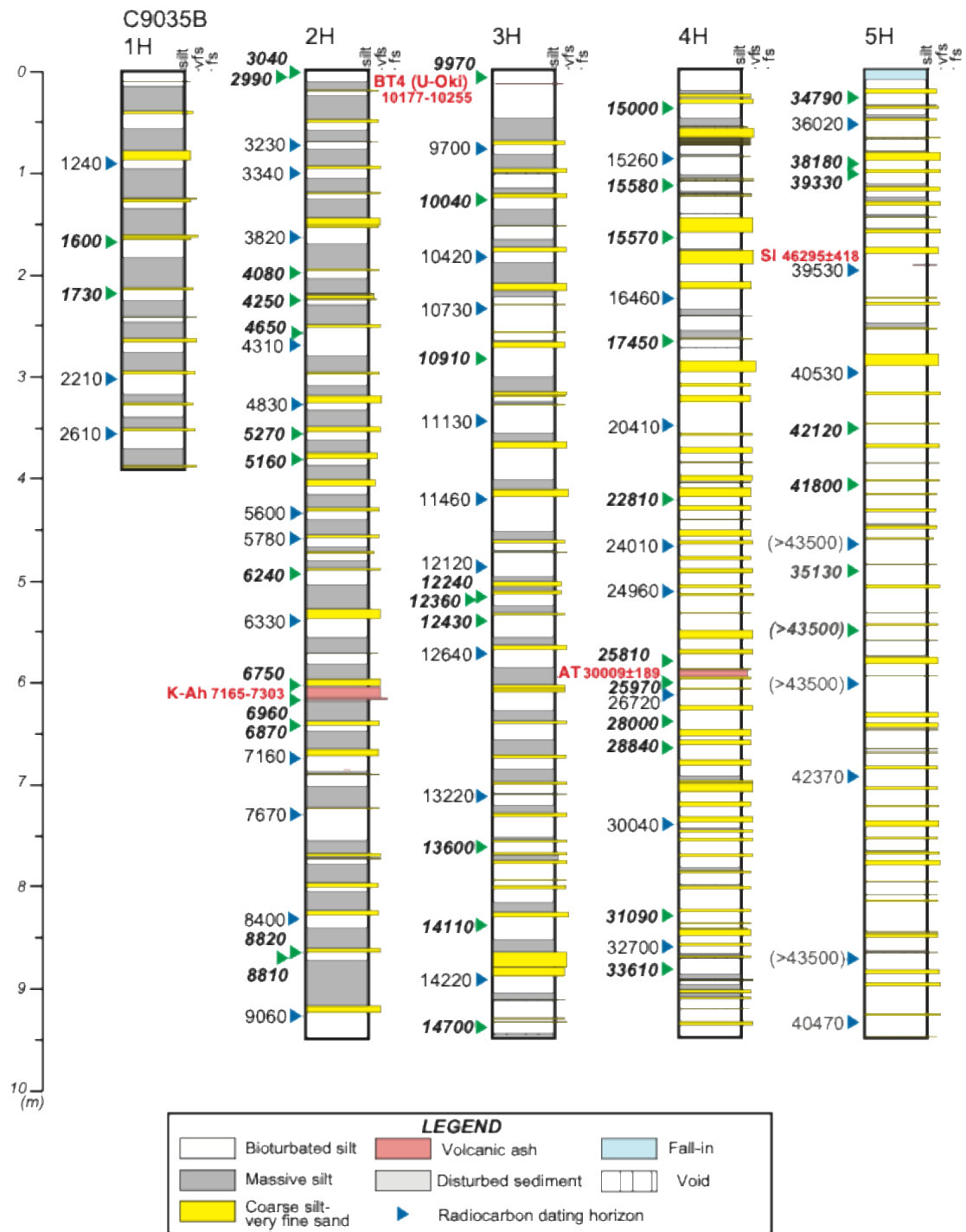


図 2 - 1 - 3 - 2 御前崎沖掘削コア C9035 Hole B の柱状図と浮遊性有孔虫による年代測定結果、同定された火山灰の挟在層準と対比、水月湖コアで報告された暦年代値（柱状図のピンクの層準と赤字）。

浮遊性有孔虫の遺骸を用いた放射性炭素年代測定は、地震履歴研究に限らず、多くの海底堆積物を用いた研究に年代軸を与えるものとして重要である。海洋試料の放射性炭素年代測定においては、海洋生物が取り込む炭素は水中の炭素であり、同じ時期の大気と海洋表層水の放射性炭素濃度は異なることから、その暦年への較正においてこの

濃度差に応じた補正が必要となる²⁾。この補正值（海洋レザバー値）は時空間的に変化する可能性があり、堆積年代の決定においては考慮せねばならない問題として認識されているが、特に長期間にわたる海洋レザバー値の詳細はほとんど明らかにされていない。今回、C9035 Hole B コアの深度－年代モデルの構築のため、コア中の通常時の堆積物である半遠洋性泥 82 層準に含まれる浮遊性有孔虫の放射性炭素年代測定を行った。コアから分取した堆積物試料を 63 μ m の篩上で水洗し、残渣試料中から浮遊性有孔虫を拾い出し、年代測定を実施した（図 2－1－3－2 の三角で示された層準）。C9035 Hole B コアには、福井県水月湖の年縞堆積物中の植物片を用いた多数の放射性炭素年代からその噴出年代が精度良く決められている火山灰^{3、4)}である鬼界－アカホヤ火山灰（K-Ah；約 7230 年前）、鬱陵－隠岐火山灰（U-0ki；約 10200 年前）、始良丹沢火山灰（AT；約 30000 年前）と三瓶池田軽石（SI；約 46000 年前）が挟在しており、それぞれの火山灰の上下から浮遊性有孔虫の放射性炭素年代が得られている（図 2－1－3－2）。このため、C9035 Hole B コアに挟在するそれぞれの火山灰層の堆積年代を浮遊性有孔虫の年代から決定し、それらと水月湖での火山灰層の年代^{3、4)}を比較することで、過去 4 万年間以上にわたる東海沖での海洋レザバーの時間変化の解明を試みた。暦年較正プログラム Oxcal ver. 4.4⁵⁾を使い、地域海洋レザバー値を 0 とした K-Ah と U-0ki の層準での浮遊性有孔虫の年代と水月湖での火山灰層の年代^{3、4)}を比較すると、その年代差は数百年程度（K-Ah 層準の例を図 2－1－3－3 に示す）であり、関東の沿岸域で求められている海洋レザバー値⁶⁾に類似する。したがって、この二つの火山灰層の層準までは現在報告されている海洋レザバー値を使った年代較正で大きな問題はないと言える。一方、AT の層準では、浮遊性有孔虫の年代から計算される AT の堆積年代と水月湖での火山灰の年代との差は 1000 年弱となり、現在環境からの報告値よりも明らかに大きい。さらに、SI の層準では浮遊性有孔虫が示す年代のばらつきが大きいので、正確には計算できないが 1000 年から数千年の差があると見積もられる。これらの結果は、氷期の東海沖の表層水が現在よりも大きなレザバー値を持っていたことを示唆する。Ikehara et al. (2011)⁷⁾は東海沖の最終氷期最盛期末～融氷期において現在よりも大きな海洋レザバー値を持つ表層水の存在を示したが、今回の結果はこれがより以前にも遡って適用されることを示している。この結果は、C9035B Hole B コアを用いた長期的なタービダイトの堆積間隔、ひいては巨大地震の発生間隔の解析において重要な情報をもたらすと考えられる。

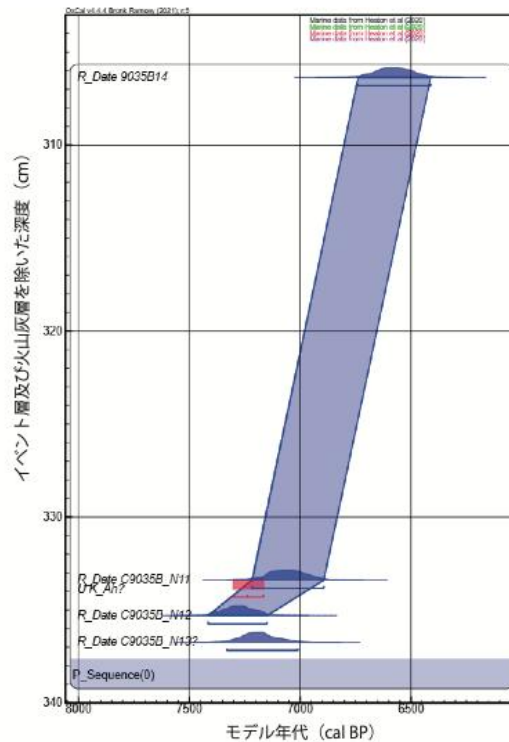


図 2-1-3-3 K-Ah 火山灰について、水月湖での火山灰の年代（赤四角）と御前崎沖での浮遊性有孔虫年代から見積もられる火山灰の年代（K-Ah 火山灰層層準の青色で得られた部分の年代範囲）の差を求めた例。縦軸はコア深度からタービダイトと火山灰の厚さを除去した深度。

室戸沖南海トラフにおける巨大地震の発生履歴を検討するため、KY13-07航海により土佐磐舟状海盆から採取されたコアおよび、KR21-20航海により南海トラフ陸側斜面の斜面海盆から採取されたコアについて（図 2-1-3-4 a）、古地磁気永年変化を利用した年代決定が可能か検討した。古地磁気永年変化による年代決定の適応は、例えば日本海溝の地震履歴研究がある⁸⁾。岩井ほか（2004）⁹⁾により、土佐磐舟状海盆の堆積層には過去の南海地震の発生が細粒タービダイトとして記録されており、細粒タービダイトの堆積間隔は平均で 215 ± 21 年で、南海地震の発生間隔にほぼ一致する事が報告されている。

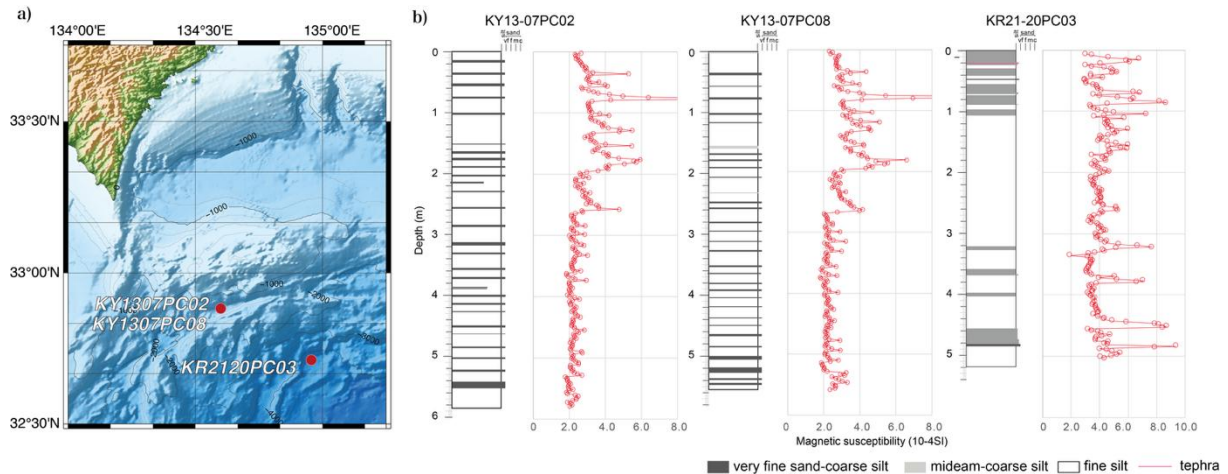


図 2-1-3-4 a) 室戸沖のコアの採取地点。b) KY13-017PC02、 KY13-017PC08 および KR21-207PC03 の柱状図と帯磁率変化。

今回検討した土佐磐舟状海盆から採取したKY13-07PC02とKY13-07PC06コアにも、同様に細粒タービダイトが挟在しており過去の南海地震を記録していると考えられるので、古地磁気永年変化により細粒タービダイトの年代を精査することで、地震履歴情報を充実できると考えられる。またKR21-12PC03コアの採取位置は海溝に近く、深度が大きな斜面海盆から採取されている。前プロジェクトではこのコアの上部に1471年に噴出した桜島文明火山灰の挟在が確認されており、この火山灰の周辺のイベント堆積物は歴史地震に対応する可能性がある事が報告されていた。このコアには浮遊性有孔虫遺骸が含まれないためバルク有機物を用いた放射性炭素年代が検討されたが想定よりも古く、堆積年代の推定に使用するのは困難と考えられた。そこで古地磁気永年変化によって年代づけが可能か検討した。

古地磁気永年変化による年代推定は、Kanamatsu et al. (2017)¹⁰⁾の方法に従った。すなわちコアから 2.2cm 幅の試料を連続的に採取し、各試料の段階消磁した磁化データを主成分解析し磁化方位を抽出し、その後大きく逸脱する磁化方位データや最大角度偏差が大きなデータ ($>10^\circ$) は除外し、さらにコアリング時の回転の影響と考えられる線形トレンドを除いた。古地磁気水平成分の偏角と、垂直成分の伏角の深度変動をリファレンスと対比し、年代を推定した。

多くのサンプルの最大角度偏差は 5° 以下と小さく、安定した磁化である。求めた磁化方位の変化を、水平成分である偏角と、垂直成分である伏角に分けてAli et al. (1999)¹¹⁾の標準曲線 BIWA SV3と対比した (図 2-1-3-5)。

標準曲線とKY13-07PC02とKY13-07PC06の対比は、岩井ほか (2004)⁹⁾で検討されたコアの堆積速度と同程度と想定して行った。コア全体で偏角の変動は比較的大きく対比は明瞭であり、伏角についても同様に極大、極小のピークを対比できる。しかし伏角の角度は全体的に浅い値を示し、下部に行くほど浅い値を示す。この理由については明らかでないが、岩井ほか (2004)⁹⁾によると、土佐磐舟状海盆中央には南落ちの正断層が発達しており、北側の地層はサブボトムプロファイラーによる音響反射面が南側に傾斜し、深度が深くなるにつれ傾斜が大きくなる事が報告されている。北向き下方の伏角

もつ地層が南に傾くと、水平面に対する伏角は浅くなるそのため観測される伏角の浅化はこのような構造運動の影響による可能性がある。

標準曲線との対比から得られた年代と深度（図 2-1-3-6）から平均堆積速度を計算し、コアの最深部の年代を計算すると、それぞれKY13-07PC02が深度579cmで6,432年前、KY13-07PC08が558cmで6,388年前となり、タービダイトの平均頻度はそれぞれ206年、221年となる。これは岩井ほか（2004）⁹⁾ の 215 ± 21 年と整合的である。各タービダイトの正確な年代は砂層の除去などさらに詳細な処理をしてから求める予定であるが対比点の年代は変わらないので平均頻度は大きく変化しないと考えられる。

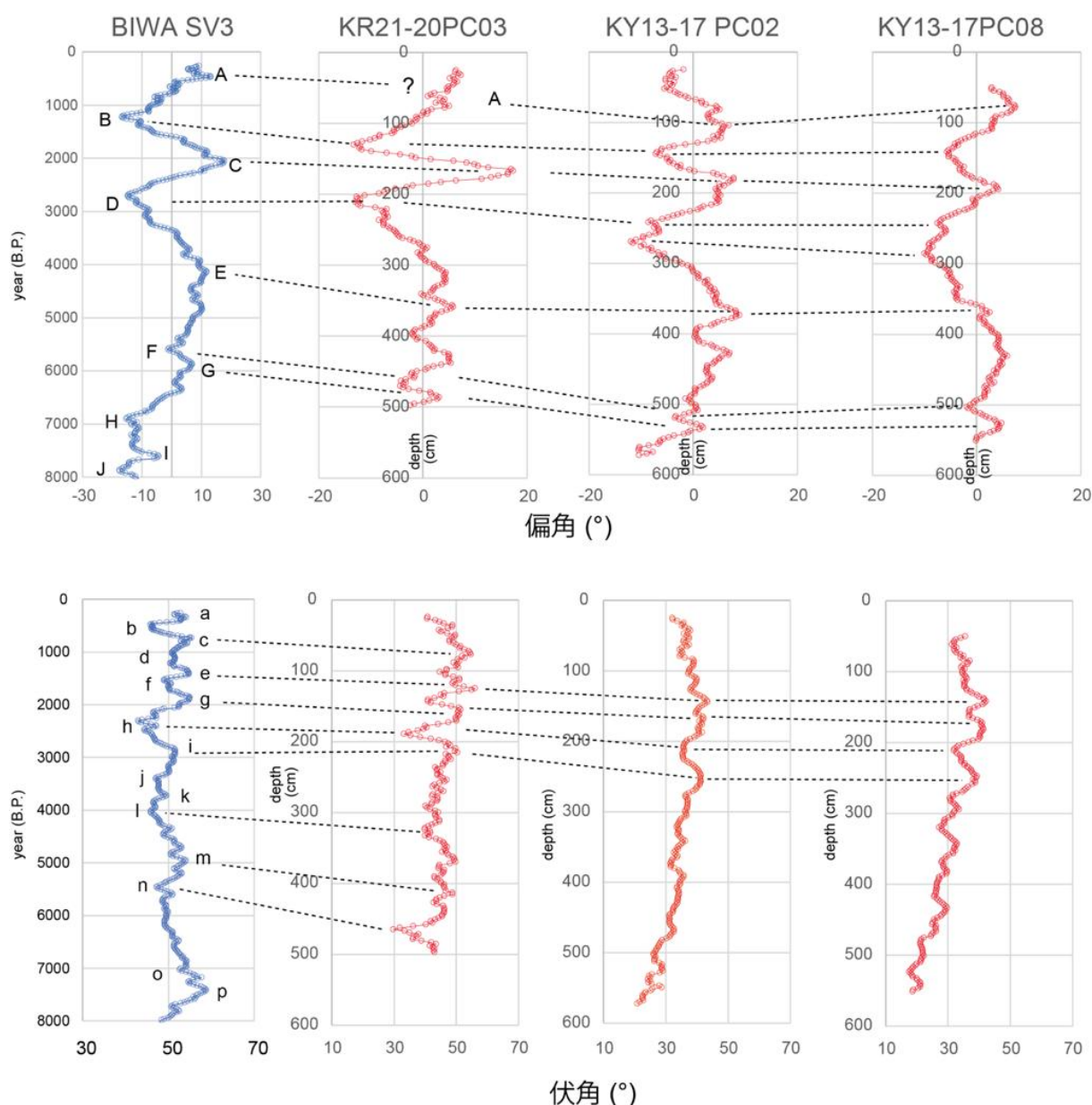


図 2-1-3-5 赤丸：土佐簪舟状海盆におけるピストンコアの古地磁気永年変化の偏角（上段）と伏角の深度プロファイル（下段）、青丸：琵琶湖堆積物の古地磁気永年変化の偏角（上段）と伏角（下段）の年代プロファイル。黒波線：変曲点のタイポイント。

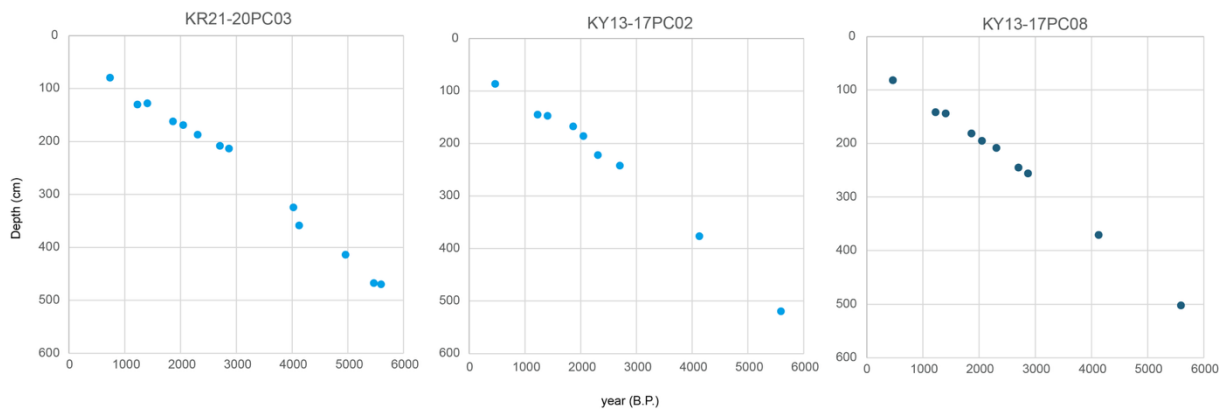


図 2－1－3－6 青丸：古地磁気永年変化の偏角と伏角変動から求めた各コアの深度と年代。

KR21-02PC03コアの解析においては、前プロジェクトで報告されている桜島文明火山灰の年代（1471年）と、バルク有機物の放射性炭素年代を参照した。バルク有機物の放射性炭素年代は古い方にオフセットしている事を考慮して、そのトレンドを参照して標準曲線 BIWA SV3と対比を行った。コア上部の偏角の極大、極小のピーク対比は明瞭である。また伏角の深度200cm付近の浅いピークも明瞭で対比可能である（図 2－1－3－5）。一方、このコアの深度100～320cmの区間では、コアの肉眼観察からはタービダイト層は認められない。これは、この海盆ではタービダイトの堆積自体が起こらなかった事も考えられるが、タービダイト層の堆積が生じたものの、層厚が薄く生物擾乱などによって散布されてしまった可能性も考えられる。土佐磐舟状海盆では、帯磁率ピークがタービダイト層の粗粒層に対応しており、KR21-02PC03コアでも大きくないが深度100～320cmに帯磁率のピークが認められ（図 2－1－3－4 b）、後者の可能性も考えられる。

今後は、これらの対比によって得られた年代について、他の利用可能な年代測定手法を用いて精度を向上させられるか検討する。一般に、磁化の獲得は堆積直後ではなく、海底下で生じると考えられている。そのため、より正確な堆積物の年代決定に向けて、1471年の桜島文明火山灰を用いて磁化獲得の遅延深度を推定するとともに、他の年代指標も参照し、年代精度の向上を図る予定である。また、KR21-02PC03コアの深度100～320cmに見られる帯磁率のピークについては、もともとタービダイトに対応していた可能性も含めて検討する。これらのデータを基に、今後は室戸岬沖における地震発生間隔の解析を行う予定である。

イベント層直上の年代値で 2120 年前、2370 年前、3220 年前で、その間隔は 250～850 年となり、PC07 よりもばらつきは小さい。このような間隔のばらつきが大きいことが日向灘地震の特徴かもしれないが、検討対象とできるコアの数が少ないこと、堆積速度からみて PC07 や PC09 ではコア最上部が欠如している可能性があることなどから、さらにコアを追加した検討が今後なされるべきである。また、PC08 には 1471 年の桜島文明火山灰の挟在が認められ、その上下での浮遊性有孔虫の放射性炭素年代が得られた（図 2-1-3-8）。得られた年代は火山灰の上位の年代（890 年前）の方が下位の年代（940 年前）よりも新しい。この 2 つの年代を暦年較正プログラム Calib 8.2¹²⁾ と関東の沿岸域で求められている海洋レザバー値⁶⁾ を使って暦年較正を行うと、暦年較正年代の中央値として西暦 1584 年と 1543 年が得られる。この年代値は、桜島文明噴火の年代よりも 113 年と 72 年若く、差が大きい。一方で、海洋レザバー値として奄美大島～沖縄で報告されている数値^{13, 14)} を使用すると、西暦 1388 年と 1352 年となり、今度は 83 年と 119 年古くなる。このことは、100 年から数百年の間隔でイベント堆積物を形成するような地震が発生する場においては海洋レザバー値の取り方によって解釈が変わる可能性を示唆し、注意が必要である。なお、今回の結果からすると、日向灘周辺においては、奄美大島～沖縄周辺と関東沿岸の海洋レザバー値の中間の数値を使うのが適当と判断されるが、具体的な数値については測定数が少ないので、今後の検討が必須である。

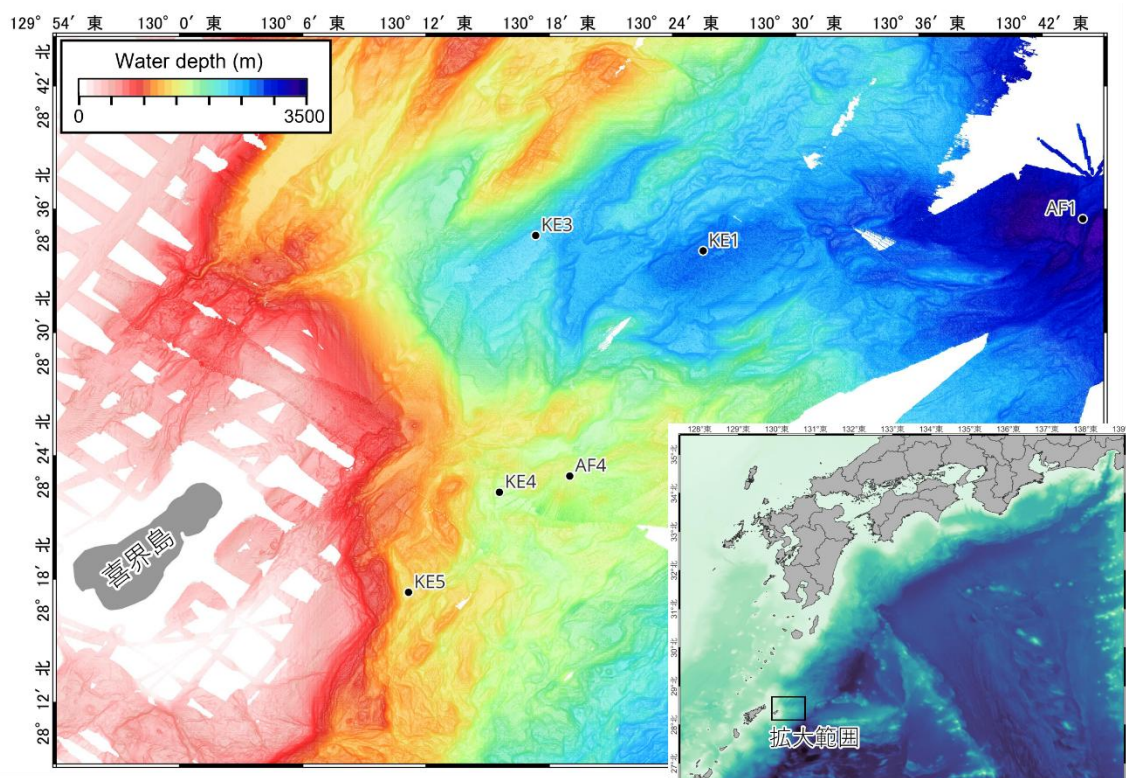


図 2-1-3-9 喜界島周辺の海底地形と採泥点。

南西諸島の喜界島周辺では 1911 年に M8.0 の地震が発生したほか、喜界島では過去 8000 年間に地震性隆起により少なくとも 4 面の海成段丘が形成されており¹⁵⁾、地殻変

動の大きい場と考えられるが、海底堆積物からの地震履歴の検討は必ずしも十分でない。そこで、東京大学大気海洋研究所の共同利用の枠組みで行われた海洋研究開発機構の東北海洋生態系調査研究船新青丸の KS-25-2 次航海により採取されたコアを用いてこの海域の地震履歴の検討を行った。これまで、喜界島から離れた地点において採泥が行われているが（図 2-1-3-9：AF1 及び AF4）、K-Ah より上位の層準にイベント層は確認されていない¹⁶⁾。このため、海底堆積物コアは喜界島東方沖の島側にある水深 1200-2500m の小海盆から 4 本採取された（図 2-1-3-9）。イベント層の下位層準から浮遊性有孔虫を拾い出し、10 点の放射性炭素年代測定を実施した。年代測定は東京大学大気海洋研究所のシングルステージ加速器が用いられた。暦年較正は OxCal4.4⁵⁾ を用いて Marine20 モデルから喜界島で得られているレザバー効果¹⁴⁾ を考慮して行った。比較のため喜界島において報告されている地震性隆起の年代値¹⁵⁾ は本研究と同時の手法で暦年較正を施した。7 枚の火山灰は火山ガラスの化学組成分析から広域火山灰と対比を行い、年代制約に用いた。

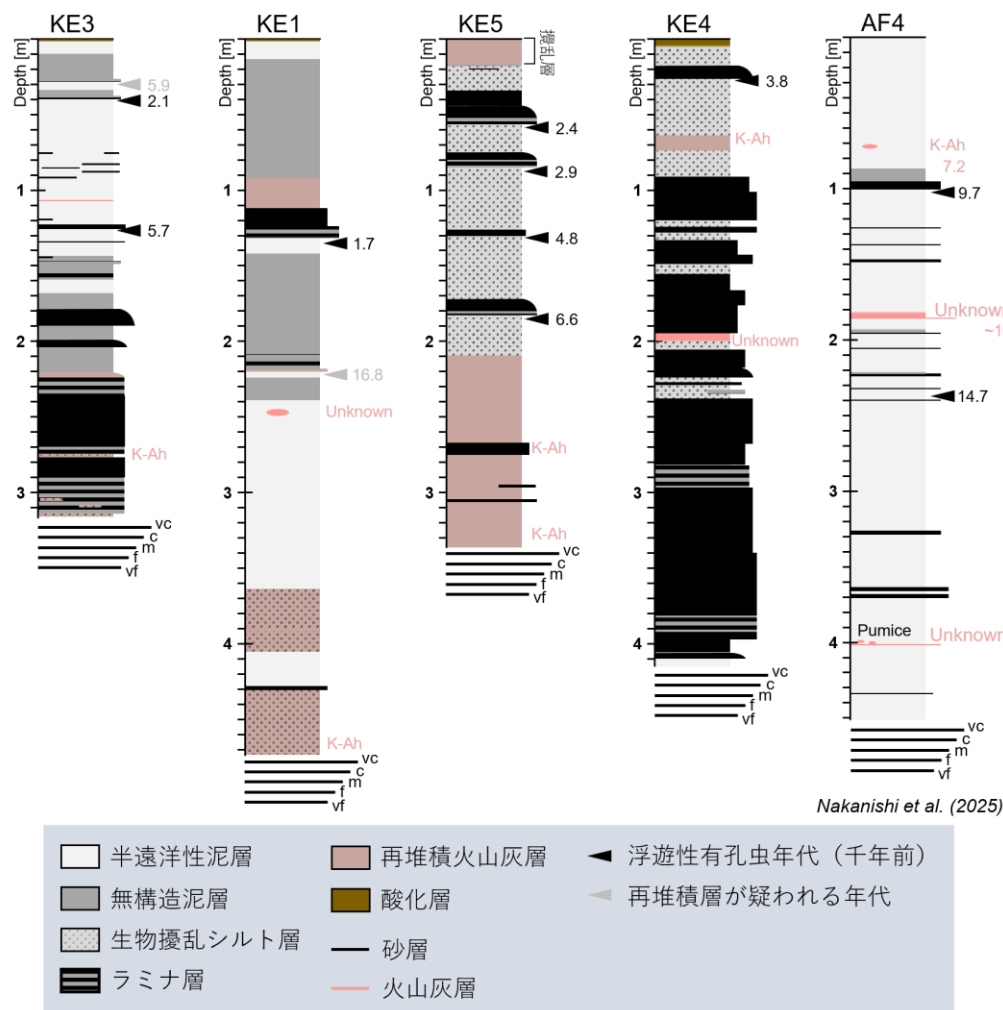


図 2-1-3-10 喜界島周辺海域におけるピストンコアの柱状図と火山灰及び年代測定結果。

小海盆が連なった海底地形を示す喜界島北東沖では 2 地点でコアが得られており (KE1 及び KE3)、両地点で半遠洋性泥層中に複数の砂層と再堆積した K-Ah 火山灰を確認した (図 2-1-3-10)。この再堆積層はコア基底部に厚く確認され、年代測定結果とも矛盾しないことから、正確に噴火年代を示すわけではないが堆積後間もない層準であると考えられる。砂層はラミナ構造や正級化構造を伴うものが多く、無構造な泥層に覆われる。隣り合う下位の海盆に位置する KE1 地点では砂層が 1 m 程度の厚い無構造の泥層に覆われる。このようなタービダイトに類似した構造を示した砂層について、砂層の直下で年代測定試料を採取した。KE3 の最上位砂層については下位の年代と逆転した年代を示したが、下位のイベント層に近いサンプルであることから、再堆積した有孔虫を含んでいた可能性が高い。KE1 においても K-Ah より古い年代が得られており、これも下位のイベント層の影響を受けた測定結果であると考えられる。KE4 と KE5 は喜界島近傍の東方沖に位置しており、シルト質もしくは砂質な堆積物からなる。KE1 や KE3 コアと同様に正級化構造やラミナ構造を示す砂層と K-Ah の再堆積層が確認された。KE4 は先行研究¹⁶⁾で報告された採泥地点の西側 (島側) に位置しており、9000 年前以前に複数の砂層が分布した共通した層序を示す。KE4 では K-Ah 上位に 1 層のイベント層が確認された。最も喜界島近傍で採取された KE5 では K-Ah の上位で 4 層のイベント層が確認された。

喜界島では過去 8000 年という短時間に少なくとも 4 面の海成段丘が形成されていることから、これが地震性隆起を伴ったものであると考えられている¹⁵⁾。この隆起が大規模な地震によるものであった場合、広い範囲でタービダイト層が形成されていたと予想される。各段丘面の離水したサンゴ礁の最若年代を再校正した隆起年代はそれぞれ約 6000、3830、2880、1190 年前である。今回得られたコアで確認されたイベント層は段丘形成年代と対比可能なものを含んでおり強振動を伴う地震であったことを裏付けている (図 2-1-3-7)。また、有史以降の観測地震については現在検討中であるが、1911 年喜界島地震 (M8.0) と最も若い海成段丘面 (1190 年前) の間には明瞭なイベント層が確認されなかった。一方で、タービダイト層の形成年代は既知の隆起年代に該当しないものも確認された。これは地震性以外の成因のタービダイト層を含んでいる可能性や喜界島の隆起運動を伴わない地震の痕跡を記録している可能性がある。コア試料について、イベント層の詳細な比較や年代測定データが不足していることから今後さらなる検討が必要である。

2) 地質記録に基づく地震履歴評価

a) 三重県紀北町「鏡池」

三重県紀北町鏡池内の 2 地点では、フローター上からロシアンサンプラーを用いて柱状堆積物試料を採取した (図 2-1-3-11)。採取時は、コアの継ぎ目の欠損を防ぐために、10cm 重複させて掘り進めた。採取した地点の標高、また周囲の地形の変化を計測するため、ネットワーク型 RTK-GNSS 測位方式で測量を行った。採取した試料は研究室に持ち帰り、肉眼で層相変化を観察するとともに、産業技術総合研究所所有の X 線 CT 撮影装置 (Supria Grande (日立製作所)) を用いて非破壊での画像観察を行った。試料の一部は、高知大学海洋コア国際研究所の蛍光 X 線分析装置 (XRF コアスキ

ャナーITRAX (COX Analytical Systems)) を用い、柱状試料の元素濃度変化を連続的に計測した。肉眼での層相観察の結果、長さ 490cm のコアは、全体的に茶～茶褐色の有機質泥から構成されることがわかった。深さ約 20cm の層準には貝殻片、深さ 114cm の層準にはヒシ (*Trapa*) の果実が肉眼で認められた。また、深さ 120cm～220cm は葉理が発達し、深さ 240cm～300cm の層準では所々に薄い灰色の泥層が確認された (図 2)。CT 画像を確認したところ、有機質泥の中にイベント層 (高密度層) あるいはイベント層の可能性のある層 (やや高密度と見られる層) が、それぞれ 15 層と 3 層認められた (図 2-1-3-12)。CT 画像でイベント層が顕著に見られた層準に対し、XRF コアスキャナーで元素濃度変化を見たところ、イベント層④の層準で、Si、S、Br、Sr の値が上下の地層と比較して上昇していることが明らかになった (図 2-1-3-13)。これに対し、イベント層③の層準では、Si と S の上昇が見られたが、Br と Sr の上昇は確認できなかった。Br については、イベント層③の下位で顕著な変化が見られた。



図 2-1-3-11 三重県紀北町の調査地。基図は地理院地図 (Web) を使用。

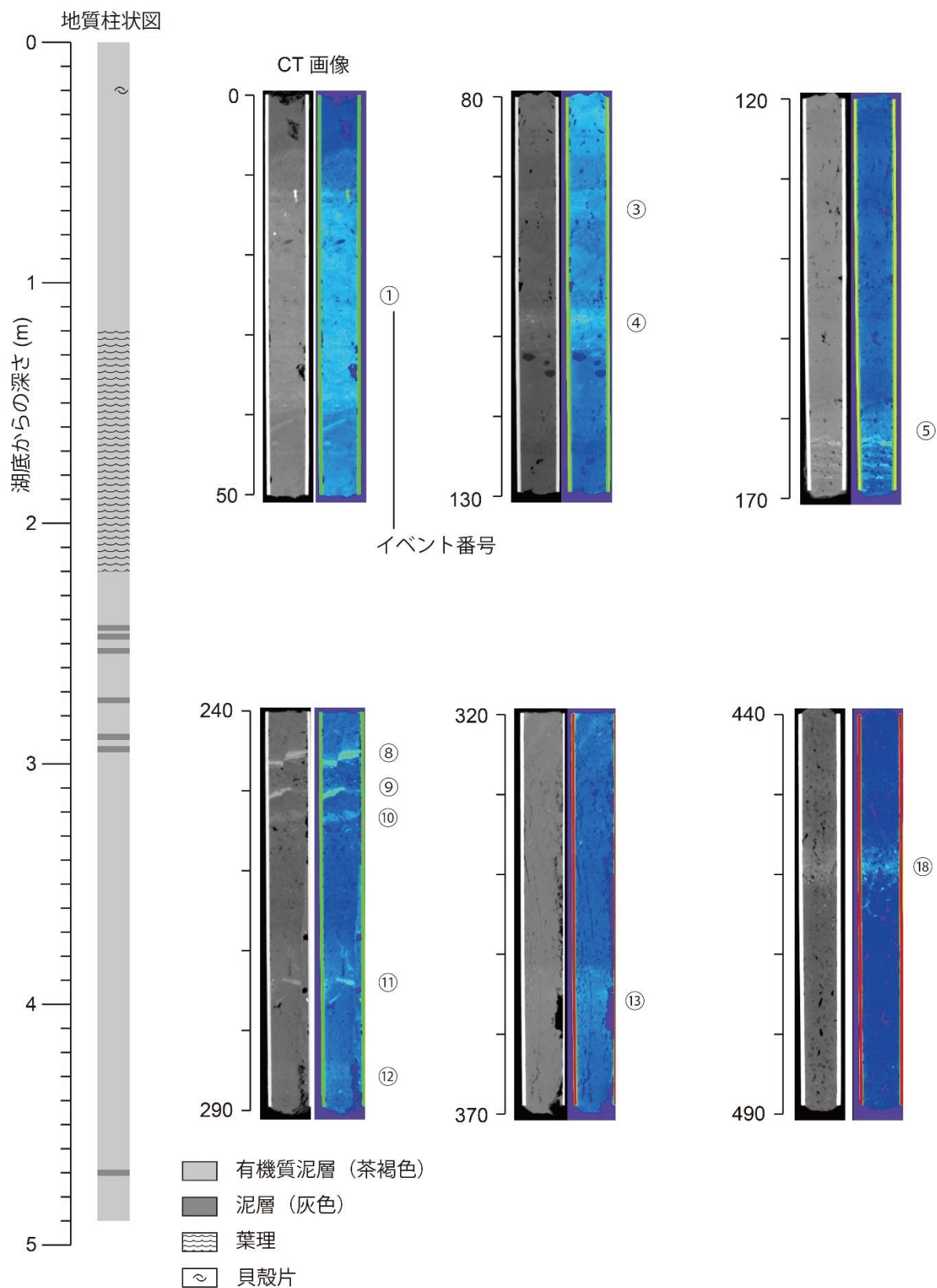


図 2 - 1 - 3 - 12 鏡池で採取された試料の地質柱状図と CT 画像。

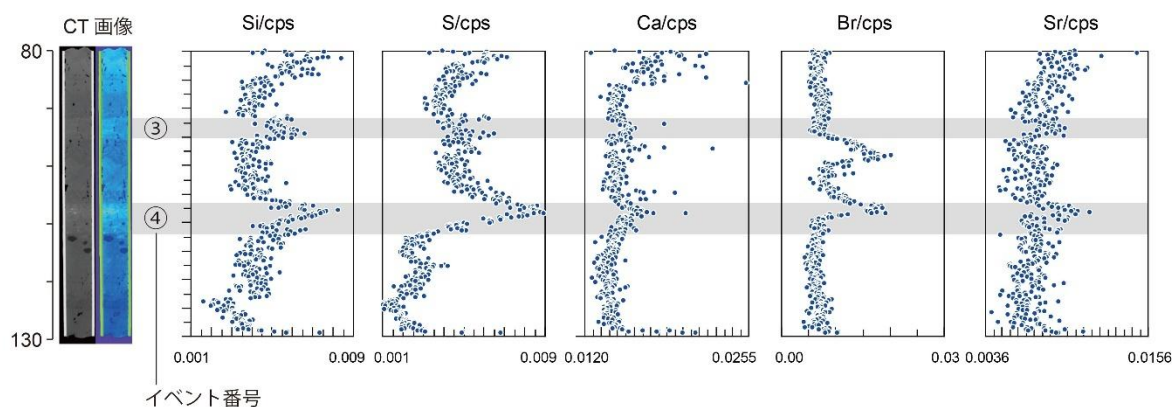


図 2-1-3-13 深さ 80cm~130cm のコアに対して行った蛍光 X 線分析の結果。

b) 高知県須崎市浦ノ内地区

高知県須崎市浦ノ内地区の 5 地点では、機械式ボーリング掘削を行った（図 2-1-3-14）。採取した地点の標高、また周囲の地形の変化を計測するため、ネットワーク型 RTK-GNSS 測位方式で測量を行った。採取した試料は、まず始めに、高知大学海洋コア国際研究所の X 線 CT 撮影装置（Aquilion PRIME Focus Edition（キヤノンメディカルシステムズ））を用いて非破壊での画像観察を行った。CT 画像を撮影した後、コアを半割して肉眼で堆積物の層相変化を確認した。試料は、全体を通して角礫を多く含む礫質砂層あるいは礫質シルト層から構成されていたが（図 2-1-3-15、図 2-1-3-16、図 2-1-3-17）、最も深くまで掘削した URU2025-4 ではコア試料の下位では二枚貝の貝殻片が多く認められた（図 2-1-3-17）。また、URU2025-4 および URU2025-5 の上位において有機質泥層に変化する層準も見られた（図 2-1-3-16、図 2-1-3-17）。



図 2-1-3-14 高知県須崎市浦ノ内地区の調査地。基図は地理院地図（Web）を使用。

URU2025-1
深さ (m)



URU2025-2
深さ (m)



URU2025-3
深さ (m)

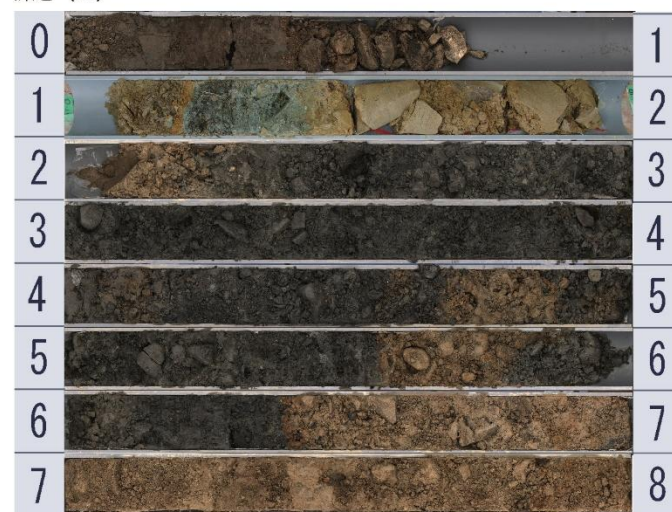
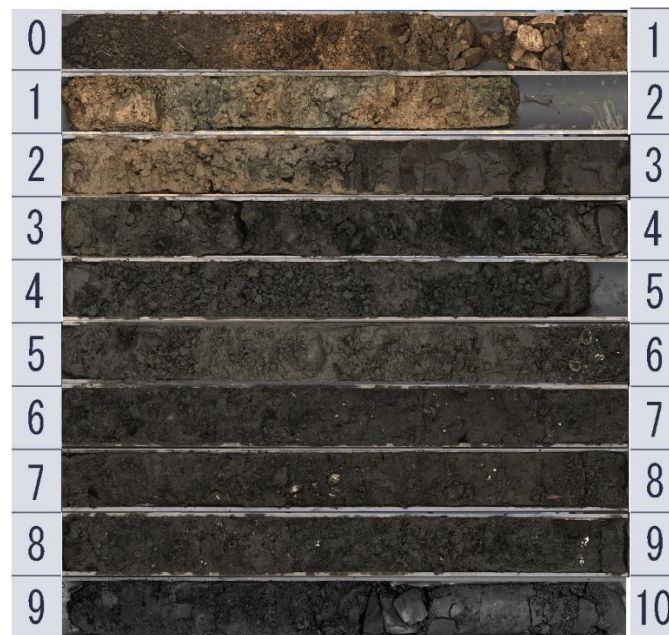


図 2 - 1 - 3 - 15 コア試料 (URU2025-1~3) の写真。

URU2025-4
深さ (m)



URU2025-5
深さ (m)



図 2 - 1 - 3 - 16 コア試料 (URU2025-4、5) の写真。

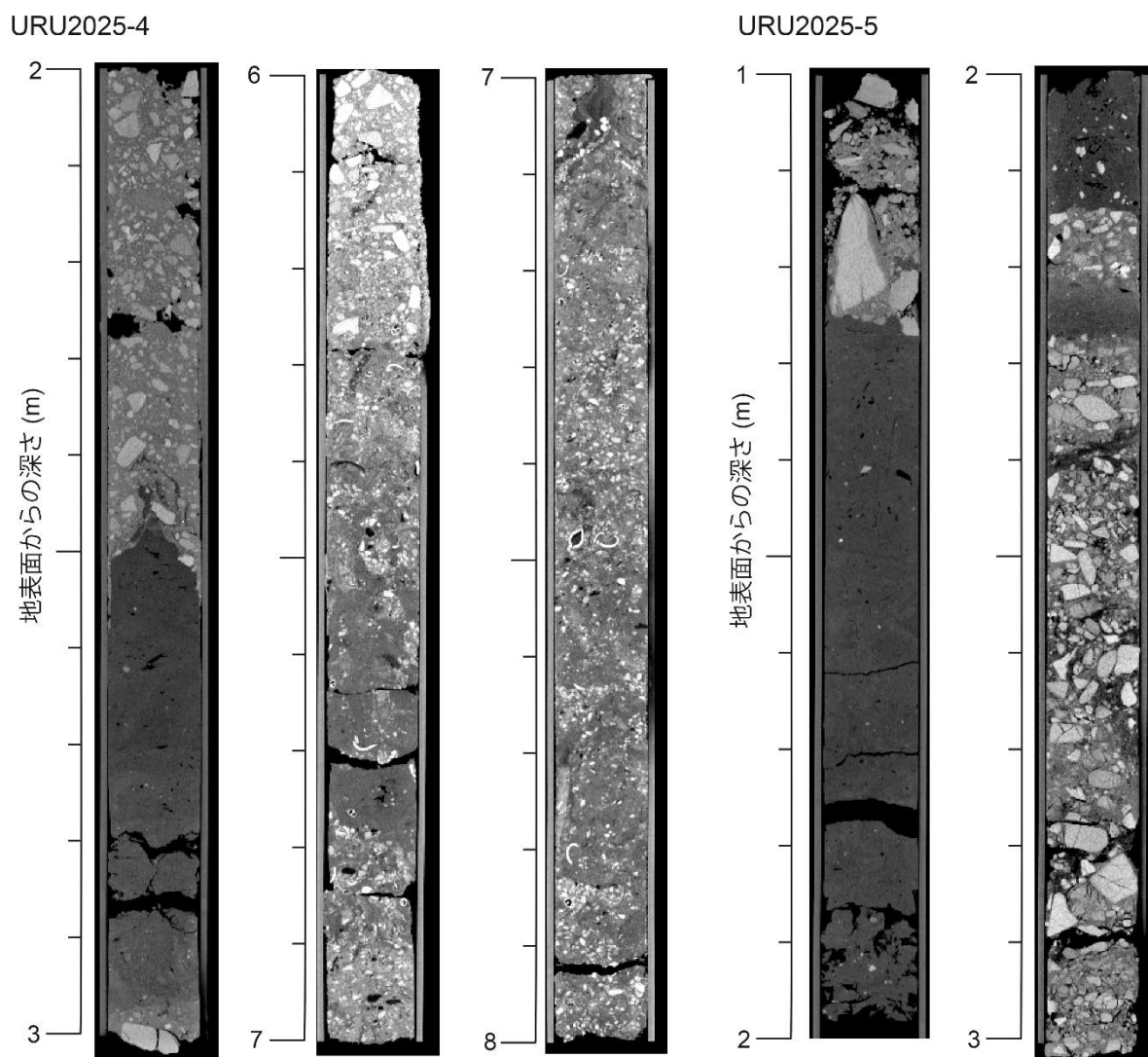


図 2 - 1 - 3 - 17 コア試料 (URU2025-4、5) の X 線 CT 撮影画像。

3) 歴史記録に基づく地震履歴評価

a) 1605 年慶長地震津波の既刊資料整理

機器観測が存在しない時代である 1605 年慶長地震津波の状況は、歴史資料の記述から知ることが基本となる。地震および津波の歴史資料の多くは、『増訂 大日本地震史料』や『新収日本地震史料』といった既刊資料に掲載されている。そこで本研究ではまずこれらの既刊資料（例えば、文部省震災豫防評議会（1941）¹⁷⁾；東京大学地震研究所（1982¹⁸⁾、1989¹⁹⁾、1993²⁰⁾）；宇佐美（1998²¹⁾、2002²²⁾、2005²³⁾、2008²⁴⁾）；都司（1979²⁵⁾、1981a²⁶⁾、1981b²⁷⁾）に掲載された 1605 年地震津波の記事について、史料名や記述が示している場所、および津波の状況などを抽出した（史料情報）。必要に応じて、「[古代・中世] 地震・噴火史料データベース（β 版）」（石橋、2009）²⁸⁾も参照した。

また、津波の高さを推定した先行研究（例えば、羽鳥（1975）²⁹⁾；村上・他（1996）³⁰⁾；都司・他（2019）³¹⁾）を基にどこでどのようなデータがすでに取得されているか把握した（高さ情報）。必要に応じて東北大学が運営する津波痕跡データベース（岩渕・

他、2012)³²⁾も参照した。

さらに、これらの「史料情報」と「高さ情報」とを場所の観点から整理し直し、要するにどこでどのような津波記録が残され、それに対してすでに津波の高さが推定されているか、あるいは再調査の必要性がないかなどについて判断を行った。これらの情報を基に、津波の高さや浸水範囲といったデータを新規に取得できそうな地点を抽出し調査計画を立てている。この現地調査の必要性についての判断は現在も継続中であり来年度も引き続き実施予定である。

一方で、新規の「史料情報」を入手することも積極的に実施した。ただし、1605年の地震記事はそもそもその量が少なく、そのほとんどが既刊資料に掲載されているため、新たな史料の発掘は難しい。そこで、間接的な情報とはなるが、例えば市町村誌に掲載された寺社などの項目を参照し、沿岸部の寺社などのうち 1605 年当時にも存在したものがないか、という観点でも調査を行った。もし 1605 年当時でも存在が確認され、かつ特段の被害や移動の記録がないのであれば、その寺社の位置での津波の規模は小さいあるいは到達しなかったと判断できる可能性があるからである。新規の津波記事の発掘に加え、この目的で関連する県の県立図書館等にて調査を実施しており、来年度も引き続き継続する。

b) 1605 年慶長地震津波に関する現地調査

i) 千葉県鴨川市沿岸

千葉県鴨川市天面（図 2-1-3-18）に位置する西徳寺（図 2-1-3-19）には、享保十五年（1730）に書写されたとされる『御縁起』が残されている（伊藤・他、2005）³³⁾。それによれば、1605 年津波によって本尊などが流され行方不明になった。現在の西徳寺は標高 13m を超す（地理院地図による）高台に立地しており、もし 1605 年当時もこの位置に西徳寺が存在した場合には、それよりも高い津波が襲った可能性がある。しかしながら、下記に示すように西徳寺の当時の位置は検討の余地がある。伊藤・他（2005）³³⁾によれば、同論文執筆当時の住職の話として 1605 年津波当時は段丘の下の海岸付近にあったという言い伝えが存在するとのことである。また、千葉県教育委員会と鴨川市教育委員会が西徳寺参道の入り口に建てた説明板によれば、『この三尊像は、ここから東北 1 キロメートルの所にあった明幢院という寺に安置されていたが、慶長の津波によりその寺が流失したため、当所に移されたと伝えられている』（昭和五十年十二月十日）』とのことである。

一方、『太海のあゆみ』（鴨川市史編さん委員会、2006）³⁴⁾には西徳寺の項に「三尊像はもと波太の宝幢院に安置されていたが、慶長年間（一五九六—一六一四）に西徳寺へ移されたと伝えられる」とある。「明幢院」と「宝幢院」との関係は不明だが、いずれも現在、鴨川市太海に位置する宝幢院（図 2-1-3-20）を指すのかもしれない。あるいは、地元の方の話によれば、西徳寺はもともと西院の河原（図 2-1-3-21）の位置にあったのではないかと、という情報もある。すなわち、本尊が流失した位置は現在の西徳寺の位置ではない可能性がある。

現状では、当時の西徳寺の位置については特定に至れなかった。また、1605 年津波時の宝幢院が現在の位置と変わっていないのかについても確認できなかった。これ

らの件は今後も引き続き調査を行う予定である。なお、参考までに現在の宝幢院と西院の河原の前の地盤面を測量すると、それぞれ 8.6 m および 9.1 m であった。



図 2 - 1 - 3 - 18 千葉県鴨川市での 1605 年津波に関連する場所。基図は地理院地図を使用。



図 2 - 1 - 3 - 19 西徳寺（千葉県鴨川市天面）の写真。一部加工。



図 2 - 1 - 3 - 20 宝幢院（千葉県鴨川市太海）の写真。



図 2 - 1 - 3 - 21 西院の河原（千葉県鴨川市天面）の写真。

ii) 徳島県海部郡牟岐町沿岸

1927 年に発行された『海部郡誌』に、牟岐町に存在した本福寺（図 2 - 1 - 3 - 22）について、「大字川長村字山戸、關よりやや下、牟岐川東岸の山麓にあった。現今石垣石段其儘に残り、寺地は畑及び孟宗簍となつてゐる。（中略）慶長九年十二月の震汐に流失して再建ならず（後略）」と記されている。この記事は既刊資料^{17)～27)}には掲載されていない。このためか、この記述を根拠とした津波の高さや浸水範囲の推定が既往研究ではなされていない。

今回、現地を訪ねると、本福寺があったとされる場所において記述の通り石垣のようなものを見つけることができた。しかし、石段の存在は確認ができなかった。この記述からは、少なくともこの位置（図 2 - 1 - 3 - 22）まで津波が浸水したことが言えるであろう。この位置は現在の海岸線から約 1.5km 内陸である。



図 2 - 1 - 3 - 22 本福寺跡（徳島県海部郡牟岐町）の位置。基図は地理院地図を使用。

iii) 徳島県海部郡海陽町

徳島県海部郡海陽町浅川周辺における 1605 年津波について、村上・他（1988）³⁵⁾ は幕末の徳島藩の学者である野口年長による『海部郡取調廻在録』の記述を紹介している。これには浅川における 1605 年津波の記事が記され、浅川に存在した天神社の棟札（1995 年の時点で存在が未確認、山本（1995）³⁶⁾）の写しの裏書きとして、「伊勢田井ノ谷まで入也」という記述を紹介している。伊勢田というのは浅川港に流れ込む伊勢田川を指すと考えられ、村上・他（1988）は「井ノ谷」を伊勢田川の上流約 3 km の「船が谷」という集落であると推定した（図 2 - 1 - 3 - 23）。今回、この集落に近い船ヶ谷橋（図 2 - 1 - 3 - 24）を訪ね、その橋面ならびに下の川面の標高を測ると、それぞれ 26.0m および 20.9m であった。この値が津波の高さを意味するのであれば非常に規模が大きかった可能性がある。

ところが、『海部郡取調廻在録』については例えば山本（1995）³⁶⁾も同史料を紹介しているものの、該当部分において「伊勢田井ノ谷まで入也」の記述が抜けている。この記述は非常に大規模な津波浸水の根拠となる記述なので、可能な限り原典に近い史料を調べるべきであると考えた。そこで、徳島県立文書館にて調査を実施したところ、岩村家文書の『阿波海部郡取調録』（中表紙には『海部郡取調廻在録』と記されている）にこの記述が記載されていた（図 2 - 1 - 3 - 25 の赤矢印部分）。この史料が原典なのかはまだ判明しておらず、しかも原典であったとしても元々天神社の棟札の写しの裏書きであるという二次的な記録であるために扱いは依然として慎重になるべきである。しかも村上・他（1988）³⁵⁾が推定した「井ノ谷」が「船が谷」である根拠は判然としないので、今後も引き続き調査を継続予定である。

このほか、徳島県海部郡海陽町穴喰浦（図 2 - 1 - 3 - 26）においては、『慶長の大津波-阿波、穴喰の古文書』（猪井、1976）³⁷⁾に掲載された『慶長九年十二月十六日大變年代書記』に同地域内の詳細な津波の状況が記されている。このうち、穴喰八幡神

社（図 2－1－3－27）と実喰祇園神社（図 2－1－3－28）について「当所之両者八幡祇園拝殿迄ハ、皆々流失シ」という記述が存在する。今回、これらの拝殿の標高を測定するとそれぞれ 4.1m と 4.4m であったことから、1605 年津波のこの位置での高さはこれ以上であったと考えられる。



図 2－1－3－23 船ヶ谷橋（徳島県海陽町）の位置。基図は地理院地図を使用。



図 2－1－3－24 船ヶ谷橋および伊勢田川の川面の写真。

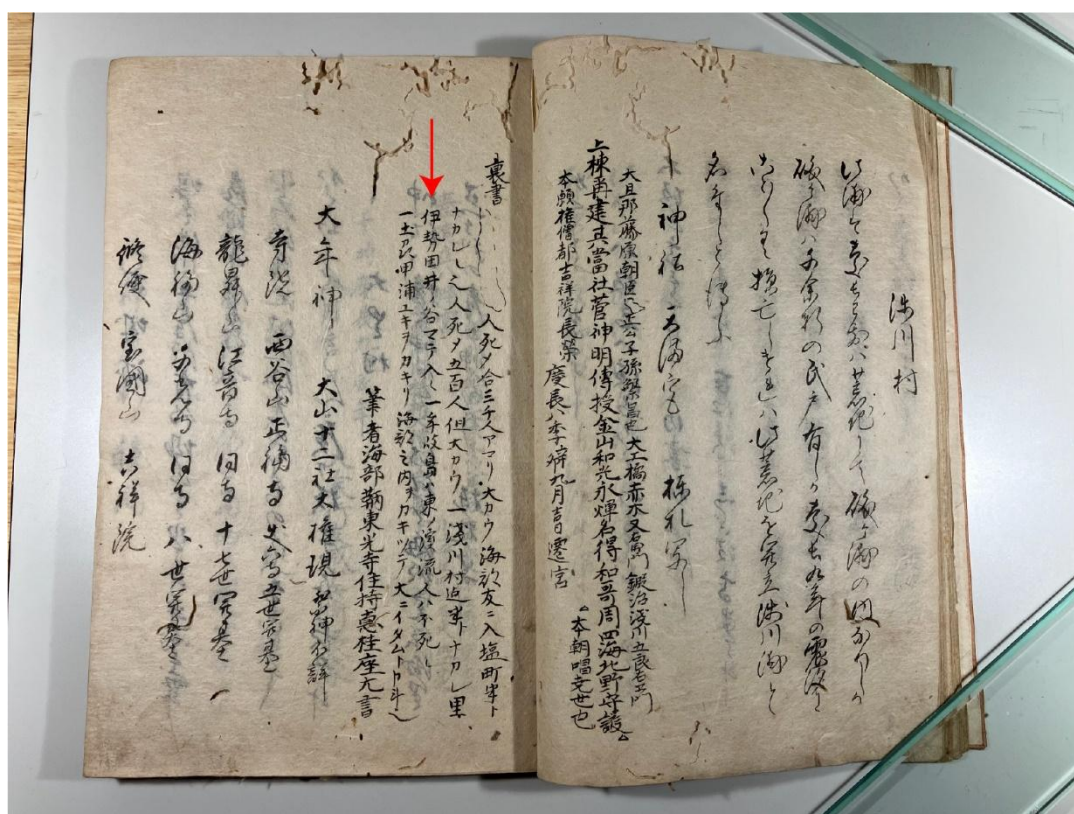


図 2 - 1 - 3 - 25 「海部郡取調廻在録」の浅川村の項。徳島県立文書館所蔵。赤矢印は報告者加筆。



図 2 - 1 - 3 - 26 穴喰八幡神社および穴喰八坂神社（徳島県海部郡海陽町）の位置。基図は地理院地図を使用。

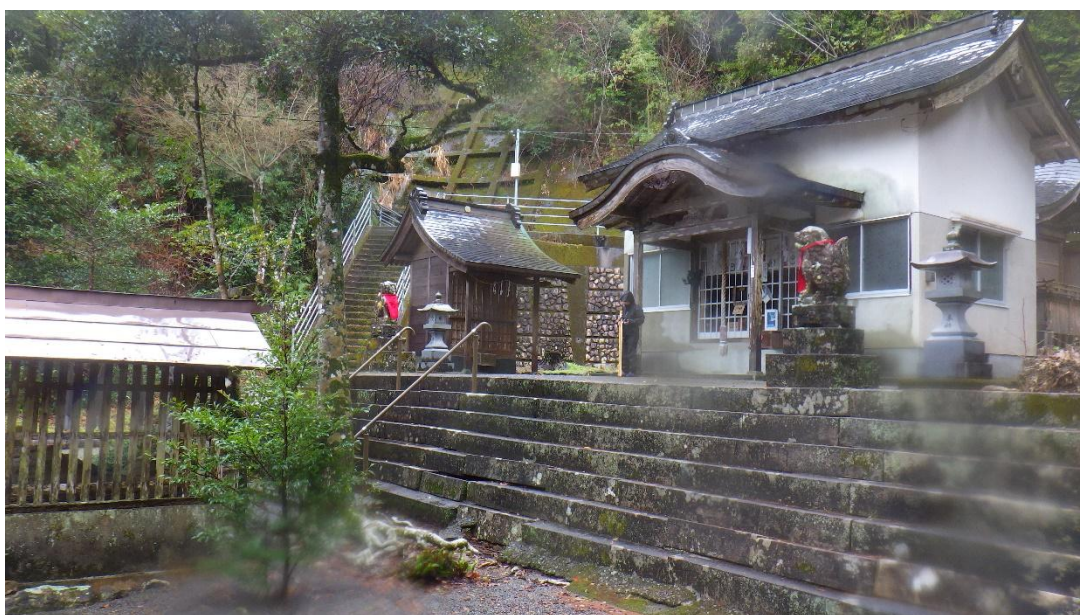


図 2 - 1 - 3 - 27 穴喰八幡神社の写真。



図 2 - 1 - 3 - 28 穴喰八坂神社の写真。

c) 寺社を対象とした過去の地震津波に関する記録・伝承についてのアンケート調査

近世以前の地震津波に関連する資料について、戦乱の影響や識字率普及の問題で、今後新たな史料としての発見は難航することがこれまでの史料学の進展から推測される。そのため、あらゆる手段を講じ、地震津波に関する間接的情報も丹念に拾いあげて行く必要がある。その中で、日本各地に点在する寺社には、建立年代から過去の記録を残し受け継がれていることが多いため、地震津波の記録を見いだせる可能性がある。以上の背景を鑑み、本業務では、南海トラフ地震の影響地域における寺院を対象として地震津波に関するアンケート調査を実施した。

i) アンケート調査の内容

アンケート調査の内容については、被験者の負担を考え設問は7題とし、そのうち5題は選択式とした。実際に配布したアンケート票を図2-1-3-29に示す。以下に設問内容について示す。

- 問1 寺院の所在（記述式）
- 問2 創建日（記述式）
- 問3 創建日の根拠（選択式）
- 問4 寺院での出来事について（選択式）
- 問5 近世以前における史料記録の有無（選択式）
- 問6 近世以前における口承記録の有無（選択式・記述式併用）
- 問7 ヒヤリングの可否（選択式）

簡易版

寺院を対象とした過去の地震津波に関する
記録・伝承についてのアンケート調査

はじめに貴院についておうかがいします。

問1 貴院とご記入者についておうかがいします。

寺院名			
寺院の所在地			
記入者名(ふりがな) (漢字)	せい: 姓:	めい: 名:	
役職			
電話番号	-	-	
FAX	-	-	
メール	@		

問2 貴院の創建日をお教えください。

和暦(元号:)	/	西暦	年	月
----------	---	----	---	---

問3 創建日の根拠をお教えください。(あてはまるものを全てに○)

1. 縁起書	
2. 町や村、国、藩等、行政の記録	
3. その他資料への記載(具体的に:)	
4. 口承・口伝	
5. その他(具体的に:)	

問4 貴院はこれまでに(1)～(4)の出来事がありましたか。(あてはまるものを全てに○)

出来事	有無	(ありの場合)時期
(1) 縁起	1. あり 2. なし	和暦(元号:) / 西暦 年 月
(2) 併合	1. あり 2. なし	和暦(元号:) / 西暦 年 月
(3) 分院	1. あり 2. なし	和暦(元号:) / 西暦 年 月
(4) 分院より創建した	1. あり 2. なし	和暦(元号:) / 西暦 年 月

次に、貴院がお持ちの資料についておうかがいします。

問5 貴院では、17世紀以前(西暦 1700 年以前)に記された寺の記録、日記、書簡、過去帳などの資料は保有されていますか。

1. 保有している	2. 保有していない	→問6へ
-----------	------------	------

【問5で「1. 保有している」と回答した方におうかがいします】

問5-1 17世紀以前(西暦 1700 年以前)の資料をお持ちの寺院におうかがいします。

資料の中に、地震や津波の発生、被害、死者数等に関して記録されたものはありますか。

1. ある	2. ない	3. わからない
-------	-------	----------

【問5で「1. 保有している」と回答した方におうかがいします】

問5-2 17世紀以前(西暦 1700 年以前)の資料をお持ちの寺院におうかがいします。

貴院では、これまでに、保有されている17世紀以前(西暦 1700 年以前)に記された寺の記録、日記、書簡、過去帳などの資料を、教育委員会に提出したことはありますか。

1. 提出したことがある	2. 提出したことはない	3. わからない
--------------	--------------	----------

問6 貴院や周辺の地域には記録として残されている資料以外に、地震や津波の口承・口伝が残っていますか。

1. 残っている	2. 残っていない	→問7へ
----------	-----------	------

【問6で「1. 残っている」と回答した方におうかがいします】

問6-1 残っている口承・口伝の内容をできる限り具体的に記入ください

問7 国立研究開発法人海洋研究開発機構(JAMSTEC)では、本アンケート調査の対象となった寺院様に、過去の地震津波に関する記録・伝承に関してお話をうかがいたいと考えております。後日、ヒヤリングにご協力いただくことは可能でしょうか。

1. 協力できる	2. 協力できない
----------	-----------

アンケートは以上で終了です。
同封の封筒にお入れいただき、ポストにご投函ください。
ご回答いただきありがとうございます。

図2-1-3-29 アンケート調査票。

ii) 調査対象地域と期間

調査対象地域は、静岡県、愛知県および三重県内の海岸線から3km圏内にある寺社を対象として実施した。2,139の寺社を対象として調査を実施し、その期間は、2025年11月28日から2026年2月2日までとした。調査結果としては、有効回収数374点(回収率17.5%)となった。

iii) 調査結果

以下に調査結果についての簡易的な統計量を示す。

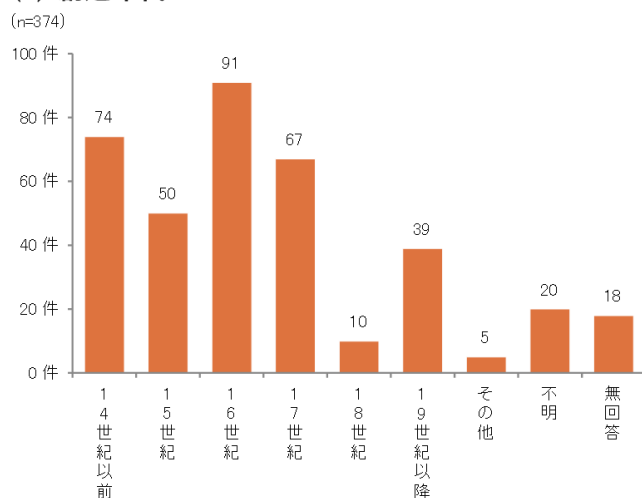
本調査による有効回答率は静岡県が 38.2%、愛知県 33.7%、三重県 28.1% となった。静岡県に若干高い有効回答率となった。17 世紀以前に創建された寺社が大部分を占めていることがわかった（図 2-1-3-30）。14 世紀以前で 74 寺院、15 世紀で 50 寺院、16 世紀で 91 寺院、17 世紀で 67 寺院となった。この創建時期の根拠としては、374 件中 312 件が史料として残されている縁起書由来であることがわかった。

寺院の移転や併合（図 2-1-3-31）については、半数以下とそれほど顕著ではないが、その時期に一定の傾向は見られない。

被験寺院が所有する資料（図 2-1-3-32）について、17 世紀以前の日記・過去帳・石碑などの記録資料の保有率は 24.3%、その中で地震や津波に関する記録がある寺院は 12.1%（11 件）であった。また、被験寺社の周辺地域に地震や津波について口承として有効回答数（374 件）のうち 10.7%（40 件）が残されていた。

今回のアンケート調査の中で実際にヒヤリングにご協力頂ける寺院は全体の 40.6% であるため、無理のない範囲内で実地ヒヤリングを実施し、より具体的に史料記録の拡充に務めたい。さらに、当該調査を紀伊半島や四国沿岸部に展開して、さらなる基礎情報収集を行う予定である。

(a) 創建年代



(b) 根拠

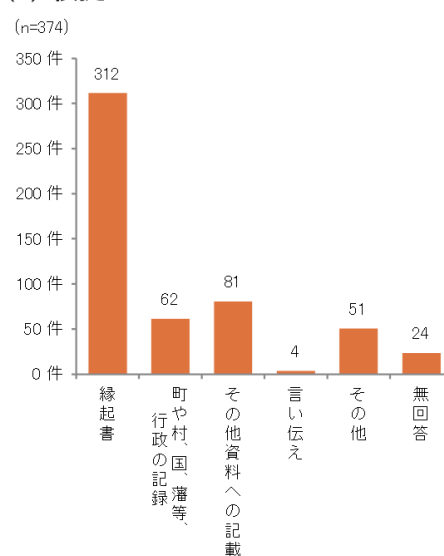
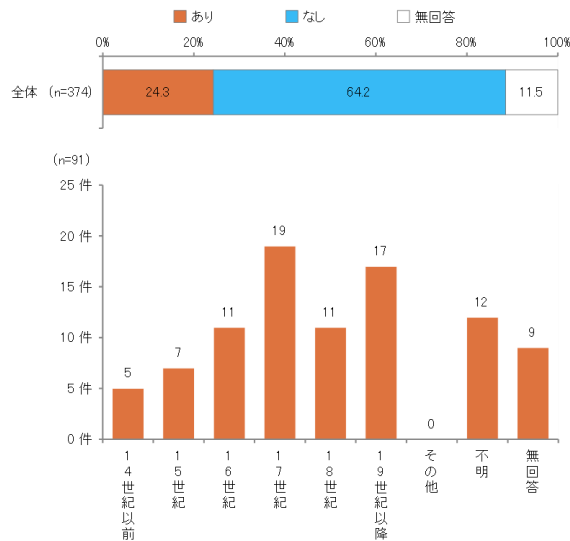


図 2-1-3-30 本調査の有効回答における静岡県、愛知県と三重県における (a) 寺院創建年代と (b) 創建時期の根拠。

(a) 移転の有無とその時期



(b) 併合の有無とその時期

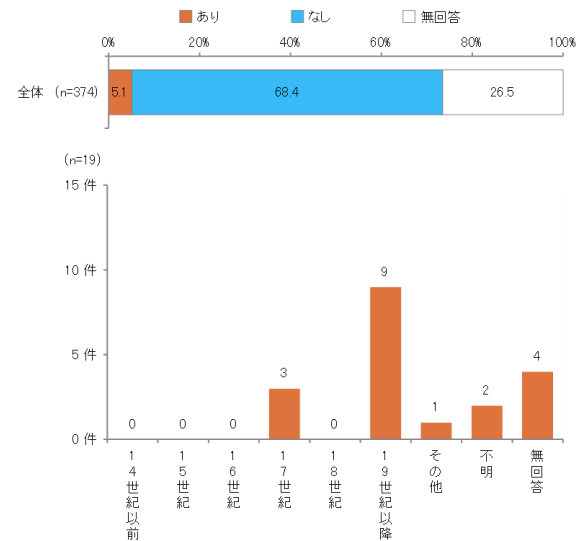
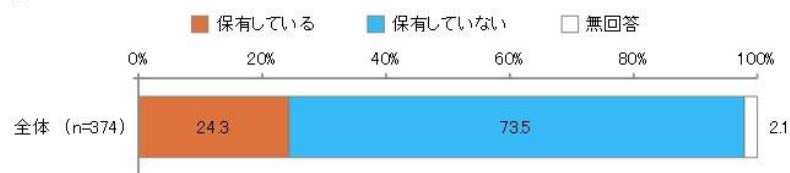


図2-1-3-31 本調査の有効回答における静岡県、愛知県と三重県における、(a)寺院移転の有無（上図）とその時期（下図）と(b)寺院併合の有無（上図）とその時期（下図）。

(a) 17世紀以前の日記・過去帳・石碑などの記録資料



(b) 資料の中に地震や津波の被害に関する記録

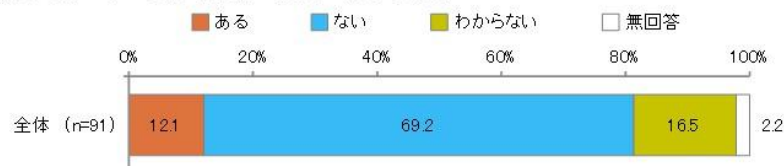


図2-1-3-32 所有する資料について、(a)17世紀以前の日記・過去帳・石碑などの記録資料の有無、(b)資料の中に地震や津波の被害に関する記録の有無。

4) 地震シナリオ構築

プレート境界で発生する巨大地震は、地震間において上盤プレートと沈み込むプレートとの固着域周辺に応力が徐々に蓄積し、地震発生時にその蓄積応力が急激に解放される現象として理解される。この枠組みに基づき、南海トラフおよび相模トラフにおいて将来発生しうる巨大地震のすべり分布やマグニチュードの評価を行った。基本的な手順は、地殻変動データ解析によるプレート間固着域の検出、応力蓄積量の評価、応力蓄積分布に基づく巨大地震の破壊シナリオ（すべり分布）の構築である。その具体的手法と解析上の要点を概説し、最後に今後の課題を述べる。

a) 陸・海の GNSS データ解析による固着域の検出

南海トラフでは、フィリピン海プレートがアムールプレートの下へ約 6 cm/year の

速度で沈み込んでいる。両プレート間の固着により、地震間においてプレート境界に応力が蓄積される。上盤側に設置された陸上の GEONET および海底 GNSS-A 観測データを用いて地表のひずみ速度場を推定し、その逆解析によりプレート境界上のせん断応力蓄積速度分布を導出した（図 2-1-3-33）。推定された固着域は、過去の南海トラフ巨大地震の破壊セグメント構造と整合的であり、東から、遠州灘、熊野灘、紀伊半島沖、室戸沖、豊後水道の 5 領域に区分される。前 4 者は歴史地震の破壊セグメントに対応し（例 石橋・佐竹 1998³⁸⁾；瀬野 2012³⁹⁾、豊後水道は長期的スロースリップ活動域（例 Obara and Kato 2016⁴⁰⁾；Ozawa et al. 2024⁴⁾）と対応する。

