

## 1 (5) 災害誘因評価・即時予測

「災害誘因評価・即時予測」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 三宅弘恵

(東京大学地震研究所)

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、これらの総合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

##### ア. 強震動の事前評価手法

##### ○震源モデルの高度化

極大地震動生成メカニズム解明のため、強震動記録を用いた震源断層不均質すべりモデルおよび広帯域強震動シミュレーションによる震源モデルの特性抽出を行った。前者については、国内で発生した地震の既往の解析結果のすべり方向やすべり時間関数の特徴を抽出したところ、すべり角のゆらぎが約20度となった。後者については、強震動生成域の応力降下量の深さ依存性を精査したところ、明瞭な深さ依存性が確認された(図1)。これらの成果は、地震シナリオを策定する際に有用な情報となりうる(京都大学防災研究所[課題番号:DPRI09])。

2016年熊本地震本震の震源過程の再解析と強震動シミュレーションを実施し、特に破壊伝播方向の阿蘇カルデラ内の観測記録との比較を行った。Mitsuoka et al. (2020)の地震活動分布を参考にすることで、より適切な断層面を設定し、さらに断層パッチのサイズをより細かくするとともに、各断層のモデルパラメータをコントロールポイントで与え、各断層でのすべりは内挿によって解を得る方法を用いた。さらに微動アレイ探査等の結果にもとづく、より信頼性の高い地盤速度構造モデル(例えば、Senna et al., 2018; Asano et al., 2019)を用い、周期1-20秒の帯域における震源インバージョンを行った。得られた結果は大局的にはAsano and Iwata (2016)と類似し、布田川断層に対応する震源断層面で地中に大きなすべりが求まる一方、浅部地表近くにもすべりが得られた。また浅部のすべり速度関数が台形の形状を示す一方、深部ではKostrov型の形状を示していることも明らかになった(図2)。得られたすべり分布による計算波形は、震源域北端の

阿蘇カルデラ内の記録の特徴をよく再現できた（京都大学防災研究所〔課題番号：DPRI09〕）。

2016年熊本地震の地震動の再現性向上を目指し、強震波形インバージョンによる震源モデルの地表付近部分に観測された地表変位量を付与し、地震動のフォワードシミュレーションを実施した。同結果を益城町における変位波形と比較したところ、地震動の再現性が向上することを確認した。また、強震動予測用震源モデルへの活断層情報の反映を目指し、布田川断層の強震動予測のための特性化震源モデルに対して、地表断層形状を事前情報として取り入れた場合の、断層近傍の予測地震動（変位分布や最大速度分布）への影響を調査した。その結果、従来の矩形断層による予測値とは大きく異なる結果（図3）となり、断層浅部のすべり量やすべり速度関数、断層面全体の巨視的形狀、大きさ、地震規模の設定方法など、活断層研究から得られる情報が重要であることが改めて明らかになった（名古屋大学〔課題番号：NGY\_05〕）。

### ○地下構造モデルの高度化

2018年大阪府北部の地震の観測波形データの再現シミュレーションを通じて、堆積層Q値の検討を行った。大阪平野中心部のQ値は、0.1～0.5 Hzで $Q=0.45V_s$ 、0.5～1.0 Hzで $Q=0.26V_s$ 、1.0～2.0 Hzで $Q=0.15V_s$ とモデル化された（Sekiguchi et al., 2020）。大阪・京都堆積盆地内の強震観測波形のS波部分の自己相関関数を用いて堆積盆地基盤面からのS波の多重反射波の検出を試みるとともに、既存の堆積盆地構造モデルとの比較を行ない、モデルの妥当性を検証した。同地域内の計79の強震観測点を対象に自己相関関数解析を行ったところ多くの観測点で反射波が検出され、得られた反射波応答の時間と既存モデルを用いて計算した反射波の往復走時は多くの地点で既存モデル（Sekiguchi et al., 2016）とよく対応し、同モデルの妥当性が評価できた（図4）（京都大学防災研究所〔課題番号：DPRI08〕、福留・他, 2021）。

### ○強震動評価の高度化

太平洋スラブの深発地震による強震動評価のために、北西大西洋でのOBS観測によって求められた海洋リソスフェアを選択的に伝播する波の方位依存性から、海洋プレート内の短波長不均質構造を推定した。太平洋プレート内部には水平方向の相関距離が数km、鉛直方向が0.5 km程度の短波長不均質構造がラミナ構造を持って発達している。これによって高周波（>1-2 Hz）の地震波が強い前方多重散乱を起こし、ラミナに沿って伝播することで、海域で観測されるPn/Sn波（Po/So波）は高周波数に富んだ長いコーダを持つ。これらの特徴を地震波伝播の3次元差分法シミュレーションから再現を試みたところ、短波長不均質構造はN45° E方向に長軸（相関距離20 km）を持ち、これに直交するN135° Eに単軸（相関距離0.25 kmと2 km）を持つマルチスケールな不均質な構造を仮定することで、観測データをよく説明できることが確認できた（図5）（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

巨大地震にともなう海底斜面崩壊による津波の数値計算手法の開発を継続し、1929年 Grand Banks Tsunamiの再現数値実験を行った。同津波では地震直後に海底ケーブルが破断され、海底地すべりが発生していたことが明らかになっている。本年度は海底地すべり域を海底ケーブルが切断された位置より仮定し、海底地すべりの数値計算手法である TsunamiSquares (Xiao et al., 2015) を改良し、さまざまな海底地すべりモデルを試行錯誤的に仮定することで、実際の津波の観測値の再現を試みた。その結果、観測波形をおおよそ再現できることを明らかにした (図6) (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のため、堆積平野・堆積盆地における強震記録データベースの増強を完了した。また国内外の強震動記録の分析を行い、2003年と1952年の十勝沖地震の震源解析を行った。解析においては最新のプレート形状と地下構造モデルを使用するとともに、使用する観測点を両イベントで揃え、近地と遠地の古記録を改めて精査した。その結果、1952年十勝沖地震はMw6.1の初期破壊に引き続きMw8.1のdown-dip方向への破壊、さらにMw8.0の規模での厚岸沖への破壊が生じたことが明らかになった。これに対して2003年十勝沖地震は十勝沖単体でのMw8.1のdown-dip方向への破壊であり、両者には明瞭な相違が確認された (図7) (東京大学地震研究所 [課題番号: ERI\_16]、Kobayashi et al., 2021)。

地盤震動特性および地下構造モデルが把握されていない山間部において、微動を用いた面的な調査を実施した。その結果、堆積層と基盤層のコントラストによる卓越周期の分布と、アレイ観測によって把握した表層地震波速度を用いた層厚モデルを得ることができた (図8)。これまでの鳥取県内の堆積平野を中心とした微動探査 (単点3成分およびアレイ観測) 記録の総合的利活用を目指したデータベースおよびGISによる表示システムを構築した (鳥取大学 [課題番号: TTR\_01])。

多様な津波避難データの取得のために、千島海溝周辺海溝型地震により大津波が想定されている中学校において避難訓練を実施し、GPSによる避難速度の計測 (群衆、高齢者装具、車いす、自力避難困難者のリヤカー運搬) を行った。また、避難訓練による学習効果を確認するため、訓練後のアンケートをテキストマイニングで分析した。その結果、中学校の学年によって記述が明瞭に異なることが明らかになった (図9) (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

近年入手可能になってきた0.5 mという超高密度DEMから不安定斜面を分析した。四国の主要国道沿いにおいて、重力変形、地すべり、過去の崩壊痕跡、急崖など、項目別に分類した危険斜面の分布を抽出した (図10)。水域に隣接した箇所における地すべりのモデルケースとして、地震活動が活発な北海道東部の海岸地すべりににおける地震動や地すべりの変位等の多項目観測を継続した。今年度は、地震動が入力された際に、どの程度の地すべりが生じるのかを実証的に明らかにした。その結果、地すべりの不安定化が促進し、定常的な地すべりの活動が見られた期間においては、非常に小さな地震動 (最大加速度

が10-20 gal)でも地すべりが促進されることが明らかになった(京都大学防災研究所[課題番号:DPRI10])。

GB-SAR(地表設置型合成開口レーダ)の宮城県荒砥沢地区および熊本県阿蘇村立野における連続観測を継続するとともに、大気補正による変位の精密推定手法を開発した。斜面で発生する地表面変位は局所的であり、かつ大気は空間的・時間的に穏やかな変化をするという仮定にもとづく大気補正手法を開発・適用した結果、GB-SARによってmmオーダーの変化を捕捉できることを明らかにした(図11)。さらにポーラメトリ計測によるデータ間の相関を利用したアルファ・エントリピ解析を小規模な地すべりに適用した結果、表面状態の変化から土砂すべりの兆候と思われる現象を捉えることに成功した(東北大学災害科学国際研究所[課題番号:IRID03])。

## オ. 火山噴火による災害誘因の事前評価手法

桜島火山における地球物理学的観測量と火砕流流動を関連付けるパラメータ群の精査を行った。その結果、火砕流をとまなう47例の過去事例のうち27例で顕著な前震活動が発生していること、噴火前に地盤変動から把握される膨張レートが減少もしくは停止することがあり、前震活動はその際に多く発生すること、また火砕流を伴う噴火は噴火後の収縮量が大きいことなどが明らかになった(図12)。また、火砕流の流下パターンや堆積量を知るために、桜島島内の黒神観測点において小型船舶レーダーを用いた観測を開始した(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

