



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)

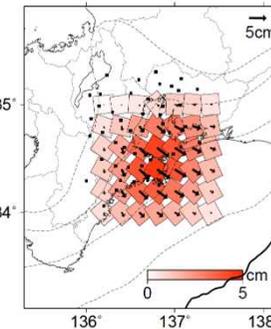
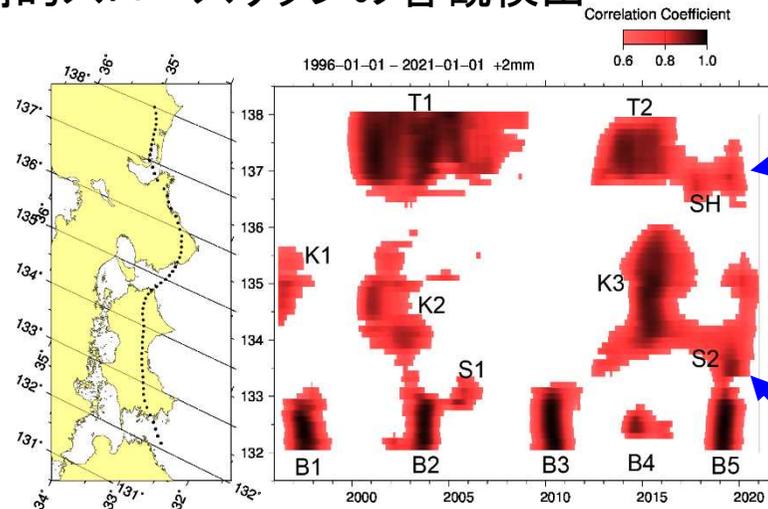
令和2年度年次報告

気象庁

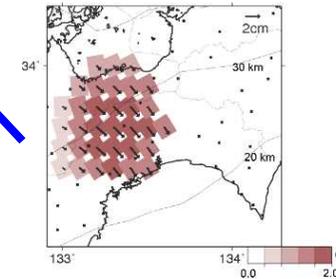
南海トラフ沿いスロースリップの監視手法の高度化

GNSSによる長期的スロースリップの客観検出

赤～黒が長期的SSEによる変位の可能性が高い部分



2017-2020年志摩半島のすべり分布
2年間の規模はMw6.42、3年間はMw6.55



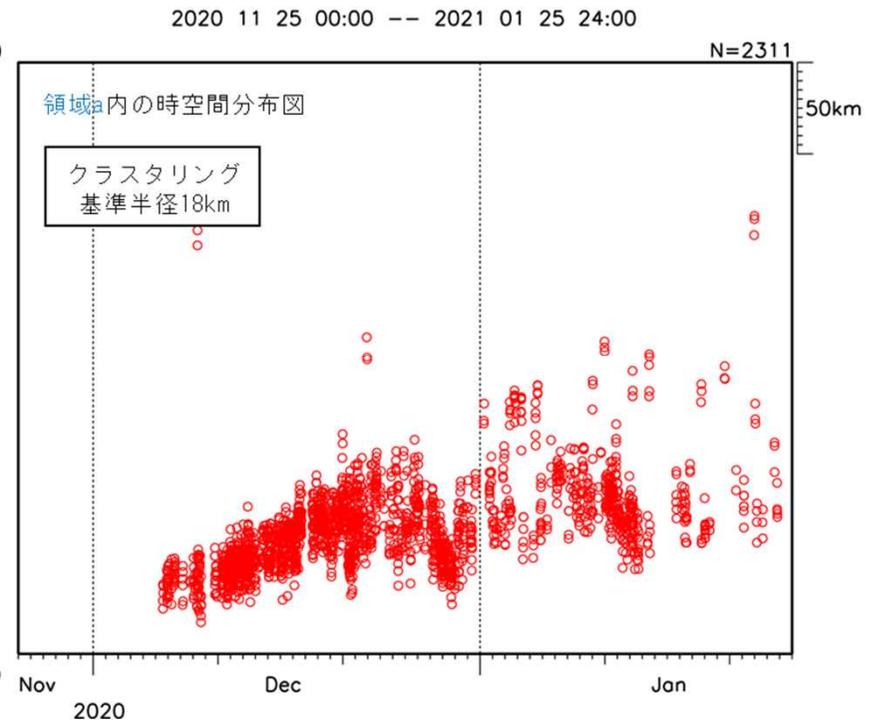
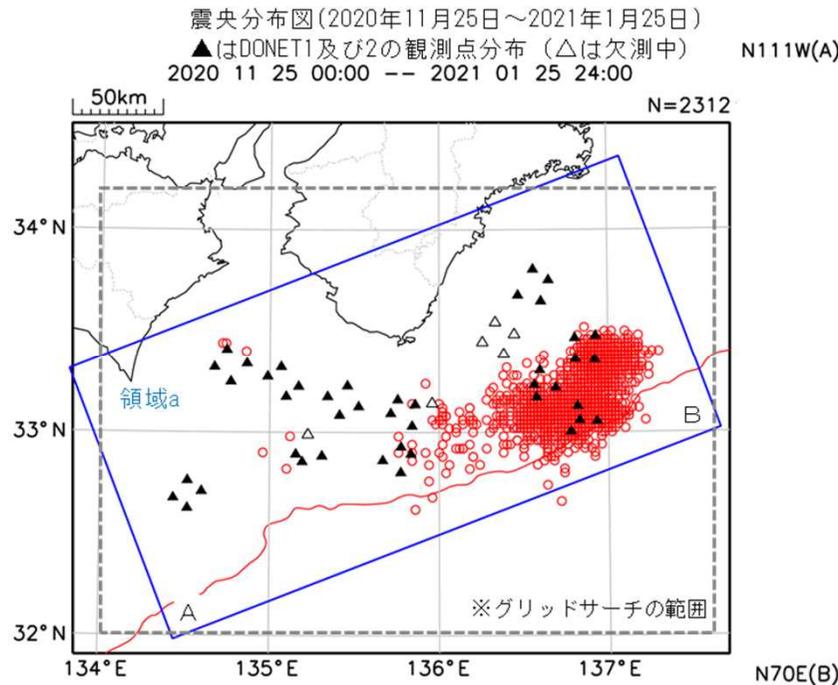
2019年四国中部のすべり分布 (Mw6.1)

中国地方を領域固定したGNSS日座標値を用い、フィリピン海プレートの沈み込み逆方向の成分について、1年間の傾斜期間を持つランプ関数との相関を取ることで、南海トラフ沿いの長期的スロースリップの客観的な時空間分布を得る手法。

南海トラフ沿いスロースリップの監視手法の高度化

紀伊半島南東沖で浅部低周波微動を検出

エンベロープ相関法による浅部低周波微動解析により、紀伊半島南東沖で2020年12月から活発な浅部低周波微動を検出。

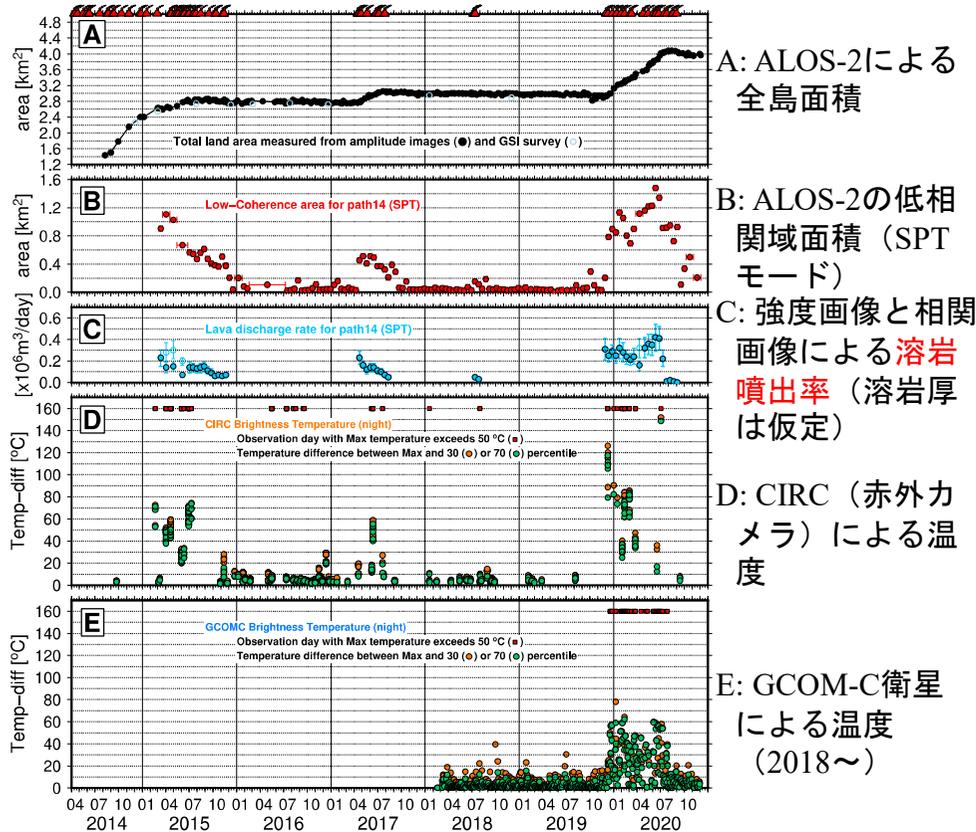


西之島の噴火活動の衛星による観測 マグマ噴出率・噴出量の推移の推定

西之島の噴火活動において、2014年からのALOS-2衛星データを用いた解析を行い、第IV期（19.12.5-20.8.28）の溶岩噴出率は第I期（13.11~15.12, Maeno et al, (2018)）と同等以上であることがわかった。

安藤 忍¹・奥山 哲¹・飯野 英樹²（¹気象研究所・²気象庁）, 令和2年度 東京大学地震研究所共同利用（研究集会）「SARによる地表変動解析の展開：先進レーダー衛星の活用を見据えて（2020.12.14-15@オンライン）」による。

