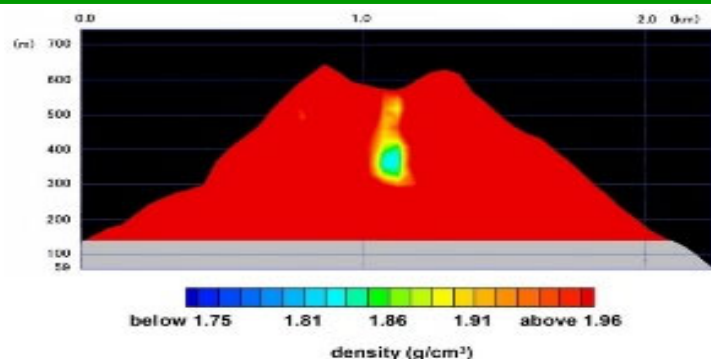




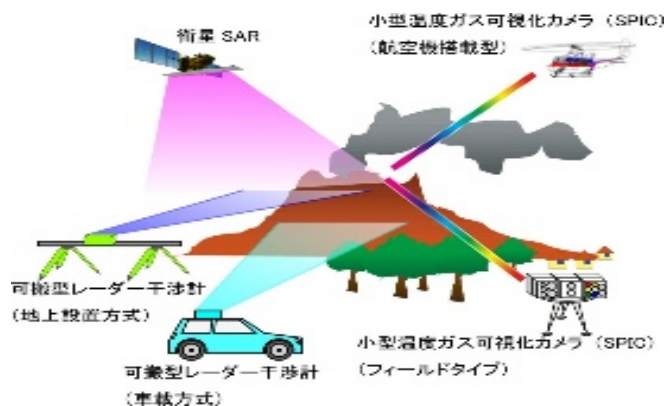
## 課題B「先端的な観測技術の開発」

- ・ 直面する火山災害への対応 何が起こったかを観測から正しく判定、火山噴火推移予測
- ・ 火山噴火発生確率の提示 噴火の可能性が相対的に高くなったこと(切迫性)を評価する手法の高度化

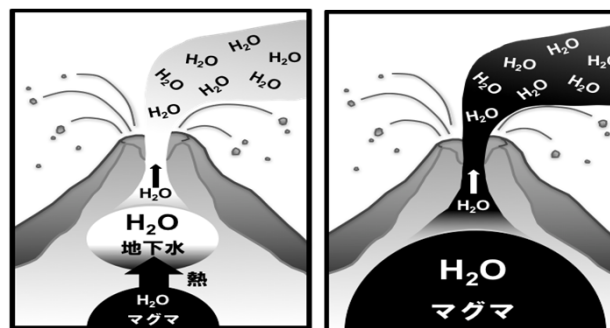
### B-1 新たな技術を活用した火山観測の高度化(宇宙線ミュオン)



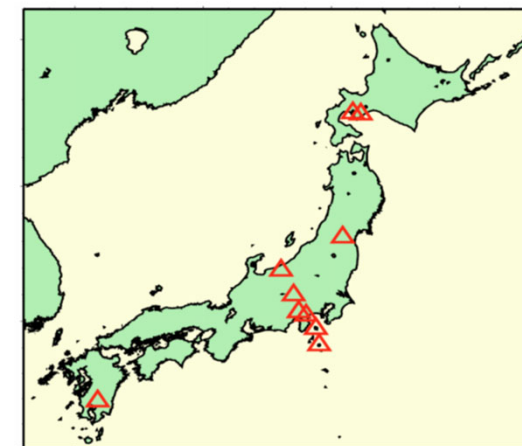
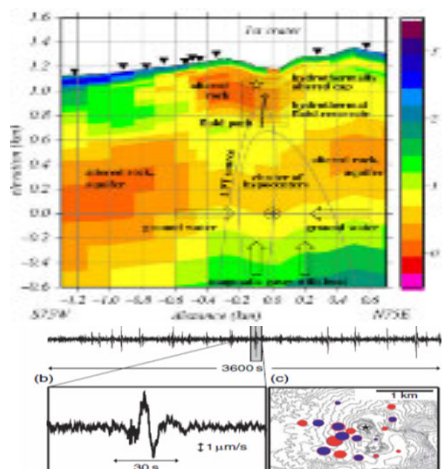
### B-2 リモートセンシングを利用した火山観測技術の開発(SAR,カメラ)



### B-3 地球化学的観測技術の開発



### B-4 火山内部構造・状態把握技術の開発(機動的な観測, 地下構造探査)



(~2019年)噴火後、活発だった昭和火口の下にプラグ様の高密度構造が生成された

2017年~2018年の間に昭和火口からの噴火が終わり、南岳火口から噴火が始まった。

2009-2017年  
7757回(昭和火口)  
50回(南岳火口)

2018-現在(2021)  
4回(昭和火口)  
1437回(南岳火口)

昭和火口  
2019年以降 0回

Olah, Tanaka, Varga et al.  
(2019) GRL

火道がプラグされ、南岳火口から2018年3月以降噴出

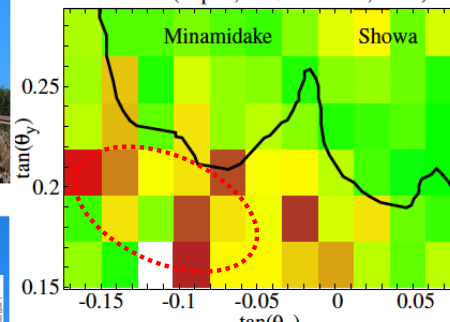
解釈

だが、これがどのような過程を経て形成されていったのかは不明。わかれば噴火推移の予測に役立つ。

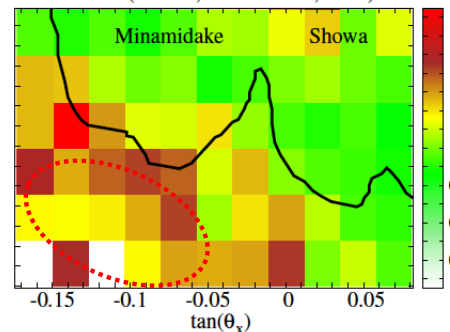
2  
0  
1  
9

(2020年)噴火後、活発化した南岳火口の下にプラグ様の高密度構造が成長している。

Run 5.1 (Sep. 1, 2019 - Jan. 15, 2020)



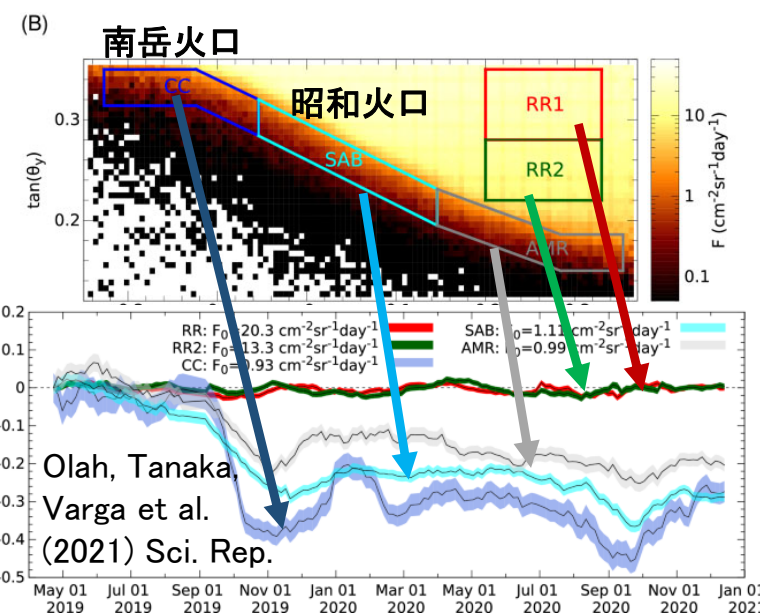
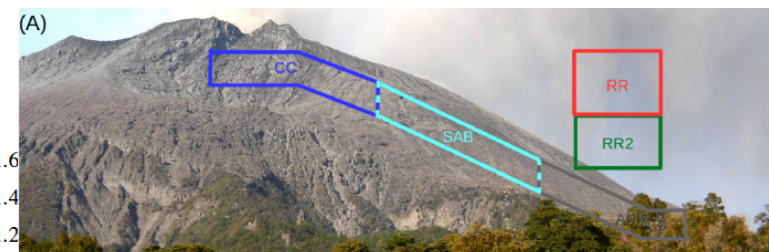
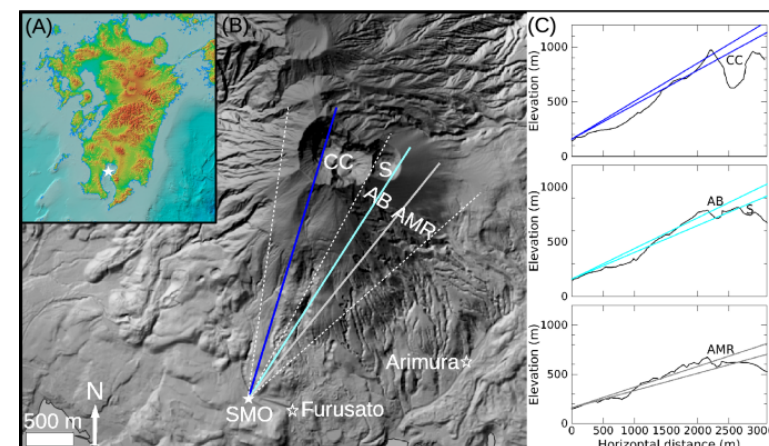
Run 5.2 (Jan. 15, 2020 - Jun 1, 2020)



Olah, Tanaka, Varga et al. Submitted to AGU

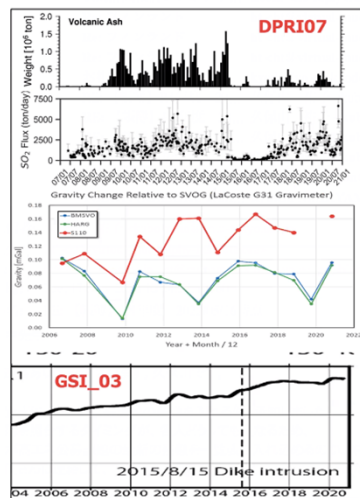
2  
0  
2  
0

(2021年)活発化した南岳火口付近におけるテフラマスの増減モニタリング



2  
0  
2  
1  
相対透過ミューン数

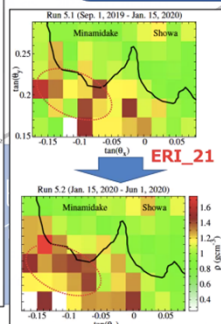




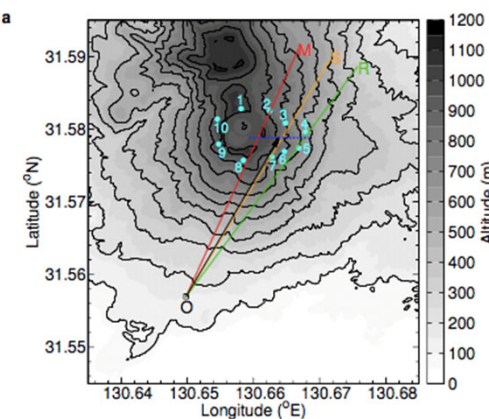
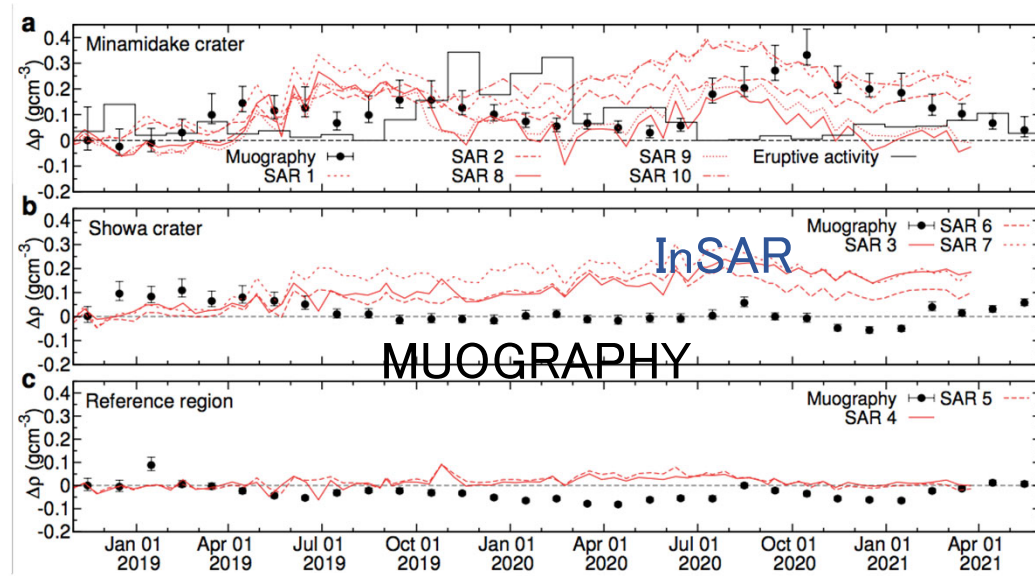
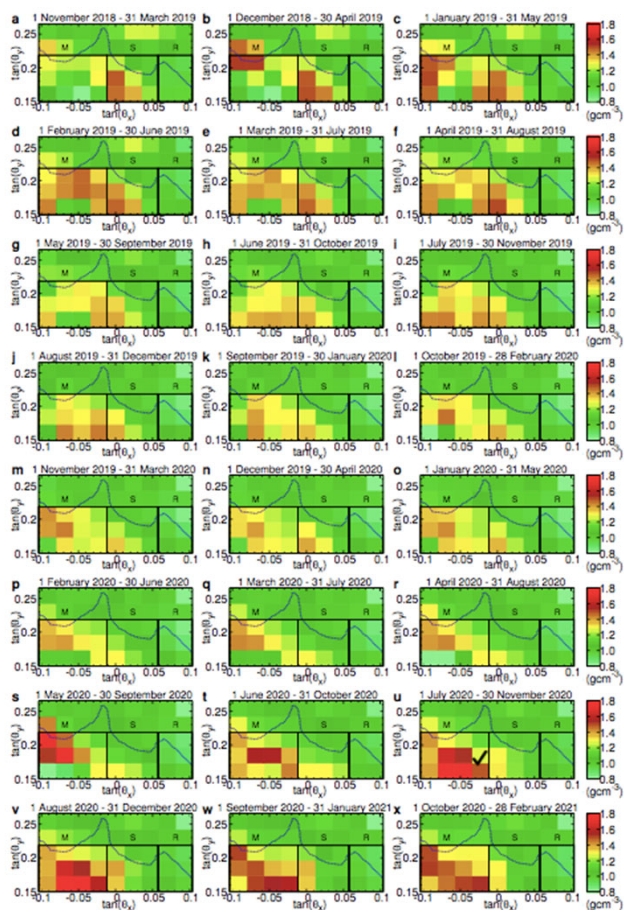
桜島南岳活動におけるガス放出卓越と火口下質量増加

