

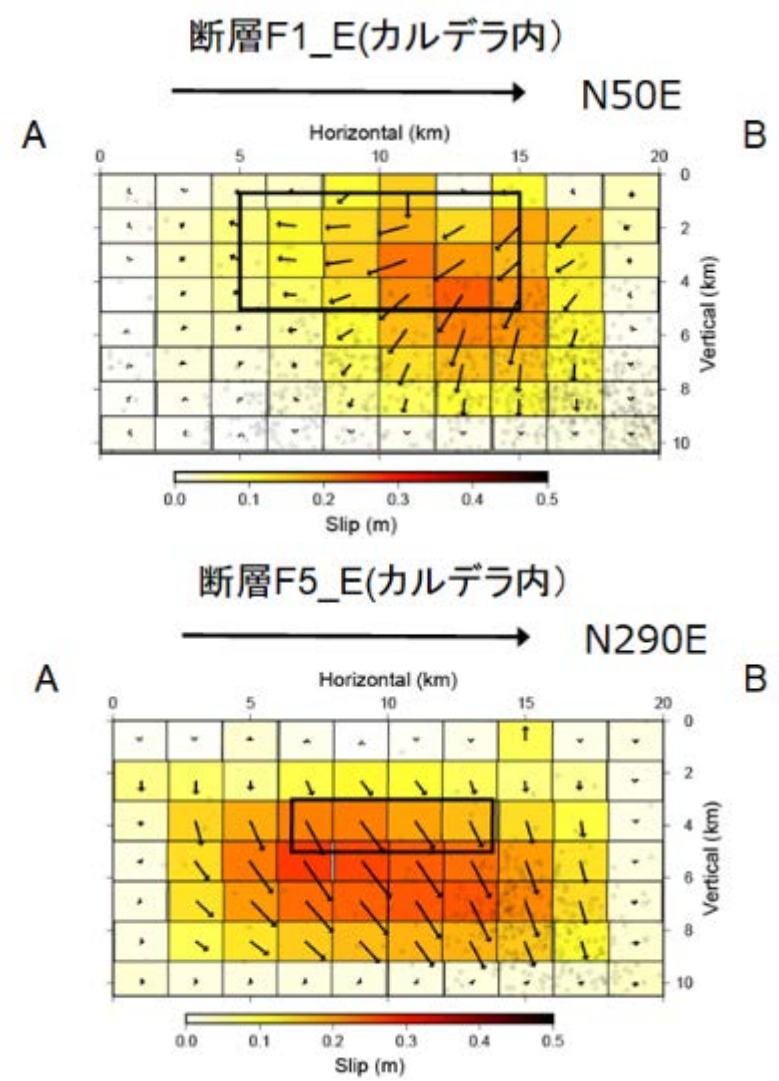
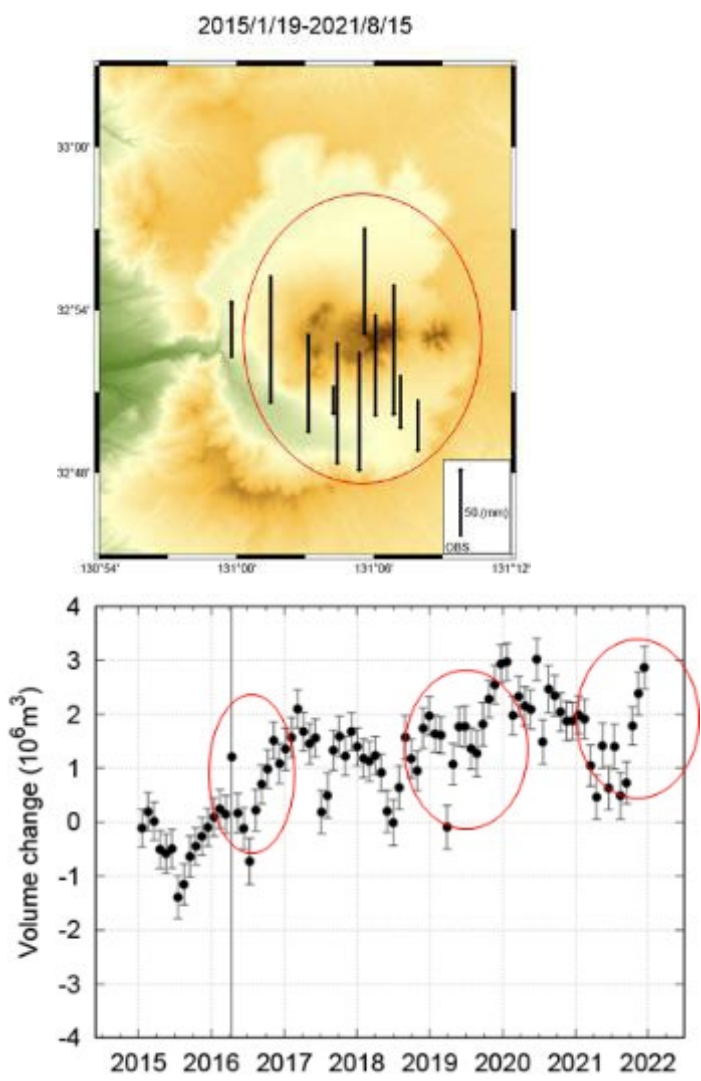
# 災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画 (第2次) 令和4年度年次報告

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

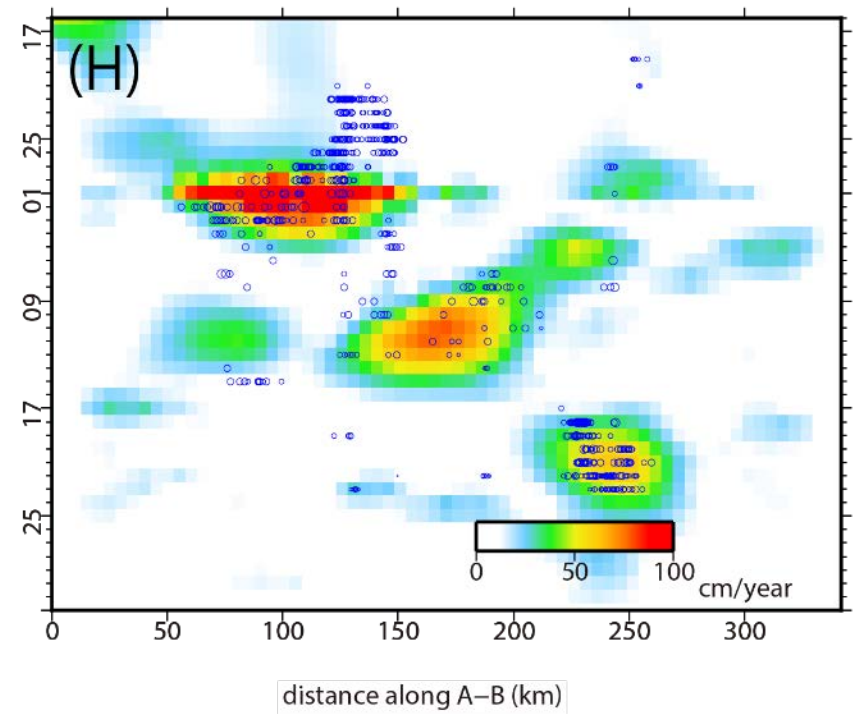
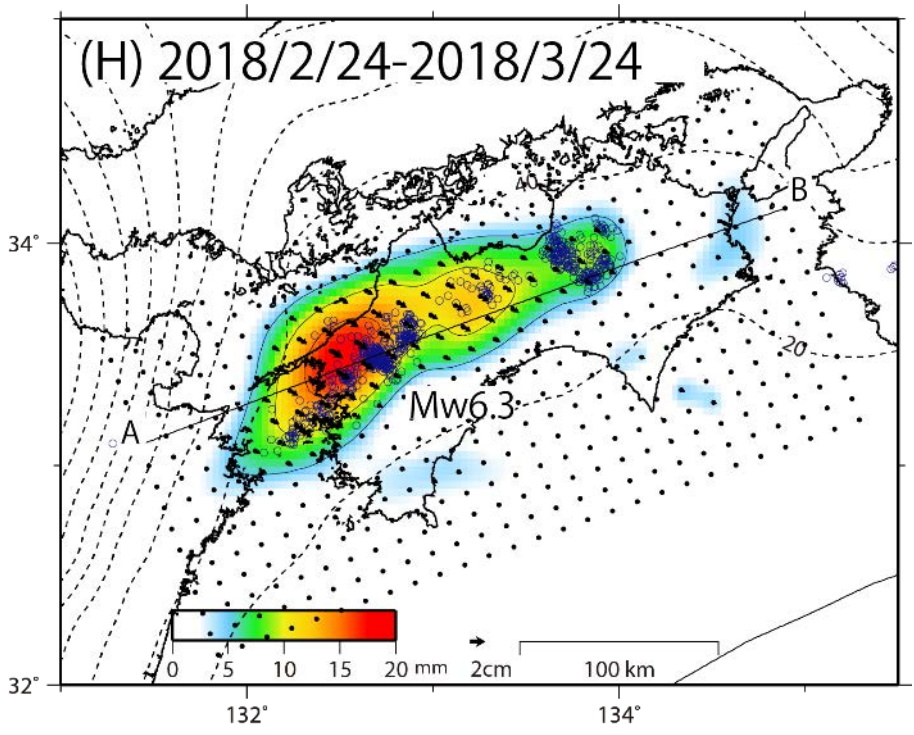
## 2016年熊本地震の余効変動のモデル化

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。



### 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

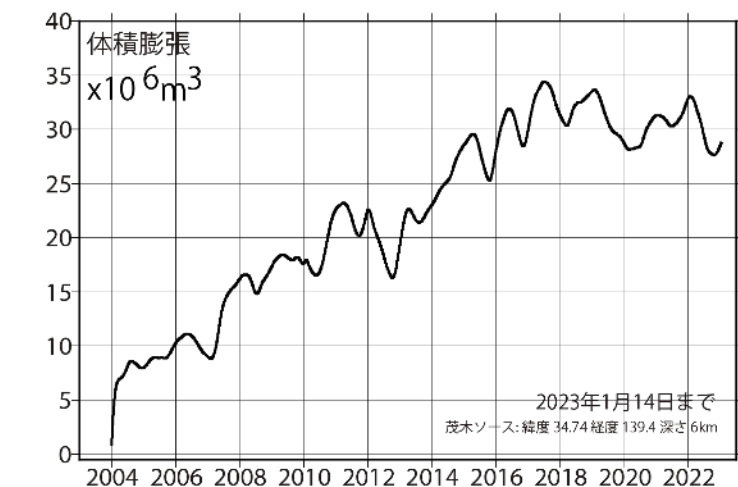
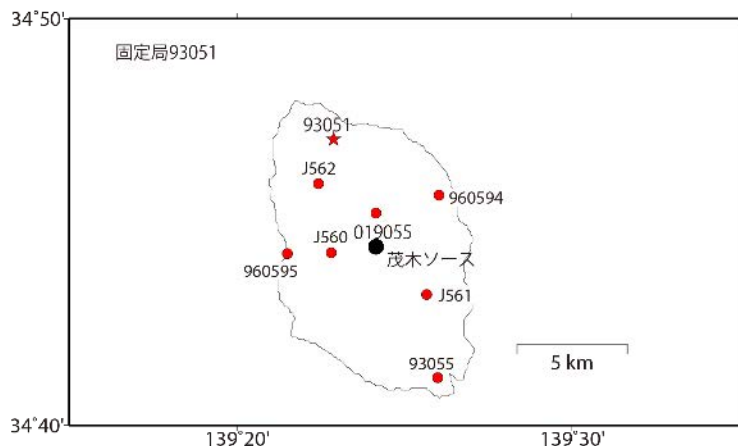
四国の短期的SSEについて、時間依存インバージョンによる解析を実施した。その結果、Mw>6.3の大きなイベントは、概ねサブイベントから構成されることがわかった。



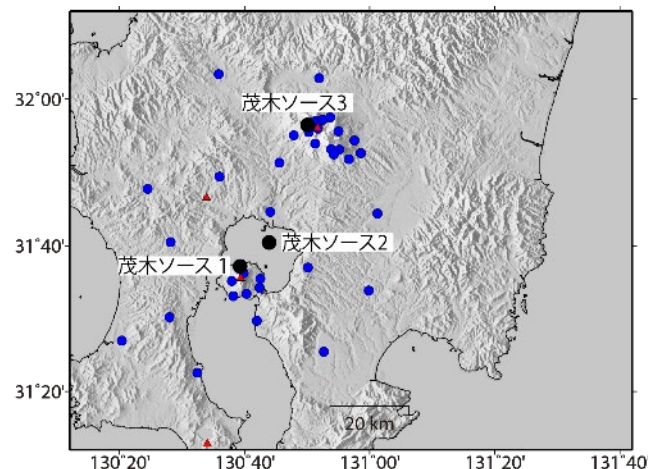
## 時間依存インバージョンによる、火山地殻変動力源の推定

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、霧島山では、2022年初頭より膨張が続いていたが、夏以降停滞していることが明らかになった。

