

3. 研究成果報告

3.1 東日本大震災教訓活用研究

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 「東日本大震災教訓活用研究」

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立大学法人東北大学 災害科学国際研究所 大学院工学研究科	教授 助教 准教授 助手 技術支援員 技術支援員 准教授	今村文彦 佐藤翔輔 蝦名裕一 保田真理 後藤さつき 森實香純 姥浦道生
国立研究開発法人海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター	上席技術研究員 グループリーダー 技術研究員 招聘上席技術研究員	金田義行 高橋成実 今井健太郎 馬場俊孝
国立大学法人京都大学 防災研究所	教授 特定研究員	牧紀男 李瑾
国立研究開発法人防災科学技術研究所	部門長 地震津波火山ネットワークセンター長 強震観測管理室長 主任研究員 主幹研究員	藤原広行 青井真 功刀卓 中村洋光 先名重樹
国立大学法人名古屋大学 減災連携研究センター	教授 寄附研究部門教授 教授 教授 特任教授 寄附研究部門准教授 准教授 寄附研究部門助教	福和伸夫 北野哲司 飛田潤 野田利弘 護雅史 都築充雄 中井健太郎 野中俊宏
国立大学法人東京大学 地震研究所	教授	古村孝志

(c) 業務の目的

前半の4年間では、既存のアーカイブ活動と連携をしながら、東日本大震災での広域で複合的な災害及びその対応、復旧・復興に関するアーカイブを作成・拡張し、課題や教訓を整理する。さらに、プロジェクト指向型アーカイブを構築することにより、東日本大震災の被災地と南海トラフ地震との被害発生類似パターンを抽出し、南海トラフ地震・津波における人的被害軽減戦略プログラムを策定する。東日本大震災の基礎自治体の復興計画及びその策定に関するデータ収集の基礎的検討を行う。後半の4年間では公表されたコンテンツを新たに収集・連携し、アーカイブシステムのβ版を構築する。同アーカイブを用いて防災・減災・復興に資する生きる力を解明し、災害時の生きる力醸成プログラムを作成する。さらに、東日本大震災の基礎自治体復興計画の現状に対してアクションリサーチ手法を用いつつ課題の分析・抽出を行う。

(d) 8か年の年次実施業務の要約

平成25年度：

プロジェクト指向型アーカイブの基本設計と震災の教訓に関する学术论文・調査報告書の文献調査を行った。また東日本大震災の基礎自治体の復興計画及びその策定に関するデータ収集の基礎的検討を行った。

平成26年度：

アーカイブコンテンツの収集・連携を行うとともに、アーカイブシステムのα版を構築した。また、東日本大震災の基礎自治体の復興計画及びその策定に関するデータ収集を行った。

平成27年度：

震災教訓文献データベースのシステム利用評価、東日本大震災の津波の来襲状況や被害について撮影・公開されている動画検索システムの試験実装、東日本大震災の基礎自治体の復興計画及びその策定に関するデータ収集（宮城県）、東北沖海域に発達する断層のうち海溝軸外海側の構造データの収集、復興していく市街地の様子を定点で観測する「復興モニタリングシステム」の管理・改良・運用、東日本（静岡県以北）の自治体の東北地方における地震波形データに関する関係機関と調整・手続き、東日本大震災における液状化被害・河川堤防被害・造成地被害の発生状況の整理、東北地方太平洋沖地震とM7級地震の長周期地震動と比較を行った。

平成28年度：

実装したプロジェクト指向型アーカイブ（プロトタイプ）の改良およびユーザー利用評価を行った。また、東日本大震災の基礎自治体の復興計画及びその策定に関する課題の分析・抽出を行った。復興していく市街地の様子を定点で観測する「復興モニタリングシステム」について観測の継続を行うと共にシステムの移設を行った。平成27年度に引き続き、東日本（静岡県以北）の自治体の東北地方における地震波形データに関する関係機関と調整・手続きを行った。仙台市の上水道の被害状況・復旧状況の分析と今後の対策の提言、免震住宅の被害と建物の強震観測の状況に関する分析と課題の提示、ならびに、地盤や河川堤防の液状化・耐震効果に関

する検証事例整理と課題の提示を行った。東北地方太平洋沖地震における関東平野の長周期地震動の生成要因を地震波形解析と波動伝播シミュレーションにより評価し、震源域直上での表面波の励起と平野への伝播増幅特性が大きく寄与していることを確認した。また、KiK-net 築館で観測された震度7の強震記録を熊本地震におけるKiK-net 益城における強震波形記録と比較し、揺れの継続時間と周期成分の違いから、海溝型巨大地震の強震動の特性と被害に与える影響を検討した。

平成 29 年度：

前年度の成果を実装するフィージビリティスタディを実施する。また、東日本大震災の基礎自治体復興計画の実現に関するデータ収集の基礎的検討を行う。

平成 30 年度：

初年度以降に公表されたコンテンツを新たに収集・連携し、アーカイブシステムのβ版を構築する。また、コンテンツを追加した上で、平成 27 年度の実施内容を更新する。また、東日本大震災の基礎自治体復興計画の実現に関するデータ収集（岩手県）を行う。

平成 31 年度：

前年度の更新を受けて、平成 28 年度の実施内容を更新する。また、東日本大震災の基礎自治体復興計画の実現に関するデータ収集（宮城県）を行う。

平成 32 年度：

前年度の成果を実装し、効果の検証ならびに研究プロジェクトの総括を行う。また、東日本大震災の基礎自治体復興計画の実現に関する課題の分析・抽出を行う。

(e) 平成 28 年度業務目的

平成 26 年度から平成 27 年度に実装したプロジェクト指向型アーカイブ（プロトタイプ）について、これらを用いた教訓研修プログラムの開発に向けて、一連のアーカイブシステムについて改良やユーザー利用評価を行う。平成 26 年度から平成 27 年度に収集した基礎情報をもとに典型自治体を選択し、復興計画及びその策定に関する課題の分析・抽出を行う。収集した地震波形データについて、平成 27 年度に引き続き研究利用を目的としたデータの公開が可能となるよう各関係機関と調整を行う。東日本大震災における構造物の被害について、関連情報の追加収集、または震災後の取り組み（対策等）に関する情報の収集を行い、それに基づくとりまとめを行う。復興プロセスに関するデータ収集及び基礎検討を進める。収集した地震波形データについて、平成 27 年度に引き続き研究利用を目的としたデータの公開が可能となるよう各関係機関と調整を行う。

(2) 平成 28 年度の成果

① アーカイブシステムの構築・利活用

(a) 業務の要約

平成 28 年度は、「東日本大震災教訓活用型アーカイブシステム」の基本設計（3 層アーカイブモデル）のうち、理論データベースと事例データベースに関する検討を行った。

平成 27 年度までに理論データベースの一つとして実装した「震災教訓文献データベース—論文・報告書がしめす震災教訓の検索システム—」と、別プロジェクトにおいて実装した「3.11 からの学びデータベース—IRIDeS からの東日本大震災の教訓空間—」の改良を行うとともに、ユーザー利用評価を行った。また、平成 27 年度までに事例データベースとして仮実装した東日本大震災の津波の来襲状況・シミュレーション・被害の状況に関する動画を検索できるシステムを、「動画でふりかえる 3.11—東日本大震災公開動画ファインダー—」を公開した。

(b) 業務の成果

1) 「東日本大震災教訓活用型アーカイブシステム」の基本設計

平成 25 年度に、東日本大震災の教訓を活用することに特化した「東日本大震災教訓活用型アーカイブシステム」の基本設計を行った。基本設計においては、南海トラフ広域地震津波災害の想定被災地における自治体の防災担当職員へのインタビュー調査を実施した。その結果、主に次の 3 つのニーズがあることが明らかになった。以下、平成 25 年度成果報告書(文部科学省研究開発局・独立行政法人海洋研究開発機構, 2014)からの再掲となるが説明する。

- a) 東日本大震災で明らかになった、いわゆる「教訓」を簡便に詳細に検索・閲覧したい。
- b) 東日本大震災における津波に関する動画（津波の来襲映像、津波のシミュレーション動画）を検索・閲覧したい。
- c) 東日本大震災の被災自治体において、被災経験を踏まえて策定された各種計画、設計・実施された訓練等の事例を参照したい。

a) のような回答をした地域では、すでに南海トラフ広域地震津波について活発な対策活動が行われていた。このような組織・自治体においては、すでに一定の対策を講じているために、より即効性が高い対策を講じようと、直近で発生した「東日本大震災の教訓」、言い換えれば、東日本大震災の経験を踏まえて、津波災害への対応として効果的な対策・対処方法、次の大津波被災地でも起こる可能性が高い問題やその解決策に対して、高い関心が寄せられる傾向があった。具体的な例としては、三重県防災対策部（2014）では、東日本大震災において「誰が何に困ったのかリスト」を作成している。防災・減災の実務者にとっては、「東日本大震災の教訓」を災害が起きる前にすべき備えや、発災時の効果的な対応として調べたいというニーズが高いことが分かった。

b) のような回答をした地域は、南海トラフ広域地震津波の対策を徐々に始めているような地域であった。そのような地域では、過去の津波の経験があまりなく、地域住民の意識があまり高くない傾向にあった。行政担当者としては、まず、動画というリアリティのある映像を地域住民に見てもらうことで、津波に対する危機意識をもってもらいたい、という回答が得られた。実際に、住民からそのようなニーズが寄せられることもあるという。最初のステップとして、危険意識がそれほど高くない地域住民に対して、津波の危険性を視覚的に訴えることで、津波防災・減災への対策・行動に

関心をもってもらいたいというニーズが存在することが分かった。

c) は、事前の防災・減災施策の具体例として、東日本大震災で津波を経験した被災自治体が現在、何をどのように準備しているのかを直接把握したいという実務に携わる上での直接的なニーズであった。

以上は、行政や住民が求めるアーカイブの要件である。これに加えて、研究者は各種の分析・解析のために、基本的には生データ（いわゆるローデータ）の利用を希望することが想像される。

以上のインタビュー調査や考察を踏まえて、平成 25 年度に図 3-1-①-1 のような東日本大震災教訓活用型アーカイブシステムの基本設計（概念図）を作成した。

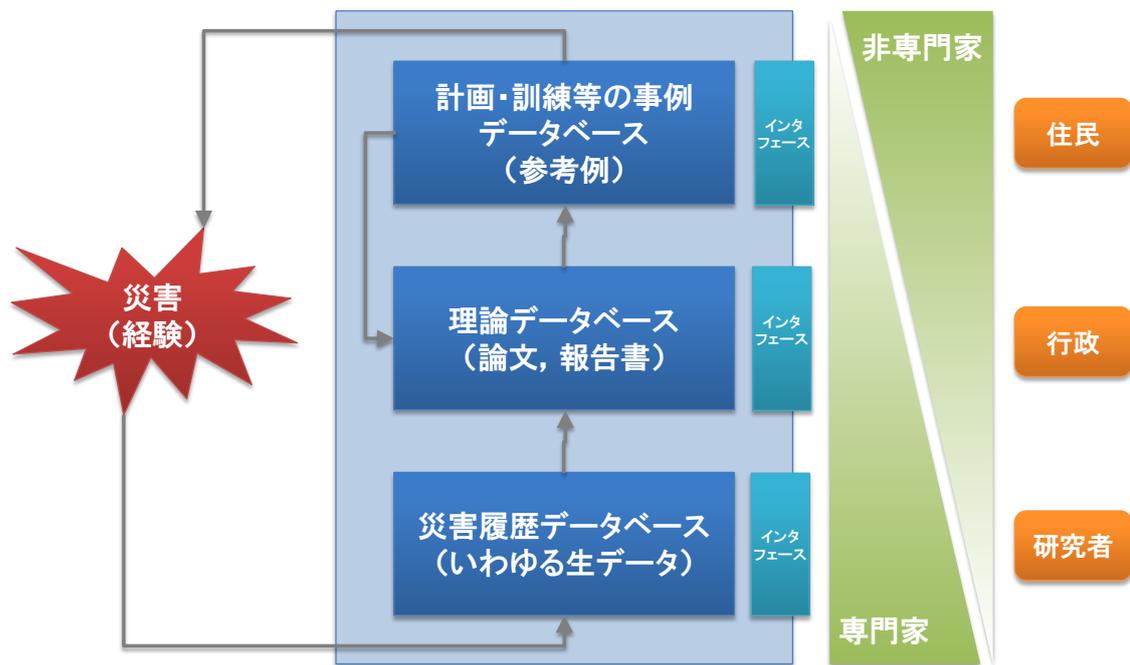


図 3-1-①-1 東日本大震災教訓活用型アーカイブシステムの基本設計
（概念図：3層アーカイブモデル）

東日本大震災の教訓を活用する上で、利用者の業種や専門性によって必要になるアーカイブコンテンツの概念レベルを大きく3種類に分類した（3層アーカイブモデル）。災害の経験をもとにして生成される情報は、(1) 生データとしての災害履歴（災害履歴データベース）、(2) 学術論文や報告書などで報告された知見としての結論・理論（理論データベース）、(3) 災害の経験や一般化された理論をもとに設計された各種計画・訓練事例（事例データベース）に分けることができる。これらは、利用者の業種・立場（住民、行政、研究者）やコンテンツを扱うリテラシーや専門性によって、アクセスの範囲が異なる。東日本大震災に関して収集したコンテンツを同一のインタフェースで閲覧するのではなく、具体的な利用ケースに応じたインタフェースを用意することで「東日本大震災の教訓」をより効果的・効率的に活用することが可能と考えた。インタビュー調査から分類された3通りのニーズを3層アーカイブモデルに照らし合

わせると、行政担当者は「東日本大震災の教訓」を情報として検索するために中層の理論データベースを参照する（上記 a）。災害履歴データベースにおいて、研究者が主にローデータを活用する。津波に関する映像の検索・閲覧は下層の災害履歴データベースから、行政・住民が行う（上記 b）。さらに避難訓練等の設計において上層の事例データベースを参照する（上記 c）といった例が考えられる。

平成 28 年度は、上記のデータベースのうち、理論データベースと災害履歴データベースについて以下のような検討を行なった。検討のうち、前者 2 つは、理論データベースに関する検討、3 つ目は災害履歴データベースに関する検討である。

- ・「震災教訓文献データベース」の改良（コンテンツ追加とメタデータの再付与）
- ・「3.11 からの学びデータベース」と「震災教訓文献データベース」のユーザー評価調査
- ・「動画でふりかえる 3.11」の公開（映像資料への位置情報の付与）

2) 「震災教訓文献データベース」の改良（コンテンツ追加とメタデータの再付与）

平成 26 年度は、「東日本大震災の教訓」を集約した理論データベース（教訓検索システム）を公開するウェブシステムとして「震災教訓文献データベース—論文・報告書がしめす震災教訓の検索システム—」を公開した。同システムは、平成 25 年度に実施した東日本大震災、その他の地震災害に関する学术论文と報告書の文献調査を行った「東日本大震災ほか災害に関する文献調査」（文部科学省研究開発局・独立行政法人海洋研究開発機構，2014）の結果をシステムにインポートしたものである。学术论文は、地震工学会・地域安全学会・自然災害学会・日本災害情報学会・日本災害復興学会の 5 つの学会が発行する学会誌・予稿集等に掲載されている論文・調査報告・事例報告・特集を対象にした。報告書は、官公庁・研究機関・団体等が発行している成果報告書・機関誌・研究資料・技術報告などを調査主体として収集した。作業手続きは、対象論文マスターテーブルの作成、対象論文の収集（電子版のダウンロード、紙面の電子化）、対象要件の二次精査、「教訓」の抽出（文中から教訓等を抽出）、内容・分類に関するコーディングからなる。

図 3-1-①-2 に教訓検索システム「震災教訓文献データベース—論文・報告書がしめす震災教訓の検索システム—」のトップ画面を示す。ここでいう「教訓」とは、学术论文・報告書から結語部分をもとに情報を整理した文章でフリーワード（自然語）入力による検索ほか、タグ（統制語）で、トップ画面中央下部に表示されているタグクラウドからキーワードを選択して検索することができる。タグクラウドは、登録件数が多いものからフォントサイズを大きくして上位に表示している。

[🏠 トップページ](#)
[🔍 調べる](#)
[📌 震災教訓文献データベースとは](#)
[🔗 関連リンク](#)

🔍 検索

フリーキーワードを入力して検索するか、下部のタグクラウドからキーワードを選択してください

作成者(論文:筆頭著者, 報告書:発行機関)	区分	雑誌名	学会名	災害名
環境省 饗庭 伸 稲垣文彦 竹葉 勝重 越山 健治 河本 尋子 井ノ 口 宗成 村田明 子 田村 圭子 新 藤 淳 金子由芳 重川 希志依 古 屋 貴司 田中正 人 河村 正美 書	論文 調査報告 書	消費者アンケー ト調査結果 地域 安全学会論文集 復興 日本地震工 学会論文集 日本 災害復興学会論 文集 災害情報 自然災害科学 消 費者アンケート 調査 (1次調査) の結果 (速報)	地域安全学会 日 本災害復興学会 地震工学会 日本 災害情報学会 自 然災害学会	東日本大震災 阪 神・淡路大震災 新潟県中越地震 新潟県中越沖地 震 新潟県中越・ 中越沖地震 東 海・東南海地震 阪神淡路大震災 昭和南海地震 東 南海地震 南海地 震

図 3-1-①-2 a)「震災教訓文献データベース」のトップ画面
(上から、メニュー、フリーワード検索ボックス、タグクラウド)

図 3-1-①-2 に「震災教訓文献データベース」の a)トップ画面と b)検索結果の例を示す。タグクラウドに表示されたキーワード(タグ)から検索ができる。この画面はある著者名を選択して検索した例が図 3-1-①-2 b である。検索結果一覧には、雑誌名、学会名、災害名、対象なども表示され、それらをキーにして欲しい情報の絞り込みが可能である。

佐藤 翔輔

🔍 検索

作成者(論文:筆頭著者,
報告書:発行機関)

佐藤 翔輔 (18)

区分

論文 (18)

雑誌名

地域安全学会論文
集 (15)

自然災害科学 (3)

学会名

地域安全学会 (15)

自然災害学会 (3)

災害名

東日本大震災 (11)

阪神・淡路大震
災 (7)

対象

避難 (6)

ボランティア (4)

その他 (2)

復興計画 (2)

防災体制 (2)

次の5件 »

🔍 検索結果一覧

ID	文献名	フェーズ	対象	カテゴリ	場所
p0341	東日本大震災における被災地外からの人的支援量の関連要因に関する分析	直後・初動期 応急復旧期	ボランティア	支援団体	その他・非該当
p0342	東日本大震災における被災地外からの人的支援量の関連要因に関する分析	直後・初動期 応急復旧期	ボランティア	その他・非該当	その他・非該当
p0343	東日本大震災における被災地外からの人的支援量の関連要因に関する分析	直後・初動期 応急復旧期	ボランティア	その他・非該当	その他・非該当
p0344	東日本大震災における被災地外からの人的支援量の関連要因に関する分析	その他・非該当	その他	その他・非該当	その他・非該当
p0345	東日本大震災における被災地外からの人的支援量の関連要因に関する分析	その他・非該当	ボランティア	その他・非該当	その他・非該当
p0438	東日本大震災について報じられたウェブニュースコーパスの基礎的解析	直後・初動期 応急復旧期	情報	その他・非該当	その他・非該当
p0960	地震によるライフライン停止と住宅損傷を考慮した短期的避難需要の評価モデル：生活支障の計量評価を利用した震害波及過程の記載	直後・初動期	避難	その他・非該当	その他・非該当

図 3-1-①-2 b) 「震災教訓文献データベース」の検索結果の例

■ 東日本大震災における被災地外からの人的支援量の関連要因に関する分析

メディアが及ぼす人的支援の量への影響は、市町村の名称といった表象的な内容だけでなく、発信された内容がネガティブなのか、ポジティブなのか、といった質的な要素も影響することが予想される。これについても同様に今後の課題としたい。あわせて、人的支援量は十分であったか、不足していたかについても、別途、分析・評価することで、あるべき人的支援量を検証する必要がある。

作成者(論文:筆頭著者,報告書:発行機関):	2015/02/13
著者:	佐藤 翔輔
フェーズ:	その他・非該当
対象:	ボランティア
カテゴリ:	その他・非該当
場所:	その他・非該当
区分:	論文
掲載誌名:	地域安全学会論文集
掲載巻ページ:	No.19
出版者:	地域安全学会
災害種別:	東日本大震災

▶ 関連URL

- http://issv.jp.net/issv-site/wp-content/uploads/2013/08/2012-841_cd.pdf

▶ 登録者の他の教訓 (コンテンツ)

- p0341 東日本大震災における被災地外からの人的支援量の関連要因に関する分析
- p0342 東日本大震災における被災地外からの人的支援量の関連要因に関する分析

図 3 - 1 - ① - 3 「教訓」の表示例

図 3 - 1 - ① - 2 b の検索結果一覧の中から、一つの行 (ID の割り振られた文献名) を選択して表示した画面例を図 3 - 1 - ① - 3 に示す。ページのトップに論文中で結語として記述されていた文章を、その下部にタグ付けした結果や書誌情報を表示している。なお、文献がウェブ上にあるものについては、文献 (URL) へのリンクも示している。

平成 28 年度は、平成 27 年度から継続して 1) 同システムに登録する文献 (教訓) を追加するとともに、2) テーマを示すキーワードの再付与を行った。1) は、同システムリリース以降にも、震災に関連する論文は多数発行されているため、開発時点までに発行されている文献を対象に新たに登録作業を行ったものである。2) は、1) に伴って文献が多数増えたことと、従前に付与されていたキーワードが、一部適切でないという利用者評価を受けて行ったものである。

図 3 - 1 - ① - 4 に、「震災教訓文献データベース」に登録した文献のうち、論文とその結語 (教訓) の数を、各論文が発行された年で時系列変化として示した。同システムの公開後に、2014 年発行分以降を新たに登録した。同業務では、論文で 198 件、教訓 (結語) で 663 件を追加した。東日本大震災をはじめとする震災に関する新たな

論文や教訓は、2012年をピークに減少傾向にあることが分かる。

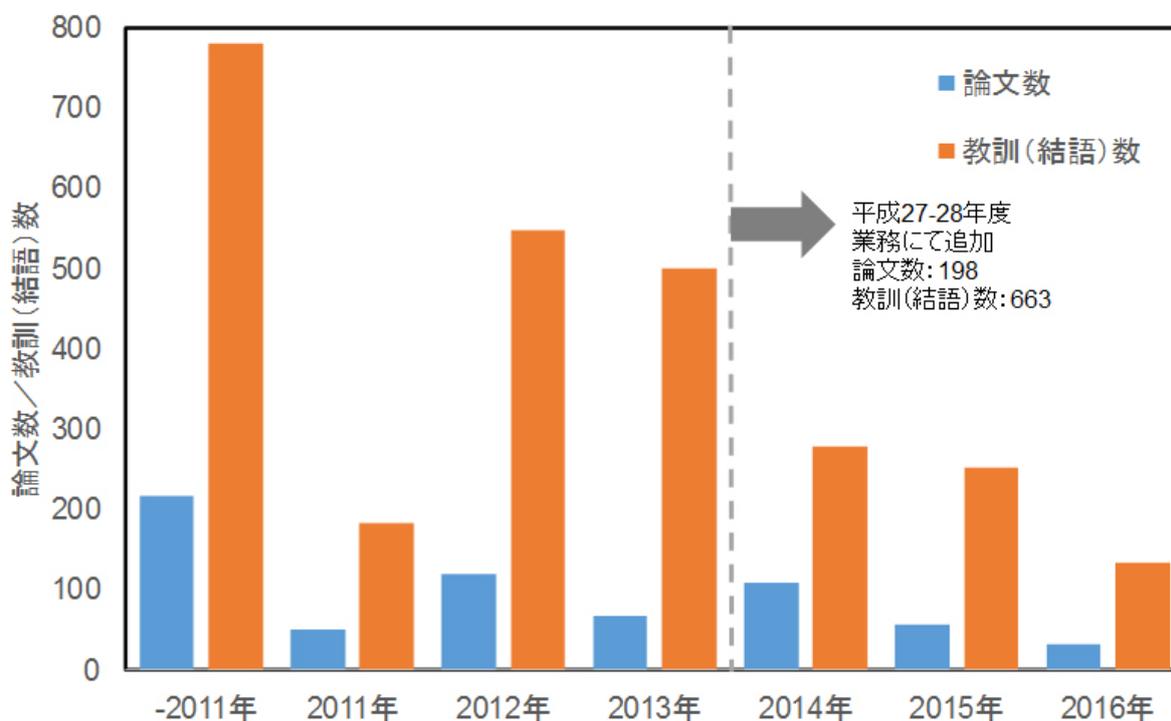


図3-1-①-4 「震災教訓文献データベース」に登録した文献・教訓(結語)の数

表3-1-①-1に、平成28年度の業務において改めたキーワード(統制語彙)の体系と、それに対応する教訓(結語)の数を示す。東日本大震災の発生から5年以上が経過し、震災発生当初多かった「(津波)避難行動」のほか、「生活再建」「被災者支援」「コミュニティ」といった、復旧・復興期の被災者対応に関するキーワードが概要する教訓が増えている。

表 3-1-①-1 「震災教訓文献データベース」に再付与されたキーワードとそれに対応する教訓（結語）の数

No. キーワード	教訓数	No. キーワード	教訓数	No. キーワード	教訓数
1 生活再建	254	35 交通	34	69 みなし仮設	9
2 避難行動	231	36 防災訓練	34	70 安否確認	9
3 被災者支援	223	37 災害福祉	32	71 栄養・食生活支援	9
4 コミュニティ	137	38 防災体制	32	72 農林業	9
5 情報提供	134	39 防災計画	29	73 災害公営住宅	8
6 地震動	134	40 インフラ	28	74 斜面崩壊	8
7 避難所	124	41 要配慮者支援	28	75 地震	8
8 津波	108	42 原発対応	26	76 雇用対策	7
9 情報共有	104	43 男女共同参画	25	77 見守り支援	6
10 災害情報	100	44 防災施設	24	78 車避難	6
11 情報収集	100	45 災害伝承	23	79 震源	6
12 経済支援	97	46 人口	23	80 応急危険度判定	5
13 まちづくり	91	47 液状化	22	81 漁業	5
14 建物被害	86	48 帰宅困難者	21	82 生活再建支援	5
15 災害対応業務	85	49 災害対策本部	21	83 地域防災計画	5
16 住宅再建	83	50 リスクマネジメント	20	84 備蓄	5
17 人的資源	73	51 ハザードマップ	18	85 子ども・子育て支援	4
18 災害医療	72	52 都市計画	18	86 事業継続計画（BCP）	4
19 ライフライン	70	53 衛星画像	17	87 被災地支援	4
20 地域連携	69	54 国際連携	16	88 災害廃棄物処理	3
21 復興計画	63	55 復興財源	16	89 住宅被害	3
22 耐震化	62	56 復興支援員	16	90 風評被害	3
23 人的被害	56	57 CSR	15	91 リスクアセスメント	2
24 消防	54	58 地盤	15	92 支援体制	2
25 ボランティア	50	59 救命・救助	14	93 水産業	2
26 応急仮設住宅	47	60 こころのケア	13	94 地震被害	2
27 社会福祉施設	46	61 物的支援	13	95 地震保険	2
28 災害法制	45	62 集合住宅	12	96 遺体処理	1
29 受援	42	63 人的支援	12	97 火災対策	1
30 集団移転	41	64 防潮堤	11	98 産業	1
31 防災教育	41	65 健康被害	10	99 地震火災	1
32 広域連携体制	38	66 浸水被害	10	100 地図作成	1
33 シミュレーション	35	67 防火対策	10	101 防災行政無線	1
34 被災証明書	34	68 ICT	9	102 防犯	1

3) 「3.11 からの学びデータベース」と「震災教訓文献データベース」のユーザー評価調査

平成 28 年度は、理論データベースに対して、実際の利用を通じたユーザー評価調査をおこなった。平成 27 年度には、一部の行政職員からのインタビュー調査によって、定性的な利用評価の調査したことに留まっていたため、平成 28 年度は、一定数のユーザーを対象に、実際に利用してもらい、その評価を質問紙調査によって行い、定量的な利用評価の調査を行った。

対象となる理論データベースは、「3.11 からの学びデータベース－IRIDeS から発信する東日本大震災の教訓空間－」（図 3-1-①-5）と「震災教訓文献データベース

「論文・報告書がしめす震災教訓の検索システム」の2つである。後者は、前述したもので、文部科学省・南海トラフ地震防災研究プロジェクトの中で開発したものである。前者は、「科学研究費 基盤研究(S) 「国難」となる最悪の被災シナリオと減災対策」において開発したものである。ここに登録・公開されている各「教訓」は、東北大学災害科学国際研究所の教員が、学術論文などの出典とともに、なるべく平易にわかりやすく解説を行った。2017年3月現在、同データベースには、140件の「教訓」が登録されている（Sato・Imamura, 2016）。



図3-1-①-5 「3.11からの学びデータベース」のトップ画面

表3-1-①-2に、「教訓」に関する2つのデータベースの特徴を示す。「3.11からの学びデータベース」は、研究者とキュレーター（データベース管理者）が、「教訓」の一つ一つを編集して掲載している。そのため、多くの「教訓」をアップロードすることはできない。他方、「震災文献教訓データベース」は、発行されている学術論文や報告書の結語部分を機械的に抽出・整理して、大量の「教訓」を掲載するものである。一方で、一つ一つを機会的に処理するため内容に重複があるものもある。このように、2つのデータベースは、質と量の面の特徴を相互に補完している。「震災教訓文献データベース」のみならず、「3.11からの学びデータベース」も、3層アーカイブモデル概念における「理論データベース」に位置付けられることから、ユーザー利用評価の対象とした。

表 3-1-①-2 「3.11 からの学びデータベース」と「震災教訓文献データベース」の特徴

	対象となる 災害	情報源	質	量
3.11 からの 学びデータベー ス	東日本大震災	研究者によ る登録	○	△
			研究者とキュレーターによ って一つずつ編集	
震災教訓文献 データベース	東日本大震 災、明治・昭 和三陸地震津 波、阪神・淡 路大震災、中 越地震、中越 沖地震	公開されて いる学術論 文・報告書 (結語部分)	△	○
			大量の論文・報告書を機械 的に整理	

ユーザー利用調査は、インターネットモニター調査（株式会社サーベイリサーチセンター）によって行った。調査項目は、1) 全体的な感想、2) 操作性に対する評価、3) 機能に対する評価であり、併せて性別・年齢・居住地・職業も問うている。調査においては、「モニター（ユーザー）が実際にシステムを操作した」上で、評価を行ってもらうために、回答フォームの冒頭で 1) 一定の操作に関する教示を行い、そこに表示される内容について回答を求める問（2問、選択形式、正答選択肢はランダム）を用意したほか、2) 5分程度の利用をお願いする教示を行ったうえで、実際の評価に関する設問に回答してもらった。1) で誤答したモニターは、サンプル対象外とし、2つのデータベースから、それぞれ 200名ずつ（別モニター）から回答を得た。

図 3-1-①-6 に全体的な感想、図 3-1-①-7 に操作性に対する評価、操作性については、図 3-1-①-8 に機能に対する評価の結果を示す。いずれも上側が「3.11 からの学びデータベース」、下側が「震災教訓文献データベース」のユーザー評価結果である。「とてもそう思う」「まあまあそう思う」を合わせた回答を、ポジティブな評価と称する。操作性については 4～6割、機能については 5～6割と多くのユーザーがポジティブな評価を示している。特に、「震災教訓データベース」では、『「災害名」で検索できる場所』は、85%ものユーザーが良い評価を示している。一方で、全体的な感想として問うた、「興味・関心をもって操作した」「自分が知りたいと思ったことを知ることができた」「もっと使ってみたい」「分かりやすい内容であった」「同僚・知人などの利用を勧めたい」は、3～4割のポジティブ評価に留まった。

以上の結果より、操作性や機能については高い評価を得られたものの、内容への関心や利用意欲には、やや課題が残ることが明らかになった。次年度以降は、これらの問題を解決するとともに、人材育成の研修プログラムとしての昇華を試みていく。

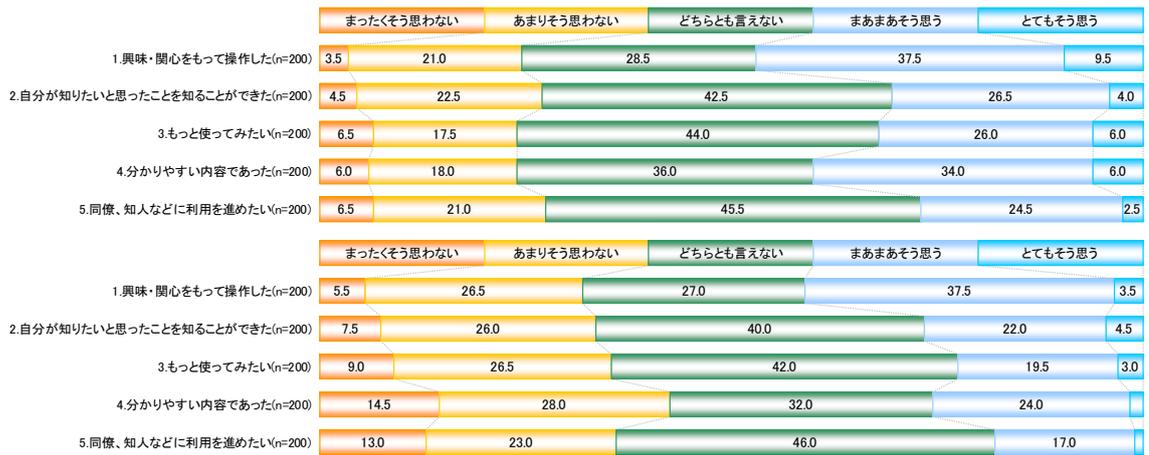


図 3-1-1-①-6 全体的な感想（上側：「3.11からの学びデータベース」、下側：「震災教訓文献データベース」）

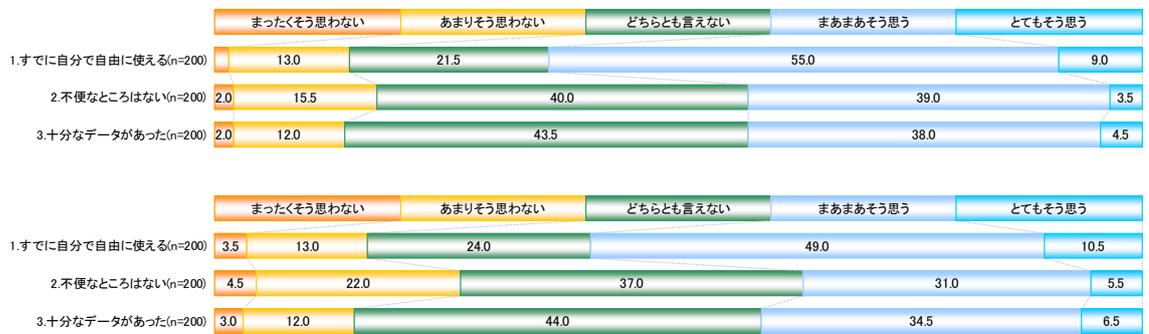


図 3-1-1-①-7 操作性に対する評価（上側：「3.11からの学びデータベース」、下側：「震災教訓文献データベース」）

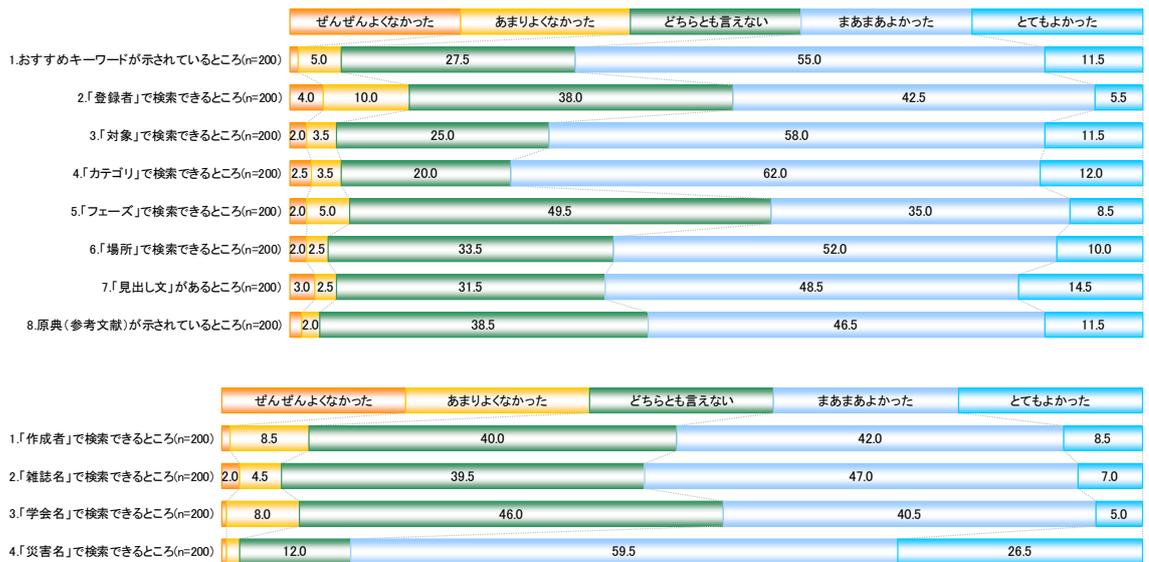


図 3-1-1-①-8 機能に対する評価（上側：「3.11からの学びデータベース」、下側：「震災教訓文献データベース」）

3) 「動画でふりかえる 3.11」の公開（映像資料への位置情報の付与）

平成 28 年度は、平成 27 年度までに仮実装した東日本大震災の津波の来襲状況や被害について撮影され、既に公開されている動画を検索するシステム「動画でふりかえる 3.11－東日本大震災公開動画ファインダー」の本実装と公開を行った。本システムは、一般の人が当時の様子を動画情報でふりかえり、どこの場所でどのような被害があったのか、被災の状況をイメージしながら津波およびその被害に対する正しい知識や認識を持って、避難行動等を検討するためのツールとして構築した。

本システムでは、東日本大震災の津波に関する情報に特化し、インターネット上（YouTube）で公開されている映像・動画を地図上で検索することができる。現在、YouTube 上に公開されている動画には、位置情報が入っているものはごくわずかしかない。そこで、インターネット上（YouTube）で公開されているすべての動画を目視で確認し、映像に写っている地物を参考に「撮影された場所（位置情報）」を一つずつ探し、同定する作業を行い、各映像に位置情報を付与して、地図上に表示した。

現在、本システムには、1,369 件の「映像・動画」をリンクしている。このうち、元から位置情報が入っているものは数十件で、これ以外は改めて位置を同定したものになる。このうち、位置を正確に、もしくは概ね正確に同定できているものは、あわせて 973 件で全体の 75.8%となった。図 3-1-①-9 に「動画でふりかえる 3.11」のトップページ画面、図 3-1-①-10 に「動画でふりかえる 3.11」の検索結果詳細画面、図 3-1-①-11 に「動画でふりかえる 3.11」の検索結果の詳細画面を示す。

本システムでは、「映像」を地図上に配置、時系列により 3 色に色分けして表示しており、バルーンをクリックするとウェブサイト上で簡単に動画を見ることができる。その他、フリーキーワードを入力して検索する方法、タグクラウドからキーワードを選択して検索する方法の 3 通りの検索方法があり、目的にあった使い方ができる。



図 3-1-①-9 「動画でふりかえる 3.11」のトップページ画面



図 3-1-①-10 「動画でふりかえる 3.11」の検索結果詳細画面

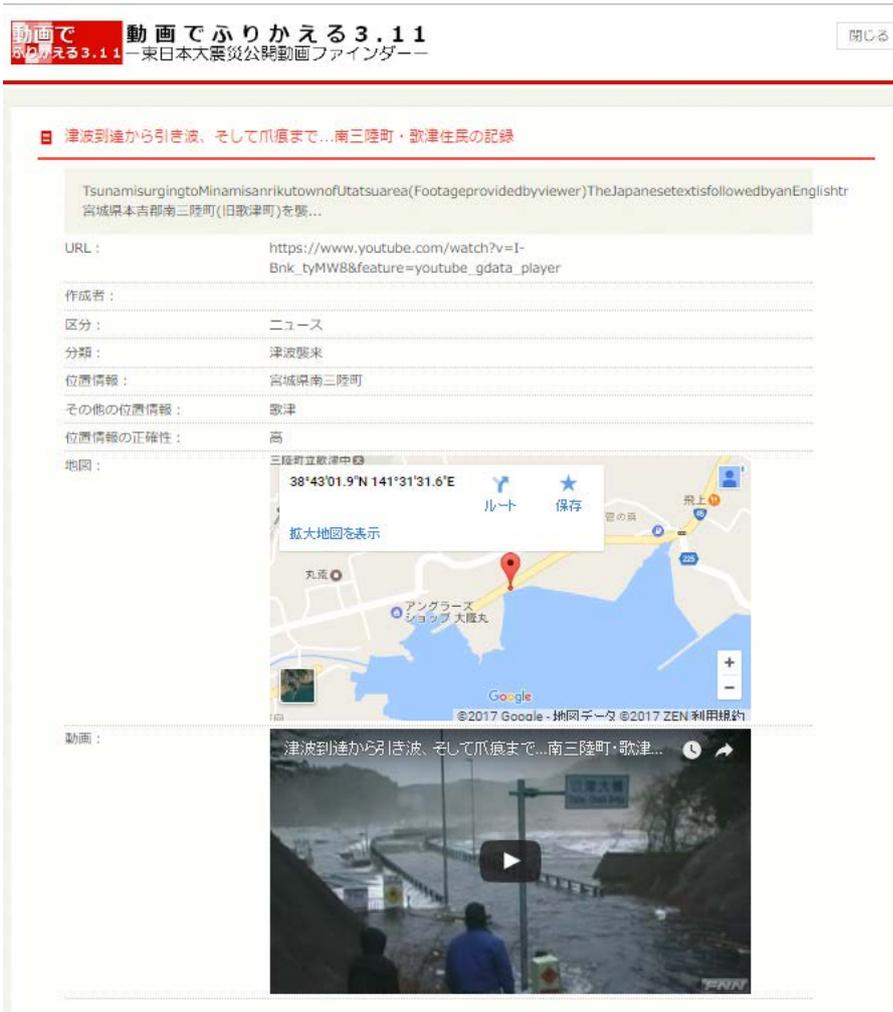


図 3-1-①-11 「動画でふりかえる 3.11」の検索結果の詳細画面

図 3-1-①-12 に「動画でふりかえる 3.11」のアクセス件数の時系列変化を示した。システムの公開は、平成 29 年 2 月 10 日（金）であり、土日にかけて 4～5 万件のアクセスがあった。2 月 12 日（月）は、週末にかけてアクセスが集中したため、一時的にシステムがダウンする事態となり、システムを再起動して運用した。その後も新聞、ラジオ、ネットニュース等による報道や Twitter で投稿されるなどの影響を受けて、アクセスが集中し、2 月 26 日（日）もシステムが一時的に停止した。翌 27 日（月）にシステムの改良を行い、現在は安定的に稼働している。図 3-1-①-12 は前半と、後半の 3 月 10 日（金）～12 日（日）では縦軸のオーダーが 1 桁異なる。東日本大震災の発生から 6 年経過することと、インターネット上で同システムが集中的に紹介されたことを受けて、大幅にアクセス件数が増加した。それまで、2 月 22 日（水）に 67,601 件が最も多かったのに対して、3 月 11 日（土）には、その約 10 倍となる 676,364 件のアクセスがあった。3 月 12 日現在で、累計 1,673,766 件ものアクセスが確認されている。同サイトへの高い関心と利用頻度が確認され、今後は、同システムによる利用モデルや効果について検証を進めていく。

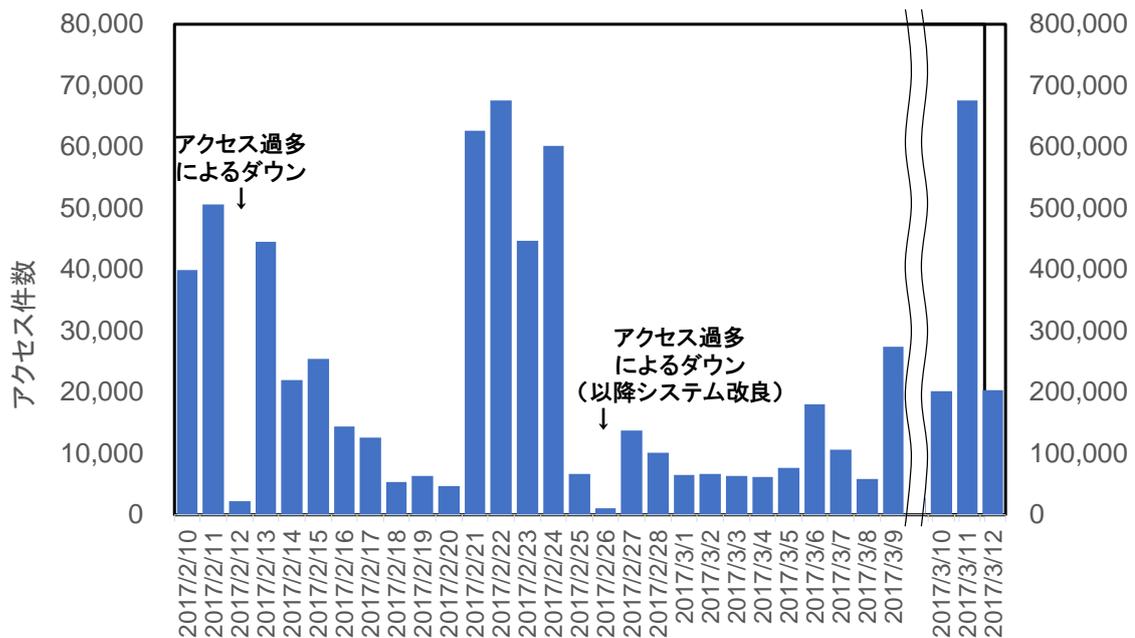


図3-1-①-12 「動画でふりかえる 3.11」のアクセス件数の時系列

4) 東日本大震災の基礎自治体の復興計画及びその策定に関するデータ収集

平成28年度は、東日本大震災の基礎自治体の復興計画及びその策定に関するデータを収集、被災地の現状と復旧・復興過程を把握した。具体的には、特に復興計画の策定と同時に行われる復興初動期の建築制限の各自治体における運用実態について調査・分析することで、復旧・復興過程の一端を明らかにした。

詳細は以下の通りである。

復興初動期の建築制限としては、建築基準法84条に基づく建築規制（以下、「84条建築制限区域」）と被災市街地復興推進地域指定がある。

このうち、84条建築制限区域は「市街地に災害のあった場合において都市計画又は土地区画整理法による土地区画整理事業のため必要がある」と認められる場合に特定行政庁が建築制限区域を指定し、発災日から1ヶ月間を（期限の延長を行った場合はそれに加えてさらに1ヶ月間を）期限として建築の制限、又は禁止ができる制度である。建築制限の内容としては工事作業上や公益上の必要な仮設建築物を許可の要件としているほか、支障がないと特定行政庁が認めた建築物に限って建築が認められる。

また、被災市街地復興推進地域は、被災市街地復興特別措置法に基づき、土地区画整理事業や市街地再開発事業等の各種都市計画に関する事業を実施する必要がある都市計画区域内の区域において発災後最大2年間の建築制限が可能になる制度である。規制内容は、概ね通常の都市計画施設等の区域内における建築規制（都市計画法53条、54条）と同等である。

84条建築制限区域については、気仙沼市、南三陸町、女川町、石巻市、東松島市、名取市、山元町の4市3町が最大で2125.4haの区域を設定し、建築の制限を行った。指定区域の時間的変遷について（図3-1-①-13）、平成23年3月11日の発災後、4月8日に7市町のうち、まず山元町を除く6市町が1818.2haに対して84条建築制

限区域の指定を行った。本来であれば、2ヶ月の制限期間の後に都市計画決定を経て、5月11日までに被災市街地復興推進地区を指定するところであるが、被害が深刻であったことから特例法が制定され、84条建築制限の期限が最大発災後8ヶ月まで延長された。この間に、石巻市では区域の追加指定が行われ、気仙沼市や女川町では逆に指定区域の縮小が行われた。最終的に2125.4haの区域指定のうち約58%に当たる1234.8haが被災市街地復興推進地域へと移行した。また、84条建築制限区域のうち約61%に相当する1298.5haが災害危険区域に指定されており、東日本大震災被災地における復興まちづくりが移転及び土地利用の転換型であることが顕著にあらわれたと言える。さらに当該区域での平成28年12月現在における面的整備事業区域面積は、土地区画整理事業が697.9ha、津波復興拠点整備事業が57.7haであり、その他の公園整備や水産加工施設等集積地盤整備事業などは48.5haとなっている。これらを合計すると面的整備がなされた土地面積は804.1haであり、これは84条建築制限区域指定面積の約38%であった。

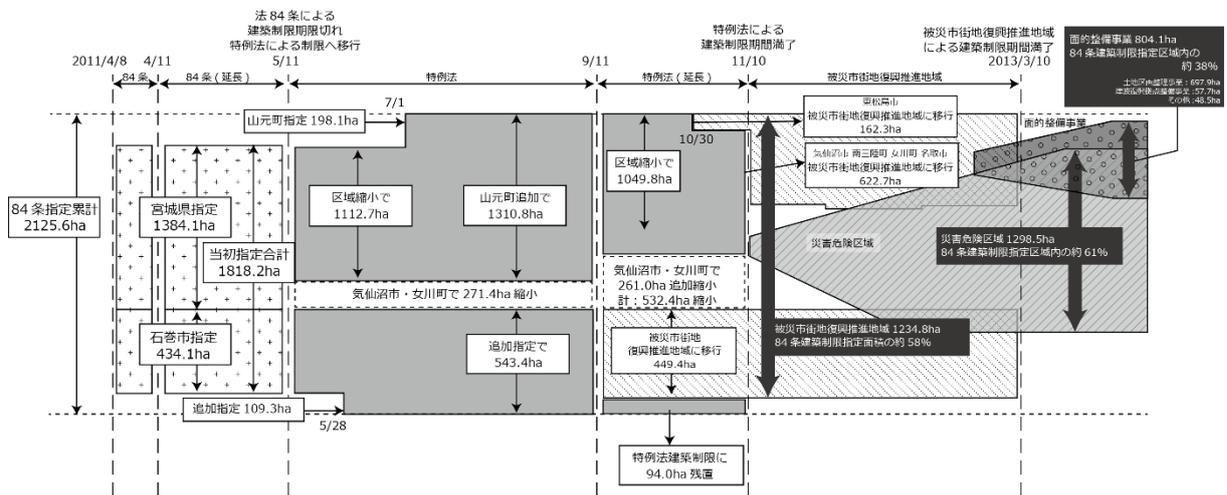


図3-1-①-13 84条建築制限区域の変遷

84条建築制限区域指定に関して、市町に対する指定の背景に関する電話・メールによる担当者へのアンケート調査を行った（表3-1-①-4）。

建築制限を導入した背景として、従後の復興事業の妨げとなる建築行為を防ぐために建築制限導入の判断を行ったといった回答が共通しており、制度趣旨に合致した導入の判断が行われたと言える。

一方で、当該建築制限を導入しなかった自治体からは、復興の方針が定まらない中で土地区画整理の事業区域を絞りこむことは難しいといった意見や、行政が住民との合意もなく一方的に計画を立て建築制限を行うことが適切ではないという意見も見られた。84条建築制限導入自治体においても、区域指定については、被災直後の状況下で市街地の復興について新たに詳細な検討を行うことは時間やマンパワーの不足から難しく、平時からの土地利用規制である用途地域に即して指定する自治体が多かった。

表 3 - 1 - ① - 4 各自治体の 84 条建築制限等の運用状況

	気仙沼市	女川町	石巻市	
			(旧石巻市)	(半島部)
都市計画区域	非線引き用途地域	非線引き用途地域	市街化区域	都市計画区域外
当初指定年月日	2011.4.8	2011.4.8	2011.4.8	2011.5.28
指定面積(最大)	543.4ha	273.6ha	449.4ha	94.0ha
区域変動有無	2回区域縮小	2回区域縮小	1回区域追加	変更なし
	2011.5.12:465.1haに縮小 2011.9.12:266.7haに縮小	2011.5.12:206.9haに縮小 2011.9.12:144.3haに縮小	2011.5.28:449.4haに拡大 (渡波地区15.3ha追加)	
指定範囲特性	今後の見通しが立たない中で被害の大きかった都市計画区域内の地区を広めに指定。区域境界は津波による浸水区域を基準として一部等高線やJR線を考慮し指定 その後面整備の見込めない地域(主に農地や住民の復旧が進む地域)を除外した	復興計画の策定も始まる前であり計画の範囲も不明なため、市街化区域全域に建築制限を指定した その後、津波被害を受けていない地区を小字単位で除外したり、官地で建築計画を検討している地区を建築制限解除した	大きな被害を受けた市街地の居住地域のうち、今後都市計画や土地区画整理事業などが必要となる地区を対象とした 具体的にはすでに街区整理が完了していく地区を除外し、字界、道路界、都市計画道路界などを考慮し区域境界を線引き	当該地区は合併前の旧町の中心的な市街地であり、市街地復興にあたり、現位置で再構築する手法として土地区画整理事業等を想定し、都市計画区域の指定を視野に入れた上で、建築制限の区域を指定
被災市街地復興推進地域指定	2回の縮小を経て残った建築制限区域に即して指定	2回の縮小を経て残った建築制限区域に加え、造成予定の高台を一部を指定した後に計画見直しにより区域変更	追加した渡波地区の部分も含め84条建築制限区域に即して復興推進地域を指定	指定なし
災害危険区域指定	建築条件型規制 縮小前:54.4% 縮小後:70.2%	建築条件規制型 縮小前:41.3% 縮小後:69.0%	全面禁止型 45.0%	全面禁止型 98.8%
面的整備事業化	150.7ha ほか低地ゾーン土地利用促進事業、松岩での検討中面整備	199.7ha	195.4ha	
	南三陸町	東松島市	名取市	山元町
都市計画区域	非線引き用途地域	市街化区域	市街化区域	用途地域なし 都市計画区域
当初指定年月日	2011.4.8	2011.4.8	2011.4.8	2011.7.1
指定面積(最大)	175.7ha	162.7ha	102.7ha	198.1ha
区域変動有無	変更なし	変更なし	変更なし	変更なし
指定範囲特性	用途地域全体を区域指定無秩序な建築行為を防ぐ上で早期に指定する必要があったので用地地域の色が塗られている地域に対して指定したのだと考えられる	大曲浜地区および野蒜地区の市街化区域指定範囲全体を指定 当初から39条による高台への防災集団移転が考えられたが計画策定前であり慎重な対応が必要であったため指定を行った	被害の大きかった飛び市街化区域である岡上地区を市街化区域に即して建築制限区域に指定 下増田土地区画区画整理事業地内は住民が従来の市街地のまま復旧する地区であったため除外	避難指示区域での立ち入り制限が解除された地区のうち建物が連担している部分に対して、復興事業の障害となるような建築活動を防ぐために導入した。JRの復旧の方向性など周辺状況も踏まえながら、土地区画整理事業も含めた復興手法を検討
被災市街地復興推進地域との関連	復興推進地域への移行時に復興事業の計画に基づき建築制限区域とは異なる範囲を指定後に区域変更	建築制限区域に即して指定その後、野蒜地区の高台部分を編入するため区域拡大	建築制限区域に即して指定その後、復興計画に合わせて内陸部分へ区域拡大	指定なし
災害危険区域指定率	全面禁止型 77.4%	ゾーン区分・建築条件型 86.6%	全面禁止型 61.6%	ゾーン区分・建築条件型規制 82.9%
面的整備事業化	90.3ha 一部区域外の整備も含む	51.2ha (大曲浜地区のみ、野蒜の高台団地を含みます)	115.1ha	

84 条建築制限区域の導入の前提は都市計画又は土地区画整理事業の必要が認められることという要件があり、地方の中小規模の自治体においては、事業の計画の経験が乏しく、なおかつ被災直後の混乱した中であっては建築制限導入への技術的難易度が高いと考えられ、これらの点から規制の実施を見送る事例も見られた。一方で規制を実施した自治体では、いったん画一的に用途地域全体を指定したり、浸水区域全体を指定したりする事例が見られた。このような区域指定の場合には、計画的必要性の有無が明らかになった段階で、指定区域を見直し・縮小し、面整備事業実施が見込めない地域を除外していくという運用が行われている（例えば気仙沼市について図 3 - 1 - ① - 14）。

また、84 条建築制限区域から直接災害危険区域の指定へと移行した場合も、低い割合で見られる。災害危険区域の指定を行うためには、津波シミュレーションが必

要とされた場合もあり、一定の時間を要した。そのため、その移行までの現状土地利用凍結のための建築規制として、84条建築制限が活用されたといえる。



図3-1-①-14 気仙沼市における建築制限区域の指定変遷

(c) 結論ならびに今後の課題

「東日本大震災教訓活用型アーカイブシステム」の基本設計（3層アーカイブモデル）のうち、理論データベースとして開発した「震災教訓文献データベース」と「3.11

からの学びデータベース」の改良を行い、モニターを対象にしたユーザー利用評価調査によって操作性や機能について概ね良好な結果が得られたとともに、「動画でふりかえる 3.11－東日本大震災公開動画ファインダー」を公開し、全国から多数の利用実績が得られた。一方で、理論データベースにおいては、これらのデータベースを利用する意欲を醸成し、利用者への防災教育効果があるかなどは明らかになっていない。今後はこれらの個別のデータベースを利用した人材育成のための研修プログラムを検討していく必要がある。

復興計画の策定及び実施に際して必要となる建築制限の運用実態についても明らかにした。まず、84 条建築制限区域は、面的整備事業の実施前の段階における建築規制としての運用が意図されたが、その区域指定にはさまざまな困難が見られた。その中で、事前の準備や指定後の柔軟な見直しの必要性が明らかになった。

また、84 条建築制限区域は、従来のような面的整備事業等を行うための準備段階としての運用のみならず、災害リスクを有する区域における建築規制（災害危険区域指定）の準備的手段としても用いられたことが明らかになった。この点は、従来の法制度の枠組みを超えるものであり、このような運用を今後も認める場合には、制度改正が求められるといえる。

(d) 引用文献

Sato, S. and F. Imamura, An Attempt of Extraction and Sharing Lessons Learned from Experiences of the 2011 Great East Japan Earthquake Disaster Based on Viewpoints of Experts on Disaster Science: 3.11 Lessons Learned Web Database System, Journal of Disaster Research, Vol. 11, No. 5, pp. 881-888, 2016.

三重県防災対策部（2014）, 「誰が何に困ったのかリスト」, 三重県新地震・津波対策行動計画・資料, <http://www.pref.mie.lg.jp/D1BOUSAI/84149007964.htm>, 2014

文部科学省研究開発局・独立行政法人海洋研究開発機構, 南海トラフ広域地震防災プロジェクト, 平成 25 年度成果報告書, 410p, 2014.

②震源域情報

(a) 業務の要約

これまで平成 23 年の東北地方太平洋沖地震とそれに伴う津波による甚大な被害を踏まえ、このような甚大な被害をもたらす震源や構造に関する知見を収集してきた。昨年度は気象庁一元化震源情報を収集し、地震後に震源が不活発になったところ、逆に活発になったところを抽出し、震源分布の帯状配列が東北地方の大きいスケールの地質構造に反映していること、その構造境界から放射状に震源の列が並ぶことを示した。三河地震をはじめ、海溝型地震の発生で応力が解放された後に、内陸型の地震が発生することは過去にも例があるが、将来南海トラフ域で M9 クラスの地震が発生した場合にも、このような構造境界に沿って内陸地震や群発地震が発生する可能性がある。一方で、海域には陸上と比較できる震源情報は多くない。Shinohara et al. (2012)

は大学や調査機関の海底地震計を用いて集中的に余震観測を実施し、海域に発生している余震の震源位置を精度よく決定し、地殻活動の実態にせまった。但し、地震前にはデータが分布しているのは宮城沖の限定された範囲であったため、陸上観測点による震源分布の時空間変化と同じ議論は難しい。そこで、本プロジェクトが立ち上がったから、震源とともに海域の構造に関する情報を収集し、データの蓄積が進んだ直後に被害分布と収集した構造的特徴との関係を抽出することにしたい。

(b) 業務の実施方法

震源の情報は、気象庁や防災科学技術研究所で継続的に収集されている。今年度は、これらの震源情報に加えて海域の構造的特徴を収集した。平成 23 年の東北地方太平洋沖地震津波のケースでは、局所的に大きなすべりがあることが知られている（例えば Fujii et al., 2011）。Tappin et al. (2014) は、地すべりにその大きなすべりの原因があると議論したが、最近の海底地形調査からはそのような変位がなかったことがわかっている。このような局所的な大きなすべりはプレート境界の特性によるものであれば、堆積物分布の厚さが要因として考えられるかもしれない。Takahashi et al. (2000) は海底地震計データを用いてプレート境界からの反射波を同定し、プレート境界の構造上の低速度層の厚さを議論した。この解析では厚さの空間分布の不均質性を議論することは難しいが、100 メートルオーダーの厚さであることが示唆されている。沈み込む太平洋プレート上には、小さい火山が比較的密に分布している福島沖やそうではない岩手沖など地形と堆積物の厚さ分布の違いがあり、それがプレート間のカップリングに影響を及ぼすかもしれない。そのため、今年度は、JAMSTEC が高密度な測線間隔で継続的に行っている高精度マルチチャンネル反射法探査データを収集し、海域の地質構造の特徴の地域ごととの違いを整理することとした。

(c) 業務の成果

近年、JAMSTEC では日本海溝周辺域での高精度マルチチャンネル反射法探査データの取得をすすめている。これらのデータから、プレート境界のみならず、沈み込む海洋性地殻内に発達する沈み込みに伴って発達する正断層をマッピングすることが目的である。これらの正断層は、1933 年三陸地震の震源断層になり、甚大な津波被害をもたらしたことが知られている。このようリスクを評価するために上記の反射法探査が実施されている。本プロジェクトでのデータベース化は、これらの成果を取り込むことで空間的な断層密度や断層の走向方向の情報を得て、南海トラフでの比較検証の評価の一助にすることである。これらのデータはまだ処理の途上であり、これからの成果を待つ必要があるが、現状で取り込める情報を取り込んだ。

図 3-1-②-1 から図 3-1-②-3 は、これらの日本海溝を横断する方向で取得された高精度マルチチャンネル反射法探査データの一部である。図 3-1-②-1 は宮城南部沖（北緯 37 度 50 分付近）、図 3-1-②-2 は福島中部沖（北緯 37 度 20 分付近）、図 3-1-②-3 は福島南部沖（北緯 36 度 50 分付近）で取得された時間断面である。それぞれ海底から 0.3-0.8 秒下に明瞭な反射面を確認することができる。この

反射面は、ところどころにはっきりとした段差を持つことが分かる。これらの段差が沈み込みに伴って発達する正断層である。この段差をみると、大小さまざまな断層が発達しており、今後、これらの断層の深部イメージングを得て、主断層の判断が必要になるだろう。ここでは、海底から反射面までの間の堆積層に着目する。この反射面は海溝軸から西側（図上の左側）で緩やかに下方に下がっているように見えるが、これがいわゆる巨大地震を発生させるプレート境界に相当する。海溝軸から西側の大陸斜面には、それぞれ西側に高角に傾斜する断層面が確認できる。これがプレート境界から分岐する分岐断層で、高角であるために高い津波を発生させる可能性がある。この分岐断層のマッピングも今後必要になる。宮城南部沖では、この分岐断層が複数条確認できる。福島中部沖でも同じような分岐断層を確認できるが、プレート境界の反射面から低角に海溝軸近辺に露出する断層もあるようである。福島南部沖では、海溝軸近辺ではむしろ付加体が部分的に発生するように見える。これらの特徴を広域にマッピングすることで、全体のリスク評価につなげることができる。図3-1-②-4には、海底からこの反射面までの堆積層の厚さをマッピングした結果を示す。Fuji et al. (2011) によれば、すべりの最も大きいところは北緯 30.0-38.5 の間であり、ここでは 250-300msec の堆積層厚がある場所に相当する。岩手県南部沖や福島県北部沖の海溝軸では、相対的に薄い堆積層厚が分布している。今後、このような理学的知見を増やして、様々な要素から関係性を抽出する研究の土台の一部にしたい。

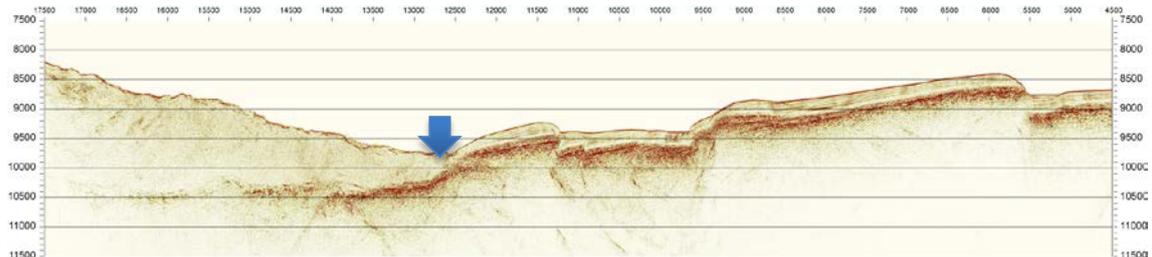


図3-1-②-1 宮城南部沖の反射法探査の時間断面例。矢印は海溝軸。

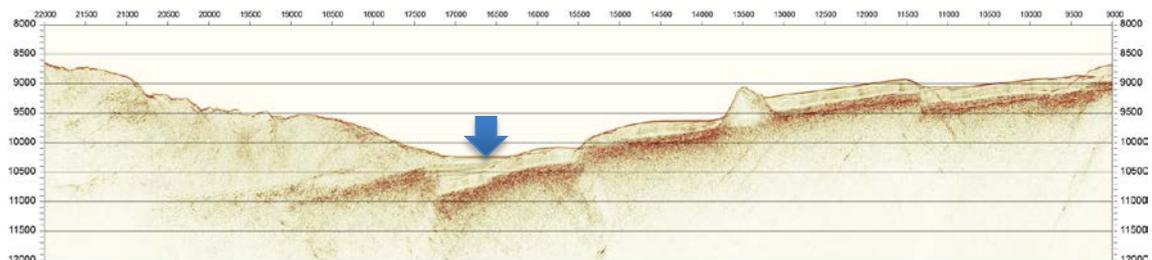


図3-1-②-2 福島県中部沖の反射法探査の時間断面例。矢印は海溝軸。

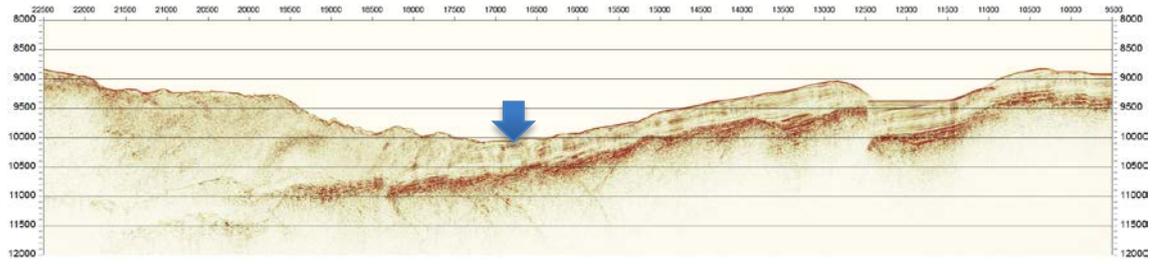


図 3-1-②-3 福島県南部沖の反射法探査の時間断面例。矢印は海溝軸。

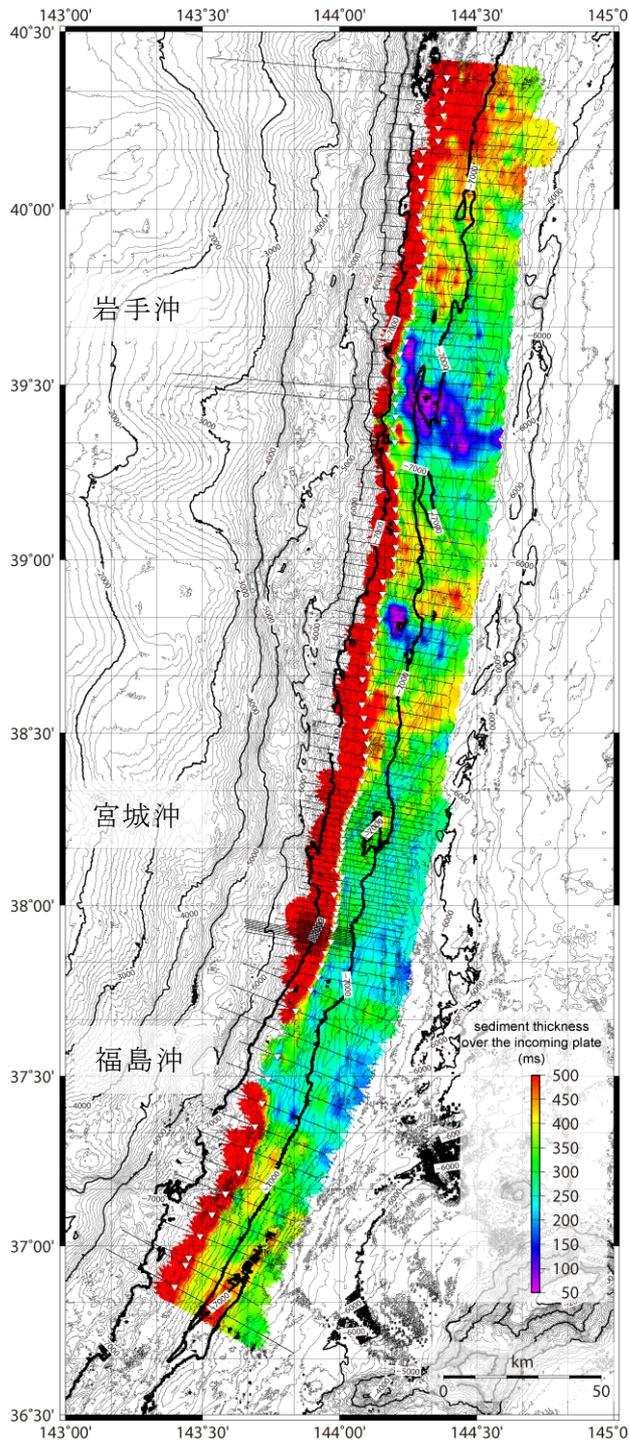


図3-1-②-4 日本海溝域の堆積層の厚さ分布。白三角が海溝軸の位置を示す。

(d) 結論ならびに今後の課題

今年度は海域のデータの収集を行った。JAMSTEC で実施している高精度マルチチャンネル反射法探査の時間断面を収集し、それらのデータによる日本海溝域の堆積層の厚さ分布を得た。これによると、岩手県南部沖や福島県北部沖の海溝軸では、相対的に薄い堆積層厚が分布していることが示されている。

(e) 引用文献

Fujii, Y., K. Satake, S. Sakai, M. Shinohara, T. Kanazawa, Tsunami source of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, *Earth Planets Space*, 63, 815–820, 2011.

Shinohara, M., Y. Machida, T. Yamada, K. Nakahigashi, T. Shinbo, K. Mochizuki, Y. Murai, R. Hino, Y. Ito, T. Sato, H. Shiobara, K. Uehira, H. Yakiwara, K. Obana, N. Takahashi, S. Kodaira, K. Hirata, H. Tsushima and T. Iwasaki, Precise aftershock distribution of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake revealed by an ocean-bottom seismometer network, *Earth Planets Space*, 64, 1137-1148, 2012.

Takahashi, N., S. Kodaira, T. Tsuru, J-O. Park, Y. Kaneda, H. Kinoshita, S. Abe, M. Nishino, R. Hino, Detailed plate boundary structure off northeast Japan coast, *Geophys. Res. Lett.*, 27, 13, 1977-1980, 2000.

Tappin, D. R., S. T. Grilli, J. C. Harris, R. J. Geller, T. Masterlark, J. T. Kirby, F. Shi, G. Ma, K.K.S. Thingbaijam, P. M. Mai, Did a submarine landslide contribute to the 2011 Tohoku tsunami?, *Marine Geology*, 357, 344–361, 2014.

③復興

(a) 業務の要約

大規模災害により被災した市街地の復興を「復興モニタリングシステム」を通じて、定点観測により、アーカイブ化することを引き続き行っている。本年度は、陸前高田市の定点カメラが設置されている場所の解体により、新たな場所を設け、定点カメラの設置場所を移転した。また、阪神淡路大震災における長田区のモニタリングカメラをウェブサイトに取り込み、各地域の復興プロセスをウェブ上で公開しつつ、管理・改良・運用を行った。

(b) 業務の実施方法

「復興モニタリングシステム」のホームページに、新たに阪神淡路大震災の被災地、長田区御蔵地区の復興モニタリングカメラを取り入れた（図3-1-③-1）。



図 3 - 1 - ③ - 1 ウェブサイトに阪神淡路大震災のカメラを追加

本業務のモニタリングカメラの設置場所の現状と概要を表 3 - 1 - ③ - 1 に示す。

表 3 - 1 - ③ - 1

設置都市	設置先	設置台数	概要
大槌町	UR 都市機構大槌復興支援事務所	1	毎週火曜日：4時～16時 毎時撮影 その他：10～15時 毎時撮影
大槌町	大槌町町方復興CMrカメラ	2	7時30分～19時、30分おきに撮影
陸前高田市	みんなの家	1	土地のかさ上げ工事に伴い、2016年8月16日にみんなの家の解体が決まり、 2016年7月23日にカメラを移設 現在は、毎週火曜日：0時～23時 毎時撮影 その他：10～20時 毎時撮影
石巻	松川横町（東向き）	1	民家に設置 毎週火曜日：0時～23時 毎時撮影 その他：10、15、20時の2つの時間に撮影
	松川横町	1	民家に設置

	(西向き)		毎週火曜日：0時～23時 毎時撮影 その他：10、15、20時の2つの時間に撮影
	アイトピア 商店街	1	今後再開発するアイトピア商店街のにぎわいを街 燈から定点観測 毎週火曜日：0時～23時 毎時撮影 その他：10、15、20時 毎時撮影
神戸 市	長田区御蔵地区	2	毎日10時、14時に撮影

(c) 業務の成果

東日本大震災の復興状況を継続に記録しつつ、阪神淡路大震災の復興について、長田区御蔵地区における2つのカメラモニタリングをウェブサイトに取り込んだ。今後も、より多くの復興過程の変化を提供していく。また、陸前高田市に位置する「みんなの家」の平成28年8月16日の解体に伴い、モニタリングを継続するため、定点観測のカメラ移設を事前に検討し、平成28年7月23日にカメラを新しい場所へ移設し、継続にモニタリングを続けている。



移設前 (みんなの家)

移設後

図3-1-③-2 陸前高田市カメラの移設

(d) 結論ならびに今後の課題

復興モニタリングを開始して3年が経過、カメラが設置されている場所の解体により、モニタリングの終了ではなく、新たな場所へのカメラの移設を行うことにより、継続的に復興事業を記録することができた。

今後は、モニタリングによる復興事業の変化から、想定される南海トラフ地震の被災想定地における事前復興計画を検討する際に、地元住民を交え、復興事業に必要とする時間経過を理解してもらう説明会などに活用していく予定である。

(e) 引用文献

なし

④地震動

(a) 業務の要約

平成 25 年度および平成 26 年度に収集した地震波形データについて、研究利用を目的としたデータの公開ができるように、平成 27 年度に引き続き、関係機関と調整・手続きを行った。具体的には、自治体等と協議を行い、研究利用のためのデータ公開に関する依頼文書交付等の手続きを完了した。

(b) 業務の成果

本業務において、昨年度までに自治体等の震度計における平成 23 年東北地方太平洋沖地震の本震・余震の地震波形データ（約 95,000 波形）を、汎用性のあるデータフォーマットに変換・整理し、データベース化を行ってきた。本年度は、平成 26 年度までにデータ収集、作成した地震波形のデータベースに登録されている自治体のうち、平成 27 年度にフォーマット整理およびデータベース化を実施した残りの自治体である、北海道、新潟県、青森県、秋田県、静岡県、山梨県、長野県、札幌市の 1 道 6 県 1 市に対し、本研究の参画機関に対する研究利用を目的としたデータの公開についての打診を行い依頼文書交付等の手続きを行った。依頼文書の手続きの対象となっている自治体と地震観測点数を図 3-1-④-1 および表 3-1-④-1 に、収集した自治体のデータの期間、データ数（波形数）を表 3-1-④-2 にそれぞれ示す。

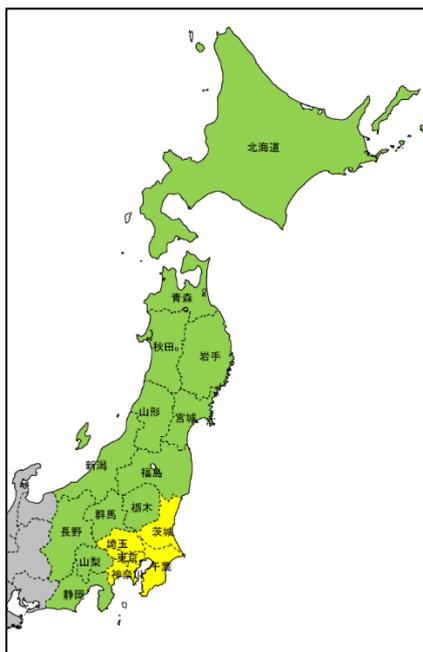


図 3-1-④-1 地震波形のデータベース化を実施した自治体範囲（緑色：自治体から直接収集（公開手続きが必要な自治体）、黄色：SK-net のデータを利用）

表 3-1-④-1 自治体（都道府県・政令指定都市）から収集した観測点数一覧

都道府県 政令指定都市	観測点数
北海道	68
札幌市	12
青森県	58
秋田県	56
岩手県	58
宮城県	49
仙台市	5
山形県	48
福島県	83
群馬県	54
栃木県	52
新潟県	104
長野県	101
山梨県	78
静岡県	67
合計	893

表 3-1-④-2 収集した自治体のデータの期間、データ数（波形数）の一覧（平成 25 年度と平成 26 年度の合計）

都道府県 政令指定都市	データの期間	データ数 （波形数）
北海道	2002.1～2011.9	10494
札幌市	2002.1～2011.12	477
青森県	2010.3～2011.7	355
秋田県	2011.3～2011.10	8004
岩手県	2011.3～2011.10	6690
宮城県	2011.3～2011.9	2406
仙台市	2011.3～2011.9	58
山形県	2011.1～2011.11	5367
福島県	2011.1～2011.12	37924
群馬県	2007.10～2011.6	3860
栃木県	2011.3～2011.10	3325
新潟県	2009.10～2011.6	2730
長野県	2011.1～2011.10	4920
山梨県	2010.4～2011.9	4316
静岡県	2007.10～2011.6	4832
合計		95758

(c) 結論ならびに今後の課題

本業務では、これまでにフォーマット整理およびデータベース化した地震波形データ

について、本研究プロジェクトの参画機関に対する、研究利用を目的としたデータの公開が可能となるよう、平成 27 年度と合わせ合計 1 道 12 県 2 市の全自治体等の関係各機関と調整・手続きを完了した。

(d) 引用文献

なし

⑤被害

(a) 業務の要約

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災における構造物の被害状況について、平成 25～27 年度においては本プロジェクトにおいて、1)ライフライン、2)建築構造物および 3)地盤・土構造物を取り上げて整理してきた。ここでは、その後に判明した重要と考えられる補足事項や被害の低減または抑止対策に関する記載事項などを整理した。具体的には次の通りである。

1) ライフラインの被害状況については、平成 25 年度の報告書（文部科学省研究開発局・独立行政法人海洋研究開発機構, 2014）で記載した電気と都市ガスに加えて、新たに上水道に着目した結果、浄水場やポンプ場等の水道施設・水道管の耐震性強化以外に、非常用電源燃料の備蓄増強、水源の多様化が継続的な水供給および早期給水の実現に重要であることを示した。

2) 建築構造物の被害状況については、平成 26 年度の報告書（文部科学省研究開発局・独立行政法人海洋研究開発機構, 2015）でまとめた各種構造や超高層建物に関する被害調査結果に加えて、戸建免震住宅の特徴的な応答に関する事例を示した。また建築構造物の強震観測について文献調査による傾向を示した。

3) 地盤・土構造物の被害状況については、平成 27 年度の報告書（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, 2016）に加えて、地盤の液状化に対する対策効果や、耐震・浸透対策を施していた河川堤防の耐震効果の検証事例を整理するとともに、地盤・土構造物の耐震対策における今後の課題について示した。

(b) 業務の実施方法

1) ライフラインについては、特に上水道における震災の被害状況・復旧および復興に関する学術論文や調査報告書などの文献調査（仙台市水道局 2012；名古屋大学 減災連携研究センター ライフライン地盤防災（東邦ガス）寄附研究部門, 2015；宮城県企業局, 2012）および仙台市水道局へのヒアリング調査結果に基づき、東日本大震災における被害状況を総括するとともに、復旧過程・復興等について概説する。

2) 建築構造物については、近年増加している戸建免震住宅の地震時の挙動について、文献調査（高橋・福和, 2013 など）に基づいて整理する。また建築構造物における強震観測の現状と東北地方太平洋沖地震における観測状況について、文献調査により整理する。

3)地盤・土構造物については、学会・研究機関等による調査報告書（地震時における地盤災害の課題と対策～2011年東日本大震災の教訓と提言～、東日本大震災合同調査報告、東日本大震災を踏まえた今後の河川堤防の耐震対策の進め方について報告など）、および学術雑誌（Soils and Foundations、Journal of JSCE、地盤工学ジャーナルなど）などから文献調査を行い、事前の対策効果について調査するとともに、対策の課題について整理する。

(c) 業務の成果

1) ライフライン（上水道）

a) 東日本大震災における仙台市の上水道の被害状況・復旧および復興

i) 仙台市上水道の概要

仙台市は、宮城県中部に位置し、同県の県庁所在地であり、政令指定都市である。仙台市は、東北地方最大の都市であり、給水戸数は約45万戸である。自己水源で通常は賄えるが、水源の冗長性に配慮し、広域水道（宮城県仙南仙塩広域用水事業・9受水施設）からも受水している。浄水場9ヶ所は地形的特徴を活かし高台に設置することで、85%が自然流下となっている。

ii) 仙台市水道局における断水戸数

東日本大震災における仙台市の断水戸数は、停電、管路網の被害、宮城県広域水道ネットワークの送水管単線ラインでの大口径鋼管（口径2400mm）被害による受水停止（図3-1-⑤-1参照）等により、最大約23万戸の断水（断水率50%）が発生した。



図3-1-⑤-1 仙台市給水区域（仙台市水道局，2012に筆者加筆 ×印が送水管単線ラインでの大口径鋼管被害が生じた箇所）

iii) 仙台市水道局における送水・配水管の被害状況

仙台市の水道管（送水・配水・給水管、附属設備）の被害箇所数は、約1,060件

発生した。その内、給水管が 522 件と半数を占め、配水管 437 件、空気弁等の付属設備 105 件であった。基幹管路（口径 400mm 以上）の被害としては、口径 800mm の被害を始め、6 か所で管接合部の抜出し等の損傷が発生した。

図 3-1-⑤-2 は、仙台市における被害箇所分布である。被害の特徴としては、地震による宅地被害が多い地区（南光台・緑ヶ丘等）で、水道管でも多くの被害が見られた。全体の被害率の 0.12 件/km に対して、宅地被害が顕著な地区を含む配水ブロックでは 0.5 件/km～1.8 件/km の被害が発生した。

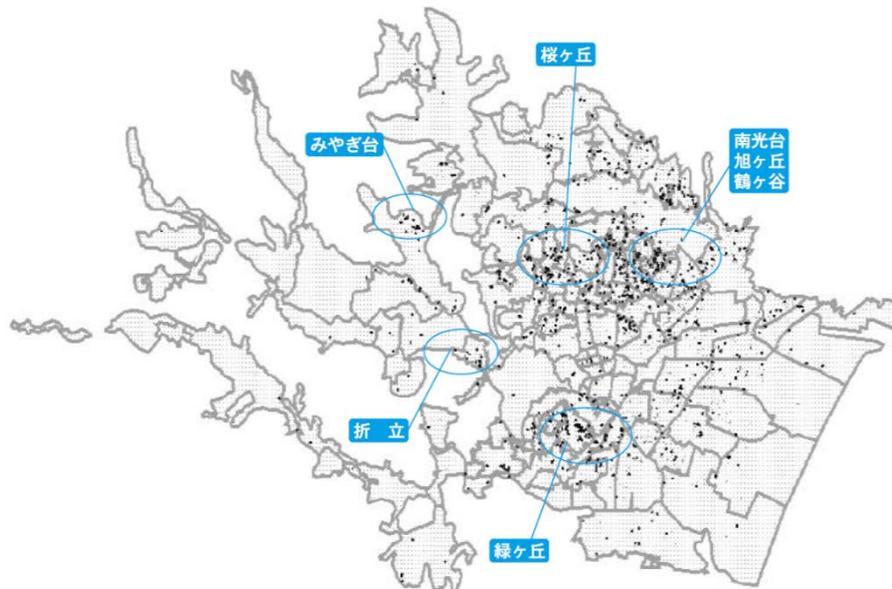


図 3-1-⑤-2 被害箇所分布状況（仙台市水道局，2012）

図 3-1-⑤-3 に、口径別被害発生状況および管種別被害発生状況を示す。口径別被害発生状況では、既往地震と発生傾向は同様で、小口径管で被害発生件数割合・被害率共に高い。管種別の被害発生状況としては、硬質塩化ビニル管（VP）が 68.0% を占めており、次に、ダクタイル鋳鉄管（DIP）が 26.8% となっており、この 2 つの管種で全体の 94.8% を占めている。ダクタイル鋳鉄管の被害形態としては、接合部の抜出しが最も多く、次いで管の亀裂であった。なお、耐震継手のダクタイル鋳鉄管には被害は無かった。