従来は、すべり欠損速度分布を逆解析で推定し、そこから応力変化を計算していた（Noda et al., 2018⁴¹⁾）。しかし、すべりから応力への変換過程で誤差が増幅される問題があった。Saito & Noda (2022)⁴²⁾は、この問題を回避するため、応力蓄積速度を直接推定する逆解析手法を開発した。

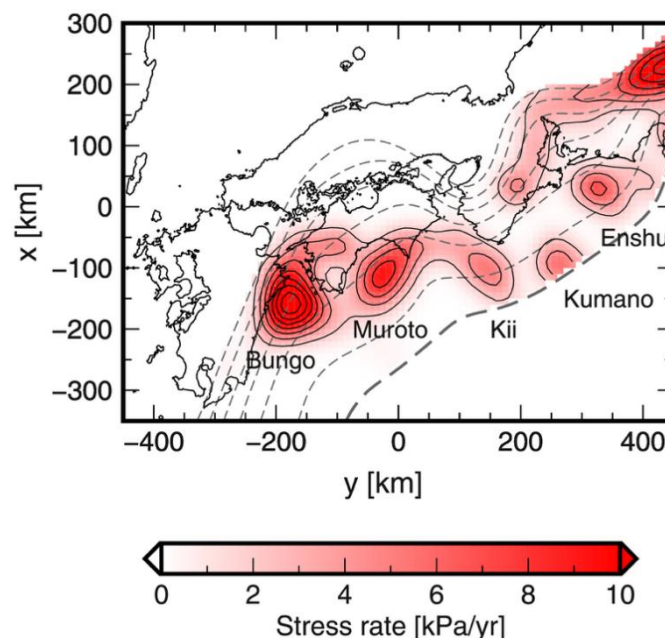


図 2-1-3-33 南海トラフのプレート境界におけるせん断応力の増加速度分布。遠州灘、熊野灘、紀伊半島沖、室戸沖、豊後水道の 5 つの力学的固着箇所を確認できる（Saito & Noda 2022⁴²⁾）。

b) 応力蓄積速度から応力蓄積量の評価

巨大地震の規模を評価するためには、地震時に解放される応力に対応する応力蓄積量の推定が必要である。しかし、応力蓄積速度から蓄積量を求めるには時間積分が必要であり、その評価には仮定が不可欠である。Noda et al. (2021)⁴³⁾では、応力蓄積速度が時間的に一定であると仮定し、南海トラフ巨大地震の代表的再来間隔として約 150 年を採用することで応力蓄積量を評価した。その結果、最大 Mw8.6 に相当する断層破壊に対応する応力が蓄積していることを示した。

Saito & Noda (2023)⁴⁴⁾は相模トラフにおいて、応力蓄積速度一定の仮定のもと、

1703 年元禄関東地震 (M8.1~8.5)、1923 年大正関東地震 (M8.0)、および房総スロースリップの活動履歴を組み込んで、2024 年時点の応力蓄積量を評価した。その結果、大正関東地震で破壊しなかった房総沖領域において、元禄地震以降応力が継続的に蓄積しており、Mw8 級の地震に相当する応力蓄積量に達していることが示された。このように地震活動履歴を考慮することで、「破壊の残り (われのこり)」が将来の破壊規模・発生位置に与える応力蓄積量を定量的に評価できる。

c) 応力の解放による大地震の発生

Noda et al., (2021)⁴³⁾ は、南海トラフにおいて、遠州灘・熊野灘・紀伊半島沖・室戸沖の 4 つの主要固着域の組み合わせにより、単独破壊から連動破壊まで 10 通りの応力降下の様式を想定した。応力降下分布からすべり分布を計算することで、モーメントマグニチュードを評価できる。ただし、すべり方向はプレート沈み込み方向と一致すると仮定する。加え、地震間に蓄積した応力が地震時に全て解放される、および、すべり領域を事前に設定するという仮定が必要である。すべり領域設定にあたっては、すべりが海溝に到達する場合／しない場合の双方を検討する (Noda et al., 2021)⁴³⁾、余効すべり発生深度には地震時すべりは及ばないとする (Saito & Noda, 2022)⁴²⁾ など、既往研究に基づく合理的制約条件を課す。この手順により、応力蓄積量分布から将来起こりうる多様な破壊シナリオを構築できる。南海トラフでは Mw8.6 を含む 20 種類の破壊シナリオ (Noda et al., 2021)⁴³⁾、相模トラフでは Mw7.9 を含む 6 種類のシナリオ (Saito & Noda, 2023)⁴⁴⁾ を提案した。

d) 1707 年宝永地震における応力解放量の予備解析

GNSS 解析により得られた固着域を単純化し、南海トラフにおける力学的固着モデルを試作した。試作力学的固着モデルを使って 1707 年宝永地震における応力解放量を考える。ここでは、Furumura et al. (2011)⁴⁵⁾ で使用されている宝永地震の沿岸津波波高分布データを再現するよう力学的固着モデルのパッチにおける応力解放量を吟味した。豊後水道におけるパッチは非地震性すべりによって応力が解消されると仮定し、東海・遠州灘・熊野灘・紀伊半島沖・室戸沖の 5 つのパッチにおける応力解消量を考える。津波波高分布データのフィッティングを調整することで、各パッチにおける応力解放量を 10MPa (東海)、11MPa (遠州灘)、9MPa (熊野灘)、8MPa (紀伊半島沖)、7MPa (室戸沖) と推定した (図 2-1-3-34a)。この応力解放量によって沿岸津波波高分布の特徴をおおよそ説明することができる。この応力解消分布に対応する地震時すべり分布を図 2-1-3-34b に示す。地震の規模は Mw8.82 となる。

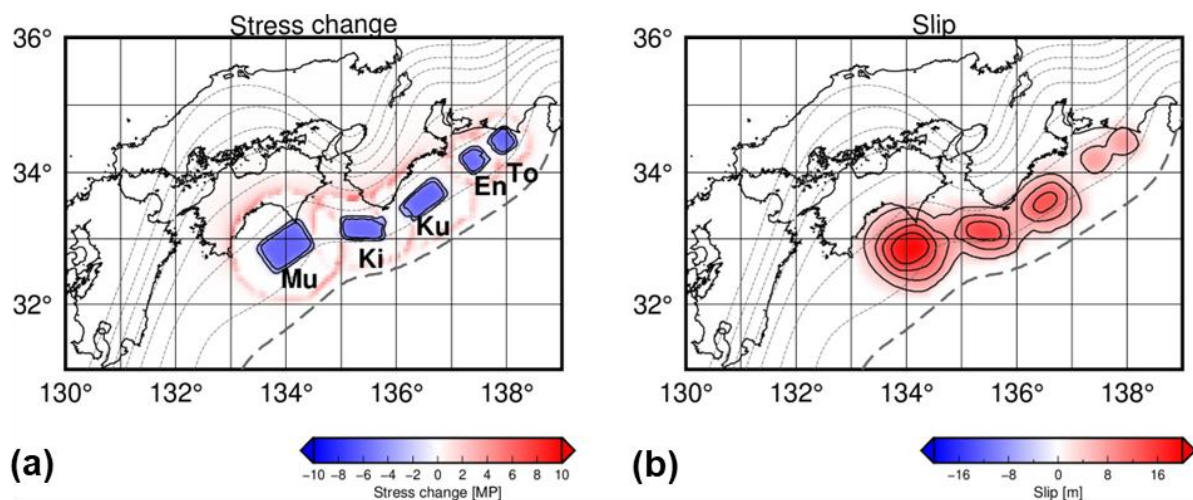


図 2-1-3-34 1707 年宝永地震の予備的解析結果. (a)南海トラフプレート境界における応力解放量の分布. 5つのパッチそれぞれの応力解放量は、10MPa（東海）、11MPa（遠州灘）、9MPa（熊野灘）、8MPa（紀伊半島沖）、7MPa（室戸沖）とした。(b) 求めた応力解放分布に対応する地震時のすべり分布。モーメントマグニチュードは $M_w 8.82$ となる。

(c) 結論ならびに今後の課題

御前崎沖の「ちきゅう」による掘削コアでは、改定された深度－年代モデルに基づいて挟在する4枚の火山灰層の年代が求められ、これと水月湖でのこれらの火山灰層の年代との比較から、完新世では現在報告されている海洋レザバー値を用いることで較正が可能であるが、最終氷期においてはより大きなレザバー値を用いる必要があることが明らかとなった。今後、これらのレザバー値を用いた深度－年代モデルからタービダイトの堆積年代を決定し、地震発生間隔の解析を行う予定である。室戸岬沖のコアについては古地磁気永年変化の記録は比較的明瞭でタービダイトの堆積年代の推定に有用である事が明らかになった。今後は、火山灰の年代等、他の年代を参照し精度を高くできるか検討する予定である。またコア中に見られる帯磁率のピークが、もともとタービダイトに対応していた可能性についても検討する。日向灘沖では、まだ十分な数の年代値が得られていないコアもあるが、広域に対比可能と思われる2枚のイベント層の存在が明らかとなった。一方で、多数のイベント層を挟在するコアでのイベント層の堆積間隔はばらつく傾向が確認できた。より多数のコアで確認が必要である。また、挟在する火山灰層の年代と放射性炭素年代との比較からこの海域における完新世の海洋レザバー値を求められる可能性を示したが、具体的な数値に関してはより多数のコアでの確認が必要である。喜界島沖では、複数のコアに年代値を入れ、年代の枠組みを決めることができた。これをもとに、コア間のイベント層の対比や陸上の段丘隆起イベントとの対比を今後進めていく予定である。

三重県紀北町の鏡池において、ロシアンサンプラーを用いた湖底堆積物の採取を行った。採取した試料を肉眼および医療用X線CTで観察したところ、有機質泥の中にイベント層（高密度層）あるいはイベント層の可能性のある層（やや高密度と見られる層）が、それぞれ15層と3層認められた。これらの層は、過去に発生した海水侵入イベントによって形成された可能性がある。今後は、採取したコア試料の観察と蛍光X線分析

結果を統合し、イベント層の識別、その起源、堆積年代の推定を行い、過去に発生した地震イベントとの関係を議論する必要がある。高知県須崎市浦ノ内地区の5地点において、機械式ボーリング調査を行った。得られた試料について肉眼およびX線CT画像解析による観察を行った結果、角礫を多く含む礫質砂層あるいは礫質シルト層が継続的に堆積していたことが明らかになった。一方で、URU2025-4 および URU2025-5 の上位においては、有機質泥層が堆積するような層準も見られた。今後は、有機質泥層を中心に分析を行い、堆積当時の環境変化や堆積年代の推定を行い、過去に発生した地震イベントとの関係を議論する必要がある。

既刊史料および既往研究の整理により1605年慶長地震津波に関する「史料情報」と「高さ情報」を収集し、これらを場所ごとに対応づけて整理することで、各地点においてどのような津波記録が残され、どのような高さ推定がなされているかを明らかにするとともに、県立図書館等での調査により新たな史料情報の収集を行った。また、千葉県および徳島県において現地調査を実施し、既往研究では十分に検討されていなかった地点における津波到達範囲や高さに関する新たな知見を得た。これらの作業は全体に必要な作業の一部であり、引き続き次年度も実施していく必要がある。近世以前の地震・津波に関する新史料の発見は困難と考えられるため、寺社に残る記録や間接的情報の収集が重要である。本研究では、南海トラフ地震の影響地域（静岡・愛知・三重の沿岸3 km 圏内）の寺社2,139件を対象にアンケート調査を実施し、374件（回収率17.5%）の有効回答を得た。多くの寺社は17世紀以前に創建され、創建年代は主に縁起書に基づくものであった。資料保有状況として、17世紀以前の記録を持つ寺院は24.3%、そのうち地震・津波の記録を有する寺院は12.1%にとどまった。また、周辺地域に口承が残るケースも10.7%確認された。今後は協力可能な寺院に対して実地ヒアリングを進めるとともに、調査範囲を紀伊半島や四国沿岸へ拡大し、さらなる基礎情報の収集を目指す。

GNSS データ解析に基づきプレート境界上の固着域とせん断応力蓄積速度分布を推定し、これをもとに応力蓄積量を評価した。さらに、過去の地震活動履歴やスロースリップの影響を考慮することで、破壊の残りを含めた現実的な応力状態を再現することも可能である。これらの結果に基づき、応力解放としての地震発生を仮定して多様な破壊シナリオを構築し、南海トラフおよび相模トラフにおける将来の巨大地震の規模や発生様式を定量的に評価できることを示した。将来発生しうる巨大地震をより高い信頼度で評価するためには、力学的固着域の検出に加え、過去の大地震でどの程度応力が解放されたのかを明らかにし、応力蓄積・解放の履歴を再構築することが重要である。現在は、固着域が破壊されると蓄積応力が100%解放されると仮定している。この仮定の妥当性、すなわち応力解放率を定量的に評価することが今後の課題である。2024年日向灘地震(Mw 7.1)の場合のように、現代の津波観測・地殻変動観測記録が利用できる場合、応力解放量を高い信頼度で推定することができる⁴⁶⁾。加え、過去の発生した大地震の破壊領域や応力解放量の推定技術の高度化が重要となる。

(d) 引用文献

- 1) 徳山英一, 平 朝彦, 倉本真一, 山本富士夫: 東海沖海底の変動地形, 科学, Vol. 68, pp. 56-57, 1998.

- 2) Heaton, T.J., Köhler, P., Butzin, M., Bard, E., Reimer, R.W., Austin, W.E., Ramsey, C.B., Grootes, P.M., Hughen, K.A., Kromer, B., Reimer, P.J., Adkins, J., Burke, A., Cook, M.S., Olsem, J. and Skinner, L.C.: Marine 20 -the marine radiocarbon age calibration curve (0-55,000 cal BP). *Radiocarbon*, Vol.62, pp.779-820, 2020.
- 3) Smith, V.C., Staff, R.A., Blockley, S.P.E., Bronk Ramsey, C., Nakagawa, T., Mark, D.F., Takemura, K., Danhara, T. and Suigetsu 2006 Project Members: Identification and correlation of visible tephras in the Lake Suigetsu SG06 sedimentary archive, Japan: chronostratigraphic markers for synchronizing of east Asian/west Pacific palaeoclimatic records across the last 150 ka, *Quat. Sci. Rev.*, Vol.67, pp.121-137, 2013.
- 4) Albert, P.G., Smith, V.C., Suzuki, T., McLean, D., Tomlinson, E.L., Miyabuchi, Y., Kitaba, I., Mark, D.F., Moriwaki, H., SG06 Project Members and Nakagawa, T.: Geochemical characterization of the Late Quaternary widespread Japanese tephrostratigraphic markers and correlations to the Lake Suigetsu sedimentary archive (SG06 core), *Quat. Geochron.*, Vol.52, pp.103-131, 2019.
- 5) Bronk Ramsey, C.: Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, Vol.51, pp.337-360, 2009.
- 6) Shishikura, M., Echigo, T. and Kaneda, H.: Marine reservoir correction for the Pacific coast of central Japan using ^{14}C ages of marine mollusks uplifted during historical earthquakes, *Quat. Res.*, Vol.67, pp.286-291, 2007.
- 7) Ikehara, K., Danhara, T., Yamashita, T., Tanahashi, M., Morita, S. and Ohkushi, K.: Paleoceanographic control on a large marine reservoir effect offshore of Tokai, south of Japan, NW Pacific, during the last glacial maximum-deglaciation. *Quat. Int.*, Vol.246, pp.213-221, 2011.
- 8) Kanamatsu, T., Ikehara, K. and Hsiung, KH.: Submarine paleoseismology in the Japan Trench of northeastern Japan: turbidite stratigraphy and sedimentology using paleomagnetic and rock magnetic analyses. *Prog. Earth Planet. Sci.*, Vol.10, 16, 2023.
- 9) 岩井雅夫, 藤原 治, 門馬大和, 岩崎 望, 鹿納晴尚, 尾田太良, 松岡裕美, 岡村 真: 室戸沖南海トラフ陸側斜面の土佐瀨海盆より得られた完新世地震性タービダイト—KR9705P1 の例—, *地質学論集*, No.58, pp.137-152, 2004.
- 10) Kanamatsu, T., Usami, K., McHugh, C.M.G., Ikehara, K.: High-resolution chronology of sediment below CCD based on Holocene paleomagnetic secular variations in the Tohoku-oki earthquake rupture zone. *Geochem. Geophys. Geosyst.* Vol.18, pp.2990-3002, 2017.
- 11) Ali, M., Oda, H., Hayashida, A., Takemura, K., Torii, M. .: Holocene paleomagnetic secular variation from Lake Biwa. *Geophys. J. Int.* , Vol.136,

- pp. 218-228, 1999.
- 12) Stuiver, M. and Reimer, P. J. : Extended ^{14}C data base and revised Calib 3.0 ^{14}C age calibration program, Radiocarbon, Vol. 35, pp. 215-230, 1993.
 - 13) Yoneda, M., Uno, H., Shibata, Y., Suzuki, R., Kumamoto, Y., Yoshida, K., Sasaki, T., Suzuki, A. and Kawahata, H. : Radiocarbon marine reservoir ages in the western Pacific estimated by pre-bomb molluscan shells. Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B, Vol. 259, pp. 432-437, 2007.
 - 14) Hirabayashi, S., Yokoyama, Y., Suzuki, A., Miyairi, Y. and Aze, T. : Short-term fluctuations in regional radiocarbon reservoir age recorded in coral skeletons from the Ryukyu Islands in the north-western Pacific. Jour. Quat. Sci., Vol. 32, pp. 1-6, 2017.
 - 15) Sugihara, K., Nakamori, T., Iryu, Y., Sasaki, K. and Blanchon, P. : Holocene sea-level change and tectonic uplift deduced from raised reef terraces, Kikai-jima, Ryukyu Islands, Japan. Sed. Geol., Vol. 159, pp. 5-25, 2003.
 - 16) Nakanishi, R., Maeda, A., Amano, A., Ashi, J., Yamaguchi, A., Yokoyama, Y., Miyairi, Y. : Estimation of turbidite source area in late Pleistocene to Holocene around Kikai Island based on mineral and biogenic calcium carbonate composition. Marine Geology, Vol. 487, 107593, 2025.
 - 17) 文部省震災豫防評議會 : 増訂大日本地震史料, Vol. 1, pp. 669-678, 1941.
 - 18) 東京大学地震研究所 : 新収日本地震史料, Vol. 2, pp. 76-93, 1982.
 - 19) 東京大学地震研究所 : 新収日本地震史料, Vol. 補遺, pp. 96-97, 1989.
 - 20) 東京大学地震研究所 : 新収日本地震史料, Vol. 続補遺, pp. 41, 1993.
 - 21) 宇佐美龍夫 : 「日本の歴史地震史料」, Vol. 拾遺, pp. 23-28, 1998.
 - 22) 宇佐美龍夫 : 「日本の歴史地震史料」, Vol. 拾遺 2, pp. 55, 2002.
 - 23) 宇佐美龍夫 : 「日本の歴史地震史料」, Vol. 拾遺 3, pp. 82, 2005.
 - 24) 宇佐美龍夫 : 「日本の歴史地震史料」, Vol. 拾遺 4 上, pp. 30-32, 2008.
 - 25) 都司嘉宣 : 東海地方地震津波史料 (I・上巻), 防災科学技術研究所研究資料, Vol. 35, pp. 88-90, 1979.
 - 26) 都司嘉宣 : 高知県地震津波史料, 防災科学技術研究所研究資料, Vol. 57, pp. 13-16, 1981a.
 - 27) 都司嘉宣 : 紀伊半島地震津波史料ー三重県・和歌山県・奈良県 of 地震津波史料ー, 防災科学技術研究所研究資料, Vol. 60, pp. 24-25, 1981b.
 - 28) 石橋克彦 : 歴史地震史料の全文データベース化, 地震 2, Vol. 61 特集号, pp. S509-S517, 2009.
 - 29) 羽鳥徳太郎 : 明応 7 年・慶長 9 年の房総および東海南海道大津波の波源, 東京大学地震研究所彙報, Vol. 50, pp. 171-185, 1975.
 - 30) 村上仁士・島田富美男・伊藤禎彦・山本尚明・石塚淳一 : 四国における歴史津波 (1605 慶長・1707 宝永・1854 安政) の津波高の再検討, 自然災害科学, Vol. 15, pp. 39-52, 1996.
 - 31) 都司嘉宣・今井健太郎・蝦名裕一・岩瀬浩之・大林涼子 : 慶長九年十二月十六日 (1605

- II 3) 地震の静岡県以西の津波高さ分布, 津波工学研究報告, Vol. 36, pp. 43-70, 2019.
- 32) 岩渕洋子・杉野英治・今村文彦・都司嘉宣・松岡祐也・今井健太郎・首藤伸夫: 信頼度を考慮した津波痕跡データベースの構築, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 68, pp. I_1326-I_1330, 2012.
- 33) 伊藤純一・都司嘉宣・行谷佑一: 慶長九年十二月十六日 (1605. 2. 3) の津波の房総における被害の検証, 歴史地震, Vol. 20, pp. 133-144, 2005.
- 34) 鴨川市史編さん委員会: 太海のあゆみ, 鴨川市教育委員会, pp. 29-31, 2006.
- 35) 村上仁士・島田富美男・細井由彦: 徳島における歴史津波, 津波工学研究報告, Vol. 5, pp. 32-56, 1988.
- 36) 山本武夫・萩原尊禮: 慶長九年 (一六〇五) 十二月十六日地震についてー東海・南海沖の津波地震か, 萩原尊禮 (編著)「古地震探求ー海洋地震へのアプローチ」, 東京大学出版会, pp. 160-251, 1995.
- 37) 猪井達雄: 慶長の大津波ー阿波、宍喰の古文書ー
- 38) 石橋克彦, 佐竹健治, 総合報告: 古地震研究によるプレート境界巨大地震の長期予測の問題点ー日本付近のプレート沈み込み帯を中心としてー特集: 大地震の長期予測はどこまで可能か? I. 古地震調査と長期予測. 地震 第 2 輯, 50 (appendix), 1-21, 1998.
- 39) 瀬野徹三, 南海トラフ巨大地震ーその破壊の様態とシリーズについての新たな考えー, 地震第 2 輯, 64 (2), 97-116, <https://doi.org/10.4294/zisin.64.97>, 2012.
- 40) Obara, K., & Kato, A., Connecting slow earthquakes to huge earthquakes. Science, 353 (6296), 253-257, 2016.
- 41) Ozawa, S., Muneakane, H., & Suito, H., Time-dependent modeling of slow-slip events along the Nankai Trough subduction zone, Japan, within the 2018-2023 period. Earth, Planets and Space, 76 (1), 23, 2024.
- 42) Noda, A., Saito, T., & Fukuyama, E., Slip - deficit rate distribution along the Nankai Trough, southwest Japan, with elastic lithosphere and viscoelastic asthenosphere. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 123 (9), 8125-8142, 2018.
- 43) Saito, T., & Noda, A., Mechanically coupled areas on the plate interface in the Nankai trough, Japan and a possible seismic and aseismic rupture scenario for megathrust earthquakes. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 127, e2022JB023992. <https://doi.org/10.1029/2022JB023992>, 2022.
- 44) Noda, A., Saito, T., Fukuyama, E., & Urata, Y., Energy-based scenarios for great thrust-type earthquakes in the Nankai trough subduction zone, southwest Japan, using an interseismic slip-deficit model. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 126, e2020JB020417. <https://doi.org/10.1029/2020JB020417>, 2021.
- 45) Saito, T., and A. Noda, Mechanically Coupled Areas on the Plate Interface

in the Kanto Region, Central Japan, Generating Great Earthquakes and Slow-Slip Events, Bull. Seismol. Soc. Am. XX, 1-14, doi: 10.1785/0120230073, 2023.

- 46) Furumura, T., Imai, K., & Maeda, T., A revised tsunami source model for the 1707 Hoei earthquake and simulation of tsunami inundation of Ryujin Lake, Kyushu, Japan. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 116(B2), 2011.
- 47) Kubota, T., Kubo, H., & Saito, T., Reliable fault modeling of an Mw 7.1 earthquake in Hyuganada Sea on 8 August 2024 by offshore tsunami data from new seafloor network N-net and onshore GNSS data. Geophysical Research Letters, 52(8), e2025GL115391, 2025.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
海底のイベント堆積物を用いた地震履歴研究の現状と今後のチャレンジ（口頭）	池原 研	日本地質学会第 132 年学術大会（2025 熊本大会）	R7.09	国内
海域を震源とする地震イベント直後の海域調査はなぜ重要なのか？（口頭）	池原 研 佐川拓也 ジェンキンス ロバート	日本地質学会第 132 年学術大会（2025 熊本大会）	R7.09	国内
和歌山県那智勝浦町におけるイベント堆積物の堆積学的特徴（ポスター）	松本弾 澤井祐紀 行谷佑一 谷川晃一朗 嶋田侑真	日本地質学会第 132 年学術大会（2025 熊本大会）主催：日本地質学会	R7.09.16	国内
1854 年安政南海地震の波源断層モデル再考（口頭）	今井 健太郎 堀 高峰	第 42 回歴史地震研究会（豊岡大会）	R7.09.28	国内
宮崎市野島での津波の浸水範囲-1662 年日向灘地震と 1707 年宝永地震について-（ポスター）	伊尾木圭衣 山下裕亮	日本地震学会 2025 年秋季大会，主催：日本地震学会	R7.10.20	国内
南海トラフにおける力学	齊藤竜彦	日本地震学会 2025	R7.10.21	国内

的固着と1707年宝永地震の応力解放	久保田達矢	年度秋季大会，主催：日本地震学会		
地殻変動と津波の痕跡から推定される近世以降の南海トラフ地震の破壊形態多様性(口頭)	今井 健太郎 堀 高峰	日本地震学会 2025 年度秋季大会，主催：日本地震学会	R7.10.21	国内
Summary on Japan margin paleoseismology (口頭)	Ikehara, K. Kanamatsu, T. Nakanishi, R. Sagawa, T.	Magellan Plus Workshop, Land-to-Sea Shaking Studies	R7.10	国外
Detailed paleoseismological records in the Japan Trench: Age control and correlation based on paleomagnetic secular variation (ポスター)	Kanamatsu, T., Ikehara, K., Hsiung, K-H., Chang, Y-C., Arai, K.	Magellan Plus Workshop, Land-to-Sea Shaking Studies	R7.10	国外
Drilling the whole trench-fill sequence in the central Japan Trench: IODP ³ Exp. 503 Hadal Trench Tsunamigenic Slip History (口頭)	Ikehara, K. Strasser, M. Maeda, L.	2025 Western Pacific Drilling Meeting	R7.11	国外
Diversity in Rupture Patterns of Nankai Trough Earthquakes Inferred from Historical Tsunami and Crustal Deformation Record (ポスター)	Kentaro Imai, Takane Hori	AGU25	R7.12.16	国外

2) 学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載した論文（発表題目）	発表者氏名	発表した場所（学会誌・雑誌等名）	発表した時期	国内・外の別
Re-examination of coastal submergence	澤井祐紀 百原新	Earth, Planets and Space	R7.05.27	国際

events during the last 4000 years in the Ukishima-ga-hara lowland, central Japan: an aid for the long-term evaluation of the Fujikawa-kako fault zone	伊藤一充 嶋田侑真 松本弾			
Holocene coastal barrier dune development and its influence on marine inundations: an example from the Kochi coast facing the Nankai Trough, southern Japan	谷川晃一朗 田村亨 小森康太郎 根来湧輝	Geomorphology	R7.10.01	国際

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

2. 2 課題2 連鎖複合災害に備える地域防災力強化研究

2. 2. 1 連鎖複合災害リスク評価手法の構築

(1) 業務の内容

(a) 業務題目「連鎖複合災害リスク評価手法の構築」

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立研究開発法人防災科学技術研究所	研究主監	藤原 広行
国立研究開発法人防災科学技術研究所	研究部門長	中村 洋光
国立研究開発法人防災科学技術研究所	研究領域長	青井 真
国立研究開発法人防災科学技術研究所	上席研究員	森川 信之
国立研究開発法人防災科学技術研究所	主任研究員	河合 伸一
国立研究開発法人防災科学技術研究所	主任研究員	岩城 麻子
国立研究開発法人防災科学技術研究所	主任研究員	土肥 裕史
国立研究開発法人防災科学技術研究所	主任専門研究員	先名 重樹
国立研究開発法人防災科学技術研究所	主任研究員	佐藤 昌人
国立研究開発法人防災科学技術研究所	特別研究員	今井 隆太
国立研究開発法人防災科学技術研究所	特別研究員	松本 雄馬
国立研究開発法人防災科学技術研究所	主任研究員	前田 宜浩
国立研究開発法人防災科学技術研究所	主任専門研究員	内藤 昌平
国立研究開発法人防災科学技術研究所	研究領域長	臼田 裕一郎
国立研究開発法人防災科学技術研究所	副研究部門長	田口 仁
国立研究開発法人防災科学技術研究所	特別技術員	水井 良暢
国立研究開発法人防災科学技術研究所	副研究領域長	永松 伸吾
国立研究開発法人防災科学技術研究所	契約研究員	永田 茂
国立研究開発法人防災科学技術研究所	契約研究員	大塚 理加
国立研究開発法人防災科学技術研究所	契約研究員	塩崎 由人
国立研究開発法人防災科学技術研究所	契約研究員	今泉 賢吾
国立研究開発法人防災科学技術研究所	契約研究員	マイジンガー・ベサニ
国立大学法人東京大学	教授	廣井 悠
学校法人専修大学	教授	佐藤 慶一
国立大学法人東北大学	准教授	佐々木 大輔
国立大学法人東京大学	准教授	バタチャリヤ・ヤスミン
学校法人早稲田大学	講師	寅屋敷 哲也
国立大学法人東京大学	特任助教	井澤 佳織
大阪工業大学	准教授	坂平 文博

(c) 業務の目的

南海トラフ巨大地震を対象に、地域社会において地震動・津波・土砂崩れ、液状化等の災害が同時または時系列的に発生した場合に、通常であれば個別に対応可能な災害が

連鎖・複合的に拡大し社会機能の停止や生活の持続困難をもたらす現象を「連鎖複合災害」と捉え、その発生プロセスや構造の解明と対策の設計に資する連鎖複合災害リスク評価手法の開発を目的とする。手法開発のため、都市域、ゼロメートル地帯、軟弱地盤地域、山間地などの特徴的な地域を抽出し、それぞれの地域で想定される複数のハザードについて、「南海トラフ地震防災基盤シミュレータ」も活用し、ハザードや被害の程度、社会機能の特性などを段階的な与条件として設定する。この際、災害連鎖や因果構造に関する既往研究や先行事例を整理・参照し、学術的背景を十分に踏まえて分析を行う。そして、各災害が社会機能に及ぼす影響の因果構造をモデル化し、与条件の組合せに基づいて被害が連鎖的に拡大する連環構造を明らかにし、災害連鎖が社会機能に甚大な影響を及ぼすようになる分岐点（クリティカルコンディション）を抽出する。これら一連の分析を通じて、災害がどのように時間的・空間的に展開し得るかを可視化・評価する連鎖複合災害リスク評価手法を構築する。得られた評価結果に基づき、地域毎に災害と社会機能の連鎖を描いた「連鎖複合災害シナリオ」を構築し、これに基づき、連鎖を断ち切るための事前対策シナリオを検討する。また、ハザードと被害の設定レベルの妥当性を確認するためにハザード評価の高精度化及びサブ課題1の成果に基づく検証を行う。またここでは、上記の研究開発と併せて、災害対応に資する観点から、南海トラフ地震の災害連鎖をリアルタイムで把握する方法論を具体的に検討し、数理的な災害制御法についての技術を構築する。さらに、地域社会が災害を生き延び、より良い状態へと復興を遂げる能力としての「災害レジリエンス指標」を開発し、南海トラフ地震対策の効果を評価できる技術を構築する。

(d) 5か年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

1) 令和7年度：

連鎖複合災害リスク評価手法構築に向けた基盤整備に着手した。都市域、ゼロメートル地帯、軟弱地盤地域、山間地などの特徴的な地域について、既存のハザードデータ、災害記録、被害想定、社会機能構成、地域特性等を収集整理し、地域毎に災害と社会機能の因果関係の構成要素を抽出した。地域における社会機能（例えば、ライフライン、交通等）の依存関係や、「連鎖」の判定基準を整理・仮設定した。ハザード評価の高精度化に関して、広域での短周期地震動評価の高精度化に着手するとともに、液状化等の評価のため、高知市を対象に詳細微地形区分・浅部地盤構造モデル構築に向けた地盤関連データを収集・整理した。南海トラフ地震に焦点を絞り、災害連鎖構造のリアルタイム把握の方法論を検討した。災害レジリエンス指標の構築に必要な先行研究とデータを収集した。

2) 令和8年度：

連鎖複合災害リスク評価手法を構築する。地域毎にハザード、被害、社会機能等の与条件を段階的に設定し、各災害が社会機能に及ぼす影響の因果構造をモデル化する。与条件の組合せに基づいて被害の連環構造を整理し、社会機能が急激に失われるクリティカルポイントを抽出することで連鎖複合災害リスク評価手法を構築する。広域での短周期地震動評価を高精度化し検証する。地盤構造の不均質性に対応する地形要素の抽出方法を検討し、一部地域で微地形区分データの作成を開始する。マイルストーン

として当該年度末までに、前年度に検討した災害連鎖構造のリアルタイム把握の方法論を実際の災害をもとに検証するとともに、前年度に収集したデータに基づいた災害レジリエンス指標のプロトタイプを構築する。

3) 令和9年度：

連鎖複合災害リスク評価手法を高度化する。前年度までに開発した災害連鎖構造のリアルタイム把握の方法論と災害レジリエンス指標を踏まえて連鎖複合災害リスク評価手法を高度化し、評価結果をもとに、マイルストーンとして当該年度末までに地域毎の連鎖複合災害シナリオを作成し、過去の地震発生履歴を踏まえた過去の災害事例や被害想定との照合を通じて妥当性と現実性を評価する。代表的な連鎖複合災害シナリオについてシミュレーション等による整合性検証を実施する。長周期地震動シミュレーションの安定性・効率の向上を図る。微地形区分の整備を進めるとともに、浅部地盤構造モデル構築方法を検討し、モデル作成に着手する。前年度に検証した災害連鎖構造のリアルタイム把握の方法論を用いて、近い将来に必要とされる災害対応を数理的に予測する方法論を構築する。災害レジリエンス指標のプロトタイプを用い、過去の被災データなどを基に実証的な検証を行う。

4) 令和10年度：

事前対策シナリオを構築する。前年度に構築した連鎖複合災害シナリオをもとに、クリティカルポイントに対して「連鎖」を遮断するための事前対策手段を整理し、社会的受容性、制度的制約、導入コストなどの課題を考慮したうえで、複数の事前対策シナリオを構築し、優先順位付けと実施可能性を検討する。長周期地震動シミュレーションの高速化を図る。微地形区分と浅部地盤構造モデルを構築し、地盤増幅度及び液状化危険度を算出する。前年度に開発した、近い将来に必要とされる災害対応を数理的に予測する方法論を南海トラフ地震に適用する。災害レジリエンス指標の実証結果を基に指標の修正に取り組む。

5) 令和11年度：

前年度までに構築した連鎖複合災害シナリオ、事前対策シナリオ及び災害レジリエンス評価指標について関係機関へのヒアリング調査などを通じて妥当性と適用可能性を評価する。短周期及び長周期の地震動評価を統合する。液状化危険度評価結果を検証し、防災拠点や避難・輸送ルート検討のための基礎情報として取りまとめる。前年度に行った、近い将来に必要とされる災害対応を数理的に予測する技術を過去の地震などの災害対応実績も踏まえて検証する。南海トラフ地震以外の大規模災害への適用可能性について考察する。

(e) 令和7年度業務目的

連鎖複合災害リスク評価手法の構築に向けた基盤整備に着手する。都市域、ゼロメートル地帯、軟弱地盤地域、山間地等の特徴的な地域を対象に、既存のハザードデータ、災害記録、被害想定、社会機能構成、地域特性等を収集・整理し、災害と社会機能の因果関係の構成要素を抽出するとともに、社会機能間の依存関係および連鎖の判定基準を整理・仮設定する。さらに、能登半島地震等の実災害データに基づく複合災害データの分析を通じて、地域特性を踏まえた被害の特徴および連鎖構造の把握を行う。また、ハ

ザード評価の高精度化として、短周期地震動評価手法の高度化および補正手法の検証を行うとともに、代表的な低地・盆地における詳細微地形区分および浅部地盤構造モデルの構築に向けた地盤データの整備を進め、液状化等の地盤変状評価手法の基盤を構築する。さらに、南海トラフ地震を対象に、災害連鎖構造の可視化およびリアルタイム把握手法の検討を行うとともに、国内外の先行研究を踏まえた災害レジリエンス指標の概念構築およびデータ整備を行う。

(2) 令和 7 年度の成果

① 連鎖複合災害リスク評価手法の開発（山間地・ゼロメートル地帯等）

(a) 業務の要約

山間地および海拔ゼロメートル地帯等での連鎖複合災害リスク評価手法の開発として、文献調査による連鎖複合災害リスク評価の現状把握と、連鎖複合災害リスク評価手法の枠組みを検討した。内閣府および都道府県の被害想定は、災害シナリオ（被害の様相）の記述について調査した。また、学術論文では複合災害に関する文献と、自然災害以外の分野を対象を広げてカストロフィー理論に関する文献を調査した。このうち、カストロフィー理論に関する文献では、ある条件（クリティカルコンディション）を超過すると、状態が大きく変化するレジームシフトが生ずることが示されていた。上記を踏まえて、自然災害に関して、クリティカルコンディションを決める要因（エスカレーションファクター）や条件を明らかにする重要性が示唆された。上記を踏まえて、山間地やゼロメートル地帯等における連鎖複合災害リスクを試算すると共に、課題を抽出した。

(b) 業務の成果

1) 文献調査

連鎖複合災害リスク評価の現状について把握する目的で文献調査を行った。文献調査は、内閣府および都道府県の被害想定調査と、学術論文を対象とした。以下、それぞれについて述べる。

a) 被害想定調査

被害想定調査に係る文献調査は、東日本大震災以降に実施された 65 本（表 2-2-1-1）の被害想定調査を対象とした。被害想定調査では、全壊棟数や死者数などの定量的な被害量と、過去の事例等に基づいた災害シナリオが記述されていた。定量的な被害量は曝露量に被害率を乗じることで算出されている。また、被害率は地震動や津波浸水等の外力を説明変数とする被害関数により算出される。一方で、定量的な被害量だけでは災害の全体像を把握しづらいことから、全体像を把握しやすくして備えるべきことを具体的に確認するための材料とすることを目的として災害シナリオが作成されている。災害シナリオは、内閣府による全ての被害想定（5 本）と、調査対象とした 60 本の都道府県被害想定のうち 44 本（表 2-2-1-2）の被害想定で作成されていた。事例によって書き方には差異があるが、基本的には地震発生からの時間経過と被害の様相の変化を、定量的な被害量を盛り込みながら、文章等で記述

する形式となっている。その一方で、災害事象の連鎖・波及に関しては、基本的には記述されていなかった。

表 2-2-1-1 調査対象とした被害想定の数値。

作成主体	数量	備考
内閣府	5	南海トラフ・日本海溝等・首都直下地震
都道府県	60	

表 2-2-1-2 都道府県被害想定調査での災害シナリオの作成事例数。

項目	数量
調査対象事例	51
シナリオ作成事例	37
形式 時系列	31
物語・文章	10

b) 学術論文

国内外の学術論文を対象として、連鎖複合災害リスク評価手法について調査した。国内の論文は連鎖・複合災害に関連する文献を J-Stage の検索機能と、生成 AI を併用して検索した。更に、事象の連鎖・波及による事象の急激な変化（レジームシフト）に関する海外の文献についても調査した。調査対象とした文献は合計 91 本で、分野別の一覧は表 2-2-1-3 に示したとおりである。

表 2-2-1-3 調査対象とした学術論文の数値。

種別	項目	本数
国内	a) 山間地における斜面災害	14
	b) ゼロメートル地帯における浸水害	29
	c) 軟弱地盤に関連した地盤災害	22
	d) 地震による斜面荒廃がその後の土砂災害等へ及ぼした影響	11
	e) 地域における社会機能の依存関係や災害連鎖（災害連鎖図）	10
海外	カタストロフィー理論	5

抽出した国内の文献で、本業務に直接的に関連する文献としては、山間地における道路閉塞リスクを評価した種平ほか（2022）¹⁾と、液状化現象による避難困難地域の拡大を評価した村上ほか（2015）²⁾が挙げられる。種平ほか（2022）¹⁾は熊本地震の被災地を対象として斜面崩壊による道路閉塞リスクと道路啓開に要する時間を試算しており、孤立集落等の生活困難を検討する際の参考となる。また、村上ほか（2015）は、液状化現象による避難困難地域の拡大を評価しており、軟弱地盤が分布する海拔ゼロメートル地帯における連鎖複合災害リスク評価手法検討の参考になる事例である。

また、カタストロフィー理論に関しては海外の文献を中心に調査した。カタストロフィー理論とは、ある一定の条件（クリティカルコンディション）を超過した場合に状態が大きく変化する現象に関する理論である。レジームシフトの背景には、条件と状態の関係を表す状態曲線の折り返しがある（図 2-2-1-1 a）。また、状態曲線

の折り返しはポテンシャル場の形態が関与している。あるポテンシャル場においては、ポテンシャルが極小となる安定状態をとる。条件の変化と共にポテンシャル場の形状が変化する（図 2-2-1-1 b）。このポテンシャル場の変化によってレジームシフトが引き起こされる。レジームシフトは株価の変動や古気候など様々な分野で知られている現象であり、連鎖複合災害リスク評価手法を考える上でも参考となる知見である。

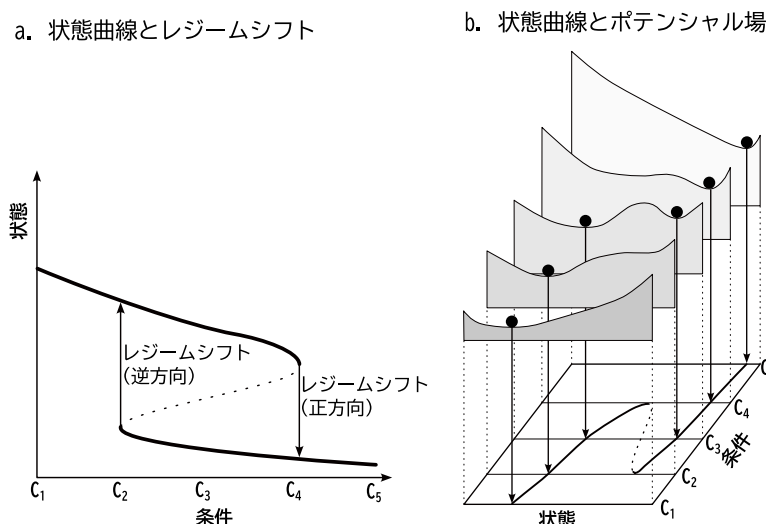


図 2-2-1-1 レジームシフトと状態曲線およびポテンシャル場の関係。
Sheffer et al. (2015)³⁾ に基づき作成。

2) 連鎖複合災害リスク評価の枠組み検討

文献調査の結果を踏まえて、連鎖複合災害リスク評価の枠組みを検討した。災害事象の連鎖複合を考える際には、災害事象の連鎖が発生する要因（エスカレーションファクター）や、レジームシフトのような事態の急速な悪化が起こる臨界条件（クリティカルコンディション）を明らかにすることが重要と考えられる。また、クリティカルコンディションを考える際に重要な点の一つとして、災害連関図における循環ループ構造を見いだすことが挙げられる。循環ループ構造がある場合には、結果（被害）が原因にフィードバックされるため、結果が発散する原因となるためである。

上記を踏まえて、評価対象とする地域や事象のエスカレーションファクターやクリティカルコンディションを明らかにすることを、連鎖複合災害リスク評価手法の検討の最重要項目とする。

3) 連鎖複合災害リスクの試算と課題抽出

山間地および海拔ゼロメートル地帯等を対象とした連鎖複合災害リスクを試算して、評価に必要な情報や検討項目などの課題を抽出した。試算した連鎖複合災害リスクおよび対象地域は下記の通りである。

- ・道路網の被害による孤立集落の多発（紀伊半島）。
- ・避難路の障害による津波被害の拡大（高知市）。
- ・堤防の損傷に伴う浸水による要救助者の多発（名古屋市）。

a) 道路網の被害による孤立集落の多発

リスクの試算に先立って、道路網の被害による孤立集落の多発に関する災害連関図を試作した。災害連関図は一般的には災害全体を捉える目的で作成されることが多いが、本業務では対象とする地域や事象に限定した災害連関図を作成した。これは、検討する事項を限定することで、対象とする事象に特化することを目的としたためである。試作した災害連関図は図 2-2-1-2 に示したとおりである。連関図の中には二つの循環ループ構造を想定した。一つ目の循環ループは道路通行不可が物資の輸送困難を通して更なる道路復旧の遅れとなるものである。二つ目は、孤立の長期化により体調不良者等が多発することによって、救助リソースを圧迫して、更なる孤立の長期化に至るものである。

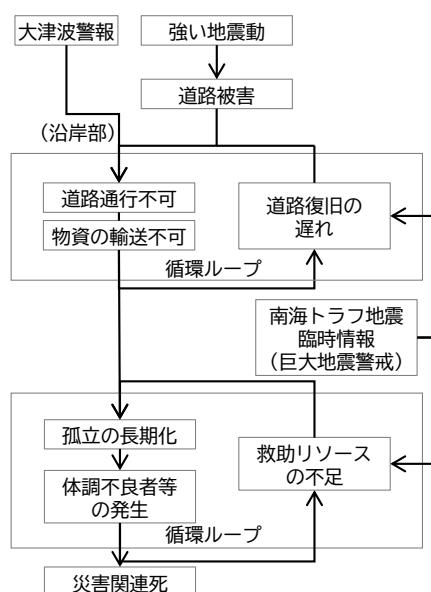


図 2-2-1-2 山間地における孤立の長期化に係る災害連関図。

次に、紀伊半島を外周する国道 42 号線および紀勢自動車道を対象に、沿道の曝露人口を試算した。これらの道路は、紀伊半島の大部分を構成する山間地へのアクセスに不可欠な道路であることから、検討の第一段階として沿道の曝露人口を試算した。試算にあたっては、紀勢自動車道のインターチェンジ間を一区間として設定したうえで、それぞれの区間（図 2-2-1-3）の曝露人口を算出した（表 2-2-1-4）。また、中村ほか（2025）⁴⁾による南海トラフ地震発生時の地すべりによる仮復旧延長を併記した。上記の曝露人口が孤立すると仮定すれば、紀伊半島沿岸で約 39 万人が孤立する可能性が試算された。その一方で、地すべりのみを考慮した場合には、比較的早期に孤立が解消する可能性がある。

上記の試算を踏まえて、道路網の被害による孤立集落の多発に係る連鎖複合災害リスク評価手法の検討にあたって下記の課題を抽出した。

- ・ 紀伊半島を外周する道路の仮復旧延長の推定にあたっては地すべり以外による閉塞延長の評価が必要である。特に津波による道路閉塞の考慮が必要である。

- ・紀伊半島内部の道路リスク評価とともに、孤立集落と道路の対応付けが必要である。
- ・孤立集落において、救助が行われなかった場合における孤立時間と影響の評価方法の検討が必要である。



図 2 - 2 - 1 - 3 調査対象範囲および道路区間。

表 2 - 2 - 1 - 4 紀伊半島を外周する幹線道路の仮復旧延長と沿道の孤立人口。

番号	区間 略称	孤立人口 [人]	仮復旧延長 [m]			
			ABm	CEm	AEm	ZEall
1	多気～大台	8,310	0	0.3	0.3	0.39
2	大台～紀伊長島	6,140	0	41.99	41.99	49.55
3	紀伊長島～尾鷲	18,419	0.59	13.28	13.28	14.15
4	尾鷲～熊野	16,061	0.71	4.7	4.7	4.78
5	熊野～新宮	49,216	0	0	0	0
6	新宮～那智	12,385	23.41	30.75	30.75	30.75
7	那智～太地	9,873	0	0	0	0
8	太地～串本	13,062	0	0	0	0
9	串本～すさみ	6,850	0	0	0	0
10	すさみ～田辺	89,114	19.99	3.49	19.99	22.1
11	田辺～御坊	45,351	0	0	0	0
12	御坊～有田	56,112	0.04	0	0.04	0.12
13	有田～海南	55,029	30.96	3.7	30.96	110.41
計		385,922	75.7	98.21	142.01	232.25

※仮復旧延長欄の各列は、震源域が西半分 (ABm)、東半分 (CEm)、既往最大 (AEm)、想定最大 (ZEall) の場合に対応。

b) 避難路の障害による津波被害の拡大

海抜ゼロメートル地帯において、沿道建物の倒壊や液状化現象などにより避難路が障害を受けた場合には、避難が阻害されることにより津波被害が拡大することが懸念される。上記を踏まえた災害連関図を試作し、図 2 - 2 - 1 - 4 に示した。連関図の中には避難路が障害を受けることにより混雑が発生し、交通密度の上昇により

混雑が悪化する循環ループ構造を考慮した。

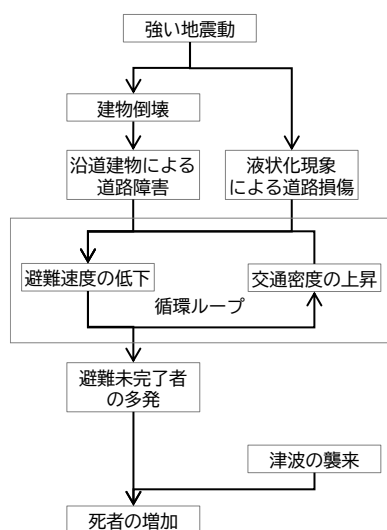


図 2-2-1-4 軟弱地盤地域における避難困難に係る災害連関モデル。

上記を念頭に、高知市南部（図 2-2-1-5）を対象として、避難路の障害による津波避難への影響を試算した。影響の評価には、高橋ほか（2018）⁵⁾の津波避難シミュレータを使用し、避難路の障害は道路幅員を狭くすることで表現した。また、ここでは津波の到達は考慮せずに、道路が通行可能な限りは移動可能とした。

上記による地震発生からの経過時間と避難完了者数の推移を図 2-2-1-6 に示した。道路幅員が 1.5m 以上狭くなった場合に避難完了者数が減少している。これは、道路幅員を狭くしたことで自動車の通行が不可能な道路が増えたため、これらの道路に取り残される人が増加したためである。



図 2-2-1-5 被害の試算対象地域（高知市）。

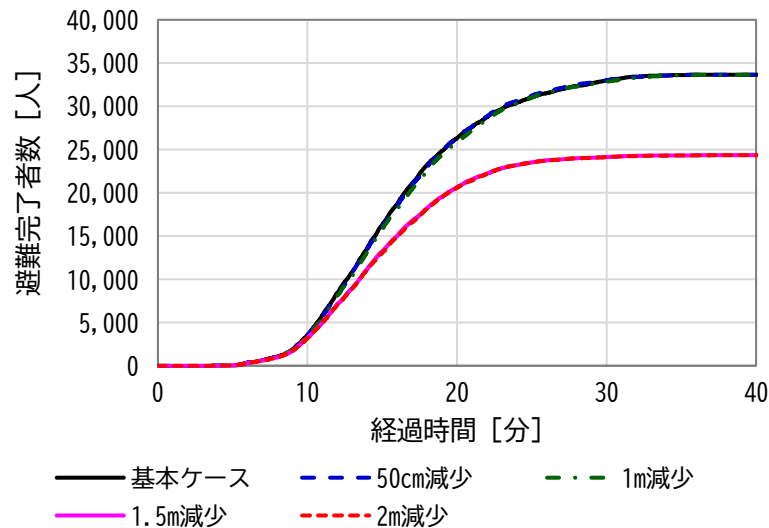


図 2-2-1-6 津波避難シミュレーションによる経過時間と避難完了者数。

上記の試算を踏まえて、避難路の障害による津波被害の拡大に係る連鎖複合災害リスク評価手法の検討にあたって下記の課題を抽出した。

- ・液状化現象が発生した場合における、自動車通行の可否や、移動速度への影響の設定。
- ・移動速度の変化による渋滞等への影響の設定。

c) 堤防の損傷に伴う浸水による要救助者の多発

海岸や河川沿いの堤防が損傷を受けた場合には、津波が到達しない場合でも、海抜ゼロメートル地帯において広範囲で浸水被害が発生すると考えられる。この結果として大量の要救助者が発生し、救助に時間を要することから孤立の長期化が発生すると考えられる。孤立が長期化した場合には、前述の山間地の場合と同様に、救助リソースが不足することから孤立が更に長期化する循環ループ構造に陥ることが懸念される（図 2-2-1-7）。

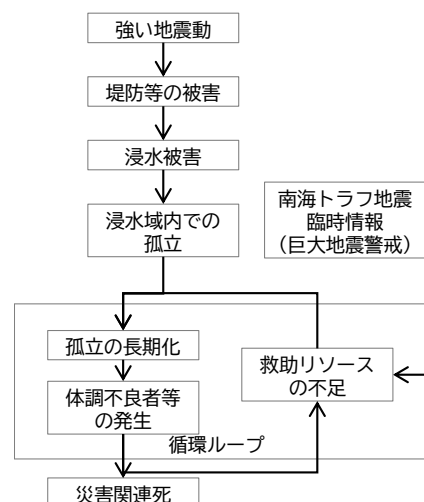


図 2-2-1-7 ゼロメートル地帯における浸水に係る災害関連モデル。

上記を念頭に、名古屋市で浸水被害が発生した場合の救助所要日数を推定した。推定にあたっては、中村ほか（2025）⁴⁾の人口分布と藤原ほか（2020）⁶⁾による3,480波源断層モデルによる津波浸水深により地震発生直後の要救助者数を算出した。ここで用いた津波浸水深は堤防なしの条件で計算されたものである。次に、高知市（2020）⁷⁾の手法に基づいて救助サイクル(表2-2-1-5)を設定するとともに、24時間休みなしに救助活動が行われると仮定した。また、地域防災計画(2025)⁸⁾にもとづく名古屋市の保有船舶数(83艘)から、1日あたりの救助可能人数を3,735人と仮定した。最後に、それぞれの波源断層モデルによる要救助者数を3,735人/日で除して救助所要日数を推定した。推定結果は図2-2-1-8のとおりで、最悪の場合には全員を救助するまで3ヶ月近くを要する可能性が示された。

表2-2-1-5 設定した救助サイクル。

行程	所要時間 [分]	備考
停船解除	2	
移動(往路)	30	1 km ÷ 2 km/h
停船	3	
救助者乗船	3	1 分/人 × 3 人
停船解除	2	
移動(復路)	50	1 km ÷ 1.2 km/h
停船	3	
救助者下船	3	1 分/人 × 3 人
計	96	

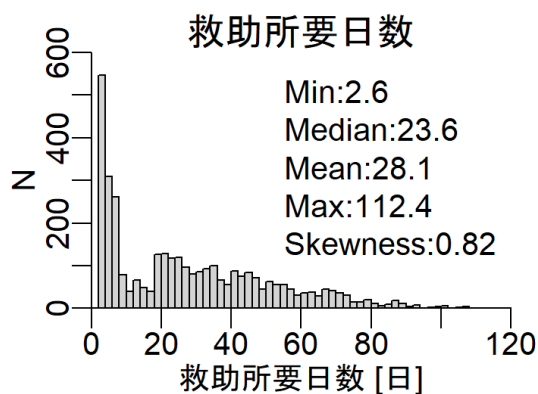


図2-2-1-8 救助所要日数の試算結果。

上記の試算を踏まえて、堤防の損傷に伴う浸水による要救助者の多発に係る連鎖複合災害リスク評価手法の検討にあたって下記の課題を抽出した。

- ・ 評価対象とする地域が保有する船舶やボート等の救助リソースの把握。
- ・ 評価対象とする地域における避難施設の状況。また、広域避難が発生した場合の避難先の配分方針。
- ・ 過去に発生した自然災害における孤立と災害関連死の発生状況の把握。

(c) 結論ならびに今後の課題

文献調査により連鎖複合災害リスク評価手法の現状を把握すると共に、リスクを試算することにより連鎖複合災害リスク評価手法の検討に必要な課題を整理した。

課題としては、連鎖複合災害リスク評価全体の総論的な課題と、山間地および海拔ゼロメートル地帯における各論的な課題を整理した。総論的な課題としては、カタストロフィー理論のレジームシフトが生ずる条件（クリティカルコンディション）の評価が挙げられる。対象とする事象毎に支配的な影響を与える要因（エスカレーションファクター）を見いだすと共に、適切にクリティカルコンディションを評価する手法開発が必要である。また、各論的な課題としては、山間地や海拔ゼロメートル地帯において孤立が長期化した場合における災害関連死や地域衰退等に至る過程の解明や、液状化現象による避難速度への影響の整理が挙げられる。

(d) 引用文献

- 1) 種平一成, 藤原康正, 若井明彦: 道路ネットワークの靱性向上に資する地震時斜面崩壊の簡易リスク評価手法, 日本地すべり学会誌, Vol. 59, pp. 77-91, 2022.
- 2) 村上啓介, 前原翔太, 椎葉倫久: 浸水域の時間的広がり と地盤の液状化を考慮した津波避難困難エリアの抽出に関する研究, 土木学会論文集 B 3 (海洋開発), Vol. 71, pp. I_707-I712, 2015.
- 3) Scheffer, M., Carpenter, S., Dakos, V. and van Nes, E., H. : Generic Indicators of Ecological Resilience: Inferring the Chance of a Critical Transition, Annual review of ecology, evolution, and systematics, vol.46, pp.145-167, 2015.
- 4) 中村洋光, 藤原広行, 前田宜浩, 土肥裕史, 秋山伸一, 内藤昌平, 先名重樹, 今井隆太, 佐藤昌人, 河合伸一, 森川信之, 岩城麻子, 水井良暢, 崔青林, 時実良典, 石丸晴海, 早川俊彦, 日下彰宏, 長谷川幹, 阿部祥大, 廣井悠: 南海トラフ巨大地震の発生の多様性を考慮した地震防災基盤シミュレータの構築, 防災科学技術研究所研究資料, No. 515, pp. 1-185, 2025.
- 5) 高橋郁夫, 中村洋光, 藤原広行, 時実良典, 小丸安史, 若浦雅嗣, 清水智: 地域特性を考慮した簡便な津波人的被害推定手法の開発, 第 15 回日本地震工学シンポジウム, PS 1-01-41, pp. 2996-3005, 2018.
- 6) 藤原広行, 平田賢治, 中村洋光, 森川信之, 河合伸一, 前田宜浩, 大角恒雄, 土肥裕史, 松山尚典, 遠山信彦, 鬼頭直, 大嶋健嗣, 村田泰洋, 齊藤龍, 澁木之, 秋山伸一, 是永真理子, 阿部雄太, 橋本紀彦, 袴田智哉, 大野哲平: 南海トラフ沿いの地震に対する確率論的津波ハザード評価 一第一部 本編一, 防災科学技術研究所研究資料, No. 439, 2020.
- 7) 高知市: 高知市救助救出計画, 2020,
<https://www.city.kochi.kochi.jp/site/bousai/kyuujiyokyuusyutukeikaku.html>
(2026.1.11 確認)
- 8) 名古屋市: 名古屋市地域防災計画 (令和 7 年 6 月修正), 2025.
<https://www.city.nagoya.jp/bousaiportal/jourei/1010571.html> (2026.3.3 確

認)

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

なし

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

なし

② 連鎖複合災害リスク評価手法の開発（都市部）

(a) 業務の要約

地域社会において地震動、津波、土砂崩れ、液状化等の災害が同時または時系列的に発生した場合に、通常であれば個別に対応可能な災害が連鎖・複合的に拡大し社会機能の停止や生活の持続困難をもたらす現象を「連鎖複合災害」と捉え、その構造の解明と対策の設計に資することを目的とし、とくに南海トラフ巨大地震を対象に、都市域で想定される複数のハザードについて、ハザードや被害の程度、社会機能の特性などの与条件を設定し、災害がどのように時間的・空間的に展開し得るかを可視化・評価できる連鎖複合災害リスク評価手法を構築することを目的とした。

初年度である令和7年度は、都市域における、巨大地震にかかわる災害記録や既存の被害想定を収集して、都市の社会機能を構成する各要素について、外力が作用して、物理的被害が発生し、機能が失われる過程を整理した。また、連鎖複合災害のリスク評価に関連する先行研究を調査し、評価に必要と考えられるデータを整理した。実施項目・方法は以下の通りである。

(b) 業務の実施方法

- 1) 都市域における巨大地震の災害記録や被害想定を収集して整理するため、都市機能に関する文献調査を行い、都市機能を構成する各種要素（居住、経済、行政、余暇活動等）とこれらを支えるインフラ機能（道路、電力、通信、ガス、上下水道、交通等）の依存関係を整理した。また、都市域を被災域とする巨大地震に関する災害記録と被害想定を収集し、この文献調査の結果を踏まえて、対象地域の都市機能が失われる過程やその想定方法を抽出、整理した。
- 2) 連鎖複合災害の先行研究調査として、自然災害に関係する学会の論文集を対象にキーワード検索を行い、地震を含む連鎖複合災害に関連する調査研究文献を抽出して整理した。また、とくに関係が深い文献の抄録を作成した。1)の成果とこの調査結果を踏まえて、巨大地震を契機とした都市域の連鎖複合災害リスクの評価・分析方針案を検討した。あわせて次年度以後に評価モデルを作成する際に必要と考えられるデータを整理して、その収集・整備方法を整理した。

(c) 業務の成果

- 1) 都市域における巨大地震の災害記録や被害想定 of 収集と整理

都市域における連鎖被害のモデル化に資するため、都市機能を構成するインフラ機

能の相互関係に関する既往研究の文献調査を行い、各種ライフラインの相互関係を扱う論文のうち、本業務にとくに関係が深いと思われる 11 件を抽出し文献リストを作成した。

これらの文献をライフラインの依存関係のモデル方針で大別すると、①要素を積み上げて演繹的に構築するものと、②被害報道などから帰納的に構築するものに分けられる。①の代表的な研究としては、停電の影響を機器、建物、エリアと積み上げて評価した研究（秦ほか（2002）¹⁾）が挙げられる。②の代表的な研究としては、1978 年宮城県沖地震など 5 つの震災被害の調査結果や専門家の討論をもとに各種ライフラインの災害連関図を作成し、連関図からイベントツリーでネットワークモデルを構成して、機能停止確率などを定量的に評価した文献（（能島・亀田（1995））²⁾）が挙げられる。このほか、1923 年関東地震の記録に基づき作成した被害連関図を発展させ、さらに社会状況を現代のものに置き換えた想定被害連関図³⁾も作成されている。

次に、代表的な都市域の被害想定として、東京都および名古屋市の最新の地震被害想定に関する公表資料（東京都⁴⁾、名古屋市⁵⁾）を収集し、各被害想定における条件、想定項目やその評価方法の概要を整理した。以下は、代表して東京都の被害想定をもとに記載する。表 2-2-1-6 に東京都による被害想定の内容をまとめる。

表 2-2-1-6 東京都による被害想定内容。

想定項目	想定内容
地震動	震度分布
液状化	液状化危険度の分布
急傾斜地崩壊	急傾斜地崩壊危険度の分布
津波	津波高、津波浸水深
建物被害	揺れ・液状化・急傾斜地崩壊・火災・津波による建物被害
人的被害	建物倒壊、屋内収容物の転倒・落下、ブロック塀等の転倒、屋外落下物、火災、津波
交通インフラ	道路、鉄道、港湾
ライフライン	電力、通信、上水道、下水道、ガス
生活への影響	避難者、帰宅困難者、物資、要配慮者、廃棄物、エレベータ障害
経済被害	被害額、社会経済活動への影響

被害を定量化するために、季節や発生時刻などを想定シーンとして設定する。東京都では、①冬・早朝 5 時、②冬・昼 12 時、③冬・夕 18 時が想定され、さらに定性的評価

のみではあるが、④夏・昼 12 時も想定されている。また、被害の発生フローとして、地震動等の自然現象が物理的な被害（建物、ライフライン、交通インフラ）を引き起こし、生活への影響に至る流れを想定している。経済被害は「その他の被害」に分類され、物理的被害からも、生活からの影響からも生ずるフローである。また、人的被害も物理的被害と生活への影響から生ずるフローである。ただし、被害が際限なく拡大する可能性がある、フローが循環するループは設定していない。

個々の被害量算出の基本的な考え方は、エクスポージャー（曝露量）×被害発生率である。複数の被害モードが考えられる場合にはそれぞれのモードの被害量を足し合わせる。例えば、停電率の場合、東京都では、場所について、津波浸水エリア、津波非浸水のうち延焼エリア、津波非浸水エリアかつ非延焼エリアの非地下エリア、同地下エリアに分けている。また、電柱折損の被害要因について、建物被害、揺れ、液状化と分ける、という具合である。被害発生率や曝露量を評価するための評価方法や用いる係数は、発生場所や被害要因により異なるものが設定されているが、発災時に決まる条件で定められており、災害の進行状況に応じて変化する要素はない。

発災後の状況を反映する要素が含まれている想定項目が「火災による建物被害」である。基本的な考え方は、気象条件等による延焼範囲（クラスター）を設定し、クラスター内の平均消失件数を評価する。平均消失件数が 1 を超える場合にそのクラスター内の建物は全焼するという考え方である。平均消失件数は、建物単位の消失率の和で計算し、消失率は出火率×（1－消火率）で計算される。建物単位の出火率にも建物内で行われる初期消火率が含まれている。このように火災ではいくつかの消火の機会があるため、災害の進行状況に応じて消火活動の奏功を表現した変数を導入し動的に変えることで、災害の連鎖をモデル化できそうであるが、東京都の被害想定では、こうした不確実な現象を「消火率」という確率量を静的に与えて表現し、「平均消失棟数」を計算している。一方、本業務の目的は被害が際限なく広がる未知の状況の特性を見つけ出すことであることから、被害の平均値ではなく外れ値に着目する必要がある、本業務では既往の被害想定の結果を利用するのではなく、そのもとになるシミュレーションに立ち戻る必要があるといえる。

このほか、被害が連鎖、拡大する事象のモデル化を検討する観点で参考となる記述として、東京都では、複合災害として、浸水被害の拡大（高潮・河川氾濫）、火山噴火、感染症拡大を挙げていること、また長周期地震動や複合災害について、以下の被害の定量評価を課題として挙げていることを確認した。

- ・ ライフライン被害をさらに拡大させる要素の定量評価（発電所被災による供給力低下、電話回線の輻輳等）。
- ・ インフラ・ライフライン被害の復旧が遅れた場合に、他のインフラ・ライフラインの復旧活動に及ぼす影響の評価。

また、首都である「東京」の課題として、①中枢機能が失われること②首都圏が広域であること、について記述があり、いずれも事象の連鎖のモデル化にかかわる内容であるが、「東京都の被害想定」では「今後の課題と展望」と位置付けている。以下に関連する記述を抜粋してまとめた。

- ・ 首都直下地震都心南部直下地震が発生した場合、都内（特に区部）に被害が集中し、

首都中枢機能（行政機能、経済中枢機能、企業活動等）に及ぼす影響が甚大となる。

- ・ 周辺県においても甚大な被害が生じ、深刻な道路交通の寸断等が発生するなかで幅広く初動対応を実施する必要がある、応援部隊の都内への派遣等が困難となることも想定される。
- ・ 都県境をまたいで発生する被害として、東京湾沿岸の火力発電所の運転停止に伴う電力供給力の不足や、それに伴う計画停電等の実施、首都圏全体での公共交通機関の運行停止に伴う帰宅困難者の発生等が想定される。
- ・ 経済被害については、本社機能や卸売・小売業、サービス業等が集中して立地する首都圏の被災は全国に影響が及ぶものと想定される。

また、阪神・淡路大震災および東日本大震災について、関係学会の合同調査報告書（阪神・淡路大震災調査報告書編集委員会（1999）⁶⁾、東日本大震災合同調査報告書編集委員会（2016）⁷⁾）を確認し、「災害連鎖」に関する記述を調査したが、いずれの報告書にも「災害連鎖」を明示した記載は見つけられず、過去を振り返ることで災害が連鎖し複合する事態を想定することには限界があることを確認した。

2) 連鎖複合災害の先行研究と関連データの調査

地震を含む連鎖複合災害に関連する調査研究を調査するために、J-Stage のキーワード検索で「災害&連鎖」を検索すると 5390 件、「災害&複合」では 19228 件がヒットした。ただし、内容を確認すると医療、衛生、労働分野の研究がほとんどであった。そこで、土木学会や日本建築学会など、関係する学会のウェブサイトでキーワード検索を行い、タイトルと必要に応じて本文を確認して、地震を含む複合災害や災害の連鎖に関する文献 11 件を抽出して、概要をまとめた。さらに次年度以後のモデル構築にとくに参考になる 4 文献^{8) ~11)} の抄録を作成した。

野田ほか（1997）⁸⁾ は、阪神・淡路大震災は、都市機能を支えるライフライン（電気、ガス、水道など）に大規模な被害をもたらした、これが他のシステムや都市機能に波及する被害連鎖を引き起こしたことを報告したもの、寺邊・堤（2005）⁹⁾ は、やはり阪神・淡路大震災や新潟県中越地震の事例を通じて、大規模地震災害では、地震動や液状化、津波などの自然現象が建築物、交通施設、ライフライン施設に物的被害を与え、それがさらに社会・経済活動に波及する影響を生むこと、被害連鎖の全体像として、建築物倒壊や火災が居住、流通、生産、金融、業務、医療といった機能に影響を及ぼす様子をまとめている。これらの文献は、先述の被害想定と合わせて、次年度以後にシミュレーションを実施するときに構成要素に加えるべき要因を考える参考になる。

また、西野（2014）¹⁰⁾ は、木造密集地を想定して、地震火災における災害連鎖を考慮した避難行動をシミュレーションするモデルを開発したもので、開発モデルは、避難者が火災、津波、避難場所などの影響を受けながら移動する方向を「ポテンシャル」として定量化し、避難者がどのルートを選択するかを予測するものである。また、神戸市長田区沿岸部を対象にシミュレーションから、南海トラフ地震を想定した複合災害において懸念されることとして以下を指摘した。

- ・ 避難開始後、火災や津波による死亡者が集中する時間帯が存在する。
- ・ 道路閉塞や避難指示の遅れが避難リスクを顕著に増加させる。

角田ほか（2019）¹¹⁾は、地震と津波が連続的に発生する複合災害をシミュレーションして死者数を評価している。高齢化により将来的に被害が拡大する可能性や津波到達時間が短い地域での対策の限界などを指摘し、極端な事象が生ずる状況をシミュレーションする際の参考になる。

1) と以上に述べた文献調査の結果を踏まえ、次年度以後は、事象が連鎖し、被害が複合的に生ずる様相を表現できるシミュレーションモデルを構築することにした。まずは、地域と被害を生ずる構成要素を限定したプロトタイプを構築して検討の枠組みを整理するために、代表的な都市機能である「居住機能」「工業生産機能」「物流機能」「商業・業務機能」「行政機能」「文化機能」「レクリエーション機能」のうち「居住機能」に着目し、都市機能を扱った先行研究（地震本部（2025）¹²⁾）の成果を活用すべく、東京都の一部の区を対象に、避難所の運営/避難民の行動シミュレーションを計画した。

具体的には、都市域の住宅から避難民が発生する状況をシミュレーションし、避難所等のキャパシティが足りなくなるケースが生ずる条件を抽出できる枠組みを検討する。この検討に必要と考えられるデータとその収集方法、またシミュレーションの設定における課題を以下のとおり整理した。

- ・ 対象地域の建物データ：建物ポイントデータ（ゼンリン¹³⁾）で棟数は設定するが個別の建物の属性や耐震性の情報収集には限界がある。住宅・土地統計調査や過年度の研究成果（地震本部（2025）¹²⁾）を利用するなどして対象地域全体で整合するように調整する。
- ・ 人口統計：e-Statなどの統計サイトから収集して設定する。
- ・ 避難所情報：防災計画等から収集する。
- ・ インフラ（電気、ガス、水道）の被害推定：被害推定の精度を求めることは本課題の主たる目的ではないので、まずは自治体の被害想定を利用し必要に応じて被害評価方法を検討する。
- ・ 避難条件の整理：建物被害、インフラ停止のほかに避難する条件（高層住宅のエレベーターなど建築設備の停止、ほかの災害（例えば水害や津波、高潮）との連鎖など）をどこまで考慮するかが最も必要な課題である。
- ・ そのほかのクリティカルコンディション/エスカレーションファクターに影響する要因：たとえば、周辺地域との人の流出入の扱い、災害対応に携わる人員不足などが考えられる。必要に応じて新たな要因を追加できるようにシミュレーションの枠組みを設定する必要がある。

(d) 結論ならびに今後の課題

都市域で想定される複数のハザードを考えたときに、災害がどのように時間的・空間的に展開し得るかを可視化・評価できる連鎖複合災害リスク評価手法を構築することを目的として文献調査を実施して以下の知見を得た。

1) 都市域における巨大地震の災害記録や被害想定 of 収集と整理

ライフラインの依存関係のモデル方針で大別すると、①要素を積み上げて演繹的に構築するものと、②被害報道などから帰納的に構築するものに分けられる。また、1923年関東地震の記録に基づく被害連関図を作成し、その発展として社会状況を現代に置き換

えた想定被害連関図を作成した文献の概要を整理した。

代表的な都市域の公表資料を収集し、各被害想定における条件、想定項目やその評価方法の概要を整理した。被害想定被害量の算出は、原則的にエクスポージャー（曝露量）×被害発生率で行われている。複数の被害状況が考えられる場合にはそれぞれの状況の被害量を足し合わせる。火災は、消火活動など災害の進展に応じた変化があり、災害連鎖との関連が深いと考えられるが、一般的な被害想定では、予めさまざまな条件で実施したシミュレーション結果を整理して、上記と同様の計算方法に落とし込んでいることを確認した。

2) 連鎖複合災害の先行研究と関連データの調査

次年度以後のモデル構築にとくに参考になる文献として4件を抽出して抄録を作成した。また、既往研究の調査から、予め条件を設定する従来の被害想定では、災害連鎖によるエスカレーションを表現することは難しいことがわかった。

今後は、例題による検討として、代表的な都市機能のうち「居住機能」に着目し、都市域の住宅から避難民が発生する状況のシミュレーションを、地域を限定して行うことにした。また、この検討に必要なデータとその収集方法、検討すべき課題を整理した。

(e) 引用文献

- 1) 秦康範，川北潤，目黒公郎，山崎文雄，片山恒雄：発生時刻と継続時間を考慮した都市停電の影響度評価，土木学会論文集，No. 717/I-61，pp. 107-117，2002，
- 2) 能島暢呂，亀田弘行：地震時のシステム間相互連関を考慮したライフライン系のリスク評価法，土木学会論文集，No. 507/I-30，pp. 231-241，1995，
- 3) 鹿島都市防災研究会：地震防災と安全都市 都市・建築防災シリーズ 5，鹿島出版会，1996．
- 4) 東京都：首都直下地震等による東京の被害想定 報告書，<https://www.bousai.metro.tokyo.lg.jp/taisaku/torikumi/1000902/1021571.html>，2022（2026年3月閲覧）．
- 5) 名古屋市：震災に強いまちづくり方針 みんなで創る“防災自律都市”名古屋，<https://www.city.nagoya.jp/shisei/keikaku/1009818/1010143/1037095/1010186/1034221.html>，2015（2026年3月閲覧）．
- 6) 阪神・淡路大震災調査報告書編集委員会：阪神・淡路大震災調査報告，共通編-3 都市安全システムの機能と体制，丸善，1999．
- 7) 東日本大震災合同調査報告書編集委員会：東日本大震災合同調査報告 総集編，丸善，2016．
- 8) 野田 茂，能島暢呂，細井由彦，上月康則：水道を中心とした阪神・淡路大震災の被害連鎖，土木学会論文集，No. 556/1-38，pp. 209-225，1997．
- 9) 寺邊正大，堤一憲：大規模地震災害時の被害波及評価のための相互依存性解析，安全工学，Vol. 44，No. 4，pp. 263-270，2005．
- 10) 西野智研：火災気流を考慮した市街地火災避難モデルの地震動，火災および津波の複合災害への拡張，日本建築学会計画系論文集，Vol. 79，No. 699，pp. 1079-1088，2014．

- 11) 角田叡亮, 岡田成幸, 中嶋唯貴: 少子高齢化現象が地震津波複合災害の人的被害に与える影響評価 ～自助・共助・公助による減災対策効果の限界～, 日本地震工学会論文集, 第 19 巻, 第 5 号 (特集号), pp. 423-439, 2019.
- 12) 地震本部: 防災対策に資する南海トラフ地震調査研究プロジェクト令和 6 年度 成果 報 告 書 , https://www.jishin.go.jp/main/chousakenkyuu/nankai-bosai/r06/nankai-bosai2_6.pdf, 2025 (2026 年 3 月閲覧).
- 13) ゼ ン リ ン : <https://www.zenrin.co.jp/product/category/gis/contents/building-point/index.html> (2026 年 3 月閲覧).

