

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

国土交通省 国土地理院

- GSI_01 内陸の地殻活動の発生・準備過程の解明
 - GSI_02 プレート境界面上の滑りと固着の時空間変化の広域的な把握
 - GSI_03 火山地域のマグマ供給系のモデリング
 - GSI_04 GNSS連続観測(GEONET)
 - GSI_05 地形地殻変動観測
 - GSI_06 物理測地観測
 - GSI_07 宇宙測地技術による地殻変動監視
 - GSI_08 GNSS観測・解析技術の高度化
 - GSI_09 全国活断層図整備
 - GSI_10 火山基本図・火山土地条件図整備
 - GSI_11 地殻活動データベース整備・更新
- 地震予知連絡会

GSI_01: 内陸の地殻活動の発生・準備過程の解明

令和6年能登半島地震の震源断層モデルおよび余効変動の推定

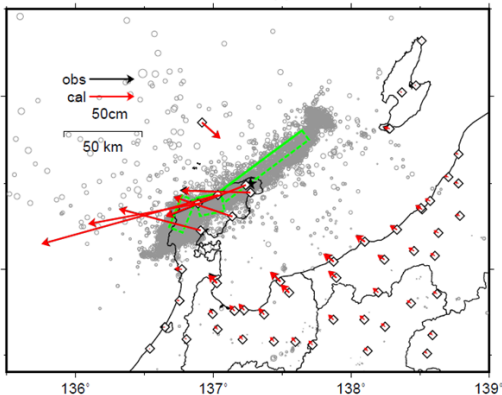
地震断層モデル（矩形）を構築した。能登半島西岸～北岸～北西沖に至る一連の逆断層が推定され、余震分布や既知の断層トレースと概ね一致した。矩形断層モデルを参考に地震断層モデル（すべり分布）を構築し、輪島西岸で10m弱、能登半島北西沖で10m程度のすべりが推定された。

地震後約1か月の余効変動（水平約2cm、上下約3cm）について、粘性緩和モデルで説明を試みた結果、表層が弾性体、基盤層がマクスウェル粘弾性体の半無限二層構造で、弾性層の厚さ20km、粘性率 $1 \times 10^{18} \text{Pa} \cdot \text{s}$ のモデルで概ね特徴を説明できることがわかった。

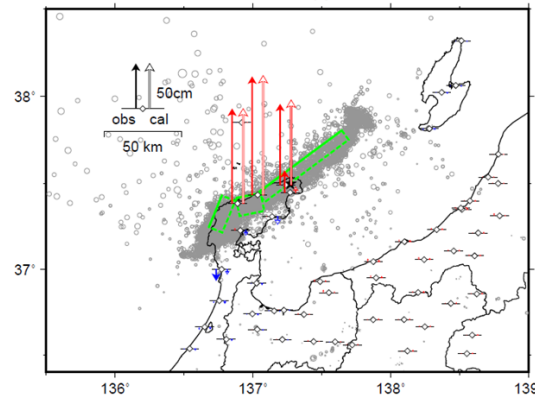
令和6年能登半島地震の震源断層モデル

基準期間：2023年12月25日～2023年12月31日 (F5解) JST
比較期間：2024年1月2日～2024年1月6日 (F5解) JST

【水平変動の観測値と計算値の比較】



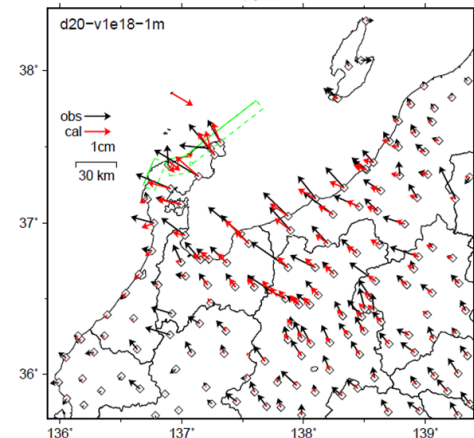
【上下変動の観測値と計算値の比較】



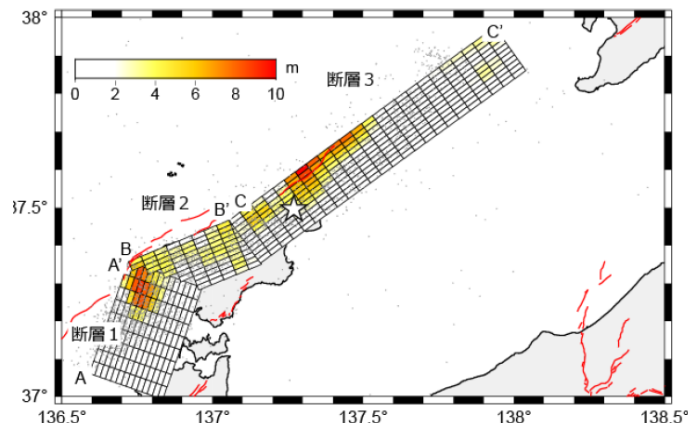
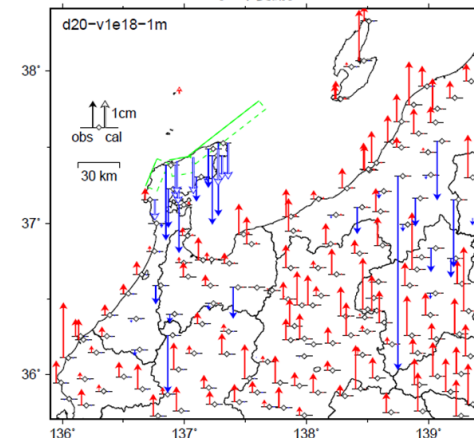
・黒色の星は1月1日のMj7.6の震央、灰色丸は震央分布（気象庁一元化震源（気象庁）を使用）、2024年1月1日16時10分～1月3日23時59分。
・黄緑色の矩形は震源断層モデルを地表面に投影した位置で、実線が断層上端。

令和6年能登半島地震の粘性緩和による変動（地震後1ヶ月間）暫定

【水平変動】



【上下変動】



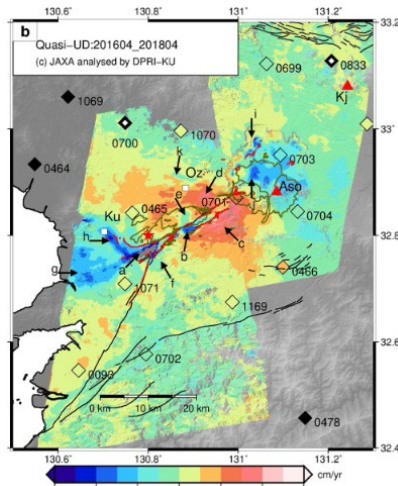
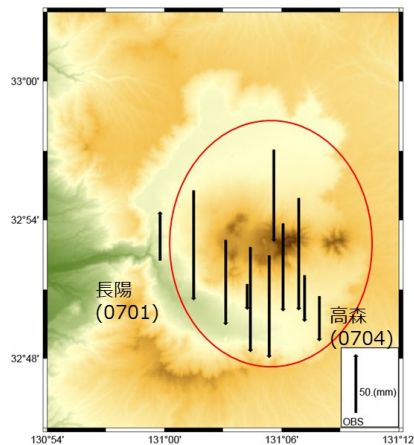
GSI_01: 内陸の地殻活動の発生・準備過程の解明