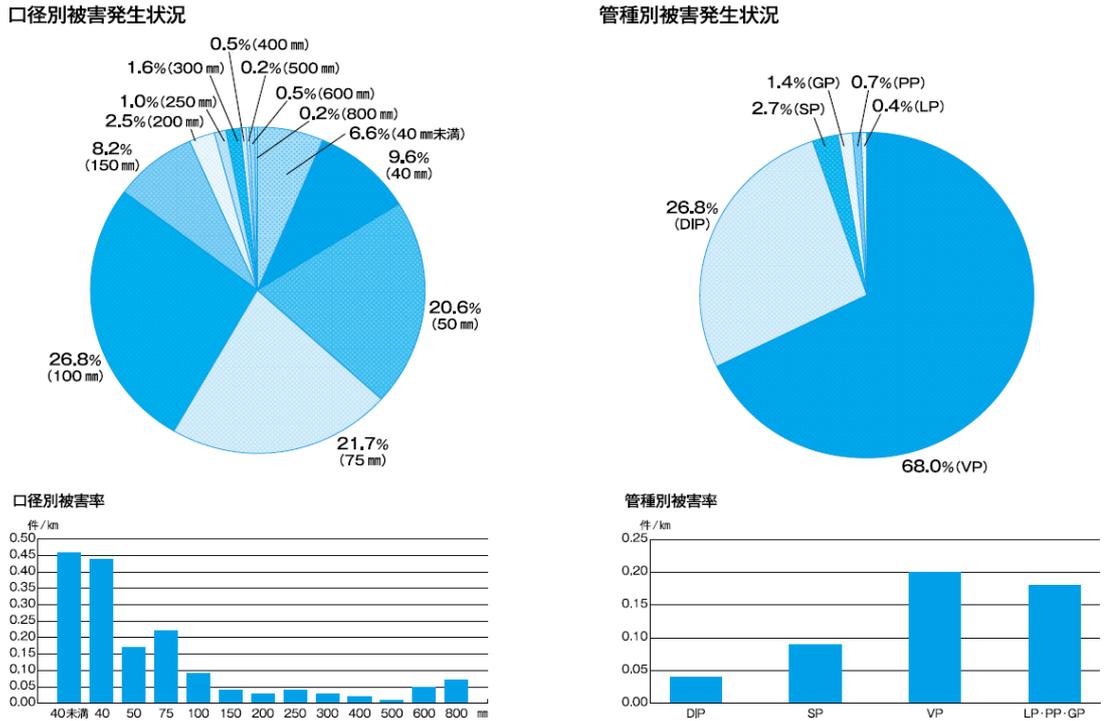


図 3-1-5-3 口径別被害発生状況・管種別被害発生状況(仙台市水道局, 2012)

図 3-1-5-4 は、過去の地震との被害率の比較である。東日本大震災の被害率と昭和 53 年に発生した宮城県沖地震の被害率とは、ほぼ同じで 0.1 件/km であった。また、他の地震における被害率との比較では、東日本大震災の被害率は小さいと言える。このことは、都市ガス管の地震動（液状化地盤での被害数を除く）による被害率も同じ傾向にあることを示す（総合資源エネルギー調査会・都市熱エネルギー部会ガス安全小委員会災害対策ワーキンググループ，2012）。

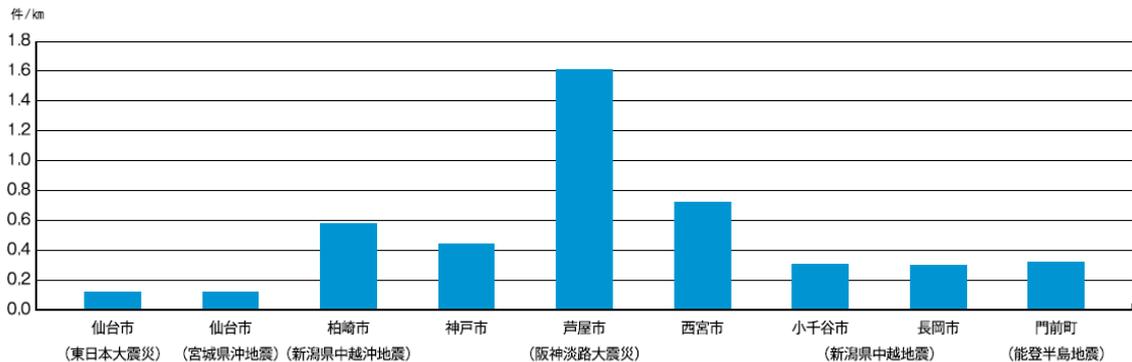


図 3-1-5-4 既往地震での各都市における被害率比較 (仙台市水道局, 2012)

iv) 復旧状況の概要

図 3-1-5-5 は、仙台市水道局の復旧状況の推移である。また、図 3-1-5-6 は、3月11日（発災直後）から3月29日（発災19日目）までの経時断水エリア状況図である。なお、図中の津波浸水による被害が甚大となった沿岸部は、復

旧の対象外としている。

発災直後は、津波浸水、揺れによる水道管被害等により、断水エリアが発生している。発災3日後に断水エリアが拡大しているのは、地震直後に発生した停電が原因である。停電に伴い、浄水場内の非常用発電機を稼働させて電力供給を継続していたが、非常用発電機用燃料が枯渇したために、送水機能が喪失してしまった。発災12日目、自己水源で供給しているエリアは、水道管の修繕に伴い水供給を再開している。広域水道で供給しているエリアは、図3-1-⑤-7に示す通り、広域水道が復旧していないため断水が継続している状況である。発災から19日後の3月29日には、広域水道も復旧し、津波浸水エリアを除いた全エリアで復旧が完了した。

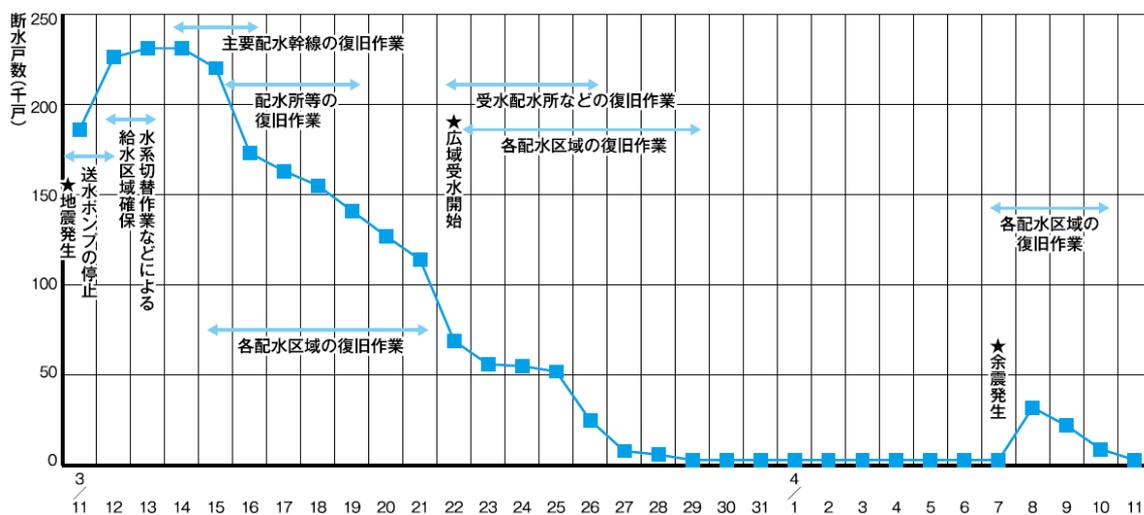


図3-1-⑤-5 仙台市水道の復旧状況の推移 (仙台市水道局, 2012)

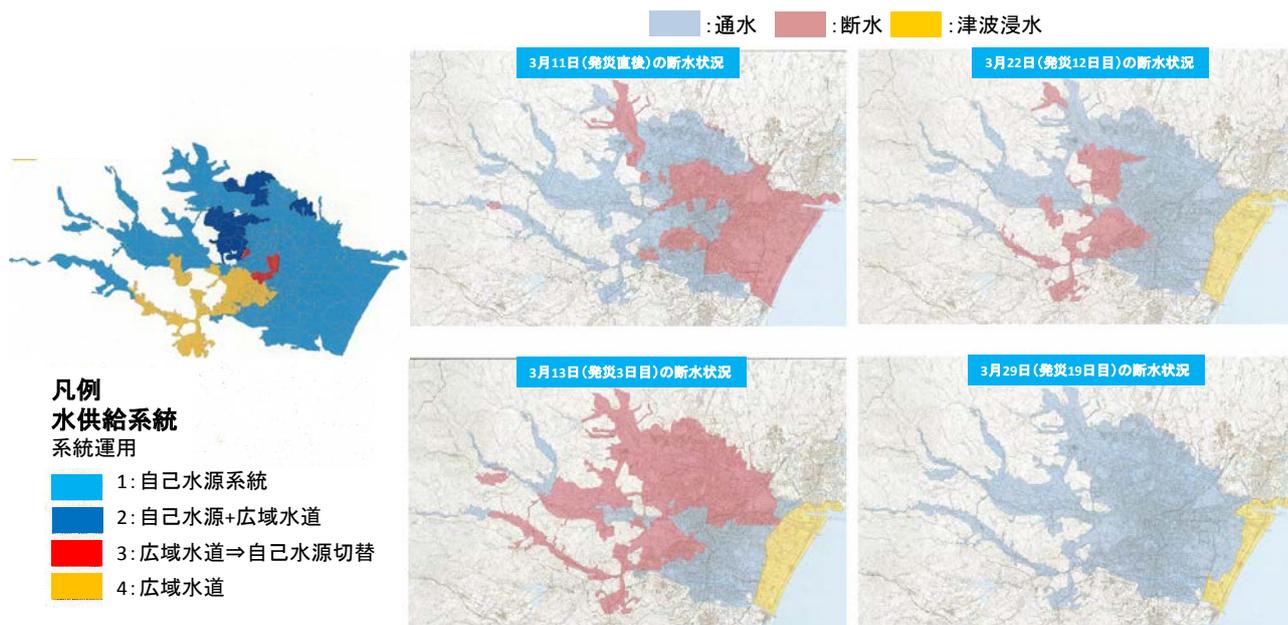


図3-1-⑤-6 断水状況 (仙台市水道局, 2012 ; 名古屋大学 減災連携研究)



図3-1-⑤-7 宮城県広域水道用水供給ネットワークの復旧過程
(宮城県企業局, 2012に筆者加筆)

v) 復興

東日本大震災では、浄水場の被害は軽微であり施設を稼働させて水供給を継続することは可能であったが、地震直後の停電および非常時電源燃料が24時間分の備蓄であったことから、断水エリアが拡大した。そのため、現在、停電対策として、非常用電源燃料の備蓄量増強に取り組んでいる。また、昨今自己水源を廃止する水道事業者が増加しているが、今回の地震で広域水道用水からの受水が停止したこともあり、仙台市水道局では自己水源を今後も維持していく方針である。

広域水道用水事業者においても冗長性を高める取り込みが検討されているが、各市町村の水道事業者は複数の水源を確保することに努めることが望ましい。

b) 今後の展開

上述した調査結果については、今後の水道施設・水道管路の被害予測手法の高度化への反映や検証作業で有効活用していく。

2) 建築構造物

a) 戸建免震住宅の応答特性

東北地方太平洋沖地震においては、長周期成分が卓越した継続時間の長い地震動により、首都圏を含む広域で高層建物や免震建物の大振幅応答や非構造部材等の損傷が報告されている(名古屋大学減災連携研究センターライフライン地盤防災(東邦ガス)寄附研究部門, 2015)。日本における免震建物の総数は約 7000 棟で、その 6 割に当たる 4000 棟以上が戸建免震住宅である。ここでは、それらの中でも多数を占める、すべり支承と小型の超低弾性積層ゴムを併用した免震システムの住宅について、東北地方太平洋沖地震における状況を文献(高橋・福和, 2013)に基づいてまとめる。

このタイプの免震住宅は平成 23 年 3 月時点で約 3800 棟ある。上部構造は 2 階建て在来軸組木造で、平屋や 3 階建てもある。水平抵抗要素は筋違いと厚さ 12mm の構造用合板を釘留めした耐力壁で、木製土台下に鉄骨土台梁を配し、免震装置を介してベタ基礎に支持される。免震装置は、すべり支承が鉛直支持機能と減衰機能を、積層ゴムが弾性剛性機能と減衰機能の一部を担っている。積層ゴムは軸力を負担しないので小型・低弾性で軽量の住宅の長周期化が実現でき、減衰の大部分はすべり支承の摩擦力によるため、安価な免震システムとなっている。免震層変形をすべり支承の可動範囲内に留めるため、リング状のストッパー装置(作動変形は約 33cm)を併設している。

すべり支承は低摩擦 ($\mu=4.5/100$) と高摩擦 ($\mu=6.5/100$) の 2 種類、積層ゴムも天然ゴム系と高減衰ゴム系の 2 種類があり、これらの組み合わせで A~D の 4 種の免震システムとなる。すなわち A: 低摩擦+天然ゴム、B: 低摩擦+高減衰ゴム、C: 高摩擦+天然ゴム、D: 高摩擦+高減衰ゴムであり、浅部地盤の固有周期及び地盤増幅によって建物毎に最適な免震システムを選択する。図 3-1-⑤-8 に周期と等価減衰定数の分布を示す。積層ゴムの弾性剛性と建物重量から求まる接線周期は概ね 3~4 秒で、高減衰積層ゴムの C、D は天然ゴム系の A、B よりも周期が長い。すべり支承の摩擦力を含めた等価周期(免震層変形 20cm 時)は 2~3 秒である。免震層復元力特性から算出した平均的な等価減衰定数は 30% 程度である。これまでの地震後調査では、概ね震度 5 弱以上ですべり支承が滑動することが確認されている。

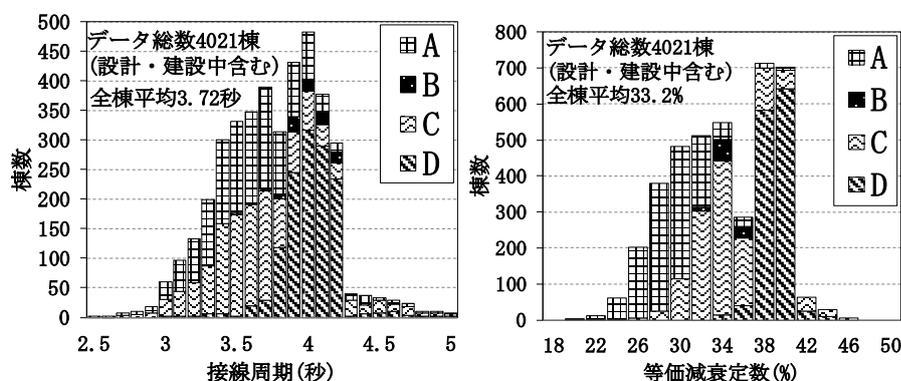


図 3-1-⑤-8 対象とした免震住宅の周期と減衰の分布

図3-1-⑤-9に都道府県別棟数を示す。全国に分布するが、特に東海地域と首都圏が多く、静岡県、愛知県が全体の半数以上を占める。平成23年東北地方太平洋沖地震の発生後に、気象庁発表で震度5弱以上の市町村及びその周辺の854棟に対して現地調査や野書き記録の回収が行われ、調査対象建物の4割にあたる363棟で免震層が滑動した形跡が見られた。多数の余震により本震時の変形や時刻歴を読み取るとは困難ではあるが、最大変形とその方向は本震時のものと考えられる。

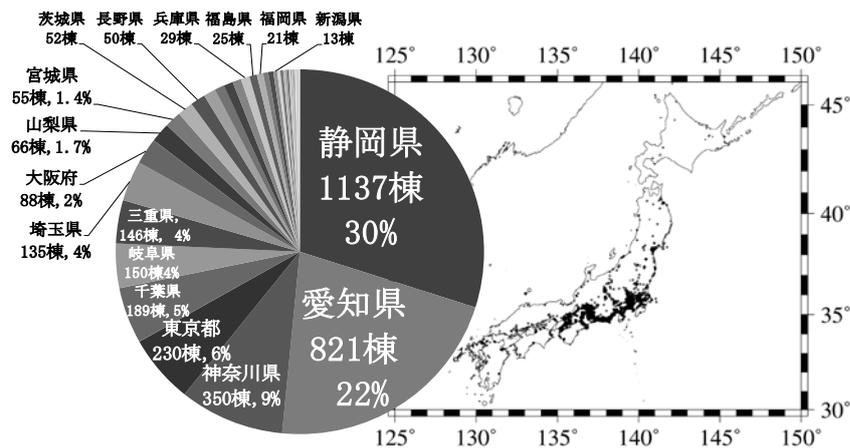


図3-1-⑤-9 対象とした免震住宅の都道府県別棟数と分布

図3-1-⑤-10に震度5弱以上と震度4以下の地域の棟数分布（縦軸左側・棒グラフ）と、免震層変形の最大値が10cm、20cm、30cm以上の棟数（縦軸右側・折れ線グラフ）を示す。青森県から山梨県の広範囲で震度5弱以上の揺れを経験した免震住宅がある。宮城県では55棟のうち50棟が震度5弱以上を経験し、このうち免震層が10cm以上変形した建物は24棟、20cm以上9棟、30cm以上3棟である。そのほかの県では変形の大きな例は少ないが、震源から400km以上離れた神奈川県に集中している点が注目される。しかも県東部の関東平野、中央部の相模平野及び周辺では10cm以上変形した建物はなく、15棟は全て県西部の足柄平野に集中している。そのうち4棟で30cm以上の変形が生じ、1棟を除いた3棟ですべり支承の設計許容変形を超えてリング状のストッパー装置が作動していたことが報告されている。

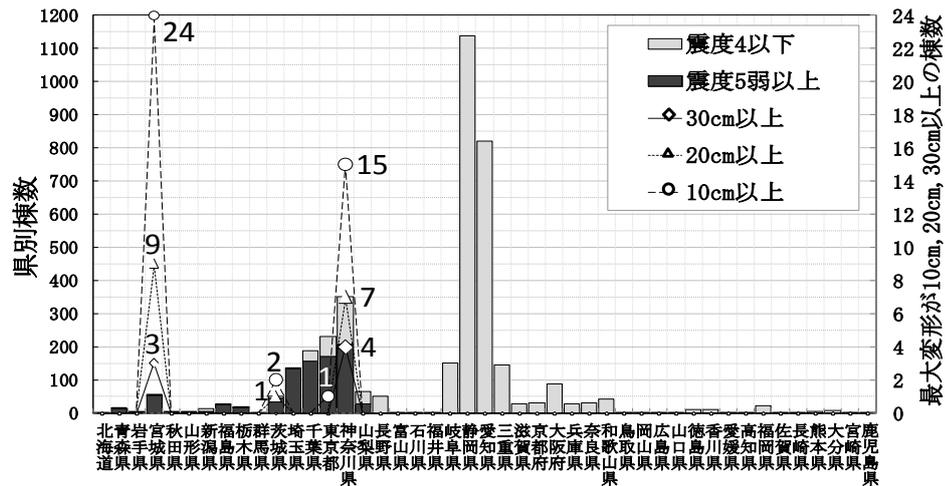


図 3 - 1 - ⑤ - 10 都道府県別・震度別の棟数と免震層変形の関係

足柄平野内で大応答を示した建物について調査したところ、ある地域に集中する傾向がみられる。図 3 - 1 - ⑤ - 11 に示すように、常時微動観測による H/V スペクトルのピーク周期と免震建物の等価周期の関係から、平野のやや深い地盤構造の影響による共振の可能性が示唆されている。この点に関して平野内の地震観測記録の検討、応答解析や実大免震建物の振動台試験などを通して検証が行われた。

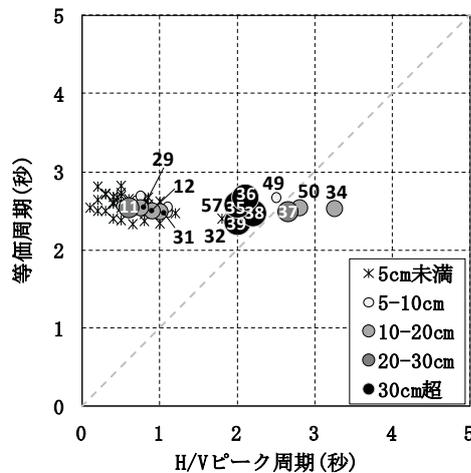


図 3 - 1 - ⑤ - 11 H/V ピーク周期と建物等価周期が免震層変形に及ぼす影響

結果として、地盤震動特性と免震周期が近接した場合には、地動変位 10cm 程度で加速度が 100gal 程度以上では共振の可能性があること、したがって建設地の地盤条件による卓越周期に注意が必要なこと、さらに大規模地震と中小地震の両方を考慮した付加減衰装置が重要になることなどが示されている。今後、さらに普及が見込まれる規格化された免震住宅の設計にあたり、重要な知見と考えられる。

b) 建物の強震観測の現状と東北地方太平洋沖地震の記録

建築構造物の被害状況を的確に検討するために地震観測記録は重要である。入力を

推定するための地盤の地震観測は、平成7年兵庫県南部地震の後に、防災目的の震度計を中心に整備され、現在では気象庁、消防庁（自治体の震度計）、防災科学技術研究所（K-NET、KiK-net など）の組織的な全国展開により5000か所以上となっている。これは10km程度に1か所にあたり、広域の防災のためには高い密度ともいえるし、一方で個々の建物の評価にあたっては微地形などを考慮すると十分とはいえない面もある。

個々の建物における強震観測の多くは新技術の検証や研究が目的であり、大規模・特殊な建物や都市域に限定されてきた。実際、これまでの地震災害においても、特に地方の場合は観測例が少なく、顕著な被災建物の観測例はさらに少なかった。東北地方太平洋沖地震では、ほぼ全国で有感となる大規模地震であったため広域で建物の地震観測記録が得られ、特に首都圏では超高層や免震などを含む多数の観測記録が得られている。震源からはるかに離れた大阪の超高層が共振により大振幅の応答となった記録や、仙台の東北大学工学部で全壊にあたる被害を受けた建物の応答記録など、貴重な例もある。さらに、建物被災時の対応を目的としたモニタリングについて、首都圏の大規模建物で実施例があり、避難対応に有益であったことなどの報告がなされたことから注目を集めている。

以上のような建物の強震観測については、地盤の観測と異なり、全国一律に組織的に実施されてはならず、その全体像は明確ではない。日本建築学会構造委員会振動運営委員会強震観測小委員会では、国内の強震観測状況に関する現状調査を行い、建築学会大会梗概集などの公表論文に基づく強震観測建物の台帳を作成している（飛田・他，2014）。東北地方太平洋沖地震に関連した報告がおおむね出された平成25年までの集計で約500棟弱がリストアップされている。これがすべての観測例を網羅しているとはいえないが、主要な観測例は含まれると考えられる。

図3-1-⑤-12に国内の建物強震観測の傾向を示す。(a)観測建物の地域分布は、関東が半数近くを占めており、その半数が東京、続いて東北・北海道20%、東海15%、以下近畿、中国・四国・九州、北陸の順となっている。東日本大震災の影響で北海道・東北と関東の割合が高く、次に南海トラフ巨大地震に関連する東海地域が多い。(b)建物階数は中低層が3/4近くを占める。低層建物の用途は学校施設、公共施設、ライフライン施設、住宅などが含まれ、最近では多様な用途の建物で観測が行われ、公表されている。(c)構造種別はRC造、SRC造、S造が多く、木造は少ない。(d)免震・制震等の割合は1/3となっている。以前から新技術の確認として免震・制震の観測は多かったが、最近ではより多様な施設で観測が行われ、また東北地方太平洋沖地震の観測結果の公表が増えている。(e)センサ種別は加速度計が約60%で、MEMSなどの簡易なセンサも増えつつある。(f)東北地方太平洋沖地震の記録の有無は、60%以上（約300棟）で東日本大震災の観測記録があることが確認されている。

このような建物の観測記録の公表や利用は今後の課題であるが、将来の耐震設計に活かすというこれまでの目的に加えて、個々の建物の被災度（構造健全度）の評価や長期的なメンテナンスへの応用を目指す構造ヘルスマニタリングや、広域の防災に活用するビッグデータの扱いなど、センサ、システム、ネットワークの技術革新によ

り多様な展開が期待されている。

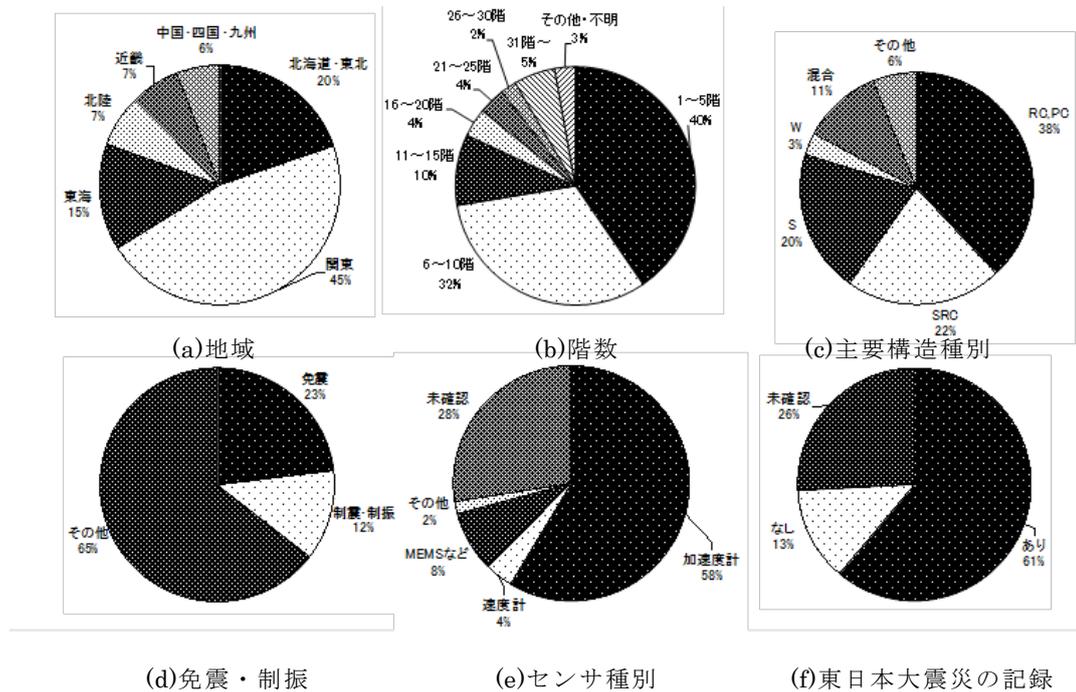


図 3 - 1 - ⑤ - 12 建築物の強震観測の動向

3) 地盤・土構造物

a) 地盤の液状化対策工法の対策効果と今後の課題

公共機関が整備・管理する道路、鉄道、護岸などの社会インフラ施設に対しては、液状化の予測と対策に関する設計基準があり、それにしたがって調査・設計・施工される。図 3 - 1 - ⑤ - 13 は、各種構造物の設計基準に液状化判定が導入された年代を示している（上記には含まれていないが、中高層ビルや産業施設においても、施主とコンサルタント・建設会社等の技術者が、液状化判定および対策の対応を取るのが普通となっている）。液状化に対する設計基準はもともと整備されていなかったが、新潟地震（昭和 39 年）で液状化に伴う道路橋や鉄道橋の落橋、中高層ビルの傾倒・沈下、河川堤防被害が発生して以降、急速に整備されてきた。さらには、兵庫県南部地震（平成 7 年）を契機に、地盤の液状化判定においてもレベル 2 地震動を考慮するようになり、重要構造施設を中心として、地盤液状化対策は入念に行われるようになってきている。

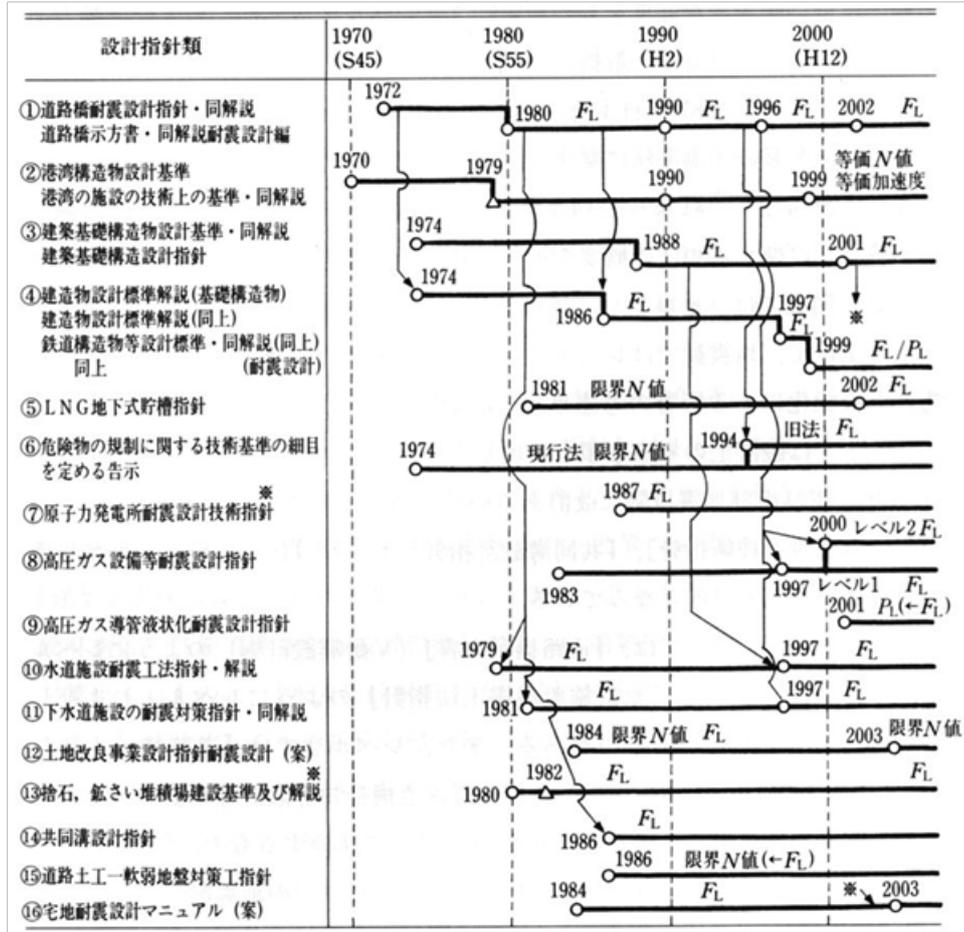


図3-1-⑤-13 各種設計基準に液状化判定が導入された年代
(地盤工学会, 2012)

東北地方太平洋沖地震(平成23年)においては、図3-1-⑤-14に示すように、東北地方の6県63市区町村および関東地方の1都6県127市区町村の非常に広範囲で液状化被害が発生した(例えば、地盤工学会・他, 2014)。しかし、液状化被害調査を進めると、調査・設計・施工段階において、液状化危険度の判定を行い、必要に応じて対策を実施していた箇所においては、液状化被害はなかったか軽微であったため、設計基準で用いられている既存の液状化判定手法は有用であった/一定の効果が発揮されたと言える(例えば、浦安市, 2012)。しかし、中・大規模構造物とは異なり、一般の戸建住宅は液状化を考慮されずに建設されたものが多く、宅地造成時と家屋建築時のどちらも規制は不十分な状態であった。そのため、特に東京湾岸部や旧河道などの埋立地において、液状化対策未実施の住宅において、傾倒や沈下などの甚大な液状化被害が発生した。図3-1-⑤-15は浦安市内の液状化による建物被害の様子を示す。両構造物はわずか数10mしか離れていないが、液状化対策の有無によって、被害程度がまったく異なる。

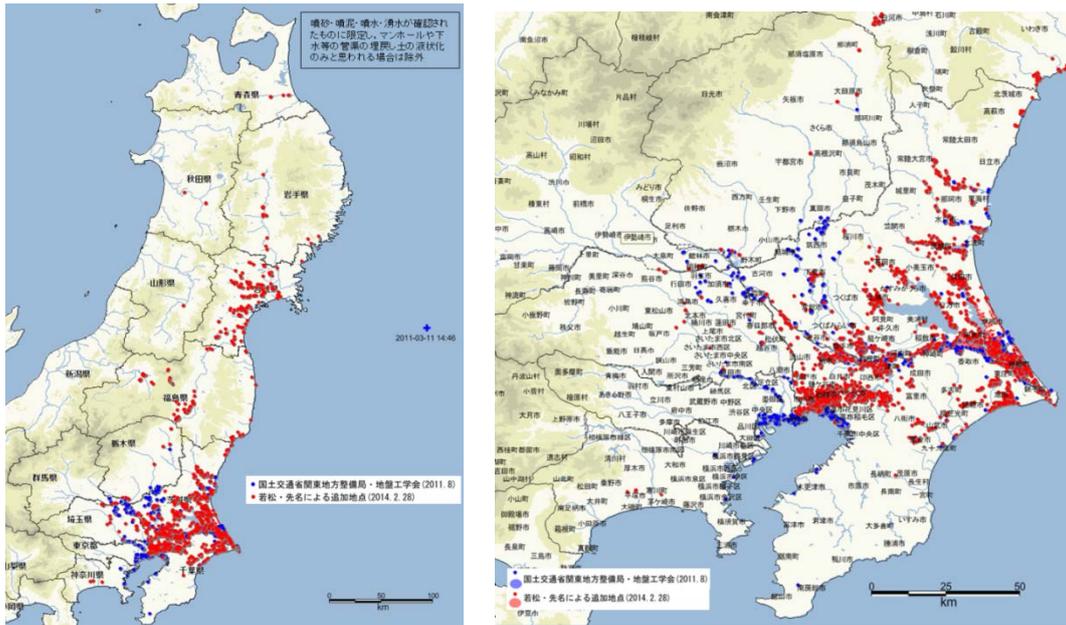


図 3-1-⑤-14 東北地方太平洋沖地震における液状化発生日点
(地盤工学会・他, 2014)



(a) 液状化による構造物の傾倒 (未対策) (b) 液状化対策によって無被害

図 3-1-⑤-15 浦安市内の液状化による建物被害の様子

表 3-1-⑤-1 は、これまでに開発されている液状化を防止する工法の例である。このように多種多様な対策工法が開発され、多くの大型構造物に適用されるようになっていたが、戸建て住宅のように、狭隘な場所で施工できるとともに、個人レベルで実施できるような安価な対策工法の開発には、これまであまり目が向けられていなかった。図 3-1-⑤-16 は各種液状化対策工法の費用と施工用重機等の設置に必要な面積を示す。図からも明らかなように、締固め工法や固結工法などを安価で狭隘な土地でも施工できるように簡易化するか、元々狭隘な場所で施工可能な圧入締固め工法や薬液注入工法を安価にするなどの技術開発が求められている。さらには、①建築基準法や宅地造成等規制法の関連法律における規制、②住宅の品質確保の促進等に関する法律での住宅性能表示事項への地盤の液状化を含めた地盤の品質説明と品質確認の

追加、③木造建築士の試験内容での地盤の液状化の項目の追加、④宅地の常時および地震時安定性などの判断もできる「地盤品質判定士」のような資格の制度、なども合わせて必要となってくる。

表 3-1-⑤-1 これまで開発されてきた液状化防止対策工法（地盤工学会，2012）

改良原理	工法
密度の増大	サンドコンパクションパイル工法（動的／静的締固め）、振動棒工法（通常型、吸水型）、重錘落下工法、バイブロフローテーション工法、圧入締固め工法（コンパクショングラウチング工法）、バイブロタンパー工法、転圧工法、発破工法、群杭工法、生石灰工法、プレローディング工法
固結	深層混合処理工法、薬液注入工法、事前混合処理工法、高圧噴射攪拌工法
粒度の改良	置換工法
飽和度低下 （地下水位低下）	ディープウェル工法、排水溝工法
間隙水圧抑制・消散	グラベルドレーン工法、人工材料系ドレーン工法、周辺巻き立てドレーン、排水機能付き鋼材
せん断変形抑止	地中連続壁工法

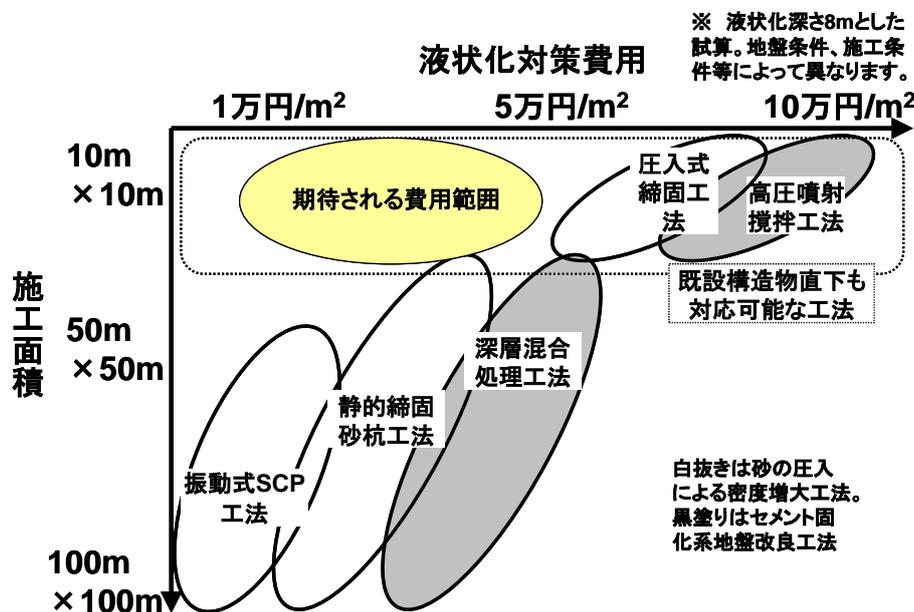


図 3-1-⑤-16 各種液状化対策工法の費用と施工面積（地盤工学会，2012）

b) 河川堤防の対策効果と今後の課題

河川堤防の基礎地盤の液状化に対する対策としては、上載圧を増加させる工法や法尻の側方流動を抑制する工法があり（図 3-1-⑤-17）、レベル 1 地震動に対して震

度法に基づいて設計されてきた。その一方、平成 19 年 3 月に現行の「河川構造物の耐震性能照査指針」(国土交通省, 2012) が同案として通知され、レベル 2 地震動を対象とした堤防の耐震性能照査が開始されてきた。ここでは、盛土による堤防(土堤)は、その構造上、地震に対して損傷をまったく許容しないことは不合理であること、一般に、地震による損傷を受けても短期間で修復可能であることから、地震によって堤防に損傷を生じて「照査外水位」に対して越流を生じない機能を保持することを、堤防の耐震性能としており、堤内地盤高が「照査外水位」よりも低い区間を照査対象区間としている。しかし、東日本大震災発災時に、レベル 2 地震動に対する耐震点検は対象延長の半分程度しか進捗していない状況であった(図 3-1-⑤-18)。耐震対策を効率的に進めるためには、まずはレベル 1 地震動に対する対策効果を評価していくことが必要であるため、東北地方太平洋沖地震後に、各種対策箇所における対策効果の調査が行われた。

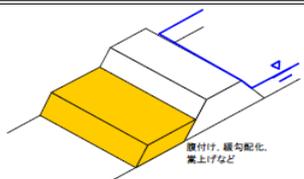
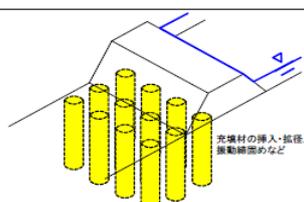
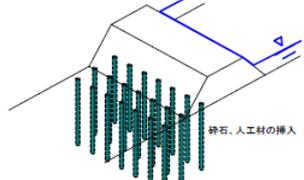
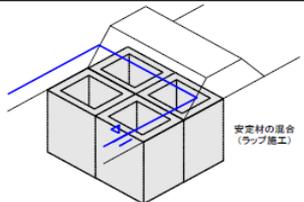
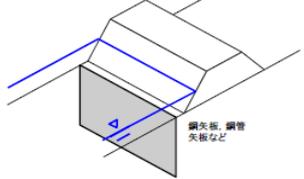
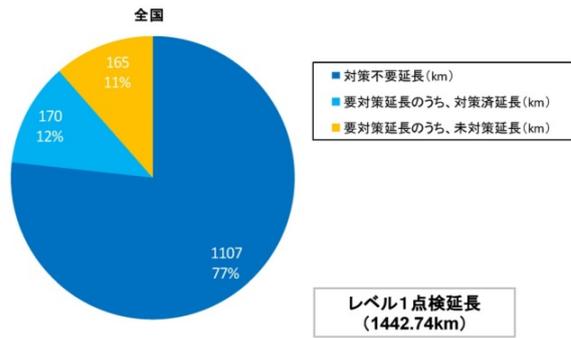
対策工法		イメージ図
①地盤の上載圧増加	押え盛土工法	 覆付け、緩勾配化、 嵩上げなど
②堤体のり尻の液状化 発生の抑制	締固め工法	 充填材の挿入・振打、 振動締固めなど
	間隙水圧 消散工法	 砕石、人工材の挿入
③堤体のり尻の側方変位 の抑制	固結工法	 安定材の重ね (ラップ工)
	鋼材を用いた 工法	 鋼矢形、鋼管 矢形など

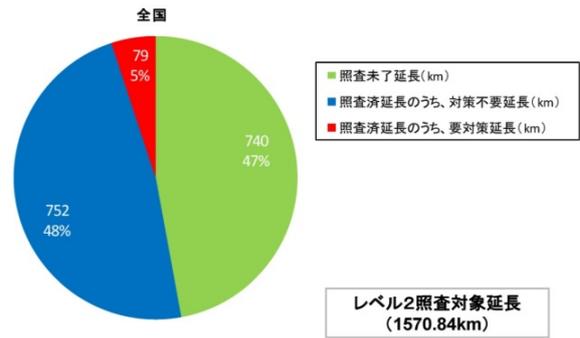
図 3-1-⑤-17 基礎地盤の液状化に対する主な工法
(国土技術研究センター, 2011)

○レベル1耐震対策状況(レベル1点検延長の内訳)



※レベル1耐震点検における優先区間
 ・沈下後堤防高が期望平均満潮位+1.0m以下の区間
 ・背後地の重要度
 ・背後地の氾濫形態
 等によって設定

○レベル2耐震点検状況(レベル2照査対象延長の内訳)



※照査対象延長: 堤内地盤高が照査外水位より低い区間。
 ※照査外水位: 平常時の最高水位。河口部付近では期望平均満潮水位及び波浪の影響を考慮、地震時の津波遡上が予想される場合には津波高を考慮。
 ※平成23年5月7日時点 河川局治水課調べ。

図3-1-⑤-18 レベル2地震動に対する耐震点検実施状況 (平成23年5月時点) (国土技術研究センター, 2011)

図3-1-⑤-19は、東北地方太平洋沖地震後に関東地方整備局および東北地方整備局管内のレベル1耐震対策箇所における耐震効果の調査結果である。東北地方では、レベル1要対策区間のすべてが対策済みで、対策区間において被災がなかったことがわかる。一方の関東地方においても、未対策区間の20%で中規模以上の被災が発生しているものの、レベル1対策区間において中規模以上の被災はないことがわかる。このように、レベル1地震動に対する対策工が施工された堤防は、大規模な変状は確認されなかったことが分かった。

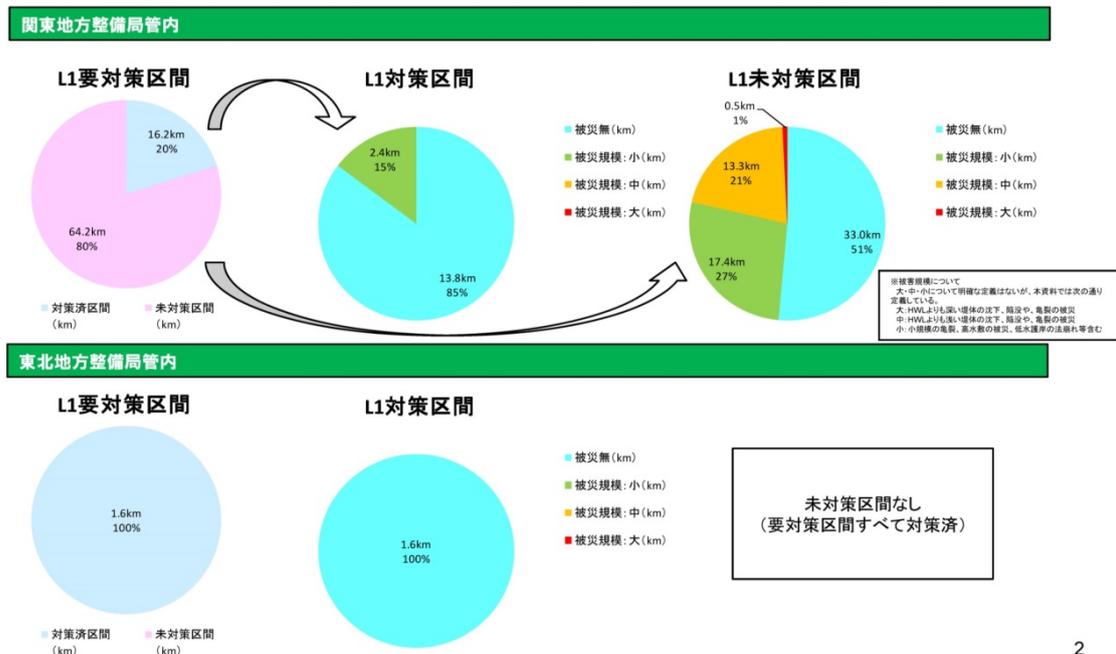


図3-1-⑤-19 レベル1耐震対策箇所における耐震硬化の調査結果 (国土技術研究センター, 2011)

図3-1-⑤-20は、浸透対策実施個所における被災状況である。もともと、浸透対策は耐震対策として実施されたわけではないが、調査結果によるとドレーン工では大規模・中規模被災は認められず、止水矢板においても被災は5%程度にとどまっており、浸透対策が地震時の耐震効果を兼ね添えているように見える。しかし、図3-1-⑤-21からもわかるように、止水矢板施工箇所で被災を受けた場所では、川表側は大きな変状が少ない（亀裂等の軽微な被害はある）。一方、堤防が川裏側に大きく流動し、近接した家屋等に被災が及んだ例もあり、浸透対策が耐震に有効であるかは慎重になる必要がある。

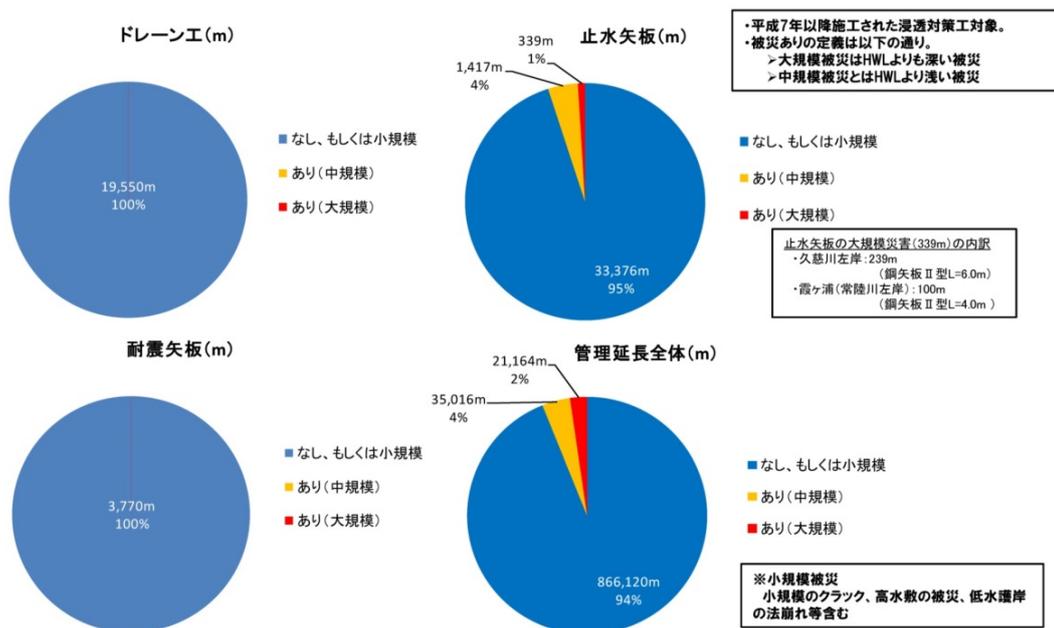
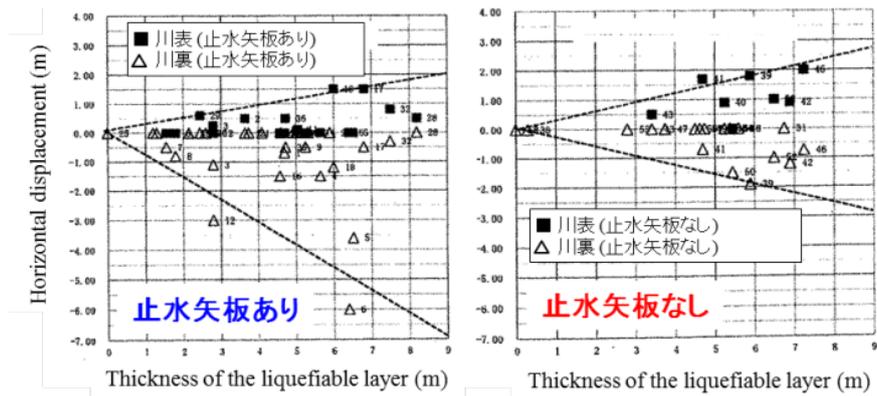
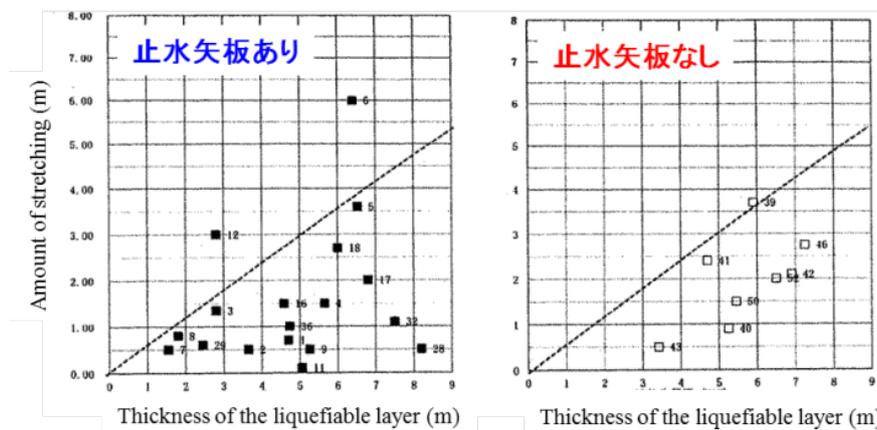


図3-1-⑤-20 浸透対策実施個所における被災状況
(国土技術研究センター, 2011)



(a) 堤防法尻での水平変位



(b) 堤防法尻でのストレッチング量

図 3 - 1 - ⑤ - 21 関東地方の河川堤防法尻部で観測されたストレッチング量
(土木学会地盤工学委員会堤防小委員会, 2013)

なお、研究分担者らは上記に関連して、表層液状化層の下部に軟弱な粘性土が堆積する砂-粘土互層の軟弱地盤上に築造された河川堤防の地震応答解析を実施し、鋼管矢板による補強工法の耐震効果を数値解析的に検討している (Nakai et al., 2017)。その結果、①川表側のみへの矢板打設の場合、根入れが浅いと鋼管矢板先端で粘土層が乱されて川表側への側方流動を抑えることができないこと、②根入れを洪積層まで深くしたとしても、川表側での変形抑止には多大な効果を得ることができるが、逆に住居のある川裏側 (堤内地) の水平変位や隆起を促進し、補強が逆効果となる危険性があること、③川表・川裏側両方へ鋼管矢板を打設した場合、川表・川裏ともに根入れが洪積層まで深いと大きな補強効果が得られるが、どちらか一方の根入れが不十分だと、根入れが浅い方で水平変位が発生して補強効果が得られないこと、を指摘し、矢板による補強の際は根入れ長さと合わせて対策実施箇所にも注意が必要であることを指摘している。

(e) 結論ならびに今後の課題

- 1) ライフラインの内、上水道 (仙台市) について調査を行った結果、浄水場やポン

プ場等の水道施設・水道管の耐震性強化以外に、非常用電源燃料の備蓄増強、水源の多様化が、地震後の継続的な水供給および給水の早期実現に重要であることが明らかとなった。今後、水道施設の被害予測手法の検証作業を行っていく。

2) 建築構造物については、今後も発展が予想される戸建免震住宅について、被災後の多数の調査結果から特徴的な応答（共振）に至る条件をまとめた例を示した。今後は地盤条件などによるサイトに特有の地震動の考慮が一層重要であり、そのために必須の強震観測の状況についても調査を行って現状をまとめた。

3) 地盤・土構造物については、調査結果から地盤の液状化対策や河川堤防のレベル1耐震対策が効果的であったことを確認した。今後は、狭隘地で施工できる安価な液状化対策の開発やレベル2地震動に対する河川堤防の耐震性能照査が必要となってくる。

(d) 引用文献

- 1) 文部科学省研究開発局・独立行政法人海洋研究開発機構，南海トラフ広域地震防災プロジェクト，平成 25 年度成果報告書，410p，2014.
- 2) 文部科学省研究開発局・独立行政法人海洋研究開発機構，南海トラフ広域地震防災プロジェクト，平成 26 年度成果報告書，428p，2015.
- 3) 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，南海トラフ広域地震防災プロジェクト，平成 27 年度成果報告書，423p，2016.
- 4) 仙台市水道局，東日本大震災仙台市水道復旧の記録，2012.
- 5) 総合資源エネルギー調査会・都市熱エネルギー部会ガス安全小委員会災害対策ワーキンググループ，東日本大震災を踏まえた都市ガス供給の災害対策検討報告書，2012.
- 6) 名古屋大学減災連携研究センターライフライン地盤防災（東邦ガス）寄附研究部門調査研究・活動報告書（平成 26 年度），名古屋大学減災連携研究センターライフライン地盤防災（東邦ガス）寄附研究部門，2015.
- 7) 宮城県企業局，宮城県企業局災害復旧の記録，2012.
- 8) 高橋武宏，福和伸夫，2011 年東北地方太平洋沖地震における戸建免震住宅の免震層変形と足柄平野の地盤震動特性との関係，日本建築学会構造系論文集，第 78 巻，第 694 号，pp.2123-2132，2013.
- 9) 飛田潤，鹿嶋俊英，中村充，植竹富一，山村一繁，栗田勝実，神原浩，国内の強震観測建物台帳の作成，日本建築学会技術報告集，第 20 巻，第 46 号，pp.901-904，2014.
- 10) 地盤工学会，平成 23 年度学会提言の検証と評価に関する委員会 地震時における地盤災害の課題と対策 2011 年東日本大震災の教訓と提言，2012.
- 11) 地盤工学会，土木学会，日本建築学会，日本地震工学会，日本機械学会，日本原子力学会，日本地震学会，日本都市計画学会，東日本大震災合同調査報告書編集委員会，東日本大震災合同調査報告「共通編 3 地盤災害，2014.
- 12) 浦安市，浦安市液状化対策技術検討調査報告書，2012.

- 13) 国土交通省，河川構造物の耐震性能照査指針・解説， 2012.
- 14) 国土技術研究センター，河川堤防耐震対策緊急検討委員会，東日本大震災を踏まえた今後の河川堤防の耐震対策の進め方について報告，2011.
- 15) 土木学会地盤工学委員会堤防小委員会，第1回地盤工学から見た堤防技術シンポジウム委員会報告・講演概要集，27-35，2013.
- 16) Nakai, K., T. Noda and K. Kato, Seismic assessment of the sheet pile reinforcement effect on river embankments constructed on a soft foundation ground including soft estuarine clay, Canadian Geotechnical Journal, 2017, in printing.

⑥強震動と津波の特性、生成メカニズムに関する評価

(a) 業務の要約

東北地方太平洋沖地震において、日本の主要平野（関東平野及び大阪平野等）で発生した長周期地震動の特性を詳細に調べることにより、南海トラフ沿いで発生する巨大地震の強震動の予測精度の向上につなげる。本研究では、防災科学技術研究所の強震観測網（K-NET、KiK-net）で記録された東北地方太平洋沖地震の観測データを、関東平野周辺で発生したM7級の地震の強震動・長周期地震動の特性と比較することで、東北地方太平洋沖地震の震源域近傍強震動の特性、及び関東平野における長周期地震動の生成要件を検討した。

東北地方太平洋沖地震における関東平野での長周期地震動のレベルが、平成16年伊半島南東沖地震（Mw7.4）や平成16年新潟県中越地震（Mw6.8）における長周期地震動と比較して小さかった原因を明らかにするために、今年度は、関東平野の「外（震源からの表面波の放射、伝播経路における表面波の伝播特性の違い）」と「中（関東平野の3次元盆地構造と長周期地震動増幅の方位性）」の影響の2つを区別して、関東平野における長周期地震動の生成要因を検討した。

平成16年新潟県中越地震における長周期地震動の生成シミュレーションにおいて、通常地下構造モデルを用いた長周期地震動シミュレーションの結果と、地下構造と計算の工夫により、関東平野の手前で表面波を消去するシミュレーション結果を比較し、関東平野で生成する長周期地震動の強度を比較した。その結果、関東平野での長周期地震動の大部分は震源直上で生成し、伝播の後に平野に入射した表面波が増幅したもの（盆地転換表面波）であると判断された。一方、関東平野端に入射したS波から新たに生成する表面波（盆地生成表面波）は小さく、また短周期化する結果となった。

以上より、東北地方太平洋沖地震を含む、東北の地震で長周期地震動の生成が弱い原因は、これまで検討した関東平野の堆積層構造（基盤構造）の3次元不均質性と地震波の入射方向による増幅特性の影響だけでなく、震源域直上での表面波の生成特性と、震源域から関東平野までの伝播経路における表面波の伝播特性の影響がより大きいと判断された。

また、東北地方太平洋沖地震で震度7を観測した築館地点の強震記録と、平成28

年熊本地震で大きな木造家屋の被害が発生した益城町と西原村の強震記録（震度 7）、及び兵庫県南部地震、新潟県中越地震の震度 7 の強震記録を比較し、木造家屋への被害の観点から強震動の特徴を、速度応答スペクトルを用いて検討した。その結果、東北地方太平洋沖地震の揺れは、継続時間は数分を超える非常に長いものであったが、周期 0.5 秒以下のごく短周期地震動だけが強く、木造家屋の倒壊に結びつく周期 1 ～ 2 秒の地震動レベルは、他の地震に比べて比較的小さかったことが確認された。東北地方太平洋沖地震の震度 7 の強震動は、これまでの内陸活断層地震等とは大きく異なる特性を持っており、南海トラフ巨大地震による震度 7 強の震動による影響評価の参考にする場合には注意が必要である。

(b) 業務の成果

1) 関東平野における長周期地震動の生成条件-伝播経路の影響の評価

東北地方太平洋沖地震の際に関東平野で観測された長周期地震動のレベルは、固有周期 8～10 秒で最大 30 cm/s（減衰定数 = 5%）であり、長周期構造物への重大な被害は起きなかった。この長周期地震動レベルは、1944 年東南海地震（M7.9）における東京大手町の記録と同程度であり（古村・中村，2006）、2つの地震の震央距離がほぼ同程度であったことを考えると、東北地方太平洋沖地震における関東平野の長周期地震動レベルは、地震規模（M9.0）に比べて小さかったと見ることできる。南海トラフ地震では、東北地方太平洋沖地震を超えるレベルの長周期地震動が発生する可能性が心配される。東北地方太平洋沖地震において長周期地震動レベルが小さかった原因を探るとともに、南海トラフ巨大地震等での長周期地震動の生成要件とその変動要因を明確化することが課題として残されている。

東北地方で発生した地震において、関東平野で長周期地震動の生成レベルが小さくなることは、これまで強震観測データから指摘されてきた（例えば、湯沢・南雲，2012；古村，2014）。図 3-1-⑥-1 は、都心（K-NET007 新宿地点）から震央距離 600 km 以内で発生した、深さ 40 km 以浅の M7 クラスの地震の強震記録の速度応答スペクトルを比較したものである。なお、観測記録からは震源スペクトルと距離減衰を補正し、Mw7.2 相当の地震の震源スペクトル特性と、震源距離 700 km 相当での振幅強度に補正してある。

関東の周辺で M7 クラスの浅い地震が起きると、都心では周期 6～8 秒程度の長周期地震動（表面波）が強く発生する。例えば、平成 16 年新潟県中越地震（Mw6.8）や平成 19 年新潟県中越沖地震（Mw6.8）では、最大 20～30 cm/s 程度の速度応答を持つ長周期地震動が発生し、超高層ビルのエレベータケーブルの軽微な被害や、湾岸の石油コンビナートの浮屋根にスロッシングによる軽微な損傷が発生した。図 3-1-⑥-1 を見ると、これと同レベルの長周期地震動が、2007 年新潟県中越沖地震（Mw6.8）や平成 16 年紀伊半島南東沖地震（Mw7.6）など、内陸や南海トラフ沿いで起きた地震（右図の赤い震源球と右図(a)）において共通することが確認できる。これに対し、東北沖で起きた地震では、スラブ内地震（b）、プレート境界の地震（c）、アウターライズ地震（d）のいずれにおいても、周期 6～

8秒の長周期地震動はほとんど発生しないことが速度応答スペクトルの比較からわかる。

このような関東平野における長周期地震動生成強度の方位性と、東北地方の地震でいつも弱い原因として、本研究ではこれまで関東平野の堆積層構造（基盤構造）の非対称性、たとえば、基盤面の傾斜が緩い東北方向から入射する地震波では長周期地震動の増幅が小さくなる可能性などを検討した。一方、東北沖に沈み込む太平洋プレートの傾斜は大きく、内陸の地震やフィリピン海プレートの地震に比べて震源が深いために表面波の励起が小さいこと（震源特性）、そして、陸に向けての海域を通る伝播経路では表面波の減衰が大きいこと（伝播特性）など、平野に表面波が入射する以前に弱まっていることが、平野での長周期地震動を小さくする原因の可能性も残る。

そこで、平成28年度の研究では、平野における長周期地震動の生成要件をより詳細に検討するために、新潟県中越地震の長周期地震動のシミュレーションを通じて、関東平野における長周期地震動の生成要因を検討した。

これまで平野における長周期地震動の成因として、震源直上の地表で生成した表面波が平野へと伝わり、平野の堆積層で強く増幅する「盆地転換表面波」と、平野の盆地端でS波から表面波が励起する「盆地生成表面波」の2つのメカニズムが一般に議論されてきた。本研究では、関東平野の長周期地震動生成における、2つのメカニズムの寄与を地震波伝播シミュレーションから検討した。

新潟県中越地震のシミュレーションでは、新潟から千葉へと横切る方位の長さ230 km、深さ50 kmの領域を選び、堆積層モデル（JIVSMモデル；Koketsu et al., 2008）に基づいて地殻・マントル・堆積層構造を設定した。なお、関東平野の手前までの表面波の伝播特性の単純化のために、新潟～関東平野手前までの堆積層の厚さはゼロとした。震源を地表下5 kmの位置に置き、最大周波数1 Hzの地震波を放射させた。

図3-1-⑥-2(a)は、計算から求められた地震波伝播のスナップショット（地震から7, 14, 21, 28秒後）と地表における速度波形Radial成分である。浅い震源から放射されたP波とS波が関東平野の方向に伝播する後から、地表に沿って表面波（Rayleigh波；図中の灰色矢印）が秒速2.8 km/s程度の速度でゆっくりと伝わるようすがわかる。表面波が平野に入ると強く増幅されるとともに、波群が分散により長く延びるようすもわかる。計算から求められた平野の地震波の特徴（大振幅の表面波とその卓越周期、長い継続時間など）は、平成16年新潟県中越地震の際に都心で発生した長周期地震動の特徴（Furumura and Hayakawa, 2007）をよく説明する。

次に、震源域から関東平野にかけての伝播経路において、表面波を機械的に消去（図3-1-⑥-2(b)の7秒後のスナップショットの□部分）してP波とS波のみが関東平野に入射するように工夫したシミュレーション結果では、都心での周期6～8秒程度の長周期地震動の生成が急激に弱まり、周期3秒前途の短周期の地震動が卓越した。すなわち、都心での長周期地震動には平野の外からの表

面波の入射（盆地転換表面波）が重要であり、盆地端での S 波から表面波の励起（盆地生成表面波）の寄与は小さいことがわかる。確認のために、伝播経路における地表（自由表面）を剛体の境界条件に置き換えることで表面波（基本モード）の生成を抑制した別の計算結果も同様の結果を示した。

震源における表面波の励起強度には、震源の深さと震源メカニズムが鍵となる。表面波の生成強度は震源の深さとともに指数関数的に弱まる。断層メカニズムの違いにより、関東平野に向けて表面波（Rayleigh 波、Love 波）の放射強度も大きく変化する。東北地方太平洋沖地震を含む、東北地方で起きるプレート境界の地震の特性として、南海トラフの地震に較べて震源が比較的深いこと（30~40km 以深、アウターライズ地震を除く）、断層メカニズム（西北西-東南東圧縮）により関東方向への Rayleigh 波の放射特性が弱いことも、長周期地震動を小さくする原因として考えられる。

また、伝播経路で表面波を強く減衰する原因として、表層付近の堆積層と基盤の大きな速度コントラストによる表面波の分散現象の発生や、表層地盤の小さな Q_s 構造による表面波の強い減衰も考えられる。

本研究により南海トラフ地震等の海溝型巨大地震における長周期地震動の予測には、平野の堆積層構造の高度化に加え、プレート形状（震源域の深さ）や、伝播経路の地下構造、特に表面波伝播に強く寄与する深さ数キロの基盤構造（S 波速度構造、 Q_s ）の適切なモデル化が重要であることが再確認された。

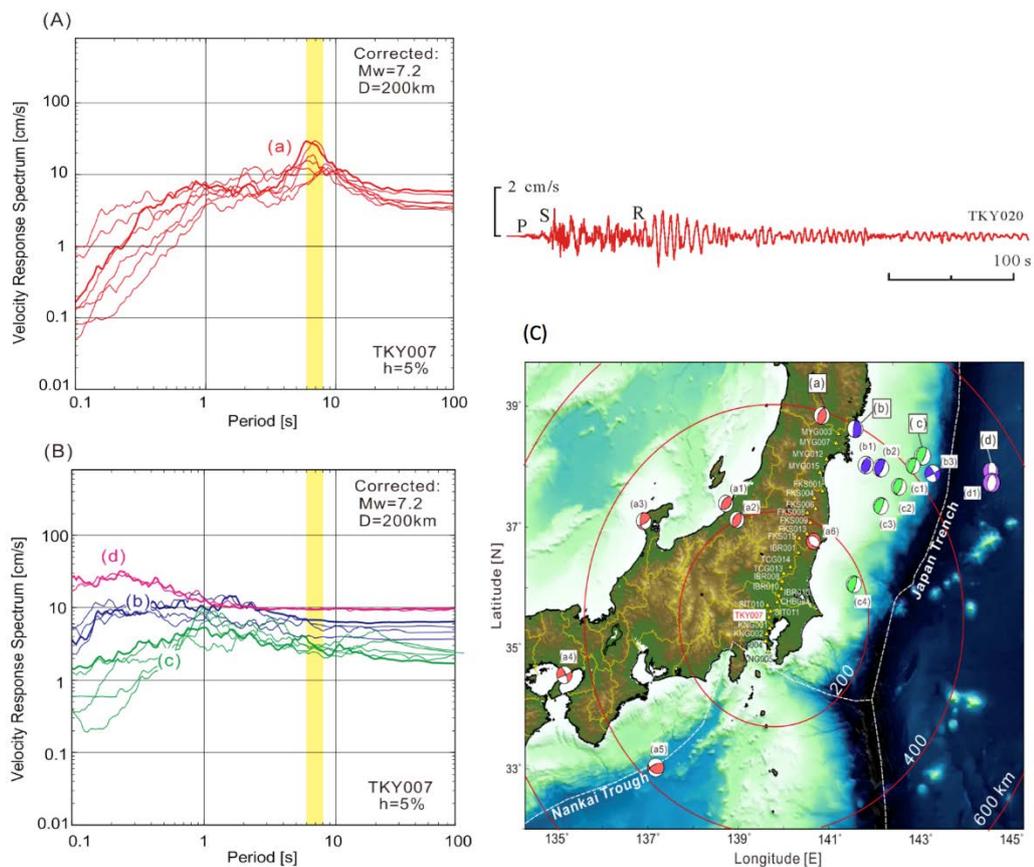


図 3-1-⑥-1 都心（K-NET 新宿 TKY007 地点）で観測される長周期地震

動の比較。(a)内陸地震及び平成 16 年伊半島沖地震 (赤)、(b)東北沖のスラブ内地震 (紫)、(c)東北沖のプレート境界地震 (緑)、(d)東北沖の OUTER ライズ地震 (ピンク)、(A) 内陸地震の速度応答スペクトル、(B)東北沖の地震の速度応答スペクトル。応答スペクトルは、震源距離 200 km で地震規模 Mw7.2 に補正後に比較。右上は、新潟県中越地震における都心の地震動と長周期地震動 (Radial 成分) の例。

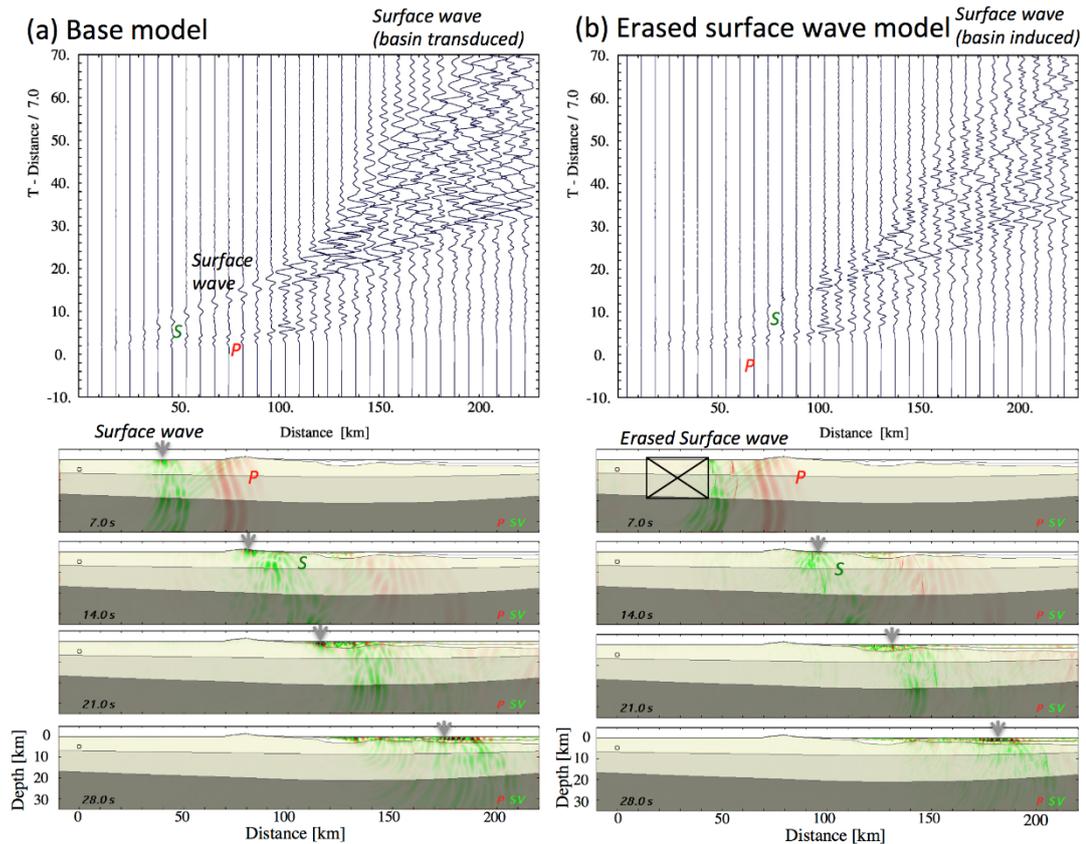


図 3-1-⑥-2 新潟付近の深さ 5 km の地震に対する関東平野にかけての地震波伝播を 2 次元地震波伝播シミュレーションによる評価。(a)基本モデル。表面波の伝播を灰色矢印で示す。(b)表面波の伝播を関東平野の手前で消去 (消去範囲を□で表示) した場合の計算。関東平野に入射する表面波がない場合には、平野で生成する長周期地震動のレベルが小さく、周期 3 秒以下の短周期地震動成分が卓越することが確認できる。

2) 東北地方太平洋沖地震における震度 7 強震動の特性

気象庁の震度階級 (7 段階) は、昭和 23 年福井地震における甚大な被害を受けて、それまでの 6 階級の上に積み増しされた。以降の 69 年間に気象庁により震度 7 が発表されたのは、平成 7 年兵庫県南部地震、平成 16 年新潟県中越地震、平成 23 年東北地方太平洋沖地震、そして平成 28 年熊本地震 (前震と本震の 2 回) の

5回である。

図3-1-⑥-3は、これまでに観測された震度7の強震動（東北地方太平洋沖地震；築館、新潟県中越地震；小千谷、兵庫県南部地震；葺合、熊本地震（本震）；益城町の加速度波形の比較である。なお、本図では東北地方太平洋沖地震の加速度記録の表示を60秒間で切っているが、実際には100 cm/s/s以上の強い加速度を持つ揺れが150秒間以上長く続いた。

熊本地震、兵庫県南部地震、新潟県中越地震はM7規模の内陸地震であり、強い揺れの継続時間は十数秒と短く、揺れの特徴も似ている。しかしながら、速度応答スペクトルを計算すると、これらの強震動に含まる揺れの周期成分の違いは明瞭である。たとえば兵庫県南部地震、新潟県中越地震熊本地震で観測した震度7の強震動には、木造家屋を倒壊させる周期1～2秒の成分が最大380～490 cm/sの強さで含まれていたのに対して、新潟県中越地震ではこの半分の200 cm/s程度の強さであった。新潟県中越地震では周期0.7秒前後のごく短周期地震動成分が強かった（470 cm/s程度）。

東北地方太平洋沖地震の強震動（築館）では、周期1～2秒の速度応答は100 cm/s程度であり、周期0.2秒前後のごく短周期地震動の速度応答レベルが大きい（最大270 cm/s程度）ことが特徴であった。東北地方太平洋沖地震において、土砂崩れや液状化などの地盤災害が大きかったことに対して、木造家屋の倒壊率が比較的小さかった理由は、こうした揺れ成分の強弱の違いによるものと考えられ、同じ震度7の強震動でも被害の特徴は大きく異なる。

昭和の東南海地震、南海地震の際には震度7階級は制定されていなかったが、国の南海トラフ地震の想定では、震源域に沿って地盤が悪い地域に震度7の激しい揺れが起きることが心配されている。東北地方太平洋沖地震の強震動の特徴である、ごく短周期地震動は、太平洋プレートの比較的深い場所からの地震波の強い放射（SMGA；強震動生成域）が原因であり（Furumura, 2014）、この特徴は南海トラフ地震には直接当てはまらない可能性が高い。東北地方太平洋沖地震での地震観測記録を超巨大地震の地震動として一般化したり、他の地震の想定に参考にする場合には注意が必要である。

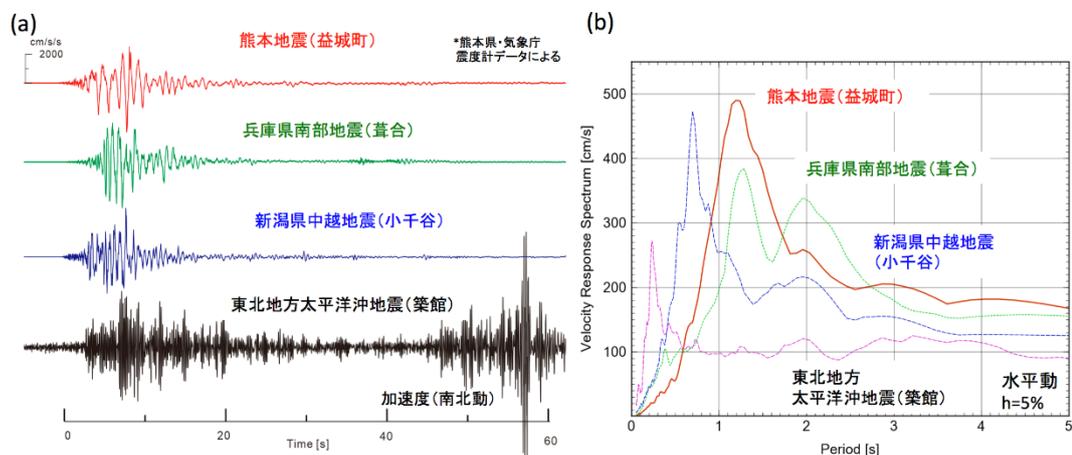


図3-1-⑥-3 震度7の強震波形記録（加速度、南北成分）と、速度応答スペクトル（水平動、減衰定数5%）の比較。2016年熊本地震（益城町）、1995年兵庫県南部地震（葺合）、2004年新潟県中越地震（小千谷）、2011年東北地方太平洋沖地震（築館）。

(c) 結論ならびに今後の課題

平成26年度から平成27年度に引き続き、平成23年東北地方太平洋沖地震において、関東平野で観測された長周期地震動のレベルが小さく、過去に起きたM7～8規模の地震での記録とレベルと同程度であった理由を地震波形解析と地震波伝播シミュレーションから検討した。

平野での長周期地震動の強い生成のメカニズムに立ち戻り、平野の端（盆地端）での表面波の生成（盆地生成表面波）と、震源近傍で発生し平野に入射する表面波の強い増幅（盆地転換表面波）の二つの寄与を地震波伝播シミュレーションにより検討し、関東平野で見られる周期6～8秒の長周期地震動には、盆地転換表面波の寄与が圧倒的に大きいことを確認した。そして、従来から検討してきた関東平野の3次元基盤構造（盆地構造）による長周期地震動増幅の方位性以上に、震源域直上での表面波の励起と、平野への伝播経路における表面波の伝播・減衰特性の違いが長周期地震動の生成を考える上で重要であることがわかった。今後は、東北地方～関東の地下構造と表面波の伝播・減衰特性を詳しく検討し、南海トラフ地震での長周期地震動の伝播特性を評価する。

東北地方太平洋沖地震で震度7を観測した築館地点での強震記録を、これまでに観測された震度7の強震記録と比較し、揺れの成分や継続時間などの特徴を比較した。熊本地震を含む内陸活断層地震の震源近傍強震動と比較して、東北地方太平洋沖地震では、強い加速度を持つ揺れが数分を超える長さで続いたことが特徴であるが、揺れ成分には木造家屋の被害に結びつく周期1～2秒の成分が相対的に小さく、熊本地震や兵庫県南部地震における震度7の強震記録とは大きく異なることを再確認した。

(d) 引用文献

古村孝志, 中村 操, 1944年東南海地震記録の復元と関東の長周期地震動, 物理探査, 第59巻, 4号, pp.337-351, 2006.

Furumura, T. and T. Hayakawa, Anomalous propagation of long-period ground motions recorded in Tokyo during the 23 October 2004 Niigata-ken Chuetsu (Mw6.6) earthquake, Japan, Bull. Seism. Soc. Am., Vol.97, No. 3, pp.863-880, 2007.

古村孝志: 関東平野の深部基盤構造と長周期地震動リスク, 地学雑誌, Vol. 123, No4, pp.434-450, 2014.

Furumura, T., Radiation and development of short- and long-period ground motions from the 2011 Off Tohoku, Japan, Mw9.0 Earthquake, Journal of Disaster Research, Journal of

Disaster Research Vol.9 No.3, pp.281-290, 2014.

Koketsu, K., H. Miyake, H. Fujiwara, and T. Hashimoto, Progress towards a Japan integrated velocity structure model and long-period ground motion hazard map, Paper S10-038 presented at the 14th World Conference on Earthquake Engineering, Int. Assoc. for Earthquake Eng., Beijing,10,12-17, 2008.

湯沢豊，南雲秀樹，長周期地震動の揺れ易さ係数の変動要因とその低減対策：-関東平野を例として-，日本地震工学論文集，12(2)，41-59，2012.

