

「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）」

令和5年度年次報告【機関別】（案）

目 次

- 大学 P. 3
- 国立研究開発法人情報通信研究機構 P. 13
- 国立研究開発法人防災科学技術研究所 P. 18
- 国立研究開発法人海洋研究開発機構 P. 24
- 国立研究開発法人産業技術総合研究所 P. 33
- 国土地理院 P. 45
- 気象庁 P. 59
- 海上保安庁 P. 78
- 地方独立行政法人北海道立総合研究機構 P. 83
- 山梨県富士山科学研究所 P. 86

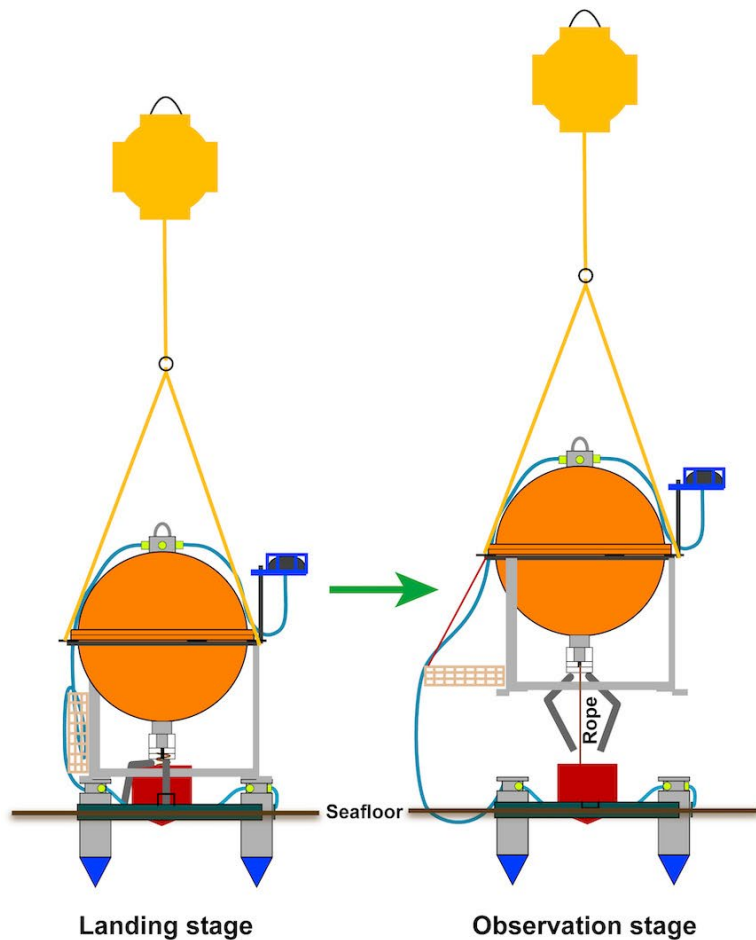
災害の軽減に貢献するための 地震火山観測研究計画(第2次)