2016年熊本地震の余効変動のモデル化

2016年熊本地震の後、阿蘇カルデラ内で顕著に見られる沈降の原因として、粘弾性変形、余効すべり、阿蘇山のマグマだまりの体積変化の3つの寄与を調査した。

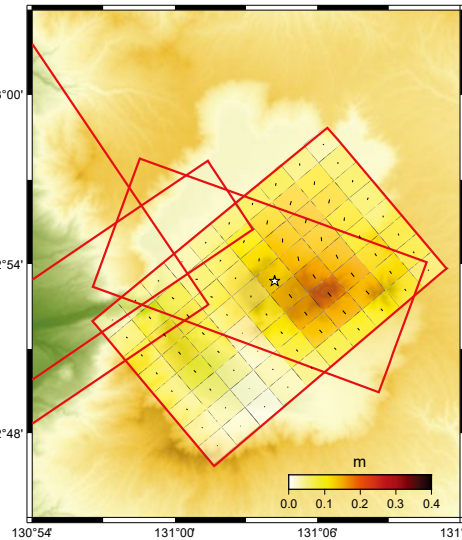
その結果、阿蘇カルデラ内の沈降は阿蘇カルデラ内の断層の正断層性の余効すべりで説明できること、またマグマだまりの長期的な収縮は見られないことがわかった。

2015/1/19-2021/8/15

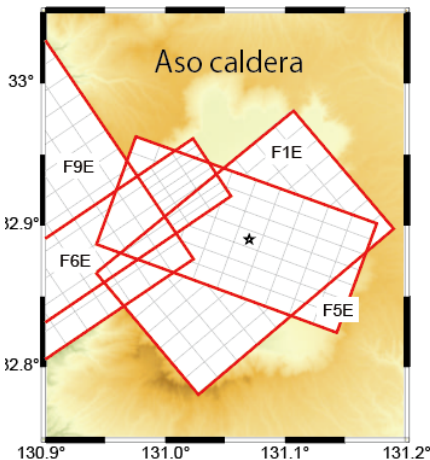
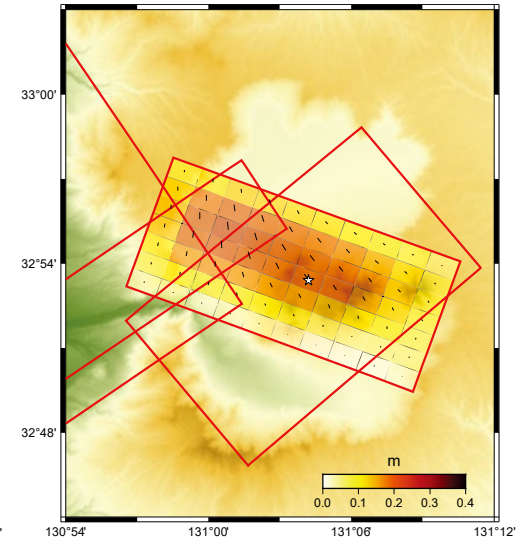


Hashimoto (2020)