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

なし

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

なし

③ 液状化・地盤沈下危険度評価の高度化

(a) 業務の要約

南海トラフ地震で大きな被害が想定され、かつ、地盤構造が大きく変化する可能性のある代表的な狭小な低地・盆地において、液状化等の地盤変状および地盤増幅度を評価するための詳細微地形区分の作成、および、その区分に応じた地盤モデルの構築に基づく、液状化および地盤沈下の危険度評価手法を開発する。今年度は、液状化等の評価のため、高知市を対象に詳細微地形区分・浅部地盤構造モデル構築に向けて地盤関連データの収集・整理を実施し、詳細微地形区分図を作成した。

(b) 業務の実施方法

液状化等の地盤沈下および地盤増幅度を評価するための 50m メッシュサイズの詳細微地形区分、および、浅部地盤構造モデル構築のため、地盤関連のデータの収集・整理を行った。具体的には、ボーリングデータ等の地質調査データの収集整理、稠密な微動アレイ観測と解析結果、各種地形図や DEM データ等の数値データ等を収集・整理を実施した。

収集した結果を整理した上で、J-SHIS の微地形区分作成の考え方を踏襲しつつ、これを詳細化して 50m メッシュごとの詳細微地形区分データを作成する方法を検討し、実際に微地形区分データを作成した。

(c) 業務の成果

地震動および液状化による被害予測の精度向上を目的として、主に高知市内を対象とし、50m メッシュの詳細微地形区分データの作成と、微動アレイ探査および S 波速度構造解析を実施した。図 2-2-1-9 に 50m メッシュの微地形区分作成のフローを、収集したデータの一覧を表 2-2-1-7 にそれぞれ示す。

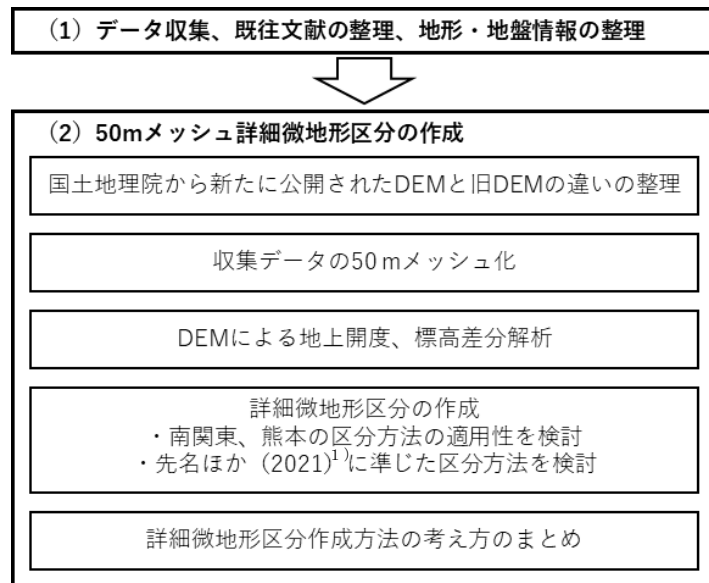


図 2 - 2 - 1 - 9 詳細微地形区分作成のフロー。

表 2 - 2 - 1 - 7 収集データの一覧。

カテゴリー	データ内容	データソース
基礎データ	行政区域データ(2025 年(令和7年)版)	国土交通省:国土数値情報ダウンロードサイト https://nlftp.mlit.go.jp/index.html
基礎データ	河川データ	国土交通省:国土数値情報ダウンロードサイト https://nlftp.mlit.go.jp/index.html
地形図	若松・松岡(2020) ²⁾ による 250m メッシュ地形区分	防災科学技術研究所:J-SHIS 地震ハザードステーション https://www.j-shis.bosai.go.jp/
地形図	ベクトルタイル「地形分類 (自然地形)」『詳細版』 (以下、ベクトルタイル 地形分類)電子データ	国土地理院:ベクトルタイル「地形分類」 https://www.gsi.go.jp/bousaichiri/lfc_index.html
地形図	数値地図 25000(土地条件)「全国」(令和 5 年版)(以下、数値地図 25000)電子データ	国土地理院:数値地図 25000(土地条件) https://www.gsi.go.jp/bousaichiri/lc_cd25000.html
地形図	治水地形分類図(更新 版)	国土地理院:治水地形分類図について https://www.gsi.go.jp/bousaichiri/fc_index.html
地形図	大規模盛土造成地データ	国土交通省:国土数値情報ダウンロードサイト https://nlftp.mlit.go.jp/index.html
地質図	20 万分の 1 日本シームレ	産総研地質調査総合センター:20 万分の 1 日

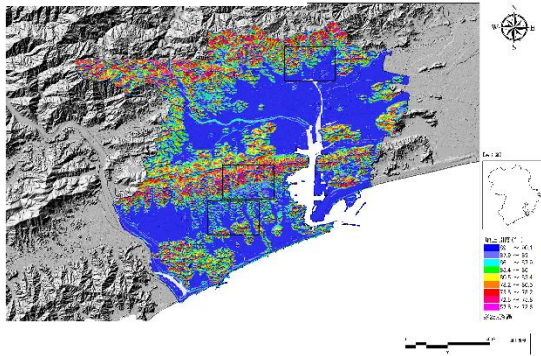
	ス地質図 V2 電子データ	本シームレス地質図 V2 https://gbank.gsj.jp/seamless/
地盤図	高知地盤図	高知地盤図編集委員会ほか(1992) ³⁾
DEM	数値標高モデル(5m メッシュ、10m メッシュ)	国土地理院:基盤地図情報ダウンロードサービス https://service.gsi.go.jp/kiban/

まず、地形の平坦性を評価する閾値として用いるため、5 mDEM を用いて地上開度および標高差分を算出した。地上開度は、パラメータの異なる 4 ケースを算出した（表 2-2-1-8）。算出に用いるメッシュのサイズは 50m および 5 m に設定し、前者の計算には 50m メッシュ内に含まれる 5 mDEM 標高の平均値を使用した。ケース No. 3、4 については、50m メッシュ詳細微地形区分の区分基準とするため、算出した 5 m メッシュごとの地上開度を 50m メッシュ内で平均化した。標高差分は、50m メッシュ内の最大標高と最小標高の差分である。対象地域全域について、これらの地形指標の分布を示す（図 2-2-1-10）。地上開度について、No. 1 のメッシュサイズを 50m、検索範囲を 50m として計算した地上開度（M50_L50）は、分布に連続性がなく地形境界が識別しづらい。No. 2 の検索範囲を 500m に広げた地上開度（M50_L500）では、分布の連続性が明瞭になり、4 ケースの中でも比較的地形境界が識別しやすい特徴がある。地上開度を 50m メッシュ内で平均化した No. 3、4 の地上開度（Ave_M5_L50、Ave_M5_L250）は、No. 1、2 と比較して値が小さい傾向があり、特に平坦性の低い山地部の谷地形では値が均されてその他の地形との識別が困難になる。一方で低地部の凹凸は明瞭になっている。

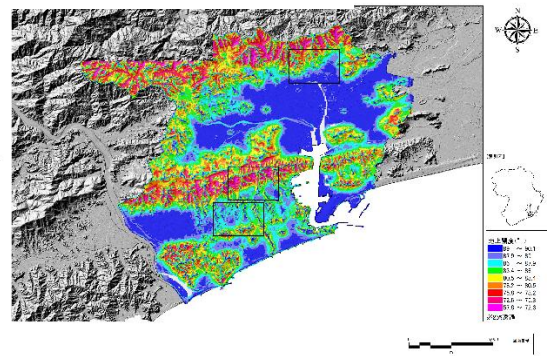
表 2-2-1-8 算出した地上開度のパラメータ。

No.	1	2	3	4
メッシュサイズ M(m)	50		5	
開度計算最大距離 L(m)	50	500	50	250
本報告における表記	M50_L50	M50_L500	Ave_M5_L50	Ave_M5_L250

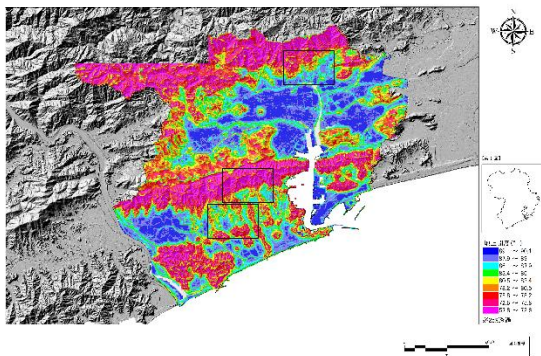
No. 1 M50_L50



No. 2 M50_L500



No. 3 Ave_M5_L50



No. 4 Ave_M5_L250

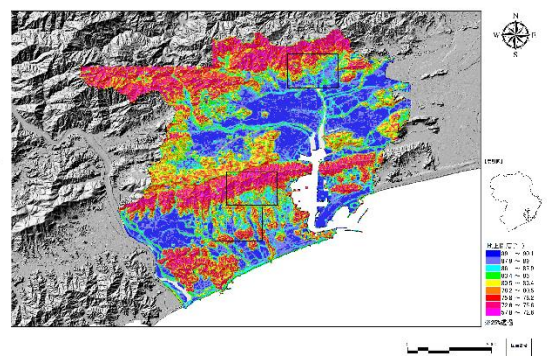


図 2-2-1-10 算出方法の違いによる地上開度の比較（高知市全域）。

次に、先名ほか（2026）⁴⁾ の区分方法に準じ、ベクトルタイル地形分類と図 2-2-1-10 に示す地上開度等を用いて低地（谷底低地）・台地・山地をそれぞれ区分した。区分結果を図 2-2-1-11 に示す。さらに、先名ほか（2021）¹⁾ の微地形区分の細分化条件（水域距離・比高・標高の閾値）に基づいて最終的に作成した 50m メッシュの詳細微地形区分図を図 2-2-1-12 に示す。

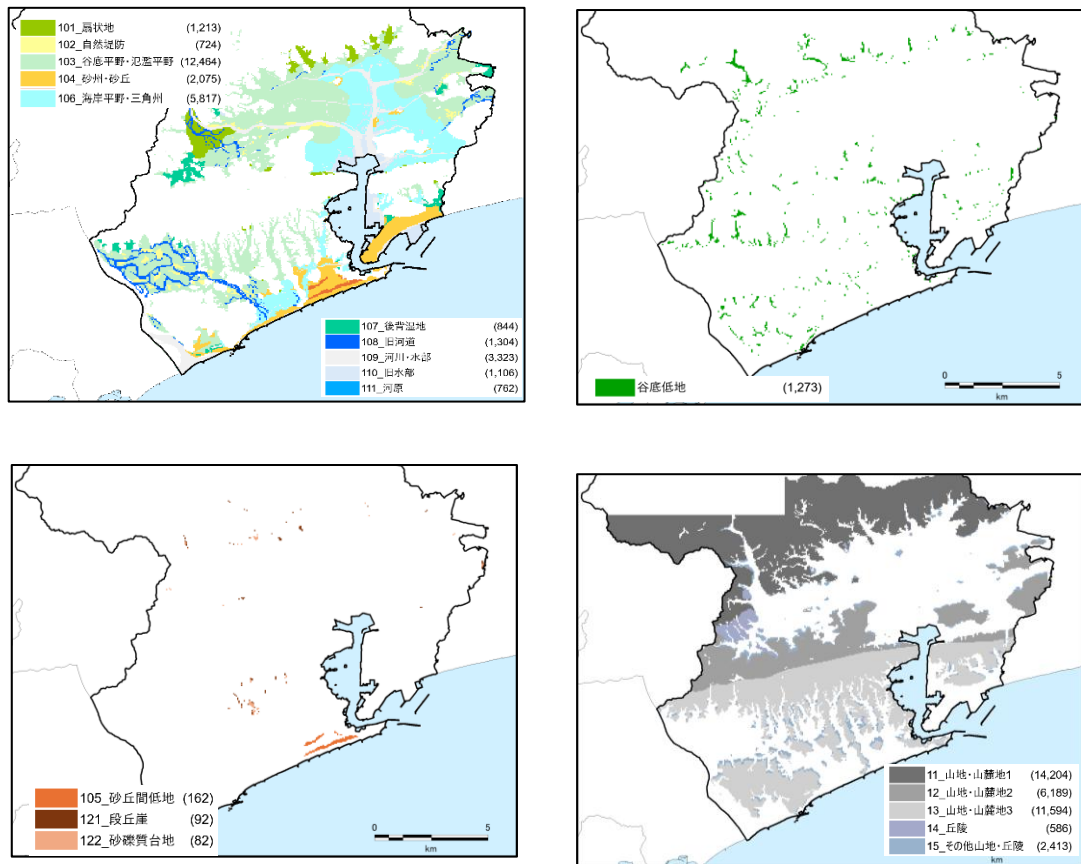


図 2 - 2 - 1 - 11 低地（谷底低地）・台地・山地の微地形区分の結果。

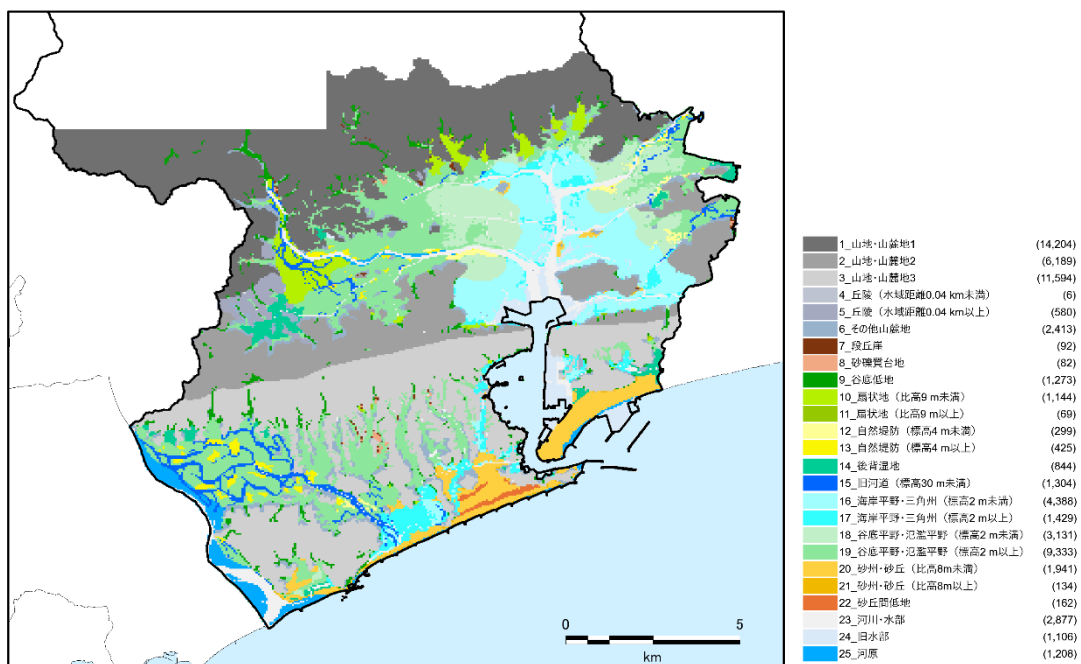


図 2 - 2 - 1 - 12 50m メッシュ詳細微地形区分図。

高知市内の工学的基盤深さまでの詳細な浅部地盤構造モデル構築のため、特に液状化被害が考えられる高知市内中心部周辺において稠密な小アレイ探査を 196 地点実施した。小アレイ探査の配置を図 2-2-1-13 に示す。また、小アレイ探査の観測および解析の諸元を表 2-2-1-9 に示す。既往の地盤情報として収集・整理したボーリングデータを用い、浅部地盤構造モデルの構築のための検討を行った。具体的には、まず、浅部地盤構造モデル構築範囲内における、主に J-SHIS 微地形区分で干拓地および三角州・海岸低地を中心とした地域について、浅部地盤構造のモデル化に関する検討を行った。モデル化範囲の観測地点分布と AVS30、AVS20、AVS10 の推定結果を図 2-2-1-14 に示す。なお、AVSXX は地表から深さ XX m までの平均 S 波速度である。

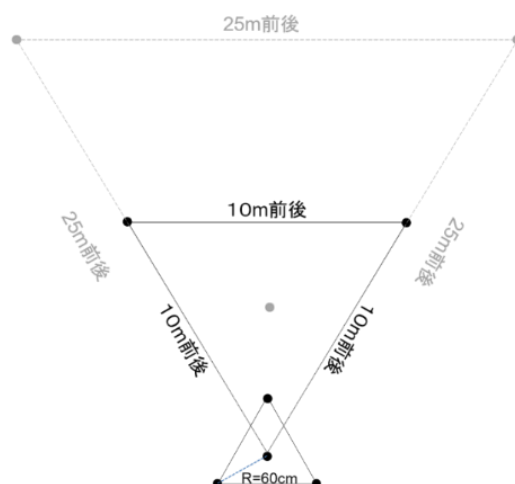


図 2-2-1-13 小アレイ探査配置図（●：微動計設置位置、必要に応じて●も実施）。

表 2-2-1-9 小アレイ探査の観測・解析手法の諸元。

項目	機材・方法	仕様
アレイ観測	微動計	JU410(加速度計)、VSE15D-6(速度計)
	アレイ展開方法	Cho et al. (2013) ⁵⁾ に基づく
	サンプリング周波数	200Hz
	観測時間	15 分
分散曲線解析	SPAC 法	Cho et al. (2021) ⁶⁾ のゼロクロス法を参照
	CCA 法	Cho et al. (2006) ⁷⁾
S 波速構造解析	AVS30 (波長 40m)	紺野・片岡(2000) ⁸⁾
	分散曲線の直接深度変換 (SPM)	Ballard(1964) ⁹⁾
	簡易逆解析手法 (SIM)	Cho and Iwata(2019) ¹⁰⁾

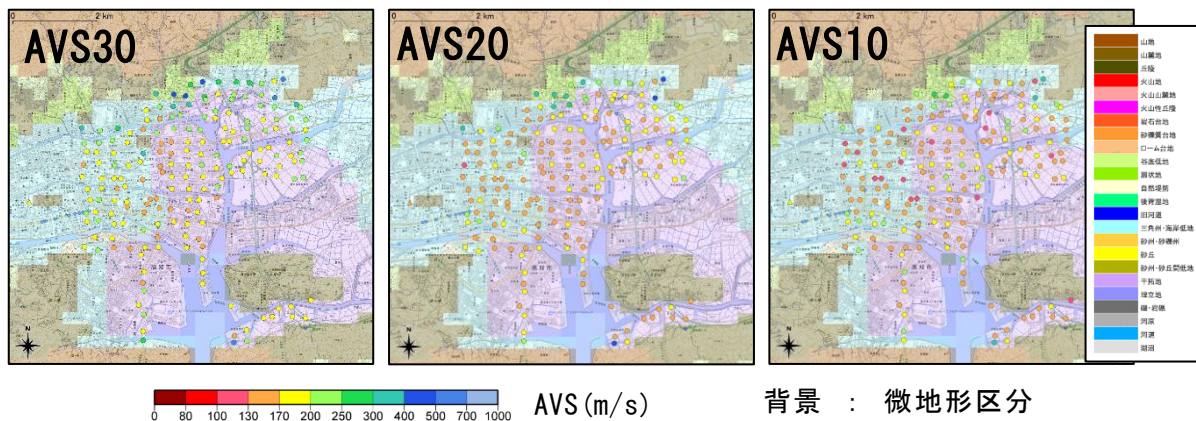
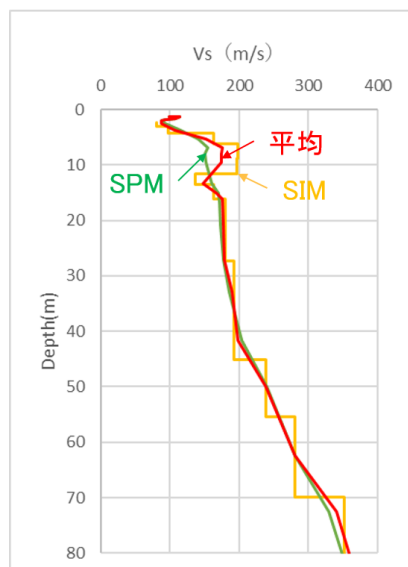


図 2-2-1-14 小アレイ探査地点分布と各 AVS(30、20、10)分布図。

図 2-2-1-15 に示す手法を用いてモデル化に用いる S 波速度 (V_s) 構造を作成し、クリギング法にて断面図としたものを図 2-2-1-16 に示す。ボーリングデータと比較すると、微動観測による $V_s = 350\text{m/s}$ に達する層の上面深度（以下、 V_s350 上面）付近が、基盤岩や N 値 50 以上が出現する深さと極めて調和的であることが分かった。 V_s350 上面を工学的基盤相当層と仮定すると、A-A' 断面（東西）では、 V_s350 上面深度が 20～30m 程度で比較的平坦ではあるが、液状化を検討するために重要な表層から 10m 程度の深さにおいては、 V_s100 程度を示す粘性土が地表からある領域と、表層から V_s200 程度の砂や礫が主体となる領域があることが分かる。B-B' 断面（南北）では、北から南に向けて V_s350 上面深度が深さ 20～40m 程度と徐々に深くなっていることが見て取れる。



S波速度構造の求め方

分散曲線の直接変換結果 (Simple Profiling Method; SPM) と簡易逆解析結果 (Simple Inversion Method; SIM) を平均した速度構造を算出。

① SPMのS波速度(緑色)の速度が変化する深度 に対応するSIMのS波速度(橙色)を読み取り、2つの速度値を平均したS波速度(赤色)を算出。

② この速度構造をもとに位相速度が再現できることを確認。

図 2-2-1-15 微動探査解析結果からのモデル化に活用する S 波速度構造の作成方法。

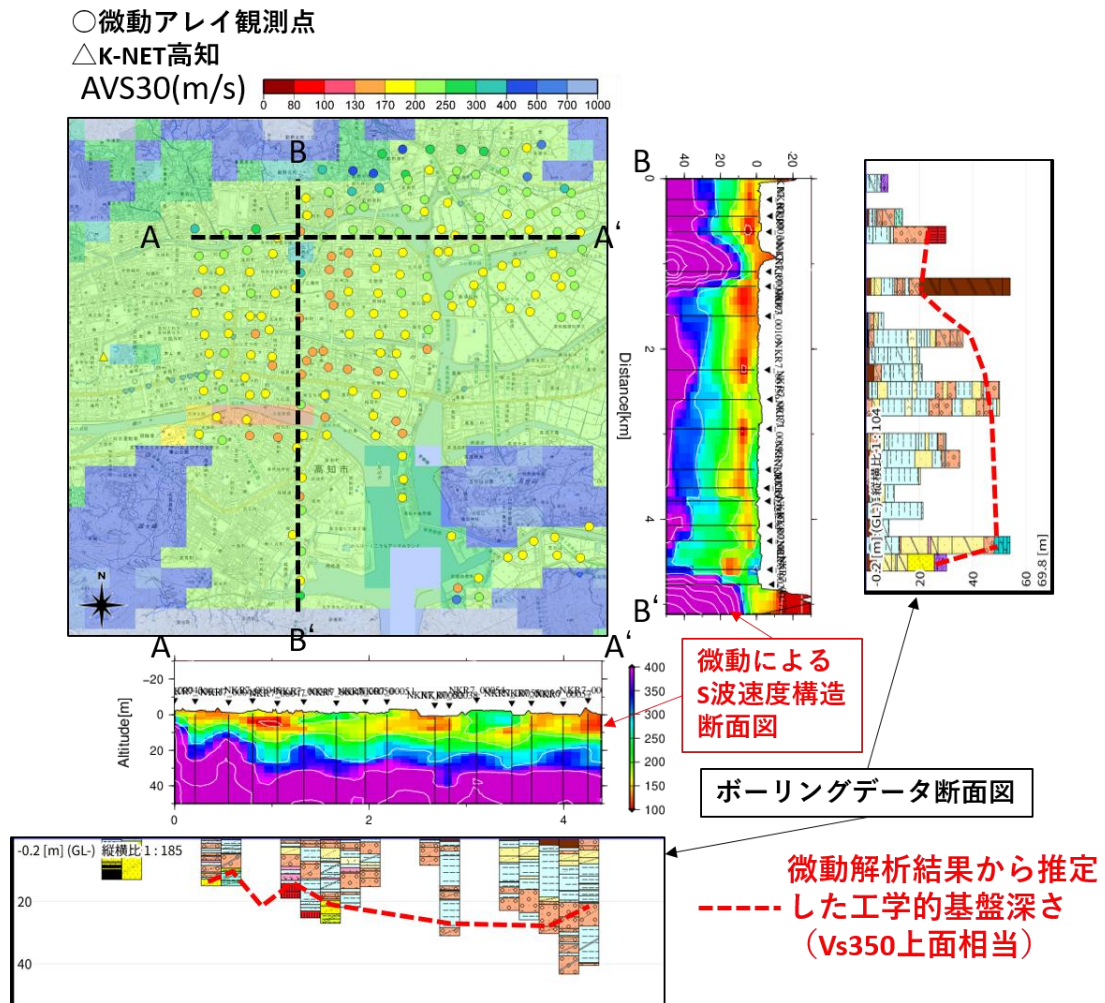


図 2 - 2 - 1 - 16 測線 A-A'、B-B' における小アレイ観測地点と S 波速度構造断面図（ボーリングデータの断面図との比較）。

(d) 結論ならびに今後の課題

詳細微地形区分作成の作業においては、地形の傾斜や凹凸に対応する 50m メッシュ内の標高差分と地上開度が有効であった。また、対応関係の検討より、作成した詳細微地形区分は J-SHIS 微地形区分と比較して地形の特性をより反映していることがわかった。50m メッシュ詳細微地形区分では、地形を構成する土質や AVS30 等の特徴が明瞭になることが期待され、液状化危険度評価と同様に地震動増幅率の評価の精度向上にも寄与すると考えられる。また、基盤山地や主要水系からの距離を考慮することで、より詳細に地震動増幅率を評価できるも可能性がある。一方、詳細微地形区分を地震動増幅率の評価のための基礎情報として用いる際には、J-SHIS 微地形区分、ベクトルタイル地形分類、数値地図 25000（人工地形）の考え方の違いによって、埋立地と干拓地が区分されていないこと等の問題があった。これらの問題については、来年度も継続して検討する必要がある。

(e) 引用文献

- 1) 先名重樹・小澤京子・杉本純也：近年の地震における液状化地点情報に基づく液状化危険率推定式の提案，日本地震工学会論文集，第 21 巻，第 2 号，2021.
- 2) 若松加寿江・松岡昌志：地形・地盤分類 250m メッシュマップの更新，日本地震工学会誌，No. 40，pp. 24-27，2020.
- 3) 高知地盤図編集委員会，西和彦・中村和弘・甲藤次郎著，高知県建築設計監理協会発行：「高知地盤図」，pp. 461，1992.
- 4) 先名重樹・山下日和・稲垣賢亮・松山尚典・藤原広行・桑原光平：強震動予測のための 50m メッシュ詳細微地形区分作成手法の開発，防災科学技術研究所研究報告，第 531 号，2026.
- 5) Cho, I., S. Senna, and H. Fujiwara, Miniature array analysis of microtremors, Geophysics, 78, KS13-KS23, 2013.
- 6) Cho, I., S. Senna, A. Wakai, K. Jin, and H. Fujiwara, Basic performance of a spatial autocorrelation method for determining phase velocities of Rayleigh waves from microtremors, with special reference to the zero-crossing method for quick surveys with mobile seismic arrays, Geophys. J. Int., 226, 1676-1694, 2021.
- 7) Cho, I., T. Tada, Y. Shinozaki, A generic formulation for microtremor exploration methods using three-component records from a circular array, Geophys. J. Int., 165, 236-258, 2006.
- 8) 紺野克昭・片岡俊一，レイリー波の位相速度から地盤の平均 S 波速度を直接推定する方法の提案，土木学会論文集，647，415-423，2000.
- 9) Ballard, R. F. and Jr., Determination of soil shear moduli at depth by in situ vibratory techniques, U. S. Army Waterways Experiment Station, 1964.
- 10) Cho, I., and T. Iwata, A Bayesian approach to microtremor array methods for estimating shallow S wave velocity structures: identifying structural singularities, J. Geophys. Res., 124, 527-553, 2019.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

なし

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

なし

④ 強震動シミュレーション高度化

(a) 業務の要約

長継続時間の強震動シミュレーションを実現するために開発された波動場平滑化スキームの高度化および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開発された短周期地震動補正手法の検証を行った。

(b) 業務の実施方法

波動場平滑化スキームの高度化では、少ない計算量で効率的に数値発散抑制の効果を得るため、3次元メッシュの一部の範囲にのみ平滑化スキームを適用する機能を実装した。防災科研が開発した3次元差分法に基づく地震動シミュレータGMSに実装されている波動場平滑化スキーム計算機能（中村ほか（2025）¹⁾）に処理を追加することで実現した。

短周期地震動補正手法の検証では、設定パラメータによる補正結果の違いを調査し、適切な設定値を選択するための評価基準を検討した。短周期地震動補正手法（中村ほか（2025）¹⁾）の効果を適切に検証するため、サンプリング周波数の高いシミュレーション波形データを、用いて、南海トラフ地震の強震動シミュレーションデータに対して評価を行った。

(c) 業務の成果

1) 波動場平滑化スキーム計算機能の高度化

地震動シミュレータGMSに実装されている波動場平滑化スキームについてその概要を記載する。これは、従来GMSで計算されていた弾性波動方程式に対して拡散の効果を持つ修正項を加えた方程式(修正弾性波動方程式)を時間発展的に解くことにより、短周期のピークを平滑化することで数値的な増幅を抑えるものである。修正弾性波動方程式とは、通常の弾性体方程式に修正項

$$2\varepsilon\left(\frac{\partial r_i}{\partial t}-\frac{\varepsilon}{2}\Delta r_i\right)$$

を追加した方程式である。修正項の係数 ε は拡散係数に相当する。ここで、

$$r_i = \Delta u_i$$

である。 u_i は変位を表す。

波動場平滑化スキーム計算機能は差分法におけるステンシルを拡げる必要等があるため、スキームを適用しない場合と比較して計算コストが4倍弱に増加する課題がある。この計算コストの増大に対応するために、スキームの適用範囲を空間的に限定することで計算コストの低減を図ることを目的として、3次元メッシュの一部の範囲にのみ波動場平滑化スキームを適用する機能を実装した。具体的には、従来のGMSにおいて定数項として扱っていた係数パラメータ ε を空間的に変化する3次元格子上のデータとして定義した。すなわち、指定した水平方向の矩形領域および指定した鉛直方向の範囲の外側においては $\varepsilon=0$ とするように設定することで、指定した矩形領域の内部および指定した鉛直方向の範囲内でのみ波動場平滑化スキームを実行するような機能を実装した。

波動場の時間発展計算により生じる数値的な発散は、特に地表に近い領域で発生することがよくある。そのため、鉛直方向に適用範囲を限定し、3次元メッシュの地表付近にのみ波動場平滑化スキームを適用することで、少ない計算量で効果的に発散抑制の効果を得ることができると考えられる。また、波動場平滑化スキームには、拡散項の作用により地震動の振幅を減少させる効果がある。水平方向に必要な範囲にのみ

作用させることにより、振幅の減少を抑えることが期待される。

現実的な計算モデルを用いた検討により、その効果を確認した。本業務では、2013年淡路島の地震を参考に設定した大阪湾付近を対象とした検証用モデルを設定し、従来のGMSによるシミュレーション、従来の波動場平滑化スキームによるシミュレーション、波動場平滑化スキームの適用範囲を3次元メッシュの表層付近の範囲にのみ限定したシミュレーションの3つのケースを実行し、その結果を比較した。この計算モデルでは、従来のGMSに実装された弾性波動方程式では数値的な増幅（発散）が発生することが確認されており、それを抑えるためには修正弾性波動方程式が必要である。しかし、従来の修正弾性波動方程式は3次元メッシュの全範囲で修正項を計算するために計算コストが大きく、従来の弾性波動方程式と比較して4倍程度の計算実行時間を要する。そこで、新たに実装した修正弾性波動方程式の計算機能により、表層5格子のみに波動場平滑化スキームを適用するように設定し、計算を行った。検証計算の結果、波動場平滑化スキームの適用範囲を地表付近に限定した場合でも、全範囲で修正項を適用した場合と同様に数値的な増幅を抑えることが可能であることを確認した。また、計算実行時間についても、従来の弾性波動方程式と比較して2倍未満に抑えることができた。

2) 短周期地震動補正手法の検証

本業務の広帯域強震動評価では、統計的グリーン関数法による短周期成分と差分法により算出された長周期成分を組み合わせるハイブリッド合成法を用いている。地震調査研究推進本部の「震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）」(2020)²⁾に準じたハイブリッド合成法による広帯域地震動評価を震源距離70 km以上の遠方まで適用すると、主に統計的グリーン関数により計算される周期1秒以下の振幅が観測地震動と比較して過小となることが指摘されている（Iwaki et al. (2016)³⁾）。この課題に対応するため、防災科研では下記に示す短周期成分の振幅補正手法を開発している。

本補正手法では、面的に計算された多数の時刻歴波形を対象として、断層距離範囲ごとに観測点をグルーピングした上で、グループ内の計算波形の加速度応答スペクトルの平均値を地震動予測式（Morikawa et al. (2013)⁴⁾、森川・藤原（2023）⁵⁾）による予測値に適合させている。適合の判定には、「応答スペクトル適合法」（日本建築学会（2013）⁶⁾）に示されている4種類の適合条件が用いられており、本補正手法を適用することでハイブリッド合成波形の遠方での短周期成分の過小評価が解消されることを目視で確認していた。また、観測点をグルーピングする際の「断層距離範囲」の設定には任意性があるため、上述した、遠方における短周期成分の過小評価の指摘において用いられたものと同じ指標により、本補正手法の有効性を検証するとともに、「断層距離範囲」の適切な設定値について検討した。

本検討では、手法の有効性を評価する指標として、広帯域強震動シミュレーションの妥当性評価に用いられているCGOF（Combined Goodness of Fit）（Dreger et al. (2015)）⁷⁾を用いた。観測点 x_j 、周期ポイント T_i における地震動予測式による加速度応答スペクトル Sa_{pre} とハイブリッド合成波形の加速度応答スペクトル Sa_{sim} の比

の自然対数を $r_{j,k}(T_i)$ とする。

$$r_{j,k}(T_i) = \ln \frac{Sa_{pre}(x_j, T_i)}{Sa_{sim}(x_j, T_i)}$$

CGOF は l 番目の周期区間および m 番目の断層最短距離区間に含まれる全データに対して $r_{j,k}(T_i)$ の平均値の絶対値と、 $r_{j,k}(T_i)$ の絶対値の平均をそれぞれ 0.5 倍して足し合わせた指標である。

$$CGOF(l, m) = \frac{1}{2} \left| \frac{1}{N_C} \frac{1}{n_{S,m}} \frac{1}{n_{T,l}} \sum_{k=1}^{N_C} \sum_{j=1}^{n_{S,m}} \sum_{i=1}^{n_{T,l}} r_{j,k}(T_i) \right| + \frac{1}{2} \frac{1}{N_C} \frac{1}{n_{S,m}} \frac{1}{n_{T,l}} \sum_{k=1}^{N_C} \sum_{j=1}^{n_{S,m}} \sum_{i=1}^{n_{T,l}} |r_{j,k}(T_i)|$$

ここで、 $n_{T,l}$ は l 番目の周期区間に含まれる周期ポイントの数、 $n_{S,m}$ は m 番目の断層最短距離区間に含まれる観測点の数、 N_C は計算ケース数である。Dreger et al. (2015)⁷⁾ では、CGOF 値が 0.35 より小さい場合は合致度が高い (pass)、0.7 を超える場合は合致度が低い (fail) とされている。

本検討では、南海トラフの想定震源域全体を震源域とし、破壊開始点を震源域の西端付近、中央付近、東端付近の 3 か所に設定し、さらに断層浅部の大すべり域を震源域の西側と東側にそれぞれ配置した計 6 種類の震源モデル (図 2-2-1-17) を対象とした。これらの震源モデルに対するハイブリッド合成法によるシミュレーションデータ (水平 2 成分をベクトル合成したもの) を用い、観測点をグルーピングする「断層距離範囲」を 10 km、30 km、50 km とした 3 通り、「補正周期帯」を 0.06 秒～1.0 秒、0.06 秒～2.0 秒、0.06 秒～5.0 秒とした 3 通り、計 9 通りの短周期補正を適用したデータを作成した。ここに補正を加えていない元のデータを加えた計 10 通りのデータを CGOF による評価に用いた。なお、本検討のハイブリッド合成法では、3 次元差分法による長周期地震動と統計的グリーン関数による短周期地震動を用いて周期 2 秒を接続周期として広帯域地震動を計算している。CGOF は、5 つの周期区間 (0.06 秒～0.1 秒、0.1 秒～0.3 秒、0.3 秒～1 秒、1 秒～3 秒、3 秒～10 秒) と 4 つの断層最短距離区間 (20 km 未満、20～70 km、70～200 km、200 km 以上；図 2-2-1-17) の 20 通りの組合せに対して算出した (表 2-2-1-10 から表 2-2-1-12)。また、CGOF 値の判定には上記の基準を参照した。

周期区間では 0.06～0.1 秒、0.1～0.3 秒、3.0～10.0 秒、断層最短距離区間では 20 km 未満および 70～200 km において、ハイブリッド合成波形に対する CGOF 値は 0.7 に近い値を超える値となる場合が多く、地震動予測式との差異が大きいことが確認された。これに対し、補正後のデータでは、全体的に CGOF 値が減少していることが確認できた。特に、グループ幅が 30 km 以下の場合は補正周期帯に含まれる全ての区間で CGOF が 0.7 未満となっている。よって、本手法で補正をかけた周期区間に関しては、任意の断層最短距離区間で地震動予測式との整合性が高いことが定量的に確認できた。

また、表 2-2-1-10 から表 2-2-1-12 を比較した際に、変化の大きい箇所を太枠で囲んだ。囲まれた箇所を列ごとで見ると、補正周期帯が長周期側に広がるほど、対応する周期区間で合致度が改善する傾向が認められた。行ごとで見ると補正周

期帯の上限を 2.0 秒から 5.0 秒に広げることで、断層最短距離区間が 200km 以上の区間でも合致度の改善がみられた。

ここまでの検討からおおむね以下のような傾向が確認された。

- ・ グループ幅を狭くするほど地震動予測式との合致度は高くなる。
- ・ 補正周期帯を長周期帯に広げるほど地震動予測式との合致度は高くなる。

一方で、これらの傾向に一致しない区間も存在する。例えば、周期区間が 0.06 秒～0.1 秒かつ断層最短距離区間が 20km 未満の場合、グループ幅が 30km の場合に地震動予測式との整合性が高くなっている。また、周期区間が 0.06 秒～0.1 秒かつ断層最短距離区間が 70km～200km の場合、いずれのグループ幅においても補正周期帯を 0.06 秒～5.0 秒とした場合より、0.06 秒～2.0 秒とした場合の方が地震動予測式との合致度が高い。

以上のように、補正周期帯を長周期側に拡張することで合致度が向上する傾向は認められるものの、地震動予測式は長周期帯における観測データが相対的に限られており、その適用性には不確実性が含まれる。このため、長周期帯における合致度の向上をもって補正の妥当性を評価することには一定の制約がある。また、本検討の目的は、あくまで統計的グリーン関数法に基づく短周期地震動の振幅を適切に補正する手法の検討にあり、3次元差分法により評価される長周期地震動を地震動予測式に整合させることは本来の目的ではない。長周期地震動については、3次元差分法による物理モデルに基づく評価が重要である。

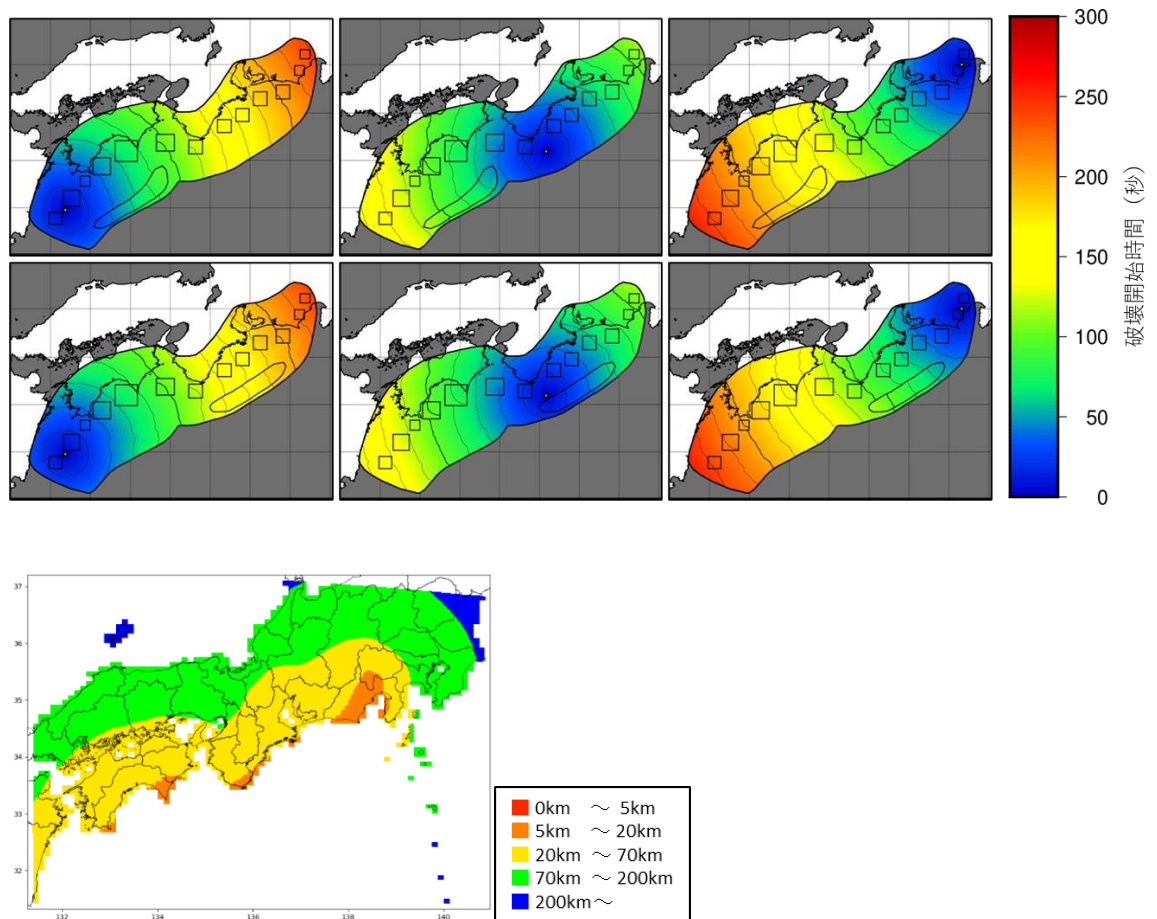


図 2 - 2 - 1 - 17 (上) 検討対象とした 6 種類の震源モデル。等高線は破壊開始時間の分布。震源域内の矩形、楕円状の領域はアスペリティおよび大すべり域。(下) 断層最短距離区間の分布。

表 2-2-1-10 GMPE との合致度 (CGOF 値、補正周期帯：0.06～1.0 秒)。

CGOF	0.06~0.1s	0.1~0.3s	0.3~1.0s	1.0~3.0s	3.0~10.0s
~20km	0.46 0.27 0.61 0.72	0.25 0.55 0.93 0.95	0.20 0.50 0.76 0.45	0.30 0.28 0.27 0.30	1.06 1.06 1.07 1.06
20~70km	0.55 0.59 0.63 0.73	0.29 0.33 0.37 0.51	0.22 0.24 0.26 0.58	0.32 0.32 0.32 0.37	1.05 1.05 1.05 1.05
70~200km	0.47 0.48 0.49 0.91	0.27 0.28 0.29 0.77	0.19 0.19 0.20 0.57	0.57 0.57 0.57 0.60	1.35 1.35 1.35 1.35
200km~	0.38 0.38 0.38 0.46	0.26 0.25 0.26 0.36	0.23 0.24 0.23 0.36	0.78 0.78 0.78 0.80	1.30 1.30 1.30 1.30

※[上段：補正後（グループ幅 10km|30km|50km）、下段：ハイブリッド]

表 2-2-1-11 GMPE との合致度 (CGOF 値、補正周期帯：0.06～2.0 秒)。

CGOF	0.06~0.1s	0.1~0.3s	0.3~1.0s	1.0~3.0s	3.0~10.0s
~20km	0.45 0.27 0.61 0.72	0.25 0.55 0.93 0.95	0.19 0.50 0.75 0.45	0.24 0.27 0.32 0.30	1.06 1.07 1.07 1.06
20~70km	0.54 0.58 0.62 0.73	0.29 0.33 0.36 0.51	0.22 0.24 0.26 0.58	0.26 0.26 0.26 0.37	1.05 1.05 1.05 1.05
70~200km	0.47 0.48 0.50 0.91	0.27 0.28 0.29 0.77	0.18 0.19 0.20 0.57	0.52 0.52 0.52 0.60	1.35 1.35 1.35 1.35
200km~	0.36 0.36 0.36 0.46	0.24 0.24 0.24 0.36	0.22 0.22 0.22 0.36	0.68 0.68 0.68 0.80	1.30 1.30 1.30 1.30

※[上段：補正後（グループ幅 10km|30km|50km）、下段：ハイブリッド]

表 2-2-1-12 GMPE との合致度 (CGOF 値、補正周期帯：0.06～5.0 秒)。

CGOF	0.06~0.1s	0.1~0.3s	0.3~1.0s	1.0~3.0s	3.0~10.0s
~20km	0.46 0.27 0.61 0.72	0.25 0.55 0.93 0.95	0.20 0.51 0.76 0.45	0.21 0.25 0.29 0.30	0.93 0.91 0.92 1.06
20~70km	0.55 0.59 0.63 0.73	0.29 0.33 0.37 0.51	0.22 0.24 0.26 0.58	0.18 0.19 0.20 0.37	0.91 0.90 0.90 1.05
70~200km	0.52 0.53 0.54 0.91	0.28 0.29 0.30 0.77	0.19 0.20 0.21 0.57	0.15 0.15 0.16 0.60	1.06 1.06 1.06 1.35
200km~	0.18 0.18 0.19 0.46	0.14 0.13 0.14 0.36	0.11 0.11 0.12 0.36	0.15 0.15 0.15 0.80	1.01 1.01 1.01 1.30

※[上段：補正後（グループ幅 10km|30km|50km）、下段：ハイブリッド]

(d) 結論ならびに今後の課題

波動場平滑化スキームの適用範囲を空間的に限定する機能を実装し、検証計算を通して数値的な増幅を抑える効果が得られることを確認した。一方で、計算実行時間については、限定した領域範囲の格子数から推計されるよりも長い時間を要しており、さらなる高速化の余地がある。

短周期地震動の振幅補正手法の有効性を検証した。広帯域強震動シミュレーションの妥当性評価に用いられる指標 CGOF を用いて、補正手法を適用することでハイブリッド合成法（特に統計的グリーン関数法）による短周期成分の評価が改善されていることを定量的に確認した。

(e) 引用文献

- 1) 中村洋光, 藤原広行, 前田宜浩, 土肥裕史, 秋山伸一, 内藤昌平, 先名重樹, 今井隆太, 佐藤昌人, 河合伸一, 森川信之, 岩城麻子, 水井良暢, 崔青林, 時実良典, 石丸晴海, 早川俊彦, 日下彰宏, 長谷川幹, 阿部祥大, 廣井悠: 南海トラフ巨大地震の発生の多様性を考慮した地震防災基盤シミュレータの構築, 防災科学技術研究所研究資料, No. 515, pp. 1-185, 2025.
- 2) 地震調査研究推進本部地震調査委員会: 震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」), 2020,
https://www.jishin.go.jp/main/chousa/20_yosokuchizu/recipe.pdf
(最終閲覧日 2024 年 3 月 18 日).
- 3) Iwaki, A., T. Maeda, N. Morikawa, H. Miyake, and H. Fujiwara: Validation of the recipe for broadband ground-motion simulations of Japanese crustal earthquakes, Bull. Seism. Soc. Am., 106(5), 2214-2232, 2016.
- 4) Morikawa, N. and H. Fujiwara: A New Ground Motion Prediction Equation for Japan Applicable up to M9 Mega-Earthquake, J. Disaster Res., Vol.8 No.5, pp. 878-888, 2013.
- 5) 森川信之, 藤原広行: Morikawa and Fujiwara (2013)に基づく地震動予測式, 2023, <https://www.j-shis.bosai.go.jp/labs/mf2013> (最終閲覧日 2024 年 3 月 1 日).
- 6) 日本建築学会: 免震構造設計指針, 496 ページ, 2013.
- 7) Dreger, D. S., G. C. Beroza, S. M. Day, C. A. Goulet, T. H. Jordan, P. A. Spudich, and J. P. Stewart: Validation of the SCEC broadband platform V14.3 simulation methods using pseudospectral acceleration data, Seismol. Res. Lett. 86, 39-47, 2015.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

なし

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

なし

⑤ 複合災害データの収集・整理

(a) 業務の要約

地震動・津波・斜面崩壊・液状化・火災等、複合災害による甚大な被害が発生した直近の事例である 2024 年能登半島地震を対象とし、建物被害調査データを収集・整理し、各種ハザード情報と紐づいた複合災害データベースを作成することにより、南海トラフ地震に備えた連鎖複合災害のハザード・リスク評価に活用することを目的とする。

令和 7 年度は、能登半島における 6 市町を対象に収集した住家被害認定調査のデータ整備を行い、被害調査データを GIS データ化した。このデータを 250m メッシュ毎に集計し、各種ハザードデータと重ね合わせたデータベースを構築した。作成したデータベースを分析した結果、能登半島地震では特に建築年代が古い木造・土蔵住宅の被害が顕著であり、例えば輪島市において明治・大正期に建てられた土蔵建物では震度 5 強でも 60%以上が全壊している等、能登半島の地域性に伴う建物被害の特徴が明らかになった。

(b) 業務の実施方法

能登半島における 6 市町（珠洲市、輪島市、能登町、穴水町、七尾市、志賀町）を対象として収集された、住家被害認定調査の被害区分、建築年代、構造種別に関するデータを整備した。

次に、これらの被害調査データに付与されている座標データまたは住所を元にジオコーディングし、ポイントデータとしてプロットした。建築年代や構造種別のデータがない場合は、新旧の航空写真判読や建物形状を元にした推定によりデータを作成した。これらのデータを標準地域メッシュ（250m メッシュ）毎に集計し、さらに推定地震動等のハザードデータと重ね合わせたデータベースを構築した。このデータベースを使用し、建物と地震動、建築年代等の相関について検討し、被害要因について分析を行った。

(c) 業務の成果

1) 能登半島地震における建物被害調査データの整備

能登半島における 6 市町（珠洲市、輪島市、能登町、穴水町、七尾市、志賀町）を対象として 2025 年 4 月から 9 月にかけて収集した、住家被害認定調査の被害区分、建築年代、構造種別に関するデータを整備した。

データ収集については、主に 2025 年 4 月から 2025 年 9 月にかけて実施しており、その後新たに得られた情報により、データを更新した。収集方法については、各市町における罹災証明書の台帳管理担当部署宛（税務課、総務課など）にデータ提供に関する依頼文書を送付し、能登半島地震において被害を受けた建物の位置、罹災証明における被害程度、構造種別・建築年（可能な範囲で）を記載した一覧表の提供を依頼した。なお、一覧表は個人が特定できるような情報（氏名、連絡先等）の削除を行った上で提供することを条件とし、目的外利用の禁止、第三者への情報提供の禁止、守秘義務等の協議事項を定め、各市町からの了承（協議書の取り交わし等）を得た上で、情報を取得した。

本業務では、これらの建物被害調査結果を GIS データとして整備した。各市町から入手したデータ内容の一覧を表 2-2-1-13 に示す。入手した座標データのうち、珠洲市、能登町、穴水町、志賀町については座標データの桁落ちがあったがそれらの補正を行い、GIS 上で読み込み可能なポイントデータを作成した。ただし、七尾市については座標値が付与されていなかったため、住所データから GIS ソフトによりアドレスマッチングを行うことによりポイントデータを作成した。

表 2-2-1-13 建物被害調査データの項目（○：データ有、×：データ無）。

市町	データ数	データ項目				
		住所	座標	被害判定	構造種別	建築年
珠洲市	15,732	×	○	○	×	×
輪島市	22,341	○	○	○	○	○
能登町	14,367	○	○	○	○	○
穴水町	6,324	○	○	○	×	×
七尾市	15,449	○	×	○	○	○
志賀町	17,009	×	○	○	×	×

※データ数については重複処理の仕方等により若干の変動の可能性がある

続いて、国土地理院（地理院）が公開している基盤地図情報（建築物）¹⁾のポリゴンデータを用いて、ポリゴン内に含まれるポイントデータの属性値を入力した。ただし、一つのポリゴン内にポイントデータが複数含まれる場合、被害区分が大きい方を優先し、重複を削除した。

また、構造種別や建築年については、輪島市・七尾市では市から入手したデータに入力されていたが、それ以外の市町についてはデータがなかったため、国土地理院から公開されている航空写真²⁾やポリゴンデータ¹⁾の属性値を元にした以下の基準によりデータを分類し、建物属性を推定した。

a) 構造種別の推定基準

i)～iii)に一つでも該当する建物は非木造、該当しない建物は木造とする。

i) 航空写真を見て屋根部分が平らな形状のもの（陸屋根）は非木造とする。

ii) 基盤地図情報（建築物）の種別が「堅ろう建物、堅牢無壁舎」である場合は非木造とする。

iii) 基盤地図情報（建築物）の建築面積が 600 m²以上である場合は非木造とする。

以上の基準を元に、構造種別や建築年の正解データがある輪島市内のサンプル地区においてこの基準を適用したところ、正解率は約 92%であった。

b) 建築年の推定基準

「1981 年の建築基準法改正以前（1974～1978 年）に撮影された航空写真①」と「最新の航空写真②」を比較し、以下とみなして分類する。

i) ①と②が同一の建物と判断した場合は旧耐震（-1980）

ii) ①と②が同一の建物でない場合（新築、建替）は新耐震（1981-）

以上の基準を元に、構造種別や建築年の正解データがある輪島市内のサンプル地区においてこの基準を適用したところ、正解率は約 72%であった。

2) 能登半島地震における複合災害データベースの構築

建物被害調査のポイントデータを標準地域メッシュ（250m メッシュ）（総務省統計局³⁾）を用いて集計し、さらに表 2-2-1-14 に示す各種ハザードデータを属性テーブルとして紐づけたデータを作成した。

表 2-2-1-14 250m メッシュデータの属性テーブル一覧。

大項目	小項目	出典
リアルタイム被害推定システムによる推定地震動・被害推定結果	計測震度	藤原ほか(2019) ⁴⁾
	加速度応答スペクトル	藤原ほか(2019) ⁴⁾
	疑似速度応答スペクトル	藤原ほか(2019) ⁴⁾
	液状化発生確率	内藤ほか(2023) ⁵⁾ 、先名ほか(2021) ⁶⁾
	地すべり発生確率	内藤ほか(2023) ⁵⁾ 、神谷ほか(2012) ⁷⁾
液状化メッシュ（0:液状化なし、1:液状化あり）		先名ほか(2024) ⁸⁾
リアルタイム被害推定システムによる構造・年代別建物棟数		藤原ほか(2019) ⁴⁾
基盤地図情報の建物数	普通建物数、普通建物無壁舎数、堅牢建物数、堅牢建物無壁舎数、総棟数	国土地理院 ¹⁾
標高・傾斜度 5 次メッシュデータ	平均標高、最高標高、最低標高、最低標高コード、最大傾斜角度、最大傾斜方向、最小傾斜角度、最小傾斜方向、平均傾斜角度	国土地理院 ⁹⁾
能登半島地震における推定津波浸水範囲		国土地理院 ¹⁰⁾
家屋被害調査	被害棟数、構造・年代別被害棟数・被害率	各自治体

3) 複合災害の要因分析

a) 建物被害調査結果の概要

各市町から収集した建物被害調査結果を被害区分別に集計した、被害区分別棟数および比率のグラフを図 2-2-1-18 に示す。これを見ると、珠洲市、輪島市における全壊棟数が特に多く、全壊建物の比率は珠洲市、輪島市、穴水市、志賀町、能登町、七尾市の順になっている。なお、比率については、調査データに占める割合であり、被害認定調査が実施されなかった（明らかに無被害の）建物については、分母に含まれていない。

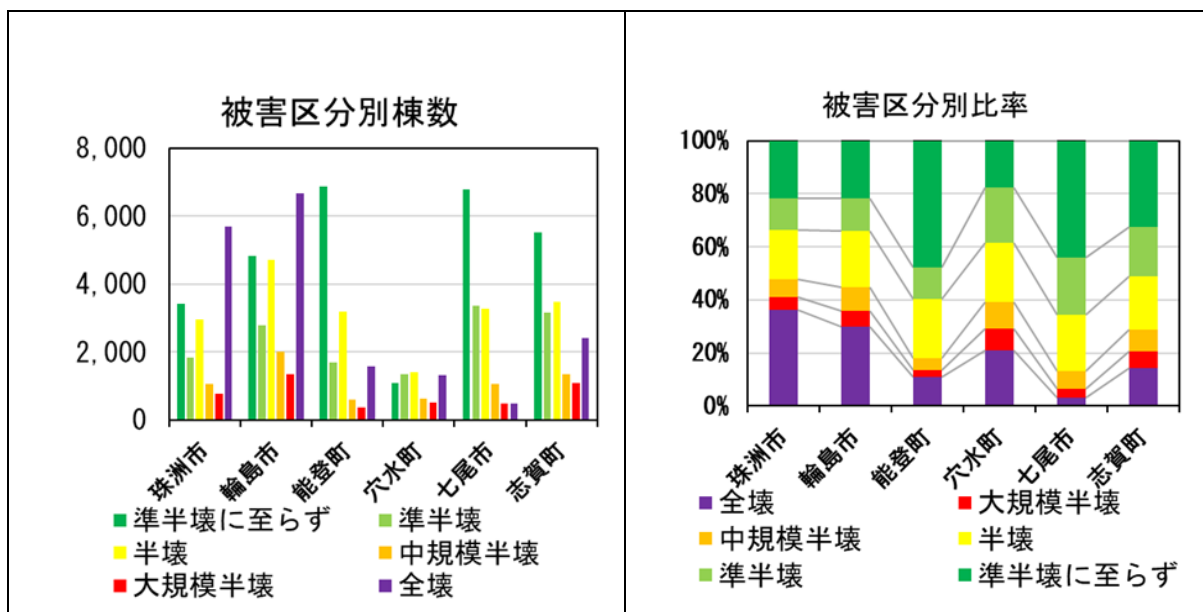


図 2 - 2 - 1 - 18 建物被害調査結果の被害区分別集計結果のグラフ。

b) 構造種別・建築年と建物被害との関係（輪島市）

収集した建物被害調査データにおいて、被災程度が大きくかつ構造種別・建築年のデータが付与されている輪島市において、構造種別・建築年と建物被害との関係について分析を行った。

図 2 - 2 - 1 - 19 に被害調査データに含まれる建物構造の比率、建築年の比率、木造建物の被害区分の比率、土蔵建物の被害区分の比率をそれぞれ示す。なお、比率については、調査データに占める割合となっているため、被害認定調査が実施されなかった（明らかに無被害の）建物については、分母に含まれていない。

建物構造の比率は木造が全体の 85% を占め、次いで土蔵が 8%、非木造 7% の順になっている。建築年の比率は 1980 年以前（旧耐震）が全体の 69%、1981 年以降（新耐震）が 21%、2000 年以降（現行耐震）が 10% である。このように、旧耐震建物の比率、土蔵建物の比率が高いことは特に能登半島地域における被害を考える上で重要な地域的特徴と考えられる。

また、木造建物の中では全壊の比率は 29% である一方で、土蔵建物において全壊の比率は 56% であり、木造よりも土蔵建物の被害が多いことがわかる。

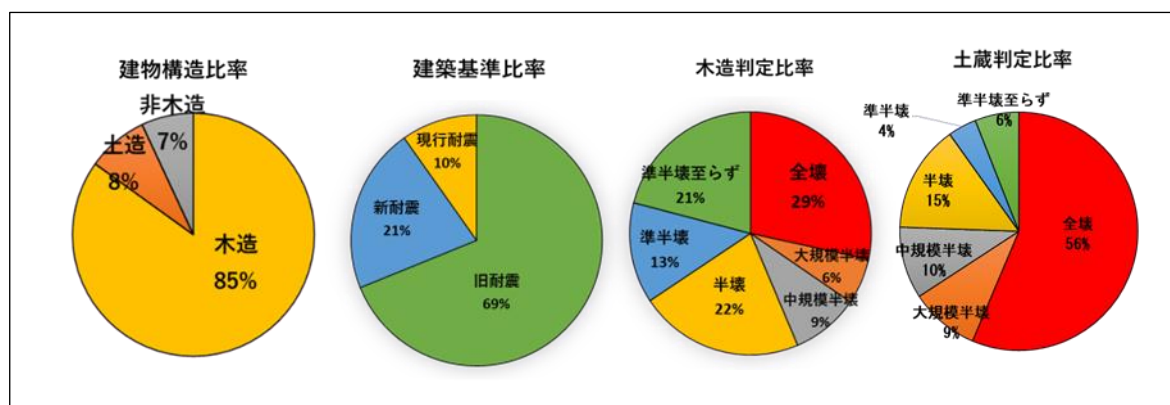


図 2 - 2 - 1 - 19 輪島市における建物被害調査データの比率。

次に、調査データに占める全壊建物の比率を明治、大正、昭和、新耐震（昭和 56 年～平成 11 年）、現行耐震（平成 12 年以降）の年代別に集計すると図 2 - 2 - 1 - 20 のようになり、木造、土蔵ともに明治・大正期に建築された古い建物の全壊比率が特に高いことがわかる。なお、土蔵の平成 12 年以降（現行耐震）は 1 棟しかデータがないため除外した。

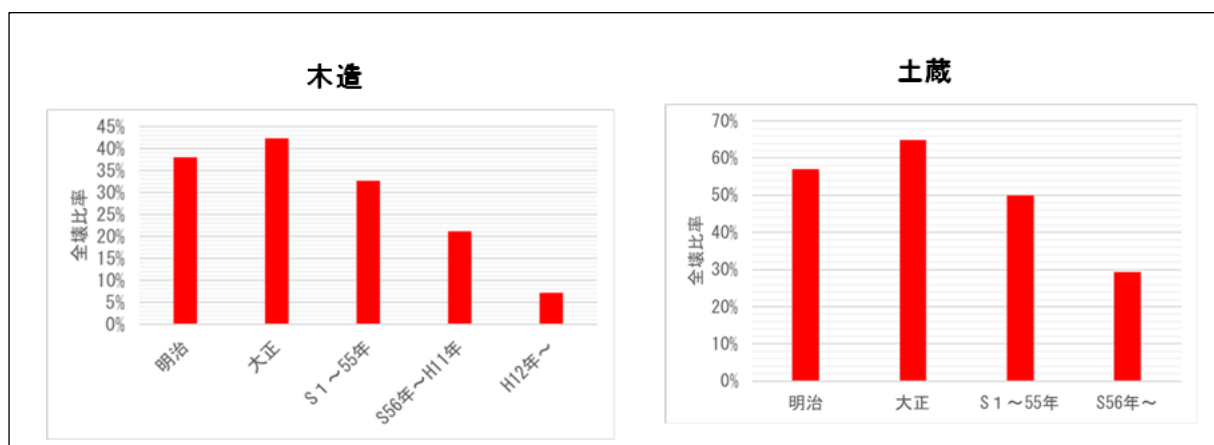


図 2 - 2 - 1 - 20 木造及び土蔵建物の建築年代別全壊率。

構築した 250m メッシュデータを用いて、メッシュ毎の推定計測震度と木造及び土蔵の全壊建物棟数が調査データに占める比率（全壊比率）との関係を分析した。図 2 - 2 - 1 - 21 は、推定震度 7、推定震度 6 強、震度 6 弱及び震度 5 強のメッシュにおける建築年代別全壊率である。例えば明治、大正期の建物では震度 5 強でも木造の全壊比率が 40%以上、土蔵の全壊比率が 60%以上となっており、いずれも高いことが特徴的である。

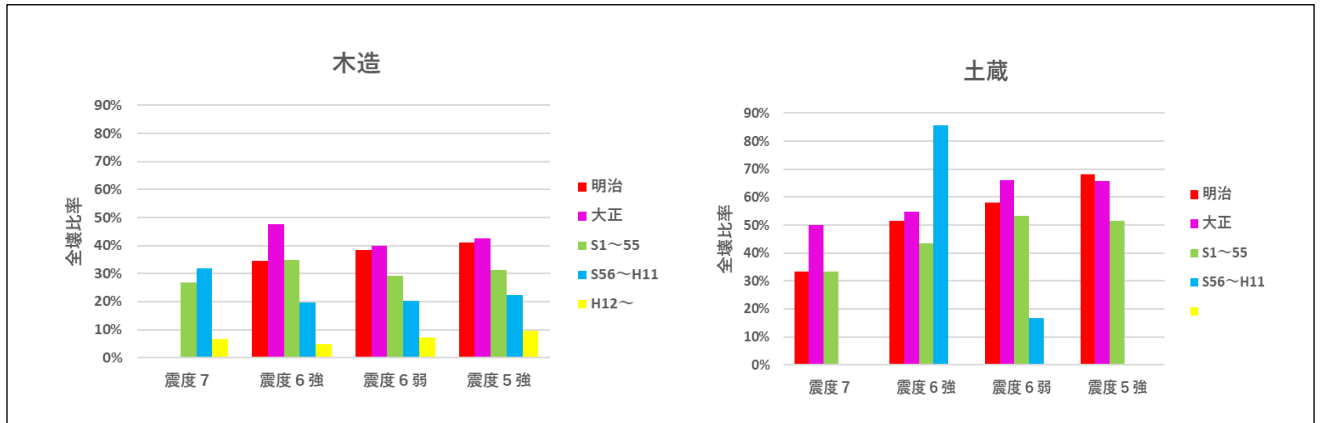


図 2 - 2 - 1 - 21 推定震度と建築年代別木造・土蔵。

c) 推定震度と全壊率との関係

作成した 250m メッシュデータを用いて、推定震度と建物被害との関係を考察した。ただし、全データをプロットすると震度推定値に含まれる不確実性が大きく、十分な相関が得られなかったため、データ絞り込みのための制約条件を設けることにより相関が向上することを確認した。制約条件の例について以下に示す。

- ・地震観測点からの距離が一定範囲内のデータを使用
- ・火災、津波等の影響を受けたメッシュを除外
- ・メッシュ内の建物総数、構造・年代別棟数が一定数に満たないメッシュを除外
- ・微動アレイ観測結果に基づく最大速度増幅率¹¹⁾等を用いた推定地震動の補正

上記の絞り込み条件については検討中である。また、被害率が特に大きくなる地域についてはその要因の分析を進めている。今後もデータセットを充実させていき、被害の原因究明を継続していく予定である。

(d) 結論ならびに今後の課題

令和 7 年度は、能登半島における 6 市町（珠洲市、輪島市、能登町、七尾市、穴水町、志賀町）を対象に収集し、建物被害認定調査の被害区分、建築年代、構造種別に関するデータを GIS データとして整備した。

整備した建物被害認定調査データをベースに各種ハザードデータを重ね合わせて、能登半島地震の複合災害の要因分析に必要な情報を有する複合災害データベースを構築した。

複合災害の要因分析については、推定震度分布と全壊率の相関について検討した。また、住宅の建築年代（旧耐震建物）や構造（木造・土蔵等）による建物被害への寄与が高く、建築年代が古い木造住宅が多いという能登半島の地域性が被害拡大に影響していることが分かった。

今後は、液状化発生地域など、6 市町以外のより広域の被災市町村に対して建物被害認定調査データ収集・整備を実施し、複合災害データベースの充実を図る。また、複合災害の要因分析をより精査し、複合災害によるクリティカルコンディションの発生等

について検討する。さらに、南海トラフ地震において発生しうる連鎖複合災害の被害軽減に向けて、本研究を通じて得た知見を活用する。

(e) 引用文献

- 1) 国土地理院：基盤地図情報サイト，<https://www.gsi.go.jp/kiban/>（2026/03/10 閲覧）
- 2) 国土地理院：地図・空中写真閲覧サービス，<https://service.gsi.go.jp/map-photos/>（2026/03/10 閲覧）
- 3) 総務省統計局：地域メッシュ統計について，https://www.stat.go.jp/data/mesh/m_tuite.html（2026/03/10 閲覧）
- 4) 藤原広行ほか：全国を概観するリアルタイム地震被害推定・状況把握システムの開発，防災科学技術研究所研究資料，No. 432，pp. 1-311，2019.
- 5) 内藤昌平，高橋郁夫，中村洋光，先名重樹，藤原広行，岩波良典，赤塚正樹，釜付香：リアルタイム被害推定システムの機能強化および利活用ーマルチハザードリスク評価に向けてー，防災科学技術研究所研究資料，No. 485，pp. 1-88，2023.
- 6) 先名重樹，小澤京子，杉本純也：近年の地震に液状化地点情報に基づく液状化危険率推定式の提案，日本地震工学会論文集，Vol. 21，No. 2，pp. 90-108，2021.
- 7) 神谷泉，乙井康成，中埜貴元，小荒井衛：地震による斜面崩壊危険度評価判別式「六甲式」の改良と実時間運用，写真測量とリモートセンシング，Vol. 51，No. 6，pp. 381-386，2012.
- 8) 先名重樹：令和 6 年能登半島地震液状化被害の分布と特徴．令和 5 年度災害レジリエンス共創研究会(令和 6 年 3 月 5 日)資料，20p，2024.
- 9) 国土地理院：国土数値情報ダウンロードサイト，<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-G04-d.html>（2026/03/10 閲覧）
- 10) 国土地理院：令和 6 年能登半島地震に関する情報ー空中写真判読による津波浸水域（推定），https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/20240101_noto_earthquake.html#7（2026/03/10 閲覧）
- 11) 先名重樹：地震被害と地盤構造の関係ー地震被害推定のための地盤構造モデル構築の取り組みー，第 23 回国土セイフティネットシンポジウム「連鎖複合災害への備え」資料，2026 年 2 月 6 日，パシフィコ横浜，pp. 5-25，2026.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

なし

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

なし

⑥ 災害レジリエンス指標の開発

(a) 業務の要約

わが国の市町村レベルでのレジリエンス指標を構築することを目的として、今年度は先行研究のレビューと、必要なデータの収集を行った。先行研究のレビューについては、災害レジリエンスベースライン指標（BRIC: Baseline Resilience Indicator for Communities）（Cutter et al. (2010) ¹⁾）やオーストラリア災害レジリエンス指標（ADRI: Australian Disaster Resilience Index）（Parsons et al. (2021) ²⁾）など、諸外国で開発されたコミュニティレベルにおける各種統計の合成指標を用いたいくつかの研究を特定し、それらを踏まえつつ、本研究において開発する塩崎・永松モデル（Shiozaki et al. (2024) ³⁾、Nagamatsu (2025) ⁴⁾）に基づく指標の概念構築と対応する変数の特定を行った。また、これらの指標の開発に必要な既存統計のデータベース化を行い、更に作成した指標の検証に必要なデータとして、和歌山県内の5つの市町村において、約1万世帯を対象とした質問紙調査を実施した。

(b) 業務の実施方法

先行研究のレビューについては、以下の通り実施した。まず、学術研究および実務研究において用いられている既存のレジリエンス指標・枠組みに関する文献レビューを実施した。レビューにあたっては、各枠組みの概念的基盤、採用されている変数、分析手法、ならびに妥当性確認の方法に着目した。

これと並行して、これらの枠組みを日本の文脈に適用する可能性について検討を行った。具体的には、主要な既存モデルが求めるデータ要件と、日本において現時点で利用可能なデータセットとを比較し、それらを当チームの提案する理論モデルにどのように組み込めるかを検討するため、令和8年2月9日に、防災科学技術研究所東京会議室において、プロジェクトメンバー5名参加のもと、レジリエンス指標に関するチーム内ワークショップを実施した。ワークショップでは、まず、先行文献の中から、統計的妥当性、理解のしやすさ、ならびに枠組みとしての独自性の観点から選定した3つの指標枠組み（BRIC¹⁾、ADRI²⁾、塩崎モデル³⁾、⁴⁾）について概要を共有した。それぞれの内容は次節で詳述する。

続いて、各枠組みを構成する領域・能力・構成要素ごとに整理を行い、日本で利用可能なデータに基づいて作成した変数カードを用いながら、各構成要素に対応する変数の割付けを検討した。各カードには、変数名、国内データソース、ならびに留意事項等を記載し、これをもとに、既存枠組みと日本の利用可能データとの対応関係、および当チームの理論モデルへの適用可能性について議論を行った。

また、既存データを用いて一部の変数については試行的に作成を行い、今後の指標構築に向けた基礎作業を進めた。あわせて、初期データセットについて、今後の運用・拡張を見据えたデータベース化を進めた。さらに、これらの作業を支える基盤として、関連文献を収集・整理し、内部共有用の文献ライブラリを構築した。

加えて、構築された指標が地域のレジリエンスを正しく評価できているか検証を行うためのデータの収集を行った。具体的には、南海トラフ地震の想定被災地域において、個人レベル、地域レベルでの災害レジリエンスの評価を行うためにいくつかの市町に

