

3 拠点間連携共同研究

東京大学地震研究所・京都大学防災研究所 拠点間連携共同研究 研究代表者 松島信一
(京都大学防災研究所)
研究代表者 加藤尚之
(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、「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第2次）」（建議）でもその方針が継続された。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に重点を置いて組織的・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するものの、災害予測や防災を目的とした研究に注力するために関連する理学、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。

平成25年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、災害予測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大テーマを決め、それを実現するための研究について全国の研究者からの研究提案を公募して全国規模の共同研究を進める「重点課題研究」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研究を公募する「一般課題型研究」を実施している。

1. 重点推進研究

5年間の成果の概要

総括研究は「巨大地震のリスク評価の不確実性に関するパラダイム構築の推進」と題し、(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、(8)ステークホルダの参画に関する研究グループおよび(9)大規模計算のためのコンピュータサイエンスグループの9グループで

実施した。

総括研究では5年間の間、一貫して南海トラフ沿いで巨大地震が発生した際の地震リスク評価の方法論や、実際のリスク評価やその影響について検討を行った（拠点間連携共同研究[課題番号：CT0C01]）。特定研究として、令和元年度には前述9分野のうち、（8）ステークホルダの参画に関する研究（拠点間連携共同研究[課題番号：CT0C02]）と（2）伝播・深部地盤構造に関する研究（拠点間連携共同研究[課題番号：CT0C03]）を進めた。令和2年度には前述2分野に加え、（6）リスク評価に関する研究（拠点間連携共同研究[課題番号：CT0C14]）において、斜面災害発生箇所のリスク評価について検討した。令和3年度には、令和2年度に新型コロナウイルス感染症対策の影響により十分に研究が進められなかったこともあり、令和2年度の特定研究を継続しつつ、（4）浅部地盤構造に関する研究（拠点間連携共同研究[研究課題CT0C20]）と（5）構造物被害予測に関する研究（拠点間連携共同研究[研究課題CT0C021]）を加え、5つの特定研究を実施した。令和4年度には、令和3年度に追加した2分野に加え、（6）リスク評価に関する研究（拠点間連携共同研究[課題番号：CT0C31]）と（7）プラットフォーム構築グループによる研究（拠点間連携共同研究[課題番号：CT0C32]）を実施した。令和5年度には、令和4年度に追加した2分野に加え、（6）リスク評価に関する研究（拠点間連携共同研究[課題番号：CT0C41]）をもう一つと（3）強震動予測に関する研究（拠点間連携共同研究[課題番号：CT0C42]）について研究を推進した。

平成31年度/令和元年度から令和5年度までの各年度において、重点推進研究の総括研究と特定研究に申請された研究提案について、東京大学地震研究所・京都大学防災研究所拠点間連携共同研究委員会により審査され、重点推進研究の趣旨に適合するものが採択された。

令和5年度の成果の概要

（1）総括研究

総括研究は「巨大地震のリスク評価の不確実性に関するパラダイム構築の推進」と題し、2022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、（8）ステークホルダの参画に関する研究グループおよび（9）大規模計算のためのコンピュータサイエンスグループの9グループで実施した（拠点間連携共同研究[課題番号：CT0C01]、藤本・他、2023a, Chida and Mori, 2023, Morgado et al., 2023, Zhang et al., 2024, 泉・他、2023, 泉・友清, 2024）。

震源過程について、プレート境界面における反射係数の違いから摩擦強度の分布を推定し、将来発生する南海トラフ地震の地震像に迫るために、解析に用いる地震波形記録の整理作業を行った。強震動予測に関しては、南海トラフ巨大地震のリスク評価の向上を目指し、2016年4月1日に紀伊半島沖で発生した地震(Mj6.5)について、瀬戸内海側、日本海側での違いを見るために、岡山市、鳥取市でのHi-netで観測された地震動スペクトルの比較検討を行った。深部地盤・伝播経路については、南海地震震源域西端にあた

る、豊後水道沖の海域における地殻内地震波速度構造の詳細な解析を進めた。その結果、地震波構造調査で取得した海底地震記録に対して走時トモグラフィーおよび全波形インバージョン法を適用し、沈み込んだフィリピン海プレート上の海山に対応するように、P波速度の遅い領域が認められた。また、S波速度構造については地震波干渉法による解析を進めており、これまでにS波速度構造0.5~1.0 km/sを持つ海底下浅部の構造を明らかにしている。さらに本海域周辺での広い範囲における地殻構造の高度化を進めている。浅部地盤構造に関しては、液状化地盤上に構築された隣接する2つの直接基礎建物の間隔が、地震時の建物傾斜角に及ぼす影響について、遠心力場における一連の模型振動実験により調べた。実験では、建物の幅に対する間隔の比率（0.05, 0.4, 0.7, 1.0）を変化させたケースに加え、比較対象として1つの建物に対する振動実験も実施した。その結果、建物の幅に対する間隔の比率が小さいと、隣接する2つの建物は互いに向かい合って倒れ込むように傾斜するのに対し、比率が大きくなると互いに離れるように傾斜する（比率0.7で相対傾斜角が最大となる）ことがわかった。構造物被害予測については、 fragility 曲線の高度化と地震被害発生時に即座に建物・インフラ施設の被災度を判定する技術の概要を調査するとともに、これまでに蓄積された膨大な地震被害写真を機械学習することによる被害判定システムの構築を試みた。来るべき都市直下での地震や東海・東南海・南海地震への備えとして継続して研究を実施し、災害対応力をさらに高めておく必要がある。リスク評価高度化に関しては、これまでに高精度姿勢位置情報が付与された写真と、緯度・経度・高度によって表現された点群データや3次元ポリゴン等を、幾何学的情報や特徴点に関する情報などを用いて多角的に照合することにより、撮影された写真から建物および建物の部位を自動的に判別する手法を開発してきた。今年度の研究では、これらを地理空間情報システム上で統合することで、リスク評価や被害分析に資する曝露の情報および被害情報に関するデータベースを構築し、高精度なデータベース構築に向けた課題を抽出した。具体的には、（1）デジタルツインを活用し仮想空間内に被害画像のデータベースを構築するとともに、（2）UAV空撮画像から生成した点群をもとに屋根形状を有する3D建物ポリゴンの作成を試みた。その結果、特定の条件下で、点群生成の精度が低下すること、スマートフォンやタブレットのGNSSおよび9軸センサの測位・位置推定の誤差が大きくなることにより、曝露対象の位置や形状推定や画像の3D建物ポリゴンへのマッピングが正しく行われなかったことが明らかになった。また、能登半島地震で土砂災害により道路の分断によって集落が孤立した件について、地震の前後の50 cm-DEMを用いた土砂災害予測基本図を用いて、道路被害があった箇所近傍の地形解析を珠洲市逢坂トンネル付近で実施した。土砂が崩落した箇所には、傾斜が大きく斜面下部に上部の土塊を支持する構造がない地形的特徴（遷急点や遷急線）があった。道路設置の際の切り取りが原因と考えられる箇所や、既往の地すべり地を横断する部分での変位が大きい例があった。さらに、津波被害について、南海・東南海地震津波に対して断層パラメータの不確実性に対する津波波高のばらつきに対する感度解析を実施した。ついで、津波によって発生する漂流物の挙動について実験結果をもとにモデリングを行い、津波漂流物の漂流特性を明らかにした。プラットフォーム構築に関しては、南海トラフ沿いで発生する巨大地震により引き起こされる強震動による建物被害の推定方法について、令和4年度までに木造建物に対して実施してきたが、鉄筋コンクリート造

(RC造)と鉄骨造(S造)によるものを実施できるように高度化を行った(図1,図2)。これにより、木造、RC造、S造の建築物被害推定を同時に行うことで、それぞれの構造形式に与える影響について検討することができるようになった。今後、実際に存在している建築物の位置と構造種別を把握することにより、実在する建物を考慮した建物被害推定を実施するための準備ができた。また、南海トラフ沿いで発生する巨大地震により引き起こされる津波の災害について、震源パラメータの不確実性を考慮した確率論的評価を実施した。コンピュータサイエンスについては、時刻歴発展問題を対象として、シミュレーション内で生成される過去時間ステップにおける解析結果を学習することで、解析効率を高めるアルゴリズムを開発し、地殻の粘弾性応答解析へ適用した。高詳細な実地地殻構造モデルを用いた有限要素法による地殻変動の順解析が本手法により効率化されることを確認した。今後は、逆解析等との組み合わせにより、プレート間固着状態推定などへの適用が期待される。災害リスク情報・ステークホルダ参画に関しては、平成3年度の分析結果をもとに改良したシステムにもとづき、地表速度での内閣府の南海トラフ地震動想定の評価を行った。また、前年度の成果にもとづき改良したシステムを用い、自治体職員に対するヒアリングを実施し、災害シナリオの多様性があることの理解を深めるための方策の検討、さらには検討成果を踏まえシステムのさらなる改良を行う。

(2) 特定研究(その6)

「地震および豪雨による斜面災害発生個所の事前予測方法の統合」では、以下の成果が得られた(拠点間連携共同研究[課題番号:CTOC31],筒井・齊藤, 2023, 筒井・齊藤, 2024)。

2016年熊本地震、2018年胆振東部地震の前後の詳細数値地形図を用いて地形変化部を抽出し、地震により斜面の土塊が移動を始める箇所とその移動様式を検討した。その結果、傾斜が大きく斜面下方に支持する構造のない箇所が最大傾斜方向に移動することが崩壊、土石流や地すべりの端緒となっていることが明らかになった。また、尾根に亀裂の出現する箇所と、尾根をはさむ斜面の土塊は、最大傾斜方向に変位してその間に位置する尾根で土塊が両側に移動するために陥没や亀裂が生じていることが明らかになった。これまで集合的に土塊が移動したように考えられていた大規模な崩壊でも、斜面下方に位置する、斜面の下部に支持する構造がない部分から順に上部に破壊が遡上する形式と考えると、非常に合理的な場合があることが明らかになった。このような下部に支持する構造のない箇所は、地形学的には遷急点あるいは遷急線に相当し、この付近の傾斜が大きい方が不安定で遷急線の場合は線の長さが長く、その遷急線をはさむ線状構造が斜面上方に延びている場合は不安定度が高いと考えられる。豪雨の場合もこのような地形的特徴を有する箇所に落水線が集中する場合に、不安定度が高いことがわかっているので、このような箇所を抽出することが、位置予測すなわちハザードマップ作成の出発点となる。この箇所は、土砂災害予測基本図を用いると容易に特定することができる。土砂の移動開始箇所を特定し、次にその土塊が下方に流動または移動する過程を再現し、堆積する範囲を特定することが、ハザードマップ作成にとって重要である。そのために、土砂流動再現モデルであるiRICを用いて試算をおこなった(図3~6)。土塊が流動し流下する際の側岸、流路底面からの取込量は一様と仮定して計算を実施する場合が多いが、

今回の計算を実施する際には、この仮定を緩める改善をおこなった。この結果、堆積域の建築物も考慮し、被害範囲のみならず避難方向や経路を考察できる情報を得ることが可能となった。

（３）特定研究（その７）

「巨大地震によるマルチハザードリスク評価手法に関する検討」では、以下の成果が得られた（拠点間連携共同研究[課題番号：CTOC32]，Miyake et al.，2023，Scowthorn et al.，2023，Muhammad et al.，2024）。