大地震の震源即時推定に向け、強震観測データと地震波伝播シミュレーションのデータ同化にもとづく、震源イメージングの有効性を検証した。同手法はデータ同化を行わない従来のBack Projection法やTime Reversal法に比べて、観測データの誤差(粗い観測点間隔による波動場構築の限界を含む)と波動伝播シミュレーションの誤差の両方を適切に考慮した高解像度の震源イメージングが期待できる。同手法を用いて2008年茨城県沖地震のKiK-netデータを用いた震源イメージングを行なったところ、発震時に震源近傍に初期波動場が良好に再構築され、データ同化を行わない従来のイメージング法と比較して震源像をより明瞭に推定できることなどが明らかになった(図13)(東京大学地震研究所[課題番号:ERI\_14]、Furumura et al., 2020)。令和元年度に引き続き3次元差分法に基づく地震波伝播シミュレーションのオープンコード(OpenSWPC, Maeda et al., 2017)の改良、機能拡張を進め、2020年8月13日にVer. 5.10をGitHubに公開した。また論文等からの引用のために研究データリポジトリZenodoにコードを登録し、doiを取得した(東京大学地震研究所[課題番号:ERI\_14])。

PLUM法の高度化について、P波を検知する方法を発展させ、初期破壊のP波の上下動成分のみから得られる震度を予測に用いることにより、地盤増幅特性が不明な観測点でも適用できる手法を開発した。同手法を用いると、約2割の地震において従来のPLUM法よりも迅速に警報を発表できることを確認した(図14)。データ同化と波動伝播シミュレ

ーションを組み合わせた地震動予測について、計算時間短縮のためMPIやOpenMPを用いた並列化及びMPI通信の効率化に取り組んだ。また、密な観測網が利用可能な状況では、(断層破壊の全体を捉える) Mwの即時推定では強い揺れに間に合わず、揺れをモニターする方法が有効であることを事例検証をもとにまとめた(気象庁[課題番号: JMA\_06])。

## イ. 津波の即時予測手法

実際の沖合圧力計データに含まれるノイズ成分や地震動、潮汐成分などをデータの蓄積を待たずに逐次適用可能な経験的モード分解法(Ensemble Empirical Mode Decomposition; EEMD)を海底圧力計記録の津波信号に適用し、津波信号の効果的な抽出を試みた。EEMD法は任意の時系列信号を複数のモードに分解する方法であり、おおむね低次のモードほど高周波に富む傾向を持つ。海底における津波記録の場合には、ごく微小な津波から2011年東北地方太平洋沖地震による巨大津波まで、このEEMD法で分解された特定の次数範囲のモードに顕著な振幅の信号が現れることを見出した(図15)(Wang et al., 2020a)。また、2020年5月にクレタ島で津波が観測された地中海東部のイベントに対して、データ同化による津波即時予測を実現するための最適な海底津波観測網の検討を実施した(Wang et al., 2020b)。さらに、地震・津波双方を含むできるだけ現実的な記録を数値的に合成し、それに対して予測手法のテストを行うというプロセスを実現するために、3次元的地震・津波運動を計算できる融合数値計算法(Maeda and Furumura, 2013)から海底圧力を再現できる地震津波シミュレーション手法(Saito et al., 2016)をシームレスにつなぎ、実用的かつ現実の不均質構造を組み込んだ地震にともなう全波現象を実現するための実装を行ない、既存手法との比較を行った(弘前大学[課題番号:HRS\_02])。

GNSSの搬送波位相変化から断層すべりを直接推定する手法(Phase To Slip, 以下PTS)の性能評価を目的とし、2011年東北地方太平洋沖地震(Mw 9.0)とそれに引き続く地震直後の余効すべりの時空間発展推定を行った。推定時には、推定された地震時すべりから期待される各観測点における地表変位を搬送波位相変化に反映させることで、断層推定の安定性を向上させる初期座標リセットの方法を適用した。これによって地震時および引き続く大きな余震、および地震直後の余効すべりを連続的に抽出することに成功した(図16)。実海底環境下でドリフト特性をその場で把握できる海底水圧計(OBP)観測システムのプロトタイプ機を用いた実海域試験を行った。具体的には2019年11月9日から2020年6月21日までの226日間、三陸沖北部の水深4178 m地点で観測を行い、データを取得することに成功した(東北大学大学院理学研究科[課題番号:THK\_12]、田中・他, 2020、太田・他, 2020)。

津波後続波・減衰過程の予測について検討した。近地津波について、沿岸津波観測データへのリアルタイム回帰分析による予測手法を2011年東北地方太平洋沖地震津波に適用して予測性能を評価した。遠地津波についても、過去事例から得た減衰過程の特徴に基づく減衰式を2010年チリ中部沿岸の地震津波に適用して予測性能を評価した。いずれも概ね±12時間の幅で減衰予測できることを示した(図17)。津波地震の規模推定について地震観測波形から周期ごとの振幅分布を求め、様々な破壊継続時間を仮定した理論分布と比較して最も合う破壊継続時間を推定し、振幅比から地震の規模を推定する手法を

考案した。世界各地で発生した津波地震の理論地震波形を用いて検証し、その有効性を確認した（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

火山灰堆積後の土石流発生の予測モデル構築のため、降灰によるクラストが斜面表面を覆った条件に対する降雨流出・土砂流出に関する室内実験を行い、この流出過程に及ぼすクラストの影響について検討した。クラストの存在により浸透過程が異なるため、クラストの存在が表面流量を増加させることが分かった。また、斜面の侵食強度の弱い個所、または降雨強度が大きい個所で侵食が始まり、そこから侵食が発達することが分かった。これに関する数値シミュレーションも行い、流路の形成、侵食過程などがある程度再現できた（図18）。焼岳を対象として、噴火後60年間の土石流発生ポテンシャルの変化について検討し、噴火直後土石流の多発により発生ポテンシャルが下がっている状況で発生した土石流の誘因として、源頭部に集中した強度の大きい降雨が重要であることを明らかにした（京都大学防災研究所 [課題番号：DPRI\_12]）。

気象庁一般気象レーダーを用いて、2020年6月4日2時59分桜島爆発的噴火の事例の噴煙高度を解析した結果、火口上約8000 m以上に達していたことを明らかにした。2DVDによって直接観測された降灰データを用いて、気象レーダーによる解析結果を検証するためのスキームを考案した。領域移流拡散モデルと全球移流拡散モデルを統一した新しい気象庁移流拡散モデル（JMA-ATM）を開発した。JMA-ATMと結合した火山灰データ同化・予測システムを用いて、予報官による衛星解析に対する検証を行い、同システムで作成した初期値を用いることで火山灰雲の中心位置・火山灰雲の面積の予測が改善することを確認した（図19）（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

地震災害等、災害情報や防災に関する全国を対象としたアンケート調査を実施した。地震発生確率に関する意識について、確率を計算する期間を変えた場合、人の意識はどのように変わるのかについて調査を行い、どの程度不安を感じるかを調べた。例えば日本海側の地震発生確率については、「30年に3.0%」、「30年に26.0%」、「30年に50.2%」のいずれの場合でも、10～20年確率で不安を示す人の割合がピークを示すとともに、特に50～60代は10～20年確率で不安を感じる割合のピークが大きいことが分かった。同様に「自身の対策の必要性」においても10～20年確率で不安を感じる割合のピークが大きいことが明らかになった（図20）（東京大学情報学環 [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について、最近100年間のグローバルな地震カタログを用いて信頼区間も含めて計算した。その結果、例えば半割れケース（M8+→M8+）では1週間以内に発生する確率は2.9%（30回に1回程度）となり、その確率利得は通常の130倍程度となった。これらの結果は、政府がガイドラインで目安として提示している数字と大部分で整合的である一方で、ガイドラインで「程度」としている部分（例えば「十数回に一回程度」は、「数回に一回～数十回に一回」など）には幅があることに留意すべきことなどが明らかになった

(図21) (東北大学災害科学国際研究所 [課題番号: IRID04])。

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開発を進めた。今年度は特に、振幅震源自動推定ツールと火山性地殻変動源自動推定ツールの開発に取り組んだ。振幅震源自動推定ツールについて、Battaglia and Aki (2003) および Kumagai et al. (2010) の解析手法を用いて、北海道大学において昨年度導入した解析サーバー上で、試作プログラムの動作確認を行った。WINシステムでテレメータされている地震波形のデータを用いて、専用の解析サーバー上で震源を逐次推定し、結果を画像として保存していく処理となっている。今年度は、十勝岳のデータについてSTA/LTAでトリガーをかけ、イベント発生時にのみ震源を探索するモードで試験を行い、設定パラメータを評価した。処理結果の表示部では、Webベースのビューワを開発した(図22) (北海道大学 [課題番号: HKD\_06])。

### 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2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つつある。今後は課題間の連携や、拠点間連携共同研究との連携等を一層進展させることで、成果を最大化すること、および開発された技術ほかを現業機関他と連携して社会実装を進めることが課題と考える。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とくに令和3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

強震動生成メカニズム把握のため、強震記録を用いた震源インバージョンを継続する。モデルパラメータの強震動への影響を検討する。強震記録が得られているサイトの地盤構造モデルの検討を継続する。

熊本地震の地震断層周辺全域への適用・モデル改良として、当初計画に従い、熊本地震を事例とした強震動分布を説明できる計算モデルを確立することを目指す。

プレート境界地震と内陸地殻内地震の震源スケーリング則や不均質性等の違いを考慮した、プレート境界地震の広帯域震源モデルを基礎とする内陸地殻内地震の広帯域震源モデルを開発する。大阪盆地、奈良盆地等での地盤モデルの地震動応答特性評価を継続する。地震動再現性のよくない地域、地下構造情報の少ない地域における微動・地震観測等を継続する。

地殻・マントル及び海洋プレート内の不均質構造を高密度強震観測データと地震波伝播シミュレーションから推定し、広帯域(短周期～長周期)強震動の事前評価の精度向上に取り組む。強震動の事前評価モデルの改善に向けて、南西諸島域の地盤構造モデルの改良を実施するとともに、FAMT (first-motion augmented moment tensor) 法による CMT

