

「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3年度成果概要

産業技術総合研究所

- AIST01: 活断層データベースの整備
- AIST02: 主要活断層帯から生じる連動型地震の古地震学的研究
- AIST03: 地質調査に基づく火山活動履歴の解明と年代測定手法の高度化
- AIST04: 津波浸水履歴情報の整備
- AIST05: 地質調査と実験に基づく、断層の力学挙動についての三次元モデルの構築
- AIST06: 火山性流体観測に基づく噴火発生過程および火山活動推移の解明
- AIST07: 高分解能地殻応力場の解明と造構造場の研究
- AIST08: 海溝型巨大地震の履歴とメカニズム解明
- AIST09: 地下水・地殻変動観測による地震予測精度の向上
- AIST10: 噴出物の物質科学的解析に基づくマグマ供給系-火道システム発達と
噴火推移過程のモデル化
- AIST11: アジア太平洋地域地震・火山ハザード情報整備

AIST01:活断層データベースの整備

1. 新規データの入力

- 産総研が実施した「活断層の高度化・効率化のための調査 令和元年度成果報告書」(文科省委託研究)に含まれる調査地情報(74地点)について、調査地の位置・調査方法・変位量・変位基準年代・平均変位速度等をデータ入力した。

2. 表示システムの改善

- 詳細な活断層図(縮尺約5万分の1)を公開できるように、特定の活動セグメントのみについてマップのズームレベルを変更できるように表示システムの改修を進めた。
- マップに表示させた調査地点をクリックした時に現れる吹き出しについて、調査地点の属性に関わるいくつかの項目を表示できるようにした。

3. 位置精度向上に関わるデータ更新

- 詳細な活断層図の公開に向けて、調査地(204地点)と活断層線(12セグメント)について、位置精度を確認し、必要に応じて修正する作業を実施した。

4. 公開系の更新

- 調査地(約80地点)と文献書誌(約120件)のデータを追加
- 凡例の表示/非表示の切り替え etc.



ズームレベル 13 (現状: 縮尺約 20 万分の 1)

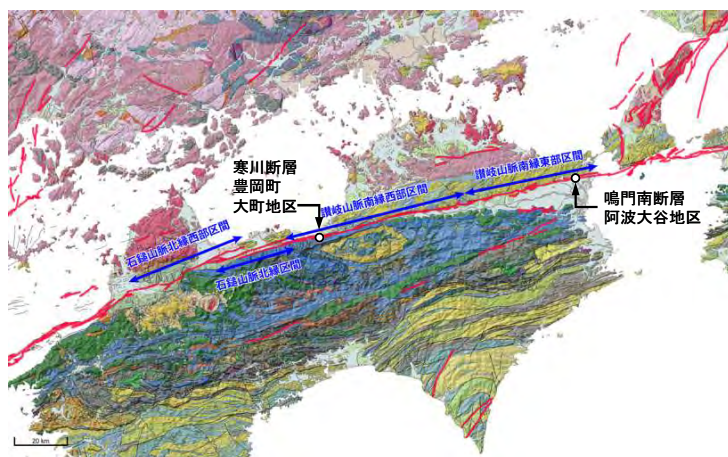


ズームレベル 15 (改良後・予定: 縮尺約 5 万分の 1)

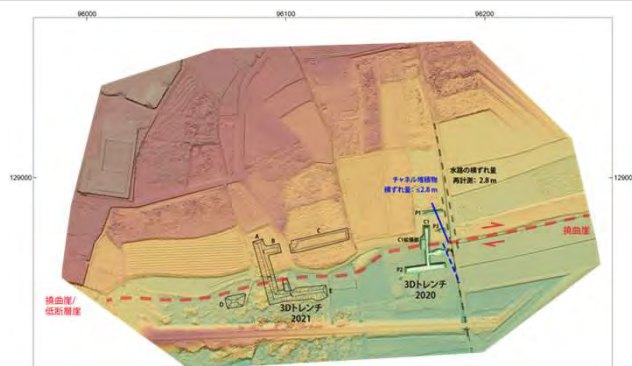
活断層図のズームレベルを変更した場合の表示例と調査地点をクリックした時の吹き出しの改善(公開時期は未定)。

AIST02: 主要活断層帯から生じる連動型地震の古地震学的研究

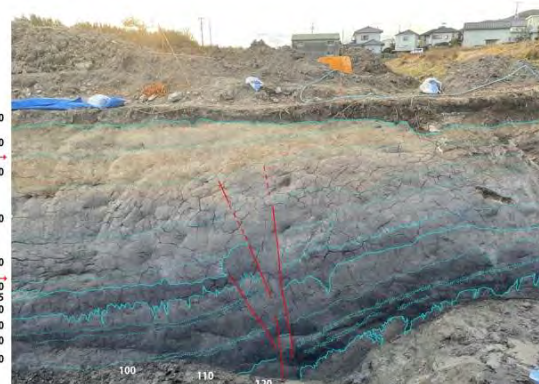
- ・中央構造線断層帯の四国陸域区間を対象に、地震時変位量等に基づく連動型巨大地震の調査研究を実施した。
- ・讃岐山脈南縁東部区間・鳴門南断層において3Dトレンチ・GPR調査等を実施し、過去4回の活動時期と地震時上下変位量、及び最近3回の横ずれ地震変位量を復元した。
- ・讃岐山脈南縁西部区間・寒川断層においてドローンLiDAR調査等を実施し、西暦816年以降の横ずれ量3～4mを推定した。



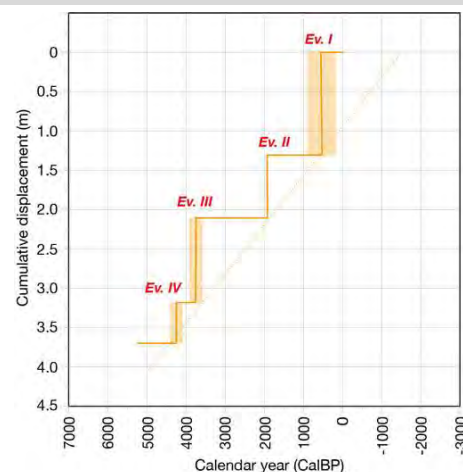
四国陸域の活動区間(地震本部地震調査委員会, 2017)
基図は産総研・活断層DB及び地質図Navi、国土地理院・地形陰影図



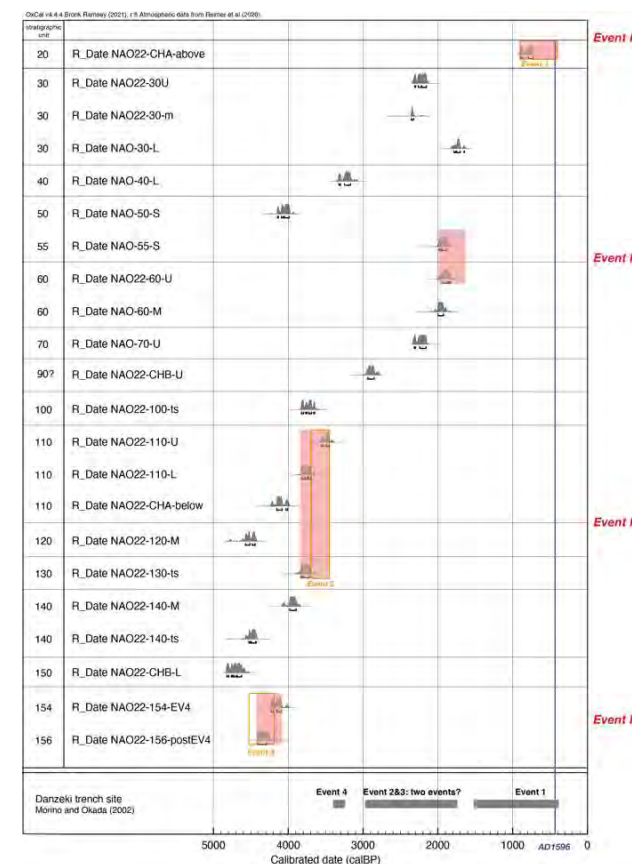
鳴門南断層・阿波大谷地区のトレンチ掘削位置



2021年トレンチで露出した断層と撓曲変形



阿波大谷地区の時間一上下変位ダイアグラム

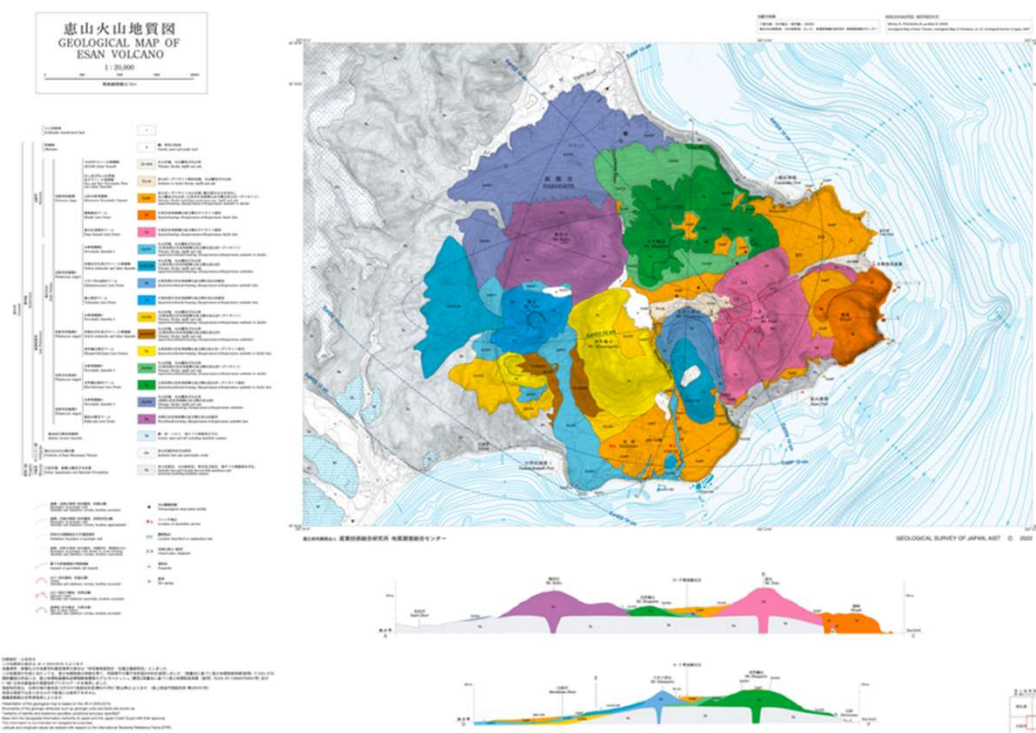


阿波大谷地区における過去4回の活動時期
赤色のボックスは2021年調査、橙色のボックスは2020年調査の年代、紫色線は1596年文禄(慶長)地震

成果公表: Kondo et al. (2021), Kimura et al. (2021), 文科省委託事業「連動型地震の発生予測のための活断層調査研究」R3年度成果報告書の一部として公表した。

AIST03：地質調査に基づく火山活動履歴の解明と年代測定手法の高度化

- ・中長期的活動評価と予測のため火山地質図作成を進め、恵山火山地質図を出版し、日光白根及び三岳火山地質図を取りまとめた。伊豆大島では沿岸部水深400m程度までの精密海底地形地質調査を実施した。雌阿寒岳、秋田焼山、御嶽山では地表踏査による噴火履歴調査を継続した。
- ・高分解能な噴火履歴解明のため、白山及び御嶽山の溶岩資料を対象にK-Ar及びAr/Ar年代データの比較研究を実施し、10万年前より若い火山噴出物の年代測定評価を実施した。
- ・日本列島の火山の基礎情報を最新の知見に基づいて収集・整理するため、「日本の火山データベース」に桜島と富士山の噴火イベントデータを公開すると共に、20万分の1日本火山図を更新・拡充した。福徳岡ノ場からの漂流軽石及び阿蘇火山噴火の緊急調査を実施して、データベースへのアクセス数が100万ヒット以上を記録した。

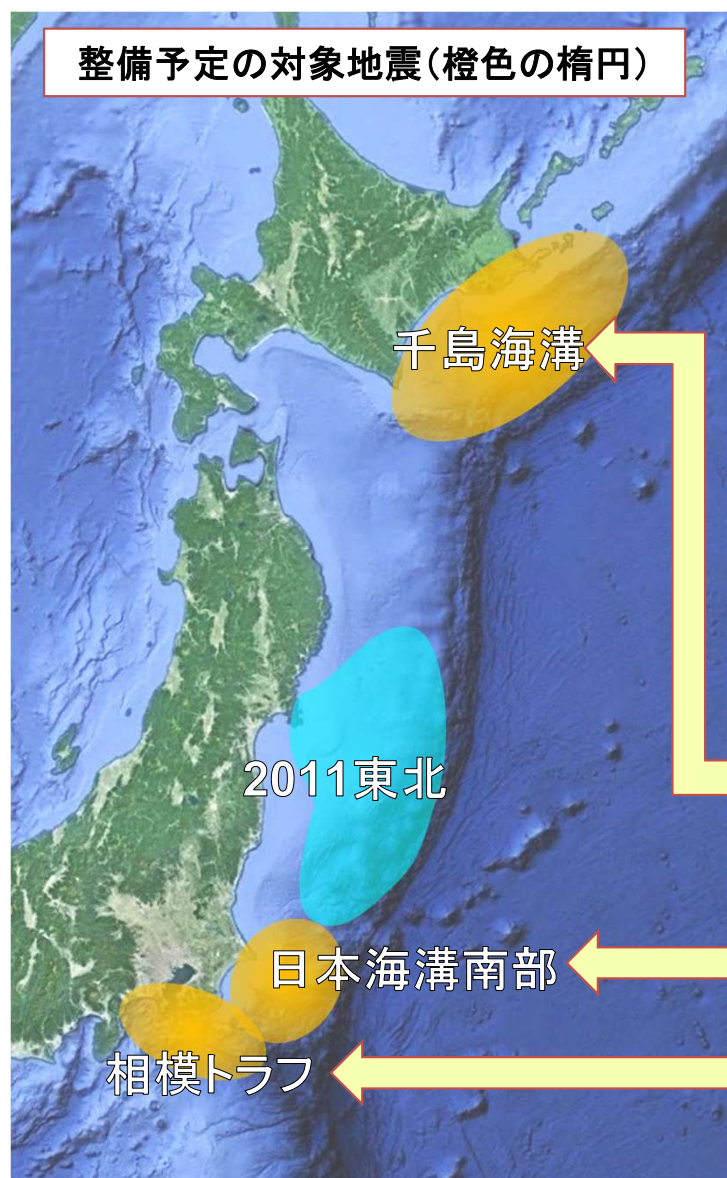


恵山火山地質図：2万分の1

日本の火山データベース



AIST04: 津波浸水履歴情報の整備



整備予定の対象地震(橙色の楕円)

千島海溝

2011東北

日本海溝南部

相模トラフ

整備予定の津波浸水履歴情報(仮)

特に大きな被害をもたらす特定の津波に関する地質情報とそれに基づいた波源モデルの構築およびその過程で検証した浸水シミュレーションの情報を学術誌に公表したのち、それらをわかりやすくまとめたパッケージとして提示

地質痕跡の情報



Pilarczyk et al. (2021)による
日本海溝南部周辺の例

波源パラメータ

プレート境界	検証したモデル (上段はすべり量、下段は地震規模を示すモーメントマグニチュード)			
大陸プレートに対してフィリピン海プレートが沈み込む境界	モデル 1 10 m Mw 8.4	モデル 2 15 m Mw 8.5	モデル 3 20 m Mw 8.6	モデル 4 25 m Mw 8.6
大陸プレートに対して太平洋プレートが沈み込む境界	モデル 5 10 m Mw 8.5	モデル 6 15 m Mw 8.7	モデル 7 20 m Mw 8.7	モデル 8 25 m Mw 8.8
フィリピン海プレートに対して太平洋プレートが沈み込む境界	モデル 9 5 m Mw 8.3	モデル 10 10 m Mw 8.5	—	—
モデル 5 とモデル 10 が連動する地震	モデル 11 10 m Mw 8.7	—	—	—
869 年の貞観地震の波源と考えられているモデル ¹⁾	モデル 12 12 m Mw 8.6	—	—	—
2011 年の東北地方太平洋沖地震の波源モデル ²⁾	モデル 13 非一様すべり Mw 9.0	—	—	—