令和５年度で100年を迎えた1923年関東地震について、震源・地下構造・強震動予測等の歴史的経緯を踏まえて最新の知見を収集し、今後のハザード・災害リスク評価に必要な課題をまとめた。1923年の関東大震災から100年を契機として、我が国の歴史的な地震火災の教訓を国際的に広く共有し、地震の多い国々での今後の防災に活かすべく、カリフォルニア大学、香港大学、国際基督教大学の研究者らと共同（土木工学、建築火災安全工学、歴史学の国際文工異分野連携）で、東京で発生した同時多発大規模火災の実態を多面的に整理した。また、近年の地震火災の傾向や国外の地震火災事例も参照し、現代においても潜在する地震火災リスクを見落としてはならないことを強調した。

確率論的な津波ハザードとエージェントベースの避難モデリングを組み合わせた統合津波リスクフレームワークを開発した。この枠組みを、人口約2,200人がM9クラスの地震により重大な津波現象に遭遇すると予想される高知県黒潮町佐賀のケースに適用した。まず、2つのマグニチュード（M8.8とM9.0）の確率的震源モデルを生成し、確率論的津波浸水シミュレーションを実行した。次に、MATSimによるエージェントベースの津波避難モデリングを、4つの異なるモード、単一モード（歩行者もしくは自動車）と2つのマルチモードシナリオ（自動車と歩行者の混合）、によるシナリオを考慮して実行した。確率論的津波シミュレーションとエージェントベースの避難モデリング結果を統合してリスクを推定した。また、既存の津波避難場所と津波避難タワーがリスクの軽減に与える影響も評価した。このような統合枠組みは最終的に、津波危険度の高い地域での津波被害軽減戦略を推奨するために使用する。結果として、佐賀地区では重大な津波危険度（最大15メートルの津波深さ）が予想され、到達時間は5分から30分であることを示した。さらに、高台にある避難場所は、特に歩行者モデルとマルチモードモデルの場合は影響を受ける人数が少なくなる（10～100人）ことから、地域住民の人命救助に効果的であることが分かった。ただし、避難手段が車のみの場合は最大1,000人が影響を受ける可能性がある。したがって、沿岸地域の住民には徒歩での避難が推奨される。この研究により、津波被害リスクを軽減するには、十分な高台と垂直避難の場所を特定して確保することが不可欠であることを定量的に示した。

（４）特定研究（その８）

「巨大地震・津波を起因とする火災リスク評価の高度化」では、以下の成果が得られた（拠点間連携共同研究[課題番号：CTOC41]，Nishino，2023，Nishino et al.，2024，Akizuki，2024，北後，2023）。

テーマ１：地震火災・津波火災のリスク評価手法の高度化

地震火災については、地震火災の出火件数予測における認識論的不確実性について検討した。具体的には、1995年から2022年までに日本で発生した6つの地震の出火記録を用いて、人口一人あたりの出火確率と地震動強さ指標の統計的な関係（出火モデル）を推定した。その結果、出火モデルは地震イベントによって大きく変動すること、および、この出火モデルの不確実性は地震火災リスク評価におけるポートフォリオ損失超過曲線を大きく変動させることが分かった。津波火災については、不確実性を考慮した津波起因の石油流出火災の定量的ハザード評価手法を開発した。提案する手法は確率論的津波ハザード評価の拡張であり、津波による石油貯蔵タンクの移動、それに伴う石油の流出、津波による石油の拡がりや燃焼の拡大、火災の熱放射を組み込んでいる。また、断層すべり分布、石油貯蔵タンクの液面高さ、出火の時刻と位置の不確実性を考慮する。確率的に生成される多数のシナリオについて数値シミュレーションを実施し、火災ハザードの定量的尺度である最大放射熱流束の超過確率を面的に表示する。大阪湾岸の石油コンビナートに適用し、南海トラフ地震を想定したケーススタディを通じて、火災がもたらし得る影響に関して理解を深められることが示された。

テーマ2：地震後火災リスク軽減のための避難路照明計画に関する研究

直進以外のルートで出口まで移動しなければならない実験空間を設定し、床から900 mm高さの壁面に連続して有機ELを設置した上で、光源輝度を蓄光型誘導標識レベルの1 cd/m^2 から高濃度下でも視認可能な1000 cd/m^2 まで4段階設定し、白煙濃度を0（無煙）～2.0 m^{-1} の濃度での様々な点灯パターンでの避難経路の視野輝度分布を計測した。有機ELを連続的に点灯させることで高濃度下でも迷わずに避難経路をたどれるが、その光源輝度が高すぎると誘導灯に散乱重畳して、誘導灯と周囲との輝度対比が減少し視認距離が短くなるため、有機EL光源輝度を適正レベルに設定する必要があることを明らかにした。

テーマ3：地震火災・津波火災の発生・被害拡大を抑制する対応行動モデルの策定

近年の調査研究の傾向としては、阪神・淡路大震災以降の通電火災、電気火災の増加に対応して、地震後の出火危険への対応行動に関する調査研究・検討事例が多い傾向があり、これらに基づいた地震火災の発生予防の施策が展開されている傾向があることを示した。一方、令和6年度には、激震災害となった令和6年1月1日に発生した能登半島地震で現地調査を実施したところ、建物倒壊が起因となった火災の発生が見られ、激震による初期消火の困難性や消防活動の阻害条件の発生によって、大規模延焼火災となった事例が発生した。これは、阪神・淡路大震災時に見られた出火原因が不明とされた大規模火災と同様に激震による消防活動の阻害条件等によるものであったことが想起される。

（5）特定研究（その9）

「地震ハザードにおける地下構造の影響の定量的評価の研究」では、以下の成果が得られた（拠点間連携共同研究[課題番号：CT0C42]，野口・河野，2023，野口・他，2023）。

関西における大都市は、堆積盆地等比較的柔らかな地盤の上に大きな都市が発達している。ここでは、まず盆地である京都盆地を対象の一つとして研究を進めた。京都盆地は、東西約10 km南北約25 kmの、大阪層群、段丘堆積物相当層、沖積層に埋積された堆

積盆地である。自治体や研究機関等によって実施された地下構造調査によると、堆積層の厚さは盆地中央部を北東-南西方向に延びる宇治川断層より北側では100~300 m程度、南側では400~700 m程度である。対象とする地震は、京都盆地の北西約15 kmで発生した2022年3月31日のMw4.2の地震を用いた。この地震では、最大震度4を亀岡市、京都市で記録している。地震動シミュレーションは、差分法を用いた。最小S波速度は350 m/sまで考慮し、堆積層中のグリッド間隔を25 mとして、2Hzまでを有効周波数とした。計算された波形の時空間分布を見ると、京都盆地の地震動応答は、直達波の後、多重反射、盆地縁部で発生する表面波が、狭い盆地内を交差し、複雑な様相を呈することがわかった。盆地縁の形状は出入りが多く複雑であり、盆地縁で発生した表面波が強め合う尾根が、盆地縁の屈曲部を始点として形成されていることが示唆された。

瀬戸内海沿岸には、岡山や広島等大きな都市が存在している。またそれらの都市は、海拔の低い海岸から山地に向かって広がっており、堆積層の厚さが変化し、地域の特徴の変化が予想される。そのため、それらの地盤構造の特徴を知ることは災害の予測を行う上で非常に重要である。そこで、岡山県内において広範囲な領域で高密度な震度観測点における地盤増幅率と地盤構造の推定をおこなった。この研究では、岡山県内にある自治体の震度計観測網（岡山県震度情報ネットワーク）と気象庁の震度観測点や防災科学技術研究所のK-NET、KiK-netなどの強震観測点の計119地点で観測された地震の波形記録からその各地点の地盤特性を抽出した。地震は、中国地方、四国地方、近畿地方で発生し、岡山県震度情報ネットワークの観測波形記録が入手できたイベント約20個を用いた。地盤特性は地震基盤からの地盤増幅率で、スペクトル・インバージョンによって求めた。その結果、岡山県のほぼ全域において様々な地点の地盤特性を抽出することができた。また、児島湾周辺を中心とする地点の地盤構造の推定や岡山大学津島キャンパスにおける微動探査も行った。これら岡山県における地盤増幅特性や地盤構造モデルは、南海トラフの地震を含む巨大地震に対する防災や減災のための重要な情報となり得ると期待される。

中国四国地方は山間部も多く、南海トラフの巨大地震発生時の地すべりの発生が懸念される。そのため、鳥取県の地すべり地域において中山間地域の不整形地盤が想定される地すべり地域及び断層近傍において、微動および重力探査を実施し、地盤震動特性の把握及び地盤構造の推定を行った。島根県多伎町内の小田地区と田儀地区の地すべり地域では微動探査と重力探査、徳島県三好市の地すべり地域では微動探査、三野断層近傍では動探査と重力探査を実施した。地すべり地域では、すべ落崖やその周辺でH/Vの卓越周期が長くなる傾向やピークが大きくなる傾向がみられた。多伎町では大きな移動体ブロック内で複雑に変化する様子、三好市では小ブロック毎に形状が異なることがわかった。

2. 一般課題型研究

令和5年度の成果の概要

地震・火山噴火という自然現象が引き起こす地震動、津波、火山噴出物、斜面崩壊などの災害誘因が、自然や社会に潜在的に存在する脆弱性などの災害素因に働きかけ、これらの誘因と素因の組み合わせと相互作用の状態に応じて様々な規模の災害が発生する。

そのため災害誘因予測の高度化は、災害の軽減に結びつく有効な手段の一つである。このような視点から、一般課題型研究では、災害誘因や災害リスクを事前に高い精度で評価する手法を開発する「地震・火山噴火の災害誘因の事前評価手法の高度化の研究」、地震や火山噴火が発生した直後に、高精度かつ即時的に災害誘因を予測する手法を開発する「地震・火山噴火の災害誘因の即時予測手法の高度化の研究」、災害誘因予測を防災対策の推進に効果的に結びつけるための「地震・火山噴火の災害誘因予測を災害情報につなげる研究」に関連する研究を公募した。

一般課題型研究については、令和元年度は新規10課題、令和2年度は新規5課題、継続・期間延長7課題、令和3年度は新規9課題、期間延長4課題、令和4年度は新規8課題、継続4課題が東京大学地震研究所・京都大学防災研究所拠点間連携共同研究委員会の審査を経て採択された。令和5年度は、6件の新規課題と5件の継続課題が採択された。5年間で、のべ58課題が採択された。

令和5年度の成果の概要

（１）地震・火山噴火の災害誘因の事前評価手法の高度化の研究

「活断層により形成される盆地端部構造と歴史地震の被害分布との関係に関する研究」では、以下の成果が得られた（拠点間連携共同研究[課題番号：CTOC35]，松島・他，2023，山本・他，2024）。

図7に微動のアレイ観測及び単点観測を行った地点と水田・鏡味(2013)における震度7の地点を示す。アレイ観測は計6地点で行ったが、その内3地点は背斜構造が見られる余目周辺で行った。アレイの形状は原則、一辺が45 m, 15 m, 5 m, 1.67 mである同心円の正三角形とした。単点観測は主として東西方向に7測線84地点で行い、間隔が狭い所では1 km間隔，広い所では2 km間隔で観測点を配置した。さらに測線間を補完するように測線外に11か所の観測点を設けた。また、観測には加速度地震計SMAR-6A3PとJU410を用いた。サンプリング周波数は200 Hzとし、単点観測では30分以上、アレイ観測では大きさに応じて最低10分以上の計測を行った。

