

1 (5) 災害誘因評価・即時予測

「災害誘因評価・即時予測部会」計画推進部会長 太田雄策

(東北大学大学院理学研究科)

副部会長 為栗 健

(京都大学防災研究所)

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、斜面崩壊等の災害誘因は自然や社会に潜在的に存在する脆弱性等の災害素因に働きかけ、これらの相互作用に応じて様々な規模の災害が発生する。すなわち災害誘因評価の高度化は、災害軽減を果たすために有効な手段である。こうした観点から、「災害誘因評価・即時予測部会」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」ならびに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」を推進するとともに、それら災害誘因予測を効果的に防災対策の推進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」を進める。

3. 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

(1) 地震・火山噴火の災害誘因の事前評価手法の高度化

A. 強震動の事前評価手法

○震源モデルの高度化

既往の震源断層モデルのすべり角のばらつきの程度を求めた。1)国内の地震に対する震源インバージョン解析結果で、震源インバージョン解析のデータとして強震波形記録が使用されているもの、2)不均質震源断層モデルデータベース SRCMOD (Mai and Thingbaijam, 2014)または防災科学技術研究所から、各要素断層のすべり角の情報を含むデジタルデータが公開されていること、のどちらかを条件に不均質断層モデルを選び出した。結果、28地震の36震源モデルを収集した。すべり角は $[-\pi : \pi]$ の有界性をもつ情報であることから、方向統計学の方法に基づいた平均および標準偏差を得た。その結果、すべり角の標準偏差の平均値は地殻内地震で 21 度±5度、プレート境界地震で 18 度±5度、すべての地震で 20 度±5度と求められた(図1, 京都大学防災研究所[課題番号: DPRI09])。

琉球海溝沿いのスラブ内(深さ 36—260 km)で発生する地震によって生じる、沈み込む太平洋プレート上面でのS波反射が、震源距離 1500 km の中部日本に帯状の強い揺れを起こす現象を、F-net/Hi-net 地震波形解析と地震波伝播シミュレーションから確認した。さらに、高速度の太平洋プレートを通過した屈折S波が、660 km 境界で広角反射を起こすことで、震源距離 2000 km の北海道に強い揺れを起こす過程を確認した(図2)。これらのS波反射波による遠地の地動(PGV)は、震源域直上と同程度の大きさを持つため、琉球海溝沿いのスラブ内地震の地震動予測では注意が必要である。太平洋スラブ上面のS波反射点は、和歌山から京都付近下の深さ 300 km から 400 km に相

当する。これまでトモグラフィ解析において、この深さで太平洋スラブの高速度異常が認められず、スラブの断裂または薄化の可能性が議論されてきた (Obayashi et al., 2009)。しかし、太平洋スラブからの明瞭な S 波反射面が存在することから、スラブは完全には消失 (断裂) していないと考えられる (東京大学地震研究所 [課題番号: ERI_14])。

野外調査により地表地震断層を詳細にモデル化して強震動計算に反映させ、断層近傍の強震動ハザード評価の高度化に資するための検討を行った。具体的には 1) 屏風山・恵那山断層を対象とした詳細な地形データにもとづく活断層トレースデータの作成と、2) それと活断層周辺の詳細な地盤構造モデルを断層モデルに反映させ強震動計算に組み込むためのツール整備、を行うとともに、3) 強震動予測の試算を実施した。また、地震断層近傍における被害集中の有無を 1891 年濃尾地震の際の震度分布から再検討した。松田(1974)の地表地震断層の調査結果をもとに松田式を用いた地震規模と特性化震源モデルへの浅部すべりの付与により、震度分布を再現可能との結論を得た (名古屋大学 [課題番号: NGY_05])。

○地下構造モデルの高度化

大阪堆積盆地 3 次元地盤構造モデルの高度化の一環として、新たなデータを用いた地質構造モデルの改良と、堆積層の Q 値モデルの再検討を行った。新たなデータを用いた地質構造モデルの改良では、鍵層である海成粘土層の Ma10 層とそれよりも浅い Ma12 層が相似的な変形形状を示すことに着目し、1) Ma12 層と Ma10 層の両方の標高データが存在する地点の Ma12 層と Ma10 層の標高差を内挿して Ma12-Ma10 標高差分布モデルを作り、2) Ma12 層標高データのみが存在する地点で、Ma12 層標高と 1) による Ma12-Ma10 標高差推定値を組み合わせると Ma10 標高推定データを作った。浅層ボーリングデータの追加により、Ma10 層標高モデルが数十 m 程度修正され、小さい空間スケールの Ma10 層の形状の変化をモデル化することに成功した。堆積層の Q 値モデルの再検討では、大阪平野の平均的な振幅比を用いて合成波形のエンベロープを補正し、観測との比較により最適 Q 値を得た (京都大学防災研究所 [課題番号: DPRI08])。

2020 年末より地震活動が継続している能登半島北部における 2022 年 6 月 19 日 15 時 8 分に発生した $M_{JMA} 5.4$ の地震について、K-NET 正院 (ISK002) では震度 6 弱を記録した。このとき、同観測点における水平動の卓越周波数は約 1 Hz であったが、それよりも規模の小さい地震においても同様の卓越周波数を持っていた。この理由を調べるために、当該サイトにおいて微動アレイ探査を実施し、浅部地盤構造を推定すると、工学的基盤面相当以浅の浅部地盤構造モデルによりこのサイトが約 1 Hz の卓越周波数を持つことが明らかになった (京都大学防災研究所 [課題番号: DPRI09])。

○強震動評価の高度化

震源域近傍での強震観測波形から、遠地の平野での長周期地震動の波形を予測する深層学習モデルを構築した。深層学習モデルには、Temporal Convolutional Network (TCN) を用い、F-net 福島観測点 (HROF) での強震波形データを入力として、Hi-net 横浜観測点 (YFTH) の地震波形データを予測した。日本海溝沿いで起きた 60 個の地震の

地震により学習済みのモデルを用いて東北地方太平洋沖地震とそれ以降に発生した 30 個の地震 (Mw5.8-9.0) の地震波形を予測したところ、1) 応答スペクトル、2) 弾性エネルギー積算量、3) 地震動継続時間、4) 波形エンベロープ相関係数の 4 つの評価指標において、いずれも四分位範囲が 0.5~2 倍に収まることを確認した(東京大学地震研究所 [課題番号:ERI_14])。

本観測研究計画と、国内外の利用者からのフィードバックを受けて、地震波伝播シミュレーションオープンコード (Open SWPC; Maeda et al., 2017) の機能拡張を進めた。最新コード (Ver 5.3.0) を 2023 年 2 月に GitHub において公開した (東京大学地震研究所 [課題番号:ERI_14])。

イ. 津波の事前評価手法

巨大地震に伴う海底斜面崩壊による津波の数値計算手法開発を継続し、前年度から実施している 1946 年アリューシャン津波地震の海底地すべりによる沿岸波高の再現数値実験を改善した。1946 年アリューシャン地震を対象として、津波シミュレーションソフトウェア Tsunami Square により海底地すべりと津波を同時に計算し、地すべりがほぼ終了した時点で JAGURS に切り替え津波のみを計算した。津波高は比較的良く再現できる事が明らかになった (北海道大学[課題番号:HKD_05])。

2018 年アナク・クラカタウ島火山噴火 (インドネシア) では、地すべりにより津波が発生しジャワ島西岸からスマトラ島東岸に津波が押し寄せ被害をおよぼした。このような火山島の地すべりによる津波の即時予測手法の開発を行った。具体的には、地すべりが終了した時点で Bussinesq モデル (Yamanaka and Tanioka, 2017) に切り替えて津波計算を実施する枠組みを構築した。開発した手法の適用事例として 2018 年アナク・クラカタウ島火山噴火を対象とし、その津波が適切に再現できることを明らかにした。さらに、周辺の諸島の 6 つの仮想観測点での津波波形が得られるものとして、これらの地点での波形を用いて、ジャワ島西岸やスマトラ島東岸での津波を予測する手法を開発した。具体的には 1) クラカタウ諸島周辺を 3 つの海域に分割し、各海域の津波 (波高・速度) を仮想点での観測波形を用いて予測し、2) 3 地域での予測津波をまとめて津波伝搬を計算することでジャワ島西岸やスマトラ島東岸での津波を予測するために、様々な体積を持った地すべりを 4 方向に発生させ、3) 6 つの仮想観測点での波形と 3 地域での津波 (波高・速度分布) をデータベース化した。検証のために、データベースにない方向への地すべりによる津波が予測可能かどうかを検証した結果、高い精度で予測できることが明らかになった (図 3, 北海道大学[課題番号:HKD_05])。

ウ. 大地震による災害リスク評価手法

強震動による地震災害誘因の分析に必要な、国内外の地震に対する強震動記録の分析や強震動予測を進めると共に、広帯域地震動プラットフォームの構築に関する国際共同研究を行った。具体的には米国南カリフォルニア大学に本部を置く南カリフォルニア地震センター SCEC における、断層面と地下構造モデルを入力情報として、複数の強震動予測手法に基づく Validation を行う広帯域地震動プラットフォーム (SCEC Broadband Platform) に対して、日本で開発された強震動予測手法を実装し、国際展開を図った

(東京大学地震研究所[課題番号：ERI_16])。

鳥取県内で実施している独自の地震観測網を継続し、例えば鳥取市若葉台では切盛造成地の記録から切土に対する盛土の増幅とその卓越周期を確認した。また、2016年に発生した鳥取県中部の地震(Mj6.6)で被害を生じた北栄町由良宿において高密度の常時微動観測を実施し、被害のみられなかった地区では木造建物の固有周期よりも長い地盤卓越周期が見られる結果を得た。さらに、同地域の伝統的木造建築物において、その振動特性を微動観測と人力加振から把握した(図4)。あわせて鳥取県庁(鳥取市)の本庁舎(免震構造)、第二庁舎(制振構造)の2棟についても微動観測で振動特性を把握し、本庁舎では小地震記録による振動特性との比較から免震機能を、第二庁舎では捩れ振動モードを把握した。これら一連の建物観測により、微動を用いた振動特性把握のルーチンを確立することができた(鳥取大学[課題番号：TTR_01])。

