

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

プレート固着の現状把握と推移予測：地震発生サイクルモデルの妥当性検証

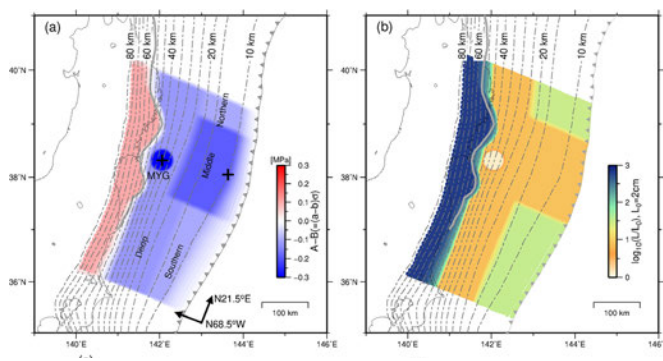
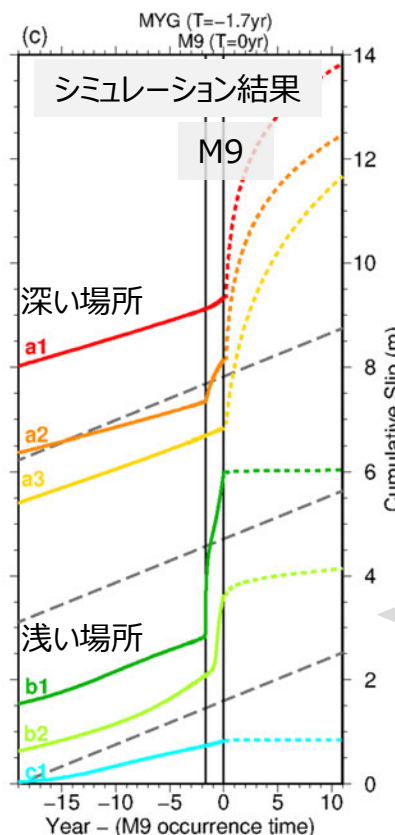
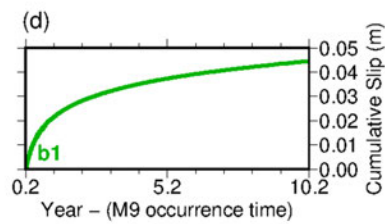
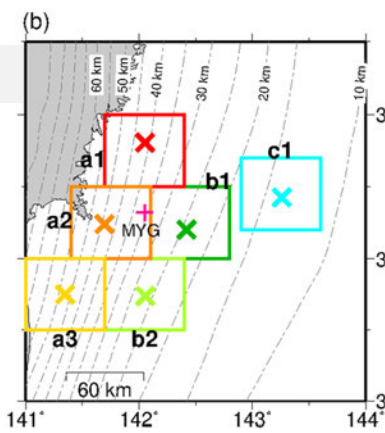
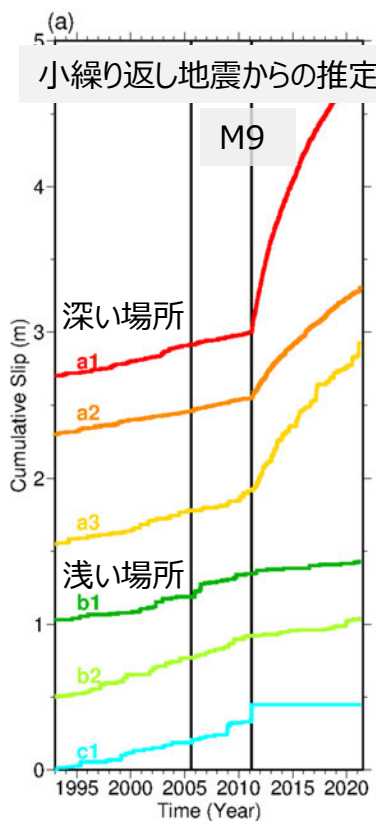
成果：推移予測に用いるモデルの妥当性検証を日本海溝域を対象に進めた。

- ✓ M9前後のすべりの時空間発展が定性的に整合していることを確認
- ✓ 従来再現できていなかった浅部でのM9後の固着状態を再現

Nakata et al (2023)

累積すべりの時間変化

設定した摩擦パラメータ分布



プレート境界でのすべり：
 ・M9前には、定常的なすべり
 ・M9後には、深い場所では余効すべり、
 浅い場所では固着

2005年 宮城沖 2011年 東北沖

----- プレート間相対運動から期待される累積すべり

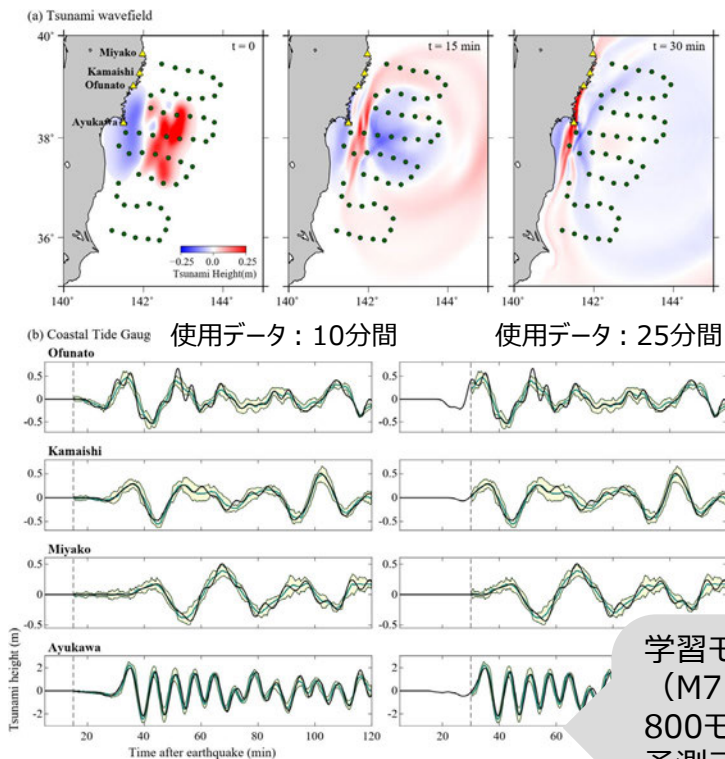
津波予測手法の高度化：DAEモデルを利用した沿岸津波予測手法の開発

成果：S-netデータを用いて手法の検証を行い、短時間で高精度な予測が可能であることを確認した。

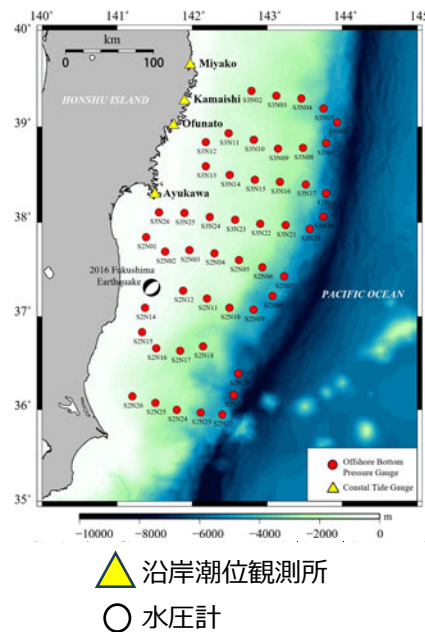
- ✓ 2016年の福島沖津波に適用。地震発生15分後に正確な最大振幅の再現性能を確認
- ✓ データ同化よりも短い時間で良好な予測精度を確認

Wang et al (2023)

学習に用いなかったモデルでの予測テストの例

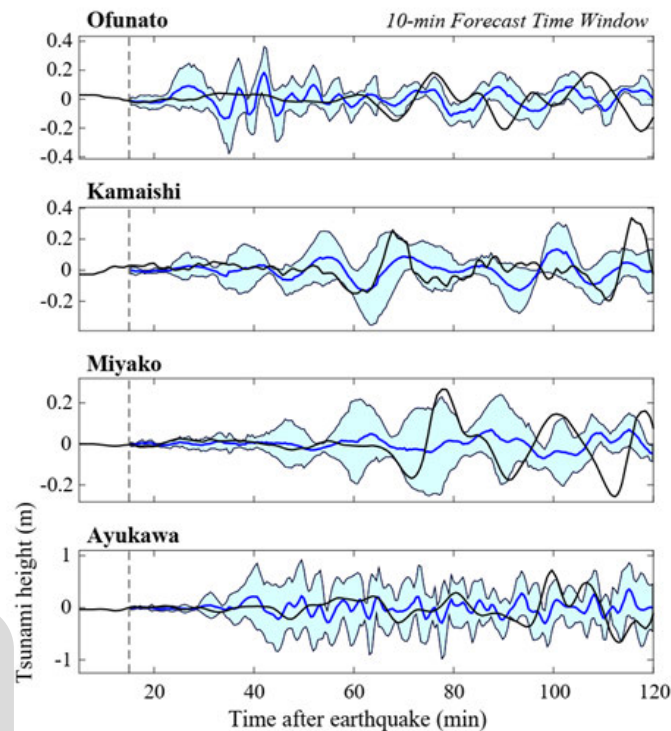


黒線：モデルでの計算値
 緑線：予測値
 緑ハッチ：予測誤差範囲



学習モデル：1000の波源断層モデル (M7.0-8.8) からランダムに選んだ800モデル
 予測テスト：残りの200モデル
 入力：水圧観測点(S-net)
 出力：沿岸潮位観測所4地点

