

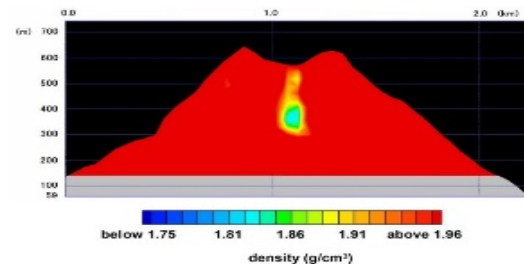
新たな観測情報・技術

課題D：火山災害対策技術の開発

課題C：火山噴火の予測技術の開発

課題B：先端的な火山観測技術の開発

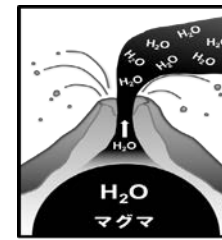
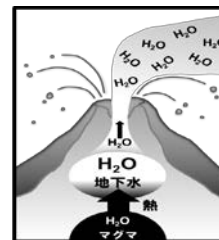
①新たな技術を活用した火山観測の高度化



②リモートセンシングを利用した火山観測技術の開発

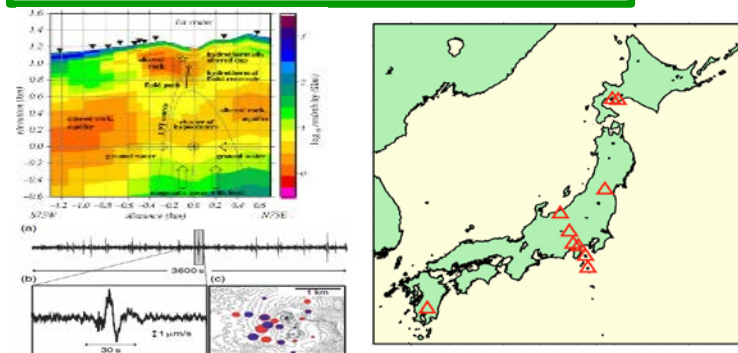


③地球化学的観測技術の開発



45 cm x 23 cm x 64 cm, 36 kg

④火山内部構造・状態把握技術の開発

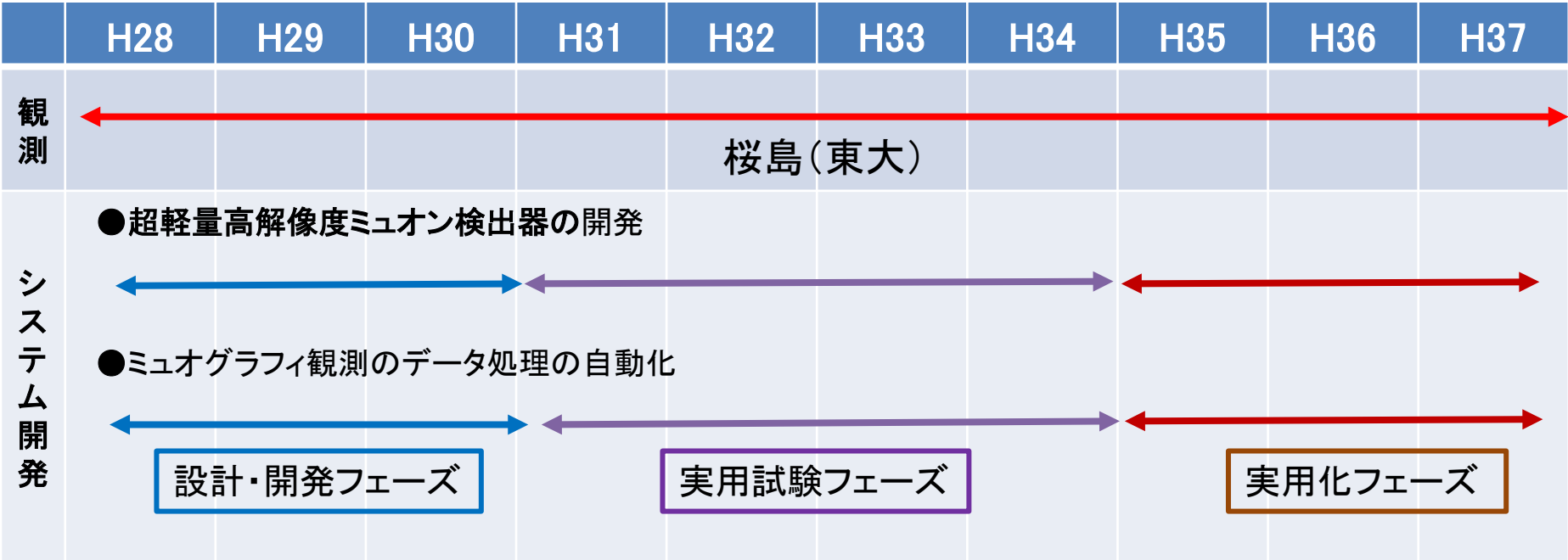


各種観測データ

課題A:各種観測データの一元化

サブテーマ1: 新たな技術を活用した火山観測の高度化 (1)

ミュオグラフィ技術の高度化に関わる開発→火山活動と透視画像の関連の系統的な評価が可能に
これまでの主たる成果: 2017年から2018年にかけて桜島中央火口近傍に密度変化を検出



これまでの主たる成果

- 軽量、高分解能ミュオグラフィ観測システム開発の成功
- バーチャル・プライベート・ネットワークを介して、リアルタイムにシステムにアクセスできる環境構築
- 桜島でのプロトタイプ観測の実施
- ミュオグラフィデータの解析を自動化し、表示するシステムとしてWEB ベースリアルタイム解析環境をサーバー上に実装



火口近傍の系統的評価

- 従来の4倍を超える画素数により、より鮮明な火山透過像が取得可能に
- 桜島中央火口近傍に密度変化
- 衛星画像と密度変化

課題B 先端的な火山観測技術の開発
サブテーマ4: 火山内部構造・状態把握技術の開発 (2)

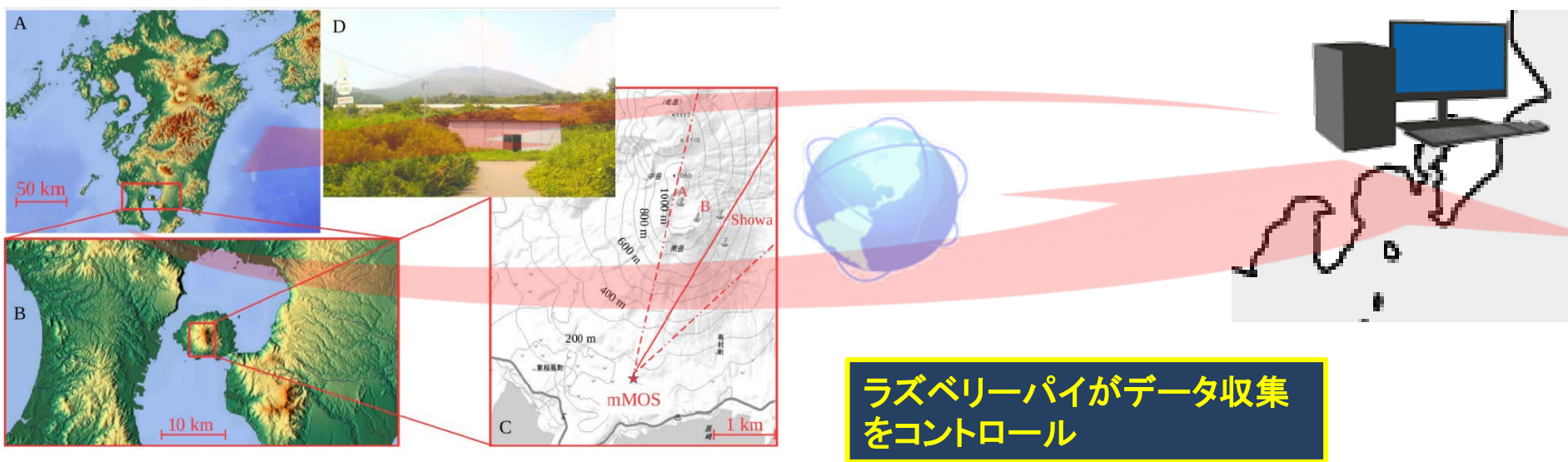
軽量、高分解能ミュオグラフィ観測システム開発



1.3m

- 2cm の鉛板と厚み2mm のステンレス複数枚から成る放射線遮蔽体の実装され、低ノイズでの観測が可能となるよう設計。
- 最高2.7mradの角度分解能(1km先で2.7mの空間分解能)が達成可能

