



# 「災害の軽減に貢献するための 地震火山観測研究計画」

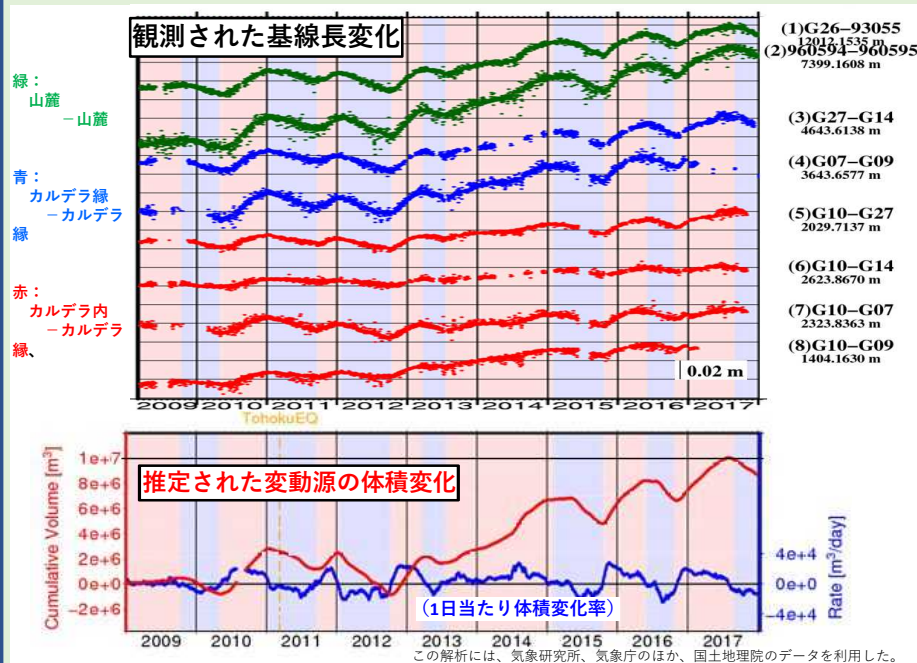
平成**29**年度年次報告

気象庁

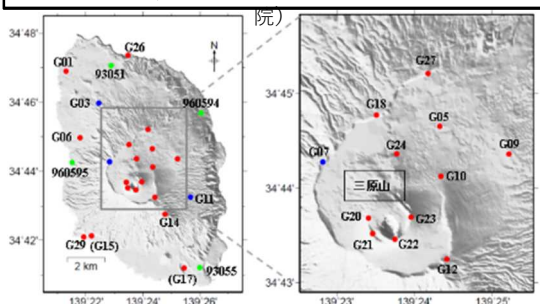
## 伊豆大島等における地殻変動観測と解析

GNSS観測などから、伊豆大島全体の地殻変動として、長期にわたって継続している膨張と、周期1~2年程度の膨張・収縮の繰り返し、引き続き見られた。

長期の地殻変動の変動源を球状圧力源と仮定した場合、2009~2017年の8年間で、約 $10 \times 10^6 \text{ m}^3$ と推定された。



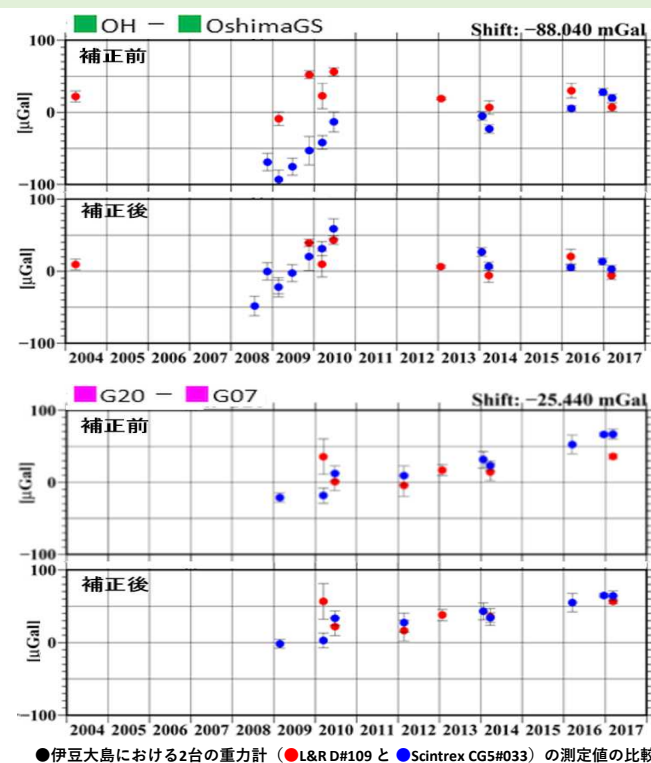
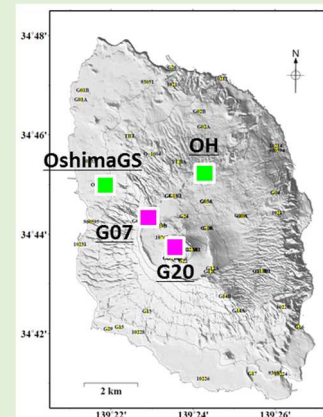
GNSS観測点 (●気象研究所、●気象庁、●国土地理院)