地震本部の長期評価で切迫性が高いとされた超巨大地震

- ・古地形の正確な復元による浸水域の見直し
- ・上記に基づいた波源モデルの構築

2011年東北地震の破壊域の南側で起こりうる巨大地震

- ・これまで報告のない過去の巨大津波に関する地質情報の収集
- ・上記に基づいた波源モデルの構築

首都圏に大きく影響する巨大地震

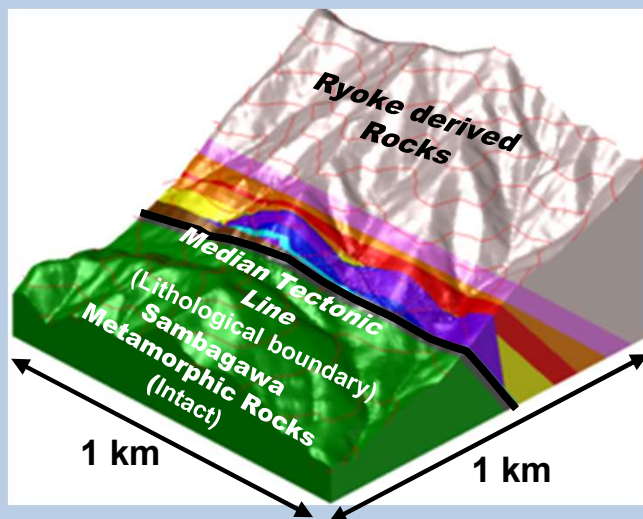
- ・地形解析等、新たな手法による履歴の見直し
- ・広域での史料、地形・地質情報による地震像の見直し
- ・上記に基づいた波源モデルの構築

AIST05: 地質調査と実験に基づく、断層の力学挙動について三次元モデルの構築

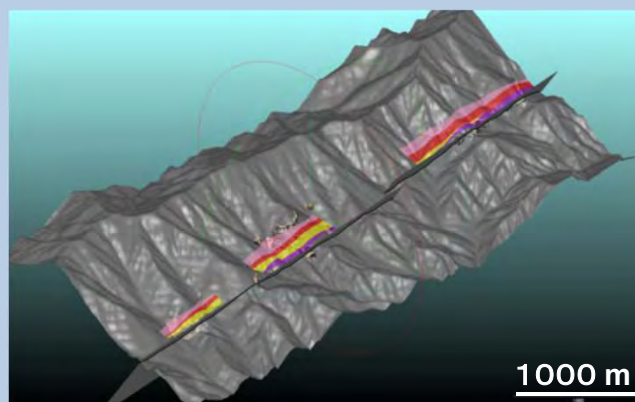


目的: 内陸地震の震源付近(脆性-塑性遷移領域)での現象を物質の観点から解明する。
調査対象・実施内容: 削剥断層 (三重県中央構造線)を調査。断層深部の岩石変形状況の3次元分布を可視化。

1. 断層深部の岩石変形状況の3次元分布一部公表 (Katori et. al., 2021 JSG)

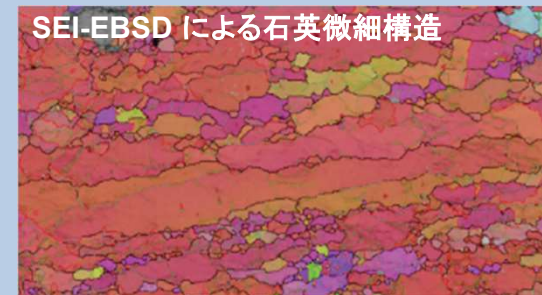


2. 断層の走向沿い 4 km に渡る岩石変形状況の3次元分布



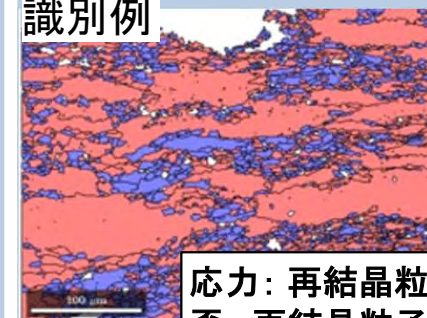
3. 岩石変形微細構造から応力・歪の情報の抽出方法

SEI-EBSD による石英微細構造



石英の再結晶粒と残存粒子を混合ガウス分布に基づくクラスタリングにより識別。

識別例



薄青: 再結晶粒子
薄赤: 残留粒子

応力: 再結晶粒子の粒径
歪: 再結晶粒子と残留粒子の量比

令和3年度の成果

1. 断層深部の岩石変形状況の3次元分布の成果について、一部を公表 (Katori et al. 2021 J. Struct. Geol)。
2. 断層の走向沿い 4 km に渡る岩石変形状況の三次元分布の解明。
3. 石英の変形微細構造から、結晶方位情報に対し混合ガウス分布によるクラスタリングを適用することで応力・歪に関する情報の抽出に成功。

AIST06:火山性流体観測に基づく噴火発生過程および火山活動推移の解明

令和3年度成果

火山ガス組成・放出率観測

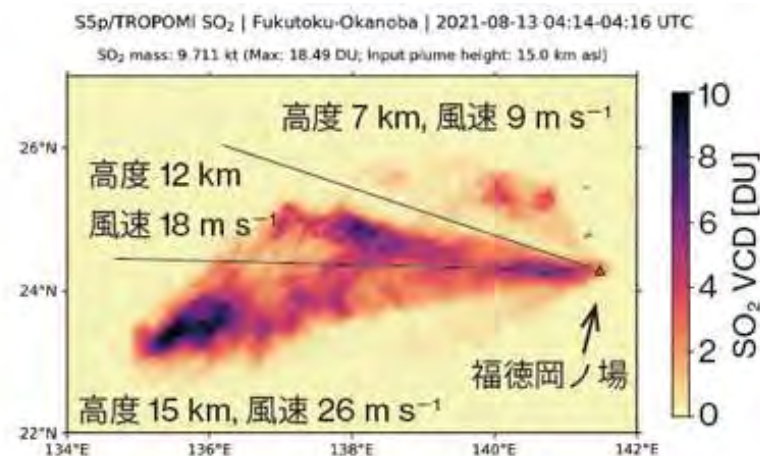
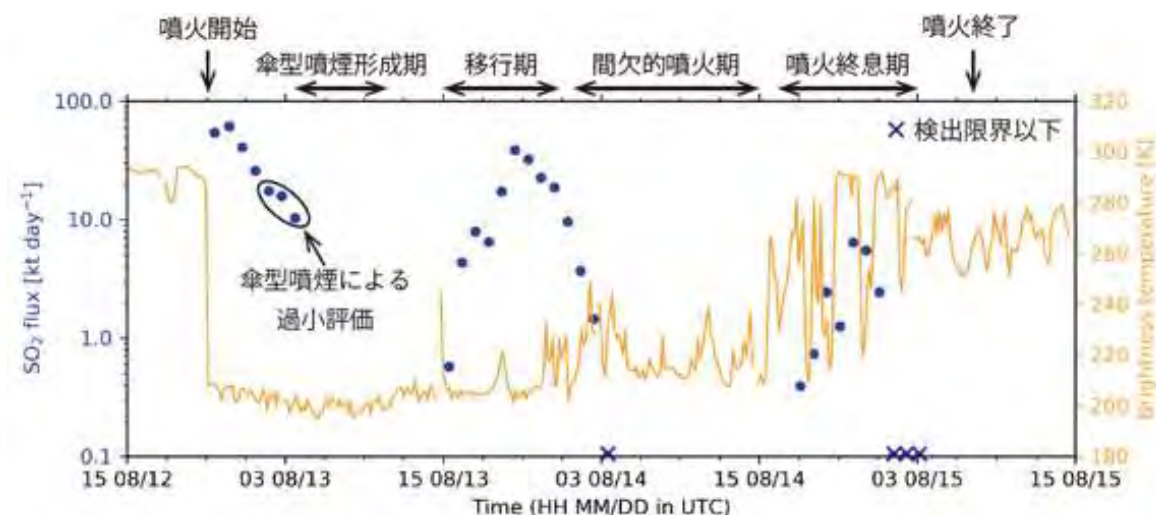
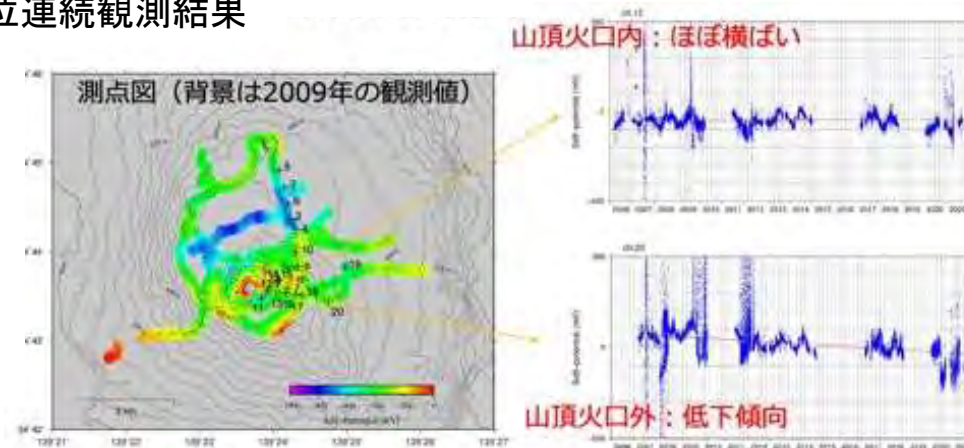
- ・阿蘇山でのMulti-GAS連続観測を継続
- ・衛星によるSO₂放出率の解析を、福徳岡ノ場・西之島での噴火で実施

伊豆大島での電磁気学的観測

- ・自然電位連続観測を継続
- ・AMT法による電磁探査を実施

伊豆大島の自然電位連続観測結果

山頂火口内の値は経年的な変化なし。山頂火口外の値は経年的に低下傾向。つまり相対的に山頂火口内は増加傾向にある。



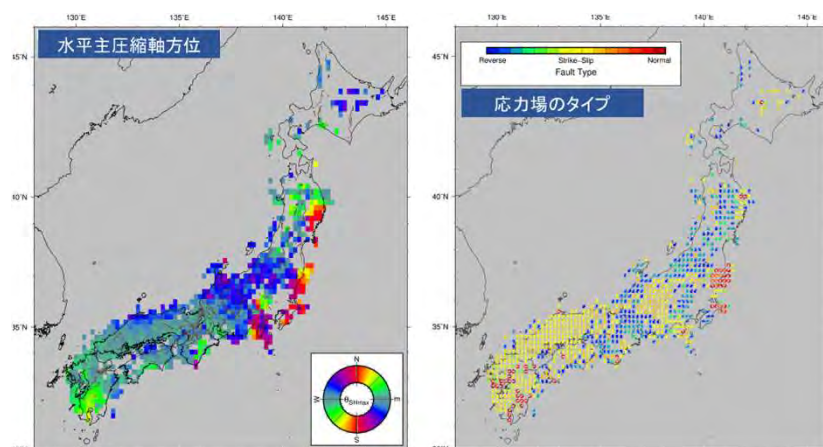
左) 福徳岡ノ場噴火のSO₂放出率変動(点)とひまわり8号の赤外輝度温度(線)。噴火初期には低輝度温度(高噴煙高度)と高SO₂放出率が継続し、噴火が間欠的になるにつれて放出率も変動しつつ低下した。右) 左図の解析のもととなるTROPOMIにより観測されたSO₂カラム濃度の空間分布(2021/8/13)。高度や風速をもとに放出率に換算した。

AIST07: 高分解能地殻応力場の解明と造構造場の研究

●日本列島陸域及び沿岸海域の応力マップ

AI深層学習を活用した震源メカニズム解推定法 (Uchide, 2020)により、21万個余りの震源メカニズム解を自動決定

日本列島陸域及び沿岸海域(海岸線から50km以内)の深さ20 km以浅の地震テクトニックマップを作成



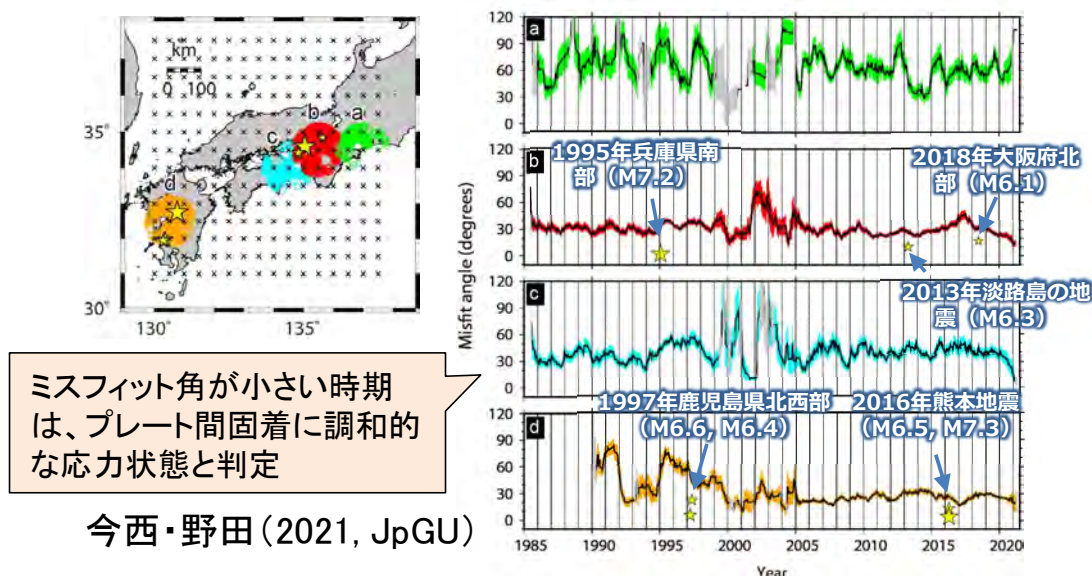
Uchide et al. (submitted to JGR)

●応力モニタリング手法の検討

陸域の小地震の震源メカニズム解がプレート間固着により作られる応力場に調和的かどうかを判定する方法

大きめの地震はミスフィット角が減少傾向の時に発生する事例が多い

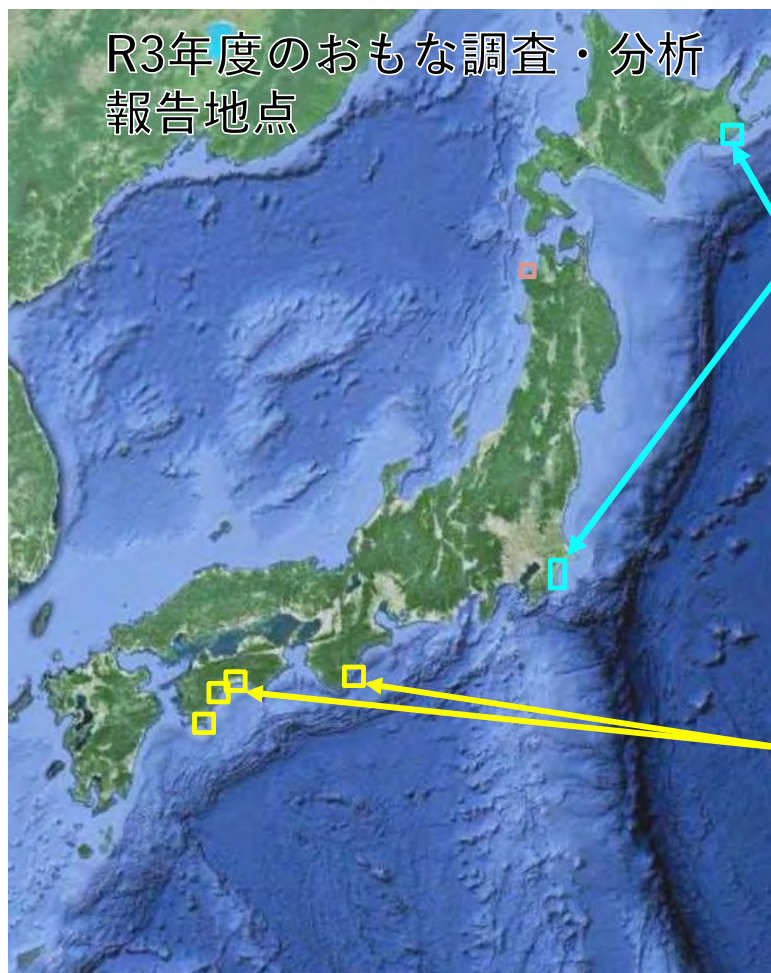
ミスフィット角が数年周期で変動する傾向



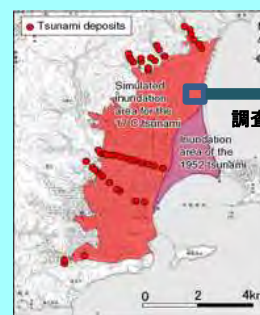
令和3年度の成果

- ・AI深層学習により推定した21万個余りの震源メカニズム解から、日本列島陸域及び沿岸海域の応力マップを作成(左図)
- ・小地震の震源メカニズム解とプレート間固着の情報から、陸域の応力場をモニタリングする手法を開発(右図)