バーチャル・プライベート・ネットワークを介して、リアルタイムにシステムにアクセスできる環境の構築、桜島でプロトタイプ観測の実施

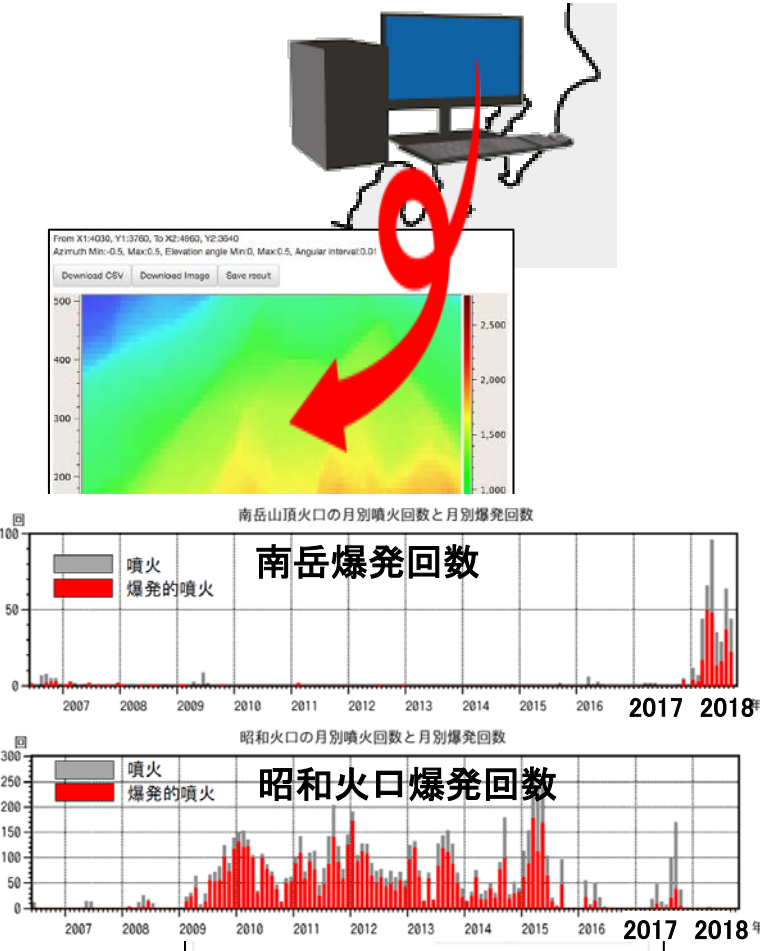


ラズベリーパイがデータ収集をコントロール

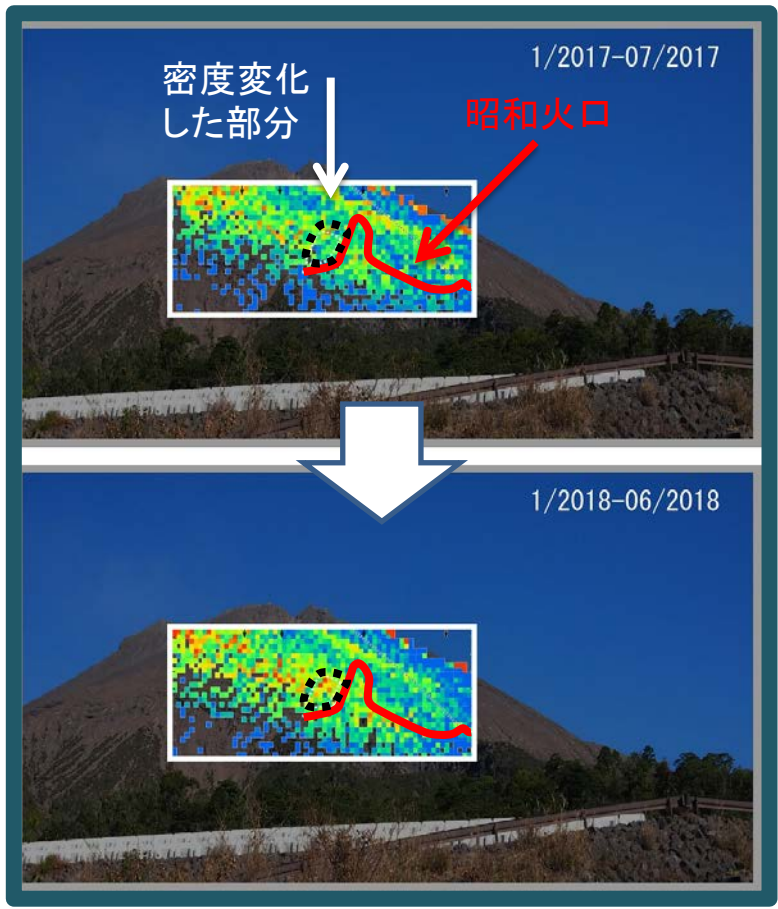
課題B 先端的な火山観測技術の開発
サブテーマ4: 火山内部構造・状態把握技術の開発 (3)

ミュオグラフィデータの解析を自動化し、
表示するシステムとしてWEB ベースリアルタイム解析環境をサーバー上に実装

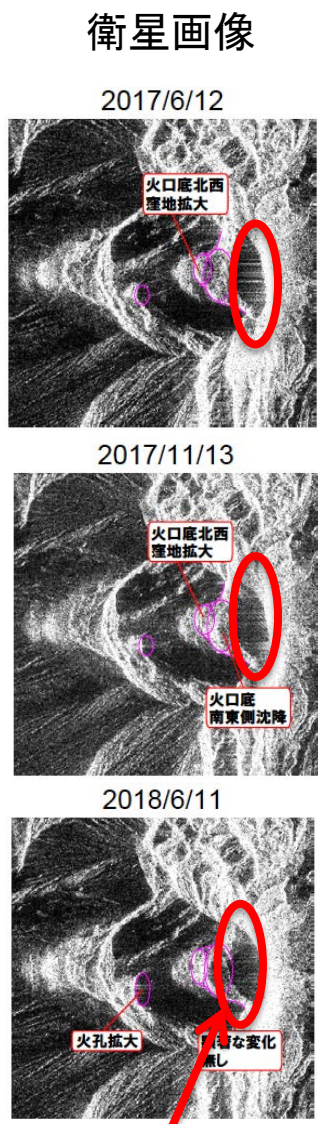
ミュオグラフィ画像



ミュオグラフィ観測のデータ処理
の自動化及び画像化



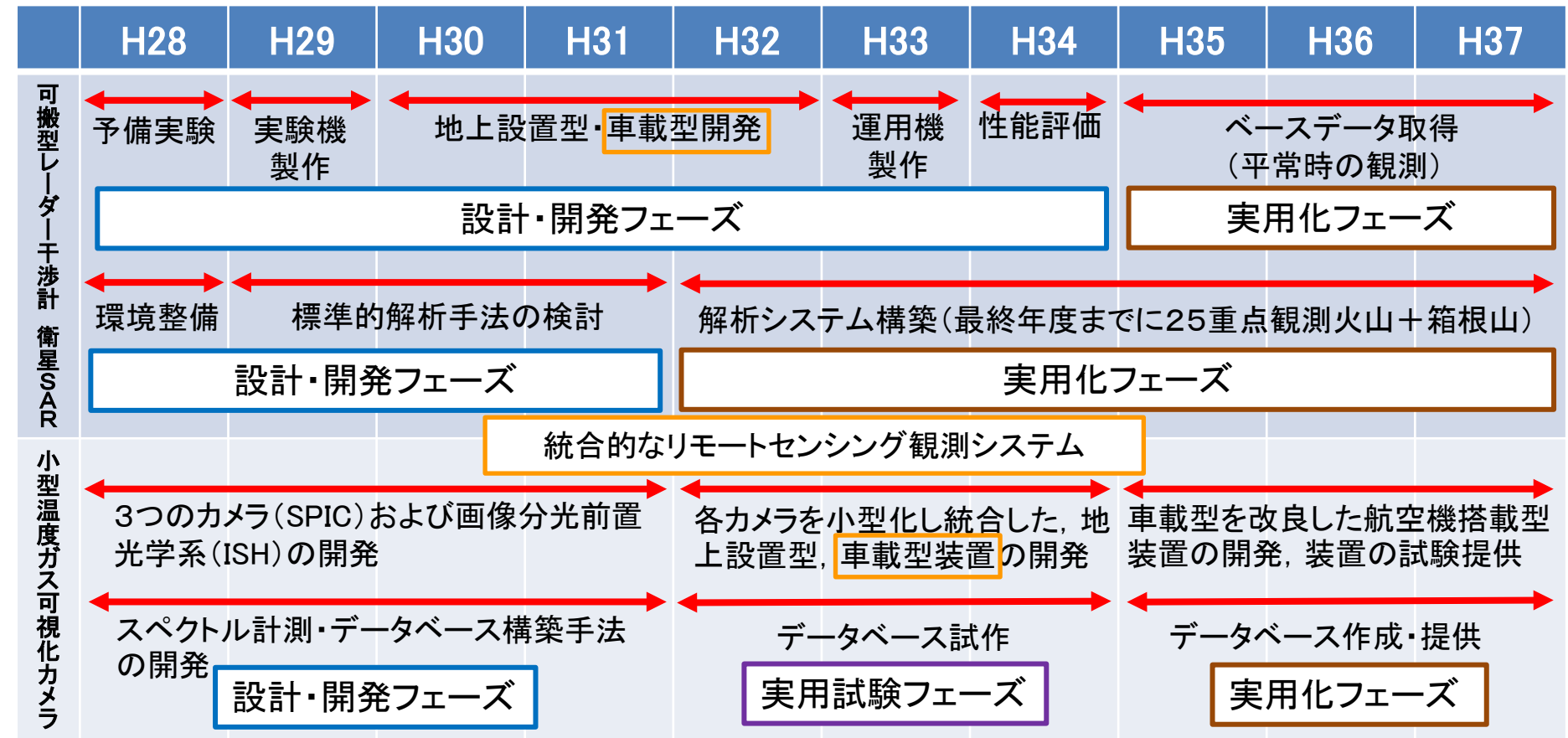
中央火口昭和火口側に密度上昇



この部分に対応だが
影で見えない

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(1)