2016年福島沖地震津波の観測値と予測値の比較



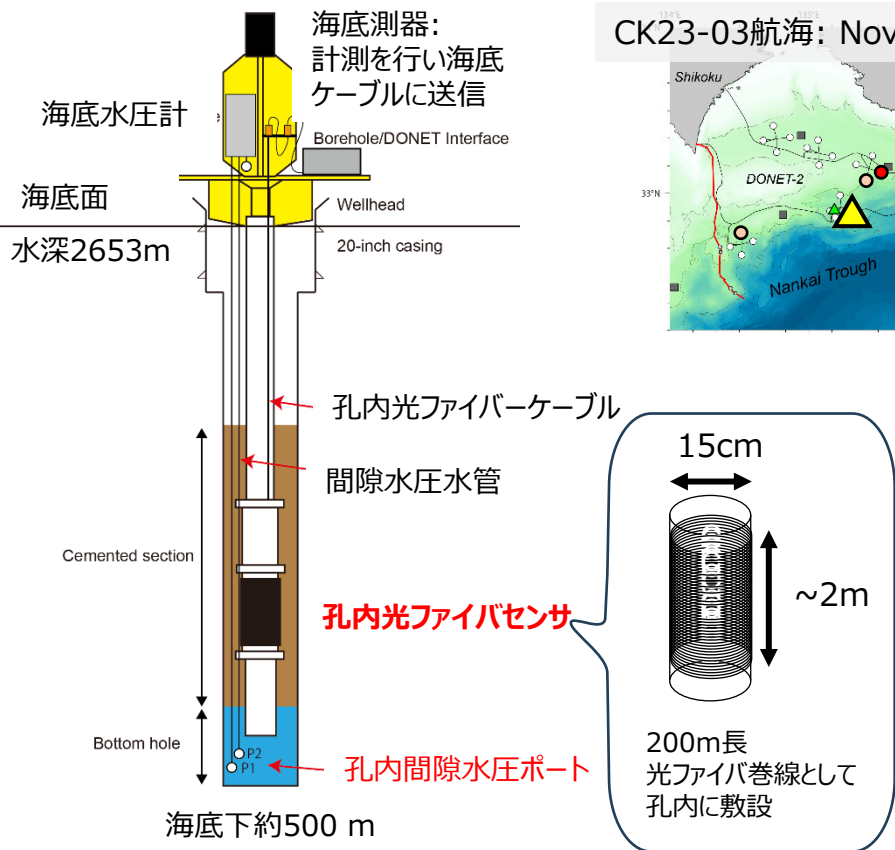
黒線：観測値
 青線：予測値
 青ハッチ：予測誤差範囲

地震発生過程の現状把握：海底孔内観測システムの構築

成果：新たな海底孔内観測システムを開発し、スロー地震発生域において運用を開始した。

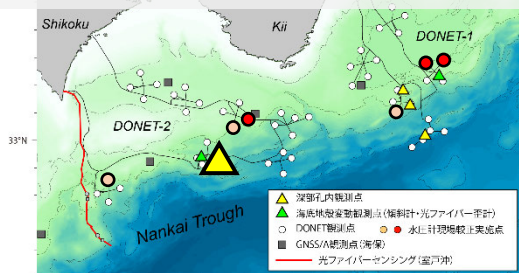
- ✓ 新開発の孔内光ファイバーセンサと実績のある孔内間隙水圧計を組み合わせたシステムを構築
- ✓ 紀伊水道沖に設置、DONET-2への接続に成功
- ✓ 高感度・高ダイナミックレンジに海底地震やゆっくりすべりに伴う地殻変動をリアルタイムに観測可能

孔内観測システム



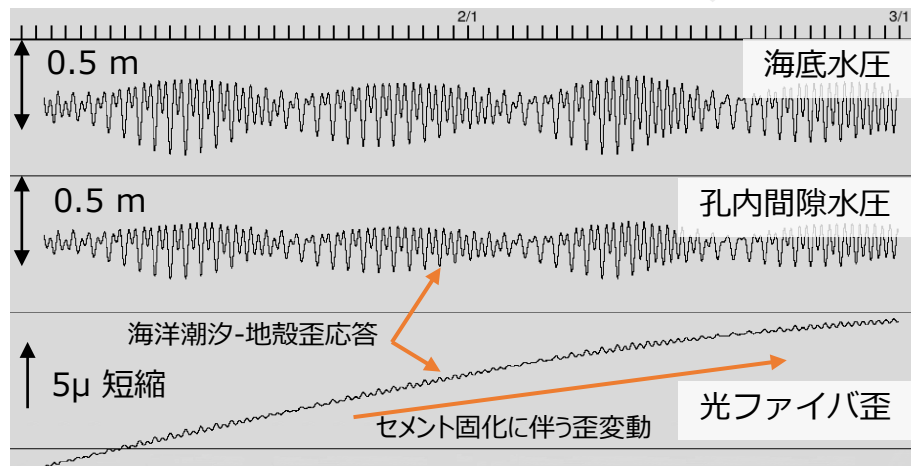
孔の掘削・センサの設置場所

CK23-03航海: Nov.6 - Nov. 28, 2023



孔内データ

初期観測データのQCを実施。孔内間隙水圧・光ファイバ歪は海洋潮汐によって生ずる地層歪が観測されるなど、良好な記録が得られている。気象庁南海トラフ地震評価検討会・地震調査委員会に観測結果の報告を開始した。



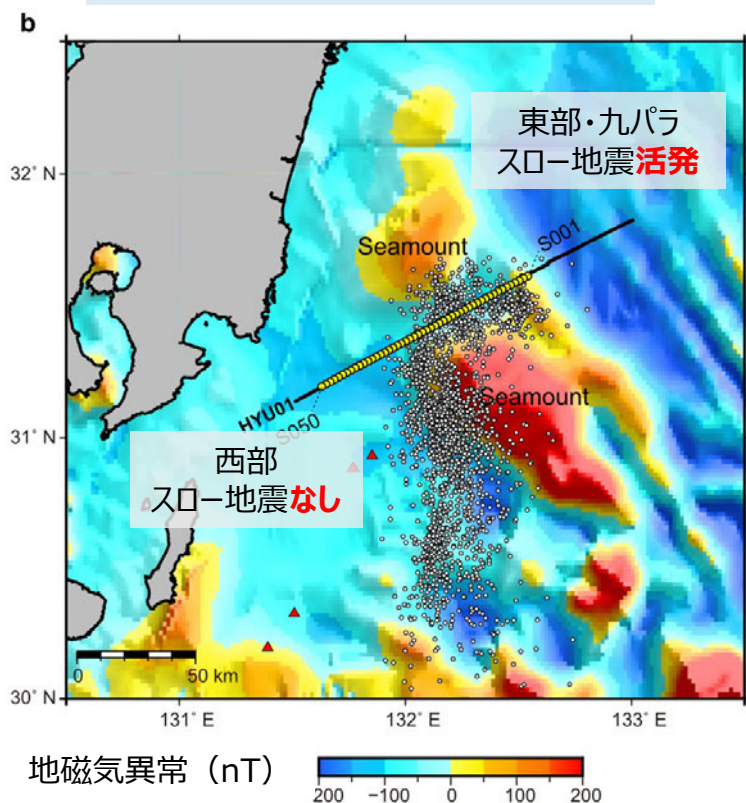
地震発生帯の実態把握：スロー地震活動と地下構造との関係

成果：日向灘の上盤プレート内に**低速度帯（流体経路）**を発見した。さらに、沈み込む海山の特徴とスロー地震分布の不均質性との関連を示した。

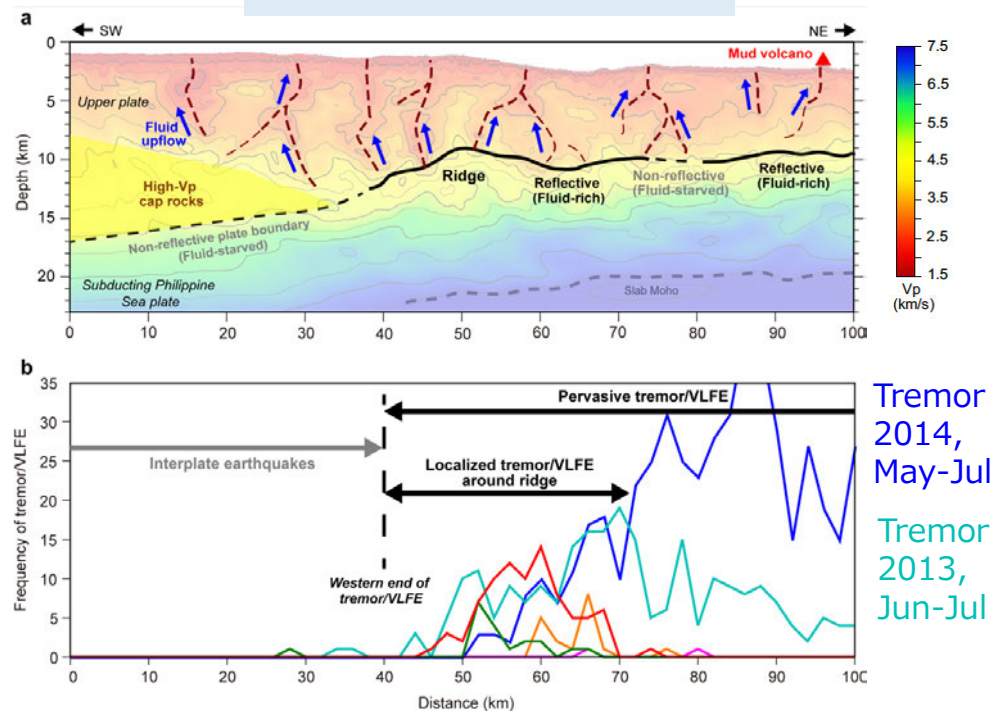
- ✓ 日向灘2km間隔OBS測線データを活用した波形インバージョンを実施
- ✓ **低速度帯は鉛直方向に発達**
- ✓ 九州パラオ海嶺沈み込みによる**流体の存在を示唆、泥火山の分布と整合的**
- ✓ 九州パラオ海嶺沈み込み場のプレート境界は高反射

Arai et al (2023)