各種衛星データを使った西之島の活動推移(2014



第IV期は、第I期と同等かそれ以上の溶岩噴出率の可能性

西之島の噴火	噴出率 (万m³/日)		噴出量 (万m³) (DRE換算体積)	噴火 M ^{※4}
	平均	最大		
第I期 ^{※1} 2013.11-2015.12	20	50	>10,000	>4.5
第II期 (120日) 2017.4.20-2017.8.18 (2017.4.20-2017.7.31) ^{※2}	9~16 (15) ^{※2}	17~29	1,100~1,900 (1,600) ^{※2}	3.4 ~ 3.7
第III期 (18日) 2018.7.12-2018.7.30	3~6	3~7	50~100	2.1 ~ 2.4
第IV期 (268日) 2019.12.5-2020.8.28	18~32	30~54	4,700~8,500	4.1 ~ 4.3
(参考) 西之島(1973-1974)			>1,700 ^{※3}	>3.6

※1 : Maeno, et al.(2018), ※2 : Kaneko, et al.(2017)

※3 : 気象庁 (2013) 日本活火山総覧第4版

PALSARおよびPALSAR-2データは、火山噴火予知連絡会が中心となって進めている防災利用実証実験（衛星解析グループ）に基づいて、宇宙航空研究開発機構（JAXA）により観測・提供されたものである。PALSARに関する原初データの所有権は経済産業省およびJAXAにある。PALSAR-2に関する原初データの所有権はJAXAにある。PALSAR-2の解析にはGamma (Wegmüller et al., 1997) およびRINC (Ozawa et al., 2016) を使用した。また、処理の過程において、国土地理院技術資料C1-No.489から生成した地形データを使用した。本研究の一部は、東京大学地震研究所特定共同研究B（2018-B-02）で行われた。

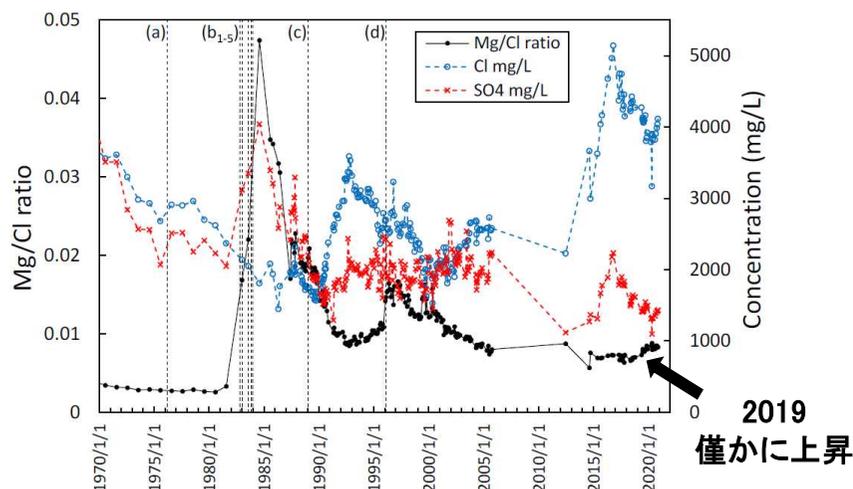
【テーマ①化学分析に基づく火山活動の理解に関する研究】

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: 例① 草津白根山湯釜火口の湖水を分析し、噴火的現象の指標となるMg/Cl比が2019年に上昇したことを捉えた。

例② 焼岳山麓で高温の温泉水が異常湧出して焼岳の火山活動が不安視された発見者通報について、化学分析を実施して、焼岳の火山活動に異常が起きた事実はないことを診断した。

◆ 例1: 湯釜火口湖の地球化学モニタリング *

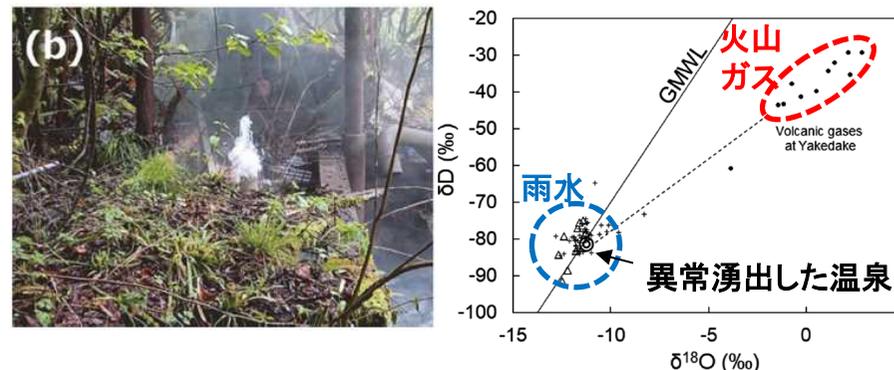


草津白根山の湯釜火口湖では、噴火およびそれに準ずる現象が発生するときにMgのClに対する比率(Mg/Cl比)が上昇する(図中a, b, c, dの時)。

湯釜火口では2019-2020年にかけてMg/Cl比がわずかに上昇し、増減を繰り返していることを捉えた。

* 火山噴火予知連絡会第5回草津白根山部会に報告

◆ 例2: 焼岳山麓で異常湧出した高温泉の診断的分析 **



2020年4-7月頃にかけて岐阜-長野地方で群発地震が発生した。この地震に伴って焼岳山麓(奥飛騨温泉郷)の廃泉源から80°C程度の高温泉が突然湧出し、焼岳の火山活動を不安視した住民から発見者通報が寄せられた。

分析した結果、温泉水の化学成分に火山性物質の寄与の増加は認められず、地化学温度計により地下温度を推定したところ異常な高温化も認められなかったことから、焼岳の火山活動に異常が起きた事実はないと診断し、その旨防災協議会や温泉の専門学会誌で報告した。

** Yaguchi, M. (2020) J. Hot Spring Sci.誌に掲載

基盤観測網のうち高感度地震計の分布

(地震調査研究推進本部調べをもとに作成、令和2年4月1日現在)

【関係機関の地震データの活用開始時期】

平成 9年10月 大学等関係機関の地震データ活用開始

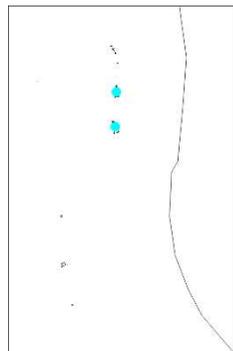
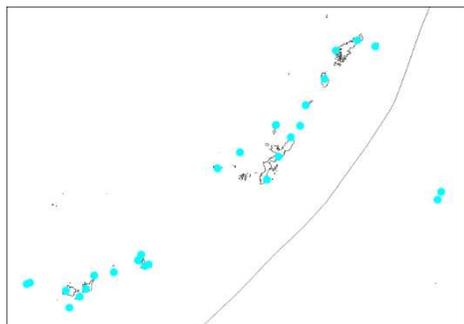
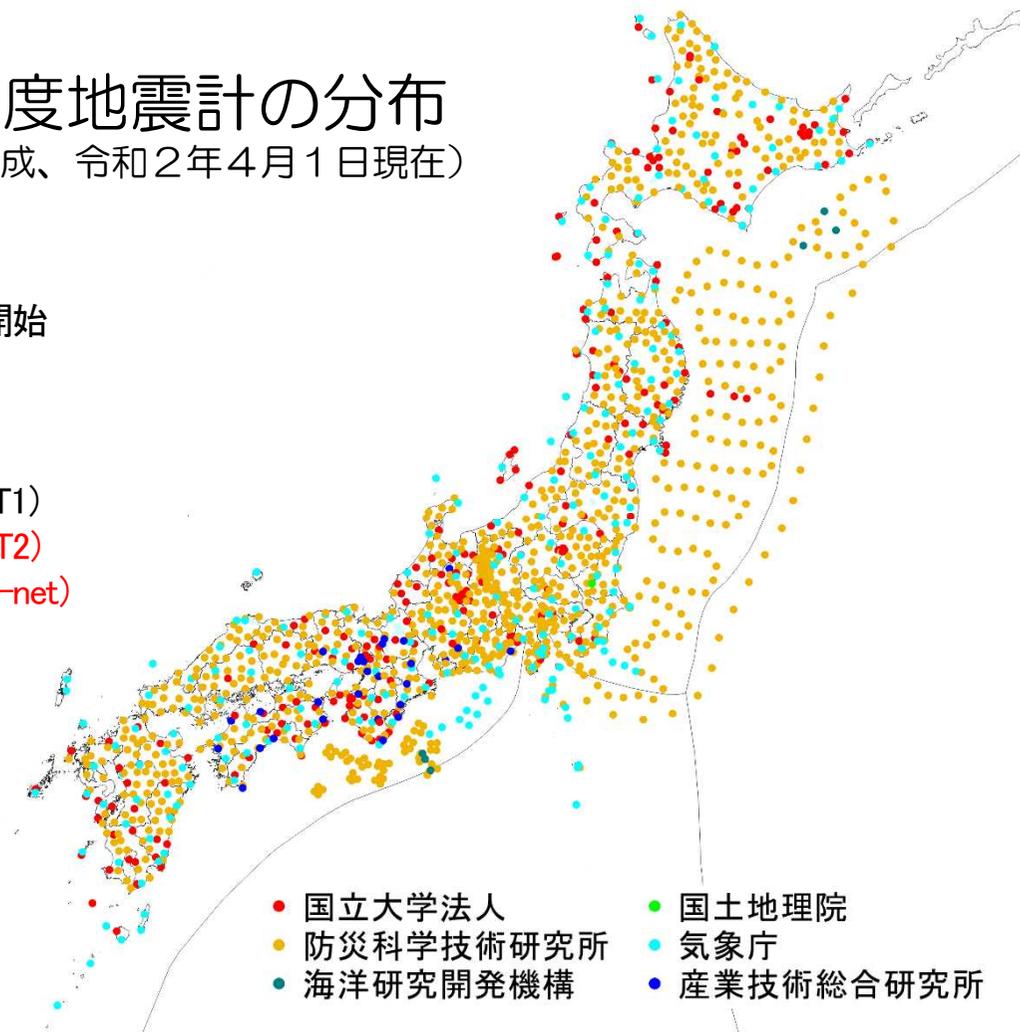
平成12年10月 大阪管内・福岡管内 Hi-net