F1Eの累積すべり

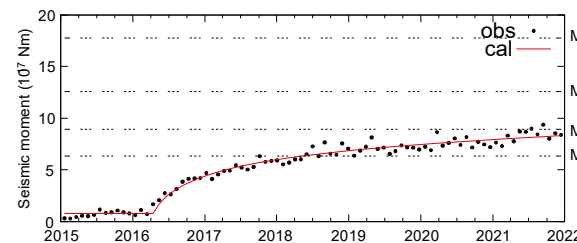


F5Eの累積すべり

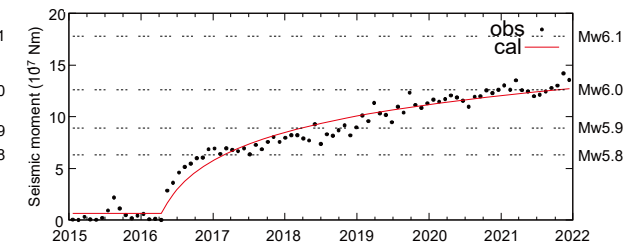


☆: 球状圧力源

F1Eの積算モーメント

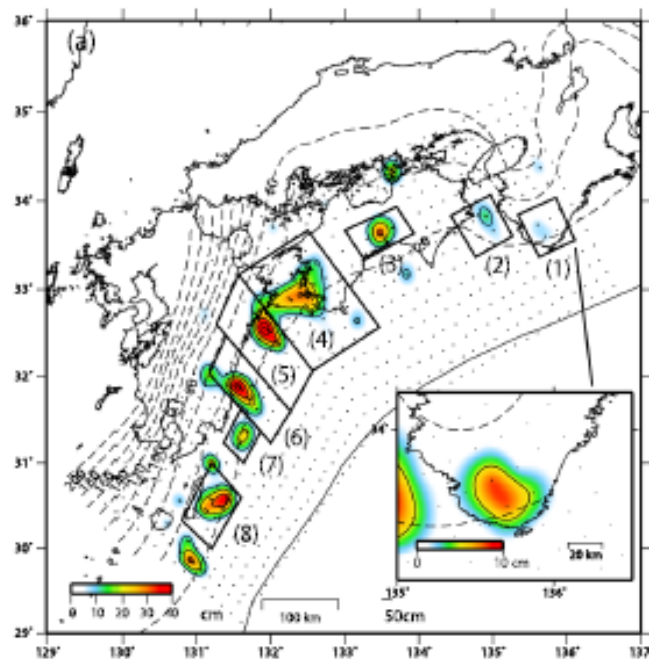


F5Eの積算モーメント



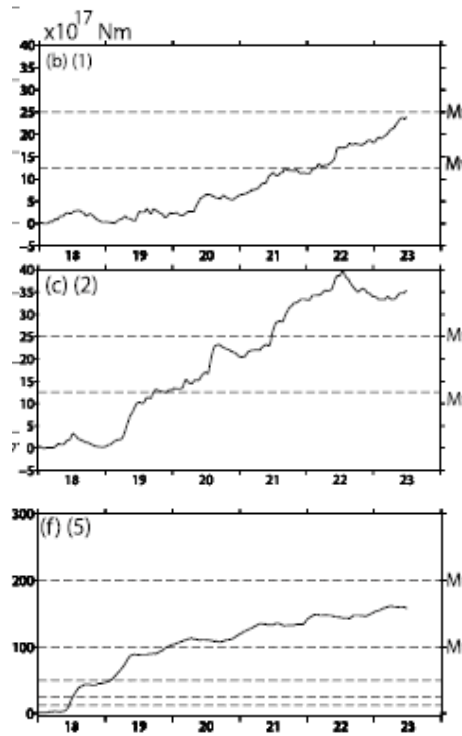
Kobayashi et al. (2023) 47

2018年以降の長期的SSEの検出

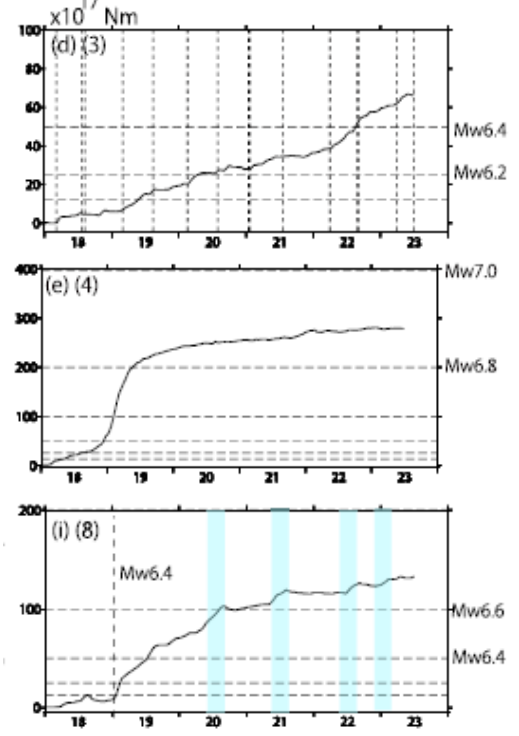


Ozawa et al. (2024a)

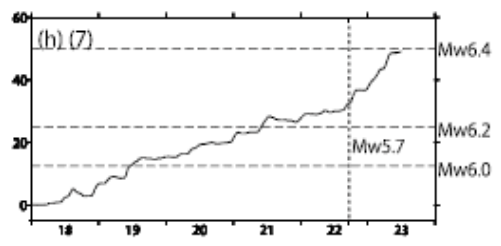
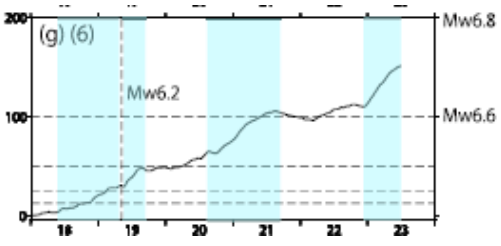
■ 紀伊半島 2020年頃から発生？



■ 四国中部 現在進行中

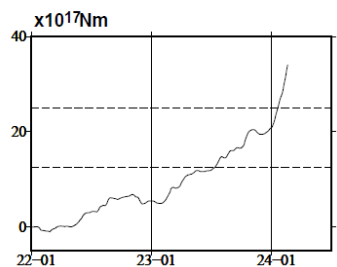


■ 日向灘 2023年初頭から発生→秋に停止

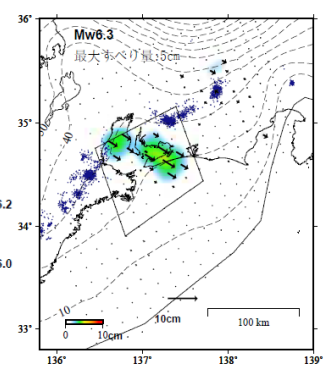


■ 東海 2022年初頭から発生

モーメント 時系列 (試算)



推定すべり分布 (2022-01-01/2024-02-20)

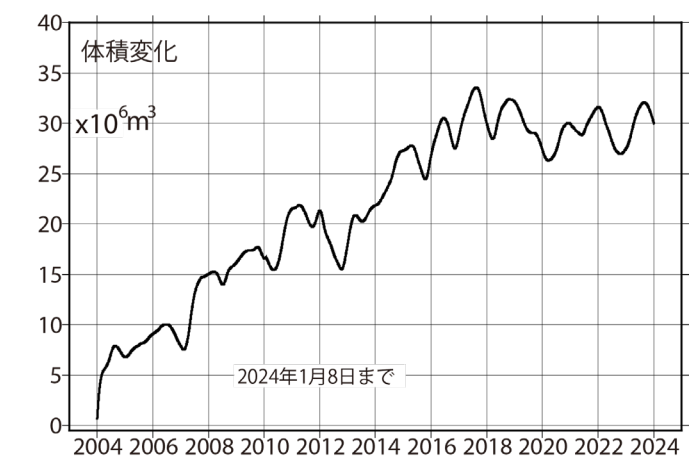
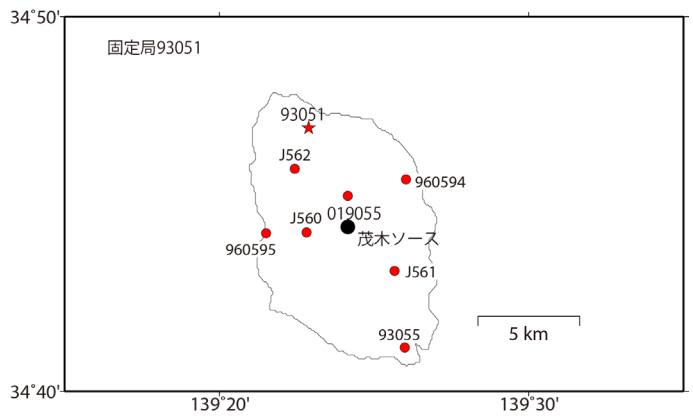


GSI_03: 火山地域のマグマ供給系のモデリング

時間依存インバージョンによる、火山地殻変動力源の推定

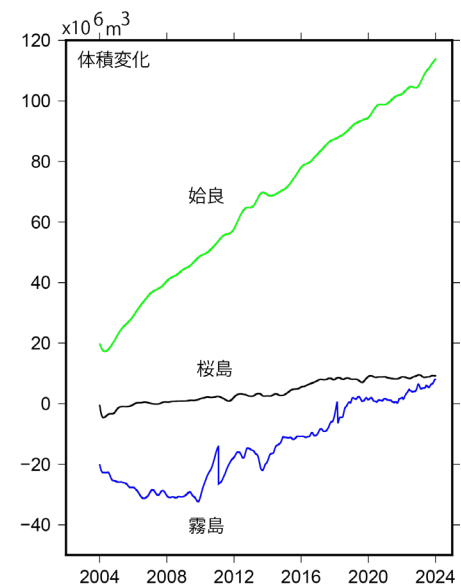
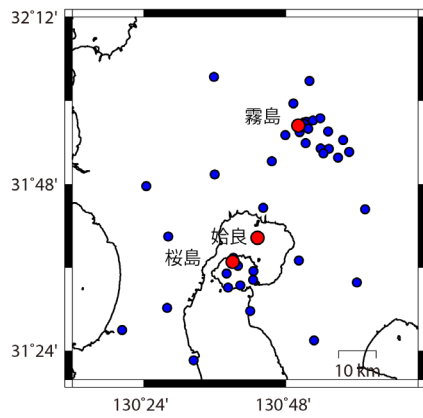
時間依存のインバージョンを伊豆大島、桜島、霧島、阿蘇山地域に適用し、マグマ溜まりの時間変化を推定した。伊豆大島では2016年頃から現在まで膨張傾向が停滞している。霧島山では、2022年初頭より続いていた膨張が2023年夏以降停滞している。

