

「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画(第3次)」 令和6年度年次報告【機関別】

目次

・ 大学	P. 3
・ 国立研究開発法人情報通信研究機構	P. 14
・ 国立研究開発法人防災科学技術研究所	P. 19
・ 国立研究開発法人海洋研究開発機構	P. 25
・ 国立研究開発法人産業技術総合研究所	P. 34
・ 国土地理院	P. 43
・ 気象庁	P. 50
・ 海上保安庁	P. 63
・ 地方独立行政法人北海道立総合研究機構	P. 68
・ 山梨県富士山科学研究所	P. 71

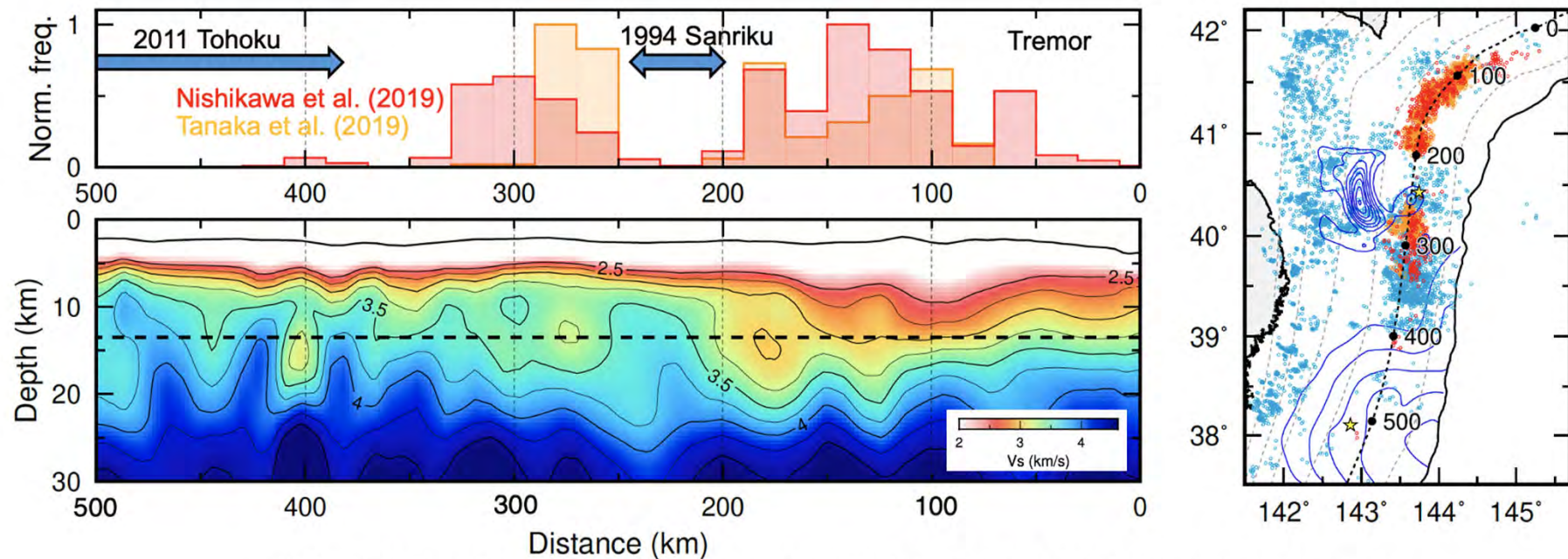
災害の軽減に貢献するための 地震火山観測研究計画(第3次)

令和6年度年次報告

大学

日本海溝北部における微動とS波速構造の空間相関

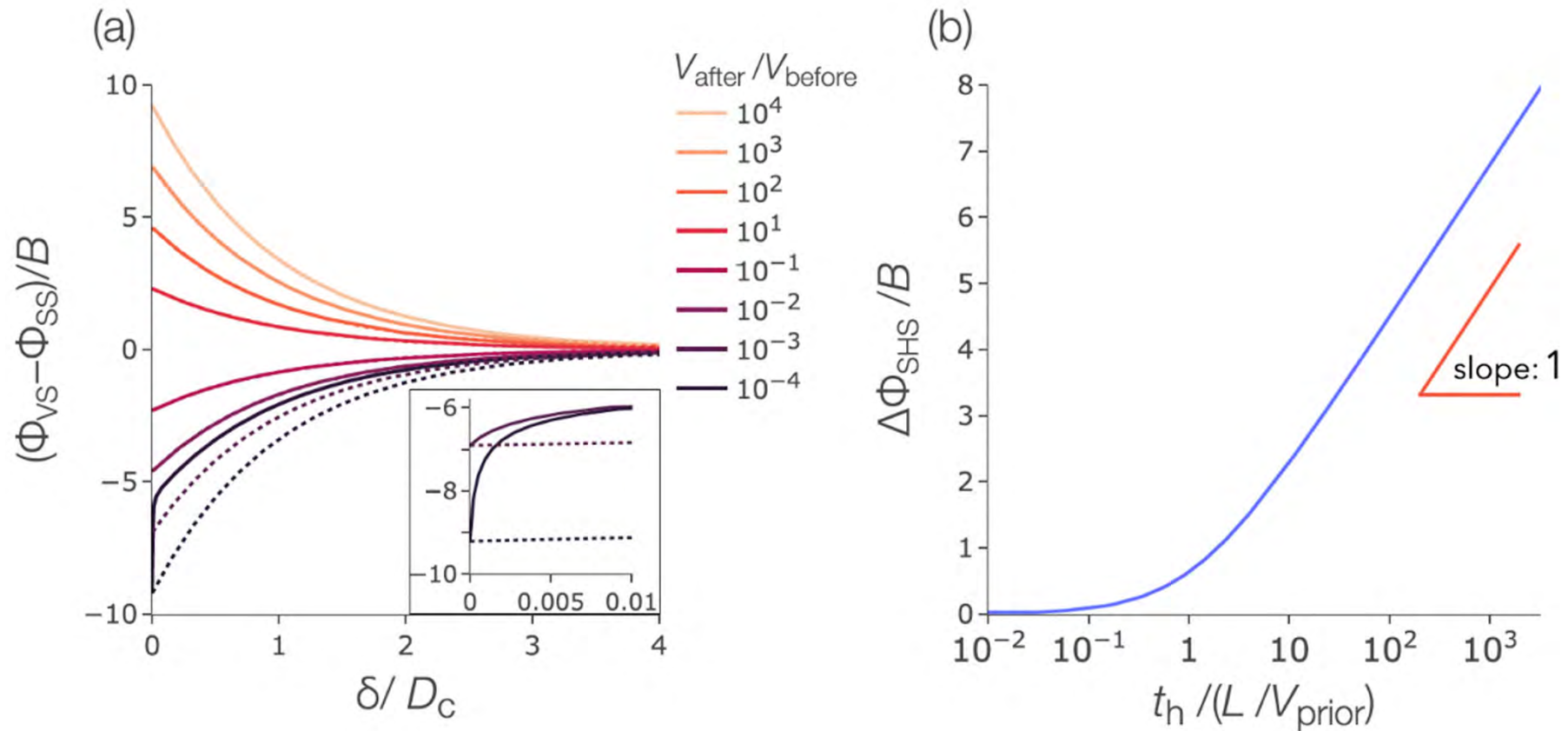
微動とS波速度構造の空間相関



常時微動表面波トモグラフィーによって推定されたS波速度構造のプレート境界13.5 km等深線に沿った断面図 (高木・他, 2024, 地震学会)

2006-2007年に日本海溝北部で実施された稠密海底地震観測網のデータに常時微動表面波トモグラフィー手法を適用し、深さ30 km程度までの詳細な3次元S波速度構造モデルを推定した。その結果、微動と空間的に相関するS波速度不均質構造が検出された。