物理量 (地物・噴出物)  
量・レート・位置・サイズ

- ・ 近年の膨張の停滞
- ・ 放出火山灰量の停滞
- ・ ガス放出の卓越
- ・ 桜島中央部の重力増加
- ・ 南岳火口下の密度増加



火山構造  
密度・破壊強度



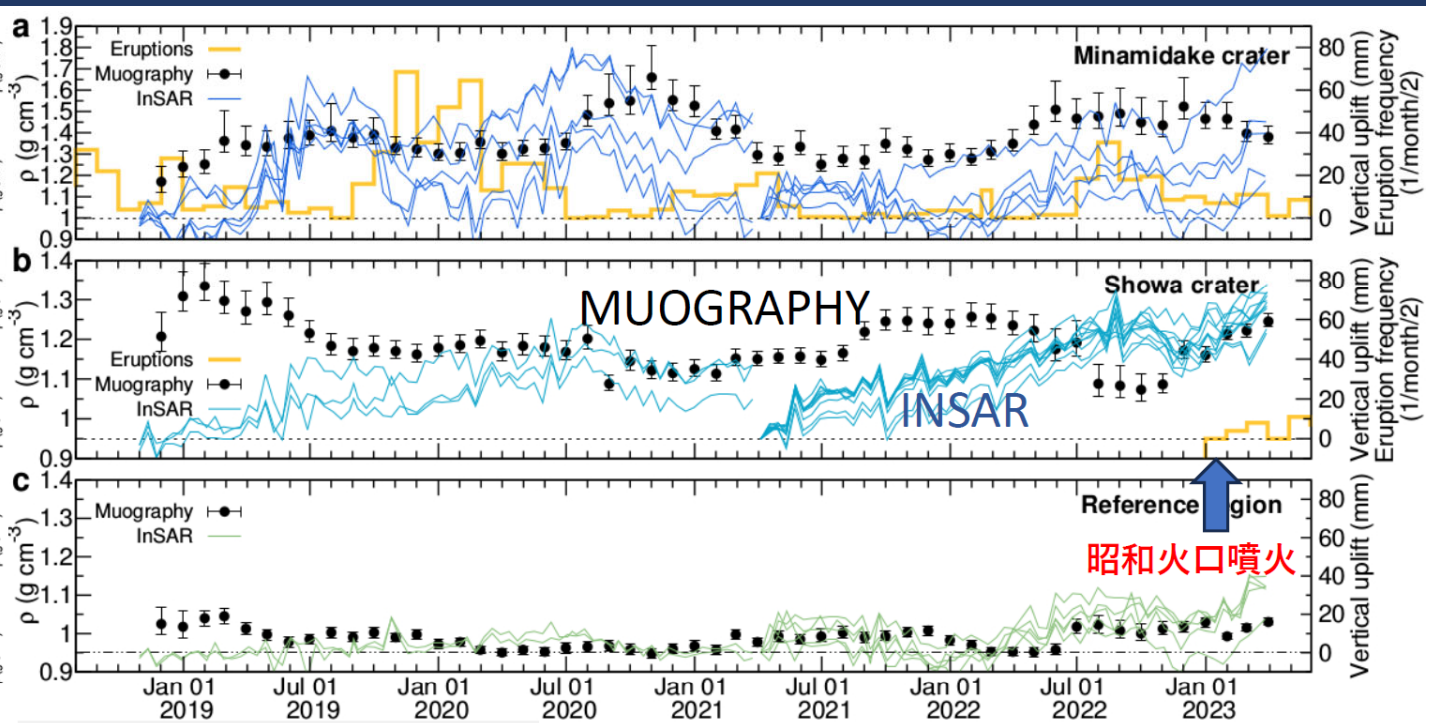
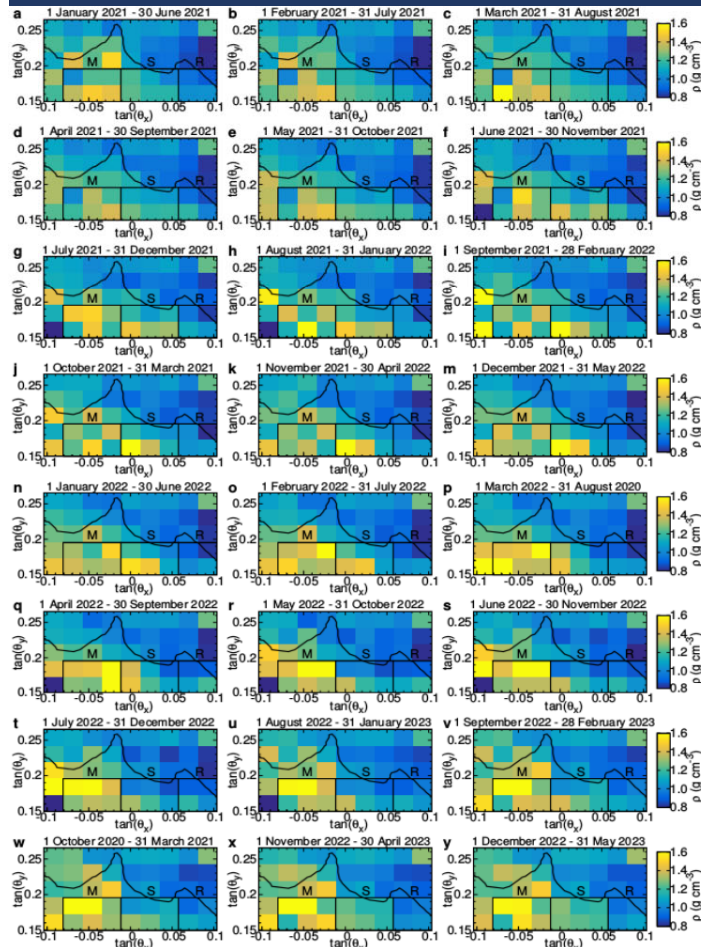
## InSAR, Muographyと 噴火頻度が逆相関

他課題、他機関との連携例

火山PJ課題間  
災害軽減研究  
日本電気  
カーネリア大学  
ダラム大学  
アタカマ大学

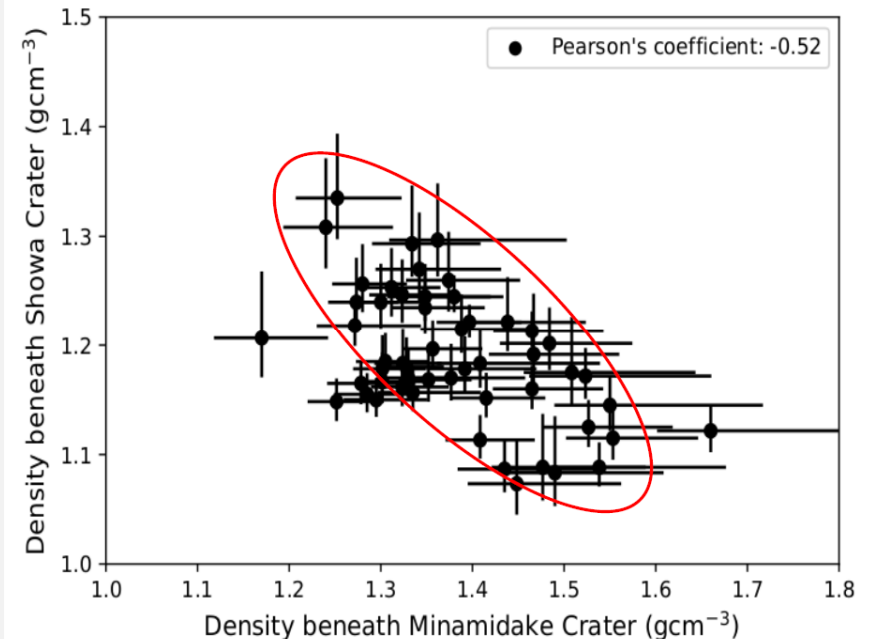
気泡を多く含むマグマの注入の減少により温度低下し  
マグマ粘性が上昇する→プラグ形成が始まり火道内圧  
力が上昇する。(Caricchi et al., 2021)。

気泡に富む新鮮なマグマ注入されるとガスポケットとプ  
ラグが加熱されて爆発が起き火道収縮 (Olah et al.,  
GRL 2023)



南岳火口直下の密度が  
高い時には昭和火口直下  
の密度が低く  
南岳火口直下の密度が  
低い時には昭和火口直下  
の密度が高い

Pearson's coefficient -0.52 that suggests a moderate anti-correlation between the mass densities. Similar anti-correlation was observed between the magmatic gas fluxes measured in branched conduits of Mt. Etna, where the eruptive activity between the vertical and slant vents was controlled by water content of the magma (Marchetti et al., 2009; Spina et al., 2017; Zuccarello et al., 2022).



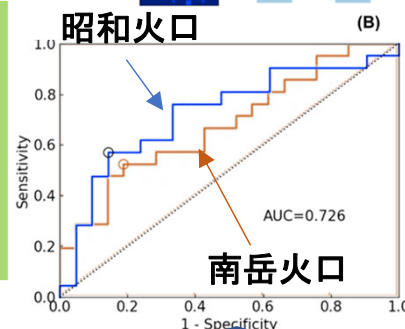
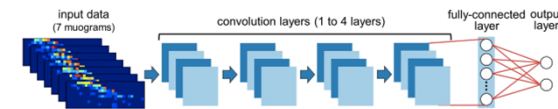
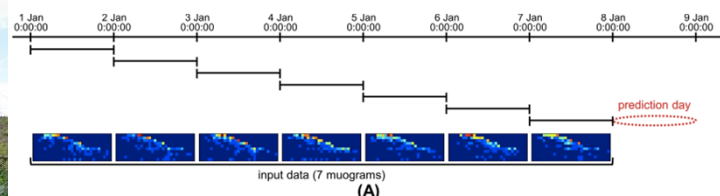


(~2019年)1日1枚のミュオグラフィ画像を提供できる環境を整備



装置の出力データをWEBベースリアルタイム解析環境へと接続することにより、その結果、リアルタイムに最新情報に更新される高精細画像を閲覧できる環境が実現

(2020年)日毎のミュオグラフィ画像データ(低解像度画像)を機械学習(CNN)することで翌日の噴火判定を行う技術(MuNET)を開発(2016~2017年データ)



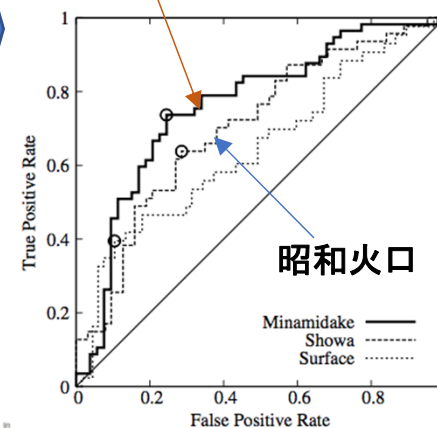
南岳火口  
AUC=0.68  
昭和火口  
AUC=0.73  
火口以外  
AUC=0.44

(2021年)日毎のミュオグラフィ画像データ(高解像度画像)を機械学習(CNN)することで噴火判定を導出する技術(MuNET-2)を開発(2019~2020年データ)

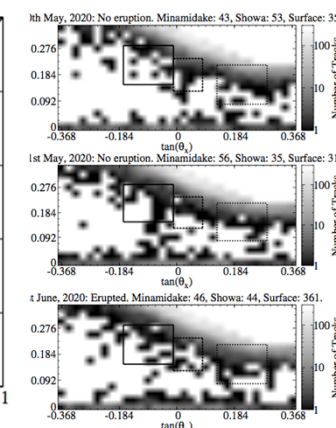
南岳火口 AUC=0.761  
昭和火口 AUC=0.704

・判定性能が向上  
・昭和火口と南岳火口が逆転

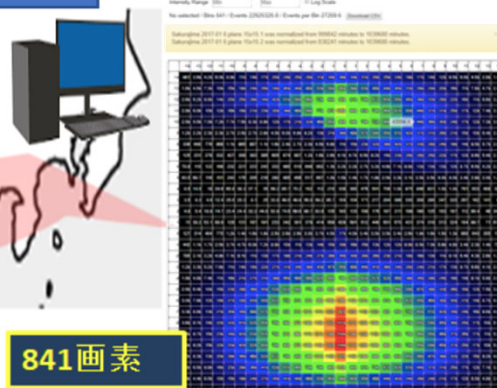
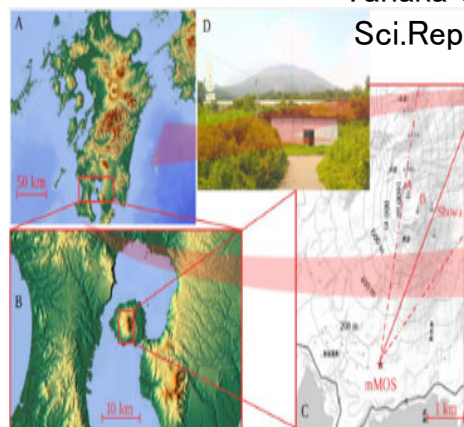
南岳火口



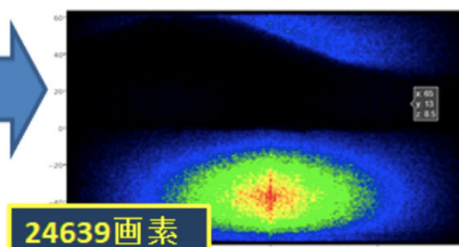
昭和火口



Nomura, Hayashi,  
Tanaka et al. (2019)  
Sci.Rep.



841画素



24639画素

Olah and Tanaka  
(2021)  
AGU  
Geophysical  
Monograph

# 課題Bサブテーマ2:リモートセンシングを活用した火山観測技術の開発

## 課題Bサブテーマ2に関する令和6年度成果の概要

### サブテーマ2-1:可搬型レーダー干渉計と衛星SARによる精密地殻変動観測技術の開発

#### 可搬型レーダー干渉計の開発

R3年度に可搬型レーダー干渉計運用機(センサー名:SCOPE)が完成。**地表変動計測および実利用化に向けた計測実験・高度化を実施**

R6年度の実施内容・成果:

- ・ 地表変動計測(十勝岳、吾妻山、雲仙岳)
- ・ 実利用化に向けた計測実験(富士山、桜島)
- ・ 富士山、桜島、九重山の観測場所調査(予定)
- ・ 極座標処理ソフトウェアの開発

#### 衛星SARによる地殻変動情報のデータベース

当初に計画していた解析手法の検討はR元年度に終了。**システム構築を進めるとともに、衛星SARを用いた火山研究を実施**

R6年度の実施内容・成果:

- ・ 自動解析システムの構築  
(浅間山、富士山、弥陀ヶ原、那須岳、御嶽山)
- ・ 衛星SARを用いた地殻変動研究  
(霧島山に関する研究がEPS誌に掲載)

### サブテーマ2-2:火山表面現象遠隔観測技術の開発～小型温度ガス可視化カメラ(SPIC)の開発

#### 計画 a.SPICの開発

令和3年度までの開発で、温度と火山性ガス(二酸化硫黄ガス)の濃度分布の可視化を実現できることを実証した(装置名:SPIC)。**令和5年度から、SPICの実用化に向け、オンサイト校正機能付きの装置の開発、試験観測での機能検証、SPICの観測波長別の計測値を検証する装置開発を課題として検討を進めている。**

R6年度の実施内容・成果:

- ・ 自動校正機能付き装置開発(SPICの航空機搭載型試作)
- ・ 波長別輝度観測装置開発(赤外分光放射計試作)
- ・ 火山での実験観測(那須岳、吾妻山、桜島、阿蘇山、浅間山)

#### 計画 b.岩石スペクトルの計測

SPICが計測するマルチバンド情報からスペクトルを推定する手法を開発中である。この為、**岩石コアの画像分光装置の製作を完了し、推定に資するスペクトルデータ群の構築を進めている。**

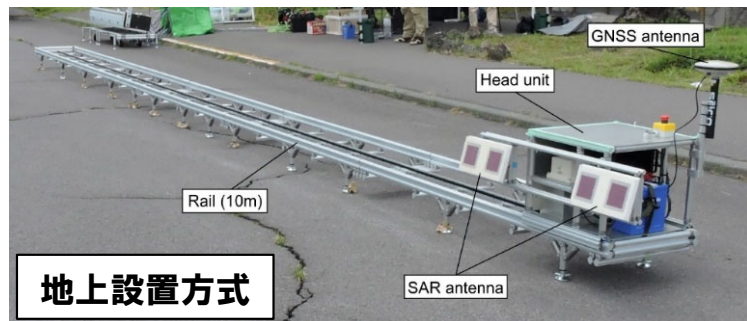
R6年度の実施内容・成果:

