

## 4 拠点間連携共同研究

東大地震研・京大防災研拠点間連携共同研究委員会 委員長 川瀬 博（京都大学防災研究所）  
副委員長 森田裕一（東京大学地震研究所）

これまでの地震・火山観測研究計画では、地震や火山噴火の発生の予測を最大の目標とし、それにより地震や火山噴火による災害の軽減を目指してきた。しかし、平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震の発生により多くの犠牲者が出たことを踏まえ、地震や火山噴火の科学的な予測が極めて困難であっても、現在の地震学や火山学には災害軽減に役立てられる多くの知見が集積されていることから、平成26年度から開始された「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」（建議）において大きく方針を変更した。即ち、地震や火山噴火の発生予測の実現を重点とした方針から、それらの予測を目指す研究を継続しつつも、地震・火山噴火災害をもたらす誘因の予測研究も組織的・体系的に進める方針に転換した。そのため、地震学や火山学を中核としつつも、災害や防災に関連する理学、工学、人文・社会科学などの分野の研究者が参加して、協働して推進することになった。

これまでの建議に基づく観測研究計画では、自然現象である地震発生や火山噴火現象の理解に基づきそれらの科学的な予測を目指すという考え方から、「地震・火山科学の共同利用・共同研究拠点」である東京大学地震研究所が中核となって計画を推進してきた。しかし、災害や防災に関連する研究者と協働して計画を推進するためには、東京大学地震研究所と「自然災害に関する総合防災学の共同利用・共同研究拠点」である京都大学防災研究所とが連携して、計画を進めることが有効であるとの結論に至り、両研究所が協働し、それぞれの分野の共同利用・共同研究拠点として、連携して共同研究を進めることとなった。具体的には、両拠点の研究者が中核となって、建議に沿ったテーマを決めて具体的な研究計画を立て、全国の研究者の参画を募集して全国規模の共同研究を進める「参加者募集型研究」と両拠点がそれぞれ関連が深い地震火山研究コミュニティと自然災害研究コミュニティの2つの学術コミュニティに呼びかけ建議の主旨を踏まえたボトムアップ研究を公募する「課題募集型研究」を平成26年度から開始した。

### 1. 参加者募集型研究

参加者募集型研究については、主として両研究所の中堅研究者からなるワーキンググループで議論し、南海トラフで発生が懸念される巨大地震のリスク評価の精度向上を目指した色々な分野の研究を推し進めることに決め、平成26年10月6日～7日に地震研究所で研究集会「地震・火山科学と総合防災学の両共同研究拠点主催シンポジウム 南海トラフ巨大地震の災害リスク評価 ―社会の影響から地震発生まで振り返り、評価の不確実性と影響評価について考える―」を開催した。そこでは、巨大地震の震源過程、震源から居住地域までの深部地下（地殻）構造・波動伝播、強震動、浅部地下構造、津波、構造物等の特性をそれぞれの分野の専門家が議論して、それぞれの部分の想定や評価における精度や不確かさを議論するとともに、それらがどのように関連し、最終的な被害につながるかの科学的なリスク評価方法の確立を目指すことを確認した。さらに、リスク評価に基づき、事前の災害情報、災害発生後の対応等のあり方など、巨大災害の発生から災害発生後の対応まで、巨大地震に伴い予測される一連の事象に関して、防災・減災に向けて機能するための研究を発展させることを目指すことになった。全体の研究を、(1) 想定される南海トラフ地震の震源過程、(2) 深部地下（地殻）構造とそれが波動伝播に及ぼす影響、(3) 強震動予測手法の高度化、(4) 浅部地下構造が地震動に及ぼす影響、(5) 津波予測モデルと津波被害予測手法、(6) 構造物の被害予測手法の高度化、(7) 災害のリスク評価と意思決定、(8) 災害情報の外部発信とステークホルダの関与、(9) コンピュータシミュレーションを用いた新たな地震リスク評価手法の開発、の9分野に分け、それぞれの分野で研究を深化するとともに、各分野の相互連携を図

ることを目指した。

平成27年度は、上記9分野のうち、(7)災害リスク評価と意思決定および(9)コンピュータシミュレーションを用いた新たな地震リスク評価手法の開発を重点項目とし、それぞれの分野の全国の研究者と協力して研究を進めるとともに、それ以外の分野については総括研究として推進し、定期的に情報交換およびリスク評価手法の構築に努めることとなった。

平成28年度は、前述の2分野に加え、(4)浅部地下構造が地震動に及ぼす影響および(6)構造物の被害予測手法の高度化も重点項目とし、4つの分野について全国の研究者と協力して研究を進めるとともに、総括研究を推進することとなった。

#### (1) 総括研究

総括研究（拠点間連携研究〔課題番号：2975〕）は「巨大地震のリスク評価の精度向上に関する新パラダイムの構築」と題し、平成27年度に引き続き、(1)震源過程、(2)伝播・深部地盤構造、(3)強震動予測、(4)浅部地盤構造、(5)構造物被害予測、(6)リスク評価の研究グループに分かれ、それぞれの分野におけるリスク評価の不確かさの要因についての検討を進めるとともに、これらの知見を統合するための(7)プラットフォーム構築グループおよび(8)ステークホルダの参画に関する研究グループにおいて、リスク評価およびその不確かさに関する検討を行った。

震源過程グループでは、南海トラフで発生すると考えられる巨大地震の震源モデルを検討するにあたり、南海トラフにおける最新の研究成果について情報収集し議論を行った。測地学的手法により求めることのできるプレート間のすべり欠損分布と、そこで発生する巨大地震のすべり領域との関係を明らかにすることが、将来発生する巨大地震の考え得る震源像を明らかにするために重要であると認識した。

伝播・深部地盤構造グループでは、これまで実施されてきた地震観測データのトモグラフィ解析や人工震源地震波構造調査で得られた、南海トラフに沿った地震波速度構造についてコンパイル作業を進めた。また、現在進められている地震波減衰構造解析について調査を行い、その構造を用いた減衰量の見積もり計算に関して検討を行った。

強震動予測研究グループでは、今後考慮しなければならない問題点を議論した。その中で、地震動予測式については、地震の規模がM8.3を境に地震動が頭打ちとなる問題について指摘した。この件がプラットフォーム構築グループにおいて取り上げられ、リスク評価結果に与える影響についての研究がなされた。

浅部地盤構造グループでは、これまでに提案されている地盤増幅率について調査を行った。その際、増幅率の評価方法を、観測記録に基づく方法（リファレンスサイトを用いる方法と用いない方法の2種類）および数値解析による方法に分類することとした。観測記録に基づく方法では中小地震のデータが用いられることが多く、また数値解析による方法でも地盤の強非線形性が考慮されることは稀であることが調査から明らかとなった。

構造物被害予測グループでは、木造構造物の経験的な被害関数の現状の研究をレビューし、その経験的被害関数を導くのに用いられている観測データの被害率分布に著しい偏りがあることが、被害関数の信頼性を低くしていることを指摘した。少ないデータに依存した評価の変動を減らすためには最小二乗法よりも最尤法による推定の方が適しているとの指摘を受け、被害関数導出の拘束条件として用いられている観測データを収集して最尤法推定と最小二乗法推定の結果を比較することとなった。