### ■伊豆大島

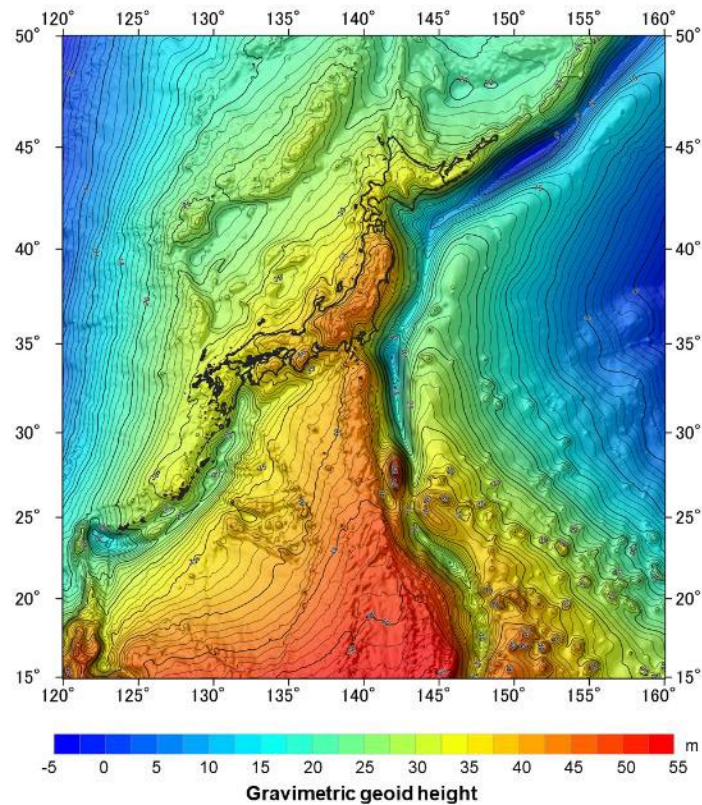


### ■霧島山

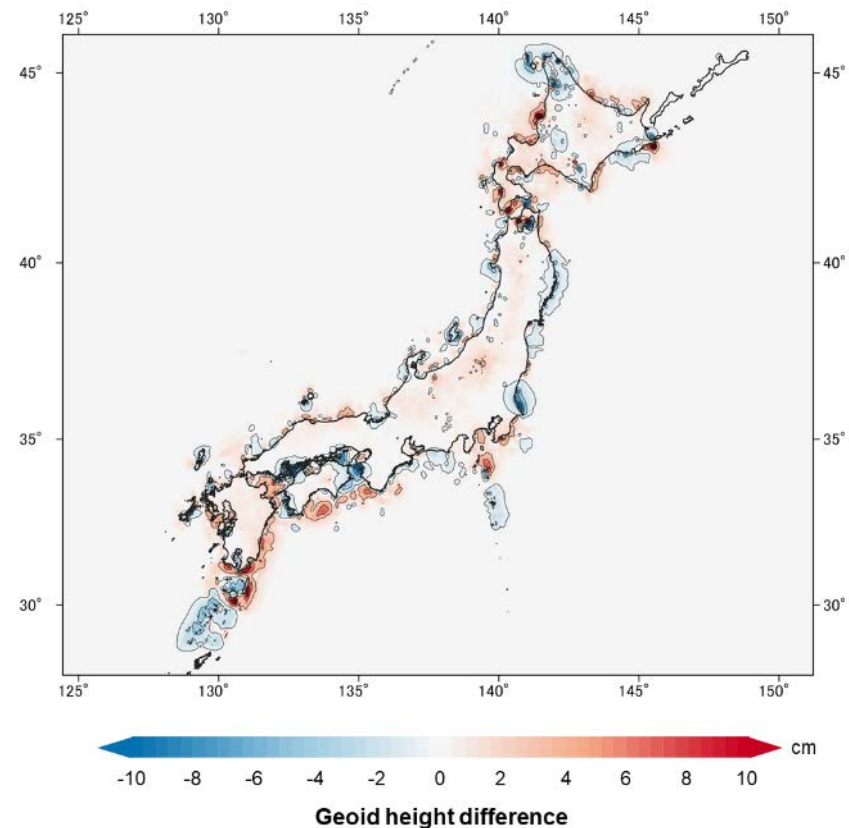


## 精密重カジオイドモデルの試作

2022年12月までの航空重力データを既存の重力データに含めて精密重カジオイド・モデルを試作した。



2022年12月までに観測された航空重力データを用いて試作した精密重カジオイド・モデル

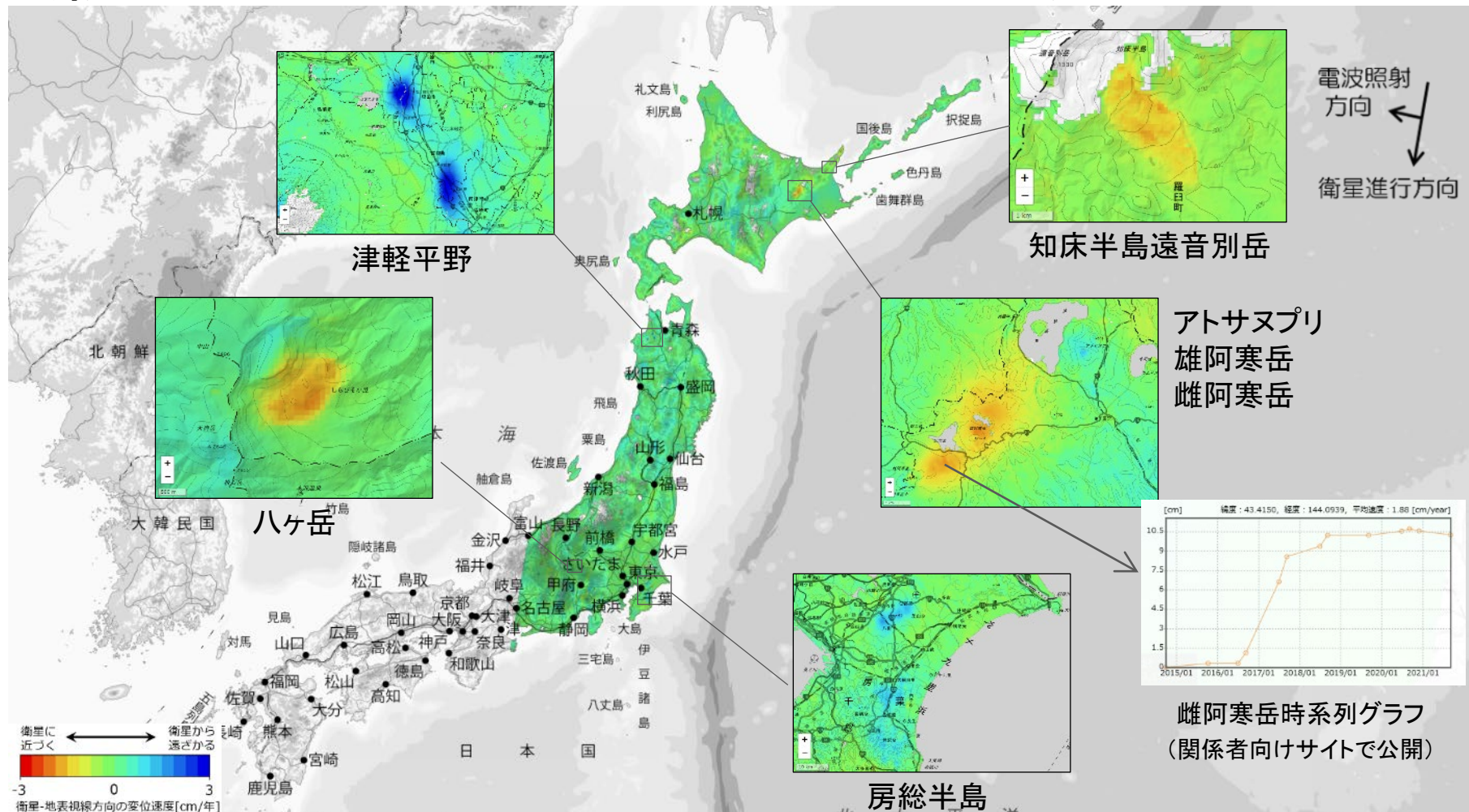


航空重力データの有無によるジオイド高の差

## 全国を対象とした干渉SAR時系列解析の実施

- ・ 火山に加え**全国を対象とした干渉SAR時系列解析を開始**
- ・ 解析が完了した**北海道・東日本のほぼ全域**で詳細な変動を把握し、**局所的な変動を多く検出**
- ・ この結果は地理院地図において**一般に公開**、**関係機関向けには時系列データも公開**

北海道及び東日本の時系列解析結果(南行軌道による衛星視線方向の変位速度)



## 地震に伴う地殻変動の検出（トルコ共和国の地震）

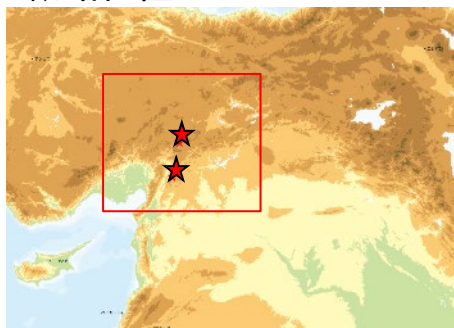
- 2023年2月6日（UTC）にトルコ共和国で発生したM7.7とM7.6（トルコ防災危機管理庁:AFAD）の地震について、ALOS-2の緊急観測データを用いてSAR干渉解析を実施
- 解析結果は国土地理院のHPに掲載するとともに、地震調査委員会、地震予知連絡会に報告するとともに、現地政府等※へ情報共有

※国土交通省海外プロジェクト推進課、外務省地域課、JICA本部、在トルコ日本大使館、CEOS（地球観測衛星委員会）、トルコ環境・都市・気候変動省、ハジェテペ大学（トルコ）等

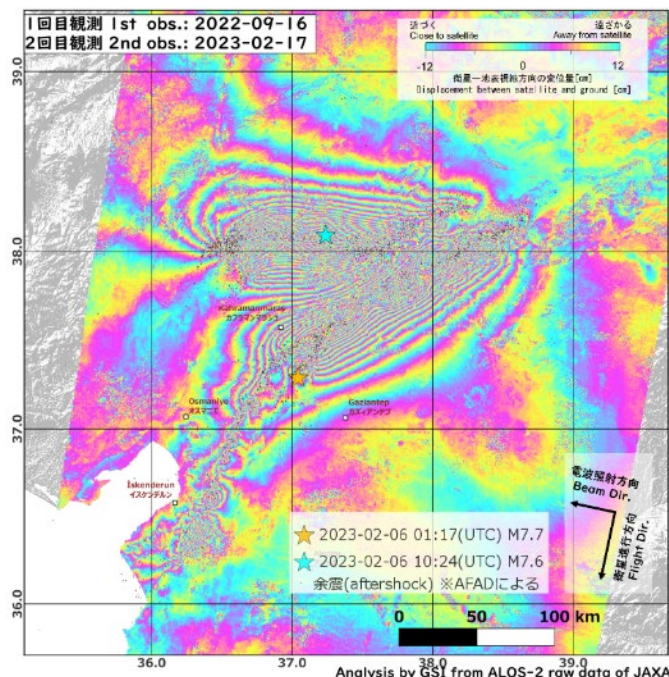
### 地震の概要（AFAD）

発生日時	2023/2/6 1:17 UTC	2023/2/6 10:24 UTC
震源位置	緯度 37.3° N	緯度 38.1° N
	経度 37.0° E	経度 37.2° E
	深さ 8.6km	深さ 7.0km
Mw	7.7	7.6

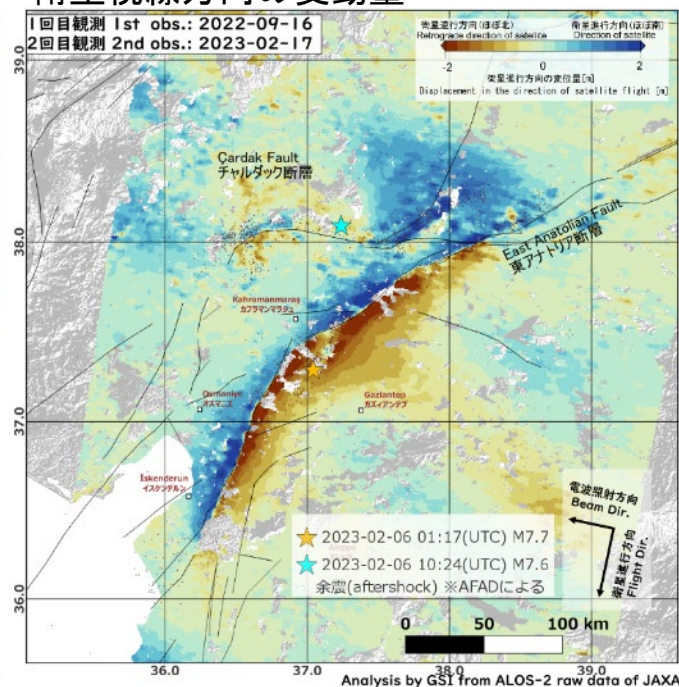
### 概略位置



### 干渉画像（南行）



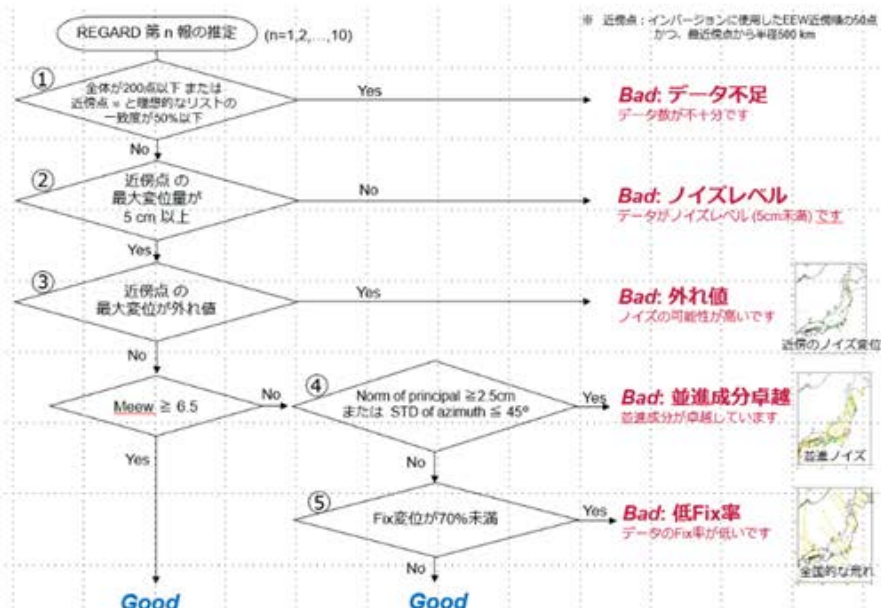
### ピクセルオフセット法による衛星視線方向の変動量



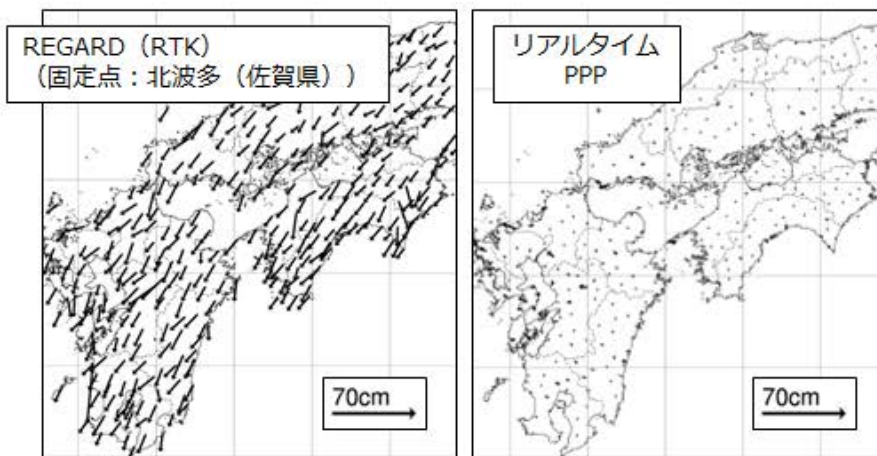
- チャルダック断層及び東アナトリア断層に沿った地殻変動
- チャルダック断層を挟んで**最大で4m程度**、東アナトリア断層を挟んで**最大で5mを超える変動**を検出