- ・ コア試料のスペクトルを計測中  
(NIED保有のコア試料のスペクトル)



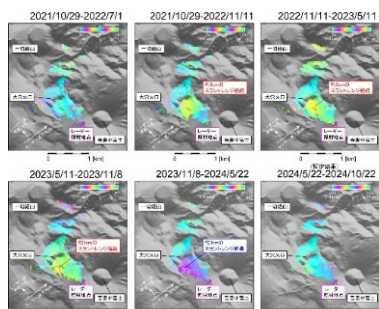
# 実施内容① 火山観測用可搬型レーダー干渉計の開発

設置場所に応じて観測方式(地上設置方式, 車載方式, 台車方式, 手動方式)を選択し, 効率的に火山周辺における地殻変動を面的に検出するレーダーセンサーの開発を進めている。



## 地表変動計測(吾妻山、十勝岳、雲仙岳)

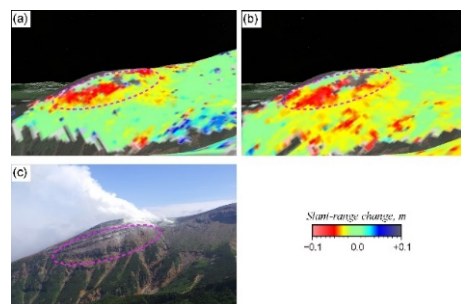
**吾妻山** 半年毎の観測を継続。膨張—収縮—地殻変動停止のサイクルを把握



**雲仙岳** 3地点から溶岩ドームを計測し、その変形分布を広範囲に把握



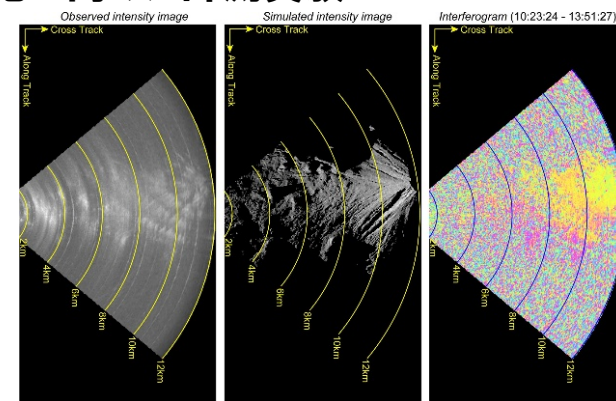
**十勝岳** R4、R5年度に続き、R6年度にも観測を実施。振子沢噴気孔群付近のスラントレンジ短縮変形の継続を確認



## 実利用化に向けた計測実験

**富士山** 10km先の計測が可能なことを確認

**桜島** 緊急時を想定した計測実験。SCOPEとSPICの合同による5日間の集中観測を桜島で実施(予定: 1/27-1/30)



## その他

- 富士山、桜島、九重山の観測場所調査(予定)
- 極座標処理ソフトウェアの開発(観測地点からの距離に対する空間分解能の変化に対して適切に処理)

**R7年度: 次世代火山研究推進事業終了後に、火山本部における機動観測の機材として活用するため、老朽部の更新・堅牢化。地殻変動計測の継続。**



# 課題Bサブテーマ2:リモートセンシングを活用した火山観測技術の開発

## 実施内容② 衛星SARによる地殻変動情報のデータベース

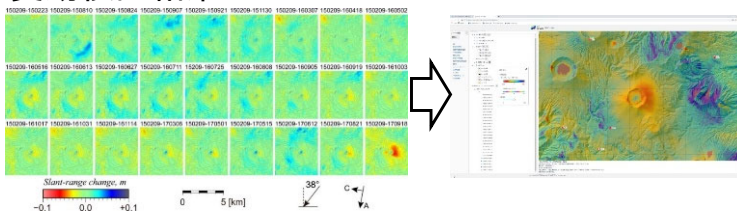
衛星SARデータの自動解析システムを構築し、得られる地殻変動情報をデータベース化する。  
また、衛星SARデータから得られる地殻変動情報を用いた火山研究を進める。

### 自動解析システムの構築

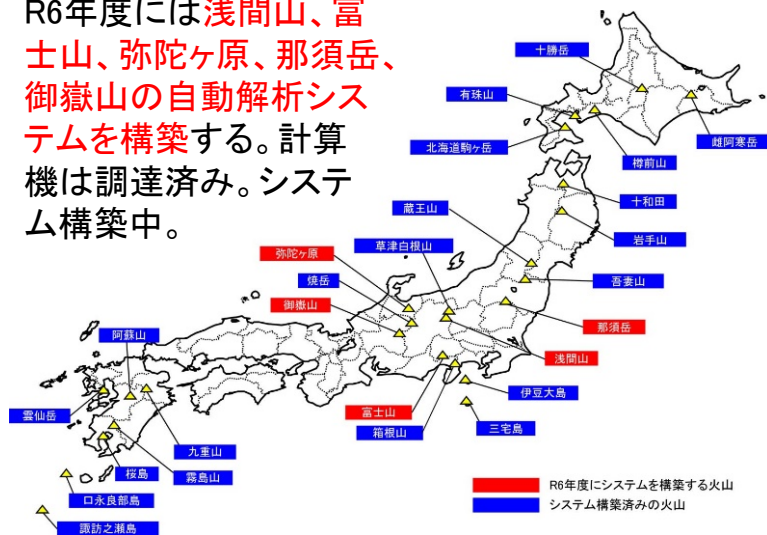
R元年度までに自動解析システムのための解析方法を決定し、その解析方法に基づいて、R6年度までに、当初予定していた26火山すべての自動解析システムを構築予定。そのシステムから得られる地殻変動検出結果は、JVDNで公開する。

#### 霧島山(新燃岳)の地殻変動検出結果

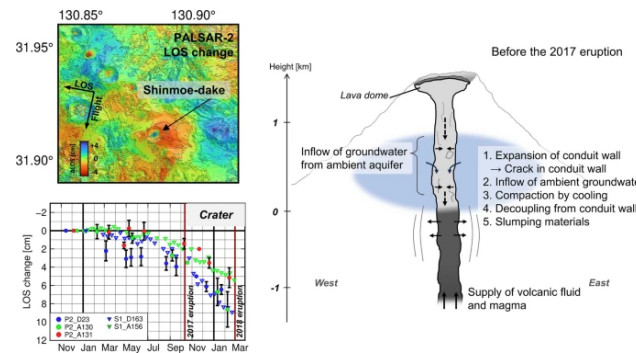
JVDNでの公開



R6年度には浅間山、富士山、弥陀ヶ原、那須岳、御嶽山の自動解析システムを構築する。計算機は調達済み。システム構築中。



### 衛星SARを用いた地殻変動研究:新燃岳(EPS誌に掲載)

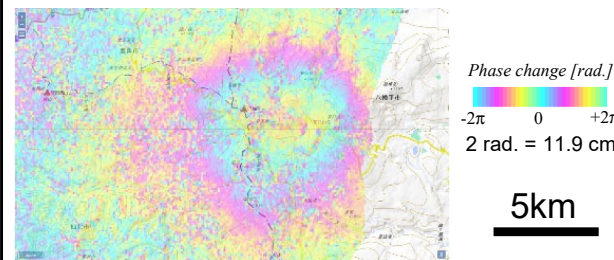


新燃岳(霧島山)の2017年、2018年噴火の前駆的に生じた山体の膨張および火口内の収縮を明らかにし、その発生メカニズムについて考察

Himematsu, Y., T. Ozawa, and Y. Aoki (2024) Precursory crater contraction associated with the 2017 eruption of Shinmoe-dake volcano (Japan) detected by PALSAR-2 and Sentinel-1 InSAR. Earth Planets Space 76, 141 (2024). <https://doi.org/10.1186/s40623-024-02083-8>

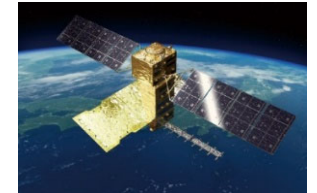
### SARによる地殻変動検出:八幡平

膨張変動の発生が報告された八幡平について、だいち2号のSARデータ(2018/11/29-2023/11/23)を用いた干渉解析を実施し、得られた地殻変動情報をJVDNで公開。



### だいち4号のSARデータへの対応

R6年度に打ち上げられた、だいち4号のPALSAR-3データの解析に対応

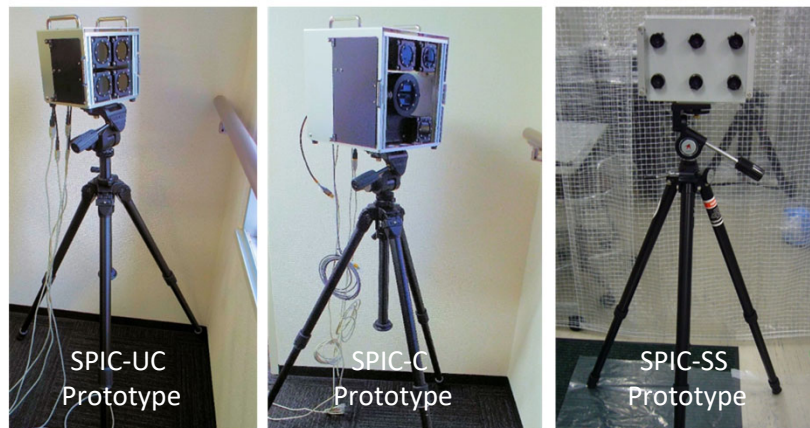
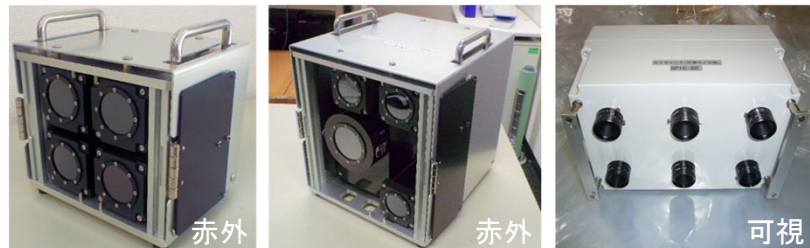
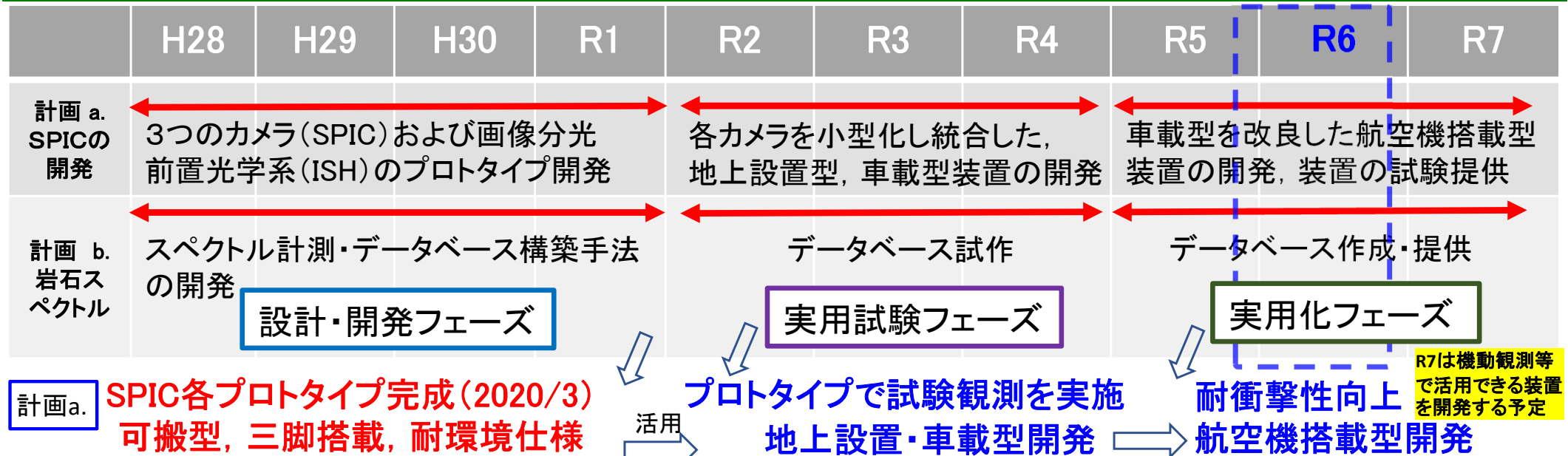


R7年度:解析アルゴリズムの改良、地殻変動研究を実施予定



# 課題Bサブテーマ2: リモートセンシングを活用した火山観測技術の開発

## 実施内容③全体計画との関連 SPICの開発、スペクトル推定用データベース構築



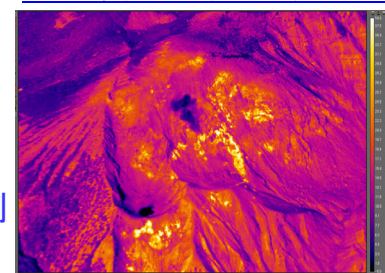
R6年度 自動校正機能付きSPIC (SPIC航空機搭載型), 赤外分光放射計開発中

R6成果例: SPIC航空機搭載型, 赤外分光放射計の開発と天空観測試験⇒火山噴煙観測予定(R7.1)



開発中の自動校正機能(電動型回転黒体)付きSPIC (SPIC航空機搭載型)の地上試験～地上, 天空観測

R6年度 火山試験観測中



開発中の装置による航空機(ヘリ)からの火山試験観測(吾妻山)

R6/11/9

計画b. コア試料の画像分光計測を継続実施(データベース構築中)



R4年度 コア箱をスキャンできる大型試料ステージ完成. 試験計測実施.

R5,R6年度: 50cmコア箱のままスキャンしデータ取得中.