リスク評価グループは損失評価モデルを修正し、建物の直接損失だけでなく、人的被害も同時に考慮するために、棟死亡率関数を導入した。ここに、棟死亡率は損傷度と周辺全壊率の関数として定義される。人的被害を算定するための損傷度（D-LEVEL）の被害区分を導入し、平成27年度に用いた建物被害率とD-LEVELとの関係を分析して、両方の関数を対応させた。また、建物被害率の値の適用方法も上限値と下限値を考慮した従来の

2モデルではなく、一様分布を仮定した方法に修正した。

プラットフォーム構築グループは点での評価から面での評価を行えるようにし、地図上で不確実性の幅を表現する方法について検討を行った。

これらの検討によるリスク分析の結果、損失額の平均値および棟死亡率の平均値（図1左）は、高知県では震源からの距離と地盤増幅特性に特に大きく依存した。また、損失額の不確実性および棟死亡率のばらつき（図1右）は、高知県では高知平野で特に大きく、室戸岬と足摺岬で大きかった。感度解析の結果、損失額、棟死亡率とも、強震動予測式が大きく影響した。

## (2) 特定分科研究

特定分科研究（その1）「経時変化を考慮した地震災害リスク評価手法の構築に関する研究」（拠点間連携研究〔課題番号：2976〕）では、地震リスクの暴露人口の変化のみならず、その年齢構成の変化を考慮した地震リスク評価を行うため、社会科学の分野でよく用いられる人口分布の将来予測モデルの1つであるCohort要因モデル（Cohort component model）を用いて、将来の建物の建築年代分布の予測を試みた。地震時の建物倒壊はその建築年代に依存し、建物倒壊に起因する死者・負傷者数を高精度に予測するためには、建物内の年齢構成を把握することが不可欠であるためである。高知県の南国市を対象に検討を行い、国立社会保障・人口問題研究所によるCohort要因モデルを用いた人口分布の将来予測に倣い、2010年から2040年までの南国市の人口分布の将来予測を確認した。その上で、2014年時点の南国市における建物年代分布と人口年齢分布の関係を調べ、この時点での人口年齢分布と建物年代分布が将来にわたって不変であると仮定し、将来の建物年代分布を予測する方法を構築した。その結果得られた予測の例として、予測された2015年と2040年の建物年代と人口年齢の対応を図2に示す。今後は、これらの関係から、将来の建物の面的分布から人口年齢分布を予測した上で、地震リスク評価を行う。

特定分科研究（その2）「巨大地震リスク評価のための都市モデルの構築と高分解能の災害・被害予測の試行」（拠点間連携研究〔課題番号：2977〕）では、過去の地震被害データの相関関係に基づく経験式には精度に限界があることは否めないため、理学・工学・社会科学の各分野で培われた数値解析が適用できるような都市全体の解析モデルを使い、巨大地震がもたらす災害・被害予測を行うことを目的とした。これは、地震動増幅や地震応答の物理過程という因果関係に基づく数値解析が研究開発され、容量・速度が増加する計算機と、多様な都市情報を利用することで、従来不可能であった都市全体の数値解析を、経験式の代替として行うことが現実味を帯びていることを背景に設定したものである。目的の達成のため、平成28年度は、本研究に参加する大学・研究機関で基盤となる統合地震シミュレーション（Integrated Earthquake Simulation, IES）のプログラムの活用を進めた。IESは平成27年度に共有されたプログラムであり、試行運用がされている。利用したのは、連成した地震動増幅と建築物地震応答の解析である。大学・研究機関が位置する都市に対して実際に都市モデルを構築し、多様な地震シナリオを考慮して地震動と建築物の応答を計算し、その結果となる地震動と被害の程度を静止画や動画で表示し、さらに津波避難の解析を行った。東北大学・新潟大学・東京工業大学・山梨大学・神戸大学・香川大学・高知工科大学・九州大学と理化学研究所計算科学研究機構の協力により、仙台・新潟・東京・甲府・神戸・高松・高知・福岡を対象としたIESの活用が行われた。また、兵庫県立大学と連携しながら、兵庫県の複数の都市におけるハザードマップを作成した。明石市・芦屋市・西宮市・尼崎市の4都市においてIESを用いた各建物のモデル化および地震動解析を実施し、内閣府が想定している想定南海地震（陸側）を対象として地震動と建物応答の可視化図を作成した（図3）。一方、高知県・高知市・香川大学と連携しながら、IESへの2次元差分法を使う津波遡上解析による津波シミュレーションの実装を進めた。内閣府が想定している南海トラフ地震に対し、異なる条件にて津波遡上解析を実施し、街区まで遡上する過程を計算した（図4）。

特定分科研究（その3）「巨大地震の災害リスク評価のための震源モデルの構築」（拠点間連携研究〔課題番号：2978〕）では、多様性を反映した南海トラフ地震の震源モデル構築（図5）にあたり、各シナリオの重要構成要素として3～4種類のエキスパート・オピニオンを収集してロジックツリーの分岐を作成した。測地シナリオとして、陸域のGNSSデータまたは海陸両域GNSS・GPS/Aデータから推定されたすべり欠損分布のモデルを収集した。構造シナリオとして、海山地形、分岐断層の詳細位置、およびプレートの地質環境を反映し、震源の応力降下量に寄与すると考えられるスメクタイトの影響に関する研究成果を収集した。地震活動シナリオとして、スロー地震分布、繰り返し地震分布、通常地震活動分布に加え、日向灘浅部微動と周囲の相似地震・大地震破壊域に関する研究成果を収集した。歴史シナリオとして、過去の南海トラフ巨大地震の震度分布、史料に基づく津波高のほか、史料解釈と繰り返しの新しい見方に関する情報を収集した。以上のシナリオを、それぞれ単独あるいは等しく重みづけた場合のシナリオを作成し、南海トラフ地震の震源像を検討した。

特定分科研究（その4）「建造物の被害予測手法の高度化」（拠点間連携研究〔課題番号：2979〕）では、東北地方太平洋沖地震の際の建物被害データとその領域にあった強震観測点での地震動レベルとの関係について、既往の文献を調査し、それを整理した。またその元データを収集し、既往の建造物の非線形応答解析を用いた物理モデルによる被害予測の評価手法を用いて被害率を求め、観測結果と比較した。その結果、内陸地震をターゲットに構築された予測モデルは海溝型地震の短周期成分に富む加速度の大きな波形に対しても敏感に応答し、過大な被害率を与えることがわかった。そこで、モデル構築の際には含まれていなかった高振動数成分をフィルター処理で除去することによって計算被害率を観測被害率に近づけられないか、パラメトリックスタディを行った。その結果、通常考えられる範囲のカットオフ周波数では十分に被害率を低下させることは困難であった（表1）。このことは、短周期成分が多く含まれる波形に対して被害率が過大にならないようにするために、非線形特性の見直しを行う必要があることが示唆された。さらに、2016年熊本地震での被害調査データを収集・整理するとともに、その情報と近傍での観測波形の最大値について取りまとめた。同様に、計算で求める被害率予測モデルを適用し、概ね妥当な結果が得られることを確認した。