単点微動観測記録からは各地点での水平上下（H/V）スペクトル比を算出した。まず、得られた加速度時刻歴データを50%オーバーラップさせて40.96秒の小区間に区切り出し、NS・EW・UDの3成分の振幅二乗和が小さい15区間を抽出した。区間の前後1秒にコサインテーパーによる処理を施し、高速フーリエ変換を用いて各区間のフーリエスペクトルを求めた。さらにバンド幅0.1 HzのParzenウィンドウを用いて平滑化した後にH/Vを求め、15区間の幾何平均をとった。微動アレイ観測記録からは微動アレイ解析ツールBIDO(ver. 3.2))を用いてSPAC法によりレイリー波の位相速度を求めた。解析パラメータは、セグメント平均の際のセグメント長、セグメント数はそれぞれ10.24秒、10個であり、Parzenウィンドウのバンド幅は0.3 Hzとした。解析結果の一例として図8にEWD測線におけるH/Vスペクトル比を示す。位相速度は0.4 Hzから12 Hz程度まで得られた。H/Vスペクトル比については盆地構造に起因する方位依存性や卓越周期の変化を期待したが、空間的傾向を明確には確認できなかった。

「1923年関東地震の木造建物被害率に基づく震源破壊プロセスの解明」では、令和4年度に建物被害に関する資料及び論文より決定した強震動評価地点のうち、地盤の微動

観測を遂行できていなかった地点での観測を引き続き行い、微動の水平上下スペクトル比MHVRを計算した。そしてKawase et al. (2018)の提案した地震動微動補正係数EMRをMHVRに乗じることで擬似地震動水平上下動比pEHVRを求め、それにIto et al. (2021)で提案された上下動補正係数VACFを乗じることで観測地点全地点における疑似サイト増幅特性pHSAFを求めた。

その上でまず、建物倒壊率とpHSAFの一次ピーク振動数を確認した。図9にその結果を示す。多くの地点で一時ピーク振動数は建物の大被害に直結する0.5~2 Hzの間にあることが分かった。さらに建物倒壊率と0.5~2.0 Hzにおけるピーク振幅の関係性を確認した。図10にその結果を示す。20地点では0.5~2.0 Hzでの振幅が10を超えており、大きな増幅があることが分かった。また、両者には正の相関があり、サイト増幅特性が建物の大被害に寄与したことは明らかだといえることが分かった。一方で、ピーク振幅が大きくななくても、建物被害が大きかった地点もあり、このような地点では、サイト増幅特性以外の要因、すなわちSMGAとの距離やディレクティビティ効果といった震源の影響を建物被害の要因の可能性として考える必要がある。

震源モデルについては、上記で得られたサイト増幅特性が大きくななくても建物被害が大きかった地点の位置関係を拘束条件としてSMGA配置を置き換えたモデルを複数構築した。当初の計画4の建物被害率計算については、令和6年に入り実行予定であったが、元日に発生した能登半島地震の調査・データ解析のため、着手に至っていない。現在、変位が継続している徳島県三好市西井川の地すべり地において、末端、地すべり土塊内部、その隣接する谷部、谷部の地下水位の高い部位で、長周期速度計により地震に対する応答の比較観測を実施した。地すべり土塊の末端は、南北に切り取り部があり東西方向に支持する構造がない。また、地震計を設置した隣接する谷部は東西方向で、地すべり土塊の側方を侵食する構造である。震源がほぼ西に位置する2022年11月22日10:24、深さ46 km M3.7 豊後水道を震源とする地震、震源がほぼ南に位置する2020年12月29日01:47、深さ35 km M4.4高知県東部を震源とする地震について、地すべり土塊の特徴的な地形を有する地点の地震波への応答を比較し、各部位の地震に対する危険度の評価をおこなった(拠点間連携共同研究[課題番号:CTOC39], 伊藤・他, 2023a, 伊藤・他, 2023b, Ito et al., 2023)。

「既存在来木造建物に大きな被害を引き起こす地震動の発生要因に関する研究」では、以下の成果が得られた(拠点間連携共同研究[課題番号:CTOC40], 藤田・境, 2023, 汐満・他, 2023)。

令和4年度に2003年十勝沖地震のKiK-net厚真のような、2秒よりやや長い周期が卓越して揺れの数が多い地震動の発生要因について、過去の震度6弱以上を記録したKiK-net観測点の強震記録を対象として検討を行った結果、AVS30(表層30 mの平均せん断波速度)が小さい軟弱地盤で発生していることがわかったが、その条件を満たしても、該当地震動が発生していない場合もあったため、更に、条件の絞り込みを行った。その結果、表層地盤については、AVS30が140 m/s以下、等価一次周期が1-1.5秒、基盤動(KiK-net観測点の地中記録)の地動最大速度(PGA)が30 cm/s以上だと、そのような地震動が発生していることがわかった(図11, 12)。そして、そのような条件を満たす表層地盤を探すと、埼玉県北西部など、多数存在することがわかった。

一方、開発した実大1層縮約試験体に入力した振動実験は、昨年度、KiK-net厚真を入力して、大きな被害となった試験体に、震度6強で短周期が卓越した2003年十勝沖地震のK-NET広尾の強震記録を入力したところ、ほとんど被害が生じないことを確認するとともに、KiK-net厚真と同様の2秒よりやや長い周期が卓越して揺れの数が多い地震動である、2007年新潟県中越沖地震のK-NET柏崎を入力し、こちらも大きな被害となることを確認した。

「コミュニティ断層モデルの試作」では、以下の成果が得られた（拠点間連携共同研究[課題番号：CT0C43]，安藤・他，2023，吾妻・他，2023）。

本年度は試作版の作成として、地震本部の示した全国の主要活断層帯から半数にあたる平均変位速度の高い上位50断層を選定し、3次元断層形状モデルを作成した。モデル作成は、以下の手順で行った。1) 産総研活断層データベースの地表トレースをもとに、副次断層や細かな屈曲を単純な表現にした、単純化地表トレースを作成する。2) 長期評価およびJ-SHISモデルでの傾斜角のカタログ値を用いて、一様傾斜角を仮定して、地表トレースから断層面を地下に延長することで、非平面の3次元断層形状を得る。また、地震活動データを用いて、地震発生層下限を定義して、各断層の下限を与える。モデル作成にあたっては、今回の試作版は、米国での例(15年以上更新を続け最新はVer. 6.0 (2023))のように、今後の観測や解釈の発展によりモデル更新していくものの端緒として位置付けられる。

今後、ワークショップ形式などで、試作モデルの評価と修正を広くコミュニティに公開して行うことを検討している。

「確率論的津波漂流物評価手法構築に向けた数値的検討」では、令和5年度は、沖合観測網と多数の津波シナリオを用いた沿岸域の津波予測システムの構築、津波波源の不確実性を考慮した漂流物の影響評価に関する基礎的検討や漂流物モデルの高度化などにより、防災工学的な側面に立った社会実装のための準備を行った。

まず、沖合観測網S-netが密集して設置されている東北沿岸に着目し、深層学習アルゴリズムの一つであるノイズ除去オートエンコーダ(DAE)モデルにより津波予測システムを開発・構築した。確率論的震源モデル(M7.0-8.8)にもとづく800の津波シナリオの計算を教師データとした。44のS-net観測点における合成津波波形を入力とし、4つの沿岸潮位計における波形を出力とした。別の200の津波シナリオや、2016年福島県沖地震の津波でモデルの性能を検証した結果、構築モデルは沿岸の時系列波形を良好に再現した。将来的には、より多くの津波シナリオを学習し、正断層型や気象津波など異なる種類の津波に対する頑健性を高める見込みである。この成果は、Earth, Planets and Spaceに掲載されている。南海トラフ想定震源域における断層パラメータの不確実性が津波高さに及ぼす影響についても検討を行った。断層パラメータのうち、断層深さを4種類、すべり角を5種類、確率津波モデルにより生成した100種類のすべり量分布により初期津波波源を生成した。生成した津波波源を用いて津波伝播計算を実施し、西日本沿岸での津波高さを比較した。内閣府モデルに対して断層深さを5 km深くした場合に沿岸の津波波高の中央値が外洋で1 m程度、内湾で0.4 m程度大きくなることなどが分かった。この成果は、土木学会論文集に掲載され11月に行われた海岸工学講演会で口頭発表された。津波漂流物の影響評価に関する基礎検討として、確率津波モデルを用いて南海トラフ沿いの

津波波源を多数生成し、東京湾、伊勢湾を対象にした津波伝播計算を実施し、漂流物の挙動に対して大きな影響を及ぼす津波流速についてばらつきを評価した。今後これらのばらつきが漂流物に及ぼす影響について調査する。津波漂流物の挙動を推定する数値計算モデルに関して、水槽実験との比較を通じた津波漂流物モデルの改良と精度検証を実施した。実地形のような複雑な海底地形と漂流物底面との局所的な接触や多数陸上構造物との接触による漂流挙動の変化を追跡できるような改良を行うことで、水槽実験における平均的な漂流挙動やそのばらつきを表現可能であることを示した。さらに、津波漂流物の挙動推定における作用力推定方法や漂流物と流体の相互作用方法の精度について検証を行い、これらの手法間の違いについて定量的な評価を行った。これらの成果の一部は11月に行われた海岸工学講演会で口頭発表された。また、1月に発生した能登半島地震では複数の漁船が能登半島から新潟県沿岸に到達した。1月後半時点で提案されているいくつかの断層パラメータを用いた津波計算及び漂流物計算を実施したところ、津波の伝播だけでは新潟県沿岸への移動を説明できず、潮汐や風の影響を考慮する必要があることを示唆する結果を得た（拠点間連携共同研究[課題番号:CT0C44], Nishino et al., 2024, Fukui et al., 2024, Miyashita et al., 2023, Wang et al., 2023, 藤本・他, 2023a, 西野・他, 2023a, 千田・森, 2023, 宮下, 2023, 藤本・他, 2023b, 西野・他, 2023b, 宮下・他, 2023)。

5月に開催された津波漂流物に関するワークショップでは、津波漂流物の挙動推定に関する計算精度、予測手法の高度化、今後の国際的な取り組みについて国内外の津波漂流物研究者と議論した。9月には東京大学地震研究所の佐竹グループと京都大学防災研究所の森グループによる合同セミナーを開催した。

「地盤と建物特性を考慮した建物被害分析と後発地震への応答予報モデルの構築」では、以下の成果を得た（拠点間連携共同研究[課題番号:CT0C45]）。

対象地域の平均的な敷地地盤特性と拠点建物で観測された強震記録を用いて、その地域の任意の地点における入力地震動（地表面地震動）と被害を評価する手法について検討した。評価方法は、地表面－建物間の伝達関数を用いた周波数応答解析により、強震記録から地表面地震動を逆算する方法である。令和5年度は、解析モデルに不可欠な基礎－地盤間のインピーダンスを評価した。図13に、対象建物の3D-FEM解析モデルを示す。対象建物の基礎版のみを無質量でモデル化し、インパルス加振によりインピーダンスを算定する。地盤は線形弾性でモデル化する。解析モデルの底面部および側面部には無反射境界を設定し、地盤の半無限性を考慮する。本モデル化手法により、半無限地盤におけるインピーダンスの理論解と概ね整合するインピーダンスを評価できることを別途確認している。図14に得られたインピーダンスのうち、水平成分の実部の特性を示す。今後、得られたインピーダンスを用いた周波数応答解析により地表面地震動を推定し、観測記録との整合性を検討する。

建物特性を考慮した病院建物被害分析として、構造躯体だけではなく、医療機器・非構造部材の評価も含めて病院の機能維持性を評価する手法を構築し、花折断層地震を想定した地震動に対する京都市内の病院機能維持性を評価した。構造躯体についての被害推定では、対象建物について、Google Earth, PLATEAUでの事前調査と現地調査を実施して、建物階数や建物の高さやエキスパンジョイントの有無などを調査した。また、自治体