## 電子基準点リアルタイム解析システム (REGARD)の改良

- リアルタイム解析により得られた地殻変動の妥当性を評価するフローを構築  
リアルタイム測位解の品質に着目した評価により、確実にノイズ事例を棄却し、信頼性が向上。
- PPP (精密単独測位) 解析の導入  
固定点を必要としないため、安定した測位解の算出が可能  
R4年度にプロトタイプシステムを構築。
- MCMC法を用いた単一矩形断層モデルの改良 (試験運用中)  
幅広い探索範囲から最適な断層モデルを推定し、推定結果の不確実性を定量的に把握。



REGARDによる地殻変動の妥当性判定フロー  
(Good or Bad の 2 種類の情報を付与)



PPP導入により固定点の影響が解消された例  
(2019年8月29日 青森県東方沖の地震(M6.1, 最大震度3))  
REGARDは相対測位を実施しているため、固定点の変位が全点に影響



## ○令和4年度の整備

令和4年度は7断層帯8面(新規:7面、改訂1面)の整備を実施した。

- 長町ー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)
- 糸魚川ー静岡構造線断層帯とその周辺:「韮崎 改訂版」(山梨県)

## ○令和5年度の実施計画

令和5年度は8断層帯8面(新規:7面、改訂1面)の整備を予定(図名などは全て仮称)。

- 雫石盆地西縁ー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:「水沢」(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)
- 鹿野ー吉岡断層とその周辺:「鳥取西部」「鳥取東部」(鳥取県・兵庫県)
- 上町断層帯、有馬ー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)

## ◆火山基本図・火山土地条件図の概要

- 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を提供することを目的として、火山防災のために監視・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
- 火山基本図は、火山の地形を精密に表す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（西之島のみ縮尺1/2,500）
- 火山土地条件図は、過去の火山活動により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表示した地形分類図

### 【活用が期待できる分野】

- 火山の研究や火山噴火予知等の基礎資料
- ハザードマップ作成の基礎資料
- 火山災害の予測や防災対策立案
- 災害対応時のベースマップ

## ◆令和4年度の成果

- 「有珠山」、「倶多楽」、「御嶽山」、「神津島」、「諏訪之瀬島」の火山基本図及び数値データを公開
- 「北海道駒ヶ岳」、「白山」、「鶴見岳・伽藍岳」、「九重山」、「諏訪之瀬島」の火山基本図及び数値データを整備
- 「諏訪之瀬島」の火山土地条件図及び数値データを公開（3月末予定）
- 「蔵王山」の火山土地条件調査を実施

- 「**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4年度の重点検討課題

地震予知連	コンビーナ	課 題 名
第235回(2022/05)	石山委員	東北日本日本海側の地殻活動
第236回(2022/08)	篠原委員	光ファイバーセンシング技術の地震・測地学への応用
第237回(2022/11)	西村委員	内陸地震の長期予測
第238回(2023/02)	平田委員・長尾 准教授	人工知能による地震研究の深化

# 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4年度 年次報告

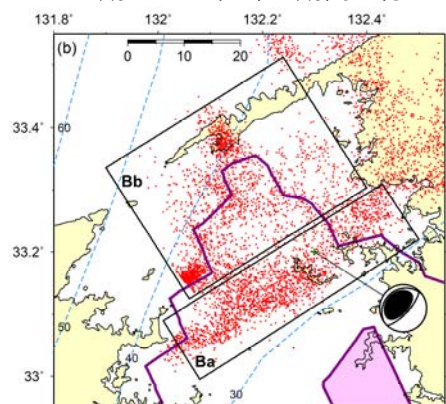


# 気象庁が担当する研究課題

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

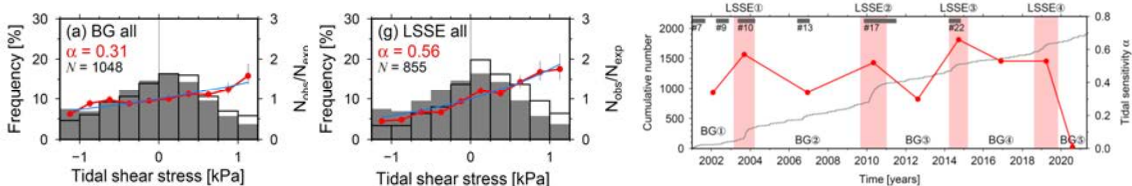
## 豊後水道の深部微動と潮汐との関係

- ・豊後水道の深部微動（特に領域Ba）は、潮汐せん断応力値が大きいほど発生しやすい
- ・LSSE期とそれ以外の期間に分けると、潮汐感度はLSSE期の方が大きい



### 西南日本豊後水道周辺のマップ

赤点は2001~2021年4月に発生した深部微動の震央（防災科研カタログ）、紫エリアは2010年LSSEのすべり量0.1 mコンター及び0.2 m以上域 [Nakata+ 2017, SciRep]。青破線はフィリピン海プレート上面の等深線 [Hirose+ 2008, JGR]。領域Ba, BbはObara+ [2010, GRL]による。深部超低周波地震のビーチボール（下半球等積投影）は、低角逆断層型を示す [Ide & Yabe 2014, GRL]



### 潮汐せん断応力に対する微動の応答

(左) 長期的スロースリップイベント（LSSE）期を除く期間（BG期）、(右) LSSE期。灰棒は全微動発生時の前後1日間の潮汐応力の相対頻度分布（背景分布）、太棒は領域内で発生した微動発生時の潮汐応力の相対頻度分布（左軸、サンプリング間隔15分）。赤シンボルは、 $N_{exp}$ （灰棒）に対する $N_{obs}$ （太棒）の比（右軸）。シンボルの縦棒は $1\sigma$ 誤差。青線は、 $N_{obs}(\Delta S)/N_{exp}(\Delta S) = e^{\alpha\Delta S}$ によるモデル値。 $\Delta S$ は応力binの中間値。潮汐感度 $\alpha$ は最小二乗フィッティングにより算出

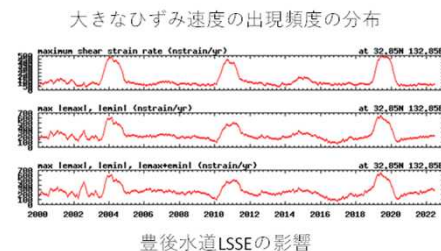
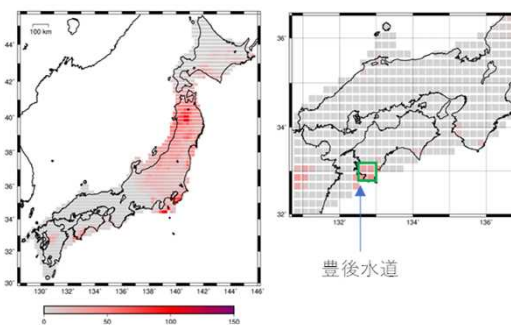
### 潮汐せん断応力に対する微動の感度 $\alpha$ の時間変化

赤線は潮汐感度 $\alpha$ （右軸）。灰線は微動の累積数（左軸）。桃期間は Kobayashi [2017]の手法で決定されたLSSEの活動期（相関係数0.8以上）。#数字付きの灰バーはTakagi+ [2019]によって推定されたLSSEの期間（ここでは参考）。

## 地殻変動解析

### 全国の地殻変動の指標化：

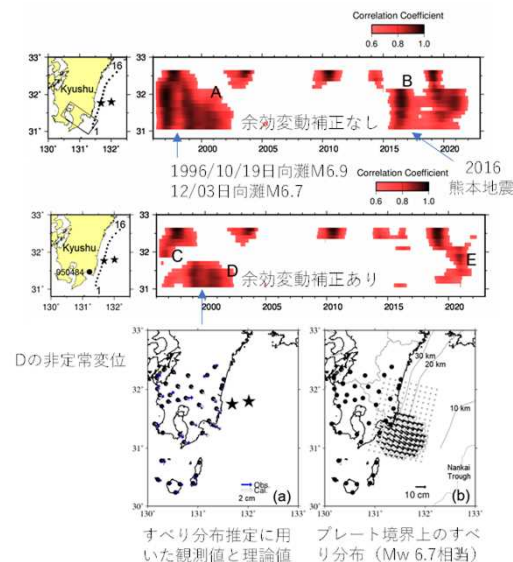
地殻変動の指標化としてGNSSデータから格子化ひずみ速度場を計算。大きなひずみ速度を示した地域や時期を抽出した結果、2011年東北地方太平洋沖地震などの地震やスロースリップによる影響と関連付けられることを示した。



豊後水道LSSEの影響

### 余効変動の除去：

大地震発生後の余効変動の逐次推定・除去処理を開発した。この手法を日向灘のGNSS客観検知に適用し、1996年日向灘の地震に伴う余効変動が除去され、日向灘南部の1998~2001年の長期的スロースリップが検出されることを確認した。



Dの非定常変位

すべり分布推定に用いた観測値と理論値  
プレート境界上のすべり分布 (Mw 6.7相当)

## 火山活動活発化や噴火へ至るプロセスの解明

### 数値気象モデルを用いた光波気象補正

- 伊豆大島における光波連続観測データをもとに、数値気象モデルを用いた気象補正後ノイズレベルと斜距離の関係式を導出
- 光波繰り返し観測データ（東京管区、福岡管区の一部火山）へ同気象補正手法を適用
- ノイズレベルと斜距離の関係式を光波繰り返し観測データへ試験的に適用し、地殻変動の再評価について検討

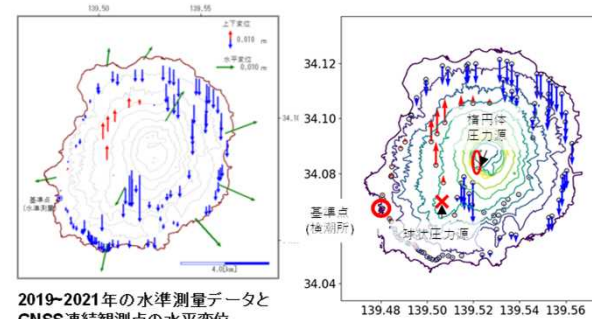
## 火山活動の解析・評価のための手法開発

### 地形を考慮した地殻変動源推定

- 山体地形を考慮した地殻変動源推定法にて、海底地形を考慮した地形モデルの作成とその影響の調査
- 三宅島水準測量データ解析に適用、地形の考慮により、地下浅部の圧力源を火山性地震発生域近傍に推定

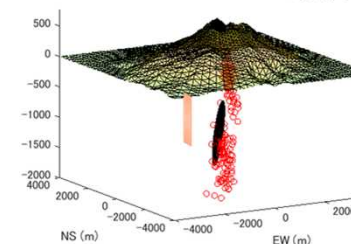
#### 三宅島的水準測量データによる地殻変動源推定

東京都の水準測量データ(2019-2021)から地殻変動源を推定をした。深さ約6kmの球状圧力源と海面下約1kmの浅部圧力源が求められ、地形を考慮すると浅部圧力源は火山性地震の震源付近に決まることが分かった。



2019-2021年の水準測量データとGNSS連続観測点の水平変位。

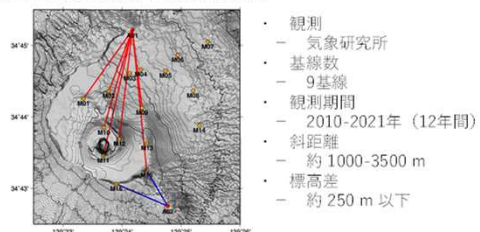
地形を考慮して求めた圧力源による上下変位の空間分布。○は浅部楕円体圧力源、×は深部球状圧力源の位置を示す。



推定した浅部圧力源と気象庁の火山性地震の震源の空間分布。○はMagCAP-Vで推定した浅部開口圧力源のおよその位置。

### ノイズレベルの定量化

伊豆大島連続観測 | 観測点配置図



- 観測
  - 気象研究所
  - 基線数
    - 9基線
  - 観測期間
    - 2010-2021年(12年間)
  - 斜距離
    - 約 1000-3500 m
    - 標高差
      - 約 250 m 以下

### 繰り返し観測への気象補正適用と地殻変動評価

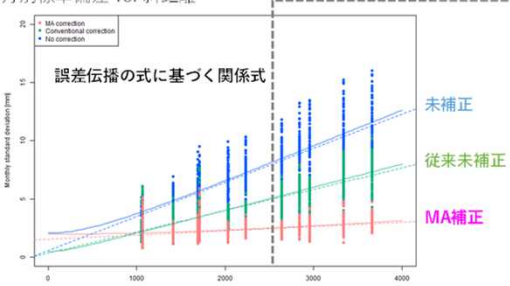
例、九重山繰り返し観測 (KJU03-SHO4) | 観測点配置図



- 観測
  - 気象庁 (機動観測)
- 〈背景〉
  - 全国で、機動観測として光波繰り返し観測を実施
- 〈従来の課題〉
  - 観測間隔が大きく、ノイズレベルの把握 (地殻変動の評価) が困難