解析を継続する。

1929年 Grand Banks Tsunam の再現実験をまとめる。第2段階として、海底地すべり発生による津波励起が知られている 1998年パプアニューギニア地震津波・1946年アリューシャン地震津波への適用を試みる。また、日本での海底地すべり地形の解析を開始する。

堆積平野・堆積盆地の地震動増幅特性の定量化を進める。

鳥取県内の地震動予測高度化のため、主に微動探査・重力探査・観測地震動の解析を通じた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。鳥取県震度計ネットワークを用いた Web ベースのリアルタイム震度表示システムおよび上記 GIS データベースについて、自治体での利活用を促すとともに、利用に関する意見を収集する。

南海トラフ地震における過去の崩壊地および周辺部における地質調査について事例を増やす。特に、埋積された直立板状の構造が存在しうる斜面や岩塔状（香川県五剣山の例）の斜面があるかを、四国南北横断の重要道路（国道 32、33、194 号線）周辺を中心に調査するとともに、斜面における多項目観測について継続する。地震動と地すべり内の変位や変形、過剰間隙水圧の大きさと比較し、それらの関係性を明らかにするとともに、斜面の不安定化のメカニズムを考察する。

宮城県荒砥沢地区に設置している GB-SAR については連続計測を継続し、GB-SAR データの取得を継続する。現在開発中の MIMO レーダによる計測システムの置換を検討し、長期モニタリングの信頼性向上をめざす。

火砕流配分比に基づき、桜島の流域ごとに先行地盤膨張量と火砕流堆積量、流下距離の関係を示した火砕流ハザードマップを作成する。噴出物の降下火山灰量と火砕流となった噴出物の配分比を見積り流下距離を推定するシュミレーションについては、配分比を変えながらそれぞれについて計算を行なう。さらにレーダー観測を臨時的に継続し、火砕流を検知可能か実証を行い、火山灰の上方への移動量と火砕流となって山腹を下降する量を検出可能か調べる。

## （2）地震・火山噴火の災害誘因の即時予測手法の高度化

強震観測データと地震波伝播シミュレーションの同化に基づく震源モデルおよび長周期地震動の即時予測手法について、日本海溝や南海トラフの巨大地震に適用させるための手法改良を進める。地震波伝播計算と強震動被害の事前評価の高度化に向け、地震波伝播オープンコード (OpenSWPC) の機能拡張と、令和 3 年度に東大情報基盤センターに導入される、高性能スパコン (BDEC) での性能チューニングを進める。

PLUM 法の改良を進め、伝播経路特性については地下構造の精緻化を図る。地盤増幅特性のうち位相特性を検討し、長周期地震動を含めた即時予測における継続時間の予測に対する精度向上の研究を進める。データ同化手法や波動伝播シミュレーションの効率性を検討し、予測モデルの構築に着手する。

津波検知を含めたデータ同化に基づく即時予測手法の実観測記録への適用をさらに推し進め、常時モニタリング・津波検知・現況把握そして予測という一連の津波即時予測の信頼性をさらに向上させる。また、不均質な地殻構造と海底地形を組み込んだ現実的地



震津波シミュレーションを実施し、その結果にデータ同化を適用することで、「答えのある」現実的な問題に対してどこまで津波即時予測手法が迫れるかの検討を行う。

GNSS の搬送波位相変化から断層すべりを直接推定する手法 (Phase To Slip) の性能評価を継続し、未知パラメータ間の相関等についてより詳細な検討を行うとともに、その適用可能範囲を明らかにする。また実海底環境下でドリフト特性をその場で把握できる海底圧力観測システムのプロトタイプ機について複数海域における長期海域試験を実施し、そのドリフト除去能力について定量評価を行う。さらにリアルタイム 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を継続する。

これまでに収集・整理した津波後続波の観測事例を再現する津波波源の推定、及び長時間津波伝播計算による後続波と減衰過程の再現に基づき、沿岸域地形データ等の計算条件設定を改良して、その再現精度の向上を図る。それらの結果に基づき、津波継続時間予測手法を改良する。

これまでの調査や実験、シミュレーションによる検討結果を使って、噴火後の土石流や泥流の発生ポテンシャルの時間変化のモデル化を進める。融雪型火山泥流について、焼岳火山を対象にしたモデルの構築を進める。

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着手する。前年度までに開発した新しい移流拡散モデルへ、凝集・再飛散過程等の導入に着手する。火山灰データ同化・予測システムについて、実事例実験による評価に着手する。

### (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

地震・災害の情報活用（発生確率、被害想定等）に関する住民調査を前提に、地震災害の発生確率、被害想定などに限定した分析を行う。

半割れケースと一部割れケースの両方について引き続き検討を進めた上で、「理解・気づきツール」として参照可能な確率推移表として整理する。また、南海トラフ地域の特殊性についても検討したうえで、計算した確率値の利用の考え方についても整理する。

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について、今年度までに試作した振幅震源推定コンテンツを表示システムに取り込む作業を行う。地殻変動源推定コンテンツについては引き続きプログラムの制作を進める。

### 成果リスト

青田裕樹・大園真子・高橋浩晃・太田雄策, 2020, 陸域GEONET による北海道根室沖のプレート間固着推定の限界と新設GNSSA 観測点による推定範囲の検討, 日本地震学会講演予稿集, S03-07.

浅野公之・岩田知孝・関口春子・杉山長志, 2021, 近江盆地南部における微動アレイ探査, 令和2年度京都大学防災研究所研究発表講演会, A117.

荒井紀之・千木良雅弘・土井一生, 2020, 重力変形斜面の降雨・地震時挙動の観測, JpGU-AGU Joint

Meeting 2020, HDS09-07..

- 荒井紀之・山崎新太郎・土井一生, 2021, 山地斜面の降雨・地震時挙動の観測, 令和2年度京都大学防災研究所研究発表講演会, P120.
- Chen, L.-W., T. Taira, and H. Miyake, 2020, Decade-long temporal variation of near-surface seismic velocity and S wave azimuthal anisotropy in Southern Hokkaido, JpGU-AGU Joint Meeting 2020, SSS12-01.
- Doi, I., S. Matsuura, H. Osawa, T. Shibasaki, and S. Tosa, 2020, Effects of Coastal Erosion on Landslide Activity Revealed by Multi-sensor Observations, *Earth Surf. Processes Landf.*, 45, 10, 2291-2299, doi:10.1002/esp.4880.
- 土井一生・東良慶・前中裕貴・釜井俊孝, 2020, 北海道厚真町の造成地における2018年北海道胆振東部地震時の変状と地下構造との関係, JpGU-AGU Joint Meeting 2020, HDS09-P04.
- 土井一生・松浦純生・大澤光・柴崎達也・土佐信一, 2020, 平坦な地形面をなす地すべりの地震動の震動特性 —近接して設置した地震計による地震波形記録の解析—, 日本地すべり学会研究発表会山梨大会, 17.
- 土井一生・釜井俊孝・東良慶・王功輝, 2021, 平成30年大阪府北部の地震における高槻市内および枚方市内の斜面災害調査, *らんどすらいど*, 36, 23-32.
- 福留脩太・浅野公之・岩田知孝, 2021, 強震波形記録の自己相関関数解析による京都盆地, 大阪平野での基盤面深度の推定, 令和2年度京都大学防災研究所研究発表講演会, A116.
- Furumura, T., and T. Maeda, 2020, High-resolution source imaging based on time-reversal wave propagation simulations using assimilated dense seismic records, *Geophys. J. Int.*, 225, 1, 140-157, doi:10.1093/gji/gga.
- Furumura, T., and BLN Kennett, 2020, Azimuthal variation of lithospheric heterogeneity in the northwest Pacific inferred from Po/So propagation characteristics, 日本地震学会2020年度秋季大会, 10月30日.
- Hoshiba, M., 2020, Too-late warnings by estimating  $M_w$ : Earthquake early warning in the near-fault region, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 110(3), 1276-1288, doi:10.1785/0120190306
- Ichiyanagi, M., V. Mikhaylov, D. Kostylev, Y. Levin, and H. Takahashi, 2020, Evaluation for hypocenter estimation error in the southwestern Kuril trench using Japan and Russia joint seismic data, *Earth Planet. Space*, 72, 86, doi:10.1186/s40623-020-01215-0.
- Iwaki, A., N. Morikawa, H. Fujiwara, T. Kumamoto, Y. Okuma, and H. Kimura, 2020, Simulation of nearfault ground motion for the 2016 Kumamoto earthquake (Mj7.3) considering the surface rupture geometry, JpGU-AGU Joint Meeting 2020, SSS04-14.
- 岩城麻子・森川信之・前田宜浩・藤原広行, 2020, 強震動予測レシピによる2016年熊本地震 (Mj7.3の強震動シミュレーション), 日本地震工学会2020年大会, T2020-81.
- Izumi, Y., G. Nico, and M. Sato, 2020, A time-series clustering approach for atmospheric propagation delay compensation in Ground-based radar interferometry, In International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), Hawaii (USA), July 2020.
- Izumi, Y., L. Zou, K. Kikuta, and M. Sato, 2020, Iterative Atmospheric Phase Screen

