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	教授 助教 助教 助手 技術支援員	今村文彦 今井健太郎 佐藤翔輔 保田真理 橋本茜
大学院工学研究科	准教授	姥浦道生
独立行政法人海洋研究開発機構 地震津波・防災研究プロジェクト	プロジェクトリーダー グループリーダー 技術主任 サブリーダー	金田義行 高橋成実 馬場俊孝 堀高峰
国立大学法人京都大学 防災研究所	教授	牧紀男
独立行政法人防災科学技術研究所	領域長 地震・火山観測データセンター長 強震観測管理室長 主任研究員	藤原広行 青井真 功刀卓 中村洋光
国立大学法人名古屋大学 減災連携研究センター	教授 教授 教授 准教授 准教授	福和伸夫 野田利弘 北野哲司 廣井悠 護雅史
国立大学法人東京大学 大学院情報学環	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の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術論文・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版を構築する。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（岩手県）を行う。

平成 27 年度：

東北各地域との類似タイプの抽出および文献における「教訓」の整理・体系化を行う。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（宮城県）を行う。

平成 28 年度：

現実的な津波ハザード・リスクマップの作成のほか、暫定版の疑似体験プログラム、生きる力の醸成プログラムの作成を行う。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・抽出を行う。

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 25 年度業務目的

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術論文・調査報告書の文献調査を行う。その上で、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、南海トラフ地震による被災状況と復興状況の想定のための基礎データとする。

また、既に収集されている東北地方太平洋沖地震及びその余震時等の地震波形データについて、汎用性のあるデータフォーマットに変換・整理し、データベース化する。さらに、東日本大震災における構造物の被害関連情報の収集・分析準備、復興プロセスに関するデータ収集及び基礎検討を実施する。

(2) 平成 25 年度成果

①アーカイブシステムの構築・利活用

(a) 業務の要約

既存の東日本大震災アーカイブ「みちのく震録伝」（今村ら，2012）を基にして、「教訓を活用する」目的に特化したアーカイブシステム（南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト指向型アーカイブシステム）の基本設計を行うとともに、東日本大震災に関するデータ（記録・知見）の収集を集中的に行い、コンテンツの充実化を行った。

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、同システムに求められる要件を明らかにした。インタビュー調査の結果、利用者の業種や専門性によって、直接必要になるアーカイブコンテンツの概念レベルが大きく異なることを明らかにし、災害履歴データベース、理論データベース、事例データベースからなる「3 層アーカイブモデル」を導出し、同アーカイブシステムの基本設計とした。

東日本大震災教訓活用型アーカイブシステムのコンテンツを充実させるために、東日本大震災に関係する空間データの調査を既存資料及びインターネット上に公開される情報をもとに実施し、空間データ調査により取得した情報を整理し、データベーステーブルを作成した。また、災害に関する主要学会にて発行されている学術論文や公的機関が発行している調査報告書の文献調査を行い、本文から「教訓」と判断される箇所を抽出し、データベーステーブルを作成した。

(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

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。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（以下、インタビュー調査）を実施し、その結果をもとに、同システムに求められる要件を明らかにするために、システムの基本設計を検討した。

インタビュー調査では、三重県庁（防災対策部防災企画・地域支援課)、三重県紀南地域活性化局（地域活性化防災室)、熊野市役所（防災対策推進課)、御浜町役場（防災課)、紀宝町役場（総務課防災担当）を訪問し、防災・減災対策の現状・課題、南海トラフ広域地震防災研究プロジェクトへの期待、特に東日本大震災の教訓のうち、何を、どのようなかたちで、どのように利用したいかについて構造化インタビューを実施した（各部局 2〜3 名、1〜2 時間ずつ)。その回答結果は主に次の 3 通りであった。

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を行われていた。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、即効性がより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する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」を情報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、まず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、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、大津波を経験した被災自治体が、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、実務上、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、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。東日本大震災の教訓を活用する上では、利用者の業種や専門性によって、直接必要になるアー

カイブコンテンツの概念レベルが、大きく 3 種類に別れることになる（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ものには、a）生データとしての災害履歴（災害履歴データベース）、b）学術論文や報告書などに記載された結論・知見としての理論（理論データベース）、c）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）の 3 種類が存在する。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個別に用意することで、「東日本大震災の教訓」をより効果的に活用してもらえると考えた。インタビュー調査の結果を基本設計の枠組みの中に照らし合わせると、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。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したり、加えて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、といった例が考えられる。

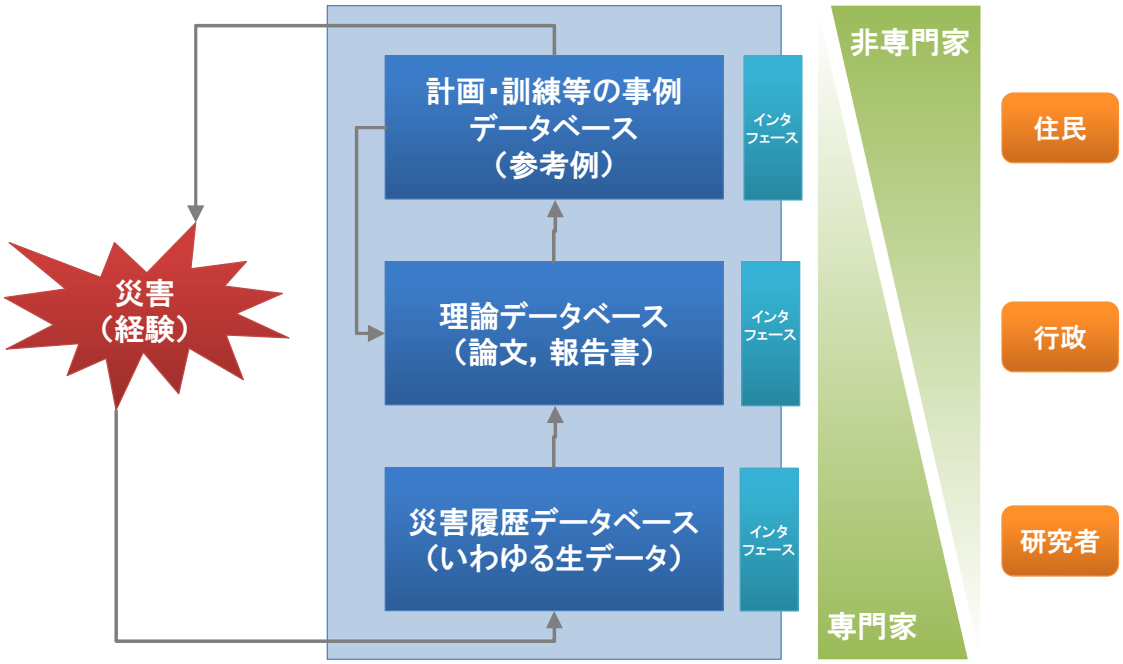


図３－１－①－１　東日本大震災教訓活用型アーカイブシステムの基本設計
（概念図：3 層アーカイブモデル）

平成 26 年度は、特に優先度の高い「東日本大震災の教訓」を具体的に記述している理論データベース（教訓検索システム）を公開するウェブシステムの実装を目指す。図３－１－①－２に教訓検索システムのインタフェース案を示す。学術論文、報告書から、結語部分をもとに情報を整理し、災害対応のフェーズ（発災・初動期、応急対応期、復旧復興期）、立場（住民、行政、支援団体等）、空間特性（平野、リアス、中山間地等）、テーマ（避難、救援・救助、被災者支援、住宅再建等）をキーにして検索できるように開発する。

図３－１－①－２　教訓検索システムのインタフェース案

このほか、既存アーカイブや周辺業界に関する最新技術動向を調査した結果から、東日本大震災教訓活用型アーカイブで利用できる可能性のある機能案を下記に示す：

- GIS データ格納･検索:GIS データを簡易な形で登録/検索できるようにする 簡易的な位置情報検索を可能とする。
- 利用者認証機能（簡易）: LDAP（Lightweight Directory Access Protocol，ネットワークを利用するユーザ名やマシン名などの様々な情報を管理するためのプロトコル）による簡易版（東北大学・東日本大震災アーカイブシステム：みちのく震録伝　検索サイトβ1.0（http://search.shinrokuden.irides.tohoku.ac.jp/shinrokuden/）にすでに実装済）。
- 利用者認証機能：利用者ユーザ認証（外部サービス）との連動する。
- ワークスペース機能：ユーザ毎にアーカイブデータの関連付け、オリジナルタグをつけることができる。
- 共有機能：ワークスペースを別のユーザと共有する。非公開アーカイブデータ

の共有も可能になる。

- SNS 機能：データドリブン SNS（Social Network Service）を構築する。
- レコメンデーション機能：関心のあると思われるデータを機械学習により推奨する。
- ワークスペース GIS 連動機能：ワークスペース内部に GIS データを登録することで、地図との連動が可能になる。
- コンテンツページ：アーカイブデータを個別にみせる機能（データ、表現に応じて個別検討が必要）。

2）東日本大震災で作成・活用された空間データの収集・全容把握

東日本大震災で作成・活用された空間データを東日本大震災教訓活用型アーカイブシステムのコンテンツとして収集するのに先立ち、東日本大震災に関係する空間データの調査を既存資料及びインターネット上に公開される情報をもとに実施した。さらに、空間データ調査により取得した情報を整理し、データテーブルとして作成した。

a）東日本大震災以前より整備される空間データの調査

i）政府が整備する空間データ：平成 15 年 4 月に策定された「政府の地理情報の提供に関するガイドライン」では、政府が保有する地図データ、統計・台帳データ等の地理的位置に関する情報を積極的に国民に広く提供する方針を示している（内閣官房，2003）。中でも国土交通省国土地理院、国土交通省国土政策局、総務省統計局では、各部局がそれぞれに整備する空間データを国民誰もがインターネットを通じて取得することが可能となっている。

ii）地方公共団体が整備する空間データ：県及び市町村等の地方公共団体が整備する空間データは、地方公共団体が自らの業務を行うために必要な情報のみ整備を進めている場合が多い。そのため、整備される空間データは、業務毎の必要とする地理的範囲のみ整備されている場合が多く、かつ、整備された空間データが一般に公開されることはほとんどない。

iii）その他の組織が整備する空間データ：政府及び地方公共団体以外の組織が整備する空間データの代表例として、住宅地図及びタウンページデータベースを挙げることができる。特に住宅地図は、官公庁を始め、民間企業でも広く利用されている情報であり、電子化されたデータは、GIS でも利用可能となっている。住宅地図を刊行する民間会社は、いくつか国内に存在するが、全国、全ての自治体に対応したデータを整備するのは、株式会社ゼンリンのみである。

b）東日本大震災後に整備された空間データの内容

i）国土交通省国土地理院：国土地理院では、発災直後より被災地域の航空写真や地形図、標高データなどを整備し、インターネットを通じて、情報公開をしている。一部のデータは、無償で入手が可能となっている。

ii）国土交通省都市局：都市局では、青森県から千葉県までの津波被災沿岸自治

体 64 市町村に対して、被災した各自治体の被災現況の調査を実施した。調査結果の多くは、GIS 形式の空間データとして整備されている。調査結果は公開されていないが、各被災自治体に調査結果のデータが提供されており、被災自治体の判断によりデータを利用することができる（例：図３－１－①－３，国土地理院，2013）。

iii）国土交通省国土政策局：国土政策局では、東日本大震災後の東北地方における水産業、商業、工業、観光等に関する情報を収集し、GIS 形式にて空間データの作成を実施している。ただし、調査結果については公開されていない。

iv）総務省統計局：統計局では、国土地理院が提供する津波浸水範囲概況と平成 22 年国勢調査の速報人口より津波浸水による人口・世帯の被害推計を実施した（例：図 1-a-4）。

v）県：各県が主管する主要道路の通行規制情報を Web サイトより公開していた。ただし、現在は全ての Web サイトが閉鎖されている。

vi）県警察：東日本大震災による死亡者のリストが各県警の Web サイト上に公開されていた。情報そのものは、空間データではないが、死亡者の住所情報をもとにアドレスマッチング等の空間処理により、空間データとして利活用が可能であった。ただし、現在は、Web サイト上より死亡者リストが削除されている。

vii）市町村：東日本大震災後に市町村が構築した空間データは、市町村の行政事務上必要な情報のみを構築している場合が多く、そのため広く一般に公開される情報は少ない。ただし、福島第一原発事故による放射線の影響に対して、モニタリングを実施している自治体は多く、その測定結果は、空間データとして公開されている場合がある。

viii）民間企業・その他組織：近年、Google Earth 等のインターネット配信型地図情報サービスの発展により、空間データを構築・利活用できる者が増加している。そのため、東日本大震災後は、それまでの大規模災害時と異なり、多種多様な空間データが個人を含め様々な組織によりインターネット上に公開された。しかし、震災より 3 年経過した現在、当時情報を公開していた Web サイトが閉鎖されている場合も数多く存在する。

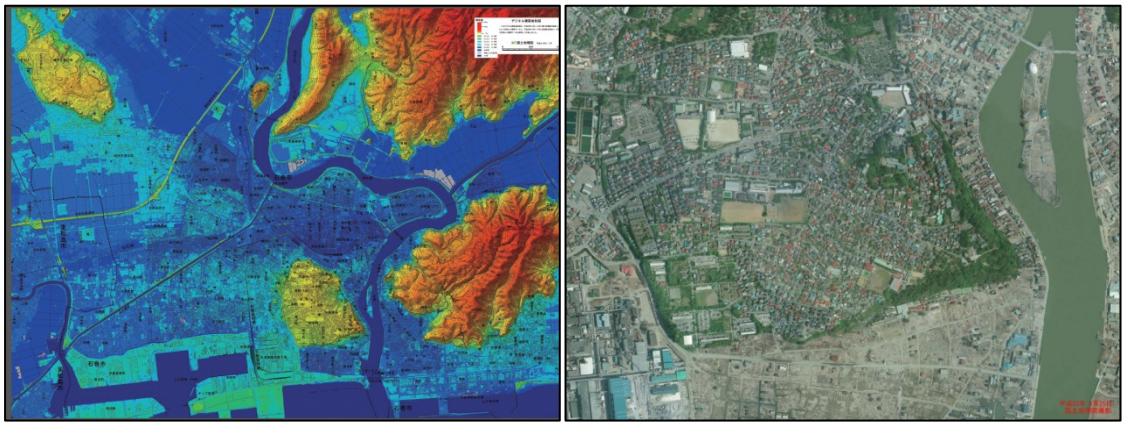


図３－１－①－３　デジタル標高データ（左）と航空写真（右）（国土地理院, 2013）

以上の調査をもとに、ID、データ主管組織、連絡先（電話）、連絡先（FAX）、連絡先（e-mail）、公開サイト URL、空間データ名称（オリジナル）、空間データ名称（大項目）、空間データ名称（中項目）、空間データ名称（小項目）、内容、地理的範囲、時間的範囲、形式、備考をフィールドとするデータベーステーブルを作成した（図３－１－①－４）。

ID	データ主管組織	公開サイト	空間データ名称	空間データ名称：大項目	空間データ名称：中項目	空間データ名称：小項目	空間データ：内容	空間データ：地理的範囲	空間データ：時間的範囲
1	国土交通省国土政策局国土情報課	http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-C23.html	海岸線	1.国土（水・土地）	水域	－	全国の海岸線について、位置（線）、所管官庁、海岸保全区域（海岸法に基づき指定された一定の海岸の区域）の海岸名及び海岸管理者、河口有無等を整備したものである。	全国	平成18年度
2	国土交通省国土政策局国土情報課	http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-P23.html	海岸保全施設	1.国土（水・土地）	水域	－	海岸保全施設として、海岸法第二条において定義される、海岸保全区域内にある堤防、突堤、護岸、胸壁、離岸堤、砂浜（海岸管理者が、消波等の海岸を防護する機能を維持するために設けたもので、指定したものに限る。）、その他海水の侵入又は海水による侵食を防止するための施設を整備したものである。。	全国	平成24年度（データ時点：平成24年度）
3	国土交通省国土政策局国土情報課	http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-W09.html	湖沼	1.国土（水・土地）	水域	－	湖沼及び貯水池について、範囲（面）等を整備したものである。	全国	平成17年度
4	国土交通省国土政策局国土情報課	http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-W05.html	河川	1.国土（水・土地）	水域	－	河川法による1級直轄区間、1級指定区間、2級河川区間、その他流路について、形状（線）、区間種別（１級直轄区間、1級指定区間、2級河川区間等）、河川名、原典資料種別等を整備したものである。また、河川中心線の「流路」の接続状況を明示的に示す端点について、位置（点）、標高値等を整備したものである。	全国	平成18年度～平成21年度 ■整備範囲 平成18年度：四国地方 平成19年度：東北地方（北海道除く）、北陸地方、九州地方 平成20年度：関東地方、中部地方、中国地方 平成21年度：北海道、近畿地方
5	国土交通省国土政策局国土情報課	http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-W07.html	流域メッシュ	1.国土（水・土地）	水域	－	日本全国において、3次メッシュ1/10細分区画（100mメッシュ）毎に、どの河川の流域界に属するかについての情報を整備したものである。	全国	平成21年度

図３－１－①－４　東日本大震災に関する空間データのデータベーステーブル例

東日本大震災後に整備された空間データより作成されたマップについて、マップの内容を元に作成された情報の傾向を分析した（図３－１－①－５）。作成されたマップは、「復旧記録」が最も多く、「災害記録」、「分析」、「地図」、「その他」の順番となった。空間データにより可視化された情報が、災害の記録及び復旧に寄与していることが伺える。

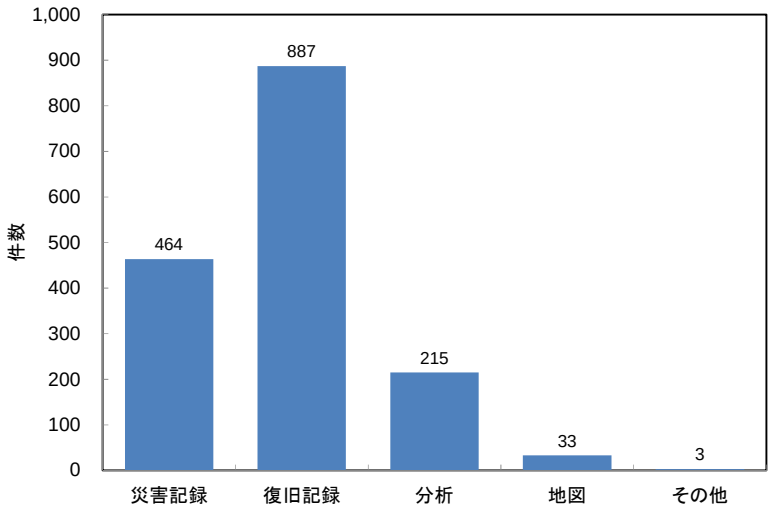


図３－１－①－５　東日本大震災で作成・活用されたマップの種類
（ウェブ公開分のみ）

平成 26 年度は、ここで作成した空間データベーステーブルを東日本大震災教訓活用型データベースにインポートし、東日本大震災で作成・活用された空間データの検索を可能にする。また、1）のアーカイブシステム基本設計のためのインタビュー調査において、津波の来襲映像や津波シミュレーション動画の利用ニーズが高いことから、平成 26 年度はこれらの収集・体系化も進めていく。

3）東日本大震災ほか災害に関する文献調査・全容把握

東日本大震災ほか、災害に関する学術論文と報告書の文献調査を行った。学術論文としては、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、調査主体を官公庁、研究機関、団体等が発行しているものを対象にした。作業手続きは、対象論文マスターテーブル作成、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）、コーディングからなる。なお、対象とした災害イベントは、東日本大震災、新潟県中越沖地震、新潟県中越地震、阪神・淡路大震災、東海・東南海・南海地震である。

下記に、2014 年３月時点での文献調査結果を示す。

a）フェーズ

学会論文等におけるフェーズ分類は、「直後・初動期」に関する教訓が 551 件と最も多く、調査報告書（応急復旧期が最も多い）と少し異なる結果となっている。報告書が取り扱っているフェーズについては、応急復旧期に関するものが最も多く、直後・初動期に関するものが比較的少ない（図３－１－①－６）。

b） 立場

学会論文等に示される立場は、調査報告書と同様に「行政」に関するものが 563 件と最も多い。次いで「住民」（328 件）、「企業・学術機関」（165 件）に関するものが多い特徴もみられる。報告書が取り扱っている立場については、行政に関するものが最も多かった（図３－１－①－７）。

c） テーマ

学会論文等にみられるテーマは、調査報告書と同様に防災・減災に関する教訓が最も多いが、調査報告書に比べテーマは多岐にわたっている。上位には「防災計画・体制・教育」、「災害情報・避難指示・避難行動」、「災害対応・支援業務」「住民・コミュニティ」などとなっている。報告書から読み取れる論旨のテーマは、「防災計画・体制・教育」に集中している（図３－１－①－８）。

d） 空間

学術論文および報告書では、教訓の中に空間に関する記述が含まれるものは多くなく、空間に関する記述がある教訓は学術論文で 96.5%，調査報告書で 84.6%であった。空間に関するほとんどは「沿岸部」に関するものである（図３－１－①－９）。

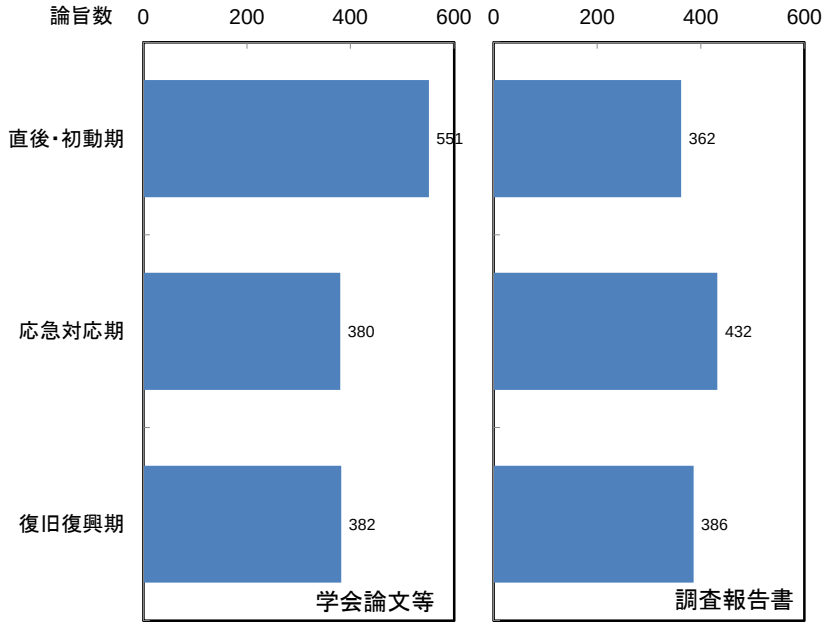


図３－１－①－６　フェーズ別の文献数

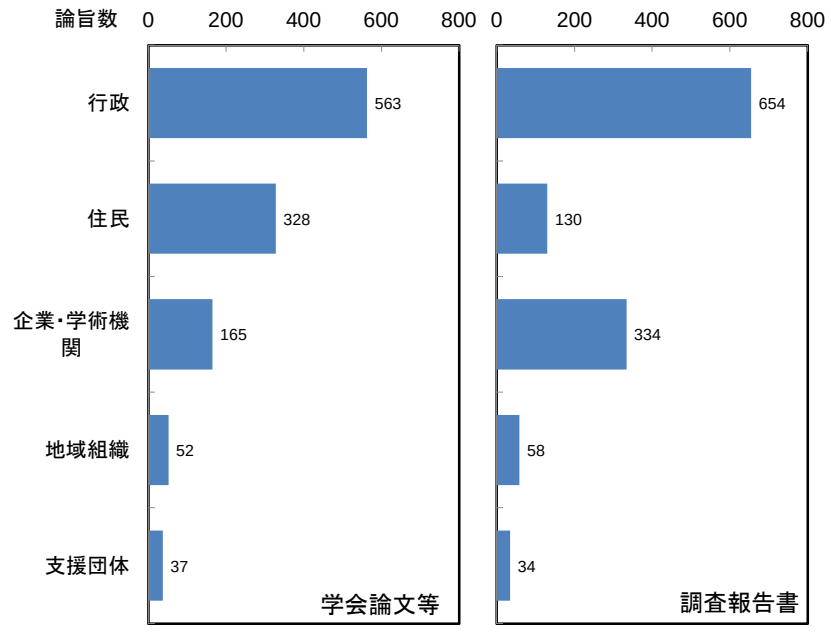


図３－１－①－７　立場別の文献数

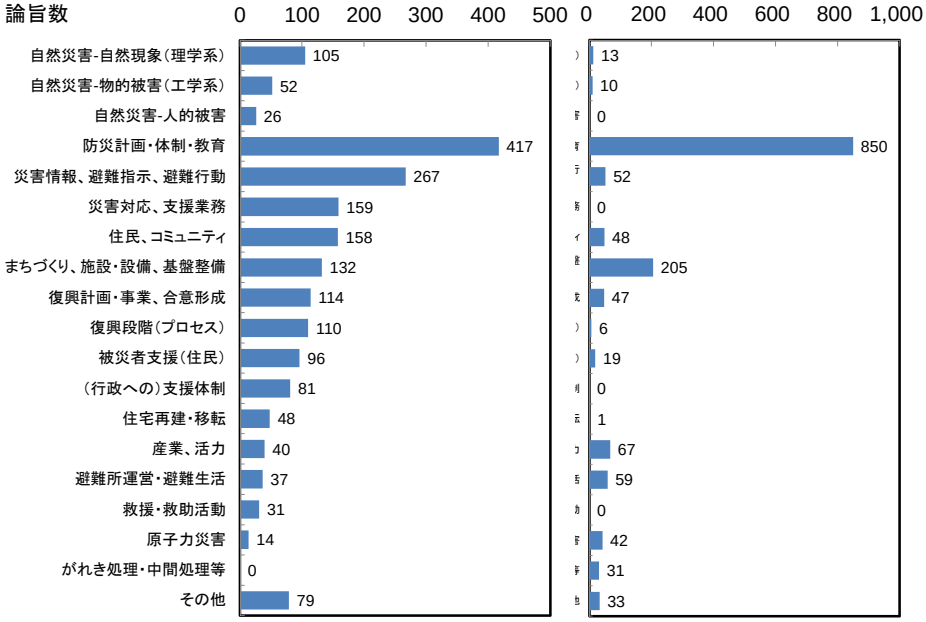


図３－１－①－８　テーマ別の文献数

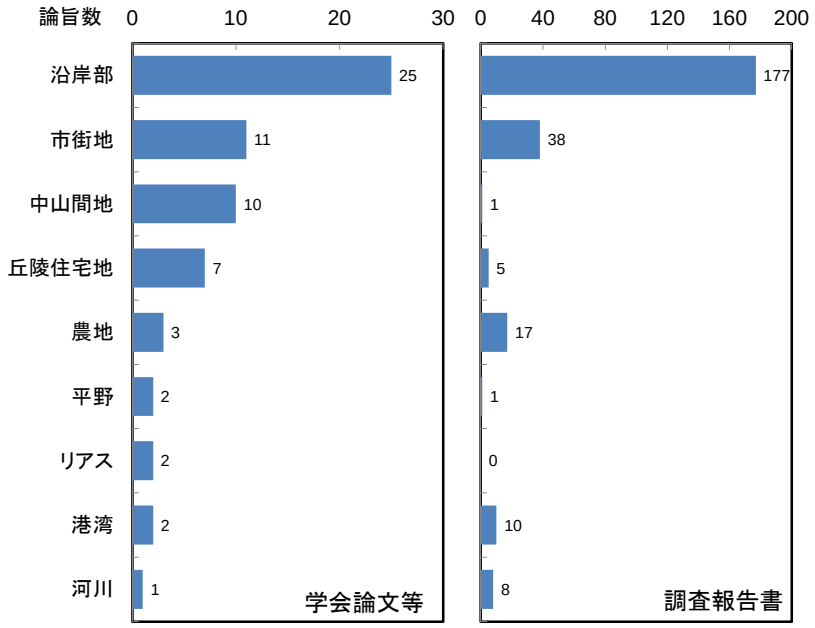


図３－１－①－９　空間別の文献数

平成 26 年度は、同文献調査を継続するとともに、付与コードの体系についての見直しも行う。その上で、東日本大震災教訓活用型アーカイブシステム：教訓検索システムに反映する。

(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」の基本設計として、インタビュー調査の結果から、利用者の業種や専門性によって、直接必要になるアーカイブコンテンツの概念レベルが大きく異なることを明らかにし、災害履歴データベース、理論データベース、事例データベースからなる「３層アーカイブモデル」を導出し、同アーカイブシステムの基本設計とした。同システムのコンテンツとして、東日本大震災に関係する空間データと東日本大震災を研究対象にして作成･発行された学術論文や公的機関について調査を行い、システムにインポートするためのデータベーステーブルを作成した。

平成 26 年度は、特に優先度の高い「東日本大震災の教訓」を具体的に記述している理論データベース（教訓検索システム）を公開するウェブシステムの実装を目指す。学術論文、報告書から、結語部分をもとに情報を整理し、災害対応のフェーズ（発災・初動期、応急対応期、復旧復興期）、立場（住民、行政、支援団体等）、空間特性（平野、リアス、中山間地等）、テーマ（避難、救援・救助、被災者支援、住宅再建等）をキーにして検索できるように開発する。

(d) 引用文献

1）今村文彦，佐藤翔輔，柴山明寛：みちのく震録伝：産学官民の力を結集して東日本大震災のアーカイブに挑む，情報管理，Vol. 55, No. 4, pp. 241-252, 2012.7.

2）国土地理院，平成 23 年（2011 年）東日本大震災に関する情報提供，

http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/h23_tohoku.html，2013.1.
3）三重県防災対策部，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，http://www.pref.mie.lg.jp/D1BOUSAI/shinjishin.htm，2014.3.
4）内閣官房，政府の地理情報の提供に関するガイドラインについて，6pp.，http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gis/guideline_20030417.pdf，2003.4.

②震源域情報

(a) 業務の要約

発災時の地震や津波の被害は、地震や初期津波の位置、規模、継続時間などに大きく左右されると考えられる。例えば、初期津波が沖合の水深が深いところで発生すれば津波が浅部に伝播するにつれて津波が増幅される。つまり、南海トラフ域でも日本海溝域でも、陸上での地震や津波の被害は、そもそも震源や初期津波に関する基礎情報の関数でもある。これらの基礎情報は、数 10 年にわたってさかのぼることもできるが、まずは、これまでに独立行政法人海洋研究開発機構により収集された構造探査と地形調査、それらの結果に基づいた「ちきゅう」による掘削研究による情報をまとめた。

地形調査からは、特に海溝軸陸側で大きなすべりがあったことが地震発生前後の地形調査から明らかになった（Fujiwara et al., 2011）。宮城県沖の海溝軸を横切る方向の測線に沿った地形の変化から、東南東方向に約 50m、上下方向に約 7m の変動があったことがわかった。また、高精度マルチチャンネル反射法探査データからは、ホルストグラーベン構造に沿ってデコルマ面が発達している状況や、海溝軸の堆積層の変形も確認できた（Fujiwara et al., 2011; Nakamura et al., 2013）。また、海溝軸にすべり面が露出していることも確認できている(Kodaira et al., 2012)。これらの成果に基づき、行われた掘削研究からは、すべりによって変形を受けた層序を確認でき、大きな変位を受けたこと、この変形帯の粘土物質からすべり面のカップリングが弱いこと、掘削の際に行われた孔内計測から、沈み込む方向と同じ方向の応力分布が得られたことなどが明らかになってきた（Lin et al., 2014; Ujiie et al., 2014; Fulton et al., 2014, Chester et al., 2014）。

(b) 業務の実施方法

2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震の発生以来、各種の観測情報が得られている。そもそも宮城県沖は政府の地震調査研究推進本部の見解でも M7.5 前後の地震の今後 30 年以内の発生確率が 99%であると指摘されていた。本プロジェクトの前身の東海・東南海・南海地震の連動性評価研究プロジェクトでも、先行的な海域として宮城県沖での観測を実施していた。これらの成果を論文から取りまとめ、データベースの一要素として整理した。

(c) 業務の成果

2011 年 3 月 11 日、M9.0 の東北地方太平洋沖地震が発生し、地震前後の地殻変動が海底地形から抽出された(Fujiwara et al., 2011)。図３－１－②－１は地震発生前の２回分（1999 年と 2004 年）と発生後（2011 年）の計 3 回分の海底地形の残差を計算したも

のである。この結果は、1999 年と 2011 年の調査の比較、2004 年と 2011 年の調査の比較からは、海溝軸に明瞭で最大な上下方向の変位があったことがわかる。また、この上下動の変化は海溝軸から東側には見られないことも明らかである。一方、1999 年と 2004 年の比較では、このような明確な違いは見られない。これらのデータを用いた海底地形の相関計算から、海溝軸から西側で大きな地殻変動が発生し、海溝軸で東南東方向に約 50m、上下方向に 7 ～10m の変動があったことが明らかになった。

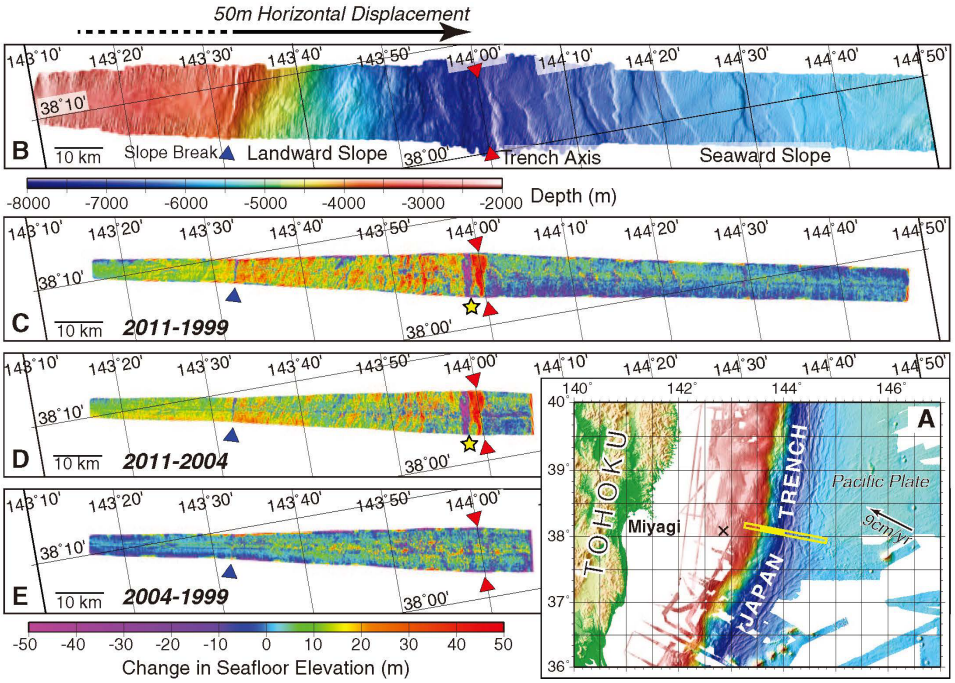


図３－１－②－１　海底地形比較(Fujiwara et al., 2011)。赤三角は海溝軸の位置を示す。黄星印は、海底地形が崩壊し上下方向に深くなったところを示す。青三角は trench slope break の位置を表す。

一方、より陸側の斜面に設置された海底トランスポンダーを用いた地殻変動観測（Sato et al., 2011）からは、東南東方向に 24m、上下方向に 3 m の変動があったことが示されている。海溝軸近傍で最も大きな変動があったことは Fujiwara et al. (2014)でも明らかであるが、宮城県沖前弧域全体で同様の傾向があったことがわかる。

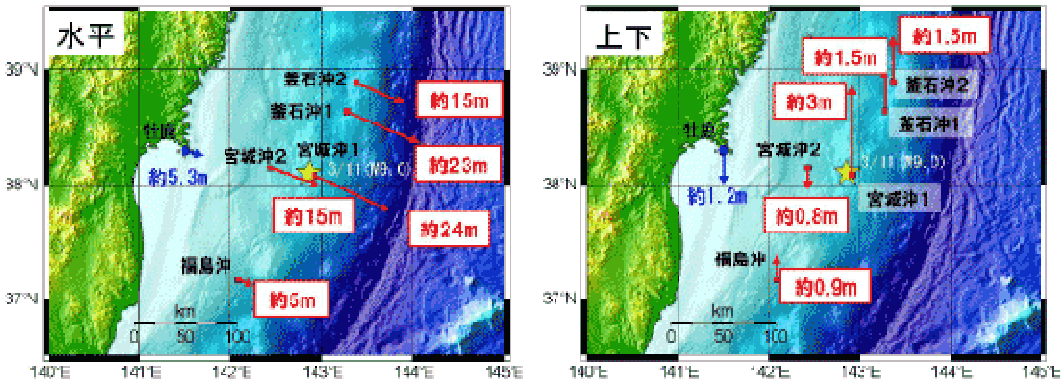


図３－１－②－２　海上保安庁による海底地殻変動観測結果
（http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KOHO/chikaku/kaitei/sgs/result.htm より引用）。

これらのすべりは前弧域の上盤側が全体的に東南東方向に伸張したことを示している。その場合の上盤内の変形を調査するため、独立行政法人海洋研究開発機構は高精度のマルチチャンネル反射法探査システムを用いて、上盤内の変形イメージングを実施した。海溝軸から西側には、ホルストグラーベン構造が発達した海洋性地殻が沈み込んでいる様子が確認でき、そのホルストグラーベン構造に沿って、デコルマ面が発達していることがわかる(図３－１－②－３、Nakamura et al., 2013)。また、海溝軸直下は堆積層が変形を受けていることがわかった（図３－１－②－４、Kodaira et al., 2012）。また、前弧域には大規模に正断層が発達している箇所があり、これらの変形に伴う断層は海底に達することから、今回の伸張場による変形を反映している可能性がある（図３－１－②－５、Nakamura et al., 2013）。海溝軸近傍ではホルストグラーベン構造に沿って発達しているデコルマ面が海底に露出していることも明らかになった。

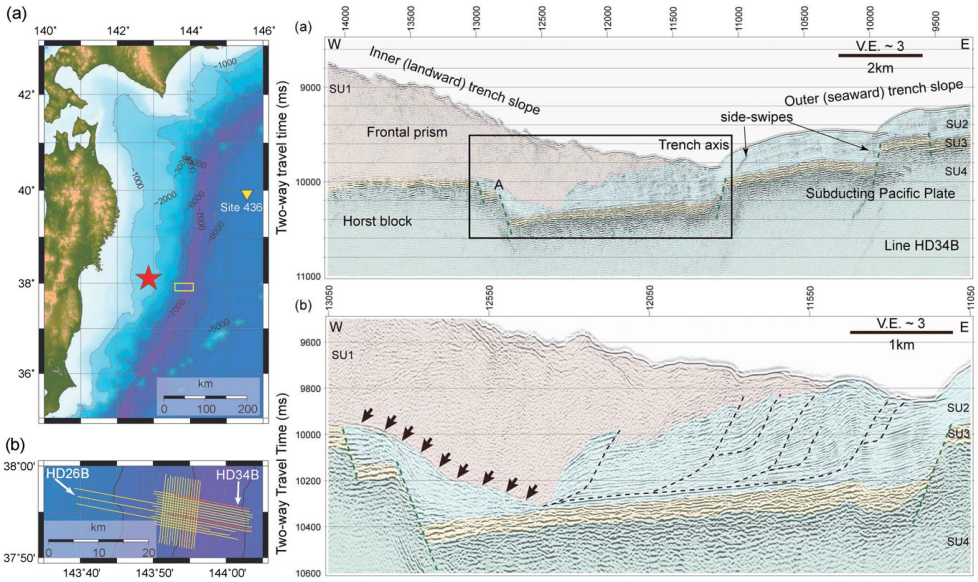


図３－１－②－３　高精度マルチチャンネル反射法探査による記録断面(Nakamura et al., 2013)。矢印はデコルマ面を示す。（左）測線図。(右上)記録断面全体。（右下）海溝軸部拡大断面。

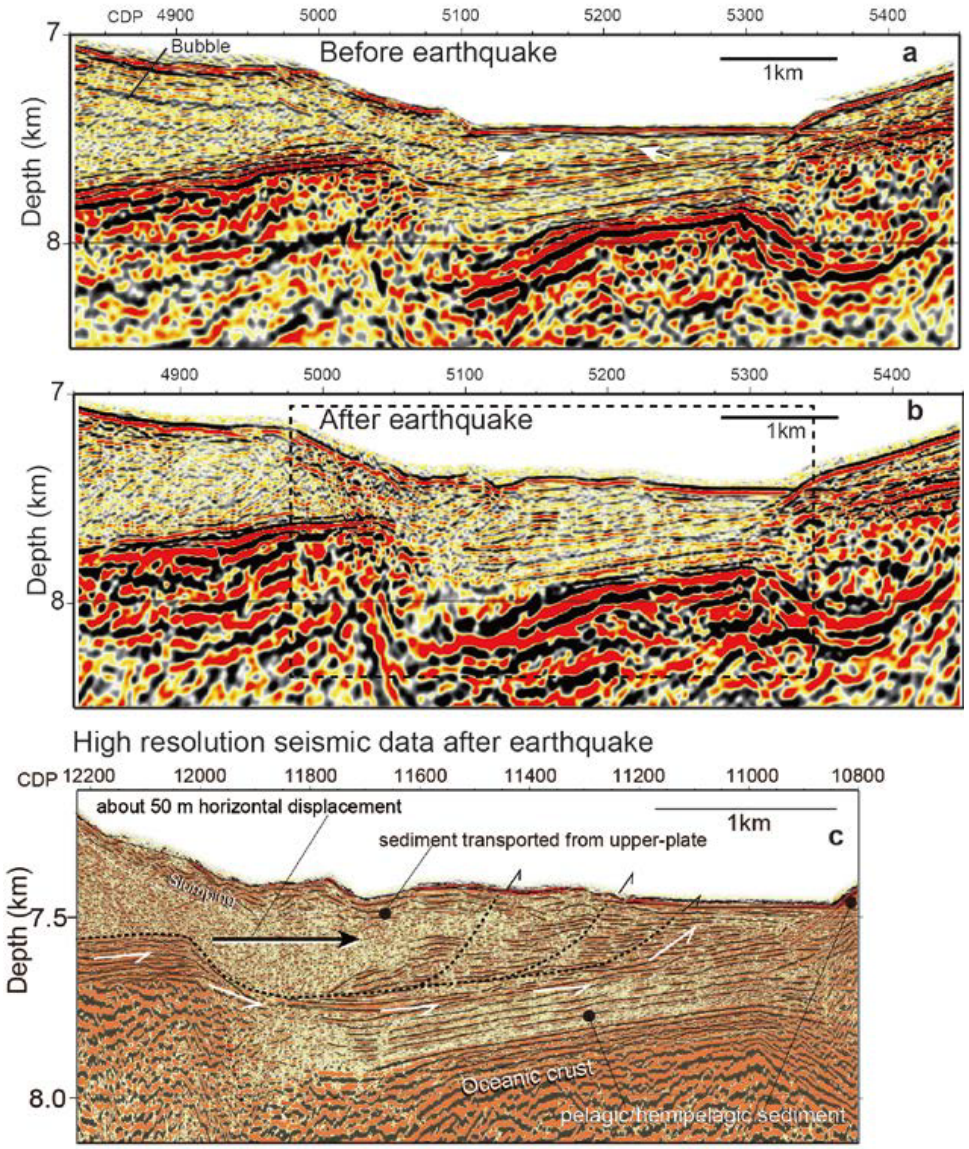


図３－１－②－４　地震発生前後の海溝軸周辺の反射記録断面(Kodaira et al., 2012)。(上)地震発生前の記録断面。(中)地震発生後の記録断面。(下)地震発生後の高精度マルチチャンネル反射法探査による記録断面。点線はすべり面からの海溝軸側延長を示す。

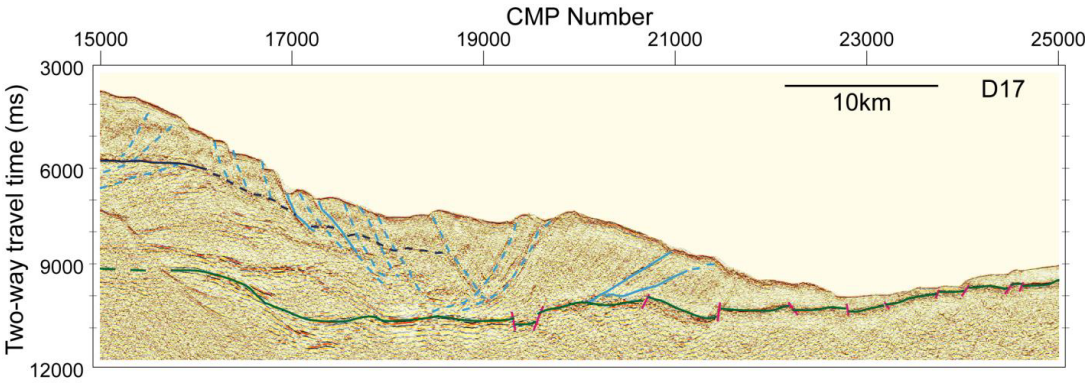


図３－１－②－５　高精度マルチチャンネル反射法探査記録断面(中村他, 2011)。上盤側に正断層が発達する（青線）。緑線は沈み込む海洋性地殻上面を示す。

これらの構造探査結果に基づき、海洋掘削船「ちきゅう」による JFAST と呼ばれる掘削航海（Integrated Ocean Drilling Program Expedition 343 and 343T）が始まった。南海トラフでは掘削研究から、日本海溝近傍と同様にトラフ軸近傍や分岐断層で高速すべりが発生したことがわかっている（Sakaguchi et al., 2011）。日本海溝域で発生した 2011 年東北地方太平洋沖地震でも同様な断層沿いの高速すべりの跡を見つけることができるのか、過去の地震発生を検証するためには重要な手がかりになる。掘削では、約 1 m の茶色い粘土質のプレート境界物質が得られた（Chester et al., 2014）。得られた深度は 821.5～822.65m である。この粘土質のプレート境界物質は遠洋性堆積物起源であり、テクトニックに断層すべりによってプレート境界に取り込まれたと示唆されている。また、このプレート境界を通じて比抵抗値が一定で、開放されたクラックが存在しないこともわかった。このサンプルの解析結果から、Stress drop が非常に小さいこと(Ujiie et al., 2014)、温度計測結果から地震時の摩擦係数が 0.08 でこちらも通常の岩石から見積もられる数字よりも小さいこと(Fulton et al., 2014)が明らかになった。掘削時の孔内計測結果からは、海底地殻変動観測から観測される東南東方向とほぼ一致する方向に応力軸が分布することが確認できている（Lin et al., 2014）。これらの地震学的調査、地形学的調査、地殻変動観測、地質学的調査は、すべて整合した結果が得られている。

(d) 結論ならびに今後の課題

今回は宮城県沖の調査結果に絞り、なおかつ地震発生直前直後の調査結果を中心にまとめたが、もう少し広域な範囲の現象の変化や長い時間スケールの変化の情報をまとめる必要がある。

(e) 引用文献

1) Chester, F. M., C. Rowe, K. Ujiie, J. Kirkpatrick, C. Regalla, F. Remitti, J. C. Moore, V. Toy, M. Wolfson-Schwehr, S. Bose, J. Kameda, J. J. Mori, E. E. Brodsky, N. Eguchi, S. Toczko and Expedition 343 and 343T scientists, Structure and composition of the plate boundary slip zone for the 2011 Tohoku-oki earthquake, Science, 342, doi:10.1126/science.1243719, 2014.
2) Fulton, P. M., E.E. Brodsky, Y. kano, J. Mori, F. Chester, T. Ishikawa, R. N. Harris, W. Lin, N. Eguchi, S. Toczko, and Expedition 343, 343T and KR13-08 scientists, Low coseismic friction on the Tohoku-oki fault determined from temperature measurements, Science, 342, doi:10.1126/science.1243641, 2014.
3) Fujiwara, T., S. Kodaira, T. No, Y. Kaiho, N. Takahashi and Y. Kaneda, The 2011 Tohoku-oki Earthquake: Displacement reaching the trench axis, Science, 334, doi10.1126/science.1211554, 2011.
4) Kodaira, S., T. No, Y. Nakamura, T. Fujiwara, Y. Kaiho. S. Miura, N. Takahashi, Y. Kaneda and A. Taira, Coseismic fault rupture at the trench axis during the 2011 Tohoku-oki earthquake, Nature Geoscience, 5, doi:10.1038/NGEO1547, 2012.
5) Lin, W., W. Conin, J. C. Moore, F. M. Chester, Y. Nakamura, J. J. Mori, L. Anderson, E.

E. Brodsky, N. Eguchi and Expedition 343 scientists, Stress State in thelargest displacement area of the 2011 Tohoku-oki Earthquake, Science, 339, doi:10.1126/science.1229379, 2014.

6) 中村恭之, 野徹雄, 藤江剛, 海宝由佳, 三浦誠一, 高橋成実, 小平秀一, 金田義行, 東北地方太平洋沖地震震源域における緊急反射法地震探査, 日本物理探査学会, アブストラクト, 2011.

7) Nakamura, Y., S. Kodaira, S. Miura, C. Regalla, and N. Takahashi, High-resolution seismic imaging in the Japan Trench axis area off Miyagi, northeastern Japan, Geophys. Res. Lett., 40, 1713-1718, doi:10.1002/grl.50364, 2013.

8) Sakaguchi, A., F. Chester, D. Curewitz, O. Fabbri, D. Goldsby, G. Kimura, C-F. Li, Y. Masaki, E. J. Screaton, A. Tatsumi, K. Ujiie, A. Yamaguchi, Seismic slip propagation to the updip end of plate boundary subduction interface faults: Vitrinite reflectance geothermometry on Integrated Ocean Drilling Program NanTroSEIZE cores. Geology 39:395–398. doi:10.1130/G31642.1, 2011.

9) Sato, M., T. Ishikawa, N. Ujihara, S. Yoshida, M. Fujita, M. Mochizuki and A. Asada, Displacement above the hypocenter of the Tohoku-oki earthquake, Science, 332, doi:10.1126/science.1207401, 2011.

10) Ujiie, K., H. Tanaka, T. Saito, A. Tsutsumi, J. J. Mori, J. Kameda, E.E. Brodsky, F. M. Chester, N. Eguchi, S. Toczko and Expedition 343 and 343T scientists, Low coseismic share stress on the Tohoku-oki megathrust determined from Labatory experiments, Science, 342, doi:10.1126/science.1243485, 2014.

③復興

(a) 業務の要約

東日本大震災の被災地を 2020 年までの 8 年間、デジタル画像によって連続的に記録する『連続観測システム』を構築し、観測画像の分析手法の基礎的検討、ならびに公開のためのウェブサイトの構築を行った。

(b) 業務の実施方法

1) 業務の目標

東田・牧・林, 2001 は被災地において災害が発生してから復興が完了するまでに発生する諸問題の種類、規模、発生順を明らかにし、それら問題に対してどのような解決策が存在するかを体系づけた「災害過程」（図３－１－③－１）を収集するため、従来のような質問紙による意識調査や、インタビュー・ヒアリングによる災害エスノグラフィー調査、あるいは地域内総生産、電力消費量などの経済活動を指標の把握に加え、被災市街地の画像によるモニタリング調査を行うことで被害の状況、避難所の様子、建物が撤去・再建される、道路が設置されるといった物理的な環境変化に関する情報を収集し、先述のような被災者の認識・意識や経済指標と、物理的な変容との相互関係を明らかにする必要があると指摘する。

本業務はこのような問題意識に基づき、東日本大震災の被災地を対象としたモニタリングカメラを用いた遠隔自動調査を実施するものである。

図３－１－③－１「災害過程」の概要（出典：東田・牧・林，2001）

2) 平成 25 年度の業務の目的

東日本大震災の災害過程を分析することを目的に、災害過程を記録した文献や写真によるアーカイブといった過去事例の調査を実施したうえで、東日本大震災の被災地を対象に、被災地の復興の様子を様々な角度から映像によって長期間定点で記録するためのシステム手法の要件を検討し、システムを開発する。その上で、モニタリングカメラを実際に設置し、モニタリングシステムの試験運用を実施する。

また、今後のシステム拡充に備え、地域の全体の復興をモニタリングする「まち」、通りなどの復興をモニタリングする「街並み」、町の中心街など活気が戻る様子をモニタリングする「にぎわい」の 3 つをテーマに記録することを想定し、モニタリングカメラの具体的な設置場所を検討する。

(c) 業務の成果

1) モニタリングシステムの運用開始

モニタリングカメラの設置箇所（図３－１－③－３）は岩手県大槌町（「大槌町役場前の独立行政法人都市再生機構（UR 都市機構）大槌復興支援事務所」、平成 25 年 12 月 17 日分よりアーカイブ開始）と陸前高田市（「みんなの家」、平成 26 年２月 18 日分からアーカイブ開始）の２カ所とし、画像撮影カメラが撮影した復興状況の画像を有線 / 無線 LAN あるいは電子メールによってアーカイブ用 FTP サーバーに蓄積し（図３－１－③－２）、WEB サイト（http://recovery.r2ms.co.jp/) を通じて一般市民の閲覧に供している。モニタリングカメラによってアーカイブする画像は一日最低二枚（昼夜）としている（図３－１－③－４）。

カメラの設置に際しては、設置する建物の景観・デザインを損なわず、かつ地域住民に対して不審感・不快感を与えないように注意を払った。個人や自動車などが偶然写り込んだ場合に備え、撮影時の画像の解像度を低く設定している。

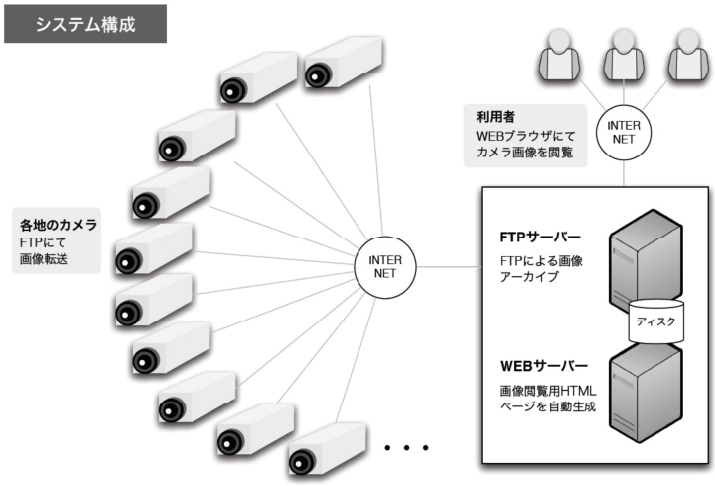


図３－１－③－２　『連続観測システム』の構成

図３－１－③－３　モニタリングカメラの設置例（陸前高田市「みんなの家」）

図３－１－③－４　復興モニタリングプロジェクトの WEB サイト閲覧状況
（図は大槌町（UR 都市機構事務所）設置カメラでのモニタリング事例）

2) 平成 26 年度以降の展開に向けた準備

a) 追加設置場所の検討

2020 年までの 7 年間、復興状況の撮影と一般市民への画像データの公開を行い、災害過程を記録する場所（追加設置場所）の候補を 20 カ所選定した（うち２カ所は平成 25 年度からモニタリングを開始した大槌町・UR 都市機構大槌復興支援事務所と陸前高田市・「みんなの家」）。その 20 カ所について、モニタリングするテーマ（「まち」「街並み」「にぎわい」のいずれか、図３－１－③－５～７）、モニタリングカメラの設置場所の所有者、現地からのサポート・電源・ネットワーク・既存カメラの有無、カメラ設置場所が屋内か屋外か、カメラ設置の困難さの程度、カメラ設置に際しての優先度、モニタリング地点における今後の変化の余地の程度をそれぞれ調査・検討した。

図３－１－③－５　「まち」をモニタリングする候補地点（図は南三陸町志津川中学校）

図３－１－③－６ 「街並み」をモニタリングする候補地点（図は大船渡プラザホテル）

３－１－③－７ 「にぎわい」をモニタリングする候補地点
（図は気仙沼市復興商店街『南町紫広場』）

b) 画像の解析手法の検討

モニタリングカメラが撮影する画像は今後、膨大な数になり、それらを用いて物理的な環境変化に関する「災害過程」を収集するためにはコンピュータを用いた自動処理作業が不可欠と予測されるが、自動処理を円滑に行うには各撮影画像に写り込んだノイズ（歩行者や駐車している車など移動物体）や太陽からの光線がもたらす建物の外壁の色や影の変化を低減させ、コンピュータが物理的な環境変化を精確に認識できるように事前に準備しておく必要がある（図３－１－③－８、東田・牧・林，2001）。

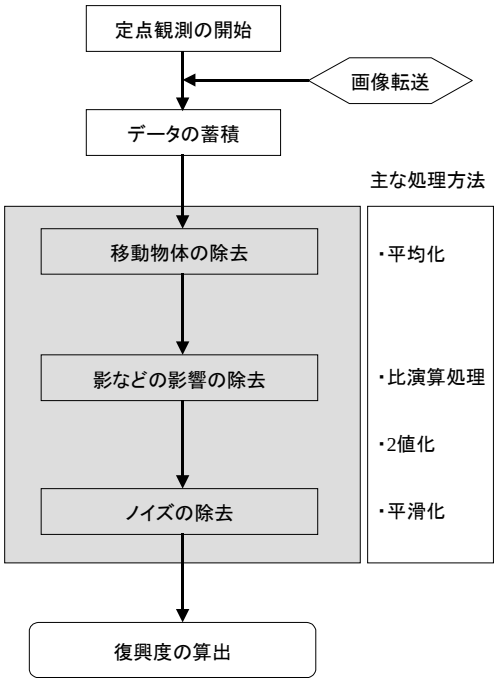


図３－１－③－８　画像解析のフロー（出典：東田・牧・林，2001）

画像処理の手法には、i) 複数の画像から平均的な画像を作成し、ノイズ（画像に写り込んだ歩行者や駐車している車などの移動物体）を除去する手法と、ii) RGB（R:レッド、G:グリーン、B:ブルー）値の補正を行い、太陽光による建物の壁の色の変化や影による影響を低減する手法とが考えられる（東田・牧・林，2001）。平成 25 年度はこれらの手法による処理をモニタリング画像に施した上で、画像上の変化を数値化するためのヒストグラム（図３－１－③－９）の比較や、確率的 Hough 変換（図３－１－③－10）や２値化処理（図３－１－③－11）による直線の検出を試行した。

図３－１－③－９　ヒストグラムによる画像の数値化例

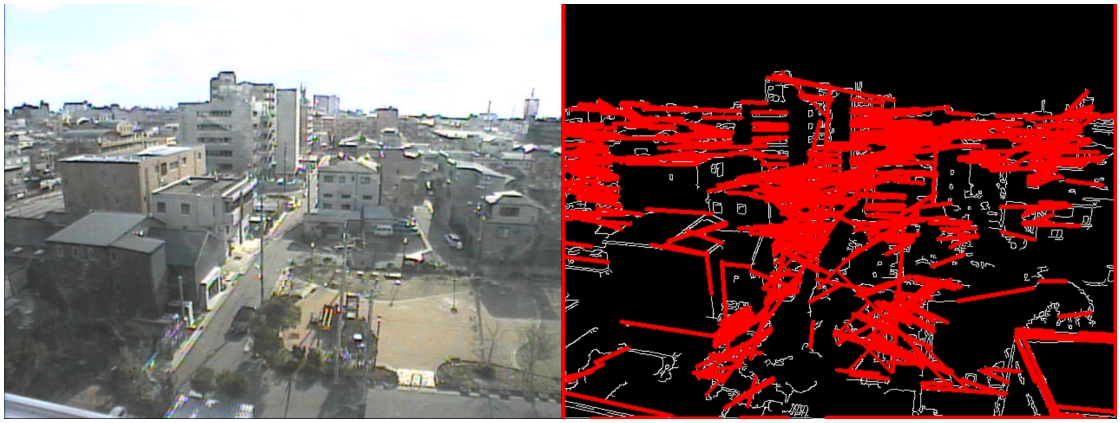


図３－１－③－10 直線の検出(確率的 Hough 変換)による画像の数値化例

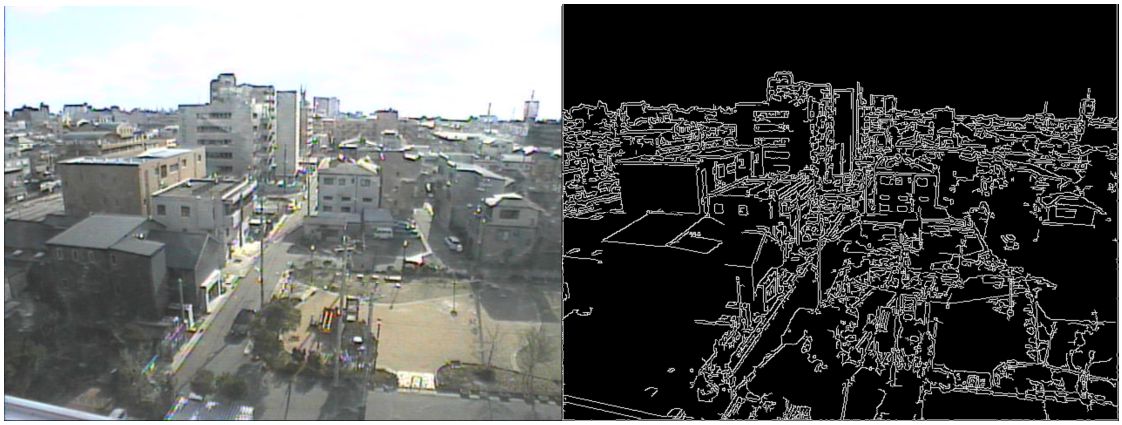


図３－１－③－11　2 値化した画像における直線の検出による数値化例

(d) 結論ならびに今後の課題

1) 結論

モニタリングシステムは予定通り開発され、現在、運用中である。モニタリングカメラによって撮影された画像は平成 26 年３月からウェブサイトを通じて一般公開されている。

2) 今後の課題

a) アーカイブ画像閲覧用 WEB サイトの改良

アーカイブ画像を閲覧する WEB サイトは現在、２カ所に設置されたモニタリングカメラで撮影した画像のサムネイルを時系列に並べて表示しているが、今後アーカイブ画像の件数が増えていくと、サムネイルを並べて表示するだけでは利用者が特定の日時の画像に辿り着けなくなる危険性がある。そのため、サムネイルをカレンダー式に表示するなどの工夫が求められる（図３－１－③－12)。

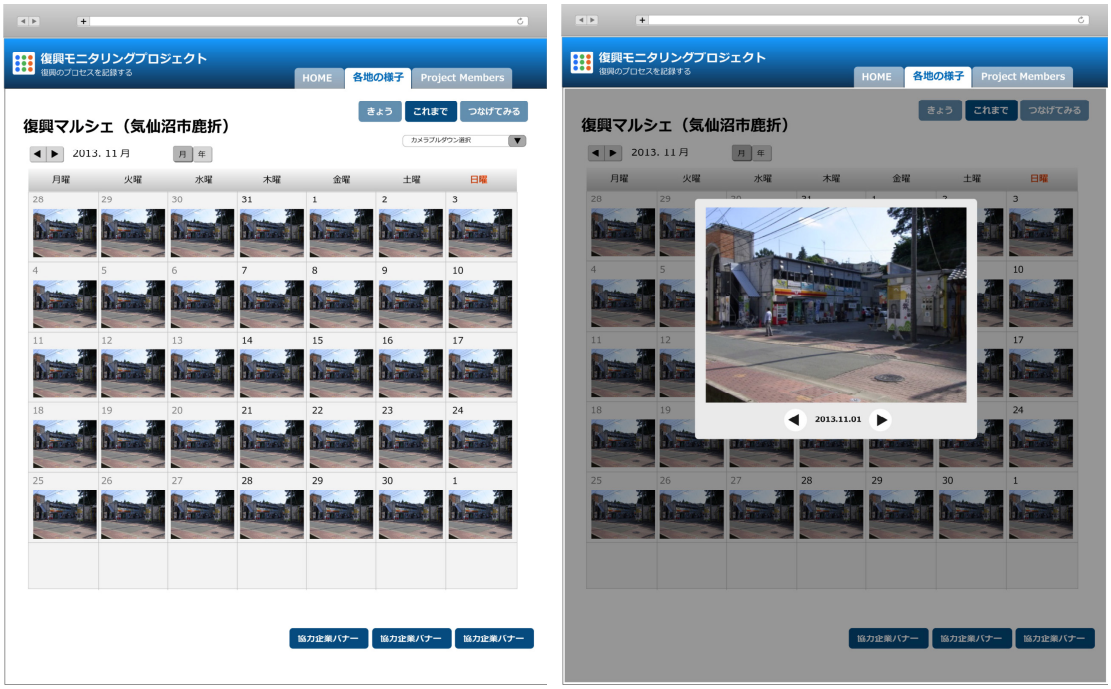


図３－１－③－12 アーカイブ画像の表示方法の改良（イメージ）

b) 画像の撮影に関する技術的課題

画像の解像度はプライバシーを保護する目的で低く設定してあるが、プログラムによってプライバシー保護が必要な領域（例えば自動車のナンバープレート）を自動で抽出・保護処理できれば、それ以外の部分の解像度を高くして撮影できる可能性がある。また、現時点では撮影に広角レンズを用いているため画像周縁部にひずみが生じているが、レンズの特性を把握し、そのひずみを補正するプログラムを組み込むことでより自然な画像をアーカイブできる可能性がある。

c) 画像の解析（画像の数値化）に関する技術的課題

平成 25 年度に検討を行った画像の数値化による物的環境の変化把握手法を用いてアーカイブされた画像の分析を試行し、にぎわいの回復・物理的な復興度を収集するために適切な手法を考案する。

d) 設置場所の追加に関する課題

平成 25 年度の検討作業にもとづき、モニタリングカメラの追加設置を関係各所と交渉し、実施する。

(e) 引用文献

1) 東田光裕、牧紀男、林春男（2001）、ＣＣＤカメラを用いた物理的復興度自動観測システムの開発、地域安全学会論文集 No.3, 2001.11

④地震動

(a) 業務の要約

既に収集されている東北地方太平洋沖地震及びその余震時等の地震波形データについて、汎用性のあるデータフォーマットに変換・整理し、データベース化した。

(b) 業務の成果

本業務では､防災科学技術研究所にて既に収集された主に自治体等の震度計における 2011 年東北地方太平洋沖地震の本震・余震の地震波形データ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た。収集したデータのうち、東日本地域の自治体における合計 893 観測点（図３－１－④－１、表３－１－④－１）のデータについて、汎用性のある K-NET(ASCII)形式フォーマットに変換・整理し、データベース化を実施した。なお、茨城県、千葉県、埼玉県、東京都、神奈川県については、首都圏強震動総合ネットワーク（SK-net）による公開データを利用した。

自治体から収集した地震波形データの期間と観測点数を表３－１－④－２に示す｡本業務では、自治体毎に異なった地震波形データのフォーマットを K-NET 形式（図３－１－④－２）に変換する際に､収集したデータの情報に付属していない震源情報および観測時間が正確でないものを補正した｡作成したデータについては､最大加速度および速度応答スペクトルを計算し､観測記録の増幅特性の確認および既往地震との比較も行った。収集した記録の中（表３－１－④－２）で、最大の水平２次元速度応答スペクトル(596cm/s)を記録したのは､福島県国見町の震度観測点であった(渥美知宏･他, 2013)。また、国見町の震度観測点に加えて、収集した自治体観測点データ、気象庁、K-NET 及び KiK-net のデータの内、最も大きな最大加速度（３成分合成）が観測された K-NET 築館（Motosaka and Tsamba, 2011）および最も大きな最大速度（３成分合成）が観測された自治体観測点の（七郷中学校）と、過去の被害地震（1994 年ノースリッジ地震および 1995 年兵庫県南部地震）によるデータから得られる速度応答スペクトルの比較を示す（図３－１－④－３)。

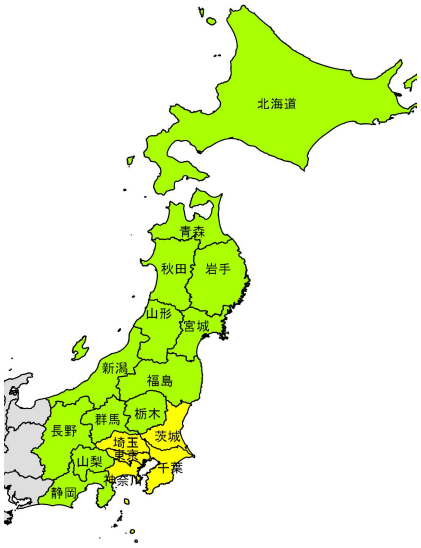


図３－１－④－１　フォーマット変換・整理作業を実施した自治体範囲（緑色：自治体から直接収集、黄色：SK-netのデータを利用）

表３－１－④－１　自治体（都道府県・政令指定都市単位）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
山形県	48
秋田県	56
青森県	58
岩手県	58
宮城県	49
仙台市	5
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

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

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	3230
札幌市	2002.1～2011.12	1036
山形県	2011.1～2011.11	2861
秋田県	2011.3～2011.10	355
青森県	2010.3～2011.7	7237
岩手県	2011.3～2011.10	36621
宮城県	2011.3～2011.9	483
仙台市	2011.3～2011.9	58
福島県	2011.1～2011.12	2282
群馬県	2007.10～2011.6	3860
栃木県	2007.10～2011.6	3325
新潟県	2009.10～2011.6	1262
長野県	2011.1～2011.10	4920
山梨県	2010.4～2011.9	4316
静岡県	2007.10～2011.6	4832

```
Origin Time        2011/08/16 11:46:00     #地震発生時刻
Lat.               38.1                    #震央北緯
Long.              142.4                   #震央東経
Depth. (km)        20                      #震源深さ
Mag.               6.8                     #マグニチュード
Station Code       AKTM001                  #観測点コード
Station Lat.       40.3252                 #観測点北緯
Station Long.      140.7463                #観測点東経
Station Height(m)  168                     #観測点標高
Record Time        2011/08/16 11:47:12     #記録開始時刻
Sampling Freq(Hz)  100Hz                   #サンプリング周期
Duration Time(s)   127.59                  #計測時間
Dir.               E-W                     #チャンネル
Scale Factor       2000(gal)/8388608       #スケールファクタ
Max. Acc. (gal)    10.41                   #最大加速度
Last Correction    2011/08/16 11:00:00     #最終構成時刻
Memo.                                      #メモ欄
  -64343   -64288   -64226   -64257   -64321   -64357   -64366   -64295 #データ
  -64239   -64311   -64379   -64336   -64315   -64334   -64326   -64277
  -64282   -64242   -64203   -64218   -64304   -64449   -64332   -64283
  -64318   -64312   -64278   -64236   -64235   -64237   -64329   -64316
  -64228   -64221   -64270   -64310   -64250   -64248   -64266   -64291
  -64317   -64339   -64341   -64186   -64243   -64274   -64230   -64244
  -64274   -64297   -64345   -64346   -64329   -64318   -64140   -64216
  -64315   -64292   -64242   -64191   -64225   -64293   -64326   -64304
  -64264   -64349   -64320   -64345   -64374   -64344   -64243   -64247
           ......
  -64293   -64306   -64285   -64251   -64371   -64310   -64297   -64302
```

図３－１－④－２　K-NET(ASCII)形式ファイルフォーマット概要

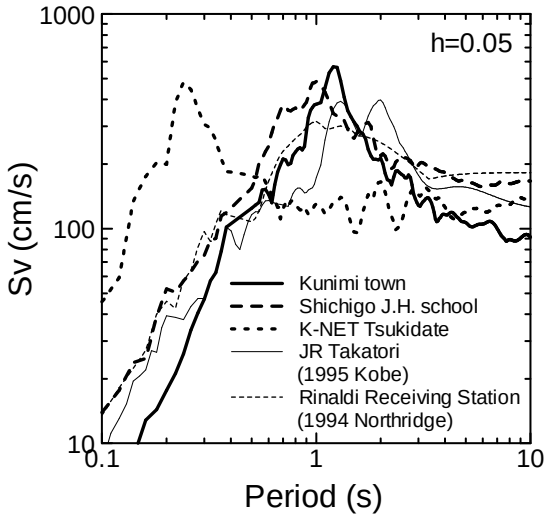


図３－１－④－３　東北地方太平洋沖地震（福島県国見町の震度計等）と兵庫県南部地震およびノースリッジ地震記録（Building Seismic Safety Council, 1998）における大振幅記録の速度応答スペクトルの比較

図３－１－④－４～６にフォーマット変換を実施した自治体震度計の記録、K-NET および KiK-net による震度相当値分布図、最大加速度分布図、最大速度分布図をそれぞれ示す。各分布図は、観測点で得られた計測震度を Vs30 マップから求まる増幅度（若松加寿江・松岡昌志, 2008）を減じて硬質地盤（Vs30 が 600 m/s 相当）での推定値を求め、震源からの距離減衰特性をトレンド成分とした Simple Kriging による空間補間計算（防災科学技術研究所, 2007）を行うことで硬質地盤上における計測震度・最大加速度・最大速度（最大加速度と最大速度は３成分合成の最大値）の分布を計算し、250m メッシュ単位にて地盤の増幅度を加味して求めた。

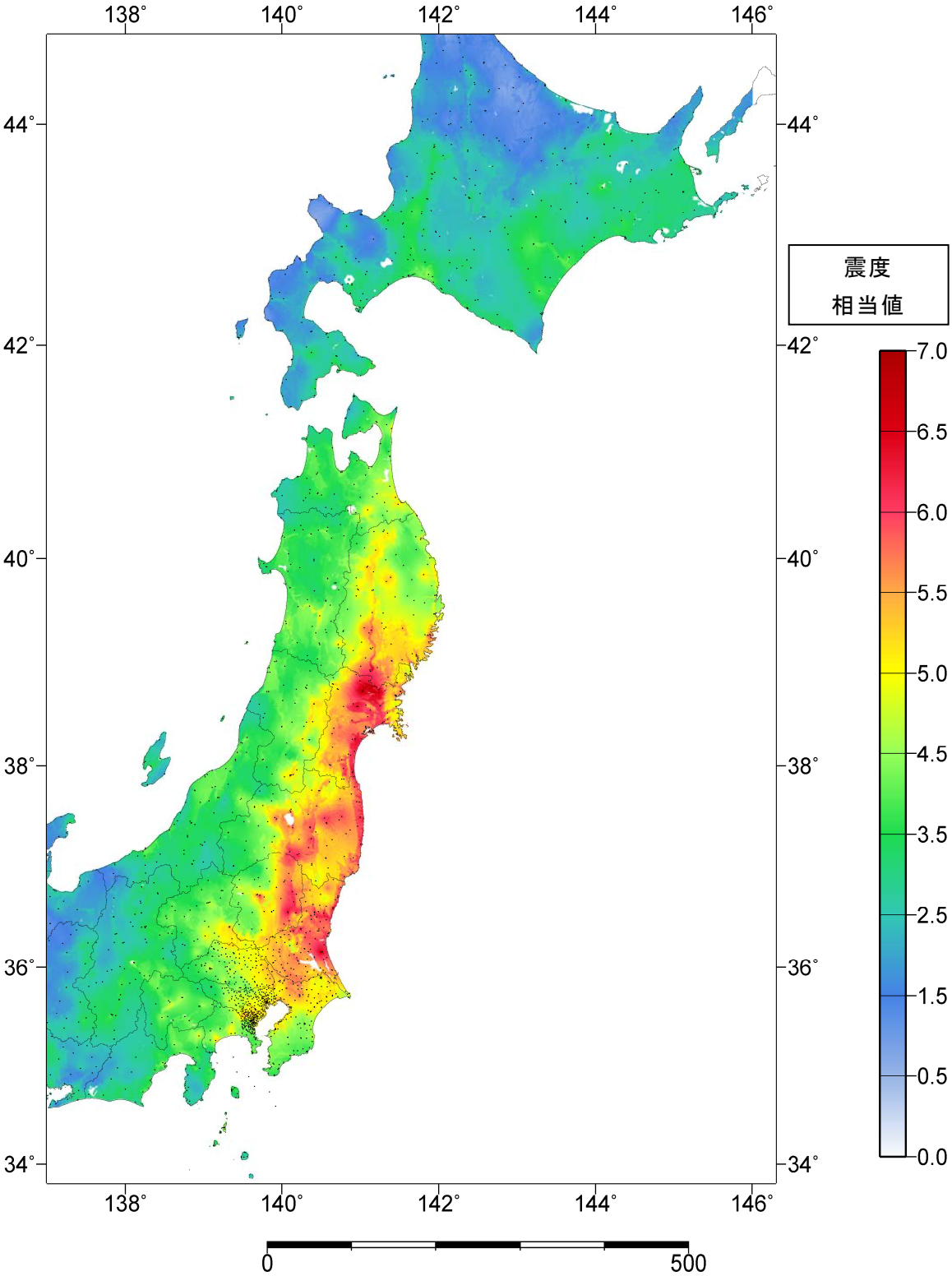


図３－１－④－４　自治体震度計、K-NET および KiK-net の地震記録による震度相当値分布図（地図中の黒点は観測点）

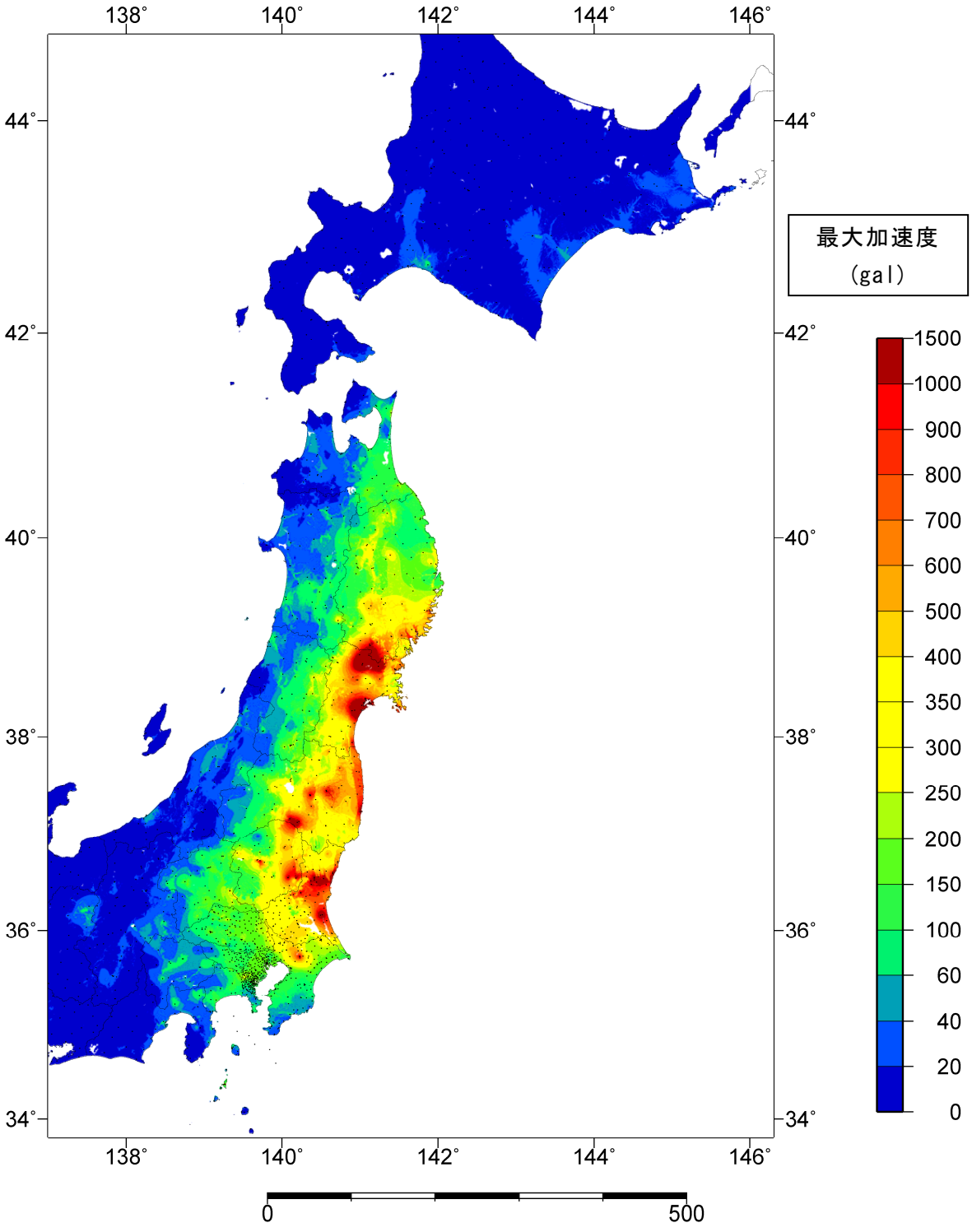


図３－１－④－５　自治体震度計、K-NET および KiK-net の地震記録による最大加速度分布図（地図中の黒点は観測点）

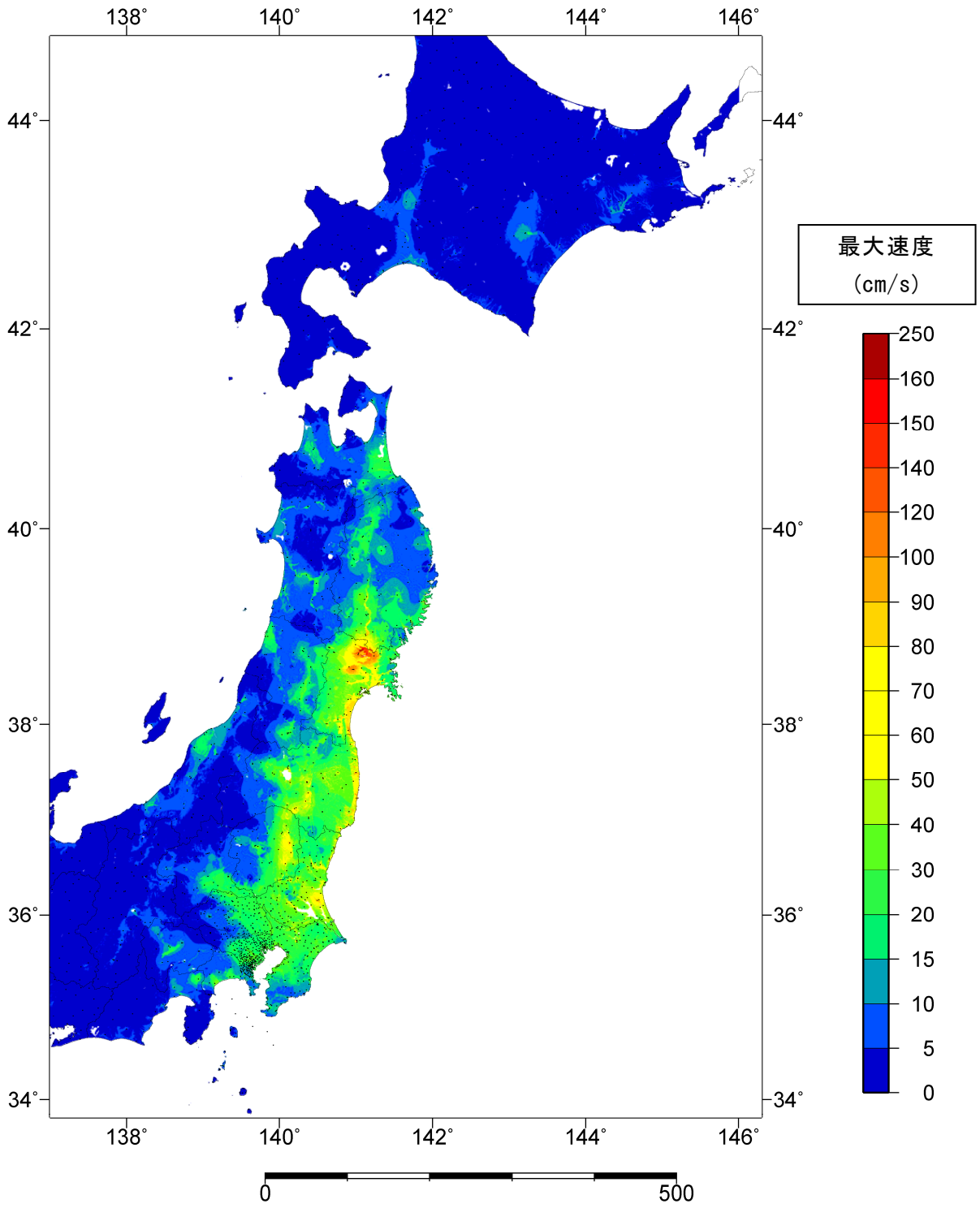


図３－１－④－６　自治体震度計、K-NET および KiK-net の地震記録による最大速度分布図（地図中の黒点は観測点）

(c) 結論ならびに今後の課題

K-NET(ASCII)形式にフォーマット変換したデータは、各自治体・観測点毎に階層化し、データベース化した。また、気象庁コードとの関連性が分かるようにした。 なお、自治体の地震波形データのフォーマットは多様であり、観測時間のずれも確認されてい

るため、編集は容易ではない。今後、編集・整理作業を十分に考慮した上で、これまでに未収集･未整理の東北地方太平洋沖地震およびその余震時等の地震波形データ等のゆれに関する情報について可能な限り収集し、K-NET(ASCII)形式に変換・整理し、データベースに追加していく予定である。

(d) 引用文献

1) 渥美知宏, 翠川三郎, 三浦弘之, 先名重樹, 藤原広行, 2011 年東北地方太平洋沖地震で観測された強震記録とその強さについて, 日本建築学会学術講演梗概集(北海道) 構造 II, pp.173-174, 2013.
2) 防災科学技術研究所, 文部科学省大都市大震災軽減化特別プロジェクト公開ソフトウェア, 2007.
3) Building Seismic Safety Council, 1997 Edition NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures, FEMA 302/303, 1998.
4) Motosaka, M. and T. Tsamba, Investigation of High Acceleration Records at K-NET Tsukidate Station During the 2011 off the Pacific Coast Tohoku Earthquake, 日本地震工学会大会 2011 梗概集, pp.24-25, 2011.
5) 若松加寿江、松岡昌志, 地形・地盤分類 250m メッシュマップ全国版の構築, 日本地震工学会大会-2008 梗概集, pp.222-223, 2008.