# 課題Bサブテーマ2:リモートセンシングを活用した火山観測技術の開発

## 実施内容③ 令和6年度成果(トピック): SPICの開発と試験観測

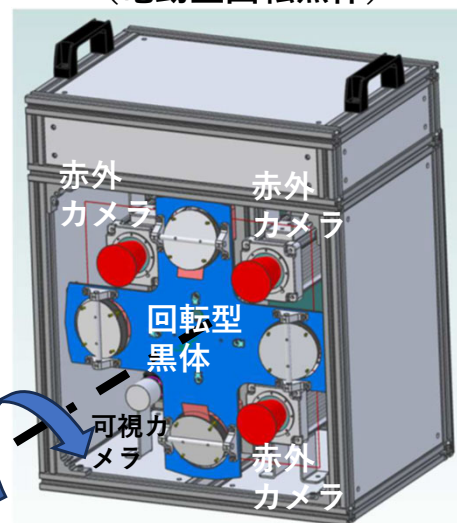
計画:a. SPICの開発:(1)自動校正機能(電動型回転黒体)付きSPIC, (2)航空機(ヘリ)からの火山試験観測

### (1)自動校正機能(電動型回転黒体)付きSPIC

輝度温度情報からガス濃度分布を推定するためには、計測値に含まれる装置バイアスを低減することが重要⇒オンサイト校正機能付き装置が必要



### 開発中の自動校正機能付きSPIC (電動型回転黒体)



ソフトウェア制御で自動回転し校正データを取得、装置バイアスを除去する。

地上・天空の試験観測の様子 (R6.7)



桜島での火山試験観測  
(R7.1予定, B2-1のSCOPE  
と同時期に観測予定)

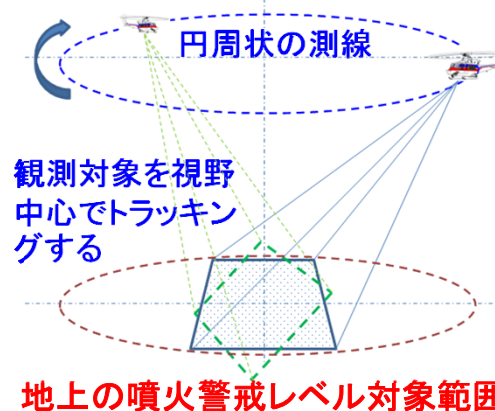


予備調査時の観測場所からの展望

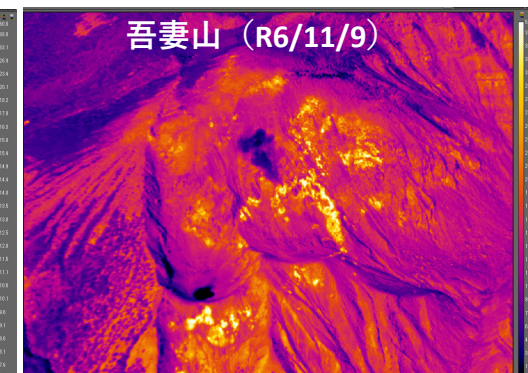
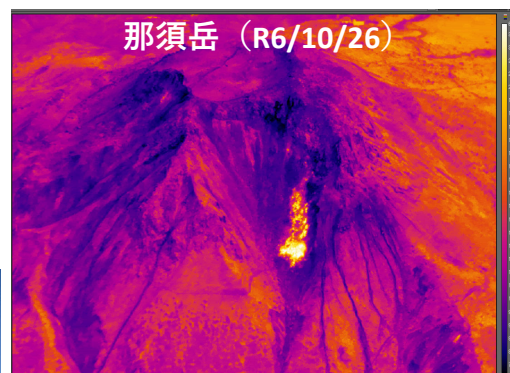
### (2)航空機(ヘリ)からの火山試験観測((R6/11, R7/2)

航空機(ヘリ)からの火山試験観測(那須岳, 吾妻山, 阿蘇山)  
⇒輝度温度分布, 地形の把握を実現(SO<sub>2</sub>濃度分布計測手法開発中)

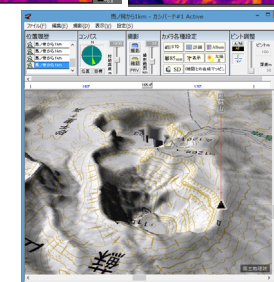
地上の噴火警戒レベル対象範囲外の上空の測線から計測



ヘリ観測に使用する可搬型装置:  
STIC-P2(2024/3開発)



阿蘇山での観測を  
R7/2月上旬に実施  
予定

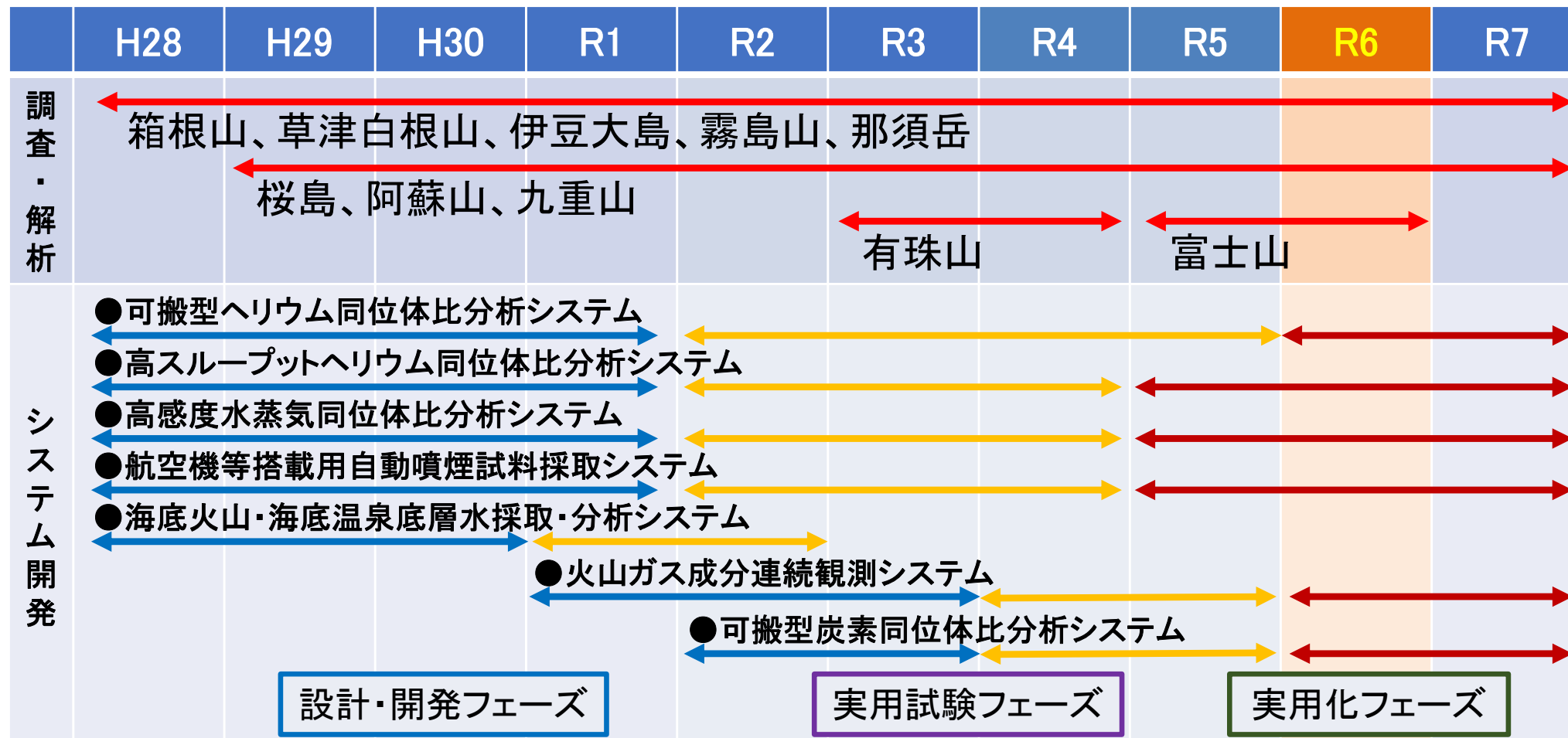


阿蘇中岳の観測シ  
ミュレーション画像



# サブテーマ3:地球化学的観測技術の開発 (1)

火山ガスの地球化学的観測による噴火切迫性評価(火山噴火予測)手法の開発  
 これまでの主たる成果: 火山ガス組成・同位体比に基づく活動度評価の高度化



## 現時点までの主たる成果

- 火山活動に対応した化学組成・同位体比変動の検出
- 噴煙試料を用いた噴気孔同位体比の決定
- 噴煙試料自動採取装置、可搬型同位体比分析装置の評価

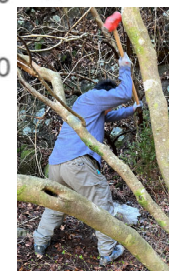
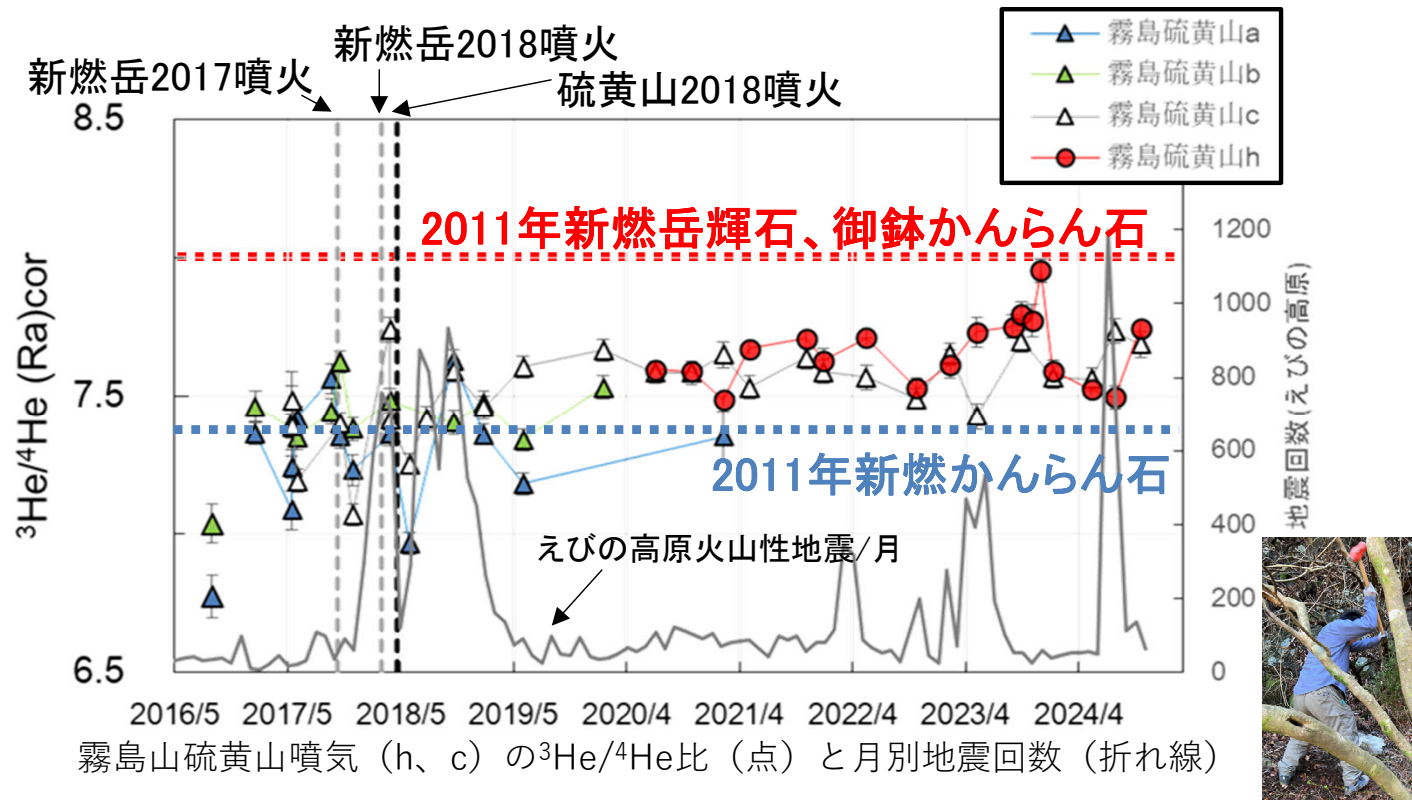
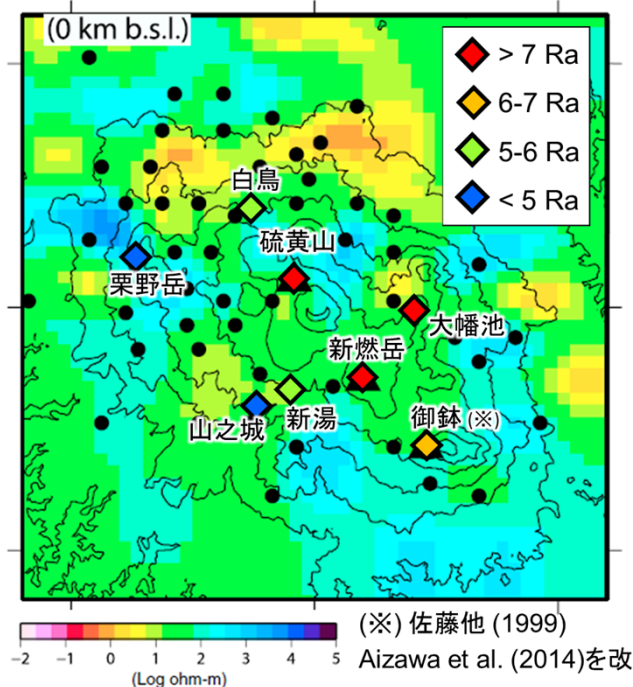


- 火山ガス組成・同位体比に基づく活動度評価の高度化
- マグマ成分の寄与率の変動
- 安全な場所での高精度観測

# 火山活動に対応した化学組成・同位体比変動の検出(東大・東海大・気象研・神戸大)

□ 火山ガスのヘリウム同位体比分布・経時変動からのマグマ供給系に関する知見(霧島火山群)

## 課題B-4、課題Cとの連携



- 低い比抵抗値から流体の存在が示唆される、過去の火口で $^3\text{He}/^4\text{He}$ は高い  $\Rightarrow$  **マグマ起源流体の分布**
- 霧島山硫黄山噴気の $^3\text{He}/^4\text{He}$ は2019年以降、やや高い値で推移。
- 新燃岳の2011年輕石の輝石や御鉢溶岩 (AD788-1350) のかんらん石の $^3\text{He}/^4\text{He}$ は、硫黄山噴気の $^3\text{He}/^4\text{He}$ よりも高い。
- 新燃岳2011年輕石のかんらん石の $^3\text{He}/^4\text{He}$ は、2018年以前の硫黄山噴気の $^3\text{He}/^4\text{He}$ と同程度。
- $\Rightarrow$  マグマだまりの $^3\text{He}/^4\text{He}$ は、深部からのマグマ供給と脱ガス+周囲の地殻からの $^4\text{He}$ の供給により増減？
- $\Rightarrow$  **将来の深部からのマグマ供給が、噴気の $^3\text{He}/^4\text{He}$ の上昇として検出される可能性**

米田羅生ほか「斑晶の希ガス同位体に基づく霧島火山マグマ供給系への示唆」  
日本火山学会2024年度秋季大会 ポスター発表賞



# 火山活動に対応した化学組成・同位体比変動の検出 (東海大・気象研)

## 火山ガスの化学組成と熱水系構造の関係

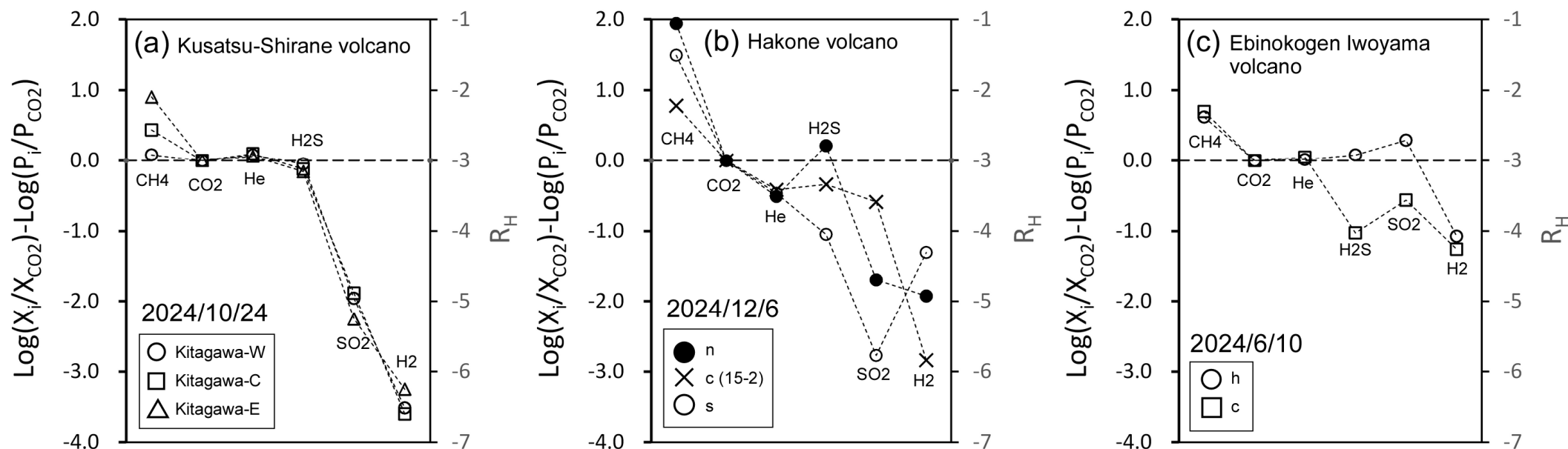


図1. 水蒸気噴火が懸念される火山における噴気の化学組成パターン (a) 草津白根山、(b) 箱根山、(c) えびの高原硫黄山。噴気成分*i*の $\text{CO}_2$ に対する比( $X_i/X_{\text{CO}_2}$ )を、仮想的なマグマ性ガスの組成比( $P_i/P_{\text{CO}_2}$ )で規格化した。 $\text{H}_2$ については、 $R_H (= \text{Log}(\text{H}_2/\text{H}_2\text{O}))$ 値を右縦軸に示す。