- Compensation for Near-Real-Time Ground-Based InSAR Measurements Over a Mountainous Slope, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 58, 5955-5968, doi:10.1109/TGRS.2020.2973533.
- Kagawa, T., and Y. Ohta, 2020, Prior and Real-Time Estimations of Ground Motions, Tsunamis, and Other Geodynamic Hazards, *J. Disaster Res.*, 15(2), 144-151, doi:10.20965/jdr.2020.p0144.
- 香川敬生・星山賢太郎・野口竜也, 2020, 2000年鳥取県西部地震による気象庁境港観測点における非線形地盤応答特性と境港市役所における観測記録の再現, *土木学会論文集A1, Vol.76, No.4(地震工学論文集第39巻)*, pp. I 163-I 171.
- 香川敬生・野口竜也・山田浩二・竹本哲也, 2020, S波反射法地震探査および常時微動を用いた1943年鳥取地震で出現した鹿野断層近傍の地盤構造, *日本地震学会2020年度秋季大会*, S16P-08.
- Katsumata, A., M. Tanaka, and T. Nishimiya, 2021, Rapid estimation of tsunami earthquake magnitudes at local distance, *Earth Planet. Space* (submitted).
- Katsumata, K., and J. Zhuang, 2020, A New Method for Imaging Seismic Quiescence and Its Application to the Mw = 8.3 Kurile Islands Earthquake on 15 November 2006, *Pure Appl. Geophys.*, 177, 3619-3630, doi:10.1007/s00024-020-02498-w.
- Kilb, D., J. Bunn, J. Saunders, E. Cochran, S. Minson, A. Baltay, C. O' Rourke, M. Hoshiaba, and Y. Kodera, 2021, The PLUM earthquake early warning algorithm: A case study of west coast, USA, *J. Geophys. Res.* (submitted).
- Kobayashi, H., K. Koketsu, H. Miyake, and H. Kanamori, 2021, Similarities and differences in the rupture processes of the 1952 and 2003 Tokachi-oki earthquakes, *J. Geophys. Res.: Solid Earth*, 126, e2020JB020585, doi:10.1029/2020JB020585.
- 小林和生・岡野三里・西村武・野口竜也・香川敬生, 2020, 稠密微動探査による1943年鳥取地震の鹿野断層ごく近傍における地盤震動特性の把握, *令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会*, CS10-12.
- 小林正直・藤田正治・竹林洋史・宮田秀介・山野井一輝・坂井紀之, 2020, 昭和37年焼岳噴火後の足洗谷における土石流の発生, *令和2年度砂防学会研究発表会概要集*, 167.
- Li, X., J. Bo, I. Doi, G. Wang, and T. Kamai, 2020, Microtremor Survey and Spectrum Analysis of a Coseismic Landslide: a Case Study in Subao Village, Ningxia, China, *JpGU-AGU Joint Meeting 2020*, HDS09-P06.
- Minson, S., J. Saunders, J. Bunn, E. Cochran, A. Baltay, D. Kilb, M. Hoshiaba, and Y. Kodera, 2020, Real-Time Performance of the PLUM Earthquake Early Warning Method during the 2019 M6.4 and 7.1 Ridgecrest, California, Earthquakes, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 110(4), 1887-1903, doi:10.1785/0120200021.
- Miyake, H., T. Taira, and L.-W. Chen, 2020, Impact of seismic velocity change on ground motion modeling, *JpGU-AGU Joint Meeting 2020*, SSS04-08.
- Nakagaki, T., and Y. Tanioka, 2020, Numerical Simulation of Submarine Landslide Tsunami due to the 1929 Grand Banks Earthquake, *JpGU 2020*, HDS11-P01.
- Nakata, K., A. Katsumata, and A. Muhari, 2020, Submarine landslide source models

- consistent with multiple tsunami records of the 2018 Palu tsunami, Sulawesi, Indonesia, *Earth Planet. Space*, 72, 44, doi:10.1186/s40623-020-01169-3.
- Nishimura, I., T. Noguchi, and T. Kagawa, 2020, Estimation of Subsurface Structure and Ground Motion Characteristics in the Damaged Areas due to the 2016 Central Tottori Prefecture Earthquake, Japan, 10th Int. Conf. on Geotechnique, Construction Materials and Environment, GX185.
- 西村武・野口竜也・香川敬生, 2020, 2016年鳥取県中部の地震の被害地域における地盤構造推定と地盤震動特性の把握, JpGU-AGU Joint Meeting 2020, SSS04-P13.
- 西村武・野口竜也・香川敬生, 2020, 2016年鳥取県中部の地震の被害地域における地盤震動特性とその影響, 第40回土木学会地震工学研究発表会, D12-1613.
- 西村裕一・A. Shisikin・清水康博・菅原大輔・石澤堯, 2020, 色丹島のテフラと津波堆積物: 2019年調査の概要, 地球惑星科学連合, MIS01-P01.
- 野口竜也・西村武・香川敬生, 2020, 鳥取県中部における重力基盤構造の推定, 日本地震学会2020年度秋季大会, S16P-09.
- 野口竜也・小林和生・西村武・香川敬生, 2020, 1943年鳥取地震の鹿野・吉岡断層における稠密微動観測に基づく地盤震動特性の把握, 第40回土木学会地震工学研究発表会, D13-1633.
- 野口竜也・西田広大・西村卓也・香川敬生, 2020, 微動観測に基づく鳥取県大山町の避難施設の振動特性および御来屋地区における地盤構造調査, 令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会, CS10-48.
- 野口竜也・小林和生・岡野三里・西村武・香川敬生, 2020, 1943年鳥取地震の鹿野断層における稠密微動観測, JpGU-AGU Joint Meeting 2020, SSS16-P08.
- Oba, A., T. Furumura, and T. Maeda, 2020, Data-assimilation-based early forecasting of long-period ground motions for large earthquakes along the Nankai Trough, *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2019JB019047.
- 太田雄策・日野亮太・佐藤真樹子・鈴木秀市・梶川宏明・小島時彦, 2020, 非定常地殻変動の把握を目指したA-0-A方式による深海対応海底水圧計ドリフト補正システムの開発(第3報), 日本測地学会第134回講演会, 51.
- 齋藤さやか・安本真也・関谷直也, 2020, 地震対策意図と心理的背景—地震動予測地図に関するプレ意識調査からの検討, 第47回地域安全学会研究発表会(秋季), 20.
- Sekiguchi, H., K. Asano, and T. Iwata, 2020, Ground motion simulation of an Mw 5.5 earthquake in the Osaka basin, Japan, Fall Meeting of American Geophysical Union, S060-0008.
- Shigefuji, M., N. Takai, S. M. Bijukchhen, M. Bhattarai, C. Timsina, S. Singh, H. Miyake, and K. Koketsu, 2020, Basement structure in the Kathmandu Valley, Nepal using received function analysis, Proceedings of the 17th World Conference on Earthquake Engineering, Paper No. 1d-0048.
- 新堀敏基・石井憲介, 2021, 気象庁移流拡散モデル設計書, 気象研究所技術報告, 84. (in press).
- Susukida, Y., K. Katsumata, M. Ichiyanagi, M. Ohzono, H. Aoyama, R. Tanaka, M. Takada, T. Yamaguchi, K. Okada, H. Takahashi, S. Sakai, S. Matsumoto, T. Okada, T. Matsuzawa, H. Miyamachi, S. Hirano, Y. Yamanaka, S. Horikawa, M. Kosuga, H. Katao, Y. Iio, A.

Nagaoka, N. Tsumura, T. Ueno, and The Group for the aftershock Observations of the 2018 Hokkaido Eastern Iburu Earthquake, 2020, Focal mechanisms and the stress field in the after-shock area of the 2018 Hokkaido Eastern Iburu earthquake (MJMA = 6.7), *Earth Planet. Space*, 73, 1, doi:10.1186/s40623-020-01323-x.

田中優介・太田雄策・宮崎真一, 2020, PTS 解析による2011年東北地方太平洋沖地震の地震時すべりから初期余効すべりまでの連続的な推定, 日本測地学会第134回講演会, 12.

Tanioka, Y., 2020, Improvement of near-field tsunami forecasting method using ocean-bottom pressure sensor network (S-net). *Earth Planet. Space*, 72, 132, doi:10.1186/s40623-020-01268-1.

Tanioka, Y., 2020, Tsunami modeling by marine landslides and reduction of disasters, JpGU-AGU Joint Meeting 2020, HDS11-05.

Tanircan, G., H. Miyake, O. Ozel, H. Yamanaka, K. Chimoto, S. Tsuno, N. Takai, and O. Kaplan, 2020, Strong ground motion simulation of the 1956 (Mw6.5) Eskişehir, Turkey earthquake, *Proceedings of the 17th World Conference on Earthquake Engineering*, Paper No. 1d-0114.

Tran, M. T., V. Vi, H. Miyake, K. Irikura, and D. Bui, 2020, Empirical Green's function simulations toward site-specific ground motion prediction in Vietnam, *Pure Appl. Geophys.*, 177, 2281-2298, doi:10.1007/s00024-020-02491-3.

王功輝・馬寧・土井一生・古谷元・渡部直喜・石丸聡・小安浩理, 2020, Seismic site response of tephra slope: a case study for the landslides triggered by the 2018 Hokkaido Eastern Iburu Earthquake, JpGU-AGU Joint Meeting 2020, HDS09-P05.

王功輝・松島信一・古谷元・李孝波・常承睿・黄超, 2021, 振動台実験による地震時テフラ斜面の安定性評価, 令和2年度京都大学防災研究所研究発表講演会, D310.

Wang, Y., K. Satake, T. Maeda, M. Shinohara, and S. Sakai, 2020a, A Method of Real-Time Tsunami Detection Using Ensemble Empirical Mode Decomposition, *Seismol. Res. Lett.*, 91(5), 2851-2861, doi:10.1785/0220200115.

Wang, Y., M. Heidarzadeh, K. Satake, I. E. Mulia, I. E., and M. Yamada, 2020b, A Tsunami Warning System Based on Offshore Bottom Pressure Gauges and Data Assimilation for Crete Island in the Eastern Mediterranean Basin, *J. Geophys. Res.: Solid Earth*, 125(10), doi:10.1029/2020jb020293.

Yamanaka, H., K. Chimoto, O. Ozel, O. Ozmen, S. Arslan, E. Yalcinkaya, M. Tun, E. Pekkan, S. Tsuno, O. Kaplan, H. Miyake, G. Tanircan, N. Takai, E. Ate, K. Tekin, A. Sezen, T. Ozturk, M. Alkan, M. Nurlu, S. Citak, O. Karagoz, K. Hatayama, M. Ohori, M. Mirzaoglu, O. Sipahi, M. Morita, S. Sasano, and Y. Fujita, 2020, Microtremor explorations for shallow S-wave velocity profiles at strong motion stations in Turkey, *Proceedings of the 17th World Conference on Earthquake Engineering*, Paper No. 1f-0013.