において質問紙調査を実施した。対象となる都道府県としては、発生が予測されている南海トラフ地震において地震と津波による大きな被害が予想されている和歌山県を対象にすることとした。和歌山県内のどの市町村を対象とするかについては、以下のように決定した。

まず、BRIC に採用されている指標のうち日本国内で利用可能な統計情報を収集した（表 2-2-1-15）。これらの指標についてクラスター分析を行い、各市町村を 4 つのグループに分類し（図 2-2-1-22）それぞれのグループから代表的な市町を対象とする方針とした。BRIC を使用した理由は、本プロジェクトの指標はいまだ開発に着手した段階であるということに加え、BRIC は世界的に最も広く使われている指標である（Camacho et al. (2023) ⁵⁾）ことがある。実際に使用した変数はいずれも基本的なものあり、我々の開発する指標においても重要な変数となることが期待されるものである。

表 2-2-1-15 クラスター分析に用いた変数一覧。

	変数名	出典
社会レジリエンス	大学教育を受けた人口の割合と 高校卒業資格を持たない人口の割合の比率	国勢調査
	非高齢者人口の割合	国勢調査
	外国人人口割合	国勢調査
経済レジリエンス	農林漁業に従事していない就業者の割合	国勢調査
	女性の労働力参加率	国勢調査
	人口1万人当たりの医師数	医師・歯科医師・薬剤師統計
制度的レジリエンス	消防費割合	「地方財政統計年報」、「市町村別決算状況調」
インフラレジリエンス	人口1万人当たりの病床数	医療施設調査・病院報告
コミュニティ資本	出生時から同じ場所で生活している人の割合	国勢調査



図 2 - 2 - 1 - 22 和歌山県各市町村のグループ分類。

対象とする市区町村については各グループから代表的な特徴を有する自治体を対象とすることとし、岩出市、湯浅町、みなべ町、上富田町、串本町を対象に選定した（表 2 - 2 - 1 - 16）。グループ 2 からみなべ町と上富田町の 2 つの自治体を選定した理由としては、みなべ町は沿岸自治体であるため津波のリスクが存在する一方で、上富田町は内陸の自治体であるため津波のリスクが存在せず、リスクの有無による調査結果への影響を観察するために選定した。

表 2 - 2 - 1 - 16 グループ別の市町村名と対象自治体（赤太字）。

1	紀美野町	白浜町	すさみ町
	那智勝浦町	太地町	古座川町
	北山村	串本町	
2	海南市	有田市	紀の川市
	かつらぎ町	高野町	広川町
	日高町	由良町	印南町
	みなべ町	日高川町	上富田町
3	和歌山市	橋本市	新宮市
	岩出市		
4	御坊市	田辺市	九度山町
	湯浅町	有田川町	美浜町

調査方法としては、タウンメール（配達地域指定郵便）を利用した郵送配布、郵送回収、無記名の質問紙調査にて実施した。タウンメールを使用することとした理由にあつては、各自治体から住民基本台帳から住所情報を取得する方法と比較して負担が小さく、町字単位で送付できるため調査票の配布数を調整することが容易であるためである。各市町村の町字を選定し約 2000 世帯に配布するように調整を行った（表 2-2-1-17）。

表 2-2-1-17 対象市町村の配布先及び配布数一覧。

市町村	大字・町名と配布可能数						
串本町	串本						
	2133						
上富田町	生馬	岩田					
	861	928					
みなべ町	芝	北道	南道	東吉田	山内	谷口	
	772	287	132	319	261	121	
岩出市	西野	中黒	中島				
	465	797	927				
湯浅町	別所	青木	山田	田	栖原	吉川	
	236	338	217	281	546	314	

調査対象者は配達された世帯において、自記での回答が可能な 18 歳以上 80 歳未満で、配達日から直近の誕生日の者とした。調査は、同封の返信用封筒にて調査会社宛に郵送で回収する方法をとった。調査期間中は調査会社に調査に関するフリーダイヤルの問い合わせ先を設置した。

調査内容にあつては、対象者の概要（性別、年齢、世帯状況、教育歴、就労状況等）、経済状況、コミュニティ・レジリエンス（CART）（Pfefferbaum et al. (2013) ⁶⁾）、個人の災害レジリエンス（DRSi）（Matsukawa et al. (2024) ⁷⁾）、Well-being 等を測定する内容とした。調査の期間にあつては 2026 年 1 月 29 日～2 月 20 日とした。

(c) 業務の成果

第一に、文献レビューを通じて、既存のレジリエンス指標研究において採用されている主要なアプローチを整理・把握することができた。たとえば、BRIC は、DROP (Disaster Resilience of Place) モデル（Cutter et al. (2008) ⁸⁾）を理論的基盤としている。DROP モデルは、コミュニティの回復力を、平時の基礎条件、災害時の対応、さらに災害後の学習に至るまでの連続的な過程として捉える枠組みである。こうした考え方を実際の指標として運用可能にしたものが BRIC であり、DROP モデルが重視するコミュニティの基礎条件を把握するために、変数を複数の部門別に整理している。具体的には、BRIC では、社会、経済、制度、インフラ、コミュニティ資本、環境という 6 つの領域に指標を配置し、それぞれの側面から地域の基礎的なレジリエンスを把握する構造を採用している。これは、災害発生後の対応や回復だけを直接測るのではなく、それらを支える平時の条件を多面的に把握しようとする。

これに対し、ADRI は coping capacity と adaptive capacity の二つの能力を中核に据え、全国レベルで標準化されたスナップショットを提示するトップダウン型の構造を採用している (Parsons et al. (2021) ²⁾)。また、塩崎・永松モデルは、レジリエンスを maintaining capacity、recovering capacity、と transformative capacity の三つの能力として整理し、災害後の社会的機能を「維持する」「回復する」「変革する」という段階的な視点から捉えている (Shiozaki et al. (2024) ³⁾、Nagamatsu (2025) ⁴⁾)。なお、塩崎・永松モデルについては、システムティック・レビューに基づいて整理された概念的枠組みであり、現段階では指標としての実証的検証は行われていない。

このように、BRIC と ADRI はそれぞれ異なる理論的枠組みに基づいてモデル構造を設計しているものの、変数では、経済・生計 (雇用・労働市場)、緊急対応・事前準備 (災害リスク管理)、ガバナンス・制度・計画 (ガバナンスと制度、計画とマネジメント)、インフラ・サービス・建造環境 (ライフラインと基礎的サービス)、ならびに社会関係資本 (結束と参加) といった共通領域が重視されていた。

さらに、妥当性確認の方法としては、BRIC と ADRI の双方で主成分分析 (PCA) が用いられており、Cutter et al. (2010) ¹⁾ ではクロンバックのアルファ係数による内的整合性の確認も行われていた。一方で、その後の展開には違いもみられ、Sung and Liaw (2020) ⁹⁾ では PCA に加えて地理的加重回帰 (GWR) を用いて修正版 BRIC の妥当性を検証していたのに対し、ADRI では PCA のみでは下位テーマを十分に抽出できなかったため、多数の指標統合には順序付き加重平均 (OWA)、少数の構成要素の統合には離散シヨケ積分を用いるなど、統合手法に工夫が加えられていた。

第二に、今後のモデル開発に関わる方法論上の論点を整理することができた。具体的には、再現可能性の差異、必要とされるデータの違い、ならびに一部の既存アプローチを日本の文脈へ適用する際の限界が明らかとなった。例えば、ボランティア人数はレジリエンス指標でよく用いられる変数であるものの、日本では市町村単位で整備されたデータセットが存在しない。また、都道府県単位で把握されているデータも標本調査に基づくものである。さらに、BRIC においては、原指標では正の方向で扱われている変数の一部について、日本の文脈では必ずしも同様に解釈できず、負の側面として捉える方が適切と考えられるものが確認された。また、一部の変数 (例えばジニ係数) については、日本の状況に照らすと複数の領域にまたがって位置づけ得る可能性があり、どの構成要素への割付けに検討を要した。さらに、日本で利用可能なデータには偏りがあるため、領域間で変数数に大きな不均衡が生じることも確認された。ADRI については、下位指標の構成が詳細かつ複雑であることに加え、社会福祉制度や社会的背景の違い (例として、人口 1,000 人当たりの心理職従事者数と町内を歩く際に安全だと感じる人の割合) を前提としている指標が含まれており、日本のデータ環境にそのまま対応づけることが難しいことが明らかとなった (Parsons et al. (2020) ¹⁰⁾)。塩崎のモデルについては、理論モデルとしての性格が強く、現時点では変数配置に関する具体的な指針が十分に示されていないため、操作化にあたって追加的な検討が必要であることが確認された。

第三に、チーム内ワークショップを通じて、既存枠組みと日本で利用可能なデータとの対応関係について初期的な評価を行った。この過程により、現時点で利用可能なデー

タによって操作化できる要素と、追加的なデータ整備・統合、あるいは方法論上の調整を必要とする要素とを整理することができた。

第四に、既存データを活用して一部の変数を実際に作成し、試作モデルの構築に向けた初期的なデータ整備を進めた。たとえば、「一般労働者の賃金額の男女比」という変数は既存統計としてそのまま利用可能な形では存在しなかったため、「賃金構造基本調査」を参照し、都道府県別・男女別に「職種（大分類）」ごとの「きまって支給する現金給与額」を、それぞれの一般労働者数で除して所定内給与額を算出した。そのうえで、女性の所定内給与額を男性の所定内給与額で除し、さらに1から差し引くことで指標化を行った。また、「空地面積率」については、国土数値情報のメッシュデータを参照し、株式会社東京地図研究社に委託して市区町村別集計値の作成を行った。さらに、「1km²あたりの緊急輸送道路延長」についても、緊急輸送道路の延長距離を推計し、面積当たりの指標として整備した。このように、既存データをそのまま用いるだけでなく、複数の統計や空間データを組み合わせて加工・再構成することにより、試作モデルに必要な変数の具体的な作成可能性を確認した。また、今後の運用を念頭に、初期データセットをデータベースとして整理し、将来的な拡張およびスケール化に対応し得る基盤を構築している。

以上の成果により、概念的検討の段階から、以下の通りに試作モデルの構築段階へ移行するための基盤が整備された（図2-2-1-23）。



図2-2-1-23 試作モデルの概要。

なお、和歌山県の市町を対象とした質問紙調査については2026年3月6日時点での回収数は1,894件となっており、回収率は19.1%となっている。

(d) 結論ならびに今後の課題

第一の課題は、データの入手可能性である。先行研究において重要とされる変数の中には、日本では現時点で公的データとして利用できないもの、あるいは指標構築にそのまま用いることが困難な形で分散しているものが含まれている。このため、今後は、当該データをどのように収集・統合・代替、あるいは新たに整備していくかを検討する必要がある。

第二の課題は、尺度および統合方法の扱いである。一部の指標は地域レベルで計測されていないため、合成指標を構築するにあたっては、適切な重み付けおよび統合方法を検討し、その妥当性を示す必要がある。

さらに、提案モデルの妥当性については、OECDの合成指標構築に関する考え方¹¹⁾等も踏まえつつ、今後検証していく必要がある。試作モデルの構築後には、結果の感度分析を行い、特定の少数指標に結果が過度に左右されていないかを確認するとともに、各下位要素の役割を明確に説明できるようにすることが求められる。

以上より、令和7年度はモデル構築に向けた準備段階であると同時に、初期的な変数作成およびデータ基盤整備に着手した段階として位置づけられる。次年度以降は、試作モデルの構築、方法論的妥当性の検証、ならびに必要なデータ基盤の精緻化を中心に進めていく必要がある。

質問紙調査については今後集計されたデータを分析し、コミュニティ・レジリエンスと個人の災害レジリエンスの関連、コミュニティ・レジリエンス、個人の災害レジリエンスの Well-being との関連、その他、レジリエンスへの関連要因などを検討する。調査結果は防災科学技術研究所災害過程研究部門のホームページにて公開し、調査対象者を含め社会にフィードバックする。

(e) 引用文献

- 1) Cutter, S. L., Burton, C. G. and Emrich, C. T.: Disaster Resilience Indicators for Benchmarking Baseline Conditions, Journal of Homeland Security and Emergency Management, Vol. 7, No. 1, pp. 1-24, 2010. <https://doi.org/10.2202/1547-7355.1732>
- 2) Parsons, M., Reeve, I., McGregor, J., Hastings, P., Marshall, G. R., McNeill, J., Stayner, R. and Glavac, S.: Disaster resilience in Australia: A geographic assessment using an index of coping and adaptive capacity, International Journal of Disaster Risk Reduction, Vol. 62, Article No. 102422, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102422>
- 3) Shiozaki, Y., Nagamatsu, S., Sato, K. and Bhattacharya, Y.: A systematic literature review of empirical validation of disaster resilience indicators, International Journal of Disaster Risk Reduction, Vol. 111, Article No. 104681, 2024.
- 4) Nagamatsu, S.: The Evolution of the “Disaster Resilience” Concept and its Implications for Disaster Risk Reduction. Journal of Disaster Research, Vol. 20, No. 5, pp. 737-745, 2025.
- 5) Camacho, C., Bower, P., Webb, R. T. and Munford, L.: Measurement of community

resilience using the Baseline Resilience Indicator for Communities (BRIC) framework: A systematic review, International Journal of Disaster Risk Reduction, Vol. 95, 103870, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.103870>

- 6) Pfefferbaum, R. L., Pfefferbaum, B., Van Horn, R. L., Klomp, R. W., Norris, F. H., & Reissman, D. B.: The communities advancing resilience toolkit (CART): An intervention to build community resilience to disasters, Journal of public health management and practice 19.3, 250-258, 2013.
- 7) Matsukawa, A., Nagamatsu, S., Ohtsuka, R., & Hayashi, H.: Disaster Resilience Scale for individuals: A fundamental requirement for a disaster-resilient society, International Journal of Disaster Risk Reduction 107, 104405, 2024.
- 8) Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E. and Webb, J.: A place-based model for understanding community resilience to natural disasters, Global Environmental Change, Vol. 18, No. 4, pp. 598-606, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.07.013>
- 9) Sung, C.H. and Liaw, S.C.: A GIS approach to analyzing the spatial pattern of baseline resilience indicators for community (BRIC), Water, Vol. 12, No. 5, 1401, 2020. <https://doi.org/10.3390/w12051401>
- 10) Parsons, M., Reeve, I., McGregor, J., Marshall, G., McNeill, J., Hastings, P., Glavac, S. and Morley, P.: The Australian Natural Disaster Resilience Index: Volume II - Index design and computation, Bushfire and Natural Hazards CRC, Melbourne, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104681>
- 11) Organisation for Economic Co-operation and Development and European Commission Joint Research Centre: Handbook on constructing composite indicators: Methodology and user guide, OECD Publishing, 2008. <https://doi.org/10.1787/9789264043466-en>

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
What is ‘Transformative Resilience?’（口頭発表）	Shingo Nagamatsu	Samos Island, Greece, (2026 IDRI Conference)	R7.09.29	国外

2) 学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載した論文（発表題目）	発表者氏名	発表した場所（学会誌・雑誌等）	発表した時期	国内・外の別

		名)		
The Evolution of the “Disaster Resilience” Concept and Its Implications for Disaster Risk Reduction.	Shingo Nagamatsu	Journal of Disaster Research	R7.10.01	国内

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定
なし

⑦ 災害連鎖のリアルタイム把握・制御技術の開発

(a) 業務の要約

災害連鎖 (Alexander (2018) ¹⁾) のリアルタイム把握・制御技術の開発に向けて、発災直後の断片的データから将来の災害現象を予測し、その予測結果に基づいて効果的かつ迅速な対応を提示するデータ駆動型災害対応技術の基盤を構築することを目的とする。本年度は、大きく分けて「①災害連鎖ネットワークの構築手法の高度化」、「②災害連鎖ネットワークの構造把握手法・評価手法の検討」、の二つに取り組んだ。

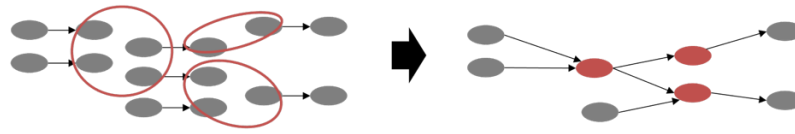
研究項目①では、自然言語処理を用いてテキストデータから抽出された被害連鎖の因果ペアを意味的類似性に焦点を当てたクラスタリングを行うことで、災害連鎖ネットワークの構築手法を高度化した。研究項目②では、グラフ理論を用いて一連の災害連鎖のうち連鎖構造の類似性に基づき被害事象を系統化することで、連鎖構造の特徴と被害系統間での波及を評価する手法を検討した。

(b) 業務の実施方法

本業務では、災害連鎖ネットワークを対象として、ネットワーク構築手法の高度化と構造把握・評価手法の検討を一体的に進め、災害連鎖の分析・解釈基盤の整備を行った。

研究項目①では、災害連鎖ネットワークの構築手法の高度化を実施した。具体的には、自然言語処理のうち BERT を用いてテキストデータから抽出された被害連鎖の原因と結果の組み合わせである因果ペアをベクトル化し、意味的類似性が高い要素同士を結合することでネットワークを合成する手法を構築した。加えて、ネットワークを合成するにあたって、類似度の高い因果ペアの要素や循環する因果ペアを縮約する方法や時間情報の付与についても検討した(図 2-2-1-24、図 2-2-1-25)。

ネットワークの合成



ネットワークの縮約

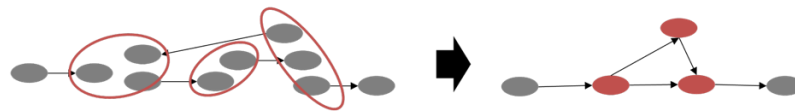
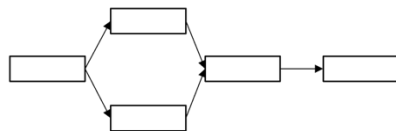


図 2 - 2 - 1 - 24 ネットワークの合成と縮約のイメージ。

従来表現方法



時間情報を踏まえた表現方法

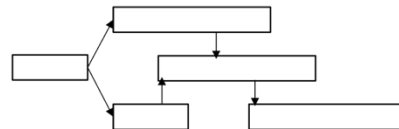
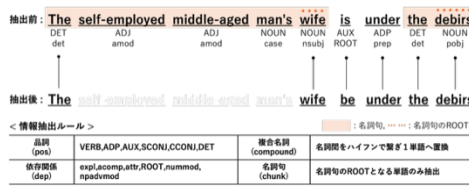


図 2 - 2 - 1 - 25 時間情報の付与のイメージ。

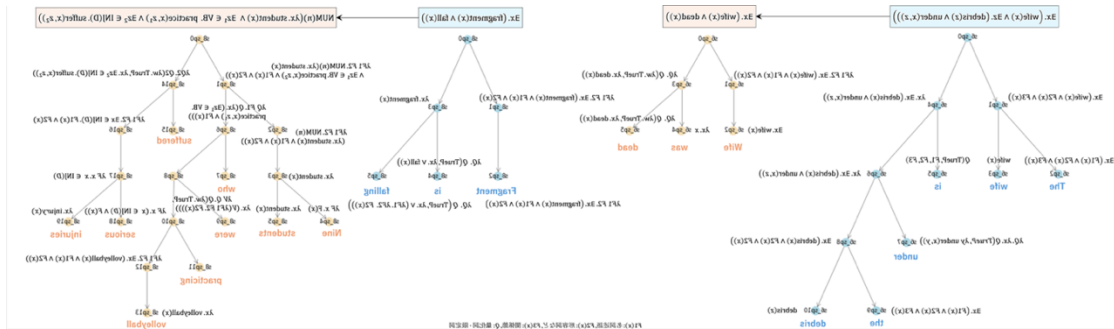
また、研究項目②では、災害連鎖ネットワークの構造把握手法・評価手法の検討を実施した。具体的には、一連の災害連鎖から連鎖構造の類似性に基づく被害事象を系統化して抽出するために、因果ペアの各要素が持つ統語・意味構造に着目した言語学的な視点からのアプローチ（谷中（2024）^{2）}）と、因果ペアのネットワークが持つ構造に着目したグラフ理論的な視点からのアプローチの両手法を検討した（図 2 - 2 - 1 - 26、図 2 - 2 - 1 - 27）。



情報抽出ルール



CCG導出木(ccg2lambda を用いて作成)



λ 計算式から述語論理式へと変換する過程

図 2-2-1-26 言語学的な視点からのアプローチのイメージ。

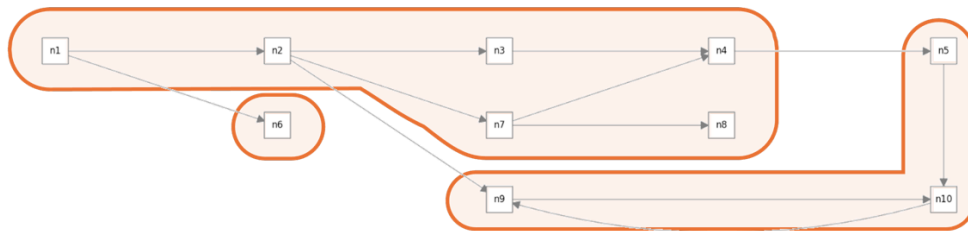


図 2-2-1-27 グラフ理論的な視点からのアプローチのイメージ。

(c) 業務の成果

1) 研究項目①：災害連鎖ネットワークの構築手法の高度化

自然言語処理と意味表現に基づくクラスタリング及び循環・縮約・時間情報を考慮したネットワーク合成方法を検討し、災害連鎖ネットワークの構築手法の高度化を図った。1995年から2018年までに発生した地震災害のうち、気象庁命名の主要11災害³⁾を対象として、自然言語処理を用いて新聞記事データから災害に関する因果表現を抽出し、原因・結果をノード、因果関係をエッジとする個別の因果ネットワークを構築した。さらに、意味的に類似した被害事象を統合し、災害横断的な合因果ネットワークを作成した(図2-2-1-28)。また、合因果ネットワークに対して媒介中心性を算出したところ、「建物が損壊した」「住民が避難した」「機器が停止した」「電力供給が停止した」など、一般性の高い事象が被害連鎖のハブとして抽出された。一方で、個別災害のネットワークでは、中越地震における血圧上昇・ストレス、岩手・宮城内陸地震における河川の汚濁や土砂ダム形成など、各災害に固有の特徴的事象の中心性が高くなった。以上より、ネットワーク合成によって、個別災害の特殊性を超えて将来の大規模災害でも鍵となりうる被害連鎖上の重要事象を抽出できる可能性

が示された。

加えて、得られた災害被害連鎖ネットワークにおける循環構造(図2-2-1-29)から、工場間の依存関係、インフラ間の依存関係、人々の間の相互作用といったカテゴライズ可能ではないかという知見を得た。インフラ間では、電力供給停止による交通機能低下や、道路寸断による被害調査の遅延など、各系統が相互依存することで復旧作業が阻害され、被害が反復的に拡大する構造が確認された。また、工場間では、一つの工場の稼働停止が部品供給停止を通じて他工場の稼働停止を招くループがみられ、とくに東日本大震災において顕著であった。さらに、人々の間でも、死亡や避難生活がストレスや体調悪化、感染症流行を誘発し、人的被害が再帰的に拡大する構造が確認された。一方で、建物損壊など多様な事象を単一ノードに集約することにより、循環構造が生じやすくなる可能性も示された。

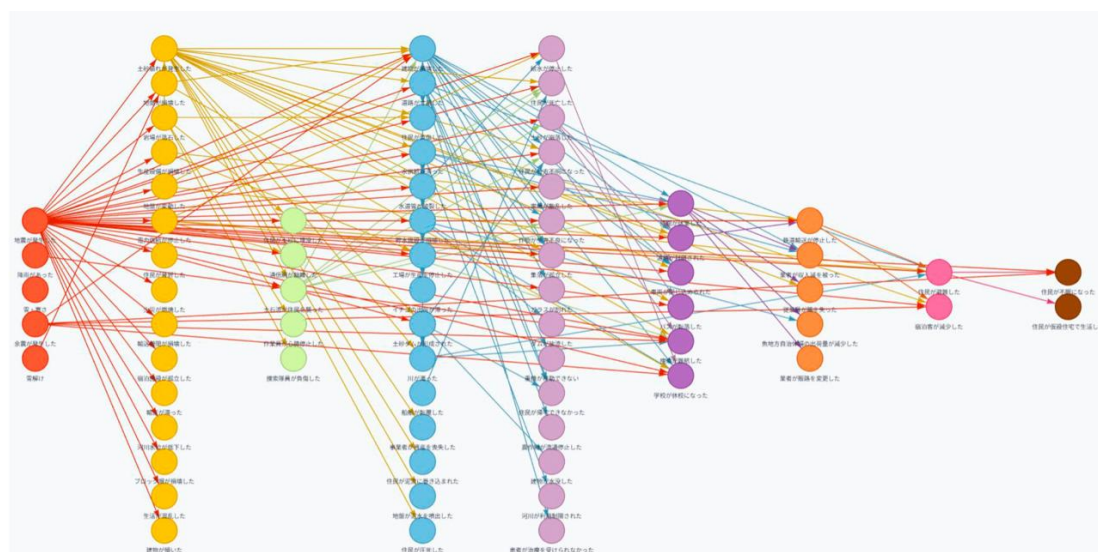


図2-2-1-28 災害連鎖ネットワークの例(H.20年岩手・宮城内陸地震)。

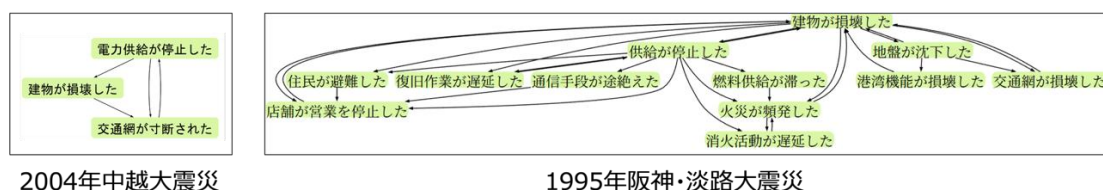


図2-2-1-29 災害連鎖ネットワークにおける循環構造の例。

2) 研究項目②：災害連鎖ネットワークの構造把握手法・評価手法の検討

グラフ理論的なアプローチおよび言語学的なアプローチを用いて、災害連鎖ネットワークの構造把握手法・評価手法を検討した。グラフネットワークを類似度の高いノードにグルーピングする定量的手法としてコミュニティ分割というものがある。本研究では、コミュニティをメカニズムや空間、時間帯、資源などの共通性でまとまる被害間の連鎖関係が相対的に密に形成された被害群として捉えることで、災害連鎖の構造把握ができないか検討した。また、コミュニティ分割とは別に、因果ペアの要素に

属性を付与することで連鎖の構造的特性を把握できないか試みた。その結果、図 2-2-1-30 が得られた。作図にあたっては、Sakahira & Hiroi (2021)⁴⁾による阪神・淡路大震災の災害連鎖ネットワークを用いた。

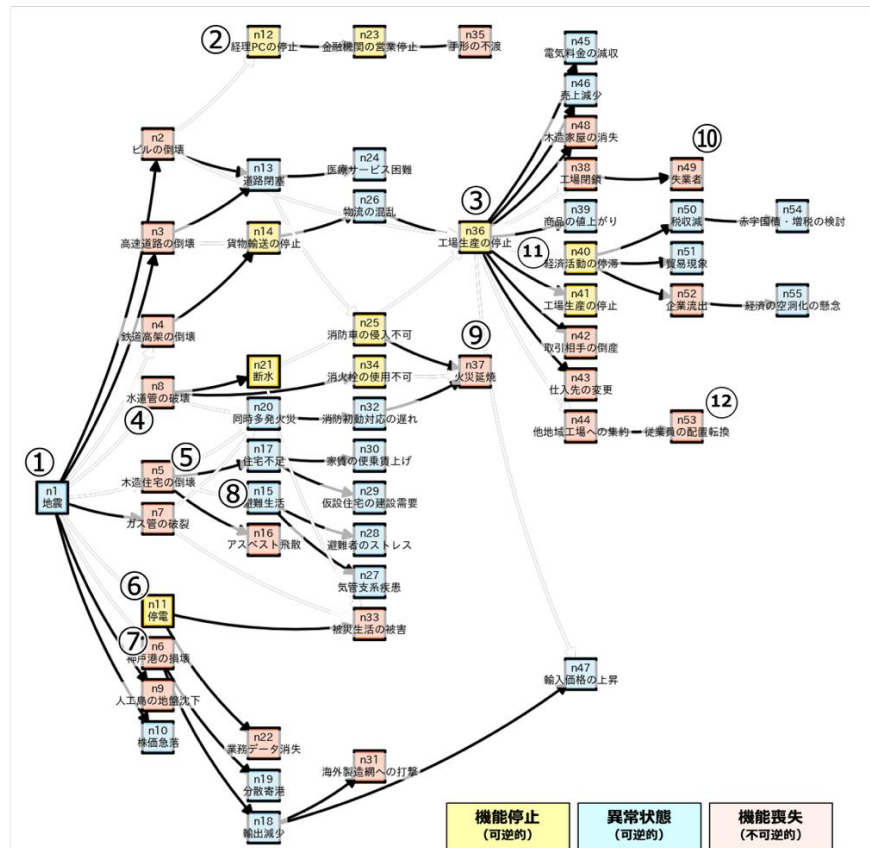


図 2-2-1-30 コミュニティ分割の結果。

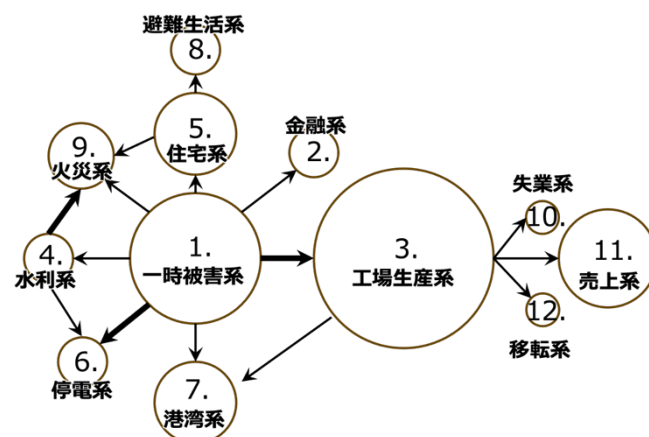


図 2-2-1-31 コミュニティ分割に基づく災害系の骨格的表現。

今回、属性には「機能停止・異常状態・機能喪失」の3つを設けたが、機能喪失はコミュニティの両端に、中間部分には機能停止や異常状態が多く分布することがわかった。したがって、機能停止・異常状態を最終的な機能喪失までのリードタイムとしてみなすことで、効果的な対策ポイント・介入ポイントをジャッジできると考えられ

る。また、言語学的なアプローチでは、直接的に災害連鎖ネットワークの構造的特性を把握することには不向きだったが、因果ペアの要素に属性を付与する場面では有用なのではないかという知見を得ることができた。加えて、コミュニティ分割の結果に基づき災害連鎖ネットワークを縮約すると災害系の骨格的表現が得られた(図2-2-1-31)。コミュニティ間のエッジは、ある被害システムから別の被害システムへと連鎖が移る箇所であり、どこを跨ぐと連鎖が広域化するかといったシステム間波及がわかる。工場生産システムは被害連鎖の規模は大きいがシステム間の波及経路は少ない。一方で、火災システムは被害連鎖の規模は小さいがシステム間の波及経路は他のシステムに比べて格段に多く、多角的な被害対応が求められることがわかった。

(d) 結論ならびに今後の課題

本年度は、災害連鎖のリアルタイム把握・制御技術の開発に向けて、災害連鎖ネットワークの構築手法の高度化、及び、災害連鎖ネットワークの構造把握手法・評価手法の検討に取り組み、これまでに発生した地震災害別に連鎖複合災害をグラフネットワークとして可視化し、事前に災害連鎖の構造特性を把握するスキームの構築が達成できた。一方で、近い将来に起こる被害をある程度の確からしきで予測する困難さや、災害連鎖ネットワークには被害規模や継続時間、復旧コストといった情報が含まれない現状を打破することが課題となる。今後は、本年度得られた結果をもとにリアルタイムで災害現象や条件を抽出しデータ同化しつつ近い将来を予測する効果的な災害対応策を提示するシステム(図2-2-1-32)の実現に向けての技術選定・開発を行う。

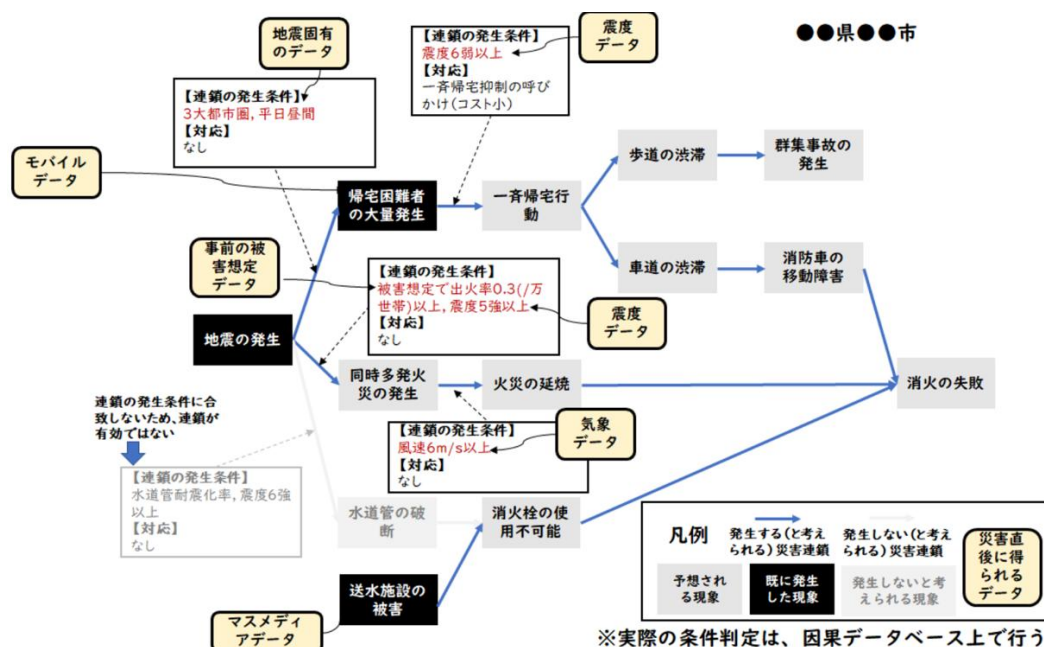


図2-2-1-32 将来的なアウトプットのイメージ図。

(e) 引用文献

- 1) Alexander, D.: A magnitude scale for cascading disasters, International

Journal of Disaster Risk Reduction, Vol.30, Part B, pp.180-185, 2018

- 2) 谷中瞳：ことばの意味を計算するしくみ -計算言語学と自然言語学-, 講談社, 2024
- 3) 気象庁：気象庁が名称を定めた気象・地震・火山現象一覧,
https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/meishou/meishou_ichiran.html (2026年3月18日閲覧)
- 4) Sakahira, F. and Hiroi, U: Designing cascading disaster networks by means of natural language processing, International Journal of Disaster Risk Reduction, Vol.66, 102623, 2021

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
災害連鎖ネットワークの構築手法の検討:統合解析と意味分解による因果関係のネットワーク化	井澤佳織 塩崎洸 坂平文博 廣井悠	日本災害情報学会第31回学会大会	R7.11.09	国内
ネットワーク合成による災害被害連鎖構造の解明	塩崎洸 井澤佳織 坂平文博 廣井悠	日本オペレーションズ・リサーチ学会2026年春季大会	R8.03.06	国内

2) 学会誌・雑誌等における論文掲載

なし

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

なし

2. 2. 2 地域継続計画への貢献を見据えた地域防災力強化研究

(1) 業務の内容

(a) 業務題目「地域継続計画への貢献を見据えた地域防災力強化研究」

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
防災科学技術研究所	連携研究フェロー	高橋 成実
防災科学技術研究所	主任研究員	近貞 直孝
防災科学技術研究所	主任研究員	塩崎 由人
防災科学技術研究所	研究員	大塚 理加
防災科学技術研究所	副部門長	酒井 直樹
防災科学技術研究所	技術員	水井 良暢
防災科学技術研究所	外来研究員	園崎 秀治
防災科学技術研究所	外来研究員	長田 啓志
海洋研究開発機構	GL 代理	今井 健太郎
海洋研究開発機構	主任研究員	山本 揚二郎
海洋研究開発機構	技術員	大林 涼子
名古屋大学	准教授	中井 健太郎
名古屋大学	准教授	平山 修久
名古屋大学	特任准教授	木作 尚子
名古屋大学	特任助教	千葉 啓広
名古屋大学	特任准教授	都築 充雄
名古屋大学	特任准教授	小沢 裕治
名古屋大学	特任助教	羽田野 拓己
名古屋大学	特任助教	幸山 寛和
香川大学	特任教授	金田 義行
香川大学	教授	野々村 敦子
香川大学	特命准教授	磯打 千雅子
徳島大学	教授	馬場 俊孝
徳島大学	准教授	金井 純子
徳島大学	助教	松重 摩耶
静岡県立大学	特任教授	楠城 一嘉
名古屋工業大学	教授	渡辺 研司
三重大学	教授	川口 淳
関西大学	教授	奥村 与志弘
近畿大学	准教授	島崎 敢
兵庫県立大学大学院	准教授	澤田 雅浩
兵庫県立大学	教授	阪本 真由美
兵庫県立大学	准教授	松川 杏寧

九州大学	准教授	杉山 高志
大分大学	教授	小林 祐司
宮崎大学	講師	尾野 薫
宮崎公立大学	准教授	山下 裕亮

(c) 業務の目的

それぞれの地域が正しい被災イメージを持ち、発災時から復旧・復興以降までの地域の継続計画と現実的で实际的な行動計画へ貢献できる要素研究を実施する。この研究は、自治体・基礎自治体・インフラ事業者など防災の実務者とともに、各地域での要素研究を実施している理工学・社会科学の研究者間の連携で行う。まず、地域の防災特性に応じた連鎖災害の再評価を実施する。具体的には軟弱地盤や津波瓦礫、それに豪雨災害や土砂災害など、現実に応じた被災のイメージを確立する。インフラの被害などを含め、軟弱地盤被害の想定や津波瓦礫の影響、高潮発生時の広域湛水など、地域の堤防情報、港湾情報、建物情報等を収集した上で再評価を試みる。N-net を含め、サブ課題 1 と 2 からの情報を可視化するプラットフォームを開発し、これを利用した発災時被害軽減訓練を通じて現実的な軽減策を検討する。これら地域の被災イメージのもとに、被害回避・軽減と復旧・復興を加速させるための方策を検討する。地域継続計画の策定プロセスにおける復旧・復興過程の時系列的シナリオを作成し、被災による地域環境の変化を見越して地域継続計画の策定に貢献する。また、復旧・復興の事前準備プロセスを通じて地域の活性化策に資する。これらの施策を進めるには地域の理解が不可欠である。継続的にアンケート調査を行い、各地域の防災に対する意識を測定しながら、迅速で的確な行動に繋げられる方策を検討する。東日本大震災の教訓を南海トラフ沿岸域に活かしながら、地域継続計画の骨子やアクションプランの検討を、中部圏、関西圏、四国圏、九州圏の 4 つの地域に分け、それぞれの地域で事業継続計画や地域継続計画を検討している理工学・社会科学の研究者と連携して実施する。地域レジリエンス研究会を上記 4 つの地域でそれぞれ年 2 回ずつ開催し、地域や各組織への還元と地域継続計画策定への貢献を目指す。

(d) 5 か年の年次実施計画

1) 令和 7 年度：

地域の防災特性に応じた連鎖災害の影響が強い地域を選択し、地域との連携構築に取り組んだ。必要に応じて、各地域の防災特性や地域内の防災を担う各組織の事業継続計画を把握するために必要な情報を収集、基礎調査を実施した。地域レジリエンス研究会を 4 つの地域で開催するための準備を進め、キックオフの研究会を開催した。また、地域防災力の向上を長期的に見据えて、教育機関や各地区への働きかけも行った。

2) 令和 8 年度：

地域の防災特性を把握し、予測技術などサブ 1 や 2 から提供できる研究開発・技術を持ち込み、その地域の防災特性に応じた情報を新たに再評価・再構築する。地域継続計画策定の枠組み構築と復旧・復興シナリオに関する基礎条件を整理し、さらに必要な評価事項が何かを検討する。枠組みには、地域住民、企業、行政、団体など多様な主体

の参画を促し、復旧・復興の事前準備に対する意向調査を実施する。地域レジリエンス研究会を4つの地域で各2回実施する。教育機関との連携を強め、防災意識の向上を図るとともに、その状況をモニタリングする。マイルストーンとして、ここまでのサブ1とサブ2の研究成果を可視化するプラットフォームを構築し、地域継続計画策定の枠組みを構築して、地域レジリエンス研究会の開催を本格化し、各地域の防災意識の現状を把握する。

3) 令和9年度：

地殻活動や津波予測など、新たに提供できるプロジェクト研究の成果や地域防災の特性を踏まえて、各組織の事業継続計画を取りまとめる。マイルストーンとして当該年度末までに、これらの事業継続計画をもとに、連鎖災害を意識しつつ地域継続計画策定に着手し、プロセスを含んだ業務目標を整理する。地域継続計画策定着手にあたっては、ステークホルダーと対象範囲の規模に応じた復旧・復興目標を定める。また、復旧・復興の事前準備を通じて地域活性化に資する取り組みを検討する。前年度に引き続き地域レジリエンス研究会を4つの地域で各2回実施する。教育機関と連携し、自ら防災上のリスクを判断できるよう、防災意識向上の取り組みを継続する。マイルストーンとして、当該年度中に地域継続計画の基礎となる各組織の事業継続計画をとりまとめ、地域継続計画策定に向けて復旧・復興目標を定め、防災意識の向上を目指した対策に取り組む。

4) 令和10年度：

適宜、プロジェクトの成果を更新し、被災イメージの最適化を進め、地域継続計画の策定にむけて検討を進める。この時点では、地域継続計画の骨子の策定を目標とする。骨子策定にあたっては、復旧・復興に資するビジョンを明確化し、ステークホルダー間で共通的に平時の活動との連携をふまえたものとする。前年度に引き続き地域レジリエンス研究会を4つの地域で各2回実施する。引き続き教育機関と連携し、防災意識向上の取り組みを継続するとともに、様々なコンテンツやプログラムの共有・提供を進める。

5) 令和11年度：

連鎖災害を念頭においた地域の防災上の特性を取りまとめ、地域継続計画の骨子に基づくアクションプランを策定し、各地域に提供する。アクションプランはステークホルダーの平時の活動と連動したものとし、対象範囲全体の平時の生業の活性化を視野にいれる。これまでに実施してきた地域レジリエンス研究会のまとめを実施するとともに、地域継続計画策定の連携を強めた地域でシンポジウムを開催し、さまざまな研究成果の還元を図る。

(e) 令和7年度業務目的

地域の防災特性に応じた連鎖災害の影響が強い地域を選択し、地域との連携構築に取り組む。各地域の防災特性や地域内の防災を担う各組織の事業継続計画を把握するために必要な情報を収集、基礎調査を実施する。地域の防災特性に応じた再評価と復旧・復興シナリオ構築に取り組むにあたり、必要な技術開発と、地域との連携を通じた取り組みを適宜開始する。理学的な地震活動や津波、地殻変動、また各種の予測情報を取り込み、また、南海トラフ地震を念頭に置いて防災科学技術研究所で開発された地震防災基

盤シミュレータを通して、各地域との連携と協力の在り方を探る。地域レジリエンス研究会を東海・関西・四国・九州の4つの地域で開催し、本プロジェクトの目的や今後の研究方針を地域と共有し、地域側からのニーズを吸い上げる。さらに、次世代の防災意識を醸成するために、教育委員会とも連携し、小中学校や高校、大学、自治会や各種組織との人材育成への取り組みも並行して実施する。

(2) 令和7年度の成果

① 地域特性に応じた地震・津波災害の再評価に関する研究

(a) 業務の要約

本研究の目的は、他サブ課題から得られる最新の知見や解析結果を特定の地域に展開し、地域防災の実効性を高めることにある。具体的には、対象地域の地盤や地形等の防災上の特性を詳細に把握し、必要な解析・分析を通じてその地域に合致したリスク情報を再評価・整理する。これらの検討にあたっては、理学と工学の知見を融合し、軟弱地盤における地震動評価や津波即時予測システムの高度化、地殻活動監視システムの適用など、多角的な視点から精緻な災害シナリオの再構築を行った。

(b) 業務の実施方法

本業務では、各地域との連携を深めるための取り組みとして、まず対象自治体における被害想定の見直し状況をヒアリングし、各地域の既存の取り組みとの親和性を高める議論を展開した。技術的な再評価にあたっては、軟弱地盤におけるため池の耐震性評価、南海トラフ海底地震津波観測網(N-net)を用いた津波即時予測システムの構築および同システムのクラウドへの展開、津波瓦礫の流出・沈降シミュレーション、地殻活動監視システムの適用 など、理学・工学的な予測技術を特定の防災特性を持つ地域に持ち込み、新たなリスク情報の再構築を実施した。

(c) 業務の成果

1) 軟弱地盤

現在、全国には約20万箇所の農業用ため池が存在している。ため池とは、降水量が少なく、流域の大きな河川に恵まれない地域において、農業用水を確保するために人工的に造成された池のことである。その種類は、山間や丘陵地で谷をせき止めて作られた谷池や、平地のくぼ地の周囲に堤防を築いて作られた皿池に大別される。南海トラフ巨大地震の発生により大きな震度の予想される瀬戸内海周辺地域などでは、平野部の住宅のすぐ近くにため池が存在し、決壊すれば人的被害の発生も懸念される。しかし、我が国で最初に灌漑用水確保のためにため池が築造されたのは4世紀であり、それ以降も多くのため池が経験的な技術に基づいて作られてきたことから、その耐震性は十分でない可能性が高い。その後1982年に初めてのため池の整備指針である「老朽ため池整備便覧」が制定され、1982年から2000年にかけては、これに基づいてため池の整備が行われた。この指針では、堤高、堤体土質、基礎地盤に基づく標準的なため池堤体の断面寸法が示されたものの、耐震性については記述がなかった。その後1995年の兵庫県南部地震によって多くのため池が被災し、堤体のすべり破壊や基礎地盤の液状化に

より決壊したことを受けて、2000 年に土地改良事業設計指針「ため池整備」が制定された。この指針では、フィルダムの耐震設計指針の考え方を踏襲した進捗法による耐震設計法が記載されるとともに、基礎地盤の液状化判定について道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編の FL 法に準拠して行うことが示された。さらに、2006 年の土地改良事業設計指針「ため池整備」の改定ではすべてのため池においてレベル 1 地震動についての耐震設計を行い、重要度区分 A 種のため池については液状化対策工の評価を行うとした。その後東日本大震災での教訓を踏まえ、レベル 2 地震動を起こすような地震を考慮するため 2015 年に改訂された。この改訂では新たにレベル 2 地震動に対する耐震性能照査について記載されることとなり、現行のため池の耐震性能照査の指針として用いられている。この指針では、レベル 1 地震動に対する耐震性能照査を震度法による円弧すべり面スライス法で行ったうえで、ため池が決壊した際の周囲への影響度合いについては、より詳細な動的解析による判定を行うとしている。しかし、近い将来の発生が危惧されている南海トラフ巨大地震では長時間継続・長周期震動が想定されている。この場合、砂質土の液状化被害に留まらず、従来は地震被害に対して鈍感だと考えられてきた粘性土地盤においても地震被害が発生されることが危惧されるが¹⁾、従来の動的解析手法では粘性土の被害を考慮することは十分にはできていない。そこで本研究では、粘性土の繰返し载荷に伴う乱れ（剛性の低下）の影響も考慮できる水～土連成弾塑性有限変形解析コード²⁾³⁾を用いて、実在するため池の耐震性を評価することを目的とする。本研究で対象とするため池は、瀬戸内海沿岸の某県に位置する 2 つのため池、ため池 1 とため池 2 である。どちらのため池も同じ平野内に位置しており、平地に堤体を築造することにより水を貯留する皿池となっている。ため池の周辺には住宅街が分布しており、決壊した際のハザードマップを見ると、多くの住宅に浸水被害が生じることが想定されている。

各ため池の代表断面図および地層構成の特徴について述べる。図 2-2-2-1 に示すため池 1 の基礎地盤は下から順に、礫質土 (A-g 層)、砂質土 (A-s 層)、粘性土 (A-c 層) となっており、砂・粘土の互層地盤である。堤体については、粘性土の旧堤体盛土層 (B2-c 層) の上に砂質土 (B1-s 層) の新堤体盛土が覆いかぶさっている。一方、図 2-2-2-2 に示すため池 2 は基礎地盤を粘性土層が占めており (下から順に Ac3、Ac2、Ac1 層)、盛土部分については、粘性土の旧堤体盛土層 (bc 層) の上に砂質土層 (下から順に bs2、bs1 層) が覆いかぶさる地層構成となっており、地盤全体として粘性土が卓越している。各ため池の円弧滑り解析に用いた材料定数を表 2-2-2-1 および表 2-2-2-2 に示す。これらは、現地で実施されたボーリング調査結果をもとに決定した。一方、地震応答解析に用いた材料定数を表 2-2-2-3 および表 2-2-2-4 に示す。これらは、ボーリング調査結果に加えて、現地から採取した不攪乱試料の力学試験結果をもとに決定した。

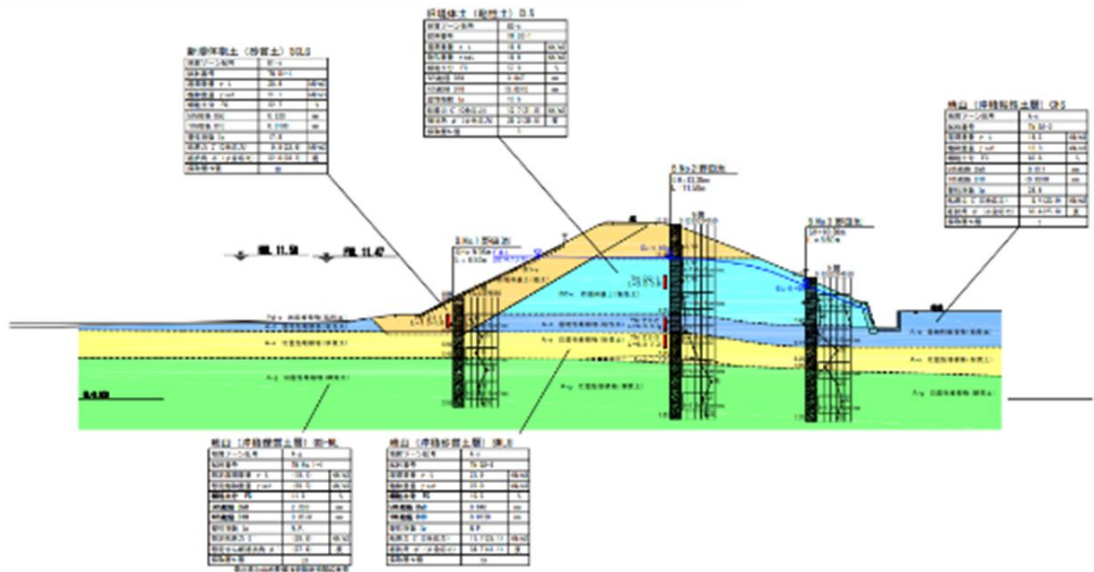


図 2-2-2-1 ため池 1 の代表断面図。

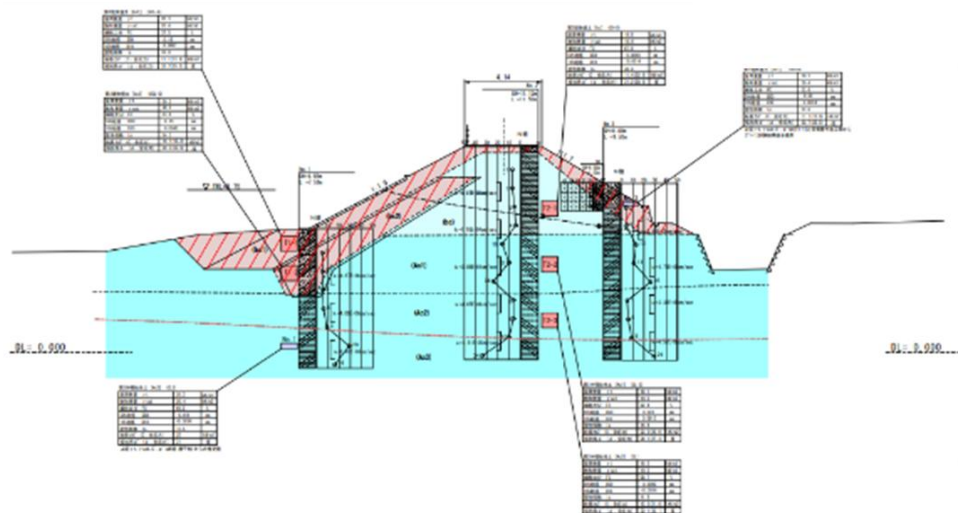


図 2-2-2-2 ため池 2 の代表断面図。

表 2-2-2-1 円弧滑り解析に使用した材料定数（ため池 1）。

	B1-s	B2-c	A-c	A-s	A-g
粘着力 c' (kN/m ²)	9.5	12.7	9.4	11.7	(29.8)
抵抗角 ϕ' (度)	32.0	29.2	30.4	34.7	(37.4)

表 2-2-2-2 円弧滑り解析に使用した材料定数（ため池 2）。

	bs1	bs2	bc	Ac1	Ac2	Ac3
粘着力 c' (kN/m ²)	11.1	10.1	11.4	23.2	15.3	(25.0)
抵抗角 ϕ' (度)	32.7	30.3	31.2	24.1	30.1	(31.0)

表 2-2-2-3 地震応答解析に使用した材料定数（ため池 1）。

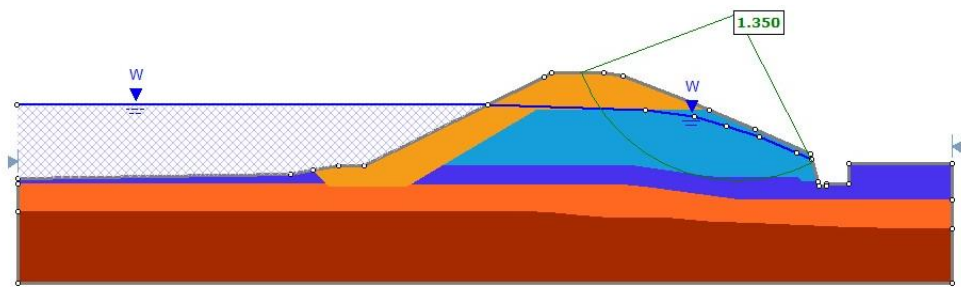
	Bl-s	B2-c	A-c	A-s	A-g	D
物性						
透水係数 $k(\text{cm/s})$	3.9×10^{-6}	6.7×10^{-5}	9.1×10^{-6}	2.5×10^{-3}	1.8×10^{-3}	1.0×10^{-7}
土粒子密度 $\rho (\text{g/cm}^3)$	2.658	2.601	2.568	2.677	2.673	2.701
弾塑性パラメータ						
圧縮指数 λ	0.050	0.040	0.100	0.020	0.040	0.061
膨潤指数 κ	0.020	0.015	0.035	0.010	0.0046	0.0061
限界状態定数 M	1.400	1.350	1.400	1.400	1.148	1.148
NCL の切片 N	1.470	1.640	1.720	1.450	1.653	1.723
ポアソン比 ν	0.280	0.380	0.218	0.400	0.200	0.200
発展測パラメータ						
構造劣化指数 a	4.000	0.200	0.300	20.000	6.213	6.213
構造劣化指数 c_s	0.950	0.100	0.100	1.000	0.986	0.986
正規圧密土化指数 m	0.250	0.850	0.750	0.050	0.181	0.507
回転硬化指数 b_r	2.500	0.300	0.070	3.100	4.897	4.897
回転硬化限界値 m_b	0.900	1.000	1.000	0.800	0.507	0.507
初期状態						
過圧密の程度 $1/R$	24.08	2.77	2.74	15.62	54.73	773.70
構造の程度 $1/R^*$	2.90	1.47	3.49	1.03	2.19	1.20
異方性の程度 ζ_0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表 2-2-2-4 地震応答解析に使用した材料定数（ため池 2）。

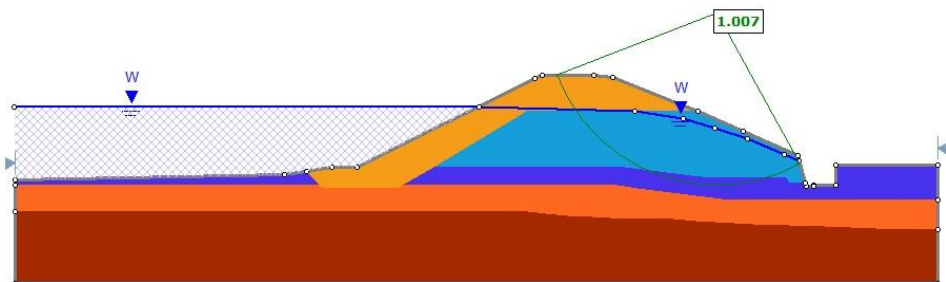
	bs	bs2	bc	Ac1	Ac2	Ac3	D
物性							
透水係数 $k(\text{cm/s})$	2.1×10^{-5}	4.7×10^{-6}	4.2×10^{-6}	1.8×10^{-4}	1.4×10^{-5}	8.0×10^{-6}	1.0×10^{-7}
土粒子密度 $\rho (\text{g/cm}^3)$	2.685	2.700	2.604	2.599	2.601	2.644	2.701
弾塑性パラメータ							
圧縮指数 λ	0.030	0.030	0.040	0.020	0.050	0.060	0.061
膨潤指数 κ	0.010	0.0020	0.002	0.004	0.020	0.006	0.0061
限界状態定数 M	1.600	1.300	1.550	1.300	1.495	1.378	1.148
NCL の切片 N	1.400	1.625	1.400	1.705	1.670	1.717	1.723
ポアソン比 ν	0.380	0.400	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
発展測パラメータ							
構造劣化指数 a	4.000	1.000	0.400	0.500	0.200	0.620	6.213
構造劣化指数 c_s	0.850	0.900	0.100	0.100	0.378	0.617	0.986

正規圧密土化指数 m	0.030	0.080	0.100	0.100	0.150	3.230	0.507
回転硬化指数 b_r	1.000	1.300	0.052	0.071	0.027	0.155	4.897
回転硬化限界面 m_b	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.507
初期状態							
過圧密の程度 $1/R$	24.86	3.94	8.54	4.01	5.77	61.16	773.70
構造の程度 $1/R^*$	1.94	1.23	3.26	1.98	1.95	2.25	1.20
異方性の程度 ζ_0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

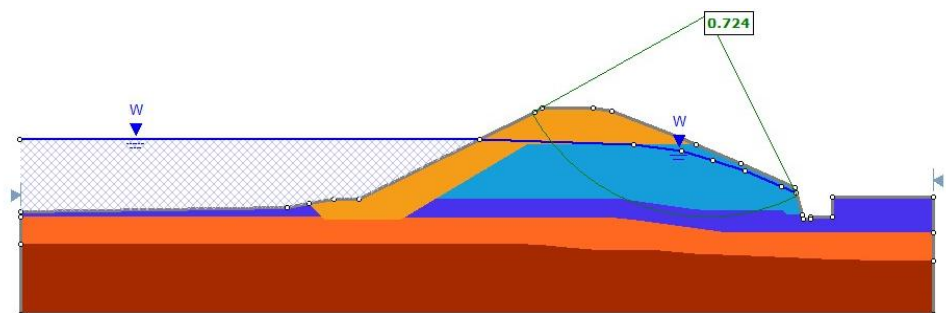
ため池 1 での円弧すべり解析による計算結果を図 2-2-2-3 に示す。図中の数字付きの円弧は最小安全率の値とそのすべり面を示している。最小の安全率を見ると、中規模地震を想定した $k_h=3.0$ でもギリギリ $F_s>1.0$ を満足する判定であり、大規模地震を想定した $k_h=0.50$ の場合は F_s が 0.7 程度と極めて危険な状態にあることが分かる。一方、ため池 2 での円弧すべり解析による計算結果を図 2-2-2-4 に示す。安全率については、 $k_h=0.3$ までは安全率 $F_s>1.2$ を保っており、堤体は耐震性を満足しているという判定となる。一方、さらに大きい地震相当の $k_h=0.50$ の場合においても安全率は 1.0 以上となり、すべりは生じないという結果になったものの、設計指針での耐震基準である安全率 1.2 以上は下回ったことから、大規模地震に対しての安定性について、より詳細な解析を要するといえる。



(a) $k_h = 0.15$



(b) $k_h = 0.30$



(c) $k_h = 0.50$

図 2 - 2 - 2 - 3 異なる設計水平震度におけるため池 1 の円弧滑り解析結果。

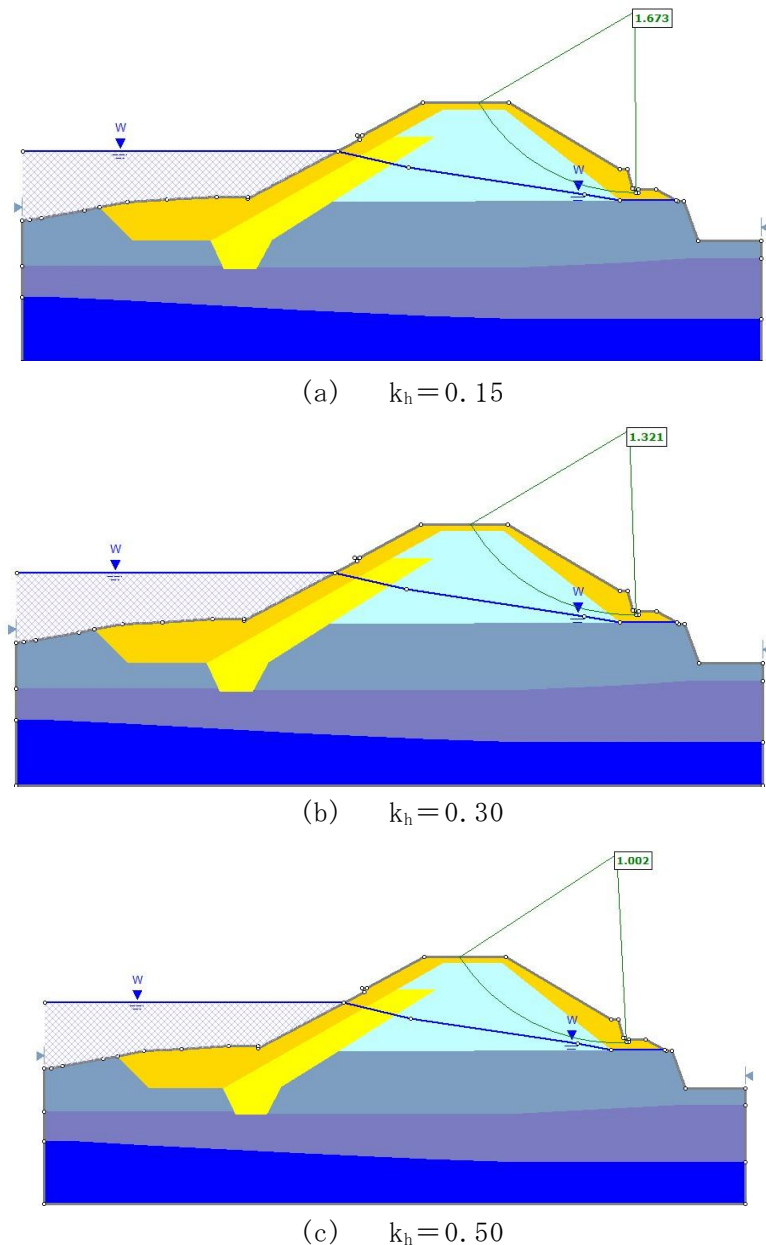


図 2-2-2-4 異なる設計水平震度におけるため池 2 の円弧滑り解析結果。

地震応答解析で用いた 2 種類の地震動（地震動 A と地震動 B）の加速度波形とそのフーリエ振幅スペクトルを図 2-2-2-5 および図 2-2-2-6 に示す。ともに、解析対象地点で想定される南海トラフ巨大地震である。地震動 A は 2012 年の内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」により公開された地震波形で、最大加速度は中程度であるが、継続時間が約 200 秒と長いことが特徴である。また、フーリエ振幅スペクトルを見ると、2 秒以下の短周期成分が支配的であることもわかる。一方、地震動 B は 2015 年の内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会及び首都直下地震モデル検討会」により公開された震波形データである。こちらは、高層ビルや石油タンクのスロッシングなど、長周期の揺れに伴う構造物の被害予測のために用いられており、2 秒以下の短周期成分はフィルタ処理されて含まれていない。この地震は、最大加速度は非常に小さ

いものの、長周期成分が支配的となっている。

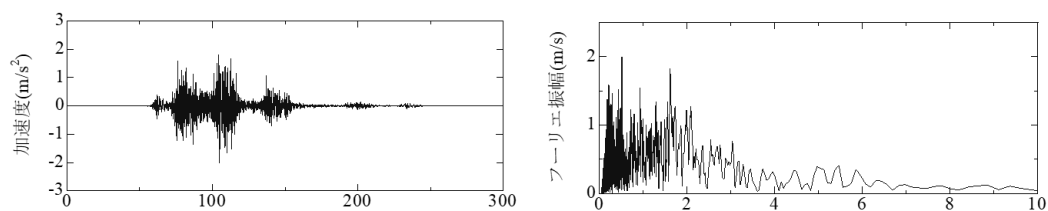


図 2 - 2 - 2 - 5 地震動 A。

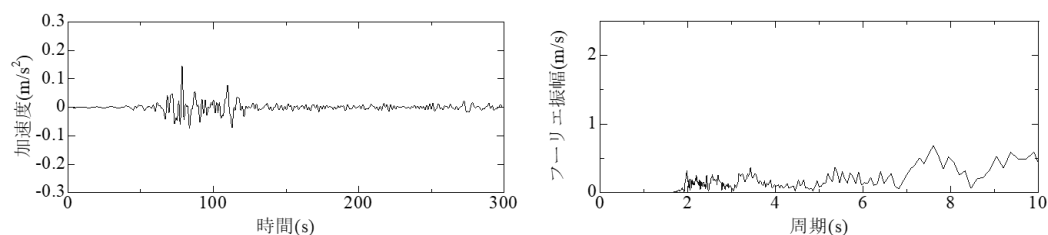


図 2 - 2 - 2 - 6 地震動 B。

ため池 1 に対して地震動 A を入力した際の、入力開始から 300 秒後の平均有効応力減少比およびせん断ひずみ分布を図 2 - 2 - 2 - 7 および図 2 - 2 - 2 - 8 に示す。平均有効応力減少比は初期平均有効応力 p_0' に対して、平均有効応力がどの程度低下したか ($\Delta p' / p_0'$) を示しており、初期状態の 0 から 1 に向かって増加することで、繰返し载荷に伴う剛性低下の程度を表す指標である。この指標が 1 に達すると地盤は完全に剛性を失い、液状化したことを表す（工学的には 0.95 に達すると液状化）。平均有効応力減少比分布から、A-s 層では地震中に有効応力が大きく減少し、液状化状態に達していることがわかる。せん断ひずみ分布をみると、A-s 層の液状化に伴う側方流動が原因でため池の天端高さが低下している。

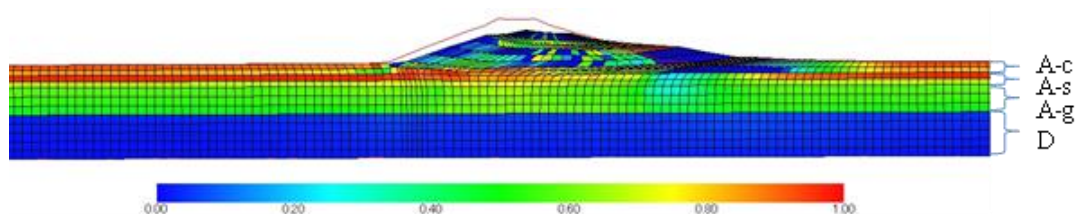


図 2 - 2 - 2 - 7 平均有効応力減少比分布分布（ため池 1、地震動 A）。

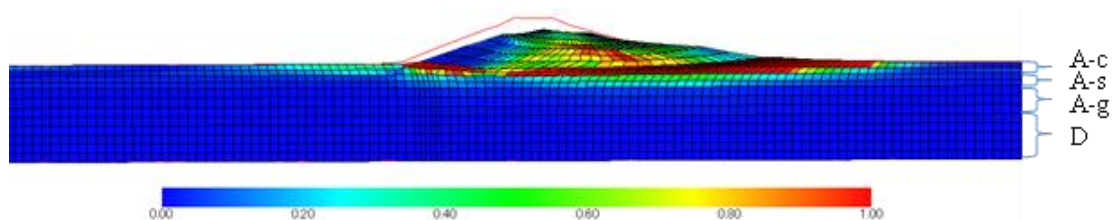


図 2 - 2 - 2 - 8 せん断ひずみ分布分布（ため池 1、地震動 A）。

ため池 2 に対して地震動 A を入力した際の、入力開始から 300 秒後の平均有効応力減少比およびせん断ひずみ分布を図 2-2-2-9 および図 2-2-2-10 に示す。砂層が存在するため池 1 とは異なって、地震動が開始直後は平均有効応力減少比がほとんど増加しないが、繰返し時間が長いので、徐々に Ac1、Ac2 層で平均有効応力減少比が増加していく。地震被害に鈍感だと言われていた粘性土であるが、長時間の繰返しを受けると粘性土が乱されて、次第に平均有効応力減少比が増加（剛性が低下）していくことがわかった。また、粘性土は圧縮性が大きいため、ため池堤体は沈下しながら側方へ変位する。

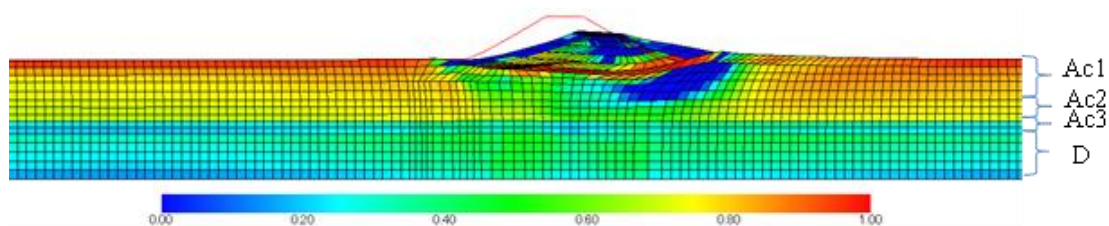


図 2-2-2-9 平均有効応力減少比分布分布（ため池 2、地震動 A）。

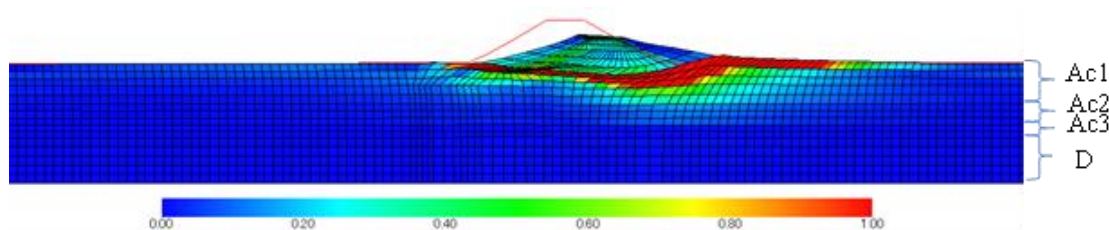


図 2-2-2-10 せん断ひずみ分布分布（ため池 2、地震動 A）。

ため池 1 に対して地震動 B を入力した際の、入力開始から 300 秒後の平均有効応力減少比およびせん断ひずみ分布を図 2-2-2-11 および図 2-2-2-12 に示す。地震動 A とは異なり、A-s 層における平均有効応力減少比の増加はほとんど見られず、地盤は高い剛性を保ったままである。そのため、せん断ひずみを見ても、堤体直下でせん断ひずみが増加するものの、全体としての変形・被害は非常に小さい。これは、地震 A に比べて、地震動の揺れ（加速度）が小さいことに起因する。

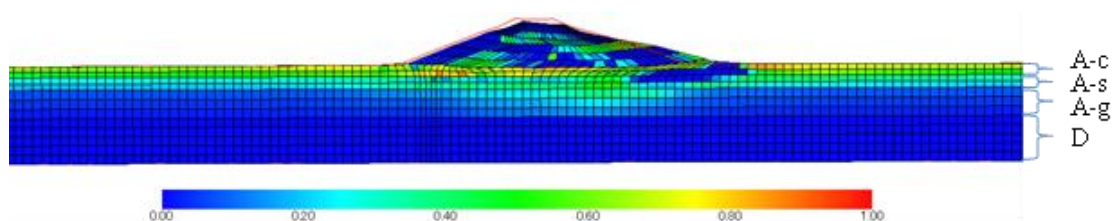


図 2-2-2-11 平均有効応力減少比分布分布（ため池 1、地震動 B）。

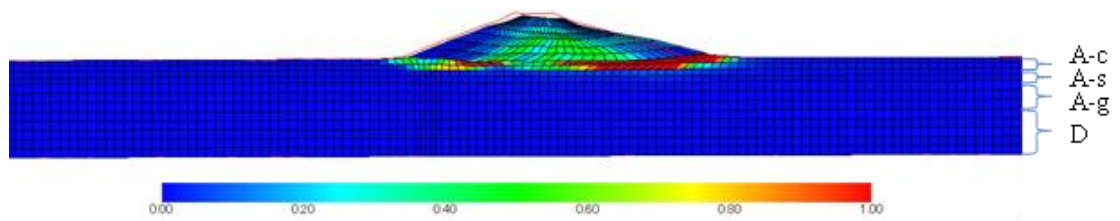


図 2 - 2 - 2 - 12 せん断ひずみ分布分布 (ため池 1、地震動 B)。

続いて、ため池 2 に対して地震動 B を入力した際の、入力開始から 300 秒後の平均有効応力減少比およびせん断ひずみ分布を図 2 - 2 - 2 - 13 および図 2 - 2 - 2 - 14 に示す。ため池 2 においても、加速度の小さい地震 B の場合は、せん断ひずみが小さく、ため池の被害は小さい。しかし、平均有効応力減少比分布を見てみると、ため池 A と比べた時に、平均有効応力減少比の増加が大きく Ac1 層、Ac2 層で 0.5 程度まで達する。一般に、砂質土と比べると粘性土は軟らかく、固有周期が大きい。長周期地震動の場合は、粘性土層で固有周期と合致しやすく、共振によって粘性土地盤が乱される可能性を示唆している。地震動 B は、2 秒以下の成分がフィルタ処理によって人工的にカットされてしまっている。もし、このフィルタ処理が施されていない場合は、短周期成分による大きな揺れも伴うので、共振によって粘性土が乱されていると、粘性土層においても、大きな地震被害に繋がる危険性を秘めている。