(3) 平成 29 年度業務計画案

- ・ 東北大学

プロジェクト指向型アーカイブ（プロトタイプ）のユーザー評価を踏まえるとともに、熊本地震における教訓を反映することで、南海トラフ地震に対応した同アーカイブの改良を行う。東日本大震災の基礎自治体復興計画の実現に関するデータ収集の基礎的検討を行う。

- ・ 京都大学

「復興モニタリングシステム」を通じて、定点観測により、災害復興のアーカイブ化することを引き続き行う。

- ・ 名古屋大学

過年度に実施した構造物被害調査結果を、南海トラフ地震に関する他の研究課題に情報提供し、当該情報の有効性などを精査する。

- ・ 東京大学

東北地方太平洋沖地震の地震波解析から得られた知見を、南海トラフ巨大地震の強震動・長周期地震動予測手法の高度化につなげるために、不均質地下構造モデルを用いた地震波伝播シミュレーションを実施し、地下構造・震源モデルの不確定性を含めて幅を含めて予測を進めるとともに、南海トラフ巨大地震における強震動の特色について、東北地方太平洋沖地震との共通性・特異性について、その原因を含めて検討する。

3.2 地震・津波被害予測研究

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 「地震・津波被害予測研究」

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
名古屋大学減災連携研究センター	センター長・教授 副センター長・寄附研究部門教授 副センター長・教授 准教授 特任教授 特任教授 寄附研究部門教授 寄附研究部門教授 寄附研究部門准教授 寄附研究部門准教授 寄附研究部門助教 寄附研究部門助教 寄附研究部門助教 客員准教授	福和伸夫 曾根好徳 野田利弘 長江拓也 護雅史 新井伸夫 北野哲司 武村雅之 都築充雄 田代喬 浦谷裕明 野中俊宏 山崎雅人 宮腰淳一
名古屋大学災害対策室	教授	飛田潤
名古屋大学工学研究科	准教授	中井健太郎
名古屋大学環境学研究科	助教	平井敬
名古屋大学地震火山研究センター	准教授	山中佳子
東京大学工学系研究科	准教授	廣井悠
国立研究開発法人海洋研究開発機構	招聘上席技術研究員 技術研究員 特任技術研究員	馬場俊孝 今井健太郎 CITAK Seckin Ozgur
東北大学災害科学国際研究所	教授	今村文彦
国立研究開発法人防災科学技術研究所	部門長 総括主任研究員 主任研究員 主任研究員 主任研究員 主任研究員 研究員	藤原広行 平田賢治 河合伸一 中村洋光 森川信之 前田宜浩 佐伯琢磨

	主幹研究員 主幹研究員 契約研究員 契約研究員	先名重樹 大角恒雄 東宏樹 内山庄一郎
東京大学地震研究所	教授 特任助教	古村孝志 原田智也

(c) 業務の目的

将来人口推計して得た人口モデルや建物滅失率等を考慮した建物モデルを構築し、地震の発生時期や発生の多様性等の時間の概念を取り入れた広域の地震・津波ハザード・リスク評価を行う。地域にとって影響の大きい建物や施設等に対しては、地盤の非線形性を考慮した地盤モデルの高度化等を行い、高分解能なリスク評価を行う。ハザード・リスク評価結果の中から類型化手法により特徴的な災害パターンを抽出し、災害シナリオを作成し、防災・災害情報発信研究 1-e と連携し情報提供できるようにする。

(d) 8か年の年次実施業務の要約

平成 25 年度：

広域リスク評価に必要な人口や建物等のモデルの整備を行った。人口モデルは将来人口推計を適用し、建物モデルは建物滅失率を考慮した。津波は既往被害事例を網羅的に整理した。地域リスク評価に必要なハザード予測・構造物応答予測手法の開発を行った。

平成 26 年度：

暫定的な広域リスク評価を実施した。地震発生の時期や規模等の各種要因のばらつきがリスク評価に与える影響度を把握した。津波被害を地形特性等の観点から分類し、地域リスク評価に必要な火災、ライフライン被害、経済被害の予測モデルの構築を行った。

平成 27 年度：

直線海岸を有する地域の木造建物被害関数の構築、高精度地震動予測手法の開発とそれによる地震動のデータベース化、防波堤の地震時変形挙動と地盤・建物の動的相互作用を考慮した建物応答予測に関する検討、発災後の電力需給ギャップの想定と電力供給設備対策の現状抽出、開発被害予測手法による巨大地震時の上水道設備の被害と復旧の予測、現在から将来における地震・津波の確率論的ハザード情報を利用した建物被害と人的被害の広域リスク評価、帰宅困難者の移動が地域の避難行動に及ぼす影響の量的把握、および全国 47 都道府県間動的応用一般均衡モデルによる巨大地震時の製油所被災の経済被害の推計を実施した。

平成 28 年度：

徳島市を対象とした長期湛水のモデリング、中京地域の地震動を予測する WEB システムの開発、盛土造成斜面の地震時変状メカニズムの解明、熊本地震で被災し

た建物における地盤・建物の相互作用の影響の検討、基礎滑りを許すことによる建物の耐震性向上に向けた要素実験とその分析、南海トラフ巨大地震時に想定される電力需給ギャップ解消のための需要抑制の可能性の検討、長期断水が経済に及ぼす影響の検討、道路閉塞と帰宅困難者の渋滞、消防運用を考慮した大都市における避難シミュレーションの開発、全国 207 生活圈単位での南海トラフ地震による経済被害予測を実施した。また、対策の有無による広域リスク評価結果を比較することで、対策の効果を定量的に評価した。

平成 29 年度：

津波被害軽減に資する対策手法について検討する。発災後の災害シナリオの高度化のため、間接被害の算出方法について検討するとともに、広域での評価に向け一部地域で試算を行う。具体的な地域を想定して、予測地震動に対する被害予測と都市域の被害軽減方針を検討する。揺れや水害等の都市リスクを評価し、配信する仕組みを開発する。

平成 30 年度：

津波被害予測モデル地区において、当該地域の特性に合わせた津波被害軽減に資する対策の検討を行う。間接被害の算出手法を高度化し広域的に評価を行う。特徴的な災害パターンを類型化するための手法の検討を行い、広域での評価に向け一部地域で類型化を試行する。具体的な地域を想定して、地域活動の枢要地域を中心とした BCP と減災戦略を立案する。避難行動に活用できるモニタリング手法及び地域リスク低減のための普及啓発手法の開発を行う。

平成 31 年度：

モデル地区における津波被害予測と対応策の効果を数値シミュレーションにより検討する。類型化手法を高度化して広域的に評価を行うとともに、類型パターン毎に災害シナリオを作成する。各種災害予測手法及び対策等の減災戦略の社会実装について、地域展開を図る上での問題点・課題の抽出と解決を図る。

平成 32 年度：

ハザード・リスク評価や災害シナリオ、及び対策前後のリスク評価によるリスク低減効果の評価結果を総括し、南海トラフ沿いに発生しうる巨大地震に対して戦略的に備えるための基盤情報として防災・災害情報発信研究等と連携し、外部に汎用的な形式で提供できるようにする。

(e) 平成 28 年度業務目的

南海トラフ地震被害の予測可能性の評価のために、昭和東南海・南海地震、及び安政東海・南海地震の強震動と津波の再現性について、被害・震度分布、津波高・到達時間、及び地殻変動に関わる史料調査と津波堆積物現地調査に基づき検討する。なお、この部分の成果については、サブテーマ 2 - 2 において取りまとめる。

被害想定対象地域を徳島市として、その中心市街地において高分解能な津波氾濫解析を行い、長期湛水にかかる課題を検討する。

これまで実施した広域でのリスク評価を踏まえ、現在～将来のハザードや人口・

建物の変化を反映した対策効果の評価手法を検討し、対策効果を定量的に評価する。
また、地域のハザード・リスク評価手法の高度化に加え、発災時の社会的影響に関する暫定評価を行う。

(2) 平成 28 年度成果

①津波被害予測

(a) 業務の要約

昭和南海地震では高知市において長期湛水が発生した。長期湛水は高知に限らず、低地に位置する大阪や名古屋といった多くの都市で共通する重要な課題である。徳島市の中心市街地をモデル地域として津波の流入－排水－湛水の一連の過程をシミュレーションした。その結果、当該地域において地震発生後 72 時間経っても陸地に海水が留まり、長期湛水の発生を示唆した。

(b) 業務の実施方法

本業務では、数値計算により長期湛水の発生可能性を検討した。計算は堤外と堤内を分けて行った。堤外の計算は、通常の津波の計算を行い、対象地域の堤外周辺での水位時系列を 12 時間分記録した。潮位は過去 5 年の朔望平均満潮位で固定している。堤内の計算は、この津波波形に朔望平均満潮位を加えた波形を境界条件として行なった。標高は地震による地殻変動量を考慮した高さに直している。津波の高さが堤防高を超えた場合、水を堤内に流入させ、堤内地では地表面、排水路、下水路の三つの流れを考えた。地表面では津波と同様の計算方法を採用し、排水路やマンホールを設定したメッシュで地表面、排水路、下水路のそれぞれの間で水のやり取りを行った。最終的には排水路に存在する排水ポンプで領域外へ排水される（図 3-2-①-1）。

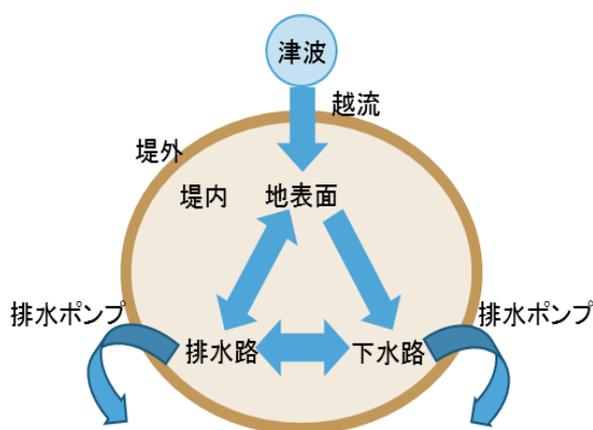


図 3-2-①-1 計算の概要図

(c) 業務の成果

安政南海地震を入力とした場合の研究対象地域のシミュレーション結果を図 3-2-①-2 に示す。これは排水ポンプがすべて稼働する場合と、排水ポンプの排水能力が高いもの上位 3 つを停止した場合の津波による流入水の排水の様子である。この地域では南海地震の場合、地震発生後約 40 分で津波の第一波が南東方向から到着する。その後、堤防の低い南側、西側から水が流入して、土地の低い北側へ流れていく。ポンプがすべて稼働すると仮定した場合は、排水能力の高いポンプは堤防の低い南側と西側にあるため、奥へ水が流れ込む前にいくらか排水でき、北側、東側の堤防沿いに溜まる水の量がポンプの一部を止めた場合より少なくなっている。すべてのポンプが稼働すると仮定した場合、約 16 時間で排水がほぼ完了するが、いくらかは窪地に溜り、現モデルでは排水できなくなった。排水能力上位 3 つのポンプが稼働しないとすると、排水完了まで約 72 時間かかる。上位 3 つのポンプが大きな仕事をしていることがわかる。

次に、内閣府想定（内閣府，2012）のケース3を入力とした場合を図3-2-①-3に示す。1時間後に対象地域の南側から大規模な津波の浸水が確認でき、その後地域全域が浸水する。これは非常に大きな津波であると同時に、地震による地殻変動での沈降量が大きく、一部境界が朔望平均満潮位より低くなることによると考えられる。そのため、津波の計算を終えた12時間後以降は排出した分だけ堤内に水が入ってくるといった結果となり、24時間後の状態がその後も続く。潮汐の変動を考慮していないため、実際にこのようなことが起こるとは言えないが、内閣府想定のような大きな地震が起こると、潮汐の変化に伴い大規模な湛水が起こる可能性を示唆している。

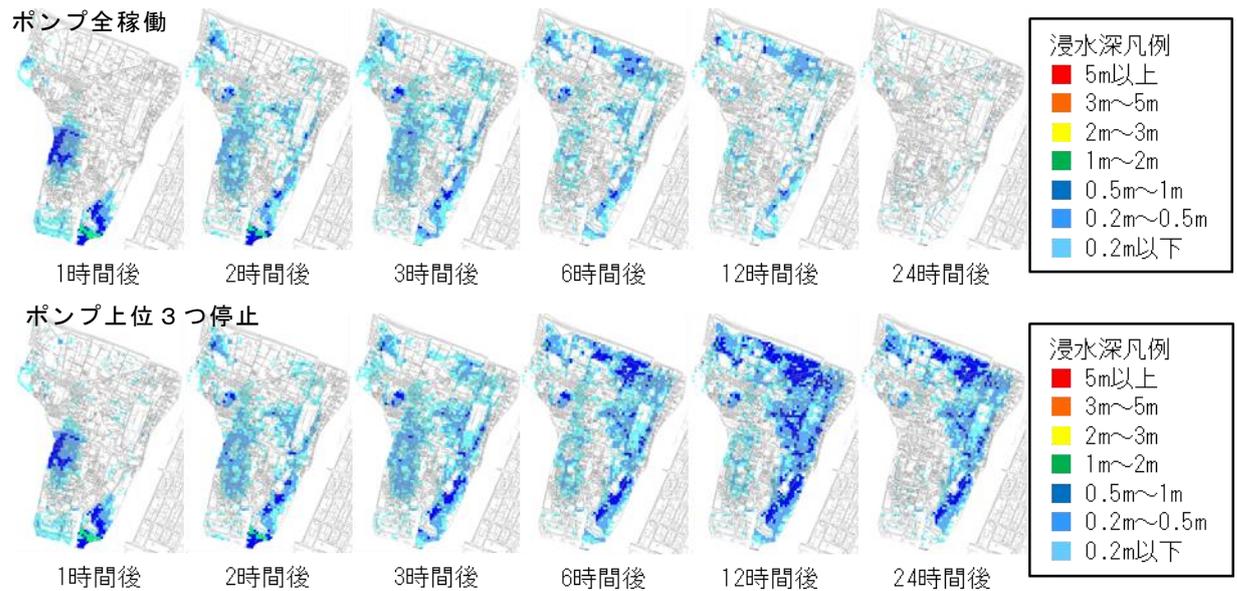


図3-2-①-2 安政南海地震による津波の流入、排水の様子

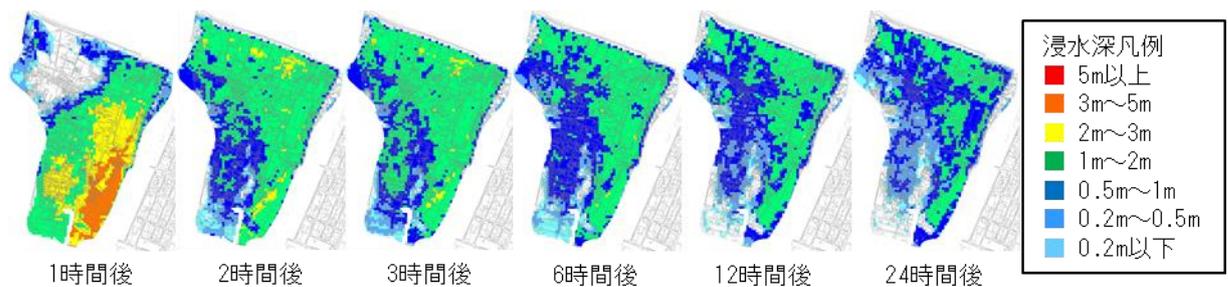


図3-2-①-3 内閣府想定ケース3の南海地震による津波の流入、排水の様子
(ポンプ全稼働)

(d) 結論ならびに今後の課題

徳島市の一部地域を対象として、津波による流入水の排水のシミュレーションを行った。その結果、安政南海地震を入力とした場合、ポンプがすべて稼働するとすると、約16時間、排水能力の高い上位3つのポンプが稼働しないとすると、約72時間排水完了までかかることが分かった。また、内閣府想定の場合3では、地殻変動が大きく、南側の堤防が朔望平均満潮位より低くなってしまい、常に水が流入する結果とな

った。

内閣府想定の場合3において、どのような被害状況で救援・復旧活動を行うことになるのかを木造建物被害予測を行って検討した。被害関数は、今井・他(2016)の木造建物に対する被害関数を利用した。徳島市の代表地形勾配としては、氾濫域における岸沖方向と河岸内陸方向の平均的な値として $i=0.00054$ を採用した。鉄骨造やRC造などの堅牢建物混成割合 Mr は不明であったため、 $Mr=0.1$ とした。これらによる木造建物の設計被害関数を図3-2-①-4に示す。図中、実線は木造建物に対する設計被害関数であり、点線は安全側(1 σ)での関数を示す。本業務では、実線の設計被害関数を用いて被害予測を行った。

図3-2-①-5に最大浸水深分布、図3-2-①-6に木造家屋全壊被害の予測分布を示す。沿岸および河岸近くの地域における木造建物の全壊被害予測値は20%以上となることわかる。最大津波浸水深分布だけでなく、長期湛水分布や家屋被害分布は、効率的な救援・復旧活動の検討への一助となることが考えられる。

今後の課題のひとつとして、潮位の変動を考慮することが挙げられる。これによって、今回の内閣府想定の場合3を入力とした場合のような際に、潮位の変動に応じた堤内の水の流れをシミュレーションできるようになる。他に、瓦礫によって排水路や下水路が詰まってしまった場合の検討や、津波が下水路を遡ってマンホールから水が溢れる現象も考える必要がある。

さらに、これらの排水ポンプは、本来は雨水の排水を対象に作られているため、海水に対しても同様に働くのか、また耐震性や停電時の補助電源の確保などの課題もあると考えられる。今後はそれらも踏まえて調査研究を進めていく。

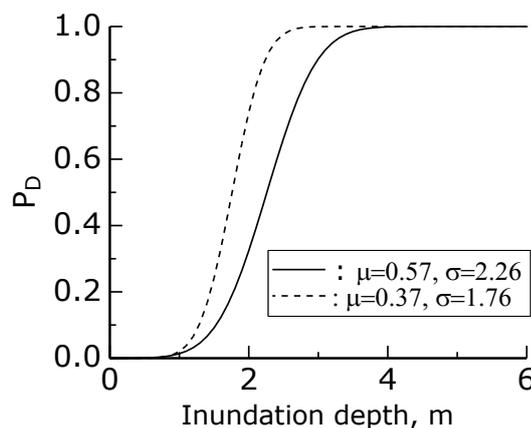


図3-2-①-4 当該地域における木造建物全壊被害に対する設計被害関数
浸水深さ(横軸)に対する全壊被害予測値(縦軸)。1は全壊率100%を示す。



図 3 - 2 - ① - 5 最大浸水深分布

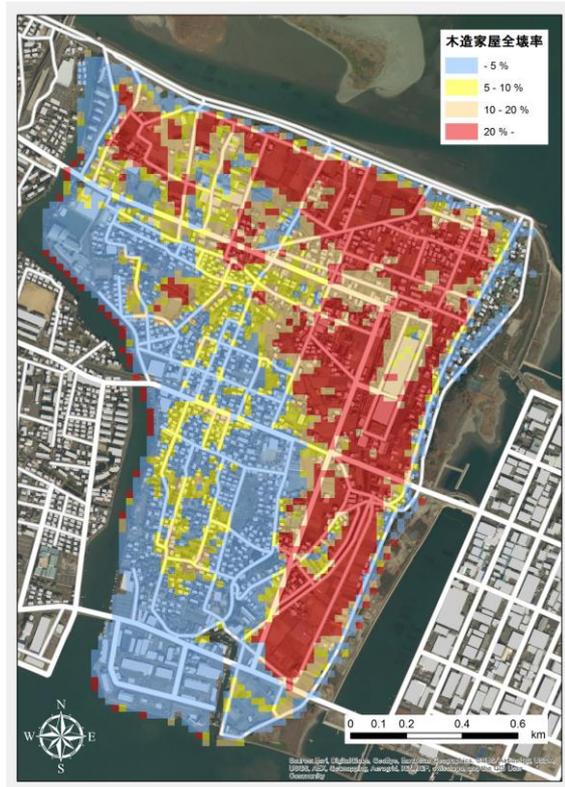


図 3 - 2 - ① - 6 木造家屋全壊被害分布

(e) 引用文献

内閣府，南海トラフの巨大地震モデル検討会，<http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/>，2012 参照 2017-8-30.

今井健太郎・大林涼子・甲斐芳郎・行谷佑一・高橋成実，直線海岸を有する沿岸地域における木造建物の津波被害関数の特徴，日本地震工学会第 12 回年次大会梗概集，P2-2，CD-ROM，2016.

②地震動

(a) 業務の要約

地盤震動の研究の実施方法としては、平成 27 年度に構築したグリーン関数の相反性を利用した長周期地震動の計算法を発展させ、グリーン関数をデータベース化して、任意の震源と観測点について地震動を作成する Web システムを構築した。

(b) 業務の実施方法

弾性波動論に基づくと、地震によって生じる地震動は以下のように表すことができる。

$$u_i(\mathbf{x}, t) = \sum_{p=1}^3 \sum_{q=1}^3 \int_{-\infty}^t \int_V \frac{\partial G_{ip}(\mathbf{x}, t - \tau; \boldsymbol{\xi}, 0)}{\partial \xi_q} m_{pq}(\boldsymbol{\xi}, \tau) dV d\tau \quad (3-2-②-1)$$

上記は、震源域 V での地震によって生じる観測点 \mathbf{x} における時刻 t での変位の i 成分を表している。 $\boldsymbol{\xi}$ は震源域内での座標、 m_{pq} はモーメントテンソル密度の累積解放量である。

$G_{ip}(\mathbf{x}, t - \tau; \boldsymbol{\xi}, 0)$ は、位置 $\boldsymbol{\xi}$ でのインパルス力によって位置 \mathbf{x} に生じる変位を表す関数であり、グリーン関数と呼ばれる。モーメントテンソル密度は媒質内で生じる非線形性を線形弾性論の枠組みで取り扱う際に使用されるものであるが、断層運動に対するモーメントテンソルは以下のように表される。

$$m_{pq} dV = (n_p \nu_q + n_q \nu_p) \mu D dS \quad (3-2-②-2)$$

ここで n と ν はそれぞれ断層の単位法線ベクトルと単位すべりベクトルの成分を表す。 μ は剛性率、 D はすべり量、 dS は断層の微小要素の面積である。式 (3-2-②-2) を式 (3-2-②-1) へ代入し、さらに断層を有限の大きさを持つ要素断層の集合として近似すると、以下の式が得られる。

$$u_i(\mathbf{x}, t) = \sum_{p=1}^3 \sum_{q=1}^3 \sum_{j=1}^{N_e} \int_{-\infty}^t \frac{\partial G_{ip}(\mathbf{x}, t - \tau; \boldsymbol{\xi}_j, 0)}{\partial \xi_q} M_{jpq}(\tau) d\tau \quad (3-2-②-3)$$

ここで N_e は要素断層の数、 M_{jpq} は要素断層 j のモーメントテンソルの累積解放量である。ところで、グリーン関数は以下のような相反性を有する。

$$G_{ip}(\mathbf{x}, t - \tau; \boldsymbol{\xi}, 0) = G_{pi}(\boldsymbol{\xi}, t - \tau; \mathbf{x}, 0) \quad (3-2-②-4)$$

式 (3-2-②-4) を式 (3-2-②-3) へ代入すると、次式のようになる。

$$u_i(\mathbf{x}, t) = \sum_{p=1}^3 \sum_{q=1}^3 \sum_{j=1}^{N_e} \int_{-\infty}^t \frac{\partial G_{pi}(\boldsymbol{\xi}_j, t - \tau; \mathbf{x}, 0)}{\partial \xi_q} M_{jpq}(\tau) d\tau \quad (3-2-②-5)$$

この式より、観測点においてインパルス力を加えたときの震源位置での変位勾配テンソル（これはすぐに歪テンソルに変換できる）が、震源位置でのモーメントテンソルの解放による観測点での変位に等しいことが分かる。

本業務では、長周期地震動を計算するためのグリーン関数を算出するにあたり、有限差

分法を使用した。有限差分法は、媒質全体を格子の集合として近似し、運動方程式を逐次解くことにより地震波の伝播を追跡するものである。そのため、震源は1種類のものしか想定できないものの、それによる変位は媒質内のすべての点で計算することができる。この特徴は、ある想定地震についてのハザードマップを作成するときなどは有利に働くが、重要建物の建設地点における多くの想定地震による地震動を計算する場合などは不利に働く。しかし、グリーン関数の相反性を利用すると、ひとつの観測点に対する媒質内のあらゆる位置の震源による地震動のグリーン関数を得ることができる。このことを利用して、いくつかの地点における媒質内の多数の位置の震源による地震動のグリーン関数をデータベース化し、必要に応じてこれを重ね合わせることで観測点における地震動を作成するシステムを作成した。

式(3-2-②-5)では震源位置での変位勾配テンソルを用いることになっているが、有限差分法では変位勾配テンソルは得られず、代わりに応力テンソルが得られる。本研究では、以下の式により応力テンソルから歪みテンソルを計算した。

$$\begin{pmatrix} \tau_{xx} \\ \tau_{yy} \\ \tau_{zz} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{zx} \\ \tau_{xy} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda+2\mu & \lambda & \lambda & 0 & 0 & 0 \\ \lambda & \lambda+2\mu & \lambda & 0 & 0 & 0 \\ \lambda & \lambda & \lambda+2\mu & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2\mu & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2\mu & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2\mu \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{xx} \\ \varepsilon_{yy} \\ \varepsilon_{zz} \\ \varepsilon_{yz} \\ \varepsilon_{zx} \\ \varepsilon_{xy} \end{pmatrix} \quad (3-2-②-6)$$

ここで τ は応力テンソル、 ε は歪みテンソル、 λ と μ はその位置におけるラメの定数である。式(3-2-②-5)に現れるモーメントテンソルは対称テンソルであり、変位勾配テンソルは常に対角成分が組になって現れるため、その和のみが重要となる。そこで、式(3-2-②-5)を以下のように書き換える。

$$u_i(\mathbf{x}, t) = \sum_{p=1}^3 \sum_{q=1}^3 \sum_{j=1}^{N_s} \int_{-\infty}^t H_{ipq}(\mathbf{x}, t-\tau; \xi_j, 0) M_{jpq}(\tau) d\tau \quad (3-2-②-7)$$

ここで、新たなグリーン関数 H_{ipq} の定義は次式の通りである。

$$H_{ipq}(\mathbf{x}, t-\tau; \xi_j, 0) = \frac{1}{2} \left\{ \frac{\partial G_{pi}(\xi_j, t-\tau; \mathbf{x}, 0)}{\partial \xi_q} + \frac{\partial G_{qi}(\xi_j, t-\tau; \mathbf{x}, 0)}{\partial \xi_p} \right\} = \varepsilon_{pq}(\xi_j, t-\tau; \mathbf{x}, 0) \quad (3-2-②-8)$$

式(3-2-②-8)の ε_{pq} は、観測点においてインパルス力を加えたときの震源位置での歪みテンソルである。本研究で作成したグリーン関数データベースとは、この ε_{pq} の時系列データを複数の観測点と多くの震源位置について計算したものの集合である。

(c) 業務の成果

本業務の成果について説明する。まず、図3-2-②-1に地震動作成システムの流れ図を示す。観測点情報・震源断層の情報・その他の情報(計算のパラメータなど)をユーザーがWebインターフェイス上で設定し、内部動作で震源断層を要素断層に分割する。その後、観測点と要素断層位置との関係から、グリーン関数データベースを参照して、適切

なグリーン関数の時系列データを取得しながら、波形合成を行う。以下に、グリーン関数データベースの緒元、震源断層を要素断層に分割する方法、震源時間関数の設定方法、グリーン関数の時系列データの取得について、詳細を記述する。

グリーン関数データベースの緒元として、まず設定可能な観測点を表3-2-②-1に示す。観測点としては、名古屋市の各区の代表点、その他いくつかの地点、および大阪堆積平野上の5地点とした。次に、有限差分法によるグリーン関数の計算にあたり、使用した地下構造モデル¹⁾を表3-2-②-2に示す。本来、このモデルは23層で構成されているが、本研究においては最上層の物性値を第2層と同じものとした為、表3-2-②-2は22層になっている。Q値については、田中・他²⁾を参考に、m/s単位のS波速度と同じ値とした。また、グリーン関数データベースを作成したモデル範囲と観測点・想定震源位置の分布を図3-2-②-2に示す。任意の地震に対して地震動を合成するためには、想定震源位置を密に配置することが望ましい。しかし、同時にグリーン関数データベースの容量が大きくなるという問題が生じる。本システムでは、水平方向には10km間隔、上下方向には5km間隔で想定震源位置を配置した。上下方向の間隔を小さくしているのは、地下構造は水平方向よりも上下方向に大きく変動するためである。

震源断層を要素断層に分割する方法については、まず、ユーザーが入力する震源情報は、断層セグメント（複数可）の位置・走向・傾斜・すべり角・長さ・幅・すべり量・応力降下量である。各断層セグメント内に強震動生成域を複数設定することも可能であり、それぞれにやはり位置・長さ・幅・すべり量・応力降下量を設定する。本システムでは、ひとつの長方形の断層セグメントをおよそ100の要素断層に分割する。これは、経験的グリーン関数法などの波形合成法により地震動予測を行う際に、やはり断層をおよそ100程度の要素に分割することが多いため、それを踏襲したものである。具体的には、以下のように要素断層の長さ・幅を設定する。

$$\Delta L = \frac{L}{\text{round}[L/\Delta L']}, \quad \Delta W = \frac{W}{\text{round}[W/\Delta W']} \quad (3-2-②-9)$$

$$\text{ただし } \Delta L' = \Delta W' = \sqrt{\frac{LW}{100}}$$

ここで L , W , ΔL , ΔW はそれぞれ断層セグメントの長さ、幅、要素断層の長さ、幅である。 round は小数点以下を四捨五入することを表す。このように生成された要素断層は、おおむね断層セグメントの1/100程度の面積で、正方形に近い形状となる。

震源時間関数については、本システムでは、要素断層の震源時間関数の形状をユーザーが選択できるようになっている。選択肢としては、一般に地震動予測で用いられることの多い代表的なものとして、 ω^2 スペクトル型、矩形波型、三角波型、ベル型、中村・宮武型³⁾を用意した。なお、ここで ω^2 スペクトル型とは

$$f(t) = \omega_c^2 t e^{-\omega_c t} \quad (3-2-②-10)$$

の式で表される震源時間関数であり、そのフーリエスペクトルは厳密に ω^2 スペクトルの形状となる。上式で ω_c はコーナー振動数の 2π 倍である。

グリーン関数データベースからのグリーン関数時系列データの取得方法としては、各要素断層の中心位置からもっとも近い位置で定義されたグリーン関数データを採用すること

とした。ただし、想定震源位置は水平方向で 10 km 間隔であるため、S 波速度を 3~4 km/s とすると、要素断層の中心と想定震源位置との関係によって最大で 2 s 程度の走時のずれが生じる可能性がある。そのため、グリーン関数を重ね合わせる際、破壊伝播に伴う要素断層の破壊の遅れに加えて、次式で定義する時間 t_d をさらに加えることにより、グリーン関数の走時のずれを補正することとした。

$$t_d = R_e/V_s - R_b/V_s \quad (3-2-②-11)$$

ここで R_e は要素断層と観測点との距離、 R_b は採用したグリーン関数の震源位置と観測点との距離、 V_s は S 波速度である。本来、有限差分法によって計算されたグリーン関数は S 波の成分のみではなく、P 波や表面波の寄与も含んでいる。そのため、式 (3-2-②-11) による走時の補正は必ずしも万全のものではない。しかしながら、波動の種類ごとに走時を補正することは不可能であるため、通常もっとも振幅が大きくなる S 波を基準に走時の補正を行うこととした。

図 3-2-②-3 に地震動作成システムの操作画面を示す。このシステムは Web 上に公開されており、URL: <http://133.6.118.22/map/map/?cid=1&gid=0&mid=44> より誰でも利用することが可能である。

表 3 - 2 - ② - 1 観測点一覧

地点名	緯度 /deg	経度 /deg
大阪阿倍野	34.6458	135.5142
名古屋大学減災館	35.1563	136.9669
碧南	34.8848	136.9933
東大阪	34.6794	135.602
名古屋金山	35.1429	136.901
刈谷	34.9879	136.999
名古屋港	35.0488	136.5803
K-NET 四日市	34.9704	136.6357
名古屋市熱田区	35.1285	136.911
名古屋市千種区	35.1665	136.948
名古屋市東区	35.1793	136.9269
名古屋市北区	35.1943	136.9151
名古屋市名東区	35.1759	137.0107
名古屋市緑区	35.0709	136.9531
名古屋市南区	35.0952	136.9332
名古屋市港区	35.1077	136.8859
名古屋市瑞穂区	35.1316	136.9355
名古屋市守山区	35.2032	136.9786
名古屋市中区	35.1687	136.9155
名古屋市中川区	35.1416	136.8558
名古屋市中村区	35.1687	136.8731
名古屋市西区	35.1891	136.8904
名古屋市昭和区	35.1502	136.9346
名古屋市天白区	35.1225	136.9752
名古屋名駅	35.1709	136.8819
大阪難波	34.6647	135.5012
大阪梅田	34.7024	135.4971
大阪咲洲	34.6381	135.4164

表 3 - 2 - ② - 2

層番号	P 波速度 / km s ⁻¹	S 波速度 / km s ⁻¹	密度 / 10 ³ kg m ⁻³
1	1.8	0.5	1.95
2	2.0	0.6	2.00
3	2.1	0.7	2.05
4	2.2	0.8	2.07
5	2.3	0.9	2.10
6	2.4	1.0	2.15
7	2.7	1.3	2.20
8	3.0	1.5	2.25
9	3.2	1.7	2.30
10	3.5	2.0	2.35
11	4.2	2.4	2.45
12	5.0	2.9	2.60
13	5.5	3.2	2.65
14	5.8	3.4	2.70
15	6.4	3.8	2.80
16	7.5	4.5	3.20
17	5.0	2.9	2.40
18	6.8	4.0	2.90
19	8.0	4.7	3.20
20	5.4	2.8	2.60
21	6.5	3.5	2.80
22	8.1	4.6	3.40

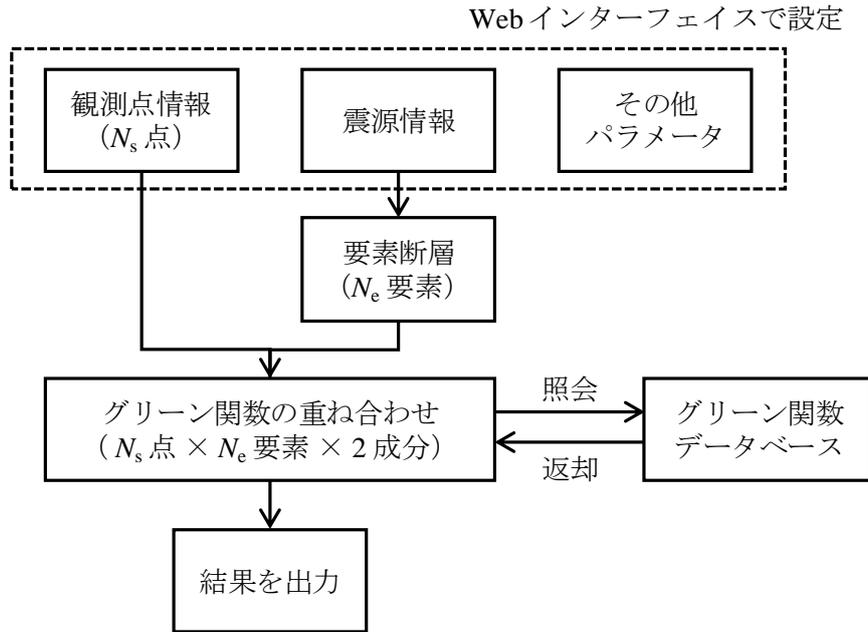


図 3-2-②-1 地震動作成システムの流れ図

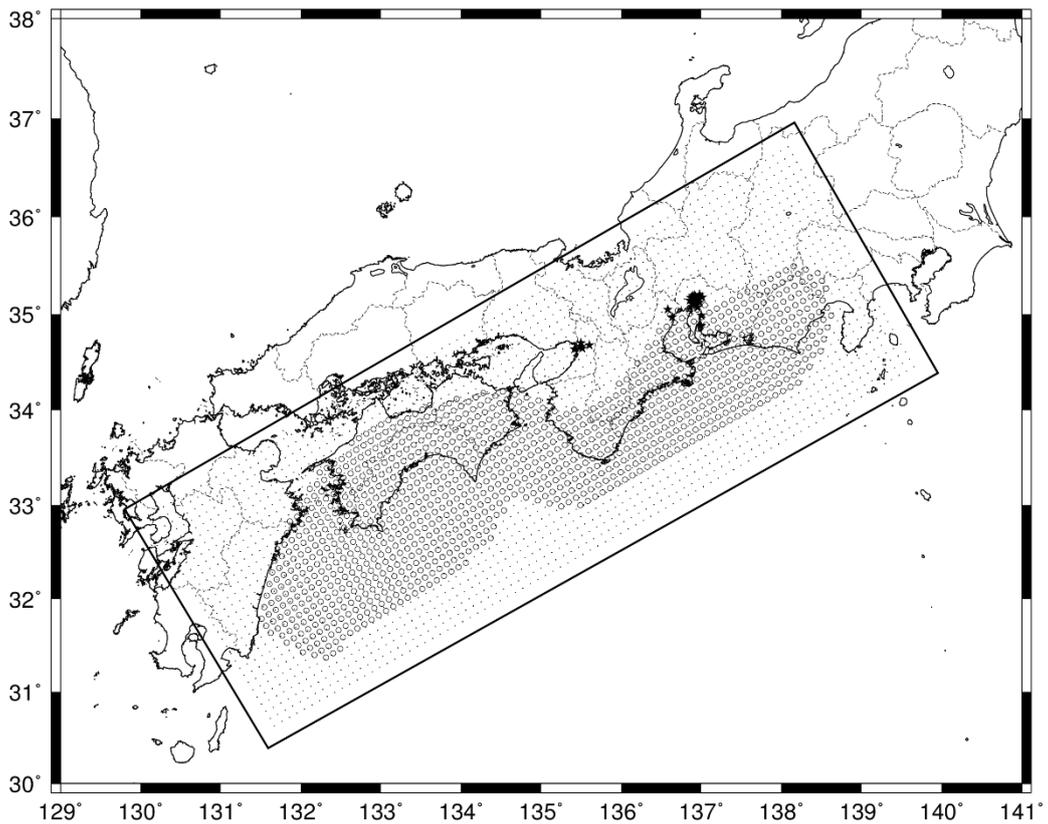


図 3-2-②-2 グリーン関数データベースを作成した範囲

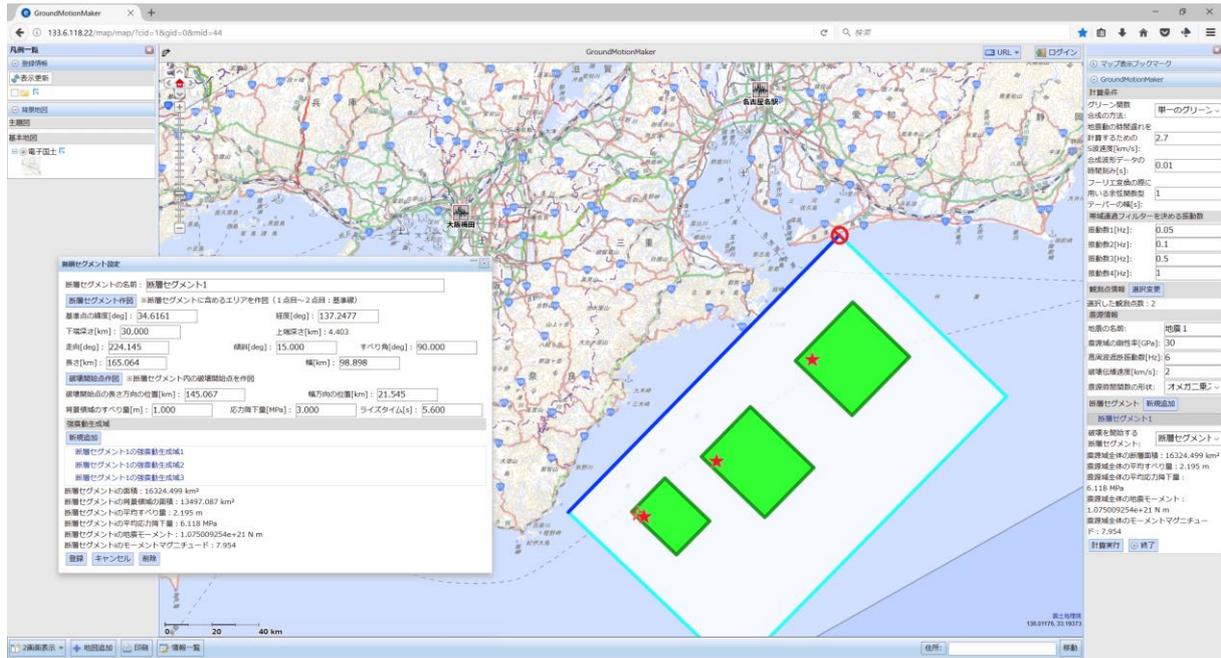


図 3-2-②-3 地震動作成システムの操作画面

(d) 結論ならびに今後の課題

本業務での結論ならびに今後の課題について述べる。本業務では、平成 27 年度に構築したグリーン関数の相反性を利用した長周期地震動の計算法を発展させ、グリーン関数をデータベース化して、任意の震源と観測点について地震動を作成する Web システムを構築した。名古屋近辺と大阪堆積平野上の数点について、南海トラフ巨大地震の震源域を含む範囲の地盤構造モデルからグリーン関数データベースを作成し、地震動作成システムから利用できるようにした。今後は、グリーン関数データベースの拡充を図っていくことが課題となる。また、本システムは有限差分法によって計算されたグリーン関数を用いているため、長周期地震動のみの予測にとどまる。今後は、統計的グリーン関数法などと組み合わせることで、広帯域の地震動を予測することができるシステムとする必要がある。

(e) 引用文献

- 1) 地震調査研究推進本部：「長周期地震動予測地図」2012 年試作版 付録 2. 全国 1 次地下構造モデル（暫定版），2012
- 2) 田中紳太郎，川辺秀憲，宮本裕司：大阪平野における長周期地震動の特性（その 2）単会トラフにおける海溝型地震の長周期地震動予測，日本建築学会大会学術講演梗概集構造 II，pp.1239-1240，2016
- 3) 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，pp.1-9，2000

③地盤被害

(a) 業務の要約

地震時における盛土造成斜面の変状メカニズム解明の一環として、盛土造成斜面の共振、すなわち固有振動数と入力振動数の関係に着目した 1G 場振動台模型実験を実施した。その結果、盛土造成斜面の地震時安定性は、単に入力加速度の大ききさで決まるのではなく、盛土造成斜面の固有振動数と入力振動数の関係に強く依存することがわかった。

(b) 業務の実施方法

日本は、国土の約 73%を山地が占めており、平坦地に限りがある。そのため、丘陵地の丘部分を切土し、その際に発生した土砂を盛土材に転用して、周辺の谷部や窪地を盛土する造成手法が、効率的かつ経済的な手法として多用されてきた。この手法で造成された斜面は、道路、鉄道等の線状構造物に加えて、都市部周辺の住宅地に供用されており、都市の発展等に寄与してきた。一方で、大地震においては、盛土造成斜面の変状に伴う被害が多数報告されている。例えば、近年発生した地震に対する報告として、1995 年兵庫県南部地震 (Kamai, 1995)、2004 年中越地震 (Mid Niigata Prefecture Earthquake research committee, 2007)、2007 年能登半島地震 (Tameshige et al., 2009)、2011 年東北地方太平洋沖地震 (Kamai et al., 2013, Murao et al., 2013)、および 2016 年熊本地震 (Mukunoki et al., 2016) などがある。被害は、プレート間地震や内陸地殻内地震などの、震源が浅くマグニチュードの大きい地震の際に発生することがわかっており、盛土造成斜面が大地震に対して脆弱であり、地盤工学的な危険因子であることは明らかである。地震時に変状しにくい盛土斜面の造成手法としては厳しい盛土の締固め管理が、また対策工としては地すべり対策工法の適用が提案されており、これらの手法は経験的に有効であると考えられている。一方で、2007 年能登半島地震においては、高品質で十分に締固められていた有料道路内の盛土造成斜面において、大規模な地すべりが発生したことが報告されている。また、2011 年東北地方太平洋沖地震においては、同時期に地すべり対策工 (杭工、地下水排除工) が施工された盛土造成斜面であっても、対策が有効であった場所もあれば、そのすぐ近傍において地すべりが発生したという報告もある。これらの被害事例から、現行の設計法や対策工は、経験に頼る部分が大きく、被害を防ぐためには十分ではないとすることができる。ここでは、地震時における盛土造成斜面の変状メカニズム解明の一環として、盛土造成斜面の共振、すなわち固有振動数と入力振動数の関係に着目した 1G 場振動台模型実験結果を示す。

模型は、図 3-2-③-1 に示すように、ステンレス製の土槽内に、基盤部分と盛土部分からなる盛土造成斜面を模した模型地盤を作成した。実際の盛土造成斜面は、長さ 120m 未満のものが大半であることから、約 1/100 スケールの模型である。土槽の前後部分は水槽で、模型地盤の浸潤、および飽和に供する。土槽の側面はアクリル板で、変形の観察が可能となっており、実験条件は、平面ひずみ状態である。模型地盤内には、図 3-2-③-2 に示すように、加速度計 7 個、間隙水圧計 7 個を盛土部分

作成時に埋め込み、入力振動計測のための加速度計を、土槽底部に設置した。

基盤部分は、三河珪砂（4, 5, 5.6, 6, 7号）にセメント系固化剤を 150kg/m^3 の割合で添加して作製した。基盤作製にあたっては、含水比 15% で突き固め、28 日養生を経た後に階段状に整形した。また、基盤と盛土の境界を階段状にして抵抗を大きくすることで、境界面ですべりが発生しないようにした。盛土部分は、三河珪砂（4, 5, 6, 7号）、DL クレー、および青色粘土の混合試料を用いている。含水比を 12% に調整し、乾燥密度 $\rho_d=1.72\text{ g/cm}^3$ （締固め度 $D_c=90\%$ ）となるよう密度管理を行いながら、水平成層となるように 15 層（1 層 2cm）に分けて突き固めた。模型地盤完成後、30 時間かけて段階的に浸潤面を上昇させ、模型地盤が水浸状態となってから 10 時間放置した後で、所定の形状の斜面となるように盛土部を掘削・整形した。

入力加速度は振動数一定の正弦波とし、 0.2 m/s^2 段階的に 0.5 m/s^2 刻みで加速度を大きくする加振を行った。各段階の加振時間は 60 秒である。各段階間で、次の加振準備のために 240 秒のインターバルを設けたが、インターバル中に間隙水圧の変動はほぼ見られず連続的な加振とみなした。また、いずれの段階においても、入力開始から約 1.5 秒で所定の加速度に達するよう制御している。模型斜面の固有振動数の決定方法については後述するが、固有振動数と入力振動数の関係に着目して盛土造成斜面の変状メカニズムを明らかとするため、次の 3 ケースについて検討した。

Case1：入力振動数が 50Hz の場合（模型斜面の固有振動数にほぼ等しい）

Case2：入力振動数が 20Hz の場合（模型斜面の固有振動数より小さい）

Case3：入力振動数が 80Hz の場合（模型斜面の固有振動数より大きい）

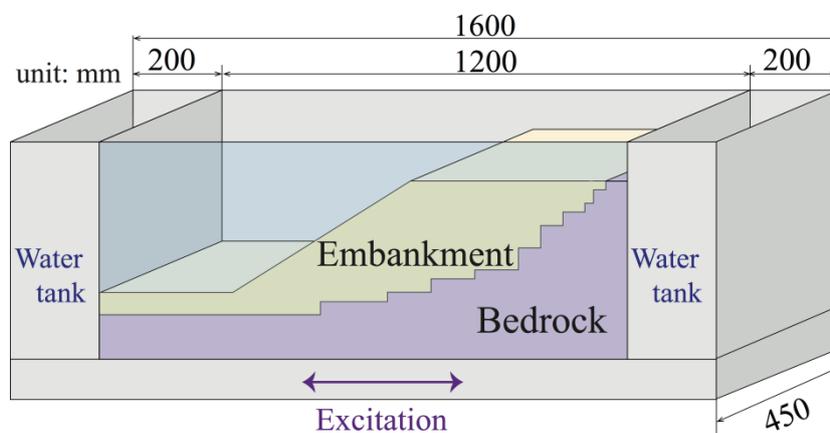


図 3 - 2 - ③ - 1 模型土槽の概要

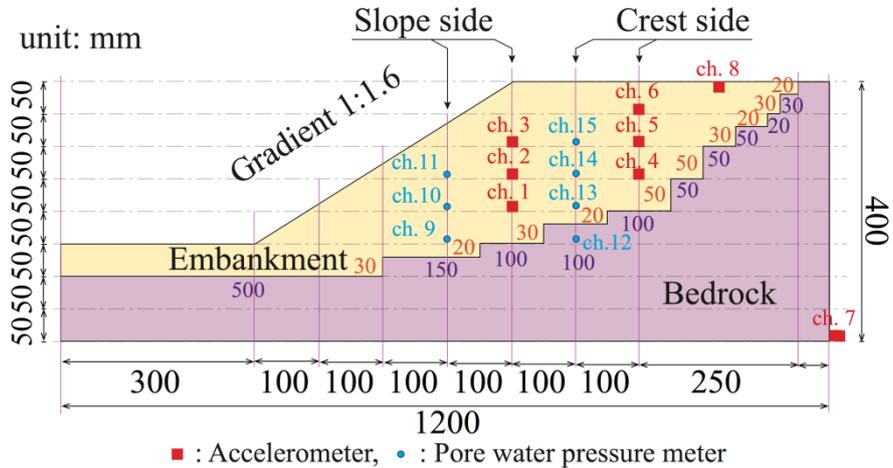


図 3 - 2 - ③ - 2 計測器の配置

(c) 業務の成果

振動数に着目した検討を行うにあたって、模型斜面の固有振動数を把握するために、掃引試験を実施した。掃引波は、加速度振幅 0.2m/s^2 一定の正弦波形とし、振動数を $10\sim 60\text{ Hz}$ まで上昇させて、盛土部の天端に設置した加速度計 (ch.8) によって加速度増幅を計測した。図 3 - 2 - ③ - 3 は、掃引試験の入力加速度 (ch.7) と、天端での計測加速度を示す。(b) は振動数 40Hz 周辺、(c) は天端での計測加速度がピーク付近の振動数 53 Hz 周辺、(d) は振動数 55Hz 周辺の拡大図を示す。(a) において、入力振動数の変化に伴い、天端の計測加速度が、時刻 390s 周辺までは増幅し、その後、減衰していることから、最も増幅が大きかった時点の入力振動数が模型斜面の固有振動数であることがわかる。詳しく見ると、入力振動数 40Hz 周辺では、ほとんど増幅がみられない。一方で、入力振動数 53Hz 周辺では、約 4 倍の増幅がみられ、入力振動数 55 Hz 周辺では、約 3 倍の増幅がみられる。これらの結果より、模型斜面の固有振動数は $50\sim 60\text{Hz}$ 間にあり、 50Hz 寄りであることから、実験においては、固有振動数に近い入力振動数として、 50Hz の振動を入力することとした。

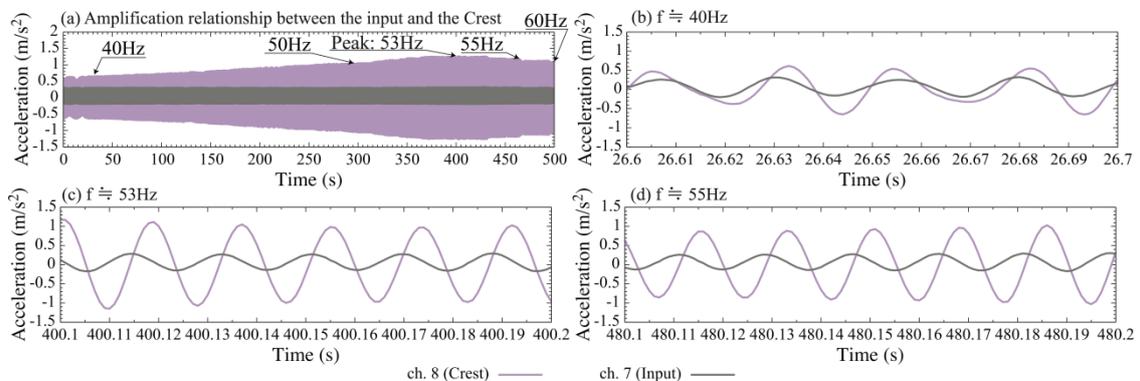


図 3 - 2 - ③ - 3 固有振動数の探索結果

【Case1：入力振動数が 50Hz の場合（模型斜面の固有振動数とほぼ等しい）】

図 3-2-③-4 は計測加速度とその増幅率の変化を、図 3-2-③-5 は過剰間隙水圧比の変化を示す。なお、加速度増幅率（以下、増幅率と記す）を、入力加速度に対する増幅加速度の比として式(1)で求めている。

$$\text{加速度増幅率} = \frac{\text{増幅加速度}}{\text{入力加速度}} \quad (1)$$

写真 3-2-③-1 は加振前と 11 段階目（入力加速度 5.2 m/s²）の、模型側面の状況を示す。写真 3-2-③-1 内の 2 つのすべり面は、側面に設置したマーカーの変位と、後述する増幅率変化、および間隙水圧挙動から判定したものである。

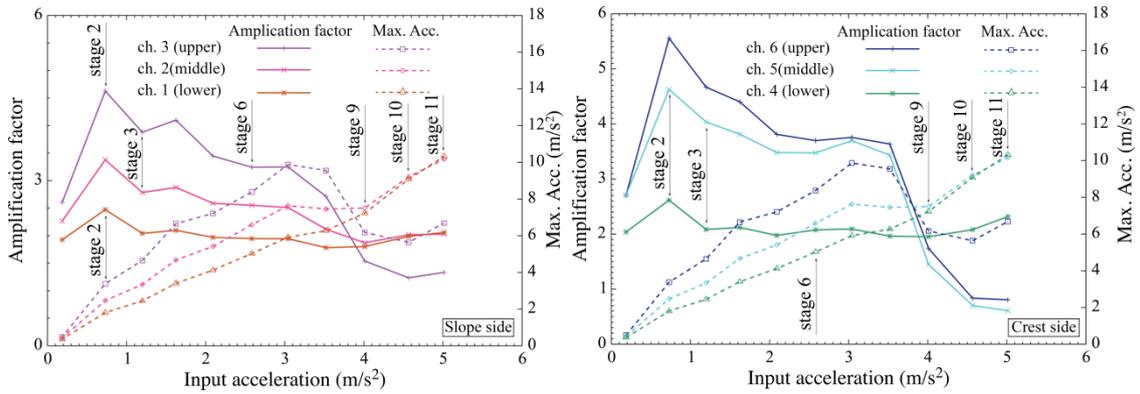


図 3-2-③-4 計測加速度と増幅率変化 (Case1)

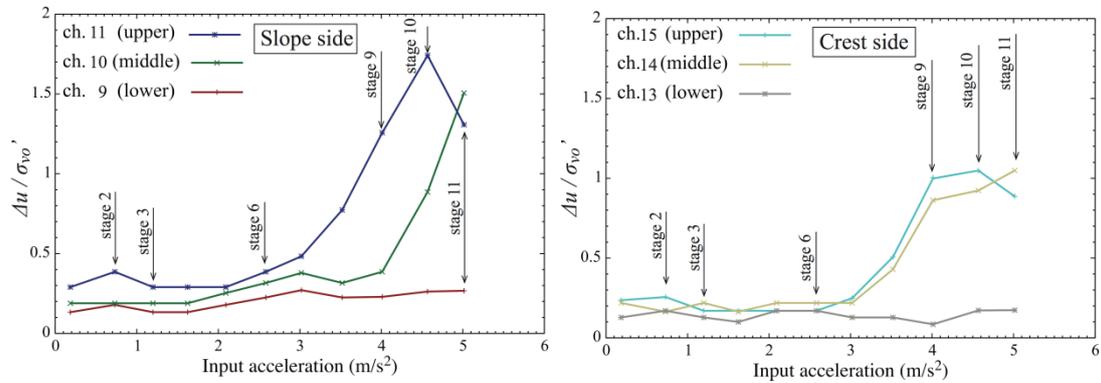


図 3-2-③-5 過剰間隙水圧変化 (Case1)

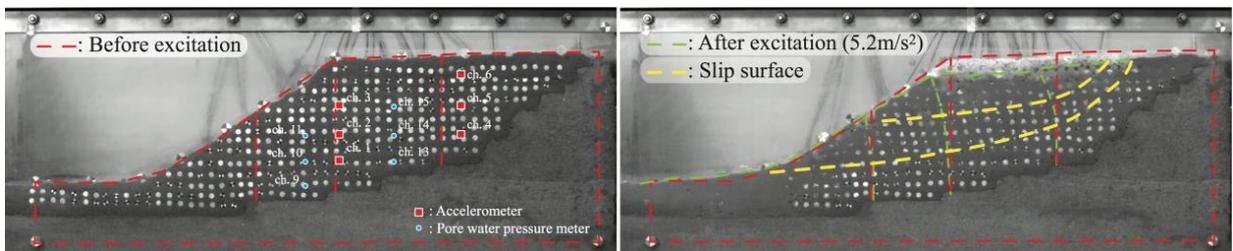


写真 3-2-③-1 初期および 11 段階目の加振後の側面の様子 (Case1)

1 段階目～2 段階目「共振過程」

図 3-2-③-4 より、深度方向の増幅率を比較すると、初期段階では盛土内で地表面に近い箇所ほど増幅率が大きく、以下のような関係となる。

法面側：ch.1(lower) < ch.2(middle) < ch.3(upper)

天端側：ch.4(lower) < ch.5(middle) < ch.6(upper)

いずれの深度においても、増幅率は 2 段階目（入力加速度 0.7m/s^2 ）で最大となる。これは、入力振動数が模型斜面の固有振動数に近いので共振が生じているためであり、深部に比べて浅部ほど揺れが大きい。この段階では共振が生じているので、入力加速度が小さくても盛土部では大きな揺れが生じている。

3 段階目～8 段階目「系としての固有振動数低下過程」

さらに入力加速度を大きくすると（3～8 段階目）、どの計測点においても加速度は増加しつつも、深度方向の増幅率の大小関係を保ったまま、盛土浅部～中央部の増幅率が減少に転じる。この 3 段階目（入力加速度 1.2m/s^2 ）以降における増幅率の減少は、加振に伴う微小な塑性変形が蓄積して共振しなくなったためだと考えられる。また、模型斜面に明確な変状は見られないが、3 段階目の加振以降、地表面からの水の湧き出しが確認できるようになった。3 段階目以降の増幅率の減少が、浅部ほど大きいことから、拘束圧が小さい法肩や法面付近ほど塑性変形の蓄積量が大きくなっていると考えられる。水の湧き出しは、上述の模型斜面内の間隙水圧の上昇に伴う透水の結果であることを意味する。すなわち、一番浅部に設置された水圧計であっても間隙水圧計の値に上昇がみられないが、それよりも浅部で間隙水圧が上昇したために、水の湧き出しが発生したと考えられる。

9 段階目～10 段階目「浅部のすべり発生過程」

9 段階目（入力加速度 4.2m/s^2 ）になると、写真 3-2-③-2 に示すように、表層における開口亀裂が発生し、流動的な浅部のすべりが明瞭となる。この段階では、法面浅部の増幅率（ch.3）が著しく低下し、深度方向の増幅率の大小関係は、以下のように反転する。

法面側：ch.3(upper) < ch.1(lower) < ch.2(middle)

天端側：ch.5(middle) < ch.4(lower) < ch.6(upper)

図 3-2-③-6 は、9 段階目（入力加速度 4.2m/s^2 ）の加振における法面側の過剰間隙水圧比と加速度波形を示す。加振終盤では、法面浅部の過剰間隙水圧比（ch.11）が加振中に徐々に増加して 1.0 を超え、剛性・強度が低下するとともに、加速度（ch.3）は 10m/s^2 でピークを迎えた後、徐々に減衰している。

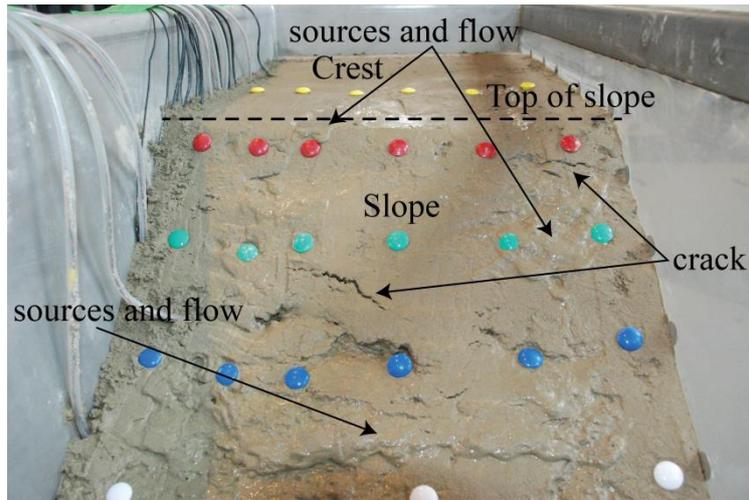


写真 3 - 2 - ③ - 2 9段階目の加振後の法面の様子 (Case1)

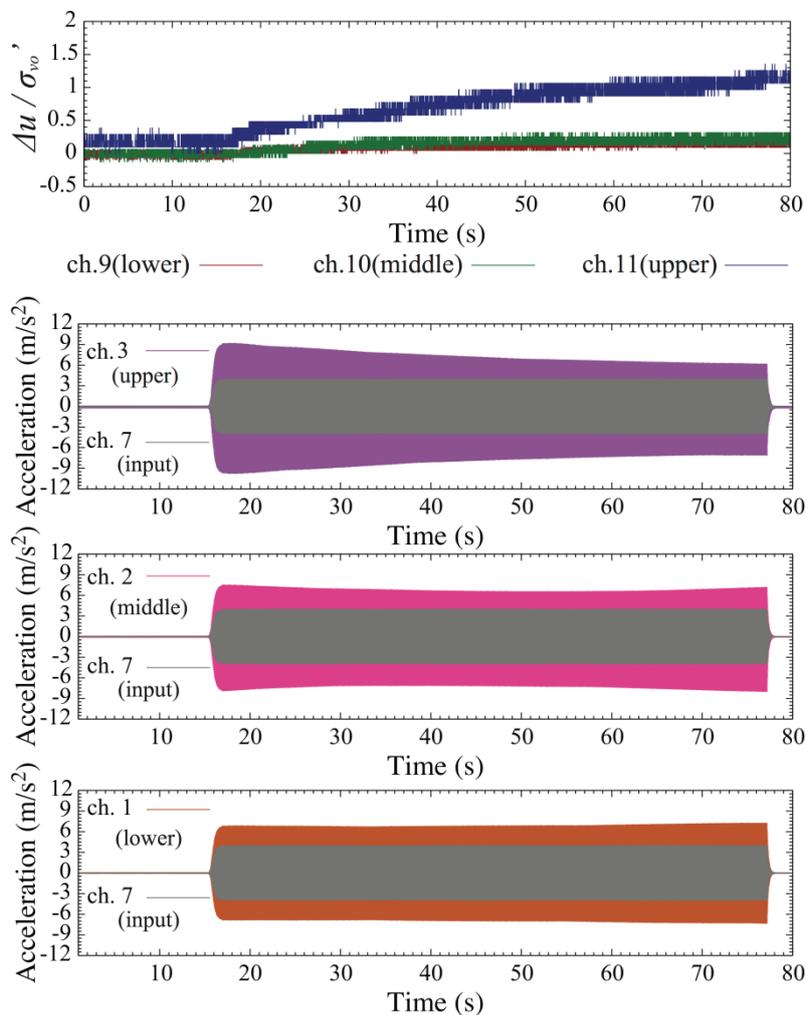


図 3 - 2 - ③ - 6 9段階目の加振中の過剰間隙水圧比と加速度波形 (Case1, 法面側)

11段階目～「深部のすべり発生過程」

11段階目 (入力加速度 5.2m/s^2) になると、盛土天端から法尻へと向かう深いすべ

りが発生した。この段階では、法面中央部の増幅率 (ch.2) が著しく低下し、深度方向の増幅率の大小関係は、以下のようにさらに反転する。

法面側 : ch.3(upper) < ch.2(middle) < ch.1(lower)

図 3-2-③-7 は、11 段階目 (入力加速度 5.2 m/s^2) の加振における法面側の過剰間隙水圧比と加速度波形を示す。先に示した加振 9 段階目の浅部と同様、法面中央部の過剰間隙水圧比 (ch.10) が 1.0 を超えるとともに、中央部の加速度 (ch.2) は 7.5 m/s^2 でピークを迎えた後、徐々に減衰している。9 段階目で発生した表層付近の流動的すべりとは別に、11 段階目では深部ですべりが発生した。このすべりの発生は、浅部のすべりと同様のメカニズムで、すなわち、(発生するすべり面より上の土塊の) 慣性力の増大とともに、共振を含む繰返し負荷過程での、塑性変形の蓄積に伴う剛性と強度の低下に起因すると考えられる。

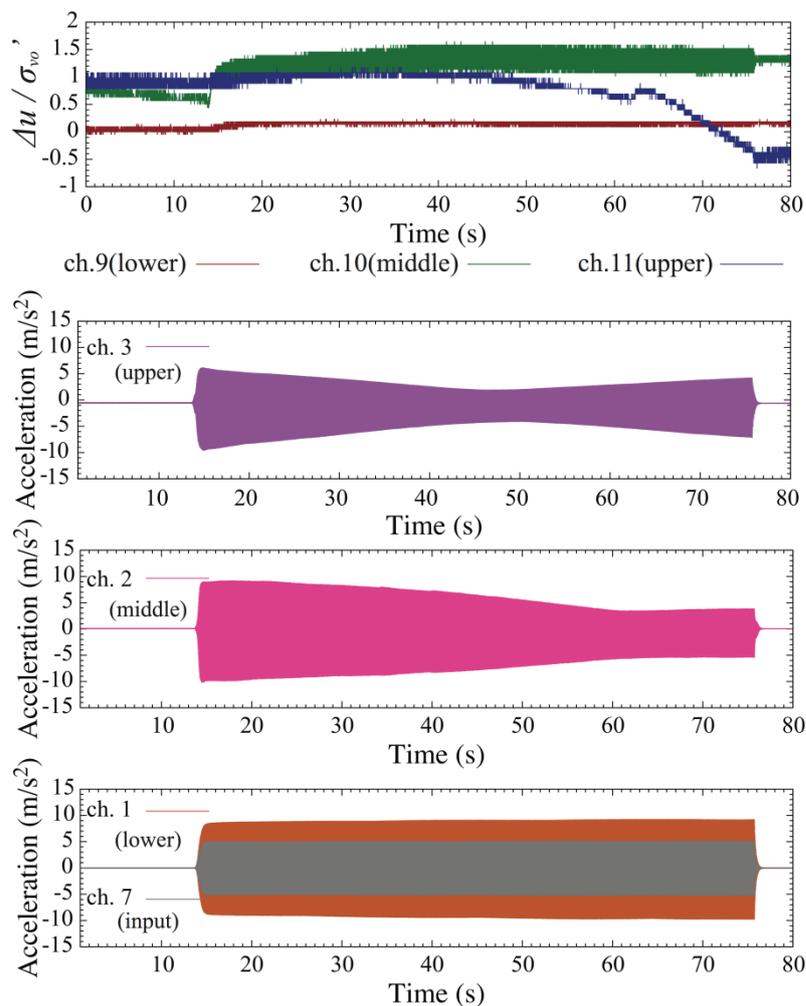


図 3-2-③-7 11 段階目の加振中の過剰間隙水圧比と加速度波形 (Case1, 法面側)

以上まとめると、入力振動数が固有振動数とほぼ等しい場合は、加振初期段階から共振が生じて加速度が増幅する。塑性変形の蓄積とともに平均有効応力は減少して、やがて拘束圧の小さい盛土浅部において局所的に剛性や強度が低下する。同時に、浅

部の加速度は増加率が減少するものの大きさは増大して慣性力が増大するため、浅部ですべりが発生する。さらに、入力加速度が大きくなると、今度は深部においても同様のメカニズムですべりが発生する。

【Case2：入力振動数が 20Hz の場合（模型斜面の固有振動数より小さい）】

図 3-2-③-8 は計測加速度とその増幅率の変化を、図 3-2-③-9 は過剰間隙水圧比の変化を示す。写真 3-2-③-3 は加振前と 12 段階目（入力加速度 5.7m/s²）の模型側面の状況を示す。なお、写真 3-2-③-3 中のすべり面は、側面に設置したマーカーの変位と、後述する加速度増幅、および間隙水圧挙動から判定したものである。

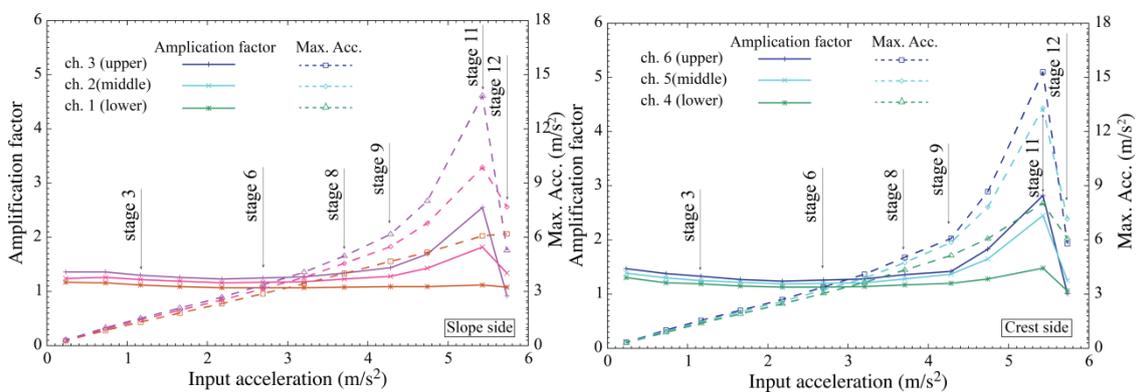


図 3-2-③-8 計測加速度と増幅率変化 (Case2)

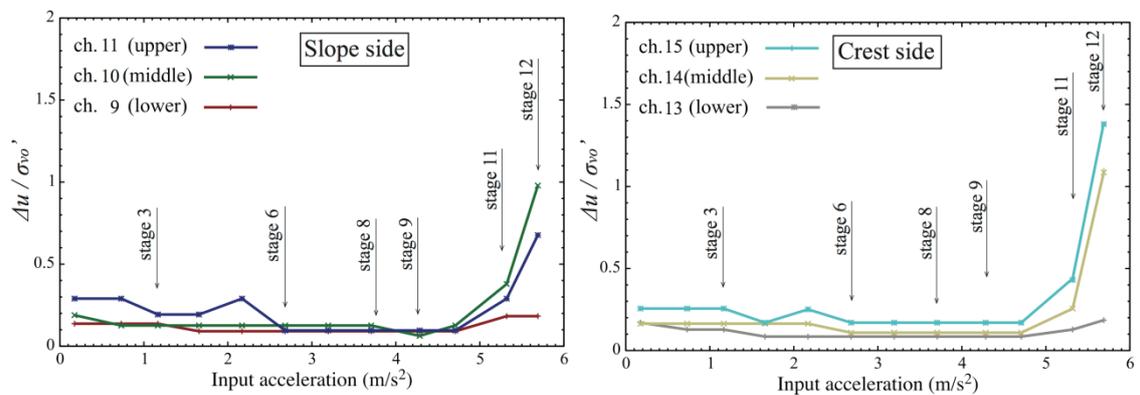


図 3-2-③-9 過剰間隙水圧変化 (Case2)

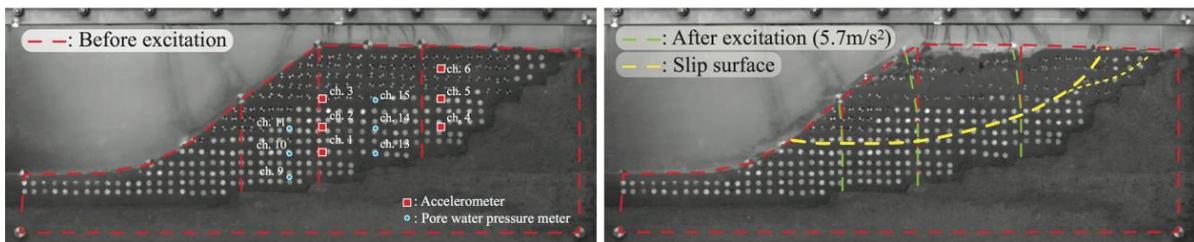


写真 3-2-③-3 初期および 12 段階目の加振後の側面の様子 (Case2)

1 段階目～8 段階目「非共振過程」

図 3-2-③-8 より、増幅率は地表面に近いほど大きい傾向において Case1 と同様である。しかし、その値は小さく、模型斜面は共振せずに、ほぼ一様に揺れていることがわかる。

9 段階目～11 段階目「系としての固有振動数増加過程」

9 段階目（入力加速度 4.7m/s^2 ）になると、深度方向の増幅率の大小関係を保ちながら、盛土浅部～中央部において加速度とともにその増幅率が徐々に増加しはじめる。同時に、過剰間隙水圧比も上昇し、表層で水の湧き出しが見え始めるが、Case1 でも説明したように、加振によって塑性変形が蓄積して平均有効応力が減少したためである。平均有効応力減少とともに剛性が低下し、系としての固有振動数は減少する。加振初期の固有振動数は、入力振動数（20Hz）と離れていたため、共振は生じずに揺れは小さかったが、固有振動数が次第に減少して入力振動数に近づくため、共振が生じて増幅率は増加する。図 3-2-③-8、図 3-2-③-9 からわかるように、11 段階目（入力加速度 5.2 m/s^2 ）から間隙水圧の上昇がピークを迎える。

12 段階目「上部・中央部一体のすべり発生過程」

12 段階目では、盛土浅部と中央部の増幅率が減少して、深度方向の増幅率の大小関係は、以下のように反転する。

法面側：ch.3(upper) < ch.2(middle) < ch.1(lower)

天端側：ch.6(upper) < ch.5(middle) < ch.4(lower)

この段階では、上部と中央部の計測加速度が増大して慣性力も増大するとともに、盛土浅部と中央部の過剰間隙水圧比が 1.0 を超えて剛性と強度が低下し、盛土中央部を貫くすべりが急に発生した。亀裂が地表面に発生し、側面からの目視観察においても、明瞭な変形が確認できた。共振が発生した時点で入力加速度が大きいことが原因で盛土浅部から中央部が同時に剛性を失ったため、Case1 のように表層から深部へとすべりが段階的に進展するのではなく、盛土中央部から一気にすべりが発生したと考えられる。

以上まとめると、入力振動数が盛土斜面の初期の固有振動数より小さい場合、加振初期段階は共振が生じないため安定を保つ。しかし、入力加速度が大きくなるにつれて塑性変形が蓄積すると、模型斜面の固有振動数が徐々に減少し、やがて入力振動数に近づくと共振が生じ、盛土部の揺れが非常に大きくなる。Case1 と同じメカニズムで、すなわち、盛土斜面の慣性力の増加とともに、盛土浅部と中央部において平均有効応力が減少して剛性・強度が低下し、盛土中央部を貫くすべりが発生する。共振が発生した時点で入力加速度が大きいため、Case1 のように表層から深部へとすべりが段階的に進展するのではなく、盛土中央部から一気にすべりが発生した。

【Case3：入力振動数が 80Hz の場合（模型斜面の固有振動数より大きい）】

図 3-2-③-10 は、過剰間隙水圧比の変化を示す。写真 3-2-③-4 は、加振前と 15 段階目（入力加速度 7.7m/s^2 ）の模型側面の状況を示す。

Case 3 では、Case 1、2 と異なり、15 段階目までの加振を行っても、目視で観測可能な変形が生じなかった。入力振動数が加速度計の許容応答振動数を超えるため、増幅率に関する議論はできない。しかし、間隙水圧挙動としては、図 3-2-③-10 に示すように、15 段階目までの加振において、過剰間隙水圧比の増加は見られない。Case1、2 と同様に、入力加速度の増加とともに塑性変形が蓄積し、系としての固有振動数は減少していると考えられるが、入力振動数から遠ざかる一方であるため、共振による加速度増幅は発生せず安定を保ったと考えられる。なお、11 段階目（入力加速度 5.2 m/s²）以降の加振では、法肩と天端周辺のみから徐々に水の湧き出しが確認され、15 段階目の加振では明瞭となるが、すべりの発生にまでは至っていない。

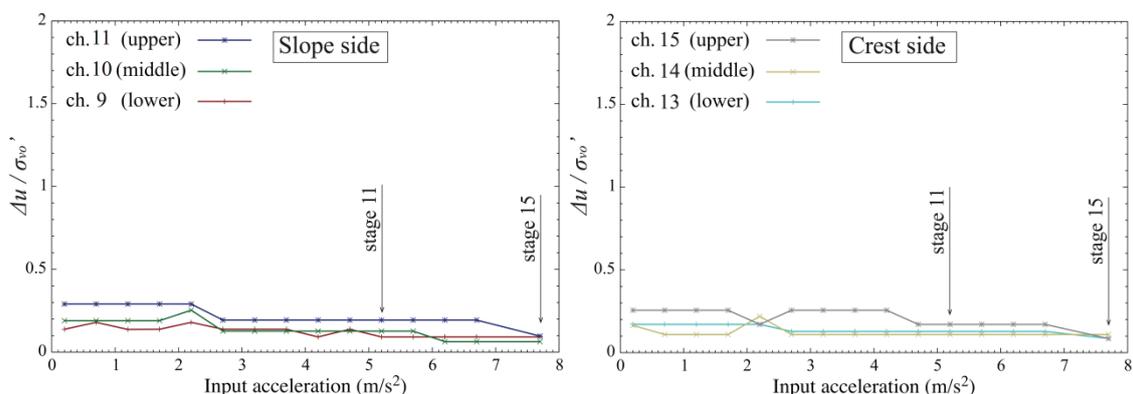


図 3-2-③-10 過剰間隙水圧変化 (Case3)

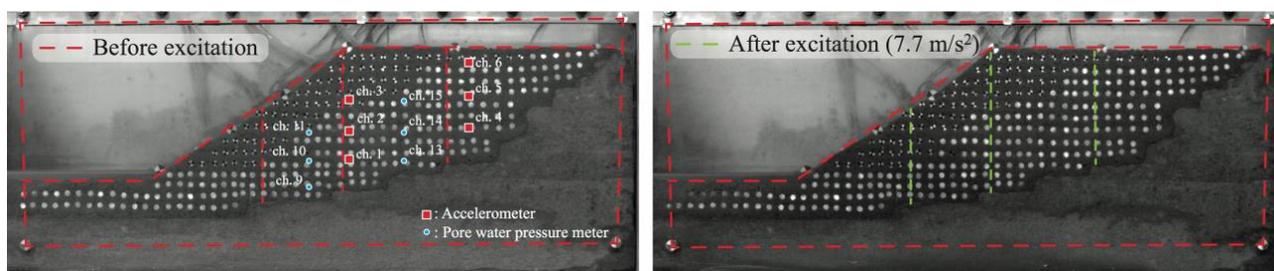


写真 3-2-③-4 初期および 15 段階目の加振後の側面の様子 (Case3)

以上まとめると、入力振動数が盛土斜面の初期の固有振動数より大きい場合、塑性変形の蓄積によって模型斜面の固有振動数が変化（減少）しても、入力振動数から遠ざかるため、共振せずに安定を保つことができた。

(d) 結論ならびに今後の課題

実験結果から、盛土造成斜面の地震時安定性評価は、単に地震波の加速度の大きさで決まるのではなく、盛土造成斜面の固有振動数と入力地震動の卓越振動数の関係に強く依存することがわかった。盛土の耐震対策工法は様々にあるが、単に補強・対策すればよいというものではなく、対象とする盛土造成斜面の振動特性を把握し、現地で想定される地震動の卓越振動数を考慮に入れた対策を行わないと、共振によって、

反って被害を増大させてしまう危険性があることを示唆している。

(e) 引用文献

- 1) Kamai, T., Landslides in the Hanshin urban region caused by the 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake, *Japan Landslide News* 9, 12-13, 1995.
- 2) Kamai, T., Ohta, H., Ban, Y. and Murao, H.: Landslides in urban residential slopes induced by the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake, *Studies on the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake*, Springer, 103 -122, 2013.
- 3) Mid Niigata Prefecture Earthquake research committee, Mid Niigata Prefecture Earthquake research committee report, *The Japanese geotechnical society*, 228-302, 2007.
- 4) Mukunoki, T., Kasama, K., Murakami, S., Ikemi, H., Ishikura, R., Fujikawa, T., Yasufuku, N., and Kitazono, Y.: Reconnaissance report on geotechnical damage caused by an earthquake with JMA seismic intensity 7 twice in 28 h, Kumamoto, Japan, *Soils and Foundations*, 56(6): 947–964, 2016.
- 5) Murao, H., Kamai, T. and Ohta, H., Slope disaster in urban residential region by earthquake - Take the 2011 off the pacific coast of Tohoku earthquake as an example -, *Journal of the Japan Society of Engineering Geology* 53(6), 292-301, 2013.
- 6) Tameshige, M., Kawamura, K., Komada, S., Miyamura, M., Haibara, T. and Mouri, T., Noto peninsula earthquake damage to Noto toll road and its restoration - Embankment damage and countermeasure work -, *Japanese Geotechnical Journal* 4(4), 289-305, 2009.

