

災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画 令和元年度年次報告

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

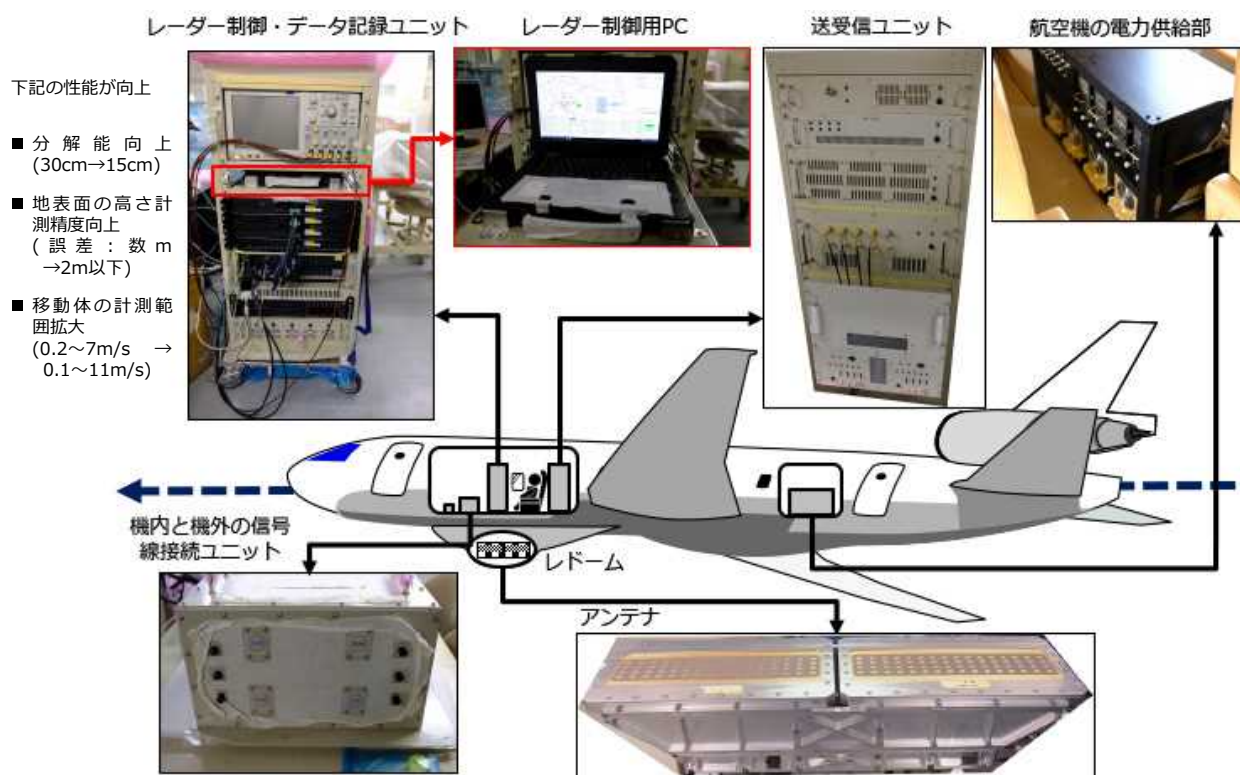
令和元年度の実施内容の概要

情報通信研究機構は、世界最高レベルの性能（分解能15cm）を有する航空機搭載SAR（Pi-SAR X3）の開発を令和2年度末(予定)まで行い、下図に示すモニタリングを実施予定。また、得られた観測データから高度情報を抽出するための高次解析手法に関する研究開発を実施。

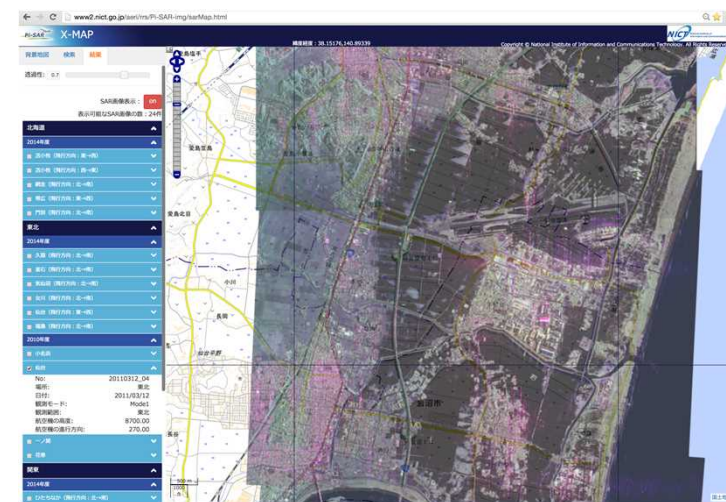


令和元年度については、以下の項目について実施。

- Pi-SAR X3の機器開発を行うとともに、Pi-SAR X3を航空機に搭載するための機体改修を実施した。機器開発と機体改修は令和2年の秋頃までかかる見込み。
- Pi-SAR・Pi-SAR2データ検索・公開システムの運用継続（取得済み観測データを公開）
- Pi-SAR・Pi-SAR2で取得した観測データの高度情報を抽出するための高次処理技術に関する研究開発を実施。



開発した超高精細航空機搭載合成開口レーダシステムの各機器



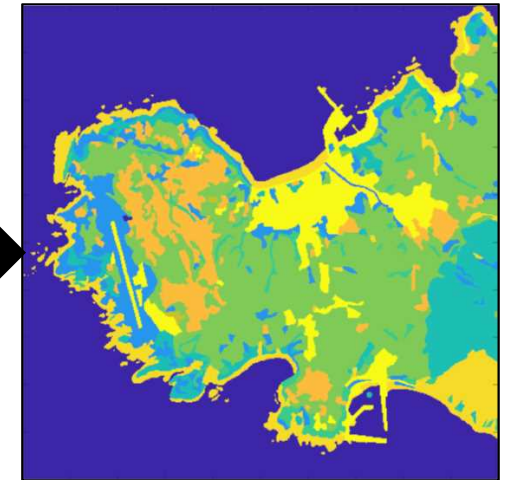
- 観測で得られた航空機SAR画像は、WEB上でだれでもGIS情報（地図や航空写真等）とともに閲覧でき、地震・火山による被害状況の把握に利用可能。
- 学術機関や政府機関に対しては、研究や実務で利用できる数値データを提供することで、地震・火山の被害把握に貢献。

