

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4年度  
成果報告書

令和5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4年度「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」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  
国立大学法人東京大学地震研究所  
国立研究開発法人産業技術総合研究所  
国立大学法人京都大学  
国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学  
国立大学法人東京大学  
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. 高精度な3D構造モデルに基づく自動震源決定システムの開発

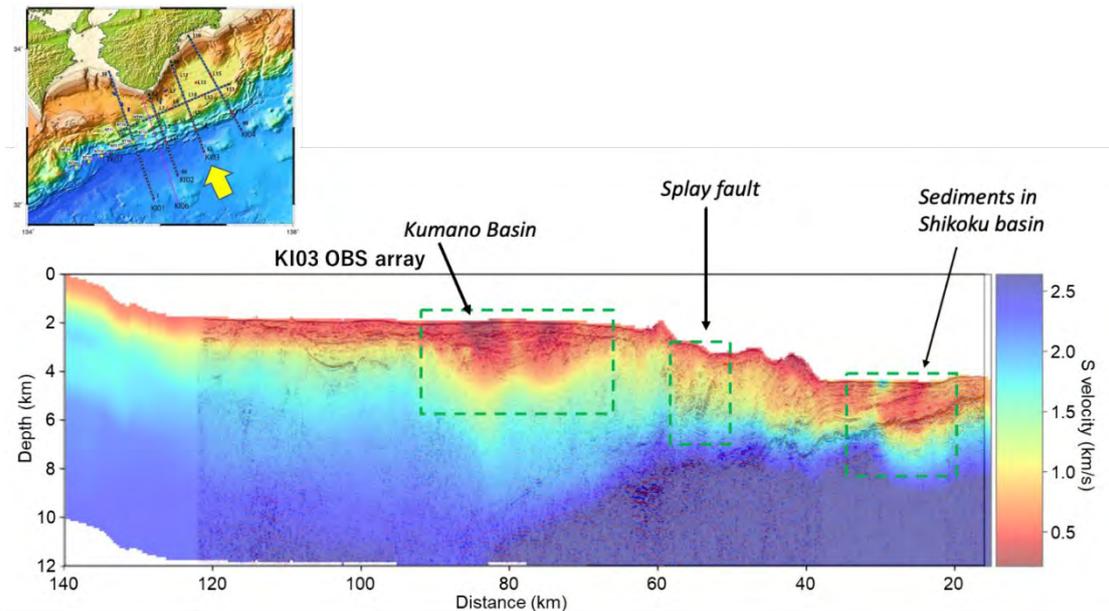


図1 紀伊半島沖熊野灘の測線（地図の矢印）下のS波速度構造。測線上に5 km 間隔で設置した海底地震計で観測されたノイズデータから表面波を抽出し、逆解析によりS波速度モデルを構築した。同海域で取得した反射法地震探査データで堆積層が厚くイメージングされている熊野海盆で低S波速度領域が厚くなるなど、反射法探査の解析結果と整合的なS波速度構造モデルである。

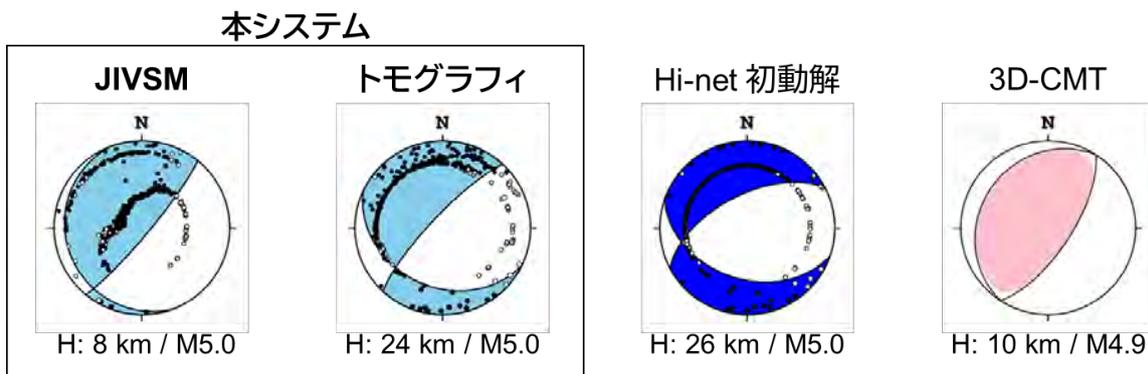


図2 2011年8月12日に遠州灘で発生した地震の発震機構解。水色で示した2つの解は開発中のシステムによる初動解であり、左側は全国1次地下構造モデル（JIVSM）、右側は地震波走時トモグラフィ（Matsubara et al., 2019）に基づく3D構造を用いた結果である。青色及び桃色で示した解は、それぞれ、1D構造を用いた初動解、3D構造モデルを用いたセントロイドモーメントテンソル（CMT）解（Takemura et al., 2021）を示す。各解の下部にそれぞれの方法で求めた震源深さとマグニチュードを示す。沈み込むフィリピン海プレートを明瞭にモデル化したJIVSMに基づく3D構造モデルを用いることによって、CMT解に比較的類似した発震機構解が得られたことが分かる。

## 2. プレート固着・すべり分布のモニタリングシステムの構築

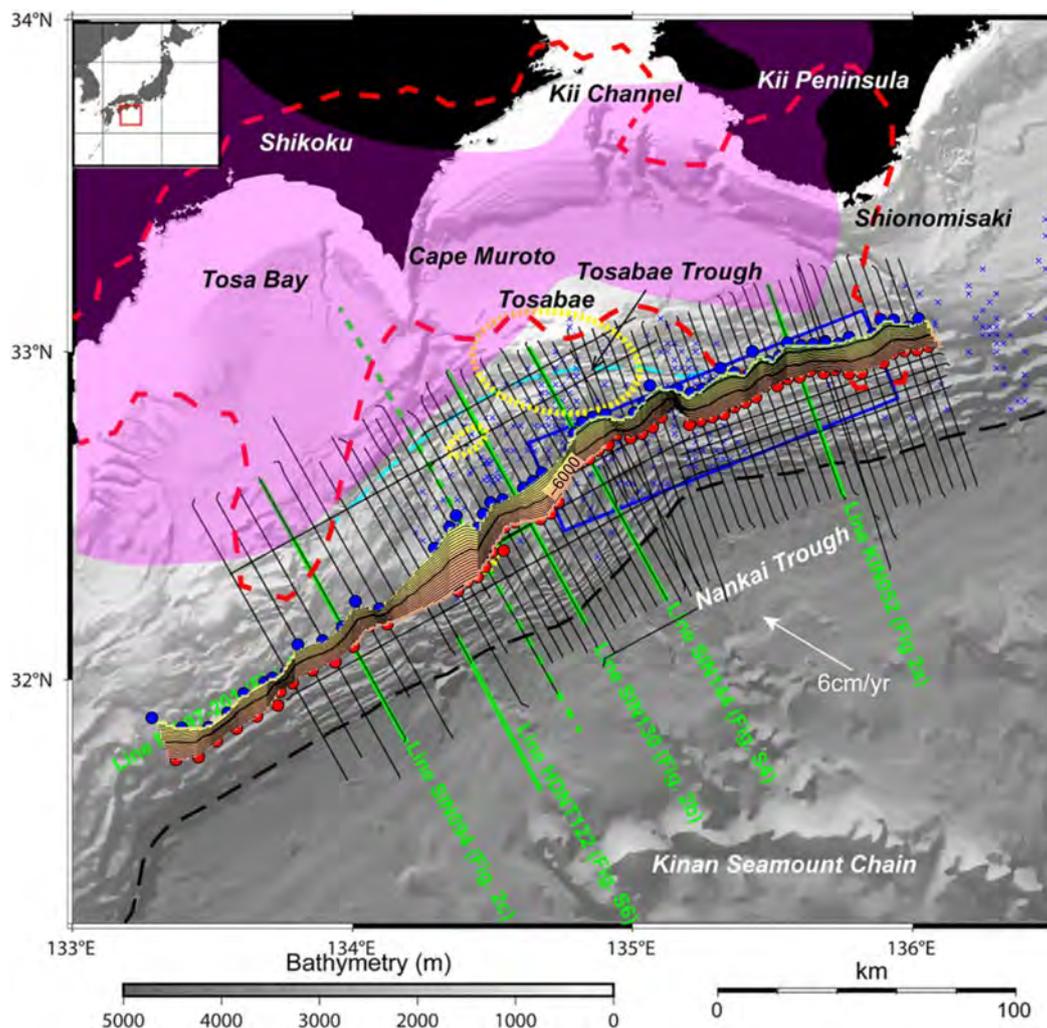


図3 南海トラフ沿いの構造探査測線（黒実線・緑実線）に沿って取得された構造断面から構築した分岐断層面。等深線は300m間隔。各測線において読み取った分岐断層の上端（海底面と分岐断層面の交点）及び下端（プレート境界面と分岐断層面の交点）の位置を赤丸及び青丸で示した。測線の位置を含め背景の地図はNakamura et al. [2022]からの抜粋。

### 3. 3Dモデル・履歴情報を用いた推移予測



図4 湖底堆積物が採取した三重県南伊勢町こがれ池の位置。基図は国土地理院発行 1:25000 地形図「贅浦」を使用。

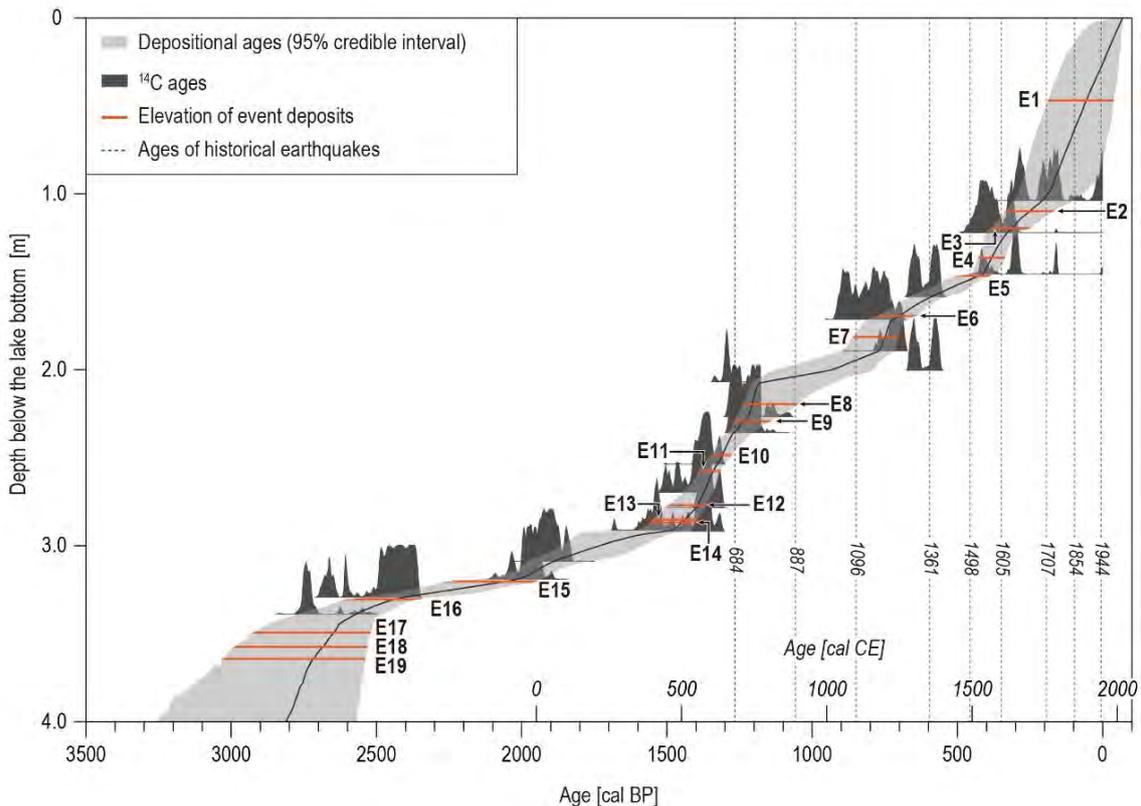


図5 Behron によるこがれ池の湖底堆積物についての Age-Depth モデル。モデル構築においては、イベント堆積物は瞬時に堆積したとみなしているため、各イベント堆積物の層厚はコアログから差し引いている。

#### 4. 臨時情報発表時の人々の行動意思決定に資する情報の提供

##### ① 「事前避難要否判断ツール」に関する検討



図6 避難訓練支援アプリ「逃げトレ」によって収集された行動データもとに、「臨時情報」の発表時に事前避難がどの程度必要とされるかを検討するためのシステム「逃げトレ View」を新たに開発。「逃げトレ」と合わせ「逃げトレサービスプラットフォーム」を構築中。

##### ② 避難困難区域での「避難を可能にする」まちづくり方策の検討

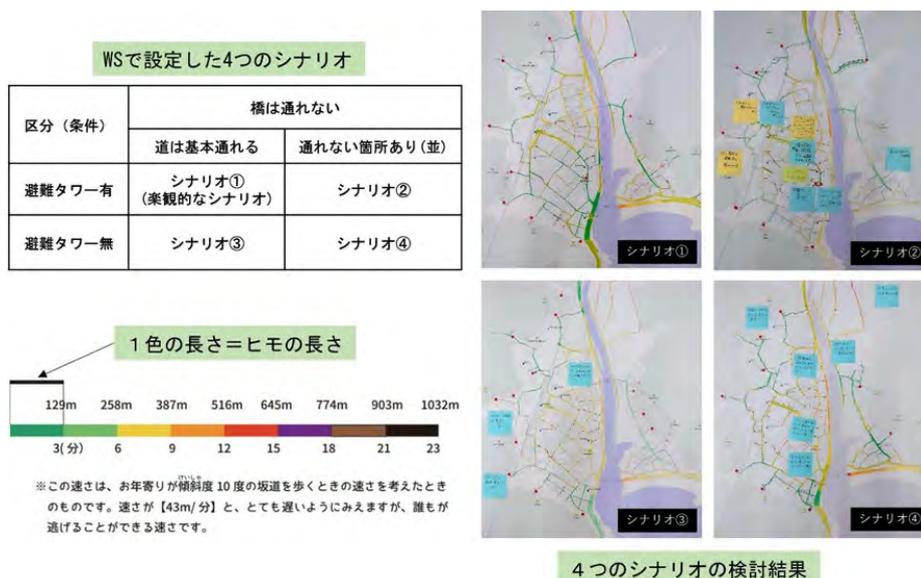


図7 「逃げ地図」ワークショップを開催し、避難タワーの有無や通行止めの状況によって避難時間がどのように変化するのかについて様々な世代で確認し、避難を可能にするまちづくりの対策について話し合った結果を示す。

## 5. 発災時の企業の事業活動停止を防ぐ 産業構造の把握と産業タイムライン

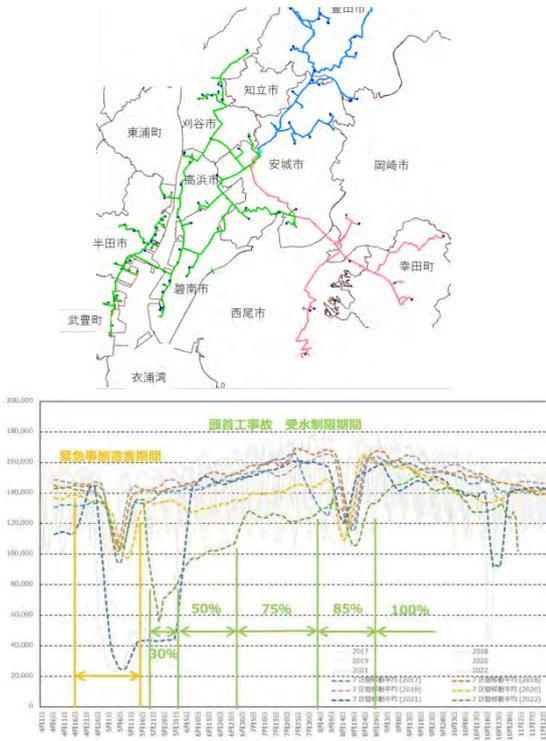


図8 工業用水ネットワークと COVID-19 緊急事態宣言化と明治用水頭首工大規模漏水事故時の比較

**ワークの流れ**

- ①「災害想定」の共有  
どんなときに、どんな災害が起こり、みなさんはどんなことをしているのかという「災害想定」をお伝えします。
- ②ワークシートへ記入  
「災害想定」を読み、ワークシートへ記入します。まずは「すべて」を完全に書き出します。その後、書き出した「すべて」を思い浮かべながら「切りそろえる」作業を行います。そして、「残らないために」どうしても残りのものを書き出します。

西側で地震が起きる「ケース①」と、東側で地震が起きる「ケース②」の2回に分けて実施します。  
※地震は西側から起こることは限りません

南海トラフ地震 西側半島ケース

ケース	西側半島	東側半島
1. 地震発生	南海トラフ地震発生	南海トラフ地震発生
2. 被害想定	西側半島被害想定	東側半島被害想定
3. 対応策	西側半島対応策	東側半島対応策
4. 残りの課題	西側半島残りの課題	東側半島残りの課題

図10 南海トラフ地震臨時情報勉強会ツールの開発と実践  
事態想定シミュレーションのツール検討

## リアルタイム社会様相把握

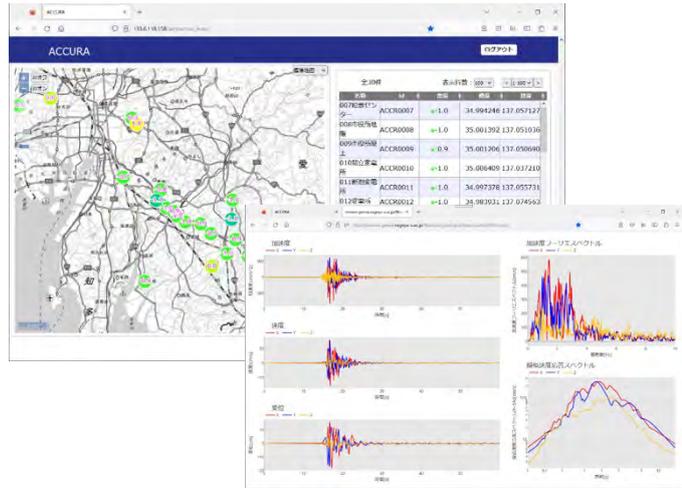


図9 既存の震度計配置を補間する連続モニタリングシステムの開発

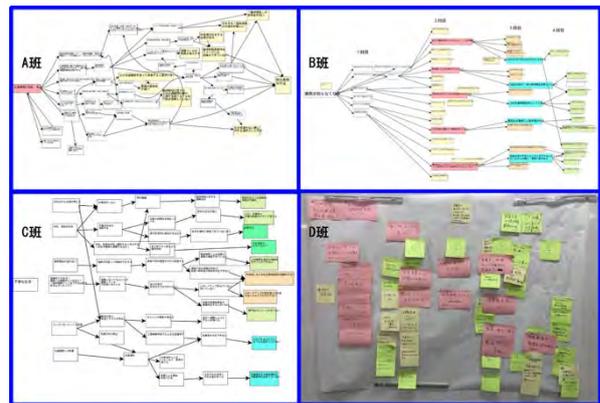


図11 臨時情報発表時社会様相構造モデル  
事態想定シミュレーション検討

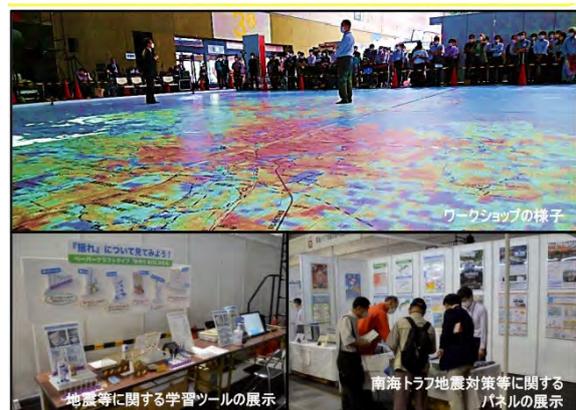


図12 臨時情報発表ワークショップ  
臨時情報発表時に関する地域情報共有連携手法の探求

## 6. 発災時の大都市機能の維持

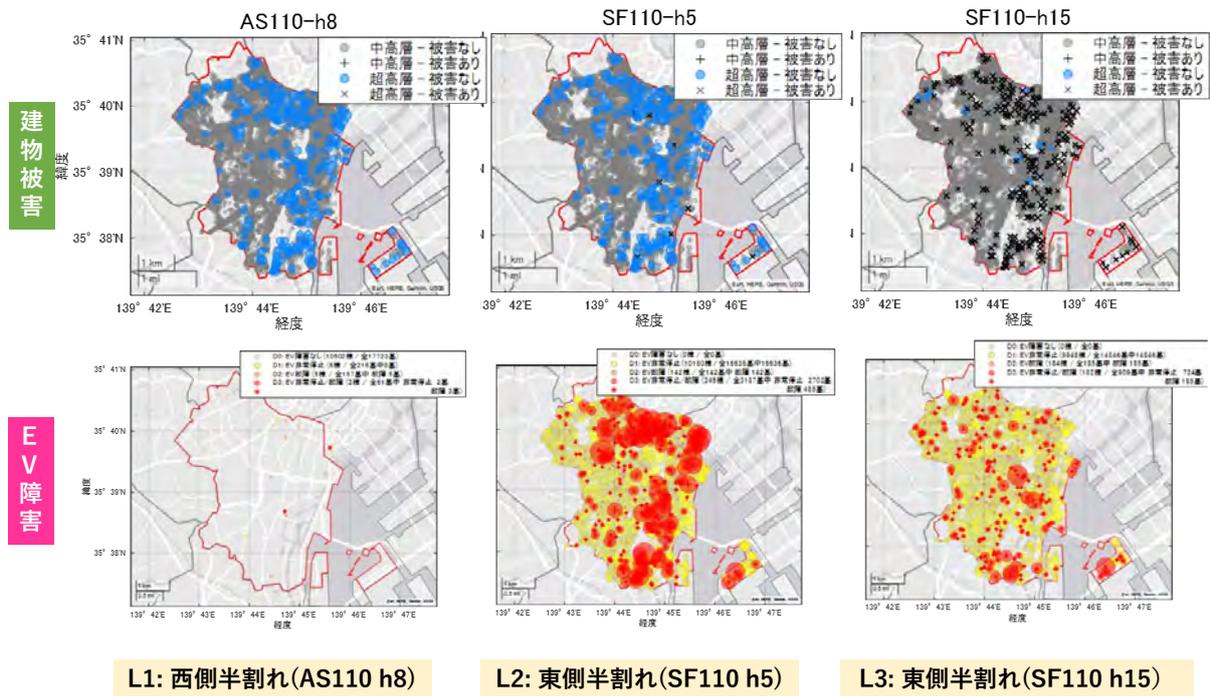


図 13 南海トラフ地震の震源パターンから選定した被害規模別の被害のサンプル

## 7. 地震防災基盤シミュレータの構築

地震(波源断層モデル):NK\_ZEall\_TYPE2Eh\_30L2\_d1\_d1\_02

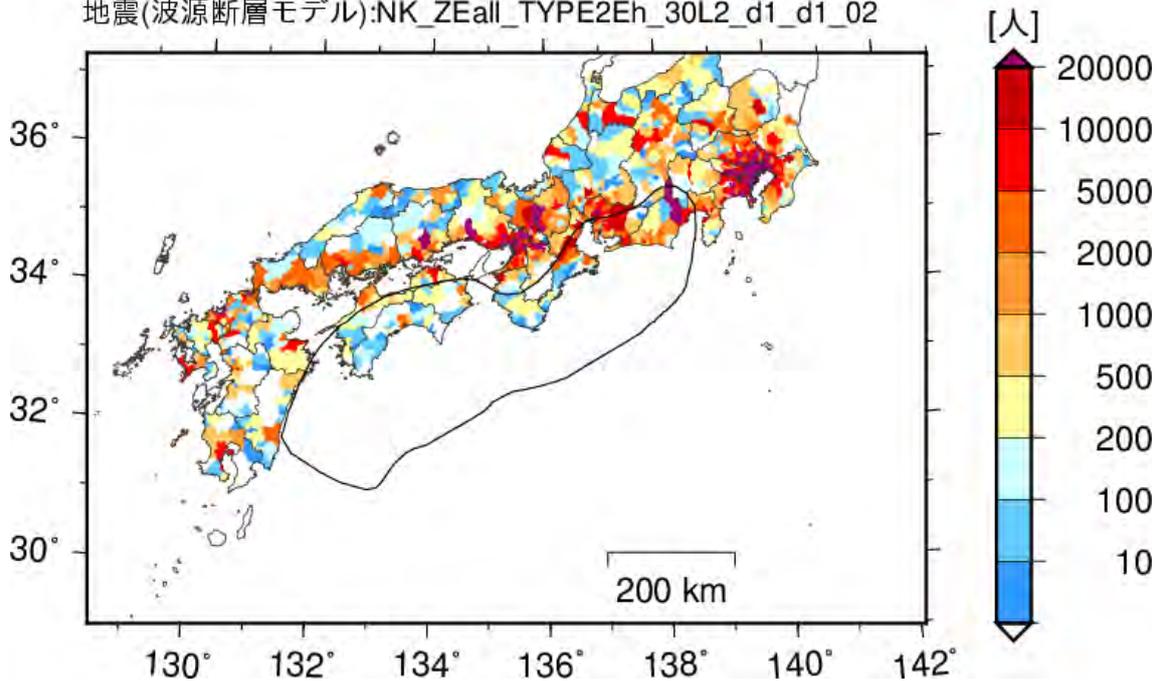


図14 南海トラフ沿いの1つのシナリオ地震のから6時間後における市区町村別の帰宅困難者数の分布図の例

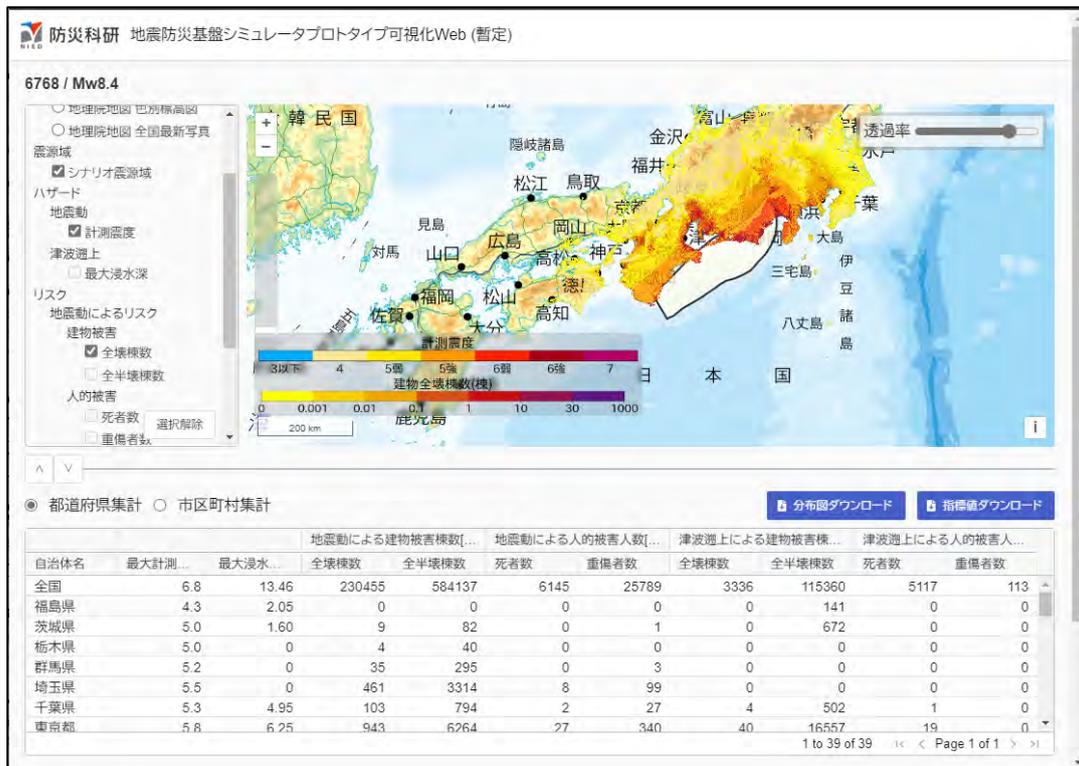


図15 地震防災基盤シミュレータプロトタイプシステムの表示例

## 8. 創成情報発信研究

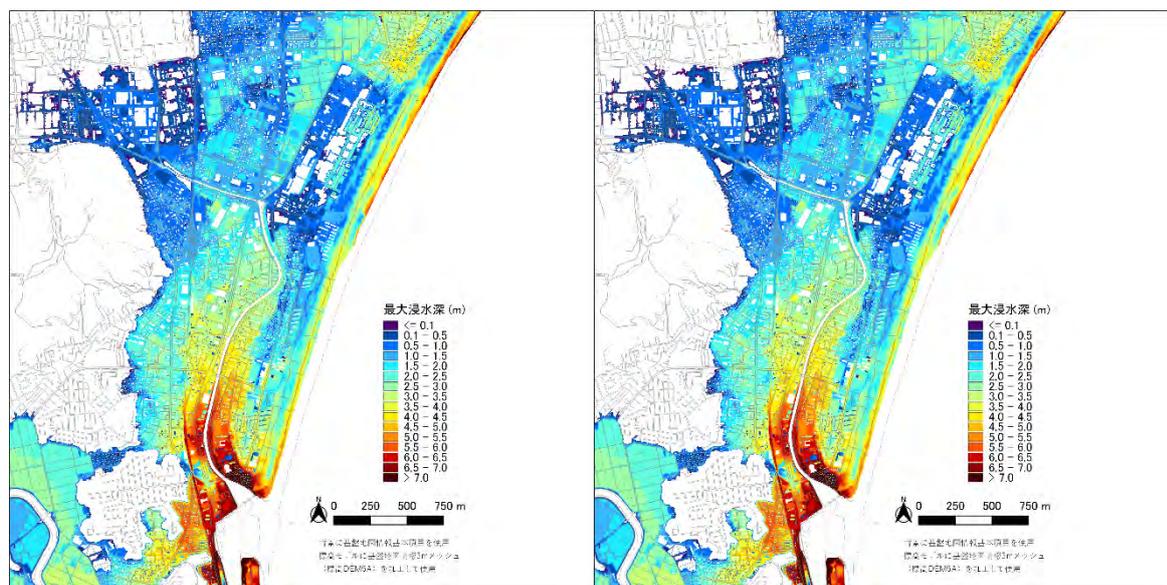


図 16 M9 内閣府モデル 11 を用いて計算した浜川水門の開閉による最大浸水深分布の比較。左図は浜川水門が開いている場合、右図は浜川水門が閉まっている場合を示している。

## はじめに

南海トラフにおいては、過去に発生した巨大地震の多様性が指摘されるとともに、国難級の巨大地震の発生が危惧されている。そこで、令和2年度より5年間の計画で開始された本プロジェクトでは科学的・定量的なデータに基づき地震活動・プレート固着状態の現状を把握するとともに、これまでとは異なるゆっくりすべり等が起こった際にその活動と今後の推移に関する情報を迅速かつ精度よく評価し情報発信する手法の開発を行う。また、発信された情報を被害軽減に最大活用するため、平時や通常と異なるゆっくりすべり等に関する情報が発信された場合、住民・企業等の防災対策のあり方、防災対応を実行するにあたっての仕組みについて研究を実施する。さらに、自治体等と連携し、本プロジェクトで進めた研究成果が被害軽減の向上にどのように貢献したか定量的な評価を行い、防災・減災計画に向けた効果的な研究開発項目を明らかにする。これらの目標達成に向けて、本プロジェクトでは地殻活動情報創成研究、地震防災情報創成研究、創成情報発信研究の3つの研究課題を設定している。

地殻活動情報創成研究では南海トラフの地震・地殻変動の現状を即時的に把握し情報を発信するため、海陸地震・地殻変動データを最大活用した地震活動・プレート固着すべりモニタリングシステムの構築をすすめるとともに、一定規模以上の地震が想定震源域、あるいはその近傍で発生した場合や、通常と異なるゆっくりすべりが進行した場合に備えてプレート固着状態の推移予測の確立をめざす。

地震防災情報創成研究では地震発生の時空間的な多様性を持つとされている南海トラフ沿いの巨大地震に対して、「通常と異なる現象」発生後の時間推移についてもその多様性の一例としてとらえることにより、地震や津波のハザード・リスクの防災情報基盤を創生し、「命を守る」「地域産業活動を守る」「大都市機能を守る」の3つの目標を立て研究を推進する。

創成情報発信研究では地殻活動情報創成研究、地震防災情報創成研究の成果を踏まえて、地域や企業と連携して、それらの情報を利活用する手法を検討して情報の水平展開を行う。

以上、本プロジェクトではこれらの取り組みの成果を地震防災関係機関、自治体、企業などに展開し、南海トラフ地震・津波の災害軽減に資する研究を統合的に推進するものである。

## 目次

1. プロジェクト概要	1
(1) サブ課題1：地殻活動情報創成研究	1
(2) サブ課題2：地震防災情報創成研究	3
(3) サブ課題3：創成情報発信研究	5
1. 1 研究概要の説明	6
(1) 研究者別の概要	6
(2) 研究実施日程	9
2. 研究成果	
地殻活動情報創成研究	
2. 1 高精度な3D構造モデルに基づく自動震源決定システムの開発	10
(1) 業務の内容	10
(2) 令和4年度の成果	12
2. 2 プレート固着・すべり分布のモニタリングシステムの構築	30
(1) 業務の内容	30
(2) 令和4年度の成果	32
2. 3 3Dモデル・履歴情報を用いた推移予測	52
(1) 業務の内容	52
(2) 令和4年度の成果	54
地震防災情報創成研究	
2. 4 臨時情報発表時の人々の行動意思決定に資する情報の提供	105
(1) 業務の内容	105
(2) 令和4年度の成果	108
2. 5 発災時の企業の事業活動停止を防ぐ	125
(1) 業務の内容	125
(2) 令和4年度の成果	128
2. 6 発災時の大都市機能の維持	230
(1) 業務の内容	230
(2) 令和4年度の成果	231
2. 7 地震防災基盤シミュレータの構築	245
(1) 業務の内容	245
(2) 令和4年度の成果	247
創成情報発信研究	
2. 8 創成情報発信研究	287
(1) 業務の内容	287
(2) 令和4年度の成果	289

3. まとめ	.....	340
4. 活動報告	.....	347
5. むすび	.....	357

## 1. プロジェクト概要

南海トラフ地震の多様性が指摘され、また巨大地震発生確率が高まる中、本プロジェクトでは、科学的・定量的なデータに基づき南海トラフの現状や一定規模の地震発生時、及びこれまでとは異なるゆっくり滑り等が起こった際の地震・地殻活動とその推移予測に関する情報を迅速かつ精度よく評価し情報発信する手法の開発を行う。また、発信された情報を被害軽減に最大活用するため、平時や「南海トラフ地震臨時情報」が出された場合、住民・企業等の防災対策のあり方、防災対応を実行するにあたっての仕組みについて研究を実施する。さらに、自治体等と連携し、本プロジェクトで進めた研究成果が被害軽減の向上にどのように貢献したか定量的な評価を行い、防災・減災計画に向けた効果的な研究開発項目を明らかにする。

### (1) サブ課題 1：地殻活動情報創成研究

南海トラフの地震・地殻活動の現状や、「通常と異なる現象」を即時的に把握し情報を発信することを可能とするため、海陸地震・地殻変動データを最大活用した地震・地殻活動モニタリングシステムを構築する。そのため以下の三つの取り組みを行う。(a)地震活動情報評価：南海トラフの地震活動の現状を迅速かつ精度よく把握する為に、海陸統合三次元構造モデル（以下「3D構造モデル」という。）を用いた自動震源決定システム及び通常と異なる地震活動の検出と情報発信するためのシステムを開発する。(b)プレート固着・すべり評価：海底や陸域で観測された地殻変動・ゆっくり地震活動からプレート固着・すべりの現状把握と通常と異なる状態の検出を即時的かつ精度よく行う為に、3D構造モデルを用いた固着・すべりの時空間変化と地震時すべりの即時推定的手法及び情報発信システムを開発する。(c)推移予測：一定規模以上の地震が想定震源域で発生した場合や、通常と異なるゆっくり滑りが進行した際、その後のプレート固着・すべり推移予測を即時的に行う手法開発を進める。

#### (a) 高精度な3D構造モデルに基づく自動震源決定システムの開発

「地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策（第3期）」において、海溝型地震の発生予測手法の高度化を行うために取り組む課題として、地震活動状況や海溝付近を含む海陸の堆積物データ、広域かつ三次元的な海域地下構造データ等の各種データの時間・空間分解能の向上を図ることと、時間・空間分解能を向上させた地震活動データ等を用いてプレート間固着・すべりのモニタリングの高度化を図ることが挙げられている。本サブテーマでは、3D構造モデル及び海陸の観測データを用いた自動震源決定システムを構築し、南海トラフ及びその周辺の地震活動の現状を即時的に把握出来るようにする。「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト（平成25年度～令和元年度）」で構築したP波速度3D地下構造モデルについて、「海域における断層情報総合評価プロジェクト（平成25年度～令和元年度）」の成果も活用し、最新の地下構造研究成果を取り入れることで高精細化するとともに、S波速度や密度等を含めたマルチパラメータ化を行う。海底に設置された常設地震・津波観測点（DONET等）については、各観測点直下の堆積層構造を詳細

に評価し、震源決定の高度化に資する観測点補正値を求め、3D構造モデルに反映する。構築した3D構造モデルを自動震源決定システムに適宜採用することで、過去及び現在の地震活動を適切に把握するとともに、通常と異なる活動の検出に向けた研究開発を行う。なお、本サブテーマで構築する3D構造モデルは、本プロジェクトにおける基本モデルとして、随時、他のサブテーマに提供する。

(b) プレート固着・すべり分布のモニタリングシステムの構築

南海トラフにおける巨大地震震源域の様々な時間帯域におけるプレート間固着・すべりの現状把握を実現し、情報発信するために、現実的な3D構造モデルに基づいた、プレート境界及び分岐断層等の海域断層を含めた固着・すべりを、3D構造モデルの不確実性を含む、推定の曖昧さとともに定量化するシステム開発を行う。同システムにはプレート境界以外の断層も含む3D構造モデルに基づいた、地下の断層におけるすべ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3D構造モデルに不均質粘弾性構造を追加したグリーン関数を導入する。これによって、プレート境界におけるすべり遅れの蓄積、地震時のすべり及びゆっくりすべり等の時空間分布を迅速かつ精度よく把握するとともに、その推定誤差を定量的に提示し、情報発信できるシステムのプロトタイプを実現する。加えて分岐断層等のプレート境界以外の海域断層も考慮に入れた推定を試みるとともに、広帯域海底地震観測により、プレート境界浅部におけるスロー地震活動や非プレート境界の地震活動の詳細な時空間把握を行う。3D構造モデルが更新されれば、それに追従してグリーン関数を修正して随時再解析を行う。これらのうち、プレート境界及び分岐断層等の海域断層を含めた固着・すべりの推定の曖昧さを含めた推定技術については、国土地理院が別途進めている「南海トラフ沿いの巨大地震発生に対応するための高精度な地殻活動把握手法の研究開発」と密接に連携する。また、地震時すべり分布の即時推定については、国土地理院で運用している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開発を行う。

(c) 3Dモデル・履歴情報を用いた推移予測

過去の地震履歴についての知見を拡充するとともに、地殻変動データと整合する3D粘弾性構造モデルを構築し、過去の地震履歴や固着・すべりの現状把握の結果が与えられたもとで、現在の応力蓄積状態を推定するとともに、擾乱（半割れ等）が与えられた際の推移を予測する手法を開発する。そのために、断層すべりによる地殻変動計算と断層面での応力評価を、3D不均質粘弾性構造を考慮して行うための大規模有限要素モデルを南海トラフを対象として構築するとともに、前回の南海トラフ地震以降の地殻変動データと整合する物性パラメータを推定した上で、グリーン関数を計算する。また、断層構成則と組み合わせることで、与えられた固着・すべりの後の推移の計算を実現する。履歴については、海域及び陸域の地層の中から過去の地震・津波の痕跡を検出するとともに歴史地震について史料調査を実施する。陸域では掘削調査等から津波浸水や地殻変動の履歴を、海域では海底堆積物調査から地震・津波の発生

履歴を解明し、その年代や拡がりから南海トラフ沿いにおける津波の履歴を解明する。また、史料解析に基づいて歴史地震における諸現象をより正確に復元する。

## (2) サブ課題 2：地震防災情報創成研究

将来の発生が確実視され、地震発生の時空間的な多様性を持つとされている南海トラフ沿いの巨大地震に対して、「通常と異なる現象」発生後の時間推移についてもその多様性の一例として取り込んだ地震や津波のハザードやリスクの防災情報基盤を創生し、3つの目標を立て総合的に研究を推進する。命を守ることを目標として、津波到達時間が短い地域を対象に、「南海トラフ地震臨時情報」の効力を十分に引き出すための事前避難の診断、人口動態をモニタリングする技術の開発を行う。また、地域産業活動を守ることを目標に、製造業の盛んな地域に対して、社会様相モニタリングデータ等に基づく事態想定シミュレーション技法を開発し、社会萎縮回避や事前防災投資のための地域産業回復シナリオを作成する。さらに、大都市機能を守ることを目標に、首都圏を対象に災害シナリオをダイナミックに自動生成する仕組みを構築し、復旧オペレーションを確立する。

### (d) 臨時情報発表時の人々の行動意思決定に資する情報の提供

「南海トラフ地震臨時情報」には、同地震・津波による被害を大幅に軽減することが期待されている。しかし、本情報をはじめ不確実性を含む災害情報の効力を十分に引き出すためには、どの範囲の、どのような人々が事前避難すべきなのかに関する客観的基準、避難先及び避難方法に関する知見とノウハウが必要とされる。そこで、(g)で開発する地震防災基盤シミュレータの津波シミュレーションをベースに、事前避難の要不要の診断ツールを開発し実装する。また、臨時情報発表時の人口動態予測システムを開発し実装する。さらに、津波到達時間が短い地域での地域研究会を実施し、両システムの実装と効果検証作業を行う。具体的には、第1に、先行プロジェクト（戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第1期）で津波避難訓練支援アプリとして開発した「逃げトレ」を、訓練のたびに住民の空間移動データを標準化された形式でビッグデータとして蓄積可能なシステムとして再編し、『事前避難要不要判断ツール』として社会に実装する。第2に、空間モバイルデータを活用して、人や車の移動に伴った大規模な空間移動動態を予測・実測し、「臨時情報」発表時にどの地域でどのような人口移動が生じ、どこにどの程度の避難所が必要となるのかについてシミュレーションするための『広域人口動態予測システム』を開発し、「避難が可能なまち」を実現するためのシステムとして社会に実装する。なお、上記のツール及びシステムの実証実験のフィールド及び実装先については、高知県、和歌山県内の自治体の中から選定し実施する。

### (e) 発災時の企業の事業活動停止を防ぐ

既往の調査研究プロジェクト成果を考慮した臨時情報発表時に製造業を中心とする地域産業活動が継続するために必要となる要素を構造化し、事前防災対策と事後対応を構成要素とした産業タイムラインモデルを構築し、都市インフラとサプライチェー

ンの回復力のリスク評価を行う。地域の人流、物流に対しては、地震センサー、停電情報や都市インフラのスマートデータ、自動車センサーによるプローブデータに対する減災情報利活用の高度化等を行い、臨時情報発表時の俯瞰的かつ総合的なリアルタイムでの社会様相モニタリング手法を開発する。(g)で開発する地震防災基盤シミュレータと連携し、様々な階層における社会様相モニタリングデータを用いたリスク評価手法によるマルチエージェントの時間断面での行動と資源を取り入れた事態想定シミュレーション技法を開発し、社会萎縮回避や事前防災投資のための地域産業回復シナリオを作成し、サブ課題3「創成情報発信研究」と連携し、情報提供できるようにする。

#### (f) 発災時の大都市機能の維持

南海トラフ巨大地震は国難ともいえるべき災害であり、このような状況下で東京・名古屋・大阪などの大都市機能を維持することはとりわけ重要である。特に長周期地震動の影響がある首都圏は、政治・経済・報道などを代表とする中枢管理機能が集中しており、例えば高層ビルなどの被害は首都機能維持や国全体としての災害対応そのものに少なくない影響を及ぼすと考えられる。しかしながら、平時に極めて高度かつ複合的に設計されている大都市は、一たび突発的な災害が発生した際、どの程度・どういった形で都市機能が喪失するかは詳らかにされていない。他方で今後はあらゆるものにセンサーが埋め込まれ、モニタリングが可能なスマートシティ時代を迎える。それゆえ被害量の精緻な即時的予測は技術的に可能となりつつあり、これを災害対応に運用するための社会技術が求められる。具体的には、大規模災害時に都市機能の喪失に至らないための復旧オペレーションを、その災害の特徴を踏まえた形で発災直後に示すことも可能になるものと考えられる。

本研究では、このようなスマートシティ時代における新しい防災対応手法の確立もにらんで、「都市機能の維持」に必要な対策をリアルタイムで抽出するための研究を、首都圏を対象として行う。研究の手順としては、①大都市における災害シナリオをダイナミックに自動生成する仕組みを構築し、②これを基に都市機能を維持するための対応タイムライン作成手法を確立する。このうち災害シナリオの自動生成技術は、分担者責任者が開発している定性的被害予測技術を用いる。この技術は、これまでの災害教訓から得られる膨大な災害事象の網羅的な因果データベースを機械学習を用いて構築し、それを利用して近い将来に起こりうる災害事象をリアルタイムで抽出するものであり（イベントツリー・タイムラインの形）、本研究ではこれを援用して「大都市機能の維持」に焦点を絞った検討を行う。研究の後半では社会への実装を図るが、ここでは(g)で開発する地震防災基盤シミュレータによる長周期地震動対策を対象とし、長周期地震動が大きく影響を与える都市機能として、超高層ビル等の被害（エレベータ障害等）に着目して、モデル地域における復旧状況をシミュレーションする手法を開発し、都市機能を守るための大都市圏ならではの復旧オペレーションの検討を実施する。

### (g) 地震防災基盤シミュレータの構築

時空間的な地震発生の多様性を持つ南海トラフ地震を対象に、上記テーマ(d)～(f)の研究で活用可能とする将来を予測する基盤となる情報として、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創出する。具体的には、「通常と異なる現象」を地震発生の多様性の一例として捉え、それが起こった後の時間推移を考慮した条件付きリスク評価手法の開発を行う。また、地震本部の知見を採り入れつつ、地震発生の多様性を表現するために構築された時空間的に膨大な組み合わせからなる断層モデル群に対して、長継続時間・広帯域強震動（長周期地震動を含む）や津波遡上を安定的かつ効率的にシミュレーションできる手法を開発し、上記テーマに関連して、事前避難、産業活動及び大都市機能維持のそれぞれの地域性の観点から南海トラフの地震像を類型化する手法の開発を行い、類型化毎の代表的な広域災害シナリオを構築する。このように創出したハザード・リスク情報を格納する情報基盤を、防災科研の地震ハザードステーション（J-SHIS）、津波ハザードステーション（J-THIS）及びリアルタイム地震被害推定システム（J-RISQ）と連携できる形で地震防災基盤シミュレータとして構築し、(d)～(f)のそれぞれの目的に適した形態で提供可能とするとともにサブ課題3「創成情報発信研究」と連携して利活用を進めることで防災対策に活かす。

### (3) サブ課題3：創成情報発信研究

地域防災力の向上のために、事前準備、災害時対応及び災害後対応の各ステージで各種情報を地域の防災に活用するための情報発信の在り方を探る。サブ課題1の理学的な成果とサブ課題2の工学・社会的な成果を、地殻変動や地震活動等、異常な現象が発生した時にどのように活かすか、これまでの南海トラフ巨大地震関連のプロジェクトの地域研究会での議論も参考に、情報発信検討会を共通の防災上の特性を有する複数の地域で開催して検討する。検討には、気象庁からの臨時情報・解説情報の発表のケースを念頭に、これまで地震調査研究推進本部から公表されているハザードマップや各種情報も入力情報として使用する。研究成果を直接的に防災に活かせるよう、地域毎に異なる防災上の課題を整理し、その解決手段を講じる。つまり、単に研究成果を防災情報としてアウトプットするだけでなく、正しくかつ効果的に防災情報を利用し適切な防災行動につなげてもらう必要がある。例えば、津波浸水を考えた場合、浅い浸水深が安心情報になってはいけない。それは、浸水評価の誤差の問題のみならず、浅い浸水深は瓦礫集積や津波火災の可能性を示唆するからである。個々人の知識と経験から、各地域が防災上のリーダーシップをとって行動に移すことができる体制の構築を目指し、災害対応評価システムを構築して、本プロジェクトの成果の地域への貢献度を評価する。この評価のために、地方自治体や地域の研究者の協力を仰ぎ、特定多数における情報リテラシーを計測する。また、これらの取り組みや分析結果について、情報発信検討会を通じて地域と共有して検証し、次の防災力向上の計画へとつなげる。

## 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(円)	間接経費(円)
国立研究開発法人海洋研究開発機構	小平秀一	プロジェクト研究代表・サブ課題1責任者。 プロジェクト全体については、サブ課題1・2・3の連携を意識した議論・検討を行い、シンポジウムを通して成果の中間報告を行った。サブ課題1については、3課題連携し、地震・地殻活動モニタリングシステム、及び推移予測手法の構築を進めた。	令和4年 4月1日 ～ 令和5年 3月31 日	84,015,385	25,204,615
	堀 高峰	サブ課題1c責任者。 サブ課題1・2のシナリオ構築での連携の議論、1c内の推移予測と履歴の連携の検討・整理を進めた。粘弾性応答計算を進めた。			
	仲西理子	サブ課題1a分担者。 既存・新規調査研究成果の収集とともに、それらを取り入れた速度構造モデル更新・構築、及びモデルのマルチパラメータ化を進めた。 また、作成したマルチパラメータモデルをもとに、サブ課題間の連携を進めるための他のサブ課題関係者との議論を推進した。			
	飯沼卓史	サブ課題1b分担者。 プレート境界分岐断層でのすべり・固着に対する地表・海底面での変位応答について、構造探査データに基づいて分岐断層面の形状モデルを構築したうえで計算を実施し、グリーン関数を得た。			
	今井健太郎	サブ課題1c及びサブ課題3分担者。 サブ課題1cでは史料に基づいた履歴調査を行い、昭和東南海地震の波源推			

		定を実施し、1707 年宝永地震の痕跡情報整備を行った。 サブ課題 3 では、地域側の要望を受け、延岡市浜川河口部水門開閉が津波浸水に与える影響について、津波氾濫解析から検討を行った。			
国立研究開発法人防災科学技術研究所	藤原広行  汐見勝彦  中村洋光  高橋成実	サブ課題 2 責任者。 サブ課題 2 について、サブ課題 1 及びサブ課題 3 との連携体制のもと、4 つの研究テーマ間での連携を進めた。  サブ課題 1a 責任者。 3D 構造モデルを用いた自動震源計算システムに発震機構解推定機能を追加するとともに、地震カタログ評価手法の検討に着手した。  サブ課題 2g 責任者。 地震防災基盤シミュレータのプロトタイプから地震動や津波のハザード・リスク評価情報の試験提供を可能にした。  サブ課題 3 責任者。 サブ課題 1 とサブ課題 2 の連携を通じて、研究成果の可視化と地域との成果共有・理解の体制構築を進めた。	令和 4 年 4 月 1 日 ～ 令和 5 年 3 月 31 日	63,832,308	19,149,692
国立大学法人東北大学大学院	太田雄策	サブ課題 1b 責任者。 断層モデルの推定不確実性を含めた推定アルゴリズムの高度化に関する開発を継続し、断層すべりの自己相似性を活用した解析手法について数値実験にもとづき精度検証を実施し、予備的な結果を得た。	令和 4 年 4 月 1 日 ～ 令和 5 年 3 月 31 日	3,973,847	1,192,154
国立大学法人京都大学防災研究所	矢守克也	サブ課題 2d 責任者。 事前避難要不要判断ツールの開発について、「逃げトレ View」という名称でプロトタイプを作成した。また、避難訓練支援アプリの拡充版、及び、「逃げ地図」の活用法について検討し、臨時情報	令和 4 年 4 月 1 日 ～ 令和 5 年 3 月 31 日	26,810,000	8,043,000

		に関する説明資料を作成した。			
国立大学 法人東海 国立大学 機構名古屋 大学	平山修久  中井健太郎	サブ課題2e 責任者。 産業タイムライン構築把握について、都市インフラデータモデル、産業構造モデルを構築し、南海トラフ地震臨時情報発表時の社会活動の萎縮状況に関する結果が得られた。 リアルタイム社会様相把握について、連続モニタリング結果の解析を開始した。被害様相把握のためのツールを開発した。	令和4年 4月1日 ～ 令和5年 3月31日	35,499,231	10,649,769
国立大学 法人東京 大学	廣井 悠	サブ課題2f 責任者。 作成した災害シナリオのダイナミック自動生成技術のプロトタイプにオンラインワークショップ等で得られた因果を追加するシステム構築を行った。 昨年度に作成したエレベータ障害の復旧過程を模擬できるアルゴリズムを用いて、3種類の地震動レベルにおける復旧シミュレーションを実施した。	令和4年 4月1日 ～ 令和5年 3月31日	13,376,923	4,013,076
国立大学 法人東京 大学地震 研究所	篠原雅尚	サブ課題1b 分担者。 プレート境界付近の地震活動把握について整備した海底観測網の維持を行い、長期海底観測を継続した。	令和4年 4月1日 ～ 令和5年 3月31日	37,789,231	11,336,769
国立研究 開発法人 産業技術 総合研究 所	宍倉正展	サブ課題1c 分担者。 海域及び陸域の地震・津波履歴について、主に堆積物の分析を行い、発生年代や再来間隔に関するデータが得られた。	令和4年 4月1日 ～ 令和5年 3月31日	22,037,693	6,611,307

国立大学 法人香川 大学	金田義行	サブ課題3分担者。 情報リテラシー向上研究 として複数学校で地震津 波アンケート調査を実施 し、知識や行動力等で地 域性や年代の違いが存在 する結果が得られた。	令和4年 4月1日 ～ 令和5年 3月31日	2,315,385	694,615
国立大学 法人徳島 大学	馬場俊孝	サブ課題3分担者。 情報発信研究について、 防災教育コンテンツの在 り方を議論し、コンテン ツを動画で一部作成し た。	令和4年 4月1日 ～ 令和5年 3月31日	1,119,231	335,769

## (2) 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
【理学研究】(サブ課題1: 地殻活動情報創成研究)												
(a) 高精度な3D構造モデルに基づく自動震源決定システムの開発	←											→
(b) プレート固着・すべり分布のモニタリングシステムの構築	←											→
(c) 3Dモデル・履歴情報を用いた推移予測	←											→
【工学・社会科学研究】(サブ課題2: 地震防災情報創成研究)												
(d) 臨時情報発表時の人々の行動意思決定に資する情報の提供	←											→
(e) 発災時の企業の事業活動停止を防ぐ	←											→
(f) 発災時の大都市機能の維持	←											→
(g) 地震防災基盤シミュレータの構築	←											→
【地域連携】(サブ課題3: 創成情報発信研究)	←											→

## 2. 研究成果

### 2.1 高精度な3D構造モデルに基づく自動震源決定システムの開発

#### (1) 業務の内容

(a) 業務題目 「高精度な3D構造モデルに基づく自動震源決定システムの開発」

#### (b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立研究開発法人海洋研究開発機構	センター長	藤江 剛
	主任研究員	仲西 理子
	特任研究員	Xin Liu
	臨時研究補助員	田中 恵介
	グループリーダー	尾鼻 浩一郎
	(センター長代理)	
	グループリーダー	中村 恭之
	主任研究員	利根川 貴志
	副主任研究員	新井 隆太
	副主任研究員	白石 和也
	副主任研究員	山本 揚二郎
	研究員	Yanfang Qin
招聘主任研究員	山下 幹也	
国立研究開発法人防災科学技術研究所	副部門長	汐見 勝彦
	主任研究員	浅野 陽一
	主任研究員	植平 賢司
	主任研究員	木村 武志
	主任研究員	松原 誠
	主任研究員	田中 佐千子
	主任研究員	松澤 孝紀
	主任研究員	武田 哲也
	主任研究員	三好 崇之
	主幹研究員	関口 渉次

#### (c) 業務の目的

マルチパラメータ化した三次元地下構造モデル（以下、マルチパラメータ3D構造モデル、あるいは3D構造モデル）ならびに海陸の観測データを用いた自動震源決定システムを構築し、南海トラフ及びその周辺の地震活動の現状を即時的に把握出来るようにすることを目的とする。3D構造モデルの構築にあたっては、様々な既往研究成果や最新の地下構造研究成果を取り入れることで、既に構築済みの三次元P波速度構造モデルを高精細化するとともに、S波速度や密度等を含めたマルチパラメータ化を行う。また、海底に設置された常設地震観測点直下の堆積層構造を詳細に評価し、震源決定の高度化

に資する観測点補正値を求め、3D構造モデルに反映する。構築した3D構造モデルを自動震源決定システムに適宜採用することで、過去及び現在の地震活動を適切に把握する。構築した3D構造モデルは、本プロジェクトにおける基本モデルとして、他の研究課題と共有する。

(d) 5か年の年次実施計画

1) 令和2年度：

熊野灘海域の速度構造モデルの更新の仕組みの構築及びDONET観測点の観測点補正値推定方法の検討を進めた。3D構造モデルを用いた自動震源決定システム構築に向け、既存モデルを用いた震源計算システムを整備した。

2) 令和3年度：

熊野灘周辺の海陸統合3D構造モデルの構築を進めた。ここまで構築した3D構造モデルについて、サブ課題1「地殻活動情報創成研究」内で共有するとともに、他のサブ課題との共有方法等について、プロジェクト内外の関係者と議論を開始した。自動震源決定システムに新しい3D構造モデルを反映する仕組みを構築し、解析結果の評価・検討を進めた。

3) 令和4年度：

熊野灘周辺を中心に既存の陸域構造情報も反映した3D構造モデルの更新を実施した。モデル構築、検証、改善の対象を紀伊水道域へも拡張するとともに、観測点補正値を3D構造モデルに反映する方法の検討を進めた。新たな3D構造モデルを自動震源決定システムに反映させるとともに、構築した震源カタログに基づいて地震発生場所の評価手法の検討に着手した。他の研究課題と共有した3D構造モデルについて、モデルの更新方針等について検討を行った。

4) 令和5年度：

3D構造モデルの構築対象領域を四国沖へ拡張するとともに、観測データを用いたモデルの検証や改善を進める。構築した震源カタログに基づき、地震発生場所の評価や地震活動解析手法の確立を進める。他の研究課題と共有した3D構造モデルについて、新たに構築したモデルへの更新を行う。

5) 令和6年度：

前年度までに構築した3D構造モデルの検証や更新を実施しつつ、堆積層構造解析結果のモデルへの反映、東海沖及び日向灘沖への対象領域の拡張を行う。モデルの誤差評価手法を開発する。前年度までに得られたモデルを自動震源決定システムに反映させるとともに、地震活動を可視化して表現するシステムを構築する。他の研究課題と共有した3D構造モデルについて、新たに構築したモデルへの更新を行う。

(e) 令和4年度業務目的

熊野灘周辺の海陸統合高精細マルチパラメータ3D構造モデルを更新しつつ、解析対象を紀伊水道域へ拡張する。新たな3D構造モデルを自動震源決定システムに反映させるとともに、地震発生場所の評価や地震活動解析手法の検討を進める。

令和3年度に引き続きDONETの観測点直下の堆積層構造推定のための解析を実施する

とともに、熊野灘周辺を中心に既存の陸域構造情報も反映した3D構造モデルの更新を実施し、モデル構築、検証、改善の対象を紀伊水道域へ拡張する。新たな3D構造モデルを自動震源決定システムに反映させるとともに、構造モデルを更新したことによる震源決定への影響を評価する。自動震源決定システムの運用を継続するとともに、構築済みの震源カタログに基づき、地震発生場所の評価や地震活動解析手法の検討を行う。

## (2) 令和4年度の成果

### ①過去の探査や基盤観測データに基づく3D構造モデルの構築と検証

#### (a) 業務の要約

南海トラフ域におけるマルチパラメータ3D構造モデルの高精細化のため、熊野灘から紀伊水道域を中心とした海域の新たな観測や解析に基づく速度構造情報及びこれまで未活用だった陸域の速度構造情報を構築中のモデルに取り込む方法の検討を進め、それらを反映した海陸統合モデルの構築を実施した。構築中の3D構造モデルの状況に基づき、令和3年度から他のサブ課題等と開始したモデル共有に関する議論を発展させ、今後のモデル構築や利活用の方向性、そのための枠組みについての意見交換を行った。マルチパラメータ化に向けたS波速度構造の直接推定のために、令和3年度から引き続き複数の新たな手法を既存構造探査データに適用する試みを実施し、DONETの観測点直下の補正值として活用可能な堆積層内の詳細S波速度構造モデルの構築を進めた。

#### (b) 業務の成果

##### 1) P波速度構造モデル作成・更新とマルチパラメータ化及び検証方針の検討

令和3年度までに構築した南海トラフ域におけるマルチパラメータ3D構造モデル<sup>1)</sup>の高精細化、広域化のため、令和4年度は新たに紀伊水道域付近における最新の反射法解析結果に基づく速度構造情報<sup>2),3),4)</sup>及び地層境界面情報<sup>5)</sup>等を取り入れた。さらに、全国一次地下構造モデル<sup>6)</sup>、J-SHIS地盤情報<sup>7)</sup>や地震波走時トモグラフィ解析の結果<sup>8)</sup>等を参考情報として活用することで、陸側のP波速度構造モデルを更新した(図2-1-①-1)。これら新たな情報を組み入れるため、令和3年度モデルの層序(図2-1-①-2左)<sup>9)</sup>に、全国一次地下構造モデル<sup>6)</sup>のLayer7までの情報をとり入れたほか、海域の地震波反射断面に基づきSediment(堆積層)内に構造境界面を追加した。また、主に海域の屈折法探査の成果から解釈されるSediment下面(図2-1-①-2左の(3))については、全国一次地下構造モデル<sup>6)</sup>のLayer13との対応から両者の面を統合したモデルを作成した。同様に、それぞれ、図2-1-①-2(左)の境界面に対応する全国一次地下構造モデル<sup>6)</sup>の境界面をそれぞれ統合して新たな境界面を作成した。全国一次地下構造モデル<sup>6)</sup>のLayer7より深い速度構造情報については、図2-1-①-2(左)の模式図の各層の設定速度の条件に基づいて、これまでに収集した海域の地震探査に基づく構造情報、及び上述の新たな海域の構造情報を用いて空間的に補間した。

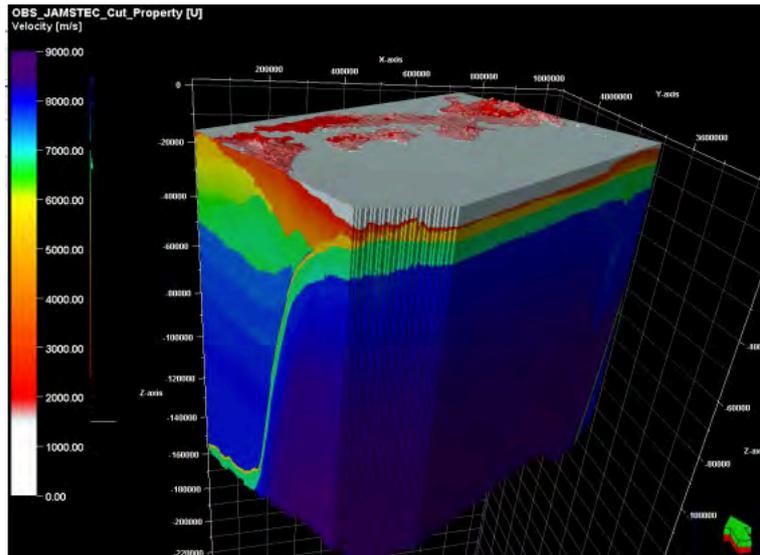


図 2-1-①-1 令和 4 年度に構築した陸側を含む 3 D の P 波速度構造モデル。

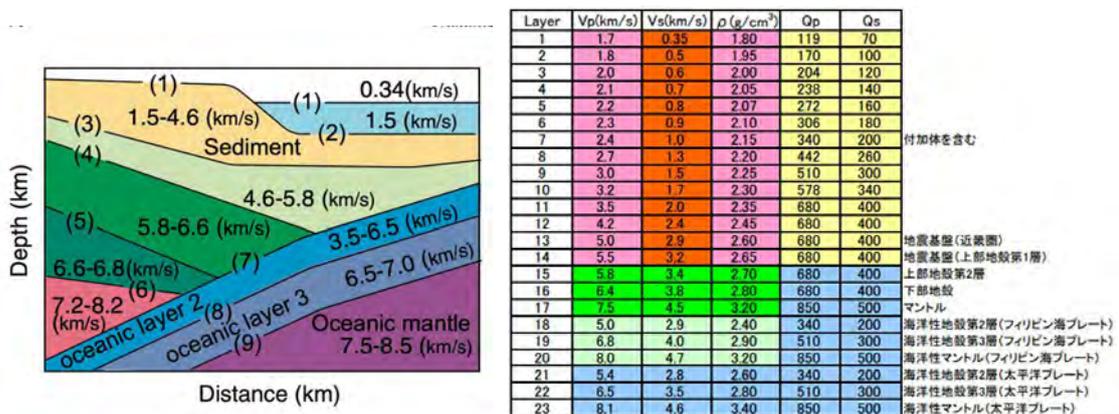


図 2-1-①-2 (左) 既存 P 波速度構造モデルの層序<sup>9)</sup>を表す模式図、(右) 全国一次地下構造モデル<sup>6)</sup>の層構造と物性値。

反射法地震探査の解析結果の一部は、時間領域(往復走時)の解析結果しかないため、P波速度構造情報は時間領域で統合した上で、深さ領域のP波速度構造モデルに変換した。さらに、令和2年度に取りまとめたP波速度からS波速度や密度に変換するマルチパラメータ化手法を適用することで、マルチパラメータ3D構造モデルを作成した。

また、令和3年度に引き続き、マルチパラメータ3D構造モデルの検証に必要な作業環境の整備を実施した。具体的には、実観測の重力データと、P波速度構造から変換して構築した3D密度構造モデルに基づく重力異常値を比較し、モデル改善に必要な環境整備を進めた。また、実観測に基づくS波速度構造モデルと、P波速度構造から変換して構築した3DS波速度構造モデルを比較できるような環境を整えた。さらに、P波の3D構造モデルの確度(不確定性)や誤差などを適切に評価し、可視化することを念頭に、データ取得、構造解析、モデル統合まで、ステップごとの不確定性や誤差などについて状況を整理し、今後の課題や実装方法などについての検討を重ねた。

## 2) 3D構造モデル統合方針の検討

本サブ課題で作成する南海トラフ域を対象としたマルチパラメータ3D構造モデルは、他のサブ課題も含めた統一モデルとして多方面で活用されることを目指している。そのため、令和3年度から、構造モデル情報のデータ仕様や精度、共有方法等の課題を確認する意見交換を他のサブ課題担当と定期的実施しており、それに沿って3D構造モデルを整備する検討を進めてきた。今年度は、本プロジェクトの他サブ課題関係者や地震調査研究推進本部（地震本部）の浅部及び深部地盤構造モデル構築関係者に加えて、「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画の推進について（第2次）」のコミュニティ断層モデルの構築を担う研究者も交え、月1回程度の頻度でミーティングを実施した。各課題でのモデル構築に対する具体的な取り組み状況の共有のほか、先行する海外での事例も参考にしつつ、構築するモデルの活用や将来の発展の方向性について意見交換を重ねた。本サブ課題における陸域と海域の構造情報の統合にあたって、陸域の浅部・深部地盤構造モデル作成で進めている取り組みから共有された情報を、実際の3D構造モデル構築の参考情報として活用した。また、本意見交換を通じ、各モデルは地震研究を進めるための共通の情報基盤として重要であることを互いに確認した。特に、地下構造情報を集約したマルチスケールの地下構造情報共通基盤の整備を実現するためには、本プロジェクトを含めた様々な研究プロジェクトの成果を連携する必要があるとともに、関係者が作業を分担し、かつ継続的に関わる必要があるという共通認識に至った。そして、モデル構築を担う研究者だけでなく、ユーザの積極的な参加・協力が重要との観点から、多方面のコミュニティへの発信を目的とした概念図を作成した（図2-1-①-3）。



図2-1-①-3 3D構造モデル統合方針の検討

これらの経過について、2022年5月には日本地球惑星科学連合2022年大会で報告するとともに、2022年6月、11月と2023年3月には地震本部の委員会で話題提供を行った。

### 3) 浅部堆積層構造の推定方法の検討

令和3年度に引き続き、震源決定の信頼性向上に不可欠な堆積層補正値を推定する解析手法の開発・改善を進めた。令和2年度までに手法の開発を進めてきた構造探査データのレーシーバー関数解析手法を用いた浅部堆積層のS波速度構造推定方法の課題は、レーシーバー関数によってイメージングされたPS変換面の解釈(同定)が難しく、定量的にS波速度を議論することが難しいことであった。そこで、令和4年度はPS変換面の同定に資する拘束条件とするべく、新たに表面波を用いたS波速度の直接推定方法の開発を進めた。海底地震計データを用いた表面波によるS波速度モデリング手法については、Tonegawa et al. (2013)<sup>10)</sup>等の多数の先行研究があるが、自然地震観測に向けて面的かつ疎らに設置された海底地震計データを用いたこれらの先行研究では、深度方向、水平方向とも空間分解能が低く、反射法地震探査でイメージングされるような高い解像度で堆積層のS波速度構造の議論をすることは難しい。そこで、本サブ課題では構造探査用に密に直線上に設置した海底地震計アレイ(以下、リニアアレイと呼ぶ)で観測したノイズデータを用いて、地震波干渉法により抽出した表面波による逆解析によって詳細なS波速度構造を構築する取り組みを進めた。構造探査では、海底地震計の設置後すぐにエアガン(人工震源)を用いた構造探査を実施し、探査終了後すぐに海底地震計を回収してしまうため、ノイズを用いた表面波解析に用いることができる期間が短く、干渉法解析には不向きと考えられていた。

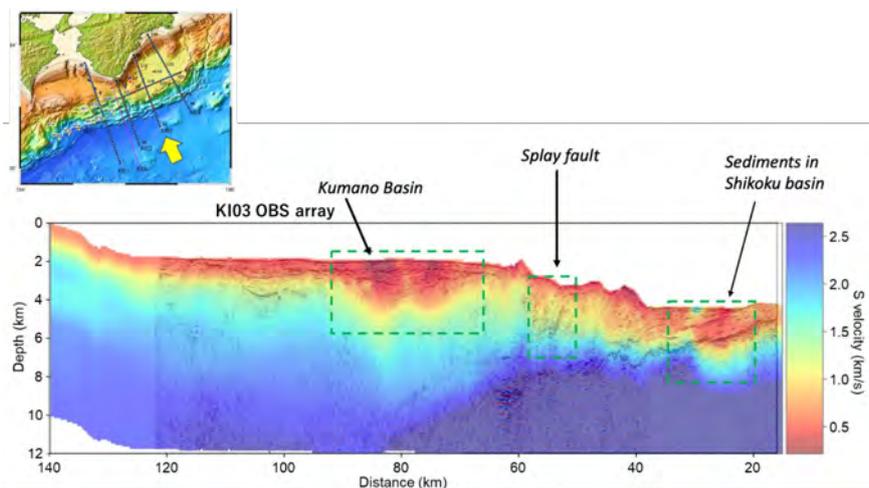


図2-1-①-4 左上地図の矢印で示す屈折法地震探査測線に沿った海底地震計アレイで観測されたノイズデータから表面波を抽出し、逆解析により推定したS波速度構造。同海域で取得した反射法地震探査データに重ねて表示した。緑破線の領域(熊野海盆、分岐断層、沈み込み口周辺)の堆積層構造内で、顕著なS波速度の低下が認められる。

しかし、構造探査用リニアアレイの様に観測点間距離が5 km程度と短い場合は、一週間程度のノイズ観測期間があればS波速度解析に耐え得る表面波が抽出でき、さらにリニアアレイの利点を生かした逆解析によって2次元S波速度構造も構築できることが分かった。求めたS波速度構造は、反射法地震探査による地震波反射断面(P波反射断面)の堆積層と整合的な様相を示し、堆積層内のS波速度の推定値として使うことができると期待される(図2-1-①-4)<sup>11)</sup>。

このようにして求めたS波速度構造モデルは、レーザ関数解析でイメージングしたPS変換面分布とよい形状の一致を示すことから、PS変換面の解釈(同定)に活用することも可能である。レーザ関数解析と比較すると、表面波解析によるS波速度構造は解像度に劣ることは否めないが、両手法は相補的であり、併用することで信頼性の高い堆積層内S波速度構造を構築できると考えられる。

### (c) 結論ならびに今後の課題

南海トラフにおける高精度なマルチパラメータ3D構造モデルの高精細化として、令和3年度に構築した熊野灘周辺のマルチパラメータ3D構造モデル<sup>1)</sup>に反映させた速度構造情報に加え、これまで未活用だった熊野灘周辺から紀伊水道域までの海域を中心とした新たな構造探査成果や陸域構造情報等を参考にして、南海トラフ域の3D構造モデルを更新した。ただし、モデルの構築に活用した地層境界面の選定、多様な構造情報の統合、補間方法については今後も改良や検討を進める必要がある。海陸統合3D構造モデルの構築の中で参考にしたJ-SHIS地盤情報<sup>7)</sup>については、同じく参考にした全国一次地下構造モデル<sup>6)</sup>との接合方法に検討が必要となった。J-SHIS地盤情報<sup>7)</sup>のバージョンアップの動きも鑑み、また陸域地盤構造モデルの構築課題との連携も視野に入れ、今後の課題とする。P波速度構造モデルの確度や誤差を評価するため、モデル構築のステップごとの不確定性等に関する情報を整理し、今後の実装方法等についての検討を進めた。さらに、マルチパラメータ3D構造モデルの検証にあたっては、P波速度から変換式(経験則)を用いて求めた他のパラメータ(S波速度、密度)と、実観測に基づいて独立に求めたS波速度構造情報や重力データの比較を行うための環境を整えた。これらの点について引き続き検討を行うとともに、取り組みの具体化を進める必要がある。

サブ課題間連携等を進めることを目的としたモデル統合方針の検討を令和3年度に引き続き行った。特に、本プロジェクトで作成するモデルへの陸域地盤構造情報の取り込みについて情報共有を実施し、そこでの議論に基づいて海陸統合3D構造モデルの構築を進めた。また、将来にわたって効率的にモデルの統合や更新を進めていくためには、構造情報のユーザも含めた検討が必要との結論にも至った。ここでの議論を踏まえ、モデル統合の整備や活用の体制、運用面での課題も意識しながら、本研究プロジェクトでのモデル構築を進める必要がある。

令和3年度に引き続き、震源決定の信頼性向上に不可欠な堆積層補正値を推定する解析手法の開発・改善として、新たに表面波を用いたS波速度の直接推定方法の開発を進めた。令和2年度までに手法の開発を進めてきた構造探査データのレーザ関数解析手法による成果との比較により、両者を併用した今後の解析方法の方針について整理した。これに基づき、今後、同一測線での解析結果の比較、さらにマルチパラメータ3D

構造モデルの構築に用いている変換式によるS波速度とも比較し、どのように信頼性の高い堆積層内S波速度構造を推定していくか検討することが課題である。

(d) 引用文献

- 1) 仲西 理子・Qin Yanfang・藤江 剛・汐見 勝彦・小平 秀一・高橋 成実・中村 武史 : Constructing a 3D seismic S-wave velocity model of the Nankai Trough, 日本地球惑星科学連合 2021 年大会, SCG49-P06, 2021.
- 2) Qin, Y., Fujie, G., Kodaira, S., Nakamura, Y., Kaiho, Y., No, T., Obana, K., and Miura, S.: High-density seismic refraction imaging of plate boundary structures in the slow earthquake gap zone off western Kii Peninsula, Nankai Trough, *Geophys. Res. Lett.*, 48, e2020GL089132, doi: 10.1029/2020GL089132, 2021.
- 3) 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 behaviour, *Nature Geoscience*, 15, 143-148, doi: 10.1038/s41561-021-00879-x, 2022.
- 4) 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, *J. Geophys. Res.*, 127, e2022JB024992, doi: 10.1029/2022JB024992, 2022.
- 5) Nakamura, Y., Shiraishi, K., Fujie, G., Kodaira, S., Kimura, G., Kaiho, Y., No, T., and Miura, S.: Structural anomaly at the boundary between strong and weak plate coupling in the Central-Western Nankai Trough, *Geophys. Res. Lett.*, 49, e2022GL098180, doi: 10.1029/2022GL098180, 2022.
- 6) 地震調査研究推進本部: 全国一次地下構造モデル (暫定版), <[https://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic\\_hazard\\_map/lpshm/12\\_choshuki\\_data/](https://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic_hazard_map/lpshm/12_choshuki_data/)>, (参照 2023-3-31), 2012.
- 7) 防災科学技術研究所: 地震ハザードステーション J-SHIS 地盤情報, <<https://www.j-shis.bosai.go.jp/download>>, (参照 2023-3-31) .
- 8) Matsubara, M., Sato, H., Uehira, K., Mochizuki, M., Kanazawa, T., Takahashi, N., Suzuki, K., and Kamiya, S.: Seismic velocity structure in and around the Japanese Island arc derived from seismic tomography including NIED MOWLAS Hi-net and S-net data, *Seismic Waves - Probing Earth System*, IntechOpen, 1-19, doi: 10.5772/intechopen.86936, 2019.
- 9) Nakanishi, A. et al.: Three-dimensional plate geometry and P-wave velocity models of the subduction zone in SW Japan: Implications for seismogenesis, in "Geology and Tectonics of Subduction Zones: A Tribute to Gaku Kimura", ed. by T. Byrne, M. B. Underwood, III, D. Fisher, L. McNeill, D. Saffer, K. Ujiie, A. Yamaguchi, Geological Society of America Special Paper 534, 69-

86, doi: 10.1130/2018.2534(04), 2018.

10) Tonegawa, T., Fukao, Y., Nishida, K., and Sugioka, H.: A temporal change of shear wave anisotropy within the marine sedimentary layer associated with the 2011 Tohoku-Oki earthquake, *J. Geophys. Res.*, 118, 607–615, doi: 10.1002/jgrb.50074, 2013.

11) Liu, X., Nakanishi, A., Fujie, G., T., Nakamura, Y., Obana, K., and Kodaira, S.: Shear velocity tomography using seismic noise interferometry from a linear OBS array off Kumano crossing Nankai Trough, *SEG/AGU Geophysics of Convergent Margins Workshop*, 2022.

(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
Toward the construction of a common 3D multi-scale and multi-parameter model by integrating various seismic velocity structure model (口頭)	仲西 理子 前田 宜浩 森川 信之 先名 重樹 高橋 成実 中村 洋光 藤原 広行 汐見 勝彦 太田 雄策 堀 高峰 小平 秀一	日本地球惑星科学連合2022年大会	2022. 5	国内
南海トラフ域の海底地震計データを用いたS波構造推定の試み(ポスター)	仲西 理子 Xin Liu Yanfang Qin 藤江 剛 汐見 勝彦 小平 秀一 高橋 成実 中村 武史	日本地震学会 2022 年秋季大会	2022. 10	国内

Shear velocity tomography using seismic noise interferometry from a linear OBS array off Kumano crossing Nankai Trough (口頭)	Xin Liu Ayako Nakanishi Gou Fujie Takashi Tonegawa Yasuyuki Nakamura Koichiro Obana Shuichi Kodaira	SEG/AGU Geophysics of Convergent Margins Workshop	2022. 7	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
Structural anomaly at the boundary between strong and weak plate coupling in the Central-Western Nankai Trough	Nakamura, Y. Shiraishi, K. Fujie, G. Kodaira, S. Kimura, G. Kaiho, Y. No, T. Miura, S.	Geophysical Research Letters	2022. 5	国外
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	Bassett, D. Arnulf, A. Kodaira, S. Nakanishi, A. Harding, A. Moore, G.	Journal of Geophysical Research, Solid earth	2022. 10	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 3D構造モデルを用いた自動震源決定処理システムの構築

### (a) 業務の要約

昨年度までに構築した自動震源決定処理システム（本システム）の仮運用を継続した。地震発生場所の評価に資するため、3D構造モデルに基づく発震機構解（初動解）計算機能を実装し、その動作検証を行った。この際、海域で発生する地震活動に対して3D構造モデル使用の効果を評価するため、従来のトモグラフィモデルに加えて、全国1次地下構造モデルをグリッド化したモデルを用いた震源計算環境を新たに構築した。また、計算に用いるモデルを確認、対比するための3D構造モデル可視化機能やデータベース管理機能を構築した。3D構造モデルを用いた震源長期カタログ整備等に資するため、新たな震源計算環境の整備を行うとともに、長期カタログに基づく地震発生場所評価方法や地震活動変化の可視化方法の検討に着手した。

### (b) 業務の成果

#### 1) 3D構造モデルを用いた初動解計算機能の実装と検証

本課題では、3D構造モデルを用いて整備した長期地震カタログに基づいて、地震活動を可視化して表現するシステムの構築を目指している。地震活動変化の特徴を表現する指標のひとつとして、グーテンベルグ・リヒター則の $b$ 値の時空間変化が注目されているが、 $b$ 値には震源深さ依存性や発震機構解依存性が存在する<sup>1), 2)</sup>。 $b$ 値の変化として地震活動の変化を適切に把握するためには、地震がどのような応力場のもとで、どこで発生したかを適確に評価し、正しく分類しなくてはならない。そのためには、震源の位置に加えて、適切な発震機構解を知る必要がある。しかし、南海トラフ周辺の海域で発生するプレート境界付近の地震に対して1D構造モデルを用いると、震源から観測点に向けて放出される地震波の射出角を適切に評価出来ないため、正しい初動解を推定出来ないことが知られている。実際、このような地震では初動解とモーメントテンソル(MT)解とが有意に異なる<sup>3)</sup>。そこで、今年度は3D構造モデルに基づいて初動解を計算する機能を構築し、試験運用中の本システムに実装した。

本機能を検証するため、Takemura et al. (2016)によって1D構造モデルによる初動解とMT解に有意な差があると示されている5地震について、発震機構解の推定を実施した。図2-1-②-1及び表2-1-②-1に解析対象とした地震の諸元を示す。なお、前述の通り1D構造モデルに基づく初動解とMT解の差違は沈み込むフィリピン海プレートの影響が大きいと考えられる。一方、試験稼働中の本システムで使用している3D構造モデルはトモグラフィ解析によって求められた地震波速度構造<sup>4)</sup>であり、沖合の構造の解像度は十分ではなく、後述するとおり、沈み込むプレートとその周辺での地震波速度の差がさほど明瞭ではない。そこで、プレートが明瞭な速度差を持ってモデル化されている全国1次地下構造モデル(Japan Integrated Velocity Structure Model, JIVSM)<sup>5)</sup>を本システムの3D構造モデルとして試験的に採用し、初動解計算への影響を評価することとした。なお、JIVSMはグリッド(格子点)ごとの層境界の深さと各層のパラメータ(地震波速度等)を与えるフォーマットとなっている。本システムで震源計算を行うためには、各グリッドにおける地震波速度情報が必要となるため、昨年度構築したツールを用いて構造モデルの変換を行った。

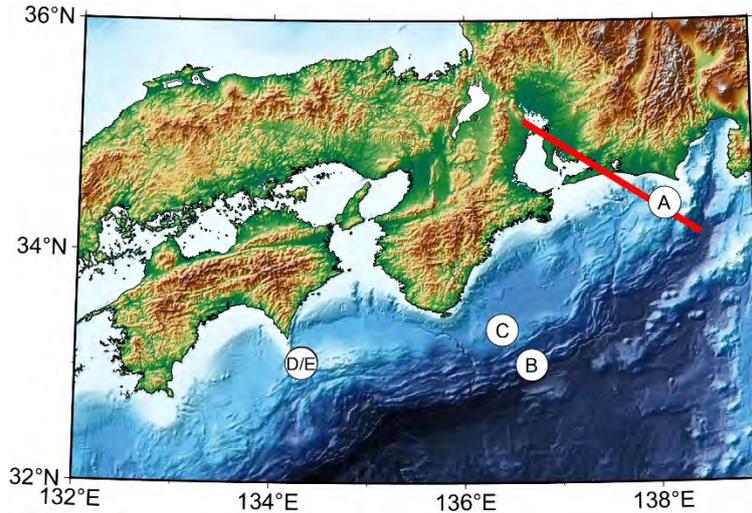


図 2-1-②-1 初動解の評価対象とした地震の震源分布。図中の A～E は表 2-1-②-1 に対応する。また、赤線は図 2-1-②-2 の断面線の位置を表す。

表 2-1-②-1 初動解の評価対象とした地震。震源情報は防災科研 F-net による

	震源時刻	震源位置			Mw
		緯度[°N]	経度[°E]	深さ[km]	
A	2011.08.12 04:37:45	34.4087	138.0827	11	4.5
B	2011.03.12 22:11:02	33.0202	136.6840	5	4.7
C	2016.04.01 11:39:07	33.3233	136.3832	14	5.8
D	2009.07.23 00:47:34	33.0413	134.3250	14	4.7
E	2009.07.22 23:51:02	33.0330	134.3215	20	5.0

本システムはサーバ上に仮想マシン (Virtual Machine, VM) を設定し、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出来る。また、VM ごとに独自のサブ ID を指定することで、全ての VM の処理結果をリレーショナルデータベース (RDB) に保存し、その結果を互いに比較、検討することが可能である。JIVSM を 3D 構造モデルとして震源位置及び初動解を計算するにあたっては、専用の VM を立ち上げ、本評価を行った。

まず、解析に用いる 3D 構造モデルの違いによる計算結果への影響を評価するため、震源が比較的陸に近い地震 A を対象として、JIVSM とトモグラフィ両方のモデルで初動解の計算を行った。1D 構造モデルに基づく防災科研 Hi-net 初動解並びに 3D 構造モデルに基づく CMT (3D-CMT) 解析結果<sup>6),7)</sup>と併せて図 2-1-②-2 に示す。また、同図には、図 2-1-②-1 に赤線で示した測線における P 波速度構造も示した。この地震の 3D-CMT 解は北西-南東圧縮の低角逆断層型を示し、その深さはフィリピン海プレート上面深度とほぼ等しいことから、陸と海のプレート間で発生した地震と評価される。一方、1D 構造モデルに基づく Hi-net 初動解は南北伸張の正断層型を示し、その震源深

さは 26 km であったため、この結果からのみではスラブ内地震と誤判定されうる。トモグラフィモデルを用いた結果は、Hi-net 初動解と比べて反時計回りにわずかに回転することで駿河トラフの走向と調和的な結果となったが、発震機構解としては依然として 3D-CMT 解とは有意に異なり、震源深さも 24 km とやや深い。一方、JIVSM を用いた結果では、低角逆断層成分が見られるとともに、震源深さも 8 km と浅くなった。図 2-1-②-2 の右側に計算に用いた P 波速度構造の断面図を示す。最上部に示すトモグラフィモデルでも駿河トラフ側（右側）から伊勢湾側（左側）に傾斜する高速度層としてフィリピン海プレートが表現されている。この高速度なプレートの存在により発震機構解の走向方向の回転が導かれたと考えられる。一方、JIVSM 並びに JIVSM から変換した 3D 構造モデルと比べると、トモグラフィモデルでは深さ 30~40 km に  $V_P = 7$  km/s 以上の比較的高速度な媒質が広く分布し、プレートとその浅部構造の間の速度変化が JIVSM ほど明瞭ではない。結果として、3D-CMT 解よりも 1D 構造モデルと類似した解が得られたと考えられる。

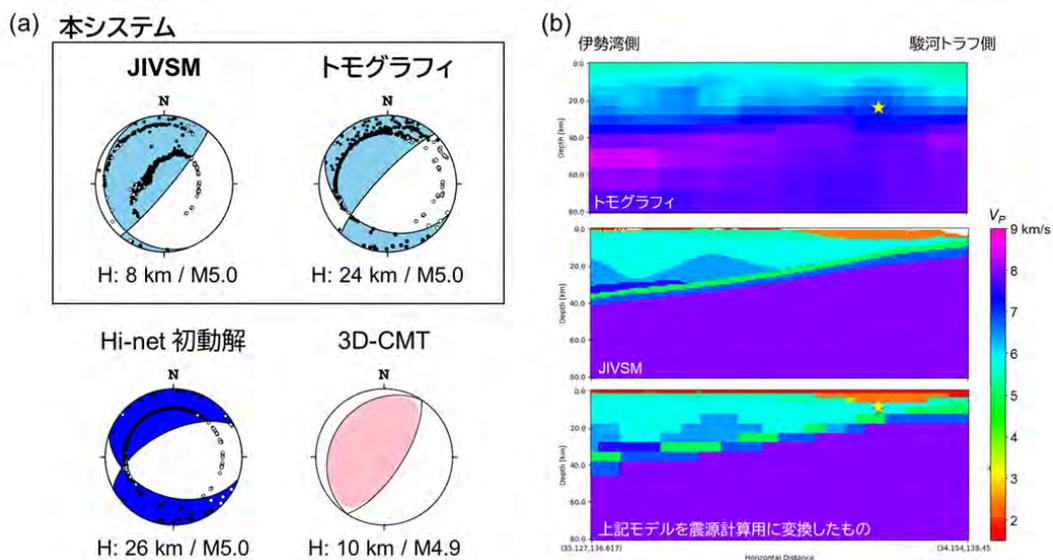


図 2-1-②-2 (a) 地震 A の発震機構解。左上は JIVSM、右上はトモグラフィモデルを用いて本システムで求めた初動解（水色）。左下は 1D 構造モデルに基づく防災科研 Hi-net による初動解（青色）。右下は 3D-CMT 解析結果<sup>7)</sup>（桃色）。各発震機構解下部には、それぞれの解析により得られた震源（セントロイド）深さ及びマグニチュードを表す。(b) 計算に用いた P 波速度構造の鉛直断面図。断面線の位置は、図 2-1-②-1 に示す。断面図中の星印は、それぞれのモデルで求めた震源の概略位置を表す。

次に、解析対象とした地震のうち、最も規模の大きい地震 C について、JIVSM に基づく構造を用いて本システムにより求めた初動解ならびに他の様々なカタログによる解

を図 2-1-②-3 に示す。この地震は、地震本部により、沈み込むフィリピン海プレートと陸のプレートとの境界で発生した地震と評価されている<sup>8)</sup>。3D-CMT 解<sup>7)</sup>及び 1D 構造モデルに基づく気象庁 CMT 解<sup>9)</sup>は北西-南東圧縮の低角逆断層型であり、セントロイド深さは震央付近のフィリピン海プレート上面深度(約 11 km)<sup>10)</sup>と整合的な結果となっている。また、1D 構造モデルに基づく防災科研 AQUA-CMT 解、防災科研 F-net による MT 解は、いずれもやや高角であるものの、北西-南東圧縮の逆断層型で求めた。一方、Hi-net 初動解は北西-南東伸張の正断層型、深さ 18km として求まっており、前述の地震 A 同様、1D 構造モデルに基づく初動解からはスラブ内地震と誤判定されうる結果となっている。本システムの解析結果は、Hi-net 初動解同様、北西-南東伸張の正断層型であるが、傾斜角は Hi-net 初動解が 24° であるのに対し、本システムの結果は 10° と大幅に低角な解となった。また、推定された震源深さも 13km とやや浅く求めた。本システムで得られた初動解単独でプレート境界付近で発生した地震と評価することはやや困難ではあるが、震源深さならびに低角な傾斜角から、当該地震がプレート境界付近で発生した地震の可能性を残す結果となった。

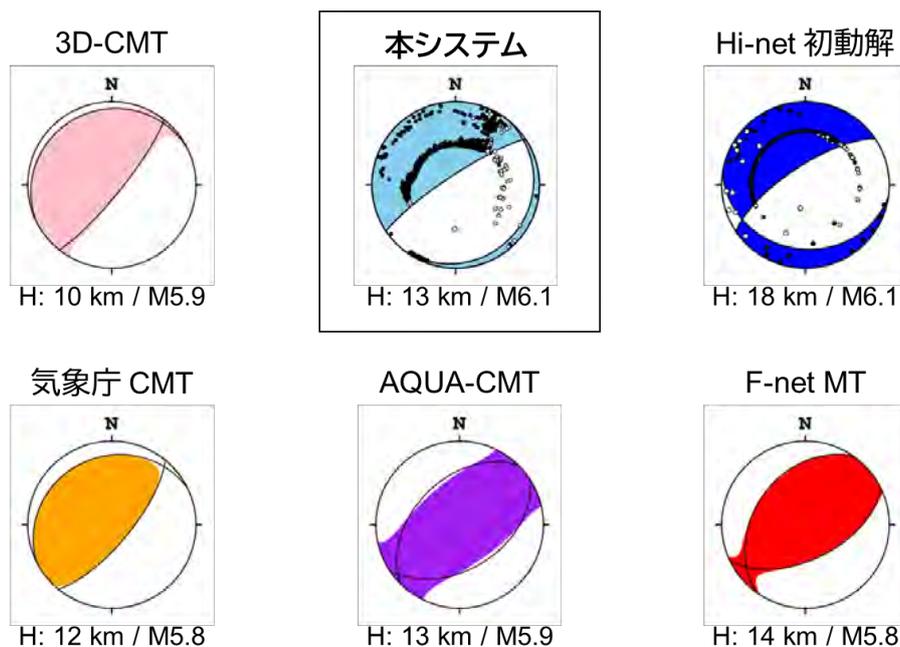


図 2-1-②-3 地震 C に対する発震機構解。左上から順に、3D-CMT 解析結果<sup>7)</sup>、JIVSM に基づく本システムによる初動解、防災科研 Hi-net による初動解、気象庁による CMT 解<sup>9)</sup>、防災科研 AQUA-CMT 解、防災科研 F-net による MT 解を表す。各発震機構解下部には、それぞれの解析により得られた震源(セントロイド)深さ及びマグニチュードを表す。

その他の地震 B、D 及び E の結果を図 2-1-②-4 に示す。3D 構造モデルを用いたとしても、これらの地震のように震央近傍に観測点が存在しない場合、解の任意性が高くなる点は避けられない。地震 D 及び E に対して本システムで得られた震源深さは約 17km であり、1D 構造モデルによる震源深さ(23km)よりも浅くなったものの、プレー

ト上面深度 (約 12km)<sup>10)</sup> よりもまだ有意に深い。3D-CMT 解は低角逆断層型だが、セントロイド深さは 16km である。これらの結果から、地震 D 及び E はプレート境界付近で発生した地震である可能性が高いものの、スラブ内地震である可能性を棄却し難い結果となった。このような地震の場合は、余震活動と併せた評価が必要である。地震 B は、F-net MT 解や 3D-CMT 解から、トラフ軸付近で発生したスラブ内地震と評価される。3D 構造モデルを用いた本システムの解析においても、北西-南東方向の伸張場は確認出来るため、プレート間地震の可能性は低いことが評価可能である。しかし、震源深さを 35km と推定しており、MT 解/CMT 解との差違が大きい。地震発生当時、最も近い観測点の震央距離は約 70km であった。遠方の観測点のみを使用する場合、構造モデルの精度に関わらず、震源深さの拘束力は弱くなる。本システムにおける初期震源には、1D 構造モデルによる震源深さ 32km が設定されていたが、拘束力が弱いためにこの値から大きく変更出来ず、適切な震源深さの推定に至らなかったと推察される。現在、紀伊半島南東沖には DONET が整備されており、比較的震央近くでの地震観測データが得られる状況になっている。今後、DONET データと本課題にて構築される高精細な 3D 構造モデルを用いることによって、震源深さ精度向上の程度を改めて調査する必要がある。

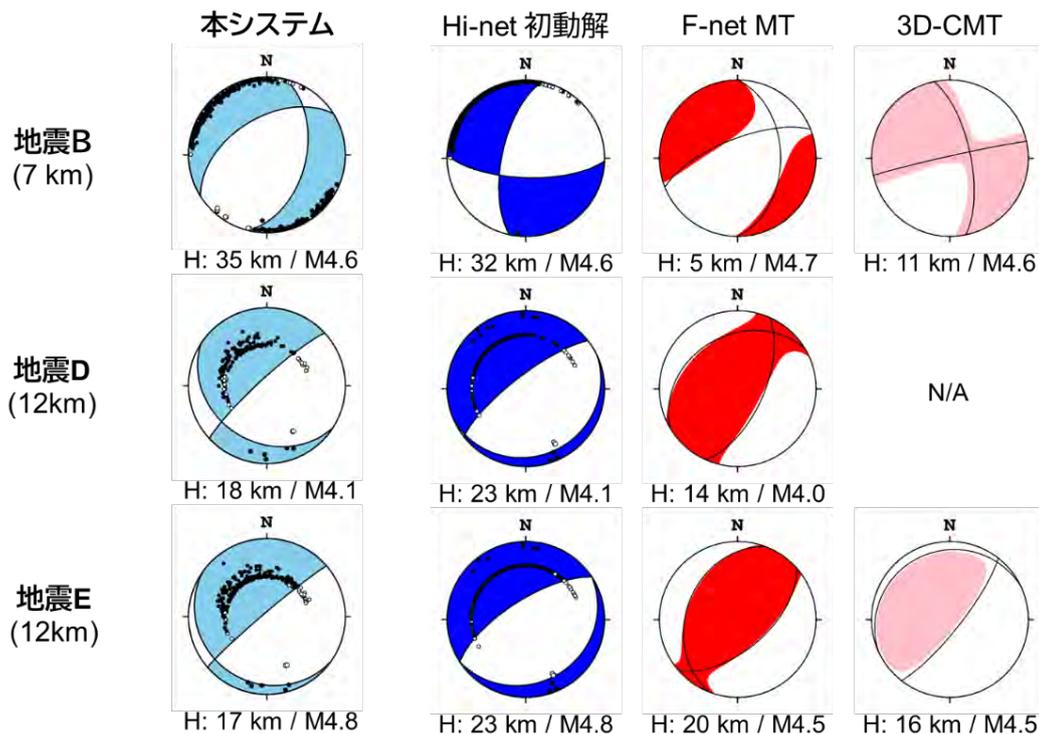


図 2-1-②-4 地震 B、D 及び E の本システムによる初動解。参考として、それぞれの地震における Hi-net 初動解、防災科研 F-net MT 解、3D-CMT 解<sup>7)</sup>を示す。地震名の下部には、それぞれの地震の震央付近におけるフィリピン海プレート上面深度<sup>10)</sup>を表す。なお、地震 D の 3D-CMT 解はカタログ<sup>7)</sup>に登録されていない。

以上から、震央近傍に観測点が存在する場合、プレート形状を考慮した3D構造モデルに基づいて波線経路を評価することで、初動解析からも現実的な発震機構解が推定可能であることが明らかになった。既に3D-CMT解析により南海トラフ域で信頼性の高い発震機構解を推定することが可能となっているが<sup>6)</sup>、3D-CMT解析は初動解析に比べて計算コストが高いうえ、M4程度以上の規模の地震しか安定した解の推定が出来ない。前節で構築中のより現実的な3D構造モデルを用いて震源位置及び発震機構解を計算し、3D-CMT解のカタログと相補的に活用することで、より信頼性の高い地震発生場所の評価につながることを期待される。

## 2) 震源決定処理システム運用のための環境整備

前項で示した通り、今年度は初動解析による発震機構解推定を3D構造モデルに基づいて実施する機能を構築し、新たなVM上で試験動作を開始した。この際、従来のトモグラフィ解析に基づく3D構造モデル<sup>4)</sup>に加え、本プロジェクトによる高精細化3D構造モデルが構築されるまでの評価用としてJIVSM<sup>5)</sup>をグリッドフォーマットに変換したモデルを新たに採用し、両モデルによる処理を並行して実施出来る体制とした。

今後、高精細化3D構造モデルが完成した際、計算用モデルの入れ替えを行う。その際、過去のデータとリアルタイムで処理されるデータとの整合を取るため、新しいモデルを用いた震源再計算を実施し、保存する必要がある。大量の過去データの再計算を実施する環境として新たなVMを容易に立ち上げられるよう、上述のJIVSM用のVM立ち上げに際して、手順の簡易化ならびに明文化を行った。また、新たな計算を開始する前に、新しく導入したモデルが本システム用に正しく変換されていることを確認するため、構造モデルの簡易ビューワを新たに作成した。図2-1-②-2に示したP波速度構造断面図は、本ビューワの出力の一例である。再計算にあたって、異なる構造モデルによる震源計算結果が混在することは避けなければならない。以前のモデルによる震源カタログが保存されているRDBに対し、古いデータの安全な退避あるいは削除を実行し、新たな計算に備えるためのツールの整備を行った。

## 3) 地震活動可視化に向けた検討

本課題では、3D構造モデルを用いた震源位置を自動的かつ逐次的に推定するだけではなく、過去のデータについても同様の計算条件で震源位置を再計算し、長期の震源カタログを整備することで、地震活動の変化を連続的に評価できるようにすることを目指している。しかし、日々の震源分布図だけでは、地震活動の変化を定量的あるいは客観的に評価することは難しい。地震活動度の変化を評価するパラメータとして、従来、グーテンベルグ・リヒター則(G-R則)における $b$ 値ならびに $Z$ 値が多用されてきた。今年度は、これらのパラメータの導出方法についての資料収集を行うとともに、計算方法や設定すべき条件等についての検討に着手した。

G-R則とは地震の規模別発生頻度がマグニチュードとともに指数関数的に減ることを表す法則であり、この指数を $b$ 値と言う。 $b$ 値は地震活動の性質を表す重要なパラメータの一つと考えられており、大地震発生前に有意に低下する事例が報告されている<sup>12)</sup>。通常、与えられた地震カタログに対して、全ての地震が検出されていると考えられる最

小マグニチュード  $M_c$  を設定し、それ以上の地震活動に対して最尤法等を適用することで  $b$  値を推定する。 $M_c$  の推定に関しては、 $R$  関数による評価方法<sup>11)</sup>が広く用いられている。 $R$  関数は、ある  $M$  を最小マグニチュードとして最尤法により推定した  $b$  値から導出される G-R 則と観測された規模別頻度分布の適合性を評価する関数である。小さな  $M$  から順番に評価を始め、初めて適合度が一定値、例えば 90% を超えた  $M$  を  $M_c$  とする。但し、この方法ではデータ数が多い、小さな  $M$  での適合度が結果に強く影響を与える。小さい  $M$  の地震は、検知能力の限界のために全ての地震が把握されていないことが多く、そのような場合、 $b$  値の過小評価に繋がるということが指摘されている<sup>13)</sup>。これに対し、明田川 (2018) は規模別頻度分布の直線性が成り立つ範囲をより強く意識した  $M_c$  の評価方法を提案した<sup>13)</sup>。この方法では、カタログに掲載されている地震数を  $M$  に対して 0.1 ごとに計数し、その個数が最大となる  $M$  ( $M_p$ ) と、積算個数が初めて 10 個以上になる  $M$  ( $M_{10}$ ) 間の積算度数の常用対数に最小自乗法を当てはめ、 $M_p$  から  $M$  の大きい方にみたときに、積算度数が最小自乗直線よりも初めて上になるところを  $M_c$  とする。一般的に  $R$  関数によって求めた  $M_c$  の方が  $M_p$  に基づいて推定される  $M_c$  よりも小さくなる傾向がある。地震活動は必ずしも G-R 則の直線性を担保するとは限らず、地震数が十分でない場合等には上に凸の形状を示すことが多い。このような場合、推定される  $b$  値は  $M_c$  に依存する。本課題では、両方の  $M_c$  評価方法を実装し、結果への影響を比較できるようにシステム化を行う。

$Z$  値は、ある期間の地震活動度について、参照とする期間の地震活動と対比して示す値であり、地震活動の静穏化や活発化を定量化するパラメータとして活用されている。 $Z$  値も文献により、異なる定式化が行われている。Habermann (1983) は、解析対象期間中のある時間  $t$  を設定し、 $t$  以前とそれ以降の期間の活動度の差分を計算することにより地震活動度の変化点を探る方法を提案した<sup>14)</sup>。但し、この方法では、複数回の活動度変化を検出することが難しいことから、全期間に対する評価期間の活動度の差分を計算する手法<sup>15)</sup>や、全期間から評価期間を除いたデータと評価期間の活動度の差分を計算する方法<sup>16)</sup>が提案されている。これまでそれぞれの解析方法の特徴や差違についての詳細な議論は十分になされていないため、これらの 3 通りの計算方法を実装し、計算結果の比較検討を実施出来るようにする。

$b$  値、 $Z$  値とも、ある評価期間での空間分布の他、ある地点での時系列的な変化を計算し、ウェブブラウザ上で閲覧可能なシステムとする。空間分布を地図上に表示する際には、各地点で評価する地震データの距離範囲(半径)や計算を実行する最小地震数を、時系列表示の場合は解析対象とするウィンドウ幅や解析に用いる地震数等をユーザが調整可能なパラメータとして設定出来るような仕組みを導入する。

### (c) 結論ならびに今後の課題

南海トラフ及びその周辺域で発生する地震の活動状況を逐次的かつ適確に把握するためには、より現実に即した三次元の地震波速度構造を用い、自動的に震源位置や発震機構解の推定を行う必要がある。本年度は、昨年度までに構築した 3D 構造モデルを用いた自動震源決定システムの仮運用を継続するとともに、初動解析により発震機構解を計算する機能を新たに追加し、実装した。また、海域で発生する地震に対する 3D 構造

モデルの効果を評価するため、全国1次地下構造モデルに基づいて自動震源計算を行うVMを新たに立ち上げ、震源位置並びに発震機構の決定状況について調査、検討を行った。1D構造モデルを用いた初動解析では震源深さ及び発震機構解ともに正しい結果が得られなかった海域の地震について、3D構造モデルを用いた計算を実施したところ、1D構造モデルによる結果に比べて、ほぼ全ての地震において震源深さが浅くなり、CMT解析の結果に近づいた。また、一部の地震では、3D構造モデルによる初動解はCMT解に類似する方向に変化した。本試験運用を実施するにあたって、震源計算用に変換した構造を可視化するツールやデータベースに登録されたデータの安全な対比や削除を行うためのツールを整備した。さらに、次年度以降に構築する地震活動可視化のためのシステムに向けて、地震活動評価のためのパラメータ推定手法に関する文献収集を行うとともに、システムの基本的な機能についての検討を行った。

一方、海域で発生した地震に対する震源決定並びに発震機構の解析において、概略的な3D構造モデルでは、トラフ軸付近の地震活動に対して震源深さに改善が見られない事例があることを確認した。これは、沖合の構造モデルの精度が十分ではないこと、地震発生当時は震源近傍に運用中の地震観測点が無かったこと等が理由と考えられる。現在は、紀伊半島沖から室戸沖にDONETが整備されており、この海域での観測は充実した。今後、当該地域で顕著な地震が発生した際に、現在の観測データを高精細化した3D構造モデルを用いて処理することで、この問題が解消されるのか検証する必要がある。地震活動変化の可視化については、システム化に向けて検討に着手したところであるが、地震活動の一般的な指標である $b$ 値や $Z$ 値であっても、文献によって計算式や計算条件が異なる。南海トラフの海域は、日本海溝周辺等と比べて普段の地震活動が低調な地域である。 $b$ 値や $Z$ 値によって地震活動の時空間的な変化を最適な分解能で表すための計算パラメータのチューニングは必須であるとともに、条件によってはパラメータを変えながら解の安定度あるいは不確定性を評価することも今後の検討課題となりうる。

#### (d) 引用文献

- 1) Mori, J. and Abercrombie, R. E.: Depth dependence of earthquake frequency magnitude distributions in California: Implications for rupture initiation, *J. Geophys. Res. Solid Earth*, 102, 15081-15090, doi: 10.1029/97JB01356, 1997.
- 2) Schorlemmer, D., Wiemer, S., and Wyss, M.: Variations in earthquake-size distribution across different stress regimes, *Nature*, 437, 539-542, doi: 10.1038/nature04094, 2005.
- 3) Takemura, S., Shiomi, K., Kimura, T., and Saito, T.: Systematic difference between first-motion and waveform-inversion solutions for shallow offshore earthquakes due to a low-angle dipping slab, *Earth Planets Space*, 68:149, doi: 10.1186/s40623-016-0527-9, 2016.
- 4) Matsubara, M., Sato, H., Uehira, K., Mochizuki, M., Kanazawa, T., Takahashi, N., Suzuki, K., and Kamiya, S.: Seismic velocity structure in and around the Japanese Island arc derived from seismic tomography including NIED MOWLAS Hi-net and S-net data, *Seismic Waves - Probing Earth*

- System, IntechOpen, 1-19, doi: 10.5772/intechopen.86936, 2019.
- 5) Koketsu, K., Miyake, H., and Suzuki, H.: Japan integrated velocity structure model version 1, Proceedings of the 15th World Conference on Earthquake 28 Engineering, Vol. 1-4, <[http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/WCEE2012\\_1773.pdf](http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/WCEE2012_1773.pdf)>, (参照 2023-3-31), 2012.
  - 6) Takemura, S., Okuwaki, R., Kubota, T., Shiomi, K., Kimura, T., and Noda, A.: Centroid moment tensor inversions of offshore earthquakes using a three-dimensional velocity structure model: slip distributions on the plate boundary along the Nankai Trough, Geophys. J. Int., 222, 1109-1125, doi: 10.1093/gji/ggaa238, 2020.
  - 7) Takemura, S., Okuwaki, R., Kubota, T., Shiomi, K., Kimura, T., and Noda, A.: 3D CMT catalogue of moderate size offshore earthquakes along the Nankai Trough, doi: 10.5281/zenodo.4412026, 2021.
  - 8) 地震調査研究推進本部 地震調査委員会: 2016年4月の地震活動の評価, <[https://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2016/2016\\_04.pdf](https://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2016/2016_04.pdf)>, (参照 2023-03-31).
  - 9) 気象庁: 地震月報(カタログ編), <<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/index.html>>, (参照 2023-03-31).
  - 10) Nakanishi A. et al.: Three dimensional plate geometry and P wave velocity models of the subduction zone in SW Japan: Implications for seismogenesis, in “Geology and Tectonics of Subduction Zones: A Tribute to Gaku Kimura”, ed. by T. Byrne, M. B. Underwood, III, D. Fisher, L. McNeill, D. Saffer, K. Ujiie, A. Yamaguchi, Geological Society of America Special Paper 534, 69-86, doi: 10.1130/2018.2534(04), 2018.
  - 11) Wiemer, S. and Wyss, M.: Minimum magnitude of completeness in earthquake catalogs: Examples from Alaska, the western United States, and Japan, Bull. Seism. Soc. Am., 90, 859-869, doi: 10.1785/0119990114, 2000.
  - 12) Nanjo, K. Z., Hirata, N., Obara, K., and Kasahara, K.: Decade-scale decrease in *b* value prior to the *M*<sub>9</sub>-class 2011 Tohoku and 2004 Sumatra quakes, Geophys. Res. Lett., 39, L20304, doi: 10.1029/2012GL052997, 2012.
  - 13) 明田川保: X Windows Systemを用いた地震検索・地震活動解析プログラム (REASA) の開発 (その2), 験震時報, 82, 1-15, 2018.
  - 14) Habermann, R. E.: Teleseismic detection in the Aleutian Islands arc, J. Geophys. Res., 88, 5056-5064, doi: 10.1029/JB088iB06p05056, 1983.
  - 15) Habermann, R. E.: Seismicity rate variations and systematic changes in magnitudes in teleseismic catalogs, Tectonophys., 193, 277-289, doi:10.1016/0040-1951(91)90337-R, 1991.

- 16) Katsumata, K.: Precursory seismic quiescence before the Mw = 8.3 Tokachi -  
 oki, Japan, earthquake on 26 September 2003 revealed by a re - examined  
 earthquake catalog, J. Geophys. Res., 116, B10307, doi:  
 10.1029/2010JB007964, 2011.

(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
三次元地震波速度構造を用いた自動震源決定システムの構築～南海トラフ周辺を対象として（ポスター）	汐見 勝彦 松原 誠 関口 涉次	日本地震学会2022 年度秋季大会	2022.10	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. 2 プレート固着・すべり分布のモニタリングシステムの構築

### (1) 業務の内容

(a) 業務題目 「プレート固着・すべり分布のモニタリングシステムの構築」

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
東北大学大学院理学研究科	准教授	太田 雄策
東北大学大学院理学研究科	教授	日野 亮太
東北大学大学院理学研究科	助教	東 龍介
東北大学大学院理学研究科	技術専門職員	鈴木 秀市
東北大学大学院理学研究科	技術専門職員	平原 聡
東北大学大学院理学研究科	技術専門職員	中山 貴史
東北大学大学院理学研究科	技術専門職員	出町 知嗣
東北大学大学院理学研究科	技術専門職員	海田 俊輝
東北大学大学院理学研究科	学術研究員	佐藤 真樹子
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	小鳥谷 久美子
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	助教	富田 史章
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	研究員	縣 亮一郎
海洋研究開発機構	ポストドクトラル研究員	ライムント <sup>＊</sup> プラターマルティネス
東京大学地震研究所	教授	篠原 雅尚
東京大学地震研究所	教授	小原 一成
東京大学地震研究所	教授	塩原 肇
東京大学地震研究所	准教授	望月 公廣
東京大学地震研究所	助教	悪原 岳
東京大学地震研究所	技術専門職員	阿部 英二
東京大学地震研究所	技術専門職員	田中 伸一
東京大学地震研究所	技術専門職員	増田 正孝
東京大学地震研究所	技術専門職員	宮川 幸治
東京大学地震研究所	技術職員	橋本 匡
京都大学防災研究所	准教授	伊藤 喜宏
京都大学防災研究所	助教	山下 裕亮

(c) 業務の目的

南海トラフにおける巨大地震震源域の様々な時間帯域におけるプレート間固着・すべりの現状把握を実現し、情報発信するために、現実的な3D構造モデルに基づいた、プレート境界及び分岐断層等の海域断層を含めた固着・すべりを、3D構造モデルの不確

実性を含む、推定の曖昧さとともに定量化するシステム開発を行う。同システムにはプレート境界以外の断層も含む3D構造モデルに基づいた、地下の断層におけるすべ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3D構造モデルに不均質粘弾性構造を追加したグリーン関数を導入する。これによって、プレート境界におけるすべり遅れの蓄積、地震時のすべり及びゆっくりすべり等の時空間分布を迅速かつ精度よく把握するとともに、その推定誤差を定量的に提示し、情報発信できるシステムのプロトタイプを実現する。加えて分岐断層等のプレート境界以外の海域断層も考慮に入れた推定を試みるとともに、広帯域海底地震観測により、プレート境界浅部におけるスロー地震活動や非プレート境界の地震活動の詳細な時空間把握を行う。3D構造モデルが更新されれば、それに追従してグリーン関数を修正して随時再解析を行う。これらのうち、プレート境界及び分岐断層等の海域断層を含めた固着・すべりの推定の曖昧さを含めた推定技術については、国土地理院が別途進めている「南海トラフ沿いの巨大地震発生に対応するための高精度な地殻活動把握手法の研究開発」と密接に連携する。また、地震時すべり分布の即時推定については、国土地理院で運用している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開発を行う。

(d) 5か年の年次実施計画

1) 令和2年度：

正確な地殻変動の再現を目指し、現実的な3D構造モデルを用いたグリーン関数の構築を行うために、3D構造モデルに基づくグリーン関数の計算を行った。推定された断層すべりが持つ誤差を定量評価するための手法の枠組みを得るために、プレート間固着・すべり分布推定の誤差を定量評価する手法の開発を開始した。また、南海トラフプレート境界浅部におけるスロー地震活動や非プレート境界の地震活動の詳細な時空間把握を目指し、南海トラフ中西部における長期海底地震観測を開始した。

2) 令和3年度：

正確な地殻変動の再現を目指し、現実的な3D構造モデルを用いたグリーン関数の構築及び改良を行った。推定された断層すべりが持つ誤差を定量評価するための手法の開発を継続した。また、南海トラフプレート境界浅部におけるスロー地震活動や非プレート境界の地震活動の詳細な時空間把握を目指し、広帯域長期海底地震観測を継続した。

3) 令和4年度：

プレート境界以外の断層面が地震間や地震時の地殻変動に与える影響を評価することを目指し、分岐断層でのすべりによる地表・海底における変位グリーン関数を得た。構築した3D構造モデルの不確実性が固着・すべり分布推定に与える影響について予察的知見を得た。推定された断層すべりが持つ誤差を定量評価するための手法の開発を継続した。粘弾性構造を考慮した地殻変動場の再現を目指し、3D粘弾性構造モデルに基づいたグリーン関数の作成に着手した。さらに、南海トラフプレート境界浅部におけるスロー地震活動や非プレート境界の地震活動の詳細な時空間把握を目指し、広帯域地震観測データを得るとともに、浅部プレート境界における固着状況の把握・モデル化について予察的な知見を得た。

#### 4) 令和5年度：

プレート境界以外の断層面が地震間や地震時の地殻変動に与える影響を評価することを目指し、内陸断層を含めた構造モデルでのグリーン関数を得るとともに、プレート境界と内陸断層におけるすべり・固着分布を同時推定した結果を得る。構造モデル等の不確実性が固着・すべり分布推定に与える影響について知見を得る。前回の南海トラフ地震以降のすべり遅れの蓄積並びに現在の応力状態とその不確かさについて知見を得る。さらに、南海トラフプレート境界浅部におけるスロー地震活動や非プレート境界の地震活動の詳細な時空間把握を目指し、広帯域地震観測データを得るとともに、浅部プレート境界における固着状況の把握・モデル化について知見を得る。

#### 5) 令和6年度：

内陸断層及びプレート境界における固着・すべりの履歴を同時推定した結果を得る。開発を進めた誤差の定量評価付きプレート間固着・すべり分布即時推定手法を、REGARDへ技術移転するために必要な情報を得る。南海トラフ中西部における長期観測型海底地震観測データの取りまとめと、それを用いた浅部プレート境界における固着状況の把握・モデル化についてまとめの知見を得る。

#### (e) 令和4年度業務目的

正確な地殻変動の再現を目指し、現実的な3D構造モデルを用いたグリーン関数の構築及び改良を行う。具体的には海域の分岐断層におけるグリーン関数をこれまでの知見に基づいて構築する。推定された断層すべりが持つ誤差を定量評価するための手法の開発を継続する。具体的には、すべり分布を安定的に推定するための正則化拘束の高度化を行う。また、南海トラフプレート境界浅部におけるスロー地震活動や非プレート境界の地震活動の詳細な時空間把握を目指し、広帯域地震観測を継続しつつ、回収データに対して予備的な解析を実施する。

### (2) 令和4年度の成果

#### ①固着・すべり状態の変化による地殻変動の計算

##### (a) 業務の要約

プレート境界におけるすべり遅れの蓄積や、地震時のすべり、スロースリップなどの時空間分布を迅速かつ精度よく把握するシステムの構築を実現するため、地殻変動データからプレート間の固着・すべり分布を推定するうえで必要となる、地下の断層におけるすべ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、現実的な3D構造モデルに基づいて計算する。

本年度は、上記目的達成のため、プレート境界以外の断層におけるすべりが地表にもたらす変形を定量的に評価できるようにするために、昨年度構築した全国一次地下構造モデルにできる限り忠実に従った有限要素法モデルの中に分岐断面を設定し、変位応答グリーン関数の計算を実施した。

また、昨年度計算した現実的な3D構造モデルに基づくプレート境界での固着・すべりに対するグリーン関数を用いたプレート間固着域の推定を試行した。

(b) 業務の実施方法

トラフ軸に近い浅部プレート境界周辺には、プレート境界から分岐してトラフ軸よりも陸側の海底に至る断層がいくつも存在している。海洋研究開発機構がこれまでに実施してきた地震波構造探査の結果<sup>1,2</sup>などから、このような分岐断層のうち空間的な連続性が強く見られるとともに海底地形に大きく影響しているとみられる面を、地震時にすべりを起こす可能性が高い「分岐断層」として選択した。構造探査測線それぞれにおいて、プレート境界から分岐断層が枝分かれする位置と分岐断層が海底面に達する位置を目視で読み取り、分岐断層の下端及び上端を決定した。これらをつないで分岐断層面モデルを構築し(図2-2-①-1)、この面でのすべりに対する変位応答グリーン関数の計算を実施することとした。

また、昨年度計算した現実的な3D構造モデルに基づくプレート境界での固着・すべりに対するグリーン関数を使用し、プレート間固着域の推定を実施した。Tomita et al. (2022)<sup>3)</sup>の構築した逆解析手法を、Nishimura et al. (2018)<sup>4)</sup>が用いた陸上GNSS観測及び海底GNSS-A観測に基づく西南日本の変位速度場に対して適用し、プレート境界におけるすべり欠損分布とその誤差分布の推定を、海陸の地殻変動データの重みパラメーターの最適化と同時行った。

(c) 業務の成果

昨年度作成した全国一次地下構造モデルに基づく有限要素法計算のためのメッシュの中に分岐断層をすべり面として設定したうえで、スプライン関数を基底として表現された分岐断層面における単位すべり分布に対する、地表面での変位応答の計算を地球シミュレータ上で実施した(図2-2-①-2)。スプライン関数を配置する位置を変えていき、走向方向及び傾斜方向の単位すべりそれぞれに対するグリーン関数を得た(図2-2-①-3)。また、昨年度と同様、作成したDEMデータをそのまま用いた場合、複数の層の物性値を一つにまとめた場合、及び、すべての層の物性値を同じにした場合について計算を行い、物性の与え方によるグリーン関数の違いを把握できるようにした。

南海トラフ沈み込み帯のプレート境界面上におけるすべり欠損分布を誤差の分布とともに推定した(図2-2-①-4)。現実的な3D構造モデルに基づくグリーン関数を用い、また、海陸のデータの重みを自動的に最適化する手法を用いた結果、内陸のブロック運動を考慮せずとも、ある程度妥当なすべり欠損分布を推定することができた。

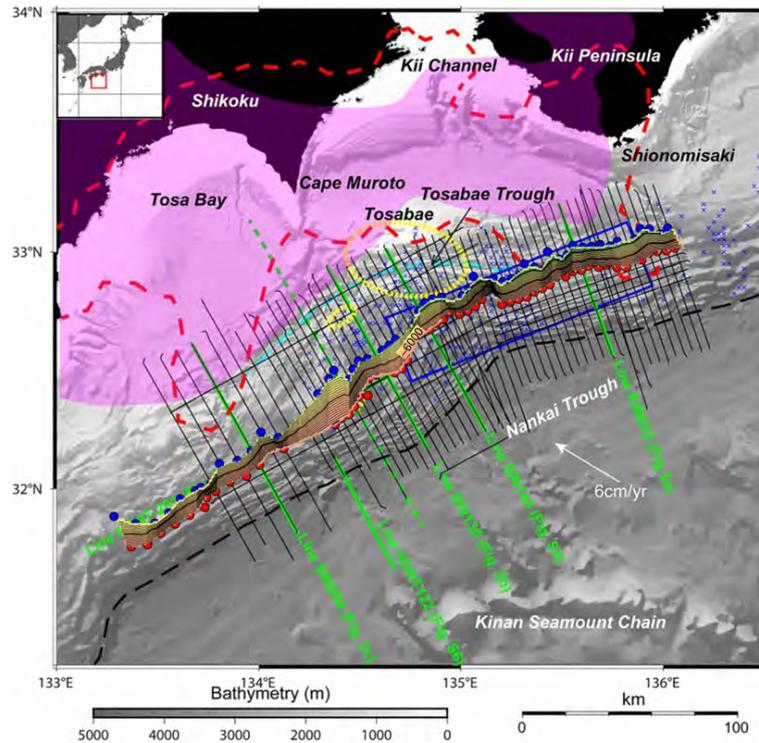


図 2-2-①-1 南海トラフ沿いの構造探査測線（黒実線・緑実線）に沿って取得された構造断面から構築した分岐断層面。等深線は 300m 間隔。各測線において読み取った分岐断層の上端（海底面と分岐断層面の交点）及び下端（プレート境界面と分岐断層面の交点）の位置を赤丸及び青丸で示した。測線の位置を含め背景の地図は Nakamura et al. [2022]からの抜粋。

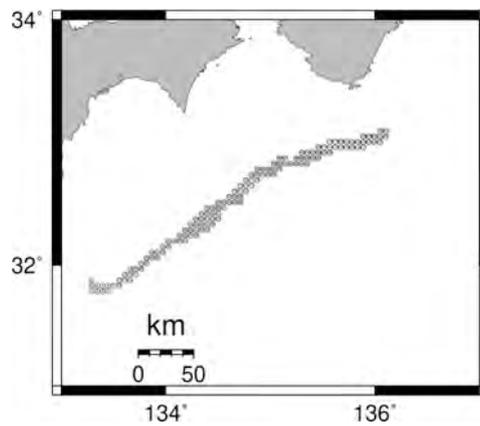


図 2-2-①-2 構築した分岐断層面上に配置したスプライン関数のノード配置（計 134 点）。それぞれの位置に頂点を持つスプライン関数で走向・傾斜方向のすべり分布を与えて地表・海底での変位を計算し、グリーン関数を得た。

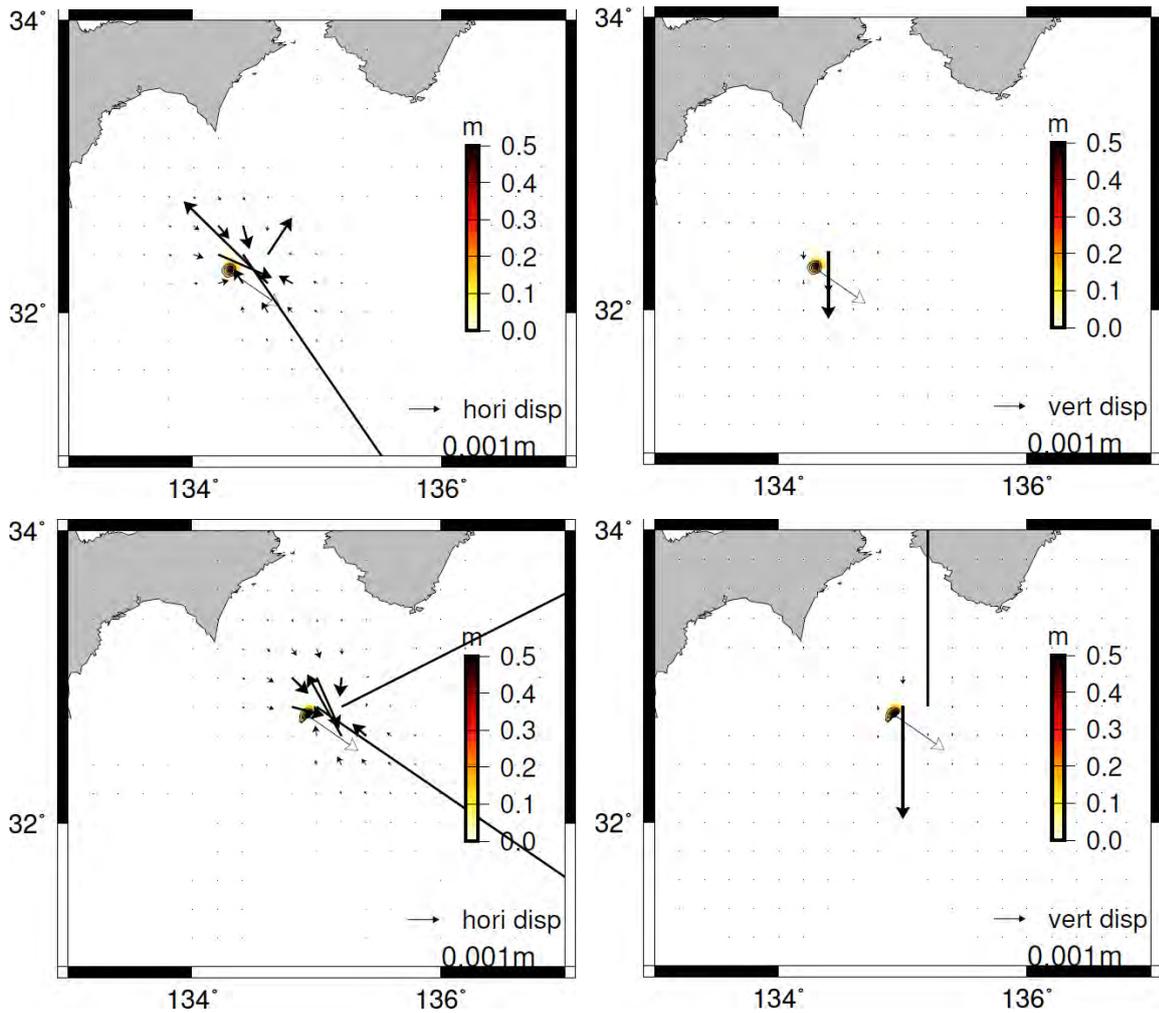


図 2-2-①-3 図 2-2-①-2 の 41 (上段) と 81 (下段) のノードに傾斜方向のすべりを与えた場合の地表・海底での変位。左は水平成分、右は上下成分を示す。

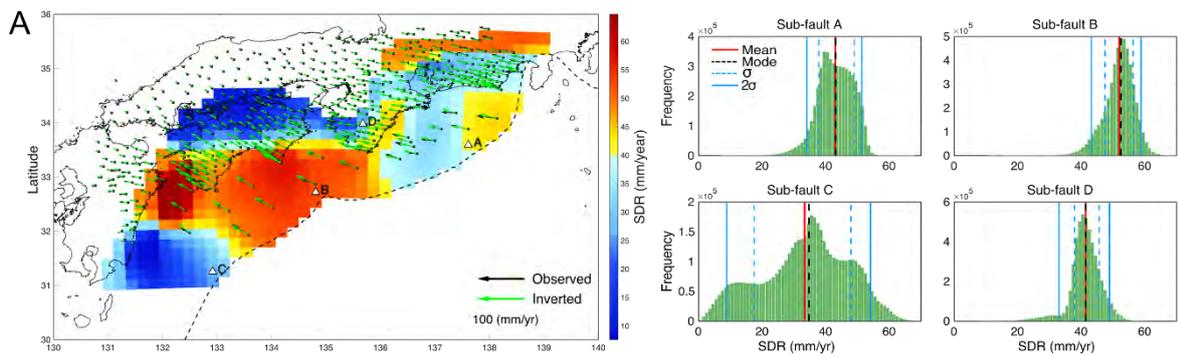


図 2-2-①-4 海陸の観測点における変位速度から推定したすべり欠損レート (SDR; Slip Deficit Rate) の分布 (左) と、地図中の A~D 各点での推定すべり欠損値の頻度分布 (右)。左図の黒矢印が入力した観測値、緑矢印が推定されたすべり欠損分布からの計算値。

(d) 結論ならびに今後の課題

本業務により、精密な3D構造モデルに基づいた有限要素法モデルを用いてプレート境界面に加えて南海トラフ近傍の分岐断層面における固着・すべり分布の把握するために必要なグリーン関数を整備することができた。次年度、今回計算したグリーン関数を用いた解析を実施して、現状の海陸の観測網で取得される地殻変動データによる、プレート境界と分岐断層におけるすべりの識別可能性を検討する。

本年度推定したプレート間のすべり欠損分布については、次年度早急に論文による公表を行うが、誤差の推定結果の可視化や今後新しい変位速度場データが得られた際に随時再推定を行うシステムの構築を検討する必要がある。

(e) 引用文献

- 1) Park, J.O., and S. Kodaira (2012). Seismic reflection and bathymetric evidences for the Nankai earthquake rupture across a stable segment-boundary. *Earth Planets Space*, 64, 299-303, doi:10.5047/eps.2011.10.006.
- 2) Nakamura, Y., K. Shiraishi, G. Fujie, S. Kodaira, G. Kimura, Y. Kaiho, T. No, and S. Miura (2022). Structural anomaly at the boundary between strong and weak plate coupling in the central-western Nankai Trough. *Geophys. Res. Lett.*, 49, e2022GL098180, doi:10.1029/2022GL098180.
- 3) Tomita, T., T. Iinuma, R. Agata, and T. Hori (2021). Development of a Trans-Dimensional Fault Slip Inversion for Geodetic Data, *J. Geophys. Res.*, 126, e2020JB020991, doi:10.1029/2020JB020991.
- 4) Nishimura, T., Y. Yokota, K. Tadokoro, T. Ochi (2018). Strain partitioning and interplate coupling along the northern margin of the Philippine Sea plate, estimated from Global Navigation Satellite System and Global Positioning System-Acoustic data, *Geosphere*, 14, 535-551, doi:10.1130/GES01529.1

(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
Slip deficit rate and slow earthquake distribution at the Nankai Trough (ポスター)	Plata-Martinez R. O. T. Iinuma F. Tomita T. Nishimura R. Agata T. Hori	AGU 2022 Fall Meeting	2022.12	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固着・すべり分布の即時推定

(a) 業務の要約

南海トラフにおける巨大地震震源域の様々な時間帯域におけるプレート間固着・すべりの現状把握を実現し、情報発信するために、現実的な3D構造モデルに基づいた、プレート境界及び分岐断層等の海域断層を含めた固着・すべりを、3D構造モデルの不確実性を含む、推定の曖昧さとともに定量化するシステム開発を行う。

上記目的を達成するために本年度は、推定された断層すべりが持つ誤差を定量評価するとともに、その推定において断層すべりが自己相似性を持つという先験情報を反映させるための技術開発を実施した。さらに、本プロジェクトで構築を進めてきた三次元のグリーン関数(3Dグリーン関数)を用いた、正確な地殻変動場の再現を実現するための数値実験による評価を行った。また令和5年2月13日にREGARDの開発・運用を行っている国土地理院測地観測センター電子基準点課と打ち合わせを行ない、本研究課題の進捗状況についての報告及び議論を行った。

(b) 業務の実施方法

プレート間の固着、すべりを限られた測地観測データから推定するとき、得られた断層すべりには大きな推定不確実性が内在する。特に断層すべり分布を求める際には、離散化した小断層の数が使用するデータ数よりも大きい劣決定問題であることが多い。こうした問題を安定して解くためには先験情報などに基づいた制約により、問題を正則化する必要がある。正則化の手法として、ラプラシアン平滑化が最もよく用いられる。これはすべりの空間2階微分のL2ノルム最小化を条件とする拘束であり、断層面上でのすべり量の変化率を最小化することで平滑化されたすべり分布を獲得できる。同平滑化は、断層上の隣接する場所で応力降下量が極端に異なった値を取らないという先験情報をラプラシアンという形で数学的に表現したものとも言い換えられる。一方、ラプラシアン平滑化を含むL2ノルム平滑化拘束では、すべりが生じていない小断層でも微小なすべりを推定する特徴があるとの報告<sup>1)</sup>もある。また、断層すべりが自己相似性を持つという特徴を活用した拘束手法も存在する。Mai and Beroza (2002)<sup>2)</sup>では、さまざまな地震において推定されたすべり分布モデルを解析し、それらが von Karman の自己相関関数によって近似される自己相

似性を持つことを示した上で、さらに既往地震のすべり分布をコンパイルすることで、von Karman の自己相関関数におけるハイパーパラメータである相関距離とハースト指数のマグニチュードに対するスケーリング則を構築している。また、Amey et al. (2018)<sup>3)</sup> では、同スケーリング則に従う von Karman の自己相関関数を正則化拘束に用いるすべり分布推定手法を開発した。一方、同スケーリング則の構築においてはマグニチュードが8を超える巨大地震がほとんど含まれていないことなど、スケーリング則自体に大きな不確実性が含まれている。

こうした背景のもと、本年度は von Karman の自己相関関数による制約を与えたすべり分布推定において、これまでハイパーパラメータとして扱われていた相関距離も同時推定する手法を開発した。同問題は、複数の非線形パラメータを同時に推定することになる。そのため、開発した手法ではベイジアン逆解析を採用した。さらにパラメータ数の増加にともなう収束性の悪化を克服するために、サンプリング手法として Hamiltonian Monte Carlo 法 (HMC 法) を採用した。開発した手法の妥当性を検証するために、まず相関距離を走向方向に 100km、傾斜方向に 50km と仮定したすべり分布を作成した。この時、傾斜角は 10 度とし、低角逆断層型のプレート境界型地震を仮定した。相関距離を同時推定することを目的としたため、この数値実験では観測点を 10km 間隔で満遍なく配置した。また、実際の南海トラフでの巨大地震に近い検証として、1707 年宝永地震の地震時すべり (図 2-2-②-1) を想定したデータセットに対しても適用し、その制度評価を行った。なお、ここで仮定した地震時すべり分布は必ずしも von Karman の自己相関関数に従うすべり分布ではない。そのため、相関距離の比較においては、Mai and Beroza (2002) が構築したスケーリング則から計算される相関距離の値をその比較対象として用いた。

また、これまでに本プロジェクトで構築を進めてきた三次元のグリーン関数 (3D グリーン関数) を用いた、正確な地殻変動場の再現を実現するための数値実験による評価を行った。具体的には 1707 年宝永地震の地震時すべりを参考に 3D グリーン関数によって地表面変位を計算し、それにノイズを加えた後、均質半無限弾性体のグリーン関数<sup>5)</sup> によってすべり分布の復元を試みた。推定においては、上で述べた von Karman の自己相関関数による正則化拘束を適用した HMC 法によるサンプリングを用いた。これによって、現実を反映していないグリーン関数を用いた場合にどのような偽像が出現しうるかについて定性的な評価を行った。

また令和 5 年 2 月 13 日に REGARD の開発・運用を行っている国土地理院測地観測センター電子基準点課と打ち合わせを行ない、本研究課題の進捗状況についての報告及び議論を行った。

### (c) 業務の成果

図 2-2-②-2 に相関距離を仮定して作成した地震時すべり分布を開発した手法で、相関距離を含めて同時推定した結果を示す。本手法では HMC 法によるサンプリングを行っているため、結果は事後確率分布の最頻値に基づいて描画している。結果及び真値との残差分布を見ると、得られた最頻値モデルは与えたすべりをよく説明していることが分かる。また、同時に推定した相関距離の事後確率分布 (図 2-2-②-3) を見ると、与えた相関

距離の値をピークに含むような結果が得られている。この結果は、これまでハイパーパラメータとして扱ってきた相関距離を同時推定できることを示す結果である。

図 2-2-②-4 に 1707 年宝永地震の地震時すべりを想定したデータセットに対して、開発した手法を適用して推定された地震時滑り分布を示す。結果及び真値との残差分布を見ると、得られた最頻値モデルは与えたすべりをよく説明する。また、同時推定した相関距離の事後確率分布（図 2-2-②-5）を見ると、走向方向についてはスケーリング則が最頻値に近いところに位置しているのに対し、傾斜方向についてはスケーリング則の値よりも大きな値に最頻値が位置することが分かった。この原因としては、Mai and Beroza (2002) によるスケーリング則自体がマグニチュード 8 を超えるイベントをほとんど含まない形で構築されていること、プレート境界型地震ではプレートの沈み込み角度などによって地震発生層の幅などが沈み込み帯毎に大きく異なることなど、スケーリング則自体の不確実性を反映している可能性があると考えている。一方、今回の検証では陸域のみに観測点が存在し、海溝軸近傍のすべりに対する感度が低い。すなわち、推定される相関距離は、データが分解できるすべりの空間解像度を反映している可能性がある。今後、推定される相関距離の妥当性や物理的な意味などの検討が必要であると考えられる。

図 2-2-②-6 に 1707 年宝永地震の地震時すべりを参考に 3D グリーン関数によって地表面変位を計算し、それにノイズを加えた後、均質半無限弾性体 (Okada, 1992) のグリーン関数によってすべり分布の復元を試みた結果を示す。観測点配置による推定結果への影響を除去するために、観測点を海域にも稠密に配置した結果を見ると、地震時すべりの大きな領域の深部延長に負のすべりが生じていることが分かる。これは仮定したすべり分布では与えていないものであり、現実から乖離したグリーン関数を用いることで生じた虚像であると考えられる。すなわち、正確なすべり分布の推定には、正確なグリーン関数の使用がきわめて重要であることが改めて明らかになった。

令和 5 年 2 月 13 日に REGARD の開発・運用を行っている国土地理院測地観測センター電子基準点課と打ち合わせを行ない、本研究課題の進捗状況についての報告及び議論を行うことで、本プロジェクトで開発する技術の方向性について明確化することができた。

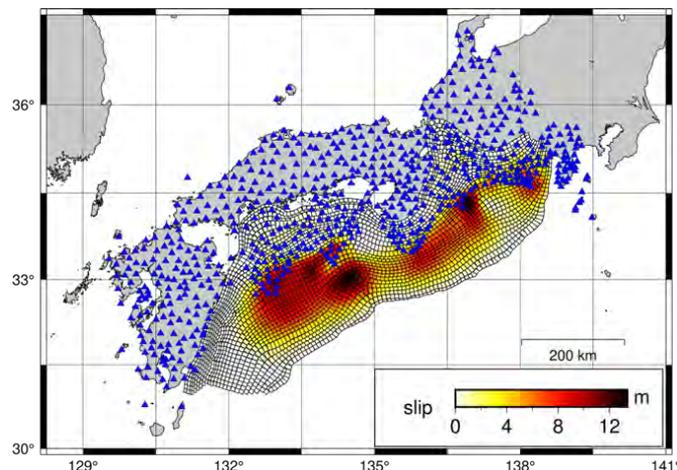


図 2-2-②-1 仮定した 1707 年宝永地震の地震時すべり分布。青い三角は仮定した GNSS 観測点の位置を示す。

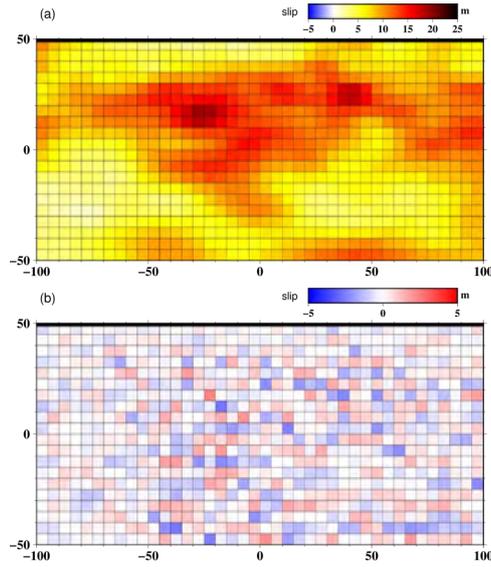


図 2-2-②-2 推定されたすべり分布(最頻値を使用) (上段) と仮定したすべりとの残差 (下段)。

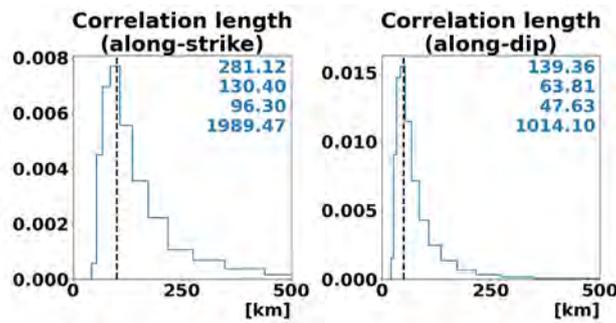


図 2-2-②-3 推定された相関距離。左図：走向方向の相関距離の事後確率分布。右図：傾斜方向の相関距離の事後確率分布。図中の破線は仮定した相関距離の値を示す。挿入値は上から平均値、中央値、最頻値、95%信用区間幅をそれぞれ示す。

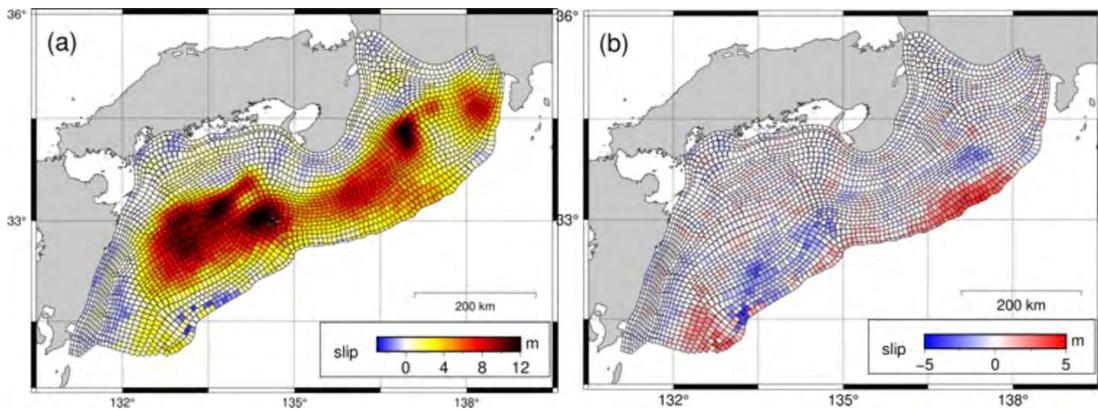


図 2-2-②-4 開発した手法で推定されたすべり分布 (左図) と仮定したすべりとの残差 (右図)。

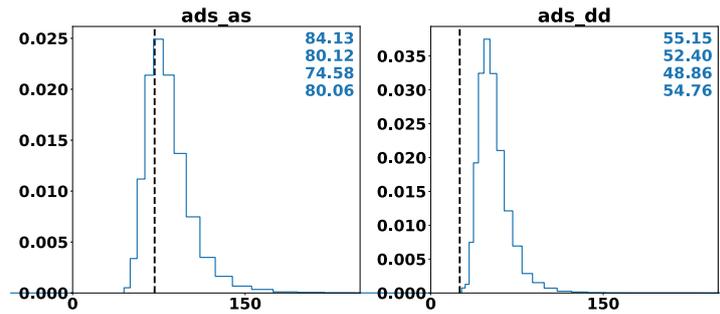


図 2-2-②-5 推定された相関距離。左図：走向方向の相関距離の事後確率分布。右図：傾斜方向の相関距離の事後確率分布。図中の破線は Mai and Beroza (2002) によって構築されたスケージング則に基づく相関距離の値を示す。挿入値は上から平均値，中央値，最頻値，95%信用区間幅をそれぞれ示す。

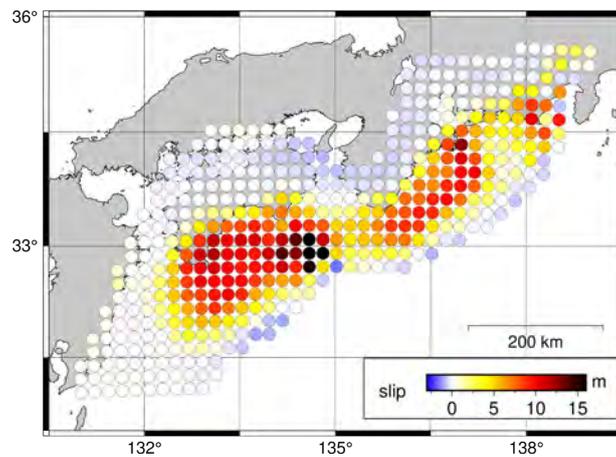


図 2-2-②-6 3Dグリーン関数に基づいて計算した地殻変動場から、均質半無限媒質を用いて推定した地震時すべり分布。地震時すべりの深部延長を中心として負のすべりが生じていることが分かる。

#### (d) 結論ならびに今後の課題

南海トラフにおける巨大地震震源域の様々な時間帯域におけるプレート間固着・すべりの現状把握を実現し、情報発信するために、現実的な3D構造モデルに基づいた、プレート境界及び分岐断層等の海域断層を含めた固着・すべりを、3D構造モデルの不確実性を含み、推定の曖昧さとともに定量化するシステム開発を行った。具体的には、推定された断層すべりが持つ誤差を定量評価するとともに、その推定において断層すべりが自己相似性を持つという先験情報を反映させるための技術開発を実施し、その精度検証を、数値実験を中心として実施した。その結果、従来ハイパーパラメータであった相関距離も含めて同時推定することに成功した。さらに、本プロジェクトで構築を進めてきた三次元のグリーン関数(3Dグリーン関数)を用いた、正確な地殻変動場の再現を実現するための数値実験による評価を行った。今後は、3Dグリーン関数を用いつつ、開発した手法を実データ等へ適用することで、プレート間のすべり・固着状態をどの程度把握できる能力があるのかについて、定量評価が必要である。

(e) 引用文献

- 1) Wang, L., Zhao, X., Xu, W., Xie, L., and Fang, N.: Coseismic slip distribution inversion with unequal weighted Laplacian smoothness constraints. *Geophysical Journal International*, 218(1), 145-162. <https://doi.org/10.1093/gji/ggz125>, 2019.
- 2) Mai, P. M., and Beroza, G. C. : A hybrid method for calculating near-source, broadband seismograms: Application to strong motion prediction. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 137(1-4), 183-199. [https://doi.org/10.1016/S0031-9201\(03\)00014-1](https://doi.org/10.1016/S0031-9201(03)00014-1), 2003.
- 3) Amey, R. M. J., Hooper, A., and Walters, R. J.: A Bayesian Method for Incorporating Self-Similarity Into Earthquake Slip Inversions. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 123(7), 6052-6071. <https://doi.org/10.1029/2017JB015316>, 2018.
- 4) Okada, Y.: Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space. *Bulletin of the Seismological Society of America Seismological Society of America*, 82(2), 1018-1040, 1992.