鳥取県内34計測震度観測点から1秒パッケージでリアルタイム震度と最大加速度値(水平、鉛直)を受信し、PLUM法に震度の距離減衰と全予測点を2次震源とする改良を加え、P波振幅による震度予測を加えて県内250mメッシュのリアルタイム震度をWebベースで鳥取県庁と共有した(鳥取大学[課題番号：TTR_01])。

北海道庁の地震防災対策における減災目標策定に関するワーキンググループと連携し、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震における津波及び地震動による北海道の地域特性を反映したハザードの評価および物的ならびに経済リスクの地震被害想定をおこなった。また、道による減災目標の設定のために、関係機関が実施する防災対事業による減災効果を検証した。また、津波避難のリスク評価結果を避難行動に反映させるために、市町村と共同で防災教育を実践し、自動車避難での課題把握、住民と避難に関する課題認識を把握・共有した(北海道立総合研究機構[課題番号：HR0_02])。

エ. 地震動や火山活動による斜面崩壊の事前評価手法

四国山地中央部の地震と関係する深層崩壊地およびその周辺環境の検討について、20世紀以降発生した深層崩壊地を中心とした調査を継続した。その結果、それら崩壊地が、(1)泥質片岩または珪質片岩であること、(2)褶曲作用に伴う軸面劈開が発達している場所であること、(3)河川の攻撃斜面または谷の遷急点付近で特徴付けられることを明らかにした。深層崩壊地の場合、特に高角度の姿勢を持つ亀裂が重要である。すなわち亀裂が急速な岩盤内部への水の流入経路となり、地震時には亀裂がもたらす直立板状の構造が水平動の影響を受けやすい。これら地質的な特徴を持つ高知県大豊町のトウジ山斜面において、地震動と斜面変形、変動の関係を明らかにするため、令和2年度から地震・斜面観測を継続している。今年度は簡易貫入試験と表面波探査を実施し、過去の崩壊物の厚みと弾性波速度を推定した。その結果、崩壊物が徐動性の地すべりを呈する地点における増幅特性は、崩壊物内における地震波の多重反射で説明できることを明らかにした(京都大学防災研究所[課題番号：DPRI10])。

横浜市の盛土において地震動と間隙水圧の同時観測をおこなった結果について解析し、強震時の地盤の塑性的な変形に伴う過剰間隙水圧の上昇の特徴を明らかにした。具体的には、過剰間隙水圧の上昇量は地震動の瞬間的な大きさよりも継続的な大きさと強い相関を持つことが分かった。また、東京都目黒区の盛土における過剰間隙水圧の上昇時

間が地震動の継続時間と同じオーダーを持つのに対して、横浜市においては1桁から2桁大きなオーダーを持つことが分かった。これらは、盛土の材質などの影響が示唆される結果であり、盛土の安全率を評価するうえで盛土固有の特徴を把握する重要性を示す(京都大学防災研究所 [課題番号: DPRI10])。

斜面内部の地震動の不均質性の有無を観測から明らかにするため、ブロック化が進行した北海道釧路町の地すべりにおいて稠密地震観測を実施し、低周波帯においては観測点間の位相差は0に近い値を示すのに対し、高周波数帯においては位相が観測点間で大きく異なり、斜面内部の変形が示唆される結果が得られた。同結果は、斜面内部での地震波の伝播特性を抽出することで、斜面安定計算の高度化を実現できることを示唆する(京都大学防災研究所[課題番号: DPRI10])。

2011年11月に設置した宮城県栗原市での地滑りモニタリングを継続し、荒砥沢の地滑りモニタリング結果は、栗原市が運営する栗駒山麓ジオパークビジターセンターでリアルタイムでの公開を開始した。79GHz および 17GHz システムの MIMO 型 GB-SAR について、大気補正手法の検討を進めた。これらの検討のために、79GHz および 17GHz の同時計測による崖面計測を実施した(図5)。大気補正後はどちらのレーダデータも、より変動が抑えられた時系列変位結果が得られた(東北大学災害科学国際研究所[課題番号: IRID03])。

オ. 火山噴出物による災害誘因の事前評価手法

火砕流の発生予測に関して、地盤変動、火山性地震、空気振動、火山ガス、映像等の観測データを収集し、火砕流発生に関わる物理パラメータを明らかにした。具体的には、噴火直前に見られる地盤変動の膨張継続時間、前駆地震の発生頻度と振幅の増加から火砕流の発生危険度のリアルタイム予測の検討を行い、火砕流の発生危険度判定ロジックを構築した(図6, 京都大学防災研究所[課題番号: DPRI11])。

(2) 地震・火山噴火の災害誘因の即時予測手法の高度化

ア. 地震動の即時予測手法

地震波動の伝播方向や伝播速度を地震動の実況把握に活用するため、アレイ解析手法のひとつである Wave gradiometry の利用を検討した。合成波形を用いた予備解析の結果、観測点が多数存在する関東地方では長周期地震動の伝播方向や伝播速度が即時的に推定できる可能性があることが明らかになった(気象庁[課題番号: JMA_06])。

深層学習によって、単独観測点の地震波形から地震波動の伝播方向の観測情報を得る手法の開発を行った。開発した手法によって、連続して地震が発生するケースでもP波検測をせずに波形形状から直接伝播方向を推定可能であることが分かった(気象庁[課題番号: JMA_06])。

地震波の逆伝播を用いた震度分布の事後推定手法の開発を進め、逆伝播時にも観測地震動を同化することにより、観測値が得られなかった領域でもある程度地震動分布が復元できる見通しが得られた(気象庁[課題番号: JMA_06])。

イ. 津波の即時予測手法

アジョイント方程式に基づくあらたな波動場現況推定手法の定式化ならびに数値実験による精度検証を実施した。最適内挿法に基づく現況把握は、本質的に現時刻の空間補間である。過去の状態からの時間発展は、現況把握のための予測値として間接的に用いられるが、最適内挿法ではその予測値を観測一予測残差で破壊的に更新してしまうため、結果として得られる波動場の時空間発展は波動方程式に完全に適合するわけではないという弱点を持つ。そのため、現在時刻を含む一定時間幅の間の観測一予測残差を最小にするという目的関数を持ち、有限の時間区間で仮定する波動方程式（浅水波方程式）にもっとも適合するような波動場を推定する新しい手法を開発した。開発した手法の精度検証のために、等間隔の観測網に外部から津波が入射する状況での数値実験を行った。初期水位の時刻における推定では、初期水位の形状を完全には推定できないものの、模擬観測波形をほぼ完全に再現することに成功した（図8，弘前大学理工学研究科[課題番号:HRS_02]）。

リアルタイム GNSS による震源断層即時推定における不確実性の定量評価をマルコフ連鎖モンテカルロ法(MCMC)で行うための技術開発および同技術の国土地理院リアルタイム地殻変動監視システム(REGARD) への技術移転を継続して進めた。技術開発では、昨年度開発を進めたハミルトニアンモンテカルロ法 (HMC 法)を用いた断層推定手法の高度化を進め、昨年度確立した1枚矩形断層推定手法をすべり分布モデル推定へと拡張した。また、すべり分布推定において先験情報にもとづいて安定的に解を求めるための正則化拘束として断層すべりが自己相似性を持つという仮定のもと、von Karman の自己相関関数 (von Karman ACF) による制約を与えたすべり分布推定手法の開発を行った。具体的には、従来ハイパーパラメータとして扱われていた相関距離も同時に推定する手法を開発した。同問題は複数の非線形パラメータを同時推定することになる。そのため、開発する手法ではベイジアン逆解析を採用した。さらにパラメータ数の増加にともなう収束の難化（次元の呪い）を克服するために、サンプリング手法としてHMC法を採用した。開発した手法の精度評価を行うために、相関距離を仮定した von Karman ACF を用いたすべり分布を生成し、それから期待される地表面変位を計算した後、それに誤差を付加したものを観測データとして、断層すべり分布および相関距離を同時推定した。その結果、観測網が十分に断層面をカバーしている場合、相関距離をその誤差の幅とともに正しく推定できることを初めて実証した（東北大学大学院理学研究科[課題番号:THK_12]）。

国土地理院で運用している REGARD へと技術移転した1枚矩形断層推定をMCMC法によってリアルタイムで実現するアルゴリズム ” Real-time automatic uncertainty estimation of the coseismic single rectangular fault model based on GNSS data (RUNE)” の精度評価を継続した。2022年3月16日に発生した福島沖地震において、RUNEによって断層モデルを自動推定することに成功した。同アルゴリズムは今後、令和5年度内を目標にREGARD内の1枚矩形断層推定のメインアルゴリズムとして実装・運用されることが予定されている（東北大学大学院理学研究科[課題番号:THK_12]）。

2016年の福島県沖の地震津波について、長時間津波伝播計算を行い、近地の沿岸での津波減衰過程の再現度を調べた。その結果、再現度は地点ごとに異なること、観測値

と計算値の差は波源推定誤差の影響を上回り、沿岸域パラメータ等の伝播過程の表現方法に改善の余地があることを示した。また同地震において、小名浜の検潮所で観測された津波第一波の波形に着目し、津波伝播計算におけるエネルギー散逸について調べた。その結果、津波伝播過程における非線形性の1つである移流の計算で生じる数値散逸が、現実の物理散逸の代替を担い、観測波形の再現に寄与している可能性があることを示した（気象庁[課題番号：JMA_06]）。