神津島南西部の偏波擬似カラー画像
(R:HH偏波,G:HV偏波,B:VV偏波)
観測日2011年10月5日



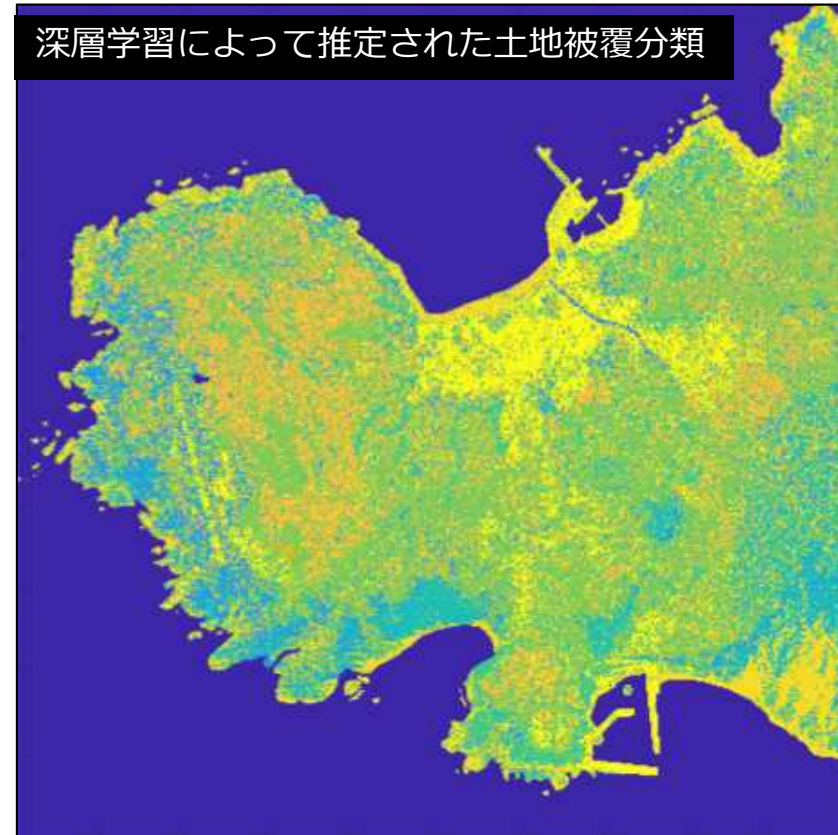
深層学習による土地被覆分類

比較すると
ほぼ一致



地震・火山
の被害状況
把握に応用
予定

深層学習によって推定された土地被覆分類



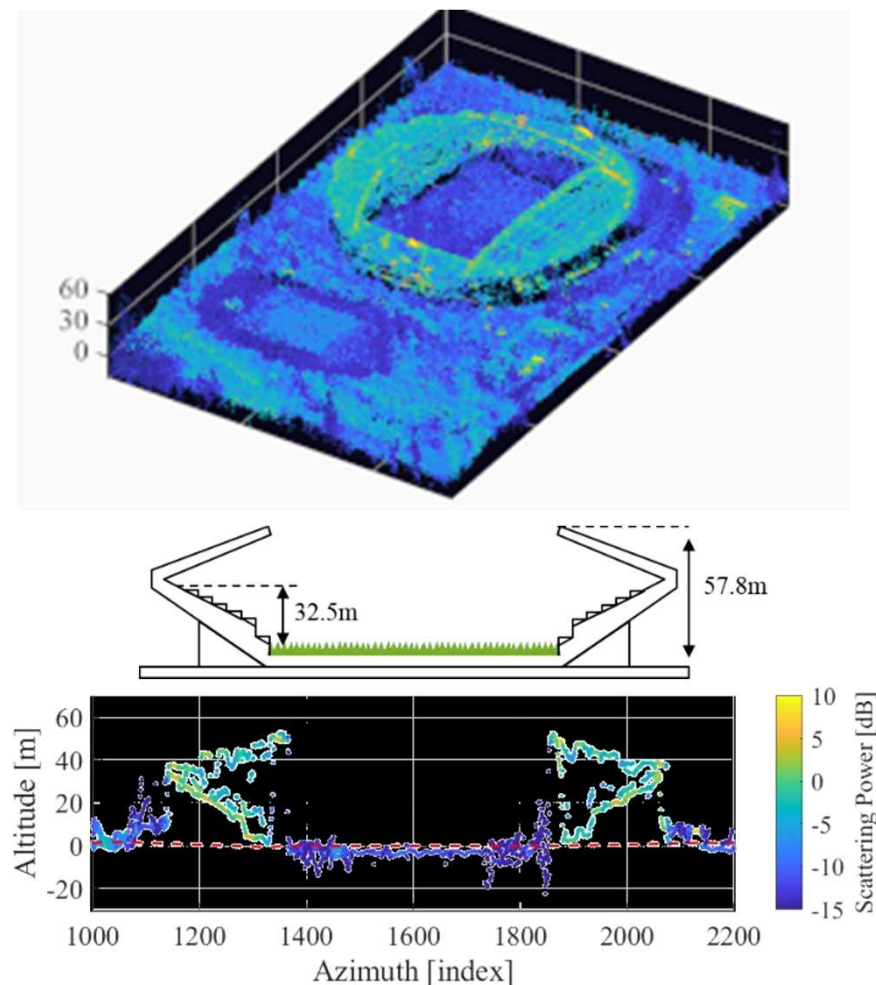
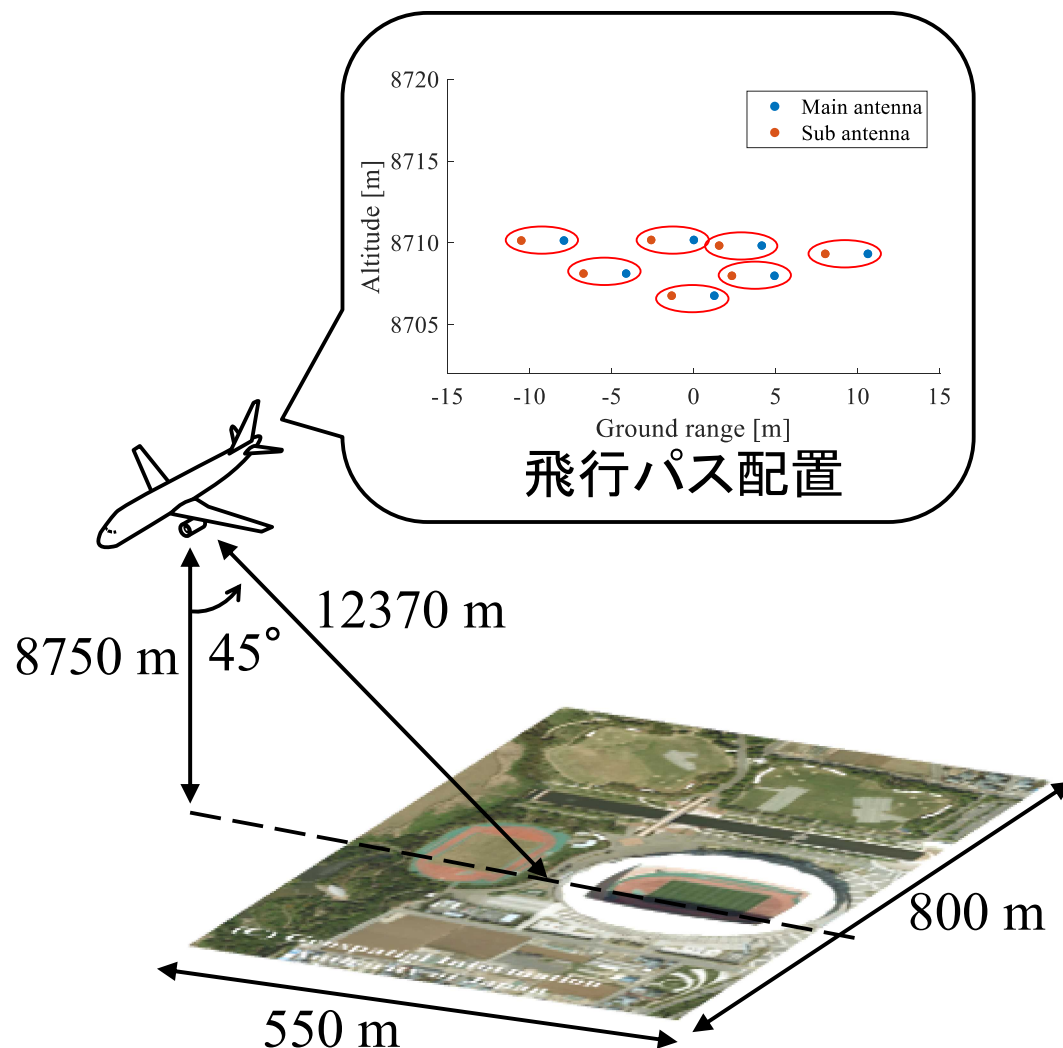
市街地
裸地
田畑
果樹園
広葉樹林
針葉樹林
低木群落
竹林
草原・牧草地
湿原・河川・池沼植生
開放水域