(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
ハミルトニアモンテカルロ法による断層推定および不確実性評価手法の開発（口頭）	山田太介 太田雄策 大野圭太郎	日本地球惑星科学 連合2022年大会	2022. 5	国内
相関距離を未知とした自己相似性を断層すべりの先験情報としたすべり分布推定手法の開発（口頭）	山田太介 太田雄策	日本測地学会第 138回講演会	2022. 10	国内

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
Impact of Ambiguity of Physical Properties of Three-Dimensional Crustal Structure Model on Coseismic Slip and	Murakami, S. T., Ichimura K. Fujita T. Hori Y. Ohta	GeoHazards	2022. 4	国外

Interseismic Slip Deficit in the Nankai Trough Region				
Comparison between the Hamiltonian Monte Carlo method and the Metropolis-Hastings method for coseismic fault model estimation	Yamada, T. K. Ohno Y. Ohta	Earth, Planets and Space	2022.6	国外

(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

③ 浅部プレート境界の固着状態の推定（広帯域地震観測）

(a) 業務の要約

浅部スロー地震活動はプレート境界浅部におけるプレート間固着状態を把握する上で有用な指標の1つである。本研究では浅部スロー地震活動が活発な南海トラフ中西部において広帯域海底地震観測によりプレート境界浅部におけるスロー地震活動の詳細な時空間把握を行う。また、プレート境界からの分岐断層付近に代表される非プレート境界域における地震活動の時空間把握も行う。観測より得られるこれらの地震活動の時空間変化を、現実的な3D構造モデルに基づいた、プレート境界及び分岐断層等の海域断層を含めた固着・すべりを、3D構造モデルの不確実性を含む、推定の曖昧さとともに定量化するシステム開発に役立てる。

本年度は、上記目的達成のため、南海トラフ西部に位置する日向灘に昨年度設置した海底地震計10台の回収を行った。また、新規の固有周期120秒の広帯域地震計を搭載した海底地震計用レベリング装置3台の整備を行い、長期観測可能な海底地震計を9台設置して観測を継続した。これらのうち、8台は小型広帯域海底地震計である。回収した海底地震計には良好なデータが取得されていた。今回の観測期間中には目立ったスロー地震活動は発生していなかったものの、観測網の直下を含む複数の地震活動が取得されていることを確認した。

## (b) 業務の実施方法

南海トラフ中西部域ではトラフ近傍のプレート境界浅部域においてスロー地震の発生が確認されており、特に海底観測によって活動特性が明らかになりつつある<sup>1,2,3)</sup>。これらの浅部スロー地震活動の時空間変化はプレート間固着状態を反映していると考えられる。また、浅部スロー地震のうち、浅部低周波微動に関しては時間と共に発生領域が移動するマイグレーション現象が確認されている<sup>3)</sup>。これらは短期的なスロースリップの発生を示唆しており<sup>3)</sup>、南海トラフ中部域においては孔内間隙水圧観測の変化からもスロースリップの発生が推定されている<sup>2)</sup>。浅部超低周波地震は波形解析からプレート境界地震と同様の発震機構であることが明らかになっており<sup>1)</sup>、浅部低周波微動と浅部超低周波地震が同期発生していることも明らかになっている<sup>3)</sup>。これらの異なる周波数帯域を持つ地震活動特性を総合的に理解するためには、海底で発生する地震の震源近傍での広帯域観測が必要不可欠である。南海トラフ中西部では1年～数年間隔でマイグレーション現象を伴う比較的規模の大きな浅部スロー地震活動が発生しており、本研究期間中にも複数回の浅部スロー地震活動が発生することが期待される。南海トラフ域では、過去の地震の震源域内にプレート境界からの分岐断層が存在することが明らかにされ<sup>4)</sup>、地震発生様式やプレート間固着への影響が議論されている。そこで、浅部スロー地震活動と非プレート境界域における地震活動の詳細な時空間変化を明らかにすることを目的として、南海トラフ中西部の浅部スロー地震震源域周辺に通常の地震から浅部低周波微動、超低周波地震まで観測できる広帯域海底地震計を含めた稠密観測網を構築することとした。

## (c) 業務の成果

南海トラフ中西部のプレート境界浅部におけるスロー地震活動と非プレート境界域における地震活動の詳細な時空間把握が本研究業務の目的である。これらの結果は、3D構造モデルに基づいたプレート境界及び分岐断層等の海域断層を含めた固着・すべりを定量化するシステム開発に寄与する。本年度は、固有周期120秒の広帯域地震計(Nanometrics社 Trillium Compact)を搭載した海底地震計レベリング装置を導入して、小型広帯域海底地震計<sup>5)</sup>3台の整備を行った。その後、南海トラフ西部に位置する日向灘に昨年度設置した海底地震計10台の回収を行うとともに、本年度整備した3台のレベリング装置付き小型広帯域海底地震計に加え、固有周期120秒の小型広帯域海底地震計5台、固有周波数1Hzの地震計を搭載した長期観測型海底地震計1台の計9台の海底地震計を新たに設置して、観測を継続した(図2-2-③-1~2、写真2-2-③-1~6、表2-2-③-1)。

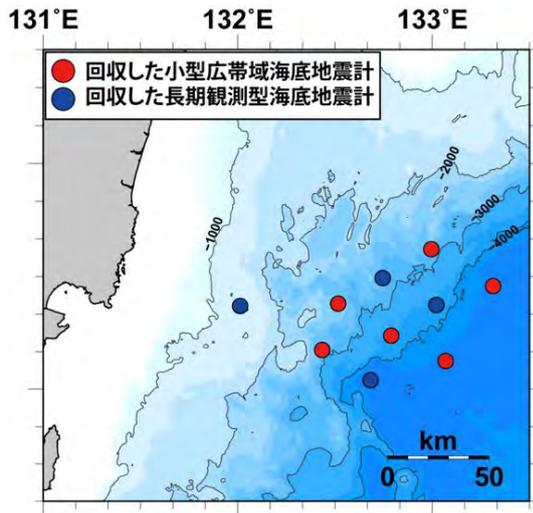


図 2-2-③-1 回収した海底地震計位置

令和 3 年度に設置され、令和 4 年度に回収した長期観測型および小型広帯域海底地震計 10 台の位置。青丸は長期観測型海底地震計、赤丸は小型広帯域海底地震計を示す。なお、図中のコンターは 1000m 間隔の等水深線である。

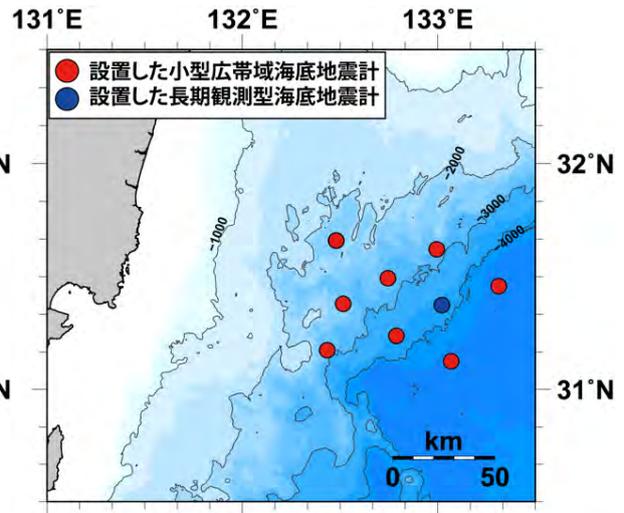


図 2-2-③-2 設置した海底地震計位置

令和 4 年度に設置された長期観測型および小型広帯域海底地震計 10 台の位置。青丸は長期観測型海底地震計、赤丸は小型広帯域海底地震計を示す。これらの海底地震計は、例 s5 年度に回収予定である。なお、図中のコンターは 1000m 間隔の等水深線である。



写真 2-2-③-1 観測に使用した研究船「第三開洋丸」



写真 2-2-③-2 観測船に搭載された海底地震計

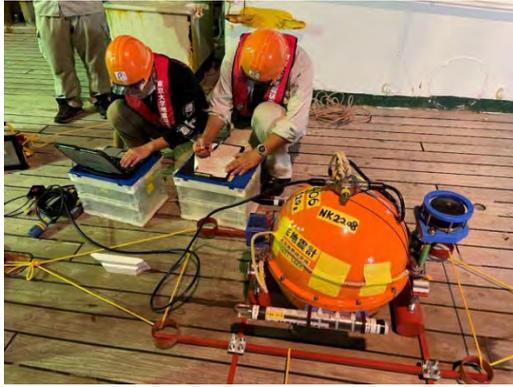


写真 2 - 2 - ③ - 3 今回新たに整備した小型広帯域海底地震計と海底地震計設置前準備作業

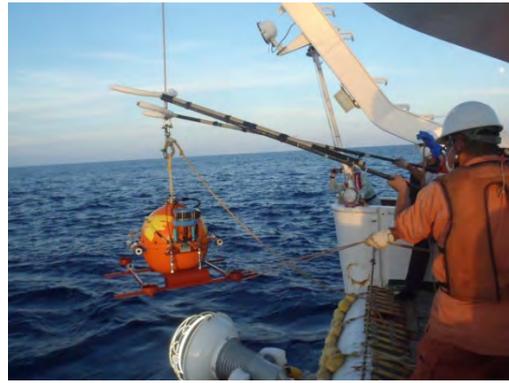


写真 2 - 2 - ③ - 4 海底地震計投入



写真 2 - 2 - ③ - 5 海底地震計回収



写真 2 - 2 - ③ - 6 回収された海底地震計

表 2 - 2 - ③ - 1 海底地震計設置位置

観測点名	緯度		経度		水深 m	備考
	度	分	度	分		
NK2202	31	10.73	132	26.13	2839	CBB OBS (120)
NK2203	31	23.11	132	31.09	2458	CBB OBS (120)
NK2204	31	29.73	132	44.88	2915	CBB OBS (120)
NK2205	31	14.85	132	47.60	3456	CBB OBS (120)
NK2206	31	07.77	133	04.42	4589	CBB OBS (120)
NK2207	31	22.85	133	01.86	3584	LOBS
NK2208	31	37.25	132	59.83	2779	CBB OBS (120)
NK2209	31	27.44	133	19.12	4870	CBB OBS (120)
NK2215	31	39.60	132	28.77	2454	CBB OBS (120)

備考欄の LOBS は固有周波数 1Hz の速度型地震計を搭載した長期観測型海底地震計、CBB0BS は小型広帯域海底地震計で、120 は固有周期 120 秒の広帯域地震計を搭載していることを示す。座標値は着底後の音響測量によって求められた着底位置である。

設置及び回収作業には、海洋エンジニアリング株式会社所属の第三開洋丸（2022 年 8 月 10 日宮崎港出港、同年同月 13 日宮崎港帰港）を使用した。なお、一部の回収作業は長崎大学練習船「長崎丸」を用いて行われた（2022 年 8 月 2 日実施）。本年度は昨年度よりプレート境界浅部域におけるプレート間固着状況の把握に着目し、2015 年 5 月～7 月にかけて浅部低周波微動・超低周波地震活動が確認されている日向灘のロー地震活動域付近を観測対象域とした観測網を維持した。海底地震計の設置間隔は 20～30 km とし、特にトラフ軸周辺における活動の有無を確認できるような観測網を構築している。同領域には別プロジェクト(文部科学省 災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画(第 2 次) 課題番号 DPRI01<sup>6)</sup>)により展開されている海底地震観測網と連携可能となるように観測点を配置した。回収した海底地震計には良好なデータが取得されていた。今回の観測期間中には目立ったロー地震活動が発生していなかったが、回収された海底地震計記録は良好であり、通常の地震が記録されていることを確認した(図 2-2-③-3)。

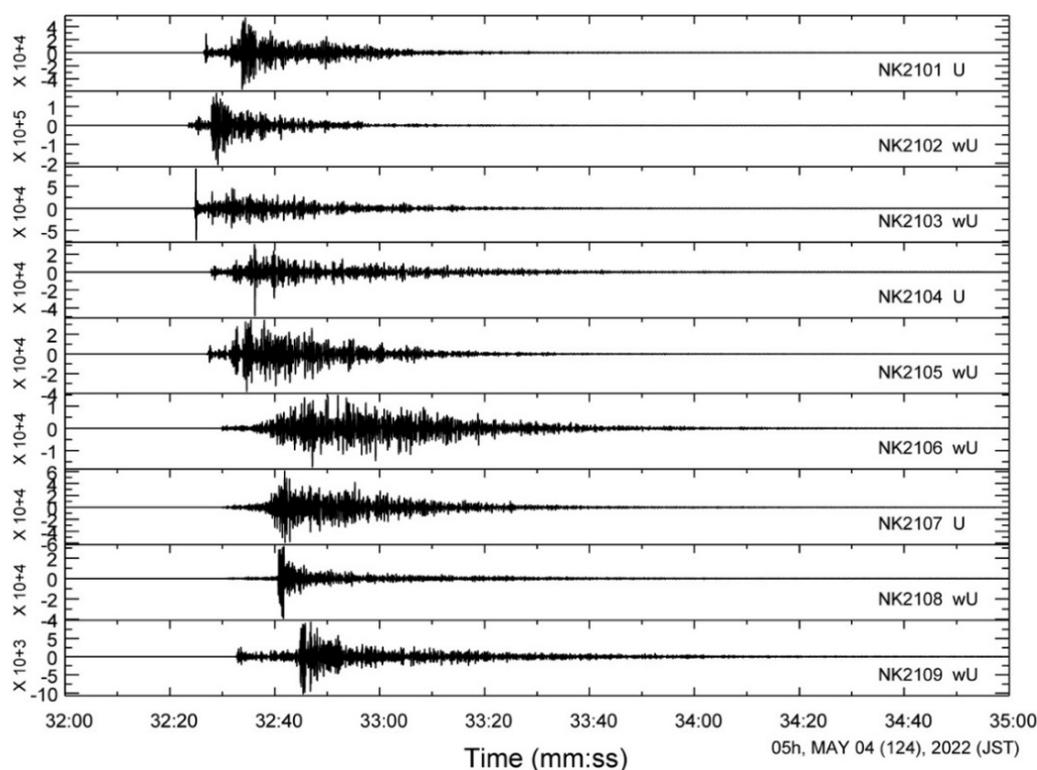


図 2-2-③-3 海底地震計による通常の地震記録例

観測網直下で発生した地震の海底地震計記録。9 点分の上下動記録を示している。周波数フィルターは施していない。気象庁による震源決定では、震源時は 2022/05/04 05:32:18.77 (日本時間)であり、震央は、東経 132.4347 度、北緯 31.2127 度、震源の深さは 63.72km、マグニチュードは 2.9 である。

本年度は、観測対象域において、2014年以降に実施された海底地震観測のデータを利用して、設置された海底地震計の方位を Rayleigh 波粒子軌跡の解析から推定した<sup>11)</sup>。その結果、広帯域海底地震計 (BBOBS) の大半が 5°以下、長期観測型海底地震計 (LTOBS) の約半数で 12°以下であったが、推定誤差が 20°以上となる LTOBS 観測点が見られた。推定誤差の大きい観測点は水深が 2,200m から 2,600m の範囲に設置されており、水深が浅いほど推定誤差が大きい結果となった。海洋 infragravity 波と雑微動のパワースペクトル密度の関係や、海洋におけるノイズ源との比較・考察より、LTOBS の方位推定誤差の水深依存性は、海底流が Rayleigh 波の水平動成分の SN 比を下げるるとともに、コンプライアンスノイズが Rayleigh 波の上下動波形自体を歪めた結果であることを推察した。本研究の結果は、Rayleigh 偏向波解析<sup>12)</sup>による方位推定誤差が海底の環境雑微動レベルの指標となり得ることを実証した形となり、本プロジェクトで行われている海底地震観測においても、水深依存性を持つ海底背景ノイズレベルが表面波や雑微動を用いた解析に影響を与える可能性を示唆した。

#### (d) 結論ならびに今後の課題

新たに固有周期 120 秒の広帯域地震計を搭載した海底地震計用レベリング装置 3 台の整備を行った。日向灘において、昨年度設置した海底地震計 10 台の回収を行うとともに、整備した小型広帯域海底地震計を含めた計 9 台の長期観測可能な海底地震計の設置を行い、観測を継続した。回収した海底地震計には良好なデータが取得されていたが、今回の観測期間中には目立ったスロー地震活動は発生していなかった。今年度設置した海底地震計は、海底地震計耐圧容器内の記録媒体にデータ収録されるため、データ取得には次年度以降の海底地震計回収作業が必須である。今回は回収し得られたデータをもとに、プレート境界及びその周辺で発生していると考えられる通常の地震を主として、スロー地震を含めた地震活動を把握し、浅部プレート境界域における解析を実施する。地震活動の詳細な時空間把握のためには、継続的な観測ならびにスロー地震の帯域まで記録可能な機材による観測が重要である。次年度以降においても、広帯域海底地震計を含めた海底観測網を構築し、観測を実施する予定である。そのため、新たにレベリング装置付き小型広帯域海底地震計の整備を行うことも計画している。さらに、観測対象域において、2014年以降に実施された海底地震観測のデータを利用して、Rayleigh 偏向波解析による方位推定誤差が海底の環境雑微動レベルの指標となり得ることを実証した。

#### (e) 引用文献

- 1) Sugioka, H., Okamoto, T., Nakamura, T., Ishihara, Y., Ito, A., Obana, K., Kinoshita, M., Nakahigashi, K., Shinohara, M., and Fukao, Y.: Tsunamigenic potential of the shallow subduction plate boundary inferred from slow seismic slip, *Nature Geoscience*, 5 (6), 414-418, <https://doi.org/10.1038/ngeo1466>, 2012.
- 2) Yamashita, Y., Yakiwara, H., Asano, Y., Shimizu, H., Uchida, K., Hirao, S., Umakoshi, K., Miyamachi, H., Nakamoto, M., Fukui, M., Kamizono, M.,

- Kanehara, H., Yamada, T., Shinohara, M., and Obara, K.: Migrating tremor off southern Kyushu as evidence for slow slip of a shallow subduction interface, *Science*, 348 (6235), 676–679, doi:10.1126/science.aaa4242, 2015.
- 3) Araki, E., Saffer, D. M., Kopf, A. J., Wallace, L. M., Kimura, T., Machida, Y., et al.: Recurring and triggered slow-slip events near the trench at the Nankai Trough subduction megathrust. *Science*, 356(6343), 1157–1160, doi:10.1126/science.aan3120, 2017.
- 4) Park, J.-O., Tsuru, T., Kodaira, S., Cummins P.R., and Kaneda, Y.: Splay fault branching along the Nankai subduction zone, *Science*, 297, 1157–1160, doi:10.1126/science.1074111, 2020.
- 5) Shinohara, M., Yamada, T., Shiobara, H., and Yamashita, Y.: Development of Compact Broadband Ocean Bottom Seismometer for Monitoring of Slow Earthquakes, *Seism. Res. Lett.*, 92(6), 3610–3625, <https://doi.org/10.1785/0220210100>, 2021.
- 6) 「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」令和3年度成果報告書, [http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/YOTIKYO/OpenReport/R3/r3\\_kikanbetsu.pdf](http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/YOTIKYO/OpenReport/R3/r3_kikanbetsu.pdf)
- 7) Yamashita, Y., Shinohara, M., and Yamada, T.: Shallow tectonic tremor activities in Hyuga-nada, Nankai subduction zone, based on long-term broadband ocean bottom seismic observations, *Earth, Planets and Space*, 73(1), 196, <https://doi.org/10.1186/s40623-021-01533-x>, 2021.
- 8) Nakanishi, A., Takahashi, N., Yamamoto, Y., Takahashi, T., Ozgur, Citak S., Nakamura, T., Obana, K., Kodaira, S., and Kaneda, Y.: Three-dimensional plate geometry and P-wave velocity models of the subduction zone in SW Japan: Implications for seismogenesis. In: Byrne T, Underwood MB, III, Fisher D et al. (eds) *Geology and Tectonics of Subduction Zones: A Tribute to Gaku Kimura*, vol 534. *Special Paper of the Geological Society of America*. [https://doi.org/10.1130/2018.2534\(04\)](https://doi.org/10.1130/2018.2534(04)), 2018.
- 9) Yamamoto Y., Obana K, Takahashi T, Nakanishi A, Kodaira S, and Kaneda Y.: Imaging of the subducted Kyushu-Palau Ridge in the Hyuga-nada region, western Nankai Trough subduction zone. *Tectonophysics* 589:90-102. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2012.12.028>, 2013.
- 10) Tonegawa T., Yamashita Y, Takahashi T, Shinohara M, Ishihara Y, Kodaira S, and Kaneda Y.: Spatial relationship between shallow very low frequency earthquakes and the subducted Kyushu-Palau Ridge in the Hyuga-nada region of the Nankai subduction zone. *Geophys J Int* 222(3):1542-1554. <https://doi.org/10.1093/gji/ggaa264>, 2020.
- 11) Sawaki, Y., Yamashita, Y., Ohyanagi, S., Garcia, E. S. M., Ito, A., Sugioka, H., Takahashi, T., Shinohara, M., and Ito, Y.: Seafloor depth controls seismograph orientation uncertainty, *Geophys. J. Int.*, 232, 2, 1376–1392, <https://doi.org/10.1093/gji/ggac397>, 2022.

12) Doran, A.K., and Laske, G.: Ocean-bottom seismometer instrument orientations via automated Rayleigh-wave arrival-angle measurements, *Bull. seism. Soc. Am.*, 107, 691-708., <https://doi.org/10.1785/0120160165>, 2017.

(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
Ocean bottom seismological observation at the boundary between slow earthquakes and ordinary earthquakes in Hyuga-nada, western part of Nankai Trough、(ポスター発表)	山下裕亮 大柳修慧 佐脇泰典 仲谷幸浩 八木原寛 伊藤喜宏 篠原雅尚	日本地球惑星科学連合2022年大会	2022.6	国内
Seismological Property and Structure beneath the Seafloor at the Hyuga-nada, Estimated Using Ocean Bottom Seismographs、(ポスター発表)	佐脇泰典 山下裕亮 大柳修慧 Emmanuel Soliman Garcia 伊藤亜妃 杉岡裕子 高橋努 篠原雅尚 伊藤喜宏	日本地球惑星科学連合2022年大会	2022.6	国内
日向灘海底地震観測記録から得られる自己相関関数の時空間的特徴、(ポスター発表)	佐脇泰典 山下裕亮 大柳修慧 Garcia Emmanuel Soliman 篠原雅尚 伊藤喜宏	日本地震学会2022年秋季大会	2022.10	国内

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
Seafloor depth controls seismograph orientation uncertainty broadband ocean bottom seismic observations	Sawaki, Y. Y. Yamashita S. Ohyanagi E. S. M. Garcia A. Ito H. Sugioka T. Takahashi M. Shinohara Y. Ito	<i>Geophys. J.</i> <i>Int.</i>	2022.10	国外

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

## 2.3 3Dモデル・履歴情報を用いた推移予測

### (1) 業務の内容

(a) 業務題目 「3Dモデル・履歴情報を用いた推移予測」

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
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	センター長 副主任研究員 技術スタッフ 事務主事 ポストドクトラル 研究員	堀 高峰 今井 健太郎 大林 涼子 村上 雅亮 楠本 聡
国立大学法人東京大学地震研究所 計算地球科学研究センター	教授	市村 強
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	専門部長	金松 敏也
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 連携推進室国内連携グループ	グループ長	宍倉 正展
国立研究開発法人産業技術総合研究所 地質情報研究部門 海洋地質研究グループ	招聘研究員 (首席研究員) 上級主任研究員 主任研究員	池原 研 片山 肇 杉崎 彩子
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 主任研究員 主任研究員 主任研究員 主任研究員 研究員 副研究部門長	澤井 祐紀 行谷 佑一 松本 弾 谷川 晃一朗 伊尾木 圭衣 嶋田 侑眞 藤原 治
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

(c) 業務の目的

過去の地震履歴についての知見を拡充するとともに、地殻変動データと整合する3D粘弾性構造モデルを構築し、過去の地震履歴や固着・すべりの現状把握の結果が与えられたもとの、現在の応力蓄積状態を推定するとともに、擾乱（半割れ等）が与えられた際の推移を予測する手法を開発する。そのために、断層すべりによる地殻変動計算と断層面での応力評価を、3D不均質粘弾性構造を考慮して行うための大規模有限要素モデルを、南海トラフを対象として構築するとともに、前回の南海トラフ地震以降の地殻変動データと整合する物性パラメータを推定した上で、グリーン関数を計算する。また、断層構成則と組み合わせることで、与えられた固着・すべりの後の推移の計算を実現する。履歴については、海域及び陸域の地層の中から過去の地震・津波の痕跡を検出するとともに歴史地震について史料調査を実施する。陸域では掘削調査等から津波浸水や地殻変動の履歴を、海域では海底堆積物調査から地震・津波の発生履歴を解明し、その年

代や拡がりから南海トラフ沿いにおける津波の履歴を解明する。また、史料解析に基づいて歴史地震における諸現象をより正確に復元する。

(d) 5か年の年次実施計画

1) 令和2年度：

推移予測では3D不均質粘弾性構造を考慮した地殻変動計算と断層面での応力評価を行うための大規模有限要素モデル構築の基礎検討を行った。陸域では駿河湾奥から九州東部沿岸において掘削調査を行い地震・津波履歴を推定した。海域では御前崎沖海域において調査航海を実施し、地震・津波履歴の調査を実施した。史料調査では明応東海地震から昭和東南海・南海地震において現地調査に基づいた史料収集及びその精査を行った。

2) 令和3年度：

推移予測では、応力蓄積過程の計算に必要な前回の南海トラフ地震からの地殻変動データの整備を引き続き行うとともに、南海トラフを対象として、3D不均質粘弾性構造の曖昧さを考慮した地殻変動計算と断層面での応力評価を行うための大規模有限要素モデルを構築した。陸域では紀伊～四国沿岸陸域における掘削調査と試料採取及び既存の掘削試料の解析を行った。海域では日向灘～南九州沖の海底堆積物試料の分析から日向灘～南九州における地震・津波履歴を推定した。史料調査ではこれまで得られた史料調査の結果を基に昭和東南海・南海地震の津波波源モデルの再評価を行った。

3) 令和4年度：

推移予測では、令和2・3年度で得られた成果を基に3D不均質粘弾性構造を考慮したグリーン関数を求めた。陸域では紀伊～四国沿岸陸域において掘削調査等から地震・津波の発生履歴を得た。海域では東海～四国沖における海底堆積物試料の分析から地震・津波の発生履歴を得た。史料調査ではこれまで得られた史料調査の結果を基に宝永地震及び安政南海地震の津波波源モデルの再評価を行った。

4) 令和5年度：

推移予測では、履歴研究に基づいた過去の地震履歴と1(b)の成果にもとづくすべり欠損をもとに、初期条件の計算とすべり後の推移予測の試行計算を行う。陸域では東海～紀伊沿岸陸域において掘削調査から地震・津波の発生履歴を得る。海域では令和4年度に引き続き、東海～四国沖における海底堆積物試料の分析から地震・津波の発生履歴を得る。史料調査では明応東海地震津波に関わる津波痕跡、地殻変動の陸上調査を実施する。

5) 令和6年度：

推移予測では、履歴研究と1(b)の成果にもとづいて更新したプレート間の固着及びすべり状態を与えたその後の推移予測の試行計算結果をまとめる。陸域では東海～九州沿岸陸域において補完的な掘削調査を実施し、海域ではこれまで採取した海底堆積物の分析及び評価を実施する。さらに陸域と海域の成果をまとめて地質試料による統合地震履歴情報を得る。史料調査では令和5年度までに得られた史料調査の結果を基に明応東海地震の津波波源モデルの検討を行う。

(e) 令和4年度業務目的

前回の南海トラフ地震からの応力蓄積過程計算準備と過去の地震履歴の拡充を進める。このため、応力蓄積過程の計算に必要となる前回の南海トラフ地震からの地殻変動データの整備を引き続き行うとともに、南海トラフを対象として、R3年度に構築した3D粘弾性不均質構造の大規模有限要素モデルで地殻変動計算を実施し、観測データと比較する。また履歴については、陸域では紀伊～九州沿岸での掘削調査等から津波浸水や地殻変動の履歴、海域では東海～九州沖海域の試料の分析等から地震・津波の発生履歴について検討を行う。史料調査では、1498年明応東海地震から1946年昭和南海地震までの津波痕跡高・地殻変動の史料収集とその精査を引き続き実施するとともに、昭和東南海地震および南海地震、1854年安政東海および南海地震の波源モデルの比較から、津波生成域の違いについて検討を行う。

(2) 令和4年度の成果

① 3D不均質粘弾性構造モデルを考慮した推移予測手法の開発

(a) 業務の要約

応力蓄積過程の計算に必要となる前回の南海トラフ地震からの地殻変動データの整備を完了した。南海トラフを対象として、R3年度に構築した3D粘弾性不均質構造の大規模有限要素モデルで複数の粘弾性での地殻変動計算を実施し、観測データとして期待される違いを明らかにした。履歴情報を活用した地震シナリオ検討のための研究協力を開始した。

(b) 業務の成果

地殻変動データについては、昨年度入手したデジタルデータ<sup>1,2)</sup>に問題がないことを可視化等を行なって確認した。この地殻変動データと比較するための粘弾性モデルについて、3次元弾性地下構造のDEMデータを改善するとともに、想定し得る複数の粘弾性構造を導入し、観測データとして期待される違いを検討した。以下では、プレート境界浅部に沿って大きなすべりが生じるような巨大地震シナリオでの地震時すべり（図2-3-①-1a）を入力として、複数の粘弾性構造での応答を調べた結果を報告する。

すべりの向きはN125°Eに設定している。R3年度に構築した3D粘弾性不均質構造を用いる。図2-3-①-1bにA-B断面での粘弾性構造を示した。上盤プレートと沈み込むプレートは弾性体で、それらの厚さは同じデータにもとづいて2.5次元の粘弾性モデルで検討をした研究<sup>3)</sup>の結果を参照して設定した。沈み込むプレートの下の粘弾性構造は不明な点が多いので、表2-3-①-1に示した通り5つの場合を用意した。粘性率については、一様な場合、海と陸で粘性率が異なる場合、さらに沈み込むプレートの下部に低粘性層(LAB)がある場合を考慮した。図2-3-①-1cは生成された有限要素モデルであり、拡大図にあるように断層付近は1kmの中に2要素が入る細かい離散化をしていることで、全体で $1.0 \times 10^9$ 個の要素の四面体要素で構成されている。

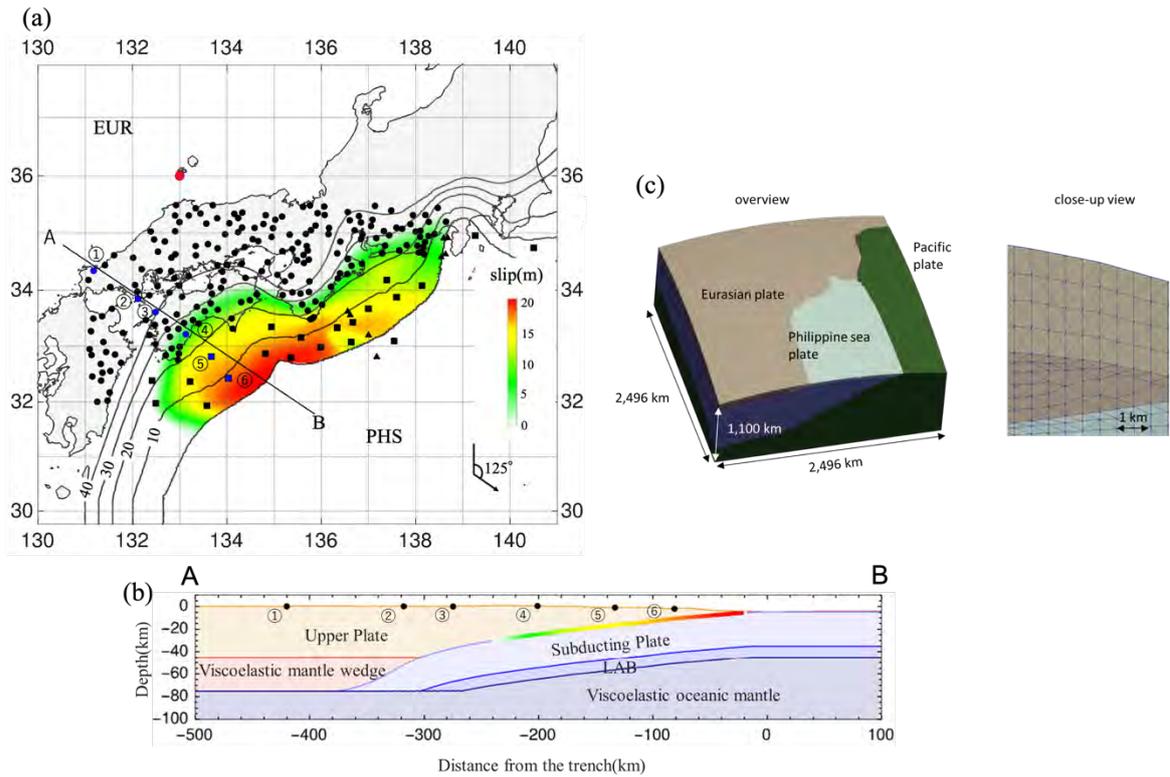


図 2-3-①-1 (a)観測点分布 (●陸域 GNSS、■海域 GNSS-A) と与えた地震時すべり分布 (コンタ)。A-B 断面に沿った観測点 (①~⑥) の時間変化等を後で示す。(b)A-B の位置の断面図。Upper Plate と Subducting plate は弾性、それ以外の層は粘弾性。ケース毎に異なる粘性率を与える。(c)用いたモデル全体と離散化メッシュの拡大図。

表 2-3-①-1 各ケースで仮定した粘性率の値。

	case 1	case 2	case 3	case 4	case 5
mantle wedge viscosity	$1.0 \times 10^{19}$	$2.0 \times 10^{18}$	$2.0 \times 10^{18}$	$2.0 \times 10^{18}$	$2.0 \times 10^{18}$
oceanic mantle viscosity	$1.0 \times 10^{19}$	$1.0 \times 10^{19}$	$1.0 \times 10^{19}$	$1.0 \times 10^{19}$	$2.0 \times 10^{18}$
LAB layer viscosity	$1.0 \times 10^{19}$	$1.0 \times 10^{19}$	$2.5 \times 10^{18}$	$2.5 \times 10^{17}$	$2.0 \times 10^{18}$

地震時の水平方向の変位は、地震時すべりと向きと大きさがおよそ一致し、海溝軸近傍で大きな変位が生じている (図 2-3-①-2 a)。すべり領域の下端で沈降し、上端で隆起するという典型的な地震時の逆断層の変形が起こっている (図 2-3-①-2 b)。

図 2-3-①-3 は図 2-3-①-1 a で示した観測点における水平方向の地表面変位速度の時間変化を示している。空間分布としては陸上の観測点①、②、③で海向き (正) の変位、海側の観測点④、⑤、⑥で陸向き (負) の変位速度になっている。粘性率の低い層によって、地震直後の変位速度の大きな変化が生じるが、いずれの場合も変位速度は減衰していく。特に LAB の粘性率が低い case4 では、観測点④、⑤、⑥において地震直後には 50cm/year 以上の非常に大きな変位速度が生じるが、case2 と case3 は 10cm/year 程度である。case4 の LAB におけるこの急速な粘性緩和は、地震発生から 0.5 年程度経過

後には変位速度が 30cm/year にまで大きく減衰する。これらのことから、海側に非常に近い陸上の観測点④及び海底の観測点⑤、⑥では、LAB の粘性率に対して強い示唆を与え得ると言える。また、海洋プレート全体の粘性率が低い case5 においては、特に陸上の観測点①、②、③において海向きの大きな変位速度がみられる。全体の粘性率が高い case1 の場合は変位速度の時間の経過による変化がほとんど見られない。

図 2-3-①-4 は前述と同じ観測点における鉛直方向の地表面変位速度変化を示している。空間分布としては陸に近い海側の観測点④のみで沈降（負）、それ以外ではほぼ隆起（正）の変位速度になっている。水平方向の場合と同じように LAB の粘性率が低い case4 では、地震直後において大きな変位速度を示し、急速に減衰していく傾向が表れている。ただし、鉛直方向の変位速度は最大でも 30cm/year 程度であり、水平方向と比較して変位速度が小さい傾向にある。一方で、水平方向成分では時間による減衰やケースごとの差異がほとんど同じ傾向を示していた観測点②と③や観測点⑤と⑥においても大きく異なる挙動をみせている。LAB の粘性率の低い case4 においては、観測点③、⑤、⑥では変位速度が時間によって大きく変化し LAB の低粘性の検知につながることを期待される。

case ごとになぜこのような違いが生じるかは、鉛直断面での変位場をみることである程度理解ができる。図 2-3-①-5 は、測線 AB における鉛直断面での変位場を示している。いずれのケースにおいても、 $d=-200\text{km}$  付近（観測点④近傍）で大きな下向きの変位が生じているが、case4 に関しては、陸向き方向に傾いている。case2 では case1 と比較して大陸マントルの粘性率が低く設定されていることから、マントルウェッジでの粘性緩和がより早く進行するため、陸上（ $d \leq -200\text{km}$ 、観測点①、②、③）において海側への変位が大きくなっている。case3 で LAB が存在することによって、case2 と比較して海側（ $d \geq -200\text{km}$ 、観測点④、⑤、⑥）における変位が大きくなっており、特に水平成分が大きくなっている。case4 においては、LAB 上方の弾性スラブにおける変位がさらに大きくなり、相対的に他での変位が小さくなる。case5 も海洋プレート全体の粘性率の低下により変位は非常に大きいが、そのパターンについては case1 に近い。

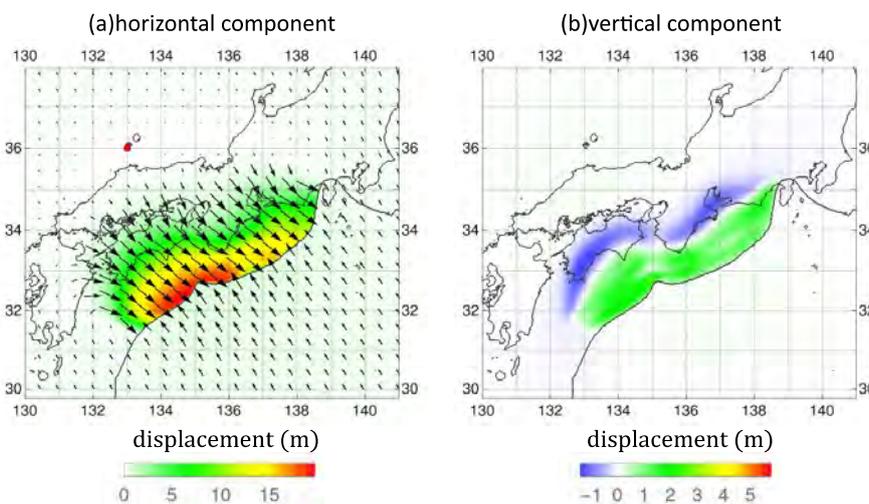


図 2-3-①-2 (a)地殻変動の水平成分（色が大きさを定量的に示し、矢印で向きと相対的な大きさの分布を示す）。(b)地殻変動の鉛直成分。

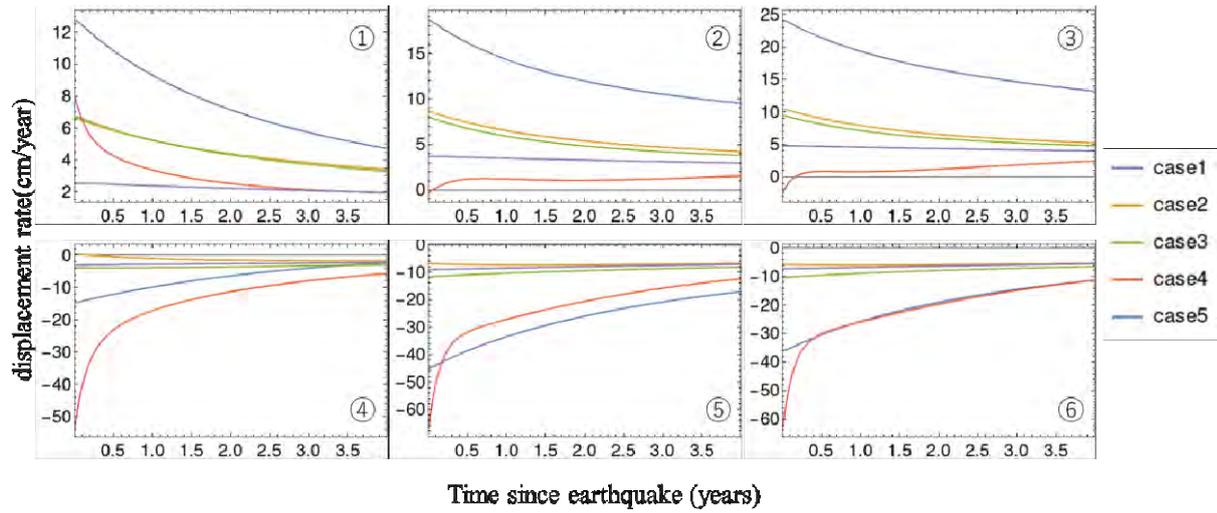


図 2-3-①-3 図 2-3-①-1 で示した①～⑥の観測点における地震後の水平変位速度の時間変化。

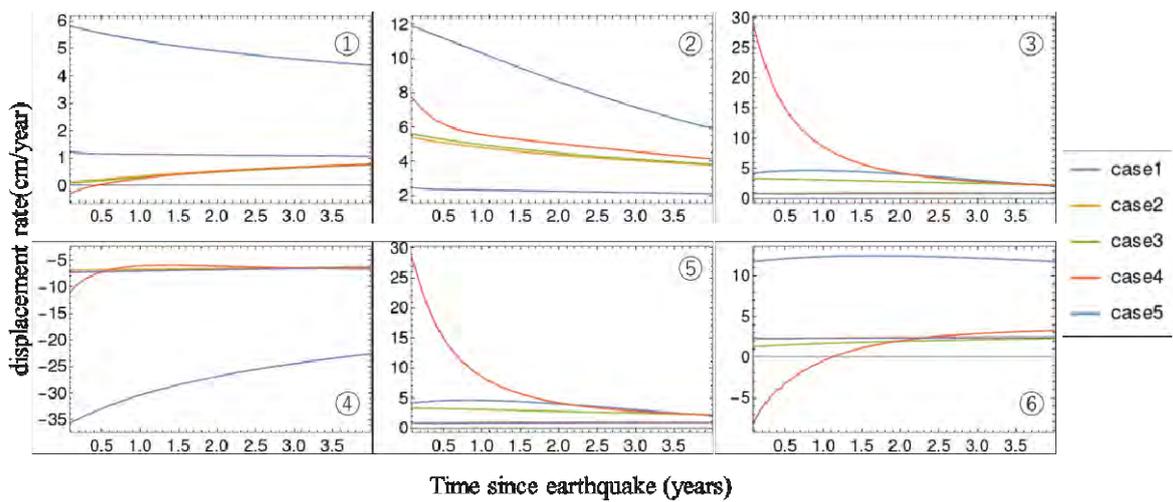


図 2-3-①-4 図 2-3-①-1 で示した①～⑥の観測点における地震後の鉛直変位速度の時間変化。

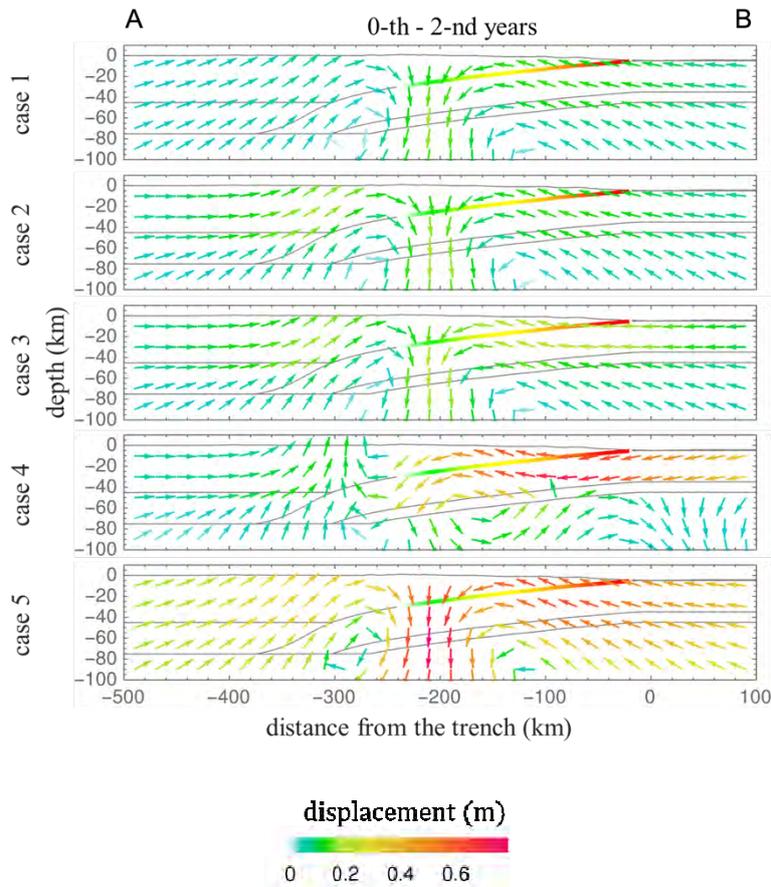


図 2-3-①-5 図 2-3-①-1 a の測線 AB における鉛直断面での地震直後から二年後までの変位場。

(c) 結論ならびに今後の課題

以上のことから、海底地殻変動観測によって粘性の違いを区別することが十分可能であると期待できることがわかった。

今後の課題として、上記の詳細な地形等を含む粘弾性構造モデルでの地殻変動の応答計算で精度確認をした結果、断層周辺では0.5kmの最小要素サイズが必要となる等、当初の想定以上に計算時間が必要であることが判明した。前回地震からの地殻変動観測データは陸域に限られるため、観測データとの比較で妥当な粘弾性構造を推定する部分は、地殻変動データの提供先のグループが進めている、よりシンプルな構造モデルでの検討に加わり、その結果を生かすこととした。R5 年度前半には、その結果を詳細な構造モデルに取り入れる計画である。また、履歴情報を活用した地震シナリオ検討のための研究協力を開始した。

さらに、推移予測のための南海トラフの地震履歴の統一モデルに向けた現状を図 2-3-①-6 のように整理した。

## 南海トラフの地震履歴の統一モデルに向けた現状

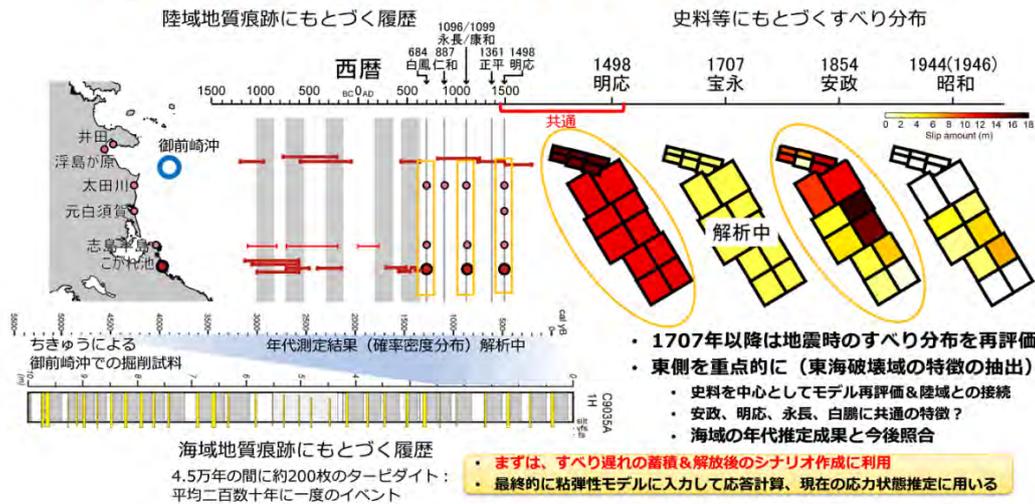


図 2-3-①-6 南海トラフの地震履歴の統一モデルに向けた現状。紀伊半島より東側を対象にした、海域・陸域の地質痕跡ならびに史料にもとづく地震履歴をどのように統一するかのイメージ。

### (d) 引用文献

- 1) Sagiya T, Thatcher W (1999) Coseismic slip resolution along a plate boundary megathrust: The Nankai Trough, southwest Japan. *Journal of Geophysical Research*, 104(B1), pp.1111-1129.  
<https://doi.org/10.1029/98jb02644>.
- 2) Johnson KM, Tebo D (2018) Capturing 50 years of postseismic mantle flow at Nankai subduction zone. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 123(11), pp.10091-10106.  
<https://doi.org/10.1029/2018jb016345>.
- 3) Sherrill EM, Johnson KM (2021) New insights into the slip budget at Nankai: An iterative approach to estimate coseismic slip and afterslip. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 126, e2020JB020833. <https://doi.org/10.1029/2020JB020833>.

(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
1944年東南海・1946年南海地震による西日本の内陸断層への応力载荷（ポスター）	橋間昭徳 堀高峰 飯沼卓史 村上颯太 市村強 藤田航平	日本地球惑星科学連合2022年大会	2022.5	国内
南海トラフの巨大地震による粘弾性変形に対するリソスフェア-アセノスフェア境界の低粘性領域の影響（口頭）	村上颯太 橋間昭徳 飯沼卓史 藤田航平 市村強 堀高峰	2022年日本地震学会秋季大会	2022.10	国内

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
Impact of Ambiguity of Physical Properties of Three-Dimensional Crustal Structure Model on Coseismic Slip and Interseismic Slip Deficit in the Nankai Trough Region	Murakami Tsuyoshi Ichimura Kohei Fujita Takane Horii Yusaku Ohta	GeoHazards	2022.4	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 海底堆積物を用いた地震・津波履歴情報の整備

(a) 業務の要約

南海トラフ沿いで発生する巨大地震・津波に伴って形成されるイベント堆積物を海底堆積物中から認定し、その堆積間隔から地震発生履歴を推定するために御前崎沖、紀伊半島沖及び日向灘から採取された海底堆積物コアの分析を行った。御前崎沖のコアでは、堆積年代決定のため相対地球磁場強度記録の検討を行い、コア中に磁性鉱物の粒径や形状の変

化する層準を確認した。その結果、相対地球磁場強度記録の利用においては、磁性鉱物の特徴が異なる区間毎に区分して行く必要がある事が分かった。また、この地点でのタービダイトがどのような地震を記録しているかを検討するため、同じ地点から新たに採取された不擾乱表層堆積物の年代測定を行った。その結果、1944年昭和東南海地震に対応する明確なタービダイトは確認できず、掘削コア中に多数認められる明確なタービダイトは東海沖まで破壊が及んだ地震を記録している可能性が示唆された。日向灘の表層コアの解析では、火山灰の対比から1662年寛文日向灘地震によると考えられるタービダイトの挟在が示唆されたが、最表層のタービダイトについては歴史地震との対応を確認できていない。紀伊半島沖のコアでは、火山灰の対比から歴史地震に対応する可能性のあるイベント堆積物が認められたが、今後年代測定を追加する必要がある。

#### (b) 業務の実施方法

海底堆積物中の地震・津波イベント堆積物の認定とこれに基づく南海トラフ沿いの地震・津波履歴の情報整備のため、令和4年度は令和2年度・3年度に引き続き、海洋研究開発機構の地球深部探査船「ちきゅう」のExpedition912により御前崎沖で採取された掘削コアの分析と解析を実施した。「ちきゅう」により採取された掘削コアC9035 Hole AとC9035 Hole B中に挟在するタービダイトを用いた地震・津波履歴の解明にあたっては、詳細な堆積年代モデルの構築とイベント堆積物の堆積プロセスの推定が重要である。そこで年代モデルの構築について、高感度パススルー型超電導磁力計による残留磁化測定の詳細解析を実施した。また、タービダイトがどのような地震の記録であるのかは、地点毎に異なる可能性があるため、御前崎沖、日向灘及び紀伊半島沖から採取された堆積物コアの火山灰分析と年代測定を行い、コアに挟在するタービダイトと歴史地震との対応を検討した。

#### (c) 業務の成果

海溝型巨大地震の震源の多くは海底下にある。このため、もっとも大きな地震動とそれに伴う変動は震源近傍の海底で起こると考えられる。海底での大きな震動は海底堆積物粒子の再配列を引き起こし、粒子間の間隙を埋める水（間隙水）の圧力を上昇させ、粒子を間隙水中に浮かせることで海底堆積物の強度を弱化させ、海底地すべりを発生しやすくする。また、地震の大きな震動や浅海に侵入した津波は、未固結の海底表層堆積物を巻き上げ、再移動させる<sup>1)、2)</sup>。このような地震や津波に伴う海底での土砂の再移動は、堆積物粒子を含んだ、周囲の海水よりも密度の大きい水塊として、重力の効果により海底斜面を流れ下る堆積物重力流によると考えられ、斜面やその基部では水中土石流堆積物やタービダイトを堆積させる。これらの地震・津波起源で形成された堆積物（イベント堆積物と呼ばれる）は平常時に海底に堆積する泥とは異なる粒度組成や堆積構造を持つことが知られている<sup>3)、4)</sup>ので、海底堆積物中からイベント堆積物を認定し、その堆積年代を決めることで過去の地震や津波の発生時期を特定できる可能性がある<sup>5)、6)、7)</sup>。本課題では、南海トラフ沿いの海域を対象に、海底堆積物中の地震・津波起源のイベント堆積物からこの海域の地震・津波の発生履歴情報を得ることが目的となる。

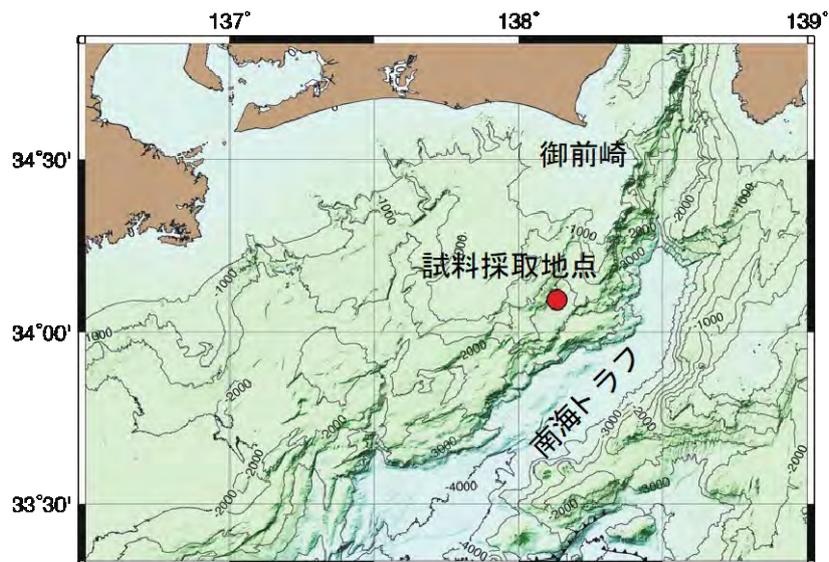


図 2-3-②-1 「ちきゅう」及び「かきれい」による御前崎沖試料採取地点

掘削コア C9035 Hole A と C9035 Hole B は、静岡県御前崎沖の金洲ノ瀬トラフから「ちきゅう」により採取された試料である（図 2-3-②-1）。今回は C9035 Hole A コアの全体（長さ 10m）と C9035 Hole B コアの上部 42m を用いた。いずれのコアにも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。コア記載と令和 2 年度と 3 年度に実施した年代測定結果に基づけば、C9035 Hole B コアのタービダイトの枚数は約 200 枚、コア基底の年代は 4～4.5 万年であるので、タービダイトの平均堆積間隔は、200 年強となる。また、このコアの平均堆積速度は 1m/千年程度と見積もることができる。

このような早い堆積速度の場合では、古地磁気永年変動曲線がコア間対比や堆積年代の推定に有効である<sup>8)</sup>。このため、令和 2 年度と 3 年度に引き続き、古地磁気測定とその結果の解析を進めた。令和 4 年度には地磁気方位が安定である成分のみを抽出するため主成分解析を実施し、この作業は継続中である。さらに相対地球磁場強度記録を使った堆積年代決定も有効である可能性があるため、これについて検討を行なった。相対地球磁場強度記録を堆積物から復元するには、磁化強度を規格化する堆積物中の磁性鉱物の粒径や形状といったパラメータが一定である事が条件である。この確認のため、非履歴性残留磁化（ARM）と等温残留磁化（IRM）といった人工磁化を使って磁性鉱物の特性の深度方向への変化を検討した。ARM/IRM のプロファイル（図 2-3-②-2）は、コア深度 16m 付近で大きな振幅から小さな振幅に変化し、深度 39m 以下で振幅が再び大きくなる。これらの変化は磁性鉱物の粒径や形状など変化に起因していると考えられ、相対地球磁場強度記録を検討する際には、特徴が異なる区間毎に区分して行う必要がある事が分かった。

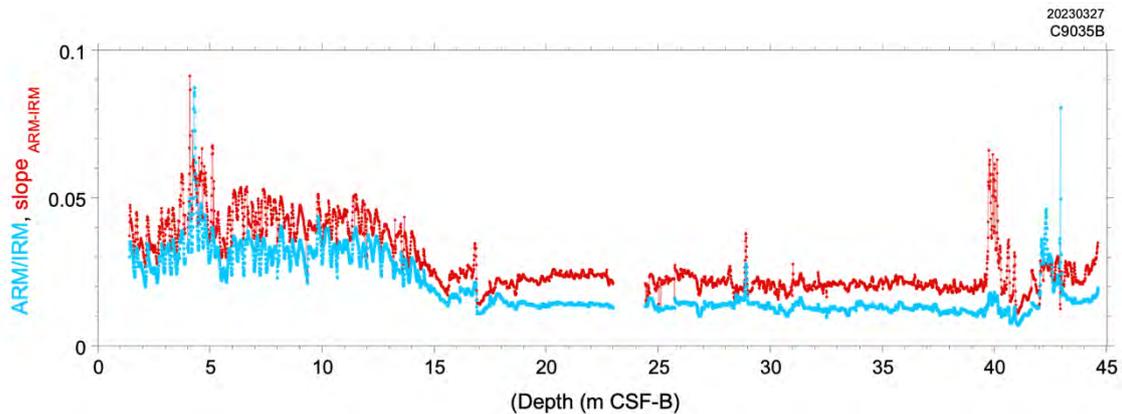


図 2-3-②-2 非履歴性残留磁化 (ARM) と等温残留磁化 (IRM) の比を使った磁気特性パラメータ。青線 (ARM/IRM) は消磁データを含まない値、赤線 (Slope ARM-IRM) は消磁データも使って計算したパラメータで、どちらも振幅の変化する深度は同じである。Depth (m CSF-B) はコアの深度 (m) を表す。

地層記録からの地震・津波履歴の解説においては、その場に残されたイベント堆積物がどの程度の規模の地震・津波の記録であるかの理解が重要である。この目的のため、令和 2 年度に C9035 Hole A 及び C9035 Hole B コアの表層部分についての放射性セシウムと過剰鉛-210 の測定を実施したが、測定試料から放射性セシウムは検出できず、過剰鉛-210 のアクティビティも低く、年代の特定に至らなかった (図 2-3-②-3)。この原因として、この場所には最近の海底堆積物の堆積がないか、これらのコアでは最表層の海底堆積物が回収されていない可能性が考えられた。そこで、海洋研究開発機構の「かいいい」による KR21-20 航海において、掘削地点で不擾乱表層堆積物試料 KR21-20 MC01 が採取された。この試料の X 線 CT 装置による画像と肉眼観察結果によれば、深度 8~10cm 付近にやや粗粒なシルトのパッチが散在するが、明瞭な砂層は確認されなかった。放射性セシウムと過剰鉛-210 の測定結果は、図 2-3-②-4 にまとめられる。放射性セシウムは深度 4~5 cm の層準以外では検出できなかったが、過剰鉛-210 のアクティビティは「ちきゅう」掘削試料のそれら (図 2-3-②-3) よりも大きく、検出限界 (約 2 dpm/g) が深度約 16cm に位置することがわかった (図 2-3-②-4)。過剰鉛-210 の検出限界はおおよそ 100 年前に相当し<sup>9)</sup>、放射性セシウムの検出はこの層準が大気核実験起源の放射性セシウムが日本で最初に検出された 1955 年以降<sup>10)</sup>、<sup>11)</sup>であることを示唆する。また、KR21-20 MC01 と C9035 Hole B コアの過剰鉛-210 アクティビティの数値から、C9035 Hole B コアでは、最上部の 10cm 程度が回収されていない可能性がある。以上の結果を踏まえると、この地点では 1944 年昭和東南海地震は、明瞭なタービダイトとしては残されていないことが判明した。深度 8~10cm 付近に散在するやや粗粒なシルトのパッチは、放射性セシウムの検出層準より下位 (1955 年よりも前) にあり、過剰鉛-210 の検出限界の上位 (おおよそ 100 年前よりも後) にあることから、1944 年昭和東南海地震によるものである可能性はあるが、厚さ数 cm 程度の砂層を基底とし、その上位の厚さ 20~30cm の塊状の泥とセットを構成する C9035 Hole A や C9035 Hole B コアに挟在するタービダイト (図 2-3-②-3) とは厚さや構造が異なり、同じ規模の地震記録とは考えにくい。したがって、御前崎沖の掘削地点では、

1944年昭和東南海地震ではC9035 Hole AやC9035 Hole Bコアで認められるようなタービダイトを形成したとは言えず、C9035 Hole AやC9035 Hole Bコアに挟在するタービダイトを形成した地震は、より規模の大きな混濁流を掘削地点の上部の斜面域で発生し得る大きな揺れを伴う地震であったと考えられる。1944年昭和東南海地震の破壊域は、御前崎沖よりも西方で止まったと考えられている<sup>12)</sup>ので、タービダイトはより東方の東海セグメントまで破壊が及んだ地震により形成されたと考えられる。この結果は、令和3年度までで得られたC9035 Hole Bコアに見られる過去4～4.5万年間に約200枚（約200年に一枚）というタービダイトの堆積間隔が、東海セグメントまで破壊が及んだ地震の平均的な発生間隔である可能性を示唆する。

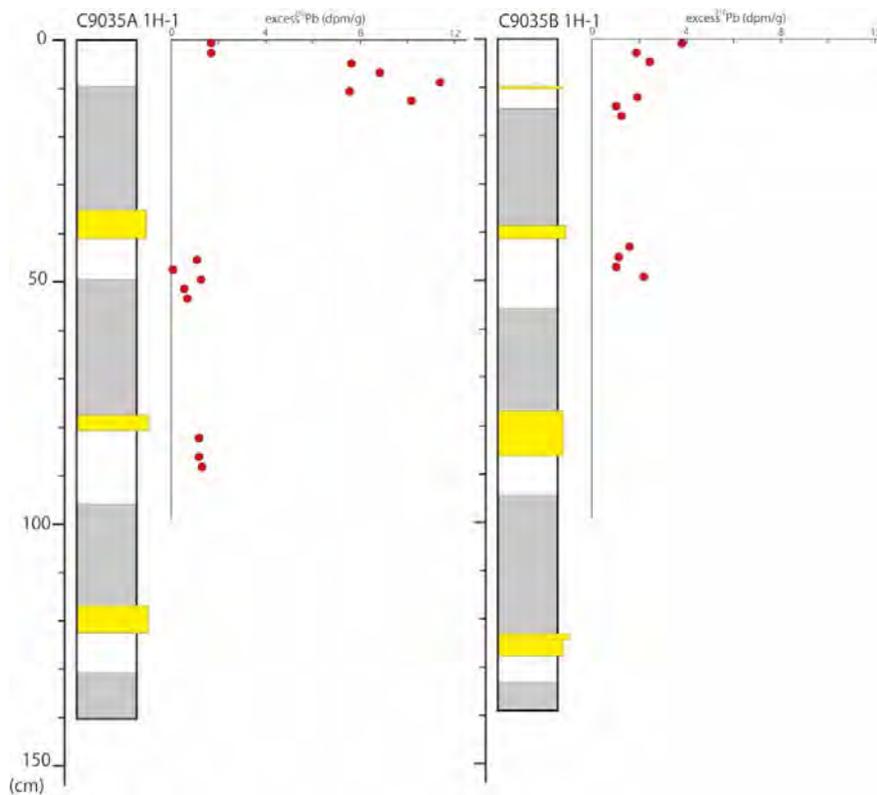


図2-3-②-3 御前崎沖から採取されたC9035 Hole A及びC9035 Hole Bコア最上部の過剰鉛-210の測定結果（令和2年度報告書より引用）。黄色はタービダイト砂層、灰色はタービダイト泥層、白は半遠洋性泥を示す。

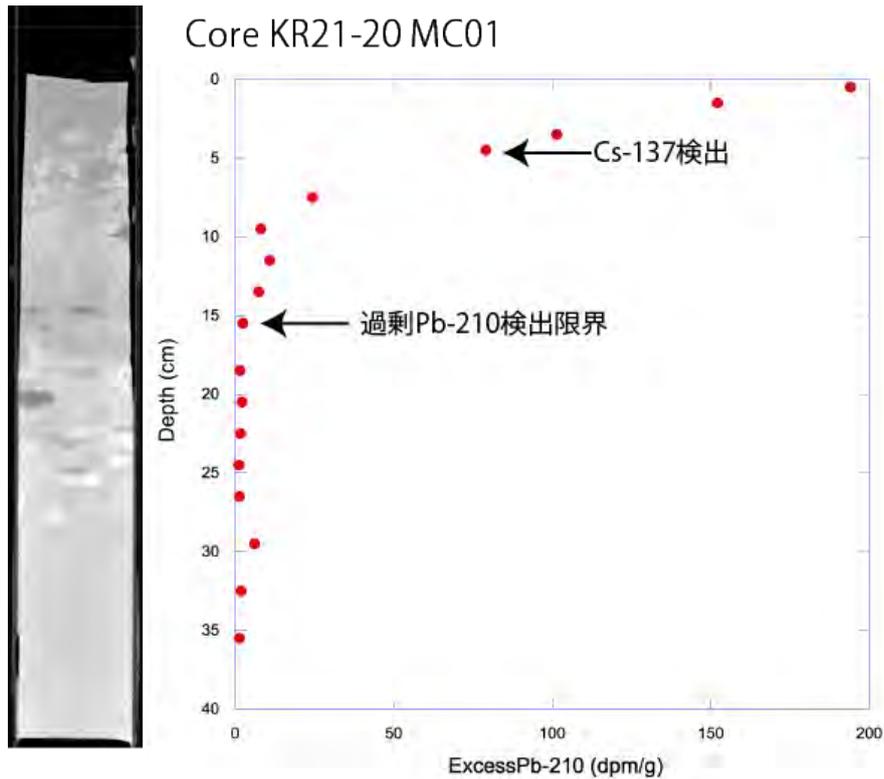


図 2-3-②-4 御前崎沖から採取された「かいいい」KR21-20 MC01 コアの X 線 CT 画像と放射性セシウム及び過剰鉛-210 測定結果。放射性セシウムは深度 4～5 cm のサンプルからのみ検出された。

同様な歴史地震との対比を日向灘と紀伊半島沖から採取されたコアについても検討した。「かいいい」の KR18-12C 航海で日向灘から採取された KR18-12C PL05 コアには 1 枚の薄い火山灰層とその上位に 2 枚のタービダイトが確認される（図 2-3-②-5）。この火山灰層は、火山ガラスや構成鉱物の組成から、1471 年桜島文明噴火の火山灰であることが判明した。現時点では、放射性セシウムや過剰鉛-210 の測定結果はないが、宮崎平野では 1471 年桜島文明火山灰の上位に 1662 年寛文日向灘地震による津波堆積物が知られており<sup>13)</sup>、タービダイトはこれに対比される可能性がある。一方、KR18-12C PL05 コアの表層部に認められるタービダイトも日向灘地震により形成された可能性があるが、最近のどの日向灘地震に対比されるかはわからない。今後、放射性セシウムと過剰鉛-210 の測定によって 2 つのタービダイトの歴史地震との対応関係が明らかになると期待される。

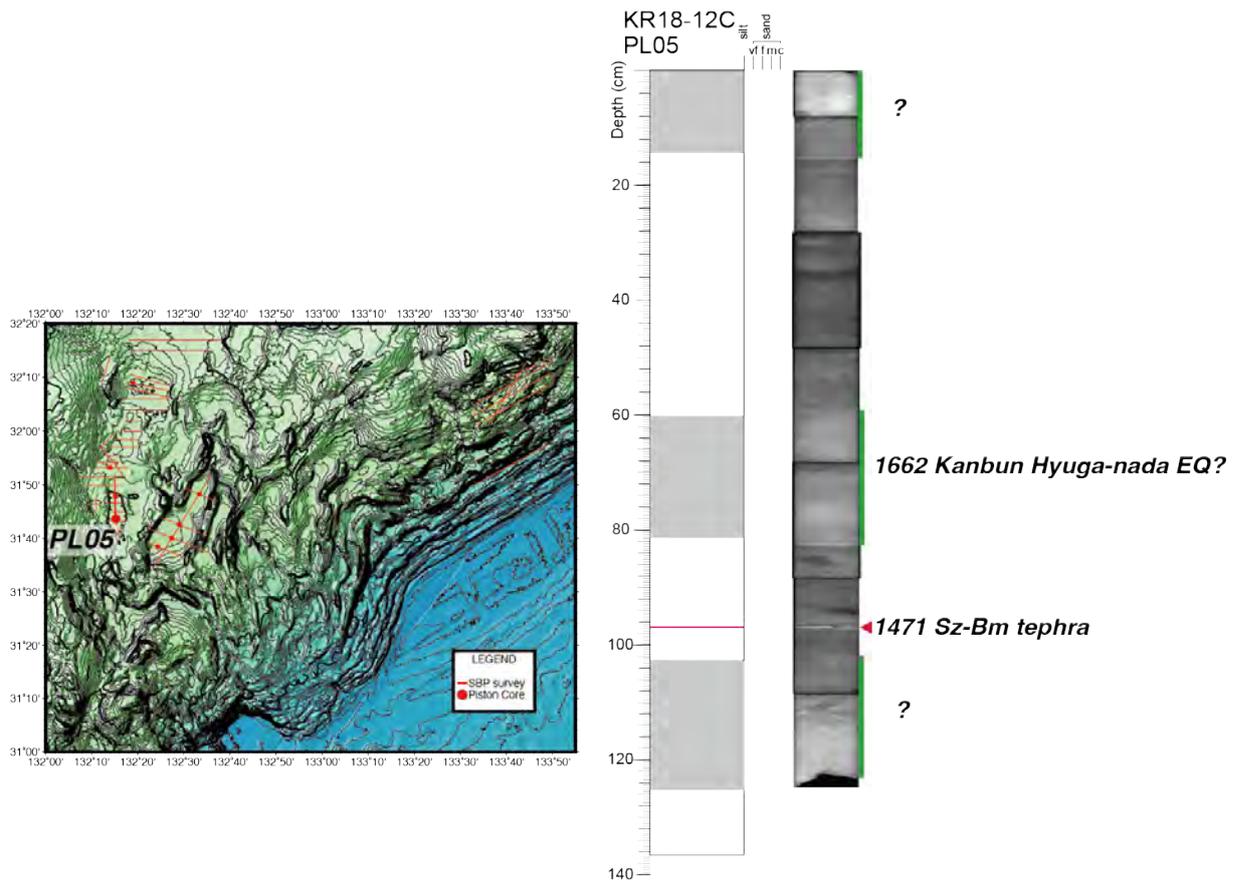


図 2-3-②-5 日向灘から採取された「かいいい」KR18-12C PL05 コアの採取位置、柱状図（灰色のハッチがタービダイト）、軟 X 線写真と火山灰分析結果。Sz-Bm；桜島文明火山灰。

紀伊半島沖から「かいいい」の KR21-20 航海で採取されたコア中にも、1471 年桜島文明火山灰の挟在が確認された（図 2-3-②-6）。KR21-20 PC01 や PC03 コアでは、この火山灰の下位と上位にイベント堆積物と考えられる粗粒層が位置し、歴史地震に対応する可能性がある。採取地点の水深が浅い PC01 コアでは、堆積物中に浮遊性有孔虫が含まれているので、今後これを用いた放射性炭素年代測定により、イベント堆積物の堆積年代や堆積間隔を明らかにできると期待される。一方、水深の深い PC03 コアでは炭酸塩粒子が溶解してしまっているため、浮遊性有孔虫での年代測定は困難である。桜島文明火山灰直下で行われた、通常時の堆積物である半遠洋性泥中のバルク有機物を用いた放射性炭素年代測定値（5040 年前）は、バルク有機物の年代値の持つ古い年代へのオフセット（KR21-20 PL01 や PL02 コアのコアトップ及び桜島文明火山灰上下の年代値から見積もると 2300 年程度）を考慮しても、古い年代を示し、堆積年代の推定に使用するのは難しく、PC03 コアのこの火山灰層直下のタービダイト層と歴史地震との対比は現状では困難である。

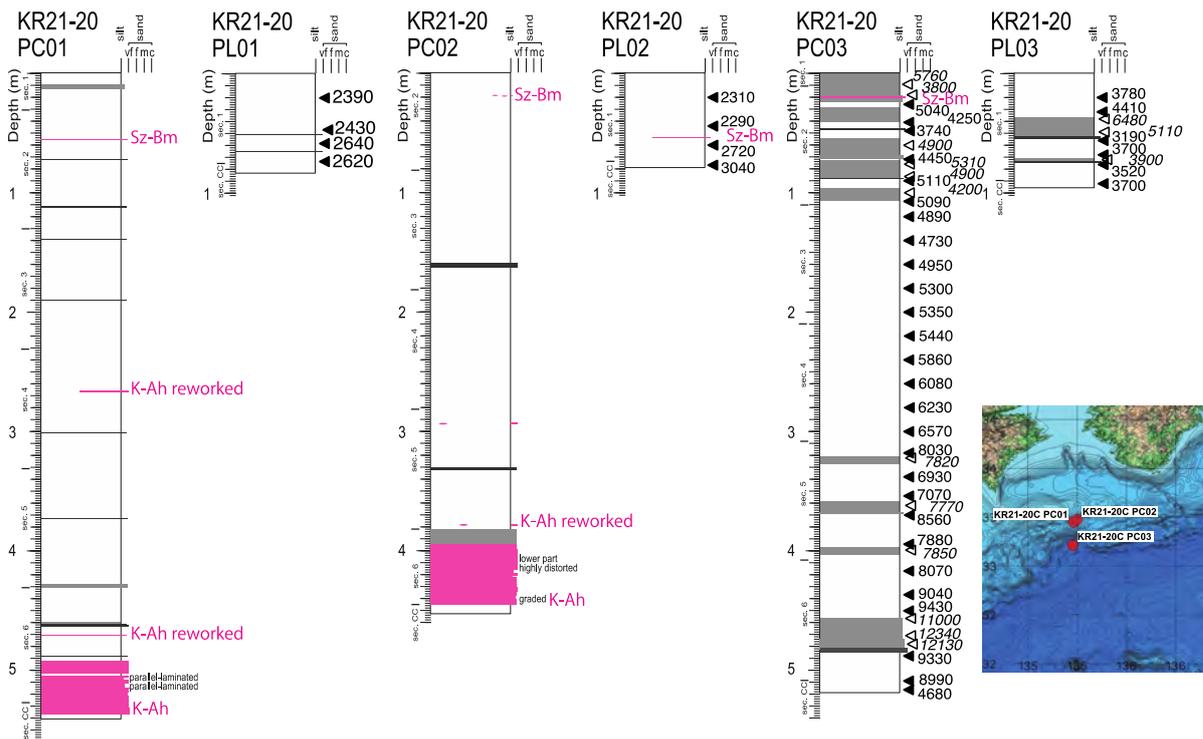


図 2-3-②-6 紀伊半島沖から「かいいい」KR21-20 航海で採取されたコアの柱状図と火山灰分析及び年代測定結果。灰色はタービダイト、ピンクは火山灰を示す。Sz-Bm；桜島文明火山灰、K-Ah；鬼界アカホヤ火山灰。三角はバルク有機物を用いた放射性炭素年代測定実施層準を示し、白抜き三角はタービダイト泥の層準であることを示す。数字はバルク有機物の放射性炭素年代値、斜字体はタービダイト泥の年代値であることを示す。

(d) 結論ならびに今後の課題

以上のように、令和 4 年度の海底堆積物コアの分析結果から以下のことがわかった。

昨年度までの御前崎沖の「ちきゅう」による掘削コアの分析により、4～4.5 万年間に約 200 枚のタービダイトが連続的に堆積していることが明らかとなっていたが、表層堆積物コアの分析結果から、この場所では 1944 年昭和東南海地震の明瞭なタービダイト記録がないことが判明した。掘削コアに挟在する明瞭なタービダイトは、より東方まで破壊が及んだ地震を記録している可能性が示唆された。掘削コアのより確実な年代モデルの構築のため、古地磁気記録の詳細解析を実施したところ、磁性鉱物の粒径や形状の変化によると考えられるシグナルが見つかった。令和 3 年度にはタービダイトの給源の変化が底生有孔虫の分析結果から判明しており、地震時に堆積物を供給する斜面域の環境変化の影響が示唆されている。このような地震時の堆積物供給の背景となる環境変化が地層中の地震記録に影響を与えるか否かの検討は十分でなく、今後さらに検討が必要である。

日向灘と紀伊半島沖の海底表層堆積物コア中には、九州桜島の歴史噴火の火山灰の挟在が認定された。これらのコア中のタービダイトは歴史地震に対応する可能性が高く、今後より詳細な年代測定を行うことで、歴史地震との対応を確認することが重要である。観測などから断層パラメータが決定あるいは推定されている歴史地震が特定され

ば、コア試料採取地点近傍の斜面域における地震動が推定でき<sup>9)</sup>、それぞれの地点でタービダイトを形成する地震の特徴を特定できる可能性がある。これらとより長いコアでの履歴情報を統合することが、海底堆積物からの地震履歴の解読においては重要である。

(e) 引用文献

- 1) 池原研・宇佐見和子 (2018) 海底の地震・津波堆積物ー巨大地震・津波による海底の擾乱と擾乱記録を用いた巨大地震・津波履歴の解明ー, シンセシオロジー, 11, 12-22.
- 2) 池原研 (2020) 海底地すべりと混濁流の発生, 地盤工学会誌, 68(7), 52-57.
- 3) Bouma AH (1962) Sedimentology of some flysch deposits, Elsevier, Amsterdam, 168.
- 4) Stow SAV, Shanmugam G (1980) Sequence of structures in fine-grained turbidites: Comparison of recent deep-sea and ancient flysch sediments, Sedimentary Geology, 25, 23-42.
- 5) Adams J (1990) Paleoseismicity of the Cascade subduction zone: evidence from turbidites off the Oregon-Washington margin, Tectonics, 9, 569-583.
- 6) 池原研 (2001) 深海底タービダイトを用いた南海トラフ東部における地震発生間隔の推定, 地学雑, 110, 471-478.
- 7) Goldfinger C, Nelson CH, Johnson JE, the Shipboard Scientific Party (2003) Holocene earthquake records from the Cascadia subduction zone and northern San Andreas Fault based on precise dating of offshore turbidites, Annual Review Earth Planetary Science, 46, 555-577.
- 8) Kanamatsu T, Ikehara K, Hsiung KH (2021) Stratigraphy of deep-sea marine sediment using paleomagnetic secular variation: Refined dating of turbidite relating to giant earthquake in Japan Trench, Marine Geology, 443, 106669, doi:10.1016/j.margeo.2021.106669, 2021.
- 9) Ikehara K, Usami K, Kanamatsu T (2023) How large peak ground acceleration by large earthquakes could generate turbidity currents along the slope of northern Japan Trench, Progress in Earth Planetary Science, 10(8), doi:10.1186/s40645-023-00540-8.
- 10) Hirose K, Igarashi Y, Aoyama M (2008) Analysis of the 50-year records of the atmospheric deposition of long-lived radionuclides in Japan, Applied Radiation and Isotopes, 66, 1675-1678.
- 11) Igarashi Y, Otsuji-Hatori M, Hirose K (1996) Recent deposition of <sup>90</sup>Sr and <sup>137</sup>Cs observed in Tsukuba, Journal of Environmental Radioactivity, 31, 157-169.

- 12) Ando M (1975) Source mechanisms and tectonic significance of historical earthquakes along the Nankai Trough, Japan, *Tectonophysics*, 27, 119-140.
- 13) Watanabe T, Kagami S, Niwa M (2022) Geochemical and heavy mineral signatures of marine incursions by a paleotsunami on the Miyazaki plain along the Nankai-Suruga trough, the Pacific coast of southwest Japan, *Marine Geology*, 444, 106704, doi:10.1016/j.margei.2021.106704.

(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
Use of XRF core scanning for submarine paleoseismology (oral)	Ikehara, K.	2022 JpGU meeting	2022.5	国外
Turbidite records based on marine sediments from the Ryukyu Trench end and floor (poster)	Hsiung, K.-H. Kanamatsu, T. Ikehara, K. Murayama, M.	2022 JpGU meeting	2022.5	国外
Can turbidite paleoseismological study and paleoceanographic study co-exist in a core? A consideration from SCORE C9035 core preliminary results (oral)	Ikehara, K. Kanamatsu, T. Hsiung, K.-H. Okutsu, N. SCORE C9035 science members	Western Pacific Drilling Meeting 2022	2022.10	国外
繰り返されるサンゴ礁域から深海への土砂輸送（口頭）	池原 研	第38回地質調査総合センターシンポジウム	2022.12	国内
巨大地震時に海底で起こること、そしてその地層記録と新たなチャレンジ（口頭）	池原 研	2022年日本第四紀学会学会賞・学術賞記念講演会	2023.2	国内
Historical earthquakes recorded in surface sediments around the Japanese islands and future challenges (oral)	Ikehara, K.	EAGER 2023 Workshop	2023.3	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
Possible tsunami-induced sediment transport from coral reef to deep sea through submarine canyons on the southern Ryukyu forearc, Japan	Ikehara, K. Kanamatsu, T. Usami, K.	Frontiers in Earth Science	2022.5	国外
How large peak ground acceleration by large earthquakes could generate turbidity currents along the slope of northern Japan Trench	Ikehara, K. Usami, K. Kanamatsu, T.	Progress in Earth and Planetary Science	2023.2	国外

(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

③ 陸域における地震・津波履歴調査

(a) 業務の要約

陸域における地震・津波の履歴調査は、紀伊半島から四国にかけての沿岸の3地域において、掘削調査及び既存の堆積物コア試料の分析を実施した。

三重県南伊勢町では既存試料の年代分析から過去の巨大津波による浸水履歴の復元を行った。調査地である「こがれ池」の湖底堆積物の採取、年代測定、珪藻分析については昨年度までに完了しており、今年度は浸水年代を推定するためのベイズ統計を用いた Age-Depth モデルの見直しを行った。こがれ池には、過去約 3000 年間に形成された 19 枚のイベント堆積物が保存されていた。昨年度までの各種分析の結果、19 枚のうち 14 枚は、津波または低頻度の非常に大きなストームによって堆積したと考えられた。今年度行った Age-Depth モデルの構築に基づき、14 枚のうち 6 枚が南海トラフで発生した歴史地震による津波堆積物の可能性があるかと結論付けられた。

和歌山県東牟婁郡那智勝浦町下里地区の沿岸低地では、巨大津波による浸水履歴解明のため、6 地点 13 孔でジオスライサーによる掘削調査を実施した。また、沿岸低地か

ら南へ約 500m離れた天満地区の池では、19 地点においてハンドコアラによる掘削調査を実施した。その結果、表層下約 1.9mまでの地層の中に、泥炭層と互層をなす複数の薄い砂層や、層厚数十 cm の厚い砂層が認められた。これらの砂層には貝殻片や有孔虫など海棲生物遺骸が含まれていることから、この地域に津波が浸水したことを示すイベント堆積物である可能性がある。

高知県南国市の物部川西岸に分布する浜堤の発達過程を明らかにすることを目的として、令和 3 年度に浜堤上で行った掘削調査により採取した堆積物試料の光ルミネッセンス (OSL) 年代測定や放射性炭素年代測定などを実施した。年代測定結果から、浜堤は過去約 6000 年間を通じて成長し、約 3000 年前までは上方へ成長、それ以降は側方（主に海側）へ成長したと考えられる。浜堤が側方へ成長し幅が広がる年代は、浜堤背後の低地でイベント堆積物が確認されていない年代とほぼ同時期である。また、浜堤背後の海岸低地において津波の浸水履歴を明らかにすることを目的として、令和 3 年度に採取したボーリングコアの層相観察や放射性炭素年代測定などを実施した。浜堤背後の低地では約 6000～2000 年前にかけてシルト～粘土層や泥炭層が継続して堆積し、挟在するイベント砂層が約 5700～5300 年前に堆積したことが明らかになった。

## (b) 業務の成果

### 1) 三重県南伊勢町・こがれ池

こがれ池(図 2-3-③-1)で採取した堆積物からは、19 枚のイベント堆積物(上位から順に、E1-E19 と定義)が見つかった。昨年度までに、肉眼及び CT 画像による堆積構造の観察、年代測定等の各種分析を実施済みであり、19 枚のイベント層のうち 14 枚のイベント層 (E1-E9 及び E12-E16) が、「津波」または「低頻度の非常に大きなストーム」により形成されたことが示唆された。こうした海水の侵入がいつ発生したのかを推定するために、堆積曲線 (Age-Depth モデル) の推定を行った。堆積曲線の作成には、ベイズ統計を用いた年代統計学のパッケージである *Behron*<sup>1), 2)</sup> を利用した。

構築された Age-Depth モデルと各イベント層の堆積年代は、それぞれ図 2-3-③-2 と表 2-3-③-1 の通りである。モデル構築においては、イベント堆積物は瞬時に堆積したとみなしているため、各イベント堆積物の層厚はコアログから差し引いている。図 2-3-③-2 及び表 2-3-③-1 における各イベント堆積物の深さ (Depth) は、この補正を行った後の値である。これまでに同様のプログラムを用いて Age-Depth モデルの構築を行っている研究でも、この補正は取り入れられている<sup>3), 4)</sup>。また、モデルの構築は 3 回行っており、堆積年代は 3 回の結果の平均値により算出した。

「津波」または「低頻度の非常に大きなストーム」で形成されたと考えられた、E1-E9 及び E12-E16 のうち、E1 から E9 については、南海トラフにおける地震・津波の歴史記録が残存している期間 (歴史時代) に形成されたイベント堆積物であることが分かった。このうち、E2 の堆積年代 (1616-1793 CE) が 1707 年宝永地震と重複していた。また、E3 の堆積年代 (1567-1701 CE) 及び E4 の堆積年代 (1523-1616 CE) が 1606 年慶長地震を含んでいた。同様に、E5 の堆積年代 (1461-1564 CE)、

E7 の堆積年代 (1088-1249 CE)、E8 の堆積年代 (710-898 CE)、E9 の堆積年代 (682-809 CE) が、それぞれ 1498 年明応地震、1096 年永長地震、887 年仁和地震、684 年白鳳地震と重複していた。このことから、E2、E3 または E4、E5、E7、E8、E9 の 6 枚は南海トラフで発生した地震による津波堆積物の可能性がある。

先史時代に形成されたイベント堆積物 E12-E16 については、先行研究によって明らかにされている地震・津波の地質痕跡と対比を行った。E12 (1493-1364 cal yr BP)、E13 (1545-1395 cal yr BP)、E14 (1557-1400 cal yr BP) は、志島低地で見つかった津波堆積物 Sand D (1400-1300 cal yr BP) と年代が重なっていた<sup>5)</sup>。また、E15 (2243-1948 cal yr BP) と E16 (2604-2363 cal yr BP) は同研究で報告されている Sand F (2660-2190 cal yr BP) と同時期に形成されたと考えられた。E15 については、紀伊半島南岸で報告されている約 2200 cal yr BP の海岸隆起痕跡とも年代が一致していた<sup>6)</sup>。



図 2-3-③-1 分析を行った湖底堆積物が採取されたこがれ池の位置。基図は国土地理院の地理院地図を使用。

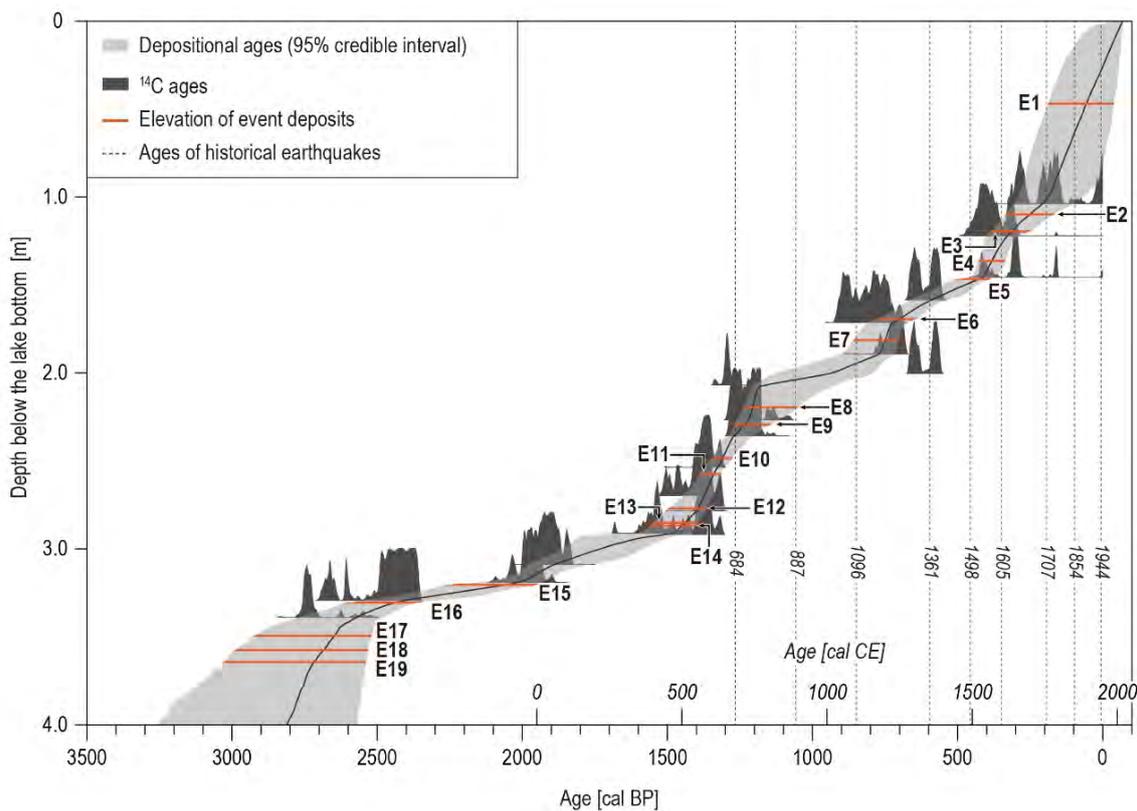


図 2-3-③-2 Bchron によるこがれ池の湖底堆積物についての Age-Depth モデル。モデル構築においては、イベント堆積物は瞬時に堆積したとみなしているため、各イベント堆積物の層厚はコアログから差し引いている。

表 2-3-③-1 Age-Depth モデルによって推定された E1-E19 の堆積年代。

Core location	Name of event deposits	Depth [cm]	Calibrated depositional age (95 % credible interval, cal yr BP)	Calibrated depositional age (95 % credible interval, cal yr CE / BCE)
K-4	E1	46.9	193--38	1757-1988 CE
K-4	E2	109.8	334-157	1616-1793 CE
K-4	E3	119.6	383-249	1567-1701 CE
K-4	E4	136.3	427-334	1523-1616 CE
K-4	E5	146.5	489-386	1461-1564 CE
K-4	E6	168.8	775-636	1175-1314 CE
K-4	E7	181.3	862-701	1088-1249 CE
K-4	E8	219.5	1240-1052	710-898 CE
K-4	E9	229.3	1268-1141	682-809 CE
K-4	E10	248.4	1345-1275	605-675 CE
K-4	E11	257.5	1387-1317	563-633 CE
K-4	E12	276.9	1493-1364	457-586 CE

K-4	E13	285	1545-1395	405-555 CE
K-4	E14	286.7	1557-1400	393-550 CE
K-4	E15	320.3	2243-1948	293 BCE - 2 CE
K-4	E16	330.5	2604-2363	654-413 BCE
K-4	E17	349.3	2926-2520	976-570 BCE
K-4	E18	357.4	2990-2530	1040-580 BCE
K-4	E19	364.2	3037-2537	1087-587 BCE

## 2) 和歌山県那智勝浦町

和歌山県東牟婁郡那智勝浦町下里地区の沿岸低地では、6地点13孔においてジオスライサーにより最大深度1.9mまでの連続柱状堆積物の地質試料採取を実施し、さらに掘削地点周辺の地形をVRSとトータルステーションを用いて測量した(図2-3-③-3、2-3-③-4)。この沿岸低地は奥行200m、最大幅50m程度の北東-南西方向に延びる谷底に位置し、標高(T.P.)は約1.6-2.5mである(図2-3-③-4)。この沿岸低地のうち標高約2.1-2.3mの範囲に6か所の掘削地点を設定し、長さ2.1mのハンディジオスライサーを用いて各地点2-3本の連続柱状試料を得た(図2-3-③-5、表2-3-③-2)。その結果、谷底の沿岸低地のほぼ中央に位置するLoc. 3で採取されたジオスライサー試料SS-05では、以下のような層序が観察された。表層位置から深度6cmまでは試料がみられないが、掘削時に堆積物が短縮した影響の可能性がある。深度6-20cmまでは多数の根茎が含まれている含水率の高い粘土層であり、深度20-44cmは若干の根茎がみられるややしまった泥層である。深度44-60cmはしまりの良いシルト質極細粒砂層であり、部分的に有機質である。深度60-113cmは明灰色から暗灰色の淘汰の良い細粒砂層であり、貝殻片が含まれている。また厚さ1cm程度の泥炭層を5枚挟むほか、厚さ数mmの泥炭層を葉理状に多数挟んでいる。深度113-190cmは淘汰の良い白色細粒砂層であり、巻貝・二枚貝の貝殻片や有孔虫を多数含んでいる。SS-05以外のジオスライサー試料においても、深度の違いや層相に若干の違いはあるものの、ほぼ同様の層序が確認された。

和歌山県東牟婁郡那智勝浦町天満地区の池では、19地点においてハンドコアラーを使用し、表層下約1mまでの層序を確認するとともに、VRSを用いて掘削地点周辺の地形を測量した(図2-3-③-3、2-3-③-6)。この池は、北北東-南南西に延びる奥行600m、最大幅200m程度の北北東-南南西方向に延びる谷の内陸側に位置する。池の底面は標高約1.4-1.9mとおおよそ平坦であり、標高約5.2mの高まりによって太平洋(2021年12月21日14時頃の近傍の海面は標高約0.7m)と境されている(図2-3-③-6)。この池の中に、およそ南-北方向と東-西方向に延びる2本の測線を設定し、測線上でそれぞれ12か所及び8か所(うち、交点1か所;計19地点)においてハンドコアラーを用いた掘削調査を行った(図2-3-③-7)。池の底の地形の影響により深度の違いはあるものの、ほとんどの地点において下位から巻貝・二枚貝の貝殻片や有孔虫を多数含んだ淘汰の良い白色細粒砂層、層

厚数mm—数 cm 程度の泥炭層・葉理を互層状に挟む淘汰の良い細粒砂層、やや泥質な細粒—極細粒砂層、粘土やシルトなどの泥質堆積物が累重する層序が確認できた。

那智勝浦町における調査では、下里地区と天満地区の2地域において深度は異なるものの、ほぼ同様の層序を確認することができた。特に各地点の下部にみられる海棲生物遺骸を含んだ砂層や、泥炭層と互層をなす砂層は、この地域に津波が浸水したことを示すイベント堆積物である可能性がある。



図 2-3-③-3 調査地の位置図。基図は国土地理院の地理院地図を使用。

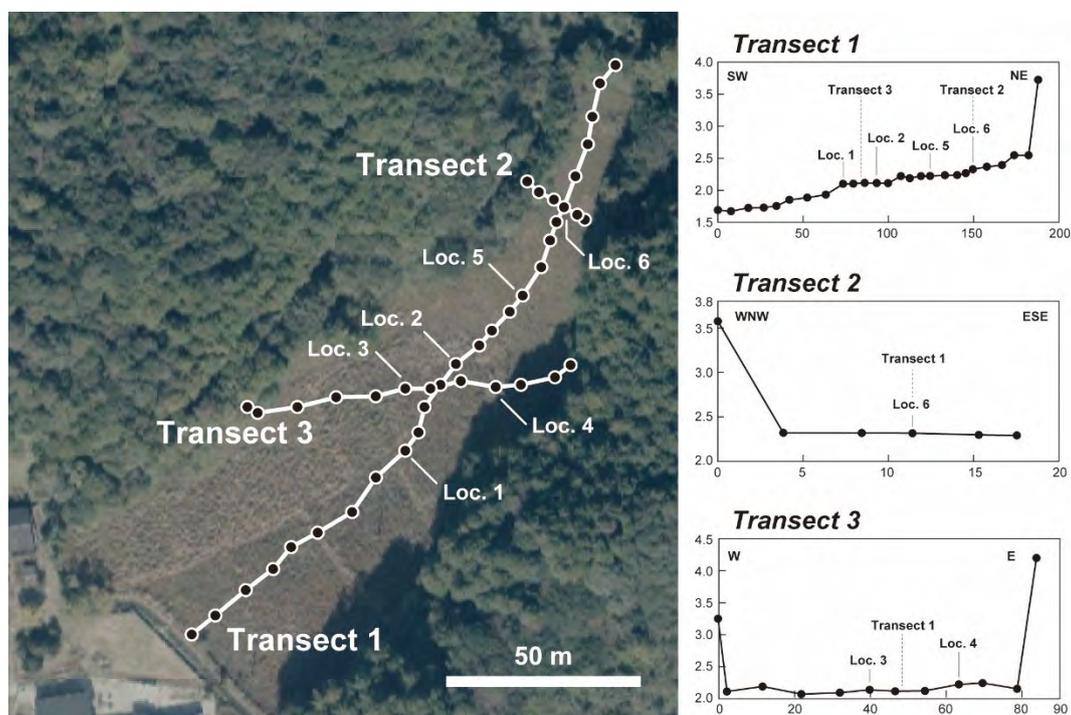


図 2-3-③-4 下里地区の沿岸低地における掘削地点と測量結果。基図は国土地理院の地理院地図を使用。

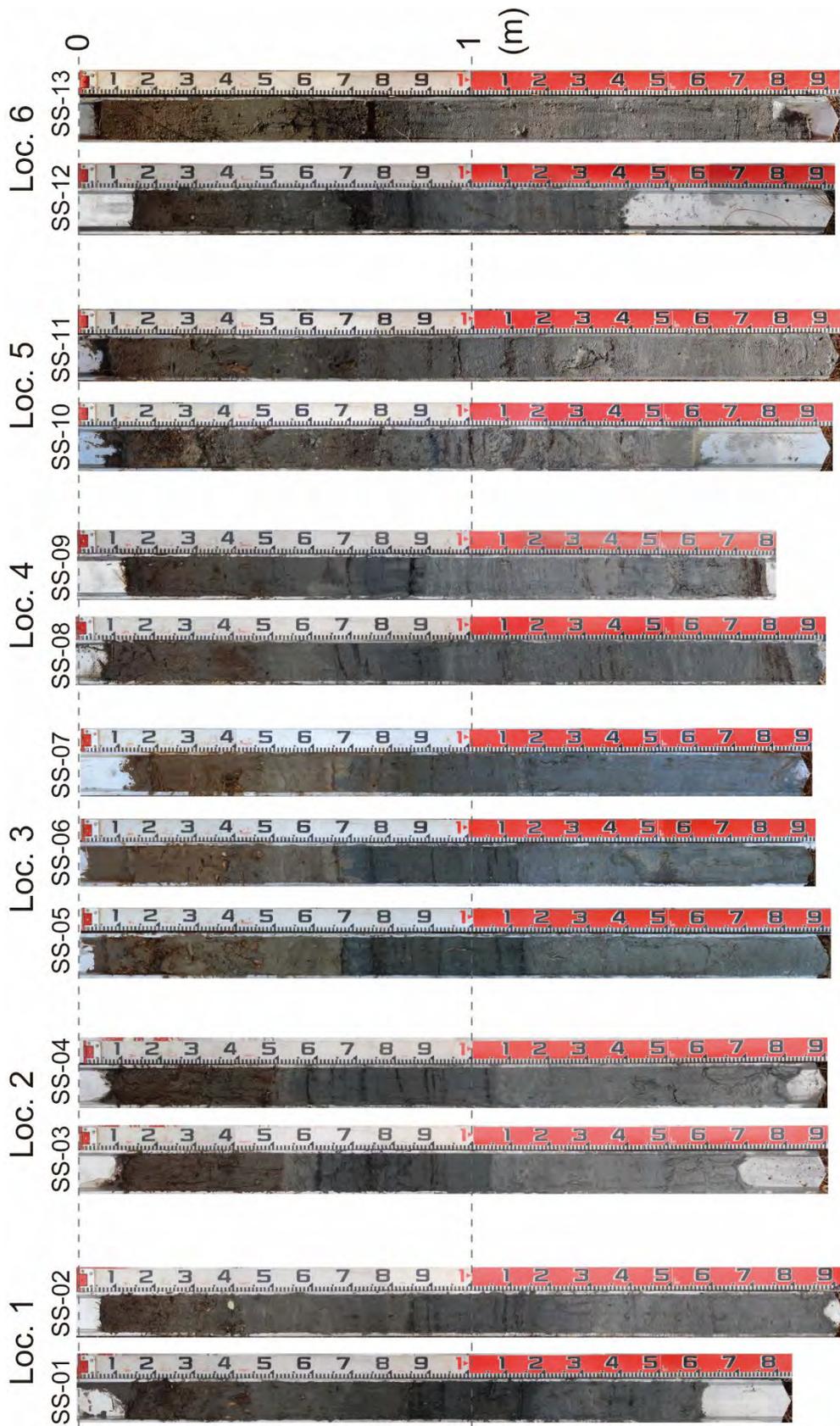


図 2 - 3 - ③ - 5 下里地区の沿岸低地で採取されたジオスライサー試料。

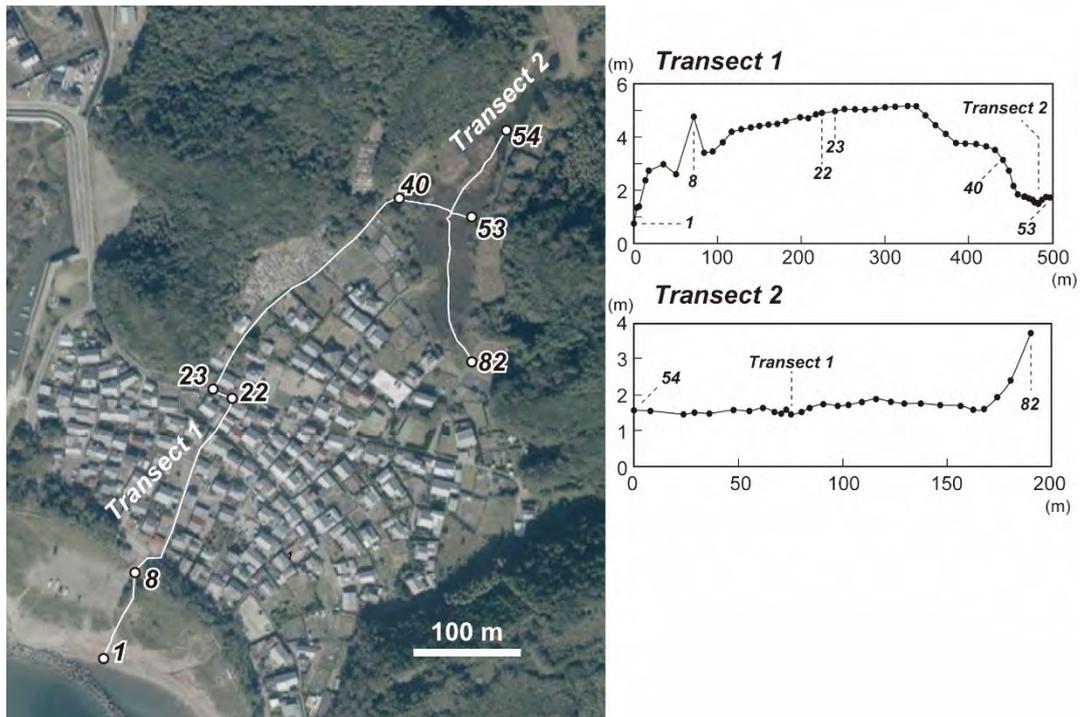


図 2 - 3 - ③ - 6 天満地区の池周辺の測量結果。基図は国土地理院の地理院地図を使用。

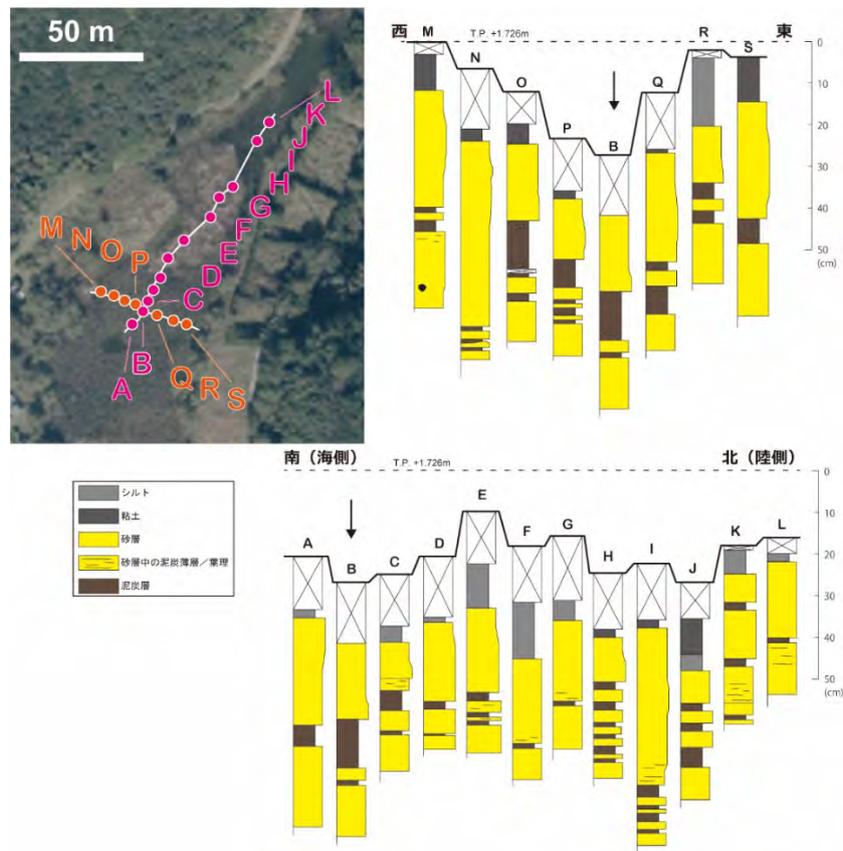


図 2 - 3 - ③ - 7 天満地区の池においてハンドコラーで確認された層序。矢印は2つの測線の交点を示す。基図は国土地理院の地理院地図を使用。

表 2-3-③-2 ジオスライサー掘削地点と試料名

地点名	標高 T. P. (m)	試料名	試料長 (m)
Loc. 1	2.100	SS-01	1.60
		SS-02	1.90
Loc. 2	2.110	SS-03	1.70
		SS-04	1.80
Loc. 3	2.131	SS-05	1.90
		SS-06	1.90
		SS-07	1.86
Loc. 4	2.216	SS-08	1.90
		SS-09	1.78
Loc. 5	2.222	SS-10	1.58
		SS-11	1.93
Loc. 6	2.327	SS-12	1.40
		SS-13	1.85

### 3) 高知県南国市

調査地域は高知県南国市の十市及び浜改田地区の海岸沿いに東西方向に分布する浜堤と、その背後（北側）の海岸低地である（図 2-3-③-8）。この浜堤は、物部川河口の西岸から高知市の浦戸湾東岸まで約 12km にわたって分布し、調査地域の浜堤頂部の標高は約 12m、海岸線と直交方向の幅は 400~500m 程度である。浜堤背後の低地は、物部川下流域の扇状地性の平野から丘陵によって隔てられ、洪水など河川による影響を受けにくい環境である。

本年度は、浜堤及び背後の低地において採取した堆積物試料の層相観察や放射性炭素年代測定、浜堤を構成する砂層の OSL 年代測定などを実施した。堆積物試料はいずれも昨年度実施した掘削調査で採取したもので、OSL 年代測定に用いた砂質堆積物は、浜堤上に南北方向に設定した地中レーダ（GPR）探査測線に沿って、ハンドオーガを用いて採取した（15 地点、深さ最大 6m）。測定には堆積物中から抽出した長石粒子を用い、IRSL（赤外光励起ルミネッセンス）信号を 2 種類の方法（IR50 及び pIRIR150）で測定した。本報告では、層位の上下関係とも矛盾が少なく、年代の誤差が比較的小さい IR50 によって得られた年代値を基に議論を行った。

#### a) 浜堤の地形発達調査

Y-Y” 測線沿いの浜堤頂部にあたる地点 B1（2-3-③-8、標高 11.28m）におけるボーリング柱状図を図 2-3-③-9 に示す。B1 地点の地質は、地表から標高約-1.6m まで中～粗粒砂を主体とし細礫の混じる砂層である。標高約 6m には下限に明瞭な地層境界を持ち上方細粒化する層厚約 15cm の細礫質層が見られる。また、標高約-0.3m には層厚約 10cm の砂質シルト層を挟在する。標高約 0.5m の炭化物からは 5740-5600 cal yr BP の年代が得られた。標高約-1.6~-4.6m は砂礫層で最大 50mm の礫を含み、標高約-3.7~3.9m にはシルト質砂層を挟む。標高約-4.6~-6.2m までは礫を含む中粒～粗粒砂主体の砂層で、標高約-4.8m の果実は 7560-7420 cal yr BP の年代を示す。標高約-6.2~-12.1m は垂角～垂円礫主

体とする砂礫層、標高約-12.1～-14.6m はシルト～粘土層、標高約-14.6～-18.8m は垂角～垂円礫主体とする砂礫層となる。この砂礫層には長径 120mm 以上の大礫も含まれる。標高約-18.8～-23.9m はシルト～粘土層が主体となり、一部には砂礫層を挟在する。標高約-21～-22.3m のシルト～シルト質砂層には木片などの有機物が多く含まれる。標高約-23.9～-24.2m は砂礫層、標高約-24.2～-25.7m は風化した基盤岩となる。標高約-19.8m、-22m、-22.3m の木片や炭化木片から得られた年代値は、いずれも放射性炭素年代測定の適用範囲より古い >43500 yr BP を示した。



図 2-3-③-8 高知市南国市の調査地域。地中レーダ探査の測線と掘削地点を示す。基図には地理院地図を使用。

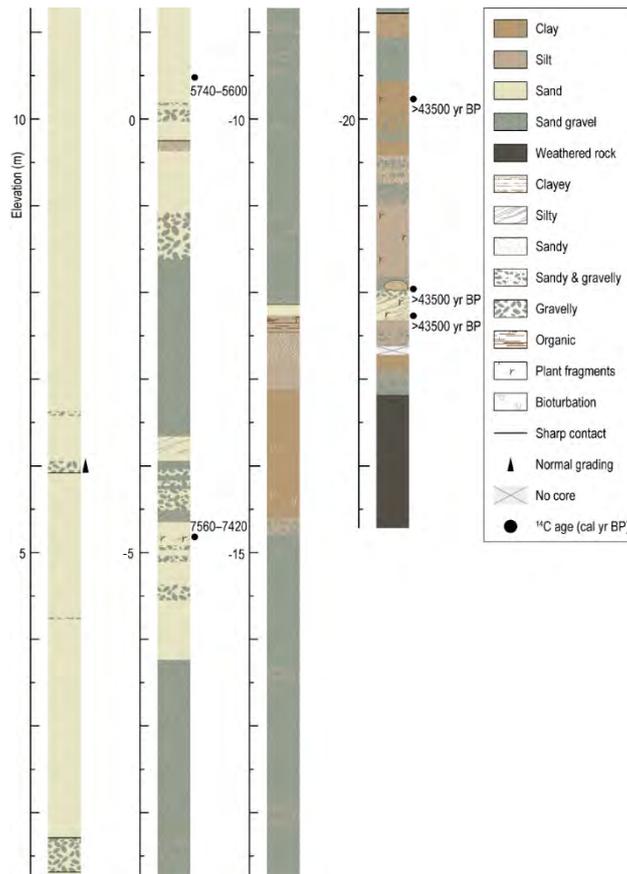


図 2-3-③-9 地点 B1 におけるボーリング柱状図。

地中レーダ探査によって得られた、X-X'、Y-Y" 測線（図 2-3-③-6）の反射断面のトレース図と OSL 年代測定結果を図 2-3-③-10 及び図 2-3-③-11 に示す。X-X' 測線では浜堤の海側～陸側の地点で広く年代測定を行い、Y-Y" 測線では浜堤頂部（Y'）付近で重点的に実施した。

Y-Y" 測線の Y' 地点付近の約 400m の区間の 3 地点からは約 4500～1000 年前の OSL 年代（本報告では IR50 による年代値を使用）が得られた（図 2-3-③-10）。得られた年代値はそれぞれの掘削地点で下位から上位へ若くなる傾向を示し、反射面のトレースから解釈される砂層の畧重関係と一致する。ハンドオーガーで得られた最も下位の標高 4～5 m（地表面から約 6m）の試料は約 4500～4000 年前の年代を示した。機械ボーリングによって得られたさらに下位の標高約 0.5m の炭化物は 5740-5600 cal yr BP を示しており、OSL 年代とも矛盾しない。浜堤頂部に最も近い地点（Y-Y" 測線上の海岸沿いから約 310m）では深度約 1 m から約 3000～2600 年前の年代が得られた。一方、浜堤頂部の海側（海岸沿いから約 300m）の深度約 2 m 及び陸側（海岸沿いから約 340m）の深度約 3 m から得られた年代は、それぞれ 1300～1100 年前と 2800～2400 年前と、両者ともに浜堤頂部より新しい年代を示した。浜堤内部の反射面は、浜堤頂部より海側（南側）では海側に、陸側（北側）では陸側にそれぞれ傾いており、反射面は南北両方向に付加していくように解釈される。上述の年代はこの解釈と合致する。

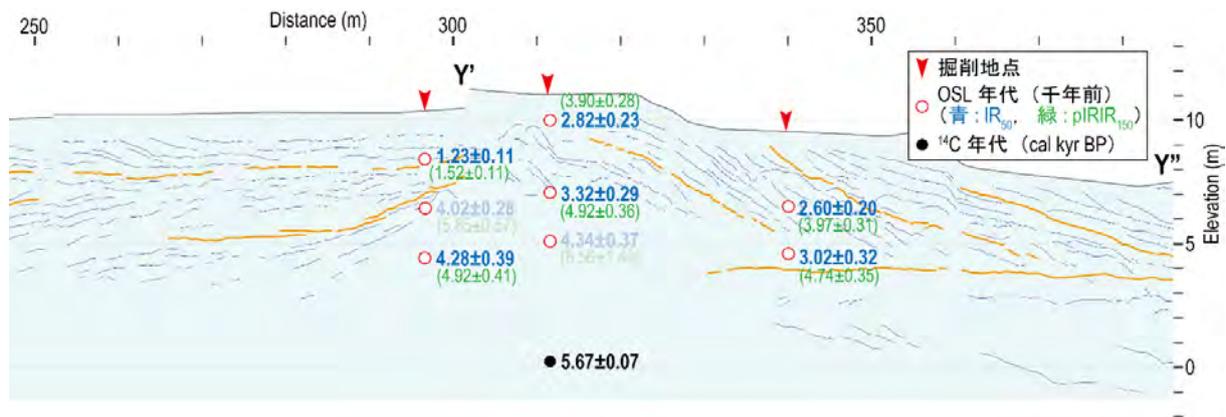


図 2-3-3-10 Y-Y' 測線北部の反射断面のトレース図と年代測定結果。測線位置は図 2-3-3-8 を参照。

X-X' 測線では、浜堤頂部からは年代が得られなかったが、浜堤の海側から陸側を縦断する 7 地点で年代を得た (図 2-3-3-11)。明らかになった年代は約 2700~200 年前で、Y-Y' 測線と同様にほとんどの掘削地点で上位ほど若い年代が得られたが、Y-Y' 測線の浜堤頂部付近より若い年代が多数を占めた。浜堤頂部の陸側 (X-X' 測線上の海岸沿いから約 320~350m) の 2 地点からは約 2700~1100 年前、浜堤頂部の海側 (X-X' 測線上の海岸沿いから約 20~220m) の 5 地点からは約 2400~200 年前の年代値が得られ、特に海岸沿いから約 20~150m の 3 地点の試料 (深度 4 m 以浅) は全て、陸側の 2 地点より新しい年代を示した。浜堤頂部より南北両側の地において新しい年代が得られる傾向は Y-Y' 測線と同様で、浜堤構成層の付加する方向と一致している。

これらの X-X' 及び Y-Y' 測線から現状得られている年代値を基にすると、本地域の浜堤は以下のような過程で成長したと考えられる。①約 6000~3000 年：現在の浜堤頂部付近で砂層が上方へ標高 10m 程度まで成長し浜堤の基部が形成される。②約 3000~2000 年前：砂層が陸側 (北側) へ付加する。③約 2000 年前以降：砂層が海側 (南側) へ付加する。以上のように、浜堤は約 3000 年前頃まで上方へ成長し、その後は側方へ成長したと推定される。浜堤背後の低地で行われた津波堆積物調査では、約 6000~2400 年前には見られたイベント堆積物が約 2400~900 年前に確認されていない (Tanigawa et al., 2018)。このイベント堆積物が確認されていない期間は浜堤が側方へ成長する期間と概ね一致しており、浜堤の南北方向への成長が、津波などの内陸への浸水に影響を及ぼした可能性も考えられる。

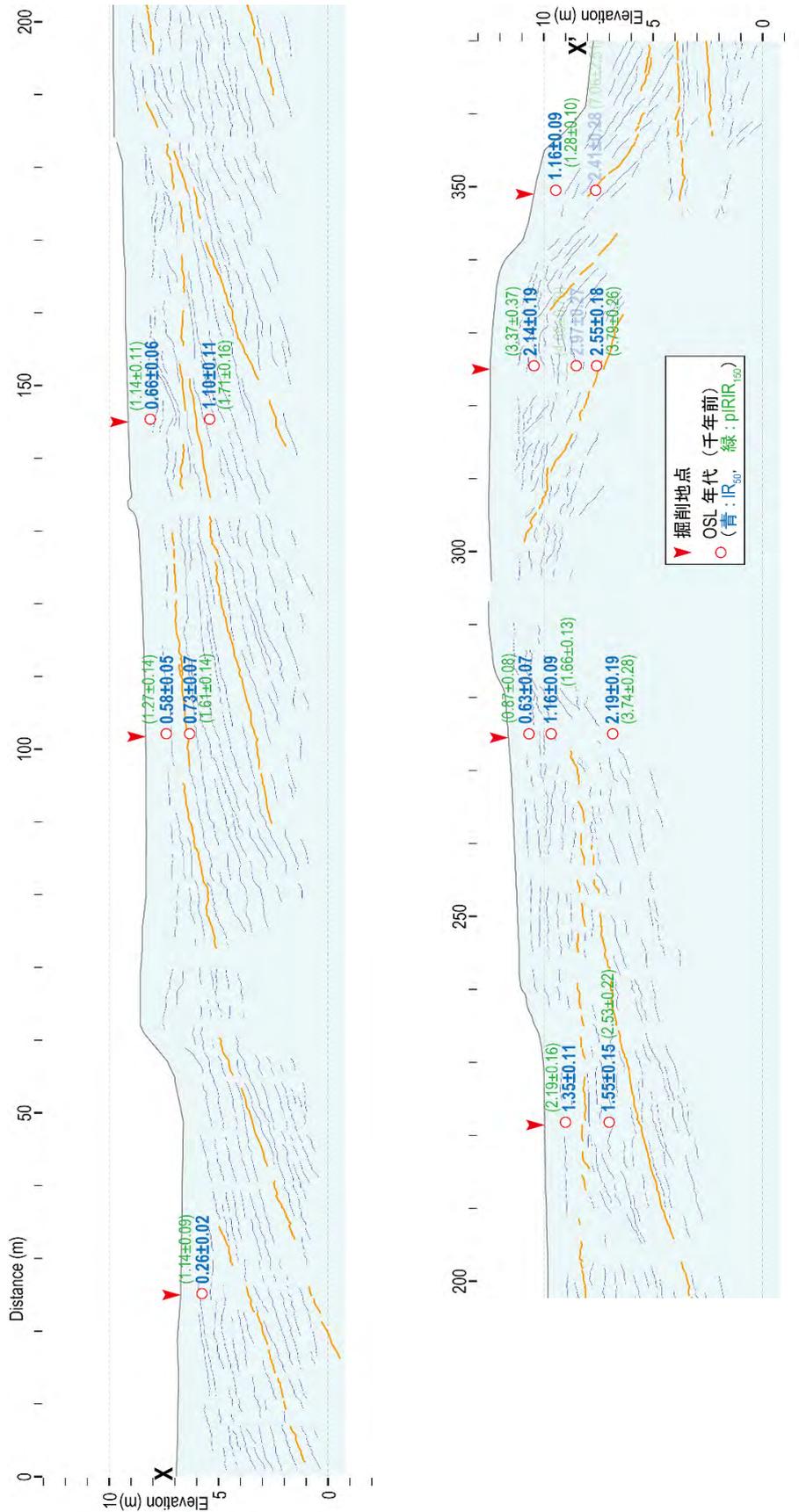


図 2-3-3-③-11 X-X' 測線の反射断面のトレース図と年代測定結果。測線位置は図 2-3-3-③-8 を参照。

b) 浜堤背後の低地における掘削調査

地点B2（図2-3-③-8、標高3m）におけるボーリング柱状図を図2-3-③-12に示す。B2地点の地質は、地表から標高約2.3mまでは耕作土及び盛土、標高約2.3～2mは砂礫質シルト層、標高約2～1mは有機質シルト層である。標高約1～-0.1mは泥炭層で間に6つのシルト層を挟む。泥炭層の下位は標高約-0.5mまで有機質シルト層となり、この間にも3つのシルト層が挟在する。これらのシルト層の層厚は数センチ程度のものが多く上下の地層と異なり有機物が少ない。また、泥炭層と有機質シルト層の間には、上下に明瞭な地層境界をもつ層厚3cmの細粒砂層が挟在する。有機質シルト層以下は標高約-0.5～-1.35mがシルト層、標高約-1.35～-2mが粘土層となり、標高約-1mには層厚約5cmの有機質シルト層が挟在する。得られた放射性炭素年代から、標高約-1～2mの地層は約6300～2000 cal yr BPに形成されたとみられる。泥炭及び有機質シルト層の挟在する複数のシルト層（標高約-0.3～0.6m）は約5700～4800 cal yr BPに、標高約-0.1mの砂層は約5700～5300 cal yr BPに堆積したと推定される。

B2地点の西隣の低地（南国市十市、図2-3-③-8）でも、B2地点と同様に上位に有機質粘土層～泥炭層、下位にシルト～粘土層が分布し、地層境界も標高0～-1mに存在する<sup>7)</sup>。このことは、過去約6000年間にわたってこれらの低地表層の堆積物が同様の環境下で堆積し、特に最近約5千年間は湿地のような環境が継続したことを示す。一方で、Tanigawa et al. (2018)で有機質層中に複数報告されたイベント砂層はB2地点では1層しか確認されず、B2地点の有機質層中には複数のシルト層が見られた。有機質層中に有機物に乏しいシルト層が挟在する要因としては、もともと湿地環境であった場所が沈降により湛水し有機物の供給が減少した可能性が挙げられるが、今後の珪藻化石分析などから成因を検証したい。

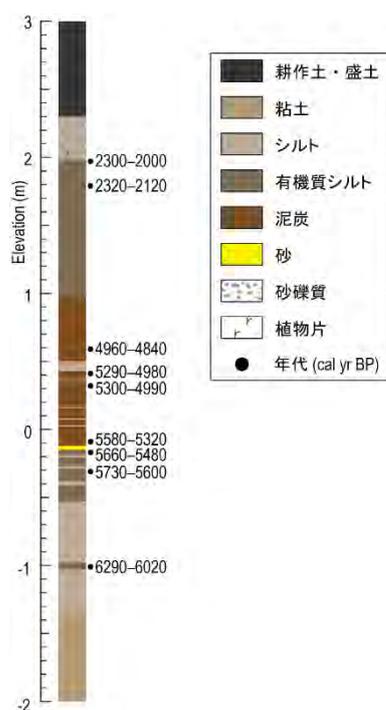


図2-3-③-12 地点B2におけるボーリング柱状図。

(c) 結論ならびに今後の課題

三重県南伊勢町「こがれ池」の湖底堆積物から、過去 3000 年間における「津波」または「低頻度の非常に大きなストーム」による海水侵入の履歴を明らかにした。特に、歴史時代に形成されたイベント堆積物については、南海トラフの歴史地震と対応する可能性のあるものが 6 枚見つかった。今後も別の地域における調査・分析を行って数千年間の津波浸水履歴を復元するとともに、その結果を地域間で対比することで南海トラフにおける地震発生履歴を詳細に解明できる可能性がある。

和歌山県東牟婁郡那智勝浦町において、ジオスライサー掘削による連続柱状試料の採取とハンドコアラーによる表層付近の層序の確認を実施した。その結果、津波による堆積物の可能性がある海棲生物遺骸を含んだ砂層や、泥炭層と互層をなす砂層が広範囲に分布していることを確認できた。今後は、採取した試料について微化石などの分析を行い、これらの砂層が津波由来であることの検証を行うとともに、年代測定を行うことで各層の堆積年代を推定することが必要である。

高知県南国市の十市・浜改田地区に分布する浜堤の発達過程を明らかにすることを目的に、ハンドオーガーと機械ボーリングによって採取した堆積物の層相観察や、OSL 年代測定、放射性炭素年代測定などを実施した。その結果、当地域の浜堤は約 6000～3000 年前頃に現在の浜堤頂部付近で上方へ成長して形成され、それ以降は主に側方（南北方向）へ成長して浜堤の幅が拡大したと推定された。本年度は浜堤の表層 6 m 以内で採取した試料の OSL 年代測定を実施したが、今後はより深い層準から採取した試料の年代測定を実施して詳細に浜堤の発達史を明らかにしたい。また、浜堤背後の低地のボーリングから、地点 B2 では約 5700～2000 年前に継続して有機質シルト層～泥炭層が堆積し、砂層や有機物に乏しいシルト層を挟在すること明らかになった。今後は珪藻化石分析などを実施し、これらの砂層やシルト層の成因を明らかにしたい。

(d) 引用文献

- 1) Haslett J, Parnell A (2008) A simple monotone process with application to radiocarbon-dated depth chronologies. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, 57, 399-418.
- 2) Parnell AC, Haslett J, Allen JRM, Buck CE, Huntley B (2008) A flexible approach to assessing synchronicity of past events using Bayesian reconstructions of sedimentation history. *Quaternary Science Reviews*, 27, 1872-1885.
- 3) Sabatier S, Wilhelm B, Ficetola GF, Moiroux F, Poulénard J, Develle A, Bichet A, Chen W, Pignol C, Reyss J, Gielly L, Bajard M, Perrette Y, Malet E, Taberlet P, Arnaud F (2017) 6-kyr record of flood frequency and intensity in the western Mediterranean Alps - Interplay of solar and temperature forcing. *Quaternary Science Reviews* 170:121-135.
- 4) Kempf P, Moernaut J, Van Daele M, Pino M, Urrutia R, De Batist M (2020) Paleotsunami record of the past 4300 years in the complex

coastal lake system of Lake Cucao, Chiloé Island, south central Chile. Sedimentary Geology, 401, 105644.