令和5年度年次報告

大学

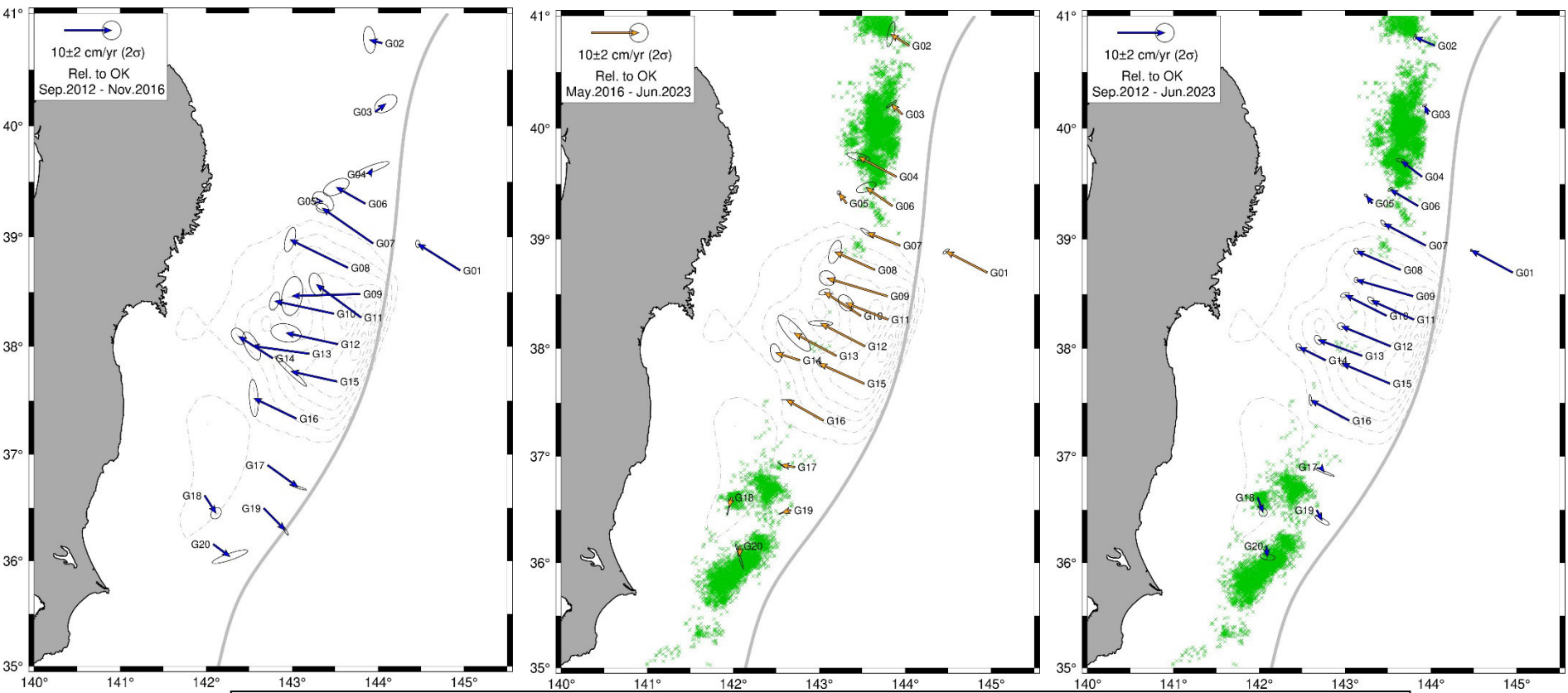
次世代型広帯域海底地震計の自律展開設置・自己浮上回収方式への機能高度化

Image of the 1st transition



左図：着底状態から観測状態への遷移 右図：航海開始前での設置準備が完成した状態

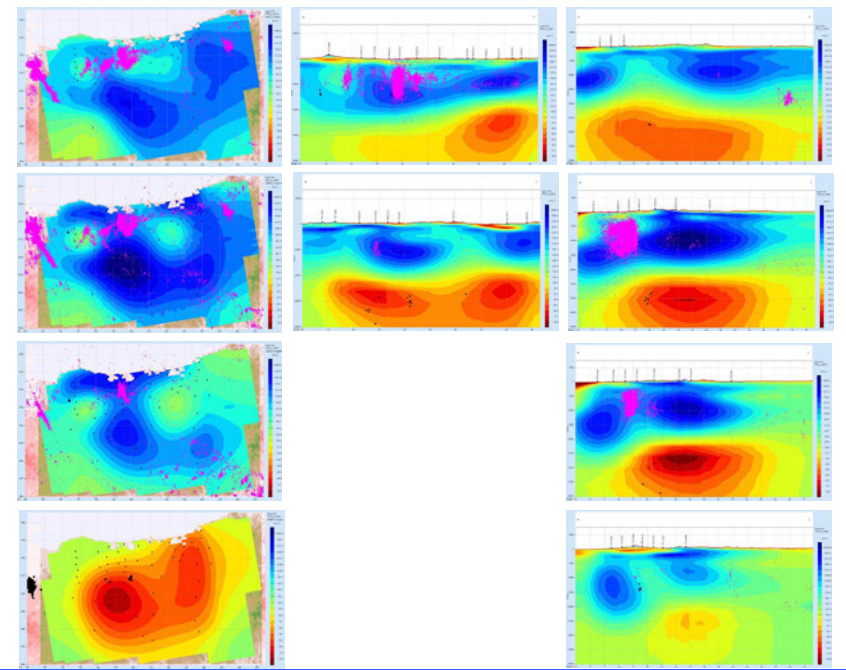
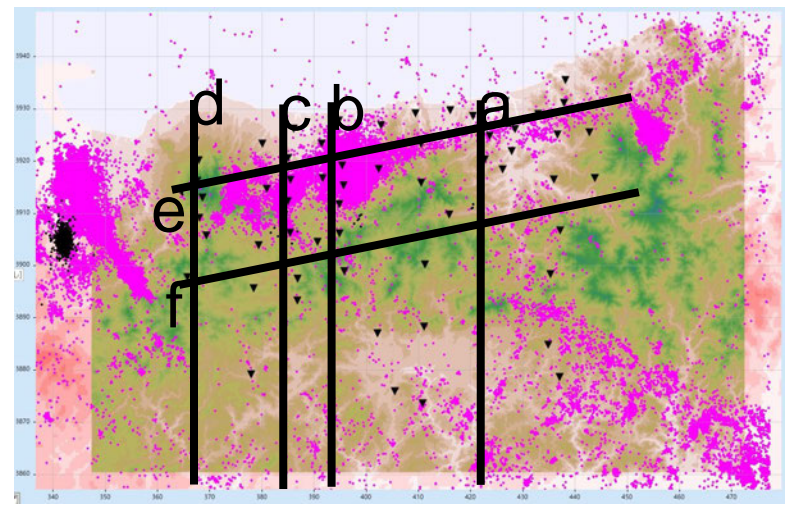
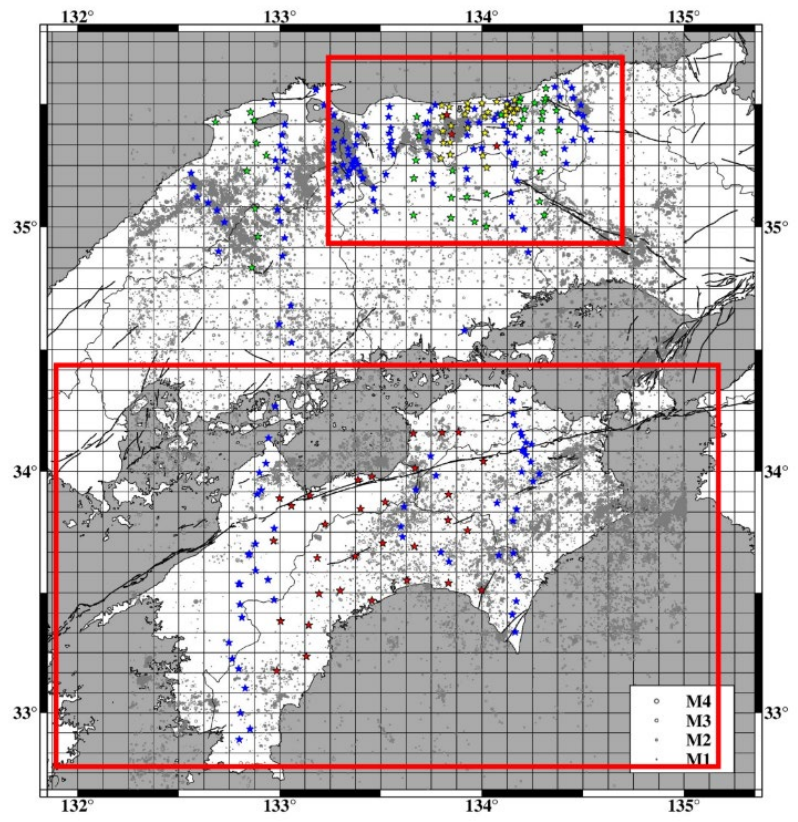
東北沖GNSS-A観測・変位速度時間変化



ベクトル：GNSS-A変位速度（ 2σ 誤差楕円），
 緑シンボル：微動分布（2016年8月15日-2021年12月27日，Nishikawa et al. [2019]より更新）

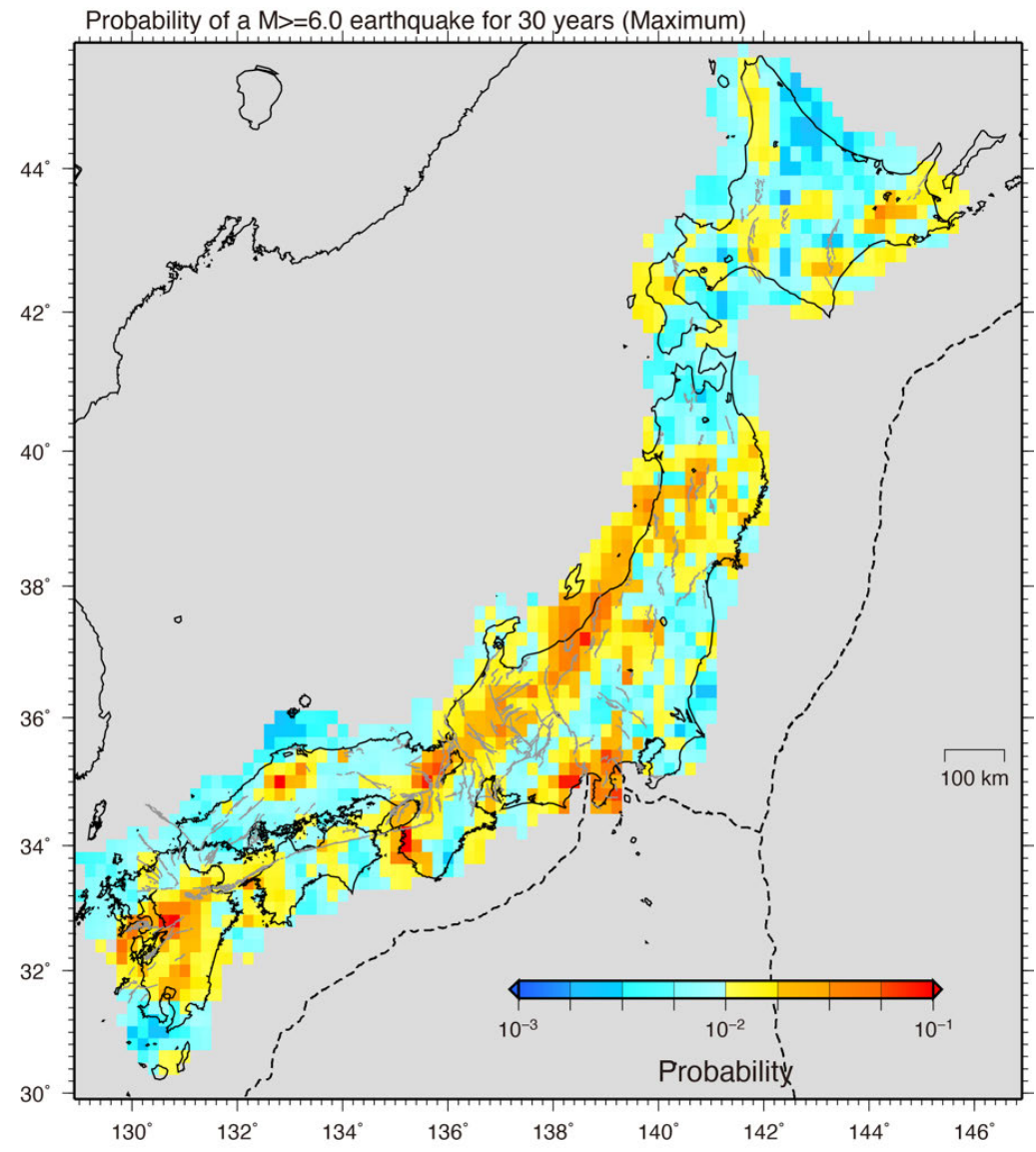
福島沖から茨城沖においては，余効すべりによると考えられる東向きの変動が，2016年以降は概ね収束していることが確認された

鳥取東部・中西部地域の比抵抗構造



基盤的比抵抗構造観測データを用いて3次元比抵抗構造解析を実施し、地震活動の下限と高比抵抗域の下限が調和であることを明らかにした。

MJMA6.0以上の地殻内地震の30年発生確率



GNSSデータのひずみ速度から東日本のMJMA6.0以上の地殻内地震の発生確率を計算し、昨年度までの結果と統合して日本列島の地殻内地震の30年発生確率を試算した。