## 重力繰り返し観測の精度向上への取り組み

伊豆大島での繰り返し観測に用いている相対重力計について、絶対重力点を利用した継続的な検定により、その感度の経年変化を明らかにし、補正を行った。

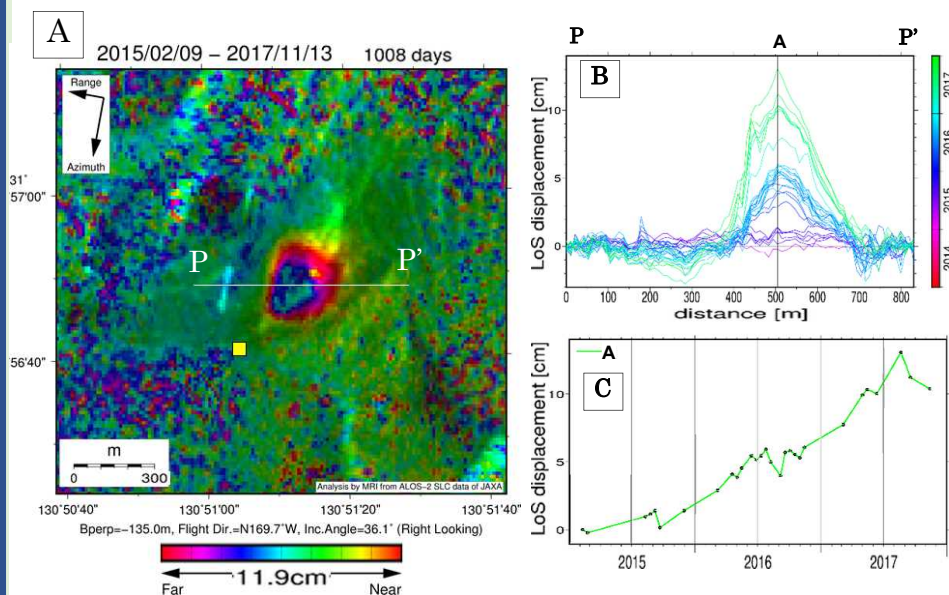
加えて、地盤の上下変動が重力観測に与える影響を、重力鉛直勾配の実測とGNSSデータで定量的に評価することにより、三原山で継続している重力増加は概ね三原山の局所的沈降で説明できることを明らかにした。



## 衛星SARによる火山性地殻変動の検出・解析

SAR衛星ALOS-2のデータを用いた干渉解析により、国内の活火山周辺の地殻変動検出を試み、25火山において地殻変動を面的な分布として検出した。雌阿寒岳については、観測結果を説明するモデルの位置・深さ・体積変化量を推定した。霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺)では、検出された局所的地殻変動の時間変化を調査し、2015年以降ほぼ一定速度で膨張が継続していることを示した。西之島については、4月の再噴火に伴う地表変化と、8月上旬にかけての陸域面積の拡大を明らかにした。

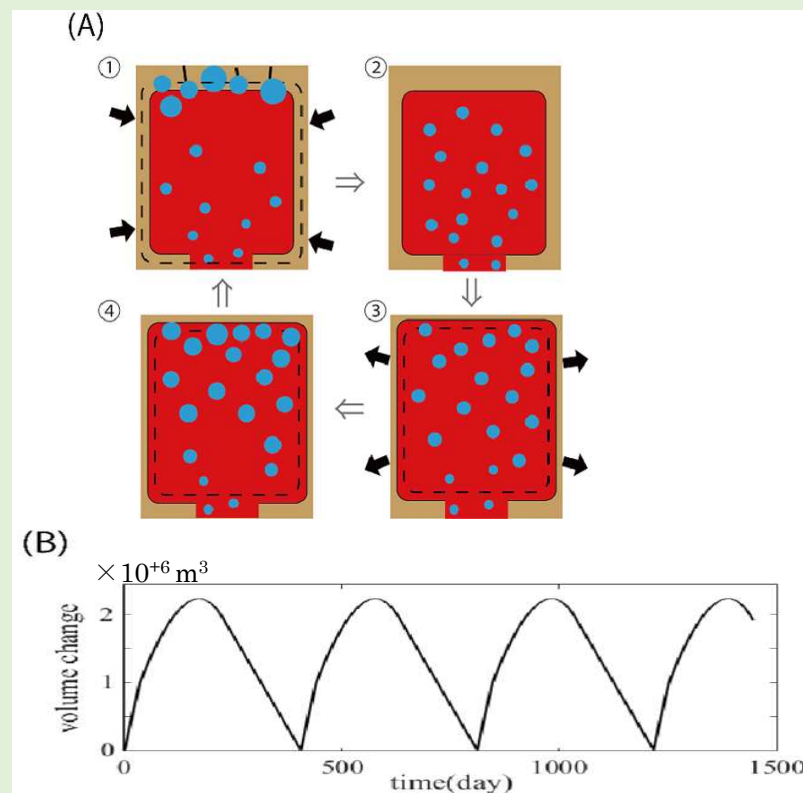
また海外についてもイタリアのカンピレグレイ火山の地殻変動を検出し、点圧力源を仮定したモデル推定を行い、地震分布との比較を行った。



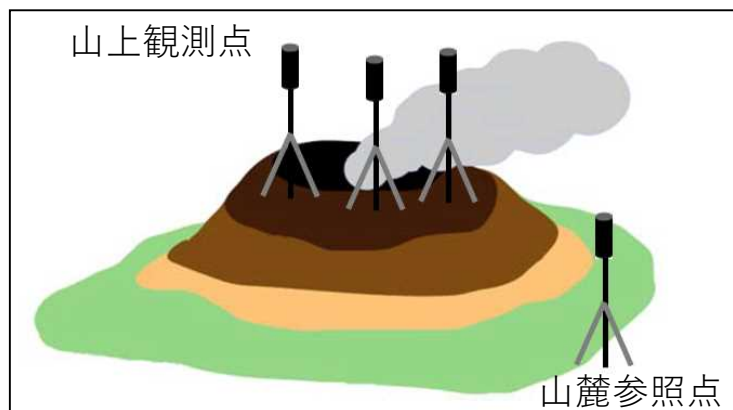
- A) 2015年2月～2017年11月の干渉解析による視線方向変位。硫黄山付近が隆起したとみられる変動が検出されている。黄色の四角印は硫黄山南西傾斜観測点を示す。
- B) 図A)中、P-P'で示した測線上の2015年2月を基準とした変位プロファイル。視線距離短縮を正とする。
- C) 図B)中、Aで示した点の変位時系列。この期間、ほぼ一定の速度で視線距離短縮(隆起に相当)が進行している。