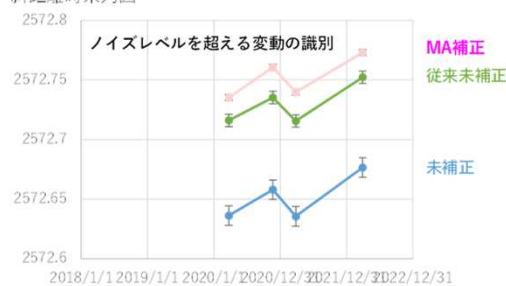
月別標準偏差 vs. 斜距離

繰り返し観測へ適用



ノイズレベルと斜距離の関係式を導出

斜距離時系列図



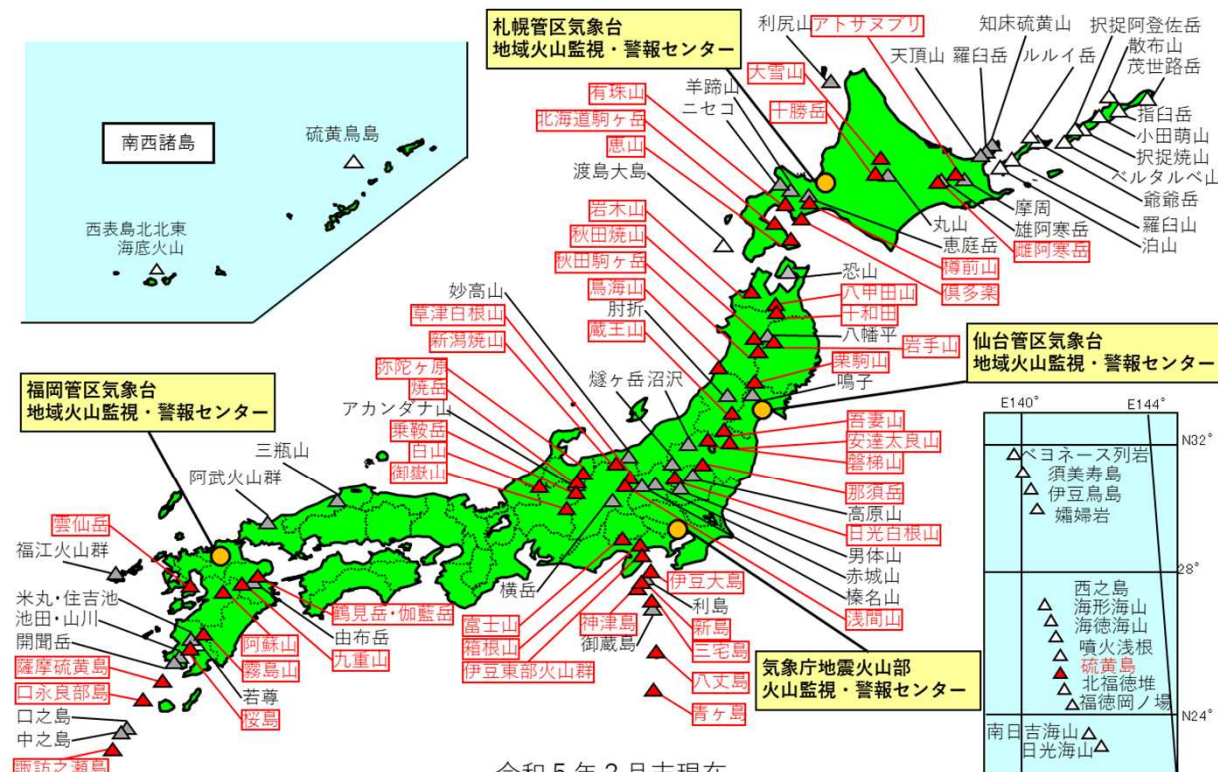
ノイズレベルの関係式を適用することで、地殻変動の評価を可能に

## 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

- 全国の50火山について、全国4か所の火山監視・警報センターにおいて、地震計、空振計、GNSS、監視カメラ等による連続的な監視観測を継続した。また、全国の活火山について、GNSS繰り返し観測、熱観測等の調査的な機動観測を計画的に実施した。
- 全国の活火山を対象に、火山活動を把握する目的で、気象研究所とともに、だいち2号 (ALOS-2) のSAR解析を行った。
- 令和4年度については、桜島、諏訪之瀬島、硫黄島、西之島等で噴火が発生。阿蘇山、焼岳、鶴見岳・伽藍岳、口永良部島、磐梯山等において火山活動の高まりが見られた。
- 監視・観測の成果は、火山活動評価に活用するとともに、気象庁HPで公開。噴火警報等の防災情報、火山活動解説資料等、防災目的の資料等に随時利用。引き続き、各火山の火山防災協議会と観測データや火山活動解説コメントを共有していく。



- ▲ : 火山活動を24時間体制で監視している常時観測火山 (50火山)
- △ : 計画的に機動観測を行う火山 (34火山)
- △ : その他の活火山 (無人島・海底火山等) (27火山)
- 火山名 : 噴火警戒レベルが運用されている火山 (49火山)

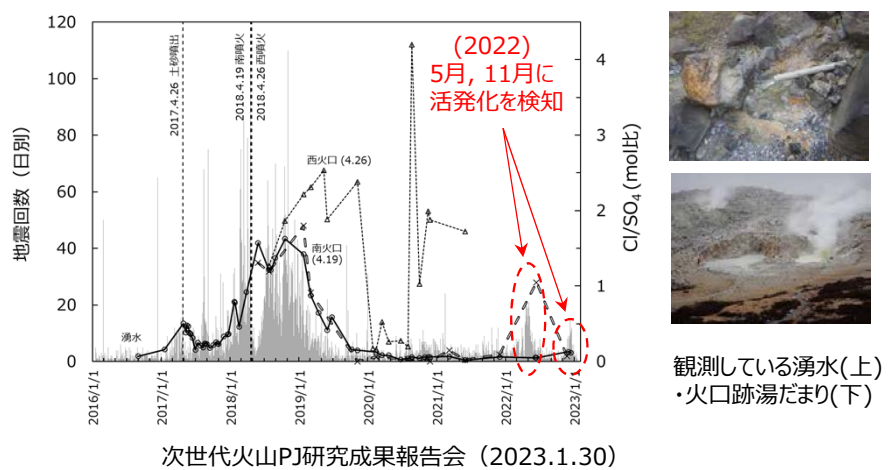


## 化学分析に基づく火山活動の理解に関する研究

**目標：**直接採取した火山ガスや熱水の化学・安定同位体組成、および火山灰に付着した火山ガス成分等の分析を通じて、水蒸気噴火を起こす火山におけるマグマ熱水活動の機構解明を目指す。

**成果：**霧島山(硫黄山)で熱水の化学組成を指標とし、2022年5月と11月の活発化を捉えた。

### ◆ 熱水分析による霧島山(硫黄山)の活動評価



霧島山(硫黄山)では、山麓の湧水や火口跡の熱水のCl/SO<sub>4</sub>比が火山活動の監視指標となる。

- ・ 2017年の土砂噴出, 2018年の噴火の前後では顕著な高まりを検知した。
- ・ 2022年には5月, 11月頃にCl/SO<sub>4</sub>比の高まりを検知し, 火山噴火予知連絡会などに報告した。

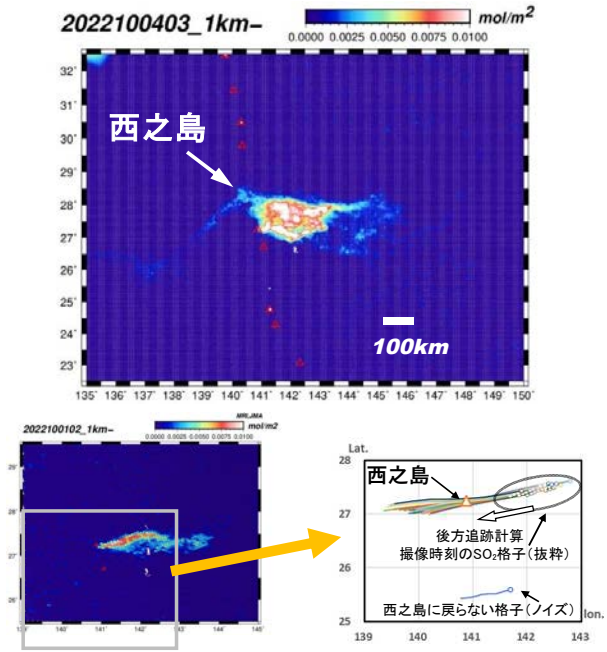
## 火山ガス活動のモニタリングに関する研究

**目標：**火山ガスの放出率や組成比をモニタリング・評価する技術を開発する。火山ガス活動への理解をふまえ、地殻変動などの物理観測データも組み合わせた多項目解析を行うことで、火山活動評価への活用を図る。

**成果：**次期計画に取り組み衛星データを用いた二酸化硫黄放出率の監視技術に関する事前調査を行い、気象モデル(気象庁局地解析値)を活用し活動把握が可能であることを西之島の事例を用いて示した。

### ◆ 衛星データによる二酸化硫黄活動の把握手法

#### ○ 衛星データのLAによる後方追跡計算と放出活動把握

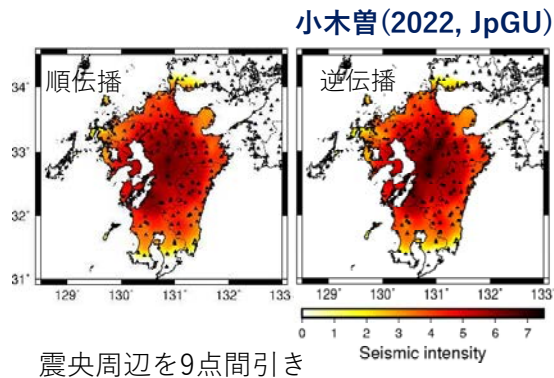


地球観測衛星Sentinel-5Pのデータに対し、気象庁局地解析値(LA)を用い、後方追跡計算により、放出率推定を試みた(第151回火山噴火予知連絡会提出資料より)。

## 地震動即時予測に関する研究

### 地震動の逆伝播を用いた計測震度分布の事後推定手法の開発

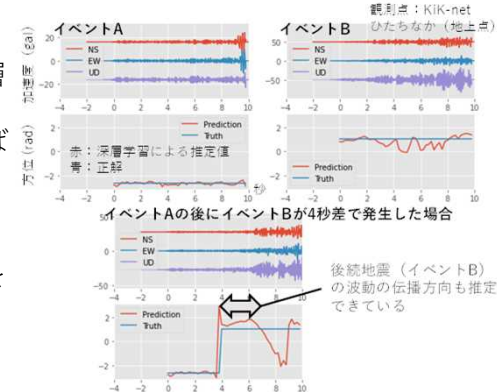
- 波動場モニタリングに基づく地震動即時予測の応用として、地震動の逆伝播を用いた計測震度分布の事後推定手法の開発を行った。
- 2016年熊本地震(4/16)の事例で試行したところ、逆伝播時にも観測地震動を同化することにより、熊本地震の震源断層周辺における大きな震度の分布が明瞭になった。
- 震央周辺の観測点を間引いた場合でも、ある程度は震度分布が復元できる可能性がある。



小木曾(2022, JpGU)

### 深層学習による単独観測点からの波動伝播方向推定

- 揺れの実況把握を高度化するため、単独観測点から波動伝播方向を深層学習で推定する手法を開発した。
- P波到達後2秒までの波形を用いれば約5割の事例で伝播方向が誤差30°以内で推定できることが分かった。
- また、連続して地震が発生するケースであっても適用可能であることを確かめた。



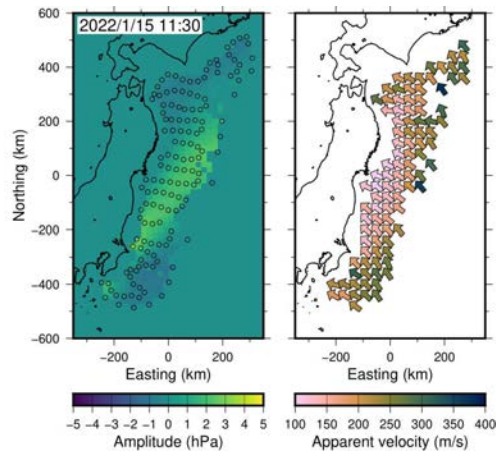
小寺(2023,地震研共同利用研究会)

## 津波即時予測に関する研究

### アレイ解析手法を用いたHTHH火山噴火による津波伝播の解析

- 2022年1月15日のフンガ・トンガーフンガ・ハアパイ火山の噴火後、全世界で潮位変動を観測
- S-net・DONETで観測された海底水圧変動にWave gradiometryを適用
- 20-60分の帯域におけるコヒーレントな水圧変動は南東(火山の方位)から北西へ向かって津波として伝播していた。
- DONETのみで観測された短周期の水圧変動は火山の方位より南よりから津波として伝播。

Ogiso and Tsushima(2023, SRL)



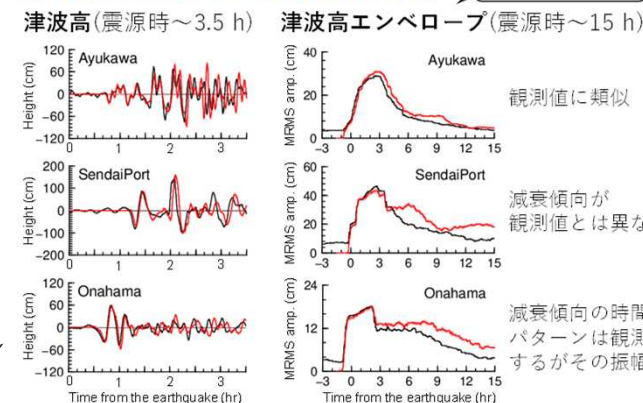
### 現在の津波伝播数値計算手法が有する津波の時間推移の再現性能を検証

2016年福島県沖地震(Mw 6.9)の事例解析

対馬・林・山本(2022, JpGU)