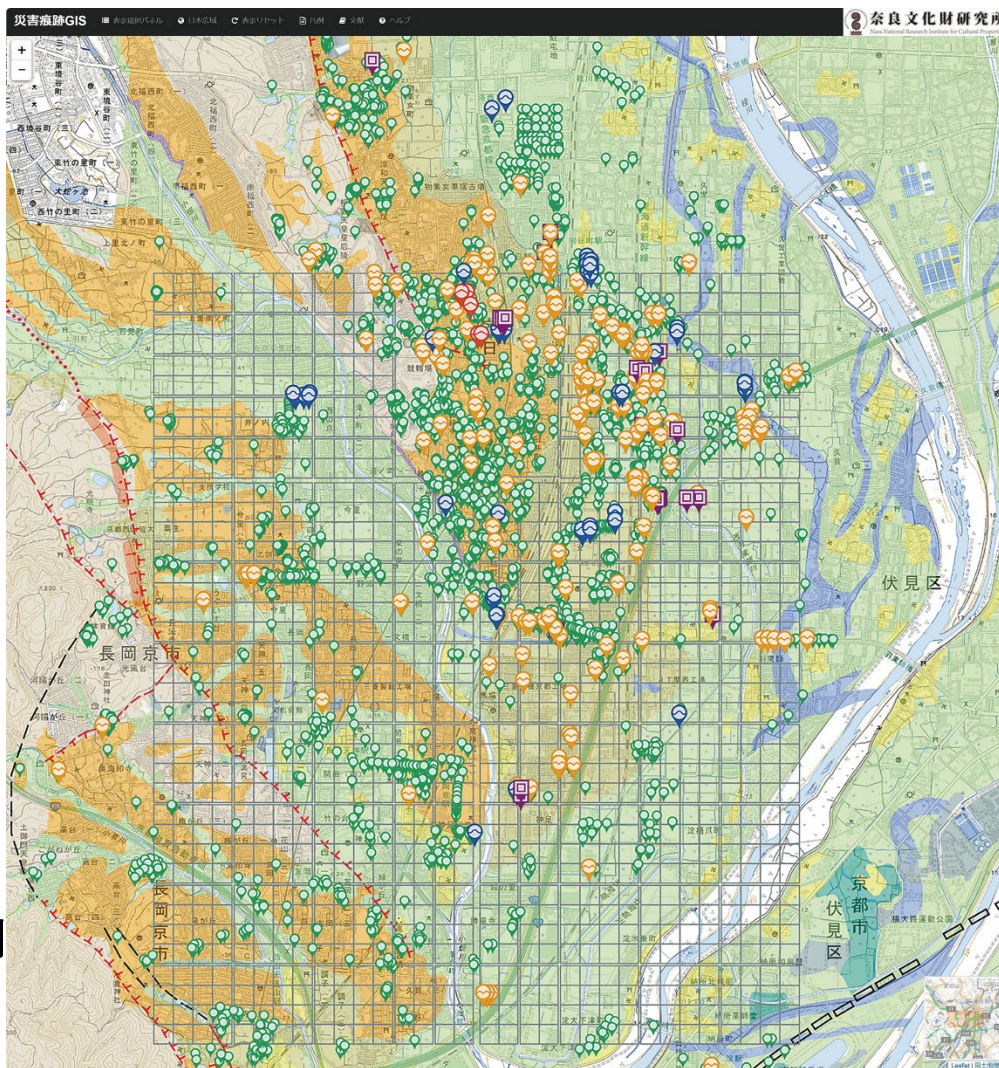
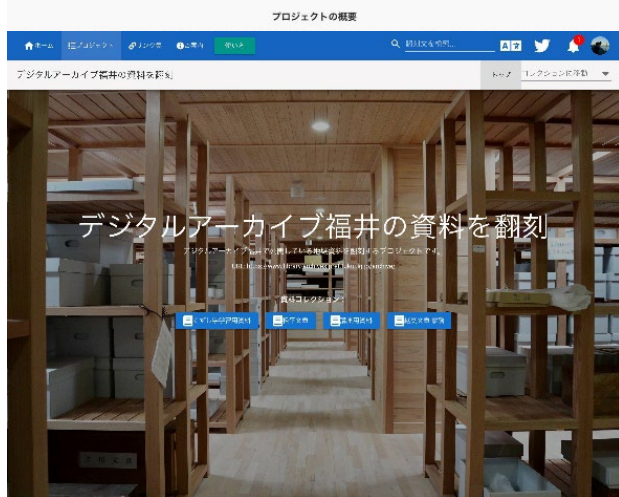


図 画面表示例
(長岡京跡周辺)

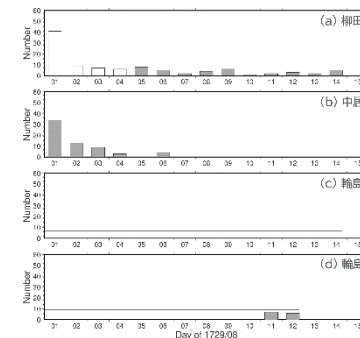
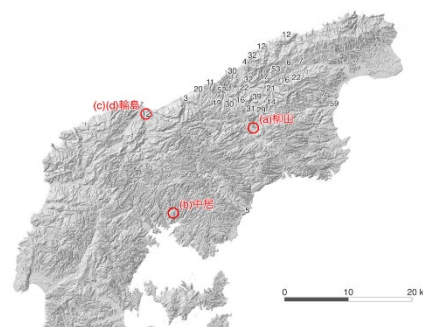
地図は単色地図、地形ベクタータイル、都市圏断層図(いずれも国土地理院)、バーチャル長岡京条坊復元図を重ねたもの

全国の考古発掘調査に伴って検出される災害痕跡を集成した「歴史災害痕跡データベース (Historical Disaster Evidence Database: HDE-GISdb)」の一般公開を開始した。

みんなで翻刻

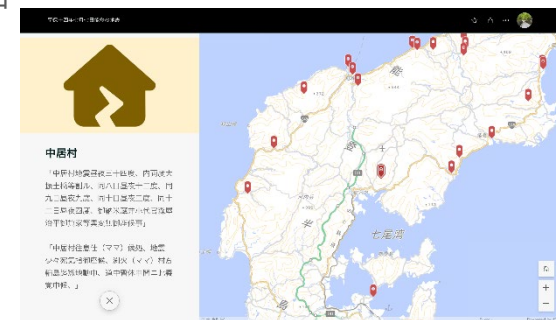


享保十四年の能登半島の地震



- (a) 能登町柳田
『真念寺鬼籍帳』『柳田村史』
- (b) 穴水町中居
『加賀藩記事類編』『菅家見聞集』
- (c) 輪島市
『重蔵宮奉加帳』
- (d) 輪島市
『加賀藩記事類編』『菅家見聞集』

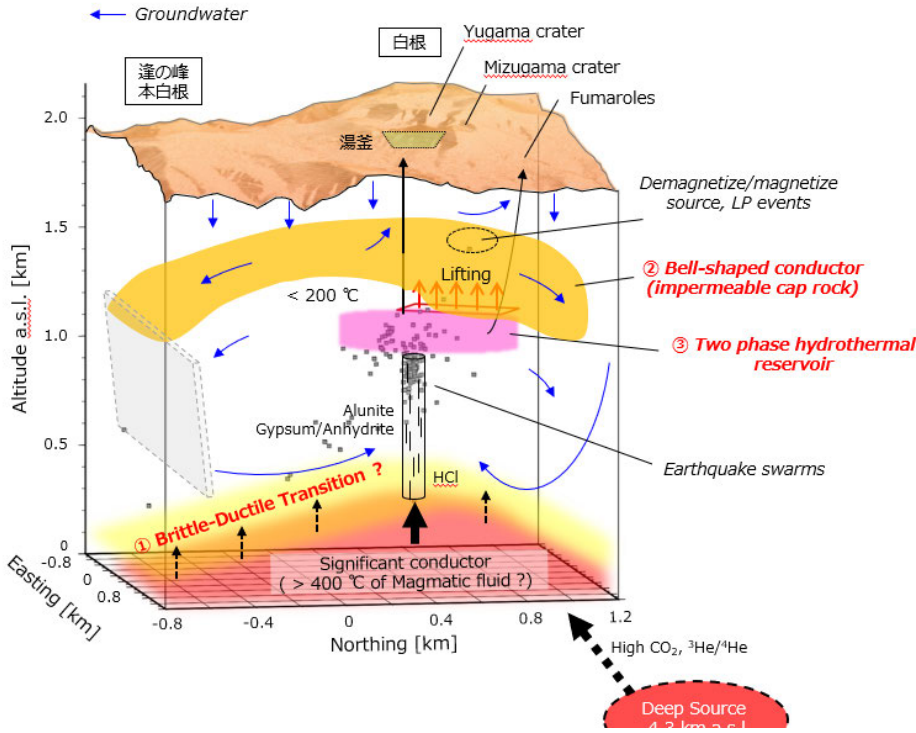
※既存の地名辞書の緯度経度を利用



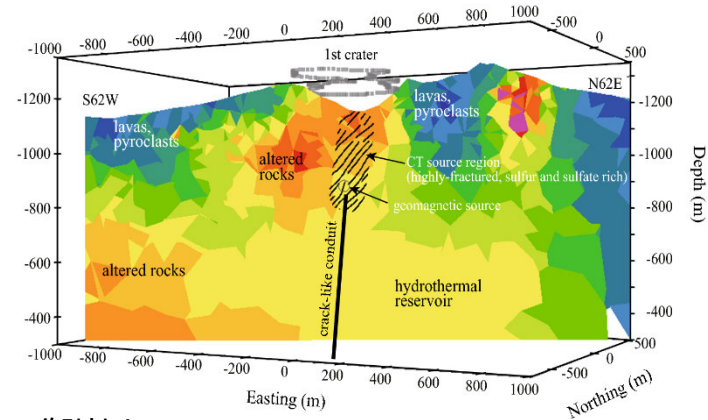
- みんなで翻刻に登録した地震や火山噴火に関連する資料をふくむ多様な資料を分析した。
- 1729年8月1日（享保十四年七月七日）に発生したM6.6～7.0と推定される地震について、複数の史料に記載された被害と有感地震数について再検討し、被害についてはWebマップを作成した。