2022年のフンガ・トンガーフンガ・ハアパイ火山の噴火に伴う水位変動について、日本の沖合水圧計観測網の観測データを用いて、火山カルデラの空間スケールを持つ固体地球現象に伴う津波の規模を概算したところ、初期水位の体積にして3 km³程度であり、日本へ到来した津波全体に占める割合としては大きくないことを示した（気象庁[課題番号：JMA_06]）。

ウ．火山噴出物による災害誘因の即時予測手法

土石流の発生頻度の変化の背景には、豪雨の発生場所と降雨特性のほかに、噴火による土石流発生ポテンシャルの急激な増加、土石流の頻発によるポテンシャル減少、さらには生産土砂の蓄積によるポテンシャルの回復という変化過程があると考えられる。そこで、火山噴火後の中長期的な土石流・泥流の発生ポテンシャルのモデル化にあたり、噴火後土石流が頻発することで一旦下がったポテンシャルが回復する過程について、凍結融解作用による土砂生産に着目して検討した。具体的には昨年度までに開発した土砂動態モデルの水移動過程について改良を加え、土石流が発生する溪流源頭部において堆積物諸係数が土石流発生に及ぼす影響を検討した（京都大学防災研究所[課題番号：DPRI_12]）。これに際し、堆積物が全層飽和状態でなくても表流水が発生する水移動過程を再現できるようなモデルへの改良を実施した（図9）。具体的には、斜面で発生した表面流は河道部の表流水に加え、斜面での浸透流は溪床堆積物の浸透流に加えた。また溪床堆積物の表流水の底部への浸透についても考慮した。さらに流域地形モデル作成時に溪流源頭域について、局所的な現象である土石流発生を対象とするために従来の単位河道を詳細に分割した。改良を加えた土砂動態モデルにおいて堆積物の諸定数（透水係数、堆積厚、浸透能、素時計数）が土石流発生に及ぼす影響を検討する感度分析を足洗谷流域の支流であるヒル谷流域を対象として実施した。その結果、堆積物が厚く透水係数が小さいほど安全率が減少する傾向がみられた一方、マニングの粗度係数による影響はほとんど表れなかった（京都大学防災研究所[課題番号：DPRI_12]）。

火山泥流を対象として、水路実験によって粘着力の強さが泥流の流動特性に与える影響を検討するとともに、粘着性を考慮した泥流の数値シミュレーションモデルを構築し、泥流中の固体材料の粘着性が泥流の流動特性に与える影響について検討を行った。その結果、粘着力の増加に伴い、平衡勾配が大きくなること、つまり、粘着力の増加によって溪床が浸食されにくくなり、土石流・泥流はあまり発達せず、非粘着性材料の場合と比較して斜面勾配が急な場所で土石流・泥流が停止することが分かった。これらの結果は、斜面崩壊が小さく、初期流動深が小さい場合は平衡勾配が大きくなるため、比較的急勾配の場所であっても土石流・泥流が停止することを示す一方、局所的であっても流

動深が深くなると平衡勾配が溪床勾配以上となり、泥流が発達して下流まで伝播することを示す結果である（京都大学防災研究所[課題番号：DPRI_12]）。

二重偏波気象レーダー等による噴煙の観測結果から、噴煙に含まれる火山灰等の分布を定量的に推定する手法の開発を行った。また、二重偏波化された一般気象レーダー（福岡）のデータを用いて、2021年阿蘇山噴火の解析を行った。その結果、10月14日・20日の噴火は共に水物質の寄与が大きかったが、20日の噴火の方が、噴煙内部の火山噴出物（火砕物）の量が多いことがわかった（気象庁[課題番号：JMA_07]）。

2021年福徳岡ノ場噴火と2022年トンガ海底火山噴火について、気象衛星ひまわりの画像解析を行った。衛星視差の影響による傘型噴煙の位置ズレが傘型噴煙の面積・半径の解析に与える影響については、衛星天頂角が極度に開いていない限り、無視できることを示した。また、大気との相互作用や各種保存則など火山噴煙の力学を考慮した1次元噴煙モデル（NIKS-1D）の開発を進め、本モデルの性質調査を行って、現実の噴煙でみられる特徴を再現していることを確認した（気象庁[課題番号：JMA_07]）。

（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

地震波形・GNSS・傾斜計等のデータを即時解析して震源や地盤変動源を表示するシステムの構築のために、参照サーバ側の立ち上げ作業をより簡便する目的で、サーバへの表示データ保存に関するソフトウェアの整備を進めた。また、ソフトウェアの開発・配布環境の構築試験のために、Gitサーバの運用テストを開始した。表示コンテンツのひとつとして、茂木+ダイクの圧力源をMCMCでリアルタイム推定するプログラムの開発（東北大と国土地理院との共同開発）を継続した（北海道大学[課題番号：HKD_06]）。

地震災害に関する住民調査を前提に、地震災害・火山災害の発生確率、被害想定、関連する災害情報（火災情報や降灰情報）などの住民の受け止め方に関する詳細な解析を行った。具体的には内閣府（2013）が公表した被害想定を基に、4日間にわたって放送されたドラマ「パラレル東京」の前後で行った、縦断型のアンケート調査結果を解析した。調査1として、「自分自身が群集雪崩や将棋倒しに巻き込まれる」など8つのリスク事象に、調査対象者がどの程度の確率で遭遇すると感じるかを聞いた。調査2として、8つのリスク事象に対して、Slovic（1986；1987）のリスクに関する認知マップの研究を基に、「正確にリスクを知っているか知らないか」「きわめて致命的なリスクかほとんど致命的ではないリスクか」など、8つの尺度をSD法（7点尺度）で確認した。これらの調査の結果、まず、「パラレル東京」を視聴したことの効果として、8つすべてのリスク事象について、番組視聴前よりも自分が被害に巻き込まれると思う確率が上がった。さらに3か月が経過しても、「群集雪崩や将棋倒しに巻き込まれること」「大規模な延焼火災に巻き込まれること」「工場や建物の爆発被害に巻き込まれること」「土砂災害に巻き込まれること」の4つのリスク事象については、自分がそうした被害に巻き込まれると思う確率が番組視聴前よりも有意に高い状態が維持された。さらに調査2の結果から、これら4つの事象は「恐ろしさ」因子が高いことが明らかとなった。つまり、元々、リスクイメージとして感情的に恐ろしいと考えられていた事象を、被害想定の情報に刺激したということが分かった（東京大学大学院情報学環[課題番号：III_01]）。

M8 クラス以上（半割れ）および M7 クラス（一部割れ）の地震発生後に後発する地震の発生確率計算結果に関して、南海トラフにおける地震発生履歴を考慮し、後発地震の発生確率評価を行った。一日以内、一週間以内、三年以内の後発地震発生確率は、それぞれ、1.4-64%（平時の460~21,000倍）、2.1-77%（平時の99~3,600倍）、4.3-96%（平時の1.3~29倍）と評価された。また、半割れ地震発生後の後発地震による津波リスクマップ作成手法の開発とともに、成果の想定利用者との意見交換会も実施しながら、後発地震の発生確率評価や津波リスクマップの表現方法を検討した（東北大学災害科学国際研究所[課題番号：IRID04]）。

これまでの課題と今後の展望

「災害誘因評価・即時予測部会」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」ならびに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」を推進するとともに、それら災害誘因予測を効果的に防災対策の推進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」を進めている。計画4年目である本年度においては、それぞれの研究課題において既往研究の高度化や新たな取り組みに関して成果が着実に得られ、論文出版、学会発表等の対外的な成果発表も活発に行われた。以下に、各小項目において取り組むべき事項および展望について特に令和4年度に焦点を当てて示す。

（1）地震・火山噴火の災害誘因の事前評価手法の高度化

ア．強震動の事前評価手法

断層破壊過程と極大強震動生成に関する研究を震源モデルの高度化の観点から継続する。強震動予測のための震源断層モデルパラメータの高度化を進める。リアルタイム強震観測データと高速シミュレーションの同化、及び深層学習に基づいて、南海トラフや日本海溝沿いの大地震による長周期地震動と強震動の即時予測の実現に向けた基礎開発を令和4年度に継続して進める。OpenSWPCの継続開発を進め、東大情報基盤センターのWisteria-aスパコンのGPUへの適合を調査し、また大規模シミュレーションの普及促進を図る。本研究課題の5カ年の成果を取り纏め、即時予測技術の社会展開に向けた課題と見込みをもとに、次期計画での重点目標を定める。インバージョンモデル（再現）や特性化震源モデル（予測）と、地表で複雑な分布を見せる地表地震断層（再現）・活断層分布（予測）との接合に関する分野間の議論とモデル化を行う。活断層研究分野と強震動研究分野間で地表地震断層調査の解釈や強震波形の解釈等の相互理解のための意見交換を引き続き行い、分野間の意思疎通を図る。変動地形の分野から提供できる新たなデータとして、地震断層近傍の地形変動データを整備する。強震動予測モデルにおける変位分布計算結果との比較を行う。

強震動生成に関する研究の高度化を地下構造モデルの観点から進める。プレート境界地震及び内陸地殻内地震の広帯域震源モデルの構築方法のとりまとめを行う。大阪盆地、奈良盆地等の改良モデルのとりまとめを行う。強震観測（中川低地、京都市内）を継続して実施する。

イ. 津波の事前評価手法

1946年アリューシャン津波地震と1998年パプアニューギニア地震津波の津波再現実験を実施することで計算手法を確立する。さらに、南海トラフ等の海底地すべり津波の解析を実施し海底地すべり津波の事前予測・即時予測可能性をまとめる。