AIST08: 海溝型巨大地震の履歴とメカニズム解明



千島・日本海溝



佐竹ほか(2003)に基づく

北海道霧多布湿原において過去の海岸
線位置推定のための堆積物調査を実施



研究室での観察



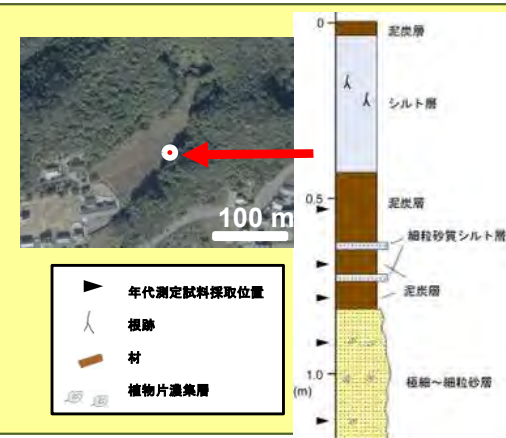
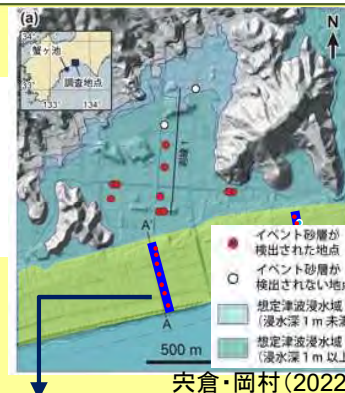
千葉県九十九里浜で約1,000年前の
津波痕跡を発見

Pilarczyk et al. (2021 Nature Geoscience)

南海トラフ

過去の津波浸水を
正確に評価するた
めの地形発達の検
討を実施

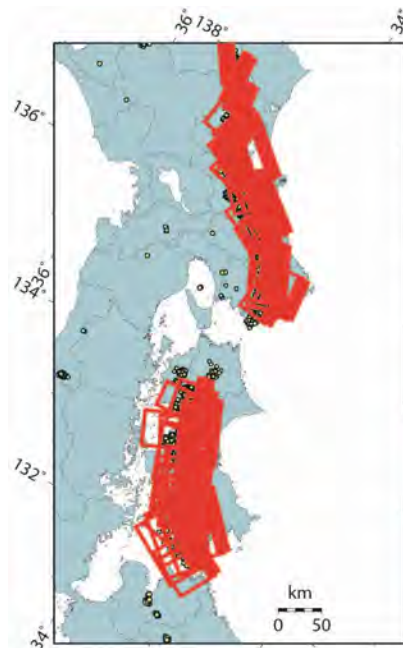
高知県南国市にお
ける浜堤の地中レー
ダ探査



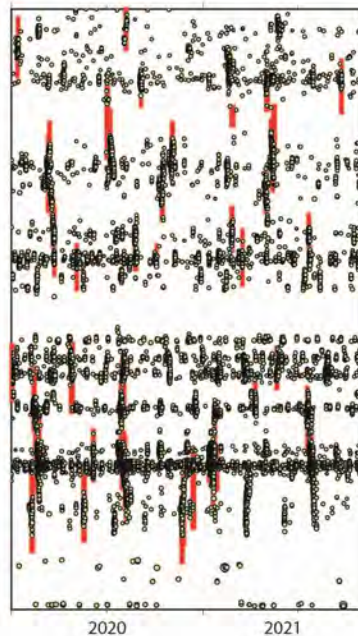
和歌山県那智勝浦町にて
津波堆積物調査を実施

- ・ 千島・日本海溝: 17世紀千島超巨大地震の津波浸水時の地形復元に関する調査を実施
: 日本海溝南部周辺を波源とする約1,000年前の津波痕跡を発見
- ・ 南海トラフ: 高知, 和歌山で津波堆積物調査や地中レーダ探査などを実施

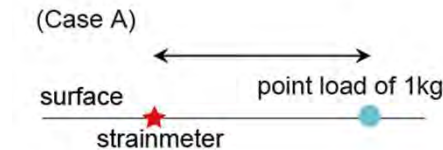
AIST09：地下水・地殻変動観測による地震予測精度の向上



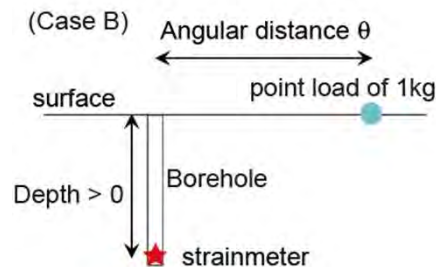
SSEの断層モデル推定結果と深部低周波微動の震源



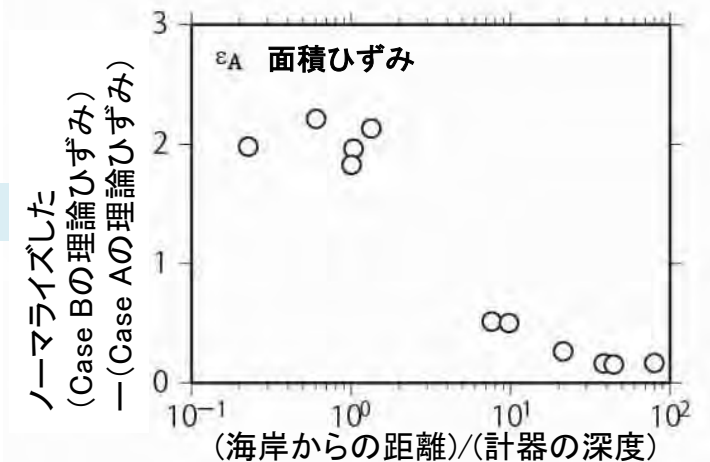
SSEと微動の時空間分布
(2020年11月～2021年10月)



計器が地表→GOTIC2による理論潮汐計算



計器の設置深度を考慮
→海洋潮汐の理論潮汐計算のため
修正GOTIC2を開発



深さ600mの場合の海岸からの距離

(海岸からの距離)/(計器の深度) < 20	12 km
計器の設置深度を考慮する必要あり	
(海岸からの距離)/(計器の深度) < 2	1.2km

Case A、Bは顕著な違いあり

(左) 従来のGOTIC2 (Case A) と修正GOTIC2 (Case 2) の模式図
(右) 産総研のひずみ計の設置場所における従来のGOTIC2と改良GOTIC2の潮汐荷重による理論ひずみの差と(海岸からの距離)/(計器の深度)との関係

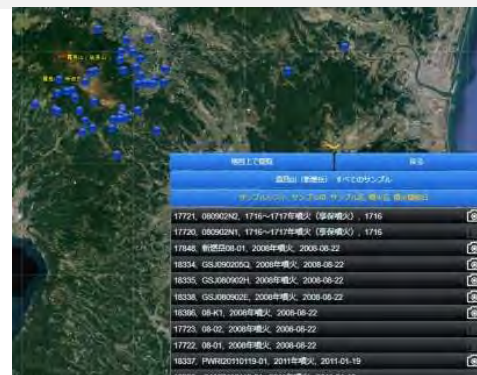
- 産総研と防災科研および気象庁との共同研究に基づき、3機関のひずみ・地下水・傾斜データをリアルタイムで共有して南海トラフ周辺地域の短期的ゆっくりすべり(SSE)を解析するシステムの運用を継続した。2020年11月～2021年10月の間に短期的SSEの断層モデルを30個決定した。(左図、矢部ほか, 2021, 2022)。
- ひずみデータの正確な原位置キャリブレーションのために、ひずみ計の設置深度を考慮した海洋潮汐の影響を加えて理論ひずみを計算するためのプログラムgotic2_mod(修正GOTIC2)を開発した。海岸からの距離と設置深度との比が20以下の場合にひずみ計の設置深度を考慮したグリーン関数が有効であることを示した。また、海洋潮汐による理論ひずみを産総研のボアホールひずみデータと比較し、同プログラムの有効性を示した。(右図、Kamigaichi, Matsumoto & Hirose, GJI, 2021)

AIST10: 噴出物の物質科学的解析に基づくマグマ供給系- 火道システム発達と噴火推移過程のモデル化

- ・ 国内外の火山噴火で噴出した火山灰の粒子顕微鏡画像等を掲載した「火山灰データベース」を構築・公開
- ・ 約1,000点の噴出物について、10,000件以上の顕微鏡写真等のコンテンツを掲載
- ・ 噴出物の特徴やその時間変化を閲覧・比較可能



後期更新世~完新世の国内のVEI7クラスの噴火を中心としたカルデラ噴火の推移のデータベースを作成

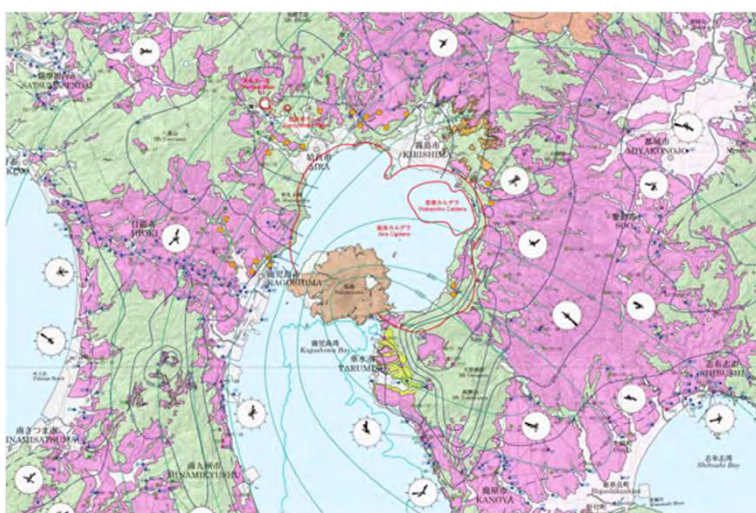


時系列に沿った比較が可能なデータベースへの機能拡張を予定している。
噴火様式・観測データ等との時系列比較により噴火時間推移の把握や噴火メカニズム解析に貢献。

AIST11: アジア太平洋地域地震・火山ハザード情報整備



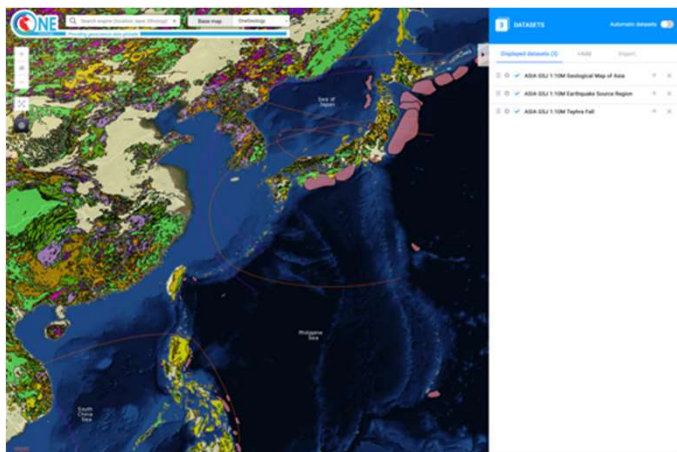
大規模噴火の前駆活動と噴火推移をとりまとめた大規模噴火データベースを構築 (始良カルデラの例)。



大規模火砕流分布図をシリーズ化。第1号として、始良カルデラ起源の入戸火砕流分布図を公開。
<https://www.gsj.jp/Map/JP/lvi.html>



1万年噴火イベント集: 新たに富士山、桜島を追加し、全国の活火山の噴火イベントデータを公開。
<https://gbank.gsj.jp/volcano/eruption/>



アジア太平洋地域ハザード情報システムのデータの一部を、OneGeologyポータルで公開
<https://www.onegeology.org/portal>

- 大規模噴火の前駆活動と噴火推移について、新たに白頭山10世紀噴火、三瓶-木次、ウルルン-隠岐、箱根-東京、御嶽第1、阿蘇3の火山噴火を取りまとめた(地質調査総合センター研究資料集no.728)。
- 大規模噴火データベースの閲覧検索システムの構築を進めた。
- 大規模火砕流とそれに伴う降下火山灰の影響範囲を取りまとめた大規模火砕流分布図シリーズの作成を開始し、第1号として、始良カルデラ起源の入戸火砕流分布図を出版。
- 1万年噴火イベントデータ集について、新たに富士山の162噴火イベント、桜島の69噴火イベントデータを追加し、全国のすべての活火山データを掲載。
- 東・東南アジア地域と中心としたハザード関連情報を”アジア太平洋地域地質ハザード情報システム”として整備し、データの一部を世界中の地質調査機関の地質情報を公開しているOneGeologyポータルで公開。

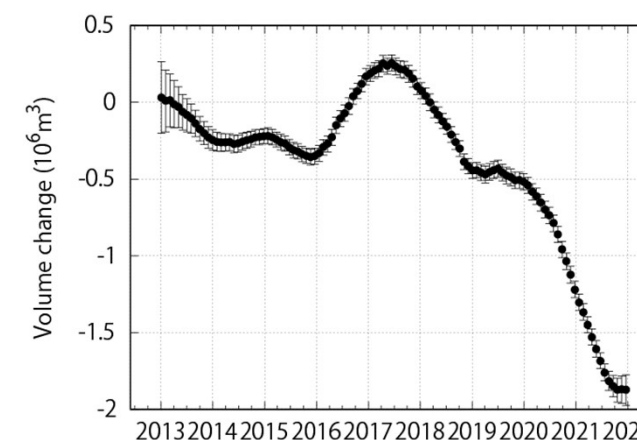
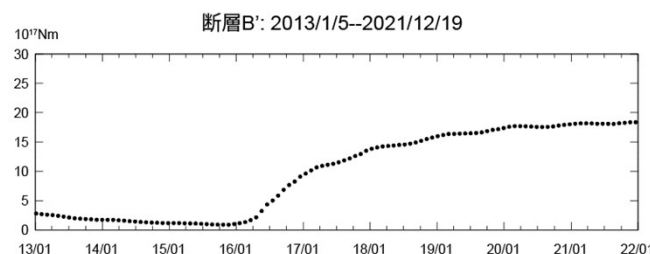
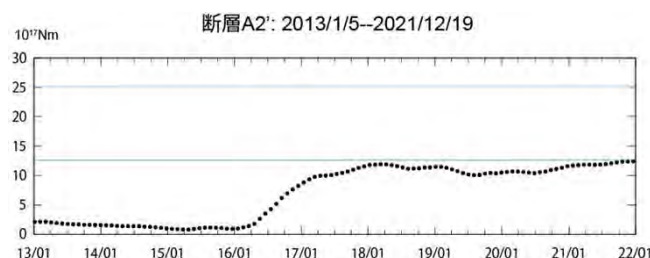
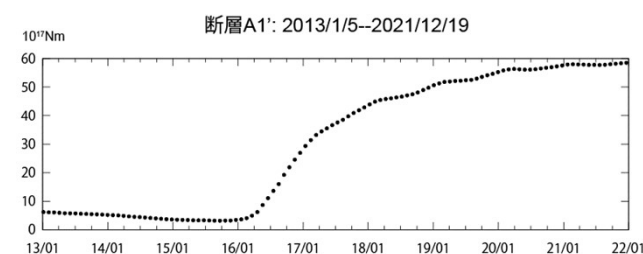
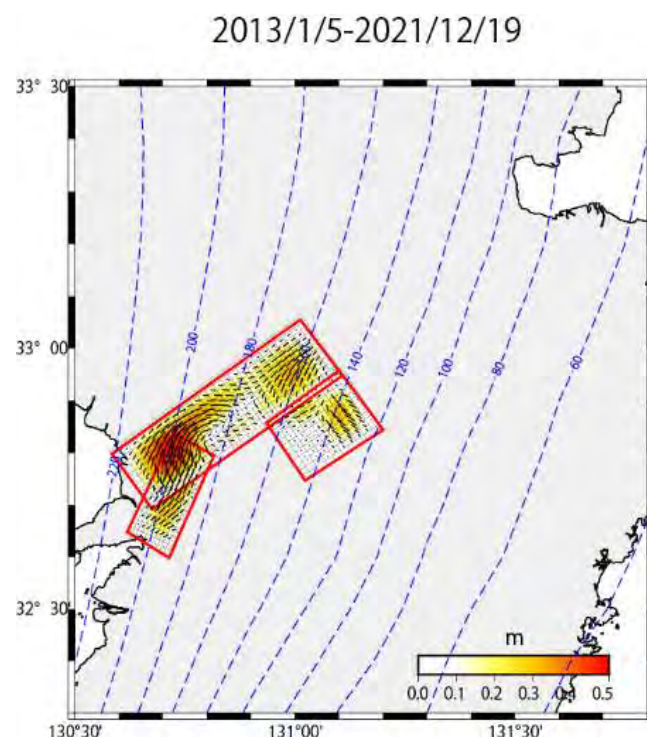
災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画 (第2次) 令和3年度年次報告