平成13年10月 札幌管内・仙台管内 Hi-net

平成14年10月 東京管内 Hi-net

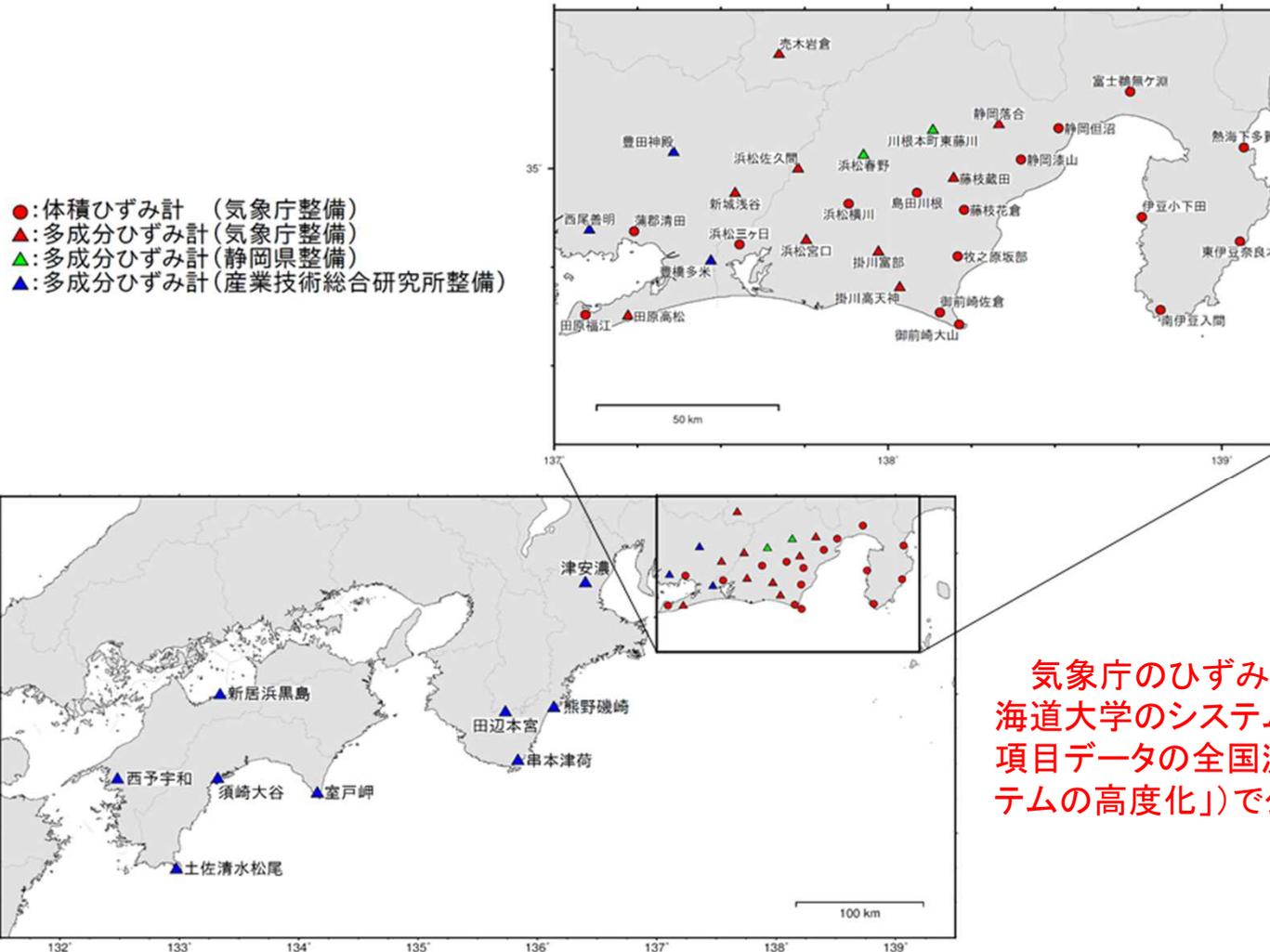
平成26年 9月 地震・津波観測監視システム(DONET1)

令和 2年 9月 地震・津波観測監視システム(DONET2)
日本海溝海底地震津波観測網(S-net)



南海トラフ地震に関連する情報の発表に用いるひずみ計観測点

南海トラフ地震に関連する情報の発表にあたり、気象庁が調査を開始する対象となる現象を判断する際に用いているひずみ計観測点は、現在、東海地域、近畿地域及び四国地域に設置されている39点です。



気象庁のひずみ計データについては、北海道大学のシステム(HKD_08「地殻変動等多項目データの全国流通一元化公開解析システムの高度化」)で公開を開始(R3年3月～)

(1) 気象庁一元化処理への海域地震観測網の活用

海域観測網を一元化処理へ活用するために

1. 陸域（JMA2001）と海域の一次元速度構造を併用し、観測点標高を考慮
 - 東北沖用、東北アウターライズ用、南海トラフ用の3種類の海域走時表を新たに追加。千島列島付近の浅い地震用のLL走時表を廃止
 - 陸域観測点はJMA2001走時表をそのまま使用
 - 観測点標高を考慮した走時表
 - 初動発震機構でも海域構造に基づく射出角表を新たに追加。
2. 海域観測点は観測点補正値を導入
 - S-net/DONETを含む既存の海域観測点全点に、堆積層における走時遅れに対応した観測点補正値を適用
3. S-net用の速度M補正値を導入
 - 3成分毎最大振幅を従来の速度M式へ適用
 - 埋設と非埋設で異なる補正値を適用
4. 震源・検測値フォーマットの変更
 - 新たな走時表・射出角表の種別を追加
 - S-net埋設・非埋設の地震計種別を追加

2020年9月1日 運用開始

新たな速度構造を導入、S-netの速度M

➤ 走時表および射出角表

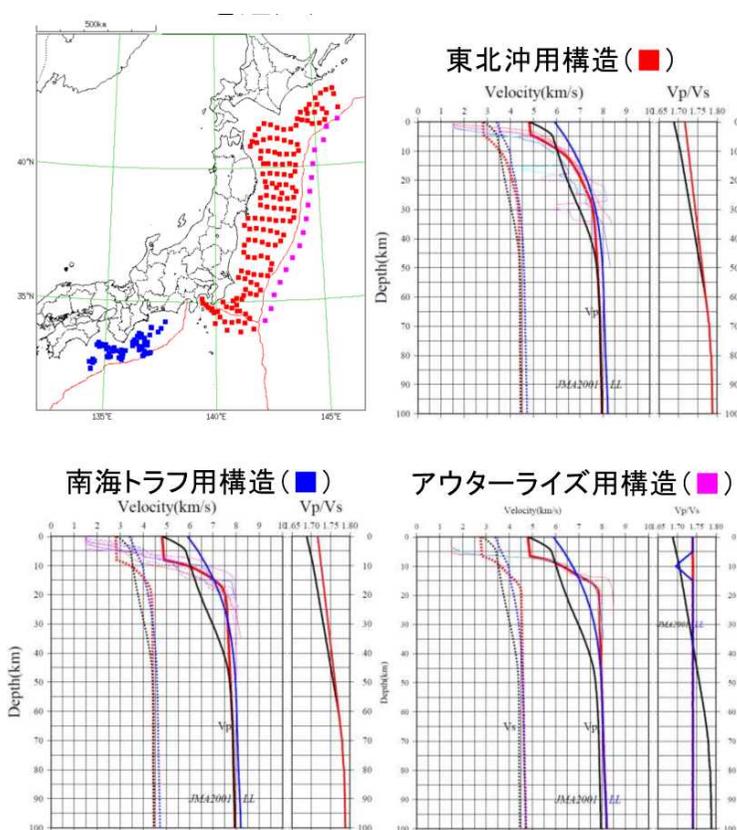
◆ 海域観測点では海域一次元速度構造を新たに3種類導入し、陸域観測点では従来の構造を使用。

◆ 走時計算では、陸域・海域の全観測点で観測点標高を考慮(※)した走時表を使用。海域観測点では観測点補正值を適用。

※陸域1・海域3種類の各走時表を観測点標高100m毎に準備。観測点標高における走時は標高100m毎の走時から補間。

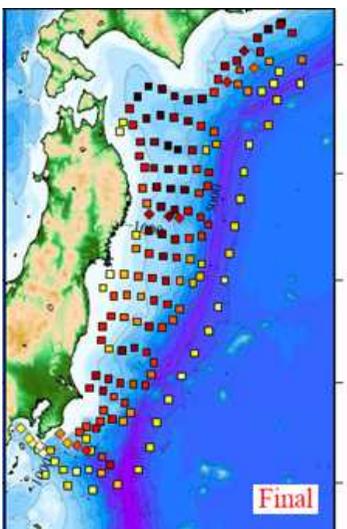
➤ S-netの速度M

◆ 距離依存性が低い震源距離50km~150kmの観測点における3成分(X,Y,Z)毎の最大振幅の合成値を従来の速度M式に適用。埋設と非埋設で異なる補正值を適用。

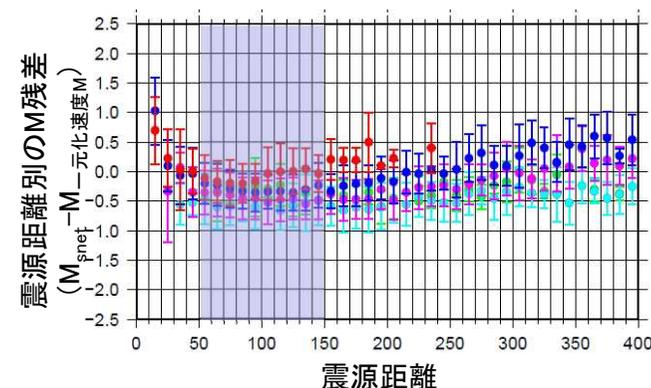


黒線: JMA2001
 青線: LL
 各色: 測線毎の1次元速度構造
 赤太線: 海域速度構造

S波の観測点補正值(秒)