の被害想定に使用されている構造特性係数と建物の等価 1 次固有周期に対応する加速度応答スペクトルの関係から被害を判定した。図15に構造躯体のみを考慮した場合の被害推定結果を示す。次に、構造躯体の被害判定に、応答スペクトル法と損傷確率関数を利用した非構造部材の被害推定を組み合わせた建物被害の総合判定を実施した。図16に示す総合判定結果では、構造躯体が無損傷の30病院のうち、総合判定で小破に変わった病院が17病院、構造躯体が小破の27病院のうち総合判定で中破に判定が変わった病院が11病院存在し、被災度区分が変化することを確認した。さらに非構造部材まで評価に加えると、構造躯体のみで評価した被害程度に比べて被害程度が大きくなるが、さらに医療機器の評価を加えることでは、被害程度はあまり変化しなかった。ただし、実験結果や実際の被害との対応については、更に検証が必要である。

後発地震の発生確率を評価するため、過去の地震カタログに基づいた地震の発生のしやすさ (space-time ETAS model, Ogata 2022) を求めるプロトタイプシステムを構築した。時空間 ETASモデルでは、過去の地震カタログを利用して翌 1 日に、あるマグニチュード以上の地震が何個発生するかを求めている。本課題では 1 日ごとに時空間ETASモデルを計算し、その空間分布を分析した。例として、図17に令和 5 年 1 月 1 日に発生した能登半島地震前後における、マグニチュード 4 以上の後発地震発生数の予測結果を示す。本震発生を受けて、能登半島の震源域及びその周辺で後発地震の発生予測数が大幅に増加している。

「土砂災害のサイレントキラーとなる地震による地表変状の研究 2022年12月31日山形県鶴岡市西目の斜面崩壊に与えた2019年山形県沖地震の影響評価」では、以下の成果が得られた(拠点間連携共同研究[課題番号:CT0C46], 齊藤, 2023, 古谷・齊藤, 2024)。

1970年代に行われた土砂採取によって出現した急傾斜の平坦な切り取り斜面には、2019年山形県沖地震によって生じたと考えられる斜面上部の亀裂と斜面下部の小崩壊があることが、1m-LiDAR DEMを用いた土砂災害予測基本図によって確認された。斜面上部の亀裂は、斜面に浸透する降水や融雪の鉛直浸透を助長し、2022年12月31日に発生した崩壊性の地すべりの発生原因となったと考えられる。斜面下部に存在した小崩壊は、この地震によって生じたと考えられ、今回の崩壊性地すべりの規模を大きくした可能性がある。これは、切り取り斜面の下部に認められる遷急線の上部が破壊され移動していることと関連している。図18内の赤枠の範囲が崩壊後の土砂災害予測基本図から読み取った崩壊範囲で、斜面下部に上部斜面を支持する構造がなく、これはいわゆる遷急線と一致する。切り取り斜面や盛り土斜面などは、地震後に発生する亀裂の有無、斜面下部の崩壊などのモニタリングを実施する必要があると考えられる。

「社会の要請に基づく首都圏における災害の誘因予測のための官民連携のフレーム検討・構築」では、日本学術会議が主催した持続可能な社会のための科学と技術に関する国際会議2023「壊滅的災害に対してレジリエントで持続可能な社会への変革」において、過去に壊滅的地震災害のあったトルクメニスタン等国内外の有識者からの知見を得た。また、台湾・国家災害防救科技中心(NCDR: National Science and Technology Center for Disaster Reduction) とのワークショップ及び台湾・国家地震工程研究中心(NCREE: National Center for Research on Earthquake Engineering) の研究者・技術者との会議において、社会のレジリエンス強化のため、地震災害を含む自然災害に関する観測と

そのデータの活用方策と情報共有，防災対策のあり方や官民連携，社会的課題の抽出，地震工学の動向や及び地震減災に関する建造物の構造研究について議論を踏まえ，次に関する研究成果を得た：1）災害リスクについての理解の深化と展開，2）災害に対処する新しいガバナンスの確立，3）災害に対する財政支出・人材育成・技術開発投資の確実な実行，4）より良い復興（Build Back Better）を可能にするための事前方策の確立（拠点間連携共同研究[課題番号：CT0C47]，Ahmedova，2023，Lee，2023，Tabata，2023）。

（3）地震・火山噴火の災害誘因予測を災害情報につなげる研究

「桜島大規模噴火による大量軽石火山灰降下に対する事前広域避難に向けた実践的研究」では，令和5年度には，合計4回のワークショップを行った。通算で6回目のワークショップでは，大規模噴火が迫った段階での避難対応行動について参加者各自に検討してもらうために，「何とか生き残るシナリオ」を考えるというテーマを設定した。大規模噴火の予兆現象の発生から大規模噴火に至るまでの状況設定を専門家側で作成し，参加者各自で各段階でどのような避難準備あるいは避難を行うかについて検討を行ってもらった。通算7回目のワークショップでは，参加者が各自で検討した生き残るためのシナリオを専門家側でレビューを行い，その問題点や改善点を考えるためのフィードバックを行い，さらに各自でどのような改善点や自らで解決できない課題についても参加者に検討してもらった。通算第8回のワークショップでは，これまで行ってきた検討の内容を取りまとめ形に残すための検討を行った。とりわけ，住民が主体となって成果を取りまとめる点，さらに取りまとめの枠組みについても広報の専門家を交えて検討を行った。通算第9回は，大正噴火の際に降り積もった軽石を掘削したトレンチを実際にワークショップ参加者に見てもらい，身体的に軽石が降り積もった状態を実感する機会を設けた。この通算第9回のワークショップは事前に計画をしていなかったが，大規模噴火の様相を身体的に理解する重要な契機であると考え追加的に実施した（拠点間連携共同研究[課題番号：CT0C34]，矢守・他，2023，大西・他，2023，Onishi，2023，大西，2023）。

「リスクコミュニケーションを推進するための地震・火山災害に関する意識調査の標準的な質問紙設計とその有効性の検証」では，以下の成果が得られた（拠点間連携共同研究[課題番号：CT0C38]）。

地震に関する質問紙調査の先行研究をレビューし，先行研究を踏まえつつ，できるだけ標準的な調査項目として，地震に係る用語の認知と備えや準備の状況とした。用語の認知については，ハザード（震度，マグニチュード，震源，震央，本震，余震，長周期地震動，海溝型地震，活断層型地震），情報（緊急地震速報，津波注意報，津波警報，大津波警報，南海トラフ地震臨時情報，北海道・三陸沖後発地震注意情報，長周期地震動に関する観測情報），その他（地震予知，地震動予測地図，ローリングストック，フェーズフリー）の20用語を取り上げた。備えや準備については，耐震化・家具固定や飲料水の備蓄などである。

調査対象は，太平洋側，日本海側の地域をできるだけ幅広く選定する方針の下，8市区（仙台市，秋田市，東京23区，新潟市，金沢市，名古屋市，大阪市，鳥取市）を選定した。作成した質問紙票の質問項目をベースに，オンライン調査（サンプル数は各市200，年齢性別で均等割付を行った。なお，鳥取市のみ190である。）を実施し，各地域住民の

火山災害に関する意識を明らかにするとともに、設計した調査票の有効性について検討した。調査期間は、2024年1月10日～15日である。1月1日に発生した能登半島地震の直後に行われているため、直近に発生した地震の影響が反映されている可能性が高いことに留意する必要がある。

調査結果の一部として、「震度」、「緊急地震速報」、「南海トラフ地震臨時情報」についての認知を図19～21に示す。内容を含めて良く知っている、ある程度知っているをあわせると、全体で震度92.5%、緊急地震速報91.5%、南海トラフ地震臨時情報46.9%であった。南海トラフ地震臨時情報については、名古屋市55.5%が最も高く、新潟市38.0%が最も低かった。

地震への備えや準備として、ここでは家具固定（図22）と食料の備蓄（図23）について調査した。家具固定は、大部分固定、一部固定をあわせて仙台市71.0%が最も高く、新潟市43.0%が最も低かった。食料の備蓄は、備蓄がないと回答したのは仙台市26.0%が最も低く、鳥取市43.2%が最も高かった。全体的な傾向として太平洋側の地域では用語の認知や地震への備えや準備が進んでおり、日本海側の地域で低調な傾向が示された。

詳細な分析は今後行う必要があるが、設計した調査票は地震に関する標準的な質問紙として機能すること、本調査票を用いることにより、地域間の地震に関する住民意識や備えや準備の状況について比較が可能であることが確認された。

「長寿命化改修を実施した高経年建物の被害把握のための地盤と建物の地震観測に関する基礎的検討」では、長寿命化改修を実施した高経年建物の被害把握を目的とした。対象とした建物は平面が9 m×84 mと細長い平面を有する板状建物であり、振動時にねじれて東西で異なる挙動を示すことが予測されることから、頂部は東西2か所にセンサーを設置している。また、近傍の地盤においても強震観測を続けており、この地盤観測点は建物改修に関係なく今後も観測を継続予定である。改修工事後に再度建物内にセンサーを設置し、改修を繰り返した高経年建物の改修前後における地震入力、および上部構造の固有振動数の変化、地震時挙動を明らかにすることで、高経年建物の地震時被害把握の精度向上を目指す。

改修工事が遅延しており現在まだ改修中である。改修前に実施した強震観測、および微動の結果を分析しつつ、既存鉄筋コンクリート建物の観測記録に関する文献調査、改修後の観測を充実させるために準備を行った。既に発表してきた通り、本建物の卓越周期は季節変動しており、その変動幅はコンクリートの剛性の変化だけでは説明がつかないほど大きい。また文献調査の結果によると、サンプル数はとても少ないが、古い建物ほど、且つ大きな地震を受けているほど変動幅が大きくなっている可能性もある。本建物は今回の改修に伴い行ったコンクリートのコア抜き試験ではコンクリート強度が非常に小さいことが判明したため、それを反映した解析モデルを作成して比較した（図24、図25）（拠点間連携共同研究[課題番号：CT0C48]）。

これまでの課題と今後の展望

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が、災害の軽減への貢献が限定的であることから、前計画から地震・火山噴火災害をもたらす誘因の予測研

究を新たに組織的・体系的に進める方針に転換した。このため、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り、主に全国の工学、人文・社会科学の分野の研究者が拠点間連携共同研究を推進してきた。

拠点間連携共同研究の重点推進研究は、「巨大地震のリスク評価の不確実性に関するパラダイム構築の推進」を主要テーマとして推進し、総括研究において震源から被害予測及びそのステークホルダーへの伝達までを一貫して行い、さらにステークホルダーとの協働の成果をフィードバックすることで、研究の方向性を議論している。また、総括研究において見いだされた課題や新たな展開を、特定研究において掘り下げて詳細に検討するとともに、新しい技術や考え方について検討し、その成果を総括研究にフィードバックするとともに、さらに総括研究で新たに出た課題を特定研究で掘り下げる、という循環により研究の高度化を目指している。

今後は、重点推進研究の中での循環による研究を進めることと並行して、一般課題型研究で提案され、実施されてきた研究課題による成果や手法などを取り込む枠組みを構築することで、災害の軽減に貢献するための研究を高度化しながら継続し、高度化した成果を供出することを目指す。また、最近の地震後の災害では、地震発生にともない災害誘因は強震動に留まらず、津波、地盤変状、地すべり、火災などが相互に影響を与えたり、連鎖的に起こるようなマルチハザードに対する災害リスクを評価することの重要性が明らかとなっている。さらに、地震発生前後の降雨状況が地盤変状や地すべりに与える影響は大きく、地震時の災害リスクを評価する上で重要となっていることも明らかとなっている。このため、これらのマルチハザードによる災害リスク評価を行うためにはより広範な研究領域の研究者と協働することと、災害の軽減のための対策を考える、そのためには、実際に被害を受ける構造物や社会システムに直接携わっている工学、人文・社会科学の分野が理学分野の成果を咀嚼して活用出来るような体制を整える必要がある。つまり、観測計画において、これまでの理学的な観測網の維持のみならず、工学、人文・社会科学の研究の発展に必要な観測計画の立案が必要になると考えられる。