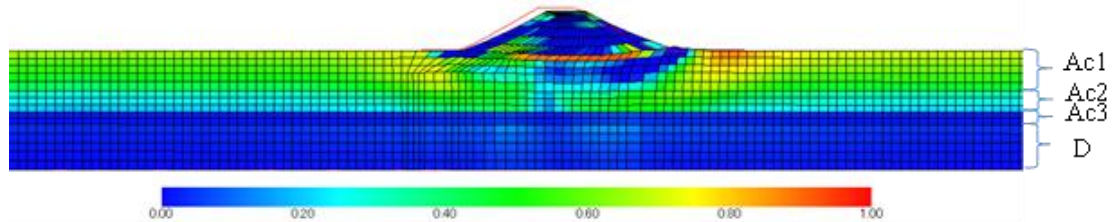


図 2 - 2 - 2 - 13 平均有効応力減少比分布分布 (ため池 2、地震動 B)。

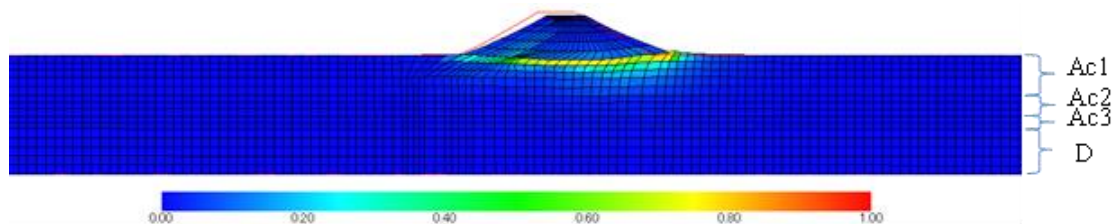


図 2 - 2 - 2 - 14 せん断ひずみ分布分布 (ため池 2、地震動 B)。

円弧滑り解析結果から、ため池 1 もため池 2 も中規模地震や大規模地震に対しては安全率 F_s が 1.2 よりも小さくなり、地震に対する安定性が十分ではないことがわかった。しかし、円弧滑りによる評価では、堤体および地盤の変形量を計算することができず、周辺地盤への影響を検討することができない点に注意が必要である。そこで、具体の地震動（南海トラフ地震）を想定した地震応答解析の結果、砂・粘土互層のため池 A では、A-s 層の液状化に伴う側方流動によって、堤体法尻が 8.4m もの側方変位

を生じることがわかった。一方、粘性土が支配的なため池 B においても、長時間震動によって地震被害に鈍感な粘性土においても乱れが生じ、堤体法尻は 5.5m もの側方変位を生じる。加えて、粘性土は圧縮性が高いため、側方変位に加えて、2 m 近くの沈下も生じることがわかった。なお、短周期成分をフィルタ処理した地震 2 は加速度が小さいため、ため池への地震被害はかなり小さいものとなった。ただし、粘性土が支配的なため池 2 では、長周期成分との共振が原因で、粘性土層内で平均有効応力減少比がかなり増加し、地盤剛性の低下が観察された。短周期～長周期成分を含むような、広帯域地震動を想定した場合は、砂層の液状化だけでなく、粘性土の乱れも甚大化することが想定され、注意が必要である。

2) 津波

a) 延岡市における即時津波予測システムに向けた津波ハザード情報構築

防災科学技術研究所により、土佐湾から日向灘沖に N-net が敷設され、2024 年 8 月より運用が開始されている。九州東岸の沿岸都市部においては、N-net を活用した即時津波予測の導入に資する基盤整備が整ったことになる。構築を試みる即時津波予測は、沖合観測網による津波シグナルと 1000 ケースを越える津波シナリオによる数値解析により実現される。本業務では、海域観測網の拡充を踏まえ、延岡市において即時津波予測⁴⁾⁵⁾に資するデータベース整備を実施した。

津波予測システム構築に資する津波数値計算に関するデータベースは、非線形長波モデルを基礎方程式とした JAGURS⁶⁾を活用した。計算領域を図 2-2-2-15 に示す。地形モデルは G 空間情報センターによる内閣府地形データを活用し⁷⁾、大領域の 2430m 格子から 10m 格子まで段階的に接続した。延岡市内における陸上地形データについて、津波氾濫解析を実施した領域は内閣府南海トラフの巨大地震モデル検討会による 10m 格子の標高データを利用した。全ての高さ基準面は東京湾平均海面 (T.P.) である。津波予測対象地点を図 2-2-2-16 に示す。

津波シナリオについては、南海トラフ沿いに 1506 ケースを設定した。津波シナリオとしての断層モデルはそれぞれ 1 枚断層とし、各断層原点上には断層の深さおよび傾斜角が異なる対象断層を 6 つ設定した。このとき、断層の深さは 5 km と 20 km、傾斜角は 5°、15°、25° とした (図 2-2-2-17、2-2-2-18、2-2-2-19、2-2-2-20)。なお、即時津波予測システムには、これら 1506 ケースの津波シナリオに加えて、既往のイベントに関する波源断層モデルや、内閣府による南海トラフ巨大地震の波源断層モデル 11 ケースによるデータベースも実装されている。

計算例として、津波シナリオ 244 (Mw8.5、日向灘沖) の初期波源 (図 2-2-2-21)、N-net の観測点と延岡市沿岸における計算波形 (図 2-2-2-22 および 2-2-2-23)、延岡沿岸における浸水範囲 (図 2-2-2-24) を示す。本データベースには、各津波シナリオに対応した N-net および DONET 観測点における計算波形 89 点 (欠測点含む)、延岡沿岸における計算波形 8 点と浸水範囲が格納される。今後は、これらデータベースを用いて津波予測システムの整備を進め、延岡市における実運用に向けて、システムアルゴリズムのチューニングを行う予定である。

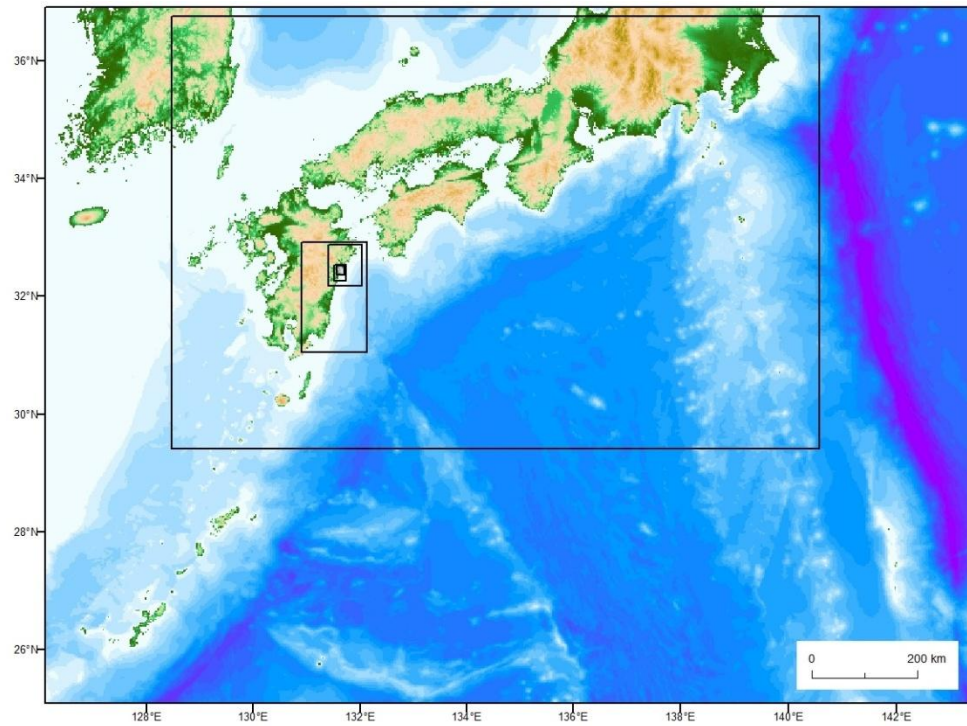


図 2 - 2 - 2 - 15 計算領域。



図 2 - 2 - 2 - 16 延岡市中心部における計算領域と沿岸波形の出力。

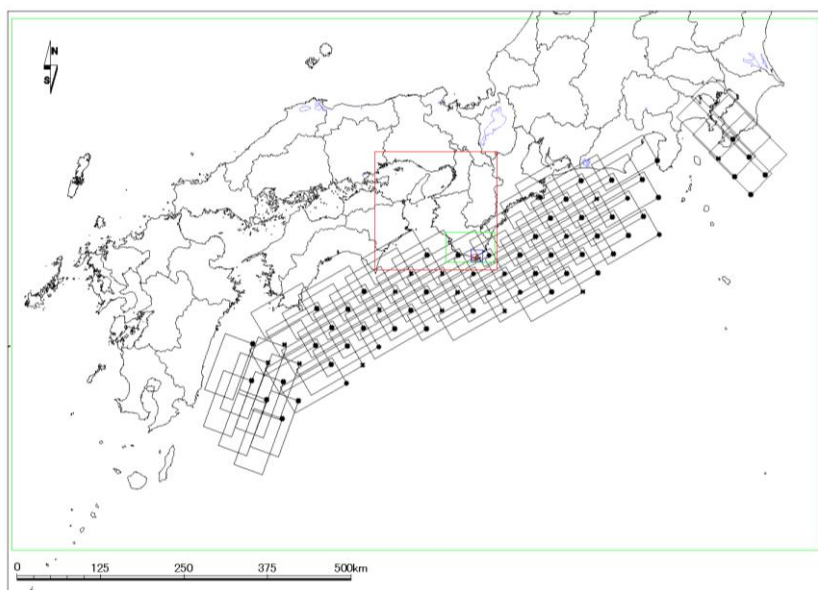


図 2-2-2-17 Mw7.6 の断層原点および位置。黒丸と黒四角はそれぞれ断層モデルの原点と位置を示す。緑、赤、緑、青、赤の順で小さくなる四角群は、それぞれ 810m メッシュ、270m メッシュ、90m メッシュ、30m メッシュ、10m メッシュの地形の設定例を示す。

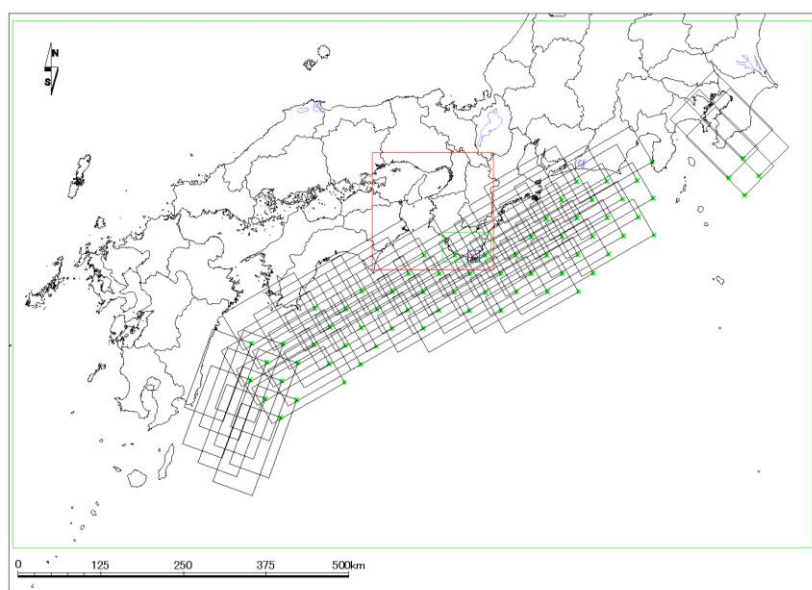


図 2-2-2-18 Mw7.9 の断層原点および位置。緑×と黒四角はそれぞれ断層モデルの原点と位置を示す。緑、赤、緑、青、赤の順で小さくなる四角群は、それぞれ 810m メッシュ、270m メッシュ、90m メッシュ、30m メッシュ、10m メッシュの地形の設定例を示す。

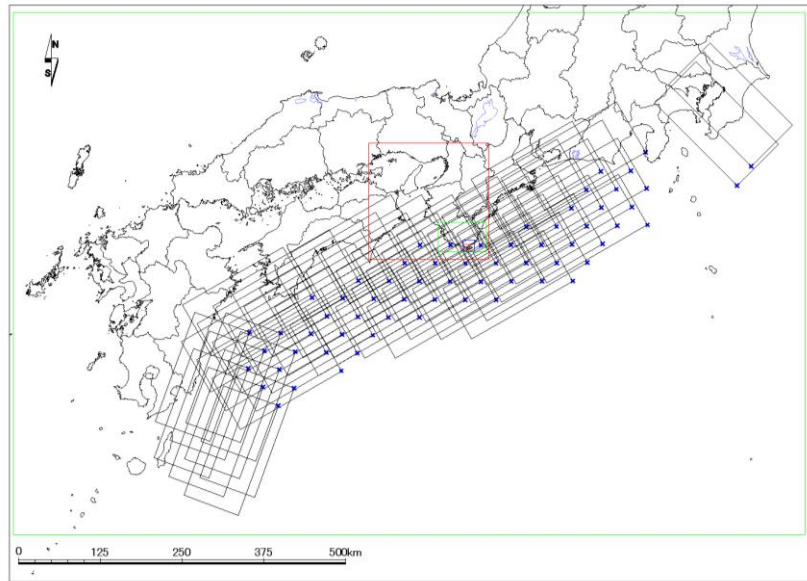


図 2-2-2-19 Mw8.2 の断層原点および位置。青×と黒四角はそれぞれ断層モデルの原点と位置を示す。緑、赤、緑、青、赤の順で小さくなる四角群は、それぞれ 810m メッシュ、270m メッシュ、90m メッシュ、30m メッシュ、10m メッシュの地形の設定例を示す。

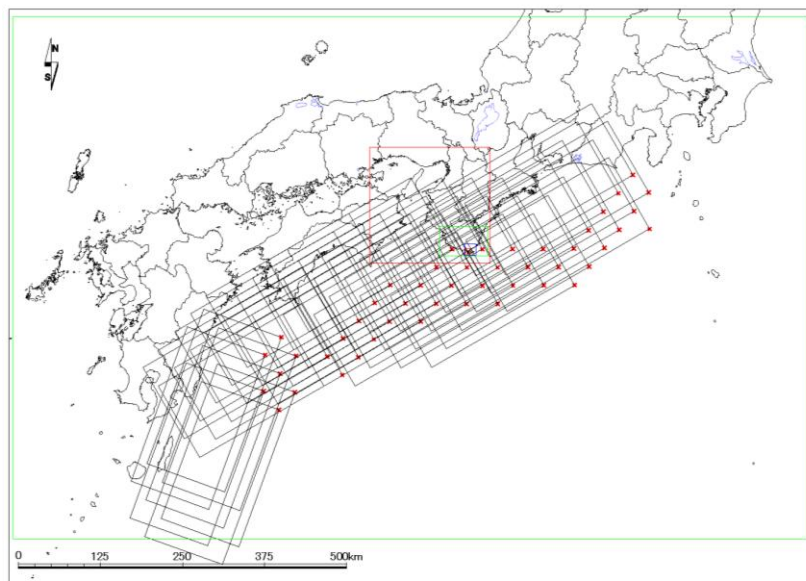


図 2-2-2-20 Mw8.5 の断層原点および位置。赤×と黒四角はそれぞれ断層モデルの原点と位置を示す。緑、赤、緑、青、赤の順で小さくなる四角群は、それぞれ 810m メッシュ、270m メッシュ、90m メッシュ、30m メッシュ、10m メッシュの地形の設定例を示す。

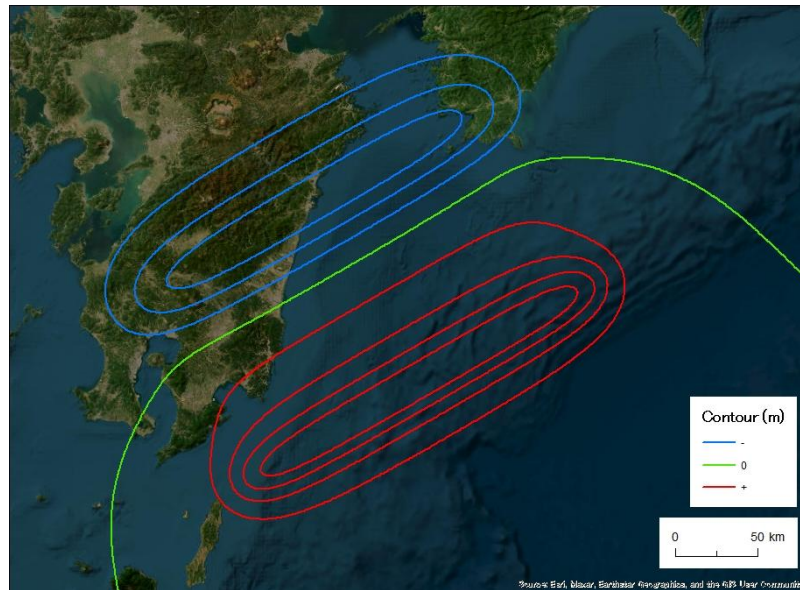


図 2-2-2-21 津波シナリオの一例（シナリオ No. 244）。

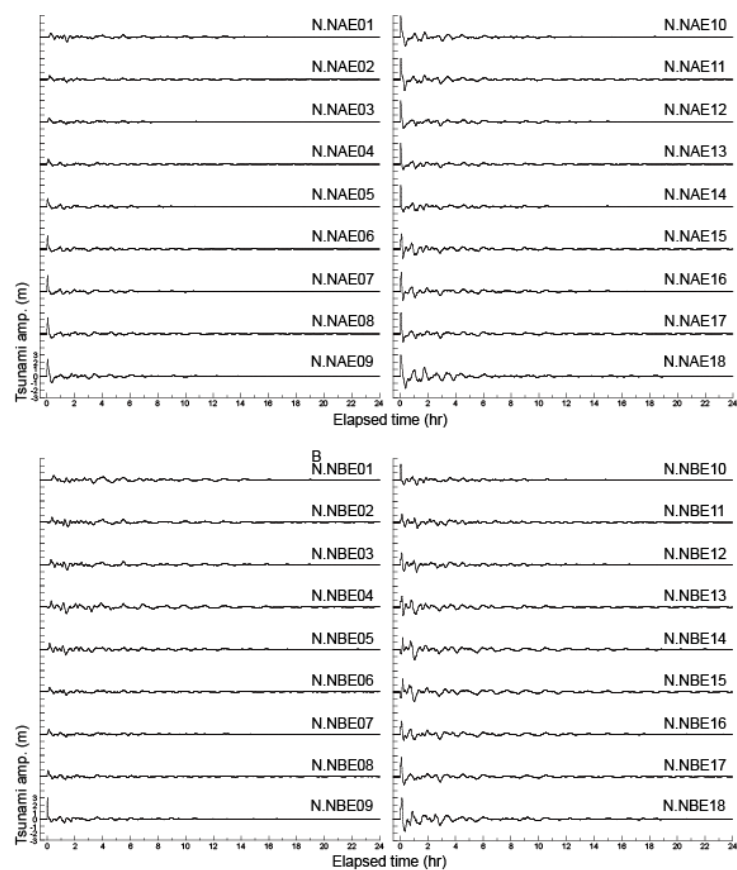


図 2-2-2-22 津波シナリオ No. 244 における N-net 観測点の津波計算波形。

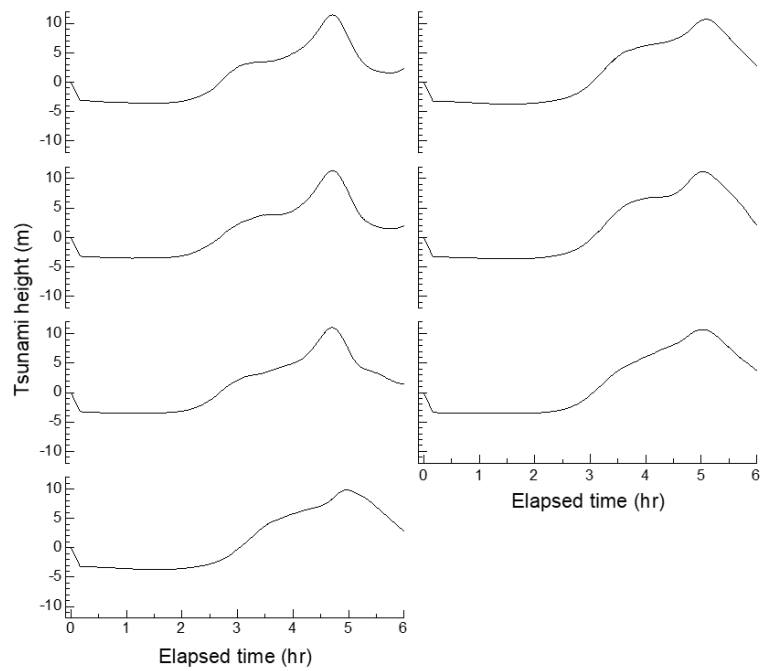


図 2-2-2-23 シナリオ No. 244 における N-net 観測点における津波の計算波形。

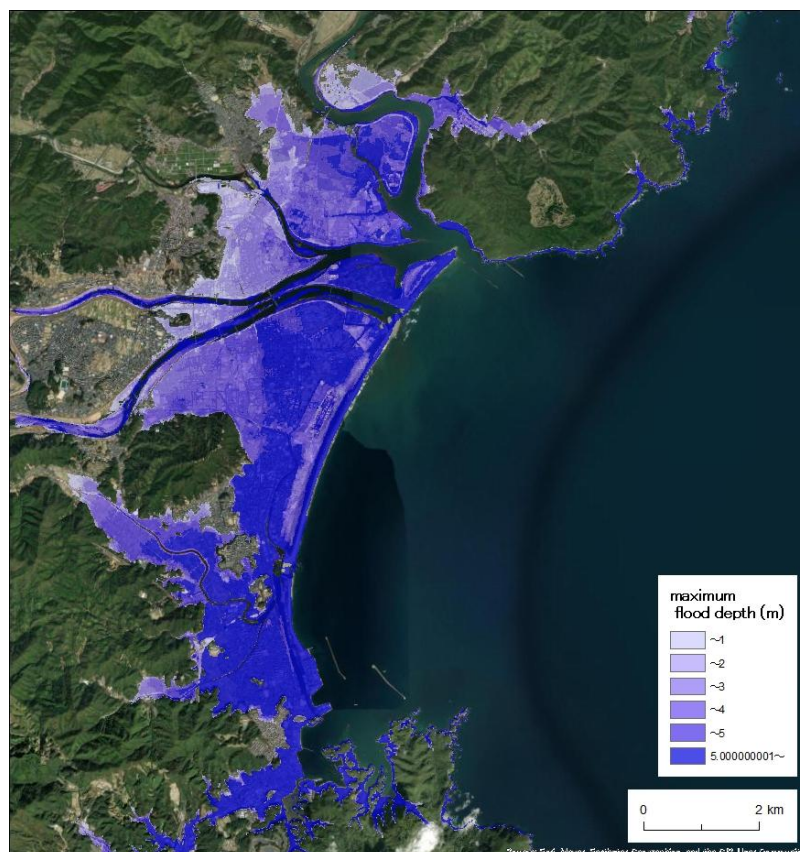


図 2-2-2-24 シナリオ No. 244 における延岡市周辺の浸水範囲。

b) 津波即時予測システムのクラウド化検討

これまで開発してきた津波即時予測システムは、実施場所にサーバを置いてシステムを稼働させることを前提に実装してきた。本研究を進めるにあたり、様々な地域の組織と即時評価の利活用の打ち合わせを重ね、一定のニーズがあることを確認している。但し、リアルタイムデータを用いたシステムというより、試用段階を経て、その効果と利活用方法を実感することが必要である。サーバを現地に置くことは作業負荷が多いため、試用段階での検討を意識して、津波即時予測システムをクラウドに実装する検討を開始した。

ここで使用する津波即時予測システムは、数千ケースの断層モデルによる津波計算データをデータベース化し、観測データに合わせて各津波予測点の津波予測情報を抽出する方法を採用している。各地域で抽出するデータベースと、各地域で共有するデータベースを分離して管理し、クラウド上でできるだけ計算負荷がかからないように設計した。また、各地域からはクラウドにアクセスする場合は、インターネット VPN を経由して接続することになるが、各組織のセキュリティの基準に合致した環境と同等のセキュリティレベルを担保できるような基準とした。

c) 津波瓦礫計算高度化

現在、津波ハザードマップが各自治体から公表され、津波に対する防災行動をとるよう周知が進んでいる。一方で、浸水深が浅いエリアでは、浅いが故に安全情報になる傾向がみえてくるケースがある。実際は、日本大震災の写真をもてもわかるように（例えば、東北大学みちのく震録伝 <https://www.shinrokuden.irides.tohoku.ac.jp/contents/geje-link/>）、浸水深が浅いエリアには大量の津波瓦礫が堆積し、津波火災のリスクも大きくなる。また、多くの瓦礫は海域に流出し、船舶の航行を妨げる。この津波漂流の状況は、地域の復旧・復興にも大きく影響するため、この津波漂流の評価を実施することにした。

これまで進めてきた瓦礫漂流計算は、津波の流入による各構造物の倒壊判定をし、倒壊判定された構造物については、 1 m^3 の瓦礫になったものとしてモデル化し、浮力、重力、摩擦力などの運動方程式を瓦礫ごとに計算することで、瓦礫の漂流を計算する⁹⁾¹⁰⁾。今回の計算では、復旧・復興のシナリオに資することを目指すため、より現実的な評価ができるように高度化した。

高度化の内容は、主として2つ設定した。1つ目は、港湾部に多く設置されている倉庫である。この倉庫群は通常の家屋と異なるため、倒壊判定基準を検討する必要がある。倉庫の流出は、その後の復旧・復興シナリオに影響するため、どの程度の津波被害を受けるのか、東日本大震災のケース¹¹⁾¹²⁾を念頭に評価した。2つ目は、瓦礫の海域での沈降である。湾岸部に多くおかれているコンテナや車両は、完全に密閉されているわけではないので、海域に流出後、いずれ沈降して海底に堆積する。この海底に堆積する瓦礫は、その後の船舶の航行に大きく影響し、瓦礫が多く海底に堆積していれば、海底瓦礫の除去が必要になる可能性もある。今年度は、新たな構造物の倒壊判定基準の設定と、瓦礫が海域に流出した後の沈降と堆積のモデル化を検討した。

倉庫の倒壊判定には、国土交通省による東北地方太平洋沖地震による津波のケース

¹¹⁾を引用した。ここでは、浸水のあった青森県から千葉県までの6県62市町村の約23万棟の建物について、構造別・階数別に浸水深と建物の被災状況を分析している。国土交通省都市局「東日本大震災による被災現況調査結果について（第1次報告）」において設定されている被災度区分（図2-2-2-25）、全壊（流失）、全壊、全壊（1階部分天井以上浸水）、大規模半壊、半壊、一部損壊の6区分での分析によると、以下の傾向が明らかとなっている。

- ・ 木造、軽量鉄骨造は浸水深2.0m前後で建物被害に大きな差があり、浸水深2m以下の場合には建物が全壊となる割合は大幅に低下する。
- ・ 建物の階数別に見ると、鉄筋コンクリート造等の3階建以上の建物は、建物高さより相当低い浸水深では、浸水階より上の階に人が居た場合に危険な損壊が生じる割合は低い（例えば、浸水深3m以下では、その割合は10%を下回っている）。

この結果を念頭に、全壊、大規模半壊、半壊、一部損壊を図のように整理した（図2-2-2-26）。

区分	全壊 (流失)	全壊	全壊 (1階天井以上浸水)	
主な建物 状況	基礎だけ残して、建物が完全に 流されている	主要構造が損壊しており補修に より元通りに再使用することが困 難	1階天井以上浸水しており、大規 模修繕等による再使用も可能	
サンプル 写真				
棟数※	約 78,000	約 34,000	約 8,000	
区分	大規模半壊	半壊 (床上浸水)	建物被災状況 (イメージ) 	
主な建物 状況	床からおおむね1m以上(天井未 満)浸水している	床から概ね1m未満の床上浸水 (一部補修により再利用可能)		
サンプル 写真				
棟数※	約 36,000	約 40,000		
区分	一部損壊 (床下浸水)	棟数合計		
主な建物 状況	床下の泥を取り除けば再利用可 能	被災建物総計 うち全壊		
サンプル 写真				
棟数※	約 23,000	約 219,000	約 120,000	

図2-2-2-25 被災度区分¹¹⁾。

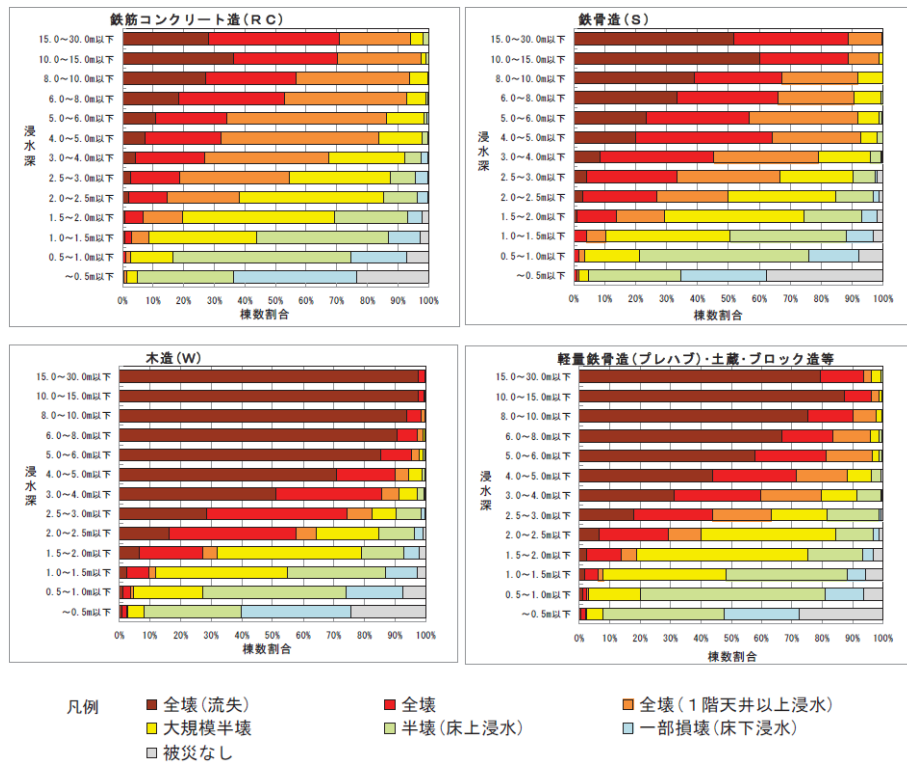


図 2 - 2 - 2 - 26 構造別の被害区分¹¹⁾¹²⁾。

国土交通省都市局の調査結果によれば、RC 造・鉄骨造・プレハブ建築は、浸水深の増大に伴い類似した被害進展特性を示し、特に浸水深 2.5m 前後を境として全壊判定の発生割合が急増する傾向が確認されている。ここでは、一般的な倉庫建築物を鉄骨造構造物として位置付け、これらと同様の被害進展特性を有するものとして整理する。以上を踏まえ、以下の浸水深閾値を倉庫倒壊判定基準として下記のように設定した。

① $0 \leq h < 2.5 \text{ m}$

$$U = \sqrt{\frac{125.37}{h}}$$

② $2.5 \leq h < 3.125 \text{ m}$

$$U = \sqrt{\frac{294.12 - 67.5h}{h}}$$

③ $3.125 \leq h < 5.625 \text{ m}$

$$U = \sqrt{\frac{83.18}{h}}$$

$$\textcircled{4} \quad 5.625 \leq h < 6.25 \text{ m}$$

$$U = \sqrt{\frac{462.87 - 67.5h}{h}}$$

$$\textcircled{5} \quad 6.25 \text{ m} \leq h$$

$$U = \sqrt{\frac{40.99}{h}}$$

ここで、 U は建物の倒壊判定基準位置、 $U_{tsu} = \sqrt{u^2 + v^2}$ は津波流速ベクトルの大きさ（合成流速）、 h は浸水深である。倒壊判定条件は、合成流速が倒壊判定基準位置以上で倒壊されたものとみなすことになる。

倒壊した構造物は、瓦礫となって漂流することになるが、構造物があった場所には海水が流入し、前述のように、瓦礫ごとに運動方程式を解くことになる。下記に各瓦礫に働く、津波による流体力や浮力、底面からの摩擦力、斜面中であれば斜面方向の重力、物体同士の斥力の概念を示した（図 2-2-2-27）。なお、災害瓦礫の移動形態には、水と瓦礫の密度の関係により、漂流移動や底面移動（滑動・転動・跳動）が考えられる。これらの移動形態を包括的に取り扱えるようにモデル化されている。

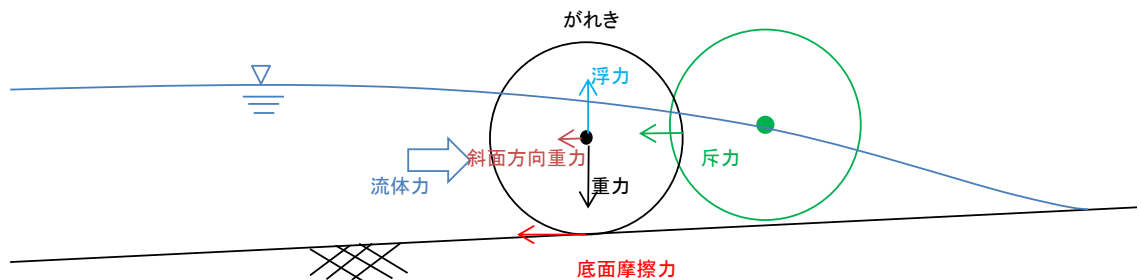


図 2-2-2-27 漂流中の各瓦礫に働く力の概念。

ここでは、上記の既存のモデルに加えて瓦礫の沈降を考慮したモデルを開発した。図 2-2-2-28 に瓦礫の沈降モデルの概要を示す。瓦礫の沈降は、瓦礫の開口部から海水等が流入し、徐々に沈降し海底に着底するモデルとなっている。なお、沈降中や着底後も移動するモデルとなっている。この物理過程に基づくと、浸水・排水モデル、移動・沈降モデル、着底後（接地後）モデルを主要な要素として、瓦礫沈降モデルを構成することになる。

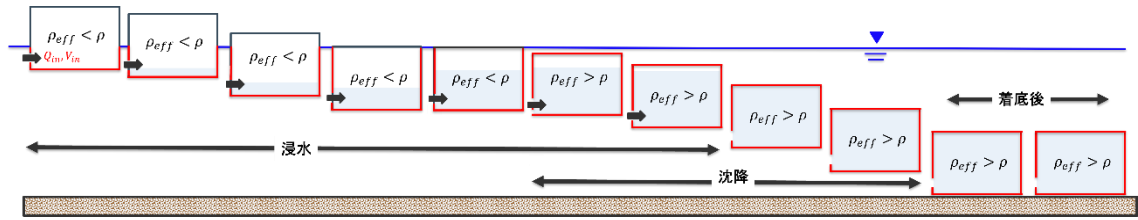


図 2-2-2-28 瓦礫の沈降モデル概念。

次に浸水・排水モデルの詳細を示す。瓦礫の内外水位の水頭差に基づき、瓦礫内部への流入および外部への流出を表現するために、オリフィスモデルを用いた（図 2-2-2-29）。瓦礫には、水の流入・流出を許容する開口部が存在すると仮定した。開口面積は、瓦礫の喫水面積に対する割合（％）として想定し、以下、これを開口率と呼ぶことにする。

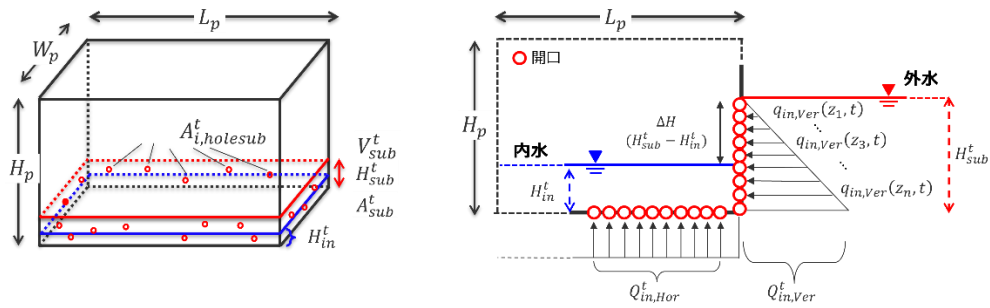


図 2-2-2-29 瓦礫内部への水の流入（オリフィスモデル）

時刻 t における瓦礫内部への総流入量 Q_{in}^t は、水平方向からの流入量と鉛直方向からの流入量の和として与えられる。上図に示すように、水平方向の流入は開口面に対して一様であると仮定する。一方、鉛直方向では、水頭差に応じた開口面積の不均一性を考慮した。最終的な総流入量 Q_{in}^t は、下記によって与えられる。

$$Q_{in}^t = C_{in} \sqrt{2g} \left(A_h (\Delta H)^{\frac{1}{2}} + \frac{2}{3} \frac{A_v}{H_{sub}^t} C_{in} \sqrt{2g} (\Delta H)^{\frac{3}{2}} \right)$$

ここで、 C_{in} は流入係数（本モデルでは 0.6 とする）、 g は重力加速度、 H_{sub} および H_{in} は、それぞれ瓦礫外部（喫水深）および内部の水位、 A_h および A_v は、それぞれ瓦礫の水平方向および鉛直方向の開口面積を表す。 A_h および A_v は、それぞれ瓦礫の喫水面積および底面積に開口率を乗じたものである。本研究では、開口率は乱数により与えている。これに従い、瓦礫内部の水位が外部水位よりも高い場合は排水が生じ、逆の場合は浸水が生じることになる。

移動・沈降モデルについて、次に示す。水平移動は、前述のように各瓦礫に働く運動方程式を解くことになるが、密度は内部の浸水の状況によって変化する。時刻 t における瓦礫の見かけの密度をについて、瓦礫構造体質量と内部浸水量に起因する水質量を合算した総質量を瓦礫体積で除した値を等価密度として定義した（図 2-2-2

－30)。この開発においては、沈降を考えるため、延長方向の運動方程式も設定することになる。瓦礫の鉛直移動は、重力、浮力および抗力を考慮した運動方程式により与えられる。この場合の瓦礫の密度は、水平移動同様に、時刻 t における上記等価密度を使用する。

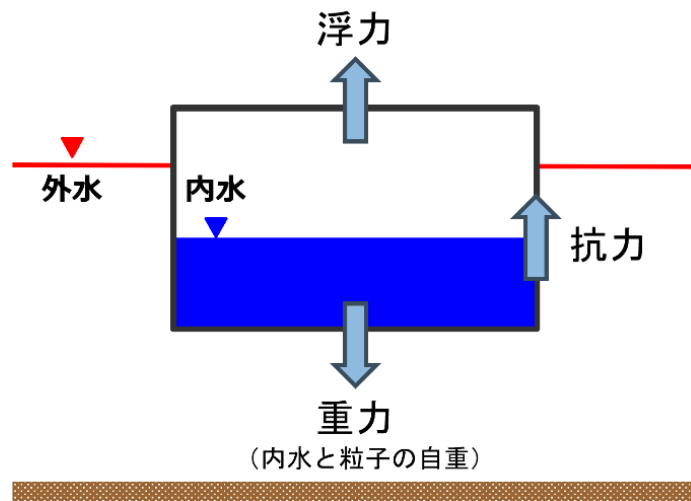


図 2－2－2－30 沈降中の瓦礫に作用する力の概念図。

瓦礫は着底後においても流体力の影響を受けて移動を継続すると考える。着底後の瓦礫の挙動は、水平方向の運動方程式を用いて評価し、時刻 t における瓦礫の見かけの密度と重力、底面摩擦力、抗力を考慮している。

次に、ここで開発したモデルについて、数値実験を実施した。ここでは、1次元鉛直方向粒子の種類・サイズ（車両およびコンテナ）ならびに開口率の違いが着底時間に及ぼす影響を明らかにすることを目的としている。浸水深を時間変化量（図 2－2－2－31）として与え、計算時間 3000 s、時間刻み $\Delta t = 0.1$ s とした。瓦礫の粒子のパラメータは表 2－2－2－5 の通り設定した。

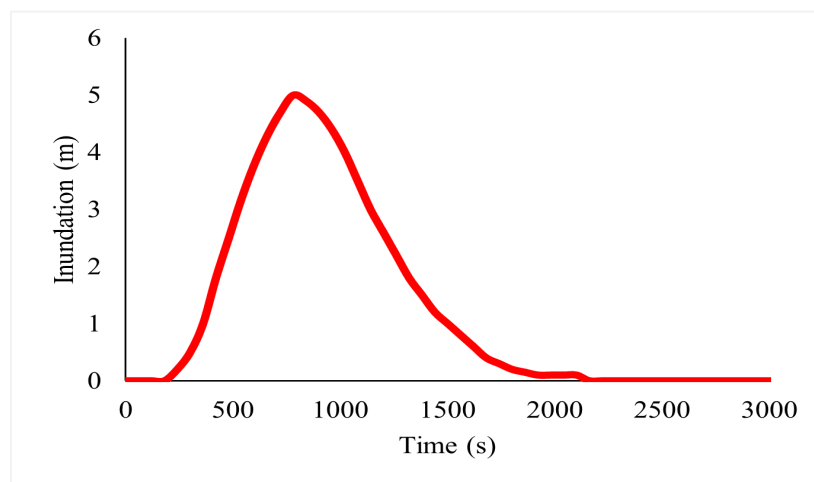


図 2－2－2－31 瓦礫内部への浸水概念。

表 2-2-2-5 各粒子のパラメータ。

粒子	L_p (m)	W_p (m)	H_p (m)	m_p (kg)	開口率 (%)	$H_{sub,0}$ (m)
大型車	5.2	1.875	1.5	2250	0.3	0.23
中型車	4.8	1.7	1.5	1500	0.3	0.18
小型車	4.8	1.68	1.5	900	0.3	0.11
40ftコンテナ	12.19 2	2.438	2.591	4000	0.3	0.13
20ftコンテナ	6.058	2.438	2.591	2300	0.3	0.15

数値実験結果として、図 2-2-2-32 および表 2-2-2-6 に、開口率 0.3% 条件下における各種瓦礫の沈降過程の解析結果を示す。開口率 0.3% の条件では、車両の沈降時間は約 8.6～11.1 分、コンテナの場合、約 15.4～16.6 分であった。

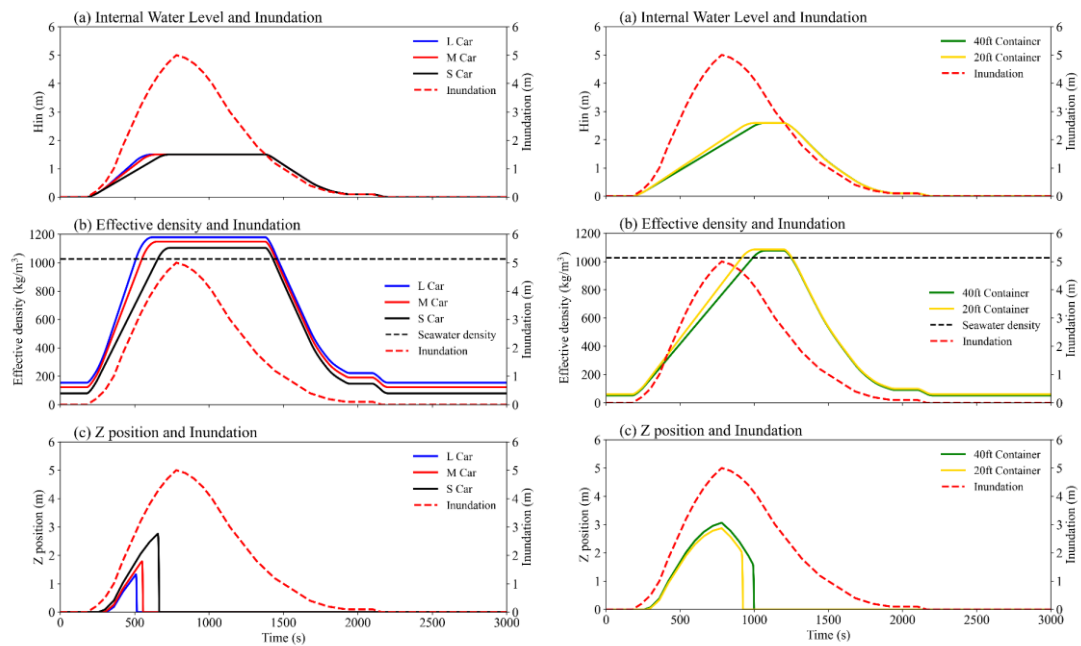


図 2-2-2-32 粒子の沈降過程における時系列（左：大・中・小型車，右：40ft・20ft コンテナ）。

表 2 - 2 - 2 - 6 各粒子の着底時間。

粒子	着底時間 (s)
大型車	514.9
中型車	556.4
小型車	665.1
40ftコンテナ	998.8
20ftコンテナ	923.8

次に、中型車両を対象とした瓦礫の開口率に関する沈降特性の解析結果を示す（図 2 - 2 - 2 - 33, 表 2 - 2 - 2 - 7）。開口率（0.1～0.7%）は中型車両の沈降時間に顕著な影響を及ぼす。開口率が小さい場合、粒子内部への流入量が制限され、内部水量の増加が遅れるため、浮力の低下が緩やかとなり、沈降時間が長期化する。開口率 0.7%では約 6.9 分で着底したのに対し、0.1%では約 20 分を要し、沈降過程は約 2.9 倍遅延した。

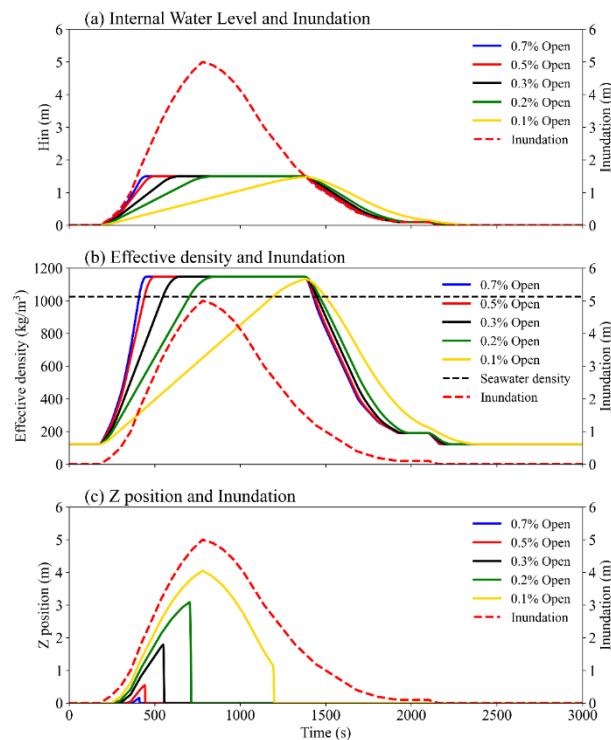


図 2 - 2 - 2 - 33 開口率の異なる中型車両の沈下過程の時系列。

表 2-2-2-7 各開口率の着底時間。

開口率	着底時間 (s)
0.7 %	412.2
0.5 %	445.7
0.3 %	556.4
0.2 %	714.1
0.1 %	1199.4

一方、熊谷他（2008）¹³⁾は、静岡県清水港におけるコンテナ漂流・沈降挙動に関する現地実験および数値解析を実施し、12.192×2.438×2.591m、乾燥重量 4000kg のコンテナが、内部浸水の進行に伴い、約 24.15 時間後に遅延的に沈降する挙動を示すことを明らかにしている（図 2-2-2-34）。

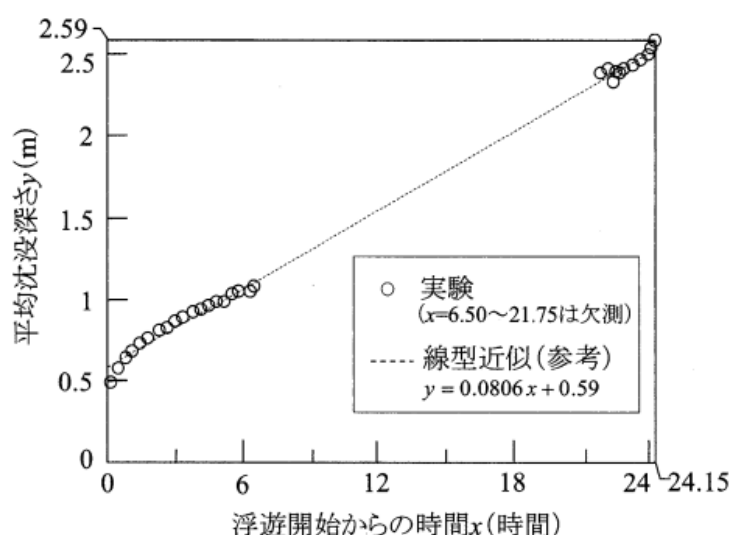


図 2-2-2-34 実験によるコンテナの平均沈没深さの時間変化（熊谷他，2008）。

ここでは、熊谷ら¹³⁾と同一仕様の 40 フィートコンテナを対象に、熊谷らの実験・数値解析結果と整合する遅延沈降挙動（浸水開始後約 24.15 時間で完全沈降）を再現する条件を検討した結果、流入量 0.86 m³/s に対応する開口率 0.0027%を設定した。沈降時間の遅延は、内部浸水の進行に伴う浮力低下によって生じるものとして扱う。

日本自動車連盟（2014）による浸水実験「水深何 cm までドアは開くのか？」¹⁴⁾では、静水状態における浸水条件下で、乗用車内部への浸水過程が実験的に検証されている。当該実験では、セダン型車両を対象とし、車内外の水位差による圧力水頭差に起因して、車体の微小開口部から水が流入する過程が観測された。実験結果によれば、浸水開始後の車内水位は、10s で 6 cm、22s で 10cm、57s で 17cm、60s で 19cm に達し、平

均流入速度は約 0.417cm/s と推定されている。前述の数値実験では、浸水状態に応じた浸水・排水過程を考慮した車両沈降モデルを構築した。車両寸法を 4.8m×1.7m×1.5m と仮定し、開口率を 0.3%と設定した数値計算により、浸水開始後 57s 時点で車内水位約 19cm に達する挙動が再現され、完全沈降時間は 376.4s と評価された。これは、日本自動車連盟による実験結果から推定される 358.9s と良好に一致している。以上より、本業務では車両の標準開口率を 0.3%と定義し、車両沈降は車内への段階的浸水に伴う有効浮力の低下によって進行する沈降過程としてモデル化する。

この瓦礫浸水モデルを用いて、延岡市内における瓦礫漂流・沈降を試算した。初期位置を図 2-2-2-35 のように設定し、南海トラフ巨大地震モデルのケース 11 を用いて、瓦礫の漂流計算を実施した。その瓦礫の漂流解析結果（4 分間隔）を津波浸水域と重ね合わせた結果を図 2-2-2-36 に示す。瓦礫の漂流解析結果（4 分間隔）を津波浸水域と重ね合わせた結果を図 2-2-2-37 に示す。また、さらに各コンテナの漂流の動きを拡大して示した例を図 2-2-2-38 に示した。瓦礫の鉛直位置は水柱全体に対して正規化して表現しており、値は 0～1 の範囲をとる。0 は地表面、1 は水面位置を示す。

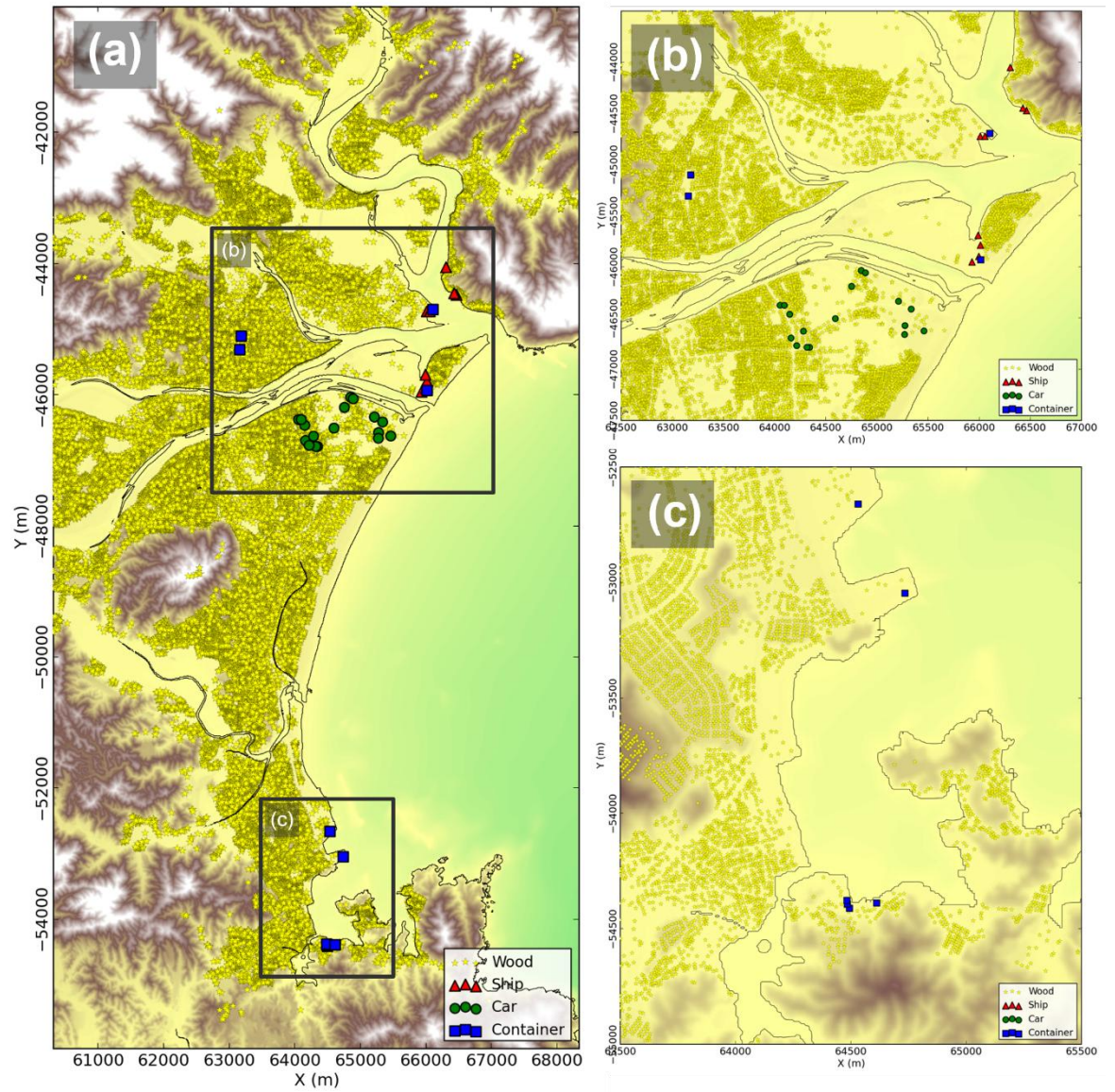


図 2-2-2-35 漂流計算における瓦礫の初期位置。船舶（三角）、車両（円）、コンテナ（四角）、木材（星）の 4 種類の瓦礫を設定した。

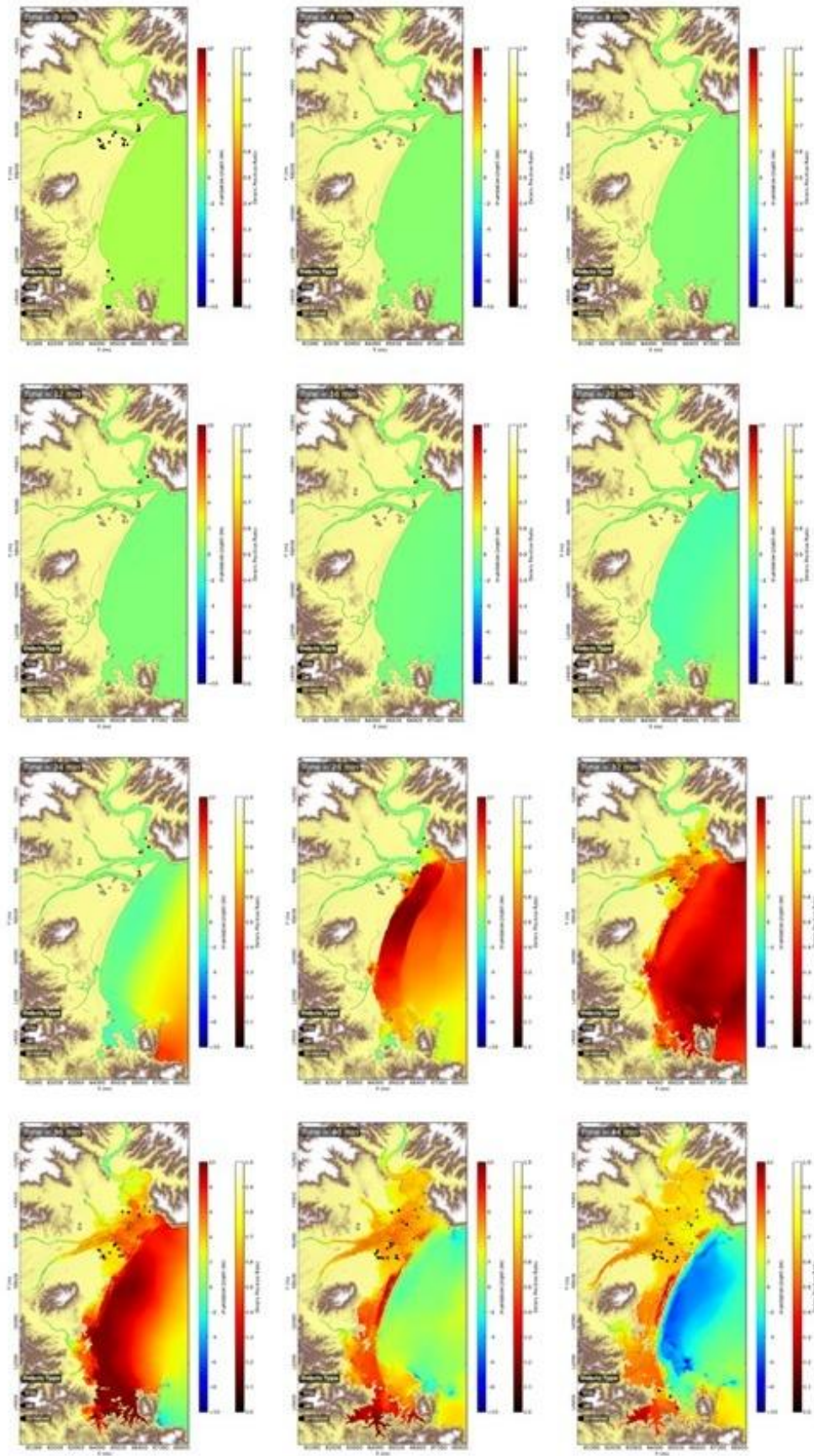


図 2 - 2 - 2 - 36 津波伝播と瓦礫漂流の計算結果。4 分間隔で示した。

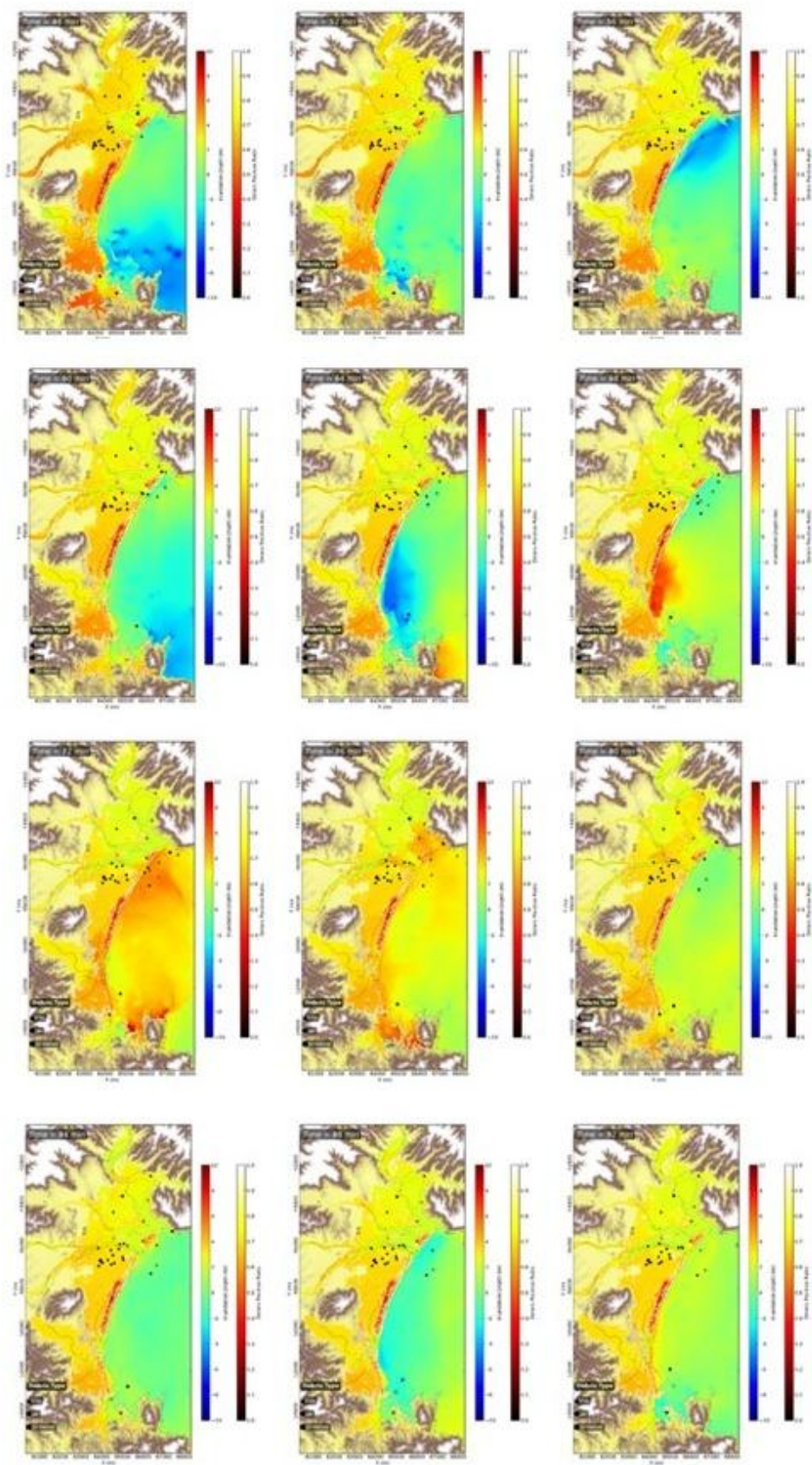


图 2-2-2-36 cont.

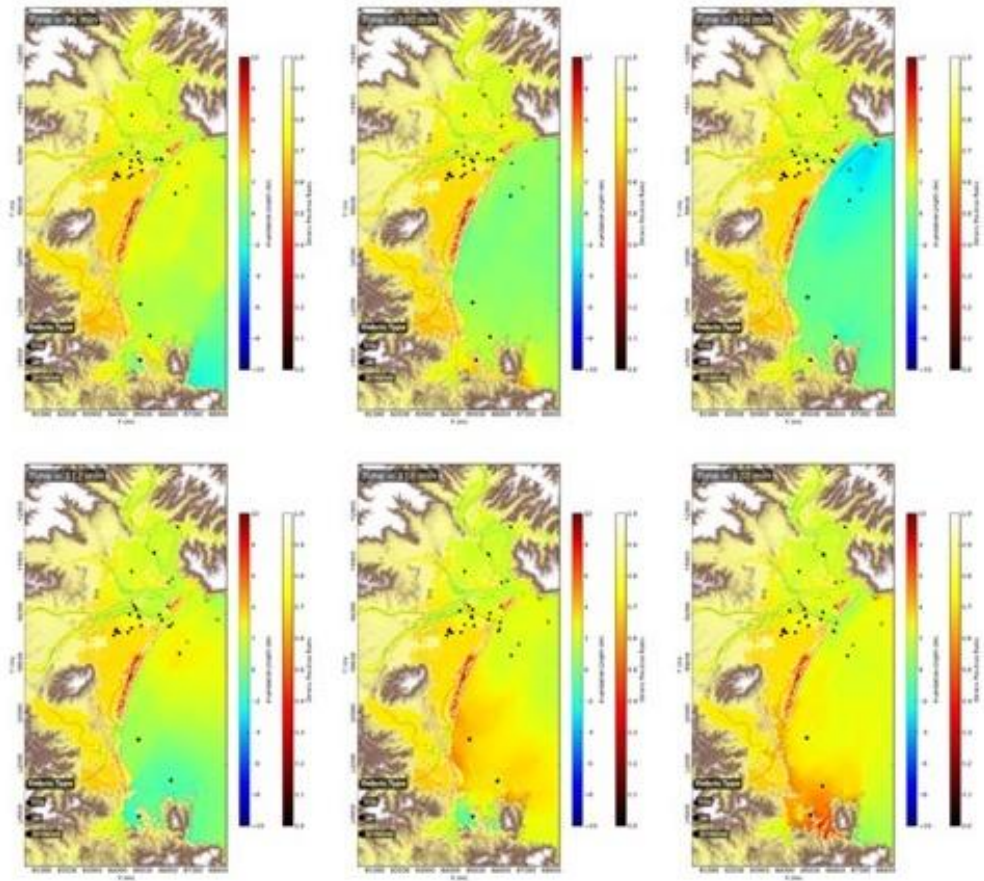


図 2 - 2 - 2 - 36 cont.