探査測線（稠密OBS、反射法）



速度構造とスロー地震活動



今後、解析領域を足摺沖まで広げ、プレート固着／スロー地震発生域の詳細なプレート境界構造を明らかにする

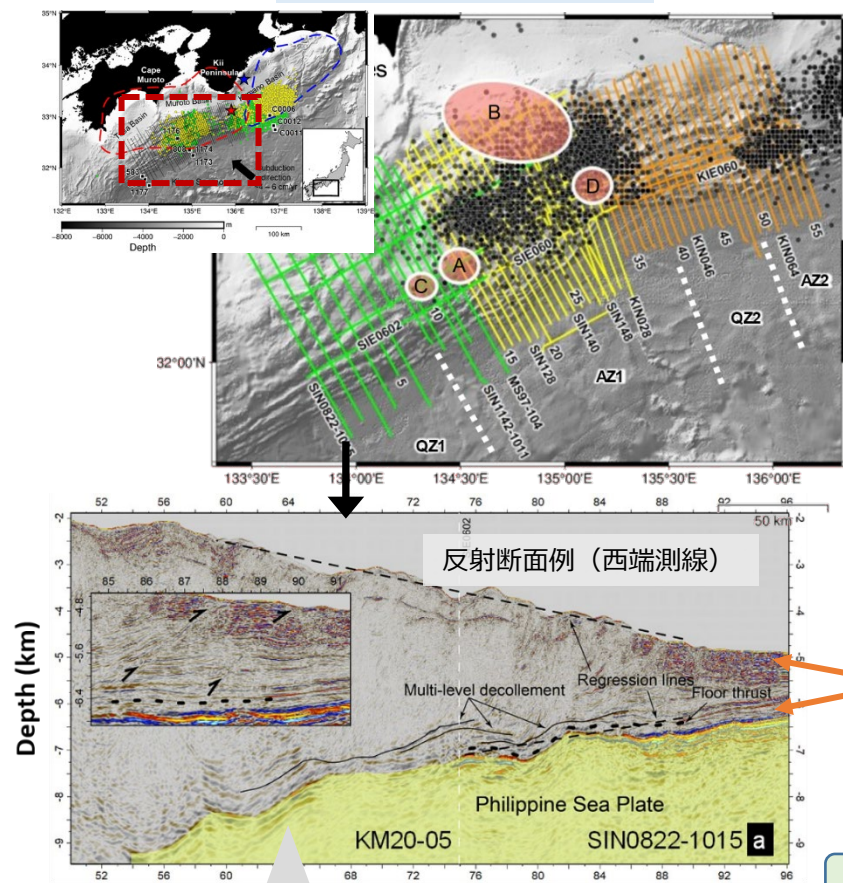
地震発生帯の実態把握：スロー地震活動と地下構造との関係

成果：複雑なプレート境界形状と浅部スロー地震活動との相関を明示した。

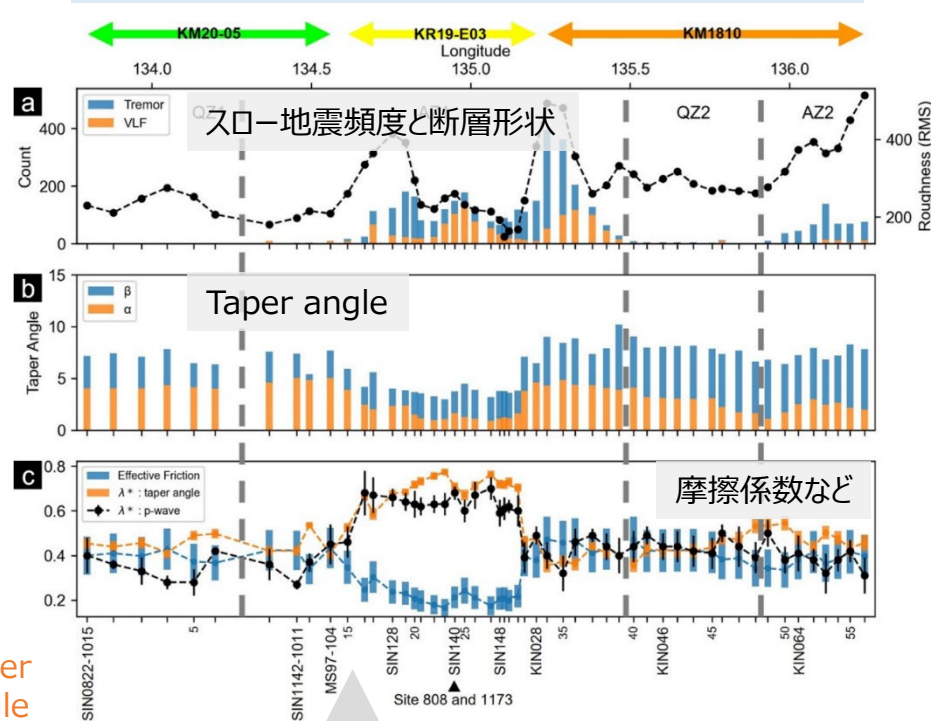
- ✓ 南海トラフ域における多量の反射断面図を定量的に分析
- ✓ プレート境界の断層形状や摩擦係数と固着／すべりに相関

Flores et al (2024)

反射法測線と断面図



断層形状や摩擦係数とスロー地震活動の相関



Critical Taper theory (Davis et al. 1983)に基づき有効摩擦係数を推定

今後、沈み込む海洋プレートの物性の違いがプレート境界断層に与える影響についても、物質科学研究と合わせた議論を進める

海底火山の調査による活動履歴の理解と現状把握：火山活動リアルタイムモニタリング

成果：複数の火山域においてDASを利用した試験観測を実施し成功した。

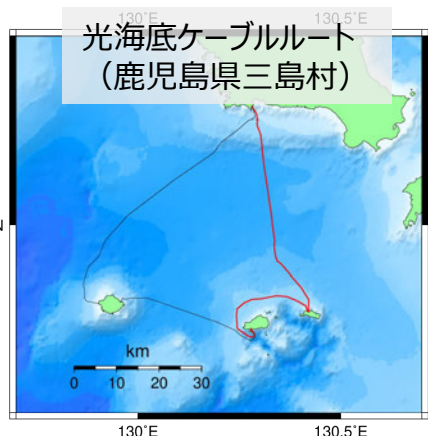
鬼界カルデラ

- ✓ 鬼界カルデラ付近で発生した可能性が高い小規模な地震活動を検出

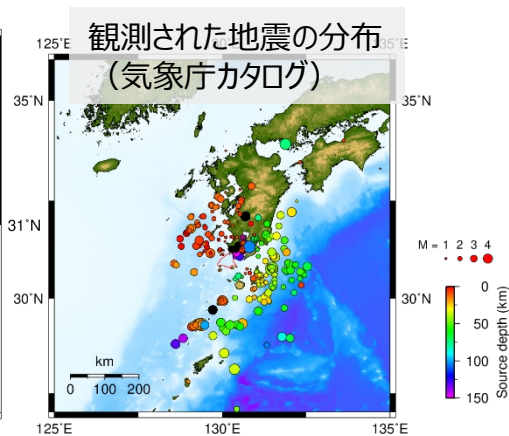
フンガトンガ

- ✓ DAS観測によるトンガ海域周辺での地震・火山活動モニタが可能であることを実証

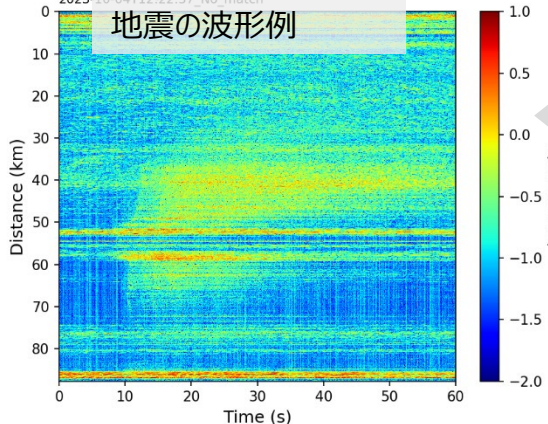
光海底ケーブルルート
(鹿児島県三島村)



観測された地震の分布
(気象庁カタログ)

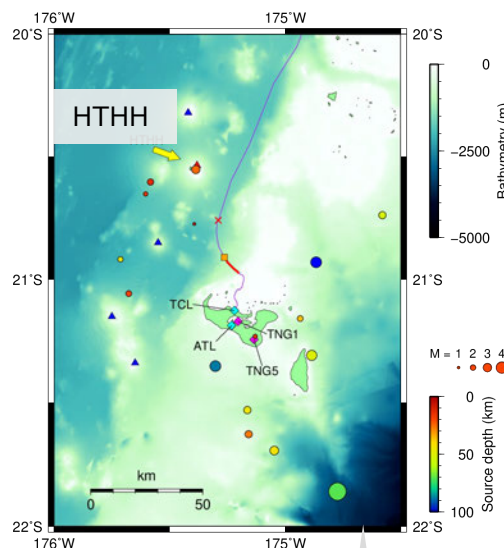


気象庁カタログに無い地震の波形例



観測点：
枕崎～硫黄島間
(赤線ルート)

観測期間：
2023年8月2日～
11月17日

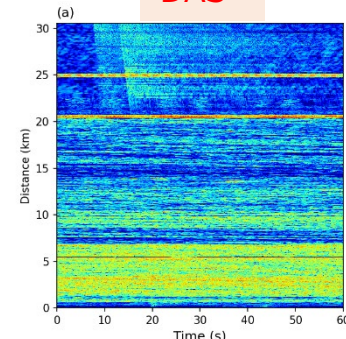


- ：検出した地震
- ▲：トンガ海域火山

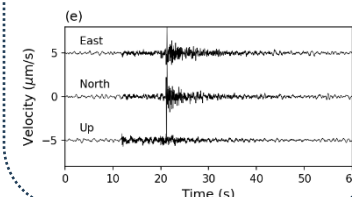
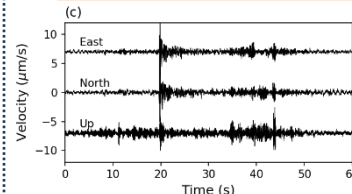
HTHH直下を含むトンガ本島周辺で、17個の地震を検知

HTHH下で起きた
同一の地震の波形例

DAS



トンガ本島の地震計



Nakano et al (2024)

海底火山の調査による活動履歴の理解と現状把握：噴火機構の実態解明

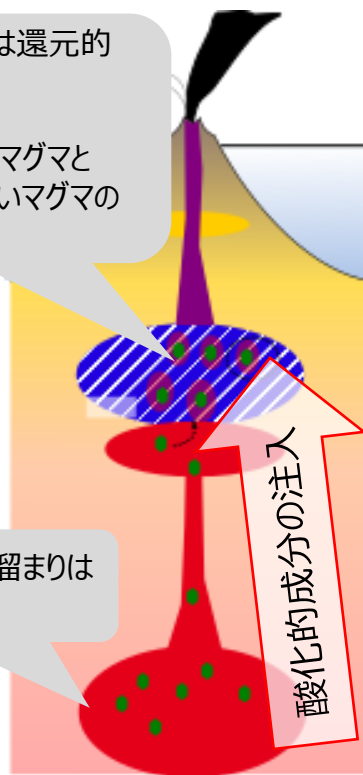
成果：岩石試料の分析により福徳岡ノ場と西之島における火山噴火過程を推定した。

- ✓ 二つの噴火は**深部からの苦鉄質マグマによる酸化**という共通の特徴を持つことを特定
- ✓ マグマ溜まりでの酸化還元による化学反応が大規模な噴火を引き起こした可能性を指摘