## マグマ溜り内の気泡の上昇による地殻変動のモデル化

マグマ溜り内の気泡の上昇による地殻変動のモデル化を行った。伊豆大島で観測されている周期1～2年の膨張・収縮サイクルと比較し、変動の周期や地殻変動量を適切なモデルパラメータを与えることで説明できることを明らかにした。

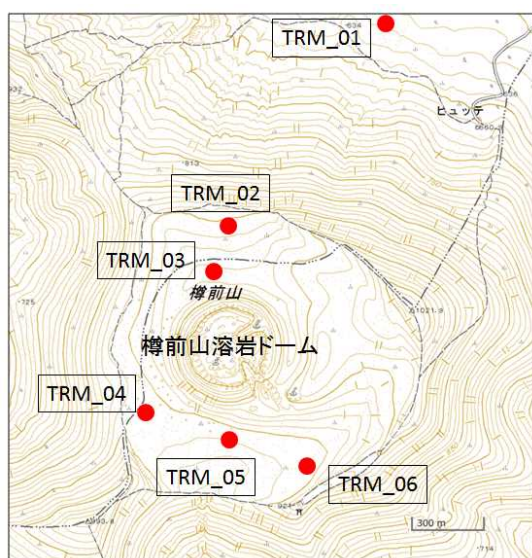


- (A) マグマ溜り内の気泡(図中の水色の丸)の上昇と、間欠的な脱ガスによる、マグマ溜りの周期的膨張・収縮サイクルモデルの模式図。
- (B) モデルから数値計算によって求めた気泡の上昇と間欠的な流出によるマグマ溜り体積の周期的な膨張・収縮の計算例。マグマ溜りの深さを4.5km、体積を $10^9 \text{ m}^3$ と仮定し、気泡の初期半径を $2 \times 10^{-4} \text{ m}$ 、気泡の初期体積分率を0.5%、マグマの粘性を $20 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ として数値計算を行った。数値計算の結果、伊豆大島で観測されている周期的な地殻変動の周期や体積変化量を概ね説明できた。

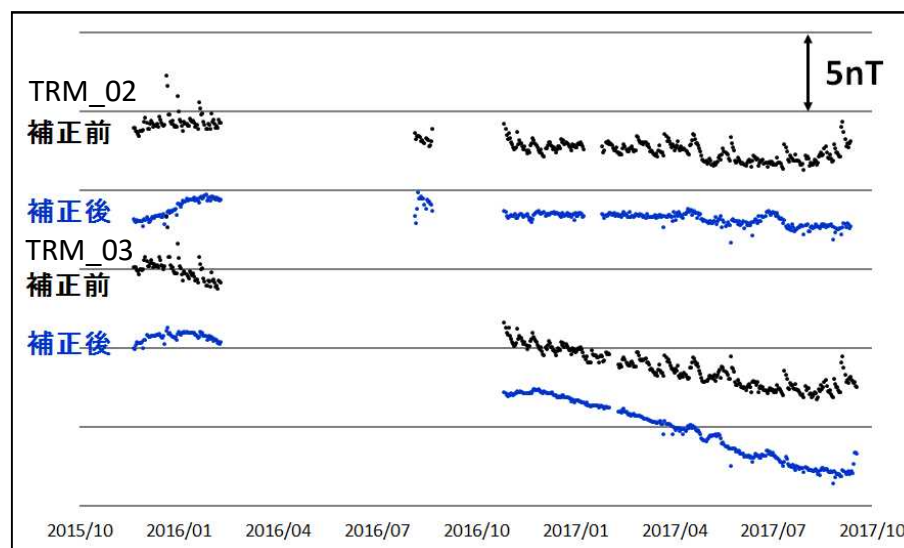


全磁力観測による火山観測

火山起源の全磁力変化を検出するために、通常山上観測点と山麓参照点の差（単純差）を求めるが、単純差の方法では外部磁場擾乱の影響を十分には除去できない。そこで山麓参照点に設置された三成分磁力計データを用いて補正を施す手法（D I 補正）を適用した。その結果、単純差に比べて火山起源の全磁力変化の検出精度を向上できることが確かめられた。