⑤被害

(a) 業務の要約

東日本大震災におけるライフラインの被害状況について、特に電力分野とガス分野における震災の教訓に関する学術論文や調査報告書などの文献調査を行った。電力分野の成果としては電気新聞や東北電力(株) 、および東京電力(株)等が取りまとめた報告書など（電気新聞, 2011 ; 経済産業省, 2012 ; 東北電力, 2012 ; 火力原子力発電技術協会, 2012 ; 東京電力, 2013 ; 土木学会エネルギー委員会新技術･エネルギー小委員会, 2013）、また都市ガス分野では経済産業省総合資源エネルギー調査会報告書など（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 ; 北野哲司, 2013）を整理し課題を抽出することができた。

今後の課題としては、本成果をさらに詳細に検討し南海トラフ巨大地震対策に役立てることである。

(b) 業務の実施方法

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による東日本大震災では、私たちの生活に直結し欠かすことのできない水道、電気、ガス、通信等のライフラインにも甚大な被害が発生した。

概観すると、地震直後に東日本を中心に、水道は約 220 万戸以上が断水（厚生労働省・日本水道協会, 2011）、電気は約 870 万戸が停電（経済産業省, 2011）、都市ガスは約 46 万戸が供給停止（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，2012.6)、通信インフラでは固定通信は約 190 万回線が被災し最大 80～90%の通信を規制、移動通信は約３万基地局が停止し最大 70～95%の通信規制（総務省，2011）となった。

ここでは、ライフラインのうち電気と都市ガスに着目し、東日本大震災における被害状況を総括すると共に、今後の課題について概説する。

(c) 業務の成果

1) 東日本大震災における電気の被害状況と課題

a) 停電及び電力会社の設備被害について

地震発生当日は、震源地に近い東北地方から、関東地方に至るまで広域停電が発生した。東京電力(株)管内では、茨城県全域など、約 405 万戸が停電した。東北電力(株)管内では、青森県・秋田県・岩手県全域、および山形県・宮城県のほぼ全域、福島県の一部地域（福島市、伊達市、伊達郡など）が停電し、東北地方での停電は全体で約 466 万戸にのぼった。発災当日の停電発生状況を図３－１－⑤－１に示す。

また東日本大震災による東京電力(株)と東北電力(株)の設備被害の概要を表３－１－⑤－１に示す。東京電力(株)と東北電力(株)では、地震と津波で複数の発電所が停止したため、電力の需給ギャップが生じた。電力の需要と供給のバランスが崩れると、管内全体の大規模停電につながる恐れがあったため、両社管内での電力使用抑制を両社・政府が呼びかけて需要の抑制を図ったほか、被災した発電設備や電力流通設備の復旧、被災していない電力会社からの融通を実施した。しかし、ピーク時の需要超過が予想されたため、東京電力(株)の管内では、3 月 14 日から 28 日にかけて計画停電を行った。周知の方法や区割り等を巡って混乱が発生したほか、停電に伴って社会活動全般に影響が生じた。東北電力(株)の管内では他電力会社からの融通などにより供給を確保し、計画停電を周知したものの実施せずに済んだ。

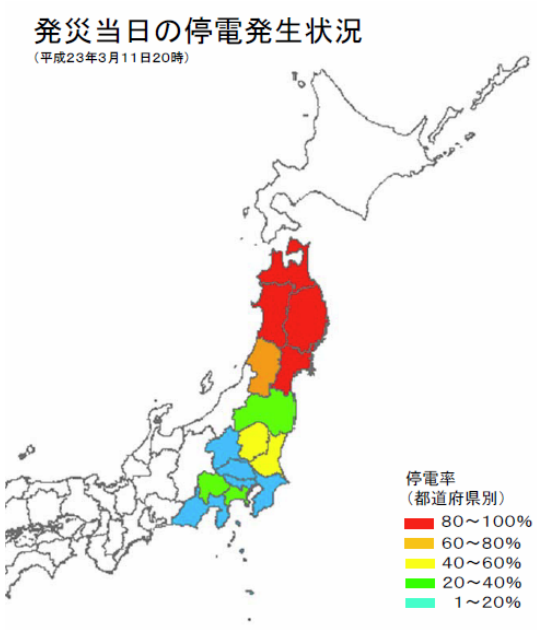


図３－１－⑤－１　発災当日の停電発生状況（東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会，2011）

b) 供給支障(停電)の規模及び停電復旧について

東北地方太平洋沖地震により、東北電力(株)管内では、最大約 466 万戸の広域停電が発生した。地震発生直後から、発電・送変電・配電部門が一体となった復旧を実施し、他電力会社からの応援等を得ながら、３日後には被害全体の約 80％を応急復旧した。８日後には津波等の影響で復旧作業に入れない区域を除いて停電を解消した。

東京電力(株)管内では、最大約 405 万戸が停電したが、東北電力(株)と同様、発電・送変電・配電部門が一体となった応急復旧に取り組み、地震発生の翌日には、60 万戸、４日後には 7,300 戸まで減少し、7 日後には全ての停電を復旧した。

表３－１－⑤－１　東日本大震災による設備被害の概要（地震・津波による被害）
（経済産業省，2012）

設備		東京電力(株)		東北電力(株)	
		被害数/設備数(※1)	被害率	被害数/設備数(※1)	被害率
火力発電設備（基）		14/81	17%	5/20	25%
変電設備（配電用含む）	変圧器（台）	17/2,997	0.57%	30/1,712	1.8%
	遮断器（台）	11/3,180	0.35%	4/4,104	0.10%
	断路器（台）	104/8,388	1.2%	32/6,975	0.46%
架空送電設備	鉄塔（基）	15/30,555	0.05%	46/28,205	0.16%
地中送電設備	ｹｰﾌﾞﾙ（回線）	30/3,714	0.81%	20/472	4.2%
架空配電設備	電柱（基）	14,288/5,818,237	0.25%	36,048/3,038,915	1.2%

※1 被害数：被害のあった設備の数（ただし、変電設備は使用不能となった設備の数、架空・地中送電設備は早急復旧を要する設備の数）、設備数：東京電力(株)、東北電力(株)が保有する設備の数（変電・架空送電・地中送電設備については、震度５弱以上の地域における設備の数）

2) 東日本大震災における都市ガスの被害状況と課題

a) ガス供給停止事業者及び震度階

東日本大震災では、東北地方から関東地方までの広い範囲で震度５弱以上の揺れを観測した。この地域に存在する一般ガス事業者のうち、簡易ガス事業者を除いた者（以下、「都市ガス事業者」という）は 77 事業者であり、都市ガスの供給エリアで見ると 15 都道府県に亘っている。2012 年９月現在、全国には都市ガス事業者は 209 事業者が存在する。実に、約 40%弱の都市ガス事業者が大きな地震動を受けたことになる。震度７の地域に都市ガス事業者は存在しなかったが、震度６強には６、震度６弱には 14、震度５強には 32、震度５弱には 28 の都市ガス事業者がいた。このうち、図３－１－⑤－２に示すとおり、地震動や津波の被害でガスを供給停止した都市ガス事業者は 16 で、供給停止戸数は約 46 万戸に及んだ。

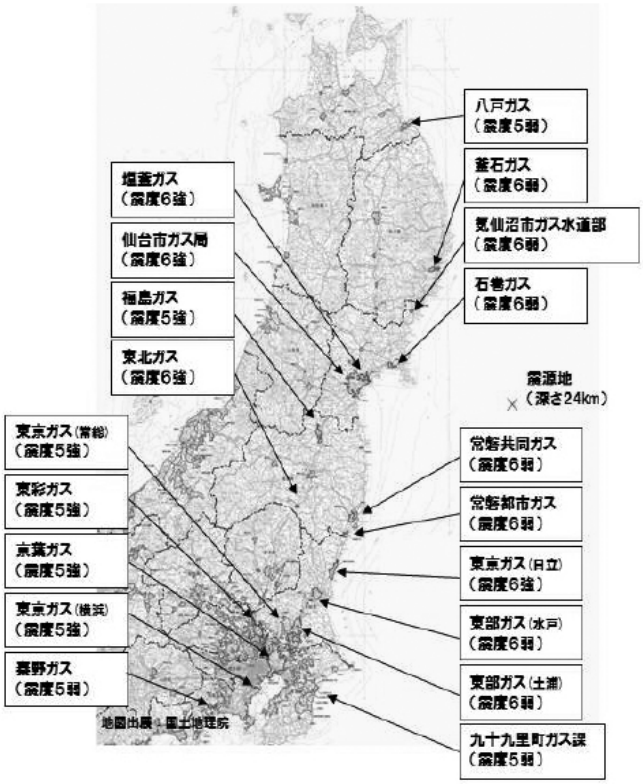


図３－１－⑤－２　ガス供給停止事業者及び震度階級（北野哲司，2013）

b) ガス製造・供給設備の被害

東日本大震災では、地震動によるガス製造設備の被害は非常に軽微であった。更に、地震動による二次災害の発生も無かった。しかし、津波によって３事業者（仙台市ガス局、石巻ガス（株)、釜石ガス（株)）の製造設備では、その機能に支障を及ぼす被害が発生した。津波波力や浸水に伴い電気設備、ガス発生設備、配管等が損傷した。

供給設備に関しては、表３－１－⑤－２に示すとおり、高圧導管には被害がなく、中圧導管も約 20 か所の被害が発生したものの、大半がフランジ継手部（ガス導管とバルブ等をボルトで締結した継手部）における軽微な漏れであり、改めて高中圧導管の耐震性の高さが立証された。

表３－１－⑤－２　供給設備の被害か所数及び被害率（北野哲司，2013）

圧力･管種別		阪神淡路大震災	東日本大震災
高圧導管		被害無し	被害無し
中圧本支管	被害か所数	106 か所	22 か所
	被害率	2 か所／km	0.2 か所／km
低圧	被害か所数	5,223 か所	773 か所

道路（公道）に平行して敷設されている低圧導管である本支管（需要家がガスを使用する場所へ引き込むための導管は除く）に関しては、約 800 か所に被害が発生したが、阪神・淡路大震災時には、約 5,000 か所に被害が発生したので、それと比較すると被害規模は非常に小さくなった。これは、柔軟性に富み、過去の地震において被害が無かったポリエチレン管の導入を都市ガス業界として積極的に推進してきた結果であり、ポリエチレン管の耐震性の高さが証明された。都市ガス事業者におけるポリエチレン管の延長は、図３－１－⑤－３に示すとおり、阪神・淡路大震災発災直前の 1994 年末時点の約 1.1 万㎞（低圧導管に占める割合：約７％）から、2011 年末には、約 8.3 万㎞（同：約 39%）と約 7.5 倍となっている。

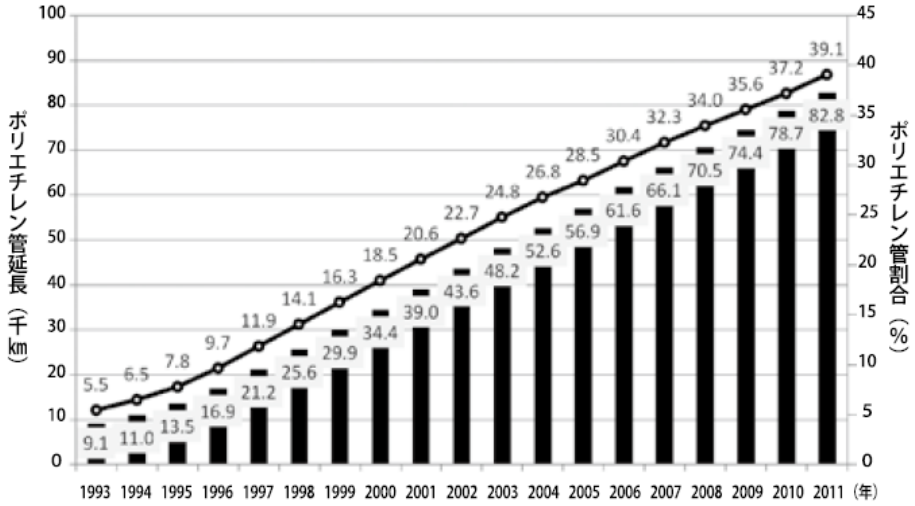


図３－１－⑤－３　ポリエチレン管の導入状況（北野哲司，2013）

一般社団法人日本ガス協会(以下「JGA」という)が取りまとめた『Gas Vision 2030』によれば、JGA は、2030 年には、低圧導管に占めるポリエチレン管の比率を 60%まで、また、耐震性の高い導管、すなわちポリエチレン管、溶接鋼管等「中低圧ガス導管耐震設計指針（JGA)」を満足するガス導管の割合を 90%まで、それぞれ普及させることを目標としている。

c) ガスの地震復旧活動

災害時には、JGA が窓口となり、全国の都市ガス事業者から復旧応援要員を派遣している。東日本大震災では、全国から 58 事業者、最大約 4,100 人/日、延べ約 10 万人が活動に携わり、54 日で復旧した。復旧対象戸数の多さや、供給停止事業者が東日本太平洋側の広域に存在していることを考慮すると、過去の震災による復旧日数より早い復旧であった。表３－１－⑤－３は過去の震災との復旧状況の比較、図３－１－⑤－４は阪神・淡路大震災との比較であるが、都市ガス業界がこれまで蓄積してきた地震復旧活動のノウハウが活かされた結果である。

表３－１－⑤－３　過去の震災との復旧状況の比較（北野哲司，2013）

	復旧対象戸数	復旧日数
阪神･淡路大震災	85.7 万戸	94 日
新潟県中越地震	5.7 万戸	39 日
新潟県中越沖地震	3.4 万戸	42 日
東日本大震災	40.2 万戸	54 日

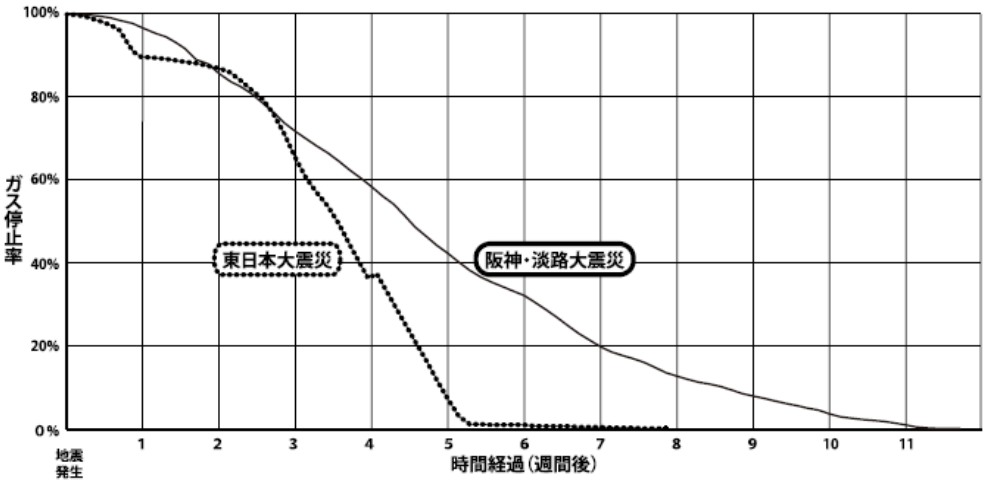


図３－１－⑤－４　復旧状況の時系列（北野哲司，2013）

(d) 結論ならびに今後の課題

1) 電力について

東日本大震災による電力の復旧応援に関しては、阪神・淡路大震災の経験で得られた教訓（応援側が当面必要な食料や車両の燃料等を持参する自己完結型の応援、50Hz/60Hz 発電機車の活用など）が有効に機能した。発電部門においては、発電所の迅速な復旧のため、移動用機器、仮設備、損傷した設備からの部品流用、浸水した機器の洗浄による再使用など様々な工夫が行われた。送電部門では、送電線の巡視におけるヘリコプターの活用は、今回のような被災地域が広大で立入困難な場合は有効であることがわかった。また、変電所における変圧器の漏油状況や磁器のずれ等を指標化することによる迅速な運転継続可否の判断が行われた。配電部門では、配電柱の位置を GPS 座標で登録することで、土地に不案内な復旧作業員が、カーナビゲーションシステム等で迅速に到着することができた。

また東日本大震災では、地震動による被害にも増して津波による被害が大きかった。津波による設備被害の復旧にあたっては、がれき類の撤去、排水作業等に時間を要したとともに、周辺地域も含め広範囲で被災したため、食料・宿泊施設・ガソリンなどが不足した。

今後発生する可能性のある南海トラフ巨大地震などの災害における復旧に関する

課題は、

- 被災後の復旧を迅速化するため、今回の知見等を踏まえた対応マニュアルを整備すること（例えば、電子化されパソコンなどに保管された発電所の設備図面類は、停電中は設備情報が閲覧・印刷ができないので、設備図面の最新化とともに紙ベースでの保管も実施すべきである)。
- 復旧迅速化のため関係機関との連携強化を図ること（協力会社社員を含めた緊急通行の協議、現場へ到着するための道路情報の入手、衛星写真の活用など)。
- 復旧応援に必要な水・食料・宿泊施設・ガソリンなどを準備しておくこと。等が挙げられる。

2）ガスについて

地震動に対しては、東日本大震災では、過去の震災と比較すると、ガス導管の被害率は低い。これは、設備対策としてポリエチレン管や溶接鋼管等耐震性の高いガス導管への取り替えを促進してきた効果が大きく寄与したものと考えられる。

津波に対しては、設備対策だけでなく、移動式ガス発生設備による臨時供給の充実、供給源の多重化等の代替手段の確保に努める必要がある。また、設備更新の機会等を捉え、保安電力等の重要な電気設備、ガス発生設備、配管等に対し、想定津波高さに応じた津波・浸水対策を実施することが求められる。さらに、津波漂流物の衝突によりガス導管を損傷することも起こりうるため、二次災害防止の観点から、漂流物が衝突する恐れのあるガス導管を特定しておくことも重要な課題である。

(e) 引用文献

1） 電気新聞，東日本大震災の記録　原子力事故と計画停電，2011.
2） 土木学会エネルギー委員会新技術・エネルギー小委員会，東日本大震災におけるエネルギー施設(火力・水力・送変配電・ガス)の被害状況と今後への展開について　報告書（中間報告）（未公刊），2013
3） 火力原子力発電技術協会，東北地方太平洋沖地震　火力発電所の被害と復旧調査報告書，2012.
4） 経済産業省，エネルギー白書 2011 年版，2011.
5） 経済産業省，総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会電力安全小委員会電気設備地震対策ワーキンググループ報告書，2012.
6） 北野哲司，東日本大震災における都市ガスの被害・復旧状況と地震対策の課題，そんぽ予防時報 (252)， pp.20-27，2013.
7） 厚生労働省・日本水道協会，2011 年東日本大震災水道施設被害等現地調査団報告書，2011.
8） 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.
9） 総務省，大規模災害等緊急事態における通信の在り方に関する検討会資料，2011.
10） 東京電力，東北地方太平洋沖地震に伴う電気設備の停電復旧記録（未公刊），

2013.
11） 東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会，同報告，2011.
12）東北電力，東日本大震災復旧記録（未公刊），2012.

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、震源域近傍で観測された「ごく短周期地震動」の特性と、関東平野等で発生した長周期地震動を詳細に分析した結果は、南海トラフ巨大地震の強震動の予測精度の向上に向けた重要な基礎資料となる。こうした目的に向け、防災科学技術研究所の強震観測網（K-NET、KiK-net）で記録された地震波形データを精査し、さらに過去の大地震の強震動記録との比較を行った。解析の結果から、東北地方太平洋沖地震（M9.0）の強震動の強さ（加速度の距離減衰特性）は、過去の Ｍ８規模の地震の距離減衰式から予想され加速度値を越えないこと、そして震源域近傍で 500～1000 cm/s/s を越える強い加速度を示した震度 7 相当の強震動の成分は、卓越周期が短い（T=0.2～0.5　s）ごく短周期地震動であったこと、一方、木造家屋の被害に結びつく周期 1～2 s の地震動成分は、1995 年兵庫県南部地震において葺合や鷹取で観測された強震動の 1/2～1/3 程度であったことが確認された。こうしたごく短周期地震動の成因として、１）陸寄りのやや深い（50～80 km）プレート境界（強震動生成域）から高周波数成分に富んだ地震動が強く放射された効果（震源の影響)、２）沈み込む太平洋プレートに沿って高周波数地震動が北海道～関東の太平洋岸に良く伝わった効果(伝播経路の影響)、３）東北地方の観測点直下の固い岩盤を覆う薄い風化層での高周波数地震動の強い増幅効果（表層地盤増幅の影響）の３つのメカニズムとその相乗効果が考えられる。

次に、東北地方太平洋沖地震による長周期地震動の特性を調べたところ、たとえば周期 6 s の長周期地震動のレベルは 2003 年十勝沖地震（M8.0）において北海道～東北地方で観測された地震動レベルと同程度であったこと、そして都心（関東平野）で観測された長周期地震動のレベルは 1944 年東南海地震のものと同程度であったことが確認された。地震規模に対して長周期地震動のレベルが小さかった原因は、周期 10 秒程度以下の長周期地震動が強く放射された場所（強震動生成域）が、ごく短周期地震動と同様に陸寄りのやや深いプレート境界にあり、長周期地震動の成因となる表面波の励起が小さかったことが考えられる。

以上より、東北地方太平洋沖地震の震源近傍強震動と長周期地震動の特徴は、東北沖で起きる巨大地震の特殊事情によるものであり、南海トラフなど他地域で起きる恐れのある M9 級巨大地震の強震動の特徴には直接当てはまらないと結論づけられる。

(b) 業務の実施方法

東北地方太平洋沖地震における防災科学技術研究所の K-NET, KiK-net 強震計記録をもちいて、加速度の距離減衰特性、速度応答スペクトルを求めた。また、1944 年東南

海地震や2003年十勝沖地震など､過去のＭ８規模の巨大地震の強震記録との比較から、東北地方太平洋沖地震における強震動の特性を詳細に調査した。

(c) 業務の成果

1) 東北地方太平洋沖地震における強震動と長周期地震動の特性と成因

a) 短周期地震動の特性

東北地方太平洋沖地震による強震動の特性を調べるために、防災科学技術研究所の強震観測網（K-NET、KiK-net）の加速度波形記録を解析した。その結果、地表加速度の距離減衰特性は、過去のＭ８規模の地震の距離減衰式（Si and Midorikawa, 1999）と大きく違いがないことがわかった（図３－１－⑥－１；Furumura, 2014)。これは、強震域自体はＭ９地震の岩手沖～茨城沖の広範囲の震源域に沿って拡大したが、各地の強震動自体はＭ８地震で頭打ちし、Ｍ９規模に拡大しても大きくならなかったことを意味している。これは、地動加速度や震度に関わる周期１s程度の短周期の地震動は、距離減衰が大きく、かつランダム性が大きいために、広い震源域から放射される地震動が重なっても揺れの増大が一定以上は起きないためである。

なお、求められた地動加速度の距離減衰を北海道～関東の太平洋側（前弧側；図３－１－⑥－１緑色）と火山フロントを越えた背弧側（日本海側；図３－１－⑥－１赤色）の観測点に分けると、断層距離100 kmを越える地点の大部分が、地殻・マントルの地震波減衰が大きい（Qsが小さい）背弧側にあることが確認された。距離減衰の詳細な評価においては、100 km以遠の強い加速度距離減衰は、こうした観測点配置の偏りにより起きている可能性についても配慮が必要であろう。一方、南海トラフ地震に対する西南日本での地震動の距離減衰を考えた場合、東北日本で見られた背弧側の大きな地震動の減衰は、同様に九州の西側（フィリピン海プレートの沈み込みに対する火山フロントの背弧側）で起きると考えられるが、その他西日本の大部分は火山フロントの内側の前弧側に位置するため、断層距離100 km以上の地点は東北地方太平洋沖地震のようにはならず、より遠地まで強い加速度が広がる可能性が高い。

各地点の強震記録を精査すると、震源域に近い宮城県や茨城県においてＭ８地震の距離減衰式から予想される地動加速度を５倍以上上まわる強震動が観測された地点もある。重力加速度（1000 cm/s/s）を超える強震動を観測した、築館、塩竈（以上、宮城県)、日立（茨城県）地点の強震動波形の特性を調べたところ、周期0.2～0.5 s以下の極短周期地震動の成分が強く含まれている一方、木造家屋の被害に結びつく周期１～２s程度の、やや長周期の地震動成分は小さく、兵庫県南部地震において鷹取や葺合地点で観測された強震動の速度応答レベル（200～300cm/s）の1/2～1/3程度に小さかったことがわかった（図３－１－⑥－２；Furumura, 2014; 古村・2014)。比較した強震波形はいずれも震度７相当のものであるが、地震動に含まれる各周期成分の強度特性の違いにより木造家屋の被害の程度が大きく違った可能性が高い。

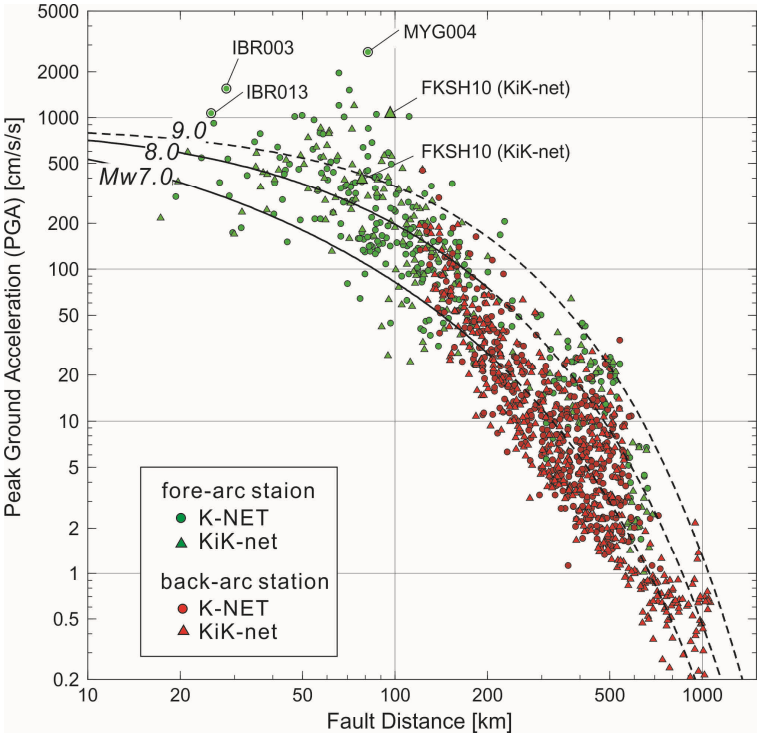


図３－１－⑥－１　東北地方太平洋沖地震における地表加速度の距離減衰特性（Furumura, 2014 による）。実線は Mw7.0 と Mw8.0 規模の地震の加速度距離減衰式（Si and Midorikawa, 1999）。点線は Si and Midirokawa (1999)式を M8.0 以上、及び断層距離 200 km 以遠に外挿して作成。1000 cm/s/s を越える強い加速度を記録した K-NET（IBR003, IBR013）および、KiK-net 観測点（FMSH10, FKSH11）を示す。

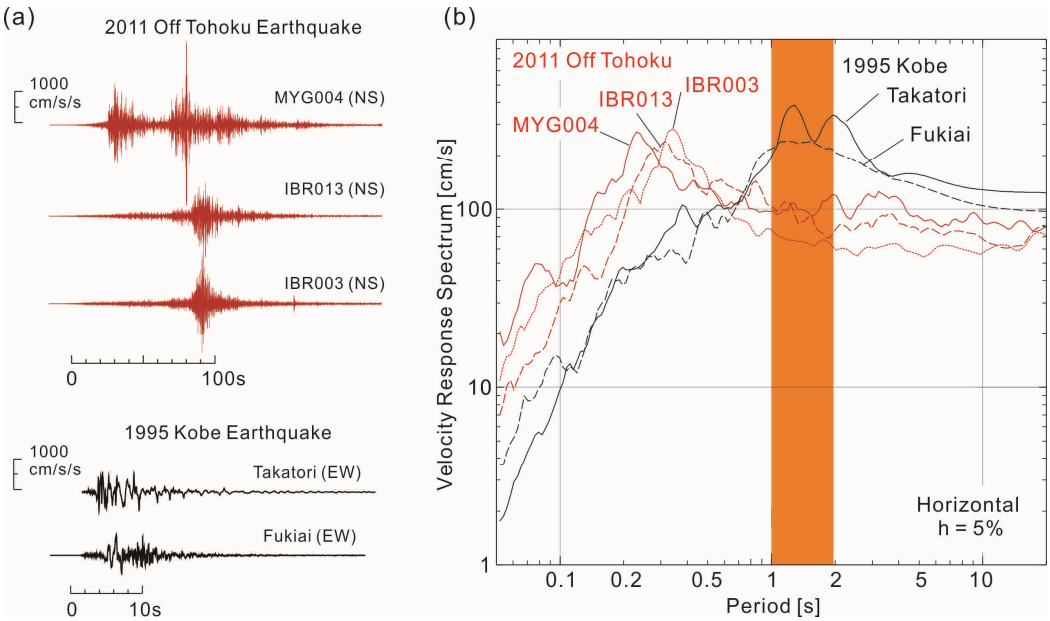


図３－１－⑥－２　(a) 東北地方太平洋沖地震における近地強震波形と速度応答スペクトル（Furumura, 2014 による）。大加速度を記録した震源域近傍の３地点（MYG004, IBR013, IBR003）での加速度波形（NS 成分）と 1995 年兵庫県南部地震の断層近傍の加速度波形（鷹取、葺合地点）、(b)速度応答スペクトルの比較（水平動、減衰定数ｈ＝５％）。オレンジ色の帯は、木造家屋の被害に結びつく、やや長周期地震動帯（Ｔ＝１～２ｓ）を表す。

東北地方太平洋沖地震の強震動のもう一つの特徴として、Ｍ９地震の広大な断層破壊に対応して、強い揺れが３分間以上も長く続いたことが挙げられる。東日本大震災における地盤崩落や液状化などの地盤災害では、強い加速度レベルと同時に長時間の地震動継続の影響についての考察が必要である。こうした、Ｍ９地震の長い揺れは、南海トラフ地震などの海溝型巨大地震の揺れと被害を考える際に参考となる。

東北地方太平洋沖地震において、東北～関東地方で観測された「ごく短周期」の地震動の存在は、2003 年宮城県沖の地震、2005 年宮城県沖地震、2008 年岩手沿岸北部の地震など、東北地方で起きたスラブ内地震やプレート境界地震でこれまで繰り返し報告されてきた。こうした、ごく短周期地震動の成因として、１）広角で沈み込む太平洋スラブの比較的深い（25～50 km）場所で発生する、応力降下量が大きい（高周波数レベルが高い）地震の震源特性、２）高周波数地震動を遠地まで伝える低減衰（High-Q）スラブによる伝播特性、３）北上山地などの硬質岩盤上を覆う、数メートル以下の薄い表層地盤（風下層）における地震動の増幅特性、の３つのメカニズムとこれらの相乗効果によるものと考えられる。

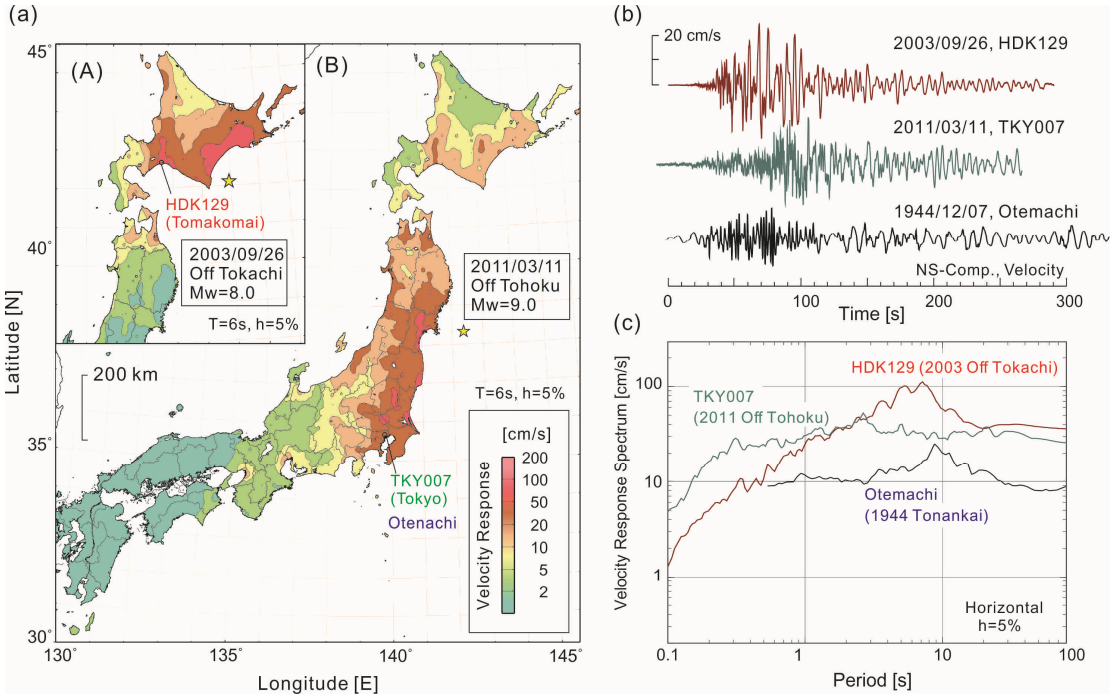


図３－１－⑥－３　(a) 東北地方太平洋沖地震における、全国の長周期地震動分布（固有周期６秒の速度応答スペクトル、減衰定数＝５％）と、2003 年十勝沖地震の速度応答スペクトルの比較（Furumura, 2014 による）。(b)十勝沖地震における苫小牧観測点（HDK129）の地震動、東北地方太平洋沖地震での新宿観測点（TKY007）での地震動、及び 1944 年東南海地震での東京大手町の地震動の比較。(c) ３つの地震の速度応答スペクトルの比較。

b) 長周期地震動の特性

東北地方太平洋沖地震においては、東京や大阪などの堆積平野において長周期地震動により超高層ビルが大きく、かつ十数分間にわたって長く揺れたことが社会問題となった。関東では、以前より長周期地震動の問題が指摘されていたが、2004 年新潟県中越地震（M6.8）以降、大きな長周期地震動を観測する大地震は 10 年近く起きていなかった。

K-NET と KiK-net 強震記録を用いて全国の平野で発生した長周期地震動を調べたところ、たとえば周期６s の長周期地震動の速度応答レベルは、震源域に近い宮城や福島で最大 100 cm/s 程度であり、2003 年十勝沖地震（M8.0）において石油タンクのスロッシング火災が発生した苫小牧での観測値と同レベルであった。また、超高層ビルが大きく揺れたことが問題となった新宿で観測された周期６～８s 前後の長周期地震動のレベルは、1944 年東南海地震（M7.9）における大手町での強震計記録から求めた速度応答レベルと同程度（30 cm/s）であった（図３－１－⑥－３；Furumura, 2014）。

大阪府の咲島庁舎が大きく揺れたことが問題となった、大阪（此花）で卓越した周期６秒前後の長周期地震動のレベルも、同地点で 2000 年鳥取県西部地震（Mw6.9）や 2004 年紀伊半島南東沖地震（Mw7.4）で観測した地震動の同レベル

であり、M9 地震の規模から考えると東北地方太平洋沖地震による長周期地震動のレベルは小さかったと結論づけられる。

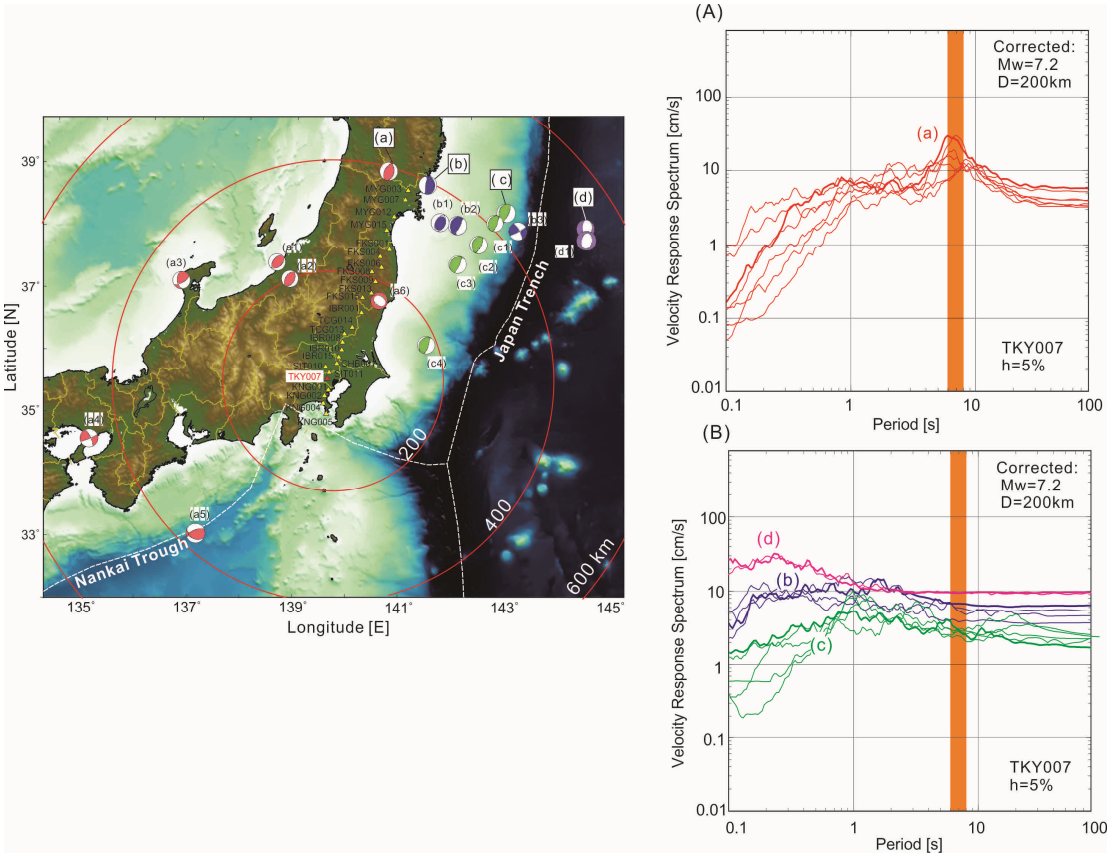


図３－１－⑥－４　関東平野での長周期地震動の周期６～８秒前後での速度応答特性の比較（新宿地点；減衰 h＝５%）（Furumura, 2014 による）。(A)浅い、内陸地震および南海トラフの地震と、(B) 宮城県沖の地震（アウターライズ地震、プレート境界地震、スラブ内地震）の速度応答スペクトルの比較。応答スペクトル図中の(a)～(d)は左図の震源ラベルに対応。オレンジの帯は、都心部での長周期地震動の卓越周期（６～８s）を表す。

東北地方太平洋沖地震において、地震の規模に対して長周期地震動が小さかった原因を探るために、近年の大地震の速度応答スペクトルを比較した。日本周辺で発生した M７級の地震を、a）内陸の地殻内地震、b）陸寄りのやや深い（h＝30～70 km）プレート境界またはスラブ内地震、c）陸から離れた比較的浅い（h=20～35 km）プレート境界地震、及び d）浅いアウターライズ地震、に４分類して、それぞれ地震規模と震源距離を補正した速度応答スペクトルを比べた（図３－１－⑥－４；Furumura, 2014）。その結果、（b）と(c）グループの地震では、いつも長周期地震動の励起が内陸地震に比べて 1/2～1/3 程度と小さく、都心の強震記録の速度応答スペクトルには周期６秒前後の応答のピークが現れないことがわかった。

これらの地震は震源が深く（h＝20～70 km）東北地方太平洋沖地震において強震動が放射された場所（強震動生成域）とちょうど対応する。こうした、深い地

震からは、平野で強く増幅される長周期地震動の「種」である表面波の励起が小さいことが考えられる。一方、内陸で起きた地殻内地震や南海トラフで起きたアウターライズの地震は震源が浅く（h<20 km）表面波の励起が大きい。また、東北沖（日本海溝）のアウターライズ地震では、陸域に向けての海洋の伝播経路において周期数秒の表面波が良く伝播しないために、陸域では長周期地震動の生成が弱い。以上より、東北沖のプレート境界地震は震源が深いため、いつも長周期地震動の励起が小さいと考えられる。

これに対して、南海トラフの巨大地震では、１）震源が比較的浅く陸に近いこと、２）トラフ軸に沿って広がる付加体で表面波が強く生成・誘導されることにより、ずっと長周期地震動が生成されやすい環境にあると考えられる。

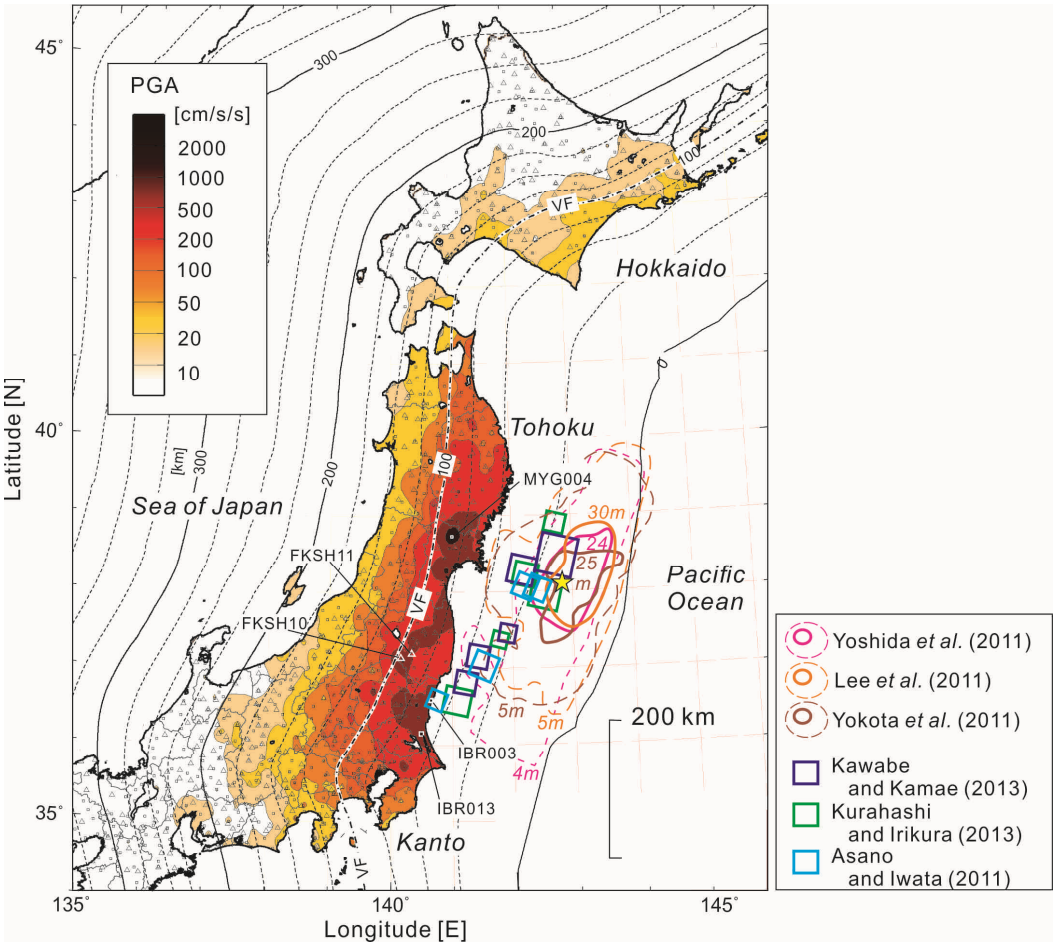


図３－１－⑥－５　東北地方太平洋沖地震による北海道～中部日本の加速度分布と、経験的グリーン関数法により推定された強震動（短周期地震動）の生成域（図中の□）及び、強震・津波記録から推定された震源域（図中の点線）とその超大滑り域（図中の太線）の比較（Furumura, 2014 による）。

(d) 結論ならびに今後の課題

東北地方太平洋沖地震の強震動に関して以上述べた特性は、東北地方下に沈み込む太平洋プレートの特徴と、Ｍ９地震の断層面上の運動特性（滑り量、滑り速度など）の

違いによる、地震波放射の周波数特性の違いに起因するものと考えられる。

たとえば、経験的グリーン関数法に基づく震源解析によれば、太平洋岸の広い範囲に 0.5～１G を越える強い加速度を作り出した、ごく短周期地震動（T＝0.2～0.5 s）は、陸寄りの比較的深い（h=50～80 km）場所から放射されたことが明らかである（図３－１－⑥－５；Furumura, 2014）。この場所（強震動生成域）からは、周期が６～10 s 程度までの長周期地震動まで長周期地震動も強く放射された。この強震動生成域は、過去に宮城県沖地震、福島県沖地震、茨城県沖地震が繰り返し起きてきた、プレート間の固着が大きな場所（いわゆるアスペリティ）に概ね対応する。

一方、長周期（T>10～100 s）の地震波形、津波、地殻変動データを用いた震源解析からは、海溝軸付近の浅部プレート境界付近の超大すべり（>20～30 m）が示されたが、これは大きな海底地殻変動と大津波の発生の直接原因ではあるが、構造物に被害を引き起こす周期 10 秒程度以下の短周期～長周期地震動はほとんど放射されなかった。

こうした、東北地方太平洋沖地震に見られた震源の特徴（周期特性）は、東北沖で起きる地震に特有の現象であり、南海トラフ巨大地震の強震動評価においては直接当てはめることができないことに注意が必要である。

(e) 引用文献

1) 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, 2004, submitted.
2) 古村孝志、東京の地下構造と長周期地震動リスク、地学雑誌、2014、投稿中。
3) Si H., Midorikawa S., Attenuation relationships of peak ground acceleration and velocity considering effects of fault type and site condition, in Proc. 12th World Conference on Earthquake Engineering Paper No. 532, 1999.

(3) 平成 26 年度業務計画案

プロジェクト指向型アーカイブのプロトタイプ実装、前年度にひきつづきのアーカイブコンテンツ（震災に関する文献、空間に関する動画・データ、東北地方の復興経過）の収集を行う。その上で、岩手県を中心として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、南海トラフ地震による被災状況と復興状況の想定のための基礎データとする。

東北地方太平洋沖地震での地殻変動について、宮城県沖以外の広域な範囲の現象の変化や長い時間スケールの変化の情報をまとめる。

被災地の連続観測システムの開発・運用では、アーカイブ画像閲覧用 WEB サイトの改良、画像の撮影・解析に関する技術的課題の解決、モニタリングカメラの追加設置を行う。

東北地方太平洋沖地震の本震・余震の地震波形データについては、編集・整理作業を十分に考慮した上で、これまでに未収集・未整理の東北地方太平洋沖地震およびその余震時等の地震波形データ等のゆれに関する情報について可能な限り収集し、K-NET(ASCII)形式に変換・整理し、データベースに追加していく予定である。

東日本大震災におけるライフラインの被害状況に関する文献調査から整理した課題をもとに南海トラフ巨大地震対策を検討する。

東北地方太平洋沖地震において、震源域近傍で観測された「ごく短周期地震動」の特性と、関東平野等で発生した長周期地震動に関する詳細に分析を継続する。

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	福和伸夫
	副センター長・寄附研究部門教授	曽根好徳
	副センター長・教授	野田利弘
	准教授	廣井悠
	准教授	護雅史
	寄附研究部門教授	北野哲司
	寄附研究部門教授	武村雅之
	寄附研究部門准教授	都築充雄
	寄附研究部門准教授	宮腰淳一
	寄附研究部門助教	虎谷健司
	寄附研究部門助教	野中俊宏
	寄附研究部門助教	山﨑雅人
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
独立行政法人海洋研究開発機構	技術主任	馬場俊孝
	特任技術研究員	CITAK Seckin Ozgur
東北大学災害科学国際研究所	教授	今村文彦
	助教	今井健太郎
	技術補佐員	橋本茜
独立行政法人防災科学技術研究所	領域長	藤原広行
	総括主任研究員	平田賢治
	主任研究員	河合伸一
	主任研究員	中村洋光
	主任研究員	森川信之
	主任研究員	長江拓也
	契約研究員	大角恒雄
	契約研究員	前田宜浩
	契約研究員	東宏樹
東京大学大学院情報学環総合防災情報研究センター	教授	古村孝志
	特任助教	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する。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する。津波被害を地形特性等の観点から分類する。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う。

平成 27 年度：

災害シナリオを選定するための基準を検討し、選定したシナリオに対して、現状における広域リスクを実施し、災害シナリオを試作する。津波被害発生基準の高度化と津波シミュレーションの環境整備を行う。地域リスク低減のための帰宅困難者・避難者行動対策技術検討及び室内安全性予測手法を検討する。

平成 28 年度：

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する。津波被害発生基準による平野地形の被害再現性を検証する。経済被害予測手法に基づく経済被害の暫定予測を行う。減災戦略による経済被害軽減効果の暫定評価を行う。

平成 29 年度：

津波被害発生基準によるリアス式地形の被害再現性を検証する。また、サブテーマ２による地震動分布や津波の痕跡等から災害シナリオ作成の妥当性を検証し、災害シナリオ作成手法の高度化を図る。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の選定と基礎データ整備を行う。広域リスク評価は南西

諸島まで含めて実施する。また、間接的な被害も考慮したリスク評価を行う。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を検討する。リスク評価結果から災害パターンの地域類型化を実施し、特徴的な災害パターンを抽出し、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 25 年度業務目的

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う。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する。津波は既往被害事例を網羅的に整理する。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う。

(2) 平成 25 年度成果

① 津波

(a) 業務の要約

一般的に、津波ハザード情報は浸水深で示されることが多い。しかし、実際の津波被害形態は多岐にわたり、複合的な要因が絡み合って生じている。2011 年東北地方太平洋沖地震津波（以下、2011 年東北津波）では、家屋損壊や流出、海岸インフラ被害など津波の浸水あるいは津波力による被害だけでなく、自動車漂流などの多岐にわたる被害形態が実際に確認された。これら被害の明確な発生基準を示すことができれば、南海トラフ巨大地震による津波被害が懸念されている地域に対して、被害予測を行うことができ、対応策を検討することが可能と考えられる。本業務では、2011 年東北津波における岩手県・宮城県沿岸の被害地域において、既往のアーカイブシステムを利用して、その被害形態に関する判読を行い、簡易的な整理を行った。さらに、地形条件や土地利用形態などの地域特性、ここ 100 年間に発生した地震津波被害履歴（1896 年明治三陸地震津波、1933 年昭和三陸地震津波、1960 年チリ地震津波）と今次津波の平均的な津波浸水高、人的被害などについて整理を行った。

また、津波の被害予測を行う上で基礎データとなる浸水深などの津波ハザード情報は、波源を仮定して津波シミュレーションを実施することによって得られる。津波シミュレーションにおいては、非線形長波理論が使用されるのが一般的であるが、2011

年東北津波の際には仙台平野の名取川河口付近でソリトン分裂波の発生が確認された。ソリトン分裂が発生すると波高が増幅するだけでなく、その後、波が砕波し、波力が急激に大きくなることが予想される。ソリトン分裂波の再現には非線形長波理論ではなく、非線形分散波理論が必要である。今年度の業務においては、来年度以降の南海トラフ地震への適用を視野に入れつつ、非線形分散波理論を用いて 2011 年東北津波のソリトン分裂波の再現計算を実施し、解析モデルの妥当性を確認した。

(b) 業務の実施方法

1)マクロ視点での各種地域特性に対応した津波被害発生の分類

巨大津波における被害形態とその状況を判読するために、東北大学災害科学国際研究所による『みちのく震録伝』、東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループによる『津波写真アーカイブス』を用いた。これらのシステムにアーカイブされている 2011 年東北津波における被災状況写真で被害状況や漂流物種類を判読した。本業務での対象地域はまずはマクロ的な視点に立ち、岩手県・宮城県の沿岸における現況区分における被害市町村とし、土地利用形態を把握するために、各市町村における主産業や地形条件を調査した。

2)非線形分散波理論に基づく 2011 年東北地方太平洋沖地震津波のシミュレーション

短波長成分を含む津波が陸棚などの広い浅海域に達した場合、津波が分裂（ソリトン分裂）し波群を形成することがある。このソリトン分裂は 1983 年日本海中部地震津波や 2003 年の十勝沖地震津波で確認され、2011 年東北津波においても発生直後に離陸した陸上自衛隊東北方面総監部のヘリコプターによって仙台平野の名取川河口付近で撮影された。自衛隊ヘリの撮影では、第２波が分裂し、少なくとも 10 波以上の連続した波群を形成した。沿岸の構造物や堤防との比較から、第２波群の分裂波の波長は百ｍ～数百ｍ程度、波高は数ｍ程度と推定された（村嶋ほか, 2012）。ソリトン分裂が発生すると波高が増幅するだけでなく、その後、波が砕波し、波力が急激に大きくなることが予想される。津波被害予測においてソリトン分裂現象の再現は必須であると考えられるものの、これまではあまりソリトン分裂を再現できる非線形分散波理論を用いた評価はなされて来なかった。これはソリトン分裂現象が軽視されていたわけではなく、単に非線形分散波式を計算機で解くのに、複雑な数値モデルと膨大な計算資源が必要とされることに依存している。非線形分散波理論に基づき、かつ、地形ネスティングと大規模並列計算が可能な津波コード（JAGURS ; Baba et al., 2013）はそれを可能にする。

JAGURS で使用している解析モデルは以下に示す平面二次元の非線形分散波式で、これをスタッガード格子のリープフロッグ差分法により時間発展を解いている。

$$\frac{\partial h}{\partial t} = -\frac{1}{R\sin\theta}\left[\left(\frac{\partial M}{\partial \varphi} + \frac{\partial (N\sin\theta)}{\partial \theta}\right)\right] \qquad (1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{1}{R\sin\theta}\frac{\partial}{\partial \varphi}\left(\frac{M^2}{d+h}\right) + \frac{1}{R}\frac{\partial}{\partial \theta}\left(\frac{MN}{d+h}\right) = -\frac{g(d+h)}{R\sin\theta}\frac{\partial h}{\partial \varphi} - fN - \frac{gn^2}{(d+h)^{7/3}}M\sqrt{M^2+N^2} + \frac{d^2}{3R\sin\theta}\frac{\partial}{\partial \varphi}\left[\frac{1}{R\sin\theta}\left(\frac{\partial^2 M}{\partial \varphi \partial t} + \frac{\partial^2 (N\sin\theta)}{\partial \theta \partial t}\right)\right] \qquad (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{1}{R\sin\theta}\frac{\partial}{\partial \varphi}\left(\frac{MN}{d+h}\right) + \frac{1}{R}\frac{\partial}{\partial \theta}\left(\frac{N^2}{d+h}\right) = -\frac{g(d+h)}{R}\frac{\partial h}{\partial \theta} + fM - \frac{gn^2}{(d+h)^{7/3}}N\sqrt{M^2+N^2} + \frac{d^2}{3R}\frac{\partial}{\partial \theta}\left[\frac{1}{R\sin\theta}\left(\frac{\partial^2 M}{\partial \varphi \partial t} + \frac{\partial^2 (N\sin\theta)}{\partial \theta \partial t}\right)\right] \qquad (3)$$

(1)が連続の式、(2)と(3)が運動方程式で、h は海面変動、t は時間、 M、 N は経度、緯度方向の線流量、d は水深、g は重力加速度、R は地球半径、 ϕ 、 θ は経度、余緯度、f はコリオリ係数、n はマニングの粗度係数である。なお、極座標系で記述されているため、太平洋を伝搬するような津波に対しても計算可能である。

2011 年東北津波に対しては数多くの波源が提案されている。津波の再現計算では津波波形もしくは陸上の津波痕跡高を再現するように作られた波源を用いるのがよい。一般的に津波波形インバージョンでは線形長波式、痕跡高の再現には非線形長波式が用いられる。しかし、Saito et al., 2011 は津波波形インバージョン解析において、線形分散波式を用いて波源推定を実施した。そのようにして得られた波源は、本研究で実施する非線形分散波シミュレーションと親和性が高いと考えらえるため、ここでは Saito et al., 2011 の波源モデルを使用することとした。

津波計算を実施する全体の領域は波源と DART21418 観測点を含むように、北緯 34 度から 43 度、東経 140 度から 150 度と設定した（図３－２－①－１）。津波計算に必要な海底および陸上の地形は日本水路協会刊行の M7000 シリーズ海底地形データ、海洋研究開発機構のマルチなロービームデータ、General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO) データ、国土地理院の数値地図 50ｍメッシュ、５ｍメッシュを利用して、18 秒格子にリサンプリングしたデータを準備した。今回、観察されたソリトン分裂波の波長は百 m 程度と短いため、これを再現するにはその 1/20 の５m 程度の差分格子が必要となる。このため、研究対象領域である仙台平野周辺に向かって、ネスティング手法により空間分解能を向上させた。本研究で使用したネスティングレイヤーは５枚で、全体領域の 18 秒格子から、６秒、２秒、2/3 秒、2/9 秒（約５ｍ）と徐々に小さくした（図３－２－①－１）。ネスティングレイヤー間の格子間隔の比は３：１である。これらネスティングレイヤーの地形データも、18 秒格子データと同様の手順で、既存のデータセットをリサンプリングすることにより作成した。研究対象領域である 2/9 秒のネスティングレイヤーでは、潮位条件（－25cm）を定義し、地形を海面に対して相対的に 25cm 上昇させておくことによって擬似的に取り入れた。また、Saito et al., 2011 のモデルは、断層滑りのモデルではなく初期水位分布のモデルであるため、陸上の地殻変動を地形モデルに反映できない。このため、Nishimura et al., 2011 を参考にして、2/9 秒のネスティングレイヤー内の地形に対して地震の地殻変動による 35cm の沈降を予め与えた。

この５層のネスティングレイヤーの地形モデルに、Saito et al., 2011 の波源を入力し、

非線形分散波理論に基づく津波計算を実施した。マニングの粗度係数は領域全体で 0.025 $sm^{-1/3}$、移動境界条件により陸上への津波遡上も計算した。タイムステップは安定条件を満たすように 0.1 秒を与え、ソリトン分裂波が確認された第 2 波を十分に含むように 3 時間分の津波計算を行った。海洋研究開発機構の SGI ICE X (Intel Xeon E5-2670 2.6 GHz)の 36 ノード（576 コア）を利用して、約 14 時間で計算が終了した。また、比較のため、非線形長波もモデルでの計算も実施した。

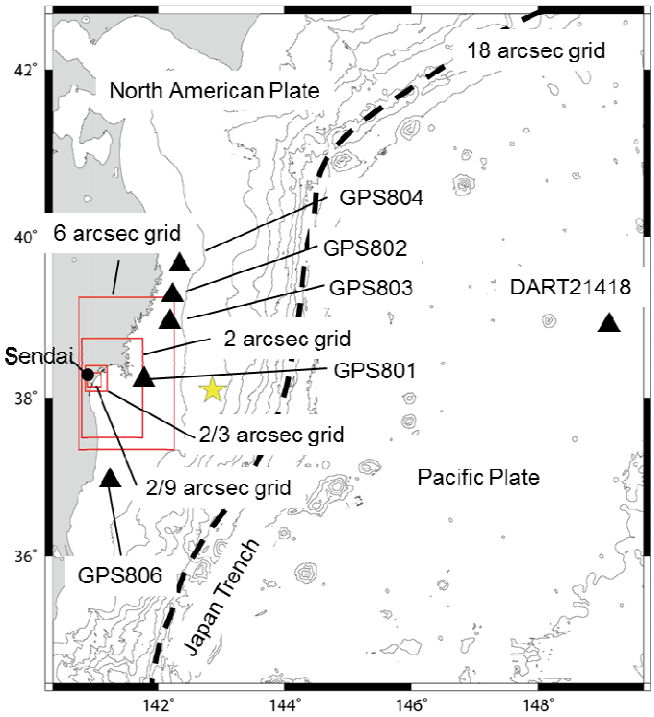


図３－２－①－１　津波計算領域。星は 2011 年東北地方太平洋沖地震の震源位置。赤四角はネスティングレイヤーを示す。三角は図３－２－①－３で示す観測点の位置。

(c) 業務の成果

1)マクロ視点での各種地域特性に対応した津波被害発生の分類

表３－２－①－１に各行政区分（市町村区分）における主産業、今次津波の平均的な津波浸水高、被害形態、過去の津波履歴と被害状況写真の例を示す。ここで、津波浸水高は各自治体の防潮堤高さの根拠高さとして用いられている値を採用している（岩手県[3]、 宮城県[4]。また、瓦礫種類における“その他の瓦礫”としているものは、家屋の残骸、流木、家電などを示している。また、表３－２－①－１(a)は岩手県沿岸市町村、(b)は宮城県沿岸市町村のうち七ヶ浜町以北のもの、(c)は塩釜市以南のものを示す。

a) 主産業と地形の分類

岩手県・宮城県沿岸における被災地域の主産業としては、リアス式沿岸では、主に漁業や水産加工などの水産業が多くを占め、観光を主産業としている地域もあることがわかる。仙台湾沿岸である石巻市以南の各地域においては、漁業に加えて、農業や工業などが目立つ。一般的に、水産業に関わりのある地域の住民は

沿岸や海の状況に敏感であり、一方、農業中心の地域では、天候には敏感であるものの、海の状況にあまり感心がない傾向にあると考えられる。このような地域の主産業が津波の人的被害において大きく寄与している可能性はあるが、行政区分で分類した場合はややその傾向が鈍ってしまう可能性があるため、より詳細な地域区分で評価を行う必要があろう。

b) 被害状況に関する分類

対象沿岸において、主産業に関わりなく、家屋被害が圧倒的に多く発生している。また、分類するまでもないが、所有施設に対する被害の有無はほぼ対応しており、漁港や港湾施設、鉄道や空港などの公共施設を持つ地域では、それに対応した箇所での被害やその施設由来の漂流物が発生している。家屋被害については、津波外力と密接に関わるため、津波浸水深で構築する被害関数（越村ほか, 2009）などによる評価が有効であるし、今次津波に対応した家屋被害関数の構築が進められている（例えば、Sappasri et al., 2013）。ただし、これまでの被害関数は地域性が考慮されていないため、やや汎用性に欠ける。南海トラフ巨大地震の影響下にある市街地に適用するためには、汎用性を高めた被害関数の構築などが必要といえる。

c) 漂流物に関する分類

漂流物に関してはリアス式海岸や平野に関わらず、自動車漂流物が圧倒的に多い。また、漁港施設がある場合では、もちろん漁船漂流物も発生している。ただし、漁港があるからといって必ずしも船舶の漂流物が陸上に打ち上がっているわけではない。これは、地形による引き波の強度が関係し、いったん陸上に打ち上げられても、引き波で沿岸に戻されている可能性がある。また、家屋の残骸、家電などはほとんどの地域で見受けられた。これらの発生要因は家屋流出・損壊にともなっているため、上述の家屋被害関数の利用により、ある程度は把握することが可能と考えられる。

d) 過去の履歴に関する分類

図３－２－①－２に 1896 年明治三陸地震津波、1933 年昭和三陸地震津波、2011 年東北地方太平洋沖地震津波による犠牲者数を示す。明治三陸地震津波や昭和三陸地震津波では、波源が三陸沖であり、津波外力も三陸沿岸に集中したためなどから、当該地域での犠牲者が多い。一方で、2011 年東北地方太平洋沖地震津波では、三陸沿岸よりも石巻平野以南での犠牲者が目立つ。海岸構造物の整備状況や土地利用形態の変遷のため、純粋に比較することができないが、2011 年東北地方太平洋沖地震による三陸沿岸での津波高が 1896 年明治三陸地震や 1933 年昭和三陸地震津波と同程度だったことを考えると、過去の教訓が活かされたために、犠牲者数が減少した可能性はある。なお、2011 年東北地方太平洋沖地震津波で最大の犠牲者数を出した石巻市の中心市街地では、想定宮城沖地震津波のハザードマップは作成していたものの、市街地に津波が氾濫する可能性はほとんど考えていなかったようであり、津波避難訓練を実施したことはなかったようである。今次の津波を教訓に、ユニークな津波避難訓練を実施している（佐藤ほか, 2013）。

表３－２－①－１(a)　岩手県の各行政区分（市町村区分）における主産業、今次津波の平均的な津波浸水高、被害形態、過去の津波履歴と被害状況写真の例

県	市町村	主産業	地形	平均的な浸水高	被害状況	がれき種類	被害者数				被害状況写真の例
							1896	1933	1960	2011	
岩手県	洋野町	漁業	リアス式	15.1	家屋, 施設,堤防	その他の瓦礫	285	109	0	0	
	久慈市	漁業, 農業	リアス式	8.6	堤防	漁具, その他の瓦礫	840	43	0	4	
	野田村	水産加工, 水産, 鉱石	リアス式	14.0	家屋, 河岸, 海岸林, 堤防	車, その他の瓦礫	319	6	0	38	
	宮古市	水産	リアス式	7.3	港, 河岸, 堤防, 家屋, RC構造物, 水産施設, 公共施設	車, 船, その他の瓦礫	3719	610	1	514	
	山田町	水産加工, 林業	リアス式	9.7	港, 家屋,公共施設	車, 船, その他の瓦礫	2984	12	0	752	
	大槌町	漁業	リアス式	12.6	家屋, 公共施設	車, その他の瓦礫	900	54	0	1234	
	釜石市	漁業, 水産加工	リアス式	9.3	港, 家屋, 海岸林, 川岸, 施設, 堤防	車, 船, その他の瓦礫	7869	395	0	1040	
	大船渡市	漁業, 水産加工, 窯業, 木材加工業, セメント	リアス式	11.8	家屋, 工業施設, 公共施設	車, 船,その他の瓦礫	3918	229	53	419	
	陸前高田市	漁業	リアス式	18.0	家屋, 施設	車, その他の瓦礫	798	207	8	1771	

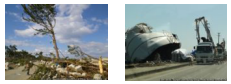
表３－２－①－１(b)　宮城県気仙沼市～石巻市の各行政区分（市町村区分）における主産業、今次津波の平均的な津波浸水高、被害形態、過去の津波履歴と被害状況写真の例

県	市町村	主産業	地形	平均的な浸水高	被害状況	がれき種類	被害者数				被害状況写真の例
							1896	1933	1960	2011	
宮城県	気仙沼市						1988	78	2	1324	
	気仙沼漁港周辺	漁業，造船，水産加工，観光	リアス式	8.9	港湾施設，家屋構造物（集落全体）	車，船，その他の瓦礫					
	波路上・階上	漁業，造船，水産加工	リアス式	14.6	家屋構造物（集落全体）	車，その他の瓦礫					
	南三陸町						1269	85	38	816	
	歌津	漁業，水産加工	リアス式	20.5	家屋構造物，川岸	その他の瓦礫					
	志津川（清水浜含む）	養殖業，体験型観光	リアス式	20.5	家屋構造物，川岸	船，その他の瓦礫					
	戸倉	水産	リアス式	18.8	家屋構造物，海岸林，海岸構造物	その他の瓦礫					
	石巻市						216	74	3	3708	
	牡鹿半島	漁業，養殖業	リアス式	10.5 - 20.9	家屋，農地，堤防施設	車，その他の瓦礫	216	74	3	3708	
	河北地区	水産	リアス式	14.9		車，その他の瓦礫					
	雄勝	水産，雄勝石	リアス式	16.3	家屋構造物	車，その他の瓦礫					
	中心市街地	水産	平野	11.4	家屋構造物，河岸，公共施設	車，船，その他の瓦礫					

表３－２－①－１(c)　宮城県女川町～仙台市の各行政区分（市町村区分）における主産業、今次津波の平均的な津波浸水高、被害形態、過去の津波履歴と被害状況写真の例

県	市町村	主産業	地形	平均的な浸水高	被害状況	がれき種類	被害者数				被害状況写真の例
							1896	1933	1960	2011	
宮城県	女川町	水産	リアス式		家屋構造物,RC構造物,公共施設	車, その他の瓦礫	1	1	0	849	
	東松島市	漁業, 農業	リアス式	10.3	家屋構造物, 道路, 海岸林, 堤防施設	車, 海岸林, 船, 海岸施設, その他の瓦礫	0	0	0	1087	
	松島町	観光, 水産	リアス式	2.9	家屋構造物, 公共施設（鉄道）, 農地	車, その他の瓦礫	0	0	0	2	
	塩竈市	漁業, 水産加工, 観光	リアス式	4.9	家屋構造物, 道路施設, 公共施設	車, 船, その他の瓦礫	0	0	2	26	
	七ヶ浜町	漁業, 水産加工	リアス式	12.0	港湾施設, 家屋構造物, 海岸林, 堤防施設	車, 船, その他の瓦礫	0	0	0	77	
	多賀城市	漁業, 農業	平野	5.0	家屋構造物, 道路施設	車, その他の瓦礫	0	0	0	188	
	仙台市						0	0	0	685	
	宮城野区中野栄	工業	平野	12.9	道路施設, 公共施設	車, その他の瓦礫					
	宮城野区蒲生	養殖業	平野	12.9	家屋, 公共施設	車, その他の瓦礫					
	若林区荒浜	農業	平野	12.9	家屋構造物, 海岸林	車, その他の瓦礫					

表３－２－①－１(d)　宮城県女川町～仙台市の各行政区分（市町村区分）における主産業、今次津波の平均的な津波浸水高、被害形態、過去の津波履歴と被害状況写真の例

県	市町村	主産業	地形	平均的な浸水高	被害状況	がれき種類	被害者数				被害状況写真の例
							1896	1933	1960	2011	
宮城県	名取市	漁業，農業	平野	13.6	家屋構造物，海岸林	車，船，その他の瓦礫	0	0	0	1172	
	岩沼市	農業	平野	13.6	公共施設（空港），海岸林	車，船，その他の瓦礫	0	0	0	150	
	亘理町	漁業，農業	平野	13.6	家屋，堤防施設，海岸林	車，船,その他の瓦礫	0	0	0	306	
	山元町	農業，林業	平野	13.6	家屋，海岸林，農地，堤防施設，公共施設（鉄道）	車，船,その他の瓦礫	0	0	0	698	

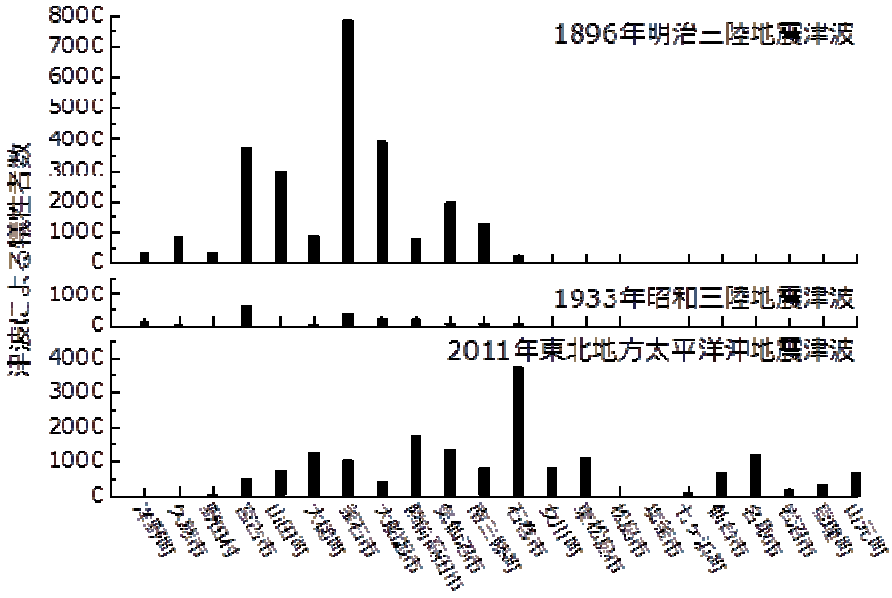


図３－２－①－２　1896 年明治三陸地震津波、1933 年昭和三陸地震津波、2011 年東北地方太平洋沖地震津波による犠牲者数の比較

2)非線形分散波理論に基づく 2011 年東北地方太平洋沖地震津波のシミュレーション

2011 年東北津波では、海底水圧計や GPS 波浪計ブイの観測により、沖合での津波波形が得られた（例えば、Maeda et al., 2011, Hayashi et al., 2011）。沖合の津波波形は海岸からの反射や屈折などの複雑な効果が含まれないことから、津波の伝播特性の評価において適切なデータであると考えられる。図３－２－①－３は非線形分散理論と非線形長波理論で計算された 2011 年津波の沖合観測点での津波波形の比較である。DART21418 ブイでは、非線形分散波と非線形長波の結果に有意な差があり、非線形分散波のほうが観測記録との整合性が良いことがわかる。これはソリトン分裂ではなく波数分散性によるものであると考えられるが、いずれにしても 2011 年東北津波の DART21418 において、観測記録を再現するためには分散性の考慮が必要であると言える。一方、海岸から約 20km 圏内に設置された GPS 波浪計の記録においては、非線形分散波と非線形長波の計算津波波形に大きな違いは認められなかった。

しかし、仙台平野付近の広い浅海域に 2011 年東北津波の第２波が達した際に、非線形分散波モデリングにおいてはソリトン分裂により短周期に分裂した波群が発生したが、非線形長波モデルでは発生しなかった（図３－２－①－４）。図３－２－①－５は海岸付近での津波波形出力の比較である。非線形分散波モデルで発生したソリトン分裂波の波長は約 200m で、13 波の分裂波が確認でき、全振幅は最大で約３m、周期は約 15 秒であった。この結果はヘリコプターから撮影された実際の 2011 年東北津波のソリトン分裂波の特徴（村嶋ほか, 2012）をほぼ再現している。

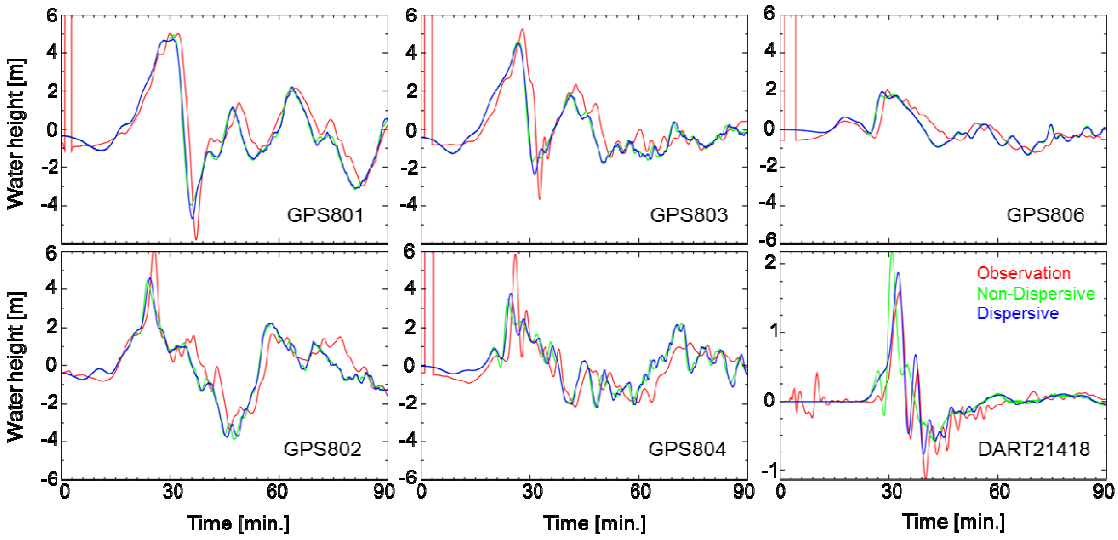


図３－２－①－３　2011 年東北地方太平洋沖地震津波の観測記録（赤）、非線形長波モデル（緑）、非線形分散波モデル（青）の波形の比較。DART21418 では非線形長波と非線形分散波の違いが明瞭である。観測点の位置は図３－２－①－１を参照のこと。

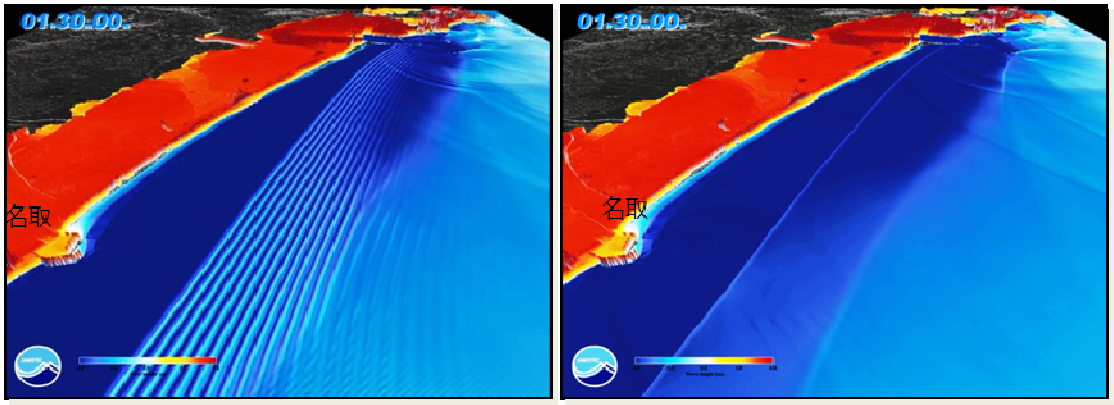


図３－２－①－４　地震発生後 90 分後の非線形分散波モデル（左）、非線形長波モデル（右）のシミュレーションから得られた海面変動。非線形分散波モデルでは海岸付近でソリトン分裂波が発生している。

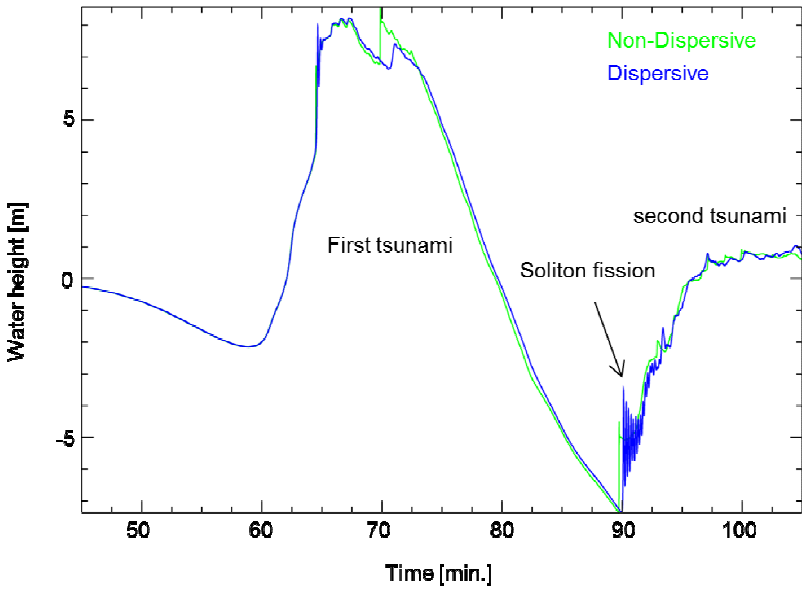


図３－２－①－５　海岸付近での波形出力の比較。非線形分散波モデル（青）では、第２波において全振幅で最大約３ｍのソリトン分裂波が発生したが，非線形長波モデルでは（緑）では発生しなかった。

(d) 結論ならびに今後の課題

2011 年東北地方太平洋地震津波における岩手県・宮城県沿岸の被害地域において、既往のアーカイブシステムを利用して、その被害形態に関する判読を行い、その状況に関する簡易的な整理を行った。さらに、地形条件や土地利用形態などの地域特性、ここ 100 年間に発生した地震津波被害履歴（1896 年明治三陸地震津波、1933 年昭和三陸地震津波）と今次津波の平均的な津波浸水高、人的被害などについて整理を行った。本業務では、巨視的な立場として簡易的な検討を実施したが、より詳細な被害発生基準を定めるためには、湾・浜ごとにその海岸線形状や土地利用が大きくことなるため、より詳細な地域区分を行って被害形態の分類に関する調査・整理が必要と考えられることや、各地域における浸水域内の標高やその地形条件についての考慮、そして実用的で高解像度な津波氾濫解析（Hayashi, et al., 2011）と組み合わせて検討する必要があろう。また、非線形分散波モデリングでは、2011 年東北津波のソリトン分裂波を適切に再現できた。よって、本研究の非線形分散波モデルは今後発生するとされる南海トラフ巨大地震による津波評価においても利用できると考えられる。

これらの結果を踏まえて、来年度は、1-a)東日本大震災教訓活用研究で実施する情報を利用して、2011 年東北地方太平洋沖地震津波で発生した津波被害の既往事例において、より詳細な情報を収集し整理を行う。海岸地形の特性（リアス式、平野、湾の形状やサイズ）や被災地域の平均的な標高と詳細な津波外力に注目し、より詳細な分類を行い、それらに対応した被害形態や発生漂流物に関する整理を行う。これらのデータに基づいて、地形特性、土地利用による分類と被害発生に関する影響因子の検討を行う。加えて、自然力（海岸林や並木など）を用いた津波漂流物被害の抑制手法に関する検討を実施する。さらに、津波ハザード情報の高精度化を目的として、本業務に

おいて妥当性を確認した非線形分散波モデルを南海トラフで発生する津波に適用し、愛知県周辺を対象として津波ハザード予測を実施する。従来の非線形長波モデルから得られる津波ハザード情報と比較し、その違いを明らかにする。

(e) 引用文献

1) Baba, T., N. Takahashi, Y. Kaneda, K. Ando, D. Matsuoka, and T. Kato, Dispersive tsunami wave modeling by parallel computation with variable nested-grids in spherical coordinates, AGU fall meeting, NH43A-1725, 2013.

