

資料 2

科学技術・学術審議会 測地学分科会
地震火山観測研究計画部会（第46回）
R4. 6. 28

「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【機関別】（案）

目 次

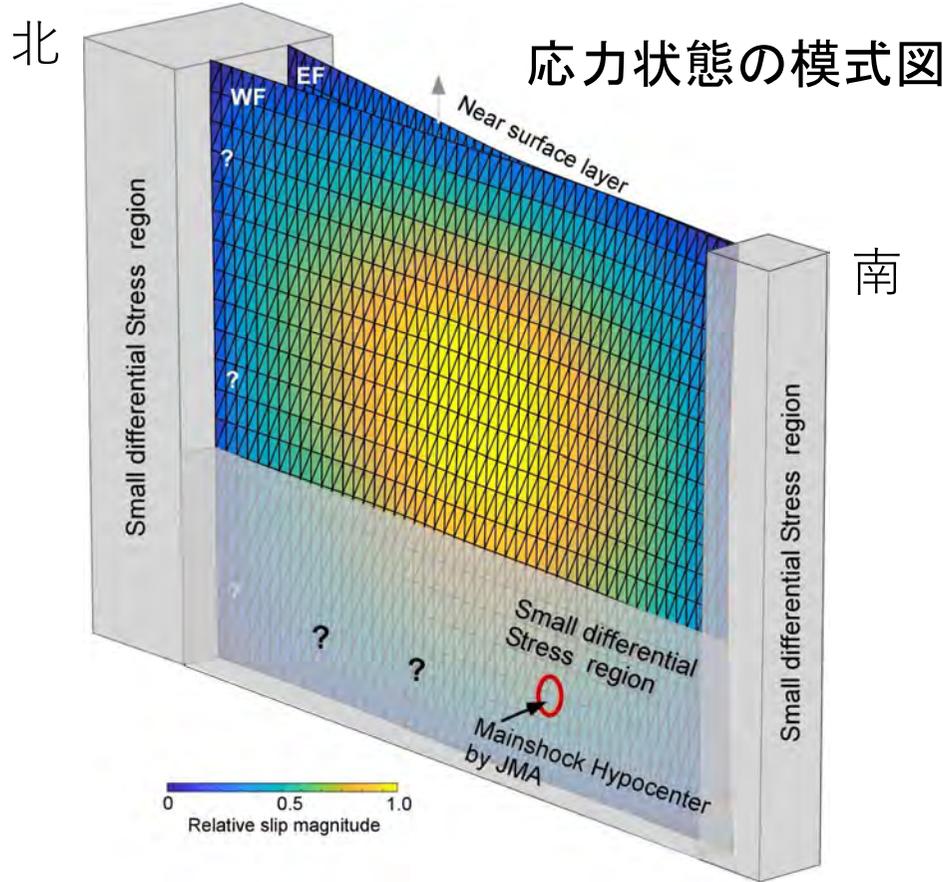
- ・ 大学 P1
- ・ 国立研究開発法人情報通信研究機構 P12
- ・ 国立研究開発法人防災科学技術研究所 P16
- ・ 国立研究開発法人海洋研究開発機構 P22
- ・ 国立研究開発法人産業技術総合研究所
地質調査総合センター P30
- ・ 国土地理院 P42
- ・ 気象庁 P50
- ・ 海上保安庁 P60
- ・ 地方独立行政法人北海道立総合研究機構
産業技術環境研究本部エネルギー・環境・地質研究所 . . . P65
- ・ 山梨県富士山科学研究所 P69

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)

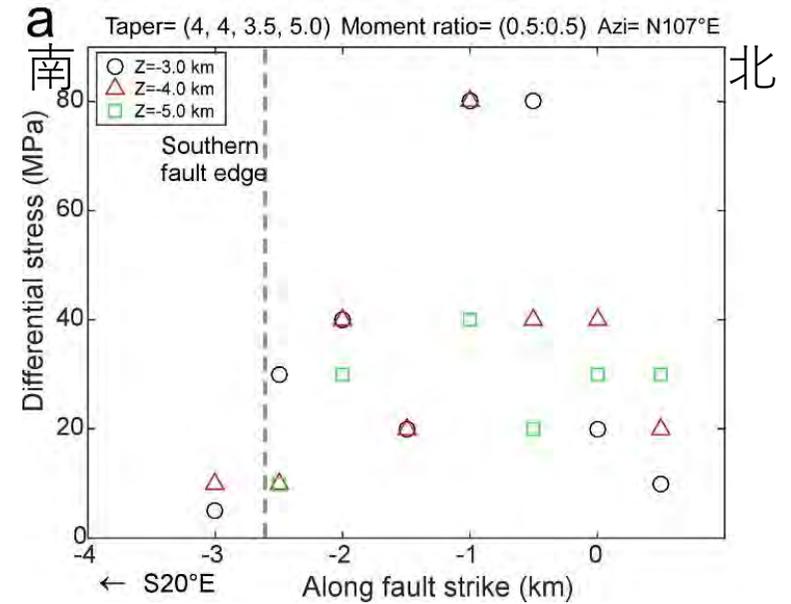
令和3年度年次報告

大学

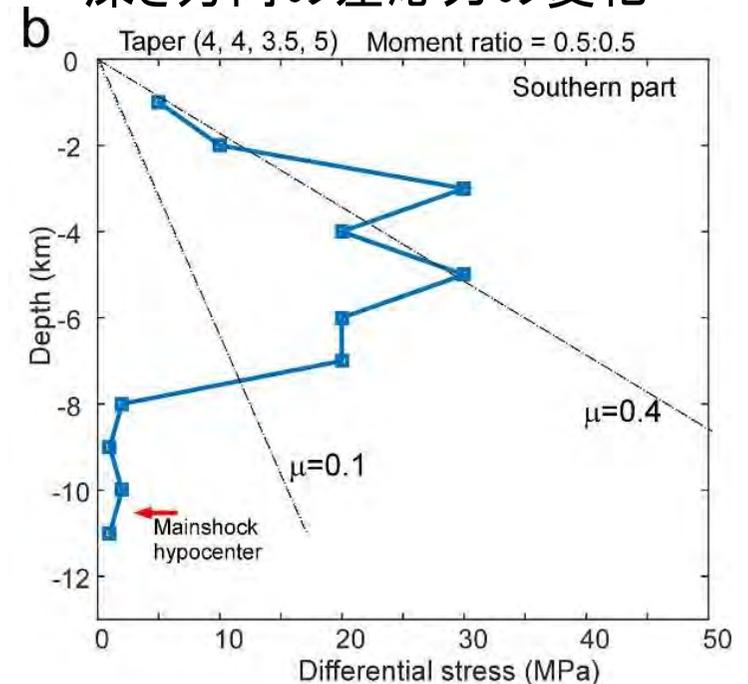
地震データから鳥取県中部地震断層周辺の
の応力状態を推定



断層走行方向の差応力の変化



深さ方向の差応力の変化

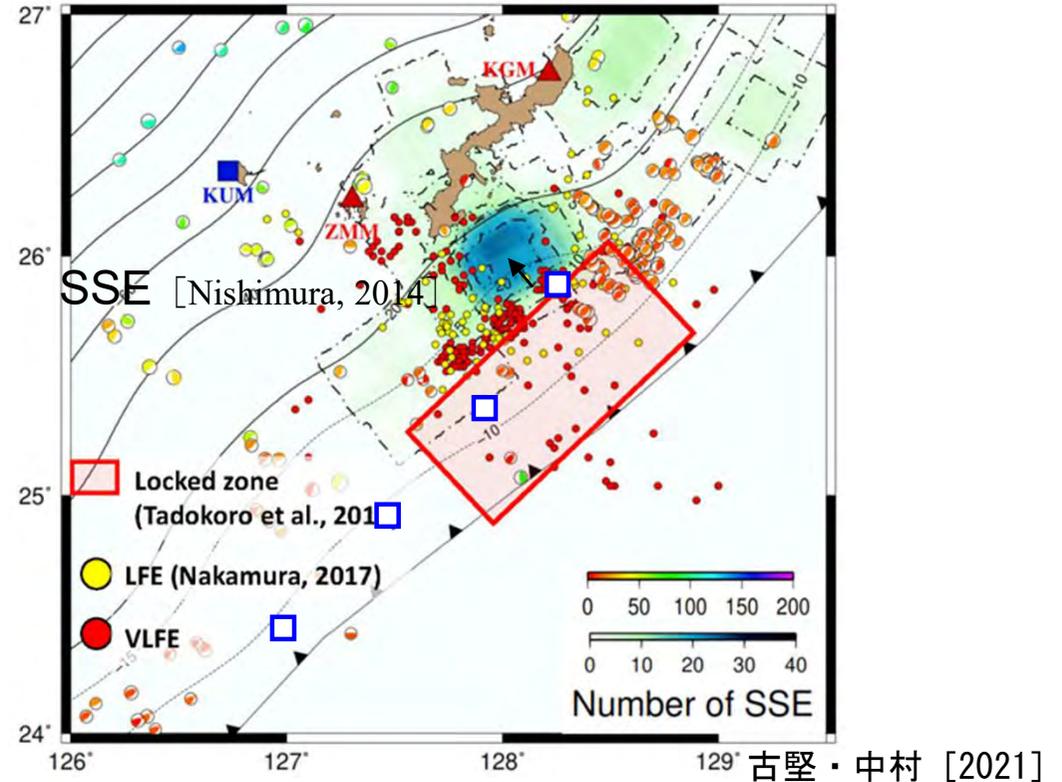
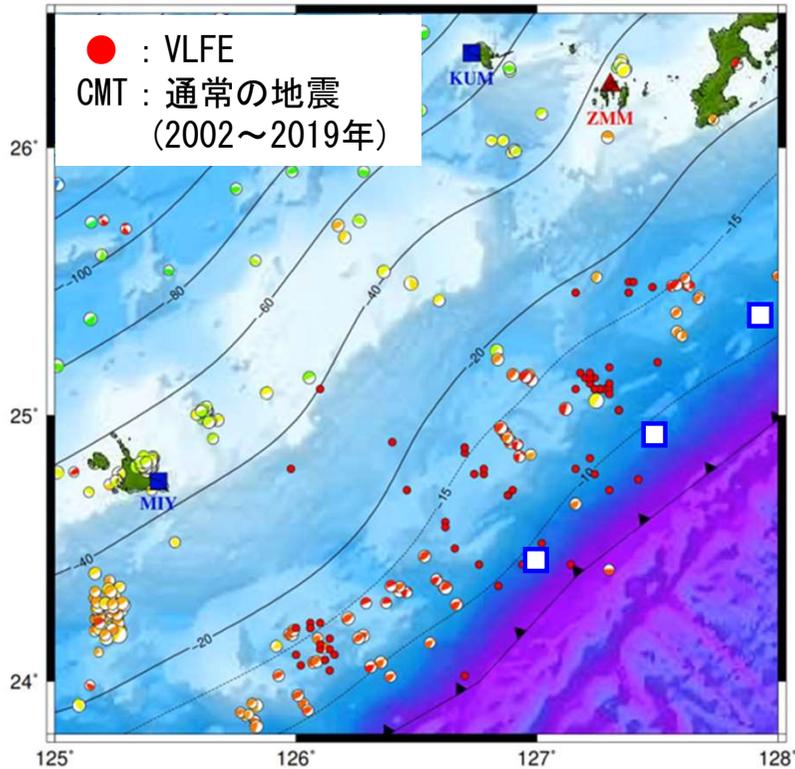


- 地震前に断層端において応力緩和が起こっていたことを示唆
- 本震後、その断層の延長部において同程度以上の地震が発生する可能性は極めて低いと考えられる。

超低周波地震の震央決定

- ・ スポット的に分布
- ・ 逆断層型地震と相補的（宮古近海除く）

スロースリップの発生域とプレート間固着域の隙間に沿って帯状に分布

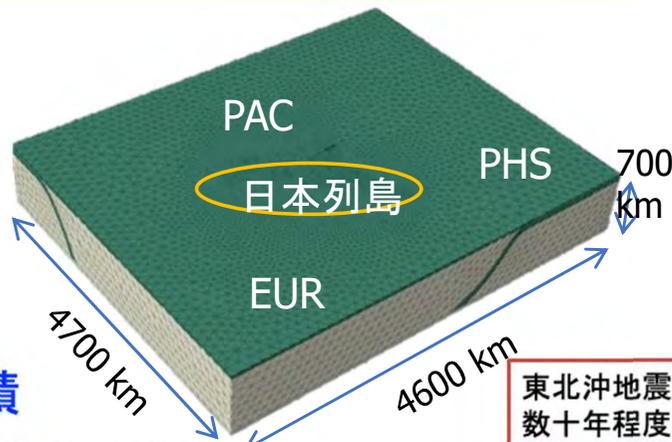


- ・ 固着/ひずみ解放現象の空間分布が明らかに

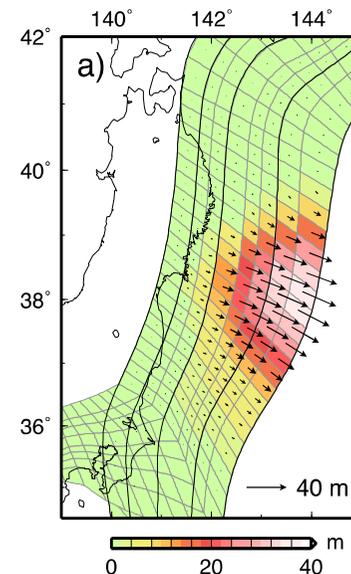
プレート間固着・スロースリップと超低周波地震の空間的相補性が明らかになった

	沖縄本島南東沖 RKB、RKA	沖縄本島一宮古島間 RKC、RKD
浅部 ↑	固着域	
	VLFE、LFE	VLFE (逆断層型地震と相補的に分布)
↓ 深部	SSE	