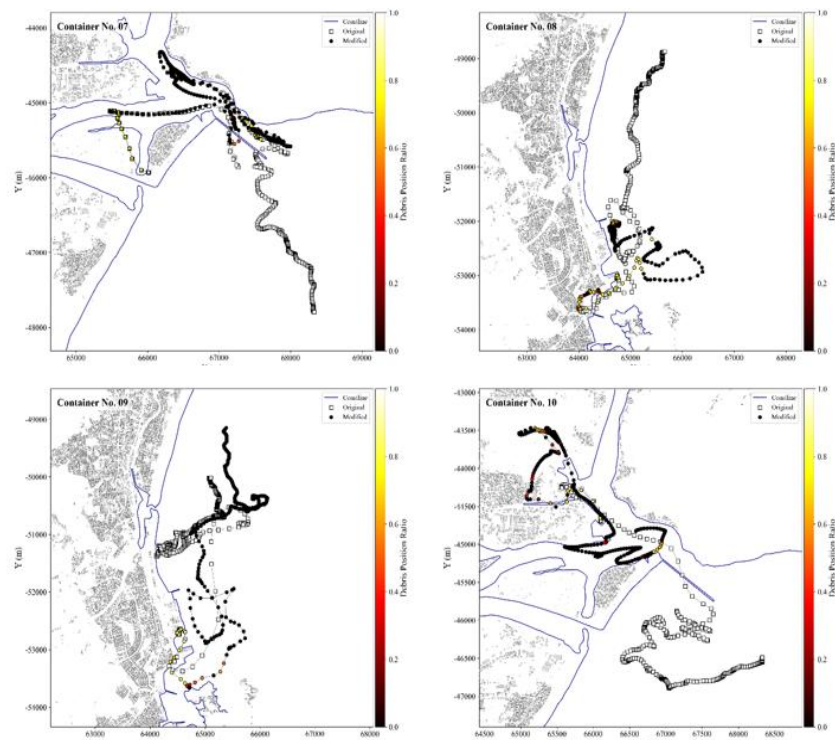


図 2 - 2 - 2 - 37 各コンテナの漂流と沈降の状況の例。

3) 地震活動

地震活動は、気象庁が発表する南海トラフ臨時情報の発表根拠となる、M8クラス地震の発生、M7クラス地震の発生、ゆっくりすべりの発生の把握の観点で重要な要素である。しかし、マスメディア他での情報では、臨時情報が発表された後には、「解除」になった、との報道も一部にある。上記臨時情報は、「解除」という概念はなく、「出っぱなし」の状況であるが、一般には十分理解されていない現状がある。ここでは、この間に地震がおきることも想定して、社会を支える側の人たちへの情報展開を図ることを考えているが、この地震活動と南海トラフ地震臨時情報をつなぐ何らかの情報が必要であると考えている。ここで、重要な要素として考えているのは、地震活動の時空間変化を何らかの形で示すことである。これを念頭に、地殻活動監視システム（図2-2-2-38）をこれまで開発してきており、これを導入する。

サブ課題1からの情報提供は、現状の地震活動と、次に何が起きるのかを予測する情報になる見込みである。これを踏まえ、その都度の地殻活動の変化をとらえられる可視化情報は何にすべきかを考えてきた。Nanjo et al. (2024)¹⁵⁾は、地震・津波観測監視システム（DONET）¹⁶⁾¹⁷⁾の微小地震観測データとゆっくりすべりの活動との相関性を示し、プレート境界に沿った活動変化の捕捉に成功した。ETAS モデルによる統計的な地震活動の変化やb値（マグニチュードと地震発生頻度の関係）の時空間変化を、この通常の地震活動の把握と南海トラフ地震臨時情報をつなぐための情報と位置づけて、即時的に地域を支える側の組織に対して情報共有することを考えている。そのためには、海域における詳細な地震活動の把握が不可欠である。図2-2-2-39にDONETによる震源情報を示す。マグニチュード1未満の地震から検知されている。本プロジェクトでは、地震発生後の地殻活動の変化の広がりを実感するためにも有用ではないか、との考えに基づき、宮崎県内での人材育成のツールとしての利用の検討も進めている。

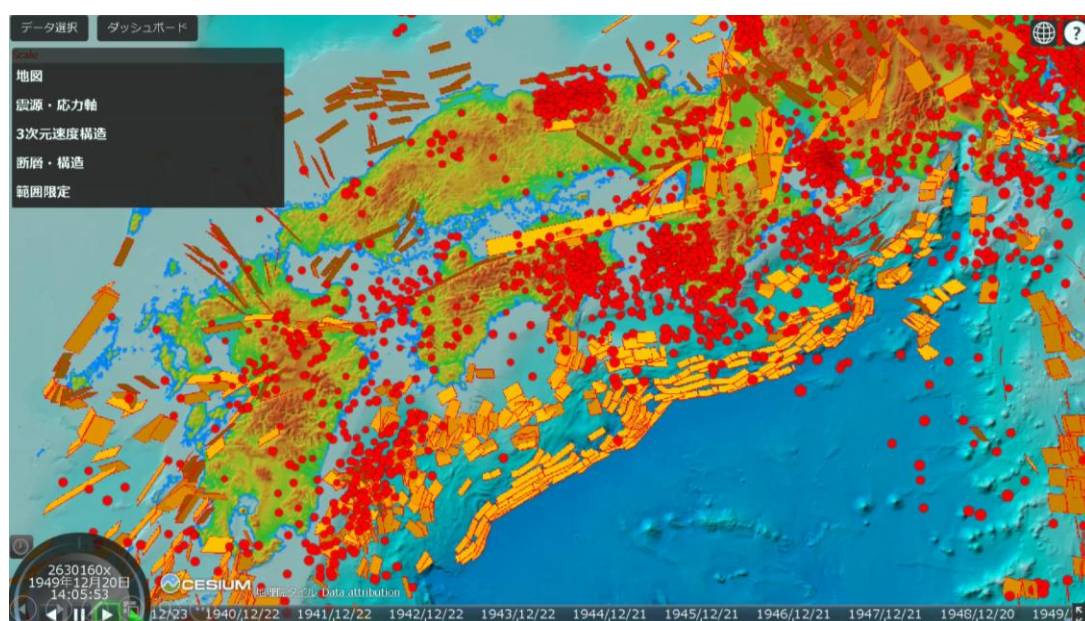


図2-2-2-38 地殻活動監視システムの画面例。赤丸は、1940年から1950年までの気象庁一元化震源を示す。オレンジは、上盤側の断層分布（文部科学省 海域断層総合評価プロジェクトによる¹⁸⁾）を示す。

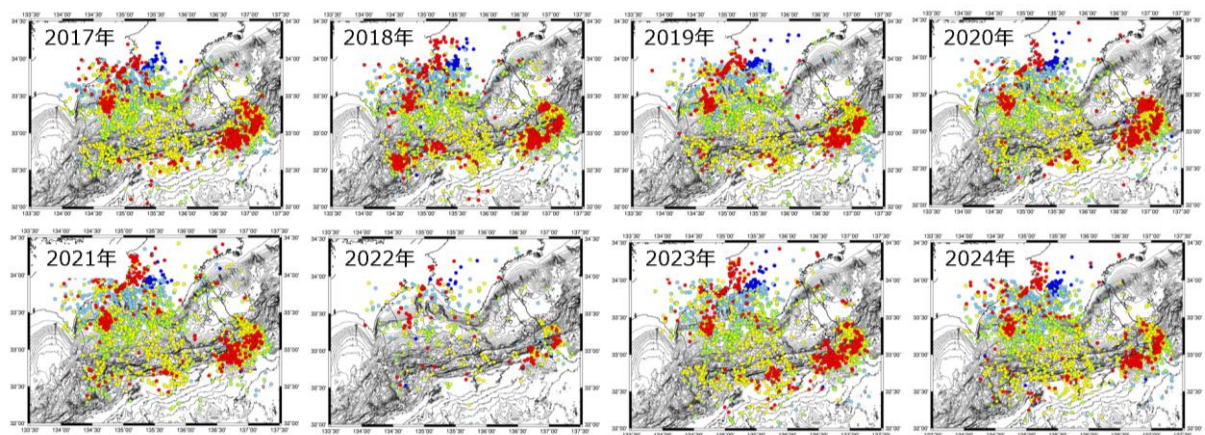


図 2-2-2-39 2017 年から 2024 年までの DONET により検知された微小地震の震源分布¹⁹⁾。

(d) 結論ならびに今後の課題

1) 軟弱地盤

これまで実施してきた文部科学省受託研究「防災対策に資する南海トラフ地震調査研究プロジェクト」を通して、入力地震動の低周波成分の影響、深部地盤の影響、地震動の長時間継続時間の影響、地盤構造の2次元的な影響に対して、成果を得てきている。今年度は、陸上に氾濫をもたらす要因として津波による氾濫があるが、別の要因となる可能性のあるため池を念頭に、地震発生時にどのような変化が堤体にみられるのかを確認した。その結果、一定の条件の下では、堤体の一部に変形をもたらす可能性があることを明らかにした。

今後は、これら複数の影響と、豪雨災害等の複合災害を念頭に置いたリスクの変化を見積もることも課題である。いくつかの地域を念頭に、各要素を組み合わせた軟弱地盤被害の評価を実施する。

2) 津波

今年度は、N-net を用いた津波即時予測システムの構築を開始した。宮崎県延岡市を念頭に、延岡市中心部と N-net 観測点での津波波形を計算し、必要なデータベースを構築した。来年度は、延岡市内の各組織による試用を念頭において、これらのデータベースを延岡市内全域に拡張し、津波即時予測システムに組み込むことを考えている。

津波即時予測システムのクラウド化について、今年度はクラウド上に津波即時予測システムを展開した。津波即時予測システム内のデータベースを各組織に特化している部分と共通利用できるところを分けて、各地域のユーザーがアクセスする範囲を最小限に絞って最適化できるよう設計した。来年度は、クラウド上の動作について、様々な断層モデルを想定した動作の再現性と、複数のユーザーが同時にアクセスした場合のシステムの安定性を確認する予定である。

津波瓦礫漂流評価については、これまで浸水深に対する構造物の倒壊判定と瓦礫化した後の漂流といった基本的な技術開発を進めてきた。今年度は、これらの瓦礫の漂流

評価の高精度化を念頭に、倉庫の倒壊判定基準の作成、コンテナや車両の海上での沈降計算の開発を実施した。来年度は、実際に地域を選定して地形モデルや構造物モデルを構築して、瓦礫の漂流計算を実施する。計算した結果の妥当性を評価し、各瓦礫の動きの検証を進め、現実的な評価が得られることを確認する。また、これらの結果を地域のいくつかの組織と連携し、BCP 検討の材料の一部にすることを目標とする。

3) 地震活動

今年度は、地殻活動監視システムの採用を決め、DONET を用いた微小震源データを用いた地震発生リスクの可視化につなげる戦略を検討した。ETAS モデルを用いた統計的な地震活動の可視化や、b 値を用いた地震発生リスクの可視化を具体的に進めることが来年度の目標になる。震源データのリアルタイム性の確保や、地殻活動監視システムへの取り込みを簡素化し、即時的にデータを更新できるようにすることも課題である。サブ課題 1 からの情報提供を念頭に、これらのユーザーインターフェイスの改良を考えたい。

(e) 引用文献

- 1) 中井健太郎、野田利弘、軟弱な砂・粘土互層地盤上に築造された河川堤防の地震被害に及ぼす地震動の周期特性および継続時間の影響、日本地震工学論文集、25 巻第 5 号、p. 5_78-5_91, 2025.
- 2) Asaoka, A., Noda, T., Yamada, E., Kaneda, K. and Nakano, M., An elastoplastic description of two distinct volume change mechanisms of soils, Soils and Foundations, Vol 42, No.5, pp.47-57, 2002.
- 3) Noda, T., Asaoka, A. and Nakano, M., Soil-water coupled finite deformation analysis based on a rate-type equation of motion incorporating the SYS Cam-clay model, Soils and Foundations, Vol.48, No.6, pp.771-790, 2008.
- 4) 石橋 正信・馬場 俊孝・高橋 成実・今井 健太郎, DONET 観測情報を活用した津波予測システムの社会実装-和歌山県の事例-, 自然災害科学, 37, 1, 125-142, 2019.
- 5) Takahashi, N., Imai, K., Realtime Tsunami Prediction System Using Ocean Floor Network for Local Regions, APPLIED SCIENCES-BASEL, 12, 3, 1627, 2022.
- 6) Baba, T., Takahashi, N., Kaneda, Y., Ando, K., Matsuoka, D., Kato, T., Parallel Implementation of Dispersive Tsunami Wave Modeling with a Nesting Algorithm for the 2011 Tohoku Tsunami, Pure and Applied Geophysics 172(12) 3455-3472, 2015.
- 7) G 空間情報センター (内閣府 南海トラフの巨大地震モデル検討会津波断層モデル (5) 地形データ) : <https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/1205>
- 8) 内閣府 : 南海トラフの巨大地震モデル検討会 津波断層モデル編, chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjcgclclefindmkaj/https://www.bousai.go.jp/jis

hin/nankai/model/pdf/20120829_2nd_report01.pdf

- 9) 小園裕司, 桜庭雅明, 野島和也, 建物形状と倒壊・流出を考慮した津波浸水解析手法の検討, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 70, 2, 161-165, 2014.
- 10) 小園裕司, 高橋智幸, 桜庭雅明, 野島和也, 複数の移動形態を考慮した災害がれきの発生・移動予測モデルの開発, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 72, 2, 439-444, 2016.
- 11) 国土交通省都市局「東日本大震災による被災現況調査結果について (第 1 次報告) », 2011
- 12) 国土交通省都市局「東日本大震災による被災現況調査結果について (第 2 次報告) », 2011
- 13) 熊谷兼太郎, 小田勝也, 藤井直樹, コンテナ沈没挙動測定の実地実験と港湾における漂流数値シミュレーション. 海岸工学論文集, 55(1), 271-275, 2008.
- 14) 日本自動車連盟, 水深何 cm までドアは開くのか? (JAF ユーザーテスト), 参照日: 2026 年 2 月 17 日), 2014.
- 15) Nanjo, K., Yamamoto, Y., Ariyoshi, K., Horikawa H., Yada, S., Takahashi, N., Earthquake detection capacity of the Dense Oceanfloor Network system for Earthquakes and Tsunamis (DONET), J Seismol., 28, 787-810, 2024.
<https://doi.org/10.1007/s10950-024-10219-2>
- 16) Kaneda, Y., K. Kawaguchi, E. Araki, H. Matsumoto, T. Nakamura, S. Kamiya, K. Ariyoshi, T. Hori, T. Baba, and N. Takahashi, Development and application of an advanced ocean floor network system for megathrust earthquakes and tsunamis, in "Seafloor Observatories, A new vision of the Earth from the Abyss", ed. by P. Favali, L. Beranzoli, and A. De Santis, Springer Praxis Books, Springer, Berlin, Heidelberg, 643-663, 2015. doi:10.1007/978-3-642-11374-1_25.
- 17) Kawaguchi, K., S. Kaneko, T. Nishida, and T. Komine, 2015, Construction of the DONET real-time seafloor observatory for earthquakes and tsunami monitoring, in "Seafloor Observatories, A new vision of the Earth from the Abyss", ed. by P. Favali, L. Beranzoli, and A. De Santis, Springer Praxis Books, Springer, Berlin, Heidelberg, 211-228, 2015. doi 10.1007/978-3-642-11374-1_10.
- 18) 文部科学省, 海域における断層情報総合評価プロジェクト, 令和元年度 成果報告書, https://www.jishin.go.jp/database/project_report/kaiiki/kaiiki-r01/, 2015.
- 19) 山本 揚二郎, 矢田 修一郎, 楠城 一嘉, 高橋 成実, DONET2 観測網による室戸沖における超低周波地震と通常地震の分布, 日本地震学会 2025 年度秋季大会 P09-08, 2025.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等
なし

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

② 復旧・復興シナリオの構築と地域レジリエンス向上に関する研究

(a) 業務の要約

本研究の目的は、再評価されたリスク情報に基づき、地域社会の各組織の事業継続計画（BCP）や復旧・復興に向けた具体的な地域継続計画（DCP）の骨格を構築することである。福祉施設や民間企業の BCP 再調整、多主体連携による地域継続計画の検討に加え、心理学や社会科学等の知見を取り入れ、住民の防災意識・行動意図をモニタリングするための Web アンケート調査基盤を構築した。これらの取り組みを水平展開するため、東海・関西・四国・九州の4地域において組織横断的な「地域レジリエンス研究会」を運営し、産官学民が連携して地域レジリエンス向上を目指した。

(b) 業務の実施方法

本業務では、BCP や DCP の検討について、現段階での取り組む方向性を定め、それに必要な基本的な議論の方向性を定めた。各拠点の BCP を検討し、それをつないで各コミュニティの BCP、さらに各地域の BCP の検討を個別に進め、最終的にある程度の広がりを持った DCP への議論を展開した。発災時の事業稼働率の低下を最小限にとどめ、復旧・復興を迅速化する手法を検討することになるが、もともとの各地域の稼働率を上げる地域活性化の議論も視野に入れ、防災上の地域強靱化をはかるための人材育成にも着手した。

これらの取り組みは、東海・関西・四国・九州の地域レジリエンス研究会で、情報共有もしくは水平展開した。東海地域レジリエンス研究会は名古屋大学の平山准教授、関西は関西大学の奥村教授、四国は徳島大学の馬場教授、九州は防災科学技術研究所の高橋連携研究フェローを幹事とし、民間企業も含めて住民を支える側の組織を念頭に置いた研究会を運営することとした。本年度はそれぞれの幹事との連携を深め、各地域の特徴を活かした運営方針を確立した。

(c) 業務の成果

本項では、南海トラフ地震を対象とした地域継続計画策定を目的に、被災後の復旧復興シナリオ構築にむけて、空間スケールと主体に応じた調査研究結果について記述する。令和7年度は連鎖複合災害に備える地域の重要機能の設定、ステークホルダーとの関係性構築、理学研究との連携検討を目的に、検討枠組みの構築に着手した。ここで、本研究で取り扱う地域継続計画について述べる。

DCP は、地域が有する重要な社会機能の継続を目的とした戦略的な連携計画である¹⁾。個々の BCP（戦略とリソースの個別最適）を基本としながらも、地域の重要機能に応じた一定の圏域全体の最適化に向け、多様な主体による連携体制の構築と被災後の早期復旧・復興に向けた事前準備が求められる。

本研究では、対象スケールに応じた機能継続を目的に、①拠点機能継続、②コミュニティ機能継続、③社会機能継続に着目し（図2-2-2-40）、地域継続計画策定にむけた調査研究に着手した。本項では、地域継続計画策定にむけた枠組みの構築について3機能の視座に基づく調査研究結果と、機能を支える担い手の人材育成や防災教育について述べる。

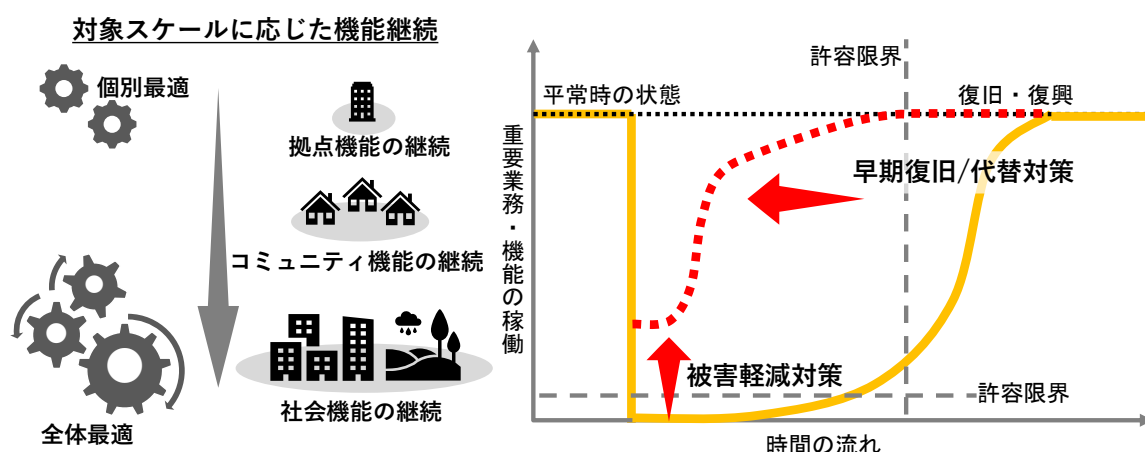


図 2 - 2 - 2 - 40 本研究で対象とする地域継続計画の範囲。

1) 拠点

令和 7 年度は、災害発生前後に甚大な被害が想定される要配慮の生活を支える福祉施設、地域経済機能を支える工業施設を対象に、地域継続計画策定に向けた検討の枠組み構築に着手した。また、被災後の時間経過をふまえた複合災害による影響についても合わせて調査した。以降には、調査研究結果について述べる。

a) 社会福祉拠点機能

地域福祉拠点機能では、南海トラフ巨大地震における「地域継続」を主眼に置き、福祉事業所の BCP が直面する課題とその解決策を、過去の災害事例および地域実態調査に基づき検討した。加えて、担い手職員の南海地震への理解促進を目的に、南海トラフ地震臨時情報を活用した高齢者施設の事前避難と在宅介護サービスを止めない地域継続計画について、既存調査結果に基づき普及啓発動画の作成を行った。

i) 過去の災害事例および地域実態調査

平成 23 年東日本大震災の被災地（岩手県釜石市、宮城県石巻市・大崎市、福島県南相馬市・いわき市、茨城県日立市）、令和 6 年能登半島地震の被災地（輪島市・珠洲市等）における福祉施設のヒアリング調査から、道路寸断による孤立、安否確認の困難性、ケア職の離職による「復興の負のスパイラル」等の深刻な実態を抽出した。これらを踏まえ、高知県室戸市等の南海トラフ津波想定地域において、要配慮者の地理的分布と施設キャパシティを可視化する手法を検討した。

○被災地ヒアリングおよび事例分析： 平成 23 年東日本大震災の被災地（岩手県釜石市、宮城県石巻市・大崎市、福島県南相馬市・いわき市、茨城県日立市）、令和 6 年能登半島地震の輪島市・珠洲市等における福祉施設事業者やケアマネジャー、社協職員へのヒアリングを実施し、発災直後の安否確認体制や職員の参集状況、事業継続の実態と課題について調査した。

○地域特性に応じたリスク評価： 高知県室戸市をモデルとし、地形的な孤立可能

性、道路被害想定、および要介護度別（要支援１～要介護５）の居住分布と施設収容人数を照合した。

以降には、まず、既存被災地の調査結果をふまえた能登半島地震における地域福祉・防災現場の教訓と南海トラフへの示唆を述べる。今後発生するかもしれない南海トラフ地域の組織・住人に向けて、既存の被災地域での復旧から復興フェーズの知見を参考にするために、令和８年１月に、現地の組織運営者へのヒアリング調査を実施した。調査の実施市は図２－２－２－４１で記しているように、岩手・宮城・福島・茨城県と、石川県の奥能登地域である。また表２－２－２－８のように、１市あたりおよそ２から３つの組織・施設について調査を実施している。調査結果として表２－２－２－９に概要を取りまとめた。

この調査から得られた知見は、南海トラフ被害想定エリアの方々に伝えるとともに、図２－２－２－４２で記している福祉施設の事業継続モデル案において過去事例の参考情報として、福祉施設自体の事業継続に関する破綻条件を考える上で活用していく予定である。そのため、破綻検証に必要な知見を収集するため、今後も各地域の組織・施設に対してヒアリング調査を計画し実施していく。



図２－２－２－４１ 令和７年度被災地の施設ヒアリング調査先。

表２－２－２－８ 令和７年度被災地の施設ヒアリング調査先一覧。

県	市町村	組織名称	活動種別
岩手県	釜石市	社会福祉法人 かまいしワーク・ステーション	就労支援
		釜石広域基幹相談支援センター	社福とりまと

			め
		社会福祉法人 釜石市社協	
宮城県	石巻市	社会福祉法人 石巻市社協	
		石巻市障がい者地域活動支援センター	通所サービス
		社会福祉法人 石巻祥心会	入所施設
	大崎市	社会福祉法人 大崎市社協	入所施設
		社会福祉法人 特別養護老人ホーム敬風園	入所施設
福島県	南相馬市	社会福祉法人 南相馬市社協	
		社会福祉法人 南相馬福祉会 福寿園	入所施設、デイケア、在宅
	いわき市	社会福祉法人 いわき市社協	
		介護老人福祉施設 望洋荘	入所施設
茨城県	日立市	特別養護老人ホーム 成華園 社会福祉法人 日立市社協	入所施設
石川県	輪島市	社会福祉法人 輪島市社協 輪島市役所	入所施設、デイケア、在宅
	珠洲市	社会福祉法人 特別養護老人ホーム長寿園	入所施設

表 2-2-2-9 ヒアリング調査結果の要約。

施設・団体名	対象 震災	事業対応の ポイント	課題	成功・工夫 事例	反省・苦慮した事例
石巻市 祥心会	3.11/ 能登	BCPがない中で自主的に福祉避難所を開始。拠点分散型の整備。一般避難者の受け入れ。	職員の被災やガソリン不足。夜間のグループホーム（GH）避難体制の不足。	職員の居住地を把握し、5分圏内のスタッフによる初動計画を策定。	BCP 未策定のまま突然本番を迎えた点。避難所でのコロナ対応に苦慮。
石巻市 社協	3.11/ 能登	ヘルパーの派遣。能登では珠洲市社協の運営支援を実施。	ヘルパー不足と低賃金問題。	民間企業の外部コンサル支援による事務・運営体制の強化。	サービス停止により再開後に利用者が戻らなかった点。
大崎市 社協	3.11/ 能登	災害時優先電話による情報収集と特養でのトリアージ・受け入れ。	内陸部への大量の避難者対応（1,200名）と広域避難の負荷。	過去の地震経験（平成15年）を活かした迅速なスタッフ対応。	内陸部の被害や支援の記録が沿岸部に比べて残りにくい点。
釜石市 かまいし ワーク・ステーション、	3.11	計画に基づきグループホームへの車移動による避難を実施。	避難場所での混雑（横になれない状況）。利用者の自宅での犠牲者発生。	内陸部施設との相互支援協定や、他県（岐阜県等）との交流。	一般避難所における障害者への理解不足による孤立。

釜石広域基幹
相談支援センター

釜石市 社協	3. 11	ビルの 9 階を拠点に 137 日間にわたる福祉避難所を運営。一般避難者の受け入れ。	1 階の自家発電機が水没し停電、断水によりトイレが使用不能に。	ライバル事業者同士が協力した 24 時間シフト体制の構築。	緊急時の食事提供に対し、保健所から衛生面の指導。
南相馬 福寿園	3. 11/ 熊本	原発事故に伴う広域避難と、屋内待機、垂直避難の実施。	原子力災害による職員の急減（半分以下）。施設間の情報遮断。	特養協会内での LINE グループ活用による迅速な相互支援・備品提供。	DWAT 派遣時、専門スキルを活かせず雑務に終始した点。受け入れ側の体制力不足。
いわき市 望洋荘	3. 11	BCP に基づく施設運営と避難訓練の実施。一般避難者の受け入れ。	避難区域（20km 圏内、30km 圏内、対象外）の境界による支援・温度差の発生。	夏場の暑い時期の避難者受け入れ等の経験蓄積。	原子力災害に関しては、基礎自治体からの情報提供が不十分（「新聞を見て」と言われる等）。国や県から重要情報が下りてこない。
いわき市 社協	3. 11/ 水害	災害ボランティアセンター（災害 VC）の常設化と復興支援の継続。	震災経験職員の減少（継承不足）。行政の危機管理課との連携不足。	情報管理ツールを活用したデータの可視化や、地域ネットワーク活用。	災害 VC 運営自体はできて、個別のきめ細やかなニーズ対応の不足。
日立市 成華園	3. 11	津波浸水被害の中での運営と、130 名の一般避難者の受け入れ。	オール電化による調理不能と 2 週間の断水。行政との情報連携不足。	委託業者が翌日へりで食料を配送。燃料業者との優先給油協定の活用。	停電でエアコンが使えず、石油ストーブも火災懸念で自粛し寒さで体調悪化。
珠洲市 長寿園	能登	自衛隊・DMAT と連携した広域避難（金沢・大阪等）の実施。一般避難者の受け入れ。	職員の市外流出（230 名 → 170 名）。長期の断水。	液状化した 1 階を避け、2・3 階を活用して早期に一部受入を再開。	250 名の一般避難者が殺到し、3 日分の備蓄が即座に枯渇。
輪島市 社協	能登	専門職ボランティア（同職種）によるケア支援の受け入れ。	職員自身の被災・孤立による出勤困難。長期断水。	門前地区では、ケア対象者を地区外に出さずに地区内で支えきった。	広域避難の結果、住人が戻らず地域の過疎化が加速した点。

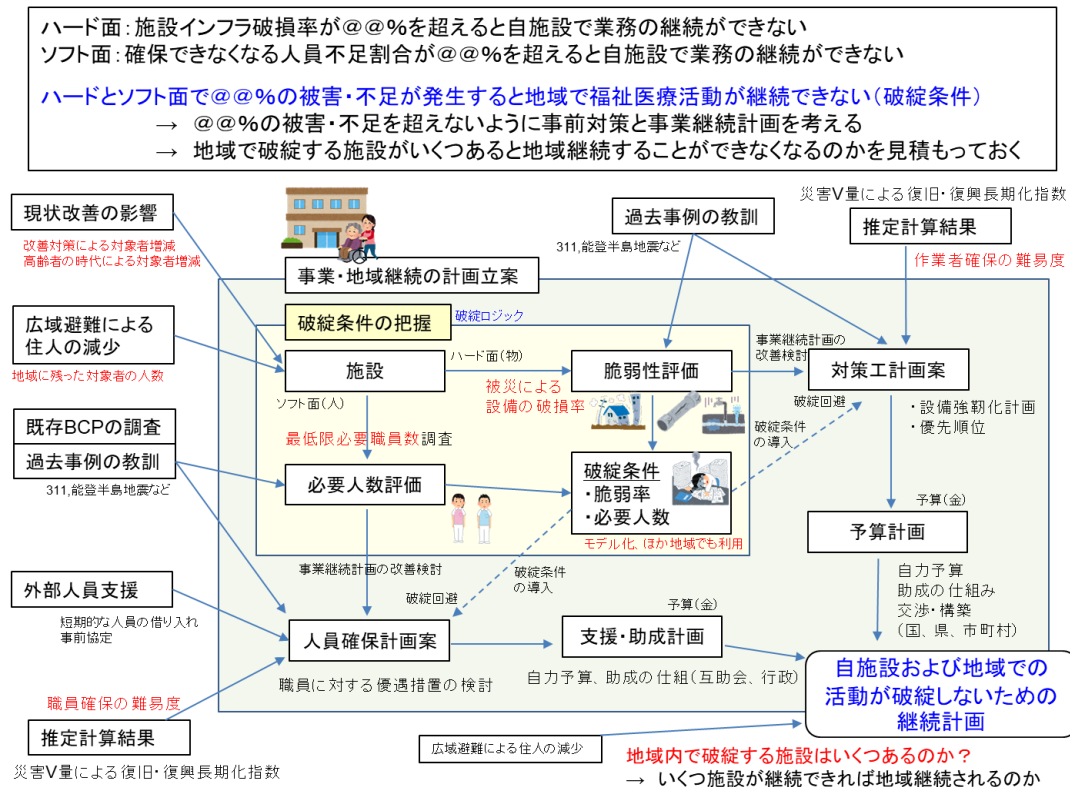


図 2—2—2—42 被災を前提とした事業継続モデル案。

ii) 福祉施設職員の対応力向上を目的とした普及啓発教材の作成

次に、南海トラフ地震臨時情報を活用した高齢者施設の事前避難と在宅介護サービスを止めない地域継続計画について金井らが実施した既存調査結果に基づく普及啓発教材の作成について述べる。

金井らは、2024 年 8 月に初めて発表された「南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）」を受け、沿岸 8 県の入所型高齢者施設を対象に、その後の対応と今後の意向についてアンケート調査を実施した（調査期間：2024 年 12 月～2025 年 1 月、対象：静岡県、愛知県、三重県、和歌山県、徳島県、高知県、愛媛県、宮崎県（津波浸水想定が 0.3m 以上）の入所型の高齢者施設 420 施設、方法：郵送法、回答数：96 施設、回収率 22.9）。特筆すべきは、制度の認知不足である（図 2—2—2—43）。BCP 策定率は 97.9%と非常に高く、日頃の危機意識は伺えるものの、臨時情報を「以前から知っていた」施設は 37.5%に留まった。約 6 割の施設が「発表されて初めて知った」と回答しており、緊急時の行動指針となるべき情報の浸透不足が浮き彫りとなった。

発表後の対応では、86.5%の施設が「避難の必要なし」と判断し、通常のサービスを継続しつつも、対策を見直した施設は半数を超え、備蓄確認や注意喚起など自主的な行動が見られた。一方、臨時情報（巨大地震警戒）が発表された場合に事前避難をするかどうかについては、約 7 割の施設が「事前避難しない（できない）」と回答した。その理由は、「施設の入所者の移動が難しいため」が 73.4%（47 施設）、「事前避難による入所者の体調の悪化が懸念されるため」および「入所者に対するサービスを継続できる避難先がないため」が 42.2%（27 施設）の順に多かった。これらの理由が

ら、入所型の高齢者施設が抱える移送や受け入れ先の問題があらためて浮き彫りとなった。

今後、南海トラフ地震臨時情報を活用して被害を軽減するためには、まずは、臨時情報とは何かを知らなくてはならない。その上で、「巨大地震注意」「巨大地震警戒」発表時の対応について具体的に検討しておく必要がある。そのためには、制度の特性を理解するための研修や、高齢者施設向けの行動指針の策定が急務である。

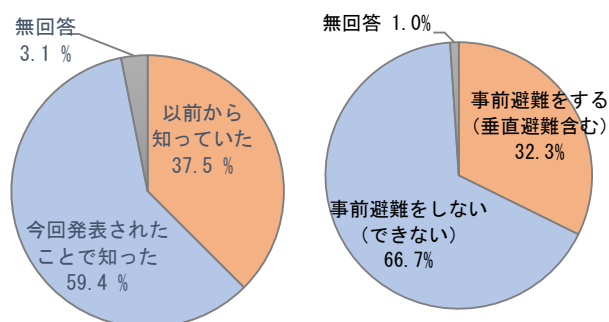


図 2－2－2－43 臨時情報の認知度（左）と事前避難の意向（右）。

以上のことを踏まえ、令和 7 年度事業では、臨時情報の理解促進を目的とした福祉施設向けの動画教材を 2 本制作した(図 2－2－2－44)。

『動画① 南海トラフ地震臨時情報って何?』は、基本編である。内容は、①ナビゲーターおよび専門家の紹介、②2024 年 8 月 8 日「南海トラフ地震臨時情報」発表後、どう対応した? ③沿岸部の福祉施設における避難の課題、④臨時情報ってなに? ⑤南海トラフ地震臨時情報とは、⑥臨時情報が発表された時に福祉施設が行うべきこと、の 6 つに焦点を当てている。次に、『動画② 南海トラフ地震臨時情報

（巨大地震警戒）が発表されたらどうする?』は、応用編である。①ナビゲーターおよび専門家の紹介、②臨時情報（巨大地震警戒）が発表されるのはどんなとき? 四国の沿岸部にはどのような影響がでる?、③臨時情報（巨大地震警戒）が発表された場合に起こること、④事前避難対象地域にある福祉施設はどう対応する?、⑤後発地震に備えた事前避難において起こる問題、⑥法人間連携による相互支援の仕組みづくり、地域継続計画、の 6 つに焦点を当てている。なお、ナビゲーターは、介護老人保健施設悠心館相談支援員 青木正繁氏、専門家は、徳島大学名誉教授中野晋で、撮影協力は社会福祉法人由岐福祉会である。

令和 8 年度には制作した動画教材を活用し、高齢者施設を対象とした臨時情報の研修会を開催予定である。



図 2-2-2-44 作成した動画のキャプチャ（左：動画①「南海トラフ地震臨時情報って何？」、右：動画②「南海トラフ地震臨時情報（巨大地震警戒）が発表されたらどうする？」）。

b) 地域経済機能を支える工業施設の生産機能継続

地域の雇用や経済基盤を支える中核企業は、その事業継続が大規模災害発生後の被災地域の復旧・復興に不可欠な存在にも関わらず自治体からの支援は限定的である。（中途半端な防潮堤など）本研究では海岸に面して津波や高潮等のリスクに晒されている産業集積地の中核企業及び近隣企業も含めた事業継続力強化のための訓練・演習に時空間的な災害リスクの可視情報、及び多様な災害発生シナリオを提供することで実効性の向上を図る。

令和 7 年度は、商工関係団体を対象に検討枠組みの構築に着手した。数多くの断層モデルを用いた地震・津波ハザードマップ情報（中村他，2025）、地震動被害即時評価（藤原他，2019）、津波即時予測システム（Takahashi and Imai, 2022）、地殻活動監視システムの画面例や利活用例を示し、各組織の BCP 検討の材料の提供も一部では開始した。今後、個社のみならず、関連団体や自治体、地域などを対象とした地域全体のレジリエンス強化に資する調査研究を実施予定である。

c) 複合災害による復旧復興シナリオ

i) 既往災害における実態調査

南海トラフ巨大地震は国難級の大災害であり、その備えとしての BCP、DCP は不可欠である。しかし、BCP、DCP の計画を策定しただけでは十分とは言えず、図 2-2-2-45 のような計画の実効性を確認し、改善することが重要である。

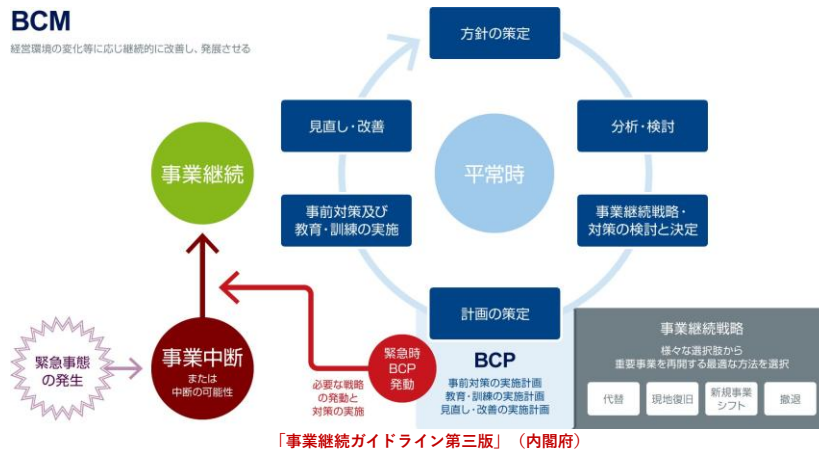


図 2 - 2 - 2 - 45 BCM のサイクル。

一方、大災害が発生した場合、復旧復興には数年から十数年かかるものと想定されることから、その間に発生すると考えられる地震災害、台風、線状降水帯等による風水害など南海トラフ地震前後に発生する複合災害への備えも地域継続計画において考慮すべき重要な課題である²⁾。実際、2018 年の胆振東部地震は地震前の豪雨に起因する広域地滑り災害でもあり、2024 年能登半島地震もその 9 ヶ月後には奥能登地域の豪雨災害など甚大な地震災害に加えて水害が発生した複合災害である（図 2 - 2 - 2 - 46、図 2 - 2 - 2 - 47）。



南海トラフ巨大地震の被害要因が能登半島地震災害に集約されている

図 2 - 2 - 2 - 46 能登半島地震における被害要因。

甚大な地震災害と豪雨災害 近年は複合災害対応が不可欠

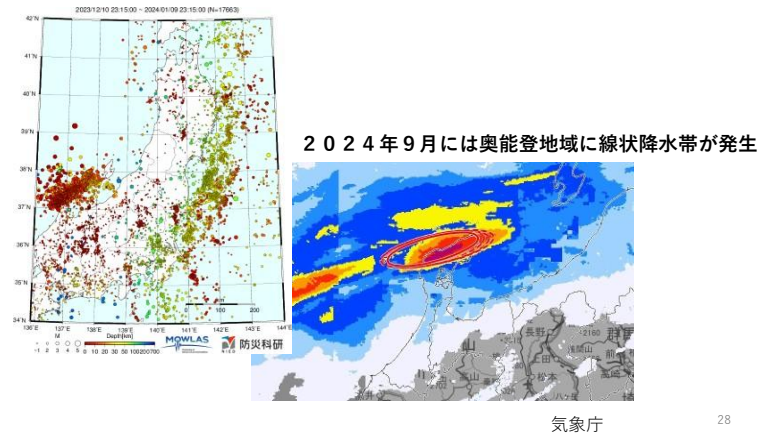


図 2 - 2 - 2 - 47 能登半島地震と豪雨災害の複合災害。

逆に、1923 年大正関東地震時に発生した広域火災も、能登半島付近にあった台風による強風が延焼を拡大したと考えられている。このように大災害時あるいはその前後に発生する災害による複合災害は、被害を拡大し、その結果復旧復興を遅延させる要因となる。

一方、海外でも 2023 年のトルキエの 2 つの大地震は震源が約 100km 離れた M7 クラスの大地震がおよそ 9 時間の時間差で連動発生した結果、甚大かつ広域な地震災害が発生した結果、5 万人以上の犠牲者が発生している。さらに台湾でも 2024 年の台湾東部の花蓮で発生した大地震により生じた堰止湖が、2025 年の台風で破堤したことで大規模土石流が発生し、被災地では土石流による土砂が最大 3m から 5m の層厚となりその後の復旧復興の足かせとなっている(図 2 - 2 - 2 - 48)。



図 2 - 2 - 2 - 48 台湾花蓮の複合災害。

ただし、2023 年のトゥルキエの大地震災害では赤新月社（イスラム圏の日本赤十字社と同様に組織）による迅速な被災者支援や、これまでの台湾での地震・風水害の際の迅速な対応や日頃からの災害へ備える態勢（台湾の慈善団体組織）などは日本も見習うべきものである。また、日本と同様に自然災害多発国であるペルー訪問では、INDECI（国家防災庁）にてこれまでの防災に関する活動と香川大の減災研究について意見交換を行った（写真 2－2－2－1）。



写真 2－2－2－1 ペルーINDECI における研究打ち合わせ。

INDECI のメンバーも社会科学の重要性を認識していたのは想定外であった。また、JICA ペルー事務所を訪問し現在実施しているペルーSATREPS（地震津波の被害軽減）の現状に関して情報提供を受けた。

ii) 複合災害を想定した企業の事業継続および地域影響に関する調査

企業・事業所における災害対応体制および事業継続の実態を把握するため、質問紙によるアンケート調査として実施した。

本調査は、南海トラフ地震をはじめとする大規模災害の発生を想定し、企業・事業所における BCP の整備状況および複合災害への対応状況の実態を把握することを目的として実施したものである。東海地域レジリエンス研究会（2026 年 2 月 2 日実施）では、様々な業種の関係者が集まり、意見交換を行った。その結果、業種ごとに複合災害への対応や地域継続に対する考え方に違いがあることが確認され、多様な視点からの検討の必要性が示された。本調査は、地域を構成するより多様な業種からの回答を得ることにより、東海地域レジリエンス研究会で得られた知見を補強するとともに、復旧・復興に向けた事前準備や地域活性化に資する取り組みを検討するための基礎資料を得ることを目的として実施した。

調査対象は、静岡県、岐阜県、愛知県、三重県で働く 20～65 歳の就業者とし、業種ごとに一定数の回答を確保すること、また可能な限り経営者、管理職、防災担当者等の立場にある者から回答を得ることに配慮し、モニター調査を実施した。

本調査では、主に以下の内容について質問を行った。

- ・ 事業所の基本情報

事業所の所在地、設立年数、従業員数、通勤状況などの基本的な属性。

- ・被災経験および被災リスク認識

過去の災害経験や、事業所および従業員の居住地における災害リスクの認識。

- ・BCPの策定状況

BCPの策定の有無、更新状況、訓練の実施状況、災害対応マニュアルとの関係。

- ・複合災害への対応

地震と停電、交通途絶、通信障害、サイバー攻撃などが同時に発生した場合の影響や、サプライチェーンの途絶への対応。

- ・災害時の従業員参集体制

災害発生時の出勤ルール、参集判断の基準、交通手段が停止した場合の対応。

- ・地域との防災連携

自治体や地域団体との防災協定の有無、地域との協力体制、ICTを活用した安否確認や情報共有の状況。

今後は、本調査で得られたデータの分析を通じて、複合災害を想定した事業継続対策のあり方について実証的な検討を進め、企業防災および地域防災の双方の観点から実効性の高い対策の提案につなげていくことが重要である。

2) コミュニティ

令和7年度は、空間スケールとして地域コミュニティを対象とした地域継続計画策定を念頭に、多様な主体による検討枠組みの構築着手、地域の重要機能としての生活機能に着目した調査の試行、復旧復興シナリオ作成に資する基礎条件の整理を行った。

a) ハザード規模に応じた多様な主体の連携

DCPで目的とする地域の重要機能の継続においては、空間スケールに応じた重要機能に関わる多様な主体の連携が求められる。そこで本研究では、香川県坂出市東部地区を対象に、担い手の多様性に着目した検討枠組みの構築に着手した。

香川県坂出市東部地区は、地域コミュニティにおける福祉機能の継続を目的に、自主防災会を中心とした地縁的な活動が実施されてきた^{3) 4)}。一方、南海トラフ地震を想定した津波被害を踏まえると、町内会の範囲を超えた避難が必要な地域である。そこで東部地区に在する自治会、企業、法人、学校などを担い手としたテーマ型組織が構築され、現在防災活動に着手している。

令和7年度の研究成果では、まず、多様な主体の連携による地区防災計画策定を通じたアクションリサーチに着手した。

具体的には、2か月に1回程度の頻度で開催される会議への参加を通じて、研究者側から南海トラフ地震の被害想定と、被害軽減に資する実践活動に関する情報提供を行った。また、今年度は活動開始の足掛かりとして津波避難経路のウォーキングイベントを実施した（表2-2-2-10、写真2-2-2-2、2-2-2-3参照）。

表 2-2-2-10 地区防災計画策定会議と活動内容。

実施日	実施内容
2025 年 8 月 7 日（木）	FM ラジオアプリを活用した災害情報伝達の可能性確認と試行
2025 年 10 月 15 日（水）	坂出市における南海トラフ地震の被害研修、地区防災計画記載項目の検討
2026 年 1 月 28 日（水）	津波避難訓練計画
2026 年 3 月 16 日（月）	津波避難訓練の実施



写真 2-2-2-2 地区防災計画策定会議実施状況（2025 年 10 月 15 日）。



写真 2-2-2-3 津波避難ウォーク（左）と振り返りトークと南海トラフ地震に関する情報提供（2026 年 3 月 16 日）。

令和 7 年度の成果を以下に 3 点述べる。第 1 に、DCP 検討枠組みの構築である（図 2-2-2-49）。図 2-2-2-49 の坂出市内の久米西地区での取り組みのように、坂出市東部地区が抱えるハザード特性に応じた検討枠組みとして、従来型の自主防災組織単位といった地縁組織にとらわれず、ハザードの影響が及ぶ範囲に在する様々な主体による検討の枠組みが構築されたことは特筆すべき点である。また、津波避難ウォークを通じて地域の警察や行政職員の協力も得られている。南海トラフ地震といった甚大な被害の想定に対して、地域で継続すべき重要機能（本対象地域では、津波から命を守る）に応じた対応体制の構築が求められる中、本東部地区で着手された取り

組みは DCP への発展が大いに期待される。

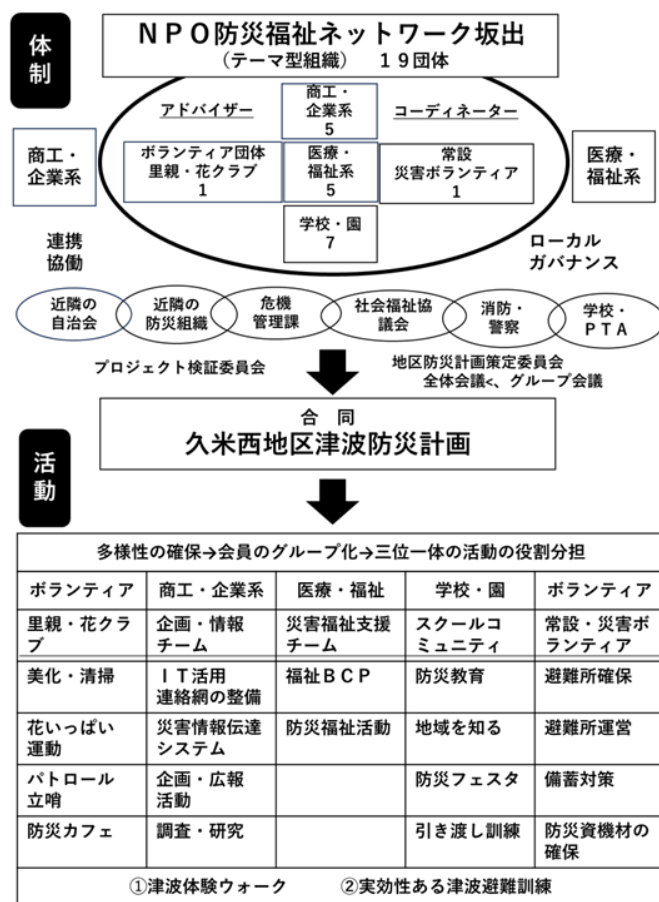


図 2-2-2-49 活動体制（樋口・磯打，2026）⁵⁾。

第 2 に、多様な担い手が有するリソースの最適化である。当該地区では、毎回の会議開催場所として、企業、法人、学校の会議室を輪番制で活用した。会議室などのスペースは事前防災活動に加えて、災害発生後の避難先や対応拠点になり得る重要な地域資源である。地区防災計画策定会議を通じて空間リソースのシェアリングがなされていた。津波避難ウォーク時には法人の駐車場に集合し、ウォーキング後には避難先である学校体育館で振り返りトークと南海トラフ地震に関する研究会がなされた。ここでの避難経路は、比較的被害が大きい地域を横切ることになることを伝えるためである。また、津波避難ウォークでは、コミュニティ FM が有するリスナー投稿アプリが活用され（図 2-2-2-50）、ボランティアによるおもてなしがなされた（写真 2-2-2-4）。避難経路の目印として花ボランティアによる花壇も設置されていた。このように、多様な担い手の有する地域資源のリソースが活用されていることが確認された。



図 2-2-2-50 コミュニティ FM リスナー投稿アプリ画面と津波避難ウォークでの活用状況。



写真 2-2-2-4 避難先で提供されたおもてなしと避難経路で育てられている花。

第3に、南海トラフ地震発生後の被害様相に関する理解である。地区防災計画策定会議や津波避難ウォーク時には南海トラフ地震の被害様相について行政職員と研究者から情報提供を行っている。参加者からは、「次回は危ない場所のチェックを行いたい」「もしこの経路が通れなかったら他の経路はどうするのか」「今日は天候が良かったが、悪天候時はどうするか」などといった声があった。南海トラフ地震発生を想定した対応行動は内容も多様に、かつ地震発生シナリオも多様に準備しておくことの必要性について理解がなされた。

b) 生活機能の継続に着目した地域継続計画

DCP は地域の重要機能の継続を目的とした戦略的な連携計画である。本研究の目的は、地域における生活機能の継続を目的に、地域内の生活物資保有量を自助・共助・公助の連携により確保を試みるものである。

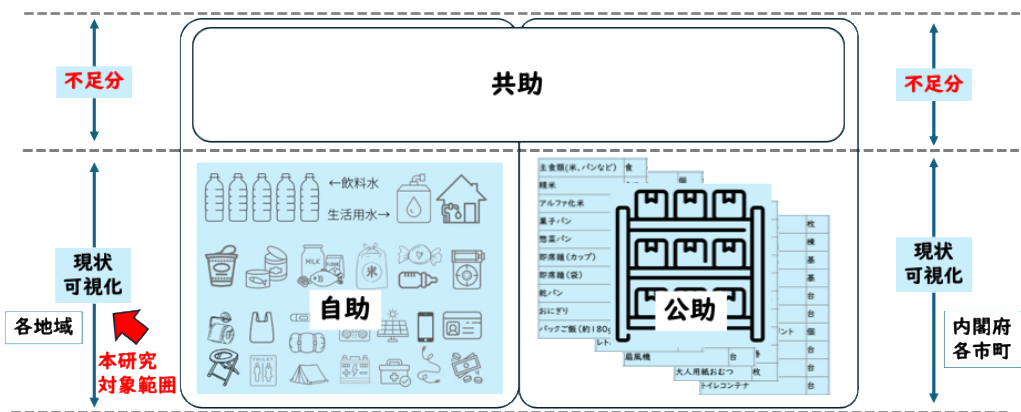


図 2 - 2 - 2 - 51 共助見える化のイメージ。

本研究では、地域の備蓄可視化へアプローチする。自助の備蓄を可視化することで地域で不足する備蓄品・量の把握が可能となり、公助・共助での補完をどの程度考えるべきかの可視化につながる（図 2 - 2 - 2 - 51）。もちろん精緻に自助備蓄品・量を知ることは困難であり、日々変化する可能性のある自助備蓄を精緻に把握することに大きな意義はなく、どのような品目でどの程度不足しているかの傾向を知ることで、共助の備蓄の目安とする考え方である。発災時の被災人数想定から必要な備蓄全体を導いて、自助で備えられていない品目や量を公助・共助で備えていくことで、「量」を中心とした備蓄から地域機能の継続に向けた意図ある備蓄への貢献を期待する。

対象地域は、岡山県倉敷市真備町川辺地区を選定した。同地区は平成 30 年 7 月豪雨災害で地区全体が浸水し、甚大な被害を経験している。以降、有志の地域住民による地域防災活動が盛んである⁶⁾。調査は、真備町川辺地区の住民に各世帯での備蓄アンケートを実施した。アンケート項目は、内閣府が公開している災害用物資・機材等の備蓄状況に関する調査結果⁷⁾の項目を参照して、本研究では食料については日常の食料を含めた全てで何食か、飲料は水やジュース全てで何リットルかなど集約した形式で備蓄品アンケートアプリを用いて 22 項目（自由記述のその他含む）を調査し、4 項目（飲料（水、ジュース）、食料品、生活用水、簡易トイレ）に着目して結果を集計した。

アンケート調査方法は、地区防災計画に取り組む防災チーム定例会や防災イベントなど真備町川辺地区住民に対して、アンケートアプリ（図 2 - 2 - 2 - 52）を用いて、2025 年 11 月より 2026 年 2 月の期間で実施、40 代から 70 代の 35 名の回答者による各世帯での備蓄情報を得た（表 2 - 2 - 2 - 11）。



図 2－2－2－52 備蓄品アンケートアプリ画面抜粋。

年代	人数	比率
80代以上	0	0%
70代	14	40%
60代	8	23%
50代	6	17%
40代	7	20%
30代	0	0%
20代以下	0	0%

表 2－2－2－11 アンケート回答年代内訳。

備蓄量の評価基準を3日分と7日分で調査結果を比較した（図2－2－2－53）。3日分での評価結果として、生活用水が大きく不足しており、続いて簡易トイレ（トイレイス、トイレ袋、凝固剤、廃棄用袋）が不足していた。また、7日分での評価結果では、3日分では充足していた飲料や食料でも不足していた（以下は、各項目の備蓄量が、評価基準よりも下回る場合、50%未満と50%以上100%未満の項目をカウントして調査母数に占める割合を計算したものをグラフ化した。つまり、100%に近いほど全世帯近くが不足していることを示している）。

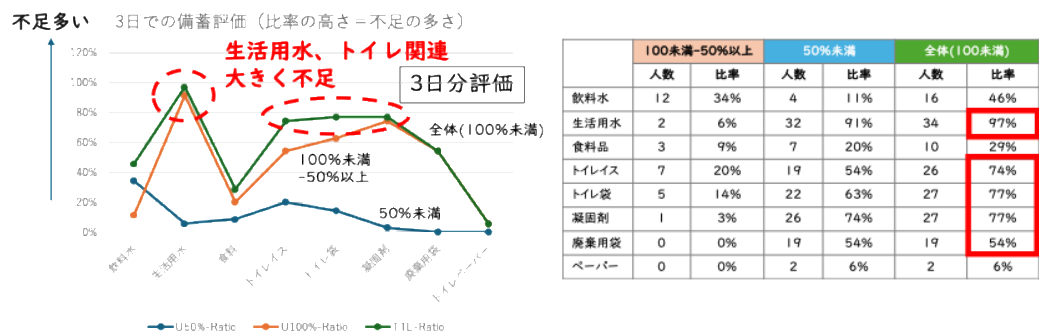


図 2-2-2-53 備蓄基準を 3 日で評価。

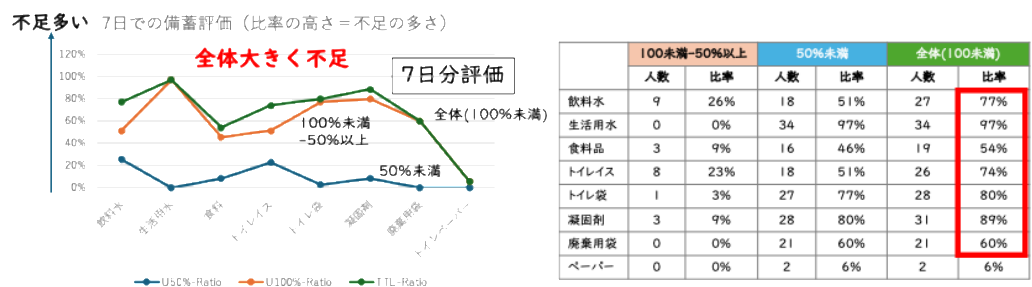


図 2-2-2-54 備蓄基準を 7 日で評価。

本調査結果では、被災経験のある地域でも、基本的に備えておくべき項目に不足があるということ、特に飲料や食料でも 7 日分の備蓄が十分ではないことが示唆された(図 2-2-2-54)。

自助充実の努力は継続する必要があるが、共助として、基本的な項目についても一定量は必要となる可能性が高いことがわかる。課題としては、地域での必要項目と必要量を探りながら、備蓄品の備え方についても研究を深めていく必要があるものと考ええる。

c) 被災ナラティブに着目した復興シナリオに資する基礎条件の整理

i) 災害発生直後から復旧期に至るまでの被災住民の感情変化

本研究では、令和 6 年能登半島地震を対象に災害発生直後から復旧期に至るまでの被災住民の感情の時系列変化把握を目的とする。被災者の感情は、災害発生後の環境の進展に応じて変化することが想定される。この変化を把握することにより、早期生活再建や復旧復興シナリオの検討に資する。

そこで本研究では、地元紙の新聞読者投稿文を用いて、感情の時系列変化把握を試みた。さらに、感情分析によって得られた数値的結果の背景にある生活状況や心理的文脈を明らかにするため、被災者への半構造化インタビュー調査を組み合わせ考察した。

読者投稿文の分析対象は、令和 6 年能登半島地震(令和 6 年 1 月 1 日)から令和 6 年奥能登豪雨(令和 6 年 9 月 21 日)までの期間に関連する投稿のうち、能登地域に

居住する投稿者によって執筆され、北陸中日新聞の読者投稿欄に掲載された文章である。新聞投稿は投稿から掲載までに概ね2週間程度のタイムラグが生じるため、本研究では掲載日から2週間遡った日を投稿日と近似的に扱った。その結果、令和6年1月15日から令和6年10月4日までに掲載された記事を分析対象とした。なお、執筆日と投稿日は同日であると仮定した。読者投稿文は、投稿者自身の置かれた状況や心情が文章として表出される資料であり、発災後も継続的に投稿が掲載される点に特徴があることから、被災者感情の推移を把握する上で有効な分析対象である。感情分析は、以下の手順により実施した。

1 形態素分析

対象の新聞読者投稿文に含まれる語の抽出を行った。形態素分析には、形態素解析ソフトウェアである「Web 茶まめ」⁸⁾を用い、各投稿文を形態素単位に分割、動詞および形容詞を抽出した。

2 感情語辞書の構築

感情語辞書とは、単語とその単語が示す感情カテゴリーおよび強度を対応付けた単語リストであり、テキスト中に出現する語に感情情報を付与することで、文章全体の感情傾向を定量的に把握するために用いられる。

感情語辞書の作成にあたっては、新聞読者投稿文から抽出した「動詞」および「形容詞」を対象にアノテーションを実施した。感情の分類には Plutchik の基本感情モデル⁹⁾に基づく8基本感情に「無感情」を加えた計9感情を用い、各単語について最も当てはまる感情を1つ選択する方式とした。アノテーションは10代、20代、50代の3名が行った。

感情の強度は注釈者による一致度に基づいて設定し、3人全員が同一の感情を選択した場合を1.0点、2人が一致した場合を0.5点、それ以外の場合を0点とした。最終的に、感情点数が0点でない単語のみを辞書に収録し、感情カテゴリーと感情点数を対応付けた感情語辞書を構築した。

3 感情極性値の算出

作成した感情語辞書を用いて、各新聞投稿文および月ごとの感情極性値を算出した。解析には日本語形態素解析エンジンである「MeCab」¹⁰⁾を用い、投稿文テキストに対して再度形態素解析を実施した。各文章内に含まれる感情語を自動的に抽出し、対応する感情点数を付与した。感情極性値は、各文章における感情カテゴリーごとの感情点数の合計を用い、以下の式により算出した。

$$s_{ij} = \frac{C_{ij}}{\sum_{k=1}^8 C_{ik}}$$

ここで、 s_{ij} は文章 i における感情カテゴリー j の感情極性値、 C_{ij} は該当感情カテゴリーの感情点数を表す。この指標により、各文章内で相対的にどの感情が強く表出しているかを定量的に評価した。算出した感情極性値は文章単位で正規化した後、月別に集計し、各月の感情構成比として整理することで、能登半島地震後にお

ける感情の時間的推移を把握した。

さらに、感情分析結果の解釈を補完するため、被災者へのヒアリング調査を実施した。ヒアリング調査は、石川県七尾市に居住する能登半島地震の被災者 10 名を対象とし、2024 年 11 月 12 日から 11 月 13 日にかけて、半構造化インタビュー形式で実施した。発災後の生活状況の変化や当時の心境について時系列で聞き取りを行った。得られた語りをもとに、月ごとの生活状況や感情表現の特徴を整理し、感情分析によって示された数値的な変化と照合することで、定量的に把握された感情推移がどのような状況のもとで生じていたのかを検討した。

感情語辞書を用いた感情分析により、能登半島地震発生後 1 月から 9 月までの読者投稿文に含まれる感情の月別推移を算出した。その結果と地震についての言及がされている読者投稿文の割合を図 2-2-2-55 に示す。

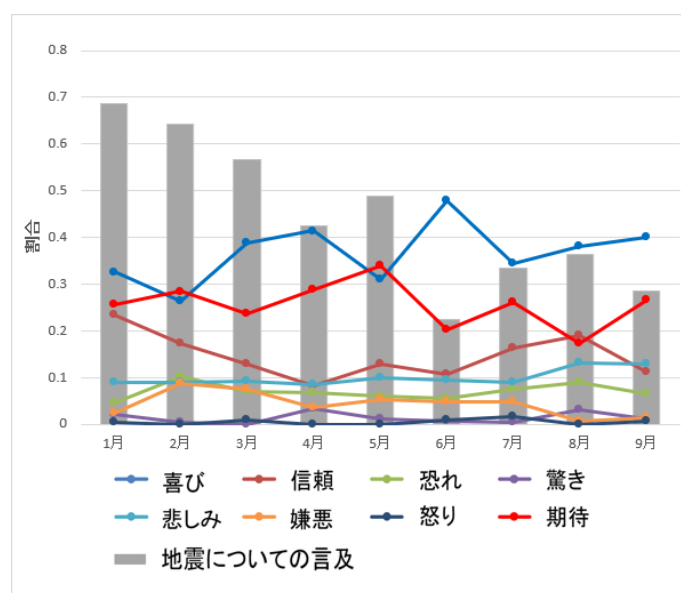


図 2-2-2-55 読者投稿文に含まれる感情の月別推移。

図 2-2-2-55 より全体としては一貫して「喜び」および「期待」の感情が多く、これら 2 つの感情で全感情の過半数を占めていることが確認された。一方で、各感情の割合は月ごとに变化しており、投稿文に表出する感情が時間の経過とともに一定ではないことが示された。特に変動が極めて大きかった 2 月、1～4 月、6 月に着目し、ヒアリング調査との照合による要因分析を行った。

2 月は、「喜び」「恐れ」「嫌悪」の感情において大きな変動が確認され、感情構成のばらつきが最も大きい時期であった。感情極性値を見ると、「恐れ」と「嫌悪」が期間中で最大値を示し、「喜び」が最小値となっており、心理的に最も過酷な時期であったことが示唆される。ヒアリング結果からは、再建の見通しが立たない状況に対する不安や精神的緊張が語られており、これが「恐れ」の上昇として表れた可能性がある。また、避難所生活における騒音トラブルや、復旧の遅れに対する行政・政治への不満が語られており、これらが「嫌悪」の感情として反映されたと考えられる。一方で、長期化する避難生活や生活環境の停滞により、発災直後には感じられていた小さな安心や前向きな感情が失われ、「喜び」が低下した可能性がある。

1月から4月には「信頼」が最高値から最低値へと継続的に減少している。1月のヒアリング結果に基づけば、当時は「生活するのに無我夢中」な状況下で、周囲の人や支援に対する感謝が多く述べられていた。このように、震災直後は外部からの支援が生存に直結していたことから、他者や社会に対する信頼が被災者の心理的支えとなっていたと考えられる。しかし、2月以降は「行政の対応の遅れ」や「業者不足による復旧の停滞」といった期待していた復旧の進展と実態が乖離したことで当初の信頼感是不信感へと変化し始めたと考えられる。さらに4月には、避難形態の変化や他地域への移住により周囲の人間関係が希薄化し、物理的・心理的な支えを同時に失う状況が生じたことが、信頼の低下につながったと考えられる。

6月は、感情分析では「喜び」が突出して高い割合を示し、感情構成に顕著な変化が見られた。しかしながら、ヒアリング結果からは行政に対する不信感や不満、復旧の停滞といったネガティブな事柄が多く語られており、定量データと定性調査の結果が一致しない結果となった。この要因として、6月は読者投稿文章全体における地震に関わる記述の割合が大幅に減少したことが考えられる。すなわち、数値上の「喜び」の増加は、被災者の生活状況そのものが好転したことを直接的に示すものではなく、日常的な話題が増加したことに伴う感情表出の変化を反映した結果であると解釈できる。このことから、感情分析という定量的な手法のみでは被災者の真の感情を導き出すことは困難であり、ヒアリング調査を組み合わせることの重要性が改めて示されたと言える。

分析の結果から、感情の出現傾向は月ごとに变化しており、発災直後から時間の経過に伴って感情構成が推移していく様子が確認された。一方で、数値的に高く示された感情が、必ずしも被災者の生活状況の好転や心理的安定を直接的に示すものではないことが明らかとなった。これらの結果から、被災者感情の把握においては、定量的な感情分析の結果を単独で解釈するのではなく、被災者の生活状況や語りを踏まえて検討する必要性が示された。今後は、投稿媒体や分析単位の拡張、ならびに感情の質的側面に着目した分析を行うことで、被災者感情のより多面的な理解が可能になると考えられる。

ii) 被災後居住継続の要因整理

大規模災害後の復興においては、被災者が元の地域に帰還し、安定した生活を再建できる環境整備が重要である。しかし、大規模災害を経験した地域では、住宅被害や生活基盤の喪失により人口減少が進行し、さらに避難生活の長期化や分散避難によって地域コミュニティの分断が生じている。こうした人口減少や社会的つながりの弱体化は、生活再建や地域復興に大きな影響を及ぼす。このため、行政支援だけでなく、住民の帰還意欲や復興意識といった地域への帰属意識に基づくコミュニティの再構築が重要である。本研究では、「地域の愛着」に着目して、平成30年7月豪雨の被害を受けた岡山県倉敷市真備町川辺地区における被災後の居住継続要因を明らかにした上で、「地域の愛着」を考慮したソフト面での復興の在り方について考察し、復旧復興シナリオ作成の基礎情報とする。

まず、Hidalgo(2001)¹¹⁾によれば地域の愛着は「人と地域との情緒的な結びつき」

と定義され、長谷(2013)¹²⁾では定住意向や居住継続意思と強く関連することが示されている。また、阿部ら(2012)¹³⁾では、地域の愛着の形成には居住年数よりも、近隣住民との交流や人とのつながりが大きく影響することが明らかにされてきた。さらに、レベッカら(2010)¹⁴⁾では、大規模災害後には「災害ユートピア」と呼ばれる一時的な連帯が生じ、人とのつながりが強まる可能性が指摘されている。被災地における居住選択研究は再建時点の要因分析が中心であり、被災後から現在に至る居住継続の過程は十分に検討されていない。そこで、豪雨被災地域を対象に、被災後の居住継続過程から地域の愛着および居住継続要因を明らかにすることを本研究の位置づけとする。

岡山県倉敷市真備町川辺地区は、平成30年7月豪雨により小田川が決壊し、ほぼ全域が浸水して多くの住居が全壊した。この災害により多くの住民が地区外へ転居し、地域のつながりの継続が困難となった。しかし、被災直後は世帯数・人口ともに減少したが、その後は帰還が進み、世帯数・人口は増加し、世帯数は被災前をやや上回っている。

また、この地区では被災後に地域の人がこれからも安心して暮らせるため、また地域の中での居場所づくりのため、平成30年7月豪雨の教訓とした地区防災計画の策定や黄色いタスキ大作戦の実施、防災イベントの実施といった防災の取り組みを行ってきた。このように、被災後も居住継続がみられ、住民主体の取り組みが継続して行われている。

まず、本研究の本調査を実施するにあたり、聞き取り調査での調査項目および調査対象者の検討のため地域の実態調査を行った。この調査は川辺地区の防災イベントに参加した住民6名に対し、川辺の住みやすさ等を構造化インタビューで行った。また、その内容を質的分析手法の大谷(2011)¹⁵⁾のSCATを用いて、本調査での調査項目を検討した。

次に、地域の実態調査の結果を踏まえ、川辺地区に被災前からの居住者14名と被災後の移住者3名に対して定住のきっかけ・日常生活の事柄・被災前との変化について半構造化インタビューを行った。また、この内容を大谷(2011)¹⁶⁾のSCATを用いて理論記述を作成し、居住継続要因をカテゴリー分類した。

被災前からの居住者のカテゴリー分類は被災前(住み始めから被災まで)、被災直後(被災から帰郷まで)、被災後(帰郷から現在まで)の3つの時期に区分した。さらに地域の中での人との関わりと居住継続の関わりを明確化するため、社会的要因(川辺地区内での人との関わりによるもの)と個人的要因(個人的や家庭的な事柄によるもの)の2つの分類分けを行った。そして、時系列ごとで生まれた要因を視覚的に把握しやすいようにモデル図を作成した。

また被災後の移住者の居住継続要因もカテゴリー分類したものを整理し、被災前からの居住者の居住継続要因と比較を行った。

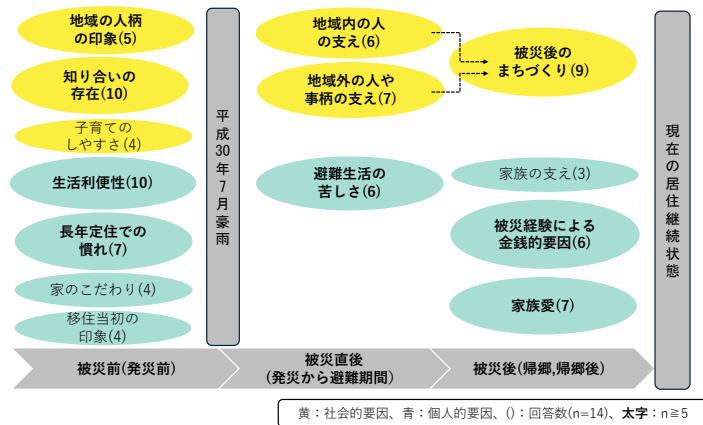


図2-2-2-56 現在の居住継続に至る過程。

本調査での被災前からの居住者の居住継続の過程を図2-2-2-56に示した。現在の居住継続には被災前からの【生活利便性】や【知り合いの存在】だけでなく、被災直後の【地域内・外の人の支え】や被災後の【被災後のまちづくり】などを通しての人との関わりや家族のためなど被災後に生まれた要因も影響しており、被災が居住継続に大きく関わっていることが示された。

また、人との関わりによる社会的要因は、被災前の【地域の人柄の印象】や【知り合いの存在】といった被災前の人との関わりを通じて、地域での居心地の良さや安心感が形成されていた。そして、さらに被災直後には【地域内の人の支え】といった被災を経験して地域の人同士で助け合おうとする力が平時より強まる傾向が確認された。そして被災後は、【被災後のまちづくり】の被災直後に休止していた活動の復活や被災直後地域内で行っていた活動の形を変えて継続的に行われていることで、まさに活気が生まれることへの喜びや、地域に関わろうとする姿勢が確認された。

これらの結果より、社会的要因は被災前・被災直後・被災後の全ての段階で確認されたことから、地域の中での人との関わりが居住継続に大きく影響している。

さらに本研究では被災後の移住者の居住継続要因との比較も行った。被災後の移住者では、【地理的要因】・【金銭的要因】や【生活利便性】・【知り合いの存在】といった被災前からの居住者の被災以前の要因と似た要因が表れたことより、被災と居住継続との関連は小さいことが示された。

結果、被災後のソフト面での居住継続要因では、以下3点をふまえる必要がある。

・地域の愛着と居住継続要因

被災前からの居住者の居住継続の過程の被災前・被災直後・被災後の各フェーズにおいて、地域内での人との関わりが共通して確認された。先行研究では、地域の愛着は人と地域との情緒的な結びつきと定義され、定住意向や居住継続意思と深く関わることを示されている。本研究においても、人との関わりを通じて地域に対する肯定的感情や安心感が語られ、これは自身の意思による内面的要素である。一方で、居住継続の判断には、家族の意思や将来への配慮といった他者志向の判断による外面的要素が重要な背景として存在していた。以上より本研究では前述した内面

的要素を「地域の愛着」と定義する。居住継続要因は、内面的要素と外面的要素、あるいはその両者が複合的に作用するものと定義する。

・災害ユートピア

被災直後のフェーズでは、【地域内の人の支え】や【地域外の人や事柄の支え】など、人と人との密接な関わりが顕著であった。これは、大規模災害直後に一時的な連帯が生じる「災害ユートピア」の状態に該当すると考えられる。この現象は被災前からの居住者に特徴的に見られた。一方で、先行研究と同様に、時間の経過とともに強い結びつきは弱まる傾向が確認された。しかし、被災後も地域活動は継続しており、これは災害ユートピアの「なごり」と位置づけられる。さらに、直後の支えの経験が、その後の地域活動への参加意欲を高め、居住継続の一因となっている可能性が示唆された。

・復興の在り方

災害ユートピアが居住継続の要因となることを踏まえ、【地域内の人の支え】および【地域外の人や事柄の支え】の観点から復興の在り方を考察する。地域内では、住民同士の励ましや交流の場が心の支えとなり、その継続にはリーダー的存在が重要である。川辺地区では被災後に立ち上がった住民団体が情報共有や炊き出しを担い、防災計画等の主体的活動へと発展した。一方、地域外からの支援として災害ボランティアが大きな役割を果たすが、調整を担う災害ボランティアセンターには人手不足という課題があり、体制強化が求められる。

本研究の結果をふまえると、被災後のソフト面での居住継続支援には、「地域の愛着」を考慮した地域内・地域外支援者との関わりの創出や、その継続にあたっての支援を復旧復興シナリオに考慮する必要性が示唆された。

d) 確率論的アプローチによる南海トラフ地震での水道管路被害推定手法の構築

中央防災会議防災対策実行会議は、南海トラフ地震対策推進基本計画の策定から10年が経過したことから、防災対策の進捗状況の確認や被害想定の見直し、新たな防災対策等について検討し、2025年3月に新たな南海トラフ地震の被害想定結果を示した³⁴⁾。この新たな被害想定では、2013年の前回被害想定と比較すると、死者数は最大約33.2万人から約29.8万人に、全壊焼失棟数は約250.4万棟から約233.5万棟に、経済活動への影響は約44.7兆円から約45.4兆円との想定がされている。上下水道では、上水道の最大断水人口が約3,440万人から3,680万人に、下水道の利用困難人口は最大3,210万人から約3,570万人となっており、水道の約95%が復旧するのに要する期間は約8週間との想定がなされている。この被害想定結果から、この10年間で、上下水道のみならず、地域における南海トラフ地震対策がほとんど進展することができなかったといえる。

上水道の被害想定においては、津波浸水、停電、揺れによる影響を考慮して、断水人口を算出している¹⁷⁾。そして、管路被害は、管種管径別の配水管被害率と管種管径

別の管路延長より被害箇所数を算出し、配水管被害率より断水率を求めている。ここでの配水管被害率は、管路延長当たりの被害件数であることから、被害が生じるかどうかを離散的に想定しているのではなく、あくまでもハザードに対するリスク評価となっている。水道管路被害予測手法については、さまざまな研究がなされてきている。水道技術センターは、250m メッシュにおける水道被害を評価するために、管路属性のうち、管種・継手、口径、微地形、地表面最大速度（PGV）および、液状化情報を用いて管路ごとの推定被害率〔件/km〕を算出する式を提案している¹⁸⁾。岡野ら¹⁹⁾は、管路を構成する個々の管製品である管体1本に対して埋設条件の部分的な違いなど想定されていない不確定要素の影響を考慮して、被害率〔件/本〕に確率分布を設定したモデルによる離散的管路被害予測モデルを提案している。これらの水道管路被害予測手法は、管網データを活用することができることを前提とした手法である。したがって、南海トラフ地震等巨大広域災害に対する対策を推進するためには、リスク評価に留まらない、離散的な被害の有無を推計することが可能であり、かつ、事前対策や復旧・復興対策を検討していくことが可能となる新たな水道管路被害予測手法を開発することが不可欠である。すなわち、既往研究における離散的な水道管路被害予測モデルを用いて、南海トラフ地震に対する水道管路被害想定手法を構築することが必要である。

離散的な水道管路被害予測モデルは、マッピングシステム等の水道管路データを活用することが前提となっている。そのため、管路データを活用することができない地域における管路データを推定することが必要である。これまでもメッシュ単位で水道管路の延長や管路被害を推定する研究がなされている。小林ら²⁰⁾は、メッシュ単位の上水道管路延長の推定における建物棟数を用いる手法についてデータの入手難易度や精度の課題を指摘し、比較的入手しやすい道路延長を用いた管路延長推定手法を構築している。また、平山ら²¹⁾は、現在給水人口と現在給水世帯数を独立変数として配水管管路延長を推定する重回帰モデルを構築し、地域メッシュ別に東南海・南海地震時の配水管被害数を算出している。Nagata et al.²²⁾は、簡易的な1kmメッシュでの配水管管路延長推定手法として、水道統計の市町村単位の延長と人口データから対象メッシュにおける管種・口径別の延長を推定する手法を構築している。久郷、平山²³⁾は、地震直後の管路データが得られない災害初動期においても、水道管路被害を離散的に推定する手法を提案している。

そこで、本研究では、南海トラフ地震等巨大広域災害に対する新たな水道管路被害推定手法を構築することを目的とする。すなわち、確率論的アプローチによる離散的な水道管路被害予測モデル²⁴⁾、ならびに、地震災害初動期の離散的な水道管路被害予測手法をベースとして、管路データが利活用できない地域に対して、一般に入手可能な地域メッシュ統計、地理情報データや水道統計を用いて、250mメッシュ単位で水道管路被害を離散的に推定することが可能な手法を構築する。具体的には、水道統計、国勢調査に関する地域メッシュ統計から地域メッシュ別に水道管路延長、管種属性情報を推定するモデルを構築する。さらに、推定された地域メッシュ別管路データに対して、モンテカルロ法による離散的な水道管路被害予測モデルを適用することで、地域メッシュ別に管路被害件数を推計する。本稿では新たな南海トラフ地震想定地震動をハザード情報として、構築した管路被害モデルを用いて、愛知県を対象として水道管路被害

害件数を推計する。

i) 地域メッシュ統計を用いた水道管路被害予測手法の構築

ここでは、管路被害の推定に用いる管路被害関数の構築、メッシュ単位での管路延長推定モデル、および被害関数に必要な属性を付与するモデルを構築する。

1 水道管路被害関数の構築

地震時の水道管路被害推定手法に関する研究は多くの研究者によってなされてきている。水道技術センターは、250m メッシュにおける管路被害を評価することを目的として、管路属性のうち、管種・継手、口径、微地形、地表面最大速度（PGV）および、液状化情報を用いて管路ごとの推定被害率〔件/km〕を算出する式を提案している。一方、離散的な被害予測手法として、管路を構成する管製品である管体1体に対して被害を推定する被害関数が提案されている。離散的な被害予測手法では、管路の口径に応じて管体1体あたりの延長を決定し、その値で管路延長を除すことによって管体数を求めている。しかしながら、実際の管路の布設では管の分岐や屈曲があるため、管路延長に対して用いられる管製品の数には管路の口径のみに基づき換算される管体数と乖離が生じると考えられる。本研究では実際の布設状況を反映した管体数の算出方法を用いて、管体の被害を推定する水道管路被害関数を構築した。

・管体数の算出

本研究では、日本ダクタイル鉄管協会が提案している 100m あたりの口径 75～300mmGX 形の標準数量²⁵⁾を用いた。標準数量では、実務に即して 100m あたりに必要な管製品や継手などの布設に必要な製品数を提案している。本研究では標準数量表に示されている製品のうち、直管や曲管といった管の数量を合計し、製品1つあたりの延長を口径ごとに算出した。口径ごとの集計結果を表2-2-2-12に示す。管体数は表2-2-2-12に示した製品1つあたりの延長で管路延長を除すことで算出した。管路の口径が表2-2-2-12に含まれない300mmより大きい場合、75mmより小さい場合はそれぞれ300mmと75mmの値を用いて管体数を算出した。

表2-2-2-12 管製品1つあたりの延長。

口径 [mm]	管路1体あたりの延長 [m]
75	3.22
100	3.18
150	3.59
200	3.67
250	3.35
300	4.14

・水道管路被害関数の構築

本研究では、久郷らが構築した被害関数と同様のモデルを考える。対象とする管種は、鋳鉄管(CIP)、ダクタイル鋳鉄管(DIP)、鋼管(SP)、硬質塩化ビニル管(VP)とした。被害関数のモデル式を式(1)に示す。

$$\ln\left(\frac{q}{1-q}\right) = z \quad (1)$$

$$z = \beta_0 + \beta_1 x_{\text{PGV}} + \beta_2 x_{\text{口径}} + \beta_3 x_{\text{経年}} + \begin{cases} 0(\text{なし}) \\ \beta_{41}(\text{小}) \\ \beta_{42}(\text{大}) \end{cases}$$

線形予測子 z に用いられる説明変数は、PGV[cm/s]、口径[mm]、経年[年]、液状化危険度（なし、小、大）の4つであり、液状化危険度は久郷らの手法を用いて微地形区分²⁶⁾とPGVから判定した。

パラメータの推定には岡野らが構築した管体データベースを用いた。この際、管体数は前項の手法を用いて修正した。管種ごとのパラメータの推定結果を表2-2-2-13に示す。本研究では、この被害関数を用いて被害予測を行った。

表2-2-2-13 被害関数の管種別パラメータ推定結果。

管種	CIP		DIP		SP		VP	
	結果	p値	結果	p値	結果	p値	結果	p値
切片	-4.052	0.000	-10.88	0.000	-7.492	0.000	-8.833	0.000
PGV [×10 ⁻²]	1.691	0.002	1.700	0.015	1.133	0.111	2.619	0.000
口径 [×10 ⁻⁴]	-1.699	0.643	-37.98	0.018	-17.01	0.000	14.50	0.445
経年 [×10 ⁻²]	-7.634	0.000	5.216	0.000	2.149	0.000	2.580	0.000
液状化危険度								
なし	0.000	-	0.000	-	0.000	-	0.000	-
小	-0.120	0.549	0.389	0.075	-0.063	0.855	-1.386	0.000
大	-0.040	0.877	0.847	0.001	0.328	0.511	-2.046	0.000

2 管路延長推定式の構築

本研究では冪乗モデルを用いて管路延長を推定する式を構築する。ここでは令和3年度水道統計²⁷⁾における事業体ごとの現在給水人口[人]、現在給水面積[m²]および、管路延長[m]を用いた。現在給水人口を現在給水面積で除して得た人口密度[人/m²]と管路延長を現在給水面積で除して得た単位面積あたりの管路延長[m/m²]の関係を図2-2-2-57に示す。

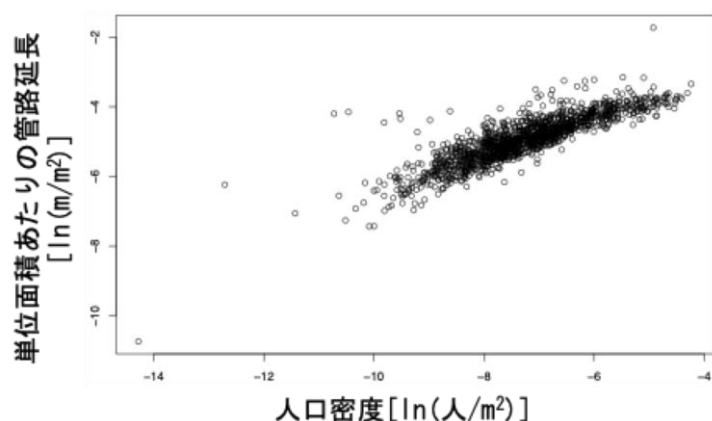


図 2-2-2-57 人口密度と単位面積あたり管路延長の散布図。

両者の自然対数をとった値には線形関係がみられるため、本研究では式(2)のモデル式を考えた。

$$\ln(l_i/A_i) = \alpha \ln(p_i/A_i) + \beta \quad (2)$$

ここに、 l 、 A 、 p はそれぞれ事業体 i における管路延長[m]、現在給水面積[m²]、現在給水人口[人]、 α 、 β はパラメータである。本研究では、事業体を現在給水人口ごとに、1) 5,000 人未満、2) 5,000 人以上 10,000 人未満、3) 10,000 人以上 50,000 人未満、4) 50,000 人以上、の4つに分類し、式(2)におけるパラメータを求めた。このとき、用水供給事業の事業体など現在給水人口が0人の事業体は除いた。また、単位面積あたりの管路延長が0.05[m/m²]を超えた1事業体については外れ値として除外した。パラメータの推定には統計ソフト R を用いた。推定結果を表 2-2-2-14 に示す。