- 時間推移の予測性能は観測点ごとに異なる
- 波源由来の誤差に比べて、観測値と計算値の差の方が大きい。このため、伝播モデルに改善の余地があると考えられる。

### 沿岸潮位観測点での津波高の時系列



### 気象レーダー等による噴火現象の観測

### 新しい移流拡散モデルの開発・改良

- ・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。本手法では、二次元ビデオディストロメーター（2DVD）によって観測された粒径と粒子形状の情報を独立資料として利用する。二重偏波レーダーで観測されたパラメータを説明し得る粒径分布を推定することで、噴出物量を求めることができる。
- ・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）の量が多いことを示した（図1、2）。

- ・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は、福徳岡ノ場噴火の事例（図3）では北へ約10 km、トンガ海底火山噴火の事例（図4左）では東南東へ約30 km生じていた。この衛星画像上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（図5）。
- ・気象庁移流拡散モデル（JMA-ATM）による再飛散火山灰の予測において、衛星画像における灰雲の位置ズレが検証に与える影響について調査を進めている。

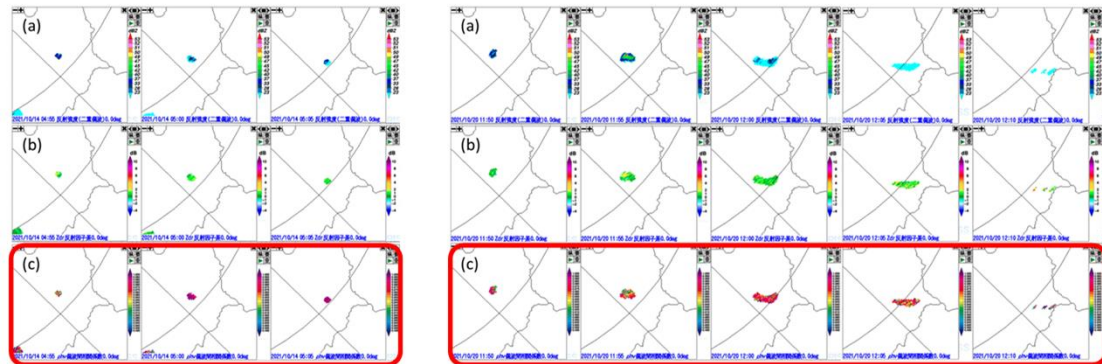


図1：福岡レーダーによる観測（2021年10月14日）  
(a)反射強度、(b)反射因子差、(c)偏波間相関係数

図2：福岡レーダーによる観測（2021年10月20日）  
(a)反射強度、(b)反射因子差、(c)偏波間相関係数

- ・噴煙エコー（10月20日）の偏波間相関係数 $\rho_{hv}$ が前回（10月14日）の噴火より低いことから、噴煙内部の（水物質に対する）火砕物の混在の割合が高いことが考えられる。エコーの面積も広いことから、10月20日の噴火の方が、噴出物量としては多いと考えられる。（※噴煙高度は同程度）

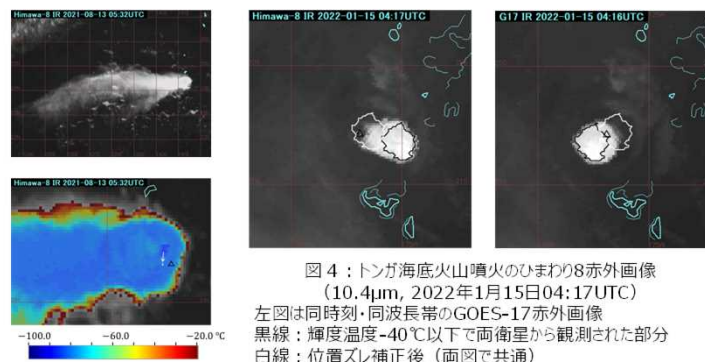


図3：福徳岡ノ場噴火のひまわり8赤外画像（10.4 $\mu$ m, 2021年8月13日05:32UTC）  
拡大図は輝度温度-20℃以下の雲頂強調画像、矢印は位置ズレ補正後の最低輝度温度の雲直下点

図4：トンガ海底火山噴火のひまわり8赤外画像（10.4 $\mu$ m, 2022年1月15日04:17UTC）  
左図は同時刻・同波長帯のGOES-17赤外画像  
黒線：輝度温度-40℃以下で両衛星から観測された部分  
白線：位置ズレ補正後（両図で共通）

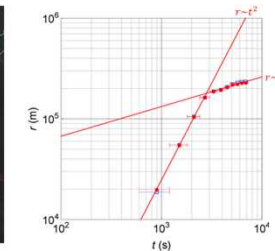


図5：傘型噴煙の円相当半径の時間変化（2022年1月15日05:57UTCまで）  
横軸は04:02UTCを起点に取った経過時間  
赤●：Himawari-8  
青□：GOES-17  
プロットはいずれも10分ごと

### 火山灰データ同化・予測システムの構築

- ・噴煙の力学や周囲の風との相互作用を考慮した1次元噴煙モデル（NIKS-1D）のプロトタイプを作成した（図6）。
- ・現業利用を想定し、到達高度を同化する仕組みを実装した。
- ・噴煙の基本的な性質を再現していることを確認した。
- ・移流拡散モデルの初期値の出力を実装した。

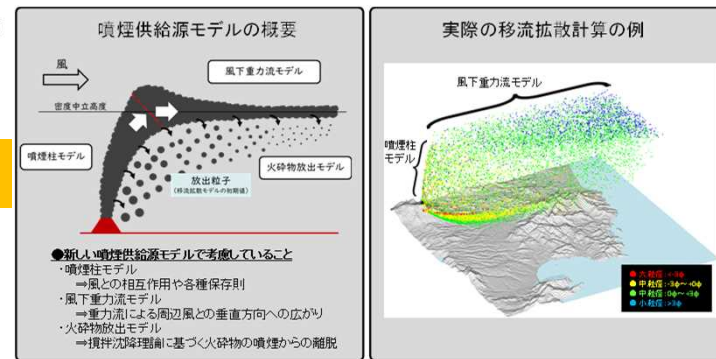


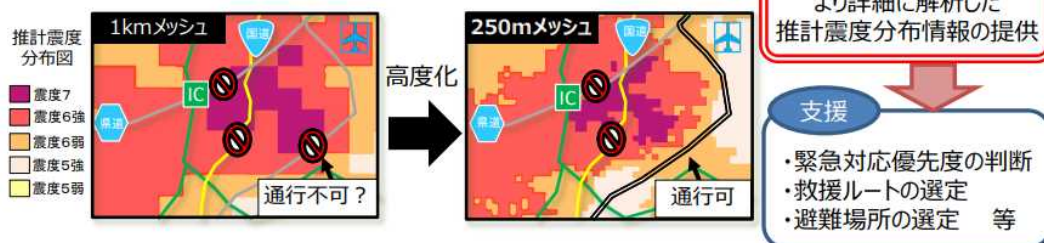
図6：噴煙供給源モデルの概要と実際の移流拡散計算の例

## EPOS（地震活動等総合監視システム）の更新

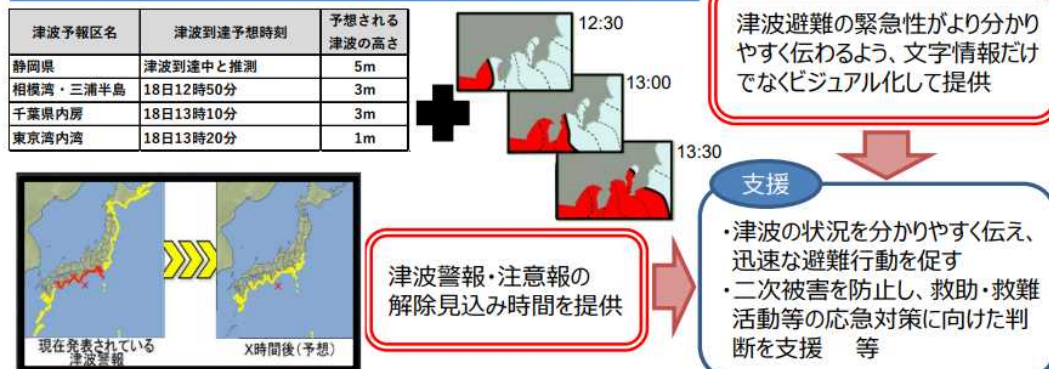
（東京：2022年3月、大阪：2022年10月）

◎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



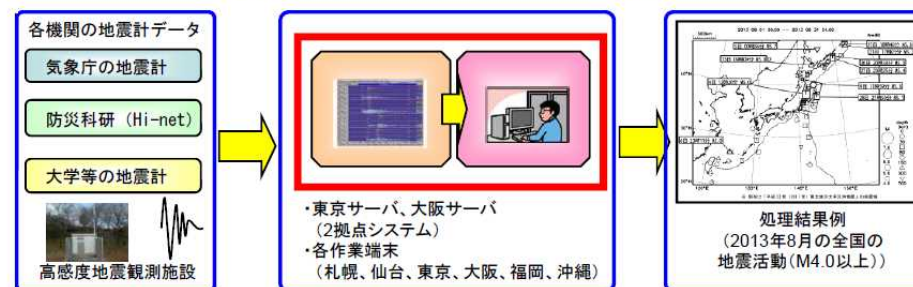
## REDC（一元化システム）の更新

（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。

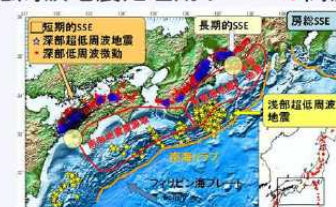
⇒ 地震本部の長期評価等に活用、大学等の研究機関の研究活動に活用



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

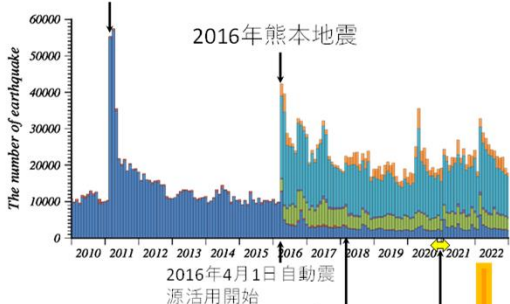
令和4年度に2020年9月～2021年3月の地震月報（カタログ編）を公開した  
 2022年1月～12月の期間で291030個（暫定）の震源を決定した

震源区分（検出方式と誤差等の震源決定精度による区分）

精査検測：気象庁震源 K	参考震源 S	参考震源 s
簡易検測：気象庁震源 k	参考震源 s	参考震源 a
自動震源：気象庁震源 A	参考震源 a	

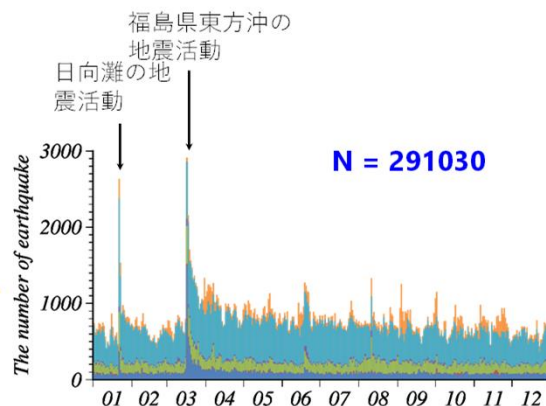
### 2010年～2022年の一元化震源数（月別）

2011年東北地方太平洋沖地震



令和4年度に地震月報（カタログ編）を公開

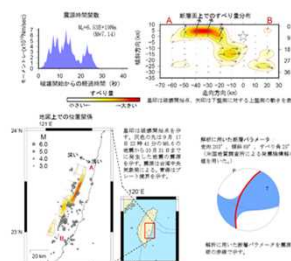
### 2022年の一元化震源数（日別）



## 震源過程解析

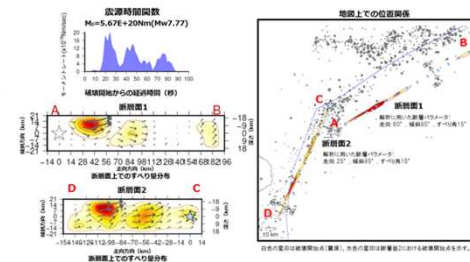
2022年9月18日の台湾付近の地震（Mw7.0）、2023年2月6日のトルコの地震（10時17分：Mw7.8、19時24分：Mw7.6）で海外の広帯域地震波形を用いた解析を行った。台湾付近の地震は気象庁HPに公開、トルコの地震は地震調査委員会に報告した。

### 2022年9月18日の台湾付近の地震（Mw7.0）

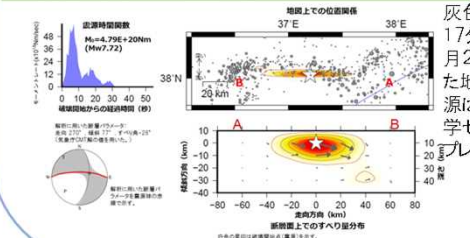


### 2023年2月6日のトルコの地震（速報解）

2023年2月6日10時17分 Mw7.8（気象庁CMT解）



2023年2月6日19時24分 Mw7.6（気象庁CMT解）



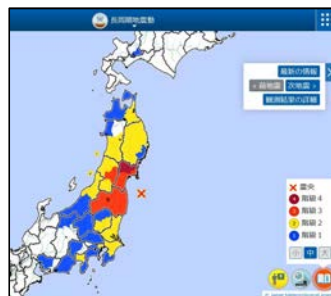
灰色の丸は2月6日10時17分のM7.8の地震から2月21日09時までに発生した地震の震源を示す。震源はヨーロッパ地中海地震学センターによる。青線はプレート境界を示す。

**長周期地震動に関する予測情報(緊急地震速報の改善)**  
 緊急地震速報の発表条件に長周期地震動階級の予測値を追加して提供。長周期地震動階級3以上を予測した場合でも、緊急地震速報(警報)を発表(R05.02.01~)。

○緊急地震速報(警報)の発表条件 赤字:変更点

発表条件	震度5弱以上を予想した場合 + (または) 長周期地震動階級3以上を予想した場合
対象地域	震度4以上を予想した地域 + (または) 長周期地震動階級3以上を予想した地域