■ 伊豆大島



茂木ソース: 緯度 34.74 経度 139.4 深さ 6km
*電子基準点の保守等による変動は補正済

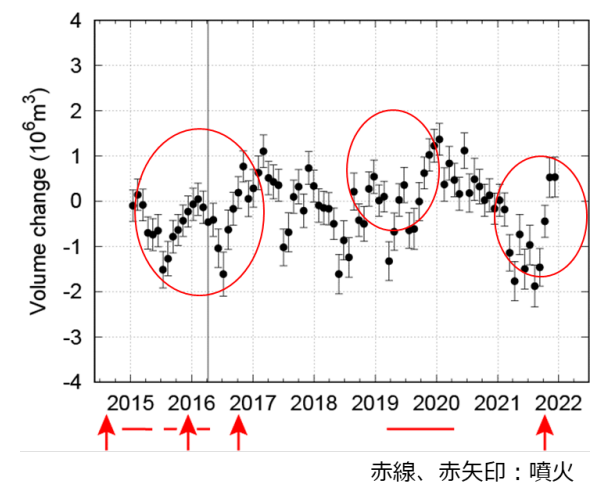
■ 霧島山



■ 阿蘇山



草千里北東深さ4kmのマグマだまり (Nobile et al., 2017)



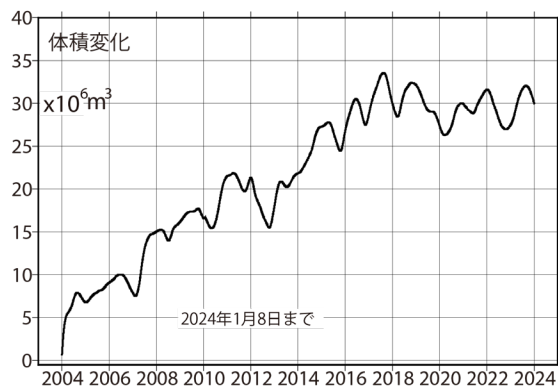
赤線、赤矢印: 噴火

GSI_03: 火山地域のマグマ供給系のモデリング

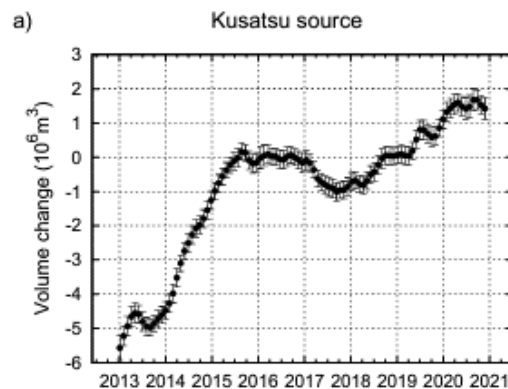
5年間の成果

以下の火山について時間依存のインバージョンを適用し、地殻変動からマグマ溜まりの体積変化を推定した。

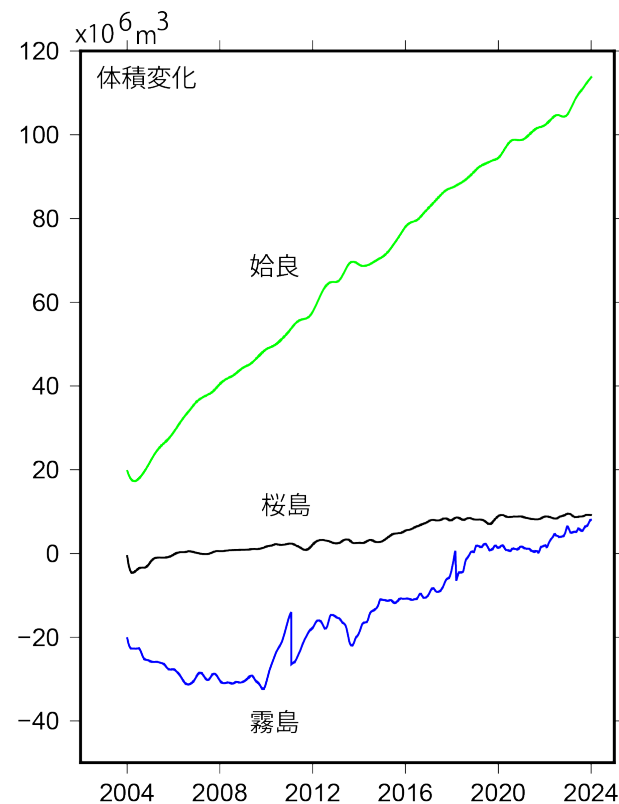
■ 伊豆大島



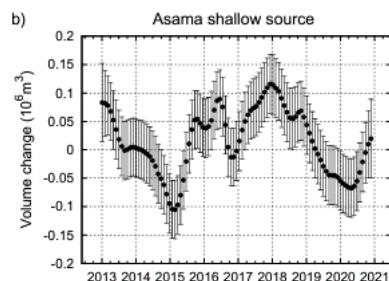
■ 草津白根山



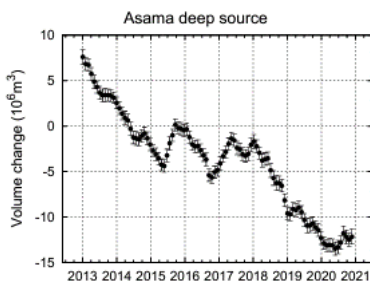
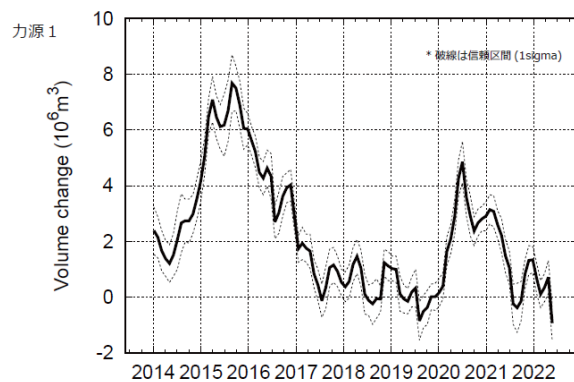
■ 霧島山 ■ 桜島