火山熱水系構造モデルの精緻化

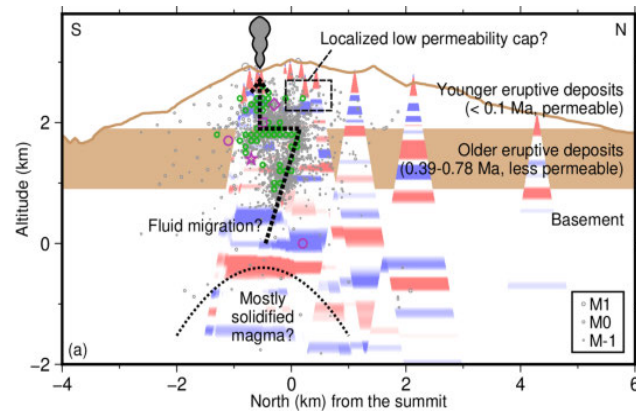
草津白根山(Terada et al. in press)



阿蘇山 Kanda et al.(2019)



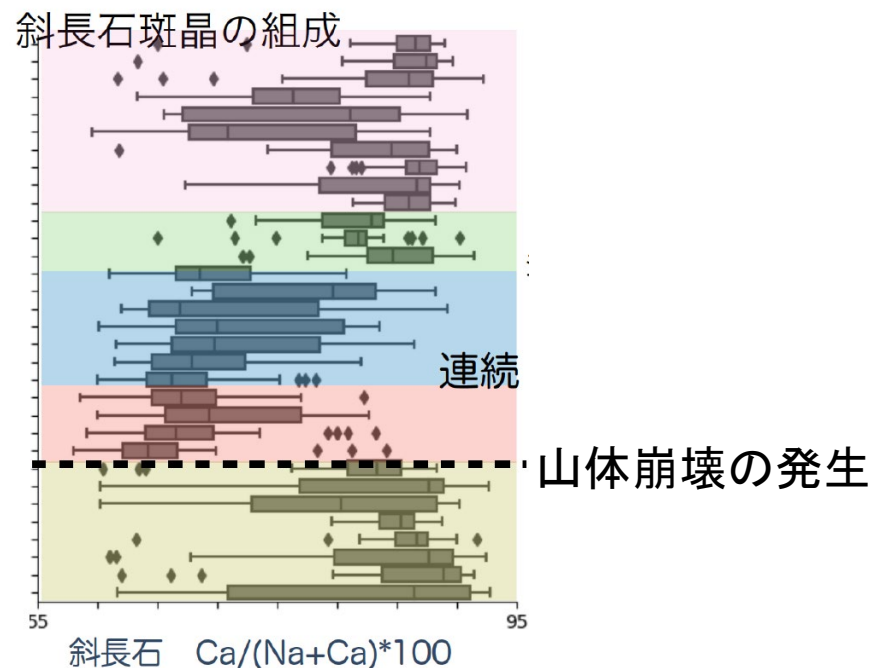
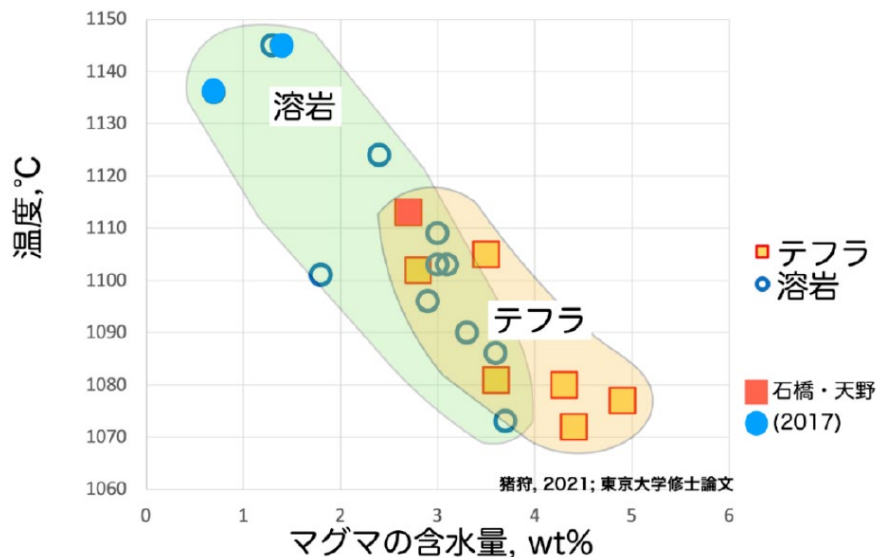
御嶽山 Maeda et al.(2023)



- 地球物理学的手法により、水蒸気噴火の発生場となる火山熱水系構造モデルの精緻化が進展した。
- 草津白根山では3階建て構造であり、最上部が近年のunrestの場となっていることが明らかになった。
- 阿蘇山や御嶽山においても比抵抗構造や地震波速度構造が高精度で求められつつある。

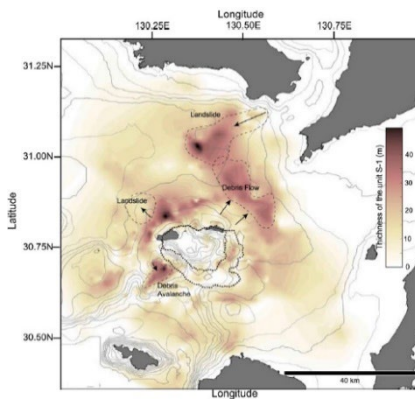
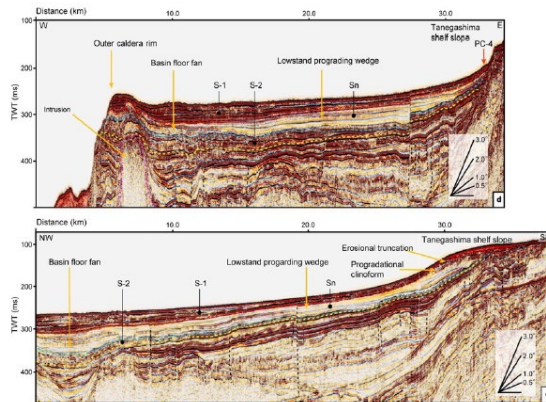
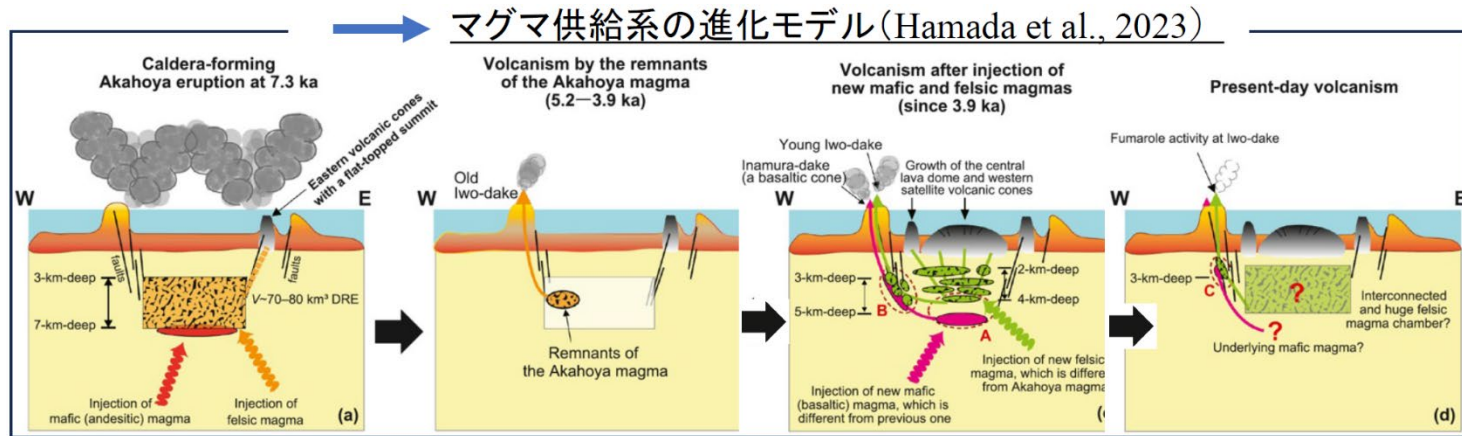
マグマ溜まりの時間発展と噴火様式の関係