2) Hayashi, Y., H. Tsushima, K. Hirata, K. Kimura and K. Maeda, Tsunami source area of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake determined from tsunami arrival times at offshore observation stations, Earth Planets Space, 63, 809‐813, 2011.

3) 岩手県，岩手県沿岸における海岸堤防高さの設定について，http://www2.pref.iwate.jp/~hp0212/fukkou_net/pdf_doc/iinkai_07_01_1.pdf，参照 3014-3-31.

4) 越村俊一，行谷佑一，柳澤英明，津波被害関数の構築，土木学会論文集 B，Vol.65, No.4, pp.320-331, 2009.

5) Maeda, T., T. Furumura, S. Sakai, and M. Shinohara, Significant tsunami observed at ocean-bottom pressure gauges during the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Earth Planets Space, 63, 803‐808, 2011.

6) みちのく震録伝，東北大学研究者による復興写真マップ 「写真で見る復興」，http://shinrokuden.irides.tohoku.ac.jp/archives/896.

7) 宮城県，海岸堤防の高さの設定などについて，http://www.pref.miyagi.jp/uploaded/attachment/43036.pdf.

8) 村嶋陽一，越村俊一，岡秀行，村田泰洋，藤間功司，杉野英治，岩淵洋子，日先生分散波理論モデルによる東北地方太平洋沖地震津波のソリトン分裂の再現，土木学会論文集 B2（海岸工学），68, I_206-I_212, 2012.

9) Nishimura, T., H. Munekane and H. Yarai, The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake and its aftershocks observed by GEONET, Earth Planets Space, 63, 631‐636, 2011.

10) Saito, T., Y. Ito, D. Inazu and R. Hino, Tsunami source of the 2011 Tohoku‐Oki earthquake, Japan: Inversion analysis based on dispersive tsunami simulations, Geophys. Res. Lett., 38, L00G19, doi:10.1029/2011GL049089, 2011.

11) 佐藤翔輔，今井健太郎，岩崎雅宏，二上洋介，熊谷雅之，平松進，亀井一彦，鈴木聡一郎，山中智，今村文彦，避難先を指定しない新しい津波避難訓練手法の提案 ‐ 宮城県石巻市における実践と検証 -，土木学会論文集 B2（海岸工学），69-2, 1361-1365，2013.

12) Suppasri, A., K. Imai, A. Muhari, I. Charvet, Y. Fukutani, Y. Abe, H. Murakami, T. Futani, and F. Imamura, Fragility analysis based on damage data of the 2011 Great East Japan tsunami, Proceedings of Coastal Engineering, JSCE, 4, 65-69, 2013.

13) 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ，津波写真アーカイブス，
http://grene-city.csis.u-tokyo.ac.jp/.

②地震動

(a) 業務の要約

本業務では、大都市が立地する堆積盆地において地震動の卓越周期が変動する可能性について、３次元有限差分法とグリーン関数の相反性を利用して簡便なモデルによるシミュレーションを行った。その結果、主に堆積盆地への地震動の入射方向によって、地震動の卓越周期が幅をもって変動することが示唆された。

(b) 業務の実施方法

グリーン関数の相反性を利用しつつ、３次元有限差分法によって堆積盆地の震動性状についての検討を行った。３次元有限差分法の定式化については Graves の方法（Graves, R. W., 1996）に準拠し、Levander による４次精度の差分演算子（Levander, A. R., 1988）と、Pitarka による応力の表現（Pitarka, A., 1999）を用いた。ここでは、相反定理を利用する方法について述べる。相反定理を利用して地震動を計算することは、特に波形インバージョンの分野において用いられてきた実績がある（Graves, R. W. and D. J. Wald, 2001 ; Wald, D. J. and R. W. Graves, 2001）。弾性体内の一点 $\boldsymbol{\xi}$ において時間的・空間的にインパルス力を加えたことによって、任意の点 $\boldsymbol{x}$ に生じる時刻 t での変位の i 成分をグリーン関数 $G_{ip}(\boldsymbol{x},t;\boldsymbol{\xi},\tau)$ で表す。ここで $\boldsymbol{\xi}$ と τ はそれぞれ加振点の座標と加振した時刻であり、p は加振力が作用した座標軸の方向を表す。このとき、一般に $G_{ip}(\boldsymbol{x},t;\boldsymbol{\xi},\tau)=G_{ip}(\boldsymbol{x},t-\tau;\boldsymbol{\xi},0)$ であり、また

$$G_{ip}(\boldsymbol{x},t-\tau;\boldsymbol{\xi},0)=G_{pi}(\boldsymbol{\xi},t-\tau;\boldsymbol{x},0) \qquad (3-2-②-1)$$

が成立する。これを相反定理と呼ぶ。相反定理は、加振点と受振点との関係を逆転させたときに、もとのグリーンテンソルを転置するだけで新たなグリーンテンソルが得られることを示している。さて、時間的・空間的に広がりを持った震源によって生じる変位は、グリーン関数と震源を表すモーメントテンソル密度を用いて次式のように表される。

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

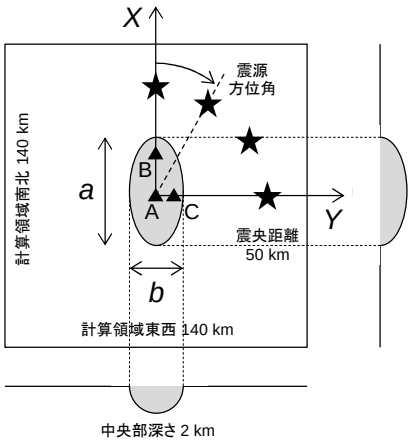
ここで Ω は震源域の空間的な広がりを表す。式（３－２－②－２）に対してグリーン関数の相反定理（３－２－②－１）を適用すると、次式を得る。

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

式（３－２－②－３）中の $\partial G_{pi}(\boldsymbol{x},t-\tau;\boldsymbol{x},0)/\partial\xi_q$ は、観測点 $\boldsymbol{x}$ で i 方向にインパルス加振力を加えた際の震源 $\boldsymbol{\xi}$ での変位勾配行列（これはすぐにひずみテンソルに換算できる）の pq 成分を表している。有限差分法はその原理上、特定の震源に対する多数の

観測点での速度波形を一度に算出することができる。このことは、逆に少数の観測点について複数の震源による速度波形を比較検討したいときには複数回の計算を行わなければならないということである。 本業務で検討の対象とする、堆積盆地上の観測点における震源方位による震動特性の比較を行うような場合がこれにあたる。このような事例に対しては、本来観測点とする位置において x, y, z 各方向のインパルス加振を行った場合の波動場をそれぞれ計算し、本来震源とする多数の位置におけるひずみテンソルを記録しておく。これは式（３－２－②－３）の $\partial G_{pi}(\boldsymbol{x},t-\tau;\boldsymbol{x},0)/\partial\xi_q$ にあたるが、それはそのまま式（３－２－②－２）の $\partial G_{ip}(\boldsymbol{x},t-\tau;\boldsymbol{x},0)/\partial\xi_q$ に等しく、各震源でのインパルス的なモーメントテンソルの解放による観測点での変位を表すグリーン関数を一度に得ることができる。

次に、検討に使用したモデルについて説明する。本業務では、大規模堆積盆地上の観測点について、震源の方位および深さによる震動特性の変化を検討した。そのために、まず単純な２層構造で、平行成層地盤および円形・楕円形の堆積盆地のモデルを作成した。図３－２－②－１にモデルの模式図を示す。また、各層の物性値を表３－２－②－１に示す。図３－２－②－１にて、星印は想定する地震の震央を表す。震央距離は 50 km とし、震源の深さは０km，10 km，20 km の３種類を考えた。震動特性を評価する観測点は堆積盆地の地表中央としたが、楕円形Ⅲ堆積盆地については中央(A)，北端部(B)，東端部(C)の３点を考えた。現実の地震動は、震源断層の走向・傾斜・すべり角によって定まるモーメントテンソルの各成分とグリーンテンソルの各成分との積の総和を、さらに震源時間関数との合成積にしたものになる。そのため、観測される地震動波形には震源の特性が必ず影響するが、本研究では震源の位置による違いのみを抽出したい。そこで、観測点において各座標軸方向にそれぞれインパルス加振を行った場合の計算を行い、周囲の震源位置におけるひずみ波形を計算することで、グリーンテンソルの各成分を計算した。



モデル	a / km	b / km
大円形	50	50
楕円形Ⅰ	50	41.7
楕円形Ⅱ	50	33.3
楕円形Ⅲ	50	25
小円形	25	25

図３－２－②－１ 計算に用いた地盤構造モデル

表３－２－②－１ 設定した地盤構造モデルの物性値

物性値	基盤	堆積盆地
密度 / 10^3 kg m^{-3}	3.30	2.20
V_P / km s^{-1}	7.80	2.61
V_S / km s^{-1}	4.40	1.20
Q_P	500	110
Q_S	500	110

(c) 業務の成果

はじめに、平行成層地盤、大円形堆積盆地、楕円形Ⅲ堆積盆地、小円形堆積盆地それぞれの中央の観測点(A) について、深さ 20 km の点震源による地震動のグリーン関数を図３－２－②－２に示す。これは震源を表すモーメントテンソルの pq 成分の単位インパルスによって観測点で生じる地震動速度の i 成分の意味である。座標系については、x, y, z に代えてラディアル (r), トランスバース (t), 上下 (z) を用いた。グリーン関数の独立な成分の数は 18 であるが、図３－２－②－２ではそのうち表面波の生成に関わる H_{rrr}・H_{rzz}・H_{zrz}・H_{trt} を抽出した。図３－２－②－２より、堆積盆地上の観測点においては、平行成層地盤上の場合と比較してグリーン関数の振幅が各成分とも飛躍的に増大することが分かる。これは基盤よりも軟弱な堆積盆地に波動のエネルギーが集中するためである。一方で、大円形堆積盆地・楕円形Ⅲ堆積盆地・小円形堆積盆地の比較では、最大振幅には大きな差異は認められない。楕円形Ⅲ堆積盆地の震源方位 0° と大円形盆地、楕円形Ⅲ堆積盆地の震源方位 90° と小円形堆積盆地それぞれの波形は互いに似通っているが、完全に同じではない。このことから、堆積盆地上の観測点の震動には、震源と観測点を結ぶ鉛直断面に沿う地震波だけではなく、周囲の構造によって屈折してきた地震波の影響が含まれていることが確認できた。また、楕円形Ⅲ堆積盆地において、震源方位が 0° から 90° へ変化するにつれて、波形が大円形堆積盆地のそれに近い形状から小円形盆地のものに近くなっていくことが分かった。

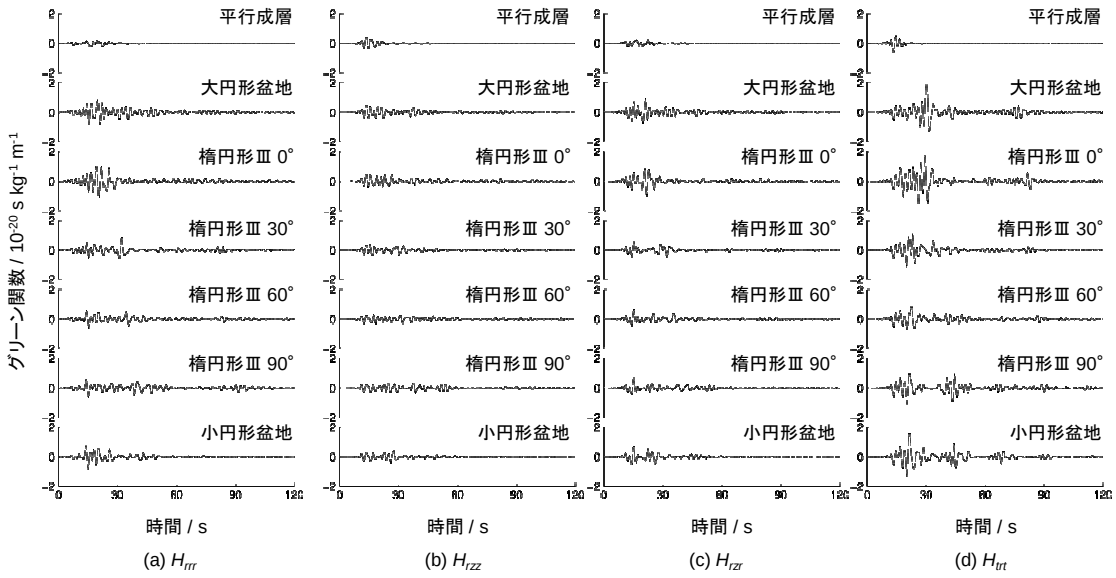


図３－２－②－２　平行成層地盤・大円形堆積盆地・小円形堆積盆地・楕円形Ⅲ堆積盆地それぞれの中央の観測点におけるグリーン関数の(a) H_{rrr}、(b) H_{rzz}、(c) H_{rzr}、(d) H_{trt} 成分

図３－２－②－３に、グリーン関数のスペクトルを示す。図３－２－②－３では、深さ0 km，10 km，20 km の点震源による地震動のグリーン関数のうち、H_{rrr}、H_{rzz}、H_{rzr}、H_{trt} 成分を示している。それぞれ上下２つのグラフが組になっており、上段には平行成層地盤（破線）・大円形堆積盆地（太い実線）・小円形堆積盆地（細い実線）でのグリーン関数のスペクトルを、下段には楕円形Ⅲ堆積盆地でのグリーン関数のスペクトルを示した。楕円形Ⅲ堆積盆地のスペクトルは震源方位0°（細い実線）、30°（細い破線）、60°（太い破線）、90°（太い実線）を表示している。 図３－２－②－３において、地表に震源が存在する場合を除けば、堆積盆地においては、平行成層地盤の場合と比較しておおむねスペクトル振幅が大きくなっている。平行成層構造であれば、層境界面での地震動の増幅率はインピーダンス比となるが、盆地構造では軟弱な堆積層に地震波が滞留するためである。卓越周期については、グリーン関数のほとんどの成分で複数のピークが見られるが、楕円形Ⅲ堆積盆地ではそれらの周期が震源方位によって少しずつ変化している様子が見て取れる。レイリー波の水平成分に寄与する H_{rrr}・H_{rzz}・H_{rzr} は総じて、震源方位0°で 5.7 s、90°で 5.4 s と 6.7 s に大きなピークが現れている（図中の矢印）。楕円形Ⅲ堆積盆地の長径と短径はそれぞれ大円形堆積盆地と小円形堆積盆地の直径に等しいが、それぞれの方位（震源方位0°と90°）において、楕円形Ⅲ堆積盆地のスペクトルが円形堆積盆地のそれに類似した形状にはなっていない。これらの方位では、震源と観測点とを結んだ鉛直断面における地盤構造が同一であるにも関わらず、スペクトル形状が異なっている。このことは、堆積盆地上の観測点の地震動に対しては、震源からの直達波以外の成分が大きく影響を与えていることを示している。

次に、堆積盆地の形状によって震動性状の違いが生じる様子について調べる。グリーン関数の H_{rrr}、H_{rzz}、H_{rzr}、H_{trt} 成分について、堆積盆地形状が大円形から楕円形Ⅰ、

楕円形Ⅱ、楕円形Ⅲと次第に変化するにつれて、震源方位別のスペクトル特性が変化する様子を図３－２－②－４に示す。 図３－２－②－４(a) および 図３－２－②－４(b) より、H_{rrr}成分と H_{rzz}成分については、堆積盆地形状が円形から楕円形に変化するにつれてスペクトルのピーク位置が短周期側へ移動し、かつスペクトル振幅が増加していることが分かる。その傾向は震源方位0°方向、すなわち楕円形の長径側で顕著であり、90°方向ではあまり顕著ではない。震源方位30°と60°では中間的な傾向となっている。H_{rzr} 成分についても、振幅変化の程度は小さいものの同様の傾向が認められる。一方、H_{trt}成分は、方位90°、すなわち短径側の震源に対しては堆積盆地形状が円形から楕円形に変化するにつれてスペクトルのピーク位置が長周期側へ移動し、かつスペクトル振幅が小さくなっている。ただし、こちらの傾向は震源方位0°と30°では明瞭ではない。H_{rrr}、H_{rzz}、H_{rzr} の一致した傾向は、レイリー波は震源から見て堆積盆地部の幅が狭いほど短周期が卓越し、かつ振幅が大きくなることを示していると考えられる。 一方、 H_{trt} の傾向から、ラブ波はレイリー波とは逆の傾向を持っていると考えられる。

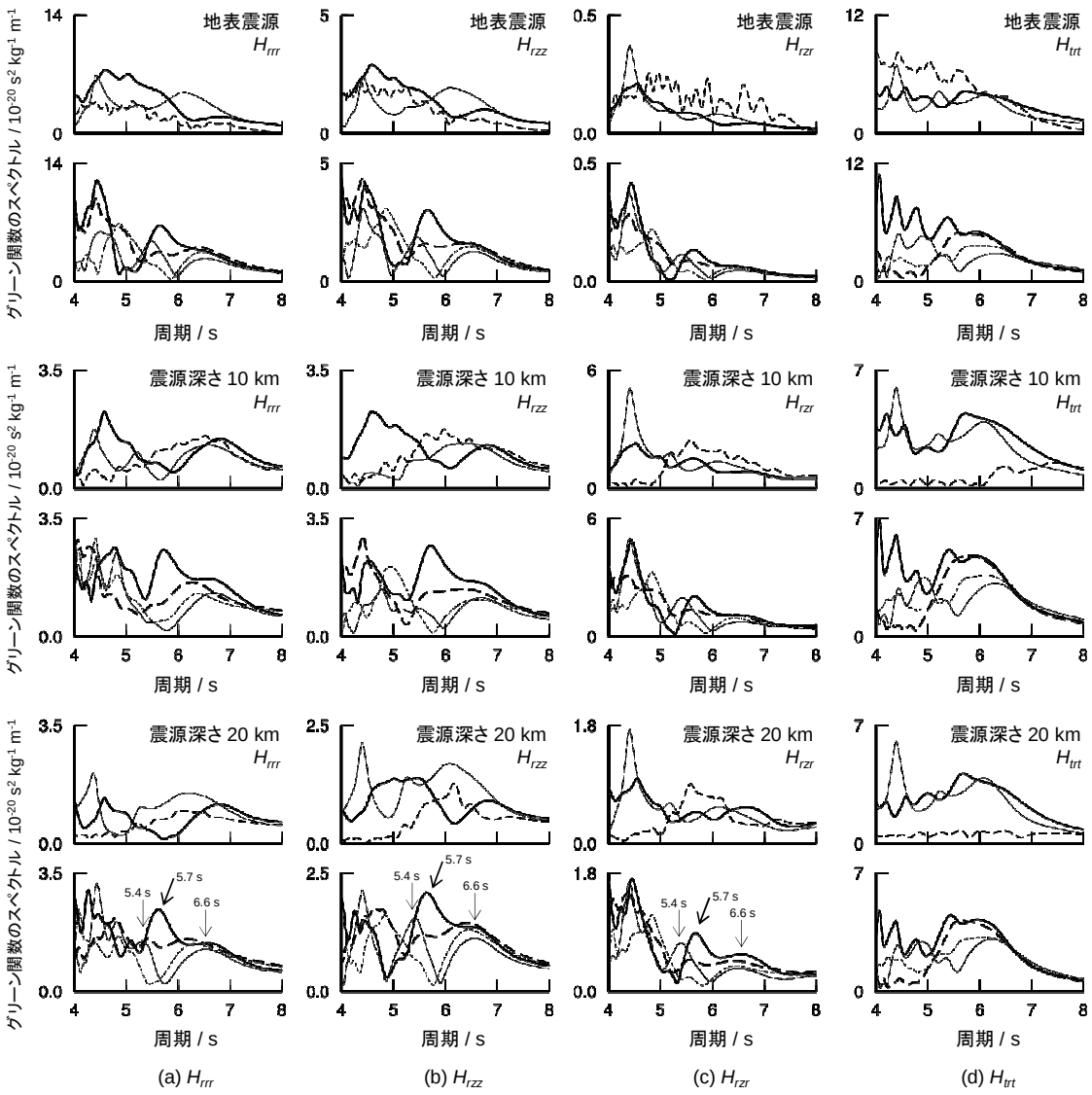


図３－２－②－３　上段：平行成層地盤（破線）・大円形堆積盆地（太い実線）・小円形堆積盆地（細い実線）　でのグリーン関数のスペクトル　下段：平行成層地盤（細い実線）・大円形堆積盆地（細い破線）・小円形堆積
盆地（太い破線）・楕円形Ⅲ堆積盆地（太い実線）それぞれの中央の観測点におけるグリーン関数のスペクトルの (a) H_{rrr}、(b) H_{rzz}、(c) H_{rzr}、(d) H_{trt} 成分（地表震源の平行成層構造でのグリーン関数のみ 1/100 スケール）

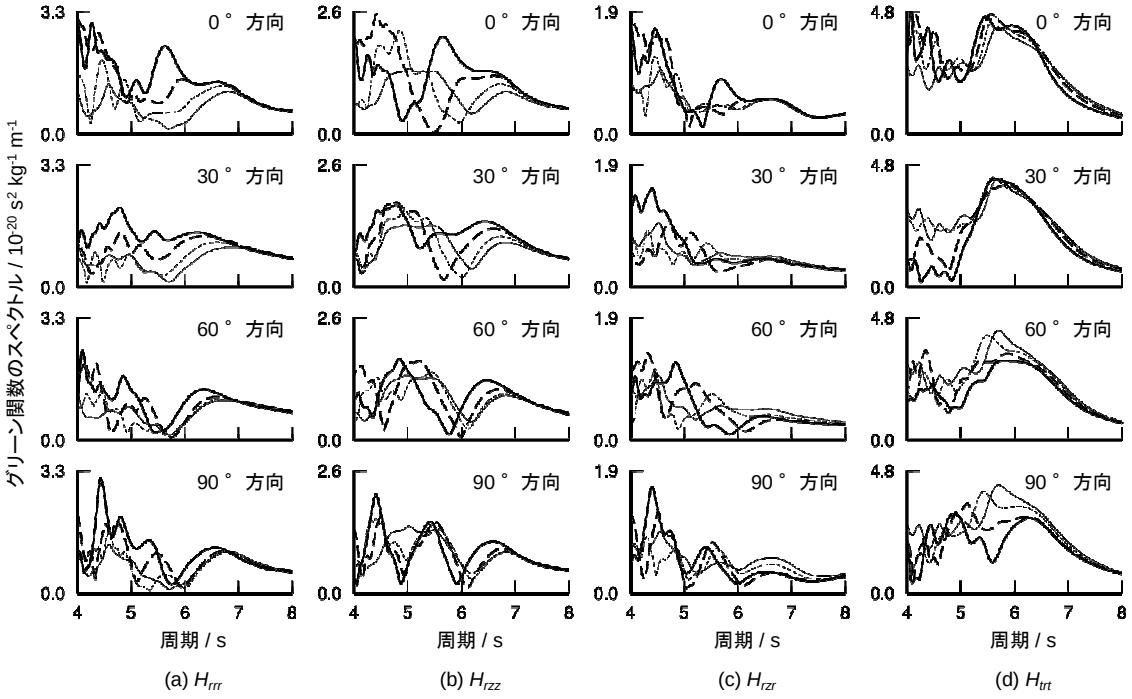


図３－２－②－４ 堆積盆地形状が大円形（細い実線）、 楕円形Ⅰ（細い破線）、 楕円形Ⅱ（太い破線）、 楕円形Ⅲ（太い実線）の場合の、 深さ 20 km の震源によるグリーン関数のスペクトルの (a) H_{rrr}、(b) H_{rzz}、(c) H_{rzr}、(d) H_{trt} 成分

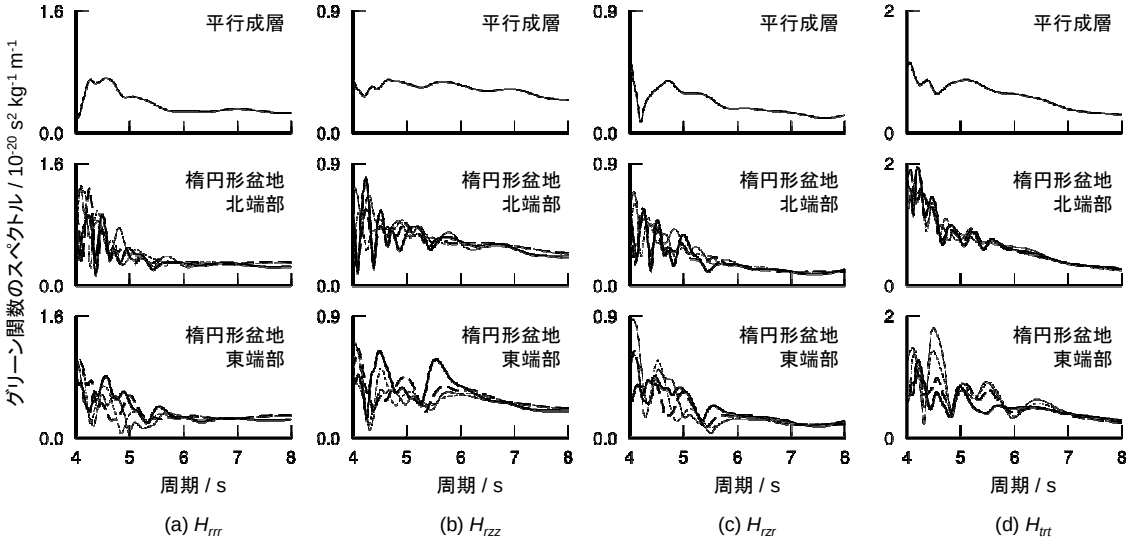


図３－２－②－５ 平行成層地盤と楕円形堆積盆地の北端部･東端部の観測点における深さ 20 km の震源によるグリーン関数のスペクトルの(a) H_{rrr}、(b) H_{rzz}、(c) H_{rzr}、(d) H_{trt} 成分

次に、図３－２－②－１に示した堆積盆地端部に位置する観測点 B、C におけるグリーン関数についての計算結果を示す。図３－２－②－５に、堆積盆地北端部の観測点 B と東端部の観測点 C での、深さ 20 km の点震源による地震動のグリーン関数のスペクトルをそれぞれ示す。また、観測点直下の堆積層と同じ厚さの表層地盤を持つ平

行成層構造を仮定した場合のグリーン関数のスペクトルも併せて示す。震源の位置は、観測点からの水平距離 50 km、深さ 20 km とし、方位角 0°（細い実線）、30°（細い破線）、60°（太い破線）、90°（太い実線）を設定した。 図３－２－②－５において、スペクトル振幅については、平行成層構造の場合と堆積盆地の場合でさほど違いがない。楕円形Ⅲ堆積盆地の場合について、 中央の観測点におけるグリーン関数のスペクトル（図３－２－②－３）と比較すると、図３－２－②－５のスペクトルはおおむね 5 s 台後半のレベルが低い。

(d) 結論ならびに今後の課題

各事例についてのグリーン関数の各成分の計算結果から、楕円形の堆積盆地上の観測点において、震源の方位による卓越周期の違いが見られた。また、楕円形の堆積盆地との比較のために、その短径・長径をそれぞれの直径とする円形の堆積盆地のモデルも作成して検討を行ったが、この結果のグリーン関数においては、震源方位による卓越周期の違いは見られなかった。さらに、楕円形堆積盆地の長径と短径はそれぞれ大円形堆積盆地と小円形堆積盆地の直径に等しいが、楕円形堆積盆地における対応する震源方位のスペクトルと円形の堆積盆地のそれとの類似性はあまりなかった。このことから、堆積盆地上の観測点における震動には、震源からの直達波以外の成分が大きく影響していることが分かる。現実の地震動は、本検討で示したグリーン関数の各成分と、震源の走向・傾斜・すべり角で定まるモーメントテンソルの各成分との積をとり、かつ震源時間関数との合成積としたものとなる。そのため、合成された地震動の卓越周期については、個別の地震に対して計算を行う必要がある。しかし、グリーン関数の卓越周期の変動の範囲を知ることができれば、実際の地震動において卓越する周期を予想する際の助けとなり、工学的に有用な情報となる。本業務の検討は、少数の観測点について多くの震源による地震動を俯瞰的に分析するものである。そのため、震源方位による震動性状の変化は表現できるものの、その詳細な原因についての考察は困難である。これには、相反定理を用いないで通常の有限差分法の計算を行い、面的な波動場を計算することがその考察に資することになる。また、本業務では簡単なモデルを用いて現象の傾向を把握したが、今後は円形・楕円形以外の形状の堆積盆地や、 現実の堆積盆地の地下構造モデルに対して同様の検討を行うとともに、 地震波の入射方向による震動性状の違いを説明しうるような地盤モデルを構築することが課題である。

(e) 引用文献

1) Graves, R. W. Simulating seismic wave propagation in 3D elastic media using staggered-grid finite differences, Bull. Seismol. Soc. Am., Vol. 86, pp.1091-1106, 1996.

2) Graves, R. W. and D. J. Wald, Resolution analysis of finite fault source inversion using one- and three-dimensional Green’s functions 1. Strong motions, J. Geophys. Res., Vol. 106, pp.8745-8766, 2001.

3) Levander, A. R., Fourth-order finite defference P-SV seismograms, Geophysics, Vol. 53, pp.1425-1436, 1988.
4) Pitarka, A., 3D elastic finite-difference modeling of seismic motion using staggered grid with nonuniform spacing, Bull. Seismol. Soc. Am., Vol. 89, pp.54-68, 1999.
5) Wald, D. J. and R. W. Graves, Resolution analysis of finite fault source inversion using one- and three-dimensional Green’s functions 2. Combining seismic and geodetic data, J.Geophys. Res., Vol.106, pp.8767-8788, 2001

③ 地盤被害

(a) 業務の要約

本業務では、軟弱地盤上に築造された河川堤防の耐震性を静的／動的水～土連成有限変形解析によって評価した。その結果、砂質土層の液状化だけでなく、粘性土層に生じる滑りによって河床の隆起や堤体の沈下が引き起こされ、堤防の機能が著しく損なわれることを示すとともに、鋼管矢板による補強の仕方によっては、被害が逆に拡大する危険性を指摘した。

(b) 業務の実施方法

軟弱地盤上に築造された河川堤防の耐震性評価を実施した。深部から洪積層（支持層）、粘性土、砂質土で構成される軟弱地盤上に築造された河川堤防の耐震性を静的／動的水～土連成有限変形計算によって評価するとともに、鋼管矢板による補強効果について検討した。用いた解析コードは、砂から粘土さらに中間土までを同じ理論的枠組みで記述可能な土の弾塑性構成式（SYS カムクレイモデル（Asaoka, A. et al., 2002））を搭載した動的/静的水～土骨格連成有限変形解析コード GEOASIA（Noda, T. et al., 2008）である。堤防構築後の有限要素メッシュ図を図３－２－③－１に示す。地層構成は、深部から洪積層（支持層）、その上部に軟弱な粘性土層、表層に緩い砂質土層が存在している水平成層地盤とした。この基礎地盤上に堤防高５m、堤防天端は右岸が７m、左岸が 14m、法面勾配が１：１の河川堤防を築堤した後で、河道部分の掘削を行い、河川の水位を T.P.+1.2m まで上昇させた。水理境界は、地表面が地下水位面と一致するように水圧ゼロとし、下端及び両側面は非排水条件、堤外地側の要素境界は水位の高さに応じた水圧を要素に与える排水境界とした。

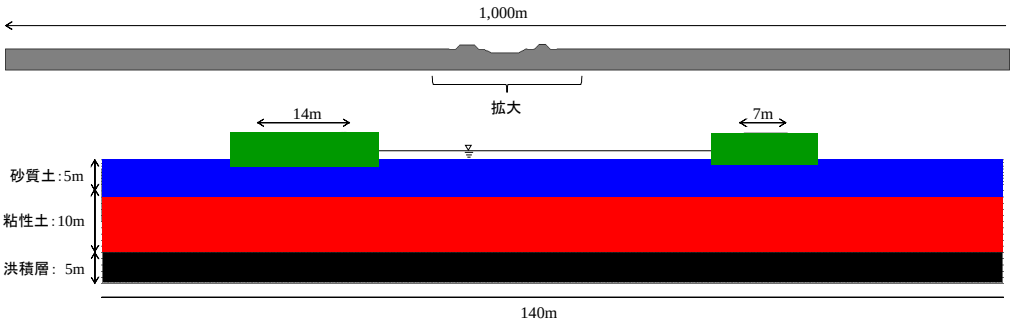


図３－２－③－１　有限要素メッシュと地層構成

解析に用いた材料定数は、東海地方の河川堤防のボーリング調査で採取された試料を用いて行われた各種力学試験結果を SYS カムクレイモデルで再現することによって決定した。砂質土の N 値は 10 程度と小さく、液状化の危険性が高い。また、粘性土は正規圧密線の外側への嵩張った圧縮曲線やせん断時のひずみ軟化挙動を示しており、鋭敏で構造高位な状態にあった。初期状態に関しては、骨格構造の程度（構造、過圧密、異方性）や初期応力比は各層で均一とし、比体積を土被り圧に応じて分布させた。解析に用いた入力地震波は、中央防災会議, 2004 で策定された名古屋港付近における東海・東南海・南海３連動地震波で、工学的基盤での Vs を考慮して２倍に増幅させ、地盤底面の全節点の水平方向に等しく入力した。地震時は境界両側端で周期境界を設定するとともに、地盤底面に Vs=300m/s に相当する底面粘性境界を用いた。

(c) 業務の成果

無対策地盤の地震中～地震後挙動

地震発生前～地震発生後までのせん断ひずみ分布の経時変化を図３－２－③－２に示す。主要動付近（地震開始から 30 秒経過）では、砂質土層の液状化に伴って堤体が沈下し、法尻付近が側方へ流動し始める。その後、粘性土層の上部にせん断ひずみが発生し、60 秒も経過したころには、この部分を起点として、堤内地・堤外地両方へ進展する滑りが発生する。滑り発生とともに粘性土層でも堤体直下の大きな沈下が発生する。図３－２－③－３には、地震中に生じた左岸堤防における堤体天端の層別沈下量および堤体法尻の水平変位量を示す。堤体は 2.5m の沈下とともに、法尻で 3.8m のストレッチング（堤内地側に 2.0m、堤外地側に 1.8m）を示す。河川堤防の被害としては、砂質土層の液状化による沈下と側方流動に加え、粘性土層から発生した滑りに伴う河床隆起が河積の減少を引き起こし、堤防機能が著しく損なわれてしまう。地震動終了後はそのまま圧密放置計算を実施した。透水性の大きい埋土や砂質土では地震中から地震直後で沈下が収束し、埋土で２cm、砂質土で 10cm の沈下がさらに発生する。透水性の小さい粘性土では、地震中に蓄積した過剰間隙水圧の消散に時間がかかるため、約 10 年間かけて 43cm の沈下を生じた。

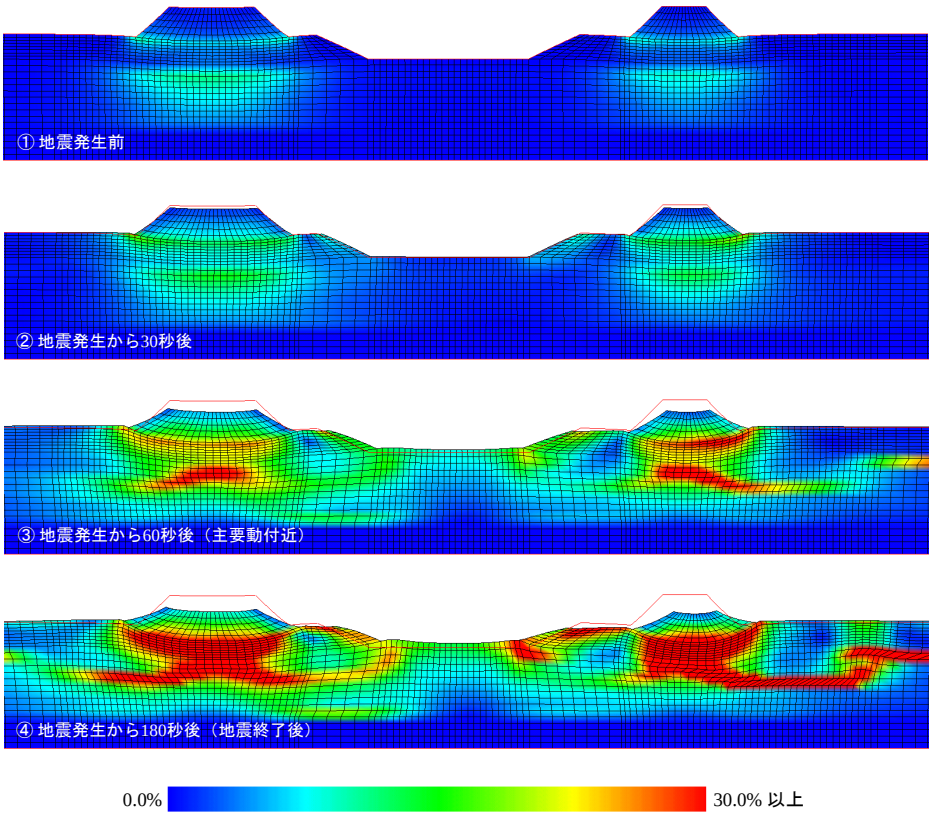


図３－２－③－２　無対策の場合のせん断ひずみの経時変化

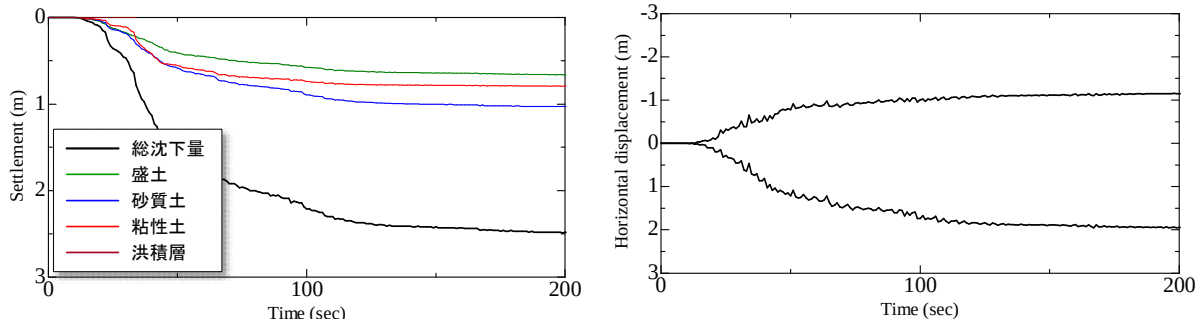


図３－２－③－３　堤体天端中央での層別沈下量と盛土法肩のストレッチング
(水平変位量)

鋼管矢板の補強効果の解析的検証

表３－２－③－１　解析条件

	鋼管矢板の有無および長短	
	堤外地側	堤内地側
Case1	なし	なし
Case2	短い	なし
Case3	長い	なし
Case4	短い	短い
Case5	短い	長い
Case6	長い	短い
Case7	長い	長い

河川堤防の耐震対策としては、液状化による側方流動抑制を目的とした鋼管矢板による補強工法がしばしば用いられる。また、東日本大震災では、耐震目的ではないが、堤防建設時から残っている止水矢板が耐震性向上に寄与したという報告もある。ここでは、鋼管矢板の補強効果について検証するため、表３－２－③－１に示すように、鋼管矢板の打設箇所と根入れ深さを系統的に変えた解析を実施した。すべての解析ケースにおける左岸堤防の天端中央における沈下量の比較を図３－２－③－４に、堤体法尻における水平変位量の比較を図３－２－③－５に、地震終了直後のせん断ひずみ分布を図３－２－③－６に、示す。Case１、２、３で河表側（堤外側）への矢板打設効果を比較してみると、天端沈下量および堤体のストレッチング量に大きな差異は見られない。しかしながら、鋼管矢板の根入れが浅いと（Case２）、側方流動を抑えることができないばかりか、粘土層から発生する滑りが矢板先端の地盤深部で発生してしまい、河床隆起量が大きくなってしまう。一方、根入れを洪積層まで深くすると、堤体前面での変形抑止には多大な効果を得ることができるが、逆に住居のある堤体背面側（堤内地）の水平変位や隆起を促進し、補強が逆効果となっている。河表・河裏側両方へ鋼管矢板を打設した時にも（Case４～Case７）同様の傾向がみられ、根入れが浅い方で大きなせん断ひずみと水平変位が発生する。「地震は最も弱いところを探して被害を与える」とはまさにこのことであり、対策の際は注意が必要である。なお、河表・河裏ともに根入れが洪積層まで深いと（Case７）、堤体沈下量、堤体ストレッチング量ともに大きな低減効果が得られている。

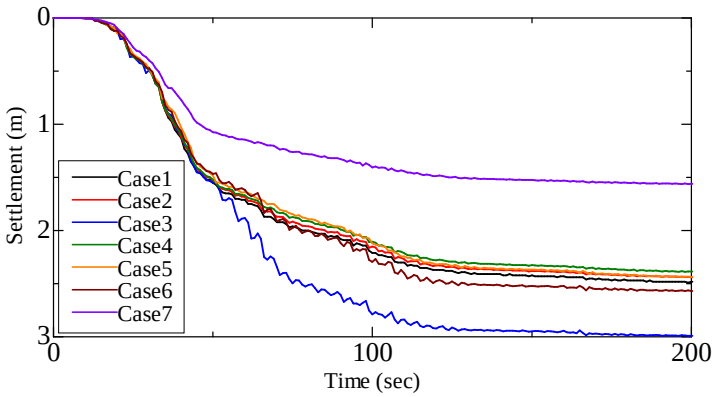


図３－２－③－４　天端中央での層別沈下量の比較

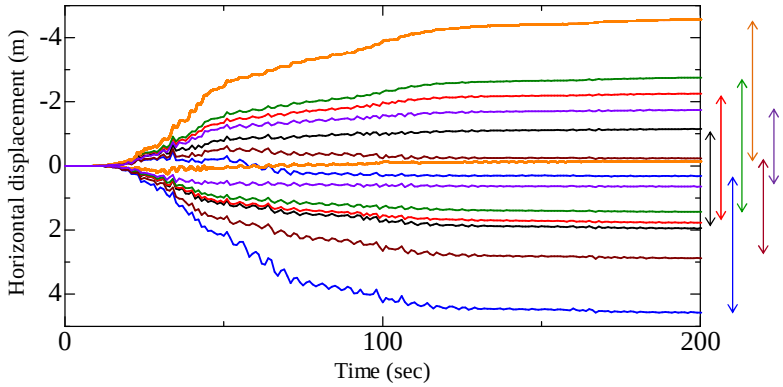


図３－２－③－５　盛土法肩のストレッチング(水平変位量)の比較

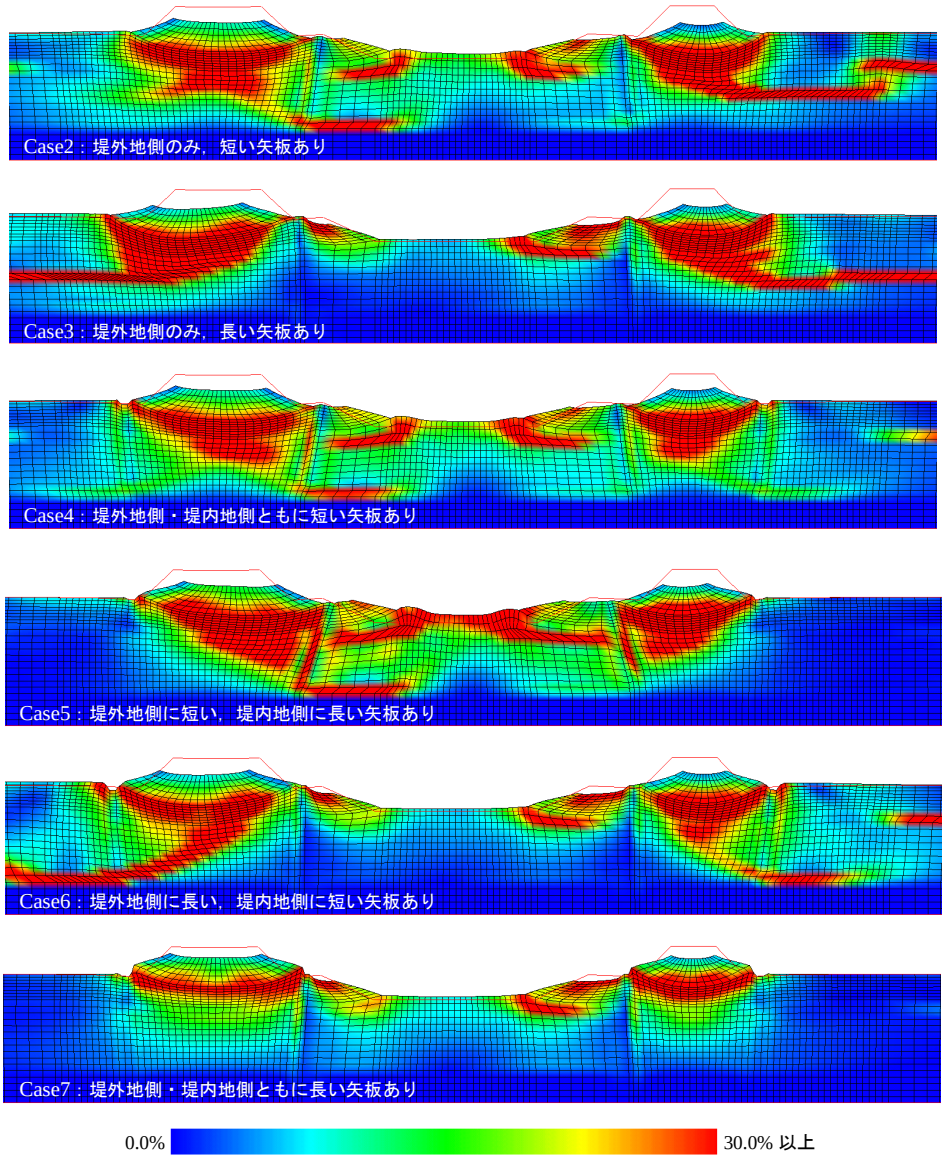


図３－２－③－６　鋼管矢板の補強効果の検証（地震動終了後のせん断ひずみ分布）

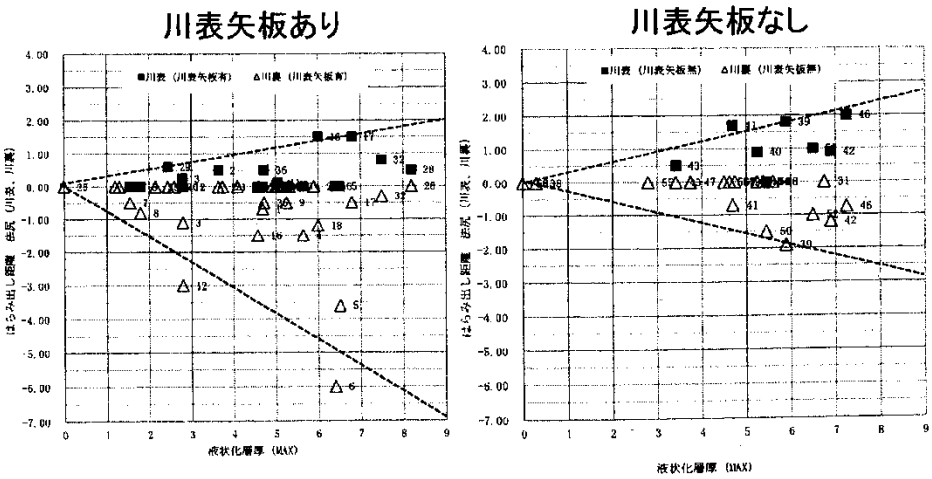


図３－２－③－７　法尻でのはらみ出し距離（土木学会，2013）

(d) 結論ならびに今後の課題

砂･粘土互層の軟弱地盤上の河川堤防では､地震中に砂質土層の液状化だけでなく、粘性土層に生じるすべりによって河床の隆起や堤体の沈下が引き起こされ、堤防の機能が著しく損なわれることから､粘性土層も適切にモデル化した上で数値解析を行い、耐震性を評価することが重要であることを示した。また、河川堤防に設置された鋼管矢板は支持層までしっかり根入れすることで補強効果が発揮される。しかし、根入れが浅い場合には、地盤深部で滑りが発生してしまい、注意が必要である。根入れを深くしたとしても、堤防の片側にしか設置されていない場合には、反対側の変状が大きくなり、かえって大きな被害が発生する可能性がある。なお、図３－２－③－７は、東北地方太平洋沖地震における、関東地方の河川堤防被害の調査結果である（土木学会, 2013)。止水矢板の存在によって堤外地側へのはらみ出しは抑制されたものの、法尻での堤防ストレッチング量に大差なしとの結果を得ており、本解析結果と観測結果の傾向は一致している。

今後は、実際の地盤の粘土層や砂層の地層構成などを考慮して、この解析手法に基づく評価の妥当性を検証してゆく。

(e) 引用文献

1) Asaoka, A., T. Noda, E. Yamada, K. Kaneda and M. Nakano, An elasto-plastic description of two distinct volume change mechanisms of soils, *Soils and Foundations*, Vol 42. No.5, pp.47-57, 2002.
2) 中央防災会議，東海地震に関する専門調査会，http://www.bousai.go.jp/jishin/tokai/senmon/
3) 中央防災会議，東南海・南海地震等に関する専門調査会，http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/senmon/tounankai_nankaijishin/index_nankai.html
4) 土木学会，第 1 回地盤工学から見た堤防技術シンポジウム講演概要集, p.29, 2013.

5) Noda, T., A. Asaoka and M. Nakano, Soil-water coupled finite deformation analysis based on a rate-type equation of motion incorporating the SYS Cam-clay model, *Soils and Foundations*, Vol.48, No.6, pp.771-790, 2008.

④ 建物被害・高層建物

(a) 業務の要約

多数を占める一般的な建物の被害予測の高度化を目的として、今年度は、東日本大震災における建物被害データに基づく被害率曲線の検討、東日本大震災の地震観測記録と南海トラフ地震の予測地震動に対する代表的な建物モデルによる応答特性の検討、RC 造建物の詳細な応答解析に基づく応答レベルの検討、さらには多数の建物の強震観測データの収集整理などを行った。

(b) 業務の実施方法

1) 被害率曲線の高精度化

東北地方太平洋沖地震における建物被害の調査結果結果の収集・整理を行い、まず地震動強さと建物被害の関係（被害率曲線）を求めた。その結果をもとに、耐震性能の地域差や、地震動特性の違いなどについて考察し、被害率曲線の高精度化に向けた基礎的検討を行った。

2) 代表的建物モデルによる応答傾向分析

一般的な建物について、代表的な諸元による多質点系せん断型弾塑性モデルを設定し、応答特性を検討した。ここでは S 造事務所（３、８、14 階)、工場（平屋)、商業施設（５階)、RC 造小学校（３階）を対象とし、地盤・基礎データに基づく動的相互作用効果も考慮するようにした。入力として、東北地方太平洋沖地震の際の東北・北関東の K-NET 記録、将来の南海トラフ地震における名古屋市観測点の予測地震動などを用いた。

3) 新耐震基準に従う鉄筋コンクリート造建物の大地震時における応答変形

４～14 階建ての鉄筋コンクリート造建物を対象とし、まず、新耐震設計法の設計手順に従ってプロトタイプ建物を設計し、地震応答解析により震度６強の地震動が作用した際の応答変形レベルを検討した。さらに、大地震時の骨組変形を求める実用的な手法として応答スペクトル法を選択し、解析結果から評価の妥当性を考察した。

4) 中低層建物の観測記録の整理

解析的検討に関する背景資料として、実測記録の収集・整理・維持を確認した。

(c) 業務の成果

1) 被害率曲線の高精度化

地震動強さと建物被害率の関係は、兵庫県南部地震の建物被害データによるものが唯一といっても過言ではなく、国や地方自治体の被害想定で多用されている。一方で､近年の被害地震では必ずしもこの傾向に一致しない状況も指摘されており(翠

川三郎ら，2011)、その原因として木造建物の耐震性能の地域差、海溝型地震と内陸地震の地震動特性の違い等が挙げられる。ここでは東北地方太平洋沖地震における建物被害の分析から､耐震性能の地域差､地震動特性の違いなどについて検討する。

a) 地震動強さと建物被害の関係

まず東北地方太平洋沖地震の地震動強さと建物被害との関係を分析する。被害データ概要を表３－２－④－１に示す。津波被害が甚大な沿岸部を除く岩手県、宮城県、福島県、茨城県、栃木県の内陸地域を対象とし、市町村単位とした。震度は気象庁計測震度（気象庁，2011)、全壊率は全壊棟数/調査棟数とし、全壊棟数は消防庁による被害棟数（消防庁，2013)、調査棟数は平成 20 年住宅土地統計調査（総務省統計局，2009）の市町村別の住宅棟数で代用した。

図３－２－④－１に対象地域における計測震度と全壊率の関係を示す｡福島県、宮城県で震度６弱（計測震度 5.5 以上 6.0 未満）から増加傾向が見られるが、他県ではほぼ横ばいである。このことから、同じ地震動強さでも県によって被害が異なる可能性が考えられる。

東北地方太平洋沖地震による被害率曲線を以下のように求めた。まず被害率と震度の関係を次式の正規分布で表す。

$$P(I) = \Phi[(I - \lambda)/\zeta] \qquad (３－２－④－１)$$

ここで P は全壊率、I は計測震度、Φは正規分布関数、λは I の平均値、ζは I の標準偏差である。表３－２－④－２に算定に用いた市町村数、算定したパラメータ(λ,ζ)、決定係数 R^2 を、図３－２－④－２に被害率曲線を示す。計測震度 6.0 以上で県により被害率が異なる傾向があり、耐震性能の地域差による可能性がある。ただし、岩手県、茨城県、栃木県は決定係数が小さく、信頼性は低い。データ数が少ない、あるいは全壊率が大きいデータがないためと考えられ、今後は大字単位など取扱単位を小さくした分析が必要になると考えられる。

図３－２－④－３に対象地域における住宅の構造種別割合を示す。木造の割合が全国では約 60%であるのに対して、対象地域では 80%以上と高いため、木造の被害が支配的であると考え、図３－２－④－４にここで算定した被害率曲線と既往の木造被害率曲線（全建築年代）の比較を示す。山口直哉・山崎文雄（2000）は兵庫県南部地震、翠川三郎ら（2011）は 2003～2008 年の海溝型地震を含む 7 地震から被害率曲線を算定した。今回の算定では被害率も計測震度も市町村単位のため、全壊率が過小評価となる傾向があるが、記録の最大値である計測震度 6.2 までは翠川らの曲線とほぼ一致している。このことから、被害率曲線は兵庫県南部地震における山口・山崎の曲線のように震度５強から緩やかに増加する場合だけではなく、直下型・海溝型によらず震度６強から急激に増加する傾向となる可能性があることがわかる。

表３－２－④－１被害データ概要

対象地震	2011年東北地方太平洋沖地震
対象地域	岩手県、宮城県、福島県、茨城県、栃木県のうち津波被害のない内陸部
取扱単位	市町村
計測震度	気象庁に提供された各市町村の計測震度の平均値
全壊棟数	消防庁148報記載の全壊棟数
調査棟数	平成20年住宅・土地統計調査による各市町村の住宅総数

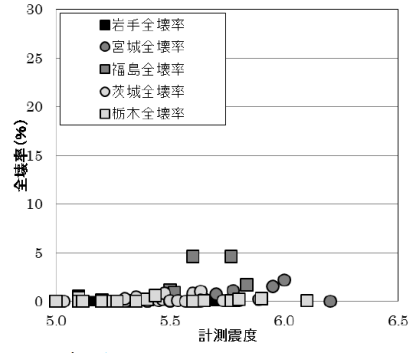


図３－２－④－１ 計測震度と全壊率

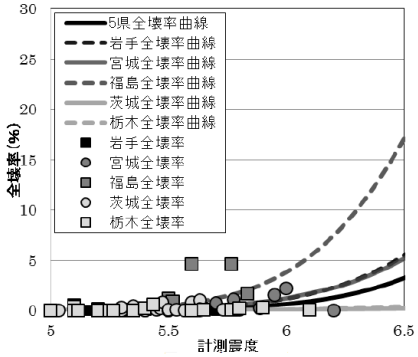


図３－２－④－２ 県別の被害率曲線

表３－２－④－２ 算定に用いた地点数と推定パラメータ

県名	地点数	λ	ζ	R^2
岩手	6	7.71	0.75	0.02
宮城	14	7.80	0.80	0.57
福島	17	7.08	0.61	0.61
栃木	14	9.52	1.14	0.26
茨城	25	12.26	1.99	0.10
5県	76	7.93	0.78	0.26

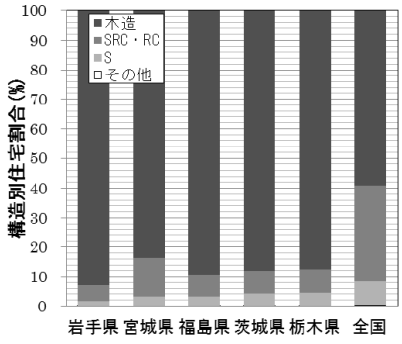


図３－２－④－３ 住宅の構造の割合

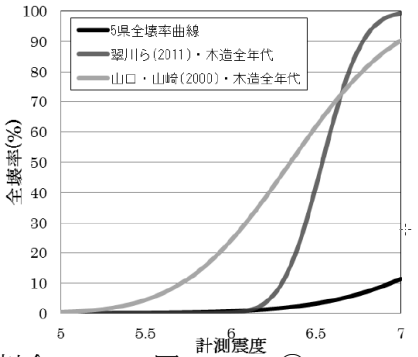


図３－２－④－４ 被害率曲線の比較

b) 耐震性能の地域差

次に、耐震性能の地域差を詳細に検討するため、岩手県、宮城県、福島県、茨城県、栃木県の市町村より提供された罹災証明を用い、大字単位で分析する。津波被害、液状化被害の記載があるものは除外した。調査棟数は入手できなかったため、半壊棟数/全壊棟数に注目する（全壊棟数５棟以上を対象）。表３－２－④－３にデータ概要と半壊棟数/全壊棟数の平均値を、図３－２－④－５に半壊棟数/全壊棟数の分布を示す。半壊棟数/全壊棟数は半壊率/全壊率と同じであり、各地点の震度が同じと仮定すれば半壊と全壊の被害率曲線の立ち上がりの差を示すことになる。つまり半壊棟数/全壊棟数が大きいほど全壊率は小さいと推測できる。図３－２－④－２、図３－２－④－５、表３－２－④－３より、宮城県、福島県を比較する。宮城県は福島県と比較して半壊率/全壊率の平均値が大きく、同震度における全壊率は小さいことがわかる。

図３－２－④－６に住宅・土地統計調査に基づく平成 10 年、15 年、20 年の住宅の新耐震建物比率の変遷を、図３－２－④－７に各県の新耐震建物比率を全国の値で除した結果を示す。岩手県、福島県は全国平均に比べても建物更新が遅い。新耐震建物比率が大きいほど被害率は小さくなると考えられ、宮城県、茨城県の全壊率が小さい傾向にも一致している。ただし、宮城県、茨城県と新耐震建物比率が同等の栃木県では、半壊率/全壊率の最大値は大きいものの、平均値は新耐震建物比率の低い福島県を下回っていることから、新耐震建物比率以外にも、建物

の耐震性能に係る因子があると考えられる。たとえば、これまでの強い地震の経験回数などが考えられる。

表3－2－④－3 半壊/全壊の平均と標準偏差

	地点数	計測震度	平均	標準偏差
兵庫県南部地震	56	5.4-6.8	1.97	1.65
東北地方太平洋沖地震	317	5.1-6.6	3.77	3.45
岩手県	26	5.4	2.73	2.02
宮城県	76	5.6-6.6	4.89	3.77
福島県	46	5.1-6.0	3.31	2.26
茨城県	133	5.5-6.0	3.68	3.43
栃木県	36	5.1-6.1	3.02	4.35

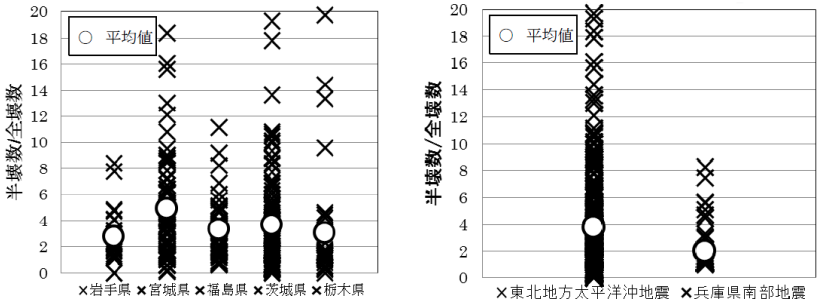


図3－2－④－5 半壊棟数/全壊棟数の分布

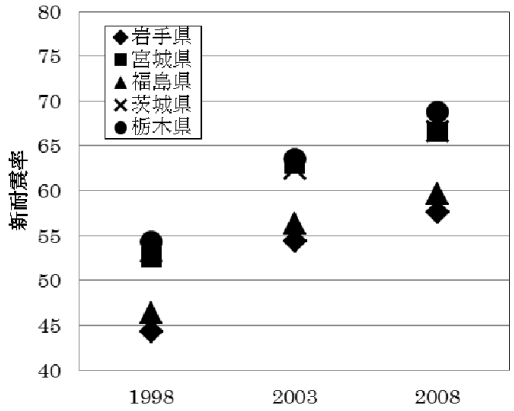


図3－2－④－6 住宅の新耐震比率の変遷

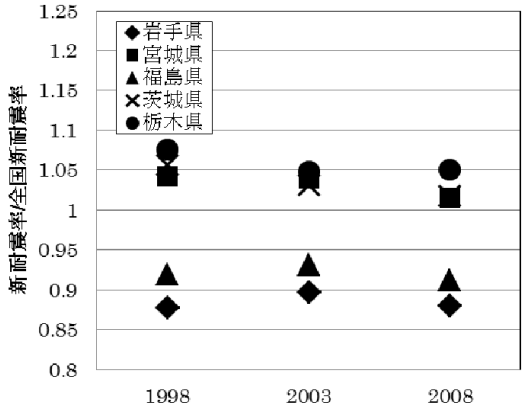


図3－2－④－7 新耐震比率の全国に対する比

2) 代表的建物モデルによる応答傾向分析

東北地方太平洋沖地震の観測記録と南海トラフ地震の予測地震動を用いて、一般的な建物の応答の傾向を分析する。観測記録は東北・関東地方の K-NET 観測地点である。予測地震動は名古屋市内の地盤状況が異なる 9 地点（飯田正憲ら，1999）で、内閣府 2012 年公表（中央防災会議，2012）の工学的基盤の模擬地震動に対して表層地盤の逐次非線形応答解析を行い、地表地震動を求めた。

対象建物は、図３－２－④－８に示す S 造事務所（３、８、14 階）、工場（平屋）、商業施設（５階）、RC 造小学校（３階）とし、標準的な諸元を設定した（彦坂智基ら，2010）。モデルは多質点系等価せん断型に置換し、上部建物は非線形の層せん断力―層間変形関係を考慮する（白瀬陽一ら，2006）。地盤と建物の動的相互作用は SR モデルで表現し、建物により根入れや杭などの影響を簡易に考慮した。

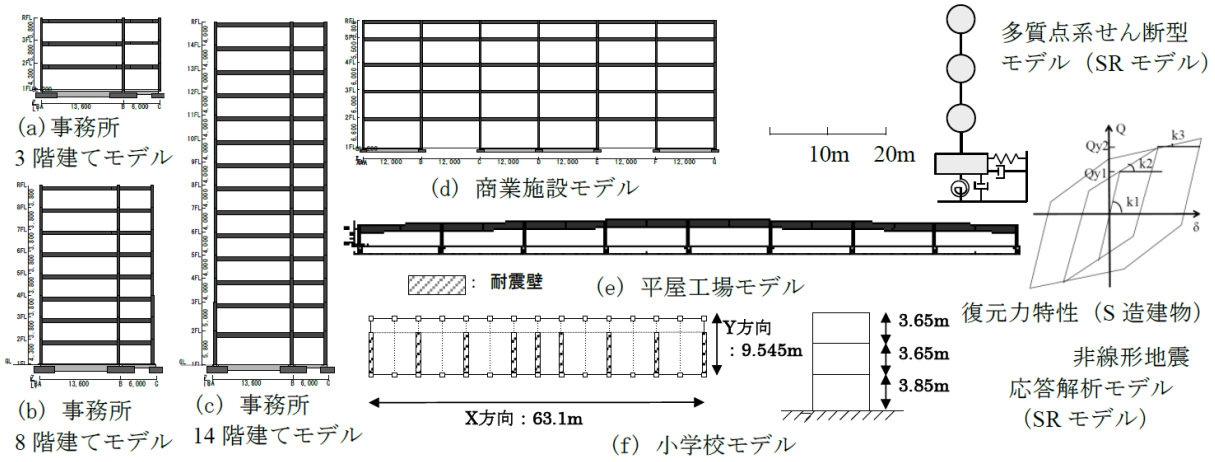


図３－２－④－８　各種建物の代表的なモデル

図３－２－④－９に東北地方太平洋沖地震の観測記録を用いた応答解析結果を示す。この場合は基礎固定条件とした。これより S 造事務所（３階)、平屋の工場、RC 造小学校では広い地域で大応答になることがわかり、非構造部材への被害が予測される。

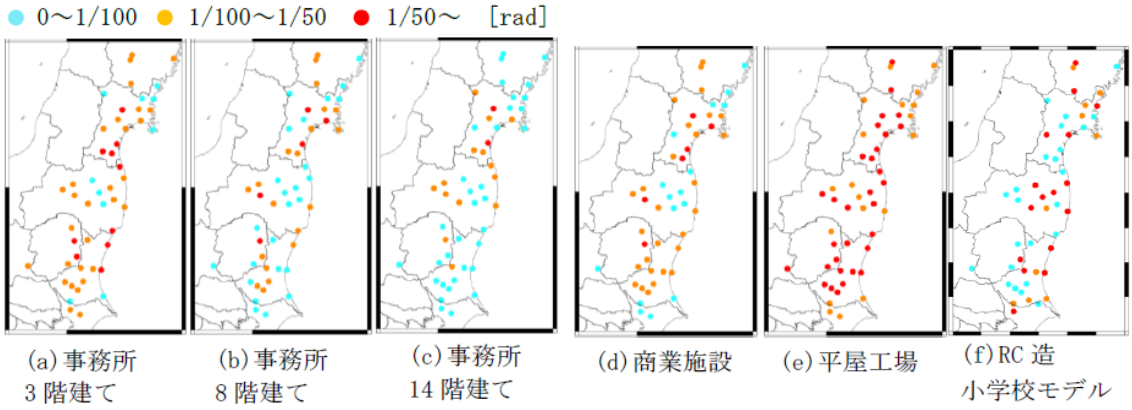


図３－２－④－９　各種建物の最大層間変形角の分布
（東北地方太平洋沖地震、基礎固定モデル）

図３－２－④－10、11 にそれぞれ S 造と RC 造の南海トラフ地震の予測地震動に対する応答解析結果を示す。横軸のア～ケは名古屋市内の異なる地点の予測地震動、コは東北地方太平洋沖地震の K-NET 古川の EW 成分である。動的相互作用を考慮した SR（スウェイロッキング）あるいは S（スウェイ）モデルの比較を行っている。動的相互作用を考慮することで、RC 造では軟弱地盤で周期が 1.2～２倍以上まで大きく伸びるが、S 造では変化が小さくなっている。

S 造建物について、事務所３階の基礎固定モデルでは多くの地点で累積塑性変形倍率が 15 程度で中破相当となった。軟弱地盤であるウ、ク、ケではさらに大きな損傷を生じる可能性がある。コ:K-NET 古川(MYG006)の EW 方向成分を用いた結果と比較

すると、予測地震動に対する応答は一部を除き小さい。SR モデルでは、基礎固定で大応答を示した 3 地点の応答が小さくなり、逆に地盤が硬いアやイ、オ、カの地点で基礎固定に比べて相互作用モデルの応答が大きくなった。

事務所 14 階の基礎固定モデルでは、累積塑性変形倍率が 10 以下となったが、S あるいは SR モデルの場合には、事務所 3 階モデルと同様に軟弱地盤であるウ、ク、ケで 15 以上となった。ベースシアー係数は、1 以上となる地点があり、二次設計の外力より大きな地震力が作用する可能性が示唆される。また、SR モデルを用いることで累積塑性変形倍率が大きくなったウ、ク、ケでは 2 程度の値を示している。

RC 造小学校モデルの基礎固定ではア、イ、カ、クで大きな層塑性率を示しており、損傷が生じる可能性がある。これらの地点では建物の固有周期付近に大きな入力成分があったためと考えられる。ベースシアー係数については、基礎固定モデルではどの地点でも 1 程度であり、入力のレベルには大きな差は見られない。SR モデルでは基礎固定モデルに比べて大きくなる傾向が見られる。低層 RC 造は SR モデルにすることによる周期の増大が S 造に比べて大きいため、応答が大きくなる傾向があるものと考えられる。

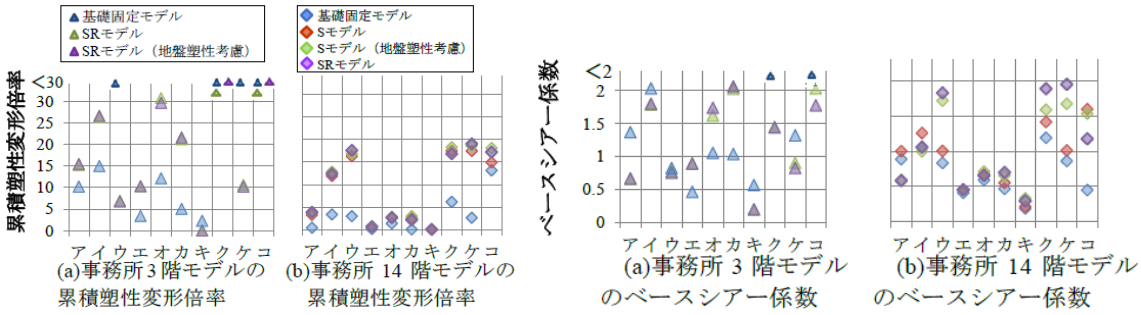


図 3－2－④－10　S 造建物の応答に及ぼす相互作用の影響
（南海トラフ地震予測地震動）

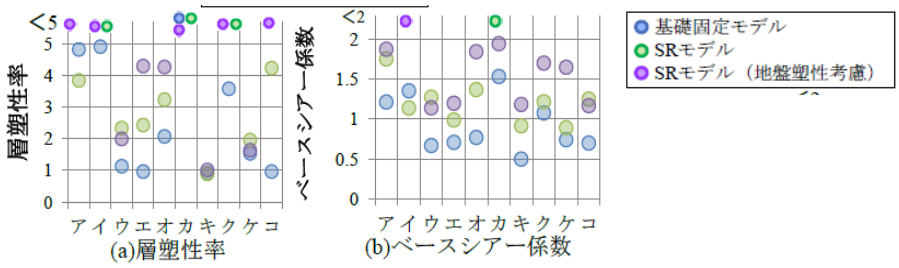


図 3－2－④－11　RC 造建物の応答に及ぼす相互作用の影響
（南海トラフ地震予測地震動）

3) 新耐震基準に従う鉄筋コンクリート造建物の大地震時における応答変形

わが国の共同住宅は約 2,070 万戸で住宅全体の約 42 %を占め、4 階建て以上 14 階建てまでは約 1,140 万戸、15 建て以上は約 57 万戸である。4 階建て以上の共同住宅の 95%以上が鉄筋コンクリート造（鉄骨鉄筋コンクリート造を含む）、新耐震になった

1981 年以降が約 75%である。

４階から 14 階建て程度の鉄筋コンクリート造建物を対象とし、まず、新耐震設計法の設計手順に従ってプロトタイプ建物を設計し、地震応答解析により震度６強の地震動が作用した際の応答変形レベルを検討する。さらに、大地震時の骨組変形を求める実用的な手法として応答スペクトル法を選択し、解析結果から評価の妥当性を考察する。

a) プロトタイプ建物設計および解析モデルと地震動

地上 10 階建て、高さ 27.5 m の鉄筋コンクリート造建物（図３－２－④－12）を想定する。長辺方向は３スパンの純フレーム骨組、短辺方向は連層耐震壁を１階から７階まで有する壁フレーム骨組である。このプロトタイプ建物は、E－ディフェンス振動台の実大実験 [3.2.3-10,11]を想定して規模等の条件が設定された。