成果リスト

- Ahmedova, S., 2023, Focus zones of strong earthquakes occurring in Turkmenistan - Disaster and recovery after Ashgabat earthquakes of 1948, International Conference on Science and Technology for Sustainability 2023 -Transforming Society to Become Resilient and Sustainable beyond Catastrophic Disasters-, Science Council of Japan
- Akizuki Y, 2024, Evacuation route design based on visibility for reducing evacuation delays, Fire Safety Journal, 144, 104099
- 安藤亮輔・吾妻崇・コミュニティ断層モデル有志グループ, 2023, コミュニティ断層モデルの構築に向けて, 日本地震学会秋季大会, S19P-01
- 吾妻 崇・安藤亮輔・コミュニティ断層モデル有志グループ, 2023, 日本の主要活断層帯のコミュニティ断層モデルの構築, 日本活断層学会秋季学術大会, 0-01
- Chida, Y., N. Mori, 2023, Numerical modeling of debris transport due to tsunami flow in a coastal urban area, Coastal Engineering, Elsevier, 179, 104243,

<https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2022.104243>

- 千田優, 森信人, 2023, 実地形への適用性向上を目指した漂流物モデルの開発と検証, 第70回海岸工学講演会
- 藤本健太, 宮下卓也, 森信人, 志村智也, 2023a, 南海トラフ地震の断層パラメータの不確実性が西日本沿岸の津波波高に与える影響, 土木学会論文集, 79(17), 23-17048, <https://doi.org/10.2208/jscej.23-17048>
- 藤本健太, 宮下卓也, 森信人, 志村智也, 2023b, 南海トラフ地震の断層パラメータの不確実性が西日本沿岸の津波波高に与える影響, 第70回海岸工学講演会
- 藤田雄大, 境有紀, 2023, 表層地盤と基盤動に着目した周期2秒程度で揺れの数が多い地震動の発生条件, 日本建築学会大会
- Fukui, N., Mori, N., Kim, S., Shimura, T., Miyashita, T, 2024, Application of a subgrid-scale urban inundation model for a storm surge simulation: Case study of typhoon Haiyan, Coastal Engineering, 188, 104442, <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2023.104442>
- 古谷 元・齊藤隆志, 2024, 土砂災害のサイレントキラーとなる地震による地表変状 -鶴岡市西目で発生した地すべりを例として, 令和5年度 京都大学防災研究所 研究発表講演会, P17
- 北後明彦, 2023, 地震火災・津波火災の発生・被害拡大を抑制する対応行動の事例研究の整理, 第16回日本地震工学シンポジウム, Day1-G414-11
- 泉都喜嗣, 友清衣利子, 西嶋一欽, 中嶋唯貴, 2023, 被害調査資料データベースの構築のための建物3次元ポリゴン作成の試み, 日本建築学会大会学術講演(近畿), 20079
- 泉都喜嗣, 友清衣利子, 2024, 複雑な屋根形状を有する建物の3次元ポリゴン作成の試み, 日本建築学会九州支部研究発表会, 208
- 伊藤恵理・長嶋史明・孫紀凱・川瀬博, 2023a, 1923年関東地震の大被害地域におけるサイト増幅特性の評価, 2023年度日本建築学会大会, 構造II 21393
- 伊藤恵理・長嶋史明・孫紀凱・王 自謙・川瀬博, 2023b, 1923年関東地震の大被害地域における微動観測データを用いたサイト増幅特性の評価, 第16回日本地震工学シンポジウム, Day3-G415-03
- ITO, Eri, Fumiaki NAGASHIMA, Jikai SUN, Ziqian WANG and Hiroshi KAWASE, 2023, Evaluation of the site amplification factors on the severely damaged sites during the 1923 Kanto earthquake for delineating the complex source process, 2023 Seismological Society of America Annual Meeting
- Lee, W.S., 2023, Enable an Information Supply Chain for Disaster Risk Management - Innovation, Inclusion and Intelligence, International Conference on Science and Technology for Sustainability 2023 -Transforming Society to Become Resilient and Sustainable beyond Catastrophic Disasters-, Science Council of Japan
- 松島信一, 山本耕平, 周宇廷, 長嶋史明, 大邑潤三, 加納靖之, 吾妻崇, 石瀬素子, 2023, 1894年庄内地震の地震被害の原因解明のための常時微動に基づく庄内平野の地盤構造の推定, 第16回日本地震工学シンポジウム, Day3-G415-02
- 宮下卓也, 2023, 複雑形状をもつ湾における長周期波の応答振動解析, 第13回巨大津波災害に関する合同研究集会

- 宮下卓也, 森信人, 志村智也, 2023, ヘルムホルツ方程式を用いた日本主要湾における長周期波の振動応答特性の数値的評価, 第70回海岸工学講演会
- Miyashita, T., Nishino, A., Ho, T.-C., Yasuda, T., Mori, N., Shimura, T., Fukui, N., 2023, Multi-scale Simulation of Subsequent Tsunami Waves in Japan Excited by Air Pressure Waves Due to the 2022 Tonga Volcanic Eruption, *Pure and Applied Geophysics*, 180(9), 3195-3223, <https://doi.org/10.1007/s00024-023-03332-9>
- Morgado, Y., O.S. Areu Rangel, O.S., R. Silva-Casarin, T. Miyashita, N. Mori, T. Tomiczek, 2023, Using the SPRC methodology to assess tsunami risk in Zihuatanejo, Mexico, *Coastal Engineering Journal*, Taylor & Francis, 65(2), 256-276, <https://doi.org/10.1080/21664250.2023.2172992>
- 西野藍, 宮下卓也, 安田誠宏, 志村智也, 森信人, 2023a, 2022年フンガトンガ火山噴火に伴う日本沿岸における最大水位の要因推定, *土木学会論文集*, 79(17), 23-17032, <https://doi.org/10.2208/jscej.23-17032>
- 西野藍, 宮下卓也, 安田誠宏, 志村智也, 森信人, 2023b, 2022年フンガトンガ火山噴火に伴う日本沿岸における最大水位の要因推定, 第70回海岸工学講演会
- Nishino T, 2023, Post-earthquake fire ignition model uncertainty in regional probabilistic shaking-fire cascading multi-hazard risk assessment: A study of earthquakes in Japan, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 98, 104124
- Nishino T, Miyashita T, Mori N, 2024, Methodology for probabilistic tsunami-triggered oil spill fire hazard assessment based on Natech cascading disaster modeling, *Reliability Engineering & System Safety*, 242, 109789
- 野口竜也・河野勝宣, 2023, 微動観測に基づく地すべり地域ー島根県多伎町ーの地盤震動特性と地盤構造, 日本地震学会2023年度秋季大会, S16P-04
- 野口竜也・西村武・香川敬生, 2023, 1943年鳥取地震における吉岡断層近傍の地盤震動特性と地盤構造, 第16回日本地震工学シンポジウム, Day1-G417-21
- 大西正光, 鈴木駿介, 矢守克也, 井口正人, 山泰幸, 中野元太, 竹之内健介, 2023, 長期的視野のリスクコミュニケーション: 桜島大規模噴火に備える地域との協働活動, 令和4年度防災研究所研究発表講演会
- Masamitsu Onishi, 2023, Implementation Gap: Case of Evacuation from an Inexperienced Hazard, The 13th International Conference of the International Society for the Integrated Disaster Risk Management
- 大西正光, 2023, 次なる桜島大規模噴火に向けた専門家と地域の共同活動: 現在の立ち位置, 2023年度桜島大規模火山噴火総合研究グループ研究集会
- 齊藤隆志, 2023, 土砂災害のサイレントキラーとなる地震による地表変状ー鶴岡市西目で発生した地すべりを例として, 第43回日本自然災害学会予稿集, p. 125-126
- 汐満将史, 日塔未来, 境有紀, 五十田博, 江口直希, 藤田雄大, 2023, 2003年十勝沖地震におけるKiK-net厚真を入力した木造建物の振動実験および地震応答解析, 第16回日本地震工学シンポジウム
- Tabata, K., 2023, Achievements and Future Prospects Contributing to the Research Infrastructure for Disaster Risk Reduction with E-Defense, 3rd Workshop between the

National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience of Japan and
the National Science and Technology Center for Disaster Reduction of Taiwan

筒井和男・齊藤隆志, 2023, 侵食量に着目した土石流被害予測計算の高度化, 第43回日本自然災害学会予稿集, p.11-12

筒井和男・齊藤隆志, 2024, 侵食量に着目した土砂流動モデルによる被害範囲の予測, 令和5年度 京都大学防災研究所 研究発表講演会, P18

Wang, Y., Imai, K., Miyashita, T., Ariyoshi, K., Takahashi, N., Satake, K, 2023, Coastal tsunami prediction in Tohoku region, Japan, based on S-net observations using artificial neural network, *Earth, Planets and Space*, 75(1), 154, <https://doi.org/10.1186/s40623-023-01912-6>

山本耕平, 松島信一, 長嶋史明, 周宇廷, ティンザーヤダナー, 五熊大, 2024, 微動のアレイ観測及び単点観測記録に基づく庄内平野の地盤構造推定, 令和5年度京都大学防災研究所研究発表講演会, P25

矢守克也, 大西正光, 鈴木駿介, 2023, 火山災害からの避難に関する基礎的考察, 令和4年度防災研究所研究発表講演会

ZHANG, Zhuocheng, Kyohei UEDA, Yuko SERIKAWA, 2024, EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON SEISMIC RESPONSE OF ADJACENT STRUCTURES ON LIQUEFIABLE GROUND, DPRI Annual Meeting 2024, P13

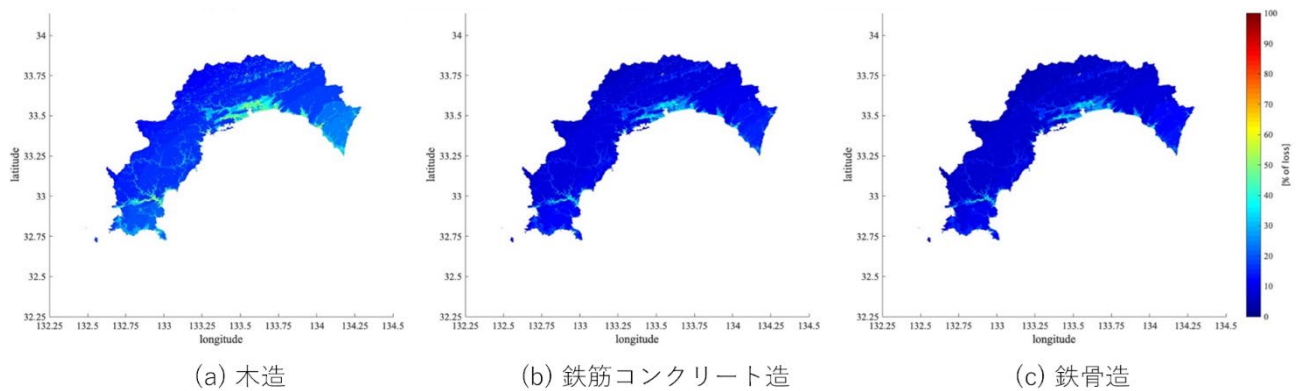


図 1．高知県における建物損失率。南海トラフ沿いの巨大地震が発生した際に高知県において生じる構造種別ごとの建物損失率の期待値を示す。最大で、木造では60%，鉄筋コンクリート造と鉄骨造では30%程度である（拠点間連携共同研究[課題番号：CT0C01]）。