## 2. 課題募集型研究

課題募集型研究では、地震や火山噴火の発生から、それによって引き起こされる災害の発生や推移を総合的に理解し、それを防災・減災に活かすための研究課題を広い視野から募集することとし、以下の分類で公募した。(1)地震・火山噴火の災害事例の研究、(2)地震・火山噴火災害発生機構の解明、(3)地震・火山噴火災害誘因の事前評価手法の高度化、(4)地震・火山噴火災害誘因の即時予測手法の高度化、(5)地震・火山噴火災害軽減のための情報の高度化、(6)地震・火山噴火災害時の災害対応の効率化、(7)実践的人材育成の仕組みに関する研究の7項目である。

平成28年度は、東大地震研・京大防災研拠点間連携共同研究委員会により、11件の新規課題が採択された。

### (1) 地震・火山噴火の災害事例の研究

「17世紀以降に形成された歴史津波堆積物の放射性炭素年代推定法の高度化」（拠点間連携研究〔課題番号：2980〕）では、北海道大樹町の生花苗沼と湧洞沼、浜中町の霧多布湿原において歴史津波堆積物の掘削調査を実施し、そのうち歴史時代の堆積物が最も良好に保存されている霧多布湿原の堆積物について重点的に分析した。採取した試料はCT画像の撮像とITRAXを用いた非破壊分析を行い、津波堆積物の認定を試みた。その後、放射性炭素年代測定を行い、津波堆積物の堆積年代を推定した。放射性炭素年代は層序順に連続的に測定し、その層序関係から年代測定結果に制約を設けた。その結果、TS2の堆積年代は19世紀～20世紀前半と推定された。TS1については1950年以降の大気中の<sup>14</sup>C濃度のピークを利用することで、1950年代に堆積した可能性が高いことが推定された（図6）。

「詳細地盤構造と活動セグメントの新たな解釈に基づく歴史被害地震の断層モデル構築に関する研究」(拠点間連携研究[課題番号:2985])では、1896年(明治29年)陸羽地震(M7.2)を対象として検討を行った。この地震では、横手盆地断層帯南部付近に位置する現横手市において、震源域から離れているにもかかわらず住家全壊率が10%以上になった地域があり、潰家により死者が出た。現横手市でも人的被害が出た原因は地盤構造による影響も考えられることから、横手盆地断層帯南部で地震が発生した場合はその地盤構造による影響が大きくなることが推測される。このため、本研究では、横手市における活断層と地盤構造の関係を把握するために、常時微動観測を行った。図7左に示すように、秋田県横手市において横手盆地断層帯南部を挟んで東西方向に2つの測線を配置し、観測点は計12地点とした。得られた測線1の常時微動水平上下スペクトル比(MHVR)を図7右に示す。MHVRの特徴から、横手盆地ではY1-3~Y1-4の比較的狭い範囲(幅1~2km)で基盤が深くなる構造が存在していることが推測された。

## (2) 地震・火山噴火の災害発生機構の解明

「地震及び津波による建物倒壊に伴う人的被害の発生機構解明並びに評価手法の提案」(拠点間連携研究[課題番号:2964])は、地震動及び津波に伴う災害の内、特に人的被害に焦点を当て、次の3点を目的として検討を行った:(1)現状の人的被害評価式の問題点の洗い出しとあるべき評価式の検討、(2)特に負傷程度評価に災害医療関係で用いられている死傷程度評価尺度(ISS)を導入することで評価内容をより豊かに、被災プロセスを詳細に追跡するモデルを導入することで評価単位をより詳細に、さらに社会動態に基づく本邦の人口基盤変化が災害時に及ぼす影響のシナリオ評価を試みた人的被害の新評価式の構築、(3)提案式を具体的地域において被害評価を行い、新たな問題の提示、である。その結果、(1)既往の人的被害評価式(内閣府中央防災会議の方法)の問題点の洗い出し、(2)ISSを導入した新評価式の提案、(3)社会動態が地震災害に及ぼす将来的影響の評価、が得られた。その検証のために、釧路市(北海道)を事例として詳細検討を行った結果、高齢化による被災者救助支援者の大幅減少が見込まれ、津波に対する避難不能者の増大という新たな問題点が見えてきた。

## (3) 地震・火山噴火の災害誘因の事前評価手法の高度化

「緊急地震速報を利用した建物地震災害誘因のリアルタイム予測」(拠点間連携研究[課題番号:2981])では、地震発生直後から社会・経済活動の復旧開始に至るまでの時間に、緊急地震速報情報と地震計を設置した建物(ここでは防災拠点建物と称する)の構造モニタリング情報を併用し、建物ごとの被災予測をリアルタイムで正確に情報発信するシステムの開発と実証を目指している。平成28年度は、防災拠点建物周辺の建物群の最大応答推定の高度化に取り組んだ。なお、本研究では、最大応答推定とは地震動収束後に地域の建物群の応答情報を提供することを意味し、その対象は構造モニタリングを行う防災拠点建物の周辺建物群とした。防災拠点建物の観測記録から周辺建物の最大応答を推定する手法を提案し、実際の建物観測記録を用いてその精度を検証した。緊急地震速報情報による応答スペクトルに、防災拠点建物での観測記録を用いた補正をかけることで応答推定の精度を格段に向上できることを確認した(図8)。

「ダム湖に隣接する地すべり土塊の南海トラフ巨大地震に対する危険度評価と斜面の不安定土塊の位置検出法の開発・高度化」(拠点間連携研究[課題番号:2986])では、ダム湖に隣接する斜面に存在する既往の地すべり土塊、あるいは空中写真判読で見落とされている地すべり地、さらに地震あるいは豪雨によって崩壊する可能性のある不安定土塊を検出・抽出することを目的として、詳細数値地形図を用いて、これらの不安定土塊を抽出する方法を開発した。その方法を適用して得られた、風屋ダム湖に隣接する既往地すべり土塊(茶色矢印)と不安定土塊(赤矢印)を図9に示す。開発した手法は、平成28年(2016年)熊本地震にも適用され、立野地区において地震によって生じた斜面上の亀裂や地表に出現した地表断層検出にも有効であることが示

された。

「長周期地震動予測のための深部地盤構造モデル化手法の高度化に関する共同研究」（拠点間連携研究〔課題番号：2988〕）では、足柄平野北西部の南足柄地域をテストサイトとして深部地盤構造を明らかにすることを目的とした共同現地観測を実施した。主として、図10左上に示すように、9地点での地震観測、5地点での微動アレイ観測、57地点での微動単点観測を行った。観測結果の速報として、図10右上にはMAG(L1)と東の2つのアレイ(L3&L4)で観測された位相速度の分散曲線が示されている。周期1秒付近では、位相速度は地点毎の差異が大きいことがわかる。強震観測の結果の速報として、図10下には、MAGである3日間に観測された記録の振幅スペクトルの時間変化を示している。この図には、2017年1月22日に発生したソロモン諸島の遠地地震(Mw7.9)に伴う地震動の記録も認められ、周波数0.1Hz程度まで微小なレベルの記録が解析に使用でき、上記の微動データと合わせて検討することができると考えられる。以上の地震および微動データは、共同研究参加者で共有され、今後、多様な視点から深部地盤構造との関係の検討を各自が実施する。

