令和4年総合協議会資料　2022/12/16

資料3-5
次世代火山研究・人材育成総合プロジェクト
総合協議会（第９回）
Ｒ４．１２．１６

次世代火山研究・人材育成 総合プロジェクト
Integrated Program for Next Generation Volcano Research and Human Resource Development

課題D 火山災害対策技術の開発

サブテーマ１：無人機(ドローン等)による火山災害のリアルタイム把握手法の開発（アジア航測株式会社）

サブテーマ２：リアルタイムの火山灰ハザード評価手法の開発（京都大学）

サブテーマ３：火山災害対策のための情報ツールの開発（防災科研）

課題Ｄ：火山災害対策技術の開発
サブテーマ**1**
無人機(ドローン等)による火山災害のリアルタイム把握手法の開発
（アジア航測株式会社）

令和４年度の研究項目

①RTK-GNSS搭載UAVの導入による計測精度向上と高速化

- ドローンによる実証実験(有珠山):
- 精度向上のための画像取得方法の検討
- 上記画像から作成した3次元モデルの精度比較

②夜間飛行および遠望撮影による計測手法の開発

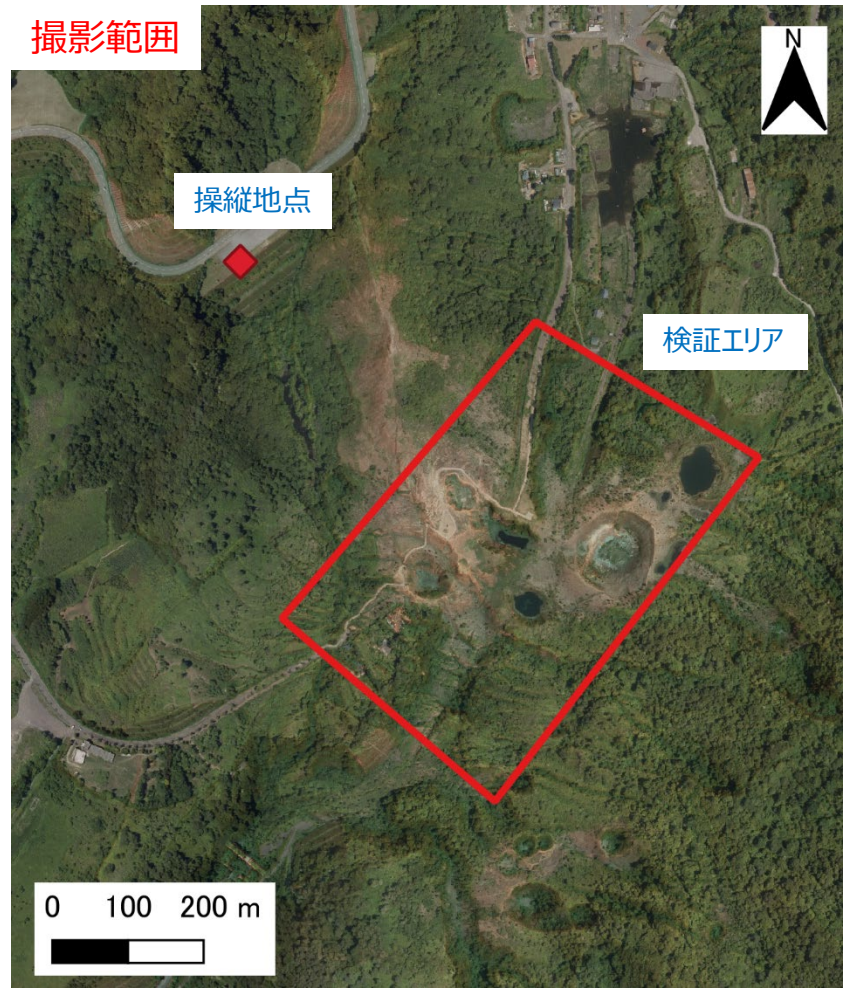
- 火口上空を飛行できない場合を想定した遠望撮影
- 夜間飛行による熱赤外画像の撮影

③SfM/MVS計算時間の短縮

- 計算時間の高速化

RTK-GNSS搭載UAVの導入による計測精度向上と高速化

- これまで垂直写真のみでモデルを作成してきたが、撮影範囲が広域になると、中心部分が歪むほか、火山に特有な急崖地形の精度が低いなどの課題があった
- 改善するため、垂直写真と斜め写真（上下左右）を連続撮影し、検証した