3次元有限要素モデルを用いた
震源断層の応力蓄積



・千島～日本海溝のすべり・固着分布



東北地方の震源断層における応力蓄積

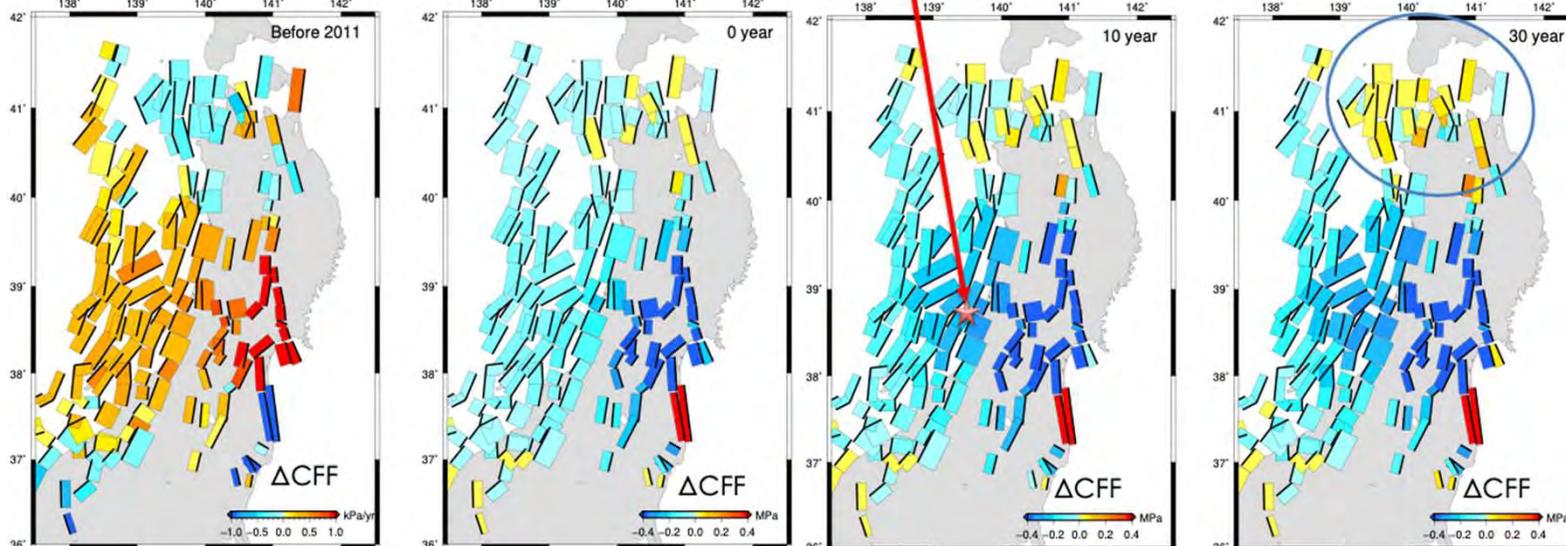
2003年宮城地震、
2008年岩手宮城地
震の発生を説明

2019年山形沖地震
応力変化では説明で
きない例外的な地震

東北地方の震源断層は
基本的に抑制される

千島海溝の
影響の増加

東北沖地震前

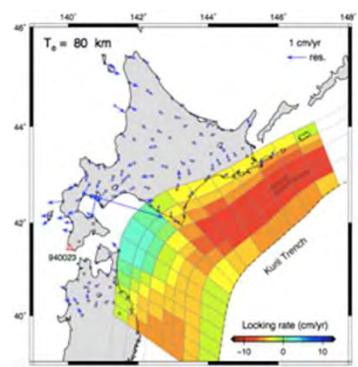


抑制 ← → 促進

東北沖地震直後

10年後

30年後



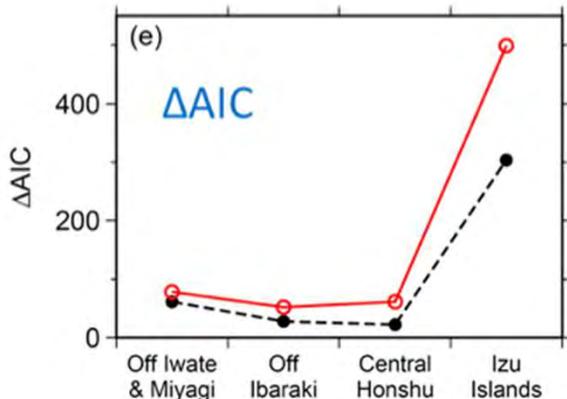
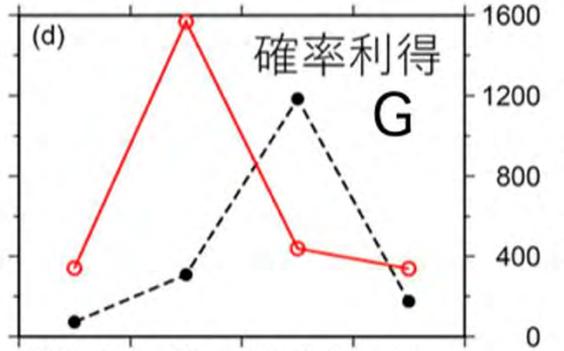
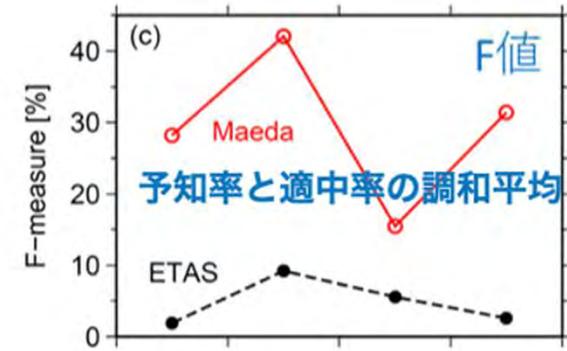
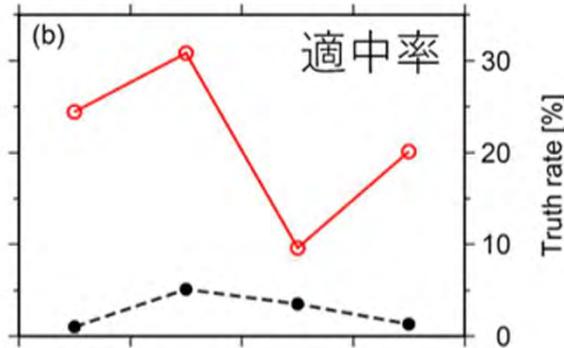
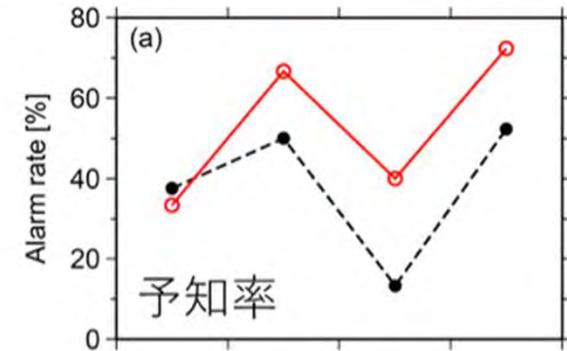
重点的な研究「地震発生 of 新たな長期予測」を着実に進展

3次元有限要素モデルによる内陸地震の新たな長期予測手法

M法と全ての地震が余震をもつとする定常時空間ETASモデルの地震発生予測の成績を比較

M法: 前震識別法, Maeda (1996)

数十キロ四方内に一定規模 (M_f0) 以上の地震数個 (N_f) が数日 (T_f) 以内に起きた場合に, そのあと数日 (T_a) 以内に, 予測のターゲットとする大きな ($\geq M_m0$) 地震がおきるというアラームを立てる方法



• 総合的なF値と ΔAIC 値は前田法の方が高い

- 前田法
 - 予知率: 30–70%
 - 適中率: 10–30%
 - F値: 15–40%
 - 確率利得: 300–1600
 - ΔAIC : 50–500

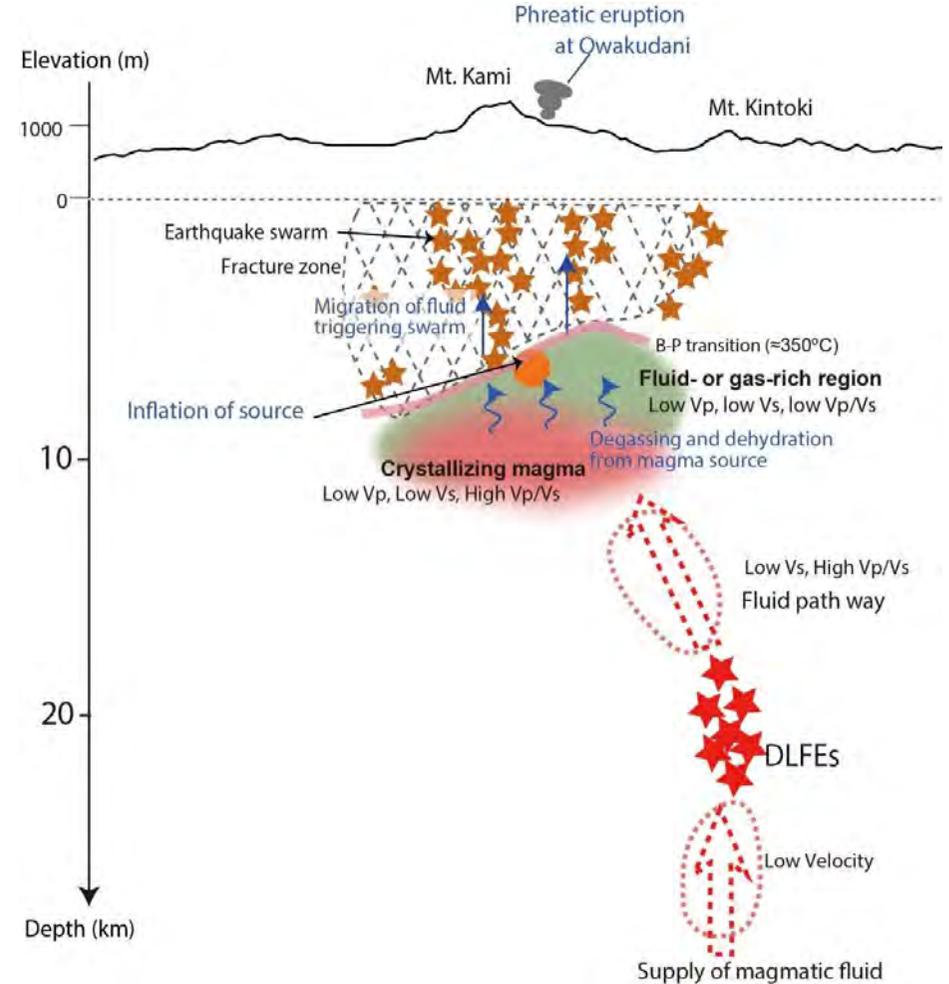
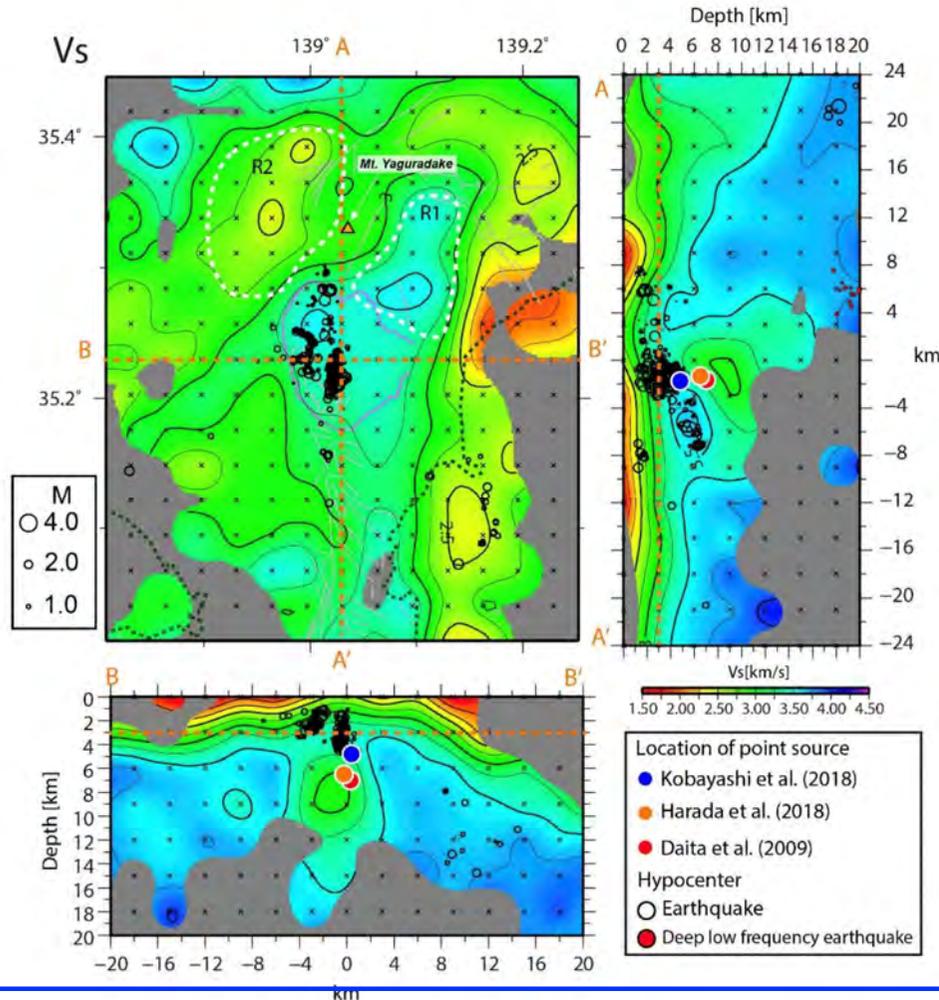
• 前田法は, アラーム時空間が小さいため予測効率が高くなる傾向

※ETAS予測モデルの成績は, 各領域で ΔAIC が最大となったケースの成績をプロット

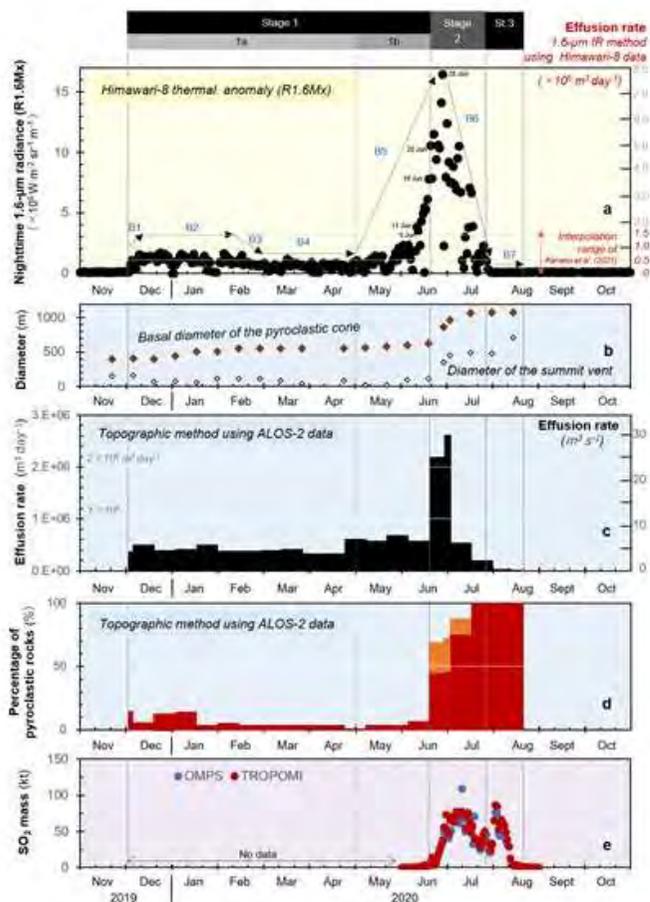
総合的な予測効率は, 定常時空間ETASモデルに基づく複雑な予測モデルよりも個数ベースの単純な予測モデルである前田法の方が高い

地震波トモグラフィによるS波速度分布

箱根火山下のマグマ供給過程の模式図



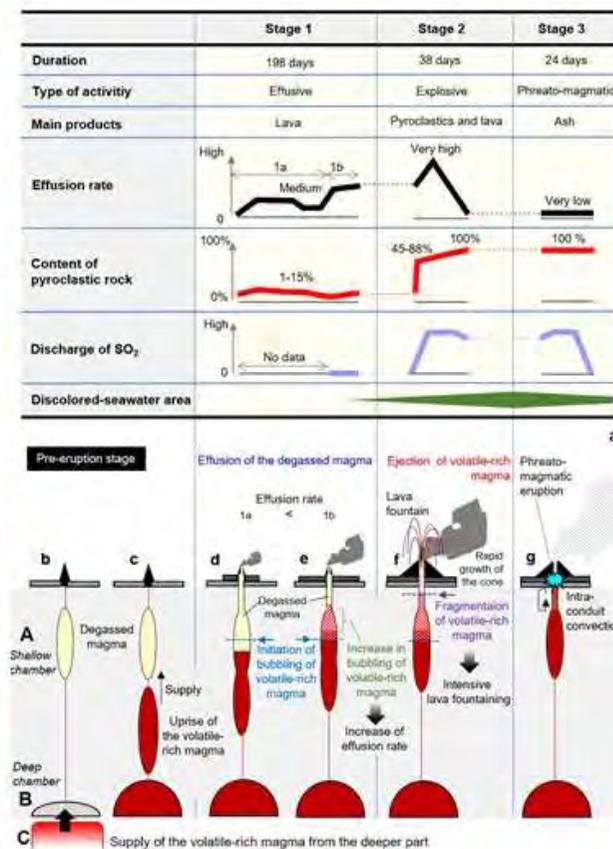
- 火山下のマグマ溜まりや、深部低周波地震発生域からマグマ溜まりへの供給経路を示唆する低速度域の存在を明らかにした。
- 深部からのマグマ供給に伴い深部低周波地震が活発化し、その影響がより浅部の深さ9km付近のマグマ溜まりに伝播し、マグマ溜まりからの脱水脱ガスの促進にともない群発地震や地殻変動などを引き起こしている可能性が示唆される。