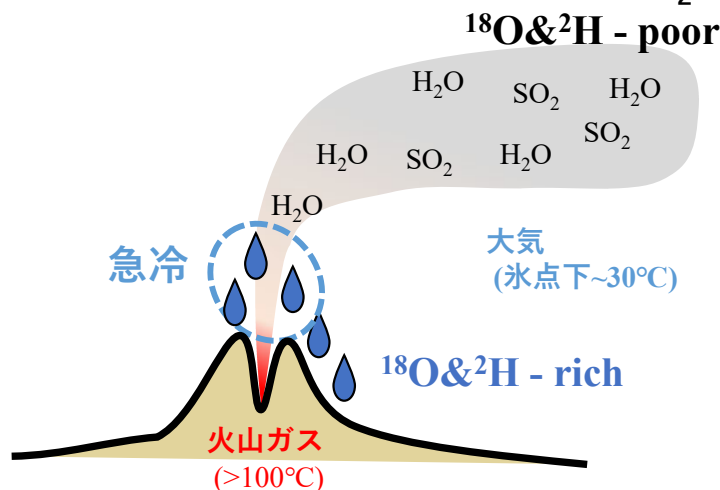
## 火山ガスの化学組成と熱水系構造に関する研究成果

- ◆ **噴気化学組成のパターンは火山に特有であり、その特徴は熱水系の構造を反映。**
- ◆ 草津白根山の $\text{SO}_2$ と $\text{H}_2$ が低い右下がりのパターンは、熱水系がFluid bufferに支配されていることを示唆する。Fluid bufferはマグマ起源の $\text{SO}_2$ ガスが、熱水系に注入される過程で硫酸イオンと $\text{H}_2\text{S}$ ガスが生じる反応により制御されており、**草津白根山の熱水系ではFluidが卓越している**ことを示唆する。このことは、草津白根山で水蒸気噴火が頻繁に起きる特徴と関係していると考えられる。
- ◆ 箱根山の噴気cのパターンは、Gas bufferの影響を受けた熱水系の特徴を示唆する。これと比較し、噴気nとsには、 $\text{CH}_4$ と $\text{H}_2$ が過剰に含まれている。これらの過剰は**熱水系と地表の間に存在するキャップロックの影響**を反映していると考えられる。
- ◆ えびの高原硫黄山の噴気hは、温度が高々 $120^\circ\text{C}$ にもかかわらずマグマ起源の特徴を示している。草津白根山や、箱根山に存在するような**熱水系の影響が見られない**。これに対し、噴気cには熱水系(Gas buffer)の影響が見られる。

## サブテーマ3:地球化学的観測技術の開発 (4)

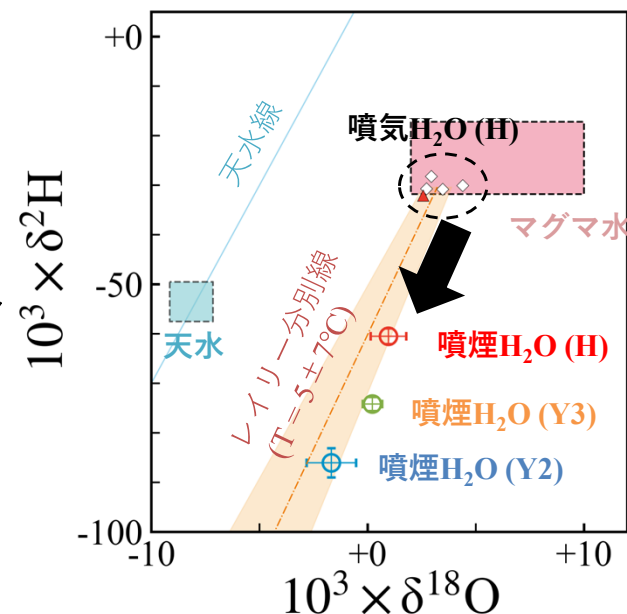
### 噴煙の水蒸気・水素の同位体比測定技術の開発(名古屋大)

□噴気孔近傍における噴気由来H<sub>2</sub>Oの部分凝縮過程の発見



噴気孔近傍における噴気由来H<sub>2</sub>O  
の部分凝縮過程モデル

- ◆ 火山噴煙中のH<sub>2</sub>Oの同位体組成は噴気H<sub>2</sub>Oと異なる値を示すことがある。これはH<sub>2</sub>Oの一部が大気との混合直後に凝縮・除去されたことを反映
- ◆ 観測時の気温下におけるレイリー分別を仮定して混合線まで補正することで、**噴煙H<sub>2</sub>Oから噴気H<sub>2</sub>Oの同位体組成を推定出来る**
- ◆ 学生による報告が2024年度日本地球化学会年会で学生奨励賞受賞



### ドローン搭載用自動噴煙試料採取装置 (SeIPS) の開発(名古屋大)

□SeIPSの使用ノウハウ&経験値蓄積

対象火山: **桜島南岳火口**

日時: 2024年12月9-10日

動作閾値SO<sub>2</sub>濃度: 10-15 ppm

使用UAV: JDRONE社DJI M300 RTK

離発着地点: 京大桜島火山観測所ハルタ山  
観測室駐車場

観測協力: 産総研・東大地震研・東大理・京大桜島観測所・JDRONE社

備考: 桜島はSeIPS初挑戦、無事成功。

**従来のセスナ機観測時を大きく上回る  
高SO<sub>2</sub>濃度試料の採取に成功**



桜島における  
観測の様子

SeIPS(10Lver.) ↑

対象火山: **阿蘇中岳**

日時: 2024年12月14-15日

動作閾値SO<sub>2</sub>濃度: 10-15 ppm

使用UAV: 京大DJI M200V2

離発着地点: 中岳火口展望所

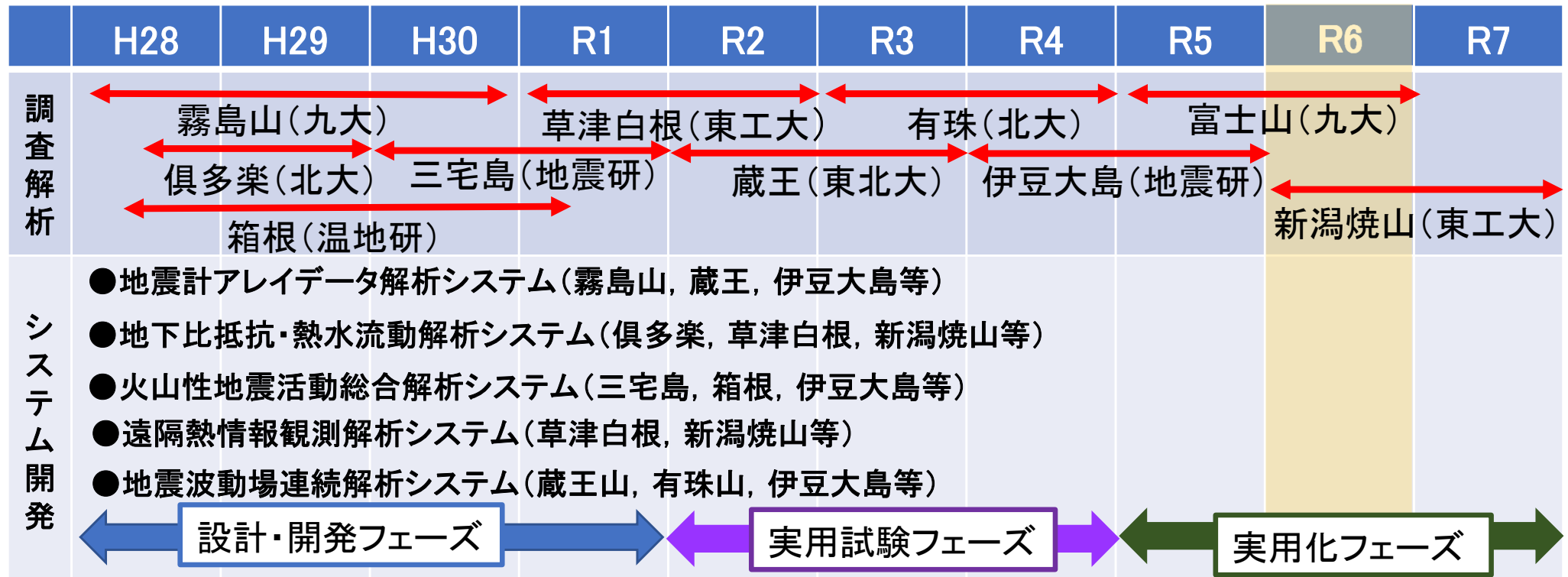
観測協力: 京大火山研究センター

備考: 阿蘇では初となる**中型機で試料採取に成功**も、2日目の第3フライト途中でドローンが操縦不能・墜落。搭載していたSeIPS2号機も喪失



噴火切迫性評価高度化(火山噴火予測)手法の開発

→ 噴火切迫性の高い火山での構造探査(噴火発生場の検証)や機動的な観測(状態把握)が鍵



これまでの主たる成果

- ・ 比抵抗構造, 地震活動, 地震波速度構造, 地盤変動源の関係、共通性
- ・ 広域比抵抗構造と熱水流動解析の比較
- ・ 各種ツール開発 等

総括



水蒸気噴火準備過程標準モデル

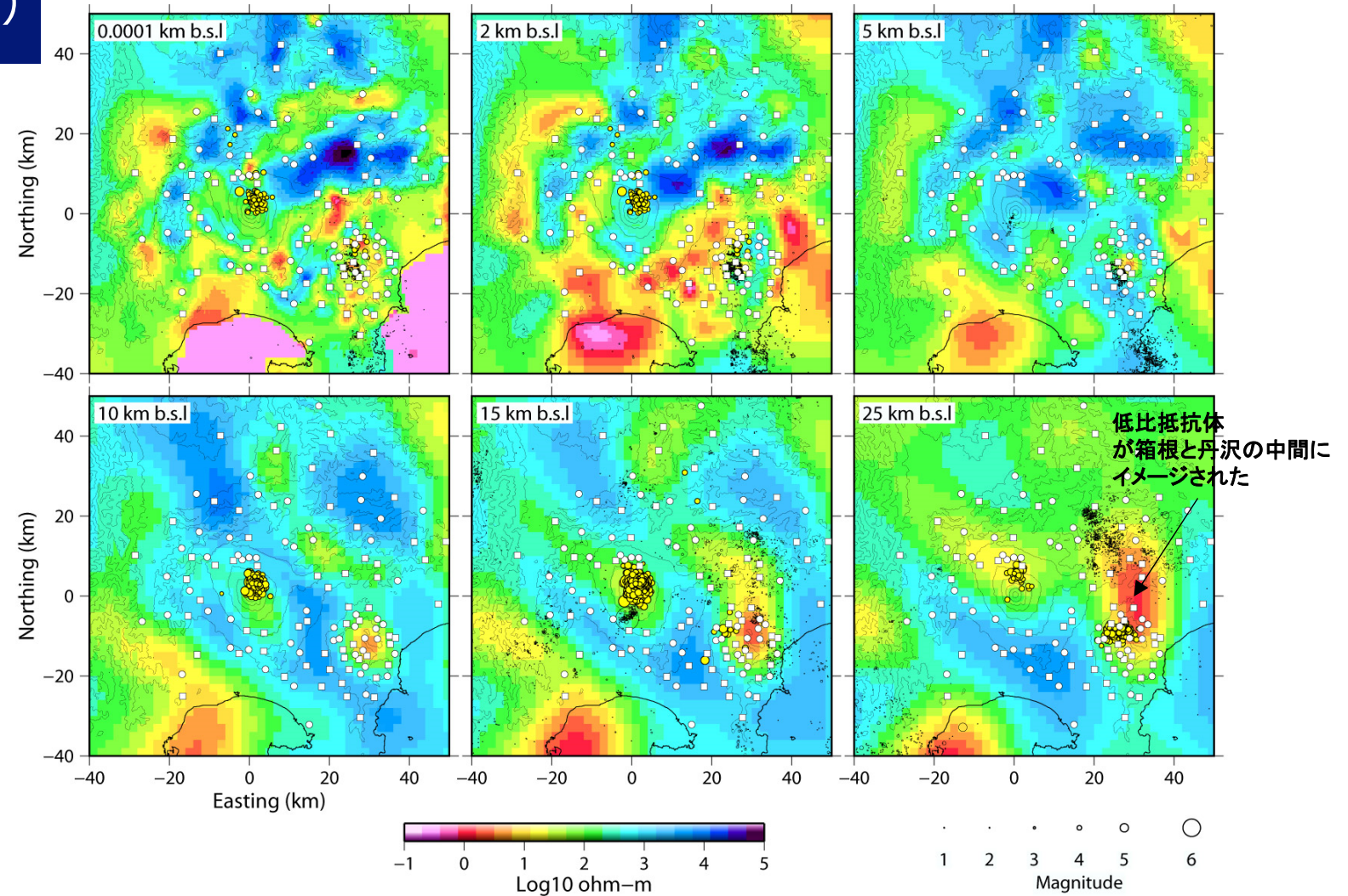
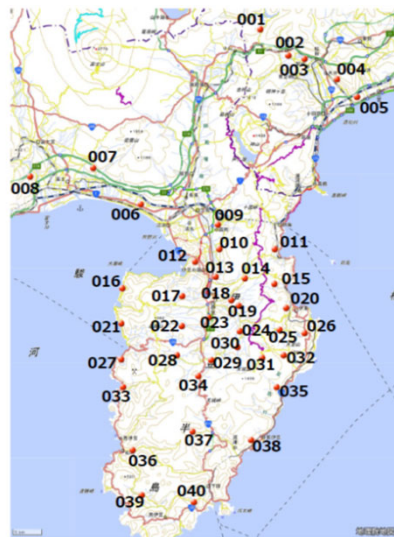
による噴火切迫性評価の高度化

- 浅部不透水層のある場所
- 地震活動と地盤変動源
- 熱水活動特有の地震波形

# 富士・箱根山における機動観測(MT探査120点)

## 比抵抗構造 (富士箱根)

- 2023年度に取得した119点のデータのみ使用した予察解析
- 富士山近傍の既存データも含めて解析予定
- 箱根丹沢の中間地点、駿河湾近傍、伊豆半島で追加MT観測予定 (2025年1 - 3月)