- 5) Fujino S, Kimura H, Komatsubara J, Matsumoto D, Namegaya Y, Sawai Y, Shishikura M (2018) Stratigraphic evidence of historical and prehistoric tsunamis on the Pacific coast of Central Japan: implications for the variable recurrence of tsunamis in the Nankai trough. Quaternary Science Reviews, 201:147-161.
- 6) 宍倉正展・越後智雄・前杵英明・石山達也 (2008) 紀伊半島南部沿岸に分布する隆起生物遺骸群集の高度と年代－南海トラフ沿いの連動型地震の履歴復元－. 活断層・古地震研究報告, 8, 267-280.
- 7) Tanigawa K, Shishikura M, Fujiwara O, Namegaya Y, Matsumoto D (2018) Mid-to late-Holocene marine inundations inferred from coastal deposits facing the Nankai Trough in Nankoku, Kochi Prefecture, southern Japan, The Holocene, 28, 867-878.

(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
静岡県浮島ヶ原において復元された過去5000年間の沈水イベント（口頭）	澤井祐紀 百原新 伊藤一充 松本弾 嶋田侑真	日本第四紀学会 2022年大会	2022.8	国内
三重県南部の沿岸湖沼における過去3000年間の海水侵入の履歴（口頭）	嶋田侑真 澤井祐紀 松本弾 谷川晃一朗 伊藤一充 田村亨 行谷佑一 宍倉正展 藤野滋弘	日本第四紀学会 2022年大会	2022.8	国内
宮崎県青島における津波被害の考察（口頭）	伊尾木圭衣 山下裕亮	第12回 巨大津波災害に関する合同研究集会	2022.12	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

## ④ 史料に基づく南海トラフ巨大地震の履歴

### (a) 業務の要約

歴史時代の史料に基づく南海トラフ巨大地震の履歴は 684 年白鳳地震まで遡ることができ、昭和東南海・南海地震を含めて 9 回発生していることがわかっている。昭和から安政、宝永、明応と一連の南海トラフ巨大地震の事例を見てもその地震発生域には多様性を含んでいるため、これらの波源評価に関連する情報を可能な限り入手し、詳細な波源の検討を行うとともに、地震発生の多様性を定量的に示すとともに、地震発生推移予測の重要な拘束条件を示すことができる。そこで本業務では、最新の津波痕跡高分布、南海トラフのプレート構造や昭和東南海地震・南海地震の最新の研究成果を踏まえて、地殻変動と津波痕跡高分布に基づく 1944 年昭和東南海地震の波源域再評価を行った。また文献記録・堆積物記録から 1498 年明応東海地震の津波波源モデルの推定も行った。

### (b) 業務の成果

#### 1) 地殻変動と津波痕跡高分布に基づいた昭和東南海地震の津波波源域の再評価

南海トラフ巨大地震の再来周期とその規模を推定することは、巨大地震の長期評価を行う上では極めて重要である。昭和東南海地震の波源断層モデルは津波波形逆解析に基づく検討 (Satake, 1993<sup>1)</sup>; Tanioka & Satake, 2001<sup>2)</sup>; Baba & Cummins, 2005<sup>3)</sup>) が行われている。一方、当該地震の津波痕跡高分布を説明するための波源断層モデル (相田, 1979<sup>4)</sup>; 安中ほか, 2003<sup>5)</sup>) は矩形断層モデルによる検討にとどまっている。このような矩形断層モデルでは、沿岸における地殻変動や津波高分布を十分に説明することは難しい。また、瀬野 (2012)<sup>6)</sup> は、一連の南海トラフ巨大地震は単なる固有地震としての再来を繰り返しているのではなく、強震動や津波の生成域が各地震で相補的な関係にあることを主張している。このことを明らかにするために、波源推定に利用可能な情報が比較的豊富な宝永地震、安政地震、昭和地震について、断層構造やすべり量を推定するための痕跡情報を統一して解析を行うことが必要と考えられる。最新の津波痕跡高分布、南海トラフのプレート構造や昭和東南海地震・南海地震の最新の研究成果を踏まえて、地殻変動と津波痕跡高分布に基づく昭和東南海地震の波源域再評価を行った。

1944 年昭和東南海地震による津波は、伊豆半島から和歌山県までの沿岸に影響を及ぼした。当該地震の津波は三重県太平洋沿岸で激甚被害を及ぼしたことから、三重県太平洋沿岸を中心に津波痕跡高の再調査を実施した (図 2-3-④-1)。再調査の結果については報告済みであるため、ここでは三重県沿岸において 10m を越える新鹿の津波について紹介していく。昭和東南海地震における熊野市新鹿の津波については、新鹿津波調査会 (1985)<sup>7)</sup> によって詳しく纏められている。それによれば新鹿沿岸の徳司神社では、繰り返し発生してきた南海トラフ巨大地震の津波履歴が残されており、昭和東南海地震では、石段下から 11 段目まで潮が上がった (浸水高 8.5m)。また、中心市街を流れる里川沿いで遡上高 13.6m に及んでいた (図 2-3-④-2)。

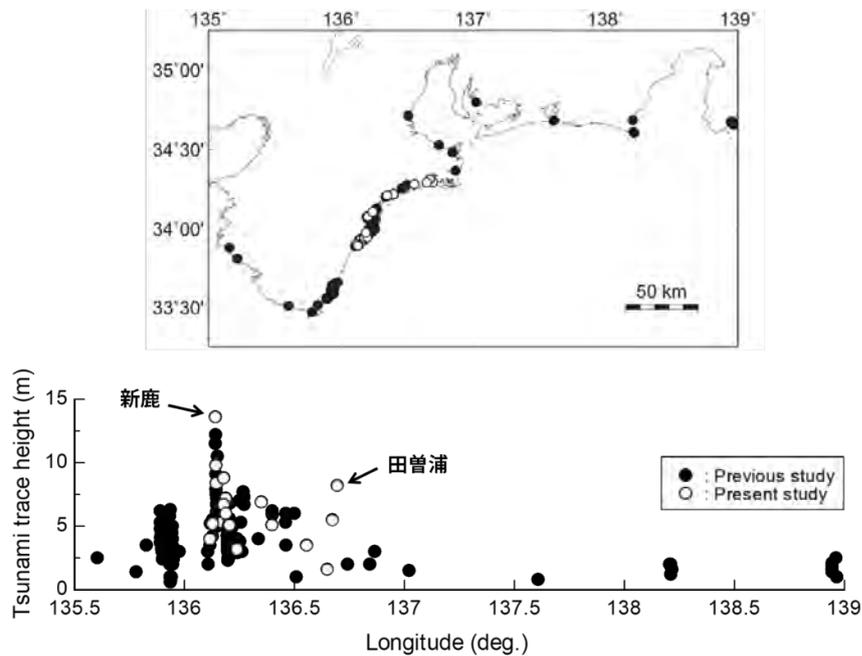


図 2-3-④-1 昭和東南海地震による三重県太平洋沿岸の津波痕跡調査全体図。図中の黒丸・白丸は津波痕跡地点を示す。

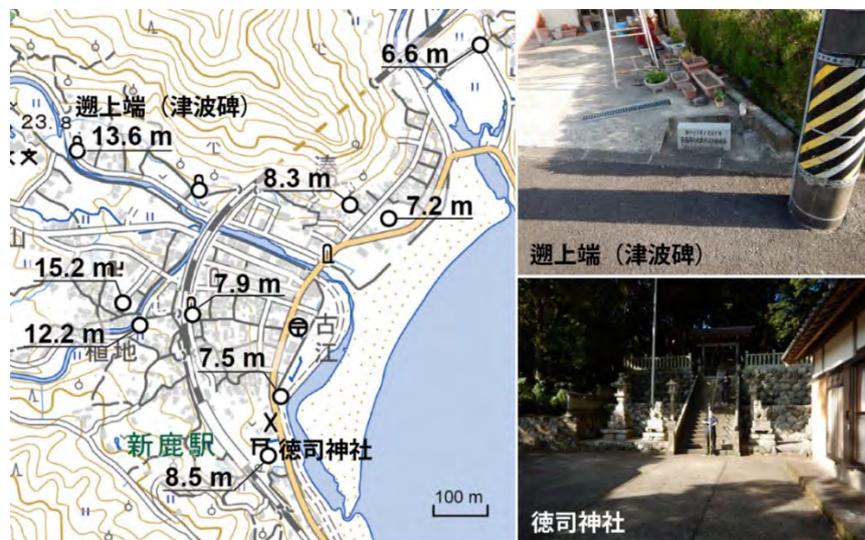


図 2-3-④-2 新鹿の津波痕跡分布。左図が新鹿市街地における津波痕跡。右上図は遡上端に設置された津波碑、右下図は徳司神社。基図は国土地理院の地理院地図を使用。

これに加え新鹿津波調査会(1985)<sup>7)</sup>では新鹿町内の家屋について、全壊、半壊、床上浸水、床下浸水のいずれの被害であったかが、居住者ごとに表形式でまとめられている。床上浸水の被害家屋については床上から何 cm 浸水したかが記されている例が多くある。また、居住者名が記された住宅地図も掲載されている。表にある居住者名からその居住者の住宅の位置を住宅地図により同定し、236 軒の住宅についてどこでどのような被害であったのかを現在の地図上でおおむね明らかにした(図 2-3-④-3a)。この結果、海岸

や河川に近い家屋はほとんどが流失しており、床上浸水した家屋は流失家屋分布のすぐ外側（山側）に集中していることがわかった。現地調査の結果、町内の家屋の床面の高さは地盤面から約 60cm 上にあると観察されたので、新鹿津波調査会(1985)<sup>7)</sup>にある床上浸水の高さに 60cm を加えてそこでの浸水深とした。この結果、床上浸水した家屋は浸水深が 1.5-2m 程度に集中することがわかった。さらに床上浸水した家屋の浸水深に対し、推定された家屋の位置での地盤面の標高を加えることで津波の浸水高を推定した。標高値については現地調査により測量した結果を利用したが一部国土地理院による基盤地図情報数値標高モデル（5m メッシュ）による値も利用した。この結果、床上浸水、すなわち流失を免れた家屋については、浸水高が標高 6~8m 程度に集中し（図 2-3-④-3b）、それ以上の高さの家屋も存在することがわかった。流失を免れた家屋の浸水高が 6~8m 程度に集中することと、それよりも海側の家屋はほとんどが流失しことから、流失した地域ではさらに高い浸水高であったことが推定される。

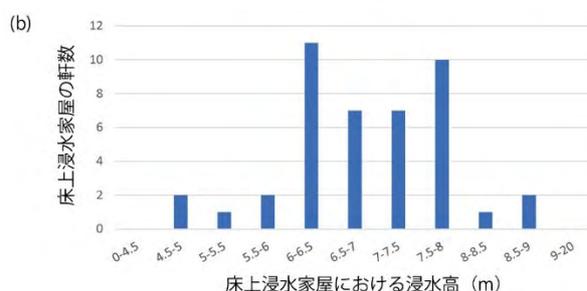
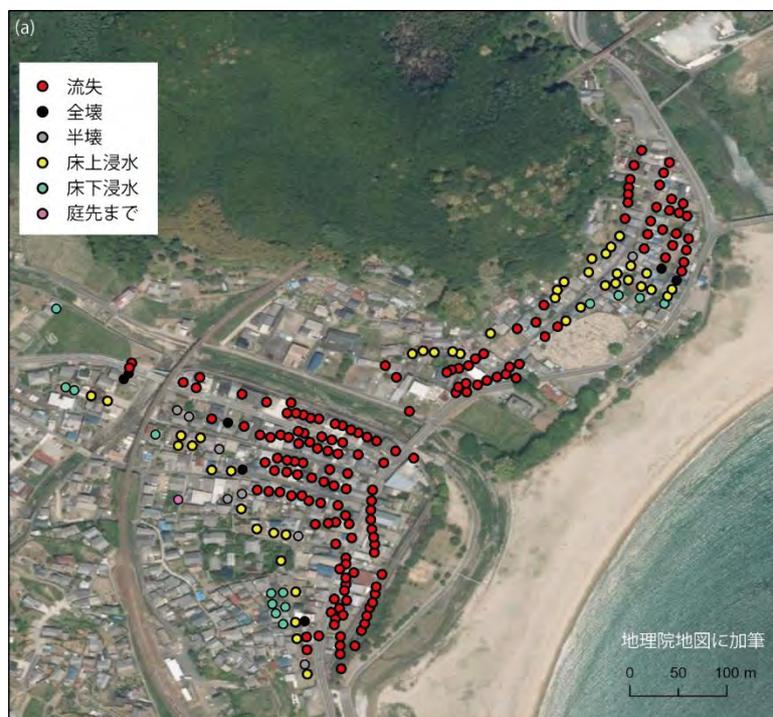


図 2-3-④-3 (a)新鹿津波調査会(1985)<sup>7)</sup>から読み取れる新鹿町内の家屋被害分布、(b)浸水高ごとの床上浸水家屋数の度数分布。

また、既往研究（中央气象台、1945<sup>8)</sup>；表、1948<sup>9)</sup>；羽鳥、1974<sup>10)</sup>；飯田、1981<sup>11)</sup>；三重県、1995<sup>12)</sup>）や三重県沿岸の当該地震津波に関する石碑情報（新田、

2014<sup>13)</sup> )において、津波痕跡信頼度(岩淵ほか、2012<sup>14)</sup> )がC以上となる津波痕跡は197点、三重県の再調査によって19点を追加で評価することができ、当該地震による津波痕跡点は合計216点となった。津波痕跡高分布(図2-3-④-4)の特徴としては、静岡県沿岸の伊豆半島や遠州灘では2m程度、三重県や和歌山県の太平洋沿岸では平均的に5m程度であるが、三重県の尾鷲で5~7m、新鹿では10m以上に及んでいたことがわかる。

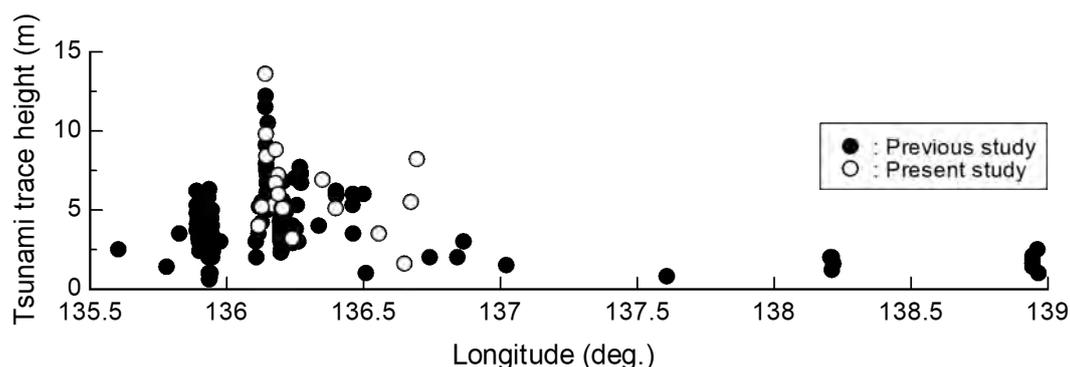


図2-3-④-4 1944年昭和東南海地震による津波痕跡高分布。

波源推定を実施するにあたり、波源断層モデルは、三次元地下構造モデルから解釈されたプレート境界モデル(Nakanishi et al., 2018<sup>15)</sup> )を利用した。このモデルの特徴はフィリピン海プレートの沈み込み形状を詳細な速度構造から解釈されていることにある。想定する参考に設定し、すべり面は深さ8~24kmの範囲、地殻変動及び津波痕跡分布を踏まえ8枚の小断層を設定した(図2-3-④-5)。

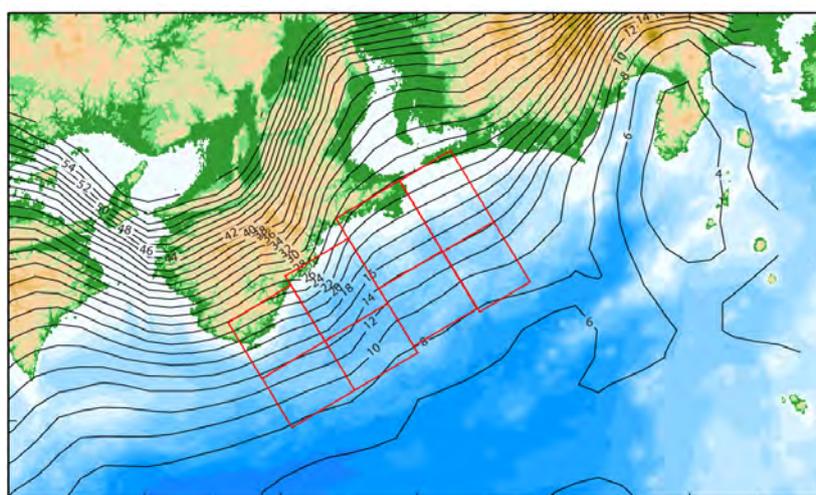


図2-3-④-5 3次元構造モデルに沿って設定した小断層。

各小断層に対応する地殻変動についてはOkada(1985)<sup>16)</sup>の方法で計算を行った。地殻変動の観測値については、Satake(1993)<sup>1)</sup>で利用されている国土地理院観測点

の値を用いた。また、波源域を踏まえて紀伊半島東沿岸における 18 点を利用した。津波のグリーン関数については線形長波理論に基づき、計算格子間隔 150m で実施した。線形長波理論では遡上計算を実施することはできない。そのため沿岸に痕跡評価点を設け、おおよそ 1km 範囲内の沿岸津波高の平均値と標準偏差で代表させ、痕跡点が少ない場合には遡上高も採用した。また、三河湾や浜名湖など、再現に詳細な地形が必要な地域については除外し、波源推定に用いた痕跡点は 50 点とした（図 2-3-④-6）。

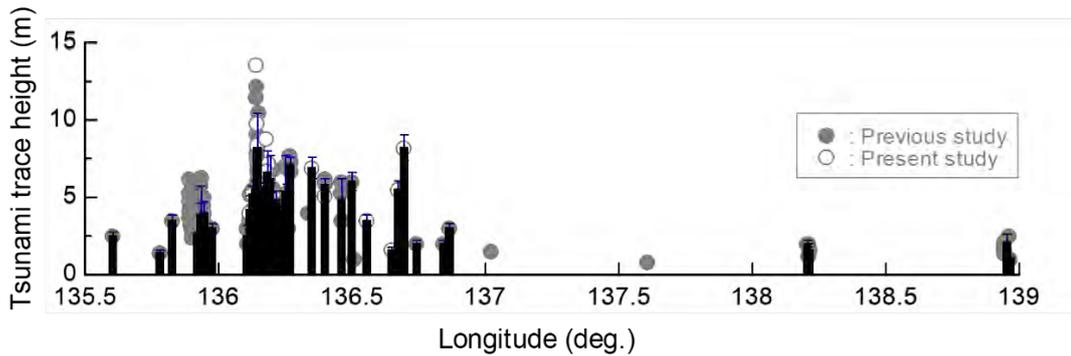


図 2-3-④-6 集落毎に平均化した津波痕跡高分布。

$$H_{syn, j} = \max \left( \sum_{k=1}^m a_k \eta_{j, k} \right)$$

ここで、 $a_k$ は小断層  $k$  のすべり量、 $\eta_{j, k}$ は小断層  $k$  による  $j$  地点の津波グリーン関数である。波源推定には、津波高の痕跡値と計算値の誤差ノルムが最小となる各断層すべり  $a_k$  を SA (Kirkpatrick et al., 1983<sup>17)</sup>) によって求めた。この方法では沿岸津波高を津波痕跡高と等価と仮定している。津波の非線形性を考慮しないと過大評価となる地点も存在するため、非線形長波理論と線形長波理論による痕跡評価点の関係を 8 次の多項式で近似した。

$$H_{nlw, j} = \sum_{i=0}^n c_i (H_{syn, j})^i$$

ここで、 $H_{nlw, j}$ は  $j$  地点における非線形長波における最大津波高、 $H_{syn, j}$ は  $j$  地点における線形長波の重ね合わせによって得られる最大津波高、 $c_i$ は  $i$  次の係数であり、これらの係数や定数はあらかじめ設定した複数の波源断層シナリオによる非線形長波による津波高との関係を利用して最小自乗法により決定した。なお、痕跡値は平均値と標準偏差で代表させているため、標準偏差か相対誤差±10%のうち大きい方と一様乱数を用いて付与し、地殻変動と津波高の痕跡分布を 1,000 試行作成し、そのアンサンブル平均を代表値とした。

図 2-3-④-7 に地殻変動と津波高分布を説明するための波源断層モデルを示す。剛性率を 30GPa として  $M_w$  を評価すると  $8.1 \pm 0.1$  となる。図から、熊野灘沖の海溝軸側に 5~6m 程度のすべりが生じていることがわかる。Yokota et al. (2016)<sup>18)</sup> によるすべり欠損の年レートから推定されるすべり量は、1854 年安政東海地震から 1944 年昭和東南海地震までの 90 年間におおよそ 3~4m 程度であるため深部の断層すべりについては調和的といえるが、海溝軸付近では 5~6m を越える小断層のすべりとなっているため、ややすべり過ぎている傾向にある。

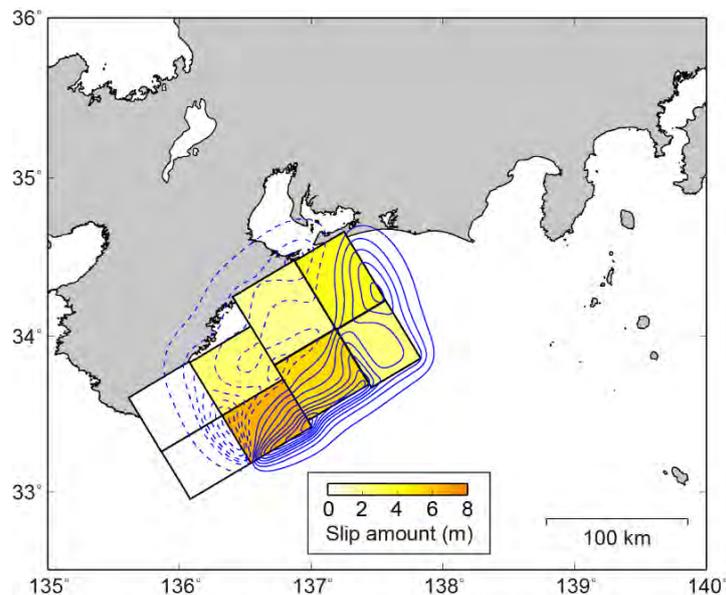


図 2-3-④-7 地殻変動と津波痕跡高に基づく 1944 年昭和東南海地震の波源断層モデル。

図 2-3-④-8 に地殻変動量と津波痕跡高分布の観測値と計算値の比較を示す。ここでの計算値は非線形長波理論を用いて計算している。図から、地殻変動について、観測値は、潮岬より東側では隆起、西側では沈降となり正負が逆転している。小断層のサイズや配置が起因して、潮岬を境にした隆起沈降のパターンを本モデルでは表現できていないが、潮岬より東側では良好に再現していることがわかる。本業務で用いた地殻変動の観測値は、地震前は 1930~1940 年代、地震後は 1947 年から 1952 年の間に実施された測量データの差分に基づいているため、当該地震以外の影響、特に 1946 年昭和南海地震による地殻変動も含まれている。そのため、潮岬西側の観測値は昭和南海地震による可能性がある。

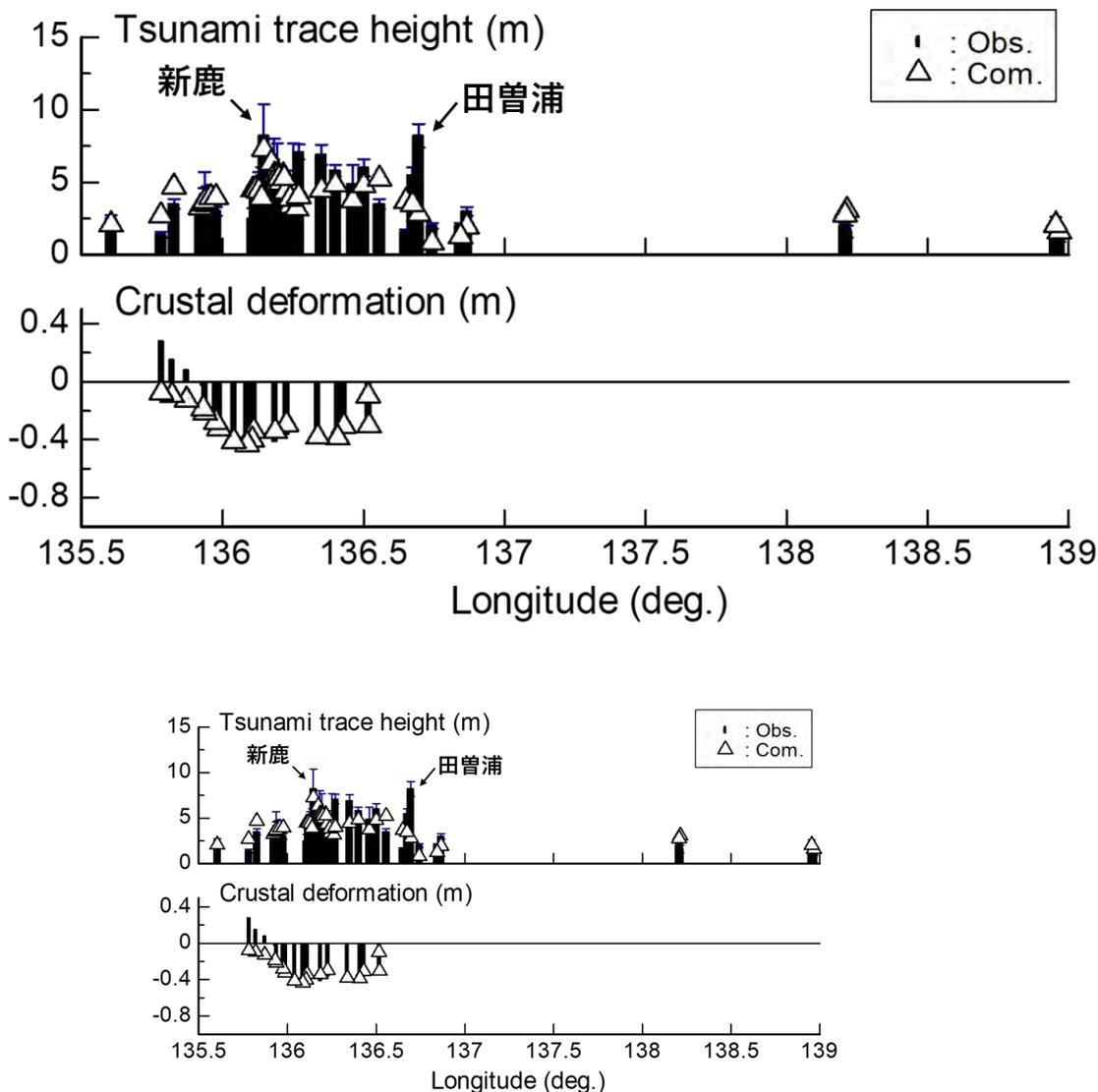


図 2-3-④-8 提案モデルによる地殻変動と津波の再現性。

津波痕跡についてもその分布の概形を概ね良好に再現できていることがわかる。一方で、田曾浦や新鹿では過小評価となっていることも確認できる。田曾浦については、津波遡上であり、150m メッシュの地形データでは再現できないこと。詳細地形を用いて検証する必要がある。新鹿については、痕跡高としては、15m を越えているため、地形データの影響だけでは説明が難しく、また、当該地域周辺の津波高に比べて局所的に津波が高まっていることから、断層運動以外による要因について検討する必要がある。

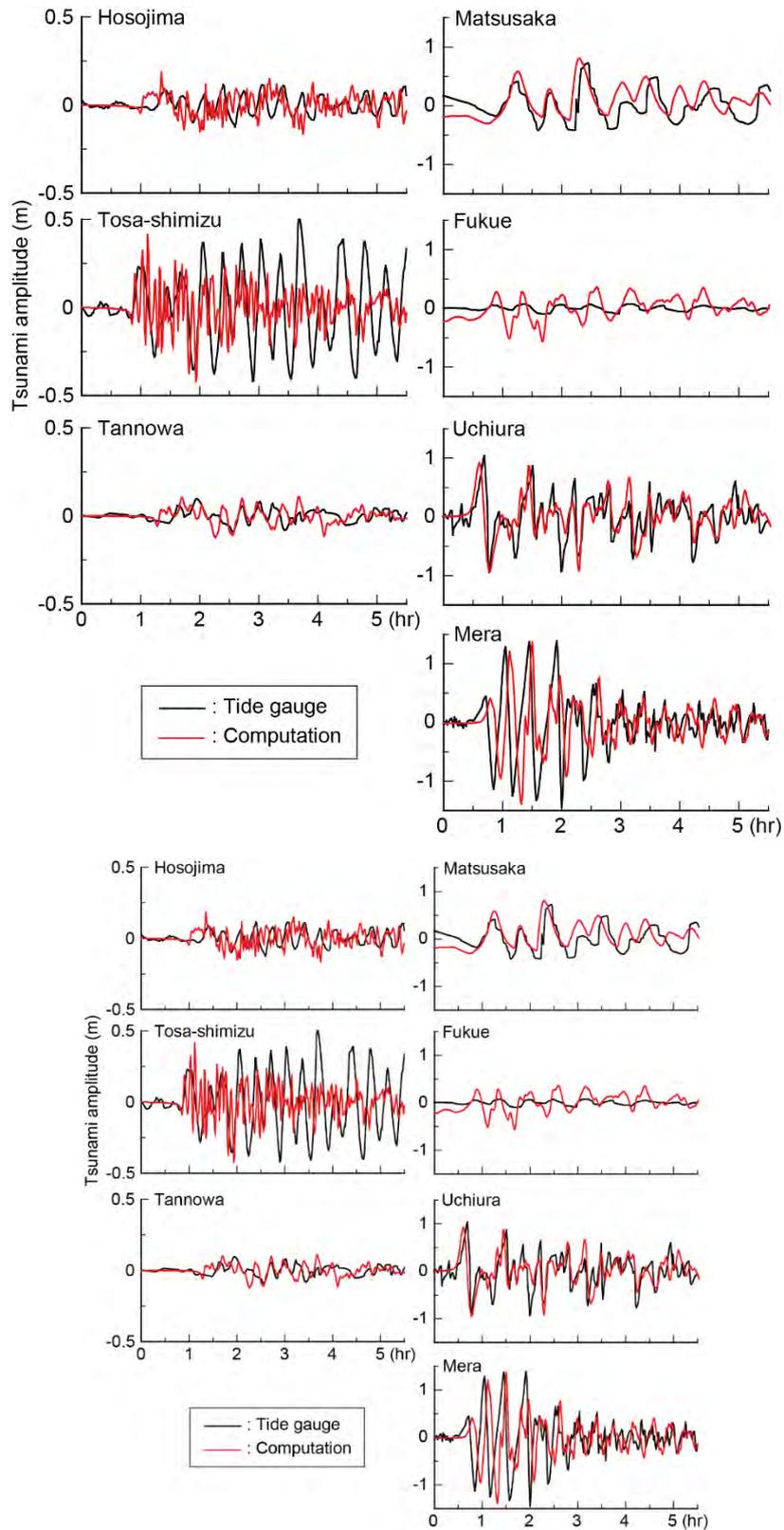
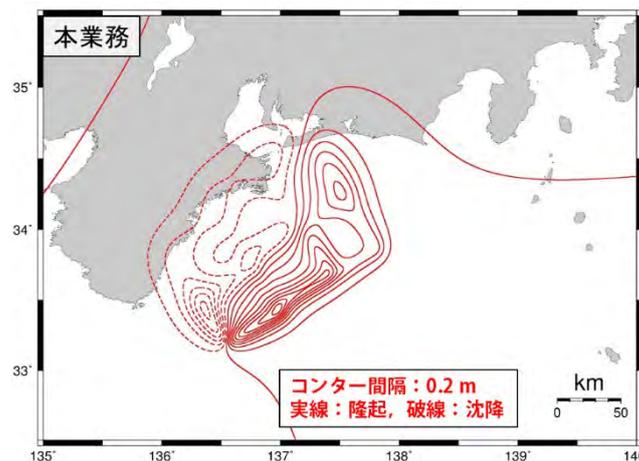


図 2-3-④-9 提案モデルによる各観測点の津波波形.

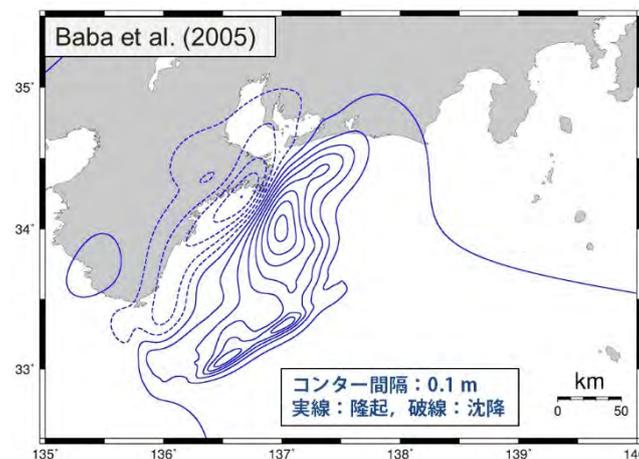
験潮記録の比較を図 2-3-④-9 に示す。比較を行った観測点は細島、土佐清水、淡輪、松坂、福江、内浦、布良の 7 点である。観測波形における地震発生時刻は波形に記録されている地震動による擾乱成分を初動としている。図から、地殻変動と津波

痕跡高分布から断層すべりを求めているが、土佐清水と細島以外ではおおむね再現できていることがわかる。土佐清水や細島では非常に多くの短波長成分が卓越している。これは解析に用いたやや粗い空間分解能では、これらの港内での津波を再現が難しいことが影響していると考えられる。また、験潮記録における長周期成分の卓越は、地震当時の験潮所の構造（導水管による水理フィルター）の影響もあるかも知れない。このような影響を精緻に評価するためには、地震当時の験潮所の導水管構造や生物付着状況を踏まえた潮位応答特性を検証する必要（例えば、Satake et al., 1998<sup>19)</sup>）がある。しかし、現在ではその検証は困難である。

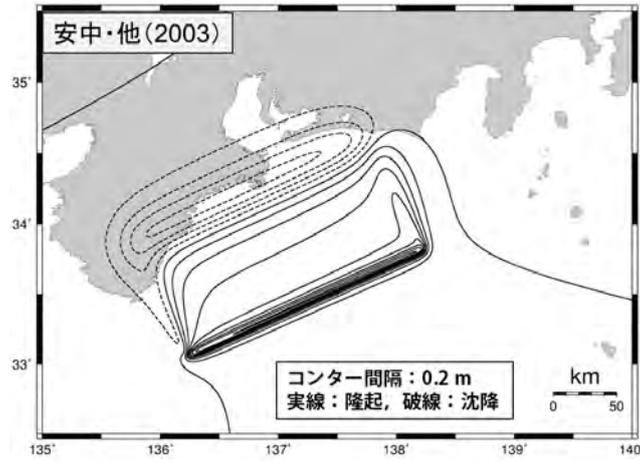
本業務で推定した波源断層モデルと既往モデルの比較を行う。比較したモデルとしては、津波波形から推定されたモデル1 (Baba et al., 2005<sup>3)</sup>) と津波痕跡高から推定したモデル2 (安中ほか、2003<sup>5)</sup>) とした。本モデルを含めそれぞれでは仮定した断層形状は異なるため、断層すべりの分布ではなく地殻変動量分布、すなわち初期波源分布で比較を行った。図2-3-④-10にその比較を示す。いずれのモデルでも熊野灘沖から伊勢沖に隆起域のピークが生じているが、モデル2は遠州灘沖まで広がっている。



(a) 提案モデル



(b) 津波波形に基づくモデル (Baba et al., 2005)



(c) 津波痕跡高分布に基づく波源断層モデル (安中・他, 2003)

図 2-3-④-11 各波源断層モデルによる初期波源の比較。(a) 提案モデル、(b) 津波波形に基づくモデル (モデル 1) (Baba et al., 2005)、(c) 津波痕跡高分布に基づくモデル (モデル 2) (安中・他, 2003)。

本モデルとモデル 1 との比較から、熊野灘沖の隆起域は両モデルとも同様の傾向となり概ね調和している。一方、伊勢沖では本モデルの方がやや東側に隆起域が広がっていることがわかる。本モデルでは小断層の断層サイズが  $50\text{km}^2$  程度としているが、モデル 1 ではより細かい  $10\text{km}^2$  程度である。伊勢湾沖の小断層付近には津波痕跡点が疎であるため小断層のサイズや配置が原因の一つと考えられる。

図 2-3-④-11 に同条件で評価された 1854 年安政東海地震の波源断層モデルとの比較を示す。2 つの地震ともに熊野灘沖の小断層で相対的に大きくすべる傾向にあることから、瀬野 (2012) が主張している相補関係というよりも、むしろアスペリティモデルとして解釈できることが示唆される。

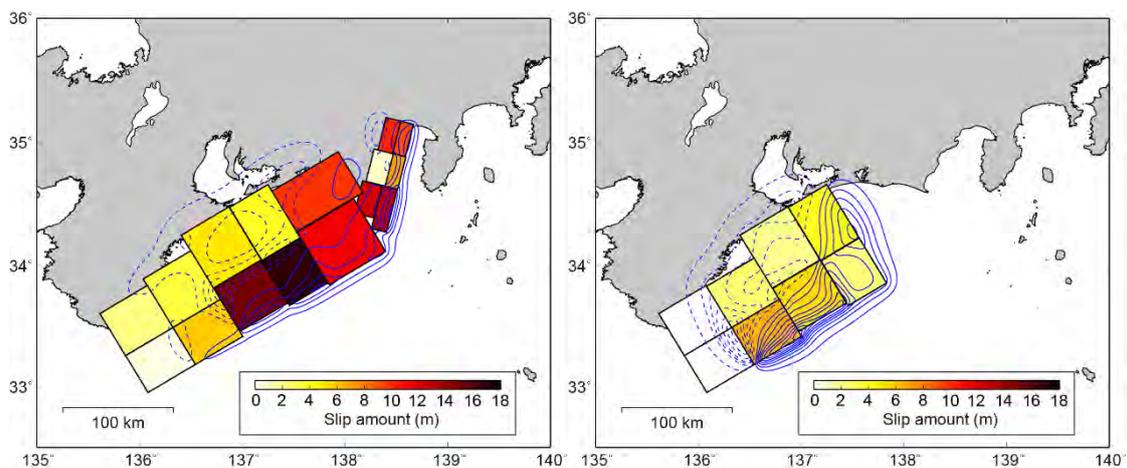


図 2-3-④-11 1854 年安政東海地震と 1944 年昭和東南海地震の波源域の比較。左図が 1854 年安政東海地震、右図が 1944 年昭和東南海地震の波源断層モデル。

1944年昭和東南海地震の波源断層モデルを再検討するために、当該地震による津波痕跡の再整理と三重県を中心とした津波痕跡高の再調査を行った。さらに国土地理院による1940～1960年の地殻変動量と再評価した津波痕跡高の分布を説明するための波源断層モデルを推定した。推定した波源断層モデルの地震規模は $M_w 8.1 \pm 0.1$ 程度となった。このモデルは熊野灘沖に大きいすべり域をもち、地殻変動と津波痕跡高の分布だけでなく観測波形についても土佐清水と細島以外での観測波形をおおむね再現し得ることがわかった。一方で、新鹿の津波高の特異性については、津波高分布を踏まえると断すべりによる津波励起では説明が難しく、海底地すべりなどの巨大地震にともなう副次的な要因を検討する必要がある。

同じ断層モデルを用いた安政東海地震の波源断層モデルとの比較からは、熊野灘沖の小断層で相対的に大きくすべる傾向にあることから、瀬野(2012)が主張している相補関係というよりも、むしろアスペリティモデルとして解釈できることが示唆される。ただし、2地震での判断は早計であり、史料が豊富な宝永地震の波源断層モデルについて、同条件での評価とそれを踏まえた検証が必要と考えられる。

#### 1) 文献記録・堆積物記録から推定される明応東海地震の津波波源モデル

海溝型巨大地震の推移予測には過去にどこまで断層破壊が及んだかもしくはどの程度のひずみエネルギーが解消されたかが重要であり、観測記録と同様に文献記録や堆積物記録もまた貴重な情報源である。しかしながら、計器観測記録のない歴史時代、特に中世以前の古文書記録は、津波来襲時における遡上限界や津波到達点を計測することができないことも多いため津波規模の推定が困難な場合も多い。堆積物記録(津波堆積物)は地震発生当時の地形復元や供給源となった場所の平均粒径の推定など多くの課題があるものの、計器観測記録のない歴史時代に発生した津波規模の推定に利用できる。本業務では、1498年明応東海地震の津波痕跡が静岡県沿岸の広い範囲にわたって確認されていることに着目して、安中モデル(安中ほか、2003<sup>1)</sup>)を初期津波波源とする津波伝播と津波土砂移動の数値シミュレーションを実行し、明応東海地震の初期津波波源の推定を試みた。

まず文献記録に基づく検証では、津波痕跡データベース<sup>2)</sup>から痕跡信頼度B～Dのものを選び、このうち外海に面した計60地点を抽出した。日本近海の全域50mメッシュの海底地形データ(Chikasada, 2020<sup>21)</sup>)と安中ほか(2003)<sup>5)</sup>によって提案された津波波源モデルを基に高性能津波計算コード(JAGURS; Baba et al., 2017<sup>22)</sup>)を使って津波伝播の数値シミュレーションを実行した。その結果、計算津波高は痕跡高より全体的に低く、安中モデルは明応東海地震の初期津波波源として過小評価であることが明らかとなった(図2-3-④-12a)。そこで安中モデルを基に平均すべり量を変えて痕跡高との比較を行ったところ、平均すべり量を2.2倍したとき津波痕跡高を概ね説明できることがわかった(図2-3-④-12b)。

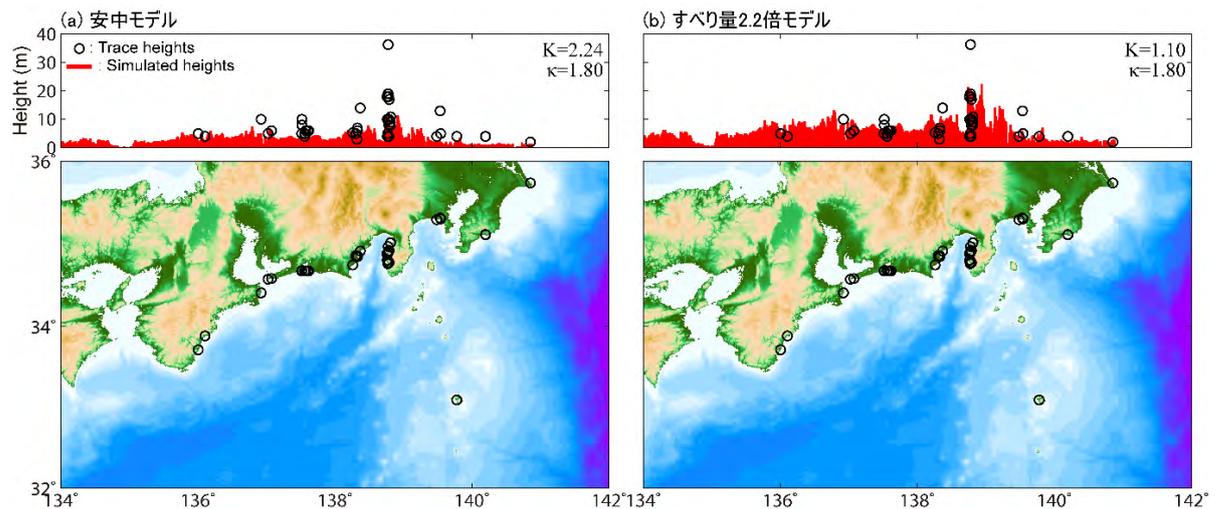


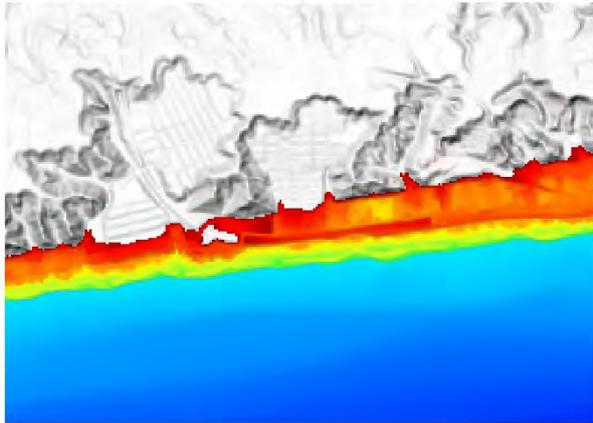
図 2-3-④-12 安中モデルと平均すべり量を 2.2 倍したモデルで求めた津波浸水高と痕跡高の比較。

次に堆積物記録に基づく検証では、明応東海地震の津波堆積物が確認されている静岡県湖西市白須賀（堆積層厚 8-50cm; Komatsubara et al., 2008<sup>23)</sup>）、静岡県焼津市浜当目（堆積層厚 10cm 程度; Kitamura et al., 2020<sup>24)</sup>）を対象に、安中モデルを基にした五つのシナリオ（安中モデルの平均すべり量をそれぞれ 1 倍、1.5 倍、2 倍、2.5 倍、3 倍したもの）に対して津波土砂移動計算（高橋ほか, 1999<sup>25)</sup>；高橋ほか, 2011<sup>26)</sup>；Sugawara et al., 2019<sup>27)</sup>）を実施した（表 2-3-④-1）。地形標高は内閣府南海トラフの巨大地震モデル検討会の地形データを使用した。地震発生当時の地形標高及び海岸線は内閣府の地形データを基に大日本帝國陸地測量部 2 万 5 千分の 1 地形図<sup>28)</sup>及び江戸後期の伊能図<sup>29)</sup>から復元した（図 2-3-④-13、14）。

表 2-3-④-1 津波土砂移動計算のための検討モデル

Models	Mw	Slip amounts	
		Tokai segment	Tonankai segment
1	8.4	7.0 m	5.3 m
2	8.5	10.5 m	7.9 m
3	8.6	14.0 m	10.6 m
4	8.6	17.5 m	13.3 m
5	8.7	21.0 m	15.9 m

(a) 現在の地形



(b) 地震発生当時の復元地形

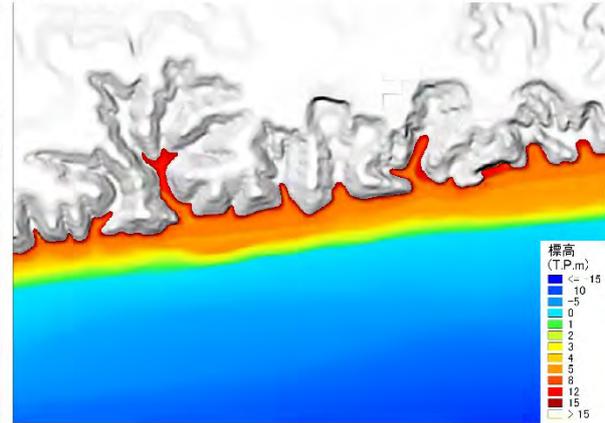
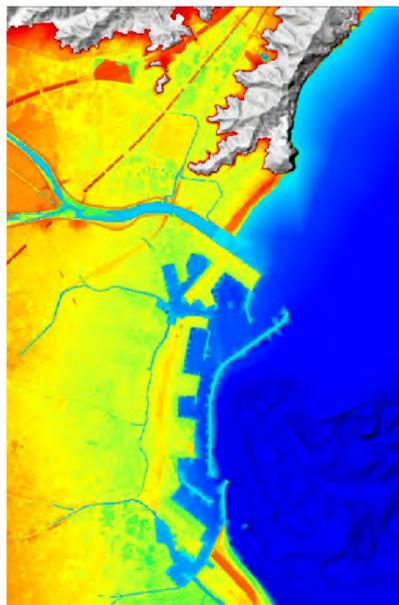


図 2 - 3 - ④ - 13 湖西市白須賀の (a) 現在地形と (b) 地震発生時の復元地形。標高データは国土地理院の基盤地図情報を利用した。

(a) 現在の地形



(b) 地震発生当時の復元地形

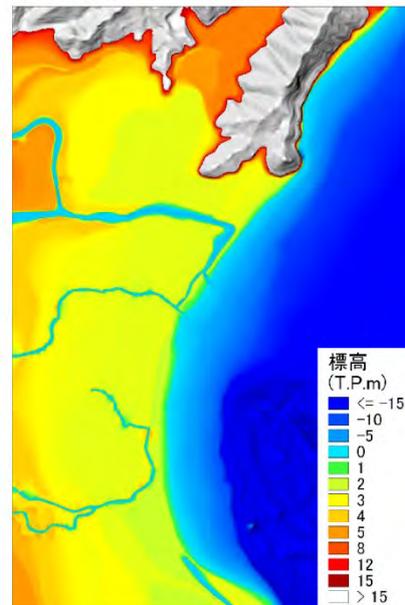


図 2 - 3 - ④ - 14 焼津市浜当目の (a) 現在地形と (b) 地震発生時の復元地形。標高データは国土地理院の基盤地図情報を利用した。

図 2-3-④-15、16 にそれぞれのモデルで求めた土砂の堆積量分布を示す。ここで土砂の堆積量は基盤変化量から最大浸食量を差し引いてもとめたものである。白須賀では、モデル 1・2 を初期津波波源とした場合の津波は最も内陸で津波堆積物が確認された地点まで到達しない。したがって、これらのモデルは過小であると判断できる。モデル 3・4・5 は内陸に土砂を運搬・堆積させており、堆積する土砂量はそれぞれ約 2 cm、約 6 cm、約 18 cm である。観測が 8-50 cm であることを踏まえると、モデル 4・5 が観測値に近いことが分かる。浜当目では、どのモデルでも津波堆積物が確認された地点まで津波が到達する。堆積層厚は平均すべり量が大きいほど厚く、モデル 1・2 で 3-6 cm、モデル 3・4 で 10-20 cm、モデル 5 で 30 cm 以上の土砂が堆積する。観測が 10 cm 程度であることを踏まえると、モデル 3・4 のどちらかが観測と整合すると考えられる。

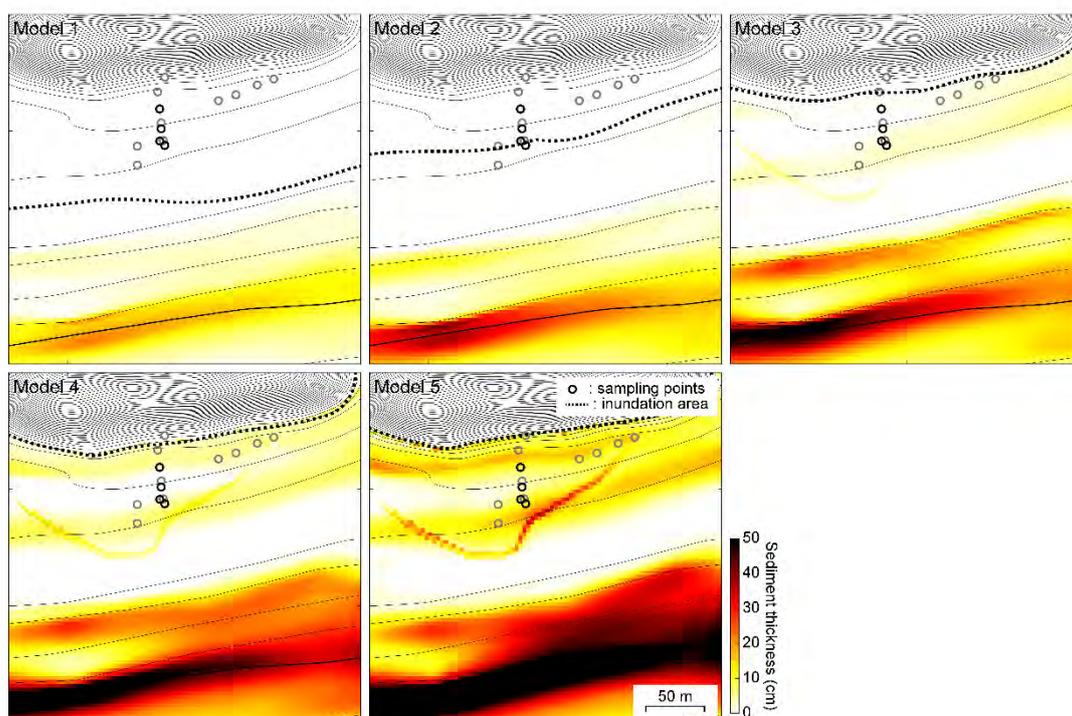


図 2-3-④-15 湖西市白須賀の土砂の堆積量分布。黒丸・灰丸はそれぞれ明応東海地震に相当する津波堆積物を確認した地点、確認できていない地点を示す。破線は最大浸水範囲である。

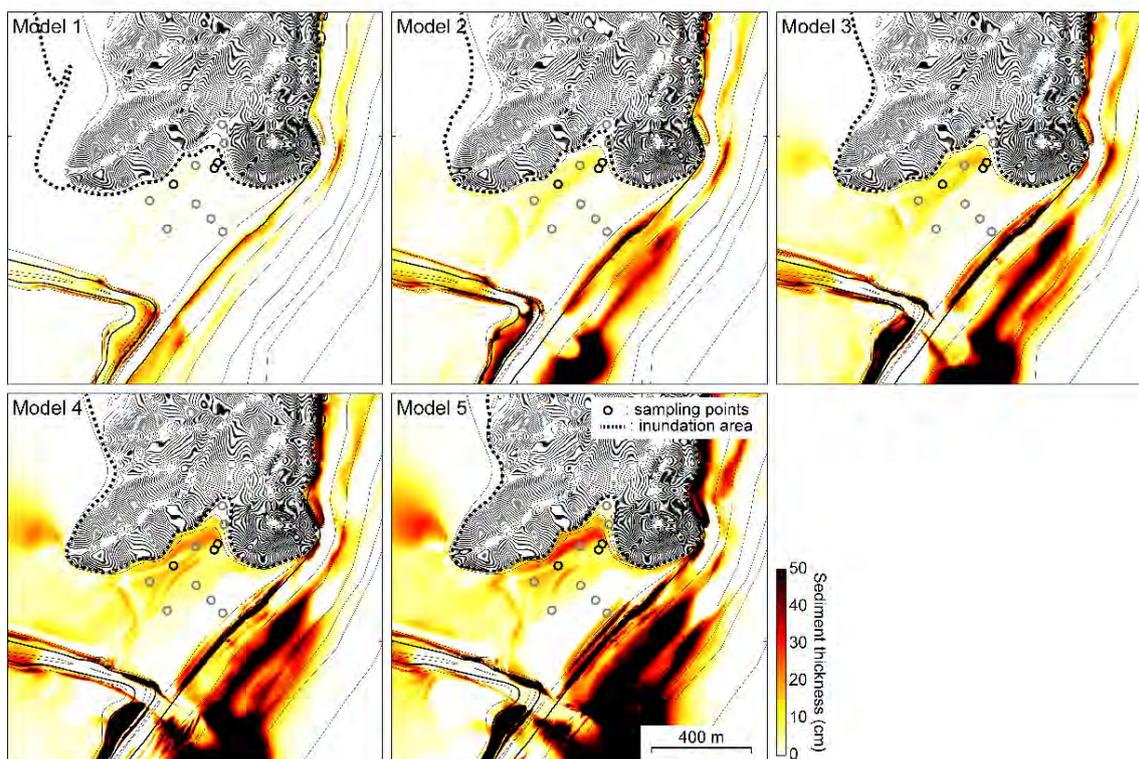


図2-3-④-16 焼津市浜当目の土砂の堆積量分布。黒丸・灰丸はそれぞれ明応東海地震に相当する津波堆積物を確認した地点、確認できていない地点を示す。破線は最大浸水範囲である。

以上の研究成果をまとめると、安中ほか(2003)<sup>1)</sup>で提案された初期津波波源モデルでは文献記録も堆積物記録も説明できない。初期津波波源をモデル4とすれば白須賀と浜当目の両方の堆積物記録を説明できる。また、このモデルは安中モデルのすべり量を2.5倍したもので、痕跡高で検討したすべり量の増加量(2.2倍)と概ね整合する。そのモーメントマグニチュードは8.6であり、これは安政東海地震とほぼ同程度である。ただし堆積物記録による拘束にはばらつきがあり、津波土砂移動解析の不確実性(地形復元・粒度など)が今後の課題となるだろう。

#### (d) 結論ならびに今後の課題

本業務では、地殻変動と津波痕跡高分布に基づいた1944年昭和東南海地震の波源域の再評価と文献記録と堆積物記録から1498年明応東海地震の初期津波波源の推定を行った。その結果、昭和東南海地震の地震規模は $M_w 8.1 \pm 0.1$ 程度であり、熊野灘沖に大きいすべり域をもち、地殻変動と津波痕跡高の分布だけでなく観測波形についても土佐清水と細島以外での観測波形をおおむね再現し得ることがわかった。また明応東海地震は安中ほか(2003)<sup>5)</sup>で提案された既存モデル( $M_w 8.4$ )では全く観測を説明できず、すべり量を2-2.5倍したモデル( $M_w 8.6$ )で文献記録と堆積物記録の両方を説明できること明らかとなった。

(e) 引用文献

- 1) Satake K. (1993) Depth distribution of coseismic slip along the Nankai Trough, Japan, from joint inversion of geodetic and tsunami data, *Journal of Geophysical Research*, 98, 4553-4565.
- 2) Tanioka Y, Satake K. (2001) Detailed coseismic slip distribution of the 1944 Tonankai earthquake estimated from tsunami waveforms, *Geophysical Research Letters*, 28, 1075-1078.
- 3) Baba T, Cummins PR (2004) Contiguous rupture areas of two Nankai Trough earthquakes revealed by high-resolution tsunami waveform inversion, *Geophysical Research Letters*, 32, L08305.
- 4) 相田勇 (1979) 1944年東南海地震津波の波源モデル, *地震研彙報*, 54, 329-341.
- 5) 安中正・稲垣和男・田中寛好・柳沢賢 (2003) 津波数値シミュレーションに基づく南海トラフ沿いの大地震の特徴, *土木学会地震工学論文集*, CD-ROM.
- 6) 瀬野徹三 (2012) 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* 2, 64(2), 97-116.
- 7) 新鹿津波調査会 (1985) 三重県新鹿の津波, *熊野市教育委員会*, 25-39.
- 8) 中央气象台 (1945) 昭和19年12月7日13時36分頃の遠州灘地震被害踏査報告 (兵庫縣, 大阪府, 和歌山縣, 三重縣南部), 68-83.
- 9) 表俊一郎 (1948) 昭和19年12月7日東南海大地震に伴った津浪, *東京大学地震研究所彙報*, 24, 1-4, 31-57.
- 10) 羽鳥徳太郎 (1974) 東海・南海道沖における大津波の波源: 1944年東南海, 1946年南海道津波波源の再検討と宝永・安政大津波の規模と波源域の推定, *地震* 2, 27, 10-24.
- 11) 飯田汲事 (1981) 愛知県被害津波史, *愛知県防災会議地震部会*, 1-119.
- 12) 三重県 (1995) 津波調査報告書, 16-29.
- 13) 新田康二・いのちの碑 (2016) 地震碑・津波碑・遺戒碑・供養碑・墓碑等: 三重県(100基), 20.
- 14) 岩淵洋子・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 (2012) 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)*, 68-2, 1326-1330.
- 15) Nakanishi A, Takahashi N, Yamamoto Y, Takahashi T, Citak SO, Nakamura T, Obana K, Kodaira S, Kaneda Y. (2018) Three-dimensional plate geometry and P-wave velocity models of the subduction zone in SW Japan: Implications for seismogenesis. *Geological Society of America Special Paper*, 534, 1-18, doi: 10.1130/2018.2534(04)

- 16) Okada Y. (1985) Surface displacement due to shear and tensile faults in a half-space, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 75 (4), 1135-1154.
- 17) Kirkpatrick S, Gelatt Jr CD, Vecchi MP. (1983) Optimization by Simulated Annealing, *Science*, 220, 4598, 671-680. doi: 10.1126/science.220.4598.671
- 18) Yokota Y, Ishikawa T, Watanabe S, Tashiro T, Asada A. (2016) Seafloor geodetic constraints on interplate coupling of the Nankai Trough megathrust zone. *Nature* 534, 374-377, 2016. <https://doi.org/10.1038/nature17632>
- 19) Satake, K., Okada, M. Abe, K. (1998) Tide gauge response to tsunamis: Measurements at 40 tide gauge stations in Japan, *Journal of Marine Research*, 46, 557-571.
- 20) 東北大学・原子力安全基盤機構 (2023) 津波痕跡データベース、<https://tsunami-db.irides.tohoku.ac.jp/tsunami/>
- 21) Chikasada N (2020) Global digital elevation model for tsunami inundation calculation with one arc-second nesting grid. <https://kiyuu.bosai.go.jp/GtTM/>
- 22) Baba T, Allgeyer S, Hossen J, Cummins PR, Tsushima H, Imai K, Ymashita K, Kato T (2017) Accurate numerical simulation of the far-field tsunami caused by the 2011 Tohoku earthquake, including the effects of Boussinesq dispersion, seawater density stratification, elastic loading, and gravitational potential change. *Ocean Model* 111 46-54、 doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocemod.2017.01.002>
- 23) Komatsubara J, Fujiwara O, Takada K, Sawai Y, Aung TT, Kamataki T (2008) Historical tsunamis and storms recorded in a coastal lowland, Shizuoka prefecture, along the Pacific Coast of Japan. *Sedimentology* 55, 1703-1716.
- 24) Kitamura K, Yamada K, Sugawara D, Yokoyama Y, Miyairi Y, Hamatome team (2020) Tsunamis and submarine landslides in Suruga Bay, central Japan, caused by Nankai-Suruga Trough megathrust earthquakes during the last 5000 years. *Quaternary Science Reviews* 245 106527.
- 25) 高橋智幸・首藤伸夫・今村文彦・浅井大輔 (1999) 掃流砂層・浮遊砂層の交換砂量を考慮した津波移動床モデルの開発. *海岸工学論文集* 46 606-610
- 26) 高橋智幸・黒川貴博・藤田将孝・島田広昭 (2011) 津波による土砂移動の粒径依存性に関する水理実験. *土木学会論文集 B2 (海岸工学)* 67 231-235
- 27) Sugawara D, Yu NT, Yen JY (2019) Estimating a tsunami source by sediment transport modeling: A primary attempt on a historical/1867 normal-faulting tsunami in northern Taiwan. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface* 124 1675-1700.

28) 国土地理院(2013)『地図・空中写真閲覧サービス』

<https://mapps.gsi.go.jp/history.html>

29) 村山祐司(2015)『デジタル伊能図プロフェッショナル版』河出書房新社.

(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
津波痕跡高分布に基づく1944年昭和東南海地震の波源断層モデル(口頭)	今井健太郎 楠本聡 行谷佑一 中野祥房 新田康二 堀高峰	歴史地震研究会	2022.9	国内
静岡県沿岸における1498年明応東海地震の津波痕跡(口頭)	楠本聡 今井健太郎 堀高峰 菅原大助	歴史地震研究会	2022.9	国内
昭和東南海地震における新鹿の津波痕跡高の励起源について(口頭)	今井健太郎 大林涼子 中村恭之 谷岡勇市郎	日本地震学会	2022.10	国内
静岡県沿岸を対象とした1498年明応東海地震の波源モデルに関する課題(口頭)	楠本聡 今井健太郎 堀高峰 菅原大助	日本地震学会	2022.10	国内
1498年明応東海地震の津波波源モデルに関する検討と課題(口頭)	楠本聡 今井健太郎 堀高峰 菅原大助	津波堆積物研究会	2022.12	国内
1498年明応東海地震の津波波源モデルに関する課題(口頭)	楠本聡 今井健太郎 堀高峰 菅原大助	巨大津波災害に関する合同研究集会	2022.12	国内
津波堆積物と津波土砂移動数値計算-静岡県沿岸を対象とした明応東海地震の波源モデルに関する課題-(口頭)	楠本聡 今井健太郎 堀高峰 菅原大助	地球表層における重力流のダイナミクス	2022.12	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

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

## 2.4 臨時情報発表時の人々の行動意思決定に資する情報の提供

### (1) 業務の内容

(a) 業務題目「臨時情報発表時の人々の行動意思決定に資する情報の提供」

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
京都大学防災研究所	教授	矢守克也
京都大学防災研究所	教授	牧 紀男
京都大学防災研究所	教授	畑山満則
京都大学防災研究所	准教授	大西正光
京都大学防災研究所	助教	中野元太
京都大学防災研究所	助教	山下裕亮
京都大学防災研究所	客員教授	許 瓊文
京都大学防災研究所	非常勤研究員	杉山高志
京都大学防災研究所	非常勤研究員	松原 悠
京都大学防災研究所	特定研究員	岡田（静間）夏美
京都大学防災研究所	教務補佐員	帖佐光浩
京都大学防災研究所	技術補佐員	山岡孝子
東北大学災害科学国際研究所	准教授	佐藤翔輔
関西大学社会安全学部	准教授	城下秀行
日本ミクニヤ株式会社	社員	金玟淑
明治大学理工学部	教授	山本俊哉
明治大学まちづくり研究所	客員研究員	森脇環帆
和歌山大学システム工学部環境システム学科	准教授	平田隆行

(c) 業務の目的

本研究は、南海トラフ地震に関する「臨時情報」を、事前避難対応に効果的に活用するために、事前避難の必要性を地域ごとに分析・判断するためのシステム（『事前避難要不要判断ツール』）を開発し、社会実装することを目的とする。

南海トラフ地震に関する「臨時情報」には、同地震・津波による被害を大幅に軽減することが期待されている。しかし、大きな不確実性を含む本情報の効力を十分に引き出すためには、どの地域の、どの範囲の、どのような人々が事前避難すべきなのかに関する客観的基準、および、避難先の設定、避難方法に関する知見とノウハウが必要とされる。

そこで、本サブ課題では、本ツールの効果的運用の前提となる「臨時情報」に関する認知・理解を高めるための基礎研究を実施しつつ、まず、サブ課題2(g)で開発する地震防災基盤シミュレータの津波シミュレーションをベースに、津波避難訓練支援アプリ「逃げトレ」（福岡工業大学・特許第5737683号を使用）を改良し、事前避難の要不要について分析し診断するためのツール（『事前避難要不要判断ツール』）を開発し、社会実装する。

次に、臨時情報発表時に予想される、より広域の避難人口動態予測システムを開発する。さらに、津波到達時間が短い地域で「逃げ地図」を基幹ルールとしたワークショップを実施し、両システムの実装と効果検証作業を行う。なお、「逃げ地図」とは、一定時間に避難可能な距離に対応する長さの紐を使って、避難可能な範囲を白地図の上に参加者が色鉛筆で彩色し、津波から安全な場所（津波浸水区域外・津波避難タワー等）や、そこへの移動に要する時間を地図上に可視化する手法である。以上が本研究の主目的である。

具体的には、第1に、先行プロジェクト（戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第1期）において津波避難訓練支援アプリとして開発した「逃げトレ」を、訓練のたびに住民の空間移動データを標準化された形式でビッグデータとして蓄積可能なシステムの形式で再編し、『事前避難要不要判断ツール』として社会に実装する。第2に、人や車の移動に伴った大規模な空間移動動態を予測・実測し、「臨時情報」発表時にどの地域でどのような人口移動が生じ、どこにどの程度の避難所が必要となるのかについてシミュレーションするための『広域人口動態予測システム』を開発する。第3に、津波防災まちづくりのツールとして開発された「逃げ地図」をもとに、その課題の検証・改善方法の抽出を行い、避難困難区域において避難を可能にするまちづくり方策を検討するための仕組みの構築を行う。

なお、上記のツールおよびシステムの実証実験のフィールドと実装先として、高知県、和歌山県内を想定する。

#### (d) 5か年の年次実施計画

##### 1) 令和2年度：

第1に、『事前避難要不要判断ツール』については、先行プロジェクト（SIP第1期）で津波避難訓練支援アプリとして開発した「逃げトレ」を、訓練のたびに住民の空間移動データを標準化された形式でビッグデータとして蓄積可能なシステムの形で再編するための基礎作業を実施した。まず、本ツールの効果的運用の前提となる「臨時情報」に関する認知・理解を高めるための基礎研究を進めた。次に、臨時情報発表時に想定される津波浸水想定について、サブ課題2(g)と連携のもと、想定の内容、データの形式などについて事前協議を行った。さらに、『事前避難要不要判断ツール』の基本構成、UI（ユーザ・インタフェース）の概要について検討した。最後に、現行の「逃げトレ」システムを『事前避難要不要判断ツール』と接続するために必要な改修内容について協議した。

第2に、「逃げ地図」については、テストフィールドとして和歌山県串本町を選択するとともに、同地域において「逃げ地図」ワークショップを試行し、避難困難区域において避難を可能にするまちづくり方策について検討した。また「逃げ地図」ワークショップを支援するためのシステムの改良を行った。

##### 2) 令和3年度：

前年度までに製作した『事前避難要不要判断ツール』のプロトタイプをもとに、事前避難の要不要の分析アルゴリズムを確定させ、「集合的避難行動の解析・表示システム」の分析結果の可視化方法（結果表示画面）のデザイン作業を継続した。それらの開発作業と並行して、避難訓練支援アプリ「逃げトレ」に、臨時情報発表時に想

定される津波浸水想定（サブ課題2（g）と連携）など、複数の津波シミュレーションを新たに実装するための準備作業を完了した。また、『事前避難要不要判断ツール』で活用する個人属性情報（避難時の支援の必要性など）を同定するための仕組みを「逃げトレ」に実装するための動作フローを確定し「逃げトレ」を拡充した。以上の開発研究とともに、実際のフィールド（高知県内の自治体）で『事前避難要不要判断ツール』の実証実験を行うための準備作業も行った。

また、テストフィールド（和歌山県串本町）において避難困難区域における事前避難のあり方について検討を行うとともに、「逃げ地図」については先行して実施している地域において先進事例調査、改良されたワークショップ支援システムの検証を行った。

### 3) 令和4年度：

『事前避難要不要判断ツール』については、改良されたプロトタイプ（これを「逃げトレ View」と命名）について、その基本機能や基本動作について検討した。あわせて、「逃げトレ View」（パイロット版）の運用に必要な情報を取得するために、アプリ「逃げトレ」についても必要な改修を実施した。次いで、それらを用いた実証実験を高知県内のテストフィールド（高知県黒潮町、四万十町など）において実施し、「逃げトレ View」（パイロット版）を完成させた。

「逃げ地図」については、逃げ地図ワークショップ実施のための支援システムの改良を行うとともに、避難困難区域において逃げ地図ワークショップを実施した。

### 4) 令和5年度：

『事前避難要不要判断ツール』については、「逃げトレ View」（パイロット版）の社会実装に向けた調整作業をテストフィールドで実施するとともに、テストフィールドとは別の地域にも水平展開するための手法を策定する。またこの「逃げトレ View」に集積されるビッグデータをもとに、臨時情報発表時に、どの地域でどのような人口移動が生じ、どこにどの程度の避難所が必要となるのかについてシミュレーションするためのシステム開発のための基礎作業を行う。

「逃げ地図」については、改良されたワークショップを、テストフィールドとは別の地域にも水平展開するための手法を策定するとともに、「逃げトレ View」と連携させて、広域的な事前避難について検討するための手法の開発を行う。

### 5) 令和6年度：

「逃げトレ View」、「逃げ地図」、両プロジェクトの成果を統合し、また、「逃げトレ View」（パイロット版）の水平展開作業の結果をベースに完成させた「逃げトレ View」（最終版）に広域的な事前避難予測の要素も反映させて、臨時情報発表時の事前避難に関する当事者（自治体、地域社会など）の意思決定を支援するためのシステムを完成させて社会実装する。あわせて、以上の成果を社会に発信するためのアウトリーチメディアについても作成する。

### (e) 令和4年度業務目的

『事前避難要不要判断ツール』として開発を進めている「逃げトレ View」（パイロット版）について、引き続き開発を継続する。

令和3年度までに開発した「逃げトレ View」のプロトタイプをもとに、事前避難の要不要の分析アルゴリズムの確定、「集合的避難行動の解析・表示システム」（準備時間の変更、移動速度の変更に伴うシミュレーションも含む）の分析結果の可視化方法（結果表示画面）のデザイン作業を継続する。それらの開発作業と並行して、避難訓練支援アプリ「逃げトレ」に、臨時情報発表時に想定される津波浸水想定（サブ課題2（g）と連携）など、複数の津波シミュレーションを新たに実装する。また、「逃げトレ View」で活用する個人属性情報（避難時の支援の必要性など）を同定するための仕組み、および、臨時情報に関する解説動画を「逃げトレ」に実装するための動作フローを確定し「逃げトレ」を拡充する。以上の開発研究とともに、社会情勢を見極めながら、実際のフィールドで「集合的避難行動の解析・表示システム」を中核とした「逃げトレ View」の実証実験やそのための準備作業も行う。加えて、避難困難区域において避難可能なまちづくりを検討するワークショップも実施する。

## (2) 令和4年度の成果

### ①『事前避難要不要判断ツール』に関する検討

#### (a) 業務の要約

『事前避難要不要判断ツール』として開発を進めている「逃げトレ View」について、引き続き開発を継続した。

具体的には、令和3年度までに開発した「逃げトレ View」のプロトタイプをもとに、事前避難の要不要の分析アルゴリズムの確定、「集合的避難行動の解析・表示システム」（避難開始までの準備時間の変更、移動速度の変更に伴うシミュレーションも含む）の分析結果の可視化（結果表示画面）方法のデザイン作業を実施した。それらの開発作業と並行して、避難訓練支援アプリ「逃げトレ」に、臨時情報発表時に想定される津波浸水想定（サブ課題2（g）と連携）など、複数の津波シミュレーションを新たに実装した。また、「逃げトレ View」で活用する個人属性情報（性別、年齢、避難時の支援の必要性など）を収集するための仕組み、および、臨時情報に関する解説動画を、「逃げトレ」および「逃げトレ View」に実装するための動作フローを確定し「逃げトレ」を拡充した。以上の開発研究とともに、実際のフィールドで「集合的避難行動の解析・表示システム」を中核とした「逃げトレ View」の実証実験を実施した。さらに、主なユーザーとして想定される自治体職員を対象としたインタビュー調査を行い、自治体職員を対象とした「逃げトレ View」の「ガイドマニュアル」の素案を作成し、今後の出口戦略策定に向けた足がかりとした。

#### (b) 業務の成果

##### 1) 「逃げトレサービス」の全体像の構想

「逃げトレ View」の構築にあたって、まず、臨時情報発表時の事前避難の要不要について検討するための基礎情報（判断材料）を分析・提供するためのWEBシステム「逃げトレ View」と既存の津波避難訓練支援アプリ「逃げトレ」の両者を2大基幹ツールとする全体構想を固める作業を行った。なお、アプリとしての「逃げトレ」の概要は、図2-4-①-1に示した通りである。これは、本プロジェクトに先行して実施された研究プロジェクト（戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第1期）において開発されたスマホアプリである。すでに、アンドロイド系、iPhone系両方の仕様で一般公開され、無料

でダウンロード可能であり、南海トラフ地震による津波が想定される太平洋沿岸地域で活用できる。ただし、後述するように、今回、「逃げトレ View」の開発にあたって、一部、機能拡充のための研究開発を実施中である。

**津波避難訓練支援ツール「逃げトレ」**

SIP 戦略的イノベーション創造プログラム  
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program

**スマートフォンさえもっていれば、「いつでもどこでも、だれでも、だれとでも、すぐに津波避難訓練が可能！最新の津波浸水想定からあなたは逃げ切れるか？**

**最新の津波想定と自分の避難行動を同時にライブで可視化！**

**使用中のスマホ画面**

**結果集約画面に避難の成否、所要時間、移動距離など表示**

**「津波到達まであと5分！」=カラーで切迫度表示**

**2018年 GOOD DESIGN AWARD 受賞！**

**集団での避難訓練の場面もCGで再現！**

**開発：京大・防災研 矢守研究室**

開発：「逃げトレ製作チーム」・福岡工業大学・特許第5737683号を使用

図 2-4-①-1 津波避難訓練支援アプリ「逃げトレ」の概要

図 2-4-①-2 に、新たに構築中の「逃げトレ View」を中心に、本研究の全体構想（「逃げトレサービス」の全体像）を示した。Web システム「逃げトレ View」は、アプリ「逃げトレ」とともに、全体として、「逃げトレサービスプラットフォーム」を構成し、全体として、事前避難の要不要について検討可能なシステムとなっている。具体的には、アプリ「逃げトレ」からは、このアプリを用いた避難訓練が行われるたびに訓練参加者の避難行動の軌跡が避難行動データセット（空間移動ログデータ）としてインプットされ、サーバーに集積されたそれらのデータは避難訓練行動を記録したビッグデータを構成する。ここに蓄積されたデータは、「逃げトレ View」で人間行動に関する基礎データとして利用される。また、場合によっては、自治体等から提供される要支援者情報などの個別データ（個人属性データ、図では「その他サービス」と表示）も分析に投入できる。さらに、ハザード側のデータとして、別途提供される津波ハザードデータ（たとえば、サブ課題 2（g）から提供される「半割れ」シナリオにおける津波浸水データ）を利用する。

以上を総合したものが、「逃げトレサービスプラットフォーム」である。「逃げトレ」がユーザーとして主に一般個人を想定し、主として個人単位で避難行動（「点」）の改善を

図ることが念頭に置かれているのに対して、本研究で開発中の「逃げトレ View」はユーザーとして主に自治体職員や研究者などを想定し、主として地域（面）ごとに津波避難の困難度をとらえ、その改善を図ることが念頭に置かれている。「臨時情報」が発表されたときに、どのような地域では事前避難がより強く求められるのか、それを判断するための基準（基礎情報）が、このシステムから得られることになる。

## 逃げトレ サービス全体像



図 2-4-①-2 「逃げトレサービス」の全体像

### 2) 「逃げトレ View」(パイロット版)の開発

図 2-4-①-3、図 2-4-①-4、図 2-4-①-5 に、「逃げトレ View」の枢要部をパイロット版の画面から抽出して示した。

図 2-4-①-3 は、「逃げトレ」によって収集・蓄積された個別の避難訓練データを個人ごとに「点」として可視化するのみならず（左図はスタート地点、中図はゴール地点を基準として集約している）、ユーザーが任意に設定できるエリアごと（たとえば、自治体職員が町内会の区域割などをフリーに描画可能）に、各エリアの避難困難度（逆に言えば、事前避難が要請される程度）に応じて、その程度を「面」（色別）として集約して可視化できることを示している。また、図 2-4-①-4 は、上記の「点」もしくは「面」ごとの結果を、各種の属性ベル（性別、年齢、居住地（スタート地点）など）集計してデータを示す機能が「逃げトレ View」には搭載予定であることを示している。さらに、図 2-4-①-5 は、「逃げトレ View」には、実際の避難訓練を通して得られた実際の空間移動ログデータをそのまま可視化する機能だけでなく、避難時の状況が多様に変化する可能性を念頭に、「もし、道路の液状化等で移動速度が低下したら」といった仮想の事態についても検討可能なシミュレーション機能が実装されていることを示している。

## 避難行動を地域別に概観する

逃げトレViewの使い方

### 避難の成否をマップ上に 個別（点）でみる

#### 始点でみる

左下の表示データ切り替えのウィンドウから**個別**、**始点**を選択する

#### 終点でみる

左下の表示データ切り替えのウィンドウから**個別**、**終点**を選択する

### 地区平均（面）でみる

左下の表示データ切り替えのウィンドウから**地区平均**を選択する



- ※個別（点）と地区平均（面）は重ね合わせて見ることも可能です。
- ※さらに浸水域を重ね合わせられることも可能です。
- ※「避難の成否」だけでなく「津波最接近時間」「避難時間」も同様にマップ上に表示可能です。

図 2 - 4 - ① - 3 「逃げトレ View」のデモ画面（1）

## 避難行動を地域別に詳しく見る

逃げトレViewの使い方

### チャートで見る

右端の各種チャートを確認する  
各チャートの左上記号▽で開くと見ることが可能

チャートゾーンを下にスクロールすると15種以上のチャートを見ることができる



※チャートの順番や表示/非表示は設定から変更可能です。

図 2 - 4 - ① - 4 「逃げ View」のデモ画面（2）

# シミュレーションする

## 準備時間や避難速度を変えてみる

左上から3番目のシミュレーションボタンを開くと津波想定、準備時間、避難速度をそれぞれ変更の選択をする

チャートに青枠で示され、シミュレーションが反映される

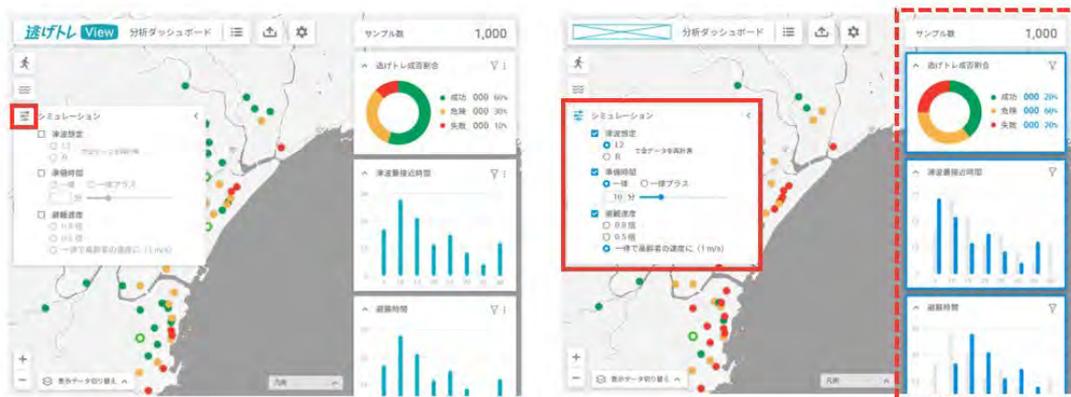


図 2-4-①-5 「逃げトレ View」のデモ画面(3)

「想定外」の事態に即応する観点に立ったとき、上述のシミュレーション機能は特に重要である。現時点では、行動サイドについては、まず、避難の準備時間（地震発生から避難開始までの準備時間、東日本大震災では平均して15から20分程度だとされる）が、実際の訓練時よりも遅かった場合や早かった場合に予想される結果を分単位で表示できる。また、移動速度を実際の訓練時の0.8倍、0.5倍に一律に引き下げるシミュレーション機能も実装する予定である。これらは、加齢（地域社会の高齢化）、道路状況の悪化などのために移動速度が低下した状況などを想定したものである。

さらに、ハザードサイドについても、アプリ「逃げトレ」に当初から搭載されている「最大クラス想定」（南海トラフ地震津波に関する政府想定に依拠）に加えて、サブ課題2(g)との連携によって、南海トラフ地震の「臨時情報」発表時のシナリオとして想定されている、いわゆる「半割れ」シナリオ下で発生しうる地震による津波想定を「半割れ西先行・東後続パターン」と「半割れ東先行・西後続パターン」として実装し、それら複数の津波浸水想定の間がちがいを体験できるようになっている。

以上の基幹部分に加えて、「逃げトレ View」には、どのようにこのツールを活用するかに関する具体的な事例が示されているほか（図2-4-①-6）、主要な活用手法の一つであり、本研究でも主題としている「臨時情報」発表に伴う事前避難の要不要の検討目的で活用するケースについては、そのための基礎知識なども含めた詳細な解説も搭載した（図2-4-①-7、および、図2-4-①-8）。

## 逃げトレView活用事例

<p><b>基礎</b> <b>01</b></p> <p>一斉訓練の参加促進に</p> <p>#一斉訓練 #自治体 #参加促進</p>	<p><b>応用</b> <b>04</b></p> <p>南海トラフ地震 臨時情報発表時における事前避難の検討に</p> <p>#臨時情報 #事前避難 #半割れ想定</p>
<p><b>基礎</b> <b>02</b></p> <p>地域の避難モチベーションUPに</p> <p>#コミュニティ #地区・集落ごとの活性化 #地区防災計画</p>	<p><b>応用</b> <b>05</b></p> <p>探究的な防災教育のツールに</p> <p>#学校 #防災学習 #マップづくり #まちあるき</p>
<p><b>基礎</b> <b>03</b></p> <p>実効性のある個別避難計画の作成に</p> <p>#要配慮者 #避難行動要支援者 #個別避難計画</p>	<p><b>応用</b> <b>06</b></p> <p>防災ツーリズムにおける啓発ツールに</p> <p>#防災ツーリズム #観光客の安全対策</p>

図 2-4-①-6 「逃げトレView」の活用事例に関する紹介

逃げトレView活用事例

**応用**  
**04** | 南海トラフ地震・臨時情報発表時における事前避難の検討に

#臨時情報 #事前避難 #半割れ想定

逃げトレViewで半割れ想定<sup>※</sup>での避難状況を可視化・分析し、臨時情報発表時に事前避難が必要な地区はどこか、必要な人はどんな人かを検討する。また、既存の避難計画の検証にも活用する。

**例えば**

- 半割れ想定と最大想定<sup>※</sup>の浸水シミュレーションを重ね合わせて違いを知る
- 半割れ想定で訓練を実施し、事前避難の必要性について検討する



最大想定と半割れ想定の違いを比較する



事前避難の必要性の程度を可視化



事前避難の必要性を地区ごとに評価し、事前避難対象地域を再検討

※半割れ想定の評価説明は28ページに記載

図 2-4-①-7 事前避難の要不要の検討における活用事例紹介

## 【活用例】 臨時情報・事前避難対策検討

### 事前避難対策検討の難しさ

現在、事前避難すべき地域／しなくてもよい地域を区別するための客観的基準は事実上存在しません。実際、避難する人びとの個別の事情によってもまたも実際にどんな津波が来るかによっても状況は大きく変わりますので、その判断は極めて難しいです。

そのため、「避難困難地域」を機械的に事前避難が必要な地域に指定している自治体が大多数です。しかし、「避難困難地域」は、多くの場合、人間の平均歩行速度、津波襲来までの余裕時間、指定避難場所までの距離といった要因を機械的に考慮して割り出したものです。

それに対し、「逃げトレ View」は、その地域に暮らす住民の実際の訓練データをベースに事前避難の必要性について分析できます。

### 突然の津波で避難できない地域や人々は？



- ・どんな津波？
- ・人びとの個別の事情は？

判断は極めて難しい

現状： 機械的に「避難困難地域」を適用

### 逃げトレ Viewでの分析の特徴

- 臨時情報時の津波想定の一つ（半割れ想定）を用いた実際の訓練データを基礎にして、事前避難の必要性について検討できる
- 移動速度や避難準備時間などいくつかの重要な要因を変化させたときのシミュレーションもできる

図 2-4-①-8 臨時情報や事前避難に関する説明画面

### 3) 「逃げトレ」の拡充

「逃げトレ」は、もともと、個人ユーザーを対象に、個人として自らの津波避難上の課題を主体的かつ個人的に検証するためのツールとして開発したものである。そのため、現行システムにおいては、臨時情報発表時の事前避難の必要性の有無について集合的に（地域単位で）検証し体系的に分析するために必要な個人情報を収集することは考慮されていない。

しかし、「逃げトレ View」の構築にあたっては、いくつかの個人属性情報を把握しておくことが必要不可欠となる。特に、臨時情報発表時の事前避難は、内閣府のガイドラインにおいて災害時要支援者を中心に考慮することが望ましいとされているため、年齢や性別といったデモグラフィック要因に加えて、近隣住民や家族による避難支援の必要性の有無に関する情報が必要とされる。

この重要かつ慎重な取り扱いが求められる情報について、アプリ「逃げトレ」上で取得するのか、またその場合、どのような画面遷移で取得することが望ましいのか、あるいは、別途自治体等の協力を得て本人の同意のもと収集した情報と事後的にマッチングするのか、こういった諸方式の是非・可否について検討を進めた。その結果、パイロット版としては、アプリ上でユーザーの承諾を得た上で取得する方法を基本とすることになり、まず、アプリ「逃げトレ」の動作フローの全体を再構成し、その中に、ユーザーの個人属性情報を取得するためのルーチーンを組み入れた。

なお、こうした個人情報をアプリ上で、または、別途自治体等からの提供を通して取得するための方法、取り扱い、活用場面、管理システムについても、テストフィールドとなっている自治体の関係者から綿密な聞き取り調査を行うなど予備的な検討を進め、次年度の実証実験の実施に備えた。

最後に、以上の開発および実装業務の具体的経緯について記しておきたい。これらの業務は、第1に、研究チーム（主に「逃げトレView」のシステム制作とデザインを担う研究分担者）によるリサーチ・ミーティング、および、第2に、テストフィールドにおける実証実験（アプリ「逃げトレ」の改修版、WEBシステム「逃げトレView」の稼働状況確認、ユーザーからのフィードバックを得るためのインタビューなどを含む）、テストフィールド以外の自治体も含む自治体関係者へのヒアリング（「臨時情報」に対する対応に関する聞き取り調査が中心）などを中心とした。その概要は、表2-4-①-1、および、表2-4-①-2の通りである。なお、後者（表2-4-①-2）については、本研究に直接関連する用務以外にも、関連事業として実施した案件についてもリストアップしてある。

表2-4-①-1 令和4年度におけるリサーチ・ミーティング

日時	参加人数	協議アジェンダ
令和4年4月20日	8人	今年度の業務内容と分析プラットフォームのデザインに関する協議
令和4年5月25日	6人	逃げトレのアプリのUIと分析プラットフォームのデザインに関する協議
令和4年6月21日	7人	逃げトレのアプリのUIと分析プラットフォームのデザインに関する協議
令和4年7月21日	7人	逃げトレの広報資料の取りまとめと浸水アニメーションに関する協議
令和4年8月22日	7人	逃げトレの広報資料の取りまとめと逃げトレのアプリのUIに関する協議
令和4年9月20日	6人	逃げトレの広報資料の取りまとめと逃げトレのアプリのUIに関する協議
令和4年11月7日	6人	自治体職員との聞き取り結果と逃げトレのアプリのUIに関する協議に関する協議
令和4年12月12日	7人	逃げトレの広報資料の取りまとめと逃げトレのアプリのUIに関する協議
令和5年1月20日	7人	逃げトレの広報資料の取りまとめと逃げトレのアプリのUIに関する協議
令和5年2月14日	7人	逃げトレの広報資料の取りまとめと逃げトレのアプリのUIに関する協議
令和5年3月14日	7人	逃げトレの広報資料の取りまとめと逃げトレのアプリのUIに関する協議

表 2-4-①-2 自治体関係者等への聞き取り等の概要

日時	参加人数	聞き取り対象（自治体等）	調査項目・聞き取りアジェンダ
令和 4 年 4 月 3 日	5 人	NPO 松山さかのう え日本語学校	臨時情報の普及啓発手法について 「逃げトレ」の稼働状況確認
令和 4 年 9 月 14 日	12 人	神戸学院大学	臨時情報の普及啓発手法について 「逃げトレ」の稼働状況確認
令和 4 年 10 月 14 日	70 人	須崎市立多ノ郷 小学校	臨時情報の普及啓発手法について 「逃げトレ」の稼働状況確認
令和 4 年 10 月 16 日	12 人	黒潮町役場・情報 防災課	臨時情報対策ツール「逃げトレ View」の広報資料やアプリに関する 意見交換
令和 4 年 10 月 17 日	9 人	黒潮町役場・健康 福祉課	臨時情報対策ツール「逃げトレ View」の広報資料やアプリに関する 意見交換
令和 4 年 10 月 17 日	9 人	四万十町役場・危 機管理課	臨時情報対策ツール「逃げトレ View」の広報資料やアプリに関する 意見交換
令和 4 年 11 月 11 日	20 人	宮崎市立内海小 小学校	臨時情報の普及啓発手法について 「逃げトレ」の稼働状況確認
令和 4 年 11 月 11 日	2 人	宮崎市役所	臨時情報に関する聞き取り
令和 4 年 11 月 18 日	20 人	高知県立大方高 等学校	臨時情報の普及啓発手法について 「逃げトレ」の稼働状況確認
令和 5 年 2 月 16 日～ 令和 5 年 2 月 17 日	14 人	黒潮町立大方高 等学校	臨時情報に関するワークショップ
令和 5 年 2 月 9 日	2 人	宮崎市役所	臨時情報に関する聞き取り
令和 5 年 2 月 10 日	3 人	新富町役場	臨時情報に関する聞き取り
令和 5 年 3 月 7 日	4 人	豊見城市役所	臨時情報に関する聞き取り
令和 5 年 3 月 7 日	4 人	砥部町役場	臨時情報に関する聞き取り
令和 5 年 3 月 11 日	30 人	黒潮町役場など	臨時情報に関するワークショップ
令和 5 年 3 月 13 日	4 人	甲斐市役所	臨時情報に関する聞き取り
令和 5 年 3 月 16 日	5 人	島田市役所	臨時情報に関する聞き取り

(c) 結論ならびに今後の課題

まず、本プロジェクトの基幹ツールである Web ツール「逃げトレ View」と、そのベースとなるアプリ「逃げトレ」の 2 つの基幹ツールを包括した全体システム「逃げトレサービス」の全体構想を固めた。

その上で、次に、「逃げトレ View」については、昨年度までに開発したプロトタイプをもとに、事前避難の要不要について検討するための分析アルゴリズムを確定させ、「集合的避難行動の解析・表示システム」の分析結果の可視化手法を拡充して、「逃げトレ View」のパイロット版という形で構築させた。さらに、「逃げトレ View」におけるシミュレーション機能の概要について検討し確定させた。以上の作業と成果により、本年度の事業達成目標は達成できたと自己評価している。この開発研究と並行して、「逃げトレ View」に臨時情報発表時に想定される津波浸水想定など、複数の津波シミュレーションを新たに実装するため、サブ課題2(g)との連携により、いわゆる「半割れ」ケースで発生が予想される津波浸水シミュレーションを実装することとした。具体的には、「西先行・東後続パターン」と「東先行・西後続パターン」の2つのパターンを「逃げトレ View」に実装するための準備を完了した。

さらに、「逃げトレ View」の開発に伴って必要となるアプリ「逃げトレ」の拡充に関する開発研究も予定通り進捗させた。具体的には、「逃げトレ View」で活用する個人属性情報（性別、年齢や、避難時の支援の必要性など）を、ユーザーの了解のもとで収集するための仕組みを「逃げトレ」に実装するための動作フローを確定し、「逃げトレ」の機能を拡充した。

以上の開発研究とともに、テストフィールド（高知県内の自治体）で、「逃げトレ」の拡充版、および、「逃げトレ View」に関して、テストフィールドにおける実証実験（アプリ「逃げトレ」の拡充版の動作テストや「逃げトレ View」の稼働状況確認）、および、ユーザーからのフィードバックを得るためのインタビューなどを実施した。あわせて、これらの成果を踏まえて、今後の出口戦略を念頭に「逃げトレ View」の「ガイドマニュアル」の素案を作成した。

今後の課題は、第1に、「逃げトレ」の拡充版、および、「逃げトレ View」（パイロット版）の実証実験をテストフィールドで、より大規模かつ継続的に実施することである。特に、「逃げトレ View」のパイロット版については、新規開発中のツールであるため、さらなるユーザビリティテストが不可欠で、潜在的なユーザーである自治体職員や自主防災組織のリーダーなどの協力を得て、現場に密着した開発作業をさらに継続する必要がある。また、「逃げトレ」についても、スマートフォンのOSのバージョンアップや機種更新などに合わせて常にアップデートが求められる事情もあり、上述した機能拡充のための作業と並行して、こうした維持管理業務も継続して実施する必要がある。

第2に、「逃げトレ」や「逃げトレ View」を活用して事前避難の要不要について検討することについては、その必要性をさらに啓発することが不可欠の状況である。この啓発活動は、「臨時情報」本体の認知度向上の作業と並行して進める必要があり、本年度素案を固めた「ガイドマニュアル」を完成させ、それを実際に利用した活動が今後の課題となる。

来年度は、以上の課題を中心に研究開発を進める予定である。

#### (d) 引用文献

なし

## (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
南海トラフ地震の臨時情報に対する理解促進を目的とした視聴覚教材の開発（口頭）	杉山高志 矢守克也	日本安全教育学会第23回宮城大会	2022.9	国内
Development of an Analysis Tool for Pre-evacuation Using Special Early Warning Information for Nankai Trough Earthquake（口頭）	Takashi Sugiyama Katsuya Yamori Kenshin Urabe Takahiro Nishino Hiromitsu Nakamura Yuji Dohi Takahiro Maeda	IDRiM 2022 Conference	2022.9	国外
DXツールを活用した地区防災計画の可能性（口頭）	杉山高志 加藤孝明 田中義朗 鎌田亮 矢守克也 上田啓瑚	地区防災計画学会第9回大会	2023.3	国内
「津波てんでんこ」を実現するための親子間の認識共有に関する研究（口頭）	岡田夏美 矢守克也	災害情報学会第26回大会	2023.3	国内

## 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
Analysis of Regional Response and Development of Disaster Prevention Teaching Materials for “Nankai Trough Earthquake Extra Information”	Takashi Sugiyama Katsuya Yamori	Journal of Integrated Disaster Risk Management	2022.6	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

津波避難戦略検討支援システム、津波避難戦略検討支援方法、およびコンピュータプログラム（届出時名称：逃げトレ View）、出願番号：特願 2022-168310、出願日：令和 4 年 10 月 20 日

2) ソフトウェア開発

名称	機能
「逃げトレ View」	「臨時情報」発表時の事前避難の要不要の程度について検討するための情報を、アプリ「逃げトレ」によって収集された避難訓練の行動ログデータの分析によって提供する。

3) 仕様・標準等の策定

なし

②避難困難区域での「避難を可能にする」まちづくり方策の検討

(a) 業務の要約

津波防災まちづくりのツールとして開発された「逃げ地図」をもとに、その課題の検証・改善方法の抽出を行い、避難困難区域において避難を可能にするまちづくり方策を検討するための仕組みの構築を行う。本年度は、テストフィールド（和歌山県串本町）において臨時情報発令時の行政対応のとりまとめ・職員教育資料の構築、「逃げ地図」ワークショップ実施の支援システムの構築、「逃げ地図」ワークショップの実施ならびに避難可能なまちづくりの方向性についての検討を行った。

(b) 業務の成果

1) 串本町の臨時情報発令時の対応ならびに職員教育ツールの作成

令和 3 年度に実施した南海トラフ地震臨時情報発令時の対応に関するワークショップの成果<sup>1)</sup>をもとに南海トラフ地震臨時情報についての串本町における要対策検討課題（図 2-4-②-1）をとりまとめ役場における臨時情報発令時の対応検討の基礎資料の提供を行うとともに、職員が南海トラフ地震臨時情報について十分に理解していないことから職員説明用の資料（図 2-4-②-2）の作成を行った。

**南海トラフ地震臨時情報についての串本町における要対策検討課題**

串本町で想定される事象3つのシナリオ

シナリオ①: M6.8以上、ゆっくりすべり→臨時情報(調査中)→(M7以上)→臨時情報(巨大地震注意)  
 シナリオ②: M6.8以上、ゆっくりすべり→臨時情報(調査中)→(M8以上:東海地震)→臨時情報(巨大地震警戒)  
 シナリオ③: M6.8以上→揺れによる被害/臨時情報(調査中)/津波の被害→(M8以上)→臨時情報(巨大地震警戒)

**対策の方向性**

<シナリオ①②③共通>

**1) 避難困難区域を縮小する**

- 津波避難タワー、避難路のさらなる整備

**2) 南海トラフ地震臨時情報についての周知**

- 職員に対する周知:臨時情報の解説、臨時情報発出時の対応についての資料作成、研修
- 住民に対する周知:講習会の開催

<シナリオ①②:被害が発生していない中での対応>

**3) 臨時情報に関する行政の対応指針・マニュアルの検証・見直し**

- 職員の参集・帰宅:津波浸水区域を通って参集する職員をどうするのか→参集しないで対応?
- 住民・マスコミからの連絡に対する対応をどうするのか:臨時情報(調査中)時の防災行政無線からの情報発信、マスコミ・住民からの問い合わせへ対応
- 避難誘導をどう行うのか→災害発生時に準ずる?

**4) 臨時情報(巨大地震警戒)発令時の事前避難対応の検討**

- 収容避難スペース、食料不足をどうするのか→和歌山県・関西広域連合と連携し、高速道路網を利用した広域避難、物資輸送の検討を行う+避難困難区域の住民の高速道路へのアクセス検討

<シナリオ③:被害が発生した中での対応:既存の計画にもとづく対応に加えて>

**5) 臨時情報(巨大地震警戒)発令時の津波浸水想定区域での活動方針検討**

- 救出・救助、道路警戒活動を実施するのか→国に方針を照会する。

1

図 2-4-②-1 南海トラフ地震臨時情報についての串本町における要対策検討課題

**南海トラフ地震臨時情報とは？—串本町職員として知っておくべきこと—**

南海トラフ地震臨時情報とは？:南海トラフ沿いで異常な現象が観測された場合に発表される情報

**南海トラフ沿いでの異常な現象**

- 南海トラフ地震の想定震源域・その周辺でM6.8以上の地震<可能性大>
- プレート境界内でゆっくりすべり

例えば、令和4年1月22日の日向灘の地震(M6.6)

出展: 気象庁      出展: 防災研Hinet

**発表される情報**

**そもそも、なぜこういった情報が出されるのか**

- 東海地震予知の取り組みがあった<東海地震に関連する調査情報(臨時)→東海地震注意情報→東海地震予知情報>→「現在の科学的知見からは、確度の高い地震の予測は難しい」南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性について(報告)(平成29年8月25日公表)
- 時間差発生→東南海地震が発生したらどうする?安政南海(1854)32時間後、昭和南海(1944、1946)2年後

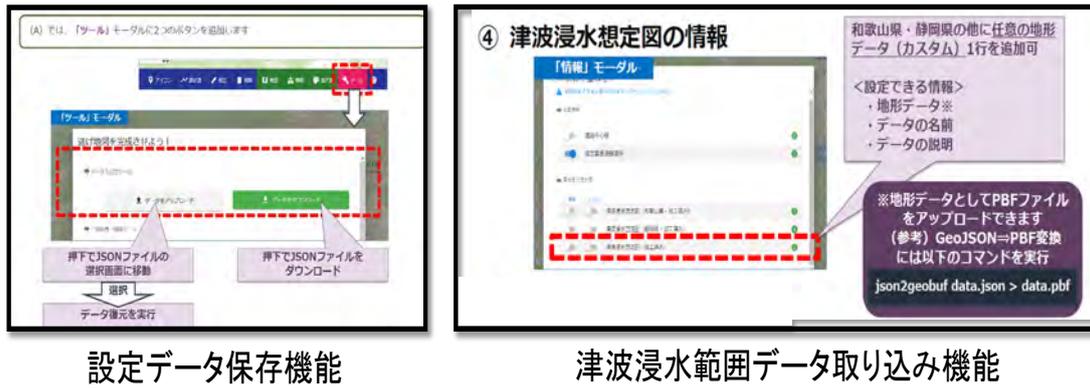
図1 南海トラフ沿いで発生した大規模地震の震源域の時空間分布  
(地震調査委員会、平成29年9月公表資料に加工)

予会議南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応検討ワーキンググループ、平成29年9月

図 2-4-②-2 南海トラフ地震臨時情報職員説明資料<sup>2)</sup>

2) 「逃げ地図」WS 実施支援ツールの改良

昨年度実施した「逃げ地図」実施先進地域での逃げ地図WS 実施支援ツールについてのヒアリング結果をもとに本年度、支援システムについて、1) 津波浸水範囲データの取り込み機能の追加(外部ジオデータの取込を可能とするためのインターフェース)、2) 作業途中データ保存機能の追加を行った。追加された機能について図 2-4-②-3 に示す。



設定データ保存機能

津波浸水範囲データ取り込み機能

図 2 - 4 - ② - 3 「逃げ地図」WS 実施支援ツールの改良

### 3) 「逃げ地図」WS と避難可能なまちづくりの検討

令和 5 年 1 月 16 日に和歌山県串本町田原地区の山村交流センターで「田原地区における『逃げ地図』づくりワークショップ」を開催した。参加者は計 26 人（住民 8 人、小学生 7 人、先生 5 人、防災・福祉担当の町職員 6 人）である。田原地区は南海トラフ巨大地震の際の津波到達時間が 1 m で 3 分と想定されており、避難困難区域に設置された避難タワーの有効性を検討する必要も生じていた地域である。

WS での最初の作業は、参加者を 4 つの班に分け、各班が表 2 - 4 - ② - 1 の 4 つのシナリオのうち一つを選択して逃げ地図づくりをするようにした。表 2 - 4 - ② - 1 の「通れない箇所あり」という条件は令和 4 年 10 月 14 日に実施した現地調査をもとに日ごろ利用中の抜け道と危険箇所を示した地図（図 2 - 4 - ② - 4）を作成した上で、最も危険箇所が多いところに「×」印をつけて作業を行った。今回の逃げ地図 WS で使用したヒモの長さは 3 分で 129m 移動できるというという設定（逃げ地図の基本設定通りで、後期高齢者が傾斜度 10 度の坂道を歩く時の速さを 43m/分と仮定）にしている。次いで作業は、住民と町職員のみでの参加で、4 つのシナリオで作成した逃げ地図（図 2 - 4 - ② - 5）をもとに「避難タワー有」と「避難タワー無」の 2 つの班に分かれて気づいたこと等について話し合いを行った。「避難タワー有」の班では、「道の通れる・通れない設定で避難場所までの時間が結構違う」「避難場所 A がダメでも B なら近いことが分かった」「避難場所までの間の危険な箇所がわからないと逃げられない」「避難タワーに上ってみたい」「木葉神社に避難タワーがほしい」「木葉神社を横断するのはどうか」等のポジティブな意見がたくさん出た。一方、「避難タワー無」の班では「避難をはじめからあきらめている人が多い」「ブロック塀が崩れて通れない場合、逃げられない場所が多い」というネガティブな意見が目立つ中、「災害時は線路を渡るしかない」「山沿いに上れる階段が意外に多い」等の気づきも共有された。今回の WS を通して、道の選択次第で避難できること、今後の対策次第でより避難可能なまちづくりができることが判明した。

表 2-4-②-1 田原地区の逃げ地図 WS で設定した 4 つのシナリオ

区分 (条件)	橋は通れない	
	道は基本通れる	通れない箇所あり (並)
避難タワー有	シナリオ① (楽観的なシナリオ)	シナリオ②
避難タワー無	シナリオ③	シナリオ④

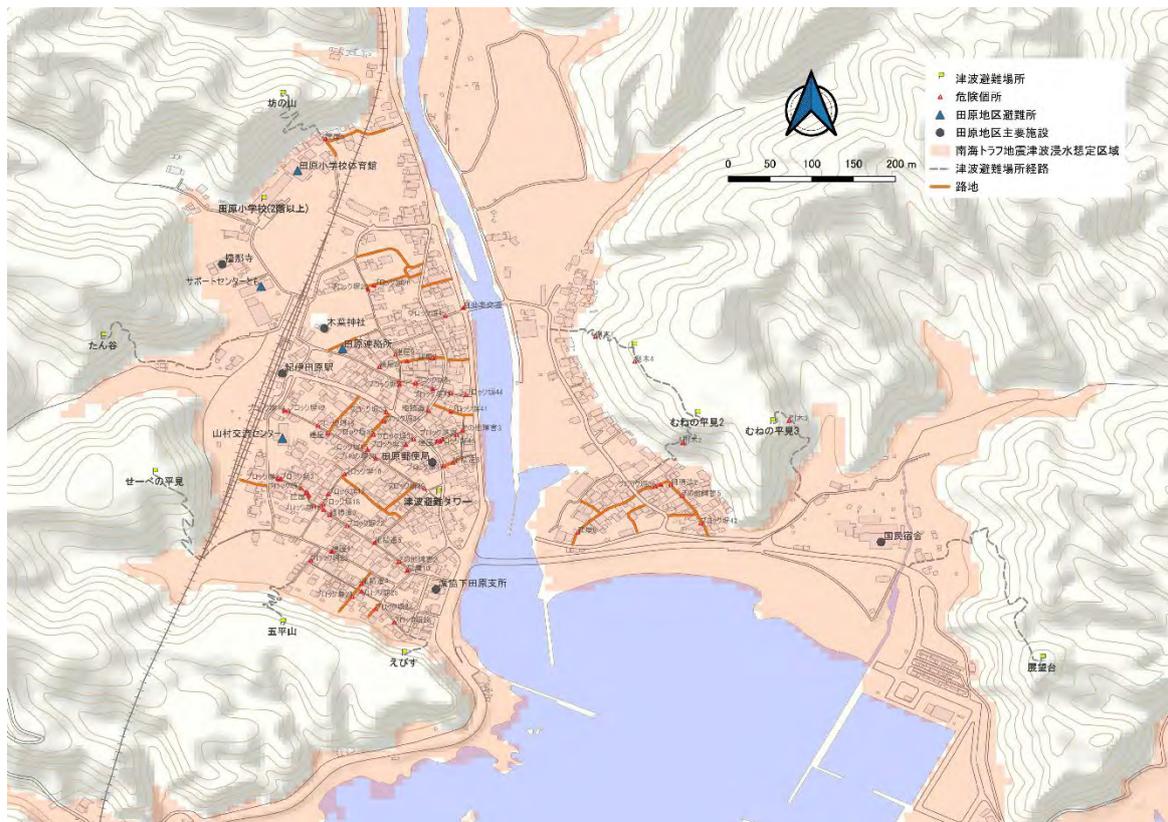


図 2-4-②-4 逃げ地図 WS のために準備した抜け道と危険箇所マップ

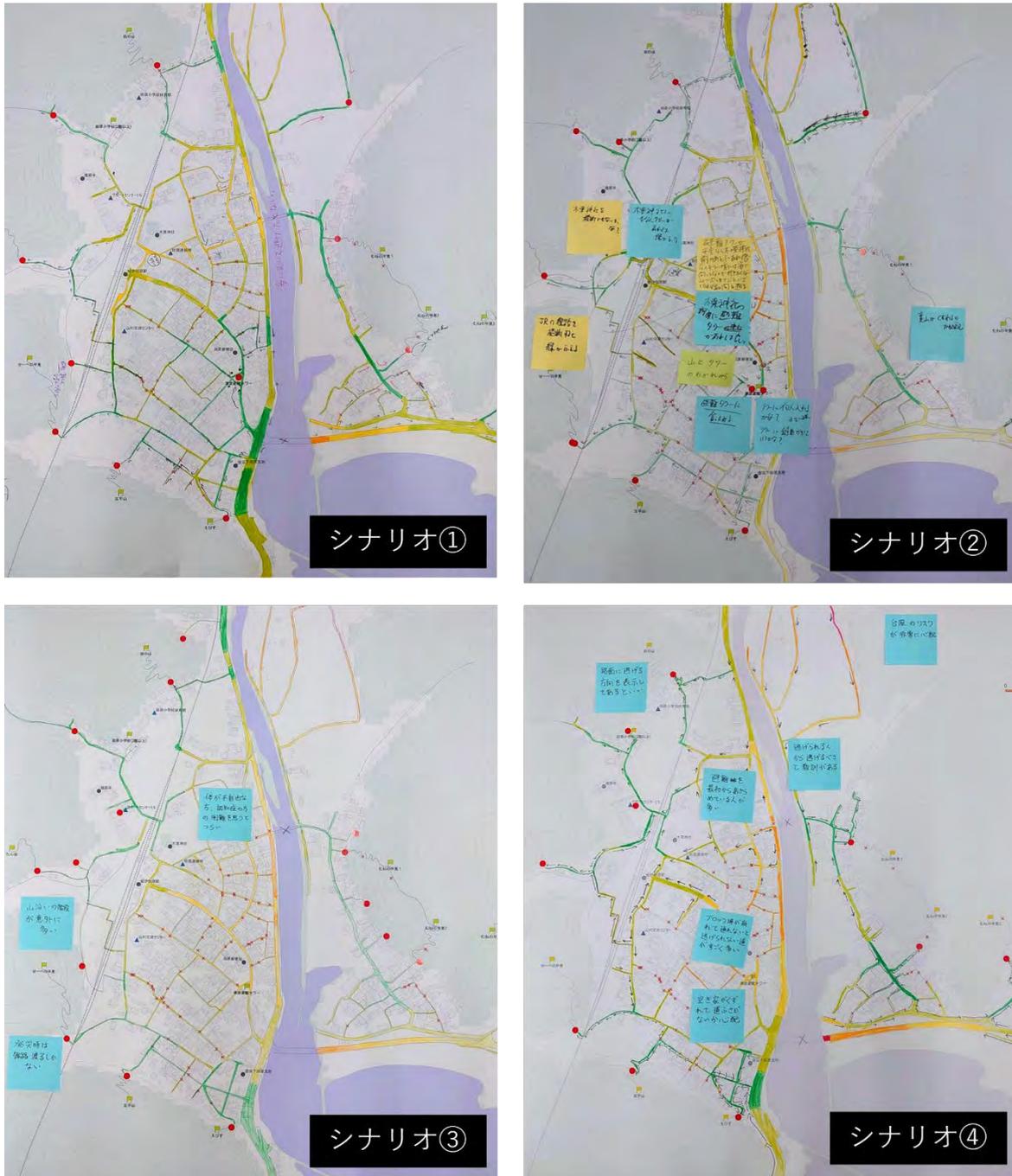


図 2-4-②-5 「逃げ地図」WS での 4 つのシナリオ検討結果

(c) 結論ならびに今後の課題

テストフィールド（和歌山県串本町）において臨時情報発令時の行政対応の課題共有・職員説明資料の作成、「逃げ地図」作成支援ツールの改良、逃げ地図作成を通じた避難可能性の検討を行った。

「逃げ地図」WS では 4 つのシナリオで検討することで、シナリオごとの避難可能性を可視化することができた。特に、「避難タワー有」と「避難タワー無」の逃げ地図を比較しながら話し合うことで、どれだけ避難可能性が異なるか、改善すべき箇所はどこなのかについて明確にすることができた。

「逃げ地図」WSの結果得られた避難可能なまちにするための課題といかにして実現していくのかということが今後の課題として明らかになり、具体的な対策のあり方について来年度以降、取り組んでいく。

(d) 引用文献

- 1) 金玟淑、牧紀男、曾我部哲人、山本俊哉、森脇環帆：南海トラフ臨時情報発令時の自治体の対応に関する検討－和歌山県串本町を事例として－、地域安全学会梗概集 No. 50、pp. 191-194、2022年5月
- 2) 中央防災会議 防災対策実行会議南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応検討ワーキンググループ、平成 29 年 9 月

(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
南海トラフ臨時情報発令時の自治体の対応に関する検討－和歌山県串本町を事例として－（口頭）	金玟淑 牧紀男 曾我部哲人 山本俊哉 森脇環帆	第50回（2022年度） 地域安全学会研究発表会（春季）	2022. 5	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

名称	機能
津波避難まちづくり支援システムの改良	逃げ地図 WS の実施に必要な事前分析、WS 時に利用する資料の作成の支援を行う。

3) 仕様・標準等の策定

なし

## 2. 5 発災時の企業の事業活動停止を防ぐ

### (1) 業務の内容

(a) 業務題目 「発災時の企業の事業活動停止を防ぐ」

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学減災連携研究センター	准教授	平山修久
	寄附研究部門特任准教授	都築充雄
	寄附研究部門特任助教	蛭川理沙
	寄附研究部門特任助教	幸山寛和
	産学協同研究部門特任准教授	小沢裕治
	産学協同研究部門特任助教	羽田野拓己
	センター長・教授	飛田潤
	特任准教授	倉田和巳
	助教	平井敬
	名誉教授	福和伸夫
	教授	西川智
	研究員	千葉啓広
	研究員	山崎暢
研究員	石原宏	
名古屋大学災害対策室	教授	護雅史
名古屋大学大学院工学研究科	教授	野田利弘
名古屋大学大学院環境学研究科	教授	富田孝史

(c) 業務の目的

既往の調査研究プロジェクト成果を考慮した南海トラフ地震臨時情報（以下「臨時情報」とする）発表時に製造業を中心とする地域産業活動が継続するために必要となる要素を構造化し、事前防災対策と事後対応を構成要素とした産業タイムラインモデルを構築し、都市インフラとサプライチェーンの回復力のリスク評価を行う。地域の人流、物流に対しては、地震センサー、停電情報や都市インフラのスマートデータ、自動車センサーによるプローブデータに対する減災情報利活用の高度化等を行い、臨時情報発表時の俯瞰的かつ総合的なリアルタイムでの社会様相モニタリング手法を開発する。サブ課題2 (g)で開発する地震防災基盤シミュレータと連携し、様々な階層における社会様相モニタリングデータを用いたリスク評価手法によるマルチエージェントの時間断面での行動と資源を取り入れた事態想定シミュレーション技法を開発し、社会萎縮回避や事前防災投資のための地域産業回復シナリオを作成し、サブ課題3「創成情報発信研究」と連携し、情報提供できるようにする。

(d) 5か年の年次実施計画

1) 令和2年度：

産業タイムライン構築のため、必要な構成要素データを整備した。そのため、産業復旧タイムラインの都市インフラデータ（GIS）構築支援業務として、産業連関構造のモデル構築に関する調査・分析を行いつつ、災害時の社会状況モニタリングのための多様な情報共有システムの開発に取り組み、産業連関構造のモデル構築のためのデータを整備した。新型コロナウイルス感染症（以下、COVID-19）による社会の活動委縮等と南海トラフ地震臨時情報発表時の社会の活動萎縮との相違を踏まえ、人流、物流のリアルタイムでの把握システムを網羅的に整理した。リアルタイム振動モニタリングに関する基盤技術開発として、リアルタイム震動モニタリング基盤システムを開発するとともに、リアルタイムでの社会様相把握のための加速度センサー計測ソフトウェアの開発に従事した。リアルタイム社会様相把握のためのデータの収集調査、分析を行った。愛知県西三河地域を対象として、西三河防災減災連携研究会、あいち・なごや強靱化共創センター、国土交通省中部地方整備局と連携し、南海トラフ地震での臨時情報発表時の特徴的な時間断面での災害対応の図上演習シナリオを検討するための場づくりとして、ワークショップを実施し、地域におけるモニタリング情報共有の協働参画手法を探求した。

2) 令和3年度：

産業復旧タイムライン構築に向けて、令和2年度に収集した構成要素データの拡張整備を行った。気象条件等の内生的な要因のほかに、社会情勢に起因したさまざまな外力の影響が電力需要量を左右していることを示した。そのうえで、地域産業の相互依存関係を抽出した。また、産業活動データを用いて産業への影響分析モデルを構築し、業種別のCOVID-19の影響を評価した。リアルタイムでの社会様相把握手法の開発のため、令和2年度に整備したリアルタイム振動モニタリングによりモニタリングデータの収集と社会様相との関連について検討した。産業活動に係る人流、物流のリアルタイム把握システムの構成を検討し、リアルタイムモニタリングの要素モデルを作成した。高密度・階層的な地震動モニタリングシステムを構築し、地盤条件の異なる近接2地点間の観測記録の差異を明らかにした。組織間を横断した災害情報共有の試行実験により、人的リソースと対応状況の効率的把握のための必要要素を示した。事態想定シナリオ構築に向けて、臨時情報発表時の社会萎縮に伴う事態想定シナリオのため、COVID-19の都市インフラリアルタイムデータからみた事態想定を検討を行った。名古屋大学減災連携研究センター、自治体研究会、あいち・なごや強靱化共創センターと連携し、ワークショップを地域研究会活動として実施した。地域におけるモニタリング情報共有の協働参画手法の検討として、巨大地図へのプロジェクションマッピングを用いて、南海トラフ地震発生時のさまざまなリスク等を共有するとともに、南海トラフ地震臨時情報発表時の事態想定を学び、その際の実践的行動や事前準備について考え、関係機関の現状や課題を共有することで、関係機関の連携強化を図った。

3) 令和4年度：

産業タイムライン構築を目指して、暫定的なサプライチェーンと都市インフラの回復力による地域リスク評価手法について開発することを目的として、令和3年度に続

いてインフラおよび個別産業種のデータの整備、分析を実施した。社会様相把握手法の開発のため地域のモニタリングデータの高度化とその共有手法の開発を実施した。事態想定シミュレーション手法の構築のため事態想定シナリオ作成手法の高度化に向けた、対応ワークシート及び、臨時情報発表時の災害事象の要因分析手法の開発を行った。地域産業活動が継続するために必要となる要素を構造化し、暫定的なサプライチェーンと都市インフラの回復力による地域リスク評価のため、社会様相把握のため、水供給の視点から数値解析評価を実施した。地域の種々のセンサーを活用したモニタリングデータの高度化と地域研究と協働し、共有促進のためのワークショップを実施した。臨時情報発表時のエージェントの事後対応を考慮した事態想定シミュレーションのための事態要素について構造化を行った。

4) 令和5年度：

事態想定シミュレーションの開発を目指し、産業タイムラインモデルとリアルタイム社会様相把握のためのビッグデータ活用による事前防災対策と事後対応の地域リスク低減効果を定量的に評価する。そのため情報発信研究でのフィードバックに基づき、リアルタイムでのモニタリングデータの社会への情報提供手法を検討し、事態想定シミュレーションによる地域の回復力評価を実施し、臨時情報発表時の産業活動の萎縮回避のための具体的な事前防災投資による対策技術を検討する。

5) 令和6年度：

産業タイムライン作成手法の高度化を目指し、産業タイムラインの妥当性を検証する。リアルタイム社会様相把握手法の実践を目指して社会様相モニタリングデータの共有手法を標準化する。事態想定シミュレーション手法の社会実装を目指し、事態想定シミュレーションを実施する。社会萎縮回避や事前防災投資における産業タイムラインモデルの妥当性をシミュレーションにより検証する。具体的な地域やステークホルダーを想定し、産業活動回復力向上のためのリアルタイムでの社会様相モニタリングデータの共有手法を導出する。産業タイムラインと社会様相モニタリングによる事態想定シミュレーション手法の妥当性を検証、さまざまな階層での社会萎縮回避、事前防災投資方針を数値解析により検討する。