#### (4) 地震・火山噴火の災害誘因の即時予測手法の高度化

「地震波動伝播シミュレーションのための基盤的コミュニティ・コードの開発」（拠点間連携研究〔課題番号：2984〕）では、これまで開発してきた差分法に基づく並列地震波動シミュレーションで用いられた計算コードをもとに、コミュニティ・コードを開発した。このコミュニティ・コードは「京」コンピュータや地球シミュレータ等のスーパーコンピュータにおいてその計算機性能を最大限に引き出すことのできるものであったが、コード記述内容が各スパコンの計算機構造に特化しており、かつ計算効率を最優先するために多くのパラメタがコード内に埋め込まれるなど汎用性が低くなっていた。このため、数値シミュレーションの専門家でも容易に扱えるよう、抜本的に改修した。また、利用法について詳細に記述した日英両言語のマニュアルを整備した上で、公開リポジトリ(<https://github.com/takuto-maeda/OpenSWPC>)にてオープンソースライセンスの一種であるMITライセンスに基づいてコードを公開し、利用される手法や技術の透明性を担保した。一連の開発により、微細スケールから日本列島スケールまでの様々な環境における地震波数値シミュレーションがきわめて容易に実現できる素地が整った。

#### (5) 地震・火山噴火の災害軽減のための情報の高度化

「東北地方太平洋沿岸の歴史地形の復元・可視化に基づく歴史災害研究」（拠点間連携研究〔課題番号：2982〕）では、現代的な測量で作成された地図や航空写真のみならず、明治時代の地籍図や江戸時代の国絵図・村絵図といった前近代の絵図史料から、現代の開発による改変以前の古地形を復元し、可視化することを目的とした。岩手県釜石市中心地区および宮城県多賀城市周辺地区において地形復元を実施した。両地域を選定したのは、近代の産業振興により海岸線の人工改変が顕著にみられること、また過去の歴史津波についての伝承が残されている場所であることを重視したからである。釜石市は、明治中期以降の製鉄業の振興を発端として製鉄の町として栄えた都市である。陸地測量部作成の「5万分の1地形図」に基づいた復元地形と今日の海岸線を比較すると、港湾施設の発達にともない、海岸や河口が埋め立てられるとともに、甲子川河口の干潟が埋め立てられている様子を把握することができる。これに2011年の東日本大震災の津波浸水範囲を重ねると、これらの人工構造物のほとんどが津波被害を受けていることが確認できる(図11)。

巨大災害の想定情報は、科学的不確実性および不定性を伴いつつも、政府や地方自治体、企業や団体、また住民がその災害被害について見当をつけ、減災に活かされるために提供されている。しかしながら、科学的不確実性および不定性を内包する想定は、行政の被害想定や災害対策などの基礎となっているものの、住民心理への影響、社会的影響については知見が非常に乏しいのが現状である。そのため、「巨大災害想定のコミュニケーション戦略に関する研究」（拠点間連携研究〔課題番号：2983〕）では、巨大災害想定を防災・減災のた

めに有効に活用するために、①現状の市民の受容の様態に関する意識調査を行い、②社会的な影響事例を収集・整理することで、現状としての巨大災害想定への理解のされ方、社会的影響、課題について明らかにし、巨大災害想定への情報提供のあるべき姿、巨大災害想定への防災・減災のための活用策に関する知見を提供するために、首都直下地震、南海トラフ巨大地震、日本海地震、津波を中核に据え、(1)「巨大災害想定」の理解と受容に関する調査、(2)巨大災害想定への社会的インパクトに関する調査の2種類を行うが、本年度は主として(1)を行った。(1)における先行研究のレビュー、ヒアリング、ディスカッションなどから、今後巨大災害想定への受け止め方を分析するにあたり必要な計測項目を抽出した。

富士山周辺の市町村においては、火山防災行政担当者が2～3年で異動し、これらの担当者は異動当初、数日のみの引き継ぎが行われ、基礎的な知識等については、火山防災パンフレットや短時間の講演会を聴講するのみであり、知識の伝達や対策の継続性がしばしば滞ることがある。これまでも研修会や図上訓練などを実施することにより、火山防災担当者のスキルを向上させる試みは数多く行われているが、効果が上がっていない場合も多い。図上訓練の効果を上げるには個々の火山や火山防災特有のさまざまな知識を必要とするが、それらを簡単に提供できる仕組みはない。そこで、「実践的人材育成のための防災担当者研修プログラムに関する研究」(拠点間連携研究〔課題番号:2987〕)では、行政担当者が、継続的に知識を取得し、共通課題を共有し、地元の火山噴火に的確に対応できる人材育成を目指した研修プログラムの構築を試みた。研修プログラムの作成に当たっては、災害の傾向や対応策が火山毎に異なり、対策をより現実を考えるため、研修すべき項目として「火山噴火と災害の基礎的な知識」、実際にあった「噴火対応事例」、現時点で作成されている「噴火に係わる防災計画」、「火山防災情報」を抽出した。これらの座学を定着させるために、図上訓練を取り入れることとした。また、日程については、ヒアリング結果から、個別に開催するよりも火山防災会議協議会等の会議にあわせて半日程度で実施することが望ましいと判断した。上記をもとに、本年度は、山梨県の富士山噴火対策に係る関係者を対象に、富士山火山防災会議協議会山梨県コアグループ会議の開催に合わせて、1月11日の午後に研修プログラムを試行した。

「東日本大震災の実経験からの学びを活かした人材育成プログラムの開発と実践」(拠点間連携研究〔課題番号:2989〕)は、以下の4つのステップについて検討した。ステップ1:国内外において先行している人材育成の仕組みに関する調査・研究、ステップ2:研修コンテンツの検討・人材育成プログラムの開発、ステップ3:研修テキストの作成とトライアル研修の実践、ステップ4:研究の進捗および研究成果の情報発信。神戸まちづくり会館では、神戸防災技術者の会(K-TEC)から神戸で学ぶ防災学習プログラムについて、また、人と防災未来センターでは災害対策専門研修プログラムの概要と発展経緯等について、さらに、神戸新聞では被災地の新聞社の営業局が主導し、阪神淡路大震災から20年を機に発足した「117KOBEぼうさいマスタープロジェクト」について、それぞれヒアリング調査を実施した。これらのヒアリング調査とその分析により、被災地外を対象とした災害伝承ツーリズム、全国の自治体職員を対象とした防災スペシャリスト育成研修、被災地内での若い世代への災害体験の伝承など、多様なアプローチについて理解を深める事ができたと同時に、防災人材育成に対する多様で、かつ高いニーズを確認することができた。また、仙台市や宮城県の防災・危機管理部局や教育委員会等、国土交通省東北地方整備局、防災教育日本連絡会、米国CERTプログラム等との連携を図りながら、防災・危機管理を担う多様な人材育成のための研修コンテンツの検討を行い、枠組みや制度を含めた人材育成プログラムの開発を行った。さらに、東日本大震災の被災市町村の防災行政担当者を主な対象としたトライアル研修を、2016年12月19日(月)～20日(火)、東北大学災害科学国際研究所と国土交通省東北地方整備局の共同主催、宮城県と仙台市の後援により、災害科学国際研究所2階演習室にて「市町村・インフラ系企業防災関連担当者研修会～3.11からの学び塾～」として開催した。一方、東北大学災害科学国際研究所の防災教育国際協働センターのウェブページを活用し、研究の進捗および研究成果の情報発信を積極的に行った。