■ 使用データ

Pi-SAR X2の3偏波強度画像

■ 教師データ

- 環境省の生物多様性センターの
1/25,000 植生図 GIS データ
- 国土地理院の基盤地図情報



- 上図は、複数（7回）の観測データを用いた構造物の高分解能3次元イメージング結果を示している。
- 地震・火山による構造物の被害状況把握に利用予定。

災害の軽減に貢献するための 地震火山観測研究計画

令和元年度年次報告

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】

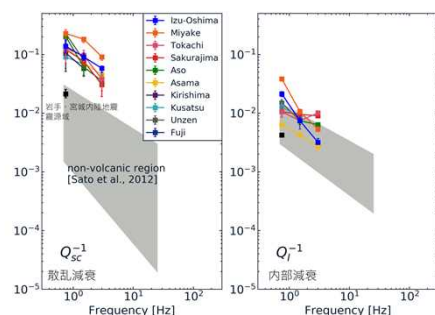
火山活動の把握と災害軽減のための「観測」「予測」「対策」技術を集中的に投資することによって課題解決を図るためのストラテジーを確立する。

【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。

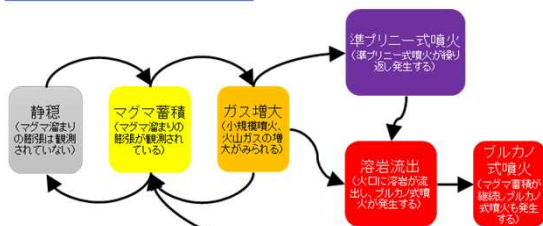
①多項目観測データによる火山現象・災害過程の把握のための研究

火山体浅部の地震波散乱・内部減衰パラメータの推定



状態遷移図の作成

霧島山（新燃岳）

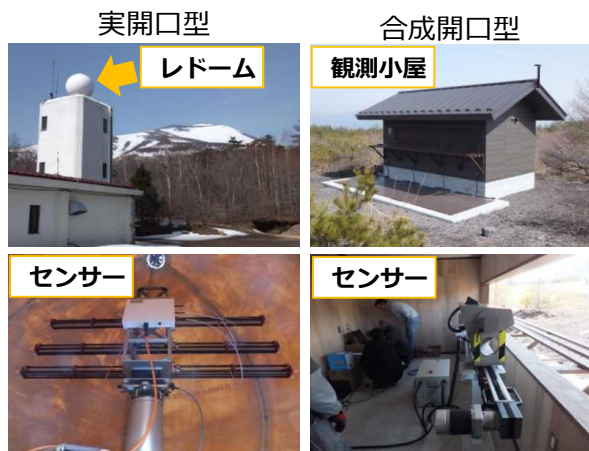


生きる、を支える科学技術



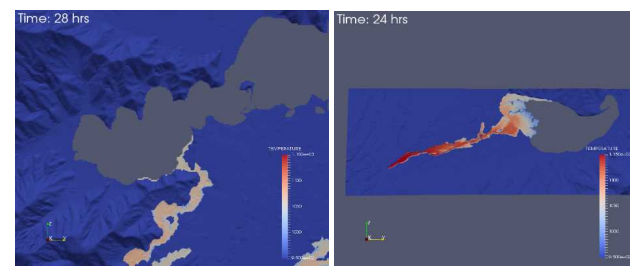
②火山リモートセンシング技術の開発研究

地上設置型レーダー干渉計（浅間山で運用）



③噴火・災害ポテンシャル評価のためのモデリング研究

富士山溶岩流の河口湖・山中湖流下による水冷効果の定量化



火山噴出物モニタリングシステムの開発 (SIP⑤と共同)