④重要建物を想定した構造・内部空間の被災状況予測

(a) 業務の要約

大規模地震災害時に特に影響の大きい重要構造物として、超高層建物と庁舎建物があげられる。ここでは、前者について特に室内耐震対策を促進する振動可視化による啓発ツールの開発、後者について2016年熊本地震で被災した低層RC造庁舎建物の常時微動計測に基づく地震時挙動の分析を行った。また、東海地域の被害予測・被災時対応に向けて、2016年4月1日に発生した三重県南東沖地震の観測記録の収集・分析を行った。

(b) 業務の実施方法

1) 長周期地震動を考慮した超高層建物の被害軽減にむけた振動体感ツールの開発

南海トラフ地震を想定して特定地点、特定建物、指定階の床応答を予測し、室内家具の挙動を計算したうえで、バーチャルリアリティ技術で揺れと被害を体感するツールを試作する。

2) 2016年熊本地震におけるRC造3階建て杭基礎建物の地震時挙動

熊本地震で被災した低層RC造庁舎を対象に、建物・地盤で常時微動観測を実施し、相互作用特性を含む振動特性の検討を行う。

3) 2016年三重県南東沖の地震における東海地域の地震観測記録

三重県南東沖地震の観測記録を、東海地域を中心に多数の期間の協力を得て収集・整理し、特に地盤振動特性について分析を行う。

(c) 業務の成果

1) 長周期地震動を考慮した超高層建物の被害軽減にむけた振動体感ツールの開発

a) 背景と目的

2011年の東北地方太平洋沖地震では、長周期地震動の発生により首都圏や震源から遠く離れた大阪府の超高層建物が大きな影響を受け、共振現象が問題になった。地表の揺れが小さな場合でも超高層建物の上層階では増幅され、長時間・大振幅の揺れとなる。長周期地震動に関して、気象庁は2013年、通常の震度階級とは別に長周期地震動階級を導入した。また内閣府は2015年に「南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動に関する報告」をまとめ、250mメッシュでの揺れの予測を行った。これによれば、三大都市圏では長周期成分が卓越した継続時間の長い地震動となり、超高層建物が大応答となる可能性は高い。国土交通省は2016年に「超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動対策について（技術的助言）」をまとめ、三大都市圏と静岡地方で長周期地震動を考慮した設計用入力地震動を設定するなどの対策を打ち出した。

以上を踏まえて、南海トラフ地震を想定して、超高層建物の応答評価と、それに基づく揺れや室内被害の体感環境を構築し、超高層建物の耐震対策にむけた意識啓発ツールの開発を行った。

b) 地震時の建物応答可視化ツールの開発

超高層建物の揺れの体験は、長周期・大振幅応答の正確な再現に困難がある。研究機関で特殊な振動台などの装置を開発した例や、単純な装置で啓発目的に特化したものなどがある。ここではバーチャルリアリティ（仮想現実、以下 VR）により室内の揺れと被害を体験する方法を用いることとし、安全性や手軽さとリアリティの両立を検討した。代表的な VR 装置としてヘッドマウントディスプレイ（以下 HMD）がある。ここでは将来的にこの種の装置を使用することを想定しつつ、より手軽なスマートフォンと立体視レンズを用いた簡易 HMD による地震体験アプリケーションを試作する。

まず、任意の場所・建物に対応した揺れの想定を行う。入力は、内閣府による「南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動に関する報告」により、3 次メッシュごとに作成された地震動を用いる。建物は階数、固有周期、減衰定数を設定し、逆三角形一次モードを仮定して任意階の応答を計算する。一般向けには、固有周期と減衰定数の代わりに構造種別（S 造または RC 造）を入力する。以上のアプリケーションとサーバによるシステム概要を図 3-2-④-1 に、室内の揺れ映像の例を図 3-2-④-2 に示す。通信技術を活用して、手軽なスマートフォン等の端末と能力の高いサーバによるシステムとすることで、将来の柔軟な展開が可能となる。簡易な搭乗型振動台（図 3-2-④-3）との連動によるリアリティの高い体験も検討中である。

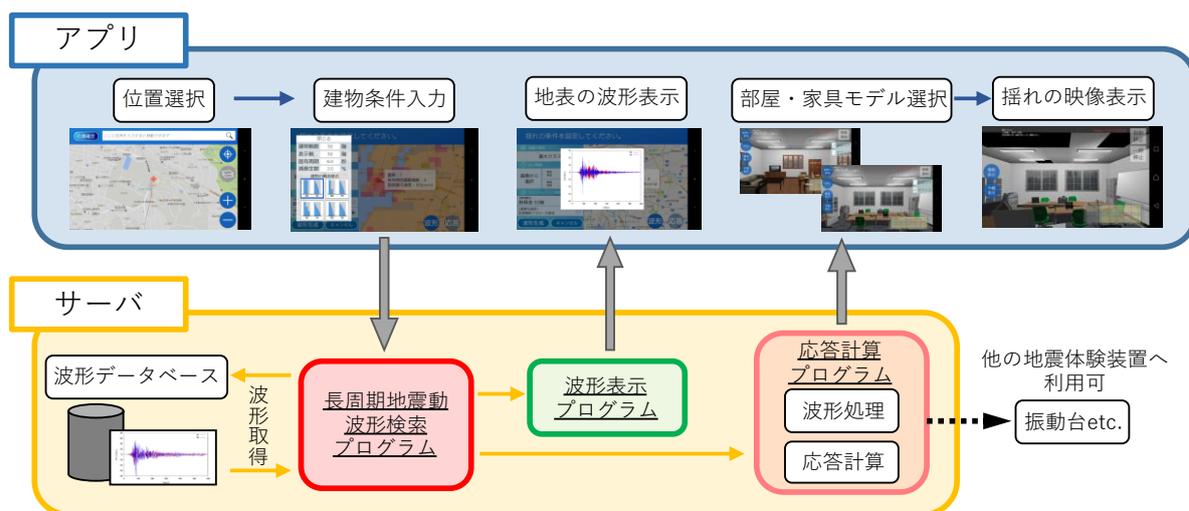


図 3-2-④-1 任意地点・任意建物の振動体験用システムの構成



図 3-2-④-2 室内の揺れ映像の例



図 3-2-④-3 大振幅振動台「パレットぶるる」

2) 2016年熊本地震におけるRC造3階建て杭基礎建物の地震時挙動

a) 背景と目的

2016年熊本地震においては、益城町役場庁舎（以下本建物）に設置された震度計で2度にわたり震度7が記録された。益城町では、古い木造家屋などで甚大な被害が発生したが、耐震補強が実施されていた本建物やRC造4階建ての町営住宅では、外観上で顕著な損傷は認められなかった。ここでは、著者らが実施した本建物の常時微動計測結果に基づき、被災後の建物振動特性の分析を行う。

b) 地盤と建物の常時微動計測結果

2016年9月に当該建物およびその周辺地盤において常時微動計測を実施した。常時微動計（白山工業製JU210）を3台使用し、ケース1：建物南側地表観測点、本建物近傍の地表及び建物1階（震度計位置）、ケース2：建物近傍の地表、建物1階及び建物3階、ケース3：建物1階、建物2階及び建物3階の各ケースで実施した。図3-2-④-4に各ケースの常時微動計の配置図と、建物1階の設置状況を示す。建物南側観測点は建物近傍地盤に比べて低いレベルにあるため、以下では前者を地表（低いレベル）、後者を地表（高いレベル）と表す。計測時間は各ケース30分間とした。



図3-2-④-4 常時微動計測の配置図と建物1階の設置状況

図3-2-④-5に水平2方向の伝達関数とコヒーレンスを示す。いずれの方向でも1F/地表、3F/地表の結果から、連成系のピークは2Hz強にあり、3Hz以上の振動数では入力損失が明確に表れている。一方、3階/1階の結果から上部構造のピークは4Hz前後にある。以上の特性は、他の杭基礎庁舎建物で得られた結果¹⁾と類似している。

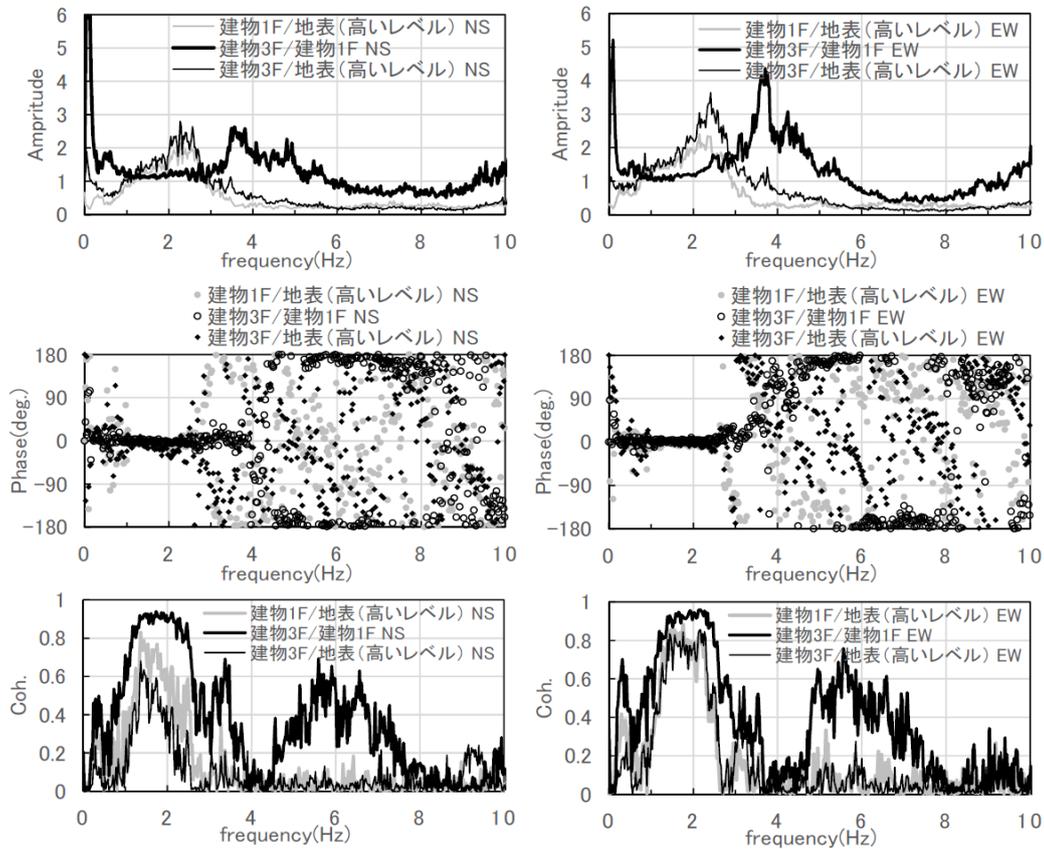


図3-2-④-5 常時微動計測による伝達関数（左：NS方向、右：EW方向）

図3-2-④-6に常時微動計測について、地盤と1階のフーリエスペクトル比を示す。常時微動では建物南側観測点に相当する地表（低いレベル）と、建物近傍の地表（高いレベル）の両方を用いているが、NS、EWのいずれもほぼ同様の傾向を示している。

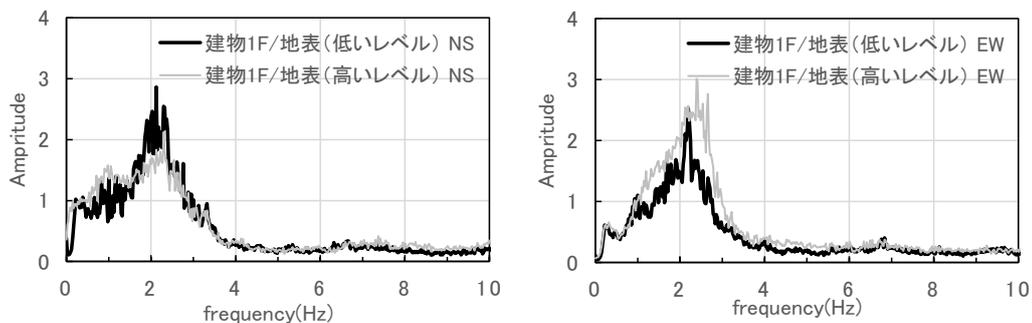


図3-2-④-6 常時微動計測における地表と建物1階のスペクトル比

3) 2016年三重県南東沖の地震における東海地域の地震観測記録

a) 背景と目的

2016年4月1日に発生した三重県南東沖の地震（M6.1）では、東海から近畿、四国に至る広域で最大震度4の揺れとなった。この地震は震源位置が中央防災会議で想定された南海トラフ巨大地震の破壊開始点の近傍であり、メカニズムも類似であることから、観測波形は将来の南海トラフ地震の地震動予測において重要と考えられている。

東海地域では自治体、ライフライン企業、研究機関などで観測された地震記録を一元化する試み²⁾が行われてきたが、今回の地震の重要性を考慮して、改めて多くの強震観測を行う機関に協力を依頼し、観測記録の収集・整理を行った。結果として約670地点の記録が得られている。ここではそれらの分析について述べる。

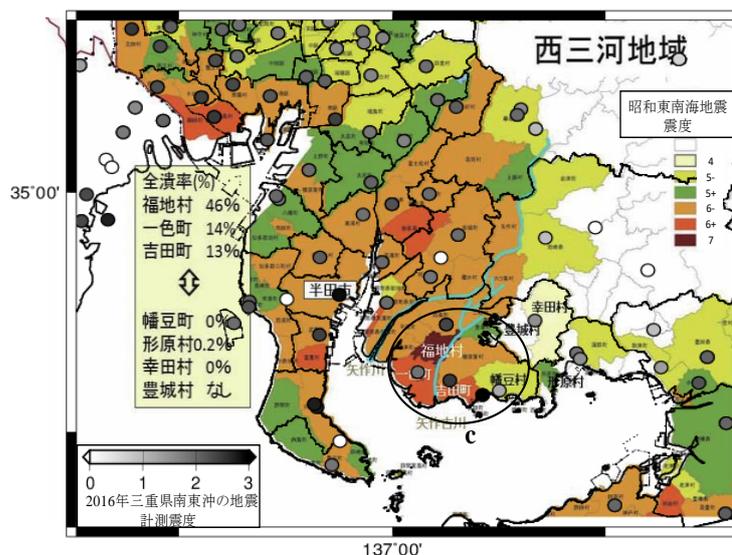
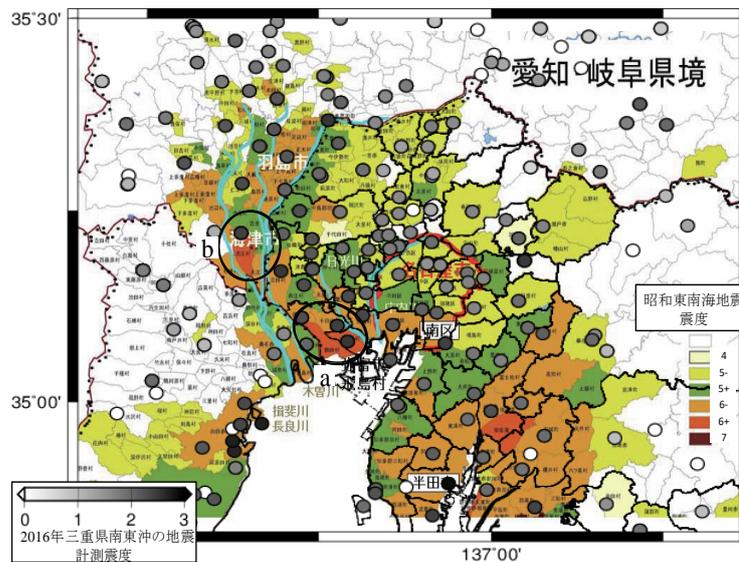


図3-2-④-7 2016年三重県南東沖の地震と1944年東南海地震の震度分布
(背景地図の色が東南海地震、丸印の色の濃さが今回の地震の震度を表す)

b) 1944 年東南海地震との比較

図 3-2-④-7 に 2016 年三重県南東沖の地震の計測震度分布と、武村³⁾によって算出された 1944 年東南海地震の震度分布を示す。東南海地震で被害の大きかった a、b、c の地域（図中の円で囲まれた地域）は三重県南東沖の地震でも相対的に計測震度が大きくなり、類似の分布傾向が読み取れる。特に c の西三河地域を境に東西で震度の差が大きい傾向が、どちらの地震でも見られることが分かる。

c) 特定の地域における強震観測記録の特徴

図 3-2-④-8 に名古屋市周辺、図 3-2-④-9 に西三河地域の観測点について、速度応答スペクトル（減衰定数 0.05）と地震基盤深さを重ねて示す。名古屋市周辺では地点による振幅や卓越周期の差が大きい。特に濃尾平野に位置する a の地域で長周期域のピークが大きくなっている。名古屋駅付近の b の地域では周期 4 秒弱、三の丸付近の c の地域では 3 秒弱で顕著なピークが見られ、いずれも深部地盤深さと対応した分布傾向となっている。図 3-2-④-9 では、豊田市西側の d の地域で周期 0.7 秒付近にピークが見られる。三河湾沿いの e の地点では周期 0.7 秒で大きな応答値を示している。

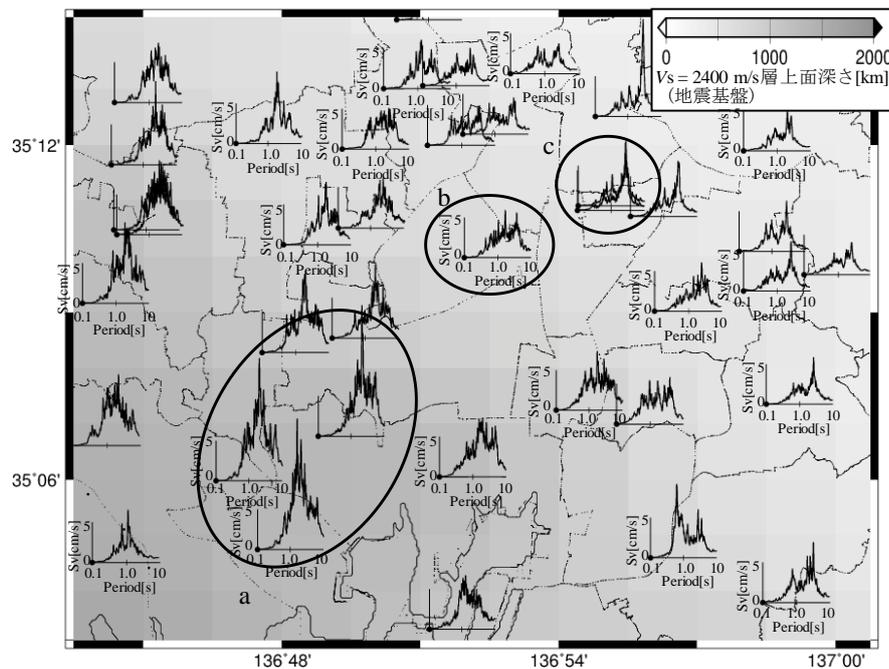


図 3-2-④-8 名古屋市周辺の速度応答スペクトルと深部地盤深さ

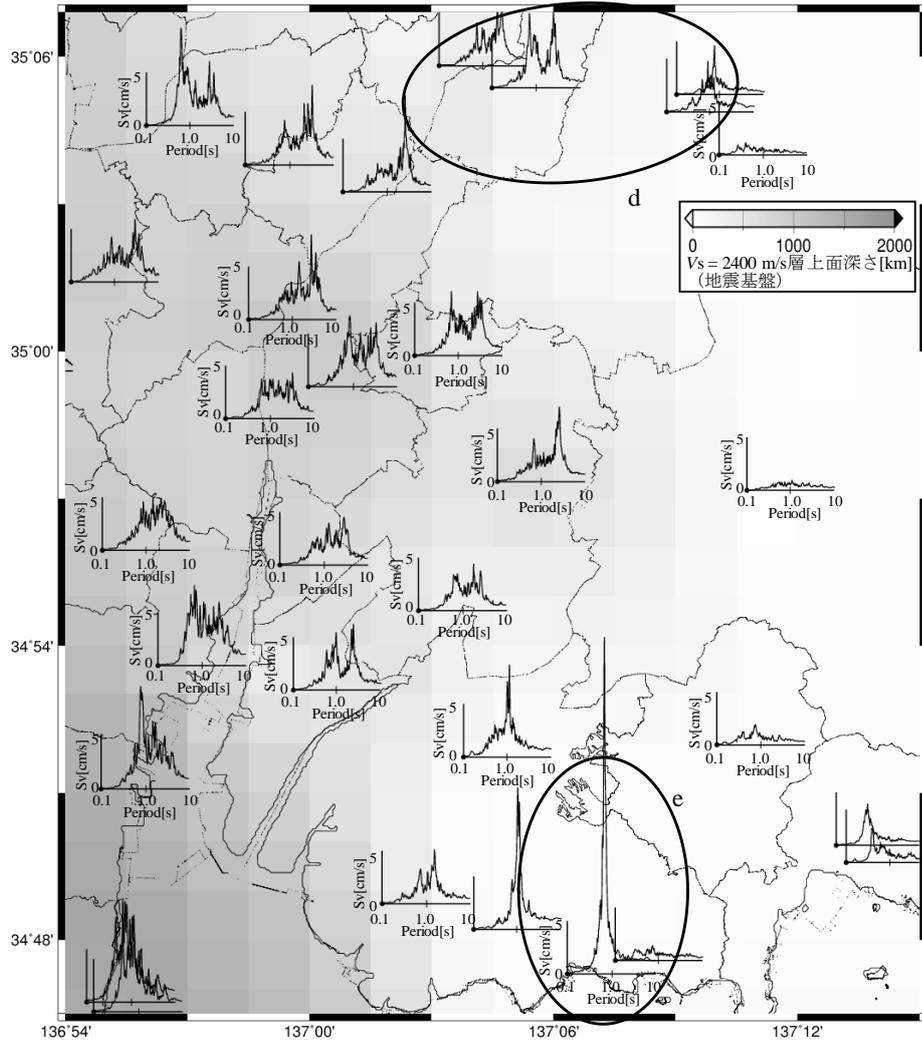


図3-2-④-9 西三河周辺の速度応答スペクトルと深部地盤深さ

(d) 結論ならびに今後の課題

建物の被災シナリオの検討と安全性評価のために、特に影響が大きい重要構造物として超高層建物と中低層庁舎建物を想定した検討を行うとともに、観測記録の蓄積を進めた。以下に各項目のまとめを述べる。

まず、超高層建物の応答については、南海トラフ巨大地震を想定して、特定の地点・建物に関する応答予測を行い、それに対応した室内の揺れと被害についてVRにより体感する環境を構築した。特に、応答予測を行うサーバとVR表示を行う端末（ここではスマートフォン+立体視レンズ）の組み合わせにより、柔軟で発展性のあるシステム構築を行った点に特徴がある。今後は、より現実的な体感を目指し、建物や地盤情報の詳細化、統計的グリーン関数法による地震動予測と建物高次モードの考慮による短周期応答の表現などを目指す予定である。

中低層庁舎建築の地震応答に関しては、熊本地震で被災した益城町庁舎に関して被災建物と周辺地盤の常時微動計測を行い、被災後の建物振動特性と被害の関係について動的相互作用特性を含めて考察した。

以上の分析の基本となる広域・詳細かつ実際的な地震動予測に向けて、南海トラフ地震と類似の震源位置や破壊メカニズムを持つ地震（2016年三重県南東沖）の記録収集を行い、広域の地震動特性を検討するとともに、1944年東南海地震の震度分布との比較を行った。

以上の成果に基づいて、より実際的な入力地震動を用いた設計や防災対策に向けて検討していく必要がある。

(e) 引用文献

- 1) 山下善也、護雅史、福和伸夫、飛田潤、井上波彦、高密度常時微動計測に基づく軟弱地盤に立地する杭基礎中層 RC 造建物の振動特性と動的相互作用効果、日本建築学会技術報告集、Vol.20 No.46、pp.895-899、2014
- 2) 飛田潤、福和伸夫、中野優、山岡耕春オンライン強震波形データ収集システムの構築と既存強震計・震度のネットワークシステム化、日本建築学会技術報告集、No.13、pp.49-52、2001.7
- 3) 武村雅之、1944年東南海地震の被害と教訓、第22号日本地震工学会誌、pp.2-7、2014

⑤ ライフライン

(a) 業務の要約

平成 28 年度は、南海トラフ巨大地震によるライフライン被害が社会に及ぼす影響評価を目的として、電力については熊本地震の事例調査と西三河防災減災連携研究会における被災後の電力復旧のための道路確保に関するワークショップを実施した。また、上水道については、仮想評価法（CVM）を用いて、南海トラフ巨大地震時の生活用水の減断水による影響評価を試みた。

(b) 業務の実施方法

本章では、電力および上水道に着目して、南海トラフ巨大地震による電力需要抑制の方策の検討と長期断水が経済に及ぼす影響についての検討を行った。

電力については熊本地震の事例調査と西三河防災減災連携研究会における被災後の電力復旧のための道路確保に関するワークショップを実施し、地域を限定したプラットフォームの有効性を検証した。また、上水道については、名古屋大学減災館で開催されている一般市民向け講演会等の場を活用し、仮想評価（CVM）に基づくアンケート調査を実施することで、大規模震災時の生活用水の減断水に伴う水道利用者の被害額を算出することを試みた。

(c) 業務の成果

1) 電力

a) 南海トラフ地震による電力需給ギャップ対策の方向性

前報までの考察により、南海トラフ地震発災時における時系列の電力需給シミュレーション事例について調査した結果、季節・時間帯によって 2 週間から 1 か月程度の電力需給ギャップが生じることを想定しておく必要があり、その間は需要側供給側双方がギャップを出来る限り抑制するための対応が必要になることが解った。また、需給ギャップ解消のための地域連携の取組み事例として、西三河防災減災連携研究会において地域連携の現状と課題に関するワークショップを実施した。その結果、行政やインフラ事業者が様々なハザードレベルにおける被害復旧に関する知見を共有し、対策レベルの統一や整合および復旧の優先順位についての意見交換や社会合意を行うための枠組構築の重要性が把握できた。

b) 平成 28 年（2016 年）熊本地震による電力の被害と復旧

行政やインフラ事業者が様々なハザードレベルにおける被害復旧に関する知見を共有するための有益な事例として、平成 28 年（2016 年）熊本地震による電力の被害と復旧について調査を実施した。

平成 28 年（2016 年）熊本地震は、4 月 14 日の地震発生の約 28 時間後に、より大きな 4 月 16 日の地震が発生したことが特徴として挙げられる。4 月 14 日の地震では、熊本県益城町で震度 7、熊本市他で震度 6 弱が観測され、16.7 千戸が停電した。九州電力は直ちに非常災害体制に入り、設備被害の確認・復旧作業を行い、15 日（金）23 時 00 分に高圧配電線への送電を完了した。その直後、4 月 16 日の地震が発

生し、益城町、西原村で震度 7、南阿蘇村他で震度 6 強が観測され、最大で 476.6 千戸が停電した。

この平成 28 年（2016 年）熊本地震によって、水力設備 9 発電所、送電設備 27 線路、変電設備 10 変電所、配電設備 259 回線に被害が生じた。特に 4 月 16 日の地震では、阿蘇市、高森町、南阿蘇村地区に電力供給している 6 万 6 千ボルト送電線の周辺で大規模な土砂崩れや地割れが発生し、これに伴い傾斜・変形した鉄塔はその後の余震や降雨等と考慮すると倒壊のリスクがあるため、新たな送電ルートによる仮復旧工事を実施することとしたが、工事完了までの間、同地区への電力供給は高圧発電機車に頼ることとなった。九州電力は全国の電力会社へ、高圧発電機車、高所作業車、要員等の応援を要請し、これらを合わせ、最終的には総数 162 台の高圧発電機車が同地区に投入され、20 日 19 時 10 分までに、がけ崩れや道路の損壊等により復旧が困難な箇所を除き、高圧配電線への送電を完了した。その後、高圧発電機車からの送電の長期化に伴い、燃料および燃料運搬車等が不足したが、他電力会社の応援だけでなく石油連盟等の支援もあって、燃料およびタンクローリー等の燃料運搬車を確保し、高圧発電機車への安定的な給油が維持されるとともに送電が継続された。その後 27 日の新たな送電ルートによる仮復旧工事の完了を受けて、順次商用電源に切り替え、28 日 21 時 36 分にすべての高圧発電機車の切り離しが完了した。（図 3-2-⑤-1, 2）

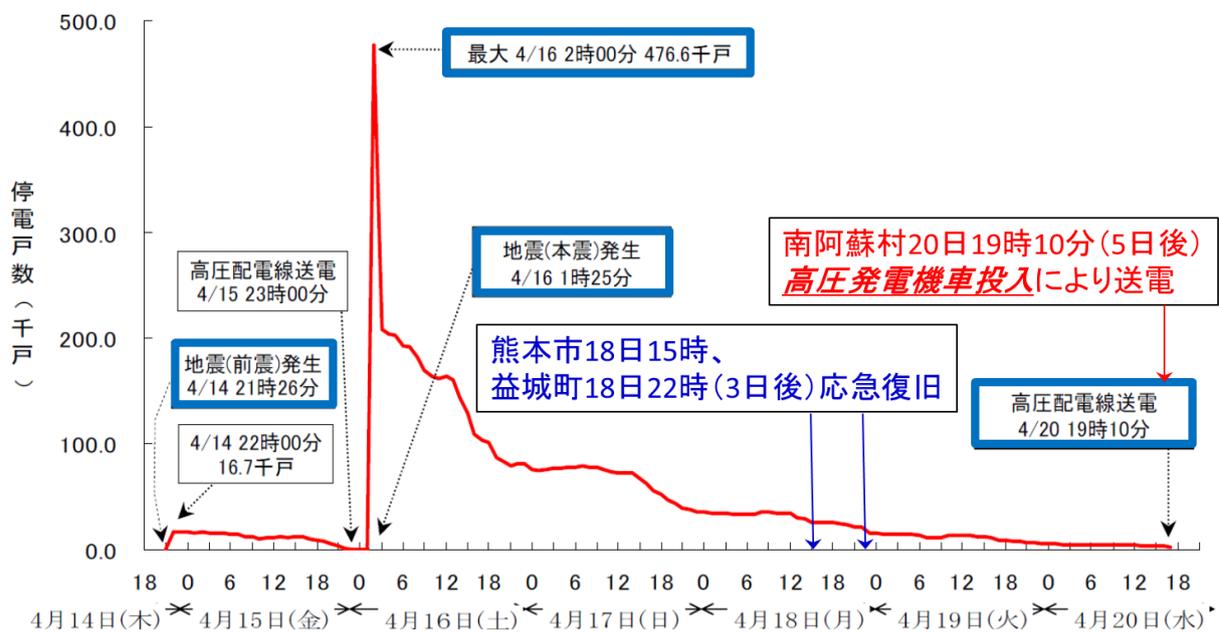


図 3-2-⑤-1 停電状況と復旧過程 (九州電力¹⁾に一部加筆)

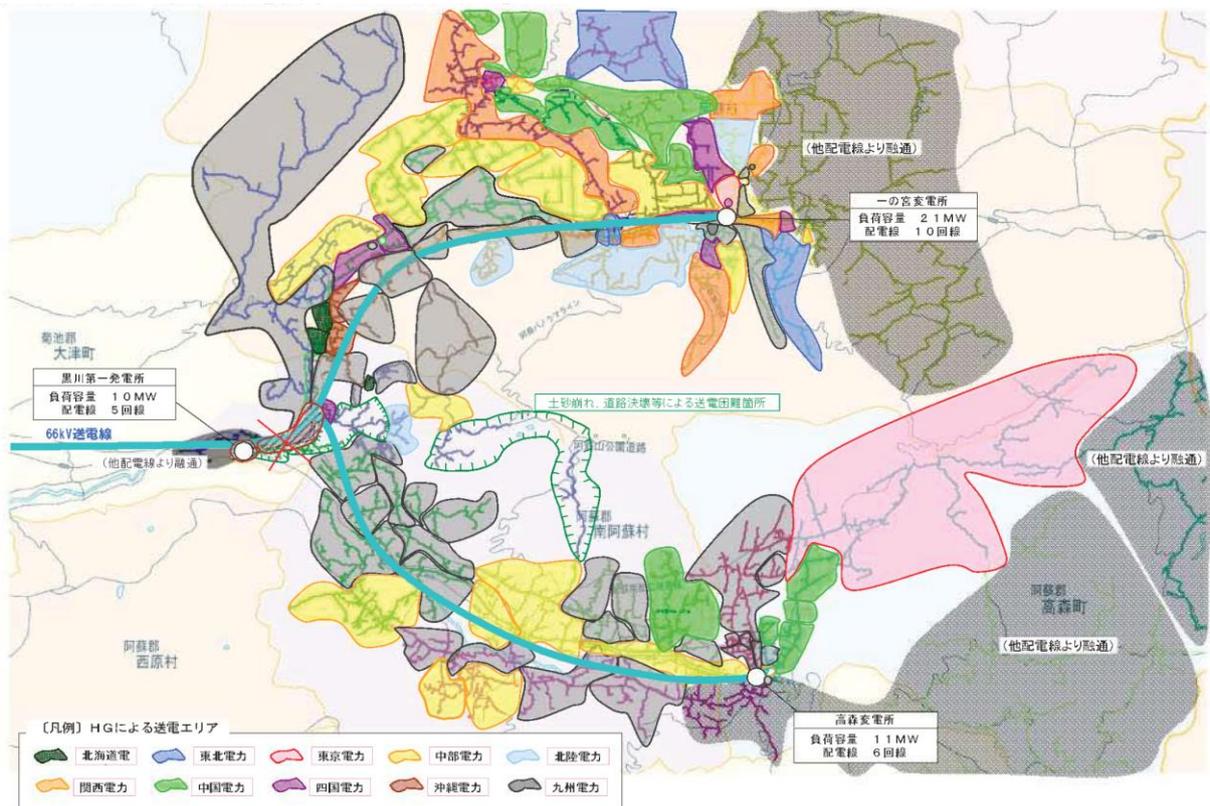


図 3-2-⑤-2 阿蘇地区における高圧発電機車による応急送電状況（九州電力¹より）

以上の平成 28 年（2016 年）熊本地震における電力の被害と復旧対応事例から、南海トラフ巨大地震の発生が危惧されている東海圏の災害対応に生かすべき教訓と課題を整理しておく。

流通設備被害の復旧に要した時間を見ると、送電ルートが遮断された阿蘇市・高森町・南阿蘇村地区において、20 日 19 時 10 分（5 日後）に高圧発電機車による送電、28 日 21 時 36 分（13 日後）には新たな送電ルートによる送電が完了（仮送電工事は 27 日に完了）しており、短期間で電力供給が再開された。それ以外の地域は、熊本市内では 18 日 15 時（3 日後）、震度 7 が 2 回観測された益城町でも 18 日 22 時（3 日後）には応急復旧が完了しており、非常に短期間で電力供給が再開されていたことが分かる。これは、地震により大きな揺れに見舞われた地域が局地的であり、電力設備被害総量が比較的小さかったことも大きな要因であると考えられる。配電柱の被害量（折損・流出・傾斜・転倒）を見ると 300 本以下であり、熊本県全体の電柱約 410 千本の 0.06%に満たない。この程度の被害量であれば、復旧に関わる人材・資材を集中して投入できる環境さえあれば、仮設も含め電力供給再開は早期に実現できることが分かる。

南海トラフ巨大地震における愛知県の被害想定では、電柱被害は約 4,200 本(0.4%)となっている。被害率は大きくはないが、広域災害であるため、被害の絶対数は大きい、平成 27 年 8 月に公表された中部電力の大規模地震対策では、「およそ 2 週間

以内に一部浸水エリアを除き応急復旧を完了させることとしている。従って、中でも甚大な被害が想定される地域では、この約 2 週間を目安に対応を考慮しておく必要がある。また広域災害時には、道路啓開などの電力復旧の環境をどのように整えるかの調整が急務である。なお、熊本では一部電源を除き大きな発電所は被災していないが、南海トラフ巨大地震において火力発電所が被災した場合には、1 か月程度の電力不足に対応するための準備が必要になる。

送電ルートが遮断された阿蘇市・高森町・南阿蘇村地区には、全電力会社から集めた 162 台（使用は 148 台）の高圧発電機車を投入して、早期に電力供給を再開した。高圧発電機車のサポート体制と燃料補給体制が確保できれば、有効な電力供給手段であることが証明された。一方、投入された高圧発電機車は全電力会社保有台数の 4 割を超えており、南海トラフ巨大地震のような広域災害においては、高圧発電機車だけに電力供給を頼ることは不可能である。従って、災害拠点病院・救急救命センター・防災拠点・県庁・市区役所・町村役場・消防・警察・自衛隊・ライフライン・鉄道施設・金融機関・空港などの重要施設の内、供給対象としてどこに優先して使用するかを議論しておく必要があるとともに、各施設の非常用電源の準備が重要になる。

c) 需給ギャップ解消のための地域連携の取組みの展開

以上、電力供給に関する熊本地震からの教訓と課題を整理したが、電力復旧に関わる人材・資材を集中して投入できる環境・高圧発電機車のサポート体制・燃料補給体制の構築のためには、道路啓開が非常に重要であることが容易に理解できる。これらを踏まえ、昨年度に引き続き、西三河防災減災連携研究会において、自治体防災・道路管理担当部長と電力を含む地元企業の総務部長が参加して、被災後の道路確保に関するワークショップを実施した。

その結果、人員・物資の提供や情報の共有の面で現実的な産官連携の可能性が確認されたものの、具体的手順を明確化し数量や時間軸を調整する必要があることから、地域として力を結集するために今後更なる情報交換をして行くこととなった。

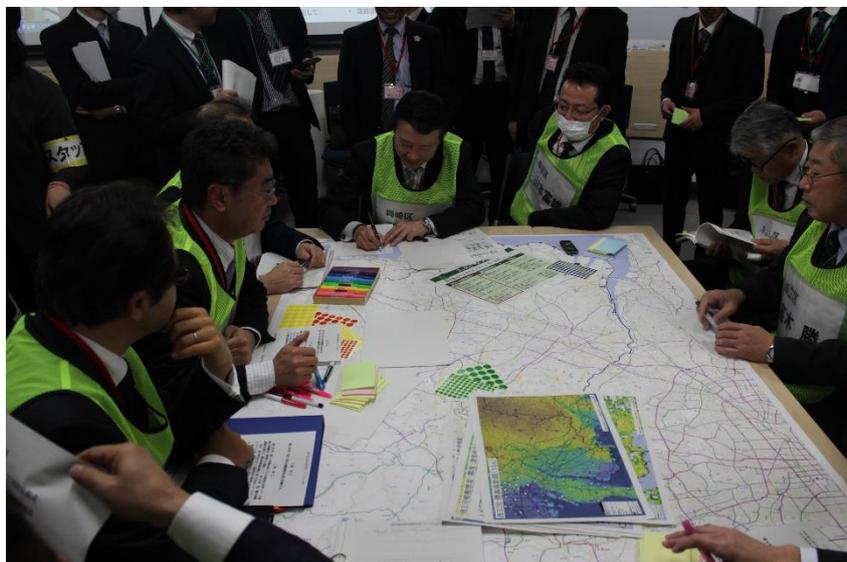


図 3-2-⑤-3 2017年1月20日ワークショップ実施状況

電力システムの復旧迅速化を進めるに当たり復旧資機材や要員の参集に関わる道路の確保は重要であるが、そのためには、産官連携の枠組みが必要である。ワークショップにより、地域を限定して具体的な対象と目標を共有し、協働して課題解決を考えるプラットフォームが非常に有効であることが解った。また、企業や行政、一般市民など地域社会全体での産官学民連携の枠組みに展開した上で、電力の供給先として、災害拠点病院・救急救命センター・防災拠点・県庁・市区役所・町村役場・消防・警察・自衛隊・ライフライン・鉄道施設・金融機関・空港などの重要施設の内、供給対象としてどこに優先して供給するかを、地域毎に議論しておくことが非常に有益であると考えられる。

2) 上水道

a) はじめに

近い将来発生が予想されている南海トラフ巨大地震では、兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）、東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）、熊本地震などの近年発生した巨大地震における被害の様相と比較して、より広域的で甚大な被害や被災が予測されている。

平成 25 年度～27 年度の取り組みでは、大規模地震時における上水道事業などの水供給システムの被害予測手法を構築してきたが、水供給システムがライフラインであることを踏まえると、その結果（時系列的な断水人口や給水形態や給水達成率等の直接的な被害様相の定量的把握）を活用した社会的影響の評価も必要であるといえる。

水道利用者の視点で考えてみる。自治体等が公表する被害予測結果では、地震時における生活用水の減断水が一ヶ月以上の長期間となる可能性が高い。阪神・淡路大震災時の神戸市水道局災害対策本部に寄せられた電話による「市民の声」にもとづいて、生活用水の使用者の意識の変化を分析した事例²⁾によると、震災から 3～4 週間目（社会生活復帰開始、社会経済活動仮復旧）になると「いらだち」「不公平感」が増大し、「運搬給水が困難」となり、1ヶ月以降（通常生活復旧開始）になると「我慢の限界」「怒り」と感情面での変化も現れている。

そこで平成 28 年度の取り組みでは、社会的影響の評価指標として、他のライフラインも含めた社会システム全体での評価における共通指標として用いられる「被害額」を算出して「被害原単位」の推定を試みた。特に水道利用者の被害額に着目して、生活用水の減断水による被害原単位の推定について考察した。

b) 社会的影響の考え方

水供給システムの被害により、施設や管路の破損などの直接的な被害だけでなく、社会経済活動への影響（機会損失額など）、震災時重要施設（救急病院など）への影響、住民生活の復旧速度への影響（水道が復旧しないので、避難所から自宅に戻れないなど）、消火活動への影響（消火用水の確保・供給）などの社会的影響も考えられる。

ここで、水供給システムの減断水などの被害による社会的影響とその評価について、その考え方などを整理する。水供給システムの被害による影響は、以下のように大別できる。

●水道事業者の直接的な影響と間接的な影響

●水道利用者（受益者）の直接的な影響と間接的な影響

それぞれの社会的影響の評価法は、表 3-2-⑤-1 に示すように整理できる。

水道事業者の直接的な影響について、たとえば、機会損失額は被害がなければ供給により得られた料金収入として、断水量×供給単価により定量的に算出でき、復旧費用は被害想定結果に基づいて、費用関数などにより算出することができる。

一方、水道利用者の直接的な影響については、水道利用者別の被害額を算出することになる。「水道事業の費用対効果分析マニュアル（厚生労働省健康局水道課）」

において、生活用は代替物・サービスの購入費用を積み上げる手法、業務・営業用、工場用は、産業連関表等を用いた機会損失額の算定方法が示されている。

なお、間接的な影響（波及する影響 二次被害 表3-2-⑤-1 網掛け部）については、被害状況の定量的な把握が困難であることから、ここでは評価対象外とする。

表3-2-⑤-1 水供給システムの被害による影響

	水道事業者	水道利用者
直接的な影響	施設や管路などの損傷 ■ 水道事業者の機会損失額 ■ 水道事業者の復旧費用 ■ 応急給水活動にかかる費用負担	減断水とそれによる応急給水 水道利用者別の被害額 ■ 生活用→代替物などの確保費用 ■ 業務・営業用→機会損失額 ■ 工場用→機会損失額
間接的な影響 (波及する影響)	施設などの損傷による二次被害 たとえば、管路破損による漏水による影響（補償）	減断水などによる二次被害 たとえば、住民が避難所から戻れないことによる影響や消火活動の停滞や病院での救命活動への影響

c) 生活用水の減断水による影響評価の検討

i) 地震時の生活用水の減断水による影響の考え方

前述のとおり、生活用水の減断水の長期化が、生活用水の利用者の感情面に影響を及ぼすことから、多くの事業者の地域防災計画等でも、応急給水の目標（期間、水量、運搬距離）が示されている。そこには、地震発生からの時間の経過に伴い水量を段階的に増加させ、運搬距離も段階的に短くすることで、概ね1ヶ月以内の復旧を目指すことが謳われている。

しかし、「水道事業の費用対効果分析マニュアル」で示された生活用水の被害額の算出方法では、減断水が長期間に及ぶことによる生活用水の利用者の感情の変化や復旧に合わせた段階的な水量の確保が考慮されていないことから、これらを考慮できるような被害原単位が必要であると考えた。

そこで、利用者の被害額を、長期間の減断水による様々な影響を受け入れるために必要となる補償額であると考えて、環境評価などに用いられる仮想評価法（CVM：Contingent Valuation Method）を用いて想定することとした。この仮想評価法では、震災時の状況やそれによるリスクを提示したうえで、環境の変化に対応（改善）するために支払っても構わない金額（支払意思金額）、もしくは環境の変化（悪化）を受け入れるために必要な金額（受入補償額）を尋ねることによって、環境（震災後も水が供給される状況）の持つ価値を金額として評価する手法である。

今回は、生活用水の使用者の受入補償額を明らかにし、被害原単位を検討することとした。

ii) CVM の実施

【アンケート内容】

利用者の受入補償額は、仮想評価法（CVM）により推定するが、受入補償額の聞き出し方は質問形式のアンケートで行った。今回は、一般的に標本数が少なくても比較的良好な推定結果が得られるといわれている「二肢選択形式（ダブルバウンド方式）」を採用し、以下の説明文を提示して質問した。

（アンケートの一例）

質問（1） 大規模震災時、皆さんの街で水道施設の被害により長期間の減・断水が予想されています。あなたがイメージした 7 日目の生活を受け入れる（我慢する）ために、1 人 1 日当たり 1,000 円の補償額が支払われたとすると、この額で充分だと思いますか？どちらかに○印をつけてください。

1. はい（この額で充分）→質問（2）へ
2. いいえ（この額では足りない）→質問（3）へ

質問（2） 「1. はい（この額で充分）」と答えた人にお尋ねします。ではさらに低い金額ではいかがでしょうか？1 人 1 日当たり 500 円の補償額で充分だと思いますか？どちらかに○印をつけてください。

1. はい（この額で充分）
2. いいえ（この額では足りない）

質問（3） 「2. いいえ（この額では足りない）」と答えた人にお尋ねします。ではさらに高い金額ではいかがでしょうか？1 人 1 日当たり 2,500 円の補償額で充分だと思いますか？一つに○印をつけてください。

1. はい（この額で充分）
2. いいえ（この額では足りない）

（金額設定パターン）

	質問（1）	質問（2）	質問（3）
パターン 1	500 円	100 円	1,000 円
パターン 2	1,000 円	500 円	2,500 円
パターン 3	2,500 円	1,000 円	5,000 円
パターン 4	5,000 円	2,500 円	7,500 円
パターン 5	7,500 円	5,000 円	10,000 円
パターン 6	10,000 円	7,500 円	12,500 円

また、震災時の状況やそれによるリスクについては、回答者が状況を自由に想定できるように、「被災後 7 日目以降」「電気は復旧、水道とガスは未復旧」のみを提示し、さらに、その時にどこで生活しているかについて「自宅避難」「避難所」

「被災地外へ避難」「その他」を選択させることで、被災者の様々な状況を包含した平均的な受入補償額（被害原単位）が算出されるように配慮した。

アンケートの概要と回答者の諸元などは、表3-2-⑤-2に示す通りである。

表3-2-⑤-2 アンケートの諸元

調査題目	防災・減災に関するアンケート（上水道）
調査時期	2016年10～12月（7回）
調査方法	名古屋大学減災館のギャラリートーク（公開講座）などで配付 写真-1参照
有効回答	222通
回答者の諸元など	<p>【性別】 男性：53%、女性：40%、未回答：7%</p> <p>【世代】 10～20代：35%、30～50代：31%、60代以上：34%</p> <p>【職業】 学生：31%、民間企業：31%、無職：17%、ボランティア団体：9%、その他：12%</p> <p>【世帯人員】 1人：18%、2人：17%、3人：24%、4人：21%、5人：9%、その他：11%</p> <p>【住所】 愛知県（名古屋市除く）：44%、名古屋市：29%、三重県：15%、岐阜県：4%、その他：8%</p> <p>【7日目以降の生活場所】 自宅：71%、避難所：14%、被災地外：9%、その他：6%</p> <p>※その他には未回答も含む</p>

アンケートの実施は名古屋大学減災館で行われている「※ギャラリートーク」の場を主に活用した。アンケート実施状況を図3-2-⑤-4に示す。

（※名古屋大学減災連携研究センター教員が日替わりで講師を務め、一般市民向けに専門分野の内容を分かり易く伝える講演会）



図3-2-⑤-4 CVMアンケートの実施状況（ギャラリートーク）

【アンケート結果にもとづく被害原単位】

仮想評価法（CVM）による二肢選択形式の分析手法は、大きくノンパラメトリック法とパラメトリック法に分けることができる。ノンパラメトリック法は、推定を行う際に関数形を仮定しないのに対し、パラメトリック法は何らかの関数形（対数線形ロジットモデル、ワイブル生存分析）を仮定する方法である³⁾。

受入補償額の推定結果（中央値）は、以下に示すとおりであり、パラメトリック法では概ね1人1日当たり4,000円程度となった。

- ノンパラメトリック生存分析：5,000～7,500円/人/日
- 対数線形ロジットモデル（パラメトリック法）：4,255円/人/日
- ワイブル生存分析：（パラメトリック法）：4,470円/人/日

【CVMの結果の考察】

ここで、回答者属性などにもとづいて、受入補償額の推定に関する分析を行う。

（属性による違い）

回答者の男女比は、前述のとおり男性が約55%で女性が約40%であった。図3-2-⑤-5に示すように世代別割合を考慮すると、男性のうち50～60代以上が約半分を占め、女性のうち10～20代が約半分を占める。図3-2-⑤-6に示すように職業別割合を考慮すると、男性のうち民間企業が約半分を占め、女性のうち学生が約半分を占める。

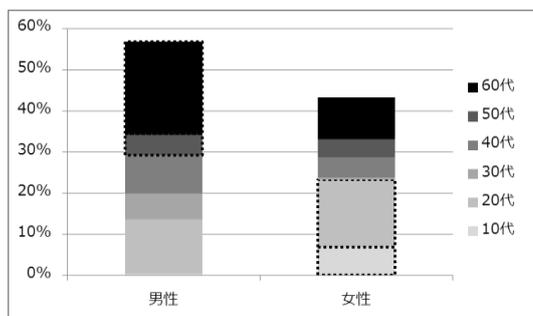


図3-2-⑤-5
回答者の男女別世代別割合図

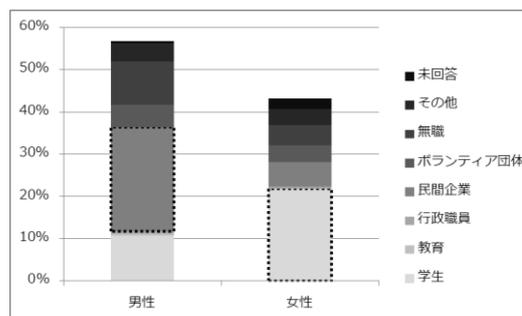


図3-2-⑤-6
回答者の男女別職業別割合

ここで、男性と女性とそれぞれで受入補償額を推定した結果（パラメトリック法ワイブル生存分析）は、以下に示すとおり大きな違いが生じる結果となった。

- 男性：8,132円/人/日
- 女性：3,292円/人/日

さらに、世代別、職業別も考慮した受入補償額を推定した結果（パラメトリック法ワイブル生存分析）は、表3-2-⑤-3に示すとおり世代・職業を問わず女性の受入補償額が安価、男女を問わず世代が上がると受入補償額が高価という結果となった。

これは、男性と女性の水の確保（水の運搬）に対する意識の違いが大きく影響しているものと考えられ、つまり、男性は水を運搬するという労働に対する対価と考え、女性は生活に不可欠な水の確保を家事の一環（対価はなくてもしなければならぬ）と考えたことから、受入補償額に違いが生じたものと考えられる。また、若年者に比べて高齢者の受入補償額が高くなったことについては、水を運搬するという行為に対する負荷の相違であると想定される。

表 3 - 2 - ⑤ - 3 男女別、世代別・職業別の受入補償額

	10～20代	30～50代	60代～
男性	3,089円/人/日	8,558円/人/日	15,615円/人/日
女性	2,386円/人/日	-	4,495円/人/日
	学生	民間企業	ボランティア、無職
男性	4,078円/人/日	6,449円/人/日	10,808円/人/日
女性	2,519円/人/日	-	7,143円/人/日

(7日目以降の生活場所による違い)

回答者の7日目以降の生活場所について、表3-2-⑤-8に示したとおり自宅が被災せずに電気が復旧していれば、約70%は自宅での生活を選択し、避難所も含めると約85%が被災地域内で生活することという結果となった。図3-2-⑤-7に示すように、男女別でも同様の比率であったが、図3-2-⑤-8に示すように、被災地域外に避難することを選択した多くが、10～20代(学生)であった。

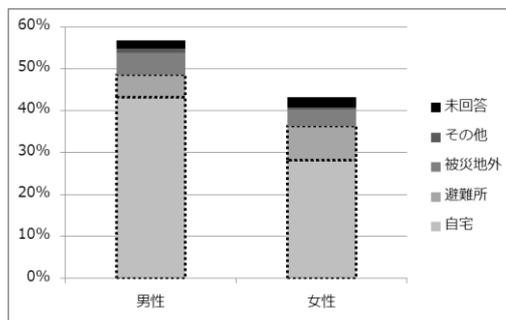


図 3 - 2 - ⑤ - 7
男女別生活場所の割合

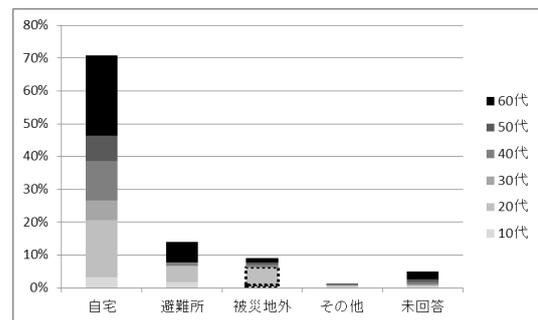


図 3 - 2 - ⑤ - 8
世代別生活場所の割合

ここで、7日目以降の生活場所で受入補償額を推定した結果(パラメトリック法ワイブル生存分析)は、以下に示すとおり違いが生じる結果となった。

●自宅避難：5,586円/人/日(男性：9,950円/人/日、女性：3,552円/人/日)
(10～20代：3,116円/人/日、30～50代：6,269円/人/日、60代以上：11,613円/人/日)

●避難所：4,611円/人/日

●被災地外：911円/人/日

自宅避難に比べ避難所の方が安価となるのは、避難所は比較的近い距離で確実に応急給水が受けられる可能性が高いことが考慮されたためと考えられる。また、自宅避難を選択した回答者の属性を見た場合、前述と同様の傾向(女性より男性、高齢者が高価)になっていることが確認できる。

(居住地域による違い)

回答者の居住地域について、表 3-2-⑤-2 に示したとおり愛知県（名古屋市含まず）、名古屋市、三重県の占める割合が高かった。ここで、居住地域別で受入補償額を推定した結果（パラメトリック法ワイブル生存分析）は、以下に示すとおり違いが生じる結果となった。ただし、愛知県と比較して三重県の回答数が少ないため、参考値とする。

●愛知県（名古屋市含まず）：4,248 円/人/日

●名古屋市：3,896 円/人/日

●三重県：7,836 円/人/日

都道府県別の平成 27 年度基幹管路の耐震化状況（厚生労働省 平成 28 年 12 月 22 日発表）は、以下のとおりであり、受入補償額は基幹管路の耐震化率の低い三重県が高価となっていることから、管路の耐震化の進捗状況やそれに伴う減断水の発生及び長期化の可能性と受入補償額の関係性が見られた。

●愛知県 耐震適合率：58.4%、耐震化率：39.5%

●名古屋市 耐震適合率：75.2%、耐震化率：32.6%

●三重県 耐震適合率：27.3%、耐震化率：14.2%

(受入補償額と支払意思額)

CVM による価値の金額化において、支払意思額と受入補償額には乖離が生じることが確認されている。これは、様々なバイアスによるものであり、「提供されるサービスの現在価値とそれがなくなった場合につけられる価値の差」「現状が回答者の判断に決定的な影響を与える」などで説明されてきた。

本検討では、地震による減断水に対する受入補償額を推定したが、既往調査⁴⁾において、耐震化事業（現状のサービス水準の維持 震災時においても供給を確保）に対する支払意思額が推定されている。耐震化事業に対する支払意思額としては、約 700 円/人/月という推定結果であり、単純には比較できないが、受入補償額である 4,000 円/人/日と比較すると、受入補償額が約 6 倍となった。これは、より多くの料金を支払って水の供給を確保するよりも、水の供給が受けられないことによる損失をより高く評価している、つまり、減断水により水の供給が受けられないことや水の確保に労力を要することは受け入れがたい（生活において水は非常に重要である）ということが示されているといえる。

(d) 結論ならびに今後の課題

1) 電力について

行政やインフラ事業者が様々なハザードレベルにおける被害復旧に関する知見を共有するための有益な実例として、平成 28 年（2016 年）熊本地震による電力の被害と復旧について調査を実施し、電力復旧に関わる人材・資材を集中して投入できる環境・高圧発電機車のサポート体制・燃料補給体制の構築のためには、道路啓開

が非常に重要であることが改めて確認された。

そこで昨年度に引き続き、西三河防災減災連携研究会において、自治体防災・道路管理担当部長と電力を含む地元企業の総務部長が参加して、被災後の道路確保に関するワークショップを実施した。その結果、地域を限定して具体的な対象と目標を共有し、協働して課題解決を考えるプラットフォームが非常に有効であることが解った。これを、企業や行政、一般市民など地域社会全体での産官学民連携に展開して行くことが今後重要である。

2) 上水道について

本検討では、これまでに構築した被害予測手法の結果を活用した社会的影響の評価として、減断水による生活用水の被害原単位の推定を行うとともに、アンケート結果を用いて推定結果の考察を行った。

222 件のアンケート結果にもとづく減断水による被害原単位の推定結果としては、4,000 円/人/日程度であったが、以下に示す課題も示された。今後はこれら課題を克服すべく追加調査や分析を実施していく。

(回答数の妥当性)

母集団の設定にもよるが、例えば愛知県内全域を対象とする場合に、最低限の精度を確保するためには回答数が不足している。

(回答者属性の偏り)

男女別(受入補償額が男性>女性)、世代別(受入補償額が若年層<高齢者層)で推定結果に差が生じているが、特に女性の高齢者層の回答数が少なく、推定結果に影響を与えている可能性がある。

(e) 引用文献

- 1) 九州電力株式会社, 「平成 28 年熊本地震」における電力施設被害状況について, 平成 28 年 5 月 31 日, 土木学会西部支部「2016 年熊本地震」地震被害調査報告会～緊急災害調査と応急復旧の取組み～, 2016.
- 2) 関西水道事業研究会, 市民の視点に立った水道地震被害予測及び災害時用連絡管整備に関する一考察, pp.6-16, 1996.
- 3) 栗山浩一, Excel でできる CVM 第 3.2 版 環境経済学ワーキングペーパー#11-01, 2011. (平成 27 年 10 月 26 日アクセス).
<http://kkuri.eco.coocan.jp/workingpaper.html>
- 4) 谷口靖博, 宮島昌克, 源田裕希, 大規模水道事業体の震災対策事業認知と事業投資額に関する住民意識調査—大阪市におけるケーススタディー, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.65, No.1(地震工学論文集第 30 巻), pp.717-726, 2009.

⑥広域リスク評価

(a) 業務の要約

本業務では、現在～将来における南海トラフの確率論的地震・津波ハザード情報や平成 25 年度に作成した現在～将来の人口・建物モデルを用いた広域リスク評価を踏まえ、耐震補強や堤防嵩上げ等の防災対策を実施した場合の費用対効果の評価手法を検討した。加えて、手法のケーススタディとして防災対策を実施した場合のリスク量の変化や費用対効果の検討結果を示した。

(b) 業務の実施方法

本業務では地震リスク低減のための防災戦略として、1980 年以前に建てられた木造建物の耐震補強、津波リスク低減のための防災戦略として、既存堤防の嵩上げや低地への建物の新築規制を実施した場合の費用対効果の算出方法を検討した。検討により得られた算出方法を利用し、費用対効果の試算を行った。

(c) 業務の成果

1) 地震リスクについて

本業務では、地震リスク低減のための防災戦略として、1980 年以前に建てられた木造建物の耐震補強を実施した場合の費用対効果の評価手法の検討を行うとともに、ケーススタディとして、耐震補強を行った場合の費用対効果の試算結果を示した。

a) 評価手法

評価手法については、以下の 2 項目の検討を行った。

- 耐震補強後の建物被害関数
- 耐震補強による費用対効果

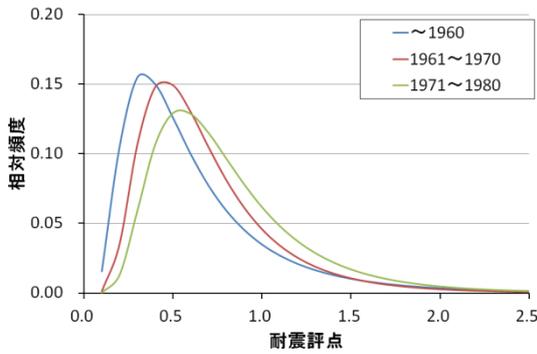
i) 耐震補強後の建物被害関数

平成 26 年から平成 27 年度に実施した広域リスク評価では、木造建物の被害関数は中嶋・岡田(2008)を利用した。これは、耐震評点分布、損傷度関数、被害関数がリンクしており、評点分布の変化を容易に被害関数に反映させることが可能なためである。中嶋・岡田(2008)の耐震評点分布は、日本木造住宅耐震補強事業者協同組合の旧耐震診断による耐震評点分布である（図 3-2-⑥-1 (a)参照）。本業務では、耐震補強により耐震評点分布を変化させ、補強後の建物被害関数を構築することとした。

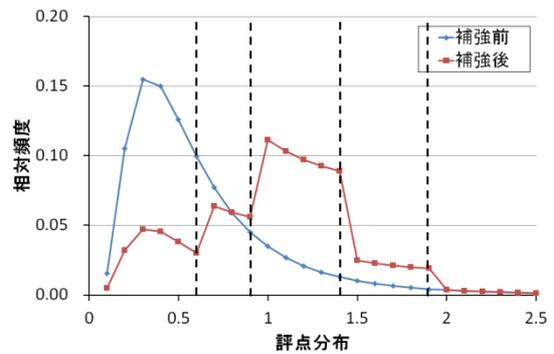
木造建物の耐震補強工事前後における耐震評点の変化は狩谷・他(2005)の結果を利用した（表 3-2-⑥-1 参照）。具体的には、2.0 未満の補強後評点（ y ）を 4 つのゾーンに区分し、表 3-2-⑥-1 に示した割合で補強前評点（ x ）の各ゾーンの耐震評点を移動させた（図 3-2-⑥-1 (b) 参照）。その上で、移動後の耐震評点分布を正規分布の累積分布関数で表現できるものとして回帰分析を行い、補強後の耐震評点分布をパラメトリックに示した（図 3-2-⑥-1 (c)参照）。この補強後の耐震評点分布と中嶋・岡田(2008)の損傷度関数から、耐震補強後の建物被害関数を作成した（図 3-2-⑥-1 (d)参照）。

表 3-2-⑥-1 設定した耐震補強前後の評点の変化

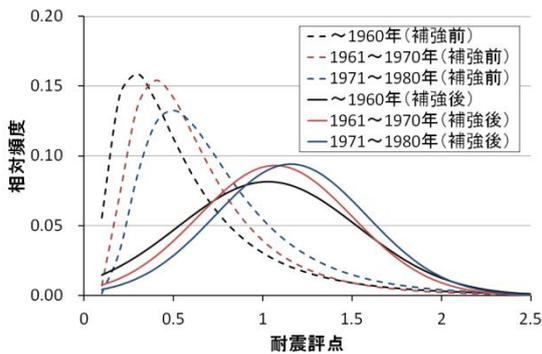
		補強前評点x		
		$0.0 \leq x < 0.7$	$0.7 \leq x < 1.0$	$1.0 \leq x < 1.5$
補強後 評点y	$0.0 \leq y < 0.7$	30.4%	0.0%	0%
	$0.7 \leq y < 1.0$	20.6%	25.0%	0%
	$1.0 \leq y < 1.5$	41.2%	62.5%	0%
	$1.5 \leq y < 2.0$	7.8%	12.5%	100%



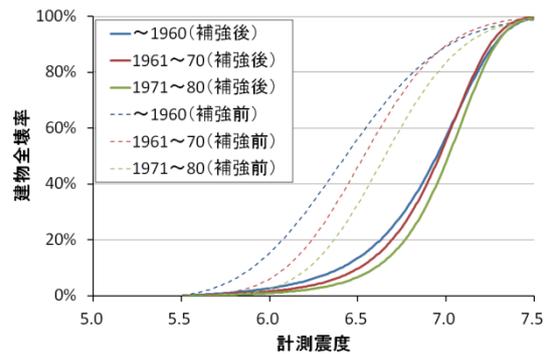
(a) 補強前の耐震評点分布



(b) 耐震補強による評点の移動



(c) 補強前後の耐震評点分布



(d) 耐震補強後の建物被害関数 (全壊)

図 3-2-⑥-1 耐震補強前後の耐震評点分布と被害関数

ii) 耐震補強による費用対効果

一般に、費用対効果の算定には費用便益比や費用便益差が用いられる。これらを算定するためには、耐震補強に必要な費用と便益の算定が必要となる。補強費用の算定については荒木・井戸田(2004)の耐震補強による評点増加や延床面積と耐震改修費用の関係を利用して求めることとした。

一方、便益については以下の項目を対象とした。

- ・ 建物被害の軽減
- ・ 建物内収容物の被害の軽減
- ・ 人的被害の軽減

なお、耐震補強の効果は建物を継続的に使用する限り続くため、現在～将来にかけての南海トラフのハザードの変化や人口・建物棟数の推移を反映させた形で便益を算定することとした。具体的には、各評価基準年における耐震補強前後の

損失額の 10 年期待値の差を 10 年間の便益とした。その上で、今後 50 年間の費用と便益を比較する場合は、2015 年、2025 年、2035 年、2045 年、2055 年の 10 年期待値軽減分の総和と費用を比較することとした。以降では各便益の算出方法の概要を示した。

- 建物被害の軽減分

建物被害の軽減は、耐震補強前の建物被害関数を用いて算出した建物損失額と補強後の建物損失額の差を建物被害の軽減による便益とした。建物損失額の推定に用いる建物モデルは、各評価基準年の建物モデルを利用した。

- 建物内収容物の被害の軽減分

建物収容物の被害の軽減分は、建物倒壊棟数と全壊棟数を利用した中央防災会議(2013)の家庭用品の被害算出方法を用いた。被害算定に用いる 1 世帯当たりの評価単価は国税庁(2013)の「損失額の合理的な算出方法について」に基づき設定した。

- 人的被害の軽減分

人的被害の軽減分は、耐震補強により人的被害が減少したことによる損失額の減少分とした。なお、人的被害による損失額は財産的損害額と精神的損害額から構成され、財産的損害額は被害による逸失利益と医療費から構成されるため、死者及び重傷者 1 人あたりの損失額は以下の式で求めることとした。

$$\text{死者 1 人あたりの損失額} = \text{死者 1 人あたりの逸失利益} + \text{精神的損害額} \\ \text{式 3-2-⑥-1}$$

$$\text{重傷者 1 人あたりの損失額} = \text{重傷者 1 人あたりの逸失利益} + \text{医療費} \\ \text{式 3-2-⑥-2}$$

逸失利益は被害者の年齢により異なるため、年齢 5 歳階級別に逸失利益を算出し、将来人口推計の年齢構成を利用して、各評価基準年における死者 1 人あたりの逸失利益を設定した。

死亡による逸失利益は、「民事交通事故訴訟 交通事故損害額算定基準」(日弁連交通事故相談センター東京支部, 2016)に基づいた。

$$\text{逸失利益} = \text{基礎収入額} \times (1.0 - \text{生活費控除率}) \\ \times \text{就労可能年数に対応するライフニッツ係数} \quad \text{式 3-2-⑥-3}$$

基礎収入額は、65 歳未満は平成 27 年賃金構造基本統計調査(厚生労働省, 2016)から得られた年間収入額、65 歳以上は「平成 25 年度厚生年金保険・国民年金事業の概況」(厚生労働省年金局, 2014)に示した公的年金受給者数と公的年金総額から求めた公的年金受給者 1 人あたりの平均年金受給額とした。また、生活費控除額は日弁連交通事故相談センター東京支部(2016)を参考に 0.4 とした。

以上の前提条件の元で算出した、年齢 5 歳階級区分別の死亡による逸失利益の算定結果の例として静岡県算定結果を図 3-2-⑥-2 に示す。この年齢 5 歳階級区分別の死亡による逸失利益の算定結果と評価基準年の市区町村別年齢 5 歳階級別人口を重みとして利用し、評価基準年毎に各市区町村別の死者 1 名あたりの逸失利益を算出した。重傷による逸失利益は、「交通事故損害額算定基準 一実

務運用と解説一」(日弁連交通事故相談センター, 2016)の休業損害(消極損害)の損害額算定方式を利用した。医療費は重傷者のみを対象に計上することとし、その金額は、「平成 23 年度 交通事故の被害・損失の経済的分析に関する調査報告書」(内閣府, 2012)における「傷害 1 人あたりの人的損失額」を用いた。精神的損害額は、奥山(2014)の津波による死亡リスクに対する支払意思額を地震による死亡リスクに準用し 1 人あたり 2,200 万円とした。最終的な人的被害 1 人あたりの損失額の設定例として、2015 年及び 2045 年の死者 1 人あたりの損失額を図 3-2-⑥-3 に示した。

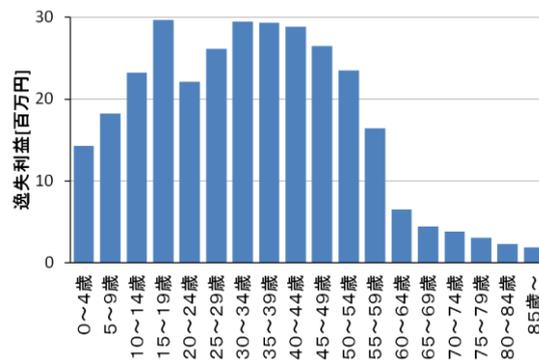
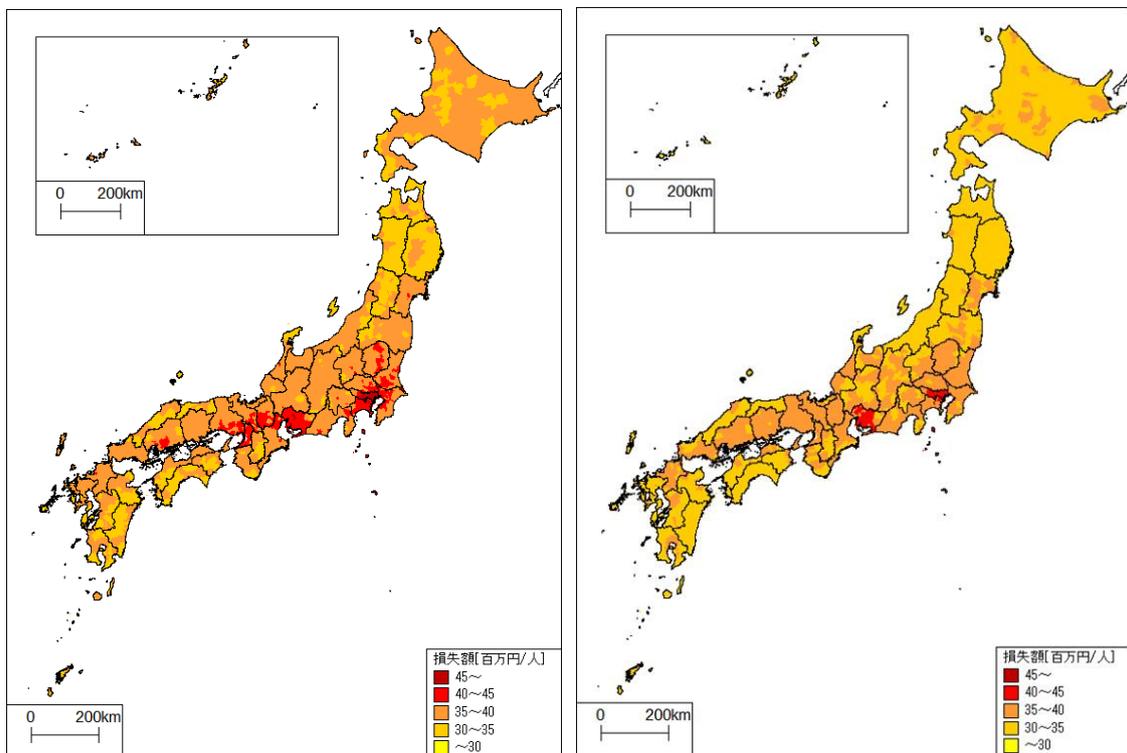


図 3-2-⑥-2 年齢 5 歳階級別の死亡による逸失利益 (静岡県)



(a) 2015 年

(b) 2045 年

図 3-2-⑥-3 死者 1 人あたりの損失額

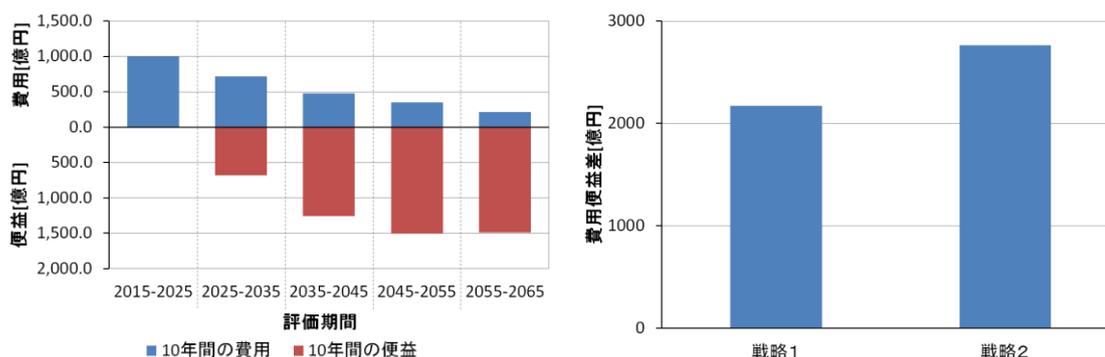
b) 対策実施後の費用対効果の試算例

揺れによる防災対策として耐震補強を実施した場合の費用対効果の試算例について示す。ここでは、1980年以前築の耐震評点1.0未満の木造建物を対象に、現況と同じ速度（2015年時点における1980年以前築の全木造建物の総延床面積に対する1年間に耐震補強された延床面積の割合、2015年時点で年間約100億円の補強費用とした）で耐震補強が進むとの仮定の下での、補強による費用対効果の算定結果例を示した。なお、耐震補強の対象地域として以下の2パターンの戦略を試算した。耐震補強費用は、2013年住宅・土地統計調査の平成21年以降耐震改修工事を実施した県別持家数と2010年国勢調査の市区町村別世帯数から、市区町村毎の補強費用を設定した。

戦略1：静岡県、愛知県、三重県、和歌山県、徳島県、高知県の全域

戦略2：上記6県のうち、南海トラフの地震が発生するという条件付超過確率50%の震度が7となるメッシュを含む市区町村

各戦略に対し、a)の2)項に示した費用便益の算出方法を利用し、戦略実施後の10年間毎の費用便益を求めた。10年毎の費用便益の算出例として戦略1の費用便益の推移を図3-2-⑥-4aに、戦略1・2の50年間の費用便益差を図3-2-⑥-4bに示した。



(a) 戦略1の10年毎の費用便益の推移

(b) 戦略1・2の50年間の費用便益差

図3-2-⑥-4 費用対効果の試算例

2) 津波リスクについて

本業務では、既存堤防の嵩上げや低地への建物の新築規制を津波リスク低減のための防災戦略とした場合の費用対効果の評価手法の検討と津波に対する防災戦略実施後のリスク量や費用対効果の試算を実施した。

a) 評価手法

評価手法については、以下の2項目の検討を行った。

- 堤防による防護効果
- 堤防嵩上げ等の津波対策による費用対効果

i) 堤防による防護効果

津波リスク評価の際の堤防条件としては、地震動によって堤防が破壊するか否か、

津波の越流によって堤防が破壊するか否かがあるが、本業務ではシナリオではなく確率論的ハザードカーブに基づきリスク評価を行うため、1つの津波高に対して複数シナリオが含まれることから、地震動による堤防破壊は考慮せず、海岸線の津波高が堤防高を超えた場合に堤防が破壊する条件で津波のリスク評価を実施した。なお、本業務では、図3-2-⑥-5に示した内閣府(2012)の堤防データを現況の堤防データとして利用した。

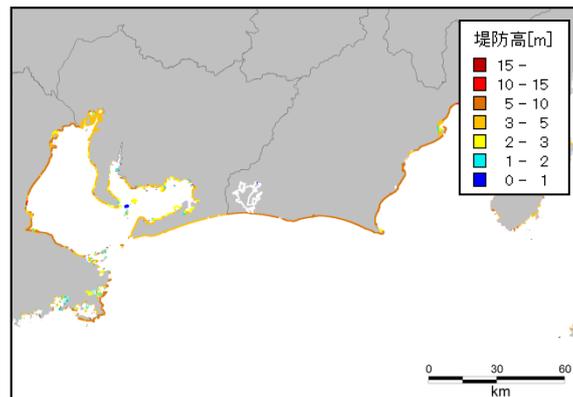


図3-2-⑥-5 現況の堤防高データの例（東海地方）

ii) 堤防嵩上げ等の津波対策による費用対効果

堤防嵩上げ等の津波対策による費用対効果の算定には、地震リスクの場合と同様に費用便益比や費用便益差を用いることとした。これらの算定には、堤防の嵩上げ等の費用と便益の算定が必要となる。本業務では、堤防嵩上げ費用は藤間・樋渡(2013)や東日本大震災の堤防再建費用などから設定した。

一方、便益については、地震リスク同様に以下の便益を考慮した。

- ・ 建物被害の軽減
- ・ 建物内収容物の被害の軽減
- ・ 人的被害の軽減

津波リスクの場合、これらの便益について、堤防嵩上げ等の津波対策による損失額の軽減分を便益とした。

• 建物被害の軽減分

建物被害の軽減は、現況堤防高における浸水ハザードに基づき求めた建物損失額と堤防嵩上げ後等の津波対策実施後の建物損失額の差を建物被害の軽減による便益とした。浸水ハザードは平田・他(2015)の南海トラフ地震で発生する津波の海岸線津波高のハザード情報から簡易予測式(清水・若浦, 2012)を用いて求めたものを利用した。建物被害は中央防災会議(2012)の浸水深と全壊・全半壊率の関係に基づき算出するとともに、被災度毎の損失率は内閣府の被害認定基準(内閣府, 2001)と東日本大震災の被害調査結果(国土交通省都市局, 2012)から設定した値を利用した(表3-2-⑥-2参照)。建物損失額の推定に用いる建物モデルは、各評価基準年の建物モデルを利用した。

表 3-2-⑥-2 被災度区分毎の損失率

	全壊	半壊	一部損壊
損失率	98.37%	39.71%	10.00%

- 建物内収容物の被害の軽減分

建物収容物の被害の軽減分は、建物倒壊棟数と全壊棟数を利用した中央防災会議(2013)の家庭用品の被害算出方法を用いて求めた堤防嵩上げ等の対策前後の損失額の差とした。建物倒壊棟数は東日本大震災の実績から全壊棟数の約9割と仮定した。被害算定に用いる1世帯当たりの評価単価は地震リスクと同様に国税庁(2013)の「損失額の合理的な算出方法について」に基づき設定した。

- 人的被害の軽減分

人的被害の軽減分は、堤防嵩上げ等の対策により人的被害が減少したことによる人的被害による損失額の減少分とした。人的被害の算出は平成27年度と同様に中央防災会議(2006)を補正した手法を利用した。なお、人的被害による損失額は、式3-2-⑥-1・2により求めた。死者及び重傷者1人あたりの逸失利益、医療費、精神的慰謝料の算出は地震リスクと同様の手法で求めた。

b) 対策実施後のリスクの推移と費用対効果の試算例

津波による防災対策として以下の2種類の戦略を実施した場合のリスク量の推移と費用対効果の試算例について示す。なお、以下の戦略は静岡県、愛知県、三重県、和歌山県、徳島県、高知県に限定し実施するとの仮定を置いた。

- 戦略1：堤防の嵩上げ

市区町村毎に費用便益差が最大となる既存堤防の嵩上げを実施するもの。嵩上げ工事は2015年から開始し、2025年に工事が完了するものとした。

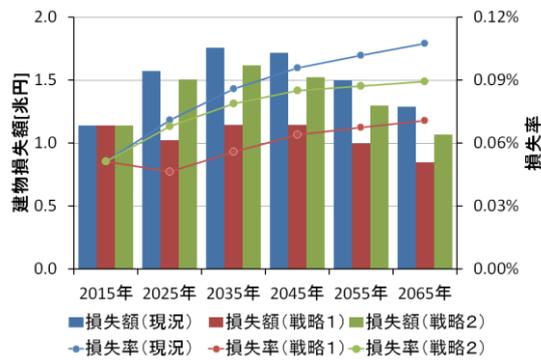
- 戦略2：標高5m未満の地域に2015年以降建物の新設を禁止

標高5m未満の地域に対し、2015年以降、建物の新設を禁止するもの。2015年以降の標高5m未満の地域の建物増加分は、同一市区町村内の標高5m以上の地域に配分した。

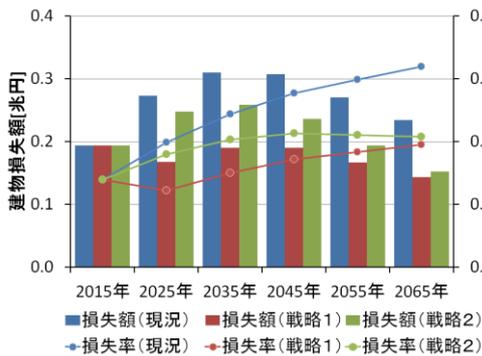
以上の2つの戦略実施した場合の津波リスク変遷の例として、全国及び静岡県・三重県の建物損失額(10年期待値)の推移を図3-2-⑥-6に示した。また、費用対効果の算定例として、戦略1の10年毎の費用と便益の推移と戦略1および2の50年間の費用便益差を図3-2-⑥-7に示した。

試算の結果、戦略1は2025年までに堤防の嵩上げが完了するため、南海トラフの地震発生確率が上昇するにも関わらず2025年時点のリスクは減少し、その後はハザードや人口・建物棟数の変化に応じてリスク量も変動する結果となった。戦略2は時間の経過に伴い徐々に効果を発揮しており、地震発生確率の上昇にも関わらず2045年以降の損失率の推移は戦略1よりも抑制される結果となった。また、各戦略の建物損失額10年期待値の変化は、地域によって異なる結果となった。本試算の場合、静岡県では2025年以降、時間経過とともに戦略1・2の建物損失率は徐々に近接し、2065年時点ではほぼ同レベルの値となった。一方、三重県では大き

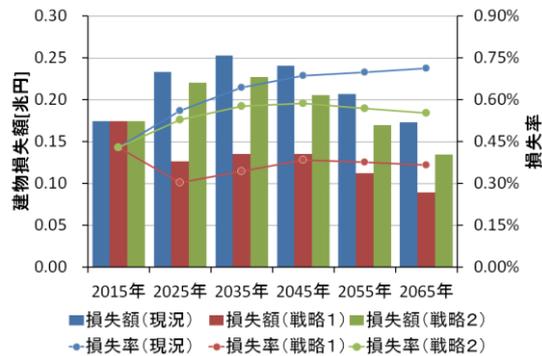
く乖離した状態のまま推移した。これは、三重県で津波リスクの比較的高い太平洋に面した地域で人口減少が進むため、2015年以降に新設される建物が少なく、建物新築規制の効果が出にくいためと考えられた。逆に、静岡県のような、人口減少速度が遅く、ある程度の量の新設建物が見込まれる地域では、中長期的には、津波リスクを抑制するような土地利用が効果を発揮することを示唆する試算結果となった。ただし、本試算は、広域的にリスク量を把握することを目的としており、東北地方太平洋沖地震津波による経験的手法に基づき行った浸水予測結果を利用した。各地域で具体的に評価を実施する場合は、シミュレーションを用いた詳細な確率論的浸水ハザード評価が必要と考えられる。



(a) 全国



(b) 静岡県

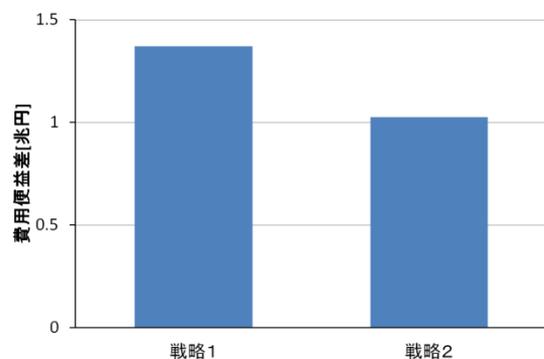


(c) 三重県

図3-2-⑥-6 各戦略の津波リスク（建物損失額10年期待値）の推移



(a) 戦略1の10年毎の費用便益の推移



(b) 各戦略の50年間の費用便益差（全国）

図3-2-⑥-7 津波リスクの費用対効果の試算例

(d) 結論ならびに今後の課題

本年度は、現在～将来における南海トラフで発生する地震・津波の確率論的ハザード情報や平成 25 年度に作成した現在～将来の人口・建物モデルを用いた広域リスク評価を踏まえ、耐震補強や堤防嵩上げ等の防災対策を実施した場合の費用対効果の評価手法を検討した。加えて、手法のケーススタディとして防災対策を実施した場合のリスク量の変遷と費用対効果の試算結果を示した。得られた成果と今後の課題を以下に示す。

- 1) 中嶋・岡田(2008)の耐震評点分布と狩谷・他(2005)の木耐協の補強実績から耐震補強による評点の変化を反映したパラメトリックな木造建物被害関数を構築した。
- 2) 時間の経過に伴う地震・津波ハザードの変化や人口・建物棟数の変化を取り込んだ防災戦略の費用対効果の評価手法を検討し、ケーススタディとして地震・津波それぞれの戦略の費用対効果を試算した。費用対効果の便益に利用する損失額の算出の際は、人口・建物棟数の時系列的な変化を取り込むために、各評価基準年の人口・建物モデルや発生確率に基づき算出した 10 年期待値を利用・集計することとした。加えて、便益の算出にあたっては、評価基準年の年齢構成の変化を考慮した人的被害による損失額の算出方法を示した。
- 3) 津波リスクに対する防災戦略のケーススタディとして、堤防を嵩上げする戦略と 2015 年以降標高 5 m 未満の地域の建物新築を規制する戦略を実施し、津波リスク（建物損失額 10 年期待値）を試算した。その結果、今後人口減少が進む地域では低地への新築規制は効果が少ないものの、ある程度の建物新設が今後も見込まれる地域では、津波リスクを抑制するような土地利用が中長期的には効果があることが示唆された。ただし、本試算で用いた浸水予測は、東北地方太平洋沖地震津波による経験的手法に基づいた結果であり、各地域でより詳細な評価を行う場合は、シミュレーション等を用いた詳細な確率論的浸水ハザード評価が必要と考えられる。

(e) 引用文献

- 1) 中嶋唯貴, 岡田成幸, 時間軸上の死者低減率最大化を主目標とした木造住宅耐震化戦略の策定 : 東海・東南海連動型地震を対象とした東海 4 県への適用事例, 日本建築学会構造系論文集, 623, pp.79-86, 2008.
- 2) 狩谷のぞみ, 村尾修, 熊谷良雄, 糸井川栄一, 実データに基づく耐震補強費用の実態と耐震性能向上効果, 地域安全学会論文集, No.7, pp.1-10, 2005.
- 3) 荒木雅也, 井戸田秀樹, 在来軸組工法住宅を対象とした耐震補強における費用対効果, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造Ⅲ, pp.139-140, 2004.
- 4) 中央防災会議, 防災対策推進検討会議 南海トラフ巨大地震対策ワーキンググループ, 南海トラフ巨大地震の被害想定項目及び手法の概要, ~ライフライン被害、交通施設被害、被害額など~, 2013.
- 5) 国税庁, 災害により被害を受けられた方へ (雑損控除における「損失額の合理的な計算方法」), 2013.
- 6) 日弁連交通事故相談センター東京支部, 民事交通事故訴訟 損害賠償額算定基準

- 上巻(基準編), 2016.
- 7) 厚生労働省, 賃金構造基本統計調査, 2016.
 - 8) 厚生労働省年金局: 平成 25 年度厚生年金保険・国民年金事業の概況, 2014.
 - 9) 日弁連交通事故相談センター, 交通事故損害額算定基準 ―実務運用と解説―, 2016.
 - 10) 内閣府, 平成 23 年度 交通事故の被害・損失の経済的分析に関する調査報告書, 2012.
 - 11) 奥山忠裕, 津波被害による死亡リスク削減便益の計測, 環境情報科学, 学術研究論文集, 28, 2014.
 - 12) 藤間功司, 樋渡康子, 津波防災施設の最適規模と残余リスクを明示する手法の提案, 土木学会論文集 A1, Vol.69, No.4, 2013.
 - 13) 平田賢治, 藤原広行, 中村洋光, 長田正樹, 森川信之, 河合伸一, 大角恒雄, 青井真, 山本直孝, 松山尚典, 遠山信彦, 鬼頭直, 村嶋陽一, 村田泰洋, 井上拓也, 斉藤龍, 高山淳平, 秋山伸一, 是永真理子, 阿部雄太, 橋本紀彦, 南海トラフにおける確率論的津波ハザード評価―(1)地震調査委員会(2013)が例示した 15 想定震源域に基づく評価の試作版, 日本地震学会講演予稿集 2015 年度秋季大会, 2015.
 - 14) 清水智・若浦雅嗣, 東北地方太平洋沖地震の津波痕跡調査結果に基づく浸水深の簡易予測, 第 9 回日本地震工学会大会―2012 梗概集, pp.372-373, 2012.
 - 15) 内閣府, 災害の被害認定基準について(平成 13 年 6 月 28 日付府政防第 518 号内閣府政策統括官(防災担当)通知), 2001.
 - 16) 国土交通省都市局, 津波被災市街地復興手法検討調査(とりまとめ), 2012.
 - 17) 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, 2012.
 - 18) 中央防災会議, 日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会, 日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係る被害想定手法について,
http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/senmon/nihonkaiko_chisimajishin/17/pdf/siryou1.pdf, 2006.