**長周期地震動に関する観測情報**  
 気象庁HPで提供してきた長周期地震動に関する観測情報をオンライン配信開始(R05.02.01~)。

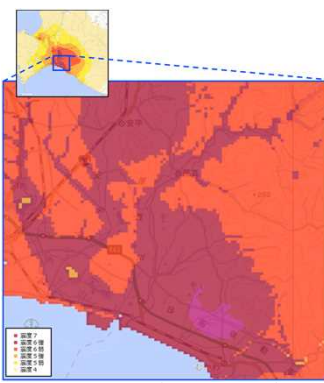


**日本海溝海底地震津波観測網の活用**  
 防災科学技術研究所のS-net観測データを、R01.06.27~活用開始(海溝軸外側の観測網についてはR02.03.24~活用開始)



画像提供: 防災科学技術研究所

**推計震度分布図の高度化**  
 推計震度分布図を  
 ・1kmメッシュ⇒250mメッシュに高解像度化  
 ・緊急地震速報の震度予測技術を活用して高精度化して提供(R05.02.01~)。

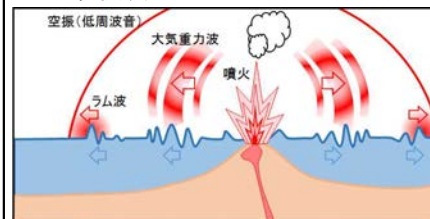


250mメッシュ推計震度分布図 (イメージ)

**北海道・三陸沖後発地震注意情報**  
 日本海溝・千島海溝で想定されている巨大地震の想定震源域やその周辺でMw7.0以上の地震が発生し、大規模地震の発生可能性が平常時より相対的に高まっている際に情報発表(R04.12.16~)

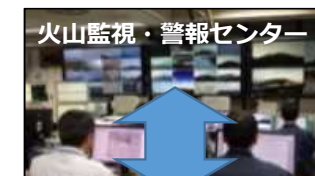
**火山噴火等による潮位変化に関する情報改善**  
 トンガ諸島での大規模噴火に伴う潮位変化を受けて情報改善。  
 ・火山噴火による潮位変化でも、「津波」として注意警戒を呼びかけ  
 ・火山噴火による気圧波に起因する潮位変化に対しては、日本に潮位変化が到達するまでの間に丁寧な解説や情報提供(R04.7.27~)

■大規模噴火による気圧波に伴う津波



火山噴火→気圧波の発生→潮位の変化

**火山噴火応急支援サイト(令和2年3月運用開始)**  
 火山噴火後の救助・捜索活動及び的確な防災対応を支援するため、最新の観測データを用いて火山の活動状況を解説する。そのため、自治体との双方向での情報交換を行う。



火山噴火応急対策支援サイト (Webを強化・拡充)

一般向けHPの強化も推進



# 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4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

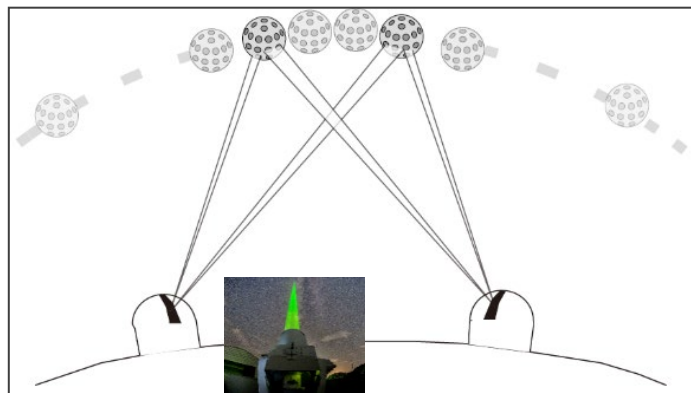
- JCG\_01 海洋測地の推進
- JCG\_02 験潮
- JCG\_03 海底地殻変動観測
- JCG\_04 海域火山観測

## 令和4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

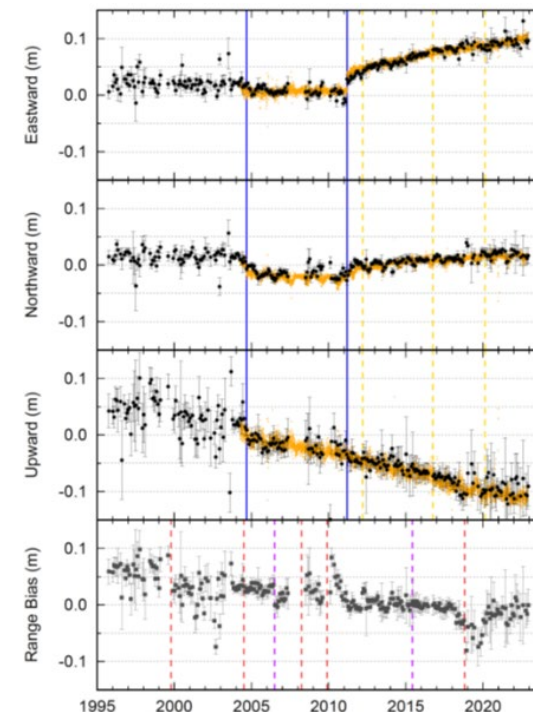
- 人工衛星の精密軌道決定
- 地球力学パラメータ(地球重力場、地球回転、地球質量等)の決定・改良
- 観測局の地球重心座標系における位置決定
- 地球重心の位置、地球の大きさの決定



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



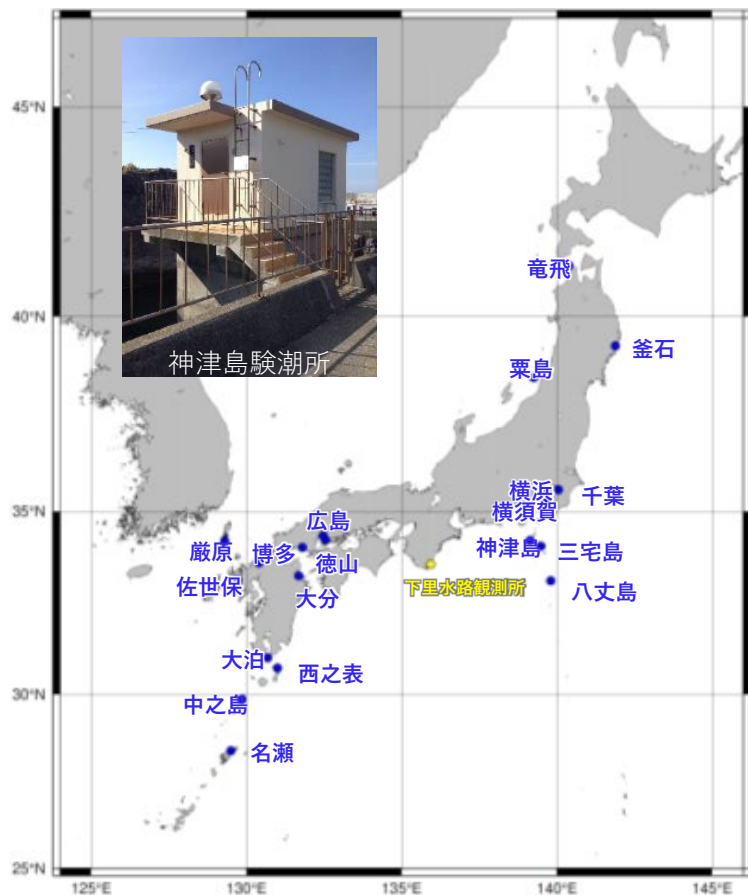
下里レーザー不動点の変位(黒丸)及びレンジバイアスの値(1か月解)並びにGNSS観測点”SMST”の変位(黄丸, 1日解)。



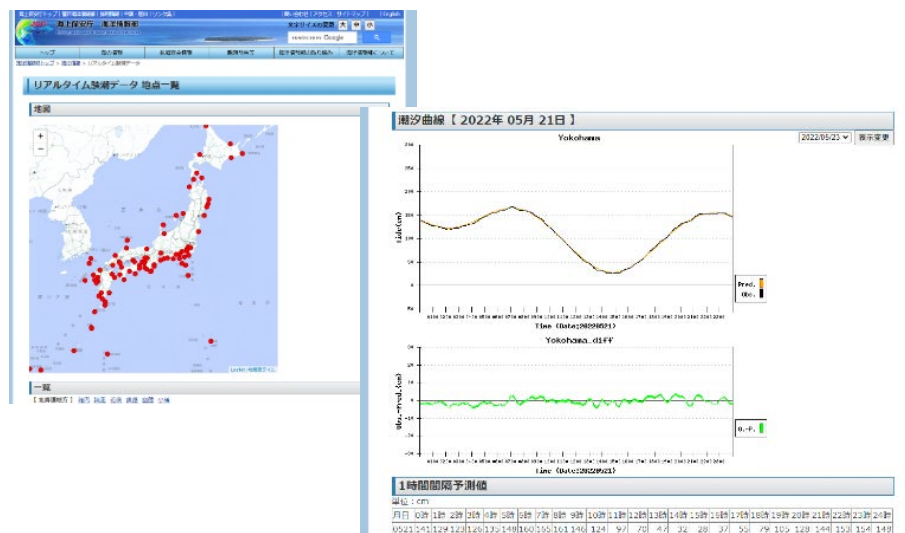
## 令和4年度の成果の概要

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。



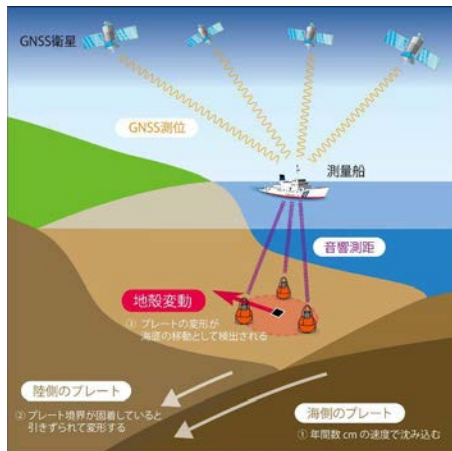
### 潮汐観測の成果の利用

- 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4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。