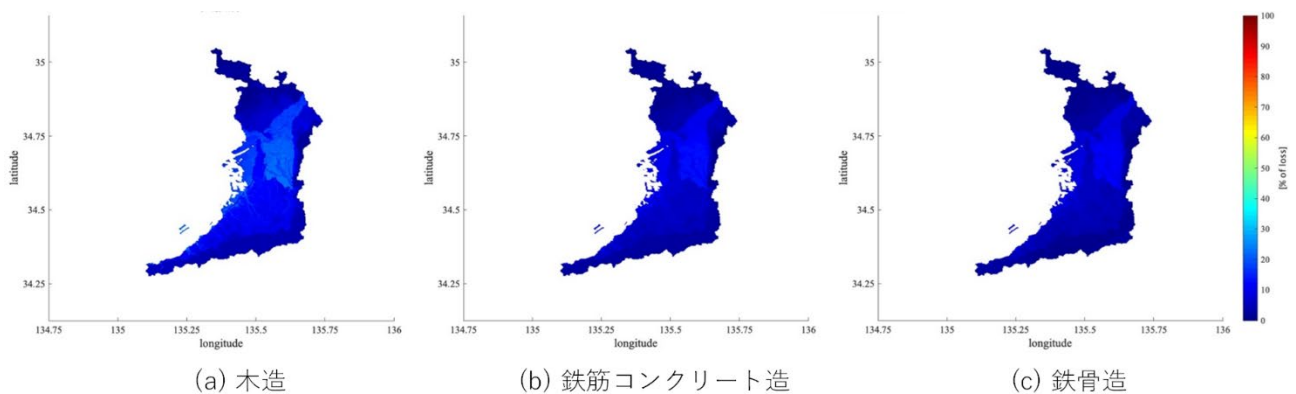


図 2．大阪府における建物損失率。南海トラフ沿いの巨大地震が発生した際に大阪府において生じる構造種別ごとの建物損失率の期待値を示す。最大で、木造では35%，鉄筋コンクリート造と鉄骨造では20%程度である（拠点間連携共同研究[課題番号：CT0C01]）。

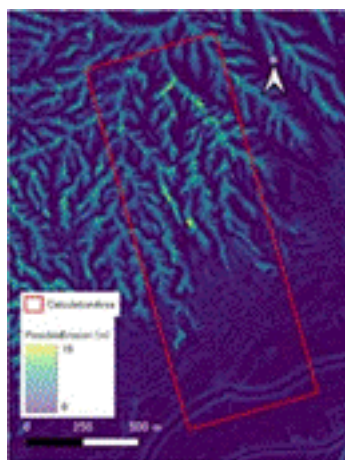


図 3．iRIC 計算範囲内の可能
侵食量の分布

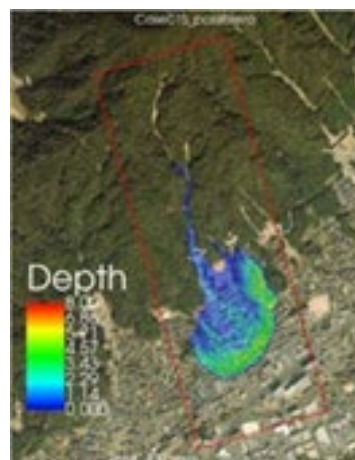


図 4．流動深の空間分布の
与え方の例(100 秒後)

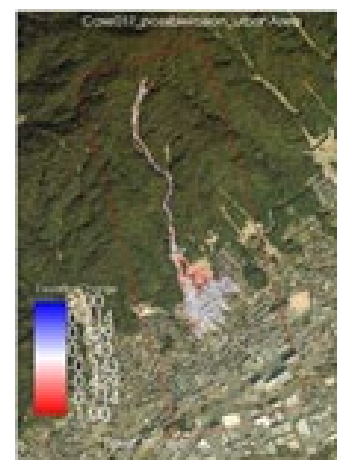


図 5．標高変化
(150 秒後)

（拠点間連携共同研究[課題番号：CT0C31]）

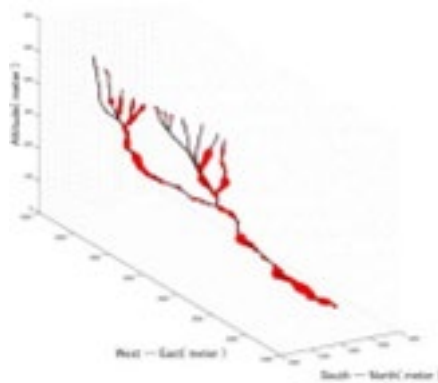


図 6．土石流発生後谷線での侵食量 赤丸の大きさが侵食量を示す（拠点間連携共同研究[課題番号：CTOC31]）。



図 7．微動観測点地点。庄内平野で実施した微動観測地点の分布（青マーカは単点微動観測地点，黄マーカは微動アレイ観測地点，赤丸は，水田・鏡味(2013)による震度7地点を示す）（拠点間連携共同研究[課題番号：CTOC35]）

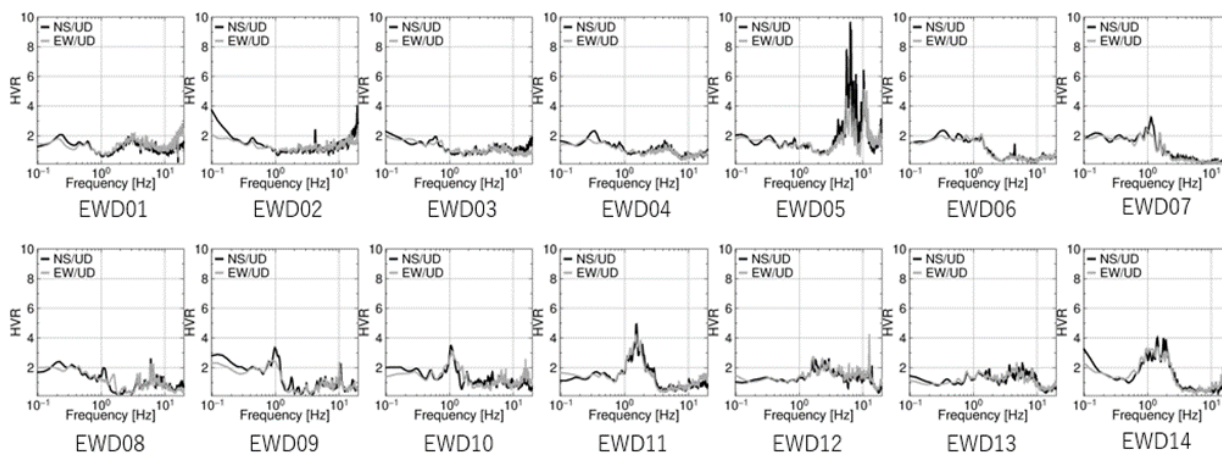


図 8．EWD測線の微動水平上下スペクトル比。EWD測線における微動水平上下スペクトル比（水平

2成分をそれぞれ上下成分で除したもの）（拠点間連携共同研究[課題番号：CT0C35]）

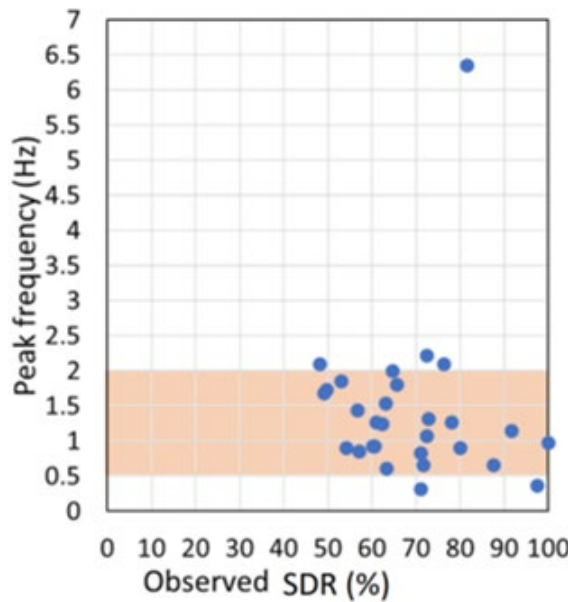


図9．建物被害率と擬似サイト増幅特性の一次ピーク振動数の関係（拠点間連携共同研究[課題番号：CT0C39]）

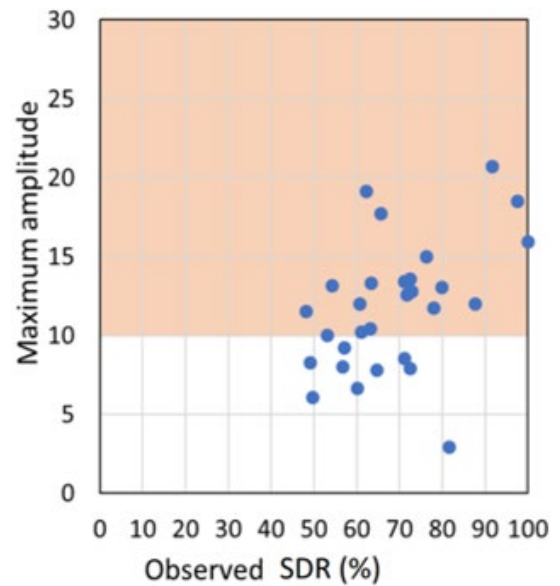


図10．建物被害率と0.5～2.0 Hzにおけるピーク振幅の関係（拠点間連携共同研究[課題番号：CT0C39]）

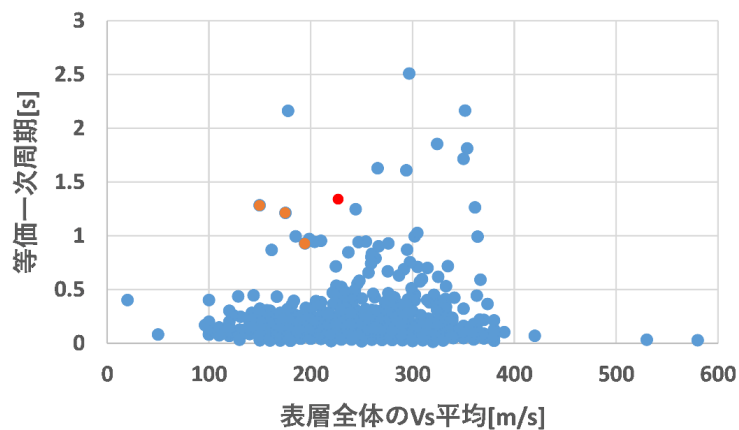


図11．KiK-netで震度6弱以上を記録した地震動の表層全体のVsと表層地盤の等価一次周期（赤とオレンジは、該当地震動）（拠点間連携共同研究[課題番号：CT0C40]）

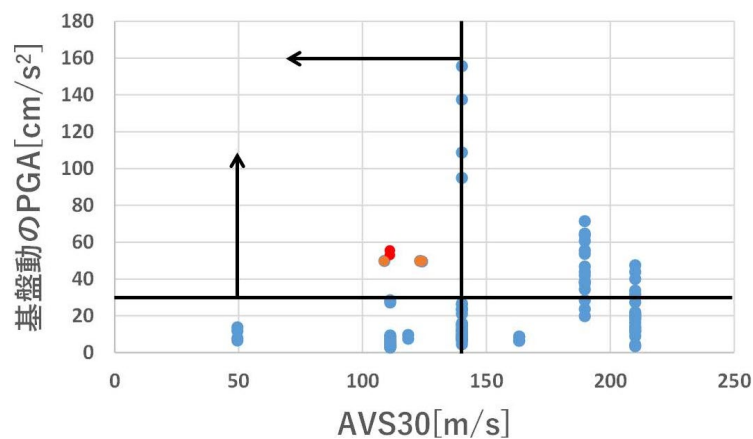


図12．表層全体のVsが250 m/s以下で等価一次周期が1-1.5秒の表層地盤におけるAVS30と 基盤動

(KiK-netの地中記録)のPGAの関係(赤とオレンジは、該当地震動)(拠点間連携共同研究[課題番号:CT0C40])