## これまでの課題と今後の展望

現行計画では、東大地震研と京大防災研の両拠点の研究者が中核となって、建議に沿ったテーマを決めて具体的な研究計画を立て、全国の研究者の参画を募集して全国規模の共同研究を進める「参加者募集型研究」と、両拠点がそれぞれに関連の深い地震火山研究コミュニティと自然災害研究コミュニティの2つの学術コミュニティに呼びかけ、建議の主旨を踏まえたボトムアップ研究を公募する「課題募集型研究」を実施してきた。参加者募集型研究では、南海トラフ巨大地震の地震リスク評価を行う方法とその不確実性についての検討や新たなデータに基づくモデル化などの検討を行ってきた。一方、課題募集型研究では新しい課題を掘り起こし、新しい課題の解決に向けた検討を行ってきた。

今後は、参加者募集型研究で得られた成果を統合して地震リスク評価および不確実性評価を行うことで、不確実性を減らすためにはどの研究分野により多くの投資をすべきかなどの評価を行うとともに、南海トラフ地震総合研究グループなどにより一層の連携を深めて、地震リスク評価手法の高度化を図る必要がある。また、課題募集型研究で提示された課題およびその成果を、災害の軽減に貢献するための地震火山観測計画全体としてどのように活かしていくかを検討する必要がある。

## 成果リスト

- Lee, S.H, K. Nishijima, S. Matsushima, 2016, Investigation of possibilities to reduce uncertainties of seismic risk evaluation for Nankai Trough earthquakes, 5th IASPEI / IAEE International Symposium: Effects of Surface Geology on Seismic Motion, August 15-17, 2016.
- Lee, S.H., K. Nishijima, S. Matsushima, M. Miyazawa, K. Mochizuki, T. Iidaka, K. Ueda, H. Kawase, N. Maki, 2017, Issues and Challenges in Seismic Risk Evaluation and its Uncertainty Reduction for Nankai Trough Earthquake, 京都大学防災研究所 平成28年度研究発表講演会 特別セッション.
- 縣亮一郎・市村強・兵藤守・堀高峰・平原和朗・堀宗朗, 2016, 震源断層の想定高度化に関する基礎研究—高詳細な三次元地殻構造モデルを用いた地殻変形解析手法の開発—, 土木学会論文集A1 (構造・地震工学).
- 藤田航平・市村強・堀宗朗・Wijerathne Madgededara Lalith Lakshman・田中聖三, 2016, 都市の高分解能な地震被害想定の高速度のための基礎的研究, 土木学会論文集A1 (構造・地震工学).
- 藤田航平・市村強・堀宗朗・Wijerathne Madgededara Lalith Lakshman・田中聖三, 2016, 多数の地震シナリオに対する高分解能な都市震災想定のためのHPCによる基礎検討, 土木学会論文集A2 (応用力学).
- 古村孝志, 2016, 昭和南海地震から考える, 次の南海トラフ地震と前後の内陸地震への備え, 日本地震工学会 JAE NEWSLETTER, 5(3), 2.
- Obara, K. and A. Kato, 2016, Connecting slow earthquakes to huge earthquakes, Science, 353 (6296), 253-257, doi:10.1126/science.aaf1512.
- 原田智也・西山昭仁・佐竹健治・古村孝志, 2016, 明応七年六月十一月(ユリウス暦1498年6月30日)の大地震に関する『九州軍記』の被害記述の検討, 日本地球惑星科学連合2016年大会, SSS31-12.
- Miyake, H., 2016, Long- and short-period characteristics of megathrust source models and ground motions (invited), UK-Japan Disaster Research Workshop: Cascading Risk and Uncertainty Assessment of Earthquake Shaking and Tsunami.
- Guo, Y., K. Koketsu, and H. Miyake, 2016, Propagation mechanism of long-period ground motions for offshore earthquakes along the Nankai Trough: Effects of the accretionary wedge, Bull. Seismol. Soc. Am., 106, 1176-1197, doi:10.1785/0120150315.
- Kawase, H., S. Matsushima, F. Nagashima, Baoyintu, and K. Nakano, 2017, The cause of heavy damage



concentration in downtown Mashiki inferred from observed data and field survey, *Earth, Planet, and Space*, 69:3, DOI :10.1186/s40623-016-0591-1.