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

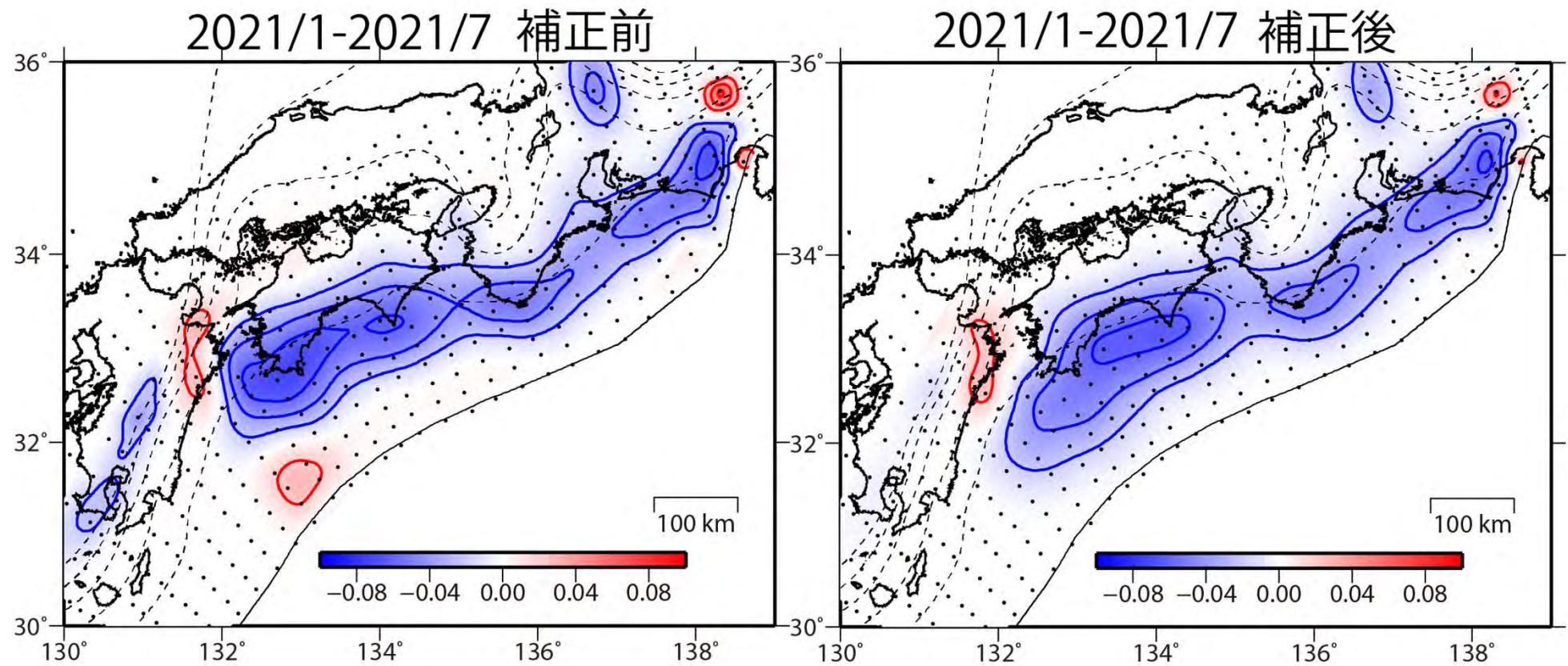
2016年熊本地震の余効変動のモデル化

2016年熊本地震による余効変動について、余効すべりと粘弾性変形それぞれの寄与を推定した。弾性層及びその下のMaxwell粘弾性層の2層からなる半無限媒質を仮定し、様々なパラメータについて粘弾性変形を計算・補正した上で、余効すべりを推定したところ、弾性層の厚さ20km、Maxwell粘弾性層の粘性係数が $9 \times 10^{18} \text{Pas}$ のときにもっともデータを説明することが分かった。なお、余効すべりのモーメント時系列は、指数関数的に飽和する。また、同時に阿蘇山のマグマだまりの体積変化も推定したところ、地震後わずかに膨脹した後、収縮が継続していることが分かった。



フィリピン海プレート・アムールプレート間の滑りと固着

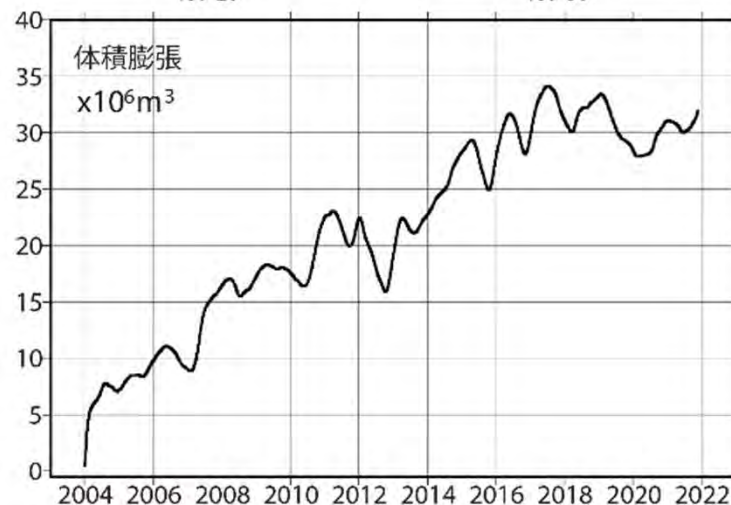
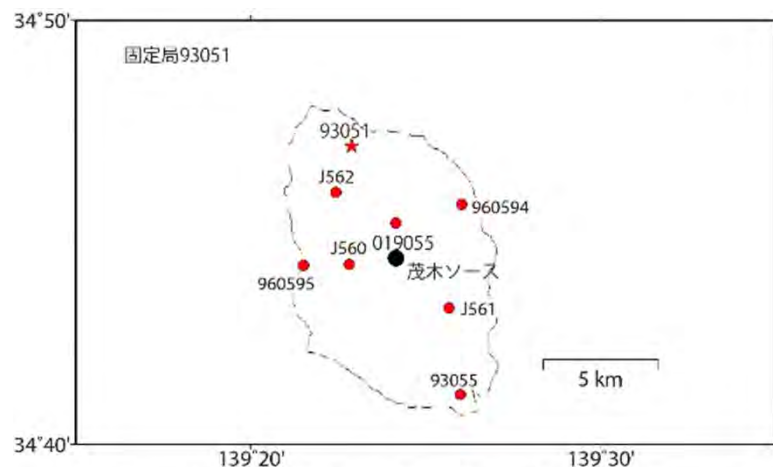
フィリピン海プレート・アムールプレート間の滑りと固着の推定において、従来無視してきた熊本地震の余効変動の影響を評価した。その結果、熊本地震の余効変動を補正しないと、豊後水道近傍の固着が過剰に強く推定されることを明らかにした。



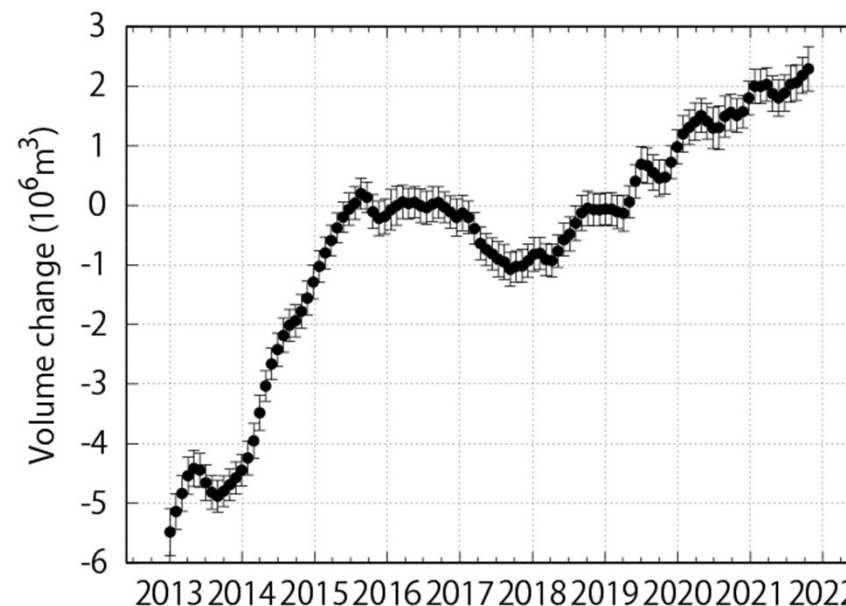
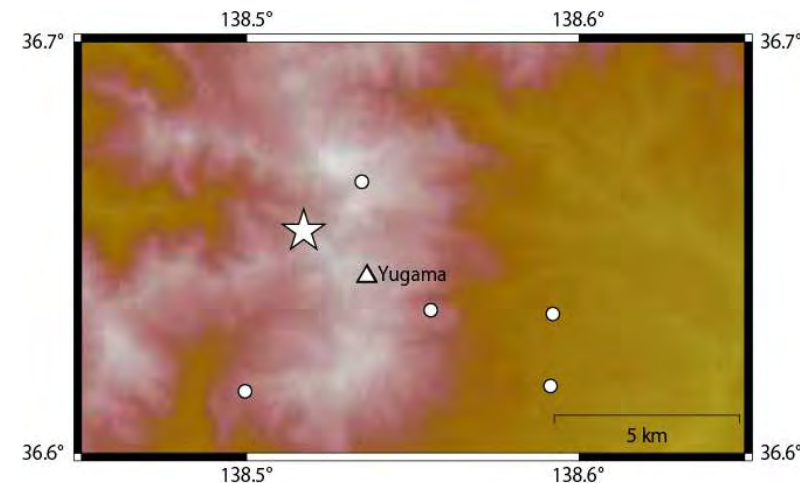
時間依存インバージョンによる、火山地殻変動力源の推定

時間依存のインバージョンを伊豆大島、桜島、霧島地域に適用し、マグマ溜まりの時間変化を推定した。その結果、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事がわかった。また、草津白根山では、西方やや深部の力源が2014年および2018年以降膨張していることが明らかになった。

■ 伊豆大島



■ 草津白根山



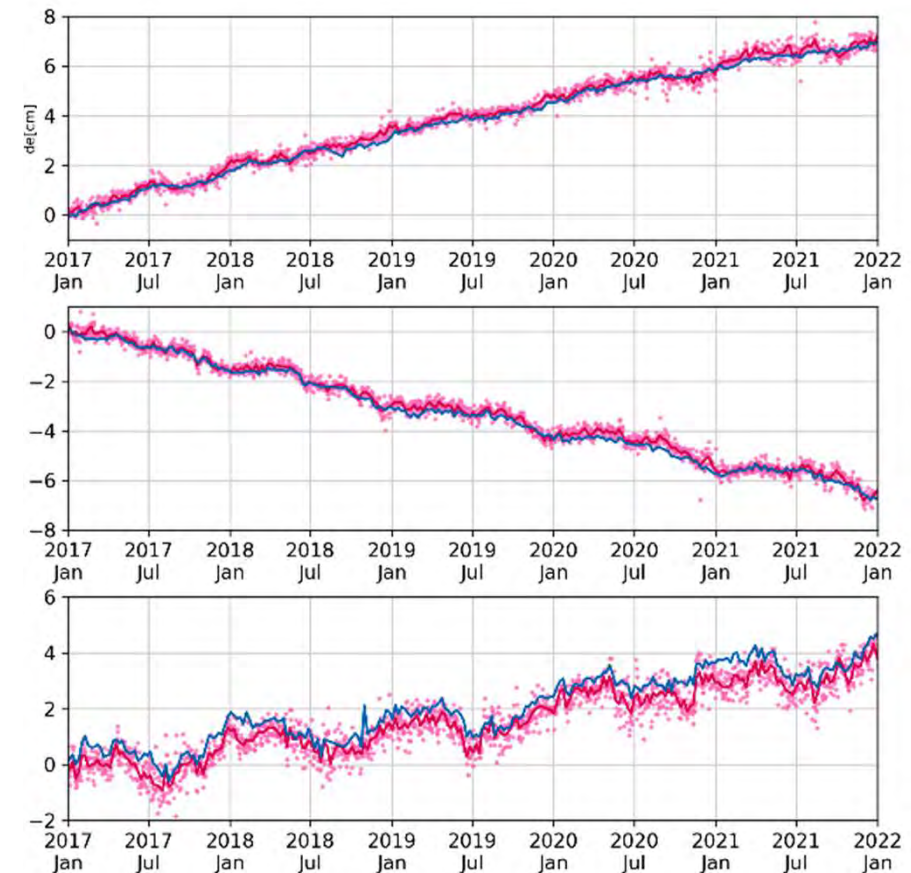
- 全国約1300点の電子基準点（GNSS連続観測点）を運用
- 地殻変動・火山活動のモニタリングに利用し、結果を地震調査委員会や火山噴火予知連絡会等へ報告



新しいGEONET「日々の座標値（F5解）」の公開

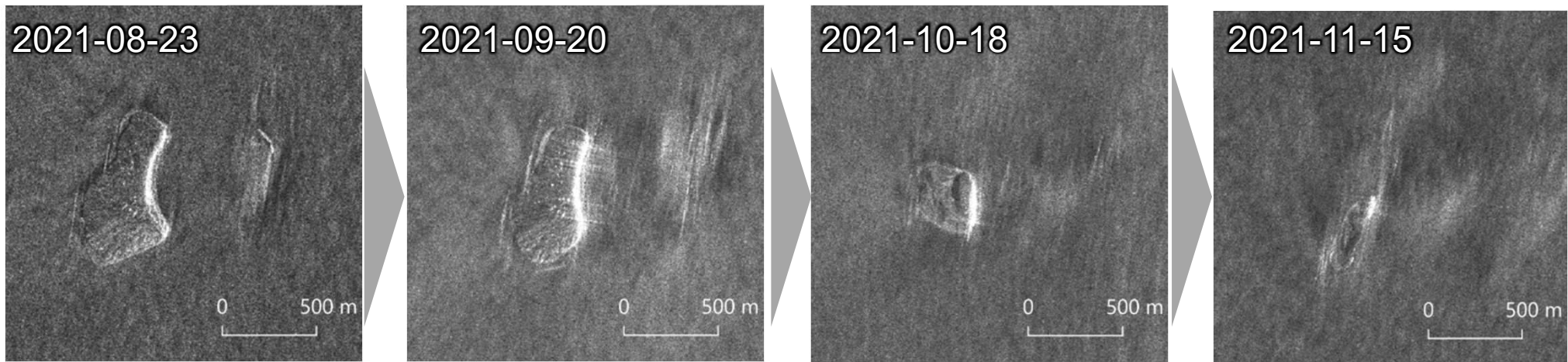
【第5版の特徴】

- 第4版では準拠座標系としてITRF2005（IGS05）を採用してきたが、第5版では最新のITRF2014（IGb14）に準拠
- 「電子基準点の日々の座標値」の計算にあたっては、国土地理院構内にある電子基準点「つくば1」を固定点としているが、この固定点の座標値の解析手法について、第4版では日本周辺のためのIGS点を拘束点とする計算だったが、第5版ではグローバルなIGS点を拘束点として計算するものに変更
- これらの改善により、最新のITRFに準拠した、グローバルな解析と同質の座標値を提供可能になった



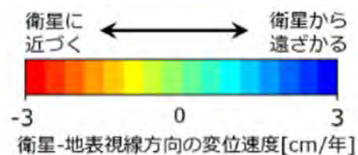
IGS点「つくば」における時系列グラフ（2017年4月～2022年1月）
IGS：IGSにより計算されるIGb14に準拠した座標値（週平均）
F5：第5版による最終解（日々の座標値及び週平均）