⑦ 都市災害と経済被害

(a) 業務の要約

都市災害について、平成 28 年度は前年度までに開発した「大都市複合災害時避難シミュレーション」を更に広範囲に拡張し、帰宅困難者の移動が地域の避難行動に与える影響をより精緻にモデル検証することができた。この結果、帰宅困難者の一斉帰宅が地域の避難行動を阻害することは前年度までの検討によって明らかになっていたが、地域や避難のタイミングによって、この影響は大きく異なることがシミュレーション上で再現され、避難行動への災害情報の伝え方に示唆を得ることができた。

経済被害について、平成 28 年度は、逐次均衡型動学応用一般均衡モデルを用いて、南海トラフ巨大地震の経済被害額を暫定的に試算した。モデルは日本全国を対象としており、地域単位は全国を 207 地域に分割した「生活圏」である。今回の暫定シミュレーションでは、南海トラフ巨大地震により日本の年間実質 GDP は、最悪の場合、年間約 76.5 兆円減少することが示された。また産業別の復旧の特性について考察を行った。

(b) 業務の実施方法

1) 都市災害

平成 28 年度は、平成 27 年度までに作成した大都市複合災害時避難シミュレーションの対象範囲を拡大した。

2) 経済被害

平成 28 年度は、平成 27 年度までに開発した逐次均衡型動学応用一般均衡モデルの枠組みを継承しつつ、地域単位を全国 207 生活圏にまで拡張した。同モデルにより南海トラフ巨大地震の経済的影響について暫定的な月次シミュレーションを行った。

(c) 業務の成果

1) 都市災害

平成 27 年度末までに構築した複合災害避難シミュレーションは、火災避難の対象範囲として東京都墨田区の一部を想定したものであったが、今年度は対象領域を墨田区全域に拡張した。ここでは市街地火災からの避難は避難圏域を守り、各々が指定された避難場所に任意の時刻に一斉に向かうものと仮定している。また、市街地火災からの避難については滞在者のみとし（外出者および帰宅後のエージェントは市街地火災からの避難を行わない）としている。結果としてこの狭域避難シミュレーションが対象とする地域内の平日昼間での滞在者は約 22 万人であり（PT 調査により算出）、各々が各建物から指定広域避難場所へ移動するよう設定し、広域シミュレーションで対象とした幹線道路のみならず、細街路（歩行者通行幅は 4m とし、車は通行しないものとする）も避難行動に用いている。対象地域を示したものが、図 3-2-⑦-1 である。

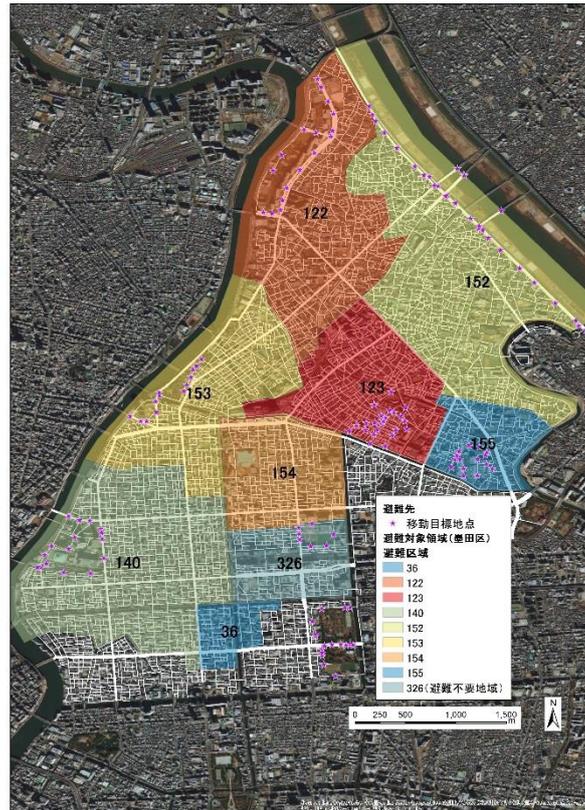


図 3 - 2 - ⑦ - 1 避難区域と避難移動目標地点（墨田区全域）

この条件下で、平成 27 年度までに開発した広域の避難シミュレーション（約 600 万人）の想定ケースのうち、ケース 2 を前提（帰宅困難者が一斉帰宅するものと仮に想定）とした上で、狭域の避難シミュレーション（約 22 万人）と同時に計算する。なおここでは、道路閉塞の確率を細街路に限り 1 リンク（道路区間）あたり 5% と仮に設定し、様々なケースの下で避難完了時間分布を計算している。この結果が図 3 - 2 - ⑦ - 2 から図 3 - 2 - ⑦ - 5 である。Case 0 は混雑の影響がなく、かつ道路が閉塞しない場合である。このケースは平常時に避難場所へ任意の住民が建物から移動することを想定したもので、この状況下では 98.4% が 30 分以内に避難を完了することができる。Case A は混雑を考慮しないが道路閉塞があるパターンを示したものである。ここでは、Case A と比べてやや避難完了時間が遅くなるが、それでも 97.7% が一時間以内での避難が可能である。つまり対象とした市街地に関する限り、リンクが 5% の確率で閉塞しても代替の避難路は存在することになる。ここまでは、狭域シミュレーションのみで計算した結果であり、帰宅困難者の存在は考慮していない。

他方で Case B と Case C は、帰宅困難者の存在を考慮して入れ子シミュレーションの計算結果をまとめたものである。はじめに Case B は、道路閉塞を考慮したうえで、地震発生直後に墨田区の住民全員が避難を開始するケースである。この状況下では、30 分以内に避難を完了できる人が 56.4% であり、1 時間以内は 76.6% しか指定された広域避難場所まで到達できないことが分かる。全体の 3.8% (8,334 人) が 2 時間以内に避難場所に到達でき

ないことになるが、墨田区の住民は地震直後に一斉避難をしているため、帰宅困難者による混雑の影響はそれほど受けてはいない。次に Case C である。このケースは道路閉塞したうえで、地震発生から 2 時間後に墨田区住民全員が避難を一斉に開始するものである。地震が発生してから 2 時間後のため、墨田区内には多数の帰宅困難者が郊外に移動している。つまりこのケースは、帰宅困難者の移動と市街地火災からの避難者が錯綜して大混雑を起こした場合を検証するものである。結果として、このケースにおいては 30 分以内に避難を完了できる人は 43.8%、1 時間以内でも 60.3%しか指定された避難場所に到達できない。2 時間以内に指定された広域避難場所にたどり着けない人は全体の 22.1%(48,471 人)である。つまりこれは帰宅困難者の一斉帰宅かつ地震から 2 時間後の避難行動という条件下では、帰宅困難者による市街地火災避難の阻害がシミュレーション上で再現されたことになる。特に地震直後と地震から 2 時間後では、2 時間経っても指定された広域避難場所にたどり着けない数の住民が約 6 倍に増えてしまう点は、示唆に富む結果と考えられる。

本研究は首都圏を対象としているため市街地火災からの避難を念頭に置いたものであるが、津波避難においてもこの傾向は同様であると考えられる。いずれにせよ大都市内で迅速な避難を実現するためには、帰宅困難者による混雑発生も踏まえた避難開始時間の設定や、避難計画からみた一斉帰宅抑制の効果検証など、大都市特有の避難計画の策定技術が必要と考えられる。

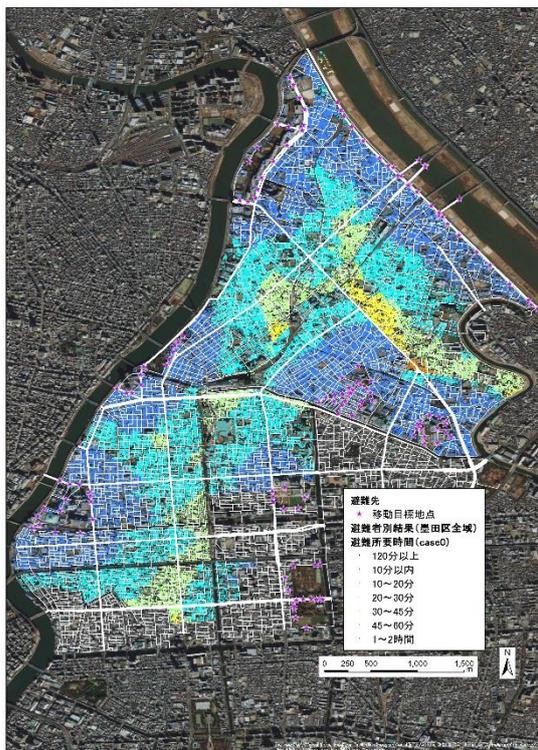


図 3-2-⑦-2 ケース 0 の避難完了時間

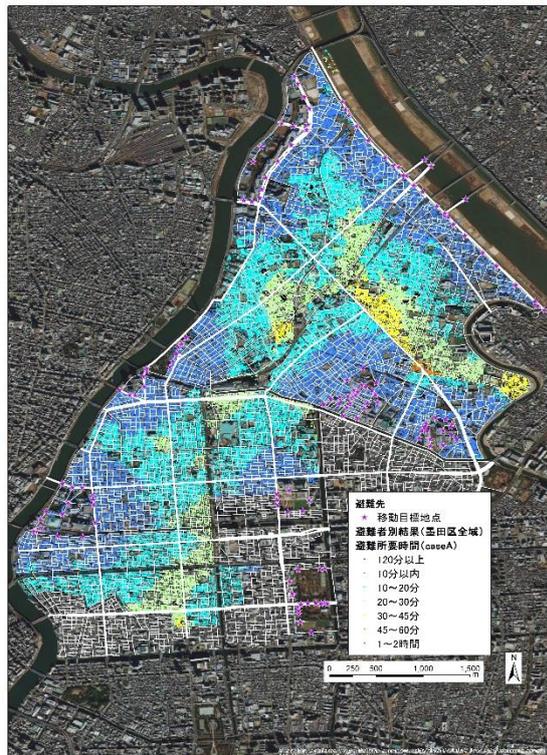


図 3-2-⑦-3 ケース A の避難完了時間

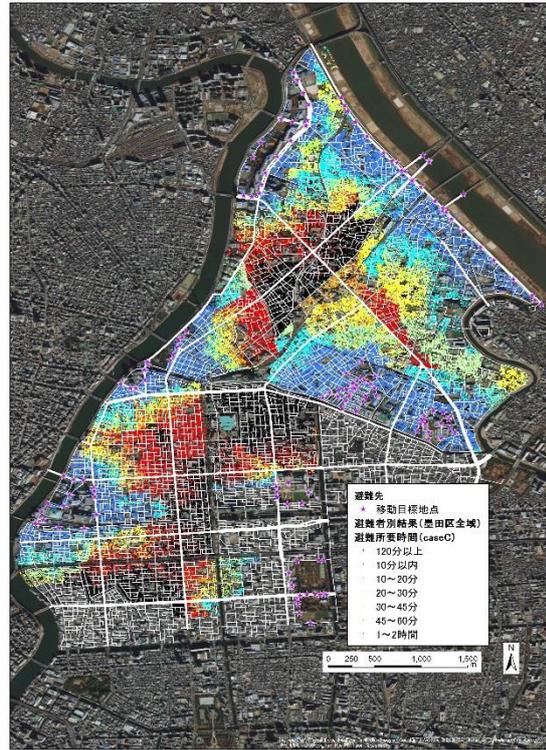
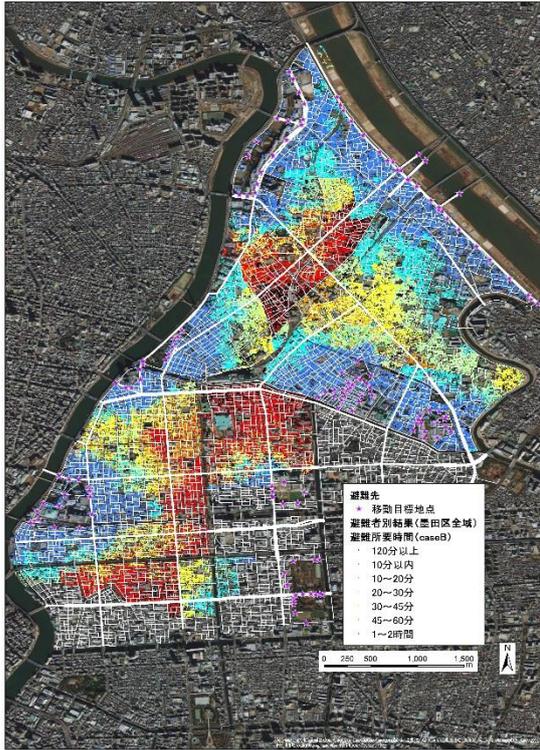


図 3-2-⑦-4 ケース B の避難完了時間

図 3-2-⑦-5 ケース C の避難完了時間

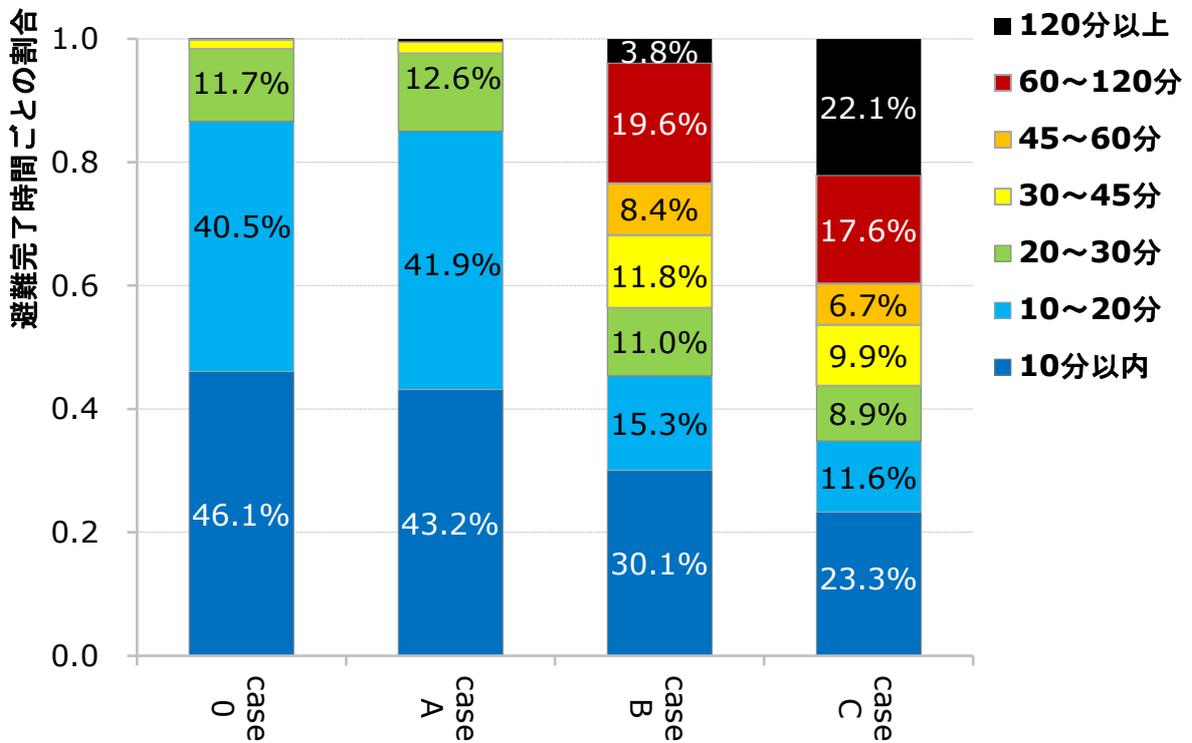


図 3-2-⑦-6 それぞれのケースにおける避難完了時間比較

避難場所までの所要時間の増加率(平常時のと比較)

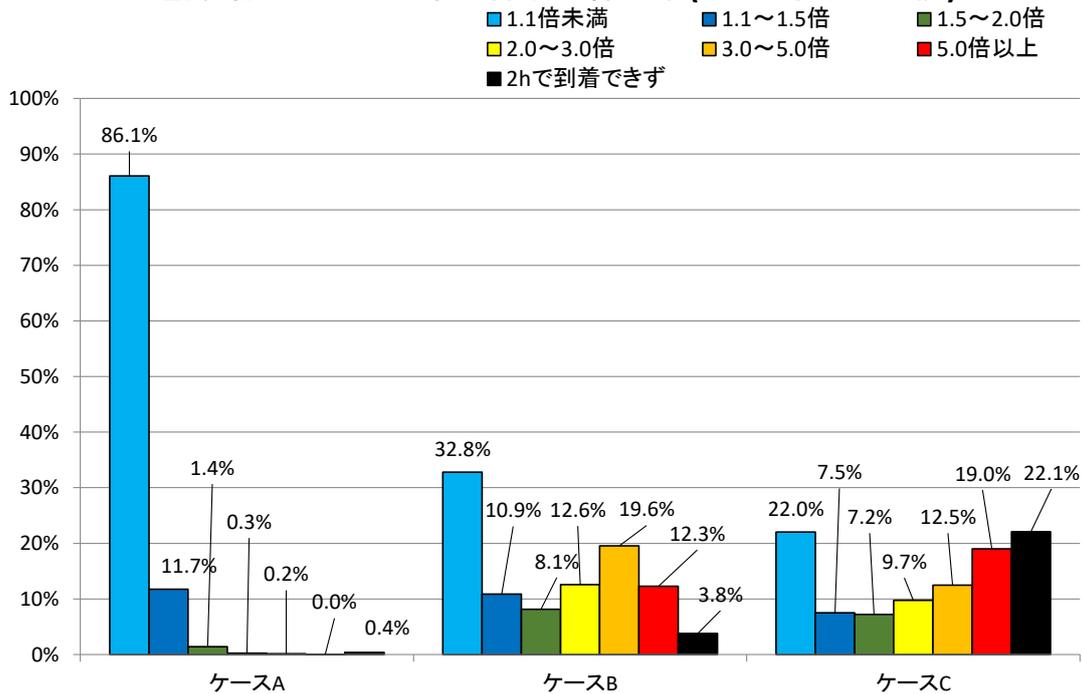


図 3-2-⑦-7 ケース A, B, C の比較 (避難完了時間の増加率)

2) 経済被害

2013年3月に中央防災会議は「南海トラフ巨大地震」に伴う経済被害想定を公表した。いわゆる「陸側ケース」の場合に被害額は最大となり、被災地における「資産等の被害」、すなわちストック損失額は169.5兆円、日本全国における「経済活動への影響」の内、「生産・サービス低下に起因するもの」は44.7兆円と想定している。後者の「生産・サービス低下に起因するもの」は年間実質GDP損失に相当する。ただし中央防災会議の試算方法は産業連関を十分に考慮できておらず、その点において課題がある。

産業連関を明示的に考慮した経済モデルは2種類に大別できる。1つはレオンチェフ型産業連関モデルに基づくモデルであり、もう1つは応用一般均衡モデルに基づくモデルである。いずれのモデルも自然災害の経済被害を評価した研究事例が蓄積されている。本研究では、代替生産や復旧投資をモデルで内生的に扱うことができること、経済的価値の収支の整合性がとれていることを重視し、逐次均衡型の動学応用一般均衡モデルを用いて、南海トラフ巨大地震の経済活動への影響を定量的に暫定評価する。

本研究の応用一般均衡モデルは多地域モデルであり地域単位は「生活圏」である。ここで生活圏とは、国土交通省が第4回(2005年)全国幹線旅客純流動調査で採用した「207生活圏ゾーン」に対応している。モデルでは生活圏間で財やサービスの取引、生産要素の移動が存在する。各地域には1つの代表的家計と8つの生産部門(「農林水産業」、「食品加工業」、「基礎素材型産業」、「加工組立型産業」、「輸送機械産業」、「電力」、「ガス・水道」、「サービス産業」)が存在する。なおモデルにおける全ての市場は完全競争市場であり、効用最大化行動をとる代表的家計も、費用最小化行動をとる生産者も価格受容者である。

また海外との貿易は存在するが日本の輸出入水準の変化は国際価格に影響を与えない「小国の仮定」を採用する。

以下では生産部門の構造について説明する。生産部門は入れ子型 Constant Elasticity of Substitution (CES)関数によりモデル化している。図3-2-⑦-8は生産関数の構造を図示したものである。図中で水平線により結合されている各種の中間投入財の投入量、労働投入量と資本ストック利用量の結合物である付加価値は CES 型関数の特殊型である Leontief 型関数によって結合されている。これは中間投入財間および中間投入財と付加価値の間で代替が不可能であることを意味する。図中で弧状の線で結合されている労働投入量と資本ストック利用量はそれらが技術的に互いに代替可能であることを意味する。例えば、自然災害により工場や生産設備等の資本ストックが一部毀損した場合でも、資本ストックが担っていた機能の一部を労働が代替できるとする仮定を意味する。ただし、その代替の技術的可能性は CES 型関数の代替の弾力性の値 σ_j^V で定められており生産部門ごとに異なると仮定する。代替の弾力性の値は表3-2-⑦-1の通りであり、これらの値は東日本大震災の経済被害を再現する研究において高い再現性を得た値を参考に設定している²⁾。生産物は国内の各生活圏に供給されるか、または外国に輸出されるものと仮定する。国内向け供給と外国輸出の配分に際しては Constant Elasticity of Transformation (CET) 型関数を用いている。CET 型関数における変形の弾力性 σ^T は全地域・全生産部門で等しく 1.0 と仮定している。

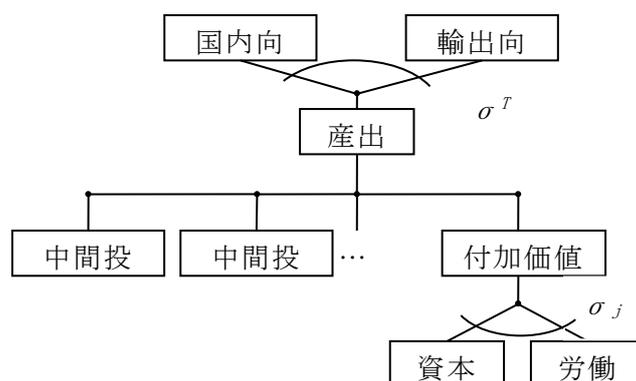


図3-2-⑦-8 生産関数の構造

表3-2-⑦-1 労働と資本の代替の弾力性 (σ_j^V)

生産部門名	σ_j^V
農林水産業	1.0
食品加工業	0.4
基礎素材型産業	0.4
加工組立型産業	0.4
輸送機械産業	0.1
電力	0.4
ガス・水道	0.4
サービス業	1.0

各地域の代表的家計の効用水準は、労働以外に費やす時間と財・サービスの最終消費の水準および貯蓄の水準から構成される。標準的な一般均衡モデルでは労働以外に費やす時間を余暇と解釈するが、自然災害が発生している状況では、自主的な自宅避難も余暇の内に含むと解釈できる。賃金を犠牲にしても自宅で家族と過ごす方が自らの効用水準の上昇につながるのであれば形式上、余暇と自宅避難を区別するものはない。家計部門も生産部門と同様に入れ子型 CES 関数でモデル化している。入れ子型 CES 関数の最上段では余暇（自主的な自宅避難）と「消費と貯蓄」の水準を CES 型関数で合成している。各地域の代表的家計は、余暇（自主的な自宅避難）の機会費用である賃金率と「消費と貯蓄」の合成財の価格を所与としつつ、自らの効用を最大化するよう余暇（自宅避難）の時間および「消費と貯蓄」の水準を決定する。ただしその際、余暇（自宅避難）と労働に利用できる合計時間は外生的に与えられており、また「消費と貯蓄」に充てられる所得水準は余暇の水準にも依存することを代表的家計は知っている。その上で家計は労働供給量を決定する。なお代表的家計は各地域の労働力と資本ストックの所有者であり、生産部門に資本ストックを貸し、レンタル料金を受け取る。また労働力も生産部門に供給し賃金を受け取る。余暇（自主的な在宅避難）と所得をもとに代表的家計は自らの効用水準を最大化する。また常に所得の一定割合を貯蓄すると仮定しており、その意味において本モデルの代表的家計は動学的最適化行動をとらない。

本モデルの地域間交易も入れ子型 CES 関数でモデル化している。図 3-2-⑦-9 の通り 2 段の入れ子構造となっており、下段では自地域で生産された財と国内の他地域で生産され自地域に移入された同種の財が CES 型関数によって合成され「国産品」となる。上段で「国産品」は同種の輸入財と CES 型関数により合成され、自地域内の中間投入や最終消費、投資向けの財になる。表 3-2-⑦-2 の σ_i^{DD} は地域間交易の代替の弾力性であり、 σ_j^V と同じく東日本大震災の経済被害を再現する研究で得られた値を参考としている。 σ_i^{DM} は国産品と輸入品の間の代替の弾力性の値を示すが、 σ_i^{DD} の半分の値と仮定する。

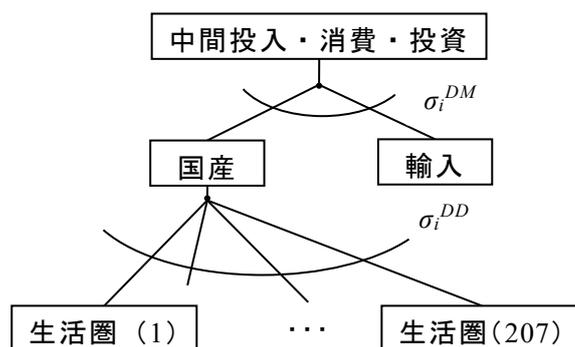


図 3-2-⑦-9 地域間交易の構造

表 3 - 2 - ⑦ - 2 地域間交易の代替の弾力性 (σ_i^{DD})

生産部門（生産物）名	σ_i^{DD}
農林水産業	1.0
食品加工業	1.2
基礎素材型産業	0.6
加工組立型産業	0.6
輸送機械産業	0.1
電力	0.6
ガス・水道	0.6
サービス産業	1.0

動学構造について、本モデルではパティークレイ（Putty-Clay）アプローチを採用している。すなわち既存資本ストックは地域および産業特殊的であり、地域間および産業間を移動しない。労働は地域と産業を摩擦なく移動できると仮定している。ただし賃金所得は初期の労働力を保有する地域の代表的家計に帰属する。本研究のシミュレーションは1期を1ヶ月と設定している。月々の人口成長率および技術進歩率はモデルでは外生として扱い、いずれも0と仮定する。

巨大地震の経済被害を応用一般均衡モデルにより評価する場合、地震のショックをいかにモデル化し入力するのかが問題となる。ここで Rose (2004)³⁾に従い、災害の経済影響を2種類に大別する。1つは地震動等のハザード（自然の外力）に直接的に起因する操業停止である（Hazard induced economic loss）。もう1つは、Hazard induced economic lossに起因する間接的な損失であり、Higher order economic loss と呼ばれる。サプライチェーンの寸断による操業停止に伴う機会損失は後者に含まれる。前者は、ハザードに生産要素が曝露し、その結果として操業に支障をきたし生じた生産および販売の機会損失を指す。応用一般均衡モデルの構造から、資本ストックの毀損を外生的に入力することができる。これを入力値とし、その後の経済影響を包括的に評価できる。

本研究では、地震直後の資本ストックの毀損率を推定するため中野・他（2013）⁴⁾が開発した企業の操業度に関する「機能的フラジリティ曲線」を利用した。中野・他（2013）の機能的フラジリティ曲線は、地震動強度（SI 値）と企業の操業水準との関係を示す関数である。関数形は対数正規分布で特定化されており、2004年新潟県中越地震における被災地企業アンケート調査から関数の形状を決めるパラメータを最尤法で推定している。被災企業へのアンケートでは「操業水準」を「生産・受注・販売業務遂行能力」とし、震災後1週間の「操業水準」について調査している。また同調査では「操業水準」について「機械や設備が損傷し稼働停止することの影響を対象とする事を意図しており、部品の調達が滞ることの影響や需要が減少することによる売上の減少等は含まない」としている。本研究ではこの「操業水準」が、1から資本ストックの毀損率を差し引いたものに等しいと仮定し、応用一般均衡モデルへの入力値として利用した。具体的には任意の地震動強度（SI 値）に対する操業水準の期待値を、1から資本ストックの毀損率を引いたものと仮定し利用した。機能的フラジリティ曲線への入力値として南海トラフ巨大地震の各地の SI 値が

必要となるが、本研究では中央防災会議が想定する南海トラフ巨大地震震度分布の「基本ケース」を対象とし、各生活圏の中心市における最大震度を SI 値に変換した入力値とした。なおシミュレーションでは「東京 23 区」以西の生活圏で、かつ中心市における最大震度が 5 弱以上の生活圏のみで資本ストック毀損が生じると仮定している。

以下ではシミュレーション結果を見ていく。図 3-2-⑦-10 では日本全国における各生活圏の実質での域内総生産（GRP、Gross Regional Product）の変化額を示している。GDP が主として国内総生産を意味するのに対して、GRP は任意の域内の付加価値総額を示し、以下で GRP と示す場合は各生活圏内での GRP を示す。生活圏中心市の市内最大震度を当該生活圏全体の震度としていることおよび新潟県中越地震の被災企業データに基づく機能的フラジリティ曲線を用いていること、操業水準と資本残存率を等しく設定する等、今回のシミュレーションの設定ではハザードおよび資本ストックの毀損が大きくなる傾向を持つ。そのため今回のシミュレーションは南海トラフ巨大地震の経済被害でも最悪のケースのシミュレーションであると解釈できる。その上でのシミュレーション結果を以下で示す。

図 3-2-⑦-10 で示した各生活圏の年間実質 GRP の変化額を全生活圏で合計すれば、南海トラフ巨大地震の日本の年間実質 GDP 損失となりその額は 76.5 兆円であった。中央防災会議の試算である 44.7 兆円の約 1.7 倍となる。図 3-2-⑦-10 の通り、震源から離れた地域へも影響が波及している。その要因の 1 つに家計所得の大幅な低下がある。地震により被災地の資本ストックが毀損し、資本ストック保有者である家計の所得は低下する。これにより家計の財やサービスに対する最終需要が減少する。家計は被災地外からも財やサービスを購入するため、被災地の生産物のみならず被災地外の生産物に対する最終需要も減少する。これに伴い生産活動も減少する。生産活動の減少は、中間投入取引も減少させ関連する生産活動をさらに低下させる。もう 1 つの要因は被災地における資本ストックの減少が直接に生産活動を制限することである。労働による代替が一定程度可能であったとしても、生産量を減らさざるを得ない場合が多い。被災地から原材料を購入しているもしくは被災地へ原材料を販売している被災地外の生産者も、被災地における生産の制限により生産量が減少する。これにより被災地外でも所得の低下が生じる。以上のような経済連関および循環を通して経済被害は波及し拡大する。

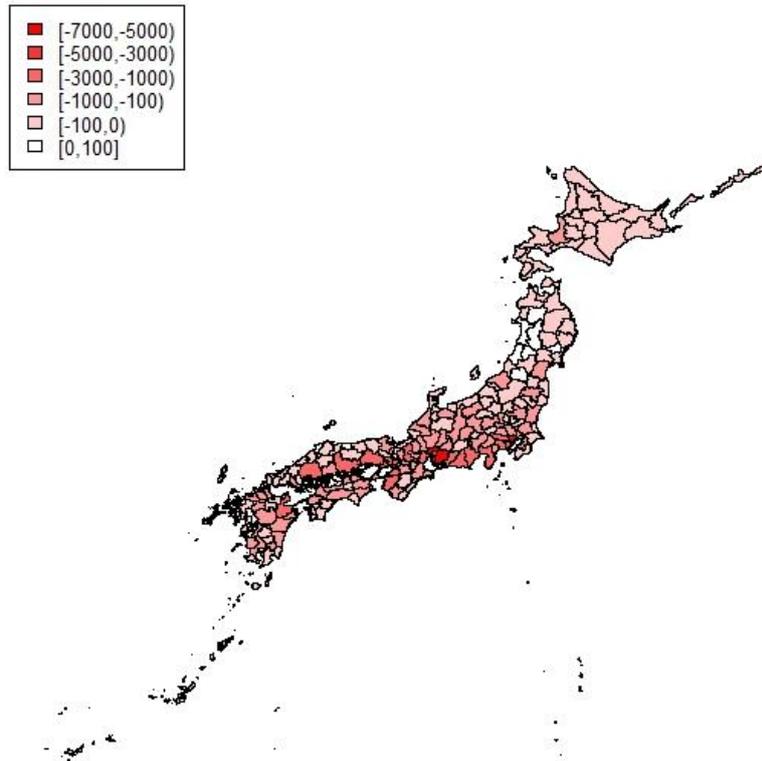


図 3 - 2 - ⑦ - 10 年間実質 GRP 減少額 (単位 10 億円)

以下では東海圏の 3 つの生活圏における主要産業（「豊田」の「輸送機器産業」、「名古屋」の「サービス産業」、「北勢」の「基礎素材型産業」）の生産額の推移を見る。図 3 - 2 - ⑦ - 11 は 3 つの生活圏における主要産業に対する南海トラフ巨大地震の影響を示している。発災直後 1 ヶ月間から 12 ヶ月目の月間生産水準の推移を平時に対する割合として示している。「輸送機械産業」（主として自動車および自動車部品産業）は全国レベルの分業体制により効率的な生産を実現した一方、特殊な部品の生産が数少ない地域で集中して行われており、地域間で代替生産が難しい。「輸送機械産業」に見られる全国レベルの分業体制は、同産業の製品について地域間取引の代替の弾力性の値を低く設定する事でモデルにおいて表現している。

シミュレーション結果に基づけば、「豊田」の「輸送機械産業」は南海トラフ巨大地震で甚大な被害を受けるものの、他の産業に比べて速い復旧を遂げる。これは「豊田」の「輸送機器産業」が域外の需要に大きく依存する外需型産業であり、かつ製品そのものが他に代え難い特性を持ったためであると考えられる。これは当該産業の地域間取引の代替の弾力性の値を低く設定したことに由来する。このことが当該産業の生産物に対する需要を地震発生後もある程度維持し、これを背景とする旺盛な復旧投資を実現する。一方で「名古屋」の「サービス産業」は「豊田」の「輸送機器産業」とは異なり回復の傾向が見られない。一般的にサービス産業は生産と消費が地域内で閉じる傾向がある。そのため被災地家計の所得低下の影響を受けやすく、輸送機械産業とは異なり旺盛な復旧投資が実現しない。「北勢」（中心市は四日市市）における基礎素材型産業の生産額の推移に関して生産額は平時の半分以下に減少するが、その後徐々に回復する。特に基礎素材型産業は、主たる出荷先で

ある加工組立型産業および輸送機械産業の生産水準の回復と密接に連動すると考えることができる。

東海圏の3つの生活圏でそれぞれの地域を特色付ける生産部門の生産水準の推移を見た。これらの生産水準の回復の速さには複数の要因が関わるものの、主たる要因として他地域との関係性があると考えられる。地域をまたぐ産業連関の中で重要な位置にある、すなわち他地域では代替生産が困難な生産物を生産する生産部門は、当該生産物への強い需要を背景とし、旺盛な復旧投資が実現する。一方、非被災地からの代替調達が比較的容易な製品の場合、復旧投資の水準も限られる。また域内需要に強く依存する産業は、域内家計所得の低下の影響を直接的に被り、復旧投資が進まない。以上のように、災害後の復旧の早さは、その生産部門の他地域との関係性に大きく規定される。

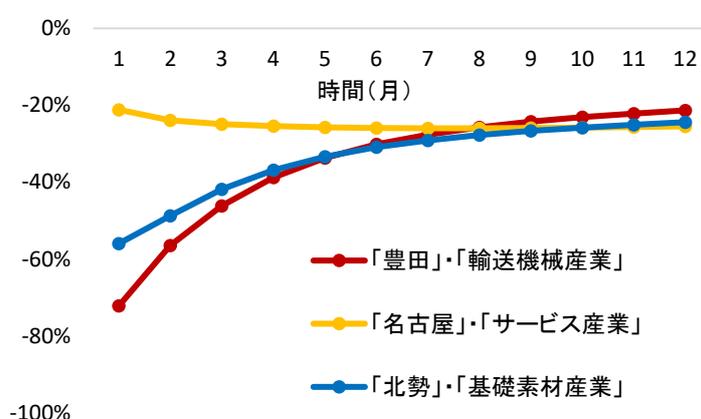


図3-2-⑦-11 地域別主要産業の生産減少率

本研究の暫定的な試算では南海トラフ巨大地震の年間実質 GDP 損失額は約 76.5 兆円となり、中央防災会議による試算の約 1.7 倍である。中央防災会議の試算方法と比較した場合の本研究の試算方法の特徴は、産業連関を明示的に考慮し、かつ家計所得の低下に伴う消費の低下等の経済循環を包括的に考慮している点にある。その意味においては中央防災会議が試算で用いたモデルよりも精緻な経済モデルとなっている。一方で、本研究における資本ストックの毀損率の算定方法は、中央防災会議のそれとは異なっており、入力値の違いが結果の違いとして現れている部分もある。両者は容易には比較できないが、いずれにせよ本研究で示した年間実質 GDP 損失額は日本の年間実質 GDP の約 15%に相当し、経済活動を大幅に縮小させる恐れがある。自然災害による経済活動への大きな被害は、復旧復興を遅らせ、人々の生活再建を遅らせる。人々の早期の生活再建という観点からも経済被害を縮小する対策が求められる。

また本研究では、生産部門間で復旧のあり方が異なることも示した。復旧の早さは複数の要因に規定されるものの、主として自然災害発生後にその生産部門の生産物に対し強い需要が生じるか否かに規定される。地域を超えた産業連関において重要な役割を担う生産部門は、被災後も維持される需要を背景とし旺盛な復旧投資が実現する。一方で他地域の製品により代替されやすい生産物や、需要が地域の所得水準に大きく依存する生産物は復

旧投資が遅れる。それゆえに被災地の復旧復興の速度や程度は、その地域がいかなる産業から構成されているかに依存する。

(e) 参考文献

- 1). 中央防災会議, 南海トラフ巨大地震の被害想定について (第二次報告) ~経済的な被害~, 2013.
- 2). 山崎雅人・曾根好徳・小池淳司, 南海トラフ巨大地震による製油所被災の経済被害推計: 地域間応用一般均衡モデルによる分析, 土木計画学研究・D3 論文集 72(5), I_111-I_121, 2016.
- 3). Rose A., Economic principles, issues, and research priorities in hazard loss estimation. In: Okuyama Y, Chang SE (eds) Modeling spatial and economic impacts of disasters. Springer, Berlin Heidelberg, pp 13-36, 2004.
- 4). 中野一慶・梶谷義雄・多々納裕一, 地震災害による産業部門の操業能力の低下を対象とした機能的フラジリティ曲線の推計, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学) Vol. 69 No. 1 p. 57-68, 2013.

(3) 平成 29 年度業務計画案

- ① 潮汐変動の考慮など長期湛水シミュレーションの手法を高度化するとともに、計算対象地域を徳島市中心市街地の複数個所に増やしてシミュレーションを実施する。
- ② グリーン関数の相反性を利用した地震動計算方法を常時微動に適用し、地震動予測の際に重要となるサイト増幅特性の推定精度に関して検討する。
- ③ 特定地域における人工地盤・土構造物の耐震性評価を行う。
- ④ 地域リスク評価に必要な建物の被害予測モデルの高度化に向けて、任意地点の地震動・建物応答・被害予測に基づく建物被災状況可視化とそれを用いた耐震化促進、建物状況や動的相互作用を考慮した地震応答・被害予測、観測・モニタリングに基づく対応準備と被害軽減方策の検討を行う。
- ⑤ 電力については、社会機能が相互に依存した現実社会においてボトルネックを克服し、電力需給ギャップの解消を効果的に実現するために、社会全体で対応を考えるプラットフォームの有効な構築方法を検討する。上水道については、これまでに構築した高度化した被害予測手法を用いて、具体的な地域において断水による影響を算出する。また、設備の耐震化や復旧班の適正配置等による防災・減災対策による被害の軽減効果について定量的に評価する。
- ⑥ 発災後の災害シナリオの高度化のため、間接被害の算出方法について検討するとともに、広域での評価に向け一部地域で試算を行う。
- ⑦ 都市災害については、これまでに構築した大都市避難シミュレーションを用いて、火災・道路閉塞のみならず水災害への拡張を試みる。ここでは同時に、糸魚川大火時の避難行動調査を通じてシミュレーションの検証も含めて研究を行う。南海トラフ巨大地震の経済被害の評価については、これまでのマクロ的検討を踏まえ、個別地域の経済被害リスクの抽出に関する研究を始める。平成 29 年度は、東海圏を対象に市区町村別・産業別レベルで経済被害軽減に向けた経済データの整備を行う。

3.3 防災・減災対策研究

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 「防災・減災対策研究」

(b) 担当者 (◎は各地域 (括弧内) の代表幹事)

所属機関	役職	氏名
国立研究開発法人海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター	上席技術研究員 グループリーダー グループリーダー 技術研究員 特任技術研究員 特任技術スタッフ 招聘上席技術研究員	◎金田 義行 (四国、九州) 高橋 成実 堀 高峰 今井 健太郎 中田 令子 大林 涼子 馬場 俊孝
国立大学法人名古屋大学 減災連携研究センター 環境学研究科 災害対策室	教授 教授 寄附部門教授 寄附部門教授 寄附部門教授 特任教授 特任教授 准教授 特任准教授 寄附部門准教授 寄附部門准教授 寄附部門助教 寄附部門助教 寄附部門助教 寄附部門助教 助教 教授 技術職員	◎福和 伸夫 (東海) 野田 利弘 武村 雅之 北野 哲司 曾根 好徳 護 雅史 新井 伸夫 平山 修久 阪本 真由美 都築 充雄 田代 喬 浦谷 裕明 野中 俊宏 山崎 雅人 倉田 和己 平井 敬 飛田 潤 川端 寛文
国立大学法人京都大学 防災研究所	教授 研究員	◎牧 紀男 (関西) 李 瑾
国立研究開発法人防災科学技術研究所	部門長 総括主任研究員 主任研究員 主任研究員 主任研究員 主任研究員	藤原 広行 青井 真 中村 洋光 前田 宜浩 田口 仁 李 泰榮

	主幹研究員 契約研究員 契約研究員 契約研究員	大角 恒雄 東 宏樹 崔 青林 水井 良暢
国立大学法人東北大学 災害科学国際研究所	教授 助教 助手	今村 文彦 佐藤 翔輔 保田 真理
国立大学法人東京大学 地震研究所	教授 特任助教	古村 孝志 原田 智也

(c) 業務の目的

理学・工学・社会学の研究者が最新の研究成果を、地域の防災・減災対策に活かすため、行政やライフライン担当者との闊達な議論を通じて、より実践的な防災・減災対策を目指す。また、地方自治体やライフライン事業者に加え、積極的に市民参加の減災カフェなどを通じて一般社会へも情報発信する。

(d) 8か年の年次実施業務の要約

これまで地域の防災・減災にとってどのような災害シナリオを考えるべきなのか、地域研究会を開催して議論を進めてきた。この地域研究会を発展させ、前半4年で地方自治体やライフライン事業者から課題を聞きつつ、プロジェクト関係者からの残された課題を含め最新の成果のインプットに重点を置き、後半4年で具体的な社会実装に向けた提案・対策案をまとめる。また、地方自治体だけではなく、内閣府をはじめとする府省への働きかけを強化し、国レベル、地方自治体レベルその両面から防災・減災対策の推進を図る。前半4年では、サブテーマ1で期待させる成果である被害予測やデータベース構築などを逐次、地方行政のシステムに実装にすることを検討する。後半4年では、地域行政による対策としての実装を強化しつつ、社会実装を進めるため、市民参加の減災カフェや地元メディアとも連携した防災減災の啓発活動を開催する。年次実施業務と想定される成果は以下である。

平成 25 年度：

地域研究会の体制を整えて、開催のルールを敷いた。

平成 26 年度：

地域研究会を通じて最新の地震津波防災研究を展開し、現実的な被害予測に対する課題を整理した。地域防災のボトルネックとなる課題について調査活動を実施した。

平成 27 年度：

地域研究会を通じて最新の地震津波防災研究を展開し、防災・減災の効果を高める情報発信のあり方を検討した。情報発信の社会実装を進めるために必要な課題を洗い出した。

平成 28 年度：

地域研究会を通じて最新の地震津波防災研究を展開し、課題の洗い出しを継続し、地域行政に活かすための課題を整理した。社会実装を進めるために現実的な復旧・復興対策の検討などに着手した。国レベル、地方自治体レベル両面から実装を見据えた議論を展開した。

平成 29 年度：

地域研究会を通じて、被害予測、情報発信、復旧復興対策等について社会実装の現状を評価し、社会実装に向けた計画を策定する。新しい災害シナリオが提出されれば、対策の可否を議論する。減災カフェ等を通じた啓発活動を進める。

平成 30 年度：

地域研究会を通じて、これまでの防災研究の成果を社会実装するためのシステムを構築する。地域に適した防災・減災対策を整理し、地方自治体と連携して、防災・減災対策の有効性を確認する。減災カフェやマスコミ勉強会を通じた啓発活動を進める。

平成 31 年度：

地域研究会を通じて、地域防災に活かすための方策や情報発信システムの利活用を検討し、地方自治体との連携を図り、地震前後のシナリオを整理する。市民参加の減災カフェやマスコミ勉強会を通じた啓発活動を進める。

平成 32 年度：

研究成果を実装した後の地域防災の再構築結果を評価し、修正箇所を見直し、地域毎に自律的・継続的に活動できるような体制を整備する。これまでの成果をまとめた 1-(e) の情報発信プラットフォームを活用して広く市民参加の減災カフェを開催し、地元メディアとも連携して、防災・減災のための啓発活動を進める。

(e) 平成 28 年度業務目的

平成 28 年度は、平成 27 年度に議論したプロジェクト側研究者や国の機関の取組みの現状、県や民間の取組みの先進事例等を踏まえ、ライフラインの復旧復興、自治体の情報収集とその活用、また東日本大震災からの教訓や新たな知見、プロジェクトで構築をしている様々な情報収集や発信手法などについて報告や議論を行う。また、平成 26 年度から始まっている戦略イノベーションプログラムや各地方自治体が取組みを始めている国土強靱化計画なども考慮しつつ、平成 27 年度に引き続いて地域に貢献できる防災・減災研究について情報を共有する。これらを踏まえ、社会実装を進めるために必要な課題の洗い出しや検討も行う。なお、平成 28 年度は、四国と九州の地域研究会は地域のニーズの掘り起こしや地域に特化した情報共有や議論を行うため、平成 27 年度と同様に、各県危機管理部門を中心とした分科会も活用する。

府省庁連携については引き続き調査を継続するとともに、防災・減災対策に向けた府省庁間と自治体等との情報共有の検討を行い、前半 4 年間の中間とりまとめを行う。

成果の社会還元や普及、及び、一般からの意見などを吸い上げるためにシンポジウムを行う。加えて、減災エンス塾といった対話型講演会などのイベントも実施し、地域における防災・減災の意識向上を図る。

(2) 平成 28 年度成果

(a) 業務の要約

これまで通り、東海地域研究会、関西地域研究会、四国地域研究会、九州地域研究会と4つのエリアに分けて、県などの自治体、国土交通省地方整備局や気象台、海上保安部等の国の機関、ライフライン事業者、港湾事業者、経済団体、大学のメンバーなどが集まり、様々な情報交換を行った。それぞれの幹事が主導してテーマを定め、地域の事情に即したテーマの議論を行った。研究成果の地域実装に向けて、プロジェクト側の成果を報告し、地域の防災対策上のニーズや課題の洗い出しに努めた。

東海地域では、愛知県、静岡県、岐阜県、三重県のエリアを念頭に置いた地域研究会を、名古屋市内と四日市市内で各1回開催した。四日市での地域研究会では、臨海部のコンビナート地区の施設見学も実施した。地域側参加メンバーは、エリア内の県や市などの地方自治体、国土交通省中部地方整備局、第四管区海上保安本部、気象台、ライフライン事業者、港湾事業者、経済団体、地元の有力企業、大学などである。

関西地域では、大阪府、兵庫県、和歌山県のエリアを念頭に置いた地域研究会を大阪市内と堺市内で各1回開催した。堺市での地域研究会では、臨海部のコンビナート地区の施設見学も実施した。地域側参加メンバーは、エリア内の府県などの地方自治体、国土交通省近畿地方整備局、第五管区海上保安本部、気象台、ライフライン事業者、港湾事業者、経済団体などである。

四国地域では、愛媛県、香川県、高知県、徳島県のエリアを念頭に置いた地域研究会を、徳島市内で1回開催した。地域側参加メンバーは、エリア内の県や市町などの地方自治体、国土交通省四国地方整備局、気象台、四国運輸局、ライフライン事業者、大学などである。地域研究会と平行して、各県危機管理部門の出席を中心とした分科会を香川県、徳島県、高知県で各1回開催した。

九州地域では、大分県、鹿児島県、福岡県、宮崎県のエリアを念頭に置いた地域研究会を、大分市内で1回開催した。地域側参加メンバーは、エリア内の県や市町などの地方自治体、国土交通省九州地方整備局、気象台、ライフライン事業者、経済団体、大学などである。分科会は、宮崎県で1回開催した。

府省庁連携については、これまでの府省庁連携調査として、災害対応を担当する府省庁の活動内容と連携実態のヒアリングを行った。その結果、各者間でも情報の横連携の強化が必要であると認識されていることがわかった。府省庁と自治体等との情報共有の検討の結果、平常時から連携活動が密に行われていない場合、国と自治体との情報の縦連携の仕組みが滞る可能性が高いと推測された。なお、平成28年熊本地震における災害時の自治体支援、避難所運営、物資輸送のための情報共有においてこの課題は裏付けられた。

啓発・啓蒙活動としては、一般向けのシンポジウムを和歌山県田辺市で開催した。また、高知市内で一般と高校生を対象とした対話型イベントとして「減災エンス塾」を開催した。

(b) 業務の実施方法

1) 東海地域研究会

代表幹事を名古屋大学 福和伸夫氏とし、愛知県、静岡県、岐阜県、三重県のエリアを念頭に研究成果を地域に還元して防災・減災対策に活かし、地域のニーズを吸い上げ、今後とるべき防災・減災対策を洗い出すため、地域研究会を夏季に名古屋市内で、冬季に四日市市内で各1回開催した。地域側参加メンバーは、各県と政令市や中核市などの地方自治体、国土交通省中部地方整備局、第四管区海上保安本部、各地方气象台、ライフライン事業者、港湾事業者、経済団体、地元の有力企業、地域の大学などである。関連する施設などの見学会も状況に応じて実施しており、名古屋市内での研究会では名古屋大学減災館での見学会等、四日市市内での研究会では、研究会に先立って市内臨海部のコンビナート地区の施設見学を実施した。

2) 関西地域研究会

代表幹事を京都大学 牧紀男氏とし、大阪府、兵庫県、和歌山県のエリアを念頭に研究成果を地域に還元して防災・減災対策に活かし、地域のニーズを吸い上げ、今後とるべき防災・減災対策を洗い出すため、地域研究会を夏季に大阪市内で、冬季に堺市内で各1回開催した。地域側参加メンバーは、各府県と大阪市などの地方自治体、国土交通省近畿地方整備局、第五管区海上保安本部、大阪管区および各地方气象台、ライフライン事業者、港湾事業者、経済団体、地域の大学などである。堺市内での研究会では、研究会に先立って市内臨海部のコンビナート地区の施設見学を実施した。

3) 四国地域研究会

代表幹事を海洋研究開発機構 金田義行氏とし、愛媛県、香川県、高知県、徳島県のエリアを念頭に研究成果を地域に還元して防災・減災対策に活かし、地域のニーズを吸い上げ、今後とるべき防災・減災対策を洗い出すため、地域研究会を冬季に徳島市内で1回開催した。地域側参加メンバーは、各県と市町などの地方自治体、国土交通省四国地方整備局、各地方气象台、四国運輸局、ライフライン事業者、経済団体、地域の大学などである。地域研究会と平行して、地域ごとのニーズや特性をより詳しく把握するための分科会を開催した。各県危機管理部門を中心とする関係者の出席を得た。実施回数は必要に応じて対応しており、平成28年度は、熊本地震対応の関係もあり、香川、徳島、高知の3県で各1回の開催であった。

4) 九州地域研究会

代表幹事を海洋研究開発機構 金田義行氏とし、大分県、鹿児島県、福岡県、宮崎県のエリアを念頭に研究成果を地域に還元して防災・減災対策に活かし、地域のニーズを吸い上げ、今後とるべき防災・減災対策を洗い出すため、地域研究会を冬季に大分市内で1回開催した。地域側参加メンバーは、各県と市町などの地方自治体、国土交通省九州地方整備局、各地方气象台、ライフライン事業者、経済団体、地域の大学などである。地域研究会と平行して、地域ごとのニーズや特性をより詳しく把握するための分科会を開催したが、熊本地震とその後の対応や支援活動の関係で、分科会は、宮崎県のみ1回の開催となった。

5) 府省庁連携

府省庁連携調査として、災害対応を担当する府省庁の活動内容と連携実態のヒアリングを実施しており、その結果を取りまとめた。府省庁と自治体等との情報共有について、事前連携の実態、情報項目、運用体制などに関して検討した。また、平成 28 年熊本地震における災害時の現地調査や、その後の内閣府検証レポートを分析し、実際の災害現場での情報共有の実情を調査した。これら 4 年間の結果を取りまとめた。

6) 啓発・啓蒙活動

防災・減災対策の現状を、広く一般に知っていただくために、シンポジウムを開催してきた。平成 28 年度は、昭和南海地震から 70 年であり、同地震で大きな津波被害を受けた和歌山県田辺市で開催した。これまでは大きな都市での開催が主であったが、次の南海トラフ巨大地震でも大きな被害が想定されている地域であり、啓発や意識向上、一般住民も含めた地域連携強化の重要性を考え、開催地をこの地に決定した。また、一般に地域の防災上の課題を深く共有するための取組みとして、平成 26 年度より少人数による対話型イベント「減災エンス塾」を開催しており、平成 28 年度は平成 27 年度と同様に一般を対象としたものと、高校生を対象としたものを高知市内で実施した。

(c) 業務の成果

1) 東海地域研究会

平成 28 年度は、7 月 26 日と 1 月 24 日に名古屋市内と四日市市において各 1 回、計 2 回の地域研究会を開催した。代表幹事は名古屋大学 福和伸夫氏、事務局は海洋研究開発機構が務めた。以下、各研究会の内容をまとめる。

7 月 26 日の第 7 回東海地域研究会は名古屋大学減災館で開催した（写真 3-3-①-1）。出席メンバーは、愛知県、岐阜県、静岡県、三重県、岡崎市、豊田市、豊橋市、名古屋市、名古屋港管理組合、四日市市、第四管区海上保安本部、名古屋地方气象台、国土交通省中部地方整備局、名古屋工業大学、日本地震工学会（オブザーバー）、三重大学、中部経済連合会、中部電力株式会社、東海旅客鉄道株式会社、東邦ガス株式会社、トヨタ自動車株式会社、中日本高速道路株式会社、名古屋商工会議所、名古屋第二赤十字病院、公益財団法人名古屋まちづくり公社、西日本電信電話株式会社、日本郵便株式会社（オブザーバー）の 27 機関、43 人であった。プロジェクト側は、名古屋大学、京都大学、防災科学技術研究所、海洋研究開発機構、国土地理院、文部科学省（オブザーバー）、リアルタイム地震・防災情報利用協議会（オブザーバー）の 7 機関、21 人であった。海洋研究開発機構 高橋成実氏より「4 月 1 日三重県南東沖の地震」と題して熊野灘の DONET 観測域で 4 月 1 日に発生した地震に関する科学的な評価が紹介された。この紹介は、南海トラフ巨大地震に直接的に影響するものか否かについて、特に地域側からの話題提供を求める声に応えたものであった。次に、防災科学技術研究所 臼田裕一郎氏より「SIP で進めるリアルタイム被害推定と情報共有・利活用 ～熊本地震における実践事例～」に関して、同研究所が熊本地震後の際に現地で行った情報収集と共有・利活用の紹介を中心に、その進捗と課題を纏めた。発災後の対応や、その際にスムーズな情報収集を行うために事前に

調整しておかなければならないことなどが議論された。SIP で進めている地域連携については、「地域連携の場の醸成と対応力向上に向けた取り組みについて」と題して名古屋大学 野田利弘氏が紹介した。愛知県の西三河地域で進めている取り組みの詳細と来年度以降の方向性について紹介され、地域側からは期待や関心が寄せられていた。最後に、本プロジェクトで構築を進めている災害情報プラットフォームについて、防災科学技術研究所 水井良暢氏が「災害情報プラットフォーム 地域研究会向けページの紹介」と題して、地域研究会向けのページを紹介し、参加者への利用を促した。この減災館での研究会に先立って、同館の地震対応体感装置「BiCURI」による熊本地震の揺れの再現も行われた。研究会内の総合的な議論や研究会終了後のアンケートからは、引き続き様々な機関の取り組みなどの紹介を望む声や、熊本地震であきらかになってきた課題や地域連携、長周期地震動に関する議論などの要望があった。

1月24日の第8回東海地域研究会は四日市市の四日市都ホテルで開催した（写真3-3-①-2）。出席メンバーは、愛知県、静岡県、三重県、岐阜県、豊田市、豊橋市、名古屋市、名古屋港管理組合、四日市港管理組合、四日市市、第四管区海上保安本部、中部地方整備局、名古屋工業大学、日本地震工学会（オブザーバー）、中部経済連合会、中部電力株式会社、東海旅客鉄道株式会社、東邦ガス株式会社、トヨタ自動車株式会社、中日本高速道路株式会社、名古屋第二赤十字病院、公益財団法人名古屋まちづくり公社、西日本電信電話株式会社、日本製紙株式会社（話題提供）、日本郵便株式会社（オブザーバー）、さらに午前中に実施した見学会で訪問した石原産業株式会社、昭和四日市石油株式会社からの参加も含め27機関、47人であった。プロジェクト側は、名古屋大学、防災科学技術研究所、海洋研究開発機構、国土地理院、文部科学省（オブザーバー）の5機関、18人であった。四日市市消防本部予防保安課安全指導係 芝田 茂氏が「四日市市のコンビナートにおける地震・津波対策」について、同市臨海地域のコンビナート地区の特徴や、それに特化した他の地域とは異なる対策も含め紹介した。次に、日本製紙株式会社元石巻工場長 藤崎夏夫氏が「東日本大震災からの復興 ～日本製紙株式会社石巻工場～」と題して、発災直後からの対応や課題、それらから見てきた今後の目指すべき方向性について、当時の現場の詳細な様子も含めて紹介された。当時を経験した民間企業のこの話題は、リアリティのある貴重な話しであり、質問が多数あった。さらに名古屋大学 都築充雄氏より「南海トラフ巨大地震と電力供給」と題して、東日本大震災や熊本地震における事例と、南海トラフ地震における想定被害やその対策、今後の課題について紹介した。電力復旧の優先順位に関する議論となり、各施設の非常用電源確保の重要性にも話しが及んだ。最後に、8月と同様に本プロジェクトで構築を進めている災害情報プラットフォームについて、防災科学技術研究所 水井良暢氏が「災害情報プラットフォーム 地域研究会向けページの紹介」と題して、構築状況と改修された部分についての説明をした。研究会内の総合的な議論や研究会終了後のアンケートからは、住宅街に近い四日市コンビナートの課題や対策についてあらためて詳細な議論を求める声や、震災からの復興にはヒト・モノ・カネの調達ロジが大変重要だが、それはまた難しい課題でもあると言ったコメントなどが寄せられた。この研究会に先立って、臨海部のコンビナート地区の見学を実施した。昭和四日市石油(株)と石原産業(株)の地震、津波対策と発災後の操業再開に向けた取り組みなどの説明

を聞き、施設内の設備等を見学した。さらに、中京地区広域共同防災センターにある大容量泡放射システムの実機を見学し、その運用についての説明を受けた。

東海地域の課題としては、関係組織が複数ありその関係も複雑なことからボトルネックが明確にならないことや、ライフライン機能が相互に依存しあっている課題も具体的に見えてきた（これらは後述の関西、四国、九州の各地域も同様）。また、プロジェクトで進めている取組みの融合や連携について、それらの情報発信の強化も重要であることがあらためて認識された。プロジェクトの研究成果や取組みをプロトタイプ的に特定の地域に総合的に実装することも検討することになった。



写真 3-3-①-1 第 7 回東海地域研究会の様子

(右：名古屋大学減債館の地震対応体感装置「BiCURI」による熊本地震の揺れの再現の様子)



写真 3-3-①-2 第 8 回東海地域研究会の様子

(右：中京地区広域共同防災センターにある大容量泡放射システムの見学)

2) 関西地域研究会

平成 28 年度は、7 月 25 日と 1 月 23 日に大阪市内と堺市内において各 1 回、計 2 回の地域研究会を開催した。代表幹事は京都大学 牧 紀男氏、事務局は海洋研究開発機構が務めた。以下、各研究会の内容をまとめる。

7月25日の第7回関西地域研究会はメルパルク大阪で開催した(写真3-3-①-3)。出席メンバーは、大阪府、兵庫県、和歌山県、大阪広域水道企業団、大阪市、第五管区海上保安本部、大阪管区气象台、神戸地方气象台、和歌山地方气象台、関西国際大学、東海・東南海・南海地震津波研究会、日本地震工学会(オブザーバー)、NTTコミュニケーションズ株式会社、関西電力株式会社、新日鐵住金株式会社、西日本電信電話株式会社、日本郵便株式会社(オブザーバー)の17機関24人であった。プロジェクト側は、京都大学、名古屋大学、海洋研究開発機構、防災科学技術研究所、江戸川大学、国土地理院、文部科学省(オブザーバー)、の7機関13人であった。東海地域研究会と同様に、海洋研究開発機構 高橋成実氏より「4月1日三重県南東沖の地震」と題して熊野灘のDONET観測域で4月1日に発生した地震に関する科学的な評価が紹介された。さらにこちらも東海地域研究会と同様に、防災科学技術研究所 白田裕一郎氏より「SIPで進めるリアルタイム被害推定と情報共有・利活用 ～熊本地震における実践事例～」に関して、同研究所が熊本地震後に現地で行った情報収集と共有・地活用の紹介を中心に、その進捗と課題を纏めた。地域側出席者から、同研究所の熊本地震における対応に対して評価が寄せられ、さらに期待することや改善点なども議論された。次に京都大学 矢守克也氏より「津波避難研究の理論と実践 –SIPプロジェクトの成果から–」と題して主に避難訓練アプリ「逃げトレ」について紹介された。有効性や発展性に関心が集まった質疑応答となった。最後に、本プロジェクトで構築を進めている災害情報プラットフォームについて、防災科学技術研究所 水井良暢氏が「災害情報プラットフォーム 地域研究会向けページの紹介」と題して、地域研究会向けのページを紹介し、参加者への利用を促した。アンケートからは、今後の実装を視野に入れつつ関西地域に特化した議論も深めるべきといった提案やライフラインの取り組み紹介の希望などがあった。

1月23日の第8回関西地域研究会は堺市内のホテル・アゴラ リージェンシー堺で開催した(写真3-3-①-4)。出席メンバーは、大阪府、大阪広域水道企業団、和歌山県、高石市、大阪管区气象台、神戸地方气象台、和歌山地方气象台、日本地震工学会(オブザーバー)、人と防災未来センター、NTTコミュニケーションズ株式会社、関西電力株式会社、堺・泉北臨海特別防災地区協議会、西日本電信電話株式会社、日本製紙株式会社(話題提供)、日本郵便株式会社(オブザーバー)の15機関21人であった。プロジェクト側は、京都大学、海洋研究開発機構、国土地理院、防災科学技術研究所、文部科学省(オブザーバー)の6機関9人であった。大阪府危機管理室消防保安課保安グループ 南 隆雄氏が「大阪府石油コンビナート等防災計画」について、東日本大震災の液状化被害から判明した問題点も含めて、最新の対策基準や具体的な対策を紹介した。埋立地の液状化や津波浸水による孤立化に関する質問や、タンカーが港内にいる際の対応についての質問などがあり、それらについての意見が交わされた。次に、東海地域研究会と同じく日本製紙株式会社元石巻工場長 藤崎夏夫氏より「東日本大震災からの復興 ～日本製紙株式会社石巻工場～」と題して、発災直後からの対応や課題、それらから見えてきた今後の目指すべき方向性について、当時の現場の詳細な様子も含めて紹介された。東海地域研究会同様、この話題は当時を経験した民間企業としてリアリティのある貴重なものであり、質問やコメントが相次いだ。最後に、8月と同様に本プロジェクトで構築を進めている災害情報プラ

ットフォームについて、防災科学技術研究所 水井良暢氏が「災害情報プラットフォーム 地域研究会向けページの紹介」と題して、構築状況と改修された部分についての説明をした。研究会内の総合的な議論や研究会終了後のアンケートから今後議論したい内容として、BCP の策定に関する議論や復旧に大きく関係する道路啓開に関する内容が寄せられた。この研究会に先立って、堺泉北臨海地域にある大阪ガス(株)泉北製造所と、高石市が整備した臨海地区の液状化対策についての見学会を行った。大阪ガス(株)泉北製造所の地震・津波対策とBCPの説明を聞き、施設内の設備等を見学した。また移動のバス車内では臨海地区の液状化対策の説明を高石市担当から聞き、車中よりそれらの整備状況を見学した。



写真 3-3-①-3 第7回関西地域研究会の様子



写真 3-3-①-4 第8回関西地域研究会の様子
(右：大阪ガス(株)泉北製造所の見学会)

3) 四国地域研究会・分科会

平成 28 年度の四国地域研究会は、1 月 30 日に徳島市内で開催した。分科会は、香川分科会を 12 月 21 日に高松市内で、徳島分科会を 1 月 31 日に徳島市内で、高知分科会を 2 月 6 日に高知市内で行った。代表幹事は海洋研究開発機構 金田義行氏、事務局は海洋研究開発機構が務めた。以下、各研究会と分科会の内容をまとめる。

1月30日の第6回四国地域研究会は、徳島市内のホテルクレメント徳島で開催した(写真3-3-①-5)。出席メンバーは、愛媛県、香川県、高知県、徳島県、海陽町、高松地方气象台、徳島地方气象台、四国運輸局、四国地方整備局、香川大学、四国ガス株式会社、四国経済連合会、四国電力株式会社、日本郵便株式会社(オブザーバー)の14機関23人であった。プロジェクト側は、海洋研究開発機構、国土地理院、徳島大学、防災科学技術研究所、文部科学省(オブザーバー)、リアルタイム地震・防災情報利用協議会(オブザーバー)の6機関14人であった。徳島県危機管理部とくしまゼロ作戦課 坂東 淳氏から「災害時の官民連携による情報共有」について、県独自の取り組みを中心にその情報の活用に重きをおいた紹介があった。質疑応答では情報収集の際の課題について議論がなされた。次に海洋研究開発機構 高橋成実氏から「海域観測網における今後の検討と、それを用いた即時津波予測システム」について紹介があった。新たなシステム構築や利活用について期待の声が寄せられ、他システムを取り込むことによって情報伝達のツールとしても有益になる可能性が参加者から示された。最後に他の地域と同様に本プロジェクトで構築を進めている災害情報プラットフォームについて、防災科学技術研究所 水井良暢氏が「災害情報プラットフォーム 地域研究会向けページの紹介」と題して、構築状況と改修された部分についての説明をした。総合討論やアンケートからは、実装の仕方に関する議論を進めておくべきという意見、避難シミュレーションの高度化から避難路や避難施設の設置場所などの再検討に関する議論、地域連携、災害情報の標準化、ライフライン企業の防災減災対策に関する議論を希望する声寄せられた。

香川分科会は、12月21日に高松市内の香川県庁で開催した。出席メンバーは香川県と香川大学、海洋研究開発機構であった。香川大学から中央構造線や内陸地震に関する県の想定や対策に関する質問やコメントを行い、それを踏まえて全体で議論を行った。また海洋研究開発機構より DONET データの利活用に関する話題提供と意見交換を行った。徳島分科会は1月31日に徳島市内の徳島県庁で行った(写真3-3-①-6左)。出席メンバーは、徳島県と海洋研究開発機構であった。海洋研究開発機構より南海トラフの海域観測網の構築や利活用に関する最新情報や SIP で実施している地域連携に関する取り組みを紹介し、意見交換や議論を行った。高知分科会は2月6日に高知県庁で開催した(写真3-3-①-6右)。出席メンバーは高知県と海洋研究開発機構であった。高知県より同県が進めている津波避難計画の検証について進捗や課題が紹介され、それらについて意見交換や議論を行った。なお、愛媛県との分科会は、熊本地震に関する九州地域への支援が長期間にわたり実施されていた関係などから、今年度の分科会開催は見送った。



写真 3-3-①-5 第6回四国地域研究会の様子



写真 3-3-①-6 分科会の様子の例 (左：徳島分科会 右：高知分科会)

4) 九州地域研究会・分科会

平成 28 年度の九州地域研究会は、1 月 13 日に大分市内で開催した。分科会は、宮崎分科会を 1 月 24 日に宮崎市内で行った。代表幹事は海洋研究開発機構 金田義行氏、事務局は海洋研究開発機構が務めた。以下、各研究会と分科会の内容をまとめる。

1 月 13 日の第 6 回九州地域研究会は大分市内の大分県土地改良事業団 土地改良会館で開催した(写真 3-3-①-7)。出席メンバーは、大分県、鹿児島県、宮崎県、大分市、宮崎市、大分地方气象台、九州運輸局、九州地方整備局、宮崎大学、日本地震工学会(オブザーバー)、九州経済連合会(オブザーバー)、九州電力株式会社、日本郵便株式会社(オブザーバー)の 13 機関 24 人であった。プロジェクト側は、海洋研究開発機構、東北大学、防災科学技術研究所、国土地理院、リアルタイム地震・防災情報利用協議会(オブザーバー) 5 機関 10 人であった。東北大学 今村文彦氏から「東日本大震災や熊本地震の経験と津波対策等への教訓」と題して、東日本大震災や熊本地震での事例を踏まえた大分や九州地域の津波対策、避難、避難施設の体制についての課題や取り組みが紹介された。津波による構造物破壊のメカニズムや自動車を使った避難についての意見交換や議論が

あった。続いて九州地方整備局企画部防災課 松永泰裕氏から「九州地方整備局における防災対応について」と題して、熊本地震での対応の紹介や災害対策の体制などの紹介があった。最後に他地域と同様に本プロジェクトで構築を進めている災害情報プラットフォームについて、防災科学技術研究所 水井良暢氏が「災害情報プラットフォーム 地域研究会向けページの紹介」と題して、構築状況と改修された部分についての説明をした。全体討論では、地震津波の観測システム構築に関する現状が紹介され、その早期整備や利活用についての議論があった。また、アンケートからはライフラインの復旧に関する議論を求める声や実装に向けた具体的な議論を求める声が聞かれた。

宮崎分科会は、1月24日に宮崎県庁で行われた南海トラフ巨大地震対策九州ブロック協議会（事務局：宮崎県）として開催した。九州地域研究会代表幹事金田義行氏から本プロジェクト紹介とプロジェクト側と宮崎県をはじめとし広く九州地域との意見交換の場を、同分科会と位置づけた。熊本地震で大きな被害を受けた熊本県をはじめとして九州地域研究会の参加メンバーではない県や国の機関の防災担当との意見交換、情報共有が行われた。



写真3-3-①-7 第6回九州地域研究会

5) 府省庁連携

府省庁連携について引き続き調査を継続し、防災・減災対策に向けた府省庁間と自治体等との情報共有の検討を行い、前半4年間の中間とりまとめを行った。

これまでの府省庁連携調査として平成25と26年度に実施した、災害対応を担当する府省庁の活動内容と連携実態のヒアリングでは、各者間でも情報の横連携の強化が必要であると認識されていることがわかった。調査の対象は、内閣府（防災担当）、国土交通省、総務省（消防）、農林水産省、文部科学省で、南海トラフ巨大地震対策に関する府省間の連携、情報の共有、情報の利活用についてヒアリングを実施した。災害時の防災情報共有システムについては、各省庁で独自に構築・運営していることが分かった。また、一部の省庁のシステムでは内閣府防災との連携を行っている例もみられたが、多くの場合、情報の共有項目数はまだ少数であった。災害時に必要な情報として、特に需要が高かったのは道路被害情報である。また、ヘリコプターの運用状況についての需要も高かった。ヘリコ

プターは、大きく分けて自衛隊、消防・防災、警察の3種類あり、各々で運用されており、医療関係者（DMAT など）では、特に患者の搬送等で重要な情報となるが、現場によっては全く情報が入ってこない場合もある。この辺りも一元管理できるようになることが望ましいとの意見があげられた。

府省庁と自治体との情報共有必要性の検討の結果、平常時から連携活動が密に行われていない場合、国と自治体との情報の縦連携の仕組みが滞る可能性が高いと推測された。表3-3-①-1に、調査対象11自治体（府県）について、防災に関する基本対策、南海トラフ地震対策、その他の地震対策、府省庁との連携の有無についての対比（平成27年度時点）を記す。調査と検討の結果、どの自治体でも国との連携を計画しているが、府省庁との連携の内容としては、自衛隊（防衛省）や海上保安庁（国交省）への災害時の支援要請が主たるものとなっていることがわかった。その反面、行政業務や被災者対応などそれ以外の分野での連携が不足している傾向があり、実際の災害が発生した場合、国と自治体との情報の縦連携の仕組みが滞る可能性が高いのではないかと懸念された。

表3-3-①-1 各自治体における防災対策、連携に関する対比表（平成27年度時点）

	基本対策	南海トラフ地震対策	その他の地震対策	府省庁との連携
静岡県	○	○	○	○
愛知県	○	○	○	○
三重県	○	○	○	○
和歌山県	○	○	○	○
大阪府	○	○	○	○
徳島県	○	○	○	○
高知県	○	○	○	○
愛媛県	○	○	○	○
大分県	○	○	○	○
宮崎県	○	○	○	○
鹿児島県	○	○	○	○

事前連携の不足については、平成28年熊本地震における災害時の自治体支援、避難所運営、物資輸送のための体制整備や情報共有においてこの懸念は裏付けられている。平成28年熊本地震に係る政府の初動対応に関する内閣府の検証レポートでは、政府の果たした機能（特に自治体支援、避難所運営、物資輸送）、自治体や関連組織との連携の実態について表3-3-①-2のように報告されている。全体として、東日本大震災を教訓としたプッシュ型の物的、人的支援や、近隣や広域の自治体間の協力が初めて行われたのが今回の熊本地震対応であるといえる。しかし、その試みが全て上手くいった訳ではなく、必要とされる主要担当者の現地本部への派遣判断迅速化、避難所状況把握のための制度・体制の整備、ラストワンマイルの輸送計画を国と自治体間にて調整・計画することの必要性など、新たな課題も多々見つかった。これらは総じて、平常時から相互に連携強化を行えば改善が見込まれる内容であると考えられる。

表3-3-①-2 平成28年熊本地震における実状と課題

	実状	課題

自治体支援	今回の現地対策本部の特徴は、各府省の局長・審議官級の幹部職員の現地派遣。この組織は K9（Kは熊本の頭文字）と呼ばれ、この下、毎日定例会議を開催し、迅速な意思決定、省庁横断支援、県幹部と直接協議等を実践した。	課題が顕在化するたびに順次拡充されて最終的に9人から構成される K9 となったが、立上げ当初から災害廃棄物処理や学校再開等も見通して早期に体制を整備すべきだった。
避難所運営	今回の初動対応として、避難所の状況（避難者名簿、車中泊・テント泊の場所、福祉避難所の被害やニーズ）を把握することが急務であったが、被災自治体においても、十分に把握できている状態にはなかった。	国は、市町村における既存のデータベースを活用した被災者台帳の整備の取組を促進する必要がある。ビッグデータの防災分野への活用を、民間事業者や関係機関と連携し、共同開発等を進める必要がある。
物資輸送	被災直後の支援物資の輸送は、要請を待って行ういわゆる「プル型」の物資輸送ではなく、必要と見込まれる物資を国が被災地に送り込むいわゆる「プッシュ型」の物資輸送を大規模に行った。この物資支援によって発災直後の自治体の負担を軽減しながら、水、食料といった主要物資の不足感がなくなり、被災者に安心感を与えることができた。	国の支援が事前に想定していたのは、広域物流拠点への搬入までであり、そこから先の避難所までのラストワンマイルについては具体的な計画を持っていなかった。一方で、個々の避難所まで支援物資を届ける機能を被災直後の市町村に期待することは、特に被害の大きい市町村においては困難だった。また、被災市町村も避難所までの物資輸送のための計画を策定していなかった。

4年間にわたる作業のまとめとしては、ヒアリング調査における関係者間での連携強化必要性の認識や、政府および各自治体の防災計画立案時も含めた平常時からの組織的な連携と情報共有の不足、また、熊本地震にて実際に見出された現地対策本部や災害現場での組織間情報調整・連携がまだまだ足りていないという課題が見いだされた。被災地では1つの組織内では対処しきれない複合的な被害対応が必要とされるケースが多々ある。現状認識や対応措置のため府省庁間はもちろん自治体との情報連携を強化し、災害対応の未処理や対応遅れが発生しないように努力する必要があると再認識された。

今後も、府省庁間および、国と自治体間の連携強化を図るために、これらの課題を防災・減災対策に反映し改善していく必要がある。

6)啓発・啓蒙活動

プロジェクトがスタートした平成25年度より毎年度、一般向けシンポジウムを行っている。平成28年度は、12月17日に「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクトシンポ

ジウム ～昭和南海地震から 70 年、今後の南海トラフ地震に如何に備えるのか～」と題して和歌山県田辺市のハナヨアリーナで開催した（写真 3-3-①-8）。このシンポジウムは、基調講演とパネルディスカッションの 2 部構成であった。冒頭で文部科学省研究開発局地震・防災研究課長 谷 広太氏、田辺市長 真砂充敏氏にご挨拶いただいた。その後、基調講演として、京都大学 平原和朗氏より「災南海トラフ地震の研究最前線 ～これまでに分かったこと～」、東北大学 今村文彦氏より「南海トラフ地震と津波防災対策 ～東日本大震災の教訓を活かして～」と題した講演を行った。平原和朗氏からは南海トラフ巨大地震の発生サイクルのシミュレーションや海底に設置してあるリアルタイムの地震津波観測監視システムの最新の成果が紹介された。今村文彦氏からは、東日本大震災の津波を再現したシミュレーション結果の紹介や津波の避難行動に関する研究が紹介された。パネルディスカッションは京都大学 牧 紀男氏の進行で、和歌山県危機管理監 和歌哲也氏、田辺市新庄中学校長 井瀬敦司氏、海洋研究開発機構 堀 高峰氏と、基調講演を行った上述の 2 名の計 6 名で行われた。和歌哲也氏からは和歌山県の地震津波対策、井瀬敦司氏からは新庄中学の防災に関する取り組み、堀 高峰氏からは 4 月 1 日に発生した熊野灘の地震に関する科学的な評価やシミュレーション研究の曖昧さの考え方などの話題が紹介された。また、地域の学習と防災教育の位置づけや地域連携についても活発な議論が行われた。最後に本プロジェクトの運営委員長 本蔵義守氏から総評を頂いた。シンポジウム聴講者は 391 名で、地元の田辺市をはじめとする和歌山県内など関西圏を中心に自治体の防災関係者、ライフライン事業者、研究者、企業の BCP 担当者などにご聴講いただいた。報道関係者からのご聴講は、朝日新聞、読売新聞、毎日新聞、紀伊民報、NHK、和歌山放送、テレビ和歌山などであった。また会場の一部でパネル展示を行った。新庄中学が集めている昭和南海地震の津波被害の様子を示す写真パネルや防災教育の紹介、和歌山県の地震津波対策の紹介、本プロジェクトの各課題ごとの成果紹介、地震・津波観測監視システムとその利活用の紹介などを行った。シンポジウムのアンケートからは、東日本大震災の教訓の活かし方や津波シミュレーションへの関心の高さが見られた。これはシンポジウム開催地が過去に大きな津波被害のあった地域であるためと考えられる。地方開催を歓迎する声が多く、これまで直接聞く機会が少なかった南海トラフにおける最新の研究成果を知ることができた、減災への備えをあらためて考えるきっかけになったという意見が目立った。

対話型イベントとして平成 26 年度より高知市内の寺田寅彦記念館において「高知減災エンス塾 寺田寅彦先生の地球科学観に学ぶ 一減災科学研究（げんさいえんす）の推進一」を行っている。平成 28 年度は、11 月 19 日に一般向けとしては三回目となる同塾を開催した（写真 3-3-①-9）。講師は海洋研究開発機構 金田義行氏であった。一般市民から 25 名の参加があり、高知県を中心とした四国地域における地震や津波の最新の研究や防災・減災に向けた課題などを金田義行氏より紹介し、議論が繰り広げられた。通算二回目となる高校生向けの同塾は、2 月 5 日に開催した（写真 3-3-①-10）。講師は同じく海洋研究開発機構 金田義行氏であった。部活動で科学部に籍を置く生徒や地震津波研究の分野への進学を希望する生徒など、高知県内の高校生 10 名が参加し、オブザーバーとして高校の理科教諭など教育関係者 3 名の参加があった。高校生を対象としてい

ることから、最新の研究成果紹介だけでは無く、地球科学の基礎知識や、全ての学問分野において防災・減災の課題が内在していること等も紹介した。参加生徒からは南海トラフ地震の発生間隔と周辺の内陸地震との関係などの理学的な質問や、避難行動の最新のシミュレーション結果などの防災・減災に関する質問、相談が多数寄せられ、活発な対話がなされた。



写真 3-3-①-8 「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクトシンポジウム
～昭和南海地震から 70 年、今後の南海トラフ地震に如何に備えるのか～」
の様子



写真 3-3-①-9 第三回高知減災エンス塾「寺田寅彦先生の地球科学観に学ぶ」の様子
(一般向け)



写真 3-3-①-10 第二回高知減災エンス塾「寺田寅彦先生の地球科学観に学ぶ」の様子
(高校生向け)

(d) 結論ならびに今後の課題

プロジェクト側の研究者からの話題提供は、アンケートを通じて把握した地域側のニーズを考慮して、地域連携、情報収集と共有・発信、地震津波観測監視システムの利活用、東日本大震災の教訓といった内容であった。地域側からの話題は、臨海部のコンビナートの災害対策、企業としての東日本大震災からの復興、県や地方整備局の新しい取り組みといった内容であった。地域連携、情報収集と共有・発信、地震津波観測監視システムの利活用、見学会も含めコンビナートの災害対策などについては、アンケート結果や直接聞こえてくる希望などを考慮してのテーマであった。さらに、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）との連携も引き続き重要であり、SIPの地域連携の取組みの最新情報も紹介した。

分科会は、ニーズの掘り起こしや地域に特化した情報共有と議論のために、四国と九州の地域研究会を補完する形で開催した。地域連携や県が抱える課題や取組みなどについて、議

論や意見交換を行うことができた。ただ、熊本地震と各県におけるその後の対応や支援活動の関係で、平成 28 年度の開催を見送った県もあった。

これらを重ねることによって見えてきた社会実装に向けた議論の深化が期待されている代表例として、地震津波観測監視システムの利活用、地盤情報による被害予測、避難訓練のための情報基盤ツール、事前復興、被害シナリオ作成、長周期地震動などが挙げられる。また、地域側の希望も大きい地域連携や長期湛水評価なども、議論を積極的に重ねていくべき内容として挙げられる。同様に地域側から様々なニーズが寄せられる液状化や津波火災といったテーマについては、現時点では実装を目指した具体的な議論が難しい印象ではあるものの、継続的に議論を重ねる必要がある。

研究成果の地域への実装やプロジェクト側と地域側との今後の連携を考えると、地域のニーズの吸い上げと研究とのマッチングを丁寧に行っていくことが大切となる。そして、実装を念頭においた研究提案も必要である。地域側からは、例えばビッグデータの活用に関する議論を求める声もあり、そうした全てに応えることは不可能であるが、それらを丁寧に聞きとっていかなければならない。そのためには地域の大学との連携も欠かせない。また、各県の国土強靱化計画や地域防災計画、SIP に絡めた対応なども視野に入れ、様々なレベルの検討会の開催も必要になるかもしれない。

府省庁連携については、関係者へのヒアリングや検討結果、熊本地震での実態調査からも見出されたように、府省庁間および自治体との情報共有に関して必要性は認識されているものの、現実には連携がまだ不足しているとの結論を得た。被災地では 1 つの組織内では対応しきれない複合的な被害対応が必要とされるケースが多々ある。現状認識や対応措置のため府省庁間はもちろん自治体との情報連携を強化し、災害対応の未処理や対応遅れが発生しないように努力する必要があると再認識された。

(e) 引用文献

内閣府防災平成 28 年熊本地震に係る初動対応検証チーム，平成 28 年熊本地震に係る初動対応の検証レポート，2016.