RTK-GNSS搭載UAVの導入による計測精度向上と高速化

➢ 実際の撮影状況（動画）　飛行しながら垂直写真と斜め写真を連続撮影

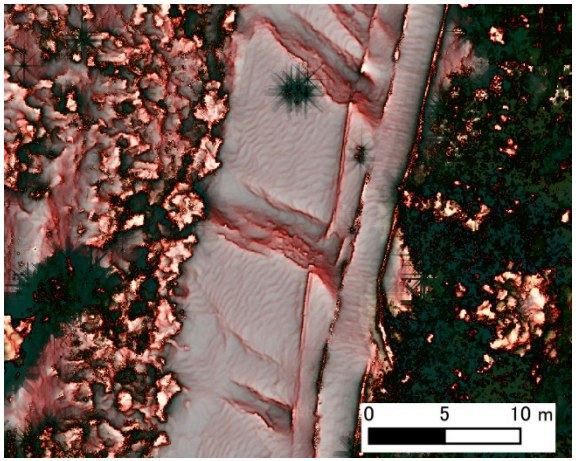
RTK-GNSS搭載UAVの導入による計測精度向上と高速化

- 作成されたデータを比較すると、垂直写真＋斜め写真の方が地形再現性が高い
- 今後、位置精度などの検証を行う予定

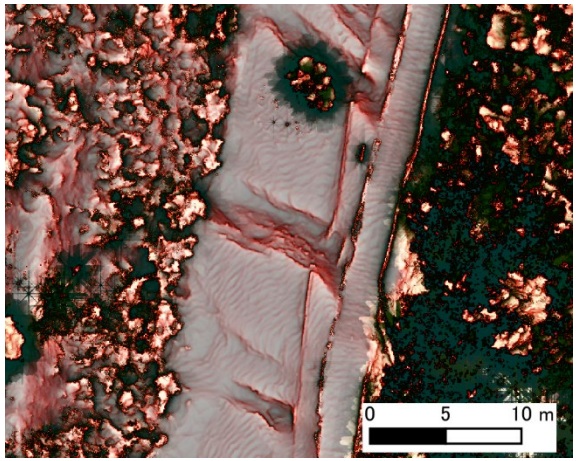
道路・地殻変動

オルソ

垂直写真＋斜め写真



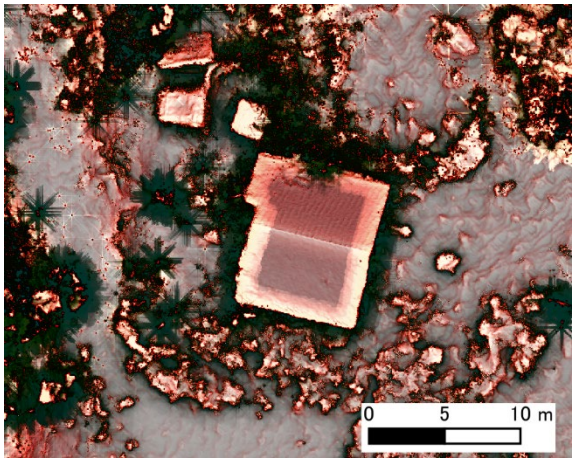
垂直写真のみ



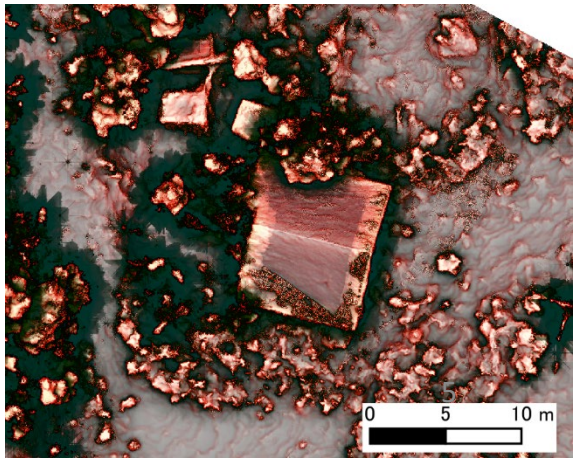
建物

オルソ

垂直写真＋斜め写真

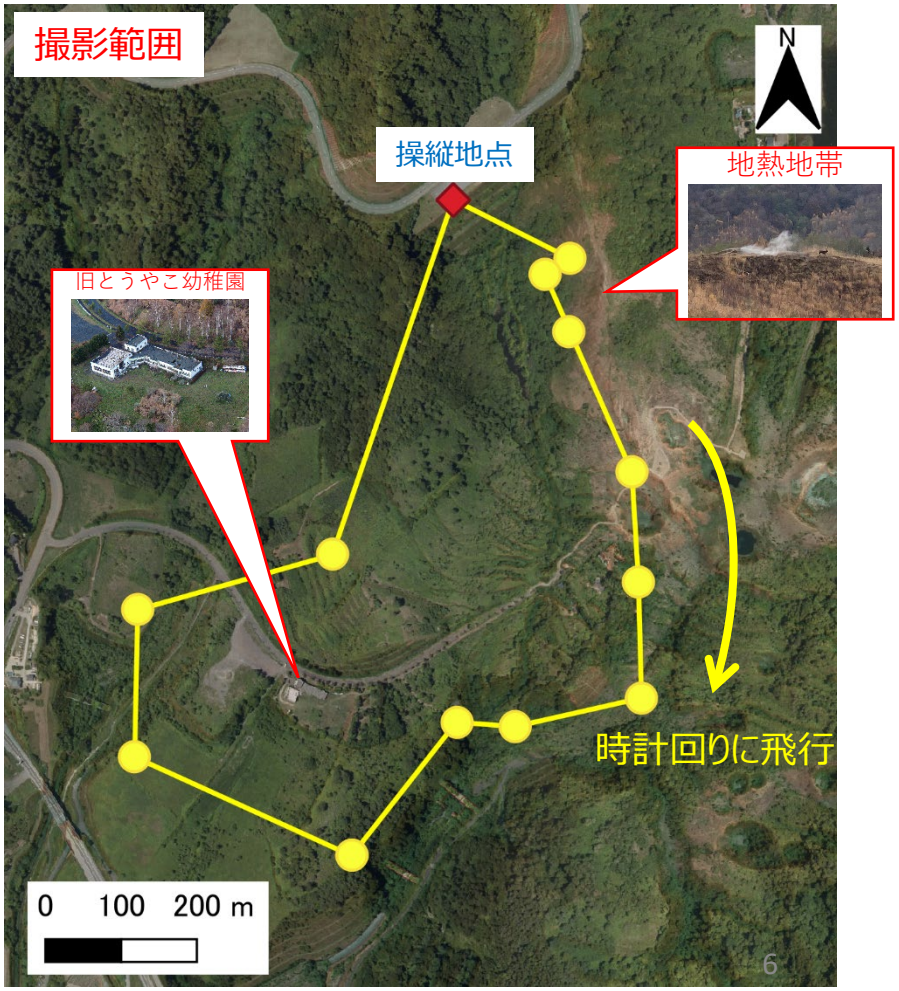


垂直写真のみ



夜間飛行および遠望撮影による計測手法の開発

- 火山活動の変化をとらえるためには定点観測が重要になるため、インフラ点検で用いられている機材を用いて、火山地形に適用可能か検証
- 撮影地点・方向・ズームを設定し、日中・夜間で自動巡回・撮影を実施