だいち2号によって明らかになった福德岡ノ場の新島の時間推移

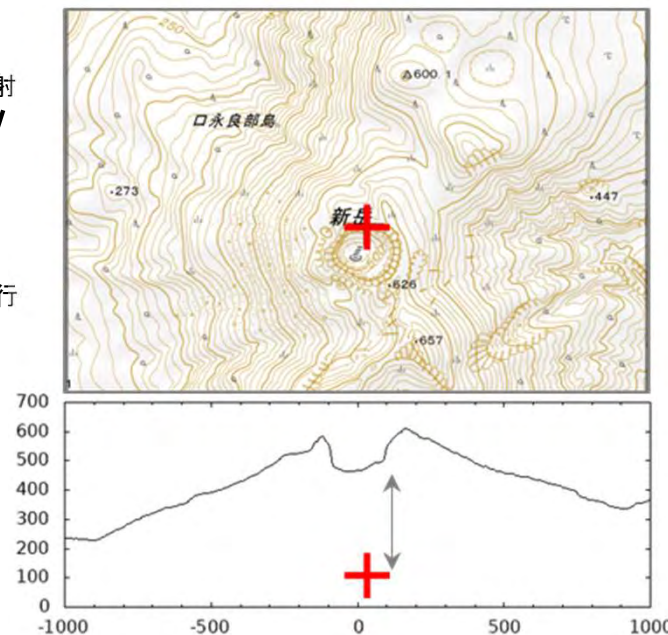


干渉SAR時系列解析による火山監視（口永良部島の例）

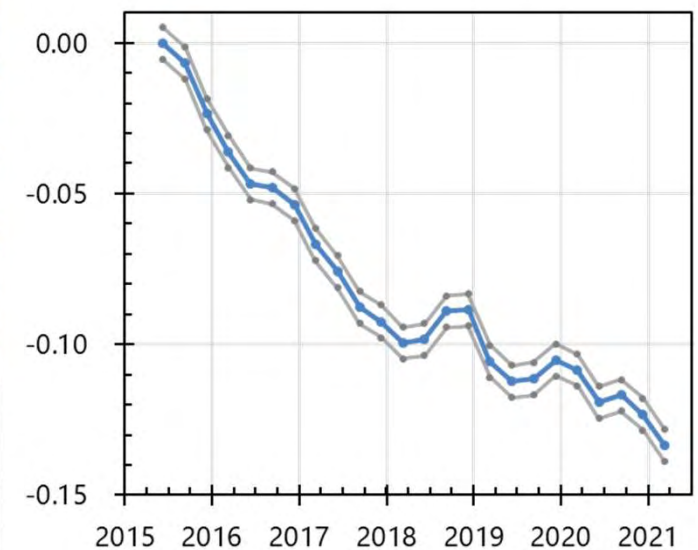
（期間：2015-06-01 ～ 2021-09-13）



電波照射方向
衛星進行方向



緯度: 30.44674° 経度: 130.21554°
標高: 110 m (火口底下深さ: 355 m)



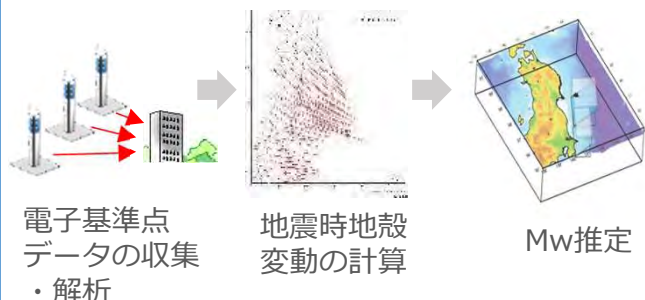
圧力源の体積変化(位置固定)

概要

REGARD

- 日本全国約1,200点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

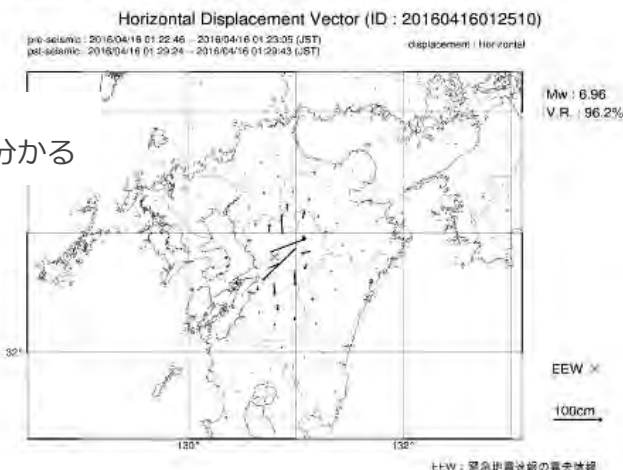


地震発生後**10分程度**で、**5~10cm以上の地殻変動**が分かる

自動送信メールで
関係機関等へ情報提供

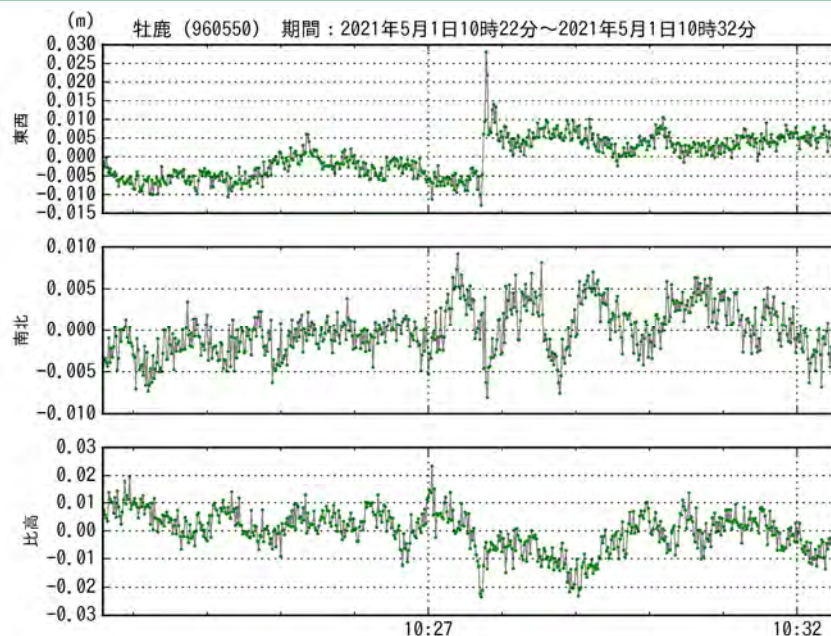
熊本地震時の結果

2016年04月16日 熊本地方で発生した地震 (M7.3, 震度7)
この地震では、震源地から東約20kmの電子基準点「長陽」で最大約97cmの変動が確認されました。(暫定)



※ 速報 (自動作成) のため、後続解析により地殻変動量は修正される場合があります

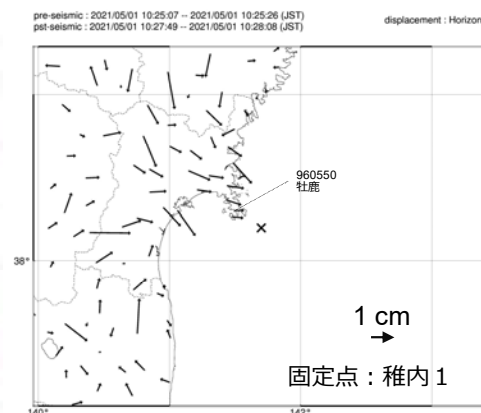
解析例



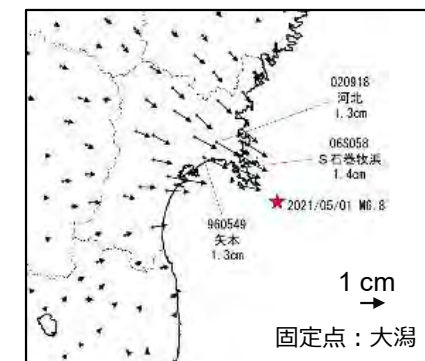
電子基準点「牡鹿」(宮城県)のリアルタイム解析結果
(固定点: 稚内1 (北海道))

2021年5月1日 福島県沖の地震 (M6.6)

- ・ ノイズレベルではあるが、永久変位 (地殻変動) を確認。断層モデルの推定においても、VR = 72.6%で推定



REGARD (リアルタイム解)による変動ベクトル図



後処理解析 (F5解) による48
変動ベクトル図

- 「**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。」



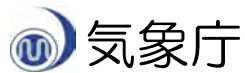
- 観測結果の報告、情報交換、検討（「モニタリングに関する議題」）と、注目すべき最近の研究成果に関する報告と討議（「重点検討課題」）で議事を構成し、年4回の定例会を実施
- 議事は公開（事前申し込みにより隣接会議室での傍聴が可能）

令和3年度の重点検討課題

地震予知連	コンビナー	課 題 名
第231回(2021/05)	干場委員	地震動・津波即時予測技術の高度化 －東北地方太平洋沖地震から10年でどこまで進展したか－
第232回(2021/08)	堀委員	地震発生予測に向けた沈み込み帯での地震準備・発生 過程の物理モデル
第233回(2021/11)	遠田委員・ 堀委員	予測実験の試行（08）－試行から実施への移行
第234回(2022/02)	小原委員	スロー地震の理解の現状

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3年度 年次報告

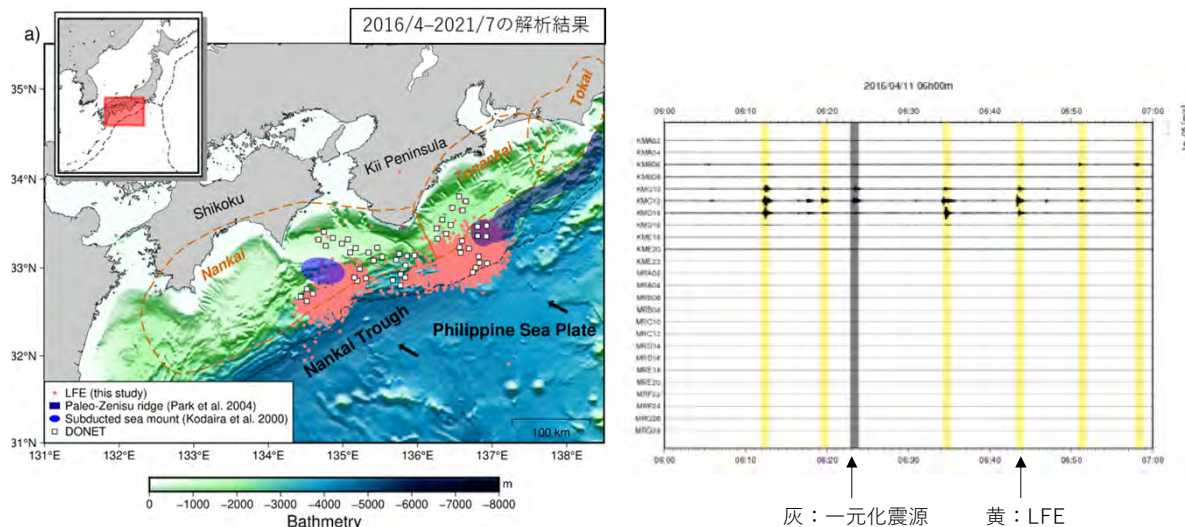


気象庁が担当する研究課題

課題内容	JMA-	研究課題名
<u>モニタリング</u>	01	地震活動・地殻変動監視の高度化に関する研究
	02	地殻変動観測等に基づく火山活動評価の高度化に関する研究
	03	火山活動に伴う地殻変動の把握及び評価
	04	地球電磁気学的手法による火山活動評価の高度化
	05	化学的手法に基づく火山活動監視・予測に関する研究
<u>即時予測</u>	06	地震動・津波即時予測の高度化に関する研究
	07	火山噴出物の監視技術とデータ同化に基づく輸送予測に関する研究
<u>推進体制の整備</u>	08	火山活動の総合判断
	09	地震観測、地殻変動観測
	10	潮位観測
	11	地磁気精密観測
	12	全国における火山観測の強化
	13	地磁気観測成果のデータベース化
	14	全国地震カタログの作成
	15	火山現象に関する基礎データの蓄積と活用
<u>社会との共通理解</u>	16	地震・津波・火山防災情報の改善に係る知見・成果の共有
	17	防災・減災に関する知識の普及啓発

南海トラフ沿いスロースリップの監視手法の高度化

DONETを用いた最大振幅とエンベロープ相関のハイブリッド法による浅部低周波地震（微動）検出プログラムを開発した。

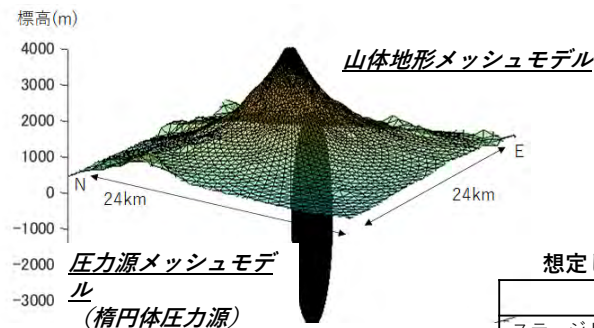


- ・DONET広帯域速度波形水平2成分使用。
- ・連続波形から微動を検出する方法として、Frequency scanning method (FSM) (Sit et al. 2012, Katakami et al. 2017) を用いた。(2-8Hz卓越を検出)
- ・エンベロープ相関法 (Obara 2002) とAmplitude Source Location (Battaglia and Aki 2003) を併用して最尤法で震源を推定した。得られた震源分布からクラスタリングを行った。

地形・圧力源形状を考慮した地殻変動解析システムの開発

山体地形の影響を考慮するために境界要素法を用いた地殻変動源解析のためのプログラムを開発している。
 球状圧力源だけでなく、任意の形状の圧力源を表現するための楕円体圧力源メッシュモデルを開発した。
 岩脈貫入の時間発展を想定したフォーワード計算を実施し、富士山の実観測点で期待される地殻変動の時間変化を推定した。

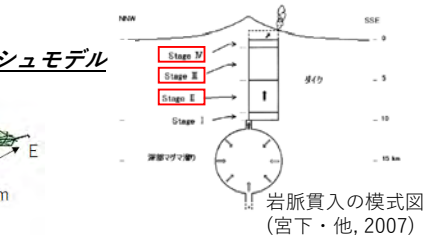
富士山の山体地形と圧力源のメッシュモデル



圧力源時間変化の表現



岩脈貫入の時間発展への適用



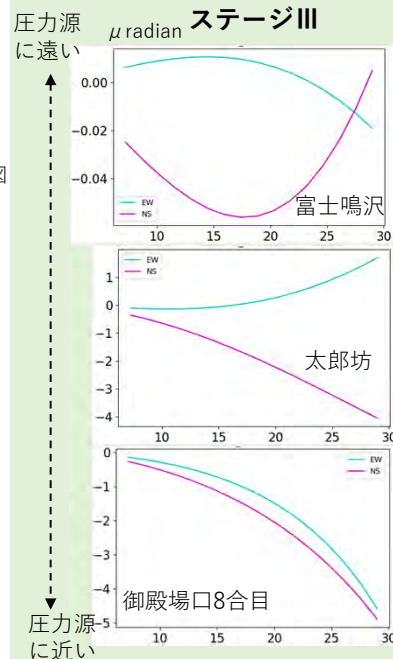
想定した岩脈貫入の時間発展

	ダイク上端の深さ	期間
ステージII	10 km → 5 km	288 h
ステージIII	5 km → 1 km	29 h
ステージIV	1 km → -2km(地表)	5 h



富士山周辺の地殻変動観測点
 (●:GNSS, ●:傾斜計, -:圧力源)

地殻変動の時間変化の計算結果(傾斜計)