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

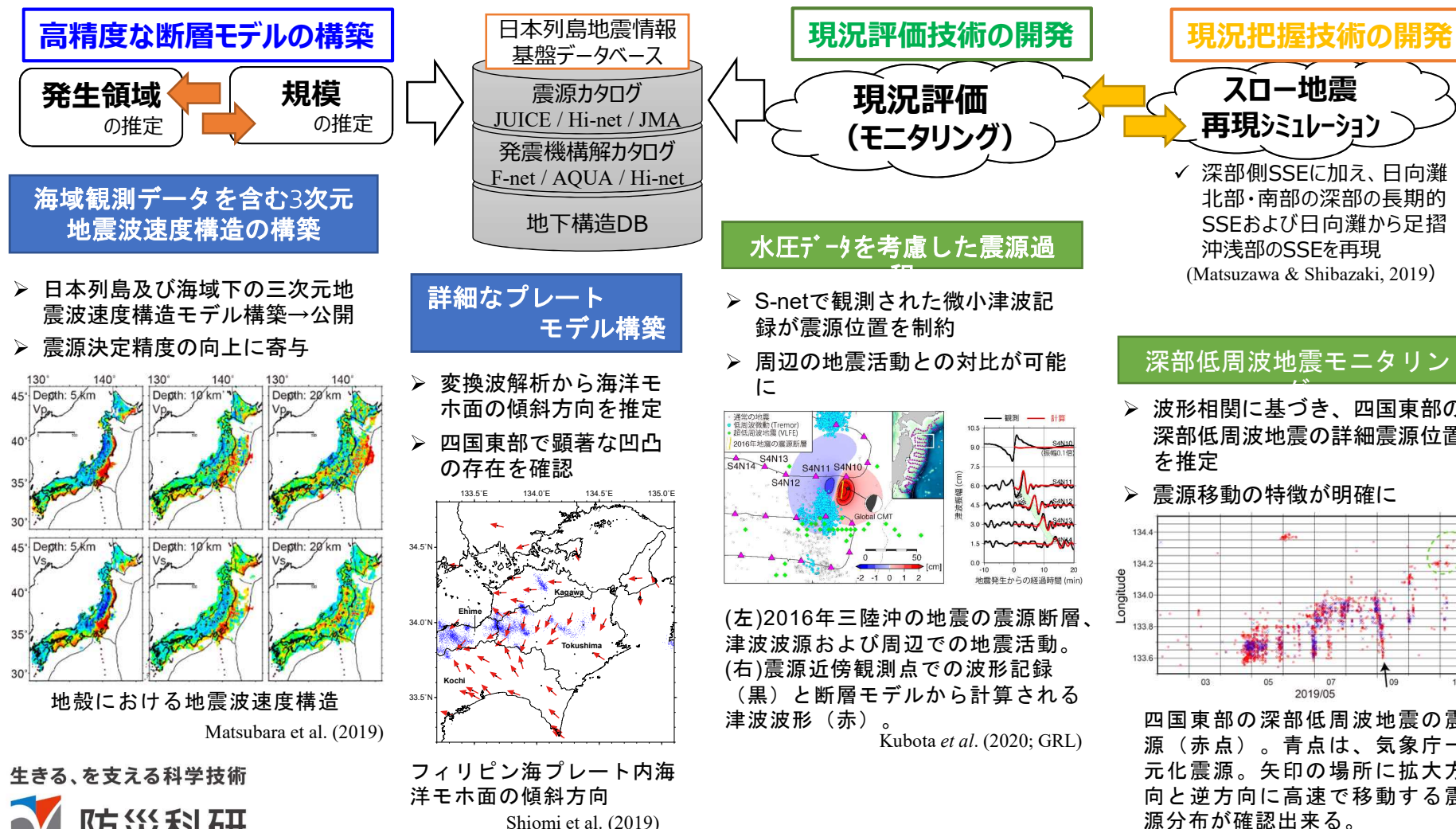


Twitter活用方策の検討

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の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



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

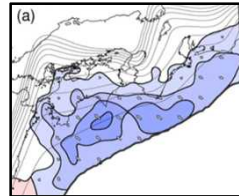
【目的】 室内実験・大規模シミュレーション等を活用し、巨大地震の実態解明を目的とした研究を推進

- ・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

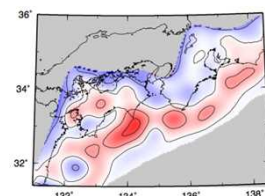


地震発生場に関する研究

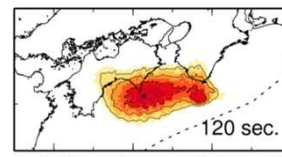
プレート境界のすべり遅れと力学モデル



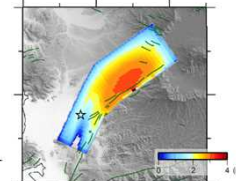
Noda et al. (2018 JGR)



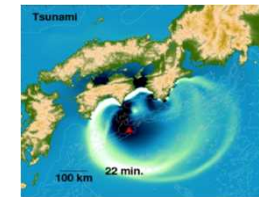
海溝型地震・内陸地震の動力学破壊シミュレーション



Urata et al. (2017 EPS)



固液複合波動伝播理論



Saito and Kubota (2020 Annual Rev.)