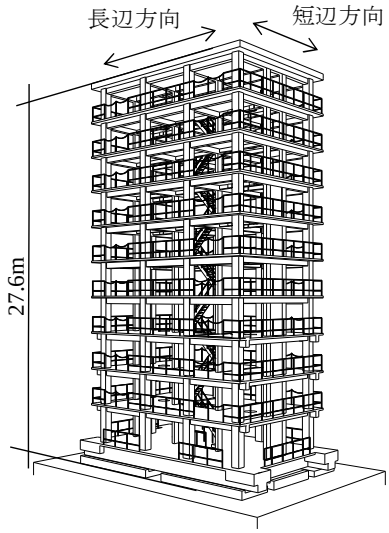


図３－２－④－12　検討対象建物

コンクリート強度については、１、２階を 42 N/mm^2、3-6 階および 7 -10 階をそれぞれ 33 N/mm^2、27 N/mm^2 と設定した。１次設計では短期の検討において標準せん断力係数 C_0=0.2 に対する許容応力度設計を実施した。２次設計においては、長辺方向、短辺方向それぞれ構造特性係数 Ds=0.35（純フレーム骨組）、Ds=0.4（壁フレーム骨組）に基づく必要保有水平耐力を、保有水平耐力が上回ることを確認した。

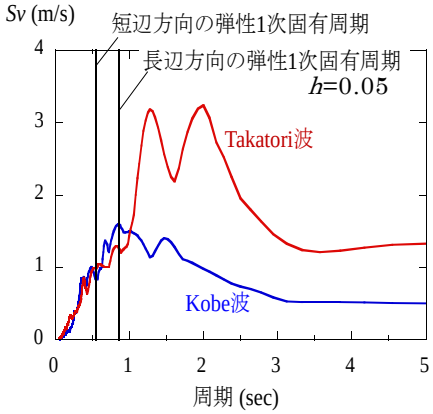
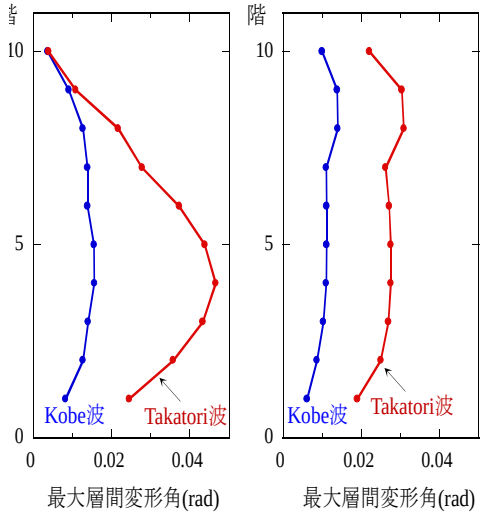


図３－２－④－13　応答解析に用いた地震動の速度応答スペクトル

地震応答解析の２次元フレームモデルは、剛床を仮定し、柱、梁および壁を梁要素で表現した。梁要素は曲げひび割れ強度を第１折れ点、曲げ強度を第２折れ点とするトリリニア型の弾塑性回転ばねを端部に配し、強度は現行基準に示される一般式により求めた。履歴特性は武田モデルである。解析モデルにおける弾性１次固有周期は長辺方向において 0.86 秒、短辺方向において 0.55 秒となった。

入力は兵庫県南部地震における神戸海洋気象台の観測記録（JMA-Kobe 波）、および同地震の JR 鷹取駅の観測記録（JR-Takatori 波）のいずれも NS 成分を用い、最大加速度を５ m/s^2 に基準化した。原波に対する振幅倍率はそれぞれ 61 %、78 %で、同等の水平 EW 成分と相応の鉛直動成分を考慮して求めた計測震度は、それぞれ 6.1 および 6.4（震度６強相当）となった。以降、基準化された地震動をそれぞれ Kobe 波、Takatori 波と呼ぶ。図３－２－④－13 に Kobe

波、Takatori 波の速度応答スペクトルを示す。いずれも周期 1 秒付近で 1.5 m/s 程度、それよりも短周期側では同等のスペクトル振幅となっている。解析モデルの弾性 1 次固有周期はこの中に含まれる。一方、周期 1 秒付近よりも長周期側において Kobe 波はスペクトル振幅が小さくなるのに対し、 Takatori 波は周期 1 ～ 2 秒の間でスペクトル振幅が 3 m/s を超えている。



(a) 長辺方向　(b) 短辺方向

図3－2－④－14
基礎固定時の解析結果

b) 応答解析による特性検討

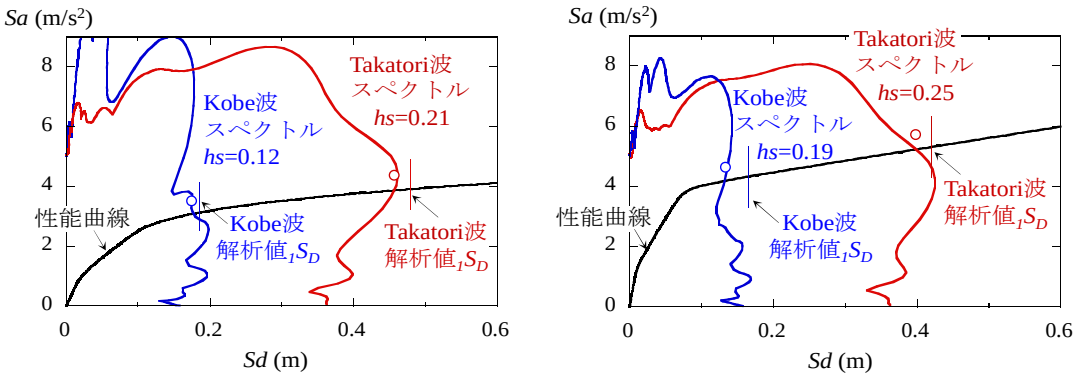
解析結果における最大層間変形角分布を図 3 － 2 －④－14 に示す。基礎は固定である。長辺方向は、いずれの地震動に対しても 4 階の最大層間変形角が最大になり、Kobe 波で 0.016 rad、Takatori 波で 0.047rad となった。Takatori 波では、Kobe 波の場合に対して約 3 倍の骨組変形が生じ、重度の損傷（長江拓也ら，2011）を伴う変形領域に達している。

短辺方向は 3 ～ 7 階の最大層間変形角が Kobe 波で 0.010-0.011 rad、Takatori 波で 0.026-0.028 rad となった。短辺方向は連層耐震壁の効果によって純フレームよりも最大層間変形角が小さく抑えられている。ただし、Takatori 波では多くの階で 0.02 rad を超え、大規模な補修が必要な状況といえる。

c) 応答スペクトル法による応答評価

各層の応答時刻歴波形に基づき 1 次の固有振動モードを定義し、 1 自由度縮約によって 1 次モード成分における代表加速度と代表変位の時刻歴波形を抽出した（松森泰造ら，2013）。一方、骨組の構造特性を代表加速度と代表変位に基づき、1 自由度の力と変形の関係に相当する性能曲線として定義するために、静的増分解析結果において各階の外力と変位の関係を 1 自由度に縮約した（鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針（案）・同解説，2004）。図 3 － 2 －④－15 は、縦軸に応答加速度 Sa、横軸に応答変位 Sd にとり、各地震動の応答スペクトルを示している。ここでは、地震応答解析における 1 次モード応答から求めた平均減衰 hs（松森泰造ら，2013）に対応する応答スペクトルを採用しており、性能曲線と応答スペクトルの交点を、適切な減衰値が与えられた場合の評価値と考える。長辺方向について、Kobe 波に対する平均減衰 hs は 0.12 であり、この値に対応する Kobe 波スペクトルと性能曲線の交点を白抜きの丸で示している。地震応答解析の最大代表変位 1SD については、正負の最大変位を平均してドリフトの影響を除いた。図中、1SD を縦細線で示している。Kobe 波に対する 1SD は 0.185m、評価値は 0.178m であり、解析結果に対して評価値は 0.96 倍という対応となった。同様に Takatori 波に対する 1SD は 0.480m、

評価値は 0.457m であり、解析結果に対して評価値は 0.95 倍となった。図３－２－④－15(b) の短辺方向について、Kobe 波および Takatori 波に対する同比率は、それぞれ、0.82 倍と 0.92 倍となった。



（a）長辺方向（純フレーム骨組）　　（b）短辺方向（壁フレーム骨組）

図3－2－④－15 解析結果と応答スペクトル法による評価値の対応

d) 鉄支承を用いた基礎に関する地震応答解析

鉄支承とモルタル基礎間のすべりにおいて、摩擦係数は安定して 0.2 を保つことが示されている（榎田竜太ら，2013)。ここでは、基礎のすべりによって上部骨組の応答変形を低減する構造形式（壁谷澤寿一ら，2008）に、この鉄支承を採用した場合の地震応答解析を実施した。剛塑性ばねを摩擦係数 0.2 に対応する強度（１階床梁を含めた全重量の 0.2 倍）とし、解析モデルに組み込んだ地震応答解析における最大層間変形角分布を図３－２－④－16 に示す。長辺方向について、最も値の大きい４階の最大層間変形角は Kobe 波で 0.014 rad、Takatori 波で 0.032 rad となっており、図３－２－④－14(a)における基礎固定に対する比率は 0.92、0.68 となった。この低減率は４階付近で最も小さく、変形レベルが相対的に小さい上層階では１に近くなる。一方、短辺方向については、Kobe 波、Takatori 波に関わらず１～７階のいずれの階においても、最大層間変形角が 0.006 rad を下回っており、低減率は、Kobe 波において約 0.5、Takatori 波において約 0.2 となった。また、８～10 階の低減率も約 0.6、0.3 となった。元々の応答変形レベルの違いにより低減率は異なるが、長辺方向と短辺方向において低減効果が大きく異なる理由は、短辺方向において壁フレーム骨組の剛性と強度が相対的に高いためである（図３－２－④－15 性能曲線を参照)。こうした因子を反映し、低減効果を系統的に表現できる実用的な評価手法の開発が必要である。

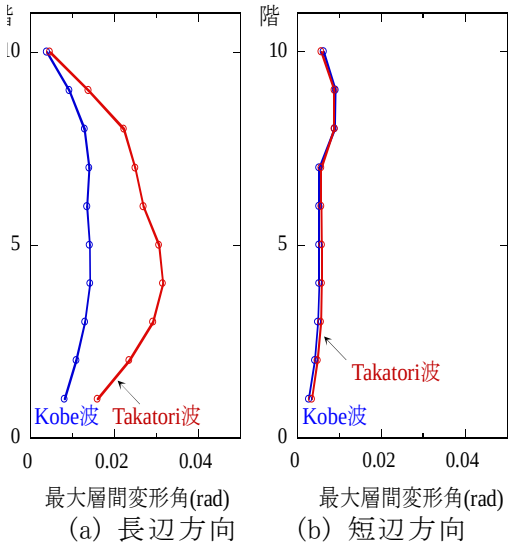
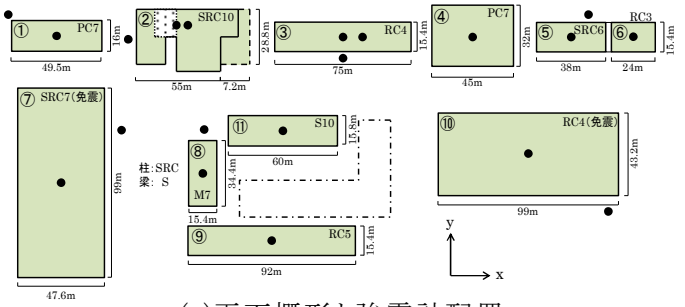


図３－２－④－16 鉄支承基礎に関する解析結果

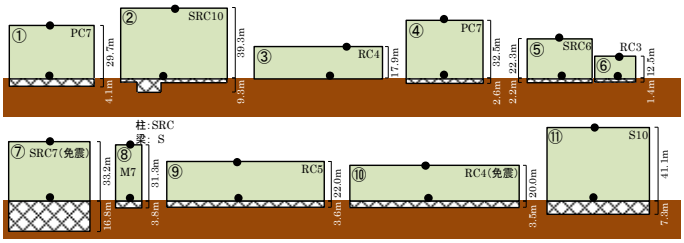
4) 低層建物の観測記録の整理

ここまで述べてきた応答解析による検討に対応して、実建物における地震観測記録の収集と分析が必須となる。ここでは大学の建物に関する長期観測状況をまとめ、次年度以降の分析の準備とする。

対象建物は、名古屋大学内に立地する建物規模、階数、構造種別などの異なる 11 棟の中低層建物である。その概要を図３－２－④－17 と表３－２－④－４に示す。表中の固有振動数は、全ての地震記録の伝達関数を平均して求めた値である。強震計はそれぞれ建物の屋上、1F、地表の３点に設置しているが、建物②と③、④と⑥と⑦はそれぞれ隣接しており、地表の地震記録は共通地点を使用する。建物⑦、⑩は免震である。1996 年 10 月から 2012 年 10 月までの 16 年間に最大で約 350 の地震記録が得られており、観測された最大の地震は震度４である。今年度はこれらの記録の整理を行い、データベース化した。それらをもとに、次年度の分析を行うこととする。



(a)平面概形と強震計配置



(b)断面概形と強震計配置

図3－2－④－17　観測対象建物の概形と強震計

表３－２－④－４　建物概要

建物No.		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
構造種別		RC造	SRC造	RC造	SRC造	S造	柱:SRC造,梁:S造	RC造	PC造	PC造	RC造(免震)	SRC造(免震)
階数	地上	4階	6階	3階	10階	10階	7階	5階	7階	7階	4階	7階
	地下	-	-	-	1階	1階	-	1階	1階	-	-	2階
軒高		17.9m	22.3m	12.5m	39.3m	41.1m	31.3m	22.0m	29.7m	32.5m	20.0m	33.2m
建築面積		1155m^2	374m^2	604m^2	1501m^2	987m^2	529m^2	1416m^2	852m^2	1525m^2	5100m^2	5911m^2
骨組形式	桁行	耐震壁付きラーメン構造	耐震壁付きラーメン構造	耐震壁付きラーメン構造	耐震壁付きラーメン構造	ラーメン構造	ラーメン構造	ラーメン構造	ラーメン構造	ラーメン構造	ラーメン構造	耐震壁付きラーメン構造
	梁間	耐震壁付きラーメン構造	耐震壁付きラーメン構造	耐震壁付きラーメン構造	耐震壁付きラーメン構造	ラーメン構造	耐震壁付きラーメン構造	耐震壁付きラーメン構造	耐震壁付きラーメン構造	ラーメン構造	ラーメン構造	耐震壁付きラーメン構造
基礎・杭種別		RC杭	PC杭	直接基礎	PHC杭	場所打ち杭	PHC杭	PHC杭	PHC杭	直接基礎	直接基礎	場所打ち杭
杭長		6m	12m	-	48m	41.7m	23m	24m	36m	-	-	40.85m
根入れ		GL-0m	GL-2.2m	GL-1.4m	GL-2.5m	GL-7.3m	GL-3.8m	GL-3.5m	GL-4.1m	GL-2.6m	GL-3.7m	GL-16.8m
地盤・建物連成系固有振動数	桁行	4.77Hz	4.44Hz	5.05Hz	1.87Hz	0.94Hz	2.82Hz	3.77Hz	2.52Hz	1.70Hz	2.01Hz	1.31Hz
	梁間	4.42Hz	3.75Hz	5.90Hz	1.79Hz	0.94Hz	2.70Hz	3.52Hz	2.37Hz	1.66Hz	2.27Hz	1.28Hz
平均Vs		244m/s	302m/s	302m/s	220m/s	250m/s	250m/s	250m/s	280m/s	228m/s	228m/s	228m/s
地震記録数		74	89	55	61	164	164	164	344	44	64	84
観測期間		2002.3~2009.8	1999.3~	2000.3~	2000.3~	2004.7~	2004.7~	2004.7~	2004.5~	2008.4~	2009.2~	2005.6~

(d) 結論ならびに今後の課題

被害率曲線の高精度化に関して、東北地方太平洋沖地震における被災データから被害率曲線を求め、兵庫県南部地震の建物被害に基づく既往の被害率曲線と比較した。また、東北地方太平洋沖地震における建物被害を県ごとに比較することで、耐震性能の地域差について検討した。建物や地震動特性に起因する差異について考察すると共に、市町村単位から字単位の分析に詳細化する必要性を指摘した。

代表的建物モデルによる検討では、東北地方太平洋沖地震の観測記録と南海トラフ地震の予測地震動を用いて、標準的な建物の簡易モデルに基づく応答特性を分析した。また地盤状況に依存する動的相互作用特性の影響も検討した。結果として、一般的なオフィス、工場、学校などの応答と被災可能性に関する傾向を示した。今後は建物・

地盤特性の影響の感度分析などが必要と考えられる。

新耐震による RC 造建物の大地震時の応答変形に関しては、RC 造 10 階建て集合住宅を想定したプロトタイプ建物を設計し、２次元フレームモデルの弾塑性解析により詳細な分析を行った。震度６強の地震動を用いた地震応答解析では、骨組に生じる最大の応答変形が地震動のもつ応答スペクトル特性によって大きく異なることを確認した。次に、こうした骨組変形が、応答スペクトル法を用いることにより一定の精度で評価されうることを示した。一方、鉄支承のすべりが生じる基礎の利用によって同骨組の応答変形が抑制されること、また、連層耐震壁の存在がその効果を効率的に増すことを示した。今後は、提案基礎を用いた場合の骨組応答評価への応答スペクトル法の適用に関して検討を進める予定である。

中低層建物の観測記録の整理に関しては、上記の応答解析などの基礎データとなる観測記録の収集・整理を目的として、大学建物 11 棟に関する 10 年以上の長期地震観測結果を整理し、次年度の分析に向けた準備を行った。

(e) 引用文献

1) 榎田竜太・長江拓也・池永昌容・稲美充顕・中島正愛，黒鉛潤滑を応用した直置き型鋼構造建物柱脚の摩擦低減, 日本建築学会構造系論文集, 第 685 号, pp.435-444, 2013.3.
2) 彦坂智基・曽我裕・福和伸夫・護雅史・高橋広人，高機能社会における既存建物の耐震性能評価（その 2）地震応答解析結果，日本建築学会大会論文，pp.849-850，2010.
3) 飯田正憲・高橋広人・福和伸夫・飛田潤・西坂理永，強震記録、微動記録、地盤資料に基づいた名古屋市の地盤震動性状の総合的分析，日本建築学会大会，pp.221-224，1999.
4) 壁谷澤寿一・壁谷澤寿海・松森泰造・壁谷澤寿成・金裕錫，実大３層鉄筋コンクリート建物の振動実験，日本建築学会構造系論文集，第 632 号，pp.1833-1840，2008.10.
5) 気象庁，平成 23 年 4 月地震・火山月報(防災編)付録 2「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」による各地の震度，2011.4.
6) 松森泰造・田原健一・長江拓也・福山國夫，純フレーム構造骨組および連層耐震壁フレーム構造骨組を有する４層コンクリート系建物の１次モード応答評価　E ーディフェンス実験, 日本建築学会学術講演梗概集, C-2 分冊, pp.583 -584, 2013.8.
7) 翠川三郎・伊東佑記・三浦弘之，兵庫県南部地震以降の被害地震データに基づく建物被害関数の検討，日本地震工学会論文集，第 11 巻，第 4 号，pp.34-47，2011.
8) 長江拓也・田原健一・福山國夫・松森泰造・塩原等・壁谷澤寿海・河野進・西山峰広・西山功，４階建て鉄筋コンクリート造建物を対象とした大型振動台実験，日本建築学会構造系論文集，第 669 号，pp.1961-1970，2011. 11.
9) 内閣府中央防災会議，南海トラフの巨大地震による震度分布・津波高について,南海トラフの巨大地震モデル検討会資料，2012.3.

10) 白瀬陽一・竹生修治・平松悠・福和伸夫・宮腰淳一，耐震診断結果に基づく低層鉄筋コンクリート造学校建物の地震被害率の予測に関する研究，日本建築学会構造系論文集，607 号，pp.63-71，2006.
11) 消防庁，平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）について(第 148 報)，2013 年 9 月 9 日.
12) 総務省統計局，平成 20 年住宅・土地統計調査，2009.
13) 鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針（案)・同解説，日本建築学会，2004.
14) 山口直哉・山崎文雄，西宮市の被災度調査結果に基づく建物被害関数の構築，地域安全学会論文集，No.2，pp.129-138，2000.

⑤ ライフライン

(a) 業務の要約

平成 25 年度は､南海トラフ巨大地震発生時におけるライフラインの被害予測の実効性向上を目的に、阪神・淡路大震災や東日本大震災等の被害状況に基づき、電力供給および地中埋設管ネットワークの一例として上下水道について、既往の被害予測の課題を抽出した。また、上水道については、関連施設の基礎データの収集を行った。

(b) 業務の実施方法

本章では、様々なライフラインの内、電力供給および地中埋設管ネットワークの一例として上水道に着目して、「南海トラフ対策ＷＧ」の被害予測の課題を抽出した。

電力については特に供給電源となる発電所の被害と復旧について、東日本大震災の被害状況と照らし合わせながら、被害想定の問題点と甚大な被害が予想される中部地域について検証した。また上水道については、被害想定手法の高度化を目的とし、内閣府被害想定手法の中で検討されていない項目の抽出および、上水道関連施設の基礎データの収集を実施した。

(c) 業務の成果

1) ライフラインの被害予測の現状について

東日本大震災は、観測史上最大規模の地震・津波災害であり、東日本を中心として我が国全体に至るまで、長期・短期の大きな影響をもたらしている。その被害様相は、東日本の太平洋側沿岸部を中心に多くの人命が失われたとともに、インフラや家屋など構造物の直接被害やライフライン停止・サプライチェーン寸断などの要因により多大な経済的損失が発生した。中でも、ライフラインの被災は、社会生活および経済活動のあらゆる局面に甚大な影響を与えた。内閣府が設置した「南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ」（以下「南海トラフ対策ＷＧ」）の最終報告（内閣府，2013）においては、東日本大震災の教訓から「電気、石油・ガス、上下水道等のライフラインの機能を確保することは、災害時の救助・救命、医療救護及び消火活動等の応急対策活動を効果的に進める上で重要である。」とされ、被害

の軽減や迅速な復旧のために具体的に実施すべき対策が提言されている。

また、経済被害においては、製造業を中心としたサプライチェーンの崩壊にライフライン被害が大きく影響した。仲条ほか（仲条仁ら, 2013）によれば、国内約 1,300 事業所の被災情報を収集・整理した結果、製造停止または減産等の被害があった企業(事業所) 数をみると、地震動による被害(1,013 件)に次いでライフライン停止(262 件)が主たる被災要因となっている。

南海トラフ巨大地震の被害は、東日本大震災の被災地域と比べて人口密度も大きく経済活動も盛んな中部・近畿・四国地方にまたがる広域災害として想定されている。このような災害から国土を守るために、大規模災害時のライフラインの被害予測の高度化と、その成果を社会に還元し災害に対する耐性をスパイラルアップして行く体制構築は急務である。

2) 内閣府南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループのライフライン被害予測の概要

内閣府は「南海トラフの巨大地震モデル検討会」による震度分布・津波高の発表を受け､人的･物的被害や経済被害等の推計及び被害シナリオを検討するとともに、東日本大震災の教訓を踏まえた南海トラフ巨大地震対策の方向性等について検討するために、中央防災会議「防災対策推進検討会議」の下に「南海トラフ対策ＷＧ」を設置した。その最終報告（内閣府，2013）においてライフラインの被害が想定されており、上水道の被害は、被災直後で、最大約 3,440 万人が断水し、東海三県の約６～８ 割、近畿三府県の約４～６ 割、山陽三県の約２～５割、四国の約７～９割、九州二県の約９割が断水すると想定されている。また下水道の被害は、被災直後で、最大約 3,210 万人が利用困難となり、東海三県の約９割、近畿三府県の約９割、山陽三県の約３～７割、四国の約９割、九州二県の約９割が利用困難となると想定されている。さらに電力の被害は、被災直後で、最大約 2,710 万軒が停電し、東海三県の約９割、近畿三府県の約９割、山陽三県の約３～７割、四国の約９割、九州二県の約９割で停電すると想定されている。また通信の被害は、被災直後で、固定電話は、最大約 930 万回線が通話できなくなり、東海三県で約９割、近畿三府県で約９割、山陽三県で約３～６割、四国で約９割、九州二県で約９割の通話支障が想定されている。携帯電話は、基地局の非常用電源による電力供給が停止する１日後に停波基地局率が最大となる。なお、被災直後は輻輳により大部分の通話が困難となる。インターネットへの接続は、固定電話回線の被災や基地局の停波の影響により利用できないエリアが発生する。最後に都市ガスの被害は、被災直後で、最大約 180 万戸の供給が停止し、東海三県の約２～６割、近畿三府県の最大約１割、山陽三県の最大約１割、四国の約２～９割、九州二県の約３～４割で供給が停止すると想定されている。

3)　電力供給の被害予測

a)「南海トラフ対策ＷＧ」の被害予測

「南海トラフ対策ＷＧ」の被害予測では、東日本大震災の被害状況を拠り所として、南海トラフ巨大地震の被害予測を実施している。電力の被災直後の想定停電率を図３－２－⑤－１に示す。中部～西日本の広い範囲で停電し、しかもそのほとんどの府県で停電率が 80%を越える想定となっており、東日本大震災における図３－１－⑤－１と比べて広域で停電が発生する想定になっている。また、その後の復旧状況の様相を表３－２－⑤－１に示す。火力発電所の復旧に言及しており、東日本大震災における発電所の被害が考慮されていることが分かる。

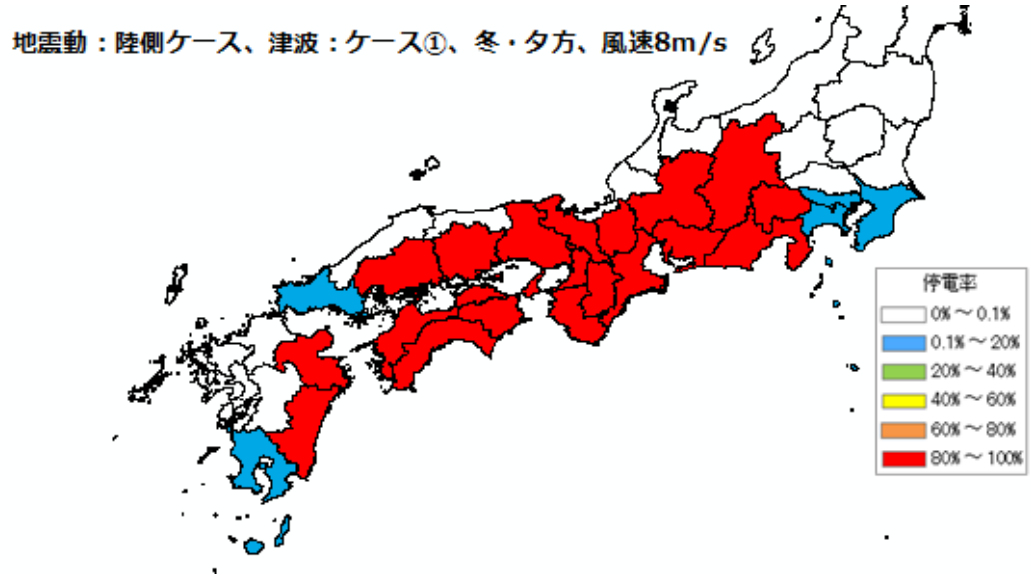


図３－２－⑤－１　被災直後の想定停電率　（内閣府，2013）

表３－２－⑤－１　電力復旧状況の様相（内閣府，2013 に追記）

３日後の状況	・需給バランスに起因した停電は、供給ネットワークの切替等により多くの停電が解消される(①)が、東海三県では約１～５割、近畿三府県で最大約１割、四国で約２～５割、九州二県で約２～３割の需要家が停電(②)したままである。山陽３県では、停電がほとんど解消(②)される。
１週間後の状況	・停止した火力発電所の運転再開は限定的(③)である。 ・電柱(電線)被害等の復旧も進み、約９割以上の停電が解消(②)される。(解消されない地域には、津波で大きな被災を受けた地域も含まれる。)
１か月後の状況	・停止した火力発電所が徐々に運転再開するために、西日本(60Hz)全体の供給能力は、電力事業者間で広域的に電力を融通すれば、電力需要の約９割まで回復(③)する。

大地震が電力供給に影響を与え停電に至る要因は様々であるが、過去の被害状況を踏まえると、大きく３つの様相が考えられる。なお、表３－２－⑤－１中にそれぞれ相当する様相番号を記入した。

① 発災直後に電力供給と需要のバランスが崩れ広域が短期的に停電する
② 配電設備を中心とする流通設備が被災し復旧まで停電する
③ 発電設備が被災し需要が健全な場合、発電設備復旧まで長期的に停電する

東日本大震災では、表３－１－⑤－１に示した通り②の配電設備を中心とする流通設備の被害率は非常に小さかったため、東北電力(株)では８日後東京電力(株)では７日後には停電を解消したことを踏まえ、今回の被害予測でも同等の結果となっている。全般として、被害は広域に及ぶが、復旧は東日本大震災同等の被害予測となっている。

しかしながら、南海トラフ巨大地震（最大クラス）は、東日本大震災を上回る津波・地震動が想定されており、東日本大震災の被害状況を外挿した被害予測は精度に問題があるため、停電はさらに長期に及ぶ可能性が十分に考えられる。

電力業界は、既往最大クラスの地震津波に対して、「人命に重大な影響を与えないこと」「長期的かつ広域的に供給支障が生じないよう、代替性の確保、多重化等により総合的にシステムの機能が確保されること」を目指して設備を形成（経済産業省，2012 など）しているが、既往最大クラスを上回る南海トラフ巨大地震などは、他の社会基盤インフラ同様未経験の領域であり、被害予測に当っては、社会全体の連携を図った上で、慎重な対応が必要である。

なお、経済産業省では、2014 年１月 22 日に、産業構造審議会保安分科会電力安全小委員会に、「電気設備自然災害等対策ワーキンググループ」を立ち上げ、今後可能性の指摘される種々の自然災害等を広く対象として現在の電気設備及び電力システムの耐性を評価し、自然災害に強い電気設備及び電力システムの在り方について検討を行う、としている。本プロジェクトでは、この動向を注視しつつ検討を進めることとしたい。

b) 発電所の被害と「南海トラフ対策ＷＧ」被害予測の課題

前項③に着目し検討するため、図３－２－⑤－２に南海トラフ巨大地震の最大震度分布と発電所の位置を示す。電気事業連合会によると、国内の 2012 年度の電源別発電電力量構成比は石油等が 18.3%、LNG が 42.5%、石炭が 27.6%と、火力発電が 88.3%を占めている。図３－２－⑤－２によれば、火力発電所は震度の大きい地域に立地しており、前項③に与える影響が非常に大きいことが分かる。寅屋敷哲也・河田恵昭（2014.3）の試算によると、震度６強以上の地域に立地する発電所出力は、東日本大震災においては 200 万 kw(相馬共同火力新地発電所)であったのに対し、南海トラフ巨大地震の被害予測では、4,458.3 万 kw におよび、東京電力以西の発電可能出力の約 30%に上る。

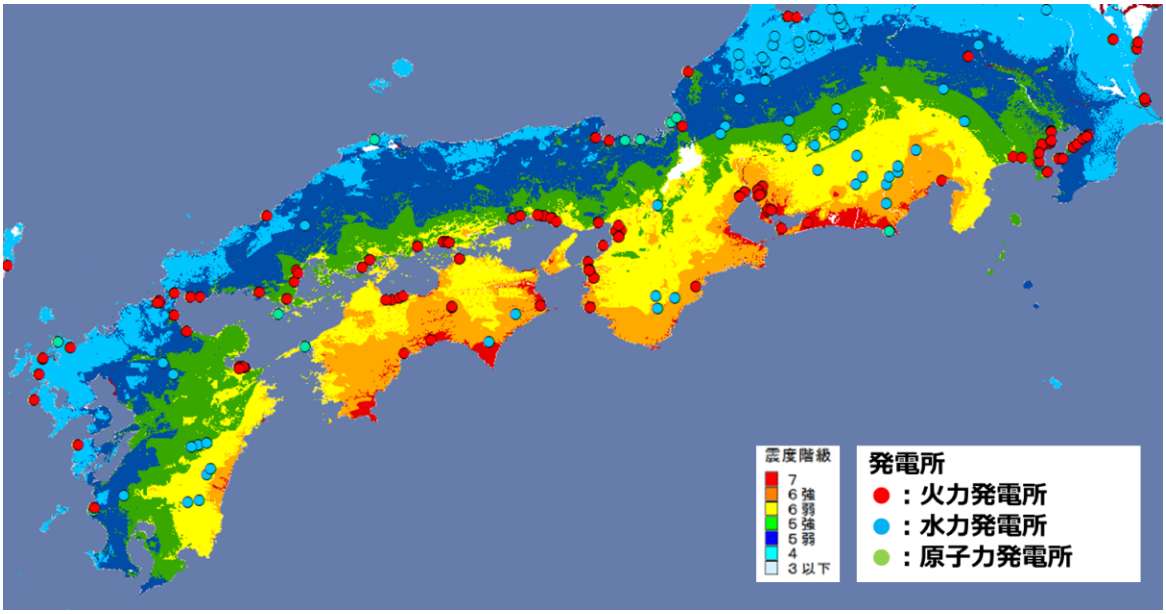


図３－２－⑤－２　最大震度分布と発電所の位置（内閣府，2013；国土交通省，2013）

「南海トラフ対策ＷＧ」の被害予測ではこれらの現状に充分踏み込めていないが、南海トラフの巨大地震における電力供給に対する被害予測においては、火力発電所の被害予測が、特に長期に渡る復旧方策を策定する上で、最も重要になってくる。一方で、前項で触れたとおり、既往最大クラスを上回る南海トラフ巨大地震は未経験の領域である上に、臨海部の軟弱な埋立地盤に立地されることの多い火力発電所の被害予測を高度化して行くためには、理学・地震工学・地盤工学・耐震工学等の新たな知見の導入を図りつつ他の社会基盤インフラとの連携が必要である。

以下に、震度の大きい伊勢湾岸に火力発電所の多くが立地しており人口・経済活動の規模も大きい中部電力(株)の供給地域について、課題を整理しておく。なお、中部電力(株)の 2012 年度発受電実績によると、火力発電が 89.7%となっている。

・図３－２－⑤－２から分かるように、南海トラフ巨大地震では中部電力(株)の火力発電所のほとんどが震度６強以上の地点に立地しており、地点によっては震度７の地点もある。東北地方太平洋沖地震では、震度７地点に立地していた発電所は皆無であったため、南海トラフ巨大地震により震度７の揺れにさらされる火力発電所の被災状況および復旧について、東日本大震災等の過去の被災事例から推定することは難しい。

・寅屋敷ほか（寅屋敷哲也・河田恵昭，2014）の試算によれば、中長期的に発電可能量が厳しくなるのは、四国電力(株)と中部電力(株)であり、総発電可能量に占める発電可能量は、中部電力(株)で２ヵ月間は２割程度、四国電力(株)で７ヵ月間は３割以下となる。さらに、関西電力(株)、中国電力(株)においても２か月間は５割以下になる見込みである。この結果から、経済被害が東北地方太平洋沖地震の 10 倍と推計されている南海トラフ巨大地震は、広域被害をもたらし、

西日本(60Hz)全体の供給能力が長期間低下することが推察できる。

・「南海トラフ対策ＷＧ」では、余震について今回の復旧想定では見込んでいない。実際に東日本大震災ではＭ７クラスの余震により、停電復旧率が大きく低下した。南海トラフ巨大地震は連動型地震であることから、東日本大震災よりもさらに余震が頻発する可能性が高く、余震とそれに伴う津波警報等の頻発により、沿岸部の火力発電所等の復旧作業に入れずに発電停止や復旧が長期化することが予想される。

・火力発電所の復旧において、人員・資材の運搬や復旧応援をスムーズに進めるためには、主要幹線道路や高速道路が健全であることが不可欠であるが、例えば高速道路について、「南海トラフ対策ＷＧ」の想定によると、愛知県および三重県周辺の主要高速道路の被害想定では、東名高速道路及び新東名高速道路は地震直後から被災と点検のため通行止めとなり、中央自動車道は東名の迂回ルートとして愛知県付近までの機能を果たすが、愛知県内の震度６強以上のエリアには進入できないとされている。愛知県・三重県の沿岸部は全域が震度６強以上であり、高速道路の復旧スピードが伊勢湾周辺に立地する火力発電所の復旧に影響を及ぼすことが想定される。

・中部電力(株)の火力発電所は伊勢湾周辺に集中しており，南海トラフ巨大地震発生後の復旧や燃料調達には，伊勢湾内外の航路の健全性や港湾設備の安全性を確保することが不可欠である。しかしながら、南海トラフ巨大地震による港湾施設被害と復旧想定では，揺れ・津波被害を受けた港湾が本格的に復旧するには２年以上を要すると記載されており、また航路の被害と復旧についてＷＧで検討されていない。

・火力発電は、蒸気を使って蒸気タービンの羽根車を回すことで、タービンにつないだ発電機を動かし発電している。この蒸気となる水は工業用水を用いているが、ＷＧでは工業用水の復旧について検討されていない。

火力以外の発電所についても、被災時の供給力として重要であるため、課題を抽出した。「南海トラフ対策ＷＧ」では、水力発電所の被害・復旧についての個別の記載はないが、東北地方太平洋沖地震では、地震発生直後において、水力発電所に多少影響があったものの、ほとんどの水力発電所が翌日に稼働したことや、2012 年度の日本国内における電源別発電電力量構成比では、水力発電は 8.4%しかないことによると考えられる。また、現行の震度法で設計されたダムは、過去に発生した大きな地震において、ダムの貯水機能を維持できないような被害を受けた例はなく、兵庫県南部地震(平成７年１月)の後に建設省(当時)が設置した「ダムの耐震性に関する評価委員会」での検討においても、同地震により生じたと推定された最大の強さの地震動に対しても十分な耐震性を有していることが確認されている。さらに、その後に発生した鳥取県西部地震(2000 年 10 月)、新潟県中越地震(2004 年 10 月)および東北地方太平洋沖地震（2011 年３月 11 日）においては、兵庫県南部地震の地震動を上回る地震動が観測されたが、ダムについては、下流に被害をもたらすような危険な状態に至ったものはなかった。以上のことから、

ダム本体については十分な耐震性を有しているものと考えられ、南海トラフ巨大地震の際にもダム以外の施設は被災する可能性があるが、早期に復旧可能であると推定できる。

これらのことから、南海トラフ巨大地震が発生した際の水力発電所被害による供給力低下の影響は限定的であると考えられる。

原子力発電については、「南海トラフ対策ＷＧ」では南海トラフ巨大地震発生直後の原子力発電所は、地震発生と同時に運転を停止するということとしている（実際には水平方向 120gal の地震加速度を検知すると自動停止する）。東日本大震災以降、関西電力(株)大飯原子力発電所を除く全ての国内の原子力発電所は再稼働することなく、2012 年度の発電電力量構成比において、原子量発電は 1.7%に過ぎない状況である。しかしながら、南海トラフ巨大地震後には電力需給ひっ迫による大きな社会混乱が予想されることを考えると、新規制基準適合を前提にして、もともと耐震性の高い原子力発電所が被災後に健全である場合には、充分な安全確認を行った上で電源として利用する可能性について、今後十分な議論が必要であると思われる。

4)　上水道被害予測の高度化について

a)　はじめに

東北地方太平洋沖地震において、上・下水道管や都市ガス管などの地中埋設管が被害を受け、東日本を中心に広域に渡り、都市ガス供給停止や断水など、人々の生活に大きな影響を与えた。南海トラフ巨大地震においても、西日本の広範な地域で地中埋設管が被害を受けることが予想されるため、地中埋設管を有するライフライン施設の被害を正確に予測することがとても重要となる。ここでは、上水道施設（地中埋設管、浄水場等）の被害予測手法の高度化について、愛知県を対象として取り組む。地中埋設管を有するライフライン施設の中で、上水道を選択した理由を以下に記載する。

・埋設管延長：下水道、都市ガスと比較して、上水道は管路延長が長く、全国的に隈なく分布している。（表３－２－⑤－２参照）
・災害時重要度：災害時に最低限の生活を営むには、飲料水、調理水等の生活水が欠かせない。
・施設データ入手：被害予測に必要な施設データ（浄水場、管路網など）を事業者から入手しやすい。

表３－２－⑤－２　上水道・下水道・都市ガスの普及率・管路延長（2011 年度末）
（厚生労働省，2012；水道技術研究センター，2012；国土交通省，2012；経済産業省，2013；一般社団法人日本ガス協会，2013）

	普及率（%）	管路延長（km）
上水道	約 98	約 630,000
下水道	約 73	約 450,000
都市ガス	約 47	約 250,000

b)内閣府被害想定の課題抽出について

2013 年３月 18 日に、内閣府中央防災会議から公表された上水道に関する被害想定の基本的な考え方を記す。

・津波浸水の影響（施設被害）

エリア別の浸水率から浄水場の機能停止を判定する。

・停電の影響（施設被害）

電力の被害想定結果より、浄水場の停電の予測結果と非常用発電機の整備状況を考慮する。

・揺れの影響（管路被害）

管種・管径別の被害率を用いて管路被害を算出する。

図３－２－⑤－３に、内閣府被害想定フローを示す。内閣府被害想定では、津波・停電・地震動による浄水場・管路の大まかな被害のみを対象としており、東北地方太平洋沖地震において発生した、塩害による取水停止、水管橋の被害などの項目は考慮されていない。図に内閣府想定では考慮されていない項目を赤枠で追記する。また、表３－２－⑤－２に、それぞれの項目の内容を示す。

表３－２－⑤－２で上げた項目は、東北地方太平洋沖地震をはじめとする過去の大地震時に発生しており、南海トラフ巨大地震においても同様の被害が発生することが懸念される。上水道設備の正確な被害予測や被害を軽減するための対策の検討を行うために、これらの項目を被害想定手法の中に取り入れることが重要であると考える。

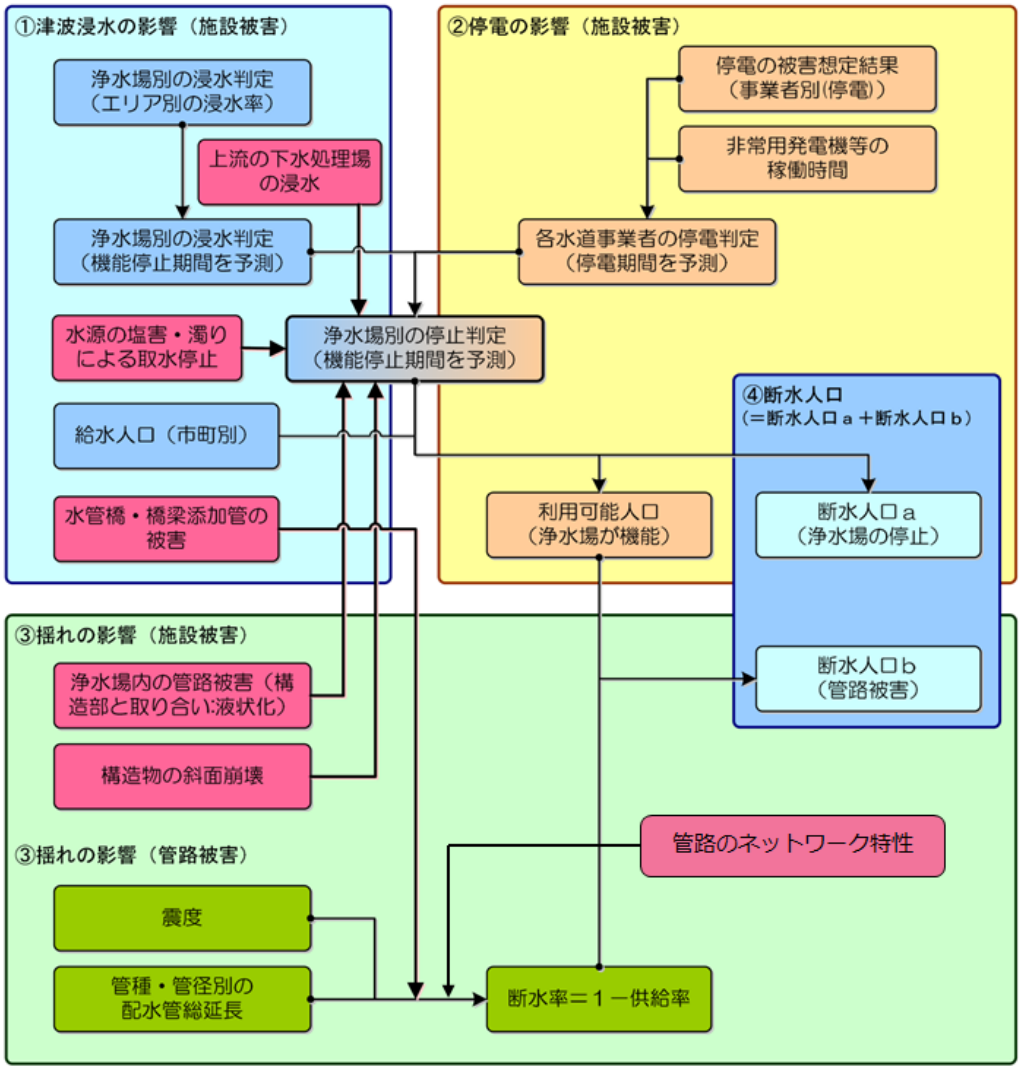


図３－２－⑤－３内閣府被害想定の上水道に関する被害予測フロー
（赤枠部分は追記箇所）（内閣府，2013）

表３－２－⑤－２　内閣府被害想定で考慮されていない項目

項目	内容
上流の下水処理場浸水	浄水場の河川上流に下水処理場があり、津波浸水で被害を受けた場合、処理されない下水が浄水場へ流れてくることで、取水停止に至る。
水源の塩害･濁りによる取水停止	津波が浄水場付近まで遡上した場合、取水が海水・泥水を含んでしまうため取水停止に至る。
水管橋･橋梁添架管の被害	水管橋・橋梁添架管が、津波の波力、津波漂流物の衝突により被害を受ける。また水管橋の上部工が流出して水管橋としての機能を完全に失う。
浄水場内の管路被害	浄水場地盤の液状化現象により、場内管路の継手部、主に構造物取り合い部における管路沈下による漏水等の被害により浄水場の機能停止に至る。
構造物の斜面崩壊	浄水場周辺斜面の崩壊により管路・構造物へ被害が及び機能停止に至る。
管路のネットワーク特性	管路被害が生じてもネットワークの有する冗長性により断水には至らない場合がある。

c)上水道関連施設の基礎（GIS）データの収集について

上水道関連施設の基礎（GIS）データの収集は、国土交通省の国土数値情報から、上水道　関連施設（2010 年度現在）の GIS データの収集を行った。この国土数値情報は､国土計画の策定や実施の支援のために整備されたもので､行政区域、鉄道、河川地価公示、土地利用メッシュ、公共施設等、国土に関する様々な情報が整備されている。

収集成果としては、各水道事業者の給水区域範囲、浄水場の位置情報及び日最大給水量等収集した。詳細は、下表の通りである。

表３－２－⑤－３　上水道関連施設に関する GIS 基礎データの収集結果一覧

種別	内容及び項目
給水区域	上水道事業者が水道用水を供給する区域 【データ項目】 ①供給区域の範囲、②水道事業の名称、③種別（上水道、簡易水道（公営）、簡易水道（非公営））、④給水人口、⑤日最大給水量（単位：m^3）
浄水場	河川から取り込んだ水や地下水などを浄化・消毒し、水道へ供給するための水道施設であり、その他に、揚水場、滅菌室、ポンプ場、総合センター、水道管理センター等の施設も包含する。 【データ項目】 ①位置データ、②施設名称、③日最大給水量（一日に給水することができる最大の水量、単位：m^3）

一例として、愛知県において上水道事業者の関連施設基礎データの内、浄水場（49 か所）のデータを取りまとめた結果を図３－２－⑤－４に示す。なお、浄水場の内、予備施設、日最大給水量がゼロの施設、簡易水道（水道法上、導管及びその他の工作物により、水を人の飲用に適する水として供給する水道のうち、給水人口が 100 人を越え 5,000 人以下であるものをいう）及び不明データを除いて表示した。

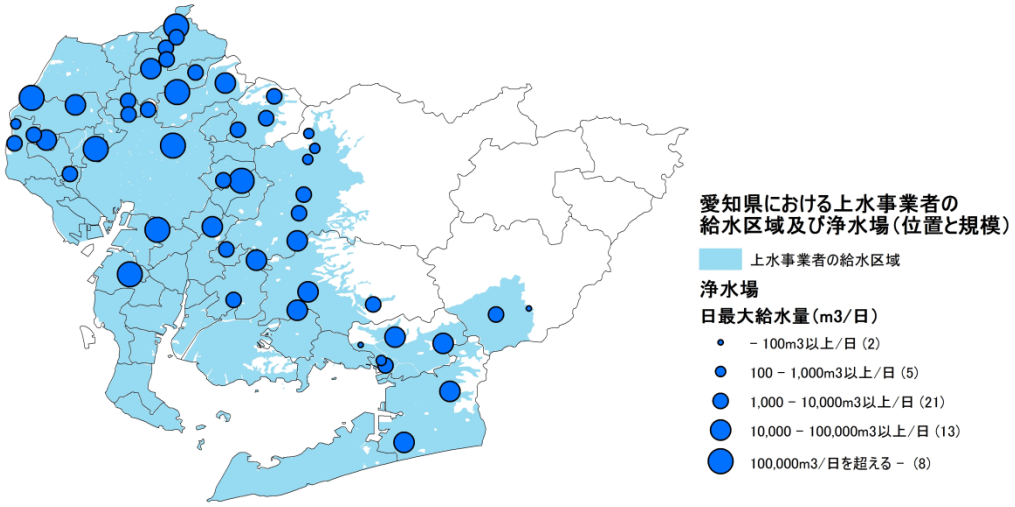


図３－２－⑤－４　愛知県下における給水区域及び浄水場等上水道関連施設図

(d) 結論ならびに今後の課題

1) 電力について

南海トラフ巨大地震に関する電力供給（発電部門）について、発電毎に内閣府被害想定の課題を抽出した。ＷＧの試算では発災後１か月後の状況として、西日本(60Hz)全体の供給能力は（電力事業者間で広域的に電力を融通すれば)、電力需要の約９割まで電力供給力が回復するとされているが、火力発電所の復旧の長期化などＷＧの想定どおりに復旧しない可能性があることがわかった。

ＷＧでは「南海トラフ巨大地震では、主に西側の 60Hz の電力事業者が被災するが、50Hz の電力事業者(北海道、東北、東京)からは現状で 120 万 kW の融通が可能」と記載されているが、中部電力(株)だけでも至近８年間における最大電力は 2,821 万 kw であり、東側からの 120 万 kw の融通はそれの５％にも満たない発電量である。西日本エリア全体でみるとさらに融通による供給力の期待効果が薄れると考えられ、融通による南海トラフ巨大地震の被災エリアへの電力供給について、過度な期待は禁物であると考えられる。

これらのことから、南海トラフ巨大地震発生時には、火力発電をはじめとして水力・原子力発電など多様な発電による電力供給は不可欠であると考えられる。

2) 上下水道について

上水道に関する内閣府被害想定手法の課題を抽出した。内閣府被害想定では、東

北地方太平洋沖地震などの過去の巨大震において発生した、塩害による取水停止、水管橋の被害などの項目が考慮されていなかった。また管路のネットワーク特性が被害想定手法に組み込まれておらず､管路の有する冗長性が考慮されていなかった。上水道施設の正確な被害予測を実施していく上で、これらの項目を被害想定に取り入れることは重要で、今後は、愛知県内の上水道設備を対象に、被害想定手法の高度化に取り組んでいく。ただし、基礎データが収集可能な項目、被害想定結果に与える影響が大きい項目についてのみ取り扱うこととする。

また、上水道関連施設の基礎データ収集は、愛知県が進めている「愛知県東海地震・東南海地震・南海地震等地震被害予測調査」事業で使用している上水道関連の各種基礎データの提供を依頼していく予定である。

(e) 引用文献

1) 経済産業省，総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会電力安全小委員会電気設備地震対策ワーキンググループ報告書，2012.
2) 経済産業省，総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 ガス料金制度小委員会（第 1 回）配布資料，2013.
3) 国土交通省，国土数値情報発電所データ，2013
4) 国土交通省，下水道，計画的な改築・維持管理，管路の年度別整備延長データ，2012.
5) 厚生労働省，水道の基本統計，水道普及率の推移，2012.
6) 内閣府，防災対策推進検討会議　南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ，http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg/index.html，2013.
7) 仲条仁・藤井琢哉・石川良文，東日本大震災における製造業の生産停止被害に関する研究，土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.69, No.5, pp.164-173, 2013.
8) 日本ガス協会，都市ガス事業の現況 2013，2013.
9) 水道技術研究センター，基幹管路の耐震化率，管路耐震化率・基幹管路耐震化率データ－平成 22 年度水道統計に基づく試算結果－，2012.
10) 寅屋敷哲也・河田恵昭，南海トラフ巨大地震における中長期的な電力需給ギャップ推計方法の一試案，関西大学社会安全学研究 第 4 号，2014.3.

⑥ 広域リスク評価

(a) 業務の要約

本業務では、南海トラフを対象とした将来予測時点のリスク評価を実施する上で基盤となる将来における人口・建物モデルを整備し、それらを用いた広域リスク評価のための被害予測手法についての基礎検討を行った。将来における建物被害のリスク評価を実施しようとした場合、時間の経過に伴う建物の新設・滅失や建物棟数の変化のほか、既存建物の劣化や老朽化の問題を考慮する必要がある。そこで、現時点からリスク評価を実施する将来時点までの建物の新設・滅失を考慮し、かつ建築年代区分の属性を持つ建物モデルを整備した。また、人的被害のリスク評価を行う場合、人口の

分布や人々が滞留する建物構造の違いがリスク評価に影響を与えるため、1 日の生活行動を反映させた人口モデルを作成した。加えて高齢者の増加は人的被害を増加させる要因となることから、作成した将来時点の人口モデルは 65 歳以上人口比率の属性を持つモデルとした。

(b) 業務の成果

1) 建物モデルの作成

将来時点におけるリスク評価のための建物モデルは、現況建物モデルを整備した後、現在から将来までに新設および除却される建物棟数を推定した上で将来時点の建物モデルを作成した。建物モデルの作成フローを図３－２－⑥－１に示す。なお、建物モデルは、全国地震動予測地図（地震調査研究推進本部, 2013）と評価単位を合わせるため、4 分の 1 地域メッシュ（約 250m メッシュ）単位で作成し、属性として構造、用途、階数、建築年代を設定した。メッシュ単位の現況建物分布は、構造、用途、階数の属性を有する全国建物分類データベース（大井昌弘・他, 2010）に、固定資産の価格等の概要調書（平成 24 年度）から設定した市区町村別構造別の建築年代比率を適用し、構造、用途、階数、建築年代の属性を持つ現況建物モデルを整備した。なお、建物モデルはリスク評価を対象とするため、延べ床面積 $30m^2$ 未満の小規模な建物は除外した。現況建物モデルの例として、東海地方における木造建物および非木造建物棟数の分布を図３－２－⑥－２に示す。

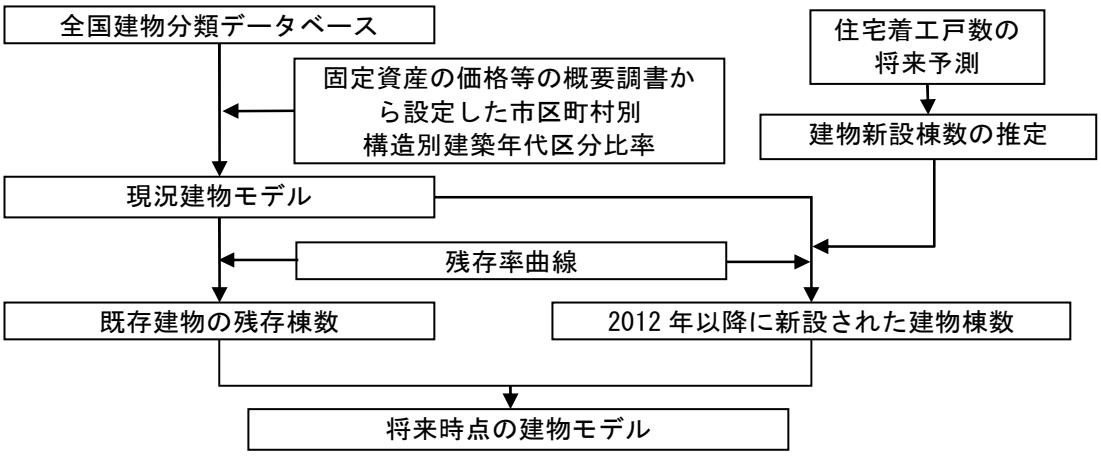
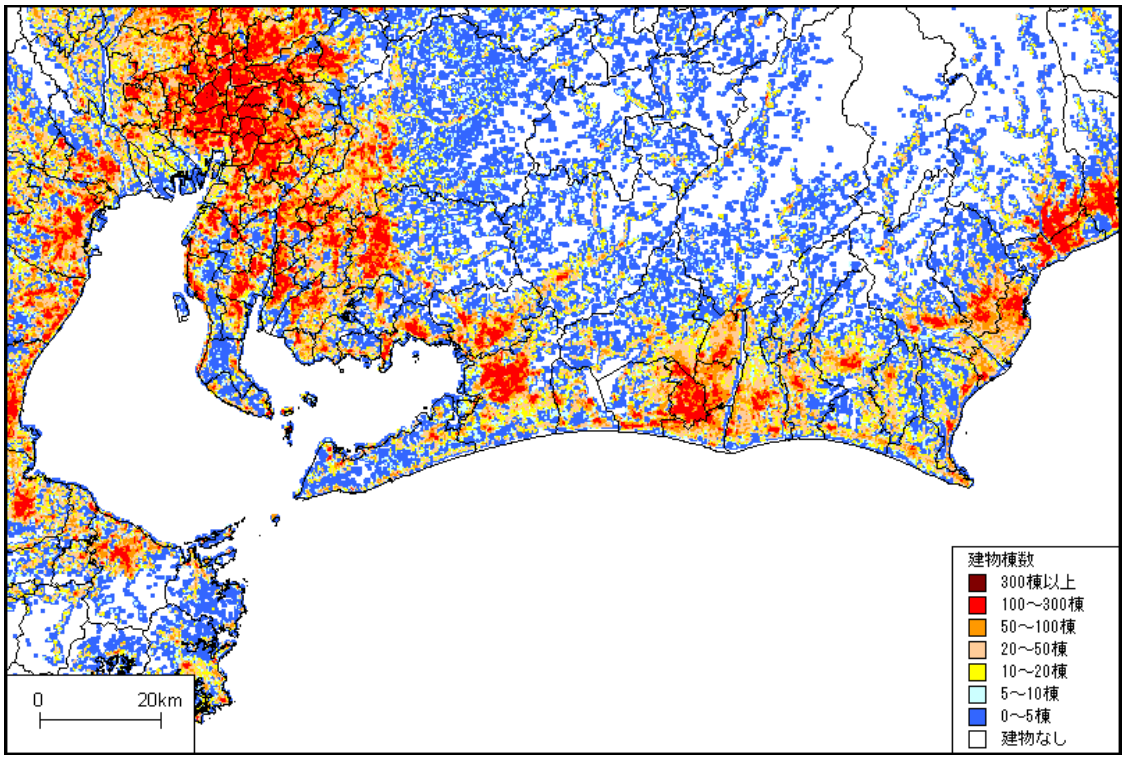


図３－２－⑥－１　建物モデルの作成フロー



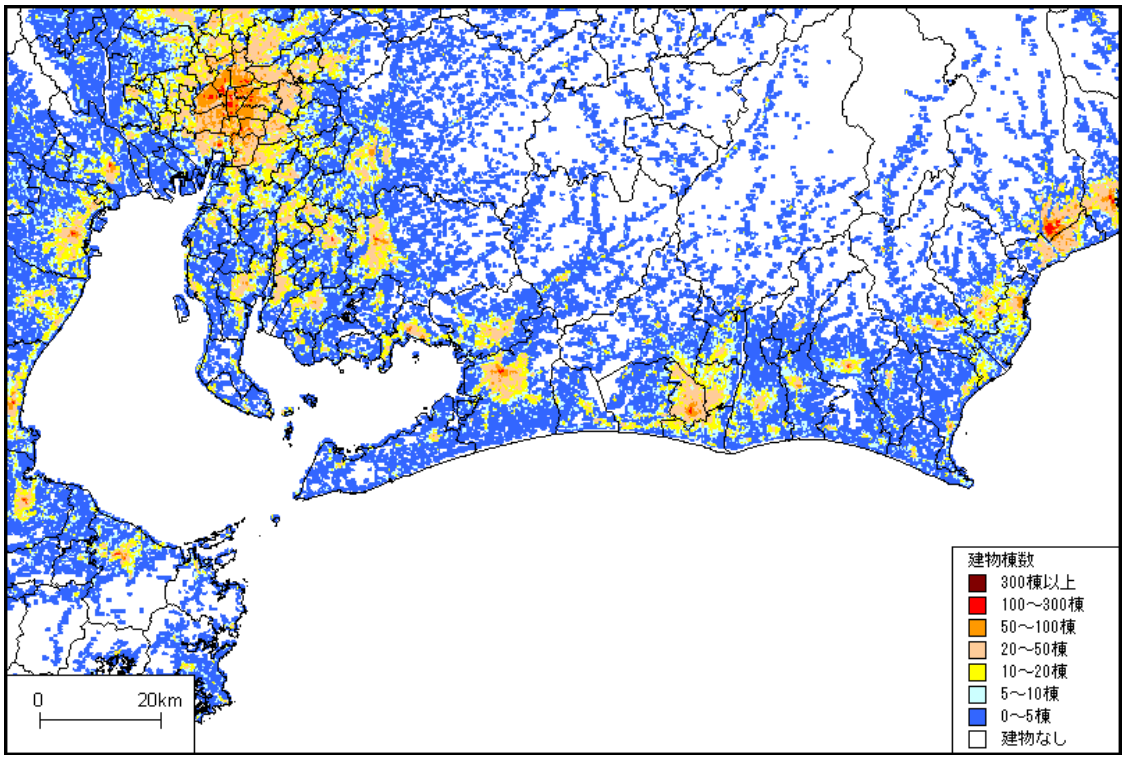


図３－２－⑥－２　作成した現況建物モデルの例（上段：東海地方における木造建物棟数分布、下段：東海地方における非木造建物棟数分布）

新設される建物棟数については、先行研究のある住宅着工戸数を予測した上で、住宅棟数、非住宅棟数の予測を行った。住宅着工戸数の予測は、住宅需要が人口の年齢構成の関数で表せるとしたMankiw and Weil(1989)や川崎一泰(1998)の考え方に基づき将来の住宅着工戸数を予測する回帰モデルを構築した。回帰分析に用いたデータは、1975年～2012年までの年齢別人口、国民総所得、住宅着工戸数である。構築した住宅着工戸数予測モデルを式３－２－⑥－１に示す（C_h：住宅着工戸数[戸]、$time$：西暦、D_t：0～44歳人口[1000人単位]、GNI：国民総所得[10億円単位]、β_1～β_3：回帰係数；表３－２－⑥－１参照）。

$$\ln(C_h)=\beta_1(time)+\beta_2\ln(D_t)+\beta_3\ln(GNI) \qquad \text{式３－２－⑥－１}$$

実際の住宅着工戸数は景気によって大きく変動しながら推移しているが、構築したモデルによる住宅着工戸数予測値は、実際の変動幅のほぼ中間を表現できるモデルが得られた（３－２－⑥－３）。

表３－２－⑥－１　回帰係数

β_1	β_2	β_3
-0.0105	2.20823	0.79584

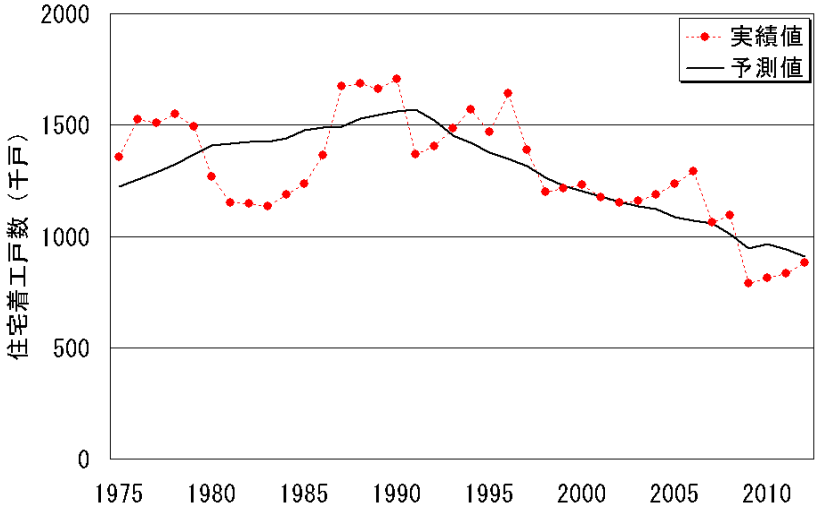


図３－２－⑥－３　回帰モデルを用いた住宅着工戸数の予測値と実績値の比較

次に、構築した回帰モデルを用いて、将来の住宅着工戸数を予測した。予測を行うにあたっては、将来における０～44歳人口と国民総所得の値を用いた。０～44歳人口は国立社会保障・人口問題研究所が公表した将来推計人口（平成24年1月推計）によるものである（国立社会保障・人口問題研究所, 2012）。将来の国民総所得は１人あたりの国民総所得が前年比0.5%ずつ増加するとの仮定で作成した。構築したモデルによる住宅着工戸数は、2025年に約49万戸、2045年に約21万戸と推定された（図３－２－⑥－４）。推定した住宅着工戸数の全国値をもとに推定した各市区町村別住宅着工戸数を図３－２－⑥－５に示す。

次に推定した住宅着工戸数を元に新設建物棟数を推定した。住宅建物には一戸建と長屋・共同住宅があり、長屋・共同住宅には１棟に複数の住戸が存在することから、新設住宅棟数を推定するためには、住宅棟数と住宅戸数の関係を把握することが必要である。そこで、過去20年間の住宅着工統計と建築着工統計を整理し、新設住宅一戸あたりの構造別用途別構成比、長屋・共同住宅における１棟あたりの住宅戸数を設定した（図３－２－⑥－６）。これらの設定値と推定した住宅着工戸数から新設住宅棟数を推定した。非住宅建物の新設棟数については、過去20年間の建築着工統計から得られた構造別用途別新築建物棟数から新築住宅が１棟新設された場合の構造別用途別の非住宅新築建物棟数を設定した。各年における新設建物棟数は、これら住宅新築棟数と非住宅新築棟数の和で設定した。設定した新設建物棟数の５年毎の集計値を図３－２－⑥－７に示す。

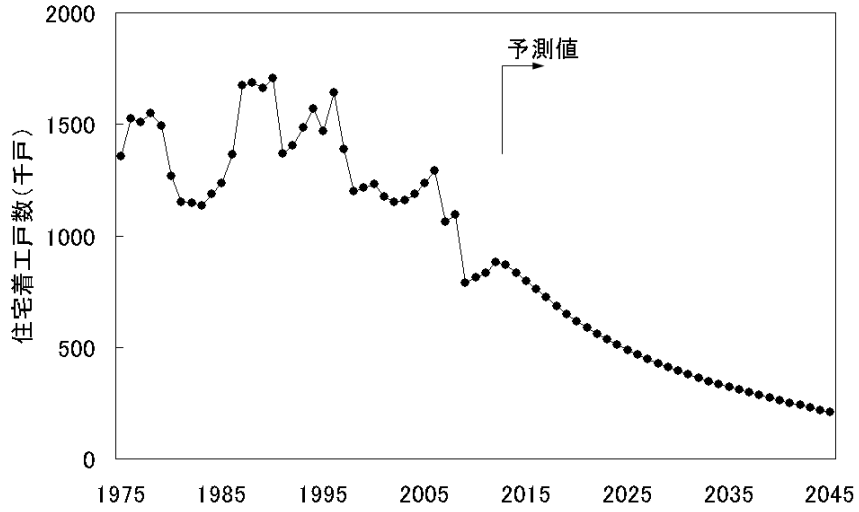
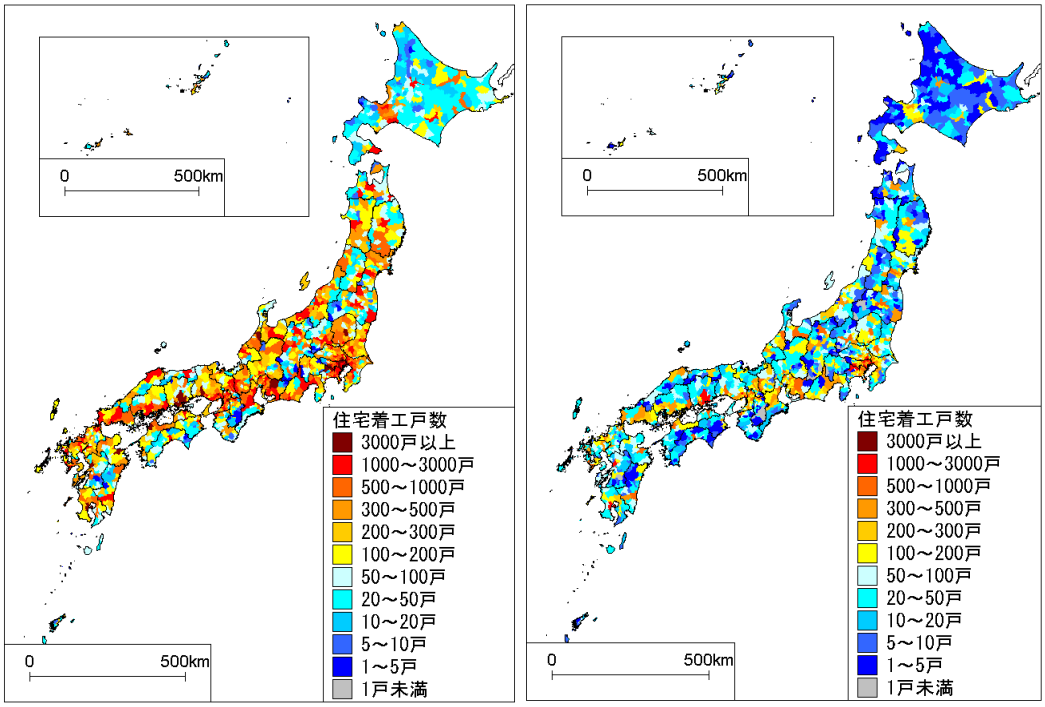
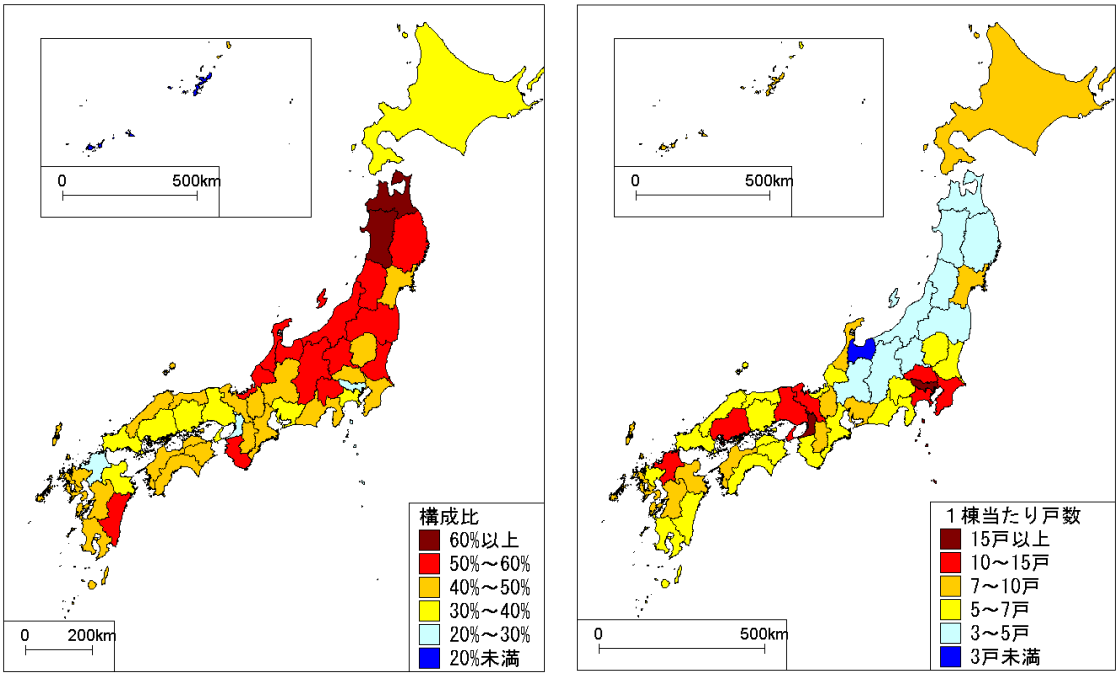


図３－２－⑥－４　住宅着工戸数の将来予測結果（2012年以前は実績値）



2015年　　2045年

図３－２－⑥－５　将来の市区町村別住宅着工戸数



新設住宅戸数全体に占める木造一戸建住宅の構成比（1994～2013 年の 20 年間の平均値）

新設非木造住宅建物（長屋・共同住宅）における１棟あたりの住宅戸数（1994～2013 年の 20 年間の平均値）

図３－２－⑥－６　新築住宅戸数全体に占める木造一戸建住宅の構成比と新築非木造住宅建物の長屋・共同住宅における１棟あたりの住宅戸数

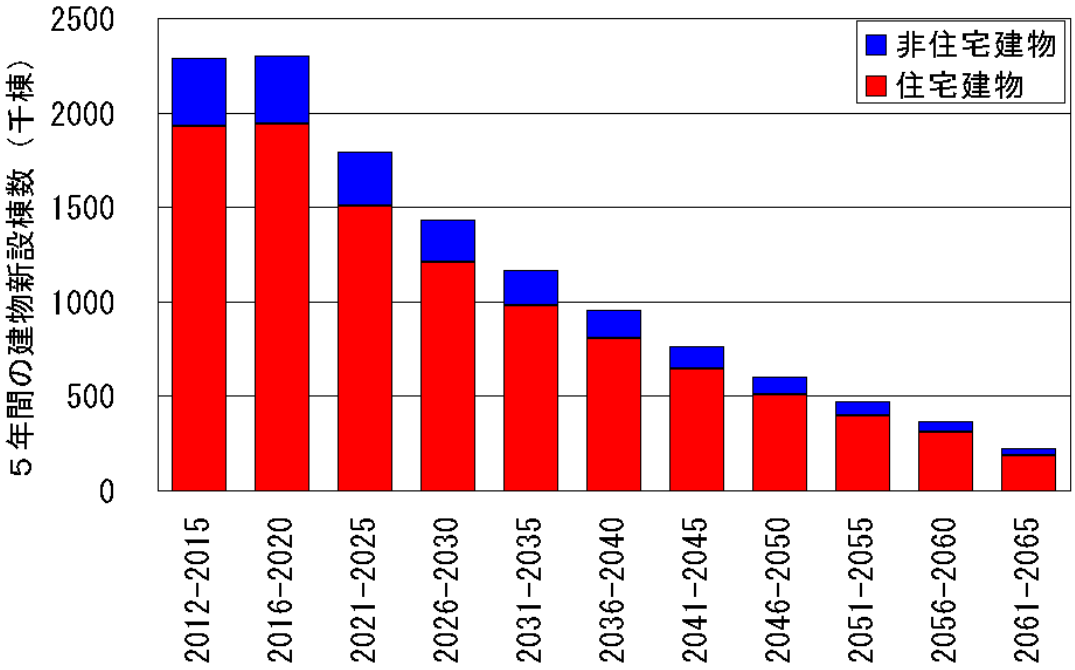


図３－２－⑥－７　推定した建物新設棟数の５年毎の集計値
（2012～2015年は４年間の集計値）

滅失する建物棟数は、2005年の固定資産課税台帳による小松幸夫(2008)の構造用途別残存率曲線を元に設定した木造非木造別の建物築年数と残存率の関係を用い滅失棟数を推定した。木造非木造別の建物築年数と残存率の関係を図３－２－⑥－８に示す。

現況建物モデルに対し、上述の手法で設定した新設建物棟数、滅失建物棟数を適用し、将来時点におけるリスク評価用の建物モデルを構築した。その結果、将来における全国の建物棟数は2015年時点では約4,800万棟、2025年時点では約4,500万棟、2045年時点では約3,400万棟と推定された。図３－２－⑥－９に2015～2065年の建物棟数の推移を、図３－２－⑥－10には作成した建物モデルの一例として、2045年における東海地方の建物モデルを示す。

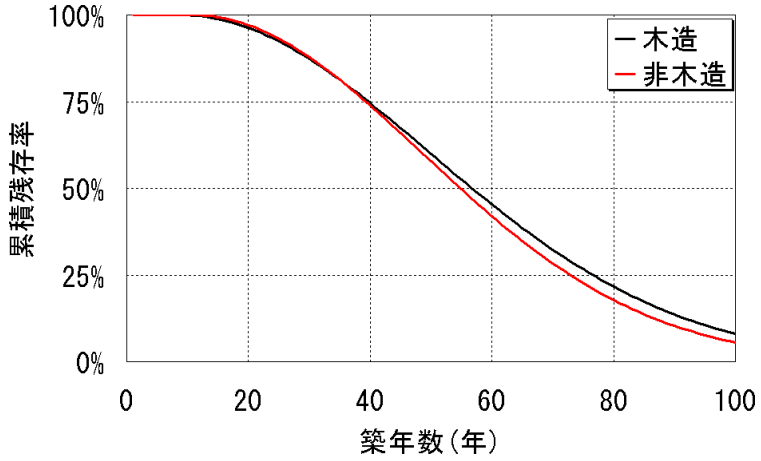


図３－２－⑥－８　設定した建物の築年数と残存率の関係

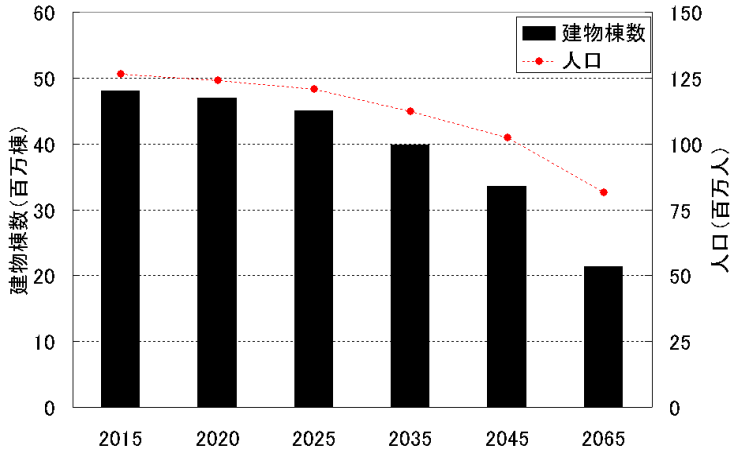


図３－２－⑥－９　作成した建物モデルによる建物棟数の推移と将来人口の推移

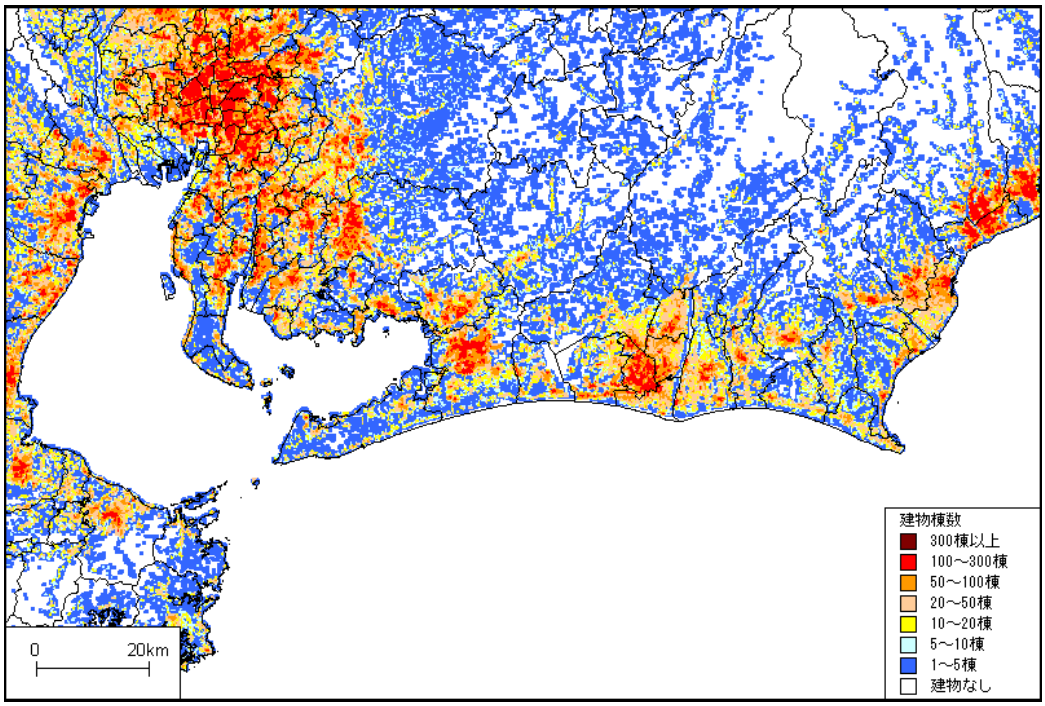
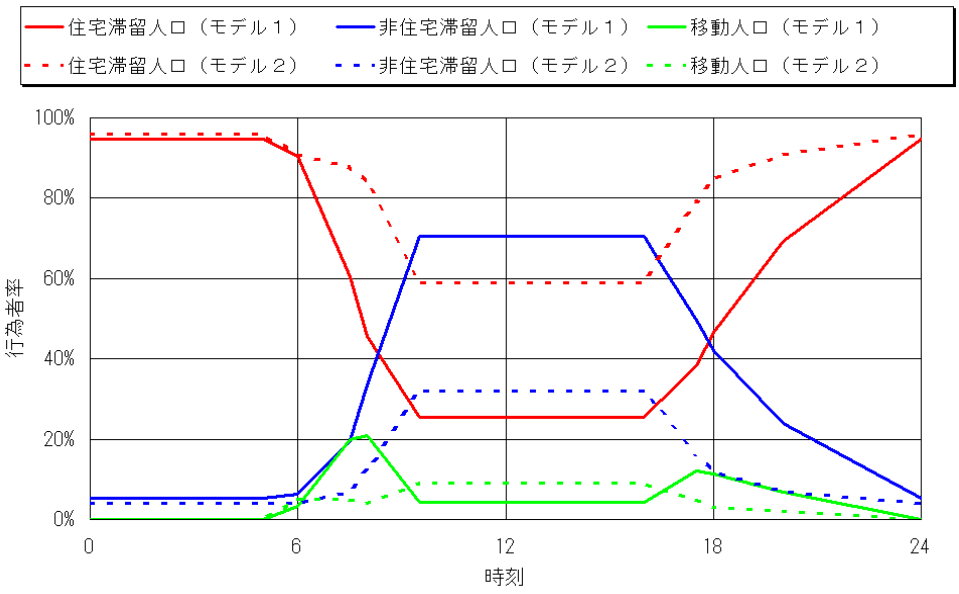