ウ. 大地震による災害リスク評価手法

堆積平野・堆積盆地の地震動増幅特性の定量化を進める。具体的には、大地震による災害リスク評価に向けて、堆積平野・堆積盆地における地震動増幅特性と、建物被害や人口被害の脆弱性の研究を推進する。また、首都直下地震や南海トラフ巨大地震を対象に、地震災害の素因と誘因の関係や災害発生機構を多面的に分析し、災害を制御する要件を明らかにする。鳥取県内の地震動予測高度化のため、地盤震動特性および地下構造の把握、およびGISデータベースの拡充を継続的に実施する。「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震」を対象として、太平洋沿岸の都市部において、避難者の属性や分布に応じて自動車と徒歩を組み合わせた避難モデルを構築し、避難シミュレーションを行うことで、津波避難手段の違いによる避難行動の成否を判定し、避難手段の多様化による効果を評価する。また、多様な避難手段の実現に向けた課題を整理する。

エ. 地震動や火山活動による斜面崩壊の事前評価手法

四国山地内および東海地域で知られている断層周辺の岩盤を調査し、鉛直方向の亀裂と姿勢、そしてその深層崩壊への役割を明らかにする。そしてこれにより地震時崩壊ハザードマップ作成のための指針を提案する。また、四国、紀伊山地、北海道、首都圏、火山斜面で稼働中の地震や斜面の観測を継続する。特に、強震時の変形や間隙水圧、地震後の長期的な斜面の変形に関するデータを収集する。さらに、斜面における稠密地震観測を発展させ、地震動の地すべり内の伝播特性について明らかにする。現在活動が活発になっているインドネシア・メラピ火山の観測について、インドネシア政府の責任者からGB-SAR利用についての打診があった。これについてGB-SAR設置の検討を進める。宮城県栗原市荒砥沢の地滑りモニタリングシステムに関して、栗原市への管理移管による実装の準備を進める。MINO型レーダによる地滑り観測の実地評価を進める。

オ. 火山噴出物による災害誘因の事前評価手法

火砕流発生前の膨張量から火砕流の規模予測を加えて火砕流のリアルタイムハザードマップの完成を目指す。すでに構築している自治体向けの火山活動データ表示装置上で上記のハザードマップを加えて、職員向けの講習会を行なう。

(2) 地震・火山噴火の災害誘因の即時予測手法の高度化

ア. 地震動の即時予測手法

データ同化手法を用いて波動場を正確に推定し、そこから長周期地震動を含め未来の波動場を予測する手法を発展させ、地震動波形の予測モデルの構築を進める。また、現業への導入を考慮し、実時間よりも早く計算が行えるよう計算方法の改良を図る。

イ. 津波の即時予測手法

アジョイント方程式に基づく波動場推定方法について、その安定性・収束条件・実地形を考慮した現実的なモデル適用など、さらなる高度な数値実験をすすめ、その有効性の検証を行う。リアルタイム GNSS による震源断層即時推定手法の高度化とその社会実装を継続して進める。海底水圧計に含まれる非潮汐海洋成分の高精度除去手法の開発による地殻変動検出能力の向上を目指した技術開発を継続する。民間 GNSS 観測網の活用による超稠密地殻変動モニタリング手法の開発を行う。津波伝播計算の安定性・再現性に影響を与える沿岸域での摩擦・境界条件などの要素に着目し、計算手法を改良して長時間予測の精度向上を図る。これにより、観測事例が知られていない現象を含めた津波全過程予測手法を改良する。

ウ. 火山噴出物による災害誘因の即時予測手法

桜島火山を対象にして、噴火後の火山灰の量とその後の降雨量を入力条件として、ガリの形成に伴う土砂の流出特性を予測するモデルの完成を目指す。また、焼岳火山を対象として、噴火後の地表面の状態の変化を考慮した土石流・泥流発生ポテンシャルを検討する。融雪型火山泥流についても、積雪量分布などを入力条件にするとともに、火砕流による融雪シナリオ別に下流への流出ハイドログラフを想定し、泥流の予測モデルの完成を目指す。焼岳火山に適用する。二重偏波気象レーダー等による噴煙の観測結果から、噴煙に含まれる火山灰等の分布を定量的に推定する手法の開発について、成果を取りまとめる。新たに開発した移流拡散モデルの物理過程の改良について、課題を取りまとめる。火山灰データ同化・予測システムについて、定量的な濃度予測のための火山灰プロダクトの利用に関する評価を取りまとめる。

(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

高度化を進めている準リアルタイム火山情報表示システム内の力源推定アルゴリズムについて、次世代火山研究推進事業で展開した有珠山 GNSS 観測網との連携（リアルタイム測位表示や、実際の観測網配置に基づく MCMC 力源推定の精度検証）を進める。実際の観測データを含めた、より現実的な事象への適用による精度評価への着手（有珠山 2000 年噴火時のデータ等への適用）を進める。

想定利用者との相談を継続し、成果の利活用を試行する取り組みを行う。また、南海トラフ地震における「ゆっくりすべりケース」確率計算のための方法論を検討する。

成果リスト

Asano, K., T. Iwata, K. Yoshida, N. Inoue, K. Somei, K. Miyakoshi, and M. Ohori, 2022, Microtremor array surveys and development of the velocity model in the Hakodate Plain, Hokkaido, Japan, *Earth Planets Space*, 74, doi:10.1186/s40623-022-01647-w.

浅野公之・岩田知孝・濱田晃之・吉田邦一・染井一寛・関口春子, 2022, ボーリングデータベース解析と微動アレイ観測による京都盆地～奈良盆地の浅部地盤速度構造モデルの作成,

- 日本地震学会 2022 年度秋季大会, S16-03.
- Doi I., S. Matsuura, H. Osawa, T. Shibasaki, and S. Tosa, 2022, Effects of slope instability on coseismic landslide susceptibility during earthquakes, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 81, doi:10.1007/s10064-022-03015-0.
- 土井一生・小原一成・王 功輝・釜井俊孝・千木良雅弘, 2022, 愛媛県久万高原町南東部において観測される繰り返し地震波形の時間分布, 日本地球惑星科学連合 2022 年大会, SSS13-05.
- 土井一生・釜井俊孝, 2022, Observation of the pore water pressure response to strong ground motion in a filled slope in Yokohama city, 日本地球惑星科学連合 2022 年大会, HDS07-03.
- 土井一生・松浦純生・大澤 光・岡本 隆・柴崎達也・土佐信一, 2022, 稠密地震観測から推定される地すべり内の地震波伝播の不均質性, 第 61 回日本地すべり学会研究発表会, 2-21.
- 江成徹平・古村孝志, 2022, 地震波干渉法によるグリーン関数を用いた長周期地震動の即時予測, 日本地震学会秋期大会, S15-11.
- Fukushima, Y., T. Nishikawa, and Y. Kano, 2023, High probability of successive occurrence of Nankai megathrust earthquakes, *Scientific Reports*, 13, 63, doi:10.1038/s41598-022-26455-w.
- 福島 洋・西川友章・加納靖之, 南海トラフ地震の連発確率について, 2022, 日本地震学会 2022 年度秋季大会, S14-02.
- Furumura, T. and B.L.N., Kennett, 2022, Distinctive deep S reflections from the Pacific slab, 日本地球惑星科学連合 2022 大会.
- Furumura, T. and Y. Oishi, 2023, An early forecast of long-period ground motions of large earthquakes based on deep learning, *J. Geophys. Lett.*, submitted.
- Furumura, T. and B.L.N., Kennett, 2023, Distinctive seismic reflections from the subducting Pacific slab for earthquakes in the Ryukyu arc, *Geophys. J. Int.*, <https://doi.org/10.1093/gji/ggac514>.
- 古村孝志, 2022, 深層学習に基づく長周期地震動の即時予測実験, 日本地震学会秋期大会, S21-P10.
- ゴメス クリストファー・宮田秀介・片岡幹人・足利健介・金井彩佳・ブラダクバラージュ・藤田正治, 2022, 粗粒な未固結堆積物かさ密度測定のためのフィールド SfM - MVS 法ーヒル谷観測流域での調査ー, *砂防学会誌*, 75(4), 25-29.
- 羽田京香・権田 豊・Timur Ersoz・栗林杏奈, 2022, 桜島有村川流域における降雨特性および降雨が土石流発生に与える影響, 令和 4 年度砂防学会研究発表会概要集, 123 - 124.
- 林 豊, 2022, 1780 年ウルップ島地震による日本での津波のデータの信頼性, 日本地球惑星科学連合 2022 年大会, SSS12-P08.
- Hino R., T. Kubota, N. Chikasada, Y. Ohta, and H. Otsuka, 2022, Assessment of S-net seafloor pressure data quality in view of seafloor geodesy, *Prog*