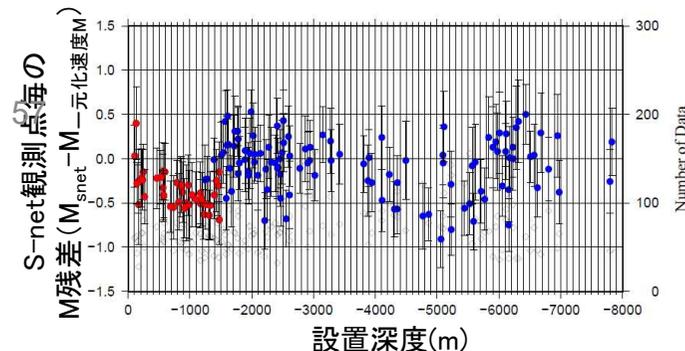


観測点毎に、震央距離100km以内のO-Cの平均値を堆積層補正值(PS変換波の走時から推定)に足して走時補正值とする震源再計算を数回繰り返し、観測点補正值とした。



S-netの3成分毎合成最大振幅によるM残差(丸は平均値)。設置深度1500mより浅い場合)と震源距離の関係。

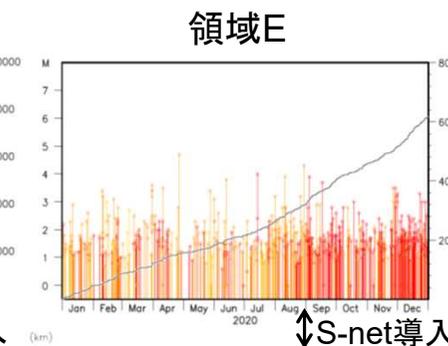
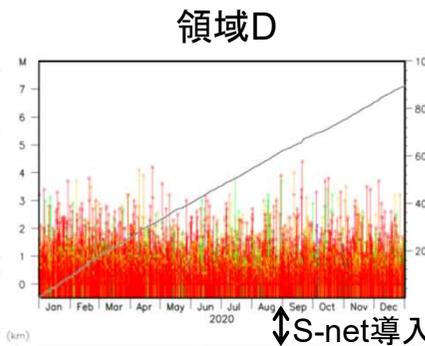
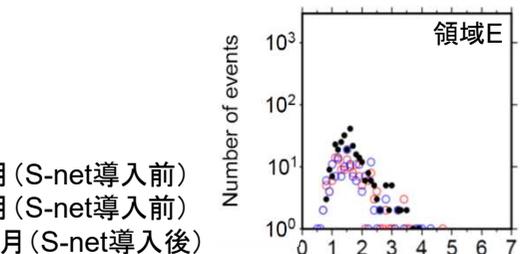
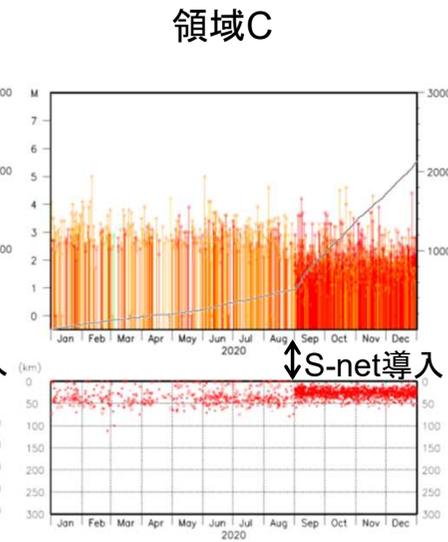
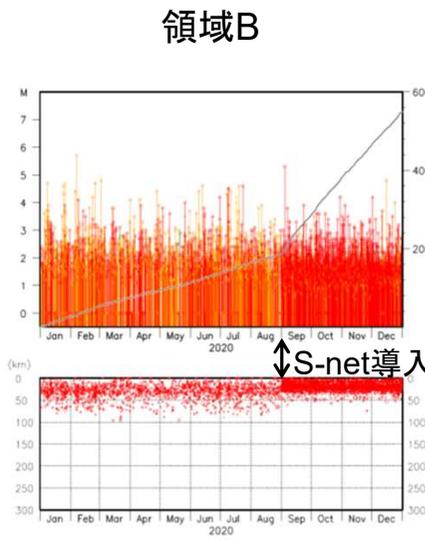
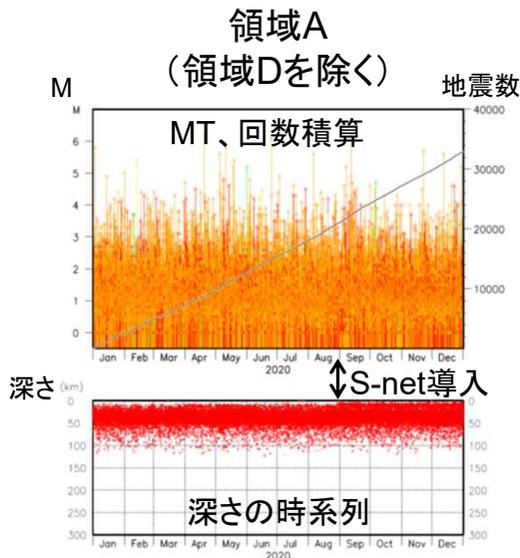
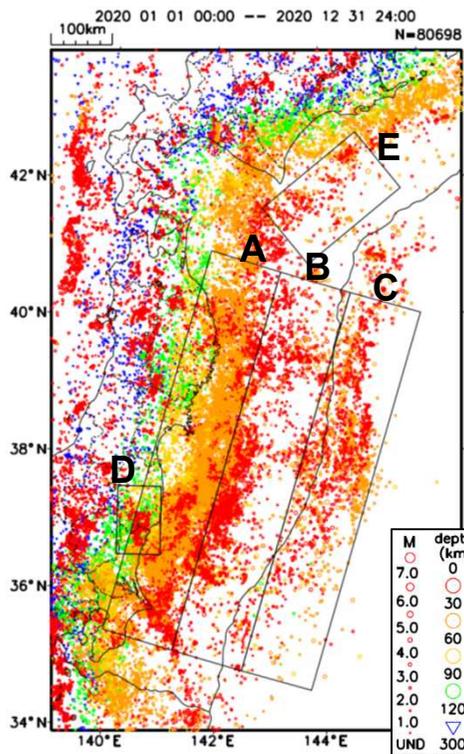
赤: 一元化速度M1~2、青: M2~3、紫: M3~4、水色: M4~5、緑: M5~6



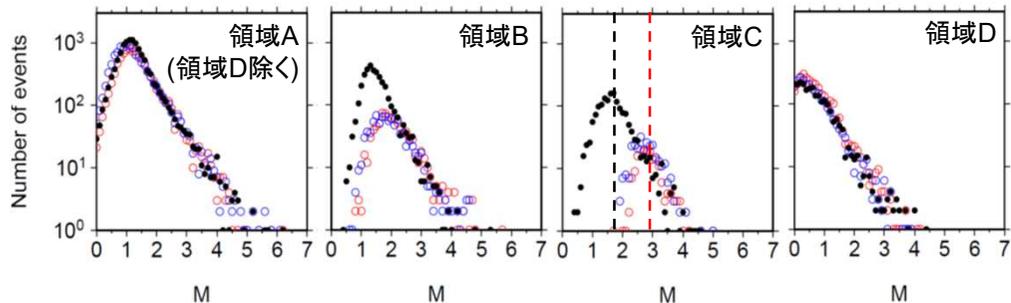
S-netの3成分毎合成最大振幅によるM残差(丸は平均値)。赤は埋設、青は非埋設。

S-net活用による効果 (Mc)

■ S-net導入後は沖合でM1.7程度以上をまれなく検知



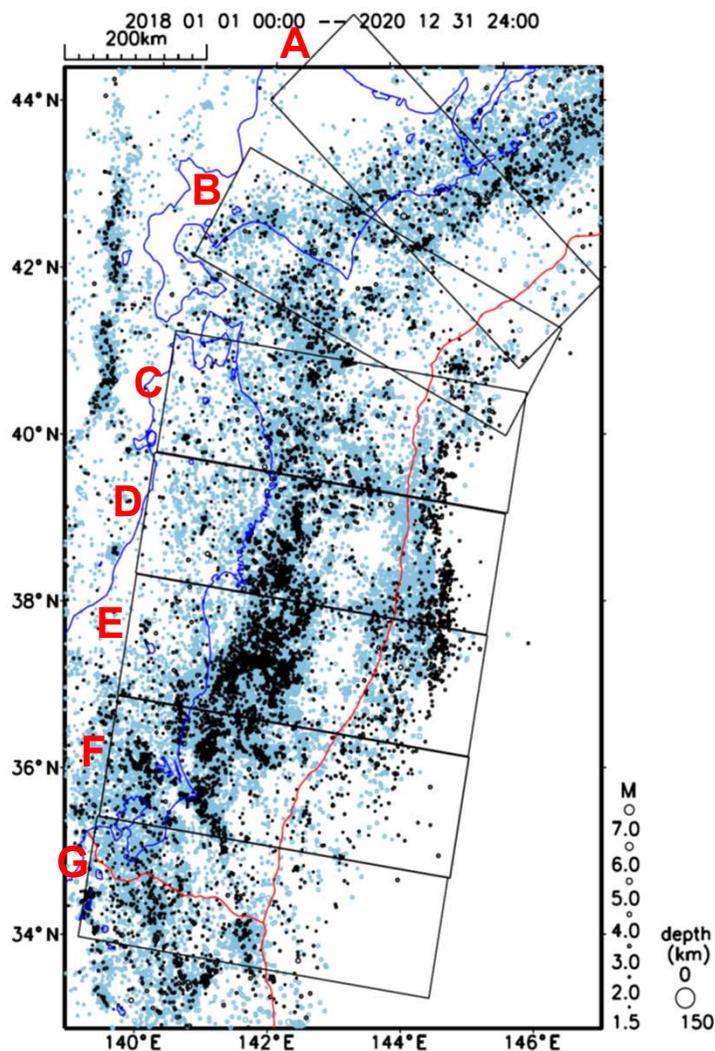
規模別頻度分布
 ○ 1月～4月 (S-net導入前)
 ● 5月～8月 (S-net導入前)
 ● 9月～12月 (S-net導入後)