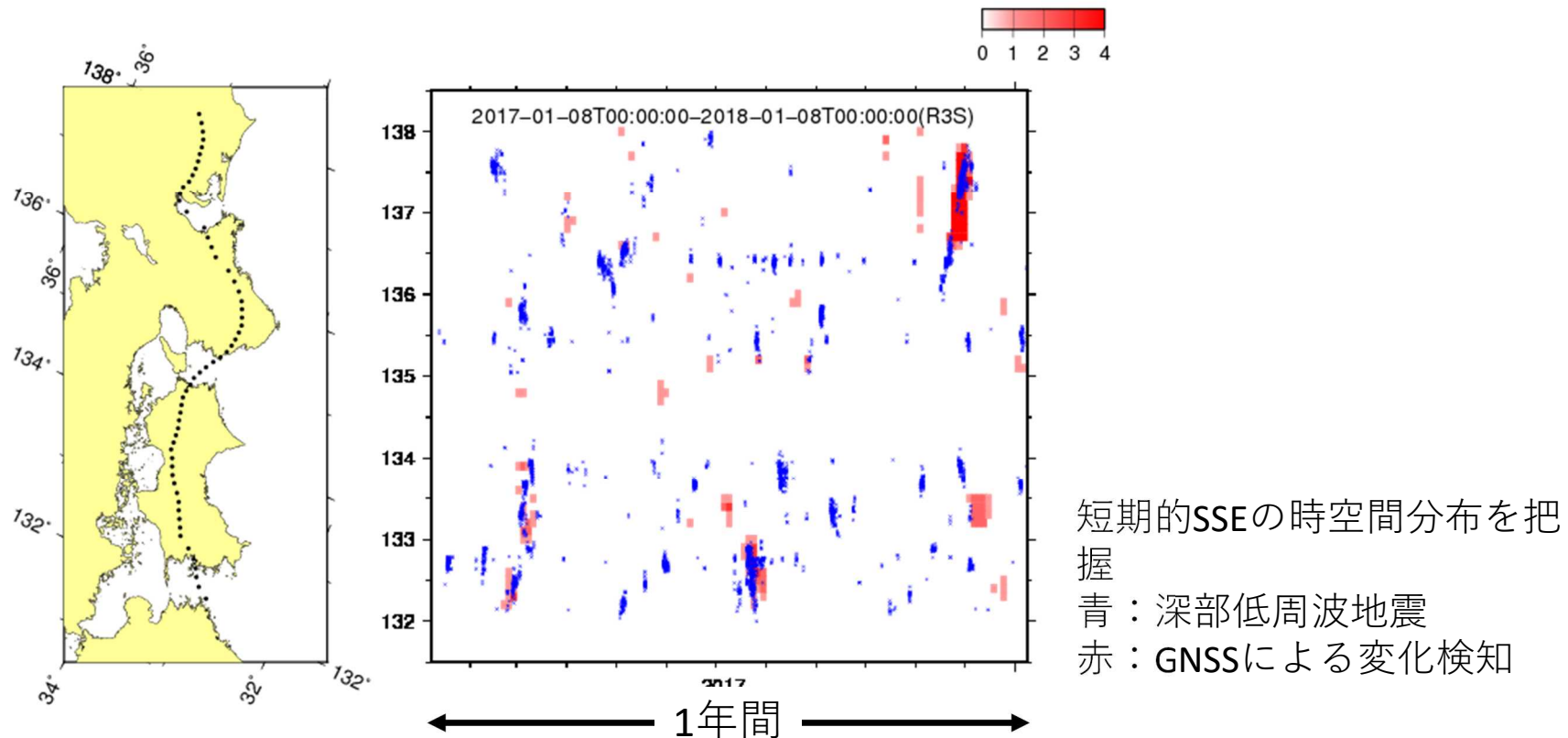


樽前山全磁力観測点



樽前山全磁力観測データへのD I 補正の適用例

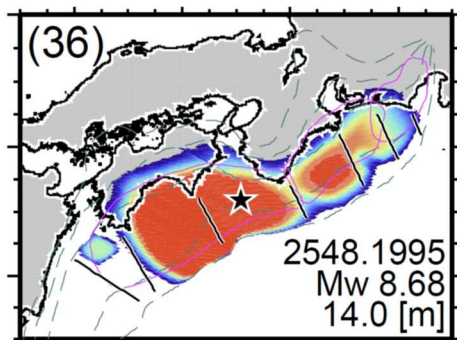
## GNSSによる短期的スロースリップの客観的検知



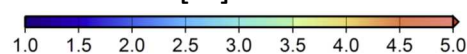
中国地方を領域固定したGNSS日座標値を用い、フィリピン海プレートの沈み込み逆方向の成分について、南海トラフのプレート等深線30km沿いに並べた地点を中心とする一定範囲内の平均を求め、1週間の傾斜期間を持つランプ関数との相関を取ることで、南海トラフ沿いの短期的スロースリップの客観的な時空間分布を得る手法を開発した。

## 南海トラフ沿いにおける地震発生シミュレーション

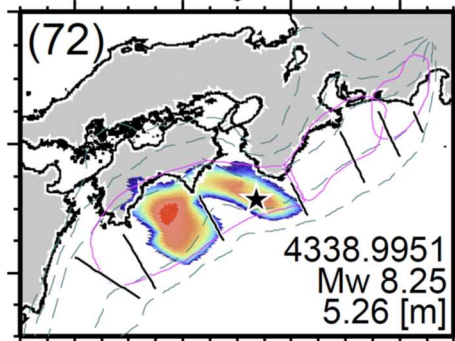
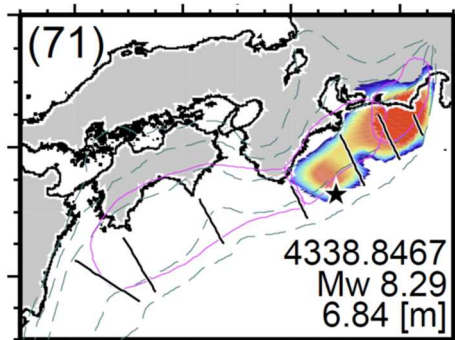
宝永地震タイプ



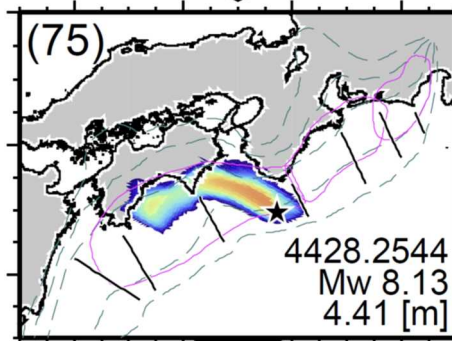
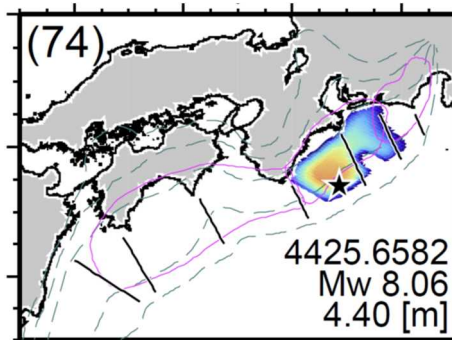
すべり量 [m]