- Earth Planet Sci, 9, 73, doi:10.1186/s40645-022-00526-y.
- 干場充之・対馬弘晃, 2022, 地震動と津波の即時予測—最近 10 年の研究の進展—, 月刊地球, 509, 80-87.
- 今津慶大・野口竜也・香川敬生, 2022, 微動測定による鳥取県の伝統的木造建物の振動特性の把握, 第 74 回 2022 年度 (令和 4 年) 土木学会中国支部研究発表会, I-17.
- 今井健太郎・大林涼子・中村恭之・富士原敏也・柳澤英明・谷岡勇市郎, 2022, 南海トラフ沖の海底地すべりによる津波の影響に関する検討, 2022 年度海岸工学講演会.
- 今井健太郎・大林涼子・中村恭之・谷岡勇市郎, 2022, 昭和東南海地震における新鹿の津波痕跡高の励起源について, 日本地震学会 2022 年度秋季大会.
- Ishii, K., A. Nishijo, T. Koyaguchi, and Y. J. Suzuki, 2022, A physics-based source model for realtime tephra-dispersal forecasting for weak eruption plumes, J. Appl. Volcanol., 11, 15, doi:10.1186/s13617-022-00127-w.
- 石丸 聡・小木曾仁・伊藤陽司・榎納智裕, 2022, 凍結・融雪期の大雨により生じた土石流 - 雌阿寒岳 2008 年 5 月の大雨による事例-, 日本地すべり学会誌, 59(2), 41-49, doi:10.3313/jls.59.41.
- 岩田知孝・浅野公之・宮本英・緒方夢頭, 2022, 2022 年 6 月能登地方の地震による K-NET 正院 (ISK002) の地震動特性と地盤構造, 日本地震学会 2022 年度秋季大会, S16-04.
- 岩田知孝・浅野公之・宮本 英・緒方夢頭, 2023, 2022 年 6 月 19 日能登地方の地震 (M5.4) 時に震度 6 弱を記録した K-NET 正院の地震動特性と地盤構造, 令和 4 年度京都大学防災研究所研究発表講演会, B309.
- 香川敬生・野口竜也・山田浩二, 2022, 1943 年鳥取地震で生じた鹿野断層における S 波反射法地震探査データに見られる断層部の振幅異常, 日本地震学会 2022 年度秋季大会, S16P-03.
- Kagawa, T. and T. Noguchi, 2022, Issues related to velocity structure estimation in small coastal sedimentary plains: case of Tottori plain facing the Sea of Japan, Earth Planets Space, 74, DOI:10.1186/s40623-022-01640-3.
- 鎌谷紀子・小木曾 仁, 2022, 自己回帰モデルによるスペクトル解析は地盤増幅率の周波数特性評価に有効か?, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「固体地球科学的諸現象のリアルタイム監視予測システムと利活用」, (7).
- 鎌谷紀子・小木曾 仁, 2022, 自己回帰モデルによるスペクトル解析 -地盤増幅率の周波数特性評価への適用-, 日本地球惑星科学連合 2022 年大会, SCG55-P02.
- 小林正直・藤田正治・宮田秀介・山野井一輝, 2022, 焼岳足洗谷における溪床堆積土砂量の変化と流出過程に関するシミュレーション, 令和 4 年度砂防学会研究発表会, 671-672.
- Kodera, Y., 2022, Automatic classification of fast and slow earthquake signals from continuous records using an unsupervised machine learning algorithm, International Joint Workshop on Slow-to-Fast Earthquakes 2022, P112.
- Kodera, Y., 2022, Unsupervised Automatic Classification of Fast and Slow Earthquake Signals from Continuous Records with a Hierarchical Clustering Algorithm, AGU Fall Meeting 2022, S42C-0172.
- 小寺祐貴, 2022, 深層学習を用いた地震波形からの波動伝播方向推定の試み, 日本地震学会

2022 年度秋季大会, S21P-08.

- 小寺祐貴, 2023, 深層学習による単独観測点からの波動伝播方向推定の試み, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「地震動をはじめとする地球科学データの即時解析・即時予測と情報の利活用」, (9).
- 前田拓人, 2022, アジョイント方程式に基づく波動場の推定とその津波即時予測問題への応用の試み, 日本地震学会 2022 年秋季大会, S01P-04.
- 前田拓人, 2022, Adjoint 法に基づく波動場の時空間状態把握に向けて, 東京大学地震研究所研究集会『陸海両域での超高密度観測時代の観測・解析手法と地震波伝播理論の新展開』.
- 南 雅晃, 2022, 津波数値計算における詳細な CFL 条件～その計算精度・速度の検討, 第 12 回巨大津波災害に関する合同研究集会, セッション 4 の 3 番目.
- 三宅弘恵・上原美貴, 2022, 2021 年千葉県北西部の地震の首都圏における強震動, 日本地震学会 2022 年度秋季大会, S15-21.
- Miyake, H. and N. Morikawa, 2022, Seismic source characterization for probabilistic and scenario seismic hazard analysis beneath the complex tectonic setting, AGU Fall Meeting 2022, S45B-07.
- 宮田秀介・堤 大三・山口翔大・村重慧輝・中里友輔・藤田正治, 2022, 発生・発達過程を考慮した融雪型火山泥流予測, MIS16-01, Japan Sciences Union Meeting 2022, MIS16-01.
- Murakami S., T. Ichimura, K. Fujita, T. Hori and Y. Ohta, 2022, Impact of ambiguity of physical properties of three-dimensional crustal structure model on coseismic slip and interseismic slip deficit in the Nankai Trough region, *GeoHazards*, 3, 162-177, doi:10.3390/geohazards302000.
- 中里友輔・本居絵子・堤 大三, 2022, 火山噴出物と積雪の混合状態を考慮した融雪型火山泥流発生過程の実験と解析, 砂防学会誌, 75(3), 3 - 9.
- 中里友輔・堤 大三・藤田正治・井口正人・宮田秀介, 2022, 融雪型火山泥流の発生機構に関する研究—火山噴出物の積雪層への貫入実験—, 令和 4 年度砂防学会研究発表会, 77-78.
- 西川隼人・野口竜也・池本敏和・宮島昌克, 2022, Arias Intensity の地盤増幅度とサイト増幅特性の関係に基づく地盤増幅度予測式の検討, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), 78(4), I_601-I_612.
- Nishimura, I., T. Noguchi, and T. Kagawa, 2022, Construction of Web-GIS for integrating geophysical survey data with geotechnical information in the San'in region, southwest Japan, *Earth Planets Space*, 74, DOI:10.1186/s40623-022-01707-1.
- 西村 武・佐々木梨乃・野口竜也・香川敬生, 2022, 微動および地震観測に基づく地すべり地域—鳥取市佐治地区—における地盤震動特性の把握と地盤構造推定, 日本地球惑星科学連合大会 2022, SSS11-P11.
- 西村 武・野口竜也・香川敬生, 2022, 微動および地震観測に基づく鳥取市若葉台における切盛造成地域の地盤震動特性, 日本地震学会 2022 年度秋季大会, S16P-05.
- 西村 武・野口竜也・香川敬生, 2022, 大規模盛土造成地における微動探査を用いた地盤震動特性の把握—鳥取市若葉台の事例—, 令和 4 年度土木学会全国大会第 77 回年次学術講演会,

CS10-23.

- 野口竜也・西村 武・吉川菜緒・上田穂乃香・香川敬生, 2022, 1943年鳥取地震による吉岡断層近傍における微動および重力観測－鳥取市大塚地区－, 日本地球惑星科学連合大会 2022, SSS11-P12.
- 野口竜也・西村 武・香川敬生, 2022, 1943年鳥取地震による吉岡断層のごく近傍における微動特性, 日本地震学会 2022年度秋季大会, S16P-04.
- 野口竜也・佐々木梨乃・西村 武・香川敬生, 2022, 微動探査及び地震観測に基づく鳥取市佐治地区の地盤震動特性と地盤構造の把握, 令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会, CS10-14.
- Ogiso, M. and K. Tamaribuchi, 2022, Spatiotemporal evolution of tremor activity near the Nankai Trough trench axis inferred from the spatial distribution of seismic amplitudes, *Earth Planets Space*, 74, 49, doi:10.1186/s40623-022-01601-w.
- Ogiso, M. and H. Tsushima, 2023, Ocean-wave Gradiometry: Visualizing and Extracting Propagation Features of the 15 January 2022 Tsunami Wavefield with Dense Ocean-Bottom Pressure Gauge Arrays, *Seismological Research Letters*, doi:10.1785/0220220151.
- Ogiso, M., 2022, Estimation of source radiation amplitude from seismic coda waves considering the heterogeneous seismic structure, 日本地球惑星科学連合 2022年大会, SSS04-P01.
- 小木曾 仁, 2022, J-SHIS 地盤データを用いた計測震度に対するサイト特性係数の検討, 日本地球惑星科学連合 2022年大会, SCG55-P03.
- 小木曾 仁・石丸 聡, 2022, 2008年5月20日に雌阿寒岳で発生した土石流に伴う地震波の記録, 日本地すべり学会誌, 59(4), 146-151, doi:10.3313/jls.59.146.
- 小木曾 仁, 2022, 地震動の逆伝播を用いた面的震度分布の早期推定に向けた検討, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「固体地球科学的諸現象のリアルタイム監視予測システムと活用」, (5).
- 小木曾 仁, 2022, 地震動エネルギーの逆伝播を用いた最大震度分布の事後推定, 日本地球惑星科学連合 2022年大会, SCG55-02.
- 小木曾 仁, 2022, 不均質な地下構造の影響を考慮した地震波エンベロープを利用した震源放射エネルギーの推定, 日本地震学会 2022年度秋季大会, S15P-03.
- 小木曾 仁, 2022, 地震波伝播の即時把握へ向けた Wave gradiometry の活用可能性の検討, 日本地震工学会・大会-2022, A-22-2.
- 小木曾 仁・対馬弘晃, 2022, 海洋波のグラディオメトリ解析: 稠密海底圧力観測網データを用いた津波波動場の可視化と伝播特徴の抽出, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「陸海両域での超高密度観測時代の観測・解析手法と地震波伝播理論の新展開」, S22-14.
- 小木曾 仁, 2023, Wave gradiometry を用いた波動伝播の即時把握に向けた検討, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「地震動をはじめとする地球科学データの即時解析・即時予測・情報の利活用」, (13).
- 太田雄策・西村卓也・青木陽介・福島 洋・藤田実季子・大塚雄一・鷺谷 威・伊藤武男・古