■ 浅間山



■ 口永良部島

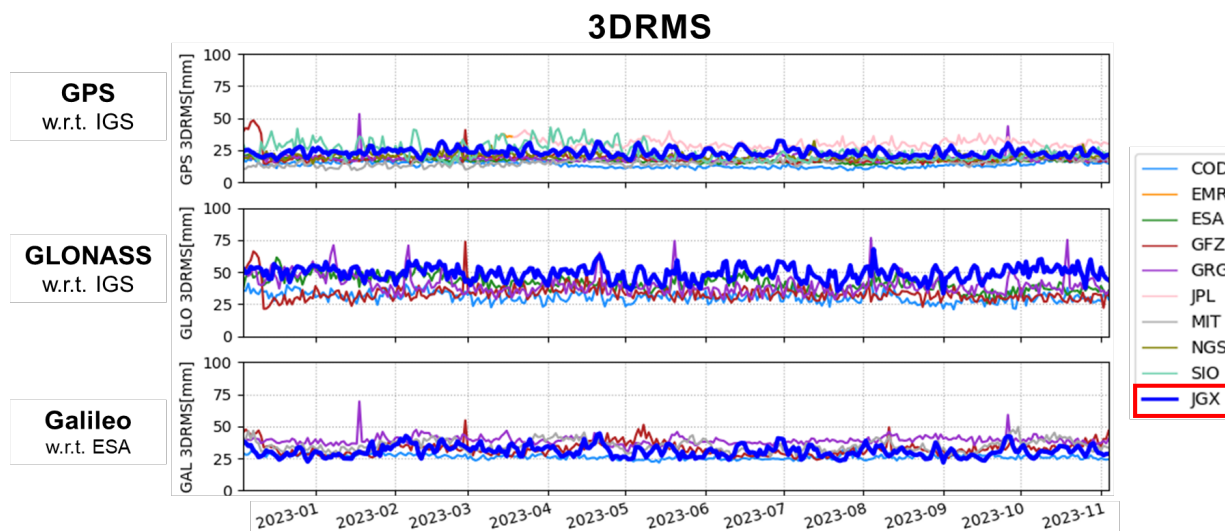


「電子基準点」、「日々の座標値 (F5解)」の運用・提供

- 全国約1,300点の電子基準点を運用、観測データを公開
- 1996年以降の全電子基準点データを解析ストラテジ第5版により解析、座標解 (F5解) をWEB公開

IGS解析センターへの参画

- GNSS衛星の精密な軌道情報 (**精密暦 : せいみつれき**) を定常的に算出する体制をJAXAと構築
- 国際GNSS事業 (IGS) の認定を受け、2023年12月、**日本で初めてIGS解析センターに参画**



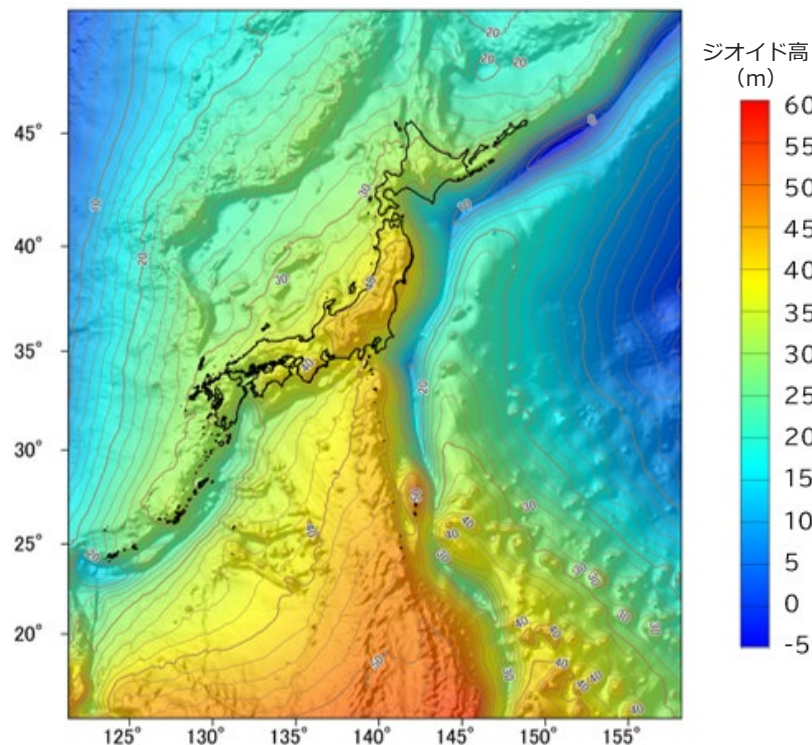
▲ 各GNSS衛星の精密暦の精度

赤枠が国土地理院・JAXAによる結果。期間は2022年12月～2023年11月。

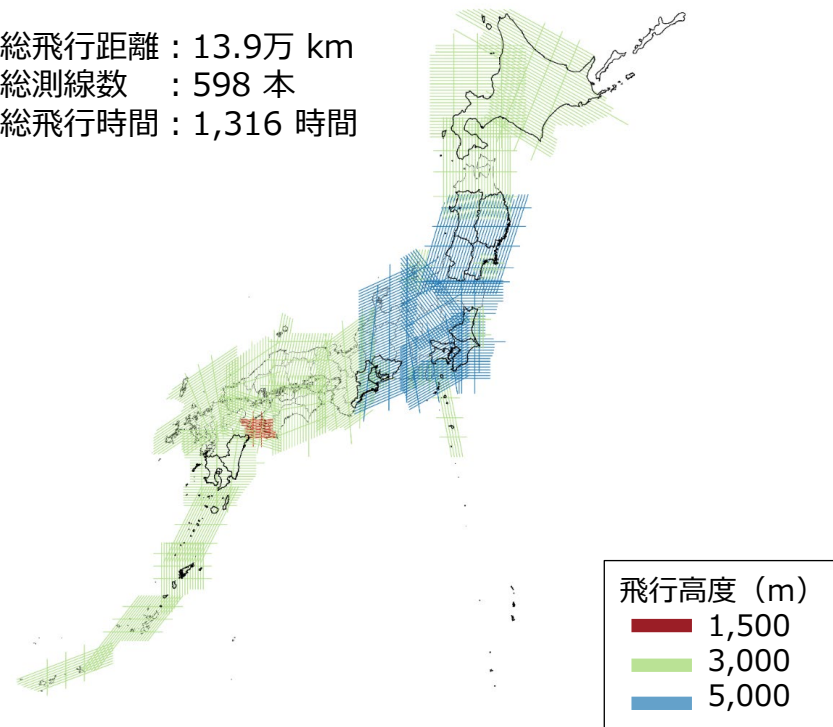
- GNSSを用いた精密な位置決定には、衛星の精密な軌道情報 (精密暦) が必要。
- 国土地理院・JAXAが連携し、日本独自で精密暦を安定的に算出する体制を構築
- 国際GNSS事業 (IGS) が算出する、世界的に広く用いられる精密暦 (IGS暦) と**高いレベルでの整合性**を確保。
- 今後も、IGS暦への**準天頂衛星システム「みちびき」(QZSS) の導入**に向けた検証を継続。