西之島の噴火(2020年)

浅部の安山岩マグマは還元的
~1000°C

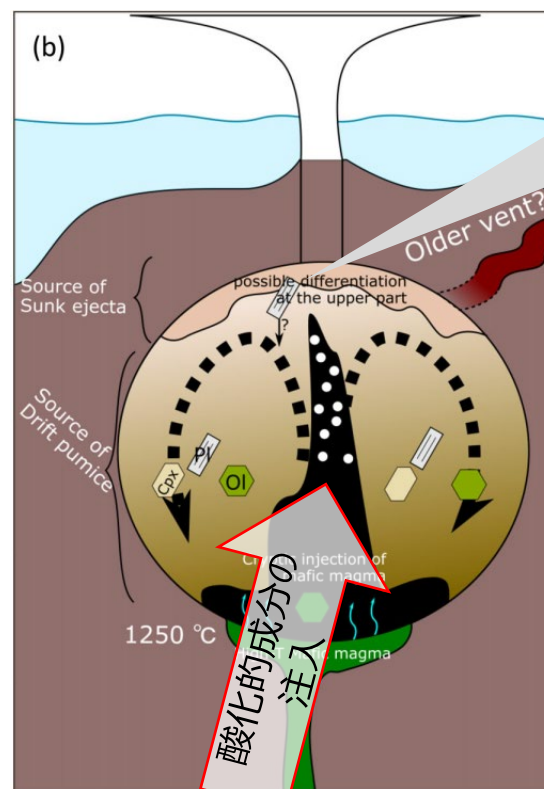
還元的・SiO₂に富むマグマと
酸化的・SiO₂に乏しいマグマの
混合が生じる



深部の玄武岩マグマ溜まりは
酸化的

Yoshida et al (in prep)

福徳岡ノ場の噴火(2021年)



漂着軽石中の捕獲岩からマグマ溜まり上部に見られる特定鉱物（長石）の濃集とその形成機構を見出し、マグマ溜まりの構造を明らかにした



Yoshida et al (in printing)

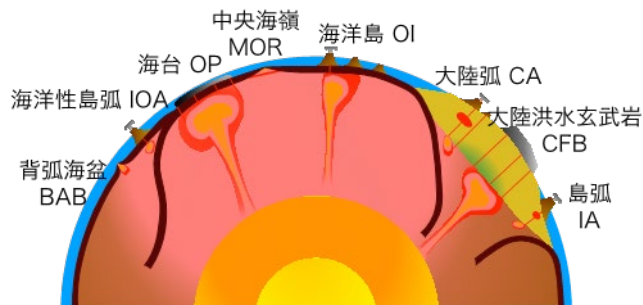
今後も、調査航海と室内実験から噴火機構を推定し、活動予測への貢献を図る

データ駆動科学を用いた数理解析：全地球火山岩化学組成の解析

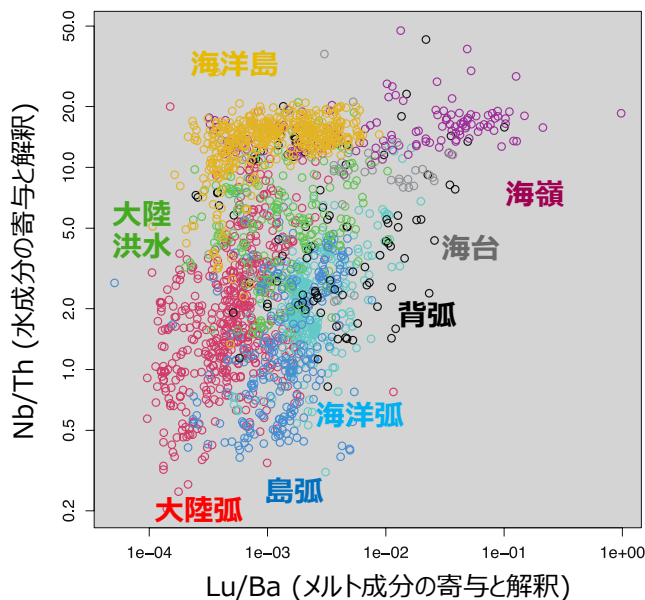
成果：未知火山岩試料の起源テクトニクスを確率的に識別するモデルを構築した。

- ✓ 多量の化学組成の特徴量を入力データとして機械学習手法（スパースモデリング）により解析
- ✓ テクトニクスごとにマグマの化学的特徴を抽出、その特徴を用いてマグマの起源を特定可能

8つのテクトニクス



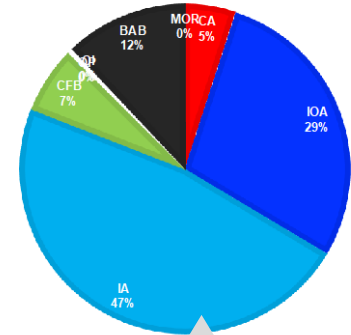
抽出された化学的特徴量



結果例

03060426 (Akita-komagatake; Ueki and Iwamori, 2017)

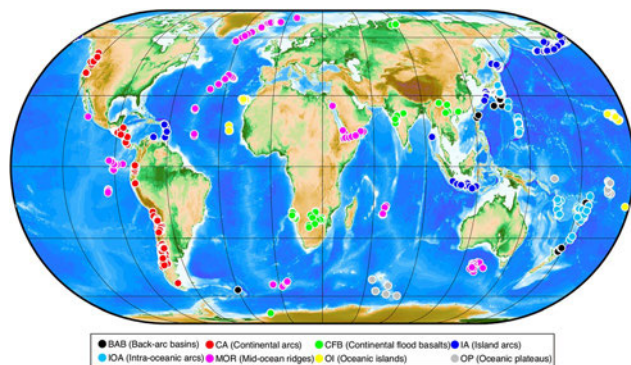
Legend: CA (red), IOA (blue), IA (cyan), CFB (green), OP (grey), OI (yellow), BAB (black), MOR (purple)



火山岩の各テクトニクスへの所属確立を計算

Ueki et al (2024)

学習に使用した火山岩試料の空間分布



今後、テクトニクス場の化学的特徴から、プレート運動・マンテル対流がマグマ活動・物質分化に果たす役割の解明につなげる

今後、火山岩を用いた詳細・定量的な古テクトニクスの解明を目指す

「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5年度成果概要

産業技術総合研究所

AIST01: 活断層データベースの整備

AIST02: 主要活断層帯から生じる連動型地震の古地震学的研究

AIST03: 地質調査に基づく火山活動履歴の解明と年代測定手法の高度化

AIST04: 津波浸水履歴情報の整備

AIST05: 地質調査と実験に基づく、断層の力学挙動についての三次元モデルの構築

AIST06: 火山性流体観測に基づく噴火発生過程および火山活動推移の解明

AIST07: 高分解能地殻応力場の解明と造構造場の研究

AIST08: 海溝型巨大地震の履歴とメカニズム解明

AIST09: 地下水・地殻変動観測による地震予測精度の向上

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

AIST11: アジア太平洋地域地震・火山ハザード情報整備

AIST01: 活断層データベースの整備

1. 新規データの入力

活断層調査文献の調査地情報入力作業として、「活断層評価の高度化・効率化のための調査 成果報告書」2編(令和2年度、令和元~3年度)、「連動型地震の発生予測のための活断層調査研究 成果報告書」(令和2年度、令和3年度)、学術雑誌掲載論文2編について、調査地情報(調査地の位置、調査方法、変位量、変位基準年代、平均変位速度等:約20~110項目)を入力した。

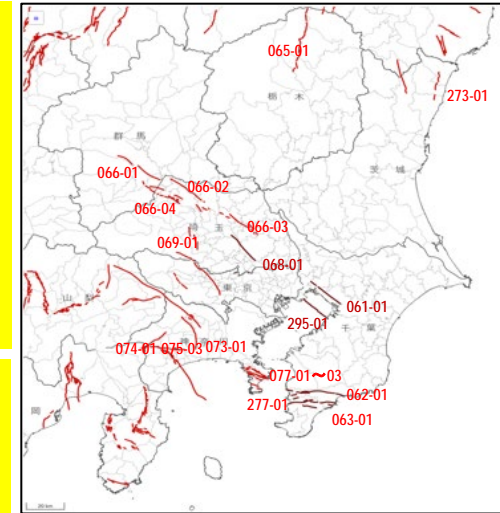
2. 位置精度向上に関わるデータ更新

2-1 調査地情報の位置精度向上

神奈川県に分布する活断層の調査地241地点について、活断層データベースに登録されている調査地点の位置精度を確認し、必要に応じて修正する作業を実施した。

2-2 活断層線の高精度化

関東地方に分布する20の活動セグメントについて、縮尺2万5千分の1の地図上に図示できるように活断層線の位置情報を高精度化した。



3. 表示システムの改善

3.1 ズームレベルの変更

活断層線の高精度化作業が完了した活動セグメントから順次、活断層データベースで詳細な活断層図を公開できるようにするため、特定の活動セグメントのみについてマップのズームレベルをより変更できるように表示システムの改修を進めた。