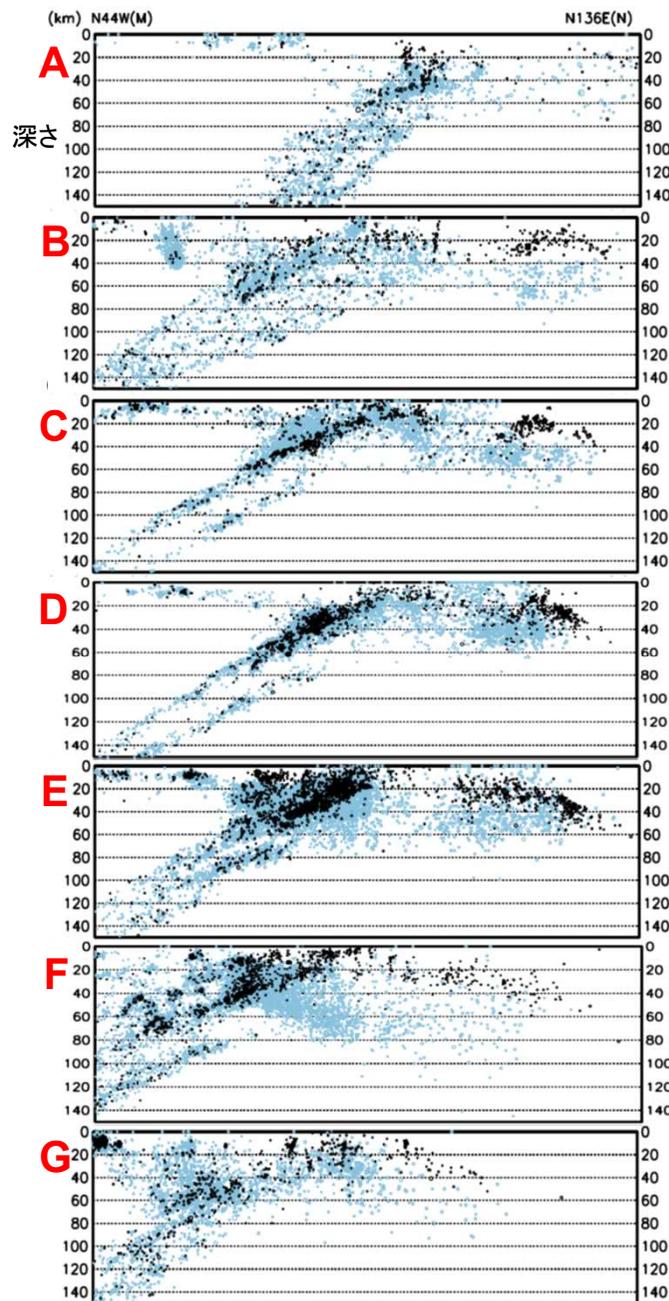
2020年の一元化震源、Mすべて、深さ≤300km、震源登録種別:K,k,A

S-net活用による効果(震源分布)

■ 沖合では従来よりも浅いところに地震活動がみられる



● : 2018年1月～2020年8月
 ● : 2020年9月～12月 (S-net導入後)
 一元化震源、 $M \geq 1.5$ 、深さ $\leq 150\text{km}$ 、K,k,A



各矩形領域の
断面図
(長辺投影)

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2年度年次報告

海上保安庁

- 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

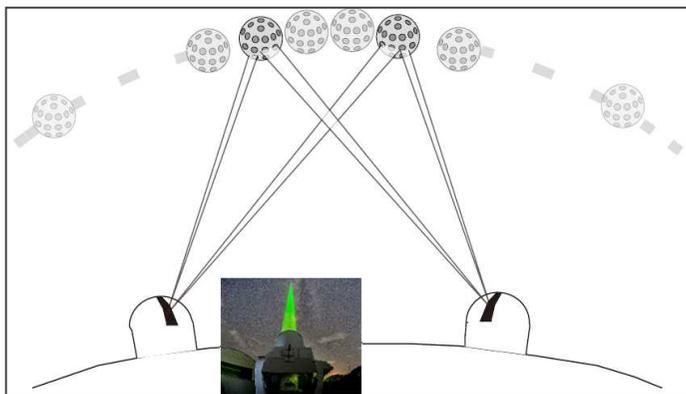
令和2年度の成果の概要

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。

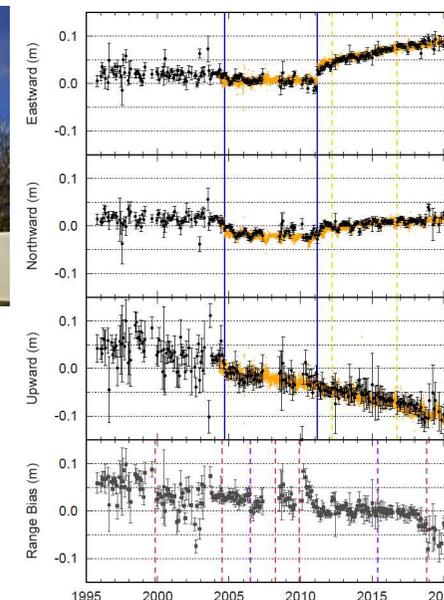
SLR (Satellite Laser Ranging) の役割

- 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

プレート運動、地殻変動の検出
基準座標系の構築に貢献



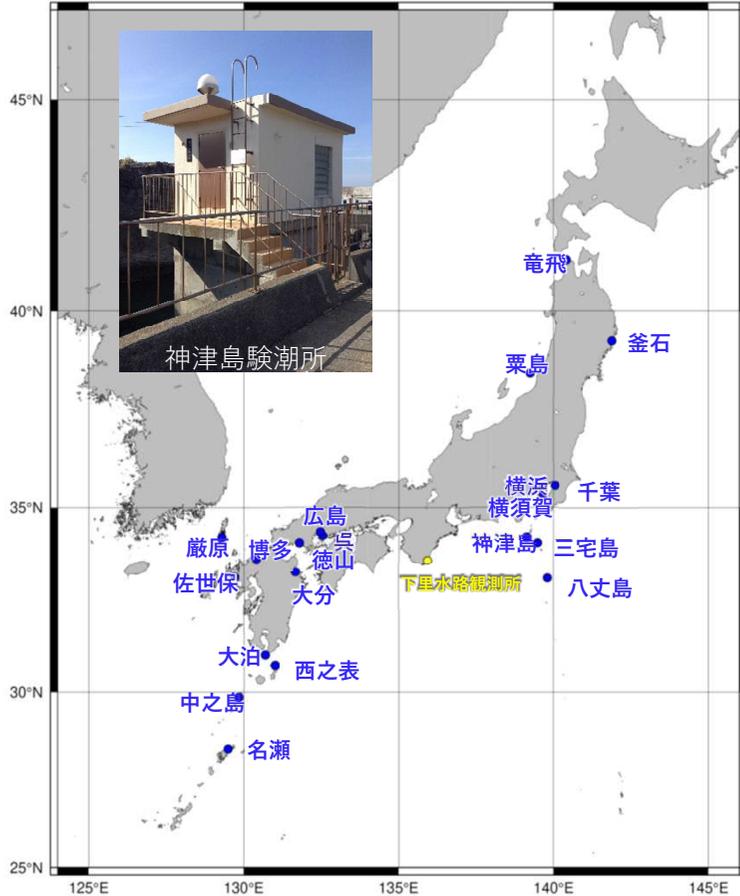
地上観測局から人工衛星にレーザー光を発射し、衛星に搭載された逆反射プリズムで反射されて戻ってくるまでの往復時間を精密測定し、衛星 - 観測局間の距離を測定



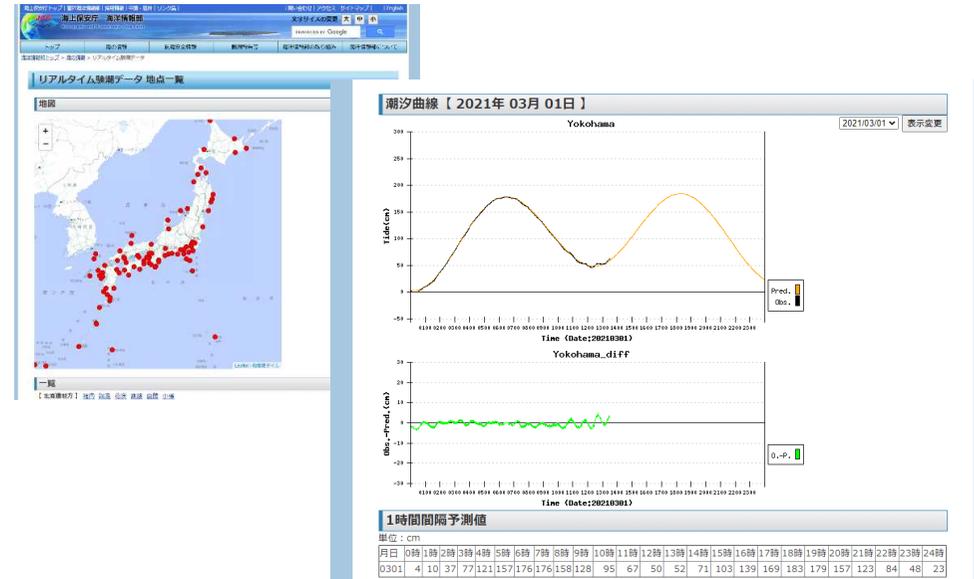
令和2年度の成果の概要

計画通り観測を継続。

海上保安庁が所管する験潮所(とSLR観測点)