安政地震タイプ



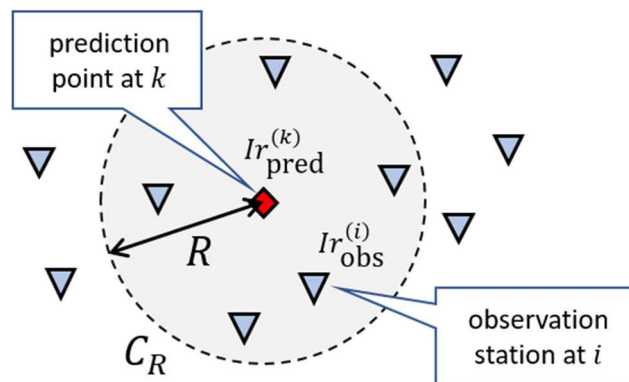
昭和地震タイプ



- 南海トラフ沿い巨大地震の発生履歴やすべり分布、すべり欠損レート分布、繰り返す長期的スロースリップを再現するモデルの構築を進めている
- 各地震のすべり分布は概ね再現しているが、宝永→安政→昭和の発生順は再現できていない

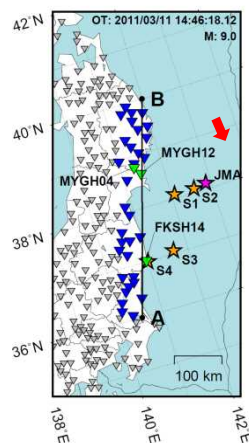
## 地震動即時予測：P波を用いたPLUM法の開発

(a)

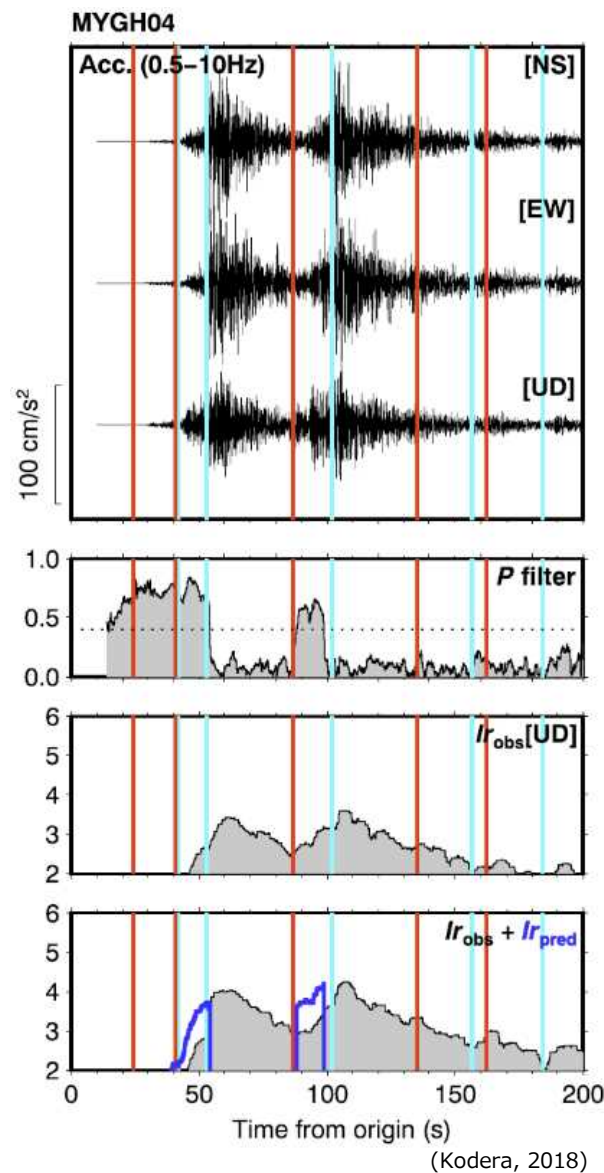


$$Ir_{\text{pred}}^{(k)} = \max_{i \in C_R} \{ Ir_{\text{obs}}^{(i)} - F_0^{(i)} \} + F_0^{(k)}$$

$F_0^{(j)}$ : site amplification factor at  $j$   
(converted into seismic intensity difference)  
(Kodera et al., 2018)



(b)