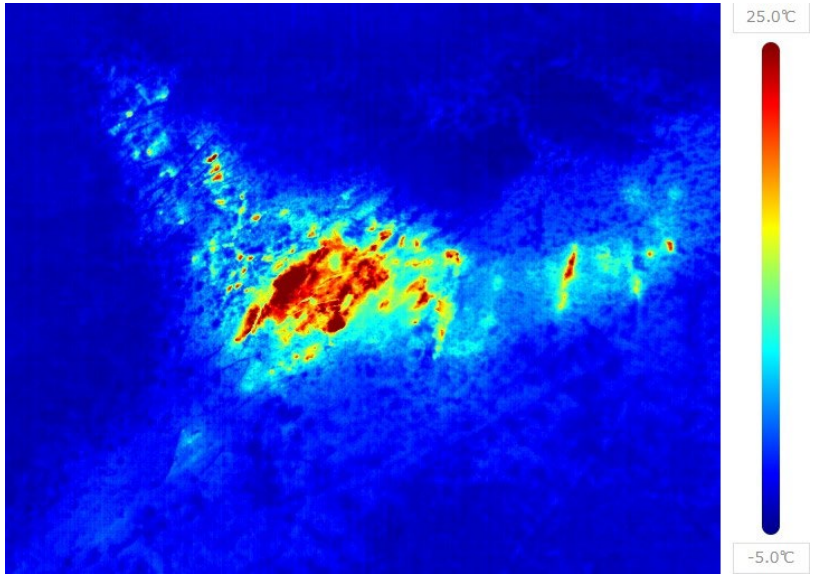


夜間飛行および遠望撮影による計測手法の開発

地熱地帯

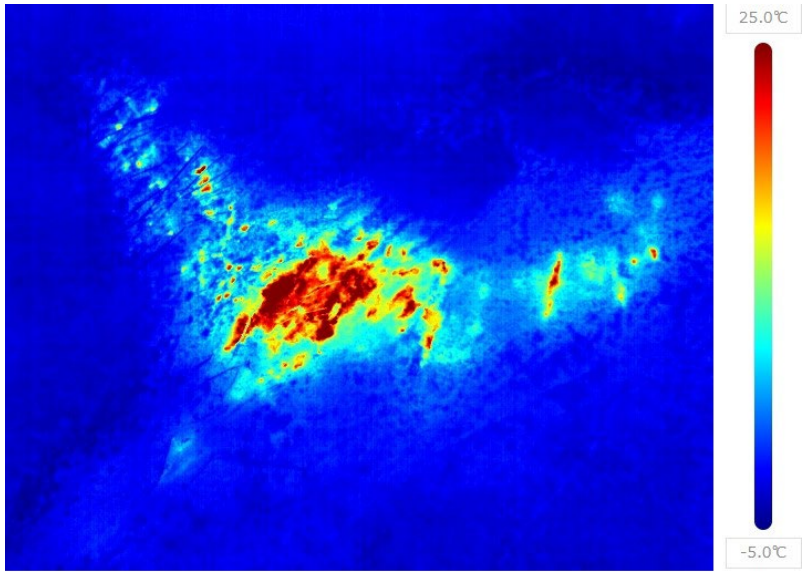
日中（可視）：噴気を確認

日中（熱赤外）：高温域がわかる



夜間（可視）：夜間のため映らず

夜間（熱赤外）：日中と同じ傾向

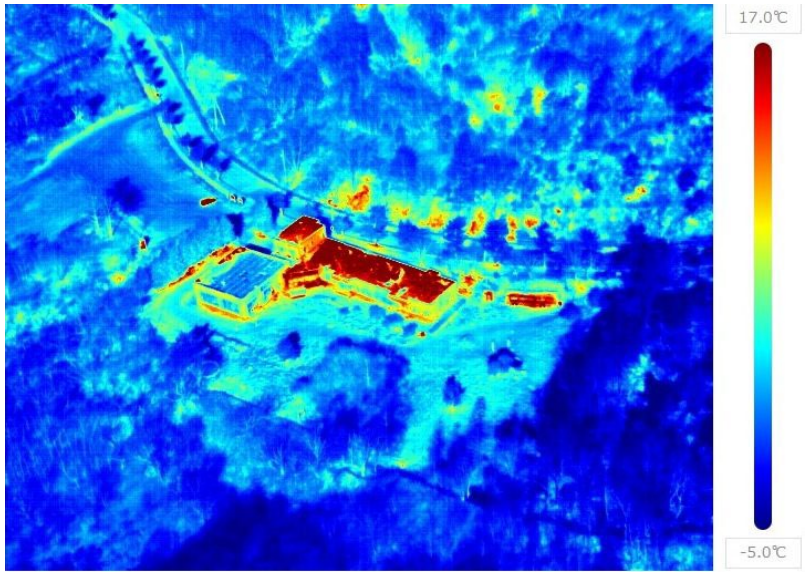


夜間飛行および遠望撮影による計測手法の開発

建物

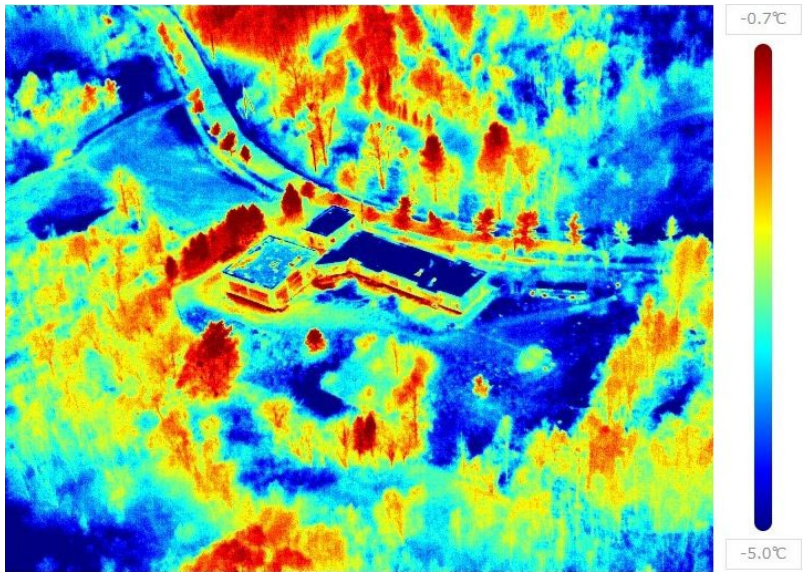
日中（可視）：建物の斜め上空から撮影

日中（熱赤外）：屋根の損傷が確認できる



夜間（可視）：夜間のため映らず

夜間（熱赤外）：夜間でも屋根の損傷が確認できる



まとめ

① RTK-GNSS搭載UAVの導入による計測精度向上と高速化

- 垂直写真に斜め写真を加えると、三次元モデルの精度が向上するが、撮影する枚数が増加するため、飛行時間は2倍程度となる
  - 地形による使い分け、計測時間の検証が今後の課題

② 夜間飛行および遠望撮影による計測手法の開発

- 自動航行による撮影(日中・夜間)は、火山でも適応可能
- 特に夜間に自動航行・自動撮影できるため、火山噴火時の調査（噴石の落下位置を迅速に把握など）に有効
  - 今年度は初の取り組みであり、来年度は飛行距離を延ばして検証

③ SfM/MVSの高速化

- 垂直写真のみ、垂直写真と斜め写真など、複数の撮影を実施したため、処理方法・処理時間を検討中
  - DSMなどの分解能(メッシュサイズ)も考慮し、他課題のニーズを踏まえた処理方法を整理する予定
  - オルソ画像のみが必要な場合も想定し、画像の高速作成も検討予定

サブテーマD2：
リアルタイムの火山灰ハザード評価手法の開発
令和4年度の研究項目

① プロジェクトの総合推進

② リモートセンシングによる火山灰放出量の即時把握技術開発
- レーダー，ライダー，ディスドロメータ観測（キャンペーン観測含む）の継続および地上降灰量との関係式の高精度化など

③ 火山灰拡散予測の高速度化技術開発
- 地中傾斜計・地震計改修（北岳、柴立），火山灰噴出率経験式の高精度化

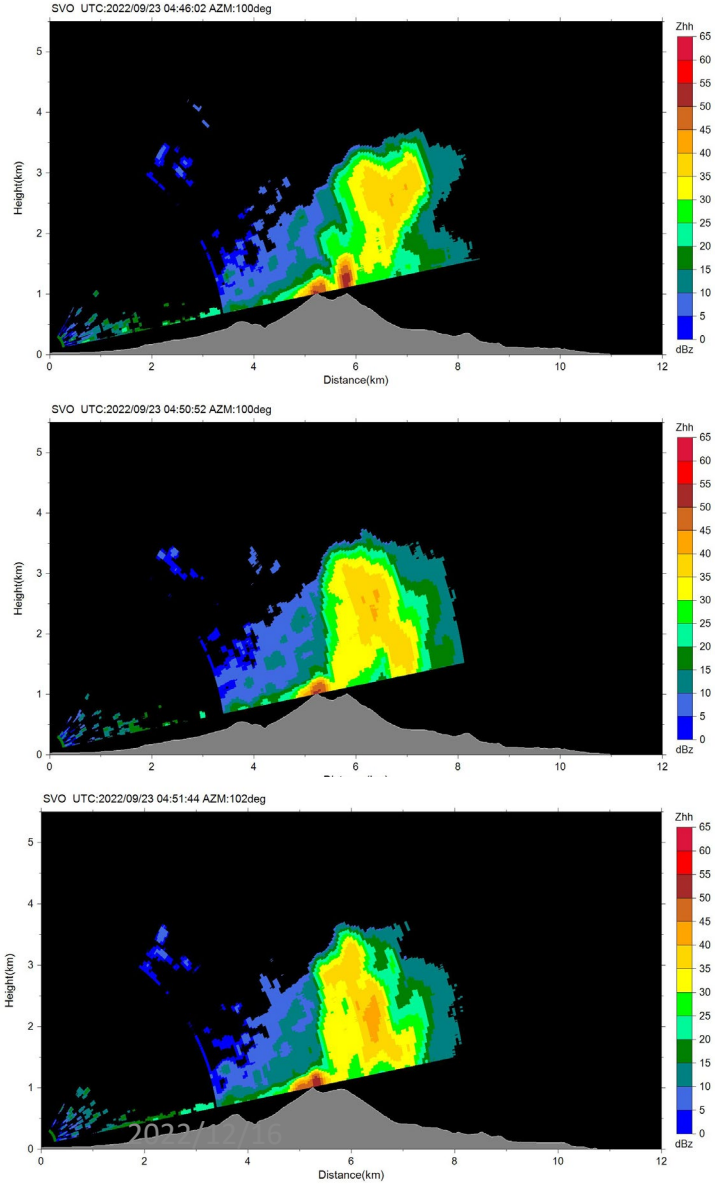
④ 火山灰拡散予測の高精度化技術開発
- 大気中風観測，気象モデルWRFによる高分解能シミュレーション，気流性状の高精細化（キャノピーモデルを用いたラージエディシミュレーション）

⑤ 火山灰拡散予測のためのオンラインシステムの開発
- オンラインで取り込んだ観測データを入力条件とする火山灰拡散予測シミュレータの連続化のためのシステムをワークステーションに構築

⑥ 噴火発生前の確率的降灰予測技術の開発
- 火山噴火に前駆する地盤変動継続時間および圧力源の前駆体積変化量と噴火に伴う体積変化量の関係をデータベース化。このデータベースをもとに、噴火の発生時刻と規模を確率的に予測する手法を開発

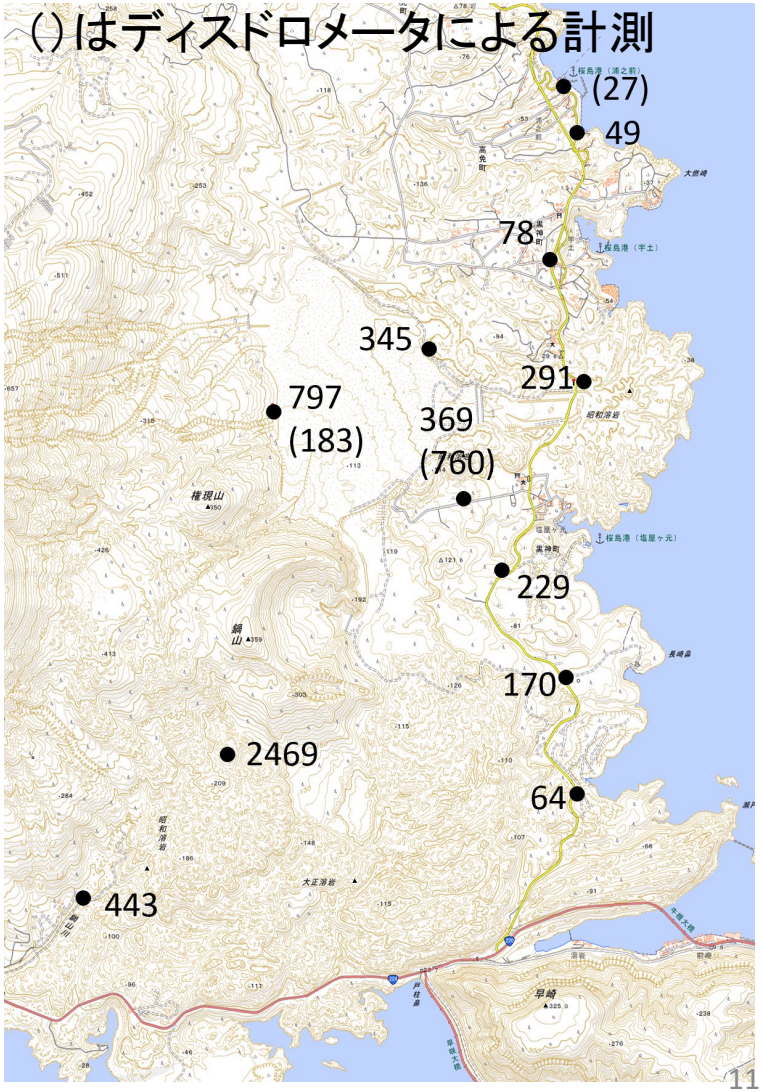
桜島における火山灰観測

2022年9月23日噴火･･･多量の火山灰が東斜面に降下



降灰量分布(g/m^2)