(e) 令和4年度業務目的

本研究業務が目指すべき到達目標は、地域や産業界と連携し、南海トラフ地震臨時情報発表時の机上演習に活用するための事態想定シミュレーション手法を構築するものである。したがって、机上演習において、地域や産業界の机上演習参画者に対して、産業構造把握に基づく産業タイムライン、社会様相モニタリング、事態想定に基づいた状況付与を行うことが必要となる。すなわち、南海トラフ地震臨時情報発表という具体的かつ科学的成果に基づく状況付与に対して、参画者がどのように対応するのかを問いかけ、それらの対応に対して、産業タイムラインに基づく地域産業の活動状況、リアルタイムモニタリングで把握されうる地域社会の様相、事態想定シミュレーションで想定されうる状況、あるいは、サブサブ課題2(g)での多様な時間断面でのリスク情報を、状況付与し、臨時情報対応について検討、検証するものである。これらのことから、今年度においては、産業復旧タイムライン構築に向けて、令和2年度に収集した構成要素デ

一タの拡張整備を行うとともに、地域産業の相互依存関係を抽出する。昨年度までに整備した高密度・階層的な地域の地震災害モニタリングシステムについて、詳細な地盤情報の収集整理に基づく観測点の設置、および建物群の被災把握にむけた観測方法の検討を行い、観測記録により検証する。またこれらのモニタリング情報をオンライン共有するためのプロトタイプシステムを構築する。事態想定シナリオ構築に向けて、臨時情報発表時の社会萎縮に伴う事態想定シナリオのため、COVID-19 や 2022 年明治用水頭首工大規模漏水事故時の都市インフラリアルタイムデータからみた事態想定の見直しととも、官民における時間的・空間的な階層での臨時情報発表時の対応に関するデータ収集を行う。地域におけるモニタリング情報共有の協働参画手法を探究する。

## (2) 令和 4 年度の成果

### ① 産業復旧タイムライン構築に向けた都市インフラデータ整備

#### (a) 業務の要約

産業復旧タイムライン構築に向けて、令和 2 年度、令和 3 年度に収集した構成要素データの拡張整備を実施する。引き続き、気象条件等の内生的な要因のほかに、社会情勢に起因したさまざまな外力の影響が電力や工業用水の需要量の差となって現れることについて、統計学的手法を用いて明らかにする。さらに、地域産業の相互依存関係を抽出して、特に影響の大きい業種とその度合いを明らかにする。

また、大規模災害時の国難や臨時情報発表時の社会活動の停滞を克服するためには、市民生活や社会経済活動に都市インフラがどのように利用されているリアルタイムで把握することが必要不可欠である。そこで本研究では、COVID-19 による緊急事態宣言の下での電力需要量と工業用水の影響評価だけでなく、産業構造をより明らかにするために、愛知県内の製造業における年間電力販売量と消費量の産業別割合等を調査・分析を実施した。

COVID-19 以前の産業の活動水準に関する時系列データを利用し、COVID-19 が無かった場合の各産業の活動水準を予測するモデルを開発する。モデルの予測値、すなわち COVID-19 が無かった場合の活動水準と COVID-19 における実際の各産業の生産水準を比較する事により、COVID-19 が生産に与えた影響を定量的に明らかにする。

#### (b) 業務の実施方法

令和 3 年度に電力需要について実施した手法を用い、引き続き、実際に時系列データ分析を行って工業用水の変動をモデル化し、産業の萎縮を含む各種の影響要因の存在について検証を試みた。なお、今年度業務についても産業萎縮を引き起こす可能性のある変動要因(図 2-5-①-1)として、2020 年 4 月から 5 月にかけて発出された COVID-19 感染症の蔓延に伴い発令された「緊急事態宣言」を取り扱う。

本研究では状態空間モデルと時系列データを用いて、いくつかの産業における COVID-19 の影響を定量的に把握する。本研究の特徴は自然災害(今回は COVID-19)の影響が無い場合の仮想の生産水準をシミュレートし、実際の生産水準と比較する事で自然災害の影響の定量的把握を試みる時系列データを解析する場合、データ間の自己相関を考慮した統計的手法が必要となる。こうした手法の 1 つに自己回帰モデル(Auto regressive モ

デル) とその拡張版の ARIMA モデル等のモデルが存在する。

また、愛知県内の製造業における年間電力販売量の産業別割合についての分析は、令和3年(2021)年度愛知県統計年鑑、愛知県 県民生活部統計課」で公表されているデータから、愛知県における産業別電力販売量・電力消費量に関する分析、地域別の産業構造に関する分析を試みた。

### (c) 業務の成果

#### 1) COVID-19 による産業活動の「萎縮」状態の想定

##### a) はじめに

南海トラフ地震臨時情報(以下、臨時情報)の対象地域における企業の対応については、現在もなお議論・検討が続けられているが、工場の操業停止や交通機関の運休等の措置が講じられることも考えられる。こうした産業活動の「萎縮」による影響が、サプライチェーンや人流の停滞を通じて、社会全体の萎縮に繋がることも容易に想像できる。こうした萎縮を予防、あるいは早期の解消を図るためには、産業の活性度についてリアルタイムでの把握を行い、速やかに打ち手を講じることが求められる。

本テーマでは産業や市民生活に関わりが深く、リアルタイムに観測されるデータに焦点を当て、産業活動の状態をモニタリングすることを検討している。

令和2年度の業務ではまず、リアルタイムに観測が可能で、かつ産業活動への関わりが深いデータについて探索した。その結果、中でも電力需要量(電力事業者管内での電力消費量)について、観測の即時性やデータの粒度(時間帯単位、1日単位での把握が可能)、産業への影響度等を勘案してモニタリングに有効である可能性を提示した。また、電力需要データを用いた時系列データ分析を行い、同分析で提案されるデータの予測値と実測値を比較することで、両者の乖離を示す「異常値」を感知することを提案した(図2-5-①-1のイメージ)。加えて、リアルタイム観測データ(今回の場合は電力需要データ)への影響要因について探索し、異常値を引き起こす要因を探索することを提案した(図2-5-①-2の④のイメージ)。

令和3年度の業務では、産業萎縮を引き起こす可能性のある変動要因として、2020年4月から5月にかけて発出された COVID-19 感染症の蔓延に伴い発令された「緊急事態宣言」に着目し、リアルタイムデータとして電力消費量を使用して平常時と比較することにより、COVID-19 が生産活動に与えた影響を定量的に示した。

今年度は、リアルタイムデータとして主に産業用に使用される工業用水(以下、工水)の配水量に着目し、電力消費量と同様に COVID-19 が生産活動に与えた影響について分析を行うと共に、電力消費量との共通点、差異について考察した。

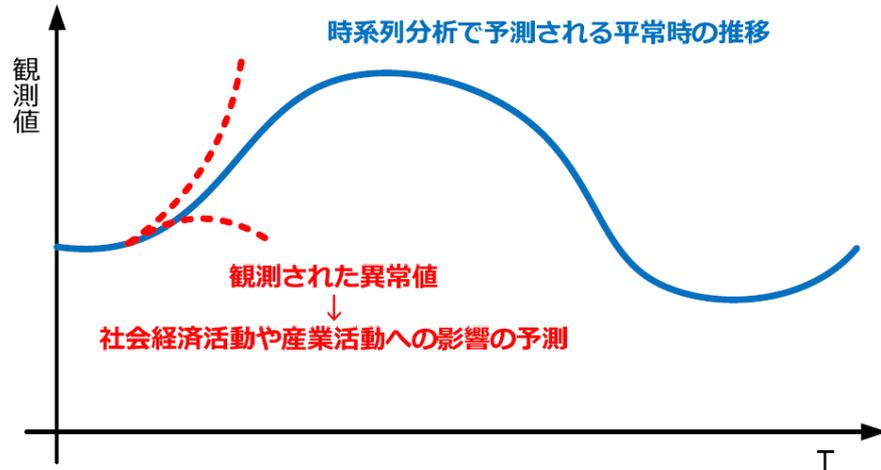


図 2-5-①-1 時系列データ分析による異常値感知のイメージ  
(令和 3 年度報告書<sup>2)</sup>再掲)

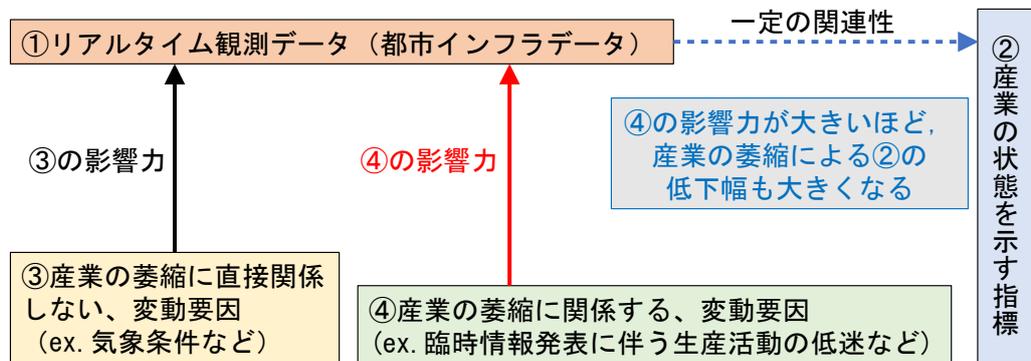


図 2-5-①-2 産業萎縮の要因把握イメージ  
(令和 3 年度報告書<sup>2)</sup>再掲)

b) 工業用水の配水量を用いた時系列データ分析

i) 工業用水配水量データと分析期間

本検討では、令和 3 年度に実施した電力需要量に対する時系列分析と同様に、緊急事態宣言の発令のおよそ 1 か月前にあたる 2020 年 3 月 1 日<sup>1)</sup>から、同宣言の解除から 1 か月後にあたる 2020 年 6 月 30 日を分析対象期間とし、同期間内で「第一次緊急事態宣言が発令中の日付」と「それ以外の日付」の配水量を比較した。なお、「第一次緊急事態宣言」には、愛知県独自の緊急事態宣言を含むものとする。上記に加え、2018 年および 2019 年の同時期の配水量とも比較を行うことで、時系列分析のサンプルデータを計 3 か年に増やし、分析結果の統計的説明力の向上を図った。

当該期間における工業用水の配水量として、中部地方 A 県の B 拠点からの配水量データを入手した。その配水量の推移を図 2-5-①-3 に示す。なお、配水量は周期的に増減を繰り返しながら推移していることが確認できる。

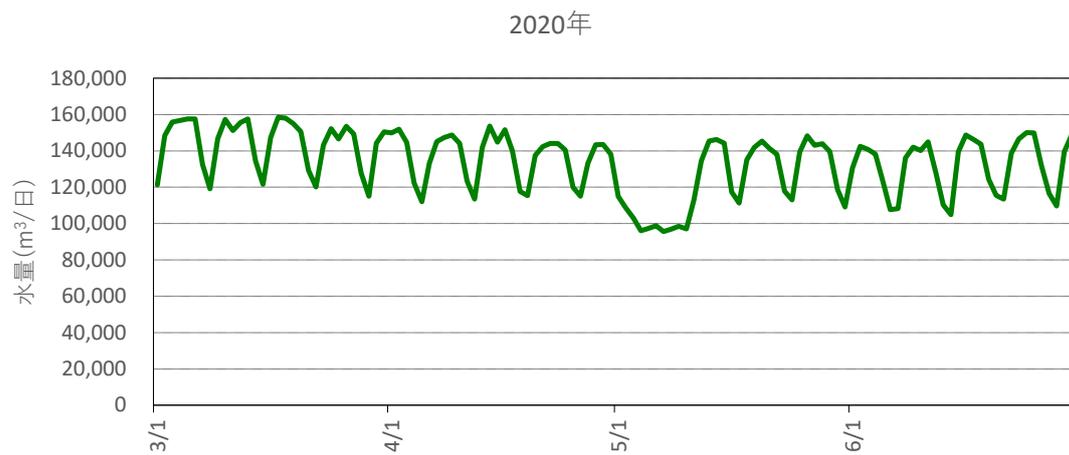
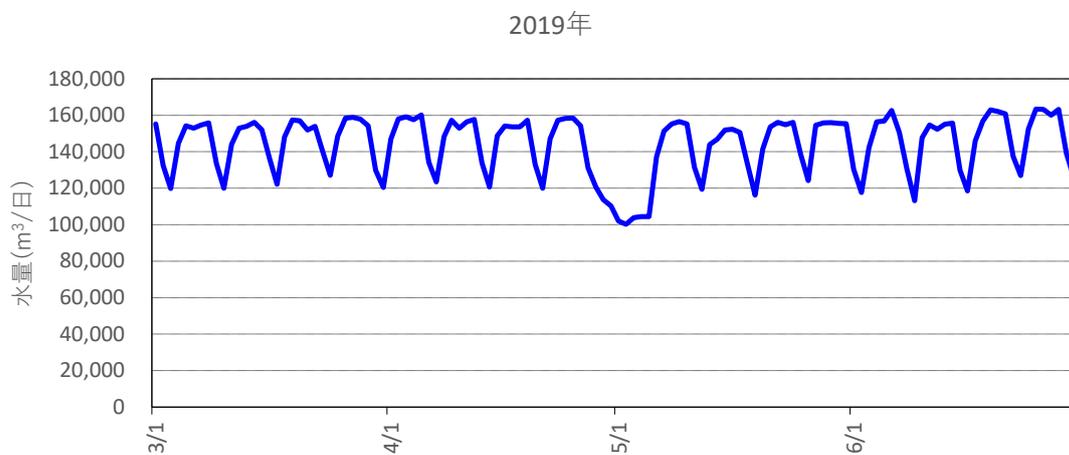
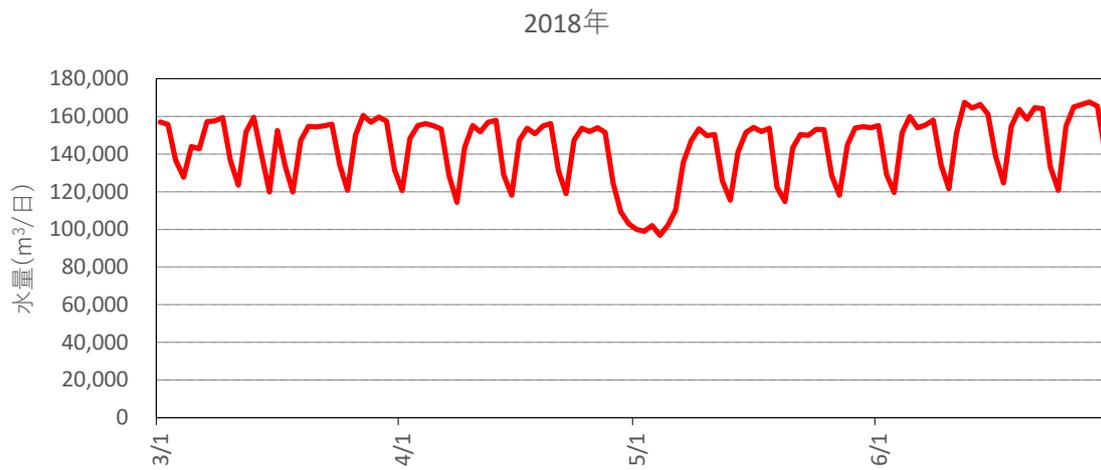


図 2 - 5 - ① - 3 中部地方 A 県 B 拠点での配水量の推移  
(2018, 2019, 2020各年の 6 月 1 日 ~ 6 月 30 日)

## ii) 分析に使用する変数

時系列分析では、日配水量を従属変数とし、独立変数として、配水量に影響を及ぼすと考えられる気温（気象庁 各種データ・資料 過去の気象データ<sup>3)</sup>により調査）※<sup>1</sup>、休日/平日※<sup>2</sup>、緊急事態宣言の有無※<sup>3</sup>の3点に着目した。

また、従属変数にあたる配水量を連続した変数として取り扱った。配水量は周期的に増減しながら推移しており、この一因として曜日による影響が考えられる。検討では「(\*1) 2018年3月1日(木)～6月30日(土)」、「(\*2) 2019年3月1日(金)～6月30日(日)」、「(\*3) 2020年3月1日(日)～6月30日(火)」を繋げて1つの時系列として扱うが、このままでは曜日が不連続となる。そこで、周期性を保つため、(\*1)と(\*2)の間に「2018年7月1日(日)～2018年7月5日(木)」、(\*2)と(\*3)の間に「2019年7月1日(月)～2019年7月6日(土)」を追加し、計377日間の配水量を従属変数として取り扱うこととした。

### ※1 気温

冷却設備の水道使用等により、配水量に影響を及ぼすと考え、気象庁の公開する各電力エリアの主要都市の平均気温を独立変数として考慮。

### ※2 平日/休日

企業活動が休止等することなどから、平日に比べ土日祝日は配水量が小さくなるため、時系列データを「平日」と「休日」に区分し、独立変数として考慮。

### ※3 緊急事態宣言の有無

緊急事態宣言発令の有無を独立変数として考慮。

これにより時系列データは、※2 平日/休日の区分と合わせ、「平日かつ緊急事態宣言無し」、「休日かつ緊急事態宣言無し」、「平日かつ緊急事態宣言有り」、「休日かつ緊急事態宣言有り」の4種類に分類される。検討では、各状態を表すダミー変数(該当する場合に1、そうでない場合に0を示す)を作成し、各状態における配水量の差を確認した。

## iii) 平均値の比較

時系列分析に先立ち、3か年の配水量に統計的な差が認められるか、平均の差の検定を実施した。ここで取り扱う3か年の配水量については、2020年に各電力エリアの主要都市において緊急事態宣言が発令されていた月日とした。

平均の検定に際し、先ず各配水量の記述統計を確認し、正規性の有無を確認した。正規性が認められた場合はT検定、正規性が認められない場合はMann-WhitneyのU検定を用いて平均の差の検定を実施した。

令和3年度の検討では、電力需要量は気温の影響を大きく受けるため、平均気温についても同様に平均の差の検定を実施しており、本年度も実施した。

配水量、および、気温の平均値を表2-5-①-1に示す。表には、平均をとる期間を1年間とした場合、および、第一次緊急事態宣言発令間+前後1ヶ月間とした場合について示す。最低気温と最高気温についてもあわせて示す。

表 2-5-①-1 配水量, 気温の平均値の比較  
(一年間)

	1/1	～	12/31		
	合計 配水量 (m <sup>3</sup> )		最低気温 (°C)	平均気温 (°C)	最高気温 (°C)
2018	147186.6		13.0	17.0	22.0
2019	147166.3		13.2	17.1	21.8
2020	139868.3		13.3	17.1	21.9

(第一次緊急事態宣言発令期間)

	4/10	～	5/31		
	合計 配水量 (m <sup>3</sup> )		最低気温 (°C)	平均気温 (°C)	最高気温 (°C)
2018	137670.6		14.1	18.7	24.1
2019	140571.8		13.6	18.3	23.7
2020	127721.1		13.3	17.8	23.1

(第一次緊急事態宣言発令期間+前後一ヶ月間)

	3/1	～	6/30		
	配水量 (m <sup>3</sup> )		最低気温 (°C)	平均気温 (°C)	最高気温 (°C)
2018	143289.1		13.1	17.7	23.1
2019	143869.9		12.5	16.9	22.2
2020	133878.8		13.0	17.3	22.4

#### iv) 時系列モデルの同定

時系列分析には、統計分析ソフト IBM SPSS Forecasting を用いた。時系列分析では、時系列データの季節性の判定、自己相関や偏自己相関を考慮したモデル次数の同定を行う必要があるとあり、同ソフトウェアのエキスパートモデラーを用いると、これらの検討を機械的に実施することができる。本検討においては後述のとおり、エキスパートモデラーによる時系列モデルの同定の結果、いずれの電力エリアについても ARIMA モデルが提案された。

配水量は、ARIMA モデルで表される数値(時系列周期に影響を受ける部分)に、独立変数を用いた回帰式(独立変数に影響を受ける部分)を足すことで説明される。本検討の目的は、独立変数に定めた各種のダミー変数が及ぼす従属変数への影響の探索である。従って本検討では、エキスパートモデラーで提案された ARIMA モデルについて、表 2-5-①-2 に示す全ての独立変数を強制投入する形で時系列分析を行い、各変数の影響力を確認することとする。

表 2-5-①-2 時系列分析に用いる変数

	変数名	備考
従属変数	電力需要量	下記の期間における電力需要量 「2018年4月10日～7月5日」 「2019年4月10日～7月6日」 「2020年4月10日～6月30日」
独立変数	平均気温	—
	「休日・宣言無し」ダミー	休日(土日祝)かつ、緊急事態宣言発令の無い場合1、それ以外の場合0を示す。
	「平日・宣言有り」ダミー	平日かつ、緊急事態宣言発令の場合1、それ以外の場合0を示す。
	「休日・宣言有り」ダミー	休日(土日祝)かつ、緊急事態宣言発令の場合1、それ以外の場合0を示す。

#### 【ARIMA モデルについて】

ARIMA (Auto-Regressive Integrated Moving-Average) モデルは、時系列データを自己回帰 (AR ; Auto-Regressive) モデル (次数  $p$ )、差分 (次数  $d$ )、移動平均 (MA ; Moving-Average) モデル (次数  $q$ ) の3種の要素を用いて複合的に表現したものである。ARIMA モデルを一般化した形は  $ARIMA(p, d, q) [s]$  で表現され、本研究では季節に無関係な要素としての  $(p, d, q)$  に加え、季節による要素  $(P, D, Q)$  及び、周期性も考慮し、 $ARIMA(p, d, q) (P, D, Q) [s]$  を定義する。また、 $s$  は周期であるが、本検討では配水量が曜日とともに変動していることを踏まえ、 $s=7$  (7日間) としている。なお、季節性を考慮した ARIMA モデルは SARIMA モデルと呼ばれる。

#### 自己回帰モデル

自己回帰モデルの次数 ( $p, P$ ) は、過去の観測値が及ぼす影響を表す。 $t$  時点での配水量を  $y_t$  とすると、自己回帰モデル  $AR(p)$  は以下のように定式化できる。

$$y_t = c + a_1 y_{t-1} + \dots + a_p y_{t-p} + \varepsilon_t$$

ここで、 $c$  は定数項、 $a_p$  は  $t-p$  期の係数、 $\varepsilon_t$  はホワイトノイズである。配水量は  $P$  日前と  $Q$  日前の値に影響を受けていることを前提としたモデルであることを示す。

#### 差分

差分の次数 ( $d, D$ ) は、 $t$  時点での配水量と、 $q$  期前の配水量の差、 $y_t - y_{t-q}$  がモデルの説明項となっていることを示す。 $D$  は周期単位であるため、 $t$  と  $D$  周期前 (7日前) との差分が説明項となる。

### 移動平均モデル

移動平均 (MA) モデルは、 $t$  時点での配水量が当該時点および過去のホワイトノイズに影響を受ける状態を表現したものであり、次のように定式化される。

$$y_t = \varepsilon_t - b_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - b_q \varepsilon_{t-q}$$

ここで、 $b_q$  は  $t-q$  期の係数、 $\varepsilon_t$  はホワイトノイズである。 $q$  日前および  $Q$  周期前までのホワイトノイズが  $t$  時点の電力需要量に影響していることが示唆される。

#### c) 分析結果および考察

##### i) 平均値の比較の結果

配水量の正規性の検定結果を表 2-5-①-3、配水量の平均の差の検定結果を表 2-5-①-4 および平均気温の平均の差の検定結果を表 2-5-①-5 に示す。

平均の差の検定の結果、平均気温に有意な差が認められないにもかかわらず、2020 年の配水量と、2018 年と 2019 年双方の配水量に有意な差が認められる結果となり、緊急事態宣言発令が影響している可能性が示唆された。

表 2-5-①-3 配水量の正規性の検定結果

	Kolmogorov-Smirnov の正規性の検定 (探索的) <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	統計量	自由度	有意確率	統計量	自由度	有意確率
配水量	0.149	156	0.000	0.883	156	0.000

a. Lilliefors による有意確率の修正を含む

表 2-5-①-4 配水量に対する平均の差の検定結果  
(記述統計；2018~2020 各年度の 4/10~5/31)

	度数	パーセンタイル		
		25	50 (中央値)	75
配水量	156	118133.000	142186.500	152961.500

(平均の差の検定)

	期間	度数	平均ランク	順位和
2018-2019	2018/04/10-2018/05/31	52	48.10	2501.00
	2019/04/10-2019/05/31	52	56.90	2959.00
	合計	104		
2018-2020	2018/04/10-2018/05/31	52	63.17	3285.00
	2020/04/10-2020/05/31	52	41.83	2175.00
	合計	104		
2019-2020	2019/04/10-2019/05/31	52	64.50	3354.00
	2020/04/10-2020/05/31	52	40.50	2106.00
	合計	104		

	2018-2019	2018-2020	2019-2020
Mann-Whitney の U	1123.000	797.000	728.000
Wilcoxon の W	2501.000	2175.000	2106.000
Z	-1.489	-3.608	-4.057
漸近有意確率 (両側)	0.137	0.000	0.000
判定	≧0.05 有意差無し	<0.05 有意差有り	<0.05 有意差有り

表 2-5-①-5 日平均気温に対する平均の差の検定結果  
(記述統計；2018~2020 各年度の 4/10~5/31)

	度数	パーセンタイル		
		25	50 (中央値)	75
配水量	156	118133.000	142186.500	152961.500

(平均の差の検定)

	期間	度数	平均ランク	順位和
2018-2019	2018/04/10-2018/05/31	52	53.06	2759.00
	2019/04/10-2019/05/31	52	51.94	2701.00
	合計	104		
2018-2020	2018/04/10-2018/05/31	52	54.69	2844.00
	2020/04/10-2020/05/31	52	50.31	2616.00
	合計	104		
2019-2020	2019/04/10-2019/05/31	52	53.44	2779.00
	2020/04/10-2020/05/31	52	51.56	2681.00
	合計	104		

	2018-2019	2018-2020	2019-2020
Mann-Whitney の U	1323.000	1238.000	1303.000
Wilcoxon の W	2701.000	2616.000	2681.000
Z	-0.189	-0.741	-0.319
漸近有意確率 (両側)	0.850	0.459	0.750
判定	≧0.05 有意差無し	≧0.05 有意差無し	≧0.05 有意差無し

ii) 時系列分析の結果

時系列分析の結果を表 2-5-①-6 に示す。

分析結果として、独立変数のうち「平日宣言有り」、「休日宣言有り」のパラメータ推定値が負、かつ、統計的有意傾向( $p < 0.1$ )もしくは統計的有意( $p < 0.05$ )を示した。こ

れより、緊急事態宣言が発令されていた期間は、平常時と比較して配水量が小さくなったことが示唆された。

また、決定係数は  $R^2$  乗 = 0.823 となった。これは、配水量の変動の 8 割強を、時系列データの周期性、気温、緊急事態宣言、土休日、および、緊急事態宣言の有無によって説明可能であることを表している。

表 2-5-①-6 配水量に対する時系列分析の結果  
(パラメータ ; ARIMA モデル 種類 (0, 0, 4) (0, 1, 1))

時系列分析結果		パラメータ				判定	
		推定値	標準誤差	t 値	有意確率 p		
$R^2=0.823$							
定数		-3095.114	939.422	-3.295	0.001	<0.01	統計的有意
MA	ラグ 1	-0.937	0.051	-18.348	0.000	<0.01	統計的有意
	ラグ 2	-0.697	0.065	-10.658	0.000	<0.01	統計的有意
	ラグ 3	-0.525	0.065	-8.108	0.000	<0.01	統計的有意
	ラグ 4	-0.346	0.050	-6.866	0.000	<0.01	統計的有意
季節差分		1.000					
MA、季節性	ラグ 1	0.902	0.031	29.422	0.000	<0.01	統計的有意
平均気温	ラグ 0	175.916	52.210	3.369	0.001	<0.01	統計的有意
休日宣言無し	ラグ 0	92.879	112.126	0.828	0.408		
平日宣言有り	ラグ 0	-2401.939	723.448	-3.320	0.001	<0.01	統計的有意
休日宣言有り	ラグ 0	-1818.362	724.618	-2.509	0.013	<0.05	統計的有意傾向

(補足 ; ARIMA モデルの適合度)

適合度の統計量	平均	最小	最大	パーセンタイル						
				5	10	25	50	75	90	95
定常 $R^2$ 乗	0.823	0.823	0.823	0.823	0.823	0.823	0.823	0.823	0.823	0.823
$R^2$ 乗	0.880	0.880	0.880	0.880	0.880	0.880	0.880	0.880	0.880	0.880
RMSE	6309.773	6309.773	6309.773	6309.773	6309.773	6309.773	6309.773	6309.773	6309.773	6309.773
MAPE	3.079	3.079	3.079	3.079	3.079	3.079	3.079	3.079	3.079	3.079
MaxAPE	34.353	34.353	34.353	34.353	34.353	34.353	34.353	34.353	34.353	34.353
MAE	4056.307	4056.307	4056.307	4056.307	4056.307	4056.307	4056.307	4056.307	4056.307	4056.307
MaxAE	35337.684	35337.684	35337.684	35337.684	35337.684	35337.684	35337.684	35337.684	35337.684	35337.684
標準化 BIC	17.660	17.660	17.660	17.660	17.660	17.660	17.660	17.660	17.660	17.660

(ARIMA モデル統計量)

予測変数の数	モデル適合統計量	Ljung-Box Q(18)			外れ値の数
	定常 $R^2$ 乗	統計	自由度	有意確率	
4	0.823	33.576	13	0.001	0

iii) 電力重要量に対する分析結果との比較

配水量に対する分析結果を、既検討で実施した中部電力エリアの電力需要量に対する分析結果と比較した。

平均値の比較を表2-5-①-7に、平均の差の検定結果を表2-5-①-8に示す。これらより、2020年は他の年と比較して有意に小さくなったことが示唆された。

時系列分析の結果の比較を表2-5-①-9に示す。ここでも、緊急事態宣言発令中の平日において有意に小さくなったことが示唆された。

表2-5-①-7 中部電力エリアの電力需要と、B拠点配水量，気温の平均値の比較  
(一年間)

	1/1	～	12/31			
	電力需要 (万kW)		合計 配水量 (m <sup>3</sup> )	最低気温 (°C)	平均気温 (°C)	最高気温 (°C)
2018	37441.6		147186.6	13.0	17.0	22.0
2019	36772.4		147166.3	13.2	17.1	21.8
2020	35460.3		139868.3	13.3	17.1	21.9

(第一次緊急事態宣言発令期間)

	4/10	～	5/31			
	電力需要 (万kW)		合計 配水量 (m <sup>3</sup> )	最低気温 (°C)	平均気温 (°C)	最高気温 (°C)
2018	32673.5		137670.6	14.1	18.7	24.1
2019	32663.5		140571.8	13.6	18.3	23.7
2020	29443.4		127721.1	13.3	17.8	23.1

(第一次緊急事態宣言発令期間+前後一ヶ月間)

	3/1	～	6/30			
	電力需要 (万kW)		配水量 (m <sup>3</sup> )	最低気温 (°C)	平均気温 (°C)	最高気温 (°C)
2018	34551.8		143289.1	13.1	17.7	23.1
2019	34640.9		143869.9	12.5	16.9	22.2
2020	32367.3		133878.8	13.0	17.3	22.4

表2-5-①-8 平均の差の検定結果

系統	主要都市	第一次緊急 事態宣言期間	2018-2019		2018-2020		2019-2020	
			有意確率	判定	有意確率	判定	有意確率	判定
配水量	(名古屋)	4/10-5/31 (県独自含む)	0.137	≧0.05 有意差無し	0.000	<0.05 有意差有り	0.000	<0.05 有意差有り
電力需要			0.938	≧0.05 有意差無し	0.000	<0.05 有意差有り	0.000	<0.05 有意差有り
日平均気温			0.850	≧0.05 有意差無し	0.459	≧0.05 有意差無し	0.750	≧0.05 有意差無し

表 2 - 5 - ① - 9 時系列分析の結果

系統	主要都市	第一次 緊急事態 宣言期間	ARIMA分析									
			ARIMA モデル	定常 R2乗	日平均気温		休日宣言無し		平日宣言有り		休日宣言有り	
					推定値	有意確率	推定値	有意確率	推定値	有意確率	推定値	有意確率
配水量	(名古屋)	4/10-5/31 (県独自含む)	ARIMA (0,0,4)(0,1,1)	0.823	175.916	0.001	92.879	0.408	-2401.939	0.001	-1818.362	0.013
電力需要			ARIMA (2,0,1)(0,1,1)	0.825	0.487	0.964	-0.686	0.965	-666.344	0.025	-549.705	0.060

## 2) 産業タイムライン構築のための産業別電力販売量および消費量に関する分析

### a) はじめに

本テーマでは、災害や事故等がリアルタイム観測データと産業活動の活性度に影響を及ぼしていることを仮定した上で、前者を観測する中で産業活動の萎縮を認知することを狙いとしている。

令和3年度は、中部電力パワーグリッド（株）管内の電力需要データと、中部地方の主要産業である自動車産業の活性度を示す指標との間の関連性が大きいことを、産業連関表<sup>7)</sup>に基づいて検証した。

本年度は、前章①-c)-1)「COVID-19による産業活動の「萎縮」状態の想定」と併行し、平常時との差異を把握するためのリアルタイムデータとして既に検討してきた電力需要について、さらに産業種別ごとに細分化した分析を行うことで、産業停滞の影響をより大きく受ける業種を把握できないかどうかを調査することとした。

さらに、産業連関災害や事故等による制約条件が局地的に発生した場合でも、その動向を確認することを視野に入れ、愛知県をさらに3つの地域に分割し、地域別の産業構造について分析を実施した。

### b) 産業別電力販売量に関する分析

本検討では、愛知県内の製造業における年間電力販売量の産業別割合について分析を行う。電力販売量データは、「令和3年（2021）年度愛知県統計年鑑、愛知県 県民生活部統計課」<sup>4)</sup>で公表されている2011年から2015年の値を使用する。なお、2015年以降のデータは公表されていない。

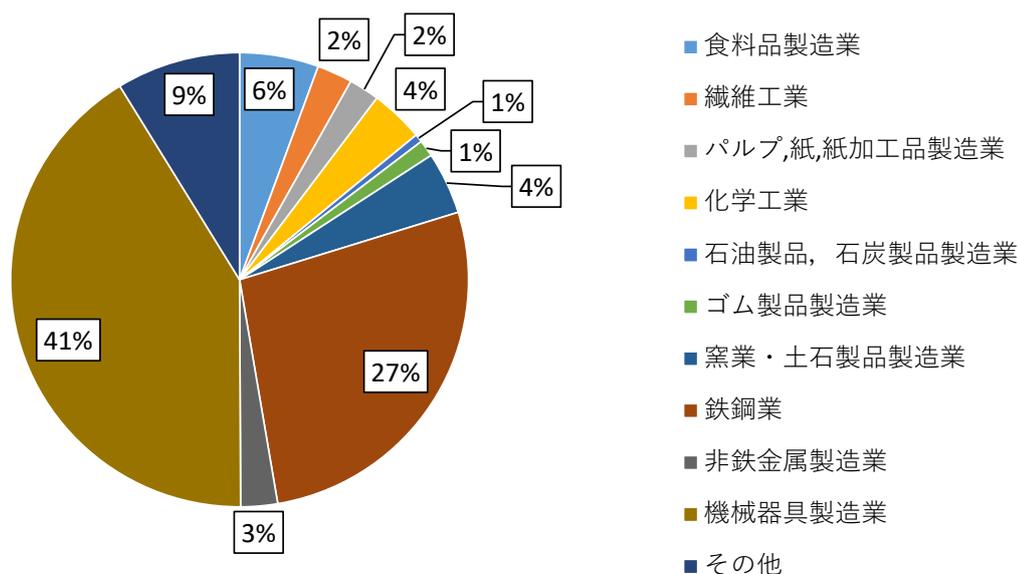
産業種別の電力販売量（大口電力；高圧以上で電気の供給を受け、動力を使用するもののうち、契約電力が原則500kW以上）を表2-5-①-10、2015年の構成比を図2-5-①-4に示す。特徴として、以下の点があげられる。

- ・2011年から2015年までの年間販売電力量および産業別構成比は同程度である。
- ・販売電力量の産業別構成比は、機械器具製造業が41%、鉄鋼業が27%であり、全体の70%弱を占めている。

表 2 - 5 - ① - 10 大口電力の産業別販売電力量（愛知県内）

（単位：百万kWh）

種別	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年
① 食料品製造業	1,164	1,163	1,190	1,171	1,208
② 繊維工業	712	656	662	590	540
③ パルプ、紙、紙加工品製造業	552	525	522	495	468
④ 化学工業	773	863	878	863	816
⑤ 石油製品、石炭製品製造業	61	97	139	119	124
⑥ ゴム製品製造業	302	280	285	279	258
⑦ 窯業・土石製品製造業	1,010	974	1,000	964	957
⑧ 鉄鋼業	5,956	5,700	5,728	5,774	5,870
⑨ 非鉄金属製造業	556	560	557	578	562
⑩ 機械器具製造業	8,312	8,695	9,066	9,071	8,940
⑪ その他	2,089	1,976	1,977	1,943	1,895
合計（製造業）	21,486	21,490	22,004	21,847	21,639



製造業の年間電力消費量：21639（単位：百万kWh）

図 2 - 5 - ① - 4 2015年度産業別販売電力量の構成比

c) 産業別電力消費量に関する分析

i) 電力販売量と消費量の比較

前項で分析した愛知県内の大口電力の産業別販売電力量は最新データが2015年であるため、2020年からのCOVID-19の与える影響について分析するため、「都道府県エネルギー消費統計（経済産業省 資源エネルギー庁）」<sup>5),6)</sup>で公表されている1990年～2020年までの産業別電力消費量に着目し、2011年～2015年を対象に電力販売量との比較を行い、2015年以降の電力販売量（投入量）を電力消費量で推測可能かを分析した。

2011年から2015年の電力販売量と消費量の産業別構成比には大きな差が見られなかったため、2015年以降については電力消費量の推移を把握することにより販売量の推移を把握できるものと判断した。なお、販売量に比べ消費量が多くなっている理由は、消費量には自家発電による消費も含まれているためと考察した。

「鉄鋼・非鉄・金属製品製造業」における消費量が最も多くなっている。これは、鉄鋼業では自社発電所を所有している場合が多いと推察した。

### ○産業分類

公表されている電力販売量および電力消費量データの産業種別と日本標準産業分類（中分類）との対応表を表2-5-①-11に示す。なお、販売量については対応表が公表されていないため、類似の業種に基づき推測した数値である。

販売量と消費量で統計処理上の産業種別が異なるため、本分析では消費量の産業種別に統一した。愛知県県民生活部統計課が公表している販売量データ（表2-5-①-10で前出）に、消費量の産業種別に合わせたものを表2-5-①-12に示す。

表2-5-①-11 産業分類の対応表

販売量 <sup>※1</sup>	日本標準産業中分類	消費量
食品飲料製造業	9 食料品製造業	食品飲料製造業
	10 飲料・たばこ・飼料製造業	
繊維工業	11 繊維業	繊維工業
-	12 木材・木製品製造業（家具を除く）	木製品・家具他工業
	13 家具・装備品製造業	
パルプ・紙・紙加工品製造業	14 パイプ・紙・紙加工品製造業	パルプ・紙・紙加工品製造業
-	15 印刷・同関連業	印刷・同関連業
化学工業	16 化学工業	化学工業（含 石油石炭製品）
-	17 石油製品・石炭製品製造業	
-	18 プラスチック製品製造業	プラスチック・ゴム・皮革製品製造業
ゴム製品製造業	19 ゴム製品製造業	
-	20 なめし革・同製品・毛皮製造業	
窯業・土石製品製造業	21 窯業・土石製品製造業	窯業・土石製品製造業
鉄鋼業	22 鉄鋼業	鉄鋼・非鉄・金属製品製造業
非鉄金属製造業	23 非鉄金属製造業	
		24 金属製品製造業
機械器具製造業	25 はん用機械器具製造業	機械製造業
	26 生産用機械器具製造業	
	27 業務用機械器具製造業	
	28 電子部品・デバイス・電子回路製造業	
	29 電気機械器具製造業	
	30 情報通信機械器具製造業	
	31 輸送用機械器具製造業	
その他	32 その他の製造業	他製造業

※1 日本標準産業分類－中分類との対応表が公表されていないため推測である。

表 2-5-①-12 愛知県内の大口電力産業別販売電力量【産業種別＝消費量】

種別	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年
【①】 食品飲料製造業	1,164	1,163	1,190	1,171	1,208
【②】 繊維工業	712	656	662	590	540
【-】 木製品・家具他工業	-	-	-	-	-
【③】 パルプ・紙・紙加工品製造業	552	525	522	495	468
【-】 印刷・同関連業	-	-	-	-	-
【④+⑤】 化学工業(含 石油石炭製品)	834	960	1,017	982	940
【⑥】 プラスチック・ゴム・皮革製品製造業	302	280	285	279	258
【⑦】 窯業・土石製品製造業	1,010	974	1,000	964	957
【⑧+⑨】 鉄鋼・非鉄・金属製品製造業	6,511	6,260	6,285	6,352	6,432
【⑩】 機械製造業	8,312	8,695	9,066	9,071	8,940
【⑪】 他製造業	2,089	1,976	1,977	1,943	1,895
合計(製造業)	21,486	21,490	22,004	21,847	21,639

ii) 販売量および消費量の比較

2011年から2015年までの電力販売量および消費量一覧を表2-5-①-13に示す。

表 2-5-①-13 愛知県内の大口電力産業別販売電力量および消費量

(単位：百万kWh)

種別	2011年		2012年		2013年		2014年		2015年	
	販売量*1	消費量*2								
食品飲料製造業	1,164	1,267	1,163	1,400	1,190	1,418	1,171	1,332	1,208	1,282
繊維工業	712	800	656	738	662	718	590	654	540	665
木製品・家具他工業	-	243	-	276	-	222	-	223	-	207
パルプ・紙・紙加工品製造業	552	895	525	742	522	789	495	590	468	585
印刷・同関連業	-	271	-	275	-	284	-	291	-	238
化学工業(含 石油石炭製品)	834	938	960	1,004	1,017	1,041	982	1,004	940	913
プラスチック・ゴム・皮革製品製造業	302	1,638	280	1,597	285	1,714	279	1,897	258	1,748
窯業・土石製品製造業	1,010	1,088	974	1,008	1,000	1,084	964	1,010	957	1,049
鉄鋼・非鉄・金属製品製造業	6,511	7,980	6,260	7,723	6,285	7,911	6,352	7,876	6,432	7,938
機械製造業	8,312	9,095	8,695	10,473	9,066	10,685	9,071	10,671	8,940	9,540
他製造業	2,089	119	1,976	125	1,977	139	1,943	125	1,895	131
合計	21,486	24,334	21,490	25,358	22,004	26,005	21,847	25,673	21,639	24,297

iii) 分析結果

前項より、2011年から2015年の電力販売量と消費量の産業別構成比に大きな差がないと判断したことから、本章では2015年以降の電力消費量に関する分析を行う。愛知県内の製造業に着目した2015年から2020年の電力消費量を表2-5-①-14に示す。

特徴として、以下の点があげられる。

- ・電力消費量の年間推移をみると、2017年および2018年の消費量が他の年と比較して5%程度増加している。特に、鉄鋼・非鉄・金属製品製造業で増加していることを踏まえると、東京オリンピック関連施設の建設ラッシュの影響があった可能性がある。

- ・2015年、2018年および2020年の電力消費量の産業別構成比は大差ない結果である。
- ・2020年の電力消費量の産業別構成比は、機械製造業が41%、鉄鋼・非鉄・金属製品製造業が32%であり、全体の70%強を占めている。
- ・新型コロナウイルス感染症拡大に伴う第1回緊急事態宣言が発出された2020年と2018年を比較すると、鉄鋼・非鉄・金属製品製造業の減少が最も多く、126,200万kWh減少した。これは、2018年から約15%減少したことになる。

表2-5-①-14 全産業の産業別年間電力消費量

(単位：百万kWh)

産業種別（愛知県）	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
食品飲料製造業	1,282	1,366	1,264	1,320	1,270 (0.96)	1,251 (0.95)
繊維工業	665	607	606	609	616 (1.01)	543 (0.89)
木製品・家具他工業	207	195	184	189	209 (1.10)	164 (0.87)
パルプ・紙・紙加工品製造業	585	586	602	591	545 (0.92)	494 (0.84)
印刷・同関連業	238	248	259	252	216 (0.86)	216 (0.86)
化学工業（含 石油石炭製品）	913	985	925	876	931 (1.06)	914 (1.04)
プラスチック・ゴム・皮革製品製造業	1,748	1,759	1,741	1,659	1,655 (1.00)	1,704 (1.03)
窯業・土石製品製造業	1,049	996	1,018	1,043	943 (0.90)	909 (0.87)
鉄鋼・非鉄・金属製品製造業	7,938	7,718	8,506	8,679	7,987 (0.92)	7,417 (0.85)
機械製造業	9,540	9,626	10,124	9,981	9,741 (0.98)	9,307 (0.93)
他製造業	131	117	113	111	113 (1.02)	94 (0.84)
合計	24,297	24,203	25,341	25,310	24,225 (0.96)	23,011 (0.91)

※（ ）内は、各業種別の対2018年比を表す

#### d) 地域別の産業構造の分析

前項までに、愛知県内の電力販売量および消費量について分析を行った結果、電力消費量の多い業種は、鉄鋼業および機械製造業であった。今後、災害や事故（例えば、2022年5月の明治用水頭首工大規模漏水事故<sup>8)</sup>など）における工業用水と電力需給の分析に活用できる可能性があるため、地域別の産業構造についても分析を行った。

##### i) 地域区分

尾張、西三河および東三河地方の地域区分を図2-5-①-5に示す。この中で、地理的な区分では尾張地方である知多地域については、愛知用水工業用水道、西三河工業用水道の供給区域であることを踏まえ、今回の電力需給に調査に加えて今後の工業用水需要による調査・分析の実施も視野に入れ、本分析では西三河地方に分類している。



図 2 - 5 - ① - 5 主要工業用水道事業給水区域図<sup>9)</sup>

ii) 産業構造

愛知県発行の統計年鑑（鋳工業）<sup>10)</sup>に基づく、製造業における産業別事業所数および同産業別構成比を表 2 - 5 - ① - 15、同従業員数および同産業別構成比を表 2 - 5 - ① - 16、同製造品出荷額および同産業別構成比を表 2 - 5 - ① - 17 に示す。

なお、表中の名称と日本標準産業分類（中分類）<sup>11)</sup>との対応を表 2 - 5 - ① - 21 に示す。

表 2 - 5 - ① - 15 産業別事業所数

	愛知県※1		尾張		西三河※2		東三河	
	[件]	(構成比[%])	[件]	(構成比[%])	[件]	(構成比[%])	[件]	(構成比[%])
食品飲料製造業	1,108	(7.9)	575	(7.3)	327	(7.2)	206	(12.4)
繊維工業	834	(5.9)	485	(6.2)	199	(4.4)	150	(9.0)
木製品・家具他工業	525	(3.7)	321	(4.1)	105	(2.3)	99	(6.0)
パルプ・紙・紙加工品製造業	392	(2.8)	288	(3.7)	65	(1.4)	39	(2.4)
印刷・同関連業	602	(4.3)	459	(5.8)	92	(2.0)	51	(3.1)
化学工業(含 石油石炭製品)	248	(1.8)	147	(1.9)	82	(1.8)	19	(1.1)
プラスチック・ゴム・皮革製品製造業	1,517	(10.8)	867	(11.0)	477	(10.5)	173	(10.4)
窯業・土石製品製造業	638	(4.5)	317	(4.0)	266	(5.9)	55	(3.3)
鉄鋼・非鉄・金属製品製造業	2,613	(18.6)	1,508	(19.2)	877	(19.3)	228	(13.7)
機械製造業	5,184	(36.9)	2,667	(34.0)	1,933	(42.5)	584	(35.2)
他製造業	394	(2.8)	215	(2.7)	124	(2.7)	55	(3.3)
合計	14,055	(100.0)	7,849	(100.0)	4,547	(100.0)	1,659	(100.0)

( ) 内は地域別の産業別構成比を示す

※1 一部の町村で産業別データがないため愛知県の総合計とは異なる。

※2 知多地域は工業用水道の系統を考慮して西三河地方に分類した。

表 2 - 5 - ① - 16 産業別従業員数

	愛知県※1		尾張		西三河※2		東三河	
	[人]	(構成比[%])	[人]	(構成比[%])	[人]	(構成比[%])	[人]	(構成比[%])
食品飲料製造業	63,172	(8.0)	33,798	(12.1)	20,075	(4.8)	9,299	(10.4)
繊維工業	17,049	(2.2)	8,459	(3.0)	4,951	(1.2)	3,639	(4.1)
木製品・家具他工業	8,811	(1.1)	5,041	(1.8)	2,171	(0.5)	1,599	(1.8)
パルプ・紙・紙加工品製造業	12,643	(1.6)	9,591	(3.4)	2,095	(0.5)	957	(1.1)
印刷・同関連業	13,839	(1.8)	10,437	(3.7)	2,554	(0.6)	848	(1.0)
化学工業(含 石油石炭製品)	14,015	(1.8)	7,222	(2.6)	5,400	(1.3)	1,393	(1.6)
プラスチック・ゴム・皮革製品製造業	65,764	(8.4)	30,599	(11.0)	24,285	(5.8)	10,880	(12.2)
窯業・土石製品製造業	22,901	(2.9)	11,907	(4.3)	9,457	(2.3)	1,537	(1.7)
鉄鋼・非鉄・金属製品製造業	87,361	(11.1)	37,217	(13.4)	40,984	(9.8)	9,160	(10.3)
機械製造業	470,125	(59.8)	119,587	(42.9)	302,421	(72.4)	48,117	(54.0)
他製造業	10,036	(1.3)	4,714	(1.7)	3,576	(0.9)	1,746	(2.0)
合計	785,716	(100.0)	278,572	(100.0)	417,969	(100.0)	89,175	(100.0)

( ) 内は地域別の産業別構成比を示す

※1 一部の町村で産業別データがないため愛知県の総合計とは異なる。

※2 知多地域は工業用水道の系統を考慮して西三河地方に分類した。

表 2 - 5 - ① - 17 産業別製造品出荷額

	愛知県 <sup>※1</sup>		尾張		西三河 <sup>※2</sup>		東三河	
	[万円]	(構成比[%])	[万円]	(構成比[%])	[万円]	(構成比[%])	[万円]	(構成比[%])
食品飲料製造業	63,172	( 8.0 )	33,798	( 12.1 )	20,075	( 4.8 )	9,299	( 10.4 )
繊維工業	17,049	( 2.2 )	8,459	( 3.0 )	4,951	( 1.2 )	3,639	( 4.1 )
木製品・家具他工業	8,811	( 1.1 )	5,041	( 1.8 )	2,171	( 0.5 )	1,599	( 1.8 )
パルプ・紙・紙加工品製造業	12,643	( 1.6 )	9,591	( 3.4 )	2,095	( 0.5 )	957	( 1.1 )
印刷・同関連業	13,839	( 1.8 )	10,437	( 3.7 )	2,554	( 0.6 )	848	( 1.0 )
化学工業 (含 石油石炭製品)	14,015	( 1.8 )	7,222	( 2.6 )	5,400	( 1.3 )	1,393	( 1.6 )
プラスチック・ゴム・皮革製品製造業	65,764	( 8.4 )	30,599	( 11.0 )	24,285	( 5.8 )	10,880	( 12.2 )
窯業・土石製品製造業	22,901	( 2.9 )	11,907	( 4.3 )	9,457	( 2.3 )	1,537	( 1.7 )
鉄鋼・非鉄・金属製品製造業	87,361	( 11.1 )	37,217	( 13.4 )	40,984	( 9.8 )	9,160	( 10.3 )
機械製造業	470,125	( 59.8 )	119,587	( 42.9 )	302,421	( 72.4 )	48,117	( 54.0 )
他製造業	10,036	( 1.3 )	4,714	( 1.7 )	3,576	( 0.9 )	1,746	( 2.0 )
合計	785,716	( 100.0 )	278,572	( 100.0 )	417,969	( 100.0 )	89,175	( 100.0 )

( ) 内は地域別の産業別構成比を示す

※1 一部の町村で産業別データがないため愛知県の総合計とは異なる。

※2 知多地域は工業用水道の系統を考慮して西三河地方に分類した。

表 2 - 5 - ① - 18 日本産業分類 (中分類) との対応表<sup>1)</sup>

表中の名称	日本標準産業中分類
食品飲料製造業	9 食品製造業
	10 飲料・たばこ・飼料製造業
繊維工業	11 繊維業
木製品・家具他工業	12 木材・木製品製造業 (家具を除く)
	13 家具・装備品製造業
パルプ・紙・紙加工品製造業	14 パイプ・紙・紙加工品製造業
印刷・同関連業	15 印刷・同関連業
化学工業 (含 石油石炭製品)	16 化学工業
	17 石油製品・石炭製品製造業
プラスチック・ゴム・皮革製品製造業	18 プラスチック製品製造業
	19 ゴム製品製造業
	20 なめし革・同製品・毛皮製造業
窯業・土石製品製造業	21 窯業・土石製品製造業
鉄鋼・非鉄・金属製品製造業	22 鉄鋼業
	23 非鉄金属製造業
	24 金属製品製造業
機械製造業	25 はん用機械器具製造業
	26 生産用機械器具製造業
	27 業務用機械器具製造業
	28 電子部品・デバイス・電子回路製造業
	29 電気機械器具製造業
	30 情報通信機械器具製造業
他製造業	31 輸送用機械器具製造業
	32 その他の製造業

### iii) 分析結果

#### 尾張地方

- ・製造品出荷額の上位3種別をみると、機械製造業（43%）、鉄鋼・非鉄・金属品製造業（13%）、食品飲料製造業（12%）である。食品飲料製造業の割合が、後述の三河地方より多いことが特徴の一つである。

#### 西三河地方

- ・従業員数および製造品出荷額が最も多く、産業別構成比をみると機械製造業の割合が高い。
- ・製造品出荷額を見ると、機械製造業が西三河全体の80%以上を占めている。

#### 東三河地方

- ・事業所数、従業員数および製造品出荷額で県内総数の約1割程度を占めている。
- ・製造品出荷額をみると、機械製造業が54%、鉄鋼・非鉄・金属品製造業が10%を占めており、東三河全体の63%以上を占めている。

### (d) 結論ならびに今後の課題

#### 1) COVID-19による産業活動の「萎縮」状態の想定

今年度の研究では、南海トラフ地震臨時情報発令時の産業活動の萎縮状況をリアルタイムで把握できるようにすることを目的として、令和3年度に実施した電力需要量の分析に続き、同じく産業活動により需要が大きく変動する工業用水道の配水量データを入手、分析し、COVID-19の蔓延による「緊急事態宣言」発令期間の通常状態との差異が検出できるかどうか確認を実施した。

緊急事態宣言の発令期間である2020年5月の前後1か月を加えた4/1～6/30の期間のデータについて、2018年、2019年の同期間と比較した結果、2018年と2019年では有意な差が見られなかった一方、2018年と2020年、2019年と2020年では有意な差異が確認され、電力需要量と共に緊急事態宣言による影響の可能性が示唆された。

今後は、以下「2) 産業タイムライン構築のための産業別電力消費量のデータ整備」と併せ、電力消費量、工業用水使用量について産業種別の分析を実施し、影響を受ける程度の大きい業種を特定していくと共に、継続して産業の委縮状況に関わる他の要素についても検討を実施する。

#### 2) 産業タイムライン構築のための産業別電力販売量および消費量に関する分析

同様に南海トラフ地震臨時情報発令時の産業活動の萎縮状況を把握することを目的として、愛知県内の産業別業種ごとの電力消費量の割合を把握することができた。

さらに、産業状態の萎縮のリアルタイムでの把握に向け、愛知県内のさらに地方ごとに影響の大きな業種を特定した。今後は、この影響の大きな業種向けのデータの入手、解析を試みる他、併せて災害等の非定常状態への感度の高い業種を抽出することも目指す。

(e) 引用文献

- 1) 首相官邸ホームページ：新型コロナウイルス感染症対策本部 資料  
[https://www.kantei.go.jp/jp/singi/novel\\_coronavirus/taisaku\\_honbu.html](https://www.kantei.go.jp/jp/singi/novel_coronavirus/taisaku_honbu.html)  
(令和5年3月31日閲覧)
- 2) 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3年度 成果報告書  
<https://www.jamstec.go.jp/bosai-nankai/j/documents.html>
- 3) 愛知県 県民生活部 統計課 令和3(2021)年度 愛知県統計年鑑 第9章 エネルギー  
<https://www.pref.aichi.jp/soshiki/toukei/nenkan2021nd-9.html>  
(令和5年3月31日閲覧)
- 4) 経済産業省 資源エネルギー庁 都道府県エネルギー消費統計  
[https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/energy\\_consumption/ec002/](https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/energy_consumption/ec002/)  
(令和5年3月31日閲覧)
- 5) 経済産業省資源エネルギー庁 電力調査統計表過去のデータ  
[https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/electric\\_power/ep002/results.html](https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/electric_power/ep002/results.html)  
(令和5年3月31日閲覧)
- 6) 気象庁 各種データ・資料 過去の気象データ検索 (2018～2020年)  
<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>  
(令和5年3月31日閲覧)
- 7) 愛知県 統計データ 2015 (平成27)年愛知県産業連関表  
<https://www.pref.aichi.jp/soshiki/toukei/io2015.html#20220214109>  
(令和5年3月31日閲覧)
- 8) 東海農政局 報道発表資料 明治用水頭首工の漏水事故への対策について  
[https://www.maff.go.jp/tokai/press/nochi\\_seibi/220803.html](https://www.maff.go.jp/tokai/press/nochi_seibi/220803.html)  
(令和5年3月31日閲覧)
- 9) 愛知県 産業立地通商課 主要工業用水道事業給水区域図  
<https://www.pref.aichi.jp/ricchitsusho/gaiyou/yousui.html>  
(令和5年3月31日閲覧)
- 10) 愛知県 県民生活部 統計課 令和3(2021)年度 愛知県統計年鑑 第7章 鉱工業  
<https://www.pref.aichi.jp/soshiki/toukei/nenkan2021nd-7.html>  
(令和5年3月31日閲覧)
- 11) 総務省 統計基準等 日本標準産業分類 (平成25年10月改定) 一分類項目名  
[https://www.soumu.go.jp/toukei\\_toukatsu/index/seido/sangyo/02toukatsu01\\_03000044.html#e](https://www.soumu.go.jp/toukei_toukatsu/index/seido/sangyo/02toukatsu01_03000044.html#e)  
(令和5年3月31日閲覧)

(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  
なし

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リアルタイム社会様相把握システム構築に関する検討

(a) 業務の要約

災害後の応急復旧から地域経済の再立ち上げにいたるまで、さまざまな局面で必要となる種々の対応を的確に実施するためには、発災から復旧・復興に至るまでの時系列の中でその時々々の社会状況を適切に把握し、その状況に応じた対応行動を選択することが重要となる。特に、南海トラフ地震のように被害が広域かつ甚大な場合の対応行動の選択においては、被害状況を含む地域社会の様態の事前想定には限度があることから、被害の全体像の把握はもちろんのこと、その後の時間経過に応じた状況把握と判断が重要である。また、臨時情報発表時のような、直接の被害は生じていないものの社会活動の状態が変化する事態の出現が想定されるとき、その状況を把握することも重要である。

このような社会様相の変化の全般については、最終的には災害後の調査により正確に把握されるものであるが、広域大規模災害においては、深刻なダメージを受けている地域ほど状況把握に手間取ることが指摘されており、最も対応が必要な地域の確認が遅れ、その結果、対応が後手に回ることがしばしばあるとされる。そのような事態を回避するために、被害の有無やその程度を概括する手段が必要であり、本研究においては、これらを平常時から臨時情報発表時、発災時を通してシームレスに把握するためのシステム構築を目的としている。

南海トラフ地震のような大規模な自然災害では、ライフライン、社会経済活動や産業活動に必要な施設や設備、ロジスティクス（物流）などが被害を受け、サプライチェーンが寸断されることによって、社会経済活動や産業活動が停止し、社会の萎縮が生じることは、これまでの事例からも明らかである。また、緊急事態宣言の発出などの「臨時情報」発表時においても、工場の操業停止・交通機関の運休など社会の萎縮が生じることになる。昨年度までに、これらの社会様相をリアルタイムに把握することを目的に文献調査を行い、電力をはじめとするライフラインの稼働状況や需要量の推移、交通状況やさらには地震計によってとらえられた雑微動のデータなどにより社会の活性度合やその変化（災害時においては被災状況）を推定しうる可能性のあることを明らかにしてきた。

しかしながら、社会のモニタリング手法には様々な可能性があるとは言えるものの、社会活動そのものは多様であり、かつ幅広いものであることから、災害対応という視点からは何のどのような状態変化を把握すべきなのか（把握したいのか）を整理し、対象を絞ったうえで検討を深めていく必要がある。そこで、電力需要量に係る情報が社会状況（地域社会の活性度）を把握するには有効なこと、その情報は災害前から発災後にかけてほぼシームレスに利用できる可能性があることに着目して、昨年度の検討では、COVID-19 にかかる緊急事態宣言がもたらした社会活動の活性度合の低下を電力需要量の変動から把握し得るかという点について検討を行った。その結果、電力需要量のリアルタイムモニタリングは、地域社会の状態把握を目的とする場合には十分活用可能であることがわかった。

今年度はさらに、電力需要のモニタリングを社会状況把握に活用するための基礎検討事例として、電力需要以外の供給系ライフラインデータとして工業用水の供給量との関係性に着目して、愛知県西三河工業用水を対象に、2020年4月から開始された COVID-19 感染症対策としての行政措置と 2022年5月から8月にかけて発生した明治用水頭首工事故に伴う取水制限を外乱イベントとして、地域産業における工業用水の供給量と電力需要の推移を分析した。

#### (b) 業務の実施方法

愛知県西三河工業用水を対象に、2020年4月から開始された COVID-19 感染症対策としての行政措置と 2022年5月から8月にかけて発生した明治用水頭首工事故に伴う取水制限を外乱イベントとして、地域産業における工業用水の供給量と電力需要の推移を分析した。工業用水データについては、愛知県企業庁から提供された西三河工業用水の水量データを、電力需要データについては、株式会社GDBLより提供を受けた高圧及び特別高圧のスマートメーターデータを用いた。

#### (c) 業務の成果

##### 1) 西三河工業用水道の概要

調査・分析対象である西三河工業用水道事業について、整理する。愛知県の工業用水道事業は、愛知用水、尾張・西三河及び東三河工業用水道の4事業により1日あたり1,553,600m<sup>3</sup>の給水能力を有し、約370の事業所に給水を行っている。（図2-5-②-1）このうち、西三河工業用水道事業は、衣浦臨海部の工場立地とともに、この背後地域の内陸部における工業用水の需要量の大幅な増加が見込まれたため、矢作ダムに水源を求め明治用水頭首工（豊田市水源町）で取水し、昭和50年に給水を開始したものであり、日量300,000m<sup>3</sup>の給水能力を有している。給水区域としては、岡崎市、半田市、碧南市、刈谷市、豊田市、安城市、西尾市、高浜市、東浦町、武豊町、幸田町、みよし市となっている。

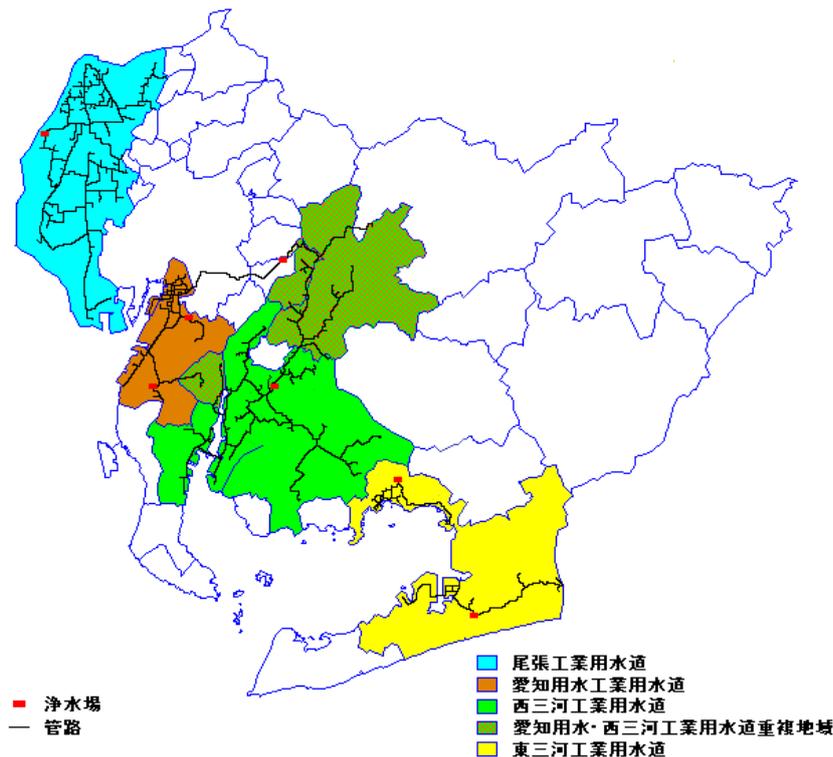


図 2-5-②-1 愛知県営工業用水道事業の給水区域<sup>1)</sup>

## 2) 工業用水道配水量の整理

愛知県企業庁から提供された西三河工業用水の水量データ（取水量、全配水量、系統別配水量 2017 年 4 月 1 日～2022 年 10 月 26 日 時間別水量データ）について、水需要等の推移を整理した。なお、0 時～23 時 59 分までのデータを 1 日として、集計等を行った。

表 2-5-②-1 および 2 に、発生した外的要因のイベントとして、COVID-19 感染症対策としての行政措置（愛知県）および明治用水頭首工事故に伴う取水制限の推移を示す。また、図 2-5-②-2 に年別の西三河工業用水配水量の推移を、図 2-5-②-3 に図 2-5-②-2 から緊急事態宣言期間と明治用水頭首工事故期間を抜粋して明示したものを示す。縦軸は、7 日間移動平均の 1 日水量（グラフ毎の水量を考慮してレンジを最適化）とした。

COVID-19 感染症対策のうち緊急事態宣言①は図中の黄色の破線を見ると 2020 年 4 月中旬から 1 ヶ月程度施行されたが、他年度同期間と比較すると、同年 8 月下旬（お盆休み明け）まで概ね 1～2 割程度配水量が低下する影響があった。また、図中の緑色の破線を見ると明治用水頭首工事故による受水制限の影響からは段階的に回復している。しかしながら、受水制限が解除されても過年度の取水量や配水量まで回復していないことが確認できる。

なお、2021 年の青色の破線が急激に減少しているのは、一部系統で計測が行われなかったデータ欠落の影響による特異値であり、計測された期間においては概ね他年度と同様な傾向であるため、ここでは考察の対象外とした。

表 2 - 5 - ② - 1 COVID-19 感染症対策としての行政措置（愛知県）

緊急事態宣言①	2020/4/16 ~ 2020/5/14（最長：2020/4/7~2020/5/25）
緊急事態宣言②	2021/1/14 ~ 2021/2/28（最長：2021/1/8~2021/3/21）
まん延防止等重点措置①	2021/4/20 ~ 2021/5/11
緊急事態宣言③	2021/5/12 ~ 2021/6/20（最長：2021/4/25~2021/6/20）
まん延防止等重点措置②	2021/6/21 ~ 2021/7/11
まん延防止等重点措置③	2021/8/8 ~ 2021/8/26
緊急事態宣言④	2021/8/27 ~ 2021/9/30（最長：2021/7/12~2021/9/30）
まん延防止等重点措置④	2022/1/21 ~ 2022/3/21

表 2 - 5 - ② - 2 明治用水頭首工事故に伴う取水制限の推移

取水停止	2022/5/17 ~
受水停止	2022/5/18 ~
通常の30%受水	2022/5/19 ~
通常の50%受水	2022/6/1 ~
通常の75%受水	2022/6/27 ~
通常の85%受水	2022/8/3 ~
通常	2022/8/29 ~

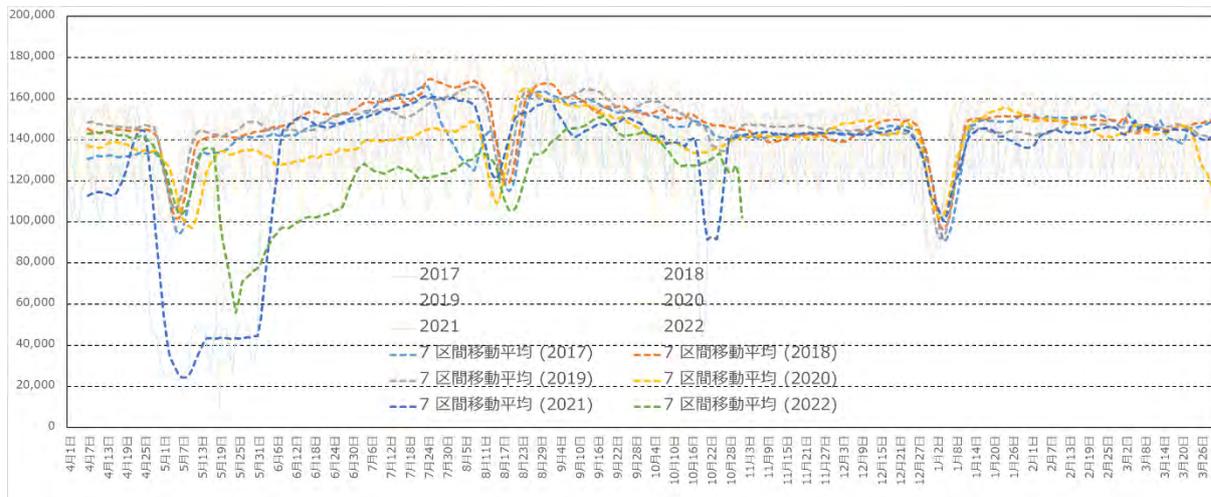


図 2 - 5 - ② - 2 年別の西三河工業用水配水量の推移

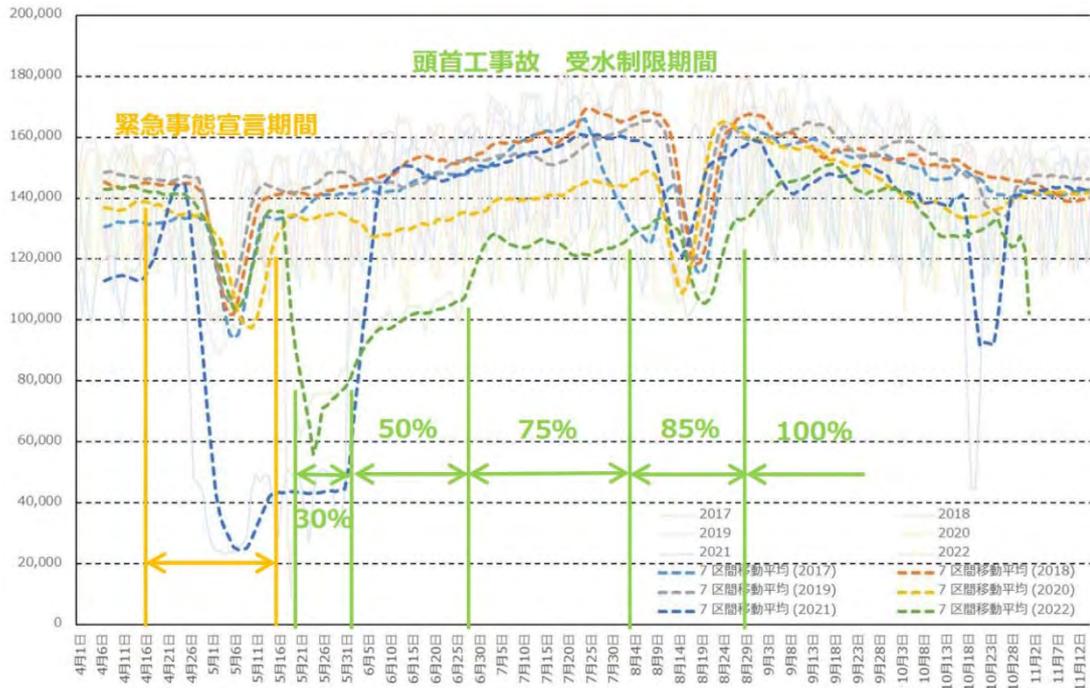


図 2-5-②-3 緊急事態宣言期間と明治用水頭首工事故期間の配水量の推移

### 3) 電力需要の整理

電力需要データは、2022年6月30日付けで経済産業大臣より電気事業法第37条の4に基づく「認定電気利用者情報利用者等協会」の認定を取得した一般社団法人電力データ管理協会に参画する、株式会社GDBLより提供を受けた。

電力需要データはスマートメーターデータに基づく電力使用量であるが、対象の秘匿化処置が求められるため、①愛知県企業庁から開示された西三河工業用水道事業の供給先企業の情報<sup>2)</sup>に基づいて独自に企業の所在地や業種等を整理(業種は「日本標準産業分類-中分類」に基づいて設定)、②整理した企業を工業用水系統別に割り当て所在地リストを作成、③リストに基づき、高圧及び特別高圧の合計使用電力量の30分値を系統別に3つの企業群グループ単位で集計、といった措置を講じた上で提供を受けた。なお、データ期間は2020年4月1日から2023年2月28日であり、工業用水のデータ期間とは異なっている。

図2-5-②-4に系統別の工業用水供給先イメージを示す。また、図2-5-②-5から図2-5-②-10に、図2-5-②-4に示す系統別の企業群に配水された工業用水量の年別推移と電力需要の年別推移を順次示す。

2020年(黄線)はCOVID-19感染症の影響を受けており、工業用水・電力需要から社会経済活動の萎縮が観測される。2022年(緑線)は明治用水頭首工事故の影響を受けているが、こちらは、工業用水の制限が産業活動にどの程度影響を与えたかを電力需要から判断できる可能性があるように見える。また、系統別でそれぞれの影響の程度が異なる。このことから、系統別に産業構造の分析を行ったうえでデータの相関を分析する必要があることがわかる。



図 2-5-②-4 系統別の工業用水供給先イメージ



図 2-5-②-5 北系統の企業群に配水された工業用水量の年別推移

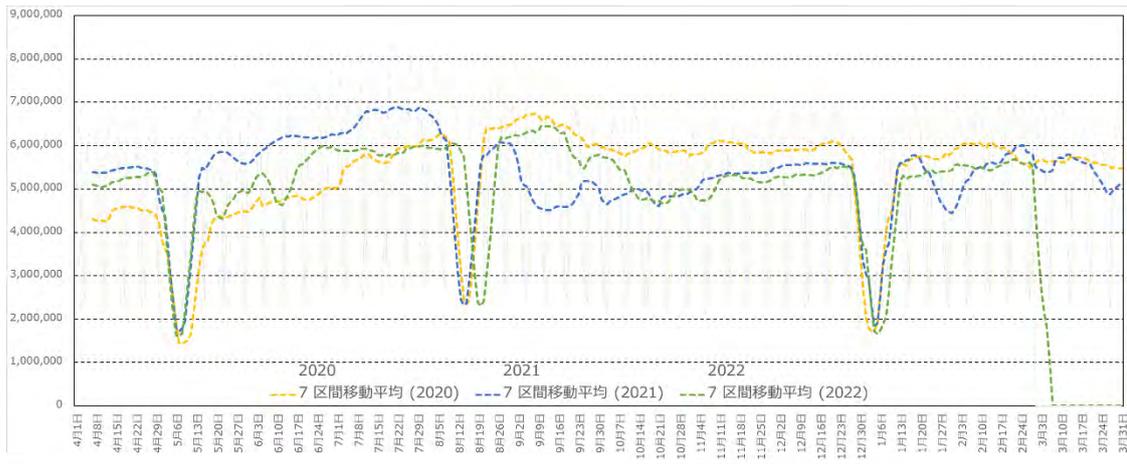


図 2-5-②-6 北系統の企業群の電力需要の年別推移



図 2-5-②-7 東系統の企業群に配水された工業用水量の年別推移



図 2-5-②-8 東系統の企業群の電力需要の年別推移

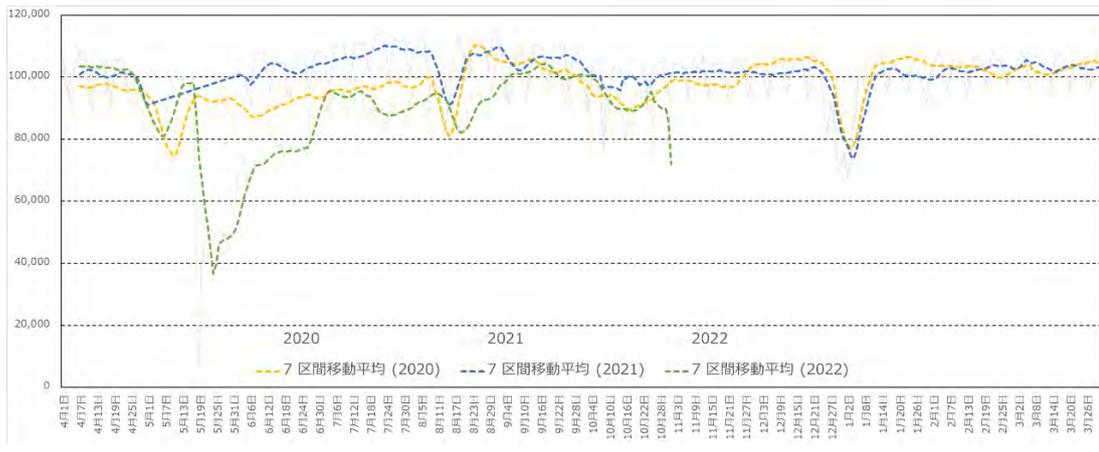


図 2-5-②-9 西系統の企業群に配水された工業用水量の年別推移



図 2-5-②-10 西系統の企業群の電力需要の年別推移

#### 4) 産業構造の分析

電力需要と工業用水の供給系インフラの利用量と産業活動の相関を分析する基礎データとして、系統別に産業構造の分析を行った。

図 2-5-②-11 に、供給先企業業種別の契約水量比率を示す。(業種は「日本標準産業分類-中分類」に基づいて設定)、また、図 2-5-②-12 に、企業の所在調査結果に基づいて配水系統別に分類した結果を示す。その結果、青系統・赤系統では輸送機器に占める割合が非常に高いのに対して、赤系統については輸送機器だけでなく様々な業種が供給先となっており、産業構造に明らかな差異があることがわかる。

これを踏まえ、図 2-5-②-5 から図 2-5-②-10 において電力需要と工業用水の関係を見ると、青系統・赤系統については、COVID-19 の影響(黄線)について、電力需要は影響がみられるが、工業用水配水量では電力ほどの影響は確認できない。また、明治用水頭首工事故の影響(緑線)について、工業用水配水量は(取水制限により)低下しているが、電力需要では大きな影響が確認できない。この系統は自動車関係産業が大部分で、生産量低下の影響は電力需要に大きく出る傾向がみられるとともに、バックアップ体制が確立されているなど、工業用水は生産量に影響しない使われ方をされていると考えられる。工業用水配水量が極端に減少しても、電力使用量に影響がないことから、同様のことが推測できる。

一方緑系統については、COVID-19の影響（黄線）について、電力需要、工業用水配水量ともに同程度の影響がみられる。また、明治用水頭首工事故の影響（緑線）について、工水配水量は（取水制限により）低下しているが、電力需要では大きな影響が確認できない。これらの傾向の程度は、産業構造の差異から、青系統・赤系統の傾向とは少し異なる。

### 西三河工水全体

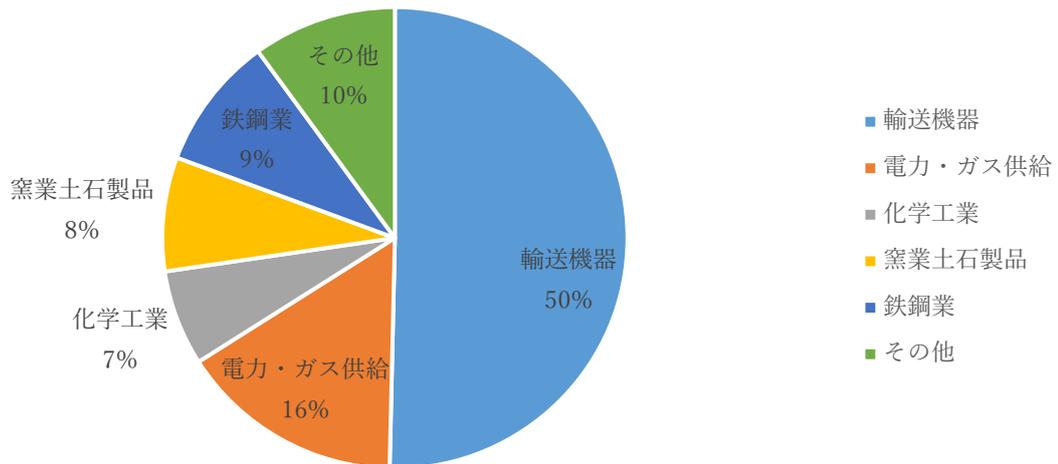


図 2 - 5 - ② - 11 西三河工業用水道の業種別契約水量比率

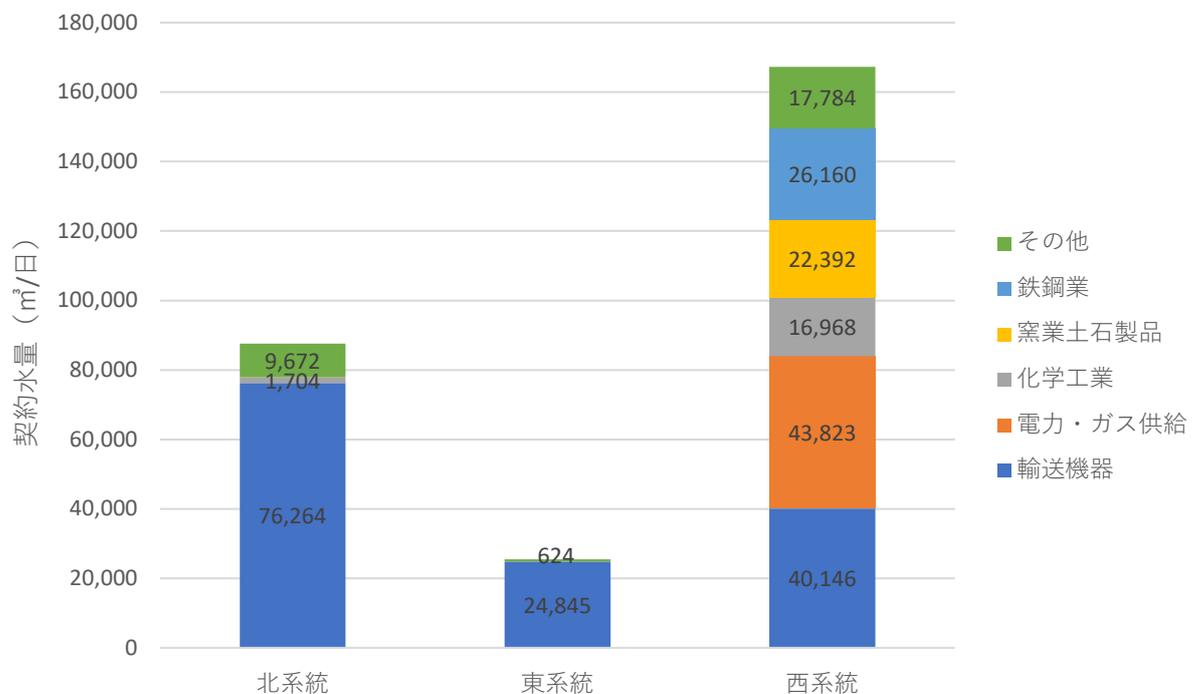


図 2 - 5 - ② - 12 系統別の業種別契約水量比率

電力需要のモニタリングを社会状況把握に活用するための基礎検討事例として、電力需要以外の供給系ライフラインデータとして工業用水の供給量との関係性に着目して、愛知県西三河工業用水を対象に、2020年4月から開始されたCOVID-19感染症対策としての行政措置と2022年5月から8月にかけて発生した明治用水頭首工事故に伴う取水制限を外乱イベントとして、地域産業における工業用水の供給量と電力需要の推移を分析した。

その結果、産業への投入量が多く災害前から発災後にかけてほぼシームレスに時系列データが入手できる電力需要と工業用水供給量データは、産業活動の状況をリアルタイムに把握するための指標として有効であること、ただし両データに現れる産業活動からの影響の傾向が異なること、がわかった。このことから両データを扱う際には、多様な産業活動の結果としてのデータ指標であることに注意が必要であり、災害対応という視点からは産業活動のどのような状態変化を把握すべきなのかを整理し、対象を絞ったうえで両データの相関関係を踏まえた検討を深めていく必要がある。そのためにも、電力需要や工業用水供給量が時系列の動的データであるのに対して、対象地域の特性を反映した産業構造などの静的データの把握が非常に重要であり、それら関係性を整理し構造モデルを明確にすることが必要不可欠であることが明らかとなった。

#### (d) 結論ならびに今後の課題

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

#### (e) 引用文献

- 1) 愛知県水道事業課, 水道事業課事業概要,  
<https://www.pref.aichi.jp/soshiki/kigyo-suiji/0000007047.html>,  
2022. 8. 24 閲覧
- 2) 愛知県令和3年度決算付属書 p. 73～79

(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
災害時における社会活動のモニタリングその2：モニタリングデータの活用可能性（口頭）	新井伸夫	日本建築学会大会（札幌・オンライン）	2022.9	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

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リアルタイム社会様相把握にむけた地域・建物群被災モニタリングの検討

(a) 業務の要約

南海トラフ地震などの巨大災害で広域が被災する場合を想定して、平常時、臨時情報発表時（特に半割れ）、発災時を通して地域の被災状況や社会活動状況を概観する手法や仕組みが必要と考えられる。このためのリアルタイム社会様相把握システムの構築に向けて、これまでに、データ基盤の検討と整備、地震動モニタリング、社会様相把握システムの試行などを行っている。地震発生時の被災状況把握の基盤となる地域の地盤・建物群の階層的・高密度モニタリングにおいて、地域の基盤情報の集約から社会様相把握システムにむけた展開を結びつけることをめざし、その戦略とプロトタイプシステムの構築を行う。

(b) 業務の実施方法

「地域被災モニタリングに向けた詳細地盤情報の収集・整理」では、地震災害において最重要となる地質・地盤情報、特に表層地盤情報について、対象とする愛知県の産業集中地域（西三河地域）の既往の面的な情報に加えて、産業を支える幹線である国道1号線沿いの詳細な地盤調査の整理を行う。

「リアルタイム地域被災モニタリングの基盤技術構築」では、令和3年度から検討を進めている地域の振動モニタリングについて、上記の地盤調査情報と新たな観測記録の対応により、地域被災モニタリングに有用であることを示す。

「建物群の被災モニタリングの基礎的検討」においては、地域に散在する一連の重要建物群を想定、あるいは地域の建物群の代表建物を想定して、簡易な2点計測による被災モニタリングを現状の観測例から検討する。

### (c) 業務の成果

#### 1) 地域被災モニタリングに向けた詳細地盤情報の収集・整理

令和3年度までの検討から、地域の地震被災に関するモニタリングを展開するためには、地震動特性に影響の大きい地盤情報の把握が第一に必要であることが示されている。ここでは産業・交通・人口等が集中する重要地域の例として愛知県の西三河地域を対象として、これまでに得られている深部・浅部の面的な地盤情報の整理と、特に重要な国道1号線に沿った測線について詳細なデータの整理を行う。西三河地域は後述するように表層地盤の変化が大きく、地震基盤深さも変化するため、既往の地震観測点では十分ではなく、また観測記録の補間も難しい地域である。

図2-5-③-1に愛知県の既存の震度観測点の配置<sup>1),2)</sup>と表層地盤増幅率の分布(J-SHIS<sup>3)</sup>より作成、以下同様)を示す。西部の濃尾平野、中央部の西三河地域の南部、東部の豊橋市周辺に軟弱地盤で増幅が大きい地域が分布していることが分かる。これらは人口や産業の集中地域とも一致する。震度観測点は、北東部を除き比較的高い密度で設置されているが、西三河地域は必ずしも十分ではないことがわかる。

図2-5-③-2、図2-5-③-3に、西三河地域を中心とした範囲の微地形区分と地盤増幅率<sup>3)</sup>を示す。図2-5-③-1の黒線で囲った範囲がこれらに対応する。これらの図から、西三河地域は、矢作川をはじめ中小河川が南北に流れ、微地形区分を東西断面で見ると、砂礫質台地・谷底低地・後背湿地・自然堤防などが複雑に分布していることがわかる。河川の流下に伴い南部では、三角州・海岸低地、干拓地などが見られる。表層地盤増幅率の分布は微地形区分とおおむね整合しており、矢作川流域の後背湿地で表層地盤増幅率が大きく、流域周辺境界部では微地形の変化と同様に表層地盤増幅率にも変化があることが確認できる。

図2-5-③-4に地震基盤上面深さ<sup>3)</sup>を示す。図の範囲は図2-5-③-2～3と同様である。これより、地震基盤深さは東部ではごく浅く、西部から濃尾平野に向けて深くなっており、長周期地震動の特性に影響が大きいと考えられる。

令和3年度までに進めてきたMEMS地震計による高密度地震観測地点は、以上の地盤状況を考慮したものである。すなわち、西三河地域の東西方向の表層地盤変化を把握でき、住宅・工場などが混在する重要な物流ルートである国道1号線を重視して、全長20km程度の地域(刈谷市・知立市・豊田市・安城市・岡崎市)に地震観測地点を設定してきた。図2-5-③-2～4に国道1号線、既存震度観測地点、及び新規展開中のMEMS地震計の観測点をあわせて示している。この地域、特に国道1号線沿いでは、既存震度計は多様で複雑な表層地盤特性の影響を十分に把握できる密度・配置とはなっていないことがわかる。

設定した測線において詳細な地盤情報を検討するために、対象地域の中央部分(図2-5-③-2～4の黒線で囲った部分)について、愛知県の地震被害想定<sup>4)</sup>、国土地盤情報検索サイト(KuniJiban)<sup>5)</sup>、中部電力(株)によるボーリングデータなどを収集し、国

道1号線沿いの地質断面図を作成した結果を図2-5-③-5に示す。ボーリングデータから読み取れる工学的基盤面を赤線で示している。南北に流れる河川の作用による表層地盤形成過程などにより、全長20km程度の範囲においても複雑な表層地盤の差異があることがわかる。深部地盤構造と合わせて、地震により多様な地震動特性の分布となることが予測できる。

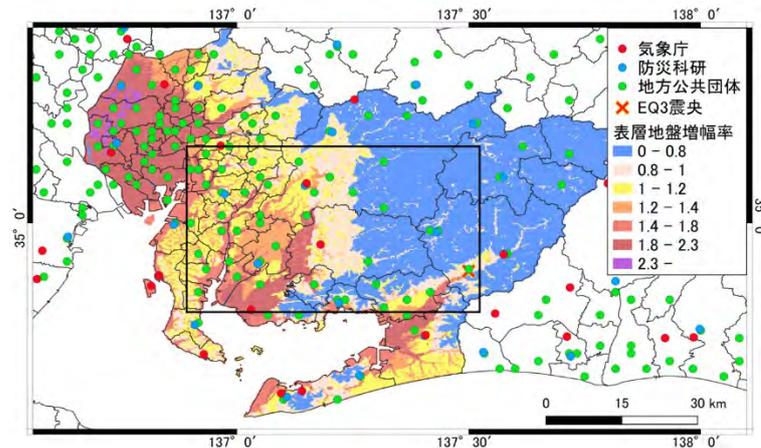


図2-5-③-1 愛知県内の震度観測点と地盤増幅率<sup>1), 2)</sup>

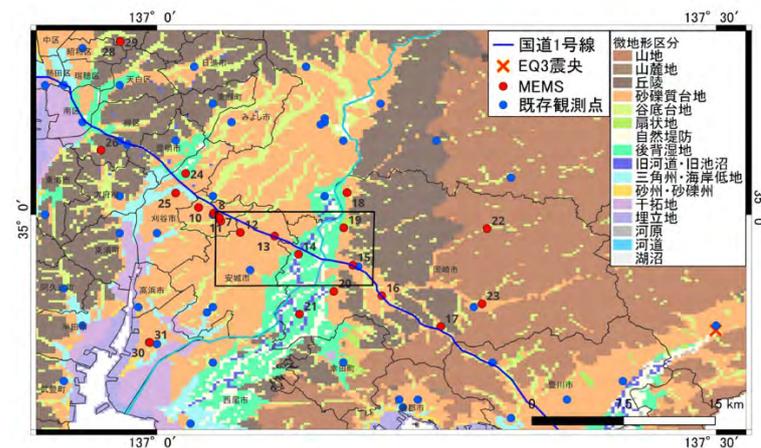


図2-5-③-2 西三河地域の微地形<sup>3)</sup>

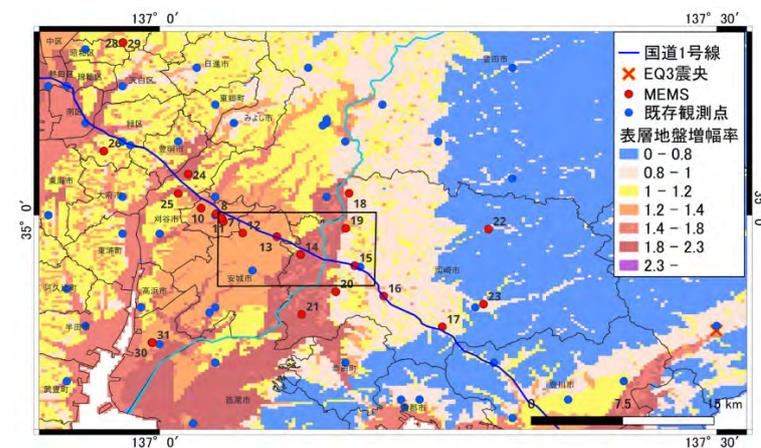


図2-5-③-3 西三河地域の地盤増幅率<sup>3)</sup>

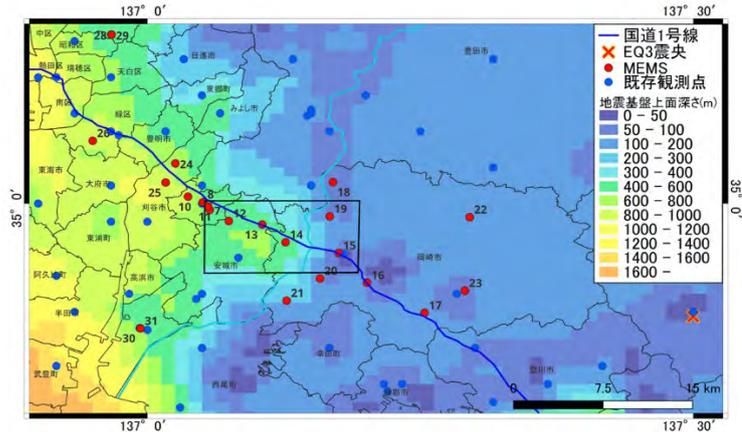


図 2-5-③-4 西三河地域の地震基盤上面深さ<sup>3)</sup>

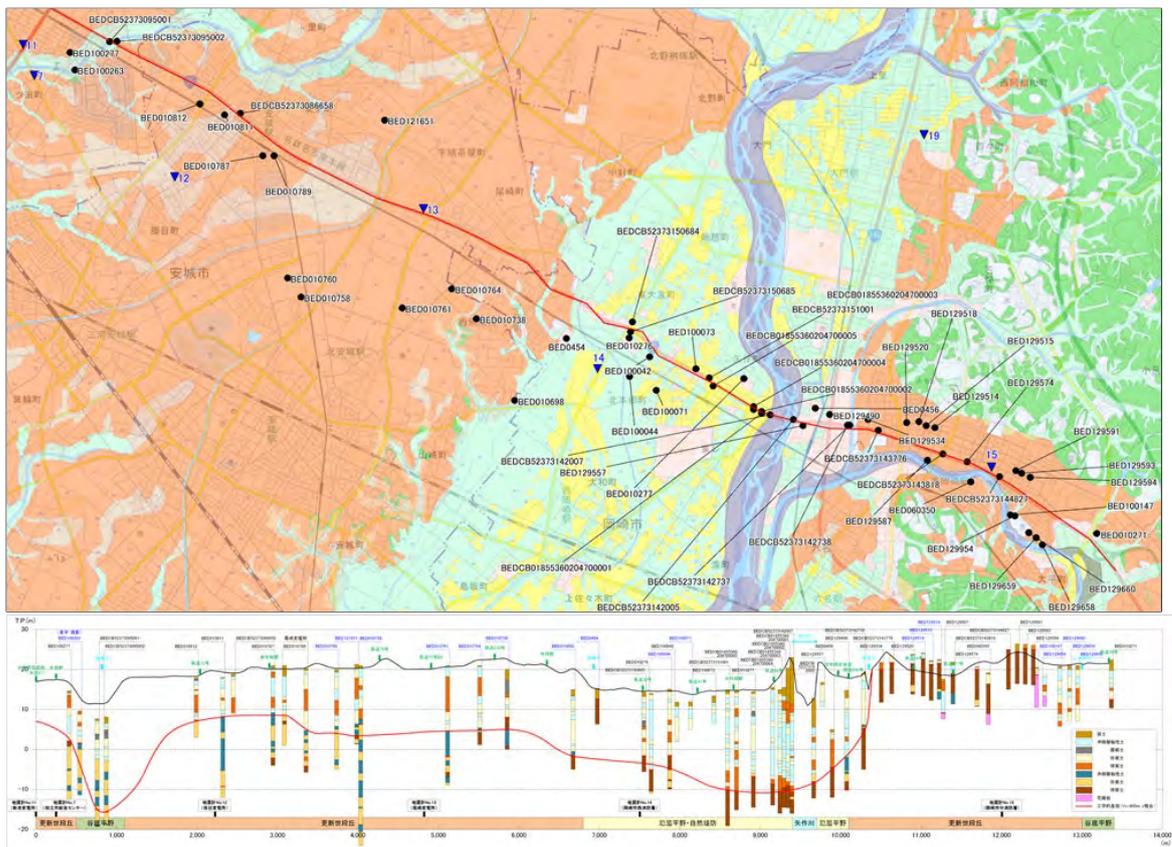


図 2-5-③-5 西三河主要地域の国道 1 号線沿いの地質・地盤断面図

## 2) リアルタイム地域被災モニタリングの基盤技術構築

前年度までに構築した MEMS 地震計、4G 回線接続とデータサーバによる高密度地震観測体制により、地震観測記録が蓄積されるとともに、新たな観測点の設置やデータ分析サーバの構築が進んでいる。また前節で述べたように、地盤情報の蓄積により地震観測記録の特性評価も進んでいる。

表 2-5-③-1 に現状の MEMS 地震計の配置と主要な観測記録をまとめて示す。新たな設置点は 7 点あり、うち 4 点は自治体庁舎 2 棟の 1 階と上階である。

表 2-5-③-2 に多数の地点で観測された主な地震を示す。これらの地震は、震源、

メカニズム、M、観測された震度などが異なっており、相互に比較することで各地点固有の特性を抽出するために有用と考えられる。EQ2は遠方の大地震であり、地震動特性の差異は主として各地点の深部・浅部地盤構造の影響による。北西部の地域に集中する地点07～11（建物屋上の09を除く）では表層地盤の差が小さく、震度も1.9～2.0とほぼ同一であるが、東側の地域に分布する地点14～21では0.5～1.9と震度1以上の差があり、表層地盤増幅率との相関がみられる。一方EQ3は震源が近い（図2-5-③-2～4の右下端×印）ため、震度分布は相対的に震源特性の影響を強く受けており、表層地盤増幅率と震度は必ずしも対応していない。近傍のK-NET、KiK-net観測点でもほぼ同様の傾向がみられる。

図2-5-③-6にEQ2の各地点の擬似速度応答スペクトルを示す。地点07～11では周期2秒程度のピークが共通して大きく卓越している。また、短周期成分の特性の差はあまり大きくない。地点09だけはRC造5階建の屋上に設置されており、建物の影響と考えられる周期0.3～0.4秒の成分の卓越がみられるが、長周期側の特性は他の地点と一致している。一方、地点14～21では、周期2秒以上の長周期成分は地点間で類似の特性であるが、地点07～11に比べて大幅にレベルが低く、卓越周期も異なっている。この差は深部地盤構造の相違に由来すると考えられる。短周期成分は地点による差が大きく、震度が大きい地点14と21は大きなピークが異なる周期に現れているのに対し、震度が小さい地点15～18は短周期域に明確なピークがなく、振幅も小さくなっている。

図2-5-③-7, 8にEQ1とEQ3の擬似速度応答スペクトルを示す。EQ1では観測地点数が少ないもののおおむね共通した特性となっている。一方、EQ3では震源が近いため、震度やスペクトルレベルに震源特性の影響がみられるが、そのほかにも地点07～11の短周期側の差が大きいこと、地点14～23では短周期域で多様な周期特性が卓越しており、必ずしもEQ1, 2と整合していないことなどが読み取れる。

図2-5-③-9に、代表的な地点の水平成分について、3地震の擬似速度応答スペクトルを比較して示す。図中の赤矢印は図2-5-③-5などにより推定した表層地盤の卓越周期、緑矢印は図2-5-③-4による深部地盤の卓越周期である。これより、遠方の大地震であるEQ2では深部地盤による卓越周期が明瞭で、地震基盤が浅い地点15ではピークが不明確になっている。一方、EQ1では表層地盤の卓越のピークが表れる地点が多い。EQ3は震源特性に依存する短周期成分が主となっている地点が多いと考えられる。

表 2-5-③-1 MEMS 地震計の設置位置と主要な観測記録

地点	対象・位置	表層地盤 増幅率	EQ1 震度	EQ2 震度	EQ3 震度	備考
07	自治体施設 1	1.69	0.6	1.9	2.4	
08	自治体施設 2	1.31	0.4	2.0	2.2	BF
09	自治体施設 2		1.1	2.1	3.4	RF
10	電力施設 3	1.21	0.7	1.9	2.8	
11	電力施設 4	1.25	0.6	2.0	2.5	
12	電力施設 5	1.33	未設置	未設置	未設置	2022.6 設置
13	電力施設 6	1.28	未設置	未設置	未設置	2022.6 設置
14	自治体施設 3	1.94	0.9	1.9	2.5	
15	自治体施設 4	0.95	0.4	0.8	3.0	
16	自治体施設 5	1.23	未設置	0.7	3.4	
17	自治体施設 6	1.03	未設置	0.5	3.2	
18	自治体施設 7	0.90	未設置	0.7	3.4	
19	自治体施設 8	1.30	未設置	1.2	2.4	
20	自治体施設 9	2.06	未設置	1.0	3.7	
21	自治体施設 10	2.13	未設置	1.9	2.7	
22	自治体施設 11	0.98	未設置	未設置	3.2	
23	自治体施設 12	0.86	未設置	未設置	2.2	
24	電力施設 1	2.18	未設置	未設置	未設置	2022.6 設置
25	電力施設 2	1.15	未設置	未設置	未設置	2022.6 設置
26	研究施設	1.34	未設置	未設置	未設置	2022.9 設置
27-29	(他地域)					
30	自治体施設 13	1.31	未設置	未設置	未設置	2022.12 設置・1F
31	自治体施設 13		未設置	未設置	未設置	2022.12 設置・9F
32	自治体施設 14	2.09	未設置	未設置	未設置	2023.3 設置・1F
33	自治体施設 14		未設置	未設置	未設置	2023.3 設置・RF
AIC004	K-NET 名古屋	1.08	記録無	1.8	2.0	既存観測点
AIC009	K-NET 豊田	1.04	0.7	1.8	2.4	既存観測点
AIC012	K-NET 安城	1.94	0.9	1.7	2.1	既存観測点
AIC014	K-NET 蒲郡	1.75	0.9	0.9	2.7	既存観測点
AICH04	KiK-net 安城	1.78	1.0	2.0	2.1	既存観測点
AICH18	KiK-net 岡崎	1.00	0.9	0.8	3.1	既存観測点

表 2-5-③-2 観測された主な地震

番号	発生日時	M	位置	深さ	最大震度(全国)	最大震度(愛知)
EQ1	2021/12/3 9:28	5.4	紀伊水道	18km	5弱(和歌山)	2
EQ2	2022/3/16 23:36	7.4	福島県沖	60km	6強(福島,宮城)	3
EQ3	2022/4/7 9:30	4.6	愛知県東部	10km	4(愛知)	4

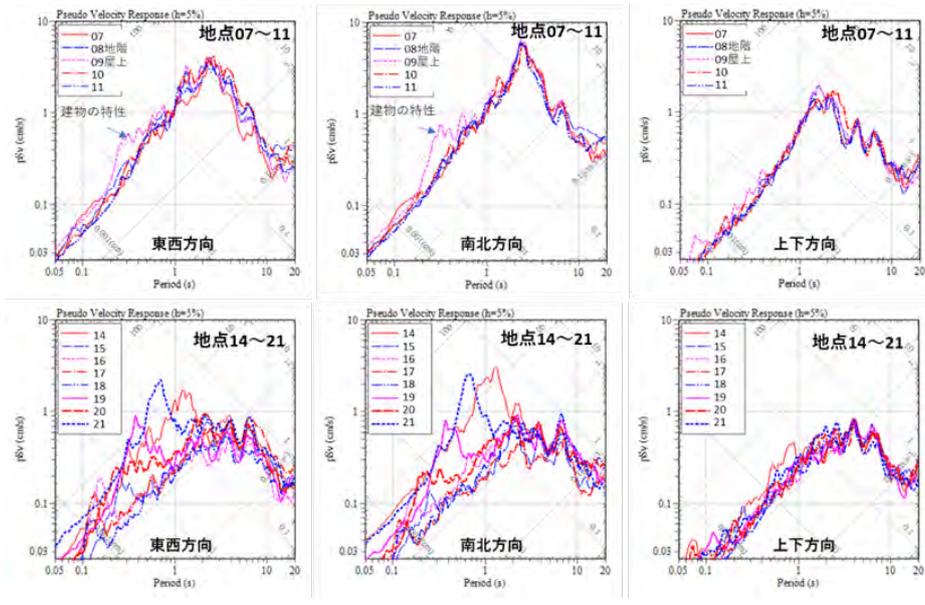


図 2-5-③-6 EQ 2 の各地点の擬似速度応答スペクトル

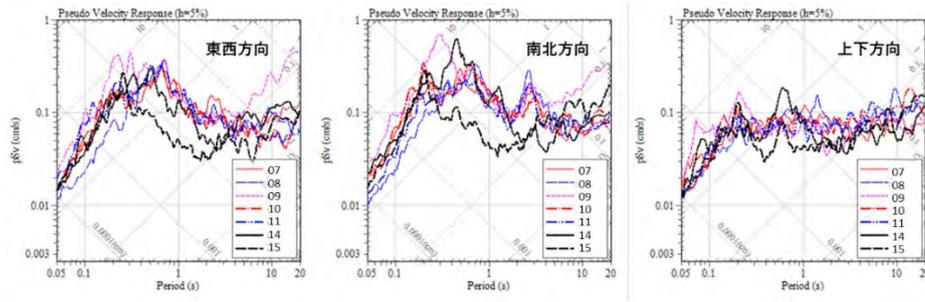


図 2-5-③-7 EQ 1 の各地点の擬似速度応答スペクトル

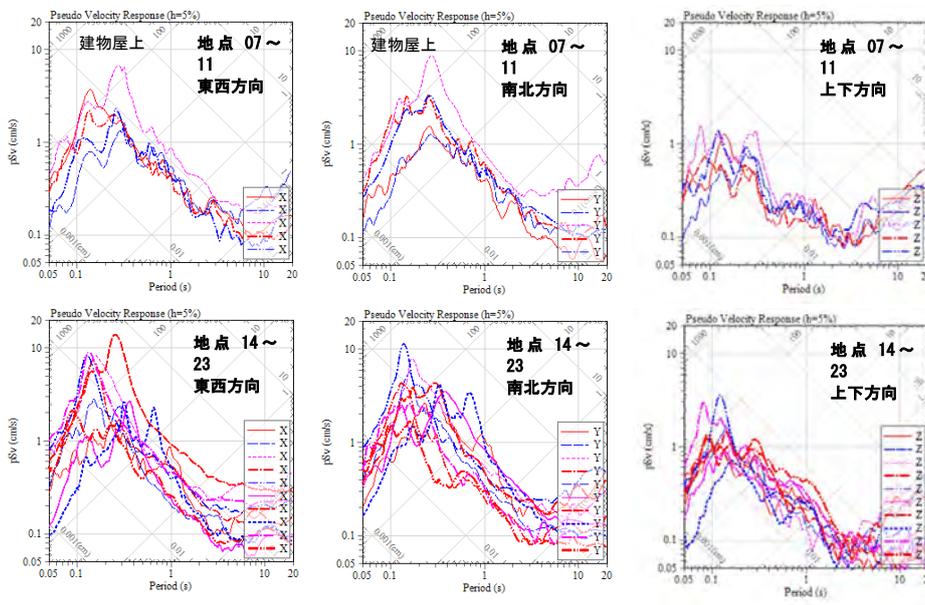


図 2-5-③-8 EQ 3 の各地点の擬似速度応答スペクトル

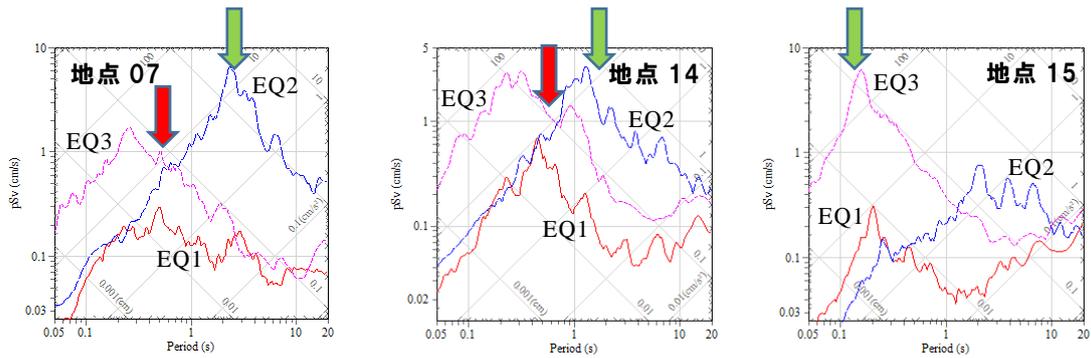


図 2-5-③-9 各地点の 3 地震のスペクトル特性比較

### 3) 建物群の被災モニタリングの基礎的検討

地域内に関連する重要施設が分布する場合、それらの建物を直接計測することによる被災状況把握も重要になる。地域内に関連する施設が分布する場合、それらの建物を直接計測することによる被災状況把握も必要になる。例えば自治体の庁舎・消防署・病院等、企業の社屋と工場、ライフライン施設などを想定し、大規模地震災害時に被災状況を一括して把握することで、安全性や継続使用性を早期に判断でき、効果的な初動対応につながる。また地域の建物群の状況に基づいて、代表的な建物でのモニタリングを展開することもありうる。例えば市街地では中層オフィスビルやマンション、住宅地では木造 2 階建てなどの代表建物を計測することで、その地域の被災状況をより適切に把握できる可能性がある。

建築物の構造ヘルスマニタリングは研究開発や実用化が進んでいるが、個々の建物での確実な被災度判定のためには、多数のセンサを用いた高価なシステムとなる場合が多い。一方、上記のように、多数の建物群の被災度モニタリングが重要となる場合が多く、コストも考慮した簡易なシステムの必要性が高い。以上の観点から、本研究では比較的簡易な建物モニタリングの可能性を検討するとともに、地域の地震動特性の分布、他の建物との関係などを考慮することで有用性を高めることをめざしている。

図 2-5-③-10 に西三河地域の自治体の重要施設の分布と震度観測点を示す。各自治体の建物は広い範囲に分布している一方で、既存の観測点の密度や配置は建物被害を把握するには必ずしも十分でないことがわかる。これらの建物に戦略的に観測点を設置していくことで、地盤の観測と併せて、各建物やその周辺の多数の建物の的確な被災度把握が可能となる。ここでは、多数の建物の被災状況把握を目的とするため、MEMS 地震計を用いてコストを抑え、建物 1 階と上階の 2 点での簡易な地震観測体制を検討している。上階の応答加速度や 1 階（入力）に対する応答倍率から、構造物や室内被害に関する情報が得られる。また、伝達関数を用いたシステム同定など<sup>6)</sup>、1 階に対する上階の伝達関数から固有振動数や減衰定数を推定することで、構造損傷に関係する振動特性変化（固有振動数の低下や大振幅時の減衰増加など）を検出できる可能性がある。

表 2-5-③-3, 4 に例として低層 RC 造（5 階建て）と中層 SRC 造（10 階建て）の庁舎建物の地震観測状況を示す。低層建物は表 2-5-③-1 の地点 08・09 である。中層建物は同表の地点 30, 31 であり、最近 MEMS 地震計による観測を開始したが、それ以前から同じ観測位置でサーボ加速度計による観測が行われており、現在は併設で MEMS

の精度検証を行っている。ここではサーボ加速度計の記録を用いている。低層では、長周期成分を多く含むEQ2で応答倍率は1.1~1.4、短周期成分が多く振幅が比較的大きなEQ3では3~4となり、建物応答の増幅に地震による差異が見られる。中層でもばらつきは大きい、最大応答倍率が5倍に達する場合もあり、全体に低層より大きい。建物の床の加速度と設備機器本体に生じる加速度の関係<sup>7)</sup>が検討されてきており、本研究での上階の最大加速度やスペクトルは、構造被害だけでなく天井等の二次部材や室内の被災状況の重要な指標となりうる。

図2-5-③-11に低層建物と中層建物のEQ3の記録のフーリエスペクトルと屋上/1階の伝達関数を示す。低層建物では2方向の伝達関数に乱れが見られ、相互に関連がある可能性があり、固有振動数の推定が必ずしも容易でない場合も見られる。中層建物では2方向の1次・2次およびねじれ1次のピークが明確に見られ、減衰が小さく、固有振動数の推定が明確であることがうかがえる。

表2-5-③-3, 4に、伝達関数から推定した固有振動数と減衰定数を示す。固有振動数、減衰定数ともに中層建物のほうがかなり低い傾向がみられる。図2-5-③-12に示す応答振幅との関係では、いずれの建物でも振幅依存の傾向がみられるが、低層建物はばらつくのに対して、中層建物ではかなり明確になっている。伝達関数で見たように低層建物では固有振動特性の推定が困難な場合があることによる。このため小地震の記録の蓄積により、平均的な被災前の振動特性を捉え、被災時や被災後と比較することで構造損傷に関連する特性変化を検出できる可能性がある。

このような観測・情報利用に向けて、観測点保守、データ収集、整理、情報発信のためのサーバの構築を進めている。図2-5-③-13に観測画面とデータ分析画面の例を示す。今後は建物のヘルスマonitoring機能、他の社会情報との統合による地域状況のモニタリング機能などを実装する予定である。

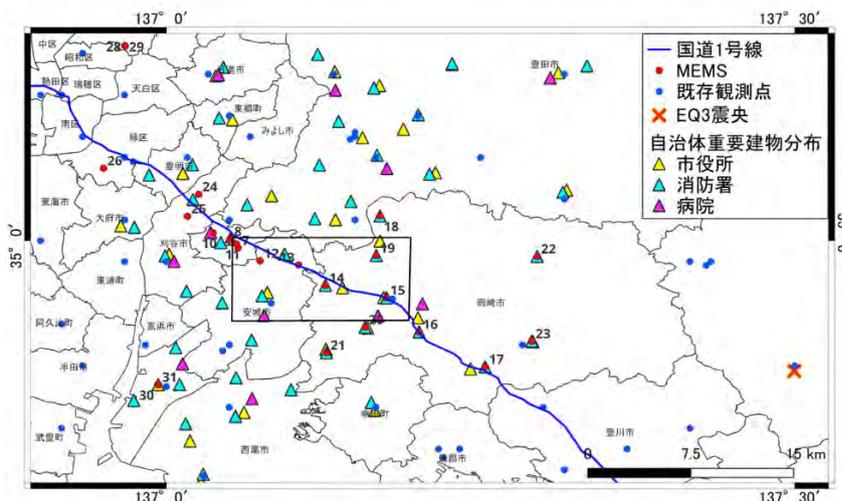


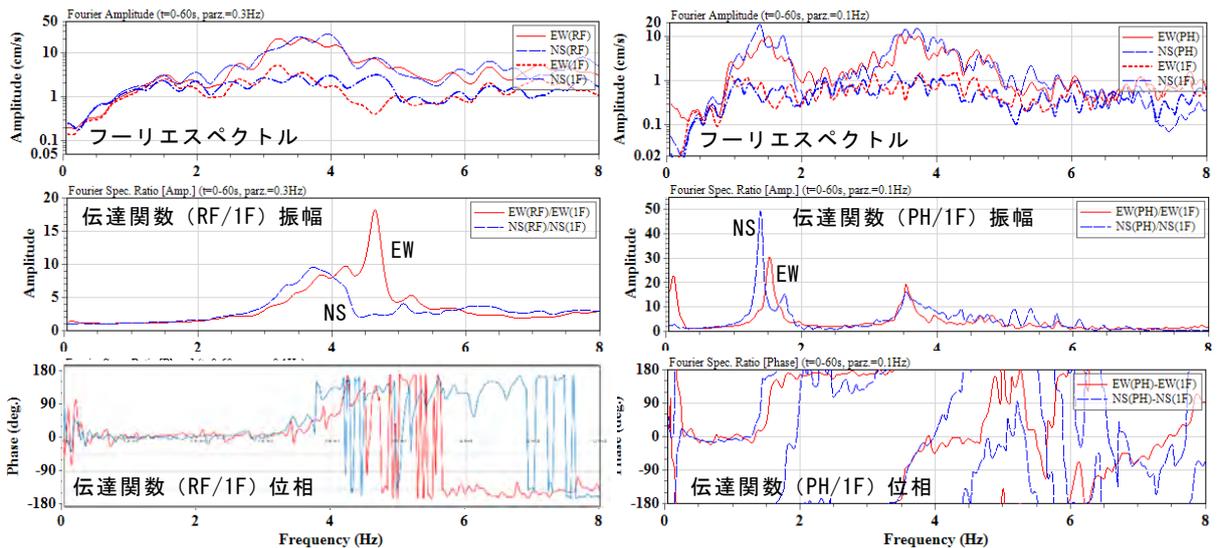
図2-5-③-10 西三河地域の自治体の重要施設の分布と震度観測点

表 2-5-③-3 低層 RC 造建物の観測状況

震源	震度		M	最大加速度				応答倍率		固有振動数		減衰定数	
	最大	愛知		1FEW	1FNS	RFEW	RFNS	EW	NS	EW	NS	EW	NS
紀伊水道	5弱	2	5.4	1.0	1.0	2.6	3.3	2.6	3.3	4.35	3.74	0.037	0.031
福島県沖	6強	3	7.4	3.3	4.0	4.6	4.6	1.4	1.1	4.13	3.77	0.058	0.039
愛知県東部	4	4	4.6	13.0	14.0	49.0	58.0	3.9	4.0	4.24	3.72	0.050	0.034

表 2-5-③-4 中層 SRC 造建物の観測状況

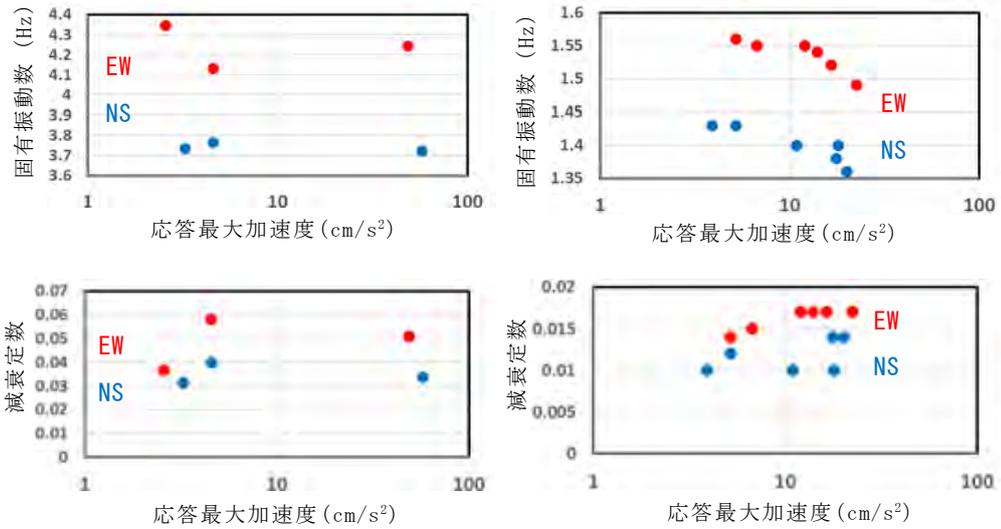
震源	震度		M	最大加速度				応答倍率		固有振動数		減衰定数	
	最大	碧南		1FEW	1FNS	PHFW	PHNS	EW	NS	EW	NS	EW	NS
静岡県西部	3	1	3.9	4.6	1.7	6.7	5.2	1.5	3.1	1.55	1.43	0.015	0.012
愛知県東部	4	2	5.0	8.0	3.4	16.5	17.6	2.1	5.2	1.52	1.38	0.017	0.014
三河湾	2	1	3.5	4.1	1.9	5.2	3.9	1.3	2.1	1.56	1.43	0.014	0.010
静岡県西部	4	2	5.1	4.3	3.6	22.4	20.1	5.2	5.6	1.49	1.36	0.017	0.014
愛知県西部	3	1	4.2	4.8	4.4	12.0	10.9	2.5	2.5	1.55	1.40	0.017	0.010
愛知県東部	4	2	4.6	5.5	3.8	14.0	18.0	2.5	4.7	1.54	1.40	0.017	0.010



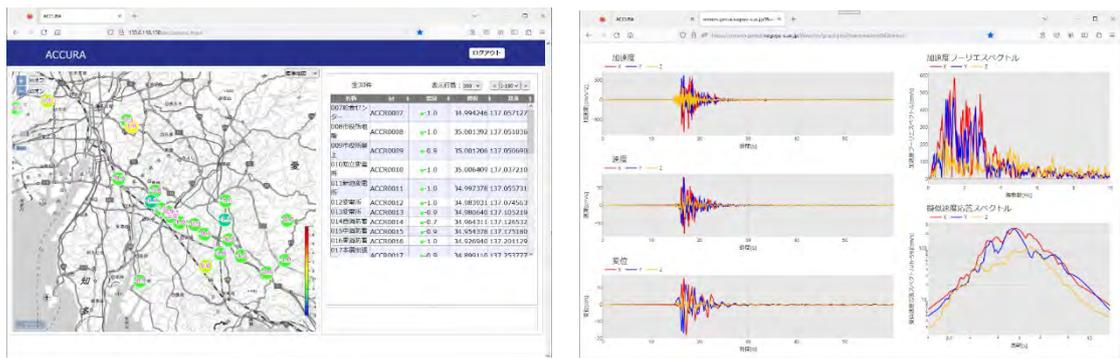
(a) 低層 RC 造 5 階

(b) 中層 SRC 造 10 階

図 2-5-③-11 上階 (屋上、PH) / 1 階の伝達関数 (EQ3)



(a) 低層 RC 造 5 階 (b) 中層 SRC 造 10 階  
 図 2-5-③-12 固有振動数と減衰定数の振幅依存性



(a) 観測画面 (b) データ解析画面  
 図 2-5-③-13 開発中のサーバ画面例

(d) 結論ならびに今後の課題

- 1) 地域の地震災害時の被災状況や社会の変化のモニタリングに向けて、高密度な地震観測体制を展開する際に重要となる地盤情報の集約を行った。地域全体の面的な把握では、対象とする西三河地域の既存の調査研究に基づき、浅部では微地形区分や表層地盤増幅率、深部地盤として地震基盤上面深さを確認し、いずれも狭い範囲で変化が大きいことを示した。地盤状況の変化や社会状況に関連の深い国道 1 号線に着目し、多数のボーリングデータを集約することで、地盤状況の変化を明確にした。この結果は、既存震度計では十分に評価できない地震動特性の差異を検討するために、観測点の戦略的配置が必要なことを示している。
- 2) MEMS 地震計の高密度展開の進展と新たな観測記録を加えた考察を行った。観測点間隔は 1 ~ 5 km 程度、全体で 30km 程度の範囲であるが、深部・浅部地盤特性の変化に対応した地震動特性の相違が明確に見られ、既存震度計に対して高密度のモニタリングを行う意義が明確になった。地盤特性の詳細な情報と合わせて判断を行うこ

とで、さらに確実度が向上すると予想される。なお、既存の地震観測網で得られた記録を地盤状況により補間する手法があるが、本研究の結果は高密度で観測することの意味を示しており、補間手法の検証に有用であるとともに、地震動のスペクトル特性を考慮した建物被災状況のモニタリングにつながる点で有効と考えられる。

- 3) 多数の建物の被災状況把握に向けて、1階と上階の2点観測による簡易な振動特性把握や室内被害予測の方針について述べ、例として自治体庁舎建物の中小地震の観測結果を検討した。固有周期の変化は、S造では被災程度との関連が難しい場合があるが、RC造では比較的明確な関係が得られると考えられる。今後は建物に関する事前情報と合わせて、地域の建物被災モニタリングへの可能性を検討し、機能を実装したシステム構築を実施する。

(e) 引用文献

- 1) 気象庁ホームページ：震度観測点（参照 2023/1/10）  
<https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/intens-st/index.html>
- 2) 杉山充樹，吉岡優樹，平井敬，福和伸夫：震度観測体制の年代差・地域差の定量評価と震度情報の解釈，日本地震工学会論文集，20巻7号，pp.101-119，2020
- 3) 防災科学技術研究所：地震ハザードステーション J-SHIS Map（参照 2022/12/14）<https://www.j-shis.bosai.go.jp/>
- 4) 愛知県：三河地域堆積平野地下構造調査，2003.
- 5) 国土交通省，土木研究所，港湾空港技術研究所：国土地盤情報検査臆サイト KuniJiban（参照 2023/1/10）<https://www.kunijiban.pwri.go.jp/jp/index.html>
- 6) 荒川利治，大島実穂，山本和也：常時微動測定に基づく鉄骨造高層建築物の1次減衰定数の評価（伝達関数を用いたシステム同定），2001年度日本建築学会関東支部研究報告集，pp.85-88，2001.
- 7) 石原直，佐藤航平，鈴木賢人，永野正行：非線形地震応答における床応答スペクトルの略算法の提案，日本建築学会技術報告集，第23巻，第54号，pp.433-436，2017.