火山観測のためのリモートセンシング技術の開発 → 現地観測困難時には遠隔観測が鍵



これまでの主たる成果

- 可搬型レーダー干渉計実験機完成
- 衛星SAR解析における大気圏誤差軽減手法を決定
- 非冷却型遠赤外2バンドカメラ(フィルタ分光)開発
- 冷却型中間赤外3バンドカメラ(フィルタ分光)開発
- 可視6バンドカメラ(フィルタ分光)、スペクトル推定手法開発



噴火切迫性を表面現象より評価する手法の高度化

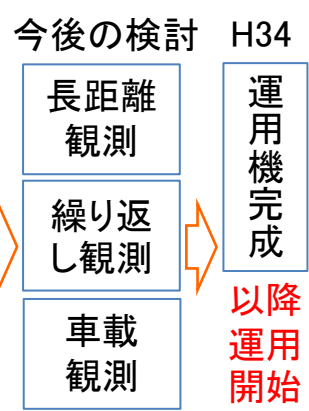
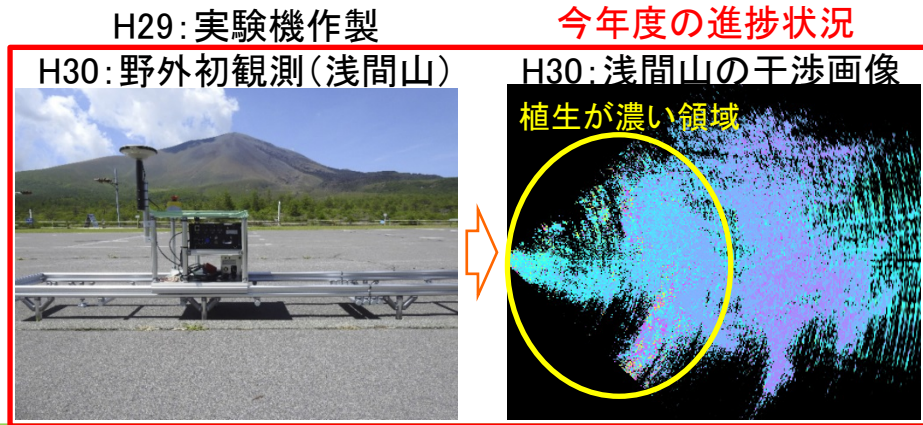
- レーダーによる地殻変動DB作成
- 地熱、ガス濃度分布の推定
- 地表の形状・岩石種推定

課題B 先端的な火山観測技術の開発
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(2)

進捗状況 (B2-1可搬型レーダー干渉計と衛星搭載型合成開口レーダーによる精密地殻変動観測技術の開発)

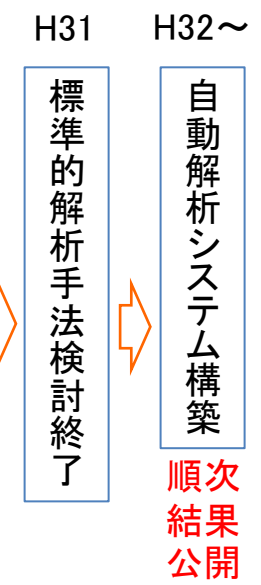
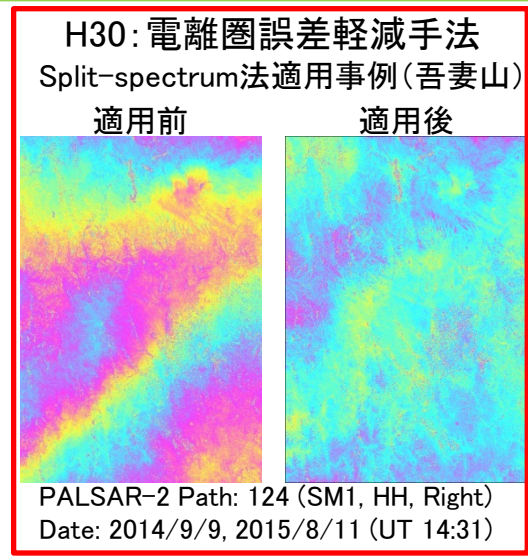
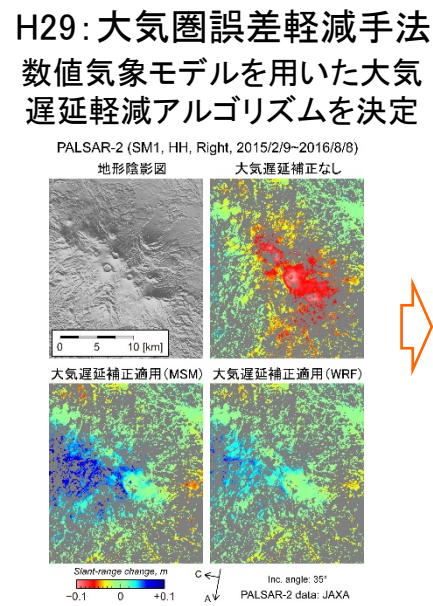
a. 可搬型レーダー干渉計による火山性地殻変動検出に関する技術開発(当初の計画通りに進行)

可搬型レーダー干渉計実験機の作製
H29年度に可搬型レーダー干渉計実験機を作製。今年度に浅間山において野外初観測を実施。約3.5kmまで後方散乱波が得られ、1時間程度の観測では、植生が濃い領域においても顕著な干渉性劣化は見られない。今後、長距離観測、繰り返し観測・車載観測に関する検討を進める。



b. 衛星SAR解析による火山性地殻変動データベースに関する技術開発(当初の計画通りに進行)

衛星SAR地殻変動データベース作成のための標準的解析手法の検討
衛星SARによる地殻変動のデータベース作成のための自動解析に向けた解析方法(標準的解析手法)の検討を進めている。H29年度には大気圏誤差軽減手法について検討した。今年度は、電離圏遅延誤差の軽減手法について検討している。SAR画像の周波数帯域を分離し、電離圏遅延成分を抽出するSplit-spectrum法を干渉性の高い干渉ペアについて適用し、問題無く適用可能であることを確認。



今年度の進捗状況

課題B 先端的な火山観測技術の開発
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(3)

SPIC-UCの開発

LWIR波長域(8-14μm)
非冷却型赤外2バンドカメラ

特徴

温度分布
(0.06K精度)
ガス濃度分布
(1ppm分解能)
計測機能を実現

カメラ1 カメラ2

干渉フィルタ内蔵(2眼型)

ISH(画像分光前置光学系)はフィルタで実現

SPIC-Cの開発

MWIR波長域(3-5μm)
冷却型中間赤外3バンドカメラ

特徴

温度分布
(0.016K精度)
高温ターゲット
(-20~1075℃)
計測機能を実現

干渉フィルタ3枚内蔵(ホイール型, 1眼型)

ISH(画像分光前置光学系)はフィルタで実現

SPIC-SSの開発

可視波長域(0.4-1.1μm)
可視6バンドカメラ

特徴

高空間分解能
(1920x1080)
6バンド同期
(15Hz)
計測機能を実現, 立体視, 岩石種推定可

干渉フィルタ外付け(6眼型)

ISH(画像分光前置光学系)はフィルタで実現



H30年度進行中の開発

SPIC-UCの開発
XGA(1024x768)カメラ製作中.
高空間分解能の実現を予定.