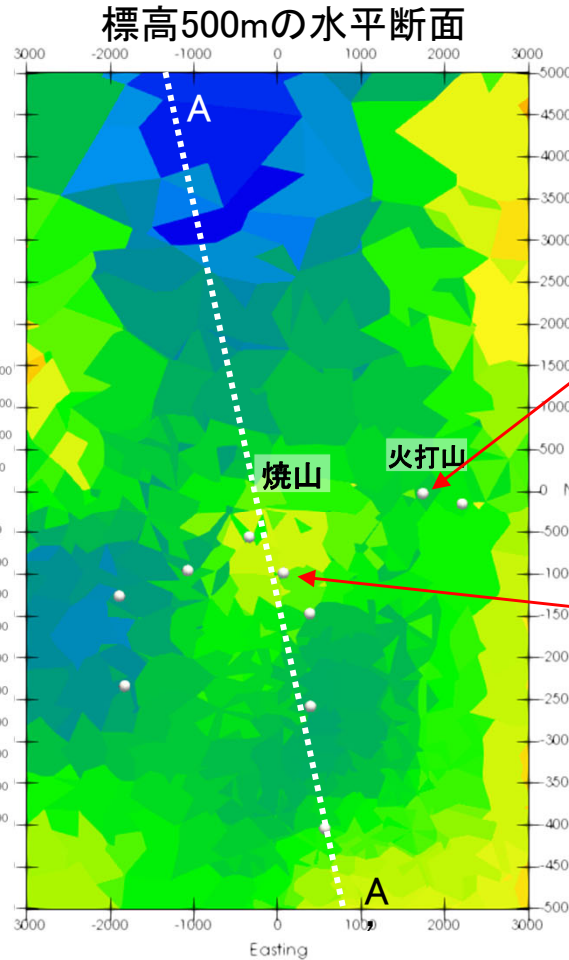
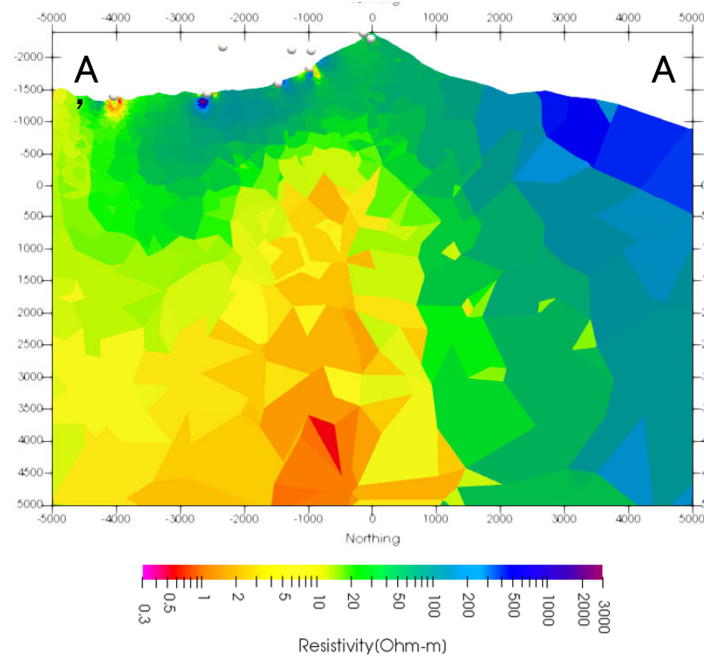




## (暫定)3次元比抵抗構造解析

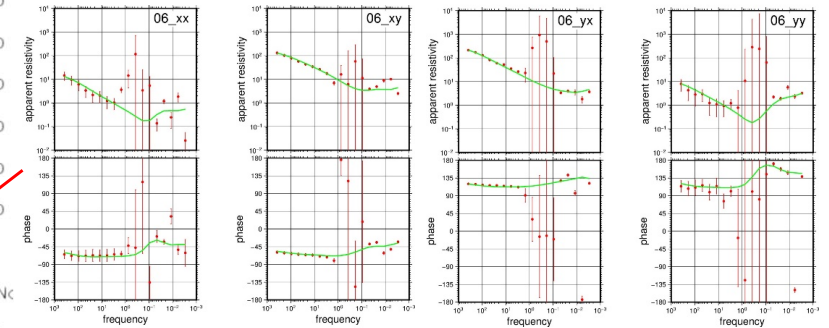
暫定3次元比抵抗構造解析を実施したところ、標高500m付近から少なくとも海拔下5kmまで鉛直状に延びる低比抵抗領域を検出した

RMS値 1.4 (初期モデル:5.3)

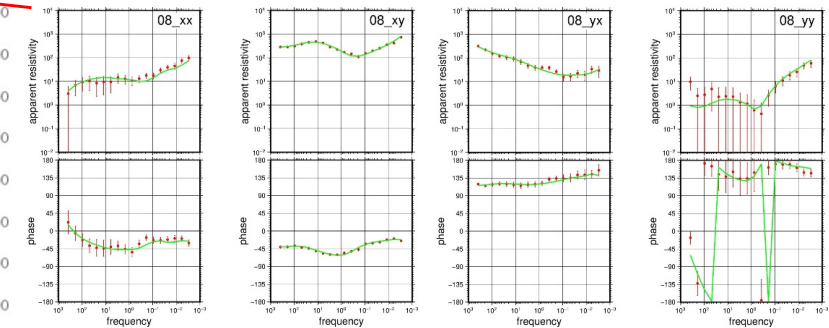


南側10観測点で取得したデータは概ね良好  
(火打山周辺はややノイズが大きい)

あまり良好でないデータの例



良好なデータの例

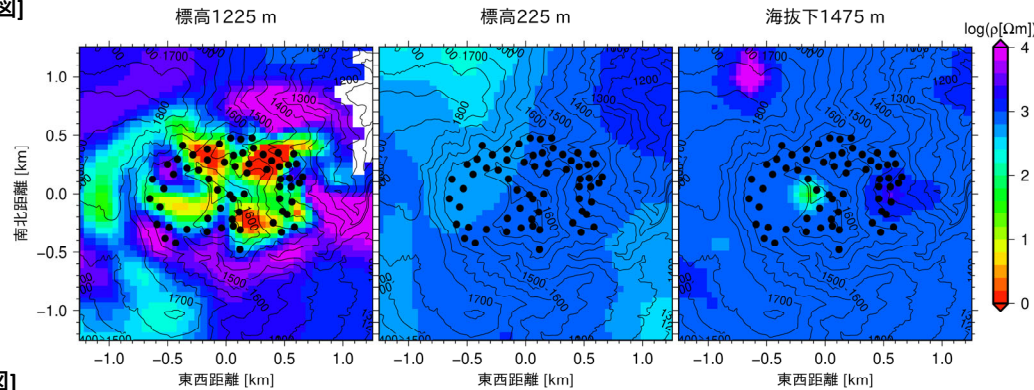


R7年度は北側13点の調査を実施し、R6、R7のデータを合わせた解析を実施

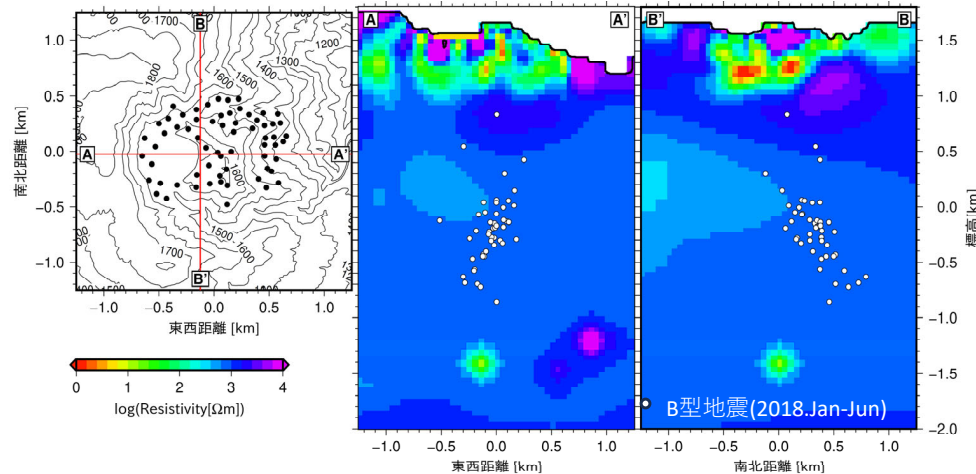
# 機動観測で得られた比抵抗構造(蔵王、伊豆大島)

## 蔵王

[平面図]



[断面図]

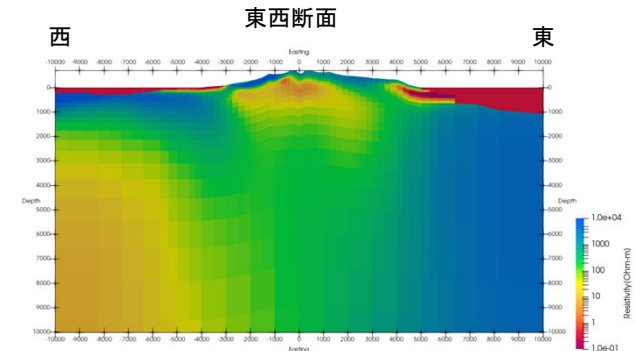
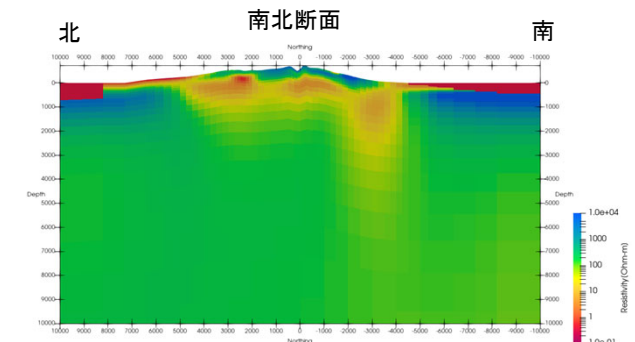


標高 1000~1500 m: 高伝導 ( $< \sim 10 \Omega m$ )  $\Rightarrow$  Smectite層

標高 1000~ -1000 m: 特徴的構造に乏しい ( $300 \sim 10k \Omega m$ )

➢ 海拔下1000-2000 m: 稍高伝導体? ( $30 \sim 100 \Omega m$ )  $\Rightarrow$  熱水だまり?

## 伊豆大島



陸域浅部: 海水準以浅は $1k \Omega m$ 以上の高比抵抗  
→ 不飽和層か。

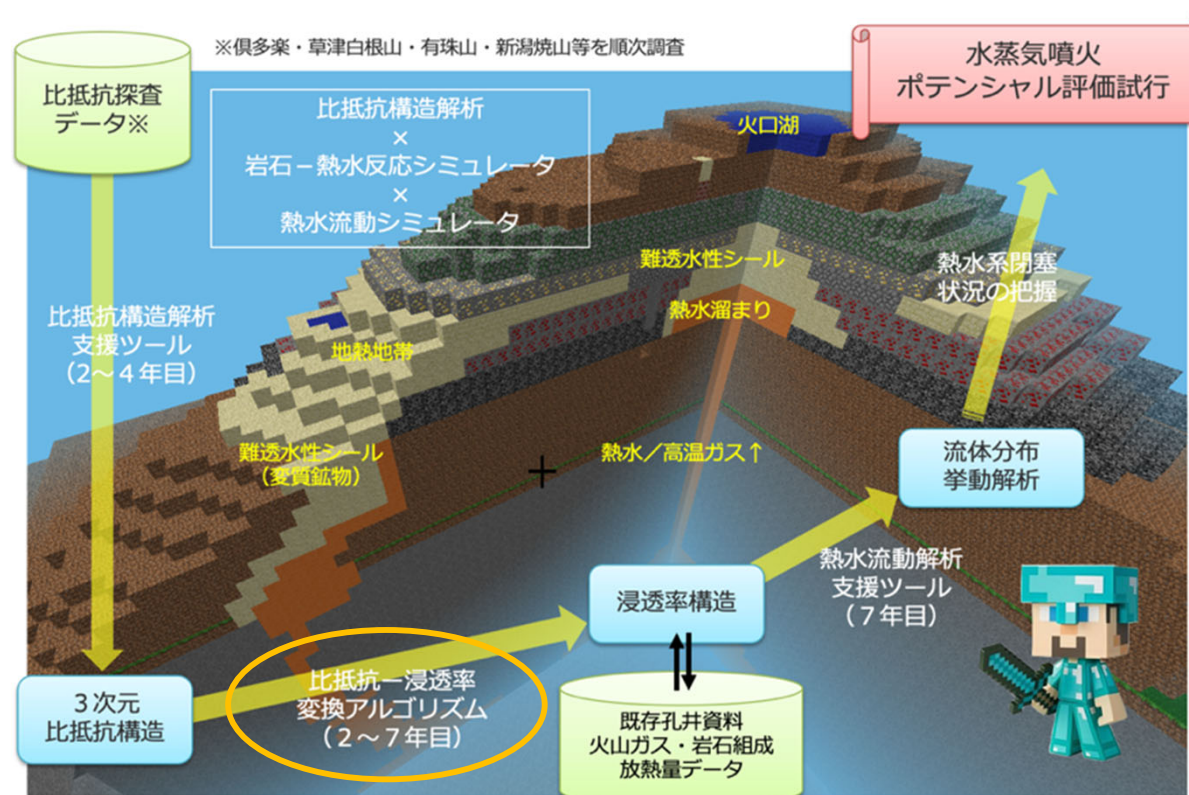
その下は $10 \Omega m$ 程度の低比抵抗層がおおよそ厚さ1kmで島全体に広がり三原山直下で浅い。→ 深部熱源による熱水系。

島東部では海水の陸域への浸水が見られる。この特徴は同じ火山島である三宅島でも見られる。

深部構造: 島南部下深さ3km付近まで伸びる低比抵抗域あり。散乱波トモグラフィ(Mikada et al. 1997)による散乱体は低比抵抗域に重なる。



## 当初の構想をふりかえると・・・

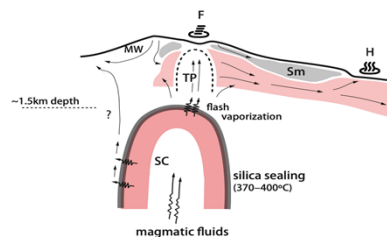


- バルク比抵抗分布から浸透率等の要素物理量を逆推定するところが依然として困難
- その他の部分は概ね達成できた
- 熱水系のタイプわけの提案

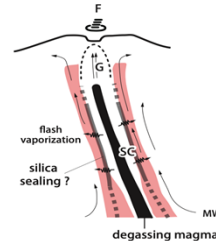
- 室内実験・物性研究者との協働
- 機械学習による逆問題推定

などがブレークスルーの鍵になるかもしれない

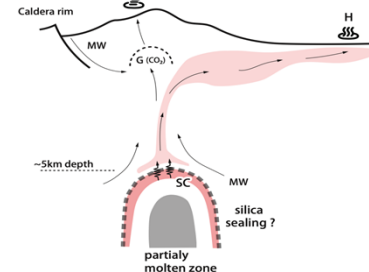
草津白根山型熱水系



阿蘇山型(高温熱水系)