各種観測の時間変化



噴火状況の推移



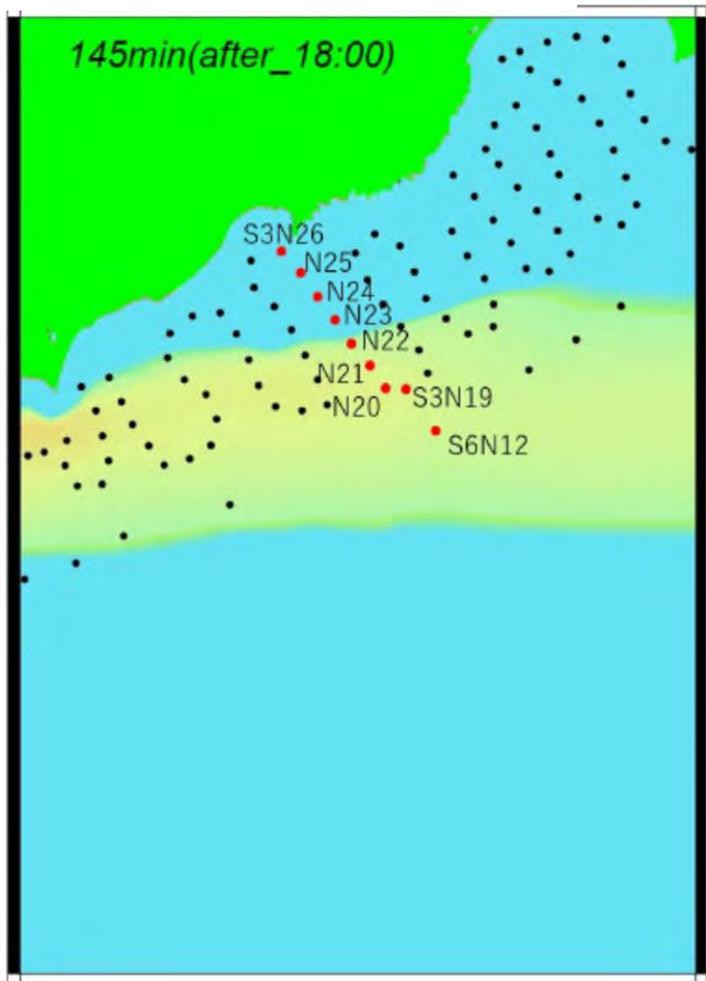
噴火様式変化を説明するモデル

- ひまわり8号の赤外画像による熱異常観測と、全天候観測が可能で高い空間分解能をもつALOS-2のSAR画像による地形観測を相補的に用いることにより噴火推移を解析
- 4期に分けられる活動はステージ2において、ガス成分に富むマグマが火道浅部に達するようになったため、活発な噴泉活動が起き、同時に蓄えられていたマグマが連鎖的に発泡して噴泉として短期間で大量に放出されたとするモデルで説明することができる。

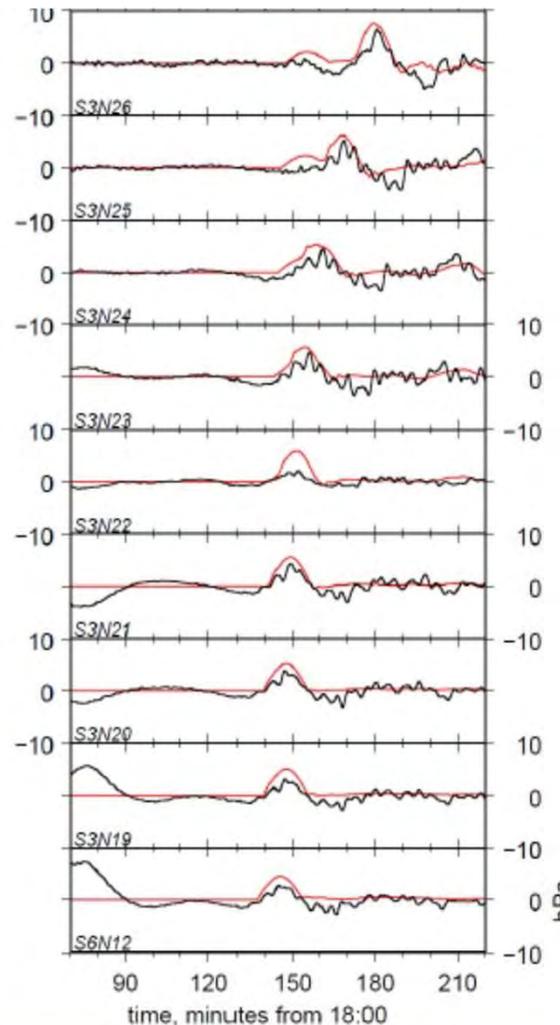
S-net 観測波形との比較

- ・ 大気圧力波は南東方向から北西方向へ（走向44°）
最大 2 hPa, 半周期15 – 20分, 速度315m/sで伝搬

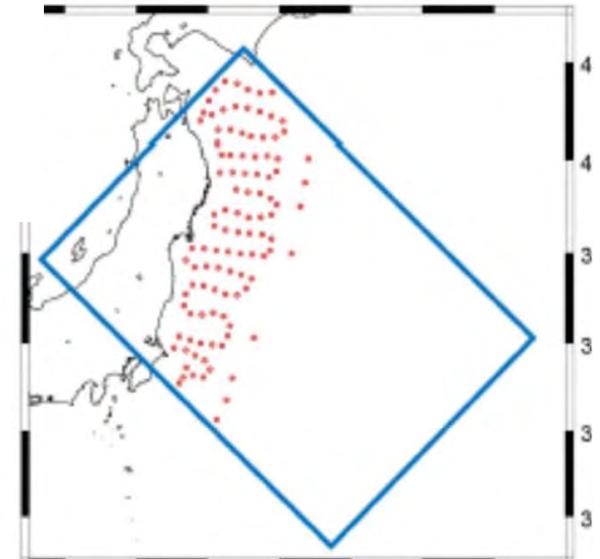
津波伝播の様子



モデル計算(赤)と観測(黒)

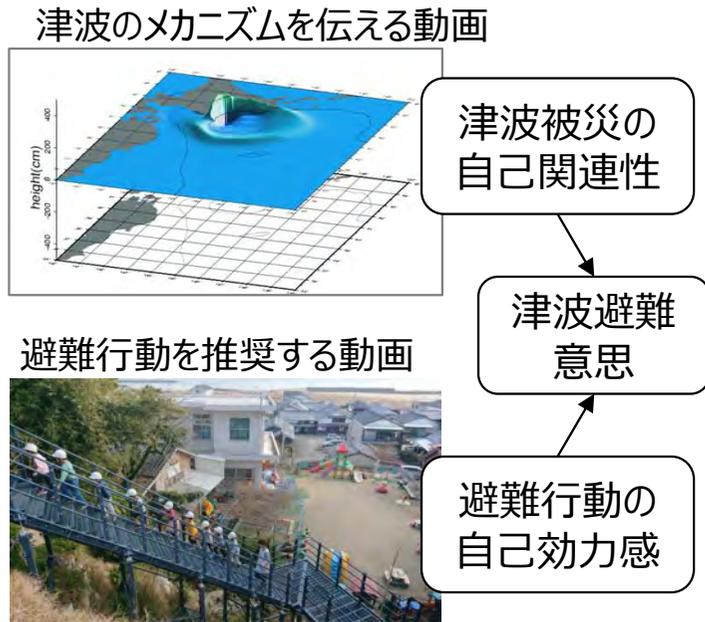


観測点位置



- ・ 線上気圧パルスが伝播する大気・海洋結合数値計算実施したところ、S-netで観測された波形を比較的良く説明できる事が分かった

A 防災教育が避難行動に結びつく認知過程



B 脳計測実験デザインと津波避難意思決定課題

定量シナリオ

あなたは、1人で旅行中です。
 現在地は、浸水エリアである(ハザードマップ)、付近に避難場所がない地域です。
 旅行中、突然地震が発生しました。
確認したところ、マグニチュード7.3、最大震度5弱、現在地の震度5弱、震源は現在地の県沖でした。

定性シナリオ

あなたは、1人で旅行中です。
 現在地は、浸水エリアである(ハザードマップ)、付近に避難場所がない地域です。
 旅行中、突然地震が発生しました。
 停電によって、テレビ・ラジオが使えず、ケータイの電波も悪く情報が手に入られません。
揺れている際、物につまらなさと歩けない、自販機で倒れているものがある等が見られました。

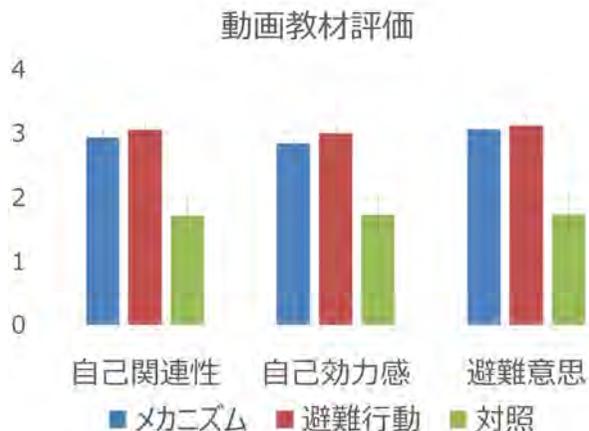
避難する 避難しない

避難意思決定課題(Pre) (避難率評価)

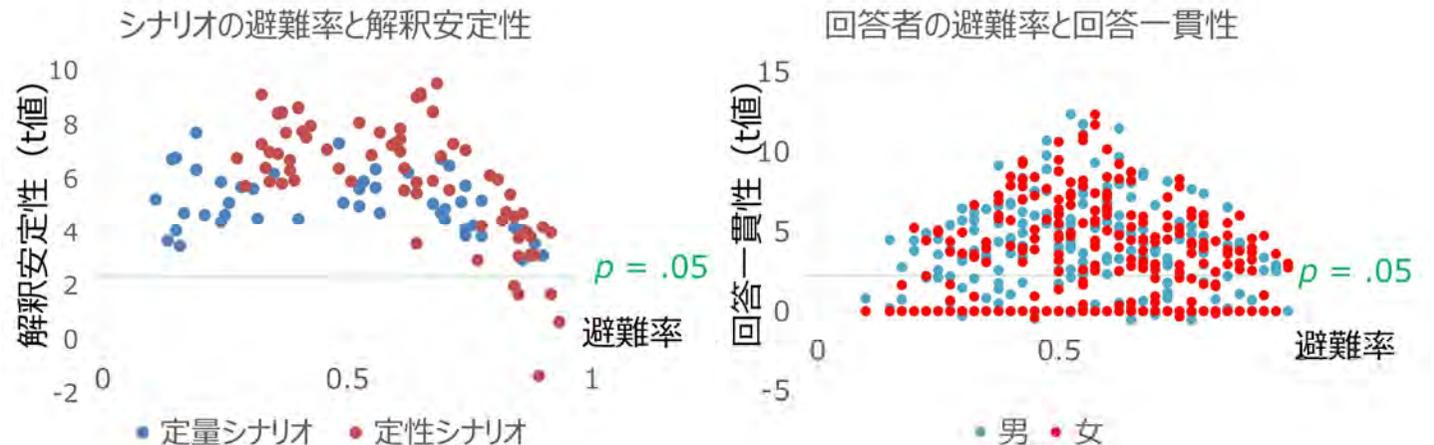
津波防災動画教材視聴 (評価課題・脳活動計)

避難意思決定課題(Post) (避難率評価)

C 動画選定と経路モデルの可能性

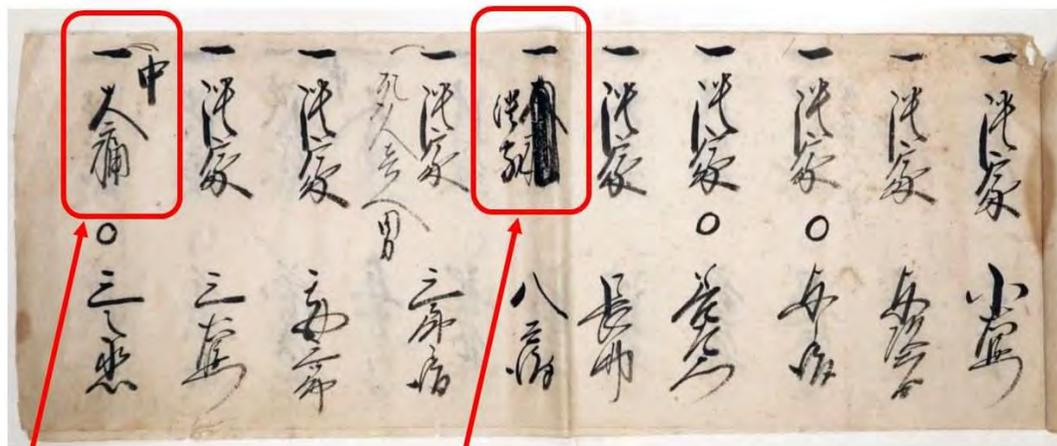


D 津波避難シナリオの検証



(A 認知モデルの構築、B 機能的MRI実験課題作成) と、web実験による防災教育動画と津波避難課題意思決定課題の評価 (C動画教材の3要因による評価、D津波避難シナリオの検証)

歴史史料の解読による地震・津波被害の復元



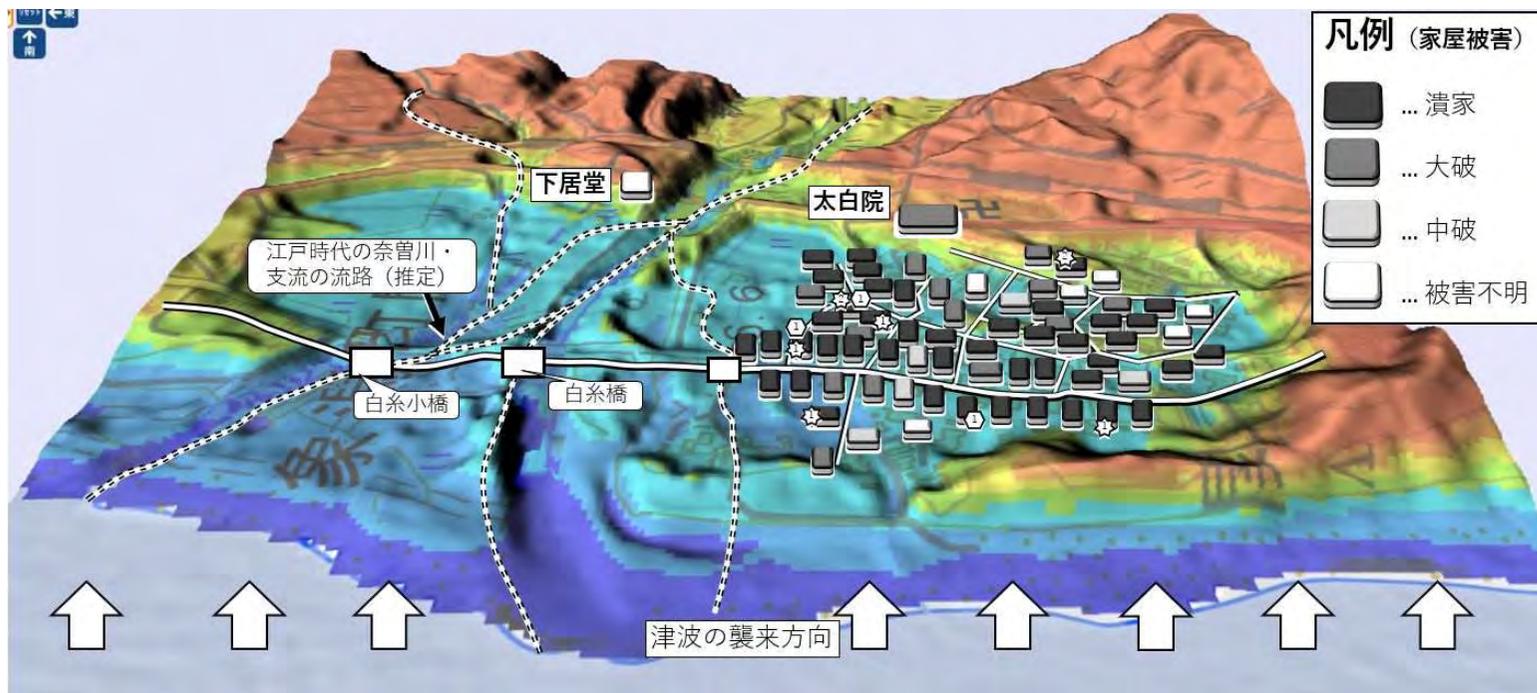
「大痛」を「中」に修正

「大痛」を「潰家」に修正

「文化元年 当六月四日之夜大地震ニ付潰家死人馬書上帳面控」

人名	死者	馬	人名	死者	馬	人名	死者	馬
1 源左衛門	潰れ		26 源平	潰れ		51 太郎左衛門		
2 勘兵衛	潰れ		27 三郎左衛門	大痛		52 寿正院		
3 権右衛門	大痛		28 与治右衛門			53 権右衛門	潰れ	
4 兵左衛門	潰れ	女	29 善左衛門	潰れ		54 太平		
5 三助	中痛		30 長助	潰れ		55 徳左衛門	潰れ	
6			31 八兵衛	潰れ		56 関右衛門	潰れ	
7 太郎兵衛	大痛		32 三之丞	中痛		57 兵四郎	中痛	
8			33 五郎七			58 徳右衛門	大痛	
9 徳兵衛	大痛		34 源治屋敷			59 与助	潰れ	
10 四郎左衛門			35 三右衛門	潰れ		60 徳左衛門	潰れ	
11 徳助	潰れ		36 勘三郎	潰れ		61 徳右衛門	潰れ	
12 与三郎	潰れ		37 源右衛門	潰れ		62 徳左衛門	大痛	
13 徳市右衛門	潰れ		38			63 善左衛門		
14 小右衛門	潰れ		39 兼左衛門	大痛		64 兼五郎	潰れ	女2
15 与平	潰れ		40 大右衛門	大痛		65 三吉	大痛	
16 与助右衛門	潰れ		41 徳兵衛	潰れ		66		
17 三郎兵衛	潰れ	馬	42 源治右衛門	潰れ		67 与五郎	大痛	
18 源右衛門	潰れ		43 徳五右衛門	潰れ	2人	68 佐藤左衛門	潰れ	
19 源右衛門	潰れ		44 作左衛門	潰れ		69 茂平	潰れ	
20 久次郎	潰れ		45 与助兵衛	潰れ		70 源治郎	潰れ	
21 以右衛門	潰れ	女	46 佐左衛門	潰れ		71 徳右衛門	潰れ	
22 三郎兵衛	潰れ		47 五右衛門	潰れ		72 与治右衛門	潰れ	
23 三右衛門	潰れ		48 仁右衛門	潰れ		73 半左衛門	潰れ	
24 徳十郎	潰れ		49 佐治右衛門	潰れ	1	74 太白院	大痛	
25 勘右衛門	中痛		50 源五郎	大痛				