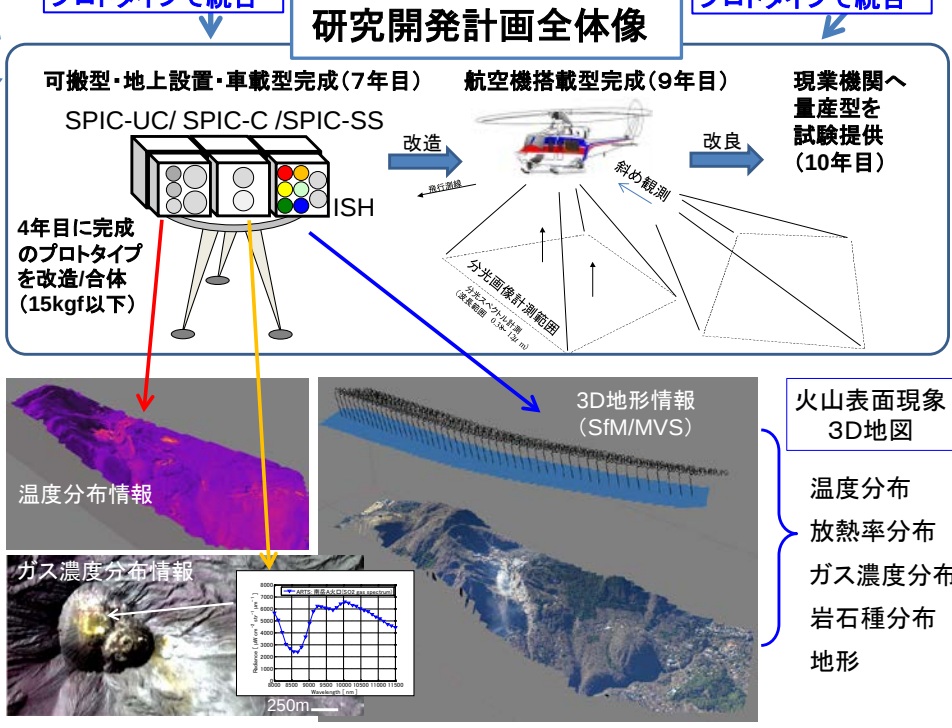
SPIC-Cの開発
LWIR波長域(7.7-9.3μm)冷却型赤外カメラ製作中. 高精度ガス濃度計測(0.2ppm分解能)の実現を予定.

SPIC-SSの開発
モバイル型制御装置製作中

ISHの開発
干渉計型分光装置開発中.
多バンド(数十程度)画像分光計測機能の実現を予定.

スペクトルデータベース開発

特徴 NIED保管コア試料の試験計測を予定



スペクトル推定技術の開発

特徴

6バンドから376バンドを推定するアルゴリズムを開発

多重分光画像を実測(流紋岩)

$G=RV^T(VV^T)^{-1}$
推定値 $\Rightarrow r_k = GV_k$
R: 参照スペクトル行列
V: マルチバンドスペクトル行列

5mm

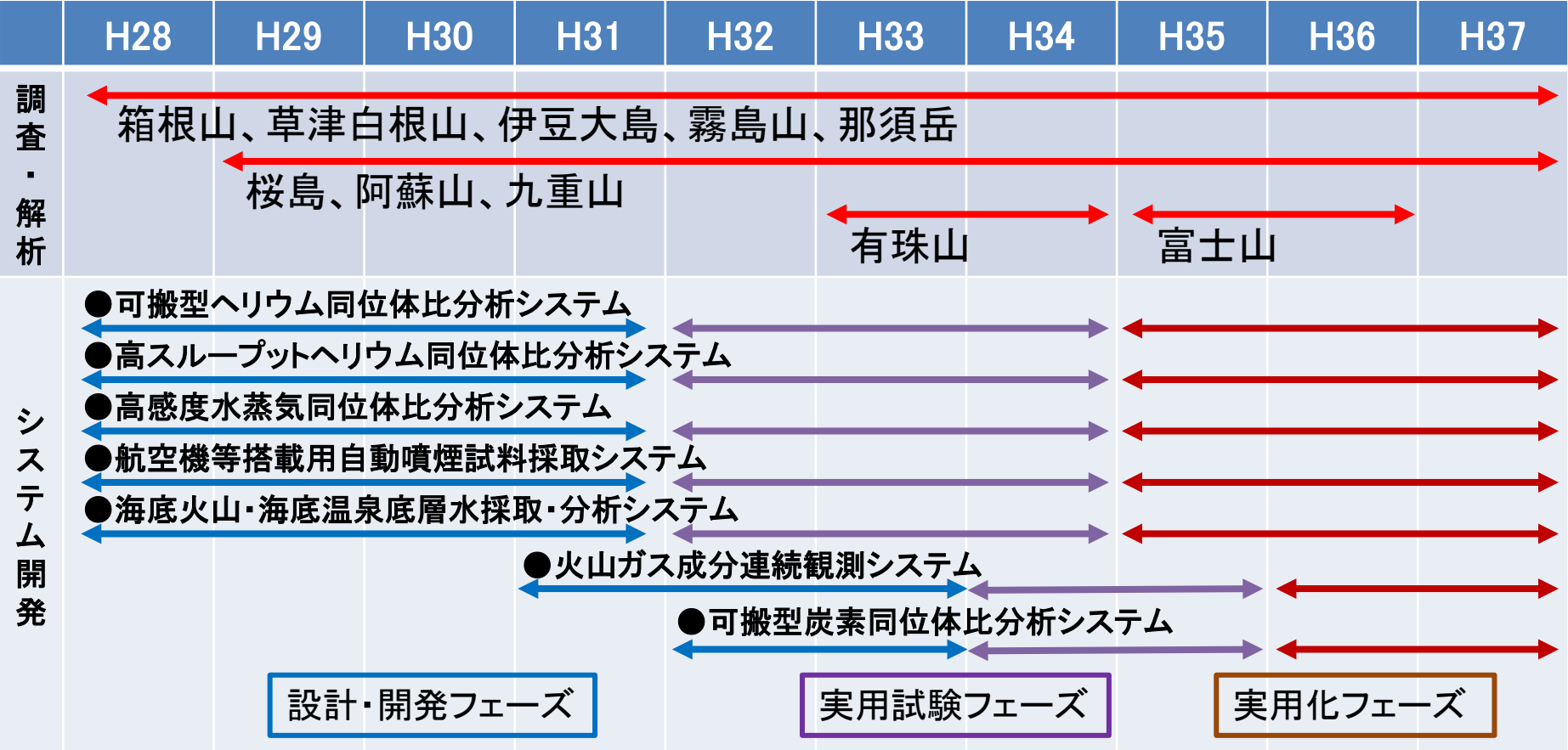
Refractance [%]
Wavelength [nm]

rkは376バンド
vkは6バンド
rkは376バンド

進捗状況(B2-2火山表面現象遠隔観測技術の開発)