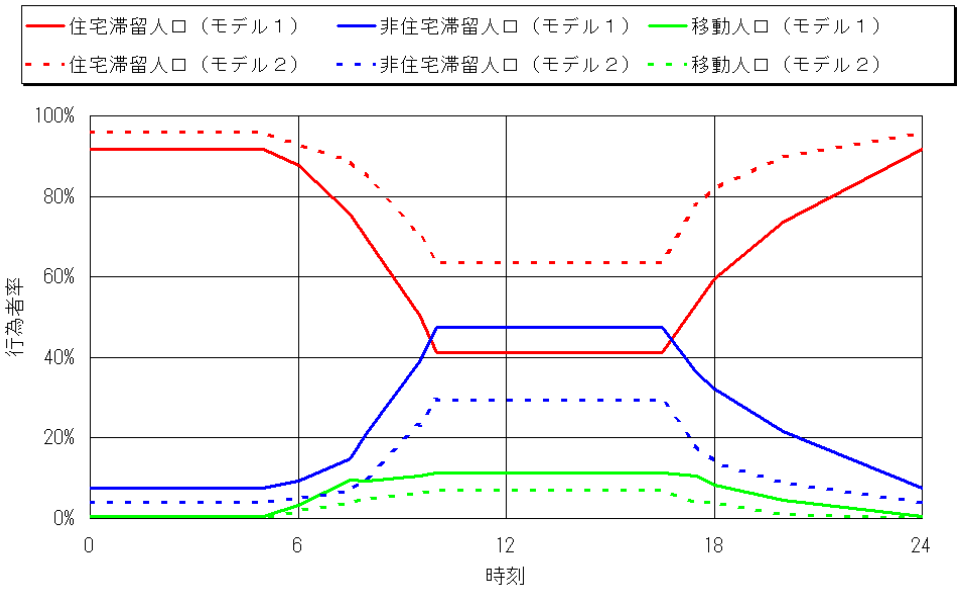
図３－２－⑥－10　作成した建物モデルの例（東海地方における 2045 年時点の建物棟数）

2) 人口モデルの作成

将来時点のリスク評価のための人口モデルを作成するにあたっては、初めに2010年国勢調査地域メッシュ統計（総務省統計局，2013）や2005年国勢調査・2006年事業所統計調査のリンクデータ（統計情報研究開発センター，2009）[8)]から得られるメッシュ単位の人口データから現況のメッシュ単位の人口モデルを作成した。この現況の人口モデルを用いて、国立社会保障・人口問題研究所が公表した将来推計人口（平成24年１月推計）から将来における人口モデルを作成した。また、各人の日常生活を考えると、多くの人は日中では学校や職場等の自宅以外の建物に滞留し、夜間には在宅していることが多い。そこで、本業務では日中における住宅・非住宅に滞留する人口および移動人口の比率を、NHK国民生活時間調査2010（NHK放送文化研究所，2011）から設定し、時刻別および24時間平均の建物内滞留人口を人口移動モデルとしてモデル化した（図３－２－⑥－11）。この人口移動モデルを人口データに適用することで、昼夜間の人口移動に応じた将来時点の人口モデルを作成した(図３－２－⑥－12～13)。その結果、図３－２－⑥－14に示すように全国における24時間平均の建物内滞留人口は、2015年時点では約1億1,900万人、2045年時点では約9,600万人と推定された。



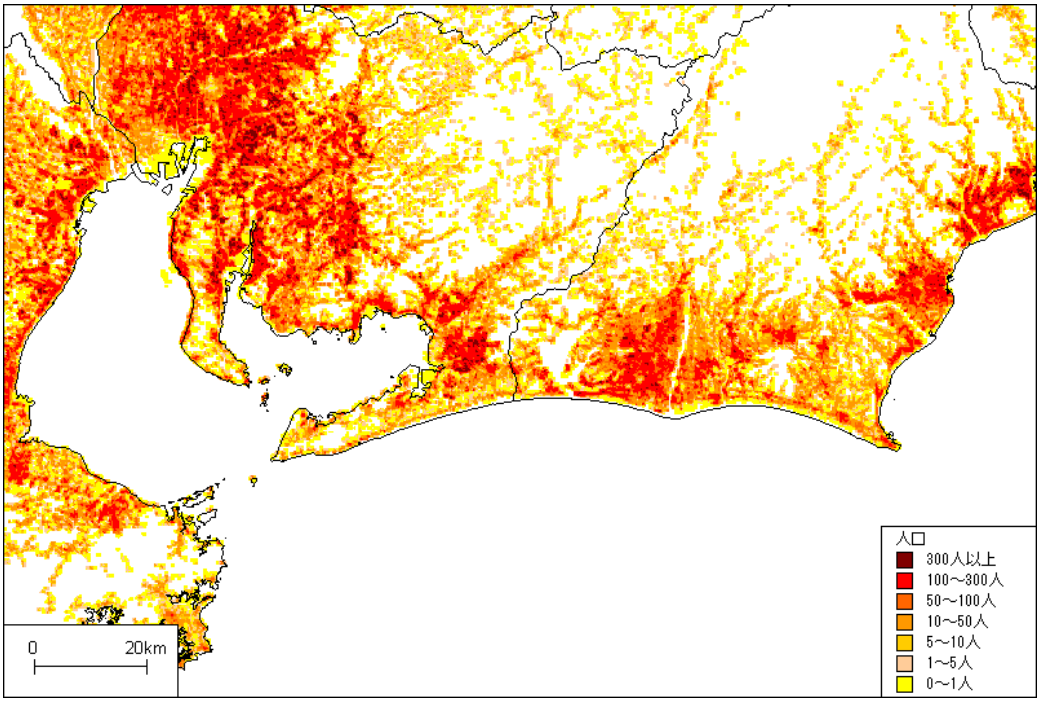
平日モデル



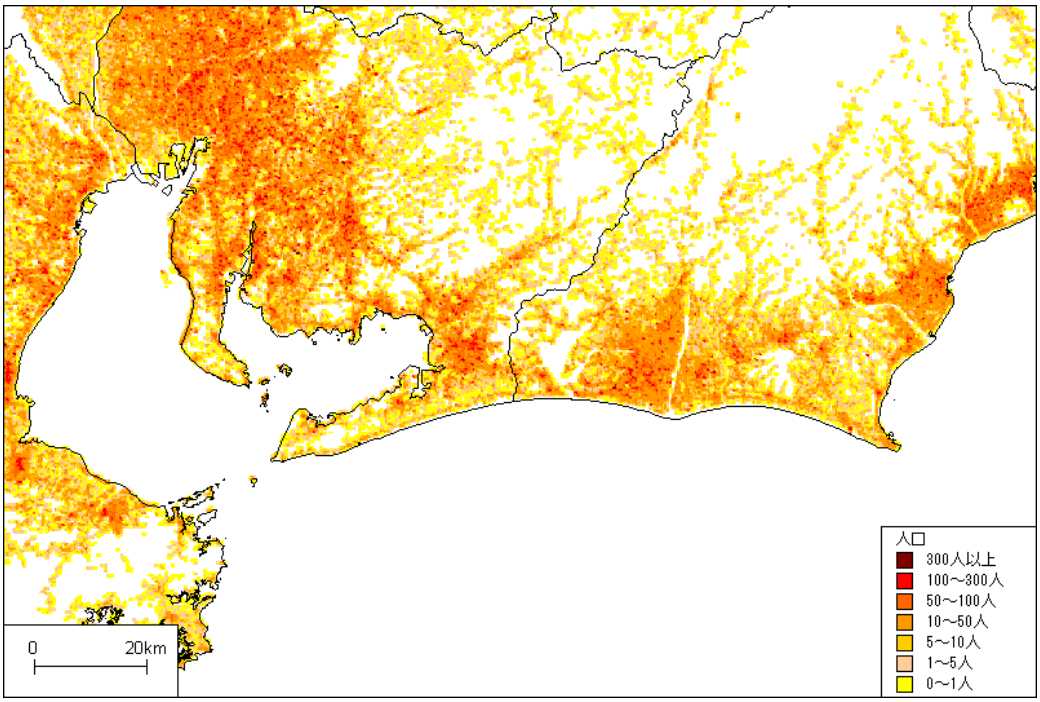
土日モデル

図３－２－⑥－11　人口移動モデル

（上段は平日モデル、下段は土日モデルを示す。それぞれのグラフにおいて、モデル１は64歳以下、モデル２は65歳以上を表す。）

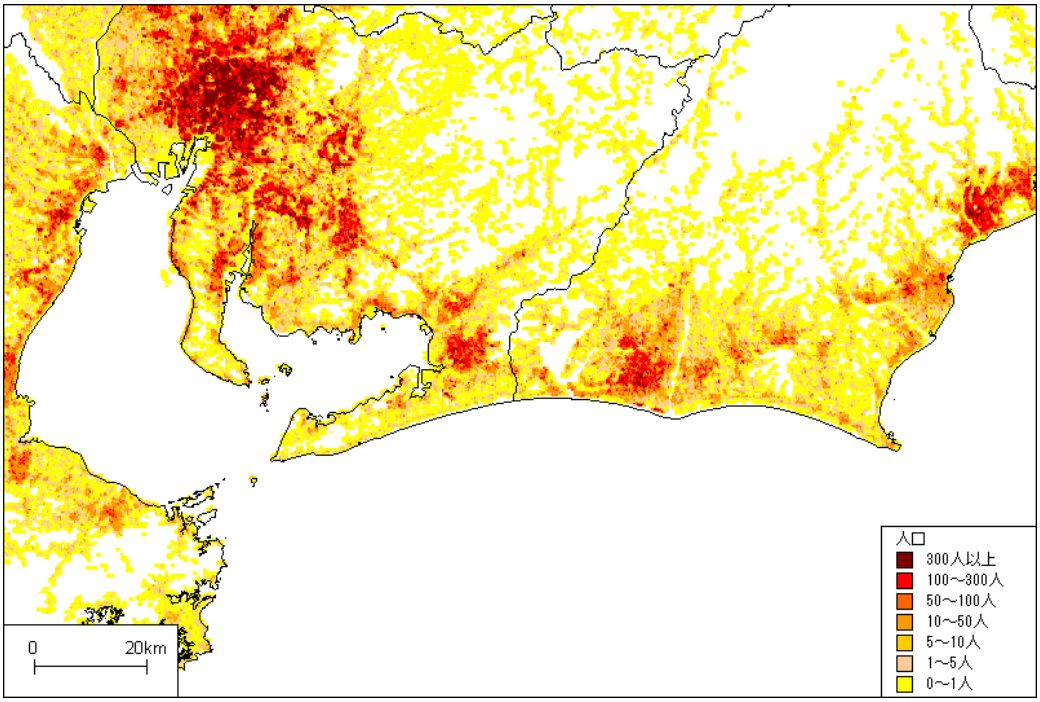


平日午前５時　木造建物内滞留人口

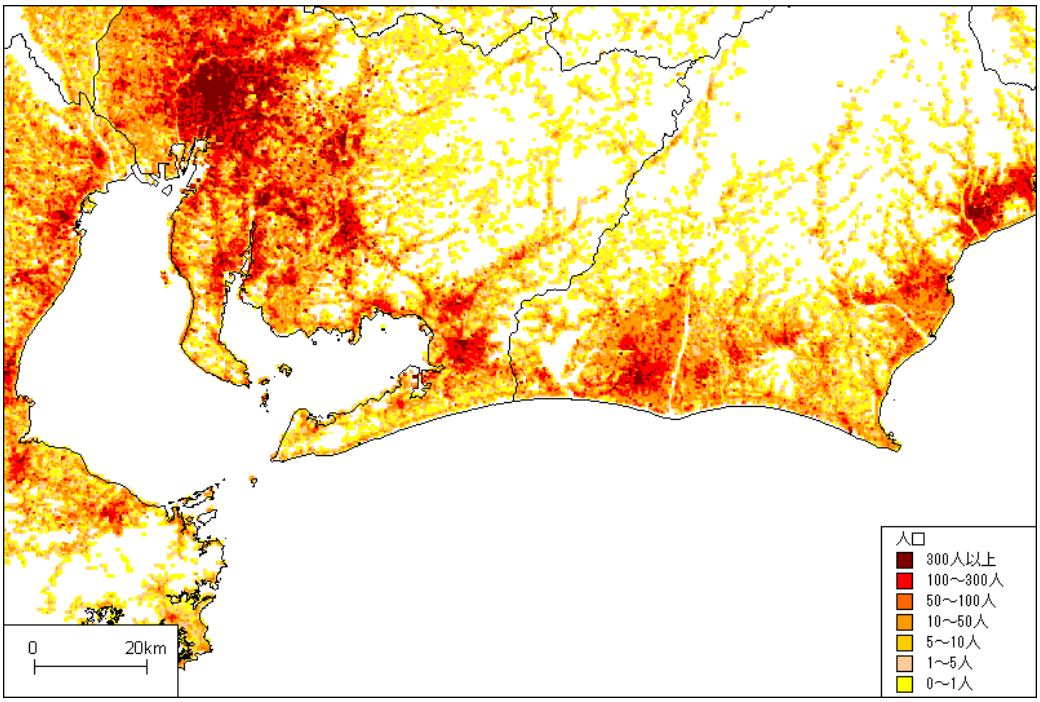


平日午後０時　木造建物内滞留人口

図３－２－⑥－12　作成した人口モデルの例（１）
（東海地方における2045年時点の木造建物内滞留人口）



平日午前５時　非木造建物内滞留人口



平日午後０時　非木造建物内滞留人口

図３－２－⑥－13　作成した人口モデルの例（２）
（東海地方における2045年時点の木造建物内滞留人口）

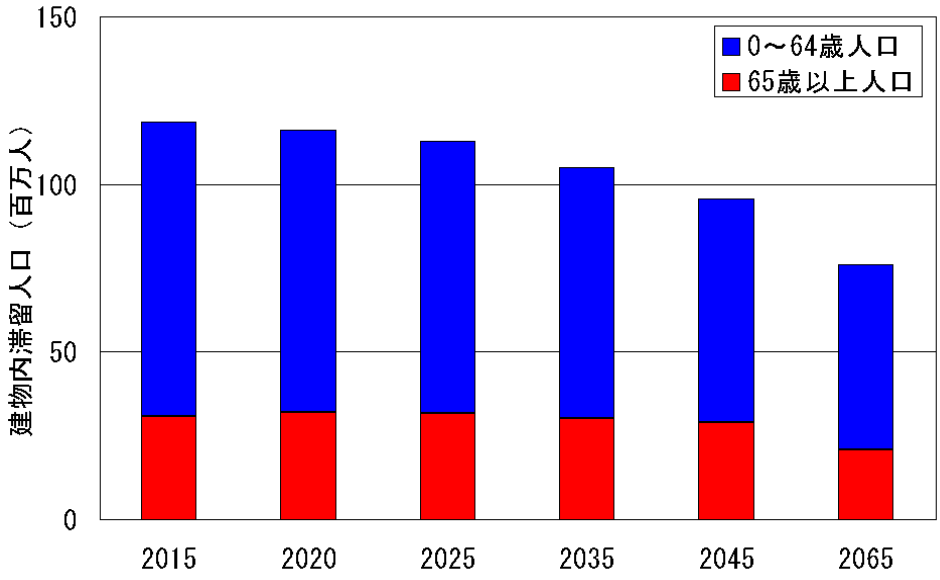


図３－２－⑥－14　作成した人口モデルによる建物内滞留人口の推移

3) 被害予測手法の検討

南海トラフを対象とした広域リスク評価を実施するため、被害予測手法の検討に着手した。本年度はその検討の一環として、南海トラフと同様に海溝型地震である東北地方太平洋沖地震による地震動を推定し、揺れによる住家被害を既往の被害関数により予測し、実被害数との比較を実施した。既往の被害関数による予測は、以下の２つの手法を用いた。

手法①　中央防災会議(2012)の建物被害関数

手法②　木造：中嶋唯貴・岡田成幸(2008)の損傷度0.6以上の被害率と震度の関係
　　非木造：中央防災会議(2004)の非木造建物の被害率と震度の関係

検討に用いた震度分布を図３－２－⑥－15に、被害関数を図３－２－⑥－16に示す。この震度分布はK-NET・KiK-net（Aoi et al., 2011）および気象庁観測点（気象庁, 2011）での観測値より、表層地盤による増幅の影響を考慮して空間補間法により面的な分布を推定したものである（防災科学技術研究所, 2007）。予測値と消防庁の被害情報による住家実被害（消防庁, 2012）[16]との比較の結果、津波の影響を受けない揺れによる被害が中心である太平洋沿岸自治体を除いた内陸部の被害は、手法②の方が実被害に近い推定結果になることが確認できた（表３－２－⑥－２）。

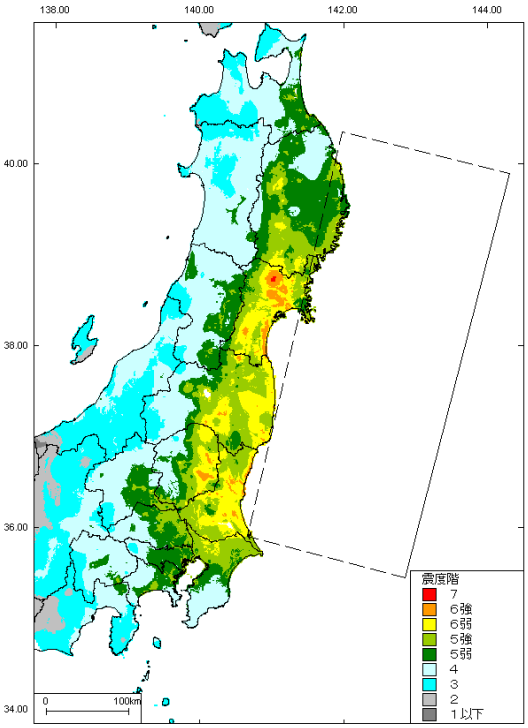
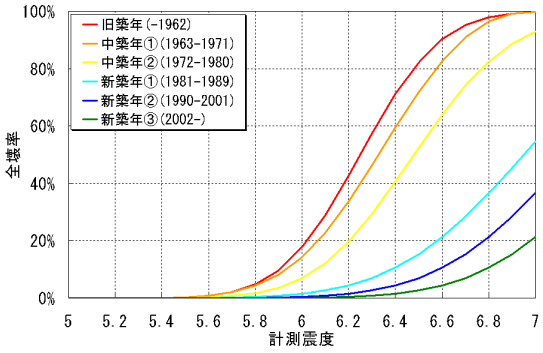


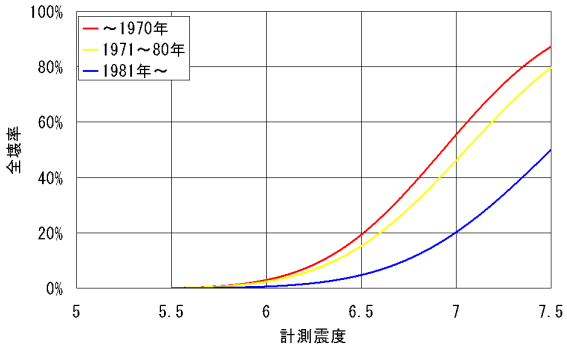
図３－２－⑥－15　2011 年東北地方太平洋沖地震の推定震度分布

表３－２－⑥－２　太平洋沿岸市町村を除いた地域を対象とした内陸部における手法①②の住家被害の予測値と実被害の比較一覧

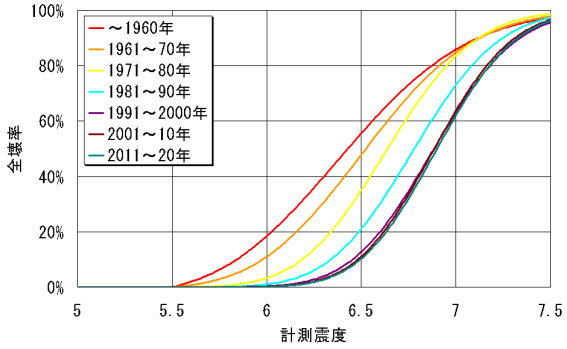
	全壊	全半壊
手法①	22,601	122,896
手法②	15,857	65,978
実被害	8,366	76,713



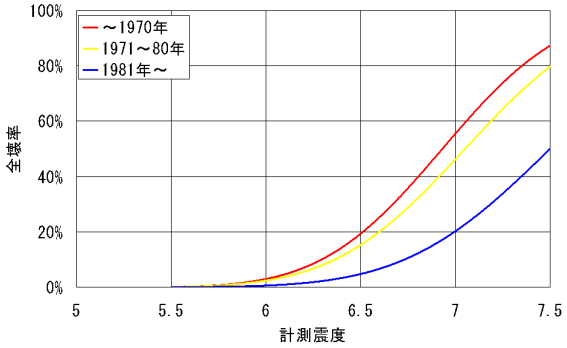
手法①　木造建物



手法①　非木造建物



手法②　木造建物



手法②　非木造建物

図３－２－⑥－16　建物全壊棟数の試算に用いた被害関数

(c) 結論ならびに今後の課題

本年度は、次年度以降の実施予定の南海トラフを対象とした広域リスク評価を実施するための将来の人口・建物モデルを推定するとともに、被害予測手法の基礎検討を行った。得られた知見は以下の通りである。

1) 将来時点の広域リスク評価のための建物モデルの整備を行った。建物モデルの整備にあたっては、現状から将来にかけての建物の新設・滅失数を推定した上で将来時点の建物モデルを整備した。また、リスク評価の際に建物の経年劣化等の影響を考慮できるよう築年数に関する属性をもつモデルとした。整備した建物モデルによる全国の建物棟数は、2015 年時点で約 4,800 万棟、2025 年時点で約 4,500 万棟、2045 年時点で約 3,600 万棟と推定された。
2) 将来時点の広域リスク評価のための人口モデルの整備を行った。人口モデルの整備にあたっては、将来推計人口に基づいてモデル整備を行っただけでなく、地震発生時刻の違いによる人口分布の違いをリスク評価に反映できるように 1 日の生活パターンに応じた人口移動を反映した人口モデルを整備した。整備した将来の人口モデルによる全国の 24 時間平均の建物内滞留人口は、2015 年時点で約 1 億 1,900 万人、2025 年時点で約 1 億 1,600 万人、2045 年時点で約 9,600 万人と推定された。
3) 南海トラフと同様の海溝型地震である東北地方太平洋沖地震の揺れによる建物被害を対象に、被害予測手法の基礎検討を行った。この結果、3)項の手法②がより実被害に近い結果となることを確認した。

次年度以降、本年度整備した将来の人口・建物モデルを用いて、南海トラフを対象とした広域リスク評価を試算し、南海トラフ地震の発生時期や震源域などの変化によってリスク評価結果がどのように変化するのか検討を進めていく予定である。

(d) 引用文献

1) Aoi, S., T. Kunugi, H.Nakamura, and H. Fujiwara, Deployment of new strong motion seismographs of K-NET and KiK-net, Earthquake Data in Engineering Seismology, 14, pp.167-186, 2011.
2) 防災科学技術研究所, 文部科学省大都市大震災軽減化特別プロジェクト III.1 震災総合シミュレーションシステムの技術の開発 III.2 大都市特性を反映する先端的な災害シミュレーションの技術の開発 公開ソフトウェア, 2007.
3) 中央防災会議, 南海トラフ巨大地震の被害想定について（第一次報告）, http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg/pdf/20120829_higai.pdf , 2012.
4) 中央防災会議, 首都直下地震に係る被害想定手法について, http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/shutochokka/index.html, 2004.
5) 地震調査研究推進本部, 今後の地震動ハザード評価に関する検討 ～2013 年における検討結果～, http://www.jishin.go.jp/main/chousa/13_yosokuchizu/index.htm , 2013.
6) 川崎一泰, 高齢・少子社会における住宅着工予測, 住宅問題研究, Vol.14, No.3,

81-102，1998.
7) 気象庁,強震観測波形（平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震）, http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/kyoshin/jishin/110311_tohokuchiho-taiheiyouoki/index.html, 2011.
8) 国立社会保障・人口問題研究所，日本の将来推計人口（平成 24 年 1 月推計）, http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/newest04/sh2401top.html, 2012.
9) 小松幸夫, 1997 年と 2005 年における家屋の寿命推計, 日本建築学会計画系論文集, 第 73 号，第 632 号，2197-2205，2008.
10) Mankiw, N., G. and Weil, D., N., The Baby Boom, the Baby Bust, and the Housing Market, Regional Science and Urban Economics, 19, 235-258, 1989.
11) 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, 79-86, 2008.
12) NHK 放送文化研究所，データブック国民生活時間調査 2010，2011.
13) 大井昌弘，石橋圭太，藤原広行，地震リスク評価のための全国建物分類データベースの開発，第 13 回日本地震工学シンポジウム，1708-1715，2010.
14) 消防庁，平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）について, http://www.fdma.go.jp/bn/higaihou/pdf/jishin/146.pdf，2012.
15) 総務省統計局，地域メッシュ統計，http://www.stat.go.jp/data/mesh/index.htm, 2013.
16) 統計情報研究開発センター，平成 17 年国勢調査，平成 18 年事業所・企業統計調査等のリンクによる地域メッシュ統計, 2009.

⑦ 都市災害と経済被害

(a) 業務の要約

都市災害について、2013 年度は、東日本大震災時に発生した地震火災に関する調査を行った。特にこれまでメカニズムがよく分かっていなかった津波火災について、その概要を詳しく把握するとともに、南海トラフ巨大地震時の発生が予測される津波火災について出火件数予測を行った。

経済被害について、2013 年度は、中央防災会議による「南海トラフ巨大地震」の経済被害の定量評価手法について検討し、その課題を明らかにした。災害の経済被害評価手法の課題を既往研究に基づき整理し、災害の経済被害の高度予測に向けた評価手法開発の方針を明らかにした。

(b) 業務の実施方法

1)都市災害

地震火災に関する業務については､廣井(2013)がこれまでに収集した東日本大震災時の地震火災データベースをもとに､「不明」と回答された消防本部、および住民への聞き取り調査を行った。その結果、いくつかの火災の原因が改めて明らかになったほか、修正した地震火災データを下記のように分析し、また出火件数予測式を構

築したのち、これを南海トラフ巨大地震時の被害データに当てはめることで、出火件数予測が可能となった。

2)経済被害

経済被害に関する業務については、東日本大震災における経済被害の事例分析および災害の経済被害推計モデル開発に関する既往研究を整理し、内閣府中央防災会議による経済被害想定における定量評価手法について課題抽出を行った。東日本大震災では、サプライチェーン寸断による経済被害の全国的波及が生じたため、経済被害評価におけるサプライチェーンの取り扱い方に焦点を当て、評価手法を検討した。

(c) 業務の成果

1) 都市災害

a) 東日本大震災における津波火災の全体概要

著者らの調査によって東日本大震災の津波浸水区域内の火災は 170 件と推測されるが、廣井ら(2012)によると、放火など明らかに津波が火災の原因となっていないものなどがここには含まれる。そこで、これらを浸水区域内で発生した火災から除いた結果、津波が原因で出火したものと思われる火災は 159 件となった。以下、本節ではこの 159 件を津波火災と便宜的に呼び、分析対象とする。その内訳は、青森県５件、岩手県 29 件、宮城県 99 件、福島県 12 件、茨城県９件、千葉県５件である（図３－２－⑦－１）。またその発生日時も、３月 11 日中に発生したものは 89 件であり、半分程度が当日以降に出火したものであることが明らかになった。なお３月 14 日までに出火した火災は 116 件、３月 21 日までに出火した火災は 127 件となっており、４月中に出火した火災が９件ある(ただし出火時刻不明の６件を除く) 。このうち、はじめの３日間は比較的電気・配線系の出火が少なく(4.7%)、車両火災がやや少ない(18.0%)。他方で、４日目以降は比較的電気・配線系の出火が多く(32.6%)、車両火災もやや多い(37.0%)。

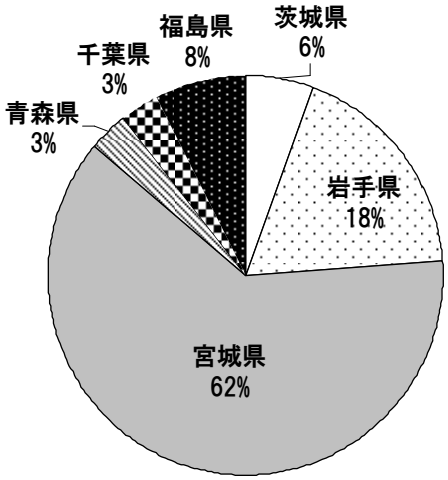


図３－２－⑦－１　津波火災の県別内訳(N=159)

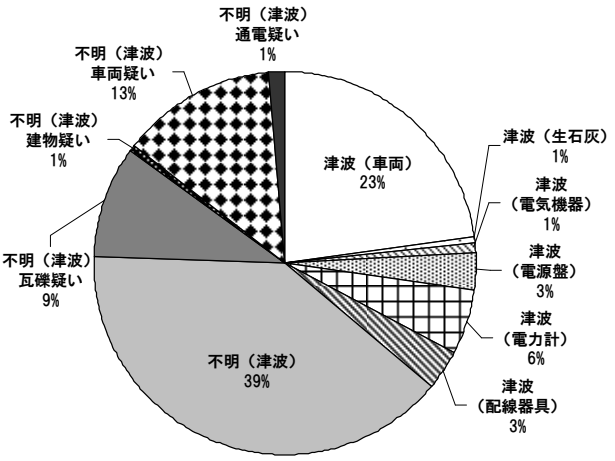


図３－２－⑦－２　津波火災の出火原因(N=159)

出火要因を詳しく述べたい。３月 11 日に出火した火災は、「津波による倒壊家屋等のがれきから出火し、延焼したもの」、「津波による浸水域内の住宅と周辺に流れ着いた車両が燃えたもの」、「津波により車両が水没し、電気配線から出火したもの」などの出火要因が多く、「津波により大型トラックが横転､数時間後出火し全焼した｡バッテリーのショートによる」などの事例も含めると、瓦礫や車が津波によって押し流され、堆積して延焼したもの、もしくは車が水没してその後電気配線などから出火したものとみることができる。

他方で、４月中に出火した火災の出火要因は「津波により冠水した電力量計内の配線に塩分が付着し、絶縁低下または、腐食により発熱し出火」、「津波により漂着した車両の配線類から出火し、住宅へ延焼」など電気配線からの出火が特に多くなっている｡この傾向は､津波襲来後時間が経過すればするほど顕著となる。津波火災の出火原因を図３－２－⑦－２に示す。

従来の地震火災と異なり、今回の津波火災は建築物のみならず車両からの出火報告が多くみられる点が特徴的である。

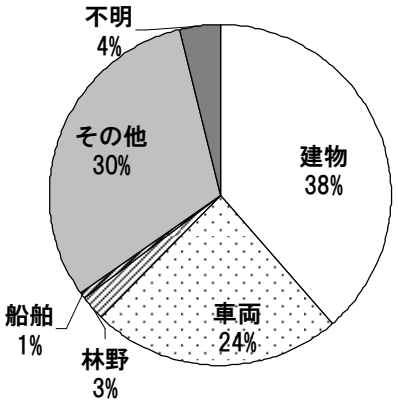


図３－２－⑦－３津波火災の火災種別(N=159)

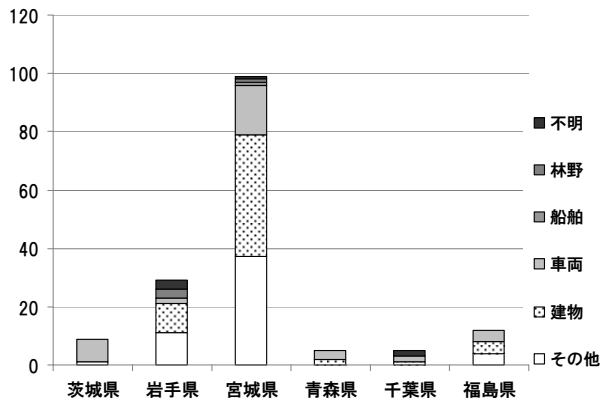


図３－２－⑦－４
津波火災の県別・火災種別(N=159)

そこで津波火災全 159 件を火災種別に整理した結果、建物火災は 59 件、車両火災は 36 件、林野火災は４件、船舶が１件、その他(田畑、瓦礫一帯など)が 47 件、不明６件となっており、建物火災の約半分の車両火災が発生している(図３－２－⑦－３)。

地域ごとに津波火災の火災種別を分類すると、岩手県に林野火災が、宮城県に船舶火災が確認できるほか、岩手県は比較的車両火災が少ない傾向が見られる。数こそ多いものの、茨城県、福島県、青森県、千葉県に比べると宮城県も車両火災の割合が高いわけではない（図３－２－⑦－４）。これは岩手県、宮城県とその他の県に襲来した津波の勢いが違うことに起因すると考えられる。上記２県を襲った津波は非常に強い勢いのものであった。そのため、押し流される瓦礫の量は極めて多く、この瓦礫が山際等に堆積して火災の発生に至ったケースが比較的多いと思われる。他方で、車両による津波火災の発生はその多くが電気系統からの出火などであり、津波が到達さえしてしまえば、その勢いの強弱はそれほど出火確率に大きな影響を与えるものではない。事実、車両による津波火災は青森県３件、岩手県２件、宮城県 17 件、福島県４件、茨城県８件、千葉県２件と、津波の勢いよりむしろ自動車の密度や都市化の程度に影響を受けているようにも感じられる。いずれにせよ、車両に関する津波火災は津波浸水エリア全体で発生可能性が高く、他方で建物に関する津波火災は比較的津波の勢いの強い地方で発生しやすいという推測ができる。

続いて、建物火災 59 件の中で火元の建築物の構造に関する回答があった 35 件の内訳を調べた結果、非木造が 23 件、木造が 11 件、不明１件であった。つまり、木造建築物に比べて非木造建築物がより津波火災の火元となりやすいことがわかる（図３－２－⑦－５）。なお、ここでの木造建築物はほとんどが住宅用途であったが、他方で非木造建築物は共同住宅や工場、イベントホールなどが主な用途であった。

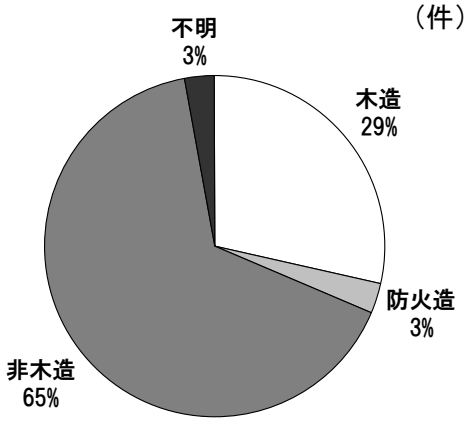


図３－２－⑦－５　火元建築物の構造 (N=36)

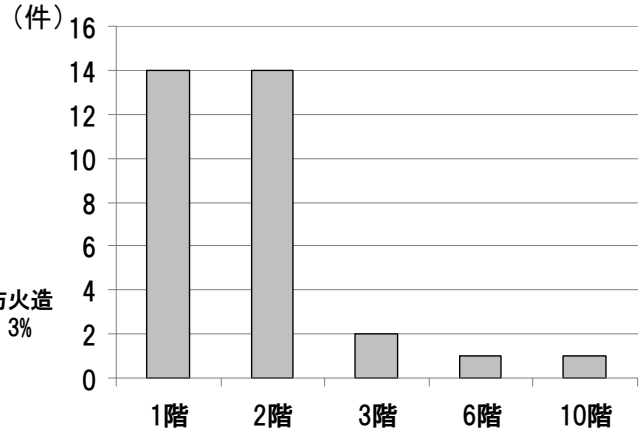


図３－２－⑦－６
火元建築物の地上階数(N=32)

また同様に、建物火災 59 件の中から火元の建築物の高さが判明している 32 件の内訳を示す（図３－２－⑦－６）。これをみると、１階の建築物からの出火が 14 件、２階の建築物からの出火が 14 件となっているが、中には 6 階、10 階のような高層建築物からも出火していることがわかる。上記より、

1. 木造建築物のみならず、津波の勢いに耐える可能性の高い非木造建築物であっても、燃えた瓦礫の流入などによって津波火災の火元建物となってしまっている
2. 高層建築物も津波火災の火元となってしまっている

という２点が明らかになった。現在、津波避難ビルの指定基準として、鉄筋または鉄骨鉄筋コンクリート造であること、新耐震基準に適合していること、４階以上または屋上を有する３階建の建築物であること、外部から避難できる経路があること、ホームページの公表や看板の設置が可能であること、等々が定められている。しかし、重油タンクの近くやプロパンガスボンベや自動車などが多量に存在するなど、津波火災リスクの高いと思われる場所では、津波避難ビル自体においても何らかの対策が今後求められるであろう。いずれにせよ、津波避難ビルは「高台や避難対象区域外まで移動する時間がない場合に緊急的一時避難するための建物に過ぎない」という認識が必要と考えられる。

次に、津波火災の延焼概要について述べる。ここでは従来の津波火災における延焼の特徴を相対比較する目的で、質問紙調査で焼失棟数が得られている火災を以下のように抽出した。

1. 延焼棟数が分かっている地震火災 112 件(ただし津波の影響によるものを除く)
2. 延焼棟数が分かっている津波火災 48 件

このもとで、それぞれの焼失棟数の頻度分布を示す（図３－２－⑦－７、図３－２－⑦－８）。この結果、各火災あたりの焼失棟数平均値は、1. 延焼棟数が分かっている地震火災 (ただし津波の影響によるものを除く)が 1.51 棟/件、2. 延焼棟数が分かっている津波火災が 25.90 棟/件であることがわかった。

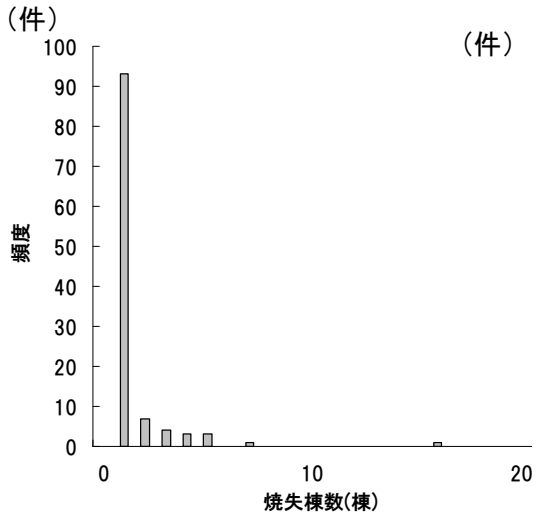


図３－２－⑦－７　延焼棟数が分かっている地震火災の焼失棟数
（ただし津波火災以外、N=112）

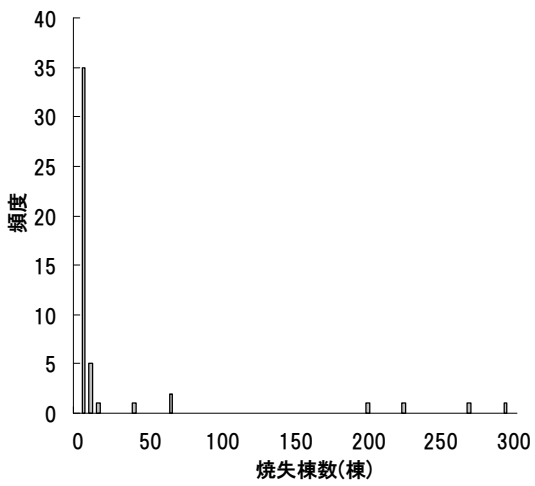


図３－２－⑦－８　延焼棟数が分かっている津波火災の焼失棟数（N=48）

これは調査対象の消防本部が１件の火災の定義をどのように捉えたかにもよるが、おおむね火災１件あたりの焼失棟数、即ち被害量は津波火災が従来考えられてきた地震火災よりも圧倒的に大きいことになる。この点は、津波浸水区域内において覚知が遅いことや対応可能な消防力が少なかったこと、瓦礫や浸水で到着できない等、消火活動が困難であったことも理由の一つとなろう。

下図は、津波火災の出火点における標高の頻度分布である(ただし各町丁目など出火点地域の最も低い標高値としている、正確な出火点情報が得られない場合は除く)。これより、津波火災は標高０m、１m の場所でも起きているが、むしろ、２m から４m の多少標高の高い場所に比較的多いことが分かる（図３－２－⑦－９）。

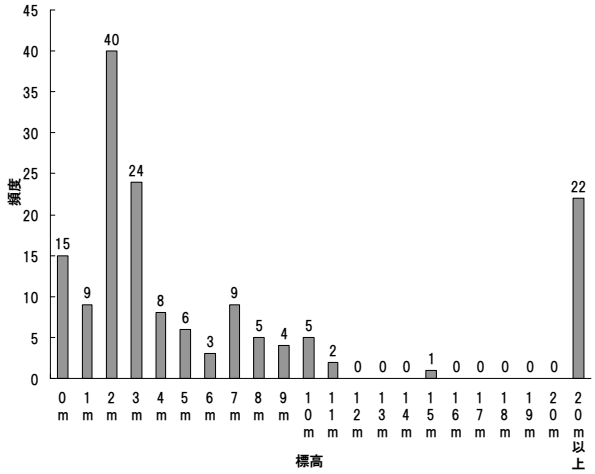


図３－２－⑦－９　津波火災出火点の標高　(N=153)

b)「南海トラフ巨大地震」の津波火災件数予測

ここでは上記の調査から得られた結果を用いて、津波被害のあった市町村の出火率を考える。津波火災が発生した市町村は、いわき市、ひたちなか市、旭市、塩釜市、釜石市、岩沼市、気仙沼市、久慈市、宮古市、山田町、紫波町、鹿嶋市、女川町、松島市、新地町、神栖市、石巻市、仙台市、川崎町、多賀城市、大船渡市、大槌町、銚子市、東海村、東松島市、南三陸町、南相馬市、日立市、八戸市、北茨城市、名取市、野田村、陸前高田市、亘理町、楢葉町、双葉町、広野町の全37市町村である。このなかで、159件の津波火災が発生している。

ところで、これまで地震火災の出火率を知る際には概ね倒壊建物あたりの出火件数を主な指標としていた。それゆえ本節においても同様に、浸水建物数1件当たりの津波火災発生件数を指標として津波火災の出火率を考えていく。ただし、津波火災の中でも車両からの出火による単発の津波火災はその発生メカニズムも、大規模延焼に至る可能性もその他の津波火災とは大きく異なるものと考えられる。そこで以下の作業においては、津波火災を車両火災と車両火災以外に分け、それぞれの津波火災出火率を求めることとする。

ある領域iにおける津波火災件数をy_iとし、また津波火災を火災種別によって車両火災とそれ以外に分類し、それぞれ$y_{1,i}$、$y_{2,i}$とすると$y_i = y_{1,i} + y_{2,i}$が成り立つ。ここで浸水建築物数をn_iとし、津波火災は浸水建物数が多ければ多いほど増加するものとする。また車両火災以外の火災は重油の拡散の有無の影響を受けるものとし、重油が拡散した場合は$m_i = 1$そうでない場合は$m_i = 0$と考え、$y_{1,i}$、$y_{2,i}$を以下のように仮定する。

$$y_{1,i} = a_1 n_i \qquad (3-2-⑦-1)$$

$$y_{2,i} = n_i(a_2 + bm_i) \qquad (3-2-⑦-2)$$

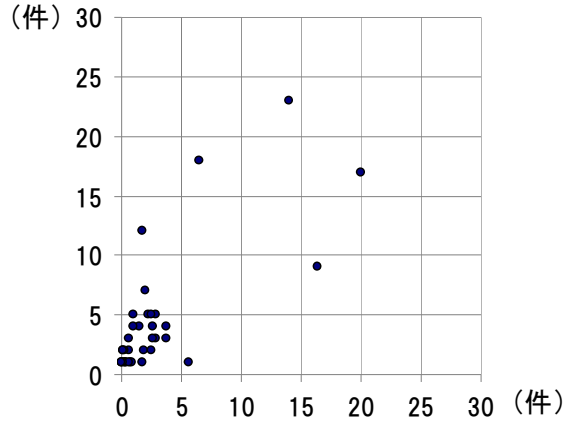


図3－2－⑦－10　予測値(横軸)と実測値(縦軸)の関係

ここで領域iを市区町村とし、上記37市町村において消防本部に対するアンケート調査データをもとに係数を推定する(ただし、内陸部における津波火災のデー

タは除く)。すると a_1 は 0.0000548、a_2 は 0.000281、b は 0.000698 となる。ここで係数の当てはまりを示すと、上記の予測式における予測値と実測値の関係は上図の如く示され、R^2 は 0.627 となる（図３－２－⑦－10)。

実例として中央防災会議(2012)のもとで、南海トラフ巨大地震陸側①ケースの津波火災件数を推定する。データの制約上、東日本大震災時の浸水棟数と全壊棟数の比を乗じて、2012 年８月に内閣府の発表した津波被害を考慮すると、下図のような出火件数予測が可能となる(ただし都道府県別)。全ての地域で重油が流出しない場合に津波火災の件数は合計 86 件となるが､重油が至る所で流出した場合、津波火災の件数は合計 265 件となる（図３－２－⑦－11)。

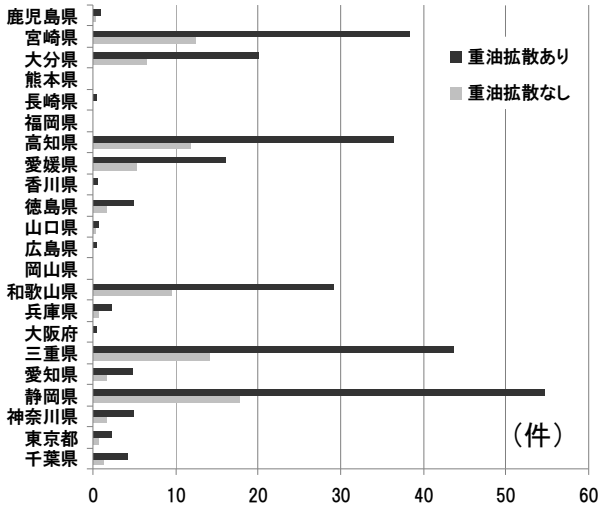


図３－２－⑦－11　南海トラフ巨大地震陸側①ケースにおける津波火災の出火件数予測

2) 経済被害

a)「南海トラフ巨大地震」の経済被害推計の概要

以下では、内閣府中央防災会議の「南海トラフ巨大地震」の被害想定における経済被害の定量評価手法の概要を示す。2012 年８月に公表された「南海トラフ巨大地震」の被害想定（第一次報告）に続き（中央防災会議, 2012)、2013 年３月に第二次報告として経済被害想定が示された（内閣府（防災担当）, 2013)。経済被害想定は､「資産等の被害【被災地】」と「経済活動への影響【全国】」の２つに分けられ定量評価がなされている。

「資産等の被害【被災地】」は、被災による資産価値の減少分ではない。中央防災会議(2013)によれば､「被害を受けた施設及び資産について、現在価値ではなく、復旧・再建に要する費用の総額を、それらの施設及び資産の被害額と捉える」という方針が示されている。これより「資産等の被害【被災地】」における最大額である 169.5 兆円は復旧費用の推計と考えるべきである。

「経済活動への影響【全国】」の内､「生産・サービス低下に起因するもの」は、企業の生み出す付加価値 Y は、民間企業の資本ストック K と労働力 L および経済中枢機能 C の関数であることを表す式(３－２－⑦－３)の生産関数を仮定し、

地震に起因する資本ストック K、労働力 L および経済中枢機能 C の投入量の低下が付加価値額 Y をどれだけ低下させるかによって評価している。式(３－２－⑦－３)の生産関数はコブ=ダグラス型関数で特定化され、過去のデータを用いて産業別にパラメータ推定が行われている。式(３－２－⑦－３)において i は産業を示す添え字である。S_i はサプライチェーン寸断の影響を評価するためのパラメータであり、サプライチェーン寸断に起因する付加価値の減少率を表す。

$$Y_i = f_i(K_i, L_i, C_i) \times S_i \qquad (３－２－⑦－３)$$

生産関数を用いた推計は「南海トラフ巨大地震」の被害想定以前から経済被害額の推計で用いられてきた。ただし、サプライチェーン寸断係数 S_i は、東日本大震災におけるサプライチェーン寸断の被害を受け、新たに導入されたパラメータである。係数 S_i は平時では１の値をとり、災害時に１より小さな値をとる。これにより部品等の供給途絶による生産水準の低下を表現している。ただし係数 S_i は各産業の生産水準を示す Y_i の変動と無関係に決まっている。サプライチェーン寸断係数 S_i は、当該産業に原材料やサービスを提供する他の産業の生産水準と関係し、内生的に決定されるべきである。後述の通り、災害の経済被害評価では、サプライチェーン寸断係数でなく、サプライチェーンの構造を明示的に組み入れた経済被害推計モデルを開発・適用する必要がある。

b) 東日本大震災における経済被害の特徴

東北地方太平洋側沿岸部に立地する被災地では、主要産業が津波被害を受け地域経済が壊滅状態となった。震災以前では、漁業や水産加工業からなる水産業が多くの沿岸部被災地において主要産業であった。水産業の裾野は広く、漁業や加工業を中心に冷蔵冷凍業、卸売業、輸送業等から造船業、船舶設備の製造業が漁港周辺に集積しており、特に気仙沼市等の代表的水産都市では「水産業コンプレックス（複合体）」が形成されていた(関, 2013)。さらに水産業従事者の生活を支える各業種がその周囲に立地している。漁港と漁船、水産加工施設の被災は漁業、水産加工業だけでなく関連産業の規模縮小につながり地域経済そのものを縮小させる。宮城県気仙沼市を例に挙げれば、その代表的漁港である「気仙沼市魚市場」の 2011 年の漁獲高は 2010 年の半分以下に減少している。これに応じ関連業種の収入も減少したと考えられる。つまり被災地で生じた経済被害は、漁業や加工業のみならず他業種にも波及していると考えられ、災害の経済被害を適切に推計するためには地域内におけるサプライチェーンを捉え、経済被害の波及まで考える必要がある。

経済被害の波及は東日本大震災の場合に特に顕著であり被災地外にも及んでいる。東北地方および関東地方北部に立地していた素材・部品工業が被災し、素材・部品供給が停止したことにより、被災地外の製造業が操業停止する事態が多数発生した。「平成 17 年地域間産業連関表」に基づく分析によれば、日本の乗用車生産において「タイヤ・ゴム製品等」や「電子部品」、「通信機械・同関連機器」について東北地方への依存度が高い(内閣府, 2013)。象徴的な事例が、半導体製品

大手ルネサスエレクトロニクスの主要工場の被災による車載用マイコン（マイクロコントローラ）の供給停止である。これによりトヨタ自動車をはじめとする国内自動車メーカー、米国 General Motors といった海外自動車メーカーの生産に深刻な影響を与えた。2011 年３月の国内乗用車生産台数は前年同月比で 57.5%の減少、国内販売は前年同月比で 36.9%減少、輸出は 26.3%減少した(日本産業新聞, 2011)。図３－２－⑦－12 は東北地方、関東地方、中部地方、近畿地方の鉱工業生産指数の推移を示している。東北地方において最も落ち込みが大きいが、地震動や津波浸水の被害を直接受けていない中部地方で関東地方と同水準で落ち込みが見られる。その主たる理由はサプライチェーン寸断による自動車生産の減少である。

東日本大震災は、災害の経済被害を適切に把握するためには、地域内および地域間をまたぐサプライチェーンを考慮し、それを通じた経済被害の波及まで捉える必要があることを示している。

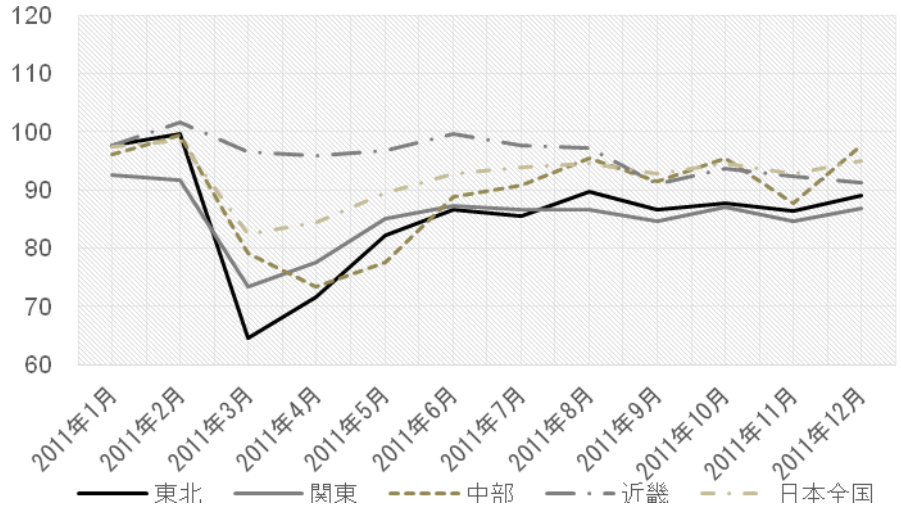


図３－２－⑦－12　鉱工業生産指数の推移（2005 年=100）

c) 産業連関モデルによる経済被害推計の事例

サプライチェーンの構造を明示的に組み込んだ代表的な経済被害評価モデルとして「産業連関モデル」と「応用一般均衡モデル」が挙げられる。特に産業連関モデルによる災害の経済被害評価の事例は世界的にも多く、Rose A.(2004)や Hallegate S.(2010)によってまとめられている。また産業連関モデルに限らず日本における災害の経済被害推計手法のサーベイは上野山・荒井(2007)によってなされている。

以下では、東日本大震災の経済被害を事後的に評価した事例を１つ取り上げる。七十七銀行(2011)は、気仙沼市の平成 17 年産業連関表を作成し、産業連関分析により東日本大震災による気仙沼市全体の年間経済被害額を推計している。推計によれば、市内の企業・事業者が津波等により直接被災し減少させた生産額は年間

約 1523 億円、さらに上記の企業の被災による原材料等の需要減少に伴う生産額減少分が約 333 億円、雇用者所得の減少に伴う需要低下による気仙沼市内の生産額の減少が約 306 億円であり、こうした波及効果も合わせた生産額減少分は約 2161 億円に達するとした。生産減少に伴う付加価値額の減少分、すなわち域内総生産の減少額は 1122 億円と推計されており、同市の域内総生産は震災により半減することが示された。次節で述べる通り産業連関モデルの課題は多い。しかし上記の評価は、モデルにより地域経済を俯瞰的に捉え、地域経済の現状が深刻な状況にある可能性を示した重要な評価事例である。

d) 経済被害推定モデル開発研究の方向性

災害の経済被害評価において産業連関モデルを利用することの課題は多い。Rose A. (2004)は産業連関モデルの、1)線型性、2)経済主体の行動モデルの欠如、3)価格と生産の関係性のモデル化の欠如、4)資源の利用制約の欠如、5)生産工程での投入物間の代替可能性および国産品と輸入品の代替可能性の欠如といった課題を指摘している。5)の課題については、投入物間における代替可能性を考慮しない分、産業連関モデルによる災害の経済被害評価は過大になりやすいと指摘している。同様の評価は Hallegate S.(2010)によってもなされている。一方、Rose A.(2004)は応用一般均衡モデルが産業連関モデルの課題を解決し得るとする。つまり、応用一般均衡モデルは複数の産業部門の相互連関を明示的に考慮しながら、1)非線形のモデルであり、2)経済主体の最適化行動を仮定し、3)価格と生産量のモデル化つまり市場がモデルに含まれ、4)各資源制約を考慮しつつ、5)生産工程における投入物間の代替可能性や国産品と輸入品の代替可能性を考慮しているとしている。ただし同時に、経済主体の最適化行動と市場の価格調整による需給均衡の仮定は、短期間で大きく経済環境が変化する災害時においては非現実的な仮定でもあると指摘する。応用一般均衡モデルに対して、Hallegate S.(2010)は、現実の経済では価格は硬直的であり、直ちに需給均衡に向け変化するものではなく、また生産工程における投入物間の代替も技術的制限があるとし、応用一般均衡モデルによる災害の経済被害評価は過小評価につながる可能性を指摘している。Okuyama, Y.(2009)も一般に災害の経済被害評価において、産業連関モデルでの結果は過大評価され、応用一般均衡モデルでの結果は過小評価されると指摘している。

広域災害の経済被害を適切に評価するためには、産業連関モデルと応用一般均衡モデルはそれぞれ課題が残されている。今後はこれらのモデルを災害時の特殊な経済環境に適したモデルに改良することが重要な研究課題である。

(d) 結論ならびに今後の課題

1) 都市災害のまとめ

東日本大震災時に発生した地震火災のデータベースをもとにヒアリングや統計分析を行うことで、津波火災の出火件数予測式を構築し、南海トラフ巨大地震時に発

生する津波火災件数を予測した。今後はより詳細な予測式の開発を進める必要がある。

2) 経済被害のまとめ

東日本大震災では、高度に分業化され効率化された経済構造が、災害に対しいかに脆弱であるかを示した。被災地では主要産業である水産業を中心に、全国レベルでは素材・部品メーカーの被災によりサプライチェーンが寸断し経済被害が波及した。これにより被災地から遠く離れた地域においても経済被害が生じた。一方で、発生が懸念されている「南海トラフ巨大地震」の政府経済被害推計では、サプライチェーン寸断の影響が十分に考慮されていない。サプライチェーンを明示的に考慮し、経済被害推計を行うためには、災害時の特殊な環境を考慮した産業連関モデルおよび応用一般均衡モデルの開発が必要であり、今後の研究課題である。

(e) 引用文献

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（第一次報告), 2012.
2) 中央防災会議，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.
3) Hallegatte, S., The economics of natural disasters concepts and methods, Policy Research Working Paper 5507, The World Bank, 2010.
4) 廣井悠，平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震後の津波火災に関するアンケート調査，地域安全学会梗概集，No.32，pp23-26，2013.
5) 廣井悠・山田常圭・坂本憲昭，東日本大震災における津波火災の調査概要，地域安全学会論文集，No.18, pp.161-168，2012.
6) 内閣府（防災担当)，南海トラフ巨大地震の被害想定（第二次報告）のポイント～施設等の被害及び経済的な被害～，2013.
   i 内閣府，年次経済財政報告（経済財政白書）平成 25 年度年次経済財政報告 -経済の好循環の確立に向けて- ，2013.
7) 日経産業新聞,「震災で生産活動停滞 - 7 社が 5 ～ 6 割減 - 」，3 面，2011 年 4 月 26 日.
8) Okuyama, Y., Critical review of methodologies on disaster impact estimation, background paper for Assessment on the Economics of Disaster Risk Reduction, the Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (GFDRR), the World Bank, 2009.
9) Rose, A., Economic principles, issues, and research priorities in hazard loss estimation,Y. Okuyama and S.E. Chang (Eds), Modeling Spatial and Economic. Impacts of Natural Hazards, pp.13-36, Springer, Heidelberg, 2004.
10) 関満博，東日本大震災と地域産業復興 I 2011.3.11～10.1，新評論，2013.
11) 七十七銀行,「気仙沼市産業連関表(平成 17 年表)推計調査結果」および「東日本大震災に伴う気仙沼市の経済的被害に関する推計調査結果」について，77BANK NEWS LETTER，2011.

12) 上野山智也・荒井信幸，巨大災害による経済被害をどう見るか–阪神・淡路大震災，9/11 テロ，ハリケーン・カトリーナを例として–，ESRI Discussion Paper Series，No.177，2007.

(3) 平成 26 年度業務計画案

南海トラフの歴史地震の震源モデルの再評価のために津波の史料調査と現地調査を昨年度に引き続き継続実施し、南海トラフ地震及び他地域の巨大地震の連動性とその多様性を再検討する。

また、平成 23 年東北地方太平洋沖地震津波など、既往の津波被害事例について、前年度の地形特性、土地利用による分類結果に基づく津波被害に関連する影響因子の抽出を行い、その発生要因について検討を行う。

さらに、地震動や津波による広域のハザード情報からリスクを評価する手法の検討を行い、平成 25 年度に構築した経年変化を考慮した建物・人口モデル等を用い、広域のリスク評価を試算する。あわせて、強震動・地盤災害などの地域ハザード評価に加え、地域リスク評価に必要な地盤、建物、ライフラインなど各種被害予測モデルの構築に着手する。

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（◎は代表幹事）

所属機関	役職	氏名
独立行政法人海洋研究開発機構 地震津波・防災研究プロジェクト	プロジェクトリーダー グループリーダー 技術主任	◎金田義行（四国、九州） 高橋成実 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	教授 教授 寄附部門教授 寄附部門教授 准教授 准教授 寄附部門教授 寄附部門教授 助教 寄附部門教授 寄附部門教授 技術職員	◎福和伸夫（東海） 野田利弘 武村雅之 北野哲司 護雅史 廣井悠 都築充雄 宮腰淳一 平井敬 虎谷健司 山﨑雅人 川端 寛文
国立大学法人京都大学 防災研究所	教授	◎牧紀男（関西）
独立行政法人防災科学技術研究所	領域長 センター長 主任研究員 主任研究員 研究員 研究員 研究員 研究員 研究員 研究員 研究員	◎藤原広行（府省） 青井真 臼田 裕一郎 中村洋光 大角 恒雄 前田 宜浩 水井 良暢 東 宏樹 田口 仁 崔 青林 李 泰榮
国立大学法人東北大学 災害科学国際研究所	教授 助教	今村文彦 今井健太郎
国立大学法人東京大学 大学院情報学環	教授 研究員	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防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、市民参加の防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。年次計画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、開催のレールを敷いた。

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する。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する。

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の展開し、防災・減災の効果を高める情報発信のあり方を検討する。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す。

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、現実的な復旧・復興対策を検討する。地域行政に活かすための課題を整理する。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する。

平成 29 年度：

地域研究会を通じて、被害予測、情報発信、復旧復興対策について社会実装の現状を評価し、社会実装を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。防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 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。防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。市民参加の防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、修正個所を見直し、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防災カフェを開催し、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 25 年度業務目的

今年度は東海・東南海・南海地震の連動発生評価研究プロジェクトの議論やアンケート結果を受け、新しいプロジェクトでの議論の方向性を議論する。地域研究会の代表幹事をと会則を決め、体制を整備する。地域研究会では国や各自治体、参加団体の防災・減災の取り組みを共有する。また、新しいプロジェクトの意味や目的を一般の方々にも知って頂くために、キックオフシンポジウムを開催する。

(2) 平成 25 年度成果

① 地域研究会

(a) 業務の要約

1) 東海地域研究会

静岡県、愛知県、三重県、岐阜県のエリアを念頭に本プロジェクトの研究成果をエリア内の防災・減災対策に活かすべく、地域研究会を２回開催した。東海地域研究会の代表幹事を名古屋大学の福和伸夫とし、メンバーには、エリア内の県や市町村などの地方自治体、海上保安部、気象台、ライフライン事業者、港湾事業者、経済団体、地元の有力企業などが参加した。また、今年度は新しいプロジェクトの初年度のため、キックオフシンポジウムを一般向けに開催した。

2) 関西地域研究会

大阪府、和歌山県、兵庫県のエリアを念頭に本プロジェクトの研究成果をエリア内の防災・減災対策に活かすべく、地域研究会を２回開催した。関西地域研究会の代表幹事を京都大学の牧紀男とし、メンバーには、エリア内の県や市町村などの地方自治体、海上保安部、気象台、ライフライン事業者、港湾事業者、経済団体、地元の有力企業などが参加した。また、今年度は新しいプロジェクトの初年度のため、キックオフシンポジウムを一般向けに開催した。

3) 四国地域研究会

高知県、徳島県、香川県、愛媛県のエリアを念頭に本プロジェクトの研究成果をエリア内の防災・減災対策に活かすべく、地域研究会を２回開催した。四国地域研究会の代表幹事を海洋研究開発機構の金田義行とし、メンバーには、エリア内の県や市町村などの地方自治体、海上保安部、気象台、ライフライン事業者、港湾事業者、経済団体、地元の有力企業などが参加した。また、今年度は新しいプロジェクトの初年度のため、キックオフシンポジウムを一般向けに開催した。

4) 九州地域研究会

福岡県、大分県、宮崎県、鹿児島県のエリアを念頭に本プロジェクトの研究成果をエリア内の防災・減災対策に活かすべく、地域研究会を２回開催した。九州地域研究会の代表幹事を海洋研究開発機構の金田義行とし、メンバーには、エリア内の県や市町村などの地方自治体、海上保安部、気象台、ライフライン事業者、港湾事業者、経済団体、地元の有力企業などが参加した。また、今年度は新しいプロジェクトの初年度のため、キックオフシンポジウムを一般向けに開催した。

(b) 業務の実施方法

1) 東海地域研究会

静岡県、愛知県、三重県、岐阜県のエリアを念頭に地方自治体、海上保安部、気象台、地方整備局、大学、ライフライン事業者、港湾事業者、経済団体、地元の有力企業などが参加した地域研究会を開催し、プロジェクトの研究成果を地域に還元した。防災・減災対策において、現状の国と地域の現状を共有し、今後とるべき防災・減災対策を洗い出した。

2) 関西地域研究会

大阪府、和歌山県、兵庫県のエリアを念頭に地方自治体、海上保安部、気象台、地方整備局、大学、ライフライン事業者、港湾事業者、経済団体、地元の有力企業などが参加した地域研究会を開催し、プロジェクトの研究成果を地域に還元する。防災・減災対策において、現状の国と地域の現状を共有し、今後とるべき防災・減災対策を洗い出す。一般にも広く南海トラフ巨大地震の現状と新しいプロジェクトを知ってもらうためにキックオフシンポジウムを開催した。

3) 四国地域研究会

高知県、徳島県、香川県、愛媛県のエリアを念頭に地方自治体、海上保安部、気象台、地方整備局、大学、ライフライン事業者などが参加した地域研究会を開催し、プロジェクトの研究成果を地域に還元する。防災・減災対策において、現状の国と地域の現状を共有し、今後とるべき防災・減災対策を洗い出す。一般にも広く南海トラフ巨大地震の現状と新しいプロジェクトを知ってもらうためにキックオフシ

ンポジウムを開催した。

4) 九州地域研究会

福岡県、大分県、宮崎県、鹿児島県のエリアを念頭に地方自治体、海上保安部、気象台、地方整備局、大学、ライフライン事業者などが参加した地域研究会を開催し、プロジェクトの研究成果を地域に還元する。防災・減災対策において、現状の国と地域の現状を共有し、今後とるべき防災・減災対策を洗い出す。一般にも広く南海トラフ巨大地震の現状と新しいプロジェクトを知ってもらうためにキックオフシンポジウムを開催した。

(c) 業務の成果

1) 東海地域研究会

11 月 21 日と２月 21 日に名古屋市と静岡市において地域研究会を開催した。９月４日に名古屋大学において、南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト全体のワークショップを開催したため、他地域で行われているキックオフシンポジウムを開催していない。地域研究会の事務局は海洋研究開発機構が務めた。以下、各研究会の開催内容をまとめる。

11 月 21 日の地域研究会は名古屋市プライムセントラルタワー名古屋駅前店で開催した（図３－３－①－１）。参加メンバーは、愛知県、岐阜県、三重県、静岡県、岡崎市、豊田市、豊橋市、名古屋市、四日市市、第四管区海上保安本部、名古屋地方気象台、中部地方整備局、静岡大学、岐阜大学、豊橋技術科学大学、名古屋港管理組合、中部電力株式会社、東邦ガス株式会社、東海旅客鉄道株式会社、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、名古屋鉄道株式会社、トヨタ自動車株式会社、公益財団法人名古屋まちづくり公社、津島市（オブザーバー）、株式会社かんぽ生命保険（オブザーバー）、日本郵政株式会社（オブザーバー）、株式会社ゆうちょ銀行（オブザーバー）、日本郵便株式会社（オブザーバー）である。プロジェクト側は、名古屋大学、海洋研究開発機構、防災科学技術研究所から参加した。地域研究会の代表幹事として、名古屋大学の福和伸夫が満場一致で決定された。また、会則を決定し、基本的には非公開で開催することなどが確認された。議事は、これまで前プロジェクトで議論してきた内容と新しいプロジェクトの概要を海洋研究開発機構の金田義行氏から紹介した後、各機関の防災の現状を紹介し合った。

２月 21 日の地域研究会は静岡市の山口駅前ビル６階会議室で開催した。参加メンバーは、愛知県、岐阜県、三重県、静岡県、岡崎市、豊田市、豊橋市、名古屋市、四日市市、第四管区海上保安本部、名古屋地方気象台、中部地方整備局、静岡大学、豊橋技術科学大学、名古屋港管理組合、中部電力株式会社、東邦ガス株式会社、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、名古屋鉄道株式会社、トヨタ自動車株式会社、公益財団法人名古屋まちづくり公社、津島市（オブザーバー）、株式会社かんぽ生命保険（オブザーバー）、株式会社ゆうちょ銀行（オ

ブザーバー)、日本郵便株式会社（オブザーバー）である。プロジェクト側は、名古屋大学、海洋研究開発機構、防災科学技術研究所、東京大学、京都大学から参加した。東京大学の古村孝志氏から東北地方太平洋沖地震における地震動の特徴と南海トラフ巨大地震の地震動評価の問題点の紹介、静岡県・板坂氏から静岡県の地震被害想定の内容の紹介をしたのち、各県・市の被害予測調査の現状が紹介された。

図３－３－①－１　第１回東海地域研究会開催風景

2) 関西地域研究会

11 月 20 日と２月 17 日に大阪市において地域研究会を開催した。11 月 20 日は、地域研究会に先立ちキックオフシンポジウムを開催した。地域研究会の事務局は海洋研究開発機構が務めた。以下、各研究会の開催内容を下記にまとめる。

11 月 20 日の地域研究会は大阪市ホテルプリムローズ大阪で開催した（図３－３－①－２）。参加メンバーは、大阪府、大阪広域水道企業団、大阪市、和歌山県、和歌山市、大阪管区気象台、和歌山地方気象台、大阪ガス株式会社、関西電力株式会社、東海・東南海・南海地震津波研究会、近畿地方整備局、堺・泉北臨海特別防災地区協議会、西日本高速道路株式会社、関西学院大学、関西大学、西日本電信電話株式会社、人と防災未来センター、株式会社 NTT ファシリティーズ、NTT コミュニケーションズ株式会社、株式会社かんぽ生命保険（オブザーバー)、株式会社ゆうちょ銀行（オブザーバー)、日本郵政株式会社（オブザーバー)、日本郵便株式会社（オブザーバー）である。プロジェクト側は、京都大学、名古屋大学、東京大学、海洋研究開発機構、防災科学技術研究所から参加した。地域研究会の代表幹事

として、京都大学の牧紀男氏が満場一致で決定された。また、会則を決定し、基本的には非公開で開催することなどが確認された。議事は、これまで前プロジェクトで議論してきた内容と新しいプロジェクトの紹介を金田義行氏から、大阪府・看舎氏から大阪府の被害想定とその対策、和歌山県・中村氏から新たな津波想定に対する対策について紹介があった。当日の地域研究会に先立ち、一般向けのキックオフシンポジウムを開催し、海洋研究開発機構の金田義行氏と京都大学の牧紀男氏がそれぞれ「南海トラフ巨大地震への備え　～南海トラフ広域地震防災研究プロジェクトの概要～」と「南海トラフ巨大地震の復興を考える」をテーマに講演した（図３－３－①－３、図３－３－①－４）。参加人数は 172 名で、閉会後、神戸新聞社、朝日新聞大阪本社、NHK 和歌山放送局からの取材を受けた。

２月 17 日の地域研究会は大阪市のメルパルク大阪で開催した。参加メンバーは、大阪府、大阪市、兵庫県、関西広域連合、大阪管区気象台、神戸地方気象台、和歌山地方気象台、近畿地方整備局、関西大学、和歌山大学、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、株式会社 NTT ファシリティーズ、大阪ガス株式会社、大阪広域水道企業団、関西電力株式会社、堺・泉北臨海特別地区協議会、南海電気鉄道株式会社、西日本高速道路株式会社、西日本電信電話株式会社、日本郵便か部式会社（オブザーバー）である。プロジェクト側は、京都大学、名古屋大学、東京大学、海洋研究開発機構、防災科学技術研究所から参加した。古村孝志氏から南海トラフ巨大地震の長周期地震動評価の問題点を紹介し、各府県等の防災・減災対策の現状が紹介された。

図３－３－①－２　第１回関西地域研究会開催風景

図３－３－①－３　関西地域キックオフシンポジウムポスター

図３－３－①－４　関西地域キックオフシンポジウム開催風景

3) 四国地域研究会

11 月 15 日と 2 月 26 日にそれぞれ高松市と徳島市において地域研究会を開催した。11 月 15 日は、地域研究会に先立ちキックオフシンポジウムを開催した。地域研究会の事務局は海洋研究開発機構が務めた。以下、各研究会の開催内容を下記にまとめる。

11 月 15 日の地域研究会は高松市かがわ国際会議場で開催した（図３－３－①－５）。参加メンバーは、高知県、徳島県、香川県、愛媛県、海陽町、大阪管区気象台、高松地方気象台、高知地方気象台、徳島地方気象台、松山地方気象台、四国地方整備局、愛媛大学、香川大学、高知大学、四国ガス株式会社、四国電力株式会社、四国運輸局（オブザーバー）、株式会社ゆうちょ銀行（オブザーバー）、日本郵便株式会社（オブザーバー）である。プロジェクト側は、海洋研究開発機構、名古屋大学、防災科学技術研究所から参加した。地域研究会の代表幹事として、海洋研究開発機構の金田義行氏が満場一致で決定された。また、会則を決定し、基本的には非公開で開催することなどが確認された。議事は、これまで前プロジェクトで議論してきた内容と新しいプロジェクトの紹介が海洋研究開発機構の金田義行氏からあり、四国地域の論点の紹介が海洋研究開発機構の馬場氏からなされ、各機関の防災の現状を紹介し合った。当日の地域研究会に先立ち、一般向けのキックオフシンポジウムを開催し、海洋研究開発機構の金田義行氏と香川大学の白木渡氏がそれぞれ「南海トラフ巨大地震への備え　～南海トラフ広域地震防災研究プロジェクトの概要～」と「香川県と四国の地震津波防災の課題」をテーマに講演した（図３－３

－①－６、図３－３－①－７）。参加人数は 199 名で、閉会後、読売新聞高松支局、OHK 岡山放送四国支社、RNC 西日本放送、建通新聞四国支社、NHK 高松報道局、共同通信社高松支局、毎日新聞、四国新聞、瀬戸内海放送、朝日新聞からの取材を受けた。

２月 26 日の地域研究会は徳島市のあわぎんホール徳島県郷土文化会館で開催した。参加メンバーは、徳島県、香川県、愛媛県、、四国地方整備局、大阪管区気象台、高松地方気象台、徳島地方気象台、松山地方気象台、徳島市、海陽町、四国ガス株式会社、四国電力株式会社、株式会社 NTT ファシリティーズ、香川大学、徳島大学、高知工科大学、四国運輸局（オブザーバー）、日本郵便株式会社（オブザーバー）である。プロジェクト側は、海洋研究開発機構、防災科学技術研究所、東京大学から参加した。南海トラフ巨大地震評価の現状と課題が内閣府の横田崇氏から、徳島県・森野氏から徳島県の防災データベースの紹介、海洋研究開発機構の高橋氏より DONET を用いたデータ利活用の提言がなされた。

図３－３－①－５　第１回四国地域研究会開催風景

図３－３－①－６　四国地域キックオフシンポジウムポスター

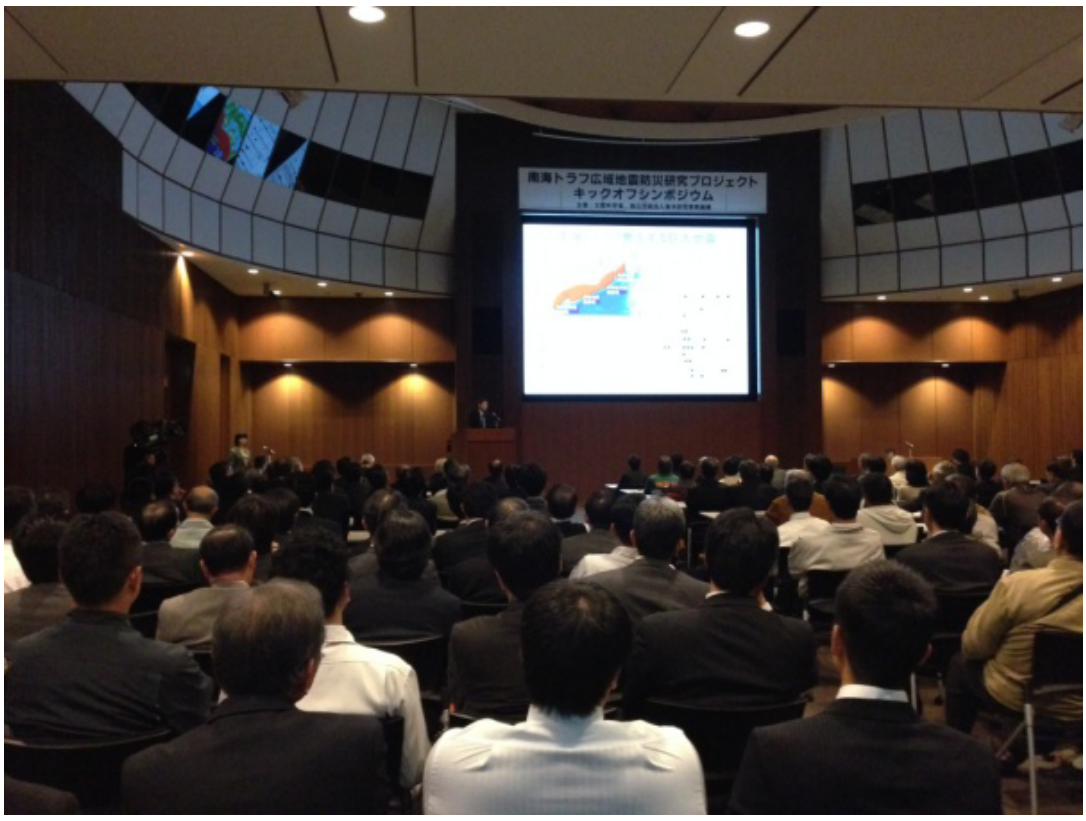


図３－３－①－７　四国地域キックオフシンポジウム開催風景

4) 九州地域研究会

11 月 19 日と 2 月 24 日にそれぞれ福岡市と宮崎市において地域研究会を開催した。11 月 19 日は、地域研究会に先立ちキックオフシンポジウムを開催した。地域研究会の事務局は海洋研究開発機構が務めた。以下、各研究会の開催内容を下記にまとめる。