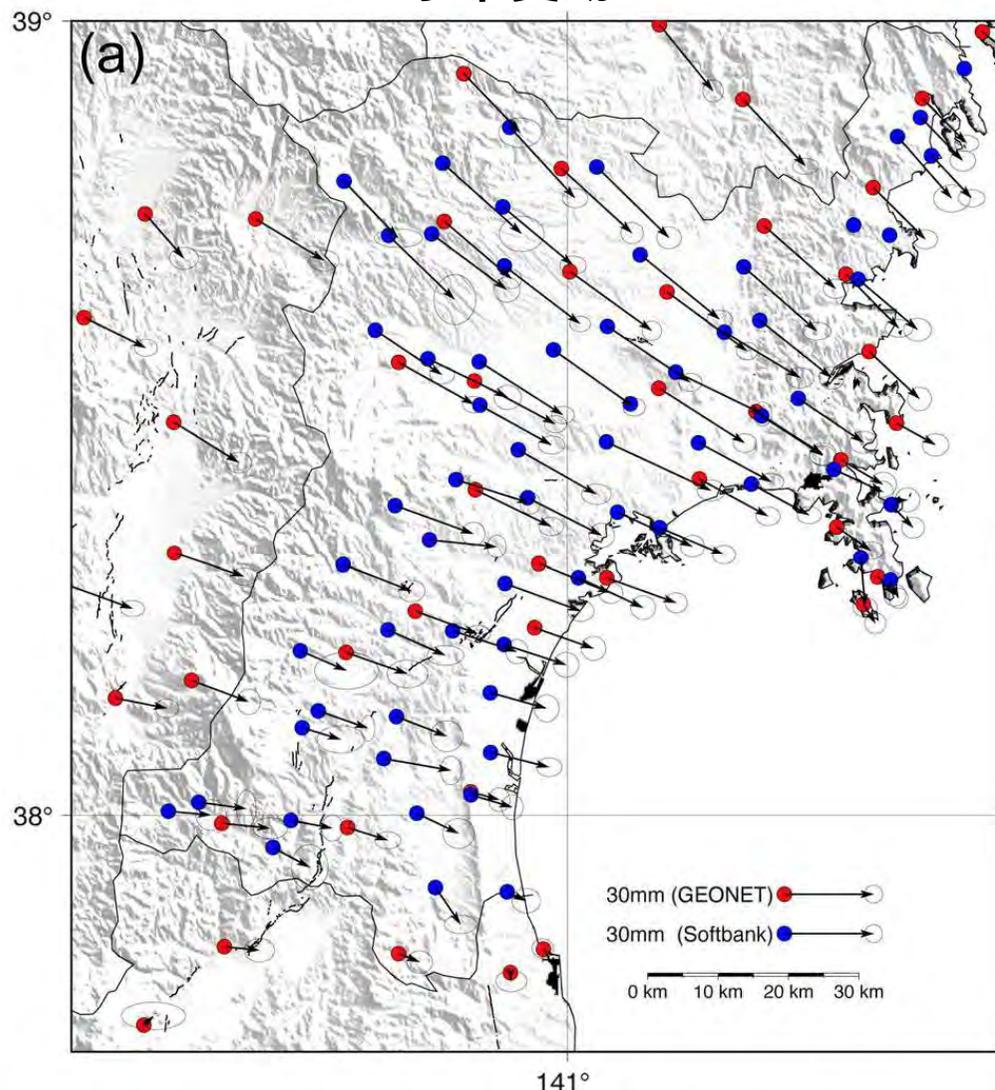
死者・死馬があった家の被害は全て「潰れ」
= 屋根や梁などの落下が原因か。



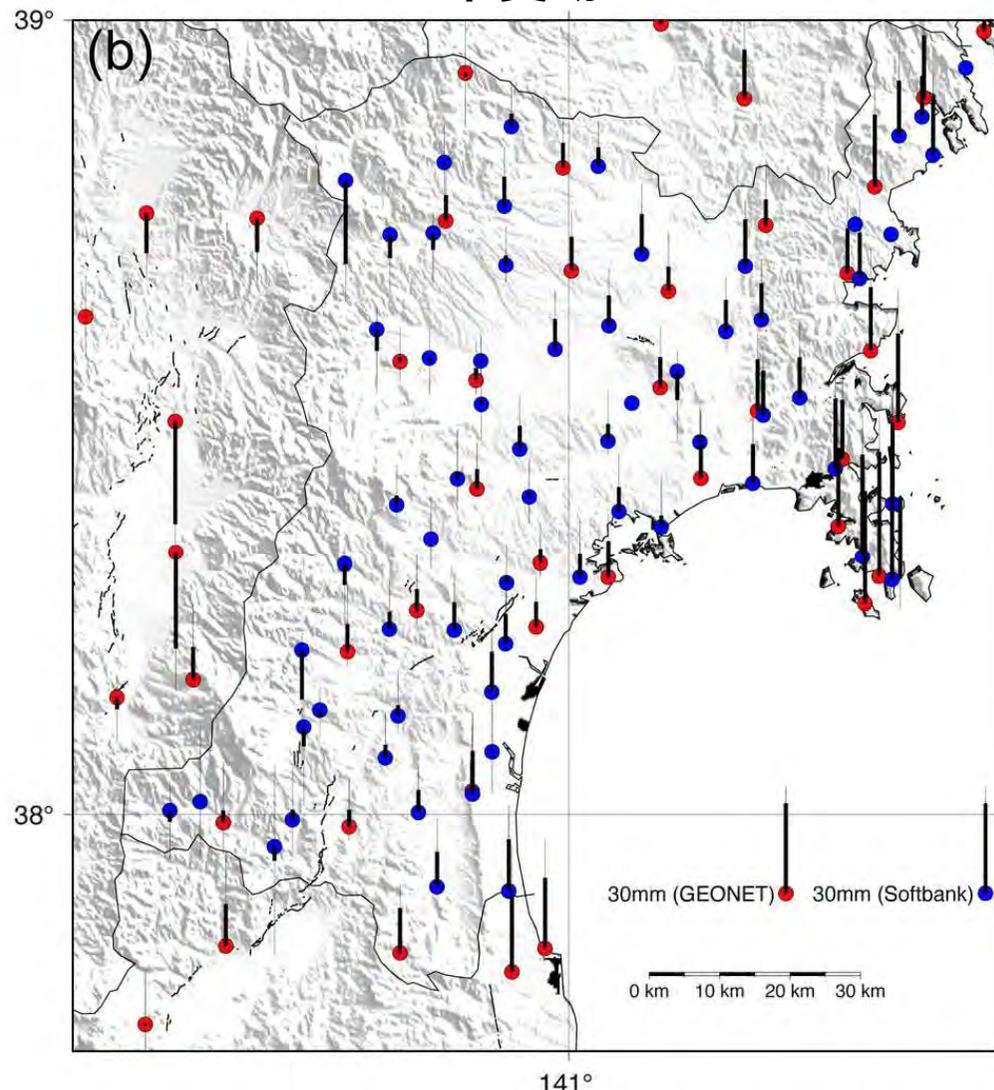
研究概要

- ① 文化元年(1804)象潟地震について、由利郡関村(現在のにかほ市象潟町関地区)に伝来する古文書・古地図を解読し、詳細な被害状況を推定
- ② 関村の家屋被害率は80%を超えることが確認
- ③ 古絵図から当時の家屋配置・歴史地形を復元し、地震動による家屋倒壊や耕作地の被害が大きいことを確認

水平変動



上下変動



- 2020年9月-2021年3月の地殻変動場を計算
- GEONETおよびソフトバンクによるGNSS観測網の変位場は基本的に整合的であり、民間GNSS観測点によって地殻変動場の議論が可能であることを示唆

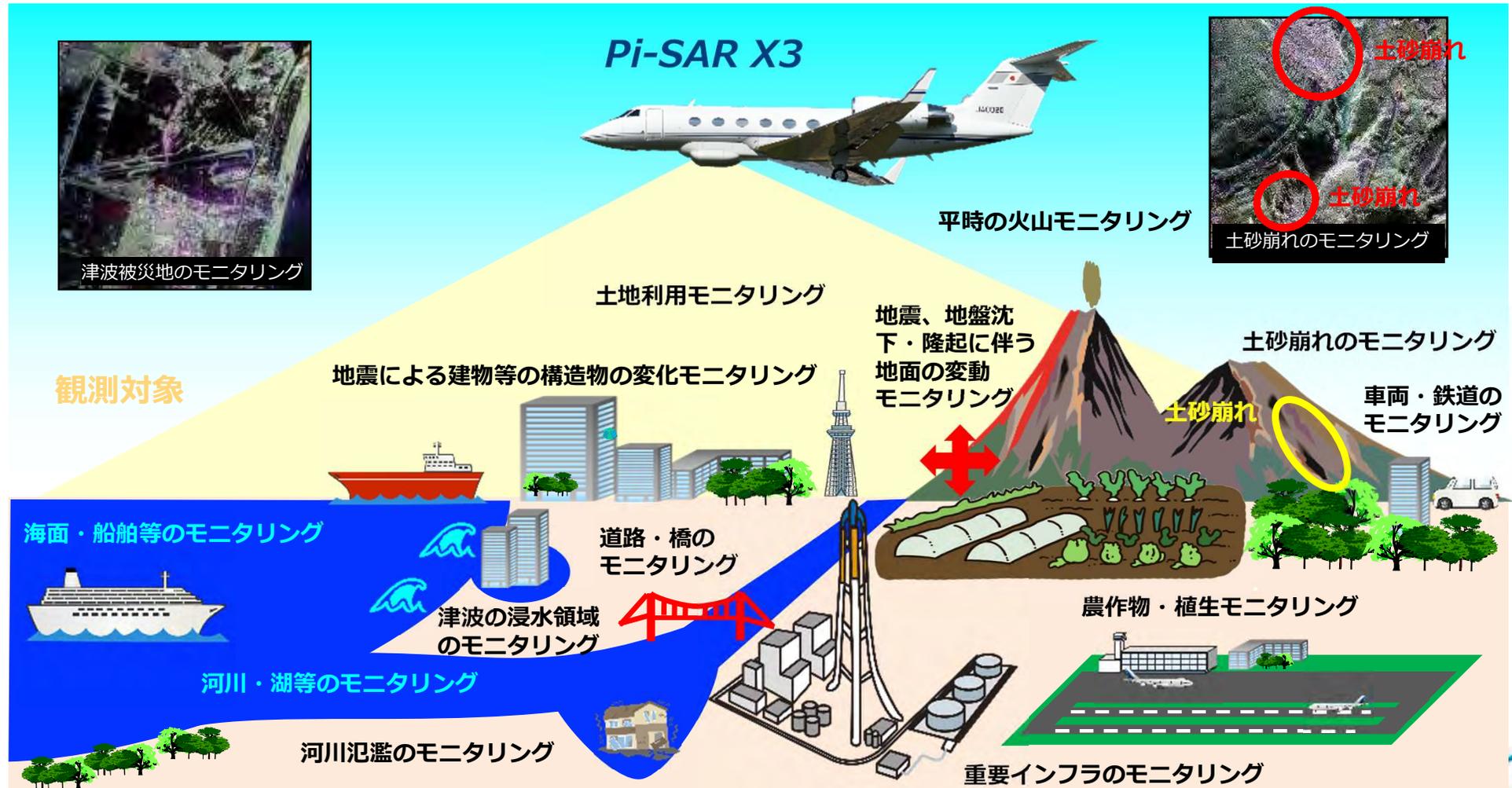
災害の軽減に貢献するための 地震火山観測研究計画（第2次） 令和3年度年次報告

課題：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

令和3年度の実施内容の概要

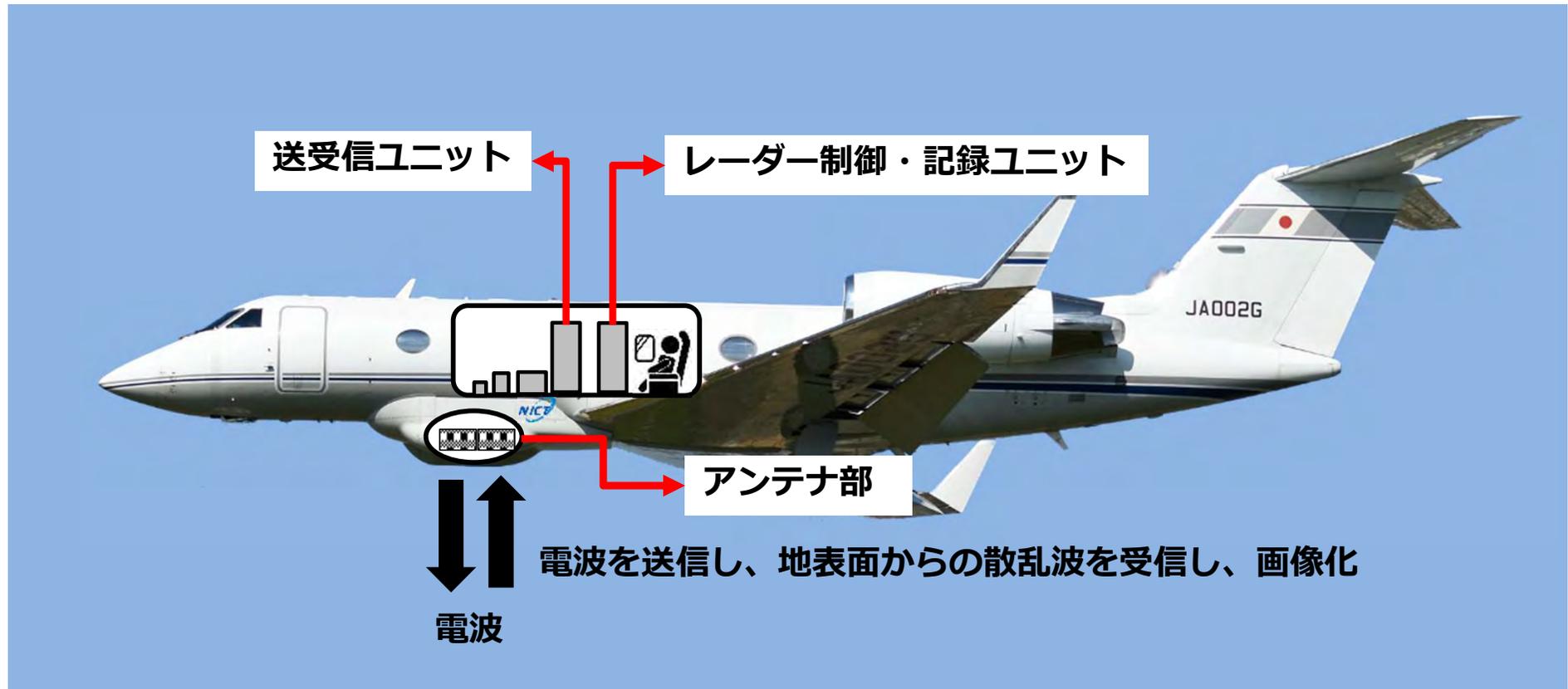
情報通信研究機構は、令和3年度末までに高精細航空機搭載合成開口レーダー（Pi-SARX3）の初期性能確認試験を実施し、世界最高分解能15cmを達成したことを確認した。これにより、下図に示す環境・災害モニタリングが15cm分解能で実施できるようになった。