- 屋正人・大園真子・大西建広・池田将平・伊田裕一, 2022, ソフトバンク独自基準点データの宇宙地球科学用途利活用コンソーシアムの構築, 日本測地学会第138回講演会.
- 太田雄策・西村卓也・青木陽介・福島 洋・藤田実季子・大塚雄一・鷺谷 威・伊藤武男・古屋正人・大園真子・大西建広・池田将平・伊田裕一, 2022, ソフトバンク独自基準点データの宇宙地球科学用途利活用コンソーシアムの構築, GPS/GNSS シンポジウム 2022.
- Otsuka, H., Y. Ohta, R. Hino, T. Kubota, and D. Inazu, 2022, An attempt of transient tectonic signals detection from DONET seafloor pressure record using principal component analysis, AGU Fall Meeting 2022.
- 大塚英人・太田雄策・日野亮太・久保田達矢・稲津大祐, 2022, PCA-based noise reduction of seafloor pressure data to improve tectonic transient signal detection - Application to DONET long-term continuous data, 日本地球惑星科学連合 2022 年大会.
- 大熊祐里英・隈元 崇, 2022, 文禄五年閏七月九日の伊予・豊後地震に関する特性化震源モデルを用いた中央構造線活断層帯の断層パラメータの検証, 2022 年日本活断層学会学術大会, P-13.
- Saito S., S. Yasumoto and N. Sekiya, 2022, Earthquake probability in the National Seismic Hazard Maps for Japan and people's risk perceptions: the search for more effective expression, Earth Planets Space, 74, 82, <https://doi.org/10.1186/s40623-022-01627-0>.
- Saunders, J. K., S.E. Minson, A.S. Baltay, J. J. Bunn, E. S. Cochran, D. L. Kilb, C. T. O'Rourke, M. Hoshiba and Y. Kodera, 2022, Real-Time Earthquake Detection and Alerting Behavior of PLUM Ground-Motion-Based Early Warning in the United State, Bulletin of the Seismological Society of America, 112(5), 2668-2688, doi:10.1785/0120220022.
- 佐藤英一, 2022, 二重偏波気象レーダーで観測した 2021 年阿蘇山噴火, 日本地球惑星科学連合大会, MIS23-P03.
- 佐藤英一, 2022, 海底火山噴火に伴って発生した雷について, 日本地球惑星科学連合大会, MIS23-P04.
- 佐藤英一, 2022, 二重偏波レーダーによる大気中の火山灰量推定手法について一初期解析結果一, 日本火山学会, A3-07.
- 佐藤源之・齋藤龍真, 2022, 17GHz GB-SAR による宮城県栗原市地滑り長期モニタリング, 電子情報通信学会信学技報, 122(151), 21-25.
- 関谷直也・安本真也・葛西優香・富澤 周・内田充紀, 2023, 富士山大規模噴火と都民の意識 - 2022 年東京都民調査から -, 東京大学大学院情報学環紀要 情報学研究・調査研究編, 39, 印刷中.
- 下山利浩, 2022, 長周期地震動の予測についての検討, 日本地震学会 2022 年度秋季大会, S15-10.
- 下山利浩, 2023, 長周期地震動の即時予測についての検討, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「地震動をはじめとする地球科学データの即時解析・即時予測・情報の利活用」, (6).
- 新堀敏基・林 昌宏・石元裕史, 2022, 2022 年 1 月 15 日トンガ海底火山噴火により発生した

- 傘型噴煙のひまわり 8 号による解析 (その 2), 日本火山学会, P1-38.
- 鈴木康弘・渡辺満久・中田 高・田中 圭・藤原広行・門馬直一・中村洋光・内藤昌平・先名重樹・岩城麻子, 2022, 2016 年熊本地震の地表断層に沿う建物被害集中の原因論, 2022 年日本活断層学会学術大会, 0-4.
- 高野洋雄・対馬弘晃・林 豊・Entel Mikhail, 2022, トンガ火山噴火に伴う潮位振動について, 日本地球惑星科学連合 2022 年大会, U09-P02.
- 為栗 健・井口正人, 2023, 火砕流のリアルタイム流下予測, 令和 4 年度京都大学防災研究所研究発表講演会, A302.
- 田中 良・中島悠貴・村上 亮・武田歩真・山口照寛・鈴木敦生・青山 裕, 2022, 安価で省電力な GNSS 観測装置による有珠山の稠密 GNSS 観測 (序報), 日本地球惑星科学連合 2022 年大会, SVC31-P03.
- Tanaka, Y., Y. Ohta, and S. Miyazaki, 2022, Continuous estimation of coseismic and early postseismic slip phenomena via the GNSS carrier phase to fault slip approach: a case study of the 2011 Tohoku-Oki sequence, *Prog Earth Planet Sci*, 9, 55, doi:10.1186/s40645-022-00514-2.
- 田中優介・太田雄策・宮崎真一, 2022, PTS 解析で推定された 2011 年東北地方太平洋沖地震の初期余効すべり時空間発展に基づくプレート境界の摩擦特性の定量評価, 日本地球惑星科学連合 2022 年大会.
- 谷河 直・香川敬生・野口竜也, 2022, 鳥取平野における微動探査の追加と地下構造モデルの再解析, 第 74 回 2022 年度 (令和 4 年) 土木学会中国支部部研究発表会, I-16.
- Tanioka, Y., Y. Yamanaka, and T. Nakagaki, 2022, Characteristics of Tsunamis Observed in Japan due to the Air Wave from the 2022 Tonga Eruption, *Earth Planet Space*, 74, doi:10.1186/s40623-022-01614-5.
- 田屋大輝・古村孝志, 2022, 1 次元量み込みニューラルネットワークによる速度応答スペクトル予測, 日本地震学会秋期大会, S21-06.
- Timur E., K. Haneda, A. Kuribayashi, and Y. Gonda, 2023, Lahar Sediment Runoff Characteristics in the Arimura River Basin of Sakurajima Volcano, Japan, *Proceedings of Multimodal Sediment Disaster Workshop 2023*, Tainan, Taiwan, 18 - 21.
- Timur E., K. Haneda, A. Kuribayashi, and Y. Gonda, 2022, Relationship between debris flow discharge coefficient and monthly ashfall in Arimura river basin, 令和 4 年度砂防学会研究発表会, 127-128.
- 東北大学災害科学国際研究所南海トラフ地震臨時情報対応研究プロジェクト, 2023, 南海トラフ地震臨時情報発表時における組織の対応計画作成支援パッケージ, 東北大学災害科学国際研究所.
- Tsushima, H., 2022, Capability of Inversion of Dense Offshore Tsunami Measurements to Constrain Spatio-Temporal Evolution of Tsunami Source Generation, *AGU Fall Meeting 2022*, NH22C-0453.
- 対馬弘晃, 2022, 沖合の津波観測による近地津波の即時予測ー津波波源推定とデータ同化を中心にー, *月刊地球*, 515, 381-388.

- 対馬弘晃・林 豊・山本剛靖, 2022, 稠密海底水圧観測が津波の波源・伝播の再現に与える効果: 2016年11月22日福島県沖の地震の事例解析, 日本地球惑星科学連合2022年大会, HDS10-02.
- 対馬弘晃・林 豊, 2022, 海底水圧記録を用いた2022年トンガ火山噴火に関連した初期水位体積の概算, 日本地球惑星科学連合2022年大会, U09-P26.
- 対馬弘晃, 2022, 稠密沖合津波波形の逆解析による津波波源生成の時空間発展の拘束, 日本地震学会2022年度秋季大会, S17P-03.
- 対馬弘晃, 2022, 2016年11月22日福島県沖の地震の津波数値解析: 沿岸部における非線形性の影響評価, 第12回巨大津波災害に関する合同研究集会, セッション1の3番目.
- 堤 大三, 2022, 融雪型火山泥流発生メカニズムの解明のための融雪実験, 令和4年度砂防学会研究発表会, 5-6.
- Yamada, T., K. Ohno, and Y. Ohta, 2022, Comparison between the Hamiltonian Monte Carlo method and the Metropolis-Hastings method for coseismic fault model estimation, *Earth Planets Space*, 74, 86, doi:10.1186/s40623-022-01645-y.
- 山田太介・太田雄策・大野圭太郎, 2022, ハミルトニアンモンテカルロ法による断層推定および不確実性評価手法の開発, 日本地球惑星科学連合2022年大会.
- 山田太介・太田雄策, 2022, 相関距離を未知とした自己相似性を断層すべりの先験情報としたすべり分布推定手法の開発, 日本測地学会第138回講演会.
- 山本剛靖, 2022, 遠地津波の観測データに基づく経験的な減衰予測手法, 気象研究所技術報告, 86, 1-48, doi:10.11483/mritechrepo.86.
- Yamasaki, S., 2022, Pelitic schist with epigenetic deformation, as a geological factor of deepseated landslides, 日本地球惑星科学連合2022年大会, HDS07-05.
- 山崎新太郎, 2022, 四国中央部における泥質片岩で発生した深層崩壊の地質学的背景, 日本応用地質学会中四国支部令和4年度研究発表会, 11.
- 山崎新太郎, 2022, 深層崩壊の背後にある多様な地質背景, 第61回日本地すべり学会研究発表会, S-6.
- 安本真也・葛西優香・富澤 周・関谷直也, 2022, 地震の被害想定をめぐるコミュニケーション—都民の意識と地震のしろうと理論—, 地域安全学会論文集, 41, 95-105.
- 安本真也・葛西優香・富澤 周・内田充紀・関谷直也, 2023, 首都直下地震と都民の意識—2022年東京都民調査から—, 東京大学大学院情報学環紀要 情報学研究・調査研究編, 39, 印刷中.
- 安本真也・葛西優香・富澤 周・関谷直也, 2022, 東京都民の地震の被害想定に関する意識, 第50回(2022年度)地域安全学会研究発表会(春季), B10.
- 王 功輝・劉 百川・土井一生・釜井俊孝・大倉敬宏, 2022, Unraveling the role of halloysite on the initiation and movement of coseismic landslides of pyroclastic fall deposits: a case study, 日本地球惑星科学連合2022年大会, HDS07-10.