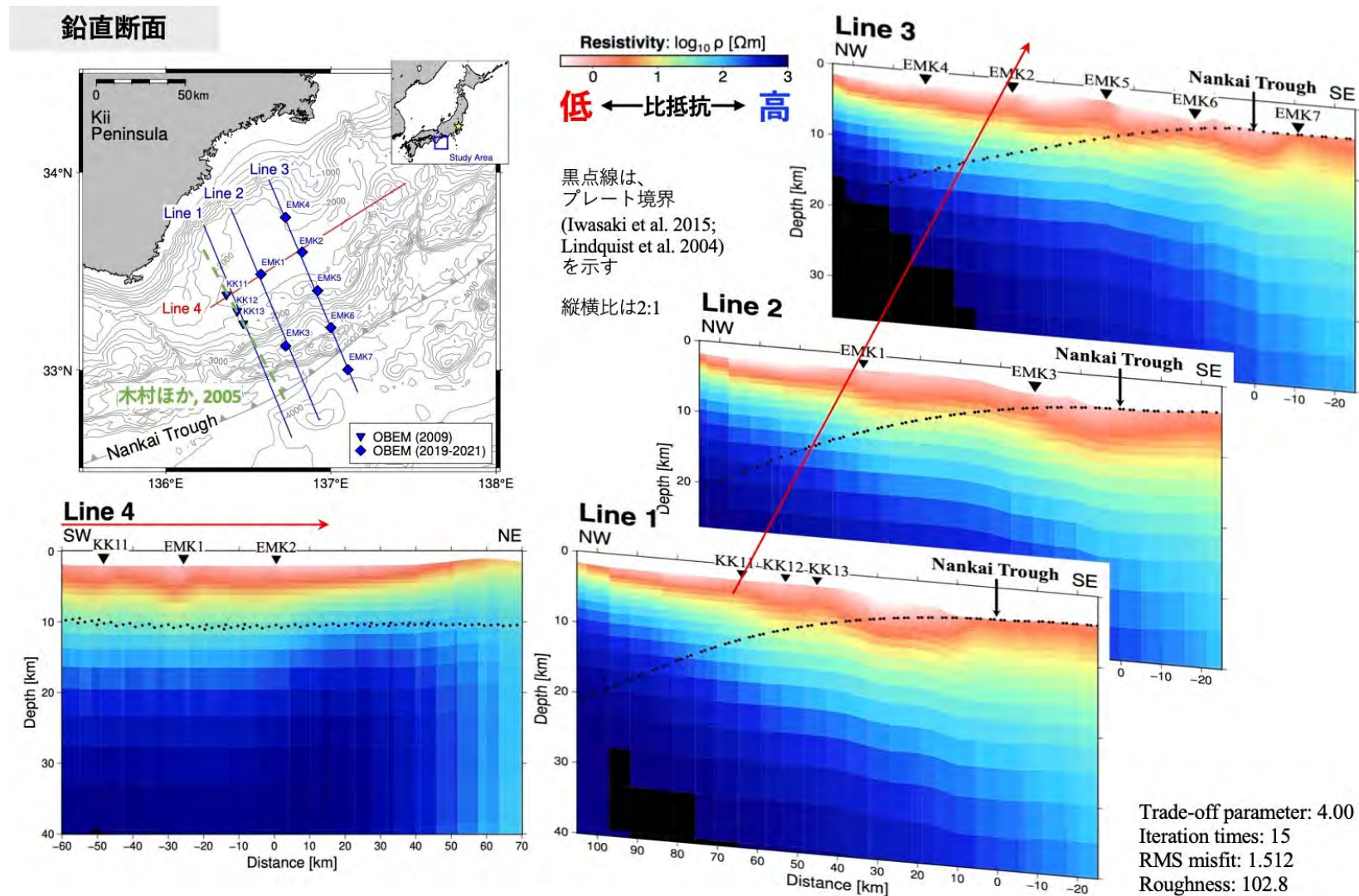
新たに導いた発展則による速度と状態変数に依存する摩擦の挙動 ERI_02



(a) 滑り速度ステップ試験における摩擦強度と滑り量の関係。

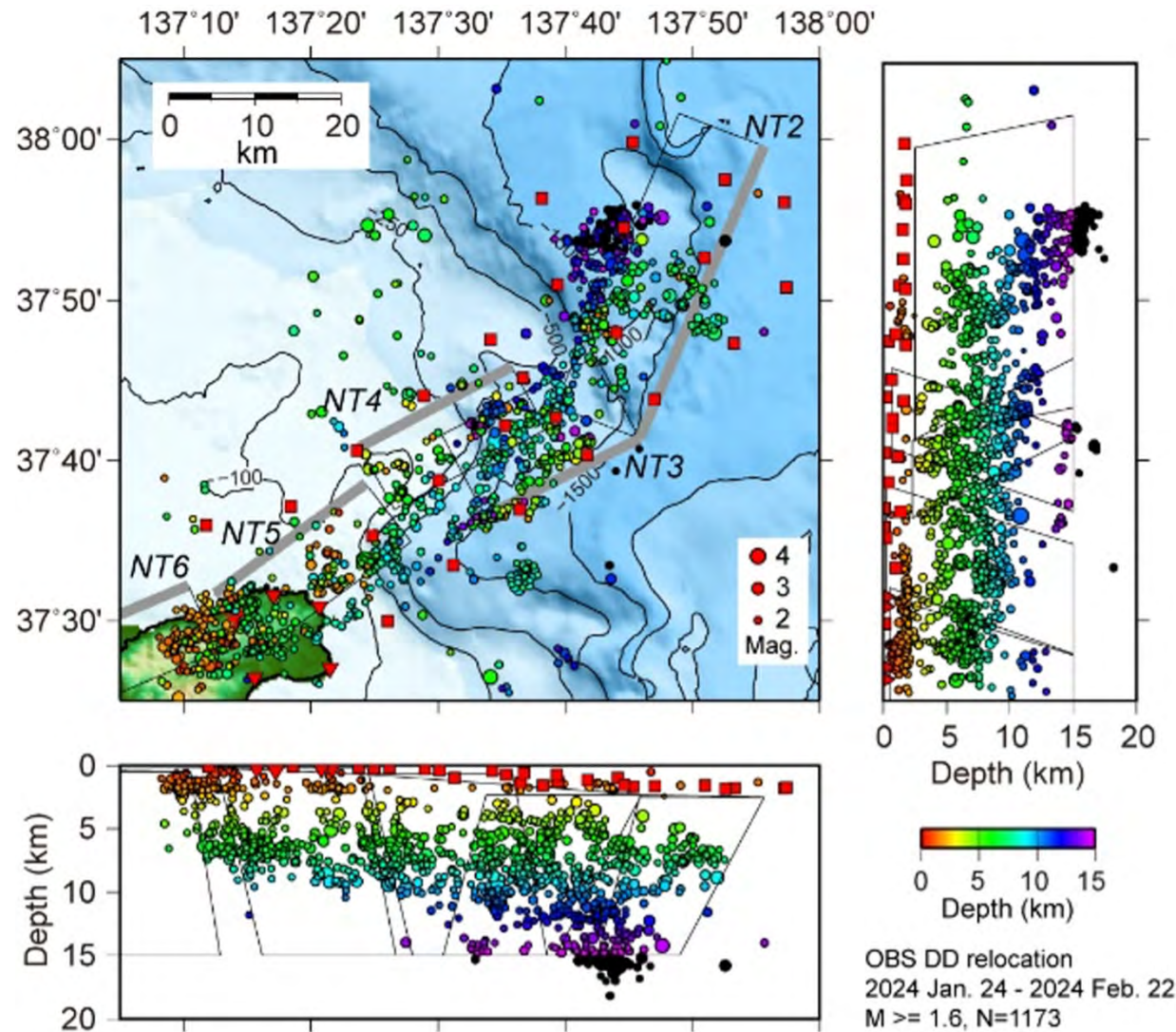
(b) 滑り-静止-滑り試験における摩擦強度と静止時間の関係。

実験的に知られた、速度依存する滑り弱化効果(a)と強度回復効果(b)を、従来は別々の発展則で表現していたが、一つの発展則 (Modified composite law) で表す定式化に成功した。



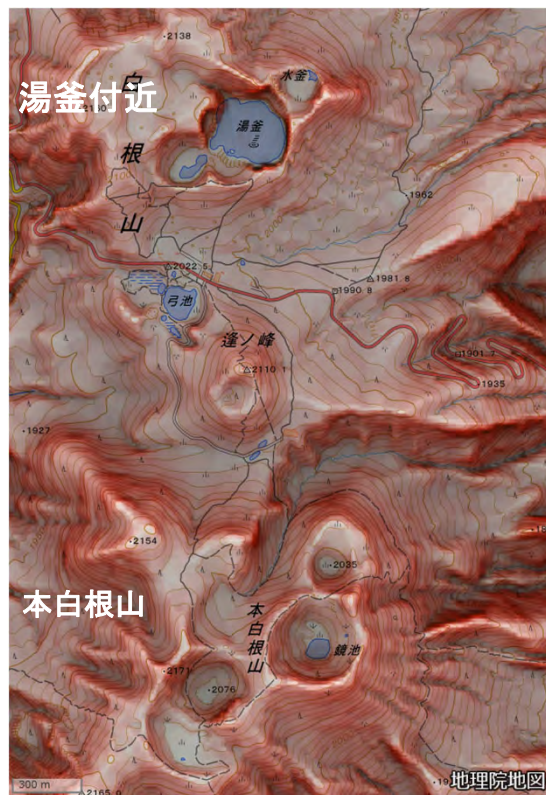
熊野海盆付近の三次元比抵抗構造の解析を実施した。地震波反射断面及び地震発生域を比較し、プレート境界面上における通常の地震の発生域、スロー地震発生域、定常滑り域の間で比抵抗に有意な差があることを明らかにした。

2024年能登半島地震震源域東部での余震の震源分布



海域観測により得られたデータを用いた震源決定の結果、余震活動は上部地殻内において活発であった。その分布は震源断層モデルとよく一致するが、最東部の断層モデルの北側半分に対応する領域では地震活動が活発ではない。

草津白根山でのSeismic Background Level (SBL)による火山活動評価



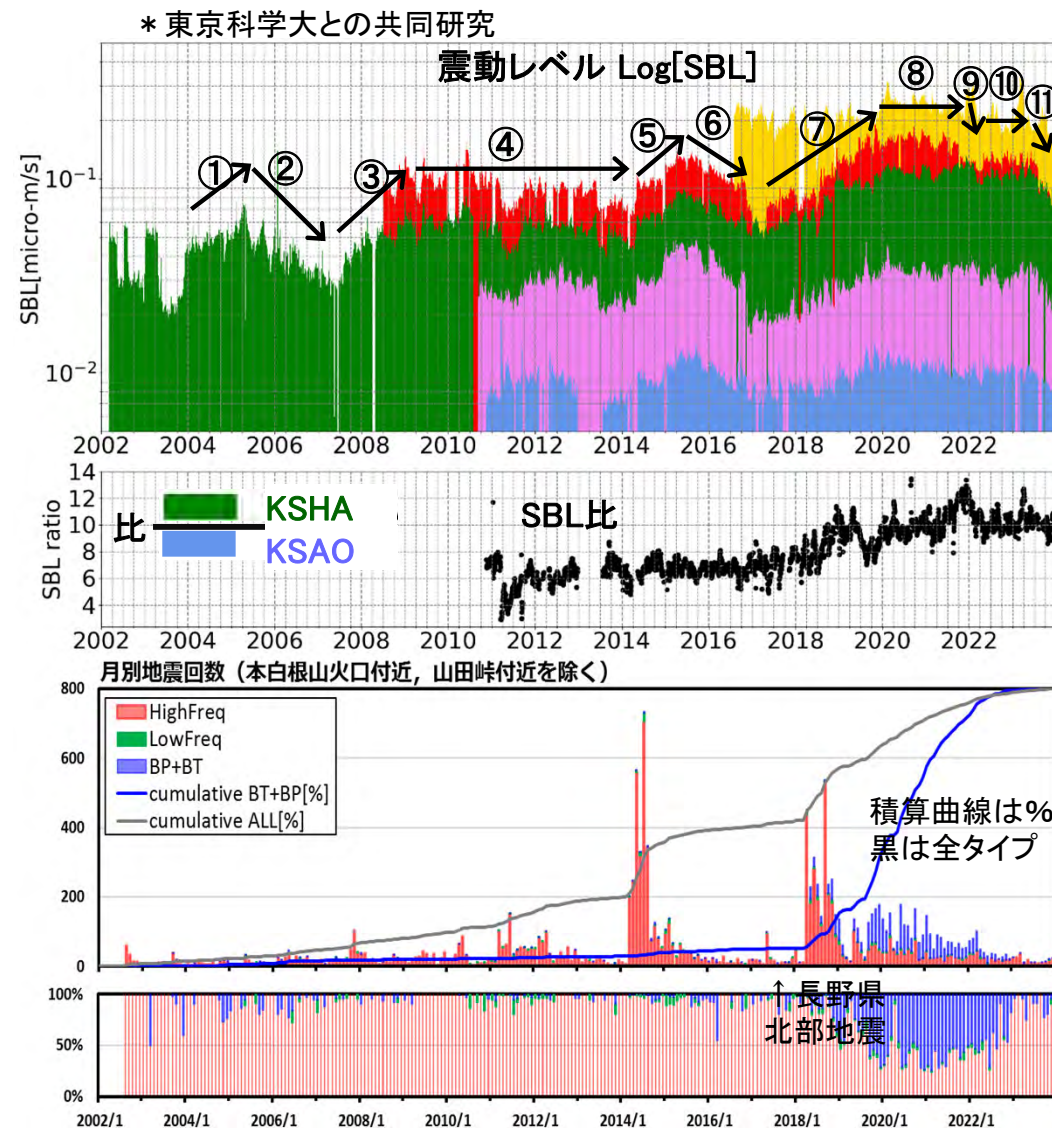
● 2014 unrest

火山性地震の増加と
ほぼ同時にSBL上昇

● 2018 unrest

火山性地震の増加前
からSBL上昇.
2022年末までSBLが高い
状態を維持

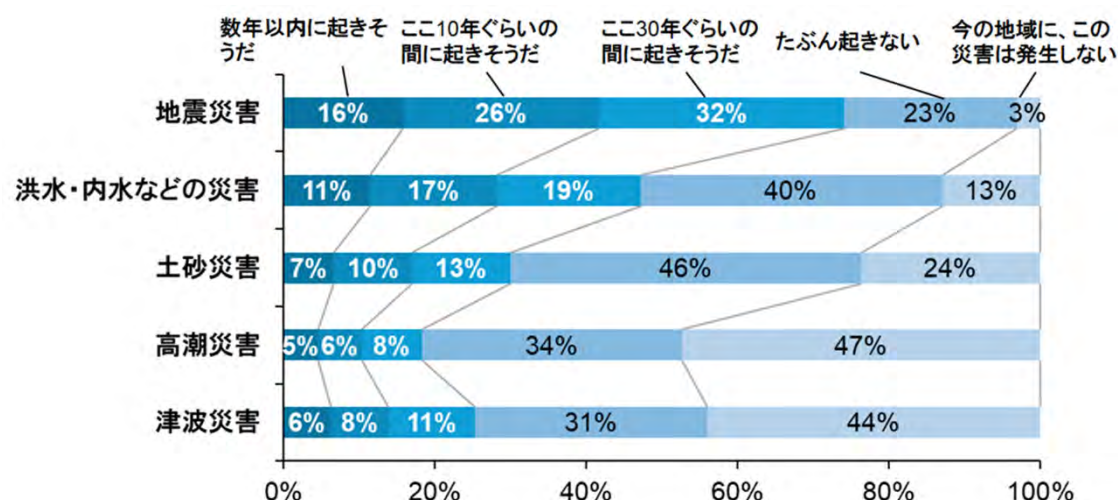
- SBLの変動は、湯釜付近の地殻変動源と対応
- 湯釜下の熱水活動を反映した重要な指標



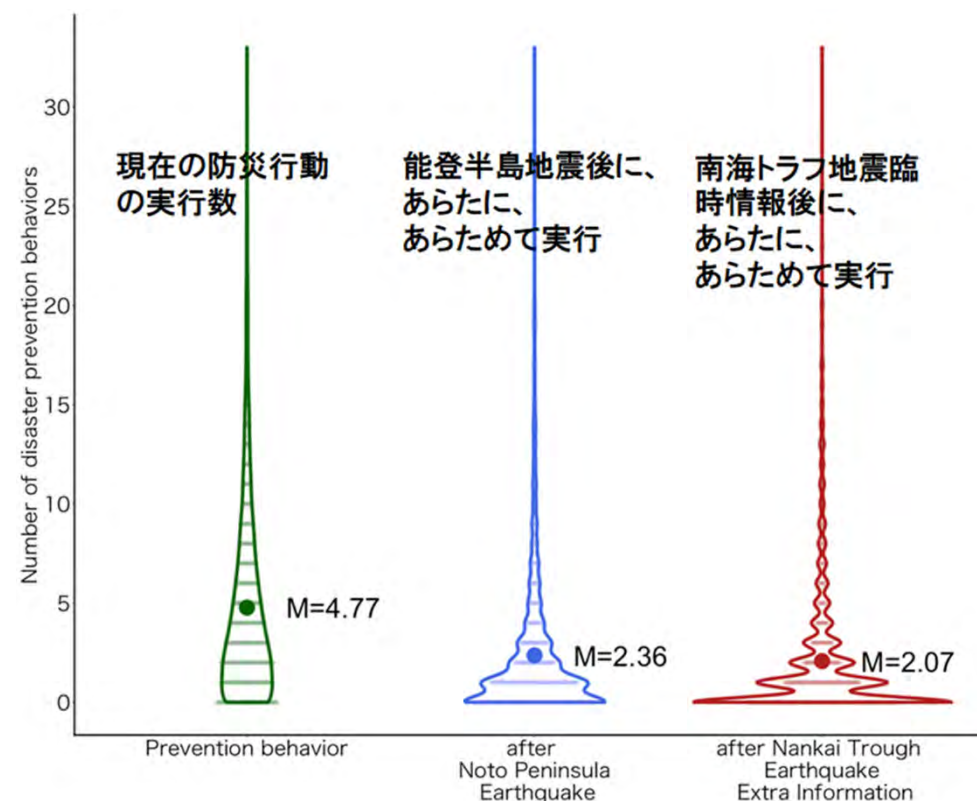
小林ほか(2024、火山学会)

草津白根山の湯釜付近において、背景地震動レベル(SBL)に基づく活動評価を実施。2014, 2018年の2度のunrestに対応してSBLが上昇。SBLの変化は湯釜付近の地殻変動に対応しており、湯釜下の熱水活動を反映する重要指標と考えられる。