安本真也・河井大介・齋藤さやか・関谷直也, 2020, 首都直下地震に関する防災啓発番組による知識獲得—知識ギャップ仮説に着目して—, 日本心理学会第84回大会.

安本真也・河井大介・齋藤さやか・関谷直也, 2021, パネル調査に基づくドラマ「パラレル東京」

の効果－首都直下地震への対策－，東京大学大学院情報学環紀要情報学研究，37，73-150.  
吉田昌平・香川敬生・野口竜也・西村武，2020，常時微動探査及び余震観測記録に基づく弓ヶ浜  
半島の地盤構造モデルの構築，令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会，CS10-44.

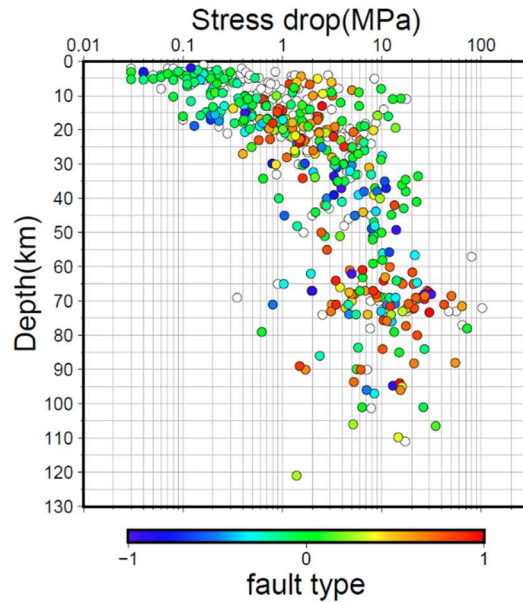


図1. 静岡県強震観測点データを用いて分離した震源特性（南関東・静岡・愛知・岐阜・長野県の地震）（京都大学防災研究所[課題番号：DPRI09]）  
 応力降下量（Bruneの応力降下量）に深さ依存性がある。

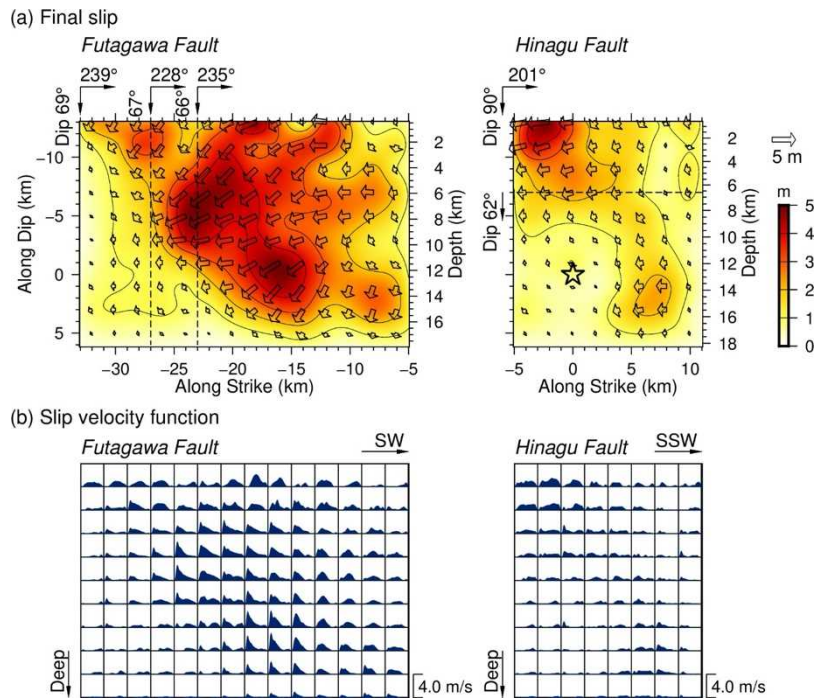


図2. 2016年熊本地震本震の震源課程の再解析結果（京都大学防災研究所[課題番号：DPRI09]）  
 すべり量分布およびすべり速度関数をそれぞれ示す。

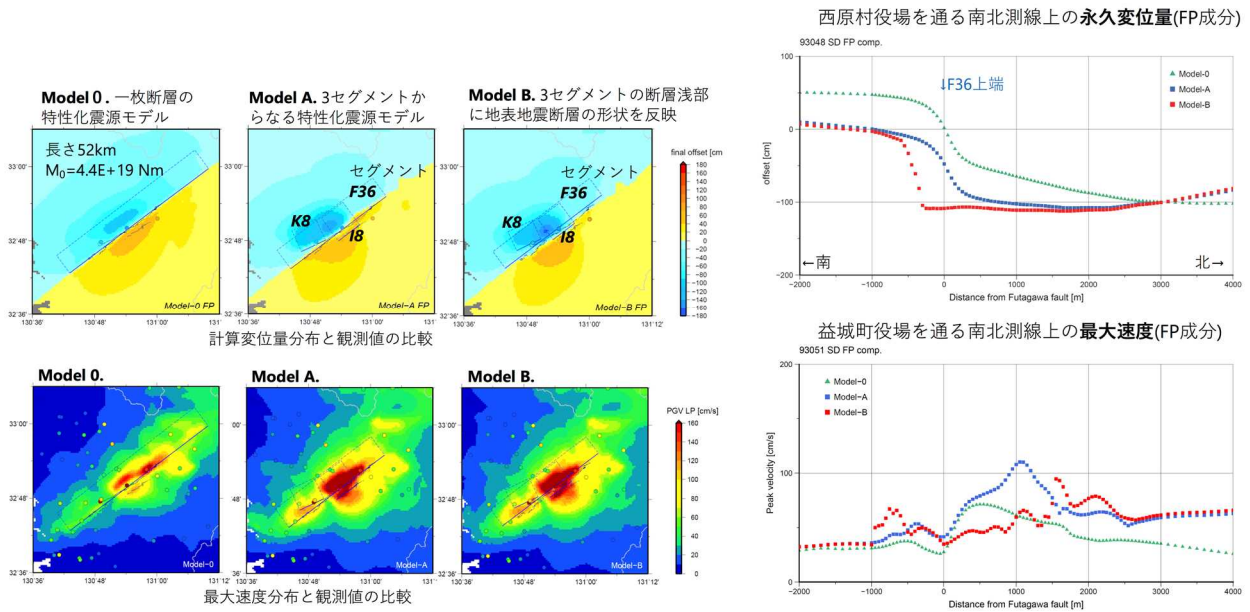


図3. 布田川断層の強震動予測のための特性化震源モデルに対して、地表断層形状を事前情報として取り入れた場合の、断層近傍の予測地震動(変位分布や最大速度分布)への影響評価結果(名古屋大学 [課題番号: NGY\_05])

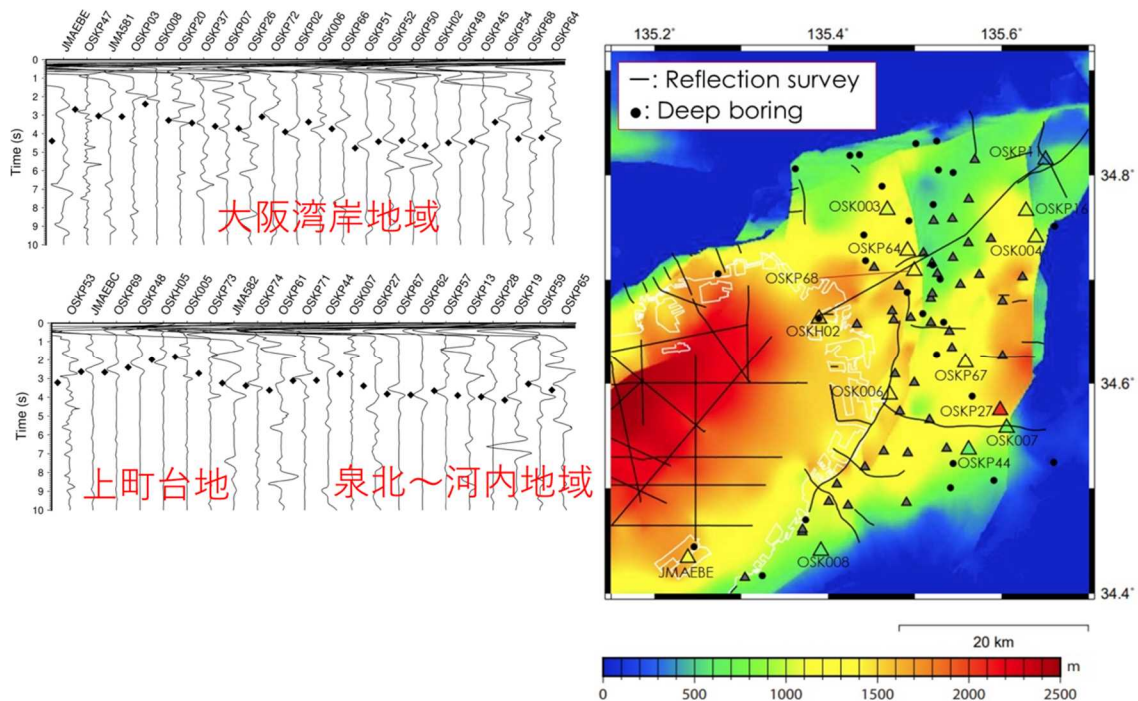
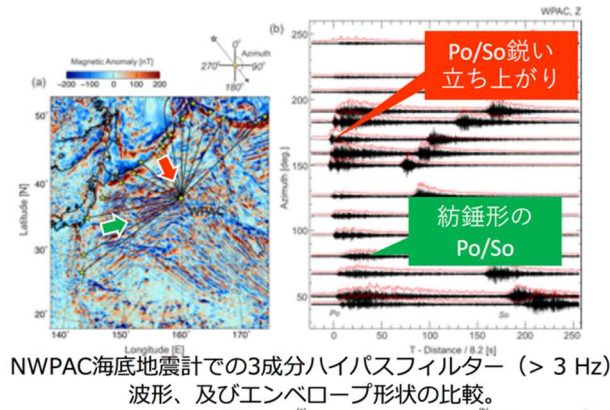