マグマ溜まり深度におけるマグマの含水量、温度と噴火様式の関係



- 噴火様式はマグマの含水量や温度に強く依存し、含水量が少ない高温マグマは溶岩流出噴火、含水量が多く温度が低いマグマは爆発的噴火になりやすい。
- 富士山の噴出物分析により、山体崩壊による圧力低下などのマグマ供給系の変化は組成の変化として現れることが確認された。
- 噴出履歴を説明するためには他の要因（マグマの組成変化、マグマ溜まりの変形など）も必要。

鬼界カルデラにおけるマグマ供給系の構造・進化の解明



- 破局噴火の可能性が指摘されている鬼界カルデラにおいて、長期海底観測を実施し、マグマ供給系のイメージングをおこなった。
- また、反射探査・ピストンコアサンプル・地上地質調査から過去のマグマ噴出量を精密に推定した。
- 海底および陸上試料の物質科学的解析により、マグマ供給系の進化を解明した。

稠密反射法地震探査による堆積物層厚の精密推定
 Shimizu et al.(2024)

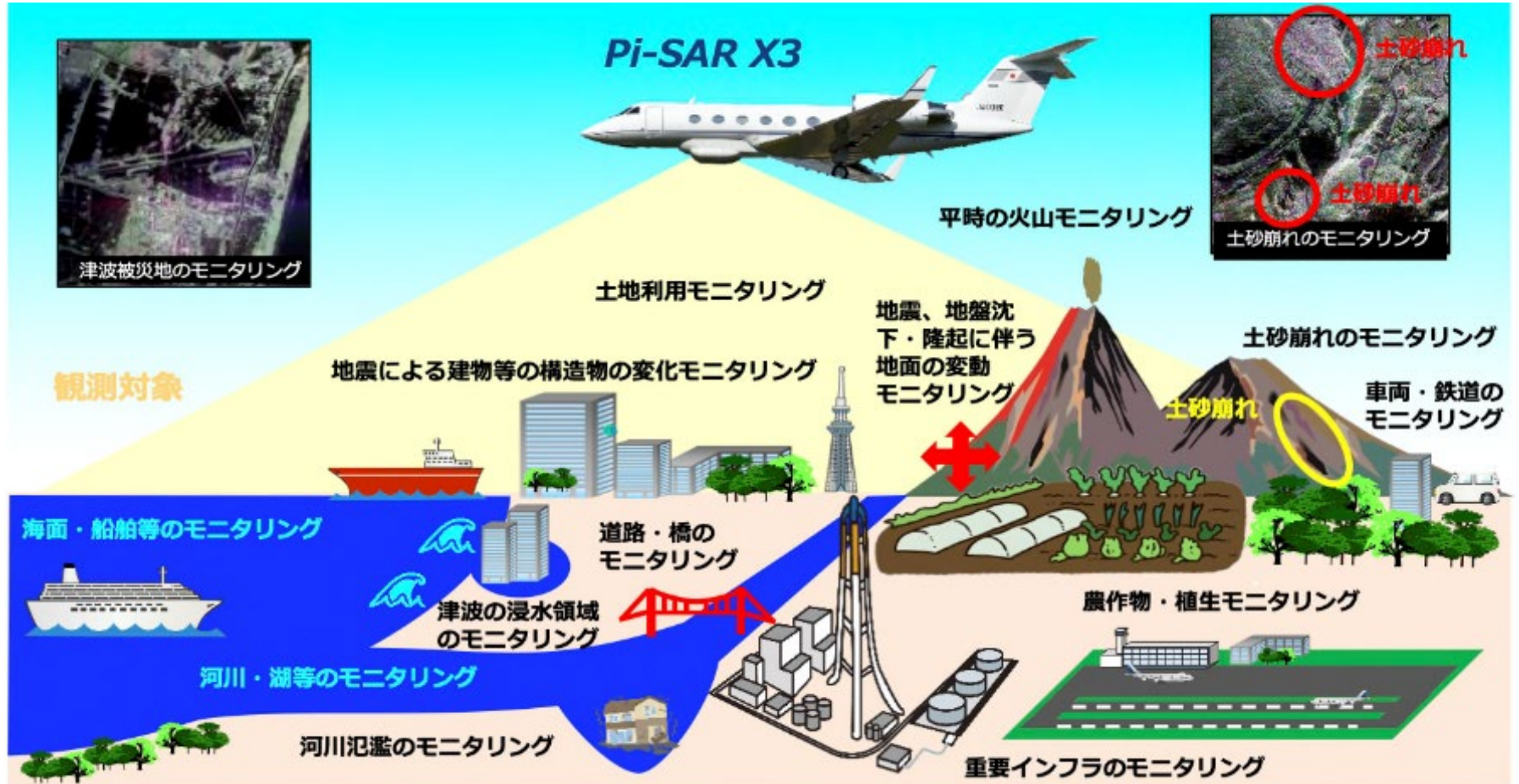
災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画 令和5年度年次報告

課題：先端リモートセンシングによる地震及び火山の被害状況把握技術の高度化

国立研究開発法人 情報通信研究機構

令和5年度の実施内容の概要

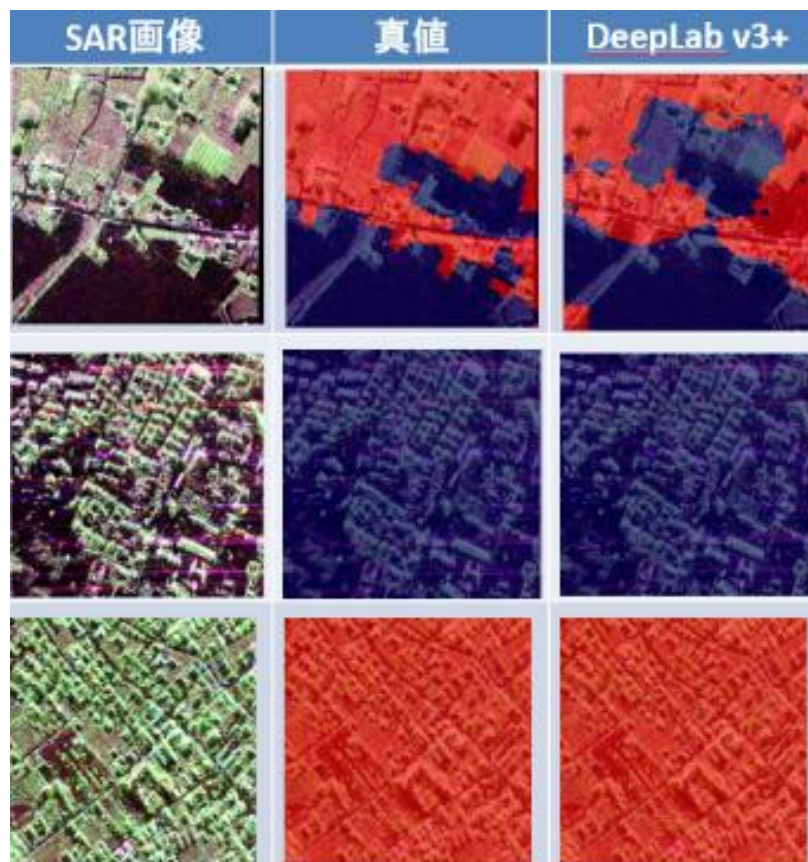
情報通信研究機構は、世界最高クラスの分解能15cmを有した高精細航空機搭載合成開口レーダー（Pi-SAR X3）を開発し、下図に示す環境・災害モニタリングを実現するための実証実験を行っている。



令和5年度については、以下の項目を実施した。

- Pi-SAR・Pi-SAR2データ検索・公開システムを運用し、取得済み観測データを公開した。令和5年度については、2130件の利用があった。
- SAR観測データから重要領域を抽出する手法として、機械学習を用いた浸水領域抽出モデルを構築した。東日本大震災直後の観測データ等を教師データとして複数のアルゴリズムを試行し、面積比で86%を超える精度を達成した。
- 2024年1月1日に発生した能登半島地震を受けて、2月にPi-SAR X3を用いた能登半島全域の観測を実施した。研究機関から要望のあった一部データは機上処理して即日提供し、能登半島全域のデータは後日地上処理して関係機関に提供した。