災害の予期と防災行動実行に関する社会調査結果



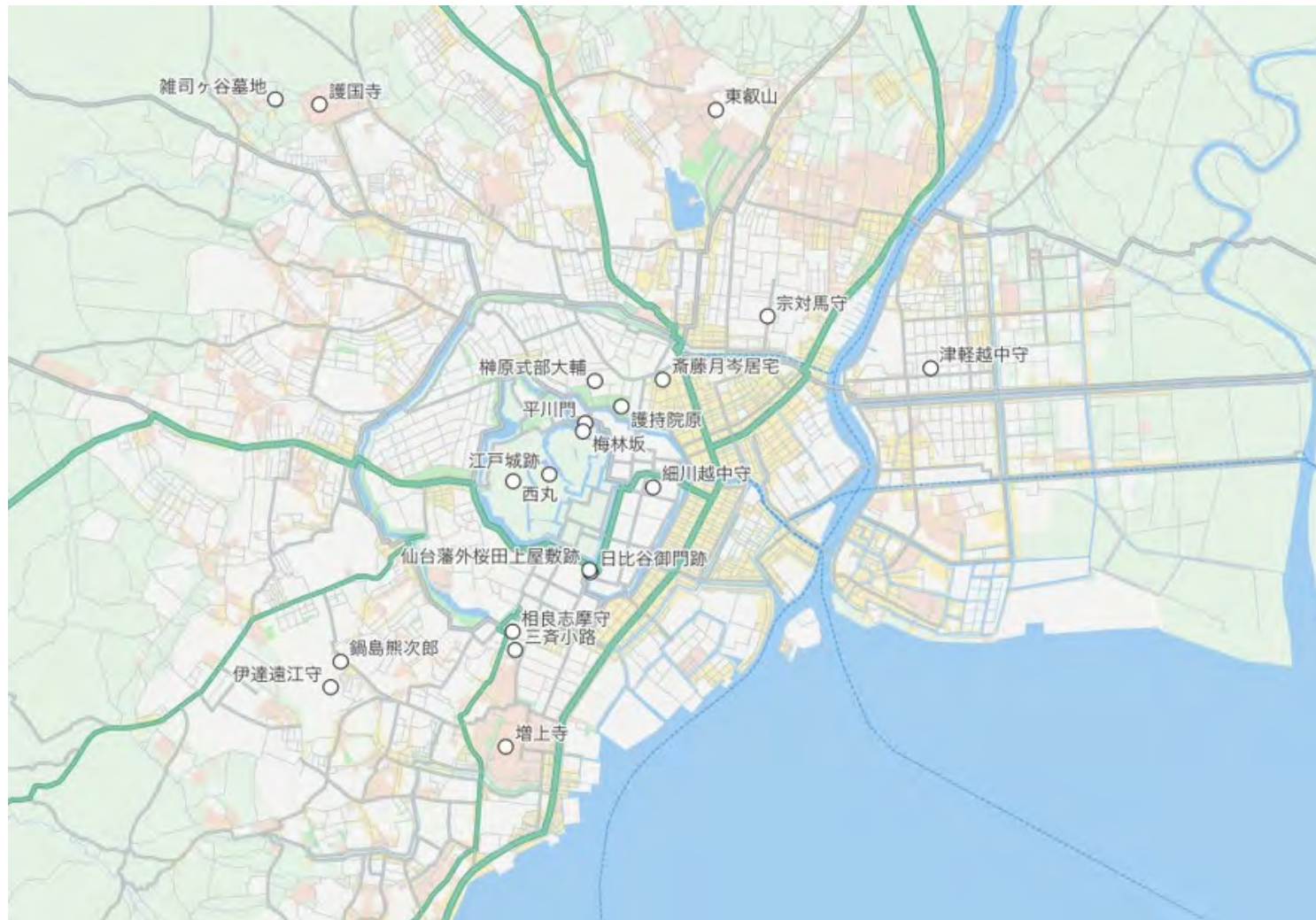
〇〇災害の予期:「あなたのお住まいの地域が、
〇〇災害によって、避難しなければならない事態
になる」に対する回答割合



実行数：提示した防災行動（「消火器を準備しているか」など、全部で33項目）のうち、いくつを実行しているかの頻度分布

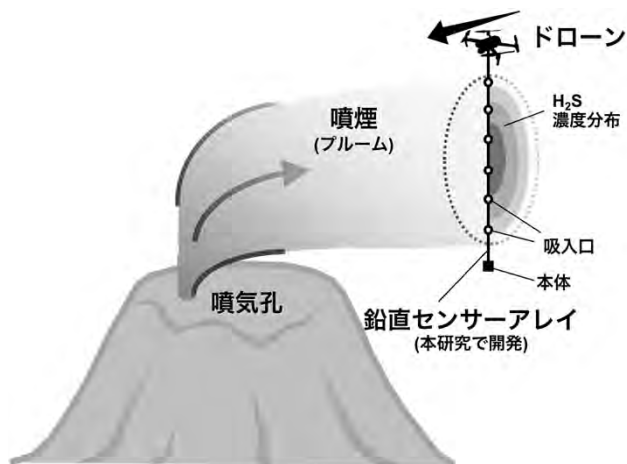
地震災害については70%以上の方が「30年以内に発生する」と認識している。しかし、防災行動の実行数は33項目中平均4.77項目にとどまっていた。このことから、地震災害への認識は高くても、具体的な対応行動への結びつきが弱いことが示唆された。

地理情報の付与による地震・噴火史料のGISデータ化



史料中の地名を現在の地図上に表示するウェブサービス「れきちず」上で表示した関東地方の地震史料の記録地点

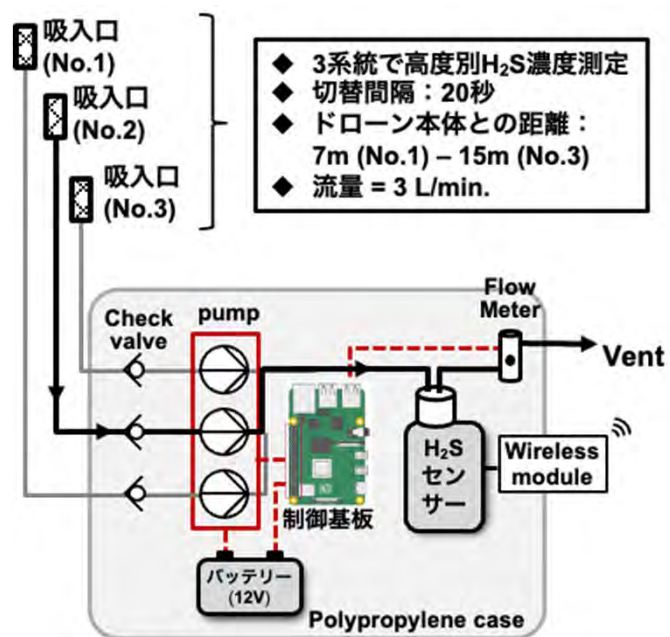
地震に関連する史料に現れる地名に位置情報を与え、最新の情報基盤を活用することで、歴史地震の被害や有感地点の情報の視認性や利便性を向上させた。



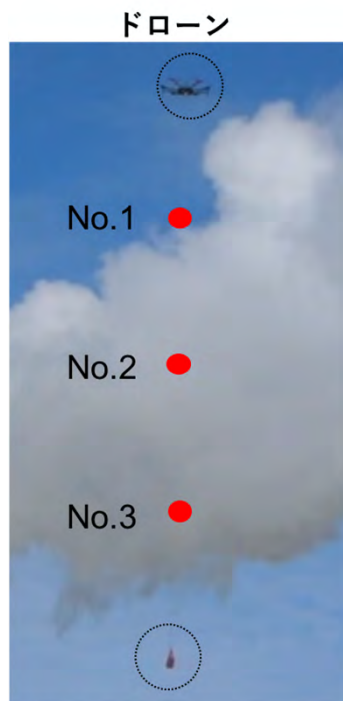
霧島硫黄山における
観測開始直前の様子→

←軽量版アレイ
本体内部

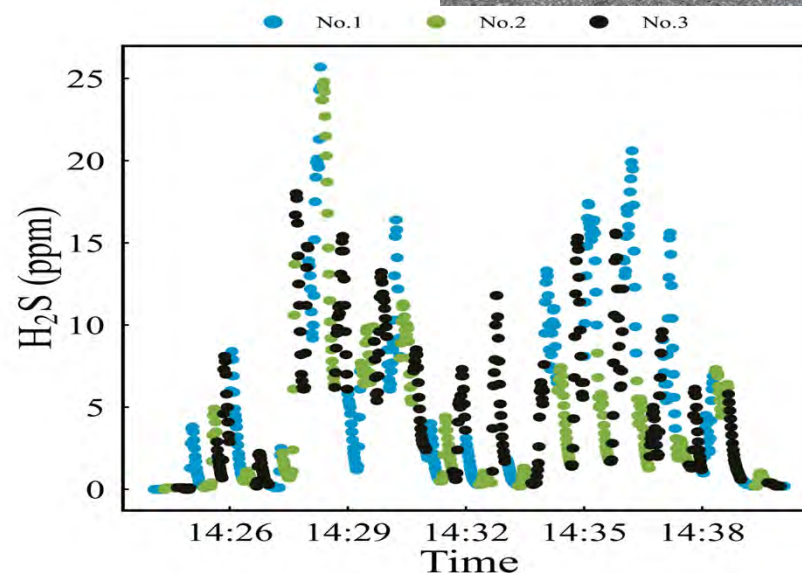
Miyagi et al., JVGR, 2024



- ◆ 3系統で高度別H₂S濃度測定
- ◆ 切替間隔：20秒
- ◆ ドローン本体との距離：
7m (No.1) – 15m (No.3)
- ◆ 流量 = 3 L/min.



アレイ本体



No.1⇒No.2⇒No.3と吸入口を切り替えながら測定

噴気中のH₂S放出率を測定するためのドローンによる鉛直センサーアレイを開発。霧島硫黄山において、ガス濃度分布が測定できることを実地で示す。火山の活動評価指標として重要なH₂S放出率を、危険を冒すことなく把握することができる。

草津町長が草津白根山上空のドローンを町長室から遠隔操縦

寺田・田村（2025，印刷中）

草津白根山



草津町役場



- ・ 専門家が同席することで，現況について迅速な共通理解を得る
- ・ 緊急時のドローン火山観測を円滑に実施する

観測対象（草津白根山山頂付近）



今回は約1km
(視界があれば最大8km)

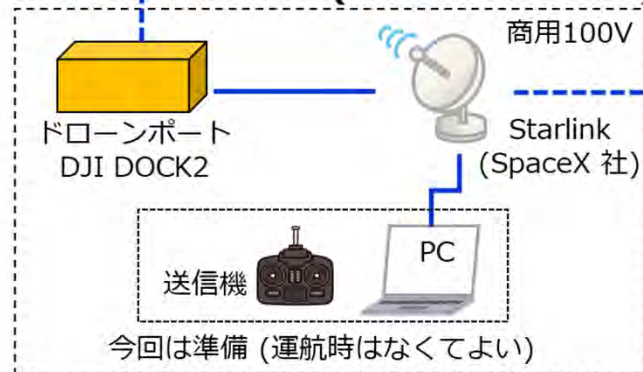
インターネット



サーバ
DJI FlightHub 2

- ・ 機体管理，操作
- ・ データ収集，保存
- ・ データ解析

現地拠点（白根レストハウス）



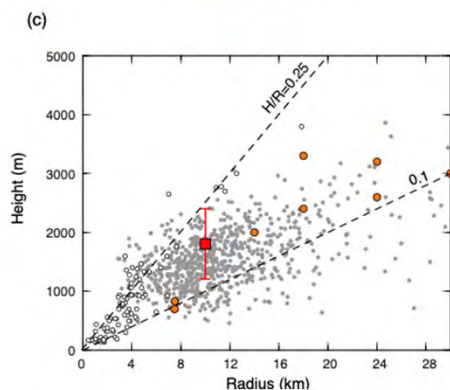
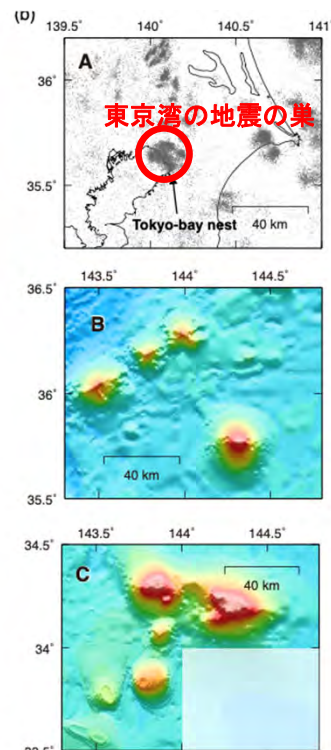
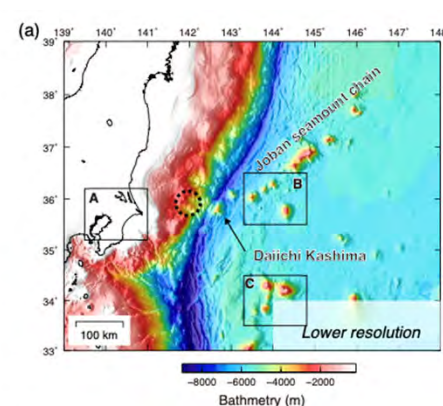
遠隔拠点（草津町役場）