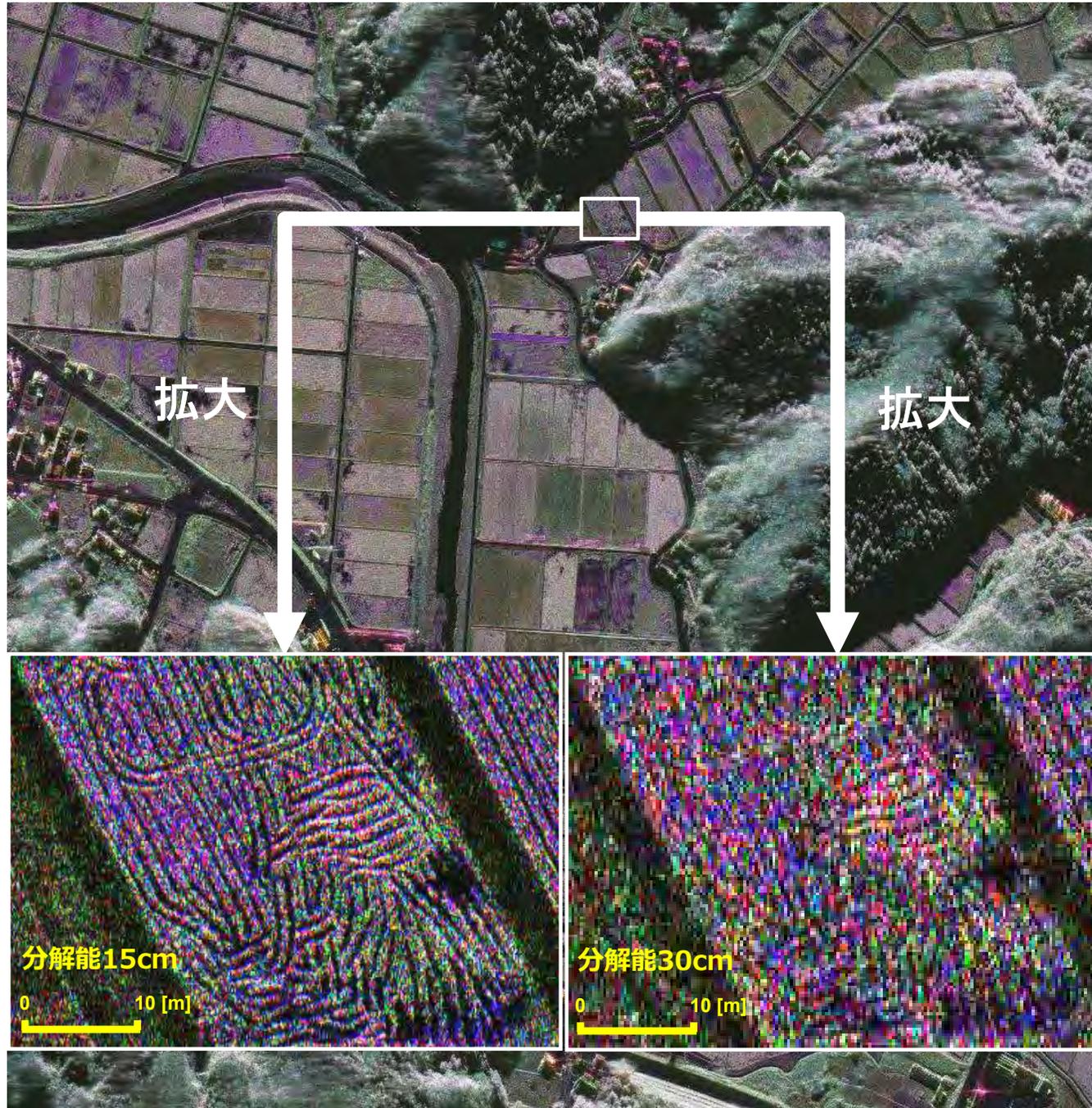
令和3年度の実施内容1

令和3年度については、以下の項目について実施。

- Pi-SAR・Pi-SAR2データ検索・公開システムを運用し、取得済み観測データを公開した。令和3年度については、117件の利用があった。
- 下図に示すPi-SARX3の機器を航空機に搭載し、その性能を確認するための試験を12月中旬に実施し、世界最高分解能15cmを達成したことを確認した。



令和3年度の実施内容2



左図は、初期性能確認試験で得られた画像（石川県輪島市近郊の1km四方の画像）と白桦内（田んぼ）の拡大図（拡大右図：30cm分解能（Pi-SAR X2相当）、拡大左図：15cm分解能）を示している。30cm分解能の画像は、Pi-SAR X3の観測モード2（30cm分解能）で観測したもので、15cm分解能の画像と時間差は約23分である。Pi-SAR X3は、Pi-SAR X2では計測することが困難であった田圃内の轍（わだち）を鮮明に観測することに成功しており、地震や火山噴火等の自然災害時における被災状況をより詳細に把握可能。

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

国立研究開発法人 防災科学技術研究所

NIED01 多角的火山活動評価に関する研究

【概要】

多角的・戦略的アプローチにより、多様な火山現象・災害過程のメカニズムを解明し、火山災害軽減に向けた対策手法に関する研究を進める。

【目的】

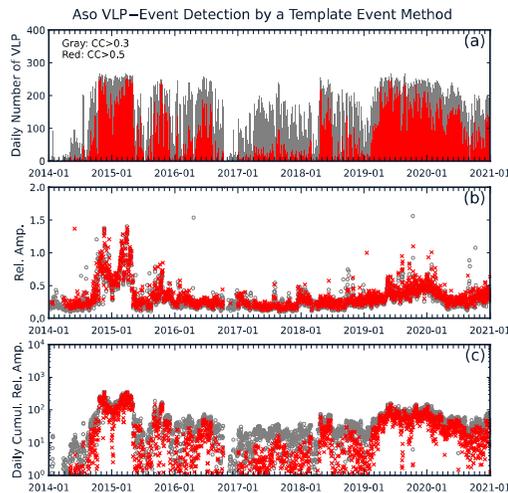
火山活動の把握と災害軽減のための「観測」「予測」「対策」技術を集中的に投資することによって課題解決を図るための戦略を確立する。

【目標】

基盤的火山観測網を有する火山のうち、特に対象火山（阿蘇山・伊豆大島・硫黄島等）において多項目観測・ポテンシャル評価を踏まえての対策情報発信の提案を行う。

①多項目観測データによる火山現象・災害過程の把握のための研究

長周期地震モニター



三宅島の観測点の時計のずれ

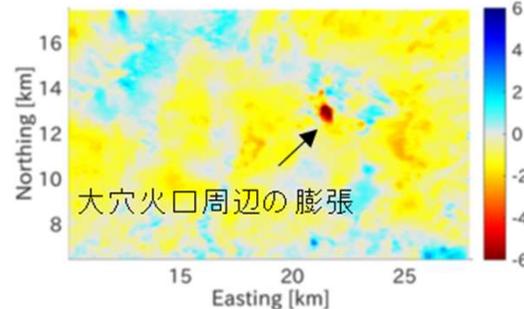


生きる、を文える科学技術

②火山リモートセンシング技術の開発研究

レーダー干渉計 & SAR解析結果に関する異常検知の開発に着手

吾妻山大穴火口における衛星視線距離変化



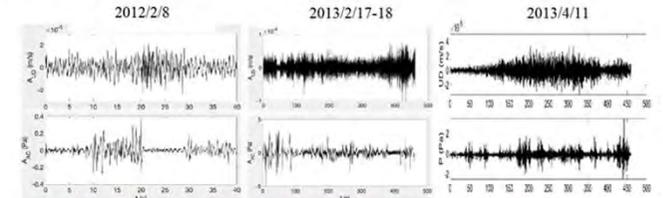
④火山災害軽減のためのリスクコミュニケーションに関する研究

時刻	宇都宮地方気象台	栃木県危機管理センター	栃原温泉市	那須町
13:00	宇都宮地方気象台 警戒レベル2へ引き上げ	警戒レベル2へ引き上げ	警戒レベル2へ引き上げ	警戒レベル2へ引き上げ
13:10	警戒レベル2維持	警戒レベル2維持	警戒レベル2維持	警戒レベル2維持
13:30	警戒レベル2維持	警戒レベル2維持	警戒レベル2維持	警戒レベル2維持
13:32	警戒レベル2維持	警戒レベル2維持	警戒レベル2維持	警戒レベル2維持
13:35	警戒レベル2維持	警戒レベル2維持	警戒レベル2維持	警戒レベル2維持
13:40	警戒レベル2維持	警戒レベル2維持	警戒レベル2維持	警戒レベル2維持
13:45	警戒レベル2維持	警戒レベル2維持	警戒レベル2維持	警戒レベル2維持
13:50	警戒レベル2維持	警戒レベル2維持	警戒レベル2維持	警戒レベル2維持
13:55	警戒レベル2維持	警戒レベル2維持	警戒レベル2維持	警戒レベル2維持
14:00	警戒レベル2維持	警戒レベル2維持	警戒レベル2維持	警戒レベル2維持

那須岳における噴火警戒レベル2を想定した「噴火時対応タイムライン」の一部

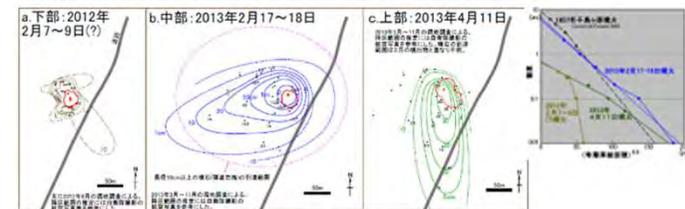
③噴火・災害ポテンシャル評価のためのモデリング研究

地震波(上段)&空気振動(下段)



総噴出量(固体+熱水) = $4.3 \times 10^4 \sim 7.1 \times 10^6 \text{ m}^3$

堆積物層厚分布



固体噴出量 = $8.0 \times 10^2 \sim 1.1 \times 10^4 \text{ m}^3$

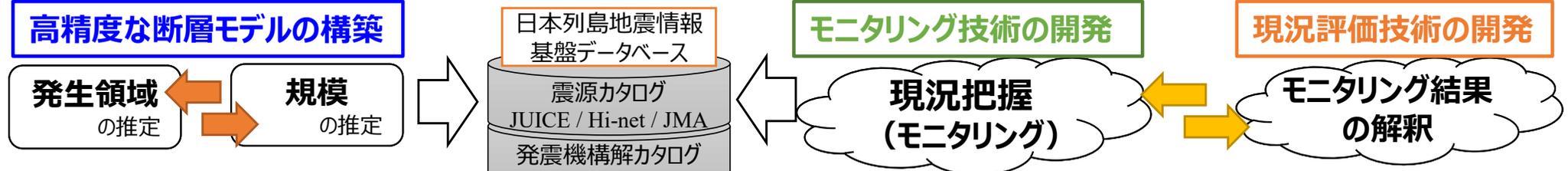
熱水量 = 総噴出量 - 固体噴出量

熱水量推定値 = $2.4 \times 10^4 \sim 4.2 \times 10^6 \text{ kg}$

NIED02 地震・津波予測技術の戦略的高度化研究

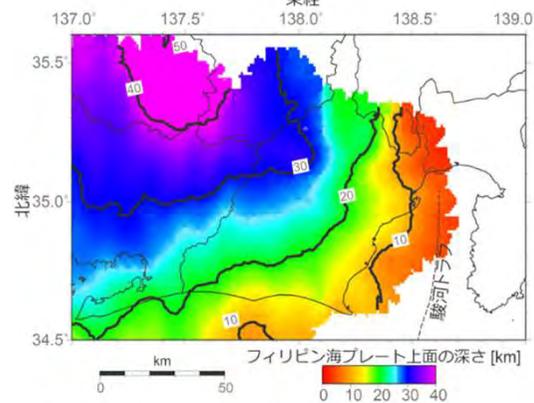
【目的】観測データに基づく地震発生長期評価の高度化に資する研究開発の実施

地震発生領域・規模の評価と地震活動の現況把握

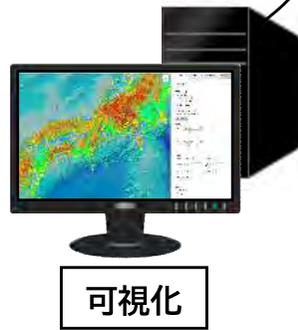
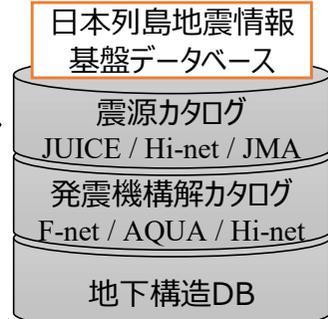


フィリピン海プレート形状の更新

- 陸域定常観測+海域臨時観測のデータから、東海地域下の3D地震波速度構造を推定
- 深さ20km程度までのプレート境界の傾斜は緩く、既存のモデルよりも浅い位置に推定



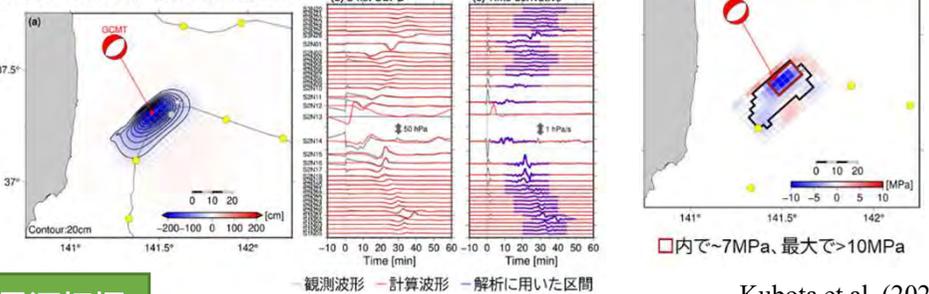
Matsubara et al. (2021)



海底圧力計による東北沖上盤プレート内の応力状態の把握

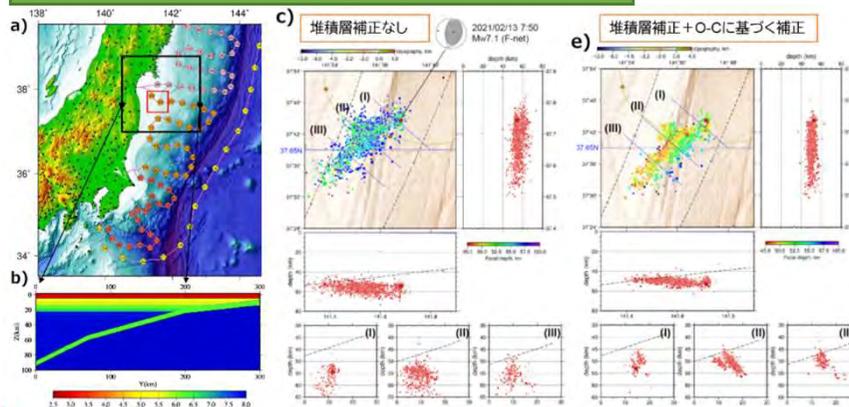
- S-netで観測された2016年11月22日の福島県沖の地震による津波記録を解析し、震源断層すべりの様子を高い精度・信頼度で推定
- 2016年の地震周辺では2011年東北沖地震以前からひずみが蓄えられており、それが地震の原動力となったことを確認

S-net水圧計から求めた津波波源分布



Kubota et al. (2021)

海域観測データを用いた高精度震源把握

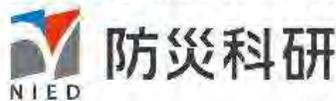


西澤・他 (2022)

2021年2月13日の福島県沖の地震活動の例
地図の赤枠内の震源分布を右に拡大。断面図は、青線から±5 kmを投影

- S-netの敷設予定位置に沿って実施されたマルチチャンネル地震反射記録から観測点直下の堆積層厚を読み取り、堆積層補正値を推定
- 求めた補正値と簡易的な三次元速度構造を用いて震源決定を実施した結果、求めた震源分布は明瞭な面を形成