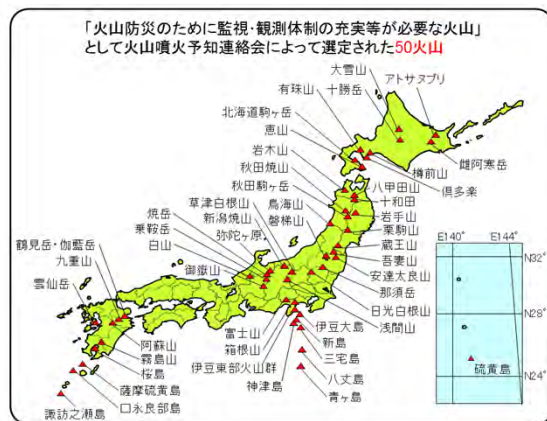
JMA_08 火山活動の総合判断

JMA_12 全国における火山観測の強化

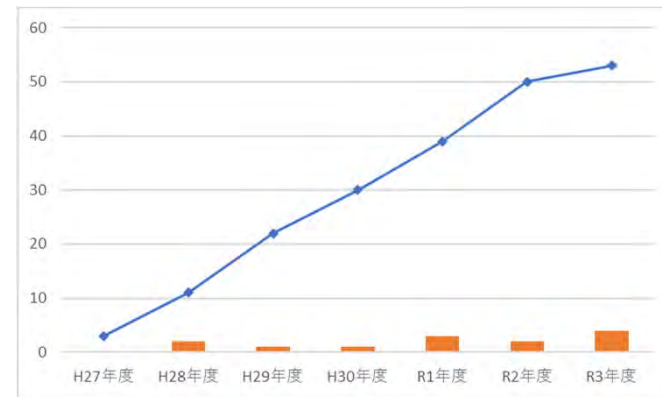
JMA_15 火山現象に関する基礎データの蓄積と活用

噴火警戒レベルの判定基準

- 平成27年度から順次判定基準の精査・公表を開始
- 昨年度（令和3年度）、常時観測火山のほぼすべてについて作業完了
- 並行して改定作業も適宜実施



常時観測火山（50火山）

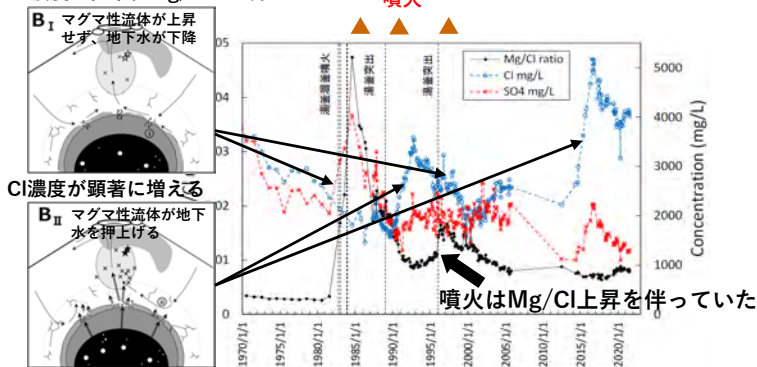


判定基準の公表（青線）及び改定した火山（橙棒）の数（霧島山や草津白根山など火口毎に基準を設定している火山があるため、現時点の総数53）

化学分析に基づく火山活動の理解に関する研究

◆ ① 湯釜火口湖の噴火機構と監視指標

CI濃度は低下、Mg/CIが上昇

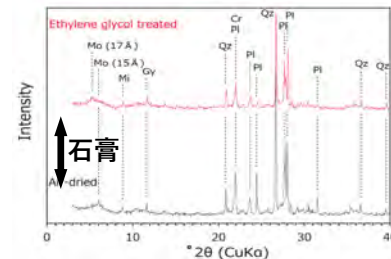


- 1982年以降湯釜火口で発生した全ての噴火はCIの減少とMg/CI比の上昇を伴っていた。
- 一方、2014年のように著しいHClの上昇が起こる時、噴火もMg/CI比の上昇も起きなかった。
- CIは結晶化マグマの脱ガスに、Mgは結晶化マグマ（高温岩石）の溶解に由来する成分と考え、最近の湯釜火口での噴火の発生には、マグマ流体(HClに富む)の上昇そのものよりも、相対的に地下水-高温岩体との接触が重要な役割を果たしている可能性がある。
- 監視指標として、CI濃度そのものだけでなくMg/CI比を提案。

◆ ② 火山灰の分析による焼岳1962年噴火像の理解

Volcanoes	Eruption date	Eruption type	Water-soluble components*	
			Cl (mg/kg)	SO ₄ (mg/kg)
Yakedake [this study]	June 17, 1962	Phreatic	1,250	10,800
Below are references				
Fuji [13]	December 16, 1707	Magmatic	90.6	146.5
Nishinoshima [14]	May 26, 2017	Magmatic	425	579
Kusatsu-Shirane (Yugama) [15]	December 29, 1982	Phreatic	1,950-2,030	17,480-18,160
Hakone [16]	June 30, 2015	Phreatic	12,200	6,600

*Water-soluble components expressed as mg per kg of dried ash (mg/kg).



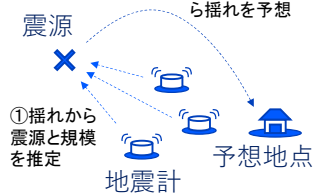
- 保存状態の良い焼岳1962年噴火火山灰について化学/鉱物/顕微鏡分析などを実施し、黄鉄鉱や石膏などの熱水鉱物、及び多量の水溶性成分の存在を明らかにした。
- 熱水鉱物や多量の水溶性成分の存在から、当該噴火が熱水変質帯での爆発であることを支持した。

地震動即時予測に関する研究

研究概要

平成30年に緊急地震速報に導入したPLUM法は、揺れから揺れを簡易的に予想する方法。気象研究所では、PLUM法の高度化に加え、揺れの実況値を面的に把握し波動伝播の物理を使って将来の揺れを面的に予測する、揺れの数値予報の実用化を目指した研究を進めている

従来手法



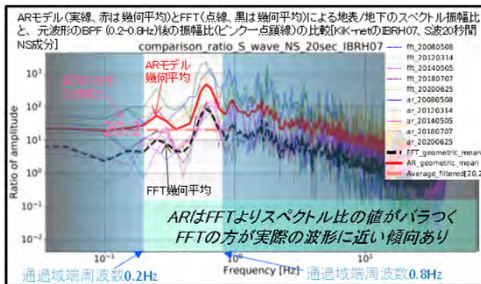
PLUM法



自己回帰モデルを用いた地盤増幅率の周波数特性評価

一揺れ予測精度向上ー

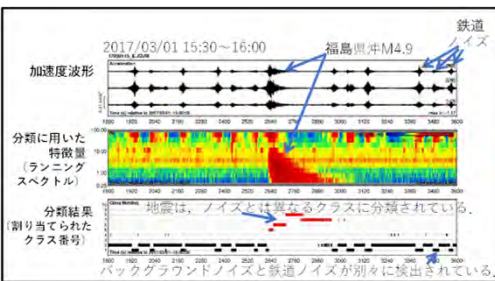
地盤増幅率の周波数特性を評価し、地震動予測精度向上を図る



教師なし学習を用いた地震波形の自動分類

一予測計算の堅牢化ー

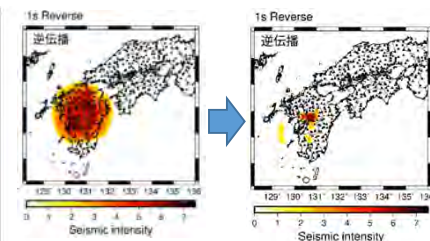
観測点(観測記録)の自動的な品質評価を目指す。これにより、自動で行う地震動予測計算の堅牢化を図る



地震動の逆伝播を用いた面的震度分布の推定

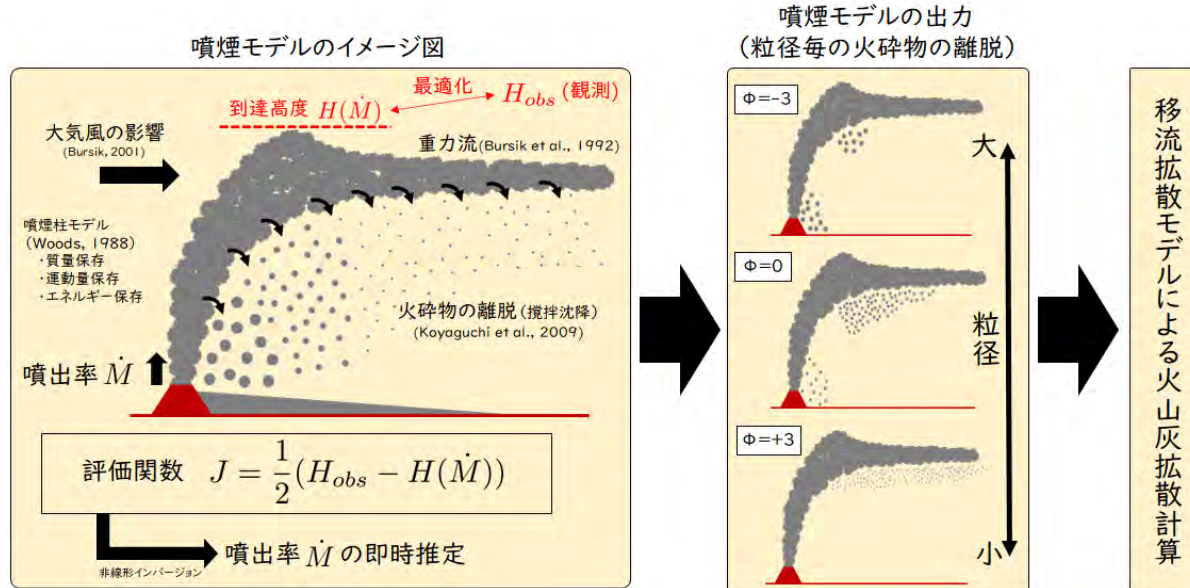
一揺れ予測の応用ー

震源近傍の震度分布が得られない場合の早期の面的震度分布把握を図る



2016年4月16日熊本地震で逆伝播計算

火山灰データ同化・予測システムの構築



図：新しい噴煙モデル（NIKS-1D）の開発
 近年の研究成果を取り入れた一次元噴煙モデルを開発中。
 現業的に利用するために、即時的に噴煙の到達高度を同化する。
 噴煙から離脱した火砕物を計算し移流拡散モデルの入力とする。

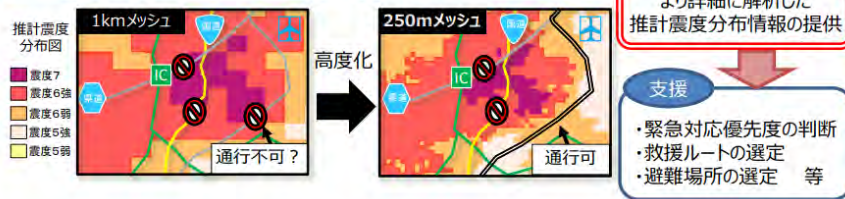
【NIKS: Nishijo-Ishii-Koyaguchi-Suzuki】
 石井憲介・西條 祥・小屋口剛博. 気象庁の火山灰
 予測業務で用いる一次元噴煙モデルの開発.
 日本火山学会2021年度秋季大会, A3-11.

EPOS（地震活動等総合監視システム）の更新

（東京：2022年3月、大阪：2022年度半ば）

◎地震発生直後の迅速な救助活動を支援するため、より詳細な推計震度分布情報を提供するとともに、津波発生が予想された際に適切な避難行動を促進するため、津波避難の緊急性がより分かりやすく伝わるよう、津波到達予想時刻をビジュアル化して提供する。また、津波発生後の適切な救助活動等の応急対策を支援するため、津波警報・注意報の解除見込み時間を提供する。

●地震の二次被害防止や迅速な救助活動を支援する情報の充実



●津波の二次被害や避難・応急対応を支援する情報の充実



REDC（一元化システム）の更新

（2022年3月）

地震観測データ集中化の促進

気象庁、防災科学技術研究所、大学等の地震波形データを一元的に収集・処理することにより、詳細な震源決定作業等を実施。

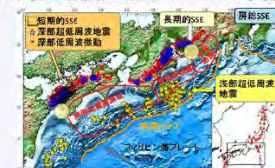
⇒ 地震本部の長期評価等に活用、大学等の研究機関の研究活動に活用



増大するデータ処理に対応するため、システムを更新。

さらに、低周波地震の解析強化を目指し、準リアルタイム震源決定を自動化するためのサーバの高度化を行う。

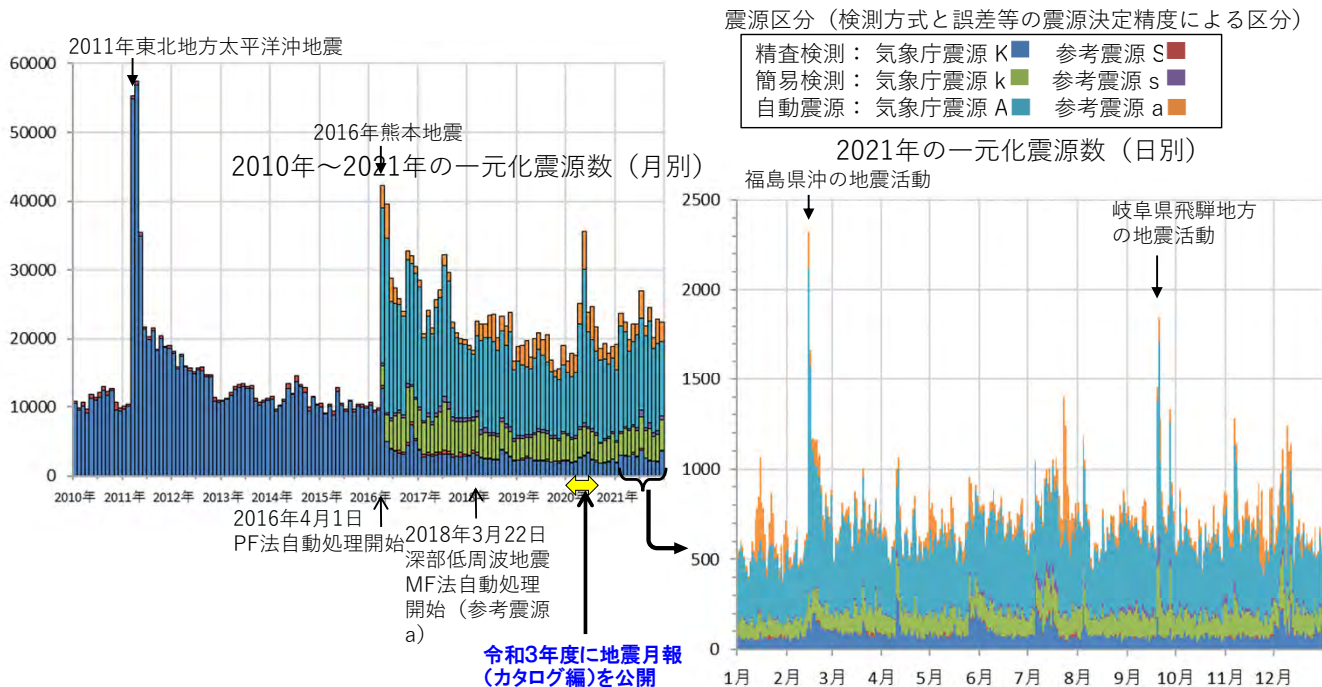
低周波地震処理用サーバの高度化



⇒ 地震活動のより詳細な把握により、南海トラフ地震をはじめとする海溝型地震のモニタリング・発生予測手法の高度化に資する

全国地震カタログ（一元化震源）の作成

令和3年度に2020年1月～8月の地震月報（カタログ編）を公開した。
2021年1月～12月の期間で268191個（暫定）の震源を決定した。



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3年度年次報告

海上保安庁では、業務的に実施している定常観測によって本計画に貢献

JCG_01 海洋測地の推進

JCG_02 験潮

JCG_03 海底地殻変動観測

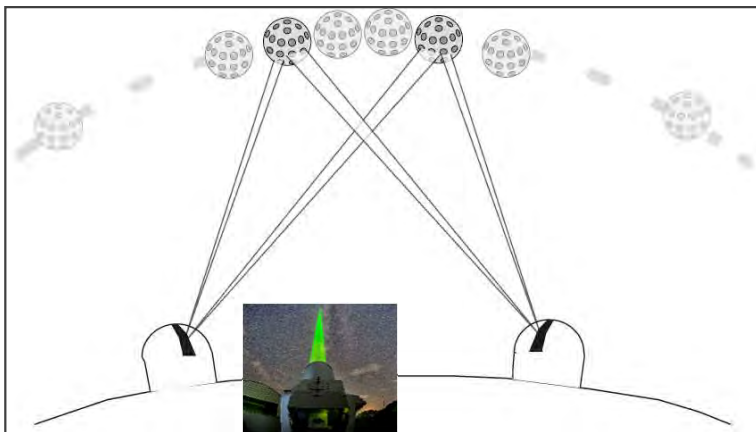
JCG_04 海域火山観測

令和3年度の成果の概要

下里水路観測所において SLRの国際共同観測を継続し、日本周辺を含めた広域のプレート相対運動決定に資するデータを取得。

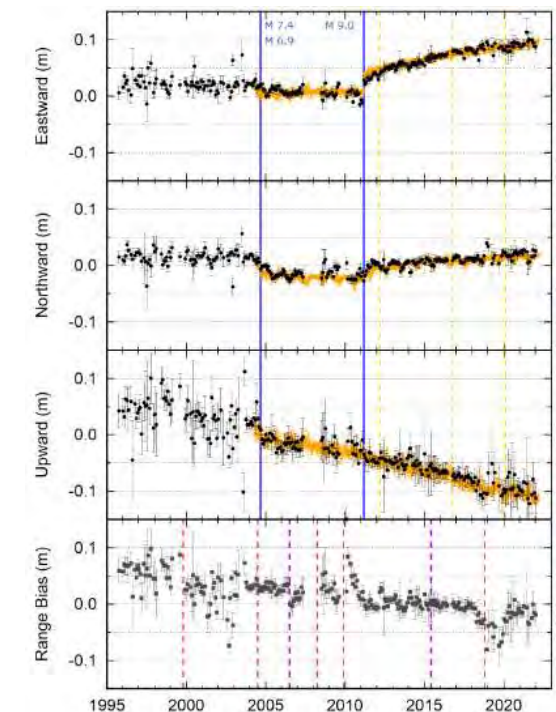
SLR (Satellite Laser Ranging)の役割

- 人工衛星の精密軌道決定
- 地球力学パラメータ(地球重力場、地球回転、地球質量等)の決定・改良
- 観測局の地球重心座標系における位置決定
- 地球重心の位置、地球の大きさの決定