課題B 先端的な火山観測技術の開発
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



これまでの主たる成果

- 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
- 火口湖底層への溶存ガス成分供給の検出



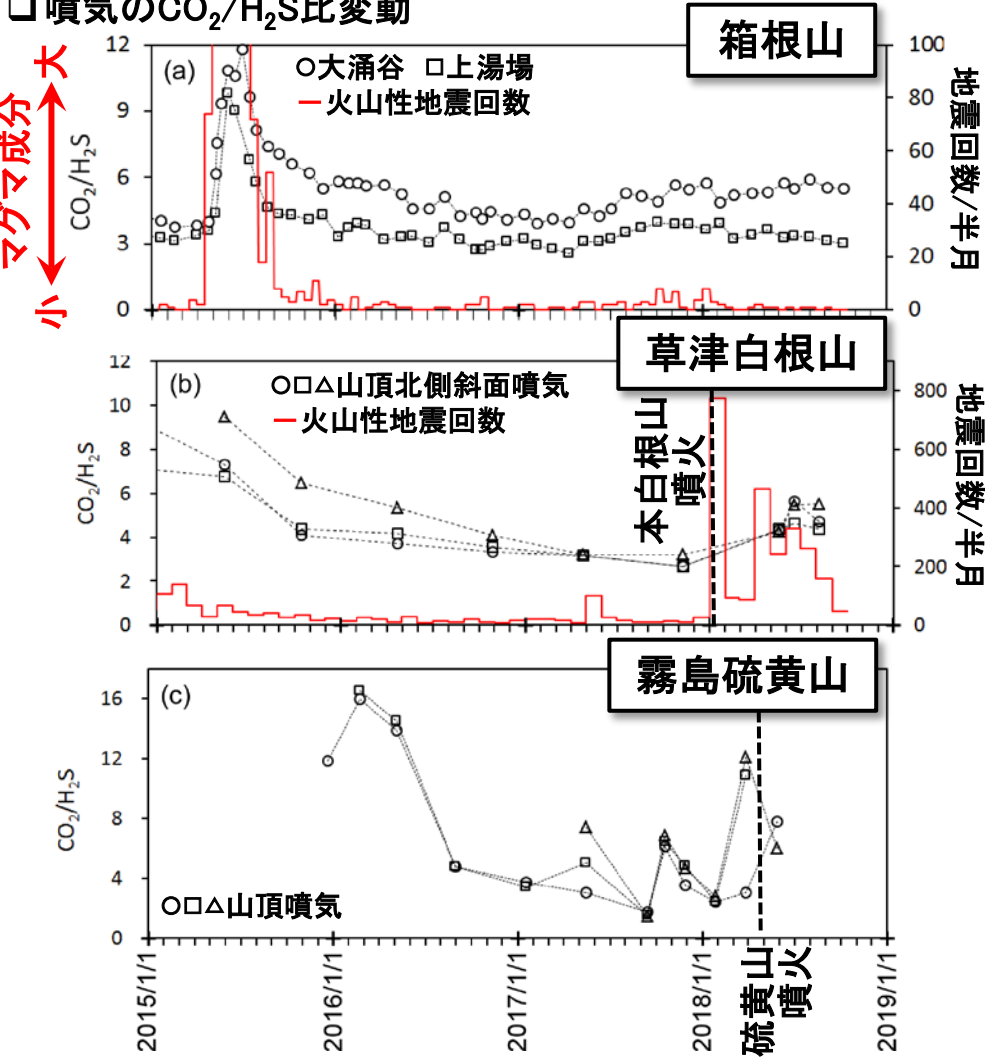
火山ガス組成・同位体比に基づく活動度評価の高度化

- マグマ成分の寄与率の変動
- 安全な場所での高精度観測

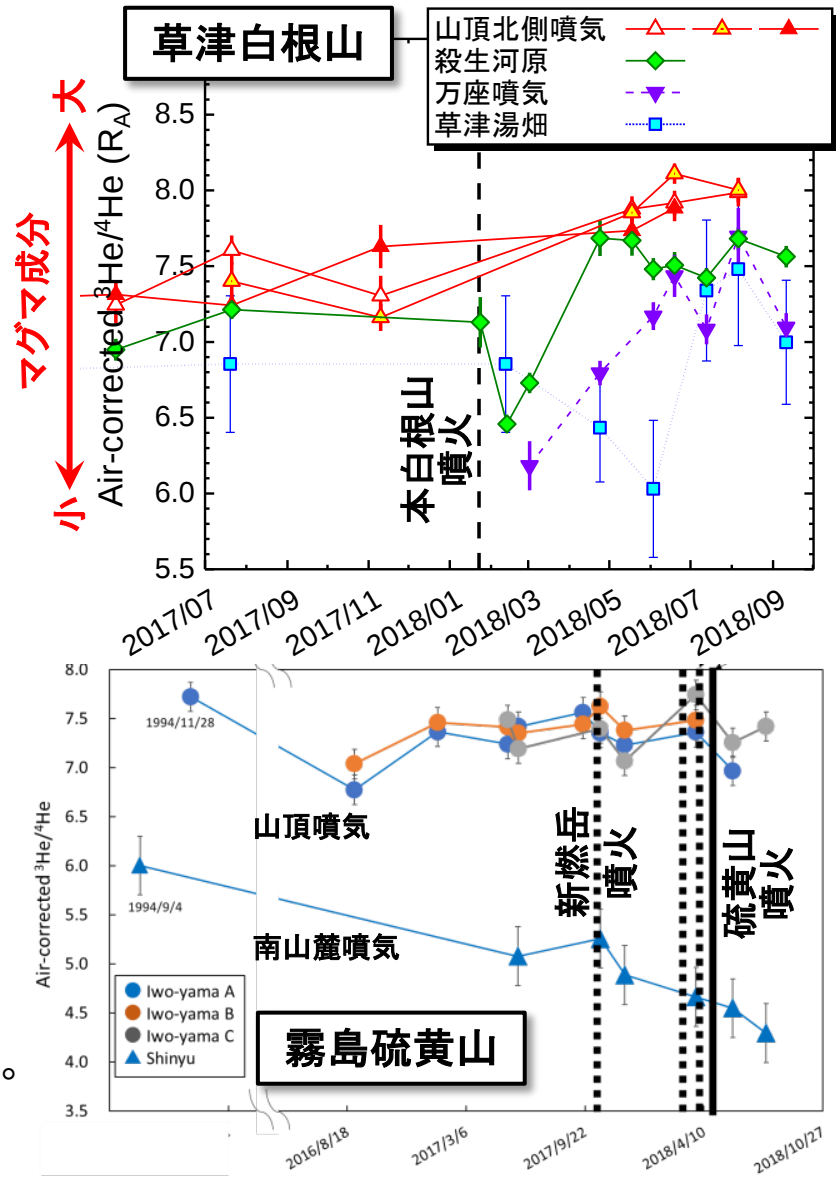
課題B 先端的な火山観測技術の開発
サブテーマ3:地球化学的観測技術の開発 (2)

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・東大・気象研)

□ 噴気のCO₂/H₂S比変動



□ 噴気・温泉ガスの³He/⁴He比変動

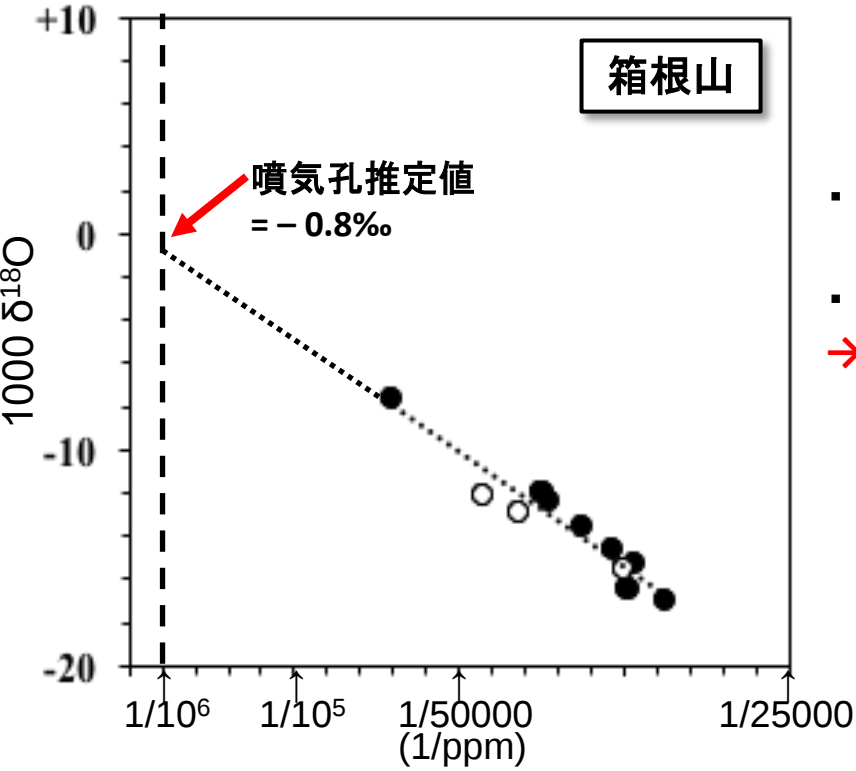


- 活発化(地震の増加・噴火)に対応してCO₂/H₂S比は上昇。
 - ³He/⁴He比は噴火後に下降、その後上昇。
- マグマ起源ガスの蓄積を反映？

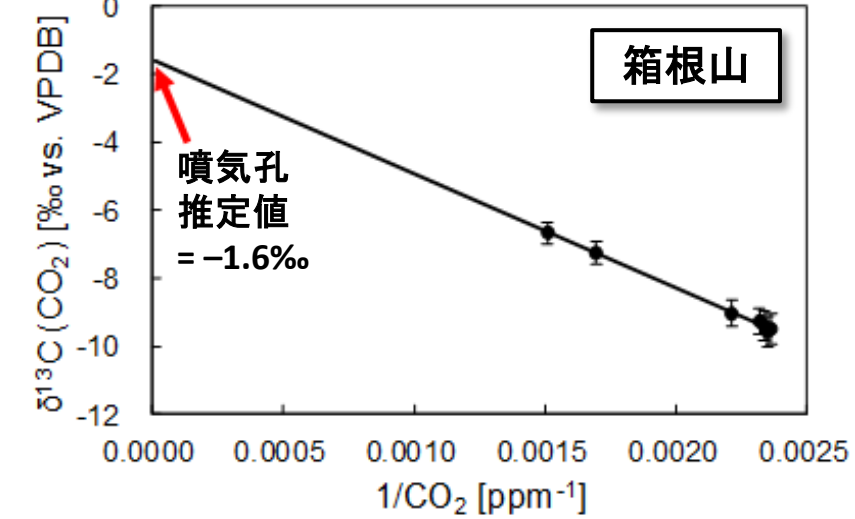
課題B 先端的な火山観測技術の開発
サブテーマ3: 地球化学的観測技術の開発 (3)

噴煙試料を用いた噴気孔同位体比の決定 (名古屋大・東大)

□ 噴煙中水蒸気濃度と水素・酸素同位体比



□ 噴煙中二酸化炭素濃度と炭素同位体比



- 噴気孔から離れて採取した噴煙試料を用いて、大気からのH₂OやCO₂の混入を補正した同位体比を決定。
 - 7火山で、噴気孔で直接採取した試料と調和的。
- 活動が活発化しても(比較的)安全に観測が可能。

火口の底層への溶存ガス成分供給の検出 (東大)