全国20ヶ所の海上保安庁所管の験潮所、並びに気象庁所管の検潮所での潮汐観測データを随時ホームページで公開



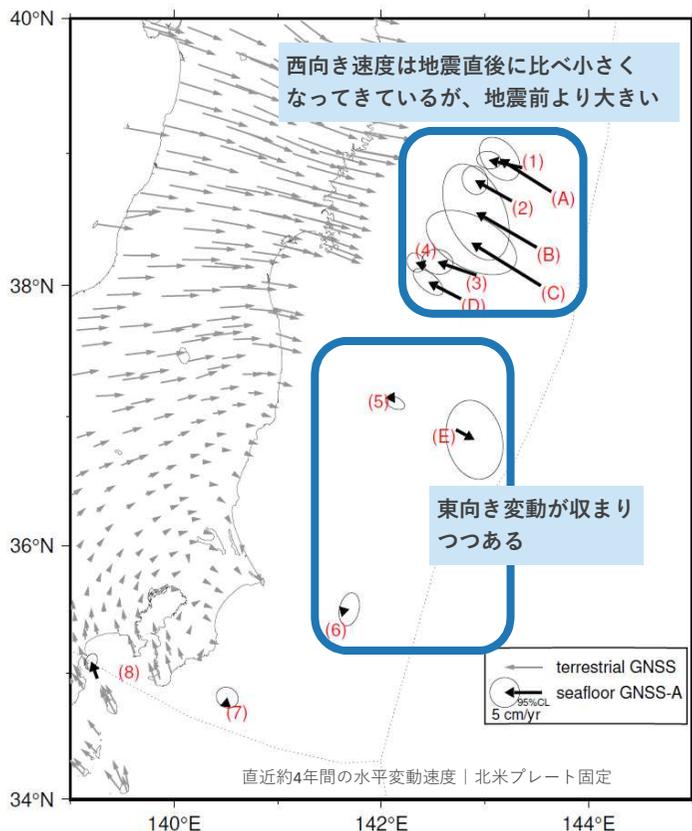
潮汐観測の成果の利用

- 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

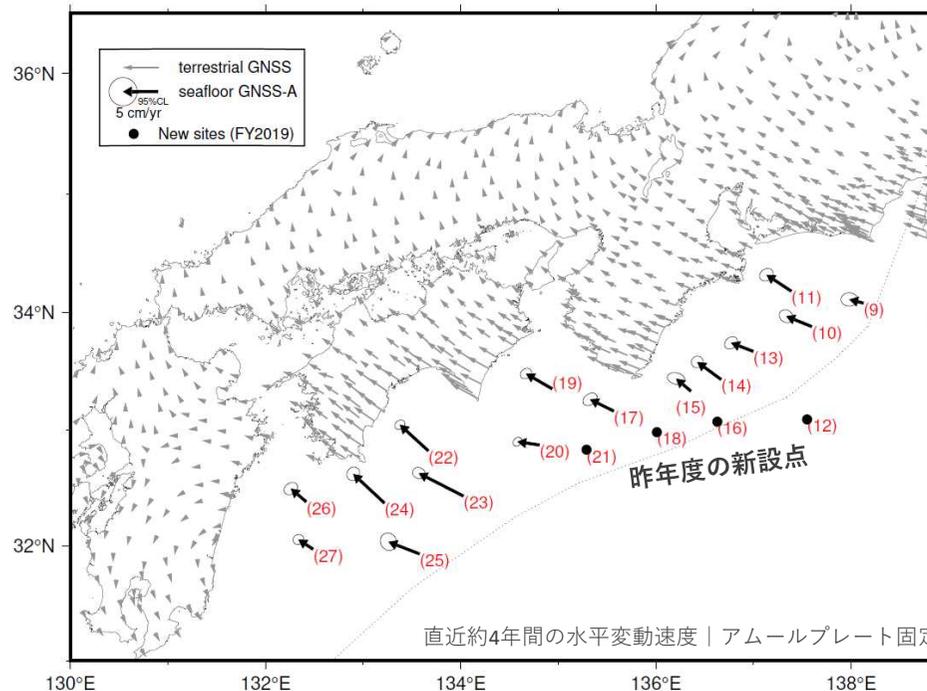
令和2年度の成果の概要

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。

東北地方太平洋沖地震後の余効変動



フィリピン海プレートの沈み込みによる応力蓄積

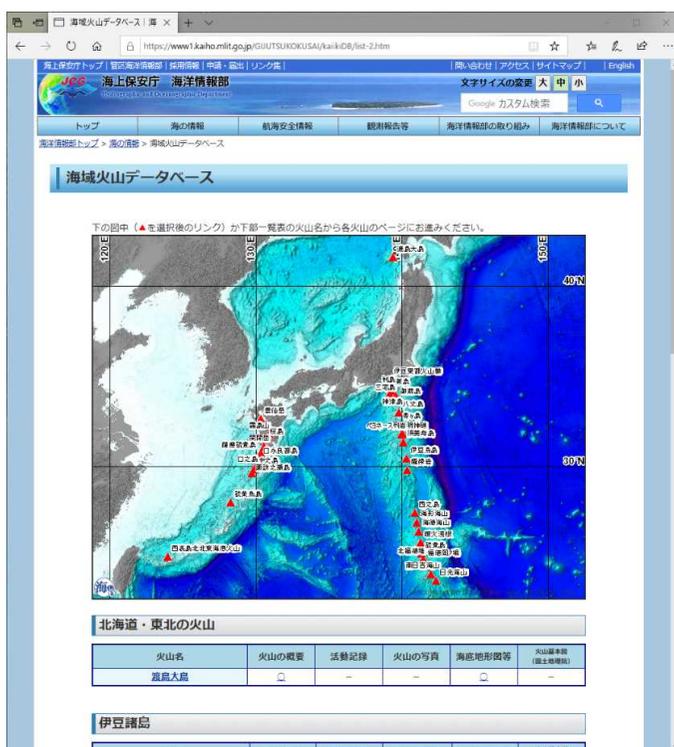


地震・地殻活動の現状評価の資料として、地震調査委員会、南海トラフ地震評価検討会等の政府関係会議に定期的に報告

令和2年度の成果の概要

海域火山の定期巡回監視観測を実施。さらに、西之島については、監視体制を強化し、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



西之島 (2020年6月29日)



西之島 (2020年11月24日)



諏訪之瀬島火口 (2020年9月29日)



諏訪之瀬島変色水域 (2020年6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2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



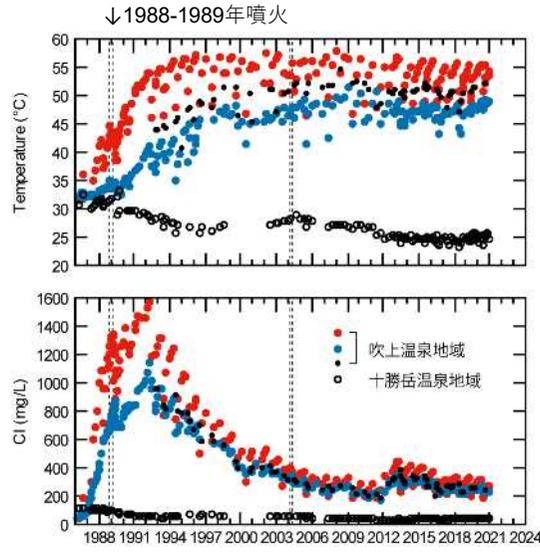
<令和2年度の成果の概要>

北海道内の6火山（雌阿寒岳、十勝岳、樺前山、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が、いくつかの火山では温泉・噴気の成分や同位体比に継続的な上昇が観測されている。得られた観測データの情報共有は気象庁や大学と随時行っている。

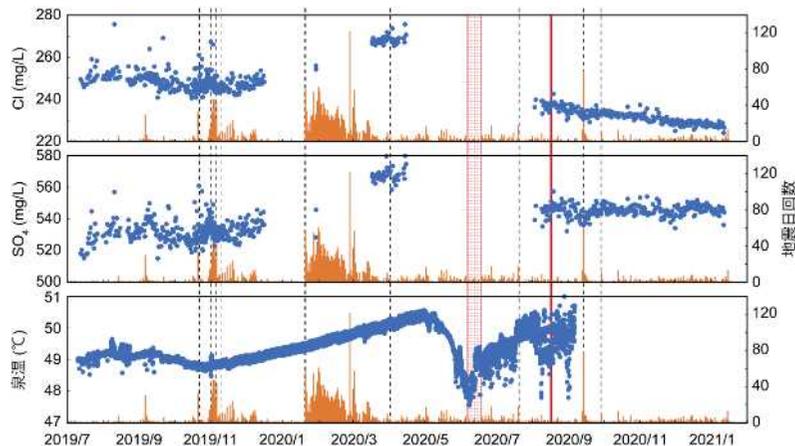
<十勝岳での温泉観測>



温泉の成分や温度などに大きな変化はなかった。ただし、2019年7月からベンガラ温泉で行っている高頻度温泉観測では傾斜変動や地震活動、62-2火口の火映現象などに伴う温泉成分濃度や泉温の変化が観測されている。



十勝岳周辺の温泉変化（泉温、Cl濃度）。破線は噴火

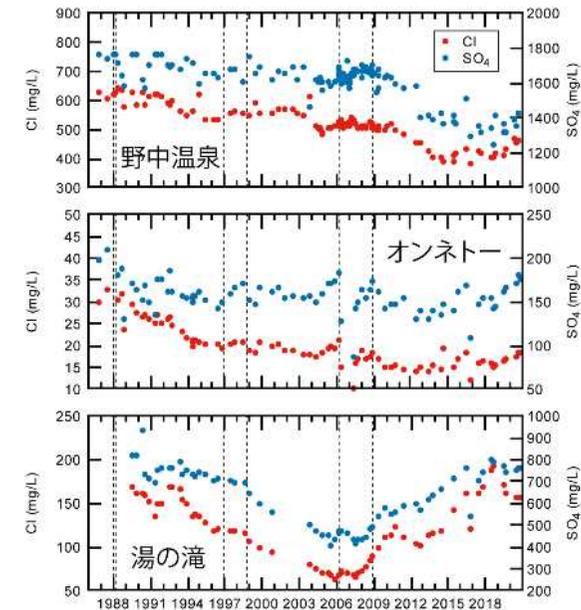


吹上温泉地域での高頻度観測の結果。東大院理との共同観測。破線は傾斜変動、赤色の領域は62-2火口で火映が観測された時期

<雌阿寒岳での温泉観測>



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。近年、各観測点で温泉水の成分濃度が上昇する傾向がある。温泉水の酸素・水素同位体比には大きな変化はない。