「ジオイド2024 日本とその周辺」(試作版)の公開

令和元年に開始した航空重力測量が令和5年5月に完了し、令和6年3月に、新しい精密重力ジオイド「**ジオイド2024 日本とその周辺**」の試行版を公開した。令和6年度に正式版を公開する予定。航空重力データ・重力異常データについても令和6年3月に公開を開始。



総飛行距離 : 13.9万 km
 総測線数 : 598 本
 総飛行時間 : 1,316 時間



○名称 : ジオイド2024 日本とその周辺 (GSIGEO2024)

○公開範囲 : 北緯15~50°、東経120~160°
 (領土、領海及び EEZを含む)

○空間分解能 : 緯度1'×経度1.5' (約2km間隔)

航空重力測量の測線及び飛行高度

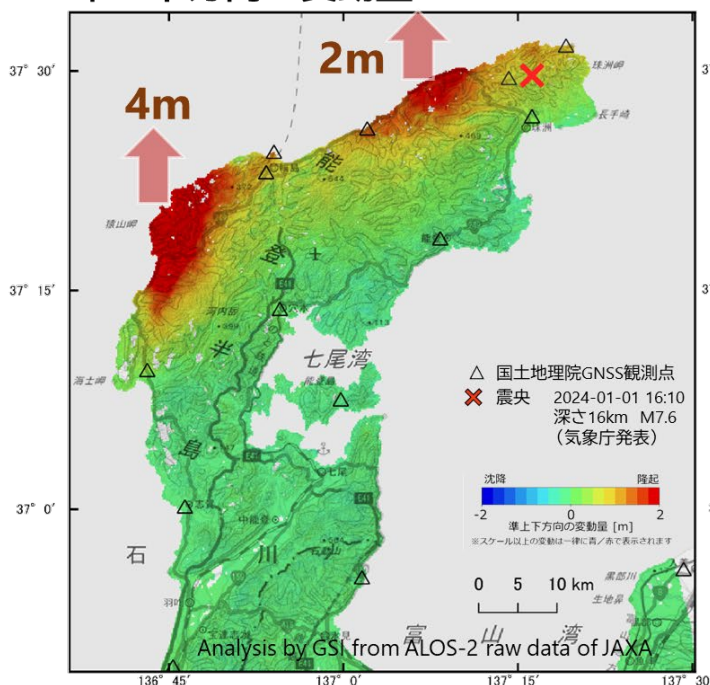
全国を対象とした干渉SAR時系列解析の実施

- 全国を対象に干渉SAR時系列解析を実施、成果を公開（関係機関には時系列データも公開）

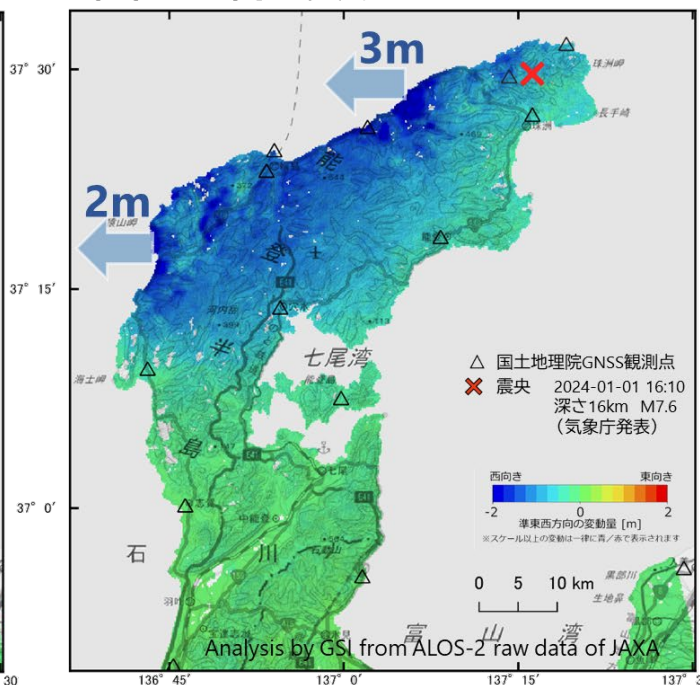
令和6年能登半島地震に伴う地殻変動を把握

- 1月1日～15日に観測された8観測のうち5観測のピクセルオフセット解析結果を用いて2.5次元解析を実施

準上下方向の変動量



準東西方向の変動量

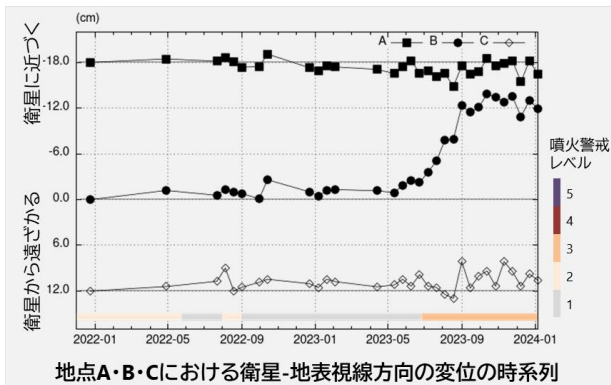
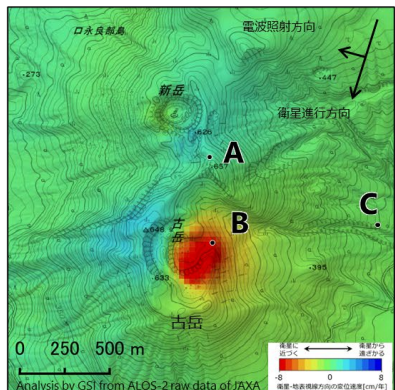