生きる、を支える科学技術



NIED03 巨大地震による潜在的ハザードの把握に関する研究

【目的】 室内実験・大規模シミュレーション等を活用し、巨大地震の実態解明を目的とした研究を推進

- ・プレート境界及び内陸地殻に蓄積されている応力・歪みエネルギーの定量化・可視化
- ・巨大地震の実態解明による南海トラフ巨大地震等の発生シナリオの作成

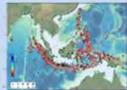
地震発生場に関する研究

- ・応力分布モデル作成
- ・地下構造時空間変化推定
- ・震源過程メカニズム解明



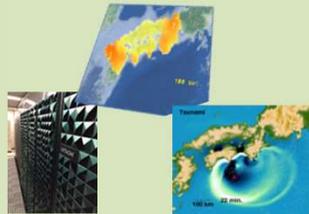
海外の巨大地震に関する研究

- ・海外巨大地震津波即時解析
- ・巨大地震の知見獲得
- ・国際協力の推進



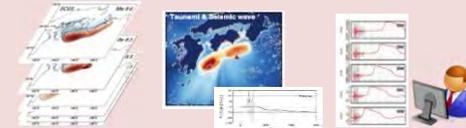
大規模シミュレーション研究

- ・大規模シミュレーションによる知見の統合
- ・多様な発生様式を考慮した巨大地震発生シナリオ構築



アウトプット

- 応力分布モデル
- 巨大地震発生シナリオ
- 巨大地震津波の模擬観測記録



破壊の基本法則に関する室内実験

- ・長大岩石摩擦実験
- ・数値シミュレーション
- ・断層破壊の基本法則解明



巨大地震の知見・スケーリング

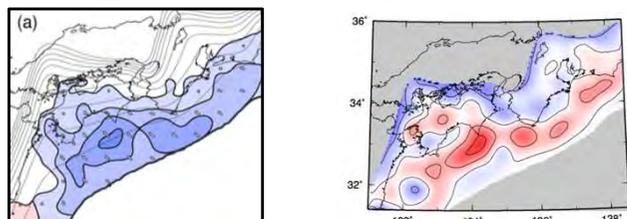
地震発生場・発生機構モデル

断層破壊の基本法則・摩擦則

統合

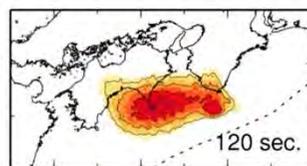
地震発生場に関する研究

衛星測位データ解析による力学的固着域推定



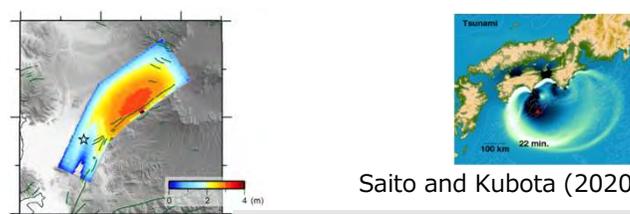
Noda et al. (2018 JGR)

海溝型地震・内陸地震の動力学破壊シミュレーション



Urata et al. (2017 EPS)

地震動と津波が重畳する合成記録

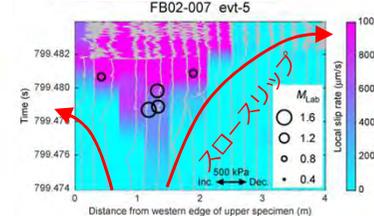
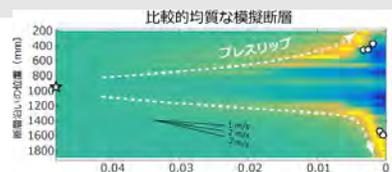


Saito and Kubota (2020 Annual Rev.)

大規模シミュレーション研究

破壊基本法則に関する室内実験と基礎研究

応力載荷速度に応じて地震の発生タイミングと規模が系統的に変化

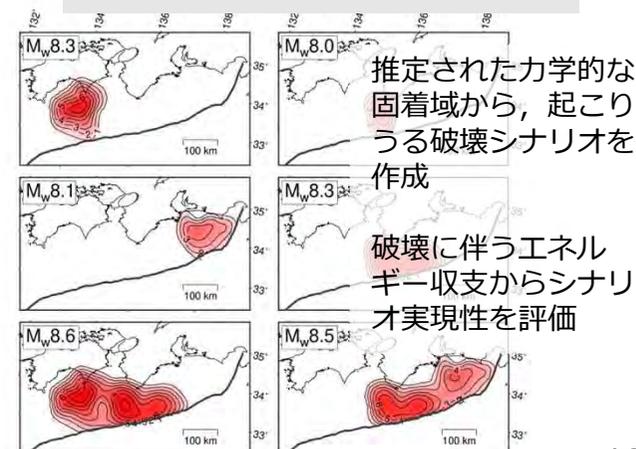


断層面の不均質性を制御することで、代表的な2種類の地震の始まりを再現し、前震活動の性質を解明

均質な断層：
プレスリップ型
不均質な断層：
カスケードアップ型

Yamashita et al. (2021 Nature Communications)

巨大地震発生シナリオ



推定された力学的な固着域から、起こりうる破壊シナリオを作成

破壊に伴うエネルギー収支からシナリオ実現性を評価

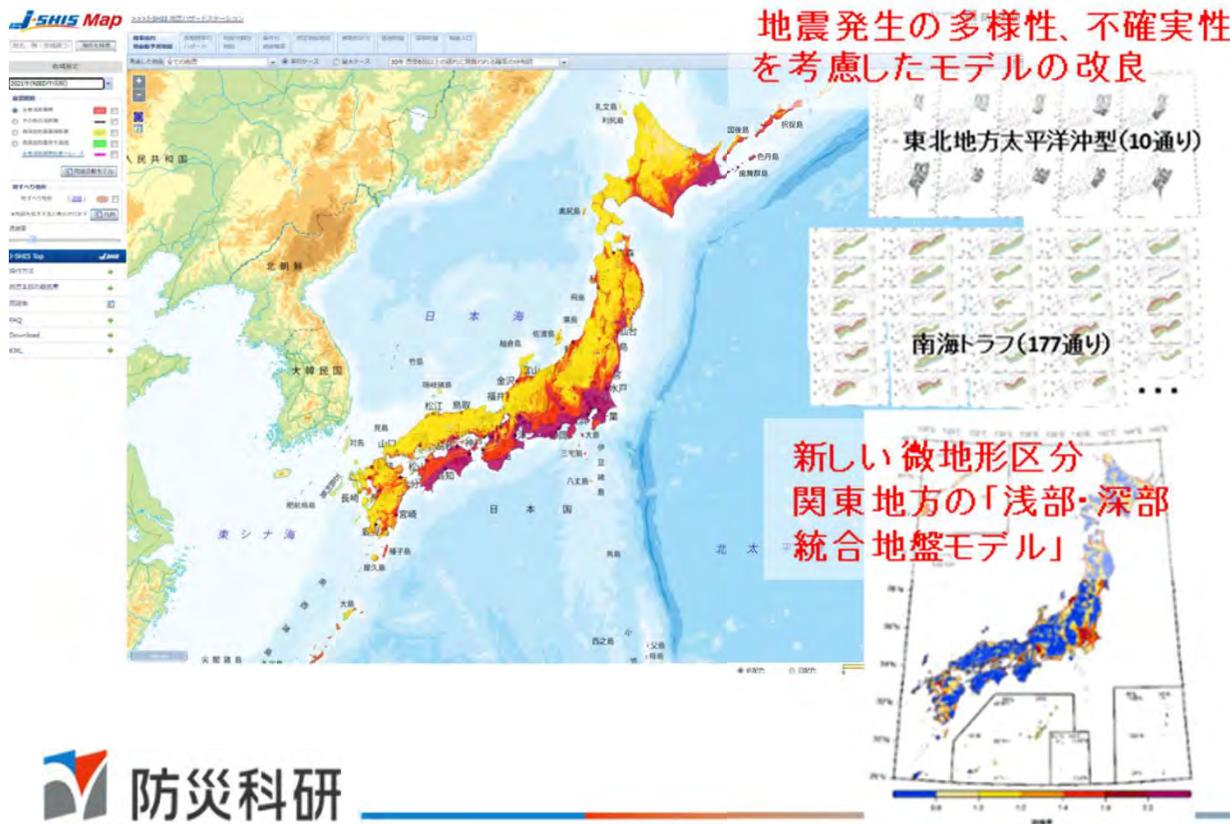
Noda et al. (2021 JGR)

Yamashita et al. (2022 JGR)

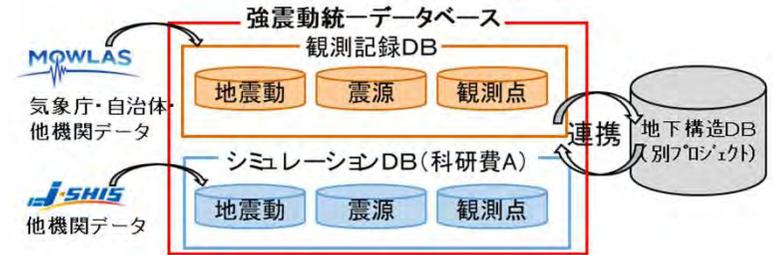
NIED04 自然災害ハザード・リスク評価と情報の利活用に関する研究

- 平成23年東北地方太平洋沖地震を受けて大幅に改良を行った「全国地震動予測地図2014年版」から、低頻度の地震まで考慮するための更なる改良の検討を進めている。
- 全国地震動予測地図2020年版の地震活動モデルを踏まえ、**起点を2021年とした確率論的地震動予測地図(NIED作成版)を公開した(2021年7月)。**
- **強震動統一データベース試作版**を構築するとともに、それを活用した**地震動予測モデル(GMM)**の研究開発を実施した。

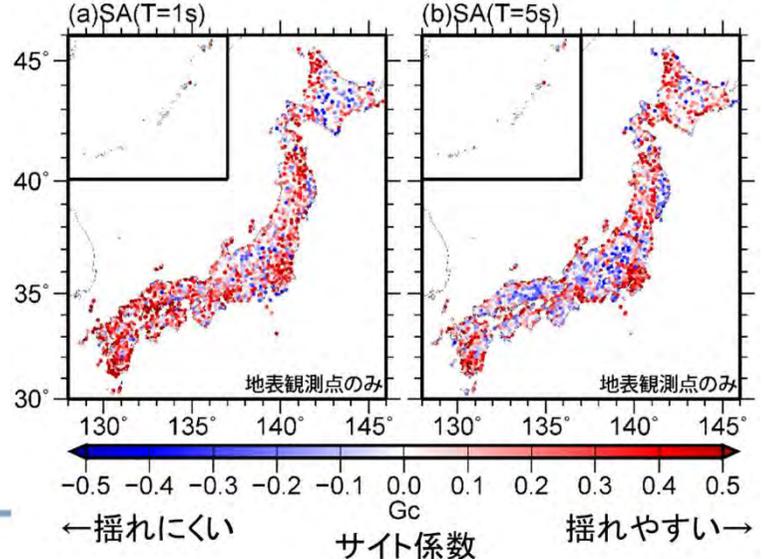
確率論的地震動予測地図 (2021年、NIED作成版)の公開



強震動統一DB試作版の構築と GMM開発への活用



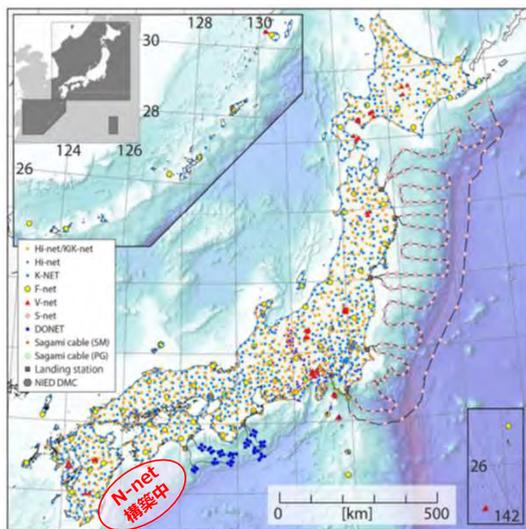
GMM開発の一環として、強震動統一DBを用いた加速度応答スペクトルの距離減衰式からの差を、観測点のサイト係数として試算



7つの基盤的観測網の統合運用

MOWLAS (陸海統合地震津波火山観測網)

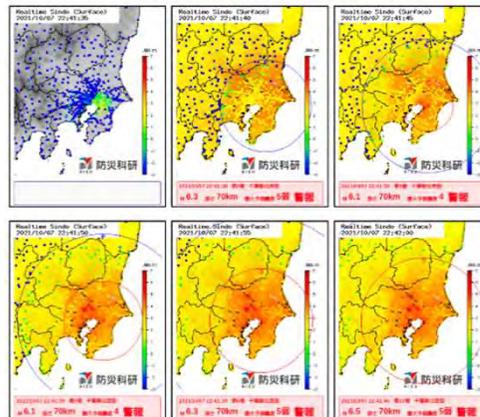
地震調査委員会臨時会で報告
解析結果をWebで公開



MOWLAS + MeSO-net

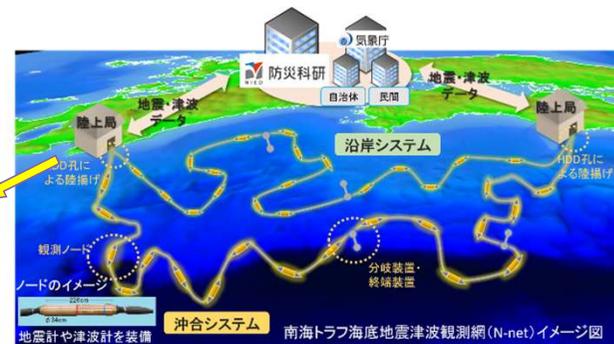
2021年10月7日千葉県北西部の地震による強震動

首都圏地震観測網 (MeSO-net) による首都圏版強震モニタ



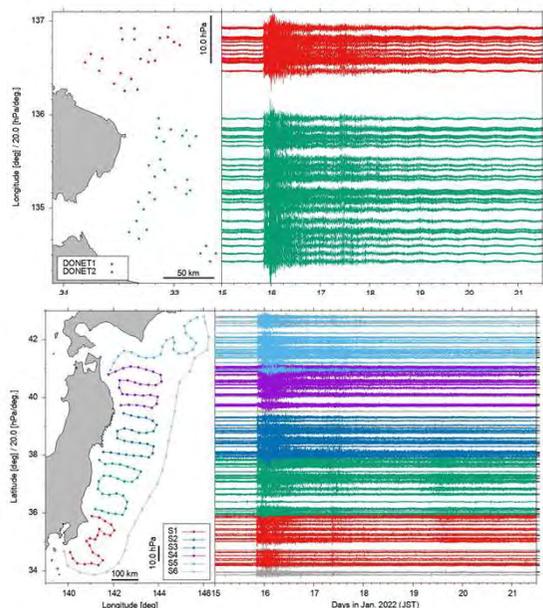
南海トラフ海底地震津波観測網 (N-net) の開発・整備

現在宮崎県に建設中の
陸上局舎完成予想図



海底観測機器の試験機を製作し、ノイズレベルの低い坑道内等において性能確認試験を実施した。宮崎県串間市の新設陸上局では、ケーブル陸揚げのための水平孔掘削工事を完了し、局舎建設工事を進行中である。高知県室戸市の陸上局では、既存のDONET2の局舎を共用するための周辺整備工事を進めた。

2022年1月15日 トンガ諸島周辺の火山噴火

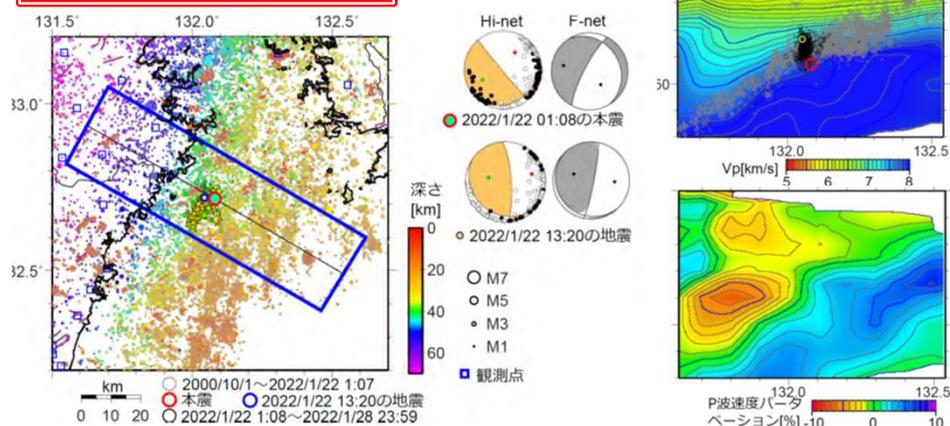


地震調査委員会で報告
水圧変動のモニター記録をWebで公開

2022年1月15日13時 (JST) ごろ、トンガ諸島付近のフンガ・トンガ・フンガ・ハパイ火山で大規模噴火が発生し、同日20時過ぎから、S-netとDONETの全観測点で海底水圧変化が観測された。海底水圧変動の振幅は初動部分よりも後続部分で大きく、南側に到達時刻が早く、23時ごろに初動よりも短周期の変動が観測された。この変動は1月20日から21日まで続いた。また、17日には、地球を一周した大気変動に伴う海底水圧変動を確認することができた。観測された海底水圧変動は、最大で10数hPa程度 (片振幅) であった。