3.2 調査地点の吹き出しを改善

マップに表示させた調査地点をクリックしたときに現れる吹き出しについて、調査地点の属性にかかわるいくつかの項目を表示させるようにした。



表示縮尺を2.5万分の1の地図画像等で表示

ワンクリックで断層パラメータを表示

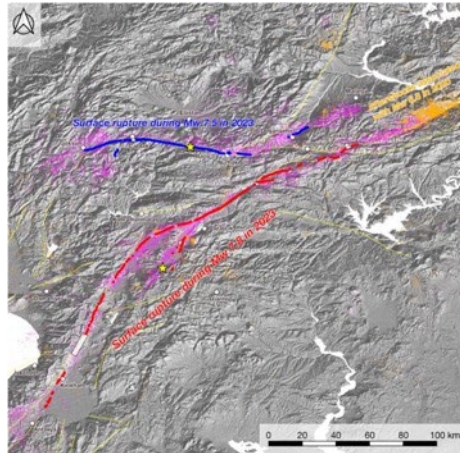
断層のずれの種類や断層面の傾斜方向が一眼で分かる

今後の計画

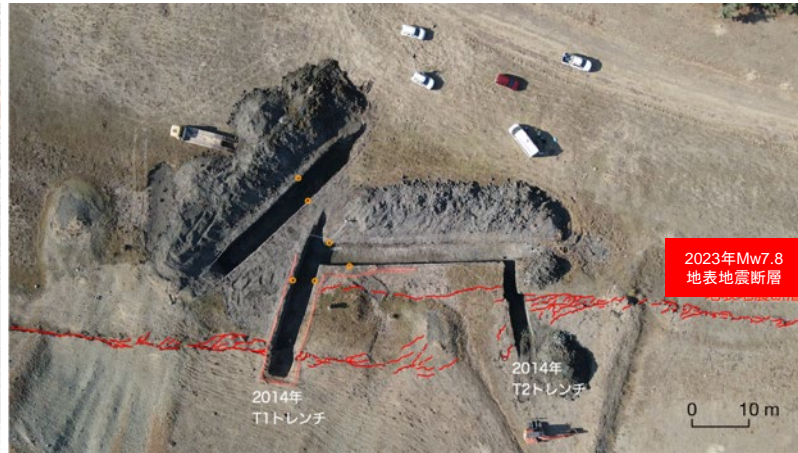
知的基盤整備計画(第3期)において、令和12年度末までに全ての調査地と断層の位置精度の改善を終了させる予定としている。

AIST02: 主要活断層帯から生じる連動型地震の古地震学的研究

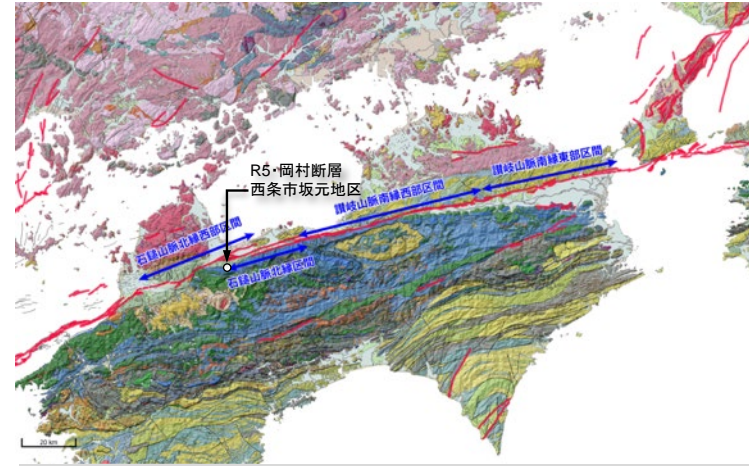
- トルコ・東アナトリア断層系で生じた、Mw7.8およびMw7.5の大地震に伴う地表地震断層と変位量分布を明らかにした。
- Mw7.8の地震断層上で2014年トレンチを再掘削し、地震前後のトレンチの比較検討や2023年地震時変位を復元した。
- 「長大な活断層帯で発生する地震の評価手法に関する調査研究」(R5-7年度)の一部として、中央構造線断層帯の岡村断層において変位履歴調査を実施し、過去3回の活動時期・地震時変位量、連動間隔を明らかにした。



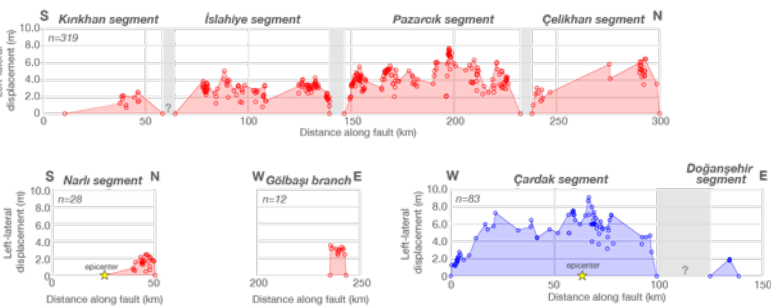
Mw7.8・Mw7.5の地表地震断層と震源分布 (GSJ web site)



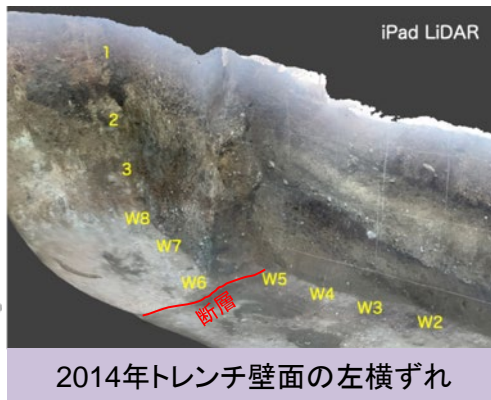
2014年トレンチ(T1およびT2)の再掘削と3Dトレンチ調査



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

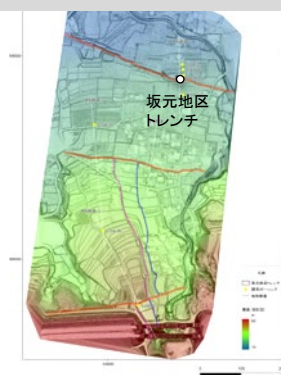


Mw7.8およびMw7.5の地震に伴う左横ずれ変位量の分布



2014年トレンチ壁面の左横ずれ

ドローンLiDARによる0.1mDEM



坂元地区トレンチ西壁面

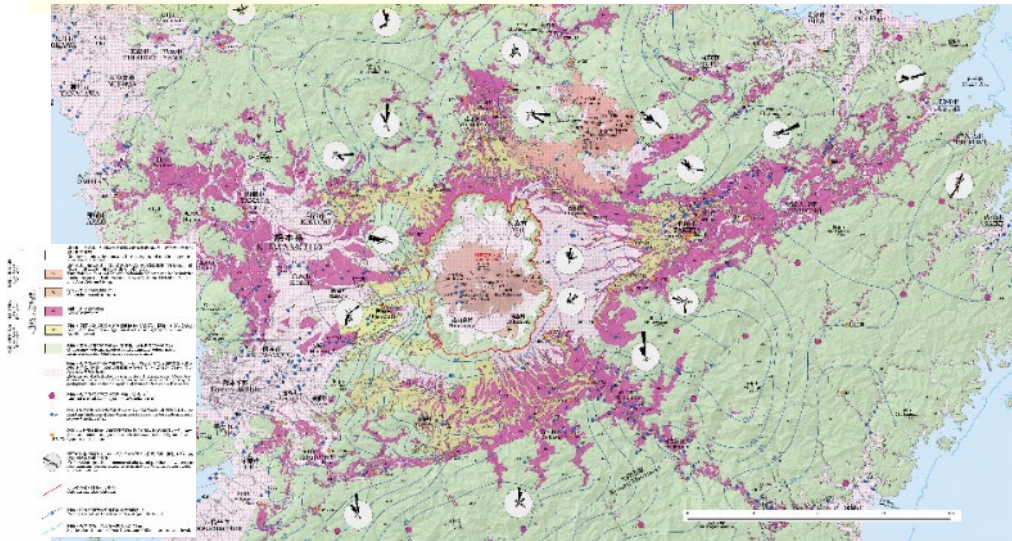


成果公表:産総研-GSJウェブサイト、近藤、第四紀研究(印刷中)、文科省委託事業「連動型地震の発生予測のための活断層調査研究」成果報告書の一部等で公表した。

AIST03: 地質調査に基づく火山活動履歴の解明と年代測定手法の高度化

- 将来噴火する可能性の高い活火山の中長期的活動評価と予測のため、秋田焼山・御嶽山・雌阿寒岳各火山地質図の取りまとめを進め、秋田焼山の完新世噴火史を雑誌「火山」で公表した。
- 伊豆大島で陸上から沿岸部水深 400 m 程度までの範囲をカバーする陸海シームレス赤色立体地図を作成し、火口位置と噴火履歴を盛り込んだ噴火口図を作成・公表した。岩木山では地表踏査による噴火履歴調査を続けた
- 大規模火砕流分布図シリーズとして「阿蘇カルデラ阿蘇4火砕流堆積物分布図」「阿蘇カルデラ阿蘇3火砕流堆積物分布図」を整備した。
- 活動的火山で高分解能な噴火履歴を解明するために、御嶽火山・秋田焼山等の岩石試料を対象とした感度法 K-Ar 及び Ar/Ar 年代測定を実施し、10 万年前より若い火山噴出物の噴火年代を明らかにした。
- 日本列島の火山の地質情報を最新の知見に基づいて収集整理し、日本の火山データベースを更新・拡充させた。

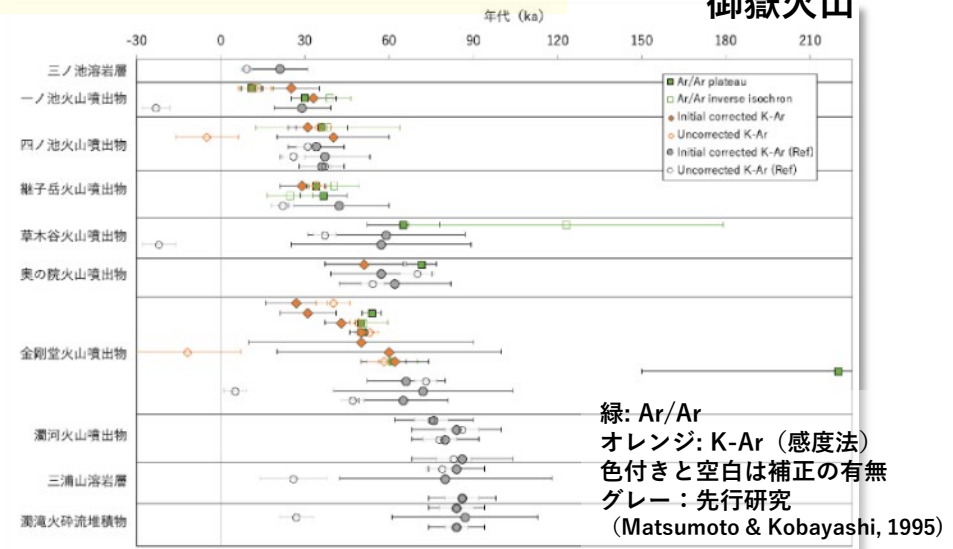
大規模火砕流分布図シリーズ



大規模火砕流分布図シリーズ「阿蘇カルデラ阿蘇4火砕流堆積物分布図」(宝田ほか, 2023)