2.5次元解析結果（1月1日, 3日, 9日, 12日, 15日）

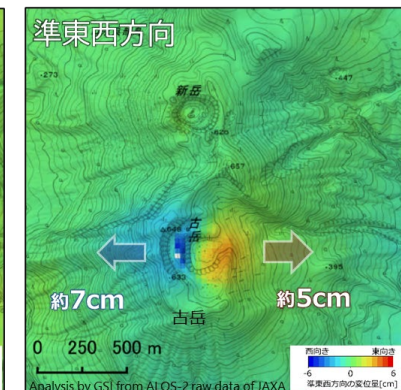
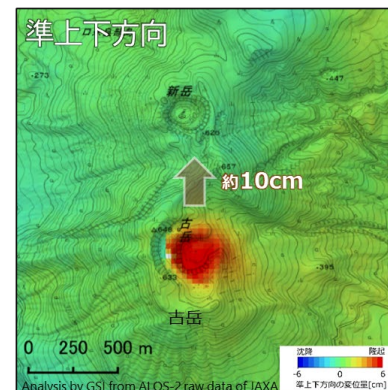
輪島市西部で**最大約4mの隆起**、**最大約2mの西向き**の変動を検出
 珠洲市北部で**最大約2mの隆起**、**最大約3mの西向き**の変動を検出

口永良部島（古岳）の火山活動（干渉SAR時系列解析（左図）・2.5次元解析（右図））

変位速度(2021年12月24日～2024年1月5日)



2023年7月8日～9月15日の変動



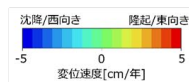
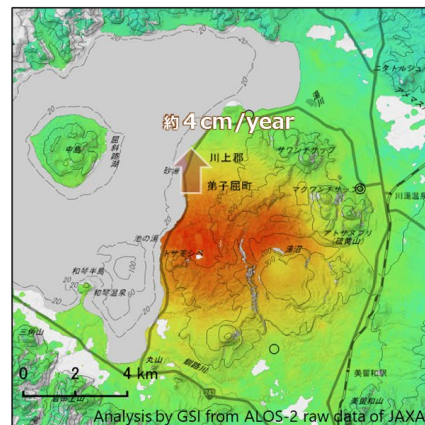
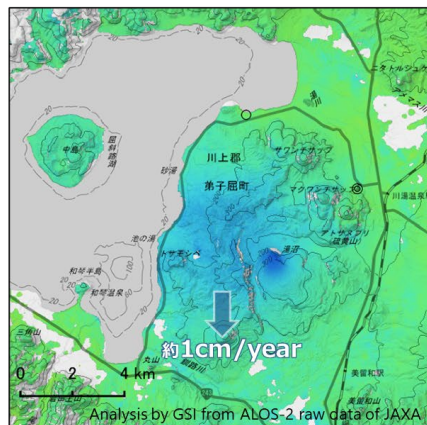
干渉SAR時系列解析により、**2023年5月～9月の古岳山頂付近の衛星に近づく変動の時間推移**を把握

2.5次元解析では、2023年7～9月に約10cmの隆起、山頂西側で約7cmの西向きの変動、東側で約5cmの東向きの変動を検出

アトサヌプリの火山活動（2.5次元解析による準上下方向の変位速度）

2014年8月25日～2021年5月24日

2021年7月31日～2023年10月21日



北行軌道及び南行軌道の干渉SAR時系列解析の結果を用いて2.5次元解析を実施
アトサヌプリ西側の広い範囲で、
2021年5月までは**年間約1cmの沈降**、
2021年7月以降は**年間約4cmの隆起**を検出

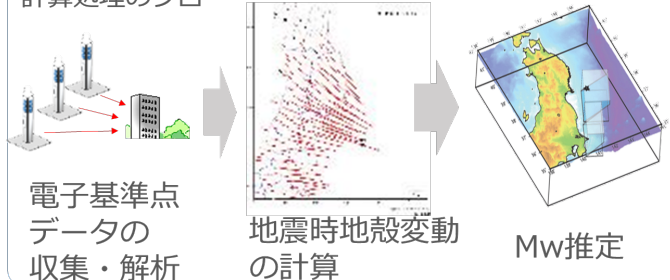
電子基準点リアルタイム解析システム (REGARD)の高度化

概要

REGARD

- 日本全国の電子基準点の位置を、**リアルタイム**で解析
- 地震発生後、電子基準点の**変動量を自動で計算**
- 地震計と異なり、**巨大地震でも振り切れない**

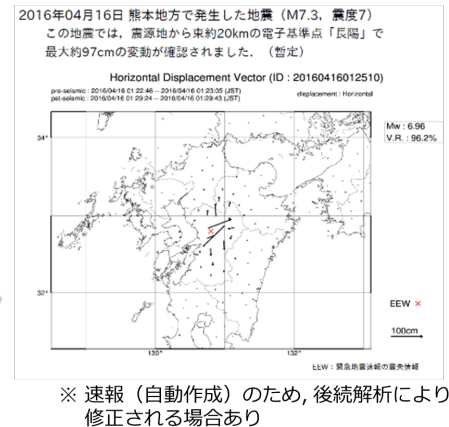
計算処理のフロー



地震発生後**10分程度**で、**5~10cm以上の地殻変動**が分かる

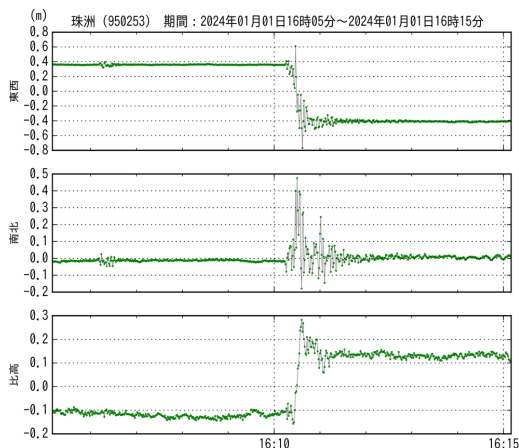
関係機関等へ自動送信

(例) 熊本地震時の結果



PPP (精密単独測位) 解析 / データに着目した品質評価手法 / MCMC法を用いた単一矩形断層モデル

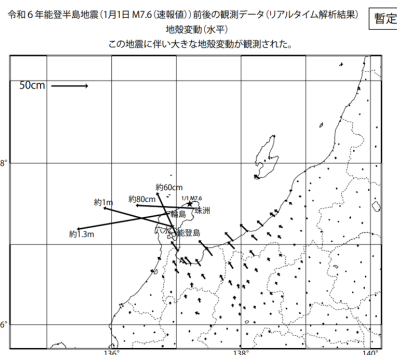
解析例



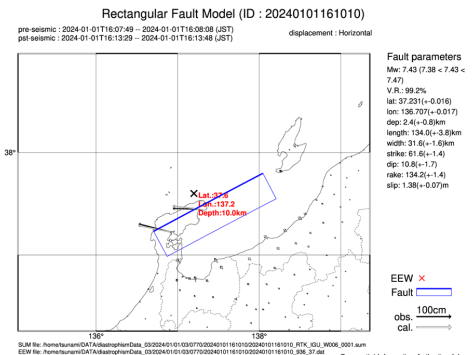
電子基準点「珠洲」(石川県)のリアルタイム解析結果
(固定点: 北波多(佐賀県))