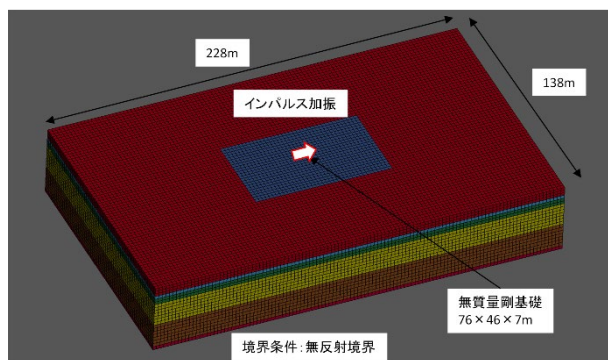


図 13. 地盤の FEM 解析モデル (直接基礎)
(拠点間連携共同研究[課題番号:CT0C45])

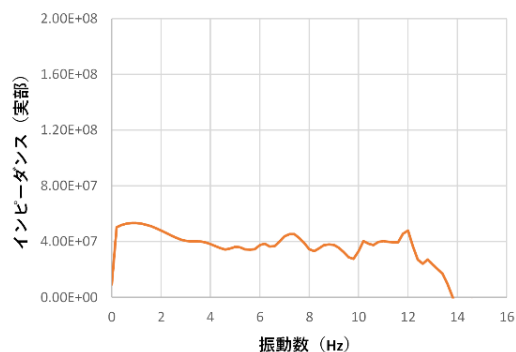


図 14. 算定されたインピーダンス (実部)
(拠点間連携共同研究[課題番号:CT0C45])

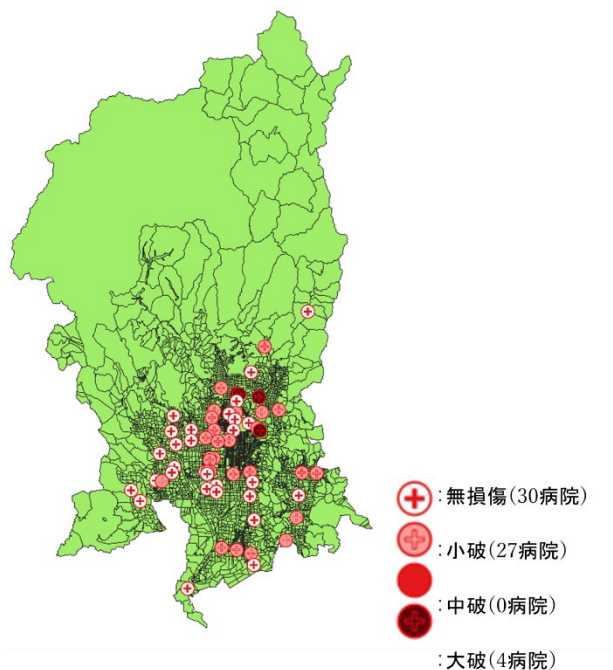


図 15. 構造躯体の被害 (全 61 病院) (拠点間
連携共同研究[課題番号:CT0C45])

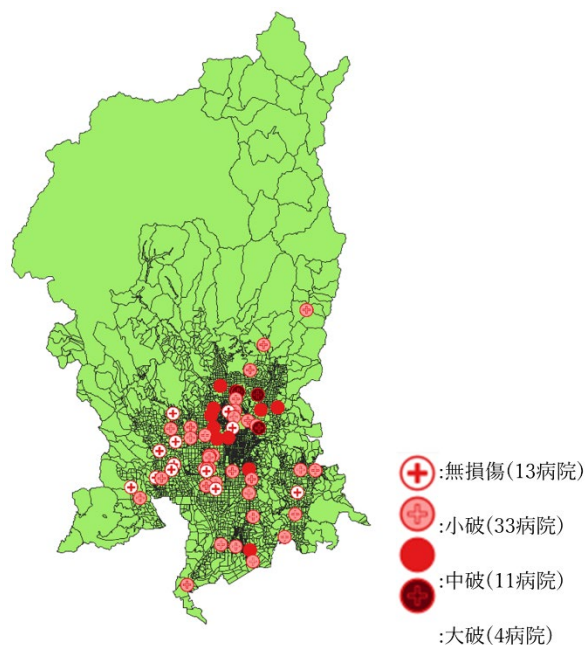


図 16. 非構造部材を含めた地震被害推定
の総合判定 (全 61 病院) (拠点間連携
共同研究[課題番号:CT0C45])

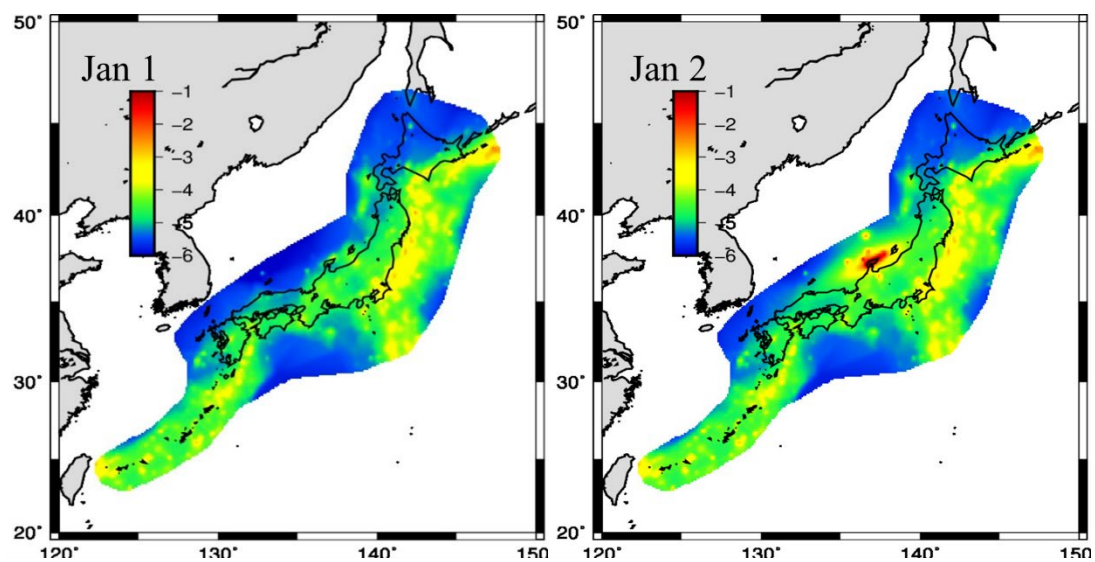


図17. M>4の地震の発生数の予測（拠点間連携共同研究[課題番号：CT0C45]）

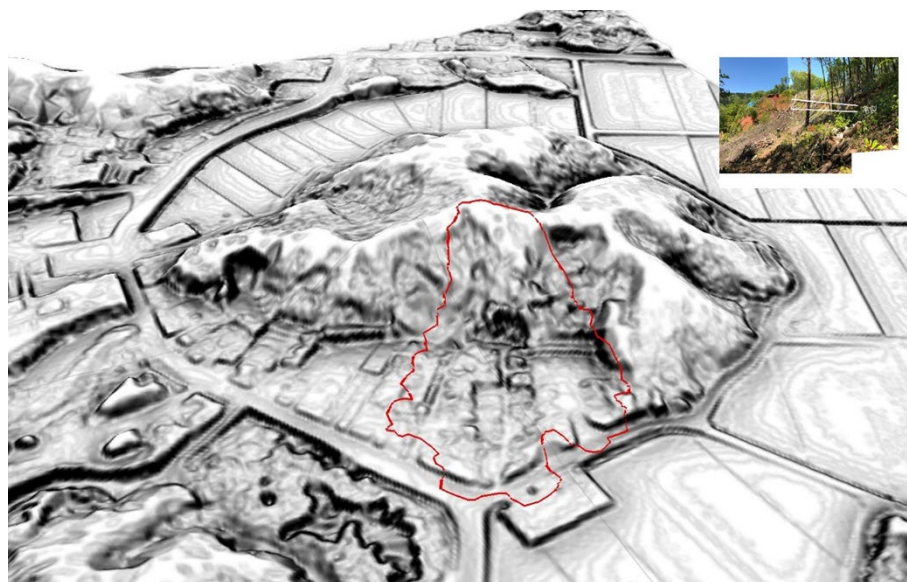


図18. 土砂災害予測基本図鳥観図（2019年6月測量実施）赤実線は地すべり部[課題番号：CT0C46]