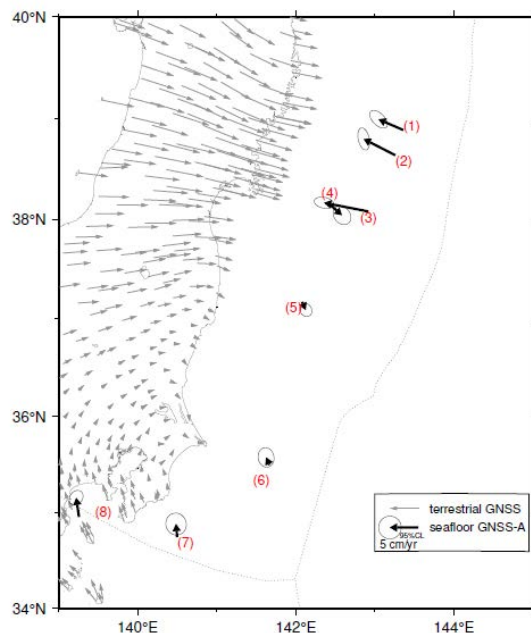
### GNSS-A海底地殻変動観測



### 資料・データはwebサイトで公開



### 東北地方太平洋沖地震後の余効変動

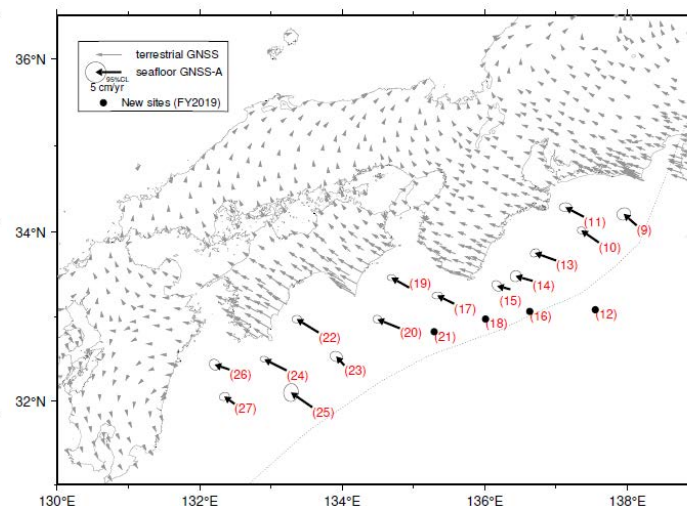


### R4年度の観測実績

1地点あたりの平均観測回数

日本海溝 | 4.9回 南海トラフ | 4.2回

### フィリピン海プレートの沈み込みによる応力蓄積

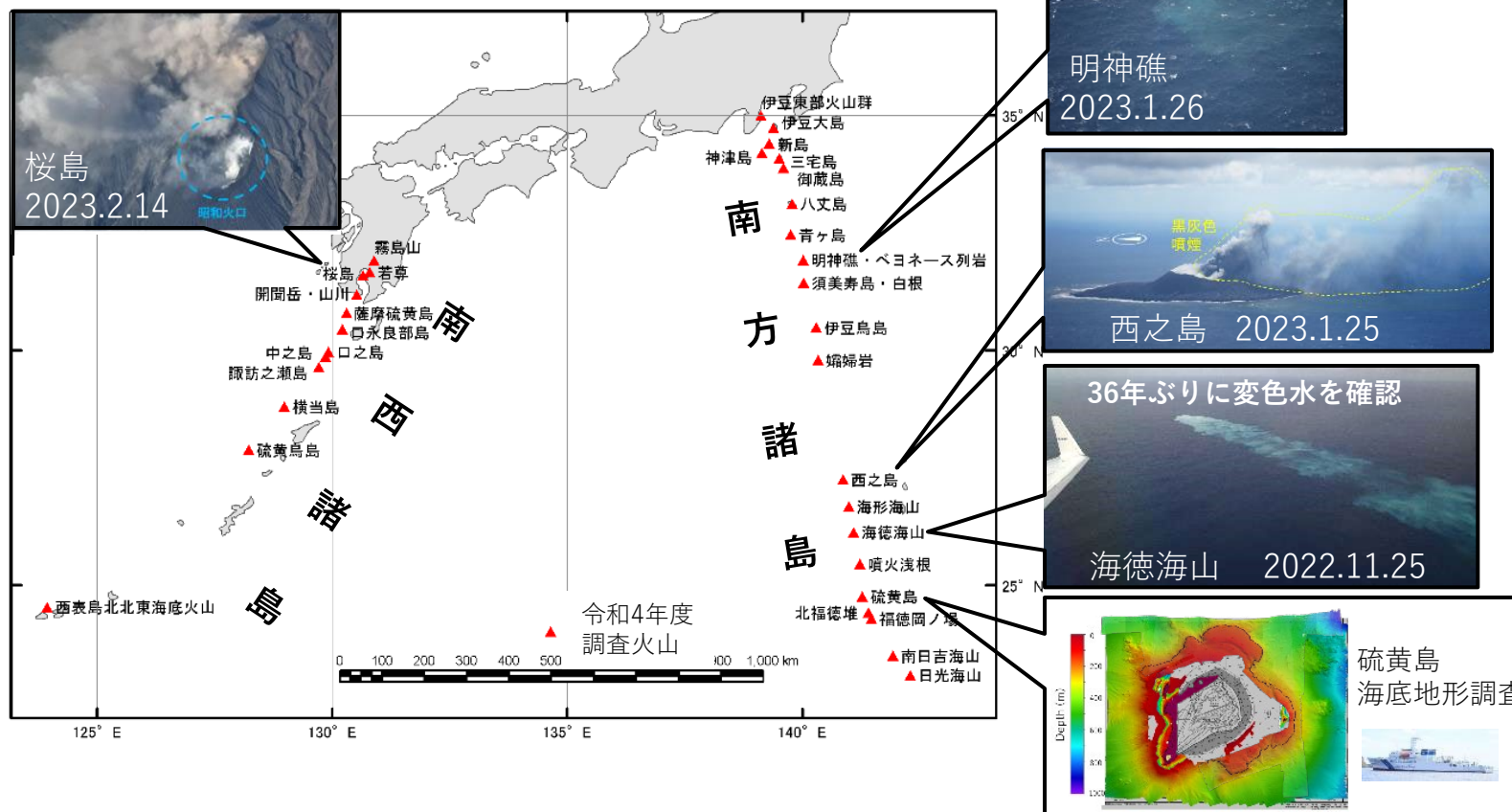


定常的な観測の成果は、地震・地殻活動の現状評価の資料として、地震調査委員会、南海トラフ地震評価検討会等の政府関係会議に定期的に報告。

## 令和4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。  
 西之島、噴火浅根、海德海山及び福德岡ノ場については、監視体制を強化し、毎月1回程度の監視観測を実施  
 硫黄島において、測量船による海域火山基礎情報調査を実施。

🔍 海域火山データベースで公表中  
<https://www1.kaiho.mlit.go.jp/kaiikiDB/list-2.htm>





# 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4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

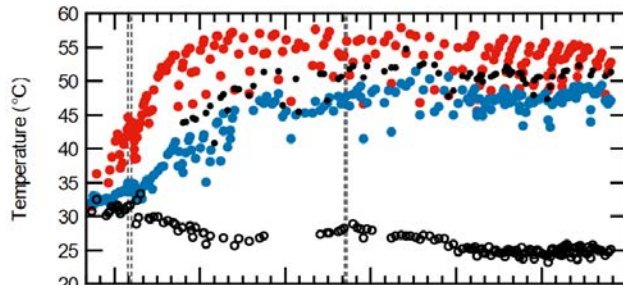


## <令和4年度の成果の概要>

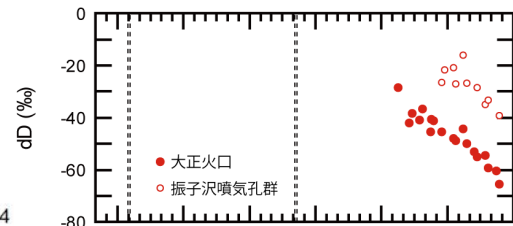
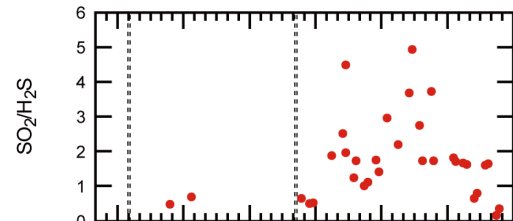
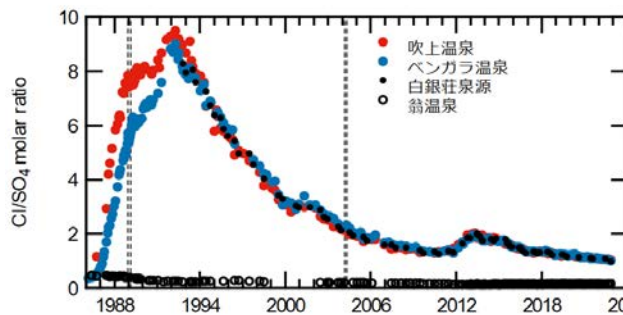
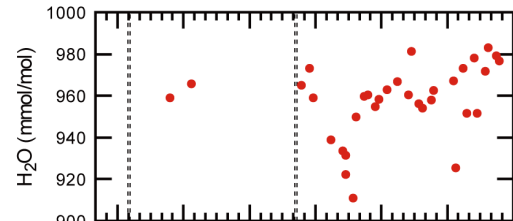
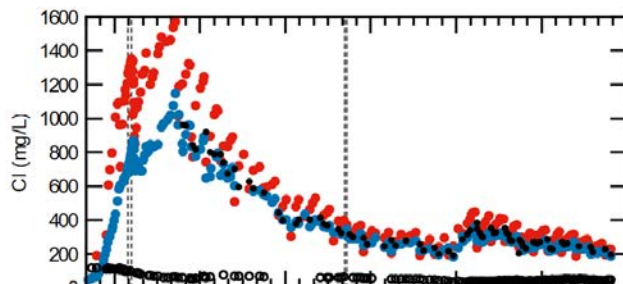
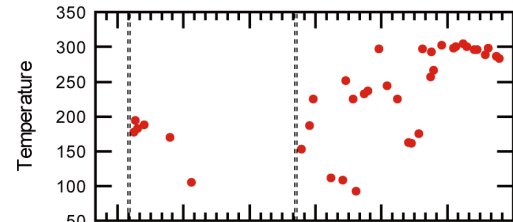
北海道内の6火山(雌阿寒岳、十勝岳、樽前山、倶多楽、有珠山、北海道駒ヶ岳)において、地球化学的・地球物理学的モニタリングを継続して行い、火山活動の変化を捉えるためのデータの蓄積を行った。いずれの火山でも火山活動の活発化を示すような顕著な変化は観測されなかった。また、倶多楽火山(登別地熱地域)において熱水系のモデルを構築した。得られた観測データについては気象庁や大学、地元自治体などと随時情報共有している。

## <十勝岳：温泉・噴気観測>

### <温泉水の変化>



### <噴気の変化>



破線は噴火



### <温泉水>

吹上温泉などでは1988-1989年噴火前から温度やCl濃度が大きく上昇したが、最近は大きな変化はなく、ほぼ横ばいで推移している。

### <噴気>

大正火口の噴気温度は最近10年ほどは約300°Cで大きな変化はない。2015年頃から噴気のH<sub>2</sub>O量が増えるとともに、SO<sub>2</sub>量や凝縮水の酸素・水素同位体比の低下が認められる。浅部地下水の混入割合が増えてきている可能性がある。



# 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、R4に日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデルが公表

- ⇒ 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
- ➔ 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

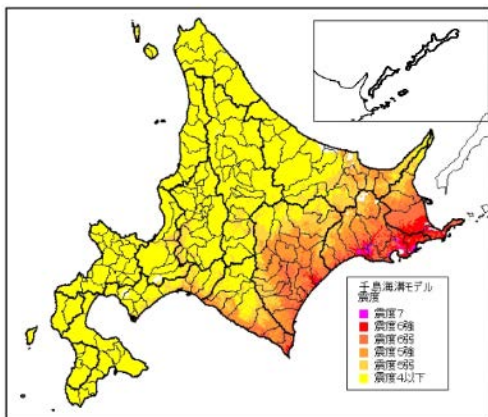
- 北海道庁の地震防災対策における減災目標策定に関するワーキンググループと連携し、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震における津波及び地震動による北海道の地域特性を反映したハザードを評価する。
- 北海道内太平洋沿岸の都市部において、津波を想定した車による避難訓練を実施し、自治体・住民を交えたアクションリサーチによって、多様な避難手段の実現に向けて課題を整理する。

## 成果

- 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、早期避難率の向上、津波避難ビルの減災効果を評価した。
- 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。



## 成果事例 強震動予測と被害想定、ならびに減災効果を評価



避難行動の違いによる減災効果

検討可能なパラメータ

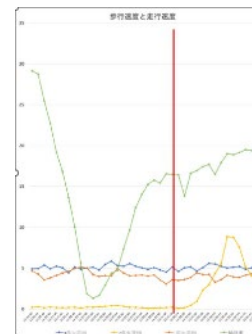
- ・避難速度の向上
- ・耐震化による閉じ込め者の減少
- ・避難ビルの追加指定 など