2024年1月1日 令和6年能登半島地震 (M7.6)

- 水平約**1.3m** (速報値) の地殻変動をリアルタイムで観測
- 高い信頼度 (VR99.2%) で**矩形断層 (Mw7.4)** を推定



変動ベクトル図



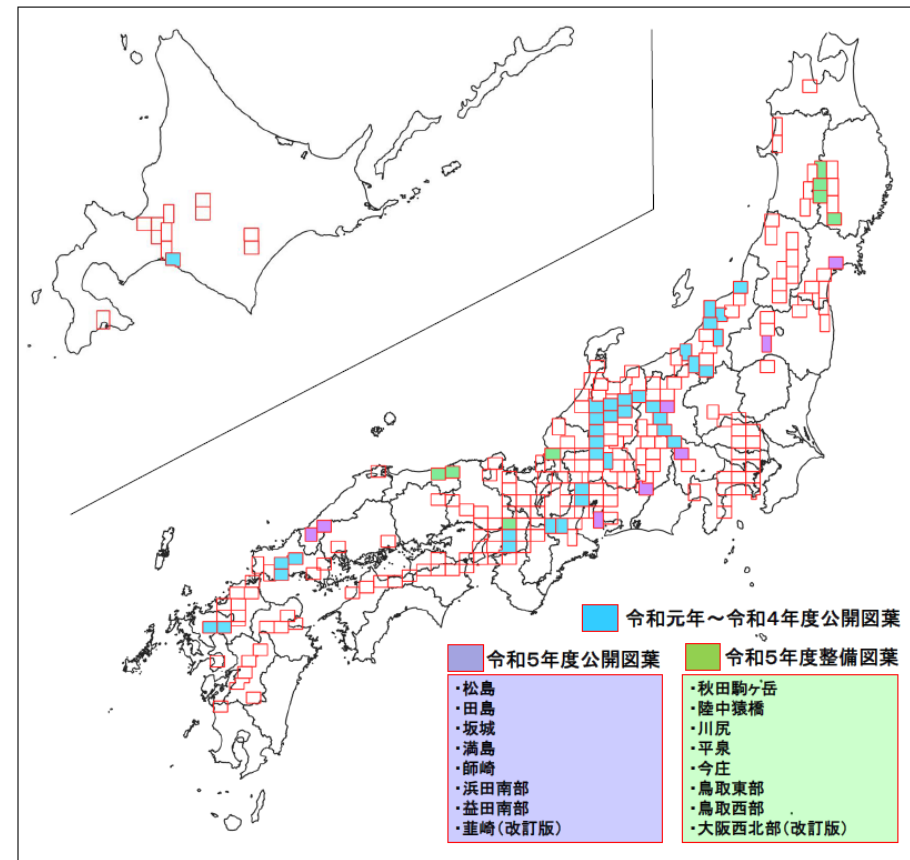
震源断層モデル

令和5年度における1:25,000活断層図の整備 (9断層帯8面)

- 雫石盆地西縁-真昼山地東縁断層帯とその周辺「秋田駒ヶ岳」「陸中猿橋」「川尻」 (岩手県・秋田県)
- 北上低地西縁断層帯とその周辺「平泉」 (岩手県)
- 柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯及び湖北山地断層帯とその周辺「今庄」 (福井県、滋賀県)
- 釜戸断層とその周辺「鳥取東部」 (鳥取県・兵庫県)
- 鹿野-吉岡断層とその周辺「鳥取西部」 (鳥取県)
- 上町断層帯、有馬-高槻断層帯及び六甲・淡路島断層帯とその周辺「大阪西北部改訂版」 (大阪府・兵庫県)

令和5年度における1:25,000活断層図の公開 (7断層帯8面)

- 長町-利府線断層帯とその周辺「松島」 (宮城県)
- 会津盆地西縁・東縁断層帯とその周辺「田島」 (福島県)
- 長野盆地西縁断層帯とその周辺「坂城」 (長野県)
- 伊那谷断層帯とその周辺「満島」 (長野県、静岡県、愛知県)
- 屏風山・恵那山断層帯及び猿投山断層帯とその周辺「師崎」 (愛知県)
- 弥栄断層とその周辺「浜田南部」「益田南部」 (島根県、広島県)
- 糸魚川-静岡構造線断層帯とその周辺「韭崎改訂版」 (山梨県)



「1:25,000活断層図(都市圏活断層図)」整備範囲
(令和5年9月現在で全国230面を公開)

火山基本図・火山土地条件図の概要と令和元年～5年の成果

○火山災害による被害の軽減、地域における防災計画の基礎情報の提供を目的に、監視・観測体制の充実等が必要とされた50火山を優先して整備

火山基本図： 火山地形の精密な等高線や火山防災施設等を示した縮尺1/5,000又は1/10,000の大縮尺地形図（西之島の縮尺1/2,500）

火山土地条件図： 過去の火山活動で形成された地形や噴出物の分布、噴火後の侵食地形や断層などを示した地形分類図

火山基本図の公開状況

優先すべき50火山(西之島を除く)のうち、
黒文字が整備・公開済(44火山)
茶文字が整備済・未公開(2火山)
 上記46火山のうち、**橙マスク**が令和元年度～5年度に整備又は整備・更新・公開した20火山
 灰色文字が未整備



火山土地条件図の公開状況

優先すべき50火山のうち
黒文字が整備・公開済(29火山)
茶文字が整備済・未公開(1火山)
 上記30火山のうち、**桃色マスク**が令和元年度～5年度に整備又は整備・公開した6火山
 灰色文字が未整備



- 「**地震予知連絡会**は、地震活動・地殻変動などに関するモニタリング結果や地震の予知・予測のための研究成果などに関する情報交換を行うことにより、モニタリング手法の高度化に資する役割を担う。」
- 「**地震予知連絡会**は、議事公開、重点検討課題などの検討内容のWeb配信などを通じて、モニタリングによる地殻活動の理解の状況、関連する観測研究の現状を社会に伝える。また、地震活動の予測手法の現状を報告、検討することで、地震発生の予知予測に関する研究の現状を社会に伝える。」



- 観測結果の報告、情報交換、検討（「モニタリングに関する議題」）と、注目すべき最近の研究成果に関する報告と討議（「重点検討課題」）で議事を構成し、年4回の定例会を実施
- 議事は公開（事前申し込みにより隣接会議室での傍聴が可能）

令和5年度の重点検討課題

地震予知連	コンビーナ	課 題 名
第239回(2023/05)	今西委員	群発地震
第240回(2023/08)	佐竹委員	関東地震100周年
第241回(2023/11)	遠田委員・堀委員	予測実験の試行（09）－地震活動の中期予測の検証
第242回(2024/02)	高橋副会長	令和6年能登半島地震