()はディスドロメータによる計測



3台の船舶レーダによる噴煙モニタリング

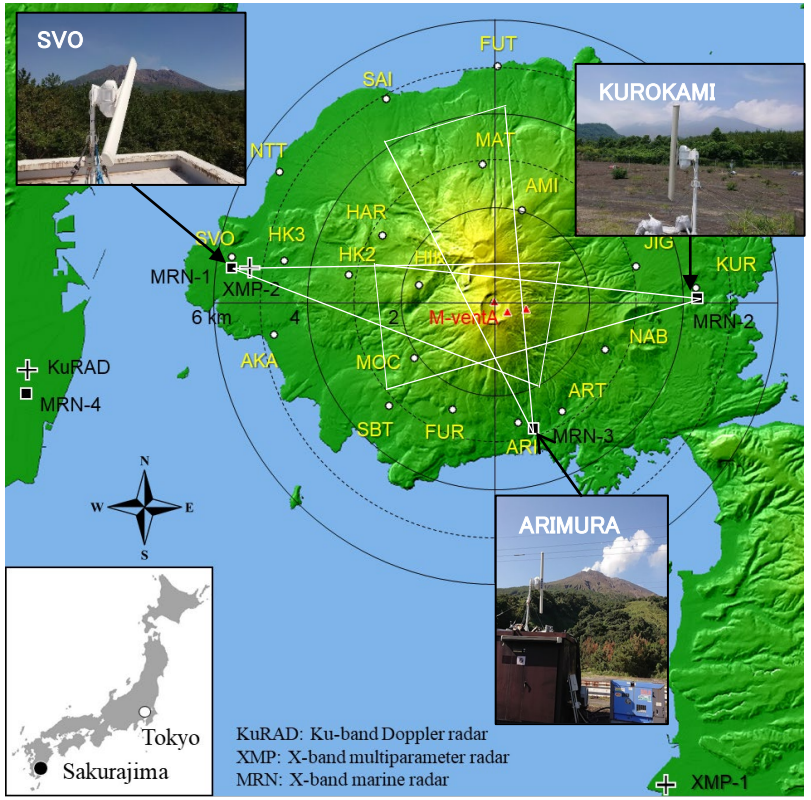
【目的】
・噴煙柱内部構造と発達過程
・船舶レーダによる噴煙のモニタリング技術の確立

【使用したレーダ】
・3cm波長固体素子ドップラーレーダ（SVO，有村）
・3cm波長マグネトロンレーダ（黒神）

【方法】
・約2秒毎の鉛直スキャン

【成果】
・計190の噴火事例を観測（4月～10月末）
・事例1（2022.9.23）：ダウンドラフト現象を伴う噴煙エコー
・事例2（2022.7.24）：警戒レベル引き上げた噴石エコー
・事例3（2022.9.15）：火山豆石を伴った小規模噴火エコー

【課題】
・リアルタイムデータ解析技術の組み込み
・ディスドロメータや偏波レーダとの比較検証



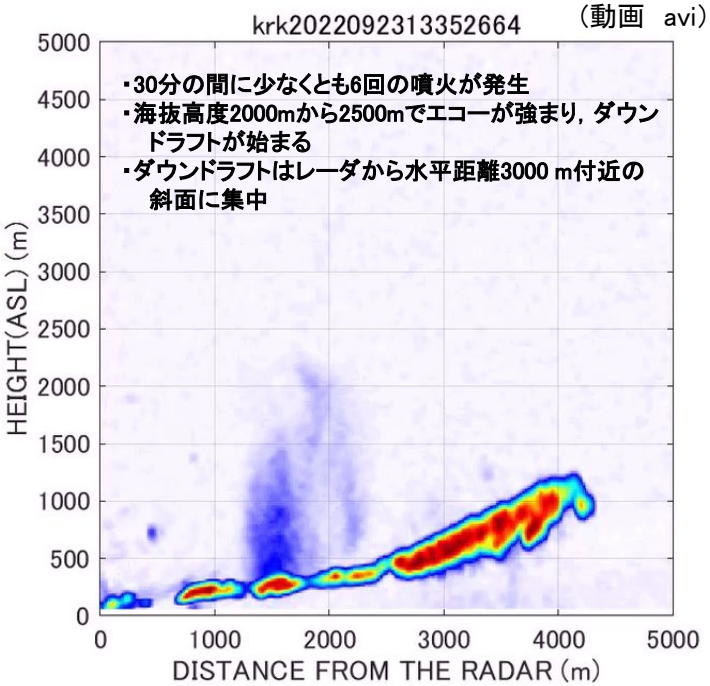
ダウンドラフト現象を伴う噴煙エコー

ダウンドラフト現象とは？
本研究では「降下火砕物の集団が噴煙から地上に落下する現象で，その速度は個々の粒子が単独で落下した場合の速度よりも速い」と定義する。

（動画　mp4）

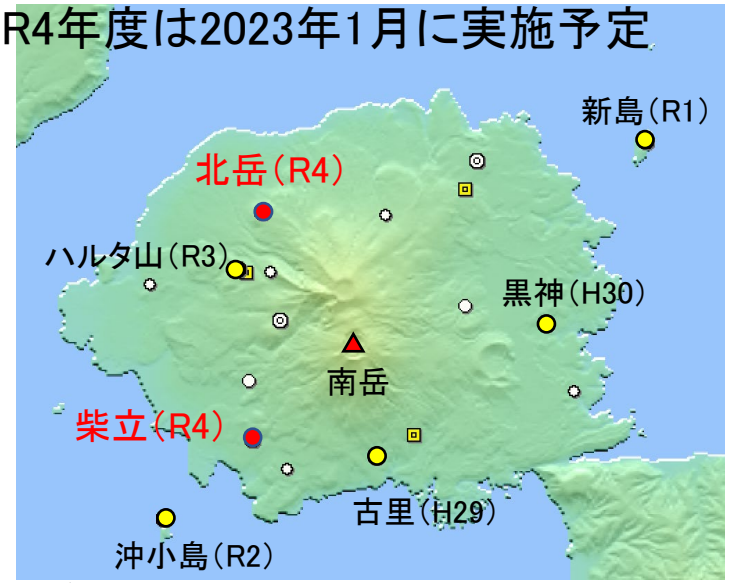
船舶レーダ（黒神）による観測結果
噴火日時：2022年9月23日　9:23
噴煙高度：火口から4000 m（気象庁は1700 m）