(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
MEMS地震計を利用した地域の高密度地震観測網（口頭）	斎藤侑賢 飛田潤 都築充雄	日本建築学会大会（札幌・オンライン）	2022.9	国内
小型地震計ネットワークによる地震災害時の地	都築充雄 飛田潤	日本地震工学会大会（札幌）	2022.12	国内

域・施設群モニタリング	齋藤侑賢			
MEMS地震計による地盤・建物の高密度観測（口頭）	飛田潤 齋藤侑賢 都築充雄	日本建築学会東海支部研究発表会（名古屋）	2023. 2	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

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

④南海トラフ地震・臨時情報勉強会ツールの開発

(a) 業務の要約

南海トラフ地震臨時情報はこれまで発表されたことがなく、発表された際の対応を考えるためには起こりえる事の想定が必要となる。一方で南海トラフ地震臨時情報が出されるまでの仕組みについて、市民や企業人だけでなく、行政職員も理解できているとは言い難い。このため本研究では南海トラフ地震の発災並びに南海トラフ地震臨時情報が発表された際の、自身や組織の想定や課題を検討するための勉強会ツールの開発を行政職員と共に行った。

(b) 業務の実施方法

1) 勉強会ツールの開発

a) 開発の方向性検討

名古屋大学減災連携研究センターでは企業や自治体から受託研究員を受け入れている。本研究は8つの基礎自治体からの受託研究員と名古屋大学の研究者で構成される自治体研究会南海トラフ地震臨時情報グループ（以下、臨時情報グループ）において勉強会ツールの開発を行った。勉強会ツール開発の初期段階では、各自治体の課題認識を共有した。これにより南海トラフ地震による津波だけでなく、地震による河川堤防の破堤による浸水、山間部を抱え土砂災害の発生が想定される自治体の他、自然現象そのものの影響より、社会動態の変化による影響が大きいと考えられる自治体など、状況が異なることが共有された。また異なる状況設定を自ら可能である勉強会ツールの必要性が認識された。このため南海トラフ臨時情報について理解しやすい勉強会資料に加えて、市民や企業人が自ら考えるワークショップ手法の開発も行うこととした。



写真 2 - 5 - ④ - 1 自治体職員との勉強会ツール開発

b) 勉強会ツールの開発

臨時情報グループでは写真 2 - 5 - ④ - 1 のようにおおよそ月に 1 度ミーティングの機会を設け、先行して自治体内で勉強会を行っている豊橋市<sup>1)</sup>を参考に南海トラフ地震並びに臨時情報に関する勉強会資料の作成を進めた。またこれら勉強会資料を中心とした座学の実施後に、図 2 - 5 - ④ - 1 の、参加者が自ら行動想定と課題、事前の備えを検討する、ワーク並びにその実施方法を開発した。

ワークにおいては、先に西側で南海トラフ地震が起こり、愛知県ではその影響を受けると共に臨時情報が出され、その後10日で東側でも南海トラフ地震が起きる想定とした。ワークショップではまず参加者個人が行動と課題を想定した後、参加者で共有する流れとした。

### ワークの流れ

**①「災害想定」の共有**  
どんな時間に、どんな災害が起こり、みなさんはどんなことをしているのかという「災害想定」をお伝えします。

**②ワークシートへ記入**  
「災害想定」を踏まえて、ワークシートに記入します。まずは「すること」を全て書き出しましょう。その後、書き出した「すること」を思い浮かべながら「困りそうなこと」を書き出します。そして、「困らないために」どうしたらいいの書き出しましょう。

西側で地震が起きる「ケース①」と、東側で地震が起きる「ケース②」の2回に分けて実施します。  
※地震は西側から起こるとは限りません

		ケース①		ケース②	
		発災～2時間後	2時間後～1週間後	発災～2時間後	2時間後～1週間後
経過	南海トラフ地震臨時情報	(東海中) → (巨大地震警戒)	(巨大地震警戒)	(巨大地震警戒)	(巨大地震警戒)
状況	西側地方で地震発生	西側地方で地震発生 津波警報は津波発生 津波想定区域は津波発生	東海地方で地震発生 津波警報は津波発生 津波想定区域は津波発生	東海地方で地震発生	東海地方で地震発生
② PT/MT/ST	どこで?	前半：ケース① 自分がどのような状況に置かれるか 「どこで」、「だれと」、「なにを」しているか考えてみましょう		後半：ケース② 自分がどのような状況に置かれるか 「どこで」、「だれと」、「なにを」しているか考えてみましょう	
	だれと?				
	なにを?				
③ 困りそうなお題!	困りそうなお題!	そのとき自分が困りそうなお題は何でしょうか?		そのとき自分が困りそうなお題は何でしょうか?	
	困らないために!	困らないためには? 事前にやっておくことを考えます		困らないためには? 事前にやっておくことを考えます	

### 災害想定【ケース①西側で地震発生】

1. 災害発生状況：2023年2月13日(月)

- 7時50分頃、四国地方を中心に地震が発生
- 高知県各市の震度は7
- 四国方面では大津波警報が発令され甚大な被害が予想される
- 愛知県内では震度5弱を観測
- 愛知県外海及び伊勢・三河湾において津波警報が発令され、浸水想定区域にお住まいの方は避難が必要となります

2. 皆さんの状況

- 緊急地震速報が鳴った後に揺れが強い、周辺の物が落ちるなどしている

3. この後、皆さん、若しくはご家族の方はどのように行動するか考えて下さい

- 南海地震発生～2時間後
  - 30分後に南海トラフ地震臨時情報（調査中）
  - 2時間後に南海トラフ地震臨時情報（巨大地震警戒）
- 2時間後～1週間後
  - 1週間後に南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）

### 災害想定【ケース②東側で地震発生】

1. 災害発生状況：2023年2月22日(水)

- 14時45分頃、東海地方を中心に強い地震が発生
- 愛知県では沿岸部自治体で震度7～6強、内陸部自治体で震度6強～5強を観測
- 沿岸部では大津波警報が発出され内陸部でも甚大な被害が予想されるが被害状況は不明

2. 皆さんの状況

- 緊急地震速報が鳴って直ぐに非常に強い揺れが強い、建物が激しく揺れ電氣も消えた

3. この後、皆さん、若しくはご家族の方はどのように行動するか考えて下さい

- 発災～2時間後
- 2時間後～1週間後

図 2 - 5 - ④ - 1 南海トラフ地震・臨時情報対応想定ワーク

## 2) 勉強会・ワークショップの実施

### a) 市民向け

写真 2-5-④-2 に示すように、市民向けに勉強会・ワークショップを実施した。南海トラフ地震によって津波が想定されている愛知県豊橋市において、2022年9月12日に豊橋市女性消防団員向けにオンラインでワークショップを実施した。参加者は30代から50代までの主婦、会社員、行政職員の9名であった。

また南海トラフ地震による河川堤防の破堤で浸水が想定されている愛知県あま市において、2023年2月11日に男女共同参画サテライトセミナー参加者47名を対象にワークショップを実施した。

豊橋市及びあま市はすでに事前避難対象地域の指定を行っているが、このほかの自治体として、津波や河川堤防破堤による浸水は想定されていないが、土砂災害警戒区域等で注意喚起を行うとしている愛知県豊田市において、ワーク開発に参加していた豊田市危機管理職員が地域における出前講座で市民並びに高校生向けにワークショップを実施した。



写真 2-5-④-2 南海トラフ地震・臨時情報勉強会・ワークショップ

### b) 企業人向け

2022年7月26日に東三河地域問題セミナーにおいて、ワークショップを実施した。東三河地域問題セミナーは東三河地域の産学官の交流を図る、東三河懇話会が主催するセミナーで、年に3回程度、主に東三河地域の企業経営者向けのセミナーとして開催されている。当日は25名の参加者が各自で発災時の行動想定を行い、課題点や改善点を検討した。感染症リスク低減のため、グループワークとはせず、個人発表を全体で行った。

### c) 行政職員向け

2022年10月19日に名古屋大学減災連携研究センターに受託研究員として派遣されている自治体職員で構成される自治体研究会において自治体職員15名、研究者5名を対象にワークショップを行った。また2023年1月26日には豊橋市こども未来館において、職員2名を対象としてワークショップを実施した。

(c) 業務の成果

1) 勉強会・ワークショップ実施の成果

a) 勉強会・ワークショップの結果

写真2-5-④-3のように、各勉強会・ワークショップでワーク結果が得られた。市民向けに実施したワーク結果では、まず自分や家族の行動、周辺の安全確認といった安全確保に続き、安否確認など少し離れた対象者についての行動の想定が見られた。臨時情報発出後については、一度安全確認を行ってから平常通りの生活を続けようとする市民がいる一方で、避難行動に移る住民が見られた。これらが事前避難対象地域の市民であるのか、それとも先行研究<sup>1)</sup>で指摘されているように、危機意識の高い市民が避難行動をとってしまうのか両方の可能性が考えられる。

企業人向けに実施した際のワーク結果では、自身の家族に関することに加えて、従業員や職場についての検討が1つの枠の中で2層で行われていた。また臨時情報が出されている状況において、すでに西側で南海トラフ地震が起きている想定であったことから、材料の共有等への懸念なども示されていた。

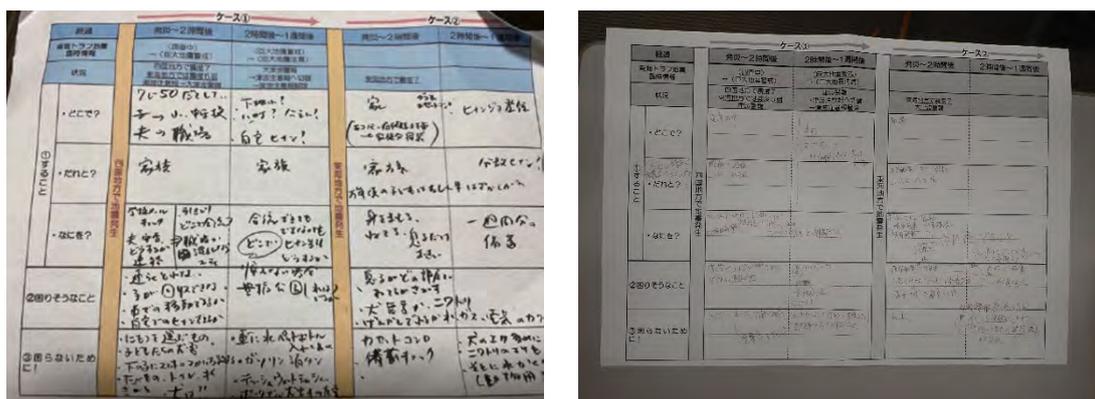


写真2-5-④-3 南海トラフ地震・臨時情報ワーク結果

b) 勉強会・ワークショップの評価

勉強会・ワークショップ参加者に対し、実施前・実施後に1を「まったく当てはまらない」、5を「とても当てはまる」とした5段階評価でアンケート調査を行った。ここでは、豊橋市、豊田市、あま市で市民向けに実施した勉強会・ワークショップ参加者による評価を図2-5-④-2に示す。

実施後の満足度評価である「今回のセミナーの満足度」では、総合的な満足度、所要時間、わかりやすさ、参加目的との一致、後半のワークの実施方法のいずれも平均4.0を超える評価となっている。「防災を考える機会」の意向については、勉強会・ワークショップ実施以前から平均値が高いが、勉強会・ワークショップ実施後に意向・意欲は微増している。

「南海トラフ地震について」において、特に勉強会・ワークショップ実施前には低かった、南海トラフ地震の発生メカニズムについての理解認識が3.26から4.09に上昇している。これは臨時情報について理解してもらうには、南海トラフ地震の周期性

を理解する必要があるため、その内容を勉強会の中に組み込んだためと考えられる。

「南海トラフ地震臨時情報について」において、勉強会・ワークショップ実施前には低かった用語の認識と臨時情報が出される仕組みについて、それぞれ2.07から4.26へ、2.33から4.09へと大きく上昇している。

またこれら理解認識の上昇だけでなく、南海トラフ地震、南海トラフ地震臨時情報の両方において、発災時の状況の想定や課題を考える意向、並びに備えの意識が上昇している。

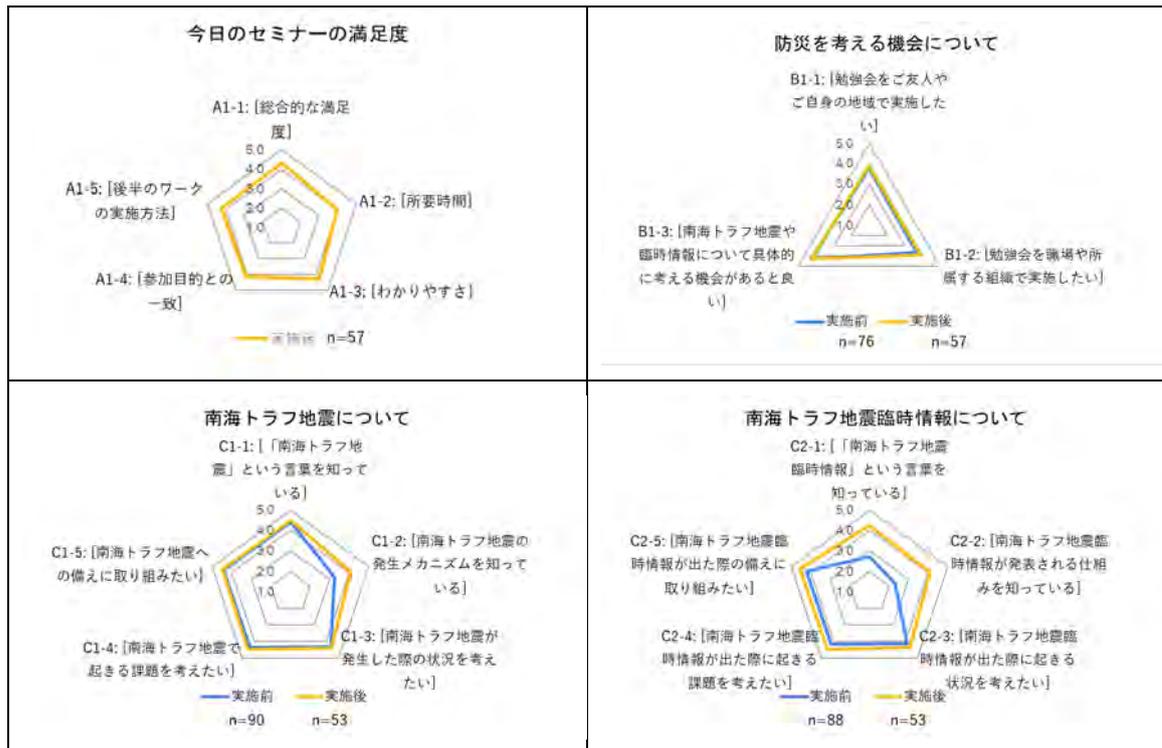


図 2-5-④-2 南海トラフ地震・臨時情報勉強会の参加者による評価

## 2) 勉強会ツール開発の成果

### a) 自治体職員自身の問題意識・理解の促進

勉強会ツールの開発以前に、自治体職員の問題意識の共有を行っている。当初の視点は「市民のため」という点にあったが、まず自らが試すことにより行政職員である自分自身の検討が不十分であることに気付く成果が見られた。また開発及びワークショップの実施が重ねられる中で、参加者のワーク結果を目にすることにより、そもそも自組織の検討が不十分であることが認識された。またこれにより次年度以降に自組織内での訓練メニューに取り入れる意向も示されている。

### b) 勉強会・ワークショップ実施の拡張性

勉強会・ワークショップ手法の開発を複数の自治体の行政職員と共に行ったことにより、各自治体で多様な対象者に試行出来るという効果があった。これは実施者が開発に参加しているため、試行機会が作りやすいという点だけでなく、その実施のしやすさにも成果があった。図 2-5-④-2 の参加者評価において「わかりやすさ」

の評価の平均は5段階評価のうち4.26であり、これは行政職員が開発過程において、自分がワークショップを行う場合に、住民に理解してもらえるか、といった視点を持ってワークショップ手法を築いていった点からの成果であると言える。

(d) 結論ならびに今後の課題

1) 勉強会・ワークショップの実施

本研究では南海トラフ地震の発災並びに南海トラフ地震臨時情報が発表された際の、自身や組織の想定や課題を検討するための勉強会ツールの開発を行政職員と共に行った。また市民、企業人、行政職員に対し、勉強会・ワークショップを実施した。今回勉強会・ワークショップで講師、進行役を務めたのは研究者並びに検討に参画していた一部自治体職員であった。今後南海トラフ地震並びに臨時情報について認知度を高めるためには、この役割を担う人材が増えるよう検討する必要がある。

2) 南海トラフ地震発災・臨時情報発表時の対応想定

勉強会ツールの開発によりワーク結果であるワークシートには対象者である市民や企業人の状況想定と課題、対応策が記述されている。今後これらの内容について整理を行う必要がある。また今回企業人向けの勉強会において行政職員が参加しワーク結果を共有する機会もあった。災害時には多様な主体者が連携して取り組む必要があるため、個人ベースで考えながら組織内や組織間で状況の想定と対応方法の検討を行えるよう進めたいと考えていきたい。

(e) 引用文献

- 1) 岡田恵実, 高橋拓也, 荒木裕子, 新井伸夫, 平山修久: 南海トラフ地震臨時情報を住民と一緒に考える勉強会の実践, 地域安全学会第50回研究発表会(春季)梗概集, pp. 237-241, 2022. 5
- 2) 倉田和己, 穴井英之, 荒木裕子, 新井伸夫: 南海トラフ地震臨時情報に関する住民意識の現状と防災対応検討ガイドラインとのギャップに関する考察, 災害情報, No. 20-1, pp. 63-73, 2022. 1

(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
南海トラフ地震臨時情報を住民と一緒に考える勉強会の実践(口頭)	岡田恵実 高橋拓也 荒木裕子 新井伸夫 平山修久	地域安全学会第50回研究発表会(春季)	2022. 5	国内

災害時における地域の情報収集及び物資支援方法の検討－愛知県岡崎市の地域特性別の分類と事例地区の考察－（口頭）	山田竜 穴井英之 荒木裕子 平山修久	地域安全学会第50回研究発表会（春季）	2022. 5	国内
災害時における地域特性別の避難傾向と情報収集・物資支援方法の検討-愛知県岡崎市を事例として-（口頭）	荒木裕子	日本建築学会大会（札幌・オンライン）	2022. 9	国内
南海トラフ地震臨時情報を住民と自治体が一緒に考えるための勉強会ツールの開発（ポスター）	岡田恵実 柴田智隼 町屋弦一郎 西尾吏啓 天野秀俊 赤羽翔馬 鈴木和也 横山周作 千葉啓広 荒木裕子 平山修久	地域安全学会第51回研究発表会（秋季）	2022. 10	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

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

⑤南海トラフ地震臨時情報発表時の社会事象と要因推定手法の開発

(a) 業務の要約

南海トラフ地震臨時情報（以下、臨時情報）は、個々の状況に応じ避難等の防災対応を準備・開始を促す上で重要である。一方で、未だ発表に至った事例はなく、その周知

は不十分といえる。発表時の社会様相も把握も不十分であり、臨時情報の目的と異なる社会活動や企業活動の停滞（必要な備えや準備を越えた萎縮）も懸念される。発表時の社会様相を踏まえた対応行動を検討する為には、臨時情報発表時の社会様相や各主体における対応方針について、官民において事前に整理を行うことが必要不可欠である。

本研究では、サブ課題3の取組みである、情報発信検討会「事業継続」テーマの議論の場を活用し、産官学民の参加に基づくワークショップを実施した。研究の方法は、まず、臨時情報発表時の社会様相を考えるワークショップを実施し、臨時情報発表時に起こり得る社会様相から、「災害事象」の抽出を行った。また、抽出された災害事象に対する要因について、大手自動車企業で企業の業務改善に用いられる「なぜなぜ分析」を応用したワークショップを実施し、臨時情報発表時に想定される災害事象の要因の分析を試行した。この一連の取組みから、臨時情報発信時に想定される災害事象に対する要因分析手法について検討を行った。その結果、大局的には提示された災害事象に対する要因を見出すことが可能であることが示された。一方で、事前の対策に活かす為には、参加者の属性を揃えるなど、抽出された要因に対応する主体をより明確にする必要が明らかとなった。

南海トラフ地震臨時情報発表時の社会事象把握として、災害拠点病院に対する応急給水リソースの災害暴露評価を行うとともに、災害拠点病院ならびに水道事業体における南海トラフ地震対策の実態把握を行った。また、日々の応急復旧過程において断水人口や消火機能だけでなく、復旧過程における地域の経済機会損失も評価することのできる応急復旧戦略の評価手法を構築した。

#### (b) 業務の実施方法

まず、サブ課題2の各研究機関と連携し、南海トラフ地震臨時情報発表時の社会様相を考えるワークショップ①及び、その要因を分析するワークショップ②を設計し、サブ課題3の創成情報発信の取組みである、情報発信検討会「事業継続」テーマの場を実践の場とした。ワークショップは、2回に分けて実施し、いずれも名古屋大学減災館を主会場とし、オンライン併用で行った。実施概要としては、まずワークショップ①で得られた臨時情報発表時に起こり得る社会様相結果について構造化し、想定される「災害事象」として整理する。さらに、その整理した災害事象に基づいて、ワークショップ②で、その要因分析を試行し、その結果について整理を行い、その考察に基づいて、事前対策の検討に資する災害事象の要因分析手法のあり方について検討する。

また、南海トラフ地震防災対策推進地域における災害拠点病院と水道事業体の本庁舎、浄水場、給水車数、給水タンクに対する暴露リスクを定量的に明らかにする。そのうえで、災害拠点病院への応急給水からみた南海トラフ地震時の災害拠点病院への応急給水や南海トラフ地震臨時情報対応に係る課題について考察する。大規模災害後の地域の経済活動を求めるには、企業の資本ストックの毀損と電力被害の復旧過程が重要である。そこで、水道の回復過程に加えて、同期間における産業の資本ストックとしての建物被害の復旧過程と電力の復旧過程から地域の経済機会損失を算出する手法を構築することで、経済的な観点から水道の応急復旧過程を評価する。すなわち、この手法ではまず、

離散的被害推定手法<sup>4)</sup>を用いて対象地域の地震による水道管路の被害推定を行う。つぎに、得られた被害推定結果と日々の応急復旧過程を上水道管網に反映させ、管網解析を行い、復旧期間における対象地域の断水率を算出する。さらに、水道に加えて、電力と建物の復旧過程と平常時の一日あたりの経済活動から、水道の復旧期間における経済機会損失を算出する。

(c) 業務の成果

1) 南海トラフ地震臨時情報発表時の社会事象と要因推定手法の開発

a) はじめに

南海トラフ地震臨時情報（以下、臨時情報）は、個々の状況に応じ避難等の防災対応を準備・開始を促す上で重要である。臨時情報は、未だ発表された事例がなく、その際の社会様相は不透明であり、本来の趣旨とは異なる社会活動の萎縮が懸念されている。本稿では、大手自動車企業で用いられる「なぜなぜ分析」を応用し、臨時情報発表時に起こり得る災害事象の要因分析を試みる。本研究では、情報発信検討会「事業継続」テーマの議論の場を活用し、サブ課題2の研究機関の連携により、産官学民の参加に基づくワークショップを企画・実施した。ワークショップは、ワークショップ①②の2回実施を行った（表2-5-⑤-1）。まず、臨時情報発表時の社会様相を考えるワークショップ①を実施し、臨時情報発表時に起こり得る、災害事象の抽出を行った。また、抽出された災害事象に対する要因について、大手自動車企業で企業の業務改善に用いられる「なぜなぜ分析」を応用したワークショップ②を実施し、臨時情報発表時に想定される災害事象の要因の分析を試行し、臨時情報発信時に想定される災害事象に対する要因分析手法について検討を行った。

表2-5-⑤-1 ワークショップの概要

項目	WS①	WS②
実施日	2022/6/14 ※オンライン開催	2023/3/6 ※対面とオンラインの併用開催
イベント名	南海トラフ地震研究プロジェクト 情報発信検討会「事業継続」テーマ	南海トラフ地震研究プロジェクト 情報発信検討会「事業継続」テーマ
会場又は、使用システム	Zoom Meetings	名古屋大学減災館（減災ホール）+Zoom Meetings
グループ数	4班（各班9～10名）	4班（各班8～12名）
運営側の構成	各グループファシリテーター1名、記録者1名	各グループファシリテーター1名（記録者を兼ねる）
参加者数と構成	自治体、民間企業、研究機関の各職員37名	自治体、民間企業、研究機関の各職員37名
参加者の居住地	関東から中部以西の西日本各地からの参加	関東から中部以西の西日本各地からの参加
ワーク内容	1. 南海トラフ地震臨時情報に関する話題提供 2. ブレイクアウトルーム機能を用いて、グループに分かれ、半割れケース（各参加者の居住地と異なる側の被災）が発生した際に、参加者の居住地域で生じるイベントやそれぞれの主体の対応について、オンライン上の付箋に見立てたシートに記録者が入力 3. オンライン上の模造紙を模したシートを用いて、付箋のアイデアを構造化	1. 南海トラフ地震臨時情報に関する話題提供 2. ブレイクアウトルーム機能を用いて、グループに分かれ、WS①の結果に基づいた臨時情報（注意）発表時の、災害事象の要因について、会場の付箋、及びオンライン上の付箋に見立てたシートに入力 3. 会場の模造紙、及びオンライン上の模造紙を模したシートに災害事象の要因に関する記載を行い、アイデアを構造化

b) 南海トラフ地震臨時情報の社会様相と要因を分析するワークショップ

ワークショップは、2022年6月14日及び、2023年3月6日に開催された、サブ課題3が行う、情報発信検討会「事業継続」テーマの中で、名古屋大学減災連携研究センターも含む、サブ課題2の研究機関の連携により、企画運営を行い実施した。本ワークショップには、行政職員及び、指定公共機関も含む民間企業と研究機関に所属する研究者が参加し、臨時情報発表時の社会様相やその要因について考えるワークを行った。参加者数は、6月14日のワーク①は37名、3月6日のワーク②についても、一部参加者は異なるが、

同じく 37 名が参加した（表 2-5-⑤-2）。

表 2-5-⑤-2 ワークショップの参加者構成

集計範囲	総計(人)	小計(人)			A班(人)			B班(人)			C班(人)			D班(人)		
		行政	研究機関	企業												
WS ①	37	15	11	11	4	2	2	4	3	3	3	3	4	4	3	2
WS ②	37	14	10	13	5	4	2	4	2	3	3	4	2	2	0	6

#### c) ワークショップ手法

本研究では、臨時情報発表時の社会様相を考える目的で実施するワークショップ①と臨時情報発表時起こり得る災害事象の要因を考える目的で実施するワークショップ②の2つの実践から得た知見を基づいて検討を進める。災害シナリオとしては共通する条件とし、「臨時情報巨大地震注意」の発表された状況かつ参加者の所在地では、特段の被害の無い状況として考えることを前提とした。また、参加者構成は、産官学からの多様な主体からの参加であることも共通している。以下に、それぞれのワークショップ手法の概要を示す。

##### i) ワークショップ手法①：臨時情報発表時の社会様相を考える

ワークショップ①は、2022年6月14日に、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の事業の中で、行政や民間企業と研究者との情報交換の場でもある、『情報発信検討会「事業継続」テーマ』の取組みの一環として実施された。当日は、第1部で臨時情報以外の内容も含めた、南海トラフ地震の対応に関わる話題提供を行った後、第2部として臨時情報をテーマとするオンライン形式のWSを実施した。使用したweb会議システムは、Zoom Meetings（以下、Zoom）である。グループワーク（以下、GW）時には、本システムのブレイクアウトルーム機能（以下、BR）を活用し、参加者37名を、9～10名ずつ4班に分けて行った。

##### ii) ワークショップ手法②：臨時情報発表時の災害事象の要因を考える

ワークショップ②は、2023年3月6日に、ワークショップ②と同様に『情報発信検討会「事業継続」テーマ』の取組みの一環として実施された。第1部で臨時情報以外の内容も含めた、南海トラフ地震の対応に関わる話題提供を行った後、第2部として臨時情報をテーマとするWSを行った実施形態も同様である。但し、参加者は会場で対面での参加者も募るハイブリッド開催に変更して実施している。参加者37名の内、を、9～12名ずつ4班に分けて行った。この内、表2-5-⑤-2に示した、D班の8名が会場参加であり、対面によるワークショップを行った（ワーク内容は同様のものを実施）。

#### d) ワークショップの設計

##### i) ワークショップ①の設計：臨時情報発表時の社会様相を考える

ワークショップ①は、まず臨時情報に関する概要について話題提供を行った後、BR

を用いて4グループに分かれ、臨時情報巨大地震注意(以下、「臨時情報注意」とする)が発表される状況を想定し、参加者の居住地で生じるイベントやそれぞれの主体の対応について、参加者の考えをオンライン上の付箋に見立てたシートに記録者が入力してBR内の参加者全員に共有する。次に、オンライン上の模造紙を模したワークシートを用いて、付箋のアイデアを時系列で構造化を行うこととした。このとき、Zoomのチャット機能を用いて、参加者のアイデアを記録者に伝えるが、この段階で、各参加者の自由な発想を担保することを意図して、チャットの入力内容は、記録者のみに送信を行うことをルールとした。これにより、対面でのWSと同様に、BR内のアイデア出しの時点で、他の参加者が表出する意見からの影響を極力少なくする配慮を行った。その後、各グループがワークシートを共有した上で発表を行い、相互に質疑応答を行った。

#### ii) ワークショップ②の設計：臨時情報発表時の災害事象の要因を考える

ワークショップ②は、ワークショップ①と同様に臨時情報に関する概要について話題提供を行った後、オンライン参加者を3グループ、会場(対面)参加者を1グループとする4グループに分かれて、ワークショップ①で示された災害事象に基づいて、その要因を分析するグループワークを行った。グループワークに適用したワークショップ手法は、大手自動車企業のトヨタ自動車で業務改善に用いられる「なぜなぜ分析」を応用したものである。要因分析の前提となる条件は、ワークショップ①同条件である、臨時情報注意が発表される状況を想定して実施した。

まず、ワークショップで整理された災害事象から各グループ1つ選び、参加者各自がその要因を1段階ずつ付箋にアイデアカードとして書き記した。付箋が出そろった所で、1段階目の要因を整理し、参加者間でより重要と思われる要因を抽出し、2段階目の分析の対象として選定する(複数可とした)。以降、検討時間の70分の間で、目標を4段か目ないし5段階目まで要因の分析を深めることを繰り返すこととした。これらの分析が終わった所で、要因の最終段階に示された事項について、グループ内で共有や意見交換を行う。その後、各グループがワークシートを共有した上で発表を行い、相互に質疑応答を行った。

#### e) ワークショップの結果

##### i) ワークショップ①の結果：臨時情報発表時の社会様相を考える

ワークショップ①の結果、表出された各班のアイデアカードを図2-5-⑤-1に示す。まず、昨年度(R3年度)に実施した、対面のワークショップでアイデアカードの表出数や項目数による比較により、オンラインでの実施、かつワークショップ経験の少ない参加者が含まれる実践下でも、アイデアの表出が可能であったかを評価する(表2-5-⑤-3)。

参加者は、対面では各班10名、オンラインでは、各班9~10名の参加である。一人あたりの付箋数は、対面では4.3~7.2枚、オンラインでは1.9~3.4枚と2倍程度の差となった。これは、WSに不慣れな参加者が含まれることを想定してアイデアの共有以降のワークを丁寧に進める為、アイデア出しの時間を10分と制限したことが要

因と考えられる。他方、比較的短い時間の中で、概ね一人2枚程度は意見表出され、一定の意見交換を可能とする意見提示のあったことが確認された。

また、ワークショップ後に、上記で示した各班の付箋（図2-5-⑤-1）を整理し、臨時情報（注意）発表時に起こり得る社会様相から、想定される災害事象の抽出を行ったのが、図2-5-⑤-2である。抽出された災害事象の概要としては、1. 企業や行政の業務への影響に関するもの、2. 物資の供給など生活に関わるもの、3. 避難に関わるもの、4. 交通機関に関わるもの、5. 教育・子どもに関わるもの、6. 社会不安に関わるもの、6項目、8事象がワークショップ①から抽出された。この抽出された8つの災害事象をワークショップ②の社会状況の条件付与カードとして用いた。



図2-5-⑤-1 ワークショップ①で表出された各班のアイデアカード

表2-5-⑤-3 対面のオンライン活用による付箋の表出数の比較

WS	班	参加者数	アイデアカードを整理した際の項目（見出し）										付箋数			
			避難	物資 お金	行政 教育	生活	情報 報道	企業 仕事	イン フラ	社会の 判断	人々 の行動	地域 外の 視点	その他	項目 数	グループ 全体	一人当 たりの 平均
対面	A	10	8	13	3	—	13	2	—	—	11	2	3	9	55	5.5
	B	10	5	22	4	—	6	12	7	—	16	—	—	8	72	7.2
	C	10	7	5	—	5	—	9	8	—	6	—	3	7	43	4.3
オンライン	A	9	5	3	2	4	2	4	—	—	—	—	—	6	20	2.2
	B	10	5	5	12	—	2	4	2	—	—	—	4	7	34	3.4
	C	10	—	5	—	—	8	—	—	4	2	2	—	5	21	2.1
	D	9	2	6	2	—	5	—	1	1	—	—	—	6	17	1.9

ii) ワークショップ②の結果：臨時情報発表時の災害事象の要因を考える

ワークショップ②の結果、表出された各班のアイデアカードを図2-5-⑤-3に示す。グループワークのA～C班の3班は、サブ課題2のサブサブ課題サブサブ課題2(f)（発災時の大都市機能の維持）の研究で開発されたオンラインワークシートを活用し、アイデアカードの整理を行っている。D班は、会場（対面）で実施したワークショップであり、オンラインと基本的な手順は同様であるが、従来と同様に、表出されたアイデアカードを模造紙上で整理を行っている。

考えられる社会状況	対応する要因：関係するステークホルダー
仕事が回らなくなる	<ul style="list-style-type: none"> <li>・問い合わせが増えて通常業務が滞る：住民・企業・行政、医療・福祉</li> <li>・就労再開の判断が難しい：企業</li> <li>・通信回線が不安定になる：企業・行政</li> </ul>
問い合わせの増加	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>臨時情報の周知不足</b>：住民・企業・行政（県・国）、医療・福祉</li> <li>・漠然とした不安、デマ：住民・企業</li> </ul>
物が足りない 物資の不足・買い占め	<ul style="list-style-type: none"> <li>・物資の供給が間に合わない：企業</li> <li>・工場の稼働率が下がる：企業</li> <li>・物資の買い占め：住民</li> <li>・事前の備えの不足：住民・企業</li> <li>・<b>従来の避難情報との混同</b>：住民</li> <li>・人材、原材料の不足：企業・住民</li> </ul>
避難できない 避難行動・自主避難	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自宅周辺は車移動のための整備が遅れている：行政</li> <li>・高台の避難場所まで移動する体力がない：住民（高齢者）</li> <li>・使える避難場所の数が足りていない：行政</li> <li>・事前の備え不足：行政・住民</li> <li>・<b>制度の誤った理解</b>：住民・企業</li> </ul>
交通機関の混乱・休止 社会の混乱	<ul style="list-style-type: none"> <li>・公共交通機関の運行停止：企業・住民</li> <li>・帰郷や疎開による遠方への交通機関の混乱：住民・企業</li> <li>・現金の不足、ATMの稼働停止：金融・住民</li> <li>・株価の下落：金融・国・企業</li> <li>・<b>臨時情報の周知不足</b></li> <li>・発表時の方針等の検討不足：学校・保育園・企業・保護者</li> <li>・BCPの検討（項目）不足：行政・企業・保護者</li> </ul>
不便な生活	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電気・ガス・水道の供給停止：住民・行政</li> <li>・通信回線が不安定になる：住民・企業・行政</li> </ul>
教育現場の混乱・休止	<ul style="list-style-type: none"> <li>・発表時の方針等の検討不足：学校・保育園・企業・保護者</li> <li>・BCPの検討（項目）不足：行政・企業・保護者</li> </ul>
社会不安の増加	<ul style="list-style-type: none"> <li>・判断ができないため行動できずに不安増加：住民・企業・行政</li> <li>・悪い噂が広まる：住民・企業</li> <li>・外国人の一斉出国：企業・行政</li> <li>・観光客など外来者へどのように対応すべきか分からない：行政・企業</li> </ul>

図2-5-⑤-2 臨時情報（注意）発表時に想定される災害事象

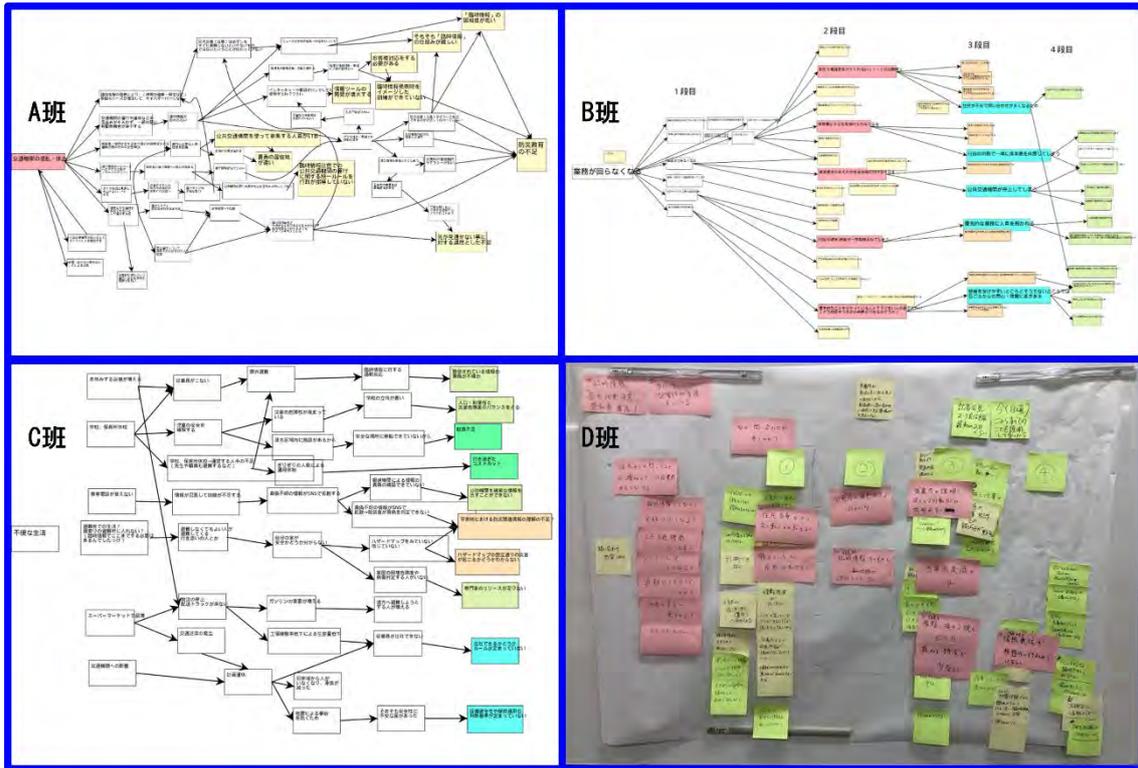


図 2-5-⑤-3 ワークショップ②で表出された各班のアイデアカード

表 2-5-⑤-4 に、ワークショップ②で表出された各班のアイデアカード(付箋)の数と、要因の分析により到達した段階を整理した。B 班が 56 枚とやや多いものの、各班 40 枚以上のアイデアカードが表示されている。到達した段階も、目標とした、4 段階目まで到達しなかった班はなく、各班で選択した災害事象について、一定の要因分析がなされたことが示された。

また、ワークショップ後に、筆者らが上記で示した各班の付箋(図 2-5-⑤-3)について、オンラインで実施されたグループワークから、到達段階の値が大きくより要因の分析を深めたと推測された B 班と、会場(対面)で実施した D 班の結果について、表 2-5-⑤-5 に整理した。

表 2-5-⑤-4 ワークショップ②で表出された各班の集計

項目	A	B	C	D
表出された付箋の数	43	56	44	44
到達した段階	4~8	4	5	3~5

表 2-5-⑤-5 ワークショップ②のグループ結果の整理

班	災害事象	要因の段階								
		a	b	c	d	e	f	g	h	
A	交通機関の混乱・休止	移動ニーズ増による対応困難	臨時情報発表後の行動の理解不足 (②)	発表内容の伝わりにくさ (③)	臨時情報の認知不足	--	--	--	防災教育の不足	
		異なる対応方針 (①)	運行情報が伝わらない	発表内容の伝わりにくさ (③)	臨時情報の仕組みの難しさ	--	--	--	防災教育の不足	
				現場の情報収集・発信の遅れ	臨時情報の仕組みの難しさ	--	--	--		
				デマや関連した情報	人員不足	お客様対応のニーズ増加	訓練不足	--		--
				通信網のパンク	臨時情報発表後の行動の理解不足 (②)	--	--	--		--
		迅速性の確保	先行地震の情報との混同	--	--	--	--	--		
安全確認に時間を要する	混乱した情報	混乱した情報	匿名での無責任な発信が容易	不確かな情報にとられる	先が見通せない不安	--	--			
D	問い合わせの増加 ※行政の業務が回らない	住民が次の行動を知らない	気象庁の発表内容がわからない	気象庁から次の行動の説明がない	行政による対応ルールの指導致不足	多業する人員の移動手段がない	人員の居住地が遠い			
		頼るところを行政しか知らない	臨時情報を理解していない	当事者意識がない	情報発信が積極的に行われていない	伝わる説明をできる人がいない	不確定な情報だから			
		頼るところを行政しか知らない	臨時情報を理解していない	情報に接する機会がない	情報発信が積極的に行われていない	伝わる説明をできる人がいない	不確定な情報だから			

まず、A班（オンライン）では、要因を分析する災害事象として、ファシリテーターの提案を踏まえて、「交通機関の混乱・休止」が選択されている。要因の到達した段階は、4～8段階と分析されている。主な要因分析の過程を整理した結果、第1段階では、「移動ニーズ増による対応困難」、「異なる対応方針 (①)」、「通信網のパンク」、「安全確認に時間を要する」の4つに要因が分岐して整理された。分岐後、それぞれ2段階目以降の要因が分析される中で、「臨時情報発表後の行動の理解不足」や「発表内容の伝わりにくさ」など、臨時情報の認知不足や理解しにくさ、関連してデマ・誤った情報などが挙げられ、いずれの分岐も最終段階で「防災教育の不足」に集約される結果となった。

次に、D班（対面）では、要因を分析する災害事象として、「問い合わせの増加」が選択されている。要因の分析に先立って、ファシリテーターの提案も踏まえて、災害事象の主体を「行政」とし、その業務が回らない状況を想定して、要因の分析が行われた。その結果、第1段階では、「住民が次の行動を知らない」、「頼るところを行政しか知らない」の2つに要因が分岐して整理された。分岐後、それぞれ2段階目以降の要因が分析される中で、住民が次の（とるべき）行動を知らないに関しては、「気象庁の発表内容がわからない」を経て、「気象庁から次の行動（に関する）の説明がない」と最終段階となった。また、頼るところを行政しか知らないに関しては、「臨時情報を理解していない」を経て、「当事者意識がない」と最終段階となった分岐と「情報に接する機会がない」を経て、「情報発信が積極的に行われていない」と要因をたどり、それを難しくしている要素として、「伝わる説明をできる人がいない」、「不確定な情報だから」等の複数の要素で構成される要因であることを検討し、ワークを終えている。

これら2班の結果から、いずれも臨時情報の認知不足に関わる要因が示され、その背景にある要因として、制度並びに、現状住民・企業に示される説明の内容自体の理解の難しさが示される結果となった。また、情報発信を担う主体の1つである行政の視点として、「不確定な情報だから」という要因に起因する「伝わる説明をできる人がいない」という、人材に関わる要因も示されている。

## 2) 南海トラフ地震臨時情報発表時の社会事象把握：災害拠点病院

### a) はじめに

南海トラフ地震臨時情報に対する個別企業における机上演習や図上演習の事態想定シナリオのため、ワークショップによる南海トラフ地震臨時情報発表時の社会様相把握とともに、シナリオに活かすための社会事象把握を行うことが必要となる。こ

ここでは、災害拠点病院に着目して検討する。昨年度の検討において、南海トラフ地震時に津波浸水により孤立する災害拠点病院を明らかにした。今年度は、災害拠点病院への応急給水に係るリソースの災害暴露量を明らかにし、南海トラフ地震臨時情報対応におけるリソース量を把握するとともに、臨時情報発表時の災害拠点病院への応急給水に係る課題について検討する。南海トラフ地震防災対策推進地域は、(1)震度6弱以上の地域、(2)津波高3m以上で海岸堤防が低い地域、(3)防災体制の確保、過去の被災履歴への配慮、に基づき、1都2府26県707市町村が指定されている<sup>1)</sup>。日本水道協会では、応急給水の相互支援については、地方支部単位、都道府県単位で検討がなされてきている。災害拠点病院については、基幹災害医療センターは都道府県に原則1箇所以上、地域災害医療センターは二次医療圏ごとに原則1箇所以上整備されている。二次医療圏は、地理的条件等の自然的条件及び日常生活の需要の充足状況、交通事情等の社会的条件を考慮して、一体の区域として病院における入院に係る医療（前条に規定する特殊な医療並びに療養病床及び一般病床以外の病床に係る医療を除く。）を提供する体制の確保を図ることが相当であると認められるものを単位として設定すること、と規定されている<sup>2)</sup>。したがって、本研究では、解析対象の単位を都道府県ではなく、都道府県内の地域を解析単位とする。すなわち、一例として愛知県では、名古屋市、尾張地域、海部地域、知多地域、西三河地域、東三河地域とした。南海トラフ地震防災対策推進地域のうち、都府県内の震度6弱以上の区域が面積の10%以上である都府県であり、津波浸水想定区域内に災害拠点病院もしくは浄水場が存在する1府13県43地域を解析対象地域とした。

#### b) 災害拠点病院暴露評価

災害拠点病院一覧（厚生労働省：災害拠点病院一覧，2018）より、解析対象地域内の災害拠点病院を抽出し、ジオコーディングにより災害拠点病院の住所から緯度経度に変換した。解析対象の災害拠点病院は186箇所であり、病床数は87,886床である。図2-5-⑤-4に災害拠点病院と病床数の分布を示す。

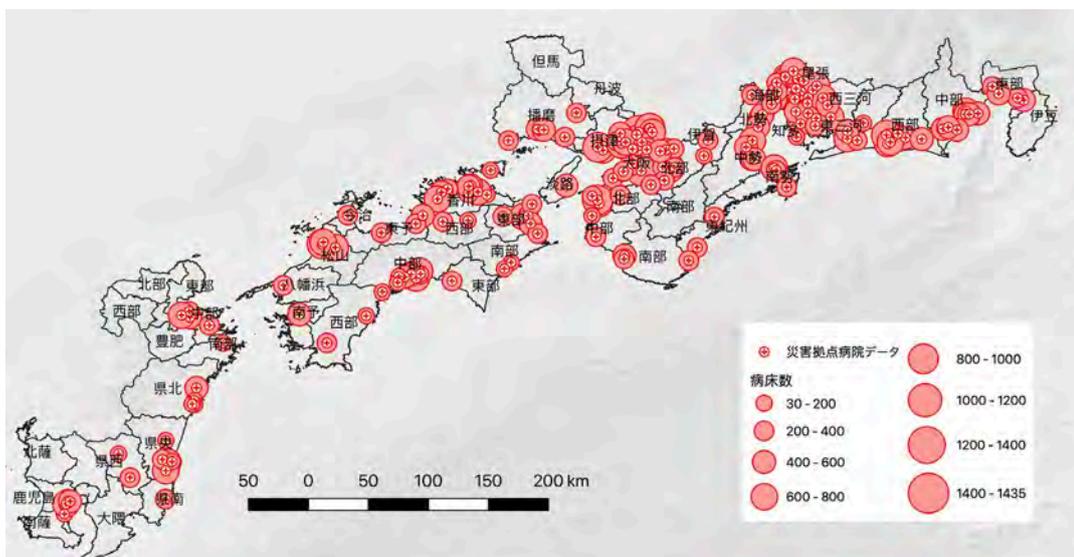


図2-5-⑤-4 災害拠点病院と病床数の分布

災害拠点病院の震度暴露は、中央防災会議による強震断層モデルのうち被害量が大きくなる陸側ケースの場合、震度7に34箇所、14,364床、震度6強に65箇所、30,255床、震度6弱に70箇所、36,130床となる。解析対象地域では、震度6強以上に53.2%の災害拠点病院が存在し、病床は50.8%であった。

津波浸水深別の災害拠点病院数と病床数を図2-5-⑤-5に示す。津波浸水深が0.0m、すなわち津波による浸水被害を受けない災害拠点病院は、駿河湾～紀伊半島沖に大すべり域+超大すべり域を設定した場合（ケース1）で162箇所、78,469床、紀伊半島沖に大すべり域+超大すべり域を設定した場合（ケース2）で161箇所、78,846床、紀伊半島沖から四国沖に大すべり域+超大すべり域を設定した場合（ケース3）で160箇所、78,903床であった。

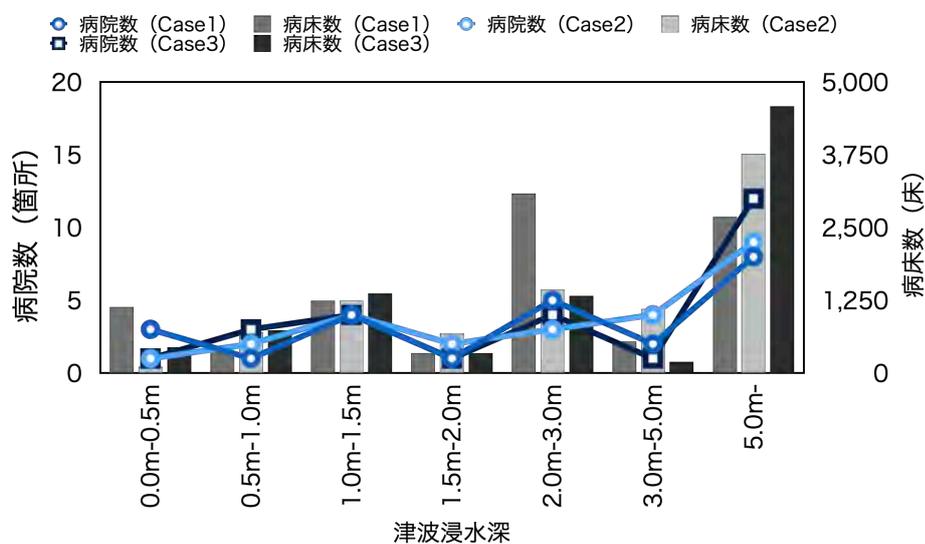


図2-5-⑤-5 津波浸水深別の災害拠点病院数と病床数

災害拠点病院が同定される地域メッシュの周辺地域メッシュの津波浸水深について検討した。その結果、周辺8地域メッシュすべてが1.5m以上の津波浸水深となる。すなわち、津波浸水で孤立する災害拠点病院は、ケース1、ケース2でそれぞれ11箇所、ケース3で13箇所となることがわかった。

### c) 応急給水リソース暴露評価

水道事業に係わる対象として、水道事業体本庁舎、浄水場、給水車数、車載用給水タンク容量を取り上げる。水道事業体本庁舎については、日本水道協会令和2年会員名簿等より解析対象地域内の水道事業体の在所を抽出する。ジオコーディングにより緯度経度に変換し、地理情報システム上にポイントデータを作成した。浄水場については、国土数値情報の上水道関連施設データを用いる。給水車数、車載用給水タンク容量については、平成30年度水道統計から解析対象の水道事業体について、水道事業体コードにより紐付することで地理情報システムのフィーチャとし、レイヤーとして整備した。

ここでは、水道事業フィーチャと南海トラフ地震での震度分布データ、津波浸水デ

ータでオーバーレイ解析を行い、水道事業の津波暴露評価マップ、地震動暴露評価マップを作成した。図2-5-⑤-6に南海トラフ地震での津波暴露評価マップを、図2-5-⑤-7に地震動暴露評価マップを示す。

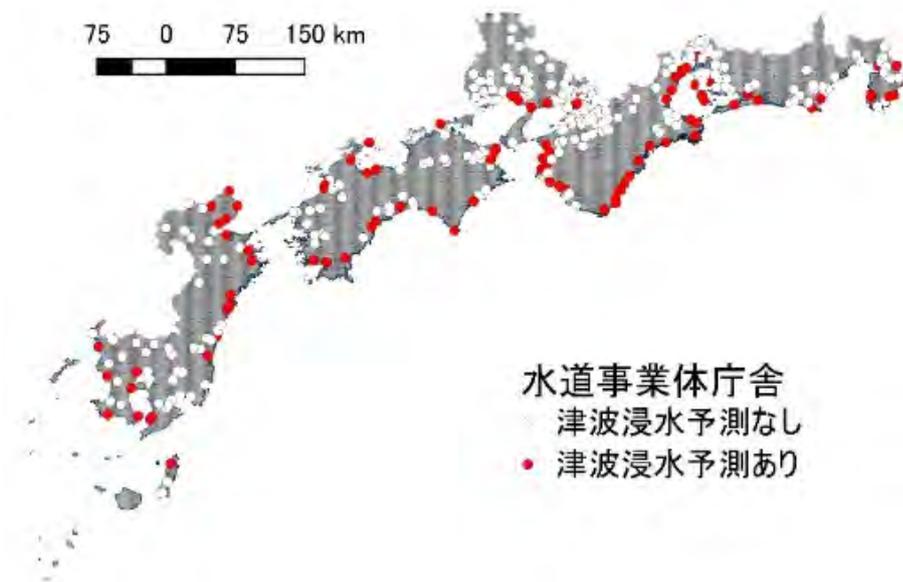


図2-5-⑤-6 南海トラフ地震での水道事業体本庁舎の津波暴露評価マップ

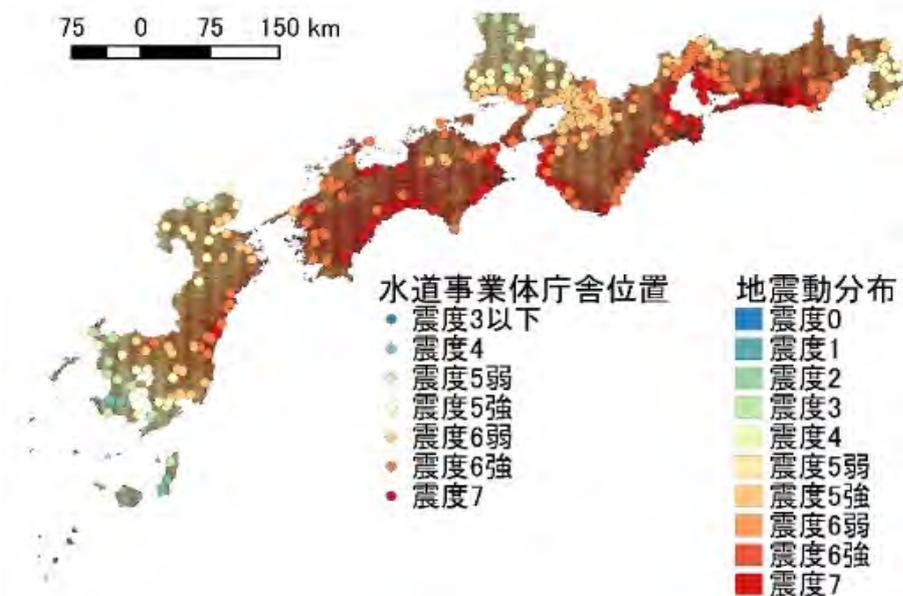


図2-5-⑤-7 南海トラフ地震での水道事業体本庁舎の震度暴露評価マップ

これより、1府13県の解析対象地域には水道事業体が合計で368庁舎存在し、そのうち97庁舎、26.3%が津波浸水による被害が想定される。水道事業体本庁舎に対する最大予測津波浸水深は13.3mであった。浄水場の津波浸水暴露量は、津波浸水深

2.0m 以上で 13 箇所、26.1 万 m<sup>3</sup>/日となり、周辺 8 地域メッシュがすべて 1.5m 以上の津波浸水深となる、すなわち、津波浸水で孤立が想定される浄水場は 1 箇所であった。

解析対象地域となる水道事業体本庁舎の想定される計測震度は 5.92 となり、多くの本庁舎で震度 6 弱以上の地震動が想定される。浄水場の震度暴露量は、震度 7 が 20 箇所、75.5 万 m<sup>3</sup>/日、震度 6 強が 120 箇所、413.8 万 m<sup>3</sup>/日であった。

ここでは、給水車ならびに車載用給水タンクが水道事業体本庁舎にあるとみなして、給水車、車載用給水タンクの津波暴露評価、震度暴露評価を行った。図 2-5-⑤-8 に津波浸水深別の本庁舎数、給水車数、車載用給水タンク容量を示す。本稿での対象地域である南海トラフ地震防災対策推進地域において、給水車数が 0 である水道事業体 158 事業体であった。解析対象地域にある給水車 374 台のうち、87 台、23.3%が南海トラフ地震による津波浸水リスクがあることがわかる。応急給水に使用する、給水車及び車載用給水タンクの容量は、解析対象地域の総容量 11,778 m<sup>3</sup>のうち 60.5%の 7,121 m<sup>3</sup>が津波による浸水暴露リスクがあることを示した。また、本庁舎が津波浸水によるリスクに曝されている 97 の水道事業体のうち、給水車を所有していない事業体は 44 事業体であった。すなわち、53 の水道事業体については、53 の庁舎と給水車 87 台に津波浸水暴露リスクが存在するといえる。

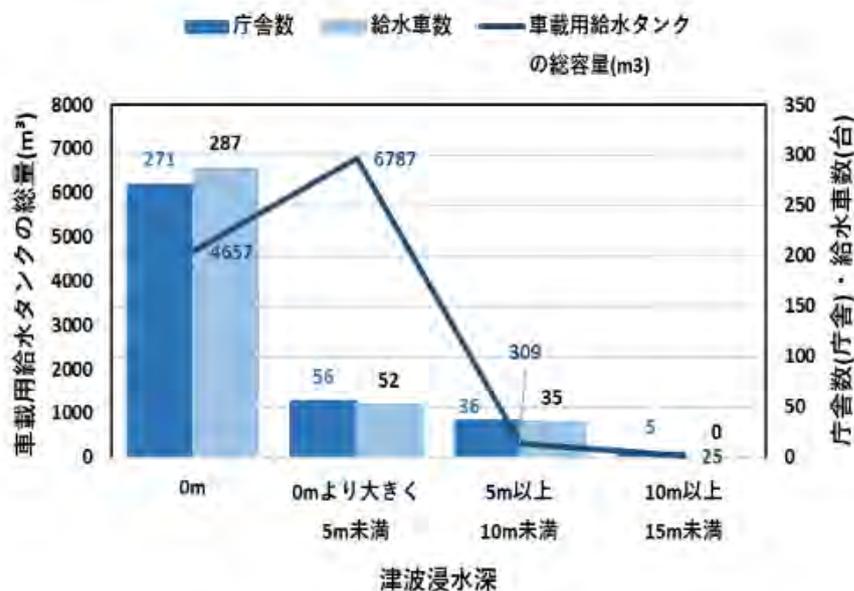


図 2-5-⑤-8 南海トラフ地震での想定震度別の応急給水リソース

水道事業に対する地震動暴露評価について、震度別の水道事業体本庁舎数、給水車数、車載用給水タンクの総容量を図 2-5-⑤-9 に示す。これより、震度 6 強以上の揺れが想定されている本庁舎は 166 あり、そのうち給水車を保有していない事業体は 68 であった。震度 6 強以上の震度暴露リスクがある 98 の事業体で 185 台の給水車 4,142 m<sup>3</sup>の車載用給水タンク容量を保有していることがわかる。

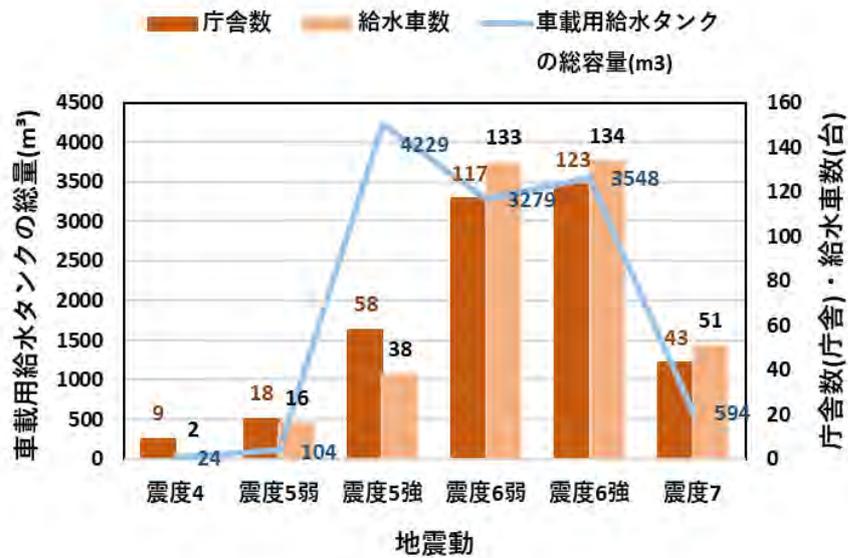


図2-5-⑤-9 南海トラフ地震での想定津波浸水深別の応急給水リソース

解析対象地域のうち、東海、近畿、四国、九州の4つの地域別に水道事業体庁舎数と給水車台数を集計した。その結果を図2-5-⑤-10に示す。水道事業体数及び給水車保有台数が多い順に、近畿、東海、九州、四国となっている。水道事業体本庁舎において、津波被害を受ける割合が最も高い地域は四国地方で36.8%となり、続いて九州地方の33.3%、東海地方の29.7%、近畿地方の15.7%となった。給水車においては、津波被害を受ける割合が最も高い地域は46.8%で九州地方となり、続いて四国地方の34.6%、東海地方の23.8%、近畿地方の14.6%となった。

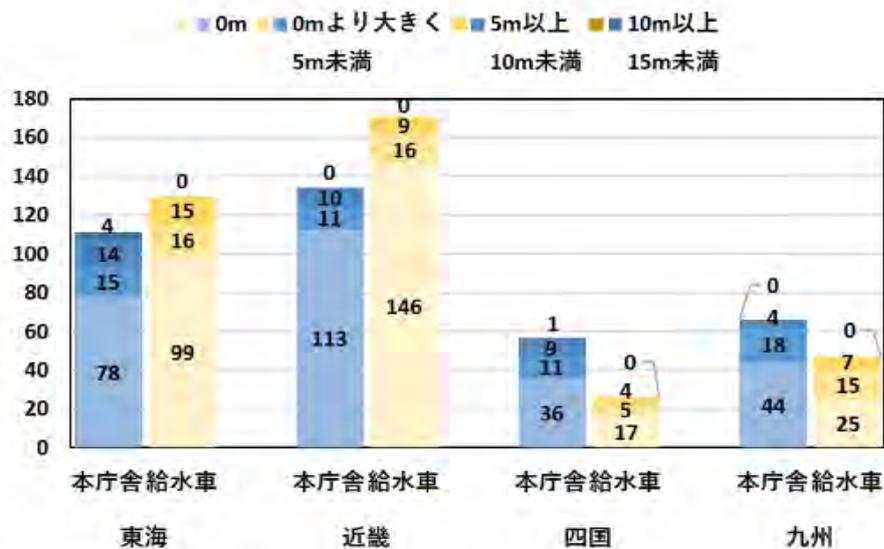


図2-5-⑤-10 地域別の水道事業体庁舎数と給水車台数

南海トラフ沿いの西側で南海トラフ地震が発生し、四国地方で甚大な被害を受け

ることになった場合、四国地方では保有している 26 台の給水車のうち 34.6%に値する 9 台の給水車が使えないこととなり、非常に少ない給水車で四国地方の応急給水活動を担うこととなる。その場合、被災した地域は早急に、地域へ応援要請を行う必要があり、全国の水道事業者から応急給水資源の派遣を受けることになる。しかし、南海トラフ沿いの東側に存在する東海地方などは、南海トラフ地震の特徴でもある後発地震により、時間差で大きな地震被害に見舞われる可能性がある。以上のことから、水道事業者本庁舎、浄水場、給水車、車載用給水タンクについて、津波浸水暴露や震度暴露を考慮した災害対応計画や南海トラフ地震対策、臨時情報対応を検討しておくことが必要である。また、後発地震についても考慮した応急給水外部支援戦略を考えることが重要である。

#### c) 南海トラフ地震対策の実態把握

南海トラフ地震対策の実態把握に関する社会調査対象は、解析対象地域内に存在する 368 の水道事業者と 210 の災害拠点病院とした。水道事業者は日本水道協会令和 3 年会員名簿より、災害拠点病院は令和 4 年 4 月 1 日時点で指定されている災害拠点病院一覧より、調査対象を抽出した。

水道事業者における水道管路の耐震化取組み状況について述べる。令和 2 年度末時点における日本全国の水道施設の耐震化の状況は、基幹的な水道管のうち耐震性のある管路の割合が 40.7%、浄水施設の耐震化率が 38.0%、配水池の耐震化率が 60.8%となっている。基幹管路の耐震化状況については、解析対象地域 1 府 13 県のうち 9 県が、全国平均である 40.7%を下回っている。特に人口規模の小さい四国地方、九州地方では他の地域と比較して耐震化率が低い傾向にある。今後、切迫する南海トラフ地震を見据え、水道施設の耐震化を推し進める必要があるが、解析対象地域の府県ではその取り組みが遅れているといえる。

令和 4 年 4 月 1 日時点全国で、災害拠点病院が 765 箇所指定されており、そのうちの 26.1%、200 病院が本解析対象地域に存在する。災害拠点病院は基幹災害拠点病院と地域災害拠点病院から成り、ここでは両者を調査対象とした。

本調査では、2022 年 11 月 25 日に、紙の調査票を封筒に封入し、解析対象地域に存在する水道事業者と災害拠点病院にそれぞれ送付し、災害対策や BCP 業務に携わる職員に回答していただくよう依頼した。また、Google Forms 上にもアンケートフォームを開設し、その QR コードを調査票表紙に搭載した。当研究室 HP には、ダウンロード用調査票と Google Forms のリンクを記載し、郵便と WEB のどちらからでも回答できるようにし、さらにメールによる回答提出も可能とした。

回答期間は 2022 年 11 月 25 日から 12 月 23 日とした。

社会調査の質問内容について説明する。水道事業者への主な質問事項は 2 項目あり、(1) 給水地区にある災害拠点病院に関して、配水池または配水場から病院までの水道管路の耐震状況について、(2) 災害発生時の給水車の外部支援、病院との提携や連携の有無、についてである。項目 1 が 1 問、項目 2 が 6 問の全 7 問から成る。災害拠点病院への主な質問事項は 3 項目あり、(1) 病院の水源、水の使用状況について、(2) 病院内の受水槽、水道配管の最新耐震化状況について、(3) 病院内の断水対策

について、である。項目1が4問、項目2が2問、項目3が5問の全11問とした。

本社会調査の回収状況は、水道事業者が全370のうち298事業者から回答が得られ回収率は80.3%、災害拠点病院が200病院のうち98病院から回答が得られ回収率は46.7%となっている。

まず、水道事業者への社会調査に関する結果について述べる。項目(1)内の問1では、給水地区にある災害拠点病院に関して、配水池または配水場から病院までの水道管路耐震化状況について質問した。その結果を図2-5-⑤-11に示す。188の災害拠点病院の耐震化状況について回答があり、そのうち34.6%に値する65病院が「完了している」、29.3%に値する55病院が「現在推進中」、16.5%に値する31病院が「計画中」、19.7%に値する37病院が「未定」という結果になった。項目(2)内の問2では、南海トラフ地震により断水が発生し、応急給水活動が必要になる際、他水道事業者から外部支援を受ける計画があるかどうか質問した。全回答298事業者のうち、79.8%に値する236事業者が「はい」と回答し、18.1%に値する54事業者が「いいえ」と回答した。残り8事業者は記載なしという結果になった。

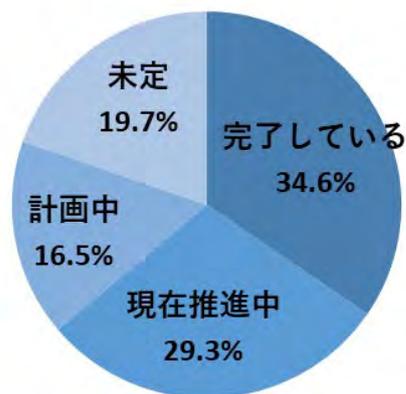


図2-5-⑤-11 配水池または配水場から病院までの水道管路耐震化状況

次に、災害拠点病院への社会調査に関する結果について述べる。項目(1)内の問1では、複数回答可として、病院で使用している水の水源について回答していただいた。その結果を図2-5-⑤-12に示す。92病院が「水道」、59病院が「井戸」、5病院が「自己水」、8病院が「その他」であった。回答が得られた災害拠点病院では、93.9%が水道を利用しているといえる。

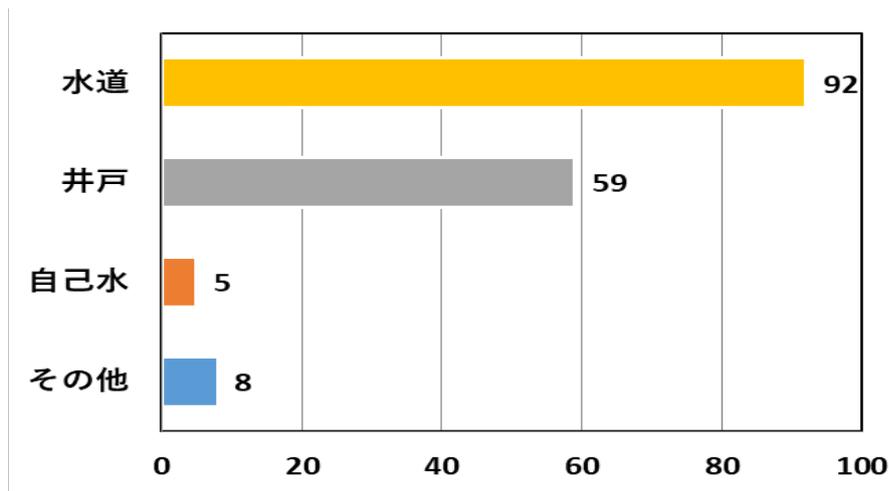


図 2 - 5 - ⑤ - 12 病院で使用している水の水源

問 2 では、利用している水源から病院までの水道管路は耐震化が施されているか、病院側の水道管路耐震化把握状況を確認した。その結果を図 2 - 5 - ⑤ - 13 に示す。回答のあった 98 病院のうち、38.1%に値する 37 病院が「はい」と回答し、24 病院、24.7%が「いいえ」、37 病院、37.1%が「わからない」という結果になった。病院内にある受水槽の耐震対策に関する項目 (2) 内の問 5 に対する結果を図 2 - 5 - ⑤ - 14 に示す。その結果、74 病院が「はい」、2 病院が「現在進行中」、12 病院が「いいえ」、10 病院が「わからない」と回答した。

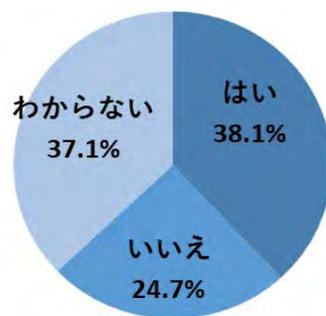


図 2 - 5 - ⑤ - 13 利用している水源から災害拠点病院までの水道管路耐震化状況

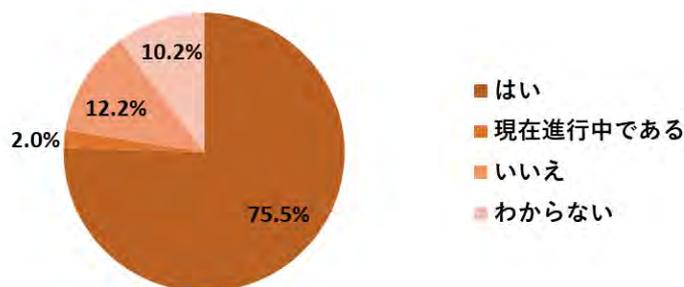


図 2 - 5 - ⑤ - 14 災害拠点病院における受水槽の耐震化状況

問6では、病院内の水道配管や設備に耐震対策が施されているかどうかについて質問した。その結果を図2-5-⑤-15に示す。54病院が「はい」、4病院が「現在進行中」、23病院が「いいえ」、17病院が「わからない」と回答した。全回答中44.9%という半数に近い44の病院では、病院内の水道配管耐震化が施されていないことがわかる。項目(3)内の問7では、断水が発生した場合でも自力で水を賄えるようなシステムや装置を備えているか質問した。その結果を図2-5-⑤-16に示す。67病院が「はい」、30病院が「いいえ」と回答した。自力で水を賄えるようなシステムや装置を備えている病院では、井水浄化設備や井水プラント、雨水濾過器などのシステムや装置を整備しているとの回答がなされた。

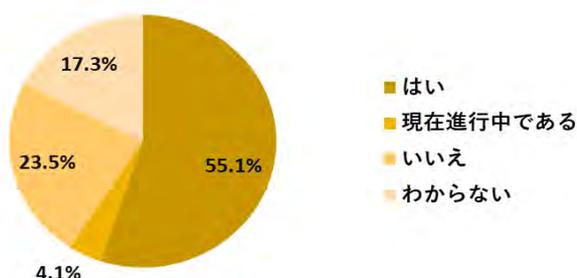


図2-5-⑤-15 病院施設内の水道配管の耐震化状況

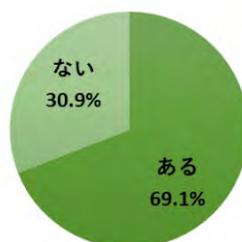


図2-5-⑤-16 断水時に自力で水を賄えるようなシステムや装置の所有状況

自力で水を賄えるようなシステムや装置に対して災害対策を施しているかどうかについての結果を図2-5-⑤-17に示す。問いに対して、59病院が「はい」、8病院が「いいえ」と回答した。また、ここで「はい」と答えた災害対策を施している病院に対して、自立して水供給が継続できる日数の回答を依頼した。「3日以上」の継続が可能な病院は38箇所、「制限なし」と回答した病院は7箇所という結果になった。しかしながら、「制限なし」と回答した病院のほとんどが、電源供給が可能な限りという条件付きであった。

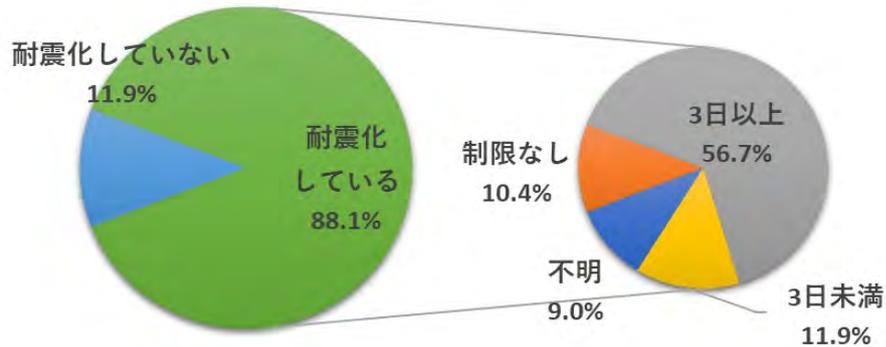


図 2 - 5 - ⑤ - 17 断水時に自力で水を賄えるようなシステムや装置と継続使用可能日数

### 3) 南海トラフ地震臨時情報発表時の社会事象推定手法：水供給

#### a) はじめに

大規模災害が発生した際の経済損失は、直接的な被害による資産（ストック）の損失とその後の経済活動の機会損失に伴う間接的な（フロー）損失に分けられる。大規模災害後のフロー損失に関して、その算出方法や軽減対策に関して調査研究がなされている。豊田<sup>3)</sup>は、地震工学と経済学の接点を求め、学術的研究の新領域を開くことを目的にその関係をまとめる中で、地震後のフロー損失の算出方法を3つ挙げている。そのうちの1つとして震災以前のデータを用いて、産業ごとの生産関数を想定し、各部門の資本ストックの毀損による産出高減少分を算出する方法を挙げている。この方法は、震災以前の情報から行う手法であるため、被災前の被害額のシミュレーションとして用いることができる。この手法を応用して、生産関数は企業の人材や原材料等の生産要素から生産量を求めるものであるが、その代わりに、水道や電力といった資源やエネルギーの投入量から生産量を算出する関数を作成することで、フロー被害を求めることが可能であると考えられる。土屋ら<sup>4)</sup>は、災害時におけるライフライン機能損傷が地域経済に及ぼす影響を軽量化するために、応用一般均衡モデルを用いて経済被害の評価を行っている。新潟県中越地震を対象に分析を行った結果、損失の大部分は、電力途絶を伴う水道・ガスの全ライフラインが途絶している地震発生直後の3日間に集中しており、電力が回復してからの1日あたりの被害額と比べても、電力の途絶が地域経済に大きく影響していることが分かった。

以上のことから、大規模災害後の地域の経済活動を求めるには、企業の資本ストックの毀損と電力被害の復旧過程が重要である。そこで、水道の回復過程に加えて、同期間における産業の資本ストックとしての建物被害の復旧過程と電力の復旧過程から地域の経済機会損失を算出する手法を構築することで、経済的な観点から水道の応急復旧過程を評価できると考えられる。

#### b) 大規模災害時における配水管網の応急復旧過程評価モデル構築

本研究では、水道管路の応急復旧戦略として復旧優先順位を地域の経済機会損失、

断水人口、消火機能により評価することのできる手法を構築する。ここではまず、研究対象地域において離散的被害推定手法を用いて地震発生時における水道管網上の被害発生箇所を推定する。つぎに、応急復旧モデルを用いて、被害推定水道管が、地震発生後何日後に復旧するかを算出する。さらに、被害状態を反映させた管網解析を行い、水圧分布に基づきメッシュ単位での日々の断水率を求める。そのうえで、断水率から断水人口や消火機能とともに、電力や企業の建築物の被害も考慮した経済機会損失評価モデルによる経済機会損失を算出する。

地域メッシュ上において、これらの被害関数とポアソン分布によるモンテカルロ法での水道管の離散的被害件数を推定する。その結果の一例を図2-5-⑤-18に示す。

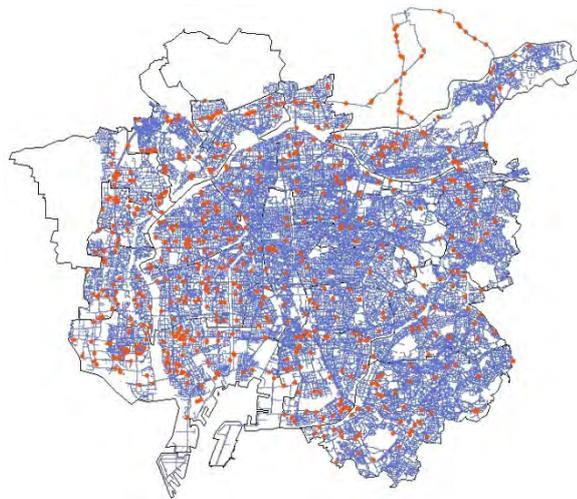


図2-5-⑤-18 最大被害推定件数管路図（被害件数610箇所）

被害のあった各管体は何日目に応急復旧が完了するのかを算出するための応急復旧モデルを構築した。本研究では、管網解析には、United States Environmental Protection Agency (USEPA) が開発した EPANET 2 を用いた。ここでは、水道管網における復旧優先順位の基本方針として、(1) 導水管、送水管、(2) 重要給水施設へ至る配水幹線、(3) 残りの配水幹線（口径200mm以上の配水管）、(4) 口径200mm未満の配水管について、幹線との分岐地点から近いものから、を用いた。

本研究では、応急復旧戦略を復旧期間における経済活動、断水人口、消火機能の3つの回復過程から評価する。配水管の水圧は「技術的基準を定める省令」で定められており、配水管から給水管に分岐する箇所での配水管内の最小動水圧は、0.15MPa以上を確保する必要がある<sup>5)</sup>。また、2階建て建築物への直接給水を可能とするためには、配水管の最小動水圧は0.15~0.20MPaを標準としている。我が国の水道は、その発展段階の社会情勢を反映して、2階建て程度の建築物までは水道事業者の配水管から直結で給水し、3階建て以上や大口需要者へは受水槽を設置して給水する方式を採用してきた<sup>6)</sup>。そこで、本研究では災害時の経済活動と断水人口の算出においては、管網解析の結果、取水点の水圧が0.2MPa未満となったものは断水状態であるとした。また、500mメッシュにおいて、メッシュ内の総取水点数に対して、断水と判

定された取水点の割合を 500m メッシュの断水率とした。さらに、500m メッシュ当たりの人口<sup>5)</sup>に当該メッシュの断水率を乗じることで、500m メッシュ当たりの断水人口として算出した。

消火機能の評価については、総務省消防庁<sup>6)</sup>によると、屋外消火栓は 0.25MPa、屋内消火栓は 0.2MPa 以上が基準となっているため、本研究では、0.25MPa 未満の取水点は消火機能が不十分であるとして、対象地域全域における十分な消火機能を有する取水点の割合を算出した。

大規模災害発生時の水道被害による経済機会損失を評価する経済機会損失評価モデルを構築する。まず、平常時における 500m 地域メッシュ当たりの製造業、非製造業の経済活動量の算出方法について述べる。つぎに、災害時の経済活動を求めるために重要な、企業の資本ストックと電力の地震災害発生時の被害と復旧過程の算出方法について述べる。なお、本研究では、企業の資本ストックとして建築物のみを扱う。さらに、水道、建物、電力の回復過程から経済機会損失を算出する手法を製造業と非製造業で構築した。

製造業、非製造業別の市区町村別従業員数一人当たり売上高を原単位として、500m 地域メッシュ別従業員数を用いて、500m 地域メッシュ別での製造業、非製造業の平常時の一日売上高を算出する。まず、研究対象地域を含む愛知県の全市区町村において、対象とした製造業と非製造業において従業員数と年間売上高の関係の決定係数を算出した。図 2-5-⑤-19 に市区町村別の従業員数と製造業年間売上高との散布図を示す。

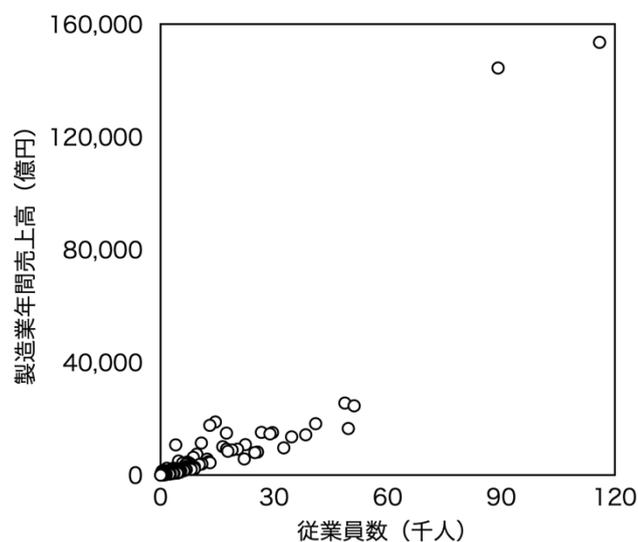


図 2-5-⑤-19 市区町村別の従業員数と製造業年間売上高散布図

500m 地域メッシュごとに震度と全半壊率曲線から求められる 9 区分の被害率を延べ床面積割合で按分し、地震による建築物被害率を算出した。図 2-5-⑤-20 に発災直後での建物被害率分布を示す。

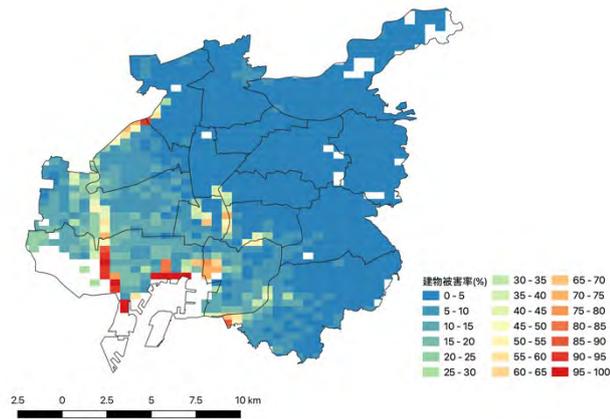


図 2-5-⑤-20 発災直後の地震及び津波による建物被害率分布

地震による建物被害の復旧過程については、阪神・淡路大震災での事例<sup>7)</sup>を参考に、1年後の社屋の立て直し率を製造業、非製造業それぞれ 58.8%、53.6%とし、寅屋敷らの先行研究事例<sup>8)</sup>に基づき、線形での復旧プロセスとした。

構築した手法を用いて、南海トラフ地震発生時の対象地域の応急復旧過程評価を行い、その結果について考察を行う。

図 2-5-⑤-21 に発災直後の断水率分布、図 2-5-⑤-22 に復旧過程における断水人口変化を示す。この期間における総断水人口は約 2,744 万(人×日)であった。発災直後は人口分布における人口の多いメッシュのほとんどで断水率が高くなっており、給水人口の約 6 割にあたる約 140 万人が断水している。発災後 15 日程度で断水人口は発災初期の約 140 万人から、半数の 70 万人程度まで減少している。ここでは、基幹管路である大口径管路の被害に対する対応を優先しており、復旧班の多くが、復旧作業に 5 日を要する 15 日目あたりにおいて、急激に断水人口が回復しているのは、多くの復旧班が、復旧に 5 日を要する大口径管の復旧を、同じタイミングで終えたためであると考えられる。復旧作業を復旧作業の開始は発災後 3 日目からとしており、復旧が完了したのは 38 日目であるため、実際の復旧作業期間のうち約 3 分の 1 の時間で、断水人口を半数まで減少させられていることから管路復旧の基本方針が有効に機能しているといえる。

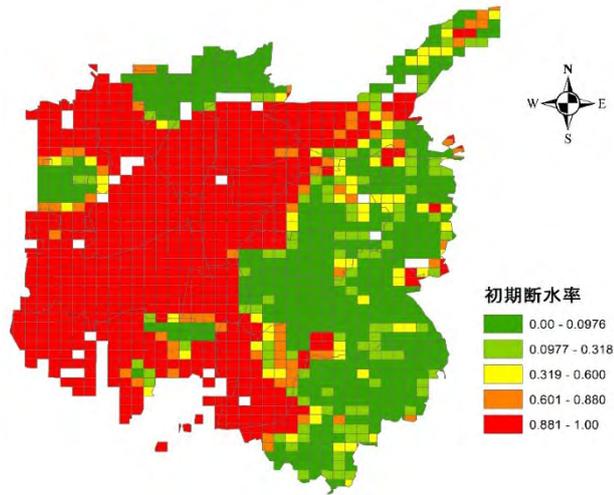


図 2 - 5 - ⑤ - 21 発災直後の断水率分布

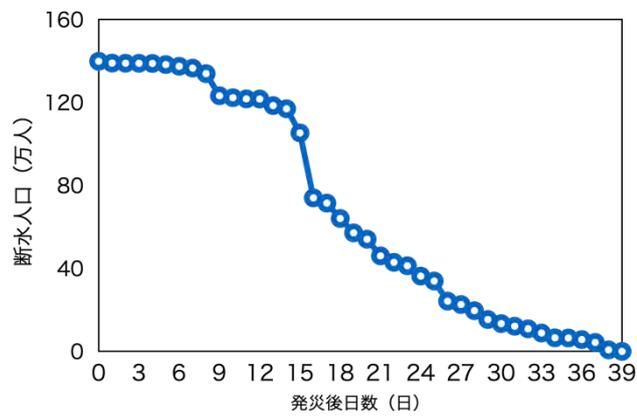


図 2 - 5 - ⑤ - 22 断水人口減少過程

図 2 - 5 - ⑤ - 23 に消火機能を有する取水点の割合の回復過程を示す。回復の傾向は断水人口と似ており、15 日目あたりで一度急激に回復したのちに、緩やかに復旧完了まで上昇していることがわかる。

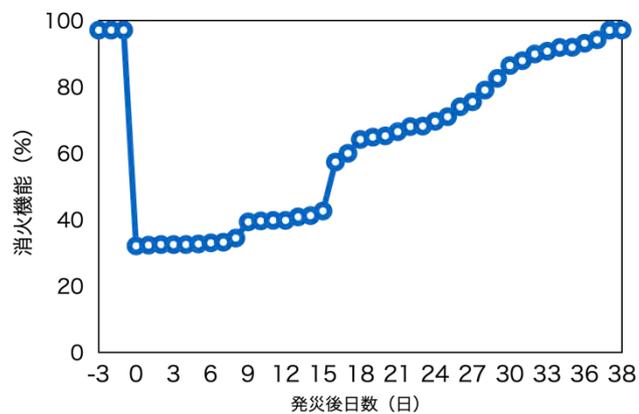


図 2 - 5 - ⑤ - 23 消火機能回復過程

図 2 - 5 - ⑤ - 24 に製造業、非製造業、全業種合計の経済活動可能率の回復過程、

表 2-5-⑤-6 に経済機会損失算出結果を示す。回復過程と経済機会損失ともに、全業種合計と非製造業が似た値となっているが、これは、この地域の売上高の比率が製造業：非製造業 = 1：9 程度と非製造業の影響が非常に強いためであると考えられる。製造業よりも非製造業の回復が早く、電力の復旧過程と形が非常に似ている。これは、本研究の手法で非製造業において水道よりも電力の影響を大きく評価したことによると考えられる。本研究の対象地域においては、全体の経済活動を考える場合、非製造業の回復が特に重要であるといえた。

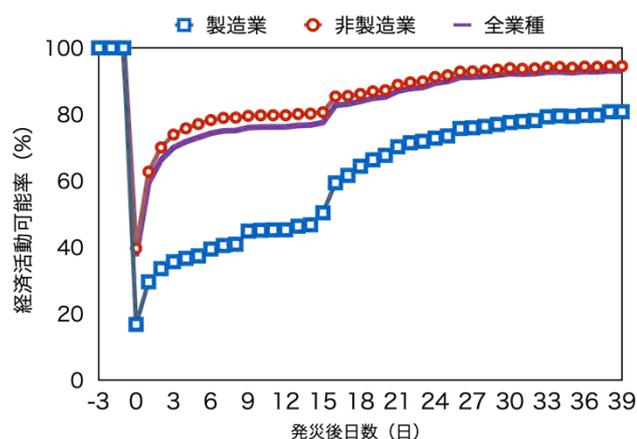


図 2-5-⑤-24 経済活動可能率回復過程

表 2-5-⑤-6 市区町村別の従業員数と製造業年間売上高散布図

業種	経済機会損失 (%・日)
製造業	1,569.5
非製造業	602.8
全業種	681.2

(d) 結論ならびに今後の課題

本研究では、昨年度筆者らが取り組んできた臨時情報発表時の社会様相を考えるワークショップの検討を踏まえて、2種類のワークショップを組み合わせ、臨時情報発表時の社会様相及び、起こり得る災害事象の要因分析手法の検討を試みた。その結果、大局的には提示された災害事象に対する要因を見出すことが可能であることが示された。

特に、「臨時情報の認知不足」や「制度自体の理解の難しさ」の2点が、複数の災害事象の要因の帰結として、示される結果となった。一方で、ワークショップ②のふりかえりにおける意見交換も踏まえて、事前の対策に活かす為には、抽出された要因に対応する主体をより明確にする必要が明らかとなった。

今後は、参加者の属性を揃えてグループワークを実施する等、抽出された要因に対応する主体をより明確にする工夫を行った上で実践を重ね、臨時情報発表時に想定される多様な災害事象の全体像を明らかにするべく取組みを進める。

本研究業務が目指すべき到達目標は、地域や産業界と連携し、南海トラフ地震臨時情報発表時の机上演習に活用するための事態想定シミュレーション手法を構築するもの

である。したがって、机上演習において、地域や産業界の机上演習参画者に対して、産業構造把握に基づく産業タイムライン、社会様相モニタリング、事態想定に基づいた状況付与を行うことが必要となる。すなわち、南海トラフ地震臨時情報発表という具体的かつ科学的成果に基づく状況付与に対して、参画者がどのように対応するのかを問いかけ、それらの対応に対して、産業タイムラインに基づく地域産業の活動状況、リアルタイムモニタリングで把握されうる地域社会の様相、事態想定シミュレーションで想定されうる状況、あるいは、サブサブ課題 2 (g)での多様な時間断面でのリスク情報を、状況付与として付与することが可能となる事態想定シミュレーションシステムとして検討を進めるとともに、地域と連携した机上演習ワークショップとして実装していくことが必要である。

(e) 引用文献

- 1) 内閣府：南海トラフ地震防災対策推進地域，2014
- 2) 厚生労働省：災害時における医療体制の充実強化について，医政発 0321 第 2 号，2012
- 3) 豊田利久：地震と経済学：地震工学との接点を求めて，国民経済雑誌，第 183 巻，pp. 1-12，2001
- 4) 土屋哲，多々納裕一，岡田憲夫：地震災害時のライフライン途絶が及ぼす経済被害の計量化に関する研究，地域安全学会論文集，No. 10，pp. 355-364，2008
- 5) 厚生労働省：水道施設設計指針，2012
- 6) 厚生労働省：給水装置標準計画・施工方法，1997
- 5) 国土交通省：国土数値情報 500m メッシュ別将来推計人口データ（H30 国政局推計），2018
- 6) 総務省消防庁：消防用設備等の点検要領，2002
- 7) 神戸市商工会議所：阪神大震災に関する被害及び今後の神戸経済に関する調査結果，1995
- 8) 寅屋敷哲也，河田恵昭，丸谷浩明：南海トラフ巨大地震による電力供給制約下の地域間電力融通における経済被害軽減対策効果の評価，地域安全学会論文集，24，pp. 303-310，2014

(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
南海トラフ地震臨時情報発表時の社会状況に関するオンラインを活用した事前の課題共有手法に関する一考察（口頭）	千葉啓広 野村一保 木作尚子 都築充雄 平山修久	第25回災害情報学会 2022年度秋大会予稿集，p55-56	2022. 10	国内

南海トラフ地震における水道事業体の応急給水活動への災害暴露評価（口頭）	瀧石さくら 平山修久	環境衛生工学研究, 36(3), 30-32	2022.7	国内
南海トラフ地震臨時情報対策に向けた応急給水リスク分析（口頭）	瀧石さくら 平山修久	令和4年度全国会議 （水道研究発表会） 講演集, 782-783	2022.10	国内
南海トラフ地震臨時情報対策に向けた災害拠点病院における応急給水戦略に関する考察（口頭）	瀧石さくら 平山修久	第28回日本災害医学会総会・学術集会プログラム・妙録集, Japanese Journal of Disaster Medicine, 第27巻 Supplement2, pp.350	2023.3	国内
分野横断連携による災害拠点病院での災害時水確保（口頭）	平山修久	第28回日本災害医学会総会・学術集会プログラム・妙録集, Japanese Journal of Disaster Medicine, 第27巻 Supplement2, pp.355	2023.3	国内

## 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
Emergency Restoration Strategy for Water Distribution System from the Viewpoint of Disaster Resilience Curves	N. Hirayama T. Okano J. Tamai	Lifelines 2022: Advancing Lifeline Engineering for Community Resilience, ASCE, 443-452, DOI: <a href="https://doi.org/10.1061/9780784484449.039">https://doi.org/10.1061/9780784484449.039</a>	2022.11	国外
水道管路被害による地域経済活動に対する機会損失評価手法の構築-愛知県N市を対象として-	玉井丈太郎 平山修久	土木学会論文集G（環境）, 78(6), II_117-II_127	2022.10	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

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

⑥臨時情報発表時における地域情報共有連携手法の構築

(a) 業務の要約

臨時情報発表時における地域情報共有連携手法を検討するにあたり、過年度に実施した遠隔型のワークショップの実施結果及び得られた成果を基に、実践時の課題を踏まえた上で、今年度中部圏の産官学民が参加する場及び愛知県西三河地域の基礎自治体が参加する場において、ワークショップを開催し、中部圏の関係機関においては、臨時情報発表時における現状の体制及び課題について共有、意見交換を実施した。また、西三河研究会の基礎自治体のワークショップでは、情報連携をキーワードとして、過去に整理した各種情報の共有を行った上で、今後西三河全体で目指すべき情報連携の姿についてグループディスカッションを行った。ワークショップでは、過年度までにオブザーバーで参加していた関係機関、産業界、東三河5市2町1村に加え、内閣官房国土強靱化推進室もオブザーバーとして参加を求めた。

中部圏でのワークショップ概要を表2-5-⑥-1、写真2-5-⑥-1、図2-5-⑥-1に示す。西三河地域でのワークショップ概要を表2-5-⑥-2、写真2-5-⑥-2、図2-5-⑥-2に各ワークショップ開催概要を示す。

表2-5-⑥-1 中部圏の関係機関を対象とした  
遠隔型ワークショップの開催概要

実施日	令和4年10月4日(火)～5日(水)
会場	愛ポートメッセなごや 第3展示館 (ライフガード TEC 展示会場内 特設会場)
参加機関	内閣府、名古屋地方気象台、中部地方環境事務所、中部地方整備局、愛知県、名古屋市、豊橋市、中部ブロック DMAT 連絡協議会、名古屋大学 福和名誉教授、平山准教授 外
実施目的	「南海トラフ地震」及び「南海トラフ地震臨時情報」について、参加者の皆さんと一緒に理解を深め、備えと行動を考える。
開催内容	○ 南海トラフ地震対策についての講座 《8つのテーマ》 ・「南海トラフ地震をみる」～巨大地図からみえる南海トラフ地震とは～ 講師：福和 伸夫(名古屋大学名誉教授) ・「南海トラフ地震を知る」～南海トラフ地震臨時情報の流れと 仕組みを知る～ 講師：【名古屋地方気象台】

	<p>上田 義浩（地震津波火山防災情報調整官）</p> <p>棚田 理絵（防災グループ 南海トラフ地震防災官）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「南海トラフ地震を知る」～南海トラフ地震臨時情報発表に伴う防災対応～ 講師：【内閣府】小門 研亮（政策統括官（防災担当）付参事官 （調査・企画担当）付参事官補佐）</li> <li>・「南海トラフ地震を知る」～南海トラフ地震臨時情報に関する地方公共団体の取組状況～ 講師：【愛知県】 石川 盛久（防災安全局 防災部 防災危機管理課 課長補佐） 御園 玲奈（防災安全局 防災部 防災危機管理 主事） 【名古屋市】山口 修平（防災危機管理局 危機管理企画室 主査） 【豊橋市】佐藤 実（防災危機管理課長）</li> <li>・「南海トラフ地震対応を知る」～国土交通省による被災状況の収集・発信について～ 講師：【中部地方整備局】丹羽 俊一（総括防災調整官）</li> <li>・「南海トラフ地震対応を知る」～南海トラフ地震来襲 そのとき医療体制は・・・～ 講師：【中部ブロックDMA T連絡協議会】 北川 喜己（名古屋掖済会病院 副院長・救命救急センター長） 小澤 和弘（愛知医科大学 災害医療研究センター 講師）</li> <li>・「南海トラフ地震対応を知る」～災害ごみからみえる対応について考える～ 講師：【名古屋大学】平山 修久（減災連携研究センター 准教授） 【中部地方環境事務所】山際 勝治（資源循環課 災害廃棄物対策専門官）</li> <li>・「南海トラフに備える」～この地域が行うべき備えについて考えよう～ 講師：福和 伸夫（名古屋大学名誉教授）</li> </ul> <p>○ 地震等に関する学習ツールの展示</p> <p>○ 南海トラフ地震対策等に関するパネルの展示</p>
特徴と工夫	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「南海トラフ地震臨時情報」に着目・特化して、プロジェクションマッピングを使用した体感型のイベントは全国初の開催</li> <li>・巨大地図を用いたプロジェクションマッピングの活用、南海トラフ地震対策について8つのテーマを設定することで、参加者が興味のあるテーマを選択して参加</li> <li>・巨大地図とプロジェクションマッピングを活用し、南海トラフ地震発生時の被害状況などを視覚的に体感しながら南海トラフ地震対策について学習</li> <li>・多くの方に参加していただくため、「中部ライフガード TEC2022」の併催行事として開催</li> <li>・来場できなかった方にも知っていただくため、開催の様子を抜粋してYouTubeにて公開</li> </ul>



写真 2 - 5 - ⑥ - 1 中部圏の関係機関を対象としたワークショップの様子

## 「リスクの見える化」防災ワークショップ2022【開催概要】



### 【開催趣旨】

- 令和4年10月4・5日、「南海トラフ地震」及び「南海トラフ地震臨時情報」について、参加者の皆さんと一緒に理解を深め、備えと行動を考えるため、『「リスクの見える化」防災ワークショップ2022 ～みて、知って、備える。プロジェクションマッピングで学ぶ南海トラフ地震～』を開催

### 【工夫と特徴】

- 南海トラフ地震対策について8つのテーマを設定することで、参加者が興味のあるテーマを選択して参加
- 巨大地図とプロジェクションマッピングを活用し、南海トラフ地震発生時の被害状況などを視覚的に体感しながら南海トラフ地震対策について学習
- 多くの方に参加していただくため、「中部ライフガードTEC2022」の併催行事として開催
- 来場できなかった方にも知っていただくため、開催の様態を抜粋してYouTubeにて公開予定

- 開催日：令和4年10月4日（火）～5日（水）
- 場所：ポートメッセなごや 第3展示館  
(ライフガードTEC展示会場内 特設会場)
- 開催内容：○ 南海トラフ地震対策についての講座《8つのテーマ》  
(名古屋大学 福和名誉教授による「南海トラフ地震」の講話など)  
○ 地震等に関する学習ツールの展示  
○ 南海トラフ地震対策等に関するパネルの展示
- 参加機関：内閣府、名古屋地方気象台、中部地方環境事務所、中部地方整備局、愛知県、名古屋市、豊橋市、中部ブロックDMAT連絡協議会、名古屋大学 福和名誉教授、平山准教授
- 主催：南海トラフ地震対策中部圏戦略会議  
あいち・なごや強靱化共創センター



図 2 - 5 - ⑥ - 1 中部圏を対象とした遠隔型ワークショップの実施概要

表 2-5-⑥-2 西三河地域を対象とした遠隔型ワークショップの開催概要

実施日	令和5年2月14日(火)
会場	みよし市おおよし交流センターホールをメイン会場とし、Zoomミーティングを併用したハイブリット開催
参加機関	西三河9市1町、名古屋大学減災連携研究センター、トヨタ自動車㈱、中部電力㈱、中部電力パワーグリッド㈱、東邦ガス㈱、東邦ガスネットワーク㈱、内閣官房国土強靱化推進室、中部地方整備局豊橋河川事務所、愛知県、名古屋地方気象台、東三河3市など(約30機関、約90名)
実施目的	災害時に共有すべき情報と実践的な共有方法について協議し、関係機関との連携強化を図る
当日の流れ	①地域防災計画及び付属資料の共有について(西三河防災減災連携研究会成果報告) ②国の施策紹介(内閣官房国土強靱化推進室によるプレゼンテーション) ③グループワーク・意見交換 テーマ:様々な関係機関(国・県・市町間・部局間・企業)との情報連携について



写真 2-5-⑥-2 西三河地域を対象としたワークショップの様子

## 令和4年度 西三河防災減災連携研究会ワークショップを実施しました

### 【概要】

- 日時：令和5年2月14日(火) 14:00～17:30
- 場所等：みよし市おおよし交流センターホール及びWEB会議システム
- 主催：西三河防災減災連携研究会
- 参加者：西三河9市1町、名古屋大学減災連携研究センター、トヨタ自動車㈱、中部電力㈱、中部電力パワーグリッド㈱、東邦ガス㈱、東邦ガスネットワーク㈱、内閣官房国土強靱化推進室、中部地方整備局豊橋河川事務所、愛知県、名古屋地方気象台、東三河3市など（約30機関、約90名）
- 目的：災害時に共有すべき情報と実践的な共有方法について協議し、関係機関との連携強化を図る
- 内容：①地域防災計画及び付属資料の共有について ②国の施策紹介  
③グループワーク・意見交換(テーマ:様々な関係機関(国・県・市町間・部局間・企業)との情報連携について)



【座長】名古屋大学  
福和教授



豊橋河川事務所  
園村 所長



幹事市  
小山 みよし市長



図2-5-⑥-2 西三河地域を対象とした遠隔型ワークショップの実施概要

### (b) 業務の実施方法

#### 1) 中部圏を対象としたワークショップの実施方法

##### a) 当日の会場設営などの事前準備

ワークショップ当日は、メイン会場であるポートメッセなごや 第3展示館特設会場に愛知県のほぼ全域を網羅する巨大地図（縦12.5m、横13m）を敷設した。また、地図上に被害想定等の共有情報を投影する目的で、仮設檯を設営し、その上部に大型プロジェクターを設置。巨大地図全体をプロジェクションマッピングで網羅できるように合計2台を整備した。

プロジェクションマッピング用のプロジェクターとは別に、講師のプレゼン資料投影のため、壁面スクリーン及びプロジェクターを2台設置した。また会場天井付近に巨大地図を一望できる形でカメラを設置し、適宜壁面スクリーンへ投影を行った。

また、巨大地図西側に事務局ブースを設営し、プロジェクションマッピングの映像制御、壁面スクリーンの投影スイッチャーなど各種機材を配置し、当日の運営ベース拠点とした（図2-5-⑥-3）。

【壁面投影用】  
 スクリーン：220インチ (W4,880×H2,740)  
 映写距離：4m  
 レンズ：ET-DLE085

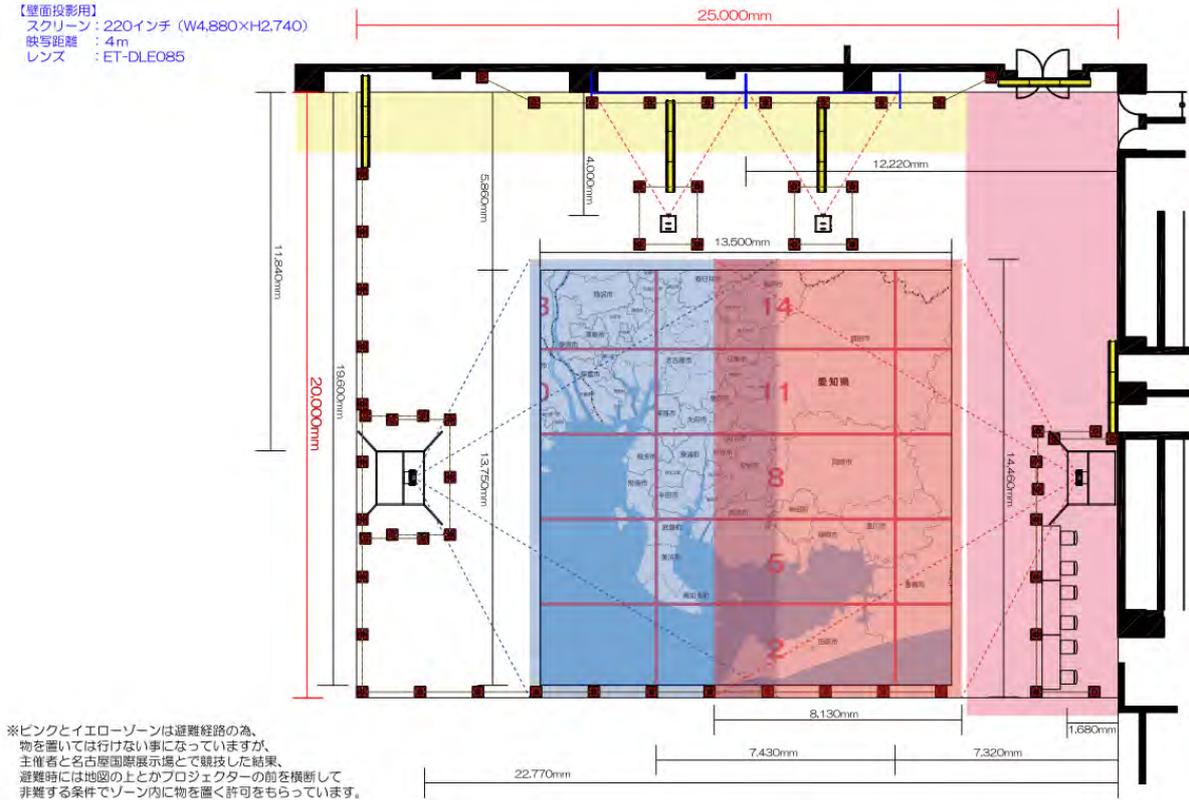


図 2 - 5 - ⑥ - 3 当日の資機材のレイアウト図

b) 地震等に関する学習ツール・南海トラフ地震対策等に関するパネルの展示

会場には名古屋大学減災連携研究センター及びあいち・なごや強靱化共創センターが開発したペーパークラフトによる防災啓発教材、学習ツールなどの展示ブースを設置し、参加者が実際に触れることが出来るコンテンツを展示した。また南海トラフ地震対策中部圏戦略会議主催ブースにおいて、南海トラフ地震対策等に関するパネルを展示した（写真 2 - 5 - ⑥ - 3）。

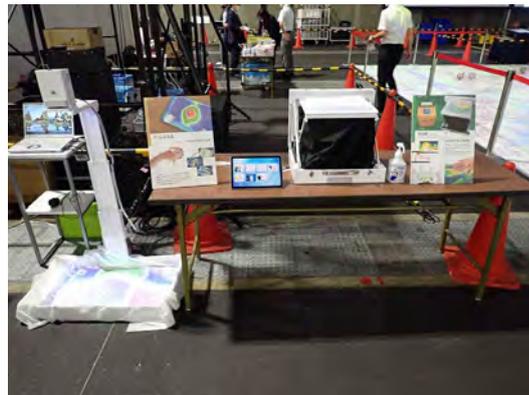
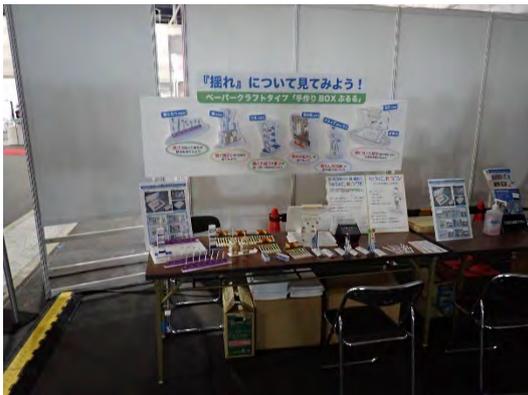




写真 2-5-⑥-3 地震等に関する学習ツール・南海トラフ地震対策等に関するパネルの展示

c) ワークショップの全体進行シナリオ

ワークショップは2日間に分けて合計8種類のワークショップを開催した。

両日とも午前1コマ・午後3コマのテーマ毎の枠（30～45分程度）を設け、担当機関がテーマに沿って壁面スクリーンと巨大地図活用してワークショップを開催した。また発表の様子は録画しておいて、防災教材として使用することを想定して準備を行った。

8種類のワークショップのテーマ及び講師を表2-5-⑥-3に示す。

表 2-5-⑥-3 中部圏を対象としたワークショップの各テーマと講師

月日	テーマ	講師	講演時間
10/4 ④	「南海トラフ地震をみる」 ～巨大地図からみえる南海トラフ地震とは～	名古屋大学 名誉教授 福和 伸夫氏	10:30
	「南海トラフ地震を知る」 ～南海トラフ地震臨時情報の流れと仕組みを知る～	名古屋地方気象台	13:30
	「南海トラフ地震を知る」 ～南海トラフ地震臨時情報発表に伴う防災対応～	内閣府	14:30
	「南海トラフ地震を知る」 ～南海トラフ地震臨時情報に関する地方公共団体の取組状況～	愛知県・名古屋市・豊橋市	15:30
10/5 ③	「南海トラフ地震対応を知る」 ～国土交通省による被災状況の収集・発信について～	中部地方整備局	10:30
	「南海トラフ地震対応を知る」 ～南海トラフ地震未襲 そのとき医療体制は…～	中部ブロックDMAT連絡協議会	13:30
	「南海トラフ地震対応を知る」 ～災害ごみからみえる対応について考える～	名古屋大学 准教授 平山 修久氏 中部地方環境事務所	14:30
	「南海トラフ地震に備える」 ～この地域が行うべき備えについて考えよう～	名古屋大学 名誉教授 福和 伸夫氏	

## 2) 西三河地域を対象としたワークショップの実施方法

### a) 当日の会場設営などの事前準備

ワークショップ当日は、みよし市おおよし交流センターホールをメイン会場とし、今年度西三河防災減災連携研究会の幹事市であるみよし市、次年度の幹事市である幸田町及び西三河防災減災連携研究会座長の福和教授オブザーバーを含む一部現地参加可と判断した機関、市町がメイン会場に一堂に会した。メイン会場には、開場参加者を一望できる形でカメラを設置し、Web (Zoom)にてメイン会場の様子を参加者に配信、メイン会場の正面スクリーンには配信映像を投影し、メイン会場のファシリテーターとWeb (Zoom)参加者がリアルタイムでコミュニケーションをとれるように設定した(写真2-5-⑥-4)。



写真2-5-⑥-4 西三河地域を対象としたワークショップ会場(左) 座長(福和名古屋大学名誉教授)(右)

### b) ワークショップの全体進行シナリオ

ワークショップの進行シナリオを表2-5-④-4に示す。

ワークショップは2部構成とし、前半は過去の事例として岡崎豪雨、東海豪雨を取り上げ、名古屋地方気象台及び豊橋河川事務所から災害の発生状況、メカニズムなどを講義した後、メイン会場に集まった中核3市、福和教授をはじめとする名古屋大学減災連携研究センターの各研究員から当時どのようなことがあったのか、自身と所属組織での状況について、フリーディスカッションを行った。

後半は、西三河9市1町と東三河5市2町1村がブレイクアウトルーム機能を用いて、グループディスカッションを行い、流域内外の連携について議論を行った。

### (c) 業務の成果

#### 1) 中部圏を対象としたワークショップの成果

##### a) 「南海トラフ地震をみる」～巨大地図からみえる南海トラフ地震とは～

講師：福和 伸夫(名古屋大学名誉教授)

第1回目のワークショップは福和教授を講師として、南海トラフ地震の全体像、被害想定と地震発生パターンの一例を解説した。

当日は、壁面スクリーンで南海トラフ地震が発生するメカニズムや過去の南海トラフ地震発生状況を解説するとともに、巨大地図のプロジェクションマッピングでこの地域で想定される各ハザードの分布状況を示した。また、病院、発電所などのイ

ンフラ、重要拠点などを地図上で示し、南海トラフ地震発生時に重要拠点がどのような被害を受けるのか、地域全体としてどのように立ち向かうべきなのかを参加者と議論した。

また2日間に分けて実施する各ワークショップのテーマを紹介し、次回以降のワークショップへの参加を促した（写真2-5-⑥-5、図2-5-⑥-4）。

表2-5-⑥-4 西三河地域を対象としたワークショップの進行シナリオ

時間	項目	内容	対応機関	資料
14:00	開会	みよし市長（5分）	みよし市	
14:05	あいさつ	座長（5分）	福和座長	
<b>2 ワークショップの説明（14:10～14:20）</b>				
14:10	説明	ワークショップの流れの説明（10分）	みよし市 福和座長	スライド2ページ～9ページ ↓ プロジェクションマッピングによる地図での情報共有を体験 ↓ スライド10
<b>3 地域防災計画及び附属資料の共有について（14:20～15:10）</b>				
14:20	説明	地域防災計画比較表及び附属資料データ等の調査結果説明（5分）	みよし市	資料1, 2, 3説明
14:25	討論	調査結果を基に市町毎で異なっている内容や共有できるデータについて討論（20分）	福和座長	
14:45	説明	地域防災計画附属資料の共通資料を地図上に流して実際に動かす。 参加者毎に操作できれば体験時間、難しければ幹事で動かし、説明する（25分）	みよし市 福和座長	地図化作業の成果をみてもらう スライド11～17
<b>4 国の施策紹介（15:10～15:30）</b>				
15:10	説明	国の施策紹介	馬場参事官 日本総研	馬場参事官作成資料を共有する
<b>5 休憩（15:30～15:40）</b>				
<b>6 グループワーク・意見交換（15:40～16:30）</b>				
15:40	グループワーク	4グループに分けて意見交換（50分） テーマ ①どのような情報が共有できると良いか ②情報を共有するための課題や有益な共有方法について ③地図化作業または閲覧をして感じたこと（時間があれば）	参加者	落としどころ：情報の共有は必要。 継続的に情報を共有、更新していくためには、管理するシステムや業務委託等、情報を管理する体制の整備を今後検討していく。 課題：コスト面、防災システムとの住み分け等が必要。
<b>7 意見発表（16:30～17:00）</b>				
16:30	感想	各グループで出た意見をテーマについて発表してもらう 発表に対する意見など（白田さん他）（30分）	福和座長	
<b>8 まとめと感想（17:00～17:30）</b>				
17:00	まとめ	WSの意見発表内容からの総括をお願いします。 参加者の感想（30分）	福和座長	
<b>9 お礼（17:30～17:40）</b>				
17:30	お礼	西三河防災減災連携研究会に尽力いただいた方（國村所長、川島課長、桑山部長、志賀部長）へお礼（花束贈呈）	みよし市 福和座長	
<b>終わり</b>				
17:40	閉会	みよし市 池野課長	みよし市	



写真 2-5-⑥-5 「南海トラフ地震をみる」～巨大地図からみえる南海トラフ地震とは～実施状況

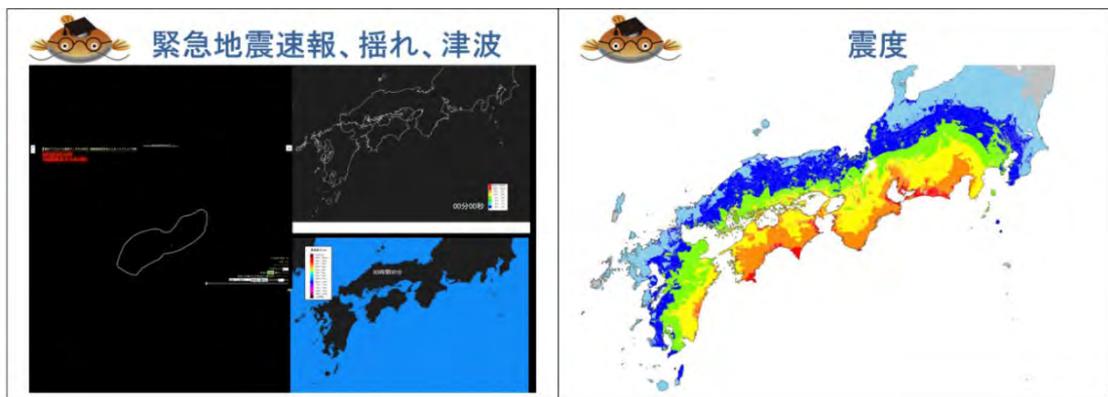


図 2-5-⑥-4 福和名誉教授による講話資料（一部抜粋）

b) 「南海トラフ地震を知る」～南海トラフ地震臨時情報の流れと仕組みを知る～  
 講師：【名古屋地方気象台】

- ・上田 義浩（地震津波火山防災情報調整官）
- ・棚田 理絵（防災グループ 南海トラフ地震防災官）

第2回目のワークショップは名古屋地方気象台のお二方を講師として、気象庁が発表する各種の情報、特に南海トラフ地震臨時情報についてその種類、発表の流れを解説した。

当日は、壁面スクリーンで南海トラフ地震臨時情報の発表の流れを説明すると共にファシリテーターである福和教授と講師の上田情報調整官による掛け合いにより、

臨時情報とは何か？気象庁は何を発表するのか？その時社会はどのように受け止めればよいのかを議論した（写真2-5-⑥-6、図2-5-⑥-5）。



写真2-5-⑥-6 「南海トラフ地震を知る」～南海トラフ地震臨時情報の流れと仕組みを知る～実施状況



図2-5-⑥-5 上田地震津波火山防災情報調整官による講話資料（一部抜粋）

- c) 「南海トラフ地震を知る」～南海トラフ地震臨時情報発表に伴う防災対応～  
 講師：【内閣府】小門 研亮（政策統括官（防災担当）付参事官（調査・企画担当）付参事官補佐）  
 第3回目のワークショップは内閣府の小門政策統括官を講師として、国が想定している南海トラフ地震及びその備え、南海トラフ地震臨時情報発表時の備えについて解説した。

当日は、壁面スクリーンで国の立場としての南海トラフ地震及び南海トラフ地震臨時情報の解説及び備えについて説明すると共にファシリテーターである福和教授と講師の小門政策統括官による掛け合いにより、南海トラフ地震臨時情報が発表された時に内閣府はどのように活動するのか？何を国民に求めるのか？それに対して今何をすべきなのかを参加者と共に議論した（写真2-5-⑥-7、図2-5-⑥-6）。



写真2-5-⑥-7 「南海トラフ地震を知る」～南海トラフ地震臨時情報発表に伴う防災対応～実施状況

<p style="text-align: center;"><b>「南海トラフ地震を知る」</b> ～南海トラフ地震臨時情報 発表に伴う防災対応～</p> <p style="text-align: center;"> 内閣府 (防災担当)</p> <p style="text-align: center;">「リスクの見える化」防災ワークショップ2022</p>	<p style="text-align: center;"><b>目次</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 南海トラフ地震への備え（基本）</li> <li>2. 時間差で発生する南海トラフ地震</li> <li>3. 南海トラフ地震臨時情報が発表された場合の備え             <ul style="list-style-type: none"> <li>・巨大地震警戒対応</li> <li>・巨大地震注意対応</li> </ul> </li> </ol>
---	--

図2-5-⑥-6 小門（政策統括官（防災担当）付参事官（調査・企画担当）付参事官補佐）による講話資料（一部抜粋）

d) 「南海トラフ地震を知る」～南海トラフ地震臨時情報に関する地方公共団体の取組状況～

講師：【愛知県】

・石川 盛久（防災安全局 防災部 防災危機管理課 課長補佐）

・御園 玲奈（防災安全局 防災部 防災危機管理 主事）

【名古屋市】山口 修平（防災危機管理局 危機管理企画室 主査）

【豊橋市】 佐藤 実（防災危機管理課長）

第4回目のワークショップは福和教授をファシリテーター、愛知県・名古屋市・豊橋市を講師として、南海トラフ地震臨時情報に対する県、自治体の取組について解説した。

当日は、各講師がそれぞれの組織における南海トラフ地震臨時情報に関する事前避難対象地域の設定、周知のための情報発信などの取組を紹介した後、ファシリテーターを中心に臨時情報発表時における県・市町村の連携の在り方、各組織における現状の課題、県民・市民に臨むことなどを参加者も交えて議論を行った（写真2-5-⑥-8、図2-5-⑥-7～9）。



写真2-5-⑥-8 「南海トラフ地震を知る」～南海トラフ地震臨時情報に関する地方公共団体の取組状況～実施状況



図 2-5-⑥-7 石川愛知県防災安全局防災部防災危機管理課長補佐による講話資料 (一部抜粋)

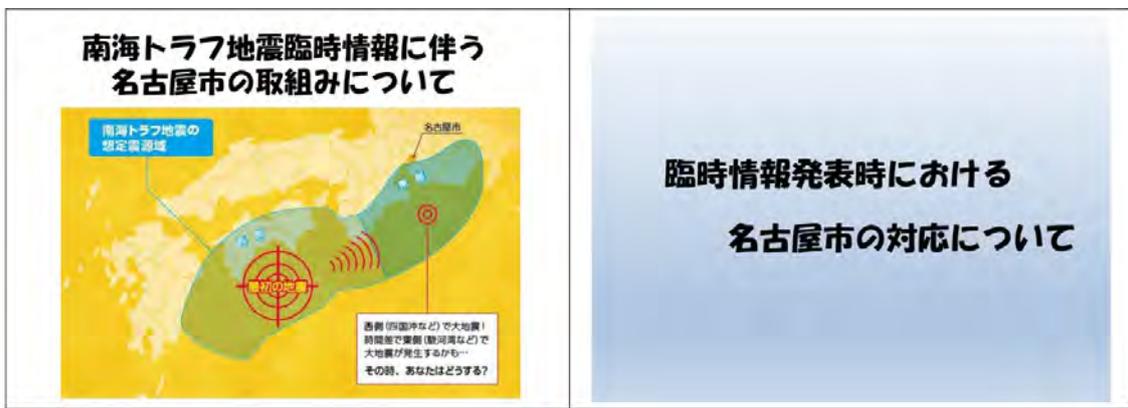


図 2-5-⑥-8 山口名古屋市防災危機管理局危機管理企画室主査による講話資料 (一部抜粋)



図 2-5-⑥-9 佐藤豊橋市防災危機管理課長による講話資料 (一部抜粋)

e) 「南海トラフ地震対応を知る」～国土交通省による被災状況の収集・発信について～  
 講師：【中部地方整備局】丹羽 俊一 (総括防災調整官)

第5回目(2日目1回目)のワークショップは中部地方整備局の庭総括防災調整官を講師として南海トラフ地震発生時の国土交通省が行う被害状況の収集などの災害対応を解説した。

当日は、壁面スクリーンで南海トラフ地震発生時の災害対応について解説すると共に巨大地図のプロジェクションマッピングで具体的な活動エリア、情報収集ルートなどを示し、ファシリテーターの福和教授と情報収集時の優先順位付けや現状の課題について参加者とともに議論した（写真2-5-⑥-9、図2-5-⑥-10）。

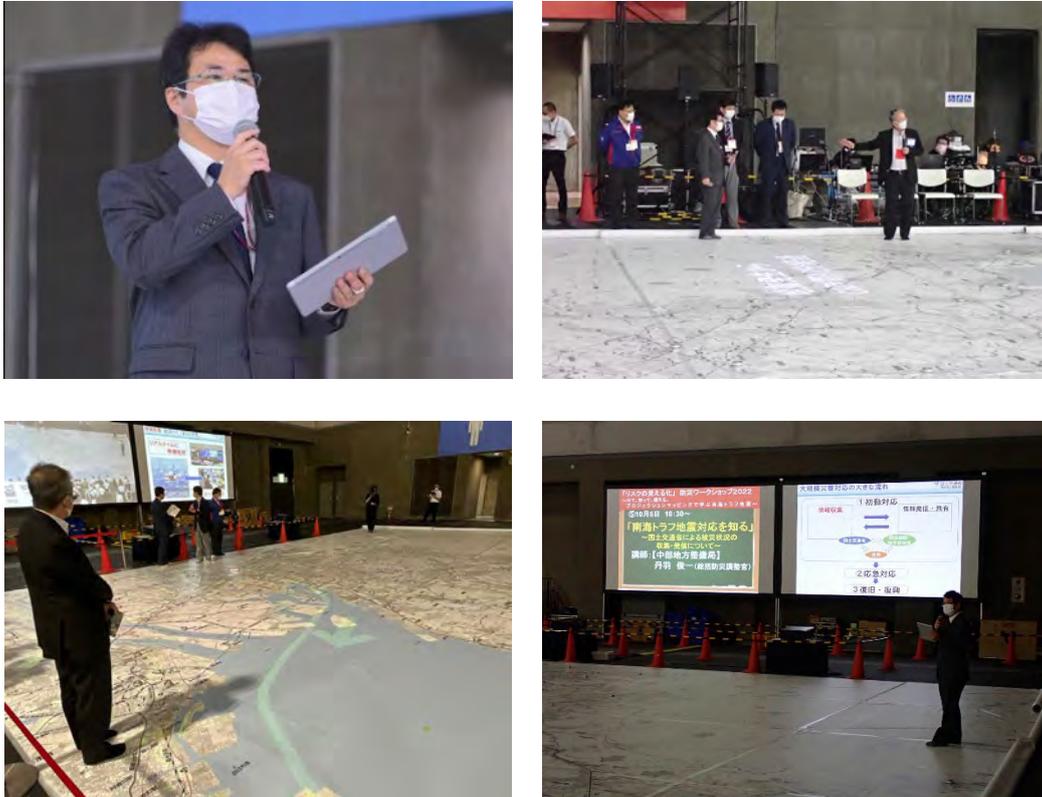


写真2-5-⑥-9 「南海トラフ地震対応を知る」  
～国土交通省による被災状況の収集・発信について～実施状況

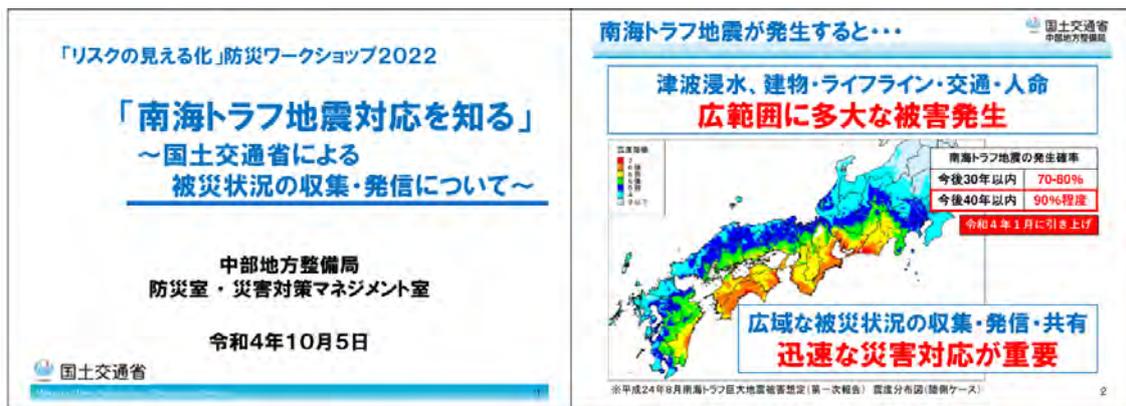


図2-5-⑥-10 丹羽総括防災調整官による講話資料（一部抜粋）

f) 「南海トラフ地震対応を知る」～南海トラフ地震来襲 そのとき医療体制は・・・～  
講師：【中部ブロックDMAT連絡協議会】

北川 喜己（名古屋掖済会病院 副院長・救命救急センター長）

小澤 和弘（愛知医科大学 災害医療研究センター 講師）

第6回目のワークショップは中部ブロックDMAT連絡協議会の北川先生、小澤先生を講師として、南海トラフ地震発生時の愛知県における医療体制を解説した。

当日は、壁面スクリーンで愛知県内の災害拠点病院と南海トラフ地震発生時に愛知県の医療体制がどのように機能する想定となっているかを解説するとともに、巨大地図に災害拠点病院36施設をプロットし、震度分布や津波浸水などの各ハザードをプロジェクションマッピングすることで、各拠点病院が南海トラフ地震発生時にどのような状況になるのかを確認し、各病院がどのように活動するのか？事前の何を備えるべきなのかをファシリテーターの福和協と共に議論した（写真2-5-⑥-10、図2-5-⑥-11）。



写真2-5-⑥-10 「南海トラフ地震対応を知る」～南海トラフ地震来襲  
そのとき医療体制は・・・～実施状況

<h2 style="text-align: center;">南海トラフ地震対応を知る</h2> <p style="text-align: center;">～南海トラフ地震来襲 そのとき医療体制は…～</p> <p style="text-align: center;">中部ブロックDMAT連絡協議会 名古屋掖済会病院 北川 喜己</p>	<h3 style="text-align: center;">災害拠点病院</h3> <p style="text-align: center;">阪神淡路大震災を契機に整備</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 傷病者の緊急受け入れ・搬出が24時間可能</li> <li>● ヘリによる傷病者、医療物資などのピストン輸送</li> <li>● 消防機関と連携した医療救護班の派遣</li> <li>● ヘリ搬送時の同乗医師確保</li> <li>● 多発外傷、圧挫症候群、広範囲熱傷など重症例対応</li> <li>● 重症患者受け入れ・搬出を行う広域搬送への対応</li> <li>● 自己完結型の医療救援チームの派遣</li> <li>● 地域の医療機関への応急用資器材の貸出し機能</li> </ul>
---	--

図 2 - 5 - ⑥ - 11 北川名古屋掖済会病院副院長による講話資料（一部抜粋）

g) 「南海トラフ地震対応を知る」～災害ごみからみえる対応について考える～

講師：【名古屋大学】平山 修久（減災連携研究センター 准教授）

【中部地方環境事務所】山際 勝治（資源循環課 災害廃棄物対策専門官）

第7回目のワークショップは名古屋大学平山准教授と中部地方環境事務所の山際災害廃棄物対策専門官を講師として、南海トラフ地震で発生する災害ごみについて、その種類から廃棄物処理の流れ、今後の災害廃棄物対策について解説した。

当日は、壁面スクリーンで南海トラフ地震時に発生する災害ごみの種類と処理について解説するとともに、巨大地図のプロジェクトマップでこの地域における災害廃棄物量の推計結果の経年変化を人口分布の経年変化と合わせてプロジェクトマップすることで、これからの災害廃棄物対策について参加者と議論した（写真2-5-⑥-11、図2-5-⑥-12）。





写真 2 - 5 - ⑥ - 11 「南海トラフ地震対応を知る」～災害ごみからみえる対応について考える～実施状況



図 2 - 5 - ⑥ - 12 平山准教授による講話資料（一部抜粋）

h) 「南海トラフに備える」～この地域が行うべき備えについて考えよう～

講師：福和 伸夫（名古屋大学名誉教授）

第 8 回目、最後のワークショップは福和教授を講師として、ここまで 7 回のワークショップの内容を再確認し、この地域に必要な備えとは何かを解説した。

当日は、参加者の一部を巨大地図上に迎え、国、県、市それぞれの立場での活動と立場を超えた連携の重要性について議論すると共に、愛知県豊山町に建設予定である広域防災拠点に関する話題を参加者と共有した。また、地域連携とは何か？立場を超え、縦割りを打破し、本当に必要な備えを加速するために必要なことは何か？参加者と共に議論を行った（写真 2 - 5 - ⑥ - 12）。



写真 2 - 5 - ⑥ - 12 「南海トラフに備える」～この地域が行うべき備えについて考えよう～実施状況

## 2) 西三河地域を対象としたワークショップの成果

### a) 巨大地図のプロジェクトンマッピングによる情報共有

ワークショップ当日は、小山みよし市長による開会の挨拶終了後、西三河防災減災連携研究会がこれまで9年間で整備してきた情報の一部をプロジェクトンマッピングによって参加者全員で再確認を行った(写真2-5-⑥-13)。投影したデータは以下の通り。

#### 【内閣府被害想定】

- ・南海トラフ巨大地震 地震動(最大クラス)
- ・南海トラフ巨大地震 液状化(最大クラス)

#### 【愛知県被害想定】

- ・南海トラフ巨大地震 津波浸水深

#### 【西三河地域の基礎データ、過去の災害実績】

- ・緊急輸送道路(西三河の3次含む)
- ・災害拠点病院(R3)
- ・工業団地・工業用地(H21)
- ・役所・役場
- ・標高
- ・主要河川

- ・過去の豪雨災害浸水実績（H12.9東海豪雨・H20.8岡崎豪雨・S47.7豪雨
- ・土砂災害警戒区域（種類区別なし）

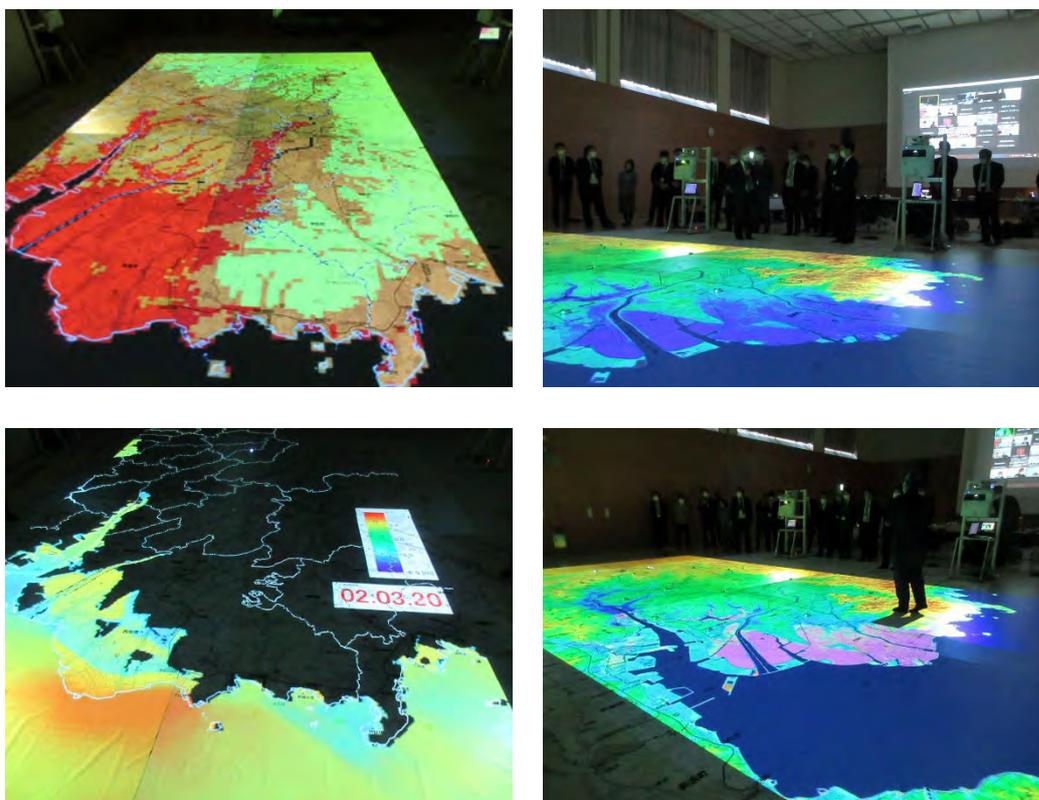


写真 2 - 5 - ⑥ - 13 巨大地図のプロジェクションマッピングによる情報共有実施状況

b) 地域防災計画及び附属資料の共有

幹事市であるみよし市が愛知県地域防災計画と西三河各市町の地域防災計画の比較結果を共有した（表 2 - 5 - ⑥ - 5）。

共有した資料は愛知県地域防災計画と同じ内容が市町防災計画に記載されていれば○、記載がなければ×とした対応表であり、※書き方は違っていても、内容的に網羅していれば○として、西三河各市町が地域防災計画で何を記載しているのか、県の地域防災計画目次を軸に一覧できる資料とした。

これにより、南海トラフ地震発生時、西三河 9 市 1 町がどのような対応を想定しているのか、逆に何を想定していないのかを一目することが可能となり、平時から共有すべき情報（共有可能な情報）を検討することが可能となった。

表 2 - 5 - ⑥ - 5 当日共有された資料 (一部抜粋)