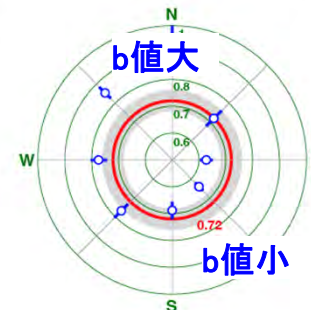
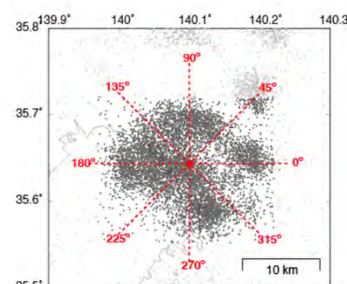
草津白根山において、自動離発着式のドローンによる遠隔飛行試験を実施。地元自治体の長である草津町長が町長室から遠隔操作。緊急時に、専門家と防災関係者が同席して同じ情報を見ることによって共通理解が得られ、迅速な意思決定につながる。

首都圏の地震の巣と海山の沈み込み

地震の巣と海山は同サイズ



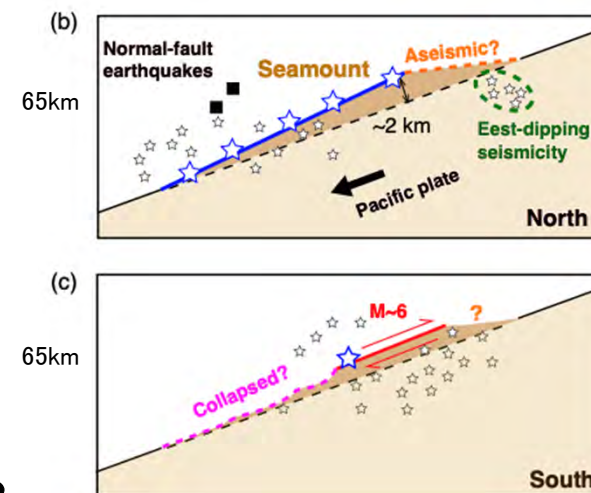
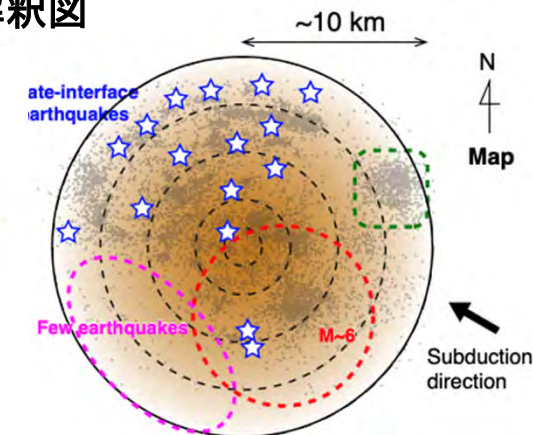
b値の空間分布



b値が空間分布が方位によって変化する、北側が高く、南東側が低い

M~6地震は南東側（第4象限）で起きる

解釈図



海山の沈み込みが地震の巣の原因か？

MeSO-net地震波形にPhase-Netによる自動読み取りを適用し、首都圏直下の地震の巣を詳細に解析。震源分布、b値変化、M6地震の発生位置から、海山の沈み込みが地震の巣の原因と推定。

「災害の軽減に貢献するための地震火山 観測研究計画(第3次)」

令和6年度年次報告

課題：先端リモートセンシングによる地震及び火山の被害状況把握技術の高度化

国立研究開発法人 情報通信研究機構

本課題の目標と概要

- ✓ 地震・火山などの災害発生時に航空機SARを用いて、迅速に被災状況を把握するための技術（観測手法・データ解析手法等）の高度化を進める。
- ✓ 情報通信研究機構(NICT)にて運用しているPi-SAR X3(表1)[1]を用いて、発災時に比較できるベースマップとして平時のデータ取得を行うとともに、取得した航空機SARデータの利活用を推進する。
- ✓ 発災時等には可能な範囲でPi-SAR X3によるデータ取得を行う。

表1. Pi-SAR X3諸元

周波数帯		X帯 (9.0 GHz – 10.2 GHz)			
観測モード		モード1 (※)	モード2	モード3	モード4
中心周波数		9.6 GHz	9.7 GHz	9.45 GHz	
帯域幅		1.2 GHz	1 GHz	500 MHz	300 MHz
		(9.0-10.2 GHz)	(9.2-10.2 GHz)	(9.2-9.7 GHz)	(9.3-9.6 GHz)
分解能	スラントレンジ	12.5 cm	15 cm	30 cm	50 cm
	アジマス	12.5 cm	15 cm	30 cm	50 cm
雑音等価後方散乱係数		-21dB以下	-23dB以下	-23dB以下	-27dB以下
観測幅		5 km以上	7 km以上	7 km以上	10 km以上
入射角		15 ° 以下~60 ° 以上	15 ° 以下~60 ° 以上	15 ° 以下~65 ° 以上	30 ° 以下~60 ° 以上
送信出力		9 kW以下			
ビーム幅		6.0 °(Az) , 25.4 °(El)			
変調方式		FMチャープパルス			
送信パルス幅		10-40 μs			
搭載航空機		ガルフストリームⅣ (G4)			
高次機能		フルポラリメトリック観測, 干渉SARによる高さ・速度計測			

(※)試験観測モード。通常はモード2以下で観測を実施

令和6年度の成果概要

- ✓ 昨年度までに引き続き令和6年度もPi-SAR X3による火山観測を実施(表2および次項図1参照)。これにより、今後災害が発生した際、発災前後データの比較等を通じてより詳細な現象の把握が期待できる。
- ✓ 新たな観測手法候補として、Circular SAR (CSAR) に関する信号処理等に取り組んだ[2]。

表2. 2024年観測の火山リスト

地方	火山名	最新観測日	緯度 (°)	経度 (°)	標高 (m)
東北	磐梯山	2024年07月02日	37.60	140.07	1816
関東・中部	草津白根山	2024年07月02日	36.62	138.53	2171
関東・中部	浅間山	2024年07月02日	36.41	138.52	2568
関東・中部	新渥焼山	2024年07月02日	36.92	138.04	2400
伊豆・小笠原諸島	伊豆大島	2024年07月02日	34.72	139.39	758
伊豆・小笠原諸島	三宅島	2024年07月02日	34.08	139.53	775
九州・沖縄	中之島	2024年08月22日	29.85	129.86	(御岳)979
関東・中部	弥陀ヶ原	2024年08月26日	36.57	137.59	2621
関東・中部	箱根山	2024年08月26日	35.23	139.02	1438
関東・中部	伊豆東部火山群	2024年08月26日	34.90	139.09	580
九州・沖縄	桜島	2024年10月25日	31.59	130.66	(御岳)1117
東北	吾妻山	2024年10月28日	37.74	140.24	1949
東北	安達太良山	2024年10月28日	37.63	140.28	(鉄山) 1709
関東・中部	白山	2024年10月28日	36.16	136.77	2702

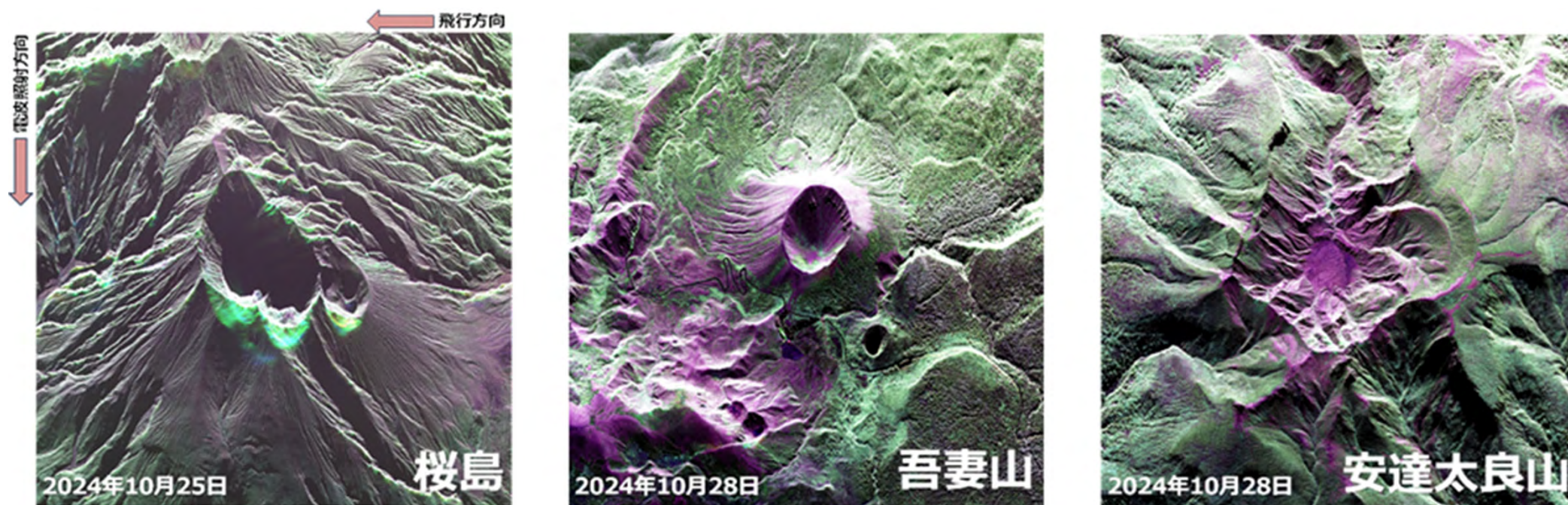


図1. 2024年観測火山の一例

- ✓ Pi-SAR X3による観測実験を行いつつ、CSAR等の解析・信号処理技術の高度化に取り組む。
また、取得データの利活用についての検討を進める。

参考文献

1. S. Kojima et al., "Development Status of Nict's new X-Band Airborne SAR (Pi-SAR X3)," Proceedings of IGARSS, pp. 4306-4309, 2023.
2. 牛腸 正則, サブ開口分割を用いたCSAR再構成とビーム幅に関する一考察, 電子情報通信学会 ソサイエティ大会, 2024年9月.

災害の軽減に貢献するための 地震火山観測研究計画(第3次)

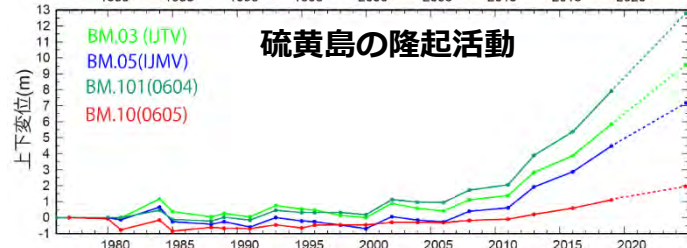
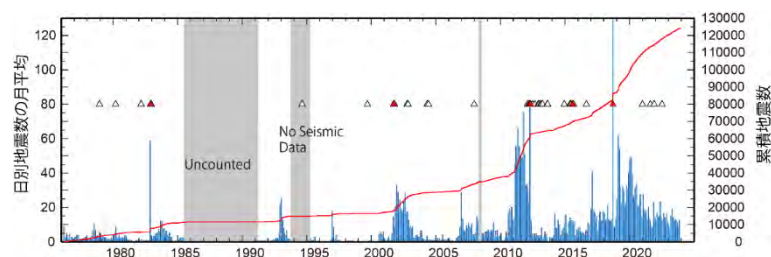
令和6年度成果の概要

国立研究開発法人防災科学技術研究所

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

硫黄島での調査観測と火山調査委員会の評価への貢献

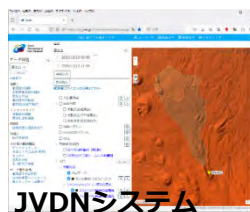
硫黄島の地震活動



活発化している硫黄島において、地殻変動測量及び重力測量を実施した。小笠原硫黄島2022年噴火を物質科学的に調べ、地下のマグマ供給系に制約を与えた。2022年～2024年噴火の表面現象、噴出物の特性を時系列的に整理し、噴火規模や推移を把握した。島内噴出物の年代推定のため古地磁気学的手法、U-Th法の適用について予備的調査を行った。火山調査委員会にて行われた硫黄島の重点評価に貢献した。

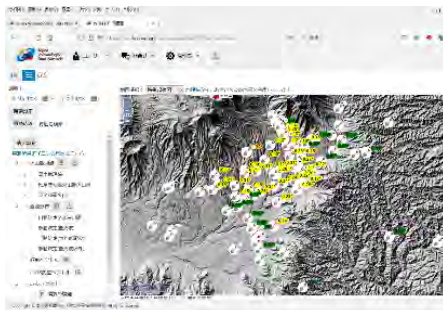
ハザードに関する情報の共有の仕組み

噴火時に降灰以外のハザードに関する情報を迅速に共有して災害対応に役立てるため、JVDNシステムにてハザード情報を共有する機能を新たに設けた。



降灰の把握と予測技術

JVDNシステム



降灰調査データの降灰量だけでなく、降灰の有無に関する情報をSIP4Dシステムへの送信機能を設けた。

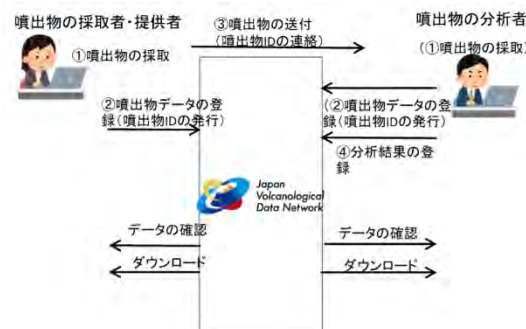
ディストロメータ



ディストロメータの降灰観測に基づく桜島の火山灰連続放出のモニタリング可能性を検討した。

機動調査観測「噴出物チーム」

噴出物データ登録の流れ



噴火時に噴出物や分析値の情報を迅速に共有して火山活動の評価に役立てるため、噴出物分析値を共有する機能を新たに設けた。火山本部での物質科学分析体制について関連機関と議論を実施した。