雌阿寒岳西麓の温泉水などの成分変化（Cl・SO₄濃度）。破線は水蒸気噴火

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

- 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**の前提条件が変化**

目的

- 北海道の地域条件を考慮した津波による最大リスクの評価手法、ならびに社会的な経時変化を考慮した津波防災対策効果の評価手法を開発
- 具体の市町村で津波避難計画や津波防災地域づくり計画を作成し、実証的に展開

成果

- 冬季の避難速度を把握→道の津波避難計画策定指針の改訂
- 避難困難地区等のリスクを明確化→津波避難計画の具体的な課題を明示
- 避難後のリスクの所在を明確化
- モデル市町村における対策の体系化(手法の確立)



課題番号：HRO_02



No	地点	種別	施工状況				地形条件	地質条件	避難地点	到達標高	浸没可能性	積雪時使用可否	夜間使用可否	防氷性	総合判定
			形状	材質・舗装	フェンス・手すり	対策工事									
1	橋岡	避難路	階段+スロープ	コンクリート及びアスファルト	金属製柵	斜面フレーム工	段丘面に礫石型崩壊(厚い土層?)が南側に発生	中新世尾根内層 安山岩質火砕岩および段丘	段丘上の宅地・畑地	20	A	B	B	A	B
2	長風沢	避難路	生活路	アスファルト	なし	東側斜面下部土留の擁壁	沢地形	中新世尾根内層 安山岩質火砕岩+普通堆積物	沢に沿った宅地	50	A	A	B	B	A
3	橋岡	避難路	仮設階段+スロープ	木柵路	木製柵	斜面フレーム工	段丘崖	中新世尾根内層 安山岩質火砕岩および段丘	段丘上まで刈払いされ ておらず、段丘崖上部 の層板まで	25	B	C	C	C	C
4	二目川	避難路						中新世尾根内層 安山岩質火砕岩および段丘							
5	赤石	避難路	スロープ	木柵路	ロープ+単管		崩壊起源の深い沢	中新世尾根内層 安山岩質火砕岩および段丘	段丘上	50	B	C	C	C	C
6	赤石	神社参道+木柵路	階段+スロープ	コンクリート及び木柵路	一部単管	治山ダム	沢地形	中新世尾根内層 安山岩質火砕岩および段丘	稲荷神社	50	A	A	B	B	A
7	赤石	避難階段	仮設階段	金属製(ステンレス)	金属製(ステンレス)	治山ダム、谷間はフレーム工(崩壊時)	深い沢型	中新世尾根内層 安山岩質火砕岩	斜面上	20	B	C	C	C	C
8	赤石	工事用仮設階段	仮設階段	金属製(ステンレス)	金属製(ステンレス)	治山ダム・崩壊斜面はフレーム・アンカー工(施工中)	深い沢型	尾根内層安山岩質火砕岩 +(段丘+斜面堆積物)	斜面上	30-	B	C	C	C	C
9	赤石	避難階段	生活路	コンクリート	なし		深い沢型	尾根内層安山岩質火砕岩 +(段丘+斜面堆積物)	沢型斜面	30	B	B	B	B	B
10	赤石	避難階段	仮設階段	金属製(ステンレス)	金属製(ステンレス)	斜面下部はフレーム工、エネルギー吸収型落石ネットあり	崩壊起源の深い沢、崖せ尾根が崩壊	尾根内層安山岩質火砕岩 +(段丘+斜面堆積物)	斜面上	25	B	C	C	C	C
11	大森	避難階段	仮設階段	金属製(ステンレス)	金属製(ステンレス)	下部は土留の擁壁	深い沢型、急傾斜	尾根内層安山岩質火砕岩 +(段丘+斜面堆積物)	段丘上	80	B	C	C	C	C
12	神恵内	避難路	階段つぎスロープ	透水性舗装	金属製(ステンレス)	フレーム工	滝倉崖	中新世尾根内層 安山岩質火砕岩	国道	15	A	A	A	B	A
13	神恵内	障壁上のスロープ+木柵路	スロープ	コンクリート	単管	斜面下部はフレーム工	小尾根	治山層火山円礫岩	斜面上	15	B	C	C	C	C
14	神恵内(寺内等)基地	避難所?	基地	アスファルト舗装路	なし	谷間は擁壁設置	沢地形		谷底(基地)	30	A	A	B	C	A
15	神恵内	避難路	生活路	アスファルト+雑地の小排水路(コンクリート上蓋)/木柵路	なし		沢地形	尾根内層安山岩質火砕岩	谷底(小畑地)	30	A	B	B	C	B
16	神恵内(新島神社)	避難路	歩道	コンクリート	なし	神社の背後斜面土留の擁壁	深い沢型	尾根内層安山岩質火砕岩	神社	20	A	B	B	B	B
17	神恵内	避難階段+避難路	仮設階段+木柵路	階段は金属製(ステンレス)	階段は金属製(ステンレス)	斜面下部は土留の擁壁	崩壊起源の深い沢	尾根内層安山岩質火砕岩	斜面上(斜面中段の擁壁)	20	A	B	C	C	B

(上)モデル市町村の全避難路について、発災時における使用可能性を評価した



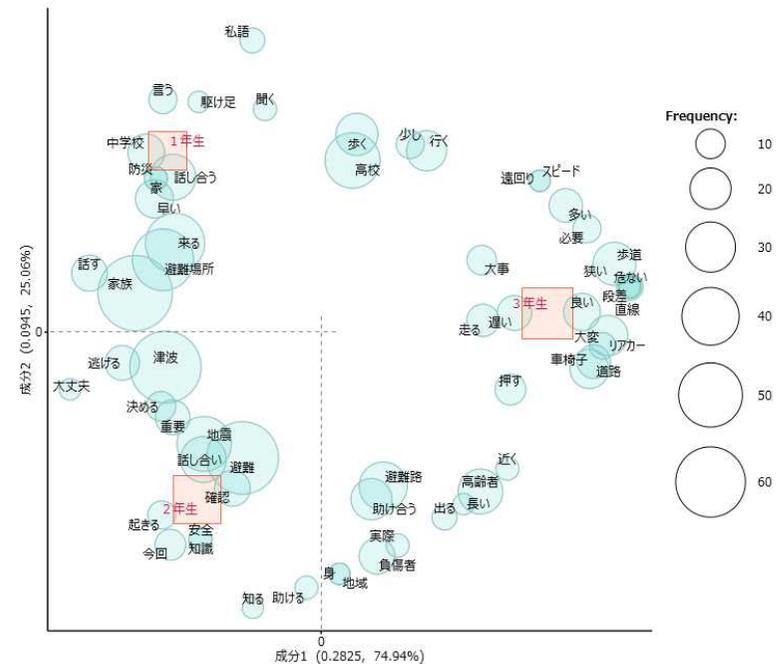
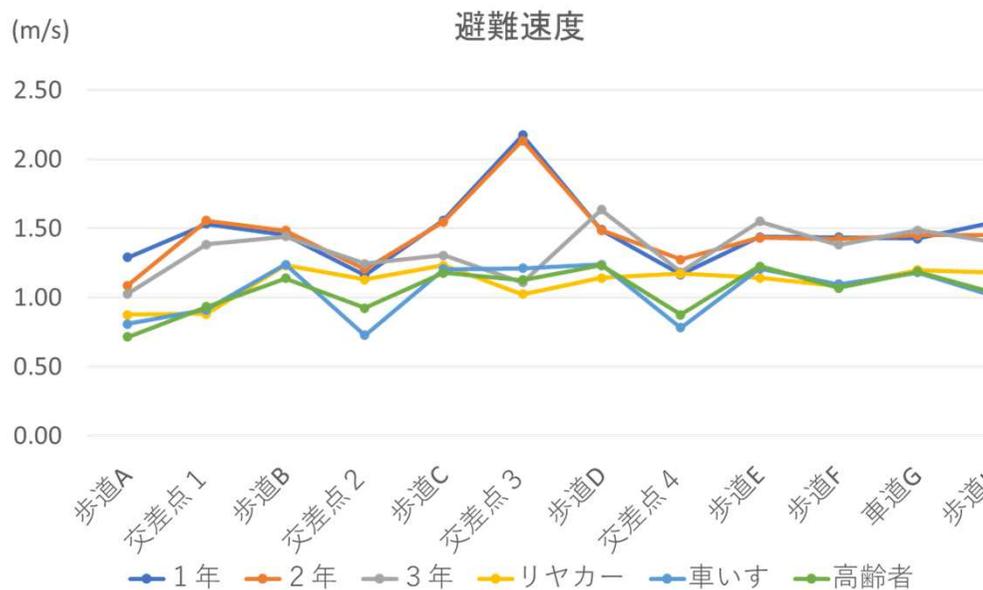
(右)モデル市町村において冬季避難訓練を実施し、避難速度を実測した

	速度(m/s)	人数
平地平均	1.3	58
登坂平均	0.9	42



今年度の実施項目：多様な津波避難データの取得

- ・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、中学生の協力により避難訓練を実施
- ・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)
- ・訓練終了後の自由記述アンケート結果を用いたテキストマイニングにより学習効果を把握



「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2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