低頻度大規模災害対策の基礎資料として阿蘇カルデラの大規模噴火堆積物の地下や海底を含めた分布図・解説書を整備して公表

若い火山岩の年代測定技術開発



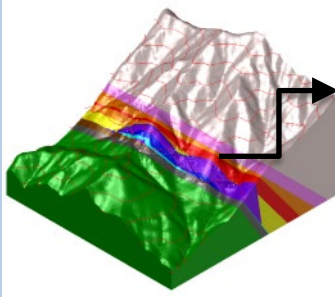
若い火山岩の年代測定技術の開発

10万年前より若い火山噴出物を効率的かつ高精度で測定できる年代測定手法として感度法 K-Ar 年代測定及び Ar/Ar 年代測定手法を開発した。

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

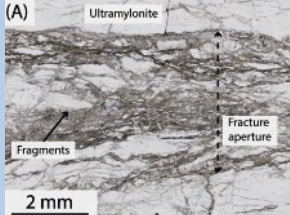
- ・ 内陸断層の脆性-塑性遷移領域において、延性変形により破壊が開始する（延性破壊）。
- ・ 延性破壊が作る構造の空間的広がり、断層面全体に及ぶ。
- ・ 延性破壊そのものが地震の破壊核形成の機構として働いている可能性がある。

1. 脆性-塑性遷移領域付近で形成した延性剪断帯の露出

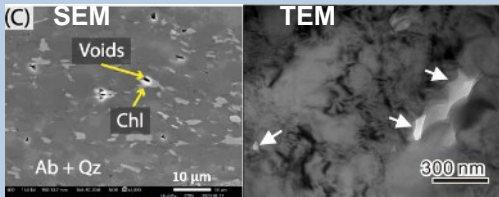


研究対象の延性剪断帯
 温度: 300~350 °C
 差応力: 100~200 MPa
 ↓
 脆性-延性遷移領域
 付近で形成

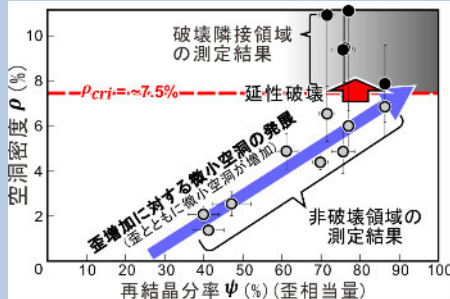
2. 延性破壊による破壊開始



マイロナイト中のクリープキャビテーション



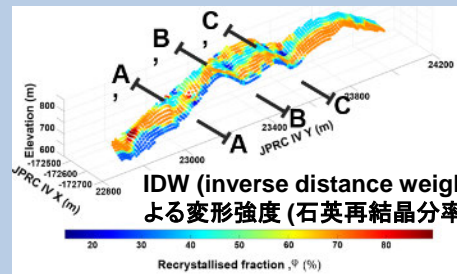
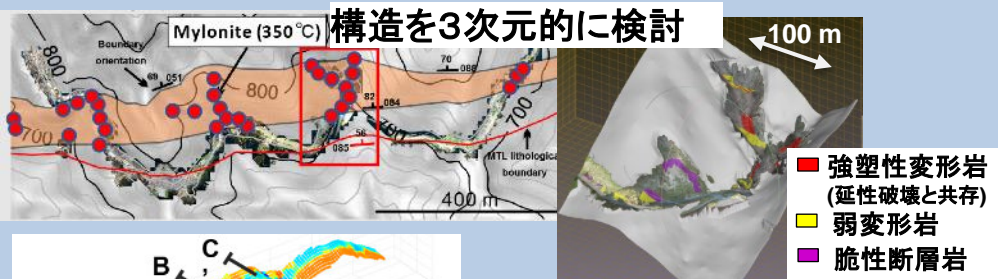
強変形部に見られる破壊構造



ウルトラマイロナイトの複数領域で測定した再結晶分率測定(歪相当量)と空洞密度の関係。空洞密度は再結晶分率とともに増加し、7.5%を超える空洞密度は破壊と隣接する場所では認められない。

↓
 クリープキャビテーション
 による延性破壊の発生

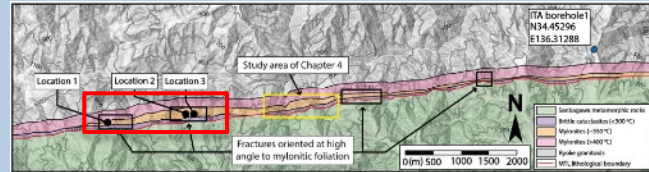
3. 延性破壊が作る構造のひろがり



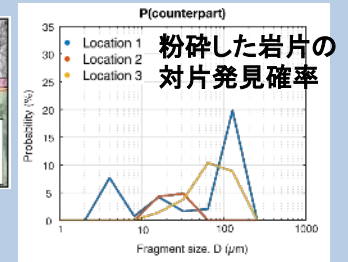
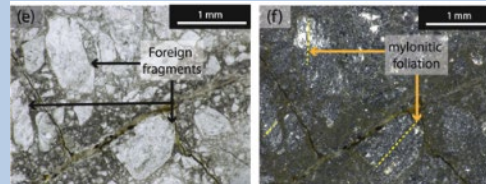
1.2 km に渡り延性破壊を伴う
 強塑性変形の構造は連続
 断層面全体に広がる

↓
 延性破壊は断層の
 力学挙動を支配

4. 延性破壊と高速変形(地震)



調査範囲西部で高速変形を示す破壊構造



↓
 対片発見確率が小 →
 高速変形(地震)
 延性破壊が高速変形(地震)につ
 ながった可能性がある。

AIST06:火山性流体観測に基づく噴火発生過程および火山活動推移の解明

・火山ガス組成・放出率観測

信州大学と共同で焼岳にて火山ガス観測を実施した。

・伊豆大島での電磁気・熱的観測

熱水系数値シミュレーションによる自然電位分布計算を行い、自然電位・地中温度の連続観測を実施した。

焼岳にて火山ガス観測を実施

- 各噴気地帯の火山ガス組成を測定
- 醇ヶ池火口・北峰南に存在する噴気の火山ガス組成の詳細を把握



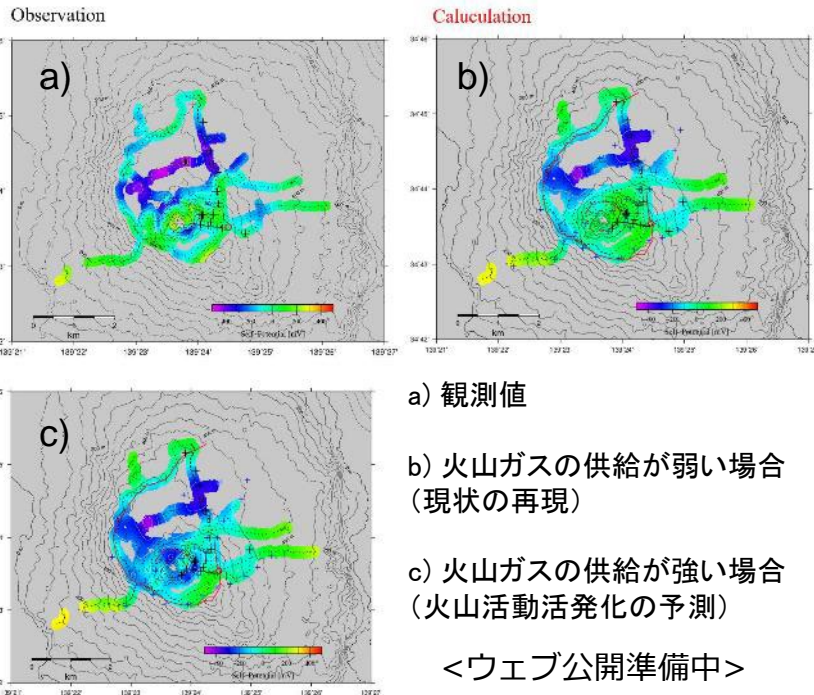
醇ヶ池火口の噴気分布。

1, 2, 3の場所に噴気が集中し、それぞれ異なる組成を持つことがわかった

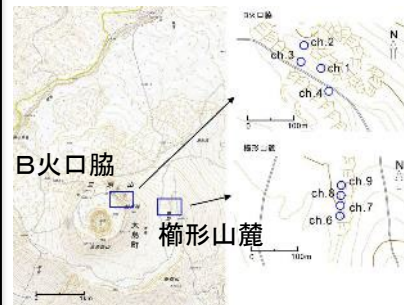
	観測日	CO ₂ /H ₂ S	H ₂ O/H ₂ S	H ₂ S/SO ₂	log ₁₀ (SO ₂ /H ₂ S)	H ₂ /H ₂ S	AET ¹⁾
1962-63火口	2022/10/19	5.5	190	-	-	-	-
北峰南	2022/10/19	2.7	39	760	-2.9	-	-
醇ヶ池火口	2022/10/19	9.9	280	62	-1.8	-	-
岩坪谷	2022/11/02	11	210	2.1	-0.33	0.017	410°C
醇ヶ池火口1	2023/11/09	13	390	50	-1.7	-	-
醇ヶ池火口2	2023/11/09	8.8	280	300	-2.5	-	-
醇ヶ池火口3	2023/11/09	9.7	290	240	-2.4	-	-
北峰南上	2023/11/09	3.2	81	370	-2.6	-	-
北峰南下	2023/11/09	2.8	94	1200	-3.1	-	-
黒谷火口1 ¹⁾	2023/11/09	64	16000	2.2	-0.35	-	-
黒谷火口2 ¹⁾	2023/11/09	0.58	58	38	-1.6	-	-