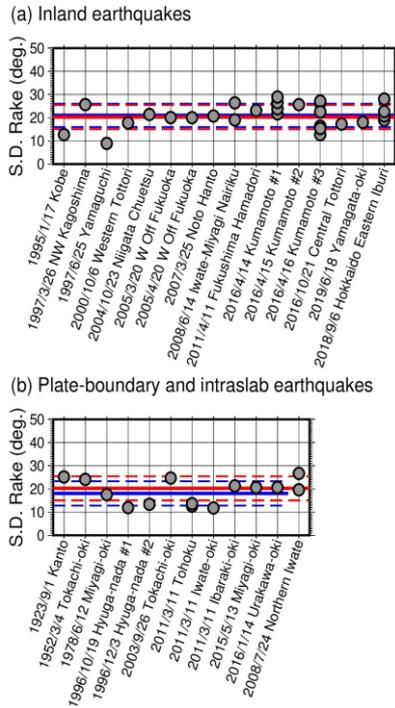


図 1. 既往地震の震源断層モデルのすべり角のばらつきの程度を示した図。赤線が全データの平均と標準偏差，青線が地震タイプ毎の平均と標準偏差をそれぞれ示す（京都大学防災研究所 [課題番号：DPRI09]）。

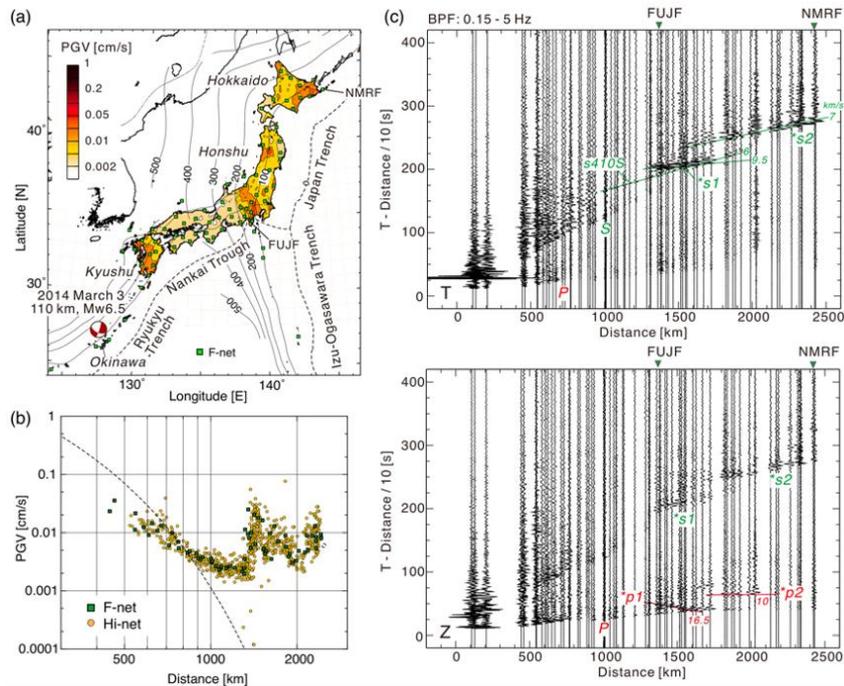


図 2. (a) 琉球海溝のやや深発地震（110 km）における日本列島の地動速度分布（PGV），(b) PGV の距離減衰特性と距離減衰式（Si & Midorikawa, 1999）との比較。(c) F-net 観測点記録の記録セクション Transverse (T), Vertical (Z) 成分に見られる大振幅の S 反射波（*s1, *s2）（東京大学地震研究所 [課題番号：ERI_14]）。

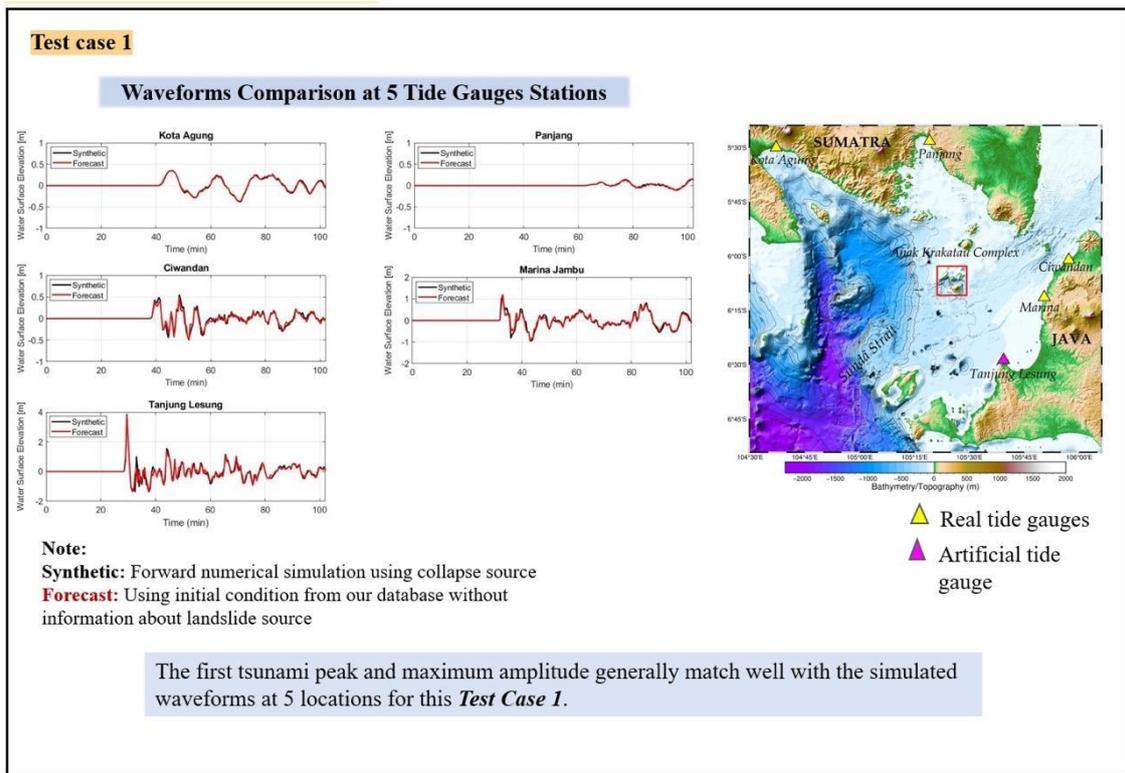


図 3. 2018 年アナク・クラカタウ島火山噴火を模した地すべりに対して、3 分後の津波（波高・速度分布）を予測する手法を適用した結果の例（北海道大学[課題番号：HKD_05]）。

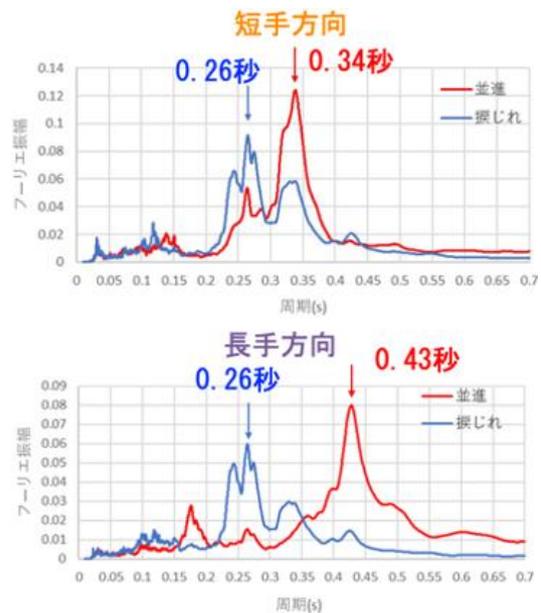


図 4. 微動観測による北栄町由良宿における伝統的木造建物の固有周期。赤はそれぞれの方向の固有周期，青は揺れ振動の周期をそれぞれ示す（鳥取大学[課題番号：TTR_01]）。