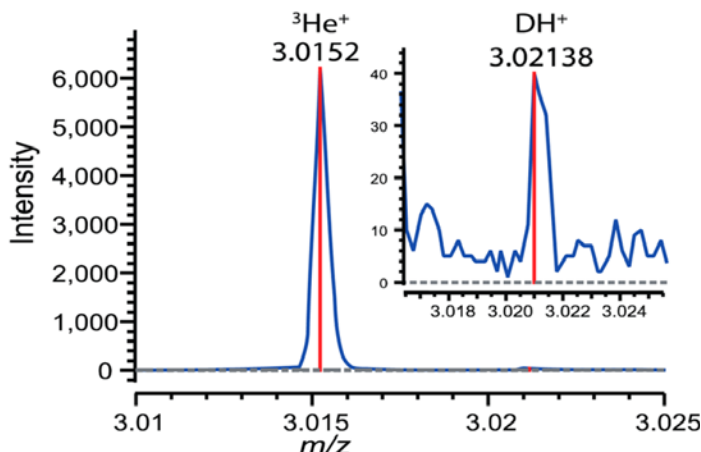
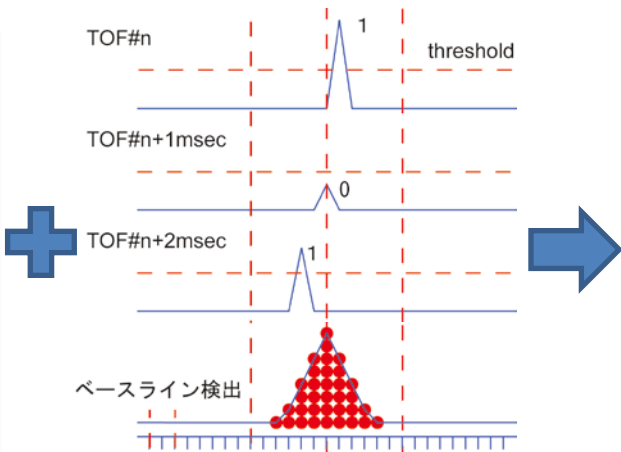
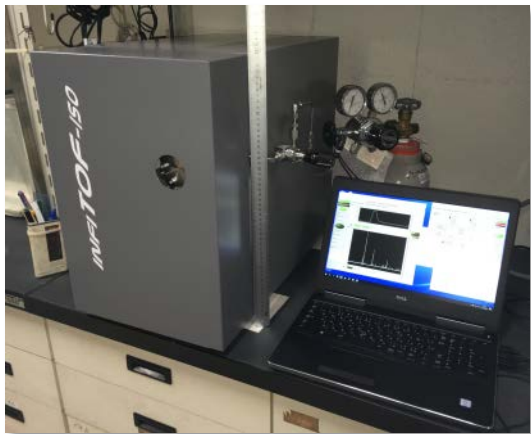
火口湖(鰻池)	³ He/ ⁴ He (R _a)
底層(水深 57 m)	0.87 ± 0.04
表層(水深 1m)	1.05 ± 0.04
陸上噴気(99.4℃)	1.12 ± 0.05

▪ 陸上噴気とは異なる、溶存ガス成分の底部からの供給を検出。

課題B 先端的な火山観測技術の開発
サブテーマ3:地球化学的観測技術の開発 (参考)

可搬型ヘリウム同位体比分析システムの開発 (東大)

□ 可搬型質量分析計への³He用パルスカウント検出器の導入



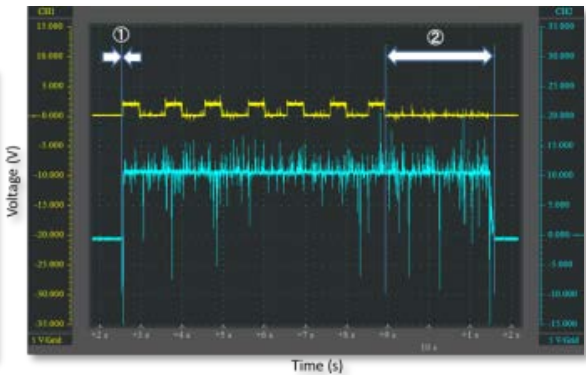
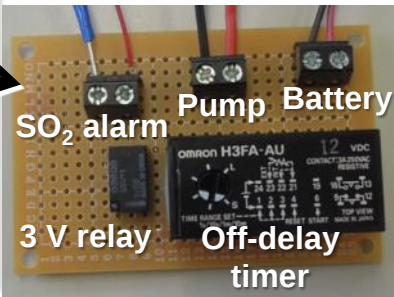
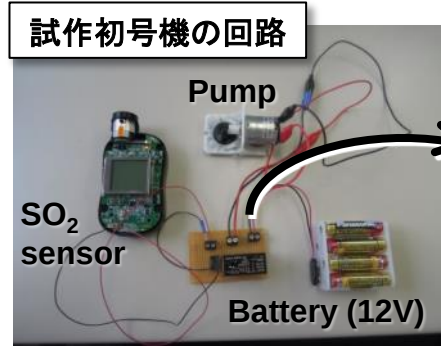
可搬型質量分析計“infiTOF”
(36 × 63 × 54 cm, 48 kg)

高速デジタルADC回路における
シグナル識別(概念図)

妨害成分(HD)と完全に分離した
³Heの検出(同型の試作機によるデータ)

→He中100万分の1～10万分の1しか存在しない極微量の³Heを、可搬型装置で始めて検出。

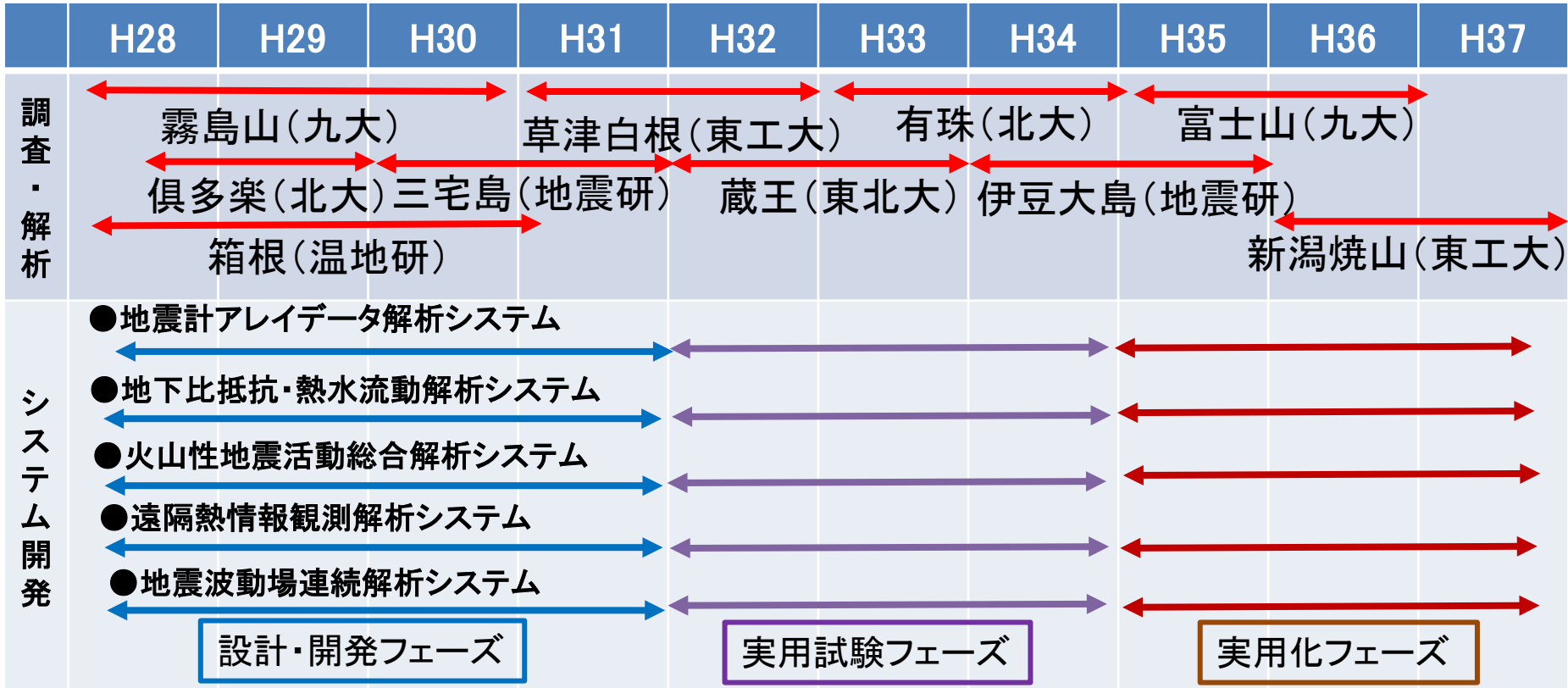
自動噴煙試料採取装置(ドローン搭載用)の開発 (名古屋大)



- ・ SO₂検出・アラーム鳴動の出力信号発生(黄色)時にポンプへ電力供給(水色)・ガス採取
- 火山ガス成分に最も富む噴煙を自動で採取

サブテーマ4: 火山内部構造・状態把握技術の開発 (1)