地震の逐次的評価に関する技術開発

【目的】防災科研が運用する陸海統合地震津波火山観測網（MOWLAS）等の観測データ、数値シミュレーション技術等を活用し、地震の震源情報、地震動等の特徴・経過の逐次的評価を提供可能とするための技術開発を行う。

防災科研MOWLAS等の
観測データ



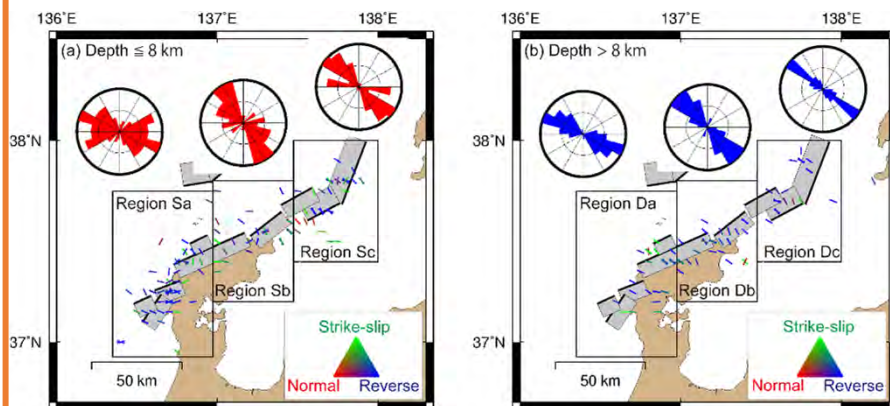
- 地震発生直後の段階から逐次的に観測データを解析・評価するための技術開発
- 逐次解析結果の評価・利用に資する情報（過去の地震等）を付加し提供可能とするための研究開発
- 現況モニタリングおよび数値シミュレーション技術高度化のための研究・技術開発

成果の活用に向けて

- 地震調査研究推進本部等への提供
- ウェブサイト等による情報公開
- 成果を統合したデータベース作成

大地震の余震解析・応力場の把握

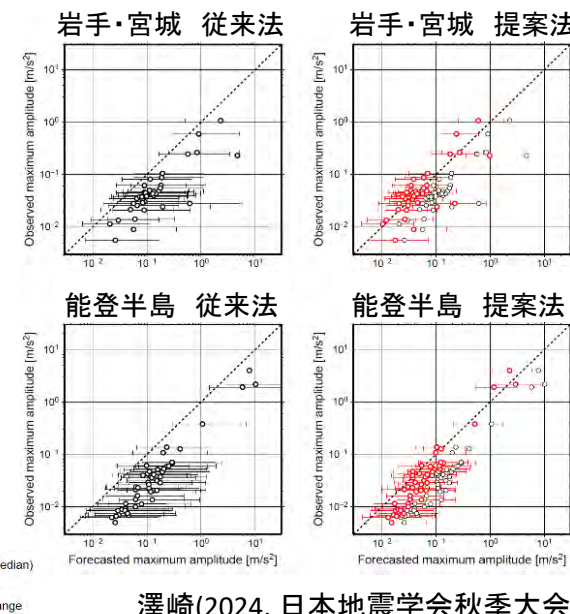
令和6年能登半島地震の余震について、三次元地震波速度構造を考慮したCMT解析を実施。断層面の形状と応力場に関する情報を提供。



Yamaya et al. (2025; Earth, Planets and Space in press)

大地震後の地震動の逐次的予測

地震直後の短期間（1時間程度）の地震動からその後の揺れを予測する手法を改良。令和6年能登地震と平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震に適用し、効果を確認。



澤崎(2024, 日本地震学会秋季大会)

大地震の発生機構の理解と予測に関する研究

【目的】 巨大地震の発生や連鎖の物理プロセスを解明する研究開発を実施し、防災・減災に活用される新たな情報の創出を目指す
【概要】 衛星測位・地震波形・津波記録の多様な観測データ解析結果と、岩石摩擦実験から得られる知見とを、物理モデルに基づくシミュレーションにより統合し、巨大地震の発生や連鎖の物理プロセスの解明に向けた研究を実施

地震発生場の理解深化

- 地震、地殻変動、津波データ等の解析を通じ、想定震源の応力状態、摩擦状態、震源域周辺の地下構造の特徴を把握
- 解析結果を説明しうるモデルの構築を推進

断層すべり機構の理解深化

- 世界最大規模の岩石摩擦実験による実大規模の断層に適用可能な摩擦法則の解明
- 「半割れ」や後発する地震発生等の地震サイクルを再現し、本震とそれに付随する現象（スロースリップ・前震）のメカニズムを調査

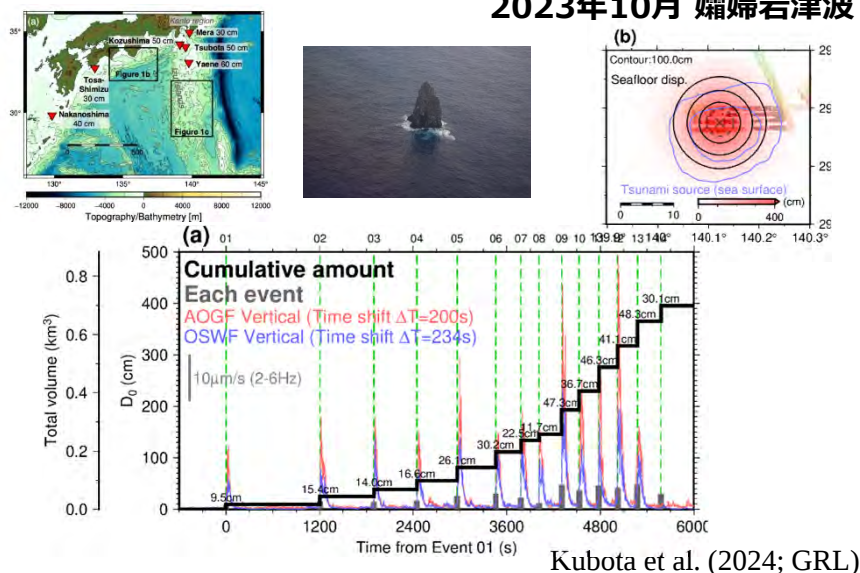
長期予測・推移シナリオ構築

- 観測や実験で得られた知見を物理モデルに基づく理論的アプローチ及びシミュレーション技術により統合
- 地震発生長期予測や推移シナリオの構築及び更新に向けた研究開発を実施

公開・活用へ

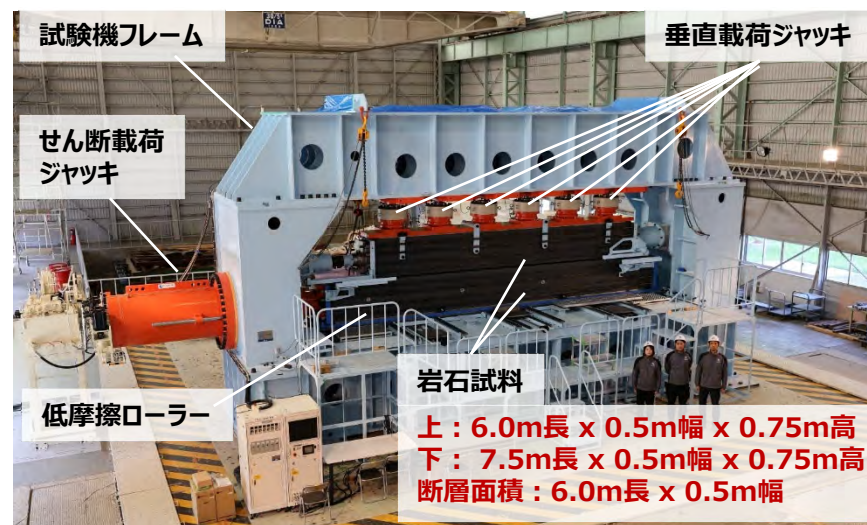
成果の公開、ステークホルダーとの共有・連携による社会のレジリエンス向上への貢献

連鎖的に発生する地殻変動による津波発生増幅効果： 2023年10月 壱俣岩津波



- 津波計記録と地震波形記録の観測データの解析による震源過程及び津波波源の推定手法を開発
- 経過時間の増大にともない、カルデラ隆起の発生時間間隔は短くなり、隆起量は大きくなる加速度的な成長により、津波が発生

巨大岩石摩擦実験による断層部分破壊の再現



- 世界最大規模の岩石摩擦試験機を使った実験を実施
試験機特性の把握を進めるとともに、実験データを収集
- 震源核形成を経て一度に断層全体が破壊するパターンに加え、本震前にプレスリップが繰り返し発生する、すなわち断層が部分破壊するパターンを初めて確認

自然災害ハザード・リスク評価と情報の利活用に関する研究

- ## 半割れを想定した人的リスク評価フロー



2024 年 4 月 17 日豊後水道の地震



災害の軽減に貢献するための 地震火山観測研究計画(第3次)

令和6年度年次報告

国立研究開発法人海洋研究開発機構

JAMS01 : 海底火山観測研究

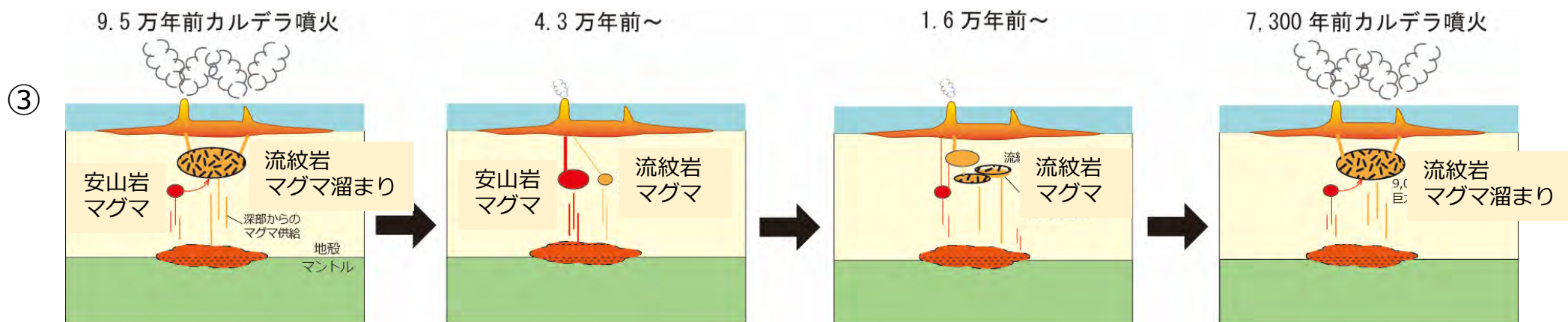
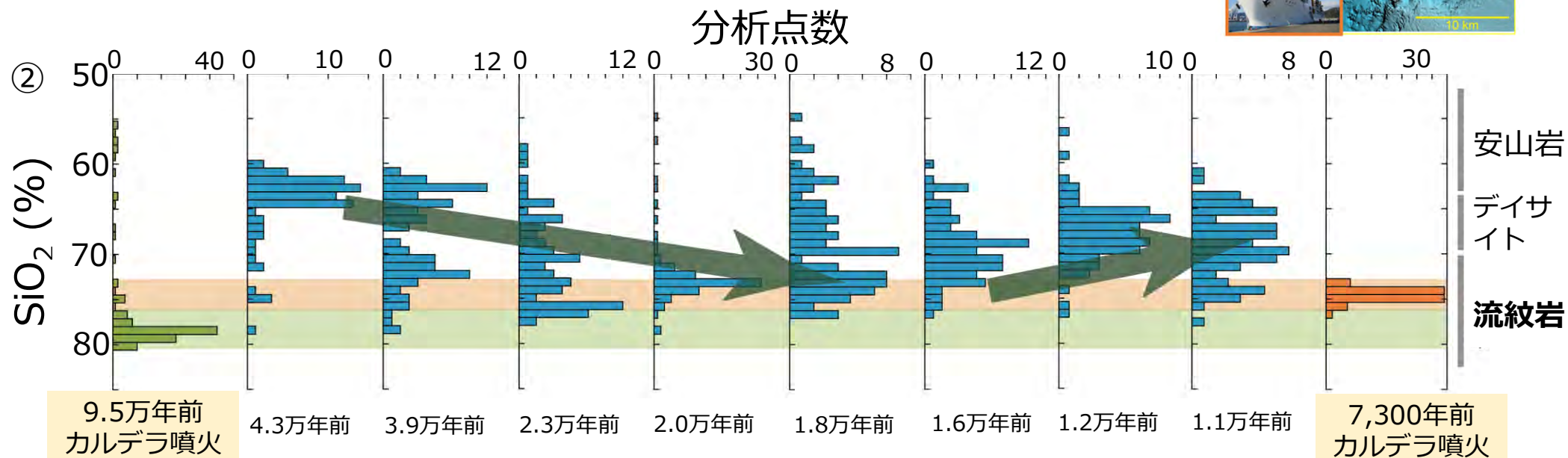
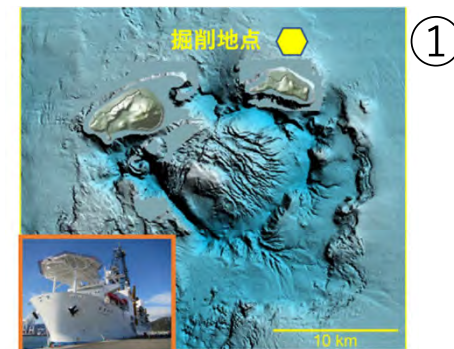
JAMS02 : 海底広域変動観測研究