2022年1月22日日向灘の地震 (M6.6)

地震調査委員会臨時会で報告



左図：三次元地震波速度構造と観測点補正值 (Matsubara et al., 2019) を用いて再決定した震源分布。シンボル内の色は地震の深さを示す。右図：左図の青枠内 (中心線から15km以内) で発生した地震の震源分布。背景はMatsubara et al. (2019)のP波速度・パータベーション構造を示す。赤丸は本震、黄丸は13:20の地震を示す。1月22日以降の地震活動域は沈み込むフィリピン海プレート内の地震であることを示唆する。本震はプレート内のやや低速度域内で発生した。

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

国立研究開発法人 海洋研究開発機構

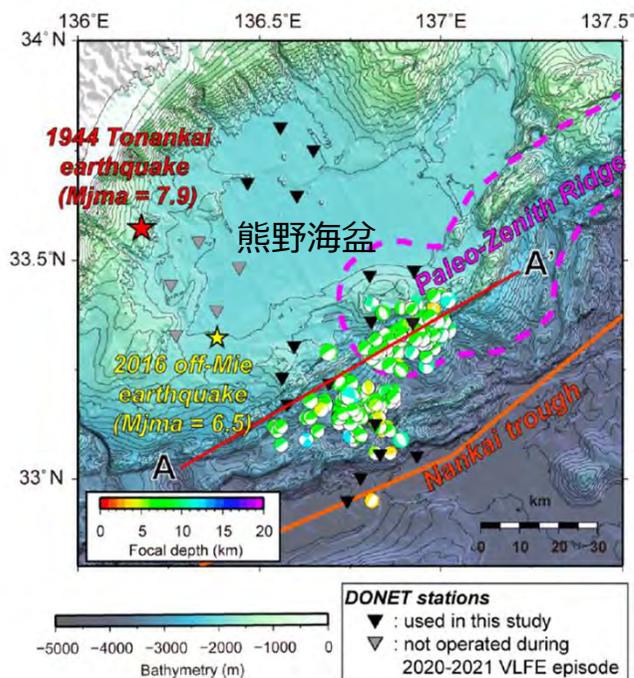
JAMS01 : 地震発生帯モデリング研究

JAMS02 : 海底広域変動観測研究

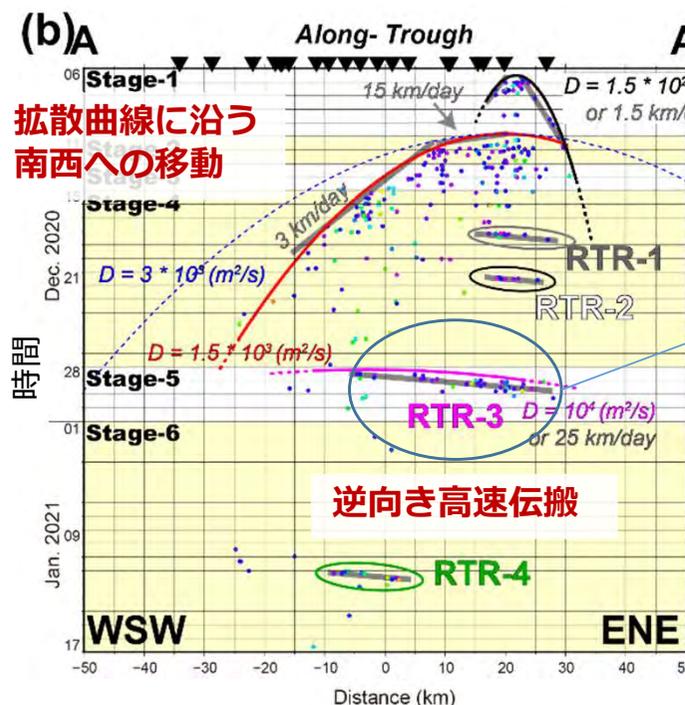
JAMS03 : 海底火山観測研究

地震発生過程の現状把握：浅部超低周波地震の時空間変化

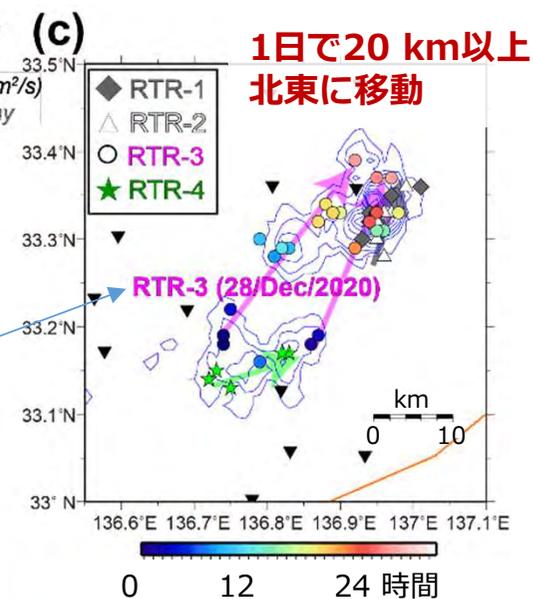
成果：DONET地震計で浅部超低周波地震を捉え、プレート境界断層での低角逆断層型であることを確認した。さらに、その活動が時折逆向きに高速伝播することを見出した。



浅部超低周波地震のメカニズムとその分布。プレート境界面と調和的な低角逆断層型が多くを占める。



左図A-A'断面に沿った時空間分布。活動域の広がりや説明する拡散過程や一定速度での伝搬理論曲線を合わせて示す。



RTRの移動過程 (矢印)。色はRTR-3に対する開始時刻からの経過時間。

Yamamoto et al (2022)

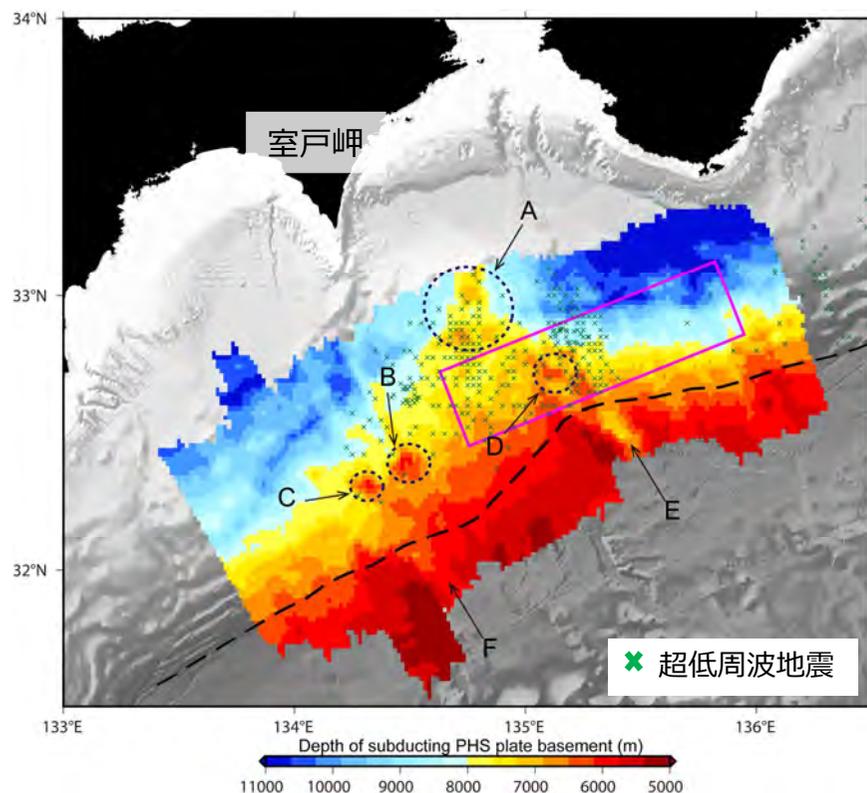
- ✓ 2020年12月から2021年1月に、1944年東南海地震震源域の浅部延長で超低周波地震が活発化
- ✓ 直上付近での観測により、断層面の仮定をせずともプレート境界での活動であることを示した
- ✓ 活動域は拡散過程の理論曲線に沿って拡大し、時折逆向きに高速伝播する (RTR)

今後、孔内観測点を増やすとともに、DONETおよび孔内に設置された地震計データの活用をさらに高度化することで、浅部ゆっくり地震のモニタリング体制の強化を図る。

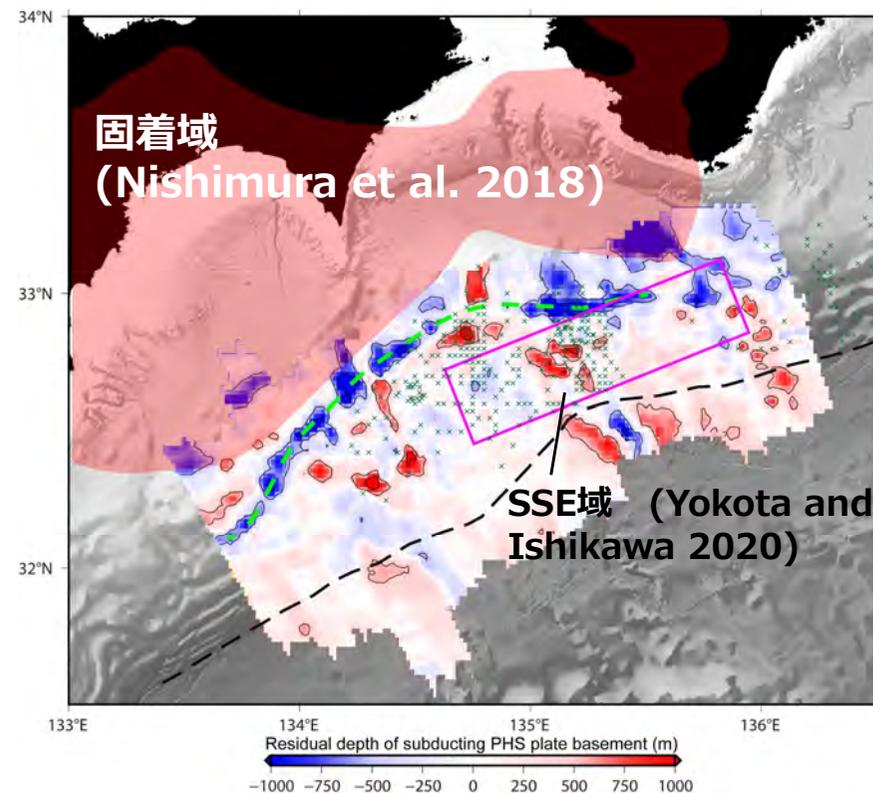
地震発生帯の実態把握：プレート境界断層形状と固着分布の関係

成果：浅部超低周波地震が発生している領域には多くの海山が存在していることを見出した。さらに、プレート固着／浅部スロー地震発生域の境界に構造異常を見出した。

プレート境界面深度マップ



プレート境界面起伏



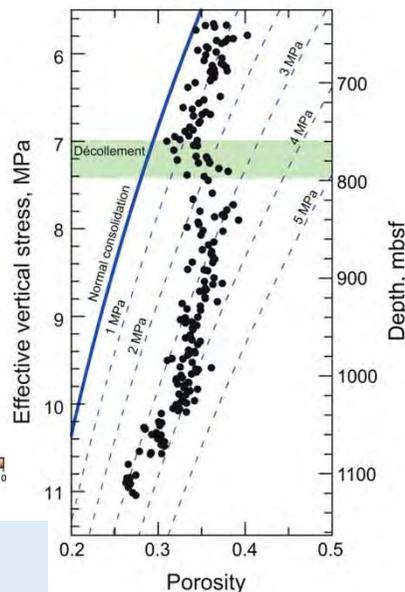
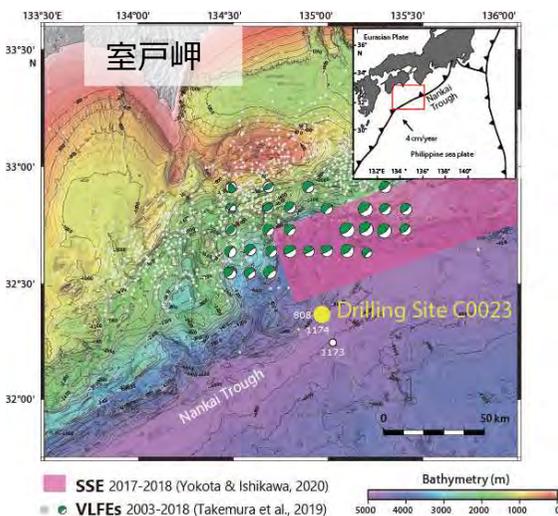
- ✓ 尾根状地形の上に多数の小規模海山（直径10 km程度）が分布
- ✓ 海山は超低周波地震の多い領域に存在
- ✓ 固着域と浅部スロー地震発生域の境界に構造異常

Nakamura et al. (2021, SSJ)

今後、構造の解釈について、上盤プレートの速度・変形構造さらには物質科学研究と合わせた議論を進める。

地震発生帯の実態把握：スロー地震と流体の関係

成果1：掘削結果からパッチ状に分布する高圧の異常間隙水圧帯を提案した。



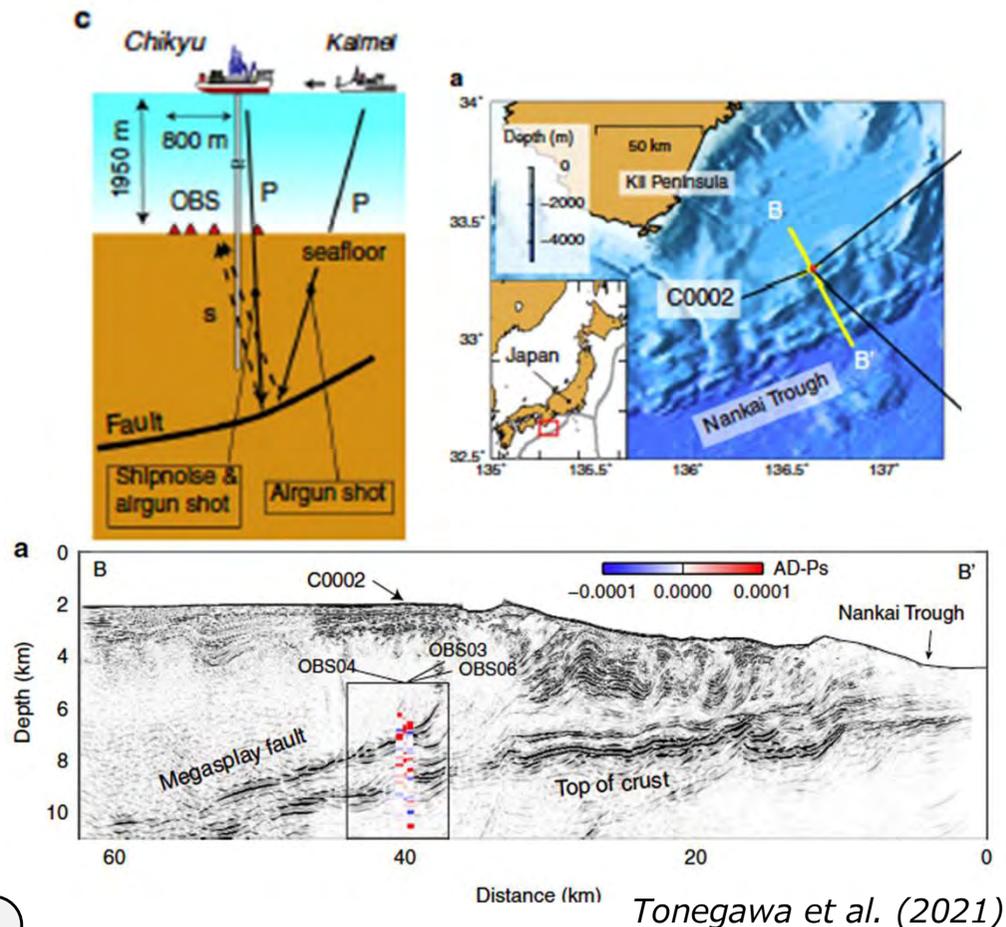
Hirose et al. (2021)

掘削孔から噴出する深部流体
(異常間隙水圧の直接的証拠)