表1. 焼岳のマルチガス観測による火山ガス組成
¹⁾Ohba et al. (1994)のパラメータを採用して計算した。
²⁾火山ガス濃度が薄いため、参考値。

熱水系数値シミュレーションによる自然電位分布

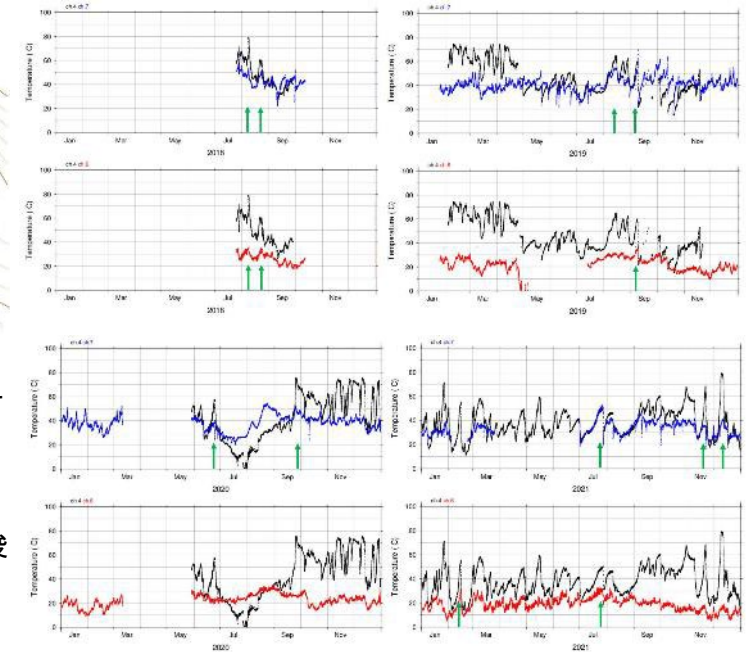


地中温度の連続観測



- B火口脇と楡形山麓で同期するタイミング(緑矢印)がある。
- 火口原規模での熱活動の高まりを示すことがあることを示唆している。

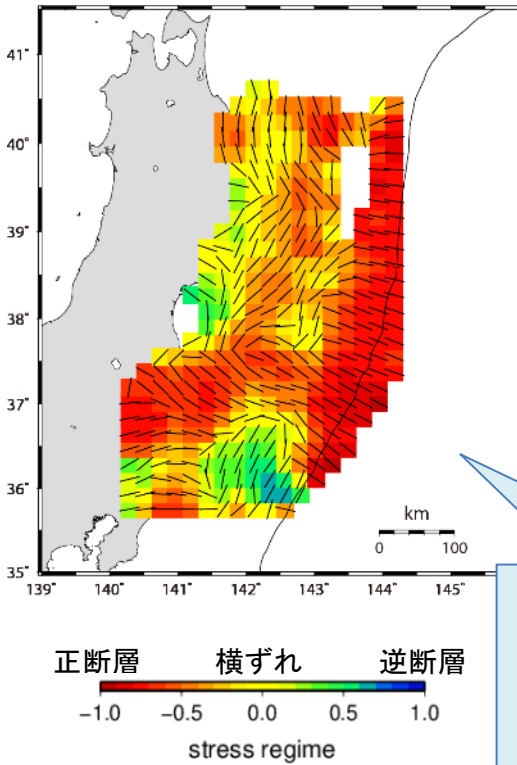
<ウェブ公開準備中>



AIST07: 高分解能地殻応力場の解明と造構造場の研究

●東北地方沿岸海域の応力マップの試作

Shmin方位と応力場



F-net解を使った予察的な結果

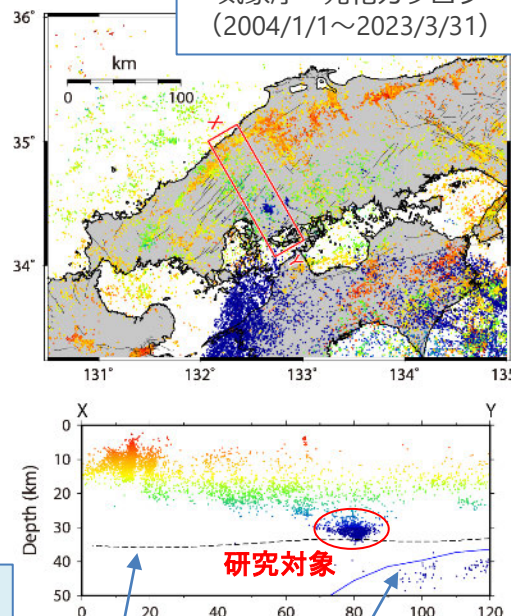
1997/1/1~2022/12/31の上盤側の地震を使用

今西ほか(2019)による簡便法により推定

・広い範囲で伸張場が卓越しているが、非常に複雑
・テクトニックな解釈が今後の課題

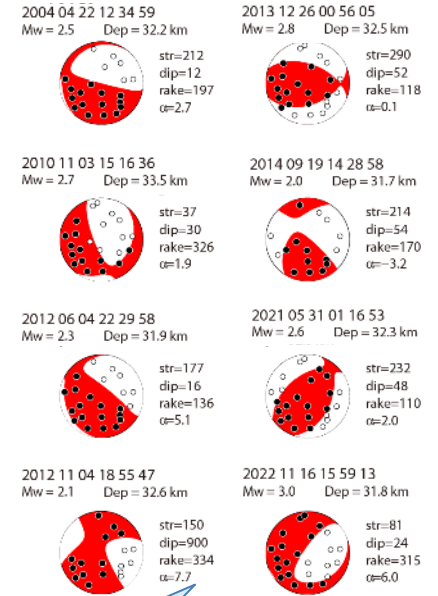
●広島県西部直下の下部地殻地震のモーメントテンソル解析 (今西・内出, 日本地震学会2023年度秋季大会)

気象庁一元化カタログ (2004/1/1~2023/3/31)



フィリピン海プレート (気象研・弘瀬氏コンパイル)
モホ面 (Matsubara et al., 2017)