図4. 大阪盆地・京都盆地の強震記録に自己相関関数解析を適用して得た反射波走時を用いて既往の堆積盆地速度構造モデルを検証した結果(京都大学防災研究所 [課題番号: DPRI08])





NWPAC海底地震計での3成分ハイパスフィルター (> 3 Hz) 波形、及びエンベロープ形状の比較。

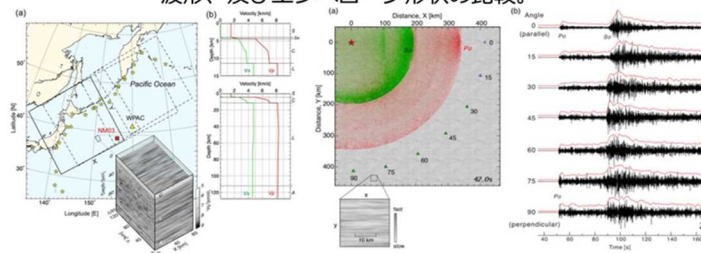


図5. 上段：地震の規模と震央距離がほぼ等しい(A)カムチャツカ半島沖の地震と(B)東北沖の地震におけるNWPAC海底地震計での3成分ハイパスフィルター(> 3 Hz)波形、及びエンベロープ形状の比較(東京大学地震研究所[課題番号: ERI\_14])  
左図には、震央と観測点、海底での地磁気異常のリニアメントを示す。下段：仮定した太平洋プレート内の不均質構造とそれを用いたFDMによる波動伝播計算。

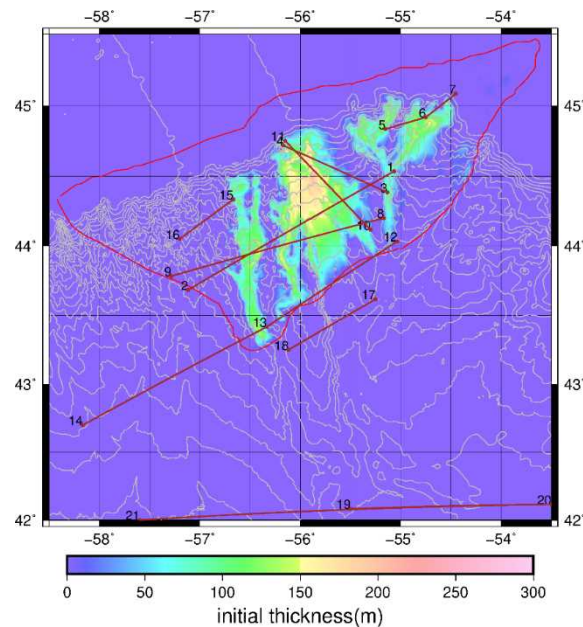


図6. 1929年Grand Banks地震にともなう地すべりの発生した場所と層厚(北海道大学[課題番号: HKD\_05])  
赤線は地すべりにより切断された海底ケーブル・番号は切断された位置を示す)。

2003年十勝沖 Mw8.1  
遠地・強震・測地データを  
ジョイントして使用

2003年十勝沖 Mw8.1  
遠地・強震データ観測点を  
1952年十勝沖解析と揃える

1952年十勝沖 Mw8.2  
遠地・近地データを最大限  
ジョイントして使用

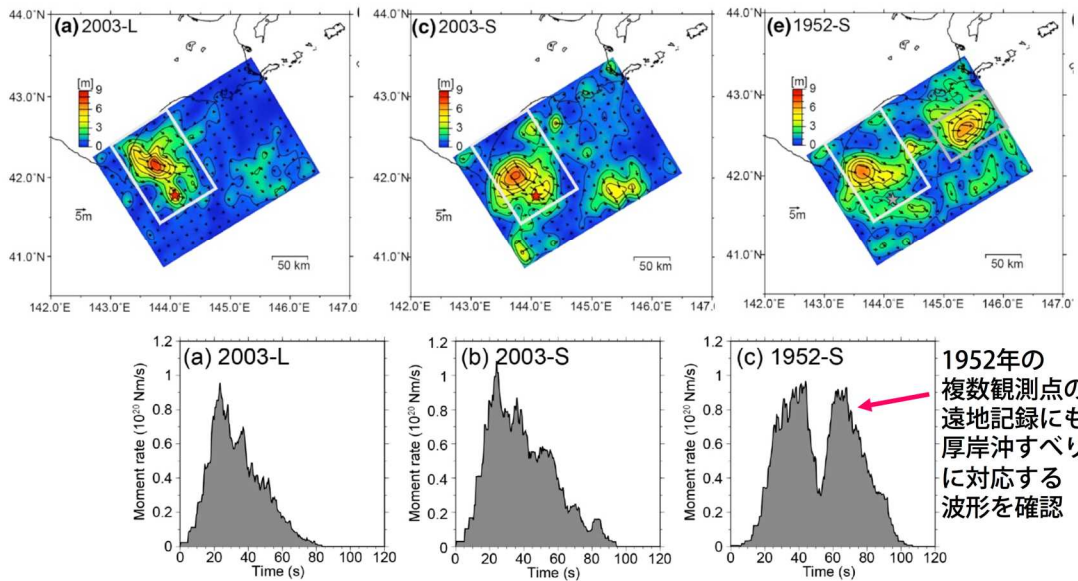


図7. 再解析により推定した2003年十勝沖地震および1952年十勝沖地震のすべり分布 (東京大学地震研究所 [課題番号: ERI\_16]、Kobayashi et al., 2021)

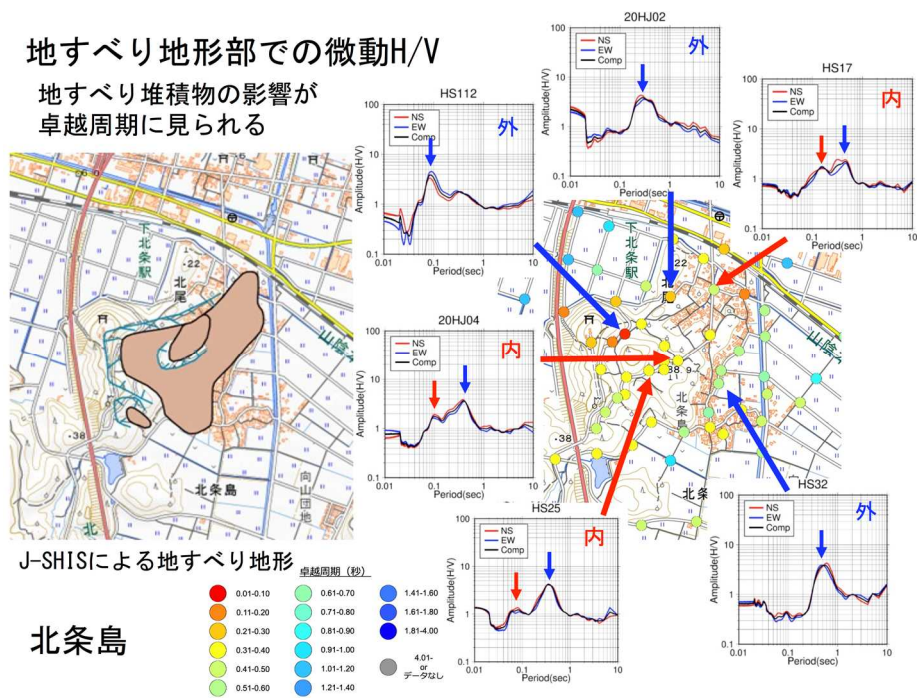


図8. 地盤震動特性および地下構造モデルが把握されていない山間部における、微動を用いた面的調査の実施結果 (鳥取大学 [課題番号: TTR\_01])

2016年鳥取県中部の地震で被害が見られた北条島は地すべり地形となっており、地すべり部の外ではより深い境界による卓越周期が見られる (青矢印)。地すべり地形内部ではさらに周期の短い卓越が見られ (赤矢印)、地すべり堆積物の影響と考えられる。

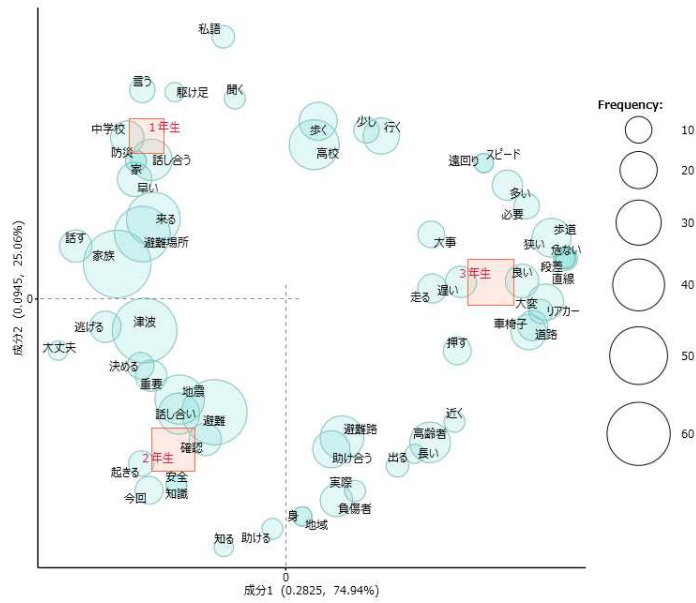


図 9. 避難訓練による学習効果の確認訓練終了後の自由記述アンケート結果（北海道立総合研究機構 [課題番号：HR0\_02]）

テキストマイニングにより、避難訓練参加者に対する防災学習効果を把握した。



図 10. 0.5mDEM に基づく重力変形、地すべり、過去の崩壊痕跡、急崖など、項目別に分類した危険斜面の分布（国道 194 号線の例）（京都大学防災研究所 [課題番号：DPRI10]）挿入写真は、長期的な重力変形の影響を受けていると判断された四国の主要国道沿いの斜面における斜面上方の段差亀裂の様子を示す。