## 成果事例 津波避難手段の多様化への実現に向けた課題の整理

教育・訓練の効果の実証



車歩混交の避難速度の実証



自動車を使って避難の課題を整理

・道内自治体の防災対策に反映/・自治体の防災教育に係る支援

天気や季節の影響



バスの乗車時間



駐車場の出入口



道路の凹凸



# 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4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

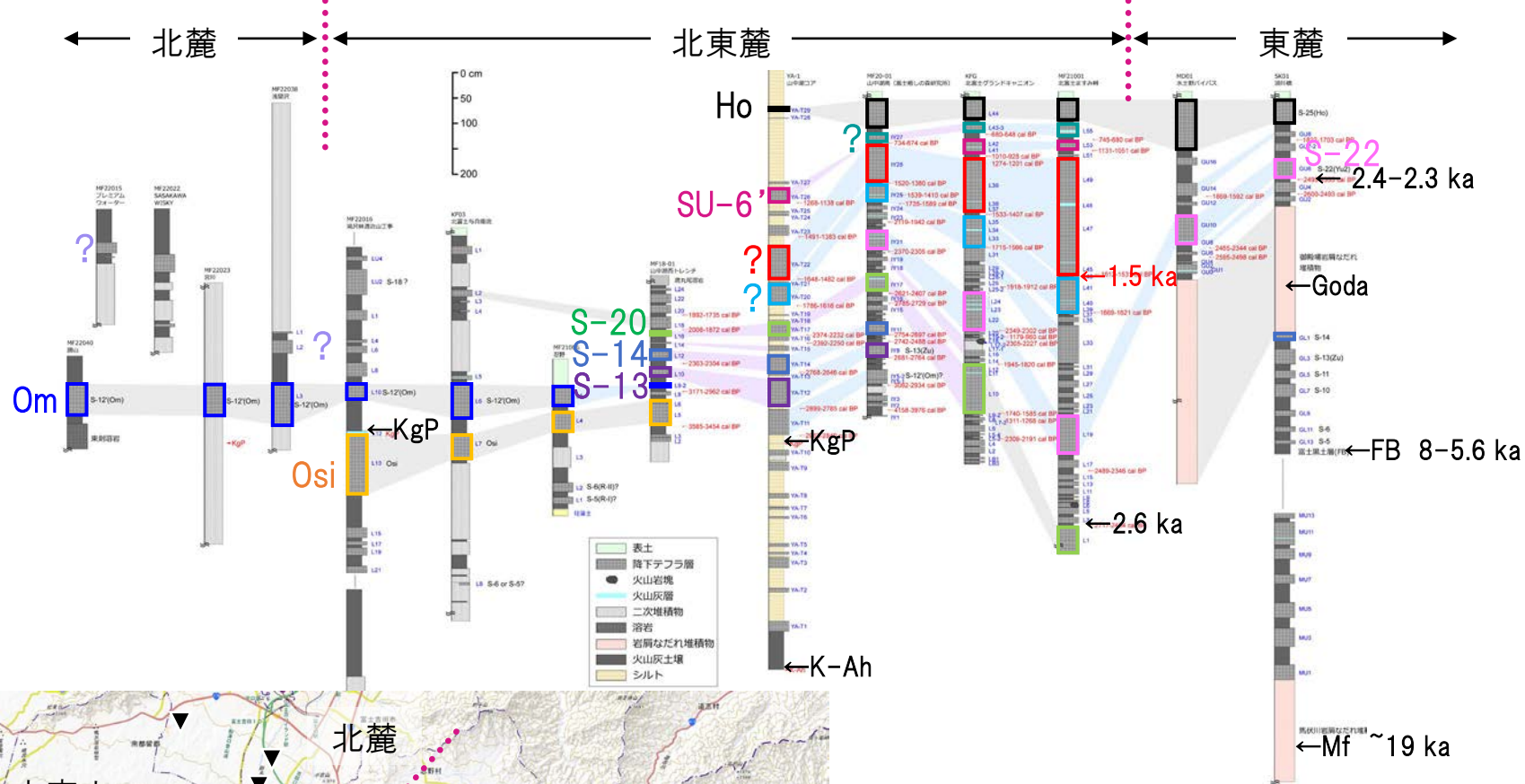
課題番号MFRI02

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

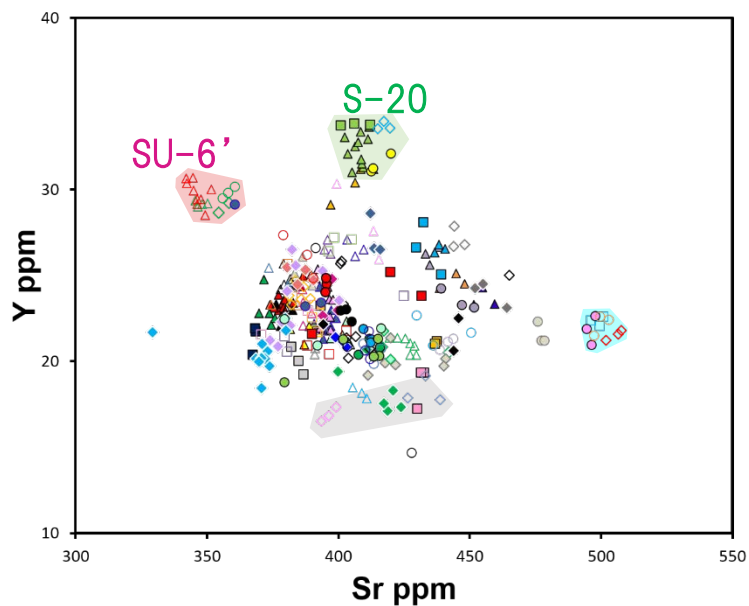
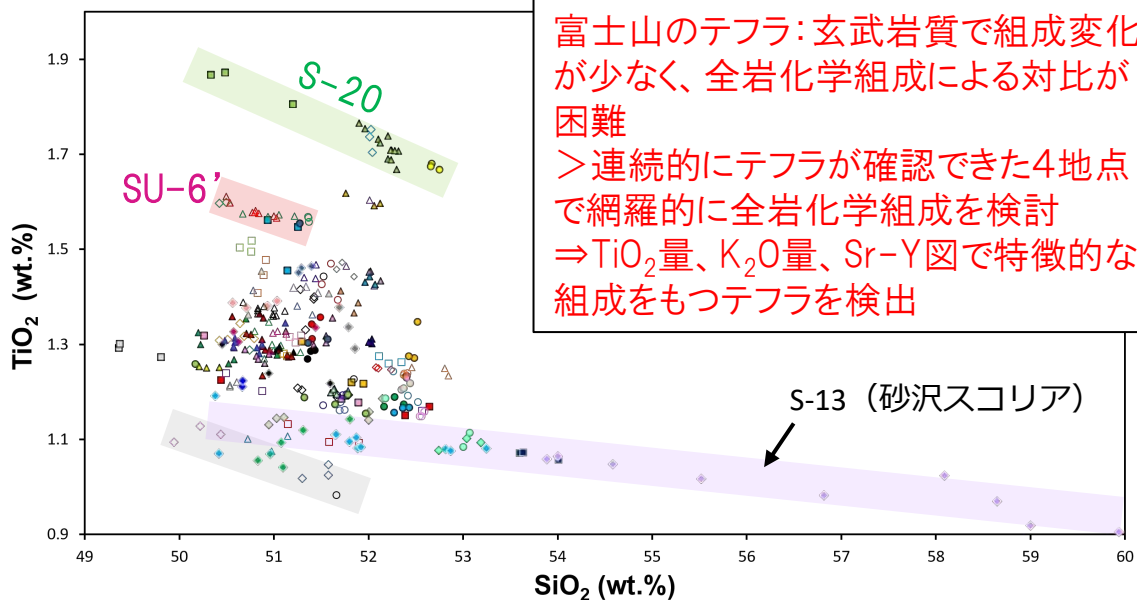


# 噴火履歴の検討：北麓～東麓のテフラ層序

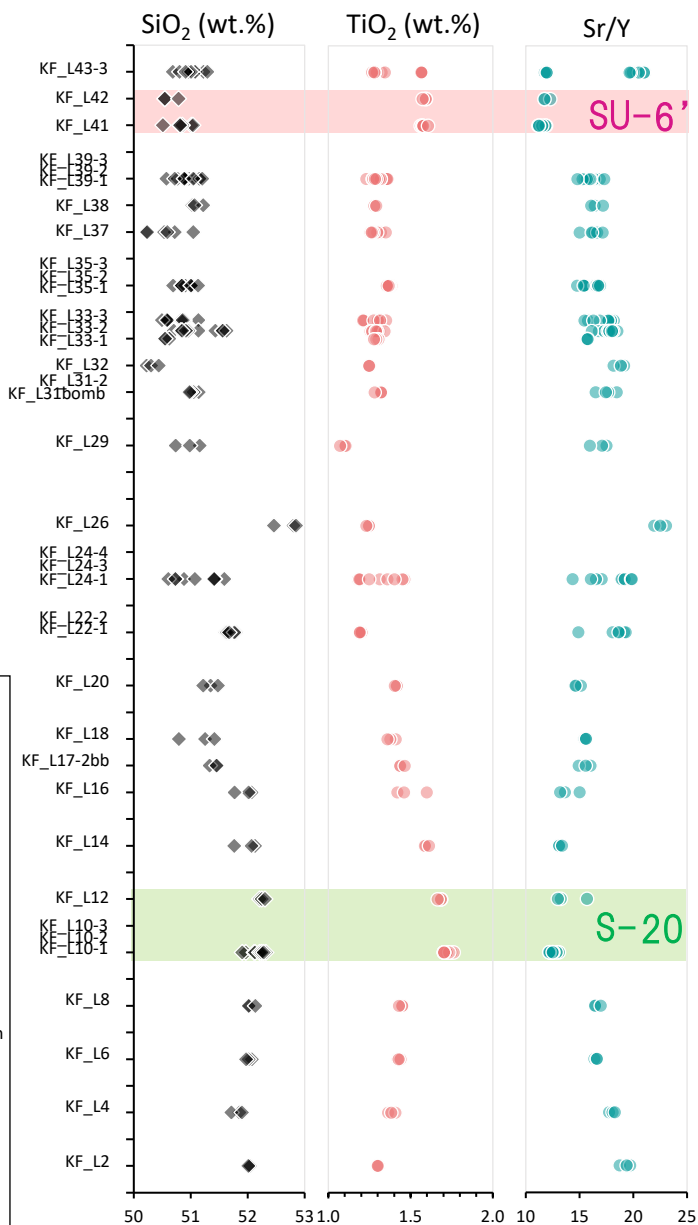


- 層序調査、<sup>14</sup>C年代測定、全岩化学組成分析を網羅的に実施 ⇒ 主要(大規模)なテフラの識別・対比が可能に
- これまで検討されていなかったテフラも確認 ⇒ 今後要検討

# テフラの同定 (全岩化学組成)



KFG	YA-1	MF18-01	MF20-01
△ L43-3	○ YA-T26	□ L24	◇ IY27
△ L42-41	○ YA-T23	□ L22	◇ IY26b,c
△ L39	● YA-T22-1	□ L20	◇ IY25c
△ L38	● YA-T22-2	□ L18	◇ IY25b
△ L37	● YA-T22-3	□ L16	◇ IY25a
△ L35	○ YA-T22-4	□ L14	◇ IY24
△ L33-3	● YA-T22-5	□ L12	◇ IY23
△ L33-2	● YA-T20	□ L10-1	◇ IY21
△ L33-1	● YA-T17	□ L9-2	◇ IY19
△ L32	● YA-T15	□ L8	◇ IY17-1,2
△ L31	● YA-T14	□ L5U	◇ IY16
△ L29	● YA-T12-1	□ L5btm	◇ IY15
△ L26	● YA-T12-2	□ L3	◇ IY11
△ L24	● YA-T12-3	□ L2	◇ IY8-2,4,5
△ L22	● YA-T12-4		◇ IY8-1,1btm
△ L20	● YA-T11-3		◇ IY5
△ L18	● YA-T3-1		◇ IY3-2
△ L17	● YA-T3-2		◇ IY3-1
△ L16	● YA-T1		◇ IY2
△ L14			
△ L12-10			
△ L8			
△ L6			
△ L4			
△ L2			

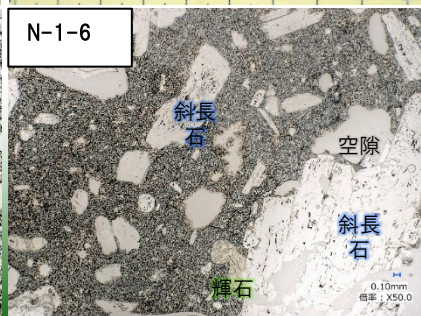
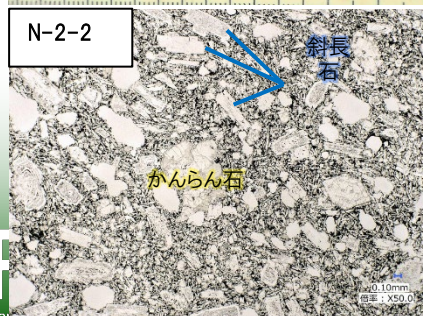
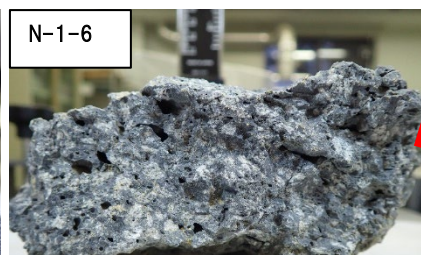
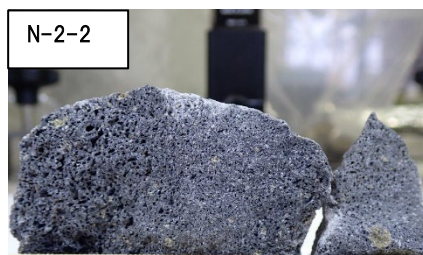


# 星山期の噴出物の調査

- 星山期(10万年前～1万7千年前)の活動による堆積物は、現在の山体に覆われて地表に露出しておらず、噴火履歴や山体の実態が不明
- 静岡県駿東郡小山町の道路工事に伴い露出した大露頭で、星山期の山体崩壊に伴う岩屑なだれ堆積物の調査を実施



宝永噴出物(1707年)
須走期噴出物(5600年前以降)
富士黒土層(8000～5600年前)
富士宮期以前の噴出物(約8000年前以前)
馬伏川岩屑なだれ堆積物 ( <sup>14</sup> C年代測定:約19000年前)
<ul style="list-style-type: none"> <li>星山期の山体が崩壊</li> <li>多量の溶岩礫(～40 cm)</li> </ul>



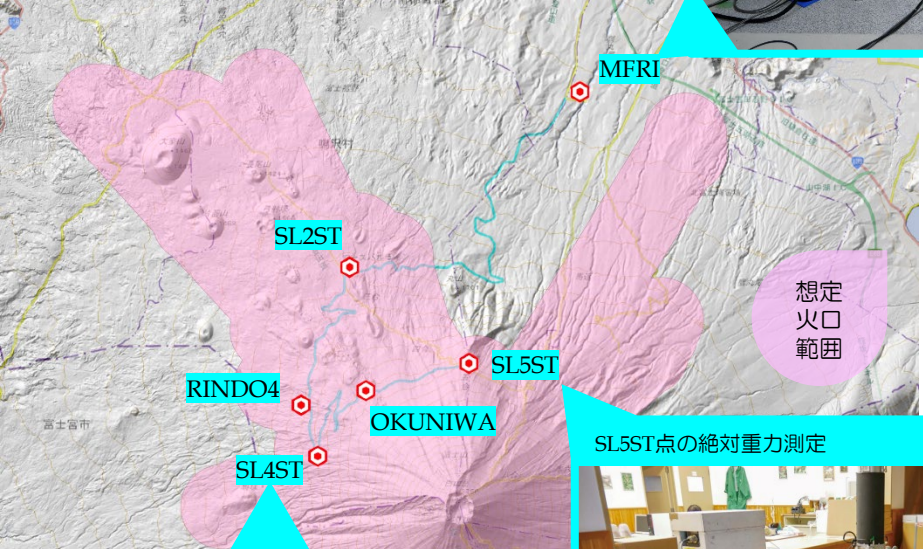
多様な溶岩礫:色調や空隙率、斑晶量・斑晶組合せ(ol・pxの有無)・大きさ、石基組織が異なる

- ①複数の溶岩流を含む範囲で山体が崩壊
- ②星山期に活動したマグマは多様であったことを示唆

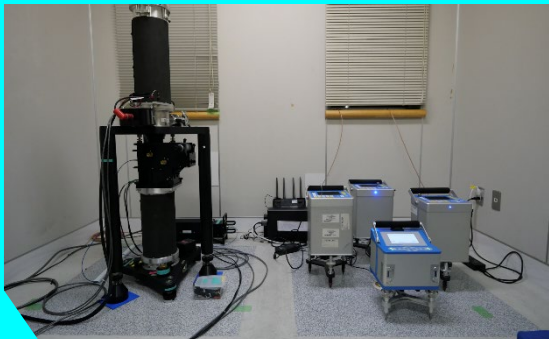
# MFRI02 火山モニタリングと地下水流動把握のための多点連続重力観測

## ★火口出現域を往復する観測網

Station	Lon.	Lat.	Alt.
MFRI	138.76257	35.45355	1029.39
SL2ST	138.70206	35.41544	1661.00
OKUNIWA	138.70566	35.38852	2235.00
SL4ST	138.69269	35.37448	2022.00
SL5ST	138.73284	35.39482	2298.00
RINDO4	138.68806	35.38436	1865.00



## MFRI点の絶対重力測定と相対計による観測



## ★複数点での絶対重力測定と重力鉛直勾配の実測

観測点	鉛直勾配 [μGal/cm]	重力値 [μGal]
MFRI-E	-2.956	979566236.55
MFRI-W	-2.979	979566234.73
SL5ST	-3.627	979271578.33

## SL5ST点の重力勾配測定



- ◆ 重力観測網を整備  
研究所基準点と五合目の絶対重力測定を実施し、相対重力計による往復観測と複数点での連続観測を併せて重力変化モニタリングが開始。
- ◆ 静穏であることを利用した研究  
陸水等の重力擾乱源除去の研究、往復観測によって得られる相対重力計のスケールファクター決定やノイズレベルの低い観測網の各施設を利用した重力計測高精度化のための様々な取り組みを実施。

## SL5ST点の絶対重力測定



## SL4ST点の連続観測 (iPhone重力計)



## ★往復観測による重力差観測とスケールファクター検定

	重力計	重力差	Scale Factor
LaCoste	G31	-294.639	1.000057
	G534	-294.630	1.000090
	G791	-294.689	0.999888
Scintrex	CG6-20010228	-294.309	1.001179
	CG5-961035200	-294.766	0.999629
	CG5-150241329	-294.674	0.999940
	CG5-120340890	-294.686	0.999899
	CG3M-9507302	-293.912	1.002531

## ★複数点での連続観測モニタリング