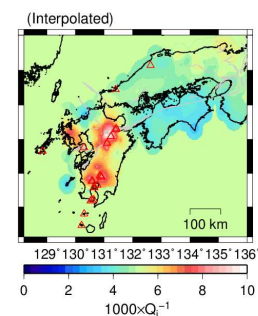
## 地震動即時予測：震度予測精度の向上

予測精度の向上 → 減衰構造（吸収強度と散乱強度）の導入

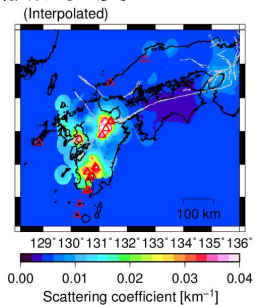
H28までの成果

（2次元構造での簡易推定）

吸収強度



散乱強度



一様構造に比べて、  
震度予測精度が

10秒後予測: 約10%向上

RMS : 0.34 → 0.29

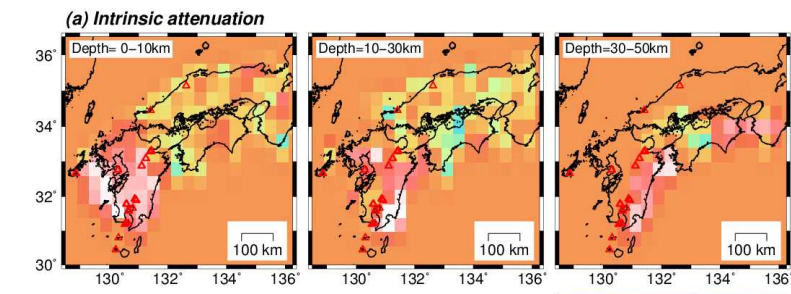
20秒後予測: 約20%向上

RMS : 0.45 → 0.36

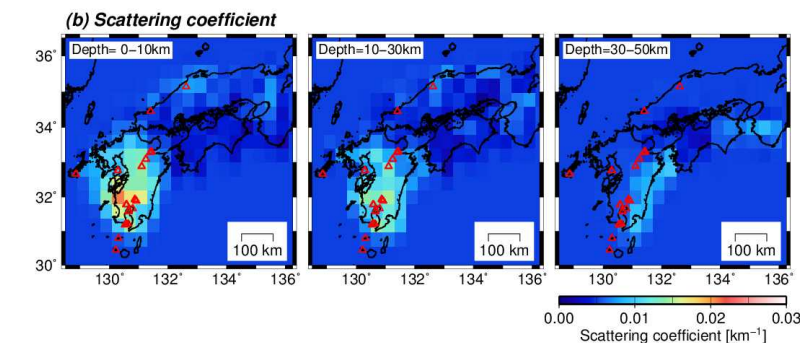
今年度の成果

（3次元構造での推定）

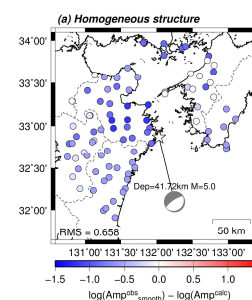
吸収強度



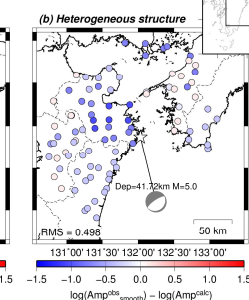
散乱強度



一様構造

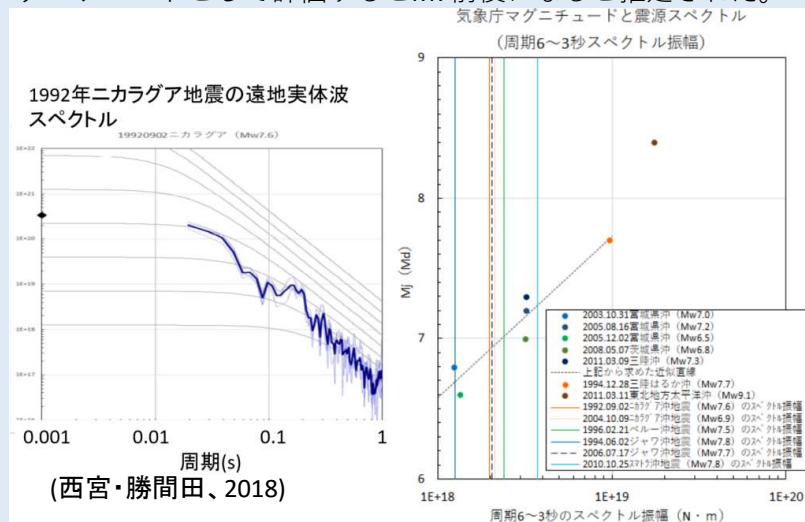


3次元構造

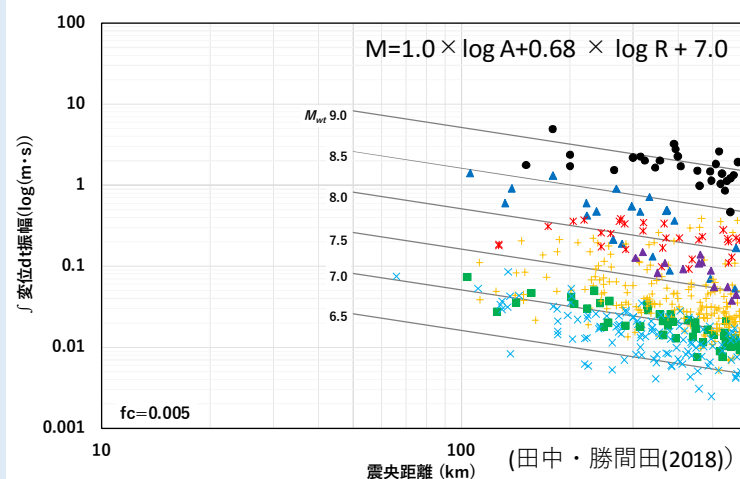


## 【津波地震対策】

スロー地震が日本近海で発生した場合の評価を行った。気象庁マグニチュードとして評価するため3～6秒の遠地スペクトル振幅について比較した結果、津波を発生させたMw7後半のスロー地震の多くは気象庁マグニチュードとして評価するとM7前後になると推定された。