地上観測局から人工衛星にレーザー光を発射。衛星に搭載された逆反射プリズムで反射されて戻ってくるまでの往復時間を精密測定し、衛星までの距離を測定。

プレート運動、地殻変動の検出
基準座標系の構築に貢献

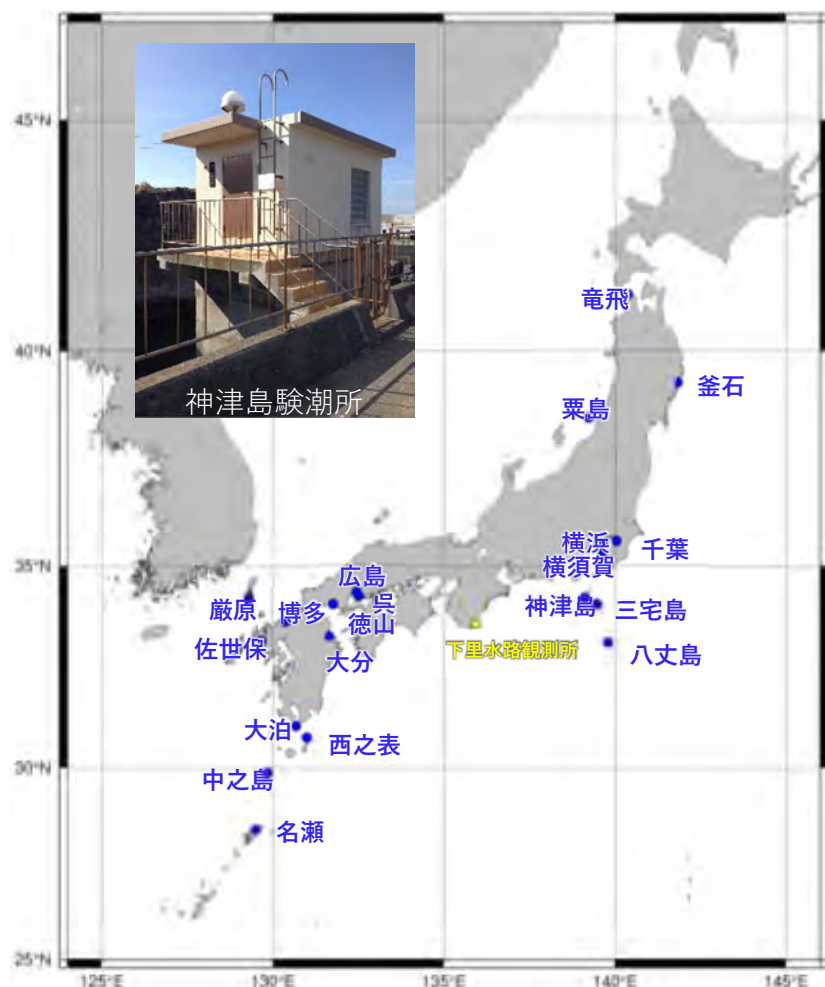


下里レーザー不動点の変位(黒丸)及びレンジバイアスの値(1か月解)並びにGNSS観測点"SMST"の変位(黄丸, 1日解)。

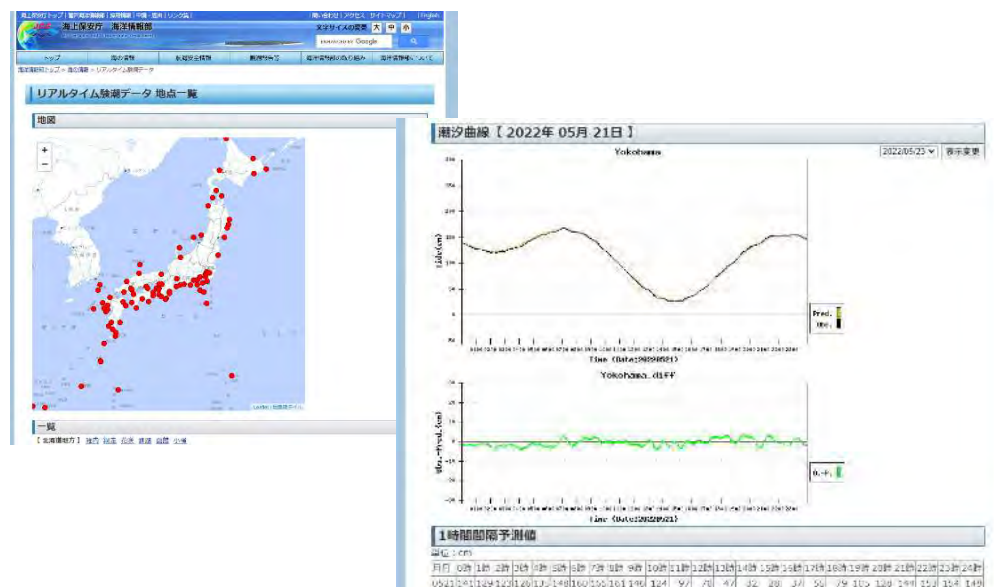
令和3年度の成果の概要

全国20カ所の常設験潮所において潮汐観測を実施し、験潮データをリアルタイムで公開。

海上保安庁が所管する験潮所(及びSLR観測点)



海上保安庁所管の験潮所及び気象庁所管の検潮所での潮汐観測データをホームページで公開。



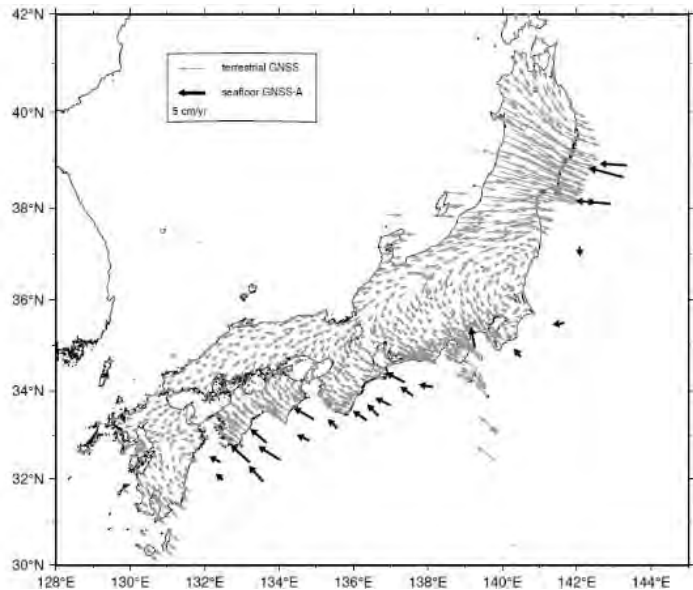
潮汐観測の成果の利用

- 海図の最低水面の管理
- 潮汐調和定数の算出
- 潮汐表の精度の向上
- 地殻変動の監視
- 高潮や津波防災情報への活用

令和3年度の成果の概要

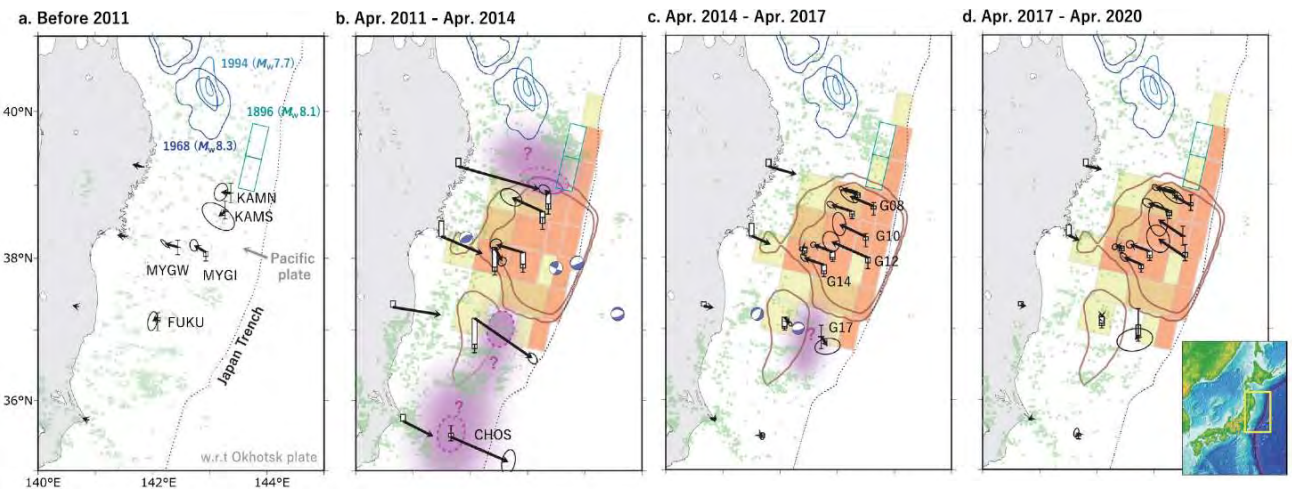
海溝型地震震源域海底において、GNSS-音響測距結合方式（GNSS-A）による地殻変動観測を継続して実施。

GNSS-A定常観測から求めた 直近約4年間の水平移動速度場



※陸域の速度場は国土地理院GEONET F5解による

東北地方太平洋沖地震後の10年間の観測から求めた 東北日本海底の速度場の変化



定常的な観測の成果は、地震・地殻活動の現状評価の資料として、地震調査委員会、南海トラフ地震評価検討会等の政府関係会議に定期的に報告。

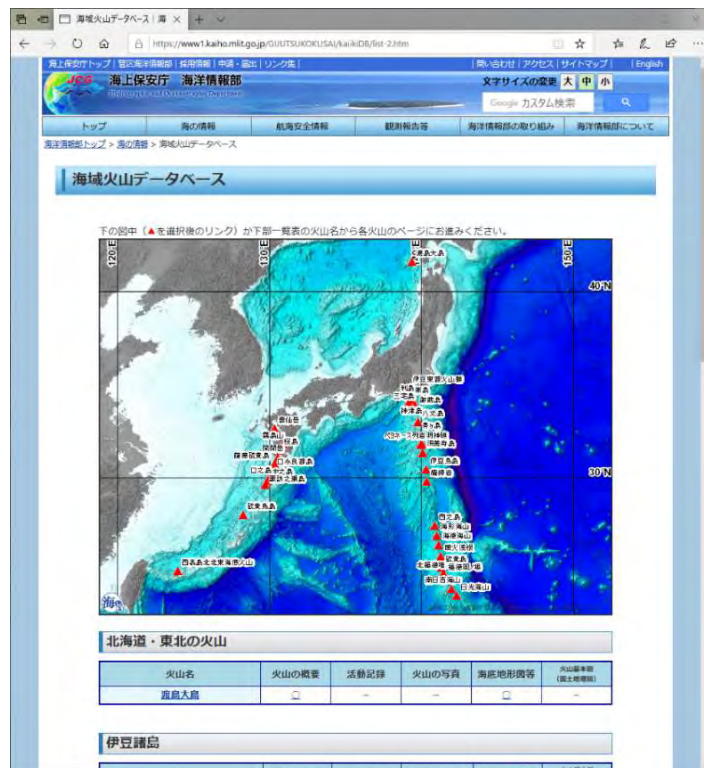
得られた速度変化から、地震時の大すべり域近傍での余効すべりが2-3年程度で減衰したことや、地震時すべりが福島沖の海溝軸近傍にも及んでいたことが分かった。

Watanabe et al. (2021, EPS)

令和3年度の成果の概要

航空機による南方諸島及び南西諸島における海域火山の定期巡回監視観測を実施。
 福德岡ノ場及び西之島については、監視体制を強化し、毎月1回程度の監視観測を継続して実施。

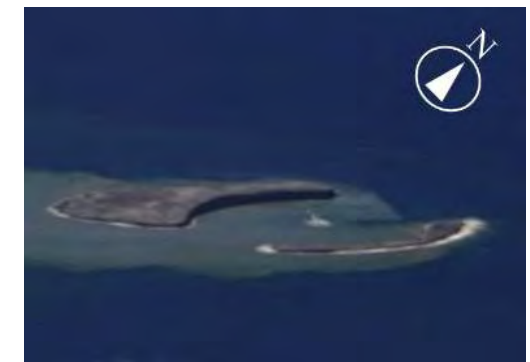
海域火山データベース



調査結果の例



福德岡ノ場の噴火
 (2021年8月13日)



福德岡ノ場の噴火後に確認された
 陸地 (2021年8月16日)



西之島 (2021年10月12日)



諏訪之瀬島 (2021年10月29日)

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3年度年次報告

研究課題 2課題

HRO_01 北海道内の活火山の地球物理学的・地球化学的モニタリング

HRO_02 津波による最大リスク評価手法の開発と防災対策の実証的展開

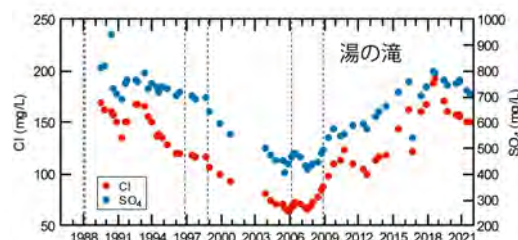
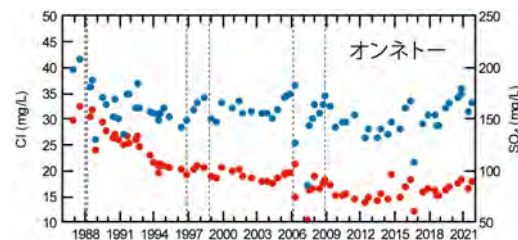
北海道立総合研究機構

<令和3年度の成果の概要>

北海道内の6火山（雌阿寒岳、十勝岳、樽前山、倶多楽、有珠山、北海道駒ヶ岳）において、地球物理学的・地球化学的モニタリングを継続して行い、火山活動の変化を捉えるためのデータの蓄積を行った。いずれの火山でも火山活動の顕著な活発化を示すような変化は観測されなかった。また、北海道駒ヶ岳と倶多楽（登別地域）の熱水系について検討した。得られた観測データについては気象庁や大学と随時情報共有している。



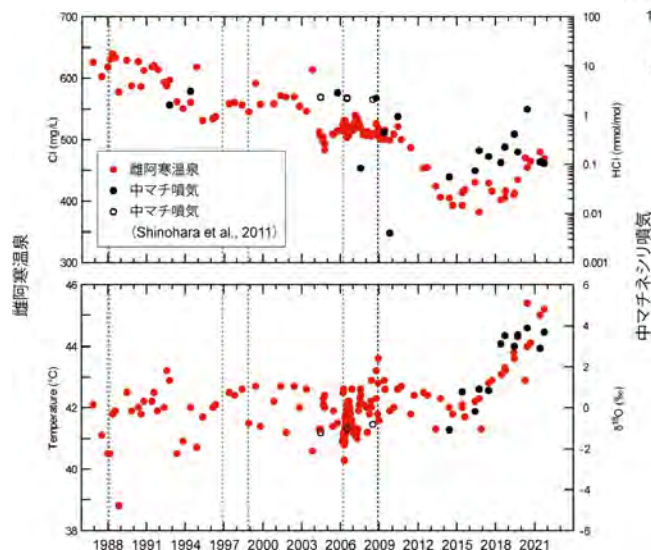
<雌阿寒岳：温泉観測>



オンネトーと湯の滝の成分変化。
破線は水蒸気噴火

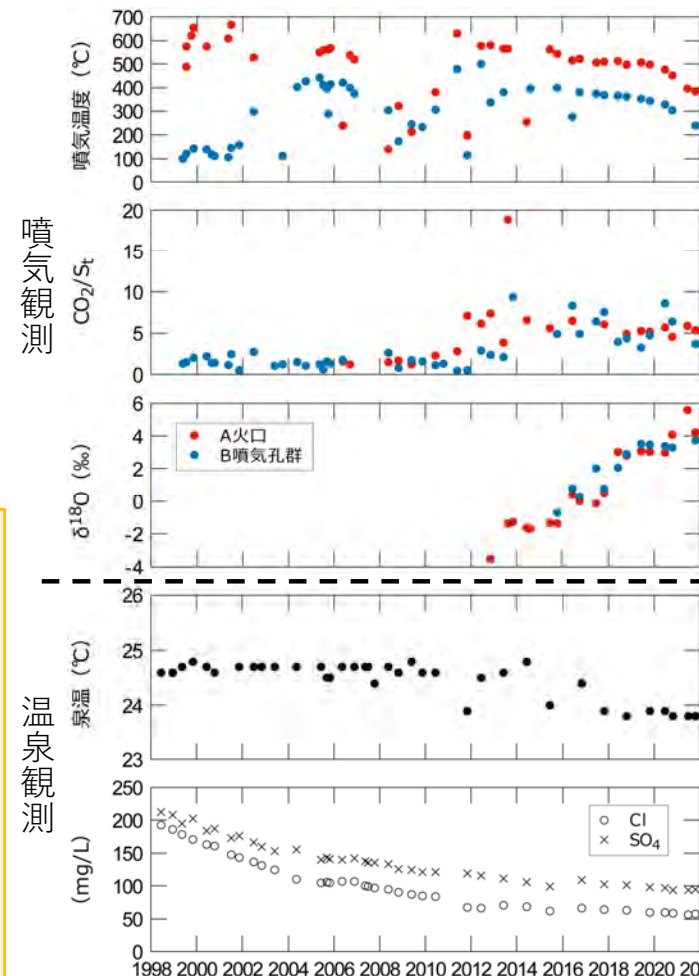
↑オンネトーでは水蒸気噴火の数年前から成分濃度の上昇が観測されている。

←雌阿寒温泉の温泉水と中マチネシリ火口の噴気の特徴には類似した時間変化が認められる。中マチネシリ火口の活動の変化を山麓の雌阿寒温泉での観測で捉えられる可能性がある。