- 松島信一・佐藤啓太, 2017, 横手盆地の盆地境界の推定のための地下構造調査, 京都大学防災研究所研究発表講演会, P61.
- Okada S., T. Nakashima, A. Iida, M. Kitahara, 2017, A NEW CAUSALITY MODEL FOR EVALUATING THE PROBABILITY OF HUMAN DAMAGE FROM INJURY TO DEATH IN COLLAPSED BUILDINGS, 16th World, Conference on Earthquake Engineering, Paper No. 2938, pp.1-10, Santiago Chile, January 9th to 13th 2017.
- Iida A., S. Okada, T. Nakashima, M. Kitahara, 2017, Volumetric Loss Estimation for Collapsed Buildings during Earthquakes, 16th World, Conference on Earthquake Engineering, Paper No. 2938, pp.1-11, Santiago Chile, January 9th to 13th 2017.
- 村口紗也・岡田成幸・中嶋唯貴, 2016, 地震災害素因の時間変動性を考慮した宅地供給に関するリスクマネジメントの考え方 —札幌市を事例として—, 日本建築学会北海道支部研究報告集, 89, 63-66.
- 松本将武・岡田成幸・中嶋唯貴, 2016, 地震破壊シミュレーションによる建物内死者発生推定のための建物ボリュームロス評価法の検討, 日本建築学会北海道支部研究報告集, 89, 83-86.
- 松本将武・岡田成幸・中嶋唯貴, 2016, 地震破壊シミュレーションによる建物内死者発生推定のための建物ボリュームロス評価法の検討, 日本建築学会大会(九州)梗概集.
- 村口紗也・岡田成幸・中嶋唯貴, 2016, 地震災害素因の時間変動性を考慮した宅地供給に関するリスクマネジメントの考え方 —札幌市を事例として—, 日本建築学会大会(九州)梗概集.
- 中嶋唯貴・岡田成幸, 2016, 少子高齢化の進展が地震時建物倒壊による推定死者数へ及ぼす影響, 日本建築学会大会(九州)梗概集.
- 高橋遥・岡田成幸・中嶋唯貴, 2016, 居住環境を考慮した地震時室内変容による人的被害の地域精算評価手法の提案, 日本建築学会大会(九州)梗概集.
- 岡田成幸・中嶋唯貴, 2016, 震後復旧費用個人負担の地域格差, 日本地震学会2016年度秋季大会(名古屋), S15-18.
- 岡田成幸・中嶋唯貴, 2017, 社会動態が地震災害に及ぼす将来的影響の定量評価, 平成28年度京都大学防災研究所研究発表講演会.
- 倉田真宏・新本翔太・和田拓也・山田真澄・楠浩一・柏尚稔・溜淵功史, 2017, 緊急地震速報と建物モニタリング情報を利用した地震災害誘因の同定, 京都大学防災研究所年次発表会梗概, OSK4.
- 津野靖士・地元孝輔・三宅弘恵・佐藤浩章・松島信一・重藤迪子・高井伸雄・神野達夫・瀨藤一起・山中浩明・川瀬博, 2017, 足柄平野西部における地盤震動特性の評価, 平成27年度京都大学防災研究所研究発表講演会.
- 地元孝輔・津野靖士・東貞成・佐藤浩章・重藤迪子・高井伸雄・松島信一・早川崇・山中浩明・川瀬博, 2017, K-NET日立近傍における地震と微動観測による地盤震動特性の評価, 平成27年度京都大学防災研究所研究発表講演会.
- Maeda, T., K. Nishida, R. Takagi, and K. Obara, 2016, Reconstruction of a 2D seismic wavefield by seismic gradiometry, *Prog. Earth Planet. Sci.*, 3, 31, doi:10.1186/s40645-016-0107-4.
- Maeda, T., H. Tsushima, and T. Furumura, 2016, An effective absorbing boundary condition for linear long-wave and linear dispersive-wave tsunami simulations, *Earth Planets Space*, 68, 63, doi:10.1186/s40623-016-0436-y.
- Noguchi, S., T. Maeda, and T. Furumura, 2016, Ocean-influenced Rayleigh waves from outer-rise earthquakes and their effects on durations of long-period ground motion, *Geophys. J. Int.*, 205(2),

1099-1107, doi:10.1093/gji/ggw074.

関谷直也, 2016, 企業の防災対策におけるBCPとCSR : 大企業に対する実証調査より, Nextcom25, 4-15.

関谷直也・田中淳, 2016, 避難の意思決定構造—日本海沿岸住民に対する津波意識調査より—, 自然災害科学  
J. JSNDS 35 特別号 91 -103, 91.

表 1. 熊本地震本震における非線形解析モデルによる被害率評価（拠点間連携研究 [課題番号：2979]）

Event	Site	Component	Maximum Acc	Damage ratio for construction age category			
				~1950	1950~1970	1970~1981	1982~
4/16 01:25 Mainshock	IIS Mashiki	NS	776cm/s <sup>2</sup>	0.555	0.481	0.330	0.105
		EW	825cm/s <sup>2</sup>	0.711	0.481	0.423	0.154
	KMMH16	NS	651cm/s <sup>2</sup>	0.473	0.386	0.332	0.11
		EW	1156cm/s <sup>2</sup>	0.637	0.423	0.555	0.144

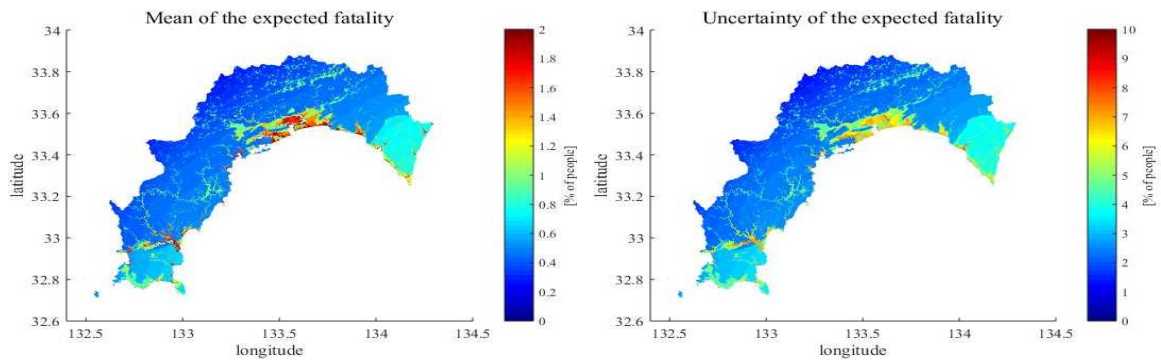


図1. 南海トラフ巨大地震による高知県での地震リスク (拠点間連携研究 [課題番号: 2975])

左: 棟死亡率の平均値, 右: 棟死亡率のばらつき

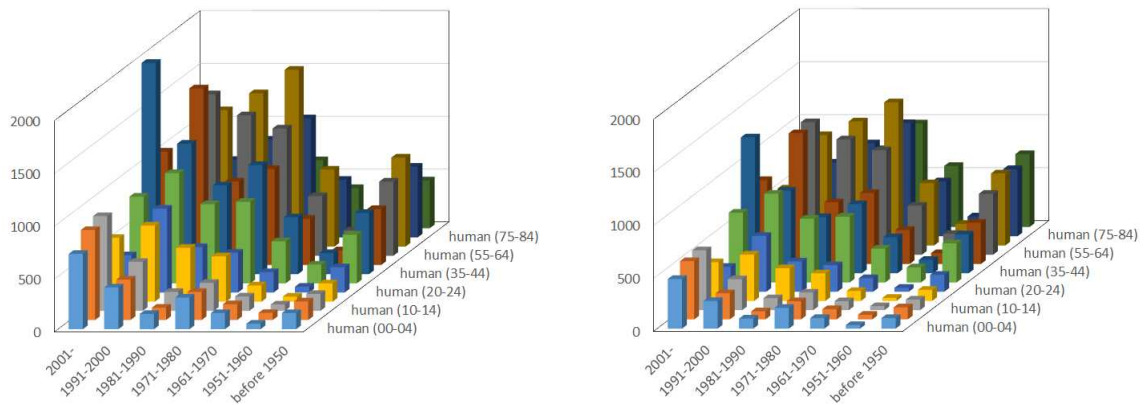


図2. 南国市の建物年代分布と人口年齢分布の関係の予測結果 (拠点間連携研究 [課題番号: 2976])

左: 2015年時点, 右: 2040年時点

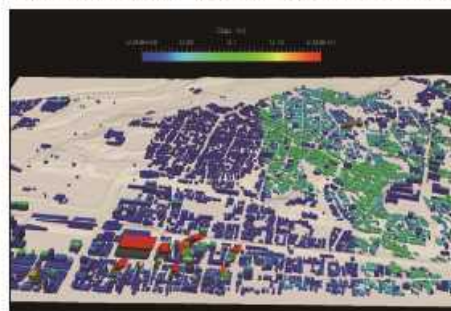
都市の概要				
	明石市	芦屋市	西宮市	尼崎市
面積	49.42km <sup>2</sup>	18.47km <sup>2</sup>	99.96km <sup>2</sup>	50.72km <sup>2</sup>
人口	294,040人	94,925人	488,873人	451,708人
人口密度	5,940			