図 5. 17GHz GB-SAR と 79GHz MIMO レーダの同時計測実験の様子 (東北大学災害科学国際研究所 [課題番号: IRID03])。

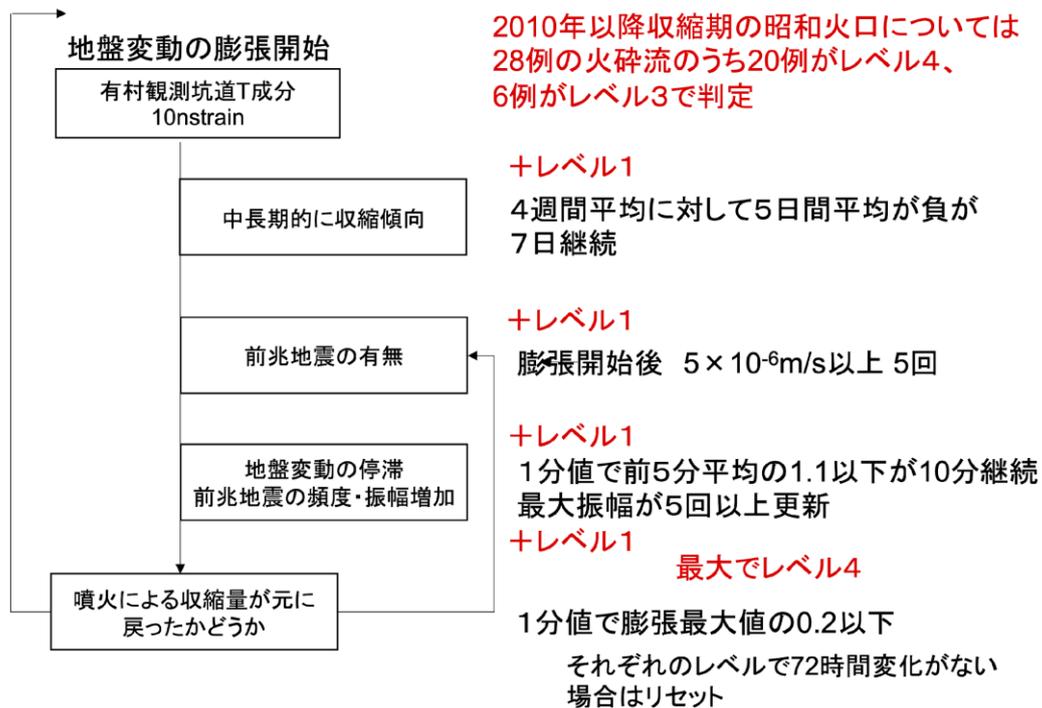


図 6. 構築した桜島における火砕流の発生危険度判定ロジック (京都大学防災研究所 [課題番号: DPRI11])。

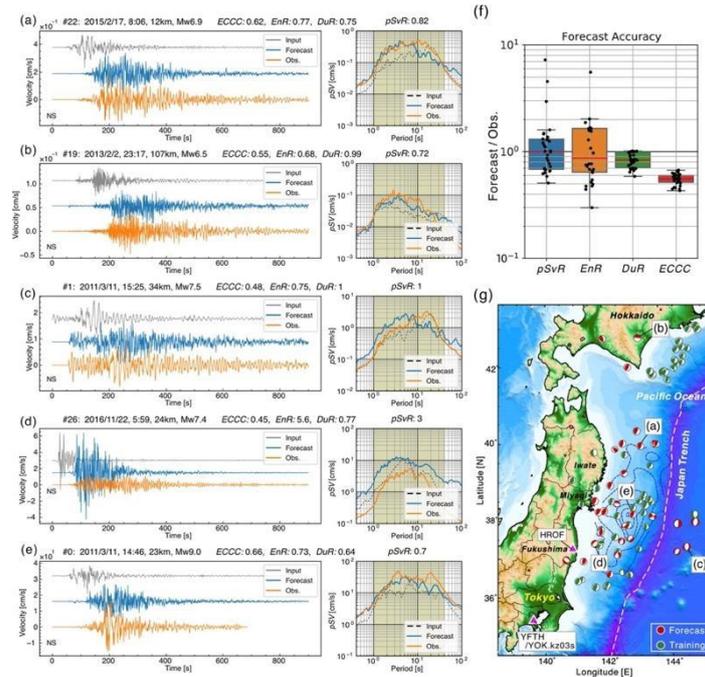


図 7. (a)-(e) 深層学習 (TCN) による関東 (YFTH, YOK.kz03 地点) での長周期地震動波形の予測結果 (5 地震) と速度応答スペクトルの比較。グレーは入力波形 (HFOR), 青が予測波形, オレンジが観測波形。(f) 予測を行った 30 地震について観測の一致度を, 速度応答スペクトル比 (pSVR), 弾性エネルギー累積量比 (EnR), 継続時間比 (DuR), エンベロープ相互相関係数 (ECCC) について, 四分位図で評価。(g) 学習に用いた地震 (緑) と予測に用いた地震 (赤), および入力 (HROF) と予測地点 (YFTH/YOK.kz03s) (東京大学地震研究所 [課題番号: ERI_14])。

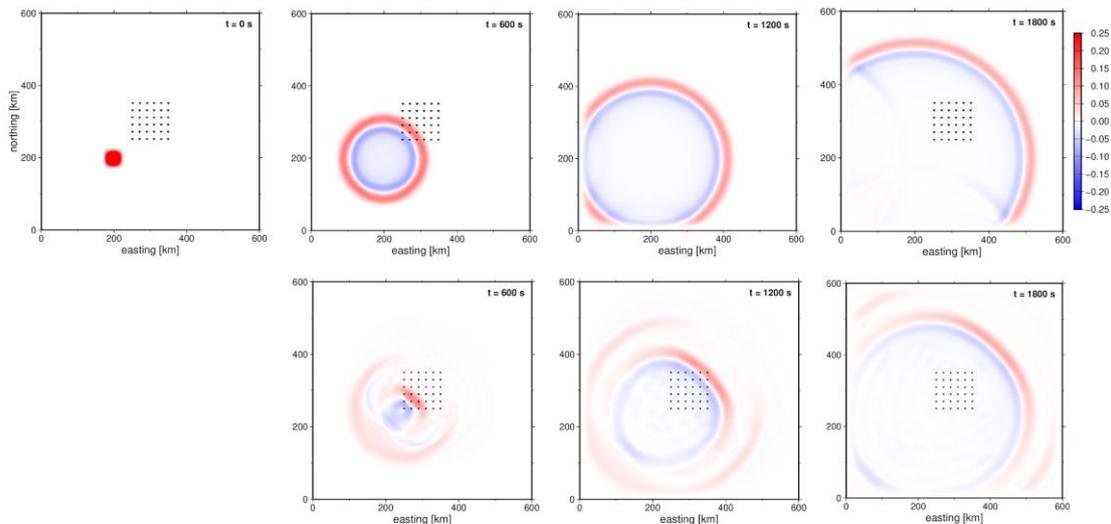


図 8. アジョイント方程式に基づくあらたな波動場現況推定手法の数値実験による検証結果。上段が仮定した津波波動場, 下段が同手法によって推定された津波波動場 (弘前大学理工学研究科 [課題番号: HRS_02]) 。

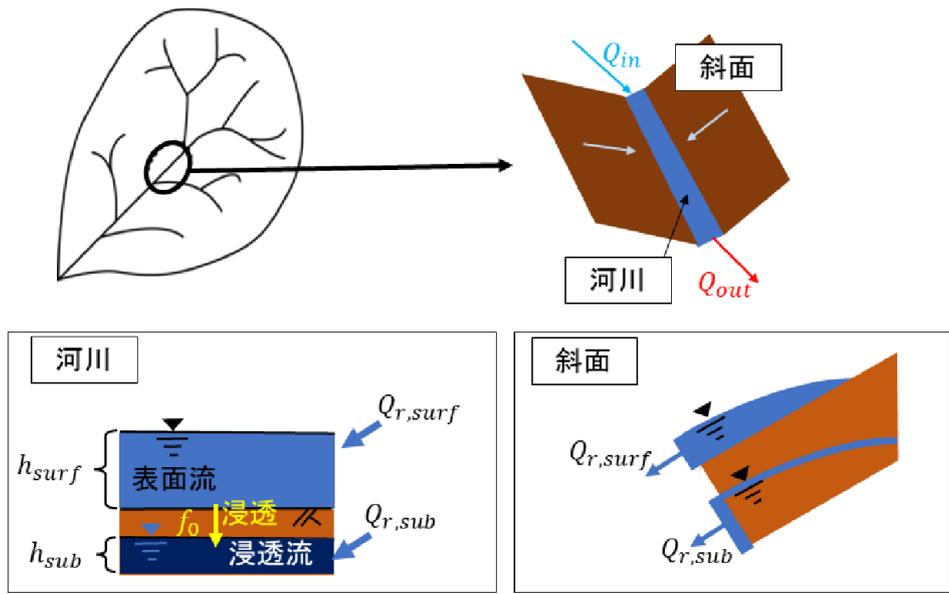
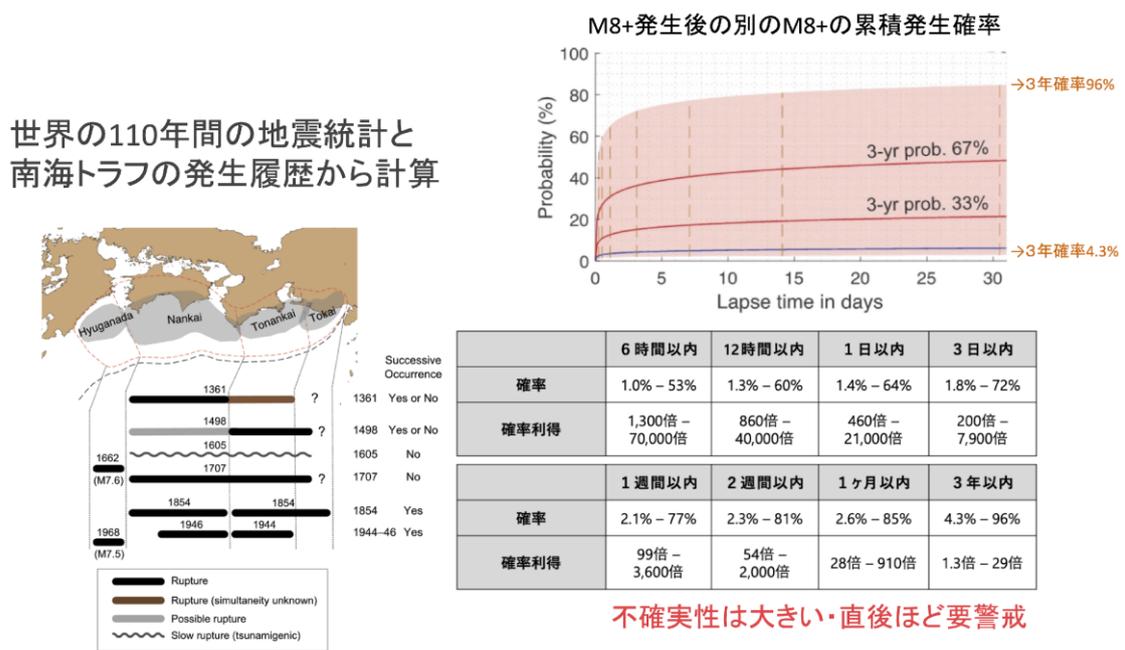


図 9. 山地源頭部の降雨流出および浸透流モデル (京都大学防災研究所 [課題番号 : DPRI_12])。



Fukushima, Y., T. Nishikawa, and Y. Kano, "High probability of successive occurrence of Nankai megathrust earthquakes", Scientific Reports, 10.1038/s41598-022-26455-w, 2023.

図 10. M8 クラス以上 (半割れ) および M7 クラス (一部割れ) の地震発生後に後発する地震の発生確率を, 南海トラフにおける地震発生履歴を考慮し, 後発地震の発生確率評価を行った結果 (東北大学災害科学国際研究所 [課題番号 : IRID04])。