JAMS03 : 地震・津波の発生過程の理解とその予測研究

①ちきゅうSCORE掘削：鬼界カルデラ外側で約100m掘削 Hanyu et al. (2024)

成果：カルデラ噴火間のマグマ蓄積過程を解明@鬼界カルデラ

- ②
- ・ 層序(年代)ごとに噴出物を化学分析 → 4.3万年前以降の時間変化
 - ・ 4.3万年前:安山岩質の噴出物が卓越 → 1.6万年前:次第に流紋岩質噴出物が増加。
 - ・ 1.6万年前から1.1万年前:流紋岩質の噴出物が減少 → ③ 流紋岩質マグマの蓄積



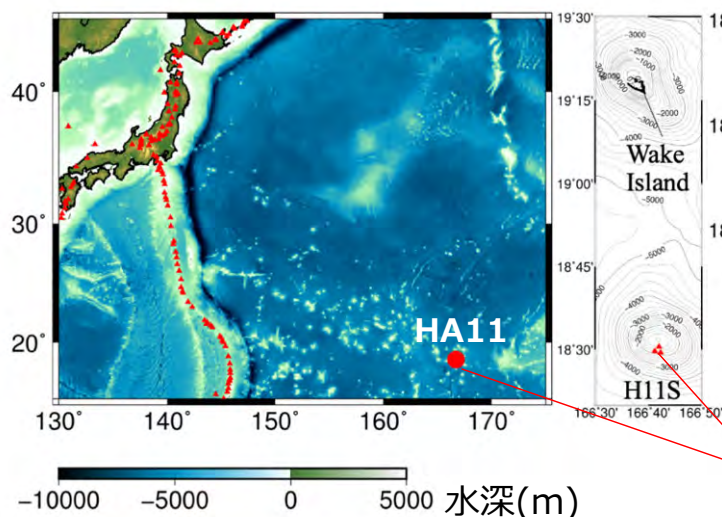
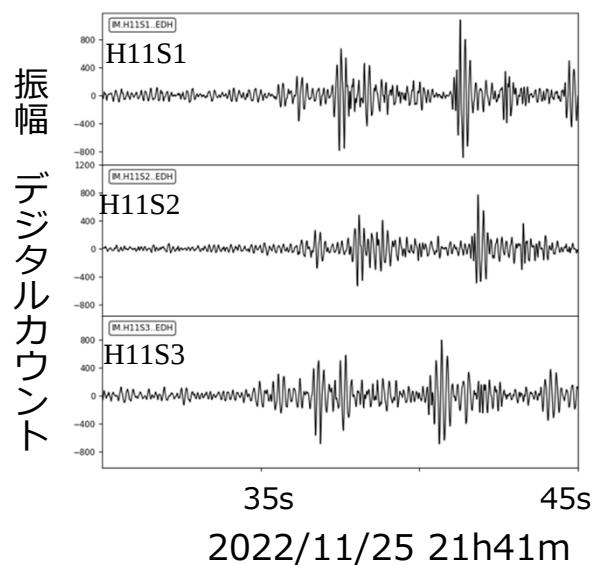
③ 7,300年前のアカホヤカルデラ噴火へ向けた流紋岩質マグマの蓄積は、およそ9,000年かかった

海底火山の調査による活動履歴の理解と現状把握：火山活動モニタリング

Tanaka et al. (2025)

成果：伊豆小笠原諸島の火山活動の一元的モニタリングを開始

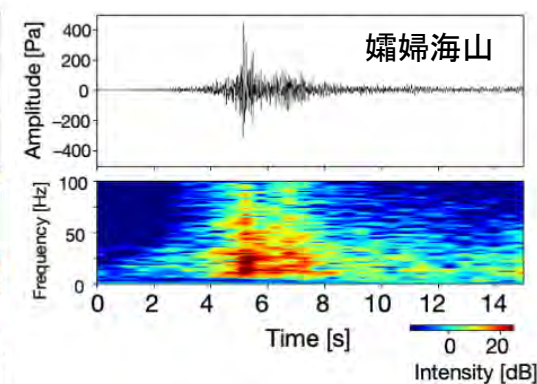
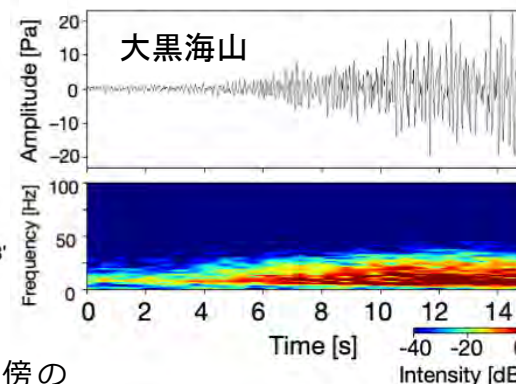
① CTBTO IMS ハイドロフォンアレイ HA11

ウェーク島近傍の
CTBTO ハイドロ
フォンアレイHA11
の南側アレイH11S② 3点で構成されるアレイで
水中音波の波形を観測
到来方向を推定

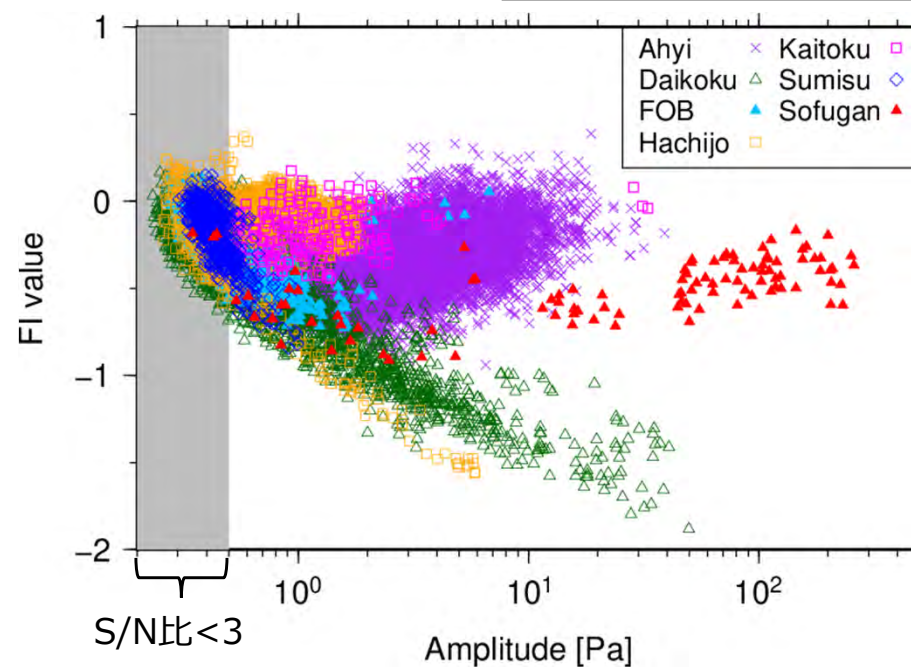
③ 波形とスペクトログラム

低周波成分のみ

高周波成分も含む



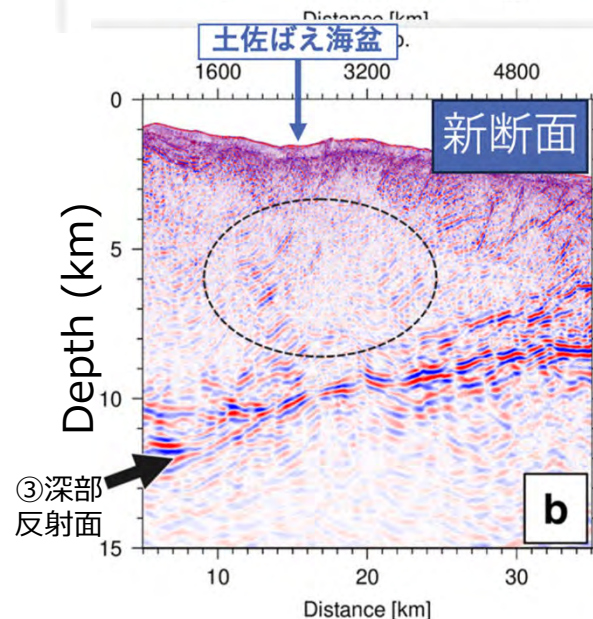
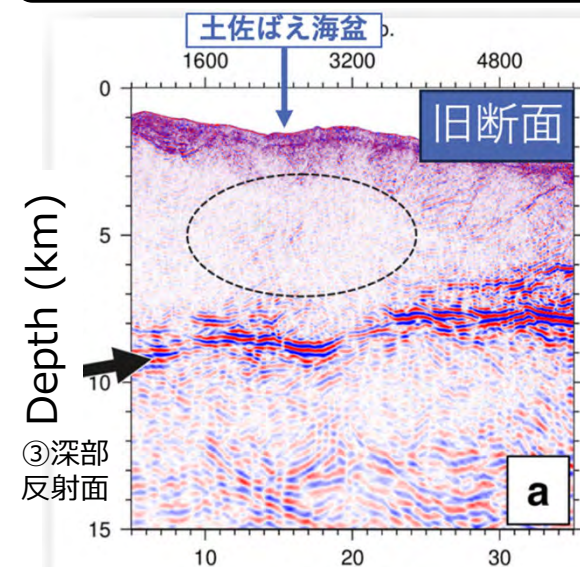
④

FI値： $\log_{10} \frac{\text{高周波成分振幅}}{\text{低周波成分振幅}}$ 高周波成分が強い
→
爆発的現象を伴うと解釈される:Ahyi海山
海徳海山
孀婦海山
福徳岡ノ場 (FOB)等火山噴火と地震活動の
客観的判別手法を開発

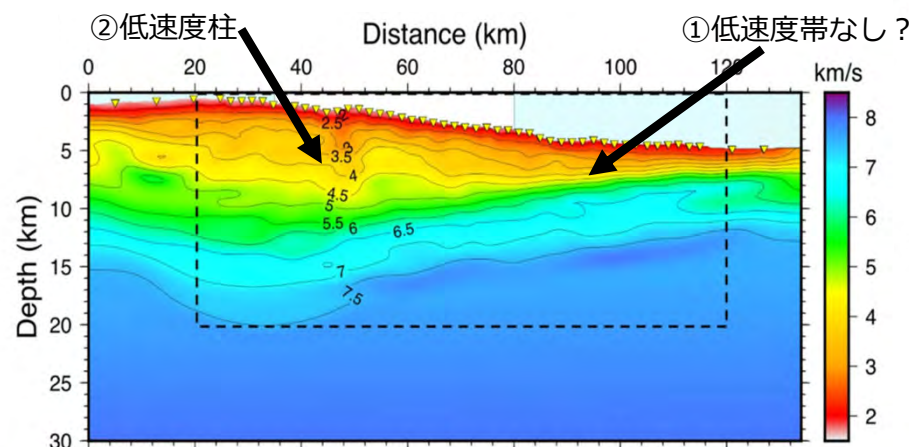
成果：波形インバージョンの実用化、屈折法のFWI解析と反射法イメージングの統合

Shiraishi et al.
(2025)