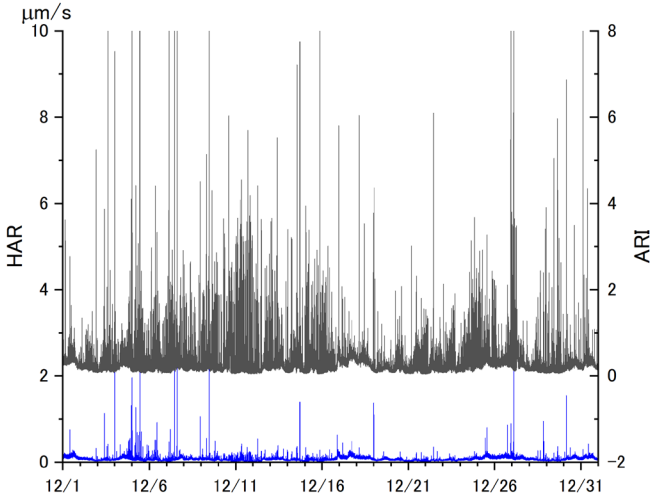
（動画　avi）



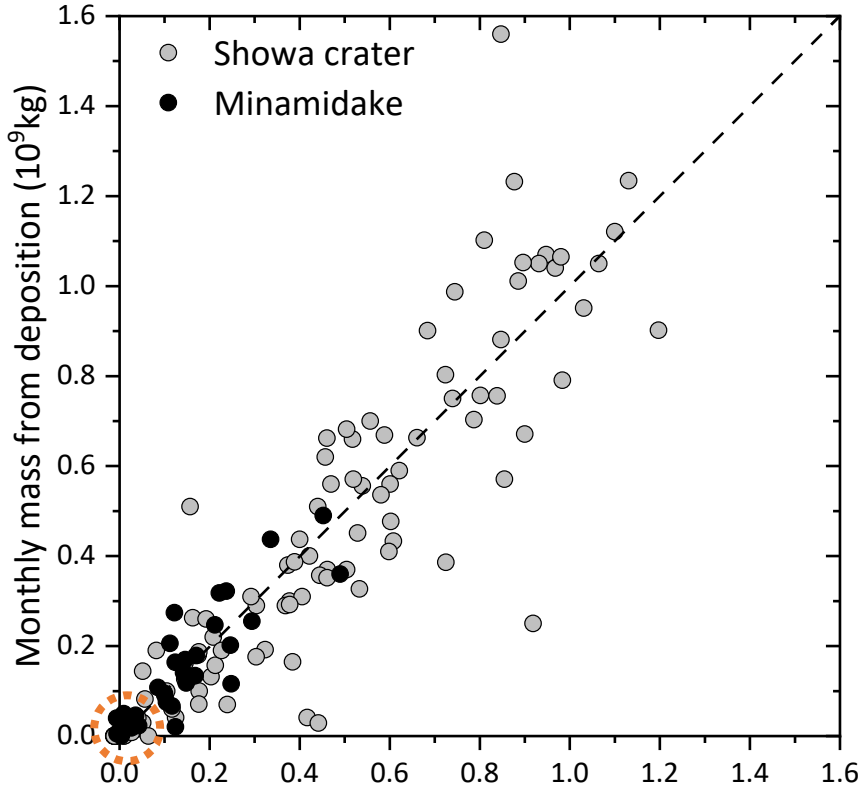
火山灰拡散予測の高速度化技術開発

既設観測井に設置されている地震計
及び傾斜計改修作業
R4年度は2023年1月に実施予定





ハルタ山と有村の1分間の最大振幅の比較



2021年以降
降灰量が著
しく減少

火山灰噴出率経験式

$$W = \alpha A + \beta \Delta V + \gamma$$

W: 火山灰重量
A: 2−3Hz周波数帯域の振幅
DV: 圧力源の体積変化量
g:補正項

ドローンによる上空の気象・火山灰の観測

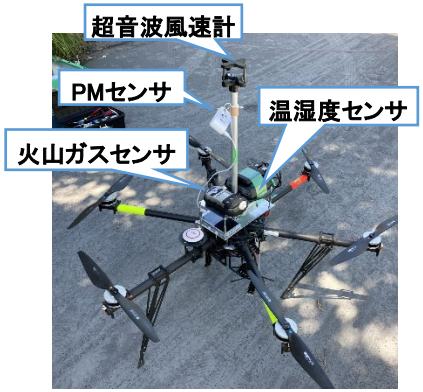
■観測概要

地点：桜島松浦町（昭和火口の北北西3km, 標高318m）
期間：2022年6月28日～29日（11回のフライト）
観測方法：海抜高度800～1300mまで，15～20分で上昇・下降
観測要素：風向風速，気温，湿度，PM濃度，ガス濃度（SO_2, H_2S）

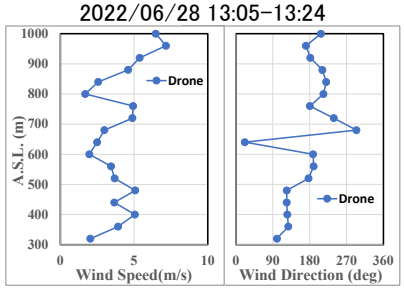
■観測結果

- 2日間で2度の爆発（6/28 1:19, 6/29 5:47）が発生したが，観測中の噴火は無かった．
- 観測地点では地上に数センチの火山灰の堆積を確認した．
- 6/28の風速は地上で3m/s程度，上空で5~10m/sを観測した．風向は概ね南～南東であった．
- 火山灰濃度（PM10）は，標高600～900mで極大となっており，南風によって火口から流れてきたものと思われる．
- SO_2濃度は地上が最も高く上空ほど低くなっていた．

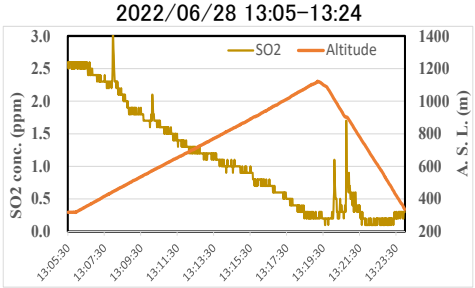
観測地点



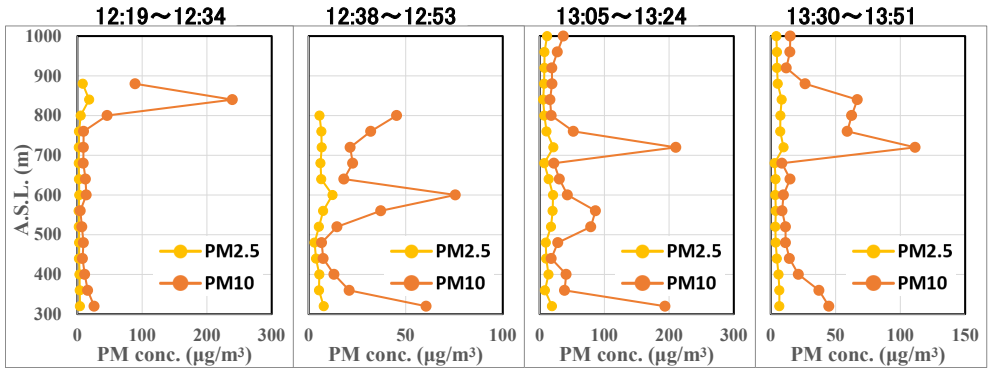
観測用ドローン外観



風の鉛直プロファイル



SO_2濃度の高度分布
低高度が高濃度、高高度が低濃度



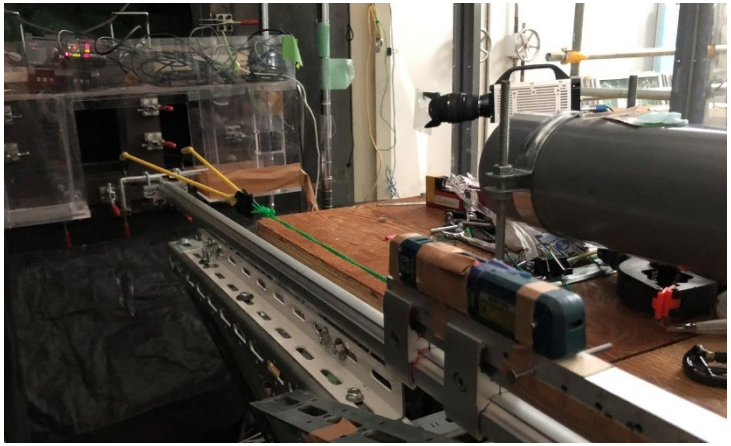
火山灰濃度の鉛直プロファイル（2022年6月28日）

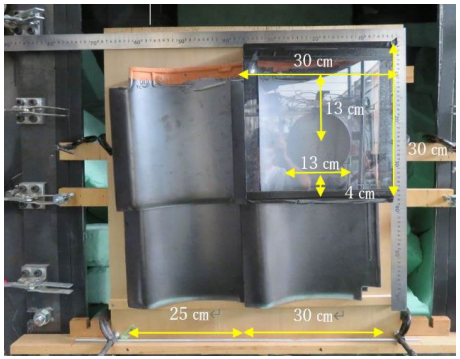
噴石の落下・衝突による被害リスク評価

1．住宅の代表的な外装材に対してレキの衝撃試験を行い、破壊性状を明らかにした。これにより、噴石の落下・衝突による被害リスク評価に資するための住宅の外装材のレキに対する耐衝撃性能をまとめた。

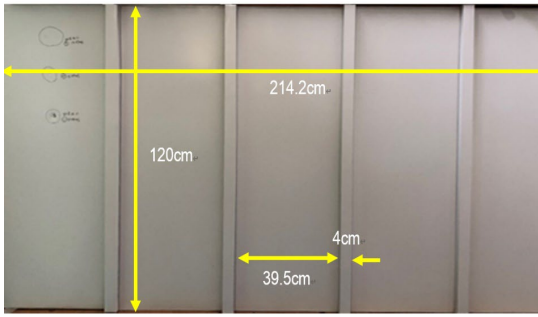
2．被害リスク評価に必要となる落下・衝突性状を予測するため、火山周囲の気流や形状の影響を受けて変化する火山レキの空力特性を明らかにした。