スロー地震の規模を即時かつ適正に推定するため、変位を積分した記録の振幅からマグニチュードを推定する手法を開発している。



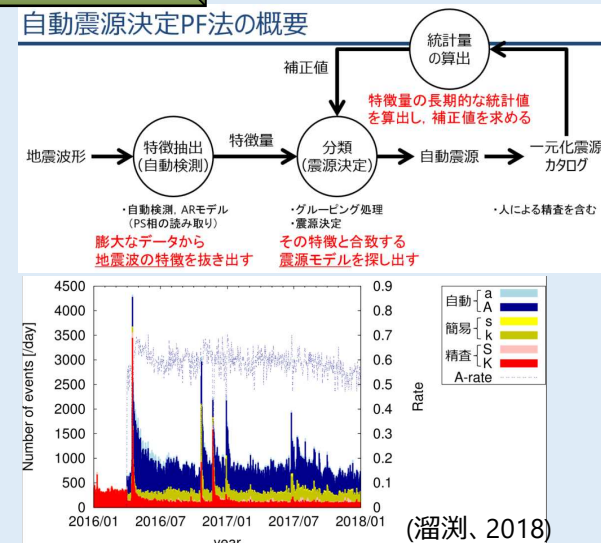
## 【自動震源決定手法の改良】

自動震源決定手法 (PF法) が一元化震源決定処理に

2016年4月から用いられているが、その結果について

評価した。特に内陸の地震について、検知能力の向上が認められた。また、現在一元化震源のうち6割程度は自動処理の結果が直接用いられている。

## 自動震源決定PF法の概要



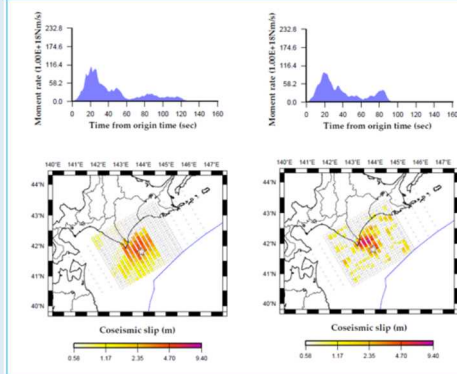
## 【震源過程解析の自動化】

遠地実体波震源過程解析の迅速化のため、スケーリング則に基づいた小断層等の設定による処理の自動化を図っている。USGS解との比較 (相関係数) によりその評価を行ったが、比較した22地震のうち19地震でUSGSの解と整合的な解となった。

～入力データ～  
・震源データ(緯度、経度、深さ、規模)  
・断層パラメータ(走向、傾斜、すべり角)

「断層すべり分布のスケーリング則」を用いて自動的に計算

～解析に必要なパラメータ～  
・小断層の大きさ、数  
・サンプリング間隔  
・基底関数の立ち上がり時間、数など



(左列) 自動解析 (右列) USGSによる解析

(藤田、2018)

・ 先進的な気象レーダーによる桜島噴煙観測について

気象研究所では、XバンドMPLレーダー(MRI-XMP)及びKuバンド高速スキャンレーダー(MRI-Ku)での観測・解析を行っている。2016年3月26日の桜島噴火事例について、MRI-Kuで得られた噴煙の3次元構造を解析した(図1, 2)。MRI-XMPでは、2016年4月29日など複数事例で噴煙の鉛直構造を解析し、噴煙内部の二重偏波パラメータの変化傾向が得られた。引き続きレーダーデータを解析し、噴煙内部の物理量(密度や粒径分布など)の推定や供給源モデルが可能となることが期待される。

・ 日々の気象場を入力値とする富士山宝永噴火を想定した降灰予測(2017年)

日々の気象場の変化が大規模噴火時の降灰予測に与える影響を点検し、降灰ハザードマップの改良等の研究に活用するため、1707年富士山噴火や1914年桜島噴火等の大規模噴火を想定した降灰シミュレーションを、2015年から2017年まで毎日1回実行し各々1096事例の計算結果を蓄積した。ここでは、1707年富士山噴火(宝永噴火)を想定し、2017年1年間の気象庁メソ解析値の3時間毎の気象場を入力値に用いて、領域移流拡散モデル(JMA-RATM)により噴火開始から398時間(約17日)後に予想される積算降灰量365例を求め、これらの計算結果から年間の予想最大降灰量分布(可能性マップ、図3)、月別の予想最大降灰量分布(ドリルマップ、図4)を作成した。頻度は少ないが東京で降灰量が10 cm以上となる事例もあった。ただし現在のシミュレーションは、初期値の供給源には傘型噴煙が表現されていないなど、多くの仮定の下に行っており、出力格子間隔は5kmと粗いため、今後改良して再計算する予定である。

### 先進的な気象レーダーによる桜島の噴煙観測

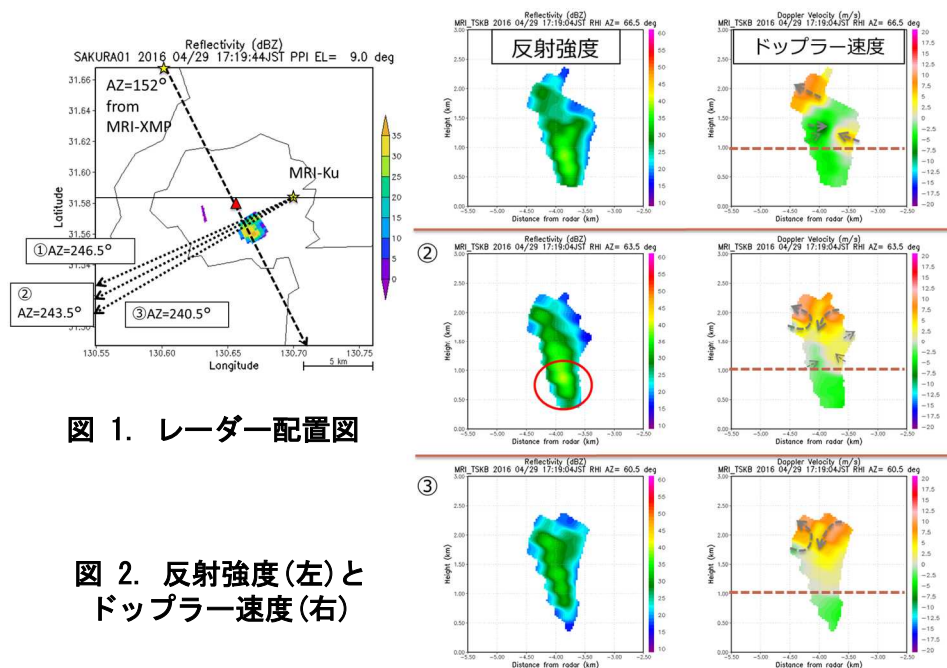


図 1. レーダー配置図

図 2. 反射強度(左)と  
ドップラー速度(右)