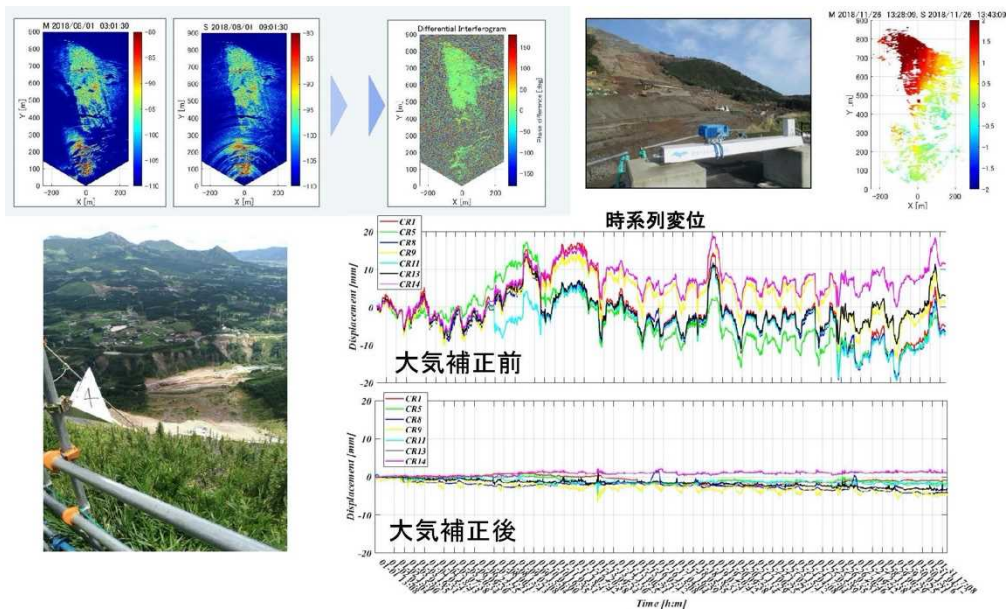


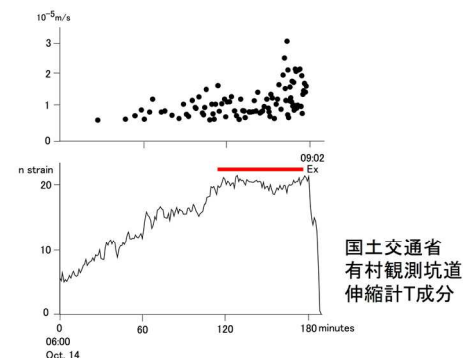
図 11. 観測範囲がカルデラ内部となる南阿蘇村立野における GB-SAR による 1 ヶ月分の計測結果（東北大学災害科学国際研究所 [課題番号：IRID03]）  
 同地域は山間部であり、大きな大気誤差が発生する。大気補正をしないと大きな変位が現れるが、大気補正が正しく行われることでこの誤差を取り除くことができる。この結果から明らかなように、本 GB-SAR による観測では mm オーダーの変化を捉えられることが分かる。

### 噴火の前駆地震



火砕流を伴う噴火47例のうち  
 27例で顕著な前駆地震が発生している

### 前駆地震と地盤変動(噴火前の膨張)



噴火前に膨張レートが減少、もしくは停止することがあり、前駆地震はその際に多く発生する

火砕流を伴う噴火の膨張停止時間は30分以上である

図 12. 地球物理学的観測と火砕流流動を関連付けるパラメータ群の精査結果（京都大学防災研究所 [課題番号：DPRI11]）  
 火砕流をともなう 47 例の過去事例のうち 27 例で顕著な前震活動が発生していること、噴火前に地盤変動から把握される膨張レートが減少もしくは停止することがあり、前震活動はその際に多く発生すること、また火砕流を伴う噴火は噴火後の収縮量が大きいことなどが明らかになった。

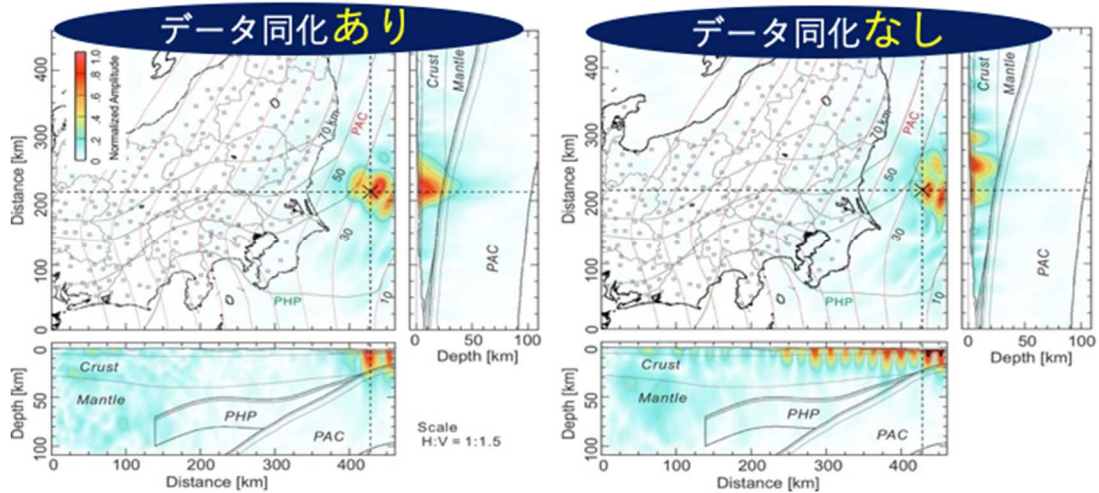


図 13. 時間逆転 FDM 計算+データ同化による 2008 年茨城県沖の地震 (Mw6.8) の震源イメージング結果 (東京大学地震研究所 [課題番号: ERI\_14]、Furumura et al., 2020)

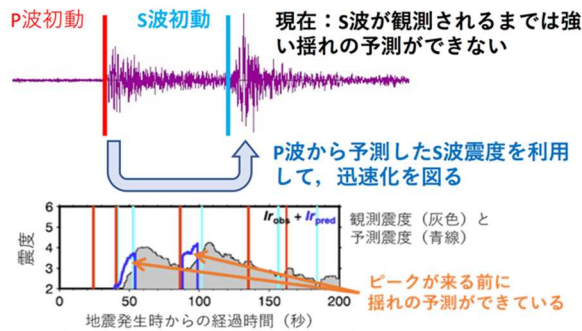


図 14. P波を検知する方法を發展させ、初期破壊のP波の上下動成分のみから得られる震度を予測に用いることにより、地盤増幅特性が不明な観測点でも適用できる手法の概念図 (気象庁 [課題番号: JMA\_06])

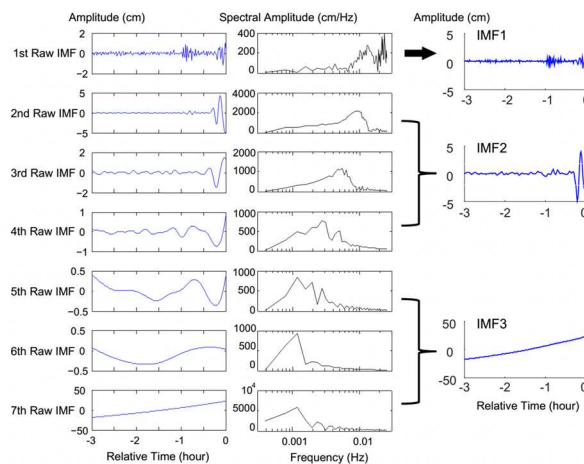


図 15. 経験的モード分解法 (Ensemble Empirical Mode Decomposition; EEMD) の海底圧力計記録の津波信号への適用結果 (弘前大学 [課題番号: HRS\_02]、Wang et al., 2020a)

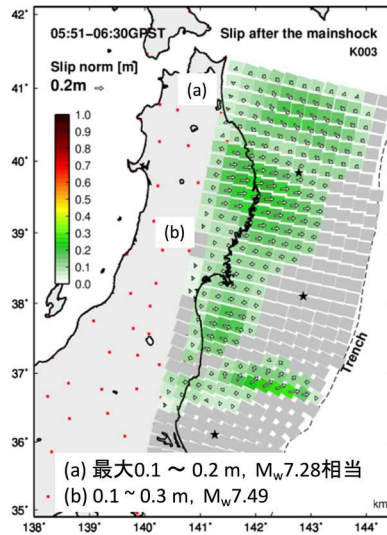


図 16. PTS によって推定された 2011 年東北地方太平洋沖地震直後の余効すべり分布（東北大学大学院理学研究科 [課題番号：THK\_12]、田中・他，2020）