表 2-2-2-14。

現在給水人口	5,000人未満		5,000人以上 10,000人未満		10,000人以上 50,000人未満		50,000人以上	
決定係数 R^2	0.614		0.796		0.785		0.874	
パラメータ	結果	p 値	結果	p 値	結果	p 値	結果	p 値
α	0.642	0.000	0.693	0.000	0.625	0.000	0.528	0.000
β	0.335	0.000	0.370	0.066	-0.367	0.000	-1.209	0.000

3 メッシュ別の水道管路延長の推定

ここでは、構築した管路延長推定式を用いて、250m メッシュ単位の延長を推定する手法を構築する。

本研究では、事業体の管路は給水区域内のみに存在すると仮定した。はじめに250m メッシュに対し、QGIS を用いて国土数値情報の給水区域²⁸⁾をマスクして給水区域を含むメッシュを抽出した。給水区域を含まないメッシュについては対象外とした。

メッシュの延長を推定する際、推定式に用いる人口は推定するメッシュの周囲8メッシュを含めた9メッシュでの平均人口を用いた。なお、周囲のメッシュのうち、

給水区域を含まないメッシュがある場合は、そのメッシュの人口を 0 人として平均値を算出した。メッシュの面積は $250^2[\text{m}^2]$ とした。式(3)に 250m メッシュでの管路延長を求める式を示す。

$$l_i = \exp\{\alpha \ln(p_i/250^2) + \beta\} \times 250^2 \quad (3)$$

4 管路延長推定式の精度評価

式(3)により推計した地域メッシュ別の管路延長と水道統計における事業体の管路延長との比較を行う。本稿では令和 3 年度水道統計および、令和 3 年度簡易水道統計²⁹⁾に記載されている事業体のうち、3,014 事業体を対象として管路延長の推定を行なった。推定には令和 8 年度国勢調査³⁰⁾の人口を用いた。

事業体ごとの推定延長は 250m メッシュ単位で推定した管路延長を合計し求めた。水道統計の管路延長と推定延長の関係を図 2-2-2-57 に示す。図 2-2-2-58 の実線は、管路延長と推定延長が一致する場合の直線を示している。実線より上部では推定延長が過大であり、下部では過小であると解釈できる。管路延長を説明変数、推定延長を目的変数として単回帰分析した結果、回帰係数は 0.965 となり、構築した地域メッシュ別管路延長推定手法により、管路延長を精度良く推定できたといえる。

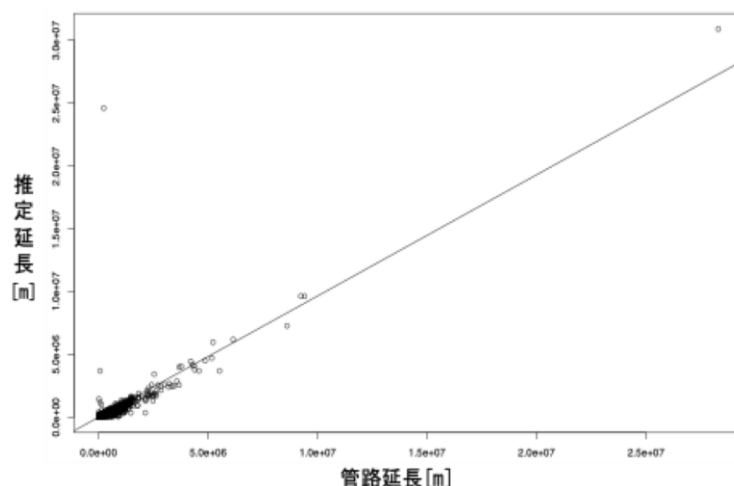


図 2-2-2-58 管路延長実績と推定管路延長。

図 2-2-2-59 に現在給水人口別の管路延長と推定延長の関係を示す。現在給水人口が 50,000 人以上の事業体では回帰係数も 1 に近く管路延長を推定することができたが、50,000 人未満の事業体では推定精度が下がる傾向が見られ、管路延長よりも小さくなる傾向が見られた。実際には管路は人口がいない場所にも布設されていると考えられるため、人口のみを用いた手法では推定することができない管路延長が存在することが要因であると考えられる。

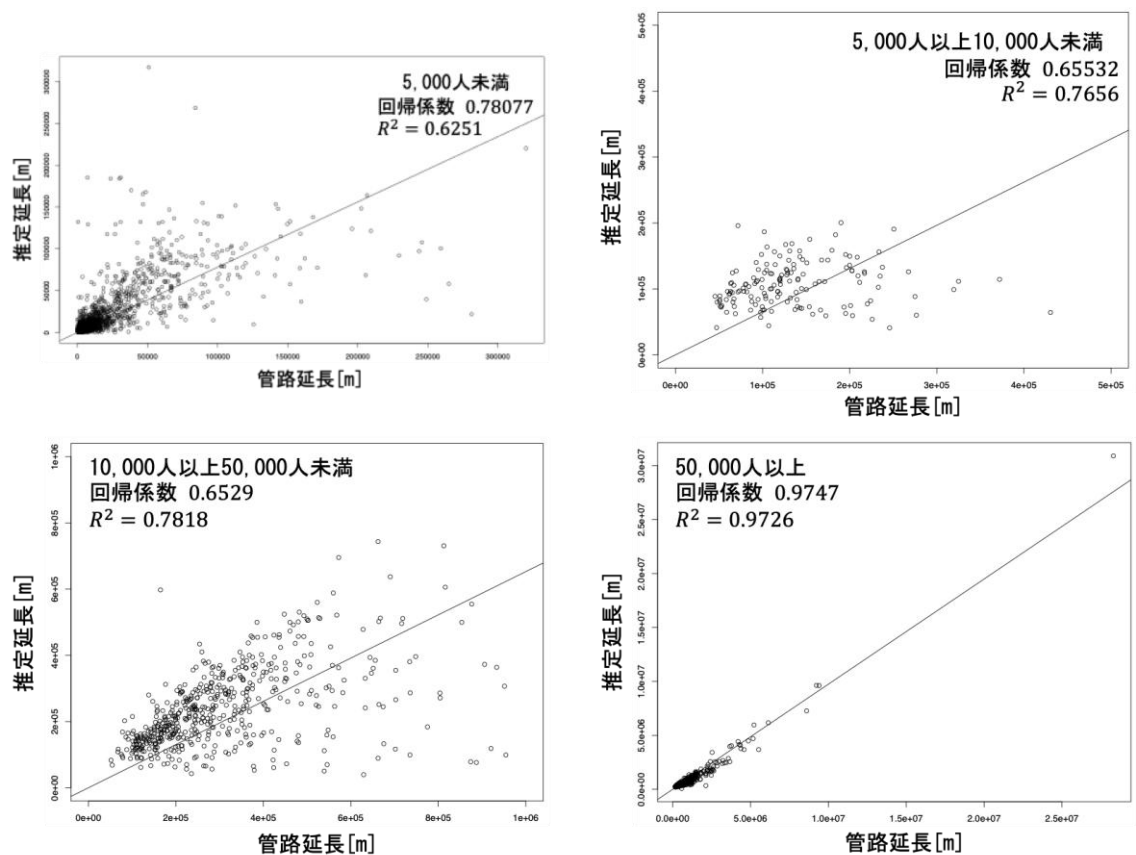


図 2 - 2 - 2 - 59 管路延長実績と推定管路延長。

5 地域メッシュ別管種別延長の算出

本研究では被害関数を管種ごとに構築した。そのため、被害関数を用いて管路被害を推定するためには推定した管路延長を管種別延長とする必要がある。

本研究では、管種別延長は推定した延長に管種割合を乗じることで算出した。管種割合は事業体において、ある管種の延長が全管路延長に占める割合のことである。本研究の管種割合は、構築した被害関数にあわせて CIP、DIP、SP、VP、その他の 5 つで算出した。算出には水道統計を用いた。

・ばらつきの考慮

同一事業体の給水区域における全てのメッシュで同様の管種割合で管路が分布していると仮定し、管種割合を乗じるのは、現実と乖離する部分があると考えられる。本研究では給水区域内における人口の疎密に応じて管種割合がどのように変動するかを分析した。分析結果をもとにメッシュ間における管種割合のばらつきを考慮して管種別延長を算出した。

ばらつきの分析対象として、熊本市、仙台市、名古屋市の管路データを使用した。はじめに、管路データから 250m メッシュごとの管種別延長を集計した。給水区域内における人口の疎密を表す値として、メッシュ人口を事業体の現在給水人口で除した人口集中度を計算した。そしてメッシュごとの人口集中度に対して、Freedman-Diaconis の式を用いて階級に離散化した。Freedman-Diaconis の式³¹⁾は

階級の幅を四分位範囲 IQR とデータ数 n を用いて求める式で、次式のように階級幅を決定する。

$$\text{階級幅} = 2 \times IQR \times n^{-\frac{1}{3}}$$

階級ごとに延長を合計し、それぞれの管種が占める割合を算出した。

本研究ではメッシュごとの管種割合が水道統計から求めた管種割合とどれだけばらつきがあるかという視点から、式次式のようなモデルを考えた。

$$T_{i,m,j} - \overline{T_{i,j}} = \gamma_j \frac{p_{i,m}}{P_i} + \delta_j$$

ここに、 $T_{i,m,j}$ は事業体 i におけるメッシュ m での管種 j の割合、 $\overline{T_{i,j}}$ は水道統計の管種割合、 $p_{i,m}$ はメッシュの人口、 P_i は現在給水人口、 γ および δ はパラメータである。人口集中度と上式の左辺で表されるばらつきの関係を図 2-2-2-60、パラメータ推定結果を表 2-2-2-15 にそれぞれ示す。

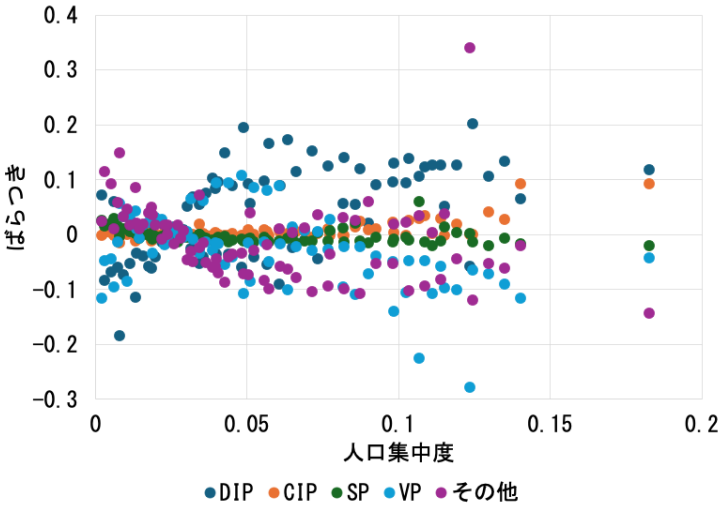


図 2-2-2-60 管種別の人口集中度とばらつきの関係。

表 2-2-2-15 ばらつきの関数における管種別パラメータ。

管種	CIP		DIP		SP		VP		その他	
決定係数 R^2	0.445		0.316		0.078		0.244		0.088	
パラメータ	結果	p値	結果	p値	結果	p値	結果	p値	結果	p値
γ	0.288	0.000	1.15	0.000	-0.088	0.013	-0.829	0.000	-0.517	0.008
δ	-0.011	0.000	-0.027	0.046	0.001	0.665	0.019	0.096	0.017	0.193

・管種別延長の算出

管種割合は水道統計から得た事業体の管種割合にばらつきを加えることで求めた。ばらつきは前項の関数を用いて、メッシュごとに計算した。そのためメッシュごとに管種割合は異なる。管種別延長は推定した管路延長に管種割合を乗じてそれぞれ求めた。

6 路属性情報の付与

ここでは、被害関数を用いる上で必要な管路属性を決定する。

・口径

水道統計では、管種と口径のクロス集計がなされていない。そのため、本研究では、管種ごとに口径の代表値を算出し用いた。熊本市および、名古屋市の管路データから管種ごとに口径の中央値を算出した。なお、DIP については、150mm 未満、150mm 以上の2区分に分け、それぞれの区分で中央値を算出した。

・経年

経年については、管種を考慮せず、水道統計の20年経過および、40年超過した管路の延長を用いて事業体ごとに加重平均をとり、代表値とした。なお、40年超過の区分の階級値は最大値を給水開始年から地震発生年までの経過年数として計算した。

・ハザード・液状化危険度

既往の被害推定においても地盤やハザード属性は250mメッシュの属性を用いている。本研究でもそれぞれのメッシュに対応する微地形区分および、PGVを用いて被害率を算出した。液状化危険度については微地形区分とPGVより判定した。

7 管路被害推定手法

本研究では、乱数を用いたモンテカルロシミュレーションによって、水道管路被害を推定する。CIP、DIP、SP、VPについて、構築した地域メッシュ別での管路延長推定モデル、管路属性推定手法により、管体に属性情報を付与し、式(1)から管体の被害率 q [件/本]を計算し、個々の管体に対して二項分布 $B(1, q)$ にしたがう乱数を発生させ、1の場合は被害あり、0の場合は被害なしとした。DIPの耐震管については岡野らが提案している手法⁴⁾を用いて被害を推定した。その他の管種については、本研究では被害推定の対象外とした。乱数は個々の管体に対して1,000回発生させ、1,000回での平均被害数を求めた。乱数の発生には、数値解析ソフト Mathematica を用いた。

ii) 南海トラフ地震での愛知県の管路被害想定結果

ここでは、愛知県を対象として、本研究で構築した手法を用いて、南海トラフ地震での水道管路被害想定を行った。愛知県内の水道事業体、用水供給事業体の管網データを利用することが困難であることから、令和2年国勢調査に関する地域メッシュ統計、令和3年度水道統計、令和3年度全国簡易水道統計、給水区域データを用いて、愛知県における地域メッシュ別水道管路延長を推定した。その結果、水道統計では管路総延長が42,338.3kmのところ、推定結果は32,099.6kmとなった。推定結果が過小となった要因として、用水供給事業に用いられる導水管や送水管を人口から推定することができていないことや、国勢調査の人口を用いたことで日中の職場や学

校での水利用を考慮した管路の敷設状況を評価することが十分にできなかった可能性が挙げられる。したがって、管路延長については約 24%過小となっていることに留意することが必要である。

令和 7 年 3 月に発表された新たな南海トラフ地震被害想定における地震動（陸側ケース）をハザード情報として、モンテカルロ法（N=1000）により地域メッシュ別の水道管路被害件数を算出した。その結果、愛知県内の管路被害件数は、最大 7,447 件、最小 6,948 件となり、平均は 7,200.2 件と算出された。図 2-2-2-61 に被害最大となる水道管路被害想定結果（愛知県）を、図 2-2-2-62 に地域メッシュ別平均被害件数分布を示す。

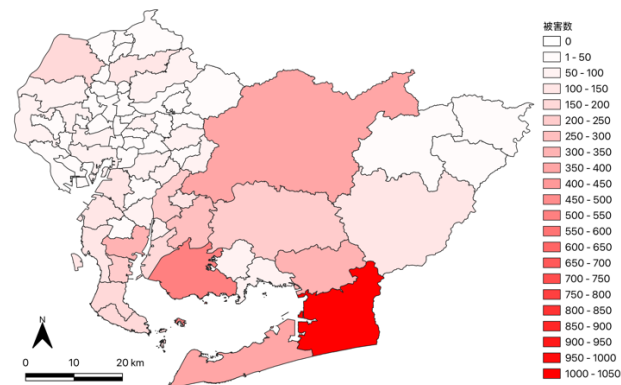


図 2-2-2-61 被害最大となる水道管路被害想定結果（愛知県）。

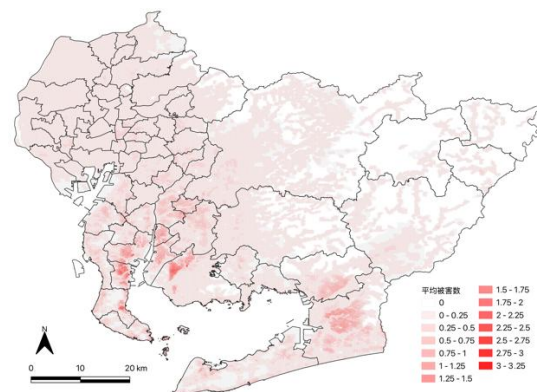


図 2-2-2-62 地域メッシュ別平均被害数の分布（N=1,000）。

これより、管路データが利活用できない地域に対して、一般に入手可能な地域メッシュ統計、地理情報データや水道統計を用いて、250m メッシュ単位で水道管路被害を離散的に推定することができた。すなわち、本研究で構築した手法を用いて、南海トラフ地震等巨大広域災害に対する水道管路被害想定について、地域メッシュ別に離散的な被害の有無を想定することが可能となり、想定結果について水道管路の被災シナリオとして、事前対策や復旧・復興対策を検討していくことが可能となる。

今後、被害推定の精度向上のためには、管種ごとの口径や経年といった管路の属性の決定方法について検討することが必要となる。また、本研究では、水道統計等で不明なパラメータについては、その代表値を用いたことから、精度に課題のある管種があるだけでなく、管路属性の相違による被害の影響などを十分に評価することがで

きていない。したがって、南海トラフ地震等の広域災害での水道管路被害の推定や、災害初動時での水道管路被害の把握など、管網マッピングデータを十分に活用することができない状況において、限られた情報に基づく被害関数で用いる属性情報をさらに細かく評価し、より精度ある水道管路推計手法検討することが必要であると考ええる。

iii) 水道管路被害推定手法のまとめ

本研究では、地域メッシュ統計を用いて地震発生時の水道管路被害を推定する手法を構築した。以下に本研究で得られた知見を述べる。

- ・ 既往の離散的管路被害推定手法において、管体数が過小となる課題について、管施工の実績に基づく管体数換算手法により、管体被害関数を再構築し改善した。
- ・ 水道統計を用いて、水道管路延長推定モデルを構築した。また、国勢調査に係る人口分布データ、給水区域データ等のオープンデータを用いて 250m メッシュ単位での管路延長を推定する手法を構築した。構築したモデルを用いて、愛知県を対象として、地域メッシュ別に管路延長を推定した結果、水道統計、簡易水道統計と比較して約 24%過小となった。被害が過小となることには留意が必要であるが、管網データが入手することが困難な広域地震による水道管路被害把握のための水道管路情報として活用可能であるといえた。
- ・ 地域メッシュ別に水道管路延長、管種属性情報を推定するモデルを用いて推定された地域メッシュ別管路データに対して、モンテカルロ法による離散的な水道管路被害予測モデルを適用することで、地域メッシュ別に水道管路被害件数を推計する数値解析モデルを構築した。
- ・ 本研究で構築した離散的な水道管路被害推定手法を用いて、南海トラフ地震での愛知県における水道管路被害想定を行った。その結果、愛知県内の管路被害件数は、最大 7,447 件、最小 6,948 件となり、平均は 7,200.2 件と算出された。既往の被害想定では、管路延長当たりの被害件数による評価であったことから、被害の有無を想定するものではなく、あくまでも災害リスク評価であったが、本研究で構築した手法は、管路の被害の有無を管体単位で記述することから、地域メッシュ別に水道管路被害を想定する新たな被害想定手法であり、地域メッシュ別に離散的な被害の有無を想定することが可能となることを示した。
- ・ 本研究で構築した手法を用いて、南海トラフ地震での水道管路の被害想定を行うことで、得られた想定結果について、最大被害、最小被害や平均被害など水道管路の被災シナリオとして、事前対策や復旧・復興対策を検討していくことが可能となるといえた。

3) 社会連携

令和 7 年度は、空間スケールとして社会機能の継続に資する地域継続計画策定を念頭に、地域福祉機能の継続にむけた基礎調査の実施、生活機能の代替継続戦略として二地域居住対策について調査研究を行った。

a) 地域福祉機能

令和7年度では、南海トラフ巨大地震被害想定自治体における災害時要配慮者の災害対策と災害時支援に関する研究を進めるために、現状の課題を整理し、その課題の解決に向けた知見を得るための研究計画を策定した。また、拠点機能の継続の内、地域福祉機能について表2-2-2-9に示されている調査結果をふまえた具体的課題を述べた。

はじめに、災害時要配慮者に関する研究計画について述べる。災害時（避難・避難生活）に支援が必要となる被災住民の把握について、自治体では、避難行動要支援者名簿の作成が義務付けられており、名簿に掲載されている対象者についての個別避難計画策定が努力義務とされた。個別避難計画は、共助を前提とした計画となるが、対象者の身体状況等は重篤な者も多く、一般住民による避難の負担等が課題となっている。また、災害時には、特に高齢者において、平時には自立した生活を送っていても、避難生活においては支援が必要となる住民も頻出する。現状において、自治体でこのような災害時要配慮者を把握する方法はなく、災害時での対応の遅れや支援の不足につながっていると考えられる。そこで、本研究では、災害時要配慮者の個別の特徴を明らかにし、必要な支援の内容とその量を把握する。そして、センサスデータから、自治体の災害時要配慮者の支援内容や量を推計できるようにすることで、自治体が具体的な災害対策を進めることを支援する。まず、災害時に配慮が必要となる住民への災害対応について、現状における課題を整理した。結果は次のとおりである。

i) 災害時要配慮者の把握に関する課題

現状として、基礎自治体の災害時要配慮者対策として、避難行動要支援者名簿の作成が義務、その名簿記載者を対象とした個別避難計画策定が努力義務とされている。そのため、避難行動要支援者名簿の作成は進んでいるが、個別避難計画策定の進捗状況は基礎自治体によってまちまちとなっている。避難行動要支援者名簿に記載対象となる住民のみが災害時要配慮者となるわけではない。これまでの災害でも、平時は、要支援・要介護認定されていない高齢者でも、環境の変化から、これまでは必要がなかった支援が必要になる事例は散見されている。

避難行動要支援者名簿への記載基準は、基礎自治体は、避難行動要支援者の避難行動支援に関する取組指針（内閣府）に則って、各基礎自治体が決めている。ここでの避難行動要支援者の範囲を以下に示す。

- 高齢者や障害者等のうち、災害が発生し、又は災害が発生するおそれがある場合に自ら避難することが困難であり、その円滑かつ迅速な避難の確保を図るために特に支援を要する者の範囲について、要件を設定すること。
- 高齢者や障害者等の要配慮者の避難能力の有無は、主として、
 - ・ 警戒や避難勧告・指示等の災害関係情報の取得能力
 - ・ 避難そのものの必要性や避難方法等についての判断能力
 - ・ 避難行動を取る上で必要な身体能力に着目して判断することが想定されること
 - ・ 要件の設定に当たっては、要介護状態区分、障害支援区分等の要件に加え、地

域において真に重点的・優先的支援が必要と認める者が支援対象から漏れないようにするため、きめ細かく要件を設けること。

表 2－2－2－16 自ら避難することが困難なものの定義例。

【自ら避難することが困難な者についてのA市の例】

生活の基盤が自宅にある方のうち、以下の要件に該当する方

- ①要介護認定3～5を受けている者
- ②身体障害者手帳1・2級（総合等級）の第1種を所持する身体障害者（心臓、じん臓機能障害のみで該当するものは除く）
- ③療育手帳Aを所持する知的障害者
- ④精神障害者保健福祉手帳1・2級を所持する者で単身世帯の者
- ⑤市の生活支援を受けている難病患者
- ⑥上記以外で自治会が支援の必要を認めた者

多くの自治体は、表 2－2－2－16 を参考として名簿掲載者の基準を設けており、高齢者の基準としては要介護 3～5 が用いられている（図 2－2－2－63）。しかしながら、要介護 3 以上の要介護認定者は、移動にはかなり深刻な障害がある場合が多い。個別避難計画では、このような要介護認定者を対象としていることで、避難行動の支援者の大きな負担を生じている。また、重度の障害者の場合、障害の内容によっても避難支援は特別な対応が求められることが多く、普段から介護に関わっていない住民での対応は難しい。これらのことから、これらの重篤な障害を持つ住民への支援者の課題も生じている。

さらに、災害時要配慮者は、障害者、高齢者のみではない。妊婦、乳幼児、外国人旅行者等にも配慮が必要となる。東日本大震災においては、多くの帰宅困難者を生じ、日中独居の高齢者や保育所の乳幼児への対応も課題となった。

つまり、現状の対策では、避難行動要配慮者の対象者を決めるための基準が具体的に明らかになっていないため、現実に即した災害時要配慮者の推定値を出すことができない。被災時に、災害時要配慮者に、支援不足から生じる課題が繰り返されるのは、このようなエビデンスに基づいていない対象者の推計に基づいて、災害対策が考えられていることも一因として考えられる。以上の課題について、表 2－2－2－17 にまとめた。

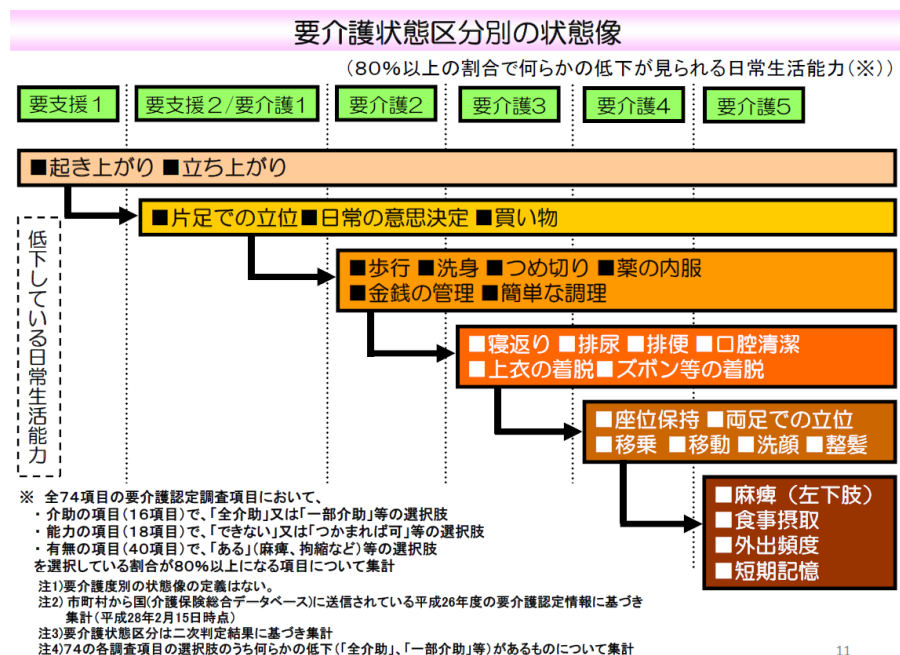


図 2-2-2-63 要介護状態区分別の状態像。厚生労働省：要介護認定の仕組みと手順より引用。

表 2-2-2-17. 災害時要配慮者への災害対策での課題。

1. 避難に支援が必要な人は、要介護高齢者、障害者だけではない。
 - 妊婦、乳幼児、外国人・・・
 - 昼間の災害では、働き手は家にいない。→東日本大震災
 - 家族が帰宅困難者となって独居状態になるケース
2. 少子高齢化による支援者不足
3. 重度の障害の場合、普段から介護に関わっていない住民の対応は困難
4. 在宅療養者の移動での課題
 - 家族介護者への調査で、災害時の移動には準備(備え)が必要であるにもかかわらず、移動のための準備ができていた人は59.4%
5. 災害後の専門職の関与は困難
 - 交通網の停止、道路の陥没等
 - 専門職従事者も被災
 - 外部支援者の受入れでの課題

ii) 要配慮者像の把握

i) から、まずは災害時に要配慮者となる住民の条件を整理する。今年度は、課題を整理し、これまでの被災地や能登半島地震被災地の聞き取りから、今回は、家族が帰宅困難者となることで独居状態になるケースや外国人を対象から外して、下記の仮説を立てた。

<仮説>

- 自立高齢者や健常者として、支援を受けずに生活しており、発災後には支援が

必要となる人

- 環境の変化に対応できない人
- 認知症があるが、支援を受けずに生活していた人
- 精神疾患、知的障害、発達障害等があり、支援不要で生活していた人
- 家族が介護しており、認定や手帳申請をしておらず、発災後に家族の被災等で支援がなくなり生活ができない人 等
- 平時から支援を受けていて、発災後も同じ支援が必要となる人
- 平時から支援を受けているが、発災後には、より少ない支援でも避難生活が可能な人
- 平時から支援を受けていて、発災後には同等以上の支援が必要となる人

この仮説検証を実施するため、協力自治体である室戸市において翌年度のインタビュー調査実施のための対象と内容を検討した。

次に、a) 拠点で述べた調査結果をふまえて、地域福祉・防災分野での DCP に向けた具体的課題を抽出する。まず、地域での複数施設キャパシティの可視化である。指定福祉避難所の収容人数が要配慮者数に対して圧倒的に不足している実態を、行政と連携し高知県室戸市のデータ等を用いて検証した(図 2-2-2-64)。室戸市役所から市内で把握されている要介護者のデータと受け入れ施設の受け入れ状況を提供いただき、市内地区ごとに何名が存在しているのかと、受け入れ施設の場所を可視化し、移動距離と移動ルートの確認を行った。次に、課題と今後の調査での重要項目を整理した。1つ目は、要介護度のトリアージであり、家族で移動可能な「要介護3以下」と、専門職の付き添いが必要な重症者の切り分けが現場で不明確であり、これが避難の混乱を招く要因となっている可能性がある。2つ目は、「福祉避難所のブロック体制」の有効性である。中小規模の事業所が単独で対応するのではなく、徳島県南部で見られるような「施設間連携グループ」によるブロック単位の受援体制が有効であると考えている。

個々の高齢者が置かれている現状とその対策について翌年度のインタビュー調査の必要事項をまとめた。

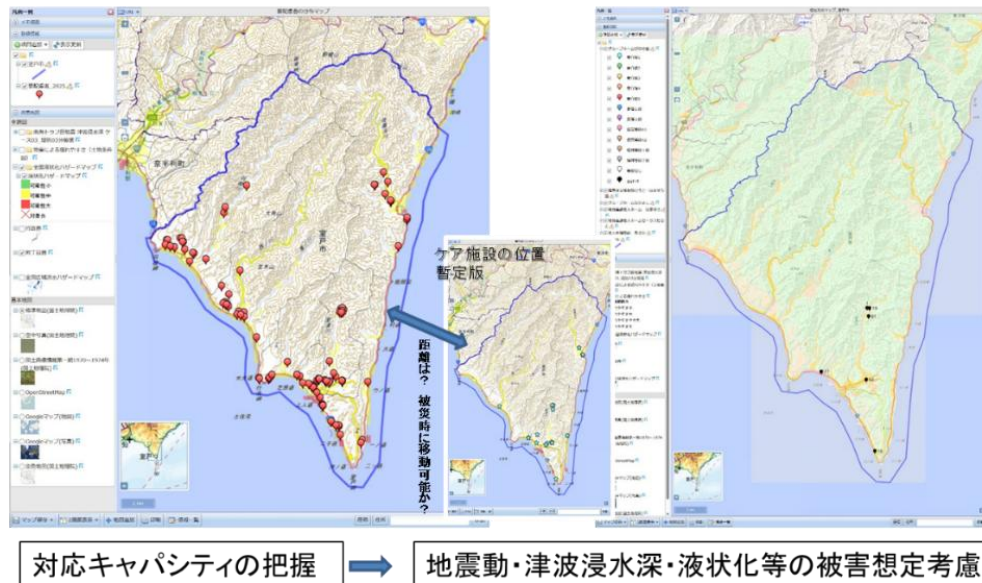


図 2-2-2-64 高知県室戸市域の要配慮者分布と受け入れ施設分布把握。

(左) 在宅ケアの要配慮者数、(右) 入居福祉施設位置

b) 二地域居住による代替継続戦略

社会機能の継続活動において、能登半島地震事例を通じて「ふるさと回帰型」モデルの可能性と課題を整理した。本研究から、地域コミュニティを維持しながら被災者の生活再建を支援する住宅供給手法として、応急仮設住宅と恒久住宅の連続性を担保したモデルの有効性が示された。一方で、用地確保の困難さ、建設期間の長さ、仮設終了後の運用方針の不明確さ、大規模災害での供給速度の限界など、実装に向けた課題も明確となった。

令和 6 年能登半島地震では、地理的制約や資材価格の高騰、建設業における人手不足など複合的な課題を抱えながらも復興の取り組みが続けられている。同年 12 月末時点で建設型仮設住宅 6,882 戸が建設されたが、そのうち石川県が独自に導入した「ふるさと回帰型（石川モデル）」は 33 戸（全体の約 0.4%）にとどまった(表 2-2-2-18)。ふるさと回帰型は、木造戸建て仮設として建設後に公営住宅への転用・賃貸・払下げが可能であり、被災集落への定住継続を促す新たな住宅モデルとして注目される³²⁾³³⁾。本研究は、その導入背景・運用上の課題³⁴⁾・入居者評価を総合的に把握し、将来の大規模災害対応における可能性を検討することを目的とする。

表 2－2－2－18 令和 6 年能登半島地震における建設型仮設住宅の比較。

項目	従来型（プレハブ型）	まちづくり型 （熊本モデル）	ふるさと回帰型 （石川モデル）
建設目的	迅速かつ大量に供給し、避難所生活を早期解消	里山里海景観に配慮した新たなまちを整備	集落を離れた被災者がふるさとへ回帰できるよう支援
構造形式	プレハブ	木造（長屋）	木造（戸建風）
建設期間	約 1～2 か月	約 3～4 か月	約 3～4 か月
建設戸数	5,279 戸	1,570 戸	33 戸（全体の約 0.4%）
撤去・転用	解体撤去が前提	公営住宅転用・賃貸・譲渡が可	公営住宅転用・賃貸・譲渡が可

石川県資料をもとに作成（<https://www.pref.ishikawa.lg.jp/kenju/saigai/r6oukyuukasetsujuutaku.html>）

本研究では、1 市 3 町（珠洲市 3 戸・穴水町 6 戸・内灘町 20 戸・宝達志水町 4 戸）において建設された計 33 戸のふるさと回帰型仮設住宅（写真 2－2－2－5）を対象に、行政側と入居者側それぞれに対して半構造化インタビュー形式で 2025 年 10 月に調査を実施した。行政側インタビューでは計画・整備、入居者募集・選定、運用・課題の 3 点を、入居者側インタビューでは入居経緯、居住環境、将来の見通しの 3 点を調査項目とした。



写真 2－2－2－5 仮設住宅の例。珠洲市狼煙町第 2 団地（3 戸、左上）、穴水町下唐川第 2 団地（6 戸、右上）、内灘町室団地（20 戸、左下）、宝達志水町しお団地（4 戸、右下）。

行政側へのヒアリングの結果、ふるさと回帰型の導入背景には、住民の「地元にとどまりたい」という強い意向と、地域の地理的・環境的制約が大きく関係していることが明らかとなった。珠洲市狼煙地区では他集落への移転拒否の意向が強く、穴水町では農地制約・地すべりリスクが従来型の設置を困難にした。内灘町では市街化調整区域・液状化・下水道長期停止の複合制約がふるさと回帰型選択の直接的要因となった。また各自治体において、仮設終了後の運用方針（賃貸か払下げか）や家賃設定について明確な基準がなく、制度整備の必要性が指摘された。各自治体のインタビュー結果の詳細を表 2－2－2－19 に示す。

表 2－2－2－19 自治体側インタビュー結果（4 自治体）。

項目	珠洲市 狼煙町第 2 団地 (3 戸 / R6. 12. 5)	穴水町 下唐川第 2 団地 (6 戸 / R6. 7. 17)	内灘町 室団地 (20 戸 / R6. 11. 22)	宝達志水町 しお団地 (4 戸 / R6. 11. 29)
A 計画・整備	狼煙地区で生まれ育った住民の強い意向。集落残留希望が明確。	住民主導で従来型か永住型かを選択。上唐川地区は地すべり等の地理的制約。	市街化調整区域・液状化・下水道停止（6 か月）等の複合制約により選択。	柳瀬地区住民との協議から始まり、住民合意のもと整備。
B 入居者募集・選定	入居者全員が狼煙集落で生まれ育った方。75 歳・80 歳・83 歳の単身女性。	入居者は全て地域住民。ふるさと回帰型とプレハブ型が隣接。	18 世帯入居（輪島・珠洲市等からの転入者も含む）。	当初想定地区外から同町内の夫婦 2 世帯・単身 2 世帯が入居。
C 運用・課題	払下げなし・賃貸の方向。家賃徴収のタイミングが課題（隣接の災害公営住宅との整合）。	払下げを想定。県の方針待ち。自立再建者との金額バランスに配慮が必要。	払下げなし・賃貸の方向。	払下げを想定。県の方針待ち。
主な共通課題	用地確保困難・合意形成時間・工期（3～4 か月）・待機期間中の入居者の忍耐	←同左	←同左	←同左

入居者へのヒアリングの結果では、ふるさと回帰型住宅に対する総合的な評価は概ね良好であり、住み心地や建物性能に対する満足度が高かった。「気密性が高く静かで快適」「冷暖房効率が良い」など住宅性能を評価する意見が多く、多数の入居者が継続居住を希望した。一方で収納スペースの不足・物干し場の欠如・農機具置き場の不足など、農山村生活に特有のニーズへの対応が課題として挙げられた。入居者インタビュー結果の詳細を表 2－2－2－20 に示す。

表 2－2－2－20 入居者側インタビュー結果（4自治体）。

項目	穴水町 (6 戸)	内灘町 (20 戸)	宝達志水町 (4 戸)
A 入居経緯	永住仮設があると聞き集落内で検討し、集落内の土地に建設決定。	住み慣れた室地区で住み続けたいと思い、2 年以降も住める可能性。	2 年以降も住める可能性があること。新しくて綺麗。隣人関係への期待。
B 居住環境・生活	住み心地は最高。部屋は狭くコンパクトだが掃除も簡単。雨よけ等不自由な面もあり。	部屋が狭く、洗濯物を干す場所がないことや収納が 1 つにしかないことが困る。それ以外は概ね満足。	部屋が狭く、洗濯物を干す場所がない。収納が 1 つにしかない。ペアガラスで雨音もせず静か。
C 将来の見通し	今後もここで住み続けたい。	今後もここで住み続けたい。今後、払下げを希望。	夫は元の場所に戻りたいが妻はここで住み続けたい。
住宅性能評価	気密性が高く静かで快適。冷暖房効率が良い。	気密性が高く静かで快適。冷暖房効率良好。農機具置き場・物干し不足。	二重ガラスで静か。冷暖房効率良好。収納・干し場不足。



図 2－2－2－65 ふるさと回帰型仮設住宅の間取り。

本研究では、以下の 3 点の知見が得られた。第一に、導入の背景には、被災地住民の「地元で暮らし続けたい」という強い意向と、地理的・制度的制約への対応が密接に関係していた。制度上、建設用地は市町有地が前提とされており、1 申請当たり 5～10 戸の一括整備が条件とされていたため、小規模集落では対応が難しい側面があった。第二に、仮設終了後の運用方針（賃貸か払下げか）は自治体によって異なっており、価格設定や公平性確保に関する明確な指針の整備が求められる。第三に、ふるさと回帰型は「中期仮設」または「準恒久住宅」としての機能を持ち、仮設と恒久の中間的な役割を担うことができる。この特性を活かし、従来型仮設住宅やコミュニティ型住宅と組み合わせた多様な住宅再建プロセスの設計が、将来の大規模災害対応において有効であると考えられる。調査結果の総括を表 2－2－2－21 に示す。

表 2-2-2-21 ふるさと回帰型住宅に関する調査結果まとめ。

観点	主な知見
導入の経緯・背景	① 住民の「地元で暮らし続けたい」という強い意向が主な動機 ② 行政主導ではなく住民主導で導入が決定 ③ 液状化・市街化調整区域・農地制限等の地理的・制度的制約が採用を限定
運用・制度面の課題	① 仮設終了後の運用が賃貸と払下げに分かれ、明確な基準整備が必要 ② 災害公営住宅・自立再建世帯との公平性への懸念 ③ 大規模災害では建設速度・長期運用体制の確保に限界
入居者の評価	① 住宅性能（気密性・断熱性・防音性）への満足度が高い ② 収納・動線・屋外作業空間の不足など生活上の制約あり ③ 多数の入居者が継続居住を希望 ④ 心理的安定と地域再定住への意欲を高める効果

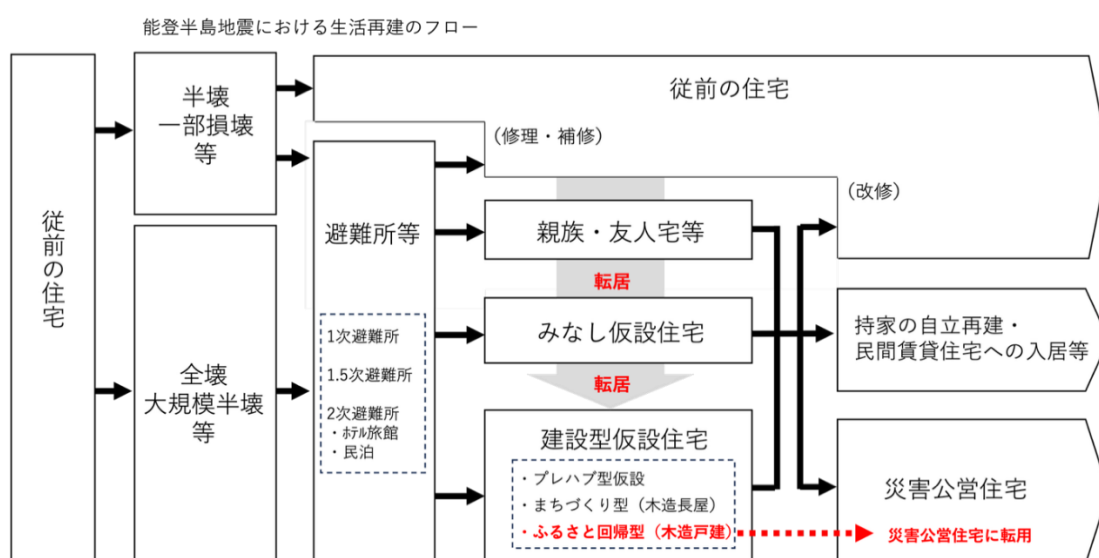


図 2-2-2-66 避難生活から住宅再建に至る復興プロセスの多様化（長谷川，2016³⁵⁾ をもとに作成）。

4) 人材育成・リテラシー向上

令和 7 年度の人材育成・リテラシー向上に関する取り組みでは、防災に関する知識を一方的に伝えるのではなく、災害情報を読み取り、その意味を地域や生活の条件に照らして考え、必要な場面で判断と行動に結び付ける力を育てることを重視した。巨大地震や津波に関する情報は専門性が高く、日常生活のなかで継続的に接する機会も限られるため、知識として断片的に理解されやすい。しかし、実際の防災対応では、情報を単に知っているだけでは十分ではなく、その情報が何を示しているのかを自分の生活や地域の条件に引き寄せて考えることが欠かせない。本年度は、そのような観点から、第一に地殻活動監視システムを用いた学習を通じて、観測データを読み解く力と災害を科学的に考える姿勢を育てる取り組みを進めた。第二に、津波即時予測システムおよび津波避難訓練スマホアプリ「逃げトレ」を活用した実践を通じて、地域空間の理解と避

難行動の具体的判断を結び付ける取り組みを進めた。両者は扱う情報の種類も学習場面も異なるが、いずれも、防災を与えられた正解を覚える営みではなく、情報を根拠として考え、自ら行動につなげる営みとして捉え直す点で共通していた。第三に小学生のような若い世代の情報リテラシー向上を目的とした実践を行った。

まず、先述の2点について述べる。とりわけ本年度は、情報の提示そのものよりも、どのような順序で情報を示すと理解が深まり、どのような対話を通して判断の根拠を言葉にできるようになるのかに重点を置いた。その結果、学習内容全体に一貫した軸が生まれ、受講者にとっても個別の活動がばらばらの経験としてではなく、同じ目的に向けた段階的な学びとして受け止められた。学習者が情報を理解するだけでなく、その情報をもとに自分で考えるための足場を整えたことが、本年度全体の基調であった。以下では、この2つの柱に即して、それぞれの成果を整理する。

a) 地殻活動監視システムを用いた取り組み

地殻活動監視システムを用いた取り組みでは、宮崎県立五ヶ瀬中等教育学校の教養講座を主な場とし、中学生・高校生・教職員を対象に、地震や地殻変動に関する観測情報を学習可能な内容へと翻訳する教育実践を進めた。

この取り組みの第一の効果は、専門性の高い観測情報を、学習者が理解し、意味づけできる教材へと変換する道筋を具体化できた点にある。地殻変動やプレート境界のひずみに関する情報は、研究者の間では比較的共有された知識であっても、学校教育や地域の学習場面にそのまま持ち込んでも理解されにくい。そこで本年度は、数値や図の読み方だけを教えるのではなく、どの時間幅で見ると変化が分かりやすいのか、どの地点を比べると地域差が見えやすいのか、どのような問いを添えると学習者が自分の頭で考え始めるのかという観点から教材化を行った。その結果、観測情報は単なる難解な専門資料ではなく、地震現象を考えるための手掛かりとして提示できることが明らかになった。特に、変化が見えにくいデータであっても、時間的なスケールや地点間の関係を整理して示すことで、学習者が、何がどのように動いているのかを自ら追えるようになった意義は大きい。これは、観測データを教育に生かすうえで、専門知と教育実践とを橋渡しする方法を具体的に蓄積できた効果であり、今後も継続的に活用しうる基盤を整えたという点で重要であった。さらに、教材化の過程では、学習者が図表を読む際につまずきやすい点を細かく整理し、視覚的な情報を言葉で補う工夫も行った。どの軸に注目すべきか、どの変化を比較すると特徴が見えやすいかを丁寧に示すことで、単なる説明の受け手だった学習者が、自分で図表を追いながら理解を組み立てられる場面が増えた。これは、難解な科学情報であっても、学習者の理解過程に寄り添って設計すれば教育資源として十分に活用できることを示している。加えて、観測情報を手掛かりに地域の地震リスクを考える過程では、知識の理解と同時に、科学的根拠にもとづいて物事を考える態度の育成にもつながった。その意味で、本取り組みは、専門情報を教育の場へ接続する実践モデルとしても高い有効性を示した。その蓄積は、今後の防災教育の質を高めるための重要な基盤となる。教材の理解可能性を高めた意義は大きい。

この取り組みの第二の効果は、学習者の側に、情報を受け身で受け取るのではなく、

自ら問いを立てて考える姿勢が形成された点にある。授業では、ある地域の変化をなぜ重視するのか、時間の取り方によって見え方がなぜ変わるのか、自分の住む地域に置き換えると何を読み取れるのかといった問いを重ねながら学習を進めた。すると、学習者は単に地震に注意が必要であるという一般的理解にとどまらず、観測情報の背後にある意味を考え、情報同士の関係を追い、見えていない部分を想像する姿勢を示すようになった。例えば、同じデータであっても見方によって注目点が変わることや、短期的な変化だけでは判断できないことを理解し始めたことは、情報リテラシーの観点からも重要である。防災情報に接した際に、ただ不安を抱くのではなく、その情報は何を示し、何を示していないのかを考える力は、災害時のみならず平時の意思決定にもつながる。本年度の実践では、学習者が教員や講師の説明を待つだけでなく、自分なりの仮説を言葉にし、図表に戻って確かめるという学びの循環が生まれた。この点は、知識の定着にとどまらず、災害を科学的に理解しようとする態度の形成という意味でも、きわめて大きな成果であった。また、問いを立てる学習が進むにつれて、学習者の発言内容にも変化が見られた。単純な感想や印象の共有にとどまらず、図表のどこを根拠としてその考えに至ったのかを説明しようとする姿勢が現れ、他者の見方と自分の見方を比較しながら考える様子も確認された。防災分野では、不確実な情報に向き合いながら判断する場面が多いため、このように根拠を確かめつつ考える力は重要である。本年度の実践は、観測情報を通じて、知識の習得だけでなく、思考の質そのものを高める教育的効果をもった。その結果、災害情報に対して主体的に向き合う姿勢が、授業の過程そのものを通じて着実に育成された。この変化は、災害情報との向き合い方が学習者の内面で着実に変わったことを示している。

第三の効果として、学校を拠点とした学びが、地域へ広がる知識循環の仕組みとして機能しうることが確認された。五ヶ瀬中等教育学校は、宮崎県内の多様な地域から生徒が集まる全寮制の学校であり、学校で学んだ内容が家庭や出身地域へ持ち帰られる可能性を備えている。本年度の取り組みでは、授業の場で得られた理解が、個人の学習成果にとどまらず、地域で地震や防災を語る際の共通基盤となりうることが示された。生徒が観測情報の見方を理解すると、家族や周囲に対しても、なぜその変化が注目されるのか、どのような見方をすると分かりやすいのかを説明しやすくなる。これは、防災情報が専門家から住民へ一方向に伝達されるだけではなく、学習を通じて地域内で再解釈され、生活文脈に沿って共有される可能性を示している。さらに、学校という制度的に安定した場を通じて取り組みを行うことで、年度をまたいだ継続や、学年に応じた発展的展開も構想しやすくなった。防災教育は単発の啓発で終わりやすいが、本年度の実践は、学校を核として地域に知識を循環させる経路を可視化した点で、教育的にも地域的にも意義深い効果をもたらした。この点は、地域防災における人材育成を考えるうえでも重要である。将来、地域の防災に関わる担い手となる世代が、若い段階から科学的情報に基づいて地域を捉える視点を身に付けることで、地域における防災の議論そのものが、より具体的で根拠あるものへと変わる可能性がある。学校での学習が家庭内の会話や地域での話題につながれば、災害情報の理解は個人の知識に閉じず、地域社会の共有知として蓄積されていく。そのような広がり芽を確認できたことは、本年度の取り組みの価値をいっそう高める成果であった。学校を起

点としたこの広がり、地域全体の防災リテラシーを底上げする可能性を示すものでもあった。

第四の効果は、地殻活動監視システムを活用した教育実践が、継続的かつ再現可能な形へ整理され始めたことである。本年度は、授業を一度実施して終えるのではなく、どの場面でどの情報を示すと理解が進みやすいか、どの問いを投げかけると学習者の思考が深まりやすいかを丁寧に検討し、その知見を蓄積した。特に重要であったのは、専門的な観測情報をそのまま提示するのではなく、学習者の理解段階に応じて示し方を調整する必要があることが、具体的な実践知として整理された点である。例えば、最初から複雑な図や長期のデータを並べるよりも、変化が比較的読み取りやすい事例から入り、その後に見方を広げていく方が、理解が進みやすいことが確認された。また、講義型の説明だけではなく、問いかけや比較、言語化の時間を組み込むことで、学習者の理解がより安定することも把握された。こうした知見は、次年度以降に同様の授業を実施する際の手順や留意点として活用できるだけでなく、他校や他地域へ展開する際の参照枠にもなりうる。つまり、本年度の成果は個別授業の成功にとどまらず、教育プログラムとしての再現性を高める基盤形成にまで及んでいた。加えて、授業の実施過程を通じて、対象者の年齢や既有知識に応じてどの程度まで専門的内容を扱えるかについても具体的な見通しが得られた。これは、今後の展開において、学校種や学年に応じた教材の再構成を行う際の重要な手掛かりとなる。さらに、授業設計の工夫が学習者の反応にどのような違いをもたらすのかを把握できたことで、実践者の経験に依存しすぎない形で授業モデルを蓄積できる可能性が高まった。教育実践を再利用可能な知識として整理できた点は、単年度の活動成果を超える意義をもっている。実施方法を蓄積し、共有可能な形に整理できたことは、今後の展開可能性を大きく広げる効果があった。

第五の効果として、観測情報を通じて、災害を考えることそのものの質が変化した点を挙げることができる。従来の防災教育では、避難場所の確認や防災用品の準備など、行動の手順を覚えることが中心になりやすいが、本年度の実践では、その前提となる、なぜ備えるのか、地域の危険性をどのような情報から捉えるのかという思考の部分に厚みが生まれた。学習者は、地震を単なる突発的な出来事としてではなく、長い時間の中で観測される地殻変動や地域条件と結び付けて理解し始めた。その結果、防災は外から与えられる注意喚起ではなく、自分たちが暮らす場所を科学的に理解し、将来の不確実性に向き合う営みとして捉え直された。この変化は、単に知識量が増えたというよりも、災害情報に接したときの受け止め方そのものが深まったことを意味している。観測情報を読み、背景を考え、地域の条件と重ね合わせるという経験を通じて、学習者の防災リテラシーはより多層的なものとなった。これは、平時における防災学習の意義を広げる成果であり、将来的な地域の防災文化の醸成にもつながる重要な蓄積であった。その結果、学習者にとって防災は、特別な日にだけ考える課題ではなく、地域を理解し将来を考える際の基本的な視点の一つとして位置づけられ始めた。観測情報に触れる経験を通じて、災害は完全に予測しきれない一方で、手掛かりとなる情報を丁寧に読み取ることで備えの質を高められるという理解も共有された。これは、過度な不安や無関心のいずれにも傾かず、根拠にもとづいて落ち着いて考え

る態度を育てることにつながる。防災リテラシーを、単なる知識の有無ではなく、情報との向き合い方の質として捉え直せたことは、本取り組みの重要な到達点であった。



写真 2-2-2-6 地殻活動監視システムを用いた講義（左）と演習（右）の様子。

b) 津波即時予測システムおよび「逃げトレ」を活用した実践

津波即時予測システムおよび津波避難訓練スマホアプリ「逃げトレ」を活用した実践では、津波浸水の多様なパターンを理解し、それを実際の避難判断と結び付けることを目的として、現地確認と避難訓練を組み合わせた学習を進めた。なお、本年度の取り組みでは、津波即時予測システムのデータを「逃げトレ」に実装しておらず、その技術的な準備として、宮崎県独自モデルの津波想定を「逃げトレ」に新たに追加して、その教育効果を測定した。

この取り組みの第一の効果は、津波の到達や浸水を抽象的な知識としてではなく、地域ごとの具体的な空間条件に即して理解できるようになった点にある。津波災害は、同じ沿岸地域であっても地形、土地利用、道路条件、建物配置、避難先までの距離などによって受け止め方が大きく異なる。本年度の実践では、津波即時予測システムが示す情報と実際の現地空間とを重ね合わせることで、どの場所がどのような条件下で危険となりやすいのかを具体的に捉えることができた。その結果、参加者は、津波が来るから危ないという一般論ではなく、この場所では高台までの距離が長い、この経路では途中で滞留が起こりうるといった、より実践的な理解を得ることができた。災害を地域固有の課題として把握する視点が育ったことは、避難行動の実効性を高める前提として非常に大きな成果であった。さらに、システムが示す情報を現地での確認と結び付けたことにより、参加者は地図や想定図を読むだけでは把握しにくい高低差や見通し、移動のしやすさといった要素にも注意を向けるようになった。津波災害では、わずかな高低差や道路条件が避難の成否に影響する場合があるため、このような現地感覚を伴った理解は非常に重要である。情報と現場の対応関係を具体的に捉えられるようになったことで、津波に対する理解はより立体的かつ実践的なものとなり、避難を自分事として考える基盤が強まった。このことは今回の取り組みの事前事後に行ったアンケート回答の変化からも裏付けられ、例えば「津波の浸水想定について、どの程度知っていますか」という質問について、ウィルコクソンの符号付順位検定を行った所、事後得点は事前得点と比較して有意に高かった ($T=2.5$, $Z=-3.36$, $p=.001$, $r=-.576$)。このことから、今回の取り組みによって、参加者が津波に対する理解を深めた可能性があるといえる。

第二の成果は、地域空間を災害時の視点から読み直す力が、実際の訓練を通じて具

体的に育成された点にある。日南市細田地区や大堂津海岸周辺、宮崎市青島地区などで行った実践では、地図上では短く見える経路が必ずしも安全とは限らず、逆に日常生活では目立たない経路が有効な避難路となる場合があることが共有された。「逃げトレ」を用いることで、参加者は単に歩行訓練を行うのではなく、時間経過のなかで自分の位置と危険の接近を意識しながら移動する経験を得た。このことにより、普段見慣れた道路や坂道、交差点、建物の配置が、災害時には別の意味を持つことを実感的に理解できるようになった。地域空間を災害時の行動資源として捉える見方が育ったことは、防災訓練の学習効果を高めるだけでなく、日常的な地域理解そのものを深める効果でもあった。参加者が現地で足を止め、周囲を見回しながら判断根拠を確認する場面が増えたことは、避難行動を単なる身体的移動ではなく、情報に基づく判断の連続として理解する契機となった。また、同じ地域でも、日常生活の導線と災害時に選ぶべき導線が必ずしも一致しないことが体験的に理解された点も重要である。ふだん使い慣れた道であっても、狭さや見通しの悪さ、人の集中しやすさなどを考慮すると、最適な避難経路とは限らない。そのことを現地で確かめながら学ぶことで、参加者は、近いから安全、慣れているから安心といった日常感覚を相対化し、災害時には別の基準で空間を評価する必要があることを理解した。これは、避難訓練を通じて得られる地域理解の質を大きく深める成果であった。

第三の効果として、訓練を通じて得られた理解が、実際の避難行動の質に結び付いていることが確認された点を挙げるができる。振り返りでは、参加者から、危険な場所と安全な場所の位置関係を事前に理解していたために直感的に経路を選べたこと、避難すべき方向を迷わず判断できたこと、避難先に到達するまでの見通しを持ちながら行動できたことなどが共有された。これは、訓練が単に走ってみる経験ではなく、判断と行動を結び付ける実践的学習として機能していたことを示している。特に、「逃げトレ」によって時間的切迫感を伴う状況を擬似的に体験したことは、机上で地図を見ているだけでは得られない理解をもたらした。どこで速度が落ちるのか、どこで迷いやすいのか、どの時点で進路変更を意識する必要があるのかといった具体的な感覚が得られたことは、避難行動の精度を高めるうえで重要である。本年度の実践は、避難行動を身体化された知識として学ぶ機会を提供し、参加者が災害時の判断をより現実的に捉えられるようにした点で、大きな効果があった。さらに、訓練中の経験が振り返りの際に具体的な言葉として共有されたことで、参加者同士が互いの判断の違いを比較し、より妥当な行動のあり方を考える機会も生まれた。ある参加者にとっては安全に見えた場所が、別の参加者には不安の残る地点として受け止められることもあり、その差異を確認する過程自体が学習となった。避難行動の質は、単独の知識だけで決まるのではなく、複数の条件を総合して判断する力によって支えられる。本年度の実践は、そのような判断力を現場経験と結び付けて育てることに成功した。したがって、本年度の実践は、知っていることを動ける力へ変える教育的過程を具体的に示したといえる。

第四の効果は、住民だけでなく来訪者も含めた多様な利用者に対して機能する避難の考え方が具体化した点にある。特に青島地区のような観光地では、住民は土地勘をもっているが、来訪者は地形や避難先をほとんど知らないまま滞在していることが多

い。そのため、防災を地域住民だけの問題として考えるのではなく、その場にいる誰もが避難できる条件を整える視点が重要になる。本年度の実践では、津波即時予測システムによって想定される危険の広がり共有しつつ、「逃げトレ」によって初見の利用者でも理解しやすい経路や判断の要点を確認することができた。これにより、避難の考え方を地域内部の経験知だけに依存させず、説明可能で共有可能な形に整理する方向性が明確になった。防災リテラシーは、知っている人だけが行動できる状態では不十分であり、知らない人にも伝わる形で構成されて初めて公共的な意味をもつ。本年度の取り組みは、そのことを具体的な地域実践のなかで示した点に大きな意義があった。この成果は、観光地や交流人口の多い地域において特に意義が大きい。住民の間で暗黙の了解となっている知識や感覚は、初めて地域を訪れる人には共有されていないため、それに依存した避難の仕組みには限界がある。本年度の実践によって、地形条件と避難経路の関係を外部の人にも説明できる形で整理する視点が強まり、地域の防災をより開かれたものとして構想する方向性が明確になった。これは、防災リテラシーを地域内部の知識に閉じない公共的資源として位置づけるうえで重要な成果である。

第五の効果として、訓練後の振り返りが学習内容を深め、実践知として定着させる有効な場になったことが挙げられる。避難訓練は身体を動かす経験として印象に残りやすい一方で、そのとき何を根拠に判断したのか、どこで迷いが生じたのか、別の条件ならどう変わったのかを言語化しなければ、経験がその場限りで終わる可能性がある。本年度は、訓練後に参加者が経路選択の理由、危険の感じ方、移動のしやすさ、分かりにくかった地点などを丁寧に共有する機会を設けた。その結果、参加者は自分の経験を個人的感想として終わらせるのではなく、他者と比較しながら理解を深めることができた。また、同じ場所を歩いても着目点や判断理由が異なることが可視化され、避難行動が多様な条件のもとで成り立つことへの理解も進んだ。こうした振り返りを通じて、訓練は単なる実施記録ではなく、次の行動に生かせる知識へと整理された。経験を共有し、意味づけし、再利用可能な学びへ転換する過程が形成されたことは、人材育成・リテラシー向上の観点から極めて重要な成果であった。また、振り返りの場では、成功した点だけでなく、どの場面で判断が揺れたのか、どの情報があればより安心して行動できたのか共有され、それが学習内容の整理に大きく役立った。経験を言語化することによって、参加者は訓練中には曖昧だった判断の根拠を明確にし、次に同様の状況に直面した際に生かせる知識として再構成することができた。防災教育において、経験と理解とを結び付けるこの過程は非常に重要であり、本年度の実践は、訓練の後半に位置づけられる対話的な振り返りが、人材育成・リテラシー向上の中核的要素であることを示した。



写真 2-2-2-7 逃げトレを使った訓練（日南市大堂津海岸、左）と訓練の振り返り学習の様子（日南市細田地区、右）。

c) 小学生のような若い世代の情報リテラシー向上の実践

我が国において南海トラフ地震への備えは各分野において不可欠な課題である。その中でも、小学生のような若い世代の情報リテラシー向上、人材育成は重要である（野々村ら 2025）。そのため、香川県をはじめとして高知県、徳島県において未来の防災を提案する「こども防災会議」を実施した。愛媛県では 2026 年 5 月に「こども防災会議」を予定している。実施した香川県、高知県ならびに徳島県の「こども防災会議」では小学生の発想の豊かさやプレゼンテーション能力に驚かされるものであった。災害を乗り越えるための未来防災を考え、それを実現するといった思考がまさに「レジリエンス」である。

2026 年 8 月には「四国こども防災会議」を実施し、四国の未来防災提案をプレゼンテーションする予定である。

また、宮崎県延岡市において、津波浸水域にある小中学校において防災授業ならびに南海トラフ地震後 3 日間で身の回りにどのような状況が起こるかについてのグループワークを行い、南海トラフ地震被害を自分事としてイメージすることの重要性を示した。

さらに、小中学生だけでなく、高校生を対象とした「高知減災エンス塾」も開講し、高知県内の高校生に減災科学研究の視点から、地球科学及びレジリエンス等について、講義を行った（表 2-2-2-22）。

表 2-2-2-22 令和 7 年度の小学生を対象とした防災教育活動。

回	開催場所	実施日
1	香川こども防災会議	R7. 11. 16
2	土佐こども防災会議	R7. 12. 21
3	徳島こども防災会議	R7. 12. 13
4	高知こども防災会議	R8. 2. 1
5	延岡市立一ヶ岡小学校防災授業	R8. 2. 16
6	延岡市立土々呂中学校防災授業	R8. 2. 16
7	高知減災エンス塾	R8. 2. 7

以降には、主な実施状況写真を掲載する。



写真 2-2-2-8 香川こども防災会議 (R7.11.16)。



写真 2-2-2-9 土佐こども防災会議 (R7.12.21)。

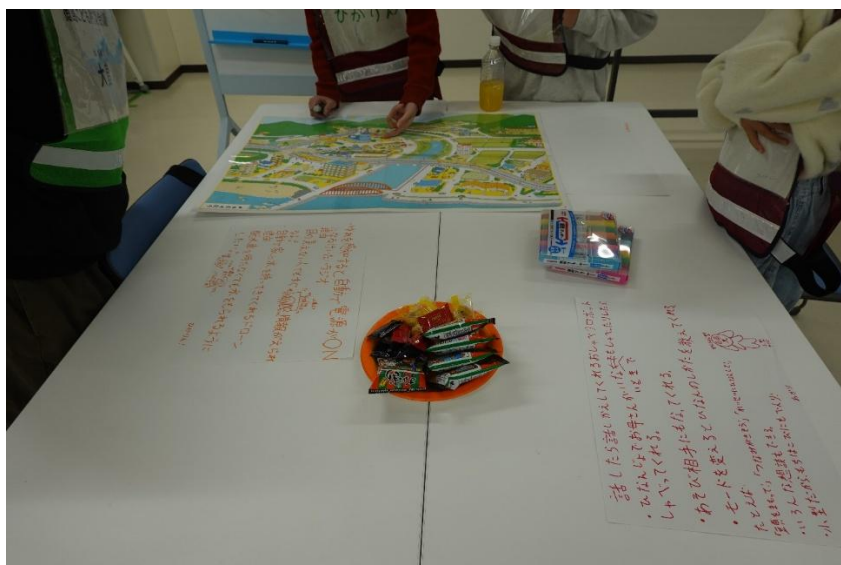


写真 2-2-2-10 徳島こども防災会議 (R7.12.13)。



写真 2 - 2 - 2 - 11 高知こども防災会議 (R8. 2. 1)。



写真 2 - 2 - 2 - 12 延岡市内小学校での防災授業の様子（左：一ヶ岡小学校 (R8. 2. 16)、右：土々呂中学校防災授業 (R8. 2. 16)。

以上のように、令和 7 年度の「4) 人材育成・リテラシー向上」では、地殻活動監視システムを用いた取り組みと、津波即時予測システムおよび「逃げトレ」を活用した実践とが、それぞれ異なる方向から防災リテラシーの形成に寄与した。前者の成果は、観測情報を読み解き、災害を科学的に考える力を育てた点にあり、後者の成果は、地域空間の理解と避難判断を結び付ける実践的な力を育てた点にあった。両者は内容上明確に区別されるが、いずれも、情報を自分で読み、意味を考え、行動へ結び付けるという共通の学習過程を支えていた。また、小学生などの若い世代を対象とした防災リテラシー向上の実践を行った。

本年度の取り組みは、防災教育を知識伝達中心のものから、情報活用と判断形成を重視するものへと発展させる具体的な成果を示したといえる。学校教育の場で育成される科学的理解と、地域実践の場で育成される行動判断の力とが相補的に働くことで、人材育成・リテラシー向上の内容はより厚みのあるものとなった。さらに重要であったのは、2つの取り組みがそれぞれ独自の成果をもちながらも、人材育成・リテラシー向上という観点では相互に補完し合う関係にあったことである。地殻活動監視システムを用いた学習によって養われた科学的に情報を読む力は、津波避難の場面で必要となる状況判断の基礎を支えた。一方、津波即時予測システムと「逃げトレ」を用い

た実践によって得られた行動の具体性は、情報を学ぶことの意味を現実の生活へ引き戻す役割を果たした。両者を通じて、防災を考える力と防災に行動する力とを一体的に育成できたことは、令和7年度の取り組みを特徴づける成果であった。

d) リテラシー向上把握のためのアンケート調査

これまでリテラシー向上把握のためのアンケート調査を実施してきた。これまでは、住民を支える側もしくは次世代の意識を測定するためのアンケートであった。これまで、小・中学生に対する防災授業の効果をアンケート調査から測定し、一定の効果があることを確認した³⁶⁾。本プロジェクトでは、広く一般住民を対象としたアンケート調査を実施することとした。

今回のアンケート調査では、広く住民を代表できるような調査にするため、以下の方針を策定した。

- 測定概念の明確化：「南海トラフ地震に対する意識構造を明らかにする」ことを優先し、因子分析に耐えうる設問設計を行う。
- 全国規模の調査：南海トラフ沿岸部に限定せず、全国を対象として物差し（ベースライン）を作ることで地域比較を可能にする。
- Web パネル調査の活用：Web アンケートサービスも利用し、属性バランスの取れたサンプルを確保する。
- モニタリングとしての継続性：1 回限りの調査ではなく、同一設問を定期的に繰り返すことで時系列変化を追跡する。
- 個人追跡のための擬似 ID の設定：名前のイニシャル・電話番号下 4 桁・生年月日等の組み合わせによる擬似 ID 付与で個人同定を試みる。

i) 理論的な枠組み

本プロジェクトでは、災害時における対応行動へと至る意思決定を捉えるための枠組みとして、既存モデルの中から、防護行為決定モデル（PADM: Protective Action Decision Model）³⁷⁾を基本的な理論枠組みとして採用することで決定した。PADM は、脅威知覚・防護行為の知覚・状況要因などが防護行為の実施に至るプロセスを説明するモデルであり、南海トラフ地震への適用に適していると判断した。また、測定すべき概念として以下のキーワードを抽出した。それは、リテラシー（知識・正しい理解）、自己効力感（自分でできるという認識）、正常性バイアス（過小評価傾向）、未来志向・復旧に対する想像力、ソーシャルキャピタル（地域コミュニティとの連携）、行動意図（逃げるつもりがあるか）、臨時情報への理解と対応である。既存尺度として、松川らが開発した防災基礎力尺度（DRSi）³⁸⁾や、防災意識尺度³⁹⁾も参照・活用することとした。

ii) 設問の選定プロセス

これまでのアンケート調査の設問群をベースに、生成 AI を活用した設問案の生成・改善を併用しながら設問選別を進めた（第 1 回～第 6 回）。具体的には以下のプロセスを踏んだ。

- 前 PJ 設問を AI に入力し、「20 問版」「40 問版」の候補案を生成・比較
- 各自が先行研究の尺度を調査し、測定すべき因子リストを作成
- スプレッドシート上で設問候補を一覧化し、各設問の採否・文言を協議
- 防災の専門家ではない人（2～3 名）に文言の分かりやすさを確認する「予備調査」を実施

回答形式については、7 段階評価（両端に言語ラベル、中間は数字表示）を採用することとした。これはリッカート尺度より細かい分布が得られ、因子分析に適しているためである。

iii) フェイス項目（基礎属性）の設計

フェイス項目の詳細について、以下のカテゴリーに整理した。

- 基本属性：年齢・性別・世帯構成（高齢者・乳幼児・要支援者の同居有無）・居住年数・就業形態・健康状態
- 居住・立地特性：郵便番号（町丁目レベルの位置同定に使用）・住宅形態・建物構造・階数・ハザードエリア内外
- 社会資源と制約：家計・保険状況・移動手段（自家用車の有無等）・ケア責任・医療機器の電源依存
- 情報環境：情報入手手段・スマートフォン保有・言語（外国人住民対応）
- 地域コミュニティ：近隣で頼れる人・自主防災組織参加・避難訓練参加歴・家庭備蓄
- 社会機能維持の観点：医療・介護・物流・インフラ等のエッセンシャル職への従事
- 被災経験：過去の地震・水害経験・想定避難先

フェイス項目の設計にあたっては、単なる属性把握にとどまらず、後続の分析で「誰が・どこに住んでいて・どんな条件下にあるか」を多角的に評価できるよう各項目の採用理由を議論した。居住地については、市区町村名では沿岸部と内陸部の区別が困難なことから、より細かい「郵便番号」の記入を求める方式を採用した。郵便番号はゼンリン等のポリゴンデータと突合することで津波浸水域や地震動の強さと紐付けが可能となり、後続分析の基盤情報として機能する。移動手段（自家用車・バイク等）については復興時のレジリエンスに関する重要指標として位置づけた。保険加入や住宅構造については、被災後の生活再建・復旧にかかわる資源として、単なる被害把握を超えた復旧期の研究視点から採用された。ケア責任（要介護者・乳幼児・ペット等）や医療機器への電源依存については、要支援者への重点的な防災啓発対象を把握するために設けた。就業形態のうちエッセンシャル職（医

療・介護・物流・インフラ等）への従事については、発災時の社会機能維持という観点から必要な項目として判断した。また、日本語以外の言語使用については、外国人住民の防災リテラシー格差への対応を将来的に視野に入れた項目として追加された。

iv) 調査設計・実施方法の確定

調査プラットフォームとして、インターネット調査パネルの Web アンケートサービス QiQUM0 を複数検討した。サービスによっては設問数に応じた従量課金制もあり、1つの設問内に複数のサブ項目をまとめることでコスト低減が可能であることも判明した。また、全国調査以外の個別の取り組み（防災教育やワークショップ実施等）では、自前サーバーの LimeSurvey を用いてデータ収集する案も検討した。個人同定のための擬似 ID を LimeSurvey の入力欄として実装することとした。

サンプリングについては以下の方針を定めた。同一人物への再調査（パネル追跡）については、擬似 ID を活用しつつ、個人情報保護の観点からの慎重な対応（防災科研の倫理規程への準拠）も確認した

- 全国を対象とするが、南海トラフ影響 11 府県を重点分析対象とする
- 目標回収数：年間 6,000 サンプル
- 性別は均等割付、年齢は 10 代～70 代を包含
- 予備調査で不足していた四国・九州沿岸部サンプルの積極的確保
- 都道府県ブロック別に実施数を調整することで、沿岸部と内陸部の比較を可能にする
- 調査実施にあたっては以下の倫理的配慮を行った。
- 説明文書の簡潔化：長い前説が不安を煽る可能性があるため、重要事項のみ箇条書きに整理（第 7 回・第 11 回で改訂）
- データ活用範囲の明示：防災行動向上に資する研究への活用に限定し、社会的に役立つ研究での二次利用も可能とする旨を明記
- 個人情報の非特定化：郵便番号・擬似 ID 以外の個人特定情報は収集しない
- 全設問必須回答：途中断念者データの混入を防ぐため全設問を必須とし、回答拒否の場合はブラウザを閉じることで参加辞退を可能とする

v) 予備調査の実施

2025 年 12 月 25 日に、QiQUM0 を用いて予備調査を実施した（表 2-2-2-23）。アンケート実施画面イメージを図 2-2-2-67 に記す。

表 2－2－2－23 予備調査の概要。

調査名	南海トラフ地震防災意識に関する予備調査
実施日	2025 年 12 月 25 日
有効回答数	2,800 名
調査項目	96 変数（基本属性 10 項目 + 質問項目 86 項目）
分析対象設問	Q29～Q86 の 58 項目（7 段階評価）
プラットフォーム	Web アンケートサービス（インターネット調査）



図 2－2－2－67 QiQUMO アンケートイメージ。

予備調査のサンプル特性は以下のとおりであった（図 2－2－2－68， 2－2－2－69）。

- 性別：男性 1,400 名（50.0%）、女性 1,400 名（50.0%）とし、性別バイアスを最小限とした。
- 年齢：平均 40.7 歳（SD=17.5）、中央値 37 歳。20～30 代が 47.0%とやや若年層に偏りがある。
- 居住地：首都圏（東京・神奈川・埼玉・千葉）が 35.8%、南海トラフ地震の影響が大きいと考えられる 9 県は 566 名（20.2%）で概ね人口分布に準拠している。