噴火切迫性評価(火山噴火予測)手法の開発 → 噴火切迫性の高い火山での機動観測が鍵
これまでの主たる成果: 水蒸気噴火発生場(噴火ポテンシャル評価)手法の高度化



これまでの主たる成果

- 霧島えびの高原で比抵抗, 地震活動, 地盤変動源の関係の解明
- 倶多楽での広域比抵抗構造の解明, 熱水流動シミュレーション
- 箱根火山での地震波速度構造

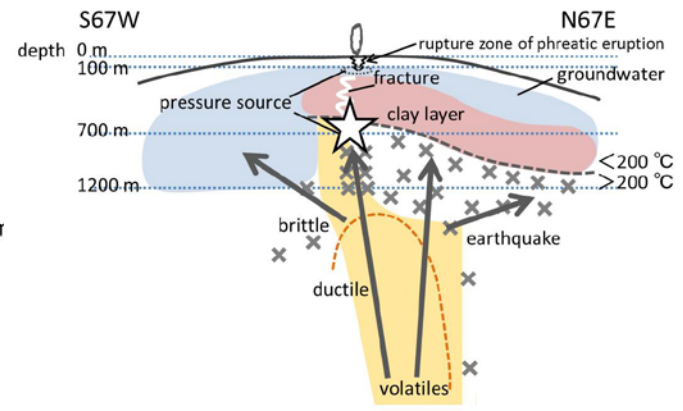
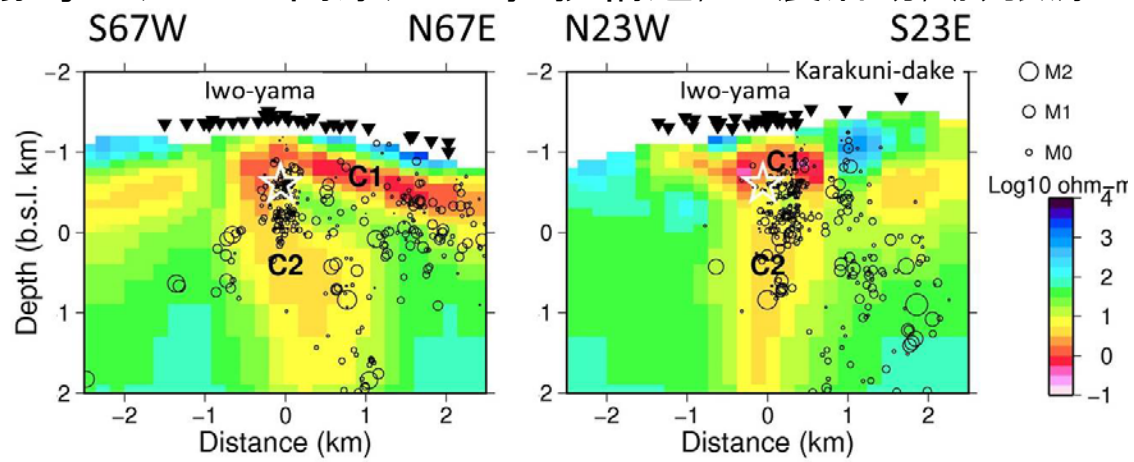


水蒸気噴火切迫性
評価の高度化

- 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

課題B 先端的な火山観測技術の開発
サブテーマ4: 火山内部構造・状態把握技術の開発 (2)

霧島山(えびの高原)の比抵抗構造, 地震活動, 膨張源



地下比抵抗・熱水流動解析システム

霧島山硫黄山

- 水蒸気の蓄積: 圧力源
- 微動, T型地震: クラック振動
- 地震: 間隙圧の上昇
- 水蒸気噴火発生: 難透水層の破断?

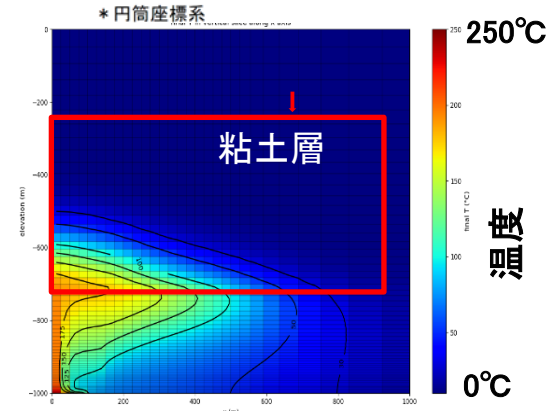
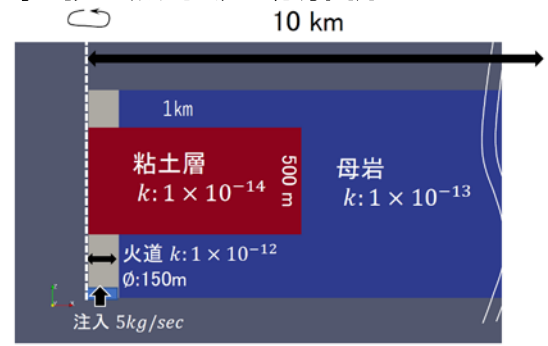
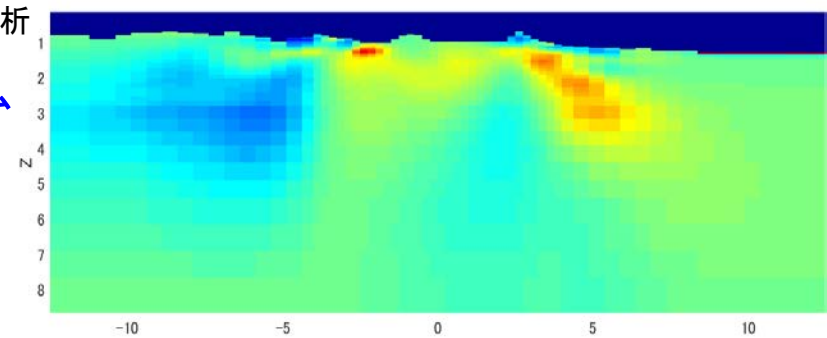
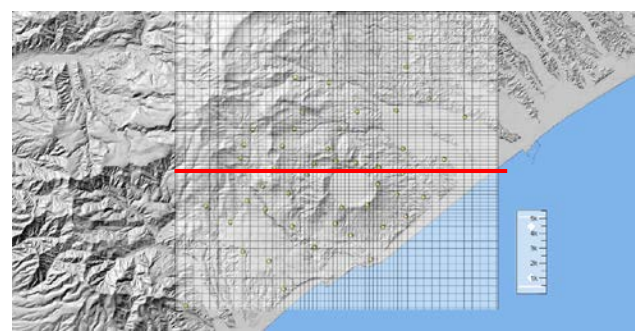
倶多楽噴火ポテンシャル評価

- 難透水層の分布 → 将来の火口
- 難透水層のサイズ → 精密な評価
- 基礎資料
- 大局的な構造 ⇒ 高度な3次元解析

地下比抵抗・熱水流動解析システム

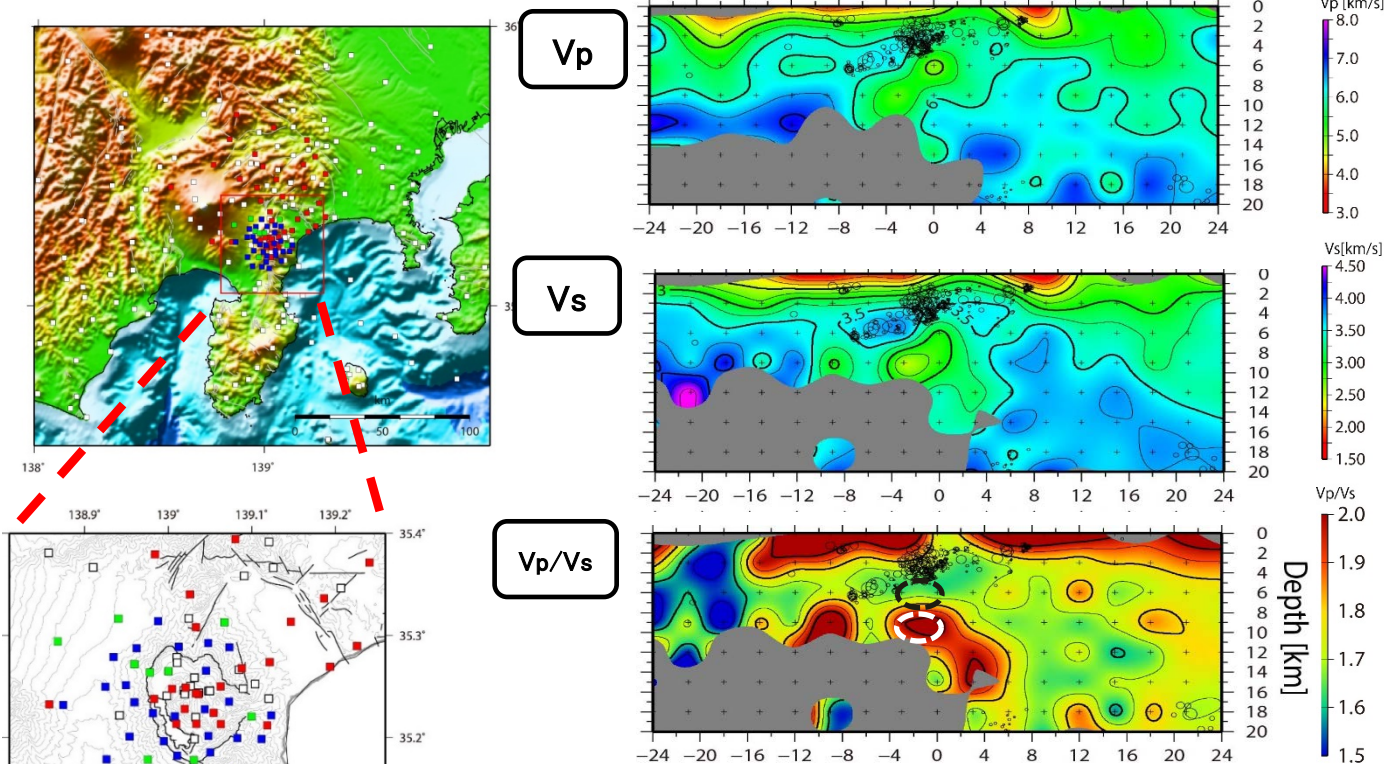
- 求められた比抵抗構造から
- 温度分布, 圧力分布等
- モデルの定量化への手段