(3) 平成 29 年度業務計画案

平成 29 年度も、これまで同様、東海、関西、四国、九州の 4 か所で地域研究会を開催し、国や府県、市町、ライフライン事業者、地域の大学等から防災・減災対策の課題やニーズを抽出して社会実装の現状を評価、プロジェクトの研究成果紹介を継続する。かつ前半 4 年間で抽出された課題やニーズを踏まえ、地域との連携を深化させながら、研究成果の社会実装への提案を働きかける。さらに、県ごとに特化した課題やニーズに応え、きめ細かいプロジェクト側からの提案・助言等を行うために分科会の開催を積極的に検討する。また、各地域・各県の枠を超えた地域連携の強化が進み始めていることも視野に入れ、地域研究会の周辺地域の情報収集なども検討する。加えて、研究成果の社会普及や啓発のために防災・減災カフェ等を開催する。

3.4 災害対応・復旧復興研究

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 「災害対応・復旧復興研究」

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立大学法人 京都大学 防災研究所	教授 特定研究員 (特任助教)	牧紀男 李瑾
国立大学法人 東京大学 生産技術研究所	准教授 特任研究員	加藤孝明 ヤスミン・バタチャリヤ
国立大学法人 東京大学大学院 工学系研究科都市工学専攻	准教授	村山顕人

(c) 業務の目的

将来の地域特性シミュレーション、詳細被害シミュレーション結果にもとづき、南海トラフ巨大地震の各地域の影響についての「納得」プロセスの開発、さらには各地域で想定される影響にもとづき事前の復旧・復興計画策定、災害対応計画の策定を行う。得られた成果は1-c、eと共有するとともに、被害想定、復旧・復興計画については1-a、bの知見を利用する。

(d) 8か年の年次実施業務の要約

平成25年度：

南海トラフ巨大地震を想定した復興準備のため、歴史的資料や土地利用・建物・人口等の減災に関わる情報の収集及び将来の地域特性評価システムの構築等を行い影響シナリオ構築のための環境整備を行った。また、復旧・復興対策の検討に向けて、地震動の到達時間が短く、既成市街地に津波による大きな被害が想定される地域を対象に、復旧・復興計画立案に必要な行政制度、地域社会の仕組み、民間の人材、地域災害文化の現状についての基礎的調査を行った。

平成26年度：

南海トラフ巨大地震を想定した復興準備のため、歴史的資料等減災関連情報の収集、将来の地域特性評価システムの構築・検証、被害イメージ共有のための基礎的考察と影響シナリオ構築のための環境整備を行った。また、復旧・復興対策の検討に向けて、地震動の到達時間が短く、既成市街地に津波による大きな被害が想定される地域を対象に、復旧・復興計画立案に必要な行政制度、地域社会の仕組み、民間の人材、地域災害文化の現状についての基礎的調査を行い、事前復興計画を策定するための基礎的検討を行った。

平成27年度：

平成25年度から26年度に検討した災害による地域への影響を把握するための「地域特性評価システム」の高度化を行い、災害による影響を定量的に評価可能なシス

テムの構築を行うとともに、地域研究会における議論を踏まえ一般企業のBCP策定に資する共通被害シナリオの構築を行った。また事前復興の理論的枠組みの構築を行うため、地域特性をふまえた事前復興のあり方、地震・津波被害の低減に向けた都市計画指針の検討を行った。

平成 28 年度：

影響評価、事前計画システムのプロトタイプ構築について、平成 27 年度までに開発した将来の「地域特性評価システム」を用いて、災害が地域に与える影響の定量的評価の試みを図った。また、将来の地域特性シミュレーション、詳細被害シミュレーションシステムから構成される南海トラフ巨大地震の影響評価システムのプロトタイプの構築を行った。さらに事前復旧・復興計画システムの現地での導入試験を行い、プロトタイプの構築を行った。

平成 29 年度：

影響シナリオ構築シミュレーションの具体的構築、事前復興計画の策定作業を継続する。将来の地域特性シミュレーション、詳細被害シミュレーションシステムから構成される南海トラフ巨大地震の影響評価システムのプロトタイプの構築を行うと共に、事前復旧・復興計画システムの現地での導入試験を行い、現場での活用方法の検討を交えた被害を軽減するためのまちづくり方策プロトタイプの構築を行う。

平成 30 年度：

影響評価、事前計画システムの地域での実装・検証。

南海トラフ巨大地震の影響評価システム、事前復旧・復興計画策定システムを静岡県内の都市地域（都市型モデル）で実際に利用し、事前復旧・復興計画の策定を行うと共に、システムの問題点の検証を行う。

平成 31 年度：

影響評価、事前計画システムの地域での実装・検証。

南海トラフ巨大地震の影響評価システム、事前復旧・復興計画策定システムを兵庫県内の非都市地域（漁村型モデル）で実際に利用し、これまでの検証結果に基づくチューニングを行う。さらに、本システムを利用した事前復旧・復興計画の策定を行うと共に、システムの問題点の検証を行う。

平成 32 年度：

全体とりまとめ。

南海トラフ巨大地震の影響評価システム、事前復旧・復興計画策定システムについての汎用化を図ると共に、開発したシステムの普及活動を行う。

(e) 平成 28 年度業務目的

影響シナリオ構築シミュレーションの具体的構築、事前復興計画の策定作業を継続する。将来の地域特性シミュレーション、詳細被害シミュレーションシステムから構成される南海トラフ巨大地震の影響評価システムのプロトタイプの構築を行うと共に、事前復旧・復興計画システムの現地での導入試験を行い、プロトタイプの構築を行う。

(2) 平成 28 年度成果

①災害による地域への影響を把握するための「地域特性評価システム」の高度化

(a) 業務の要約

災害による地域への影響シナリオを構築するために平成 25・26・27 年度に開発した「地域特性評価システム」を用いて、災害が地域に与える影響の定量的評価の試みを図った。

(b) 業務の実施方法

都市部での災害が地域に与える影響の評価のため、阪神・淡路大震災の被災地域とその周辺地域を対象とし、都市部での人口構造評価指数と、クラスター分析による地域特性の検証を行い、それらの推移をもとに、被災が大きかった地域とその他の地域の比較を行った。被害が大きかった地域として、メッシュ内の全半壊率が8%以上となる地域を選択した。選択理由は、阪神・淡路大震災の被災地域で復興計画の策定を必要とした自治体において、最も全半壊率が小さかった自治体の全半壊率が約8%であるため、被害が大きい場合の最小値と考えたからである。被災前後での地域の変化を評価するため、1990年、1995年、2000年の3年度で分析した。

阪神地域でのクラスター分析において、国勢調査日本測地系3次メッシュ(1990年、1995年、2000年)、経済センサス(事務所企業統計)日本測地系3次メッシュ(1991年、1996年、2001年)のデータを用いて、クラスター1～6の6つの地域特性から、それぞれのメッシュで評価を行い、全てのメッシュについて各項目を標準化した。さらに、各クラスターでの平均値をとり、平均値が0.5以上、もしくは-0.5以下となるものへ分類した。

最後にそれぞれ1990、1995、2000年度の人口構造評価指数を用いて、クラスター分析に基づき、阪神・淡路大震災が地域に与えた影響を分析した。

(c) 業務の成果

1) 阪神地域(1990、1995、2000)での地域分類では、1990年の分析結果を、表3-4-①-1で示す6つのクラスターへと分類した。図3-4-①-1にそれぞれのクラスターの分布図を示す。大阪市中心部や神戸市中心部、港湾部にオフィス・繁華街が位置し、その周辺をホワイトカラー既成住宅地やブルーカラー借家地域が囲んでいる。そして、神戸市の西部や北区、芦屋市北部、西宮市にベッドタウンといわれるような一戸建ての割合が高い住宅地が広がり、神戸市の西端、北端に農村高齢化地域が広がっている。また、六甲や有馬などといった、観光、レジャー施設がある地域などが、観光・その他地域として抽出された。

表3-4-①-1 各クラスター名称および特徴(1990)

クラスター番号	クラスター名	特徴	クラスター番号	クラスター名	特徴
クラスター1	ホワイトカラー持ち家地域	通勤時間が長い人の割合が高い 大卒者の割合が高い 持ち家世帯割合が高い 子育て世帯の割合が高い	クラスター2	ブルーカラー借家地域	借家世帯割合が高い 第二次産業の割合が高い 中小・零細規模の事業所割合が高い
クラスター3	ホワイトカラー既成住宅地	世帯総数・人口総数が高い 第三次産業の割合が高い 共同住宅世帯の割合が高い 大卒者の割合が高い	クラスター4	農村高齢化地域	大人数の世帯の割合が高い 第一次産業の割合が高い 持ち家一戸建て世帯の割合が高い 高齢者の割合が高い
クラスター5	オフィス街・繁華街	高層共同住宅の割合が高い 事業所総数・従業者総数が高い 第三次産業の割合が高い 一人世帯の割合が高い	クラスター6	観光・その他地域	給与住宅の割合が高い 宿泊等サービス業の割合が高い 通勤時間が短い人の割合が高い

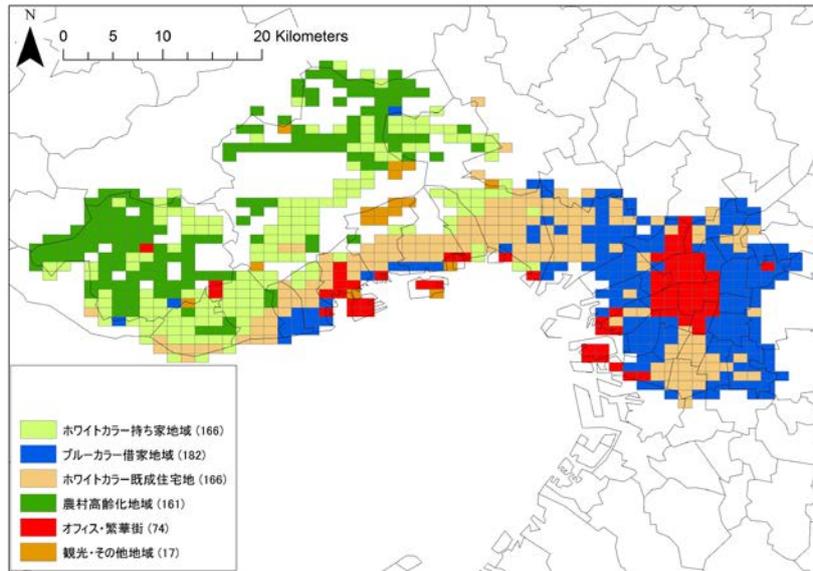


図3-4-①-1 阪神地域クラスター分析結果(1990)

1995年の分類結果を表3-4-①-2に示す、図3-4-①-2にそれぞれのクラスターの分布図を示す。1995年には、1990年にオフィス・繁華街、ホワイトカラー既成住宅地の2つのクラスターとして表れていた地域の大部分が、複合市街地として1つのクラスターに分類された。一方で、1990年にオフィス・繁華街として分類されていた南港などの港湾部は、卸流通業務地区として新たなクラスターを形成した。また、観光・高齢化住宅地は、観光地に加え、芦屋北部や西宮市などの住宅地が統合された分類として表れた。その他の3つのクラスターは、ブルーカラー借家地域→ブルーカラー地域、ホワイトカラー持ち家地域→ホワイトカラー地域、農村高齢化地域→農村高齢化地域という風に、大部分が特徴の近いクラスターに分類されていた。

表3-4-①-2 各クラスター名称および特徴(1995)

クラスター番号	クラスター名	特徴	クラスター番号	クラスター名	特徴
クラスター1	複合市街地	人口総数・世帯総数が高い 事業所数・企業数が多い 借家世帯、一人世帯が多い 小売店、飲食店の割合が高い	クラスター2	ブルーカラー地域	第二次産業の割合が高い 中小・零細事業所割合が高い 延べ面積の小さい住宅の割合が高い
クラスター3	ホワイトカラー地域	子育て世帯の割合が高い 第三次産業の割合が高い ホワイトカラー従業者の割合が高い	クラスター4	卸流通業務地区	運輸・通信・倉庫業の割合が高い 借家世帯の割合が高い 延べ面積の小さい住宅の割合が高い
クラスター5	観光・高齢化住宅地	宿泊等サービス業の割合が高い 持ち家世帯の割合が高い 65歳以上人口の割合が高い	クラスター6	農村高齢化地域	大人数の世帯の割合が高い 第一次産業の割合が高い 65歳以上人口の割合が高い

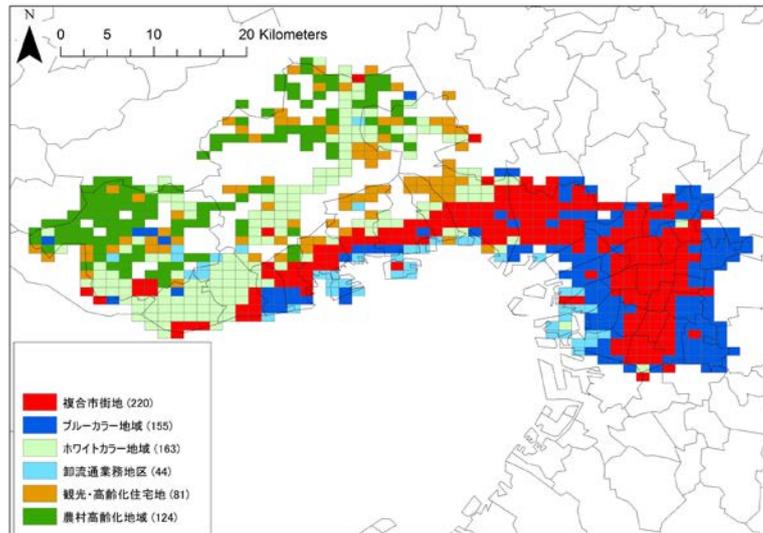


図3-4-①-2 阪神地域クラスター分析結果(1995)

2000年の分類結果を表3-4-①-3に示す、図3-4-①-3にそれぞれのクラスターの分布図を示す。2000年になると、複合市街地が大阪市中心部からその周辺のブルーカラー地域へと拡大した。また、神戸市や、大阪市南部の複合市街地の一部が、ホワイトカラー地域へと変化した。卸流通業務地区は、1995年の同様の地域に加え、神戸市西部の高速ジャンクション付近で拡大していることがわかる。その他の2つの地域については、1995年と同様の地域分布となった。

表3-4-①-3 各クラスター名称および特徴(2000)

クラスター番号	クラスター名	特徴	クラスター番号	クラスター名	特徴
クラスター1	複合市街地	世帯総数・人口総数が多い 企業数・事業所数が多い マンション等の借家世帯の割合が高い 一人世帯の割合が高い	クラスター2	ブルーカラー地域	第二次産業の割合が高い 中小・零細の事業割合が高い 長屋建世帯の割合が高い
クラスター3	ホワイトカラー地域	学習関連の第三次産業の割合が高い 生活関連の第三次産業の割合が高い 大卒者の割合が高い	クラスター4	卸流通業務地区	卸売・小売業の割合が高い 運輸・通信・倉庫業の割合が高い 近年開設した事業所の割合が高い 高層の共同住宅の割合が高い
クラスター5	観光・高齢化住宅地	宿泊等サービス業の割合が高い 持ち家一戸建て世帯の割合が高い 平均年齢が高い	クラスター6	農村高齢化地域	大人数の世帯の割合が高い 第一次産業の割合が高い 持ち家一戸建て世帯の割合が高い

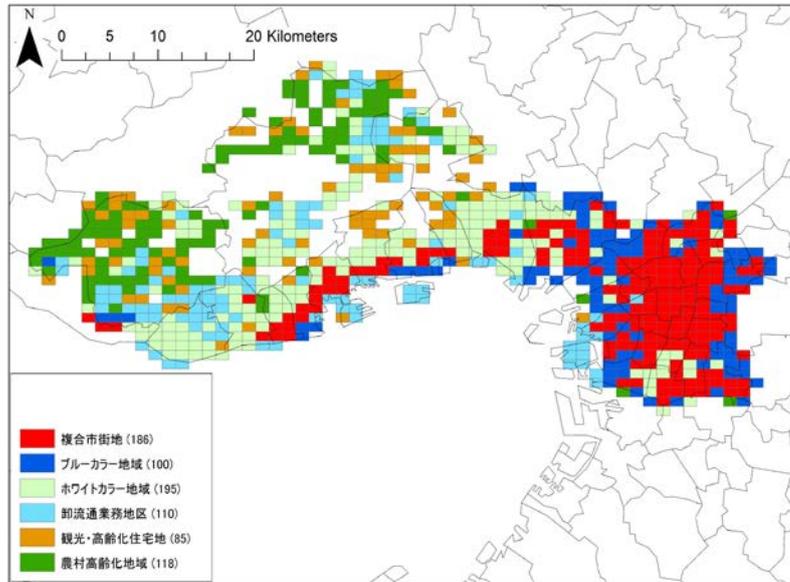


図 3-4-①-3 阪神地域クラスター分析結果(2000)

2) 阪神地域の地域特性と人口構造の相関の分析結果

1990、1995、2000年の三か年クラスターを比較すると、図 3-4-①-4 に示すように、経済的な要素を持つ市街地(オフィス・繁華街もしくは複合市街地)では、地域ごとの人口構造の分散が小さくなる傾向が見られる。

1990年			1995年			2000年		
	平均	分散		平均	分散		平均	分散
ホワイトカラー持ち家	6.2	4.8	複合市街地	6.4	1.2	複合市街地	5.5	1.6
ブルーカラー	7.3	0.9	ブルーカラー	6.8	1.1	ブルーカラー	5.8	2.5
ホワイトカラー既成	7.0	2.3	ホワイトカラー	6.7	1.7	ホワイトカラー	5.4	3.3
農村高齢化	5.1	4.1	卸流通	4.2	8.0	卸流通	5.7	5.3
オフィス・繁華街	6.9	1.1	観光・高齢化	3.3	10.0	観光・高齢化	2.0	11.4
観光・その他	2.5	2.9	農村高齢化	4.2	5.1	農村高齢化	3.7	3.4
全体	6.4	3.7	全体	5.7	4.9	全体	4.9	5.4

図 3-4-①-4 阪神地域クラスター分析結果

1990年と2000年の人口構造評価を図 3-4-①-5 で比較すると、市街地の特に中心となる地域では、周辺に比べ、人口構造評価指数の値が小さくなる傾向がある。また、年度や地域の特性が変わっても地域ごとの人口構造の関係性には大きな変化がなく、地域の人口構造は基本的に受け継がれる。

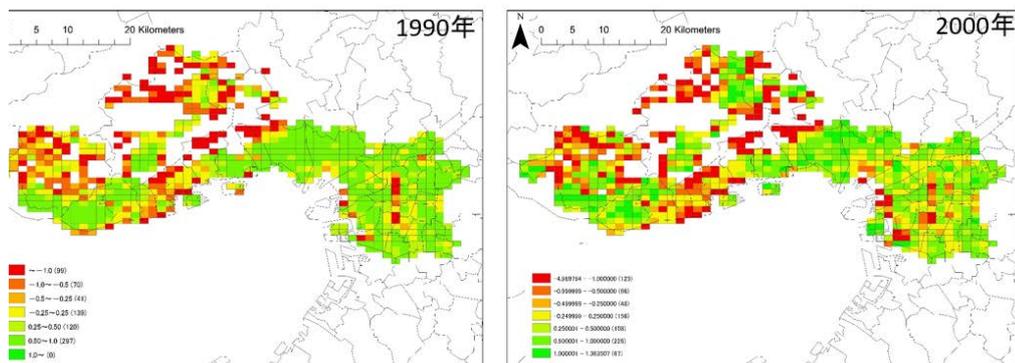


図 3-4-①-5 1990年、2000年の人口構造評価

人口構造評価指数の値が、実際にどのような人口構造を示すかを、2010年の全国国勢調査を用いて考察する。-8~8のいずれの整数にもっとも近いかで分類し、その平均を取ったものを、負と正に分け、図3-4-①-6、図3-4-①-7に示す。

負の値が大きいほど、顕著な高齢化をしている地域として評価できることが分かる。2010年では、60歳から64歳がちょうど団塊の世代に当たるが、男女共にその世代の人口が多い傾向が見られるのは-3以上からである。このことから、-4以下の地域では、恒常的に高齢者が集まってくる、もしくは若年層が出て行く傾向が極めて強いことが分かる。-3から0の人口構造では、団塊の世代が突出していることは分かるが、0の地域で若干割合が高くなっているが、同様に人口の多い、団塊ジュニアの世代(35~39歳)で突出していないことから、これらの値で示される地域は、近年では若年層が地域から出て行く傾向が強いと考えられ、この傾向が継続する限り、将来的には人口構造評価指数が-4以下の地域の水準にまで下落していくと考えられる。以上より、人口構造が0以下の地域については、-4以下の地域が恒常的な人口流出地域、0から-3の地域が近年、若年層流出の傾向があり、将来的には恒常的な人口流出地域になることが予測される地域となった。

次に、図3-4-①-7より、人口構造評価指数の値が大きくなるほど、人口構造の重心は下の世代へと推移していくことが確認できる。負での考察と同様、団塊の世代、団塊ジュニアの世代に注目すると、団塊ジュニアの世代の明らかな突出が起こるのは3以上からであることが分かる。また、これらの人口構造では、年少人口の割合が高齢者人口の割合に近いことから、人口の再生産が活発であり、世代交代が進む地域であると考えられる。しかし、0から2の人口構造でも、団塊ジュニアの世代やその子供世代と考えられる世代(10~14、15~19歳)の若干の突出が見えるので、これらの地域は、ある程度の人口は地域に残る傾向がある一方、20代が地域から流出しやすい構造をしていることが分かる。人口構造評価指数が5を超えると、段階の世代の割合と団塊ジュニアの世代の割合の逆転が起きる。これらの地域では、生産年齢人口の流入が活発であると言える。7、8の地域では、団塊の世代の突出は消え、それより上の世代の割合が大きく下がっている。これらの地域では、生産年齢人口の流入が極めて活発であり、高齢世代が流出していく地域となっていると考えられる。以上より、人口構造評価指数が正の場合は、0から2の場合、負での-3から0と同様、近年若年層の流出の傾向がある地域といえる。しかし、1、2では、20代での一時的な流出は免れないが、30代以降での人口流入があると考えられる。3、4の地域は、ある世代の流出や流出がそこまで顕著ではない、安定した地域であると考えられる。5、6は、流出が多くはないことに加え、生産年齢人口の流入がある地域で、7、8は5、6の生産年齢人口流入の傾向をさらに顕著にし、高齢世代の割合が小さくなる地域であると言える。

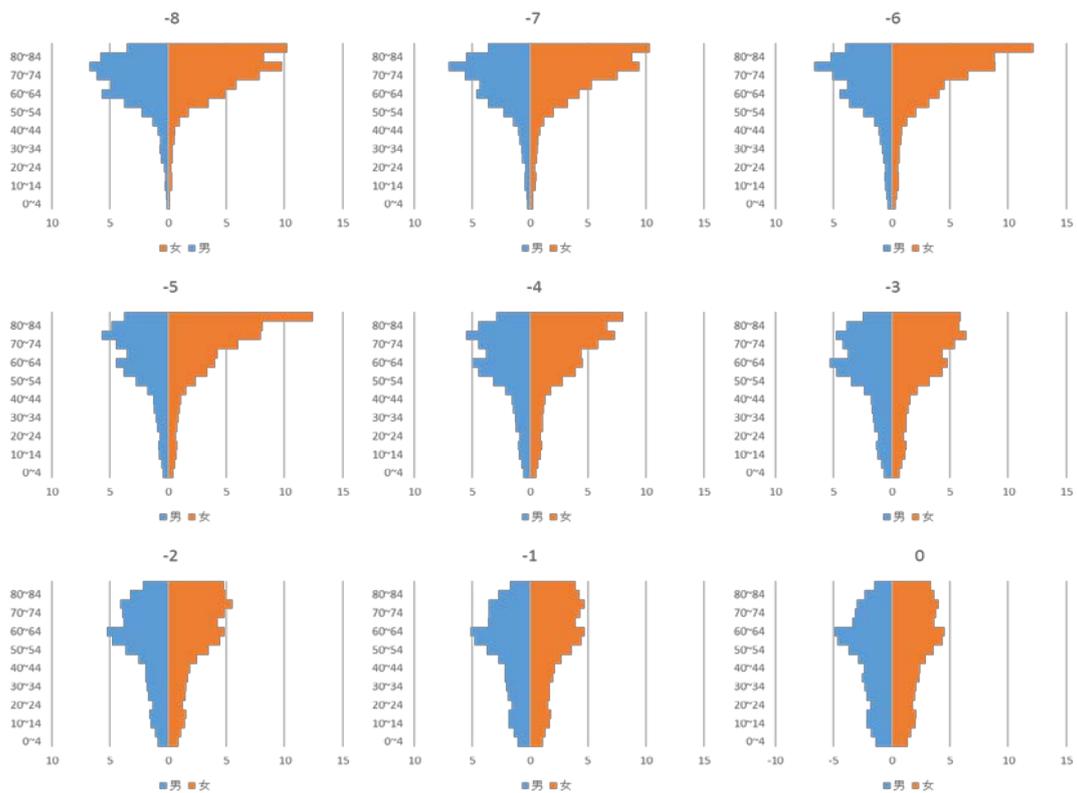


図 3-4-①-6 人口構造評価指数が示す人口構造(負)

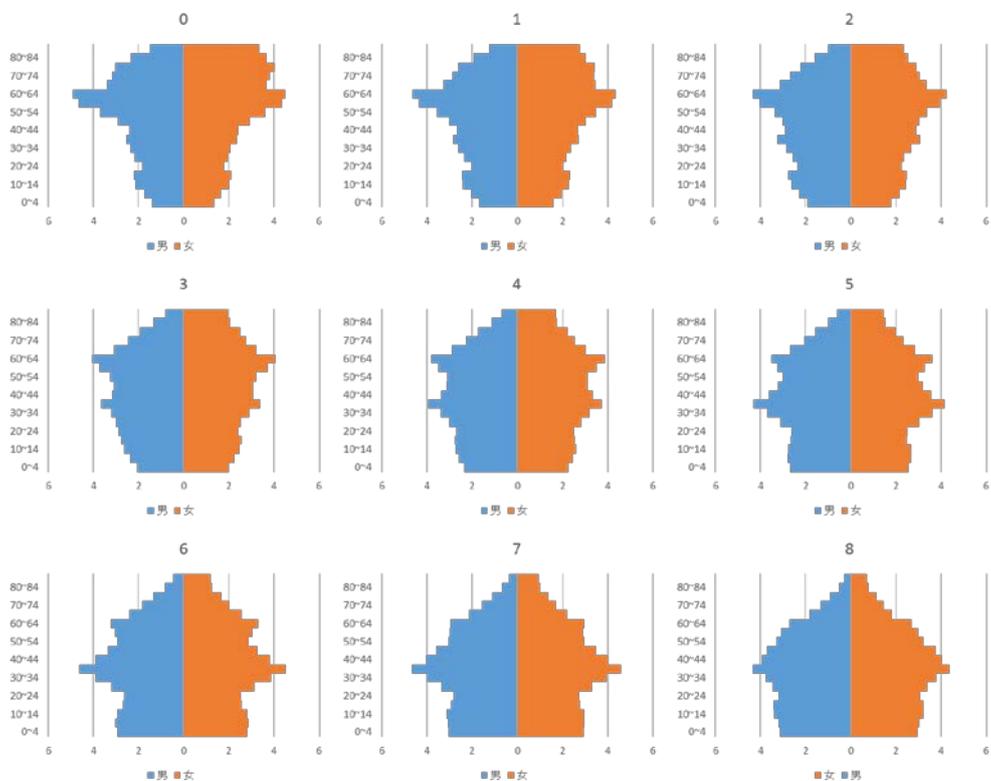


図 3-4-①-7 人口構造評価指数が示す人口構造(正)

3) 阪神・淡路大震災が地域に与えた影響の分析結果

1990年から2000年の阪神地域クラスター標準推移を図3-4-①-8に示す。大阪市では、オフィス街・繁華街地域とその周辺のブルーカラー地域は、複合市街地域へと変化していった。神戸市の大部分では、ホワイトカラー既成地域がホワイトカラー地域へと変化していった。これにより、阪神地域では、1990年から2000年にかけて、集合住宅に住む層の人口が大阪市へ集中しているのが分かり、神戸市では、中心部の一部を除き、その周辺が住宅地化と変化していることが分かった。

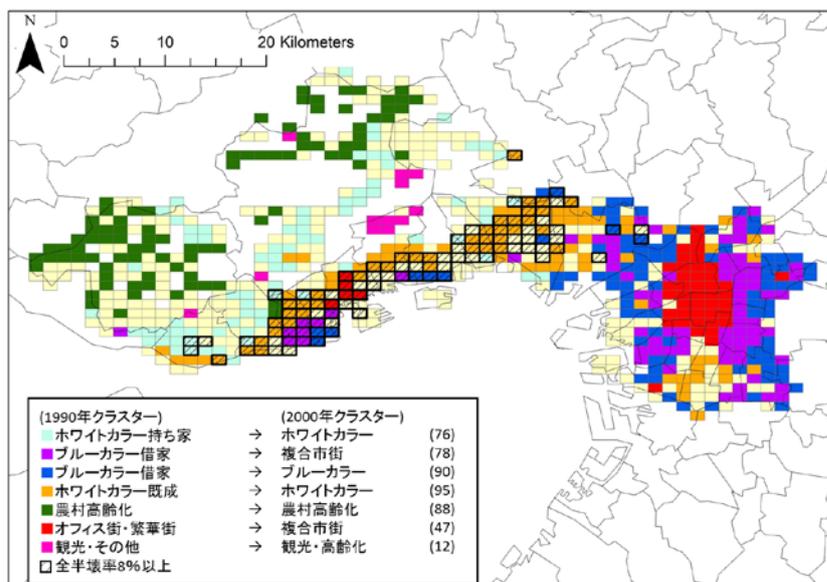


図3-4-①-8 阪神地域クラスター標準推移(1990-2000)

被災地域とその他の地域について、それぞれのクラスター推移の割合を表3-4-①-4、表3-4-①-5に示す。

表3-4-①-4 1990-2000 被災地域各クラスター推移状況

2000 1990	複合市街	ブルーカラー	ホワイトカラー	卸流通業務	観光・高齢化	農村高齢化	合計	(メッシュ数)
ホワイトカラー持ち家	0	0	89	11	0	0	100	9
ブルーカラー借家	35	43	4	13	0	4	100	23
ホワイトカラー既成	31	0	63	5	2	0	100	64
農村高齢化	0	0	100	0	0	0	100	1
オフィス街・繁華街	63	0	0	38	0	0	100	8
観光・その他	-	-	-	-	-	-	-	0
(メッシュ数)	33	10	50	10	1	1		

■ 1990年の1クラスター内の50%以上のメッシュが推移 ■ 20%以上のメッシュが推移 単位(%)

表3-4-①-5 1990-2000 その他の地域各クラスター推移状況

2000 1990	複合市街	ブルーカラー	ホワイトカラー	卸流通業務	観光・高齢化	農村高齢化	合計	(メッシュ数)
ホワイトカラー持ち家	1	1	45	27	17	9	100	152
ブルーカラー借家	44	50	1	0	1	3	100	159
ホワイトカラー既成	39	1	54	2	4	0	100	101
農村高齢化	0	2	9	14	18	57	100	154
オフィス街・繁華街	64	3	0	32	2	0	100	66
観光・その他	0	6	6	13	75	0	100	16
(メッシュ数)	153	88	140	88	72	107		

■ 1990年の1クラスター内の50%以上のメッシュが推移 ■ 20%以上のメッシュが推移 単位(%)

両者の間で特に異なっている点は、被災地域でホワイトカラー持ち家地域がホワイトカラー地域へ推移した割合が非常に高いことが挙げられる。その他の地域では半分以上に留まったが、被災地域では9割近いメッシュでこの推移が見られた。また、全体的に、被災地域ではホワイトカラー地域へ推移するメッシュの割合が高いことから、震災、復興を通し、都市部における被災地域は、主に居住地としての特徴を強める傾向があると考えられる。

図3-4-①-9では、被災地域とその他の地域各クラスター推移状況では、被災地域でのホワイトカラー持ち家地域は、同じクラスター分類のホワイトカラー地域へ推移、すなわち居住地としての特徴を示している割合が高い、その他の地域では半分以上に留まったが、被災地域では9割近いメッシュでこの推移が見られた。また、全体的に、被災地域ではホワイトカラー地域へ推移するメッシュの割合が高いことから、震災、復興を通し、都市部における被災地域は主に居住地としての特徴を強める傾向があると考えられる。

被災地域

2000 1995	複合市街	ブルーカラー	ホワイトカラー	卸流通業務	観光・高齢化	農村高齢化	合計	(メッシュ数)
複合市街	39	2	50	8	0	2	100	62
ブルーカラー	47	37	11	5	0	0	100	19
ホワイトカラー	0	0	89	5	5	0	100	19
卸流通業務	0	40	0	60	0	0	100	5
観光・高齢化	-	-	-	-	-	-	-	0
農村高齢化	-	-	-	-	-	-	-	0
(メッシュ数)	33	10	50	10	1	1		

その他の地域

2000 1995	複合市街	ブルーカラー	ホワイトカラー	卸流通業務	観光・高齢化	農村高齢化	合計	(メッシュ数)
複合市街	65	3	25	6	0	0	100	158
ブルーカラー	35	56	2	2	0	4	100	134
ホワイトカラー	2	2	50	31	8	6	100	143
卸流通業務	0	19	0	62	11	8	100	37
観光・高齢化	0	0	26	4	57	13	100	76
農村高齢化	0	0	6	8	16	70	100	120
(メッシュ数)	153	90	142	94	77	112		

図3-4-①-9 1990年～2000年 各クラスター推移状況

1990年から2000年にかけてのクラスター推移と被害の大きさ分布を図3-4-①-10を示す。特に被害が大きかった地域は、複合市街地域へと推移し、ブルーカラー地域は、大きな被害を受けると、その再建がなされる中で、居住地、市街地として再建される傾向があることが分かった。

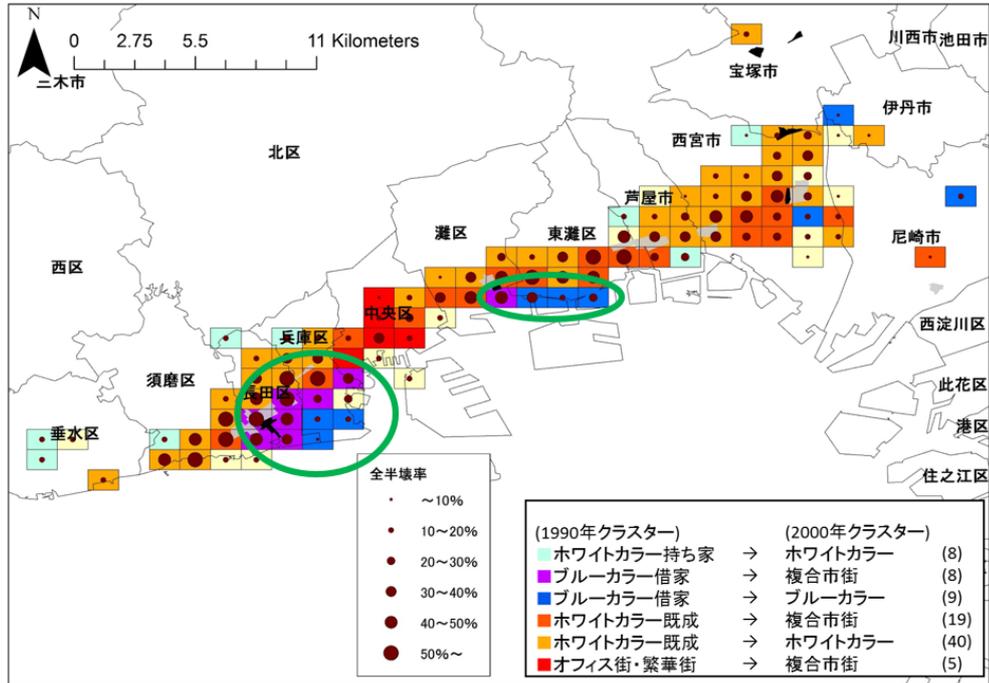


図3-4-①-10 1990年～2000年 各クラスター推移状況

(d) 結論ならびに今後の課題

被災後、被害の大きかった地域は、主に居住地として整備され地域の市街地化が進み、市街地の特に中心となる地域では、周辺に比べ人口構造評価指数の値が小さくなる傾向がある。人口構造による評価は一時的なものではなく、地域の傾向を表すことができる。

被害の大きかった地域は、周辺のその他の地域と比べ、人口構造変化の分散が小さく、人口構造評価指数の低下が起りやすい傾向がある。また、被災地域内でも、被害の大きい地域ほど、人口構造の極端な変化は起きず、都市部においては、被災自体が人口構造変化の原因となるわけではないと考えられる。災害が原因で人口構造変化が起こったとは考えられない。

地域特性の決定を行う上で、クラスター分析を行ったが、対象範囲は限られている。また、地域ごとの違いが存在するために、今後他の地域で応用する際に、違いが生じる可能性があり、詳細な調査・考察が課題である。

(e) 引用文献

なし

②関西地方における事前復興計画の策定

(a) 業務の要約

東日本大震災により、日本の東北の太平洋沿岸部に広がる多くの漁業集落は甚大な被害を受け、被災地域では、若い世代が地域を離れる、短期間における盛土や高台移転といった復興事業を選択しなくてはならない、巨大な防潮堤の建設などによる沿岸地域の景観阻害、生業の再建といったことが復興を行う上での課題となった。これらの教訓から災害前から災害後の復興についても事前に話し合っておくことの重要

性が指摘されている。

和歌山県由良町衣奈地区において、2015年から京都大学防災研究所の牧研究室の研究者が、事前復興計画の策定について住民協議会への参加や、ワークショップを通じて記憶の継承の提案などを継続している。住民ワークショップを通じて、住民協議会であがった意見と共に、研究室の研究者らが整理し、衣奈のまちづくりの全体目標を「衣奈の良さが残るまち、にぎわいのあるまち」に定め、その目標の一つである「衣奈の伝統を残す」において、祭りの詳細な行事の進行を記録し、衣奈の復興計画を策定するうえで重要な地域のイメージの共有を行うため記憶の継承を目的とした取り組みを行った。

(b) 業務の実施方法

地域の記憶の継承の取り組みでは、2016年7月に開催した第1回住民協議会にて得た若い人々の意見を追加して、2015年度作成の「衣奈まちづくり方針（素案）」を一部修正し、5つの方針と12の取組みをそれぞれ5つの目標と12の方針に変更した。今後起こりうる南海トラフ地震後の復興計画の策定において、復興後のまちと被災前のまちとの間に感じるギャップを埋めることを考慮した計画提案のための取り組みとして、住民が衣奈の伝統に対する思いの継承について、「屋号」と「祭り」について詳細な記録を実施した。

(c) 業務の成果

1) 衣奈まちづくり方針

全体目標は「衣奈の良さが残るまち、にぎわいのあるまち」である。全体目標を実現するための5つの目標と、それらを実現するための具体的な方針を図3-4-②-1に示す。「衣奈の伝統を残す」という目標に対する2つの方針の「祭りを残す」と「漁業・農業を育てる」について、下記詳細に示す。

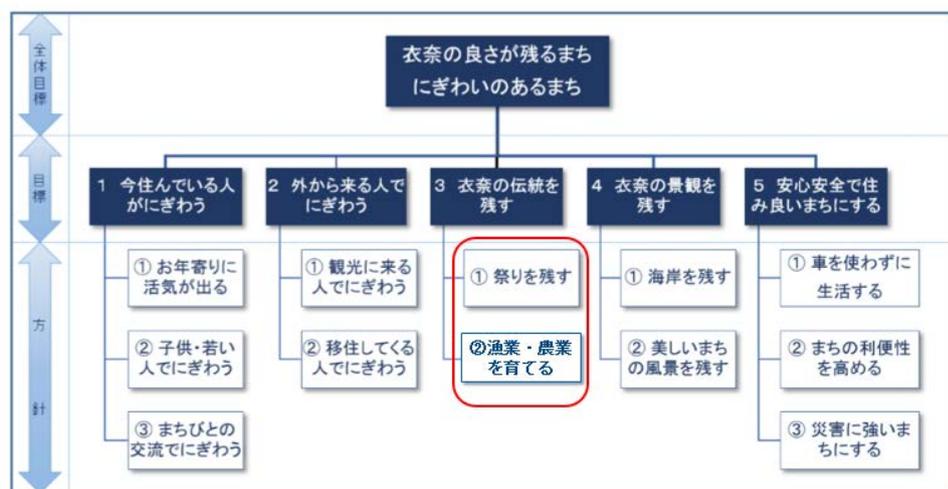


図 3-4-②-1 衣奈まちづくり方針（案）

2) 祭りを残す取り組み

「衣奈祭」は地元で大漁・豊穰祈願の祭りで、寛文4年(1664年)の衣奈八幡神社の祭礼次第に、8月14日、15日に行われたことが記載されており、歴史の古い祭礼である。少子高齢化により、以前はくじ引きで参加者を決めていたが、今は、年配の役

員のみで開催され、毎年開催されるとは限らない行事となってしまった。衣奈町には、現在詳細な文章による祭りの記載がないため、今後起こりうる南海トラフ地震の被害による文化の喪失を防ぐため、地元青年団や役員と協力するとともに、伝統的行事の継承を目的とした祭りの詳細を記録することにした。

2016年の衣奈「祭り」は、10月8日、9日に開催された。「祭り」の詳細な進行表とみこしの巡回経路の地図を作成し、また各場面の様子を記録した。衣奈祭りは、古くは衣奈、戸津井、三尾川、小引、大引、神谷、吹井、糸谷の8集落で行っていたが、造船会社の社宅建設による宅地開発がされてからは人口の増えた黒田、柳原の2集落も参加するようになった。

衣奈のJA農協側の駐車場は、かつて御旅所の場所であり、祭り期間中では、駐車場の奥側に、御旅所をヒノキやすだれ等による装飾で再現していた。また、官司、総代、区長はハマ側、四明、白装束、御座衆らはヤマ側に着席し、神聖な祭祀空間が創出された。さらに、祭祀空間へと続く道路では、各地区の登り旗が道路左右に立てられ、全体的に祭りの雰囲気を出している。

8日は、各地区で祭りの準備を行い、9日に、衣奈に位置する衣奈八幡宮へ参拝する、参拝後、御旅所で地区の交流を行う、その際に、祭祀空間にて各地区から獅子舞や踊りなどのイベントが行われる。

衣奈では、祭りにあわせて里帰りをする若者もおり、奉納神事の練習を約一月かけて行うことで、青年同士の絆を生む契機となる。また祭りの最後に、衣奈区の青年会が衣奈の旧家に祭りでの協力や助言のお礼として挨拶回りを行うという慣習があり、地域住民との人間関係の構築のきっかけにもなっている。「祭り」という衣奈の伝統を残すことは地域における記憶の継承について有用な取り組みである。

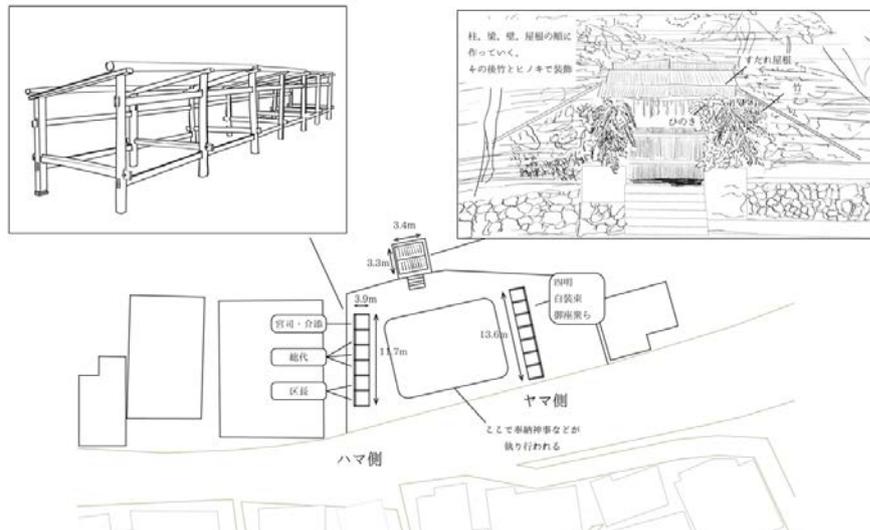


図3-4-②-2 衣奈祭りの御旅所

3) 漁業・農業を育てる取り組み

住民ワークショップから得た衣奈の「暮らし」の伝統に関する情報から、昔は漁業と密接に関わった暮らしをしており、またみかん農業も盛んに行われていて、みかん農業と漁業の半農半漁の生活を営む家庭が多くあったようである。衣奈ではこれらの漁業や農業等を営んでいた歴史が古い家屋には、「屋号」の呼び名があることが多いことが分かった。古くから続く営みであることを知ることは漁業・農業を続けていくことのインセンティブになると考える。

しかし、具体的にどの家屋がどのような商業を行っていたのかという地図なく、「屋号」の呼び名が付く古い家屋を地図化することにした。現地調査とヒアリングを行った結果、図3-4-②-3のように、主に神社参道の北側に集中していることが分かった。以前は多くの店舗が立地していたことから、衣奈の中心部はかつて北側に位置していたと推測される。また、職業に関する屋号に注目すると、船大工などの漁業に関わる職業の家は、古くから海沿いに位置していることがわかる。農業においては、屋号はミカンの採集箱にも記入されており、現在まで使用されている。また、店舗を営む家など用事のある頻度が多い場所の屋号を中心として若い世代にも浸透している。

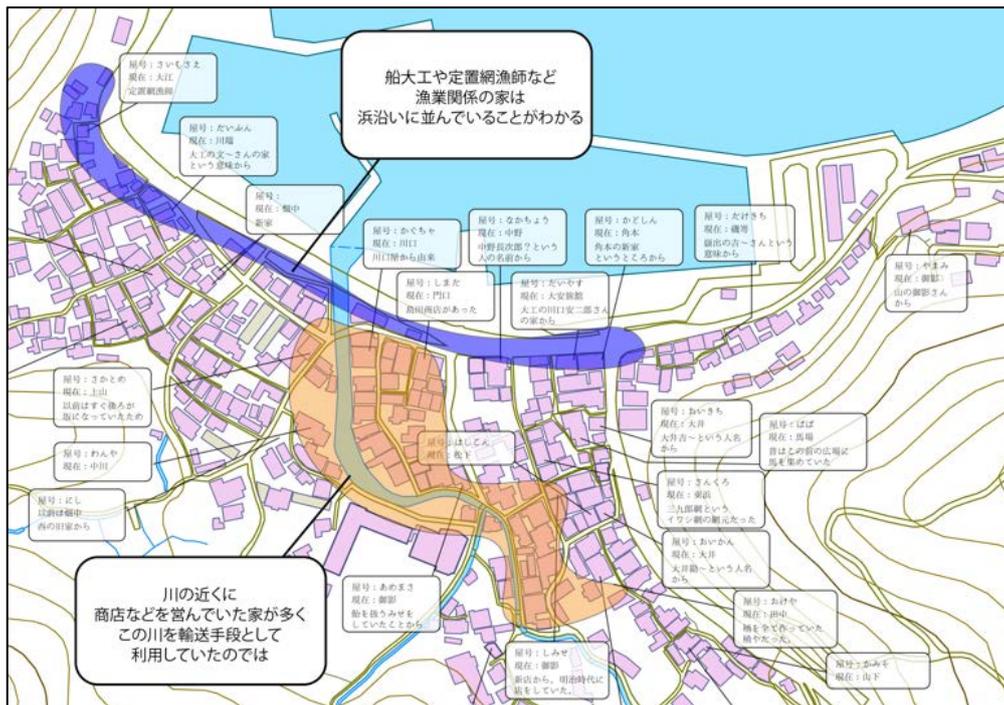


図3-4-②-3 衣奈の屋号

(d) 結論ならびに今後の課題

祭り調査に関しては、現段階での記録は2016年度の祭りのみの記録であり、今後の奉納神事は変わる可能性があるため、今後は現在の祭りの記録を「祭り」の主催側と議論したうえで、書面化をすることを検討する。地域の記憶を守り、継承するため、住民参加型のまちづくりを今後も引き続き行っていくとともに、作成した成果物をわかりやすく住民と共有し改善することが、今後衣奈の事前復興計画の策定を進める際の課題となる。

(e) 引用文献

なし

③ 静岡県における地域特性をふまえた事前復興のあり方の検討

(a) 業務の要約

1) 多様な地域特性の丁寧な理解、および、事前復興の一環である津波防災地域づく

り法に基づく推進計画の策定の実態把握、2)復興評価に関する基礎研究、3)復興準備手法およびシナリオ構築手法の開発に取り組んだ。

(b) 業務の実施方法

1) 多様な地域特性の丁寧な理解および事前復興の一環である津波防災地域づくり法に基づく推進計画の策定の実態把握

a) 津波防災地域づくり法に基づく推進計画の検討への参与観察を通じた地域特性の理解と実態把握

・ 静岡市:危機管理セクションおよび都市計画セクションの行政職員および市民へのヒアリング等を通し関連計画の議論の経過を理解した (9回: (8/29, 9/20, 10/6, 10/21, 11/4, 11/11, 12/16, 1/11, 1/27))。

・ 伊豆市:行政職員へのヒアリングおよび住民とのリスクコミュニケーションの実践としたリスク認識の変化を把握した (14回: 4/11, 5/12, 6/7, 7/20, 7/26, 9/6, 9/15, 10/6, 10/27, 12/2, 12/28, 2/1, 2/10, 3/27)。併せてリスクコミュニケーションツールの開発を行った。

b) 南海トラフ地震による地震動の到達時間が短く既成市街地に津波による大きな被害が想定される地域での行政組織および市民との意見交換

・ 沼津市戸田地区 (旧戸田村): 実地調査および地元の方との意見交換 (6/18-19)

2) 復興の評価ツールの構築

復興の評価に関する基礎的研究として、次の2つの研究に取り組んだ。

・ マルチ・シミュレーションによる復興シミュレーションに関する研究

・ コミュニティベースの復興評価指標の体系に関する研究

3) 復興準備手法およびシナリオ構築手法の開発

復興準備手法の開発の一環として、主に自治体職員および都市プランナーを対象として、シンポジウム「未経験の復興状況を前提とした『復興準備』のあり方を考える」を開催した (5/27, 5/24, 於: 生産技術研究所)。

また、シナリオ構築手法の開発の一環として、春日井市 (1/18)、徳島県 (11/16)、京都市 (12/19) における復興イメージトレーニングへの参与観察を行った。

(c) 業務の成果

1) 多様な地域特性の丁寧な理解および事前復興の一環である津波防災地域づくり法に基づく推進計画の策定の実態把握。

地域特性の多様性 (多様な自然地形の特性、多様な社会経済特性、ハザード特性) について理解を深めるとともに、それに対応する課題について考察を深めた。今年度は、特に一見相反する目的を両立させるプロセスに着目した。具体的には、津波リスクの高い地域における都市機能集積 (静岡市清水地区)、および観光振興と津波防災の両立 (伊豆市) に着目した。また、計画検討の過程における市民とのリスクコミュニケーションを通して、市民のリスクの理解やリスクに対する姿勢の変化について着目した (伊豆市)。なお、これに伴って津波リスク理解のためのツールを開発した (図 3-4-③-1)。

なお、リスクコミュニケーションの手法、場のデザイン、議論のすすめ方、計画検討のプロセス、議論の構造等、2016年度の本業務の結論に至る詳細に関しては、各々の現場で現在議論が進行している最中であることから、ここで詳細に記述することによる現場への影響が懸念されるため、ここでは秘匿させていただくこととする。

- ・(地形特性) × (土地利用等の社会経済特性) × (ハザード特性) ➡ (ソリューションの方向性)
- ・小集落・急峻地形×観光・過疎×(12分・数m) ➡津波防災×観光振興(伊豆市)
- ・斜陽する都市拠点×観光・都市機能誘導・地域経済の拠点×(5分約10m) ➡都市機能集積と津波リスクとを両立させたプランニング(静岡市清水地区)
- ・高齢化・人口減少旧漁村×地域の持続性×(12分・数m) ➡世代交代の機会をとらえた低密度化、建物の耐浪化(静岡市用宗地区)
- ・小集落×漁業・過疎×(5分約10m) ➡地域振興と両立させた解(沼津市戸田地区)



図3-4-③-1 Google Earth を用いたリスク理解促進のためのツール

2) 復興の評価ツールの構築

- ・マルチ・シミュレーションによる復興シミュレーションに関する研究

居住地選択シミュレーションを活用し、復興プロセスデザインと移住状況との関係を明らかにした。学術論文として投稿中。具体的には下記のとおり。

世帯レベルの意思決定・行動モデルというマイクロレベルのエージェントモデルをベースに復興全体の時系列の空間的な変化を記述した。モデル構築では、経済社会的な状況や地域への各世帯のこだわり度合いを「Attachment」および「Option」という抽象化した概念でモデル化し、インフラの復旧、雇用の回復、生活サービス施設の立地、仮設住宅における生活の質、非被災地の状況、従前コミュニティの状況といった相互作用のある空間的な要素と連関させて被災世帯の意思決定モデルを構築した。これによって、被災地の地域特性およびインフラ復旧や雇用の回復などの主要な復興施策のタイミング、優先順位などの政策変数をシミュレーションに組み込むことを可能にした。また、意思決定モデルの構築において時間軸で変化する「Ideal Attractiveness」と「Tolerance」という二つの変数を導入することによって復興状況全体の時系列変化を捉えることを可能とした。このシミュレーションを用いることによって、非被災地か被災地かという居住地の選択、雇用の回復と人口の回復との関係、社会階層による居住地選択の相違といった既存の災害事例において観測された主要な復興状況の時系列変化を描出することが可能となった。

復興の総合的な評価の枠組みとして、世帯レベルの満足度、エリア全体の人口回復および年齢構成、コストの3つの軸を用いて、いくつかのモデル中の政策変素を変えて実験を行った。具体的には、主要な地域特性および復興過程における政策変数と復興状況との関係を分析し、被災前の空間および社会特性との関係、復興ビジョンの提示時期と復興状況との関係、雇用回復やインフラ復旧のバランスとの関係を明らかにしつつある。例えば、原則として復興ビジョンをできるだけ早く社会で共有することが重要である。特に、先進国では1年以内の共有が最終的な世帯レベルの満足度を高

めること、早期のビジョンの共有が対象エリア全体の持続可能性に影響することが得られた。

・コミュニティベースの復興評価指標の体系に関する研究

定性的な評価を含むコミュニティベースの評価フレームと指標体系を洗練化した。またインドネシア アチェ2地区、東日本大震災2地区について試行し、復興評価指標体系の有効性の検証を行いつつある。

図3-4-③-2に評価フレーム、図3-4-③-3～5に評価結果例を示しておく。なお、評価フレームの中に記載される指標（図中のPlain Text）についてはそれぞれに対応する質問票があるが、紙面の都合上、割愛する。

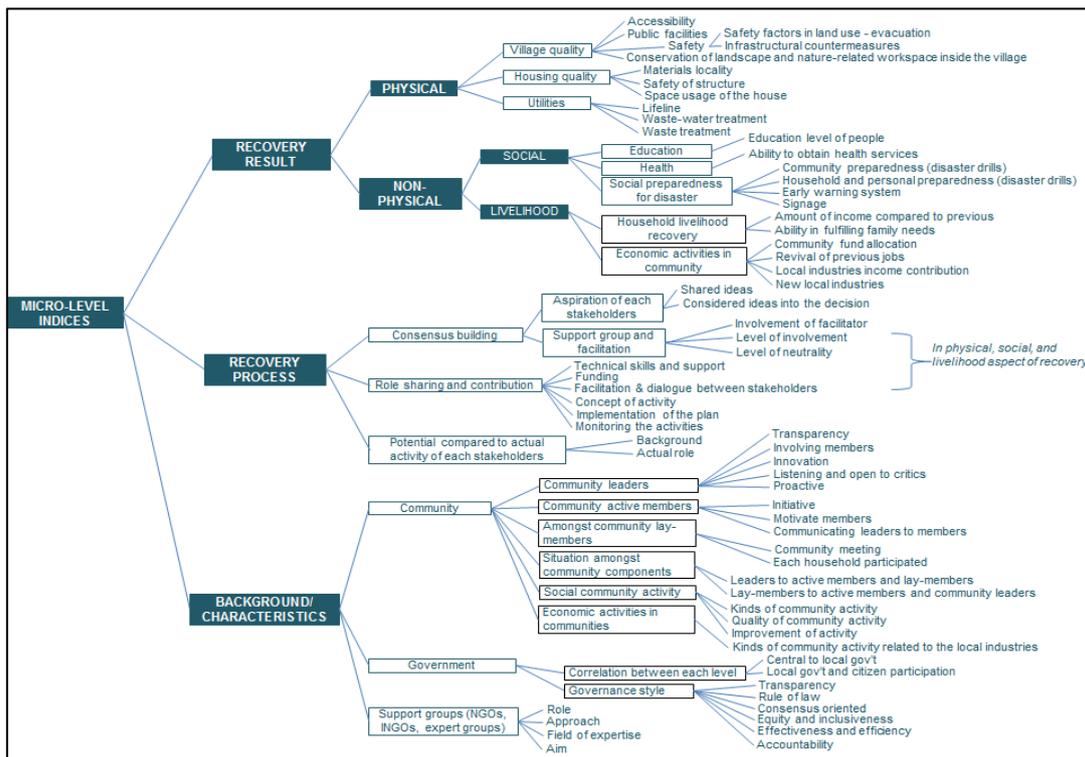
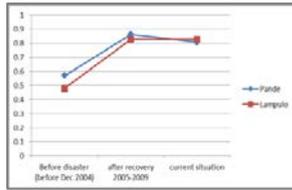
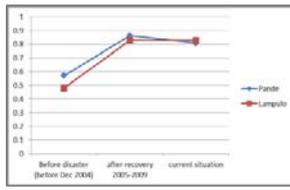


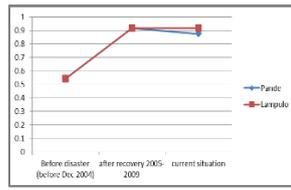
図3-4-③-2 復興の評価フレームの構築（学術文献，復興調査による）



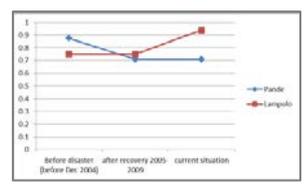
Result of recovery - Pande and Lampulo



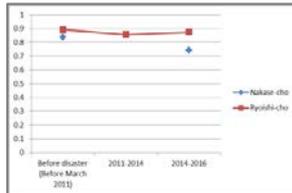
Result - Physical aspect - Pande and Lampulo



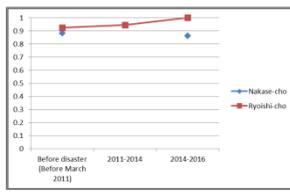
Result - Social aspect - Pande and Lampulo



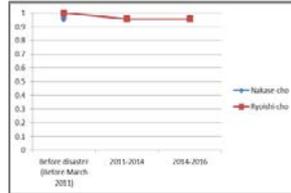
Result - Livelihood aspect - Pande and Lampulo



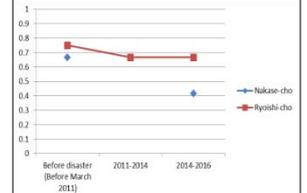
Result of recovery - Nakase-cho and Ryoishi-cho



Result - Physical aspect - Pande and Lampulo

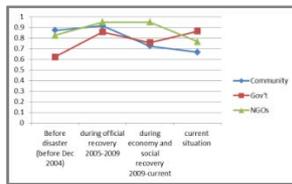


Result - Social aspect - Pande and Lampulo

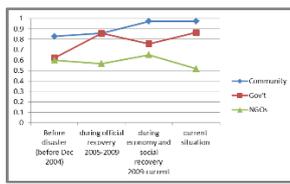


Result - Livelihood aspect - Pande and Lampulo

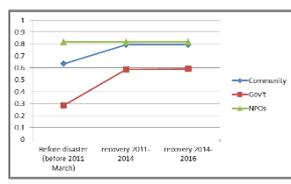
図3-4-③-3 物理的・社会的・コミュニティレベルの復興レベル評価例



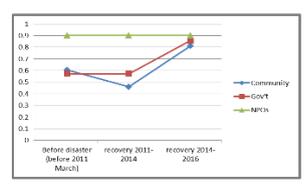
Pande stakeholders' characteristics



Lampulo stakeholders' characteristics

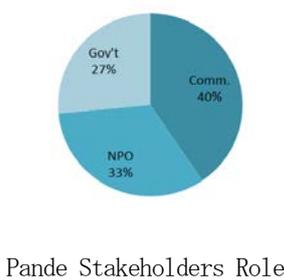


Nakase-cho stakeholders' characteristics

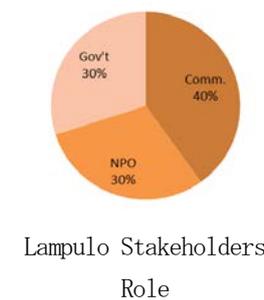


Ryoishi-cho stakeholders' characteristics

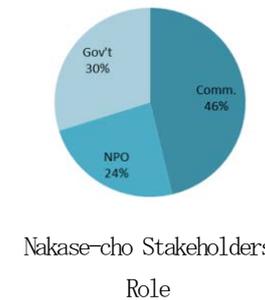
図3-4-③-3 ステークホルダーの特性の評価例



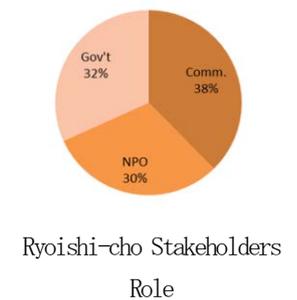
Pande Stakeholders Role



Lampulo Stakeholders Role



Nakase-cho Stakeholders Role



Ryoishi-cho Stakeholders Role

図3-4-③-4 復興におけるステークホルダーの役割の評価例

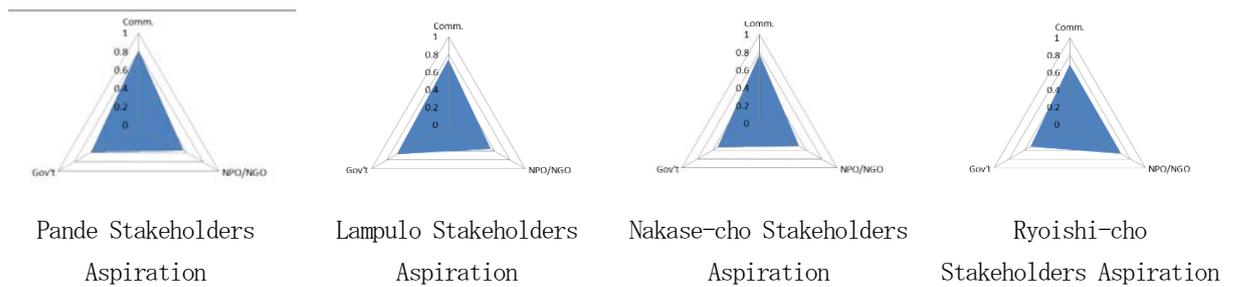


図3-4-③-5 復興におけるステークホルダーの主体的参画レベルの評価例

3) 復興準備手法およびシナリオ構築手法の開発

・復興状況イメージトレーニングを主軸とする復興準備に関する経験の共有の場の開催、および行政における復興準備の参与観察（企画支援含む）を行うことを通して次に取り組むべき課題が明らかになった。研修としての効果、即ち、個人レベルへの蓄積は図られることが再確認された。一方で、課題として行政組織として復興準備を蓄積する方法の考案、復興準備を通して得られた地域特性に対応した新たな施策アイデアを受け止める社会システムの必要性等が得られた。



図3-4-③-2 京都市復興イメージトレーニング参与観察

(d) 結論ならびに今後の課題

多様な地域特性の丁寧な理解および事前復興の一環である津波防災地域づくり法に基づく推進計画の策定の実態把握に関しては、一見対立する計画課題に対して、地域社会で合意できる、ある一定レベルのソリューションを見出すこと、また、行政計画内で矛盾なく両立することの可能性はあり得ると結論できる。しかしながら、同時に、検討のプロセス、リスクコミュニケーションのプロセスが大きく影響することが示唆された。

復興の評価ツールの構築に関しては、シミュレーションモデルに検討の余地があるものの、復興プロセスデザインが被災者の移住先に影響すること、復興後の地域社会の年齢構成に影響することが示唆された。復興評価指標体系に関しては、今後改善の余地があるものの、少なくとも特性の異なる4地区の違いを反映できることが検証された。

復興準備手法の構築、復興準備手法およびシナリオ構築手法の開発に関しては、復興イメージトレーニングへの参与観察を通して地域特性に即した情報・経験の共有を引き続き図る。

(e) 引用文献

なし

④地震・津波被害の低減に向けた都市計画指針の策定とその検証

(a) 業務の要約

三重県県土整備部都市政策課と連携し、平成26年10月から検討していた「地震・津波被害の低減に向けた都市計画指針」¹⁾（想定されている南海トラフ広域地震に対する短期（10年以内）・中期（～20年）・長期（～50年）の都市計画分野の対応を整理した指針）の最終調整を行い、平成28年8年に策定した。さらに平成28年8月から、この指針を反映させた「都市計画方針（案）」²⁾の検討に着手した。

また、平成27年に実施した三重県鈴鹿市の沿岸部を対象とする県及び市職員とのワークショップに続いて、「地震・津波被害の低減に向けた都市計画指針」を市町の都市計画に適用する際の課題や方法を検証するための基礎的分析を行った。

(b) 業務の実施方法

三重県都市計画審議会（7月21日、12月27日）及び同審議会の下に設置された「三重県地震・津波災害対策都市計画指針（仮称）に関する小委員会」（小委員会は平成27年度中に終了、今年度は事務局と指針を最終調整）と「都市計画基本方針検討小委員会」（8月5日、10月19日、11月30日）に村山が参加し、他の専門分野の知見や市町及び県庁内各課での検討を踏まえながら、「地震・津波被害の低減に向けた都市計画指針」の最終調整を行い、策定するとともに、この指針を反映させ、県の都市計画区域マスタープランや市町の都市計画マスタープランの内容に大きく影響する「都市計画方針（案）」の検討に着手した。以上の内容は、第12回名古屋大学-防災科学技術研究所研究交流会（2017年2月11日・東京国際フォーラム G610 会議室）にて報告し、防災分野の専門家と意見交換を行った。

また、鈴鹿市沿岸部の都市計画に「地震・津波被害の低減に向けた都市計画指針」を適用する際の課題や方法を整理するために、人口・世帯数（国勢調査）、土地利用・建物（都市計画基礎調査）、建物の築年数（課税台帳の集計値）、地震・津波被害想定（三重県地震被害想定調査）、歴史的建造物の分布等の空間情報を収集・整理し、地区スケールで地震・津波被害の低減に向けた都市計画分野の対応を検討する際の課題や方法を特定するための基礎的分析を実施した。なお、この基礎的分析では、東京大学工学部都市工学科4年都市計画研究室・松井康太郎氏の協力を得た。

(c) 業務の成果

策定された「地震・津波被害の低減に向けた都市計画指針」は三重県のウェブサイト<<http://www.pref.mie.lg.jp/TOPICS/m0036500003.htm>>で公開され、市町の都市計画担当職員等が参照できるようにした。「都市計画方針（案）」については、以下の内容を盛り込むことができた。

[社会情勢の変化からみた課題]

(1)人口減少・少子高齢化の進展から立地適正化計画制度の活用も含めた都市づくりの見直しと戦略的インフラマネジメントの徹底が必要なこと、(2)大規模自然災害の発生（の想定）から命を守り致命的なダメージを受けない災害に強い国土づくりが求められていること、(3)産業のグローバル化の進展から世界レベルでの産業動向等

に対応しつつ自律的な経済・生活圏の形成が必要なことを課題として整理した。

[新たな都市づくりの方向]

都市づくりの方向として、(1)地域の個性を活かした魅力の向上、(2)都市機能の効率性と生活利便性の向上、(3)災害に対応した安全性の向上、(4)産業振興による地域活力の向上、(5)県民と共に考える地域づくりを定め、(3)では、(3a)河川・海岸堤防や治山・土砂災害防止施設等の整備を推進する一方で市街地における土地利用変更の促進等による被害の低減対策を進めること、(3b)地震津波については、地震・津波指針に定めた方針に従い災害リスクの低い場所へ市街地を誘導するなど、南海トラフ地震などに対応した土地利用を促進することを明記した。

[都市構造の3つの変革]

三重県が目指す都市構造として、(1)効率的で利便性が高く持続可能な都市構造の形成（都市経営の観点）、(2)大規模自然災害の被害低減に向けた都市構造の形成（都市防災の観点）（図 3-4-④-1）、(3)地域経済の活力維持・向上に向けた都市構造の形成（都市活力の観点）の3つの変革を行うことを提示した。

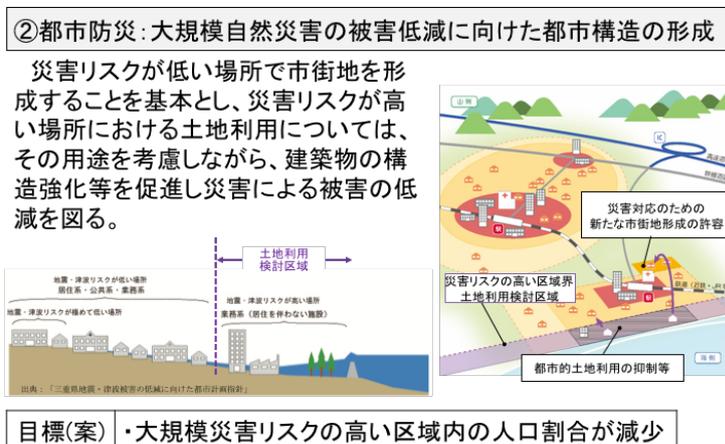


図 3-4-④-1 大規模自然災害の被害低減に向けた都市構造の形成

また、鈴鹿市沿岸部の基礎的分析では、沿岸部全体の分析から、異なる状況の3地区、すなわち、(1)2000年以降の宅地化と人口増加に伴う課題を持つ長太地区（図 3-4-④-2）、(2)歴史的街並みの保全と防災・減災の両立が求められる白子地区（図 3-4-④-3）、(3)計画的住宅地の超高齢化が進み津波避難の課題が大きい東磯山地区（図 3-4-④-4）を抽出し、短期的・長期的視点からの課題と計画の方向性について考察した（表 3-4-④-1）。

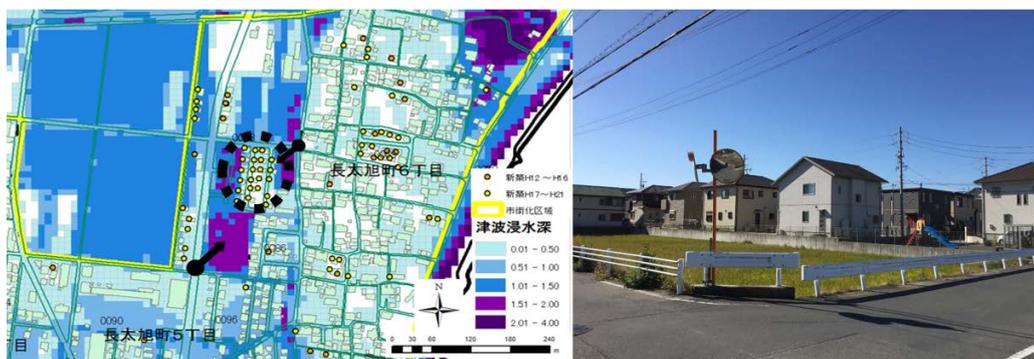


図 3-4-④-2 長太地区の分析例

北長太町の新規開発（戸建住宅分譲地）は地盤面より約1 m嵩上げすることにより浸水深の想定を0.5m以下に抑えている。



図 3-4-④-3 長太地区の分析例

白子2丁目の建物全壊可能性が9割超と特に高い。津波による建物の流失によって隣接する1丁目・伊勢街道沿い歴史的街並みが破壊される可能性がある。

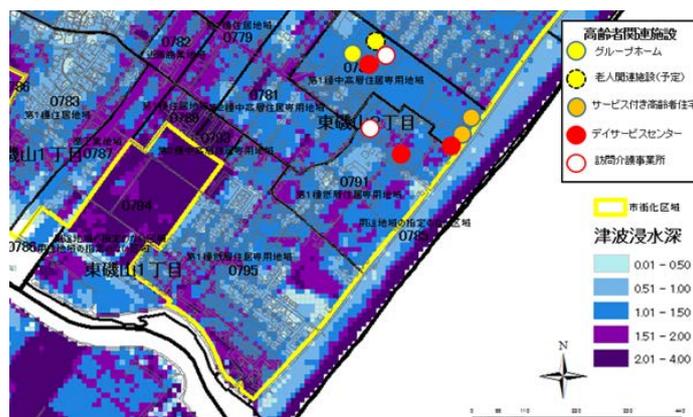


図 3-4-④-4 東磯山地区の分析例

高齢者関連施設の立地が目立つ。高齢者関連施設5つのうち津波対応は1か所のみ。堤防のすぐ背後に、1階建サービス付き高齢者向け住宅・デイサービス施設が立地している。この他、計画的住宅地が全体として超高齢化している。津波からの避難には内陸への自動車避難か建物内垂直避難のみ。

表 3-4-④-1 分析結果・課題・計画の方向性

		長太 (災害リスクと新築)	白子 (伝統的街並みの保全)	東磯山 (計画的住宅地の高齢化)
地区レベル分析の結果		<ul style="list-style-type: none"> 津波避難ビルの定員は人口を下回る 自宅で垂直避難可能建物は約50% 津波によるストックの全壊はほぼ0% 津波浸水想定区域内で木造2階建て戸建ての新築 土地利用計画による新築動向の差はない 	<ul style="list-style-type: none"> 津波避難ビルの定員は人口を下回る 自宅で垂直避難可能な建物は約25% 津波によるストックの全壊は約20% 街並み隣接地で全壊率が高い箇所が存在 街道沿いは建物密度が高い 内陸方向への避難路が狭く、数も限定される 旧街道沿いでも街並みの喪失が進んでいる 	<ul style="list-style-type: none"> 津波避難ビルの定員は人口を下回る 自宅で垂直避難可能な建物は約10% 津波によるストックの全壊は5% 急速な高齢化による要援護者の増加 高齢者施設の立地・構造が災害リスクを反映していない 津波浸水想定区域内で木造2階建て戸建ての新築
短期的視点	課題	・内陸への移動が困難な場合、避難困難者が発生する可能性	・建物倒壊に伴う道路閉塞等により避難困難者が多数発生する可能性	・自力で避難できない高齢者を中心に避難困難者が多数発生する可能性
	計画の方向性	<ul style="list-style-type: none"> 内陸への避難体制の強化(自動車・道路) 地区内で津波避難タワーの新設 	<ul style="list-style-type: none"> 街並みに十分配慮しつつ避難経路の拡幅や経路沿いの耐震性強化 	<ul style="list-style-type: none"> 避難体制の強化(自動車利用) 地区内の住環境を損ねない形で津波避難タワーの新設
中長期的視点	課題	・現在の開発動向が続く限り、民間による耐浪建築物は整備されない。	<ul style="list-style-type: none"> 隣接地の全壊建物の流失によって伝統的建築物が破壊される可能性 建て替えに際して街並みが維持されない可能性 	<ul style="list-style-type: none"> 地域コミュニティの維持が困難になる可能性 周辺部で小規模な開発が続く、計画的住宅地の低密度化が進む可能性
	計画の方向性	<ul style="list-style-type: none"> 地盤面の高さや建築物の階数、構造について規定を設ける 	<ul style="list-style-type: none"> 街並み隣接地で低密度化を図る、もしくは構造について規制して強靱化を図る 都市計画道路の整備に併せた堤防の強化 	<ul style="list-style-type: none"> 良好な基盤、全壊数の少なさを活かした持続可能な居住機能の維持 建て替え、改修に際し構造について規制を設ける

(d) 結論ならびに今後の課題

これまでの研究に基づき作成した「地震・津波被害の低減に向けた都市計画指針」は、市町が都市計画マスタープランの改定を行う際に、南海トラフ広域地震への対応を確実にするための有効なツールであるが、市町が具体的にどのようなデータに基づきどのような分析をし、どのように課題と計画の方向性を検討するかについては、その方法が体系化されていない。鈴鹿市沿岸部での分析を通じて、1つの方法が見えてきたが、様々な状況の地区に適用するため方法の体系化はまだできていないのが現状である。今後も、引き続き、様々な状況の地区の分析を継続し、「地震・津波被害の低減に向けた都市計画指針」を市町の都市計画に適用する際の課題や方法の検証を続けたい。

(e) 引用文献

- 1) 三重県, 三重県地震・津波災害対策都市計画指針, 2016年8月
- 2) 三重県, 都市計画基本方針検討小委員会資料, 2016年

(3) 平成29年度業務計画案

影響シナリオ構築シミュレーションの具体的構築、事前復興計画の策定作業を継続する。将来の地域特性シミュレーション、詳細被害シミュレーションシステムから構成される南海トラフ巨大地震の影響評価システムのプロトタイプ構築を行うと共に、事前復旧・復興計画システムの現地での導入試験を行い、現場での活用方法の検討を交えた被害を軽減するためのまちづくり方策プロトタイプ構築を行う。

3.5 防災・災害情報発信研究

(1)業務の内容

(a) 業務題目 「防災・災害情報発信研究」

(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	部門長	藤原広行
	主任研究員	白田裕一郎
	主任研究員	田口仁
	主任研究員	李泰榮
	契約研究員	東宏樹
	契約研究員	崔青林
	契約研究員	水井良暢
	契約研究員	半田 信之
国立研究開発法人 海洋研究開発機構	上席技術研究員	金田義行
	グループリーダー	高橋成実
	技術研究員	今井健太郎
	特任技術研究員	中野優
国立大学法人名古屋大学	教授	福和伸夫
	特任教授	護雅史
	准教授	山中佳子
	特任准教授	阪本真由美
	寄附研究部門教授	武村雅之
	寄附研究部門助教	倉田和己
	技術職員	川端寛文
国立大学法人東京大学	教授	田中淳
	特任助教	定池祐季
	人と防災未来センター 研究部	宇田川真之
	香川大学特命准教授	磯打千雅子
	高知工科大学	三船恒裕

(c) 業務の目的

南海トラフ広域地震に関する情報が集約され、リアルタイムかつ統合的に発信される Web サービスとして「南海トラフ広域地震災害情報プラットフォーム」（以下、「災害情報プラットフォーム」という。）を構築する。プラットフォーム上では、各種地理空間情報や歴史資料、強震計・水圧計データ等のリアルタイムデータ、他の研究課

題の調査結果、研究成果、ハザード評価、リスク評価などの情報を統合して発信できるものとする。このプラットフォームを基盤とした、あるいは連携した、防災・減災対策や復旧・復興等に資する各種利活用システム、防災人材育成、教育教材、啓発ツールを開発し、防災・減災対策研究や復旧・復興対策研究等に活用する。これらを効果的に進めるためのリスクコミュニケーション(RC)手法を開発し、人材育成を図る。

(d) 8か年の年次実施業務の要約

平成 25 年度：

プラットフォームの基本設計を行った。自治体が有する各種地域データの収集・整備を開始した。リアルタイム伝送システム設計のための検証等を開始した。加えて、RC・防災に関わる人材育成・教育のための調査を開始した。

平成 26 年度：

プラットフォームの詳細設計を開始した。データの収集・整備を引き続き実施するとともに、これらの利活用システムについて検討した。リアルタイム伝送システムのアプリケーション開発を開始した。防災に関する知識構造の解明と、RC・防災人材育成の手法の検討を行った。

平成 27 年度：

プラットフォームの実装情報と表示機能について行政関係者への調査やモデル地区での試験的利用を行い検討・反映した。データの収集・整備、利活用システム開発を引き続き実施した。データベースの構築を開始しマルチ検索表示機能の試験ページを試作した。RC・人材育成については、地域特性を考慮した基礎データ、減災関連情報の収集・整理を行うとともに、これらを減災対策等に有効活用・提供していくための情報システムを構築した。効果的なリスクコミュニケーション実現のため、知識構造ならびに地域課題をより現実的な場面で深く解明するために、地域防災リーダーを対象とした質的調査の詳細分析を行った。

平成 28 年度：

プラットフォームのベータ版(Ver. 1)の公開を行い、試験的な運用を開始した。また、これと各種利活用システムとの連携について検討を開始するとともに、データやシステムの整備と RC・人材育成手法の継続的検討と教材開発を行った。稠密な量的調査を行い、知識構造の地域差の解明を行うとともに、HUG 方式でワークショップを実施し地域人材の育成を試みた。

平成 29 年度：

他の研究課題の成果のデータベース(以下:DB)化とともに、成果の運用に関する連携技術について検討・開発する。また、リアルタイム伝送システムとの連動機能を開発する。RC・人材育成のための社会的仕組みの概念設計と教材開発を行う。

平成 30 年度：

地域研究会や防災教育等での活用を通じて、プラットフォームや各システムを高度化する。RC・人材育成の社会実装実験を行う。

平成 31 年度：

引き続きプラットフォームや各システムを高度化するとともに、RC・人材育成手法の地域への展開や利活用推進を図る。

平成 32 年度：

最終的な実証実験を行い、システムの有効性を評価する。その結果を踏まえ、プラットフォームを最終版（Ver.2）として整備するとともに、開発した各システムの地域展開を検討する。

(e) 平成 28 年度業務目的

防災・災害情報発信プラットフォームのベータ版（Ver.1）の公開を行い、試験的な運用を開始する。また、このプラットフォームと各種利活用システムとの連携について検討を開始するとともに、データやシステムの整備と RC・人材育成手法の継続的検討と教材開発、地域支援プログラムを実施する。

(2) 平成 28 年度成果

①南海トラフ広域地震災害情報プラットフォームの構築

(a) 業務の要約

これまで、プロジェクト内の研究成果（サブテーマ 1 防災減災 1-a,b,c,d、サブテーマ 2 観測調査・シミュレーション）を含み多様な既存情報を集めて提供できる災害情報プラットフォームを構築してきた。（図 3-5-①-1）



図 3-5-①-1 1-e 研究とプロジェクト全体との関係性

平成 28 年度は、昨年度構築した災害情報プラットフォーム Ver0.1 を活用し、地域研究会のメンバーやモデル地区にて実際のユーザに閲覧利用してもらい、コンテンツ内容や表示デザイン等について意見を収集し、改善・改良を実施した。その完成版を災害情報プラットフォームのベータ版として公開した。利用した基本システムは防災科学技術研究所が開発した「地域協働・防災活動支援ソフトウェア（e コミウェア）」である。（防災科学技術研究所，2009）

以下の 3 つが主に実施した業務内容である。図 3-5-①-2 に記述している番号 1.2.3. にそれぞれ相当する。

1. 新しい研究成果や災害情報を DB やポータルサイトに反映
- 2 1. の情報を追加した災害情報プラットフォーム Ver0.1 を利用した検証実験を地域研究会やモデル地区にて実施
3. ユーザ意見を反映した災害情報プラットフォーム Ver. 1 ベータ版を構築し URL を公開開始（図 3-5-①-3）

南海トラフ広域地震防災情報プラットフォーム Ver. 1 ベータ版 URL は、以下である。
<http://nankai-bosai.jp/v0.2/>



図 3-5-①-2 平成 28 年度の実施内容



図 3-5-①-3 南海トラフ広域地震災害情報プラットフォーム Ver.1 ベータ版 Top

(b) 業務の実施方法

以下の5つを実現するために業務を進めた。

1. 行政・福祉職員が必要となる情報にたどり着きやすいよう、ヒアリング、業務分析を行い、ユーザ側視点で専門情報の分類を行い、その結果に基づくコンテンツ種別やページレイアウトの改善（地域研究会向けページ）
2. 自らの地域と広域の課題が示唆されるような検索機能表示ページ「防災カルテベータ版」を構築
3. 利用に関するマニュアルやガイド等の整備
4. 上記 1.2.をシステムにて実現するために必要となるメタデータ項目を確定し、DBを構築
5. 災害情報プラットフォーム Ver.1 ベータ版を構築し、関係者への限定公開を開始

まず初めに、既存の災害情報プラットフォームを昨年度得られた課題から改良し、東海・関西・四国・九州地域研究会にて紹介、ヒアリングを実施した。また大阪府にて、要支援者対応を実施する社会福祉協議会と行政担当者による災害時対応の訓練で、被害想定情報を計画の段階で利活用・検証した。

地域研究会は「行政職員向け」、社会福祉協議会は人向け対応の「実務者向け」をテーマにしている。ほかに民間企業防災についての「企業向け」としてBCP研修会での話題提供も行った。

これら検証結果を反映し、機能やデータベースの改善・改良を行い、災害情報プラットフォーム Ver. 1 ベータ版を構築し公開を開始した。

1) 地域研究会および行政職員へのヒアリングと利用検証（行政職員向け）

地域研究会に参加しているメンバーのうち、情報発信に興味を持たれた方々と個別に利活用やコンテンツ内容の要望等についてヒアリングを実施した。今年度は東海地域で2か所、関西地域で1か所、九州地域で1か所である。今後も継続して地域特性の異なる地域の行政職員を対象に実施していく予定である。



写真 3-5-①-1 (左) 行政職員に対してヒアリング 1 (東海地域)

写真 3-5-①-2 (右) 行政職員に対してヒアリング 2 (東海地域)

また、開催されたすべての地域研究会にて、災害情報プラットフォームの地域研究会向けページを紹介し、希望された方にログインアカウントを提供、試験的に利用を開始した。2017年3月の時点でアカウント発行数は23名。東海、関西、四国、九州のすべての地域にて利用検証されている。



写真 3-5-①-3 (左) 各地にて地域研究会向けページを紹介 (東海地域)

写真 3-5-①-4 (右) 同上 (四国地域)

2) モデル地区での利用検証（実務者向け）

災害情報プラットフォームの構造を検討するためには実務で利用するユーザの意見を取り入れる必要もある。そのため、モデル地域のユーザを対象に、災害情報に関する

るニーズ調査を実施した。対象者は主に行政担当者、社会福祉協議会職員、民生委員、地区長、地域住民である。以下の地域で利用検証を実施した。

- ・大阪府社会福祉協議会にて災害対応訓練企画・計画での災害情報の利用
- ・大阪府阪南市にて平常時要支援者対策計画への災害情報の利用
- ・大阪府河内長野市および河南ブロック（12市町村）の災害ボランティアセンター設置訓練時に被害想定情報として利用（2017年3月30日に実施予定）

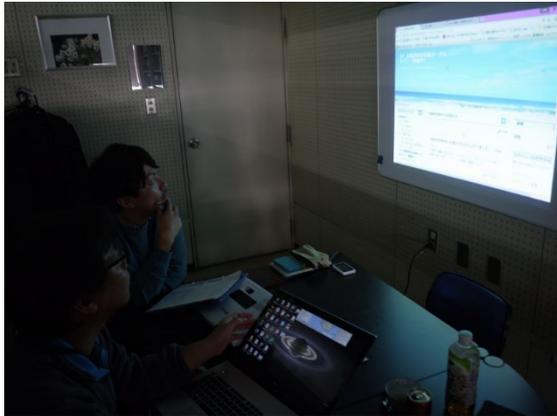


写真 3-5-①-5 （左写真内の映写画面）災害時対応ポータルサイトの構築計画（大阪府社協）

写真 3-5-①-6 （右写真内の映写画面）訓練の計画に被災地域や災害想定を反映（大阪府社協）

大阪府阪南市では、津波浸水域や強震動の想定情報を参照し、2016年8月28日に訓練が実施された。



写真 3-5-①-7 （左）大阪府阪南市の災害時要支援者対応の訓練状況1（社協職員）

写真 3-5-①-8 （右）大阪府阪南市の災害時要支援者対応の訓練状況2（地域住民）

3) BCP研修会での話題提供（企業向け）

民間の事業継続活動を推進している団体の研修会に参加する機会が多々あるため、事業継続計画を担当する民間企業の方々に災害情報プラットフォームを紹介し、企業

防災の中での利活用可能性について意見を収集した。

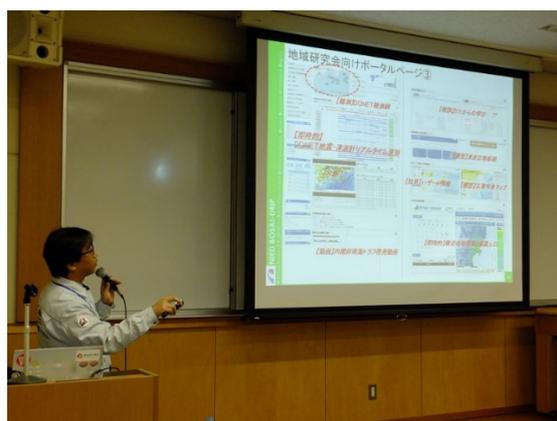


写真 3-5-①-9 (左) 民間企業の BCP 研修会にて活用し評価や意見を収集

写真 3-5-①-10 (右) 説明状況

(c) 業務の成果

今年度の活動結果として、以下の成果が得られた。

1. ヒアリング調査による画面構成の改良案や利用ケースの提案
2. 利用実験から得られた評価意見を機能やコンテンツ内容に反映
3. 災害情報プラットフォームにて利用される DB の構築
4. DB の検索機能としてのタグの種別とその条件付けルール
5. 災害情報プラットフォームの表示画面セットの改修と Ver.1 ベータ版の公開

また、1.としては、自治体職員からの要望として、出前講座にて住民等に話をする時に、災害自体のこと、被害想定、社会の対策や活動、リアルタイム情報、参考資料の入手、等について説明できるような「啓発ツール」としても利用できると良いとの意見をいただいた。

1) ユーザからの意見集約とその内容を反映

前述している、

1. ヒアリング調査による画面構成の改良案や利用ケースの提案
2. 利用実験から得られた評価意見を機能やコンテンツ内容に反映

として、以下の成果物が構築できた。

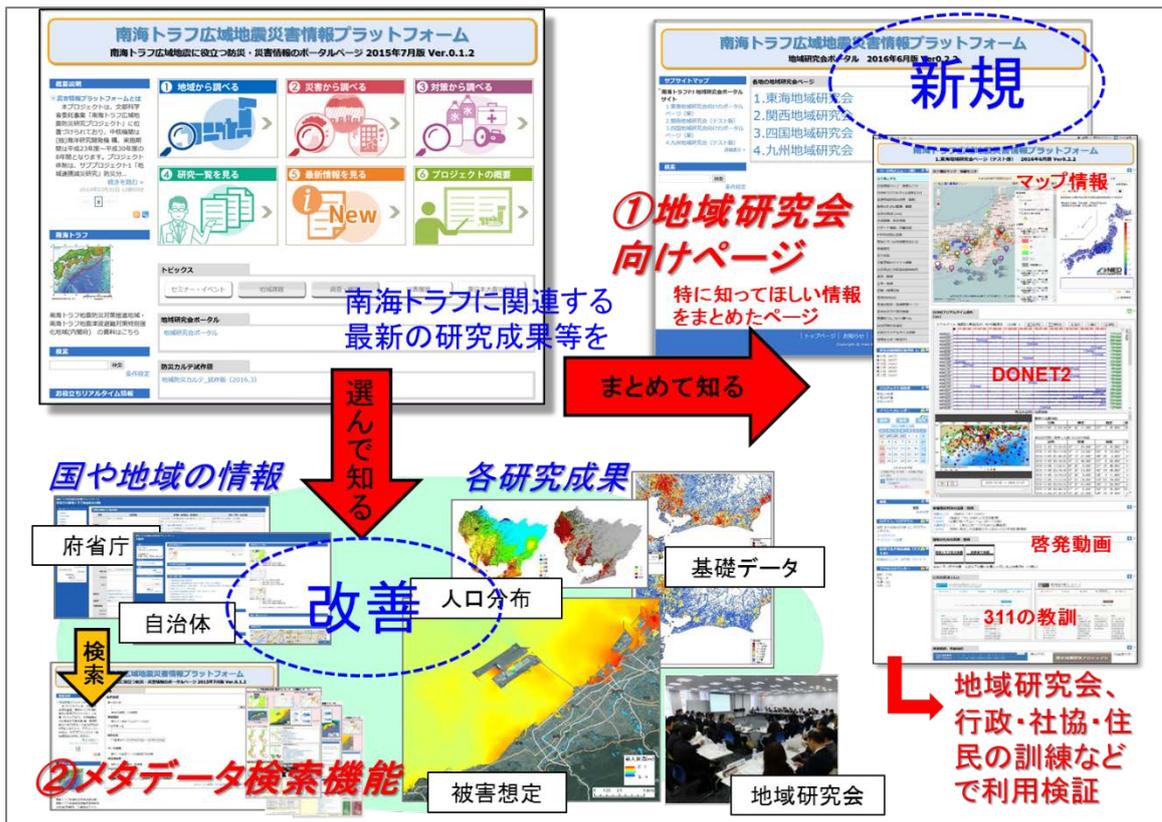


図 3-5-①-4 情報提供の改善と新規機能

図 3-5-①-4 の左上が災害情報プラットフォームの Top ページである。ここから南海トラフに関連する当プロジェクトの最新研究成果や、社会に公開されている各種情報を入手することができる。下側に向かう「選んで知る」は Pull 型、「まとめて知る」は Push 型の情報発信スタイルとなっている。

○下向き赤色矢印の「選んで知る」(図 3-5-①-4 下側)：

自分から必要なコンテンツを探し出し詳細な情報を取得できる。検索エンジンにて複数条件で知りたい情報を知ることができる。昨年度からの改善作業となる。

○右向き赤色矢印の「まとめて知る」(図 3-5-①-4 右側)：

今年度(平成 28 年度)は、地域研究会の関係者(防災担当者)を意識した「知ってほしい情報」をまとめて発信する「地域研究会向けページ」を新規で構築した。このページでは、特に災害対策の意識啓発と計画立案に役立つと思われる情報を選定している。こちらは今年度の新規作成部分である。

改良した災害情報プラットフォームでは、当プロジェクトも含めた各種研究成果の情報が閲覧できるようになっている(図 3-5-①-5、6、7)。

地域研究会ページでは、以下の情報を新規で含んでいる。

- ・ DONET2 のリアルタイム波形データの閲覧 (JAMSTEC、1-e)

- ・ DONET2 の位置その他情報 (JAMSTEC、1-e)
- ・ 東日本大震災からの教訓データベース (東北大学、1-a)
- ・ 動画でふりかえる 3.11 (東北大学、1-a)
- ・ 津波災害痕跡データベース (東北大学)
- ・ 歴史地震研究 (名古屋大学)
- ・ 地域研究会の履歴 (JAMSTEC、1-c)
- ・ 公開されている海底地形の画像データ

他にも防災意識啓発や計画立案に役立つと思われる各種コンテンツを掲載している。地域やユーザ分野を意識したコンテンツの種別や構成等については、東京大学の住民の防災知識構造と社会構造に関する質的調査の研究成果 (1-e) も参考にしている。

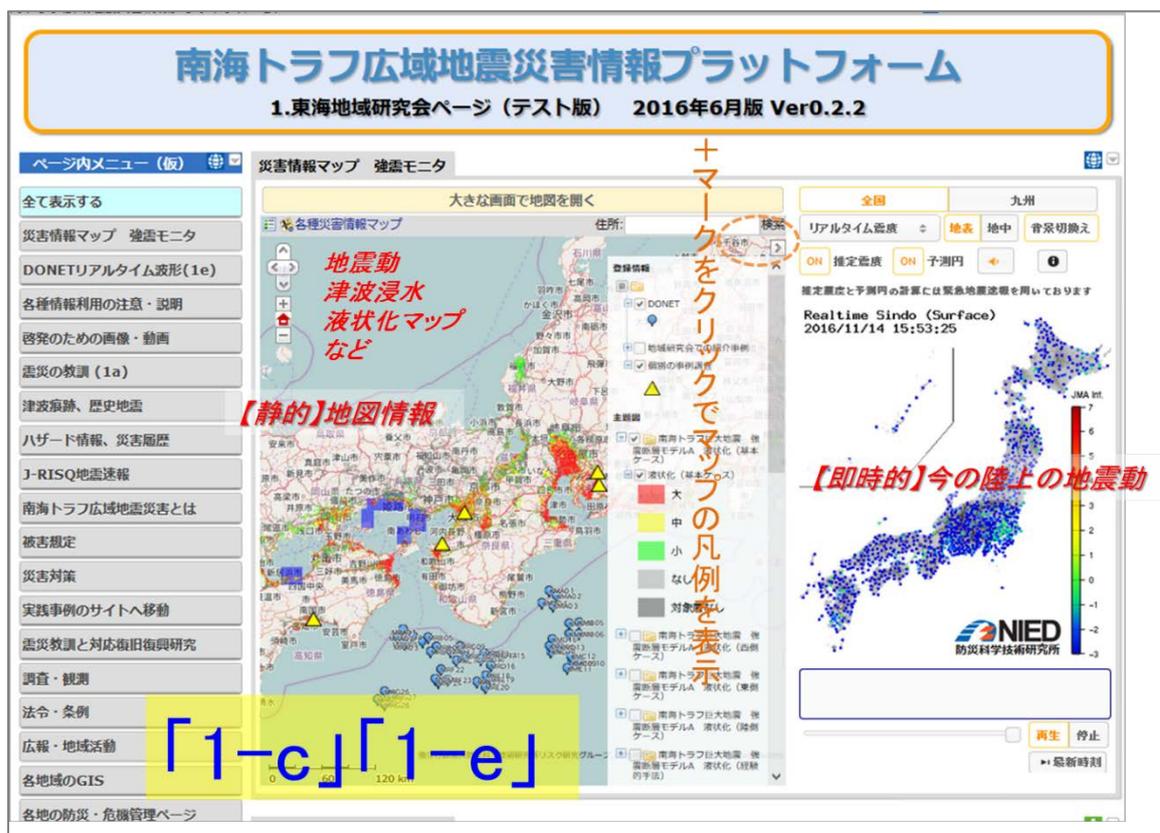


図 3 - 5 - ① - 5 地域研究会向けページ 1

【観測】DONET観測網

【1-e】

【即時的】DONET2地震・津波計リアルタイム波形 JAMSTEC

【1-a】

【歴史】歴史地震 名古屋大学

【履歴】津波災害痕跡 東北大学

【知見】ハザード情報

【履歴】災害年表マップ

【即時的】最近の地震動と暴露人口

【動画】内閣府南海トラフ啓発動画

ほかサブ1サブ2成果との連携予定

情報コンテンツの選定などに東大の知識構造調査・分析を反映

図 3-5-①-6 地域研究会向けページ 2

プロジェクト報告書

各地域のGISサービス

意見交換の場

図 3-5-①-7 地域研究会向けページ 3

2) 災害情報プラットフォームの改良と Ver.1 ベータ版公開

ユーザから得られた意見を反映し、災害情報プラットフォームのコンテンツ種別とその内容について再検討し、DB でのタグ付けとその検索・閲覧方法の改良を行った。

また、ユーザが自ら調べる（検索する）だけでなく、発信側の意向が盛り込まれた「閲覧してほしいコンテンツ」をまとめた地域研究会向けページを新たに構築し、「知られていないが知って欲しい」情報を重点的に知ることができるよう試みた。

これにより、研究者側から情報に関する「重みづけ」を行うことができ、ユーザに対して新しい知見や重要な情報に関して優先的な発信が可能となった。

前述している

3. 災害情報プラットフォームにて利用される DB の構築

4. DB の検索機能としてのタグの種別とその条件付けルール

5. 災害情報プラットフォームの表示画面セットの改修と Ver.1 ベータ版の公開

として、以下の成果物が構築できた。

災害情報プラットフォーム Ver.1 ベータ版のページ構造を下記に記す。（以下の説明文中の図番号は、説明順に合わせて前後している部分がある。）

○災害情報プラットフォーム Ver.1 の Top ページ（図 3-5-①-8）

① 地域を知る_ボタン

・各府県の HP 公開災害情報の閲覧（図 3-5-①-9）

・府県の選択画面（図 3-5-①-10）

・愛知県のページ（図 3-5-①-11）

・静岡県

・三重県

・大阪府

・和歌山県

・ . . . 四国地域

・ . . . 九州地域

② 調べる_ボタン

・検索機能（図 3-5-①-17）

[表示展開]→ 国など広域の関連情報を表示（図 3-5-①-18）

③ 地域で考える_ボタン

・各地域の選択画面（図 3-5-①-19）

・地域防災活動者（一般利用者）向けページ（図 3-5-①-20）

[ログイン]→ 地域研究会向けページ（図 3-5-①-21）

④ 研究一覧を見る_ボタン

- ・ 研究一覧（図 3 - 5 - ① - 22）
 - ・ 東北大学の 311 教訓 HP（図 3 - 5 - ① - 23）
 - ・ 名古屋大学のサブ 1 HP（図 3 - 5 - ① - 24）
 - ・

⑤ 最新情報を見る_ボタン

- ・ 最新情報を見る（図 3 - 5 - ① - 25）

⑥ プロジェクトの概要_ボタン

- ・ プロジェクトの紹介（図 3 - 5 - ① - 26）

○トピックス（図 3 - 5 - ① - 27）

- ・ セミナー、地域課題、調査観測、災害履歴、東日本大震災教訓

○お知らせ

○左側カラム

- ・ 南海トラフについて
 - 「南海トラフ地震防災対策推進地域」及び「南海トラフ地震津波避難対策特別強化地域」の指定基準の説明資料が入手可能
- ・ 南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト
 - プロジェクト全体の HP を閲覧
- ・ 地震調査研究推進本部
 - 地震本部のプロジェクト全体の HP を閲覧
- ・ 検索
 - サイト内の検索が可能
- ・ お役立ちリアルタイム情報
 - 地震や津波に関するものだけでなく、公開されている役立ちそうなリアルタイムコンテンツの紹介（道路、船舶、航空機等）



図 3-5-①-8 Top ページ

選択できるボタンのうち、「①地域を知る」では、自分たちの地域を把握してもらうことを目的としている。各地域の府県ホームページ等で公開されている災害に関する公開情報を項目別に集約している（図 3-5-①-11）。情報項目として、「計画・政策・対策」、「活動・会議・報道資料」、「配布パンフレット」、「啓発・学習」、「住民向け」、ほか防災関連情報としている（図 3-5-①-15、16）。

また左側列上部にある災害情報マップのサムネイルをクリックすることにより Web マップツールが起動し強震動、津波浸水深、液状化等の内閣府公開の想定情報を閲覧することができる。参考画像としてページ右側列上にマップの画像例を掲載している（図 3-5-①-12、13、14）。ページ右側列下には「災害年表マップ」を掲載し各地の過去の災害履歴を調べることができる。

南海トラフ広域地震災害情報プラットフォーム

ユーザー登録・ログイン

南海トラフ広域地震災害情報プラットフォーム

地域から調べる

サブサイトマップ

地域から調べる

詳細表示

検索

検索

条件設定

被害が想定される地域自治体

東海地域 関西地域 四国地域 九州地域

各地域の状況を比較

地域を選択します

- ・市町村の被害金額で比べる
- ・市町村の被害面積で比べる
- ・市町村の復旧復興必要期間で比べる
- ・市町村を人口で比べる
- ・市町村を面積で比べる
- ・市町村の経済規模を比べる
- ・市町村を文化圏で比べる
- ・市町村の姉妹都市関係

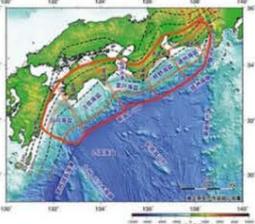
→ 上記のように、自分の地域だけでなく周りの地域との関係性を考えてみましょう

防災力を高めるために！

- ・政府広報オンライン防災減災（内閣府） 全国を53地域に分けて説明。平成26年3月各地の新聞で広報された記事一覧。
- ・地域の防災情報 2015年度版（内閣府） あなたのまちの防災・減災のための情報が簡単にチェックいただけます。
- ・ハザードマップポータルサイト（国土交通省）

南海トラフ巨大地震

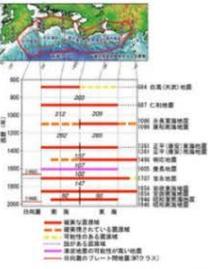
地震調査研究推進本部より



南海トラフは、日本列島が位置する大陸のプレートの下に、海洋プレートのフィリピン海プレートが南側から年間数cm割合で沈み込んでいる場所です。この沈み込みに伴い、2つのプレートの境界にはひずみが蓄積されています。過去1400年間を見ると、南海トラフでは約100～200年の間隔で蓄積されたひずみを解放する大地震が発生しており、近年では、昭和東南海地震（1944年）、昭和南海地震（1946年）がこれに当たります。昭和東南海地震及び昭和南海地震が起きてから70年近くが経過しており、南海トラフにおける次の大地震発生の可能性が高まっています。

過去に南海トラフで起きた大地震は多様性があります。そのため、次に発生する地震の震源域の広がりや正確に予測することは、現時点の科学的知見では困難です。地震本部では、南海トラフをこれまでのような南海・東南海領域という区分をせず、南海トラフ全体を一つの領域として考え、この領域では大局的に100～200年で繰り返し地震が起きていと仮定して、地震発生の可能性を評価しました。

●過去の地震の発生状況



過去に南海トラフで発生した大地震は、その震源域の広がり方に多様性があります。また、南海地域における地震と東海地域における地震が、同時に発生している場合と、若干の時間差（数年以内）をもって発生している場合があります。東海地域の地震でも、御前崎より西側で、断層のすべりが止まった昭和東南海地震（1944年）と、駿河湾の奥まですべりが広がったと考えられている安政東海地震（1854年）では、震源域が異なります。また、宝永地震（1707年）の震源域は、津波堆積物などの調査結果から、昭和南海地震（1946年）や安政南海地震（1854年）の震源域より西に広がっていた可能性が指摘されています。慶長地震（1605年）は揺れが小さいが、大きな津波が記録されている特異な地震であり、明治三陸地震（1896年）のような津波地震であった可能性が高いとされています。また、南海トラフでは、分岐断層が確認されており、過去にはプレート境界だけではなく、分岐断層がすべることによる地震も起きていたと指摘されています。

地震調査研究推進本部 南海トラフで発生する地震

ページの上部へ↑

トップページ | お知らせ | お問い合わせ | サイトマップ |

Copyright © nind All Rights Reserved.