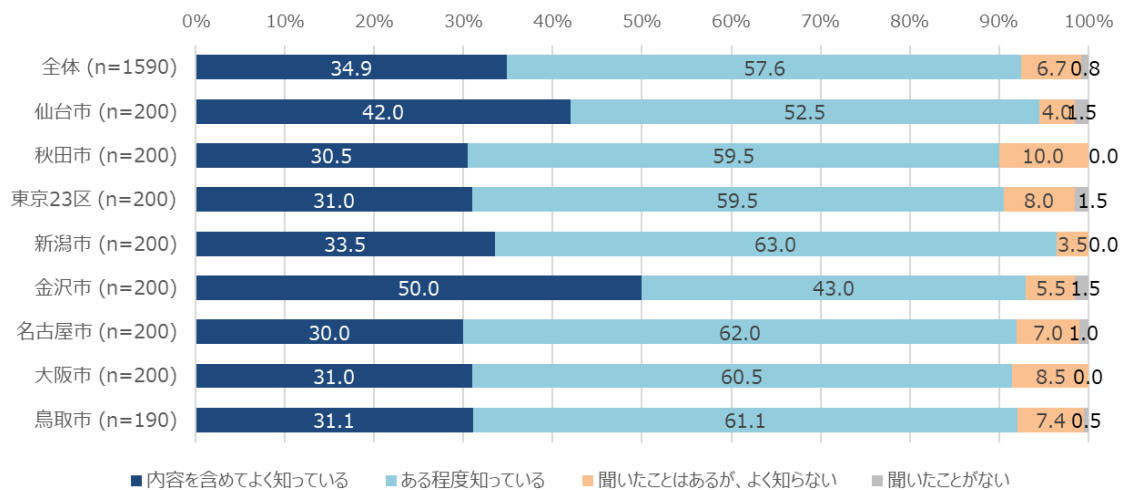


図19. 各地域住民の火山災害に関する意識についてオンライン調査による、震度の認知（拠点間連携共同研究[課題番号：CT0C38]）

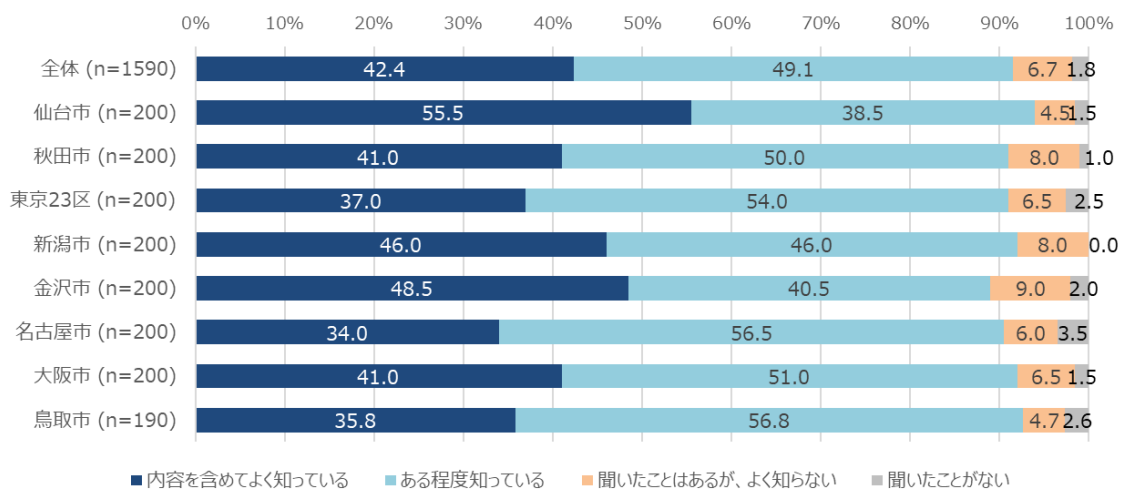


図20. 各地域住民の火山災害に関する意識についてオンライン調査による、緊急地震速報の認知（拠点間連携共同研究[課題番号：CT0C38]）

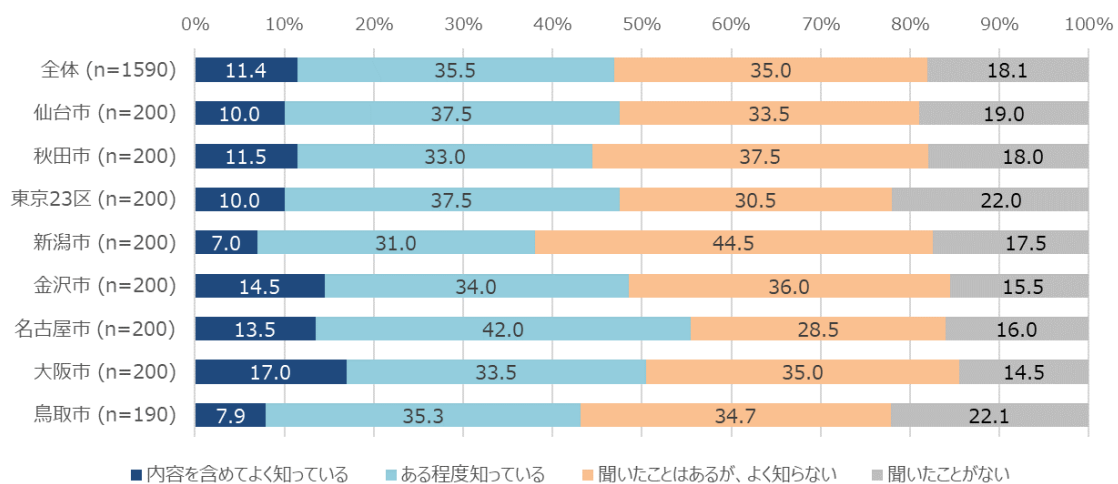


図21. 各地域住民の火山災害に関する意識についてオンライン調査による、南海トラフ地震臨時

情報の認知（拠点間連携共同研究[課題番号：CT0C38]）

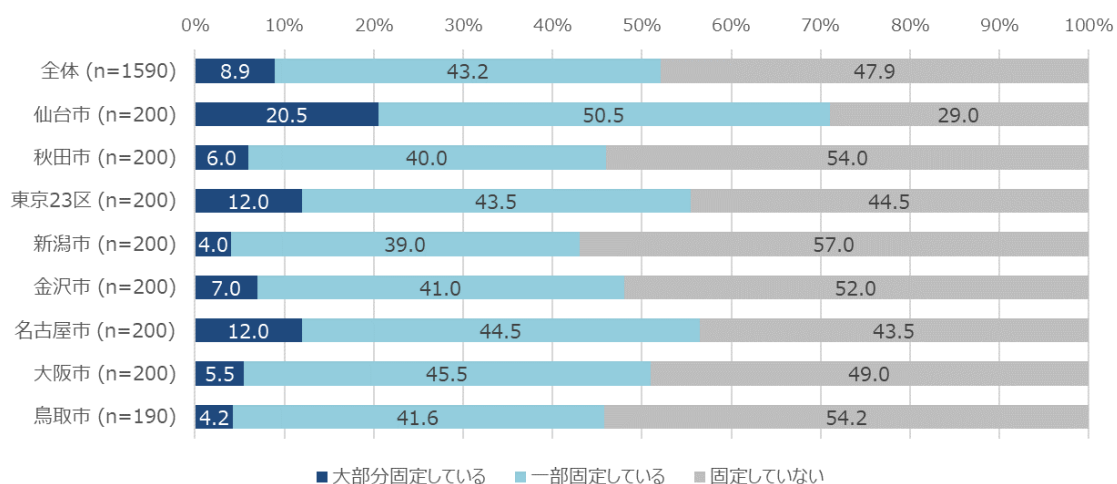


図22. 各地域住民の火山災害に関する意識についてオンライン調査による，家具固定の実施状況（拠点間連携共同研究[課題番号：CT0C38]）

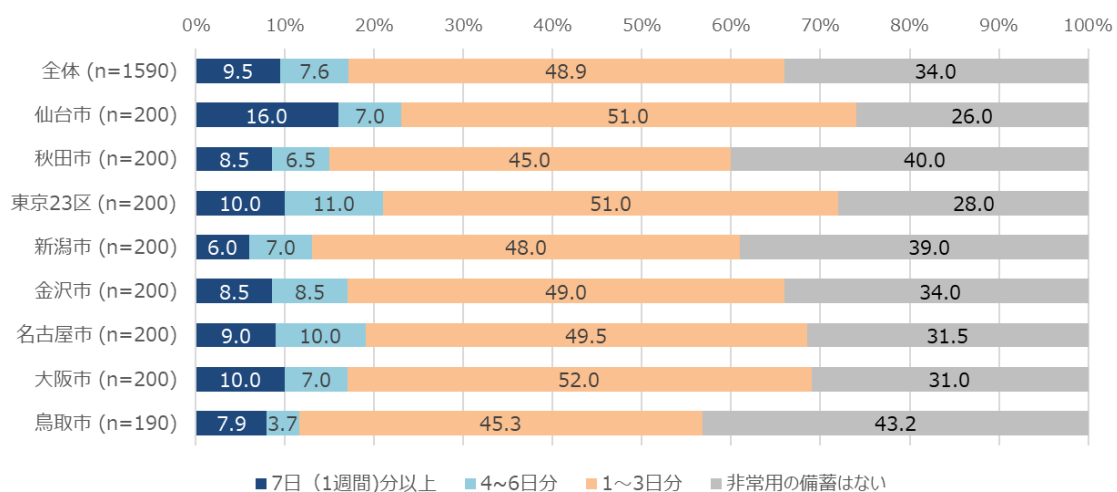


図23. 各地域住民の火山災害に関する意識についてオンライン調査による，食料の備蓄状況（拠点間連携共同研究[課題番号：CT0C38]）

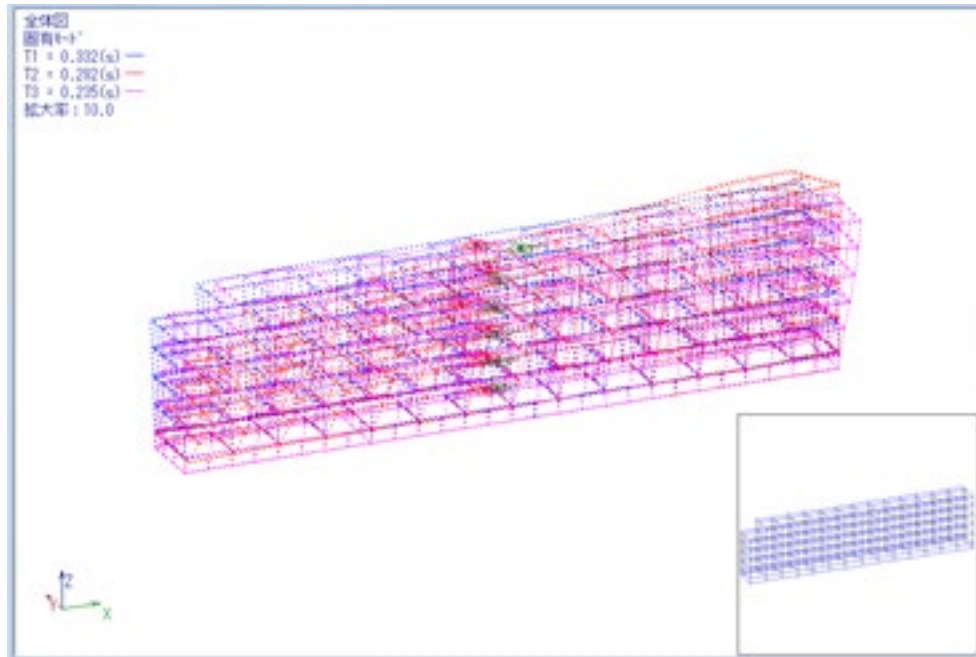


図24. 対象建物_3次元解析モデル_モード図。コンクリートの弾性係数は設計基準強度より算定。
1次固有周期は0.332秒（拠点間連携共同研究[課題番号：CTOC48]）

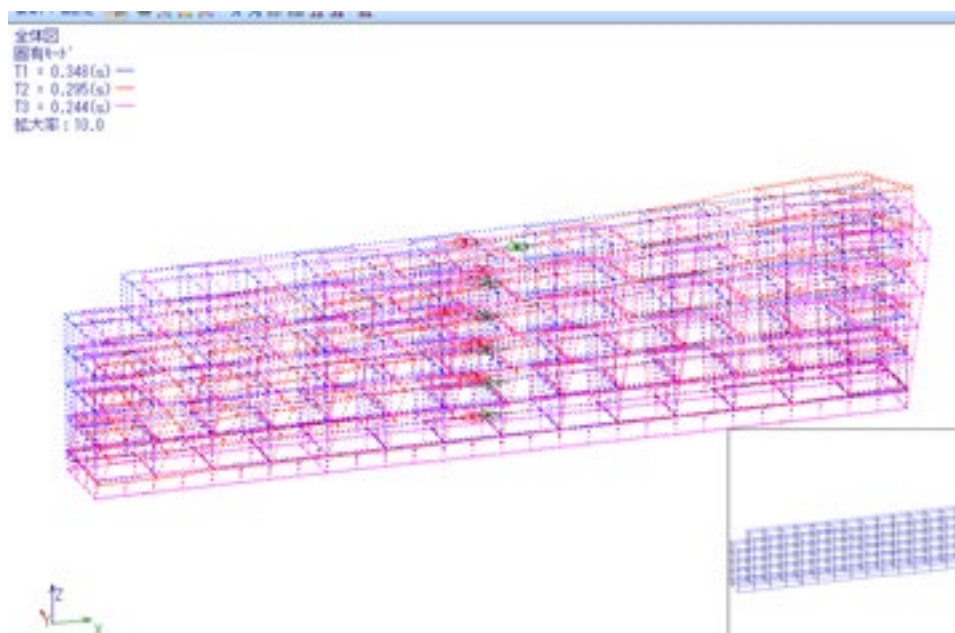


図25. 対象建物_3次元解析モデル弾性係数修正_モード図。コンクリートの弾性係数は各層ごとのコア抜き試験で最小であった15.43より算定。1次固有周期は0.348秒となったが振動モード形に大きな違いはなかった（拠点間連携共同研究[課題番号：CTOC48]）。