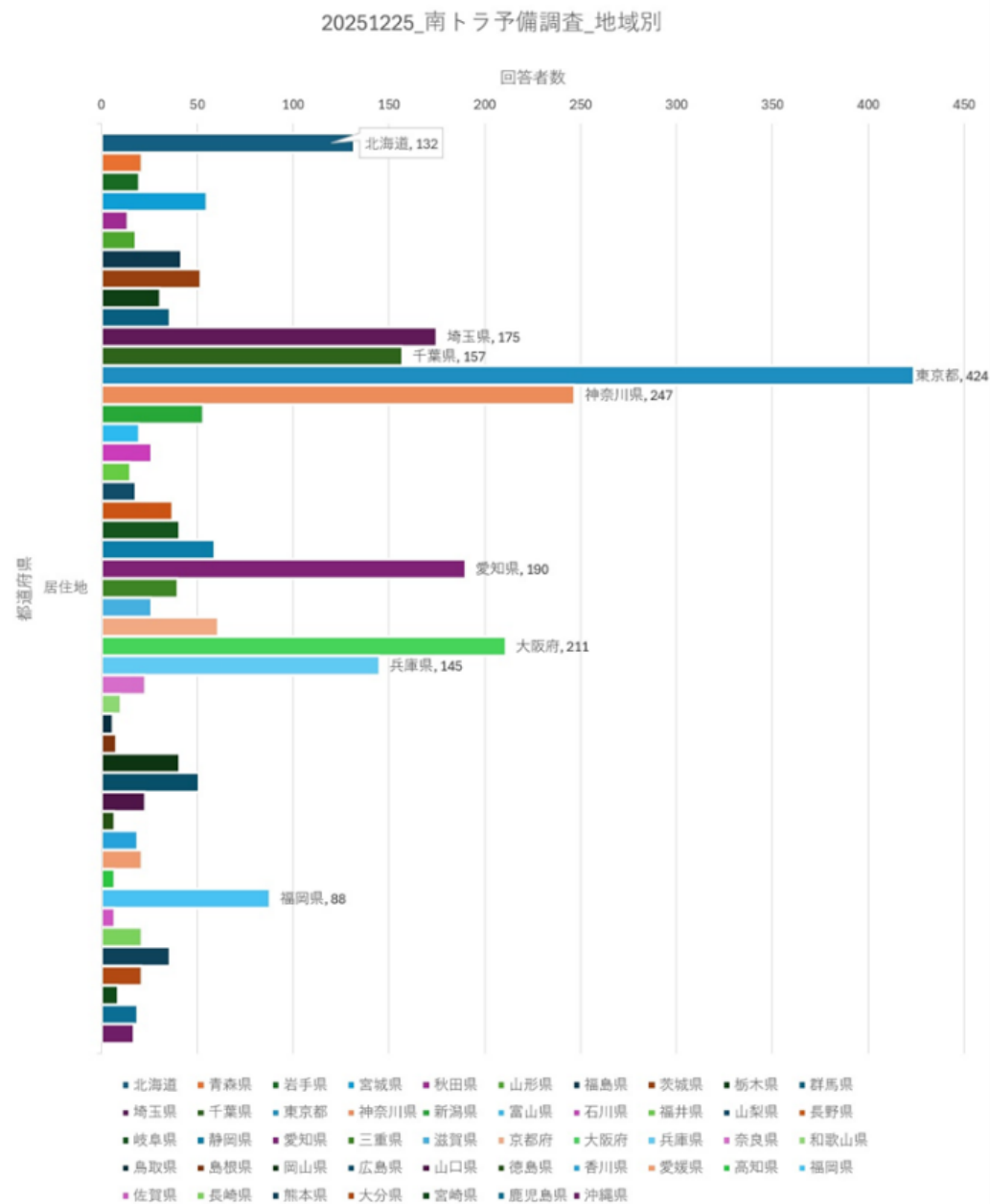


図 2 - 2 - 2 - 68 予備調査回答の偏り。

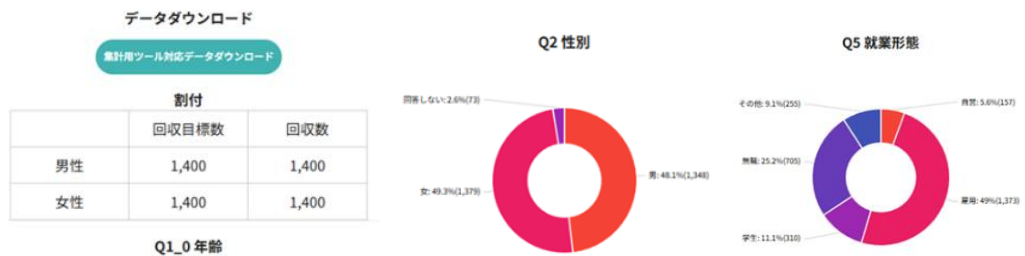


図 2 - 2 - 2 - 69 回答数と基礎項目の一部。

vi) 因子分析結果

予備調査データ（Q29～Q86 の 58 項目）に対して以下の条件で探索的因子分析を実施した。

- 因子抽出法：最小残差法。
- 回転法：プロマックス回転（斜交回転）。
- 因子数決定：固有値 1 以上の基準により 6 因子。
- KMO 値：0.983。
- Bartlett 球面性検定： $p < 0.001$ （有意）。
- 累積寄与率：44.5%。

因子分析の結果、南海トラフ地震に関する防災意識は以下の 6 因子で構成されることが明らかになった（表 2－2－2－24）。

表 2－2－2－24 抽出された 6 因子。

因子	因子名	主な測定内容
因子 1	知識・情報リテラシー （19 項目）	「半割れ」「揺れ継続時間」「津波情報」等の専門知識を有している「、SNS 発信意欲、地域防災の役割を担う意欲など
因子 2	津波リスクの理解と避難準備（11 項目）	津波到達範囲・時間の認識、ハザードマップ理解、避難判断能力、液状化知識など
因子 3	防災への主体的関与意識（11 項目）	防災活動への参加意欲、地域貢献意識、防災の重要性認識、復旧後のまちづくり関心など
因子 4	地域コミュニティとの連携（7 項目）	近所との協力関係、頼れる隣人の存在、地域の人との会話、避難所での積極性など
因子 5	現状維持志向・自力避難可能性の認識（7 項目）	南海トラフ地震臨時情報（以後、臨時情報）が出ても生活を変えない、同じ場所に住み続けたい、自力避難できる、災害経験の少なさなど
因子 6	個人レベルの災害準備（3 項目）	自宅の備蓄、家族との話し合い、耐震補強の実施など

さらに、因子得点について性別・年齢・居住地・ライフスタイルとの関連を分析した結果、以下の知見が得られた。

【性別差】

- 因子 1（知識・情報リテラシー）、因子 2（津波リスク理解）、因子 4（地域連携）、因子 6（個人準備）の 4 因子で男性が有意に高い（ $p < 0.001 \sim 0.01$ ）。
- 因子 3（防災関与意識）・因子 5（現状維持志向）については性別差なし。

【年齢との相関】

- 若年層ほど低い因子：因子 1（知識・情報リテラシー、 $r = -0.266$ ）、因子 6（個人準備、 $r = -0.119$ ）。
- 高齢層ほど高い因子：因子 5（現状維持志向、 $r = 0.241$ ）、因子 4（地域連携、 $r = 0.059$ ）。

【地域差】

- 南海トラフ地震の影響が大きい県（静岡・愛知・三重・和歌山・大阪・徳島・香川・高知・愛媛・大分・宮崎・鹿児島）とその他の県で、全 6 因子において有意差は見られなかった。
- これは全国的な情報発信・防災教育の浸透を示唆する一方、影響が大きい地域での危機意識が十分でない可能性も懸念される。

【ライフスタイルとの関連】

- バイク所有者：全因子で有意に高い（ $d = 0.19 \sim 0.41$ ）。機動性・自己効力感との関連が示唆される。
- シニアカー（電動車いす）所有者：因子 1（知識・情報リテラシー）、因子 3（防災関与意識）、因子 5（現状維持志向）が大幅に低い（ $d = 0.32 \sim 0.97$ ）。要介護・要支援者層への重点支援が急務であるといえる。
- 習い事目的での公共交通利用者：全 6 因子で有意に高い（ $d = 0.24 \sim 0.68$ ）。教育・自己啓発意識と防災意識の強い関連を示唆しているといえる。

vii) 本調査の実施

予備調査を実施し、調査の妥当性と因子分析からどのような事項が抽出できるか、アンケート調査の実施方針について、目処を付けることができた。予備調査の結果を踏まえて、改善点を見直し、本調査を実施した。回収数が不足している地域に関しては予備調査の回答データも組み合わせて、全国 47 都道府県から 12,335 名の回答を得ることができた。その後、データからエラー回答を削除する精査を行い、結果 11,413 名の調査結果データを確定した。データ内容の分析については令和 8 年度に実施する予定である。以下の図に回答データの概要を記述する（図 2-2-2-70~71）。各県ごとにおおよそ 100 名程度以上の回答を得ている。大都市圏の回答者数の偏りの補正については次年度検討し解消していく必要がある。

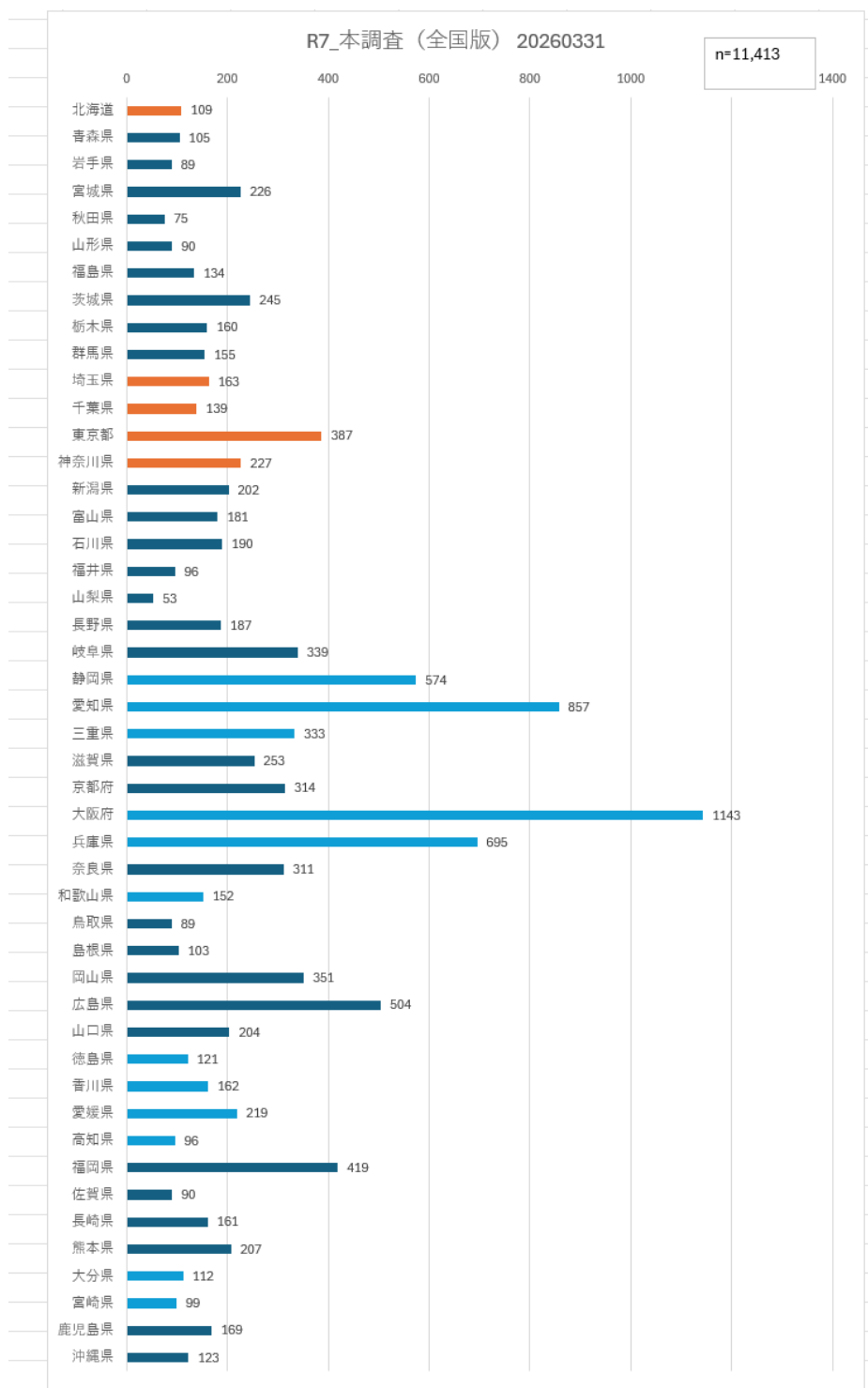


図 2 - 2 - 2 - 70 令和 7 年度アンケート調査の回収結果。

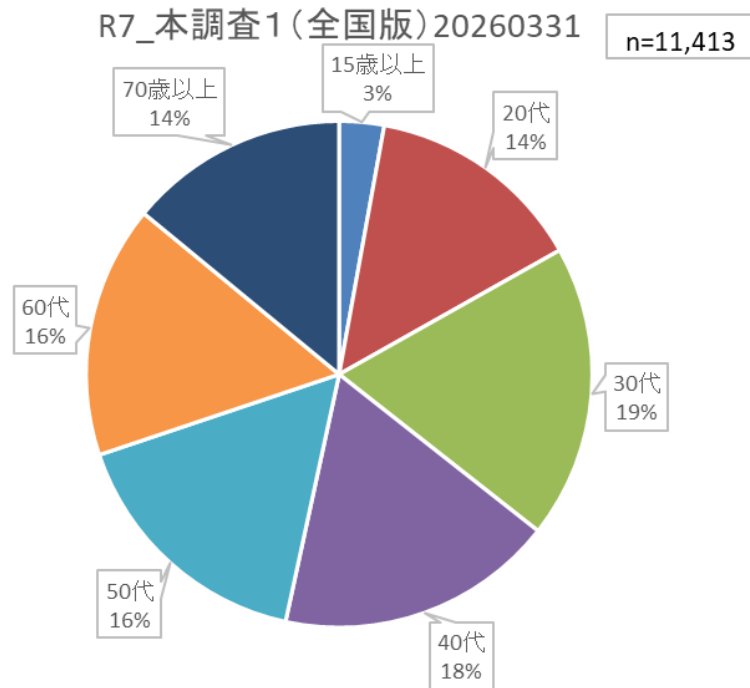


図 2 - 2 - 2 - 71 令和 7 年度アンケート調査の回収結果（年代割合）

5) 地域レジリエンス研究会

本プロジェクトによる成果や他プロジェクトによる結果、現状の各地域の取り組みの状況を共有するための地域レジリエンス研究会を東海、関西、四国、九州の 4 つの地域に分けて実施した。それぞれの地域の取り組みについて詳細を記載する。

a) 東海地域レジリエンス研究会

日時： 令和 8 年 2 月 2 日（月） 13：00 ～ 16：30

会場：名古屋大学 減災館 1 階 減災ホール

議事：

第一部 話題提供と質疑応答

1. 「プロジェクトの全体説明」 防災科学技術研究所 高橋成実

2. 「東海地域レジリエンス研究会のキーワード」 名古屋大学 平山修久

第二部 ミニワークショップ

「巨大地震、複合・連鎖災害、地域継続、臨時情報、後発地震注意情報への対策・対応の課題」を考えるミニワークショップ

対面での出席者は 3 つの班に分かれ、具体的なテーマについて議論した。オンラインでの出席者は google フォームを用いて各テーマに沿った意見を出し、対面での参加者と共有した。

今回は名古屋大学の会場より、会場参加による対面とオンラインのハイブリッド形式で開催した。議事は二部制として、第一部がプロジェクト概要と研究会の進め方について説明、第二部がミニワークショップで、出席の皆様による南海トラフ、複合・連鎖災害、地域継続への対応・対策に関する議論を行った。

・プロジェクトの全体説明

文部科学省からの南海トラフ地震に関する新しい受託研究「南海トラフ地震等巨大地震災害の被害最小化及び迅速な復旧・復興に資する地震防災研究プロジェクト」が2025年8月から始まった。本研究会「東海地域レジリエンス研究会」は、このプロジェクトの中の「地域継続計画への貢献を見据えた地域防災力向上研究」の一環として開催している。このプロジェクトの狙いは何か、地域継続計画へ貢献するための取り組みの考え方について説明した。

・東海地域レジリエンス研究会のキーワード

昨年度まで実施した文部科学省科学技術試験研究委託事業「防災対策に資する南海トラフ地震調査研究プロジェクト」では、発災時、特に臨時情報発表時の企業の事業活動停止を防ぐことを調査研究目標として、地域や産業界と連携し、産業構造把握に基づく産業タイムライン、リアルタイムでの社会様相モニタリング技術、事態想定シナリオの構築に取り組んだ。その結果、臨時情報発表時の社会様相シナリオ、さらに防災情報基盤によるハザード情報を、臨時情報WSにより、机上演習における状況付与のためのシナリオデータとして整備し、企業の事業活動停止を防ぐためのBCP見直しを目的として臨時情報机上演習手法を構築した。これまでの南海トラフ地震プロジェクトでの取り組みとともに、能登半島地震、日向灘の地震、青森県東方沖地震を踏まえ、連鎖災害、複合災害や時間軸についての課題について考えることとした。

・第二部 ミニワークショップ

大規模災害に備えて、個々の組織におけるBCPや地区防災計画作成等取り組みが進められている。近年の新しい防災対策や能登半島地震とその後の奥能登豪雨の発生状況などを踏まえ、「臨時情報、後発地震注意情報、複合・連鎖災害、地域継続への対策・対応の課題」などをキーワードに、現状の課題と今後の改善策を考えることも必要である。大規模地震等の広域災害時に社会はどのような影響を受け、個々の組織や地域がどのような事に困る可能性があるのかを話し合い、事前対策を進める上での課題について、意見交換を行った。

・実施された会議の概要

参加者は、内閣府、文部科学省、名古屋地方气象台、静岡県、愛知県、三重県、尾鷲市、南伊勢町、日本赤十字社、愛知県厚生事業団、中部電力、中部電力パワーグリッド、東邦ガス、NTTドコモ、ゼンリン、ダイフク、アシストコム、社会システム(株)、土佐清水ジオパーク、名古屋大学、静岡県立大学、海洋研究開発機構、防災科学技術研究所など多岐にわたり、オンラインと現地合わせて49名が参加した。

・参加者からのフィードバック

様々な分野の人と意見交換をしたことで、多方面からのものの考えを知ることが出来てよかったという意見が多数みられた。特に、地域継続という観点からは、地域全体である程度同じ認識を持った対応が求められるため、参加機関の認識や対応に違いがみられたことが興味深かったという意見が得られた。一方で、テーマ設定が大きく、多岐にわたったため、今回の内容が今後どのようにまとまっていき、社会に対してどのようにアウトプットしていくのかが、よくわからないという意見もみられた。今後、①議論の整理とテーマの焦点化、②事例調査や実態把握による知見の蓄積、③成果の社会への還元という段階的なプロセスを通して、地域継続の実現に向けた実践的な知見を体系的に構築していく。

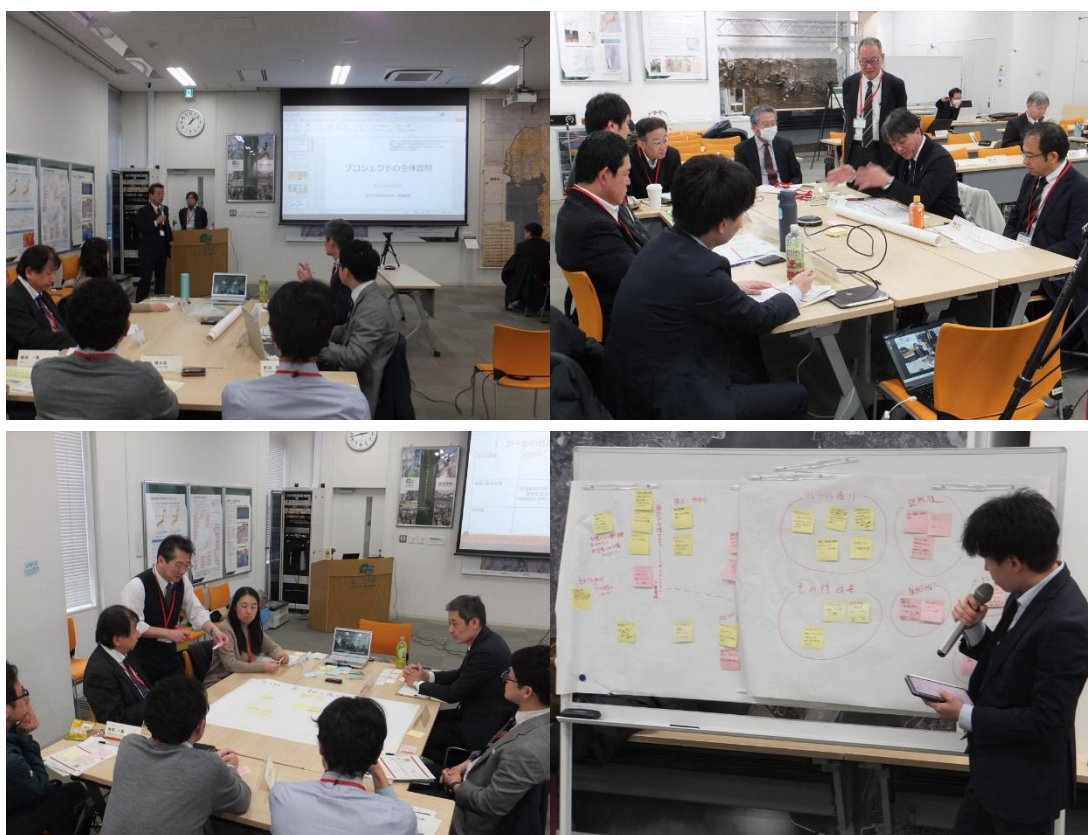


写真 2－2－2－13 当日の実施状況。

b) 関西地域レジリエンス研究会

日時： 令和8年3月27日（金）13：00 ～ 16：00

会場： 関西大学梅田キャンパス8階 KANDAI MeRISE ホール

議事：

第一部 プロジェクト説明と質疑応答

1. 趣旨説明 防災科学技術研究所 高橋成実/関西大学 奥村与志弘
2. 都市の魅力を高める大阪梅田の防災の役割 関西大学 奥村与志弘
3. 人中心の道路空間再編をめぐる最新動向 京都大学大学院 山口敬太
4. 日常の価値を生み出す和歌山県すさみ町の防災実践
和歌山県すさみ町 木村篤
5. 南海トラフ巨大地震の何を、今、解明しようとしているのか
防災科学技術研究所 高橋成実

第二部 総合討論

防災を「守るための活動」から「価値を更新するプロセスへ」

-都市・地方・企業の視点から-

パネリスト 木村篤（すさみ町）、東谷次郎（ソフトバンク）、高橋成実（防災科学技術研究所）

進行 奥村与志弘

・ 話題提供と質疑応答

- 趣旨説明（防災科学技術研究所 高橋成実/関西大学 奥村与志弘）

「南海トラフ地震等巨大地震災害の被害最小化及び迅速な復旧・復興に資する地震防災研究プロジェクト」の受託研究の紹介と「うめだ南トラ研究会」との連携の経緯が説明された。

- 都市の魅力を高める大阪梅田の防災の役割（関西大学 奥村与志弘）

都市空間の使い方と避難実効性について議論された。津波避難の必要性の認知は進んでいるが、どこに避難ビルがあるか認知が進んでおらず、逃げ切れない。高台避難は難しいので、近くへの建物に逃げ込んだ方が助かる可能性がある。御堂筋のビル街での取り組みが紹介された。ツールとしてのデジタルツインのもつ意味が紹介された。

- 人中心の道路空間再編をめぐる最新動向（京都大学大学院 山口敬太）

道路空間をどう利活用し、管理し、ルールを作るのか、エリアマネジメントが必要。公共空間の高度化を図り、エリアの価値を上げ、多様な人材の交流から活性化、イノベーションの創出を目指す。行政は規制緩和に取り組んでもらう。座る場所を増やすことで、その地域に長く滞在してもらい、稼ぎにつなげる、といった民間中心の取り組みを進めている。異質な知識や技術を組み合わせる街の魅力を高める。平時と災害時の情報を共有するスマート情報プラットフォームを開発している事例を紹介、行動変容にもつなげる。

－ 日常の価値を生み出す和歌山県すさみ町の防災実践（すさみ町 木村篤）

すさみスマートシティ推進コンソーシアムとして、産学官民連携で、平時・有事で平行して試用できるエコシステムを構築。3D都市モデル、観光・防災ポータル、物資管理、ドローン利用、行政 MaaS の組み合わせで実施。Plateau を利用してドローンの輸送航路を設定している。ドローンでは 20 kg まで、医薬品などの物資を山間部で輸送する仕組みを実施している。また、カメラで確認して、避難の呼びかけも可能である。

－ 南海トラフ巨大地震の何を、今、解明しようとしているのか（防災科学技術研究所 高橋成実）

様々なハザードマップがあるが、これをどう見るのか、混乱することも考えられる。潮の干満など河川の水位の上昇で浸水面積は変わる。堤防の想定、港湾構造物の使い方、瓦礫の動きによっても大きく浸水面積は変化する。住民を支える側の人たちは、様々な状況を判断して、避難支援の最適化を図るべきである。そのためには、地震被害や津波浸水、瓦礫、軟弱地盤、地震活動を適切にイメージする必要がある。

・ 総合討論

日常の取り組みとして、民間の力も入れて防災にも有益になるような取り組みを進めたい。今日の研究会を通じて社会を研究者は学ばせてもらった。町全体の取り組みを考えると、防災、医療、福祉、教育、さまざまな部署を横断するような取り組みが必要。民間企業としては防災を全面には出しにくい。観光などのビジネスの副次的な要素として防災をとらえている。福祉とか医療とか、様々な分野と防災を組み合わせることが重要。研究者としては、いろいろなニーズに応えていきたいが、社会の理解を深めることが重要で、社会のニーズに合わせて、研究者側も柔軟に対応できるようにする必要がある。

・ 講評（小澤守 関西大学主幹研究員）

大阪は地下 40-50m 程度砂地であるので、地震が来ると必ず沈む。200 万人を超える人がいるので群衆雪崩が発生する。自然災害だけではなく、経済も含め、人的被害が別に発生することがある。大学ではなく、企業を集めて、いろんな方向から大阪を見る必要がある。発災時の問題もあるが、南海トラフ地震を超えて、インフラ老朽化、高齢化等、大阪を展望する必要がある。

・ 実施された会議の概要

参加者は、文部科学省、大阪管区气象台、和歌山地方气象台、大阪府、兵庫県、和歌山県、大阪市、すさみ町、白浜町、広島地方气象台、北海道立総合研究機構、本州四国連絡後続道路（株）、関西電力（株）、関西電力送配電（株）、大阪ガス（株）、（株）地域・交通計画研究所、クモノスコーポレーション（株）、ソフトバンク（株）、関西経済連合会、関西経済同友会、（株）MBS メディアホールディングス、（株）サーベイリサーチセンター、（株）ゼンショーホールディングス、

(株) ダイフク、阪急阪神不動産(株)、川崎重工業(株)、関西大学、京都大学大学院、香川大学、徳島大学、兵庫県立大学、名古屋大学、海洋研究開発機構、防災科学技術研究所など多岐にわたり、オンラインと現地合わせて 66 名が参加した。

プロジェクト側は南海トラフ巨大地震に備え被害最小化と迅速な復旧・復興を目指すために必要な情報を展開する意向を示した。そのために、さまざまな分野の人たちと連携して進めたい意向を示した。一方で、通常からの街づくりを通して防災力を平時から高める努力と、そのための空間利用を適切に考えることが重要であるとの議論が活発に行われた。関西地域レジリエンス研究会では、民間企業からの多くの参加を頂いたが、民間企業としては、分野横断の取り組みを進めつつ、観光や医療など、通常の取り組みと上手に組み合わせることが大切であることが示された。



写真 2－2－2－14 当日の実施状況。

c) 四国地域レジリエンス研究会

日時： 令和8年2月27日（金）13：30 ～ 16：00

会場： 徳島大学常三島キャンパス地域創生・国際交流会館 5階フューチャー
センターA. BA

議事：

第一部 プロジェクト説明と質疑応答

1. 「プロジェクト説明」 防災科学技術研究所 高橋成実
2. 参加者自己紹介（ファシリテーター 徳島大学 金井純子）
3. プロジェクトに関する質疑応答

第二部 グループワーク（対面参加者のみ）

テーマ① 「南海トラフ地震による被害が想定される地域が存続するための課題」

テーマ② 「プロジェクトにどのような研究成果を期待するか」

今回は徳島大学の会場より、会場参加による対面とオンラインのハイブリッド形式で開催した。議事は二部制として、第一部がプロジェクト概要と研究会の進め方について説明、第二部がグループワークで、出席の皆様による南海トラフ、複合・連鎖災害、地域継続への対応・対策に関する議論を行った。

・プロジェクト説明

文部科学省からの南海トラフ地震に関する新しい受託研究「南海トラフ地震等巨大地震災害の被害最小化及び迅速な復旧・復興に資する地震防災研究プロジェクト」が2025年8月から開始された。本研究会「四国地域レジリエンス研究会」は、このプロジェクトの中の「地域継続計画への貢献を見据えた地域防災力向上研究」の一環として開催している。このプロジェクトの狙いは何か、地域継続計画へ貢献するための取り組みの考え方について説明した。

・グループワーク

グループワークでは、対面参加者をいくつかのグループに分け、「南海トラフ地震による被害が想定される地域が存続するための課題」と「プロジェクトにどのような研究成果を期待するか」の2つのテーマについて議論した。南海トラフ地震とそれによる津波の被害想定は甚大であることが想定されているが、それぞれの組織や地域が何を備え、どのように対応すれば、困難を乗り越えて復旧・復興し、そして発展へとつなぐことができるのか。また、そのために必要な情報はどのようなものなのか。大学や研究所の研究者5人がファシリテーターを務め、グループごとに意見をまとめて発表した。

「南海トラフ地震による被害が想定される地域が存続するための課題」については、人口減少と高齢化対策、地域の魅力創出、インフラの老朽化対策、他地域との連

携、自主防災活動の活性化、コミュニティの維持、高台移転、事前復興、高齢者の事前避難、海底地震観測の強化、自分事化、ビジネスへの展開、などの意見が出された。

「プロジェクトにどのような研究成果を期待するか」については、精度の高いL1評価、住民との合意形成手法の開発、住民に示せる具体性、リアルタイムハザードマップの高度化、地域継続計画において企業がどのような役割を果たすかについての提案、暮らしに役立つ日々の情報提供、グラデーションのあるリスク情報、若者の人材育成、などの意見が出された。

グループワークを通して、四国特有の厳しい人口減少や高齢化を背景に、インフラの老朽化対策や高台移転といった物理的・制度的な課題と、コミュニティの維持や防災の「自分事化」といった地域や個人レベルの課題があることを再確認した。また、プロジェクトに対しては、高精度な予測やリアルタイム情報の高度化に加え、住民との合意形成手法、企業連携、若者の人材育成が期待されていることが分かった。生活に密着した情報提供と科学的知見を融合し、地域の魅力を維持しつつ持続可能な社会を築くことが求められている。

・実施された会議の概要

参加者は、文部科学省、国土交通省四国地方整備局、香川県、徳島県、高松地方気象台、徳島地方気象台、高知地方気象台、室戸市、小松島市、海陽町、徳島市立加茂名中学校、医療法人新心会、土佐清水ジオパーク推進協議会、四国電力、四国旅客鉄道（株）、本州四国連絡高速道路（株）、日亜化学工業（株）、（株）フソウ、ユーティリティ・ソリューションズ、milab（株）、香川大学、徳島大学、高知大学、愛媛大学、近畿大学、海洋研究開発機構、防災科学技術研究所など多岐にわたり、オンラインと現地合わせて59名が参加した。

プロジェクトは南海トラフ巨大地震に備え被害最小化と迅速な復旧・復興を目指す。参加者は自己紹介で所属や地域課題を共有し、分野横断的連携の促進を目指した。また、グラフィックレコーディングで議論内容を可視化し振り返りに活用した。課題は観測、情報発信、復旧体制、防災教育、人材育成、街づくりなど多岐にわたる。5つのグループに分かれ代表者が議論内容を説明し、オンライン参加者も含め情報共有し、意見交換が活発に行われた。



写真 2-2-2-15 当日の実施状況。



写真 2-2-2-16 グラフィックレコーディングを用いた議論の可視化。

また、この四国レジリエンス研究会に先立って、当研究会の一環として、2025 年 10 月 11 日～13 日、地域の絆が強い奥能登地域における震災体験から地域の防災について学び、南海トラフ地震対策に活かすことを目的として視察を行った。2024 年の能登半島地震では、道路が寸断され、地域の復興・復旧が遅れ、南海トラフ地震発生時には、四国地域の一部では同様のリスクがあると考えられるからである。まず、鵜川公民館職員の鍋谷氏より地域住民への避難所運営対応について、Mayung Design の池崎氏より LINE オープンチャットを活用した住民同士の共助支援について現地指導を受けた。また、リポート珠洲復興支援ツアーに参加し、宝立小中学校での避難所

対応について学んだ。避難所対応では、避難者それぞれに役目を分担し、避難者全員で運営することの重要性が強調された。



写真 2 - 2 - 2 - 17 現地の風景。左：Mayung Design 池崎万優氏による現地指導、右：参加した復興支援ツアー（リブート珠洲）。

d) 九州地域レジリエンス研究会

日時： 令和 8 年 2 月 17 日（火）13：30 ～ 16：30

会場：延岡市社会教育センター 3 階 研修室 4

議事：

第一部 話題提供と質疑応答

1. 「プロジェクトの全体説明」 防災科学技術研究所 高橋成実
2. 「災害情報を活用した双方型の地域継続計画の可能性」 九州大学 杉山高志
3. 「宮崎県内での防災教育への取り組み」 宮崎公立大学 山下裕亮

第二部 総合討論

テーマ「地域継続計画の確立にはどのような情報と対策が必要か」

「南海トラフ地震等巨大地震災害の被害最小化及び迅速な復旧・復興に資する地震防災研究プロジェクト」の令和 7 年度九州地域レジリエンス研究会における第一回を実施した。今回は延岡市社会教育センターの会場より、会場参加による対面とオンラインのハイブリッド形式で開催した。議事は二部制として、第一部がプロジェクト概要と研究会の進め方に、九州地域で進めている双方向型の地域継続計画と人材育成について説明、第二部が総合討論で、出席の皆様による南海トラフ、複合・連鎖災害、地域継続への対応・対策に関する議論を行った。

・プロジェクト説明

文部科学省からの南海トラフ地震に関する新しい受託研究「南海トラフ地震等巨大地震災害の被害最小化及び迅速な復旧・復興に資する地震防災研究プロジェクト」が 2025 年 8 月から開始された。本研究会「九州地域レジリエンス研究会」は、このプロジェクトの中の「地域継続計画への貢献を見据えた地域防災力向上研究」の一環として開催している。このプロジェクトの狙いは何か、地域継続計画へ貢献するため

の取り組みの考え方について説明された。また、南海トラフ沿いにおける「通常と異なる現象」発生後の時間推移についてもその地震発生の時空間的な多様性の一例として取り込み、地震や津波のハザードやそれによって引き起こされるリスク情報を提供可能とする地震防災基盤シミュレータの WEB システムの試験公開について紹介した。

- ・ 災害情報を活用した双方型の地域継続計画の可能性

地震・津波等の災害情報を地域で共有し、学びと行動を相互に更新する双方型の防災教育・防災活動の可能性を検討したことを報告された。宮崎県で展開した地殻活動モニタリングシステムダッシュボードを活用した教育実践を取り上げ、情報理解のプロセスを整理したうえで、DCP 策定への応用可能性と課題を論じた。さらに、津波即時予測システムの活用可能性にも触れ、平常時・発災時の情報設計や、住民・行政・学校の協働条件を考察した。

- ・ 宮崎県内での防災教育への取り組み

発表者が宮崎県内でこの数年の間に学校と一緒にやってきた防災教育に関する取り組み事例について報告された。特に、宮崎市南部の青島地区にある青島小学校は、授業時数特例校の指定を受け、通常教科を総合的な学習の時間に変更した特別の教育課程を実施しており、小学3・4年生が「防災」をテーマとしている。特例校の強みを生かし、学校・地域・大学で連携して防災教育に取り組んできた。青島小学校を中心に、時間の許す限りで県内の小中学校でこれまでにやってきた取り組みを紹介した。

- ・ 総合討論

「地域継続計画の確立にはどのような情報と対策が必要か」をテーマについて議論した。地盤特性や河川の影響を踏まえた液状化・津波被害評価や浸水シミュレーションの研究、津波がれき動態解析や医療・福祉施設の配置と道路連携の重要性、地震発生直後の被害評価システムや連動発生・ゆっくり滑り現象の研究を説明した。高校生向け地下活動監視システムを活用した防災教育、津波即時予測システムと逃げトレアプリの連携でリアルタイム防災行動学習についての話題を提供し、それを踏まえて総合討論を実施した。

ここでは、地域ごとの津波浸水想定の違いや多様なリスク評価の必要性が指摘され、防災教育では双方向型学習と科学的知見の効果的活用が重要視されていることが意見出しされた。東南海地震と南海地震の連動発生だけでなく、西日本全体の地震活動が活発化することが前回の南海トラフ地震発生時には見られたこと、プレート内地震の発生の可能性も指摘された。これに備えるためには、各地域の防災特性に合わせた避難訓練や、住民主体の判断を尊重した地域防災計画が必要とされ、消防・警察との連携強化を図ることが重要であることが議論された。現実的な被災のイメージを共有することが必要で、例えば、災害後の遺体対応や検視の過酷さを踏まえた行政体制の整備も課題であることが話し合われた。また、復旧・復興については、それ

それぞれの市町の産業構造に即したものにすることが重要であると指摘された。

・実施された会議の概要

参加者は、文部科学省、国土交通省九州地方整備局、気象庁、宮崎県、大分県、佐賀地方気象台、鹿児島地方気象台、熊本地方気象台、大分地方気象台、長崎地方気象台、宮崎市、延岡市、日向市、西都市、新富町、門川町、高鍋町、延岡市社会福祉協議会、県立延岡病院、旭化成、九州電力、NTT 宮崎支店、テレビ宮崎、リファインホールディングス、人と防災未来センター、香川大学、徳島大学、名古屋大学、九州大学、宮崎大学、宮崎公立大学、近畿大学、海洋研究開発機構、防災科学技術研究所など多岐にわたり、オンラインと現地合わせ 87 名が参加した。



写真 2－2－2－18 九州地域レジリエンス研究会の様子。

(d) 結論ならびに今後の課題

令和 7 年度は、地域継続計画における重要機能として、拠点機能、コミュニティ機能、社会機能の継続を目的とした検討の枠組み構築に着手し、かつ、人材育成に資する実践を行った。それぞれ当初想定した進展がなされている。また、地域レジリエンス研究会を東海、関西、四国、九州の 4 つの地域において各 1 回実施した。今後においては、引き続き検討枠組みの構築と実践を行うとともに、地域継続計画への貢献を見据えた地域防災力向上に資する調査研究を継続し、地域レジリエンス研究会で情報の共有や水平展開を実施する。各調査項目の達成状況と課題は以下の通りである。

1) 拠点

a) 地域福祉拠点機能

令和 7 年度の調査により、南海トラフ地震における福祉事業所の継続には、単体の「施設 BCP」ではなく、職員の生活再建と地域間連携を主軸とした「地域継続 (DCP)」

の視点が不可欠であることが明確となった。

特に、2024 年 8 月の南海トラフ地震臨時情報発表を受け、沿岸部高齢者施設を対象に実施した調査の結果、BCP 策定率は高いものの、制度自体の認知不足が浮き彫りとなった。また、約 7 割の施設が移動の困難さや体調悪化への懸念から「事前避難は困難」と回答しており、移送体制や受け入れ先の確保が喫緊の課題となっている。

これらの課題を踏まえ、令和 7 年度には制度の基本と応用を解説する 2 本の動画教材を制作した。令和 8 年度には研修会を開催し、施設における実効性の高い防災対策の普及を目指す。また、臨時情報発表時の具体的な行動指針の策定や、法人・地域間連携による支援体制の構築を促進する。

b) 地域経済機能を支える工業施設の生産機能継続

令和 7 年度は、商工関係団体を対象に検討枠組みの構築に着手した。今後、個社のみならず、関連団体や自治体、地域などを対象とした地域全体のレジリエンス強化に資する調査研究を実施予定である。

c) 複合災害による復旧復興シナリオ

複合災害は最近注目されている災害であるが、歴史を遡れば多くの複合災害が発生している。そのため地域レジリエンスの実現あるいは BCP、DCP を策定するにあたっては、複合災害による被害の甚大化について考慮する必要がある。

そのため来年度は複合災害被災地での聞き取り、複合災害が想定される南海トラフ地震被害想定域での複合災害対策状況について調査を行う予定である。

2) コミュニティ

a) ハザード規模に応じた多様な主体の連携

令和 7 年度の調査結果では、DCP 策定にあたっての多様な主体による検討枠組みの構築に着手した。また、アクションリサーチの成果からも、多様な担い手による枠組みの創出が DCP の取り組みにも有益であることが確認できた。今後においては、本検討枠組みを通じた活動体制の構築と、引き続き DCP に資する活動の継続である。加えて、津波避難ウオークに代表される地域の活動において、他グループから提供される南海トラフ地震の被害様相に関する情報をどのように活用するかを試行する予定である。

b) 生活機能の継続に着目した地域継続計画

令和 7 年度の試行調査結果では、被災を経験し防災活動が活発な地域においても各世帯における生活物資の備蓄は必要項目に対して大きく偏りがあることが明らかとなった。今後においては今年度の調査結果を受けて、さらなる調査を行うことと、DCP に資する生活機能の継続の在り方について検討を行う予定である。

c) 被災ナラティブに着目した復旧復興シナリオに資する基礎条件の整理

令和 7 年度の調査結果では、復旧復興シナリオの作成にあたり、災害発生後の時系

列に応じた被災者の感情変化傾向を明らかにすることを試みた。量的分析結果は災害発生直後の段階においては、おおむねヒアリングによる実態調査と同様の傾向であったが、時間の経過に伴い復旧復興の進捗に応じて多様に変更することが明らかとなった。今後においては、復旧復興シナリオへどのように被災者の感情をふまえるかの検討が必要である。

被災地における居住継続意図においては、被災前後の内部・外部とのつながりの必要性が示唆された。つながりを享受するには、つながる準備が必要であり、復旧復興の事前準備において受援準備に言及する必要性が明らかとなった。

復旧復興シナリオの作成にあたっては、基礎条件として上記を盛り込むことが重要である。

d) 確率論的アプローチによる南海トラフ地震での水道管路被害推定手法の構築

本研究では、地域メッシュ統計を用いて地震発生時の水道管路被害を推定する手法を構築し、手法の精度を評価した。管施工の実績に基づく管体数換算手法により、管体被害関数を再構築し改善した。また、水道統計を用いて、水道管路延長推定モデルを構築し、国勢調査に係る人口分布データ、給水区域データ等のオープンデータを用いて 250m メッシュ単位での管路延長を推定する手法を構築した。さらに、地域メッシュ別に水道管路延長、管種属性情報を推定するモデルを用いて推定された地域メッシュ別管路データに対して、モンテカルロ法による離散的水道管路被害予測モデルを適用することで、地域メッシュ別に水道管路被害件数を推計する数値解析モデルを構築した。離散的水道管路被害推定手法を用いて、南海トラフ地震での愛知県における水道管路被害想定を行った。南海トラフ地震等巨大広域災害に対する水道管路被害想定について、地域メッシュ別に離散的な被害の有無を想定することが可能となることを示した。南海トラフ地震での水道管路の被害想定を行うことで、得られた想定結果について、最大被害、最小被害や平均被害など水道管路の被災シナリオとして、事前対策や復旧・復興対策を検討していくことが可能となる。

3) 社会連携

a) 地域福祉機能

今年度は、災害時要配慮者の災害対応における現状の対策における課題を整理し、次年度以降の研究において、課題解決に向けた知見を蓄積するための準備を行った。

次年度以降に研究を進めることにより、災害時要配慮者への必要な支援について、具体的な内容と量が明らかにするための計算式が提案できる。また、ハザードマップと重ねたり、ライフライン被害の期間を考慮することにより、より実践的な課題を検討することが可能となる。さらに、センサスデータから推計可能となれば、平易に必要な備えの内容と規模を把握できる。これらのことから、地域継続に向けた災害時要支援者の災害対策、支援体制を、理学、工学的なエビデンスによる被害想定に基づき、社会科学的なエビデンスのある災害時要配慮者推定が可能となることから、現実に沿った災害対策や支援策を構築することが可能となる。

また、既往被災地調査結果をふまえると、能登半島での「負のスパイラル」を回避

するためには、発災直後からの「戻るための広域避難計画」の策定が急務である。今後の課題は、室戸市等での詳細なヒアリングを通じて「個別避難計画」の実行可能性を数値化（係数化）し、具体的な「数の根拠」に基づいた福祉避難所の再編案を提示することである。

b) 二地域居住による代替継続戦略

次年度以降への展望では、高知県中山間地域事前復興まちづくり計画への展開を予定している。

令和7年度においては、高知県危機管理部南海トラフ地震対策課が進める「高知県中山間地域事前復興まちづくり計画策定指針」の検討委員として参画し、第3回検討会（令和8年2月）等を通じて指針案の策定に貢献した。高知県の中山間地域は、南海トラフ巨大地震発生時における集落孤立・ライフライン長期寸断のリスクが高く、事前復興計画の策定が急務となっている。

検討会では、計画策定作業を単なる災害対策として捉えるのではなく、「地域の良さや強みを丁寧に再確認することで、中山間地域が今後も持続的に暮らしていくための将来ビジョンへと昇華できる」との視点を提示した。具体的には、農地制約・レッドゾーン問題・住民主体の議論という3つの論点を示し、計画策定における先行調整の重要性を指摘した。

次年度（令和8年度）以降は、本プロジェクトのサブ課題1・2から提供される地震動・津波・土砂災害等のシミュレーション結果を高知県中山間地域の事前復興計画策定プロセスに導入することで、計画の粒度を高めることを目指す。

4) 人材育成・リテラシー向上

人材育成・リテラシー向上に関して、授業中の反応や訓練後の振り返り、実際の地震後の語りを通じて効果を確認した。また、教材や授業の進行方法の整理を通じて再現可能性を確認した。今後の課題として、これらを継続的な指標としてどう蓄積し、比較可能な形で整理するか、継続調査や追跡的な聞き取りも視野に入れ、学習の持続性と地域への波及を把握する枠組みを整える必要がある。また、教える側の育成をさらに進める必要がある。個々の実践を支える人材そのものをどう育てるかという視点を、より明確に位置付け、人材育成を担う人材の育成まで視野に入れることで、地域内に学びの循環を定着させることが可能になる。さらに、来訪者や支援者を含む多様な主体、例えば、観光事業者、交通関係者、学校関係者、地域施設の職員など、人を導く立場にある者が共通理解を持つことの重要性は明らかで、異なる役割を持つ主体が連携しやすい教材や訓練プログラムを整備し、地域全体としての対応力を高めていく必要がある。

アンケート調査については、概ね調査の妥当性と方向性を特定することができた。一方で、今後のスムーズな調査と分析の環境を整えるため、下記の課題に取り組む。まず、設問の絞り込み因子分析の結果を見ながら、6因子の測定精度を維持しつつ設問を精選し、特に因子負荷量0.5以下の項目については削除または文言修正を検討す

る。臨時情報関連項目については、他の備え項目と因子的に独立する可能性があるため別途扱うとする。次に、地域サンプリングの改善である、四国・九州沿岸部（高知・宮崎・鹿児島等）のサンプルが不足している（2.0%）ため、静岡～宮崎の沿岸県を重点対象に追加調査を実施する。ゼンリン郵便番号ポリゴンデータとの突合により、回答者の居住地をハザードエリア別に分類する。また、今後分析の自動化を進める。R言語を用いた因子分析・クロス集計の準自動処理スクリプトを構築し、毎回の調査ごとに迅速な分析が実施できる体制を整える。また、Google フォームや Web アンケートシステムの出力データフォーマットに対応した前処理スクリプトも開発する。最後に、動的防災マップを構築し、可視化を工夫する。郵便番号に基づく居住地情報とハザードデータを GIS 上でマッシュアップし、因子スコアの地理的分布を可視化する「動的防災マップ」の構築を目指す。自治体ごとのスコア増減を地図上に色分け表示し、傾向を直感的に把握できるプラットフォームとする。

5) 地域レジリエンス研究会

a) 東海地域レジリエンス研究会

令和 8 年 2 月 2 日、名古屋大学減災館にて「東海地域レジリエンス研究会」が開催され、産官学民の多様な組織から 49 名が参加した。本会では、南海トラフ巨大地震を見据えた被害最小化と迅速な復興を目指す新プロジェクトの概要と東海地域レジリエンス研究会のキーワードが共有され、その後、ワークショップを開催した。実施したワークショップでは、南海トラフ地震臨時情報への対応、複合・連鎖災害への備え、ならびに地域継続の観点から、組織および地域の継続のあり方について議論を行った。南海トラフ地震臨時情報については、2024 年の日向灘地震を契機として各組織における防災体制や BCP の再確認が進んだ一方、どの程度の体制を構築するべきかの基準が明確でなく、対応の過不足、組織内における理解差などによる二次的な影響も指摘された。複合・連鎖災害への対応については、概念や想定範囲の整理が十分ではなく、複数の自然災害と社会的混乱などの社会的要因の発生、復旧工程や施設利用の安全判断が課題になる。地域継続の観点からは、地域に存在する自治会等の人的資源、燃料や重機などの物的資源、被害状況等の情報的資源の把握と連携の構築が重要であるとの認識が共有された。福祉施設と行政の協定が抽象的で具体的な運用方法が十分に検討されていないこと等、地域連携の実効性に関する課題も挙げられた。

b) 関西地域レジリエンス研究会

令和 8 年 3 月 27 日、関西大学梅田キャンパスにて「関西地域レジリエンス研究会」が開催され、産官学民の多様な組織から 66 名が参加した。本会では、南海トラフ巨大地震を見据えた被害最小化と迅速な復興を目指す新プロジェクトによる地域レジリエンス研究会と関西大学が実施してきたうめだ南トラ研究会が合同で開催した。平時の取り組みの延長として地域防災力強化をうめだ南トラ研究会では掲げており、関西地域レジリエンス研究会でもこの概念を共有した。防災に強い街づくりの取り組み、和歌山県すさみ町におけるドローンを使った平時からの取り組みが紹介された。プロジェクト側からは、現在のリスク情報の意味を提示し、現実的なリスク情報

の見方を紹介した。パネルディスカッションでは、地域防災力を向上させるための取り組みとして、官学民の取り組みに対する議論が行われた。現実的なリスクをイメージしつつも、平時から防災だけではない分野をまたいだ取り組み方の重要性が強調された。

c) 四国地域レジリエンス研究会

令和8年2月27日、徳島大学にて「四国地域レジリエンス研究会」が開催され、産官学民の多様な組織から59名が参加した。本会では、南海トラフ巨大地震を見据えた被害最小化と迅速な復興を目指す新プロジェクトの概要が共有され、対面形式のグループワークで活発な議論が行われた。地域の存続に向けては、四国特有の人口減少や高齢化、インフラ老朽化への対応に加え、防災の「自分事化」やコミュニティ維持が喫緊の課題として再確認された。プロジェクトには、高精度な予測情報の提供やリアルタイムハザードマップの高度化、住民との合意形成手法の開発、次世代の人材育成など、科学的知見を生活に密着した形で社会実装することが強く期待されていることが分かった。本会で可視化された各地域の具体的なニーズや課題をプロジェクトの研究計画に反映させ、産官学民の分野横断的な連携をさらに深めていく。

d) 九州地域レジリエンス研究会

令和8年2月17日、延岡市社会教育センターにて「九州地域レジリエンス研究会」が開催され、産官学民の多様な組織から87名が参加した。本会では、南海トラフ巨大地震を見据えた被害最小化と迅速な復興を目指す新プロジェクトの概要が共有され、対面形式の総合討論で活発な議論が行われた。また、人材育成の取り組みを双方向から進めることの意義が紹介され、地域の複数の世代にまたがった防災意識向上の取り組みが重要であることが伝えられた。総合討論では、「地域継続計画の確立にはどのような情報と対策が必要か」をテーマについて議論した。地域ごとの津波浸水想定の違いや多様なリスク評価の必要性が指摘され、双方向型学習と科学的知見の効果的活用が重要であること、南海トラフ地震の連動発生だけでなく、西日本全体の地震活動が活発化することの被災イメージが共有された。備えとして各地域の防災特性に合わせた避難訓練や、住民主体の判断を尊重した地域防災計画、消防・警察との連携強化を図ること、各市町の山号構造に即する必要性が認識された。

(e) 引用文献

- 1) 磯打 千雅子, 白木渡, 岩原廣彦, 井面仁志, 高橋亨輔: 大規模水災害に対する地域継続計画 (DCP) のあり方と地区防災計画制度の活用, 土木学会論文集 F6 (安全問題), 70, 2, pp. I_31-I_36, 2014. x
- 2) 火災予防審議会東京消防庁, 地震時における災害の複合化を考慮した消防防災対策の在り方― 火災予防審議会答申―, 2017
- 3) 樋口正敏・磯打千雅子, 防災福祉モデルの実践と地区防災計画＝東部地区を事例に―, 地区防災計画学会誌, 20, 91-94, 2021.
- 4) 樋口正敏・磯打千雅子, 防災と福祉が一体となった自主防災組織の構築とその展

- 望,一坂出市東部地区を事例に一『, 地区防災計画学会誌』(, 35):, 4p, 2022.
- 5) 樋口正敏・磯打千雅子: テーマ型組織が取り組む地区防災計画に関する考察(第二報)一坂出市久米西地区を事例に一, 地区防災計画学会第12回大会, 地区防災計画学会誌(35), 2026
 - 6) 磯打千雅子・榎原聡美・松本竜己, 平成30年7月豪雨からの復興と地区防災計画活動一倉敷市真備町川辺地区の取り組み, 地区防災計画学会誌第20号, pp87, 20, 87-90. 2021, 2021.
 - 7) 内閣府防災情報のページ(以下より備蓄品項目抜粋) 災害用物資・機材等の備蓄状況に関する調査結果をお知らせします(令和7年1月9日),
https://www.bousai.go.jp/taisaku/hinanjo/pdf/r7_0109.pdf, 2019.
 - 8) Web 茶まめ公式サイト, (参照年月日:2025.11.15),<https://chamame.ninjal.ac.jp/> /, 2025.
 - 9) Muhammad Abdul-Mageed, Lyle, A.-M., Ungar:, L., EmoNet: Fine-Grained Emotion Detection with Gated Recurrent Neural Networks, Proceedings of the 55th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, vol.1, pp.718-728, 2017.
 - 10) MeCab 公式サイト, <https://taku910.github.io/mecab/>, 2025.
 - 11) Hidalgo, M., Carmen and Bernardo Hernandez. Place Attachment: Conceptual and Empirical Questions, Journal of Environmental Psychology, 21, 273-281, 2001
 - 12) 長谷起世子: 地域への定住と愛着心からみるまちづくりに関する研究~A市C地区における住民の意識分析~, The Journal of the Department of Social Welfare, Kansai University of Social Welfare Vol.17-1, 51-60, 2013.
 - 13) 阿部美和・中川由里・紺田広明: 伊丹市における商店街店主の居住の長さと地域への愛着要因, 公益社団法人日本都市計画学会 都市計画報告集, 11, 2012.
 - 14) レベッカ・ソルニット著, 高月園子訳『災害ユートピア なぜそのとき特別な共同体が立ち上がるのか』亜紀書房 pp. 18- 19 及び pp. 32- 33, 2010
 - 15) 大谷尚, "4 ステップコーディングによる質的データ分析手法 SCAT の提案ー着手しやすく小規模データにも適用可能な理論化の手続きー." 名古屋大学大学院教育発達科学研究科紀要. 教育科学, 54, 2, 27-44, 2011.
 - 16) 内閣府中央防災会議防災対策実行会議南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ: 南海トラフ巨大地震対策について(報告書), 2025.
 - 17) 内閣府中央防災会議防災対策実行会議南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ: 南海トラフ巨大地震の被害想定項目及び手法の概要, 2025.
 - 18) 水道技術研究センター: 平成28年熊本地震を踏まえた地震による管路被害予測式の見直しに関する検討報告書, 2016.
 - 19) 岡野泰己, 平山修久, 林光夫: 確率論的アプローチによる水道管の離散的被害推定手法の構築, 土木学会論文集 G (環境), Vol.74, No.6, II_111-II_119, 2018.
 - 20) 小林 朋美, 山崎文雄, 永田茂: 地震被害想定のための都市基盤データに基づく上水道管路延長分布の推定, 地域安全学会論文集, No.15, pp.163-168, 2011.

- 21) 平山修久, 伊藤禎彦, 河田恵昭: 目標による管理に基づく災害対応からみた地震対策のリスク低減効果, 第 62 回全国水道研究発表会, pp.674-675, 2011.
- 22) Nagata, S., Kageyama, K. and Yamamoto, K., An Emergency Restoration Model for Water Supply Network Damage due to Earthquakes, Journal of Disaster Research, 3, 6, 390-399, 2008.
- 23) 久郷明空, 平山修久: 地震初動期における地域メッシュ統計を用いた水道管路被害把握手法の検討-令和 6 年能登半島地震に対するケーススタディ-, 地域安全学会論文集, No.47, 23-30, 2025.
- 24) 久郷明空, 林光夫, 平山修久: 管路被害形態データに基づく離散的水道管路被害推定手法の構築, 土木学会論文集, Vol.80, No.26, 24-26021, 2024.
- 25) 日本ダクタイル鉄管協会: 管路更新を促進する工事イノベーション研究会 (第 2 期) 報告書, 2023.
- 26) 若松加寿江, 松岡昌志: 地形・地盤分類 250m メッシュマップの更新, 日本地震工学会誌, No.40, pp.24-27, 2020.
- 27) 日本水道協会: 令和 3 年度水道統計, 2023.
- 28) 国土交通省: 国土交通省国土数値情報ダウンロードサイト, 2012.
- 29) 全国簡易水道協議会: 令和 3 年度全国簡易水道統計, 2023.
- 30) 総務省統計局: 国勢調査 2020 年, 2022.
- 31) Freedman, D., Diaconis, P., On the histogram as a density estimator, L2 theory, Probability Theory and Related Fields, 57, 4, 453-476, 2009.
- 32) 石川県, ふるさと回帰型 (石川モデル)
<https://www.pref.ishikawa.lg.jp/kenju/saigai/documents/furusatokaiki.pdf>, 2024. (2026/3/18 確認)
- 33) 石川県, 復旧・復興のあゆみ https://www.pref.ishikawa.lg.jp/kanri/documents/sumai01_1226.pdf, 2024. (2026/3/18 確認)
- 34) 朝日新聞 (2025): 「超高齢化」する被災地団地群 5 軒に 2 軒は独居, 孤独死も高止まり <https://digital.asahi.com/articles/AST6W4JQLT6WUNHB00PM.html> (2026/3/18 確認)
- 35) 長谷川洋, 災害公営住宅の啓作策定のポイント及び供給の迅速化について, 平成 28 年度中部ブロック災害時住宅支援に係る連絡調整会議講演資料, 2016.
- 36) 野々村敦子, 高橋真里, 金田義行, 松川杏寧, 高橋成実, 小・中学生を対象とした地震・津波の知識と防災リテラシーとの関係分析, 土木学会論文集, Vol.81, No. 13, 24-13518, 2025.
- 37) 藤本慎也, 川見文紀, 亀井敏和, 徳永健介, 三谷泰浩, 立木 茂雄, 災害時の防護意思決定構造の理論モデル化とその実証的検討: 大分県 3 市における土砂災害に関する社会調査データへの 構造方程式モデリングの適用, 地域安全学会本文集, 35, 2019.
- 38) Matsukawa, A., Nagamatsu S., Ohtsuka R., hayashi, H., Disaster Resilience Scale for individuals: A fundamental requirement for a disaster-resilient society, International Journal of Disaster Risk

Reduction, 107, 2024. Doi 10.1016/j.ijdr.2024.104405.

- 39) Shimazaki, K., and M. Ozeki, Development of a Scale for Disaster-Prevention Consciousness - Structure of Disaster-Prevention Consciousness of Those Who Lack Expertise in Disaster Prevention, J. Disaster Res., 17, 6, 1022-1036, 2022.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
「輪島市住民復興調査」実施について一少子高齢化、人口減少が進む社会での復興を考えるー（口頭発表）	大塚理加 塩崎由人 李泰榮 永松伸吾	日本災害復興学会 能登復興実践研究交流会	R7.11.23	国内
応急仮設住宅と恒久住宅の連続性を支える「ふるさと回帰型」の可能性ー令和6年能登半島地震の事例からー（口頭発表）	佐藤敬生 澤田雅浩 頼政良太	日本災害復興学会大会（2025・阪神）/能登復興実践研究交流会（2025・金沢）	R7.11	国内
能登半島地震における被災者の感情変化に関する考察ー地元紙読者投稿コラムの分析を通じてー（口頭発表）	三宅康心 磯打千雅子	日本災害情報学会 第32回学会大会	R8.03.15	国内
地域の愛着に着目した居住継続要因に関する研究ー倉敷市真備町における質的研究を通じてー（口頭発表）	笹岡卓実 磯打千雅子	日本災害情報学会 第32回学会大会	R8.03.15	国内
公助・共助充実のための自助レベル把握に関する考察ー自助の不足を補う公助・共助の備蓄最適化に向けてー（口頭発表）	松本竜己 磯打千雅子	地区防災計画学会第12回大会	R8.03.01	国内
テーマ型組織が取り組む地区防災計画に関する考察（第二報）ー坂出市久	樋口正敏 磯打千雅子	地区防災計画学会第12回大会	R8.03.01	国内

米西地区を事例に一（口頭発表）				
-----------------	--	--	--	--

2) 学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載した論文（発表題目）	発表者氏名	発表した場所 （学会誌・雑誌等名）	発表した 時期	国内・ 外の別
在宅介護サービス停止が及ぼす高齢者への影響：包括的災害対応の必要性（査読なし）	大塚理加	老年社会科学 47(3) 326-331	R7. 11	国内

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

名称	機能
応答スペクトル入力による建物被害個別推定システム	地震力を応答スペクトルで入力し、建物の階高から固有周期を求め、建物の被災程度を個別評価する。

3) 仕様・標準等の策定

なし

3. まとめ

令和7年度はプロジェクト開始年度であり、8月からのスタートとなった。以下に、各課題の取り組みの概要を述べる。

課題1

南海トラフ地震の評価手法高度化と他地域への展開研究として、「陸海観測データを用いた地震活動モニタリング」、「陸海測地データにもとづくプレート境界の準リアルタイムモニタリング・推移評価」並びに「地震履歴情報に基づく南海トラフ巨大地震の発生シナリオ構築」を実施した。

「陸海観測データを用いた地震活動モニタリング」においては、最新の三次元地下構造モデルと N-net の観測データを導入することで、日向灘南部で発生する地震の震源深さ推定の安定性が著しく改善されることを示すとともに、新たな海域観測データの解析方法の検討として、防災科研の串間陸上局に DAS 計測装置等の機材を設置し、時空間的に稠密なデータを取得するための試験観測を開始した。より現実的な三次元地下構造モデルを用いた自動震源決定システム構築に向けて、深層学習技術を用いることにより、三次元地下構造モデルでも高速かつ安定した走時計算を実施するための解析手法を開発した。また、南海トラフ域及び日本海溝・千島海溝域の三次元地下構造モデル構築及び更新のため、深層学習技術を用いたノイズ抑制手法の開発に取り組むとともに、構造データや観測データ、研究成果、知見等の収集・蓄積・整理等を進めた。

「陸海測地データにもとづくプレート境界の準リアルタイムモニタリング・推移評価」においては、GNSS 時系列の高精度化に向けて、マルチパス起因ノイズを低減する手法の開発を進め、1 日以下の時間帯域における地殻変動把握能力の向上に資する知見を得た。また、ソフトバンク独自基準点の日座標値時系列が GEONET と概ね同等の精度を有することを確認し、基盤観測網を空間的に補完し得る観測網として有効であることを示した。海底水圧データについては、非潮汐海洋変動成分の物理過程に関する解析に着手し、気圧及び海面高度に起因する成分が主要な寄与を有することを明らかにした。さらに、観測点欠損時における震源断層即時推定手法の改良を進めるとともに、三次元不均質粘弾性構造を考慮した応力変化評価及び推移評価の実現に向けた計算基盤の整備を行った。

「地震履歴情報に基づく南海トラフ巨大地震の発生シナリオ構築」においては、海域地質記録で、御前崎沖の「ちきゅう」による掘削コアの年代の更正の手がかりが得られるとともに、陸域の地質記録では、三重県紀北町の鏡池での湖底堆積物採取・解析を行い、海水侵入の可能性のある層を認めるとともに、高知県須崎市浦ノ内地区での機械式ボーリング調査を行い、堆積層を解析した。歴史記録については、1605 年慶長地震津波に関する「史料情報」と「高さ情報」の収集整理や千葉県および徳島県での現地調査を行い、新たな地点での知見を得るとともに、近世以前の地震・津波の史料調査のため寺社対象アンケートを行い、2 割近い回答を得た。地震シナリオ構築では、応力解放としての地震発生を仮定して多様な破壊シナリオを構築し、将来の巨大地震の規模や発生様式を定量的に評価できることを示した。

課題 2

連鎖複合災害に備える地域防災力強化に向けた研究として、「連鎖複合災害リスク評価手法の構築」及び「地域継続計画への貢献を見据えた地域防災力向上研究」を実施した。

「連鎖複合災害リスク評価手法の構築」においては、連鎖複合災害リスク評価手法構築に向けた基盤整備に着手した。都市域、ゼロメートル地帯、軟弱地盤地域、山間地などの特徴的な地域について、既存のハザードデータ、災害記録、被害想定、社会機能構成、地域特性等を収集整理し、地域毎に災害と社会機能の因果関係の構成要素を抽出した。地域における社会機能（例えば、ライフライン、交通等）の依存関係や、「連鎖」の判定基準を整理・仮設定した。ハザード評価の高精度化に関して、広域での短周期地震動評価の高精度化に着手するとともに、液状化等の評価のため、代表的な狭小低地・盆地を選定し、詳細地形区分・浅部地盤構造モデル構築に向けた地盤関連データを収集・整理した。南海トラフ地震に焦点を絞り、災害連鎖構造のリアルタイム把握の方法論を検討した。災害レジリエンス指標の構築に必要な先行研究とデータを収集した。

「地域継続計画への貢献を見据えた地域防災力向上研究」においては、地域の防災特性に応じた連鎖災害の影響が強い地域を選択し、地域との連携構築に取り組んだ。必要に応じて、各地域の防災特性や地域内の防災を担う各組織の事業継続計画を把握するために必要な情報を収集、基礎調査を実施した。地域レジリエンス研究会を4つの地域で開催するための準備を進め、キックオフの研究会を開催した。また、地域防災力の向上を長期的に見据えて、教育機関や各地区への働きかけも行った。

以上が令和7年度の成果の概要である。

4. 活動報告

本プロジェクトの円滑な執行、進捗管理、および外部有識者による客観的な評価・助言を得るため、以下の通り運営体制を整備し、各種会議および広報・アウトリーチ活動を実施した。なお、学会発表等の詳細な一覧については、本報告書別添「学会等発表実績」に集約して記載している。

(1) 推進体制の整備

プロジェクトの進捗監督および専門的助言を得るため、外部有識者による「推進委員会」を設置するとともに、特定の専門領域や社会的出口戦略について助言を行う「アドバイザー」を配置した。

【推進委員会 委員】（敬称略）

- ・ 委員長：矢守 克也（京都大学 教授）
- ・ 委員：西村 卓也（京都大学 教授）
- ・ 委員：高橋 浩晃（北海道大学 教授）
- ・ 委員：菅野 智之（気象庁）
- ・ 委員：五十嵐 洋輔（内閣府）
- ・ 委員：能島 暢呂（岐阜大学 教授）
- ・ 委員：坂東 淳（徳島県労働委員会事務局）

【アドバイザー】（敬称略）

- ・ 金田 義行（香川大学四国危機管理教育・研究・地域連携推進機構 副機構長）：課題 1 の出口と課題 1 と課題 2 の連携について
- ・ 福和 伸夫（名古屋大学 名誉教授）：課題 1 の出口（政策委員会関係）や防災庁準備との関係について
- ・ 小原 一成（防災科学技術研究所 フェロー）：課題 1 の出口（気象庁検討会関係）について
- ・ 臼田 裕一郎（防災科学技術研究所 社会防災研究領域長）：課題 1 と課題 2 の連携について
- ・ 高橋 智幸（関西大学 教授）：課題 2 の出口について
- ・ 鷺谷 威（名古屋大学 教授）：課題 1 の理学的妥当性・高度化について

(2) 会議の開催実績

① 推進委員会の開催

- ・ 令和 7 年度 第 1 回 推進委員会
 - 日時：令和 7 年 11 月 25 日（火）13:00～16:30
 - 形式：オンライン
 - 議事次第：
 1. 【開会挨拶】文部科学省、矢守委員長、堀プロジェクト代表
 2. 【推進委員自己紹介】
 3. 【全体概要紹介】堀プロジェクト代表
 4. 【第一部 プロジェクト紹介】

- 課題1「南海トラフ地震の評価手法高度化と他地域への展開研究」（堀氏、汐見氏、太田氏、今井氏）
 - 課題2「連鎖複合災害に備える地域防災力強化研究」（藤原氏、中村氏、高橋（成）氏）
- 5. 【第二部 総合討論と総評】
- 6. 【閉会挨拶】矢守委員長
- 令和7年度 第2回 推進委員会
 - 日時：令和8年1月15日（木）16:45～17:45
 - 形式：ハイブリッド（対面：イイノホール、およびオンライン）
 - 議事次第：
 1. 【開会挨拶】文部科学省
 2. 【推進委員会委員長挨拶】矢守委員長
 3. 【前回委員会の質疑を受けての方針/質疑】第1回での指摘（網羅性と焦点化、実務的実装等）への回答
 4. 【総合討論】各委員からの追加意見・確認
 5. 【総括】矢守委員長
 6. 【閉会の挨拶】堀プロジェクト代表



写真3－1 第2回推進委員会の様子。

② 全体会議の開催

- 令和7年度 第1回 全体会議
 - 日時：令和7年8月29日（金）13:00～15:30
 - 議事次第：堀代表挨拶、全体及び各課題（1、2）、サブ課題（1a、1b、1c、2a、2b）の紹介、総合討論。
- 令和7年度 第2回 全体会議
 - 日時：令和7年11月21日（金）13:00～15:00
 - 議事次第：開会挨拶、課題1および課題2の各サブ課題代表による具体的実施状況報告と確認事項の検討。

(3) 広報・アウトリーチ活動

① キックオフシンポジウム（NanTR プロジェクト始動）

- 開催日・場所：令和 8 年 1 月 15 日、東京・イイノホール&カンファレンスセンター
- 内容詳細：プロジェクトの本格始動を記念したキックオフシンポジウムを開催した。行政、研究機関、民間企業、そして市民の方々など、定員を上回る 165 名が来場し、本プロジェクトに対する関心の高さがうかがえる盛況な会となった。
第一部では、プロジェクトの全体構想とともに、南海トラフ地震の評価手法高度化を目指す「課題 1」、および連鎖複合災害に備える地域防災力強化を担う「課題 2」の各サブ課題について、担当者より最新の研究計画を詳しく紹介した。
第二部のパネルディスカッションでは、外部有識者による推進委員の方々をパネリストに迎え、課題代表者とともに議論を深めた。「理学・工学・社会科学の連携」や「研究成果の迅速な社会実装」をテーマに、多様な専門的知見をいかにして地域の安心・安全に繋げていくか、今後のプロジェクトの指針となる貴重な意見交換が行われた。
- 事後アンケートでは、回答者の約 9 割から「内容が理解しやすかった」との評価があったほか、「自治体との連携モデル構築」や「分野横断的な検討」に多くの期待が寄せられた。



写真 3-2 キックオフシンポジウムの様子。

NanTR プロジェクト始動

— 文部科学省科学技術試験研究委託事業 —

南海トラフ地震等巨大地震災害の被害最小化
及び迅速な復旧・復興に資する
地震防災研究プロジェクト
キックオフシンポジウム

2025 年 8 月に始動した本プロジェクトは、理工学と社会科学の協働による
調査研究を通じて、巨大地震による広域連鎖災害への事前対応を加速させ、
被害の最小化、迅速な復旧・復興への貢献を目指します。
本シンポジウムでは、プロジェクトの構想と研究の方向性を紹介し、
地域防災の推進に向けたパネル討論を行います。

参加費無料
入場無料

令和 8 年 1/15(木) 13:00-16:25 イイノホール & カンファレンスセンター
〒120-0011 東京都平野区平野 3-2-1 新野ビルディング4階

参加申込：下記 URL または QR コードよりお申し込みください
<https://www.jamstec.go.jp/nant/sympo20260115.html>

プログラム

13:00-13:15 開会挨拶
文部科学省
13:05-13:15 全体概観紹介
推進委員 文部科学省政策評価・プロジェクト戦略
13:15-13:40 第一部 プロジェクト紹介
南海トラフ地震の評価手法高度化と他地域への展開研究
登壇者 文部科学省政策評価・プロジェクト戦略
13:40-14:00 時系列データを用いた地震活動モニタリング
登壇者 防災科学技術研究所、ナレッジ・イノベーション
14:00-14:20 時系列データを用いたプレート境界のリアルタイムモニタリング・推移評価
登壇者 防災科学技術研究所、ナレッジ・イノベーション
14:20-14:40 地震震度情報に基づく南海トラフ巨大地震の発生シナリオ構築
登壇者 防災科学技術研究所、ナレッジ・イノベーション
14:40-15:00 休憩
15:00-15:20 第二部 パネルディスカッション
進行 佐々木 孝二氏
パネリスト 佐々木 孝二氏（防災科学技術研究所防災応用研究センター）
佐々木 孝二氏（防災科学技術研究所防災応用研究センター）
佐々木 孝二氏（防災科学技術研究所防災応用研究センター）
15:20-15:40 閉会挨拶
佐々木 孝二氏（防災科学技術研究所防災応用研究センター）

写真 3-3 キックオフシンポジウムのプログラム。

② 地域連携シンポジウム（南海トラフ地震・津波シンポジウム）

- 開催日・場所：令和 8 年 2 月 28 日、コンベンションぬまづ（沼津市）およびオンライン配信
- 内容詳細：静岡県立大学グローバル地域センターと共催。参加者 134 名。静岡県に特化した「静岡オリジナル」の地震活動監視技術や早期津波予測について、堀高峰プロジェクト代表、高橋成実サブ課題代表らが登壇し解説。パネルディスカッションでは「静岡発の技術に期待すること」をテーマに地域住民・実務者と直接対話を行った。

③ その他広報活動

- Web サイト・寄稿：プロジェクト公式サイトを構築・運用。令和 8 年 3 月には地震調査研究推進本部（地震本部）ニュースへ、プロジェクトの始動と臨時情報への貢献をテーマとした記事を寄稿した。



写真 3－4 プロジェクト公式サイト。

5. むすび

令和7年度はプロジェクト開始年度であり、8月からのスタートとなった。各課題では3.まとめで述べたように着実に研究開発がスタートしている。また、推進委員会やキックオフシンポジウム、アドバイザーとの面談等を通して、プロジェクトへの期待や重点をおくべき点等のコメントも頂くことができた。次年度以降、これらを踏まえつつ、着実にプロジェクトを進めていきたい。