図3-5-①-9 「①地域を知る」各府県のHP公開災害情報の閲覧

南海トラフ広域地震災害情報プラットフォーム ユーザー登録 - ログアウト

南海トラフ広域地震災害情報プラットフォーム

自治体一覧

自治体一覧

東海地域 **関西地域** 四国地域 九州地域

岐阜県	静岡県	愛知県	三重県
あ 安八町	あ 熱海市	あ 愛西市	あ 朝日町
い 池田町	い 伊豆市	あ 岡久比町	い 伊賀市
い 揖斐川町	伊豆の国市	あ ま市	伊勢市
え 恵那市	伊東市	安城市	いなべ市
お 大垣市	磐田市	い 一宮市	お 大台町
お 大野町	お 御前崎市	稲沢市	尾鷲市
か 海津市	小山町	大山市	か 亀山市
か 各務原市	か 掛川市	岩倉市	川越町
か 笠松町	河津町	お 大岡町	き 木曽岬町
か 可児市	川根本町	大治町	紀宝町
か 川辺町	函南町	大府市	紀北町
き 北方町	き 菊川市	岡崎市	く 熊野市
岐阜市	こ 湖西市	尾張旭市	桑名市
く 郡上市	し 御殿場市	か 春日井市	こ 龍野町
け 下呂市	し 静岡市	蟹江町	し 志摩市
こ 神戸町	島田市	蒲郡市	す 鈴鹿市
さ 坂祝町	清水町	刈谷市	た 大紀町
し 白川町	下田市	き 北名古屋	多気町
せ 関市	す 裾野市	清須市	玉城町
た 多治見市	な 長泉町	こ 幸田町	つ 津市
た 垂井町	に 西伊豆町	江南市	と 東員町
と 土岐市	ゆ 沼津市	小牧市	鳥羽市
と 富加町	ほ 浜松市	し 設楽町	な 名張市
な 中津川市	ひ 東伊豆町	新城市	ま 松阪市
は 羽島市	ふ 袋井市	せ 瀬戸市	み 南伊勢町
ひ 東白川村	藤枝市	た 高浜市	御浜町
七宗町	富士市	武豊町	め 明和町
み 瑞浪市	富士宮市	田原市	よ 四日市市
み 瑞穂市	ま 牧之原市	ち 知多市	わ 度会町
御嵩町	松崎町	知立市	
美濃加茂市	み 三島市	つ 津島市	
美濃市	南伊豆町	と 東栄町	
も 本巣市	も 森町	東海市	
や 八百津町	や 焼津市	東郷町	
山県市	よ 吉田町	常滑市	
よ 養老町		飛島村	
わ 輪之内町		豊明市	
		豊川市	
		豊田市	
		豊根村	
		豊橋市	
		豊山町	
		な 長久手市	
		名古屋市	
		に 西尾市	
		日進市	
		は 半田市	
		ひ 東浦町	
		ふ 扶桑町	
		へ 碧南市	
		み 南知多町	
		美浜町	
		みよし市	
		や 弥富市	

ページの上部へ?

府県を選択します

図 3-5-①-10 「①地域を知る」府県の選択画面

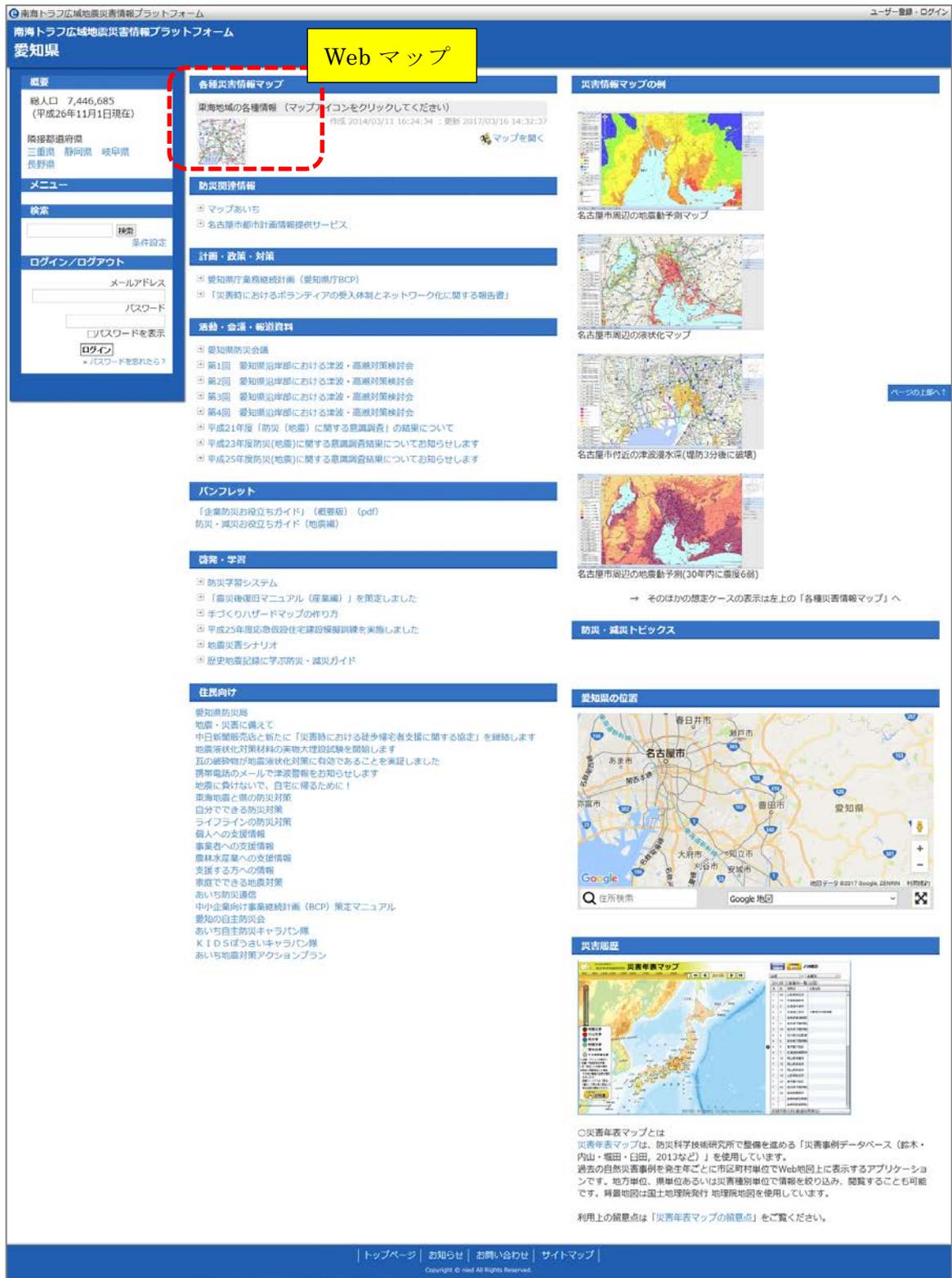


図 3 - 5 - ① - 11 「①地域を知る」愛知県のページ（例）



図 3-5-①-12 想定強震動分布



図 3-5-①-13 想定津波浸水深

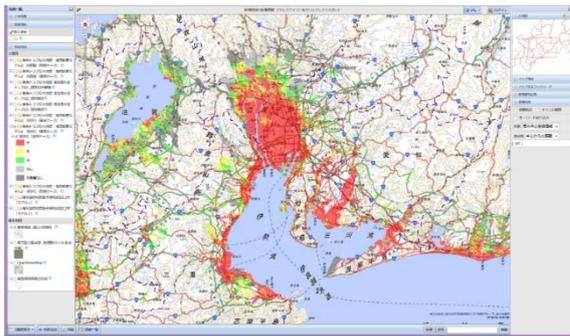


図 3-5-①-14 想定液状化分布

各種災害情報マップ

東海地域の各種情報 (マップアイコンをクリックしてください)
作成 2014/03/11 16:24:34 : 更新 2017/03/16 14:32:37

マップを開く

防災関連情報

- マップあいち
- 名古屋都市計画情報提供サービス

計画・政策・対策

- 愛知県庁業務継続計画 (愛知県庁BCP)
- 「災害時におけるボランティアの受入体制とネットワーク化に関する報告書」

活動・会議・報道資料

- 愛知県防災会議
- 第1回 愛知県沿岸部における津波・高潮対策検討会
- 第2回 愛知県沿岸部における津波・高潮対策検討会
- 第3回 愛知県沿岸部における津波・高潮対策検討会
- 第4回 愛知県沿岸部における津波・高潮対策検討会
- 平成21年度「防災(地震)」に関する意識調査の結果について
- 平成23年度防災(地震)に関する意識調査結果についてお知らせします
- 平成25年度防災(地震)に関する意識調査結果についてお知らせします

図 3-5-①-15 左側列の拡大 1

パンフレット

- 「企業防災お役立ちガイド」(概要版) (pdf)
- 防災・減災お役立ちガイド(地震編)

啓発・学習

- 防災学習システム
- 「震災後復旧マニュアル(産業編)」を策定しました
- 手づくりハザードマップの作り方
- 平成25年度応急仮設住宅建設模擬訓練を実施しました
- 地震災害シナリオ
- 歴史地震記録に学ぶ防災・減災ガイド

住民向け

愛知県防災局
地震・災害に備えて
中日新聞販売店と新たに「災害時における徒歩帰宅者支援に関する協定」を締結します
地震液状化対策材料の実物大埋設試験を開始します
瓦の破砕物が地震液状化対策に有効であることを実証しました
携帯電話のメールで津波警報をお知らせします
地震に負けないで、自宅に帰るために！
東海地震と県の防災対策
自分できる防災対策
ライフラインの防災対策
個人への支援情報
事業者への支援情報
農林水産業への支援情報
支援する方への情報
家庭できる地震対策
あいち防災通信
中小企業向け事業継続計画 (BCP) 策定マニュアル
愛知の自主防災会
あいち自主防災キャラバン隊
KIDSぼうさいキャラバン隊
あいち地震対策アクションプラン

図 3-5-①-16 左側列の拡大 2

ボタンの「②調べる」では、地域や災害種別、情報元種別の複数キーワード選択により自分に必要とする情報を検索することを目的としている(図3-5-①-17)。デ

ータの種類として、URL リンク、RSS、テキスト、ファイルの選択も可能となっている。

利用している DB は、プロジェクトの成果物や行政の HP 内容、プレスリリースだけに限らず、民間メディア等の幅広い防災に関する情報を収集し、内容の重みづけも考慮しながら関連キーワードでタグ付けを行っている。今後も情報収集を行い、内容を充実していく予定である。

下段には、「①地域を知る」にもある災害情報マップも掲載しており、Web マップが利用できるユーザは可視化された被害想定情報を見ることができる。また、各種ハザード情報を閲覧・入手できる地震ハザードステーション (J-SHIS) や、災害年表マップも同時に並べ表示することにより、「予測：被害想定情報」「事前：ハザード情報」「歴史：災害履歴」の観点から見た3種類の防災・災害情報を知る機会を作り出す。

検索結果一覧のコンテンツパネル下部にある「関連事例を表示」をクリックするとページの下段が展開し国や広域の関連情報が表示される (図 3-5-①-18)。現在のところは災害対策基本法や地震防災対策推進基本計画、ほか内閣府資料等対策・計画の基礎となる情報を表示する。今後は資料種別・内容を拡充していく予定である。

南海トラフ広域地震災害情報プラットフォーム

南海トラフ広域地震災害情報プラットフォーム
検索機能（防災カルテβ版）

南海トラフPF防災カルテ（β版）

タイトル
キーワードを入力して下さい

タイプ
 すべて選択 リンク RSS テキスト ファイル eコミマップ

地域
地域名を入力して下さい

災害種別
選択して下さい

情報元種別
選択して下さい

検索

検索条件を選択します

検索結果が表示

静岡県地震対策推進条例
（説明文はありません。）

静岡県地震対策アクションプログラム2006～南海地震による死者数の半減を目指して～
（説明文はありません。）

静岡県の南海地震対策
（説明文はありません。）

静岡県が所有する公共建築物の耐震性能と今後の対応
（説明文はありません。）

大規模地震対策「避難計画策定指針」
（説明文はありません。）

今後の地震・津波対策の方針
（説明文はありません。）

ページの上へ

(1 - 6 / 4,652 件)

あなたの地域のハザードマップ・過去の災害事例

災害情報マップ

地震ハザードステーション

災害年表マップ

地図情報が閲覧できます

トップページ | お知らせ | お問い合わせ | サイトマップ |

Copyright © med All Rights Reserved.

図 3 - 5 - ① - 17 「②調べる」 検索機能

南海トラフ広域地震災害情報プラットフォーム ユーザー登録・ログイン

南海トラフ広域地震災害情報プラットフォーム
検索機能（防災カルテβ版）

南海トラフPF防災カルテ（β版）

検索

検索結果一覧

静岡県地震対策推進条例
静岡県地震対策アクションプログラム2006～東海地震による死者数の半減を目指して～
静岡県の東海地震対策

関連事例を表示

静岡県が所有する公共建築物の耐震性能と今後の対応
大規模地震対策「避難計画策定指針」
今後の地震・津波対策の方針

関連事例を表示

関連事例を表示

（1 - 6 / 4,652 件）

あなたの地域のハザードマップ・過去の災害事例

災害情報マップ 地震ハザードステーション 災害年表マップ

コンテンツの関連事例

静岡県が所有する公共建築物の耐震性能と今後の対応
広域・近域

静岡県津波対策検討会議
静岡県自主防災活動推進大会
静岡県防災関係資料

（1 - 3 / 3 件）

コンテンツの関連事例

静岡県が所有する公共建築物の耐震性能と今後の対応
国・道府

災害対策基本法
地震防災対策推進基本計画
地震防災対策推進指定地域
地震応急対策活動計画

（1 - 4 / 4 件）

資料・情報が閲覧・入手できます

トップページ | お知らせ | お問い合わせ | サイトマップ |
Copyright © med All Rights Reserved.

関連事例を表示をクリックすると下部が展開



資料・情報が閲覧・入手できます

図 3 - 5 - ① - 18 国など広域の関連情報を表示

ボタンの「③地域で考える」は、東海、関西、四国、九州の地域研究会参加者向け（行政職員向け）のページとして作成した。最新の研究成果や関連情報を入手し、自分たちの地域で災害対策を考える情報元として役立てられることを目的としている。地域研究会参加の利用希望者にはログインアカウントを随時発行している。

ただし、ログイン無しでも一般の利用者向けとして公開情報を閲覧することは可能である。

各地域の選択画面ページにて東海、関西、四国、九州の4つの地域から選び、求める地域ページを閲覧する（図3-5-①-19）。

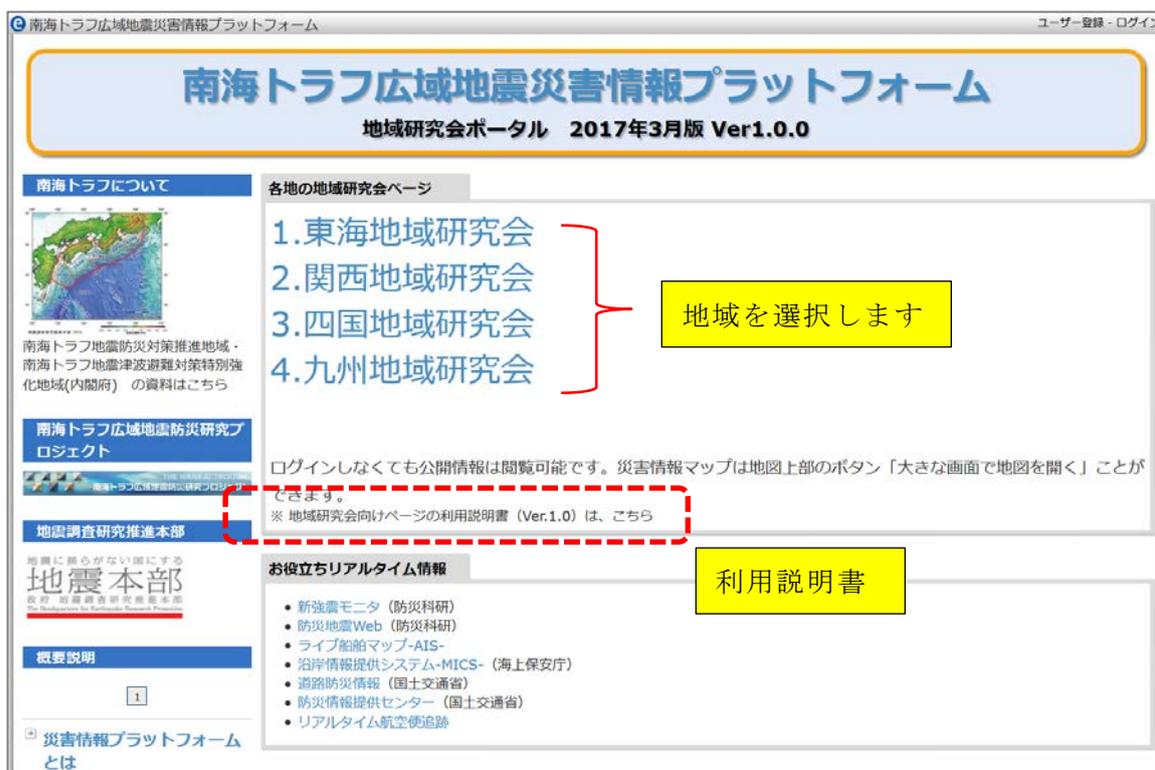


図3-5-①-19 「③地域で考える」各地域の選択画面

※ 誰でも一般公開情報の閲覧は可能（ログインすると非公開情報も閲覧可能）

図3-5-①-20 は、ログインしなくても閲覧可能なコンテンツについて説明している。

1 段目左側には地域の被害想定情報を閲覧できる Web マップを設置している。マップの右上に小さく表示されている矢印マークをクリックすると凡例が表示され、チェックボックスのチェックの入切にて表示情報を変えることができる。マップ上部黄色の横長ボタン「大きな画面で地図を開く」をクリックすると別画面で大きなマップを利用することもできる。右側には、地震災害に興味を持ってもらう目的も含めて、陸上の地震動リアルタイム情報である強震モニタを設置している。

2 段目は、各種情報利用の注意や説明のリンクである。

3 段目は、内閣府から公開されている啓発の動画サイトへのリンクである。

4 段目は、プロジェクト研究成果（1-a）である東日本大震災からの教訓に関するコンテンツである。

5 段目は、津波痕跡データベース（東北大学）と歴史地震の研究（名古屋大学）へのリンクである。

6 段目は、地震ハザードステーション（J-SHIS）、災害年表マップへのリンクである。

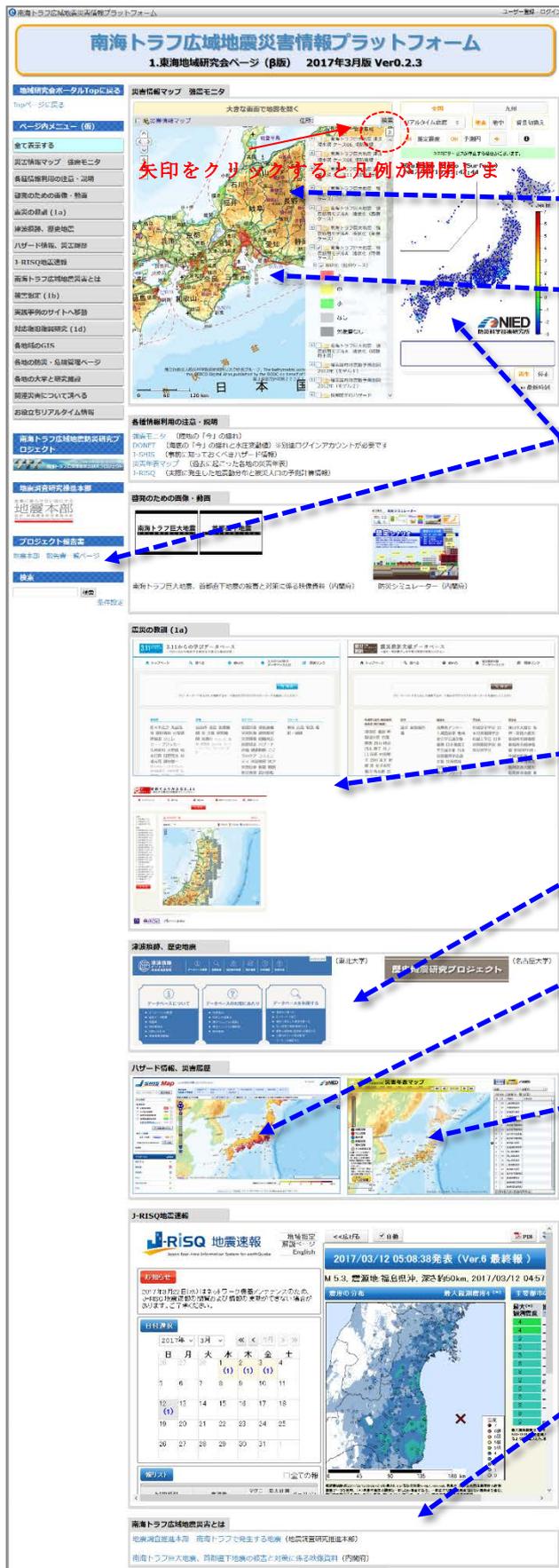
7 段目は、地震速報（J-RISQ）をリアルタイムで表示し、全国にて一定以上の規模の地震が発生した場合に、面的な震度予測情報や、各震度階の暴露人口等を表示する。

これ以外にも各種防災・災害に関連する情報をテキストにて掲載している。主なものとしては、各地域で公開されている GIS、各地域行政の防災・危機管理ページ等である。

ログインアカウントが発行されている関係者は、ページ右上のログイン文字からログインすることにより、非公開の情報を取得することができる（図 3-5-①-21）。

図 3-5-①-21 の右側説明欄の黄色表示している箇所が、一般公開情報の閲覧ページに追加された情報である。現在の処、大きな違いは 2 段目の情報に、地震・津波観測監視システムである DONET2 のリアルタイム波形情報が表示されること、ページ左側カラムに地域研究会（1-c）関連情報や、カレンダー表示によるイベント等の情報共有、また関係者のみで利用できる電子会議室の設置である。今後は随時、非公開の研究成果等も掲載可能なものは登録していく予定である。

なお、現在のところ DONET2 のリアルタイム波形情報の閲覧には、もう一つ異なるアカウントにてログインが必要である。



地震動や津波浸水などの被害想定情報、観測点や最新話題をマップで識別・閲覧

報告書の閲覧(1e)

強震モニタ(陸上観測)

東日本大震災からの教訓(東北大,1a)

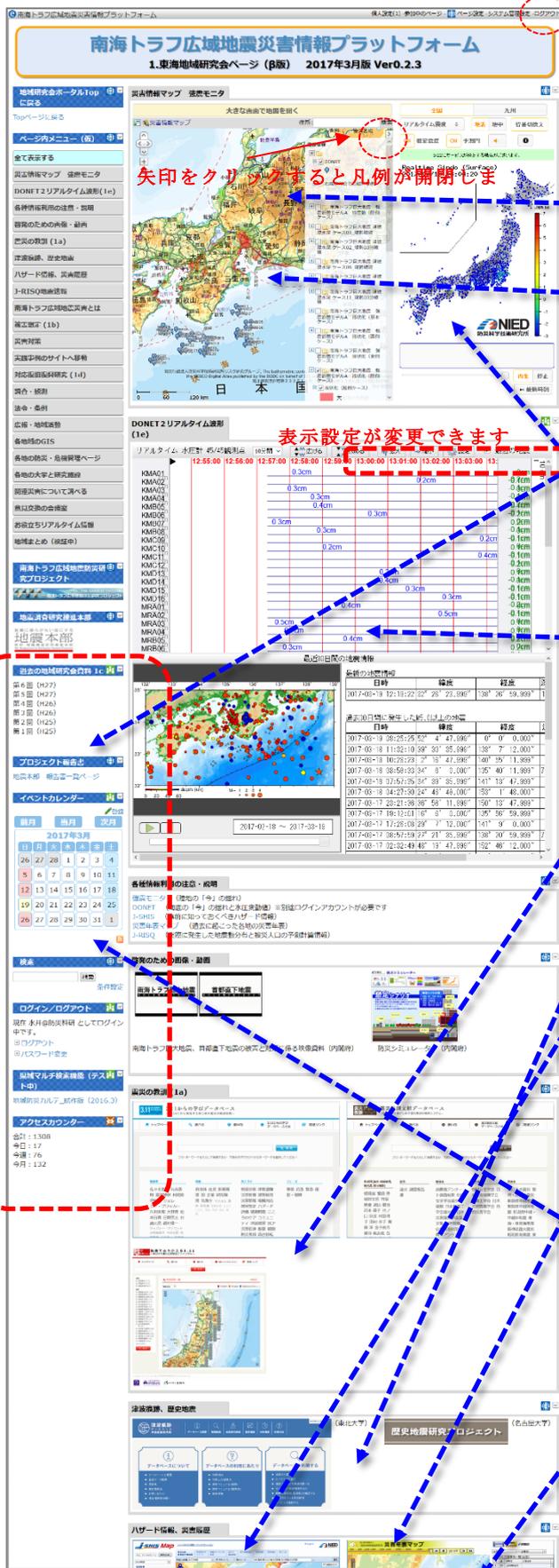
津波痕跡、歴史地震

J-SHIS 地震ハザードステーション

災害年表マップ(各地の地域防災計画より)

他にも、J-RISQ 地域別災害特性 (地域防災 Web) など・・・

図 3-5-①-20 地域防災活動者向けページ (一般利用者向け)



ログインすると全コンテンツが表示

地震動や津波浸水などの被害想定情報、

観測点や最新話題をマップで識別・閲覧

報告書の閲覧(1e)

強震モニタ(陸上観測)

DONET(海底観測)
※別途ログイン必要

東日本大震災からの教訓(東北大,1a)

津波痕跡、歴史地震

J-SHIS 地震ハザードステーション

災害年表マップ(各地の地域防災計画より)

関係情報(カレンダー、研究会情報 1c など)

他にも、J-RISQ 電子会議室、地域別災害特性(地域防災 Web) など

図 3-5-①-21 地域研究会向けページ(関係者ログイン) 黄色部分が追加

ボタンの「④研究一覧を見る」では、公開できるプロジェクトの研究成果を一般向けに表示し、基本非公開の成果は関係研究者間のみでデータ共有することを目的としている（図3-5-①-22）。

白色の各研究のボタンをクリックすると図3-5-①-23、24のような関連ページを閲覧することができる。

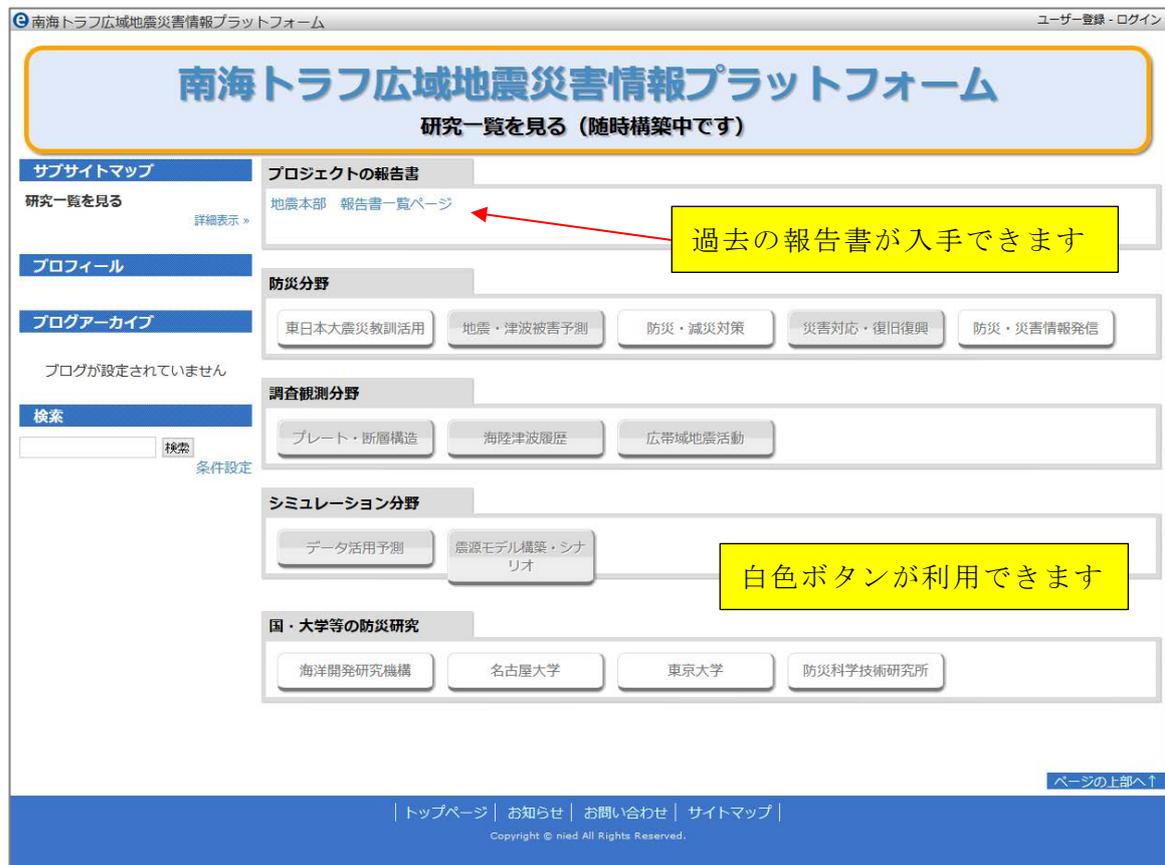


図3-5-①-22 「④研究一覧を見る」研究一覧



図3-5-①-23 東北大学 HP



図3-5-①-24 名古屋大学 HP

ボタンの「⑤最新情報を見る」では、サイトで更新された情報をお知らせすることを目的としている（図3-5-①-25）。

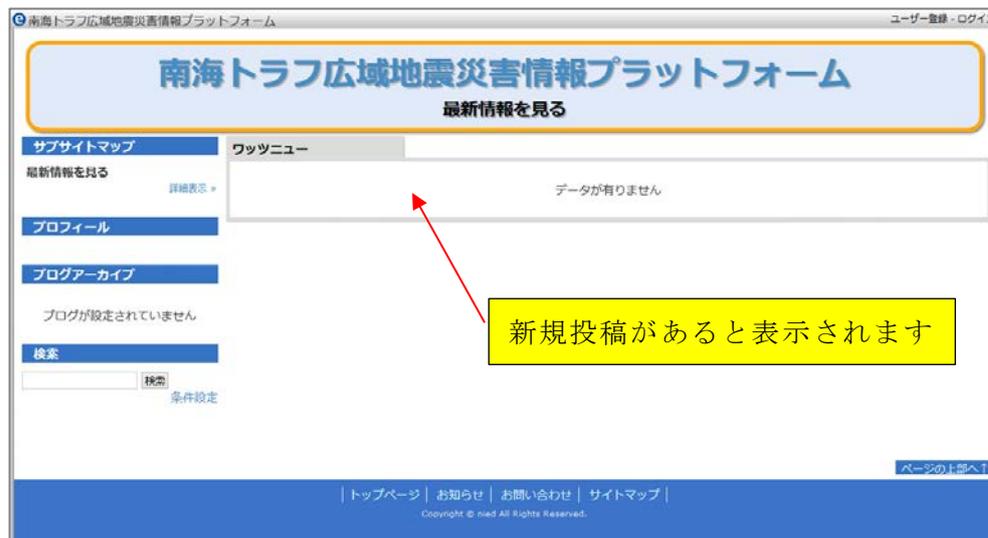


図3-5-①-25 「⑤最新情報を見る」新規の投稿やコンテンツをお知らせ

ボタンの「⑥プロジェクトの概要」では、南海トラフ広域地震防災研究プロジェクトの紹介を行うことを目的としている。（図3-5-①-26）。



図3-5-①-26 「⑥プロジェクトの概要」プロジェクトのパフレット内容を掲載

その他のボタンの一例として、トピックスの「セミナー・イベント」では、プロジェクトに関するイベントやセミナーの紹介を行う。(図3-5-①-27)。



図3-5-①-27 セミナー・イベント情報

(d) 結論ならびに今後の課題

1) 結論

行政や社会福祉協議会の職員、地域住民、民間企業の防災担当者から、情報発信のツールに求められる意見を得て、そのニーズを災害情報プラットフォームの構造や機能に反映し、関係者間での研究成果データや各種利活用システムとの連携をより進めた「災害情報プラットフォーム Ver.1 ベータ版」の公開が実現できた。

また、利活用の可能性に関して、ヒアリングの結果、行政の住民向け「研修会・座学での情報ツールとしての利用」が挙げられた。また、社会福祉協議会+行政+住民による「防災訓練の企画・計画段階での利用」や民間企業の「BCPを作成する段階で活用」できないか等の意見を得ることができた。(図3-5-①-28)

2) 今後の課題

今後も継続して、新規の情報・コンテンツや、現在も進められている調査・研究の成果を収集し追加登録していく。また、その情報・コンテンツを受動的ではなく能動的に災害情報プラットフォームにアップデートできるような各地域の協力者(各大学機関等)を募り、連携を強化していく取り組みが必要である。

次年度以降も東海、関西、四国、九州地域にてヒアリング調査や利用実験を継続し「研究者側の意見」と「ユーザ側の意見」のどちらの意見も反映した改善・改良を実施していく予定である。

The image shows a screenshot of the website <http://nankai.bosai.jp/v0.2/index.php?top> with various features highlighted by blue dashed lines. To the right, there are five photographs showing different user groups: '各地の域研究会' (Regional Research Association), '自治体の防災担当者(行政職員)' (Local Government Disaster Management Officers), '大阪府社協研修会(社協職員)' (Osaka Prefecture Chamber of Commerce Training Session), '要支援者対策訓練(住民)' (Supporter Training for Residents), and 'BCP 担当者研修(民間企業)' (BCP Manager Training for Private Companies).

ユーザによる利用検証の例
(地域研究会・行政関係者以外はログイン無しの一覧向け利用)

- ログインすると全コンテンツが表示
- 地震動や津波浸水などの被害想定情報
- 観測点や最新話題をマップで識別・閲覧
- 地域研究会の履歴(1e)
- 強震モニタ(地上観測)
- DONET(海底観測)
- ※別途ログイン必要
- 東日本大震災からの教訓(東北大.1a)
- 津波痕跡
- J SHIS 地震ハザードステーション
- 災害年表マップ(各地の地域防災計画より)
- 他にも、電子会議室、地域別災害特性(地域防災 Web) など...

【行政職員】 地域で実施している講座にて利用できる作りこみも欲しい

【社協・住民】 自分たちの地域で行われる防災訓練や災害VC設置訓練などの各種訓練に利用できないか？

【企業】 先端の研究成果によって、企業のBCPでもっと前倒しに対処できることがあるのではないかな？

β版公開後もユーザニーズを実現するための改良を継続！

図 3-5-①-28 ヒアリング結果や研修会からの意見

(e) 引用文献

- 1) 田口仁・李泰榮・臼田裕一郎・長坂俊成, 効果的な災害対応を支援する地理情報システムの一提案: 東北地方太平洋沖地震の被災地情報支援を事例として, 日本地震工学会論文集, Vol. 15, No. 1, pp. 101-115, 2015.
- 2) 防災科学技術研究所, 「地域協働・防災活動支援ソフトウェア (e コミウェア)」を GPL 公開・無償ダウンロード提供 (参照年月日: 2013.12.25), http://www.bosai.go.jp/news/press_release/20091218_01.pdf, 2009

②防災・災害関連データの収集・整備、及び利活用システム開発開始と人材育成・教育のための調査

(a) 業務の要約

南海トラフ巨大地震に関わる防災・災害関連データの収集・DB化を継続して実施する。利活用システム整備をSIPとも連携して継続的に実施するとともに、防災に関わる人材育成・教育のための手法等に関する調査を継続する。具体的には、歴史資料等の基礎データの収集・整理をするとともに、これらを減災対策等に有効活用できる、あるいは、一般住民にきめ細やかで分かりやすく、納得感が得られる情報として提供していくための情報システムを構築する。また、防災啓発・教育・学習・人材育成に関する情報収集を行うとともに、効果的な手法について検討し、社会実装実験を行う。

(b) 業務の実施方法

1) 歴史資料等の基礎データの収集・整理、及びシステム構築

ハザード評価やリスク評価、及びこれらに予測精度を向上させるための地域特性を考慮した基礎データ、歴史的資料をはじめとする減災関連情報の収集・整理を行うとともに、これらを減災対策等に有効活用するための情報システムやアプリケーションの試作を行う。

2) 防災に関わる人材育成・教育のための調査

防災教育・啓発に関する「ヒト・コト・モノ・バ」の観点からの整理を行うとともに、その結果に基づいて、対象者毎の現状調査や教材開発を実施する。

(c) 業務の成果

1) 地域版災害教訓アーカイブ（プロトタイプ）システム構築

平成27年度に、基礎自治体と連携して収集し、スキャンすることでデジタル化した災害関連資料データを基に、その内容を分析し、災害種別、災害日時、災害名称によって分類整理を行った。さらに、位置情報を特定できるデータについては、それぞれの精度（Aランク：ピンポイント精度、Bランク：小字精度、Cランク：大字以上の精度）に応じた緯度経度座標値を付与した。これにより、災害関連資料の空間データベースを構築した。さらに、それぞれの位置情報には、デジタル化した原典資料へのリンクを設定した。これにより、3,000件以上の新規アーカイブデータを整備することが出来た（図3-5-②-1～図3-5-②-3参照）。



21. 東南海地震による被害 半田市山方新田
(源兵工橋方面)
半田市役所撮影 昭和19(1944)年12月
『半田市史 資料編Ⅳ』より
愛知県内における東南海地震の犠牲者438人のうち、半田市は188人を占めた。山方新田は元禄4(1691)年に開拓された土地で地盤が悪く、1.5mの石炭ガラを埋立に使うなど悪条件が重なった。

22. 東南海地震による被害 半田市山方新田
(元東洋紡西付近)
半田市役所撮影 昭和19(1944)年12月
飯田淑事「昭和19年12月7日東南海地震の震害と震度分布」より
東南海地震による半田市の犠牲者の多くは、中島飛行機製作所山方工場へ勤労働員された学徒であった。東洋紡の工場だったものを飛行機工場に改造する際、柱を減らしたことが原因である。

15

図 3 - 5 - ② - 1 デジタル化した災害原典資料の例

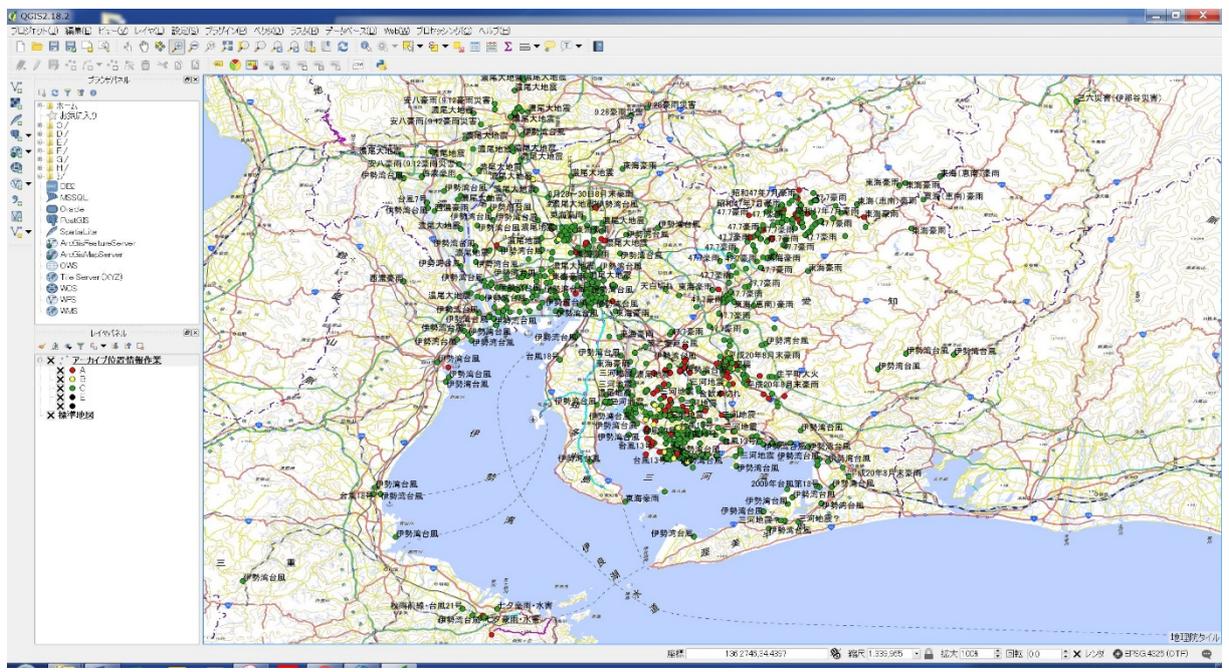


図 3 - 5 - ② - 2 新規整備アーカイブデータの可視化例① (全体図 : 約 3,000 件)

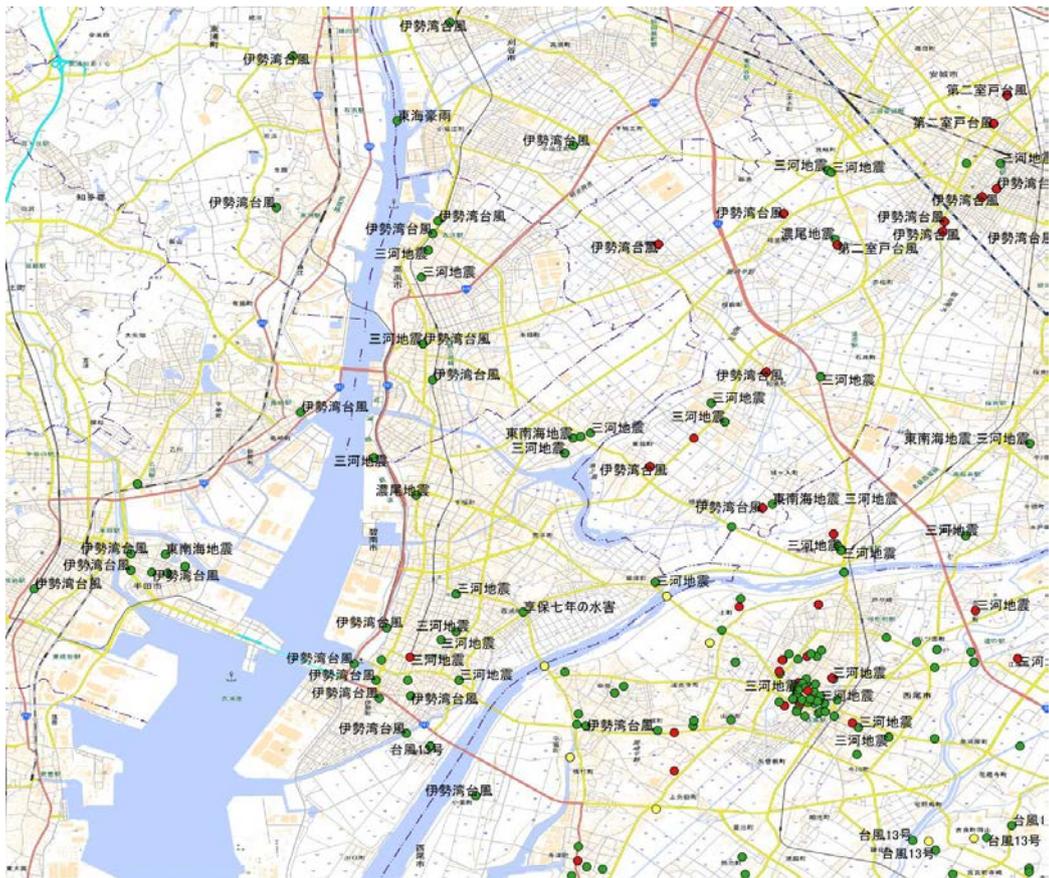


図 3-5-②-3 新規整備アーカイブデータの可視化例②（碧南市付近）

※位置精度：緑=A ランク、黄色=B ランク、赤=C ランク

2) ハザード研究成果を可視化できるスマートフォンアプリ開発

本研究では、地震が起こった際、その場所・その建物で想定される揺れを 3D で再現できるアプリケーション（アプリ）を SIP と連携して開発した。このアプリは、スマートフォンで簡単に任意の場所について、「将来見舞われるかもしれない揺れ」を疑似体験することにより、揺れの大きさや危険性を実感できることを目的としている（倉田・福和，2016）。

平成 28 年度は、アプリの機能を拡張し、内閣府の長周期地震動予測結果を活用しながら、より精緻に揺れを表現することを目指した。具体的には、建物の応答計算を多質点系に拡張し、超高層建物の質量分布や剛性分布を加味することで、地震応答をより正確に再現することを試みた。また、計算結果として中間階の応答も得られるため、任意建物の「任意階」の揺れも再現できるようになった。さらに、揺れ映像の高度化として、非構造部材の破壊を表現できるようにし、例として天井パネルの落下を可視化できるようにした（図 3-5-②-4～図 3-5-②-6 参照）。平成 29 年度の課題としては、アプリケーション内部で非構造部材破壊の条件判定を行えるようにし、より現実と整合した被害イメージの再現を行う予定である。

また、開発中のアプリの効果測定として、名古屋大学減災館への来館者を対象に、アプリを使った感想をアンケートで調査した。その結果、図 3-5-②-7 左からは、

「長周期地震動に関する基礎的知識が全くなければ、揺れの特徴をアプリから学び取る事が出来ない」という事が指摘できる。一方、図3-5-②-7右からは、「知識によらず危機感(恐怖感)を与える効果がある」と解釈できる。アプリを耐震の学習に用いるためには、映像による揺れの疑似体験だけでなく、別途基礎的な学習コンテンツと組み合わせる必要があると考えられる。

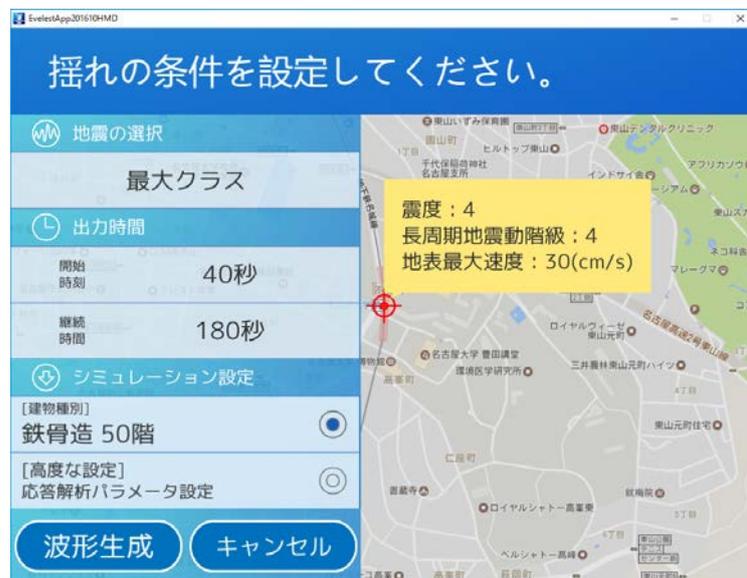


図3-5-②-4 アプリ基本画面における揺れパラメータの設定の様子



図3-5-②-5 超高層建物の高さ方向の質量分布および剛性分布の設定



図 3-5-②-6 室内応答画面の拡張（天井パネル落下の様子）

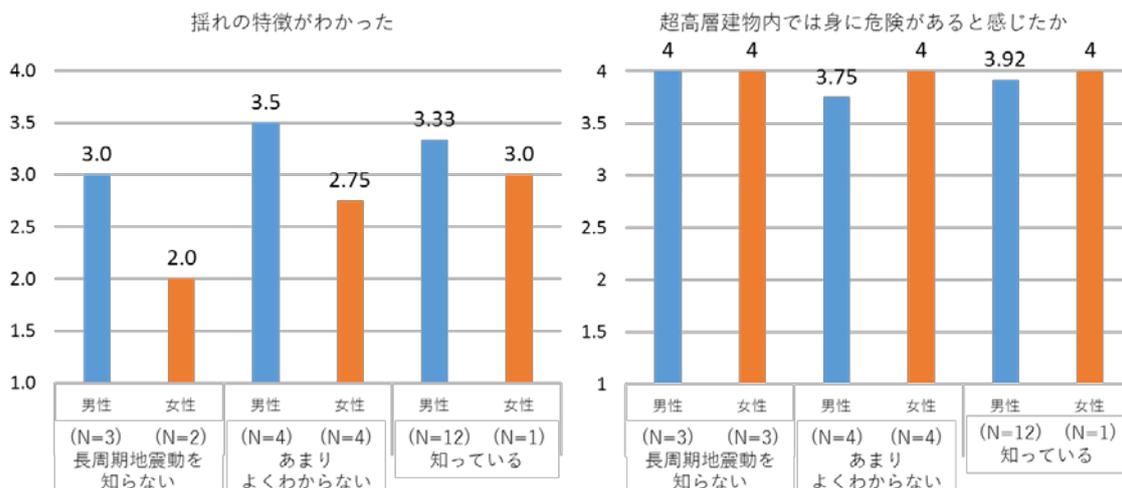


図 3-5-②-7 アプリ利用による効果の評価例（各値はグループの平均点）

※回答項目は 4（そう思う）～1（そう思わない）の 4 段階

3) 防災に関わる人材育成・教育のための手法等に関する調査

防災教育・人材育成については、津波避難のための学校防災の進め方、実践的な防災学習に関する先進的な取り組み事例研究、参加型防災学習教材の開発について検討するとともに、減災館を活用した教育実践に取り組んだ。学校における津波避難のあり方については、東日本大震災時の大川小学校の事例検証を中心に検討した。その結果、南海トラフ巨大地震時の津波避難を促進するためには、地域と学校の平時からの連携構築が重要であることが認識された。防災教育教材の開発については、楽しむだけでなく体力強化にも結びつく「減災館体操」の開発、高校生による参加型防災ゲーム開発について検討するとともに、小中学校の夏季休暇期間にあたる 7 月 29 日に「夏休みスペシャル減災教室」（図 3-5-②-8）を開催し、ゲームを実践した。また、

既存の防災教育教材の有効活用、今昔の地図情報を活用した減災啓発システム実装の試み、心の減災教育教材セットの活用、豪雨災害避難シミュレーションゲーム (EVAG) についても検討した。



図 3-5-②-8 夏休みこども減災教室 (7/29)



図 3-5-②-9 防災教育研究会の開催

(d) 結論ならびに今後の課題

防災・災害関連データの収集・整備については、地域版災害教訓アーカイブ（プロトタイプ）システム構築に関して、平成 27 年度から継続的に基礎自治体と連携して収集してきたデータ（約 3,000 枚の写真等）を、スキャン・デジタル化し、災害種別、災害日時、災害名称によって分類整理を行うとともに、GIS 上での見える化を実現した。

活用システム開発継続と人材育成・教育のための調査については、地震が起こった際、その場所・その建物で想定される揺れを 3D で再現できるアプリケーション（アプリ）を SIP と連携して開発した。このアプリは、スマートフォンで簡単に任意の場所について、「将来見舞われるかもしれない揺れ」を疑似体験することにより、揺れ

の大きさや危険性を実感できることを目的としている。また、人材育成・教育については、津波避難のための学校防災の進め方、実践的な防災学習に関する先進的な取り組み事例研究、参加型防災学習教材の開発について検討するとともに、減災館を活用した教育実践に取り組んだ。

次年度は、研究課題における評価結果等の利活用、教材開発を進める。その際には、アプリ開発等に関して、SIPとも連携して実施する。

(e) 引用文献

- 1) 倉田和己・福和伸夫, 仮想現実ソフトウェアと震動体感環境の融合による効果的な減災啓発ツールの開発, 災害情報, No.14, pp.83-96, 2016.

③DONET を用いたリアルタイム震源決定と統計情報の可視化

(a) 業務の要約

海洋研究開発機構では、南海トラフ広域地震防災研究プロジェクトの地域連携減災研究のうち、防災・災害情報発信研究の一環として、海域に設置された地震・津波観測監視システム（DONET）による地震や津波の早期検知の情報を即時的に発信できるシステムを検討してきた。この研究の一部として横浜研究所のサーバーに導入済みの自動震源監視ソフトによる震源決定の精度向上に努めてきた。本年度は、この自動震源監視ソフトに DONET 2 のデータを導入し、さらにこのシステムによる震源決定結果から南海トラフにおける地震の統計的性質の推定による震源監視を行い、これらの情報を発信するための開発と機能向上を行った。これにより、地震の検知および震源決定精度の向上、地震活動モニタリング能力の向上が期待される。これらの情報は南海トラフ広域地震防災研究プロジェクトにおいて一般利用を目指して構築を進めているプラットフォーム上で即時的に展開できることになる。

(b) 業務の実施方法

これまで DONET データの震源情報の自動化を進めてきた。この震源情報自体がもつ地震発生の時空間変化を示すことに加えて、応力場推定と可視化、地震の統計情報から時間的変化の可視化とその有意性について検討した。さらに、震源情報の自動化について DONET 2 のデータを導入し、応力場推定および地震の統計情報の可視化できるようにした。これらの情報をプラットフォーム上で展開することは、今後の長期予測につながり得る重要な情報を発信できると考えている。

1) 自動震源決定における P 波初動極性の検出精度向上のための機能向上

本年度は、P 波初動極性データから地震のメカニズムを推定し、これを用いたインバージョンによって応力場を推定するためのシステムの開発を行った。応力テンソルの推定では、P 波極性データをできるだけ多く、かつ正確に読み取る必要がある。そこで、ここでは、これまでに開発してきた自動震源決定システムに対し、P 波初動極性データの自動読み取り手法を高度化するための開発と機能向上を行った。自動処理に用いている波形データは速度波形であるが、速度波形には、脈動による 1～2 Hz の周期の長いノイズが含まれている。極性データの読み取りでは、フィルター処理を行い、S/N を高める必要があるが、昨年度までの極性読み取りでは、2 Hz 以下の長周期成分をカットする高域（通過）フィルターを用いていた。個々の波形について、極性の自動読み取り結果を詳しく検討した結果、このフィルターが原因で、極性が読み取れないもの、逆に、長周期ノイズが原因で、極性が読み取れない場合があることが分かった。本年度の改良では、2 Hz 高域フィルターによる波形の他に、AR モデルによるノイズ成分を除去するフィルターを用いる手法の開発を行った。さらに読み取りにおける判定条件を検討し、誤った極性の読み取りデータを最小限にするためのアルゴリズムを開発した。これらを自動震源決定システムに組み込む機能向上を

行った。

まず、これまで実施してきた P 波極性の読み取り手法の改良について述べる。これまで用いてきた 2 Hz 高域フィルターによる波形の他に、AR モデルによってノイズ成分を除去するフィルターを通し、地震動シグナルを明瞭にした波形を用いる手法を開発した。AR モデルによるフィルターの次数は、10 次とした。ノイズ区間の 1 秒間のデータによる AR モデルによる予測値と観測値との差の二乗が最少となるよう、AR 係数を決定し、ノイズ成分を除去するフィルターを作成した。多数の地震波形に対しこのように決定した AR モデルによるフィルター波形を表示し、調べた結果、AR モデルによるフィルターは、高域フィルターになっており、初動が長周期だと、S/N が低くなり、P 波極性が読み取れない場合が多いことが分かった。そこで、本改良では、AR モデルによるフィルター波形に、

$$F(t)=F(t-\Delta t)*cf+U(t)/af \quad (1)$$

なる、レカーシブフィルターによる、カットオフ周波数が 0.1 秒の低域フィルターを適用した波形を用いるようにした。ここに、

$$af=samp * 0.1$$

$$cf=1.0-1.0/af$$

である。F(t)は低域フィルターによる出力波形、 Δt はサンプル間隔、U(t)は AR モデルによる予測誤差（ノイズ成分除去による残差、すなわち地震動シグナル）、samp はサンプル周波数（100 Hz）である。極性の読み取りは、先ず 2 Hz 高域フィルターの出力を用いて行い、読み取れない場合には、AR モデルを用いた低域フィルター波形 F(t)を用いるようにした。

AR モデルによるフィルターは、ノイズの種類により、特性が変化することから、位相が逆転し、極性の読み取りが逆転する可能性がある。そこで、多数の波形データを用いて、位相が逆転する可能性があるか、チェックしたが、そのような場合がないことを確認した。図 3-5-③-1 に波形データの一部を示す。図の下から 1 番目 4 番目、9 番目、10 番目の記録が、それぞれ、上下動成分の生波形、2 Hz 高域フィルター、AR フィルターによる出力、(1) 式による AR モデルに低域フィルターを適用した波形 F(t)である。

以下、具体的な極性の読み取り方法について説明する。上述のフィルター波形と P 波到着時刻 (jjans) を入力とし、P 波初動極性が出力である。極性読み取りのノイズレベルに対する振幅比の閾値を ratio=2.5、ratio2=1.6 とする。P 波到着時刻の 1 秒前 (j1) から 0.1 秒前 (j2) をノイズ区間、到着時刻の 1 秒後を j4 とする。j1、j2 の区間の最大、最小振幅、および絶対値の最大値を amp_nois_max、amp_nois_min、zmax とする。P 波到着時刻 jjans から j4 の区間で、フィルター波形の絶対値が、ノイズ区間 j1、j2 の絶対値の最大振幅の 1.6 倍 (znois_max=zmax*ratio2+0.001) 以上になった時刻を j3 とする (閾値を超えた時刻)。到着時刻の後、最初のピークとなる時刻を j33 とする (P 波の最大振幅の候補)。到着時刻から、1 秒後 (j4) までに、フィルター波形の最大振幅が zmax の 1.6 倍にならなければ、極性の読み取りを行わない。時刻 j3 における振幅の正負により極性 (± 1) を判断する。

その後、以下の判定を行い該当する場合には極性を誤判定している可能性があるため、極性の読み取りを削除するようにした。

1. jjans から j3 の区間で、極性が+1 の場合には、フィルター波形の振幅が、ノイズ区間でのその最小値 (amp_nois_min) 以下になった場合。
2. jjans から j3 の区間で、極性が-1 の場合には、フィルター波形の振幅が、ノイズ区間でのその最大値 (amp_nois_max) 以上になった場合。
3. ノイズの区間 (j1、 j2)、最初のピーク区間 (jjans-j33) のフィルター波形の絶対値を zmax、 ampmax として、その比 (sn3=ampmax/zmax) が 1.6 倍 (ratio2=1.6) 以下の場合。
4. 到着時刻の 0.4 秒前から 0.05 秒の区間で、フィルター波形の最大値、最小値を z05max、 z05min、到着時刻から、j33 までの最大値、最小値を z33max、 z33min とし、ピークになるまでの振幅の比 (z33min/z05max、あるいは、 z33max/z05min) が rat_check1 以下の場合。但し、rat_check1 は以下の式で定めた。ただし、rat_check1 の上限を 1.5 とした。
$$\text{rat_check1}=1.0+(\text{sn}3-3.0)/100.0$$
5. 最初のピークになるまでの時間が 0.02 秒以下で、sn 3 が 2.5 倍 (ratio=2.5) 以下 (短周期ノイズ振幅が直前で大きくなる場合)
6. 到着時刻から最初のピーク振幅になるまでに、ピーク振幅の絶対値の 20% 以上逆方向に変動した場合。

上記パラメータの設定は、多数の記録をチェックし、極性が正しく行われなかった場合の原因を調べ、正しく読み取れるよう閾値や、判定文を追加した結果である。図 3-5-③-2 に、上記手法による極性の自動読み取りで得られたメカニズム解の一例を示す。

図 3-5-③-3 は、前年度導入した自動震源決定システムによる極性の読み取りで、極性の読み取り数が 10 観測点以上である場合の 2017 年 1 月の 1 カ月間に決定されたメカニズム解である。図 3-5-③-4 は、本年度の改良による同期間の 1 カ月間に決定できたメカニズム解である。本年度の改良により、初動の読み取りの数と精度が向上し、その結果メカニズム解が決定できる地震の数は 2 倍以上に増加した。

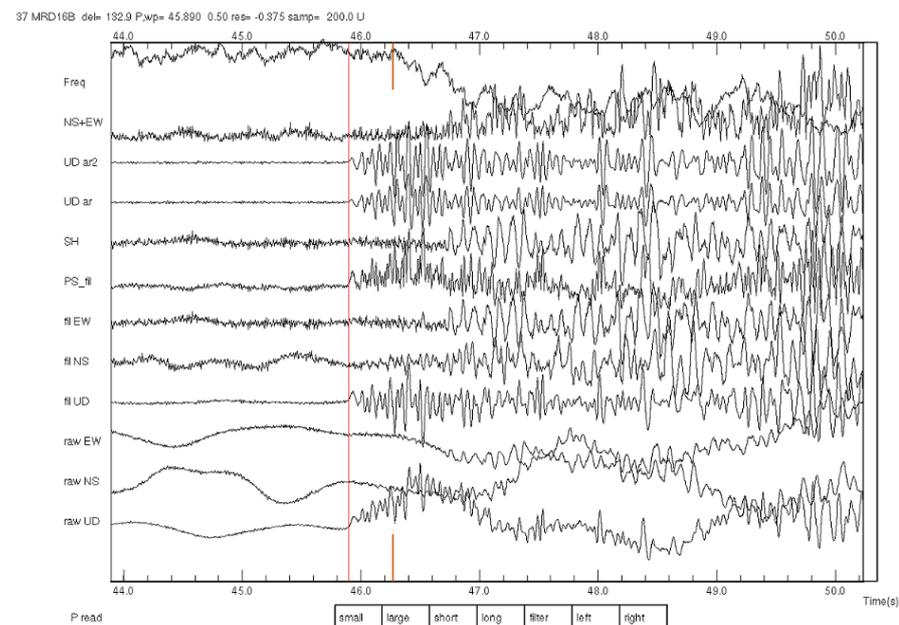


図 3-5-③-1 フィルター波形の例。下から数えて、1-3 番目までは、生波形、4-6 番目は 2Hz 高域フィルター、7 番目は、P 波と S 波とを識別するフィルター、8 番目は、SH 成分、9 番目、10 番目は、上下動成分の AR モデルによるフィルターと、その低域フィルター、11 番目は卓越周波数の時間変化である。

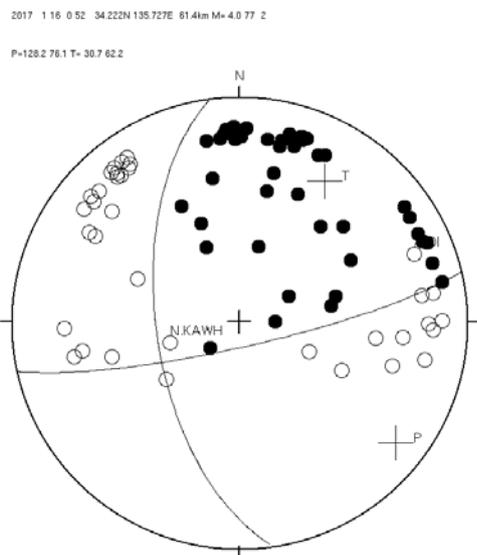


図 3-5-③-2 極性の自動読み取りで得られたメカニズム解の一例。

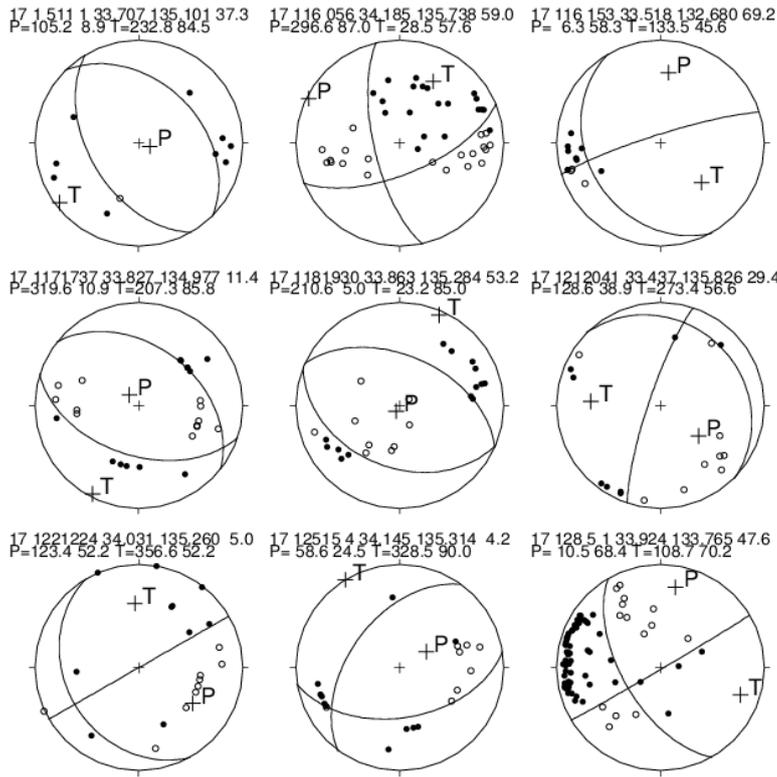


図3-5-③-3 昨年度に導入した自動震源決定システムによる極性の読み取り結果を用いて得られたメカニズム解（2017年1月の1ヶ月間）。

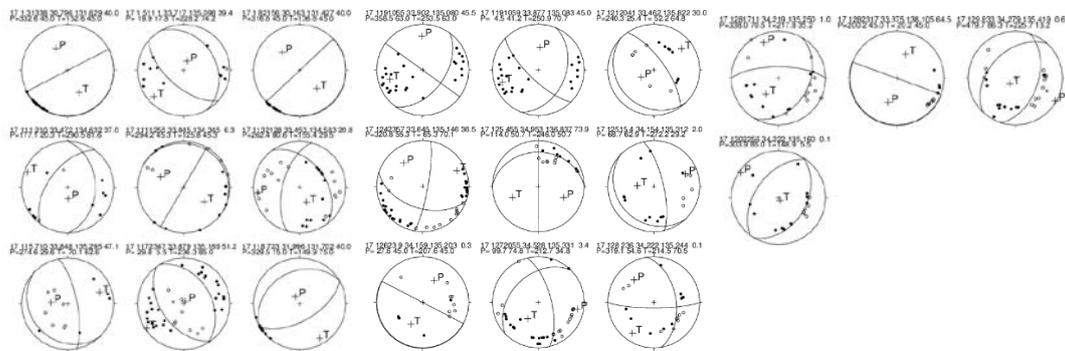


図3-5-③-4 本年度開発した極性の自動読み取りプログラムを用いて得られたメカニズム解（2017年1月の1ヶ月間）。本年度の改良で、メカニズム解が決定できる地震数が2倍以上に増えた。

2) 応力場推定

地震は地殻内の応力によって発生するため、地震発生場の状態モニタにおいて応力場を推定、モニタすることは重要である。地震の発震機構解は、震源の応力場に依存する。また、応力場の空間的な不均質は、地震活動の空間分布に影響を与えると期待される。応力場の空間分布の推定、時間変化の監視により、また後述する地震活動度の時間変化等の監視と組み合わせることで、震源監視を行うことが出来る。ここでは、1) で述べた P 波初動極性データを用いて応力場推定（応力テンソルインバージョン）を行うための手法の開発を行った。

ここでは、P 波極性データを用いた応力テンソルインバージョンの手法として Horiuchi et al. (1995) による手法を用いる。このインバージョンは、解析対象領域で応力場が均質であると仮定し、その領域内で発生する地震の発震機構解が異なるのは、地震が弱面に沿って発生するからであるとの解釈に基づき行われている。そして、断層運動の滑り方向は、断層面に加わる剪断応力が最大となる方向であると仮定し、多数の極性データから、最大 (σ_1)、最少 (σ_3)、中間 (σ_2) 主応力の方向を指定する 3 個の未知数と、応力の比 ($r = (\sigma_1 - \sigma_2) / (\sigma_1 - \sigma_3)$) を求めている。

断層運動の方向は、断層面に加わる剪断応力が最大となる方向であるとの仮定は、適当であると考えられることから、応力場が決定されると、地震の発震機構解の決定は、断層面の向きを決定する問題となる。応力場が決定されない場合の発震機構解の未知パラメータの数は 3 個であるが、応力場が決定されると発震機構解の未知パラメータは 2 個になる。

開発した応力テンソルインバージョン法の実効性を確認するために、シミュレーションデータによるテストを行った。まず、1) 応力場を適当に仮定し、2) この応力場と矛盾しない極性データを持つ地震を発生させ、3) インバージョンを実行する。与えた応力場と、インバージョン結果とを比較した。図 3-5-③-5 に、この場合の最大主応力軸の推定結果を示す。図が示すように、与えた応力場と計算結果とは、完全に一致している。最小主応力軸、中間主応力軸の結果も同様である。

図 3-5-③-6 に、テストデータを用いた場合に得られた発震機構解と得られた断層面を示す。太い実線は断層面、細い実線は補助面を表している。スコアが同じ解が存在する場合には、複数個の解が表示している。図は断層面と補助面を区別できる場合もあるが、できない場合もあることを示している。

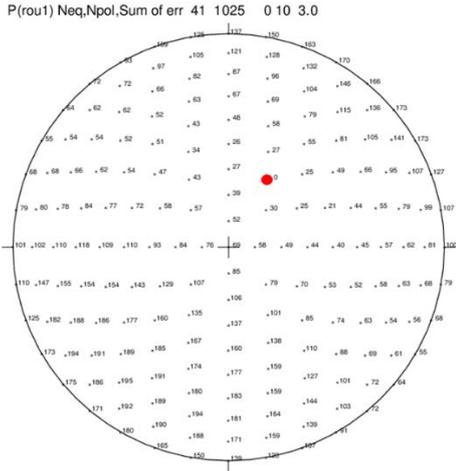


図 3-5-③-5 テストデータを用いた最大主応力方向のインバージョン結果。グリッド横の数字は極性データが矛盾する観測点の数を示す。与えた主応力軸とインバージョンで得られた計算結果は完全に一致しており、極性データの矛盾する観測点は 1025 個中に、1 個も含まれていない。

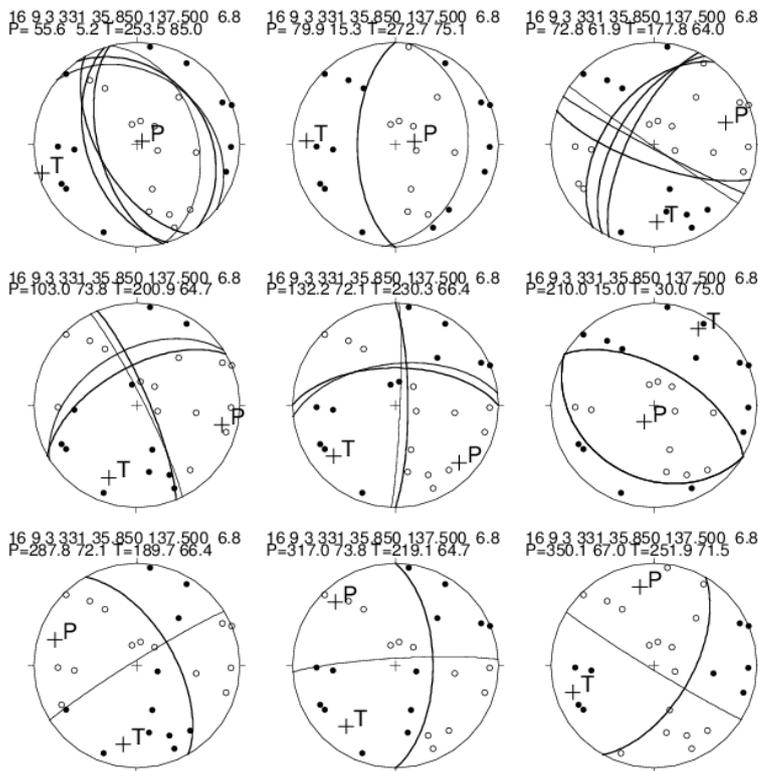


図 3-5-③-6 テストデータを用いた場合に得られた断層面（太い実線）と、補助面（細い実線）。

3) 地震の統計情報の推定と時間的変化の有意性の推定

地震の活動度（発生率）やサイズ分布といった統計的な情報は、応力場とともに地震発生場の状態をモニタする上で重要である。これらの情報の推定には統計モデルに基づき様々な方法が提案されている。統計情報を推定した結果、見出された時間変化について、これが誤差の範囲なのか統計的に有意であるかの検証が大切である。ここでは地震発生率を直接変化して時間変化を検出する方法、 z 値による地震発生率の時間変化の検出法、地震のサイズ分布を表すパラメータであるグーテンベルグ・リヒター式（地震規模頻度分布の関係式）の b 値の推定法とその時間変化の検出法、そしてこれらによって検出された時間変化の有意性を評価する方法について開発を行い、ソフトウェアの整備を行った。

地震がポアソン過程などの確率過程に従って発生することから、地震活動を客観的に数値表現するには統計処理が必要となる。ただし、震源分布図、時空間図、あるいは地震規模-時間図などの生データを検討することが、統計処理の前提となる。ここでは、検討の結果切り出された震源要素の時系列を対象として、変化点の検出や有意な変化の検出を行う。変化点の検出には **cusum** 法を提案する。この方法によって、時系列に現れる変化点の候補を視覚化することが可能となる。また、解析対象とするパラメータの時系列に多くて一個の変化点が含まれるとの前提で、情報量規準(AIC)によって統計的に有意な変化を検出する。

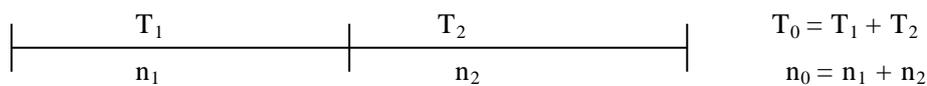
まず地震発生率の変化点の検出を考える。**Cusum** (cumulative sum control chart 累積和管理図) は時系列解析の手法であり、変化点の検出に用いることができる。この手法を地震発生率の変化検出に応用する。期間 T に n 個の地震が発生していたとする。地震発生がポアソン過程に従うとすると、地震発生率 λ の最尤推定値は n/T となる。地震発生率が期間中不変であれば、時刻 t における積算地震数の期待値は、 $N(t)=\lambda t$ で与えられ、観測された地震数の積算 $\text{Sum}(t)$ は $N(t)$ の周辺を変動する。期待値と観測値の偏差

$$\text{Res}(t) = \text{Sum}(t) - \lambda t$$

が 0 の周辺にとどまっていれば期間中に地震発生率は変化しなかったと見なせる。

$\text{Res}(t)$ のグラフで右上がりの傾向が認められれば、地震活動がその期間中は平均より活発であったことを示す。右下がりの場合には、平均より静かであったといえる。グラフの傾斜から発生率の変化分を見積もることができる（図 3-5-⑤-7）。その変化の有意性については、別途解析が必要となる。

次に、地震発生率変化の有意性を検討する必要がある。ここでは、地震発生がポアソン過程に従うとして、統計的に有意な地震発生率の変化を情報量規準によって検出する。期間 T_0 を 2 期間 T_1 、 T_2 に分け、それぞれの期間で n_1 、 n_2 個の地震が発生していたとする。このとき、期間 T_1 から T_2 における発生率変化の有無を調べる。