11 月 19 日の地域研究会は福岡市のホテル福岡ガーデンパレスで開催した（図３－３－①－８）。参加メンバーは、大分県、宮崎県、鹿児島県、福岡管区気象台、九州地方整備局、宮崎市、九州電力株式会社、新日鐵株式会社、株式会社地震工学研究開発センター、大分大学、鹿児島大学、福岡県（オブザーバー）、九州運輸局（オブザーバー）、日本郵便株式会社（オブザーバー）、株式会社ゆうちょ銀行（オブザーバー）である。プロジェクト側は、海洋研究開発機構、名古屋大学、防災科学技術研究所、東京大学から参加した。地域研究会の代表幹事として、海洋研究開発機構の金田義行氏が満場一致で決定された。また、会則を決定し、基本的には非公開で開催することなどが確認された。議事は、これまで前プロジェクトで議論してきた内容と新しいプロジェクトの紹介が海洋研究開発機構の金田義行氏からなされ、各機関の防災の現状を紹介し合った。当日の地域研究会に先立ち、一般向けのキックオフシンポジウムを開催し、海洋研究開発機構の金田プロジェクトリーダーが「南海トラフ巨大地震への備え　～南海トラフ広域地震防災研究プロジェクトの概要～」をテーマに講演した（図３－３－①－９、図３－３－①－10）。参加人

数は 107 名で、閉会後、西日本新聞、NHK 福岡放送局、共同通信社からの取材を受けた。

２月 24 日の地域研究会は宮崎市のメルパルク大阪で開催した。参加メンバーは、大分県、宮崎県、鹿児島県、宮崎地方気象台、九州地方整備局、宮崎市、新日鐵株式会社、株式会社地震工学研究開発センター、株式会社 NTT ファシリティーズ、株式会社 NTT フィールドテクノ、宮崎大学、日本郵便株式会社（オブザーバー）である。プロジェクト側は、内閣府、海洋研究開発機構、防災科学技術研究所から参加した。プロジェクト側は、海洋研究開発機構、防災科学技術研究所、東京大学から参加した。南海トラフ巨大地震評価の現状と課題が内閣府の横田崇氏から、大分県・南氏から県による南海トラフ巨大地震と別府湾内の活断層等に対する想定と対策、宮崎県・大坪氏から県の南海トラフ巨大地震とその対策、宮崎大学の野中氏から最新の三次元津波計算手法の紹介があった。

図３－３－①－８　第１回九州地域研究会開催風景

図３－３－①－９　九州地域キックオフシンポジウムポスター

図３－３－①－10 九州地域キックオフシンポジウム開催風景

(d) 結論ならびに今後の課題

各府県からの現在の被害想定とその対策について、話題提供をして頂いた。プロジェクト側も現在の想定の問題点、想定について誤解しやすい点を中心に話題提供した。内閣府の想定には長周期地震動や強震動の想定は含まれていないが、特に長周期地震動は関西地区を中心に関心が高い。各府県では、それぞれ独自に想定を立てており、対象も独自色が出ている。

(e) 引用文献

なし

② 府省連絡会

(a) 業務の要約

南海トラフ地震に対する府省庁連携での防災・減災対策を検討する協議会を立ち上げるための準備・調整作業を行い、南海トラフ地震に対する各府省庁の取り組みについて調査し、課題抽出を行った。

(b) 業務の実施方法

南海トラフ地震に対する各府省庁の取り組みについての文献・資料を収集・整理し、協議会の準備・調整の観点からとりまとめた上で、複数の関係府省庁に対するヒアリ

ングを行い、課題抽出を行った。

(c) 業務の成果

1) 南海トラフ広域地震に対する各府省庁の取り組みについての文献・資料の収集

南海トラフ広域地震に対する各府省庁が報道・広報している取り組みについての文献・資料収集および整理を以下の手順で実施した。

a) 各府省庁の報道・広報のポータルサイトで「南海トラフ」でのキーワード検索を行った。なお、復興庁など、一部の「庁」については必要に応じて別出しすることとした。

b) キーワード検索で表示されたポータルサイトで公開されている情報をダウンロードするとともに、ポータルサイト情報をテキスト化し、情報管理シートとして作成した。

c) ダウンロードした情報は情報管理シートとリンクさせ、整理した。

d) 上記の手順で収集した行政機関は、業務内容で紹介されていた行政機関（図３－３－②－１参照）とした。

図３－３－②－１　行政機関

2) 収集した文献・資料の整理

表３－３－②－１に各府省庁の取り組みをまとめた情報管理シートを示す。第１行には、行政機関（図３－３－②－１の行政機関）、事前の備え・発災直後の対応・支援・復旧・復興（内閣府の最終報告で明示された南海トラフに対する対応項目）、調査・助成・研究開発・制度および法律の欄を設けた。

この表で行政機関列の府省庁名をクリックするとその府省庁で報道・公表されて

いる南海トラフに関する情報の pdf ファイルを整理した目次の表が表示され、この表に記載されている青色で表示された文書名をクリックすると閲覧したい文書が見られるよう整理した。また、１行目の法律の欄をクリックすると法律に関する目次が表示され、法律に関する pdf ファイルが閲覧できるようにした。さらに、１行目の２列の事前の備え～制度の下の行に記載された青色の文をクリックすると記載された報道・公表されているポータルサイトの pdf 文書が表示されるようにした。

表３－３－②－１　各府省庁の取り組みに関する情報管理シート

行政機関	事前の備え（命を守る）	発災後の対応（救急救命）	被災者支援と復旧・復興（被災地への支援・施設復旧）	調査（被害想定含む）	助成	研究開発	制度	法律（カッコ内の日付は公布日）
内閣府	中央防災会議　防災対策推進検討会議の最終報告（H24.7）～ゆるぎない日本の再構築を目指して～							震災対策のあゆみ
	南海トラフの巨大地震モデル検討会			津波断層モデルと津波高・浸水域等について				我が国の地震防災に関する法律体系
	南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ			南海トラフ巨大地震で想定される被害（資料）				南海トラフ巨大地震対策特別措置法（H25.122.7）
	南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性に関する調査部会							災害対策基本法（S36.11.15）
	南海トラフ巨大地震対策協議会							大規模地震対策特別措置法（S53.6.15）
復興庁			復興庁について 東日本大震災に関する復興への取り組み		復興庁について 東日本大震災に関する復興への取り組み		復興庁について 東日本大震災に関する復興への取り組み	東南海・南海地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法（H14.7.26）
総務省	災害に強い電子自治体に関する研究会							地震防災対策強化地域における地震対策緊急事業に係る国の財政上の特別措置に関する法律（H16.4.2）
近畿総通	重点施策（25年度報道発表） ICTで創る関西の元気と安心・安全！ ―南海トラフ巨大地震等対策の推進―							地震防災対策特別措置法（H7.6.16
	情報伝達手段確保に係る取り組み（組織体制及び施策）							津波対策の推進に関する法律（H23.6.24）
東海総通	南海トラフ巨大地震の取組み（H25.11） 非常災害時の情報伝達手段確保に向けて検討～電気事業者との意見交換会の開催～							津波防災地域づくりに関する法律（H23.12.24）
消防庁	南海トラフ巨大地震・首都直下地震等に対応した消防用設備等のあり方に関する検討部会 ～大地震発生に備えた消防用設備等の設置基準のあり方～（H25.8）						南海トラフ巨大地震・首都直下地震等に対応した消防用設備等のあり方に関する検討部会 ～大地震発生に備えた消防用設備等の設	日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係る地震防災対策推進に関する特別措置法（H16.4.2）
	「津波避難対策推進マニュアル検討会報告書」の公表							原子力災害対策特別措置法（H11.12.17）
法務省			大規模な災害の被災地における借地借家に関する特別措置法第二条第一項の特定大規模災害及びこれに対し適用すべき措置等を指定する政令について					活動火山対策特別措置法（S48.7.24）
			大規模な災害の被災地における借地借家に関する特別措置法について					被災者生活再建支援法（H10.5.22）
	法制審議会－被災関連借地借家・建物区分所有法制部会							特定非常災害の被害者の権利利益の保全等を図るための特別措置に関する法律（H8.6.14）
外務省	外務省の対応～外務省防災業務計画							激甚災害に対処するための特別の財政援助等に関する法律（S37.9.6）
財務省			地震保険制度に関するプロジェクトチーム会議報告					東日本大震災に対処するための特別の財政援助および助成に関する法律（H23.5.2）
文部科学省	東海・東南海・南海地震の連動性評価研究プロジェクト							阪神・淡路大震災に対処するための特別の財政援助および助成に関する法律（H7.3.1）
	南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト							大規模な災害の被災地における借地借家に関する特別措置法第二条第一項の特定大規模災害及びこれに対し適用すべき措置等を指定する政令について
防災科研	南海トラフ巨大地震発生による富士山噴火連動評価に関する研究							法制審議会－被災関連借地借家・建物区分所有法制部会
JAMSTEC	南海トラフ地震発生帯掘削計画							
厚生労働省	管路の耐震化に関する検討会							
	「東日本大震災に対処するための特別の財政援助及び助成に関する法律（平成23年法律第40号）」について							
農林水産省	平成24年度第2回技術小委員会							
	農業・農村の復興マスタープラン							
	「災害対策特別委員会」							
経済産業省	電気設備自然災害等対策ワーキンググループ							
	中央防災会議による「南海トラフ巨大地震による震度分布・津波高について」を踏まえた中部電力株式会社浜岡原子力発電所における影響評価及び対策に係る報告を受領							
国土交通省	南海トラフ巨大地震対策計画中間とりまとめ～初動体制から施設復旧までの計画～							
水産庁	プレジャーボートの適正管理及び利用環境改善のための総合的対策に関する推進計画							
環境省			巨大地震に備えて廃棄物処理システムの強靱化に関する総合的な対策の検討を進めるための「巨大地震発生時における災害廃棄物対策検討委員会」発足（継続中）					
防衛省	防衛省防災業務計画（H24.12.21）							
		自衛隊南海トラフ地震対処計画の概要						

防災白書	防災白書（平成13年～平成25年）

3) 南海トラフ広域地震に対する各府省庁の取り組みに関するとりまとめ

各府省庁の南海トラフ広域地震に対する取り組みについて、入手できた文献・資料等から府省庁別にとりまとめた。また、関係する法制度と防災白書については別出しした。

a) 内閣府

内閣府の取り組みについては、下記文献・資料をもとにまとめた。

・内閣府「南海トラフ地震対策」（2014/2/5 参照）

① 南海トラフ巨大地震の震度分布、津波高等および被害想定について

② 南海トラフ巨大地震の検討体制（協議会、検討会、ワーキンググループ等）

・南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ

・南海トラフ巨大地震対策協議会

・南海トラフの巨大地震モデル検討会

・南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性に関する調査部会

このうち、②の「南海トラフ巨大地震の検討体制」は、以下の４つの体制で検討が開始されている。

①南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループでは、東日本大震災の教訓を踏まえた、南海トラフ巨大地震対策について検討を行う。

②南海トラフ巨大地震対策協議会では、国の各府省庁・支分部局、関係地方公共団体、指定公共機関等から成る協議会で、南海トラフ巨大地震に対する対策（予防、応急、復旧・復興）の検討を行う。

③南海トラフの巨大地震モデル検討会では、南海トラフのプレート境界で発生した地震に係る、科学的知見に基づく検討等を行う。

④南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性に関する調査部会では、南海トラフの巨大地震の発生時期の予測可能性に関する科学的知見の収集・整理を目的として検討を行う。

報道発表によれば、「南海トラフの巨大地震モデル検討会」による震度分布・津波高の発表を受け、人的・物的被害や経済被害等の推計および被害シナリオを検討するとともに、東日本大震災の教訓を踏まえた南海トラフ巨大地震対策の方向性等について検討するために、中央防災会議「防災対策推進検討会議」の下にワーキンググループが設置されている。また、本ワーキングによる検討結果を平成 25 年５月２日に最終報告として発表している。

図３－３－②－２に、最終報告として発表された内容の要旨を示す。南海トラフ地震の特徴については、広域かつ甚大な人的被害、建物被害、ライフライン、インフラ被害の発生、甚大な数の避難者の発生、被災地内外にわたる全国的な生産・サービス活動への多大な影響、被災地内外の食糧、飲料水、生活物資の不足、電気、燃料等のエネルギー不足、帰宅困難者や多数の孤立集落の発生、復旧、復興の長期化がありうると捉えられている。南海トラフ巨大地震対策の基本的方向は、主な課題と課題への対応の考え方として、津波からの人命の確保、各般にわたる甚大な被害への対応、超広域にわたる被害への対応、国内外の経済に及ぼす

甚大な影響の回避、時間差発生等態様に応じた対策の確立、外力レベルに応じた対策の確立が列挙され、対策を推進するための枠組の確立として、計画的な取組のための体系の確立、対策を推進するための組織の整備、戦略的な取組の強化、訓練等を通じた対策手法の高度化、科学的な知見と蓄積の活用としている。具体的に実施すべき対策としては、事前防災、災害発生時対応とそれへの備え、被災地域内外における混乱の防止、多様な発生態様への対応、様々な地域的課題への対応、本格復旧・復興を挙げている。今後検討すべき主な課題としては、南海トラフ巨大地震の発生確率、予測可能性と連動可能性、長周期地震動への対応が求められ、これを各府省が参考にして対応を実施している。

防災対策推進検討会議　最終報告　～ゆるぎない日本の再構築を目指して～　要旨

■ 第１章　災害対策に取り組む基本姿勢 ～災害に強くしなやかな社会の構築のために～

◎災害から国民を守り、国を守ることは政治の究極の責任である
◎「国難」ともいうべき大規模災害を意識する
◎「防災の主流化」を通じ、可能な限りの備えを怠らない
◎災害発生時、官民が連携し資源の大量・集中投入を行う
◎被災を地域社会再構築への希望に変えていく
◎防災こそ我が国再生のフロンティアである
◎「防災先進国日本」を世界に発信する

■ 第２章　防災政策の基本原則～災害対策のあらゆる分野で「減災」の徹底を～

（前提となる事項）
○一つの災害が他の災害を誘発することを認識する
○最新の科学的知見を総動員する
○あらゆる行政分野について、「防災」の観点からの総点検を行う

（事前の備え）
○ハード・ソフトの組合せにより災害に強い国土・地域を実現する
○自らの命と生活を守ることができる「市民」の力と民間との「協働」に期待する
○災害リスクにしたたかな「市場」を構築する
○防災対策に関しては、「楽観」を避け、より厳しい事態を想定する

（発災後の対応）
○災害対応に当たって、「平時」を物差しとすることは禁物である
○限定的な情報の下、状況を把握・想定し、適時に判断する
○災害対応は、「人の命を救う」ことを始めとして、すべて「時間との競争」であることを意識すべきである

（被災者支援と復旧・復興）
○被災者のニーズ変化や多様性に柔軟かつ機敏に対応する
○被災地を以前の状態に戻すのみならず「よりよい復興」を実現する
○被災地の復旧・復興は、地域特性や「地域力」への配慮が大切である

■ 第３章　今後重点的に取り組むべき事項～防災政策の基本原則を踏まえて～

主要な項目

第１節　災害から生命を守り、被災者の暮らしを支え・再生する取組

災害から生命を守るための初動対応
○災害応急対策の第一の目標は、人の命を救うことであり、発災当初の72時間は、人命救助及びこのための活動を最優先にして人的・物的資源を配分すべき。
○災害から一時的に難を逃れる緊急時の避難場所と、中長期にわたって被災者が生活する場所としての避難所を明確に峻別して指定するとともに、住民に周知徹底すべき。
○災害拠点病院を始め被災地内外の医療機関の間で、より有効な災害時医療活動が展開できるよう、連携方策をあらかじめ構築すべき。

被災者の避難生活や生活再建に対するきめ細かな支援
○災害対策基本法に被災者支援の理念や基本的事項を明記し、災害救助法や被災者生活再建支援法等の運用も、これに基づいて行うべき。
○避難所における食料の確保、寒暖対策、心身両面の保健医療対策等避難生活において配慮すべき事項について法的な位置付けを図るべき。
○災害時要援護者名簿の作成などについて、災害対策法制に位置付けるとともに、個人情報保護法制との関係も整理すべき。

ライフライン等の被害からの早期回復
○各ライフラインの管理者は、予防力向上に向けた設計基準の見直しや復旧の迅速化のためのマニュアルの整備等を早急に行うべき。
○災害廃棄物の広域的な処理体制、最終処分場の確保等について、地方公共団体間、地方公共団体と民間事業者間の連携・調整の仕組み、国の関与の仕組みを整備すべき。

第２節　災害発生時対応に向けた備えの強化

災害即応体制の充実・強化
○職員の派遣・研修を含む地方公共団体との連携等による体制の充実、政府全体の防災総括部門の位置付けの明確化など、政府全体の防災総括部門の機能強化を図るとともに、政府の防災各部門の連携強化や、国・地方の人材育成・連携強化に資する防災訓練の充実強化等により、国・地方を通じた防災体制の充実を図るべき。
○総合防災情報システムについて、本来必要とされる情報の収集・提供が行われるよう、早急に抜本的改善を図るべき。
○複合災害の発生可能性を認識し、防災計画等を見直し、備えを充実する必要がある。

自然災害による国家的な「緊急事態」への対応のあり方
○災害緊急事態における緊急措置の範囲は、経済的措置等に限定されているが、帰宅困難者対策や治安維持等の観点から、範囲を拡大する必要がないか検討すべき。
○「緊急事態」への対応について、東日本大震災の経験や対応を踏まえ、国・都道府県・市町村の事務や権限、財政負担のあり方を検討すべき。

第３節　災害を予防するための多面的な取組

防災の基本理念の明確化と多様な主体の協働
○防災の基本理念（減災、自助・共助・公助等）を法的に位置付けるべき。

災害文化の継承・発展
○学校における体系的な防災教育に関する指導内容の整理、学習指導要領における位置付けの明確化等、防災教育の一層の推進を図るべき。
○外部評価を取り入れて訓練目的の達成状況や問題点を明らかにすることにより、訓練の結果が防災体制及び対策の見直しに反映されるよう取り組むべき。

災害に強い国土・地域・まちの構築
○適切な居住地の選択を誘導する観点から、地域の災害リスクにも十分対応した都市計画や土地利用計画を策定すべき。

最新の科学的知見を反映した防災対策
○南海トラフ巨大地震の発生機構を解明し、地震発生予測も含めた調査・研究を推進すべき。

第４節　迅速かつ円滑な復興への取組

○復興の基本的な方針の策定、関係行政機関による施策の総合調整等を行う復興本部の設置等を可能とする復興の枠組みをあらかじめ法的に用意すべき。
○東日本大震災において講じられた特別措置について、大規模災害時に迅速に発動するための法的措置を講じるべき。

第５節　国の総力を挙げた取組体制の確立

○様々な主体が連携し、総力を挙げて防災に関する国民運動の展開を図る必要がある。

■ 第４章　今後の防災対策の充実に向けて

必要な制度の早急な改善・拡充、具体的な対策の推進、実施状況を定期的・継続的に把握・点検することによる防災制度・対策の更なる改善

b) 復興庁

復興庁の取り組みについては、下記文献・資料をもとにまとめた。

・復興庁「復興庁の役割」（2014/2/28 参照）

・復興庁「復興庁政策評価」（2014/2/28 参照）

復興庁は、東日本大震災で被害を受けた地域の一刻も早い復興を成し遂げられるよう、被災地に寄り添いながら、前例にとらわれず、果断に復興事業を実施するための組織として、内閣に設置された組織である。その役割として、①復興に関する国の施策の企画、調整および実施、②地方公共団体への一元的な窓口と支援等を担うとされている。

現状では、南海トラフにおける復興に関する対応の報道は見当たらず、東日本大震災の復興関連法令として、例えば、①復興庁設置法等、②復旧事業・まちづくり・事業再生等、③震災被害に係る臨時特例等、④原子力災害等、を扱っている。また、政策評価として、平成 24 年 3 月 30 日復興庁政策評価基本計画を定め、平成 25 年 3 月 29 日に平成 25 年度復興庁政策評価実施計画を決定している。

c) 総務省

総務省の取り組みについては、下記文献・資料をもとにまとめた。

・総務省消防庁「南海トラフ巨大地震・首都直下地震等に対応した消防用設備等のあり方に関する検討部会（第３回)」（2014/3/3 参照）

・総務省近畿総合通信局「南海トラフ巨大地震対策推進本部」（2014/3/4 参照）

・総務省東海総合通信局「非常災害時の情報伝達手段確保のための取組み」（2014/3/4 参照）

総務省は、内閣府防災対策推進検討会議南海トラフ巨大地震対策検討 WG 最終報告を受け、「大地震発生に備えた消防用設備等の設置基準のあり方」を検討課題として、「南海トラフ巨大地震・首都直下地震等に対応した消防用設備のあり方に関する検討部会」を発足している。

平成 25 年 12 月 3 日の検討部会での審議内容としては、百貨店、旅館、病院、地下街など、不特定多数の者や自力避難が困難な者が利用する大規模集客施設（防災管理対象で特定用途部分が一定規模以上のもの）を検討対象とし、①スプリンクラー設備等の耐震化、②消防無線不感の解消、③自家発電設備・消火ポンプ等の劣化点検などの対策をすすめるなどが案として示されている。

平成 25 年 4 月 1 日には、“ICT で創る関西の元気と安心・安全！　―南海トラフ巨大地震等対策の推進―”をスローガンに掲げ、平成 25 年度は、大地震・津波に強い情報通信インフラの構築など 4 項目を柱とする重点施策に取り組んでいる。情報通信インフラの構築では、①情報通信インフラの耐災害性の強化、②防災情報伝達手段の多重化・多様化の促進、③防災情報伝達手段等に関する周知・啓発、を目的としている。「近畿総合通信局重点施策」の具体的な施策とし

ては、東海・東南海・南海三連動地震に備え、管内各地方自治体をはじめ関係機関と連携し、防災・減災対策として前述の①～③を促進するとともに、災害応急復旧活動のための無線局免許の臨機の措置、無線機の貸出し等に係る支援等を行うため、「南海トラフ巨大地震対策推進本部」を常設化（平成 24 年４月３日）、さらに「防災対策推進室」を設置（平成 24 年 7 月 25 日）して、発災時における即時態勢の強化に取り組んでいる。

また、南海トラフ巨大地震による津波被害が想定される和歌山県エリアを対象として、総務省、和歌山県、通信事業者間の連携により大規模災害に即応する応急活動体制を確立することによって、情報通信分野における効果的、効率的な災害応急活動（通信事業者の連携による情報空白地域の早期解消等）の実現を目的に、「南海トラフ巨大地震等の大規模災害を想定した情報通信分野における応急活動体制に関する和歌山県域関係者検討会」を開催している。加えて、東日本大震災の際に各地に設立された「臨時災害放送局」に関するセミナーも和歌山県で開催している。

「災害に強い電子自治体に関する研究会の検討会報告書」が平成 25 年５月８日にまとめられ、東日本大震災のような大災害や大規模なサイバー攻撃が発生した場合、地方公共団体の業務継続を確保するとともに、地域住民に対して適切かつ迅速なサービスの提供が行われることが重要と指摘している。具体的には、① ICT-BCP ガイドラインの改訂・強化、普及施策の検討、②災害時における ICT 部門の情報セキュリティ対策のあり方の検討、③災害時の ICT 利活用に向けた自治体の取り組みへの提言を行っている。また、東日本大震災発生時等の教訓を踏まえ、業務継続およびサービス提供の観点から、地域における災害発生時の ICT の利活用に関する検討を行うこととしている。

東海総合通信局では、南海トラフ巨大地震等による大規模な津波被害を想定して、被災した電気通信施設を早急に復旧して情報伝達手段を確保するため、「南海トラフ巨大地震等における通信に関する関係者検討会」を開催している。これは南海トラフ巨大地震による大規模な津波被害が想定されるエリアを対象として、地域の電気通信分野における災害発生後の効果的・効率的な災害応急活動の実現を図るため、あらかじめ地方公共団体および電気通信事業者がそれぞれ保有する情報を相互に迅速、円滑に共有できる体制を整えておくことを目的として開催するとしている。

平成 25 年 11 月 18 日には、第１回（平成 25 年６月 10 日）で電気通信事業者から地方公共団体に対して出された要望事項についての回答を聞くとともに、新たに地方公共団体から電気通信事業者に対する要望についても意見交換した。その後、電気通信事業者と地方公共団体が相互に情報共有を密にするために、第２回の検討会を実施している。

d) 外務省

外務省の取り組みについては、下記文献・資料をもとにまとめた。

・外務省「外務省防災業務計画」（2014/2/14 参照）

外務省は、災害対策基本法（昭和 36 年法律第 223 号。以下「災対法」という。）第 36 条第 1 項の規定に基づき、外務省の所掌事務について、防災に関してとるべき措置を定め、もって災害対策の推進に資することを目的として、防災業務計画を平成 24 年 11 月に作成している。

e) 財務省

財務省の取り組みについては、下記文献・資料をもとにまとめた。

・財務省「地震保険制度に関するプロジェクトチームにおけるこれまでの議論の中間的整理」（2014/2/12 参照）

財務省は、平成 24 年 2 月 24 日に閣議決定された「特別会計改革の基本方針」において、地震保険制度については、「今回の震災を踏まえ、総支払限度額および官民保険責任額について早急に改訂を行うとともに、地震保険の商品性についても検討を行うものとする。」としている。これを受け、平成 24 年 4 月、財務省に「地震保険制度に関するプロジェクトチーム」（以下「PT」という。）を設置し、東日本大震災を踏まえた地震保険制度の見直しについて検討を開始し、平成 24 年 4 月 23 日以降 6 回の議論を行っている。

また、4 月 23 日以降 12 回、地震保険制度の根本に関わる全体像（総論）のほか各論として制度の強靭性（民間準備金枯渇後、補正予算までの間をつなぐ方策）、地震保険の商品性についての具体的な検討課題を討議している。

PT においては、喫緊の課題として、民間準備金枯渇後の対応について、補正予算までの間をつなぐ方策を早急に検討すべきとした。また、速やかに対応すべき課題として、保険料率の等地区分における料率格差の平準化を図る一方、耐震割引のめりはりを効かせるようにすべきとするなど、地震保険制度の見直しについて、一定の方向性を示している。

しかしながら、「付保割合 100%、全損のみ補償」オプションの導入や立地割増・割引等については、今後も引き続き議論すべき課題であるとして位置づけている。

f) 文部科学省

文部科学省の取り組みについては、下記文献・資料をもとにまとめた。

・文部科学省「南海トラフ巨大地震発生による富士山噴火連動評価に関する研究」（2014/2/18 参照）
・文部科学省「南海トラフ地震発生帯掘削計画（深海地球ドリリング計画）」（2014/2/17 参照）
・文部科学省「東海・東南海・南海地震の連動性評価研究プロジェクト」（2014/2/18 参照）
・文部科学省「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」（2014/2/19 参照）

文部科学省は、「南海トラフ巨大地震発生による富士山噴火連動評価に関する研究」、「南海トラフ地震発生帯掘削計画」、「東海・東南海・南海地震の連動性評価研究プロジェクト」および「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」を実施している。

「南海トラフ巨大地震発生による富士山噴火連動評価に関する研究」（平成 21 年度～25 年度）は、想定される地震のケースに応じて、富士山周辺の応力・ひずみ場変化および地震動をシミュレーションにより定量的に評価し、これをもとに、富士山の深部・浅部マグマたまりに与える擾乱を仮定し、マグマの状態に応じて、増圧・減圧によるマグマの搾り出し、発泡核の形成、発泡と膨張、マグマの破砕といった噴火機構についてシミュレーションおよび実験により検証するとされている。

「南海トラフ地震発生帯掘削計画」（平成 16 年度～）は、熊野灘沖南海トラフの掘削を継続して行う。海溝より南側の堆積物を掘削し、地震発生帯に持ち込まれる堆積物などの起源物質を明らかにするとともに、巨大分岐断層をターゲットにした深部掘削を行うための、掘削準備を行う予定であるとされている。

「東海・東南海・南海地震の連動性評価研究プロジェクト」（平成 20 年度～24 年度）は、東海・東南海・南海地震の想定震源域等における稠密な海底地震・津波・地殻変動観測、数値シミュレーション研究、強震動予測、津波予測、被害想定研究等を総合的に行うことにより、東海・東南海・ 南海地震の連動性の評価を行うために必要な知見の獲得を目指す。

また、強震動予測、津波予測、被害想定研究等を行うことにより、連動に対応した災害対策等の検討に必要となる提言を行い、東海・東南海・南海地震が連動して発生した場合における人的・物的被害の軽減を目指すとされている。

「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」（平成 25 年度～平成 32 年度）は、被害想定から避難行動、震災後の応急対応、復旧復興に至るまで、横断的に必要となる情報発信の在り方の検討や、強震動・津波予測の実施、防災・減災対策や復旧復興計画の検討を行うことにより、各地域における防災・減災計画の見直しや、これまで繰り返し発生している百年級規模の地震・津波対策の促進を図り、南海トラフで発生する巨大地震・津波による被害軽減を図るとされている。

g) 厚生労働省

厚生労働省の取り組みについては、下記文献・資料をもとにまとめた。

・厚生労働省「東日本大震災に対処するための特別の財政援助及び助成に関する法律」（2014/3/3 参照）
・厚生労働省「管路の耐震化に関する検討会」（2014/3/3 参照）

厚生労働省は、震災による甚大かつ深刻な被害に迅速に対処し、被災者の方が一日も早く平穏な生活を取り戻すことができるようにするため、医療保険の保険

者に対する特別の財政援助や、医療保険の被保険者等の負担軽減等の特例措置を行うことを内容とする「東日本大震災に対処するための特別の財政援助および助成に関する法律案」を平成 23 年通常国会に提出し、平成 23 年 5 月 2 日に成立させている。

また、管路の耐震化に関する検討会では、厚生労働省健康局水道課長が主催する有識者検討会を設置し、管路の満たすべき基準の在り方等について検討を行っている。

h) 農林水産省

農林水産省の取り組みについては、下記文献・資料をもとにまとめた。

・農林水産省「平成 24 年度第 2 回技術小委員会配付資料一覧」(2014/2/5 参照)
・農林水産省「「農業・農村の復興マスタープラン」を策定」(2014/2/5 参照)

農林水産省は、中央防災会議「南海トラフ巨大地震モデル検討会」での検討状況を受けて「水路工」および「ため池」の耐震設計指針の改定を行っている。また、災害対策特別委員会（委員長　泉田新潟県知事）を開催し、「平成 25 年度国の施策並びに予算に関する提案・要望（案)」について、下記をテーマに協議を行っている。

①災害対策法制度の在り方
②広域応援体制のあり方
③住民の避難体制のあり方
④広域応援のあり方の検討

これらについて意見を踏まえて修文の上、委員会（案）として 7 月 19 日、20 日の全国知事会議に諮り、「東日本大震災からの復興の基本方針」（平成 23 年 7 月 29 日東日本大震災復興対策本部決定）では、農業・農村の復興の方向性を進化させて具体化を進めている。

i) 経済産業省

経済産業省の取り組みについては、下記文献・資料をもとにまとめた。

・経済産業省「中部電力株式会社浜岡原子力発電所に対し「南海トラフ巨大地震による震度分布・津波高について」を踏まえた影響評価及び対策の報告を指示しました」(2014/2/7 参照)
・経済産業省「産業構造審議会 保安分科会 電力安全小委員会 電気設備自然災害等対策ワーキンググループ（第 2 回） - 議事要旨」(2014/2/7 参照)

経済産業省は「津波対応」として、中央防災会議による「南海トラフ巨大地震による震度分布・津波高について」を踏まえた浜岡原子力発電所（以下「浜岡発電所」という。）における影響評価を行い、その結果を報告した。また必要に応

じ、当該評価を踏まえた対策を実施することを指示している。

また、電気設備災害対策ワーキンググループでは、南海トラフ巨大地震、首都直下地震による地震動および津波に対する電力システムの耐性評価を実施している。

j) 国土交通省

国土交通省の取り組みについては、下記文献・資料をもとにまとめた。

・国土交通省「国土交通省南海トラフ巨大地震対策計画中間とりまとめの公表について」（2014/2/20 参照）

国土交通省では、平成 25 年７月１日に「国土交通省南海トラフ巨大地震・首都直下地震対策本部」および「対策計画策定ワーキンググループ（WG)」を設置し、検討を進め、「国土交通省南海トラフ巨大地震対策計画中間とりまとめ」を策定している。

中間とりまとめでは、東日本大震災の教訓を踏まえつつ、WG での議論等を経て、南海トラフ巨大地震への対策として、現時点で考えうる内容をとりまとめ、「７つの重要テーマと 10 の重点対策箇所」および「今後議論を深めていくべき課題」を整理している。

図３－３－②－３に中間とりまとめの概要を示す。その、おもな内容は下記の通りである。

① 対策計画の位置づけは、標記地震が発生した場合の国家的危機に備えるべく、国土交通省として、広域的見地や現地の現実感を重視しながら、省の総力を挙げて取り組むべきリアリティのある対策をまとめるもの。また本対策計画を基本として、地方ブロックごとにより具体的かつ実践的な地域対策計画を早急に策定するとしている。

② 南海トラフ巨大地震が発生した場合に想定される事態は、中央防災会議の想定等を基に、国土交通省として重視する深刻な事態を整理するとしている。

③ 南海トラフ巨大地震発生時における応急活動計画は、地震発生時からの時間軸を念頭に置き、東日本大震災の教訓等も参考に、地震発生直後から概ね７日～10 日目の間を中心に、省として緊急的に実施すべき主要な応急活動としている。

④ 巨大地震の発生に備え戦略的に推進する対策として、地震による揺れ・津波等による甚大な人的・物的被害を軽減するために省として取り組むべき、中長期的な視点も踏まえた予防的対策を考えている。

また、「どこで何が起こるのか」「国として特に懸念される深刻な事態は何か」という視点から、国土交通省の総力を挙げて対応すべき重要テーマは下記の通りである。

まず喫緊の課題として、次の３つのテーマがある。

① 短時間で押し寄せる巨大な津波からの避難を全力で支える。

② 鉄道や航空機等の利用者について、何としてでも安全を確保する。
③ 甚大かつ広範囲の被害に対しても、被災地の情報を迅速・正確に収集・共有し、応急活動や避難につなげる。

今後議論を深めていくべき課題としては、次の３つがある。

⑤ 大規模地震が連続して発生する場合への備え
⑥ 早期避難のためのあらゆる手段の活用
⑦ 応急活動の担い手となる民間企業の健全な育成を図るための方策

国土交通省南海トラフ巨大地震対策計画 中間とりまとめについて

資料1

○中間とりまとめ※では、東日本大震災の教訓を踏まえつつ、WGでの議論等を経て、南海トラフ巨大地震への対策として、現時点で考えうる内容をとりまとめるとともに、「7つの重要テーマと10の重点対策箇所」と「今後議論を深めていくべき課題」を整理する。

［本文］ 国土交通省南海トラフ巨大地震対策計画 中間とりまとめ

1. 対策計画の位置づけ等

○標記地震が発生した場合の国家的危機に備えるべく、国土交通省として、広域的見地や現地の現実感を重視しながら、省の総力を挙げて取り組むべきリアリティのある対策をまとめるもの。

○本対策計画を基本として、地方ブロックごとにより具体的かつ実践的な地域対策計画を早急に策定。

2. 南海トラフ巨大地震が発生した場合に想定される事態

○中央防災会議の想定等を基に、国土交通省として重視する深刻な事態を整理。

3. 南海トラフ巨大地震発生時における応急活動計画

○地震発生時からの時間軸を念頭に置き、東日本大震災の教訓等も参考に、地震発生直後から概ね7日～10日目の間を中心に、省として緊急的に実施すべき主要な応急活動。

○応急活動を円滑に進めるために、あらかじめ平時から準備しておくべき事項。

4. 巨大地震の発生に備え戦略的に推進する対策

○地震による揺れ・津波等による甚大な人的・物的被害を軽減するため、省として取り組むべき、中長期的な視点も踏まえた予防的な対策。

［別紙1］ 7つの重要テーマと10の重点対策箇所

「どこで何が起こるのか」「国として特に懸念される深刻な事態は何か」という視点から、国土交通省の総力を挙げて対応すべき7つの重要テーマと10の重点対策箇所。

○短時間で押し寄せる巨大な津波からの避難を全力で支える。
○鉄道や航空機等の利用者について、何としてでも安全を確保する。
○甚大かつ広範囲の被害に対しても、被災地の情報を迅速・正確に収集・共有し、応急活動や避難につなげる。

等

［別紙2］ 今後議論を深めていくべき課題

東日本大震災での教訓等を踏まえ、今後の対策計画策定に向け、さらに議論を深めていくべき課題。

○大規模地震が連続して発生する場合への備え
○早期避難のためのあらゆる手段の活用
○応急活動の担い手となる民間企業の健全な育成を図るための方策

等

※今後、対策計画の策定に向けて、「7つの重要テーマと10の重点対策箇所」及び「今後議論を深めていくべき課題」を中心に、WGで議論を深めていく。

k) 環境省

環境省の取り組みについては、下記文献・資料をもとにまとめた。

・環境省「第 4 回巨大地震発生時における災害廃棄物対策検討委員会の開催について」（2014/2/24 参照）

環境省は、平成 26 年 1 月 17 日開催の第 4 回 巨大地震発生時における災害廃棄物対策検討委員会において、素案として、下記の検討を行うこととしている。

① 巨大地震が発生した時の起こりうる事態
② 巨大地震が発生した時の災害廃棄物処理に関する目指すべき方向
③ 具体的な取り組みの基本的方向性
④ 今後の具体的な課題の検討に向けて

l) 防衛省

防衛省の取り組みについては、下記文献・資料をもとにまとめた。

・防衛省「防衛省防災業務計画」（2014/2/28 参照）
・防衛省「平成 25 年度自衛隊統合防災演習について」（2014/2/28 参照）
・防衛省「自衛隊南海トラフ地震対処計画の概要」（2014/2/28 参照）

防衛省は、災害対策基本法（昭和 36 年法律第 223 号）第 36 条第 1 項および第 37 条第 1 項、大規模地震対策特別措置法（昭和 53 年法律第 73 号）第 6 条、東南海・南海地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法（平成 14 年法律第 92 号）第 6 条並びに日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法（平成 16 年法律第 27 号）第 6 条の規定に基づき、防衛省が防災に関してとるべき措置を定めることを目的として平成 24 年 12 月 21 日に防災業務計画を定めている。

南海トラフ巨大地震発生時における自衛隊の統合運用による一連の活動を演練し、自衛隊南海トラフ巨大地震対処計画の研究案を検証するとともに、自衛隊の震災対処能力の維持・向上を図る統合防災演習を実施している。

また、統合幕僚長は、「自衛隊の災害派遣に関する訓令および自衛隊の地震防災派遣に関する訓令に基づく大臣指示」(平成 25 年 3 月)を受け、「自衛隊南海トラフ巨大地震対処計画」（研究案）を作成し、７月１～５日の統合防災演習における教訓事項を反映した計画を作成している。

m) 法制度

南海トラフ巨大地震に対する法制度としては、「南海トラフ特別措置法」（南海トラフ巨大地震対策特別措置法）が平成 25 年 12 月に制定されている。他に関連する法制度として「津波対策の推進に関する法律」が平成 23 年 6 月に、「津波防災地域づくりに関する法律」が平成 23 年 12 月に、「大規模な災害の被災地における借地借家に関する特別措置法」が平成 25 年 6 月に制定されている。また、法制

審議会で審議されている被災関連借地借家・建物区分所有法制部会の検討資料も公表されている。

東日本大震災に関連した法制度としては、「東日本大震災に対処するための特別の財政援助および助成に関する法律」が平成 23 年 5 月に制定されている。主な災害と法律施行等の関連がわかる「震災対策のあゆみ」および「わが国の地震防災に関する法律体系」も内閣府から公表されている。なお、「災害対策基本法」などの改正については、内閣府防災情報の WEB サイト（http://www.bousai.go.jp/taisaku/index.html）で新旧を把握できる資料が閲覧できる。

n) 防災白書

平成 13 年度の防災白書によれば、我が国の災害対策の推進状況として阪神・淡路大震災の復興対策が取り上げられている。また、阪神・淡路大震災 10 年の総括・検証が平成 17 年度の防災白書で取り上げられている。さらに、平成 19 年度の防災白書では震災対策として緊急地震速報、首都直下地震対策、東南海・南海地震対策の推進状況が取りまとめられている。

東日本大震災が発生した平成 23 年度の防災白書では、東日本大震災に関する特集となり、平成 24 年度の防災白書で南海トラフ巨大地震に対する取り組みが取り上げられている。

4) 府省庁ヒアリング

ヒアリング先として、内閣府（防災）、国土交通省、総務省（消防庁）、農林水産省、文部科学省の 5 つを選び、南海トラフ巨大地震対策に関する府省庁間の連携、情報の共有、情報の利活用について聞き取り調査を行った。以下その結果の概要を示す。

a) 府省庁間の連携

内閣府防災を中心に防災関連の連携体制が一部では構築されている。国土交通省、農林水産省、総務省消防庁等、現場を持っている省庁は、内閣府の指示により、内閣府あるいは中央防災会議の意思決定に必要な情報を提供し、内閣府あるいは中央防災会議の決定に従って、各省庁の窓口を通して各部署に情報や指示が伝わり、必要な措置がとられるシステムが出来ている。また、津波高さや浸水域の推計は内閣府によるものが使われるが、あくまでマクロな推計値であり、海岸線の防波堤の効果等が考慮されておらず、国土交通省による「津波浸水想定の設定の手引き」等を併用することが勧められている等、各省庁の成果が生かされているケースもある。

文部科学省の旧科学技術庁部門は、内閣府の上流を担当する形で協力しており、モデル検討会や予測の可能性に関する調査部会等に必要な情報を提供している。

さらに、ハザード評価に関しては内閣府と異なるデータを開示しているが、内閣府が災害対策に直接結びつく、最大クラスのハザードを重視しているのに対し、文部科学省はあくまでも科学的根拠を重視し、発生確率も考慮したハザード評価になっている。その前提条件を考慮した上で必要に応じて使い分けることが必要と思われる。

その他、各省庁は内閣府と人材の交流を積極的に行う等、人材の面でも一部では連携が行われている。

b) 情報の共有

内閣府をはじめ各省庁は活動内容やデータを積極的に開示している。しかし、情報の開示はほとんど各府省庁の WEB サイトに限られており、分散している。現在のところ、それらを使い易い形で整理したり、加工したり、まとめたりした情報源は構築されていない。各省庁や地方自治体の防災担当者が活用する範囲では現状のままでも良いが、もっと広く一般市民にも活用してもらうためには、工夫、改善の余地がある。

c) 情報の利活用

上記の府省庁間の連携体制と情報の共有により、一部ではその利活用は進んでいる。

例えば国土交通省では、内閣府が開示した最大クラスのハザードをもとに、都市局、航空局、気象庁等 13～15 の部門で災害対策を検討している。すなわち、最大クラスのハザードが明日起こった場合に、被害を最小限にするために何が出来るかを検討し、「中間とりまとめ」としてまとめている。

農林水産省では、南海トラフ特別措置法に沿って津波の被害を少なくするために、高台の避難場所に至る農道や林道の整備を計画し、補助金を申請している。また、地震動によるため池の決壊を防止するために、ため池の設置基準の見直しを行い、さらに東日本大震災の教訓を踏まえて、被災地の避難所の食料が不足することのないように、食品メーカーとの協力と流通経路の確保により対応しようとしている。

総務省消防庁に於いても、東日本大震災にて火災報知器が天井の破壊によって機能しなくなった教訓に基づき、火災報知器の耐震化案を国土交通省と共同で策定中である。

ただし、これらの災害対策はあくまでも担当者のアイディアと熱意に依存しがちであり、対処・対応が不揃いな点が課題である。対策を統一するための協議会のような仕組みが必要であると思われる。

(d) 結論ならびに今後の課題

ヒアリングの中で話題になった課題について以下に示す。

1) 長周期地震のハザード評価と対策法の確立

南海トラフ巨大地震において、長周期地震動が発生することが懸念されているが、そのハザードの程度や被害については必ずしも明確になっていない。（独）防災科学技術研究所の E-ディフェンスに於ける実験等に於いても大きな被害が予想される実験結果が得られており、さらに詳細な検討が行われ、情報共有と対策の取り組みが必要である。

2) 情報共有システムの構築

内閣府に於ける南海トラフ巨大地震モデル検討会に基づくハザード評価、被害推定等をはじめ、重要な防災情報は一般に提供されているものの、内閣府の WEB サイトにアップロードされているのみで、使い易い形で整理、加工されているわけではない。また、各省庁から発信される情報についても、それぞれの個別 WEB サイトにあり、短時間の内に全体を網羅出来るようになっていない。これでは相互に情報の利活用を行うことは難しい。これらを一括管理する情報システムの構築が望まれる。

3) 一般住民向けリアルタイム災害情報提供システムの構築

東日本大震災では、地震・津波の情報が正しく、早く、確実に住民を含めた全てに配信されることが極めて重要であることが明確になった。行政官庁に留まらず、一般住民向けのリアルタイム情報の提供システムが構築されることが望まれる。

4) 府省庁連携協議会の設置

以上のような課題を各省庁が協力して解決していくために、府省庁連携協議会が定期的に開催されることが望まれる。

(e) 引用文献

1) 防衛省，防衛省防災業務計画，http://www.mod.go.jp/j/approach/defense/saigai/bousai.html（2014/2/28 参照）．
2) 防衛省，平成 25 年度自衛隊統合防災演習について，http://www.mod.go.jp/js/Activity/Exercise/joint_exercise_rescue25.htm（2014/2/28 参照）．
3) 防衛省，自衛隊南海トラフ地震対処計画の概要，http://www.mod.go.jp/js/Press/press2014/press_pdf/p20140114_01.pdf（2014/2/28 参照）．
4) 復興庁，復興庁の役割，http://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat12/yakuwari.html（2014/2/2 参照）．
5) 復興庁，復興庁政策評価，https://www.reconstruction.go.jp/topics/000656.html（2014/2/28 参照）．
6) 外務省，外務省防災業務計画，http://www.mofa.go.jp/mofaj/annai/shocho/bosai/（2014/2/14 参照）．
7) 内閣府，南海トラフ地震対策，http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/（2014/2/5 参

照）.
8) 環境省，第 4 回巨大地震発生時における災害廃棄物対策検討委員会の開催について，https://www.env.go.jp/press/press.php?serial=17571（2014/2/24 参照）.
9) 経済産業省，中部電力株式会社浜岡原子力発電所に対し「南海トラフ巨大地震による震度分布・津波高について」を踏まえた影響評価及び対策の報告を指示しました，http://www.meti.go.jp/press/2012/04/20120402005/20120402005.html（2014/2/7 参照）.
10) 経済産業省，産業構造審議会 保安分科会 電力安全小委員会 電気設備自然災害等対策ワーキンググループ（第 2 回） - 議事要旨，http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/hoan/denryoku_anzen/denki_setsubi_wg/002_giji.html（2014/2/7 参照）.
11) 国土交通省，国土交通省南海トラフ巨大地震対策計画中間とりまとめの公表について，http://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo03_hh_000673.html（2014/2/20 参照）.
12) 厚生労働省，東日本大震災に対処するための特別の財政援助及び助成に関する法律，http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryou/iryouhoken/daisinsai/index.html（2014/3/3 参照）.
13) 厚生労働省，管路の耐震化に関する検討会，http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000027424.html（2014/3/3 参照）.
14) 文部科学省，南海トラフ巨大地震発生による富士山噴火連動評価に関する研究，http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu6/sonota/attach/1289092.htm（2014/2/18 参照）.
15) 文部科学省，南海トラフ地震発生帯掘削計画（深海地球ドリリング計画），http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu6/sonota/attach/1287776.htm（2014/2/17 参照）.
16) 文部科学省，東海・東南海・南海地震の連動性評価研究プロジェクト，http://www.jishin.go.jp/main/chousakenkyuu/tokai_pro/（2014/2/18 参照）.
17) 文部科学省，南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト，http://www.mext.go.jp/a_menu/hyouka/kekka/1326806.htm（2014/2/19 参照）.
18) 農林水産省，平成 24 年度第 2 回技術小委員会配付資料一覧，http://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/nousin/gizyutu/h24-2/（2014/2/5 参照）.
19) no 農林水産省，「農業・農村の復興マスタープラン」を策定，http://www.jcci.or.jp/region/2011/0829190557.html（2014/2/5 参照）.
20) 総務省近畿総合通信局，南海トラフ巨大地震対策推進本部，http://www.soumu.go.jp/soutsu/kinki/safety/torikumi/00.html（2014/3/4 参照）.
21) 総務省消防庁，南海トラフ巨大地震・首都直下地震等に対応した消防用設備等のあり方に関する検討部会（第 3 回），http://www.fdma.go.jp/neuter/about/shingi_kento/h25/nankai_jishin/index.html（2014/3/3 参照）.
22) 総務省東海総合通信局，非常災害時の情報伝達手段確保のための取組み，http://www.soumu.go.jp/soutsu/tokai/kohosiryo/25/1114-2.html（2014/3/4 参照）.

23) 財務省，地震保険制度に関するプロジェクトチームにおけるこれまでの議論の中間的整理，http://www.mof.go.jp/about_mof/councils/jisinpt/report/20120706.htm（2014/2/12 参照）．

(3) 平成 26 年度業務計画案

平成 25 年度は、国や府県の南海トラフ巨大地震による地震動と津波の現状を把握することに話題の中心を据えた。平成 26 年度は更にライフライン事業者の防災・減災対策の現状を共有し、適宜、プロジェクトによる成果の報告も加える。平成 25 年度と同様に年２回の地域研究会を開催し、減災カフェ等を通じた南海トラフ巨大地震・津波による啓発活動、啓蒙活動に努める。

府省連絡会については、平成 25 年度に開催の実績ができていないため、今後の方針を改めて見直し、文部科学省とも調整を重ねる。

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 助教 助教 研究員	牧紀男 樋本圭祐 鈴木進吾 田中傑

(c) 業務の目的

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う。

また、復興・復旧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となる行政制度、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う。

(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、復興・復旧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となる行政制度、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：

影響評価システムの検証、事前計画の基礎検討。

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、被害イメージ共有のための基礎的考察を行い影響シナリオ構築のための環境整備を行う。また、復興・復旧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となる行政制度、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う。

平成 27 年度：

影響評価システムの構築、事前計画策定の検証。

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の構築を

行うとともに、事前復旧・復興計画策定プロセスの検証・開発を行う。

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。

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。

平成 29 年度：

影響評価、事前計画システムの地域での実装・検証（名古屋・三重・関西）。

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名古屋・三重、関西地域の都市地域、非都市地域で実際に利用し、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 30 年度：

影響評価、事前計画システムの地域での実装・検証（四国・静岡・九州）。

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四国、静岡、九州地域の都市地域・非都市地域で実際に利用し、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チューニング、南西諸島での実装・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について、これまでの検証結果に基づくチューニングを行うと共に、南西諸島において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 25 年度業務目的

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う。また、復興・復旧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となる行政制度、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う。

(2) 平成 25 年度成果

① 将来の地域特性評価システムの開発を行い影響シナリオ構築するための環境整備

(a) 業務の要約

公益財団法人統計情報研究開発センター（SINFONICA）が提供する 1990～2005 年国勢統計調査（４時点、表３－４－①－１）の男女別・５歳階級別人口データ（1km メッシュ）を用いて被災想定の地域のデータベースを構築すると同時に、年齢構成比に基づいてクラスター分析（図３－４－①－１）を行うことで、各メッシュにおいて人口の再生産力の強さに着目した「持続類型」、「依存類型」、「限界類型」の３つの地域類似特性（図３－４－①－２）を抽出し、GIS を用いてそれら地域類似特性の経年変化がどのような地域で生じたか把握した。また、巨大災害が居住人口に及ぼす影響を測る手法を確立するため、兵庫県南部地震（1995 年）を例にとり、震災前の人口トレンドを踏まえた年齢構成の推計値（上述の男女別・５歳階級別人口データに基づき、コーホート要因法によって推計）と、震災後の国勢統計調査における年齢構成の実績値とを比較を試みた。

最後に、将来の南海トラフ巨大地震による影響シナリオを構築するため、本業務において平成 25 年度に開発・検証を実施した地域特性評価システムを日本全国に拡張する準備をおこなった。

(b) 業務の実施方法

1)人口統計データの収集・整理

表３－４－①－１に示した人口統計データを収集し、分析のための整理をする。

表３－４－①－１収集した国勢調査１km メッシュデータと本業務での利用一覧（附、各メッシュデータの基づく測地系）

分析内容＼国勢調査年		S60 (1985)	H2 (1990)	H7 (1995)	H12 (2000)	H17 (2005)	H22 (2010)
収集データ	収集データ① (ESRI 連動性 DB)	○ (日本測地系)	○ (日本測地系)	○ (日本測地系)	○ (日本測地系)	○ (日本測地系)	－
	収集データ②	－	－	○ (世界測地系)	○ (世界測地系)	○ (世界測地系)	○ (世界測地系)
本業務での利用	人阪府及び和歌山県での再現性の検証	－	○ (日本測地系)	○ (日本測地系)	○ (日本測地系)	○ (日本測地系)	－
	兵庫県南部地震の影響検討（人口推計）1990 年を起点とした分析	－	○ (日本測地系)	○ (日本測地系)	○ (日本測地系)	○ (日本測地系)	－

2) 陳海立らによる地域類型抽出手法の再現性の確認

Haili CHEN　et al., 2009、陳海立, 2010 および陳海立・牧紀男・林春男, 2010 は年齢構成比に着目した地域類型の抽出手法を考案し、分析に用いた。本業務では同抽出手法を大阪府および和歌山県のデータを用いて再び実施し、Haili CHEN　et al., 2009、陳海立, 2010 そして陳海立・牧紀男・林春男, 2010 に記された地域類似特性の

抽出結果が再現されるか否かを確認し、将来の南海トラフ巨大地震による影響シナリオを構築する基礎データとしての可否を検討する。

3）地域類型抽出の手順書作成

陳らが開発した地域類型手法の再現性の確認を行うと共に、誰もが一般的な手法として地域類型を実施可能なように、地域類型手法をステップ・バイ・ステップで示す手順書の作成を行った。

(c) 業務の成果

1) 地域特性を年齢構成比に着目して抽出する方法論の検証

Haili CHEN et al., 2009、陳海立, 2010 および陳海立・牧紀男・林春男, 2010 が採用した年齢構成比に着目した地域類型の抽出手法を大阪府および和歌山県のデータを用いて再試行したところ、Haili CHEN et al., 2009、陳海立, 2010、そして陳海立・牧紀男・林春男, 2010 の各数値と本業務で得られた数値との間に差異が生じた。表３－４－①－２にその差を示す。

表３－４－①－２　解析結果の一致率

	①	②	③	④	※県判別	過年度クラスターID個数	ID一致数	ID一致率	備考
H2	8223	3527	3366	3116	-	3115	3114	99.9%	
H7	8233	3450	3388	3283	-	3298	3280	99.9%	
H12	7676	7676	7602	7415	3425	3360	3358	98.0%	※H12は国調データから該当都道府県が分からないためGIS上のマッチングにより都道府県を抽出した。
H17	14769	3877	3558	2977	-	3028	2549	85.6%	

表３－４－①－２に関する註

①:対象エリアに存在する全てのメッシュ数（1km 以外のメッシュも含む）

②:①のうち、1km のメッシュ数

③:②のうち、年齢階級別人口データに秘匿項目が 5%以上あるメッシュを除外した場合のメッシュ数

④:②のうち、年齢階級別人口データに秘匿データがひとつでも存在するメッシュを除外した場合のメッシュ数

過年度クラスターID 個数:Haili CHEN et al.、2009 などで対象としたメッシュ数

これは Haili CHEN et al., 2009、陳, 2010 そして陳ほか, 2010 が５歳階級別年齢構成比を算出するに当たり、秘匿されたデータを含めたメッシュ総人口を分母として年齢構成比を計算したためと判明した。本業務では Haili CHEN et al. , 2009、陳, 2010

そして陳ほか, 2010 とは異なり、秘匿したデータを除いたメッシュ総人口を分母としてクラスター分析（図３－４－①－１）をおこなった。

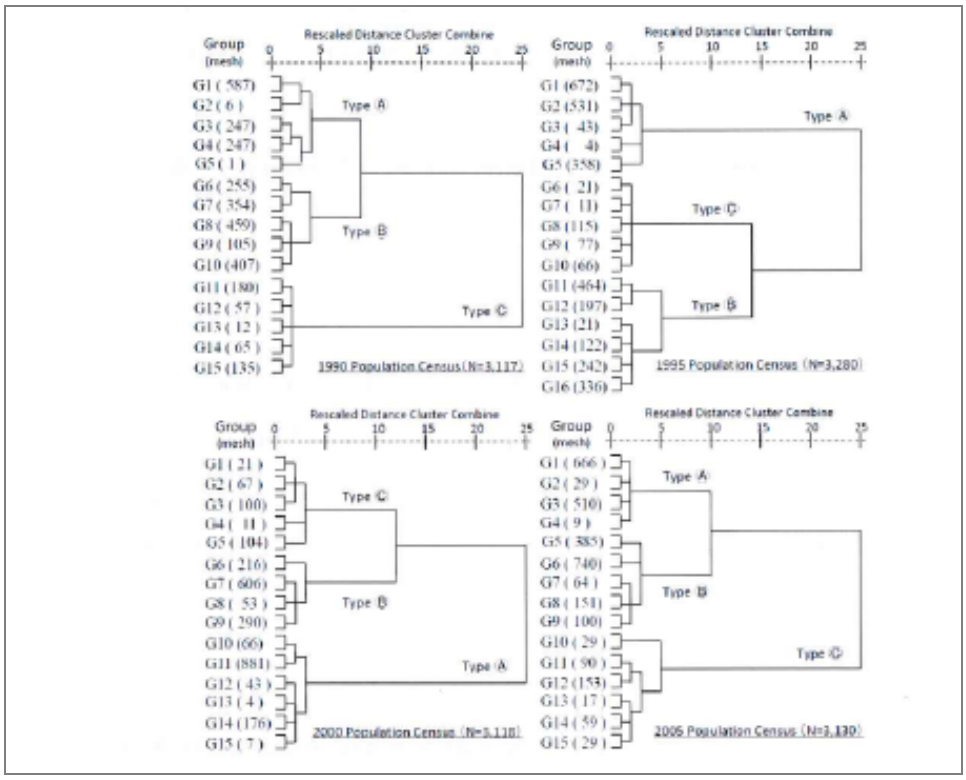


図３－４－①－１　５歳階級別人口の構成比のクラスター分析

この５歳階級別人口の構成比に対するクラスター分析の結果を、図３－４－①－２に示した式を用いて判別し、「持続型」、「依存型」、「限界型」の３つの地域類型に分類した。

＜補注１＞

地域類型の判別については、以下の式を通用する。

$$D_q^t = \sqrt[2]{\sum_{n=1}^{36}({}_qp_n^t - p_n^t)^2}$$

ここでは、$p_n^t = \left\{ p_1^t,\ p_2^t,\ \cdots p_{36}^t \right\}$は、判別対象がｔ時点における男女・年齢階級別（0～4 歳から 80～84 歳までと 85 歳以上、合計 18 年齢階級）の人口構成比を指す。

${}_qp_n^t = \{ {}_qp_1^t,\ {}_qp_2^t,\ \cdots\ {}_qp_n^t \}$は持続、依存、限界の３つの地域類型ｑがｔ時点における人口構成比である。D_q^tはp_n^tと ${}_qp_2^t$の距離である。3 個のD_q^tのうちに、最小値を取る値がｑの判別結果となる。

引用　地域人口特性に基づく地域復興の評価 ： 阪神・淡路大震災と新潟県中越地震の地域特性と復興像, 陳海立, 牧紀男, 林春男, 地域安全学会論文集（13）, 347-355, 2010-11-00, 地域安全学会

図３－４－①－２　地域類型の判別基準（陳ほか, 2010）

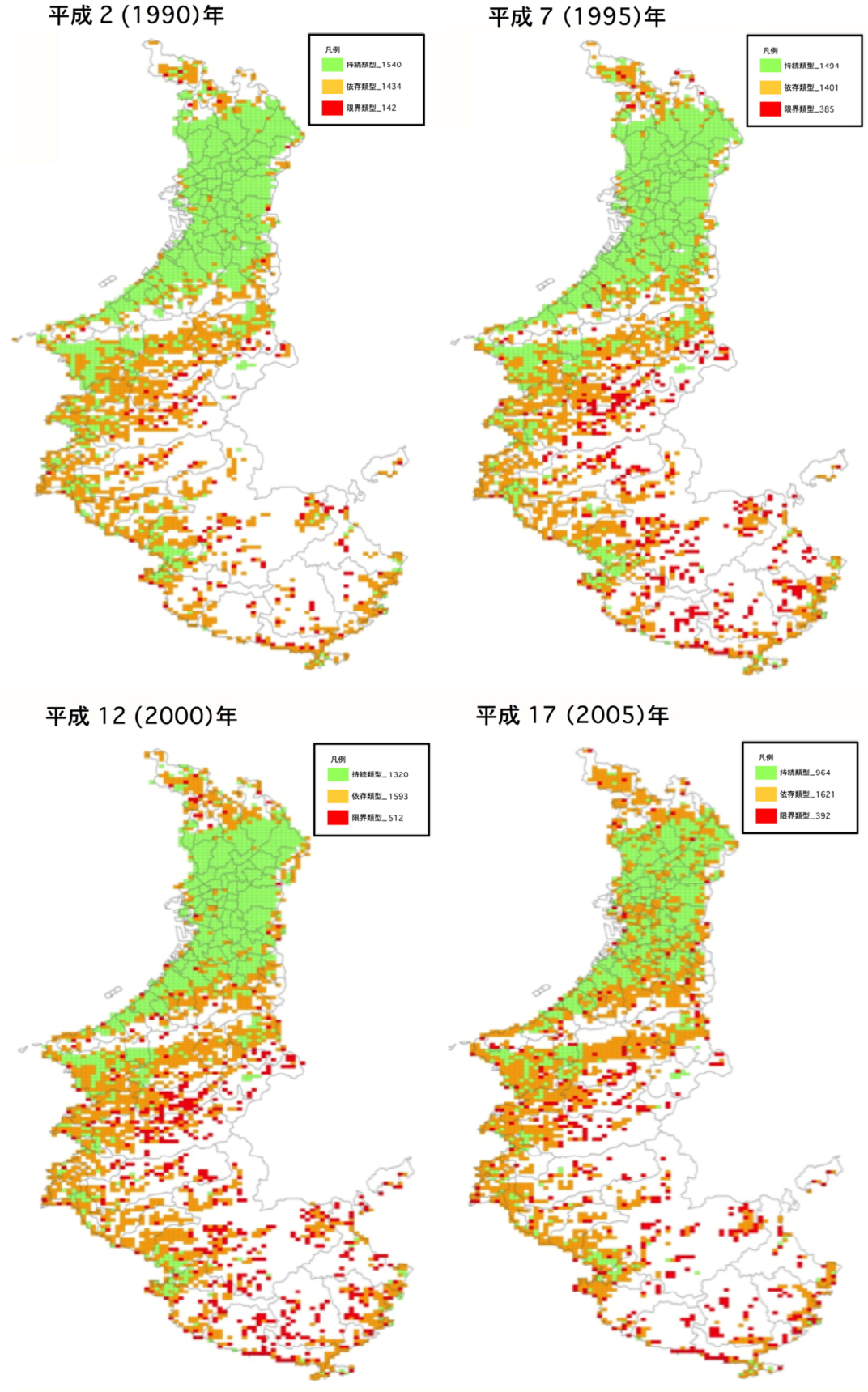


図３－４－①－３　「３つの地域類型」（大阪府・和歌山県の例）

陳ほか, 2010 を踏まえ、本年度改良を行った地域類型手法に基づき大阪府と和歌山県を対象とし、地域特性の分布状況を観察した（図３－４－①－３）。

3）地域類型の手順書作成

手法の妥当性の再確認を行い確立した国勢調査メッシュ情報を用いた地域類型手法を、より多くの人々が利用可能なように、大学生レベルを対象とした地域類型を実施するための手順書の作成を行った。図３－４－①－４に手順書の例を示す。

手順書の策定にあたっては、実際のパソコンの画面の実例を示すと共に、分析・解析の背景となる考え方、資料も参考として示した。そのことで、どういった考え方に基づき地域類型が行われているのかについて理解ができるようになっている。

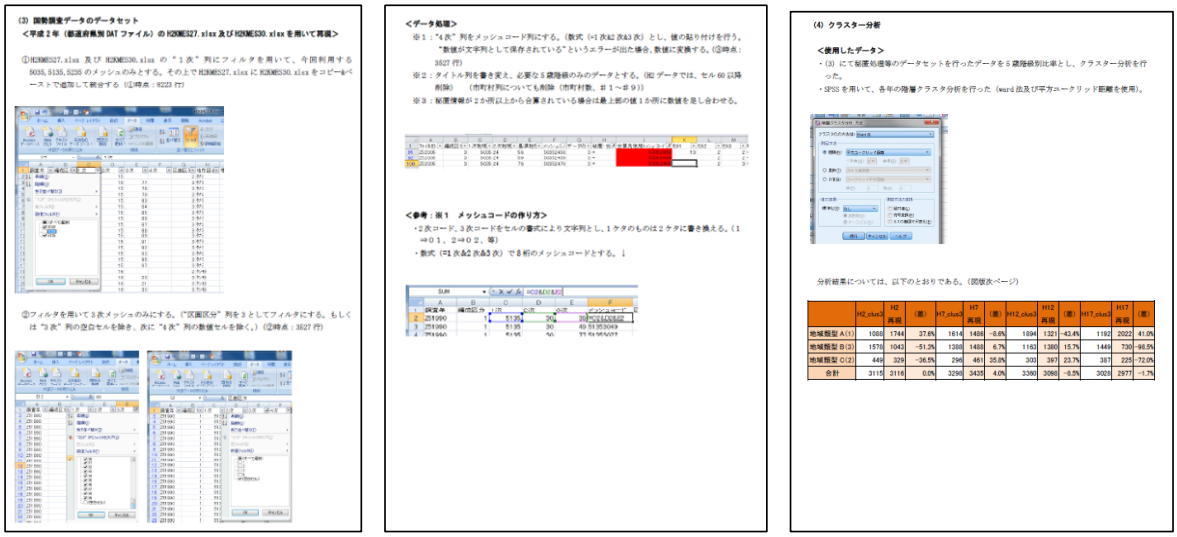


図３－４－①－４　手順書の例

4) 大規模災害の発生と地域類似特性への影響（兵庫県）

兵庫県を対象に、震災前の人口トレンドを踏まえた年齢構成の推計値と、震災後の国勢統計調査における年齢構成の実績値とを比較した結果を示す（図３－４－①－５）。

それによれば、人口の再生産力が強くなり、依存類型（オレンジ）から持続類型（緑）へと遷移したメッシュの存在が確認された。これは、兵庫県南部地震（1995年）の発生が住宅の滅失や建て替えを引き起こした結果、例えば震災前に家賃の低廉な住宅に住んでいた高齢者の姿が消え、代わりに建設された集合住宅へ子育て世代居住者が入れ替わった事態を反映していると考えられる。従前居住者が災害後も同じ土地で居住を継続できるように配慮を求める声が聞かれることは多いが、震災が起きた結果、人口トレンドが人口の再生産力を強めた可能性があるという帰結は、今後、慎重に吟味する必要がある。他方、人口の再生産力が弱くなり、依存類型（オレンジ）から限界類型（赤）へと遷移したメッシュも数多く存在する。これは災害

復興の過程で子育て世代居住者の流出が発生した結果と考えられる。以上のように、兵庫県南部地震は地域の人口の再生産力を二極分化させたといえる。

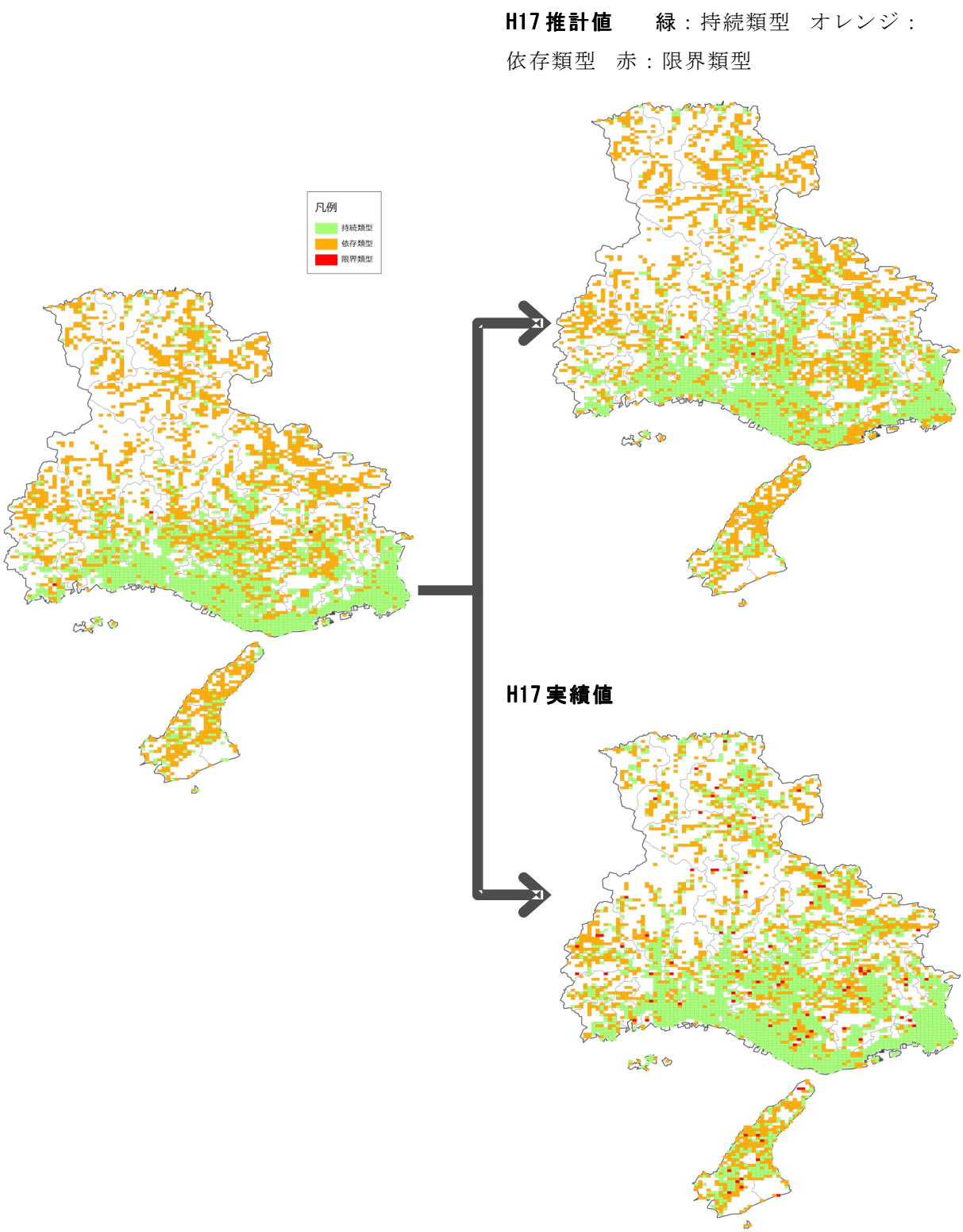


図３－４－①－５　兵庫県南部地震の影響の検討

(d) 結論ならびに今後の課題

1)地域類型システムの高度化

平成 25 年度の業務実施の結果、陳らが考案した地域特性評価システムの再現性の確認、ならびに手法の修正を行った。今後、全国データを用いたクラスター分析結果との比較等を行い、本手法による地域類型の安定性の検証を行う。また、地域類型結果の妥当性の検証のため、地域類型区分の結果が当初の定義通り「持続型」のまま推移したかどうかを確認するため、「持続型」として判別されたメッシュが果たして持続しているのか、比較分析し、検証を行う。また施設分布等、他の情報も含めた地域類型手法の策定を行う。

2)地域類型による復興像の推計

推計将来人口に対して本手法を適用し、南海トラフ推定被災地域をはじめとする日本全国各地の地域特性を「持続型」、「依存型」、「限界型」の３類型に区分し、分析する。阪神・淡路大震災、新潟県中越地震などの災害後の国勢調査結果(平成 22 年調査)と本分析による地域類型との関係性を分析し、変化の傾向を把握する。また現地調査等により、災害による地域類型変化の詳細な要因分析を行う。

3)事前復興計画策定のための地域類型結果の利用

被害想定結果に加え、将来の地域の姿の推定結果である将来の地域類型結果を、将来発生する災害を見据えて事前復興計画の策定を行うための基礎データとして利用する。また、実際の事前復興計画策定ワークショップにおいて、地域類型結果を示し、その具体的な利用方法についての検討を行う。

(e) 引用文献

1) Chen, H., Maki, N. and Hayashi, H., 2009, Evaluating the Impact of Demographic Transition in the Context of the Tokai-Tonankai-Nankai Earthquake, Japan, Journal of Natural Disaster Science, Volume 31, Number 2, 2009, pp.21-32
2) Chen, H., Maki, N. and Hayashi, H., 2010, Adapting the Demographic transition in preparation for the Tokai-Tonankai-Nankai Earthquake, Journal of Disaster Research Vol.5, No.6, 2010
3) 陳海立・牧紀男・林春男, 2010, 地域人口特性に基づく地域復興の評価：阪神・淡路大震災と新潟県中越地震の地域特性と復興像、地域安全学会論文集（13）, 347-355, 2010 年 11 月, 地域安全学会
4) 陳海立, 2010, 将来における人口減少時代への適応戦略に関する研究–東海・東南海・南海地震に備えて–, 京都大学学位請求論文, 2010 年
5) 文部科学省, 平成 21 年度　連動性を考慮した強震動・津波予測及び地震・津波被害予測研究　東海・東南海・南海地震の連動性評価研究プロジェクト報告書
6) 公益財団法人統計情報研究開発センター（SINFONICA）, 1990～2005 年国勢統計調査データ

② 事前復興の実践

(a) 業務の要約

南海トラフ巨大地震を想定した復興準備（事前復興）においては、将来の人口増減と複合災害発生を想定した長期的な土地利用計画を策定することが重要である。しかし、そのような土地利用計画を策定する技法（方法・技術）は未開発である。そこで、人口増減の実態と災害発生のリスクの分析に基づき土地利用・市街地整備の方針を定めた米国のニューオーリンズ市復興計画の策定技法を調査した上で、それを参考として、東海４県において将来の人口増減と複合災害発生を想定した長期的な土地利用計画を策定するための空間データベースの構築を行った。また、並行して、国土交通省中部地方整備局の中部地方の自治体を対象とする「津波・災害に強いまちづくりガイドライン」の策定、愛知県名古屋市の「防災まちづくり計画」の策定、愛知県津島市の「減災まちづくりビジョン」の基本的枠組みの設定に以下の業務から得られた専門的知見を提供した。

(b) 業務の実施方法

ニューオーリンズ市復興計画の策定技法の調査

本調査業務では 2005 年のハリケーン・カトリーナによる水害で広範囲に面的な被害を受けた米国のニューオーリンズ市の復興計画であるニューオーリンズ市統合計画（The Unified New Orleans Plan、以下 UNOP とする）（City of New Orleansunop, 2007）を対象とした。UNOP の特徴として、全市計画チーム、地区計画チームともに、①総合的な復興に関わる調査、②復興シナリオの設定および選択、③復興計画の策定およびプロジェクトの優先順位づけ、の３フェーズの計画プロセスに従って計画策定を行ったこと、また、それらは人口の復旧ペースと将来の洪水リスクを踏まえた戦略的な復興の枠組みに従われたことが指摘されている（Laurie J. and R. Raphael, 2007）。本業務では UNOP 策定過程の各フェーズにおいて、特に災害リスクと人口増減を考慮した②のフェーズに焦点を当て、そこで適用された計画策定技法を特定し、その特徴を理解することを目的とした。

業務の実施方法は、次のとおりである。まず全市計画（CitywidePlan）（City of New Orleansunop, 2007）と地区計画（District Plan）（H3 Studio, Inc., 2007）を研究の主軸の資料とし、UNOP の概要を明らかにし、計画の全体像を把握した。次に UNOP 策定の経緯を「全市（Citywide）」「地区・近隣（District /Neighborhood）」の２つのレベルで追い、議会・会議の議題等を踏まえながら策定過程を時系列で整理した。そして、UNOP 策定のコアとなる３つのフェーズを抽出した後、各フェーズでの内容を明らかにし、そのうちの一つであるシナリオの設定および選択の方法に着目して、より詳細なステップを整理した。以上の結果は、図３－４－②－１に示す通りである。

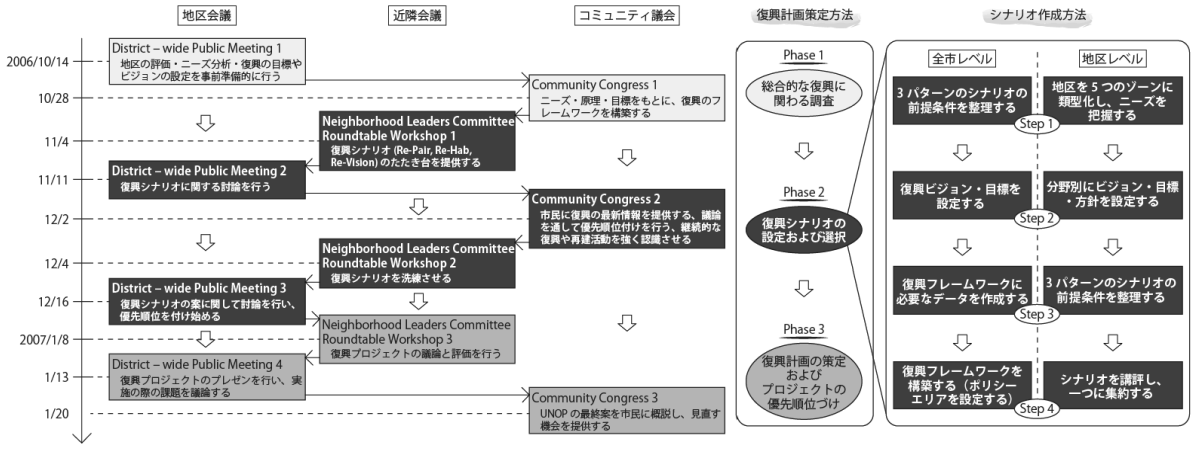


図３－４－②－１　UNOP 計画策定過程とシナリオ設定・選択方法 [1]に基づき作成

その上で､資料の内容をシナリオの設定および選択のフェーズに焦点を当て整理し、各ステップとそれを支える技法を全市と地区、２つのレベルそれぞれに関して特定した。

東海４県を対象とした人口増減と複合災害の情報を含む空間データベースの構築

本業務では災害リスクとして津波、液状化、土砂災害、洪水の４つを扱った。津波、土砂災害、洪水は表３－４－②－１のデータをそのまま用い、液状化は国土交通省国土地理院が公表している簡便な評価手法（国土交通省国土地理院，2007）を用いた。しかし、この手法では土地条件図が用いられているが、東海４県では全域で整備されてないため、代替的に自然環境条件図を用いた。具体的には、簡便な評価手法の土地条件図に関する評価基準と自然環境条件図の凡例を比較して対応させることで液状化可能性を評価した。しかし、自然環境条件図の砂丘・砂礫、三角州性低地、扇状地性低地、砂礫台地はそれぞれ評価が２パターン考えられるため、全てのパターンの組み合わせを図化し、南海トラフの巨大地震検討会で公表されている被害想定の基本ケース（南海トラフの巨大地震モデル検討会，2012）に最も近似しているパターンを採用した。