破壊基本法則に関する室内実験と基礎研究

ガウジの発生によるエネルギー散逸 → Rayleigh波速度低下

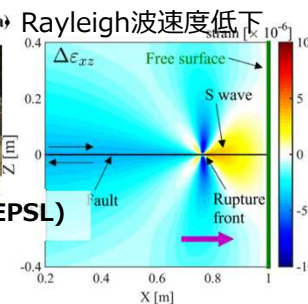


Xu, Fukuyama, Yamashita (2019 EPSL)

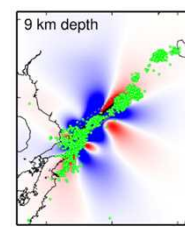
生きる、を支える科学技術



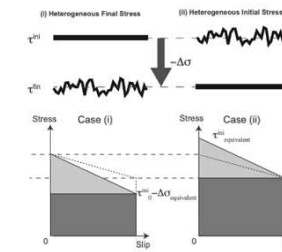
防災科研



歪みエネルギーの可視化 と 地震発生必要条件

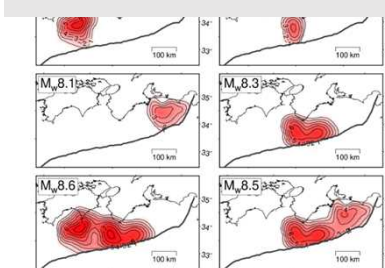


Noda et al. (2020 GRL)



Saito and Noda (2020 GJI)

巨大地震発生シナリオ





災害の軽減に貢献するための 地震火山観測研究計画

令和元年度年次報告

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

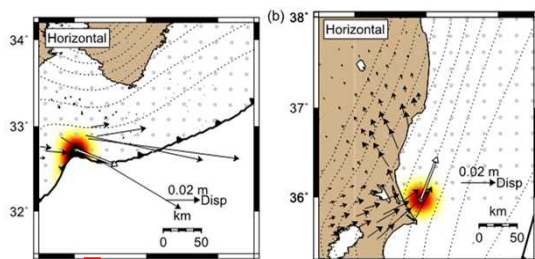
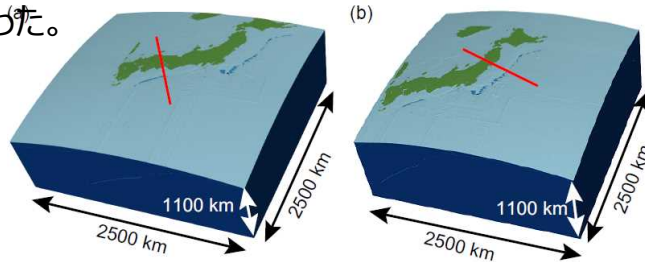
JAMS03 : 海底火山観測研究

プレート固着の現状把握と推移予測手法の確立

成果1：全国一次地下構造モデル（既存3Dモデル）での地表変形のグリーン関数ライブラリを構築した。

従来手法の問題点：単純化した半無限均質構造や水平成層構造を仮定してグリーン関数を計算していた。

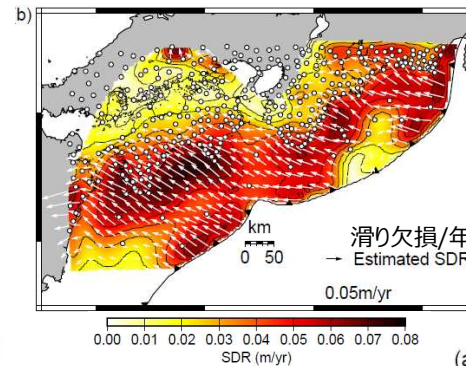
新手法：全国一次地下構造モデル(3Dモデル)を準拠楕円体・座標系の**大規模FEMモデル**として構築し、そのモデルを用いたプレート滑りによる**グリーン関数**が計算可能となった。



3DFEMモデル(上図)によるプレート境界すべりのグリーン関数(左図)

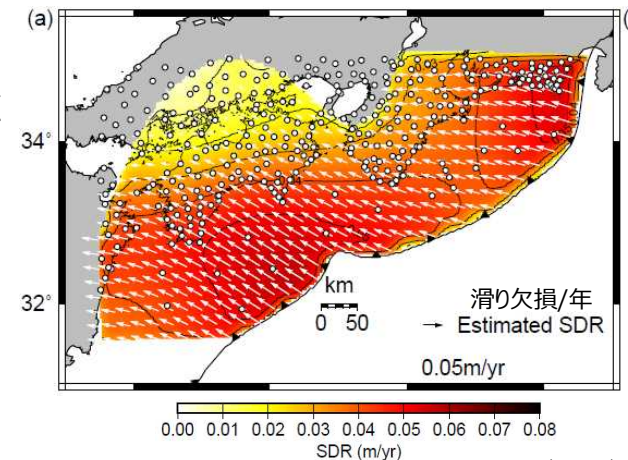
公開を前提としたライブラリを構築

成果2：海陸の観測点の偏りを適切に考慮できる固着・すべりの解析手法を開発した。



従来手法の問題点：各観測点での地表変位計算値の相関性を考慮しないため、データへの**オーバーフィッティング**が生じる。結果的に、見かけ上空間分解能が実際より高くなる。

新手法：地表変位計算値の相関性を解析に取り入れてオーバーフィッティングが抑えられた。



Agata(2020)

海域観測網を密にした場合の**空間分解能の向上**が正しく反映された固着すべり分布推定が可能になった。

今後、構築したグリーン関数ライブラリを用いてプレート固着・すべりの現状評価のため地殻変動データ解析を進める。海底地殻変動観測点の適切な配置を定量的に評価する。

海域観測による地震発生帯の実態把握：海底水圧計現場校正技術

成果：開発した移動式水圧校正器を用いて、DONETの2か所で水圧計現場校正を2019-20年3回実施し、精度を確認した。その結果、DONETなど既設水圧計のデータを1hPa(1cm相当)未満の精度で校正しうることを世界で初めて実証。