3．火山レキの空力特性を飛散モデルに取り込んで、令和3年度に開発した火山周辺の気流予測の計算手法に組み込む。
（現在作業中）

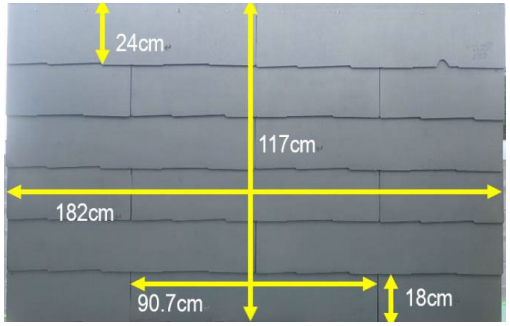




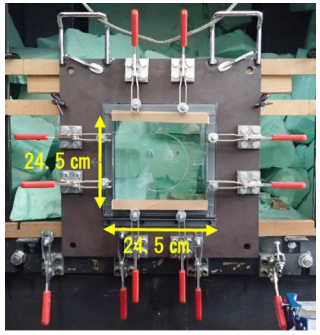
和瓦葺き屋根



瓦棒（薄板鋼板）



スレート瓦

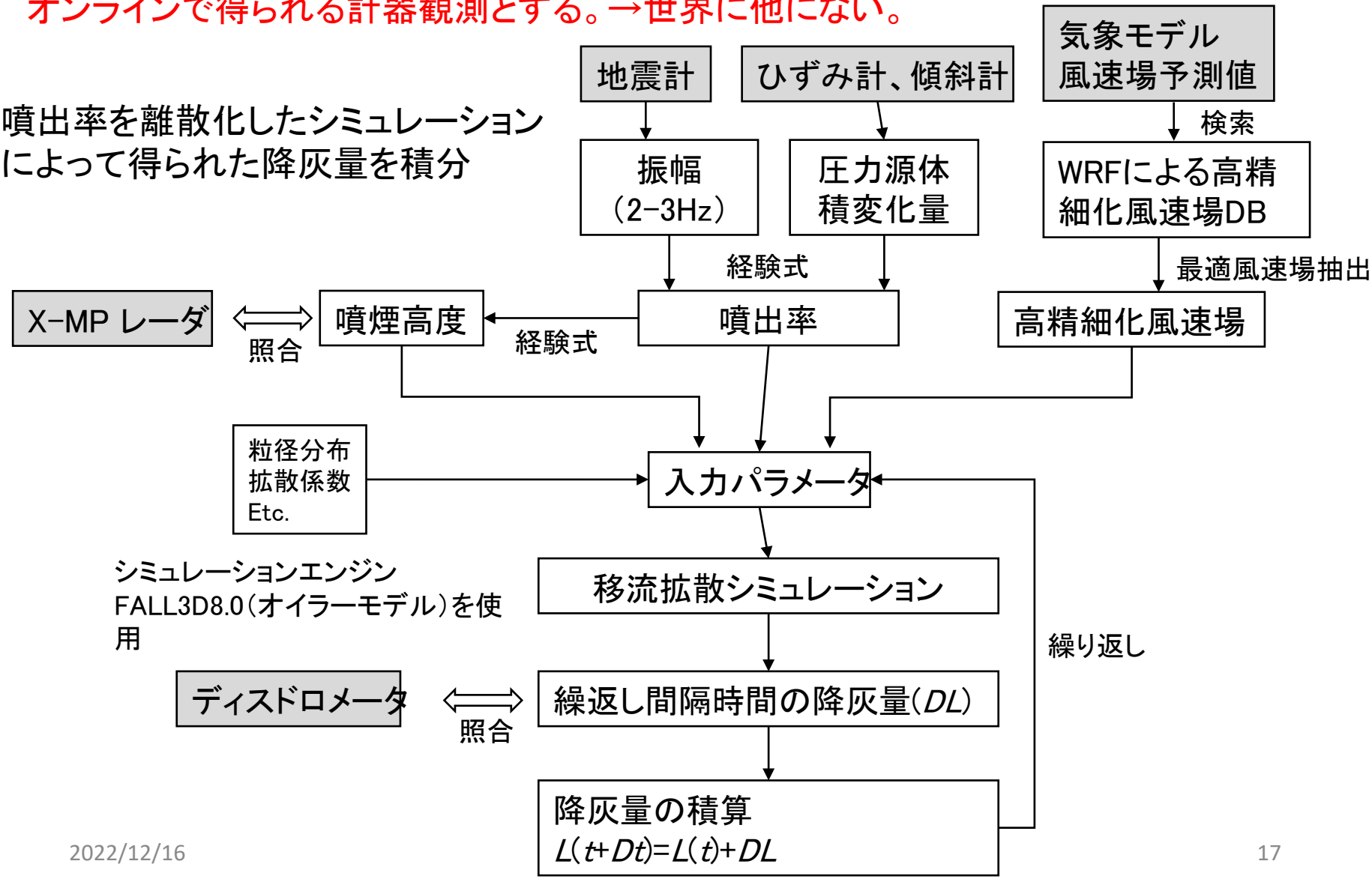


フロートガラス

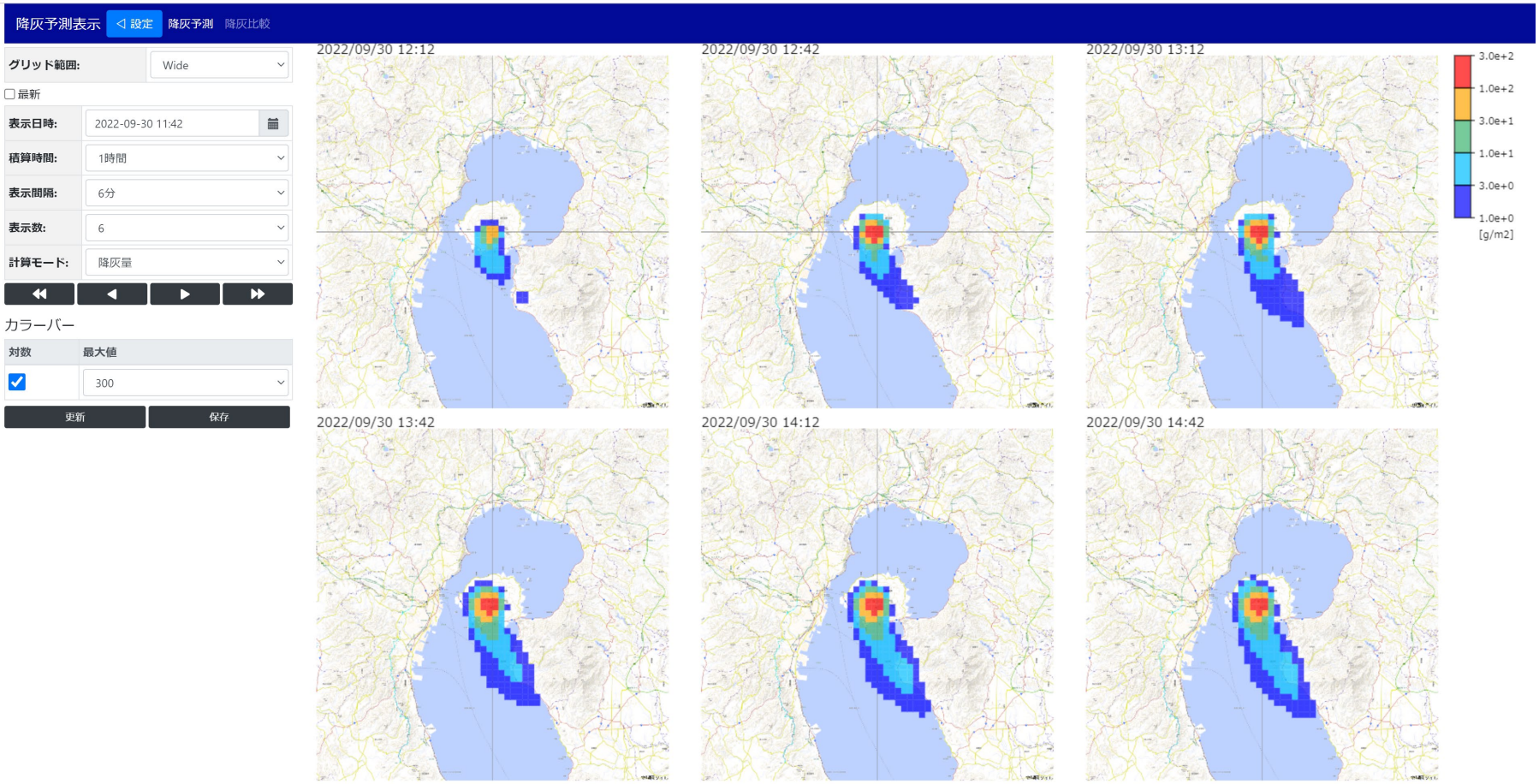
火山灰移流拡散シミュレーションの連続化設計

火山灰噴出率を連続する時間関数として扱う。入力条件をオンラインで得られる計器観測とする。→世界に他にない。

噴出率を離散化したシミュレーションによって得られた降灰量を積分



火山灰・移流拡散連続化シミュレータの実装



FALL3D8.0をベースに連続化シミュレータを開発
常に降灰量の予測値を表示

降灰量予測値とディスドロメータ観測による降灰量のリアルタイム評価

降灰予測表示 ◁ 設定 降灰予測 降灰比較

比較対象: 経験式降灰量