ポアソン過程における発生率の最尤推定値は次式で与えられる。

$$\lambda_i = \frac{n_i}{T_i} \quad (i=0, 1, 2)$$

また、発生率が与えられた時、期間 T で K 個の地震を観測する確率は

$$P(K | \lambda, T) = \frac{(\lambda T)^K e^{-\lambda T}}{K!}$$

となる。すなわち、

$$\log P(K | \lambda, T) = K \log(\lambda T) - \lambda T - \log K!$$

である。

ここで、情報量基準 AIC_1 と AIC_2 を導入する。 T_1 と T_2 とで発生率に変化がない場合と変化した場合のそれぞれの情報量規準 AIC_1 と AIC_2 は次の式で表される。

$$\begin{aligned} AIC_1 &= -2 \times \log P_1(n_1 | \lambda_0, T_1) - 2 \times \log P_2(n_2 | \lambda_0, T_2) \\ &\quad + 2 \times 1 \\ &= -2 \times \{n_1 \log(\lambda_0 T_1) - \lambda_0 T_1 - \log n_1!\} \\ &\quad - 2 \times \{n_2 \log(\lambda_0 T_2) - \lambda_0 T_2 - \log n_2!\} \\ &\quad + 2 \\ &= -2 \times (n_1 + n_2) \log \frac{n_0}{T_0} - 2n_1 \log T_1 - 2n_2 \log T_2 \\ &\quad + 2 \frac{n_0}{T} (T_1 + T_2) + 2(\log n_1! + \log n_2!) + 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AIC_2 &= -2 \times \log P_1(n_1 | \lambda_1, T_1) - 2 \times \log P_2(n_2 | \lambda_2, T_2) \\ &\quad + 2 \times 2 \\ &= -2 \times \{n_1 \log(\lambda_1 T_1) - \lambda_1 T_1 - \log n_1!\} \\ &\quad - 2 \times \{n_2 \log(\lambda_2 T_2) - \lambda_2 T_2 - \log n_2!\} \\ &\quad + 2 \times 2 \\ &= -2 \times (n_1 \log n_1 - n_1 - \log n_1!) \\ &\quad - 2 \times (n_2 \log n_2 - n_2 - \log n_2!) \\ &\quad + 2 \times 2 \\ &= -2 \times (n_1 \log n_1 + n_2 \log n_2) + 2(n_1 + n_2) \\ &\quad + 2(\log n_1! + \log n_2!) + 4 \end{aligned}$$

2つのモデルの AIC の差 ΔAIC は次の様になる。

$$\begin{aligned}
 \Delta AIC &= AIC_1 - AIC_2 \\
 &= -2n_0 \log \frac{n_0}{T_0} - 2n_1 \log T_1 - 2n_2 \log T_2 \\
 &\quad + 2n_0 + 2(\log n_1! + \log n_2!) + 2 \\
 &\quad + 2(n_1 \log n_1 + n_2 \log n_2) \\
 &\quad - 2n_0 - 2(\log n_1! + \log n_2!) - 4 \\
 &= -2n_0 \log n_0 + 2n_1 \log n_1 + 2n_2 \log n_2 \\
 &\quad + 2n_0 \log T_0 - 2n_1 \log T_1 - 2n_2 \log T_2 - 2 \\
 &= -2n_0 \log \lambda_0 + 2n_1 \log \lambda_1 + 2n_2 \log \lambda_2 - 2
 \end{aligned}$$

ΔAIC の値が 1 (程度の値) より大きい場合に、発生率の変化が有意であると見なせる。

次に z 値の導入を考える。これは地震発生率の変化を調べるために提案されているものであり(例えば Habermann, 1981; Habermann, 1982; Haberman, 1987)、次の式で定義される。

$$z = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$$

ここに、 μ_1 、 μ_2 と σ_1 、 σ_2 は期間 T_1 、 T_2 における地震発生率と標準偏差である。この期間に発生した地震数を n_1 、 n_2 とする。期間 T_1 と T_2 は dt の長さで N_1 と N_2 区間に分けられているとする。即ち、 $N_1 = T_1/dt$ と $N_2 = T_2/dt$ と表される。全期間を通して地震発生率に変化がない場合には、十分大きい標本では、 z 値は平均 0.で標準偏差 1.の標準正規分布に従う。 $z = \pm 2.575$ (99%) を越えると有意な変化があったと見る。

地震発生がポアソン過程に従うことを仮定すると、上の式は次の様に表される。二つの期間のポアソン率 λ_1 、 λ_2 は n_1/T_1 、 n_2/T_2 で与えられる。1 区間当たりの平均発生率は n_1/N_1 、 n_2/N_2 となる。また、分散 (標準偏差の 2 乗) は n_1/N_1 、 n_2/N_2 となる。これらを、 z 値の定義式に代入して、

$$\begin{aligned}
 z &= \frac{\frac{n_1}{N_1} - \frac{n_2}{N_2}}{\sqrt{\frac{n_1}{N_1^2} + \frac{n_2}{N_2^2}}} \quad \text{。 または、} \\
 &= \frac{\frac{n_1}{T_1} - \frac{n_2}{T_2}}{\sqrt{\frac{n_1}{T_1^2} + \frac{n_2}{T_2^2}}}
 \end{aligned}$$

を得る。最後の式は、区間数に依存しない式となっている。

さらに、平均地震規模の変化点検出について検討した。地震発生率の変化点の検出で用いた Cusum 法を、平均地震規模の変化検出にも応用する。平均地震規模は b 値の最尤推定値と逆数の関係にあるので、平均地震規模の変化点検出は b 値の変化点検出と同等である。期間 T に n 個の地震が発生していたとする。平均地震規模 M_{av} は $3Mi/n$ で与えられる。もし、地震規模頻度分布が期間中不変であれば、 i 個の地震規模の和は $M_{av} \times i$ を期待値としてその周辺を変動する。この期待値からの偏差 $ResM(t)$ を調べることで、問題とする期間における地震規模頻度関係式の変化を検出することができる。ここで、

$$ResM(t) = \sum_{t_j < t} (M_j - M_{av})$$

である。ここで、右上がりの傾向は平均地震規模が M_{av} より大きいことを表すことになる。可視化手法としては、横軸を時間軸とする場合と、発生順番号とする場合の二通りが考えられる。時間軸とする場合には、変化点の発生時期を図から直接読み取ることができる(図 3-5-③-8)。発生順番号とすると傾きから平均規模の変化量を読み取ることができる。

b 値も地震活動を評価する一つの手法として知られている。但し、その変化の有意性について検討する必要がある。地震規模頻度の分布が Gutenberg-Richter の関係式で表されるとし、関係式の係数 b 値の有意な変化を情報量規準に基づき検出する。地震規模頻度の分布 $f(M)$ を次式で表すことができる。

$$f(M) = \beta \exp(-\beta M) \quad \text{ただし} \quad \beta = b \ln 10$$

n 個の地震を観測し、その地震規模を M_i ($i=1, 2, \dots, n$) とすると対数尤度は次の様に表される。

$$\ln L(\beta) = n \ln \beta - \beta \sum_{i=1}^n M_i$$

このとき β の最尤推定値は次式で与えられる。

$$\beta = \frac{n}{\sum M_i}$$

この時、 b 値は

$$b = \log e \times \beta$$

となる。期間 T_1 、 T_2 において、 n_1 個の地震 M_i ($i=1, 2, \dots, n_1$)、 n_2 個の地震 M_j ($j=1, 2, \dots, n_2$) が観測されているとする。

$$\begin{array}{|c|c|} \hline T_1 & T_2 \\ \hline n_1 & n_2 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{l} T_0 = T_1 + T_2 \\ n_0 = n_1 + n_2 \end{array}$$

b 値に変化がない場合の AIC1、T1、T2 で異なる場合の AIC2 とすると、それぞれ

$$\ln L_0(\beta_0) = n_0 \ln \beta_0 - \beta_0 \left(\sum M_i + \sum M_j \right)$$

$$AIC1 = -2 \times (n_0 \ln \beta_0 - n_0) + 2$$

$$AIC2 = -2 \times \left\{ (n_1 \ln \beta_1 - n_1) + (n_2 \ln \beta_2 - n_2) \right\} + 4$$

であり、AIC の差は以下のようなになる。

$$AIC1 - AIC2 = 2n_1 \ln \beta_1 + 2n_2 \ln \beta_2 - 2n_0 \ln \beta_0 - 2$$

次に、地震規模頻度分布が Gutenberg-Richter の関係式で表されるとし、時間変化する地震規模頻度分布をベイズ統計の手法により推定する (Imoto, 1987; 井元, 1987)。本手法は多項分布の尤度 L を基本式とするため、 $m_1 \leq M < m_2$ で表される地震規模を dM で分割し各級の頻度を尤度式に含んでいる。従って、地震規模が m_2 より大きい地震は処理に含まれていない。事前分布 π により、時間的に隣り合う b 値の差が小さくなることを制約にしている。ベイズ型情報量規準 ABIC は次式で定義される。

$$ABIC = -2 \log_e \int L(\mathbf{q}) \pi(\mathbf{q} | u) d\mathbf{q}$$

u は超パラメータと呼ばれ、 b 値のバラツキに関係した変数である。グリッドサーチにより ABIC を最小にする u を求める (Imoto, 1987)。事後分布 $L(\mathbf{q}) \pi(\mathbf{q} | u)$ を最大にする \mathbf{q} が b 値の変化を与える。ここに、 b 値と \mathbf{q} は次の関係にある。

$$q_i = b_i \Delta m \ln 10$$

解析期間の始点と終点を一定数 (200 個) の区間に分け、各区間において級別に地震頻度を計数する。有意な変化が認められない場合には、 u の値は 10^{-3} 程度の小さな値となり、出力された b 値にも時間変化がない。 b 値の誤差は、分散の平方根が出力されている。これらの理論的根拠は、Imoto (1991) に従った。

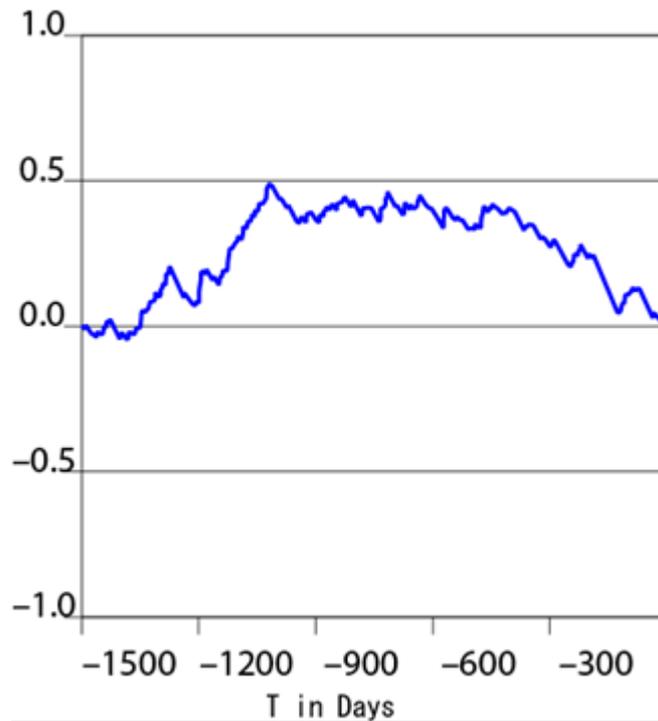


図 3-5-③-7 ある地震発生前 1500 日における地震発生を cusum 法で表示する。
-1500~-1000 日では活発で、-500~0 日で地震活動が低調となる。

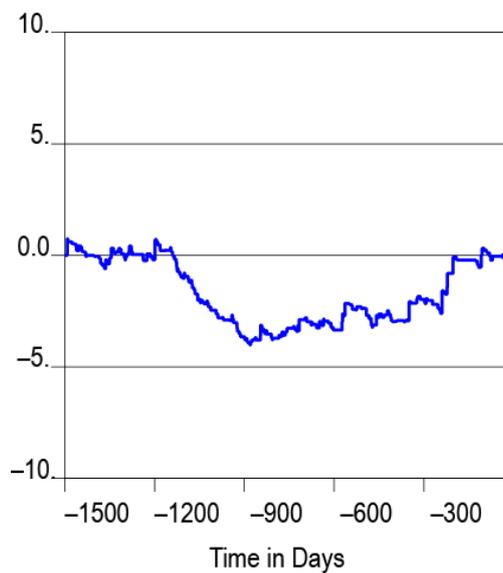


図 3-5-③-8 ある地震発生前 1500 日における ResM(t) を cusum 法で表示する。
-1200~-900 日では平均地震規模が小さく、-900~-200 日で地震規模が大きくなっている。

(4) DONET 2 データの自動読み取り機能への導入

平成 26 年度に開発した自動読み取り機能に、平成 27 年度に構築された DONET 2 のデータを導入するため、観測点数の増加のためのシステムの改修およびパラメータ調整を行った。観測点増設に伴う取り込みは、増設された観測点を含む全波形データの

win パッケージの読み取り、チャンネルテーブルの追加で対応するようにした。

(c) 業務の成果

この研究の成果として、上記の地震活動度および統計情報を可視化して Web で表示するシステムの作成を検討した。地震発生空間分布や時間変化、統計情報等について地図上やグラフ上にプロットし可視化することで、現在の地殻活動の情報やその時間変化を容易に把握することができる。上記項目で開発を行った応力場の推定、地震活動度と統計情報について、推定結果を可視化し、南海トラフ広域地震災害情報プラットフォーム上で即時的に展開、情報発信するために、各種情報を地図上にプロットし、また時間変化についてのグラフを作成するシステムの構築を行った。

まず、自動震源決定システムによるリアルタイム震源決定結果を可視化するプラットフォームの構築を行った(図3-5-③-9)。図のリアルタイム震源情報プロットでは、左のパネルに震源の分布を示し、地図上および深さ断面図によって三次元の震源分布が把握可能となっている。ここに示す図には過去一週間の活動がプロットされているが、同様のプロットは過去一か月および六か月のプロットも作成している。プロットする期間は任意に調整可能である。地図上には、期間の中で最大および最新の地震についての詳しい震源情報が表示される。地震活動は、いくつかの活動が活発なクラスターに分けられ、地図上にはこれを示す枠が表示されている。それぞれのクラスターについて、地震の累積頻度、マグニチュード、地震のサイズ分布を示している。線の色によって、クラスターの区別が行える。

この図において、地震活動クラスターの指定は長方形であり、その四辺は緯度、経度に平行な場合となっている。しかし、地震のクラスターの形状は場所によって異なりより柔軟に範囲を指定することで、より正確な活動の把握が可能となる。従ってクラスターの範囲指定を多角形によって柔軟に行えるよう機能向上を行った(図3-5-③-10)。地震の活動度についてはクラスター内の積算だけでなく、地図上の断面における時間系列を可視化するプロットも作成した(図3-5-③-11)。このプロットによって、クラスター内および地震監視域全体を俯瞰して、地震活動の空間変化を監視可能となる。すなわち、地震の活動域が移動した場合についても監視が可能である。これらのプロットは機能や視認性に一長一短がある。必要とされる情報は、ここで示した情報以外にも多岐にわたっており、今後これらの情報を統合しつつ、より視認性の優れた表示に改善していく予定である。

地震の震源情報から地震発生域の状態をモニタにより把握し、将来の地震発生予測に役立てるためには、地震の統計的性質を推定し、統計情報を活用することが重要である。応力場および地震の統計情報の推定結果とその空間分布、時間変化を可視化し、モニタするシステムの開発を行った。

図3-5-③-12に示すのは地震の**b**値(マグニチュード—頻度分布における傾き)の時間変化である。地震の**b**値は震源の応力レベルと関連していると考えられている。図3-5-③-13にはP波初動極性検出機能向上により得られた地震のメカニズム解の主軸(P、T軸)の分布、図3-5-③-14にはこのメカニズム解から推定された

応力場の主軸方位の時間変化のプロットである。

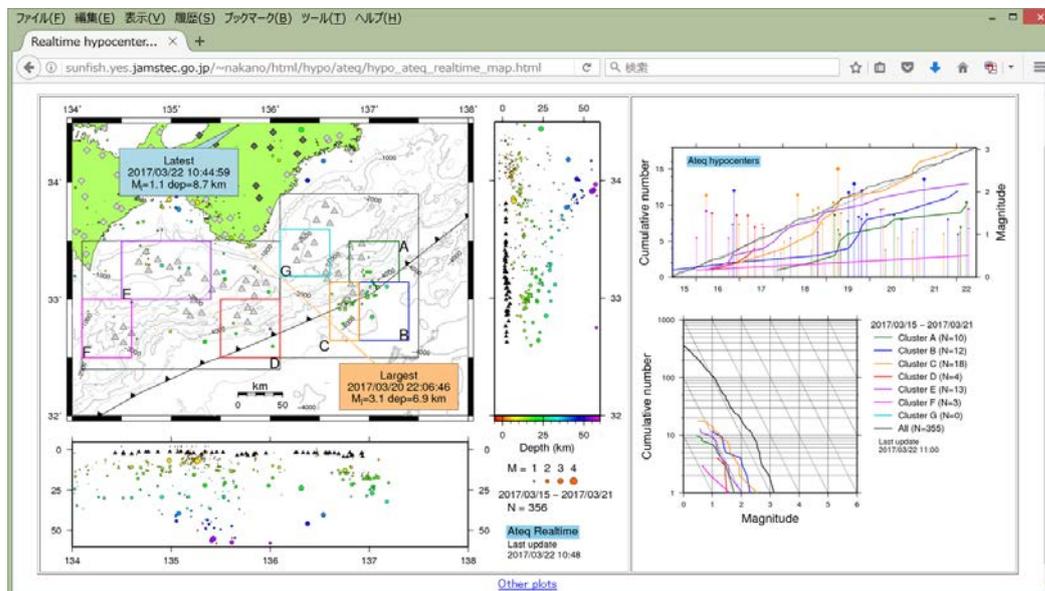


図 3-5-③-9 リアルタイム震源情報プロット。左のパネルは震源の分布（地図上、および深さ断面図）。図には過去一週間の活動がプロットされており、その中で最大の地震（オレンジの枠）および最新の地震（青の枠）についての詳しい震源情報が表示される。地図上、A~F の枠は地震活動のクラスターを示し、それぞれの枠内の活動について、右のパネルに示す。右のパネルは各クラスターにおける地震の累積頻度（右上）、マグニチュード（右上）、地震のサイズ分布（右下）を示す。線の色は左のパネルの各クラスターの活動に対応する。

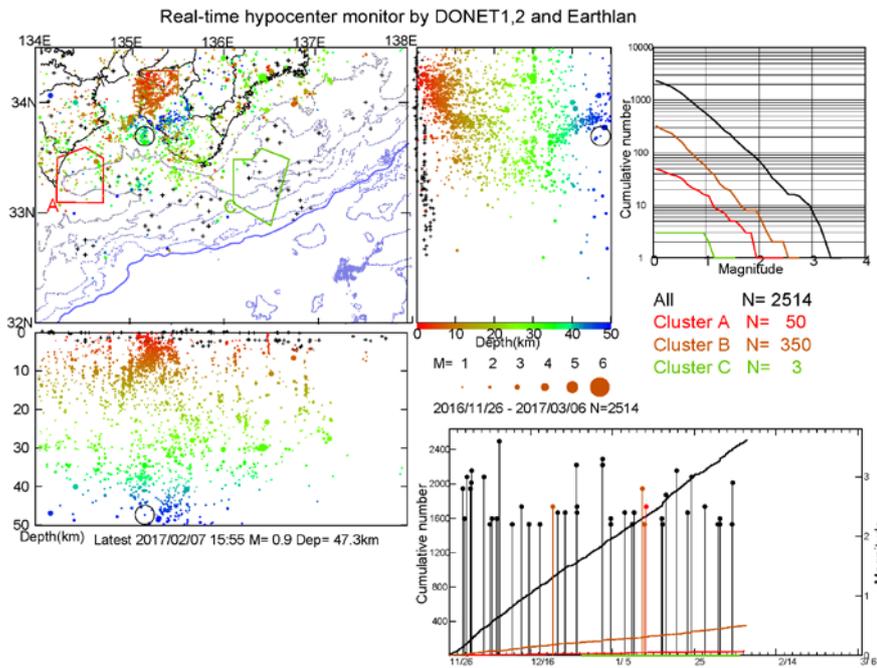


図 3-5-③-10 震源情報プロット。クラスターの範囲指定を多角形で行うことが出来る（赤、茶、および緑の線）。右上の図では各クラスターにおける地震のマグニチュード-頻度分布、右下の図では累積頻度と地震のマグニチュードを示す。

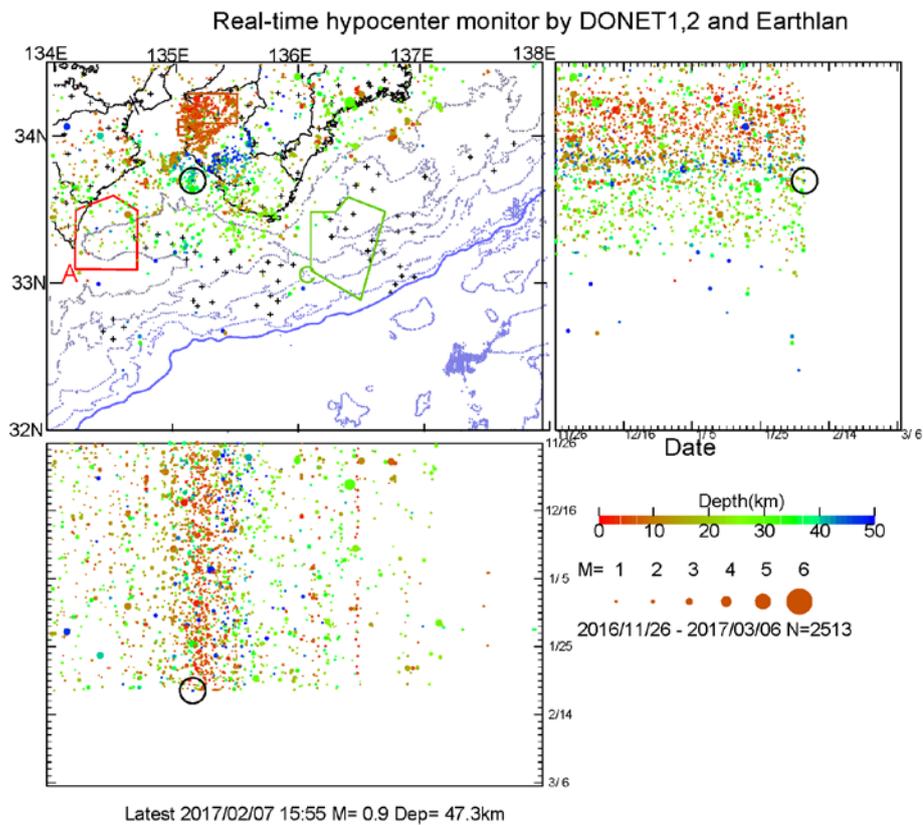


図 3-5-③-11 地震の活動度について、時間断面でプロットした場合。地震活動の時空間的な移動が監視可能である。丸印は最新の地震。

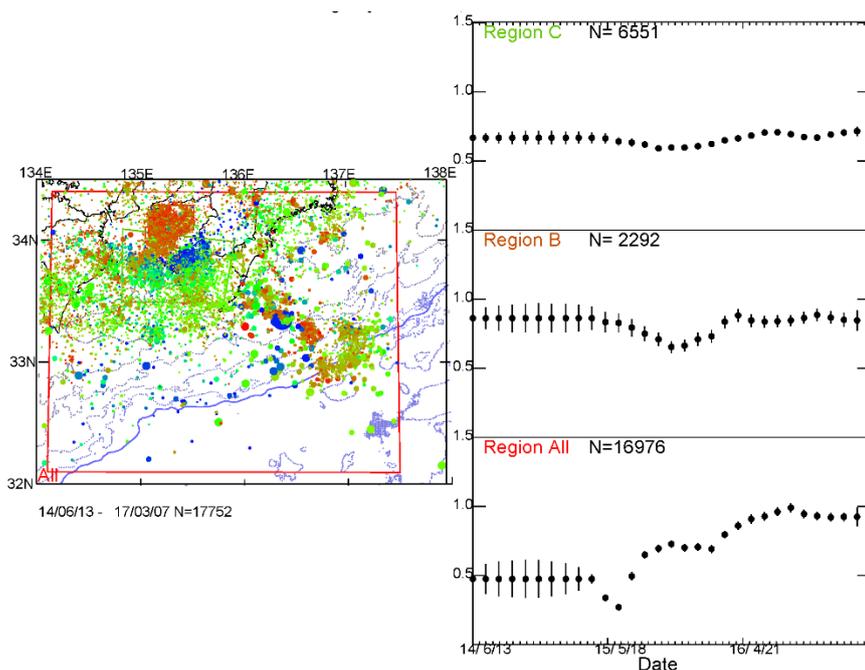


図 3-5-③-12 地震の統計情報 (b 値) の時間変化のプロット。左は震源分布と b 値の評価を行ったクラスターの範囲、右は各クラスターにおける地震の b 値の時間変化のプロット。

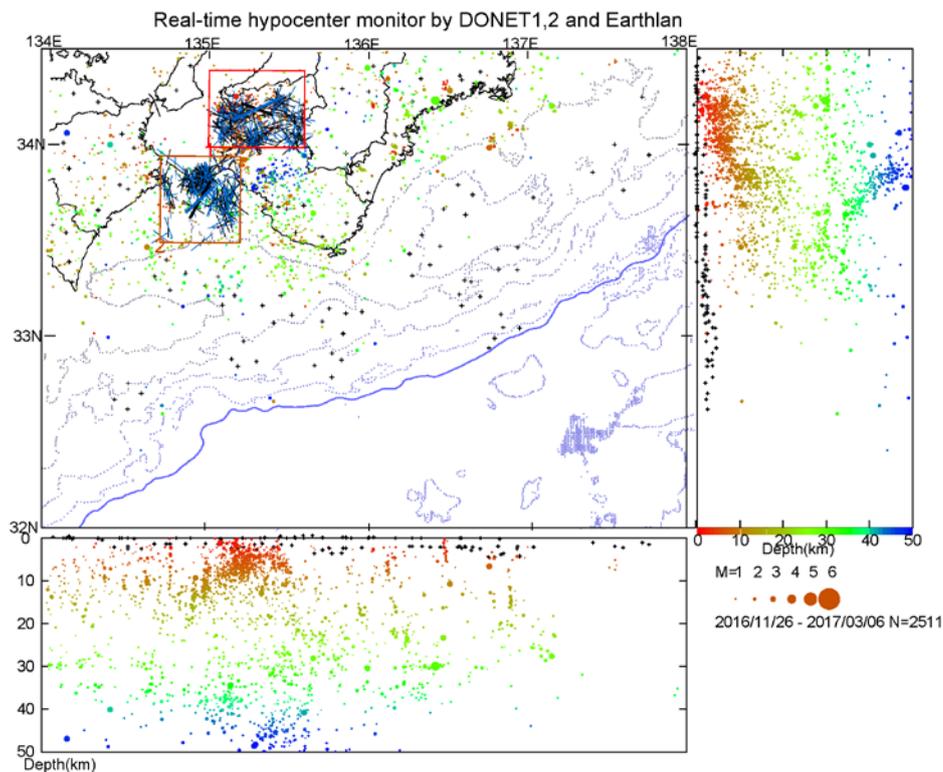


図 3-5-③-13 地震の発震機構解から得られた T 軸 (黒線) と P 軸 (青線) の方位の分布。

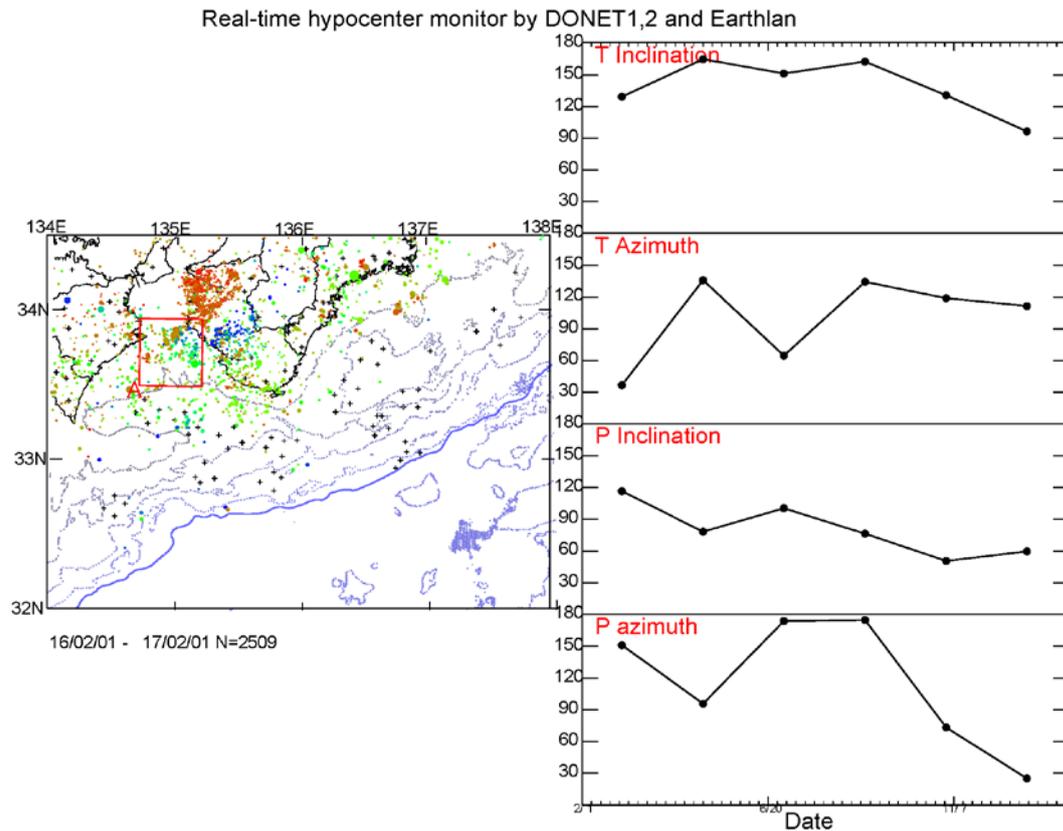


図 3 - 5 - ③ - 14 地震の発震機構解から得られた応力場の主軸方位の時間変化。

(d) 結論ならびに今後の課題

ここまで、DONETデータの自動検知と自動震源決定をシステム化し、これらの情報から統計情報の推定と可視化までつなげた。これらの情報はアーカイブではなく、リアルタイムで求める必要がある。今年度システムを動作させたが、これらの地震の統計情報の推定には、ある程度の地震の数が必要である。統計情報の推定に必要な数の地震を確保することで、同様の図を今後海域で作成し、データの蓄積を進める。プロットが必要な期間については今後アーカイブデータも用いて検討し、海域の震源モニタを行っていく予定である。

このように推定パラメータを可視化することにより、震源の状態のモニタと変化の検出が可能となる。ここでは b 値と応力場についてのプロットを示したが、他の統計情報である地震発生率、 z 値、平均地震規模等についても同様の時空間プロットの作成が可能である。これらのパラメータの時空間変化の推定値と有意性を併せて示すことにより、地震発生域の応力状態のモニタ、そして地震活動の予測能力の向上が期待される。

(e) 引用文献

Horiuchi, S., G. Rocco, and A. Hasegawa, Discrimination of fault planes from auxiliary planes based on simultaneous determination of stress tensor and a large number of a fault

plane solutions, *J. Geophys. Res.*, 100, 8327-8338, 1995.

Habaermann, R.E., Precursory seismicity patterns: Stalking the mature seismic gap, in *Earthquake Prediction, An International Review, Maurice Ewing Ser.*, vol. 4, edited by D. W. Simpson and P. G. Richards, p29-42, AGU, Washington, D.C. , 1981.

Habaermann, R.E., Seismicity rates in the Kuriles Island Arc, *Earthquake Predict. Res.*, 1, 73-94, 1982.

Habaermann, R. E., Man-made changes of seismicity rates, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 77, 141-159, 1987.

Imoto, M., A Bayesian method for estimating earthquake magnitude distribution and changes in the distribution with time and space in New Zealand, *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, vol 30, 103-116, 1987.

井元政二郎, 東海地域における最近の b 値の時空間変化について、地震第 2 輯, 第 40 卷 19-26, 1987.

Imoto, M. , An application of Bayesian (ABIC) smoothing methods to estimating space and time variations in the magnitude distributions of earthquakes, *Ann. Inst. Statist. Math*, 2, 207-225, 1991.

④住民の防災知識構造と社会構造に関する質的調査

(a) 業務の要約

今年度の業務は、平成 27 年度に高知県南国市で実施した避難意図構造の分析結果を静岡県沼津市において追試し、その知見の一般化を検討すること、ならびにその結果を踏まえ HUG(避難所運営ゲーム)方式によるワークショップを開催し、住民を対象とした地域への働き掛けを試行的に行うことを目的とした。

具体的には、第 1 に、沼津市の地域リーダーに対する聞き取りを行い、地域課題を把握した。

第 2 に、地域課題として指定された避難所運営訓練について、沼津市の対象地区および昨年度の対象地域である南国市において、避難所運営訓練の支援を実践した。

第 3 に、避難意図構造とこの避難意図に影響を持つと考えられる条件の特定を、沼津市で実施した稠密な住民調査に基づき分析を行った。その結果、避難意図構造として 5 因子が、さらにこれら 5 因子のなかで主観的規範のみが避難意図を有意に規定するという結果を得た。

(b) 業務の実施方法

静岡県沼津市第 2 地区および第 3 地区の地域リーダーに対して、地域課題の聞き取りを実施した。また、そのうち第 3 地区我入道の 1,000 世帯を対象とした質問紙調査を実施した。有効回答は 490 票であり、有効回収率は 49%であった(詳細は「(c)業務の成果」の「2)避難意図構造と規定因に関する量的調査結果」の項を参照)。

加えて、対象地区において静岡県が開発した HUG(避難所運営ゲーム)方式でワークショップを 2 回開催した。

(c) 業務の成果

対象とした地域は、平成 25 年度に住民調査を実施し、平成 26 年度に市の防災担当者ならびに地域リーダーヒヤリングを実施した沼津市とした。

対象地区は、沼津市の中心市街地沿岸部であり、沿岸で 5～7 m 程度だが、浸水深 2 m 程度の津波で内陸部まで浸水することが予想されており、避難が求められる地区である。避難が難しくなる浸水深 30 cm 程度には地震後 15 分以下の余裕時間しかなく、地域の一部に避難困難地区を含む地域である。

1) 地域課題の把握

2016 年 10 月 20 日に、狩野川の両岸にあたる沼津市第 3 地区および第 2 地区を対象に地域リーダーへの聞き取り調査によって地域課題の抽出を行った。第 3 地区の我入道地区では、狩野川と狩野川の東にある 12.2m の山を超えて浸水することが予想されている。地域内には高い建物や高台がなく、避難困難地区が存在し、また海岸に形成されている浜堤が避難場所であることから、多くの住民は海に向かって避難を迫られることになる。また、第 2 地区でも、海岸および狩野川から浸水が予想され、高齢者の中で避難所まで逃げられないと言っている地区がある。

実際に、今年度に我入道地区で実施した住民調査においても、図 3-5-④-1 に

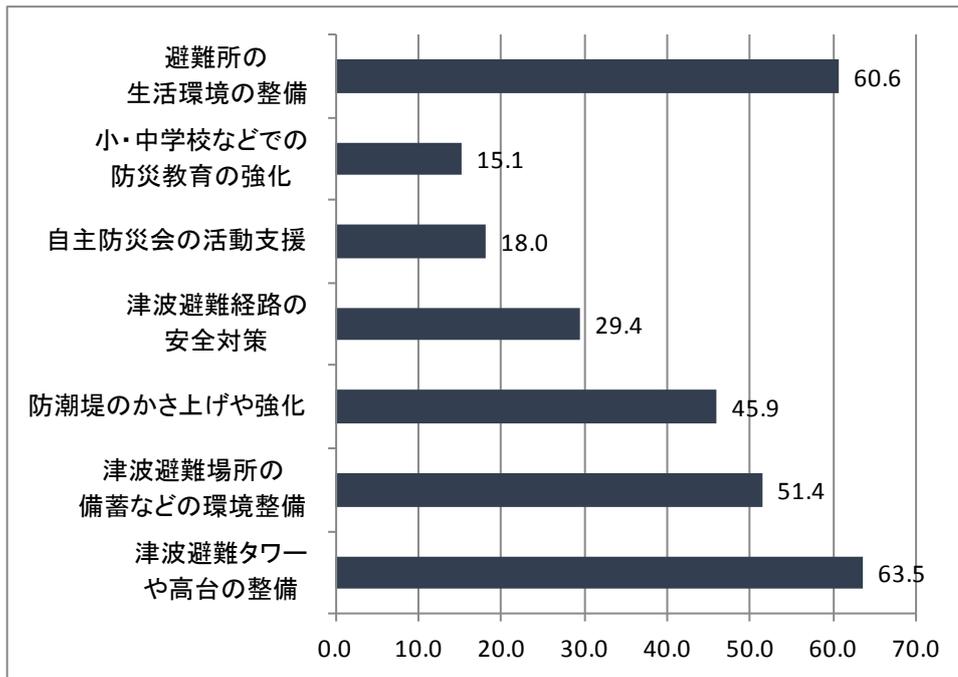


図 3-5-④-1 地域住民が行政に期待すること

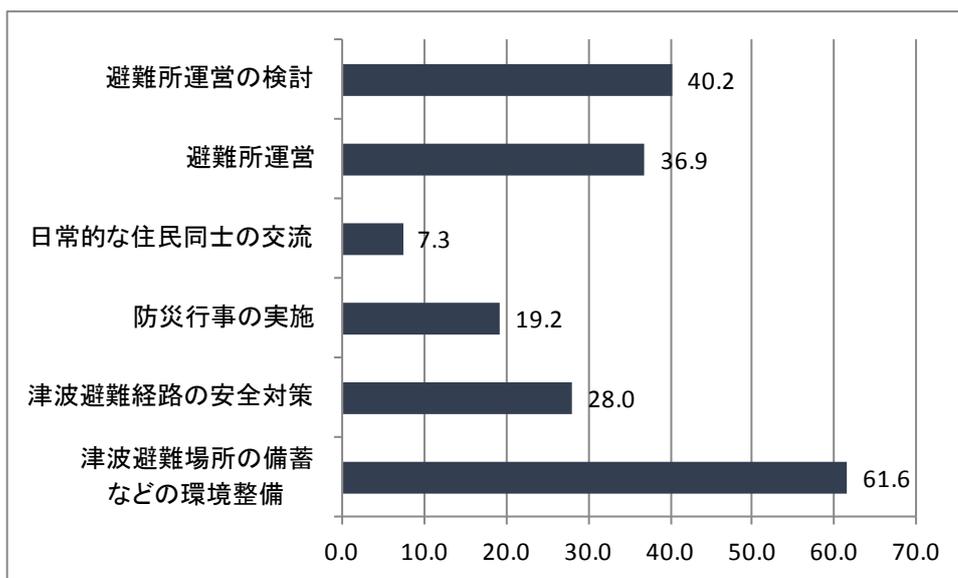


図 3-5-④-2 地域住民がみる地域で取り組むべきこと

示したように（表 3-5-④-1 調査概要を参照のこと）、行政に期待することとして、津波避難タワーや津波避難場所の備蓄等環境整備への要望が高くなっていた。

沼津市および地域リーダーは、まず「自分の命を第一に」と伝えているが、住民は「揺れたら逃げる」という意識はないという。避難勧告が出ていない時点では、自治会からの呼びかけでも難しいだろうと懸念していた。実際に、後述するように他市町村と比べても、強い揺れで避難しようと思う比率は低い（図 3-5-④-7 参照）。

また、東日本大震災が発生してから、地域の防災意識が高まったが、あまりにも津

波に対する衝撃が大きく、津波避難への意識に集中しているという。その結果、倒壊する建物に対する意識が抜けていることに懸念を表明していた。具体的には、家が壊れることはないという想定で、「まず逃げる」という訓練となっている。市は「まず避難ビルに逃げましょう。ある程度安全が確認されたら自宅に戻ってください。自宅が大丈夫そうであれば避難所に来なくていいです。」と指導しているものの、地域住民は「自宅は倒れたら倒れればいい、逃げたらいい」という意識であり、住民は津波に対してまず逃げるとしか考えておらず、耐震化のことはほとんど考えていないのではという懸念が表されていた。実際に、今年度の量的調査において、自宅を耐震化している人は8.4%で、「耐震化する必要のない家に住んでいる」14.7%を除く85.7%の1割程度に留まっているという結果が得られている。

さらに、情報が複雑化あるいは輻輳しているという指摘があった。例えば、津波到着時間に関する情報が国の想定と県の想定で変わっており、混乱しているという。情報の一本化への要望が出されていた。

このほか、避難所運営の練習経験がないことから、逃げた後の生活避難対策が今後のひとつの課題と感じているとのことであり、今年度の量的調査においても、図3-5-④-2に示したように、地域住民が地域で取り組むべきことの第2位にあげられていた。このことを受け、今年度は対象地区において、避難所運営訓練をサポートするワークショップを実施した。

2) 避難意図構造と規定因に関する量的調査結果

平成27年度に実施した高知県南国市での避難意図構造分析結果の一般化を図るために、平成28年度においては静岡県沼津市で稠密な住民調査を実施した。

表3-5-④-1に示したように、沼津市我入道の1,000世帯を対象として実施した。単位自治会の市の広報紙配布担当者を通して、調査票と回収用封筒を調査対象者に配布し、郵送で委託調査会社に返信・回収した。世帯調査ではなく個人調査であるため、無作為に回答者を抽出するため、「1月1日から最も早く誕生日がくる高校生以上の方お一人」に回答を求めた。有効回答は490票であり、有効回収率は49%であった。

表3-5-④-1 調査概要

調査方法：自治会経由で配布、郵送回収

調査時期：2017年2月

対象者数：1,000世帯

回収数：有効回答数490票（有効回答率49%）

調査票の設計の概略は図3-5-④-3に示した通りである。最終的な目標は、実際の避難行動（図中の⑥）を生むリスクコミュニケーションに資する知見を生み出すことであるが、そのためには避難意図（図中⑤）を高めることを目標としている。この避難意図に対して、図中①で示したより一般的な防災全般に対する態度ならびに態度の行動的な側面の指標である防災準備行動、②で示した個人属性、④で示した実行可

能性や効果性評価等の規定因が直接的に影響していることを仮定している。また、③で示した地域課題や世帯毎の課題の認知は、実行可能性や規範等の避難意図の規定因④に影響しているものと仮定している。

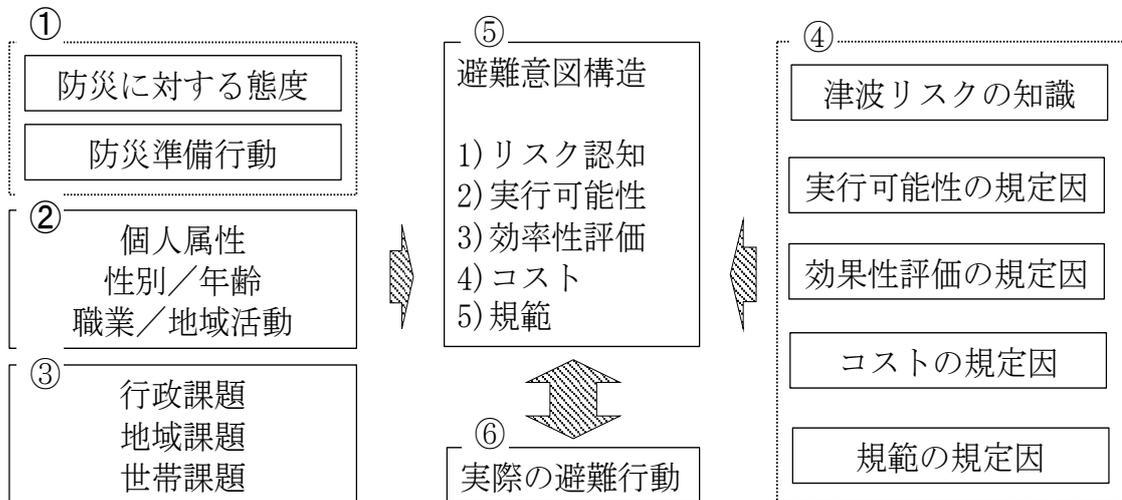
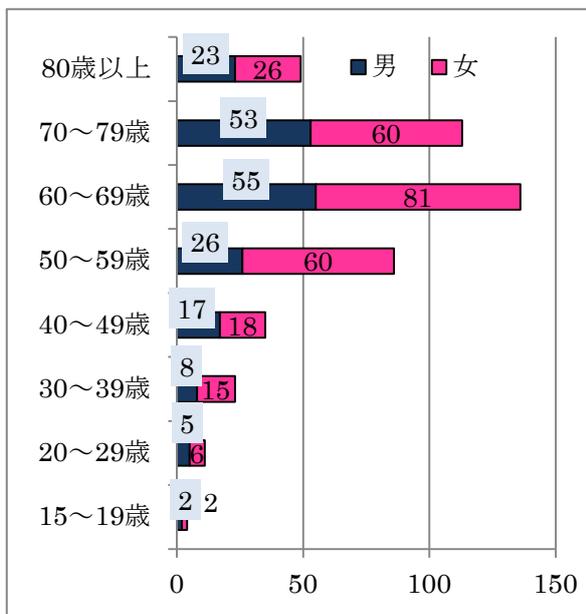
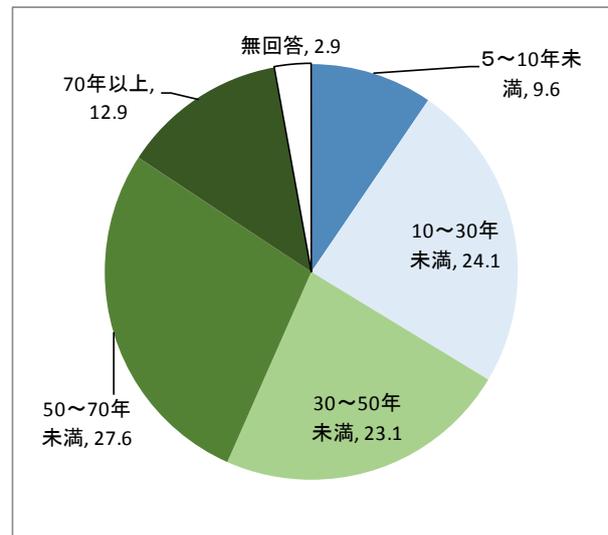


図 3 - 5 - ④ - 3 調査票の設計



(単位人)

図 3 - 5 - ④ - 4 性別年齢実数



(単位%)

図 3 - 5 - ④ - 5 居住年数

回答者の基本属性は、図 3 - 5 - ④ - 4 に年代別性別を示したように、男性が 38.8% に当たる 190 名、女性が 55.1% に当たる 270 名と女性が多い。なお、6.1% の 30 名が無回答であった。年代別では、10 代・20 代が 3.0%、30 代・40 代が合わせて 12.8%、50 代が 17.6%、60 歳代が 27.8%、70 歳代以上が 33.3%、平均年齢 63.0 歳と高齢層が多い結果となった。そのため、職業も、無職が 27.3% と多く、ついで専業主婦 19.8%、勤務者 18.0%、パート・アルバイト 13.3%、自営業 8.2% となっている。地域での役員

等の経験は、何もしていない人が 56.5%と過半数を占めるが、自治会・町内会長を 22.9%が経験しているほか、自主防役員を 2.4%、婦人会を 8.6%が経験している。

また、図 3-5-④-5 に示したように、居住年数は 30 年以上が 63.6%を占めており、50 年以上に限っても 40.5%と長い人が多い。このように、今回の対象地区は、長年にわたり住んでいる人が多く、コミュニティの強い地域といえよう。これらの傾向は、今年度の量的調査からも「地域の運動会、お祭り、共同の清掃などの行事や会合」に「良く参加している方だ」が 38.2%、「どちらかといえば参加している方だ」が 33.9%と割合が高い結果からも確認できる。これらの傾向は長年の東海地震対策を経て、防災面にも現れており、この 1 年以内に地域の津波避難訓練に参加したことがない人は 25.1%にとどまり、4 分の 3 の人が訓練参加という他地域には見られない高い参加率にも現れている。避難意図構造モデルで仮定している「規範」が効果を持つ可能性を示す結果となっている。

大地震の発生危険性の認知も高く、図 3-5-④-6 に示したように、近々この地域で大地震が起こるか」に対して、「必ず起こると思う」人が 24.3%、「おそらく起こると思う」が 51.2%と 4 分の 3 の人が発生すると受け止めている。津波についても、自宅の津波浸水が「予測されている」が 79.4%と認知されている。市のハザード

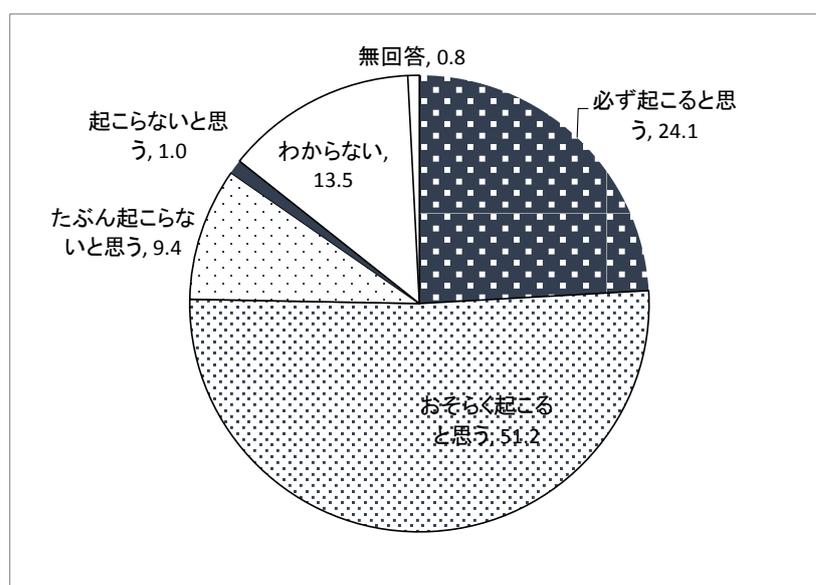


図 3-5-④-6 大地震の発生危険性認知

ードマップで示されている地震発生から津波が自宅に到達するまでの余裕時間についても「10 分未満」とした人が 72.5%、「10 分から 15 分未満」が 16.2%と正しく認知されている。その一方で、予想される自宅周辺の浸水深については、「4 m 以上」が 26.5%、「2 m から 4 m 未満」が 11.8%、「1 m から 2 m 未満」が 11.1%となっているものの、「わからない」が 36.0%と 3 分の 1 以上を占めている。避難意図モデルで仮定している「リスク認知」は全般に高い地域であると考えられる。

実行可能性に関する結果は、「津波がくるまでの時間が短い」を 74.1%があげており、共通性が高いことから、実行可能性の違いの説明力は弱い可能性がある。しかし、「自分自身の年齢や健康、体力」に不安を持つ人が 37.1%、「避難場所までの距離が遠い」を 27.8%、

「揺れや火災で通れない道がある」を 23.3%の人があげている。

効果性評価に関する結果としては、「避難場所のスペースの広さ」を 67.3%が、「津波に対する避難場所の高さ」を 55.5%、「津波に対する避難場所の頑丈さ」を 47.8%があげていた。避難場所へ避難することの有効性認知を高める上で、これらの要因に対して丁寧な説明が求められることを示唆する結果となっている。

コストに関しては、避難の支障となる事情の中に「あてはまるものはない」とした人が 32.4%と最も多かったが、「家を離れて逃げるのが難しい病人・高齢者など」の同居人の存在を 30.6%があげていた。避難困難者の問題は容易な解決策がないが、地域支援のあり方や避難場所の施設整備のあり方で、この比率を少しでも下げていくことが求められる。逆に、14.7%があげていた「一緒に避難できないペット」がいる点については、避難場所でのルールや地域合意を通じて解決可能な課題であろう。

避難意図構造を独立変数とした場合の従属変数となる避難意図については、「強い揺れを感じたとき」、「長い揺れを感じたとき」、「大津波警報を聞いたとき」、「避難勧告・避難指示などを聞いたとき」ならびに「近所の人が多くが避難しているのを見たとき」の 5 条件で見た。これまでの結果では、高知県南国市や土佐市と比べて揺れだけで避難しようとする率が相対的に少なく、避難指示・勧告待ちの傾向にあることが分かっている。

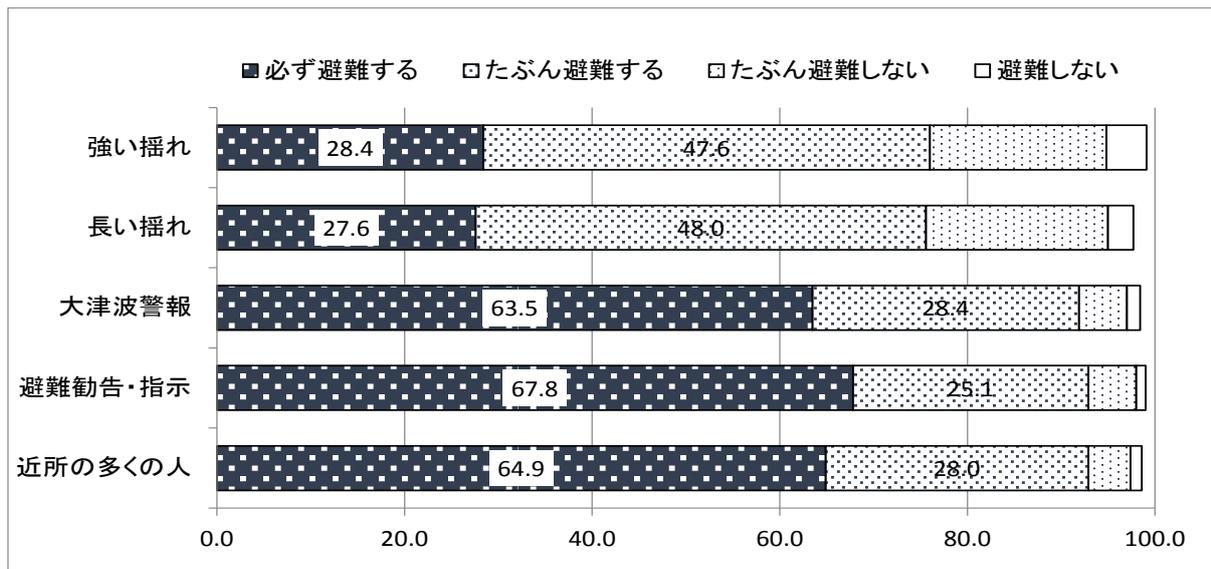


図 3-5-④-7 5 条件に対する避難意図

今回の結果を図 3-5-④-7 に示したが、この傾向を確認する結果であり、強い揺れを感じたら「必ず避難する」とした回答者は 28.4%、「たぶん避難する」が 47.6%と、合わせて 76.0%となっている。これに対して、避難勧告・避難指示を聞いた場合には「必ず避難する」が 67.8%、「たぶん避難する」が 25.1%と、合わせて 92.9%に上昇している。

後述の避難意図構造の従属変数としては、分散を確保するため強い揺れを感じたときおよび長い揺れを感じたときの避難意図選択値の合計を合成変数とした。合成尺度とした強い揺れでの避難意図と長い揺れでの避難意図のクロス集計結果を表 3-5-④-2

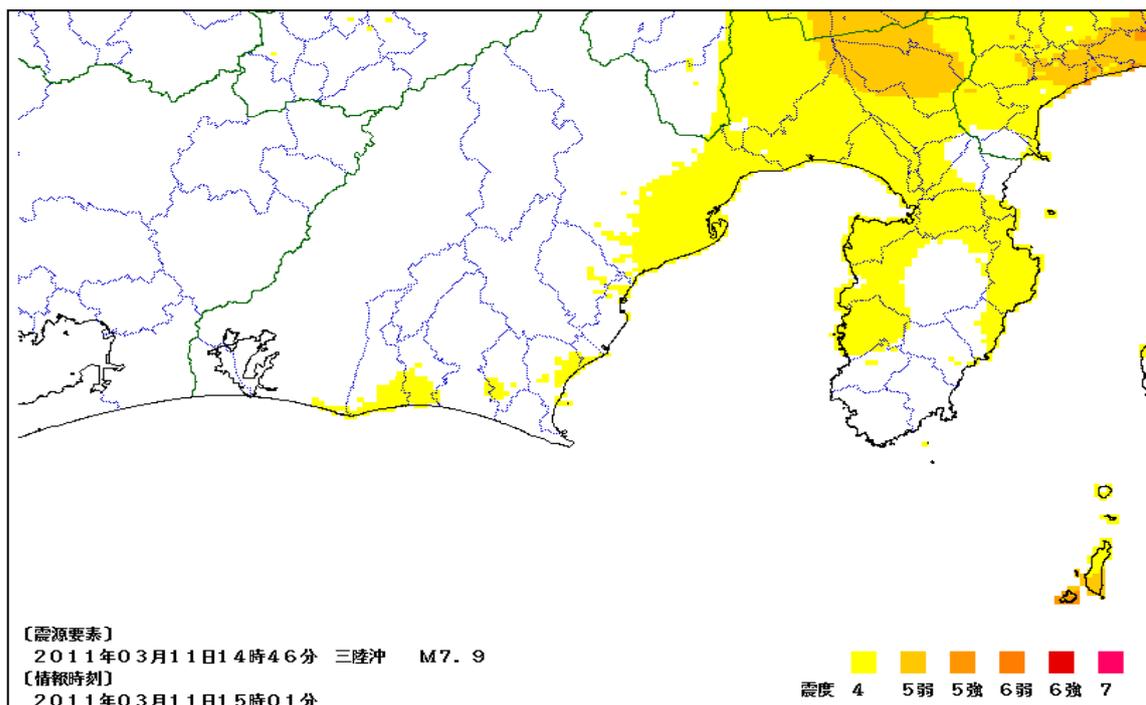
に示した。表中の対角線に分布が集中しているように、強い揺れと長い揺れに対して、たとえば「必ず避難する」といった意図が両条件で相関している傾向はあるが、ずれも認められることから、強い揺れと長い揺れへの避難意図を合成変数にした方が分散は大きくなっていることを確認できる。

これらの避難意図と現実の避難行動との関係を見るために 2011 年 3 月 11 日に発生した

表 3-5-④-2 強い揺れを感じたときと長い揺れを感じたときの避難意図

		長い揺れで			
		必ず避難	おそらく避	おそらく避	避難しない
強い揺れ	必ず避難	19.2	8.2	0.4	0.2
	おそらく避難	8.0	34.9	3.7	0.0
	おそらく避難しない	0.4	3.9	14.3	0.0
	避難しない	0.0	0.8	1.0	2.4

東北地方太平洋沖地震時の避難行動を把握した。2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震時に強い揺れを感じた人は 54.7%、長い揺れを感じた人は 66.1%と高い。気象庁の推定震度分布によれば、沼津市では震度 4 程度となる。



(出典) 気象庁 HP 震度データベースから一部を切り取り

図 3-5-④-8 東北地方太平洋沖地震時の推定震度分布

「避難しようと思った」人は 15.6%と 2 割をきっており、「避難しようか少し迷った」人が 22.8%、「あまり避難しようとは思わなかった」(37.1%)、「全く避難しようとは思わなかった」(22.3%)と避難意図は高くなかった。さらに、実際には 79.5%が避難

をしておらず、「避難所に向かい、到着した」人は7.1%まで下がる。図3-5-

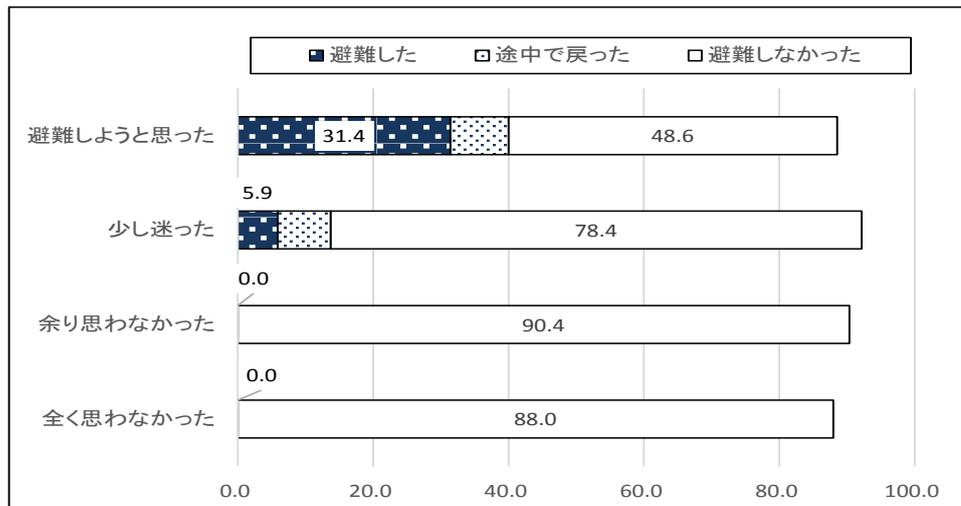


図3-5-④-9 避難意図と実際の避難行動

④-9に示したが、「避難しようと思った」人に実際に避難した人が多く、「余り思わなかった」や「全く思わなかった」人に避難した人はいない。

当然の結果と見えるが、実際の避難行動事例では、避難率が高い地域ではこれら個人の意図レベルでは避難を考えなかった層で、実際には避難をしていることが見出されており、この意図と実際の行動との相違は規範の影響と解釈されているが、今回は意図と実際の行動とが一致していたことになる。

次に、避難意図構造に関する結果を紹介する。

避難意図構造に関しては、18問からなる質問項目を設定し、地域住民の津波避難に関する意図構造モデルを作成した。これらの質問項目は前年度までに実施した調査をベースとしつつ、問題のある項目を修正したものとなっている。

避難意図構造を測定する18項目はそれぞれ「実行可能性」「効果性評価」「主観的規範」「記述的規範」「リスク認知」「コスト認知」の6因子のどれかに当てはまるものとして作成された。よって、まずは6因子構造を指定した因子分析（最尤法、プロマックス回転）を実施したが、実行可能性と効果性評価がひとつの因子にまとまる傾向が認められた。この傾向は指定する因子数を変えても頑健に生じるものであったため、実行可能性と効果性評価とをひとつの因子として全体の因子構造を6因子から5因子へと減らした構造と仮定することとした。また、リスクの項目として設定していた「自宅の建物は、津波に対して危険だと思う」という項目の共通性が低いこと、主観的規範として設定していた「大きな揺れの後に自分が避難しないでも、周りからとがめられることはないと思う」という項目の因子負荷量が低く、且つ、複数の項目に対して同程度の因子負荷量を示すことから、これら2つの項目を除外することとした。

最終的には、16項目に対して5因子構造を指定した因子分析（最尤法、プロマックス回転）を実施したところ、おおむね当初の予測通りの意図構造が検出された（表3-5-④-3）。

さらに、因子分析で得られた各因子が避難意図にどのように影響しているかを検証した。調査対象者は「強い揺れを感じたとき」及び「長い揺れを感じたとき」のそれぞれに対して避難すると思う程度を回答したが、これら二つの回答値の平均値を従属変数とした重回帰分析を実施した。独立変数を上記の5つの因子の平均値とし、ステップワイズ法で独立変数の選定を行った結果を表3-5-④-4に示す。実行可能性や効果性評価、コスト認知は避難意図に影響を及ぼさず、主観的規範、記述的規範、リスク認知がそれぞれ独立に影響を及ぼすという結果が示された。

表3-5-④-3. 避難意図構造モデルの因子分析結果

	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4	Factor5		
Q5_07	0.727	0.102	0.068	0.069	0.023	実行可能性	G. 地震のとき、急いで家から逃げても、途中で津波に巻き込まれてしまうと思う
Q5_14	0.658	0.011	-0.008	0.061	-0.027	実行可能性	N. 地震の後に、すぐに家から逃げ出しても、無事に避難できる自信がない
Q5_10	0.409	0.099	0.045	0.003	0.126	効果性評価	J. いまの避難場所では、津波に対して十分ではないと思う
Q5_17	-0.426	-0.013	0.121	0.260	-0.096	効果性評価	Q. 避難場所は津波に対して安全だと思う
Q5_04	-0.452	0.115	0.077	0.071	0.011	効果性評価	D. 避難場所までたどりつければ命が助かると思う
Q5_01	-0.653	0.195	0.006	0.032	0.125	実行可能性	A. 地震が起きた後、すぐに家から逃げ出せば、避難場所まで無事にたどり着くことができると思う
Q5_06	0.072	0.878	-0.023	-0.011	-0.039	主観的規範	F. 地震が起きたら、周りの人も私が避難することを望んでいると思う
Q5_02	-0.097	0.704	0.026	-0.043	-0.019	主観的規範	B. 周りの人は私に対して「大きな地震のときはあなたも避難したほうがいい」と思っている
Q5_13	-0.010	-0.008	0.651	0.064	-0.028	記述的規範	M. 強く長い揺れを感じたら、周りの人は、すぐに避難すると思う
Q5_09	0.066	0.151	0.527	-0.016	0.111	記述的規範	I. 津波警報が出たら、地域の人の中で避難する人は多いと思う
Q5_15	0.080	0.079	-0.608	0.168	0.036	記述的規範	O. 大きな地震があっても、周りでは、すぐに逃げる人は少ないと思う
Q5_05	0.042	-0.085	-0.040	0.678	0.108	リスク	E. 津波がきたとき、自宅に残っていても、たいした危険にはあわずにすむと思う
Q5_18	-0.148	0.017	-0.089	0.659	-0.026	リスク	R. 自宅まで、たいした津波は来ないと思う
Q5_08	0.068	0.017	0.050	-0.033	0.683	コスト	H. 避難をすると、大切なものを失ってしまうかもしれないと思う
Q5_03	-0.002	-0.045	0.009	0.153	0.592	コスト	C. 避難をすると、支障がでてしまう大事なことがあると思う
Q5_16	0.089	0.060	0.098	0.354	-0.407	コスト	P. 家を離れて避難をしても、失うものやできなくなって困ることはない

表 3-5-④-4. 避難意図を従属変数とした重回帰分析結果

変数	自由度	パラメータ推定値	標準誤差	t 値	Pr > t	標準推定値 (β)
Intercept	1	1.58755	0.19754	8.04	<.0001	0
Factor2	1	0.34497	0.04481	7.7	<.0001	0.33263
Factor3	1	0.2248	0.05542	4.06	<.0001	0.17843
Factor4	1	-0.18966	0.04133	-4.59	<.0001	-0.189

表 3-5-④-4 の結果はあくまで避難意図を従属変数とした結果であり、実際の避難行動に対して影響するかは不明である。そこで、2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震において実際に避難したかどうかを従属変数とした重回帰分析を実施した。独立変数を上記の 5 つの因子の平均値とし、ステップワイズ法で独立変数の選定を行った結果を表 3-5-④-5 に示す。主観的規範のみが有意な効果を示し、他の 4 因子は有意な効果を示さなかった。

表 3-5-④-5. 東北地方太平洋沖地震での避難行動を従属変数とした重回帰分析結果

変数	自由度	パラメータ 推定値	標準誤差	t 値	Pr > t	標準推定値 (β)
Intercept	1	2.61168	0.10973	23.8	<.0001	0
Factor2	1	0.11889	0.05896	2.02	0.0452	0.14437

昨年度に南国市で実施した分析結果では、避難意図構造として 5 因子が、また避難意図にこの 5 因子のうち「主観的規範」、「リスク認知」ならびに「実行可能性」の 3 因子が有意な規定因として見出されていた。この昨年度結果と比べて、因子構造として同じ 5 因子であったが、昨年度では「リスク認知」と「コスト」とが混在していたが、今回は独立した因子であったこと、しかし昨年度は独立した因子であった実行可能性と効果性評価とがひとつの因子となった。また、主観的規範が避難意図に対して有意な因子である点は、今年度も同一の結果であったが、リスク認知と実行可能性は有意ではないという結果となった。これらの異同については、さらに平成 29 年度に引き続き詳細な分析を行っていく予定である。

今回の量的調査では、リスクコミュニケーションに資する知見を得るために、これらの避難の有効感を高めたり、低めたり、あるいは規範意識を高めたり、低めたりする変数を特定することで、実際のリスクコミュニケーションで考慮すべき事項を明らかにすることを目的としている。

沼津市の回答者において、「実行可能性」「効果性評価」「主観的規範」「記述的規範」「リスク認知」「コスト認知」の認知要因に寄与する、先行要因を探索的に分析した。

避難場所の「効果性評価」の先行要因としては、避難場所の「高さ」「頑丈さ」「スペースの広さ」を想定して質問を設けた。また、避難場所まで移動する「実行可能性」

の先行要因としては、外的コントロール要因として「避難場所までの距離」「避難経路の安全性」「津波襲来までの時間」を、内的コントロール要因として「自身の年齢や健康、体力」「家族の年齢や健康、体力」を設定した。第一因子である「実行可能性」と「効果性評価」が融合された因子の因子負荷量の平均値を被説明変数とし、上記の各先行要因への反応の有無を説明変数（0-1）として、ステップワイズ方式の重回帰分析を行った。「避難場所の高さ」「避難場所の距離」「自分の体力」が有意な影響を及ぼしていた。

「コスト」因子の先行要因としては、「同行避難の困難なペット」「避難移動の困難な同居家族」「携帯の困難な家財」「仕事での任務」「地域での役割」を設定し、これらへの反応の有無を説明変数（0-1）として、重回帰分析を行った。その結果では、「同行避難の困難なペット」「携帯の困難な家財」が有意な影響を及ぼしていた。

表 3-5-④-6 「実行可能性&効果性評価」因子を従属変数とした重回帰分析結果

変数	パラメータ推定値	標準誤差	t 値	Pr > t	標準推定値 (β)
Intercept	2.616	.058	45.351	<.0001	
避難場所の高さ	-.258	.050	-5.163	<.0001	-.226
避難場所の距離	-.232	.053	-4.366	<.0001	-.184
自分の体力	-.194	.049	-3.933	<.0001	-.166
避難場所の頑丈さ	-.146	.049	-2.951	.003	-.129
そのほか	-.218	.073	-2.972	.003	-.124
襲来時間の早さ	-.116	.058	-2.011	.045	-.086

表 3-5-④-7 「コスト」因子を従属変数とした重回帰分析結果

変数	パラメータ推定値	標準誤差	t 値	Pr > t	標準推定値 (β)
Intercept	2.351	.037	63.901	<.0001	
携帯の困難な家財	-.362	.081	-4.467	<.0001	-.202
ペット	-.318	.087	-3.649	<.0001	-.165

「リスク認知」因子については、大地震の発生確率の認知（4尺度）と、津波浸水深さの認知（「1m未満」「1m～2m未満」「2m～4m未満」「4m以上」の4区分）を先行要因とした。なお、「津波の浸水はない」あるいは「わからない」とした回答者は分析から除外した。重回帰分析の結果では、浸水深が有意な影響を及ぼしており、深く認知するほど、リスク認知が高くなる傾向であった。

表 3-5-④-8 「リスク認知」因子を従属変数とした重回帰分析結果

変数	パラメータ推定値	標準誤差	t 値	Pr > t	標準推定値 (β)
Intercept	3.373	.178	18.981	<.0001	
浸水深の予測	.169	.039	4.295	<.0001	.277
発生確率の認知	-.242	.077	-3.138	.002	-.202

「主観的規範」および「記述的規範」に寄与すると想定した要因として、「地域活動全般の活性度」「防災活動の活性度」「防災訓練への地域住民の参加率」「地域防災リーダーとの面識度」「回答者の地域活動全般への参加度合」「回答者の地域住民との交流の深さ」について、いずれも4尺度となるよう標準化し、重回帰分析を行った。その結果、「記述的規範」に対して「防災活動の活性度」が有意な影響をもたらしていた。

表 3-5-④-9 「主観的規範」因子を従属変数とした重回帰分析結果

変数	パラメータ推定値	標準誤差	t 値	Pr > t	標準推定値 (β)
Intercept	1.325	.140	9.449	<.0001	
地域活動全般の活性度	.215	.077	2.793	.006	.157

表 3-5-④-10 「記述的規範」因子を従属変数とした重回帰分析結果

変数	パラメータ推定値	標準誤差	t 値	Pr > t	標準推定値 (β)
Intercept	1.563	.094	16.658	<.0001	
防災活動の活性度	.175	.047	3.745	<.0001	.208

3) HUG を通した地域住民への働きかけ

平成 27 年度に実施した静岡県焼津市、高知県南国市でのヒアリング、平成 28 年度に実施した静岡県沼津市でのヒアリングの中で、住民の中には避難行動を起こした後の避難生活への関心が高まっており、避難所運営に関するワークショップなども実施しているという共通した話題があった。その際に、研究チームでワークショップの支援が可能である旨を申し出たところ、平成 28 年度は静岡県沼津市、高知県南国市から HUG（避難所運営ゲーム）の講師依頼があり、市が企画する研修会に 1 名を講師として派遣した。それぞれの研修概要を以下の表 3-5-④-11 に示す。

表 3 - 5 - ④ - 11 HUG (避難所運営ゲーム) 研修の概要

日時	平成 29 年 1 月 12 日 (木) 9:30~12:00	平成 29 年 2 月 12 日 (日) 9:00~12:00
場所	沼津市第三地区センター	アンジェブラン
対象	沼津市赤十字奉仕団 (下香貫支部・第三地区中支部)	市内の自主防災組織リーダー
人数	約 30 名	約 110 名
グループ数	6	18
研修時間	2 時間 30 分	3 時間
構成	①開会挨拶 ②HUG の説明 ③アイスブレイク ④HUG の実践 ⑤グループふりかえり ⑥グループ発表 ⑦講評と解説 ⑧閉会挨拶	①開会挨拶 ②HUG の説明 ③アイスブレイク ④HUG の実践 ⑤グループふりかえり ⑥グループ発表 ⑦講評と解説 ⑧閉会挨拶
図面	地域の避難所図面を使用	HUG のキットの同封物を使用

HUG (避難所運営ゲーム) は、2007 年に静岡県で開発された地震発生後の避難所運営を疑似体験する教材である。その時その場にいる人々の知恵や経験を持ち寄って話し合い、決断をしながら、避難所の図面上に避難者に見立てたカードを配置したり、カードに書かれている出来事に対応したりしてゲームを進めていく。避難者の中には様々な年齢、性別、国籍の人がおり、持病や障がいを抱えている人もいる。自宅の損壊程度も様々であり、家族を失った人も含まれている。地域住民のみならず、日本人や外国人の旅行者も避難所を訪れる。また、避難所の図面は、研修によって教材に含まれている一般的な小学校の図面を使用する場合もあれば、実際の避難所図面を使用する場合がある。静岡県によると、東日本大震災の後に全国的に HUG の関心が高まり、販売されている教材は申し込み後、手元に届くまで数ヶ月かかるほどの需要が生じたという。

沼津市では、津波浸水が予想されている地域の赤十字奉仕団を対象とした女性向けのワークショップを開催した。避難所の図面は、参加者の居住地域内の避難所図面を用い、沼津市の事情を考慮した状況説明と情報提供を行った上で、グループごとに HUG の実践を行った。ゲームの後に講師の作成した「ふりかえりシート」を元に、各グループでふりかえりを行い、その結果を抜粋して発表する時間を持った。グループ発表の内容は講師がその場でパワーポイントに入力し、全グループ発表後に入力した画面を見せながら、全体のまとめと解説を行った。沼津市のふりかえりの結果を図 3 - 5 - ④ - 10 に示す。なお、A ~ F はグループ名、各項目は順に、最後に対応したカード番号、3 「HUG を通じて、避難所運営を進める上で大切だと感じたポイント」、4 「HUG カードの中で、自分たちの地域で起こりそうだと感じた項目」、5 「HUG カード以外に、この地域で対応が必要になりそ

うな項目（イベント、避難者）」、6「地域の避難計画やマニュアルに加えたり、考慮した方がよいと思った事柄」、7「その他の意見」である。カードを進めた枚数は44枚から76枚とばらつきがあったが、参加者のほとんどがHUG未経験者だったため、76枚のカードを進めたグループがハイペースであったと言える。また、各グループの発表からは、HUGによって、避難所の施設の使い方、多様な人々への対応、ペット対応、他のハザードへの対応などについての気づきを得たことがうかがえた。特に当該地域は津波想定区域であることから、津波の場合の対応についての意見が多く出された。

発表内容	
A	44枚 3：受付がしっかりしていないと、振り分けができない。地域・年齢・家族構成振り分け大変だった。 4：ペットの振り分け。病人。高齢者のみの世帯。 5：車いす。外国人対応。津波。 6：自治会に入っていない世帯に知らせるマニュアルなどを加えた方がよい。
B	46枚 3：熱と咳が出ている方を保健室（技術室）犬を連れてきている方。犬が癒やしになるのではと考えて一緒にした。 4：建物の全半壊。 5：津波対応
C	75枚 3：受付と地域・病人・動物等の仕分け 4：動物、車中泊を考えると駐車場確保。仮設トイレなどのスペース決め。 5：単身の障がい者。手話などできる人の確保。 6：香貫小までの坂を登るのが大変。リーダーをきめておくことが必要。
D	76枚 3：受付を地区ごとに作る。リーダーをその中から決める。体育館内を地区割り。トイレの使用禁止を貼る。 4：ペットを連れてくる人。高齢者のみ、子どもだけの世帯への対応 5：地域外の人 came ときの対応。受け入れるのかどうか。地域の人が入れなくなる懸念。外国人を対象とした避難訓練。言葉が通じない人。 6：ペットをどうするか。ケージがない場合。トイレ使用禁止では不足。地域外の人。停電時の対処
E	55枚。3：受付 ひとり一人の気持ちになり思いやりを持った対処が必要。 4：高齢者、子どもへの配慮 5：津波、土砂崩れ、火災への対応をどのようにするか 6：海外の方の避難。道路が狭い。地震によって避難の道路がふさがれる懸念。
F	70枚 3：状況判断。受付。協力が大切。 4：車避難の方のための確保。トイレ。たばこ。喫煙場所はプールそばにした。 5：病人、高齢者。区別をどうするか。 6：酸素ボンベを持った方。どのくらい必要か知っておくことが大切。外国語話せる方。わかりやすい情報 7：防災倉庫。テーブル。紙とペン。受付で書いてもらえるように。誰がまとめていくか。

図3-5-④-10 沼津市で実施したHUGのグループ発表内容

南国市では、地域の自主防災組織のリーダーを対象としたHUGを実施した。参加者は全市にわたっているため、避難所の図面は、特定の地域のものではなく、HUGのキットに含まれているものを利用した。沼津市と同様に、ゲームの説明とアイスブレイクの後HUGの実践を行った。約110名17グループという大人数のワークショップだったため、ゲームの後の各グループで行うふりかえりについては、短時間にポイントをまとめた発表となるように、沼津市と異なる「ふりかえりシート」を作成した。沼津市と同様に、グループ発表の内容は講師がその場でパワーポイントに入力し、グループ発表後に入力した画面を見せ、まとめと解説を行った。南国市のふりかえりの結果を図3-5-④-11に示す。なお、1～17はグループ名、各項目は順に、最後に対応したカード番号、判断のスピード（スピード重視／熟慮型）、対応の傾向（全体のバランス重視／個別事情に

配慮)、部屋の使い方(体育館優先/教室もどんどん開放する)、物資配布・使用(どんどん配る・どんどん使う/たっぷり残す・少しずつ使う)、安心:不安(グループの中でこの避難所で避難生活を送るときに安心/不安と答えた割合)、HUG ゲームにおける避難所対応の改善点とした。カードを進めた枚数は36枚から154枚と大きな開きがあったが、36枚のグループは、自らのグループの決断の傾向を「スピード重視型」と認識していた一方で実際には熟慮している場面が多く見られた。このグループは、自分たちの運営する避難所での生活になっても安心というメンバーの方が多かった。一方、最も早い154枚進めたグループは、自らのグループをスピード重視、かつ全体のバランスを重視、体育館を優先で使用し、物資はどんどん配り、どんどん使うというゲームの進め方をしてきた。その運営方法に対し、自らが避難者になった場合、全員が「不安」と答えていた。全体的に、避難所運営の改善点として、避難所運営を円滑に進めるための平時の準備、たとえば役割分担や要配慮者の把握、ペット対応のような仕組み作りに加え、間仕切りやトイレなどの資材の気づきを得られていた。

行政ヒアリングとアンケート調査の調整の中から始まった HUG 研修支援については、今後も要望に応じて継続していく予定である。

No.	決断	対応	部屋	配る使う	安心:不安	理由	改善点	
1	130	熟慮	個別	体育館	少しずつ	1:5	個人の事情わかりにくい	訓練マニュアルの整理/リーダーシップ。 /事前の役割決め
2	63	熟慮	全体	体育館	少しずつ	0:7	避難のストレスへの不安	あらかじめグループ決めによる配置
3	88	スピード	全体	体育館	どんどん	0:5	病気の対応、ペット対応わからない	ペットに対して、ハード面でも対応できる施設があれば
4	88	熟慮	全体	体育館	少しずつ	4:4	判断できた/プライバシー	段ボールなど、仕切りを用意した方がいいのではないか。
5	84	熟慮	個別	体育館	?	0:6	トイレ・ペット・高齢者に時間がかかった	役割分担をあらかじめ整理しておくといのでは
6	81	スピード	両方	体育館	少しずつ	0:7	カードの情報少ない	もっとカードやってみたい。今だと余裕ある
7	91	熟慮	全体	体育館	どんどん	5:1	楽観的?。コミュニケーション取れる	人の入れ替え難しい。難しい条件の人が来たら不安
8	88	熟慮	個別	体育館	どんどん	5:2	体育館に同じ地区の人で固めた。/トイレの対応先回り	体育館の間仕切り。配置の配慮/ポータブルトイレ。飲料水の確保
9	154	スピード	全体	体育館	どんどん	0:7	すぐ使えるトイレない。食料庫がない。医療体制。	仮設トイレ。物資食料。事前に薬など。まず自己管理。 /地区代表者による運営組織を早急に設置。役割分担決定
10	75	スピード	個別	どんどん	どんどん	7:0	それぞれに配慮できた。	最初の配置を変更した。
11	81	熟慮	個別	体育館	どんどん	0:5	身体面、衛生面。/仮設トイレ遅い。	現状の組織。家庭環境などの把握。受付での対応をスムーズにするために
12	124	スピード	個別	どんどん	どんどん	0:7	色んな事案があり判断できない	全体把握。そのための訓練。マニュアル整備。
13	78	熟慮	個別	体育館	-	5:2	部屋割り良かった・対人関係に不安	トイレが不安・ペット。責任者・有資格者などを確保。仮設トイレと飲み水備蓄希望
14	36	スピード	全体	体育館	どんどん	4:1	どんどん進めた方がよい	地域の話し合いで改善はかりたい。
15	124	スピード	個別	どんどん	どんどん	5:1	リーダーシップ。意思決定早い/自分にできるか	全体の使用箇所の検討を行う。
16	90	熟慮	全体	体育館	どんどん	6:0		リーダーの入道がポイント/運営スタッフ増員。資格などの事前把握
17	88	熟慮	全体	体育館	どんどん	5:1	経験者がいてスムーズに進められた/赤ちゃんや高齢者などへの配慮が不足	もう少し時間をかけた方で部屋の分配をした方がいい

図3-5-④-11 南国市で実施した HUG のグループ発表内容

(d) 結論ならびに今後の課題

今年度の業務は、沼津市で実施した調査結果と平成27年度に避難意図構造

を分析した高知県南国市の結果とを比較し、その知見の一般化を検討すること、ならびにその結果を踏まえ HUG(避難所運営ゲーム)方式によるワークショップを開催し、住民を対象とした地域への働き掛けを試行的に行うことを目的とし、以下の成果を得た。

第1に、地域リーダーに対する聞き取りを行い、地域課題を把握した。今回の地域は、避難場所が遠い、海に向かって避難するといった避難場所の整備に関わる課題、および避難所運営訓練の必要性などが指摘された。また、津波への意識が強くなりすぎていることから、リスクコミュニケーション実施時には耐震対策の訴求が重要となる。

第2に、この避難所運営訓練の必要性の指摘を受け、沼津市の対象地区および昨年度の対象地域である南国市において、避難所運営訓練の支援を実践した。住民の戦略の評価やフィードバックについて今後も検討を進めていく。

第3に、避難意図構造とこの避難意図に影響を持つと考えられる条件の特定を、稠密な住民調査に基づき分析を行った。その結果、避難意図構造として5因子が、さらにこれら5因子のなかで主観的規範のみが避難意図を有意に規定するという結果を得た。昨年度までの調査との相違を詳細に分析していく必要がある。

第4に、これらの避難意図の5因子に対して影響を与える変数の特定を行った。今後のリスク・コミュニケーションの実践に際しては、これらの変数への働きかけが必要と考えられる。次年度以降、これらの影響要因に配慮した地域活動を支援するプログラムを検討していく。

(3) 平成 29 年度業務計画案

巨大地震発生域調査観測研究、東日本大震災教訓活用研究、地震・津波被害予測研究との成果運用に関する連携技術・手法について検討と開発を開始する。また、DONET を介したリアルタイムデータの伝送や地震計ネットワークの情報との連動に対応するための機能検討と開発を開始する。DONET のリアルタイムデータのみならず震源分布や統計情報など、理学系の情報も合わせてプラットフォームに自動展開する。公開済みの「南海トラフ広域地震災害情報プラットフォーム Ver.1 ベータ版」が広く社会で利用されるための調査・実験を行い、各種利活用システムとの連携について検討を進める。

研究課題における評価結果等の利活用を目指したデータ収集を行う。データやシステムの整備を SIP とも連携して継続的に実施するとともに、防災に関わる人材育成・教育のための手法等に関する調査・教材開発について研究を進める。リスクコミュニケーション(RC)・人材育成手法の継続的調査・検討と教材開発を行い、避難意図を直接規定する地域変数から RC を改善する。

また、RC・人材育成のための支援プログラムの開発を探索的に行うために、平成 28 年度までに実施してきた行動意図モデルに基づいた避難意図の因子の分析を一步進め、避難意図の因子に効果を持つ変数の同定に展開するとともに、質的および量的調査を通じて、可能性のある変数群の抽出と現場での操作可能性を試行的に分析する。