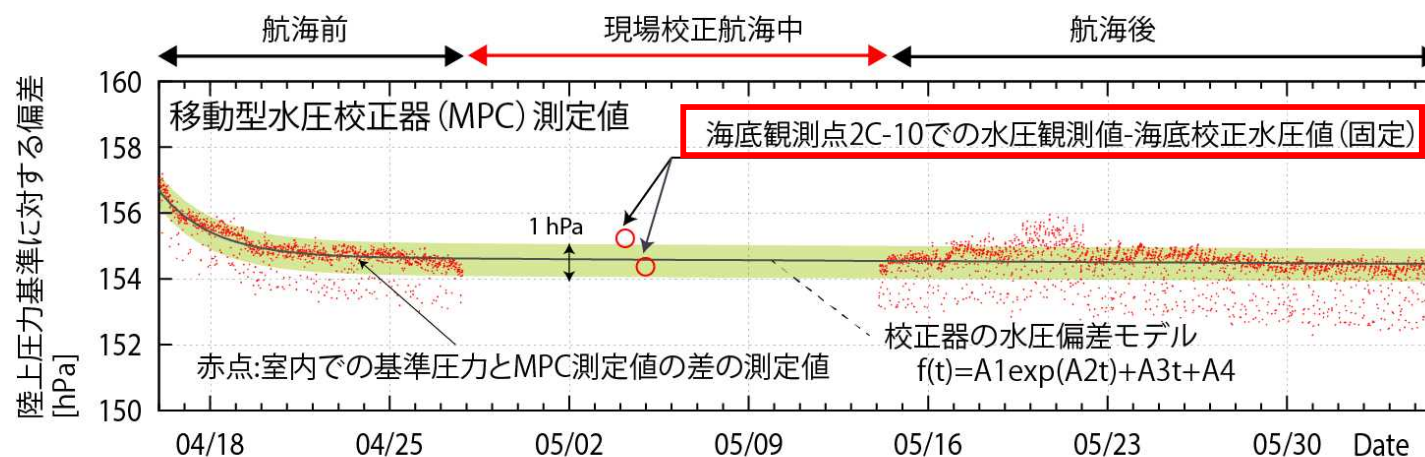
水圧計現場校正の必要性：DONET水圧計（津波計）は機器固有ドリフトがあり、そのままでは上下地殻変動データとして活用できない。そこで、圧力現場校正によりドリフトレートの測定が必要となる。

結果：移動式水圧校正器（MPC）の水圧値と「真」の圧力の差（下図）

MPCを海底に移動させてDONET水圧計近傍で複数回測定した結果、室内で計測した基準圧力とMPCの偏差を示す一定の曲線状に1hPaの精度でのっていることを確認した。



開発した移動式圧力校正器（MPC）。ROVで海底に運ぶ

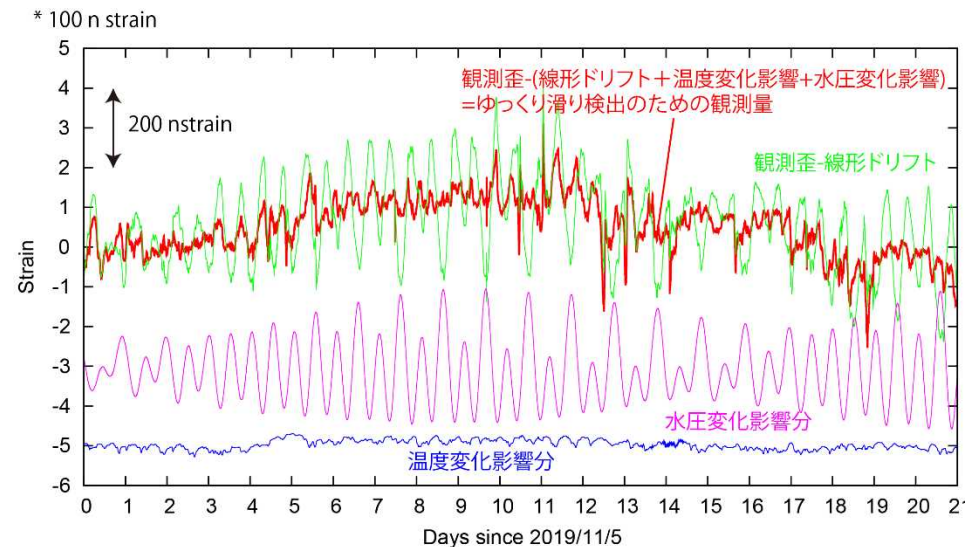
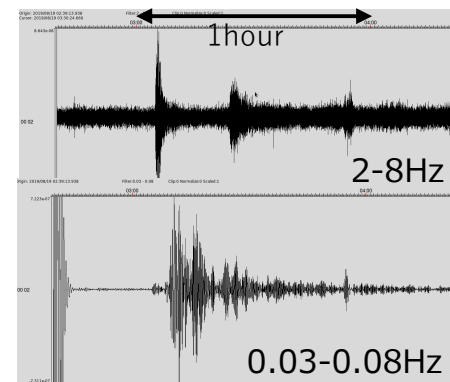
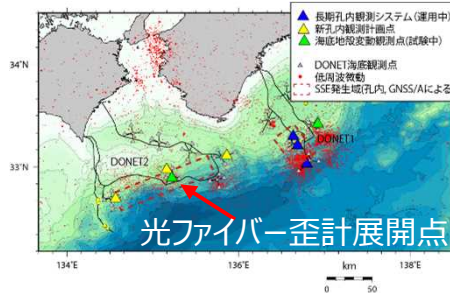


今後、全DONET水圧計(48点)でMPCによる水圧校正を行うことにより地殻変動上下動成分の連続リアルタイムデータ取得が可能となる。

海域観測による地震発生帯の実態把握：海底光ファイバー歪計の開発

成果：海底光ファイバー歪計を設置、DONETに接続した。観測データの解析・評価した結果、**ゆっくり滑り**を検出する観測能力があることを示した。

海底面のわずかな**水平歪**を高感度に検出する技術として、海底に張った200m光ファイバーのわずかな($\sim 1\text{nm}$)伸縮を計測する海底光ファイバー歪計の開発を行なった。



結果：海底光ファイバー歪計の海底試験観測データから海底で歪計測揺らぎが3週間で300n歪程度と精度評価できた。これは海底孔内で検出された2016/4月のゆっくり滑り程度のものが検出する観測能力を示す。