表３－４－②－１　業務で使用したデータ源

津波	名古屋大学川崎浩司准教授 作成 「東海・東南海・南海三連動型地震津波データ」
液状化	国土調査（国土交通省 国土政策局 国土情報課） 「自然環境条件図」
土砂災害	国土数値情報（国土交通省 国土政策局 国土情報課） 「平成22年 土砂災害危険箇所データ」
洪水	国土数値情報（国土交通省 国土政策局 国土情報課） 「平成24年 浸水想定区域データ」
人口	e-Stat 政府の統計窓口（総務省 統計局） 「平成22年国勢調査（小地域）2010/10/01」 「平成17年国勢調査（小地域）2005/10/01」

また、人口増減として、2010 年と 2005 年の２時点の国勢調査を基に、小地域単位での年平均人口増加率を算出した。しかし、その過程では、２時点の境界にずれが生じる、境界に海域が含まれる、などの問題が生じたため、GIS 上でそれらの問題点の修正を行った。また、２時点では合併等で境界が異なる地域が幾つか存在するため、2005 年の人口データを平成 22 年の境界データで面積按分することにより、２時点の人口データを 2010 年の境界で統一した。

GIS 上で結合に用いるベースデータとして小地域界が考えられるが、小地域界毎に面積の差異が著しく異なるため、不均質になるだけでなく、面積の大きな地域ほど結合時の精度が粗くなる。そこで、本業務ではベースデータとして、100m メッシュを作成し、そのメッシュに結合することで、精度を細かく、面積を均質にした。メッシュへの結合時の課題として、一つのメッシュに複数の要素が跨る際の扱いがある。人口増減、津波は、それぞれ年平均人口増加率の最小値、最大浸水深の最大値を採用し、また液状化、土砂災害、洪水は、メッシュ内の面積を最も占める要素を採用した。以上の作業で、人口増減、津波、液状化、土砂災害、洪水が結合された 100m メッシュデータを作成した。

土地の類型化の指標として扱うために、人口増減として結合した年平均人口増加率を用いて人口増減データを３区分化した。人口増減の区分として、増加、停滞、減少の３段階が考えられるが、人口減少社会では大部分が減少となるため、本研究では東海４県の中での相対的な人口増減を把握した。具体的には、年平均人口増加率を結合した東海４県の 100m メッシュの総数が 3 つに等量となるように分割した値を３区分の基準として用いた。-2.656142≦年平均人口増加率＜-1.030775 に該当するメッシュを「平均的」とし、それよりも値の大きなメッシュ（-1.030775≦年平均人口増加率）を「増加側」、値の小さなメッシュ（年平均人口増加率＜-2.656142）を「減少側」と設定した。これはすなわち、東海４県全体で見ると、増加側、平均的、減少側の各面積（メッシュ数）がほぼ等しいということである。

(c) 業務の成果

ニューオーリンズ市復興計画の策定技法の調査

本調査の結果として、以下の通り、シナリオ設定・選択のステップとそれを支える技法が特定された。

1) 全市－１：パターンのシナリオの前提条件を整理する技法

市の将来の復興シナリオを作成するために、前提条件として「人口回復」、「洪水防護」「財源」という３つの視点をベースとする、３パターンの復興シナリオが作成された（表３－４－②－２）。人口回復はハリケーン・カトリーナ被災前の人口を基準としたときの回復の程度、洪水防護は対策の方法、財源は資金援助の程度を基準として整理された。

表３－４－②－２　シナリオの前提条件の整理（全市）[1)に基づき作成]

	Re-Pair	Re-Habilitate	Re-Vision
人口回復	ゆっくりと増加するがカトリーナ被災前のレベルには達しない	カトリーナ被災前と同等レベルに近づく	カトリーナ被災前の人口に完全に戻るか被災前の人口レベルを超える
洪水防護	2010年の堤防・ポンプ施設・運河の状況を超えるような実質的な改善は無い	再建や再配置に関して、多くの個人や企業の意思決定により二次的な洪水防護が得られる	外的な洪水防護に頼るのではなく、非常に多くの構造物や地域資産をかさ上げ・移転する
財源	公的・民的財産への被害を回復するための資金として、FEMAの公共支援プログラム（PA）、中小企業局（SBA）の融資、民間保険、連邦補助金がルイジアナ復興局（LRA）に提供する復興資金をあてにする 既存プログラムは現状の資金レベルで完全に実行されるが、追加の大規模な資金援助は無い	既存プログラムは現状の資金レベルで完全に実行され、ニューオーリンズ市に連邦や州・民間による追加の資金援助が適度に行われることで、インフラに関する課題のある程度を改善し、他の投資やプロジェクトの為の経済的インセンティブ提供を促す	全ての既存プログラムや資金が完全に実行され、連邦・州・民間の資金援助が著しく且つ複数得られる 追加の資金援助は地域社会に戦略的に再投資され、最先端の学校や医療施設などにより生活の質が向上する
その他	ニューオーリンズ復興に望まれる、より高い生活の質・サービス提供基準を実現するための市の税金や消費者基盤がまだ十分でない	個人や企業、投資家は、市の安全と信頼を一層得ることができるが、市の投資を促す能力は、ますますゆっくりと発展し、別のハリケーンに襲われるというような予測不可能な外的要因により依存してしまう	最も大きな経済的・社会的・文化的な願望を実現するための、企業や投資家の市に対する信頼が大幅に改善される

2) 全市－２：復興ビジョン・目標を設定する技法

復興に関わるアセスメントや３つの復興シナリオの要素をもとに包括的に示された復興ビジョン・目標は、市の復興の指針となると同時に、復興フレームワークに組み込まれる重要な要素にもなった。復興ビジョンで挙げられた要素は、公共の場へのアクセシビリティ、緑の豊かさ、清潔さ、犯罪の無さ、経済の多様化、持続可能な行政、歴史保全であり、また、５～10年で近隣は回復し、多様な主体の協力のもと、繁栄、進歩したより安全で、強固で、スマートなまちを目指すというビジョンであった。復興目標は、市の復興に必要な枠組みづくりのために、７つの優先すべき事柄として示された。

3) 全市－３：復興フレームワークに必要なデータを作成する技法

復興フレームワークとは、復興のリアリティを出すために、ビジョンと目標のバランスをとるためのものであった。UNOP では復興に影響を与える包括的な課題として、人口回復率と将来の洪水リスクが取り上げられた。人口回復率を検討するための指標として「公益事業の利用率（utility usage)」が用いられ、ハリケーン・カトリーナ被災前（2004 年 11 月）のアクティビティと 2006 年 11 月のアクティビティの割合により求められた。具体的には公益事業の利用率 15%、60%を境にエリアが３段階に分割され、各々のエリアに関して方針が打ち出された。洪水リスクに関しては、２つの重要な要素として、「地形の標高」と「高潮のポテンシャル」が挙げられた。

4) 全市－４：復興フレームワークを構築する技法

前述の人口回復率と洪水リスクはそれぞれ３段階に分類され、これらを掛け合わせることで、３×３のマトリクスが作成された。さらに、「洪水リスク：小 且つ/又は 人口回復率：早」、「洪水リスク：中 且つ/又は 人口回復率：中」、「洪水リスク：高 且つ 人口回復率：遅」の３分類によりそれぞれポリシーエリア A、B、C が設定され、マトリクスがさらに３段階に分類された（図３－４－②－２）。ただし、ポリシーエリアは信頼性の高く、公に入手できるデータに基づいてはいるが、値は時が経つにつれ刻々と変化するものであるため、継続的にモニタリングし、柔軟に更新される必要があるものとされた。

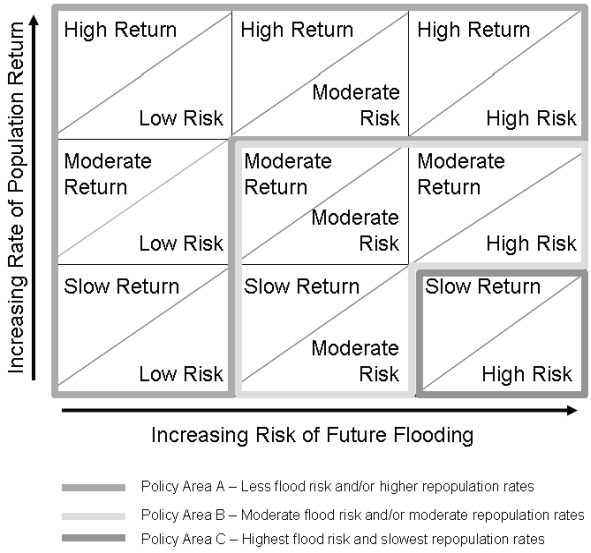
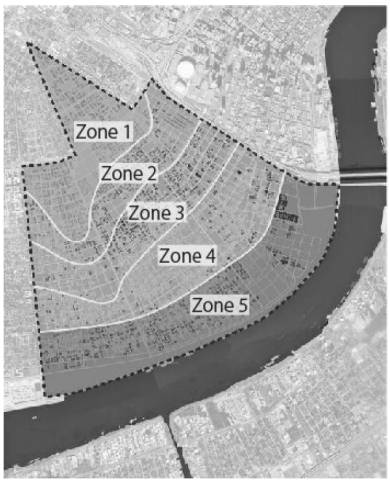


図３－４－②－２　ポリシーエリアのマトリクス [1)]

5) 地区－１：地区を５つのゾーンに類型化し、ニーズを把握する技法

専門家チームは、参加者の意見を引き出し、議論を深めるために、第１回地区会議前に「On-the-Ground」調査や既存の計画文書の調査を行い、得た情報を図と文でまとめた。調査により得られた情報を基に、地区内を５つのゾーンに類型化する作業が行われた（図３－４－②－３）。そのために、用いられた項目が、標高・浸水深・被害状況・建物状況・空き家実態・復興状況・投資状況の７つであった。標高に関しては、海水面が基準とされ、被害に関しては、浸水や建物被害の程度に加えて、空き家の程度の調査が行われた。その後、復興のニーズを鑑みて、地区内をさらに３つのゾーンに再分類する作業が行われた（図３－４－②－４）。



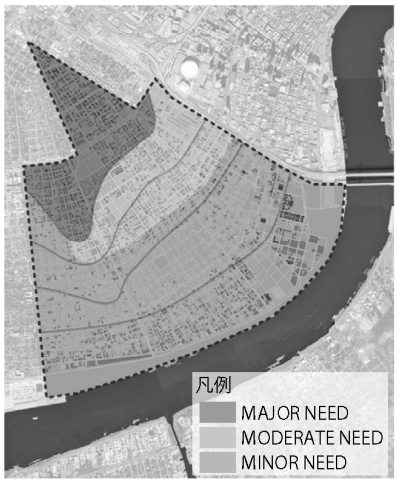


図３－４－②－３　第２地区の類型化 [2)]　図３－４－②－４　復興ニーズによる分類 [2)]

6) 地区－２：分野別にビジョン・目標・方針を設定する技法

第１回地区会議の目的のもう１つは明確なビジョン・目標の設定であった。多岐に渡る復興課題を整理するために分野別にビジョン・目標・方針が設定された。その分野は、リーダーシップ、地区・近隣、ハリケーン・洪水防護、住宅、公営住宅、歴史保全、経済発展、コミュニティ施設、教育、ヘルスケア、交通、インフラ・公益事業、財源・実施計画の全 13 項目であった。

7) 地区－３：パターンのシナリオの前提条件を整理する技法

第２地区でも全市計画と同様に「Re-Pair」「Re-Hab」「Re-Vision」の３パターンのシナリオが設定された（図３－４－②－５）。シナリオを決定づける変数として、基本となる「人口回復」、「洪水防護」、「財源」の３変数に加えて、「方針／アプローチ」、「タイムフレーム」を含めた全５変数が用いられた。方針／アプローチはインフラやコミュニティの戦略的な計画の有無、タイムフレームは関係主体との調整や実施期間が基準とされた。

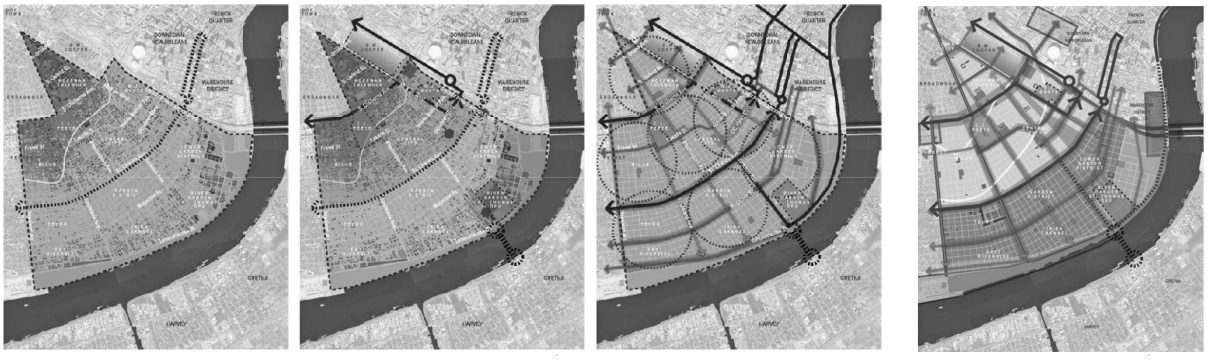


図３－４－②－５　３つのシナリオ（左から順に Re-Pair, Re-Hab, Re-Vision）[2)]

図３－４－②－６ Re-Hab+シナリオ [2)]

8) 地区－４：シナリオを講評し、一つに集約する技法

シナリオは３パターン検討されてはいるが、その中の１つを選ぶことが目的ではなく、組み合わせや統合による利用が目的であった。実際、第２地区でも「Break-Out」セッションを分野別（都市構造、洪水防護、住宅、公営住宅、歴史保全、経済発展、コミュニティ施設・公園、教育、ヘルスケア、公安、交通、インフラ）に行った結果、「Re-Hab」と「Re-Vision」がブレンドされ、レジリエンスの概念を通じて定義された「Re-Hab+」という、より現実的なアプローチが支持された（図３－４－②－６）。ほとんどの居住者は「Re-Vision」の提案の全てが可能であるというわけではないことを理解していたが、このシナリオの生活の質に関する提案の幾つかは、「Re-Hab」に取り入れられることとなった。

東海４県を対象とした人口増減と複合災害の情報を含む空間データベースの構築

災害リスクの組み合わせパターンによっても対策は異なるが、リスクがあるエリアの人口増減によっても対策は異なってくることが考えられるため、人口増減と複合災害リスクの関係とその土地面積を明らかにする必要がある。そこでまず、構築した空間データベースを基に、各種災害リスクの組み合わせパターンを列挙し、各パターンを無被害、単災害、複合災害に分類した。そして、各パターンの土地面積を把握するために、面積と東海４県全体の面積に占める割合を算出した。さらに、各パターンの人口増減の傾向を見るために、該当面積全体に対する各人口増減が占める割合を算出した。また、東海４県全体の面積に占める割合が１％（約 300 ㎢）以上のパターンに関しては、図３－４－②－７から図３－４－②－12 のように、該当エリアの分布と人口増減の関係を図化し、該当面積全体に対する各人口増減が占める割合をグラフで示した。

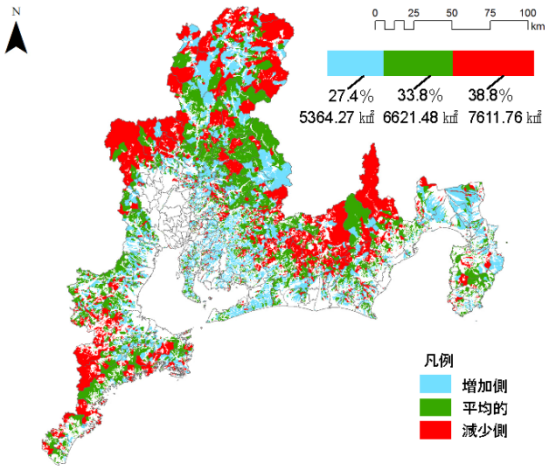


図３－４－②－７　無被害

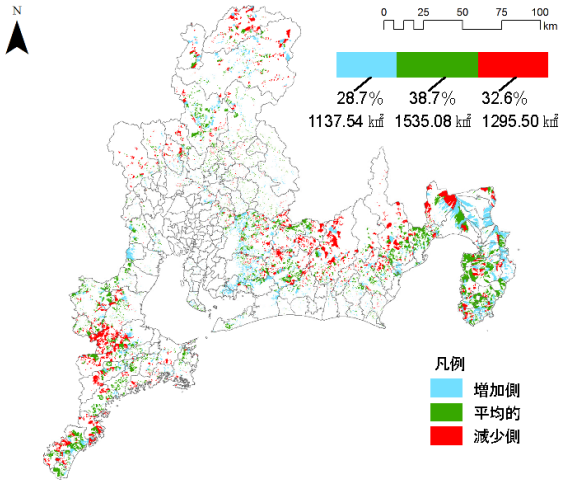


図３－４－②－８　単災害-土砂災害

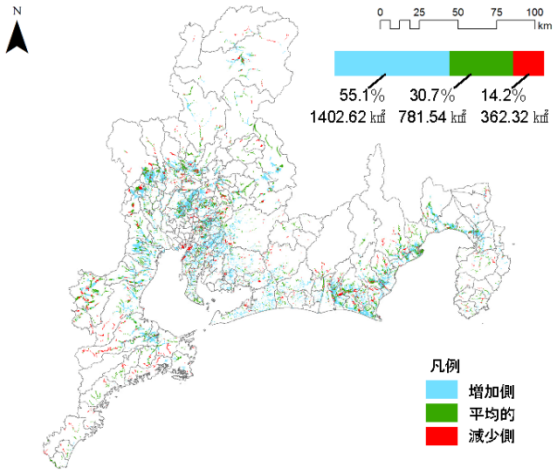


図３－４－②－９　単災害-液状化

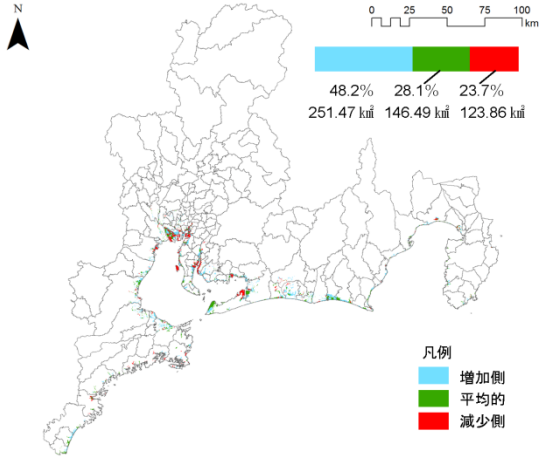


図３－４－②－10　複合災害-津波・液状化

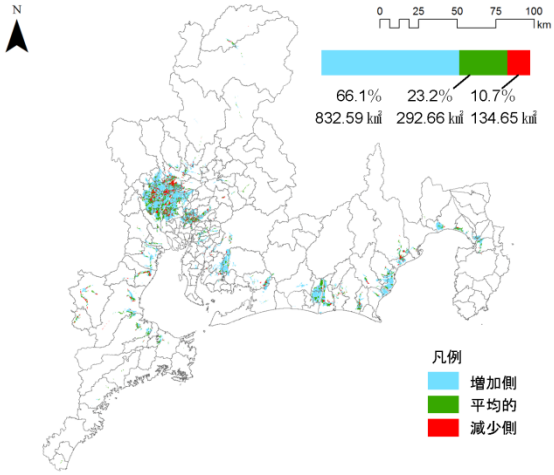


図３－４－②－11 複合災害-液状化・洪水

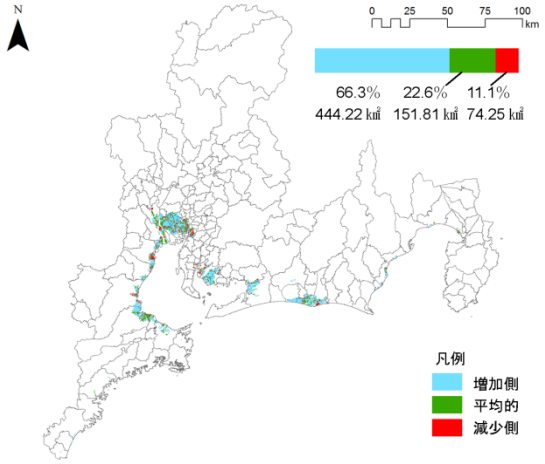


図３－４－②－12 複合災害-津波・液状化・洪水

(d) 結論ならびに今後の課題

ニューオーリンズ市復興計画（UNOP）の策定過程では、全市レベル及び地区レベルの取り組みの中で、いくつかの特徴ある計画技法が特定された。これらは、いずれも、日本における事前復興計画や復興計画の策定の際の参考となる。

東海４県を対象とした人口増減と複合災害の情報を含む空間データベースの構築は、ニューオーリンズ市復興計画（UNOP）の策定において人口回復と災害リスクのマトリクスが核にあったことからヒントを得て行った。これにより、人口増減と複合災害リスクの状況を踏まえた土地の類型化が可能となるが、人口増減だけでなく各種災害リスクも３区分化し、また、土地利用等のデータも加え、空間データベースを更新し、より緻密で詳細な分析を行えるようにする必要がある。また、こうした空間データベースの活用方法を具体的に示す必要がある。

(e) 引用文献

1) City of New Orleans, unop, The Unified New Orleans Plan: CITYWIDE STRATEGIC RECOVERY AND REBUILDING PLAN, 2007.
2) H3 Studio, Inc., A Framework for Sustainable Urban Resilience, The Unified New Orleans Plan, District 2, New Orleans, Louisiana, 2007.
3) 国土交通省国土地理院，自治体担当者のための防災地理情報利活用マニュアル（案）－土地条件図の数値データを使用した簡便な災害危険性評価手法－，国土地理院技術資料，D･1-No.479，2007.
4) Laurie Johnson and Raphael Rabalais, Planning for Post-Disaster Rebuilding, An Update from New Orleans，きんもくせい，50+36+47 号，学芸出版社, 2007.
5) 南海トラフの巨大地震モデル検討会，強震断層モデル編（別添資料）－液状化可能性、沈下量について－（第二次報告），2012.

(3) 平成 26 年度業務計画案

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う。

また、復興・復旧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となる行政制度、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
独立行政法人防災科学技術研究所	領域長 主任研究員 研究員 研究員 契約研究員 契約研究員 契約研究員	藤原広行 臼田裕一郎 田口仁 李泰榮 東宏樹 崔青林 水井良暢
独立行政法人海洋研究開発機構	プロジェクトリーダー グループリーダー 副主任 技術主任	金田 義行 高橋 成実 中野　優 馬場 俊孝
国立大学法人名古屋大学	教授 准教授 准教授 寄附研究部門教授 寄附研究部門助教 技術職員 技術補佐員 技術補佐員	福和伸夫 護雅史 山中佳子 武村雅之 倉田和己 川端寛文 近藤ひろ子 脇田久美子
国立大学法人東京大学	教授 特任助教	田中淳 地引泰人

(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する。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する。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する。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う。

平成 27 年度：

プラットフォームの実装について検討する。データの収集・整備、利活用システム開発を引き続き実施する。リアルタイム伝送システム開発を継続して実施する。RC・人材育成については、行動を促す知識構造の解明を進めるとともに、防災教育の社会実装実験を始める。

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する。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う。

平成 29 年度：

他の研究課題の成果のデータベース化とともに、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 25 年度業務目的

各種データベース及びプラットフォームの基本設計を行うとともに、初期段階（Ver. 0）として、「相互運用gサーバ」を各種データベースとして、「eコミュニティ・プラットフォーム」をプラットフォーム及び利活用システムとして適用し、初期投入可能なデータを用いてテストサイトを構築する。また、東海地域を対象として、ハザード・リスク評価、減災に関する地域特性に対応した各種データの収集・整備を開始する。地震や津波、その他の情報のリアルタイム伝送システ

ムの設計等を開始する。
加えて、防災に関わる人材育成・教育のための調査を開始する。
また、南海トラフ巨大地震で津波被害が想定される地域において、住民の防災知識構造を明確化するために、リスクコミュニケーションに関する住民調査を実施し、広大な想定被災地域における地域差に関する基礎データの収集・分析を行う。

(2)平成 25 年度成果

① 災害情報プラットフォーム

(a) 業務の要約

各種データベース及びプラットフォームの基本設計を行うとともに、初期段階（Ver. 0）として、「相互運用 g サーバ」（防災科学技術研究所, 2013）を各種データベースとして、「e コミュニティ・プラットフォーム」（防災科学技術研究所, 2013）をプラットフォーム及び利活用システムとして適用し、初期投入可能なデータを用いてテストサイトを構築した。

(b) 業務の実施方法

1)基本設計

災害情報プラットフォーム Ver. 0 を構築するための仕組みと機能を想定し、必要とされるシステムやツール、および情報についての基本設計を行う方針とした。

東日本大震災当時から現在に至るまで被災地での情報共有に役立てられている独立行政法人防災科学技術研究所（以下：防災科研）がオープンソースで開発している「e コミュニティ・プラットフォーム」を利用し、「相互運用 g サーバ」と「災害リスク情報クリアリングハウス」（防災科学技術研究所, 2013）を用いて各種データベースの運用を行う方針とした。

2)グループページの構築

a) グループページ

相互に情報共有を行うために専用のホームページを作成し、各地域の関係者が情報登録、閲覧、意見交換できる場を構築する方針とした。

b) GIS データの共有と閲覧機能

南海トラフ広域地震災害に関係する GIS データを共有し、各地域の参加者が「e コミュニティ・プラットフォーム」のマップ機能（e コミマップ）にて閲覧できるように構築する方針とした。

(c) 業務の成果

各地域の参加者が情報の発信と共有ができ、意見交換が可能なプラットフォーム環境の基本設計を行い、情報共有プラットフォーム Ver.0 を構築した。それにより以下のことが可能となった。

1) 基本設計

e コミュニティ・プラットフォームをベースとしグループページによる参加者同士がより容易に利用できる仕組みの基本設計を行った。

図３－５－①－１にて、災害情報プラットフォーム Ver.0 のシステム全体イメージを示す。

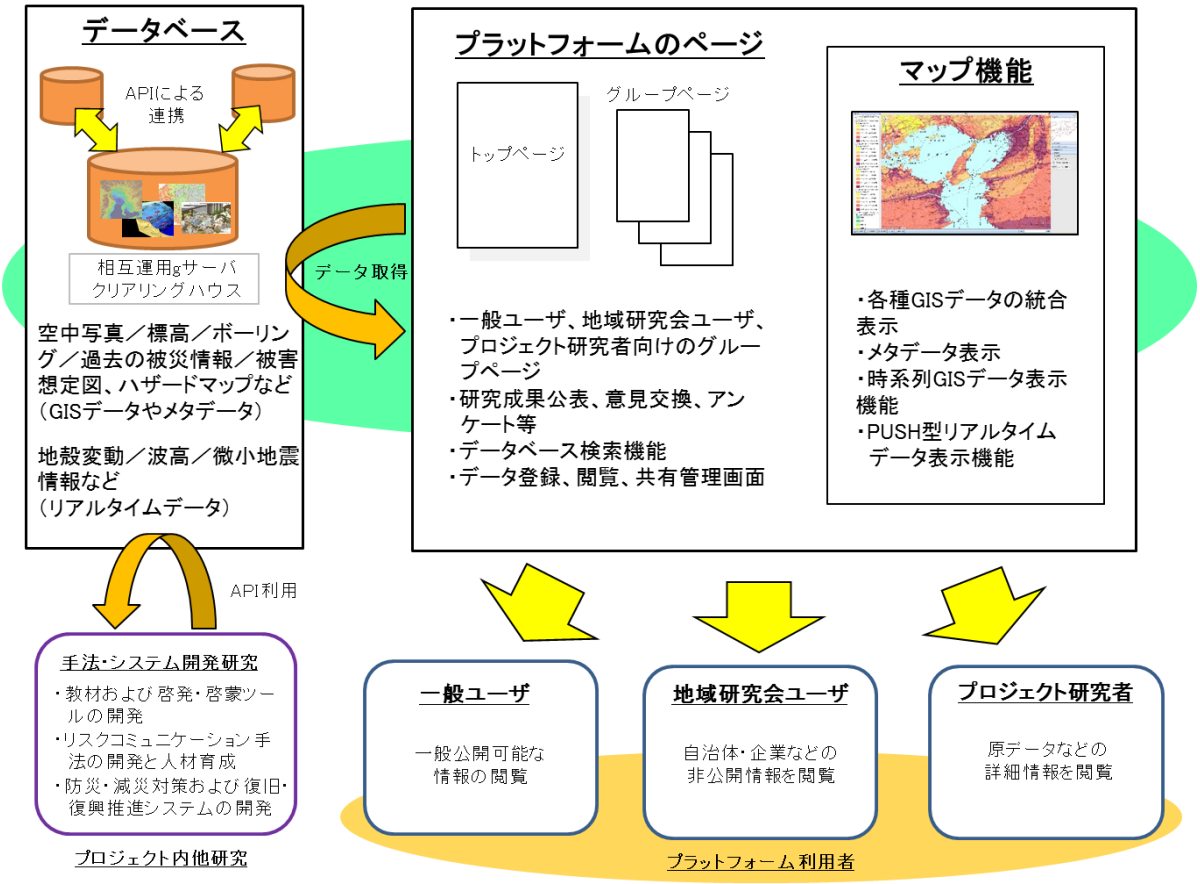


図３－５－①－１　「相互運用 g サーバ」と「災害リスク情報クリアリングハウス」による各種データベース運用と、「e コミュニティ・プラットフォーム」を活用した各種ユーザへの情報発信・共有のイメージ（防災科学技術研究所, 2013）

a)　グループページ

相互に情報共有を行うために専用のホームページを作成し、各地域の関係者が情報登録、閲覧、意見交換できる場を構築した。

対象とするユーザごとに取り扱える情報の権限設定ができ「一般」「地域研究会」「研究者」の３段階で公開可能な情報から原データまでを管理できるページの作成を可能とした。それぞれの関係者には必要とされる権限を持った ID とパスワードを配布し、参加者自身により相互に情報の入力・閲覧や意見交換が可能となる仕組みとした。

b)　GIS データの共有と閲覧機能

内閣府防災情報のページ（内閣府, 2012）にて提供されている「南海トラフの巨

大地震モデル検討会において検討された強震断層モデル、津波断層モデルに係るデータ」より計測震度、液状化指標、陸域における津波浸水深データを GIS データとして共有し、各地域の参加者が e コミマップにて閲覧できるようにした。

防災科研の地震ハザードステーション（J-SHIS）（防災科学技術研究所, 2013）にて公開されている確率論的地震動予測地図等を GIS データとして共有し、各地域の関係者が e コミマップにて閲覧できるようにした。

2) グループページの構築

検討した設計に基づき、情報共有プラットフォーム Ver.0 の構築を行った。図３－５－①－２に構築したサイトの全体像を示した。なお、データの共有は「相互運用 g サーバ」、「災害リスク・クリアリングハウス」にて運用している。図３－５－①－３、４がそれぞれの管理画面である。

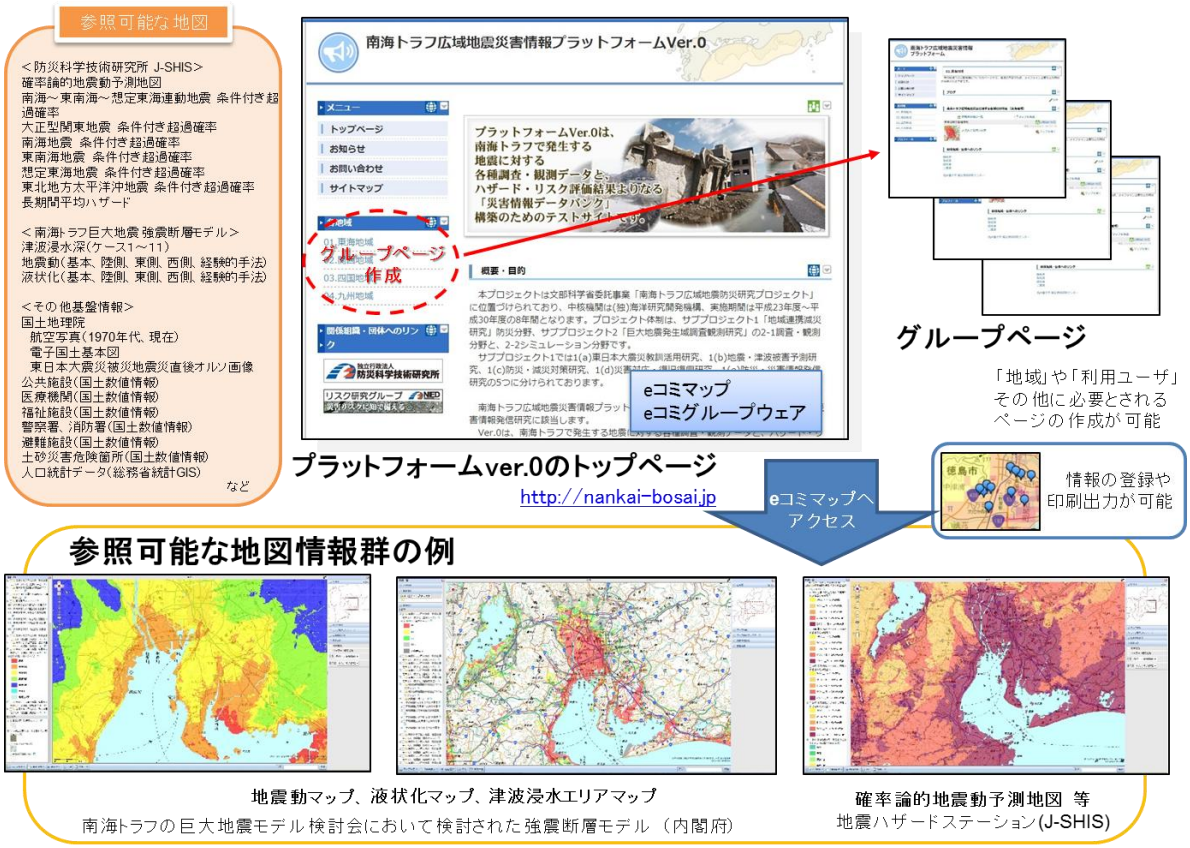


図３－５－①－２　グループページと e コミマップによる情報発信・共有のイメージ（防災科学技術研究所, 2013）

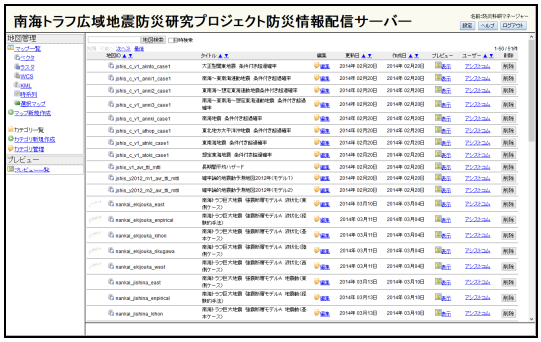


図３－５－①－３　相互運用 g サーバ（防災科学技術研究所, 2013）

図３－５－①－４　災害リスク情報クリアリングハウス（防災科学技術研究所, 2013）

今回構築したグループページにより、下記のことが可能となった。

① グループページによりテキストや画像データの情報発信と共有
② グループページにより意見交換の場を作成
③ e コミマップによる各地の浸水・地震動・液状化マップ、各種ハザード情報の閲覧
④ 数値情報の登録とマップ表示

a)　グループページ

グループページの Top では本プロジェクトの概要説明や新規お知らせをし、その下位の地域研究会向けのページにて各地特有の情報を取り扱える構成としている。

図３－５－①－５にて、Top ページを、図３－５－①－６にて各地域のページを示す。

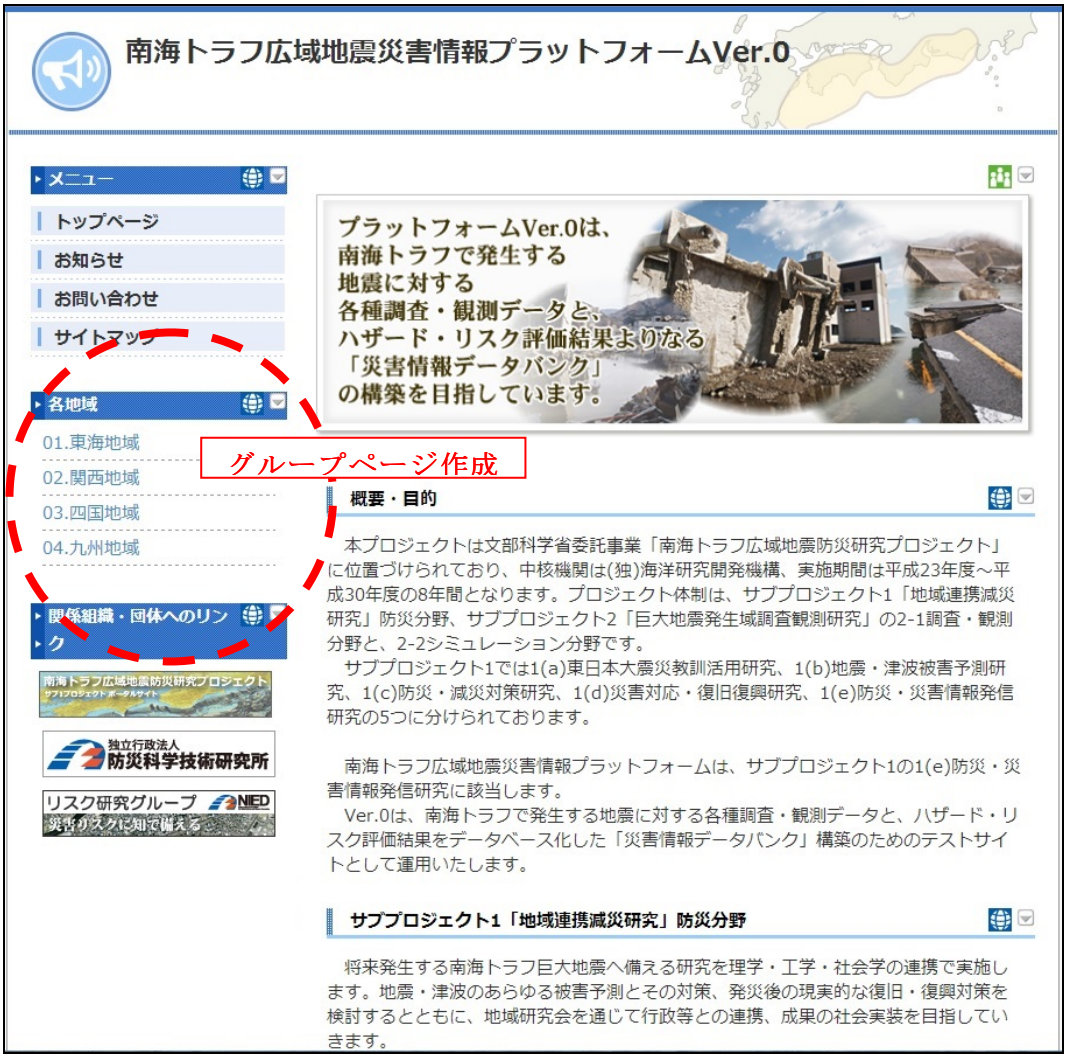


図３－５－①－５　災害情報プラットフォーム Ver.0 の Top 画面

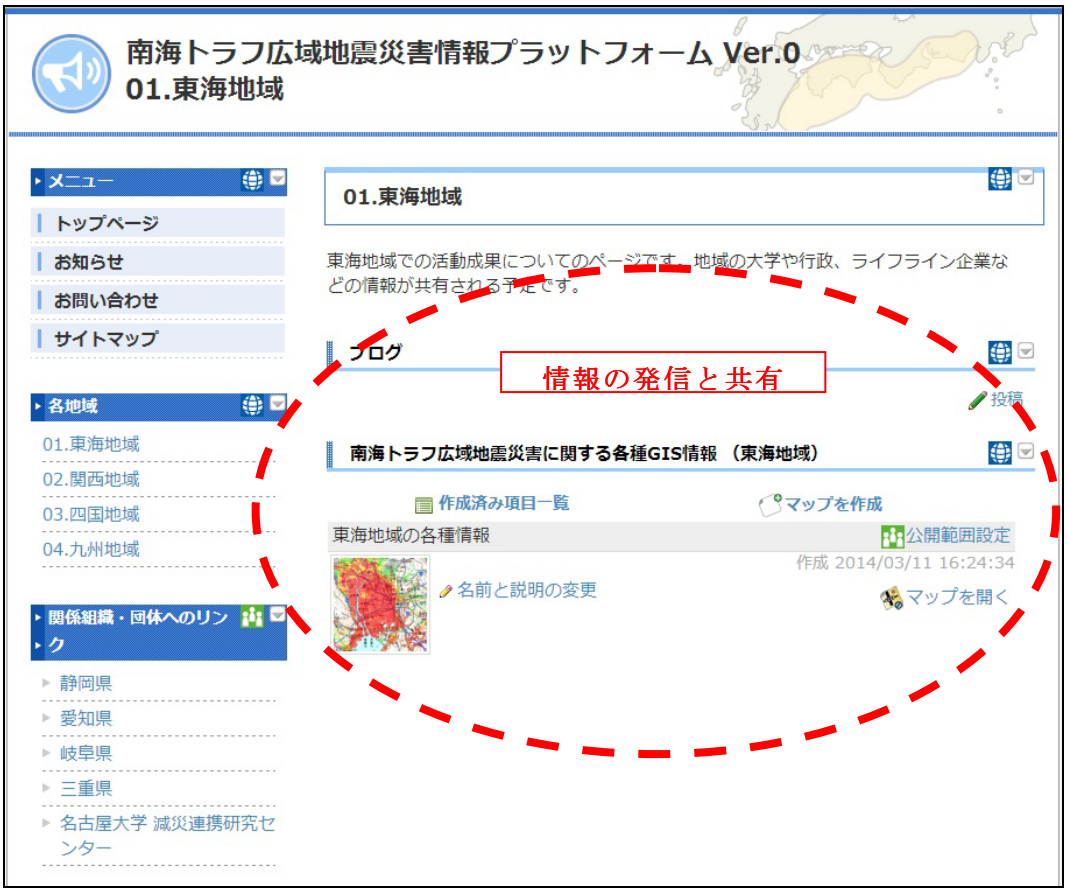


図３－５－①－６　各地域のグループページ画面（例として東海地域）

図３－５－①－６の赤丸で囲ったブログスペースや、次に説明するマップ機能を利用することによって各地の参加者が情報を入力・発信し、相互に活動内容を共有することが可能となる。

b)　GIS データの共有と閲覧機能

それぞれのグループページには、各地域が中心位置として初期表示されるように設定された e コミマップが設置されている。このマップ機能を使うことにより、GIS データで利用可能なハザード・リスク情報や地形・地質情報、社会基盤情報などさまざまな情報を入手することが可能となる。また、基本地図として、標準地図（地理院タイル）、電子国土基本図（地理院タイル航空写真）、OpenStreetMap、基盤地図情報が利用可能である。

前述しているように災害情報プラットフォーム Ver.0 では、内閣府により公開されている「南海トラフの巨大地震モデル検討会において検討された強震断層モデル、津波断層モデルに係るデータ」（内閣府, 2012）より計測震度、液状化指標、陸域における津波浸水深データと、地震ハザードステーション（J-SHIS）（防災科学技術研究所, 2013）の確率論的地震動予測地図等が既に閲覧可能となっている。

マップ機能を利用するためには、図３－５－①－７の地図アイコンをクリックするとマップ機能の画面へと移動できる。

図３－５－①－７　地域のページに設置されたｅコミマップへの移動アイコン

図３－５－①－８～18にて、現在利用できる情報の表示画面について説明する。

図３－５－①－８は情報を重ね合わせていない表示状態である。赤丸で囲った左カラム枠から閲覧可能なデータのチェック BOX を選択すると図３－５－①－９、10のように液状化や、地震動予測等に関する情報が表示される。

なお、各情報の凡例は画面左カラム枠に図３－５－①－11、12のように表示される。

図３－５－①－８　標準地図画面　（地理院タイル）

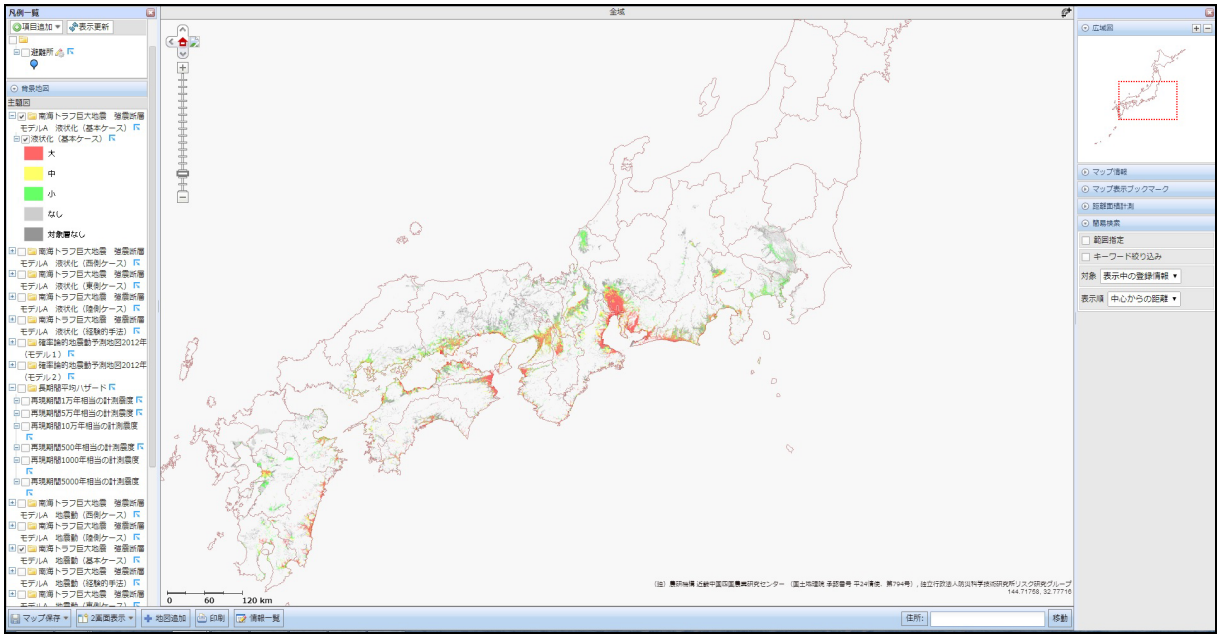


図３－５－①－９　液状化データ表示（「南海トラフの巨大地震モデル検討会」において検討された強震断層モデル、津波断層モデル）（内閣府, 2012）

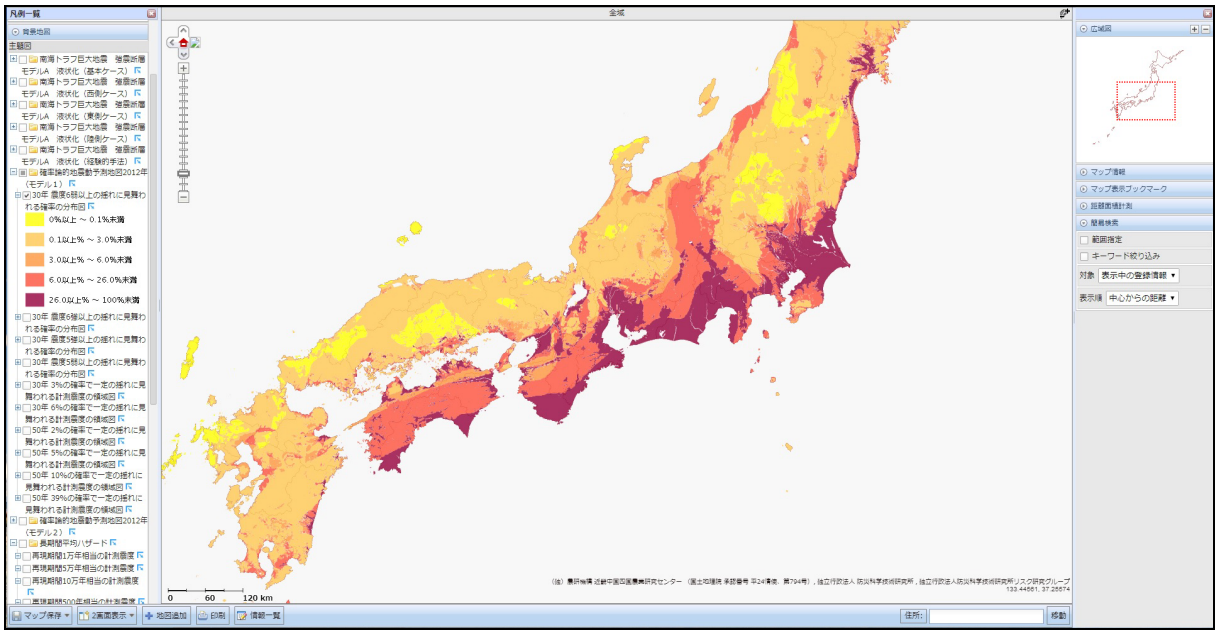


図３－５－①－10　J-SHIS データ表示（地震ハザードステーション J-SHIS）（防災科学技術研究所, 2013）

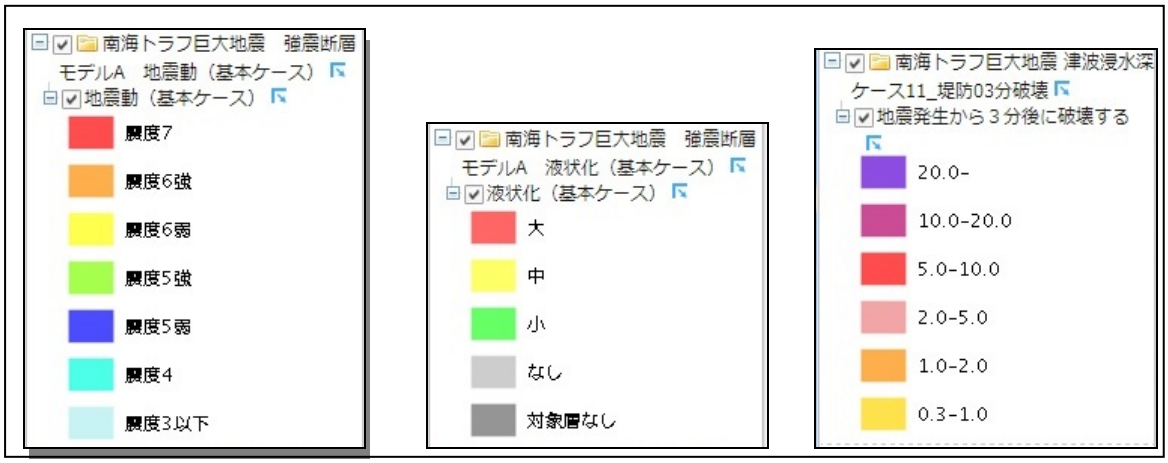


図３－５－①－11　凡例画面（地震動、液状化、津波浸水深）

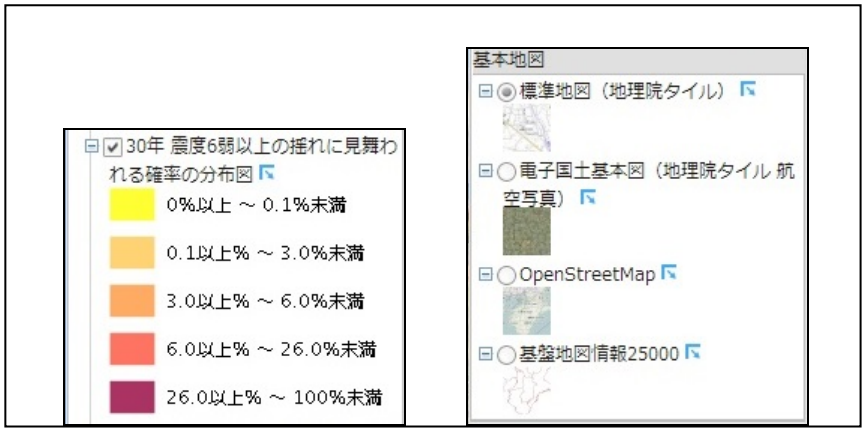


図３－５－①－12　凡例画面（地震動予測、基本地図選択）

基本地図として航空写真や白地図での表示も選択できる。また、数値情報を利用し指定避難所や公共施設などをマップにプロットすることも可能である。

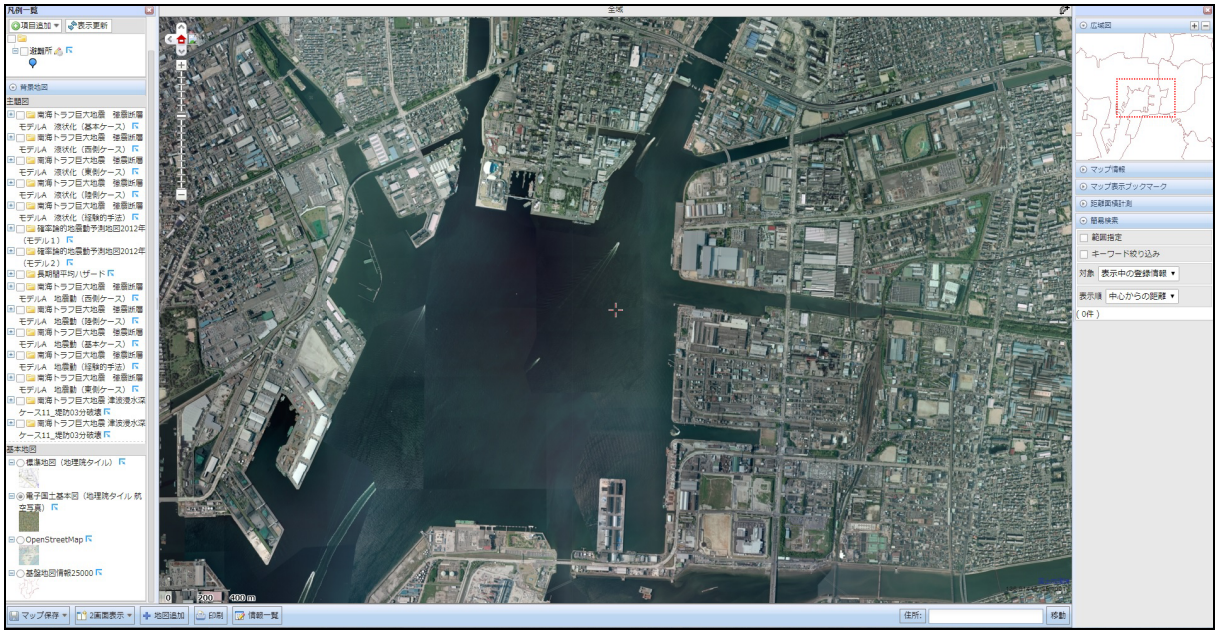


図３－５－①－13　航空写真画面（電子国土基本図 地理院タイル航空写真）

図３－５－①－14　徳島市中心部の避難所位置（国土数値情報）

次の図３－５－①－15～18 では、プロジェクトの地域研究会が対象としている研究会地域の１例として、愛知県周辺（東海地域）の詳細マップ表示を紹介する。なお、表示色の凡例に関してはそれぞれ前述しているとおりである。

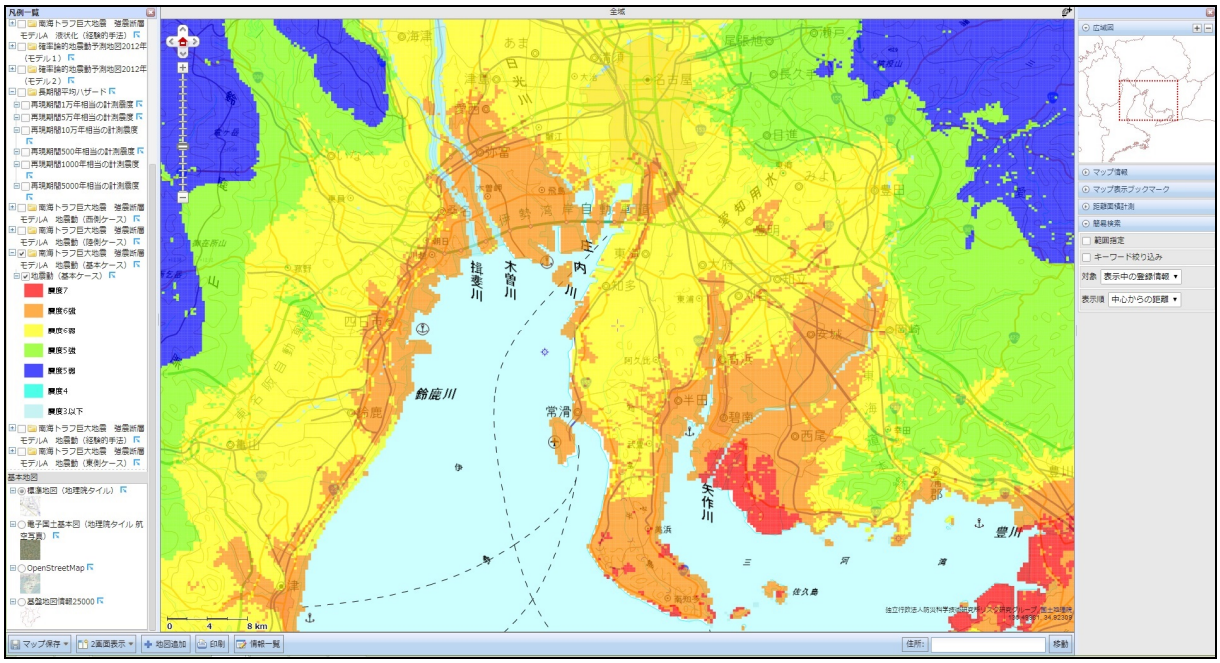


図３－５－①－15　愛知県周辺の地震動（「南海トラフの巨大地震モデル検討会」において検討された強震断層モデル、津波断層モデル）（内閣府, 2012）

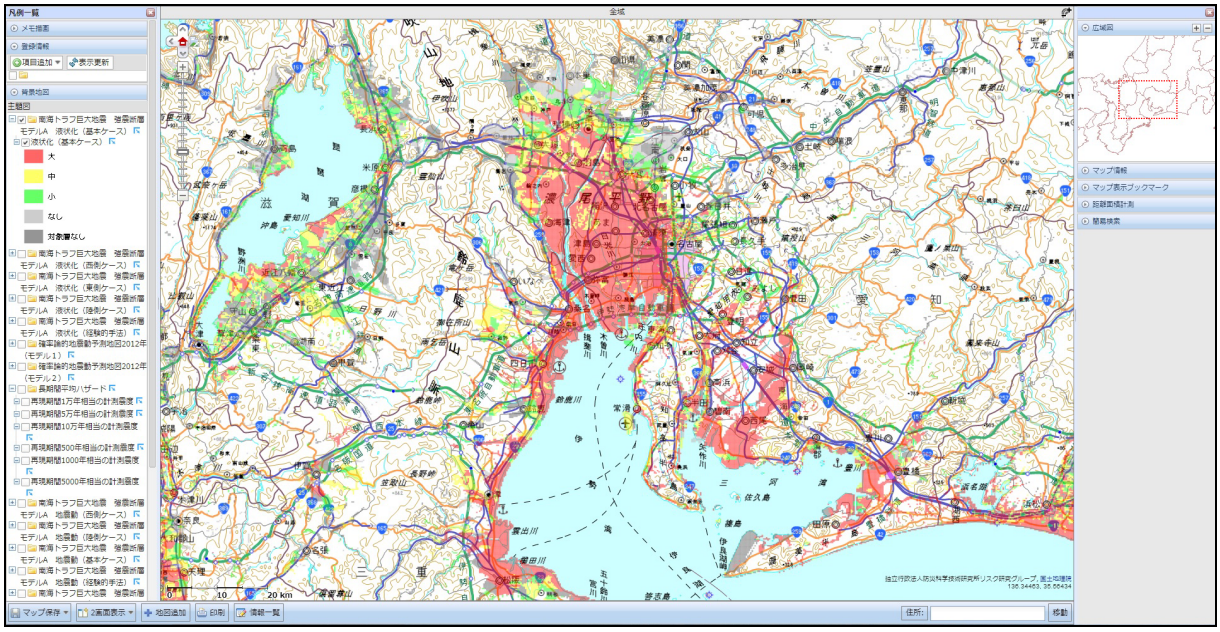


図３－５－①－16　愛知県周辺の液状化（「南海トラフの巨大地震モデル検討会」において検討された強震断層モデル、津波断層モデル）（内閣府, 2012）

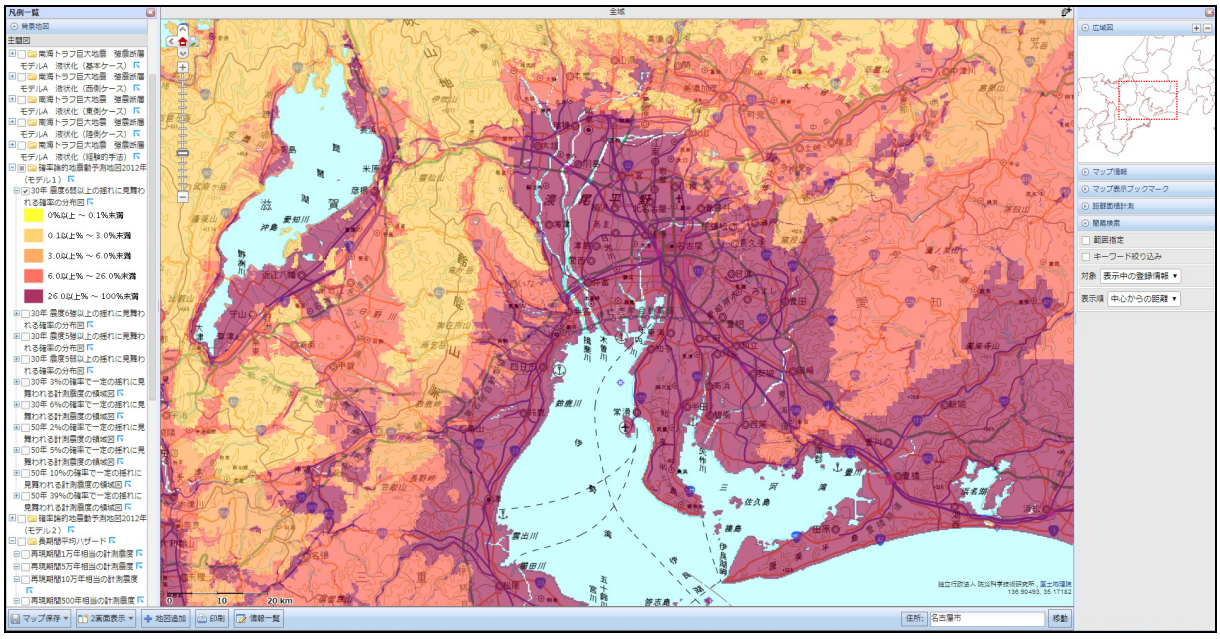


図３－５－①－17　愛知県周辺の震度 6 弱発生確率（30 年）（地震ハザードステーション J-SHIS）（防災科学技術研究所, 2013）

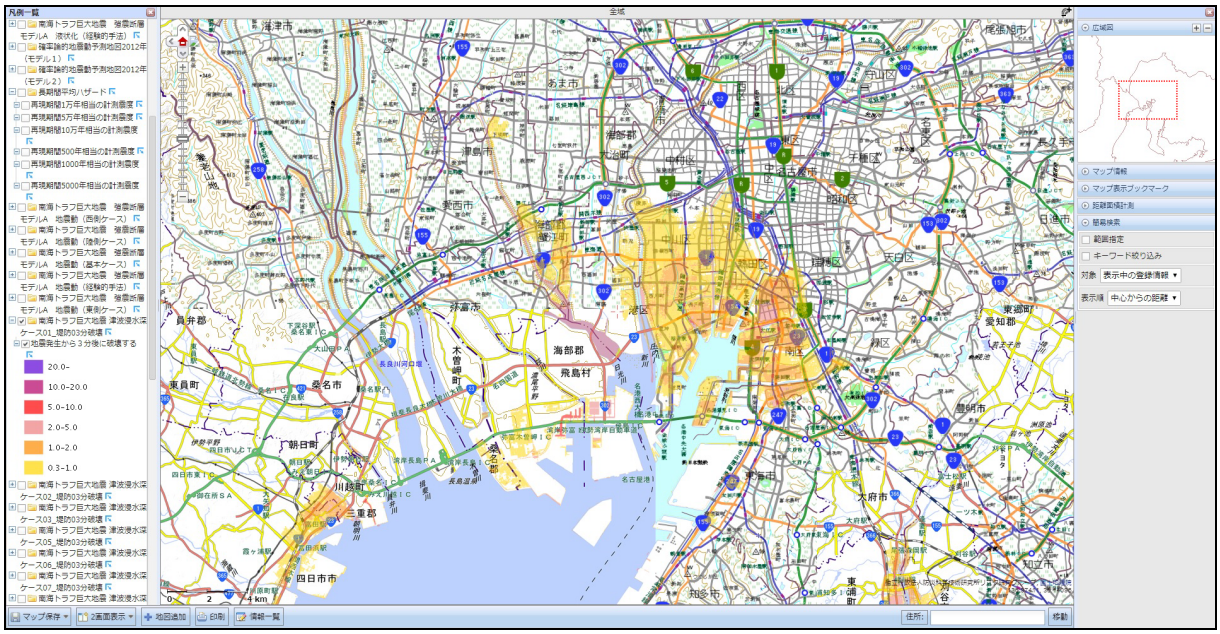


図３－５－①－18　名古屋市の津波浸水深 地震発生から 3 分後に堤防破壊（「南海トラフの巨大地震モデル検討会」において検討された強震断層モデル、津波断層モデル）（内閣府, 2012）

(d) 結論ならびに今後の課題

災害情報プラットフォーム Ver. 0 を設計し構築したことにより、当プロジェクトの参加者が情報を入力、発信、共有するための場が整備できた。

このことにより、これまで各自が独自に所有・使用していたローカル情報を同地域

の参加者同士、および他地域で必要とされる参加者と共有することが可能となった。また、権限設定機能を使い、一般公開可能な情報を関係者以外の一般ユーザに対して提供するための仕組みの検証も開始できることとなった。

GIS データを「相互運用 g サーバ」と「災害リスク情報クリアリングハウス」から所得し、マップ機能を利用して容易に閲覧できるようになった。

今後の課題としては、各種データベースおよびプラットフォームの詳細設計に着手するとともに、災害情報プラットフォーム Ver. 0 のテスト運用を通じて、データの運用管理や発信方法、利活用方法について検討し、必要な機能の追加開発のための設計を行う。

(e) 引用文献

1) 防災科学技術研究所, e コミュニティ・プラットフォームについての説明, http://ecom-plat.jp/, 2013
2) 防災科学技術研究所, 相互運用 g サーバについての説明, http://ecom-plat.jp/index.php?gid=10459 , 2013
3) 防災科学技術研究所, 災害リスク情報クリアリングハウスについての説明, http://ecom-plat.jp/group.php?gid=10620 , 2013
4) 防災科学技術研究所, 地震ハザードステーション(J-SHIS), http://www.j-shis.bosai.go.jp/, 2013
5) 内閣府,「南海トラフの巨大地震モデル検討会において検討された強震断層モデル、津波断層モデルに係るデータ」, http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/data_teikyou.html, 2012.12.

② リアルタイム伝送

(a) 業務の要約

巨大地震発生前の地殻変動や地震活動の変化は、2011年東北地方太平洋沖地震の調査研究から多数報告されてきた（例えば、Ito et al., 2012）。また、浅部低周波地震の活動は、地震発生域の固着がはがれるに従い、活発化することがシミュレーション研究から示唆されている（Ariyoshi et al., 2012）。このような微小地震の震源移動や発生頻度の変化は、その場の応力場の変化に起因すると考えられる。地震や津波の早期検知はもちろん必要であるが、東南海地震から南海地震へと連動発生する可能性を考慮すれば、これらの地震や津波を起こす海底下の現場の動きをモニタリングすることは、有効である。地震や津波の検知後、地震や津波、その他の情報のリアルタイム伝送システムの設計等を開始するにあたり、まずはP波初動を検知し、自動震源決定を通じて、震源分布をリアルタイムで伝送するシステムの構築を目指して、今年度は、主に陸上での観測データで高精度の結果を上げている自動震源決定ソフトウエア（堀内ほか, 2013；以下、「堀内システム」と表記）による検証を行った。

具体的には、DONETデータによる紀伊半島沖の熊野灘下および南海トラフ近傍の地震モニタリング精度向上を図るため、現行のWINシステムによるDONET自動震源決定およびオペレータによる手動読み取りの結果と比較することによって、将来の海底観測データの適したアルゴリズムやパラメータの検討材料の取得を行った。

(b) 業務の実施方法

南海トラフにおける地震活動を長期間にわたってリアルタイムでモニタし、均一な品質の地震カタログを作成することは、プレート境界や近傍で起きると予測される巨大地震の準備過程の理解と検知、付加体内部に想定される分岐断層の同定とその運動による津波の想定、トラフ周辺のテクトニクスの理解と巨大地震発生のメカニズムを検討するために重要である。海洋研究開発機構では、熊野灘において地震・津波検知能力の向上および早期検知を目的として、DONET の構築を行なった。DONET 観測によってこれまでに、紀伊半島沖の熊野灘および、南海トラフ近傍の地震が高精度に記録され、定常的に地震活動が起きていることを明らかにした。DONET データの解析によって、年平均三千以上の地震の震源が決定され、この地域における詳細な震源分布が明らかとなった。

DONET データによる地震の検出と震源決定には、これまで WIN システムを用いてイベントのトリガを行い、自動処理による震源決定及び、オペレータによる手動処理によって詳細な震源決定を行ってきた。しかし、オペレータによる処理では必然的に震源決定までに数日の遅れが生じる。また、規模の大きい地震発生後の余震の多発や群発地震など、活動レベルが上昇すると、オペレータによる処理には限界があるため、震源カタログの作成までに数か月程度の遅延が生じる。また、オペレータによる読み取りでは、作業者によって初動の読み取り位置に個人差が生じる可能性がある。したがって、高精度な自動処理システムを用いた長期間の定常モニタの導入が必要である。

DONETデータによる紀伊半島沖の熊野灘下および南海トラフ近傍の地震モニタリング精度向上のため、堀内システムを導入した。この手法はこれまで様々な陸上の観測データに適用され、既存の手法よりも遥かに高い地震の検出率を示している。また P、S 初動の読み取り精度も格段に向上しており、かつ統一した基準によって行われるために震源決定やトモグラフィーにおける走時残差がオペレータによる読み取りよりも小さいという結果が得られている。

今回導入した、堀内システムは、これまで主に陸上での観測データに適用され、精度向上のための数々の工夫が施されてきた。しかし、海底下での地震観測データはノイズや P、S 初動の現れ方の特徴が陸上観測と異なる場合がある。したがって、本年度はこれまで陸上観測データに適用されてきた現行のバージョンを導入し、WIN システムによる現行 DONET 自動震源決定及びオペレータによる手動読み取りの結果と比較を行った。堀内システムによる自動震源決定は、WIN システムよりは精度が向上したものの、まだオペレータによる手動震源決定には及ばない。したがって問題点を明らかにし、今後改善法を検討し、次年度以降さらなる精度向上を図っていく必要がある。

(c) 業務の成果

図３－５－②－１に堀内システムによる初動の自動読み取り結果の例を示す。地震動が明瞭な観測点のほとんどで初動の読み取りが行われている。定常運用に先立ち、二週間の DONET データを用いて震源決定結果の比較を行った。データの期間は、比較的

地震活動が活発だった 2012 年３月１日から 14 日とした。堀内システムによって得られた震源分布を図３－５－②－２に、DONET 手動処理による震源の分布を図３－５－②－３に示す。それぞれ、仮定している速度構造が異なるために震源の詳細な位置は異なるが、どちらも観測網の南東に地震が分布しており、これまでの解析結果と整合的である。以下に震源決定結果の概要を示す。

・堀内システムによって決まった震源：149
・DONET 自動処理によって決まった震源：93
・DONET 手動読み取りによって決まった震源：140
・堀内システムと DONET 手動処理で共通して決まった震源：105
・堀内システムだけが震源決定できたもの：44
・DONET 手動読み取りだけが震源決定できたもの：35

上記の結果から、海底に設置された DONET 観測データにおいても、手動読み取りによる震源決定に比べて、堀内システムによる地震の検出率が同等の高さにあることが明らかとなった。一方で、DONET 手動読み取りだけが震源決定できた地震も 35 あり、これらは海底観測データの陸上との特徴の違いのために取り逃したものと思われる。なお、現行の DONET 震源決定システムでは、微小な地震でもなるべく検知できるよう、非常に厳しい基準を設定している。そのためノイズによる誤検知も多く、手動処理によってこれらを除去している。これを鑑みると、堀内システムの現行の検知力は十分満足のいくものである。しかし、アルゴリズムの改良とさらなるチューニングによって、より精度の高いものにできると思われる。

図３－５－②－４に堀内手法だけで決まった震源の分布を示す。これらは、地震の規模が小さいために、DONET 震源決定処理ではノイズに埋もれて検出できなかったもの、もしくはオペレータが読み取りを諦めたものがほとんどである。図３－５－②－５に共通して決まった地震の震源の比較を示す。ただし、仮定している速度構造が異なるため、堀内手法の震源は DONET 処理で使用する構造を用いて震源の再決定を行った。両者の違いは、主に読み取り時刻のわずかな違い（特に S 波）や読み取りを行った観測点の組み合わせの違いによるもので、震源座標の違いは距離にしておおむね 20km 以内である。

一方、DONET 手動読み取りだけが震源決定できたイベントも 35 あった。これらについて詳しく調べたところ、多くの観測点において P 波初動が明瞭でなく検出、読み取りが困難であるが、S 波は明瞭であるため複数の観測点で読み取りが可能なイベントが多かった。通常、陸上での地震観測データではほとんどの観測点において P 波初動が明瞭であるため、現在の堀内システムでは P 波が検知できた観測点に対し S 波の読み取りを行うようになっている。海底観測では陸上と異なり、P 波が不明瞭だが S 波が明瞭にみられる記録が多くあるので、このような波形を適切に処理できるよう、今後改良を行っていく必要がある。

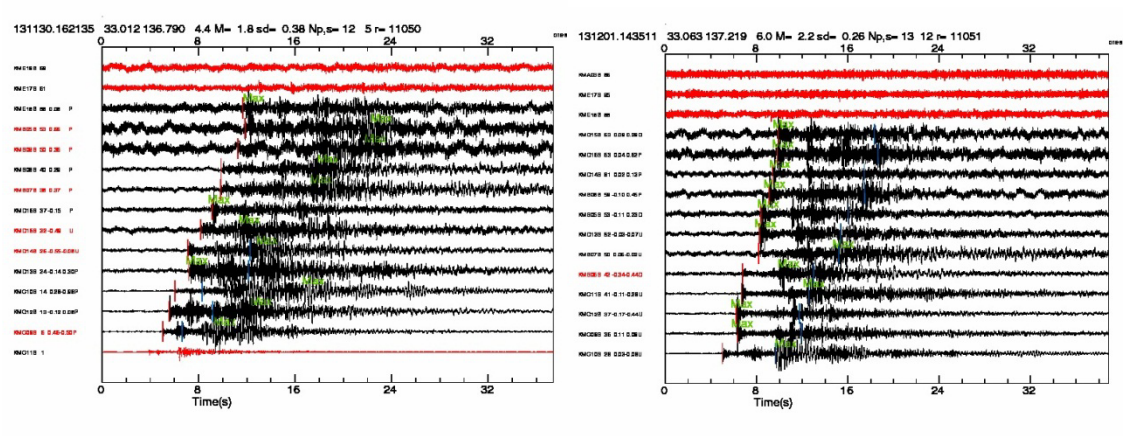


図３－５－②－１　堀内システムによる自動初動読み取り結果の例

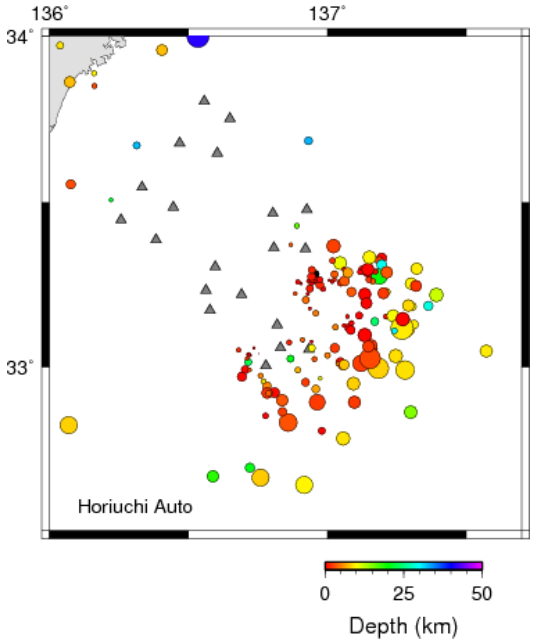


図３－５－②－２堀内システムによる震源分布（▲は DONET 観測点を示す）

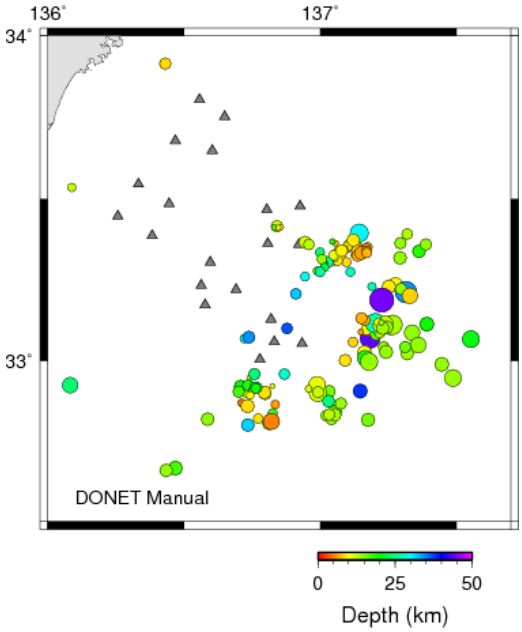


図３－５－②－３DONET 手動処理による震源分布（▲は DONET 観測点を示す）

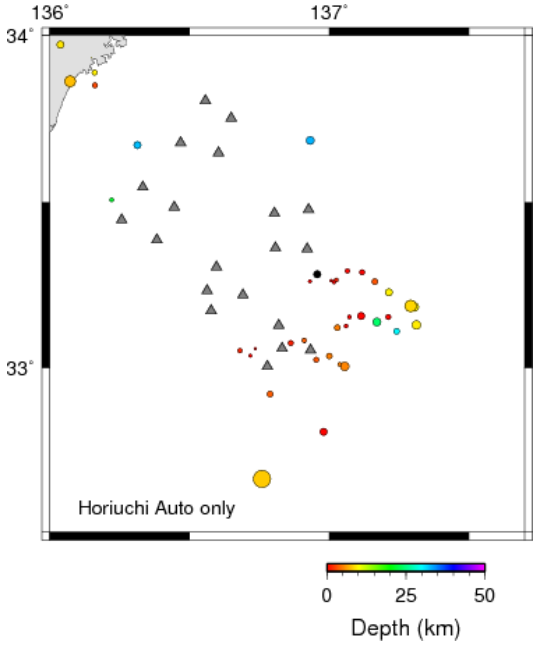


図３－５－②－４　堀内システムのみで決まった震源の分布（▲は DONET 観測点を示す）

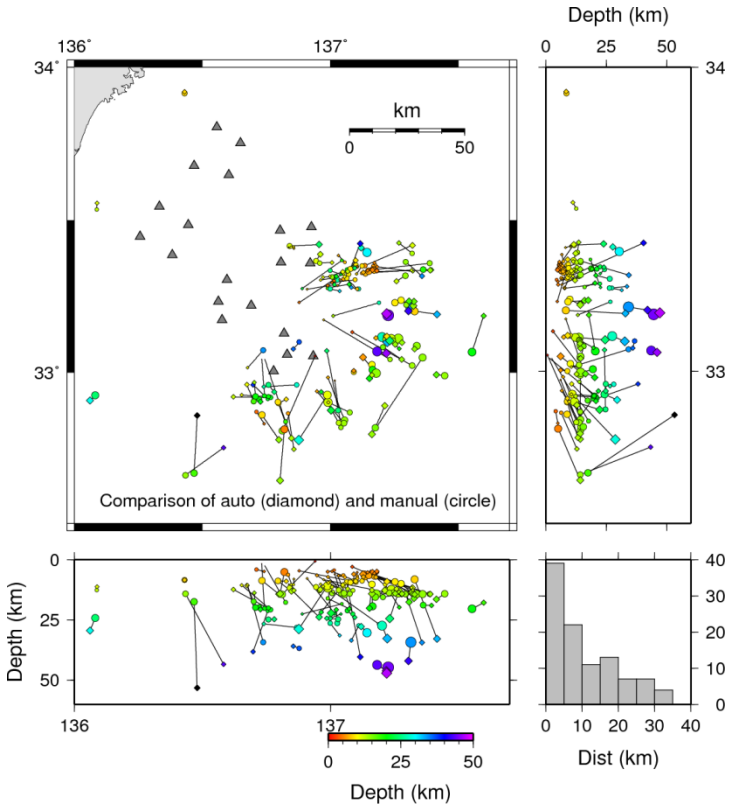


図３－５－②－５　二つの手法による震源位置の比較

DONET 定常観測データに対し堀内システムを導入し、リアルタイムでの震源決定処理を行っている。定常観測データに対する堀内システムによる震源決定結果と WIN システムを用いた既存 DONET 自動震源決定結果の比較を示す。図３－５－②－６に堀内システムによる自動処理結果を、図３－５－②－７に DONET 自動処理結果を示す。示す期間は 2014 年２月 10 日から３月９日までの一か月間である。なお、図に示すのはどちらも自動処理によってトリガされたのち震源が決定されたものであり、イベントトリガによって検知されても震源が求まっていないものも多数ある。堀内システムによる震源が DONET 自動処理の結果よりも系統的に浅くなっているのは、前述のように仮定している速度構造の違いによるものである。