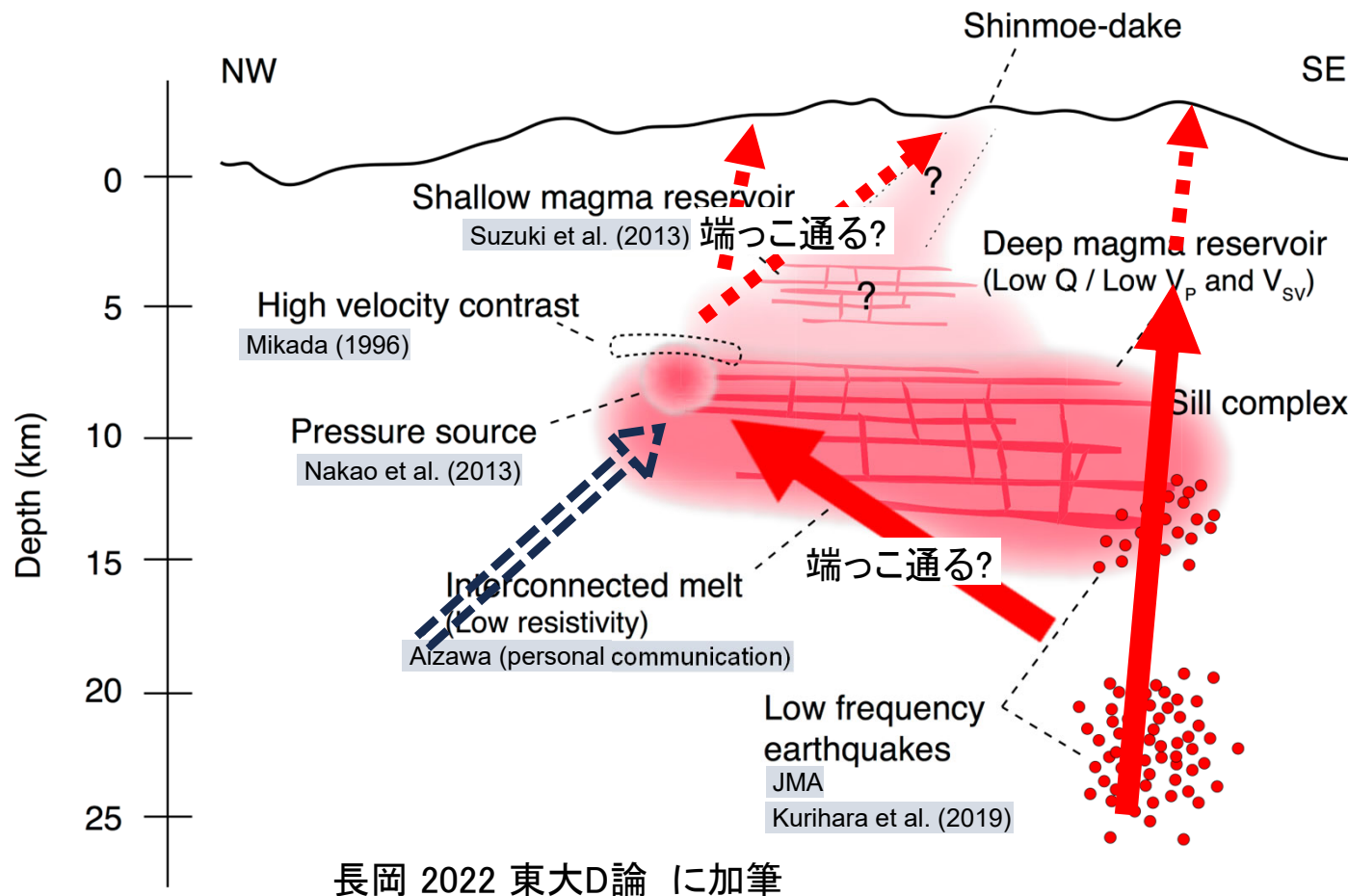
マンモスマウンテン型(低温熱水系)



高塩分濃度の熱水の移動・蓄積により形成されることが予想される低比抵抗領域(左図赤色)と実際の探査により推定されている比抵抗構造との比較から、3タイプの火山熱水系を提案

## 機動観測で得られた構造から得られたこと

### マグマ供給系たたき台(霧島の例)



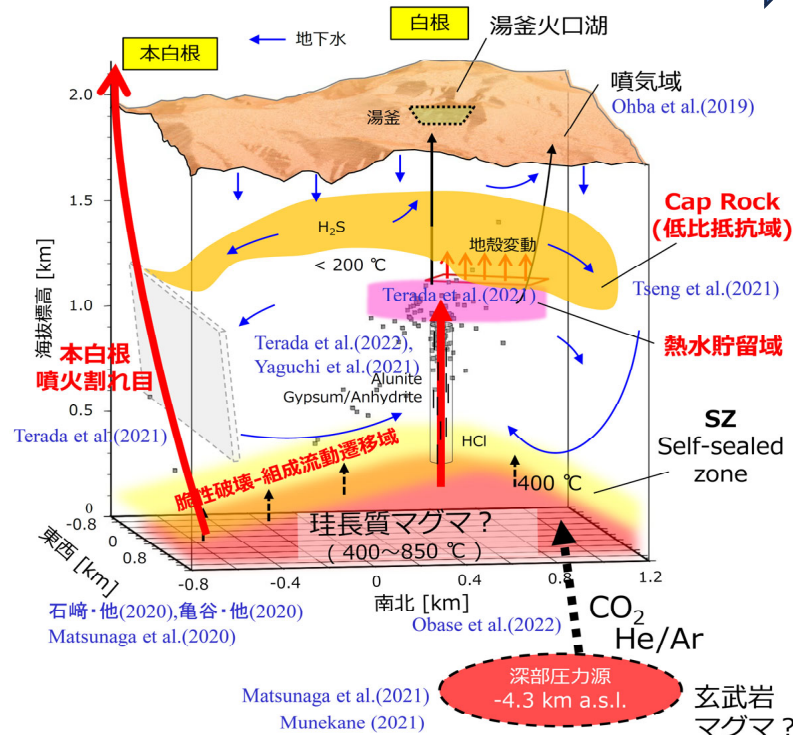
構造の細部が見えてきたおかげで、震源や膨張源など他の観測量との比較ができるようになった。  
→ 流体の通り道を細かく議論できる段階に進んだ。



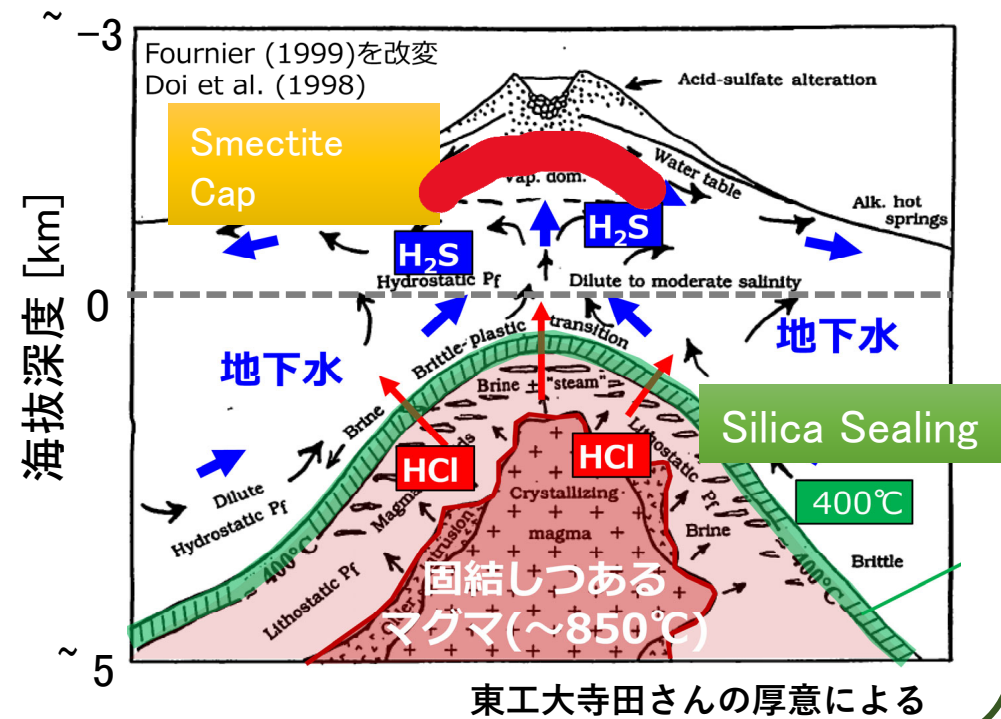
# 機動観測で得られた構造に基づく噴火発生場の比較研究

## 草津白根山と蔵王の比較

### [草津白根山の解釈モデル]



### [Fournierによる熱水系火山の解釈図]



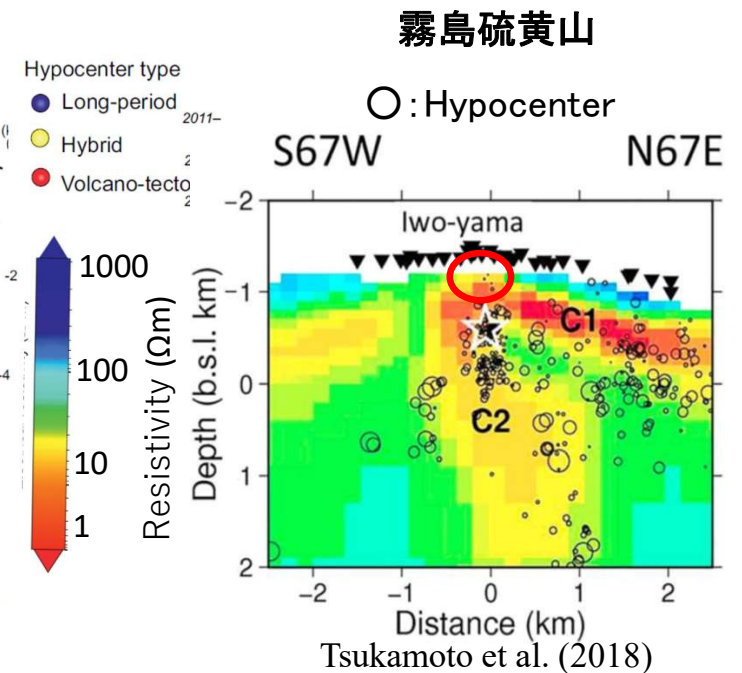
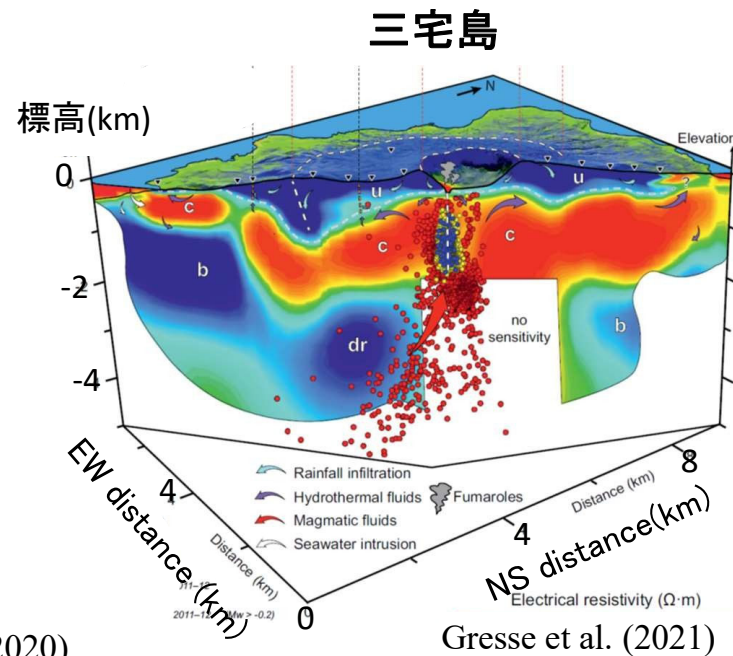
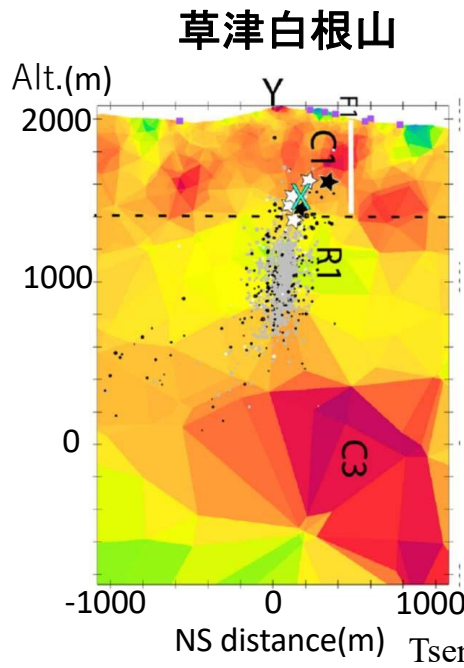
蔵王山: Smectite Cap  
Silica Sealing 直下のマグマ・熱水だまり ➤ 規模は小さい?

- 変質層をスメクタイト+岩石と仮定
  - 比抵抗⇒スメクタイト量比⇒浸透率を計算
- 200度でのスメクタイト分解反応速度から浸透率閾値に達する時間が計算可能

「温度上昇によりスメクタイト層の分解が進むとシール機能が低下して熱水が上昇→噴火」であるならば、スメクタイト層の厚み、温度分布から切迫性評価が可能では?

# 機動観測で得られた構造に基づく噴火発生場の比較研究

表層付近の変質層と水蒸気噴火の切迫度に関係はあるか？



[解釈] 表層高伝導帯: **スメクタイト層** 震源: **熱水活動**

スメクタイト層  
熱水上昇阻止

熱水がスメクタイト層に貫入  
スメクタイト⇒緑泥石/絹雲母に分解

熱水が地表に到達

休止 準備期 活動期 噴火 噴火切迫度

各火山のスメクタイト層の厚み、温度分布を調べれば切迫性が評価できる？



# 機動観測で得られた構造に基づく噴火発生場の比較研究

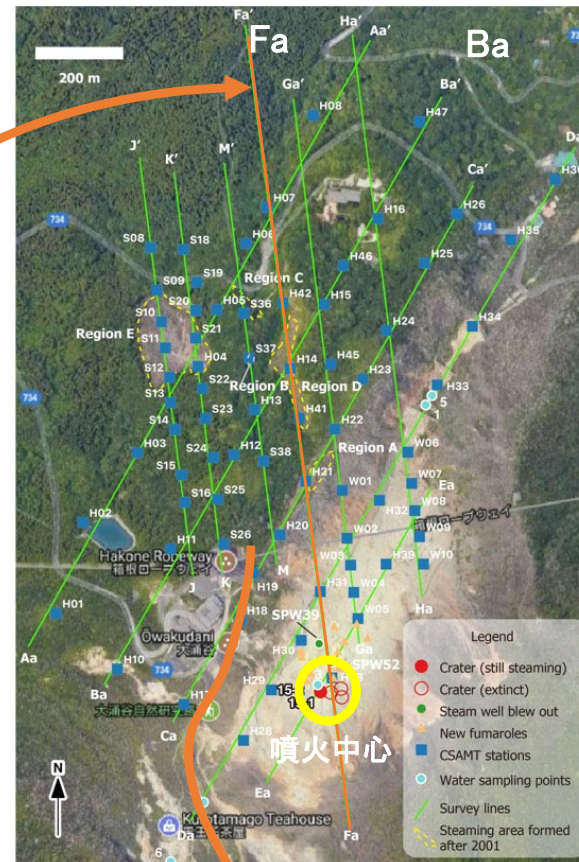
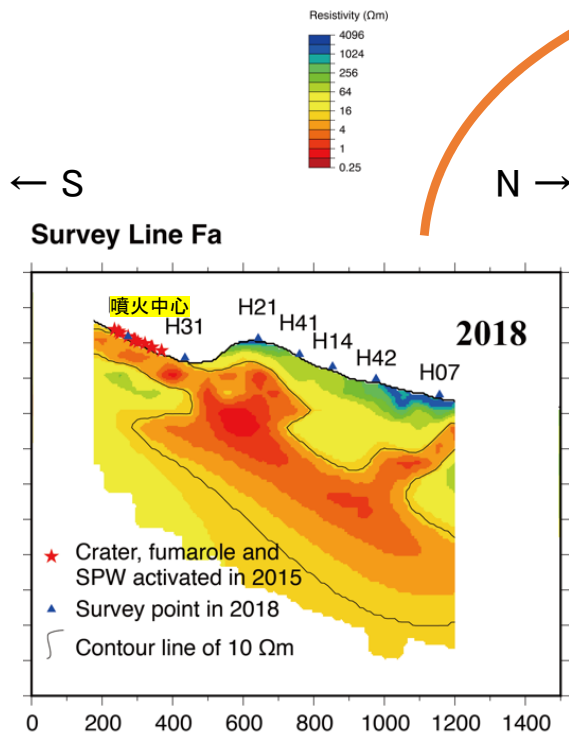
## キャップロックと噴火中心の位置関係