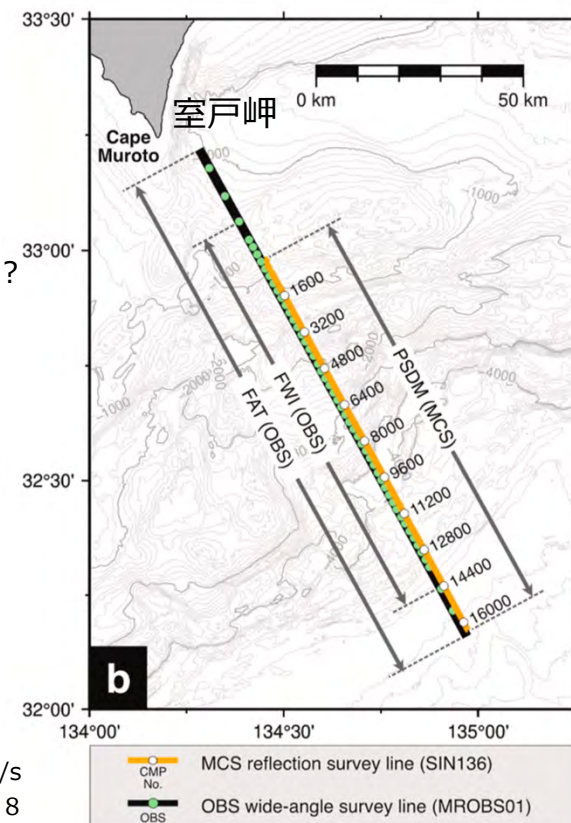
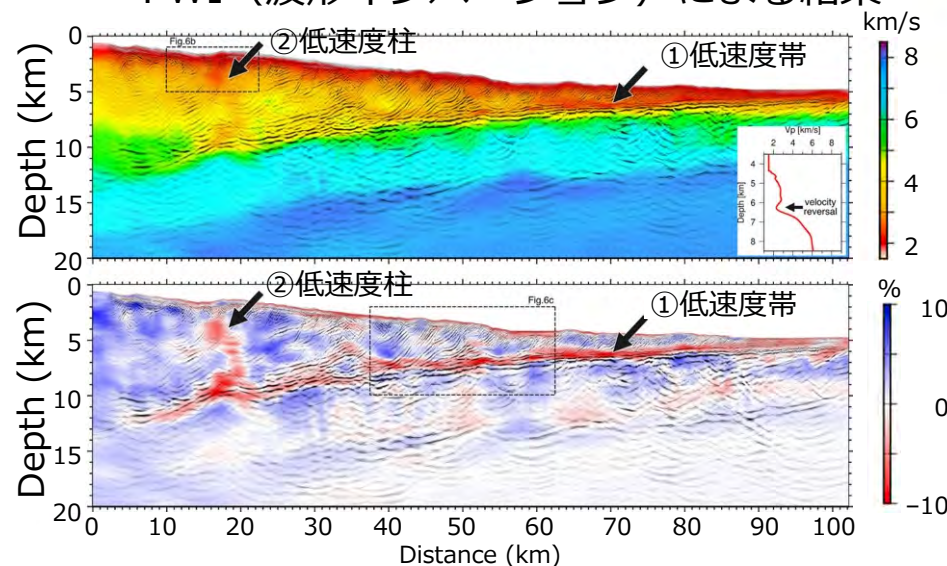
- ① 海洋地殻直上の低速度帯の検出
- ② 厚い付加体中の低速度柱像の改善
- ③ 深部反射面深度の改善



FAT（初動走時）による結果



FWI（波形インバージョン）による結果



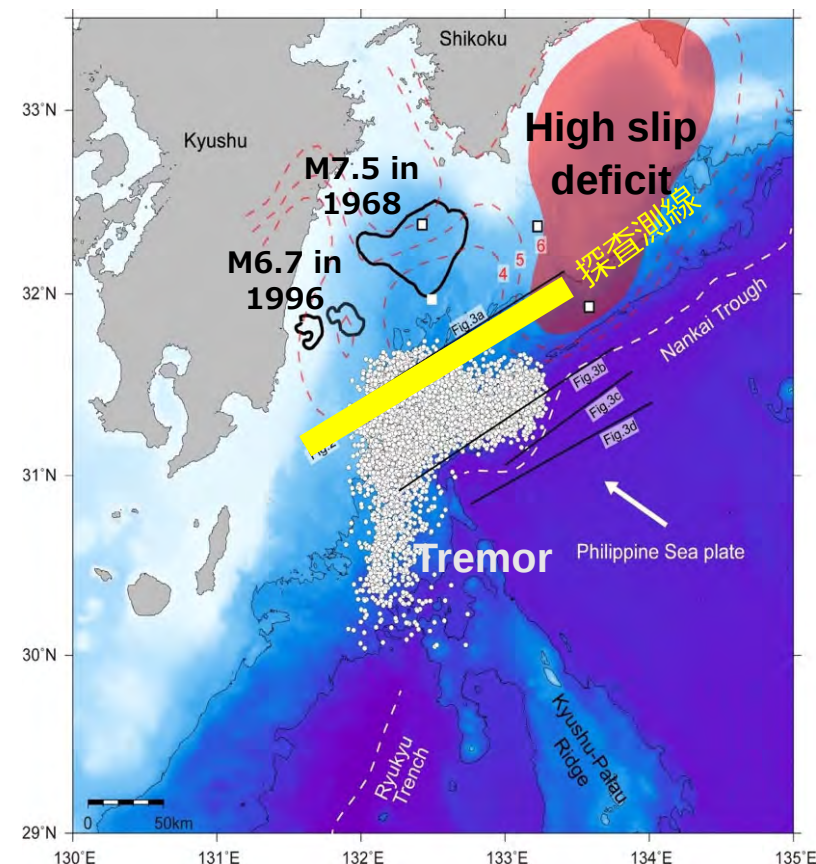
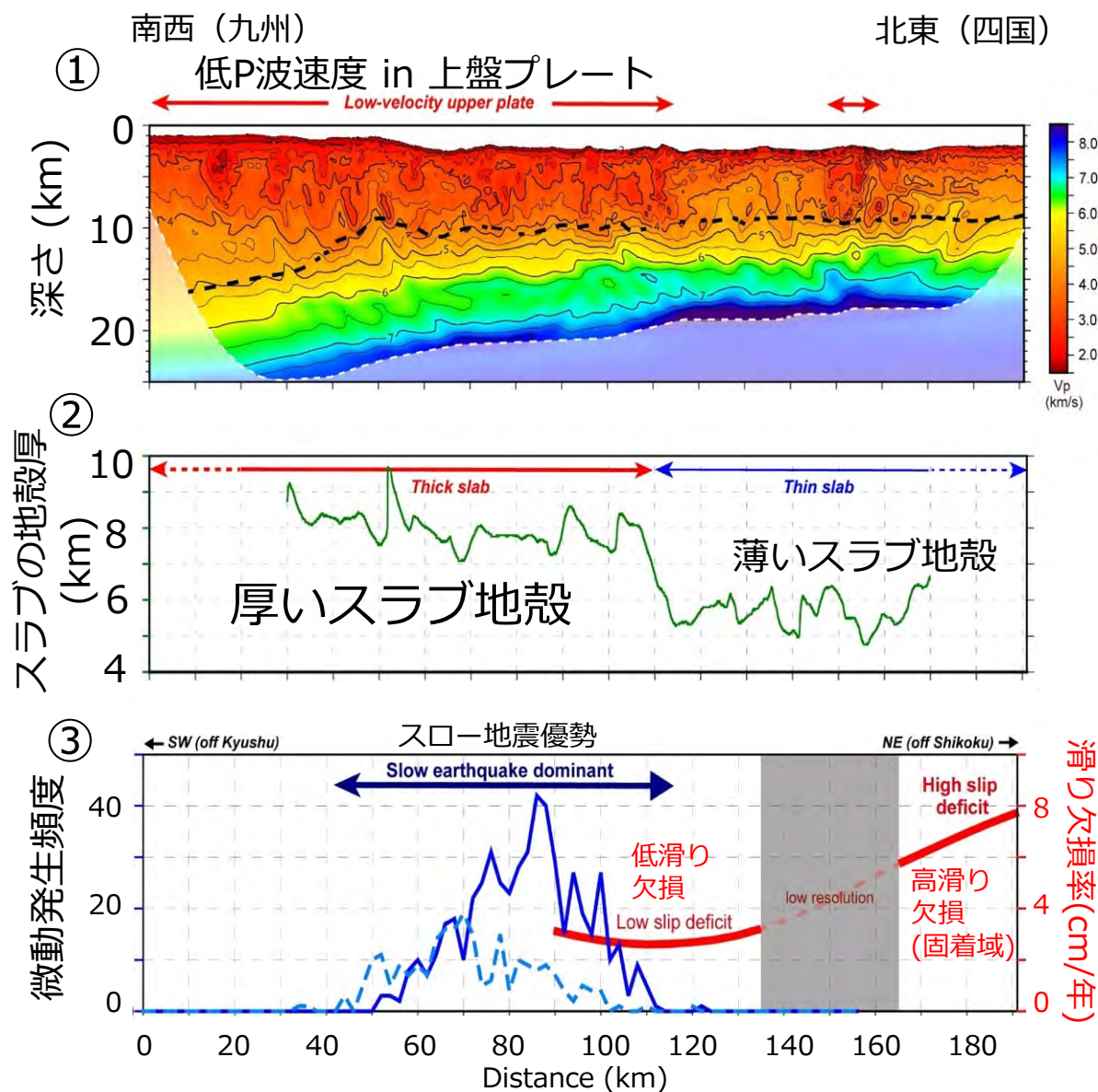
室戸岬沖: 2km間隔OBS
屈折法探査データ
波形インバージョン(FWI)

FWIによる速度構造を初期
値としたプレスタック深度
マイグレーション
(PSDM)

成果：波形インバージョンの実用化、プレート境界の構造と固着の現状把握

Arai et al. (2024)

- ① 上盤プレート底部のP波速度の変化
- ② 下盤プレート（スラブ）の地殻厚の変化
- ③ 固着域 $\longleftrightarrow$ 薄いスラブ地殻・高P波速度、 すべり域 $\longleftrightarrow$ 厚いスラブ地殻・低P波速度・スロー地震優勢



厚くてデコボコしたスラブ地殻

→

- 上盤プレートに破碎帯を形成（低Vp）
- プレート間結合弱化（すべり域）
- スロー地震

深部長期孔内観測：浅部SSEの外力応答

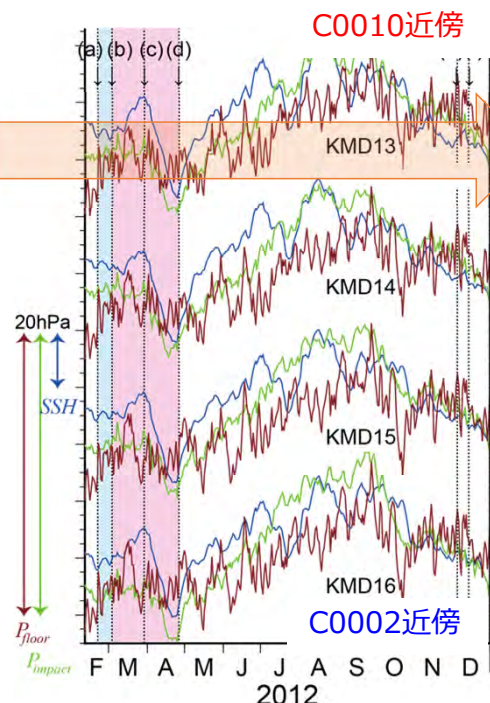
Ariyoshi et al. (2024)

成果：SSEの継続期間と黒潮による海水圧変動との関連を発見

① 海面高度(SSH)変化の20%
↓
海底圧力として伝播

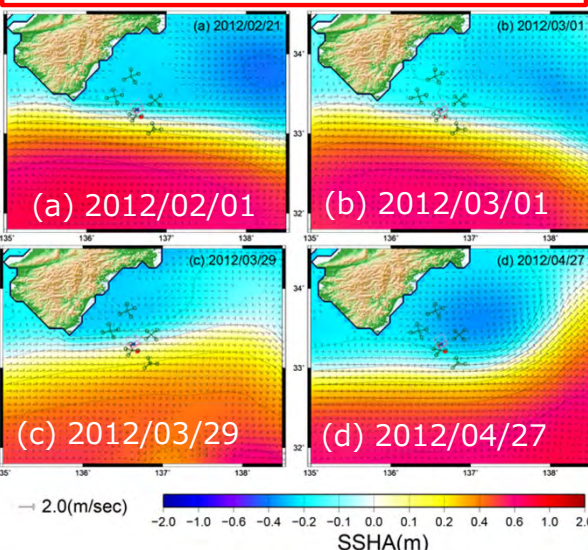
・観測 (DONET)
・モデル (JCOPE)

圧力に変換した海面高度(SSH)を20%に圧縮
(青い実線)
↓
海底水圧変動の振幅
(赤い実線)と概ね一致



② 2012年のSSE

継続期間が異様に長かった要因：
黒潮蛇行による海面高度の低下が
持続



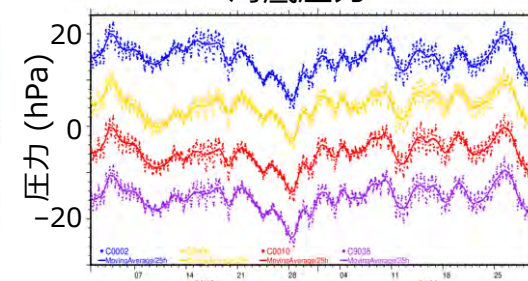
③ SSEの多様性：

断層セグメント間の相互作用
+ 気象海象擾乱の影響

社会実装

④ 最新版JCOPE-T DA
→ 新規孔内観測点に適用

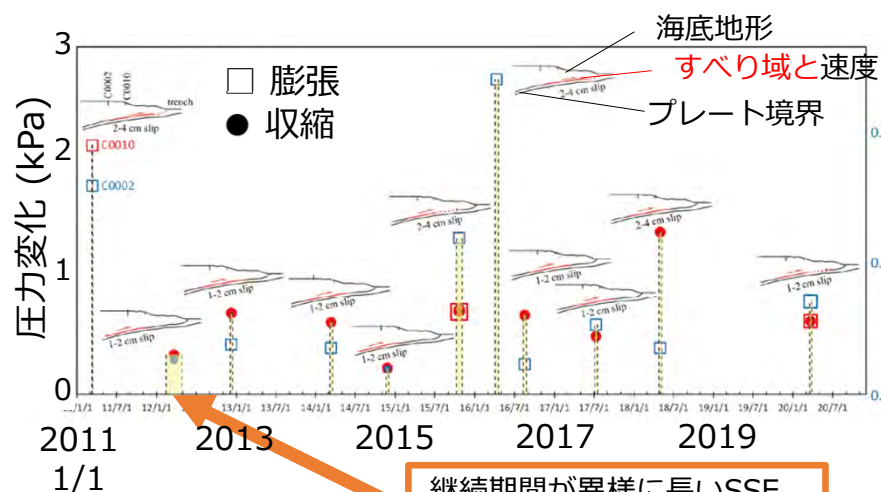
海底圧力



海洋モデルから期待される孔内付近の海底水圧の時間変化

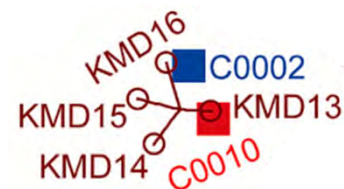
気象庁への情報
提供

⑤ 黒潮蛇行による
SSE誤検知リスクの軽減



継続期間が異様に長いSSE
2012年2月

黒潮の反流による海面高度の低下



DONET-1観測点(KM*)と
ボアホール観測点
(C0002とC0010) の位置

光ファイバーセンシング：津波をとらえることに、ほぼ世界で初めて成功。Tonegawa and Araki (2024)