SAR観測データから重要領域を抽出する手法として、機械学習を用いた浸水領域抽出モデルを構築した。



浸水領域抽出結果の例。

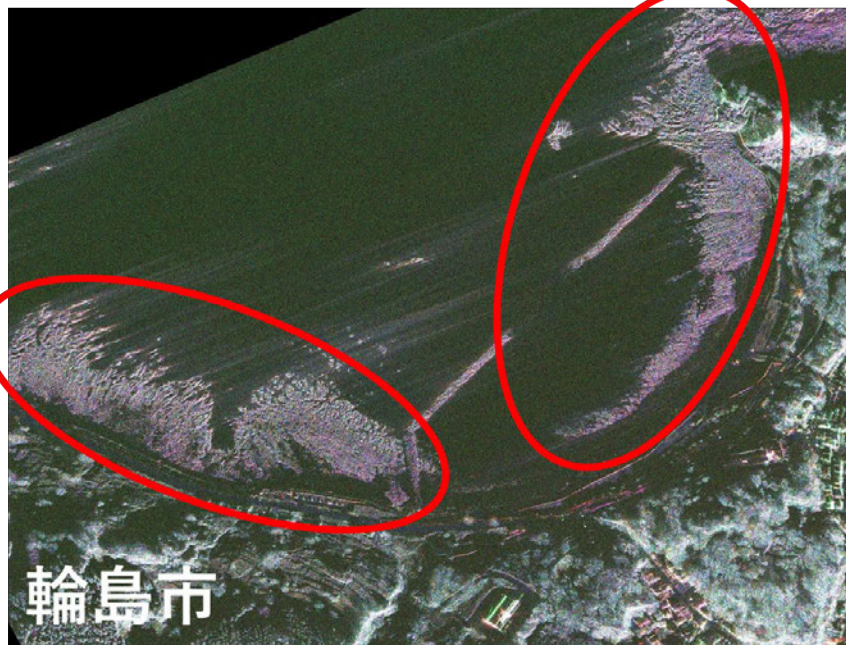
（赤色：非浸水被害地域、青色：浸水被害地域）

東日本大震災直後のPi-SAR2観測データ等を教師データとしてモデルを構築。このモデルによる推定結果の一例を左図に示す。

左列がPi-SAR2による観測データ、中央列がアノテーションされた真値（青が浸水領域）、右列が機械学習モデルによる推定結果である。

地表面の面積比で86%を超える精度を達成した。

2024年1月1日に発生した能登半島地震を受けて、2月にPi-SAR X3を用いた能登半島全域の観測を実施。研究機関から要望のあった一部データは機上処理して即日提供、能登半島全域のデータは後日地上処理して関係機関に提供した。



輪島市沿岸。赤〇は地震による隆起で海面から出たところ。



輪島市鳳至町。赤〇で示す白っぽいエリアは地震後の火災で焼失したエリア。

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)

国立研究開発法人 防災科学技術研究所

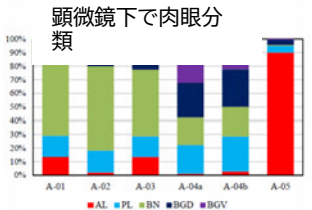
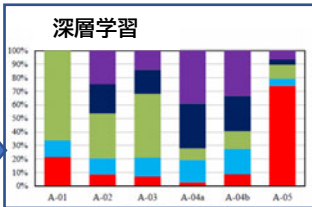
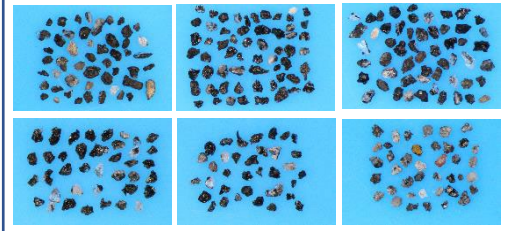
NIED01 多角的火山活動評価に関する研究

目的:研究分野や組織を超えた連携により、噴火災害を迅速に把握する技術や火山活動の推移を予測する技術の実現、さらにその成果を社会に提供することにより、各主体の火山災害に対するレジリエンス能力の向上を目指して研究開発に取り組む。

火山灰粒子画像の自動分類ソフトウェアを開発

火山灰粒子の自動分類技術

阿蘇の火山灰粒子の顕微鏡写真



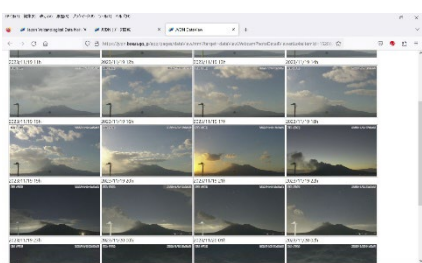
深層学習から阿蘇の火山灰粒子の迅速自動分類に成功 (Miwa et al., 2023紀要)

火山灰の微粒子の画像をAIにて分析することにより、火山灰の分類を自動で行うことを可能にした。

火山灰を自動で採取して画像を撮影する火山灰自動採取・可搬型分析装置(VOLCAT)と組み合わせることにより、火山灰のリアルタイムモニタリングが可能になる。

JVDNシステムによるデータ統合

気象庁の遠望カメラ画像



火山活動の評価や推移予測に活用するため、噴煙レーダ、火山ガス画像、気象庁の遠望カメラ画像などのデータ統合を進めた。火山調査研究推進本部のデータベースとして活用されることになった。

硫黄島での調査観測を実施

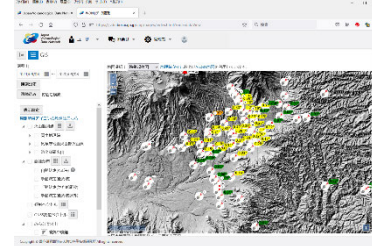
翁浜沖でのマグマ噴火



硫黄島の南海岸沖で、2022年より観測史上初めてとなるマグマ噴火が断続的に発生し、2023年には新島が形成された。火山観測網の維持に努めるとともに、噴出物調査、火山ガスの調査などを行った。調査結果は、火山噴火予知連絡会や現地へ提供した。

降灰の把握と予測技術

JVDNシステム



JVDNシステムのデータ共有機能を利用し、「降灰調査チーム」と連携して、噴火時の降灰データの迅速な共有の訓練を行った。また、訓練の結果を改良に反映した。

ディストロメータ

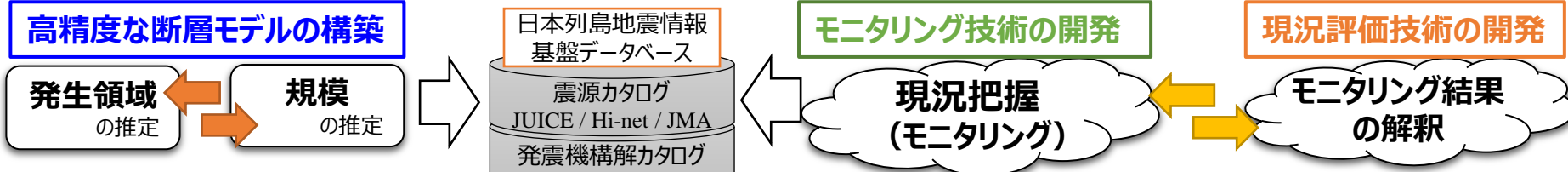


無人による即時的な降灰把握を目指して、ディストロメータとシミュレーションによる降灰把握技術の開発を進めた。

NIED02 地震・津波予測技術の戦略的高度化研究

【目的】観測データに基づく地震発生長期評価の高度化に資する研究開発の実施

地震発生領域・規模の評価と地震活動の現況把握



高精度な断層モデルの構築

発生領域の推定 → 規模の推定

日本列島地震情報
基盤データベース

震源カタログ
JUICE / Hi-net / JMA

発震機構解カタログ
F-net / AQUA / Hi-net

地下構造DB

モニタリング技術の開発

現況把握 (モニタリング)