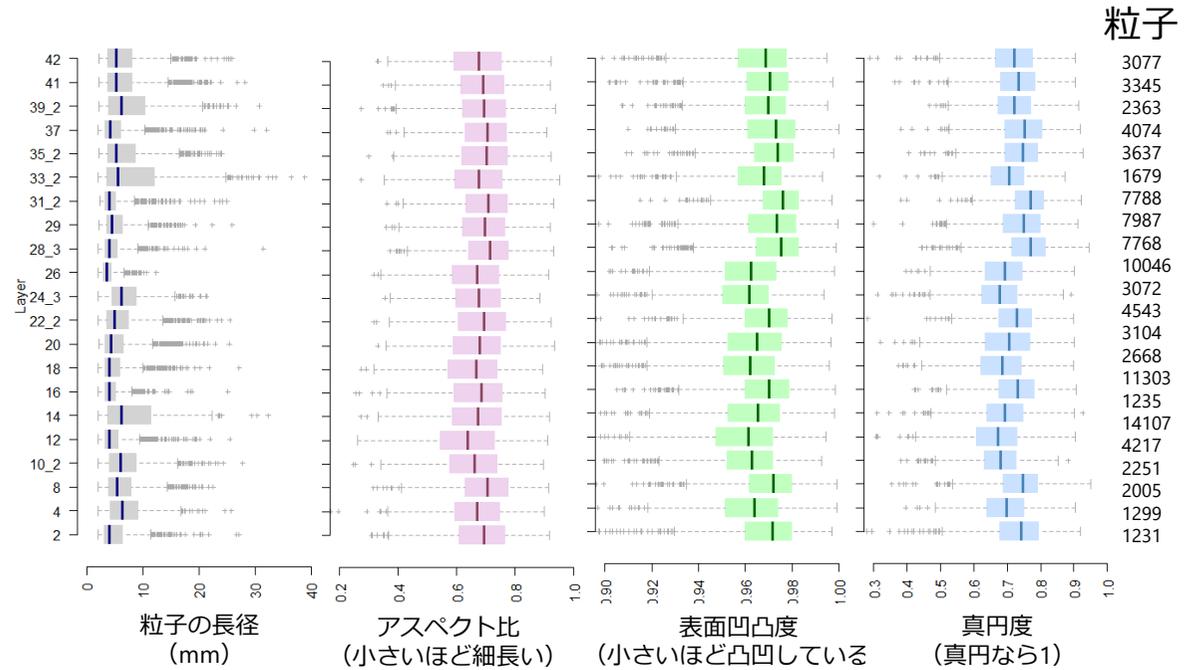
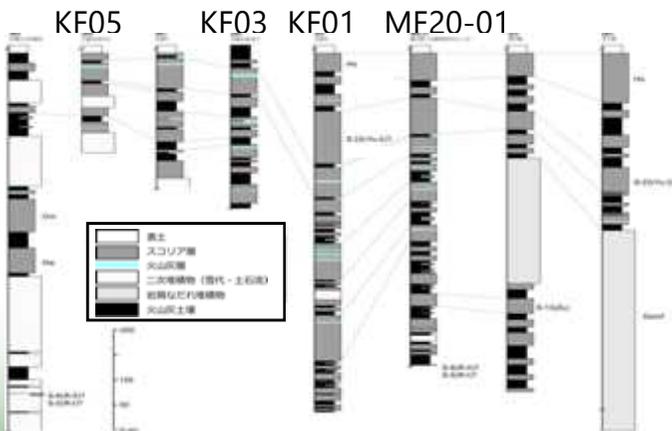
課題番号MFRI02

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



- トレンチ掘削や野外踏査による調査
- 全岩化学組成や粒子形状解析による識別の精緻化



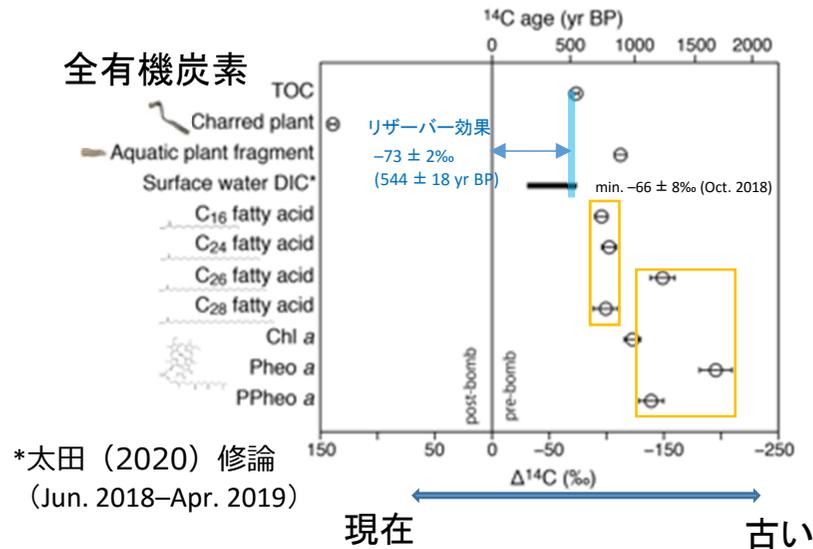
これまでになかった定量的なデータの蓄積

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

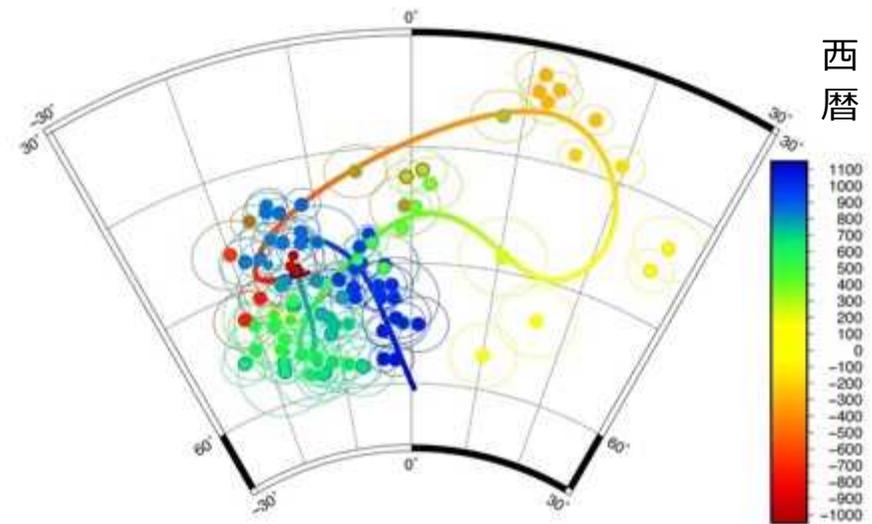
②湖底堆積物を使ったテフラ層序の高精度化

③古地磁気永年変化を用いた富士山の噴火履歴の解明

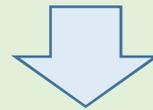
$$\Delta^{14}C = \delta^{14}C - 2(\delta^{13}C + 25)(1 + \delta^{14}C/1000)$$



*太田 (2020) 修論
(Jun. 2018–Apr. 2019)



- リザーバー効果の補正により全有機炭素 (TOC) が年代推定に利用可能に
- 古地磁気年代の正確な推定により溶岩の年代が正確に

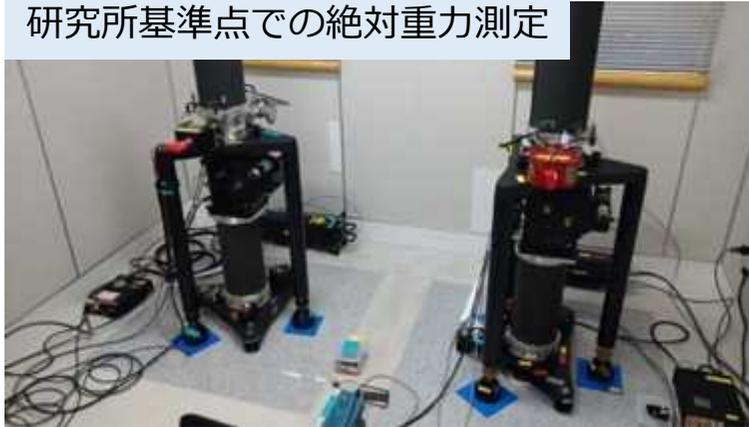


噴火年代のものさしを精緻化

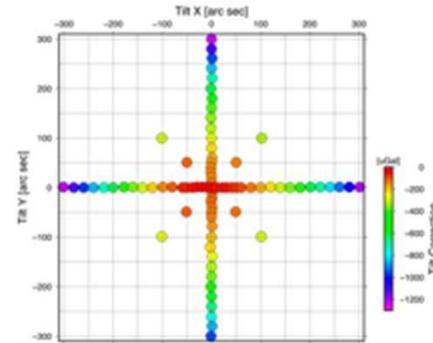
MFRI02 火山モニタリングと地下水流動把握のための他店重力連続観測

①重力観測網の構築

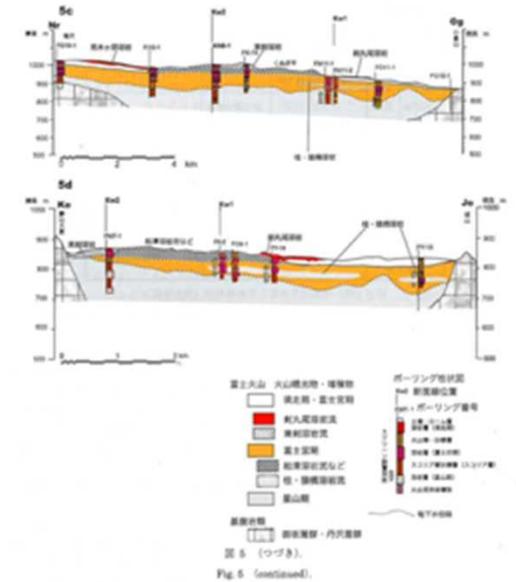
研究所基準点での絶対重力測定



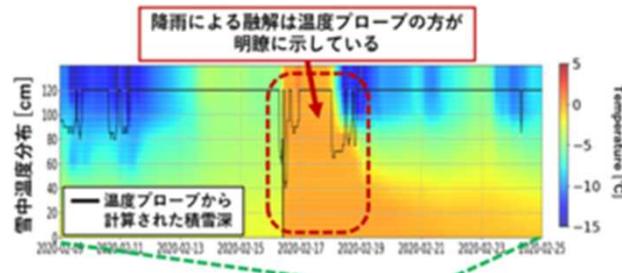
傾斜補正マッピング等実施



水理地質構造モデルの構築



気象観測の整備



- 重力計機材の評価（ドリフト等）
- 観測点の評価（2基台の重力差・潮汐等）
- 気象観測と水理地質構造モデルの構築による陸水補正の取り組み



より正確な時空間変化検出のための観測体制を構築中