倶多楽火山の比抵抗構造



課題B 先進的な火山観測技術の開発
サブテーマ4:火山内部構造・状態把握技術の開発 (3)

箱根火山の地震波速度構造 S ← 箱根 丹沢 → N



Takei(2002)のモデルを仮定すると

深さ 9km(圧力源の直上)

✓ $Rsp = \frac{(3.6-2.5)/3.6}{(6.2-5.0)/6.2} = 1.6$

✓ $\alpha=0.01-0.02$ の水 or Melt

深さ 6km(地震活動の下限)

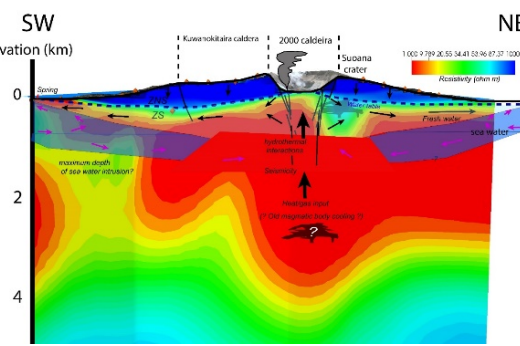
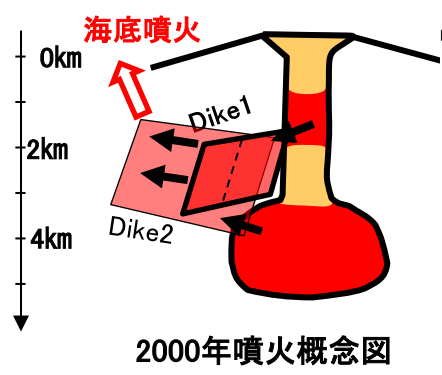
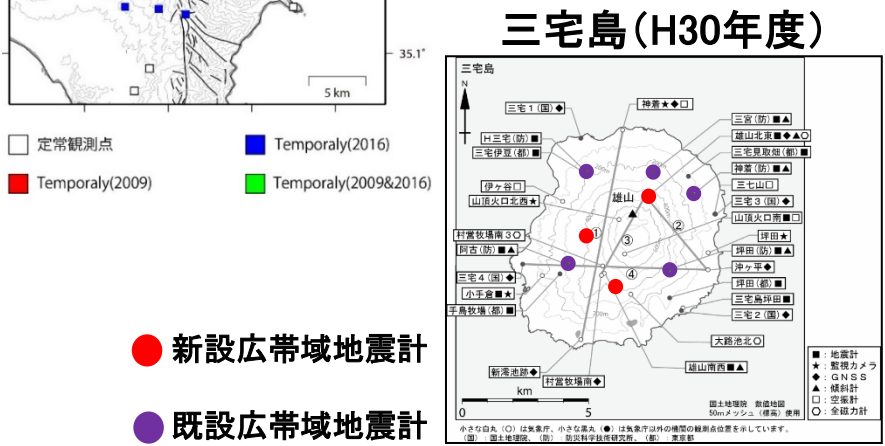
✓ $Rsp = \frac{(3.5-2.9)/3.5}{(6.1-4.8)/6.1} = 0.8$

✓ Meltでは説明できず、水 or gasで解釈可能

✓ 水の場合 $\alpha=0.15$ 程度(平衡モデルが成り立つ)

✓ $\alpha=0.15$ の場合の体積分率(ϕ)は17%程度

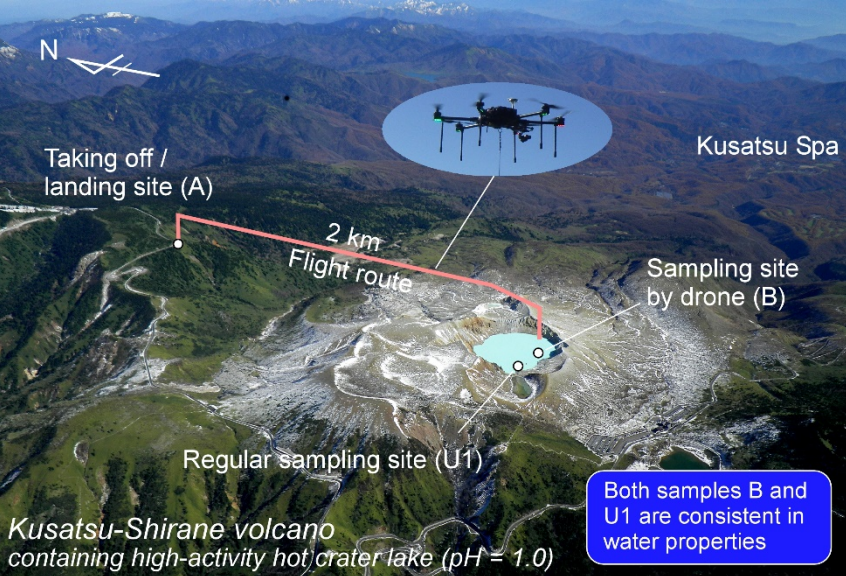
マグマ溜まりと熱水の関係



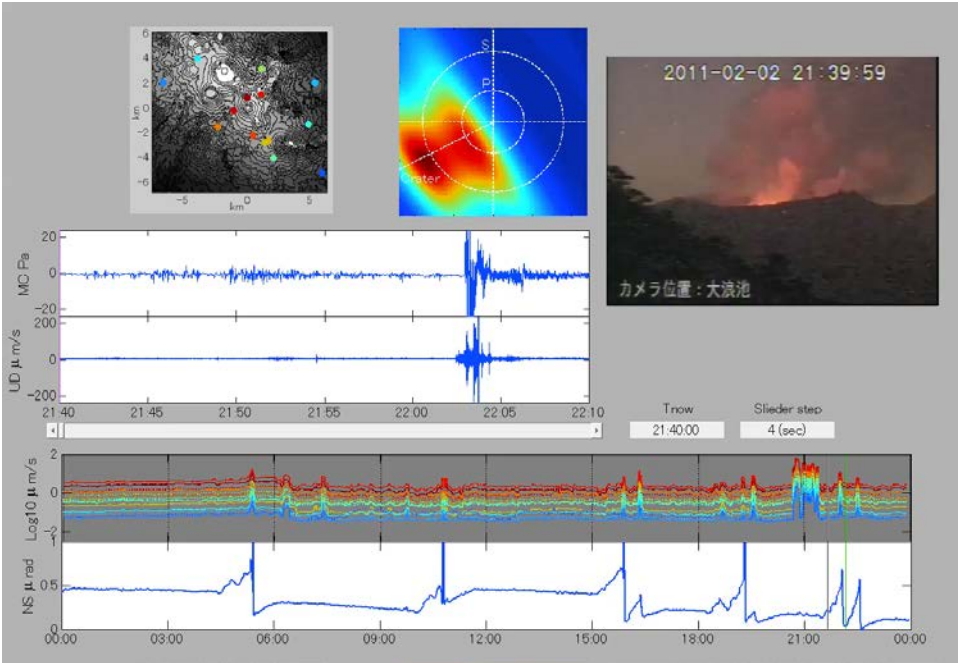
噴火切迫度評価に有用なツールの開発

- 地震計アレイデータ解析システム
 - プロトタイプの完成
 - 表示システムの共通化の構想
- 地震計アレイデータによる波動源の推定と他のデータ(例: 映像)の同時表示

○遠隔熱情報観測システム



主としてドローンに登載する機器・用具の製作
遠隔自立飛行による火山湖水の採取に成功



○火山性地震活動総合解析システム

水蒸気噴火前 N型地震が多発
⇒ N型地震の自動検出
硫黄山水蒸気噴火