- ✓ 静水圧より10~20% 高圧の異常間隙水圧帯
- ✓ 水平方向に数100 m、鉛直方向に数10 m程度の広がりを持つと推定される

成果2：巨大断層・スロー地震発生場の断層物性の潮汐応答（時間変化）を捉えた。

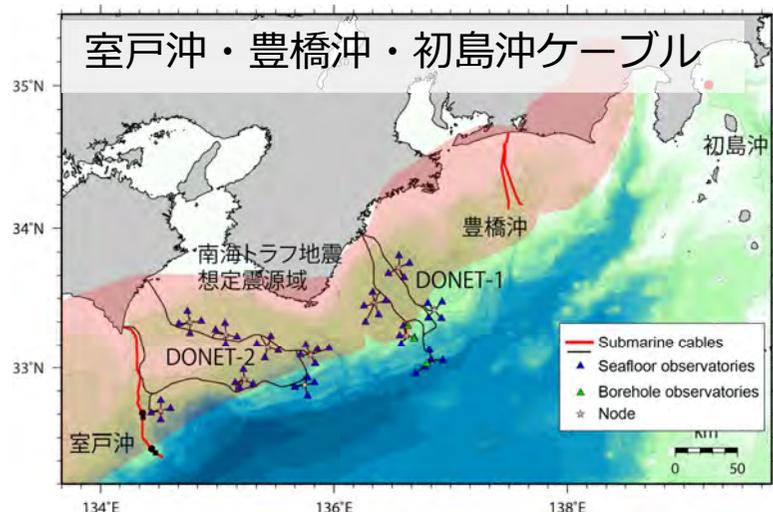


Tonegawa et al. (2021)

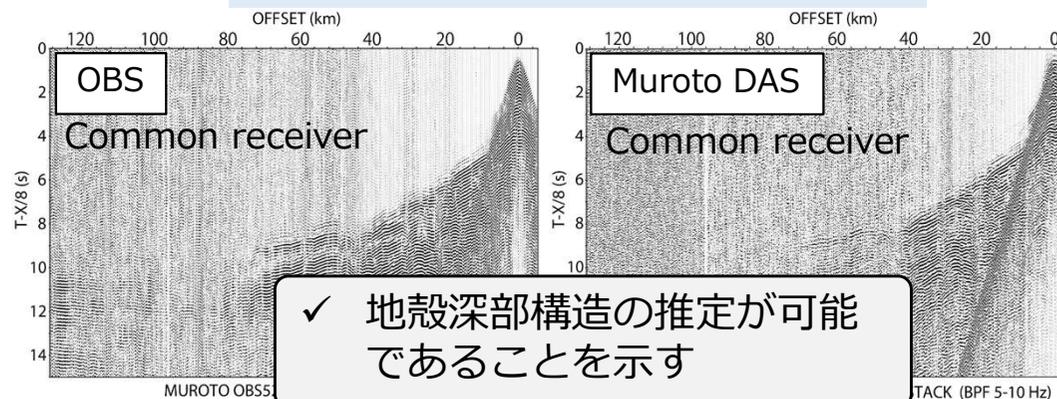
- ✓ 断層からの反射波の振幅が時間変化を示すことを観測した
- ✓ 時間変化は潮汐と同じパターンを示す

地震発生帯の実態把握：光ファイバセンシングデータの活用

成果：稠密・多点データの地下構造推定、海洋変動モデリングへの適応性を評価した。



1. エアガン-DAS深部地殻構造探査

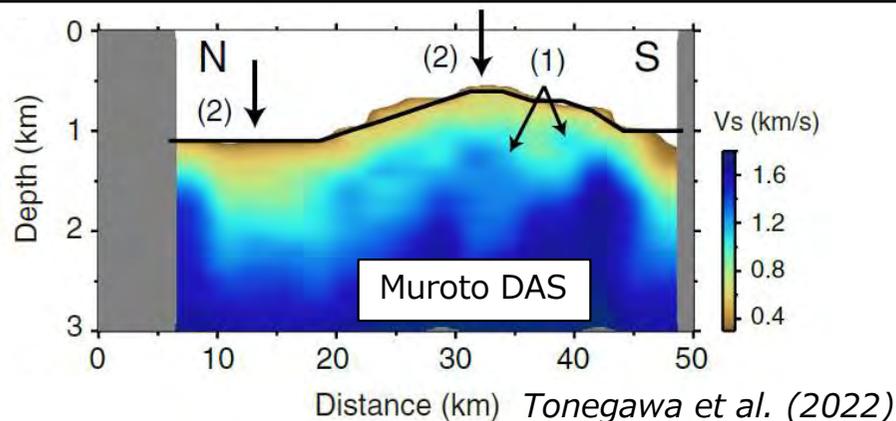


✓ 地殻深部構造の推定が可能であることを示す

Kimura et al. (2020, JpGU)

2. 雑微動の伝搬特性の理解と構造モニタリング

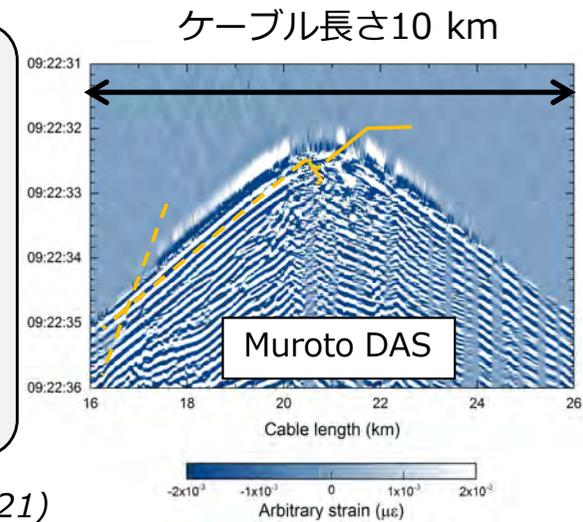
✓ 雑微動の相互相関解析から浅部S波構造を推定



3. 水中音響観測への適用性評価

✓ エアガンによる水中音波を記録。T波を用いた地震・火山活動検知の可能性を示す

Matsumoto et al. (2021)

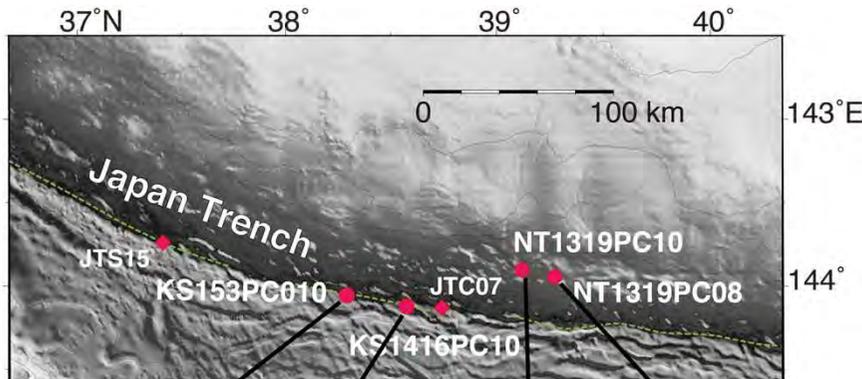


光ファイバケーブルを用いた連続観測を始めている。今後も観測データから新たな知見を得る取り組みを進める。

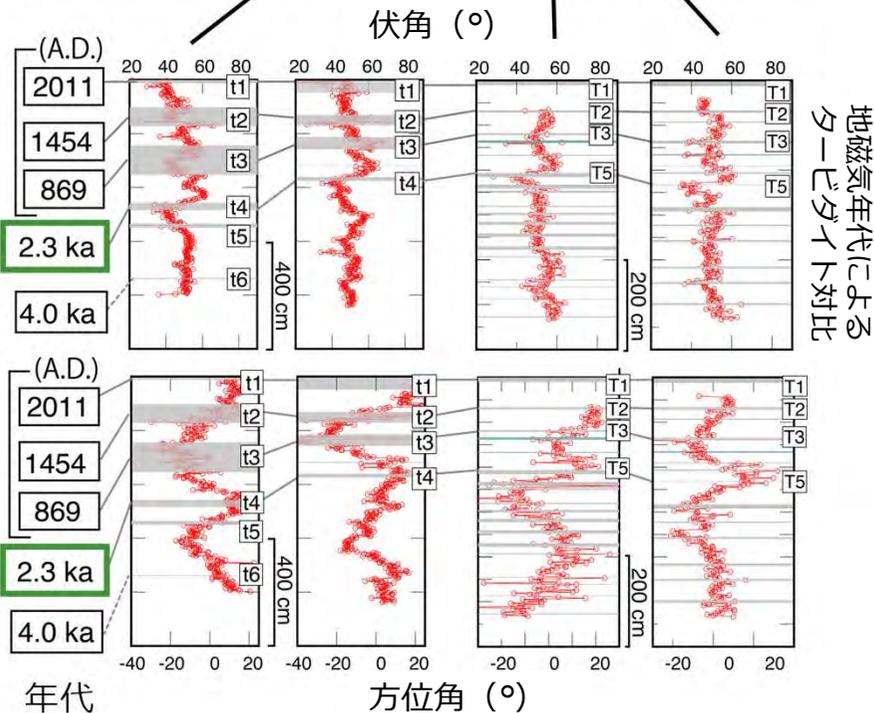
地震発生帯の実態把握：地震性タービダイトによる地震発生履歴

成果：日本海溝域の海底堆積物から、869年貞観地震以前の地震痕跡を確認した。

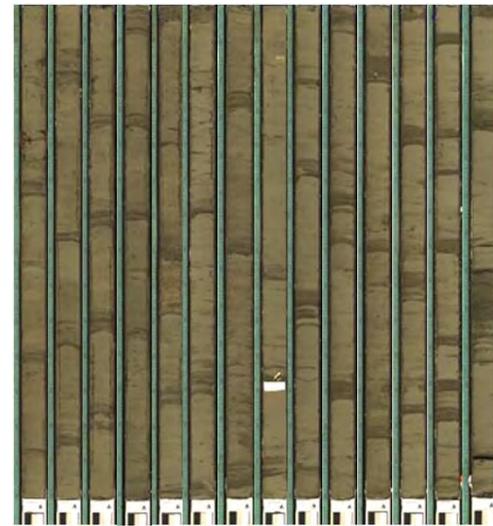
日本海溝域・海底堆積物採取地点



- ✓ 地磁気記録を活用した年代解析手法を開発
- ✓ 水深7000mを超える日本海溝域で採取した海底堆積物による地震履歴研究が可能
- ✓ これまで知られていた西暦2011年、1454年、869年地震に加えて、2300年前にも巨大地震が発生していた



南海トラフ・東海地震発生域

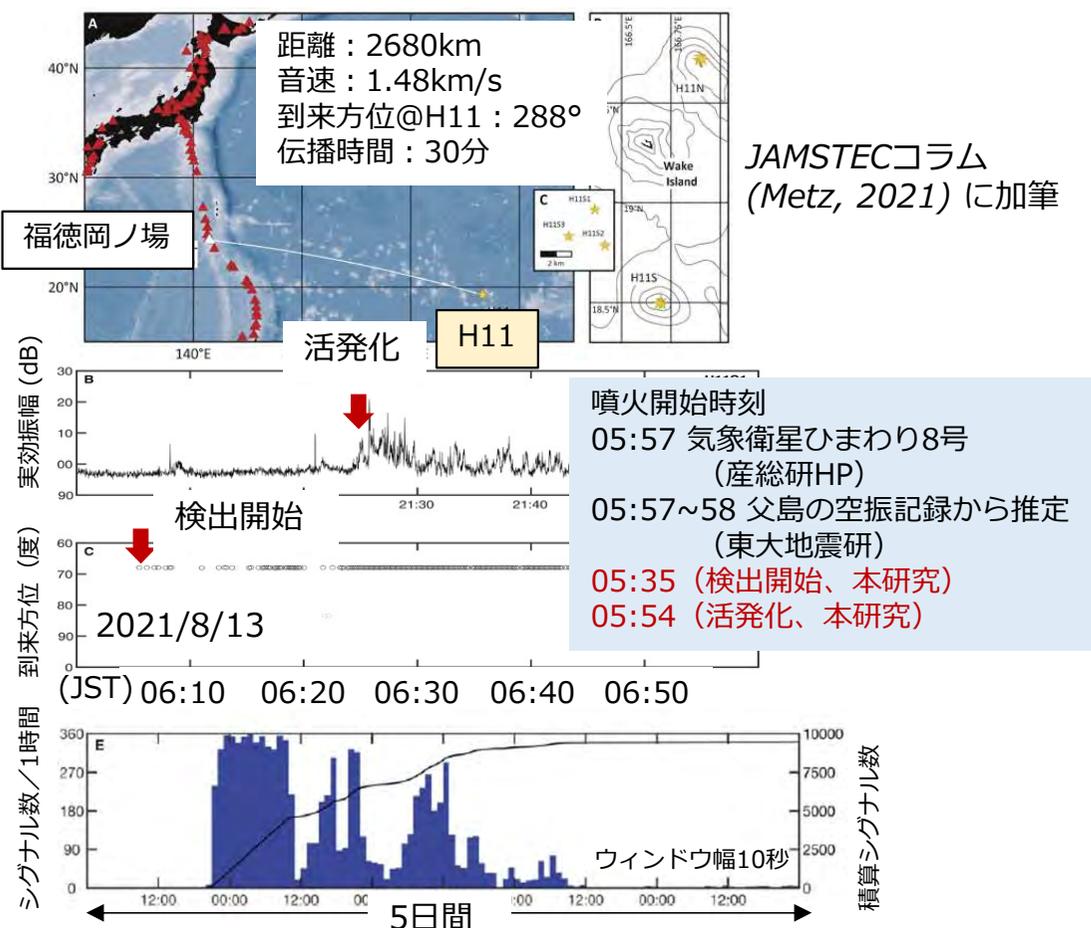


- ✓ 暗い色の部分が地震タービダイト層
- ✓ 約4万年相当の堆積物中に200を超える地震タービダイト層を確認

「ちきゅう」を用いた表層科学掘削プログラムで得られた東海沖の42 mの海底堆積物

海底火山の調査による活動履歴の理解と現状把握：福徳岡ノ場海底火山噴火緊急調査研究

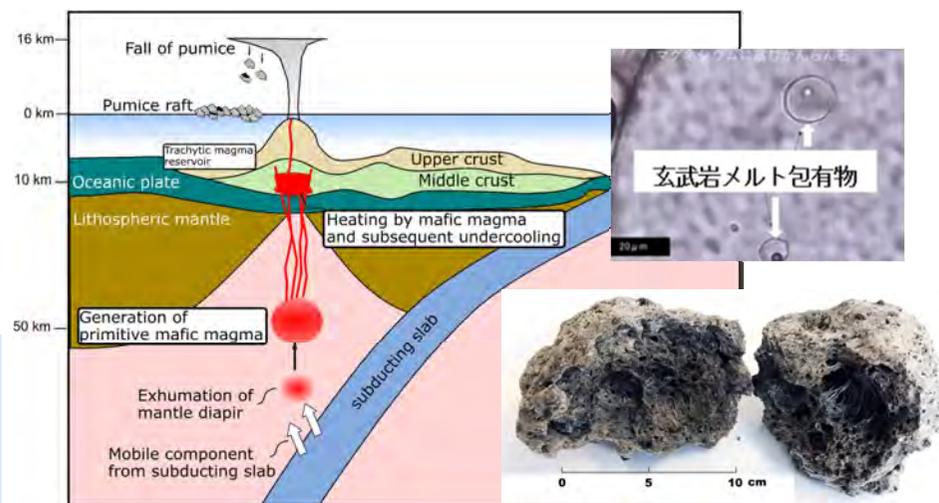
成果1：ハイドロフォン・アレイで火山活動に伴う水中音波を検出し、活動推移を追跡した。



- ✓ 火山活動の開始は衛星等の報告より20分早い
- ✓ 活発な活動は2日半継続
- ✓ 海域火山の活動監視に水中音波の利用が有効であることを示す

Metz (2022)

成果2：漂着軽石の分析から、爆発的な噴火のメカニズムを解明した。



- ✓ 多様性のある軽石の分析結果から、噴火モデルを構築
- ✓ 高温でガスなどの揮発性成分を多く含む玄武岩マグマの影響で、一部の粗面岩マグマの中に磁鉄鉱ナノライトが出来てマグマの粘性が桁違いに高くなった
- ✓ さらに、玄武岩マグマから生じた多くの熱やガスがマグマだまりに溜め込まれた結果、爆発的な噴火に繋がった

Yoshida et al. (2022)

今後、ハイドロフォンデータを利用した火山観測システムのリアルタイム化を検討する。