グリッド範囲: Narrow

☐ 最新

表示日時: 2022-09-30 12:18

積算時間: 1時間

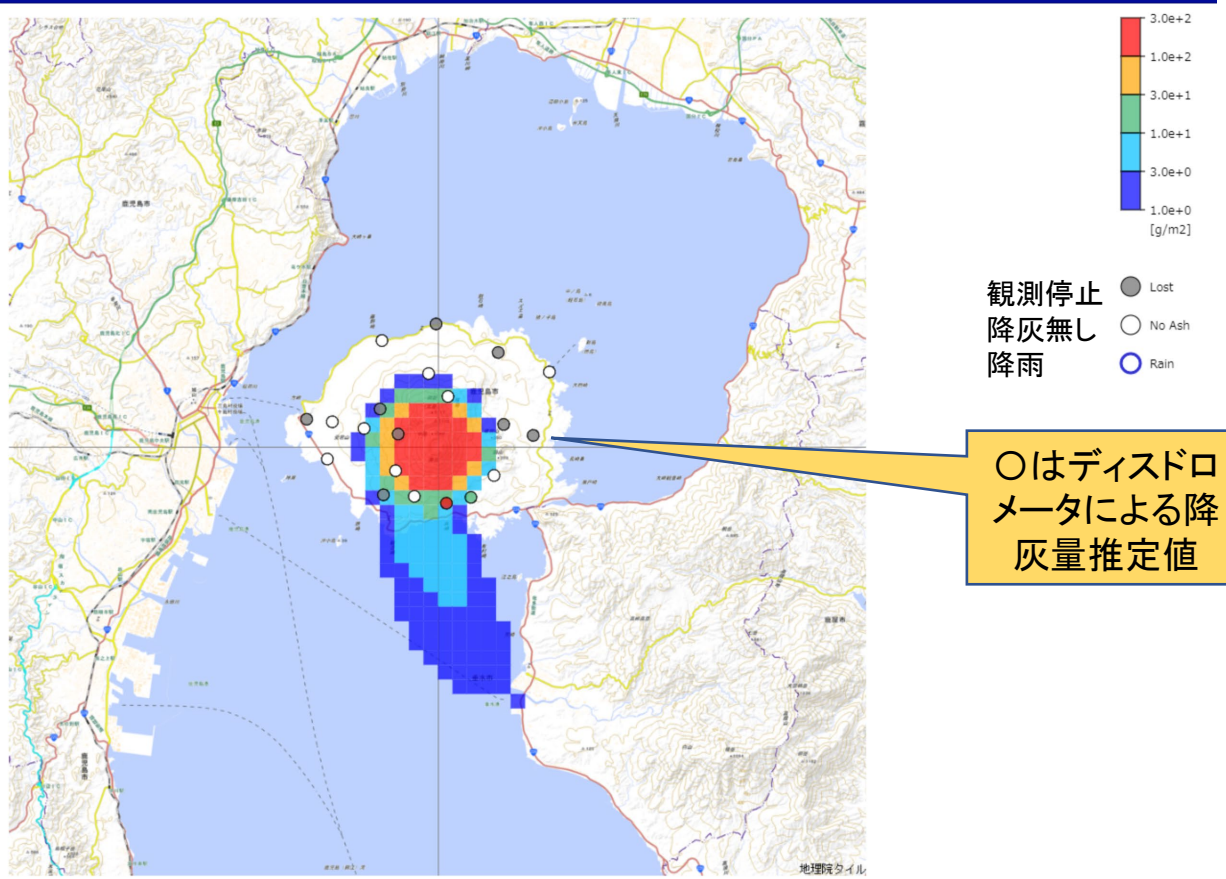
カラーバー

対数	最大値
☑	300

更新 保存

観測点毎降灰量

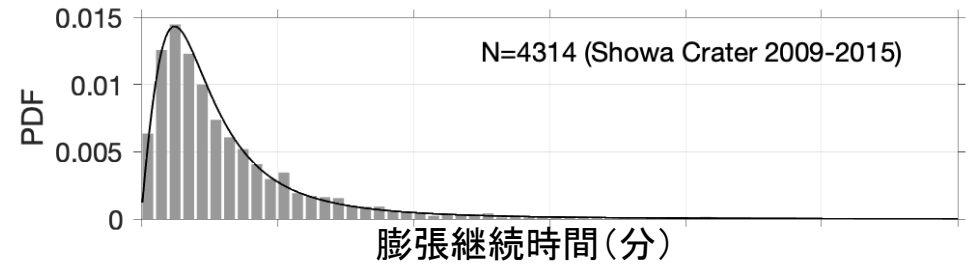
観測点	降灰量	降灰予測量
SVO	0.000e+0	2.042e-3
SBT	0.000e+0	7.479e+0
KOM	0.000e+0	4.449e-5
FUT	0.000e+0	2.655e-5
AKAM	0.000e+0	2.629e-2
NABE	0.000e+0	2.320e+0
URAN	0.000e+0	1.887e-6
AMID	0.000e+0	2.125e+1
ARI	3.957e+2	1.151e+1
ARIR	2.332e+1	2.326e+0
FUR2	0.000e+0	3.181e+1
HAR	0.000e+0	7.413e+0
HIK	0.000e+0	2.282e+2
HIK2	0.000e+0	3.508e+0
HIK3	0.000e+0	2.746e-2