1. 資料提供の目的は、資料の提供に限定し、資料の複製・転載を禁ずるものとする。

2. 資料の提供は、資料の提供に限定し、資料の複製・転載を禁ずるものとする。

3. 資料の提供は、資料の提供に限定し、資料の複製・転載を禁ずるものとする。

資料名	鹿児島県	福岡県	熊本県	宮崎県	鹿児島県	愛媛県	高知県	徳島県	香川県	岡山県	広島県	山口県	福岡県	佐賀県	長門県	山口県	山口県
第1編 総論	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
第1章 計画の目的	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
第1節 計画の目的	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
◆ 附属資料15「防災行政機関等に関する告示」	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
第2章 計画の性格	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1 水防防災計画-高層・周辺災害対策	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
◆ 附属資料15「愛知県防災安全推進計画」	○	○	×	×	○	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
◆ 附属資料15「愛知県防災安全推進計画」	○	○	×	×	○	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
◆ 附属資料15「愛知県防災安全推進計画」	×				○												
2 地震防災強化計画	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3 南海トラフ地震防災対策推進計画	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4 愛知県防災強化計画との関係	○	○	○	×	○	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4 愛知県防災強化計画との関係	×							○									
5 市の計画との関係	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
第3章 計画の構成	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
第4節 市町村地域防災計画の作成又は修正	○	○	○	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×
第5節 基本理念及び重点を置くべき事項	×							○									
第2章 本計画の特性と災害選別	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
第1節 本県の地理・地質	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
第2節 本県における現在の地震とその被害	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1 被害想定	○	×	○	○	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2 内閣府被害	○	×	○	○	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
第3節 社会的条件	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
第3章 被害想定及び減災効果	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
第1節 基本的な考え	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
第2節 地震・津波被害の予測及び減災効果	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1 南海トラフや想定する震度の地震・津波の被害予測及び減災効果	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
(1) 被害予測	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
(2) 減災効果	○	○	○	○	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2 震源地帯・復興地帯等の被害予測	○	○	×	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
(1) 調査の目的	○	○	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
(2) 調査結果の概要	○	○	×	○	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3 復興地帯の再生に係る被害予測結果	○	○	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
(1) 再生地帯の内容	○	○	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
(2) 自然現象の予測結果	○	○	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
(3) 自然現象の予測結果	○	○	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
(4) 人的被害の予測結果	○	○	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4 活動域に関する調査結果	○	○	×	○	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
(1) 知多北部・北津東部地域の活動域調査の結果	○	×	×	○	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
(2) 尾道西部地域の活動域調査の結果	○	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
(3) 尾道北部・西三河西部地域の活動域調査の結果	○	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
(4) 尾道西部地域の活動域調査の結果	○	○	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
◆ 附属資料15「活動域」	○	○	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

c) グループワーク・意見交換

ワークショップ参加者を5つのグループに分け、グループワークを実施した。グループワークは「情報連携について」をテーマに

- ① どのような情報が共有できると良いか
- ② 情報を共有するための課題や効果的な共有方法について
- ③ 地図化作業または閲覧して感じたこと

上記3項目について議論を行った。グループ構成を図2-5-⑥-13と主な意見を表2-5-⑥-6に示した。

グループワーク構成		グループワーク役割		
グループ名	構成	グループ名	司会	発表者
A 国、県、市町連携グループ	岡崎市、高浜市、国土交通省中部地方整備局豊橋河川事務所、愛知県、名古屋地方気象台	A 国、県、市町連携グループ	岡崎市	高浜市
B 市町間連携グループ	みよし市、知立市、安城市、西尾市、豊川市、蒲都市	B 市町間連携グループ	みよし市	西尾市
C 部局間連携グループ	幸田町、碧南市、西三河県民事務所、東三河総局、田原市	C 部局間連携グループ	幸田町	碧南市
D 企業連携グループ	豊田市、刈谷市、トヨタ自動車(株)、中部電力(株)、中部電力パワーグリッド(株)東邦ガス(株)、東邦ガスネットワーク(株)、(一社)中部経済連合会	D 企業連携グループ	豊田市	刈谷市
E その他連携グループ	福和座長、馬場参事官、国土交通省中部地方整備局防災室、名古屋市都市センター、I-レンジリエンズ(株)			

図2-5-⑥-13 グループワーク構成及び役割

表2-5-⑥-6 グループワークの結果 (A~D班)

**A 班 (国・県・市町間連携) グループ 記載市 高浜市**

① どのような情報が共有できると良いか。
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 河川の上流部の状況 ⇒上流部の情報があると下流部でどう動けばいいか予測ができる。</li> <li>・ 市のニーズがある情報を共有化するとその情報は県としても必要になってくる。</li> </ul>
② 情報を共有するための課題や効果的な共有方法について
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ リアルタイムの情報共有が課題である。</li> <li>・ 管理者ごとにバラバラの情報だと誰がその情報を管理するのか。</li> </ul>
③ 地図化作業または閲覧して感じたこと
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 西三河で一括して見れるのが良い。 ⇒リアルタイムで情報を更新できるのが理想。</li> <li>・ 作業時間はそれなりにかかるため、リアルタイムの更新は難しいと思われる。</li> </ul>
④ その他、記載が必要なことがあればお願いします。

**B 班 (市町間連携) グループ 記載市 西尾市**

① どのような情報が共有できると良いか。
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 近隣市町が被災した時に自分の市がどのような支援ができるか (物資・情報等)</li> <li>・ 同じ河川流域で避難情報の発令の判断、タイミング</li> <li>・ ライフライン企業の場所の可視化</li> <li>・ 緊急輸送道路の状況</li> <li>・ 事務のノウハウ</li> </ul>

② 情報を共有するための課題や効果的な共有方法について
・災害時にシステムに入力できるか不安
③ 地図化作業または閲覧して感じたこと
・SIP4Dで地図化したものを、どのようにデータ更新していくか。 ・事務の負担が大きくなるように、Yahoo マップ、Google マップ、外部に委託するなど方法を検討する必要がある。
④ その他、記載が必要なことがあればお願いします。

### C 班（部局間連携）グループ 記載市町 碧南市

① どのような情報が共有できると良いか。
・防災業務の概要や防災全般、また目標型管理研修、個別の事例を通じた研修等、それぞれ実施し、知識の共有や同じ意識を持つことに努力しているということであった。 ・昨年の大雨の体験から、部局内のライフラインに関する連携が特に重要だと感じているとの意見が多かった。
② 情報を共有するための課題や効果的な共有方法について
<p>情報を共有するための課題については</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・他部局の担当者の顔がわからない、顔のみえる関係をつくること。</li> <li>・被害場所を自分の市町だけでなく、広域で見える化できること。</li> <li>・情報共有にあたり、システムが多岐にわたるため、事務量、人手等の課題が上がった。（災害時、人手が足りない場合は西三河県民事務所で防災情報システムを代行入力もできるという、心強い回答もいただいた。）</li> </ul> <p>共有方法としては</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・説明会や研修等は、縦割りで考えず、関係部局と共有する。</li> <li>・個別避難計画の作成では、防災部局、福祉部局、民生委員、区長、自治会長等でモデル地区計画を策定し、実行、訓練を行った。</li> <li>・BCPの中で他部局の担当課のタイムスケジュール等共有し、同じ認識を持つなど、有益な具体例が上がった。</li> </ul>
③ 地図化作業または閲覧して感じたこと
<ul style="list-style-type: none"> <li>・作業をしてみて、住所から位置情報を取得しており、実際の位置とのずれが多くみられた。情報量が多くなると修正に時間がかかるので、こういったところが改善できると良いと思った。</li> <li>・今回は、平時の情報を地図化したのが、今後、災害時の道路や物流に関する情報など、役立つものとしていきたい。</li> </ul>

④ その他、記載が必要なことがあればお願いします。

#### D班（企業連携）グループ 記載市 刈谷市

① どのような情報が共有できると良いか。

##### ○トヨタ自動車

- ・市町を超えて情報共有は有用である。
- ・現状は静的な情報だが、今後は動的な情報を共有できるとよい。
- ・理由は、震度5強以上だと操業停止し、帰宅させるので、帰宅許可の際、道路の通行状況が知りたいから。二次災害防止のためにもあいまいな状態で帰宅指示を出したくない。
- ・復旧の考え方

①人命

②地域の復旧

③会社の復旧

##### ○中部電力

- ・実災害時にどういう状況かが知りたい。
- ・道路の通行制限等、いつ解除されるのかまた見込みの情報も欲しい。
- ・ハザードマップではなく、リアルタイムの浸水状況等が見れるとよい。
- ・停電情報も同じシステム上で連携することで、よりよいシステムになっていくと思う。

##### ○東邦ガス

- ・東邦ガスとして提供できる情報は、ガスの供給停止エリアの情報。どの地区がどれくらいの復旧見通しになるかを発信できる。
- ・中電と同じ意見になるが、東邦ガスとしての情報も同じシステム上に表示できるとよい。
- ・病院や避難所を優先的に復旧する際、どこが開いているかをリアルタイムで知ることができるとよい。
- ・復旧作業を行うにあたり、移動できる道路情報が欲しい。

##### ○中部経済連合会

- ・アイサットサイトが見られない立場からの意見を申し上げたい。
- ・製造業やサービス業は、ほしい情報にタイムラグがある。
- ・製造業やサービス業は、復興ではなく従業員の安全確保から始まる。したがって、発災直後に知りたいのは、命を守るための情報である。その次として、事業継続がある。事業継続に必要なのは電気水道ガス道路の復旧見通しとなる。（「明日繋がります」より「5日後繋がります」と言われた方がありがたい）

●自治体のみ、インフラ系のみ、製造業のみではわからない視点に気づくことができた。

## ② 情報を共有するための課題や効果的な共有方法について

### ○中部電力

・HPに公開しているものは情報共有可能である。社内のシステムと共有システムで連携できるのか。

・各社が持っているシステムの情報をシステム上で共有できるとなったときに、各社の情報すべてを反映させるのに課題があると思う。

・連携させるためにデータを加工することがないよう共有できると効率的である。

### ○東邦ガス

・中部電力と被るが、持っているすべての情報をまるごと共有できるわけでないため、どのような情報を共有するか協議する場がほしい。

### ○中部経済連合会

・そもそも連携とはなにかを考えたときに、それは助けを求める力であると思う。

・各企業や自治体は、自分の守備範囲のことはしっかりとできているはずなので、自分だけではカバーできないことについていかに他者に助けを求められるかが重要になる。

### ○トヨタ自動車

・今回のような、GISを活用した情報共有はありがたい

・したがって、今回の場で終わりではなく、持続可能な形でデータを共有できるプラットフォームをどこかの機関が持ってくれることを期待する。

●災害時に効果的に適切な情報を共有するためにも、普段から顔の見える関係を構築し、どのような情報が必要となるかを十分に協議しておくことが重要である。

## ③ 地図化作業または閲覧して感じたこと

—

## ⑤ その他、記載が必要なことがあればお願いします。

—

(d) 結論ならびに今後の課題

1) 中部圏を対象としたワークショップの結論と今後の課題

本ワークショップは、南海トラフ地震及び南海トラフ地震臨時情報の認知度及び理解度の向上を目的の一つとして開催した。当日、会場であるライフガードTEC2022には同時開催の建設技術フェアと合わせて2日間で16,000以上の来場者があった。各ワークショップでの参加者数の詳細は不明であるが、各回とも100名前後が巨大地図周辺に集まり、プロジェクションマッピングを囲んだ。地元メディアによる取材対応もあり、当日夕方のテレビで放送され、一部の新聞メディアでは、翌日の朝刊に掲載された。以上の事から、当初の目的は十分に果たせたのではないかと考える。

今回、2日間で8種類のテーマを掲げてワークショップを開催した。これにより、参加者自身が興味のあるテーマを選択することが可能となり、過年度に実施した同種のワークショップと比較して参加し易い形態であったと考える。但し、テーマが南海トラフ地震自体への対応に関するテーマと南海トラフ地震臨時情報への対応に関するテーマの大きく2種類が存在したこと、またテーマ間の関係性についての説明が不十分であったことから、一部の参加者から混乱したとの意見をを受けた。各ワークショップとも、講師及びファシリテーターは可能な限り判り易く、市民に向けた情報発信となるよう努めたが、テーマ毎にぶつ切りの議論及び情報発信となってしまったため、不明瞭となった点は否定できない。今後、南海トラフ地震への備えや臨時情報の周知及び認知度向上のためには、対象層を明確にし、各機関が伝えるべき情報を整理することが重要であると考えます。

臨時情報の周知に関しては、臨時情報の仕組みそのものが複雑であり、その情報の活用に関しても、構築側で十分に議論が至っていない面がある。このため一般市民への理解度をより高めるためには、これまで以上に噛み砕いた説明が不可欠であり、そのためには多くの関係者と継続的な議論が必要であると考えます。

これまで、あいちなごや強靱化共創センターは名古屋大学減災連携研究センターと連携し、巨大地図を用いたプロジェクションマッピングによる防災ワークショップを数多く実施してきたが、2日間で8種類のテーマを連続して実施したのは今回が初めての試みであった。このような取組を大きなトラブルもなく実現できたことは、偏に協力機関、業者の尽力によるところである。またこれまであいちなごや強靱化共創センターで積み上げてきた技術、実績、関係機関との信頼関係にも寄るところが大きい。今回のワークショップに携わったすべての機関の方々に対し、ここに深く感謝の意を示す。

2) 西三河地域を対象としたワークショップの結論と今後の課題

西三河全域での情報共有、情報連携をキーワードとして、これまでの活動で収集整理した情報を改めて共有すると共に、今後西三河全体で目指すべき情報連携の姿について地域の様々な主体が議論を行うワークショップを実施した。

グループディスカッションで示された通り、災害時の情報共有及び連携には平素からの顔の見える関係性の構築及び維持強化が不可欠であり、今回のようなワークショップ等の活動を継続することの重要性が改めて示唆された。一方で、具体的な連

携に向けたイメージや取り組むべき方向性については、議論が不十分であり、顔の見える関係づくりを進めながら、連携の具体化や流域を超えた連携づくりに向けた検討・協議を今後も継続的に行う必要があると言える。

(e) 引用文献

なし

(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

なし

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. 6 発災時の大都市機能の維持

### (1) 業務の内容

(a) 業務題目 「発災時の大都市機能の維持」

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立大学法人東京大学大学院	教授	廣井 悠
国立研究開発法人防災科学技術研究所	副部門長	中村 洋光

(c) 業務の目的

南海トラフ巨大地震は国難ともいべき災害であり、このような状況下で東京・名古屋・大阪などの大都市機能を維持することはとりわけ重要である。特に長周期地震動の影響がある首都圏は、政治・経済・報道などを代表とする中枢管理機能が集中しており、例えば高層ビルなどの被害は首都機能維持や国全体としての災害対応そのものに少なくない影響を及ぼすと考えられる。しかしながら、平時に極めて高度かつ複合的に設計されている大都市は、一たび突発的な災害が発生した際、どの程度・どういった形で都市機能が喪失するかは詳らかにされていない。他方で今後はあらゆるものにセンサが埋め込まれ、モニタリングが可能なスマートシティ時代を迎える緻な即時的予測は技術的に可能となりつつあり、これを災害対応に運用するための社会技術が求められる。具体的には、大規模災害時に都市機能の喪失に至らないための復旧オペレーションを、その災害の特徴を踏まえた形で発災直後に示すことも可能になるものと考えられる。

本研究では、このようなスマートシティ時代における新しい防災対応手法の確立もにらんで、「都市機能の維持」に必要な対策をリアルタイムで抽出するための研究を、首都圏を対象として行う。研究の手順としては、①大都市における災害シナリオをダイナミックに自動生成する仕組みを構築し、②これを基に都市機能を維持するための対応タイムライン作成手法を確立する。このうち災害シナリオの自動生成技術は、分担者責任者が開発している、定性的被害予測技術を用いる。この技術は、これまでの災害教訓から得られる膨大な災害事象の網羅的な因果データベースを機械学習を用いて構築し、それを利用して近い将来に起こりうる災害事象をリアルタイムで抽出するものであり（イベントツリー・タイムラインの形）、本研究プロジェクトではこれを援用して「大都市機能の維持」に焦点を絞った検討を行う。研究の後半では社会への実装を図るが、ここでは2 (g)で開発する地震防災基盤シミュレータによる長周期地震動対策を対象とし、長周期地震動が大きく影響を与える都市機能として、超高層ビル等の被害（エレベータ障害等）に着目して、モデル地域における復旧状況をシミュレーションする手法を開発し、都市機能を守るための大都市圏ならではの復旧オペレーションの検討を実施する。

(d) 5か年の年次実施計画

1) 令和2年度：

『災害シナリオ自動生成』に関する事象因果データベースを拡充した。長周期地震動

とエレベータ障害・復旧過程の事例を調べた。

2) 令和3年度：

災害シナリオのダイナミック自動生成技術の検討を行った。エレベータ障害、復旧過程を模擬する手法の検討を行った。

3) 令和4年度：

実災害を対象としたWSに基づく改良シナリオの検討を行った。モデル地域でのエレベータ障害、復旧の試算の検討を行った。

4) 令和5年度：

高層建築物エレベータの詳細復旧オペレーション手法の検討を行う。

5) 令和6年度：

高層建築物エレベータについて、大都市復旧マニュアルの検討を行う。

(e) 令和4年度業務目的

令和3年度に開発した都市機能の復旧に関する災害シナリオデータベースを用いて、定性的将来予測システムを構築する。さらに、首都圏におけるエレベータの復旧計画を具体的な対象として、令和3年度に開発した「災害シナリオのダイナミック自動生成技術」を検証するために、実際のデータを用いて試算を行う。具体的には、実際の災害を対象として、あるいはワークショップなどで専門家や行政職員の指摘を受ける。また、2(g)による長周期地震動のデータを用い、モデル地域に対してエレベータ障害復旧過程を試算する。

## (2) 令和4年度の成果

### ① 災害事象因果データベースの拡充

#### (a) 業務の要約

本業務では、令和3年度に開発した都市機能の復旧に関する災害シナリオデータベースを用いて、定性的に災害現象を将来予測できる予測システムのプラットフォームを構築した。これは、災害シナリオのダイナミック自動生成技術をベースとして、オンラインのワークショップで新たな因果を肉付けすることが可能なものである。また、2e(名古屋大学グループ；発災時の企業の事業活動)とも連携し、3月に開催したワークショップでこのシステムを利用し、使い勝手等の指摘を参加した専門家や行政職員から受けた。

#### (b) 業務の実施方法

本業務は、災害シナリオをバックキャスティングから作成する方法のひとつとして、自然言語処理を用いて新聞記事から災害事象とその因果関係を機械的に抽出し、災害連関図(cascading disaster network)の作成を試み、これにこれまで経験していない因果連鎖等も肉付けしたうえで、災害シナリオ自動生成技術の基盤とすることを目指している。このうち、今年度は①定性的に災害現象を将来予測できる予測システムのプラットフォームを構築、②構築したシステムを利用してワークショップを開催する、の2点を行うことで業務を実施した。②の検証については、実際に発生した

災害を対象とする予定であったが、外部評価等で指摘された研究グループ間での連携の必要性なども考慮し、臨時情報を対象としたハイブリッドワークショップを行った。

(c) 業務の成果

今回構築した災害シナリオ自動生成技術の基盤システムは、ハイブリッドでのワークショップに対応したものである。ここでは、自動的に因果連鎖を抽出する作業をおこなったのちに、この成果物に人の手で新たな因果を加えることが可能となる。ここでは、本システムを検証する目的で、サブ課題 2e（発災時の企業の事業活動）と連携してワークショップを行った。ここで得られた成果を図 2-6-①-1 に示す。ワークショップで得られた具体的な内容は、サブ課題 2e（発災時の企業の事業活動）報告書の該当部分を参照されたい。

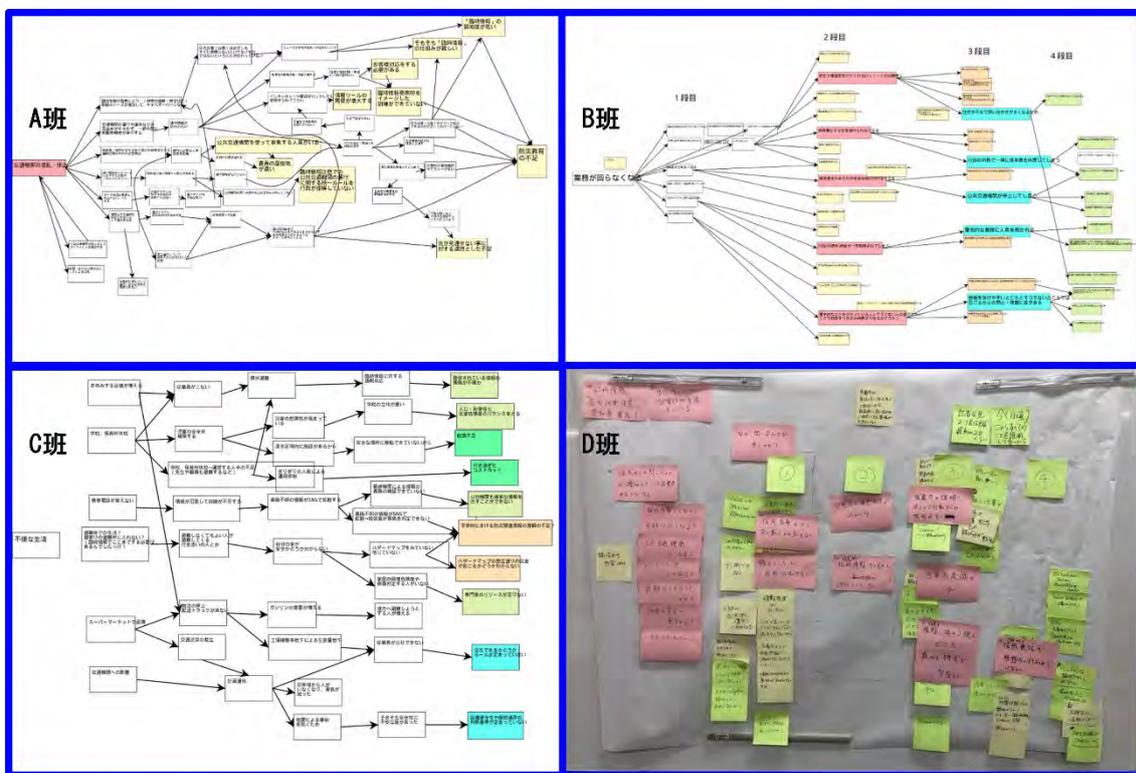


図 2-6-①-1 オンラインワークショップの成果（図 2-5-⑤-3 の再掲）

上記のように、本研究で構築したシステムを用いたオンラインワークショップを 20 名で行ったが、問題なく利用することができた。また、このシステムの特徴的な点は、直感的に因果連鎖を作り出すことができるのみならず、作成した因果連鎖図から自動的に因果関係を示す行列を抽出することができる。このため、ワークショップの結果をアーカイブ化することが容易となる。

(d) 結論ならびに今後の課題

上記のように、本年度は新聞記事などを用いて自動的に因果連鎖を抽出する作業に、ワークショップなどを用いて因果連鎖に新たな因果を加えるための方法論およびシステムを開発し、検証を行った。ワークショップでは、チャット機能の必要性や20人以上の負荷テストなどの必要性が参加者から寄せられたため、この点の改善等が今後の課題となる。

(e) 引用文献

なし

(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

なし

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高層建築物のエレベータ復旧オペレーション

(a) 業務の要約

本課題では、特に長周期地震動による被害を受けやすい超高層ビル等のエレベータ障害に着目し、都市機能を守るために望ましいエレベータ復旧オペレーション方針を検討することを最終目標としている。今年度は、前年度に構築した、地震発生時からエレベータ障害の復旧に至るまでのシミュレーションの各要素に、より現実の復旧過程に近づけるための改良を行った。また、サブ課題2(g)と連携して、震源の違いを反映して選択した3つの地震動レベル、4つの地域の建物・エレベータ障害のサンプルを作成し、10の復旧方針を組み合わせた120ケースの中から代表的な18のケースを選定して復旧シミュレーションを実施した。実施項目・方法は以下の通りである。

(b) 業務の実施方法

1) エレベータ復旧シミュレーション手法の改良については、地震発生時からエレベータ障害の復旧に至るまでのシミュレーションに必要なモデル構成要素のうち、下記の(1-a)から(1-c)の3点の改良、機能拡張を行った。

(1-a) 専門技術者（復旧対応者）巡回の高度化と復旧計画の更新

(1-b) 復旧時間評価の高度化

### (1-c) 対象領域の拡大

2) 多様な災害シナリオ・復旧方針下でのエレベータ復旧過程の数値シミュレーションについては、首都圏における長周期地震動を考慮したエレベータ障害を模擬するために、対象地域を定めて、高さ 60m を越える超高層建物とそれ以外の中高層建物についてそれぞれの建物被害、エレベータ障害の評価方法の詳細を定めた。また、サブ課題 2 (g) から提供された 83 のシナリオから 3 つの災害シナリオを選び、被害程度を評価してエレベータ障害を模擬した。その際、2011 年東北地方太平洋沖地震に相当する揺れを想定したケースで、当時の首都圏のエレベータ障害と概ね同等の被害となるように評価に用いるパラメタを調整した(2-a)。また、選択した災害シナリオに対して、復旧拠点の位置や復旧作業員などの復旧資源、優先順位を決める要因などをさまざまに設定して組み合わせを考え、代表的な 18 のケースについて、1) で改良したモデルを用いてエレベータ障害復旧過程の事例解析を行った(2-b)。さらに、震源断層モデル、地域性、復旧方針のそれぞれの観点で復旧過程を比較して、望ましい復旧方針について考察した(2-c)。

### (c) 業務の成果

#### 1) エレベータ復旧シミュレーション手法の改良

前年度までにモデルの動作検証と被害規模を任意に与えて復旧戦略の違いによる傾向を分析する目的で復旧シミュレーションするプロトタイプモデルを試作した。今年度は、南海トラフ地震の広帯域強震動シミュレーション手法により得られた地震動を用いて、戦略・方針を設定して建物の復旧優先順位と専門技術者巡回の順路を計算し、首都圏でエレベータの復旧シミュレーションを実施するため、建物・エレベータ障害の評価を詳細化する必要があり、次の(1-a)-(1-c)に該当する部分モデルを改良、機能拡張を行った。

#### (1-a) 専門技術者（復旧対応者）巡回の高度化と復旧計画の更新

前年度のシミュレーションモデルでは、各復旧対応者は発災直後に作成された各作業日の計画に正確に基づいて復旧作業を遂行する仮定のもとで計算していた。しかし、実際には予想外の事態や周辺の被災状況により、予定されたエレベータ復旧作業が完了しないこともあり、その場合、翌日以降の復旧計画に反映し、再度割り当てされると考えられる。

これを踏まえ、今年度は、復旧対応者が一日に作業可能な時間の制約を新たに導入することで時間内に巡回できない状況を考慮し、各作業日の復旧計画は前日までの成果に基づいて毎日更新できるようにモデルを改良した。図 2-6-②-1 にシミュレーションモデルの動作に加えた今年度の改良点を示す。昨年度と同様、シミュレーションモデルの動作は現行のエレベータ保守会社による復旧体制を反映している。

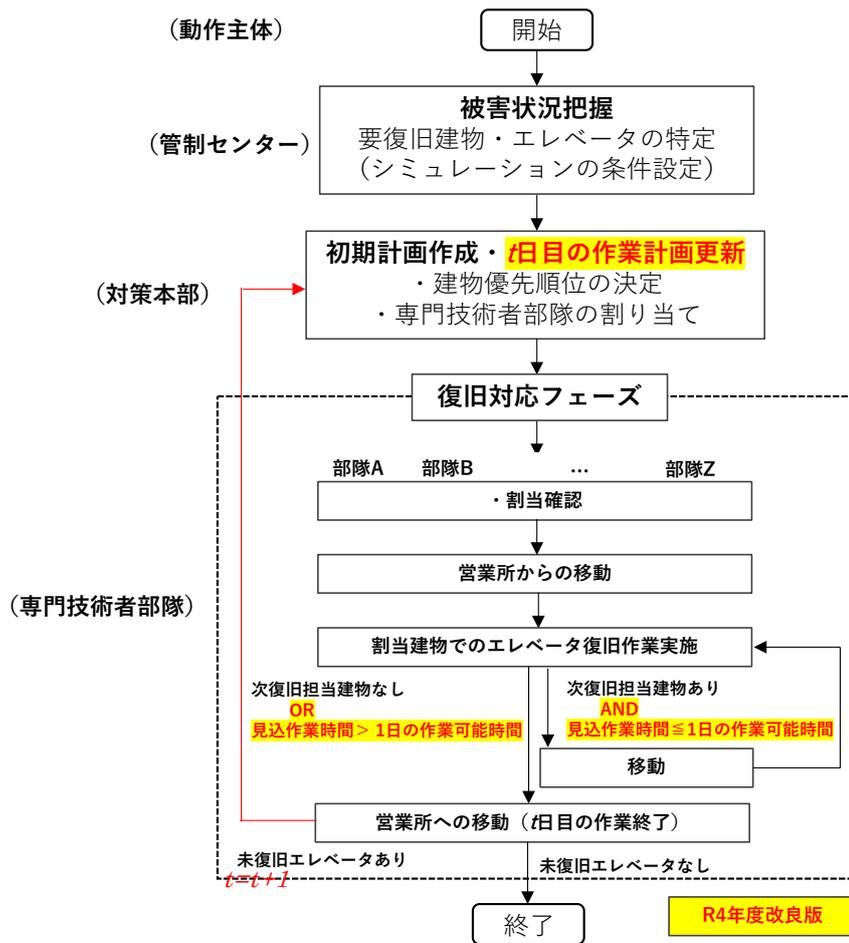


図 2-6-②-1 復旧シミュレーションモデルの動作とモデル改良点

(1-b) 復旧時間評価の高度化

前年度は、被害規模と被害発生建物を任意に設定し、エレベータの障害モードは全て地震感知器の作動による「非常停止」と仮定して、障害一台あたり一律の復旧作業時間を割り当てていた。今年度は、地震動評価に基づく地震動指標を用いて、表 2-6-②-1 に示すように、地震動の短周期成分と長周期成分別に、建物・エレベータの振動特性に応じた障害の有無を評価し、障害モードごとに復旧時間を設定できるようにした。

表 2-6-②-1 復旧シミュレーションで考慮するエレベータの障害モード

判定に用いる地震動指標	障害の種類	障害モード
加速度指標 (例：地表最大加速度 $PGA$ または加速度応答スペクトル値 $S_a(T)$ )	大きな地震外力の作用によるエレベータ障害	非常停止 (要復旧)
		故障・損傷 (要復旧)
長周期地震動指標 (例：速度応答スペクトル値 $S_v(T)$ または長周期地震動階級)	長周期地震動によるエレベータ障害 (建物高さ 120m 超)	非常停止 (要復旧)
		故障・損傷 (要復旧)

あわせて、エレベータ障害の発生率の算定に用いる被害関数を、図2-6-②-2、図2-6-②-3にそれぞれ示す。2011年東北地方太平洋沖地震における東京都の被害率（東京都で約2%）、同じく長尺物（ロープ）類の被害率（約0.7%）に整合するように調整した。

都道府県別調査完了台数に対する被害率

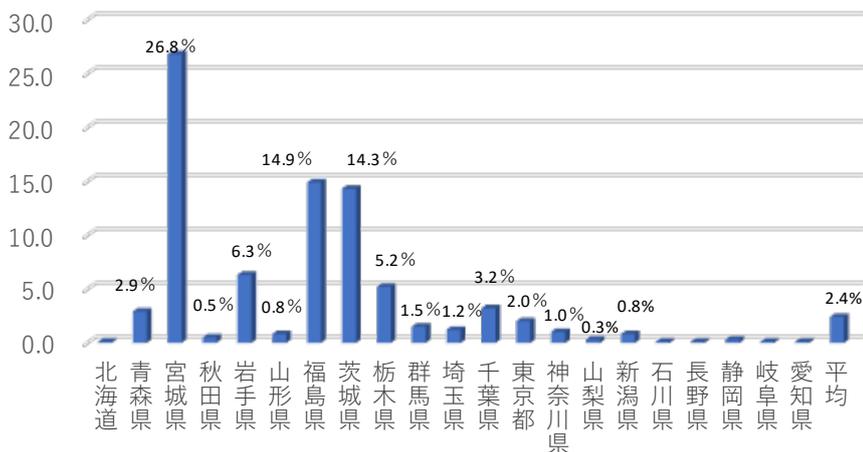


図2-6-②-2 2011東北地方太平洋沖地震におけるエレベータの都道府県別被害率（文献<sup>1)</sup>をもとに作成）

長尺物被害率  
(全2125件)

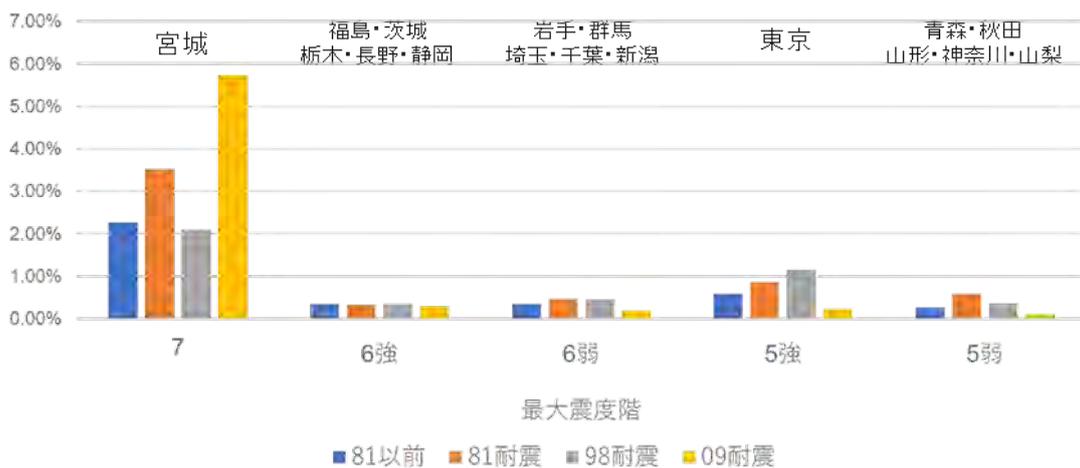


図2-6-②-3 2011年東北地方太平洋沖地震における長尺物被害率の詳細（文献<sup>1), 2)</sup>をもとに作成）

また、図2-6-②-4に示すように、エレベータ障害を非常停止と故障・損傷に区別して被害サンプルを作成するようにした。

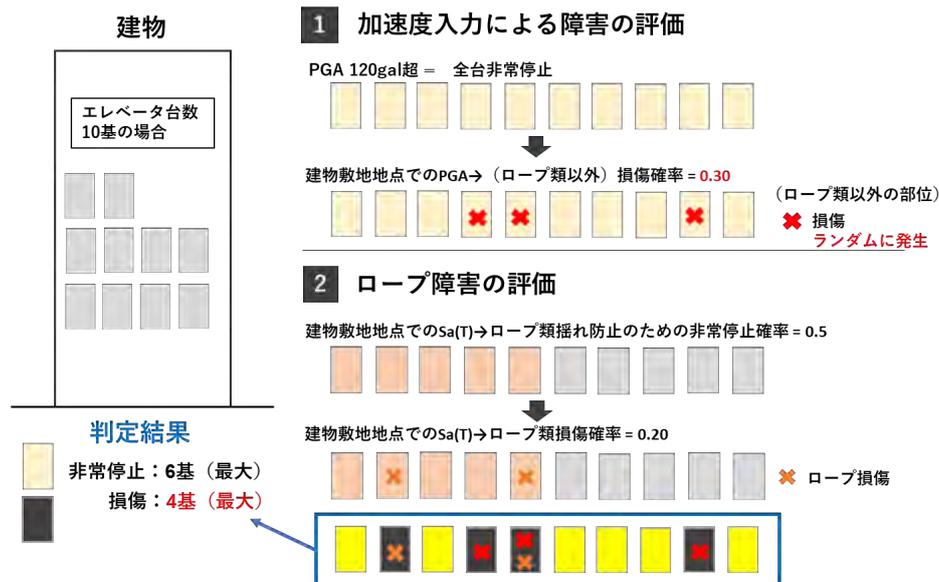


図 2 - 6 - ② - 4 建物のエレベータ障害設定方法

(1-c) 対象領域の拡大

前年度は、復旧対応を行うエレベータ保守会社の対象地域内でのサービス拠点（営業所・管轄支社等）を参考に派遣拠点を決定し、一つの営業所規模に相当する地理的領域と建物棟数をシミュレーションの一単位として計算していた。今年度のモデルでは行政区単位でシミュレーションを行うため、異なる保守会社のサービス拠点を想定した複数の派遣拠点を設定し、並列作業により復旧過程を再現できるように改良した。

2) 多様な災害シナリオ・復旧方針下でのエレベータ復旧過程の数値シミュレーション

震災時の建物被害・エレベータ障害の望ましい復旧方針の検討を、(2-a) 首都圏における長周期地震動を考慮したエレベータ障害の模擬、(2-b) エレベータ障害復旧過程の事例解析、(2-c) 復旧過程の比較と望ましい復旧方針の考察、の手順で実施した。各段階で得られた知見を以下に記す。

(2-a) 首都圏における長周期地震動を考慮したエレベータ障害の模擬

東京都 23 区内のうち超高層建物棟数が多い行政区 4 区（港区、千代田区、中央区、新宿区）を対象地域として、南海トラフ地震の多様性を踏まえた震源断層モデルによる地震動評価結果に対して、建物被害、エレベータ障害を模擬した。エレベータ障害はモード（停止・故障等）別に評価した。震源断層モデルは、強震動計算用震源断層モデル（83 ケース）から、都市機能被害やエレベータ障害の様相が特徴的な 3 ケースを選択した。83 ケースの地震動レベルの比較を図 2 - 6 - ② - 5 に示す。選択した 3 ケースの震源断層モデルを図 2 - 6 - ② - 6 に示す。選択したモデルについて、都心部での被害規模が小さいものから、L1、L2、L3 と称することにした。L1 は全震源断層モデルの中でも都心部の影響が小さい西側半割れのケース、L2 は都心部への影響が短周期・長周期成分ともに 2011 年東北地方太平洋沖地震時の都心部の揺れと同程度である東側半割れ・破壊開始点 h05 のケース、L3 は全震源断層モデルの中でもっとも都心部の影響が大きい東側半割れのケースである。

また、評価建物は、エレベータ設置義務に関する条例・基指針<sup>3)</sup>を参考に、各地方自治体で一般的にエレベータ設置義務を定めている建物階数4以上とした。建物や設置エレベータ属性は、ゼンリン建物ポイントデータ(2020年版)<sup>4)</sup>を用いて設定し、加えて、高さ60mを超える超高層建物については、2019年度版東京都建築統計年報を基に、建物の高さ・竣工年・構造種別等の詳細情報を紐づけた。

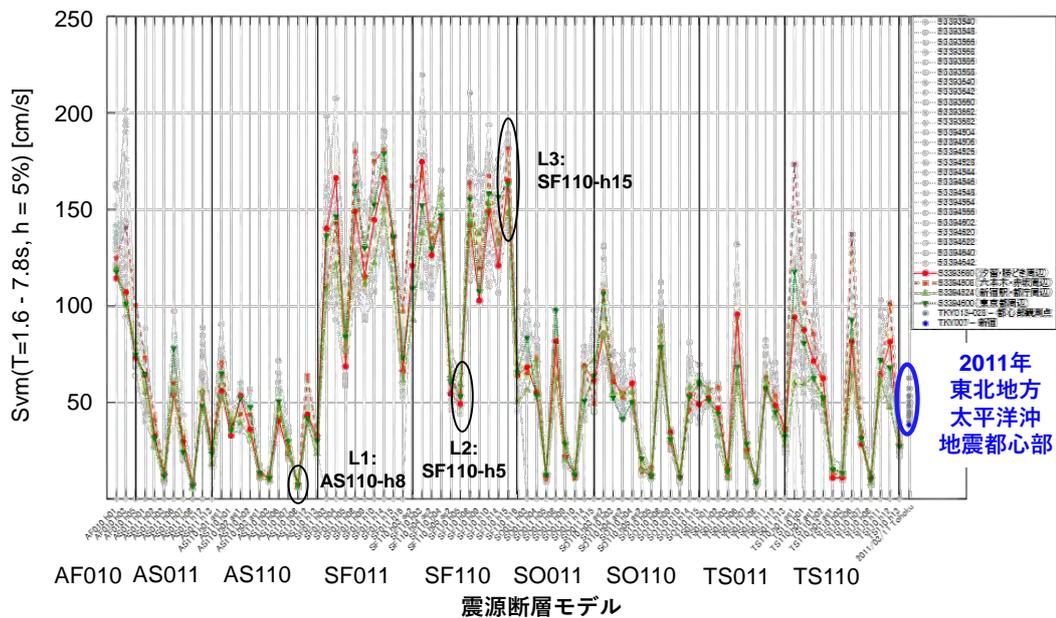


図2-6-②-5 例題ケースの地震動レベルの比較

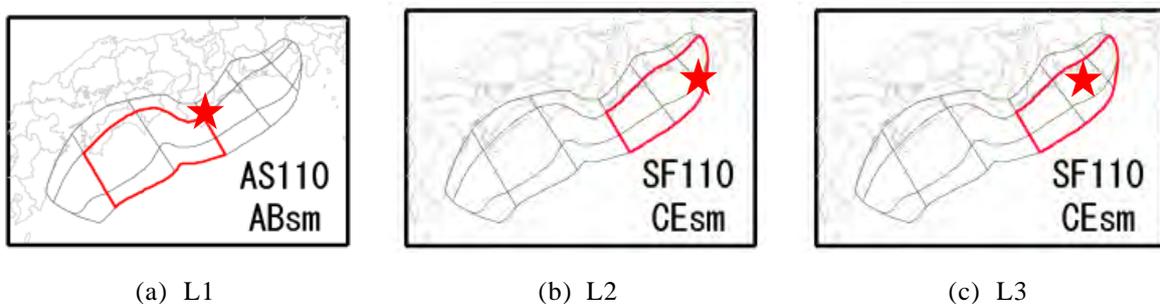


図2-6-②-6 エレベータ復旧シミュレーション例題ケースの震源断層モデル

以上の条件のもと、建物被害のサンプルは、超高層でない建物の被害確率は文献<sup>5)</sup>の全半壊被害関数を用いて算定し、超高層建物の被害確率は文献<sup>6)</sup>の手法で最大層間変形角が1/100以上になる確率として算定した上で、ランダムサンプリングにより作成した。また、エレベータ障害のサンプルは、各障害モードの発生率を表2-6-②-1に示す指標を用いた被害関数で算定し、図2-6-②-4に示す方法で作成した。図2-6-②-7にサンプリングした例を示す。

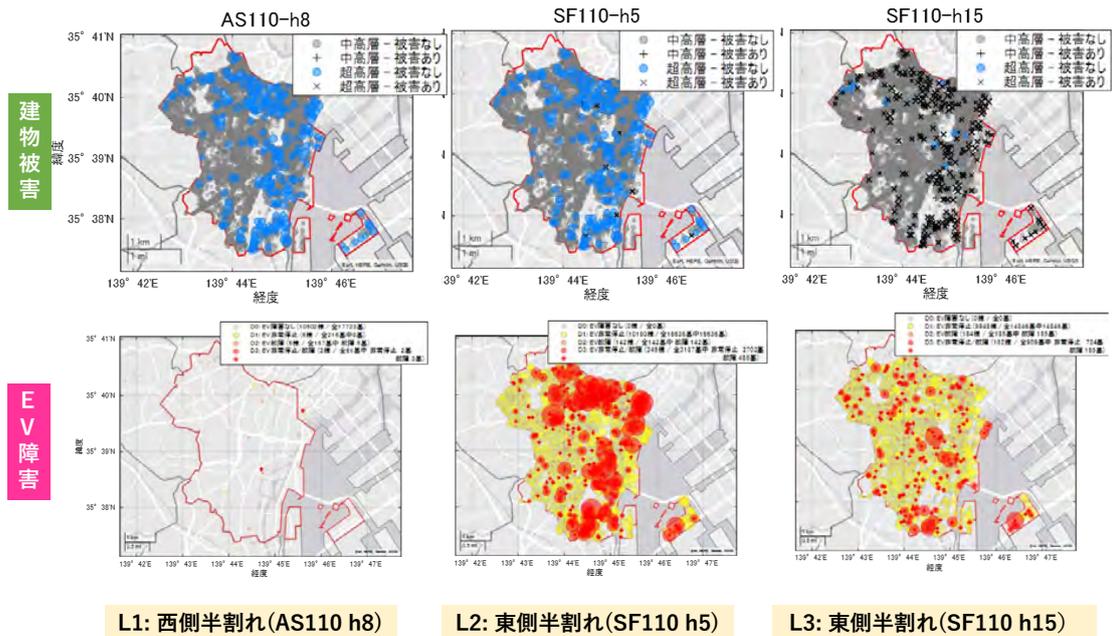


図 2-6-②-7 南海トラフ地震の震源パターンから選定した被害規模別の被害のサンプル

### (2-b) エレベータ障害復旧過程の事例解析

(2-a)で作成したエレベータ障害のサンプルに対して、様々な復旧戦略下の復旧をシミュレーションして、復旧進捗率を定量的に評価した。対象ケースは、(a) 対象地域 4 ケース、(b) 災害シナリオ (被害規模 3 ケース)、(c) 復旧方針・戦略 10 ケースを組み合わせた 120 ケースのうち代表的な 18 ケースとした。

その際、被害規模が小さい L1 は、復旧方針に関わらず一両日中に全エレベータが復旧、逆に L3 では、建物被害が多数生じてエレベータ復旧だけを急いでも都市機能の維持につながらないと判断して、L2 について、さまざまな復旧方針・戦略ケースを検討した。

また、復旧方針・戦略は、建物の優先順位を決定する復旧優先指標として、5つの指標 (建物階数 (階数が多い建物ほど優先度高)、建物延床面積 (広い建物ほど優先度高)、要復旧 EV 台数 (復旧が必要なエレベータ台数が多い建物ほど優先度高)、EV 最大利用人数 (一時にエレベータを利用する人数が多い建物ほど優先度高)、営業所からの距離 (営業所から近い建物ほど優先度高)) として、その各々に対して、(一社) 日本エレベーター協会が提唱する <sup>7)</sup>、1 ビルにつき 1 台のエレベータを復旧させたら次のビルの復旧に移るという復旧方法 (以下、1 ビル 1 台ルール) を適用する場合と適用しない 2 ケースの合計 10 ケースである。なお、現実の災害復旧では 1 ビル 1 台ルールが必ずしも厳密に運用されるわけではなく、建物が速やかに利用できるように弾力的な運用されていると思われる。しかし、ここではルールの影響を明確に把握する目的で、適用する場合はすべての建物でルールを徹底し、非適用の場合は、建物内のエレベータをすべて復旧してから次の建物に移動すると仮定した。

また、ここで設定する復旧戦略は、日本エレベーター協会が定めた表2-6-②-2に示す優先クラスに従うものとした。すなわち、ここでは、同表で同じ優先クラス内の建物についての優先順位を設定したといえる。また、復旧作業は、非常停止がすべて解消してから、故障・損傷の解消に取り掛かることとした。

表2-6-②-2 エレベータ復旧優先順位の基本条件（文献<sup>7)</sup>に基づき作成）

優先クラス	対応内容	建物種別	備考
	閉じ込め救出	閉じ込めが発生している建物	閉じ込め救出を最優先
①	停止したEV復旧	病院等、弱者が利用する建物	けが人等の対応が急増する建物
②		公共性の高い建物	各行政から災害対策本部等に指定される建物
③		高層住宅(地上高さ概ね60m以上)	一般の建物と比較して生活に大きな支障をきたす可能性が高い建物
④		一般の建物	

復旧過程の一例を、港区・L2(中規模)・方針1-2(建物延床面積で優先順位を決定、1ビル1台ルール非適用)の場合を例にとり、図2-6-②-8と図2-6-②-9に示す。図2-6-②-8は、日本エレベーター協会による優先クラス別の建物のエレベータの復旧率（1台でも稼働している棟数/復旧対象のエレベータがある建物棟数）である。この図から優先ランクの高い建物から順に復旧がなされていて、開発したシミュレーションが意図通りに動いていることが確認できた。図2-6-②-9には、建物のエレベータ障害状況別の建物棟数の日次推移を示した。ここで、建物のエレベータ障害状況は、DS0（エレベータ障害なし）、DS1(非常停止のエレベータがある)、DS2(故障したエレベータがある)、DS3（非常停止したエレベータと故障したエレベータがある）で区分した。また、DS1からDS3の後ろにある-P、-Nは、それぞれ建物内で少なくとも1台が稼働している/1台も稼働していない、の違いを表している。

図2-6-②-9に示すケースでは、DS0の割合がゼロ、つまり、すべての建物にエレベータ非常停止または故障しているエレベータ状態から始まり、20日目にすべてがDS0となって復旧が完了したことを示す。また、最初の数日はDS1-N(全台停止)から対応が始まり、建物にエレベータが2台以上ある場合、DS1-P（建物の中で少なくとも1台は稼働）を経由してDS0が増えてゆくさまが表れている。最初の数日、DS2が増加するのは、DS3（建物内に故障と非常停止が混在）の建物では、まずは非常停止を解消するとDS2になり、その後、故障・損傷したエレベータを復旧してDS0に至るからである。このケースでは15日目まで非常停止の対応を行っていて、DS1とDS3が減少しつつDS2が増加、その後ゆっくりとDS2の数が減少して、復旧完了に至る。なお、この復旧シミュレーションでは、建物被害あり、つまり早期の復旧対象検討から外した建物のエレベータ復旧は含まれていないことに注意が必要である。

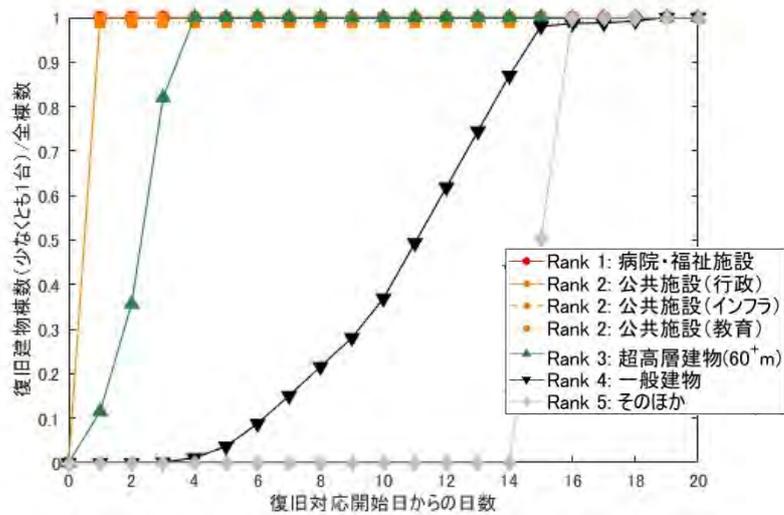


図 2-6-2-8 少なくとも1台のエレベータが稼働している建物の比率の推移

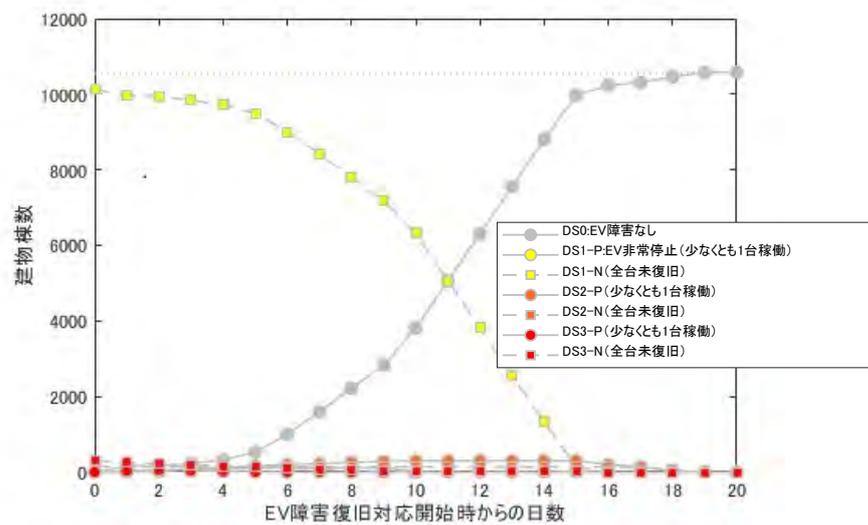


図 2-6-2-9 エレベータの復旧作業状況別の建物棟数の推移

(2-c) 復旧過程の比較と望ましい復旧方針の考察

(2-b)で実施したシミュレーションの10ケースの復旧方針による違いをみるために、港区・L2(中規模)の場合について、エレベータが稼働した割合が50%に達するまでの経過日数を、復旧方針別に高さ60m超の超高層建物とそうでない中高層建物を比較して図2-6-2-10に示した。上段が1ビル1台ルールを適用しないとき、下段が同じく適用したとき、また、左列は各建物で少なくとも1台のエレベータが復旧したとき、右列は同じく全てのエレベータが復旧したときの経過日数である。

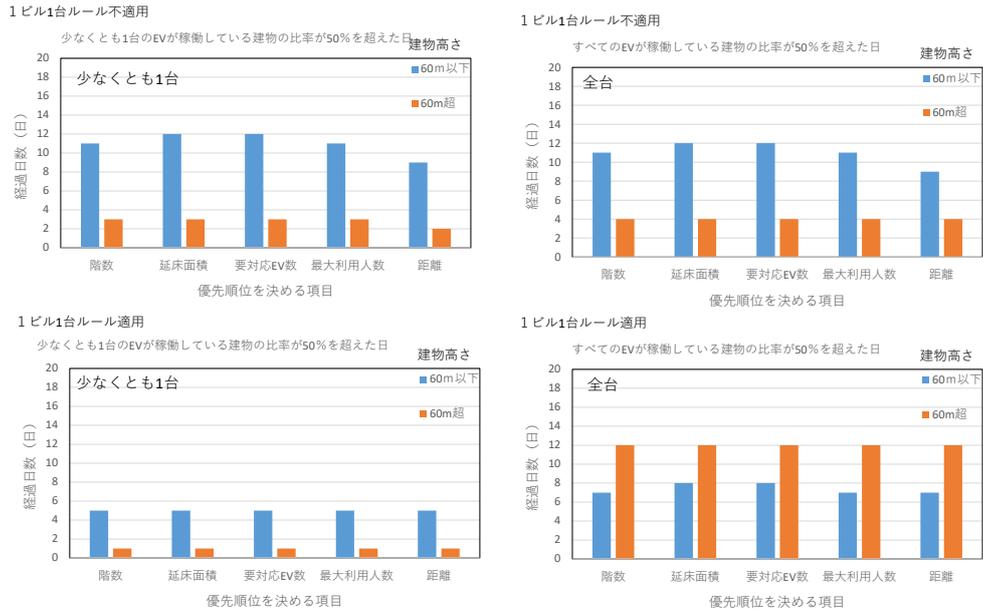


図 2-6-②-10 復旧方針によるエレベータが使える建物が 50%に至るまでの経過日数の違い

図 2-6-②-10 をみると優先順位を決める 5つの指標による差はそれほど大きくない。これは、選択した指標に相関が強いこと、復旧指標がエレベータの稼働の有無だけで表現されていて単純なためと考えられる。また、1ビル1台ルールを適用しない場合（上段）は、最初の1台に着手すれば、そのままその建物のすべてのエレベータを復旧するので、左右の差はわずかである。一方、1ビル1台ルールを適用すると、少なくとも1台のエレベータが復旧するまでの経過日数は、中高層建物では10日前後が5日程度に半減した。超高層建物では、ほぼ1日に短縮されるが、同ルールがなくても2～3日だったので、短縮日数の絶対値でみた効果は限られる。一方、右列の建物内の全エレベータが復旧した建物が50%に達するまでの日数をみると、中高層建物は7日程度と短縮（非適用の場合10日前後）したものの、超高層建物では12日と大きく増加した（同じく4日）。

(d) 結論ならびに今後の課題

本業務のまとめと今後の課題を以下に示す。

- 1) 前年度に構築したエレベータ復旧シミュレーションモデルのプロトタイプ of 構成要素のうち、(1-a) 専門技術者（復旧対応者）巡回の高度化と復旧計画の更新、(1-b) 復旧時間評価、(1-c) 対象領域の3点を改良、機能拡張し、復旧戦略・方針を設定して建物の復旧優先順位と専門技術者巡回の順路を計算し、復旧シミュレーションを実施できるようにした。
- 2) 1) で改良したシミュレーションモデルを用いて、サブ課題2(g)から提供された南海トラフの多様性を考慮した83の震源モデルから3つの災害シナリオを選び、被害程度を評価してエレベータ障害を模擬し、復旧シミュレーションを実施し、以下の知見を得た。

- ・2011年東北地方太平洋沖地震と同程度の長周期の揺れを生ずるケースでは、エレベータ復旧が早期の都市機能維持のボトルネックになり得る。最大級の長周期地震動となるケースでは、多くの超高層建物で構造安全性が確保できない懸念があり、エレベータの早期復旧だけを検討しても都市機能を維持する効果は限られる。
- ・建物階数や延床面積など建物の外形的な指標でエレベータ復旧の優先順位を決めても、復旧の早遅に大きな差は見られなかった。また、「1ビル1台ルール」は早期復旧に効果が期待できるが、機械的に順守すると、とくに超高層建物のエレベータ復旧が遅れる恐れがある。

今年度は、建物が機能する状態として、少なくとも1台のエレベータが通じている状態とすべてのエレベータが通じている状態の2つを考えた。しかし、実際には、建物用途や規模、災害シナリオに応じて変わるはずであり、これを復旧方針の良否の判断に反映することが課題である。今後、現実に応じた災害シナリオを描き、上記をミュレーションの条件設定に落とし込むための検討を行う。

(e) 引用文献

- 1) 宮田毅. : 東北地方太平洋沖地震などによるエレベーターの被害概要 (特別講演 I)、日本機械学会 昇降機・遊戯施設等の最近の技術と進歩 技術講演会講演論文集、pp. 1-4、2012 .
- 2) 日本建築学会 : 「長周期地震動と超高層建物の対応策－専門家として知っておきたいこと－」、日本建築学会、2013.10.
- 3) 一般社団法人東京都昇降機安全協議会 : <http://www.tsak.jp/> (2023.3 現在) .
- 4) ゼンリン : <https://www.zenrin.co.jp/> (2023.3 現在).
- 5) 中央防災会議 : 首都直下地震対策検討ワーキンググループ「首都直下地震の被害想定項目及び手法の概要」、2013.
- 6) 神田克久、阿部雅史、鈴木芳隆、藤原広行、森川信之、前田宜浩、小鹿紀英、岡野創、加藤研一 : 「超高層建物応答と相関性のある長周期地震動の揺れの指標の検討」、日本建築学会構造系論文集、Vol. 79、No.696、pp.267-274、2014.
- 7) 日本エレベーター協会 : 大規模地震発生時のエレベーター早期復旧等に関するご協力のお願ひ、[https://www.nelekyo.or.jp/about/pdf/20150225\\_elsesoukifukkyu.pdf](https://www.nelekyo.or.jp/about/pdf/20150225_elsesoukifukkyu.pdf) (2023.3 現在).

(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
長周期地震動による超高層建物のエレベータ障害と復旧評価手法の構築に	鈴木明子 日下彰宏 前田宜浩	2022年度 日本建築学会大会 学術講演梗概集	2022.9	国内

向けた検討 その2 (口頭)				
南海トラフ地震の多様性を考慮したエレベータ障害復旧シミュレーションモデルの構築 (口頭)	鈴木明子 前田宜浩 日下彰宏 中村洋光 秋山伸一 時実良典 廣井悠	日本地震工学会・大会-2022	2022.12	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

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. 7 地震防災基盤シミュレータの構築

### (1) 業務の内容

(a) 業務題目 「地震防災基盤シミュレータの構築」

(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	部門長	藤原広行
	副部門長	中村洋光
	主任研究員	前田宜浩
	特別研究員	土肥裕史
	特別研究員	佐藤昌人
	センター長	青井真
	主幹研究員	高橋郁夫
	主任研究員	河合伸一
	主任研究員	森川信之
	主任研究員	岩城麻子
	主幹研究員	先名重樹
	特別研究員	内藤昌平
	特別研究員	秋山伸一
	部門長	臼田裕一郎
	副部門長	田口仁
	特別研究員	水井良暢
	特別研究員	崔青林

(c) 業務の目的

時空間的な地震発生の多様性を持つ南海トラフ地震を対象に、「地震防災情報創成研究」の各課題(d)～(f)の研究で活用可能とする将来を予測する基盤となる情報として、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創出する。具体的には、「通常と異なる現象」を地震発生の多様性の一例としてとらえ、それが起こった後の時間推移を考慮した条件付きリスク評価手法の開発を行う。また、地震本部の知見を採り入れつつ、地震発生の多様性を表現するために構築された時空間的に膨大な組み合わせからなる断層モデル群に対して、長継続時間・広帯域強震動（長周期地震動を含む）や津波遡上を安定的かつ効率的にシミュレーションできる手法を開発し、上記課題に関連して、事前避難、産業活動、大都市機能維持のそれぞれの地域性の観点から南海トラフの地震像を類型化する手法の開発を行い、類型化毎の代表的な広域災害シナリオを構築する。このように創出したハザード・リスク情報を格納する情報基盤を、防災科研の地震ハザードステーション（J-SHIS）、津波ハザードステーション（J-THIS）、リアルタイム地震被害推定システム（J-RISQ）と連携できる形で地震防災基盤シミュレータとして構築し、課題(d)～(f)のそれぞれの目的に適した形態で提供可能とするとともにサブ課題3.「創成情報発信研究」と連携して利活用を進めることで防災対策に活かす。

(d) 5か年の年次実施計画

1) 令和2年度：

地震防災基盤シミュレータの構築に着手した。そのために、長継続時間・広帯域強震動への強震動シミュレーション手法の対応検討を行った。津波到達時間が短い地域を対象とした津波遡上の試算を行った。建物被害・人的被害のリスク評価を行うとともに、地震像の類型化のための基礎的検討を行った。システム開発に向け、ハードウェアを導入し、既往ハザード・リスク情報を整理し、共有方法に関する設計を行った。

2) 令和3年度：

地震防災基盤シミュレータのプロトタイプ開発を行った。そのために、地震本部の知見を活用した断層モデル群、地下構造モデルの構築に着手し、強震動の試算を行った。同様の断層モデル群で津波遡上シミュレーションを行った。南海トラフで複数回地震が発生した想定ハザード情報等を利用した類型化手法の基礎的検討を行った。それらの検討結果を地震防災基盤シミュレータに蓄積可能にした。

3) 令和4年度：

地震防災基盤シミュレータのプロトタイプから情報の試験提供を可能にした。そのために、最大クラスの断層モデルを含む強震動及び津波遡上のシミュレーションを実施し、その結果を用いたリスク評価に基づく事前避難、産業活動、大都市機能維持の各観点からの南海トラフの地震像を表す指標を算出するとともに、指標に基づいた類型化手法を検討した。各類型の代表的な広域災害シナリオ作成手法の基礎検討を行った。検討結果を地震防災基盤シミュレータに蓄積し、情報の試験提供をできるようにした。

4) 令和5年度：

地震防災基盤シミュレータのプロトタイプを高度化する。そのために、シミュレーションデータに基づく観測データの空間補間手法の検討を行う。事前避難、産業活動、大都市機能維持の各観点からの南海トラフの地震像の類型化手法と類型毎の広域災害シナリオ作成手法を高度化する。地震防災基盤シミュレータによる情報の情報発信研究等を通じた自治体や企業等での利活用による課題抽出を行い、改良を図る。

5) 令和6年度：

地震防災基盤シミュレータを完成する。そのために、南海トラフの類型結果と各類型の代表的な災害シナリオの検証を行うとともに、情報発信研究等における議論や利活用を踏まえ、システムに搭載するリスク情報や災害情報の改良を図る。

(e) 令和4年度業務目的

地震防災基盤シミュレータのプロトタイプから情報の試験提供を可能にする。そのために、最大クラスの断層モデルを含む強震動及び津波遡上のシミュレーションを実施し、その結果を用いたリスク評価に基づく事前避難、産業活動、大都市機能維持の各観点からの南海トラフの地震像を表す指標を算出するとともに、指標に基づいた類型化手法を検討する。更に、各類型の代表的な広域災害シナリオ作成手法の基礎検討を行う。検討結果を地震防災基盤シミュレータに蓄積し、情報の試験提供をできるようにする。

## (2) 令和4年度の成果

### ①長継続時間・広帯域強震動シミュレーション

#### (a) 業務の要約

本業務では、南海トラフ沿いで発生する海溝型地震を対象に、地震本部の知見を活用して最大クラスの地震を含む断層モデル群を構築し長継続時間・広帯域強震動の計算を実施した。広帯域強震動シミュレーションでは、面的な地震動の計算に多くの実績のあるハイブリッド合成法を用い、長周期地震動は令和3年度において発散抑制機能<sup>1)</sup>を実装した3次元差分法による地震動シミュレータGMS<sup>2)</sup>を用いて計算を行い、短周期地震動は統計的グリーン関数法により計算した。計算結果は地震防災情報創成研究の他の課題へ情報共有した。

#### (b) 業務の実施方法

断層モデル群の構築では、地震本部の津波ハザード評価<sup>3)</sup>で設定された南海トラフ地震の多様性モデルを参考に、最大クラスの地震を含む強震動計算用震源断層モデル(特性化震源モデル)を構築した。構築した特性化震源モデルに対して、3次元差分法により計算した長周期地震動と統計的グリーン関数法により計算した短周期地震動をハイブリッド合成して長継続時間・広帯域強震動シミュレーションデータを作成した。

#### (c) 業務の成果

##### 1) 震源断層モデル群の構築

地震本部の津波ハザード評価<sup>3)</sup>で設定された南海トラフ地震の多様性モデルを踏まえた強震動計算用震源断層モデル(特性化震源モデル)を構築した。地震本部の南海トラフ地震の長期評価<sup>4)</sup>では、南海トラフ沿いで想定される最大クラスの地震の震源域をトラフ軸方向に6区分、フィリピン海プレートの沈み込み方向に3区分した18個の区分領域を組み合わせた15通りの巨視的断層モデルが例示されている。本検討では、津波ハザード評価の知見をもとに1つの区分領域のみからなる巨視的断層モデルから、すべての区分領域からなる最大クラスの地震の巨視的断層モデルまでを対象に巨視的断層モデル群を設定し、強震動予測手法「レシピ」<sup>5)</sup>を踏まえて以下に示すパラメータ設定の方針に基づき震源域・破壊開始点・アスペリティ位置が異なる91通りの特性化震源モデルを構築した。

##### ○巨視的震源パラメータの設定方針

- 地震の規模については、震源域全体の平均応力降下量を海溝型プレート間地震の平均的な値である3MPa(例えば、Kanamori and Anderson, 1975<sup>6)</sup>; Allmann and Shearer, 2009<sup>7)</sup>)と仮定して、震源域の面積より算出する。

##### ○微視的震源パラメータの設定方針

- アスペリティは、フィリピン海プレートの沈み込み方向に3区分したうち中間の深さとなる区分領域内に2個から3個配置し、面積と平均すべり量は、各領域の面積と平均すべり量のそれぞれ20%と2.2倍(Murotani et al. 2008<sup>8)</sup>)とする。

- ・ 震源時間関数は、中村・宮武 (2000)<sup>9)</sup> によるすべり速度時間関数とする。
- ・  $f_{max}$  は、「レシピ」における 13.5Hz とする。
- ・ フィリピン海プレートの沈み込み方向に 3 区分したうち浅部の区分領域を有する震源モデルでは、浅部領域の面積の 20% の大きさの 1 個のすべりの大きな領域 (以下、大すべり域と呼ぶ) を持つケースを設定する。浅部の区分領域が 3 個以下の場合には大すべり域を浅部領域の中央に配置し、浅部の区分領域が 4 個以上の場合には大すべり域を浅部領域の西側に配置したケースと東側に配置したケースの 2 通り設定した。

○その他の震源パラメータの設定方針

- ・ 破壊伝播速度は、「レシピ」に従い震源域の S 波速度の 72% (2.7km/s ; Geller, 1976<sup>10)</sup>) とする。
- ・ 破壊伝播の様式は破壊開始点から同心円状とするが、各アスペリティ内部での破壊は破壊の到達点から同心円状とする (マルチハイポセンター)。
- ・ 破壊開始点は巨視的断層モデルの中央ないし両端に配置した。

特性化震源モデルのように震源パラメータがアスペリティサイズより小さな空間スケールの不均質性を持たないモデルでは、アスペリティサイズと破壊伝播特性に規定される卓越周期よりも短周期の地震動が適切量生成されず、特に巨大地震の場合には工学的に重要な周期帯の地震動が過小評価される可能性が指摘されている (例えば、関口・吉見、2006<sup>11)</sup>)。そこで、地震本部の長周期地震動評価 2016 年試作版<sup>12)</sup> で採用された Iwaki et al. (2016)<sup>13)</sup> の方法により、特性化震源モデルの破壊伝播速度、すべり角、すべり量に対してランダムな不均質性を付与した。ランダムな不均質性が付与された震源パラメータの一例を図 2-7-①-1 に示す。

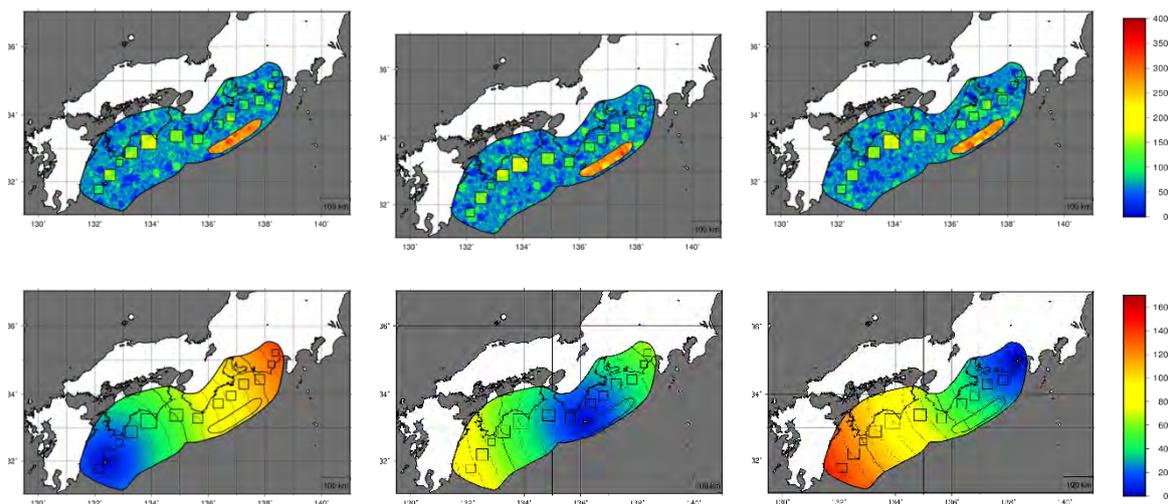


図 2-7-①-1 設定した震源モデルのパラメータの空間分布。最大クラスの地震に対して破壊開始点を変えた 3 種類の特性化震源モデルの例。上段：地震モーメント分布 [単位： $10^{15}$  Nm]、下段：破壊開始時間分布 [単位：秒]。

## 2) ハイブリッド合成法による広帯域強震動シミュレーション

1) で設定した震源モデル群に対し、令和3年度と同様に Maeda et al. (2016)<sup>14)</sup> で用いられている南海トラフ地震の長周期地震動シミュレーション用の3次元地下構造モデルを用いた3次元差分法による計算を行った。波動場平滑化スキームのパラメータ ( $\epsilon$  値: 昨年度まで  $b$  値と呼んでいたパラメータ) は 100 とした。また、同じ震源モデルに対して統計的グリーン関数法により短周期地震動の波形合成を行い、差分法と統計的グリーン関数法による結果を接続周期 1 秒でハイブリッド合成することで広帯域強震動を計算した。統計的グリーン関数法とハイブリッド合成法については、全国地震動予測地図<sup>15)</sup> の「震源断層を特定した地震動予測地図」に準じた手法を用いており、工学的基盤上での時刻歴波形及び、工学的基盤上の振幅情報に浅部地盤の影響を乗じて算出した地表での振幅情報が得られている。計算結果の一例を図 2-7-①-2 に示す。九州から関東までの広域にわたって、3次元地下構造の影響を反映した複雑な地震動分布となっていることが見て取れる。

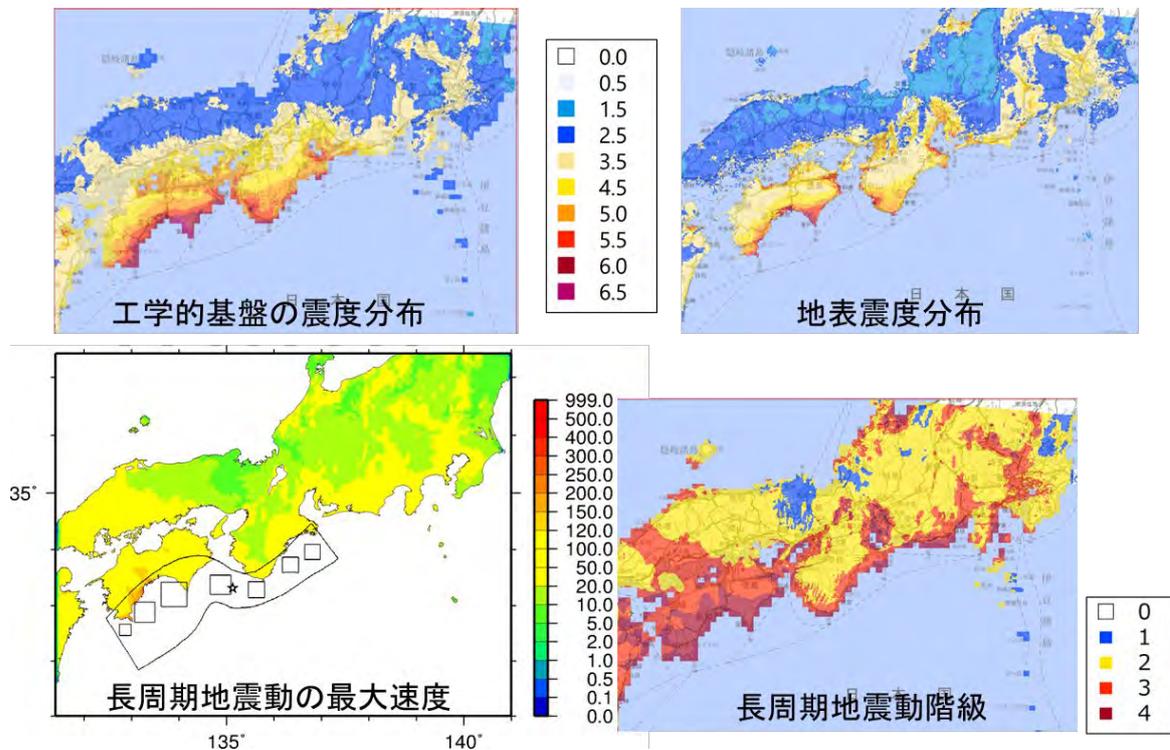


図 2-7-①-2 ハイブリッド合成法による地震動シミュレーション結果。上段左：工学的基盤での計測震度分布、上段右：地表での計測震度分布、下段左：工学的基盤での長周期地震動の最大速度分布 [単位: cm/s]、下段右：地表での長周期地震動階級。対象とした震源モデルは下段左の地図内に示している。星印が破壊開始点、矩形がアスペリティを示す。

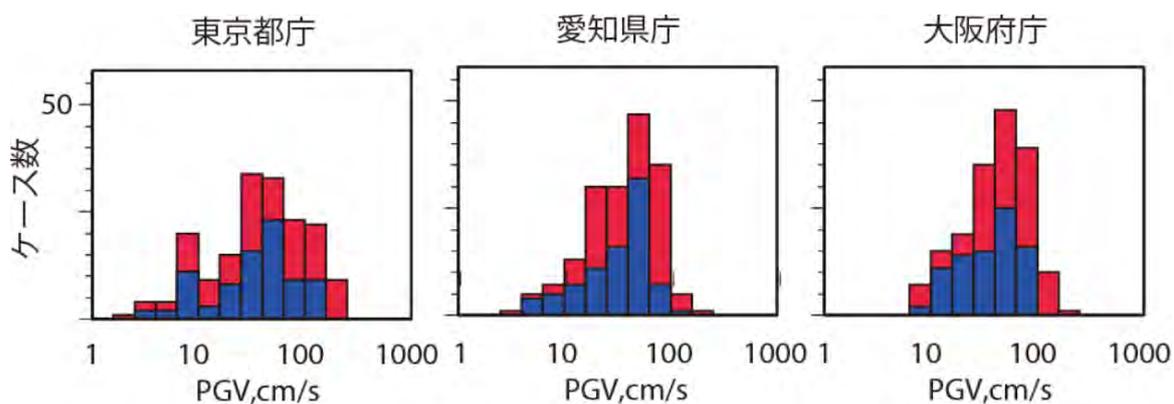


図 2-7-①-3 3 地点（東京都庁、愛知県庁、大阪府庁）での長周期地震動の最大速度（PGV）の頻度分布。年度毎の計算ケース数の内訳を青色（令和 3 年度の 83 ケース）と、赤色（令和 4 年度の 91 ケース）で示している。

図 2-7-①-3 には、東京都庁、愛知県庁、大阪府庁位置における、長周期地震動の最大速度のヒストグラムを示している。令和 3 年度と令和 4 年度の計算結果 174 ケースについて、それぞれを青色と赤色のヒストグラムで示している。令和 3 年度は南海トラフ地震の想定震源域を東西にふたつに分けたいわゆる半割れケースに着目したが、令和 4 年度は、最大クラスの地震から、想定震源域のごく一部が破壊するケースまで地震規模の多様性を考慮して計算対象ケースを設定したことから、令和 3 年度の結果に比べ最大速度の幅（上限、下限）の広い地震動シミュレーションデータを構築することができた。

(d) 結論ならびに今後の課題

防災科学技術研究所でこれまで実施してきた長周期地震動ハザード評価や、津波ハザード評価の知見を活用し、最大クラスの地震を含む強震動計算用震源断層モデルを作成し、南海トラフ地震を対象とした震源断層モデル群を拡充した。新たに構築した計算モデルを用いて、波動場平滑化スキームを実装した 3 次元差分法により計算した長継続時間の長周期地震動と、統計的グリーン関数法により計算した短周期地震動をハイブリッド合成することにより面的に広帯域強震動を作成した。令和 3 年度から継続した課題として震源から遠方での特に短周期地震動の過小評価の可能性が挙げられる。令和 4 年度は、長継続時間・広帯域強震動シミュレーションデータの拡充を優先して検討を進めたが、上記課題に関しては次年度以降対応を進める予定である。

(e) 引用文献

- 1) Imai, R., K. Takamuku, and H. Fujiwara: A modified wave equation with diffusion effects and its application as a smoothing scheme for seismic wave propagation simulations, *Int. J. Comp. Math.*, 96, 935-949, 2018, doi:10.1080/00207160.2018.1463440.

- 2) 青井真、早川俊彦、藤原広行：地震動シミュレータ：GMS、物理探査、Vol. 57、651-666、2004.
- 3) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：南海トラフ沿いで発生する大地震の確率論的津波評価、2020、  
[https://www.jishin.go.jp/main/chousa/20jan\\_tsunami/nankai\\_tsunami.pdf](https://www.jishin.go.jp/main/chousa/20jan_tsunami/nankai_tsunami.pdf) 最終閲覧日 2023年4月4日).
- 4) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：南海トラフの地震活動の長期評価（第二版）、2013、[https://www.jishin.go.jp/main/chousa/kaikou\\_pdf/nankai\\_2.pdf](https://www.jishin.go.jp/main/chousa/kaikou_pdf/nankai_2.pdf)（最終閲覧日 2023年4月4日）.
- 5) 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](https://www.jishin.go.jp/main/chousa/20_yosokuchizu/recipe.pdf) 最終閲覧日 2023年4月4日).
- 6) Kanamori, H., and D. Anderson: Theoretical basis of some empirical relations in seismology, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 65, 1073-1095, 1975.
- 7) Allmann, B. P., and P. M. Shearer : Global variations of stress drop for moderate to large earthquakes, *Journal of Geophysical Research*, 114, B01310, 2009, doi:10.1029/2008JB005821.
- 8) Murotani, S., H. Miyake, and K. Koketsu: Scaling of characterized slip models for plate-boundary earthquakes, *Earth Planet Space*, 60, 987-991, 2008, doi:10.1186/BF03352855.
- 9) 中村洋光、宮武隆：断層近傍強震動シミュレーションのための滑り速度時間関数の近似式、*地震* 2、53、1-9、2000.
- 10) Geller, R. J. : Scaling relations for earthquake source parameters and magnitudes, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 66, 1501-1523, 1976.
- 11) 関口春子、吉見雅行：広帯域地震動予測のための海溝型巨大地震アスペリティモデルのマルチスケール不均質化、*月間地球*、号外 55、103-109、2006.
- 12) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：長周期地震動評価 2016年試作版－相模トラフ巨大地震の検討－、2016、  
[https://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic\\_hazard\\_map/lpshm/16\\_choshuki/](https://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic_hazard_map/lpshm/16_choshuki/)（最終閲覧日 2023年4月4日）.
- 13) Iwaki, A., T. Maeda, N. Morikawa, S. Aoi, and H. Fujiwara: Kinematic source models for long-period ground motion simulations of megathrust earthquakes: validation against ground motion data for the 2003 Tokachi-oki earthquake, *Earth Planets and Space*, 1-19, 2016, doi:10.1186/s40623-016-0473-6.
- 14) Maeda, T., A. Iwaki, N. Morikawa, S. Aoi, and H. Fujiwara: Seismic Hazard Analysis of Long - Period Ground Motion of Megathrust Earthquakes in the Nankai Trough Based on 3D Finite - Difference Simulation, *Seismological Research Letters*, 1265-1273, 2016, doi:10.1785/0220160093.

15) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：全国地震動予測地図、2021、  
[https://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic\\_hazard\\_map/shm\\_report/](https://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic_hazard_map/shm_report/)（最終閲覧日 2023年4月4日）。

(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
南海トラフ巨大地震 による長継続時間地 震動のシミュレーシ ョン（ポスター）	前田宜浩 岩城麻子 青井真 中村洋光 藤原広行 関航佑 今井隆太	地球惑星科学連 合大会2022	2022.6	国内
Long-duration Ground Motion Simulation Using a Smoothing Scheme with a Diffusionized Wave Equation（口頭）	Takahiro Maeda Asako Iwaki Shin Aoi Hiromitsu Nakamura Hiroyuki Fujiwara	2022 Taiwan- Japan-New Zealand Seismic Hazard Assessment Meeting	2022.10	国外 （オン ライ ン）
南海トラフ巨大地震 の多様性を考慮した 長継続時間・広帯域 地震動シミュレーシ ョン（口頭）	前田宜浩 岩城麻子 青井真 中村洋光 藤原広行	日本地震工学会 第17回年次大 会	2022.12	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

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津波遡上シミュレーション

### (a) 業務の要約

本業務では、津波のハザード・リスク情報の創出を目的として、南海トラフ地震の多様性を表現するために構築された断層モデル群を用いた津波伝播遡上計算を実施する。令和4年度は、津波伝播遡上シミュレーションデータの拡充のため、瀬戸内海及び東京湾周辺地域を主な対象として、防災科学技術研究所が開発している津波シミュレータ（TNS: TsuNami Simulator）<sup>1)</sup>を用いて津波伝播遡上計算を実施した。計算結果は地震防災基盤シミュレータに格納可能な形式で整理するとともに、地震防災情報創成研究の他の課題へ情報共有した。

### (b) 業務の実施方法

瀬戸内海及び東京湾周辺地域を対象に、最新のデータを反映した最小 10m 計算格子の詳細地形モデルを構築した。藤原・他（2020）<sup>2)</sup>、地震調査委員会（2020）<sup>3)</sup>による南海トラフ沿いの津波ハザード評価に用いた最大クラスを含む 3480 通りの波源断層モデルを計算対象とし、課題2(d)やリスク評価等における利活用を目的として津波シミュレータ（TNS）<sup>1)</sup>を用いて津波伝播遡上計算を実施した。

### (c) 業務の成果

#### 1) 詳細地形モデルの構築

津波伝播遡上計算のための 10m メッシュ分解能地形データ、10m メッシュ分解能粗度データ、10m メッシュ分解能構造物ラインデータ、及び 10m メッシュ分解能陸判定データを構築した。対象地域は、藤原・他（2020）<sup>2)</sup>、地震調査委員会（2020）<sup>3)</sup>による南海トラフ沿いの津波ハザード評価の対象地域から令和3年度の検討で対象とした南海トラフ沿いの太平洋沿岸地域を除いた範囲のなかから、以下の条件をもとに選定した。

- ・ 人口集中地区などリスク評価への活用が見込まれる地域
- ・ 既往の最小 50m メッシュでの津波伝播遡上計算で常に津波浸水が生じる地域
- ・ 自治体の津波浸水ハザードマップにおいて広域での浸水が想定されている地域

粗度データについては、航空写真等を確認したうえで、国土交通省（2019）<sup>4)</sup>の粗度係数の設定例と整合するように構築した。陸判定データについては、潮位条件として、T.P. +0.0m に対応したデータを構築した。具体的には、内閣府や地方自治体が作成した 10m メッシュ分解能の地形データ、堤防データ等を基に、入手可能な最新の測量結果や航空写真等の情報を反映した地形モデルを構築した。最終的に 11 都県の計 38 個の 10m 格子領域に対して、地形標高データ・粗度係数データ・構造物ラインデータ（堤防データ）・海陸判定データ・汀線メッシュ評価点データを整備した。構築した各種データを図2-7-②-1に示す。

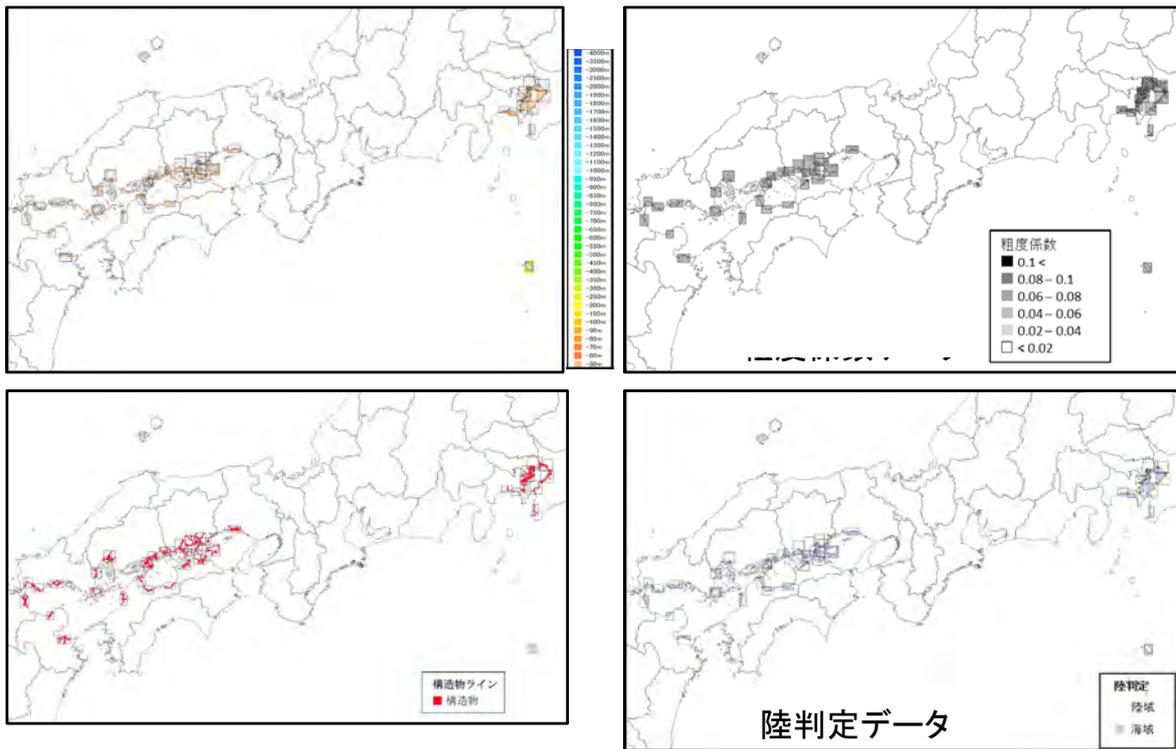


図 2-7-②-1 構築した 10m メッシュ分解能の計算モデル。上段左：地形標高データ、上段右：粗度係数データ、下段左：構造物ラインデータ、下段右：陸判定データ。

## 2) 波源断層モデル

藤原・他 (2020)<sup>2)</sup>、地震調査委員会 (2020)<sup>3)</sup> が設定した南海トラフ沿いで発生すると想定される最大クラスの地震を含む 3480 個の特性化波源断層モデル群を対象とした (図 2-7-②-2)。

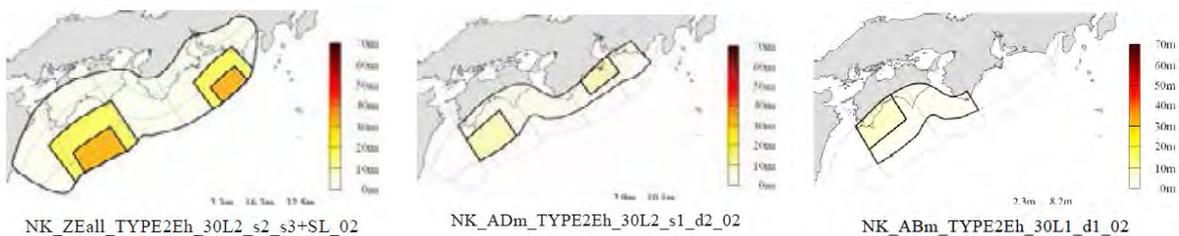


図 2-7-②-2 波源断層モデルの一例 (藤原・他 (2020)<sup>2)</sup> より抜粋)。図中の凡例はすべり量を示す。左：最大クラス地震、中央：既往最大クラス地震、右：南海地震に対応する巨視的断層モデルを有する波源断層モデル。各波源断層モデルは背景領域と大すべり域、及び超大すべり域から構成される。

### 3) 津波伝播遡上計算

構築した詳細地形モデル、波源断層モデル群を用いて津波シミュレータ（TNS）による津波伝播遡上計算を実施した。計算条件を表2-7-②-1にまとめた。計算結果は地震防災基盤シミュレータに格納可能なフォーマットに変換するとともに、地震防災情報創成研究の他の課題へ情報共有した。

図2-7-②-3に令和3年度と令和4年度の計算対象領域を示す。これまでに、計155個の10m格子領域（格子点としては約4億個）に対する3480個の波源断層モデルの計算結果が蓄積された。また同図には、全波源断層モデルに対する各10m格子領域内の最大浸水深を示しており、太平洋に面した地域では10mを超える浸水深が広く分布しており、瀬戸内海や東京湾周辺でも5mを超える結果が得られている。さらに、高知県と静岡県の2地点に対して作成した、全波源断層モデルに対する最大浸水深のヒストグラムからは、これらの地点では10mを超える最大浸水深となるケースがある一方で、大半のケースでは浸水が生じないことが見て取れる。これは将来起こる津波には大きな不確実性があることを示しており、津波リスクの理解に資するデータが構築されたと考えられる。

表2-7-②-1 試計算の計算方法・条件

項目	計算方法・条件
方程式	非線形長波理論
計算時間間隔	C.F.L (Courant-Friedrichs-Lewy) 条件を満たすように設定
計算格子間隔	2430m <sup>*</sup> 、810m、270m、90m、30m、10m (海岸域はすべて10m、各領域を1:3でネスティング)
計算時間	岡山県の1領域のみ15時間、その他は12時間
境界条件	陸側：陸域へ遡上 海側：吸収境界
施設	各種施設（堤防・水門など）を考慮 (地震動や津波の越流によって破堤・倒壊しないと仮定)
初期水位	Okada (1992) <sup>5)</sup> により計算される海底変動量に、水平方向成分の寄与 (Tanioka and Satake, 1996) <sup>6)</sup> を考慮し、梶原フィルター (Kajiura, 1963) <sup>7)</sup> を適用
動的破壊特性	ライズタイム：考慮しない 破壊伝播過程：考慮しない
潮位条件	T.P. ± 0 m
打ち切り水深	10 <sup>-5</sup> m
粗度係数	30m格子、10m格子は土地利用条件に応じて設定 2430m格子、810m格子、270m格子、90m格子は一律に0.025 (m <sup>-1/3</sup> s)

※東京湾地域では2430m格子領域は設定していない

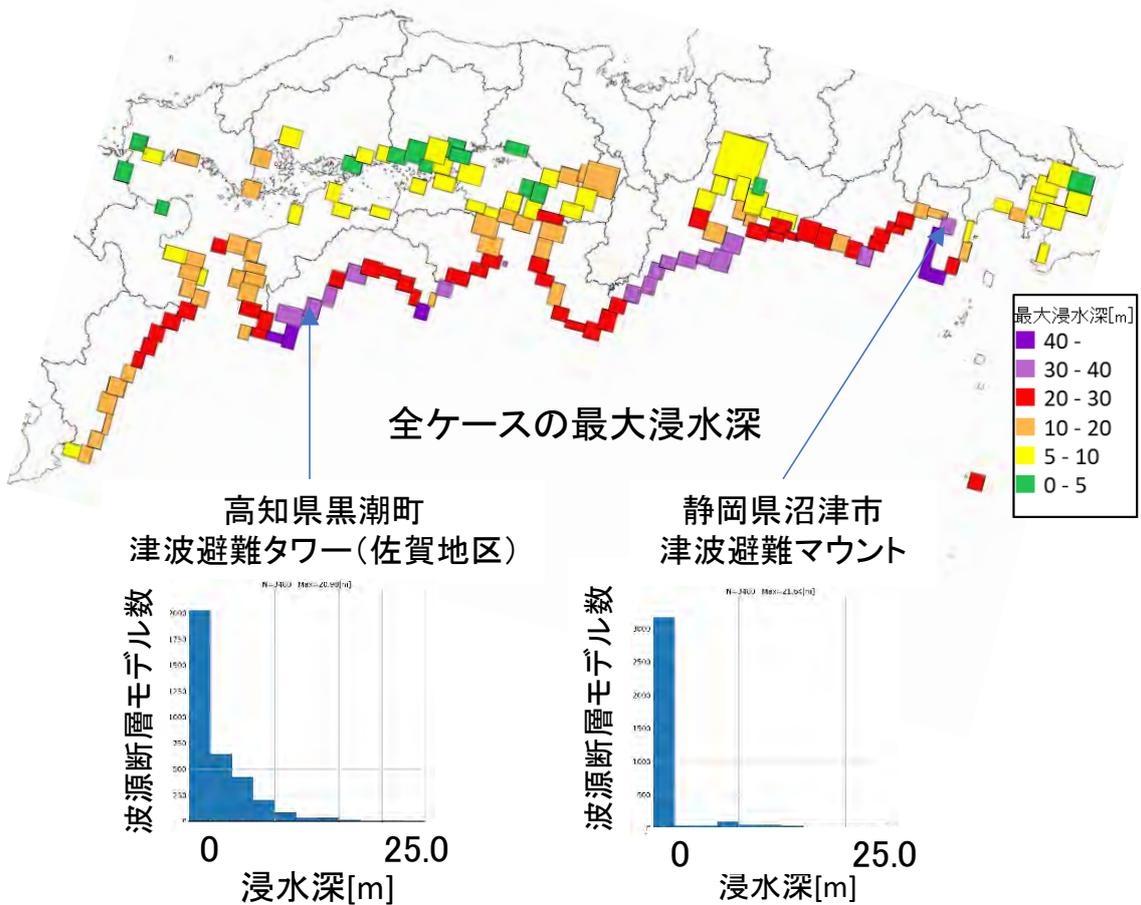
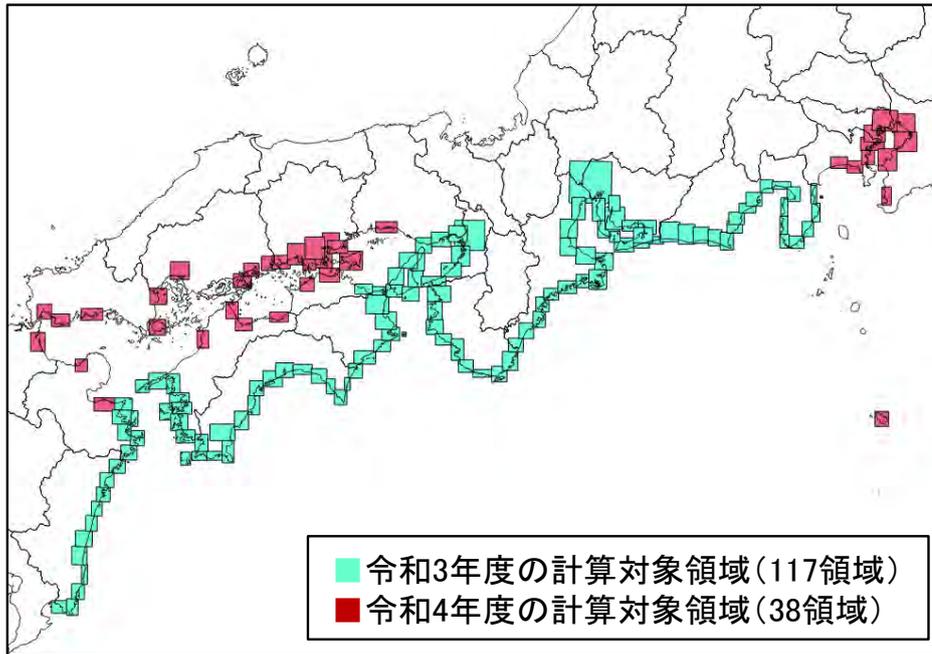


図2-7-②-3 上段：令和3年度、4年度における津波伝播遡上計算対象領域。中段：各10m格子領域における3480個の波源断層モデルに対する最大浸水深。下段：2地点における3480個の波源断層モデルに対する最大浸水深のヒストグラム。

(d) 結論ならびに今後の課題

瀬戸内海や東京湾周辺地域を対象として、内閣府や地方自治体のデータを収集し、11都県の38個の10m格子領域を対象として、地形標高データ等を整備し、藤原・他(2020)<sup>2)</sup>、地震調査委員会(2020)<sup>3)</sup>を基に設定された3480個の波源断層モデルに対する津波伝播遡上計算を実施した。多様な断層モデル群に対する計算を行ったことで、浸水深分布の多様性を示すことができた。

令和3年度、令和4年度の検討により蓄積された膨大なシミュレーションデータの活用策について検討するとともに、沿岸施設の破壊の考慮や異なる潮位条件での浸水評価を行うことが課題として挙げられる。

(e) 引用文献

- 1) 三好崇之、鈴木亘、近貞直孝、青井真、赤木翔、早川俊彦：津波シミュレータ TNS の開発、防災科学技術研究所研究資料、427、2019.
- 2) 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、澁木智之、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－第一部 本編－、防災科学技術研究所研究資料、439、2020.
- 3) 地震調査委員会：南海トラフ沿いで発生する大地震の確率論的津波評価、2020、[https://www.jishin.go.jp/evaluation/tsunami\\_evaluation/#nankai\\_t](https://www.jishin.go.jp/evaluation/tsunami_evaluation/#nankai_t) (最終閲覧日 2023年4月4日) .
- 4) 国土交通省：津波浸水想定の設定の手引き Ver2.10、2019、[https://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guideline/kaigan/tsunamishinsui\\_manual1.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kaigan/tsunamishinsui_manual1.pdf) (最終閲覧日 2023年4月4日) .
- 5) Okada, Y.: Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space, Bulletin of the Seismological Society of America, 82, 1018-1040, 1992.
- 6) Tanioka, Y. and K. Satake: Tsunami generation by horizontal displacement of ocean bottom, Geophysical Research Letters, 23, 861-864, 1996.
- 7) Kajiura K.: The Leading Waves of a Tsunami, Bulletin of the Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 41, 535-571, 1963.

(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  
なし

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
南海トラフ巨大地震の発生の多様性を考慮した津波遡上計算とその利活用に向けて－概要と利活用事例の紹介－	土肥裕史 中村洋光 藤原広行 前田宜浩 矢守克也 杉山高志	月刊地球	2022. 5	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

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

③地震発生の多様性を考慮したリスク評価

(a) 業務の要約

令和3年度に実施された海岸構造物を考慮した空間分解能 10m の津波ハザード評価結果に基づいて建物及び人的被害リスク評価を更新するとともに、住民避難・経済活動維持・大都市機能維持を目的とした地震像の類型化に用いる特徴量を算出した。そのうえで、南海トラフ沿いで発生するプレート境界型地震（以下、南海トラフ地震と称する）の多様性を構成する 3480 地震を対象とした地震像の類型化を類型化するとともに、類型毎の代表地震を抽出した。更に、複数回の地震から構成される地震パターンの類型化手法を検討するとともに、代表地震を対象とした広域災害シナリオを試作した。また、南海トラフ地震による被害の全容を把握するために、主に山間部で発生する地すべりによる曝露建物棟数及び曝露人口と、資本ストック・データを用いた直接被害額を試算した。

(b) 業務の実施方法

半割れケース及び一部割れケース発生後の曝露データやリスク評価は、事前避難による影響を考慮するために曝露人口モデルの構築及び人的被害リスク評価を対象とした。まず、半割れケース発生後の曝露人口は新型コロナウイルス感染症に係る自粛要請に伴う行動変容を参考として事前避難率を設定したうえで、津波ハザード評価結果を活用して設定した事前避難が必要となる地域内の人口に上記の事前避難率を乗じて作成した。次に、半割れケース及び一部割れケース（以下、先発地震）が発生した後に、先発地震の「割れのこり」を震源域とする後発地震が発生する地震パターンを想定して、地震と

津波による人的被害を、事前避難有り・無しそれぞれについて試算した。なお、地震パターン等の南海トラフ沿いで発生する地震の多様性<sup>1),2)</sup>を踏まえた表現形式については、令和4年度以前と同様に表2-7-③-1の定義を用いた。

表2-7-③-1 南海トラフ地震の多様性を表現する用語の一覧

用語	定義
地震	南海トラフ沿いで発生するM8クラス以上のプレート間地震等。
震源域	地震の震源となる断層の位置・大きさ・形状のみが指定されたもの。
震源断層モデル	震源域にすべり分布や破壊開始点等を指定したもの（地震動計算に用いる）。
波源断層モデル	震源域にすべり分布を指定したもの（津波伝播遡上計算に用いる）。
震源域セット	地震活動1サイクル中に出現する1つ以上の震源域の組み合わせ。（地震の発生順序や発生間隔は考慮しない）
地震セット	地震活動1サイクル中に出現する1つ以上の波源断層モデルの組み合わせ、あるいは震源断層モデルの組み合わせ。（地震の発生順序や発生間隔は考慮しない）
震源域パターン	地震の発生順序や発生間隔を考慮した、地震活動1サイクル中に出現する1つ以上の震源域の組み合わせ。
地震パターン	地震の発生順序や発生間隔を考慮した、地震活動1サイクル中に出現する1つ以上の波源断層モデルの組み合わせ、あるいは震源断層モデルの組み合わせ。

住民避難・経済活動維持・大都市機能維持を目的とした地震像の類型化に用いる特徴量の算出にあたっては、メッシュ単位で提供されるハザード情報に基づくとともに、南海トラフ地震の多様性を構成する藤原ほか(2020)<sup>1)</sup>による3480地震による全国の特徴量を算出することから比較的簡便な手法により算出した。そのうえで、上記の特徴量を可視化技術により事前削減したうえで教師なし分類のアルゴリズムを用いた類型化の試行を行って検討した。分類の数は複数の次元削減結果や分類アルゴリズムに基づいたそれぞれの分類結果に基づいて、安定した分類が行われる分類数を採用した。上記の類型化結果から類型を代表する地震（以下、代表地震）を抽出する方法として影響の大きさと発生しやすさの両方に基づいた代表指標値を定義し、上記の代表指標値に基づいて目的毎の代表地震を抽出するとともに、一部の代表地震を対象として類型化に用いた特徴量やリスク評価結果を整理した広域災害シナリオを作成した。

地すべりを対象としたリスク試算に当たっては、防災科学技術研究所による地すべり地形分布図<sup>3)</sup>を活用したうえで、森脇(2011)<sup>4)</sup>の手法を平成16年新潟県中越地震の被害実績<sup>5)</sup>に合うように調整したうえで、南海トラフ地震が発生した場合の地すべりによる曝露建物棟数及び曝露人口を算出した。

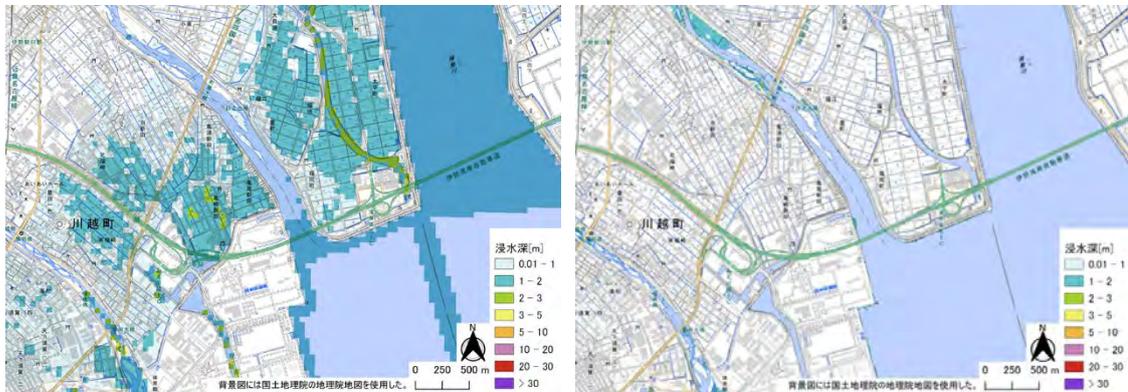
直接被害額は、昨年度に試算した3震源域に、既往最大に相当する震源域や昨年度の類型化の試行を踏まえて抽出した7震源域を加えた合計10震源域を対象に、資本ストック・データを用いて試算した。

### (c) 業務の成果

#### 1) 海岸構造物を考慮したハザードに基づく条件付きリスク評価

令和3年度に実施された堤防等の海岸構造物を考慮した空間分解能10mの津波伝

搬上計算結果に基づいた。これは、海岸構造物を考慮した場合には主に海拔ゼロメートル地帯において浸水範囲が大きく異なる（図2-7-③-1）ためである。津波伝搬搬上計算の主な計算条件を比較すると表2-7-③-2のようにまとめられる。



（左：更新前、右：更新後）

図2-7-③-1 津波浸水深の比較（例）

表2-7-③-2 津波伝搬搬上計算の計算条件の比較

項目	更新前	更新後
空間分解能	50m	10m
海岸構造物	なし	あり

なお、曝露データは4分の1地域メッシュを東西及び南北にそれぞれ5分割したメッシュ（以下、約50mメッシュ）単位で作成していることから、ハザードと曝露の空間分解能を統一させるためにリスク評価にあたっては約50mメッシュ内の津波ハザードの平均値を用いた。

a) 建物被害リスク評価結果

海岸構造物を考慮した津波ハザードに基づく建物被害リスク評価結果として、全3480波源断層モデルに基づく全国の全壊棟数のヒストグラムを図2-7-③-2に示した。このヒストグラムを見ると最大値は約29万棟であるものの、平均値や中央値は最大値よりも1桁小さな値であり、全壊棟数が10万棟を超える波源断層モデルは少ないことがわかる。また、更新前後の全壊棟数を比較した散布図（図2-7-③-3）をみると、海岸構造物を考慮した更新後の津波ハザードによる全壊棟数は更新前の概ね半分程度以下である。

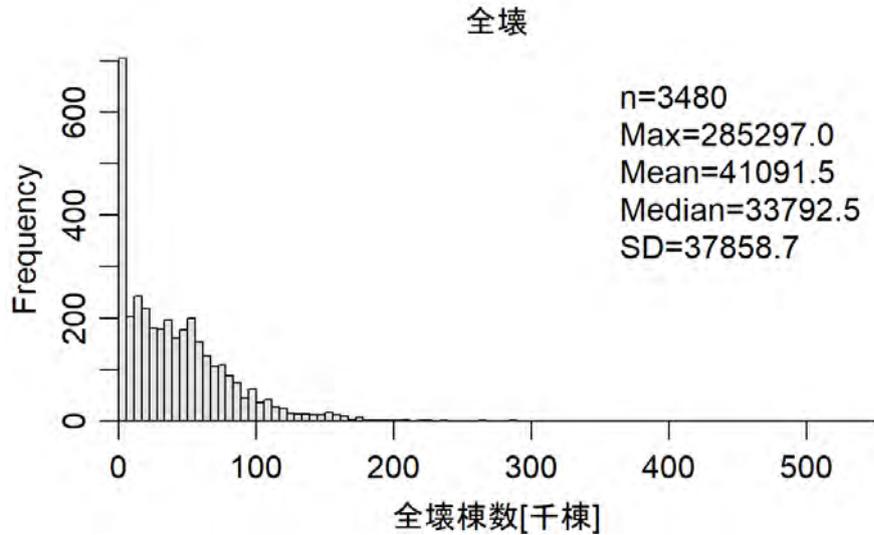


図 2-7-③-2 建物全壊棟数のヒストグラム

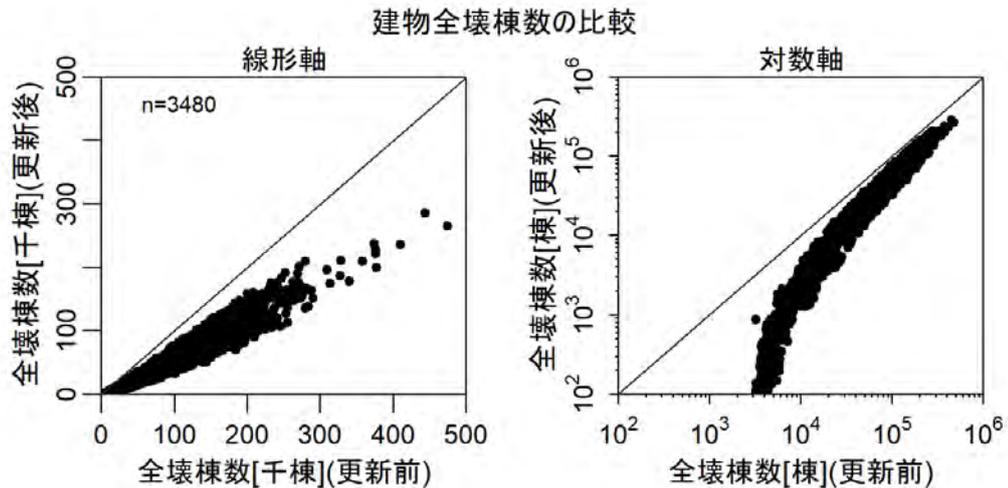
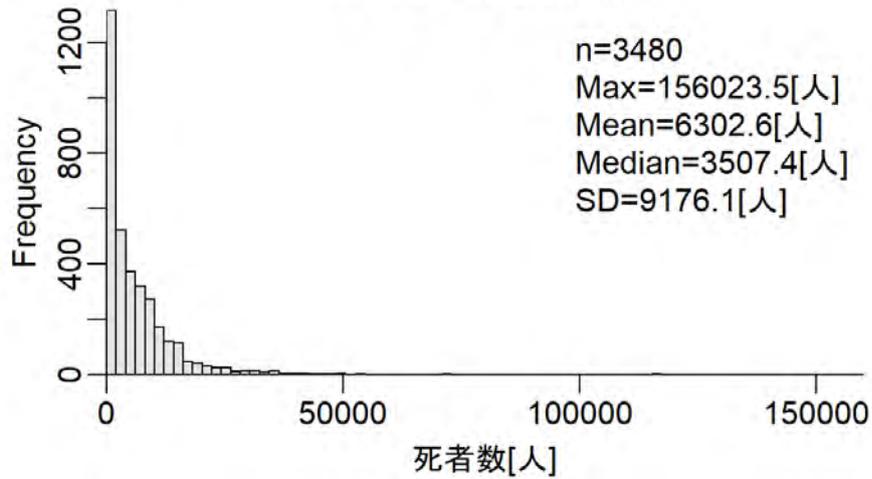


図 2-7-③-3 ハザードの更新前後での全壊棟数の比較

b) 人的被害リスク評価結果

海岸構造物を考慮した津波ハザードに基づく人的被害リスクを、夜間人口に相当する 5 時及び昼間人口に相当する 12 時の人口分布に基づいて評価し、その結果として全国の死者数のヒストグラムを図 2-7-③-4 に示した。このヒストグラムを見ると前述の建物全壊棟数と類似した分布となっており、最大値は 5 時で約 16 万人、12 時で約 14 万人であったものの、平均値や中央値は最大値よりも 1 桁小さな値であった。また、5 時の人口分布を対象に更新前後の死者数を比較した散布図 (図 2-7-③-5) をみると、海岸構造物を考慮した更新後の津波ハザードによる死者数は更新前の概ね半分程度以下である。

津波による死者数(5時)



津波による死者数(12時)

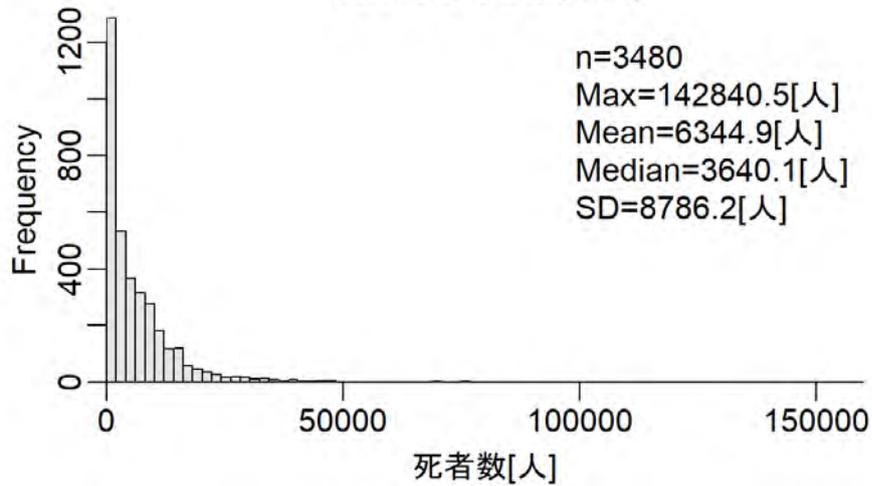


図 2-7-③-4 死者数のヒストグラム

死者数の比較(5時の人口分布)

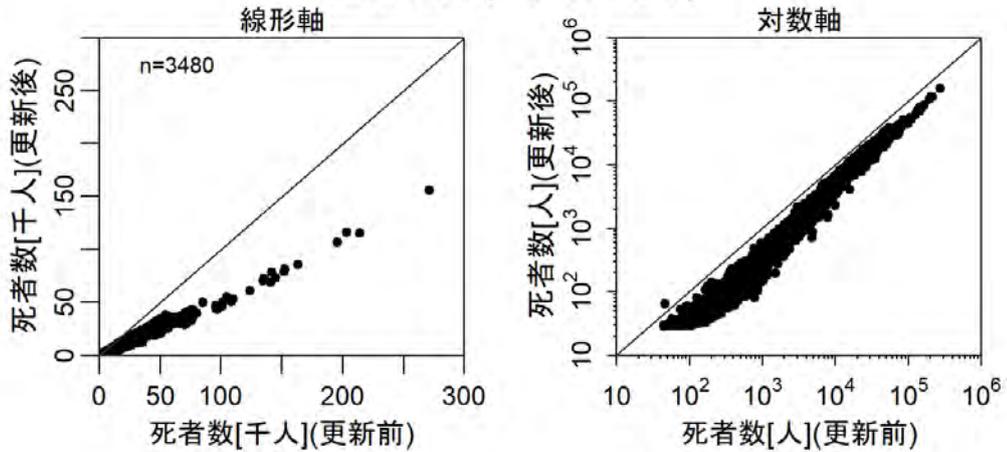


図 2-7-③-5 ハザードの更新前後での死者数の比較

c) 異常な現象が観測された場合における事前避難を考慮した人的被害リスクの試算

南海トラフ沿いで異常な現象が観測された場合における事前避難を考慮した人的被害リスクを試算した。リスク評価の対象とした地震パターンは表 2-7-③-3 の 3 パターンである。なお、いずれもの地震パターンでも先発地震の規模はM 8 以上であることから、先発地震発生後には巨大地震警戒の南海トラフ地震臨時情報<sup>6)</sup>が発表され、事前避難が呼びかけなどの防災対応<sup>7)</sup>がとられるものとした。

表 2-7-③-3 対象とした地震パターン

略称	1 回目の地震(先発地震)	2 回目の地震(後発地震)
西側先行半割れ	震源域:ABm、Mw:8.6	震源域:CEm、Mw:8.4
東側先行半割れ	震源域:CEm、Mw:8.4	震源域:ABm、Mw:8.6
一部割れ先行	震源域:Am、Mw:8.4	震源域:BEm、Mw:8.6

i) 事前避難を考慮した曝露人口モデルの構築

事前避難を考慮した曝露人口モデルは令和 3 年度の成果を踏まえて、海岸構造物を考慮した津波ハザード評価結果を活用して構築した。具体的には海岸構造物を考慮した津波ハザード情報に基づいて先発地震による津波の浸水域では全員が避難済みと仮定した後に、南海トラフ地震津波避難対策特別強化地域のうち後発地震による津波浸水深が 30cm 以上に 30 分以内に到達する範囲では全人口が、30 分以上の範囲では 65 歳以上の人口がそれぞれ避難対象とした。そのうえで避難対象のうち 70% が先発地震から 1 週間は避難を継続し、その後は年齢や経過時間に応じて帰宅すると仮定した(図 2-7-③-6)。なお、事前避難については仮定が多いことから前述の設定を基本ケースとしたうえで、事前避難率が上下に変動した場合として高避難率ケース及び低避難率ケースも設定した(表 2-7-③-4)。また、地震の発生間隔は 4 日及び 20 日を仮定した。

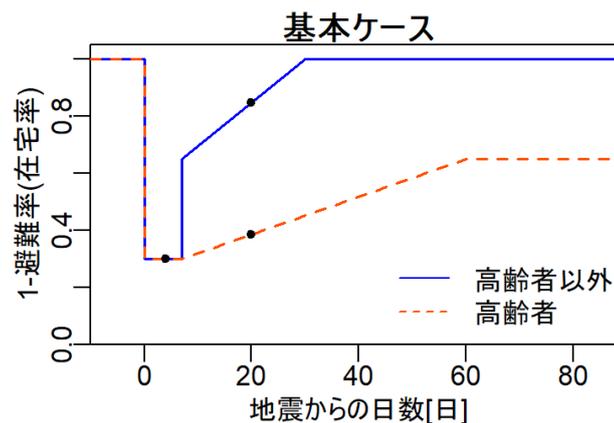


図 2-7-③-6 設定した事前避難率(避難率基本ケース)

表 2-7-③-4 ケース別の事前避難率

ケース	事前避難率
基本ケース	70%
低避難ケース	50%
高避難ケース	90%

ii) 事前避難を考慮した人的被害リスクの試算

前項で作成した事前避難を考慮した曝露人口モデルを用いて事前避難を考慮した地震パターン全体の人的被害リスクを試算した。本試算は2回の地震から構成される地震パターン全体の人的被害リスクを試算する。ここで、構成地震それぞれのペリル（地震動及び津波）を単純に加算すると死者数を多重集計することになるため、令和3年度と同様にそれぞれのペリルにおいて少なくとも1回死亡する確率を死者率として評価し、曝露人口を乗ずることにより死者数を評価した(図2-7-③-7)。

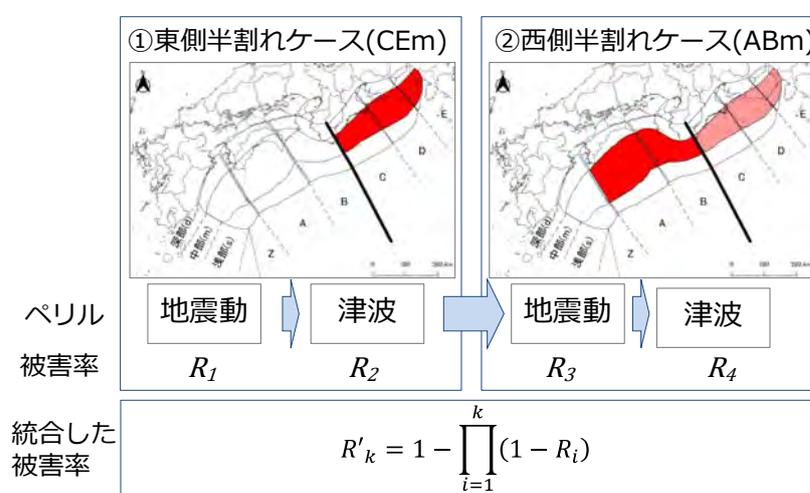


図 2-7-③-7 対象とした半割れケースとリスクの統合方法

上記による人的被害リスクの試算結果は表2-7-③-5に示したとおりである。地震動と津波の死者を比較すると地震動の死者の方が大きくなっている。これは、対象とした地震パターンを構成する地震がいずれもM8クラスであることから津波による被害が限定的となったと考えられる。また、事前避難による人的被害の軽減率をみると、一部割れ先行の地震パターンで最大約25%、西側先行半割れで最大約16%であったのに対して、東側先行半割れでは最大でも約6%に留まった。これは、東側先行半割れでの後発地震の震源域が四国沖（震源域ABm）であり曝露量が集中する地域からやや離れていることや、震源が海岸線からやや離れているために地震発生後での避難でも避難完了出来る人口が多いためと考えられる。なお、東側先行半割れと西側先行半割れの構成地震は同一であり相違は発生順序のみであるため、事前避難を考慮しない場合の死者数は同一である。一方で、事前避難を考慮した場合にはハザードと曝露量の関係により変化が生じている。このように、震源と曝露量の分布の位置関係により、地震の発生順序によって事前避難の効果は大きく異なることが明らかになった。

表 2-7-③-5 人的被害リスクの試算結果

時間帯	地震パターン	事前避難			人的被害 軽減率 [%]	合計	死者数[人]			
		想定 後発地震	経過日数	避難率			先発地震		後発地震	
							地震	津波	地震	津波
5時 (夜間)	西側先行半割れ (ABm→CEm)	全地震	-	事前避難無し	-	12,872	2,156	447	9,344	925
			4日後	低避難率	8.8%	11,736	2,156	447	8,860	273
				基本	11.0%	11,460	2,156	447	8,693	164
				高避難率	13.1%	11,184	2,156	447	8,525	56
			20日後	低避難率	7.1%	11,955	2,156	447	8,953	399
				基本	8.6%	11,767	2,156	447	8,823	341
	高避難率	10.1%		11,578	2,156	447	8,692	283		
	東側先行半割れ (CEm→ABm)	全地震	-	事前避難無し	-	12,872	9,344	929	2,156	443
			4日後	低避難率	3.1%	12,477	9,344	929	1,988	215
				基本	4.0%	12,358	9,344	929	1,936	149
				高避難率	4.9%	12,240	9,344	929	1,883	84
			20日後	低避難率	2.3%	12,573	9,344	929	2,012	288
				基本	2.9%	12,493	9,344	929	1,969	252
	高避難率	3.6%		12,413	9,344	929	1,925	215		
	一部割れ先行 (Am→BEm)	全地震	-	事前避難無し	-	13,898	1,127	175	10,544	2,051
4日後			低避難率	12.2%	12,200	1,127	175	10,007	891	
			基本	16.1%	11,661	1,127	175	9,819	540	
			高避難率	20.0%	11,121	1,127	175	9,630	189	
20日後			低避難率	8.7%	12,695	1,127	175	10,110	1,283	
			基本	11.1%	12,356	1,127	175	9,963	1,091	
	高避難率	13.6%	12,014	1,127	175	9,815	896			
12時 (昼間)	西側先行半割れ (ABm→CEm)	全地震	-	事前避難無し	-	9,332	1,659	461	6,300	912
			4日後	低避難率	10.9%	8,312	1,659	461	5,935	257
				基本	13.2%	8,100	1,659	461	5,824	155
				高避難率	15.5%	7,887	1,659	461	5,714	53
			20日後	低避難率	9.0%	8,489	1,659	461	5,994	375
				基本	10.5%	8,348	1,659	461	5,908	320
	高避難率	12.1%		8,206	1,659	461	5,820	265		
	東側先行半割れ (CEm→ABm)	全地震	-	事前避難無し	-	9,332	6,300	914	1,659	459
			4日後	低避難率	4.0%	8,963	6,300	914	1,518	231
				基本	5.1%	8,852	6,300	914	1,475	163
				高避難率	6.3%	8,742	6,300	914	1,433	95
			20日後	低避難率	3.0%	9,056	6,300	914	1,537	305
				基本	3.7%	8,983	6,300	914	1,502	267
	高避難率	4.5%		8,909	6,300	914	1,468	228		
	一部割れ先行 (Am→BEm)	全地震	-	事前避難無し	-	10,325	908	155	7,174	2,088
4日後			低避難率	15.5%	8,726	908	155	6,765	897	
			基本	20.1%	8,246	908	155	6,637	545	
			高避難率	24.8%	7,766	908	155	6,510	193	
20日後			低避難率	11.0%	9,186	908	155	6,832	1,290	
			基本	13.9%	8,891	908	155	6,732	1,095	
	高避難率	16.8%	8,594	908	155	6,631	899			

2) 地震像の類型化手法の高度化

a) 地震像の類型化に用いる特徴量の算出

海岸構造物を考慮した津波ハザード情報及び距離減衰式に基づく地震動ハザード情報に基づいて、住民避難、産業活動維持及び大都市機能維持に係る特徴量（表 2-7-③-6）を算出した。算出にあたっては、南海トラフ地震の多様性を構成する 3480 地震<sup>1)</sup>を対象にメッシュ単位で提供されるハザードに基づいた特徴量の条件付き期待値を算出したうえで、市区町村単位で集計した。なお、避難困難者数以外の特徴量は地震発生からの経過時間により変動する値であることから、災害過程<sup>8)</sup>や過去に作成した災害シナリオ<sup>9)</sup>を踏まえて表 2-7-③-7 の 4 時点の特徴量を算出した。また、3480 地震による全国の特徴量を算出することから簡便な手法（表 2-7-③-8）により特徴量を算出した。

表 2-7-③-6 地震像の類型化の目的と特徴量の一覧

目的	特徴量	備考
住民避難	避難困難者数	地震発生から 5 分以内に避難を開始しても避難を完了出来ない人数(生存避難)。
	避難者数	建物被害やライフラインの途絶に起因する避難者数(生活避難)。
産業活動維持	機能停止率 (フローの被害)	地震前の生産能力を 1 とした場合からの生産機能の低下率。
大都市機能維持	鉄道運行停止率	運休時間の推定値に基づく運休延長÷全延長により算出。
	帰宅困難者数	市区町村外から鉄道を利用する通勤・通学者数に鉄道の運行停止率を乗じたもの。

表 2-7-③-7 特徴量を算出した時点

時点	災害過程	災害シナリオ
6 時間後	I (失見当)	被災直後
2 日後	II (被災地社会の成立)	~1 週間後
15 日後	III (災害ユートピア)	~1 ヶ月後
150 日後	IV (現実への帰還)	~2 年後

表 2-7-③-8 特徴量の算出手法概要

目的	特徴量	算出手法の出典
住民避難	避難困難者数	高橋ほか (2018) <sup>10)</sup>
	避難者数	中央防災会議 (2012) <sup>11)</sup>
産業活動維持	機能停止率	梶谷ほか (2013) <sup>12)</sup>
大都市機能維持	鉄道運行停止率	高浜・翠川 (2011) <sup>13)</sup>
	帰宅困難者数	国勢調査による通勤・通学者数に鉄道の運行停止率を乗じた

特徴量の算出結果として、避難困難者数の全国集計値のヒストグラムを図 2-7-③-8 に、地震から 6 時間後における市区町村別の帰宅困難者数の分布図を図 2-7-③-9 にそれぞれ例示した。

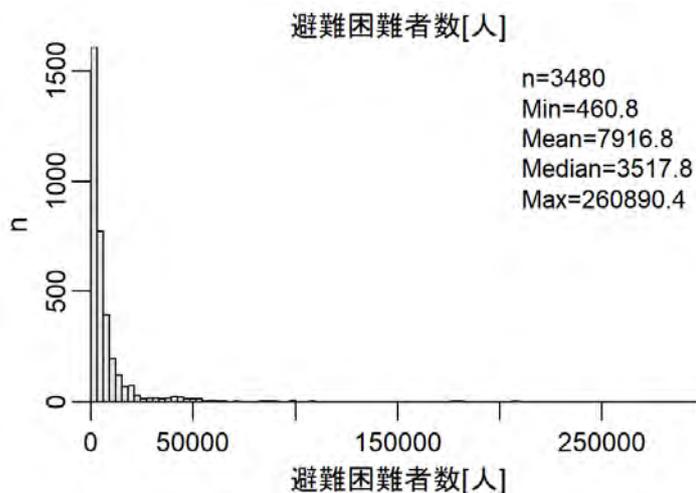


図 2-7-③-8 特徴量のヒストグラム (例：避難困難者数)

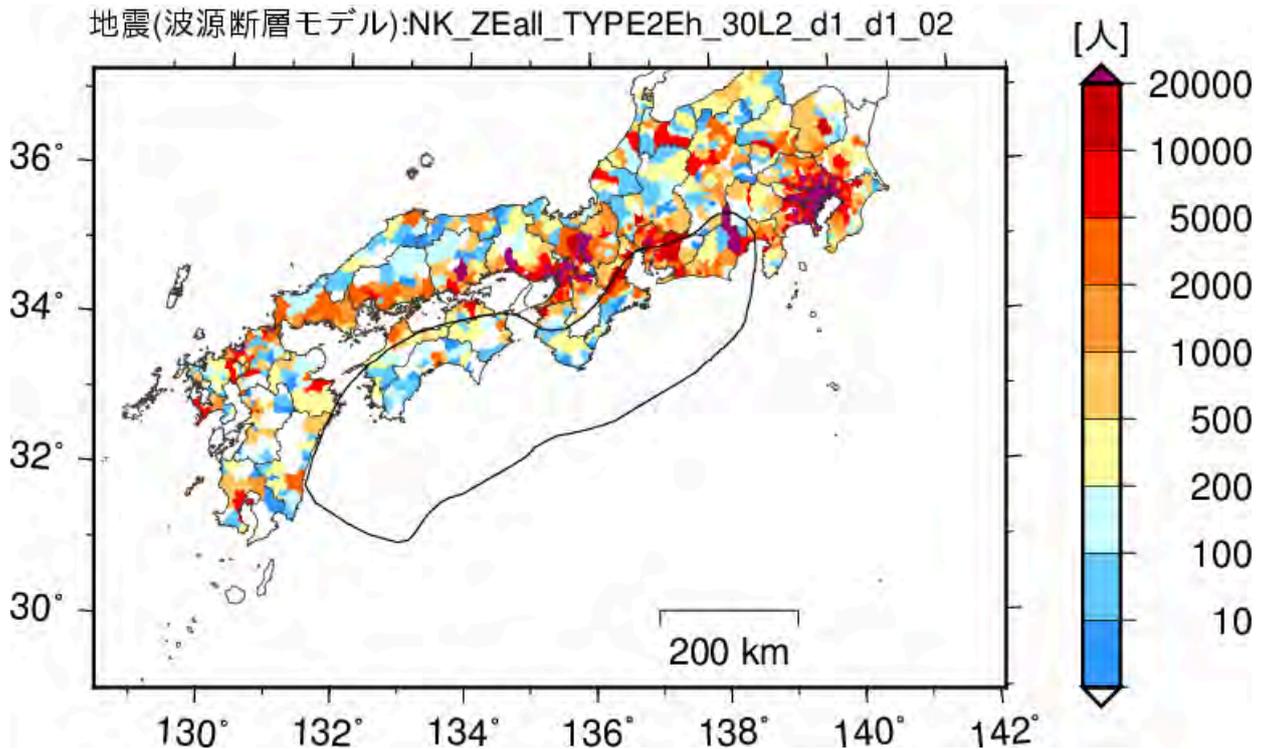


図 2-7-③-9 市区町村別の特徴量 (例: 帰宅困難者数・6 時間後)

b) 単一の地震を対象とした地震像の類型化

前項で算出した被害の様相を表す特徴量に基づいて、令和 3 年度に検討した手法に基づいて地震像を類型化した。類型化にあたっては、市区町村単位に集計した多次元の特徴量 (表 2-7-③-9) を可視化技術 (UMAP) により 2 次元及び 3 次元に削減した後に、階層クラスタリング及び K-means により分類した。ここで、特徴量は一定以上の影響が生ずる市区町村のみを対象とした。なお、特徴量は前述の 4 時点 (表 2-7-③-7) を対象としたが、地震から 120 日後の鉄道運休率はゼロとなったため、大都市機能維持に係る特徴量は 120 日を除いた 3 時点のみを対象とした。

表 2-7-③-9 特徴量の次元数

目的	特徴量	次元数	備考
住民避難	避難困難者数	132	避難困難者が 1 人以上の市区町村数
	避難者数	5,404	1,351 市区町村×4 時点
産業活動維持	機能停止率	5,424	1,356 市区町村×4 時点
大都市機能維持	鉄道運行停止率	3,348	1,116 市区町村×3 時点
	帰宅困難者数	3,309	1,103 市区町村×3 時点