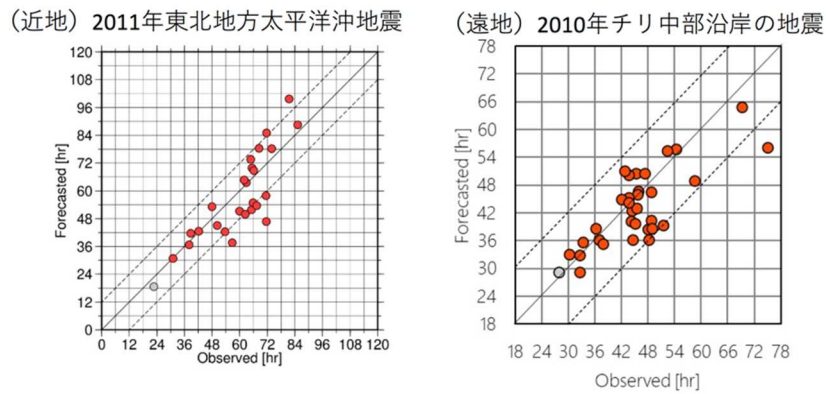


図 17. 津波後続波・減衰過程の予測についての検討結果（気象庁 [課題番号：JMA\_06]）  
 左図：近地津波について、沿岸津波観測データへのリアルタイム回帰分析による予測手法を 2011 年東北地方太平洋沖地震津波に適用して予測性能を評価した結果  
 右図：遠地津波について、過去事例から得た減衰過程の特徴に基づく減衰式を 2010 年チリ中部沿岸の地震津波に適用して予測性能を評価した結果

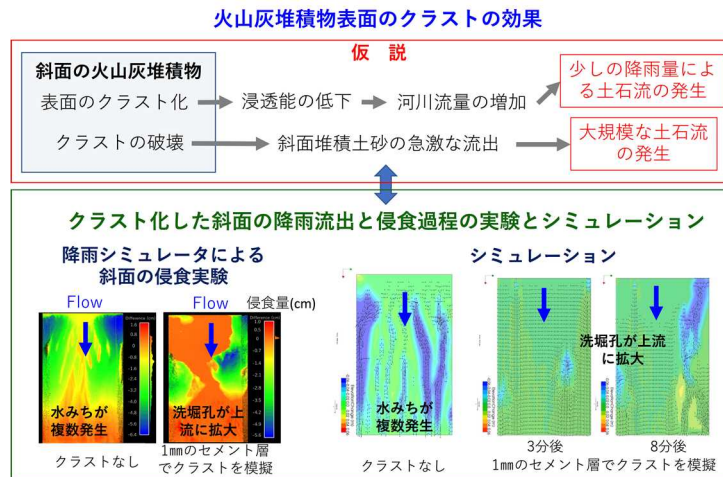


図 18. 降雨流出・土砂流出におけるクラストの存在の影響評価のための数値シミュレーション結果（京都大学防災研究所 [課題番号：DPRI\_12]）

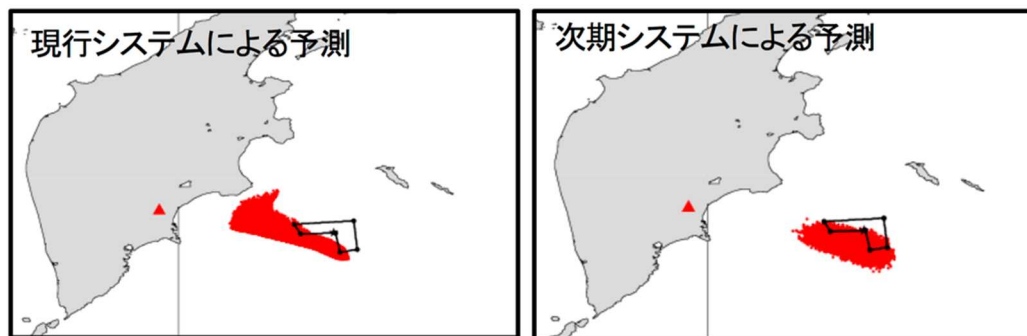


図 19. 次期システムを用いた火山灰予測の改善例（気象庁 [課題番号：JMA\_07]）  
 2020年6月2日のロシアのカリムスキー山（図中の▲）の噴火にともなう火山灰雲の予測の例。左図に現行システムによる予測、右図に現在現業化を進めている次期システムによる予測結果を示す。いずれも予報官が解析した火山灰雲の領域を用いて作成した初期値を使って計算した6時間後の予測結果（図中の●）。図中の黒い線は、同時刻における衛星解析で検出した火山灰雲の領域（実況）。

## 日本海側の地震発生確率に関する意識

Q13-1.地震の発生確率について、次のような表現で示された場合、どの程度「不安」を感じますか。それぞれあてはまるものを1つだけお選びください。

－「1.非常に不安を感じる」、「2.不安を感じる」、「3.どちらかといえば不安を感じる」、「4.どちらかといえば不安を感じない」、「5.不安を感じない」、「6.まったく不安を感じない」のうち、1～3を回答した人の割合をグラフにした。

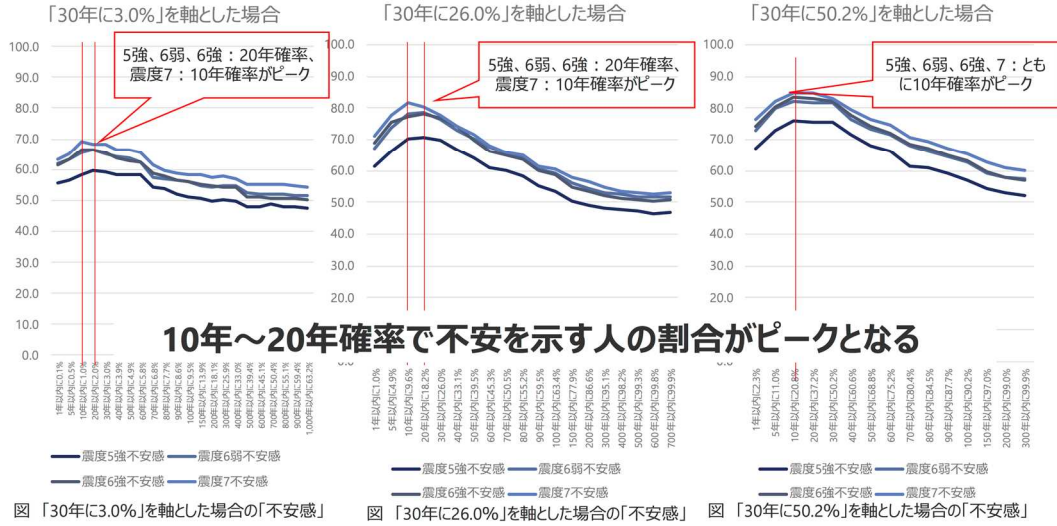


図 20. 地震発生確率に関する意識について、確率を計算する期間を変えた場合、人の意識はどのように変わるのかについて調査結果の一例（東京大学情報学環 [課題番号：III\_01]）



	先行研究 (橋本・横田, 2019; ガイドライン)	本研究 (ポアソン・ISC-GEM使用・ 沈み込み帯に限定なしの 場合)	備考
半割れケース (M8+ → M8+) 一週間以内の発生確率	6.8% (7/103) 「十数回に一回程度」	2.9% (3/105) （「30回に1回程度」） (0.59～8.1%)	後発地震のマグニチュードの 仮定の違い(本研究は8.0、 橋本・横田は7.8)
// 確率利得	「通常の100倍程度 の確率」	130倍 (28～380倍)	整合的
一部割れケース (M7クラス → M8+) 一週間以内の発生確率	0.42% (6/1437) 「数百回に一回程度」	0.59% (8/1354) （「200回に1回程度」） (0.26～1.2%)	(先行研究における仮定等 が見つからず詳細不明)
// 確率利得	「通常の数倍程度 の確率」	28倍 (12～55倍)	本研究の結果のほうが大き い
M7クラス → M7クラス 一週間以内の発生確率	—	5.2% (71/1354) （「20回に1回程度」）	期待される通り、「半割れ ケース」と同程度の確率

図 21. 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について、最近 100 年間のグローバルな地震カタログを用いて信頼区間も含めて計算した結果および先行研究との比較(東北大学災害科学国際研究所[課題番号: IRID04])

### ・振幅震源自動推定ツール

Amplitude Source Location法に基づく震動源の自動推定  
(Battaglia & Aki, 2003; Kumagai et al. 2010 の手法に基づく処理結果の表示をシステムに追加)

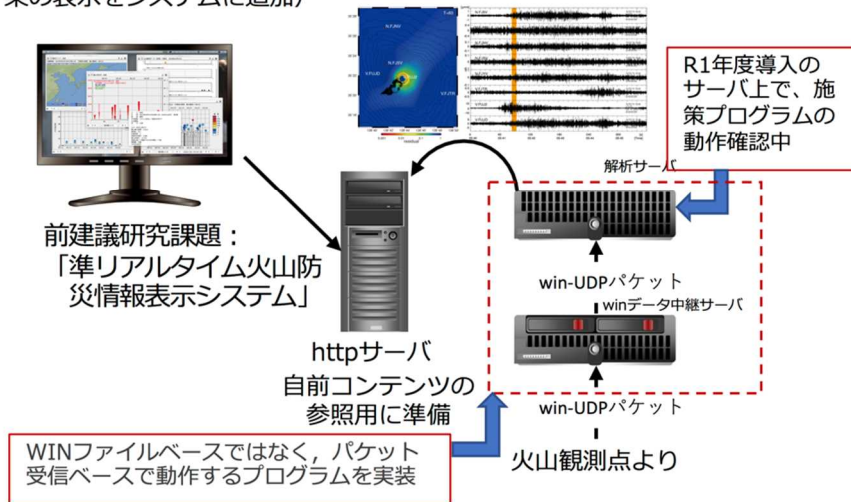


図 22. 地震波形・GNSS・傾斜計等のデータを即時解析して震源や地盤変動源を表示するシステムのうち、振幅震源自動推定ツールの開発・動作確認状況(北海道大学[課題番号: HKD\_06])