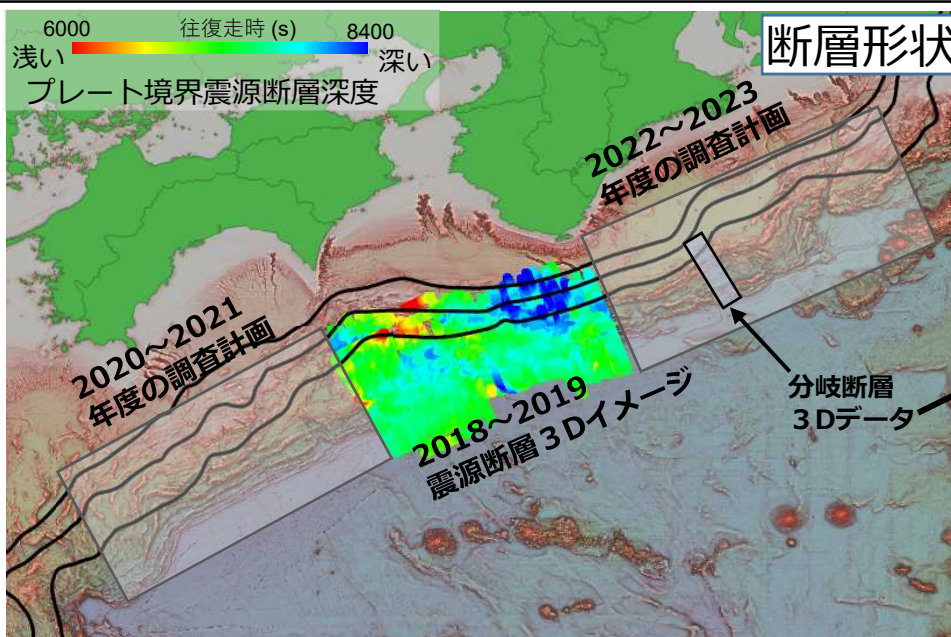
今後、水平歪連続リアルタイム観測に向けて、ケーブルの埋設、セメント固定、光干渉測定安定度向上、冗長性向上など設置状況評価、安定性向上などを進める。

結果：広帯域の地震記録が観測可能であることを確認

海域観測による地震発生帯の実態把握：プレート境界断層の形状と物性

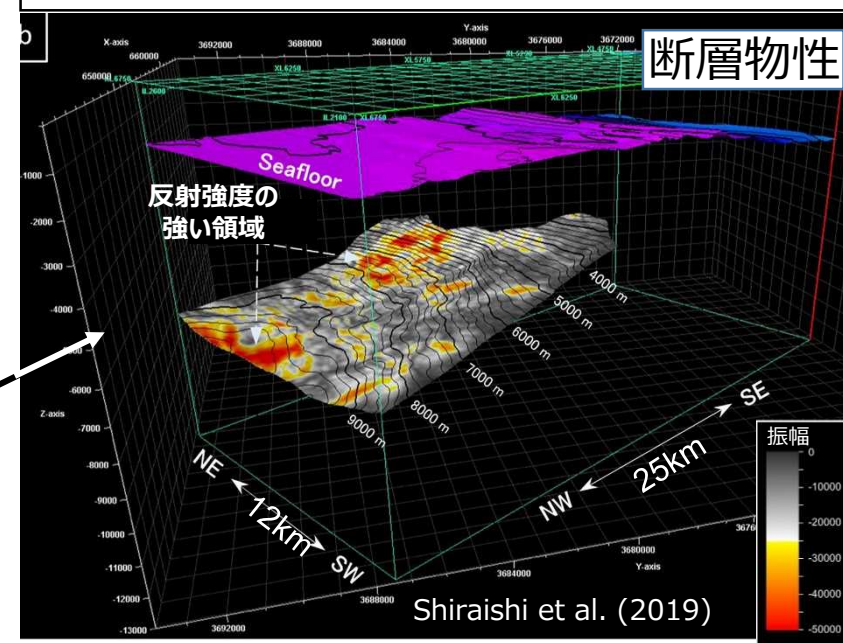
成果：高密度広域3次元調査を実施することにより、従来調査より**圧倒的に広範囲**のプレート境界断層形状や反射強度の**3次元マッピングに成功**した。その結果、**既存モデルでは取り込まれていないプレート境界断層の数kmに及ぶ起伏の存在、流体を示唆するデコルマ反射強度の偏り**などが明らかになった。

南海地震震源域広域3D構造調査・震源断層マッピング



黒線：ver1モデル (Nakanishi et al. (2018)) によるプレート境界深度等深度線(9,11,13km)。平板な断層としてモデル化されている