対象都市の俯瞰 (出典: Google Earth)



都市モデル



地震シミュレーションの可視化の例

図3. 兵庫県下複数都市の IES: 構築された都市モデルと内閣府想定南海トラフ地震シナリオに基づく地震シミュレーションの可視化 (拠点間連携研究 [課題番号: 2977])

左上: 都市の概要, 右上: 対象都市の俯瞰図, 左下: 都市モデル, 右下: 地震時の建築物応答シミュレーション結果の可視化例 (カラースケールは被害の程度を示す (赤が被害大))

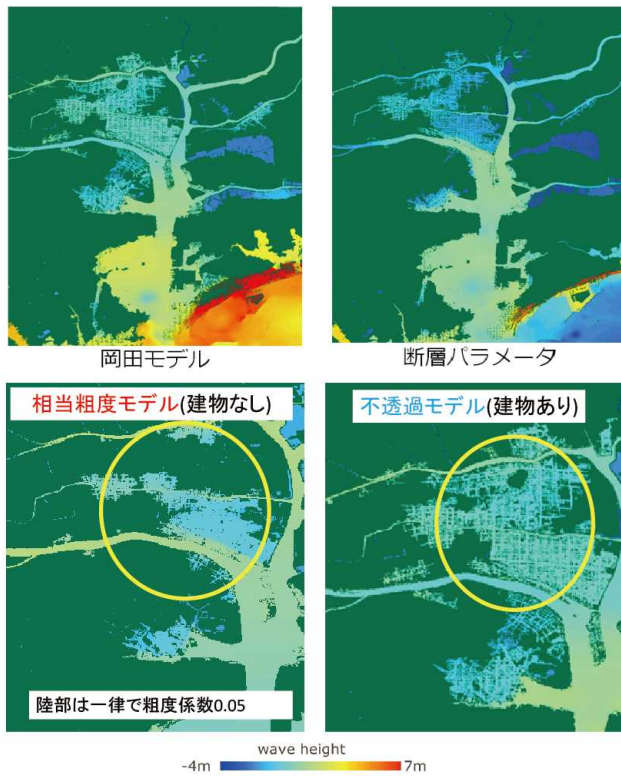


図4. 高知市を対象とした、IESを用いた津波シミュレーションによる津波高の推定結果の違い（拠点間連携研究〔課題番号：2977〕）

上) 岡田モデル（左）と断層モデル（右），下) 建物モデルの異なる取り扱い

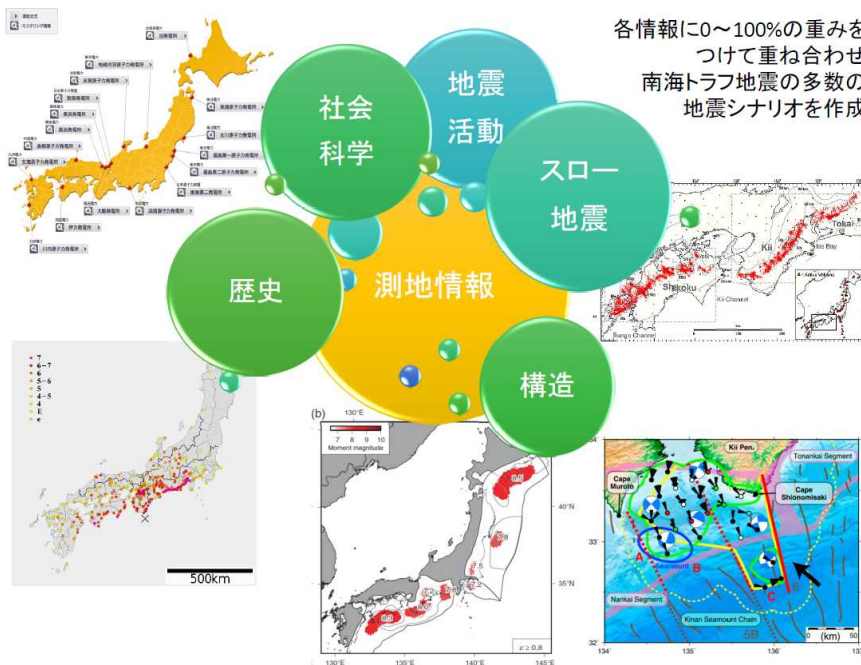


図5. 特定分科研究（その3）で目指す、多様性を反映した南海トラフ地震の震源像（拠点間連携研究〔課題番号：2978〕）

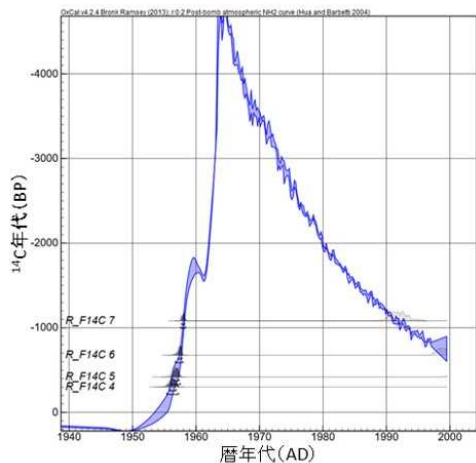


図6. 1950年以降の年代推定に用いる<sup>14</sup>C濃度と暦年の関係（拠点間連携研究〔課題番号：2980〕）

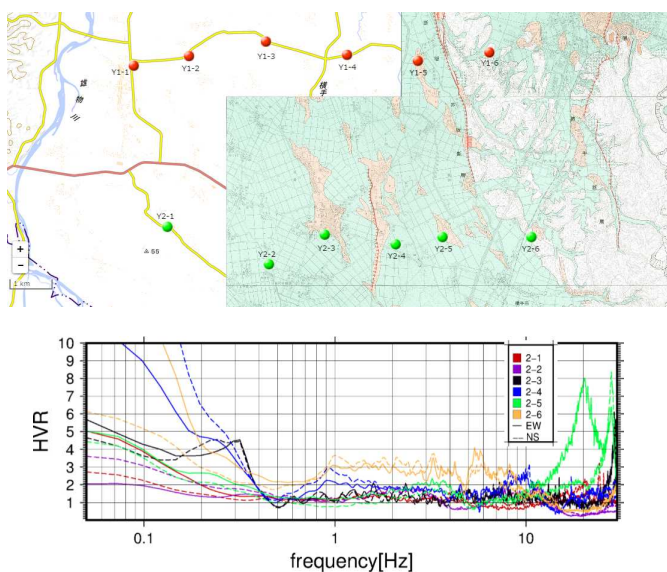