現況評価技術の開発

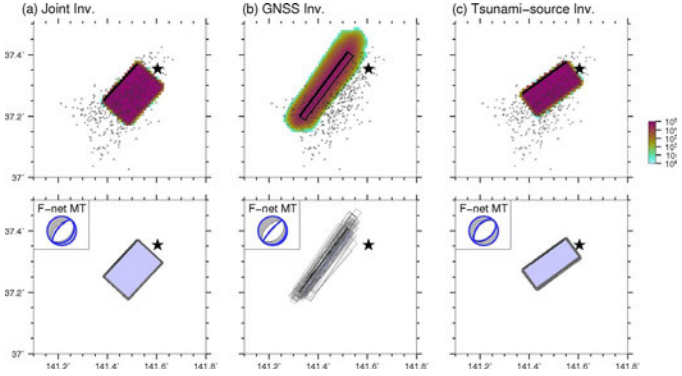
モニタリング結果の解釈

津波計を用いた震源断層モデル高分解能推定技術の開発

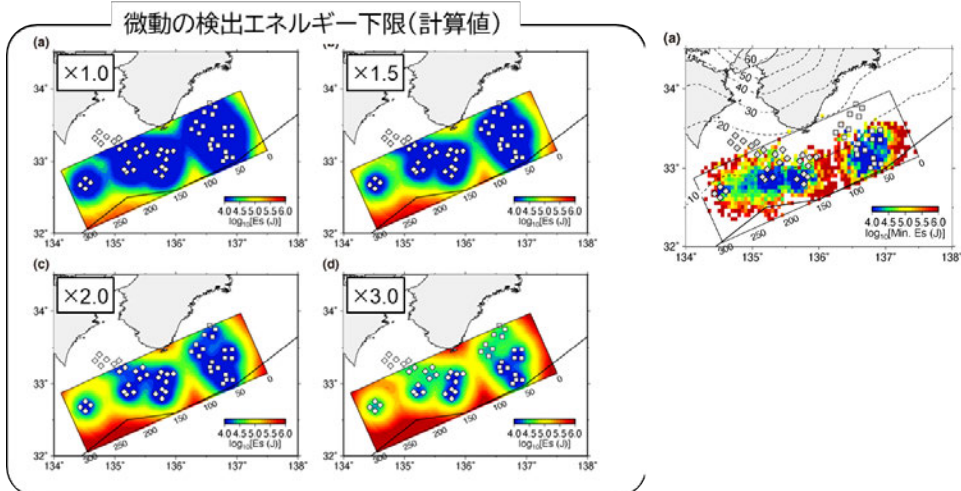
- 陸上測地データに津波波形記録から得られる震源域直上の鉛直変位データ(津波波源データ)を加えることにより、沖合で発生する地震の断層モデルの推定精度を向上させることに成功
⇒地震直後の断層破壊域推定への効果に期待

南海トラフ浅部微動検知エネルギー下限の評価

- DONET各点のノイズレベル(2-8 Hz)とサイト特性を考慮し、プレート境界面上の微動源位置で期待される微動の検出下限値を計算により導出
- 実際に観測されたエネルギー下限と比較した結果、検出下限をノイズレベルの2倍程度と見なしたケースと良く一致することを確認
⇒浅部微動活動の定量評価へ



2016年11月に福島県沖で発生したMw7.0の地震に対する断層モデル推定結果。
(a) GNSSデータと津波波源データ、(b) GNSSデータのみ、(c)津波波源データのみを使用した結果 (Kubo et al., 2023; EPS)



左) DONET各点のノイズレベルから推定した検出下限の分布。右) 実データ解析から検出された微動の最小エネルギー (太田, 2023; 地震学会秋季大会)

NIED03 巨大地震による潜在的ハザードの把握に関する研究

【目的】 室内実験・大規模シミュレーション等を活用し、巨大地震の実態解明を目的とした研究を推進

- ・プレート境界及び内陸地殻に蓄積されている応力・歪みエネルギーの定量化・可視化
- ・巨大地震の実態解明による南海トラフ巨大地震等の発生シナリオの作成

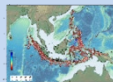
地震発生場に関する研究

- ・応力分布モデル作成
- ・地下構造時空間変化推定
- ・震源過程メカニズム解明



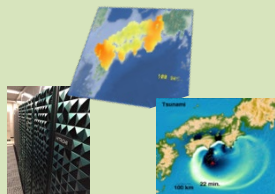
海外の巨大地震に関する研究

- ・海外巨大地震津波即時解析
- ・巨大地震の知見獲得
- ・国際協力の推進



大規模シミュレーション研究

- ・大規模シミュレーションによる知見の統合
- ・多様な発生様式を考慮した巨大地震発生シナリオ構築



破壊の基本法則に関する室内実験

- ・長大岩石摩擦実験
- ・数値シミュレーション
- ・断層破壊の基本法則解明



巨大地震の知見・スケーリング

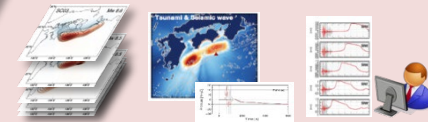
地震発生場・発生機構モデル

断層破壊の基本法則・摩擦則

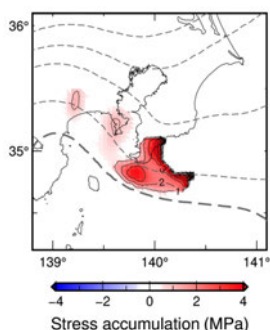
統合

アウトプット

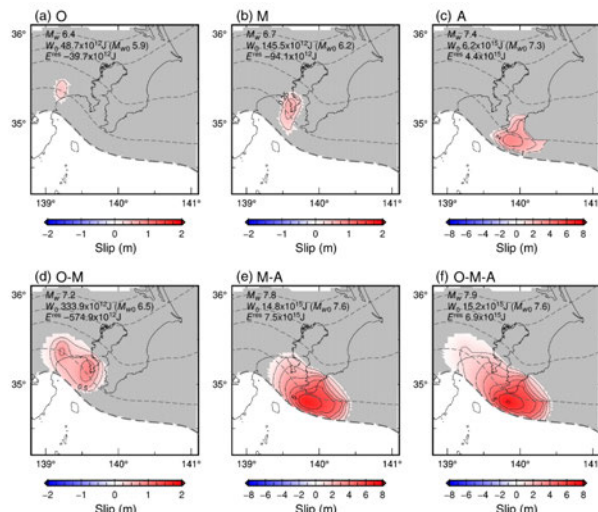
- 応力分布モデル
- 巨大地震発生シナリオ
- 巨大地震津波の模擬観測記録



プレート境界の固着域



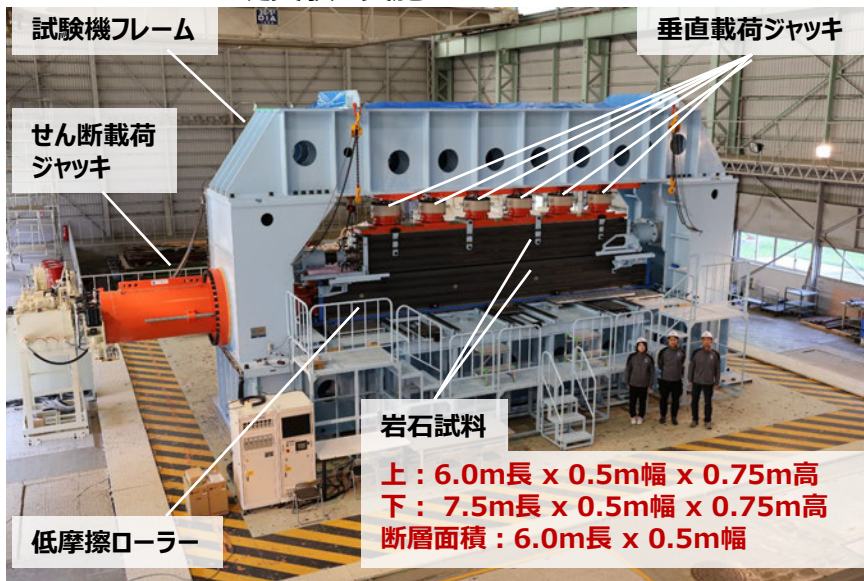
多様な巨大地震の破壊シナリオ



Saito & Noda (2023; BSSA)

- ・GNSS記録解析と過去の大地震の震源域から、3つの力学的固着域およびその応力蓄積量を推定
- ・固着域の破壊の組み合わせ・応力解放量をもとに、将来起こりうる6つの大地震の破壊シナリオを作成