分岐断層3D分岐断層反射強度マッピング



成果：東南海震源域3Dデータから分岐断層に沿った強反射のパッチ状の分布を明らかにした。

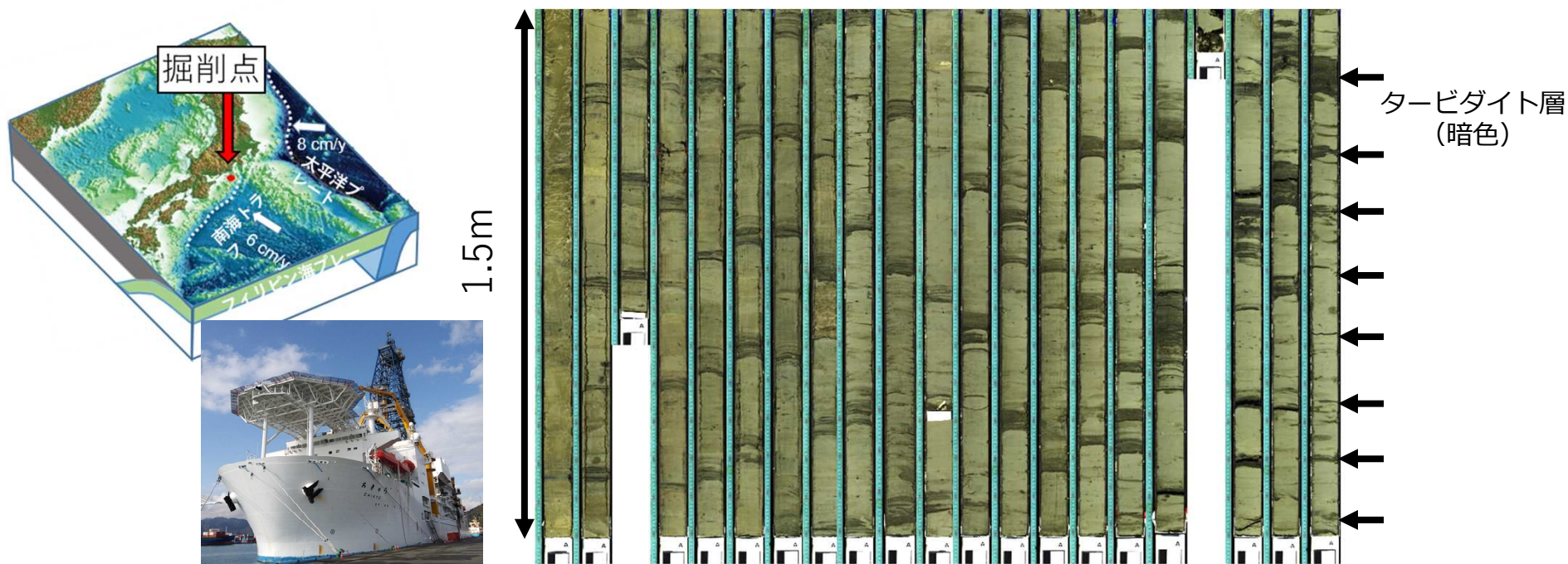
今後、これらの結果は多様なプレート境界滑りを規定する構造要因の解明に寄与するとともに、プレート固着の現状把握や推移予測に用いる次世代3D構造モデルとしての活用が期待される。

海域観測による地震発生帯の実態把握：地震発生履歴

成果：長期にわたる地震発生履歴情報を得るための海底堆積物の採取・解析により、東海沖で過去数万年に相当する地質資料の取得に成功し、過去数万年にわたり、巨大地震が繰り返してきたことを示す約200枚の地震性タービダイト層を確認。

地質試料の重要性：歴史地震史料は千年程度の履歴しかない。南海トラフ地震の多様性が指摘されるなか、より長期の地震発生履歴を知るためには、海底に残る巨大地震の痕跡（タービダイト）を調べる必要がある。

✓40mの地層（過去4－5万年間に相当）試料の中に確認された約200枚のタービダイト層（下図）



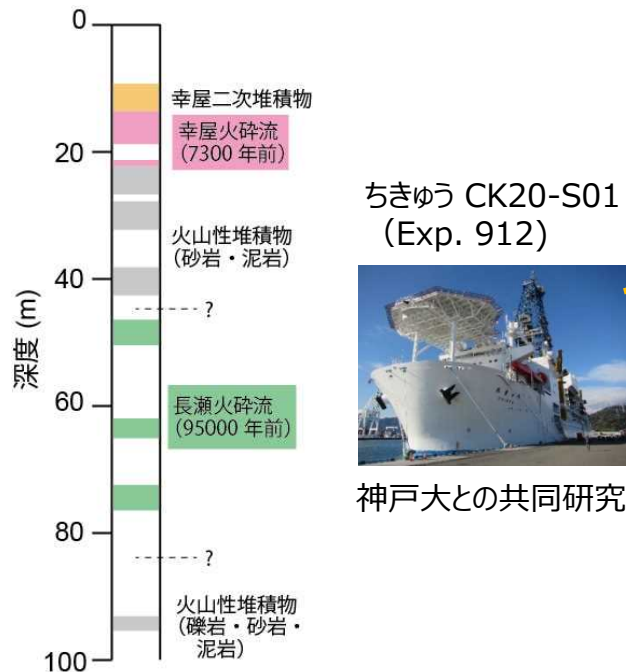
「ちきゅう」SCORE

今後年代決定を進めることにより、これまでにない長期間にわたる地震履歴情報が得られる。これは長期評価、推移予測に貢献する重要なデータとなる。

海底火山の調査による活動履歴の理解と現状把握

成果1：鬼界カルデラ約10万年間の大規模噴火活動履歴
===ちきゅうSCORE掘削===

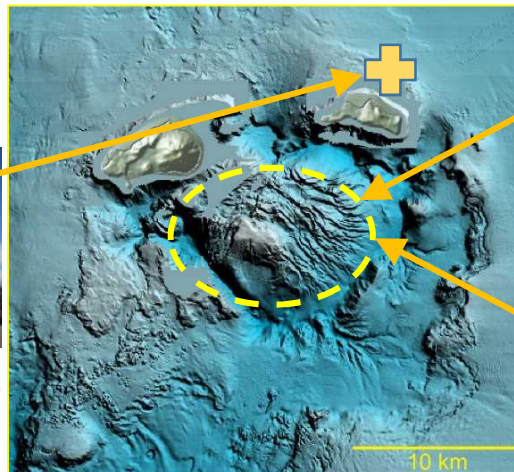
- ✓ 7300年前の大規模噴火による火砕流堆積物を海底より初めて採取。噴火推移を記録する層序を取得。
- ✓ さらに一世代前の大規模噴火である95000年前の活動による火砕流堆積物の層序採取に初めて成功。



ちきゅう CK20-S01
(Exp. 912)



神戸大との共同研究



かわいいKR19-11



新青丸KS-19-17

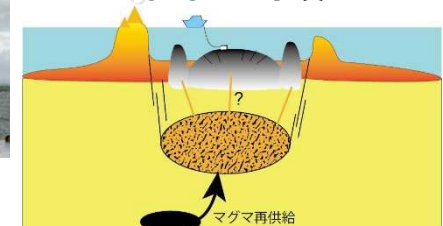


溶岩流出では説明できない
岩石を溶岩ドームの上に発見



泥岩 円磨された岩石

火山下にマグマが再供給
されていることを示唆



カルデラ外縁部での掘削

今後、繰り返す大規模噴火の詳細な活動履歴や噴火様式の解明を進める。

今後、マグマ再供給といった海底下で密かに起きている次の噴火への準備過程を明らかにする。