成果：広帯域DAS観測による明瞭な津波検知

②

先行論文：波形重合による津波検出の「示唆」

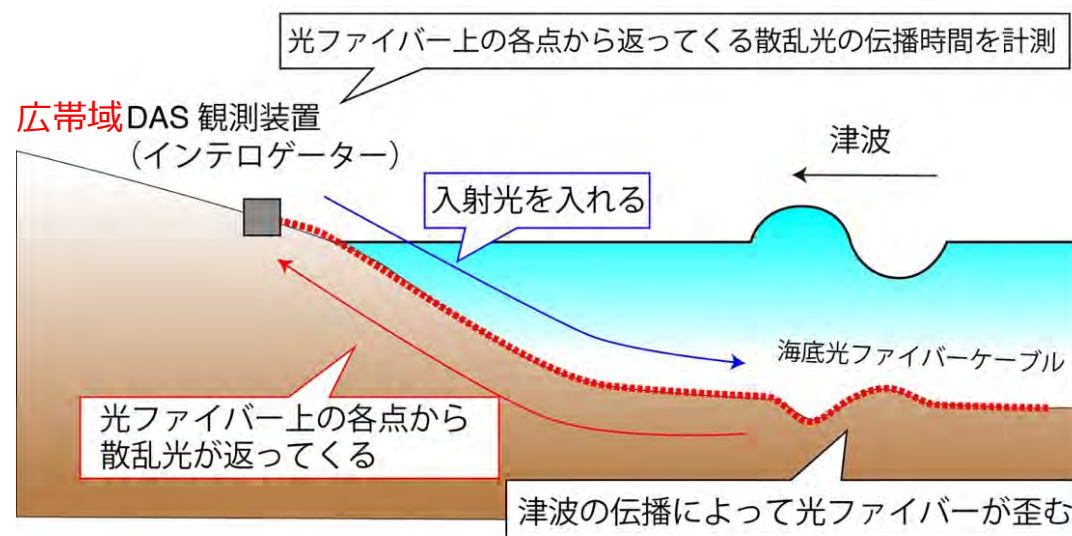
- ① 機構が開発した**広帯域DAS観測装置**
- ② 分散の観測

① 広帯域DAS観測装置

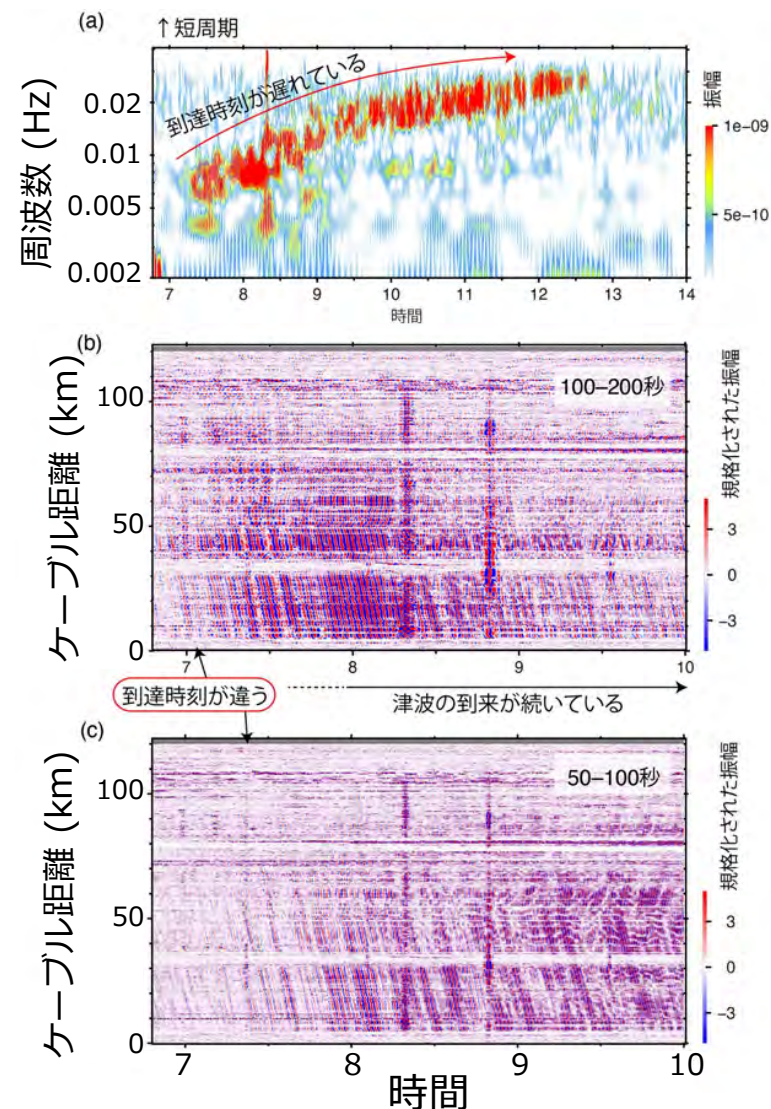
安定化レーザー

振動軽減等

→ $f_{\min} \sim 0.006 \text{ Hz}$ ($T_{\max} \sim 170 \text{ s}$)



津波の伝播によって光ファイバーが歪む
光ファイバー上の各点から返ってくる散乱光の伝播時間が変化
→津波の検出



室戸沖海底ケーブルDASによる津波観測記録

(a) 津波の分散性を示すスペクトル

(b) DAS観測時系列 (BPF:100-200秒)

(c) DAS観測時系列 (BPF:50-100秒)

沖合 ケーブル距離5-60kmで津波が見える。

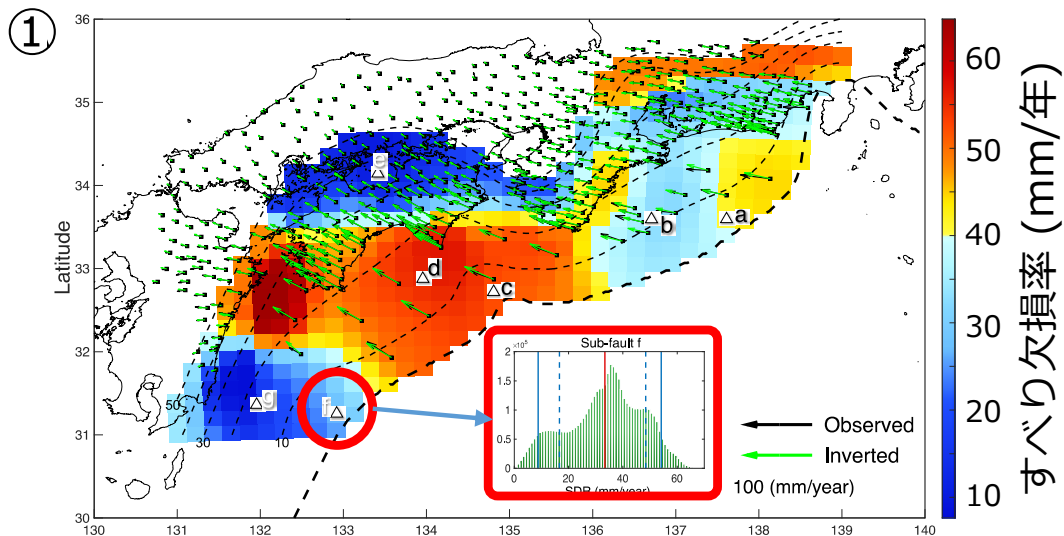
短周期(50-100秒)の到達が遅い(分散)

固着状態推定：3次元不均質構造、Green関数データベース、ベイズ推定に基づく

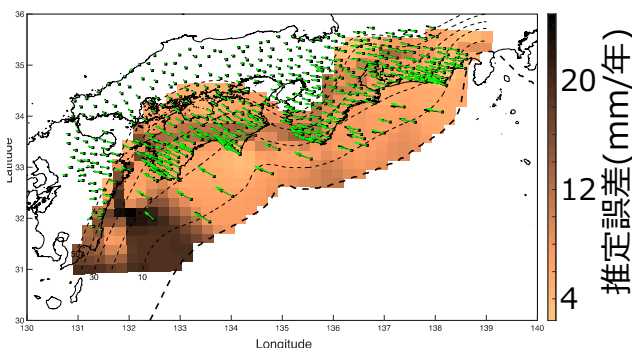
成果：すべり欠損率と過去の大地震破壊域・スロー地震の分布の関係

Plata-Martinez et al. (2024)

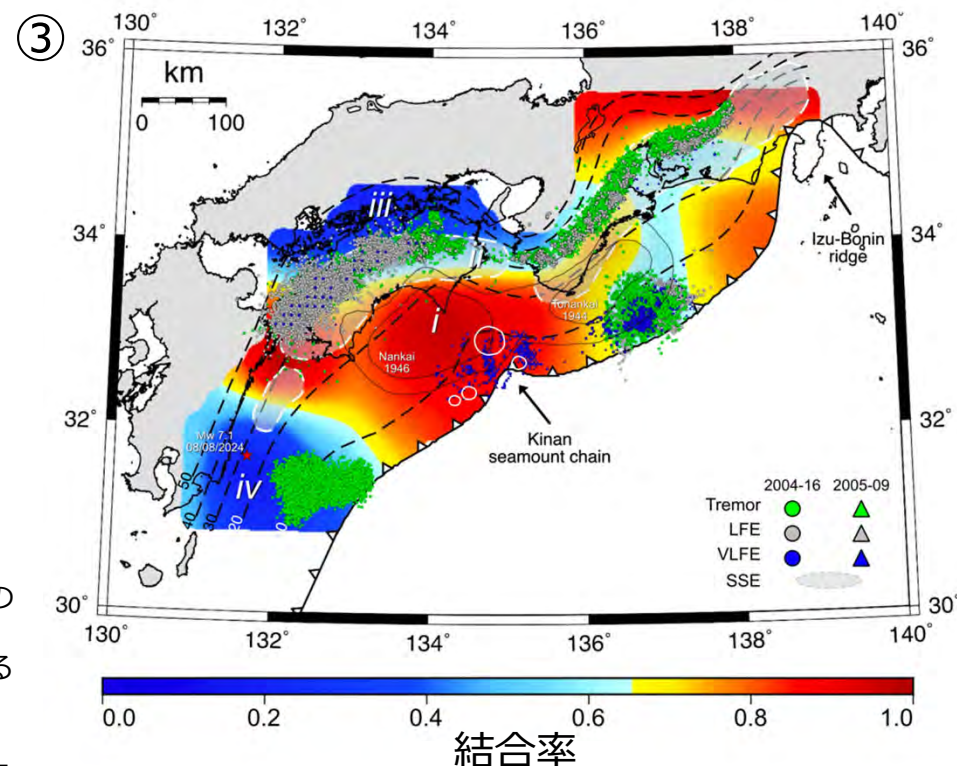
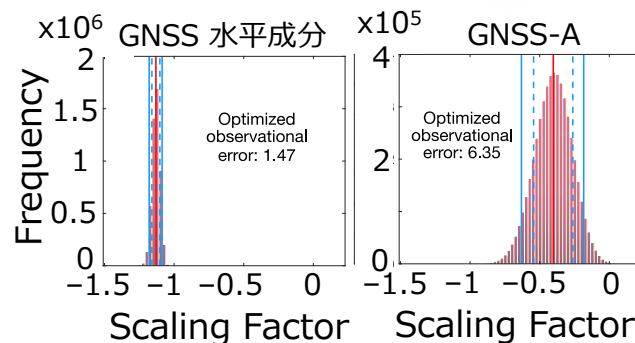
- ① 柔軟性の高い推定手法 (Tomita et al., 2021; RJ-MCMC法)、3D Green関数 (Hori et al., 2021) を利用
- ② 異なる観測手法で得られたデータ同士の重みをデータから適切に推定可
- ③ 固着域と地震発生場との関係



観測点から遠く、解像度の低い場所で、ガウス分布に従わない場合の誤差を評価。



- ② 推定された地殻変動データの重みパラメータの頻度分布。海陸の観測データに含まれる誤差を定量的に比較できる。



強い固着域(高いすべり欠損率):
過去の大地震の震源域
中間的な強度の固着域:
スロー地震の発生域
沈み込むプレートのデコボコ
(海山?)と間隙圧