結果の一例



・様々な断層タイプが存在
・微小だが有意な非ダブルカップル成分を含む

↓
流体関与を示唆

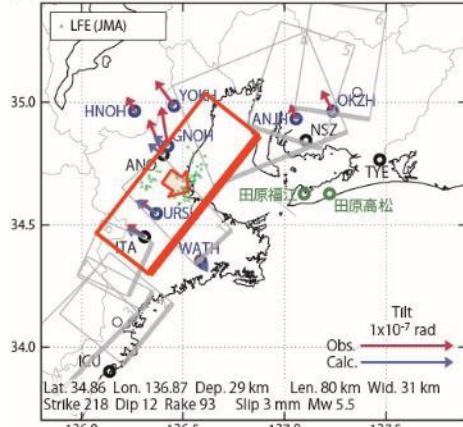
・東北地方沿岸海域における応力マップを試作した(左図)。

・下部地殻地震のモーメントテンソル解を推定し、様々な断層タイプ、非ダブルカップル成分など、流体関与を示唆するデータを得た(右図)。

AIST09: 地下水・地殻変動観測による地震予測精度の向上

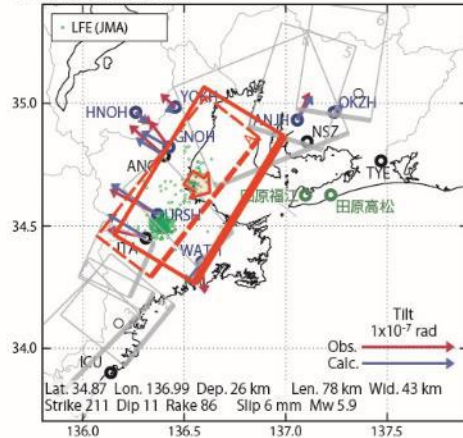
[A] 2023/03/26-28

(b1) 推定した断層モデル



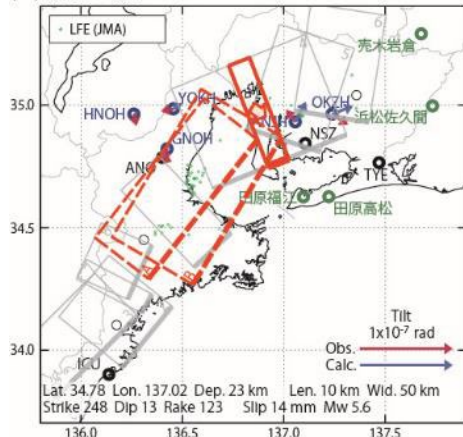
[B] 2023/03/29-31

(b1) 推定した断層モデル



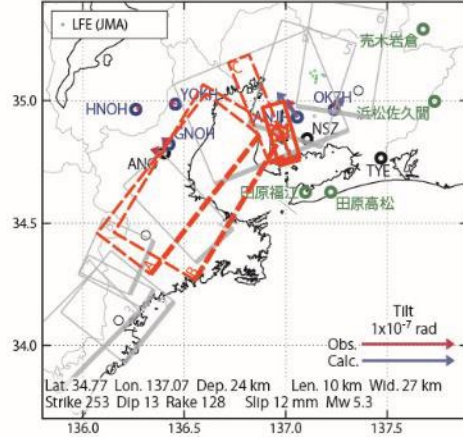
[C] 2023/04/01-04

(b1) 推定した断層モデル

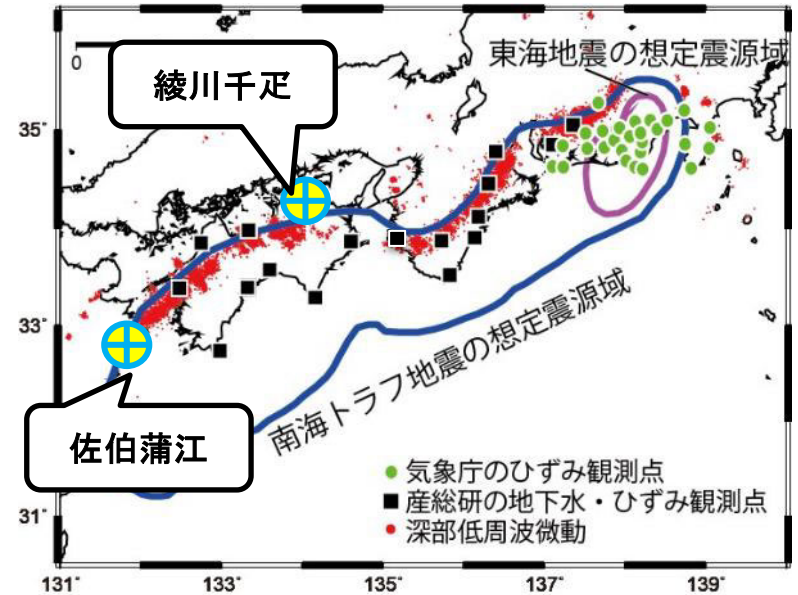


[D] 2023/04/05-07

(b1) 推定した断層モデル



- 産総研の観測点
- 気象庁の観測点
- 防災科研の観測点



データ蓄積を開始した綾川千疋観測点と新規に整備した佐伯蒲江の位置

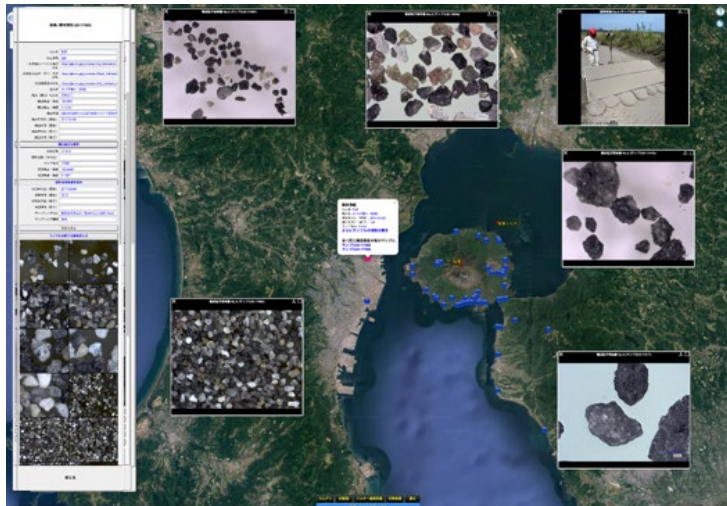
産総研・防災科研のひずみ・傾斜データにより決定したSSEの断層モデルの位置の一例(落・他, 2023)。緑色の丸は同期間の気象庁一元化震源カタログによる深部低周波地震(微動)の震源位置。

・産総研と防災科研および気象庁との共同研究に基づき、3機関のひずみ・地下水・傾斜データをリアルタイムで共有して南海トラフ周辺地域の短期的ゆっくりすべり(SSE)を解析し、2022年11月～2023年10月(1年間)で計40イベントを検出した。SSE断層モデルの推定結果は地震予知連絡会報に掲載した(落・他, 2023; 矢部・他, 2024)。

・南海トラフ地震モニタリングのための地下水等総合観測施設の整備については、新規に完成した綾川千疋観測点のデータ蓄積を開始した。新規に佐伯蒲江観測点を完成させた。

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

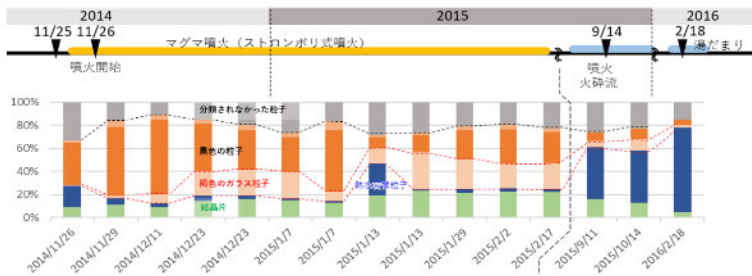
- ・火山灰画像データを中心とした「火山灰データベース」の公開とデータの拡充した。
- ・火山灰画像データの粒子自動分類アルゴリズムの構築と火山灰データベースを用いた教師データ群の作成を行った。
- ・未知試料に対する分類の自動化・高速化し、噴火推移に即応した解析を実現した。



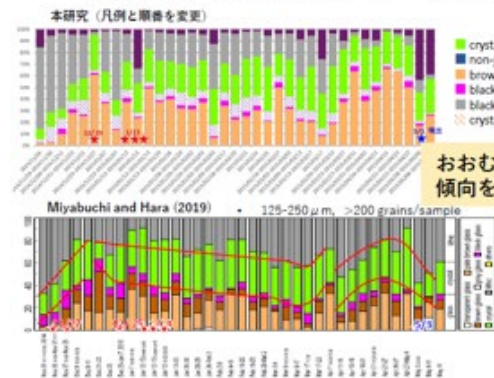
公開中の火山灰データベース

未知試料（阿蘇2014-2016年火山灰）自動分類結果

平均2000粒子/試料（合計34808粒子）
分類時間 3~5分/試料



手動分類（先行研究）との比較



自動分類された粒子の例 (★)

	2014/11/26	2014/12/25-2014/12/27	7-2015/9/15
non-juvenile			
black lithic			
crystal+glass			
crystal			
black glass	なし		
brown glass			
uncertain results (不確定)			

□ 切り出し済みの平均
1700画像/試料
□ 各1分程度で分類

推移に応じた
構成粒子変化を確認

ほかに不確定粒子が全体の約20%（信頼値70%）

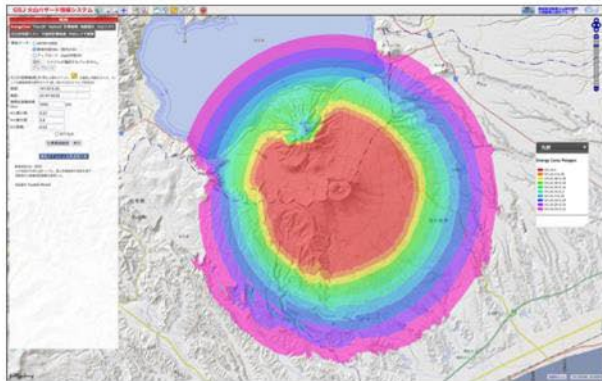
↓

①特徴が複数クラスに跨る粒子
②人間でもクラスを迷う粒子
③想定外の特徴を持つ粒子

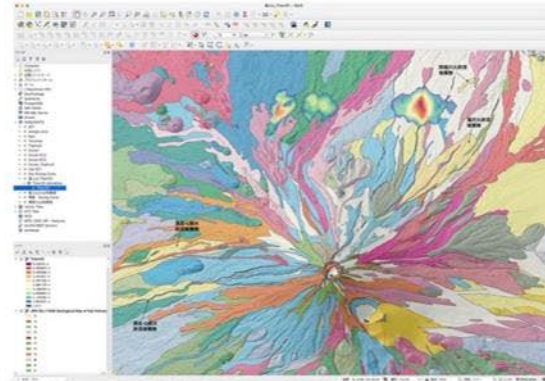
AIST11: アジア太平洋地域地震・火山ハザード情報整備

防災・減災のための高精度デジタル地質情報の整備プロジェクト

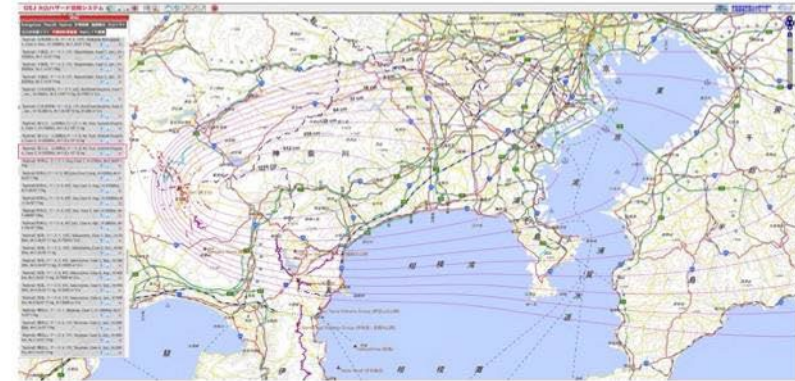
地質DXの推進のため、火山ハザード情報システムの構築として、(1) オンラインシミュレーションシステム、(2) 噴火パラメータ解析(264ケース)、(3) 降下テフラ分布図のデジタル(GIS)化(172噴火)、(4) 火口位置DBの閲覧検索システム(10火山)、(5) 降下テフラオンライン噴出量解析システム(4モデル)の開発等を進めた。



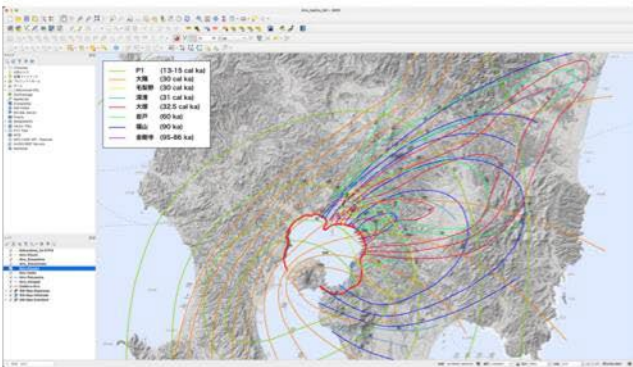
オンラインシミュレーションシステム (Energy Coneモデル, 樽前火山の例)



WMSIによるAPIを用いてQGIS上でTitan2Dによるシミュレーション結果と富士山火山地質図を重ねて表示



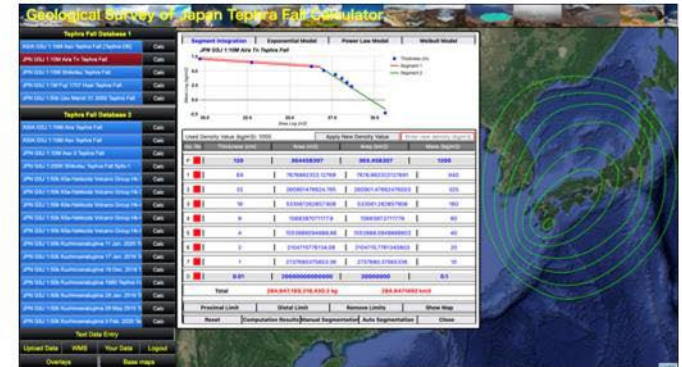
Tephra2による富士山の降下テフラの噴火パラメータ解析事例



デジタル化(GIS化)を行った始良カルデラ及び桜島起源の降下テフラの等層厚線図



火口位置DBの閲覧検索システム (富士火山の例)



降下テフラオンライン噴出量解析システム (区間積分法による始良Tn火山灰の例)