分類の数は、次元削減結果や分類器 (表 2-7-③-10) が変化しても分類結果が安定する分類数を採用した。これは、階層クラスタリングによる樹形図からは明確な分類数を見いだすことが出来なかったためである。ここで、分類結果の比較には ARI 及び NMI の 2 つの指標 (表 2-7-③-11) を用いて、これらの指標が極大となる分類数を採用した。例えば産業活動維持を目的として機能停止率を特徴量とした類型化の場合には、指標 (図 2-7-③-10) が極大となる分類数 25 の類型化結果 (図

2-7-③-11) を採用した。このほかの目的及び特徴量の類型化結果として類型数を表 2-7-③-12 に示した。

表 2-7-③-10 比較対象とした類型化

項目	内容
次元数	2次元及び3次元(UMAPによる次元削減)
分類器	階層クラスタリング及びK-means

表 2-7-③-11 比較に用いた指標

指標	略称	備考
調整ランド指数	ARI	2つの分類結果が同一の場合1、ランダムな場合には0となる(負の値もあり得る)。
正規化相互情報量	NMI	2つの分類結果が同一の場合1、ランダムな場合には0となる(0以上1以下の値)。

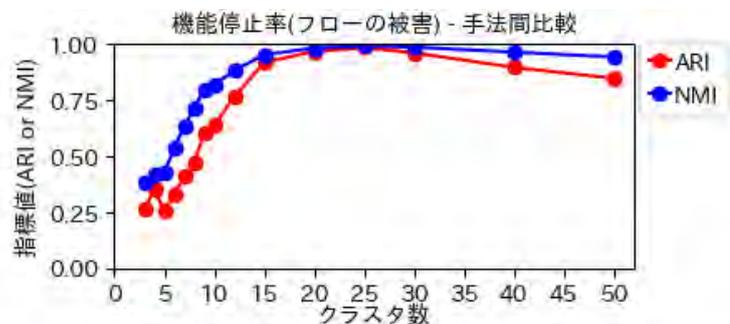


図 2-7-③-10 評価指標の例 (機能停止率)

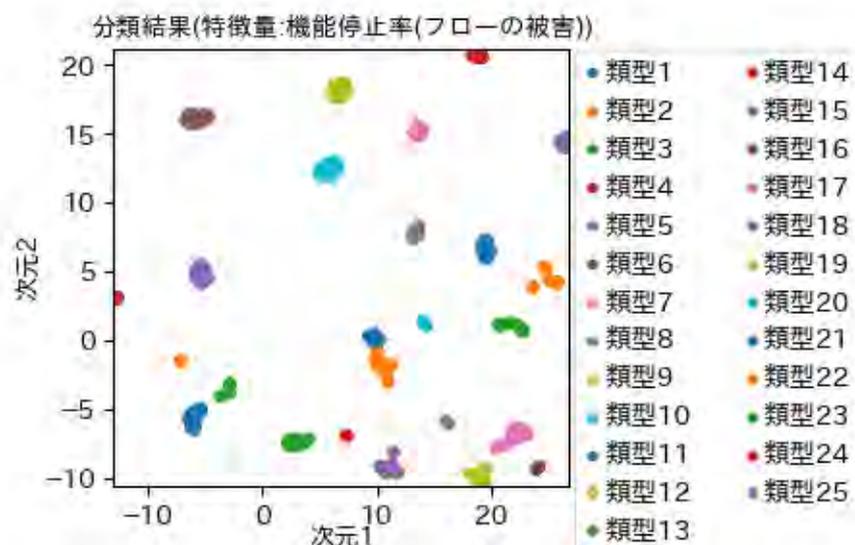


図 2-7-③-11 類型化の結果の例 (機能停止率)

表 2-7-③-12 目的及び特徴量の累計数

目的	特徴量	類型数
住民避難	避難困難者数	10
	避難者数	15
産業活動維持	機能停止率	25
大都市機能維持	鉄道運行停止率	30
	帰宅困難者数	30

c) 類型毎の代表地震の抽出

代表地震を抽出する際に着目する観点として、影響の大きさと発生しやすさの2つの観点が考えられる。例えば最悪のケースを想定するための被害想定を目的とした代表地震は、影響の大きさに着目して被害が大きくなりやすい地震を抽出すると考えられる。その一方で、影響の大きさのみに着目した場合には、極端に発生する可能性が低く現実性の乏しい地震を抽出する事となる。以上を踏まえて、影響の大きさと発生の可能性の両面を客観的に評価した指標値を下記のように定義した。そのうえで、それぞれの類型の中で指標値が最大の地震を代表地震として抽出する。

$$V_i = \sum_c [D_i^\alpha \times W_i^{(1-\alpha)}]$$

ここで、V:代表性を表す指標(以下、代表指標値と称する)、D:特徴量、W:地震(震源域・波源断層モデル)の重み、 $\alpha$ :パラメータ( $0 \leq \alpha \leq 1$ )、i:地震番号、c:地域(市区町村)番号とする。

上記の代表指標値を用いた代表地震の抽出結果の例として、機能停止率を特徴量とした場合の代表地震の抽出結果を表 2-7-③-13 に示した。

表 2-7-③-13 代表地震の抽出結果例(機能停止率、 $\alpha=0.5$ )

類型番号	代表地震(全国)	代表指標値	特徴量	順位	
				指標値	特徴量
1	NK_ACm_TYPE2Eh_30L2_m1_m1_02	1.04E-01	6.40%	22	16
2	NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_m1_02	1.86E+00	3.67%	1	21
3	NK_ABmd_TYPE2Eh_30L1_s3_02	7.48E-01	6.24%	6	17
4	NK_ZEa11_TYPE2Eh_30L2_s3_s4+SL_02	1.89E-01	19.75%	16	1
5	NK_ADmd_TYPE2Eh_30L2_s2_s1_02	2.42E-01	14.56%	14	6
6	NK_ZDm_TYPE2Eh_30L2_d1_m1_02	1.30E-01	10.19%	20	11
7	NK_AEmd_TYPE2Eh_30L2_s2_a1_02	2.26E-01	19.02%	15	2
8	NK_ZDa11_TYPE2Eh_30L2_xw_xe+SL_02	1.73E-01	15.27%	17	4
9	NK_ADm_TYPE2Eh_30L2_m1_m1_02	4.11E-01	9.81%	9	12
10	NK_ZEm_TYPE2Eh_30L2_d1_m1_02	1.04E-01	14.64%	23	5
11	NK_BEm_TYPE2Eh_30L1_s3m1_02	1.57E-01	13.64%	19	8
12	NK_BEmd_TYPE2Eh_30L2_s1_a1_02	1.09E-01	17.78%	21	3
13	NK_CEm_TYPE2Eh_30L1_m1_02	1.79E+00	12.35%	2	10
14	NK_BCmd_TYPE2Eh_30L2_s1_m1_02	8.53E-02	9.15%	24	13
15	NK_AEm_TYPE2Eh_30L2_s2_m1_02	3.32E-01	14.24%	11	7
16	NK_BDmd_TYPE2Eh_30L2_s1_s1_02	7.97E-02	13.33%	25	9
17	NK_CDm_TYPE2Eh_30L1_m1_02	1.54E+00	7.90%	3	14
18	NK_Cm_TYPE2Eh_30L1_m1_02	4.41E-01	2.68%	8	23
19	NK_Bmd_TYPE2Eh_30L1_s2_02	2.45E-01	5.04%	13	18
20	NK_Bm_TYPE2Eh_30L1_m3_02	4.75E-01	2.17%	7	24
21	NK_ABs_TYPE2Eh_30L1_a4_02	3.06E-01	0.51%	12	25
22	NK_Dm_TYPE2Eh_30L1_s2_02	7.68E-01	4.61%	5	19
23	NK_ZCm_TYPE2Eh_30L2_d1_m1_02	1.61E-01	6.78%	18	15
24	NK_ZBm_TYPE2Eh_30L1_d1_02	4.01E-01	4.03%	10	20
25	NK_Em_TYPE2Eh_30L1_s2_02	1.01E+00	3.62%	4	22

特徴量:地震から2日後の域内総生産の機能停止率[%]

d) 複数回の地震から構成される地震パターンの類型化手法の基礎検討

複数回の地震から構成される地震パターンの類型化手法の基礎検討として、地震セットの類型化手法を検討した。地震セットの類型化にあたっては、地震動及び津波による建物全壊棟数を特徴量としたうえで、全地震セット（916,669セット<sup>1)</sup>）を統合した市区町村単位の建物全壊棟数を特徴量として類型化した場合と、3480地震の建物全壊棟数に基づいた類型毎の代表地震のみで地震セットを構築する場合の2手法（表2-7-③-14）を試行した。上記の結果、前者の全地震セットの類型化を試みた場合に適切な次元削減が出来なかったこと一方で、後者では類型化により30の代表地震を抽出出来た。上記を踏まえて、後者により抽出した代表地震から30セットの地震セット（以下、代表地震セット）を構築した（表2-7-③-15）。以上の基礎検討の結果より、地震パターンの類型化にあたっては代表地震から代表地震セットを構築した後に、地震の順序や発生間隔を設定する事が望ましいと考えられる。

表2-7-③-14 複数回の地震から構成される地震セットの類型化の試行結果

試行	結果概要
全地震セットの類型化	適切な次元削減が行えなかった。
代表地震での地震セットの構築	30 類型に分けられ代表地震から 30 セットの地震セットが構築された。

表2-7-③-15 代表地震から構成した震源域セットの試作結果

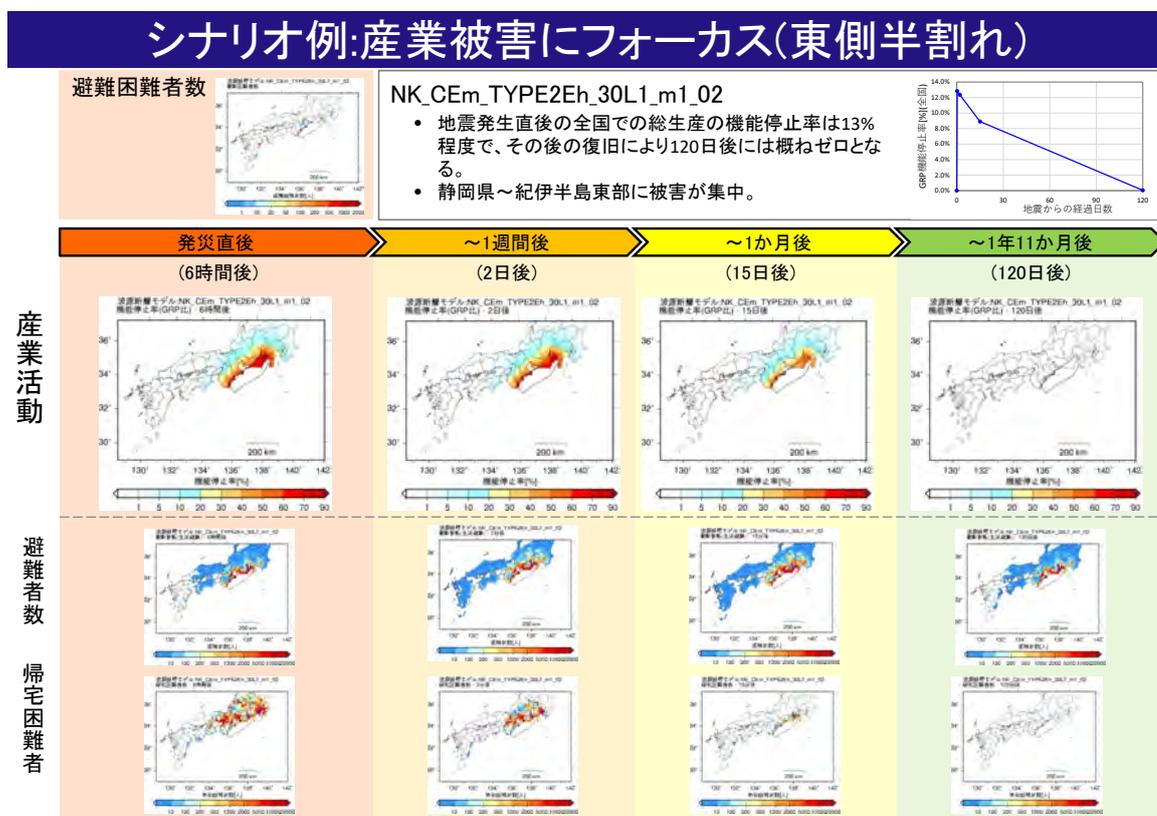
	深さ	推定破壊域						最大 Mw	重み (震源域セット)		深さ	推定破壊域						最大 Mw	重み (震源域セット)
		Z	A	B	C	D	E					Z	A	B	C	D	E		
1	浅部							8.7	6.77%	37	浅部							8.5	0.63%
	中部										中部								
	深部										深部								
3	浅部							8.5	20.32%	39	浅部							8.5	0.29%
	中部										中部								
	深部										深部								
4	浅部							8.5	0.29%	40	浅部							8.5	0.29%
	中部										中部								
	深部										深部								
9	浅部							8.7	6.77%	97	浅部							8.9	0.63%
	中部										中部								
	深部										深部								
11	浅部							8.5	20.32%	99	浅部							8.7	1.69%
	中部										中部								
	深部										深部								
12	浅部							8.5	0.29%	103	浅部							8.5	0.03%
	中部										中部								
	深部										深部								
25	浅部							8.8	0.63%	105	浅部							8.9	0.63%
	中部										中部								
	深部										深部								
27	浅部							8.6	0.29%	113	浅部							8.9	0.63%
	中部										中部								
	深部										深部								
28	浅部							8.6	0.29%	115	浅部							8.7	0.03%
	中部										中部								
	深部										深部								
29	浅部							8.5	0.29%	119	浅部							8.5	0.03%
	中部										中部								
	深部										深部								
31	浅部							8.5	0.29%	123	浅部							8.8	0.03%
	中部										中部								
	深部										深部								
32	浅部							8.5	0.29%	139	浅部							8.8	0.03%
	中部										中部								
	深部										深部								
33	浅部							8.8	0.63%	177	浅部							9.2	1.19%
	中部										中部								
	深部										深部								
35	浅部							8.6	0.29%	179	浅部							9.1	1.19%
	中部										中部								
	深部										深部								
36	浅部							8.6	0.29%										
	中部																		
	深部																		

### 3) 広域災害シナリオ作成手法に係る基礎検討

ここでは災害シナリオとは「地震による被害と、その様相の時系列的な変遷を定量的もしくは定性的に記述したもの」と定義する。上記の定義には四面会議システムを活用した定性的な様相を含めた災害シナリオ<sup>9)</sup>も含まれるが、本課題では四面会議システムのようなワークショップを行う際の出発点となるような定量的な指標及びその変遷をとりまとめた簡易的な災害シナリオの作成手法の基礎的な検討を行った。

災害シナリオに盛り込む定量的な指標として、地震像の類型化のために算出した特徴量を活用することとする。これらの特徴量は前述のとおり市区町村単位で集計した上で、災害過程等を踏まえた4時点の値を算出している。従って、これらの特徴量の時点毎の分布図やグラフ等を整理することにより、詳細な災害シナリオや災害対応を検討するワークショップ等で活用できる簡易的な災害シナリオとなると考えられる。

上記を踏まえて、経済活動維持を目的とした機能停止率の類型化による代表地震(表2-7-③-13)から抽出した東側先行半割れケースに該当する地震(NK\_CEm\_TYPE2Eh\_30L1\_m2\_02)の災害シナリオを試作して図2-7-③-12に示した。この災害シナリオでは産業活動(機能停止率)の推移のほか、避難者数や帰宅困難者数といった特徴量が分布図等により示されており、ワークショップ等での議論の出発点になると期待される。



影響の大きさと発生しやすさの両方の観点を示す代表指標値がシナリオ2に次いで大きいシナリオ。東側半割れケースに該当し、静岡県～紀伊半島東部にかけての地域の産業活動(域内総生産)が最大で75%程度低下すると推定されている。

図2-7-③-12 災害シナリオの作成結果例

#### 4) 複合災害としての地すべりリスクの試算

南海トラフ地震による被害の全容を把握する目的で、主に被害が山間部において発生する地すべりリスクを試算した。これは、地震動や津波による建物被害及び人的被害が曝露量の集中する平野部で発生するために、国土面積の多くを占める山間部の被害の様相を建物被害及び人的被害のみでは十分に把握出来ない可能性が考えられるためである。

試算対象とした地震は令和3年度に実施した地震像の類型化の成果を活用して抽出した10地震（表2-7-③-16）とした。

表2-7-③-16 地すべりリスクの試算対象とした地震

震源域	Mw	備考	震源域	Mw	備考
ZEa11	9.2	最大規模	CDm	8.3	半割れ(東)
AEm	8.8	既往最大相当	ZDa11	9.1	類型内の最大
ADm	8.7	既往最大相当	ZCsm	8.9	類型内の最大
CEm	8.4	半割れ(東)	ADa11	9.0	類型内の最大
ABm	8.6	半割れ(西)	CEmd	8.6	類型内の最大

##### a) 地すべりリスクの試算手法

地すべりリスクは森脇（2011）<sup>4)</sup>による限界加速度を新潟県中越地震での被害実績と整合するように調整した方法により算出した。限界加速度とは地すべり土塊が移動する加速度を示し、具体的には下記により算出した。

$$a_c = R_a \times 318 \times F.S - 294$$

$$F.S = 17.3 \times \theta^{-0.843}$$

ここで、 $a_c$ :限界加速度[gal]、 $R_a$ :限界加速度の調整率、F.S.:斜面の安全率、 $\theta$ :斜面勾配[degree]とする。なお、限界加速度の調整率は新潟県中越地震の被害実績<sup>5)</sup>に基づいて2.66とした。

次に、曝露量の推定手法について記載する。曝露量は地すべり地形分布図のGISデータ<sup>3)</sup>により特定した地すべり土塊の範囲と、森脇（1987）<sup>14)</sup>の式を用いて推定した地すべり土塊の移動距離の範囲内にある250mメッシュのうち土塊の重心よりも標高が低い250mメッシュの範囲（図2-7-③-13）を影響範囲とした。なお、メッシュの一部のみが影響範囲に含まれる場合には、250mメッシュの曝露量を面積で按分して影響範囲内の曝露量と算出した。



図2-7-③-13 地すべりの影響範囲の概念図

最後に、曝露量の算出にあたっては地震動のばらつきを考慮して限界加速度の超過確率に上記で取得した曝露量に乗じて求めた条件付き期待値を曝露量として集計した。なお、最大加速度及び条件付き期待値は藤原ほか(2015)<sup>15)</sup>及び森川ほか(2021)<sup>16)</sup>による距離減衰式を用いて評価した。

#### c) 地すべりリスクの試算結果

前項までの手法に基づいて地すべりリスクとして地すべりの影響範囲内の曝露量を算出して、その全国集計値を表2-7-③-17に示した。南海トラフ沿いの想定震源域全体が破壊する震源域ZEa11の建物曝露棟数は約10万棟であり、相当する震源を対象とした内閣府による被害想定<sup>11)</sup>における急傾斜地崩壊による全壊棟数(約4,600~6,500棟)を大きく上回る結果となった。これは、内閣府による被害想定が比較的小規模な表層崩壊を対象としているのに対して、本試算は深層崩壊を含んだ大規模な地すべりを対象としており異なる現象の被害を算出している可能性が考えられる。

表2-7-③-17 地すべりリスクの試算結果

震源域	建物曝露棟数[棟]	曝露人口[人]	
		5時	12時
ABm	35,118	18,285	15,833
ADa11	69,302	45,974	40,397
ADm	49,841	28,999	25,431
AEm	79,551	63,086	54,427
CDm	16,607	11,669	10,513
CEm	46,317	45,757	39,509
CEmd	53,248	51,244	44,373
ZCsm	38,669	21,139	18,419
ZDa11	70,237	46,775	41,187
ZEa11	100,854	81,560	70,947

#### 5) 直接被害額の試算

直接被害額の評価は、資本ストック・データを用いた類型化の特徴量として南海トラフ巨大地震の想定エリアにおける直接被害額の被害額について震源域を増やして試算を行った。対象とした震源域は前述の地すべりリスクの試算対象とした10地震(表2-7-③-16)で、令和3年度に試算した3震源域(ZEa11、ABm、CEm)を含む。また、そのために、令和3年度では実施した直接被害の試算を踏まえて、直接被害の評価フローを検討した。地震動指標から直接被害額を算出する推計モデルは、Toyoda et al. (2023)の推定モデル<sup>17)</sup>を用いる。この推計モデルは、市区町村レベルの物的ストック残高「ストック量」と観測された震度情報「最大震度」から直接被害額を過去の被害地震のデータを用いて構築したものである。南海トラフ沿いのハザード評価の結果と地震想定エリアのストック・データがあれば、都道府県単位の直接被害額(Y)の算出、さらに250mメッシュに按分できるようになる方法を用いた(図2-7-③-14)。なお、この方法には、昨年度の試算と同様に、地震の単独発生(図2-7-③-15)と地震の連続発生(図2-7-③-16)を考慮した。

**10モデルを用いた試算**

※南海トラフ巨大地震ハザード評価の成果を活用

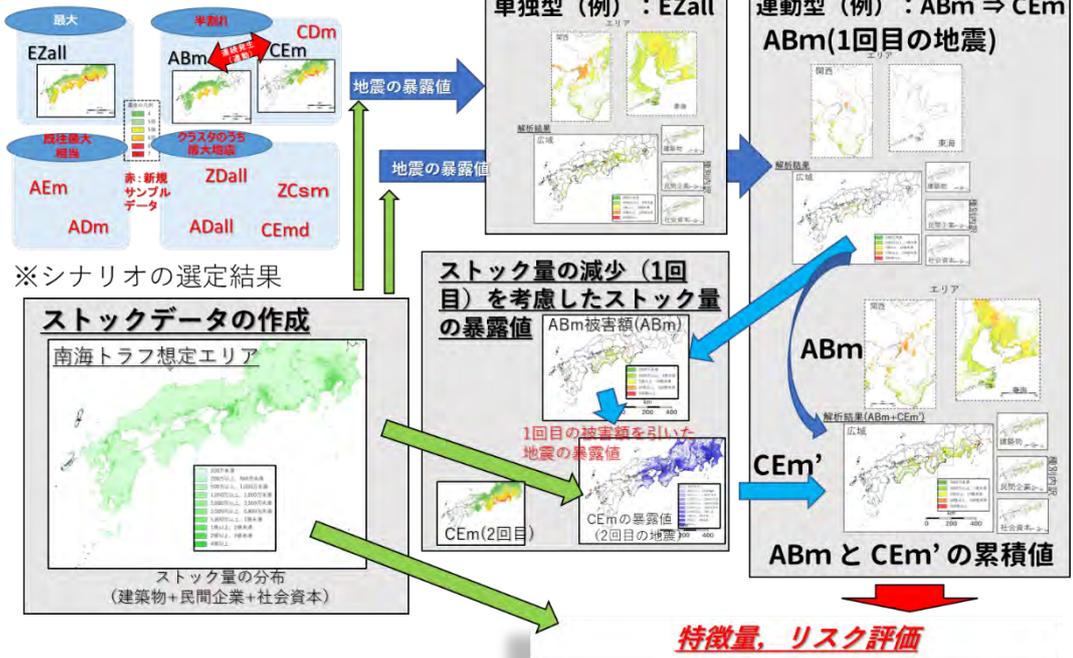


図 2 - 7 - ③ - 14 直接被害額の解析フロー

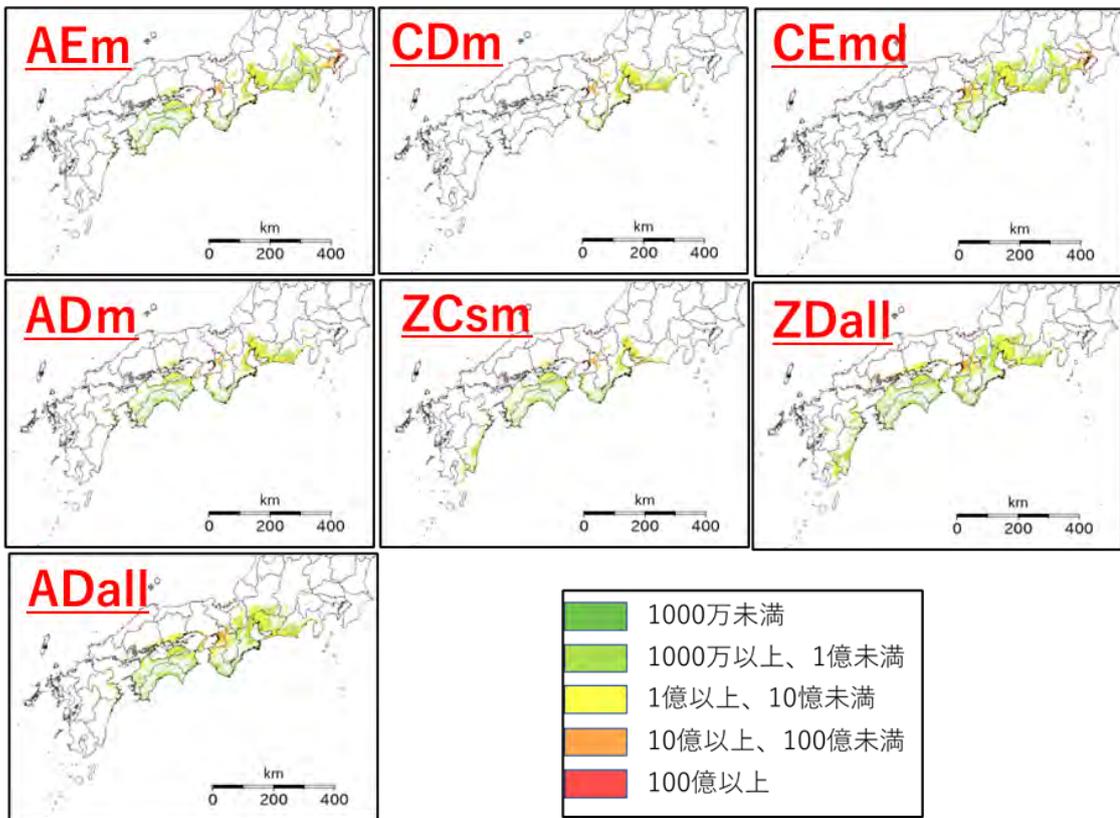


図 2 - 7 - ③ - 15 単独地震の直接被害額 (今年度新たに追加した震源域)

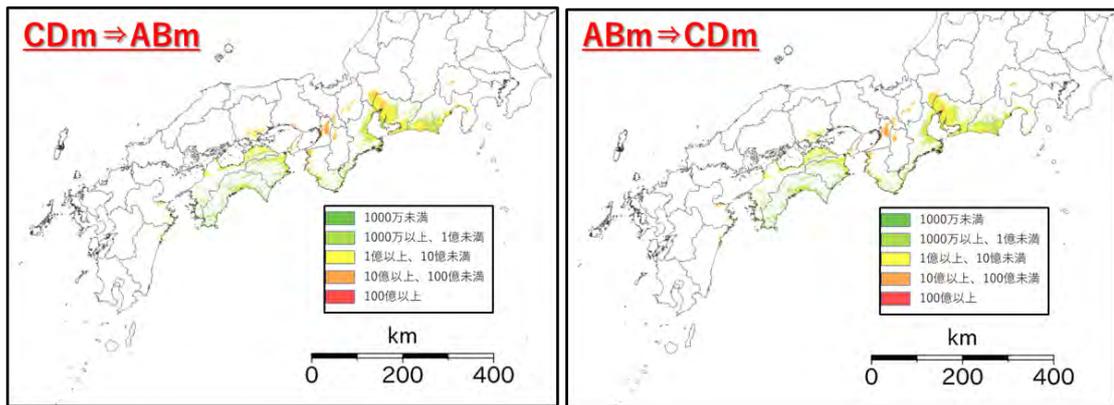


図 2 - 7 - ③ - 16 複数地震の直接被害額（今年度新たに追加した震源域パターン）

最後に、直接被害額の被害想定結果（ZEa11、ABm、CEm）を活用し、対策の重要度を都道府県単位で分析する試算を行った。解析結果を確認すると、3つのケースにおいていずれも被害想定（総額）の80%を超える被害額が、全47都道府県の14.9%～25.5%の都道府県に集中しており、パレートの法則(Pareto Principle)に近い傾向がみられた（図2-7-③-17）。本稿では、「上位から順で合計した都道府県別の直接被害額が被害想定（総額）の80%を超えること」を判定条件とし、その内訳に含まれる都道府県が「対策の重要度が高い」と判定した結果を表1に示した。具体的には、ZEa11から12都府県、ABmから7府県、CEmから7都府県が「対策の重要度が高い」と判定された。なお、3ケースの判定結果を見ると、3ケース（大阪府）、2ケース（東京都、愛知県、神奈川県、静岡県、兵庫県、埼玉県、広島県、岡山県、三重県）、1ケースのみ（岐阜県、滋賀県、和歌山県、愛媛県、香川県）と判定結果の多様性がみられた。「対策の重要度が高い」と判定されたのは、1ケース以上の都道府県が計15都府県で全都道府県の31.9%を占める。また、本稿の試算において、南海トラフ地震による直接被害額が見積もられた28都府県に絞れば、「対策の重要度が高い」と判定された割合が53.6%にのぼる。

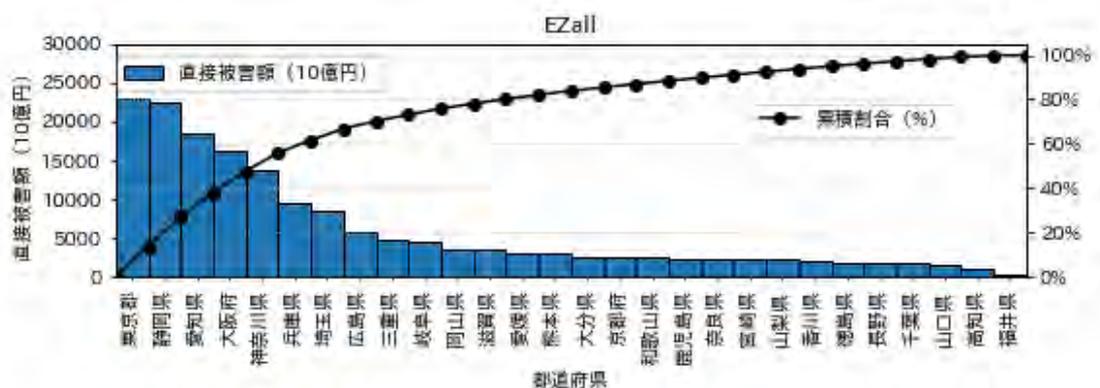


図 2 - 7 - ③ - 17 都道府県別直接被害額とその累積割合（震源域:ZEa11の例）

(d) 結論ならびに今後の課題

本業務のまとめと今後の課題を以下に示す。

- 1) 令和3年度に高度化された津波ハザード情報を用いて建物被害及び人的被害リスクを評価するとともに、地震像の類型化に用いる特徴量を算出した。高度化前後のリスク評価結果を比較すると、堤防等の海岸構造物を考慮したことによりリスクが半分程度となった。
- 2) 南海トラフ沿いで異常な現象が観測された場合の事前避難を考慮した人的被害リスクを試算した。試算対象とした地震パターンは半割れケース及び一部割れケースが先行する合計3パターンを対象とした。上記の結果、事前避難による被害の軽減効果は発生する地震や、地震の発生順序等により大きく異なることが明らかとなった。
- 3) 住民避難、産業活動維持及び大都市機能維持を目的とした特徴量に基づいて地震像を類型化するとともに、影響の大きさと発生しやすさの2つの観点に基づく代表指標値に基づいて代表地震を抽出した。さらに、一部の代表地震を対象として地震像の類型化に用いた特徴量の変遷をとりまとめた災害シナリオを試作した。
- 4) 地すべり地形分布図のGISデータを活用して南海トラフ地震が発生した場合の曝露建物棟数及び曝露人口を推定した。曝露建物棟数は約10万棟と推定され、内閣府による急傾斜地崩壊による全壊棟数よりも大きな値であった。この原因として、内閣府による被害想定とは異なる現象のリスクを顕在化したものである可能性が指摘される。
- 5) 代表地震の抽出の妥当性を評価する方法の検討が今後の課題としてあげられる。まずは、特徴量の総量のヒストグラムを作成したうえで、代表地震の位置を確認して多様性を代表しているか否かを検討する必要がある。更に、多次元量からなる分布の中での代表性の評価手法の検討も今後の課題としてあげられる。

(e) 引用文献

- 1) 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、澁木智之、秋山伸一、是永眞理子、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－第一部 本編－、防災科学技術研究所研究資料、439、2020。
- 2) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：南海トラフ沿いで発生する大地震の確率論的津波評価、  
[https://www.jishin.go.jp/main/chousa/20jan\\_tsunami/nankai\\_tsunami.pdf](https://www.jishin.go.jp/main/chousa/20jan_tsunami/nankai_tsunami.pdf), 2020.1(2023.3.29 確認)
- 3) 防災科学技術研究所：地すべり地形分布図デジタルアーカイブ、  
[https://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied\\_tech\\_note/landslidemap/index.html](https://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied_tech_note/landslidemap/index.html) (2023.3.29 確認)
- 4) 森脇寛：地すべり地形斜面の地震時危険度評価と崩壊予測システムの構築、地すべり、Vol.48, pp.305-317, 2011

- 5) 大八木規夫、内山庄一郎、井口隆：2004年新潟県中越地震による斜面変動分布図、防災科学技術研究所研究資料、317、1-37、2008.3
- 6) 気象庁：南海トラフ地震に関連する情報の種類と発表条件、  
[https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/nteq/info\\_criterion.html](https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/nteq/info_criterion.html)  
(2022.3.19 確認)
- 7) 内閣府(防災担当)：南海トラフ地震の多様な発生形態に備えた防災対応検討ガイドライン【第1版】、  
<http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/index.html>, 2021.5(2022.3.19 確認)
- 8) 内閣府：防災に関する標準テキスト、  
[https://www.bousai.go.jp/taisaku/jinzai/pdf/hyojyun\\_text\\_zentai.pdf](https://www.bousai.go.jp/taisaku/jinzai/pdf/hyojyun_text_zentai.pdf),  
2007.3(2023.3.29 確認)
- 9) 藤原広行、中村洋光、河合伸一、森川信之、前田宜浩、内藤昌平、岩城麻子、土肥裕史、先名重樹、はお憲生、東宏樹、内山庄一郎、大角恒雄、平田賢治、佐伯琢磨、清水智、小丸安史、若浦雅嗣、時実良典、菊地ひめか、麻生未季、早川讓、山崎雅人：南海トラフで発生する地震・津波を対象とした広域リスク評価手法の検討、防災科学技術研究所研究資料、444、2020.3
- 10) 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、PS1-01-34、2018.12
- 11) 中央防災会議：南海トラフの巨大地震 建物被害・人的被害の被害想定項目及び手法の概要、  
[http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/nankaitrough\\_info.html](http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/nankaitrough_info.html),  
2012.8(2023.10.25 確認)
- 12) 梶谷義雄、多々納裕一、吉村勇祐：大規模災害時における産業部門の生産能力の推計 - 東日本大震災を対象として、自然災害科学、31、pp.283-304、2013.
- 13) 高浜勉、翠川三郎：地震時の鉄道運休時間の推定方法、日本地震工学会論文集、11、42-54、2011.
- 14) 森脇寛：崩土の到達距離予測、地すべり、24、10-16、1987.
- 15) 藤原広行、森川信之、河合伸一、青井真、先名重樹、前田宜浩、東宏樹、はお憲生、岩城麻子、若松加寿江、井元政二郎、長谷川信介、奥村俊彦、早川俊彦、高橋真理：東日本大震災を踏まえた地震動ハザード評価の改良、防災科学技術研究所研究資料、399、2015.12.
- 16) 森川 信之、藤原 広行、岩城 麻子、前田 宜浩：強震動データベース試作版と地震動予測式に基づくサイト係数導出、日本地震工学会・大会-2021、T2021-045、2021.
- 17) Toshihisa Toyoda, Qinglin Cui, Masaki Ikeda, Hiromitsu Nakamura, and Hiroyuki Fujiwara: Rapid Estimation of Direct Economic Losses Caused by Significant Earthquakes: An Evidence-Based Model and Its Applications, Journal of Disaster Research, Vol. 18 No. 2, pp. 178-189, 2023

(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
南海トラフ巨大地震の多様性を踏まえたリスク試算一半割れケースを例に一（口頭）	中村 洋光 時実 良典 藤原 広行 小丸 安史	日本地震工学会第17回年次大会	2022.12	国内
南海トラフ地震による直接被害額の被害想定-震度とストック量の分布を考慮した試算-（口頭）	崔 青林 中村 洋光 水井 良暢 藤原 広行	日本地震工学会第17回年次大会	2022.12	国内
地震による直接被害額の被害想定（口頭）	崔 青林 中村 洋光 藤原 広行	減災情報システム第12回合同研究会（地域安全学会・電子情報通信学会）	2023.3	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

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

④地震防災基盤シミュレータシステム

(a) 業務の要約

令和3年度に地震防災基盤シミュレータシステムへ蓄積した、震源断層モデル及び波源断層モデル、強震動シミュレーション、津波シミュレーション、それぞれのリスク評価結果を情報提供する、地震防災基盤シミュレータプロトタイプ可視化Webシステムを構築した。構築後は第三者機関へヒアリングを実施した。また、半割れケースに着目した条件付きリスク評価を、地震防災基盤シミュレータシステムの地震像・シナリオバンクへ蓄積した。

(b) 業務の実施方法

地震防災基盤シミュレータプロトタイプ可視化 Web システムの構築では、Web システムの設計を行った。具体的には、フロントエンド側のユーザインタフェースの設計（画面設計、画面遷移設計、操作設計など）とバックエンド側の API 設計（データベースからの数値データ取得方法や地図表示のための画像取得のための設計）を行った。その後、設計に則して実装を行い、地震防災基盤シミュレータプロトタイプ可視化 Web システムを構築した。構築後は、第三者機関 3 組織に対して Web の操作感や使用感に関するヒアリングを実施した。

半割れケースに着目した条件付きリスク評価結果の、地震防災基盤シミュレータシステムの地震像・シナリオバンクへの蓄積では、評価結果データをファイルとして地震防災基盤シミュレータシステムへ蓄積する際のディレクトリ構成を設計した。また、評価結果データをデータベースへ登録する際のデータベースを設計した。その後、設計に則して、ファイルの配置とデータベースへの登録を実施した。

(c) 業務の成果

1) 地震防災基盤シミュレータシステムの概要とシステム的环境整備

地震防災基盤シミュレータシステムの概要を図 2-7-④-1 に示す。システムは、断層・地下構造・地形モデルバンク、地震像・シナリオバンク、地震像・シナリオ検索機能で構成される。令和 3 年度までに、断層・地下構造・地形モデルバンク、地震像・シナリオバンクを構築した（断層・地下構造・地形モデルバンクでは、強震動シミュレーションで用いる震源断層モデルと地下構造モデルを蓄積し、津波遡上シミュレーションで用いる波源断層モデルと地形標高モデルを蓄積している。地震像・シナリオバンクでは、断層・地下構造・地形モデルバンクに蓄積のデータを用いた強震動シミュレーション結果、津波遡上シミュレーション結果の蓄積、それらに基づくリスク評価結果、リスク情報の類型化手法に基づく南海トラフ地震の地震像や広域での災害シナリオを蓄積している）。令和 4 年度では、新たに、地震像・シナリオ検索機能を有する地震防災基盤シミュレータプロトタイプ可視化 Web システムを構築した。地震像・シナリオ検索機能では、利用目的に応じてシミュレーション結果や災害シナリオ等を適切に検索、活用できるようにすることで他課題と連携を可能とする、地震防災基盤シミュレータプロトタイプ可視化 Web システムが稼働している。

令和 3 年度までに構築した 2 つのデータバンクに蓄積のデータを、令和 4 年度に構築の Web システムで 2 次利用可能な形式で情報提供するために必要なセキュリティ設定等を Web システムに行った（図 2-7-④-2）。

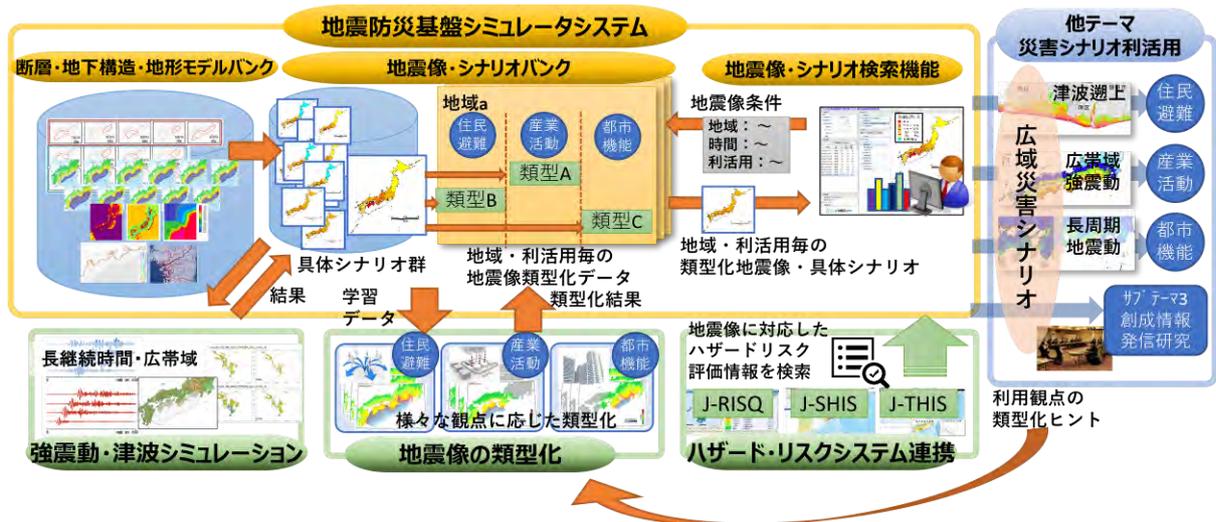


図 2-7-④-1 地震防災基盤シミュレータシステムのシステム概要

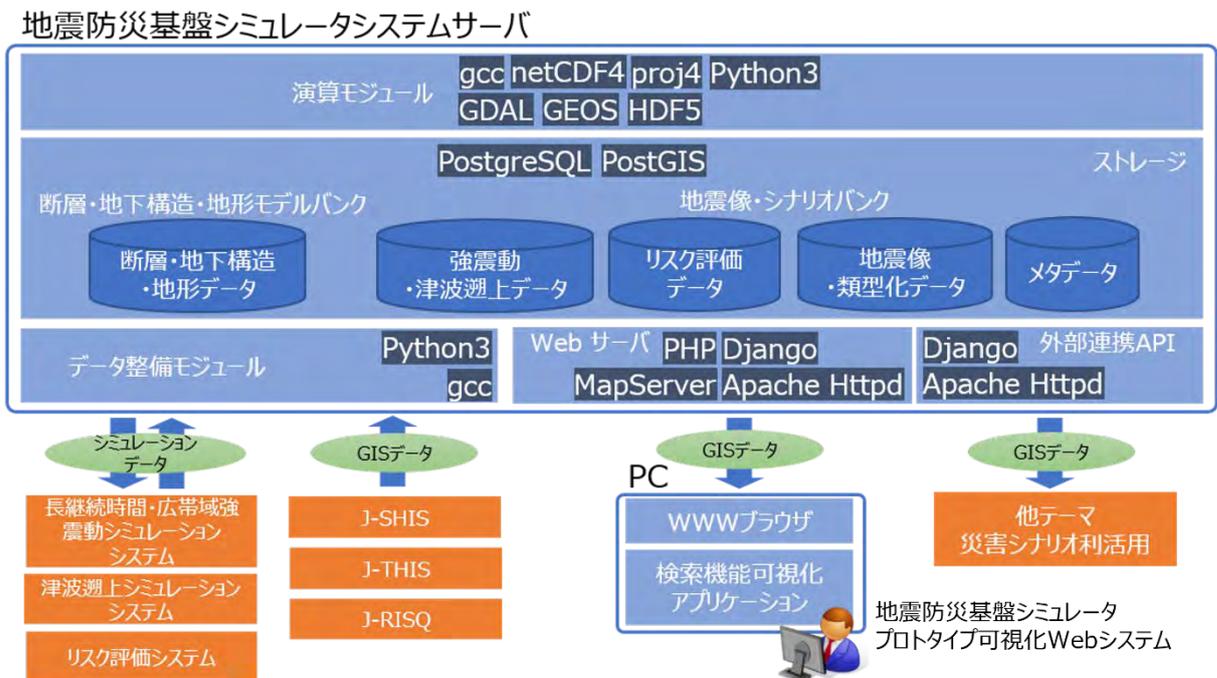


図 2-7-④-2 地震防災基盤シミュレータシステムのアーキテクチャ概要

## 2) 地震防災基盤シミュレータプロトタイプ可視化 Web システムの構築

フロントエンド側のユーザインタフェースの設計（画面設計、画面遷移設計、操作設計など）とバックエンド側の API 設計（データベースからの数値データ取得方法や地図表示のための画像取得のための設計）を行った。フロントエンド側の主に画面遷移設計を図 2-7-④-3 に示す。これらの設計に則して、Web システムを構築した。

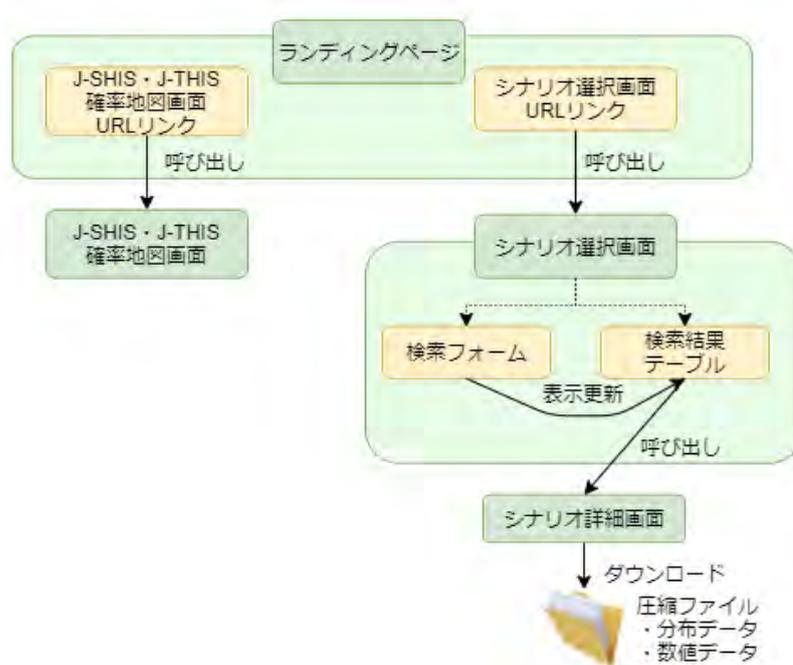


図 2-7-④-3 Web システムの画面遷移図

構築した Web システムの画面構成について解説する（図 2-7-④-3 の緑枠）。

a) ランディングページ

ランディングページ（図 2-7-④-4）は、地震防災基盤シミュレータプロトタイプ可視化 Web システムにアクセスしたユーザが最初に開く画面である。この画面では、システムの概要文や Web システムのメンテナンス情報を掲載する領域、及びシナリオ選択画面（後述の b））等への遷移が可能である。



図 2-7-④-4 ランディングページ

b) シナリオ選択画面

シナリオ選択画面（図 2-7-④-5）は、地震や被害の規模（マグニチュード、最大震度、最大浸水深、死者数等）、地震発生時の震源域をユーザが指定し、Web シス

テムで閲覧可能な約 4000 の地震シナリオからシナリオを絞り込み 1 つのシナリオを選択する画面である。1 つのシナリオを選択するとシナリオ詳細画面（後述の c）へ遷移する。

シナリオ選択画面で選択可能な地震シナリオは、地震防災基盤シミュレータシステムの地震像・シナリオバンクに蓄積中の約 4000 の単発地震（地震活動 1 サイクル中に 1 回震源域が動く地震）の地震シナリオである。

検索条件

マグニチュード: 8.5 ~ 9.0

最大震度: 8.0 ~ 8.5

最大浸水深(m): 20 ~ 40

地震動による

建物全壊棟数(棟)

建物全半壊棟数(棟)

建物全半壊棟数(棟)

死者数(人)

重傷者数(人)

津波遡上による

建物全壊棟数(棟)

建物全半壊棟数(棟)

死者数(人)

重傷者数(人)

震源域指定

傾斜方向: 傾斜・方位指定なし

走向方向: 傾斜方位指定なし

検索開始

検索条件をリセット

シナリオID	マグニチュード	最大計別震度	最大浸水深[m]	地震動による建物被害棟数[棟]		地震動による人的被害人数[人]		津波遡上による建物被害棟数[棟]		津波遡上による人的被害人数[人]	
				全壊棟数	全半壊棟数	死者数	重傷者数	全壊棟数	全半壊棟数	死者数	重傷者数
4238	8.8	6.5	20.78	134275	398024	2624	13421	64792	230361	7305	161
4245	8.8	6.5	29.19	134275	398024	2624	13421	65167	230388	7174	158
4289	8.7	6.5	21.02	68194	199819	1291	6163	40366	155561	4568	101
4303	9.0	6.5	24.59	228779	676847	4676	23804	119619	326339	18260	402
4305	9.0	6.5	23.69	228779	676847	4676	23804	102738	307371	13775	303
4314	9.0	6.5	28.71	228779	676847	4676	23804	114851	328174	14751	325
4350	9.0	6.5	23.86	228779	676847	4676	23804	110585	325385	13596	301
4352	9.0	6.5	23.89	228779	676847	4676	23804	112276	319741	13327	293
4358	9.0	6.5	20.14	228779	676847	4676	23804	120994	321491	17512	385
4360	9.0	6.5	20.14	228779	676847	4676	23804	122432	321098	17286	380
4363	9.0	6.5	22.03	228779	676847	4676	23804	105920	301505	15036	331
4365	9.0	6.5	22.03	228779	676847	4676	23804	108547	307448	14111	310
4368	9.0	6.5	32.76	228779	676847	4676	23804	109347	315270	12730	280
4369	9.0	6.5	32.74	228779	676847	4676	23804	112558	322831	14346	316
4505	8.8	6.5	23.74	100366	305354	1874	9432	70605	218630	8446	186
4599	8.8	6.5	25.45	100366	305354	1874	9432	68480	218973	7838	172
4636	8.8	6.5	21.97	100366	305354	1874	9432	18494	205087	7388	163
4638	8.8	6.5	21.95	100366	305354	1874	9432	19228	207201	7515	165
4639	8.8	6.5	21.98	100366	305354	1874	9432	19266	204095	7635	168
4651	8.8	6.5	20.60	100366	305354	1874	9432	13781	204524	7652	168
4653	8.8	6.5	20.61	100366	305354	1874	9432	14036	205609	7356	160
4654	8.8	6.5	20.63	100366	305354	1874	9432	13802	207413	7813	154
4654	8.8	6.5	20.63	100366	305354	1874	9432	14443	204603	7636	162

図 2-7-④-5 シナリオ選択画面

c) シナリオ詳細画面

シナリオ詳細画面（図 2-7-④-6）は、シナリオ選択画面で選んだ 1 つの地震シナリオに関する、強震動シミュレーション、津波シミュレーション、それぞれのリスク評価結果を閲覧できる画面である。指標値ごとに、分布図の地図表示と、表形式での都道府県、市区町村別の指標集計値の閲覧が可能である。また、表示している分布データや集計値データのダウンロードが可能である。

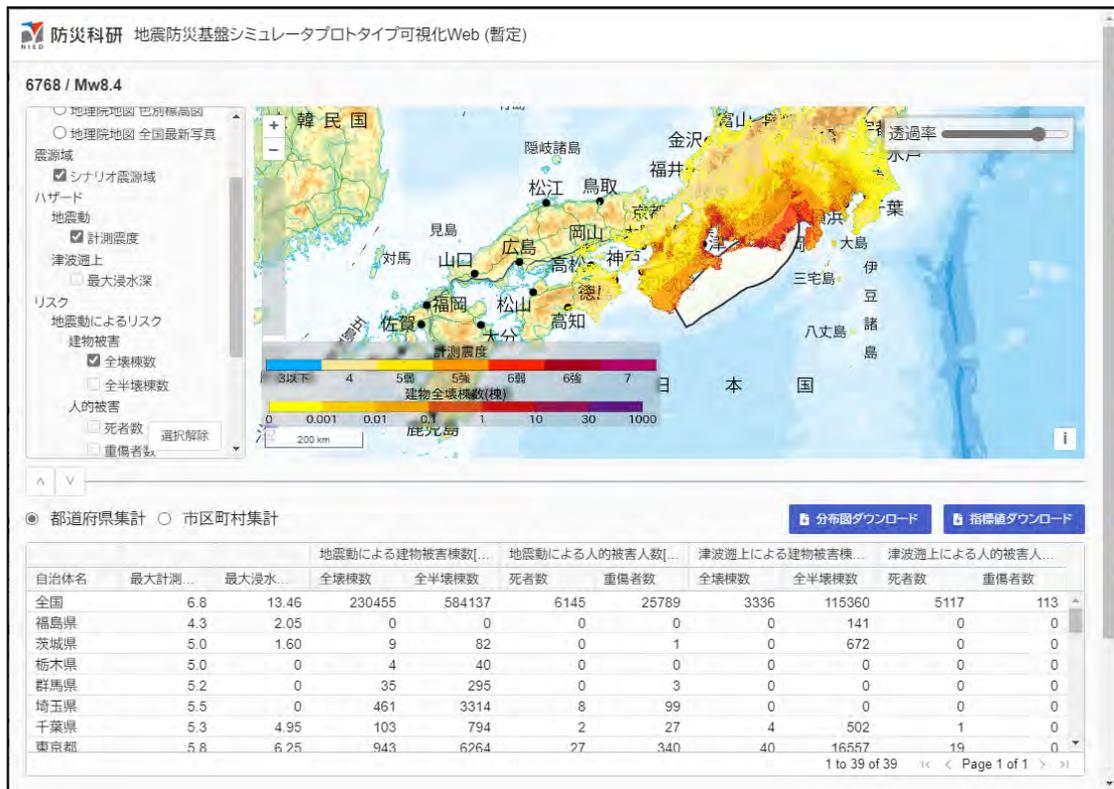


図 2-7-④-6 シナリオ詳細画面

シナリオ選択画面で地図表示可能な指標値は下記である。

- 強震動シミュレーション結果
  - 計測震度分布（空間分解能約 250m メッシュ）
- 津波シミュレーション結果
  - 最大浸水深分布（空間分解能約 50m メッシュ）
- リスク評価結果
  - 地震動リスク（空間分解能約 250m メッシュ）
    - ◇ 建物全壊棟数分布
    - ◇ 建物全半壊棟数分布
    - ◇ 死者数分布
    - ◇ 重傷者数分布
  - 津波遡上リスク（空間分解能約 50m メッシュ）
    - ◇ 建物全壊棟数分布
    - ◇ 建物全半壊棟数分布
    - ◇ 死者数分布
    - ◇ 重傷者数分布

表形式での集計値表示領域では、上記の指標値を都道府県別、市区町村別に集計したデータを表示している。地図表示（図 2-7-④-7）と表形式での集計値表示（図 2-7-④-8）は、それぞれ全画面表示が可能である。

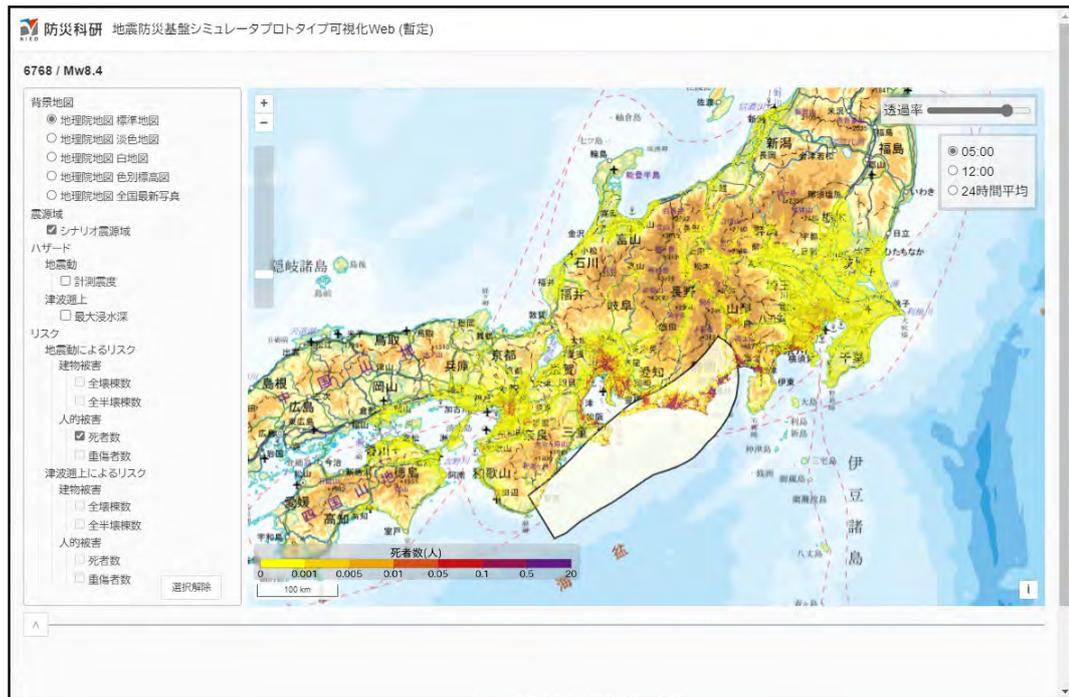


図 2-7-④-7 シナリオ詳細画面 地図表示の全画面表示モード

防災科 地震防災基礎シミュレータプロトタイプ可視化Web (暫定)

6768 / Mw8.4

◎ 都道府県集計 ○ 市区町村集計

分布図ダウンロード 指標値ダウンロード

自治体名	最大計測震度	最大浸水深[m]	地震動による建物被害棟数[棟]		地震動による人的被害人数[人]		津波遡上による建物被害棟数[棟]		津波遡上による人的被害人数[人]	
			全壊棟数	全半壊棟数	死者数	重傷者数	全壊棟数	全半壊棟数	死者数	重傷者数
全国	6.8	13.46	230455	584137	6145	25789	3336	115360	5117	113
福島県	4.3	2.05	0	0	0	0	0	141	0	0
茨城県	5.0	1.60	9	82	0	1	0	672	0	0
栃木県	5.0	0	4	40	0	0	0	0	0	0
群馬県	5.2	0	35	295	0	3	0	0	0	0
埼玉県	5.5	0	461	3314	8	99	0	0	0	0
千葉県	5.3	4.95	103	794	2	27	4	502	1	0
東京都	5.8	6.25	943	6264	27	340	40	16557	19	0
神奈川県	6.2	5.25	4336	18675	96	834	2	659	2	0
新潟県	4.6	0	0	2	0	0	0	0	0	0
富山県	4.6	0	1	9	0	0	0	0	0	0
石川県	4.4	0	0	2	0	0	0	0	0	0
福井県	4.8	0	2	19	0	0	0	0	0	0
山梨県	6.3	0	6004	19880	104	553	0	0	0	0
長野県	6.0	0	650	3354	5	53	0	0	0	0
岐阜県	5.7	0	1232	5991	14	121	0	2	0	0
静岡県	6.8	13.46	146314	305715	4465	16322	3212	23098	5004	110
愛知県	6.4	3.66	41849	127798	904	4723	5	9840	1	0
三重県	6.5	5.43	19764	57486	380	1721	30	6105	12	0
滋賀県	5.4	0	142	943	1	14	0	0	0	0
京都府	5.4	0	158	1014	2	25	0	0	0	0
大阪府	5.5	5.36	2337	12538	37	423	28	34141	67	1
兵庫県	5.3	5.96	136	921	3	33	2	8359	4	0
奈良県	5.8	0	876	3998	12	96	0	0	0	0
和歌山県	6.5	4.74	5057	14691	83	397	2	674	1	0
鳥取県	3.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
岡山県	4.3	3.03	0	2	0	0	7	4735	4	0
広島県	3.8	2.66	0	0	0	0	1	3605	1	0

1 to 39 of 39 Page 1 of 1

図 2-7-④-8 シナリオ詳細画面 集計値の全画面表示モード

d) J-SHIS・J-THIS 確率地図画面

J-SHIS・J-THIS 確率地図画面（図 2-7-④-9）は、地震ハザードステーション（J-SHIS）と津波ハザードステーション（J-THIS）で提供されている、南海トラフに関する計測震度と最大水位上昇量の超過確率分布を参考情報として表示する画面である。

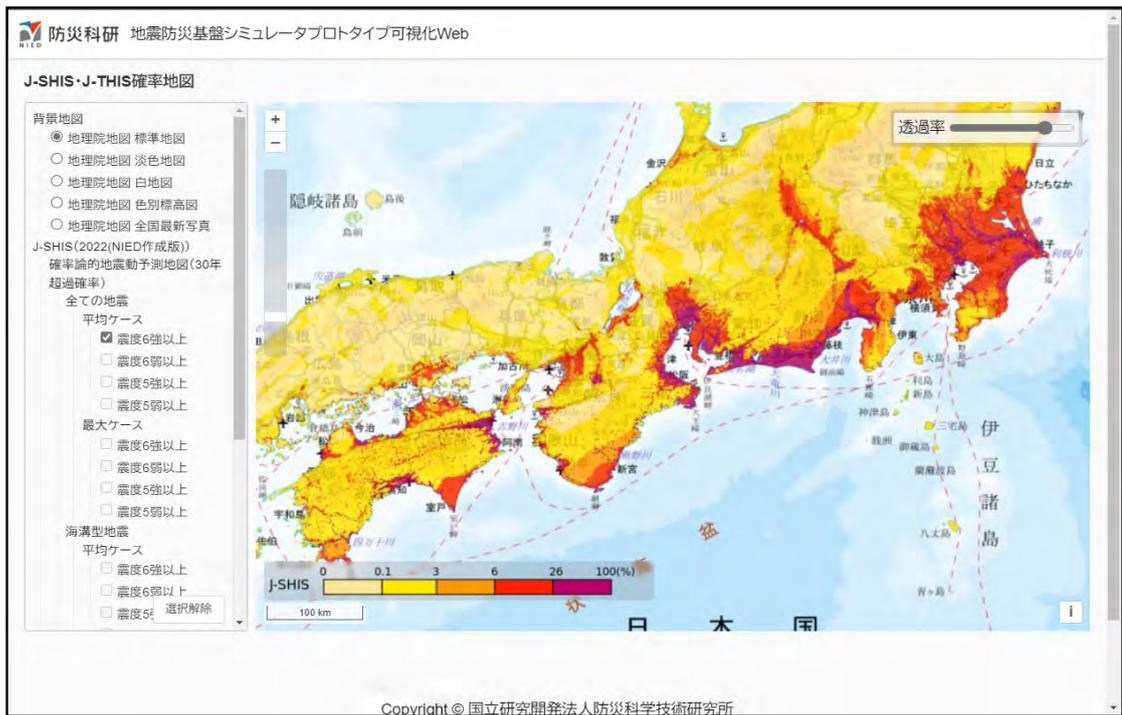


図 2 - 7 - ④ - 9 J-SHIS・J-THIS 確率地図画面

表示可能な地図は下記である。

- J-SHIS
  - 確率論的地震動予測地図(2022(NIED 作成版))
    - ◇ 30年 震度6強以上の揺れに見舞われる確率の分布図
    - ◇ 30年 震度6弱以上の揺れに見舞われる確率の分布図
    - ◇ 30年 震度5強以上の揺れに見舞われる確率の分布図
    - ◇ 30年 震度5弱以上の揺れに見舞われる確率の分布図
- J-THIS
  - 確率論的津波ハザード評価(地震調査委員会 2020年版)<sup>1)</sup>
    - ◇ 最大水位上昇量 3m 30年超過確率分布図
    - ◇ 最大水位上昇量 5m 30年超過確率分布図
    - ◇ 最大水位上昇量 10m 30年超過確率分布図

### 3) 半割れケースに着目した条件付きリスク評価データの蓄積

半割れケースに着目した条件付きリスク評価結果の地震防災基盤シミュレータシステムの地震像・シナリオバンクへの蓄積では、評価結果データをファイルとして地震防災基盤シミュレータシステムへ蓄積する際のディレクトリ構成を設計した。また、評価結果データをデータベースへ登録する際のデータベースを設計した。その設計に則して、ファイルの配置とデータベースへの登録を実施した。

(d) 結論ならびに今後の課題

本業務のまとめを以下に示す。

- 1) 地震防災基盤シミュレータプロトタイプ可視化 Web システムを稼働させるために必要なサーバを整備した。
- 2) 地震防災基盤シミュレータプロトタイプ可視化 Web システムの設計を行い、設計に則して地震防災基盤シミュレータプロトタイプ可視化 Web システムを構築した。
- 3) 半割れケースに着目した条件付きリスク評価結果を地震像・シナリオバンクへ蓄積した。

今後の課題を以下に示す。

- 1) ヒアリング時に WebAPI システムのニーズも多く挙げられたため、WebAPI システムの構築が課題である。
- 2) ユーザによる情報の利用の検討がし易くなるよう、ユーザの利用目的に応じた代表的なユースケースを作成し、それぞれにインターフェースを設けるなど、Web システムの高度化が課題である。
- 3) 可視化 Web システムでは、津波シミュレーション、津波遡上によるリスク評価結果データの地図表示が沿岸部にメッシュ単位で局所的に表示されるため、被害地域を視認しにくい。日本全国など広域で地図表示した際には、被害地域が一目で視認できるような視認性の改良が課題である。

(e) 引用文献

- 1) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：南海トラフ沿いで発生する大地震の確率論的津波評価，  
[https://www.jishin.go.jp/main/chousa/20jan\\_tsunami/nankai\\_tsunami.pdf](https://www.jishin.go.jp/main/chousa/20jan_tsunami/nankai_tsunami.pdf),  
2020.1(2022.3.19 確認)

(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  
なし
- 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. 8 創成情報発信研究

### (1) 業務の内容

(a) 業務題目 創成情報発信研究

(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	副本部長 副部門長 主任研究員 特別研究員 特別研究員 主任研究員 特別研究員 特別研究員 特別研究員	高橋 成実 中村 洋光 近貞 直孝 水井 良暢 崔 青林 李 泰榮 池田 真幸 松川 杏寧 大塚 理加
国立研究開発法人海洋研究開発機構	アドバイザー 副主任研究員 技術スタッフ 事務副主幹	長田 啓志 今井健太郎 大林 涼子 小柳津昌久
国立大学法人香川大学	特任教授 教授 技術補佐員 研究協力課係員	金田 義行 野々村敦子 高橋 真里 磯道 智也
国立大学法人徳島大学	教授 講師 講師	馬場 俊孝 湯浅 恭史 金井 純子
国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学	准教授 特任准教授 准教授 客員教授 特任准教授 研究員	中井健太郎 島崎 敢 平山 修久 新井 伸夫 都築 充雄 千葉 啓広
公立大学法人兵庫県立大学	教授	阪本真由美
人と未来防災センター	主任研究員	高原 耕平
静岡県公立大学法人静岡県立大学	特任准教授	楠城 一嘉
国立大学法人大分大学	教授	小林 祐司

### (c) 業務の目的

地域防災力の向上のために、事前準備、災害時対応及び災害後対応の各ステージで各種情報を地域の防災に活用するための情報発信の在り方を探る。サブ課題1の理学的な成果とサブ課題2の工学・社会的な成果を、地殻変動や地震活動等、異常な現象が発生した時にどのように活かすか、これまでの南海トラフ巨大地震関連のプロジェクトの地域研究会での議論も参考に、情報発信検討会を共通の防災上の特性を有する複数の地域で開催して検討する。検討には、気象庁からの南海トラフ地震臨時情報・解説情報の発表のケースを念頭に、これまで地震調査研究推進本部から公表されているハザードマップや各種情報も入力情報として使用する。研究成果を直接的に防災に活かせるよう、地域毎に異なる防災上の課題を整理し、その解決手段を講じる。つまり、単に研究成果を防災情報としてアウトプットするだけでなく、正しくかつ効果的に防災情報を利用し適切な防災行動につなげてもらう必要がある。例えば、津波浸水を考えた場合、浅い浸水深が安心情報になってはいけない。それは、浸水評価の誤差の問題のみならず、浅い浸水深は瓦礫集積や津波火災の可能性を示唆するからである。個々人の知識と経験から、各地域が防災上のリーダーシップをとって行動に移すことができる体制の構築を目指し、災害対応評価システムを構築して、本プロジェクトの成果の地域への貢献度を評価する。この評価のために、地方自治体や地域の研究者の協力を仰ぎ、特定多数における情報リテラシーを計測する。また、これらの取り組みや分析結果について、情報発信検討会を通じて地域と共有して検証し、次の防災力向上の計画へとつなげる。

### (d) 5か年の年次実施計画

#### 1) 令和2年度：

各自治体や企業との関係において、情報発信検討会の協力体制を構築し、防災上の特性を踏まえ、津波、内陸地震・支援、産業、複合災害の4つをテーマに設定し、第1回を合同で開催した。地震津波複合被害調査手法を検討し、津波浸水計算、津波瓦礫計算、軟弱地盤による構造物の応答計算手法を検討し、対象地域を特定した。災害対応評価システムを設計し、試作し、試験的に調査を実施、分析した。

#### 2) 令和3年度：

各自治体や企業との協力関係に基づき、4つのテーマで情報発信検討会を年2回実施した。地震津波複合被害調査手法を、津波浸水計算、津波瓦礫計算、軟弱地盤による構造物の応答計算の手法で特定し、地域防災に大きく影響する要素を計算、地域に提示した。災害対応評価システムによる調査と分析を進め、必要に応じてシステムの改良を行った。

#### 3) 令和4年度：

前年度に引き続き情報発信検討会を各テーマで年2回実施した。地震津波複合被害調査の計算を進め、地域におけるシステム化を検討した。前年度に引き続き災害対応評価システムによる調査と分析を進め、防災特性共通地域ごとに情報リテラシー向上に向けて、定量化を進めた。

#### 4) 令和5年度：

前年度に引き続き情報発信検討会を各テーマで年2回実施する。地震津波複合被害

調査の結果を地域に実装する検討を進める。前年度に引き続き災害対応評価システムによる調査と分析を進め、防災特性共通地域ごとに情報リテラシー向上に向けて、定量化する。

5) 令和6年度：

前年度に引き続き情報発信検討会を各テーマで年2回実施する。地震津波複合被害調査の結果を地域に実装する。前年度に引き続き災害対応評価システムによる調査と分析を進め、情報リテラシー向上の成果を地域に還元し、必要に応じて地域に技術移転する。

(e) 令和4年度業務目的

ハザード評価、複合災害対応、事業継続、人材育成の4つに分類した防災上の特性を踏まえた情報発信検討会を開催する。サブ課題1とサブ課題2、また、サブ課題3の中での検討結果を情報発信検討会で報告し、地域や企業側からの意見を取りまとめ、情報発信の在り方を探る。サブ課題3では、地域防災計画を鑑み、津波瓦礫、軟弱地盤による液状化など、災害軽減の観点から、シミュレーション研究などの研究結果を地域に還元する。さらに、サブ課題3で発信する情報が適切な防災行動につなげることができるのか、つながっていないとすればどのような情報が不足しているのか、特定多数を対象とした情報リテラシー向上に向けたアンケート調査を行うとともに、地域防災を担う人材の育成にも貢献する。

(2) 令和4年度の成果

①地域の防災上の課題評価

(a) 業務の要約

これまで、地域の津波被害と地震動被害について議論をしてきた。津波被害の原因として津波瓦礫に焦点をあて、これまで尾鷲市で実施してきた津波瓦礫評価を、より規模の大きい宮崎県延岡市で実施した。現在、津波瓦礫の漂流計算を実施し、地域の津波被害の実態の把握と、津波瓦礫の動きを計算することに成功した。これにより今後、津波瓦礫を考慮したハザード評価が可能になった。また、これらの港湾もしくは河川構造物を取り入れた津波浸水計算から、これらの構造物の効果を特定した。ある一定程度の津波の高さを超えた場合、水門を閉めることで津波浸水をむしろ大きくする可能性が示された。また、河川堤防の変形については、これまで入力地震動の長周期化と深部地盤の影響を評価してきたが、これらに加えて振動継続時間の影響を評価した。

(b) 業務の成果

i) 延岡市市街地における津波瓦礫の漂流に関する検討

これまで尾鷲市で実施してきた津波瓦礫の漂流に関する検討を宮崎県延岡市で行った。延岡市は、五ヶ瀬川と大瀬川、祝子川、北川の4河川に、南方から浜川という中小河川が流れ込む地域である。そのため、尾鷲市よりもより規模の大きい都市の例として、延岡市を選択していた。これまで津波対策を講じる上で、どのような津波が発生し、どのような被害が想定されるのかを予め数値計算によって見積もることは非常に重要で

あるが、その被害想定には浸水深のみが用いられることほとんどである。2011年東北地方太平洋沖においては、建物の倒壊やそれに伴うがれきの発生、車両や船舶を含めた漂流被害が発生し、集積した災害瓦礫による火災によって被害が拡大したのは周知のとおりである。そこで津波波力に基づく建物倒壊による災害がれきの発生と災害がれきの漂流を考慮した津波ハザード評価手法の検討を行ってきた。

近い将来発生が想定されている南海トラフ地震により生じる津波について、内閣府南海トラフ巨大地震津波モデル検討会<sup>1)</sup>から公表されている津波初期波源 11 ケースを用いて、津波被害が想定される宮崎県延岡市を対象例として、災害瓦礫を考慮した津波ハザード評価手法の検討を行った。本検討では、小園ら<sup>2)</sup>の津波波力に基づく建物倒壊を考慮した津波浸水計算手法を用いた。この手法では、建物を地形として取り扱い、津波の伝播は2次元の浅水方程式に基づいており、波力に応じて建物の倒壊判定を行う。個々の建物を十分な解像度で地形として扱うためには高分解能な地形モデルが必要であり今回は 2m 分解能で地形モデルを作成した。一方、初期波源全域をカバーするには格子数が膨大になるため解像度を落とす必要があり、2m、10m、30m、90m、270m、そして 810m の分解能で高分解能の接続のみ 1:5 とし、他は 1:3 で接続するネスティングとした。なお、2m 分解能で延岡市の浸水想定域の全域をカバーするため、約 4,000 x 約 2,000 メッシュとなっている。図 2-8-①-1 に延岡市から貸与された建物位置を点で示す。高解像度になっている領域が浸水想定域として 2m 分解能になっている。続く災害がれきの漂流計算については、先の津波浸水計算において倒壊判定された建物によるがれきと車両及び船舶を漂流物として計算する。建物がれきについては、倒壊後に一定以上の流速に達した場合に活動したり、一定以上の浮力が得られた以降に漂流する。漂流計算には、小園ら<sup>3)</sup>による複数の移動形態を考慮した計算手法を用いた。

計算結果の一例を図 2-8-①-2 に示す。左上から初期波源のケース 1、3 (右上)、11 (左下) の場合の津波発生から 40 分後の浸水深と建物の位置を表す。右下の図は、建物の初期位置を表す。いずれのケースに於いても浸水していると一部の建物が流されていること、浸水していたとしても動いていない建物がある (倒壊していない) こと、ケース 1 と 3 については、浸水深分布は似ているものの漂流物の位置が異なることが分かる。すなわち、浸水深分布だけを考慮している場合には得られない違いが生じていることが確認されたと言える。加えて、小園ら<sup>4)</sup>も検討したように、沿岸域に粘り強い建物があることで粗度係数による抵抗よりも防波堤のような役割を示す箇所も見られ、このような建物をより倒壊しにくくすることも重要であることが示された。更に、工場などの重要施設にとっては、浸水深だけではなく漂流物の衝突による被害にも備える必要がある。そのような場合に、漂流物の到来方向も考慮可能であることも本検討で示された。なお、建物倒壊を考慮した津波浸水計算は、Xeon 8260 x 2 の 48 スレッドで 12 時間の再現計算に 200 時間程度要するが、災害瓦礫の漂流計算については、8 時間程度で計算可能なため、例えば、車両の初期配置について昼夜の違いにより重要施設への影響がどの程度変わり得るかの波源の違いと合わせて検討可能であることが示された。



図 2 - 8 - ① - 1 延岡市全域の建物分布

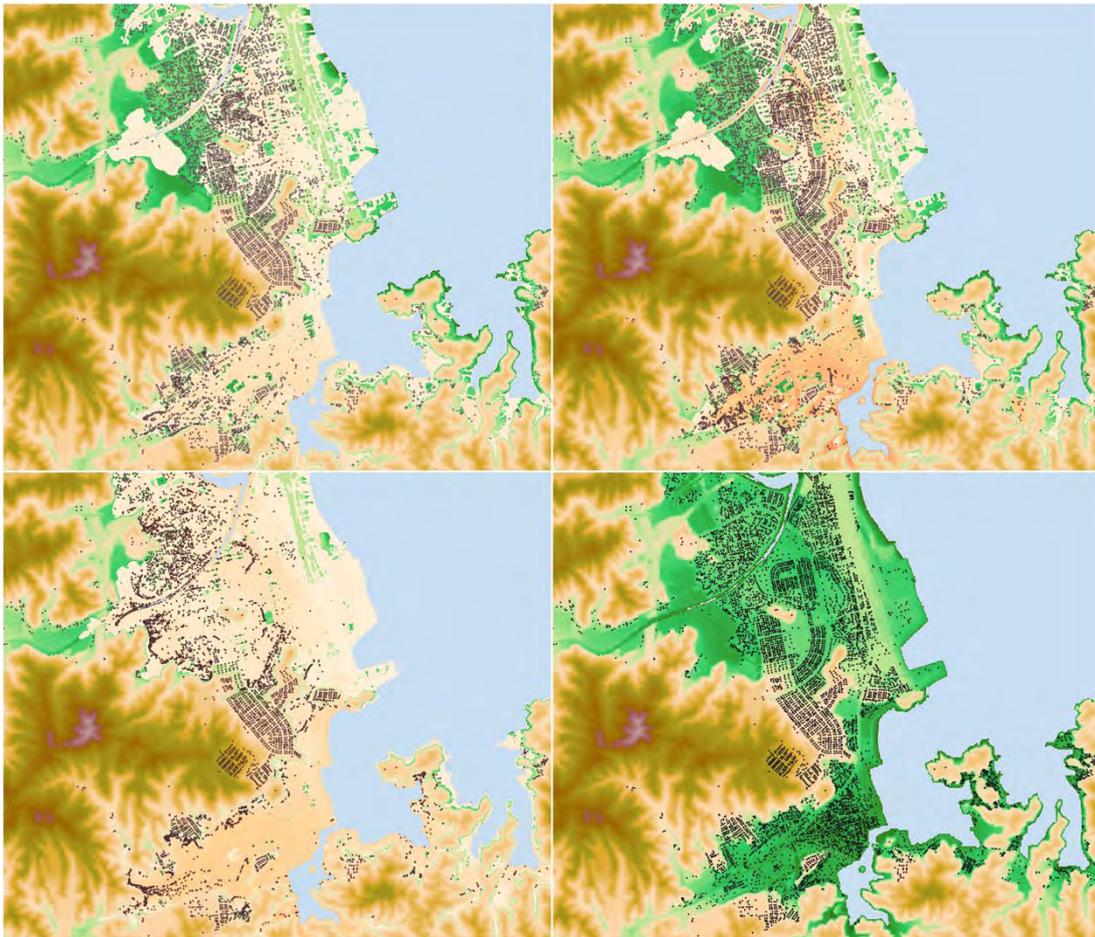


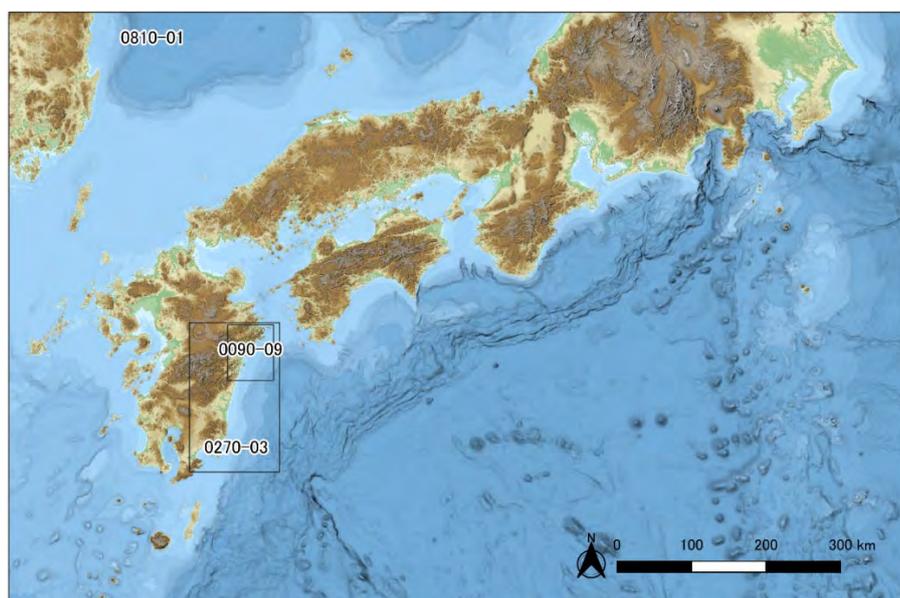
図 2 - 8 - ① - 2 津波浸水深分布と建物の位置 (左上から、ケース 1, 3, 11, 初期配置)

ii) 延岡市浜川水門の開閉が市街地津波氾濫に与える影響に関する検討

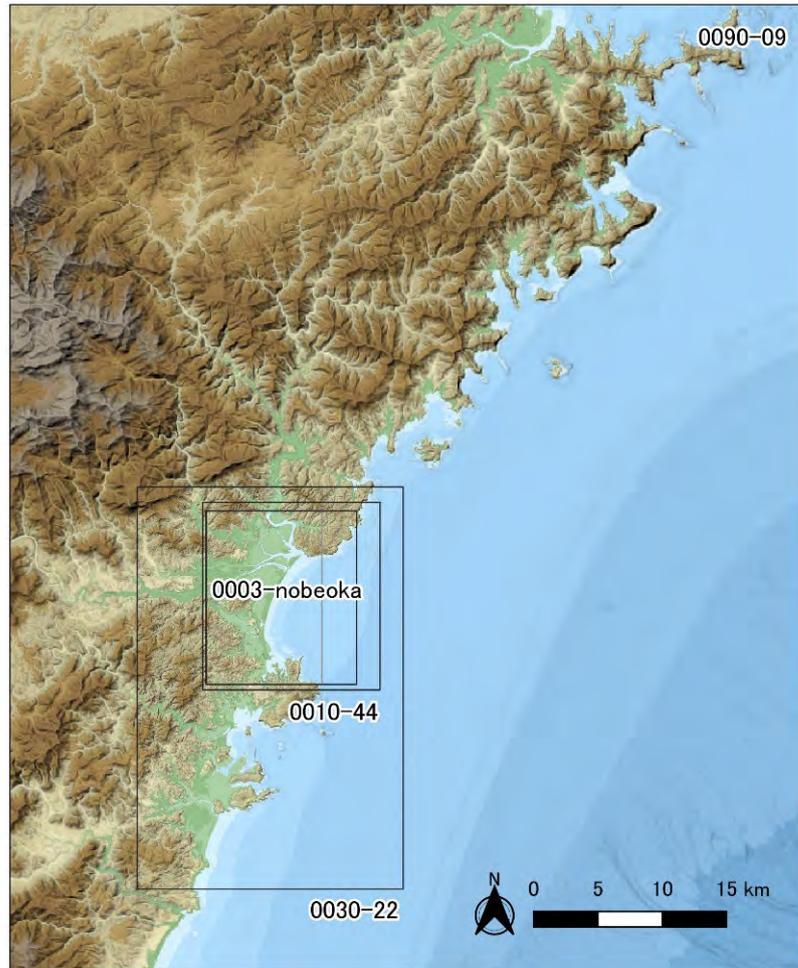
延岡市南部中心市街地を流れる運河である浜川は、上流に立地している旭化成の化学製品向けの工業用水として利活用されている。当該運河は延岡市南部市街地の中心部を流れており、市街地と護岸は連続して接続されている区間がほとんどであり、直立堤設置区間は兩岸の天端高さを揃えるためにあるため、当該河川の計画高水位を越える水位となる場合には直接市街地を氾濫することになる。津波防護に対しては、河口部には水門が設置されているため、この水門を機能させることが重要であり、この水門や周辺護岸高さを超えない防災レベル（L1 レベル）の津波では河口部水門を閉じることで、津波被害を低減させ得ることが期待できる。一方で、水門や周辺護岸高さを越え得る減災レベル（L2 レベル）の地震規模が発生した場合には、この水門がどの程度機能するのか不明な点がある。そこで本業務では、減災レベルの地震規模として、内閣府による南海トラフ巨大地震モデルを利用し、河口部水門開閉条件が浜川流域の津波氾濫に与える影響について検討することを目的とする。

① 計算領域および合成地形モデルに用いた情報

津波氾濫解析の計算領域について、空間分解能 810m から 10/3m メッシュ領域まで接続しながら計算を行った（図 2-8-①-3）。10m メッシュまでは、内閣府データからの提供データを使用した。延岡市浜川流域の氾濫解析には、空間分解能を 10/3m とし、水域は内閣府データ、陸域は国土地理院による基盤地図情報 5 m メッシュ標高を用いて線形内挿補間で構築した。10/3m メッシュにおける浜川護岸標高値は GNSS による測量値を反映した（図 2-8-①-4）。



(a) 810m～90m メッシュ領域の配置



(b) 90m~10/3m メッシュ領域の配置

図 2 - 8 - ① - 3 計算領域

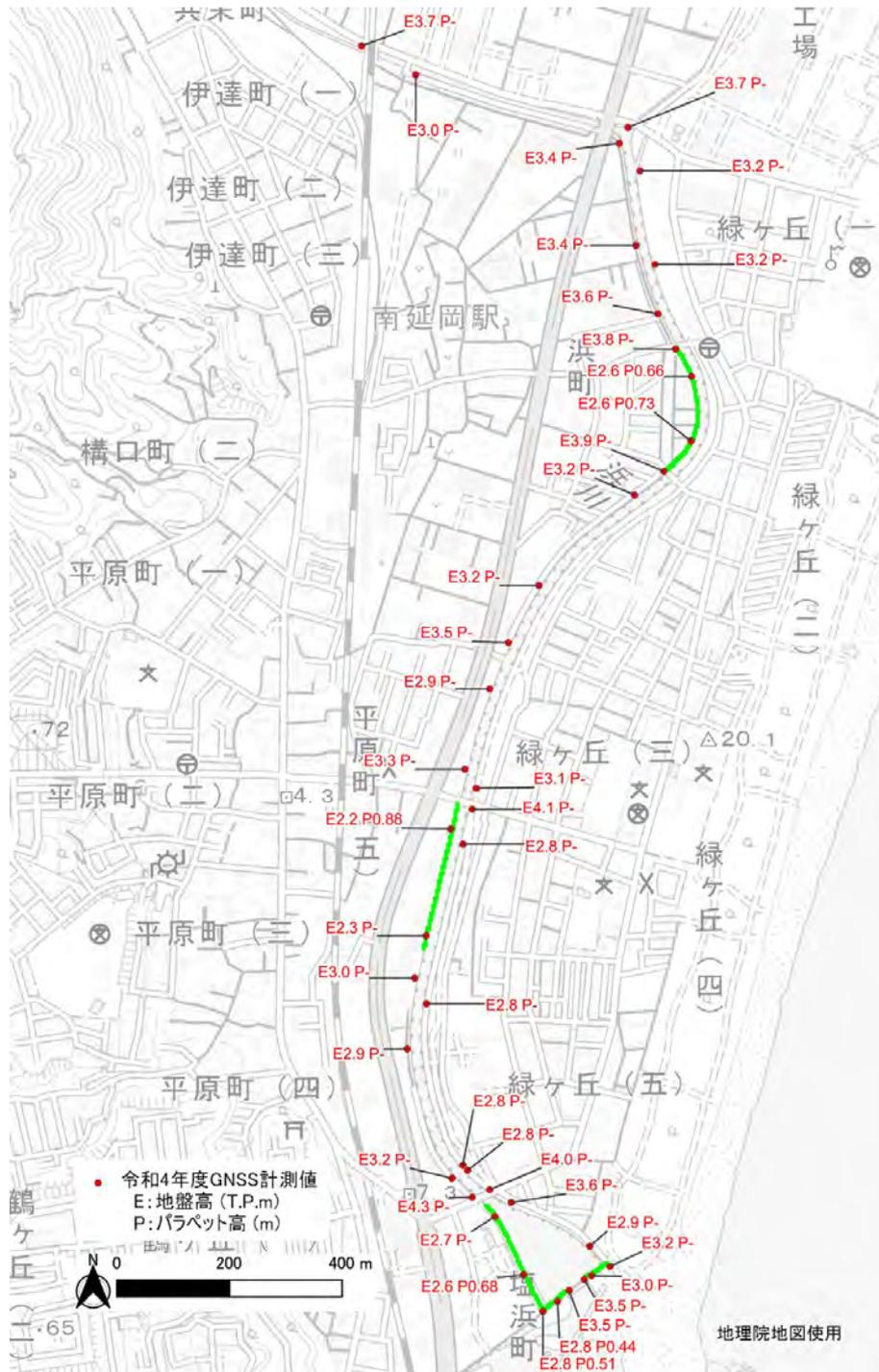


図 2-8-①-4 GNSS 計測値で得られた浜川護岸高及びパラペット高。図中の E は標高 (T.P. 基準)、P はパラペット高さを示す。

合成地形モデル<sup>1)</sup>は建物占有率と起伏地形標高の組み合わせで構成される。合成地形モデルの建物占有率及び建物高さには平成 30 年度宮崎県都市計画基礎調査 GIS データを使用した。建物占有率は、1 メッシュを占有する建物面積割合を 0～1 (0～100%) で表したもので、浜川周辺の 10/3m メッシュ建物占有率は図 2-8-①-5 の分布になる。

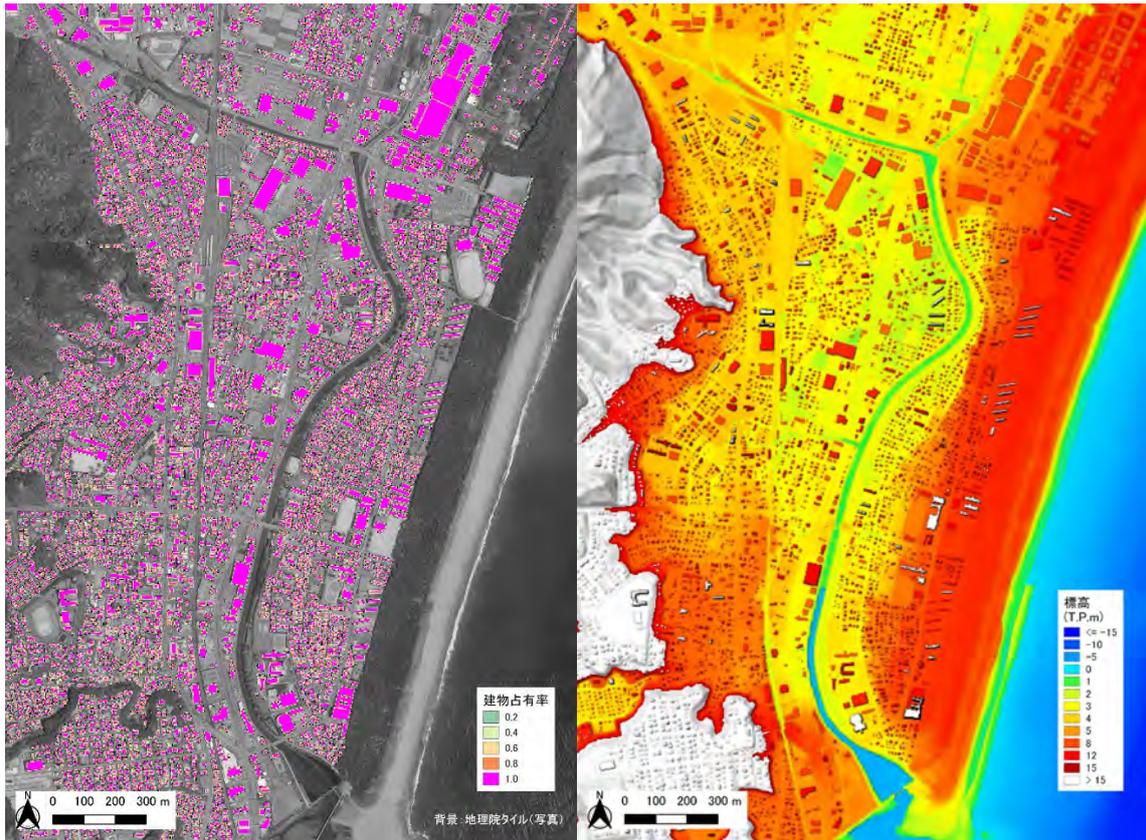


図 2-8-①-5 延岡市浜川周辺における合成地形モデル。(左) 浜川周辺の建物占有率。(右) 浜川周辺における建物高さを埋め込んだ起伏地形モデル。

## ② 波源断層モデルと計算条件

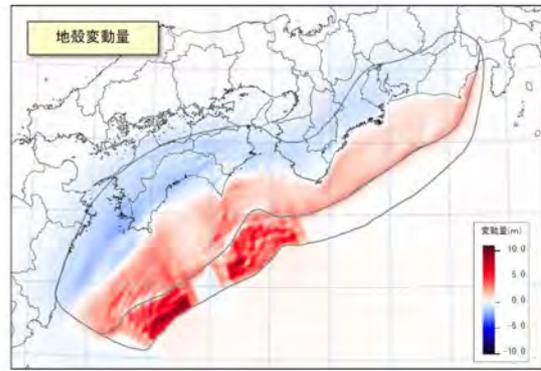
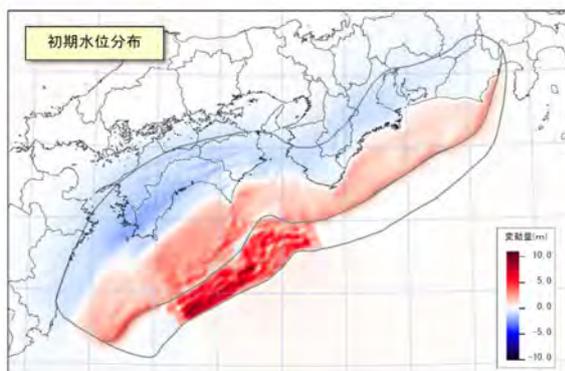
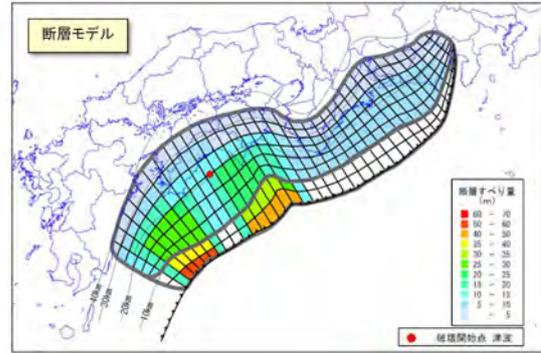
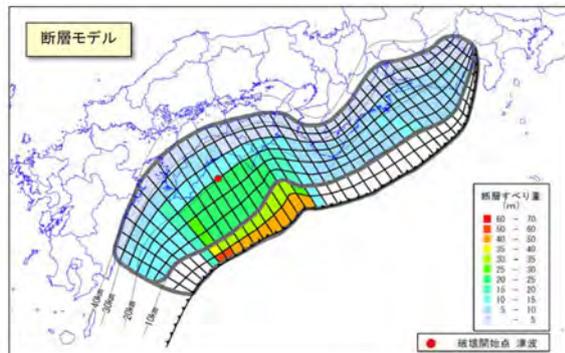
波源断層モデルの一例を図 2-8-①-6 に示す。本業務では内閣府モデル<sup>2)</sup>の Case 1 から Case 11 までの 11 ケースを用いた。これら波源断層モデルの特徴については、表 1 を参照されたい。

津波氾濫解析は、非線形長波理論に基づく平面 2 次元計算モデル<sup>3)</sup>を用い、波源域を含む 810m メッシュ領域から沿岸遡上域 10m メッシュ領域までの計算は地形モデルと底面摩擦を粗度で表現する従来の粗度モデル<sup>4)</sup>で実施し、10/3m メッシュ領域のみ合成地形モデルによる氾濫解析を実施した。地形データの格子形状は正方格子、座標系は世界測地系の平面直角座標第 2 系とした。津波数値計算諸元について表 2-8-①-1 を参照されたい。

表 2-8-①-1 津波数値計算条件

項目	内容
津波氾濫解析モデル	非線形長波理論に基づく平面 2 次元計算モデル <sup>4)</sup>
津波断層モデル	内閣府「南海トラフの巨大地震モデル」の時系列初期水位データを使用 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ Case 1 : 駿河湾～紀伊半島沖に大すべり域を設定</li> <li>・ Case 2 : 紀伊半島沖に大すべり域を設定</li> <li>・ Case 3 : 紀伊半島沖～四国沖に大すべり域を設定</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Case 4：四国沖に大すべり域を設定</li> <li>• Case 5：四国沖～九州沖に大すべり域を設定</li> <li>• Case 6：駿河湾～紀伊半島沖に大すべり域＋分岐断層</li> <li>• Case 7：紀伊半島沖に大すべり域＋分岐断層</li> <li>• Case 8：「駿河湾～愛知県東部沖」と「三重県南部沖～徳島県沖」に大すべり域を設定</li> <li>• Case 9：「愛知県沖～三重県沖」と「室戸岬沖」に大すべり域を設定</li> <li>• Case 10：「三重県南部沖～徳島県沖」と「足摺岬沖」に大すべり域を設定</li> <li>• Case 11：「室戸岬沖」と「日向灘」に大すべり域を設定</li> </ul>
地形モデル	延岡市を 10/3m メッシュ詳細領域としたネスティング地形空間格子サイズ (m)：810→270→90→30→10→10/3
構造物の取り扱い	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 合成地形モデル (抗力係数 Cd=0.3、建物占有率 99%以上は起伏地形)</li> <li>• マニング粗度モデル<sup>2), 4)</sup></li> </ul>
構造物モデル	メッシュ境界辺に与えた幅の無い堤防天端高モデル (越流時は本間越流公式を適用)
初期潮位	T.P. +1.15 m (宮崎沿岸の朔望平均満潮位)
計算時間間隔	最小格子で 0.05 秒
再現計算時間	地震発生から 3 時間
境界条件	沖側最外領域では自由透過
水門等	浜川防潮水門：開門、閉門



(a) 内閣府モデル Case 4

(b) 内閣府モデル Case 11

図 2-8-①-6 波源断層モデルの一例

### ③ 合成地形モデルによる津波氾濫解析

土地利用情報を利用して構築した合成地形モデルを用いて延岡市における津波氾濫解析を行った。解析に用いた計算領域を図 2-8-①-3 に示す。計算領域の詳細については表 2-8-①-1 に示すとおりであり、千葉県から九州の太平洋沿岸を含む空間分解能 810m の大領域から延岡市周辺の 10/3m まで、段階的にネスティング処理を行っている。

10/3m メッシュの詳細領域では、合成地形モデルによる氾濫流評価を行った。合成地形モデルは、建物の一部を起伏地形として取り扱い、当該メッシュ分解能より粗い部分を低面摩擦で置き換えることで構造物の影響を考慮する手法である。運動方程式の摩擦項をマンシングの粗度係数から式(1)の合成等価粗度係数 ( $n_{syn}$ ) に置き換えて計算を行った。

$$n_{syn} = \sqrt{\frac{100-\theta}{100} n_0^2 + \frac{\theta}{100} \frac{C_D}{2gk} D^{4/3}} \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 $\theta$  : 単位計算格子における建物占有率、 $n_0$  : マンシングの粗度係数 (=0.025)、 $k$  : 建物幅は建物占有率の平方根、 $C_D$  : 抗力係数 (=0.3)、 $D$  は全水深、 $g$  は重力加速度である。

### ④ 氾濫解析結果

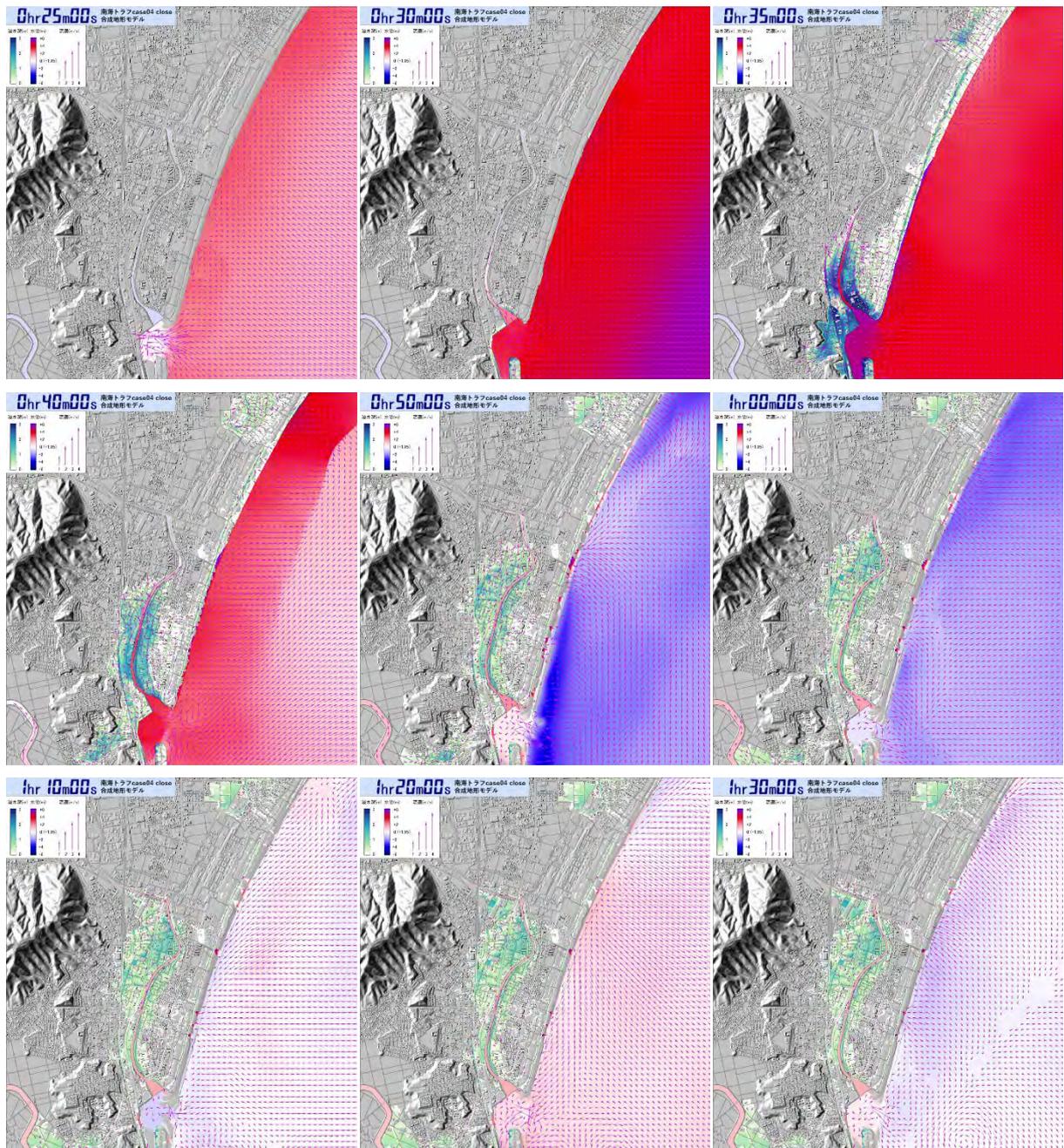
図 2-8-①-7 に延岡市南部地域における氾濫過程を示す。波源断層モデルは Case 4 で浜川水門が閉まっている場合である。図から、減災レベルの津波規模の場合には、水門が閉まっても、周囲の護岸高さを越える津波高となるため、河口部構造物を越流して市街地を氾濫する様子が確認できる。市街地に氾濫した津波は建物の影響で流束ベクトルに若干の乱れが生じていることや浜川沿いや通水能の高い幅員の広い道路に沿って氾濫していることも確認できる。合成地形モデルによる氾濫解析では、建物による浸水の遮蔽効果などにより流速ベクトルの自由度が制限される。このことは津波漂流物の拡散傾向に大きな影響を与え得る。例えば、流束強度に対応して漂流物拡散程度が変化するため、漂流物集積箇所を絞り込める可能性がある。

図 2-8-①-8 に各波源断層モデルによる浜川水門の開閉による最大浸水深分布の比較を示す。すべてのケースでの特徴としては、浜川河口部では水門や周囲の護岸を越えて津波は氾濫するため、水門の開閉の影響は少なく、最大浸水深分布に大きな変化は見られない。浸水域全体でみると、水門が閉まっている場合の方が浜川上流部で浸水域が広がっていることがわかる。また、当該地域において津波強度が大きい Case11 (図 2-8-①-9 (k)) では浸水域拡大の差は小さくなる傾向にあることがわかる。この原因としては、当該地域は比較的標高の高い長浜海岸林域があることや北部には大瀬川護岸があるために、津波が海域に戻る経路としては浜川沿いになる。そのため、浜川河口の水門が閉まっている場合には効率良く排水できないことから、内水氾濫的な状況となり浸水域が広がることになるためである。

図 2-8-①-9 に各波源断層モデルによる浜川水門の開閉による最大流速分布の比較を示す。ここでの最大流速値と最大浸水深発生時刻とは異なることに注意が必要である。図から、全ケースともに河口部、浜川流路部と幅員の広い道路に沿って生じてい

ることがわかる。水門開閉の大きな違いとしては、水門が閉じている場合に浸水域が広がっていることにある。浸水境界であることやその拡大要因が内水氾濫であることから、その浸水域拡大部での計算最大流速は  $0.1 \text{ m/s}$  に満たない。

以上から、河口部護岸高さ (T.P. 3 m) を越えない防災レベルかそれ以下の津波規模では、水門や河口部護岸により津波氾濫を食い止めることができ得ると考えられるが、減災レベルの津波に対しては、浜川河口部の水門開閉の効果はそれほど高くなく、むしろ内水氾濫を助長し得ることになる。巨大地震発生直後には南海トラフ海底地震津波観測網 (N-net) などの沖合観測網を利活用したその規模を速やかに判定することが緊急対応時の意思決定には重要であろう。



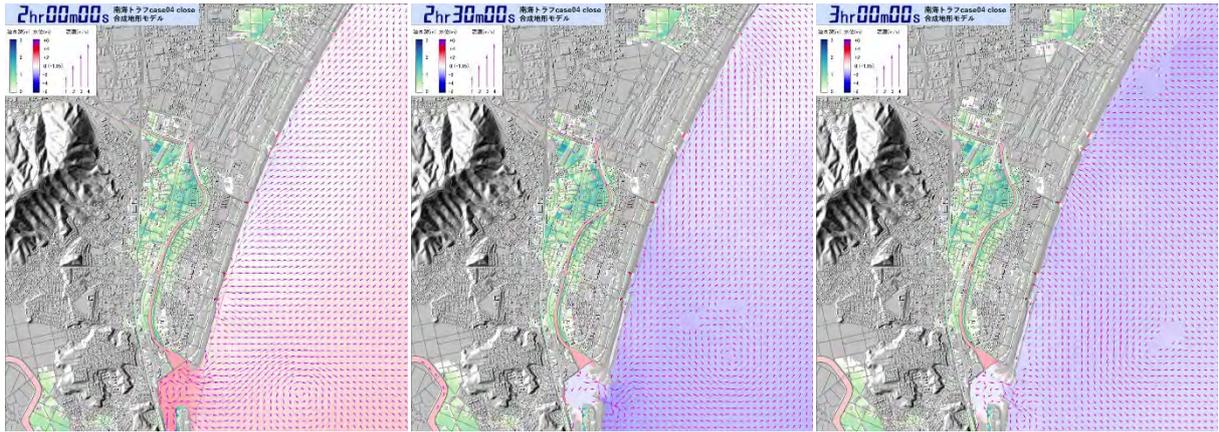
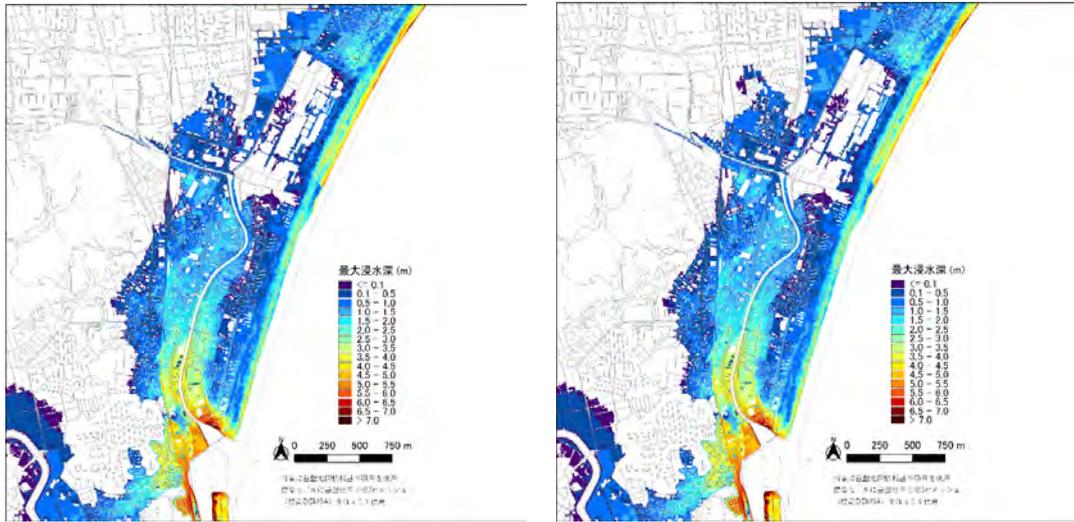
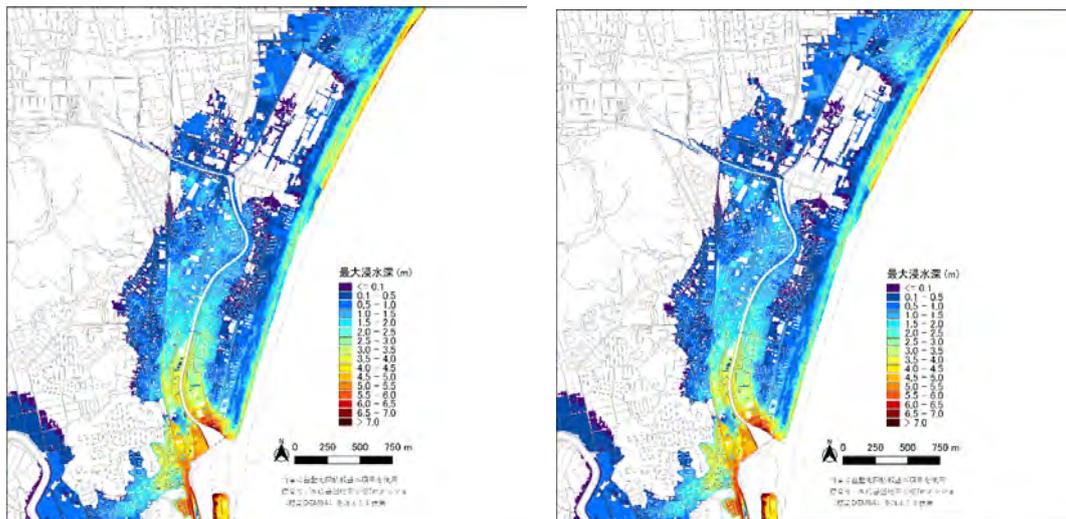


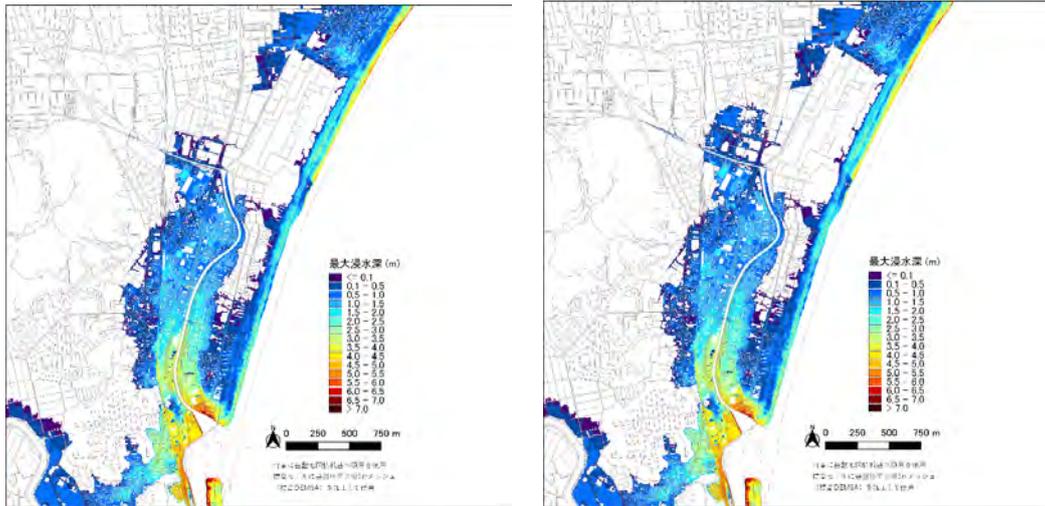
図 2-8-①-7 津波浸水過程の一例。波源断層モデルは Case 4、浜川水門が閉まっている場合。



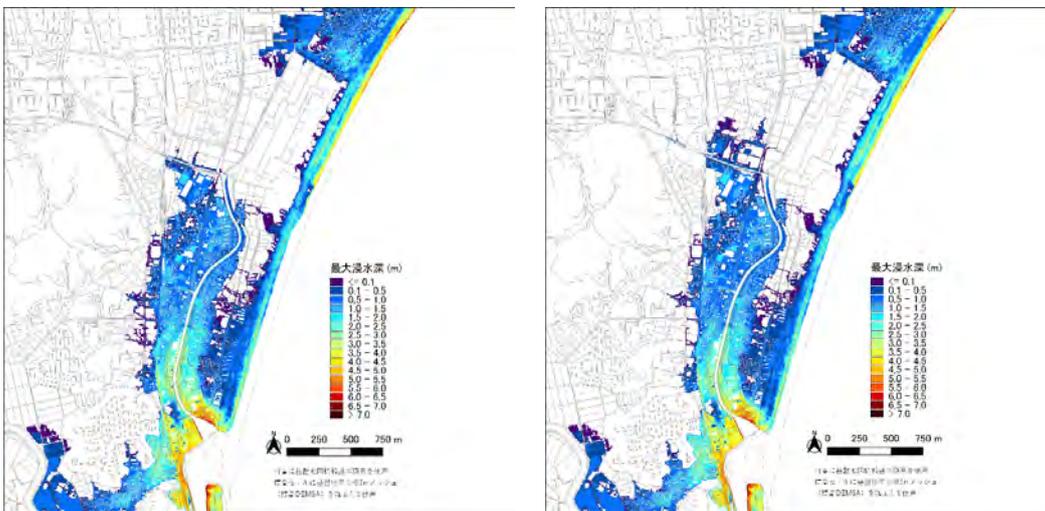
(a) Case 1



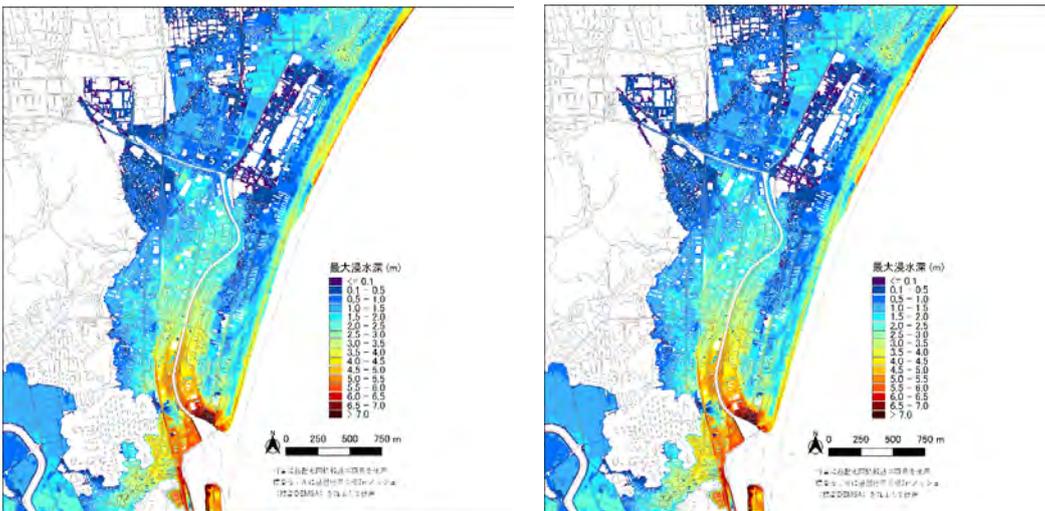
(b) Case 2



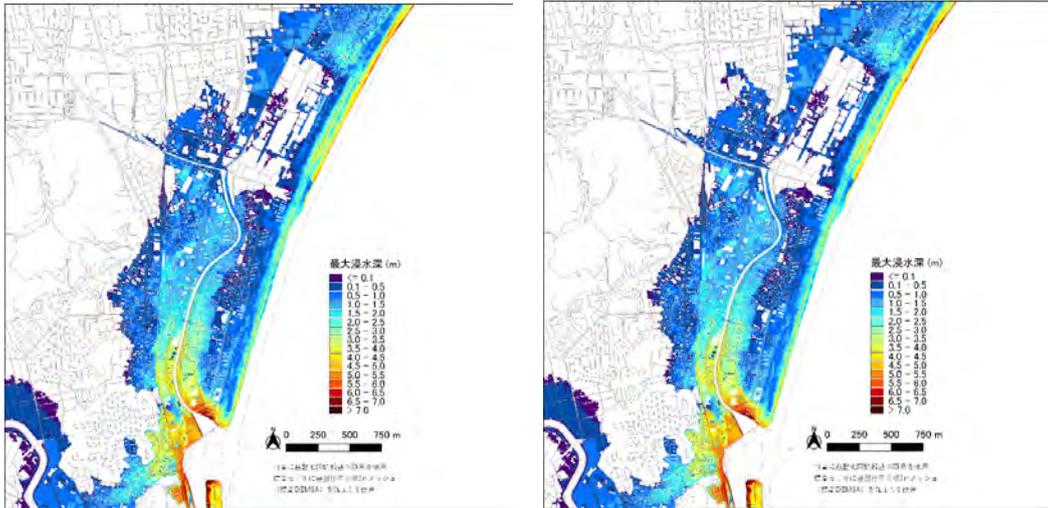
(c) Case 3



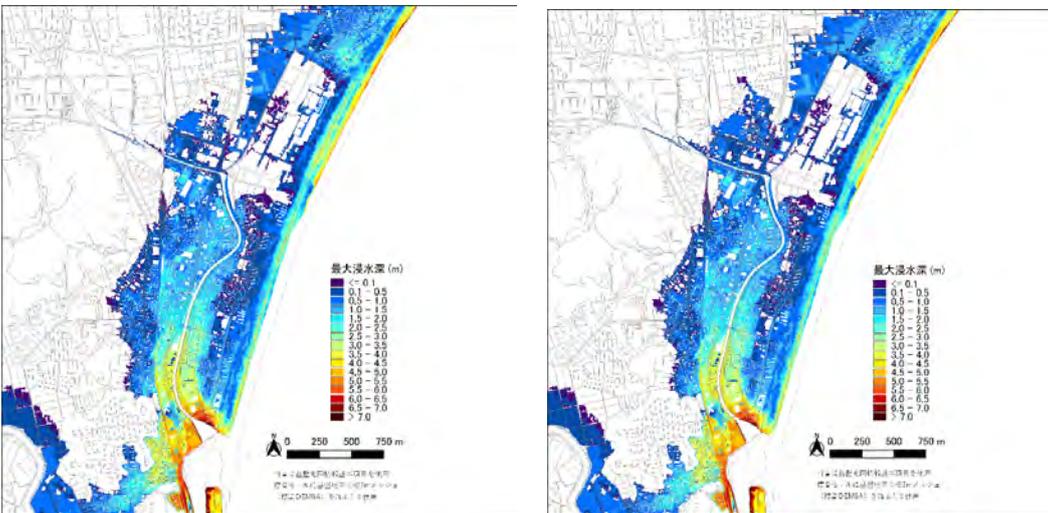
(d) Case 4



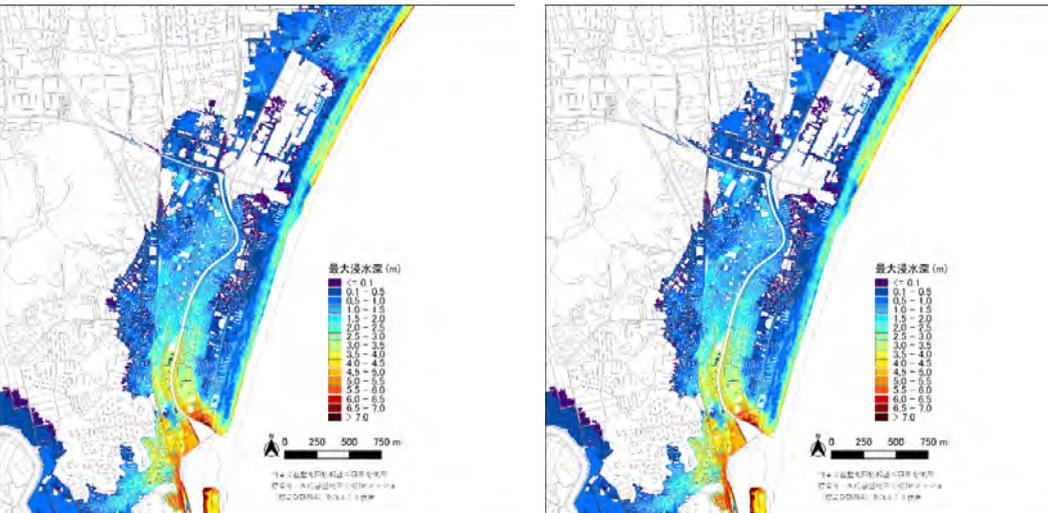
(e) Case 5



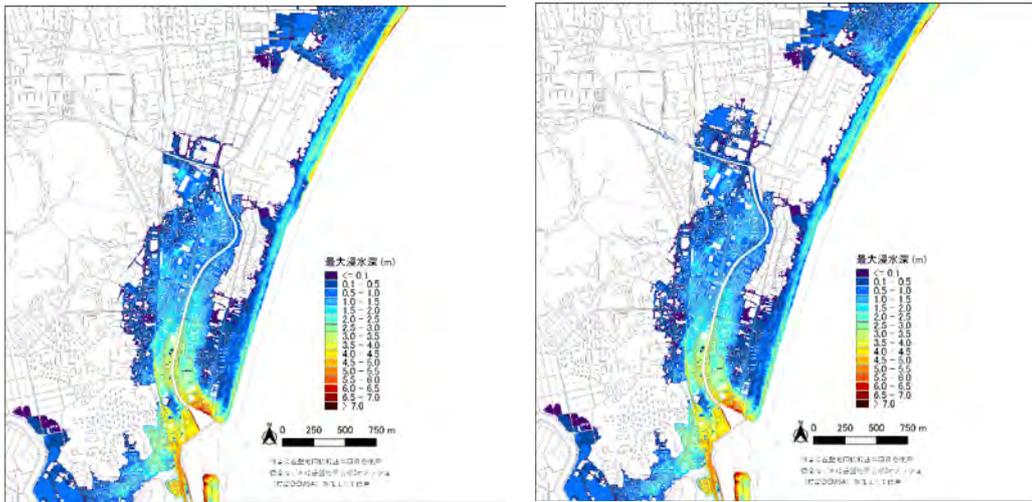
(f) Case 6



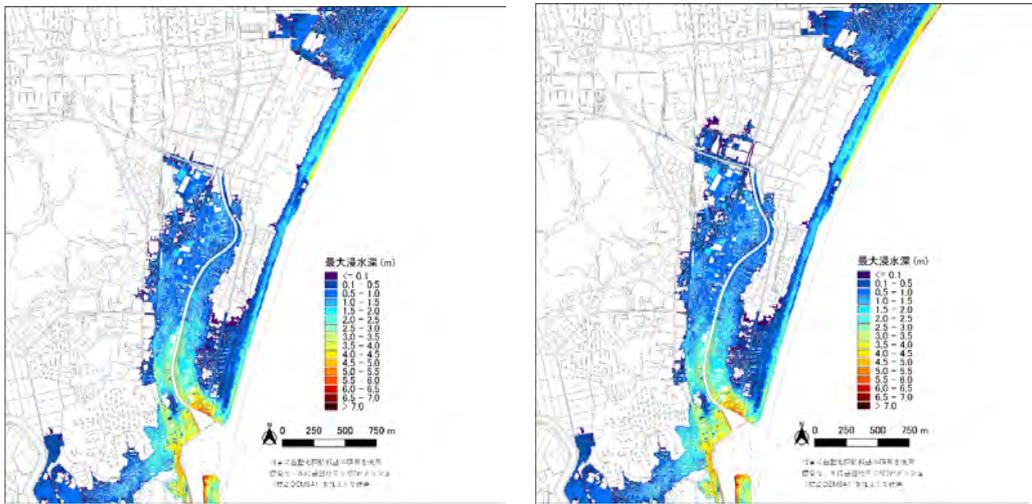
(g) Case 7



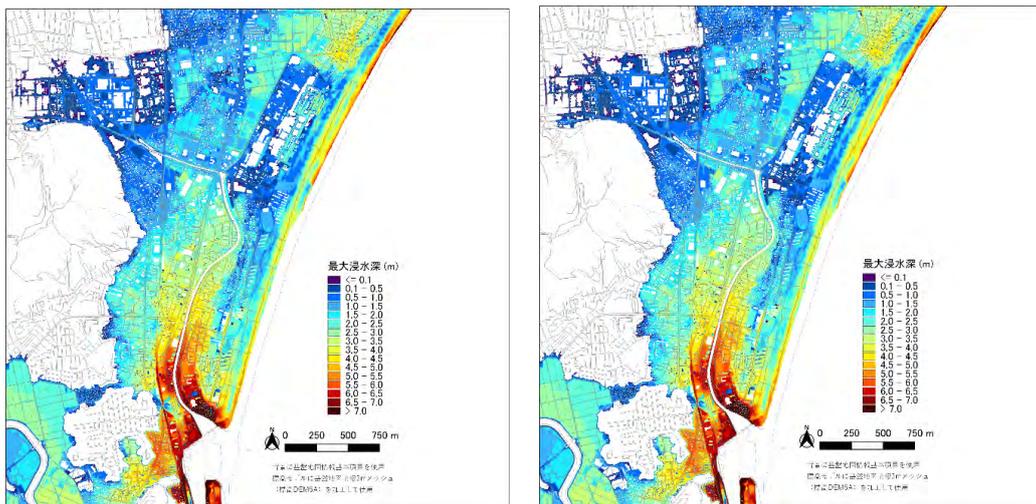
(h) Case 8



(i) Case 9

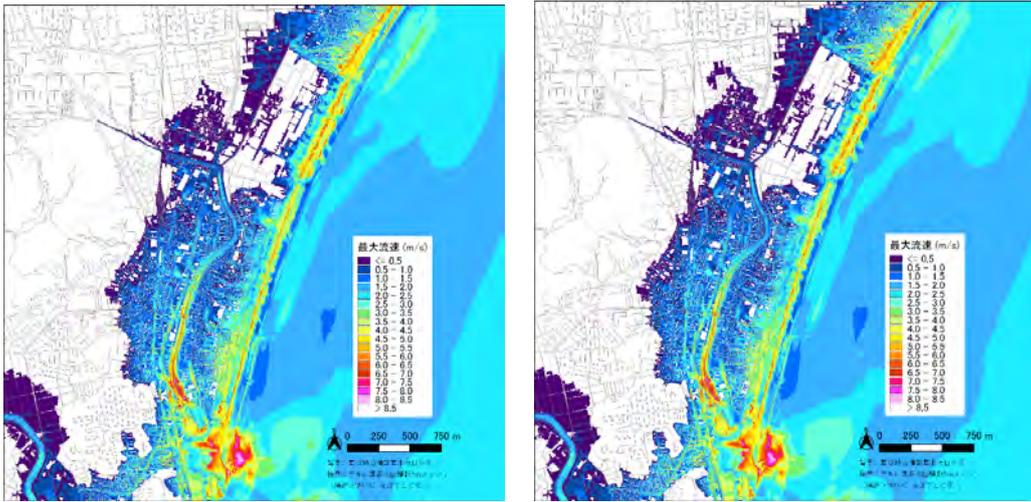


(j) Case 10

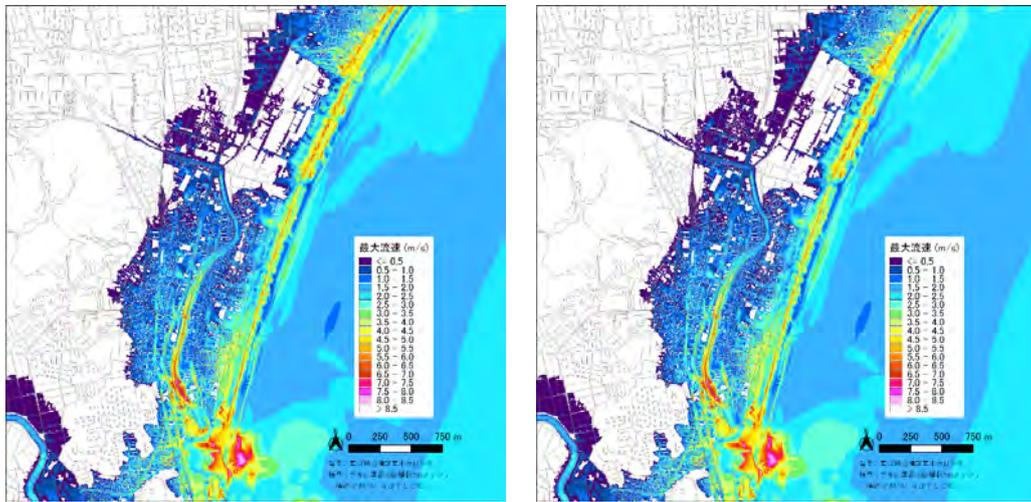


(k) Case 11

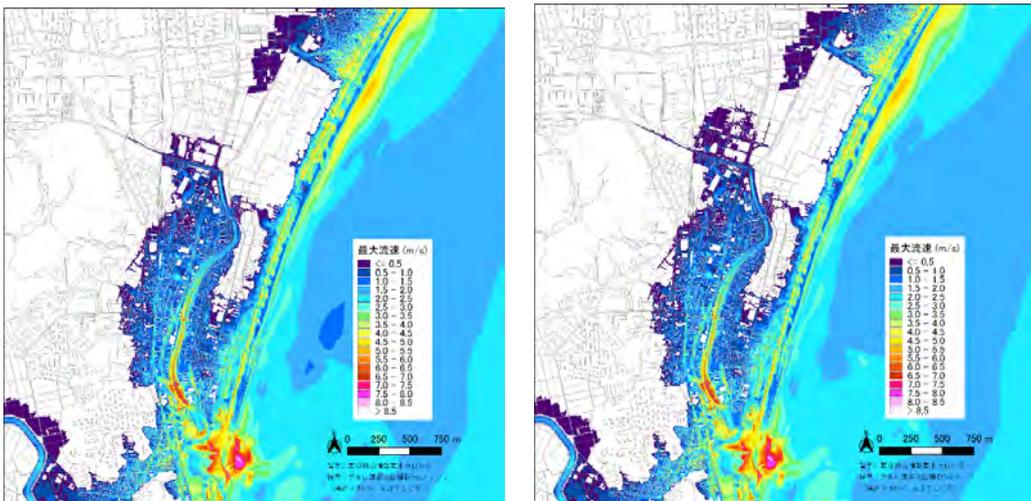
図 2-8-①-8 浜川水門の開閉による最大浸水深分布の比較。左図は浜川水門が開いている場合、右図は浜川水門が閉まっている場合を示している。



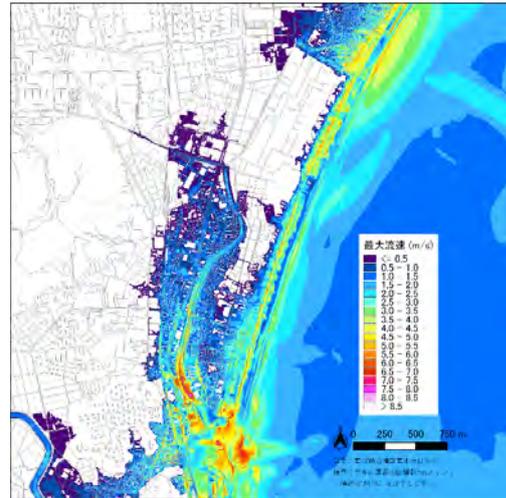
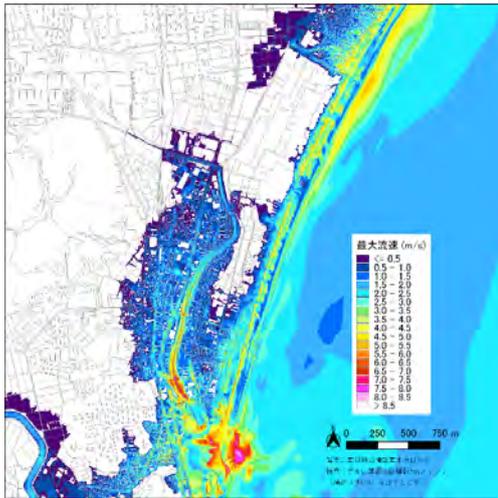
(a) Case 1