雌阿寒温泉の温泉水と中マチネシリ火口の噴気の特徴の比較。
上：温泉水のCl濃度と噴気のHCl濃度。
下：温泉水の温度と噴気の酸素同位体比。破線は水蒸気噴火

<樽前山：噴気・温泉観測>



<噴気観測>

噴気温度は低下傾向が続いている。
2012年以降、噴気成分には大きな変化は認められないが、噴気凝縮水の酸素・水素同位体比は徐々に高くなる傾向がある。

<温泉観測>

温泉水の温度やCl・SO4濃度はここ数年横ばい傾向が続いている。

A火口とB噴気孔群での噴気観測（温度、化学成分、同位体比）と山麓での温泉観測（温度、化学成分）の結果



津波による最大リスク評価手法の開発と防災対策の実証的展開

背景

現在の道における津波被害想定は、国の南海トラフ巨大地震・津波を想定したマクロな評価手法に準拠、R2に日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデルが公表され、新たな被害想定に基づく減災目標設定と対策が求められている

- ⇒ 冬季など悪条件下では避難速度が低下
- ⇒ 最短距離を用いた避難距離の算定は、道路網が低密度な北海道では誤差大
- ⇒ 社会状況・社会構造の変化など、時間経過とともに被害想定的前提条件が変化
- ➡ 災害弱者を含む住民避難行動に関する実証的データの取得と検証が必要

目的

- 津波避難経路の使用可能性の検証精度をさら高めるため、強振動予測・液状化予測に資する地盤情報を収集し、広域的な地盤モデルを構築
- 北海道内市町村の防災教育並びに防災情報伝達における現状と課題を明確化、およびアクションリサーチを通じてそれらの課題解決に必要な知見を整備

成果

- 北海道の主要平野を対象に250mメッシュで広域的な地盤モデルを構築
- 防災教育を市町村と共同で実践し、避難準備、避難目標までの経路、要配慮者の介助など時系列の行動に応じた訓練方法を提案
- 避難情報認知の訓練方法を提案すると共に、自治体を対象に実測調査や数値解析を実施し、伝達状況を改善する技術的課題や解決方法を整理

成果事例 提案した防災訓練の実践方法

行動を時系列で確認する避難訓練

事前準備



家具転倒防止等の
備えの確認

情報伝達



屋外スピーカ等
による避難開始

避難準備



持出品等の準備
時間の確認

避難移動



移動時間、要配慮者
避難、経路の課題

避難場所

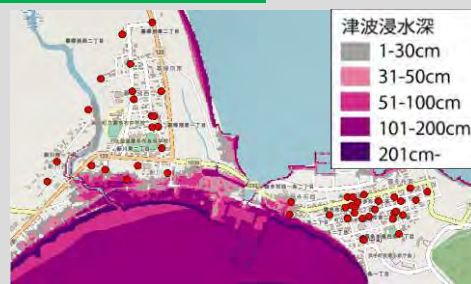


避難目標の選択

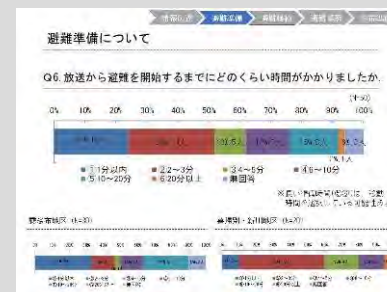
訓練のみで終わらせない結果検証



<音声測定>迅速な避難開始
に向けた情報伝達の検証



<GPS解析>津波遡上
と避難軌跡の動画作成



<アンケート調査>訓練行動、
防災意識の分析

その他(自由記述)

Q19. 今回の訓練についての避難情報の伝達や避難の準備、避難経路などの課題、津波避難について現場から課題を感じていることなど、感想を自由にお書きください。

分類	内容	件数
避難経路	避難経路が不明確なところがある。避難経路の標示を明確にする必要がある。	1
避難時間	避難時間が長すぎる。避難時間の短縮を図りたい。	2
避難場所	避難場所が狭い。避難場所の拡大を図りたい。	1
避難準備	避難準備が不十分。避難準備の強化を図りたい。	1
避難情報	避難情報が不明確。避難情報の伝達を強化したい。	1
避難意識	避難意識が低い。避難意識の向上を図りたい。	1
その他	避難訓練の頻度を増やしたい。	1

住民へのフィードバック・計画へ反映



住民研修会



訓練結果の動画配信



町広報誌での周知

ハザードマップ策定、
避難困難地域対策
など計画へ反映

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3年度年次報告

課題番号MFRI01

富士山の事象系統樹を精緻化するための噴火履歴の研究

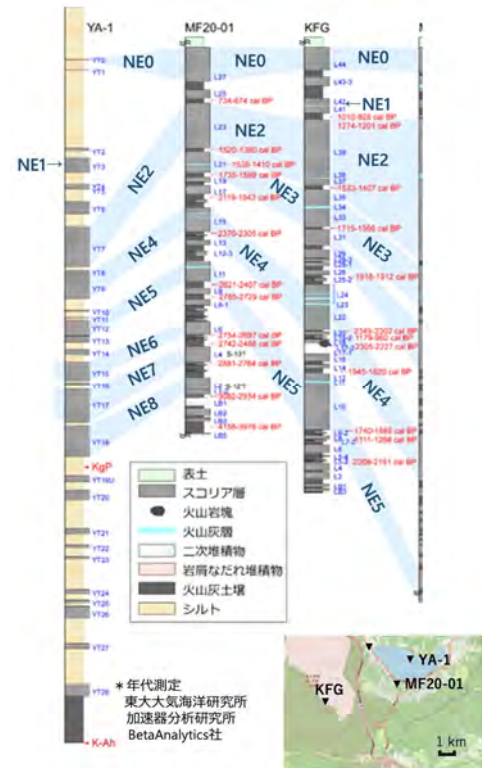
課題番号MFRI02

火山モニタリングと地下水流動把握のための多点連続重力観測

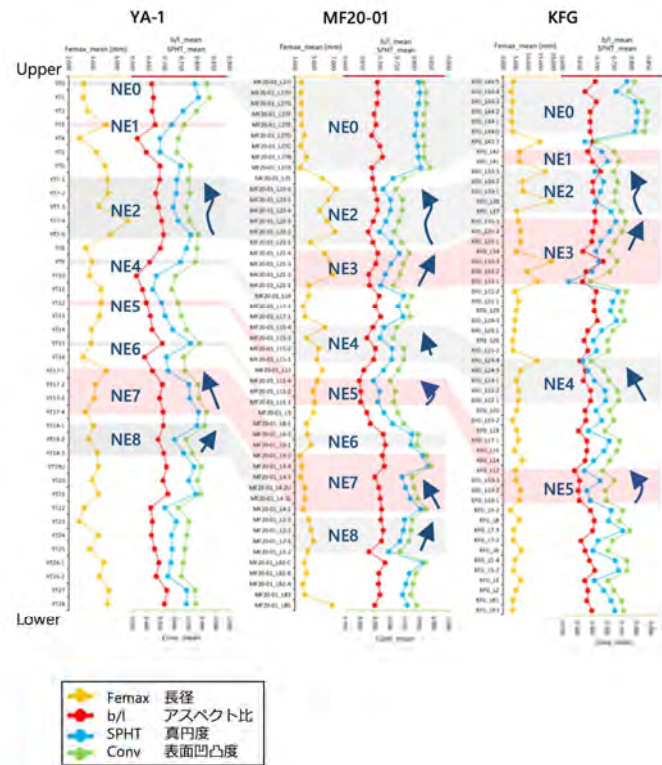
山梨県富士山科学研究所
富士山火山防災研究センター

MFRI01 富士山の事象系統樹を精緻化するための噴火履歴の研究

①テフラ層序の再考による富士山の噴火履歴の高精度化

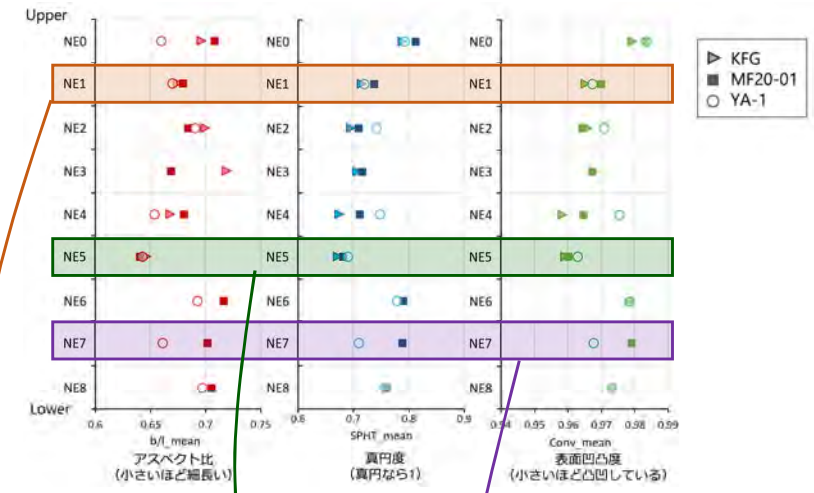


富士山北東側の対比柱状図

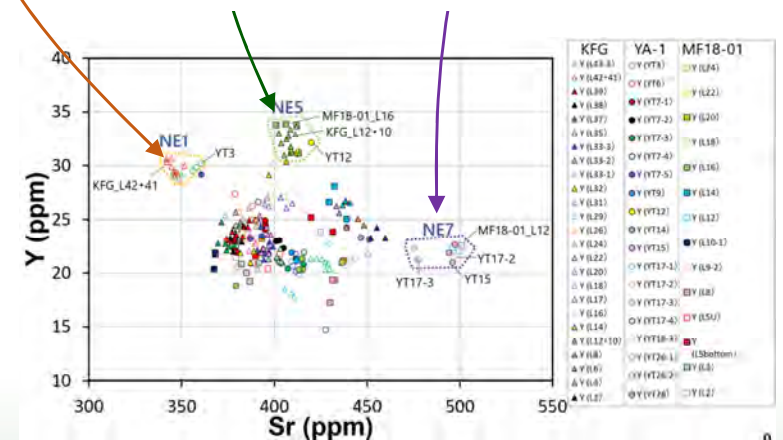


各テフラのサブユニットごとの粒子形状解析結果。サブユニットごとの変化傾向を使うと対比可能。

富士山のテフラに定量的データによる対比方法を検討した結果、化学組成と粒子形状と組み合わせることにより、ある程度対比が可能である。

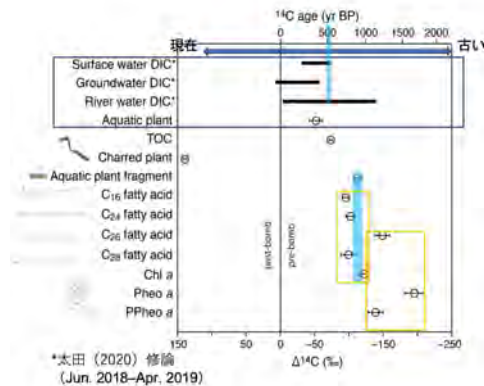


各テフラの最大粒径ユニットの粒子形状解析結果。最大粒径を含むユニットを代表させても変化パターンが調和的。

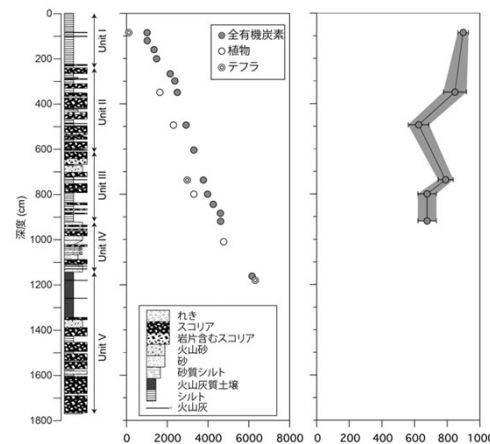


ユニットごとの全岩化学組成のSr-Y図。識別可能なテフラがあり、これらを鍵層とすることで、対比が可能となる

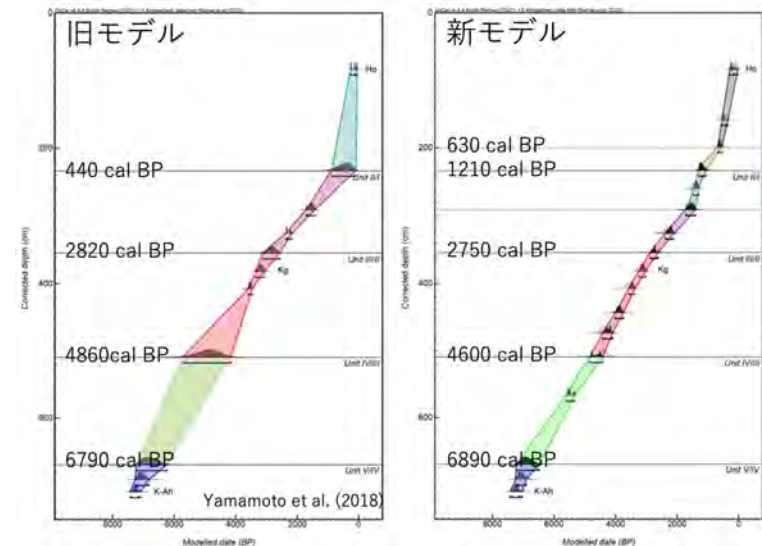
①湖底堆積物を使ったテフラ層序の高精度化 (山本ほか, 準備中)



山中湖表層堆積物中の $\Delta^{14}\text{C}$ の分布。全有機炭素 (TOC) の ^{14}C 年代をリザーバー年代 (大気-湖水間の ^{14}C 年代の差) で補正することにより年代測定が可能



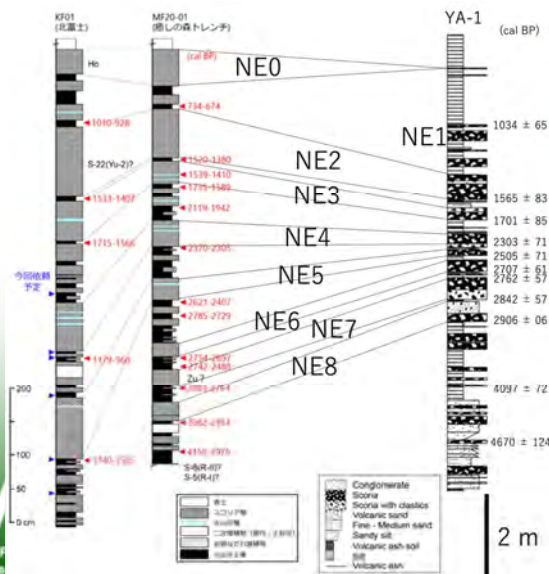
山中湖の堆積物コアの ^{14}C 年代測定結果とリザーバー年代の層序学的変化



堆積物コアのTOCとリザーバー年代によって改定した山中湖の年代-深度モデル

陸上堆積物

コア堆積物



陸上の層準との対比。湖畔のトレンチ調査からは、山中湖のコアと年代が概ね一致

- 山中湖における湖底堆積物の全有機炭素 (TOC) の ^{14}C 年代をリザーバー年代で補正し、新しい年代-深度モデルを構築した。
- 新しい年代モデルにより、湖底堆積物中のテフラの年代を決定し、陸上の層準と比較し調和的であることを確認した。

MFRI02 火山モニタリングと地下水流動把握のための多点連続重力観測

R3年度の取り組み

- ・ 研究所点での連続観測を継続
- ・ 4合目点での連続観測を開始
- ・ 他機関と合同での往復観測を実施【産総研・京大】
- ・ 5合目での鉛直勾配測定の実施【産総研】