両者を比較すると、DONET 自動処理の方が震源の分布が領域全体に広がっており、堀内システムによる震源は比較的観測網直下に集中している。DONET 手動読み取りによる震源の分布を図３－５－②－８に示す。こちらは手動で作業しているために数日の遅れがあるが、地震の分布についての全体的な傾向は期間にかかわらずほぼ一定である。手動読み取りによる震源はその多くが観測網直下に集中しており、堀内システムによる自動処理が WIN システムによる自動処理よりも優れていることを示している。これは主に、WIN システムでは P,S 相ともに振幅比や周波数特性から初動の検出を行っており、特に遠地地震による入力において P,S 相の誤認が発生しやすく、またノイズ入力に対する誤認も発生しやすいことがあげられる。堀内システムでは、初動の検出において P と S 波では異なるアルゴリズムを用いており、特に S 波の検出において P 波とは粒子軌跡が異なるという性質を取り入れているため、相の誤認が起こりにくいという特長がある。また、検出した相とノイズの識別に理論走時を用いており、自動震源決定においてより多くの初動読み取り値を利用でき、これらの特徴により自動震源決定の精度が高いと考えられる。

図３－５－②－９と３－５－②－10 に堀内システムと DONET 自動処理による地震の分布の時系列を、図３－５－②－11 と 12 にそれぞれ地震の累積頻度の時系列と、マグニチュード―頻度のプロットを示す。どちらもよく似た図となっている。DONET 自動処理の、領域全体の地震の数が多いのは、ノイズによる地震の誤検知が原因である。

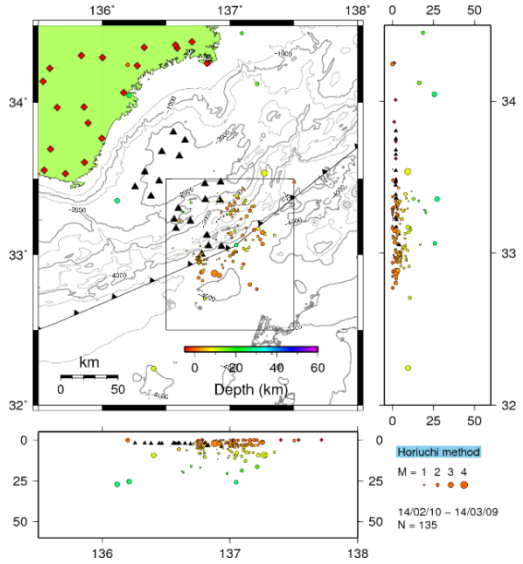


図３－５－②－６堀内システムによる震源分布

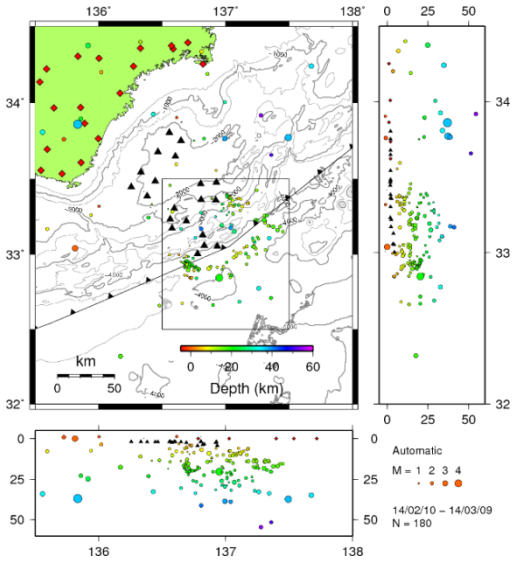


図３－５－②－７DONET 自動処理の震源分布

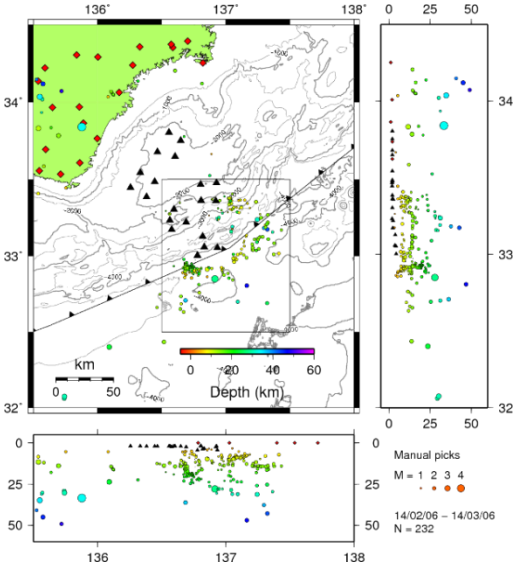


図３－５－②－８　DONET 手動読み取りによる震源分布

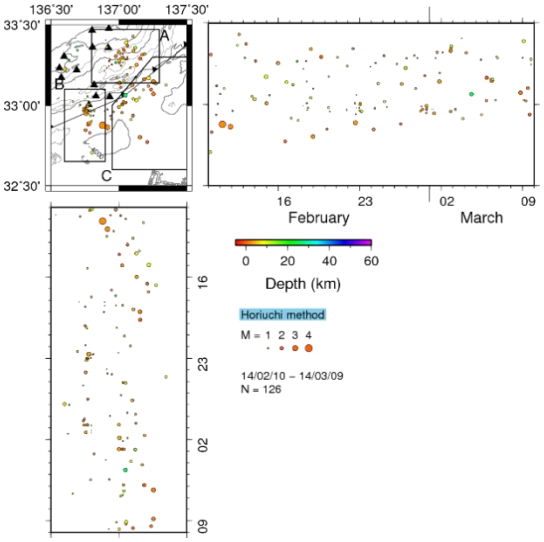


図３－５－②－９堀内システムによる地震時系列

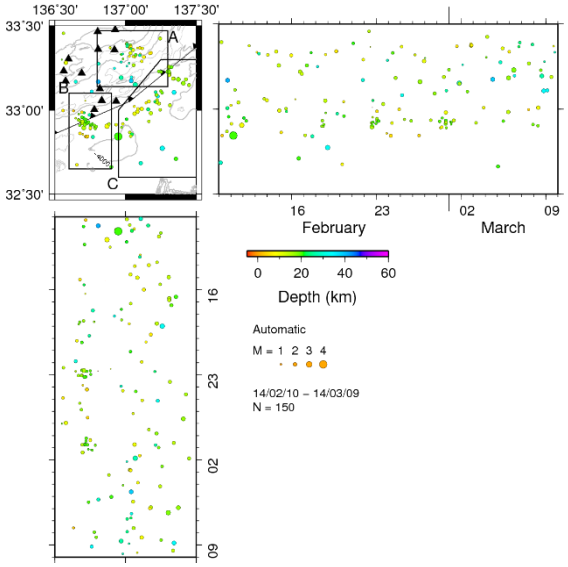


図３－５－②－10 DONET 自動処理の地震時系列

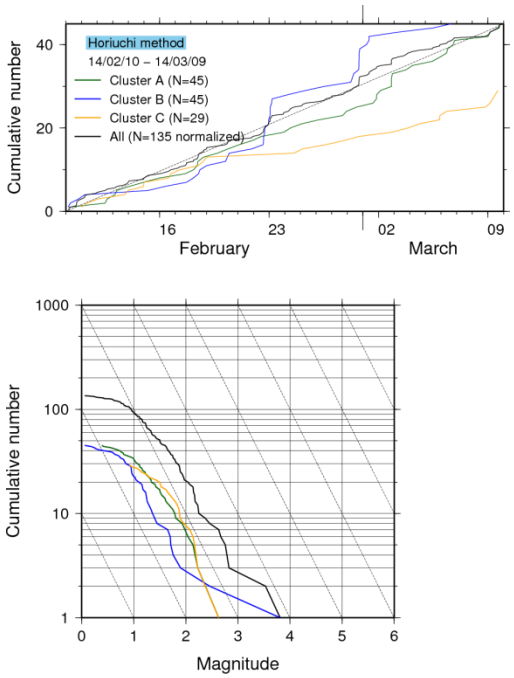


図３－５－②－11 堀内システムによる地震の累積頻度とマグニチュード―頻度分布

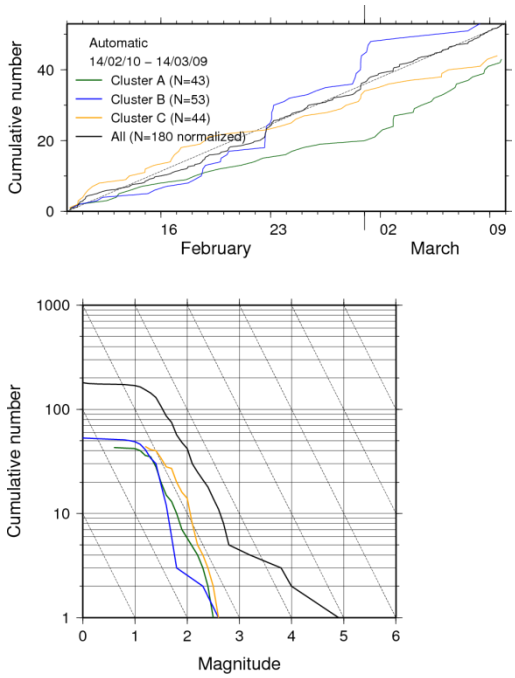


図３－５－②－12 DONET 自動処理による累積頻度とマグニチュード―頻度分布

(d) 結論ならびに今後の課題

今回導入した即時的自動震源決定システムは、win を用いた既存の手法よりも精度の高い震源分布を求められるものであることが、本年度の運用実績により明らかとなった。堀内システムによって、より精度よく熊野灘の地震活動を定常的にモニタすることができる。現行の堀内システムは陸上での観測データに対してチューニングされたものであり、従ってイベントの検出率や初動の読み取り時刻の精度については、オペレータによる手動読み取りには及ばない。今後、海底観測データに適したアルゴリ

ズムやパラメータの検討を行い、より精度の向上を図っていく必要がある。

(e) 引用文献

1) Ariyoshi, K. et al., Migration process of very low-frequency events based on a chain-reaction model and its application to the detection of preseismic slip for megathrust earthquakes, Earth, Planets and Space, v. 64, 8, 693~702,2012.
2) 堀内茂木ほか, 人間以上に高精度の地震波自動読み取りシステムの開発（その４）, JpGU Meeting 2013, May 19-24, STT56-04, 2013.
3) Ito, Y. et al., Episodic slow slip events in the Japan subduction zone before the 2011 Tohoku-Oki earthquake, Tectonophysics, doi:10.1016/j.tecto.2012.08.022, 2012.

③ 情報システムと歴史データ等データ整備、及び防災教育・啓発

(a) 業務の要約

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､さらには評価結果の検証や一般市民の減災行動誘発を目的とした、歴史的資料をはじめとする減災関連情報の収集・整理を行い、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した。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､社会実装実験の効果的な手法について検討し、実証試験を行った。

(b) 業務の実施方法

1) 歴史資料、ボーリングデータ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、試作版の作成等、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ツールについて検討を行った。

2) GIS に関する情報収集、及び GIS を用いた災害危険度に関する分析

a) GIS に関する情報収集

GIS に関わる最新情報や動向の共有、名古屋大学における本プロジェクト関係者を中心とした研究者の研究成果の紹介などを通じ、互いの研究の効率化および研究に資するデータベースの整備を目的とした「GIS 研究会」を立ち上げ、GIS を駆使する研究者間における連携・交流・情報交換を行った。特に、世の中に流通している、またはこれから流通が予想される様々なオープンデータに関する情報収集を開始した。

b) 旧版地図を活用した集落の変遷からみる災害危険度評価

災害危険度を把握するための一つの手段として、視覚的でありイメージのしやすい地図に注目し、地理情報システムを活用した検討を実施した。まず、愛知県における地形の成り立ちや人口、土地利用の変遷、及び愛知県内における過去の災害を地震被害と風水害について、被害や特徴をまとめた。次に、収集した旧版地図を有効活用し、1890 年代の集落・ため池分布と南海トラフの巨大地震における被害想定結果や過去の被害を用いて、愛知県における災害危険度の変化等について検討した。

3) 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を開始した。

(c) 業務の成果

1) 歴史資料、ボーリングデータ等の基礎データの収集・整理、及びシステム構築

紙ベースのボーリングデータのＸＭＬ化を進めるとともに、これまで前プロジェクトを含め継続的に開発してきている地盤データ表示システム(図３－５－③－１)に登録した。さらに、被害予測等で用いられる表層地盤モデルが３次元表示できる機能をこのシステムに追加した。

1890 年代から現代に至るまでの旧版地図を入手するとともに、地図中にあるため池や河川等の情報をポリゴン化して表示できるようにした。また、これまで入手してきた名所図会や古地図などを整理した（図３－５－③－２)。さらに、名古屋大学にて別途開発してきたタブレットによる災害情報等の表示システムにこれらをデジタルデータとして登録した。また、愛知県史、愛知県内の市町村史、ハザードマップを収集した（図３－５－③－３)。

システム構築としては、災害情報を効果的に伝えたり、防災啓発へとつなげることを目的として開発してきている、上述のタブレットに方位磁針やカメラ機能、ＧＰＳによるログ機能など、まち歩きに有効な機能を追加した。また、ハザードやリスク情報を分かり易く表示するシステムの構築に取り掛かった。

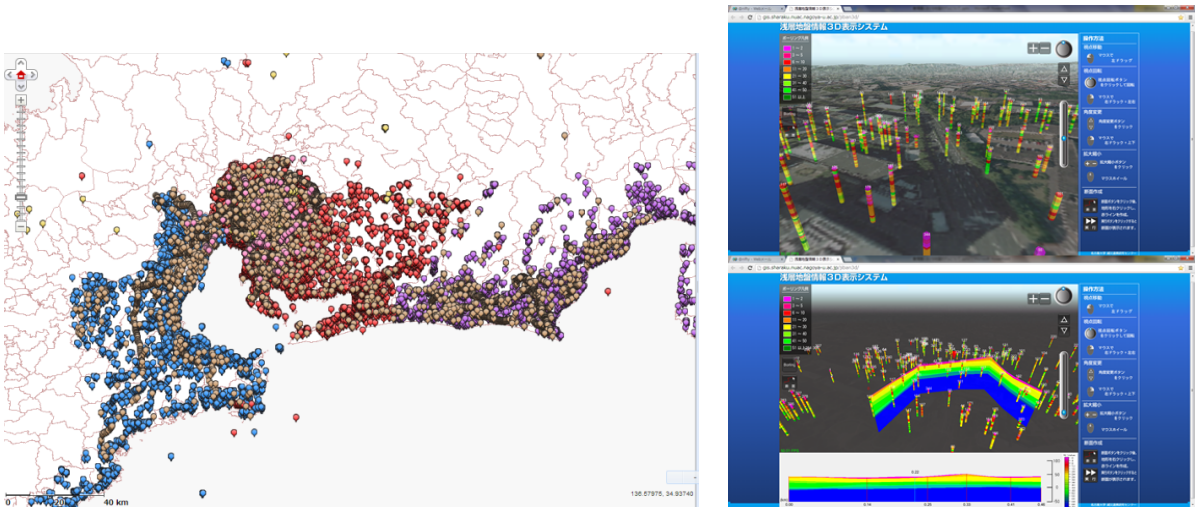


図３－５－③－１　ボーリングデータのXML化及び表層地盤モデル３Ｄ表示

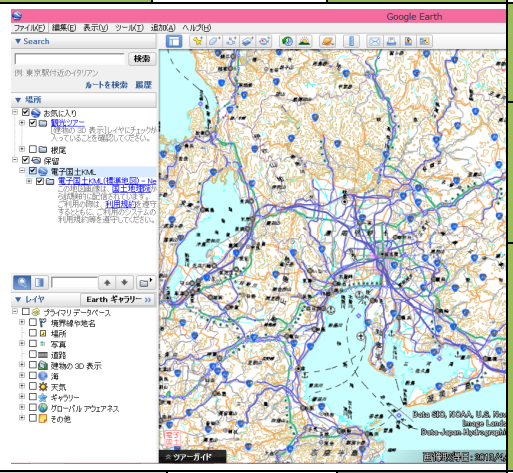
図３－５－③－２　写真、古地図、名所図会等

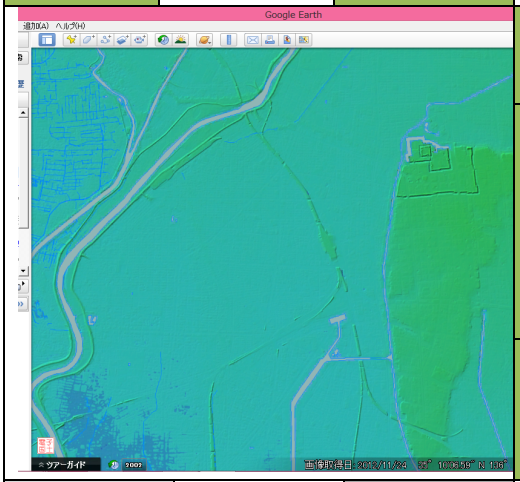
図３－５－③－３　収集した愛知県史、愛知県内市町村史

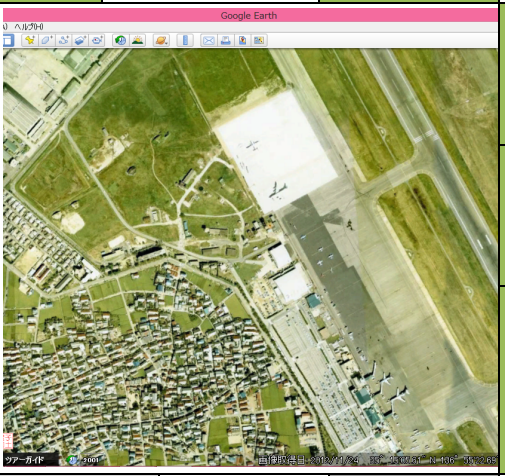
2) GIS に関する情報収集、及び GIS を用いた災害危険度に関する分析

a)　GIS に関する情報収集

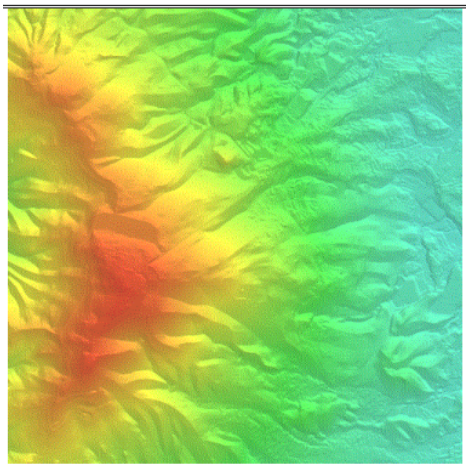
GIS 研究会を通じて、収集を開始したオープンデータに関するデータリストの一部を以降に掲載する。

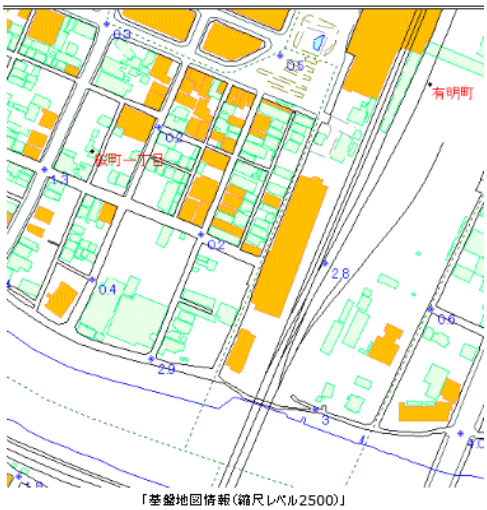
名称	標準地図	形式	KML	標準ソフト	Google Earth
			概要	様々なスケールの地図が１つになったもの	
			使用方法	KML をダウンロードし、Google Earth の背景地図として利用 マウスで自由に拡大縮小	
			参照	http://geolib.gsi.go.jp/download.html 国土地理院	
価格	無償	対象範囲	全国	発行時期	

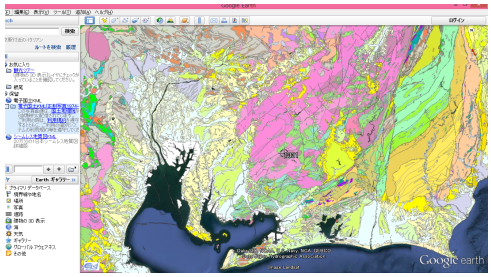
名称	色別標高図	形式	KML	標準ソフト	Google Earth
			概要	標高段彩図。表示スケールに応じた画像が１つになったもの	
			使用方法	KML をダウンロードし、Google Earth の背景地図として利用 マウスで自由に拡大縮小 標高の数値は読めない（イメージ）	
			参照	http://geolib.gsi.go.jp/download.html 国土地理院	
価格	無償	対象範囲	全国	発行時期	

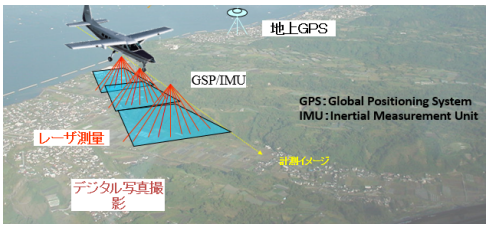
名称	1974～78 年に撮影された空中写真	形式	KML	標準ソフト	Google Earth
			概要	撮影された空中写真 他に 1979～83 年、1984～87 年 1988～90 年、2007 年以降がある	
			使用方法	KML をダウンロードし、Google Earth の背景地図として利用 マウスで自由に拡大縮小	
			参照	http://geolib.gsi.go.jp/download.html 国土地理院	
価格	無償	対象範囲	全国	発行時期	

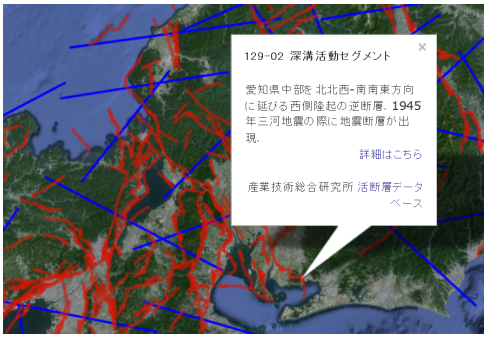
名称	ハザードマップ	形式	リンク集	標準ソフト	
			概要	各市町のハザードマップを簡易検索サイト	
			使用方法		
			参照	http://disapotal.gsi.go.jp/ 国土地理院	
価格	無償	対象範囲	全国	発行時期	

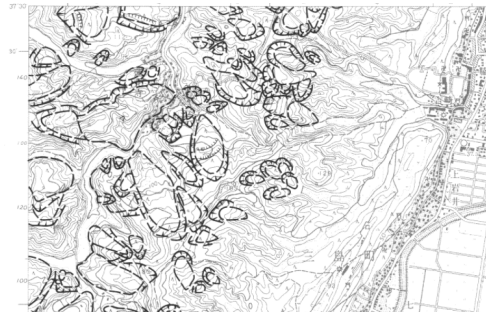
名称	標高データ 5m メッシュ	形式	基盤地図形式	標準ソフト	コンバータが必要
 「基盤地図情報（数値標高モデル）」 (			概要	航空レーザもしくは写真測量により得られた国土の標高データ	
			使用方法	ダウンロードをして、専門のソフトにより利用	
			参照	http://www.gsi.go.jp/kiban/index.html 国土地理院	
価格	無償	対象範囲	全国	発行時期	

名称	地図ベクトルデータ	形式	基盤地図形式	標準ソフト	コンバータが必要
 「基盤地図情報（縮尺レベル2500）」			概要	写真測量により得られた詳細な地図（縮尺 2500）	
			使用方法	ダウンロードをして、専門のソフトにより利用	
			参照	http://www.gsi.go.jp/kiban/index.html 国土地理院	
価格	無償	対象範囲	全国	発行時期	

名称	地質図 20 万	形式	KML	標準ソフト	Google Earth
			概要	日本中の地質図	
			使用方法	KML をダウンロードし、Google Earth の背景地図として利用 マウスで自由に拡大縮小 他に、地質 navi もある	
			参照	https://gbank.gsj.jp/seamless/index.html?lang=ja&p=sample 産業技術総合研究所　地質調査総合センター	
価格	無償	対象範囲	全国	発行時期	

名称	航空レーザ測量データ	形式	テキスト TIFF	標準ソフト	なし
			概要	国土交通省が実施した航空レーザ測量データ	
			使用方法	ポータルサイトにて計画機関を確認のうえ、データの借用をする。 データの取り扱いには専用のソフトと処理技術が必要です。	
			参照	http://www.sokugikyo.or.jp/laser/ 航空レーザ計測データポータルサイト	
価格	無償（研究機関のみ）	対象範囲	実施箇所のみ	発行時期	

名称	活断層データベース	形式	-	標準ソフト	専用の WEB
			概要	日本中の活断層	
			使用方法	専用のホームページの地図上に示されたラインをクリックすると情報がでる。今後 KML での配信を予定している。	
			参照	https://gbank.gsj.jp/subsurface/map_simple.php 産業技術総合研究所　地質調査総合センター	
価格	無償	対象範囲	全国	発行時期	

名称	地すべりデータベース	形式	**シェープ PDF**	標準ソフト	ArcGIS Acrobat Reader
			概要	**写真判読により抽出された地すべり地**	
			使用方法		
			参照	http://lsweb1.ess.bosai.go.jp/ 防災科学技術研究所 社会防災システム研究領域	
価格	無償	対象範囲	全国	発行時期	

b) 旧版地図を活用した集落の変遷からみる災害危険度評価

災害危険度を把握するための一つの手段として、視覚的でありイメージのしやすい地図に注目し、地理情報システムを活用することで専門家から提供される災害リスクやその対策に関する情報を一般市民に分かりやすく理解してもらうための材料を示し、個々の防災対策や地域の防災対策へ誘導する事を最終目的として検討を行った。ここでは、 1890年代から現在までの市街地やため池の立地と地形や液状化危険度を用いて、災害に対する人口や土地利用の曝露量に着目した検討結果を示す。

愛知県における集落分布に、飯田, 1985による人口を面積割り付けしたものを図３－５－③－４に示す。城下町を中心とし、沿岸部および山間部になるにしたがって人口密度が低下している傾向にある。

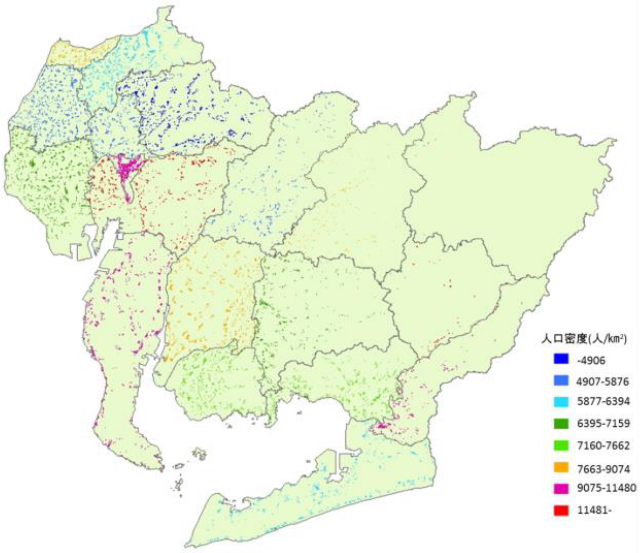


図３－５－③－４　1890年代の愛知県内の人口分布

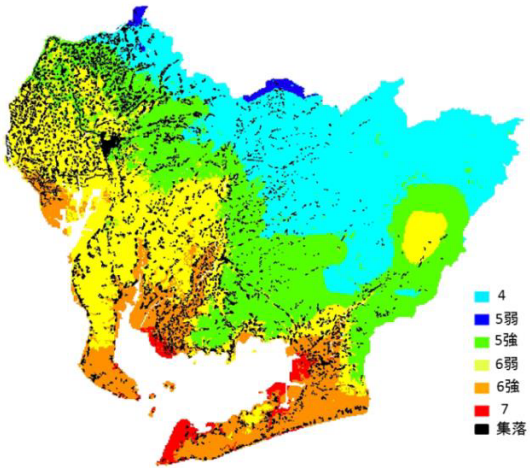


図３－５－③－５　南海トラフ巨大地震で想定される震度分布（内閣府，2012）と集落分布

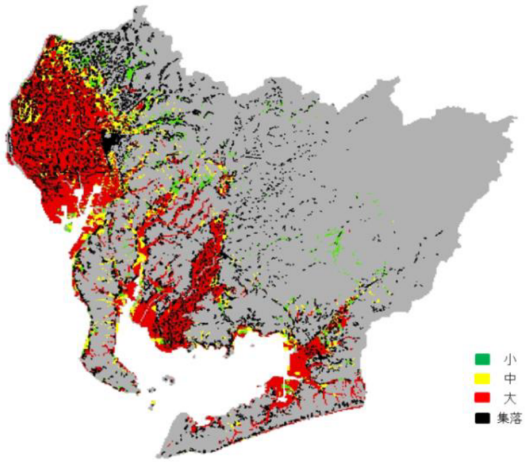


図３－５－③－６　南海トラフ巨大地震で想定される液状化危険度（内閣府，2012）と集落分布

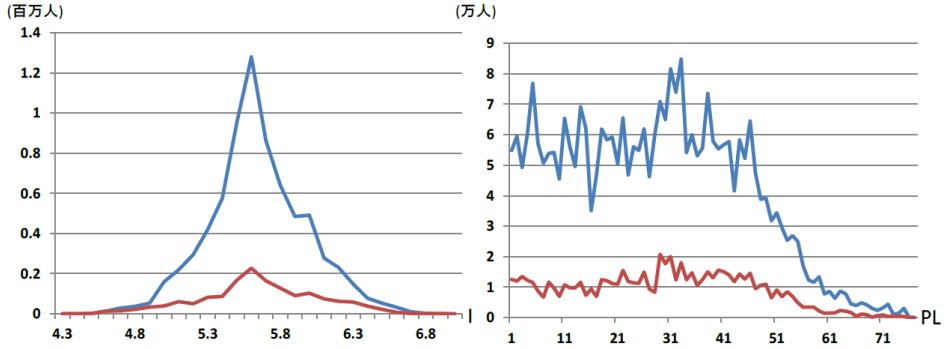
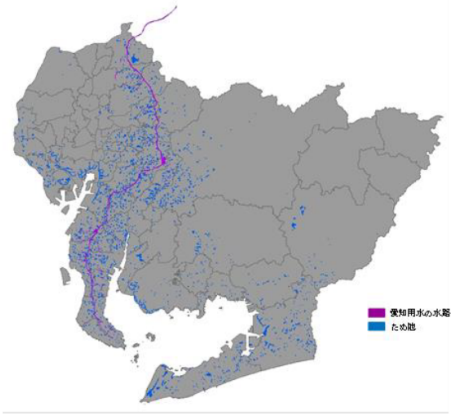


図３－５－③－７　計測震度、および液状化指数ごとの被害想定による曝露人口
(左: 計測震度、右:液状化指数)

想定されている南海トラフ巨大地震（内閣府, 2012）における震度分布と集落分布を重ねたものを図３－５－③－５に、液状化危険度と集落分布を重ねたものを図３－５－③－６に、1890年代（赤）と2010年（青）において震度を細分化し算出した曝露人口を図３－５－③－７に示す。集落分布は、城下町周辺では台地上に分布しているが、沿岸部に沿って立地していることも確認される。また震度曝露人口でみてみると、1890年代と2010年では震度６弱、６強での増加率が著しい。しかし、1890年代の曝露人口に比べ2010年の曝露人口は５倍程度増加しており、1890年代と比較して被害量は甚大なものになることがわかる。また、液状化についても1890年代と2010年ではその分布に特徴がみられる。1890年代は液状化指数（PL値）が30付近と40付近で人口が若干多いこと、現代ではPL値５付近で局所的に多くなっている。これは、愛知県西部の軟弱地盤が広がる地域や矢作川流域や豊川流域といった低地で住みやすい地域に集落が立地していることや、現代では宅地造成や開拓などによって地盤の良い丘陵地への居住が増加していることが要因だと考えられる。1890年代ではPL値が31周辺のピークから低下する傾向にあるのに対し、2010年ではPL値が31付近でピークを迎えた後も、50付近まで人口の多い状況が続いており、2010年の方がより危険度の割合が高くなっていると言える。



市区町村	ため池面積(ha)	ため池面積割合(%)
豊明市	10.4	4.5
尾張旭市	8.0	3.8
飛島村	7.2	3.1
大府市	10.0	3.0
蟹江町	3.2	2.9
名東区	5.4	2.8
千種区	4.7	2.6
半田市	12.1	2.5
東浦町	7.3	2.4
天白区	5.1	2.4

図３－５－③－８　1890年代のため池分布とため池面積の割合

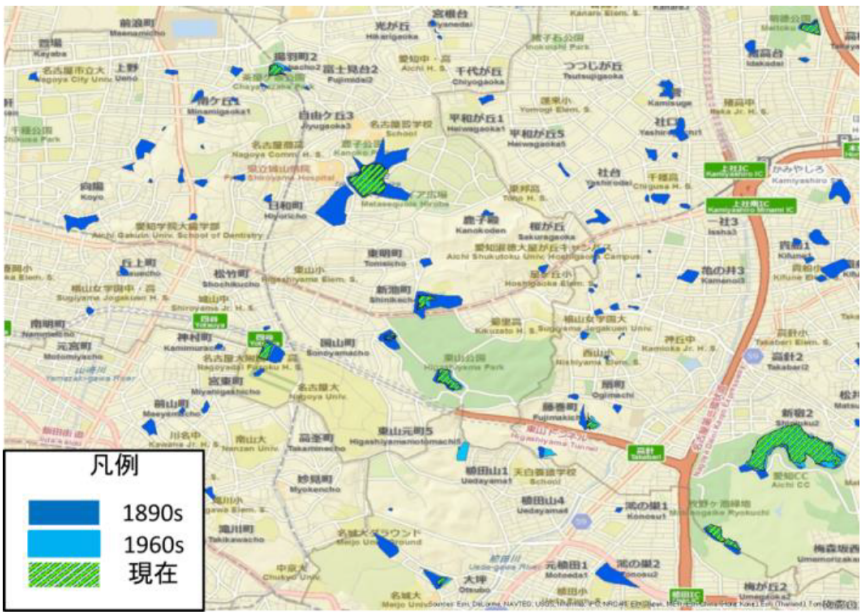


図３－５－③－９　ため池分布の変遷（1890年代～現在）

愛知県における1890年代のため池分布を図３－５－③－８に、名古屋大学周辺のため池の変遷を図３－５－③－９に示す。図３－５－③－８に示す通り、知多半島をはじめとする愛知用水流域において、ため池数が顕著である。これは農業生産に大きな影響を及ぼす干害に備えたためである。現在では、ダムの建設や水道技術の発達によってため池の必要性が失われつつあり、これに伴い、埋め立てられた後の宅地利用や、管理不足によるため池の老朽化・放置など、地震に対する安全性が問題となっている。1890年代には愛知県全域で大よそ350haのため池が存在していたが、それらの多くが1960年代までに埋め立てられており、ため池は急速に減少していった。図３－５－③－９にも示す通り、名古屋大学周辺だけの結果ではあるが、1890年代から1960年代へはため池の減少が認められるが、1960年代から2013年では大きな変化はないことがわかる。

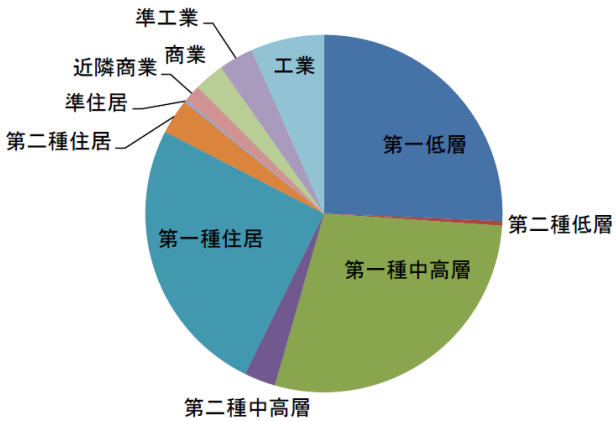


図３－５－③－10　愛知県における用途地域別のため池跡地上の人口

次に、愛知県における、ため池跡地の土地利用状況を図３－５－③－10に示す。これより、現在ではため池跡地はその多くが宅地として利用されていることがわかる。なお、愛知県内では、およそ1万9千人がため池跡地に居住しており、そのうち大よそ６割が住居専用地域であった。

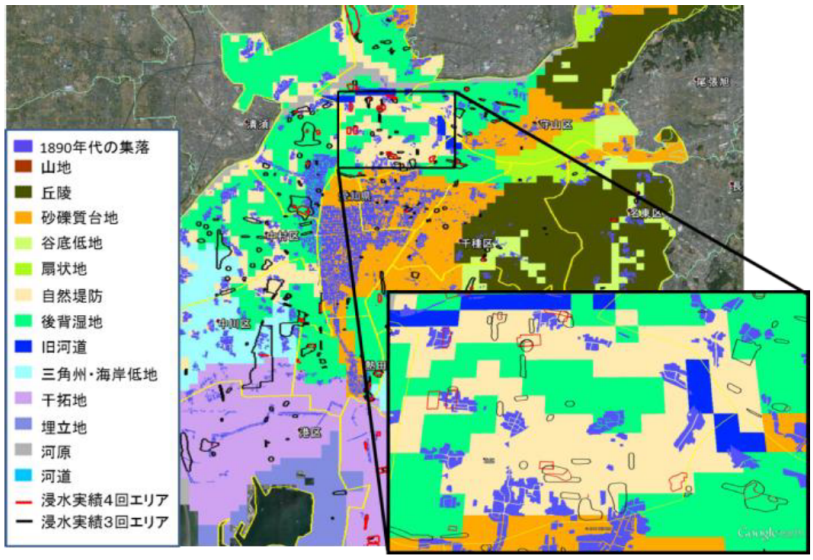
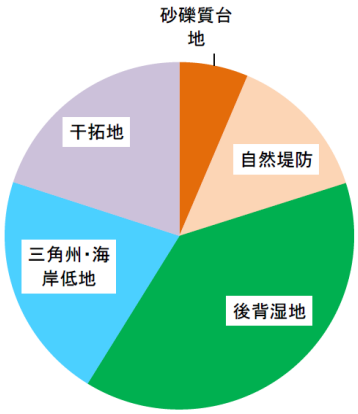


図３－５－③－11　微地形区分と集落分布、浸水地帯の関係



浸水エリア内集落面積	浸水エリア面積
0.7	6.5

(km^2)

図３－５－③－12　浸水地域での各微地形が占める割合と集落面積

近年の被害では、河川や下水道の能力を超える大雨により浸水被害が多く発生しており、愛知県での被害量も甚大である。名古屋市では平成以降に７回にわたって大きな風水害被害を受けてきた。浸水地帯は、名古屋市内に広域にわたっているが、ここでは過去７回の浸水被害のうち複数回浸水した地帯に着目する。微地形区分図と複数回浸水した地帯を重ねたものを図３－５－③－11に示す。複数回浸水した地帯の多くは名古屋市西部の標高の低いところに集まっていることがわかる。また、標高の低いところだけではなく、図３－５－③－12に示す通り、浸水地帯の２割程度は台地や自然堤防上であることもわかる。ここで集落との対

応を見てみると、標高が低く浸水地帯が広大である名古屋市西部においては、1890年代の集落は浸水地帯を避けている傾向が認められる。1890年代の集落は、その多くが台地や自然堤防上に立地していたためと考えられる。名古屋市北部の自然堤防上で浸水が確認されている地点でも、やはり1890年代の集落は浸水地帯を避けるように立地している傾向がある。また、現在では浸水地帯にも住宅が密集しているが、1890年代の集落は浸水地帯で大よそ１割程度であったことからも、1890年代の集落は水害を避けたまちづくりがされていたことがわかる。

懸念されている南海トラフ巨大地震に備えるためには、まず過去の地震被害の様相を明らかにする必要がある。そこで1890年代の集落と平成22年度の国勢調査の結果を活用し、濃尾地震での被害の様相の検討を行う。飯田, 1985に基づく、愛知県における濃尾地震の震度分布を図３－５－③－13に示す。これより、濃尾平野の広がる愛知県西部ではほとんどが震度６であることがわかる。さらに1890年代と2010年の人口を用いて濃尾地震での震度曝露人口を算出したものを図３－５－③－14に示す。1890年代と2010年を比較すると、2010年は被害なしの人口が、1890年代に比べて３倍程度であるのに対し、建物の全壊率が１%以上である震度６では被害量が、1890年代の大よそ６倍程度となっており、同じ地震に対して、2010年の方が、災害危険度が高くなっていることが指摘できる。

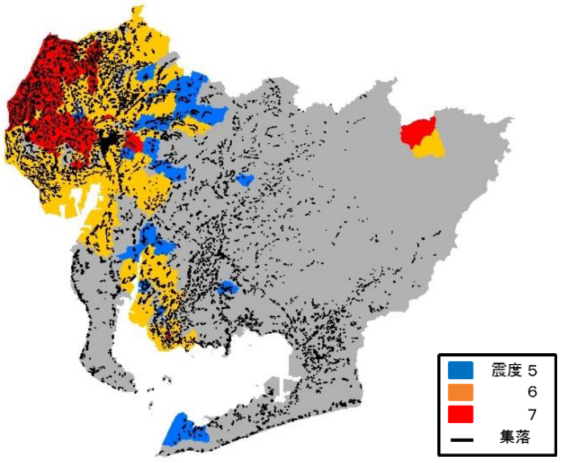


図３－５－③－13濃尾地震の震度分布と集落分布

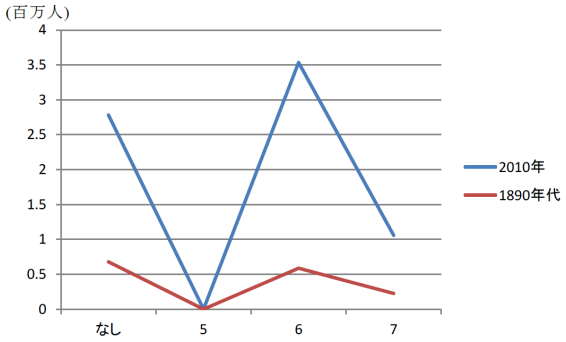


図３－５－③－14 愛知県における震度曝露人口（飯田、1985）

3) 防災に関わる人材育成・教育のための調査

図３－５－③－15 に示したように、防災教育は、家族を中心として、学校、地域、職場との関係の中で進められる。これを前提にして、「ヒト・コト・モノ・バ」の観点から、防災教育・啓発を整理した結果を示す。「ヒト」としては、対象者と媒介者の立場を想定した。「コト」としては、授業や講義のカリキュラムの他、人材教育の特化したプログラム等が挙げられる。「モノ」としては、テキストや教材、実験器具、タブレット等のＰＣ端末を使ったシステム等が考えられる。防災教育を実施する

「バ」として、学校や職場の他、各地の防災センターやサイエンスカフェ、各種講座・講演会・セミナー等が考えられる。対象者毎に方法論は異なっているので、今後は今回整理した対象者毎に検討を進めていく。

その先駆けとして、小・中学校における「『総合的な学習の時間』および教科等を横断した課題解決的な防災学習」、およびそれを取り入れた教育課程編成・授業実践事例調査や高等学校における防災学習実践事例調査、幼稚園から中学校教員養成課程（大学）における防災教育研究に関する事例調査等を開始した。

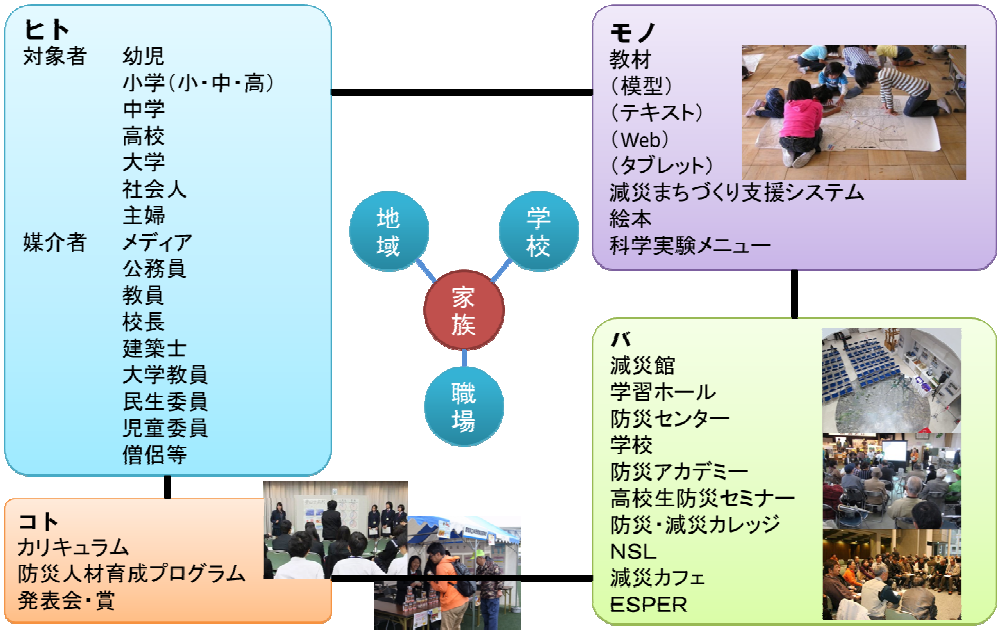


図３－５－③－15
防災教育・啓発に関する「ヒト・コト・モノ・バ」の観点からの整理

(d) 結論ならびに今後の課題

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を収集・整理した。また、ボーリングデータについては、ＸＭＬ化を進めるととこに、地盤モデルの表示システムの改良を行った。市民への災害に対する理解を深めるために、旧版地図などの様々な地図や災害を記した文献などの資料を活用し国勢調査の結果や土地利用などの情報と重ねる提案および検討を行った。また、集落の変遷から災害危険度の増加を明らかにした。防災教育については、関する「ヒト・コト・モノ・バ」の観点からの整理を行った。

今後は、さらに情報収集、デジタル化を進めるとともに、災害情報をより効果的に伝えることができる利活用システムの開発に向けて検討を進める。防災教育・啓発については、今年度の成果に基づき、対象者毎にあり方や方法論について検討を進める。

(e) 引用文献

1) 飯田汲事、飯田汲事教授論文選集 東海地方地震津波災害誌、1985

2) 内閣府、南海トラフ巨大地震の被害想定、http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/nankaitrough _info.html 、2012

④ リスクコミュニケーション

(a) 業務の要約

南海トラフ巨大地震で津波被害が想定される地域で、住民の防災知識構造を明らかにすることを目的に調査研究を行った。想定被災地域は広大なため、地域差が認められるか相対的な分析も行うために、対象地域の社会統計情報を収集し、分類軸を検討したとともに、防災知識構造に関するデータを収集、分析し、次年度以降の防災リスク・コミュニケーションの効果測定及び地域類型のプロトタイプ検討ための基礎データを得た。調査は、訪問面接法により、昼夜間人口比および社会増減比の高低に基づき静岡県沼津市、焼津市、高知県土佐市と南国市で実施した。比較のため、東日本大震災の津波避難事例に関して、各種調査結果を収集した。

(b) 業務の実施方法

地域類型のプロトタイプ検討に関しては、質問紙調査の対象地選定を行うための各市町村の社会統計指標の整備を行った。基礎的データとして夜間常住人口に加え、避難行動に影響を与える高齢化率、地域凝集性の代理指標候補として社会移動の程度、中夜間人口比、総務省市町村類型等を政府統計から収集、分析した。

訪問面接法による質問紙調査を実施し、リスク認知、避難意図および規定因、災害体験、地域凝集性認知、リスク・コミュニケーションへの接触状況等に関するデータを収集し、行動意図モデルに依拠する理論枠組みから分析を行った。質問紙調査の概要は以下の通りである。

①調査対象者：静岡県内の２市および高知県内の２市を対象に、公表されている津波ハザードマップの浸水地域内からエリア・サンプリング法に基づき抽出。

②調査方法：訪問面接法

③調査時期：2014年１月

④設計標本数：各市町村100票。最終回収数　計401票

(c) 業務の成果

1) 地域類型のプロトタイプの検討

南海トラフ地震津波による影響を受ける市町村を対象に、地域類型のプロトタイプを検討すると同時に、質問紙調査の対象地域を選定するために、社会統計指標の整備を行った。表３－５－④－１に静岡県と高知県に関する指標の中で基本的なものを示した。このうち、最終列の市町村類型は、総務省が人口や産業比率に基づき類型化し、公表している指標で、数値が大きいほど人口や２次・３次産業比率が高いことを表す。なお、一部、合併により値が不明な市町村もあり、２列目から７列目までに該当する指標を作成し、示した。

直感的に把握しやすいように、散布図で示したのが図３－５－④－１である。横

軸は、昼夜間人口比で、１を超える市町村は昼間人口が夜間人口を上回っていることを示し、通勤・通学を受け入れている吸収力が高い都市であることを意味する。最も高いのは、静岡県湖西市の1.121で、夜間常住人口60,107人に対して、昼間人口は67,375人となっている。ついで、沼津市の1.075、高知県では南国市が1.055で一番高い。市の中で低いのは静岡県では、例えば静岡市のベッドタウンとなっている焼津市の0.943などである。高知県では香南市の0.881や土佐市の0.935が低い。防災面でみると、値が高いほど昼間であれば会社や学校で保護すべき対象が増え、低いほど昼間には高齢者率が高まっている可能性がある。

表３－５－④－１　市町村基本指標

(静岡県)

市町村名	常住夜間人口	65歳以上人口割合	昼夜人口率	第1次産業就業人口割合	第２次産業就業人口割合	第３次産業就業人口割合	社会増減	市町村類型
熱海市	39,611	0.386	1.055	0.016	0.120	0.837	1509	都市Ⅰ-5
伊東市	71,437	0.330	0.968	0.025	0.134	0.812	1144	都市Ⅱ-5
下田市	25,013	0.330	1.035	0.048	0.128	0.812	-49	都市0-3
伊豆市	34,202	0.316	0.940	0.066	0.230	0.694	-646	都市Ⅰ-3
沼津市	202,304	0.246	1.075	0.028	0.308	0.643	-1410	特例市Ⅳ-4
富士市	254,027	0.218	0.995	0.021	0.392	0.558	251	特例市Ⅴ-4
静岡市	716,197	0.368	1.033	0.027	0.255	0.676	687	中核市Ⅵ-5
焼津市	143,249	0.235	0.943	0.031	0.368	0.579	1324	都市Ⅲ-4
牧之原市	49,019	0.247	1.063	0.139	0.399	0.446	-660	
御前崎市	34,700	0.226	0.952	0.102	0.386	0.491	-305	都市Ⅰ-2
掛川市	116,363	0.219	1.004	0.076	0.408	0.507	965	都市Ⅲ-2
袋井市	84,846	0.191	0.993	0.049	0.408	0.516	1773	都市Ⅱ-2
磐田市	168,625	0.221	1.017	0.048	0.409	0.522	1579	都市Ⅲ-2
浜松市	800,866	0.226	0.997	0.042	0.344	0.591	5785	中核市Ⅵ-4
湖西市	60,107	0.213	1.121	0.050	0.471	0.444	584	都市Ⅰ-2

（高知県）

市町村名	夜間常住人口	65歳以上人口割合	昼夜人口率	第１次産業就業人口割合	第２次産業就業人口割合	第３次産業就業人口割合	社会増減	市町村類型
室戸市	15,210	0.383	0.980	0.194	0.181	0.625	-837	都市0-1
安芸市	19,547	0.319	1.002	0.298	0.136	0.566	-382	都市0-1
香南市	33,830	0.271	0.881	0.187	0.173	0.641	1426	
南国市	49,472	0.255	1.055	0.132	0.184	0.684	767	都市Ⅰ-1
高知市	343,393	0.236	1.029	0.033	0.160	0.807	-4137	中核市Ⅴ-5
土佐市	28,686	0.298	0.935	0.211	0.191	0.597	-27	都市0-1
須崎市	24,698	0.319	1.037	0.597	0.189	0.601	-243	都市0-1
四万十町	18,733	0.385	1.001	0.319	0.174	0.507	-413	
黒潮町	12,366	0.352	0.899	0.241	0.177	0.582	-295	
四万十市	35,933	0.298	1.032	0.116	0.153	0.731	-404	
土佐清水市	16,029	0.392	0.985	0.146	0.178	0.676	-388	都市0-1
宿毛市	22,610	0.295	1.023	0.173	0.187	0.640	-338	都市0-1

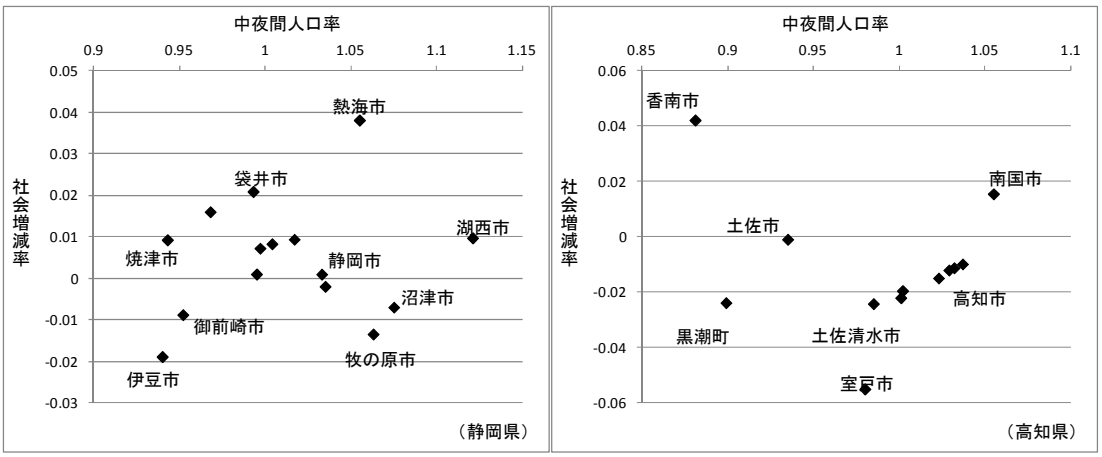


図３－５－④－１　昼夜間人口率と社会増減率からみた市町村の位置づけ

縦軸は、夜間常住人口を母数とした社会増減率で、プラスは社会移動増、マイナスは社会移動減を示す。静岡県熱海市ならびに高知県香南市が0.04前後で、最も社会移動が増えている地域となる。実数では浜松市の55,173人増が一番多い。最も減少の程度が多いのは、比率では室戸市の－0.055で、実数では高知市の4,137人減である。防災面でみると、社会移動が急増している地域では、災害環境への知識を代々伝えられていない層が多くなる可能性があり、急減している地域では高齢化が進行している可能性が高い。

2) 質問紙調査に見る４市の特徴

地震発生から津波到達までの時間が短い高知県と静岡県から、上記指標に基づき、静岡県沼津市と焼津市、高知県土佐市と南国市とを対象として、面接調査法を用いた質問紙調査を実施した。対象市の選定は、対象者を確保する上で、一定規模以上の人口を有し、昼夜間人口比および社会増減比の高低から２市ずつを選定した。

この４地域の中では、東北地方太平洋沖地震時の津波避難率が土佐市のみが53.0％と、沼津市の27.0％、焼津市の25.7％、南国市の15.0％と比べて高かった。土佐市が他の地域と比べて回答傾向に特徴のある点は、

a) 津波体験率が、21.0％と、南国市の4.0％、沼津市の3.0％、焼津市の0.0％と比べて高い。
b) 過去の地震津波について聞いたことがある人は85.0％と、南国市の61.0％、沼津市の26.0％、焼津市の15.8％を大きく上回っている。
c) しかし、地震が発生する可能性は、沼津市と焼津市よりも高いが、南国市の方が高い。
d) 海岸からの距離は平均的で500ｍ以下が85％。
e) ハザードマップの現物を見たことがある人は、71.0％と沼津市の81.0％より低いが、南国市の53.0％、焼津市の50.5％を上回る。
f) 家具の固定率は19.0％と沼津市の58.4％や焼津市の50.0％よりも低く、自宅の耐震化率も13.0％と、焼津市の33.7％、南国市の26.0％、沼津市の21.0％と比べて低い。

上記傾向を整理すると、土佐市は津波避難行動やその背後にある津波意識では、沼津市・焼津市・南国市よりも高く、その背景として津波体験が高く、過去の地震津波に関する語り継ぎも活発である。しかし、静岡県の２市と比べると、家具の固定や耐震化は低い。極言すれば、津波への防災意識や行動は高いが、地震対策面では静岡県の２市よりも低い地域とまとめることができるだろう。

この地域差を念頭に置きつつ、以下３つのリサーチクエスチョンにしたがって、得られた成果を概観する。

3) リスク・コミュニケーションの対象者の層化

リスク･コミュニケーションを考える上で、接触するメディアやリテラシー、経済力に規定される対応能力などに差があるために、対象者の多様性への配慮が必要であることが指摘されている（Rodriguez, et. al., 2006）。また、認知処理の面からも、利用可能性ヒューリスティクスなどの認知傾向には、個人差が指摘されている（Kahneman, D., 2011）。避難行動の面でも、移動面での障害を有するなどの個人差が指摘されている(田中, 2008)。

調査結果からは、津波避難と直接関わる意識でも差が認められた。

a) 自分自身が高齢で避難に際して不安を抱えている人が21.2%
　家族に高齢者や病人を抱えている人が31.9%存在する。
b) 避難路の閉塞を心配している人が49.9%で、南国市で65.0%と高い。
c) 近くに安全な避難場所がないと考えている人が16.5%
d) 東北地方太平洋沖地震時に、大津波警報･津波警報を入手できた人は、53.6%。
e) 家具を固定している人は38.4%、水や非常食を用意している人が52.1%
f) 防災訓練に参加している人が60.6%。

避難への不安を感じている層には、避難コストを低減しない限り、津波リスクを伝えても効果は弱められることになる。入手できなかった層にリーチできるメディア環境の整備を検討する必要がある。

また、後述する避難意図との関係面でも、弁別すべきグループがあることが明らかとなった。図３－５－④－２に示したように、強い揺れを感じたら「必ず避難する」し、大津波警報を聞いても「必ず避難する」層が35.0%存在する（A）。この層は、かなり強固な理想的避難層となる。これに対して、揺れでは「たぶん避難する」が、大津波警報を聞けば「必ず避難する」層が25.0%（B）、揺れでは「避難しない」が警報では「必ず避難する」が6.4%と、警報避難型が続く。揺れでも警報でも「たぶん避難する」と依然として迷いの残る層は図３－５－④－２右下の25.9%（C）であった。残りの１割弱が避難に対して鈍い層となる。

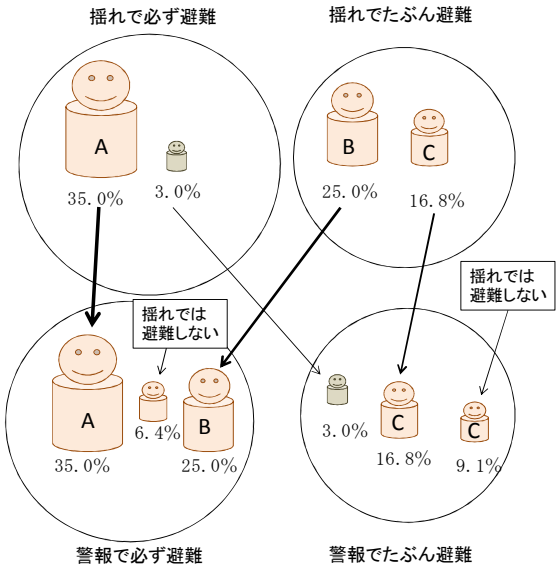


図３－５－④－２　揺れで避難する層と警報で避難する層とによる区分

4）リスク・コミュニケーションの内容

リスク・コミュニケーションの内容を検討する上で、基礎的な知見を紹介する。まず、津波の特性に関する知識については、図３－５－④－３に示したように、「引き波誤信念」と「揺れ誤信念」とが依然として認められた。全国的な傾向であるが、津波は引き波から始まるという誤った信念は根強い。また、大きな揺れが必ずあるという信念も多くの人に共有されている。避難行動面でも修正が強く求められる誤信念である。

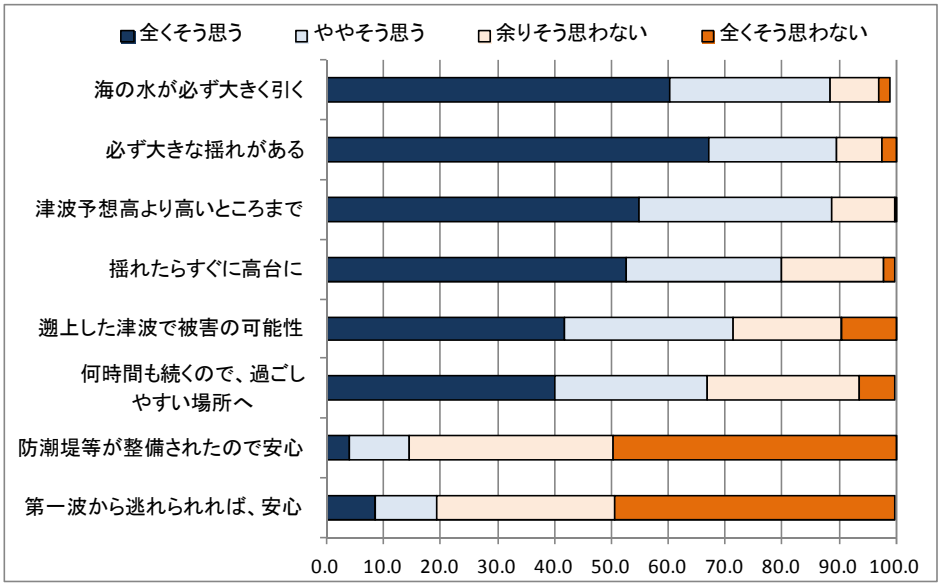


図３－５－④－３　津波イメージ（４件法による回答）

このほかの項目については、津波予想高よりも高いところまで避難すべきだし、

揺れたらすぐ高台に避難すべき、川を遡上してくる津波で被害を受ける可能があり、津波は何時間も続くので遠くでもより安全で過ごしやすい場所まで避難すべきであると考えている。防潮堤や防波堤ができたので少々の津波なら心配ないとは考えてはおらず、第１波から免れても危険だと正しく認知している。

さらに、避難等行動に結びつくリスク・コミュニケーションであるためには、その内容は、行動、少なくとも行動の意図をより改善しうるものである必要がある。そこで、その前提となる避難意図を規定している構造を分析した。

行動意図モデルに基づき、６因子、23項目からなる避難意図尺度の構成を試みた（表３－５－④－２）。因子分析の結果（最尤法、プロマックス回転）、７因子が抽出されたが、先行研究(広瀬,1994；野波ほか,1997)と合わせて理論的な６因子で抽出を行った。その結果、以下のような構造が得られた。

含まれる項目から、第１因子を「実行可能性」、第２因子を「規範」、第３因子を「自己責任」、第４因子を「リスク認知」、第６因子を「コスト」と解釈した。第５因子については、仮説的には「有効性」を予測したが、浸水想定や津波予測に対する信頼に関する２項目からなり、「情報信頼度」と解釈される。

抽出されたこれらの因子と避難意図との適合性を見るために、６因子と「大きな揺れで避難する」かどうかの４件法の結果との相関をみた（図３－５－④－４）。その結果、第１因子の「実行可能性」とは相関が認められなかったが、他の５因子とは有意な相関が認められた。

表３－５－④－２　行動意図モデルの因子構造

1	2	3	4	5	6	
0.8581	−0.1544	−0.0711	0.1167	0.0651	−0.0725	近くで安全な場所がない
0.5605	−0.0149	0.0017	−0.1158	0.0470	−0.1810	大きな津波では、指定された避難場所に避難をしても、絶対安全とは限らない
0.5601	0.0104	0.1680	0.0618	−0.1566	0.2061	最寄りの避難場所までは遠くて、時間がかかる
0.4184	0.1637	−0.0607	−0.1019	−0.0107	0.1209	津波はすぐ来るので、地震直後に避難しても間に合わない
0.0652	0.5740	−0.1946	0.0453	0.0734	−0.0052	近所の人が避難するなら、自分も避難した方がいい
−0.0192	0.5226	0.0234	−0.0736	0.0166	−0.0021	津波が来ないと思っても、避難しないと周囲や役所の人に迷惑をかけてしまうから、避難すべきだ
0.0165	0.5081	0.0360	0.0131	0.0034	−0.1366	近所の人は、「大きな揺れを感じたら、津波に備えて、必ず避難をするべき」と考えていると思う
−0.0280	0.4369	0.0405	0.1018	−0.0791	−0.1480	近所に住むほとんどの人は、津波が来たらすぐに避難すると思う
−0.0859	0.3861	0.0352	−0.0267	−0.0100	0.0693	避難する時には、できるだけ周りの人とも助け合って避難すべきだと思う
0.2986	0.3660	−0.0420	−0.0096	−0.0963	0.1990	自分一人では、安全なところまで行くことができない
−0.1109	−0.0954	0.7346	0.1080	−0.0571	0.0604	周りの人がほとんど避難していなくても、自分は避難すべきだと思う
0.0069	−0.0422	0.4371	−0.0841	−0.0233	−0.0788	ひざくらいの高さの津波でも、命は危ない
0.1551	0.0038	0.4363	0.0003	0.2199	−0.0831	避難勧告・避難指示を待っていては間に合わない
−0.0260	0.1291	0.4030	−0.2788	0.0711	0.0268	津波に対して、地域の安全は、行政に頼らず自分たちで守らなければならないと思う
−0.1149	0.3086	0.3403	0.2199	0.0542	0.0674	避難をすすめられたら、危険はないと思っても避難しなければならない
0.1544	0.0236	0.3065	0.0640	0.0727	−0.2201	津波が来ると、自分自身が死んだり、大きな怪我をしたりする恐れがあると思う
0.1279	−0.0436	0.0426	0.7057	0.0129	0.0983	自宅は、津波に対して危険だと思う
0.1478	−0.0230	0.0112	−0.5782	0.0410	0.1442	津波が来ても、自宅にいたほうが、避難するよりも安全である
0.0549	−0.0952	0.1469	−0.2847	−0.1133	0.1442	避難をしても、災害後の生活ができなくなると困るから、家財を守ると思う
−0.0150	−0.0955	0.0309	0.0517	0.7802	0.1121	行政の津波の浸水想定はあくまで目安にすぎない
−0.0029	0.1475	0.0202	−0.0256	0.6206	0.0246	現代の科学技術の水準では、どのような津波がくるか厳密に予測するのは難しい
0.0092	−0.0631	0.0645	−0.0703	0.0420	0.6511	避難場所に行くのは面倒だ
−0.0644	−0.0082	−0.2394	0.0534	0.1181	0.6460	たいした津波が来なかったら、避難するのは損だ

注）　最尤法、プロマックス回転。１列目から６列目までは、各因子に対する負荷量

ついで、実際の場面での説明力をみるために、東北地方太平洋沖地震時の避難意図として「避難しようと思ったか」どうかとの関係を見た。その結果、有意な相関が認められたのは「規範」と「情報信頼度」、「コスト」の３因子に留まった。

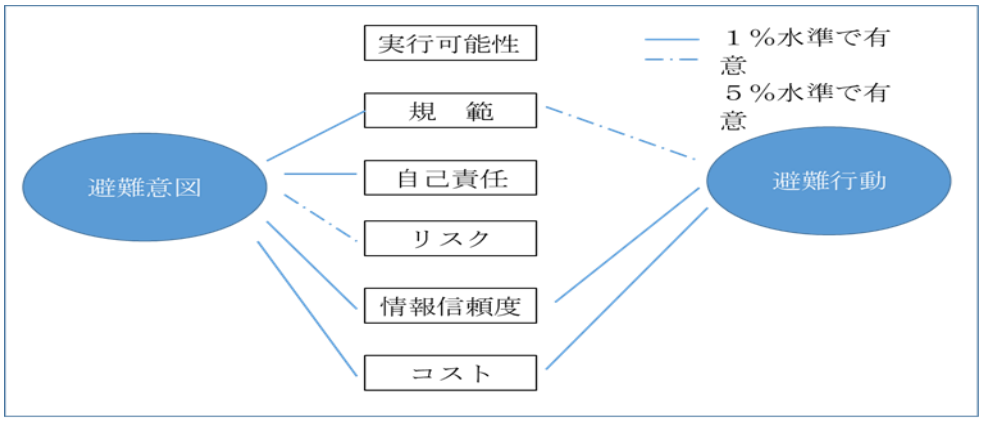


図３－５－④－４　抽出された6因子と避難意図ならびに避難行動との相関

さらに実際の避難行動との関係を見ると、第４因子（リスク認知）のみが有意な説明変数であった。

これらの結果から、避難行動に結びつけるためには、どのような論点でのリスク・コミュニケーションを行うべきか検討しうる可能性が示された。しかし、懸念される将来の津波に対する避難意図と東北地方太平洋沖地震時の避難意図とでは、図３－５－④－４の左右に示したように、各因子との相関関係が異なること、チリ地震津波時の避難意図構造(田中ほか,2011)とは異なる点など一貫性が乏しい。また、そもそも因子分析結果は統計的に必ずしも十分な説明力を持つとは言えない。このため、項目の精査や分析を追加的に行い、精緻化を図る必要がある。

5) リスク・コミュニケーションの経路

説得的コミュニケーションの分野では、説得効果に送り手特性が有意な効果を持つことが知られている（今井,2006）。防災教育の領域では、地震学や耐震工学の専門家や小中学校等の教員が行う形態が多い。また、最近では、講演形式に加えて、地域の防災力向上を目指したワークショップ形式がとられることも増えてきている。これらのコミュニケーションが果たす役割は、地域への関与度に依存する。

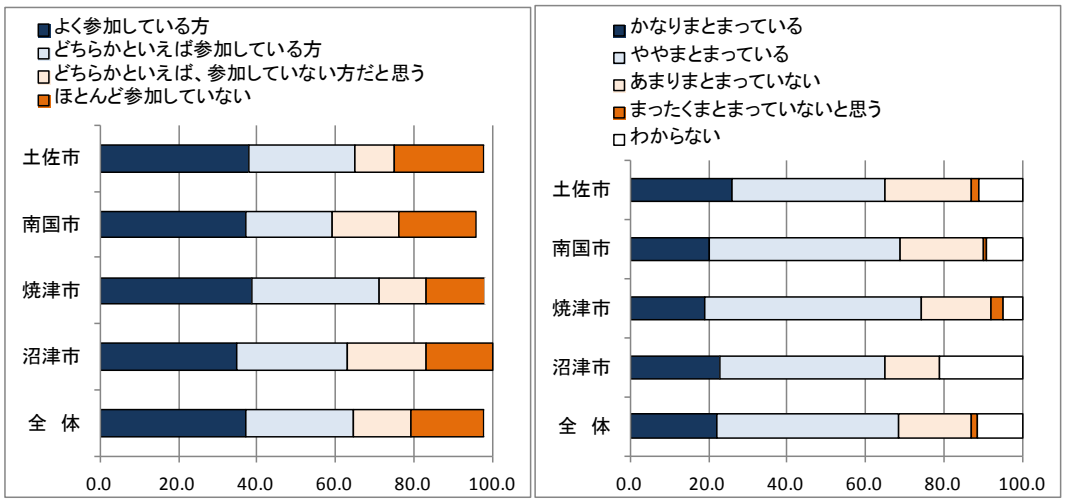


図３－５－④－５　市毎の地域行事への参加率と凝集性認知

地域の行事に「よく参加している方」が37.2%、「どちらかといえば参加している方」が27.4%、「どちらかといえば」あるいは「ほとんど」参加していない層が合わせて33.4%と３分される（図３－５－④－５）。また、凝集性の認知はおおむね高い水準にあるが、人口規模の大きな沼津市では若干低く、また「わからない」という層も少なくない。

これらの意図的な経路とは別に、災害に関して日常的な会話の場は、専門家の介入が難しいものの、より広範なリスク・コミュニケーションの場と考えられる。東日本大震災後に津波が起こる可能性や津波来襲時のとるべき行動等の話が出たことがあったかどうかについてみると、「家族」の中で話に出た人が80.3%と最も多く、かつ地域差も少なかった（図３－５－④－６）。他方、「町会や自主防災組織」の中で出たとされた比率と、「職場や同業者の集まり」の中で出た比率はほぼ同率であった。しかし、この２つの場は、地域によって差が認められ、沼津市では職場の比率の方が高く、土佐市では自主防災組織等の比率が高い。

この結果は、地域によっては職場や同業者の集まりを適切に活用することが、継続的かつ有効な手段であることを示唆しているものと考えられる。

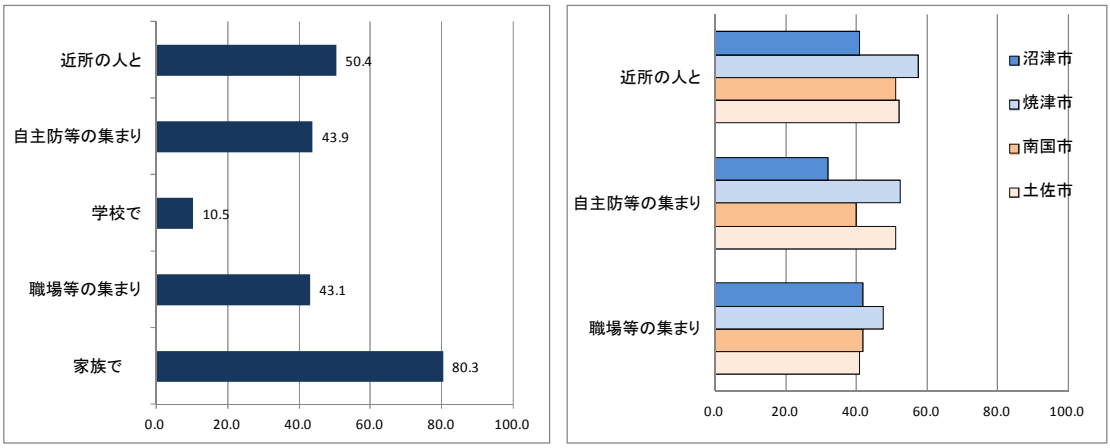


図３－５－④－６　リスク・コミュニケーション経路毎に見た津波対応取り上げられ率

今後、リスク・コミュニケーションを有効に行うためには、どのような層に対して、どのような内容を、どのような経路を通して実施することが良いのか、地域類型の精緻化と合わせて、より精緻な解析を行うとともに、質的な分析を合わせていく必要がある。

(d) 結論ならびに今後の課題

昼夜間人口比および社会増減率に基づいて地域類型を試行した。その結果、対象とした４地域の中では、2)で紹介したように、東北地方太平洋沖地震時の津波避難率が土佐市は他の４地域と比べて極めて高かった。他の項目との関連で見ると、この地域差は、津波体験率が効果を持つことが推定されるものの、ハザードマップ認知や事前

の防災対策実施率では説明できないことが示された。この点からみると、地域類型化の重要な指標として災害体験を考慮する必要があること、ならびに意識や行動面は単一の軸では説明できないことが明らかになった。

リスク･コミュニケーション対象者の多様性については、身体的な避難支障や避難契機による層化の可能性が示された。内容面では、「引き波誤信念」の修正が強く求められること、行動意図モデルに基づく因子分析の結果、同じ避難意図といっても将来の避難意図と東北地方太平洋沖地震時の避難意図とで、さらに東北地方太平洋沖地震時の実際の避難行動とで各因子の説明力に一貫した関係は得られなかった。

また、そもそも因子分析結果は統計的に必ずしも十分な説明力を持つとは言えない。このため、項目の精査や分析を追加的に行い、精緻化を図る必要がある。

リスク・コミュニケーションの経路としては、沼津市のように地域住民組織よりも職場の有効性が期待されることが判明した。

今後、一貫した結果が得られていない行動意図モデルの精緻な再解析が必要である。リスク・コミュニケーションを有効に行うためには、どのような層に対して、どのような内容を、どのような経路を通して実施することが良いのか、地域類型の精緻化と合わせて、より精緻な解析を行うとともに、補完するために質的な調査を行うことが求められ、平成26年度に実施予定である。

(e) 引用文献

1) 広瀬幸雄, 1994, 環境配慮的行動の規定因について, 社会心理学研究, 10, 44-55.
2) 今井芳昭, 2006,『依頼と説得の心理学』,サイエンス社
3) Kahneman, D., 2011, “Thinking, Fast and Slow”, Farrar, Straus and Ciroux, N.Y.
4) 野波寛・杉浦淳吉・大沼進・山川肇・広瀬幸雄,1997, 資源リサイクル行動の意思決定における多様なメディアの役割,心理学研究, 68, 264-271.
5) Rodriguez, H. Diaz, W. Santos, M. and Aguirre, B.E., 2006, ‘Communicating Risk and Uncertainty: Science, Technology, and Disaster at the Crossroads’, Rodrigeez, H. Quarantelli, E.L. and Dynes, R.R., Springer ed. “ Handbook of Disaster Research”, Springer
6) 田中淳,2008,「災害情報論の布置と視座」,田中淳・吉井博明編著,「災害情報論入門」, 弘文堂
7) 田中淳・関谷直也・地引泰人, 2011, 津波の避難(2)－2010 年地理地震津波における避難行動における意思決定, 日本社会心理学会第 52 回大会発表論文集,414

(3) 平成 26 年度業務計画案

各種データベースおよびプラットフォームの詳細設計に着手するとともに、Ver.0 のテスト運用を通じて、データの運用管理や発信方法、利活用方法について検討し、必要な機能の追加開発のための設計を行う。また、前年度に引き続き南海トラフ巨大地震に対する防災・災害関連データの収集・ＤＢ化、利活用システム開発を開始し、防災に関わる人材育成・教育のための調査を実施する。地震や津波、その他の情報のリアルタイム伝送に向けて、精緻な自動震源決定システムの設計を実施する。

また、南海トラフ巨大地震で津波被害が想定される地域において、住民の防災知識構造を明確化するために、前年度の量的調査を受け、特定地域を対象に、知識構造ならびに社会構造をより精緻かつ深く解明するために、質的調査を行う。