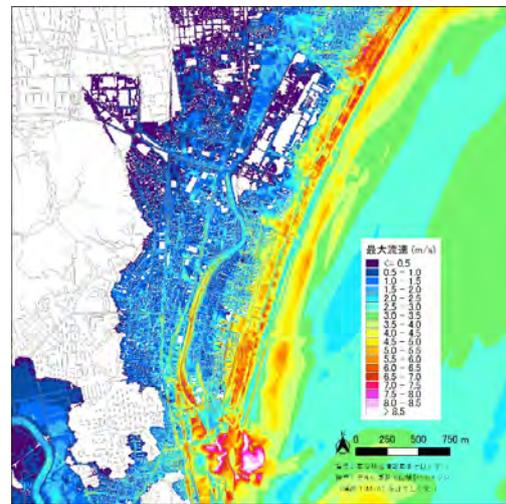
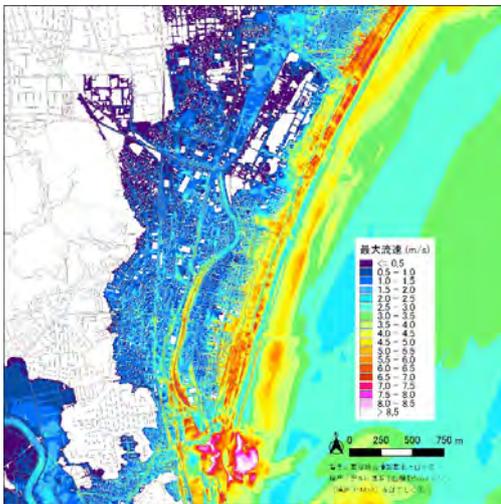
(b) Case 2



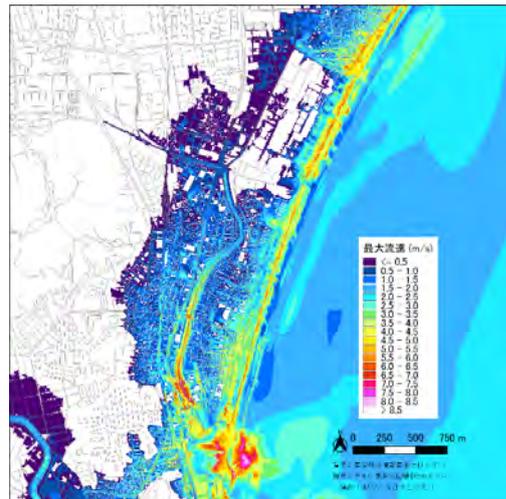
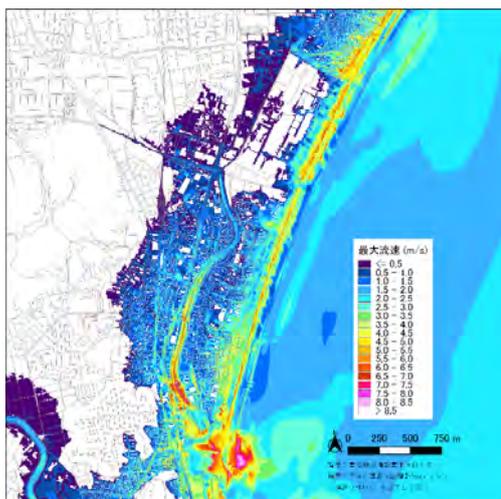
(c) Case 3



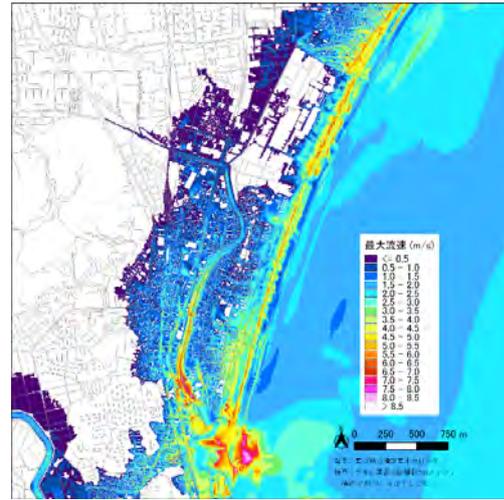
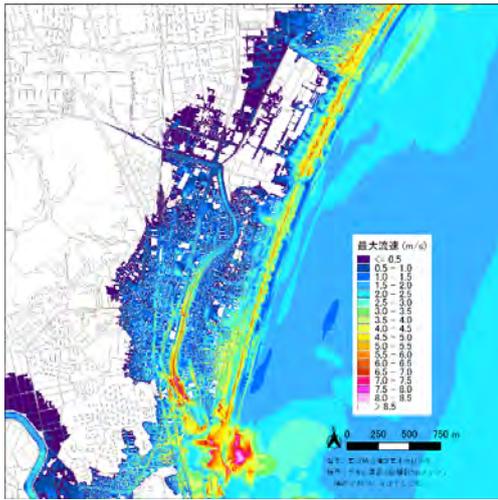
(d) Case 4



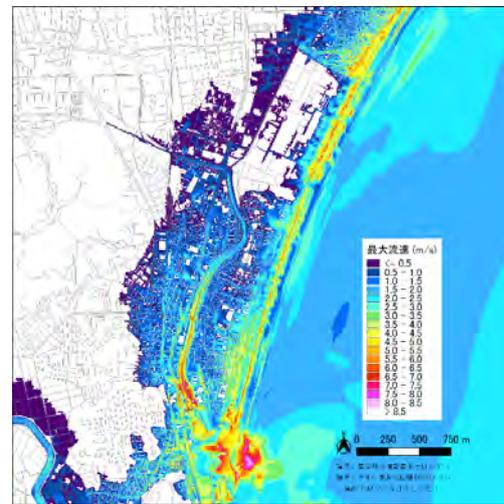
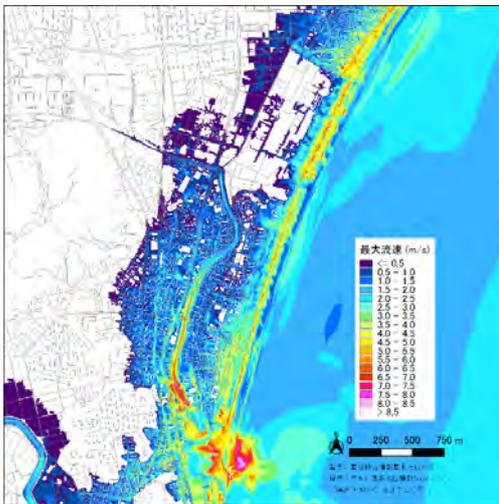
(e) Case 5



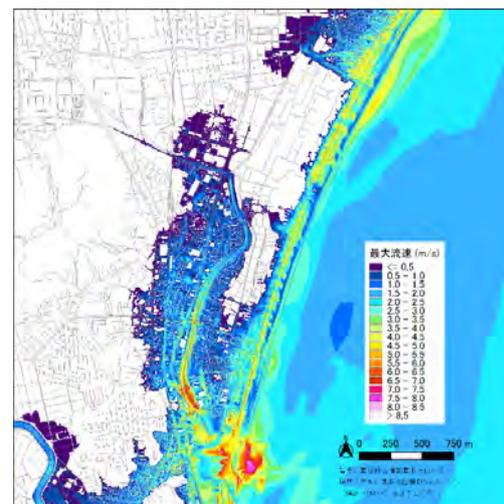
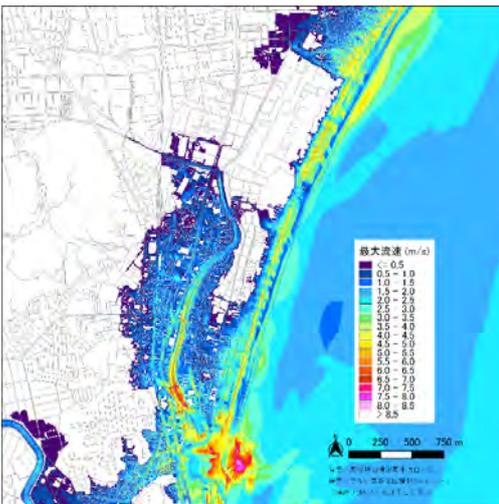
(f) Case 6



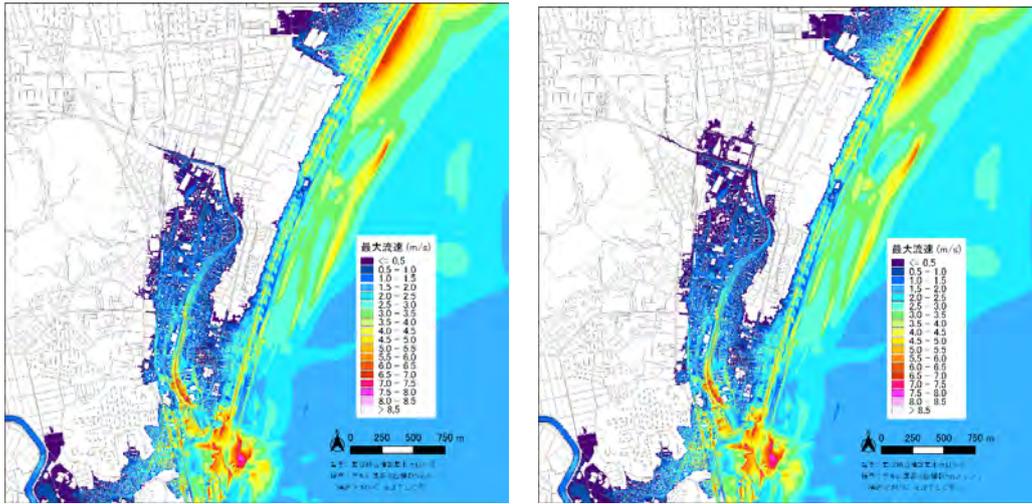
(g) Case 7



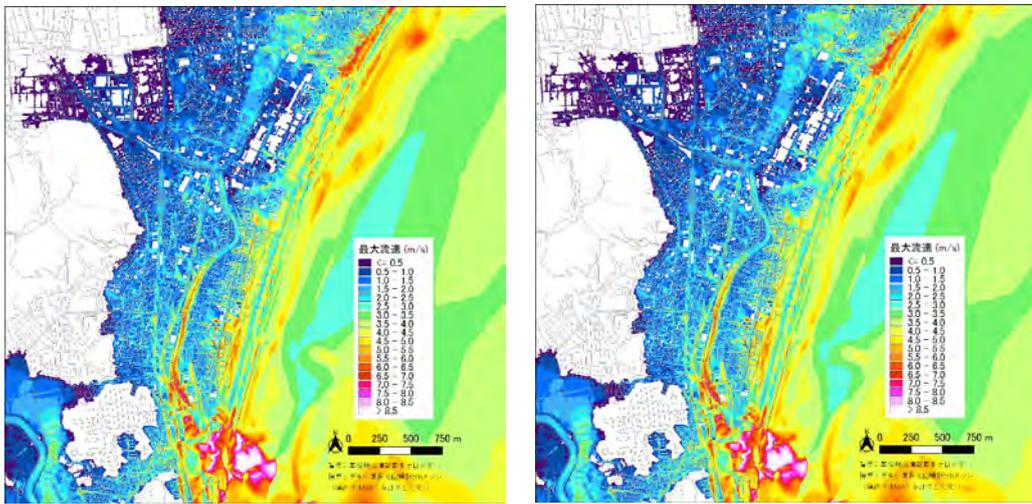
(h) Case 8



(i) Case 9



(j) Case 10



(k) Case 11

図 2-8-①-9 浜川水門の開閉による最大流速分布の比較。左図は浜川水門が開いている場合、右図は浜川水門が閉まっている場合を示している。

### iii) 軟弱地盤上に立地する河川堤防の耐震性再評価

国土の狭い日本では、洪水氾濫区域に人口の 50%、資産の 75%が集中していると言われており、河川堤防や海岸堤防・排水機場などの浸水防護施設の健全性確保は、これら地域における外水氾濫を防ぐ生命線だと言える。しかし、平野部は一般的に地下水位が高いことに加えて、堆積年代が若いことから地盤が軟弱であることが多く、地震時に液状化をはじめとする地盤災害が発生する危険性が高い。河川堤防は歴史的な経緯の中、工事費用が低廉であることや材料の取得が容易であることに加えて、堤防が損傷したとしても比較的復旧が容易であることから、多くが地盤材料を用いて造られてきた。これまでは、過去の被災経験と実績をもとに仕様や断面形状が設計されてきたが、都市部の拡大に伴って洪水氾濫区域に人口・資産が集中している昨今では、想定外の外力が作用したとしても、堤体機能の損傷を許容することは難しい。防護施設の中には、築造後に長い年月が経過して老朽化が進行している施設や、大規模地震に対して耐震性を十分有していないものが

存在するという指摘もある。加えて、堤防は延長の長い線的構造物であり、一連の長大な区間の中で1箇所決壊するだけで、地形条件によっては広範囲にわたって甚大な浸水被害を引き起こすこととなる。河川堤防の全長を補強するには費用と時間が莫大にかかるため、局所的弱点箇所を精度よく抽出して、適切な対策を施すことが求められる。しかし、現行の河川堤防の耐震性照査においては、(1)粒径の比較的大きいシルトが支配的な場合やN値が小さく軟弱な状態にあっても粘性土場合に地震被害が十分に想定されていないこと、(2)地層不整形性に起因する複雑な波動伝播の影響が考えられていないこと、(3)堆積状態の不均一性などの地盤が有する不確実性の影響が十分には考慮されていないこと、ならびに、(4)耐震性照査に用いる設計用地震動は加速度応答スペクトルで規定されることが多く地震動継続時間の影響が十分には検討されていないこと、などの課題が存在する。

そこで、R3年度で対象とした徳島県那賀川下流域に築造された河川堤防を対象に、地震動継続時間が地震被害に及ぼす影響を数値解析的に検討した。当該地域は典型的な三角州地形であり、深部に軟弱粘性土が介在する軟弱な砂-粘土互層地盤である。用いた解析コードは、砂から粘土、両者の混在した中間土から特殊土までを同じ理論的枠組で記述する弾塑性構成式であるSYSカムクレイモデル<sup>1)</sup>を搭載した水～土連成有限変形解析コード<sup>2)</sup>である。

#### ① 解析モデル

解析モデルはR3年度に実施した現状再現モデル（嵩上げ+静的砂杭圧入工法実施済み）を用いる。解析メッシュを図2-8-①-10に示す。図面は堤体周辺部の拡大図になるが、境界条件が解析結果に影響しないように側方には解析領域を十分に広く確保している。表層から埋め土層（B層）、沖積砂層（As層）、沖積粘土層（Ac層）が堆積し、その下は硬質な洪積層（D層）となっている。原位置調査から、B層やAs1層は液状化強度の小さい緩い砂質土、As2層は中密な砂質土、Ac1層は軟弱な粘性土、Ac2層は圧縮性が大きいシルト質粘性土であることがわかっている。地震動はメッシュ最下端の水平方向に等しく入力し、地震動入力終了後は、地震中に蓄積した過剰間隙水圧が完全に消散するまでそのまま圧密放置した。

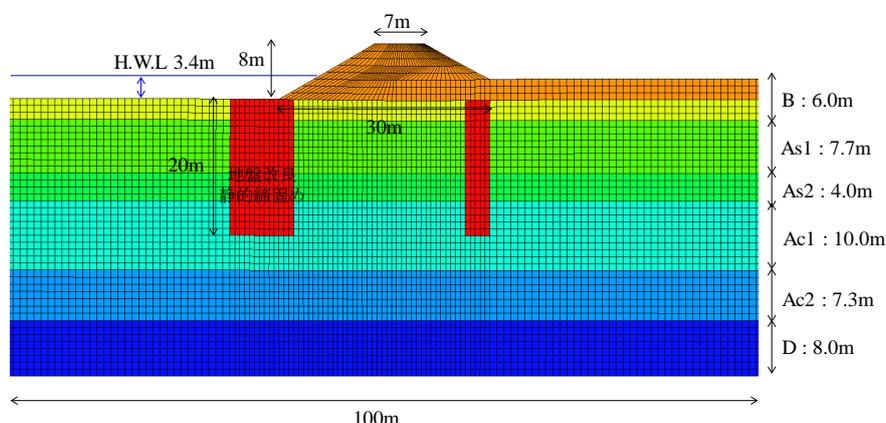


図2-8-①-10 解析モデル

② 解析に用いた地震動

図 2-8-①-11 に解析に用いた 3 つの入力地震動を示す。左図は加速度時刻歴、右図は加速度応答スペクトルである。ARTEQ (㈱構造計画研究所) を用いて、河川堤防耐震性能照査で規定される応答スペクトル (図中の黒破線、レベル 2-1 地震動：発生頻度が低いプレート境界で発生する大規模な地震) に適合させた継続時間の異なる地震動を作成した。各地震動の包絡関数は図 2-8-①-12 のように設定し、位相角は  $0 \sim 2\pi$  の一様乱数で与えた。地震応答スペクトルからわかるように、いずれの地震動も短周期～長周期成分まで幅広く含む広帯域地震動である。なお、図中の  $T_b$ 、 $T_p$  はそれぞれ定義の異なる地震動継続時間であり、代表的継続時間を表す  $b$  継続時間<sup>3)</sup>、<sup>4)</sup> とパワーの蓄積時間に基づく  $p$  継続時間を示す<sup>4)</sup>、<sup>5)</sup>。

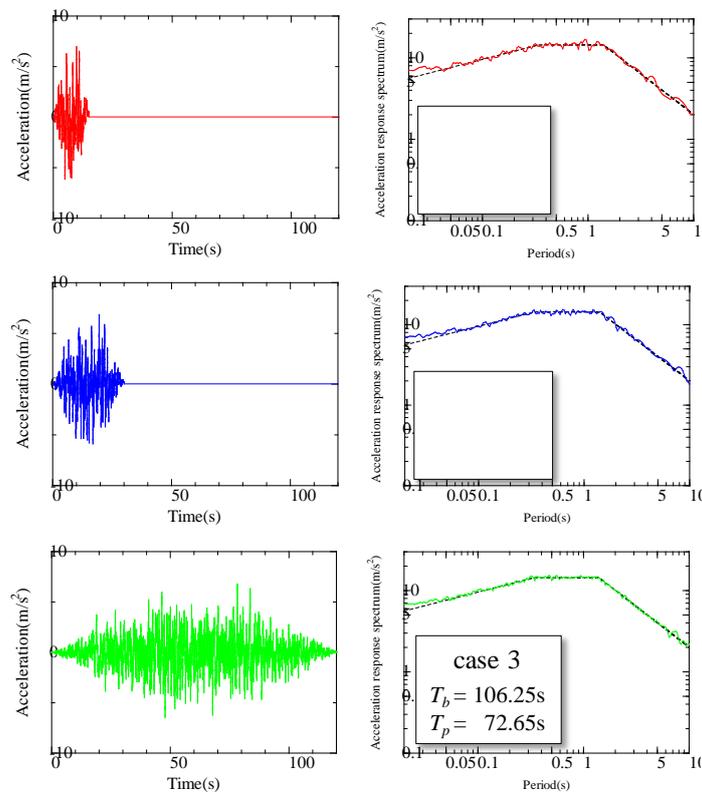


図 2-8-①-11 解析に用いた継続時間の異なる地震動。

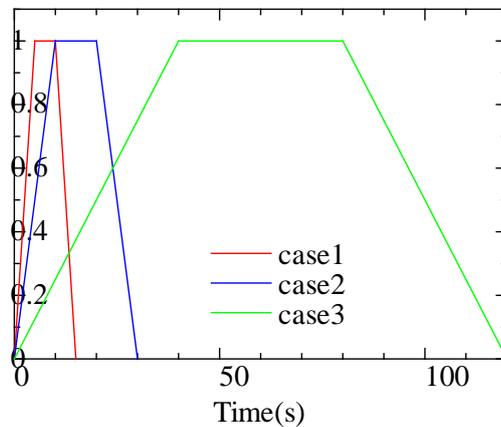


図 2-8-①-12 地震波形の包絡関数。

### ③ 地震動継続時間の影響評価

図 2-8-①-13 に各ケースの有効応力減少比とせん断ひずみの分布を示す。有効応力減少比は地震動終了直後、せん断ひずみは地震中に蓄積した過剰間隙水圧の消散に伴う圧密沈下が収束した時点を示している。有効応力減少比は初期平均有効応力を過剰間隙水圧で除したものである。地震前の 0 から増加して 1 に近づくほど有効応力が減少して地盤剛性が低下したことを示し、1 になると地盤は液状化したことを意味する。

有効応力減少比を見ると、地震動継続時間が長いほど有効応力減少の程度が大きい。特に case3 では砂質土である B 層および As1 層はほぼ全域で 1 に到達して液状化している。また、深部粘性土 Ac1・Ac2 層でも有効応力減少が顕著に見られる。一般的に粘性土は地震被害に対して鈍感であると言われているが、Ac1 層のように軟弱な状態にある場合や、Ac2 層のように比較的粒径が大きいシルト質粘性土が堆積している場合は長周期成分を含む長時間震動を受けると、地盤が乱されて有効応力が減少／剛性が低下する<sup>6)</sup>。続いて、せん断ひずみを見ると、継続時間が長いほど特に盛土部分で変状が大きい。これは、盛土下部の砂質土層の剛性低下に起因する。また、すべてのケースにおいて深部粘性土、特に Ac2 層でも変状が生じる。上述の通り、長周期震動によって粘性土が乱されたことに起因する。

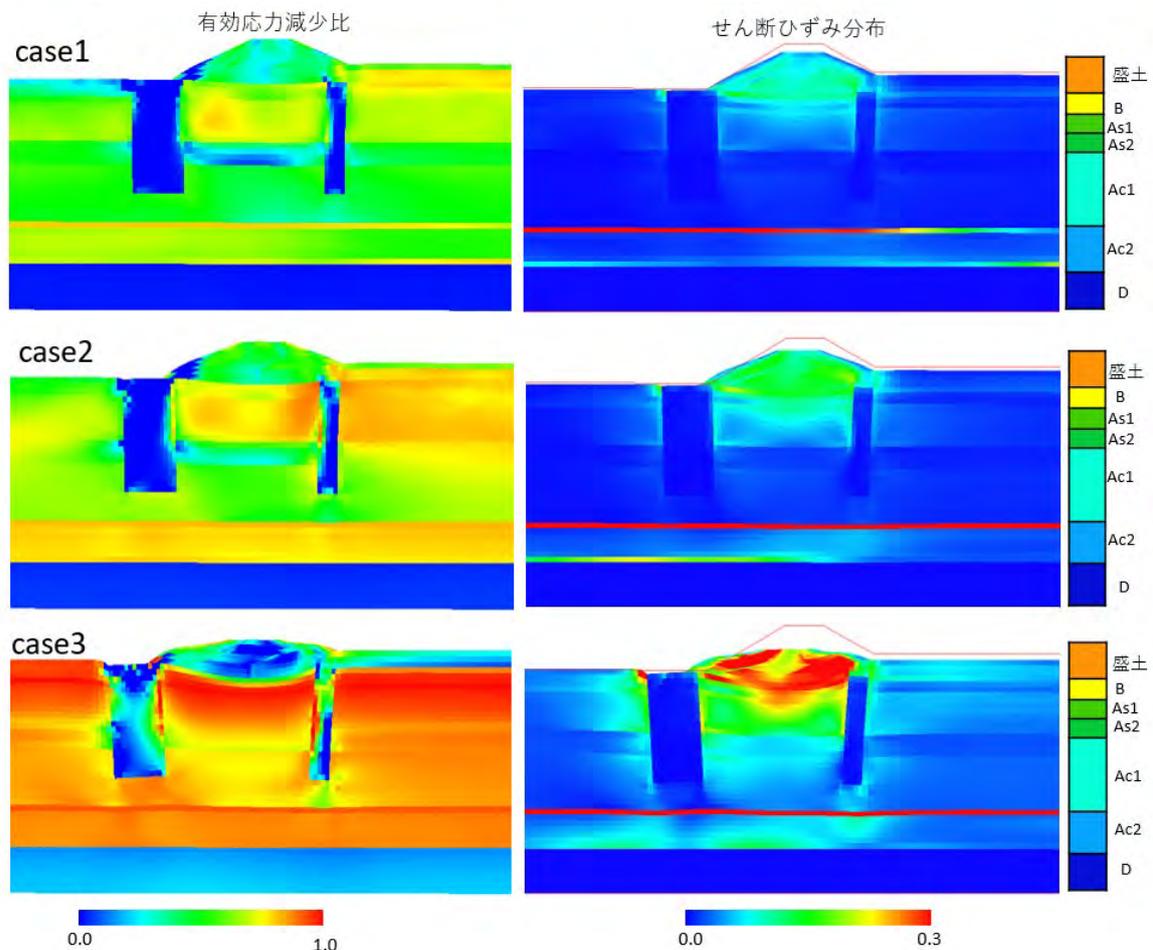


図 2-8-①-13 有効応力減少比とせん断ひずみの分布

図 2-8-①-14 と図 2-8-①-15 には、盛土天端における沈下量と水平変位量を示す。継続時間の長い case3 で特に地震被害が大きい。沈下量に着目すると、一度収束しかけた沈下が  $10^5$  s 付近（地震発生から約 1 日後）から再び加速化している。これは粘土層において、地震中に減少した有効応力の回復に伴う圧密沈下が引き起こしており、粘性土が地震によって乱されると地盤変状は長期にわたって継続する危険性を指摘している。続いて水平変位に着目すると、震動初期の最大水平変位に大きな差異はないが、継続時間が長いほど残留変位が大きい。基本的には河川堤防の耐震対策は液状化層が対象となるため、当該地点でも地盤改良は浅部砂層に対して実施されている。本解析のように、軟弱粘性土層が地震動によって乱される場合、剛性低下に伴う側方流動によって、深部で大きな残留変形が生じる危険性も示唆している。

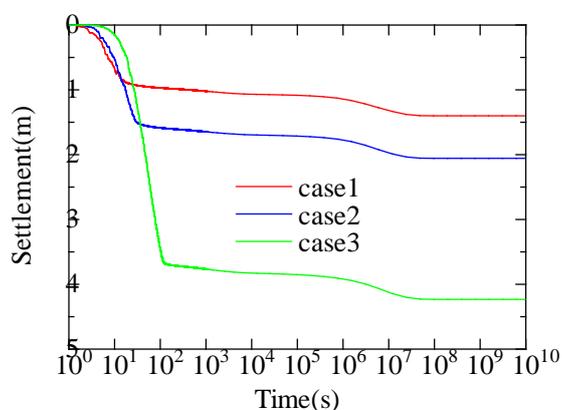


図 2-8-①-14 盛土天端における沈下量。

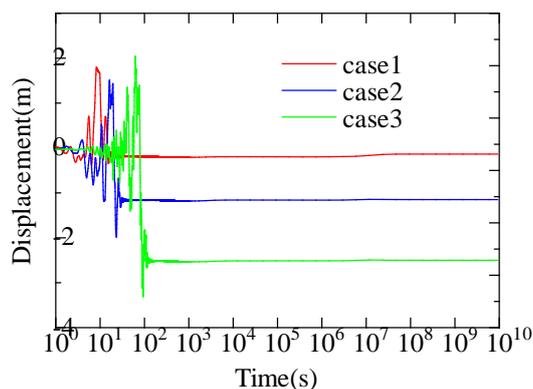


図 2-8-①-15 盛土天端における水平変位量。

以上、同一応答スペクトルを有する地震動であっても、継続時間が長いほど地震被害が大きくなることを示した。これは砂質地盤の液状化や粘性土の乱れなど、地盤が示す弾塑性応答に起因する。設計用地震動は応答スペクトルで規定されることが多いが、強い弾塑性応答を示す軟弱地盤の場合は特に、地震動の継続時間の影響を考慮することが詳細な被害予測のためには重要であることを指摘した。

(c) 結論ならびに今後の課題

i) 延岡市市街地における津波瓦礫の漂流に関する検討

延岡市中心部を対象として、複数の河川の下流域周辺の津波瓦礫の漂流計算を行い、浸水域のみならず、津波瓦礫の動きを把握することができた。このような計算から、沿岸部に粘り強い建物を設置することで津波瓦礫発生量を抑えることができる示唆を得た。また、車両などの初期位置による影響や、津波瓦礫の到来方向の評価など、地域の被害を最小限に抑えるための検討が可能であることを示した。

ii) 延岡市浜川水門の開閉が市街地津波氾濫に与える影響に関する検討

減災レベルの津波規模を対象として、延岡市南部沿岸における浜川河口部の水門開閉による浸水域の変化について検討を行った。河口部護岸高さ (T.P. 3m) を越えない防災レベルかそれ以下の津波規模では、水門や河口部護岸により津波氾濫を食い止めることができ得ると考えられるが、減災レベルの津波に対しては、浜川河口部の水門開閉の効果はそれほど高くなく、むしろ内水氾濫を助長し得ることになる。巨大地震発生直後には N-net などの沖合観測網を利活用したその規模を速やかに判定することが緊急対応時の意思決定には重要であろう。

iii) 軟弱地盤上に立地する河川堤防の耐震性再評価

地震動継続時間が地震被害に及ぼす影響を数値解析的に検討した結果、地盤が示す弾塑性応答に起因して、同一応答スペクトルを有する地震動であっても、継続時間が長いほど地震被害が大きくなることを示した。耐震性評価の更なる精緻化のためには、地層不整形性や N 値等の地盤情報の不確実性が地震被害に及ぼす影響を評価する手法を構築し、その影響度を把握することが必要となる。

(d) 引用文献

i) 延岡市市街地における津波瓦礫の漂流に関する検討

1) 内閣府、南海トラフ巨大地震モデル検討会、

<http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/index.html>

2) 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)、72, 2, 439-444, 2014.

3) 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)、70, 2, 161-165, 2014.

4) 小園裕司、高橋智幸、桜庭雅明、野島和也、南海トラフ地震津波を対象とした建物倒壊および災害がれきを考慮した津波被害予測モデルの適用と被害軽減効果の検討、土木学会論文集 B2 (海岸工学)、73, 2, 403-406, 2017.

ii) 延岡市浜川水門の開閉が市街地津波氾濫に与える影響に関する検討

1) 今井健太郎・今村文彦・岩間俊二、市街地における実用的な津波氾濫解析手法の提案、土木学会論文集 B2 (海岸工学)、69, 2, 331-315, 2013.

2) 内閣府、南海トラフ巨大地震モデル検討会、

<http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/index.html>

- 3) 後藤智明、小川由信、Leap-Frog 法を用いた津波の数値計算法、東北大学工学部土木工学科、52p., 1982.
- 4) 小谷美佐、今村文彦、首藤伸夫、GIS を利用した津波遡上計算と被害推定法、海岸工学論文集、45, 356-360, 1998.

iii) 軟弱地盤上に立地する河川堤防の耐震性再評

- 1) Asaoka, A., Noda, T., Yamada, E., Kaneda, K. and Nakano, M., An elasto-plastic description of two distinct volume change mechanisms of soils, Soils and Foundations, Vol 42, No.5, pp.47-57, 2002.
- 2) 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.
- 3) Bolt, B. A., Duration of strong ground motion, Proceedings of the 5th World Conference on Earthquake Engineering, pp.1304-1313, 1973.
- 4) 神山眞、地盤の影響考慮した震動継続時間およびその関連パラメーターの統計解析、土木学会論文集、第 350 号/I-2、pp.271-284, 1984.
- 5) M. D. Trifunac and A. G. Brady, A study on the duration of strong earthquake ground motion. Bulletin of the Seismological Society of America 65(3), 581-626, 1975.
- 6) Nakai, K., Noda, T. and Kato, K., Seismic assessment of river embankments reinforced by the sheet pile constructed on a low N-value soft ground, Canadian Geotechnical Journal, Vol.54, No. 10, pp.1375-1396, 2017.

(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
軟弱地盤上に築造された河川堤防の地震時被害に及ぼす地震動継続時間の影響（口頭発表）	花田優 中井健太郎 野田利弘 馬場俊孝 蔣景彩	令和4年度土木学会中部支部研究発表会	2023. 3	国内
海域観測網を用いた津波被害予測システム開発（ポスター発表）	高橋成実 今井健太郎	JpGU	2022. 5	国内
Real-time tsunami damage prediction using DONET and the implementation（口頭発表）	Narumi Takahashi Kentaro Imai	Underwater technology 2023	2023. 3	国内

## 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
Real-time tsunami damage prediction using DONET and the implementation	Narumi Takahashi Kentaro Imai	Extended abstract, Underwater technology 2023	2023.5	国内

### (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情報発信検討会

### (a) 業務の要約

サブ課題1とサブ課題2から提供される研究成果を踏まえ、情報発信の在り方を探る議論の一つとして情報発信検討会を実施した。同じ防災上の特性を持つ地域間で情報共有できるように、特にアンケート上で比較的コメントが多かった項目を参考に、昨年度と同じテーマである、ハザード評価、複合災害対応、事業継続、人材育成の4つをテーマとした。各自治体やインフラ企業、地方支分部局、地域の大学などとのこれまでの関係も活用して、情報発信検討会の協力体制を構築しながら、各テーマについて年間2回ずつ開催した。「With コロナ」を意識して、昨年度のオンライン開催のみから、地域性やその時々でのコロナ感染状況などを考慮しながら徐々にハイブリッド形式、あるいは対面形式の検討会に移行した。ハザード評価は8月30日に高知市の高知会館を会場としてハイブリッド形式で49名/機関、1月17日に延岡市社会教育センターを会場としてハイブリッドで78名/機関が参加した。複合災害対応は、8月9日にオンラインで61名/機関、2月6日に熊本城ホールを会場としてハイブリッドで63名/機関が参加した。事業継続は6月14日にオンラインで60名/機関、3月6日に名古屋大学を会場としてハイブリッドで38名/機関が参加した。人材育成は9月3日に宮城県石巻市のMEET門脇を会場としてハイブリッドで17名、1月9日に徳島大学を会場として対面のみで23名が参加した。

### (b) 業務の成果

これまで構築してきた連携関係に基づき、昨年度同様、情報発信検討会を定常的に開催した。テーマは昨年度同様、ハザード評価、複合災害対応、事業継続、人材育成の4つで、各テーマの幹事も昨年度と同様、ハザード評価が海洋研究開発機構の今井健太郎

氏、複合災害対応が香川大学の金田義行氏、事業継続が防災科学技術研究所の中村洋光氏、人材育成が徳島大学の馬場俊孝氏が務めた。また、各テーマを総括・取り纏め、サブ課題3内、そしてサブ課題1とサブ課題2との連携を図る立場である代表幹事を防災科学技術研究所の高橋成実氏が務めた。

i) ハザード評価

ハザード評価テーマを2回開催した(表2-8-②-1)。第一回目は2022年8月30日(火)に高知市内の高知会館を対面参加の会場として、第二回目は2023年1月17日(火)に延岡市の社会教育センターを対面の会場として、それぞれオンライン参加も受け付けるハイブリッド形式で開催した。参加者(以降、順不同)は第一回目が会場に高知県、高知市、土佐清水市、坂出市、防災科学技術研究所、海洋研究開発機構、名古屋大学、オンラインで名古屋港管理組合、尾鷲市、和歌山県、兵庫県、宮崎県、延岡市、大阪管区地方気象台、奈良地方気象台、岡山地方気象台、高松地方気象台、高知地方気象台、中部電力、NTT西日本関西支店、大阪ガスネットワーク、堺・泉北臨海特別防災地区協議会、明石高等工業専門学校、関西国際大学、鹿児島大学、山口大学、静岡県立大学、防災科学技術研究所、海洋研究開発機構、名古屋大学、香川大学、徳島大学、文部科学省の各機関から49名の参加があった。第二回目は会場に宮崎県、延岡市、門川町、日向市、大分県、九州地方整備局、NTTフィールドテクノ宮崎設備部、旭化成延岡支社、防災科学技術研究所、海洋研究開発機構、名古屋大学、徳島大学、京都大学、オンラインで静岡県、和歌山県、兵庫県、香川県、高知県、宮崎県、尾鷲市、室戸市、気象庁、大阪管区気象台、奈良地方気象台、彦根地方気象台、岡山地方気象台、松江地方気象台、高松地方気象台、福岡管区気象台、大分地方気象台、熊本地方気象台、鹿児島地方気象台、宮崎地方気象台、九州地方整備局大分河川国道事務所、関西電力、四国電力、日鉄テクノロジー、日本郵便、NTT西日本九州支店、堺・泉北臨海特別防災地区協議会、鹿児島大学、香川大学、文部科学省、土佐清水市、防災科学技術研究所、海洋研究開発機構、名古屋大学の各機関から78名の参加があった。

第一回目の検討会では、最初に名古屋大学の中井氏から「震応答解析による複数のシナリオ地震に対する実河川堤防の耐震性再照査」と題して、続いてテーマ幹事の海洋研究開発機構の今井氏から「津波予測システムの概要」の話題提供があり、最後に坂出市の笠井氏から「津波予測システムの防災訓練への反映と利活用研究」の話題提供があった。質疑や総合討論からは、河川堤防の研究成果に対しては、海岸堤防を含め他地域での確認方法や県や関係機関との早期の情報共有について議論がなされた。津波予測に対しては高潮被害予測への応用の可能性、防災訓練への利活用研究へは猶予時間のリアルタイムの把握の必要性や他地域での展開の可能性が議論された。

ハザード評価(表2-8-②-1)では、地域に提供されている津波浸水ハザードマップに加えて、サブ課題3で実施している見過ごされやすい課題について情報共有された。津波の即時予測やこの予測情報を使った避難訓練、津波瓦礫の問題、通常のハザードマップとは異なる浸水しやすさの可視化、河川堤防の変状について議論がなされた。

第二回目の検討会では、最初に延岡市の柳田氏と黒木氏から「延岡市の津波対策について」と題して、次に徳島大学の馬場氏から「想定最大ではなく津波の浸水しやすさ指

標のハザードマップの提案」と題して、最後に防災科学技術研究所の近貞氏から「津波瓦礫の漂流計算」と題して話題提供があった。質疑応答や、総合討論からは、延岡市の更なる避難所設置の努力への期待や浸水しやすさの評価手法、漂流物の衝突する影響や街づくりへの応用などの議論があった。

表 2-8-②-1 ハザード評価をテーマにした情報発信検討会議事次第

日時・実施形態など	議事（話題提供）	話題提供者
第一回ハザード評価  令和 4 年 8 月 30 日  13:30 ~ 16:30  ハイブリッド 会場：高知会館	震応答解析による複数のシナリオ地震に対する実河川堤防の耐震性再照査  津波予測システムの概要  津波予測システムの防災訓練への反映と利活用研究  総合討論	名古屋大学 中井健太郎  JAMSTEC 今井健太郎  坂出市 危機管理課 笠井 武志
第二回ハザード評価  令和 5 年 1 月 17 日  13:00 ~ 16:00  ハイブリッド 会場： 延岡市社会教育センター	延岡市の津波対策について  想定最大ではなく津波の浸水しやすさ指標のハザードマップの提案  津波瓦礫の漂流計算  総合討論	延岡市 危機管理課 柳田弘一、黒木勇二郎  徳島大学 馬場俊孝  防災科学技術研究所 近貞直孝



写真 2-8-②-1 第一回ハザード評価  
高知会館の会場の様子



写真 2-8-②-2 第一回ハザード評価。  
オンライン参加画面の一例



写真 2-8-②-3 第二回ハザード評価。延岡市社会教育センターの会場の様子



写真 2-8-②-4 第二回ハザード評価。オンライン参加画面の一例

## ii) 複合災害対応

複合災害対応テーマを2回開催した(表2-8-②-2)。第一回目は2022年8月9日(火)にオンラインで、第2回目は2023年2月6日(月)に熊本市の熊本城ホールを対面参加の会場としてオンライン参加も受け付けるハイブリッド形式で開催した。参加者は第一回目が香川県、静岡県、徳島県、兵庫県、愛媛県、愛知県、和歌山県、延岡市、名古屋市、彦根地方気象台、高知地方気象台、広島地方気象台、大分地方気象台、長崎地方気象台、徳島地方気象台、奈良地方気象台、鹿児島地方気象台、名古屋港管理組合、関西国際大学、明石工業高等専門学校、鹿児島大学、近畿大学、名古屋大学、静岡県立大学、兵庫県立大学、香川大学、NPO 法人大規模災害対策研究機構、NTT 西日本、関西電力、大阪ガスネットワーク、堺・泉北臨海特別防災地区協議会、土佐清水市、文部科学省、防災科学技術研究所、JAMSTEC の機関から61名が参加した。第二回目は会場に九州地方整備局、熊本県、益城町、熊本地方気象台、香川大学、防災科学技術研究所、オンラインで和歌山県、兵庫県、徳島県、熊本県、四日市市、大阪管区気象台、和歌山地方気象台、奈良地方気象台、彦根地方気象台、広島地方気象台、岡山地方気象台、徳島地方気象台、高知地方気象台、福岡管区気象台、熊本地方気象台、NTT 西日本設備本部災害対策室、NTT 西日本関西支店、NTT 西日本九州支店、中部電力、関西電力、九州電力、香川大学、静岡県立大学、文部科学省、防災科学技術研究所、海洋研究開発機構の各機関から63名の参加があった。

第一回目の検討会では、最初に大阪府危機管理室の清田氏から「平成30年度大阪府北部地震・台風第21号における大阪府の対応について」と題して、続いてテーマ幹事の香川大学の金田氏から「複合災害対応-南海トラフ巨大地震と地域連携2-」と題して話題提供を行った。質疑応答や、総合討論からは、複合災害のシナリオを考える余裕が地域になかなかないことや、行政による支援の限界、自主防災組織の活性化の必要性などが議論された。

第二回目の検討会では、話題提供が三題あった。最初が九州地方整備局の吉田氏から

「複合災害対応 ～平成 28 年 4 月熊本地震と 6 月出水対応等～」と題して、続いて熊本県の平田氏から「平成 28 年熊本地震及び令和 2 年 7 月豪雨における熊本県の対応について」、最後に情報発信検討会の代表幹事である防災科学技術研究所の高橋氏から「巨大地震と誘発地震、地殻活動観測からわかること」と題して話題提供を行った。質疑応答や、総合討論からは、熊本地震と出水対応では熊本県内の被災地が異なっていたものの、現実的に重なった場合は TEC-FORCE を含めた体制が必要であること、長期間の体制維持が必要であること、行政側のメンタル面での考慮も必要であることなどが議論された。

表 2-8-②-2 複合災害対応をテーマにした情報発信検討会議事次第

日時・実施形態など	議事（話題提供）	話題提供者
第一回複合災害対応  令和 4 年 8 月 9 日  13:30 ～ 16:30  オンライン	平成 30 年度大阪府北部地震・台風第 21 号における大阪府の対応について  複合災害対応 - 南海トラフ巨大地震と地域連携 2 -  総合討論	大阪府危機管理室 清田 雅嗣  香川大学 金田義行
第二回複合災害対応  令和 5 年 2 月 6 日  12:30 ～ 15:30  ハイブリッド 会場：熊本城ホール	複合災害対応 ～平成 28 年 4 月熊本地震と 6 月出水対応等～  平成 28 年熊本地震及び令和 2 年 7 月豪雨における熊本県の対応について  巨大地震と誘発地震、地殻活動観測からわかること  総合討論	九州地方整備局 防災室 吉田 知之 熊本県 危機管理防災課 平田 道生 防災科学技術研究所 高橋 成実



写真 2-8-②-5 第一回複合災害対応の議論の様子



写真 2-8-②-6 第二回複合災害対応。熊本城ホール会場の様子

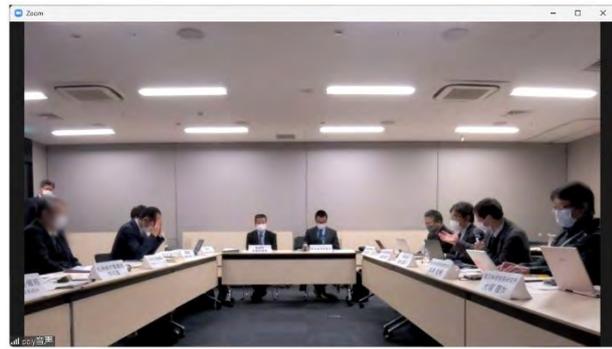


写真 2-8-②-7 第二回複合災害対応。オンライン参加画面の一例

### iii) 事業継続

事業継続テーマを2回開催した(表2-8-②-3)。第1回目は2022年6月14日(火)にオンラインで、第2回目は2023年3月6日(月)に名古屋大学を対面参加の会場としてオンライン参加も受け付けるハイブリッド形式で開催した。参加者は第一回目が香川県、徳島県、静岡県、愛知県、和歌山県、大分県、岡山地方気象台、徳島地方気象台、大分地方気象台、佐賀地方気象台、鹿児島地方気象台、名古屋大学、香川大学、東京大学、京都大学、関西国際大学、NPO 法人リアルタイム地震・防災情報利用協議会、NTT西日本、関西電力、中部電力、大阪ガスネットワーク、大阪広域水道企業団、土佐清水市、イオン、東京海上ディール、応用地質、堺・泉北臨海特別防災地区協議会、文部科学省、防災科学技術研究所、海洋研究開発機構の各機関から60名の参加があった。第二回目は会場に愛知県、豊橋市、名古屋大学、東京大学、京都大学、防災科学技術研究所、オンラインで静岡県、和歌山県、徳島県、尾鷲市、京都地方気象台、岡山地方気象台、高知地方気象台、NTT西日本災害対策室、NTT西日本関西支店、NTT西日本九州支店、中部電力、関西電力、四国電力、大阪ガスネットワーク、イオン、堺・泉北臨海特別防災地区協議会、関西国際大学、静岡県立大学、文部科学省、防災科学技術研究所、東京大学、名古屋大学の各機関から38名の参加があった。

第一回目の検討会では、第一部では3題の話題提供があり、第二部ではミニワークショップをオンラインで行った。話題提供は最初がテーマ幹事の防災科学技術研究所の中村氏から「地震防災基盤シミュレータの開発状況と計画」について、次に名古屋大学の都築氏から「COVID-19 感染症蔓延に伴う「緊急事態宣言」発出による電力需要への影響」、最後に東京大学の廣井氏から「災害連鎖予測システムの開発と社会への実装」と題して話題提供があった。第二部は「南海トラフ地震臨時情報発表時の社会の様相を考えるWS」としてオンライン上でのミニワークショップを行った。ミニワークショップでは、臨時情報が発表された場合の起こりえる様相をできるだけ数多く上げてもらい、なかなか気が付かないことを共有することを主眼に、災害想像力と知的相互作用の活性化など、様々な状況について議論がなされた。

第二回目の検討会は、前回同様に二部構成として第一部が話題提供と質疑応答、第二部はミニワークショップを行った。第一部の話題提供は、最初に防災科学技術研究所の中村氏から構築が進んでいる地震防災基盤シミュレータについて「地震防災基盤シミュレータのWEBシステム」と題して話題提供があった。次に名古屋大学の千葉氏から、前回のミニワークショップの議論の内容の紹介を「臨時情報発表時の社会状況に関するワークショップの報告」として行った。最後に東京大学の廣井氏から「将来の災害を予測するには？」と題して話題提供があった。第二部は、「南海トラフ地震による災害の要因を考えるWS」として会場とオンラインのハイブリッド形式によるミニワークショップを行った。ミニワークショップでは、諸問題を解決するための理由を5つ書き出すことを繰り返し、最終的な問題解決に至る議論の手法を取り入れ、災害要因が何か議論を深めた。事前の知識や情報、事前の備えなど、現在課題と考えられる項目を列挙するに至った。

表 2-8-②-3 事業継続をテーマにした情報発信検討会議事次第

日時・実施形態など	議事（話題提供）	話題提供者
第一回事業継続 令和 4 年 6 月 14 日 13:30 ~ 16:30 オンライン	地震防災基盤シミュレータの開発状況と計画 COVID-19 感染症蔓延に伴う「緊急事態宣言」発出による電力需要への影響 災害連鎖予測システムの開発と社会への実装 ミニワークショップ 「南海トラフ地震臨時情報発表時の社会の様相を考えるWS」	防災科学技術研究所 中村 洋光 名古屋大学 都築 充雄 東京大学大学院 廣井 悠
第二回事業継続 令和 5 年 3 月 6 日 13:30~17:00 ハイブリッド 会場：名古屋大学	地震防災基盤シミュレータのWEBシステム 臨時情報発表時の社会状況に関するワークショップの報告 将来の災害を予測するには？ ミニワークショップ 「南海トラフ地震による災害の要因を考えるWS」	防災科学技術研究所 中村 洋光 名古屋大学 千葉 啓広 東京大学大学院 廣井 悠

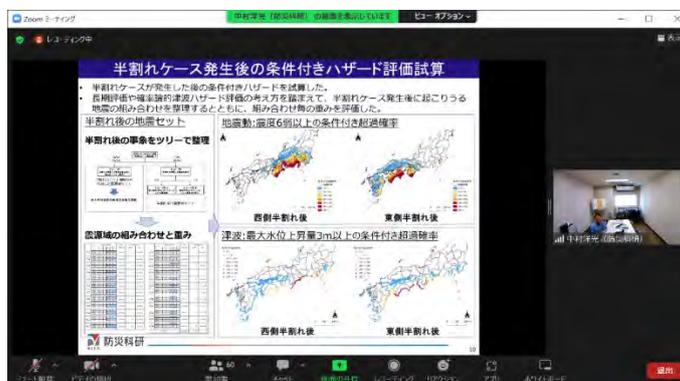


写真 2-8-②-8 第一回事業継続 オンライン画面の一例



写真 2-8-②-9 第二回事業継続  
名古屋大学減災館でのワークショップの様子

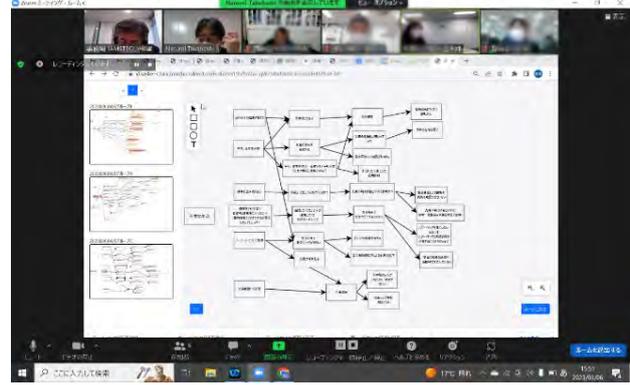


写真 2-8-②-10 第二回事業継続  
オンライン参加画面の一例（オンラインワークショップ）

iv) 人材育成

情報発信検討会（人材育成）を2回開催した（表2-8-②-4）。第一回目は2022年9月3日（土）に宮城県石巻市のMEET 門脇において、第二回目は2023年1月9日（月）に徳島県徳島市の徳島大学において開催した。第一回目の参加者は現地会場に室戸市観光ジオパーク推進課、3.11 みらいサポート、徳島市国府中学校、徳島大学、防災科学技術研究所、静岡県立大学、香川大学、文部科学省、海洋研究開発機構、オンラインで徳島県教育委員会、土佐清水市の各機関から17名の参加があった。第2回目の参加者は、静岡県立大学、兵庫県立大学、3.11メモリアルネットワーク、医療法人新心会、徳島県教育委員会、室戸市観光ジオパーク推進課、徳島市国府中学校、徳島市、高知大学、文部科学省、防災科学技術研究所、香川大学、徳島大学、海洋研究開発機構、さらにオブザーバ参加の含めると23名の参加があった。

表 2-8-②-4 人材育成をテーマにした情報発信検討会議事次第

日時・実施形態など	議事（話題提供）	話題提供者
第一回人材育成 令和4年9月3日（土） 14:40~16:30 ハイブリッド 会場：MEET 門脇	東北の震災伝承、防災教育事例紹介 防災教育コンテンツの作業報告 午前：東日本大震災被災地 現地視察	3.11 みらいサポート 中川政治 各担当
第二回人材育成 令和5年1月9日 9:30~12:00 対面オンリー 会場：徳島大学	防災教育コンテンツの作業報告 災害伝承カルタゲーム 午後：地域の防災伝承教材を活用した防災教育に関する巡検	各担当 徳島大学 松重摩耶

第一回目では、会議に先立ち、東日本大震災被災地の現地視察を企画した。はじめに大川小学校を訪問し、大川伝承の会の語り部の方から被災時の様子を説明いただいた。続いて、長面地区の堤防と北上地区「平地の（集団移転跡地の）森づくり」を視察し、意見交換した。石巻南浜津波復興祈念公園みやぎ津波伝承館と伝承交流施設 MEET 門脇の展示を見学した。参加者からは、「現地視察はとてもよかったのでまたやってほしい。積極的に行って、防災に少しでも関わっている人はどんどん参加できるようになったらいい」というコメントをいただいた。なお、本視察の様子を収録し、後に紹介する防災教育コンテンツの一部として公開している。

続いて、MEET 門脇の会議室およびオンライン（Zoom）で第一回会合を開催した。冒頭に参加者全員の自己紹介を行った後、3.11 みらいサポート専務理事の中川政治氏から「東北の震災伝承、防災教育事例紹介」について話題提供があった。意見交換に続いて、各担当から防災教育コンテンツの作業報告があったが、時間が不十分であったので本件については次回も議論することとした。



写真 2 - 8 - ② - 11 東日本大震災被災地視察。大川小学校訪問



写真 2 - 8 - ② - 12 第一回人材育成の MEET 門脇の会議室およびオンラインによる検討会の様子

第二回目の会議は徳島大学において対面形式で開催した。前回議論が不十分だった防災教育コンテンツの作業について、各担当から進捗が報告された。各回の講義の連携や内容のすり合わせを行った。続いて、徳島大学の松重助教による「災害伝承カルタゲーム」の紹介があった。また、参加者全員で災害伝承カルタゲームを体験した。参加者からは、このようなゲーム形式の取り組みは防災を知り学ぶきっかけになる。体験を重視した内容は効果的であるなどの意見があった。

会議後、災害伝承カルタゲームに関連する現地の災害遺構などを視察した。具体的には、洪水の危険性を伝える高地蔵（東黒田のうつむき地蔵）、水防建築（田中家）、地震で一夜にして消えたという伝説がある島（亀磯）である。



写真 2-8-②-13 第二回人材育成。徳島大学の会場の様子



写真 2-8-②-14 災害遺構などの視察。水防建築（田中家）で説明を聞いている様子

情報発信検討会（人材育成）では防災人材の育成を目的として、オンラインで視聴可能なビデオ教育コンテンツを作成している（写真 2-8-②-15、<https://www.toshitaka-baba.com/jinzai> よりアクセス可能）。予定している講義内容を表 2-8-②-5 にまとめる。視聴対象は一般、大学教養レベルを想定し、各回 20 分程度の説明ビデオ 2～3 本で構成されている。現時点で第 1 回、第 2 回、第 3 回、第 6 回、第 7 回は公開済みで、第 4 回は公開に向けて最終確認を行っている。第 2 回東日本大震災の教訓では、今年度第 1 回の情報発信検討会（人材育成）で行った東日本大震災被災地の現地視察の様子が紹介されている。第 4 回や第 6 回は人材育成の情報発信検討会のみならず、他の情報発信検討会（ハザード、複合災害対応、事業継続）の議論も参考にしながら作成した。第 5 回と第 8 回は準備中で来年度（令和 5 年度）に公開する予定である。

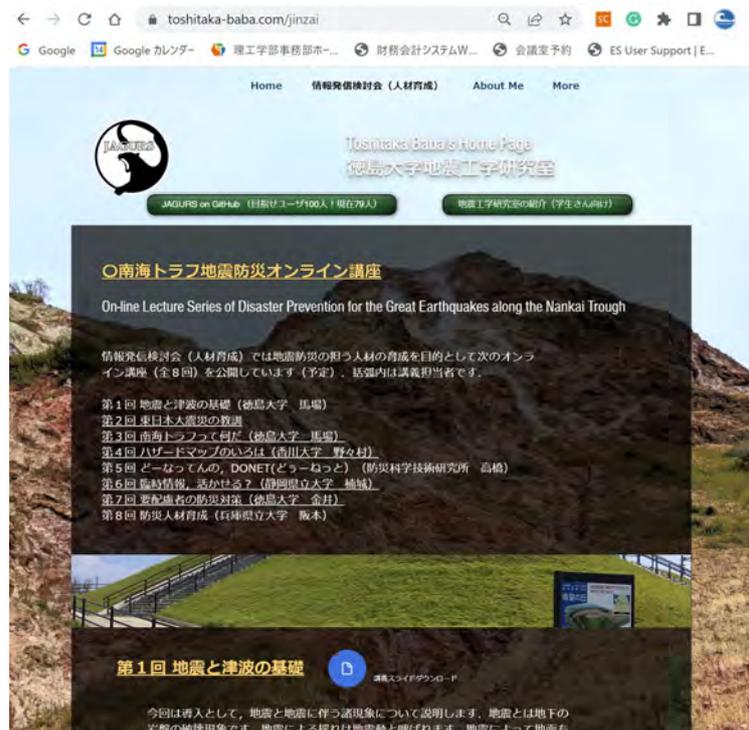


写真 2-8-②-15 防災教育コンテンツのメインページ

表 2-8-②-5 ビデオ教育コンテンツの構成と準備状況

	内容	担当者	作業状況
第1回	地震と津波の基礎	徳島大学 馬場俊孝	公開済み
第2回	東日本大震災の教訓	3.11 未来サポート 中川政治	公開済み
第3回	南海トラフって何だ	徳島大学 馬場俊孝	公開済み
第4回	ハザードマップのいろは	香川大学 野々村敦子	最終確認中
第5回	どーなってるの、DONET(どーねっと)	防災科学技術研究所 高橋成実	準備中
第6回	臨時情報、活かせる	静岡県立大学 楠城一嘉	公開済み
第7回	要配慮者の防災対策	徳島大学 金井純子	公開済み
第8回	防災人材育成	兵庫県立大学 阪本真由美	準備中

## v) 地殻活動情報共有のためのダッシュボード開発

昨年度、開発を開始した地殻活動情報共有のためのダッシュボードの仕様をサブ課題1とサブ課題2の状況を見ながら改定した。サブ課題1からは、震源時空間分布、ゆっくりすべり活動、地殻変動などの活動の情報提供がなされることを考慮した。1944年東南海地震と1946年南海地震の発生前後の地殻活動変化は、現在の気象庁一元化震源でもある程度可視化できるので、これをシステムに導入し、これらの地震発生前後のb値の変化を、ユーザー自身が確認できるようにした。また、サブ課題2からは、様々なハザード情報とリスク情報が展開されるため、提供されるファイルフォーマットに対応できるよう、入力対応フォーマットを拡大した。サブ課題2では、相当量の断層モデルを設定し、それぞれの地震動と津波を計算し、ハザード情報を作成しているが、これらの情報をデータベースとして公開する予定である。これらの中から適切な情報を抜き出して、このダッシュボードに取り込む方策を次年度の課題とする。

## (c) 結論ならびに今後の課題

これまで同様、ハザード評価、複合災害対応、事業継続、人材育成の4つをテーマに、年2回の情報発信検討会を開催した。COVID19のためにオンラインで開催してきたが、状況を見ながら、現地開催を開始している。ハザード評価では、それぞれの地域の中核を担っている基礎自治体もあり、この基礎自治体が発災時に機能することが求められる状況がある。複合災害対応では、名古屋市では議論を開始してはいるが、なかなかそこまで手が付けられていない状況であることを確認した。事業継続では、サブ課題2の成果を報告しつつ、ミニワークショップを開催し、多様な意見の抽出を試みた。臨時情報が発表されたら、どのような様相が出現するか、あるいは、どのような情報を周知すべきなのか、事前の知識や提供される情報が混乱しないようにすることが必要であることを認識した。人材育成では、巡検活動を通して、被災地で発生したこと、あるいは、地域に根差した防

災への取り組みを吸い上げてきた。地域の民話と現在の知識をつなげることがポイントになりそうである。

地殻活動ダッシュボードでは、ユーザーに使用感を感じてもらうために、気象庁一元化震源を登録し、どのような震源の時空間分布があったのか、地震発生後、どのような事態になりそうなのか、確認できる体制を整えた。まだ、サブ課題1とサブ課題2の研究成果をみつつ、ダッシュボードのインターフェースの改良を加えていく予定である。

(d) 引用文献

なし

(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
Gigantic high-fidelity geocellular model to prevent and mitigate earthquakes in Japan, leveraging DELFI, Cloud & Petrel Technology (口頭発表)	Narumi Takahashi	SLB digital forum 2022	2022.9	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

③情報リテラシー向上

(a) 業務の要約

サブ課題3では、本プロジェクトによる研究成果が地域や企業の防災対策や施策に利用され災害情報に関しての発信側、受信側の相互の立場から、情報を正しく理解する情報リテラシーの向上を図り、災害前、災害時ならびに災害後のそれぞれの状況下で正しい行動を促すことを目的とする。公開されている各県の県民意識調査の結果を見ると、南海トラフ地震について知識はあっても行動力につながっていないことがわかった。こ

のことから、知識、経験、判断力、行動力、未来志向をキーワードとして、災害対応評価システムとして設計し、昨年度から引き続きアンケート形式の調査を行った。対象は、香川県と高知県、宮崎県の小中学校、大学において調査を実施、その結果を分析した。

並行して分析と設問の見直しも行った。一般向けの設問は、小中学生向けの設問よりも設問数を多く設定し、居住地域や職種、職場地域、年代、環境を共通で問う事項として、知識（地震、津波、リスク、災害史、ハザードマップ）、備え（避難準備、事前準備、備えの意識）、行動（積極性、人に頼る力、グローバル指向）、未来志向（地域愛、楽観性、地元志向）、経験（被災経験、訓練、コミュニケーション、社会性、統率）、情報リテラシー（情報収集、情報への信頼性の意識）、臨時情報（臨時情報への理解、自らの行動への意識）、判断力（地震・津波規模の把握、被害の即時イメージ、避難行動への即時性）を問うものとして地域の防災部局の方のご協力のもと、試験的な調査を試行した。

これらの設問の見直しに応じてオンラインアンケート・評価システムの改良を実施、適宜、小学生向け、中学生向け、大学生以上の一般向け、防災意識尺度（尾関・島崎、2017）<sup>1)</sup>の各設問群をオンライン上で選択できるように改良した。防災意識尺度は既に全国モデルを有しているため、相対的な比較が可能である。

## (b) 業務の成果

### 1) 定点観測

定点観測では、香川県3小学校、高知県3小学校、2中学校、2大学、宮崎県2小学校、2中学校ならびに2大学において授業を前後のアンケート調査を行った。また、地域コミュニティを対象とした調査は香川県坂出市において実施した。この調査は、授業の前後を一組として原則として年2回実施している。小学生向けアンケート内容を表2-8-③-1に示す。

表2-8-③-1 小学生向けアンケート例

未来志向	自分の将来（しょうらい）の夢（ゆめ）を持っていますか。
未来志向	夢（ゆめ）を実現（じつげん）するためにいろいろ勉強（べんきょう）や練習（れんしゅう）をしていますか。
未来志向	インターネットやロボットの利用（りよう）が進む一方で地球温暖化（ちきゅうおんだんか）も進む中、これから世の中がどうなるか考えたことがありますか。
未来志向	自分たちがこれからの日本や世界をつくっていくと考えていますか。そのために必要なことは何だと思えますか？〈〉の中に書いてください。
未来志向	10年後の自分たちの町をどのようにしたいですか？〈〉の中に書いてください。
未来志向	大地震（だいじしん）が発生した後、あなたの町を元気にするためには何をしたらよいか考えたことがありますか。
知識	「震度（しんど）」という言葉聞いたことがありますか。
知識	「マグニチュード」という言葉を聞いたことがありますか。
知識	「震度（しんど）」と「マグニチュード」は同じ意味だと思いますか。

知識	「津波(つなみ)」という言葉を知っていますか。
知識	「津波(つなみ)」が発生した時に起きる波に「引き波(ひきなみ)」というものがありますが、この言葉を知っていますか。
知識	「南海トラフ地震(じしん)」という言葉を知っていますか。
知識	建物が地震(じしん)に耐(た)えられるように「耐震(たいしん)基準(きじゅん)」というものがあると聞いたことがありますか。
知識	「南海トラフ地震(じしん)」が起きたとき、津波(つなみ)が来ることを知っていますか。「津波(つなみ)」の回数(かいすう)について知っていますか。
知識	「津波(つなみ)」がどのようにして発生するか、知っていますか。
知識	「南海トラフ地震(じしん)」が起きたとき、津波(つなみ)がどこまで来るか知っていますか。その場所を〈 〉の中に書いてください。
知識	「津波(つなみ)」が沖から海岸に近づいてくる時、その高さがだんだん高くなることを知っていますか。
知識	津波(つなみ)は少しの浸水(しんすい)でも危(あぶ)ないことを知っていますか？
知識	建物(たてもの)の間のようなせまい場所を進む時、津波(つなみ)の流れが速くなることを知っていますか。
知識	津波(つなみ)は狭(せま)いところを流れると流れが速(はや)くなることを知っていますか？
知識	「津波」の流れは、深さがどのあたりまで来たら人が立っていられなくなるとおもいますか。(ひざ、腰、胸)
知識	昔、「津波(つなみ)」が来たことがあると、家族や近所の人から聞いたことがありますか。
知識	「南海トラフ地震(じしん)」はどのようにして起きるか、知っていますか。
知識	南海トラフ地震でまわりに壊(こわ)れたりするものが出るとおもいますか？
知識	「南海トラフ地震(じしん)」が起きたとき、自宅の周(まわり)の最大震度(最も大きなゆれ)はどれくらいと予想されているか、知っていますか。「南海トラフ地震(じしん)」で予想される最大震度(最も大きなゆれ)の数値を〈 〉の中に答えてください。
知識	「南海トラフ地震(じしん)」はくり返し起きることがあるのを知っていますか。
知識	「南海トラフ地震(じしん)」が起きると、続いて陸でも大きな地震(じしん)が起こることがあるのを知っていますか。
知識	「南海トラフ地震(じしん)」が起こると、続いて火山が噴火(ふんか)することがあるのを知っていますか。
知識	大地震(じしん)が発生したとき、家族(かぞく)でにげる場所(ばしょ)を決めていますか。「はい」と答えた人へ。その場所はどこですか。
知識	大きい地震(じしん)が起きると、がけ崩(くず)れが発生(はっせい)するかもしれないことを知っていますか。
知識	学校で地震(じしん)が発生(はっせい)したら、最初(さいしょ)に何をしなければいけないか、知っていますか。「はい」と答えた人へ。最初(さいしょ)にしなければならないことを〈 〉の中に説明(せつめい)してください。
知識	学校でたくさんの人とにげるときには、どんなことに注意(ちゅうい)しなければならないとおもいますか。〈 〉の中に説明(せつめい)してください。

知識	1995年に兵庫県（ひょうごけん）を中心に大きな被害（ひがい）が発生（はっせい）した阪神・淡路大震災（はんしん・あわじだいしんさい）を知っていますか。
知識	2011年に東北（とうほく）や関東（かんとう）で大きな被害（ひがい）が発生（はっせい）した東日本大震災（ひがしにほんだいしんさい）を知っていますか。
知識	2016年に熊本（くまもと）で大きな被害（ひがい）が発生（はっせい）した熊本（くまもと）地震（じしん）を知っていますか？
備え	友だちや近所の人と地震（じしん）が起こったら、どうするか話したことがありますか。
備え	家にいる時に地震（じしん）が発生したら、最初に何をしなければいけないか知っていますか。「はい」と答えた人へ。最初にしなければならないことを〈 〉の中に説明してください。
備え	大地震（じしん）が発生したとき、家族でにげる場所を決めていますか。「はい」と答えた人へ。その場所はどこですか。
備え	家の家具（かぐ）は壁（かべ）や天井（てんじょう）に固定（こてい）されていますか？
備え	避難（ひなん）するときに持ち出すものをそろえていますか？
経験	大地震（じしん）が発生してにげる時、何を持っていけばよいか知っていますか。持っていけばよいと思うものを〈 〉の中に書いてください。いくつでもかまいません。
経験	ボランティアのお手伝いをしたことがありますか？
経験	防災訓練（ぼうさいくんれん）の時に周（まわり）の人に声がけができますか。
経験	困っている人を見たら声をかけたり手伝（てつだ）うことができますか。
経験	南海（なんかい）トラフ地震（じしん）が起（お）きた時、近所（きんじょ）のお年寄（としよ）りににげるよう声をかけることができますか。
経験	学校で何かのリーダーをやったことがありますか？
経験	地震（じしん）や津波（つなみ）で壊（こわ）されたり流（なが）されたりすることを考えたことがありますか？
経験	震度（しんど）と津波（つなみ）の想定（そうてい）の図を見たことがありますか？
経験	地震（じしん）で停電（ていでん）した時は何をしますか？
行動	ふだん、積極的（せっきよくてき）に発言したり、行動したりしますか。
行動	防災訓練（ぼうさいくんれん）に参加したことがありますか？
行動	消火器（しょうかき）を使ったことがありますか？
行動	避難（ひなん）する場所（ばしょ）までの道路（どうろ）に危（あぶ）ないところがありますか？
行動	防災（ぼうさい）についてのニュースや新聞記事（しんぶんきじ）をよく見ますか？
行動	友だちと相談（そうだん）やいろいろな話をしていますか？
行動	防災（ぼうさい）のための「まち歩き」をしたことがありますか。

判断力	海(うみ)の近(ちか)くにおいて強(つよ)い揺(ゆ)れが5分以上(いじょう)続(つづ)きました。津波(つなみ)が来(く)ると思(おも)いますか。
判断力	テレビを見ていたら津波(つなみ)警報(けいほう)が出(で)ました。すぐ高台(たかだい)に逃(に)げますか。すぐ高台(たかだい)に逃(に)げる・揺(ゆ)れがおさまってから逃(に)げる・逃(に)げる心配(しんぱい)はない・わかりません > 「逃(に)げる心配(しんぱい)はない」または「わかりません」と答(こた)えた人(ひと)へ。どういふことがあれば逃(に)げようと思(おも)いますか？
判断力	テレビを見ていたら津波(つなみ)注意報(ちゅういほう)が出(で)ました。逃(に)げる心配(しんぱい)はないと思(おも)いますか？
判断力	自分(じぶん)が住(す)んでいるところはこれから地震(じしん)について安心(あんしん)だと思(おも)いますか。

アンケート調査は、授業前後で回答の傾向を分析して授業の効果を測るため、昨年度実施したものと同様の設問で実施した(写真2-8-③-1)。授業は、地震に関する基礎知識、地震発生メカニズム、津波に関する基礎知識、津波発生メカニズムに関する内容をスライドや動画を使って説明した。授業後には・家屋構造と耐震性に関する実験(デモンストレーション)を行った(写真2-8-③-2)。これらの質問は、地震や津波に関連することばについて「聞いたことがあるか」、地震や津波に関する現象を「知っているか」、被害を抑えることに繋がる「対策」について知っているか、もしくは実施しているか、自ら行動を起こして事前防災対策を「経験」しているか、被災後の対応を含め、自分が住む町の将来を考えているか、について定量化することを考えて質問を「災害に関する用語を聞いたことがある」「災害を理解している」「南海トラフを理解している」に分類して44点を満点として得点化し、講義前後での変化を調べた。災害に関する用語については、講義前から多数の回答者が「聞いたことがある」と回答したものとそれ以外に分けた。データは、地域ごと、生徒の種別ごと(小学生・中学生・大学生)に集計した。「経験」「対策」「思考」についても同様の方法で、5点を満点として得点化した(図2-8-③-1～図2-8-③-14)。

簡単な用語について聞いたことがあるかという問いに対しては、小学生では、高知県では講義前から「聞いたことがある」との回答が80%を超えた(図2-8-③-3)。香川県では4点が6割程度(図2-8-③-1)、宮崎県で4点が5割程度であったが(図2-8-③-5)、講義後は8割～9割の生徒が満点へと移行した(図2-8-③-2、図2-8-③-4、図2-8-③-6)。難しい用語について「聞いたことがある」との回答は、3地域において類似した傾向を示し(図2-8-③-1、図2-8-③-3、図2-8-③-5)、講義後に「聞いたことがある」との回答が多数となり、講義後に「聞いたことがある」用語が有意に増加した。これは、小学生だけでなく、中学生(図2-8-③-7～図2-8-③-10)から大学生まで(図2-8-③-11～図2-8-③-14)同様の傾向が見られた。一方、経験、対策、思考に関する質問では、小学生では講義前後で変化は見られたものの、統計的に有意な差が出るまでには至らなかった(表2-8-③-2)。一方、高知県の大学生では、簡単な災害用語を除くすべての項目について、講義を通して統計的に有意な差が見られた(表2-8-③-2)。

今後は、用語を聞いたことがあること、メカニズムを理解していることが、経験や対策にどのように影響をしているか分析する。



写真 2 - 8 - ③ - 1 講義風景



写真 2 - 8 - ③ - 2 実験 (デモンストレーション) 風景

## 香川県小学生講義前



図 2-8-③-1 知識・理解・思考・経験・対策測定結果（香川県小学生講義前）。

## 香川県小学生講義後

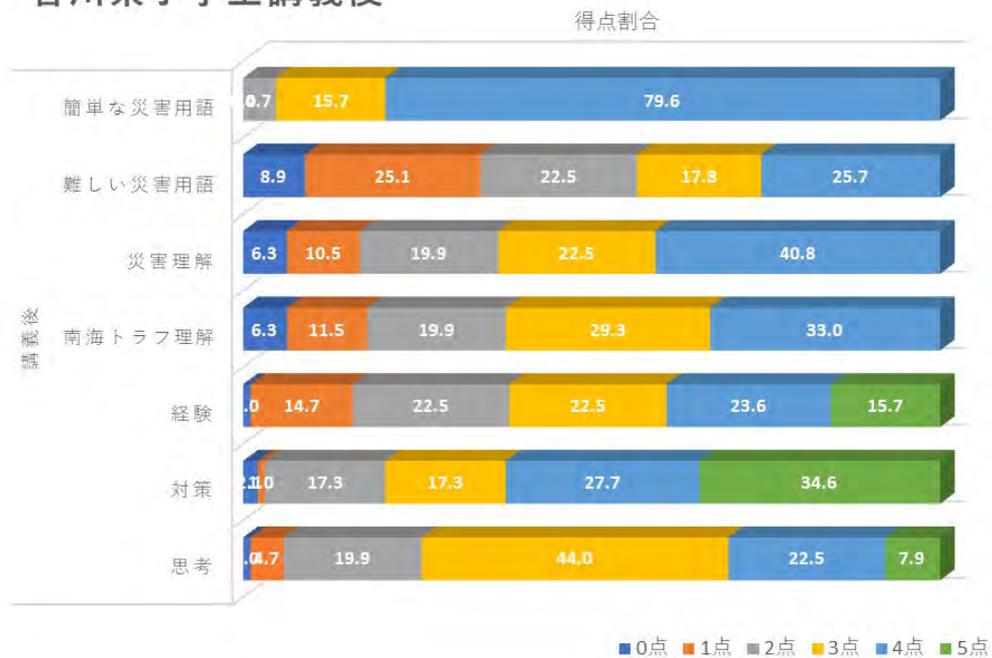


図 2-8-③-2 知識・理解・思考・経験・対策測定結果（香川県小学生講義後）。

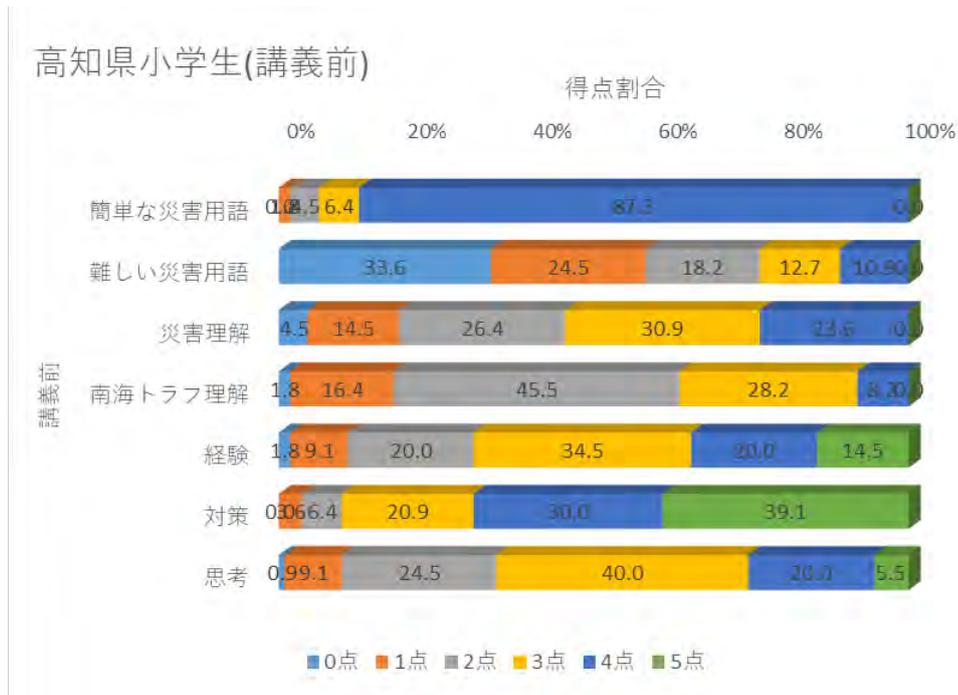


図2-8-③-3 知識・理解・思考・経験・対策測定結果（高知県小学生講義前）。

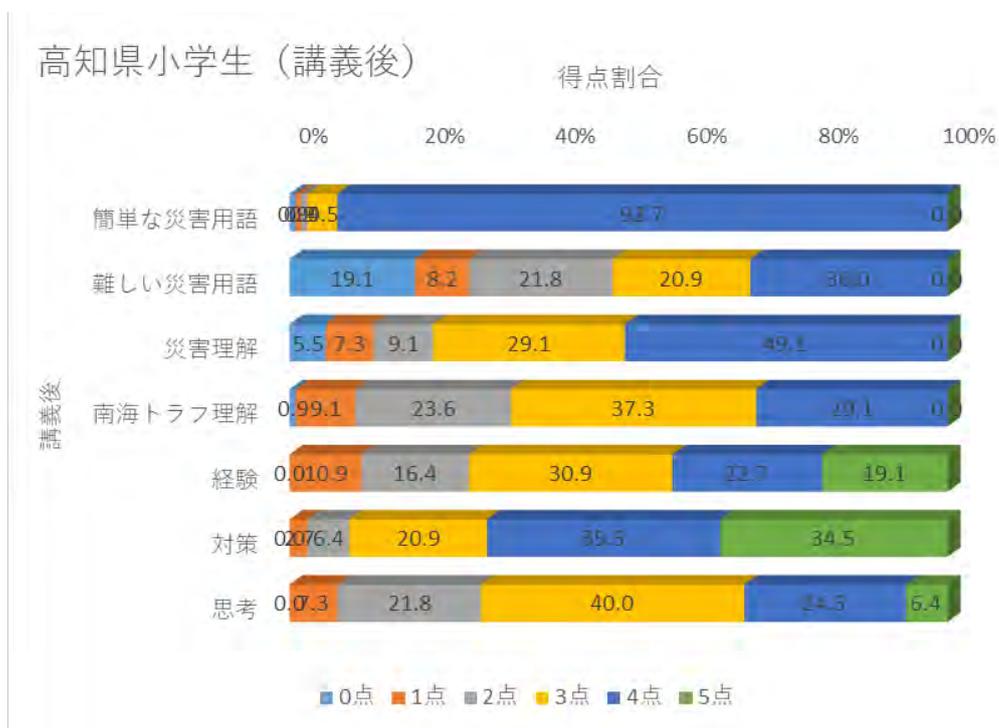


図2-8-③-4 知識・理解・思考・経験・対策測定結果（高知県小学生講義後）。

### 宮崎県小学生(講義前)

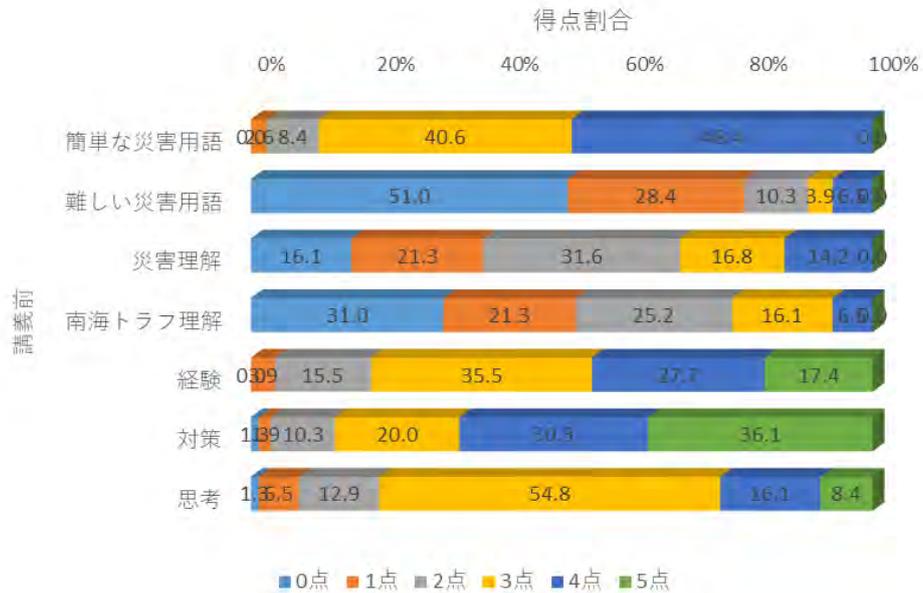


図 2-8-③-5 知識・理解・思考・経験・対策測定結果（宮崎県小学生講義前）。

### 宮崎県小学生(講義後)

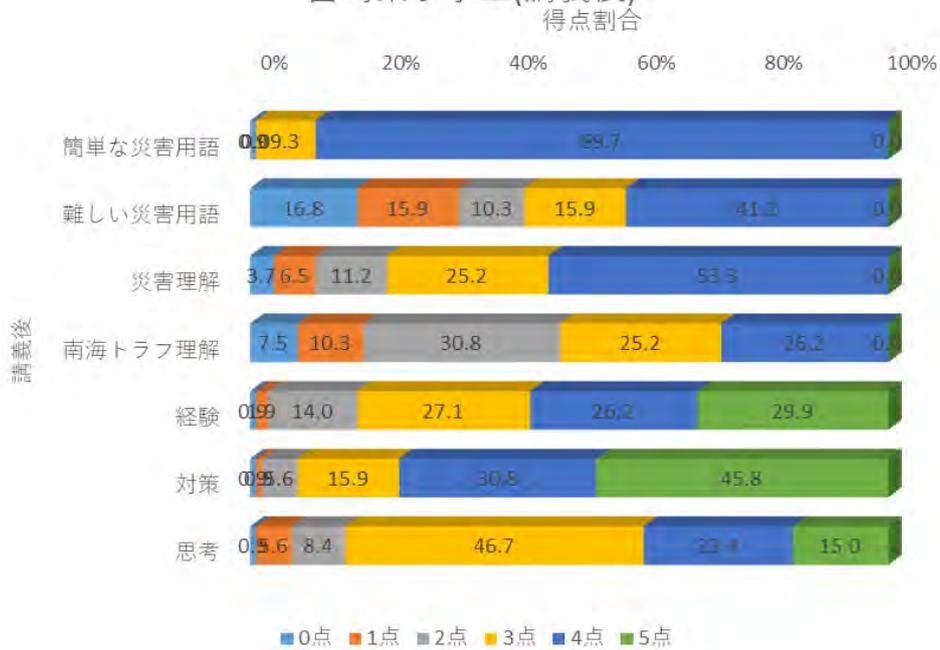


図 2-8-③-6 知識・理解・思考・経験・対策測定結果（宮崎県小学生講義後）。

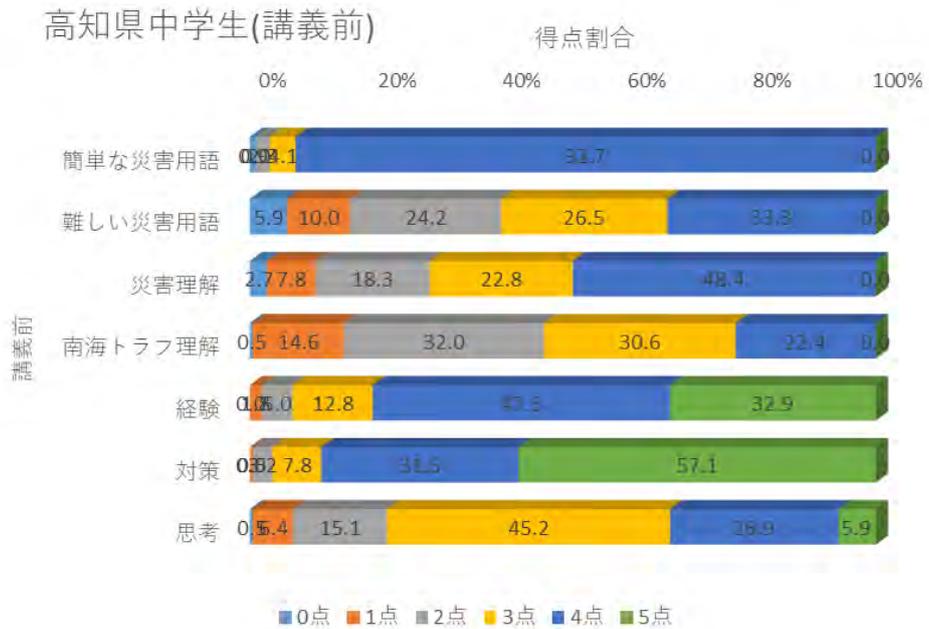


図 2-8-③-7 知識・理解・思考・経験・対策測定結果（高知県中学生講義前）。

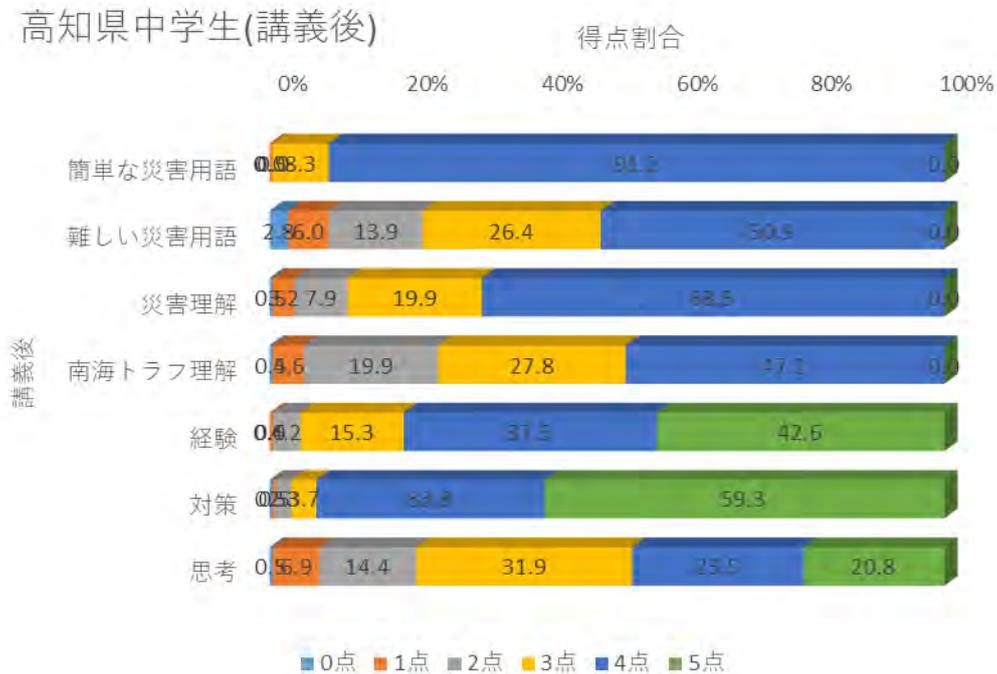


図 2-8-③-8 知識・理解・思考・経験・対策測定結果（高知県中学生講義後）。

宮崎県中学生（講義前）

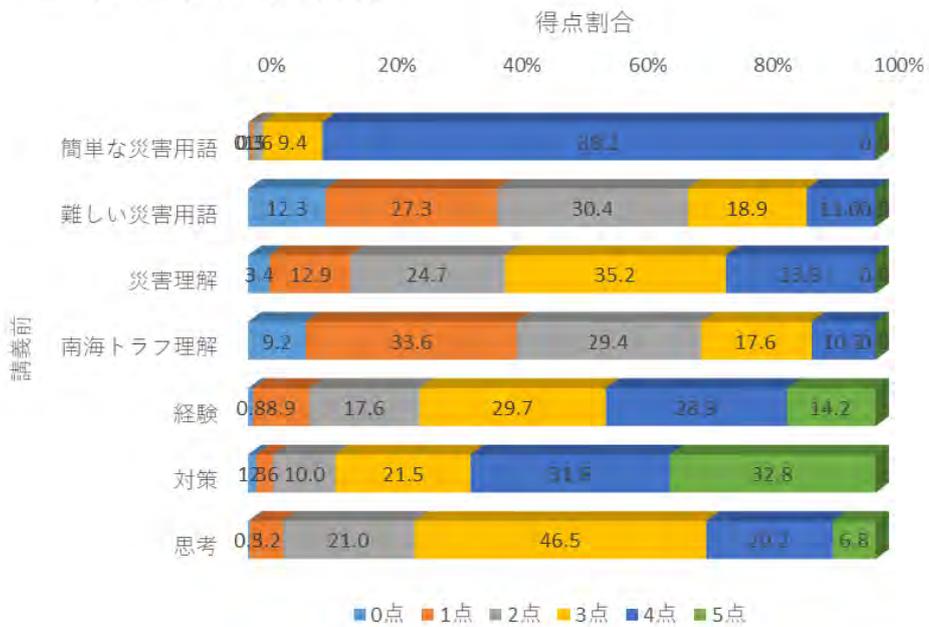


図 2-8-③-9 知識・理解・思考・経験・対策測定結果（宮崎県中学生講義前）。

宮崎県中学生（講義後）

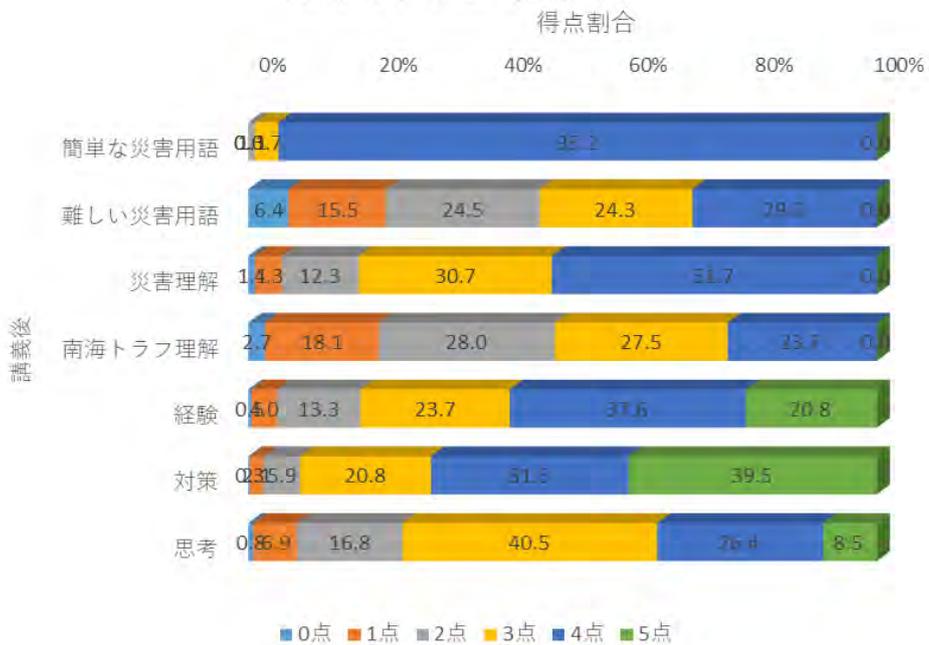


図 2-8-③-10 知識・理解・思考・経験・対策測定結果（宮崎県中学生講義後）。

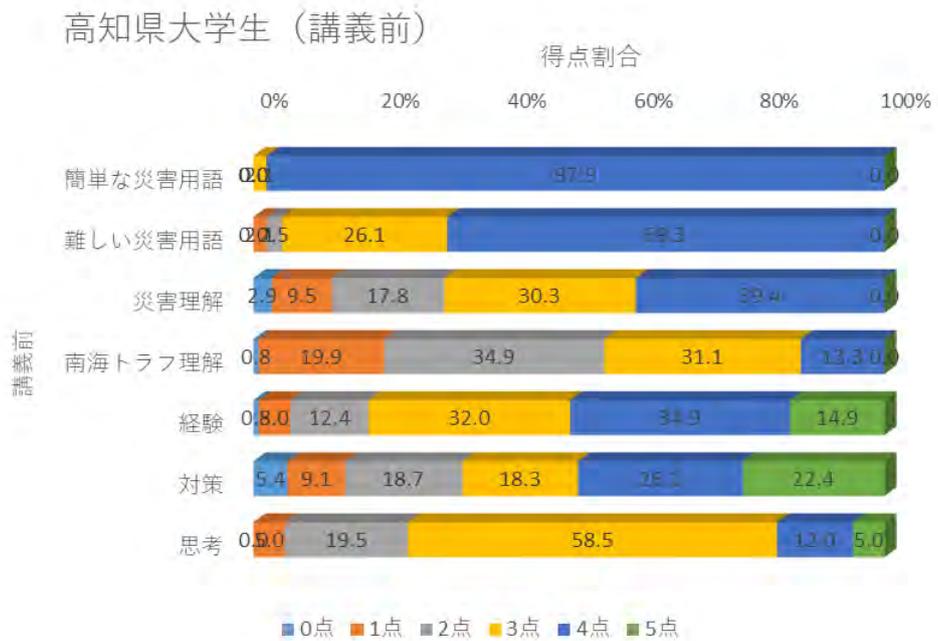


図 2-8-③-11 知識・理解・思考・経験・対策測定結果（高知県大学生講義前）。

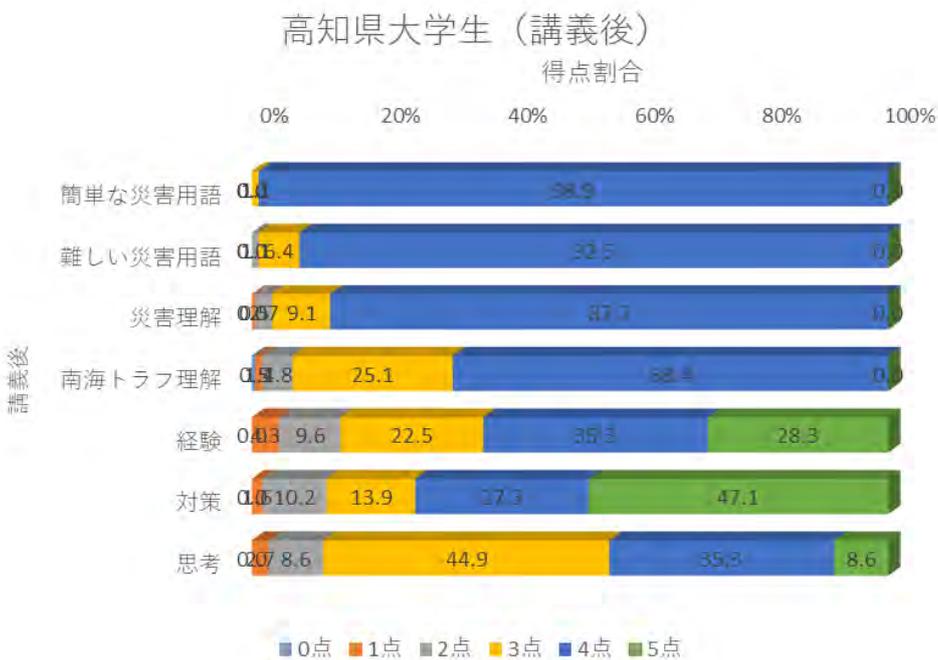


図 2-8-③-12 知識・理解・思考・経験・対策測定結果（高知県大学生講義後）。

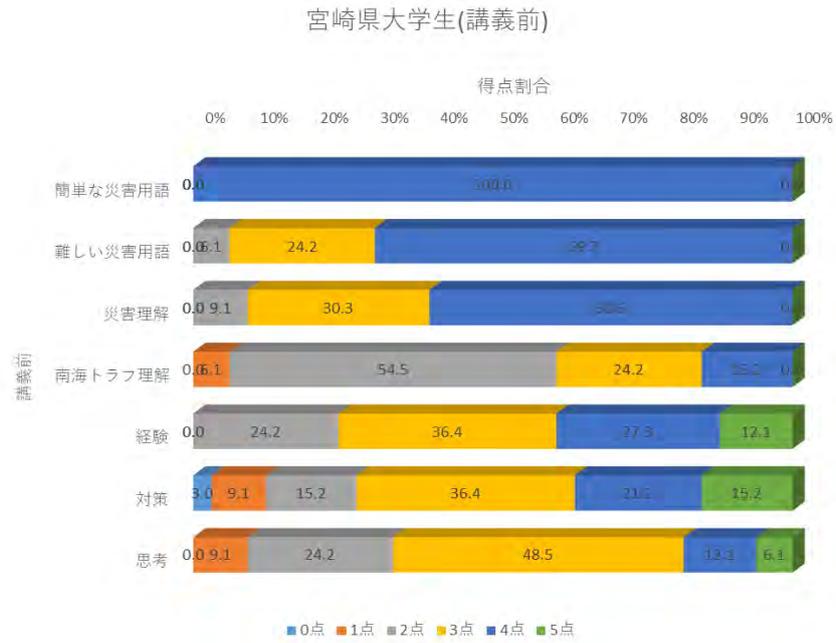


図 2 - 8 - ③ - 13 知識・理解・思考・経験・対策測定結果 (宮崎県大学生講義前)。

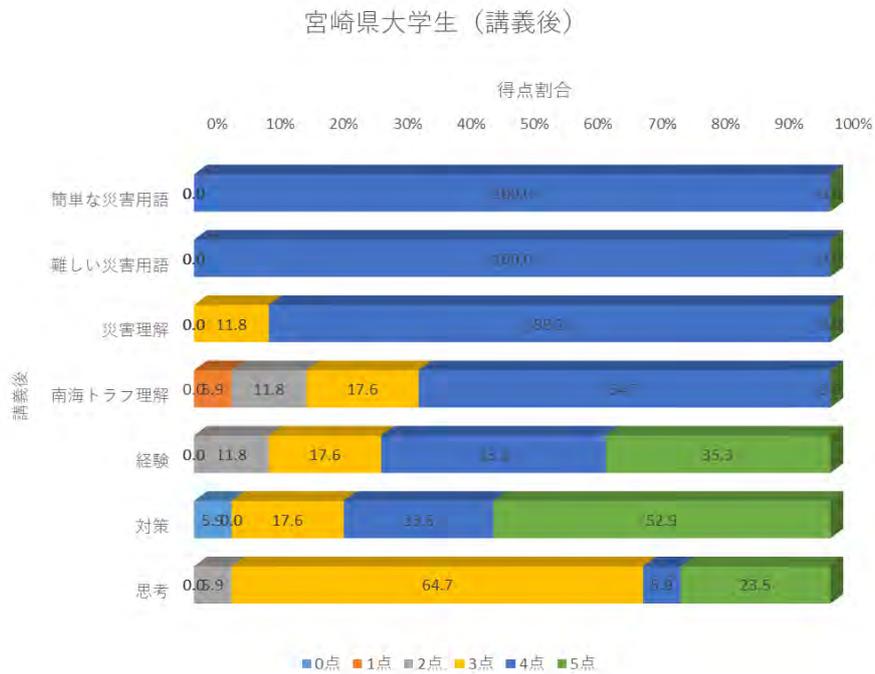


図 2 - 8 - ③ - 14 知識・理解・思考・経験・対策測定結果 (宮崎県大学生講義後)。

表 2-8-③-2 講義前後での変化が無いとした帰無仮説の Fisher 正確確率検定による有意確率

種別	小学生			中学生		大学生	
	香川	高知	宮崎	高知	宮崎	高知	宮崎
簡単な災害用語	0.0000	0.3499	0.0000	0.0095	0.0030	0.4754	1.0000
難しい災害用語	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008	0.0000	0.0000	0.0313
災害理解	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1511
南海トラフ理解	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0015
経験	0.5314	0.6743	0.1364	0.1036	0.0006	0.0093	0.1598
対策	0.0636	0.9148	0.5312	0.4079	0.1045	0.0000	0.0379
思考	0.4111	0.9191	0.2641	0.0001	0.1029	0.0000	0.1322

次に坂出市で実施された南海トラフ地震臨時情報に関するワークショップでのアンケート調査の結果を示す。対象地域の香川県坂出市中央地区である。この地域は、瀬戸内海沿岸部に位置し、塩田跡が埋め立てられた平野部に都市機能が集中している。そのため、揺れおよび液状化の危険性がある。事前避難対象地域には指定されていないが、南海トラフ地震が発生すると、広い範囲で甚大な被害になると危惧される。

南海トラフ臨時情報は 2017 年 11 月に運用が開始され、2019 年の 3 月にガイドラインが発表されたが、認知度が低く社会的な対応についての議論が十分ではない。そこで、南海トラフ地震臨時情報の有効的な活用に向けて、まずは地域住民に南海トラフ地震臨時情報の理解を促し、その上で個々に発表時の対応を考えるワークショップを 2022 年 11 月 5-6 日の 2 日間に亘り実施した。6 つの自治会を対象として、各自治会で約 2 時間のワークショップを実施した。ワークショップでは、「南海トラフ地震の震源域東側で南海トラフ地震が発生し、香川県でも震度 4 を観測した。そして、その後、南海トラフ地震震源域の東側でも地震の発生が高まっているとして南海トラフ地震臨時情報が発表された」というシナリオのもと、南海トラフ臨時情報発表から 1 日後、3 日後、5 日後の行動について考えるという流れで進めた。7 日後に西側でも南海トラフ地震が発生し、地域の広い範囲で津波による浸水の被害を受けたことを想定した。その後、津波による被害を最小限に抑えるために、南海トラフ地震臨時情報発表時の行動を遡って振り返った。このようなシナリオを通して、参加者に南海トラフ地震臨時情報について伝えた。

南海トラフ地震臨時情報の認知度および事前避難への考え方や防災意識が、ワークショップを通じてどのように変化するのかを把握するために、ワークショップの前後でアンケート調査を行った。まず、南海トラフ地震臨時情報を知っているかどうかを尋ねた。ワークショップ前は、南海トラフ臨時情報をよく知っているもしくはある程度知っている人は半数以下であった（図 2-8-③-15）。また、南海トラフ地震臨時情報が発表された際に事前避難するかどうかについても尋ねた。南海トラフ地震臨時情報という言葉を知らない人でも応えることができるように「前もって南海トラフ地震発生の可能性が高まっていると知った場合、事前避難を実施するかどうか」質問した。その

結果、ワークショップ前には事前避難すると回答した人が5割弱であったのに対して、ワークショップ後には3割程度になっていた（図2-8-③-16）。また、事前避難すると回答した人の多くは、南海トラフ地震臨時情報については、知らないと回答した人が多数を占めた。このことから、実際に南海トラフ地震臨時情報が発表された際、南海トラフ地震臨時情報について十分に理解していない人が、地震の可能性が高まったと考えて事前避難をしようとしても、「事前避難対象区域でなければ指定避難所が開設されないのではないか」と捉えて、人々の間で混乱する可能性がある。

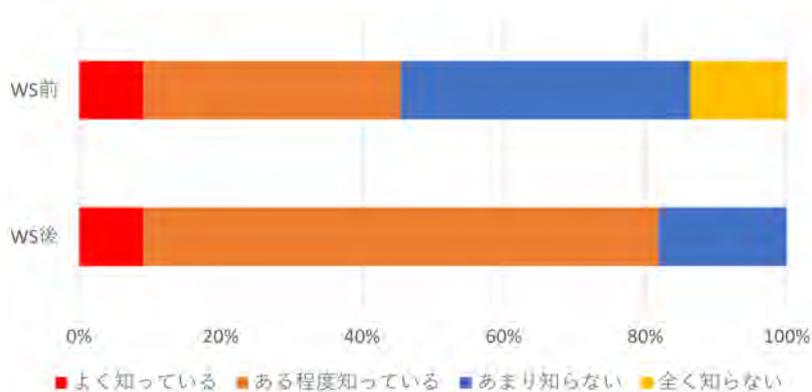


図2-8-③-15 ワークショップ前後での南海トラフ地震臨時情報の認知度

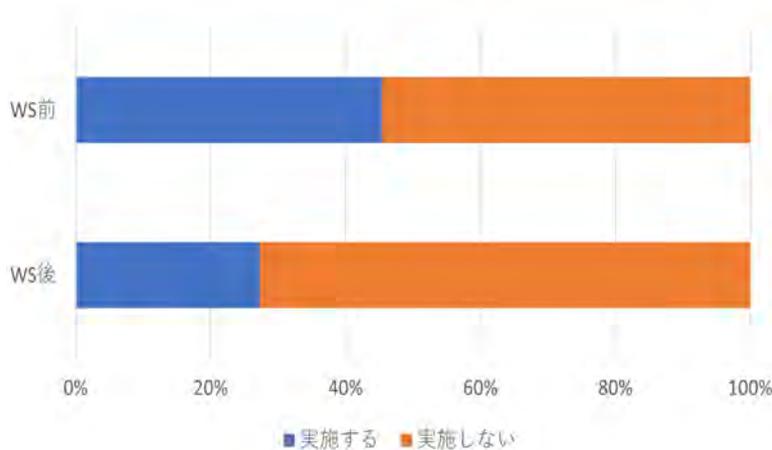


図2-8-③-16 南海トラフ地震臨時情報発表時の事前避難実施に対する考え方

(c) 結論ならびに今後の課題

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

(d) 引用文献

- 1) 島崎敢・尾関美喜、 防災意識尺度の作成(1)、日本心理学会第 81 回大会発表論文集、69, 2017.

(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  
なし
- 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. まとめ

令和4年度はプロジェクト3年目であり、各サブ課題間の連携を意識して着実に研究を実施した。以下に各サブ課題の成果の概要を示す。

#### サブ課題1「地殻活動情報創成研究」

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

以下に本サブ課題内の各テーマの成果概要を示す。

#### サブ課題1a「高精度な3D構造モデルに基づく自動震源決定システムの開発」

- ① 南海トラフ域におけるマルチパラメータ3D構造モデルの高精細化のため、新たな速度構造情報を構築中のモデルに取り込む方法の検討を進め、それらを反映した海陸統合モデルを構築した。構築する3D構造モデルの共有について、他のサブ課題担当者らと今後のモデル構築や利活用の方向性、そのための枠組みについての意見交換を継続して実施した。マルチパラメータ化に向けたS波速度構造の直接推定のため、複数の新たな手法を既存構造探査データに適用する試みを実施し、DONETの観測点直下の補正值として活用可能な堆積層内の詳細S波速度構造モデルの構築を進めた。
- ② 昨年度までに構築した自動震源決定処理システムの仮運用を継続するとともに、地震発生場所の評価に資するため、3D構造モデルに基づく発震機構解（初動解）計算機能を実装し、その動作検証を行った。その結果、大半の事例において震源の深さや発震機構解がCMT解析の結果に近づくような変化が見られた一方、トラフ軸付近の地震については改善が見られなかった。本検証を実施するにあたって、計算に使用した構造モデルを可視化する機能やデータベース登録情報を安全に管理するためのツールを整備した。さらに、整備された長期カタログに基づく地震活動変化の可視化方法の検討に着手した。

#### サブ課題1b「プレート固着・すべり分布のモニタリングシステムの構築」

- ① 精密な3D構造モデルに基づいた有限要素法モデルを用いてプレート境界面に加えて南海トラフ近傍の分岐断層面における固着・すべり分布の把握するために必要なグリーン関数を整備した。
- ② 南海トラフにおける巨大地震震源域の様々な時間帯域におけるプレート間固着・すべりの現状把握を実現し、情報発信するために、現実的な3D構造モデルに基づいた、プレート境界及び分岐断層等の海域断層を含めた固着・すべりを、3D構造モデルの不確実性を含む、推定の曖昧さとともに定量化するシステム開発を行った。具体的には、推定された断層すべりが持つ誤差を定量評価するとともに、その推定において断層すべりが自己相似性を持つという先験情報を反映させるための技術開発を実施し、

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

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

#### サブ課題 1c 「3Dモデル・履歴情報を用いた推移予測」

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

#### サブ課題 2 「地震防災情報創成研究」

サブ課題 2 では、地震発生の時空間的な多様性を持つとされている南海トラフ沿いの巨大地震に対して、「通常と異なる現象」発生後の時間推移についてもその多様性の一例としてとらえることにより、地震や津波のハザード・リスクの防災情報基盤を創生し、「命を守る」「地域産業活動を守る」「大都市機能を守る」の 3 つの目標を立て研究を開始した。「命を守る」を目標とするサブ課題 2 d 「臨時情報発表時の人々の行動意思決定に資する情報の提供」では、「事前避難要不要判断ツール」の開発および「逃げ地図」プロジェクトに着手した。「地域産業活動を守る」を目標とするサブ課題 2 e 「発災時の企業の事業活動停止

を防ぐ」では、産業タイムライン構築、リアルタイムでの社会様相把握手法の開発、事態想定シミュレーション手法の構築に向けた研究が開始され、愛知県西三河地域を対象としたワークショップが開催された。「大都市機能を守る」を目標とするサブ課題2 f「発災時の大都市機能の維持」では、自然言語処理を用いた災害事象の因果関係を機械的に抽出する研究に着手するとともに、高層建築物のエレベータ復旧オペレーションにおける現状の把握と課題の抽出を実施した。これら3つの研究の基盤情報の創出を目標とするサブ課題2 g「地震防災基盤シミュレータの構築」では、シミュレータの基本設計を実施するとともに、各サブ課題で必要とされる情報の創出に向けた研究に着手した。サブ課題2 gを要として調整を行った結果、サブ課題2の中の課題間の連携体制が構築できた。また、サブ課題1およびサブ課題3との具体的な連携構築に着手した。

以下に本サブ課題内の各テーマの成果概要を示す。

サブ課題2 d「臨時情報発表時の人々の行動意思決定に資する情報の提供」

① 『事前避難要否判断ツール』に関する検討

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

② 避難困難区域での「避難を可能にする」まちづくり方策の検討

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

## サブ課題 2 e 「発災時の企業の事業活動停止を防ぐ」

### ① 産業復旧タイムライン構築に向けた都市インフラデータ整備

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

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

### ② リアルタイム社会様相把握システム構築に関する検討

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

### ③ リアルタイム社会様相把握にむけた地域・建物群被災モニタリングの検討

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

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

#### ④ 南海トラフ地震・臨時情報勉強会ツールの開発

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

#### ⑤ 南海トラフ地震臨時情報発表時の社会事象と要因推定手法の開発

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

#### ⑥ 臨時情報発表時における地域情報共有連携手法の構築

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

#### サブ課題 2 f 「発災時の大都市機能の維持」

- ① 本年度は新聞記事などを用いて自動的に因果連鎖を抽出する作業に、ワークショップなどを用いて因果連鎖に新たな因果を加えるための方法論およびシステムを開発し、検証を行った。
- ② 前年度に作成した地震発生時からエレベータ障害の復旧に至るまでのシミュレーションの各要素に改良を施した上で、さまざまな災害規模、地域、復旧戦略を組み合わせたシナリオから 18 の代表的なケースを選定して復旧シミュレーションを実施し、復旧戦略の良否を評価した。

#### サブ課題 2 g 「地震防災基盤シミュレータの構築」

- ① 長継続時間・広帯域強震動シミュレーション  
南海トラフ沿いに想定される最大クラスの地震を含む強震動計算用震源断層モデルを 91 通り作成し、新たに構築した計算モデルを用いて、波動場平滑化スキームを実装した 3 次元差分法により計算した長継続時間の長周期地震動と、統計的グリーン関数法により計算した短周期地震動をハイブリッド合成することにより面的に広帯域強震動を拡充し、検討結果は地震防災情報創成研究の他の課題へ情報共有した。
- ② 津波遡上シミュレーション  
瀬戸内海や東京湾周辺地域を対象として、内閣府や地方自治体のデータを収集し、11 都県の 38 個の 10m 格子領域を対象として、地形標高データ等を整備し、南海トラフ沿いに想定される最大クラスの地震を含む 3480 個の波源断層モデルに対する津波伝播遡上計算を実施し、浸水深分布の多様性を示すことができ、検討結果は地震防災情報創成研究の他の課題へ情報共有した。
- ③ 地震発生の多様性を考慮したリスク評価  
海岸構造物を考慮した空間分解能 10m の津波ハザード評価結果に基づいて建物及び人的被害リスク評価を更新し、南海トラフ沿いで異常な現象が観測された場合の事前避難を考慮した人的被害リスクを試算することができた。また、住民避難・経済活動維持・大都市機能維持を目的とした地震像の類型化に用いる特徴量を算出し、地震像の類型化を行い、影響の大きさと発生しやすさの 2 つの観点に基づく代表指標値に基づいて代表地震を抽出することができた。さらに、一部の代表地震を対象として地震像の類型化に用いた特徴量の変遷をとりまとめた災害シナリオを試作することができた。
- ④ 地震防災基盤シミュレータシステム  
地震防災基盤シミュレータシステムへ蓄積した、震源断層モデル及び波源断層モデル、強震動シミュレーション、津波シミュレーション、それぞれのリスク評価結果等を検索、可視化、情報提供を可能にする地震防災基盤シミュレータプロトタイプ可視化 Web システムを構築し、試験的な公開をすることができた。今後新たな情報のシステムへの登録と改良を進める。

### サブ課題3「創成情報発信研究」

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

以下に本サブ課題の成果概要を示す。

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

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

## 4. 活動報告

### (1) 外部評価委員会

#### ① 令和4年度第1回外部評価委員会

日時：令和4年10月14日（金）13時30分～17時00分

会議形式：JAMSTEC 横浜研究所および Zoom

議事：

1. 文部科学省、外部評価委員長、研究代表より一言
2. 各課題について、プロジェクトの計画とこれまでの成果報告
  - (1) サブ課題1 地殻活動情報創成研究 海洋研究開発機構 小平秀一  
サブ課題1サブ(a) 防災科学技術研究所 汐見勝彦  
サブ課題1サブ(b) 東北大学 太田雄策  
サブ課題1サブ(c) 海洋研究開発機構 堀 高峰
  - (2) サブ課題2 地震防災情報創成研究 防災科学技術研究所 藤原広行  
サブ課題2サブ(g) 防災科学技術研究所 中村洋光  
サブ課題2サブ(e) 名古屋大学 平山修久  
サブ課題2サブ(f) 東京大学 廣井 悠  
サブ課題2サブ(d) 京都大学 矢守克也
  - (3) サブ課題3 創成情報発信研究 防災科学技術研究所 高橋成実
3. 総合討論、総評
4. 事務連絡・今後の予定等

#### ② 令和4年度第2回外部評価委員会

日時：令和5年3月27日（月）13時00分～17時30分

会議形式：JAMSTEC 横浜研究所および Zoom

議事：

1. 文部科学省、外部評価委員長、研究代表より一言
2. 各課題について、プロジェクトの計画とこれまでの成果報告
  - (1) サブ課題1 地殻活動情報創成研究 海洋研究開発機構 小平秀一  
サブ課題1サブ(a) 防災科学技術研究所 汐見勝彦  
サブ課題1サブ(b) 東北大学 太田雄策  
サブ課題1サブ(c) 海洋研究開発機構 堀 高峰
  - (2) サブ課題2 地震防災情報創成研究 防災科学技術研究所 藤原広行  
サブ課題2サブ(g) 防災科学技術研究所 中村洋光  
サブ課題2サブ(e) 名古屋大学 平山修久  
サブ課題2サブ(f) 東京大学 廣井 悠  
サブ課題2サブ(d) 京都大学 矢守克也
  - (3) サブ課題3 創成情報発信研究 防災科学技術研究所 高橋成実
3. 総合討論、総評
4. 事務連絡・今後の予定等

### ③ 外部評価委員名簿

委員長	土井 恵治	土佐清水市国立公園*ジオパーク推進課 ジオパーク専門員
委員	谷岡 勇市郎	北海道大学大学院 理学研究院地震火山研究観測センター 教授
委員	吉岡 祥一	神戸大学 都市安全研究センター 教授
委員	加藤 孝志	気象庁 地震火山部管理課 課長
委員	能島 暢呂	岐阜大学 工学部社会基盤工学科 教授
委員	久田 嘉章	工学院大学 建築学部まちづくり学科 教授
委員	香川 敬生	鳥取大学大学院 工学研究科 教授
委員	坂東 淳	徳島県 南部総合県民局 局長
委員	山崎 登	国土舘大学 防災・救急救助総合研究所 教授

## (2) 全体会議

### ① 令和4年度 第1回全体会議

日時：令和4年10月3日（月）13時30分～16時45分

会議形式：オンライン開催

議事：

1. 研究代表の挨拶
2. 各課題の中間報告  
サブ課題1  
サブ課題2  
サブ課題3
3. 総合討論・まとめ

### ② 令和4年度 第2回全体会議

日時：令和5年3月14日（火）12時30分～15時50分

会議形式：オンライン開催

議事：

1. 研究代表の挨拶
2. 各課題の中間報告  
サブ課題2  
サブ課題3  
サブ課題1

### (3) シンポジウム

#### ① 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

##### 第2回シンポジウム「どうする？ 南海トラフ地震」

日時：令和5年3月10日（金）13：00～16：30

会場：イイノカンファレンスセンター Room A

（東京都千代田区内幸町 2-1-1）

※YouTube でライブ配信

主催：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  
プログラム：

13：00～13：05 開会挨拶

文部科学省 研究開発局 地震・防災研究課 課長 郷家 康徳

13：05～13：15 全体概要紹介

プロジェクト代表 海洋研究開発機構 小平 秀一

13：15～15：00 【第1部】 トピック紹介

南海トラフ高精度地殻活動モニタリングの実現に向けて

防災科学技術研究所 汐見 勝彦

南海トラフでの通常と異なる現象後の推移予測に向けて

海洋研究開発機構 堀 高峰

南海トラフ巨大地震発生の多様性を考慮した地震防災基盤シミュレータの開発

防災科学技術研究所 中村 洋光

津波避難の困難度の評価システム「逃げトレ View」の開発

京都大学 矢守 克也

周波数特性・継続時間が異なる地震動を用いた軟弱地盤上に立地する

河川堤防の耐震性再照査

名古屋大学 中井 健太郎

教育現場および地域コミュニティにおける防災教育を通じた

人材育成手法の検討

香川大学 野々村 敦子

15：15～16：25 【第2部】 コメンテーターによる総合討論

中川 和之(時事通信社 解説委員)\*総合進行

山岡 耕春(名古屋大学大学院 環境学研究科 附属地震火山研究センター 教授)

今村 文彦(東北大学 災害科学国際研究所 所長 / 教授)

川崎 弘佳(高知大学 教育学部 非常勤講師 / 元公立小学校 校長)

野本 粹浩(香川大学 四国危機管理教育・研究・地域連携機構 特命教授)

16：25～16：30 閉会挨拶

外部評価委員会 委員長 土井 恵治

参加数：242人（YouTube 視聴件数を含む）



小平プロジェクト代表による全体概要紹介の様子



【第1部】トピック紹介の様子

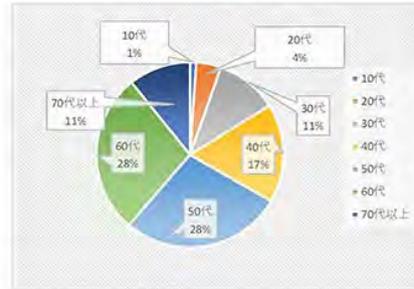


【第2部】コメンテーターによる総合討論の様子

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 第2回シンポジウム アンケート集計結果

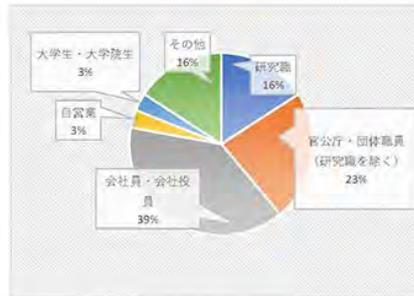
年代

選択項目	人数	構成比
10代	1	1.0%
20代	4	4.2%
30代	10	10.4%
40代	16	16.7%
50代	26	27.1%
60代	26	27.1%
70代以上	10	10.4%
未回答	3	3.1%
計	96	



ご職業

選択項目	人数	構成比
研究職	15	15.6%
官公庁・団体職員 (研究職を除く)	22	22.9%
会社員・会社役員	37	38.5%
自営業	3	3.1%
大学生・大学院生	3	3.1%
高校生	0	0.0%
その他	15	15.6%
未回答	1	1.0%
計	96	

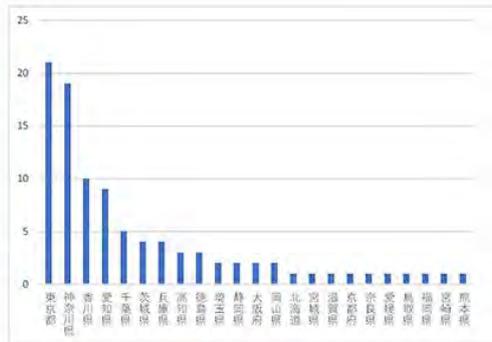


1

参加者アンケート結果 その1

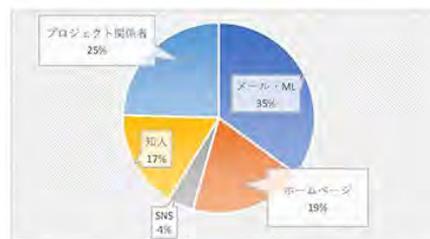
お住まいの都道府県

選択項目	人数	構成比
東京都	21	21.9%
神奈川県	19	19.8%
香川県	10	10.4%
愛知県	9	9.4%
千葉県	5	5.2%
茨城県	4	4.2%
兵庫県	4	4.2%
鹿児島県	3	3.1%
徳島県	3	3.1%
埼玉県	2	2.1%
静岡県	2	2.1%
大阪府	2	2.1%
岡山県	2	2.1%
北海道	1	1.0%
宮城県	1	1.0%
滋賀県	1	1.0%
京都府	1	1.0%
奈良県	1	1.0%
愛媛県	1	1.0%
鳥取県	1	1.0%
福井県	1	1.0%
宮崎県	1	1.0%
熊本県	1	1.0%
計	96	



シンポジウム開催をどこで知りましたか? (複数回答)

選択項目	人数	構成比
メール・ML	40	35.1%
ホームページ	22	19.3%
SNS	5	4.4%
知人	19	16.7%
プロジェクト関係者	28	24.6%
計	114	

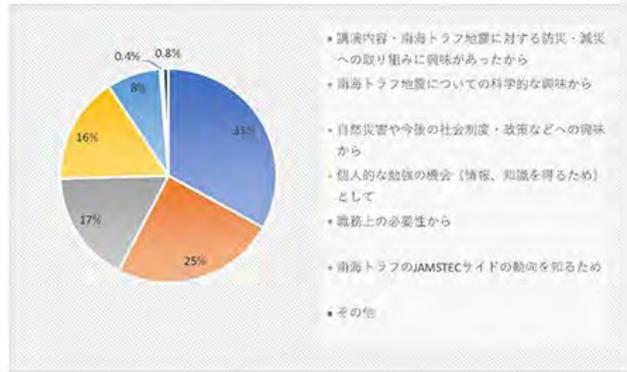


2

参加者アンケート結果 その2

参加理由・動機は何ですか？(複数回答)

選択項目	人数	構成比
講演内容・南海トラフ地震に対する防災・減災への取り組みに興味があったから	78	33.1%
南海トラフ地震についての科学的な興味から	58	24.6%
自然災害や今後の社会制度・政策などへの興味から	40	16.9%
個人的な勉強の機会(情報、知識を得るため)として	38	16.1%
職務上の必要性から	19	8.1%
南海トラフのJAMSTECサイドの動向を知るため	1	0.4%
その他	2	0.8%
計	236	

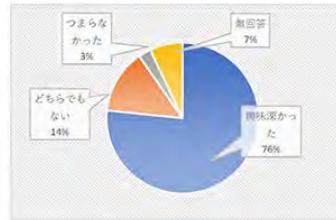


参加者アンケート結果 その3

講演内容はいかがでしたか？

興味深かった	どちらでもない	つまらなかった	無回答
74	13	3	7

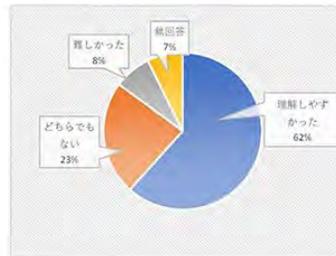
※6講演と総合討論の平均で集計しています



難易度はいかがでしたか？

理解しやすかった	どちらでもない	難しかった	無回答
59	23	7	7

※6講演と総合討論の平均で集計しています

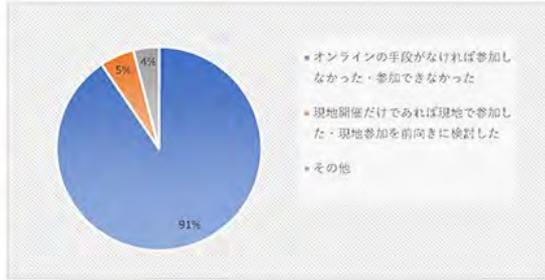


参加者アンケート結果 その4

開催が現地のみだったらこのシンポジウムに参加しましたか？

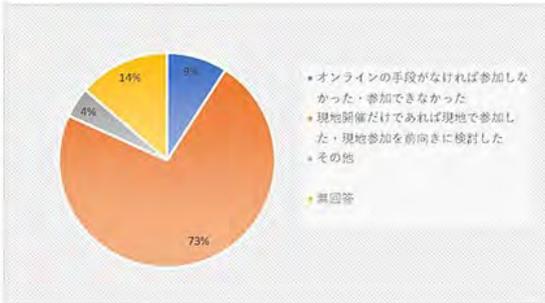
オンライン参加者

選択項目	人数	構成比
オンラインの手段がなければ参加しなかった・参加できなかった	67	90.5%
現地開催だけであれば現地で参加した・現地参加を前向きに検討した	4	5.4%
その他	3	4.1%
無回答	0	0.0%
計	74	



現地参加者

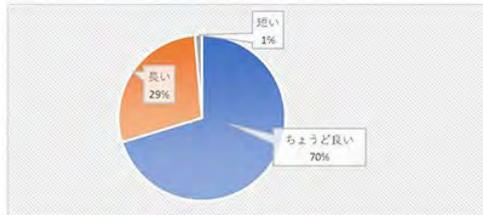
選択項目	人数	構成比
オンラインの手段がなければ参加しなかった・参加できなかった	2	9.1%
現地開催だけであれば現地で参加した・現地参加を前向きに検討した	16	72.7%
その他	1	4.5%
無回答	3	13.6%
計	22	



参加者アンケート結果 その5

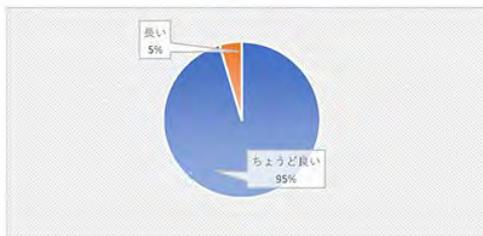
所要時間（オンライン）

選択項目	人数	構成比
ちょうど良い	52	70%
長い	21	28%
短い	1	1%
計	74	



所要時間（現地参加）

選択項目	人数	構成比
ちょうど良い	21	95%
長い	1	5%
短い	0	0%
計	22	



参加者アンケート結果 その6



② ぼうさいこくたい 2022

開催期間：令和4年10月22日～10月23日

開催場所：JICA 関西

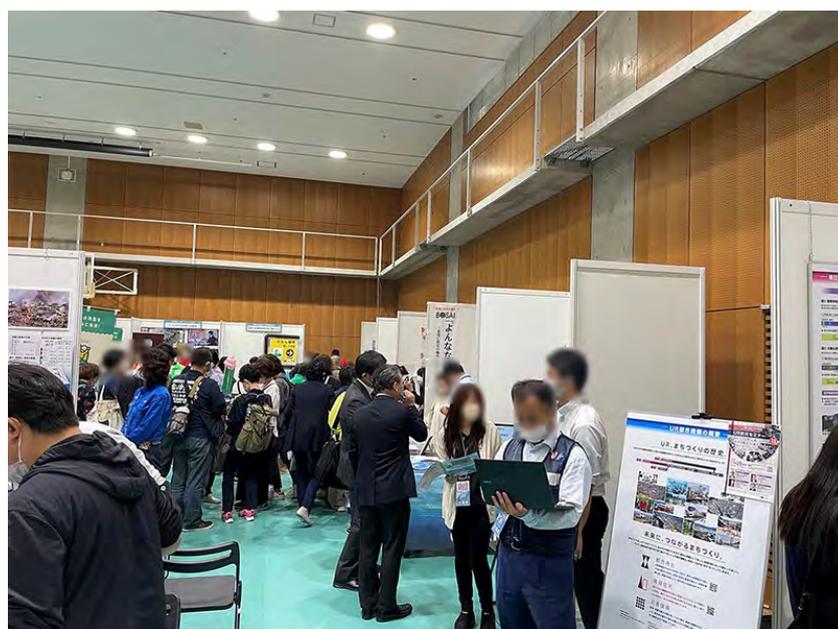
主催：防災推進国民大会 2022 実行委員会

(内閣府、防災推進協議会、防災推進国民会議)

出展概要：JICA 関西の会場で本プロジェクトを紹介した。



プロジェクト紹介のプレゼンブースの様子



展示会場の様子

## プログラム

P-30

REAL

企業向け 自治体向け

プレゼンテーション

### 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

主催団 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  
体：

10/22 (土)・10/23 (日) 終日 場所：JICA関西

プロジェクトの成果等をポスターや動画で紹介し、動画(HP)でも公開します。プロジェクトでは史料調査や地震学調査等も行っており、それらを出展の柱として“災害の現状と軌跡”を理工学的に紹介します。企業、自治体、一般の皆様に関心情報の活かし方や自ら判断することの重要性を理解していただき、災害への備えをあらたに考えたいとご期待をさせていただきます。



#### メッセージ

濃難域の巨大地震が危惧される南海トラフ地震の防災減災を目的としたプロジェクトです。地震地殻変動を定期的に把握するシステムを開発し、国と社会を守る研究を進め、情報発信の在り方を探っています。皆様の防災減災対策にプロジェクト成果が役立つよう、皆様の声をお聞かせ下さい。災害への備えを一緒に進めていきましょう。



#### 防災への取組紹介

本プロジェクトは、観測データを組み込んだ地震津波のハザードやリスクの防災情報発信を、国・企業・都市機能を守る研究や、南海トラフで震災と異なる活動があった際に即時的に把握、情報発信するための地震活動・プレート変動をリアルタイムモニタリングシステムの構築等を行っています。これらの成果も踏まえ、情報発信体としては自治体・自治体の防災機関と連携し、自治体からの発災後の復旧までの特設スケールから、自治体や市民、企業の防災減災対策に資する情報発信の在り方を探り、連携を深めています。防災分野を積極的に異動し、アンケートを実施した災害情報リテラシー向上を図っています。代表機関は海洋研究開発機構。参加機関は防災科学技術研究所、東工大、東京大、産業技術総合研究所、京都大、名古屋大、香川大、徳島大等です。



#### 主催団体名 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

部署 海洋研究開発機構 研究推進部 研究推進第2課  
TEL 045-778-5762  
メール nankai-jimu@jamstec.go.jp  
ホームページ http://www.jamstec.go.jp/j/

ぼうさいこくたい HP 出展ページ : <https://bosai-kokutai.jp/2022/p-30/>

## 5. むすび

令和2年度から5年計画で開始された本プロジェクトの中間年度となる3年目の取り組みとして、地殻活動情報創成研究、地震防災情報創成研究、創成情報発信研究の各課題においてオンライン等による議論・検討も活用し研究計画に沿った研究を着実に進めた。また、プロジェクト全体会議や個別の検討会を通して、3課題の連携の在り方を議論して具体的な取り組みを明確化し、プロジェクトの統合的推進を図った。更に、外部有識者からなる外部評価委員会を2度開催し、本プロジェクトのこれまでの進捗や今後の計画に対する評価・コメントをいただき、プロジェクト推進を図った。これら取り組みに加え、一般向けのシンポジウムを開催し、プロジェクト中間年度までの成果を広く公表・周知した。