### 富士山宝永噴火を想定した降灰予測(2017年)

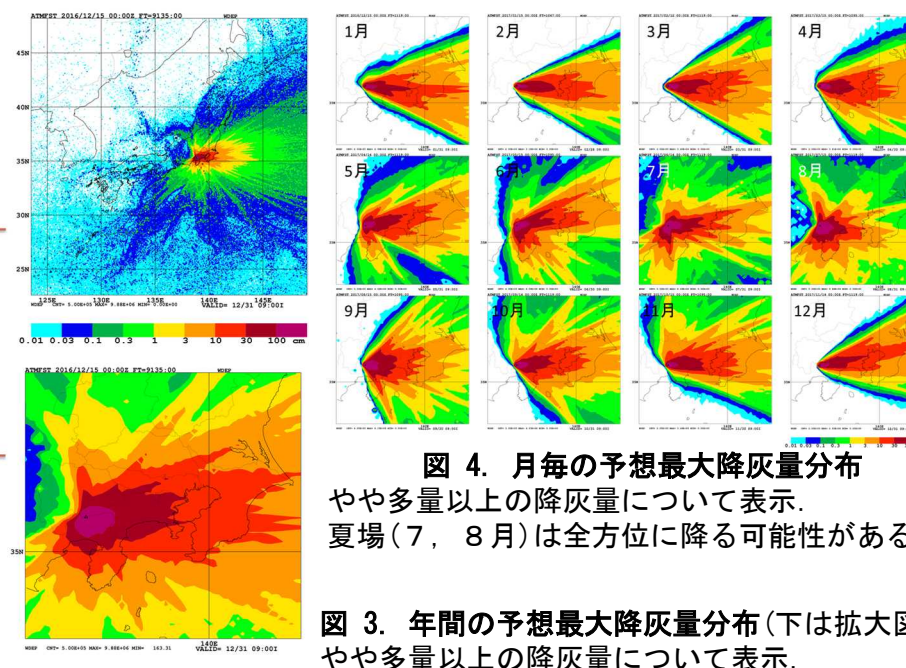


図 4. 月毎の予想最大降灰量分布  
やや多量以上の降灰量について表示。  
夏場(7, 8月)は全方位に降る可能性がある。

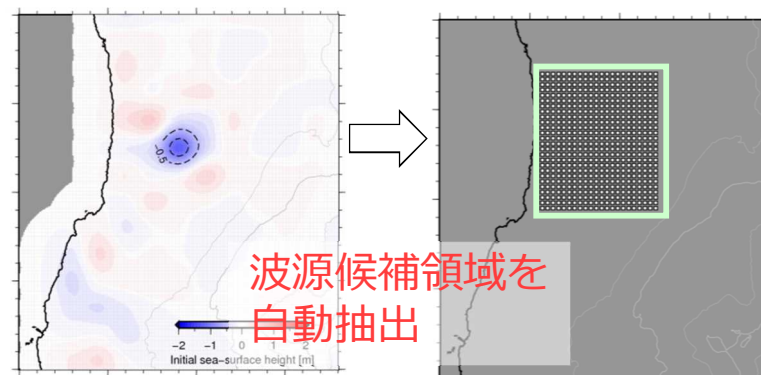
図 3. 年間の予想最大降灰量分布(下は拡大図)  
やや多量以上の降灰量について表示。

沖合で観測された津波波形の逆解析に基づく津波の即時予測手法システムについて、波源の広がりが小さい津波では波源推定の空間分解能が十分でない場合があることがわかったため、解析領域全体の広さとの両立を図りつつ、場合によって波源の空間分解能を細かくする解析アルゴリズムを考案し、想定した性能を発揮することを確認した。

### 手法の提案：二段階逆解析

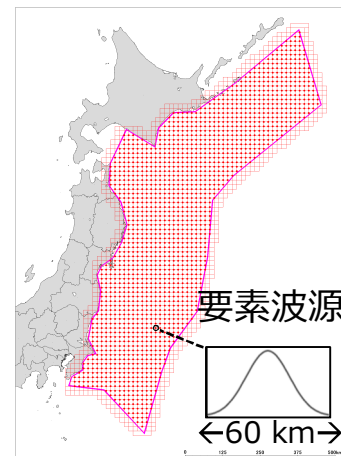
従来手法により  
波源を推定  
(第一段階)

波源候補域に小さい  
要素波源を配置し  
波源を再推定(第二段階)

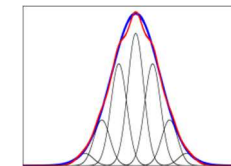


[Tsushima, 2018, JpGU-AGU]

### 課題

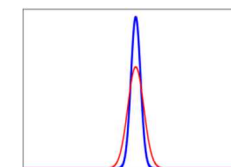


### 広がりの大きい津波



要素波源の線形和  
により対象波源を  
正しく再現

### 広がりの小さい津波



要素波源の線形和  
により対象波源を  
再現するのが困難

### 性能検証：数値実験

最大波高分布で評価

真値

従来手法

提案手法