図7. 横手盆地における微動観測（拠点間連携研究〔課題番号：2985〕）

左：横手盆地における微動観測点の配置，右：測線1における観測微動水平上下スペクトル比（実線がEW/UD，破線がNS/UD）

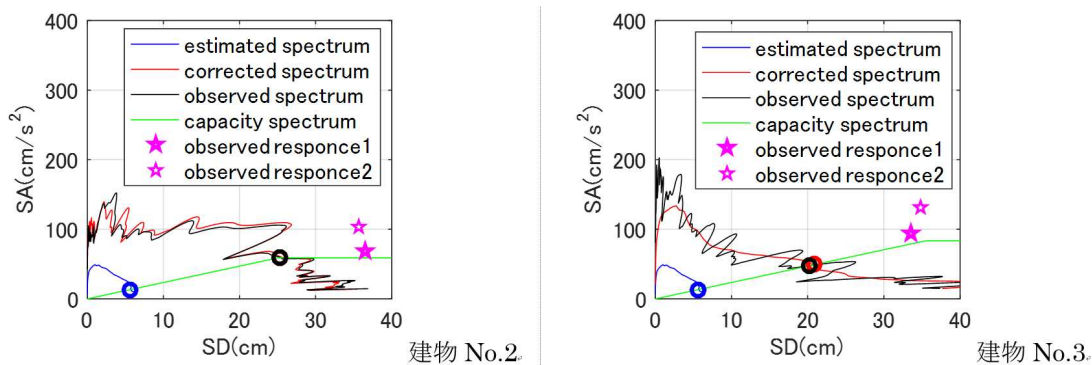


図8. 周辺建物の最大応答を推定する手法を適用した例（拠点間連携研究〔課題番号：2981〕）



図9. 詳細数値地形図を用いて抽出された、風屋ダム湖に隣接する既往地すべり土塊(茶色矢印)と不安定土塊(赤矢印)

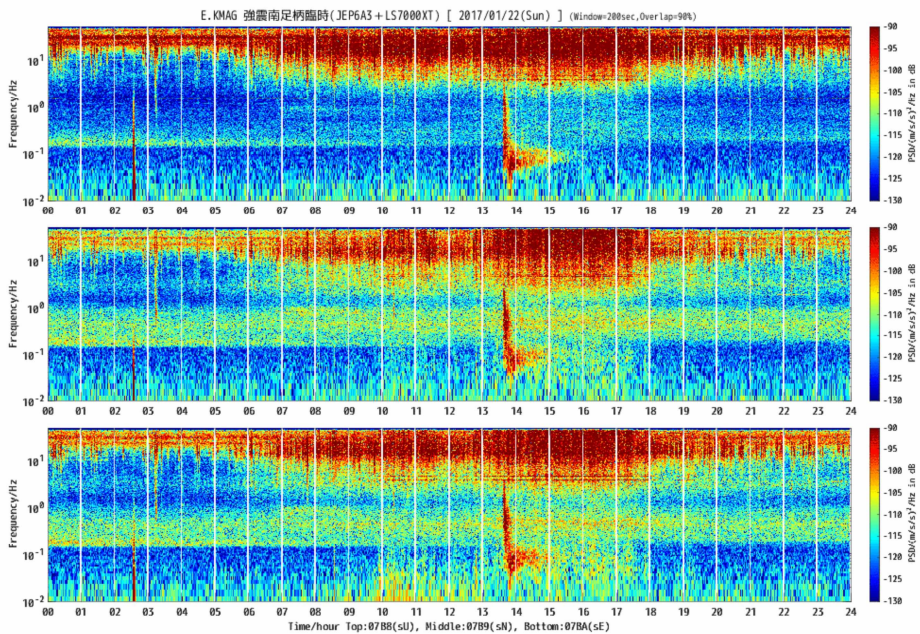
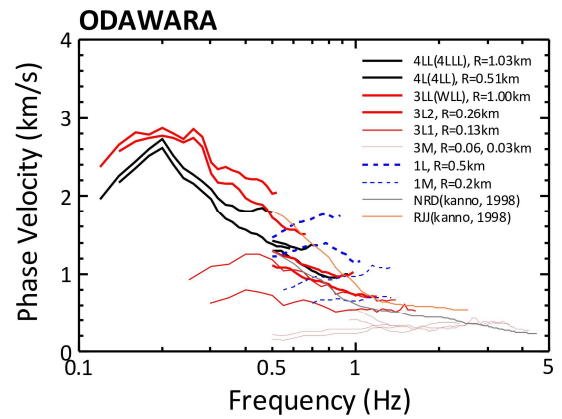
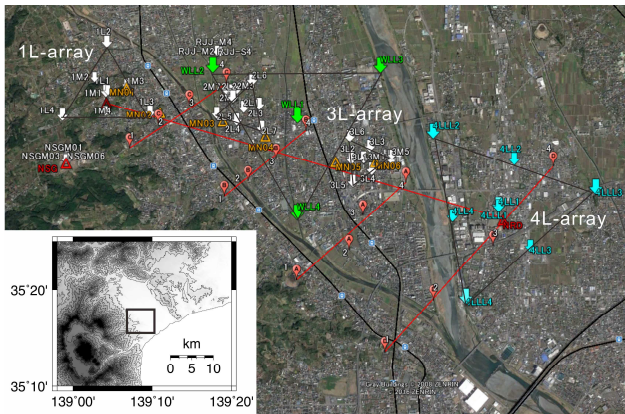


図10. 足柄平野北西部の南足柄地域における強震・微動観測(拠点間連携研究 [課題番号: 2988])  
 左上: 強震観測点(△印)と微動観測点の位置, 右上: MAG強震観測点付近のレイリー波の位相速度の分散曲線, 下: MAGでの強震記録の振幅スペクトルの時間変化の例(上UD, 中NS, 下EW)

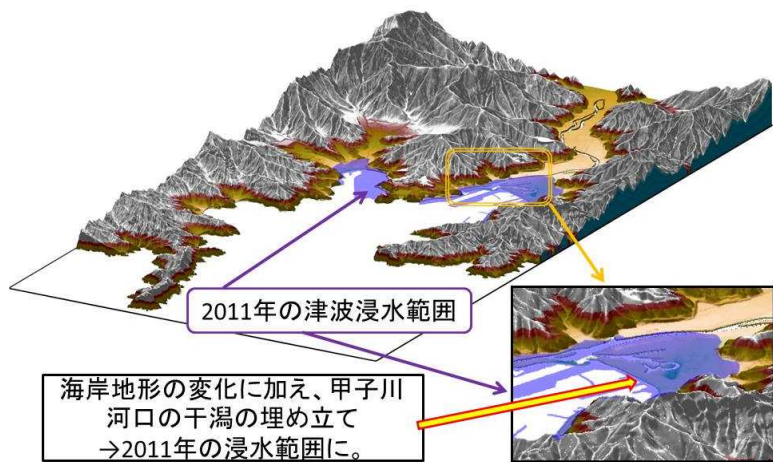


図1 1. 復元地形した釜石市の地形と2011年東北地方太平洋沖地震での浸水域（拠点間連携研究〔課題番号：2982〕）