### 噴気地帯およびその近傍における地下構造の推定

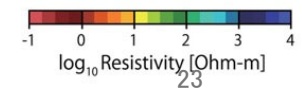
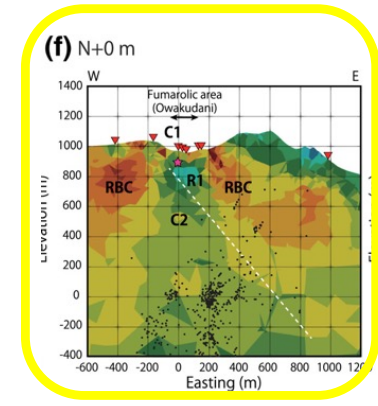
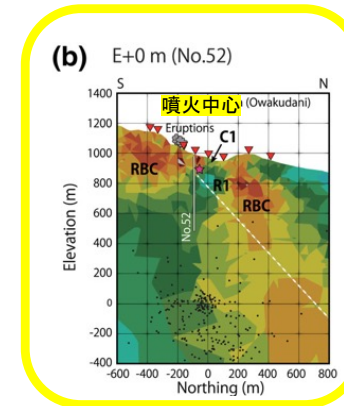
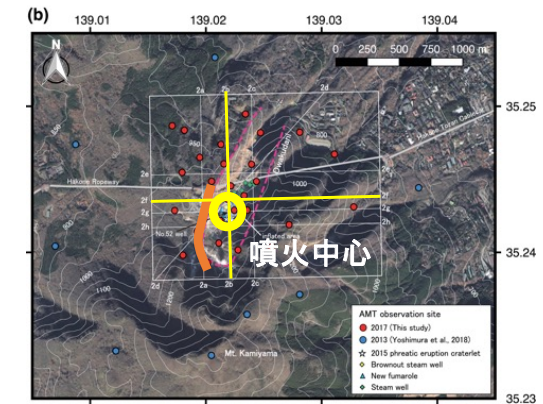
従来は「噴出中心＝キャップロックの頂部」が有力

観測点配置は噴出中心周辺に偏り→測線を西に延ばす必要性

Mannen et al (2019 EPS)



Seki et al (2020 GRL)



噴火中心はキャップロックの頂部？

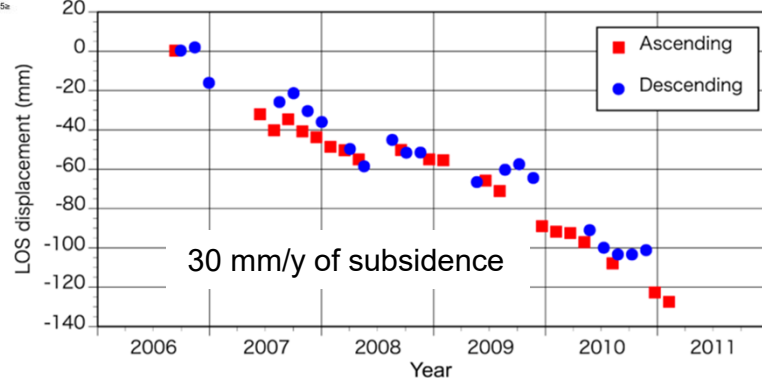
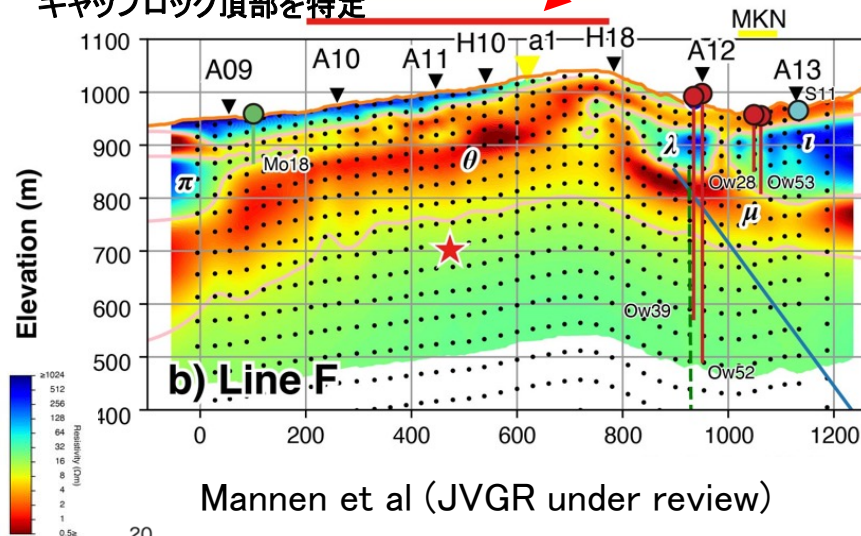
キャップロック内に複数存在する蒸気だまりと地表へつながる通路(亀裂)が噴火位置の候補？

→ 亀裂や蒸気だまりを知ることが噴火ポテンシャル評価につながる。

# 機動観測で得られた構造に基づく噴火発生場の比較研究

## 噴気地帯およびその近傍における地下構造の推定

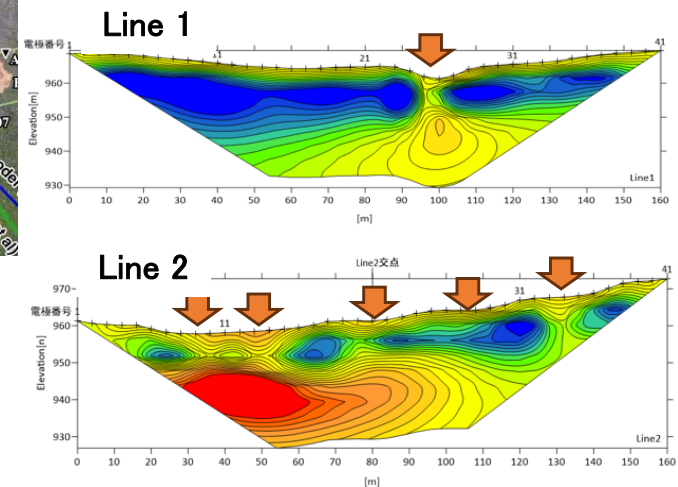
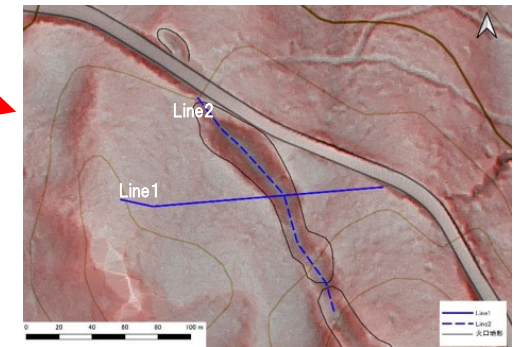
西に延ばしたCSAMT 探査 (2021-22) で  
キャップロック頂部を特定



キャップロック頂部は噴火前に沈降 (Doke+ 2020 RS)

噴火中心はキャップロックの頂部ではなく、キャップロック内に複数存在する蒸気だまり？

電気探査で水蒸気噴火口直下の  
火道を確認 田中ほか (2024 JpGU)

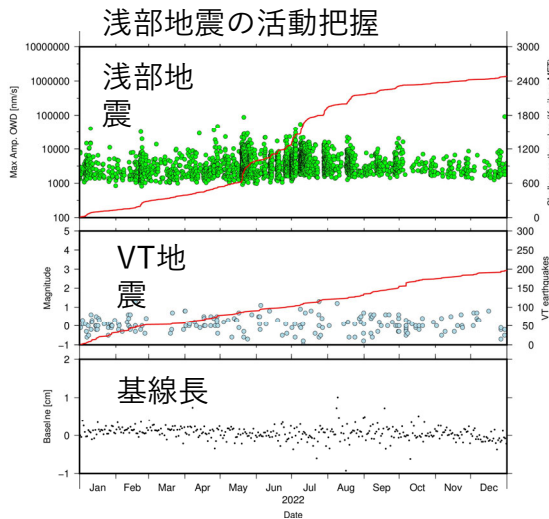
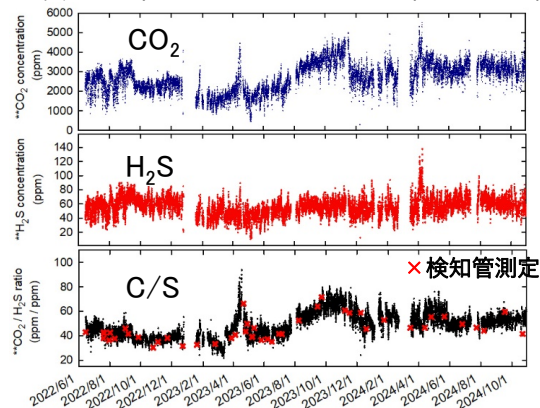




# 切迫度評価に向けたツールの検討(VUI) 箱根の例

## 切迫度評価にむけて

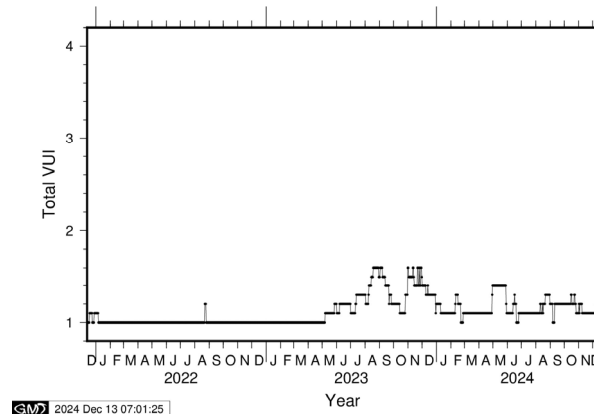
噴気地帯における火山ガス組成の連続観測



今年度は解析の自動化を実装  
将来的には活動評価に組み込み？

- 箱根火山の内部構造の把握が進み、さまざまな観測事実の解釈に生かされるようになってきた。また火山ガスの連続観測が可能となったことで、他の観測項目と同じ時系列で比較できるようになってきた。
- ただし、火山活動を示す観測データ（地震、地殻変動、火山ガスなど）は、必ずしも全て同期して変動するわけではなく、解釈が難しい。

火山活発化指数(VUI, Potter et al., 2015)を箱根火山用に調整して実装した（試行中）。本年度は解析の自動化を行った。



過去3年間の推移

Volcanic Unrest Index of Hakone Volcano

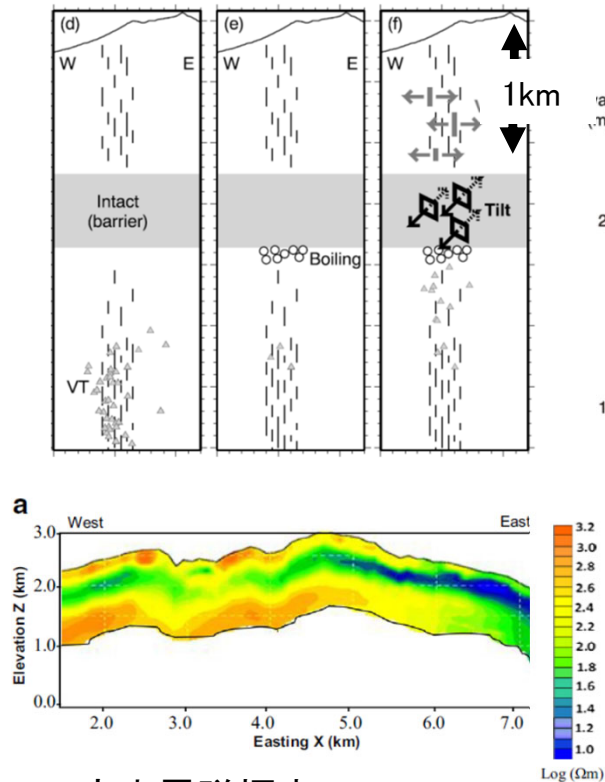
Time window		Created date				
13 Nov.2024 - 12 Dec.2024		13 Dec.2024				
Earthquake	Swarm Earthquake	0.00 <small>Hour</small>	1	2	3	4
	Earthquake Rate	29 <small>EQs/30days</small>	1	2	3	4
	LFE, Tremor	No	1	2	3	4
Geodetic	Deep deformation	-0.05 <small>cm</small>	1	2	3	4
	Shallow deformation	No	1	2	3	4
Thermal, Volcanic Gas	Thermal	No	1	2	3	4
	Gas Flux		1	2	3	4
	Owakudani(SO2/H2S)		1	2	3	4
	Kamiyu(CO2/H2S)	39.8	1	2	3	4
		Total VUI = 1.2				

毎日のVUI

# 切迫度評価に向けたツールの検討(直前警報の可能性)

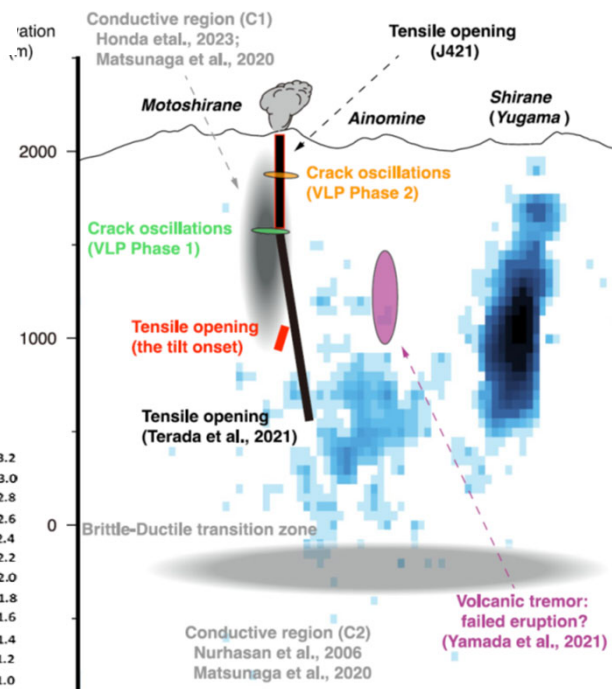
微動を伴う傾斜変動が噴火直前に観測される → 一般化できれば直前警報につながる

御嶽 (Maeda et al. 2017 *JGR*)

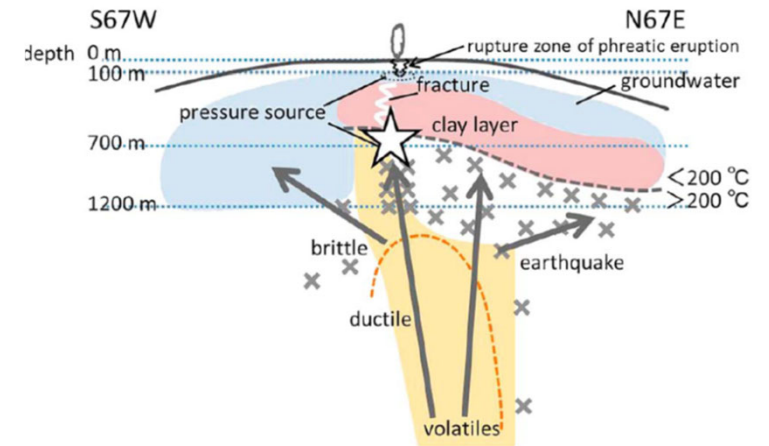


空中電磁探査  
応用地質  
2014

本白根  
(Terada et al. 2021 *EPS*;  
Yamada et al. 2023 *JGR*)



霧島硫黄山  
(Tsukamoto et al. 2018 *GRL*  
Aizawa et al. 2022 *COMMSENV*)



箱根大涌谷  
(Honda et al. 2018 *EPS*; Mannen et al. 2019 *EPS*)