新たに開発した巨大岩石摩擦試験機の動作試験並びに基礎実験の実施

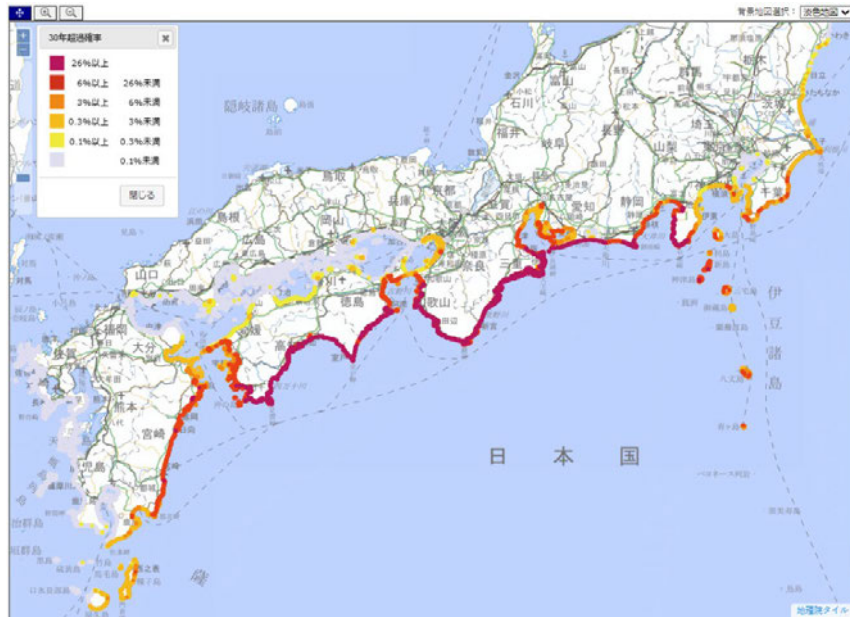


- ・本試験機を用いた実験により、摩擦特性の断層スケール依存性や地震連鎖のメカニズム解明に向けた実験研究を推進
- ・国内外の研究機関と本試験機を用いた共同研究を推進

NIED04 自然災害ハザード・リスク評価と情報の利活用に関する研究

- 確率論的な津波ハザード情報を提供するシステム「津波ハザードステーション (J-THIS)」を開発し、2020年2月に運用を開始した。これまで、地震調査委員会が2020年1月に公表した「南海トラフ沿いで発生する大地震の確率論的津波評価」に関する詳細な情報を提供してきた。
- 利用者がそれぞれのニーズに応じて、適切に津波ハザード情報を利活用できることを目的として、J-THISに「J-THIS Labs」を2023年12月に新設し、「南海トラフ沿いの地震に対する確率論的津波ハザード評価」に関する津波ハザード情報を、最大クラスを考慮する等により更に充実させ、公開した (<https://www.j-this.bosai.go.jp/>)。

30年超過確率分布



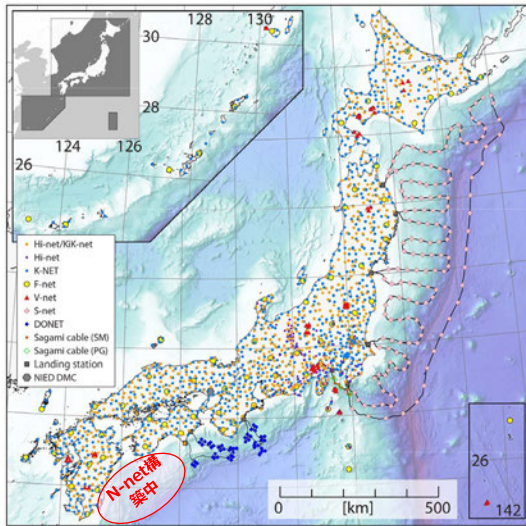
南海トラフ沿いで発生する大地震によって今後30年以内に最大水位上昇量3m以上の津波が海岸に来襲する確率を示した超過確率分布図。最大水位上昇量を3m、5m、10m、評価基準日を2020年1月1日、2021年1月1日、2022年1月1日、2023年1月1日、配色方法を3色表示、6色表示から選択可能。

確率論的な最大水位上昇量分布



今後30年以内の南海トラフ地震に対する超過確率が3%となる場合の、海岸に来襲する津波の最大水位上昇量分布図。評価基準日を2020年1月1日、2021年1月1日、2022年1月1日、2023年1月1日から選択可能。

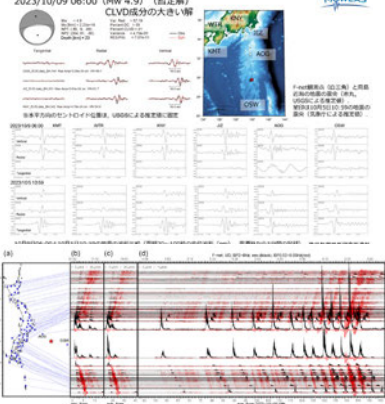
7つの基盤的観測網の統合運用 MOWLAS (陸海統合地震津波火山観測網)



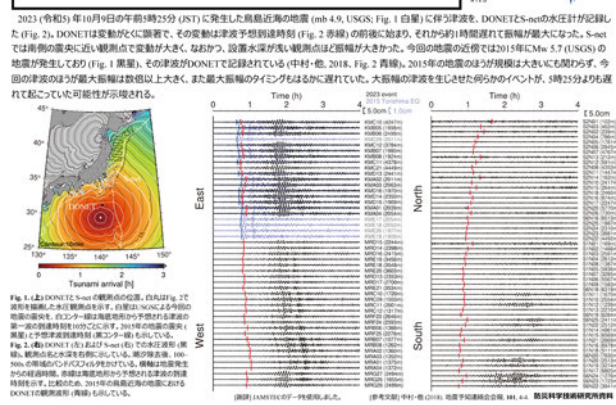
2023年10月9日鳥島近海の地震の観測波形

2023年10月9日午前5時~6時半頃に鳥島近海においてM4~5地震が10回以上発生し、関東から沖縄の広い範囲で津波が観測された。F-net広帯域地震計の記録は、2~6 Hzの帯域では直達波に比べてTフェーズが顕著であるという特徴を持つことを示した。DONET及びS-netでは地震規模から予想されるよりも大きな振幅の水圧変動が記録された。

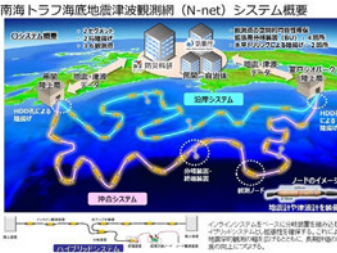
2023年10月9日鳥島近海の地震 (F-netによるメカニズム解)



2023年10月9日 鳥島近海の地震のDONET・S-net水圧観測波形



南海トラフ海底地震津波観測網 (N-net) の開発・整備

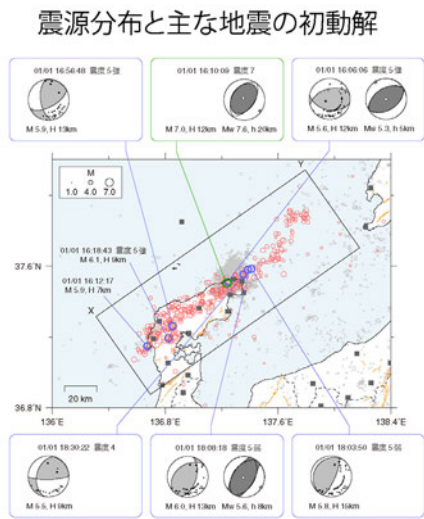


N-netにおいては、沖合システムと沿岸システムの2つのシステムのうち、沖合システム18台において製造を終え、積み込み前に観測機器とケーブルを接続した状態でのシステムアセンブリ試験を実施した上で、10月よりケーブル敷設船に積み込み、海底への敷設を実施した。また串間および室戸ジオパーク陸上局内に陸上部機器を設置しシステムの動作確認をし、海底からのデータ取得が可能になった。

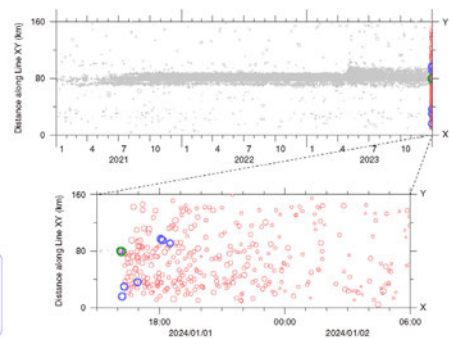


2024年1月1日令和6年能登半島地震 (M5.4)

地震調査委員会臨時会で報告



- 2024年1月1日16時10分頃に石川県能登地方でMj 7.6 (気象庁暫定値)の地震が発生
- 防災科研 F-netによるMT解は逆断層型、その前後の主な地震の初動解も逆断層型
- その後の地震活動は北東-南西方向約160kmにわたって分布



図(左) 防災科研 Hi-net による震央分布 (2021年1月1日~2024年1月2日6時、深さ30 km以浅、手動および自動検測震源) と主な地震の初動解。F-netによるMT解も併せて示す。緑線は活断層研究会(1991)による断層線、四角は観測点、破線は境界。(右) 左図矩形領域内の地震の時空間分布。破線は震央を直線XYに投影した水平位置。緑丸は2024年1月1日16時10分の地震、青丸(M5.5以上)および赤丸はそれ以外の2024年1月1日16時以降の地震。灰丸はそれ以前の地震。