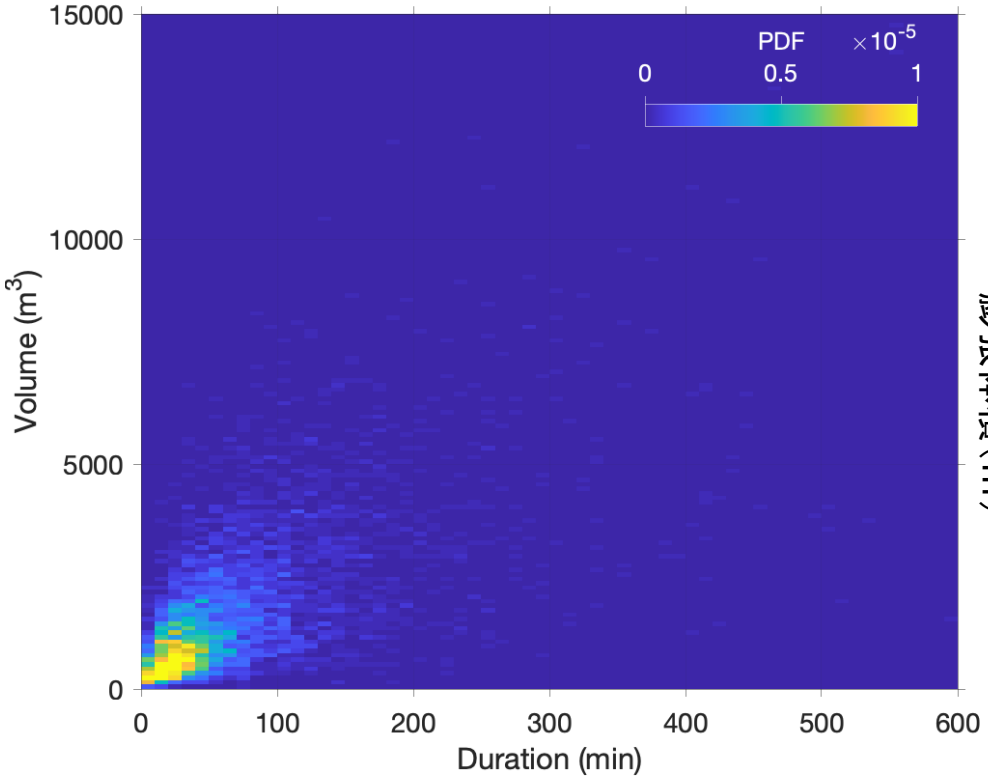


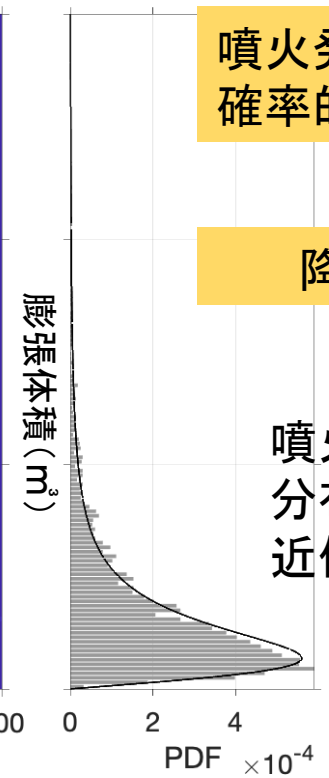
○はディスドロメータによる降灰量推定値

噴火発生前の確率的降灰予測技術の開発

噴火先行膨張時間の頻度分布を対数Logistic分布で近似







桜島昭和火口噴火に先行する膨張の継続時間と体積の確率関数を求めた。南岳は解析中。

噴火発生時刻と規模の確率的噴火予測

降灰予測へ反映

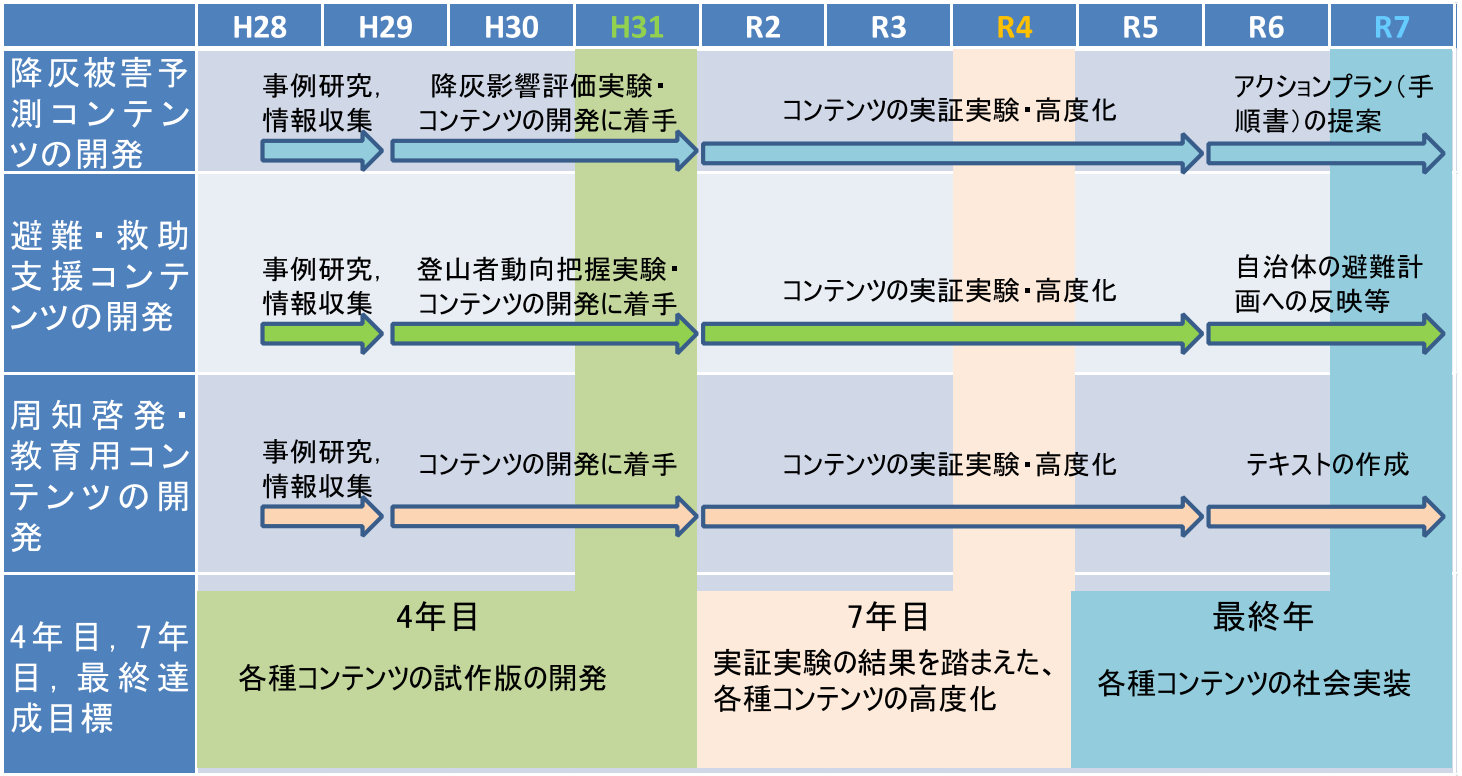
噴火先行膨張体積の頻度分布を対数Logistic分布で近似

課題D 火山災害対策技術の開発

サブテーマ３ ：火山災害対策のための情報ツールの開発

令和４年は情報ツールの３コンテンツ試作版の高度化を行なっている。

課題D3スケジュール



①周知啓発教育用コンテンツの高度化

- 前年度行ったヒアリング調査やアンケート調査から得られたニーズや課題に対応し、本コンテンツの高度化を図る。
- 特に、ヒアリングで要望の多かった映像コンテンツの拡充，噴火対応記録などの拡充を図る。
- 北海道の市町へのヒアリングを実施

周知啓発教育用コンテンツ

最新記事一覧

火山災害

火山現象について学ぶための動画

次世代火山研究プロジェクト課題D3で日本語訳した動画です。
「火山における斜面の崩壊」、「火山灰の健康被害」、「溶岩流」、「火山観測」について、
Volfimに掲載されていた動画を日本語訳し
#溶岩流　#土石流　#学習

火山災害

火山灰走行実験について

富士山
2021年10月下旬から11月上旬にかけて山梨県及び山梨県富士山科学研究所が主催となり、国土交通省中部地方整備局富士砂防事務所の協力を得て行った実験です。

#火山灰　#走行実験

火山災害

宮崎県高原町からご提供いただいた動画

霧島山
2011年新燃岳噴火における宮崎県高原町での災害対応や避難対応、マスコミ対応などの記録です。
火山災害発生時にどういった状況になるのか、どのような対応が必要かなどを学ぶことができます。
#火山灰

ポータルサイトの利用上の課題

1．**予測可能性**
- DB等一覧性が高いと、予測を付けやすい。
- コンテンツの並び順を統一するとコントロール感が高まる。

2．**検索性**
- どこから入ってもたどり着けると良い。
- 分岐が多いと、経路依存が高まる。
- キーワードは余り細かいと、非専門家では却って使いにくい。

3．**信頼性**
- 更新に追随するには、リンク形式の方がメンテは容易。
- 機械的に貼り付けることで統一感が増す。

今後の計画
- 使用目的や専門度を超えた一般化
- ページレイアウトの更新
- 過去に収集したクロノロをアップ
- 動画データの充実

②降灰被害予測コンテンツの高度化（その１）

これまで建物・設備への降灰影響の基礎的事項が把握できた

建物機能被害に関する検討

(1) 実験：空調設備動作不良、降灰量閾値

空調室外機 (2017)、冷却塔(2018）、エアフィルター目詰まり (2020)

(2) 降灰屋根荷重の建物影響

RC造、S造の屋根安全(2019）、木造の屋根安全(2020）、実設計建物（大スパン）屋根安全(2021)

(3) 降灰計算：実験での理想化条件 ⇒ 現実条件へ

機器火山灰吸引量見直し・簡易対策 (2019, 21)。降灰への建物影響（単純形状・単体）(2021)

(4) 降灰量ー被害関係式の構築

文献調査: 降灰量ー被害関数 (ライフライン) (2019)、降灰荷重: 降灰量ー被害関数 (建物屋根）(2020)

(5) 建物機能被害

文献調査：病院の機能被害 (2021)

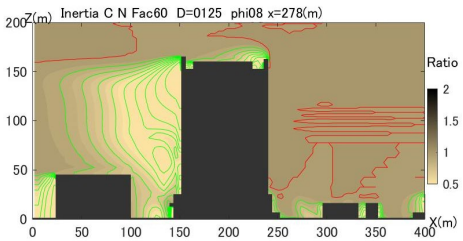
R04年度実施内容 (2022年度)

(1) 降灰計算(空間濃度・降灰深さ等の平面上水平一様に対する比率)

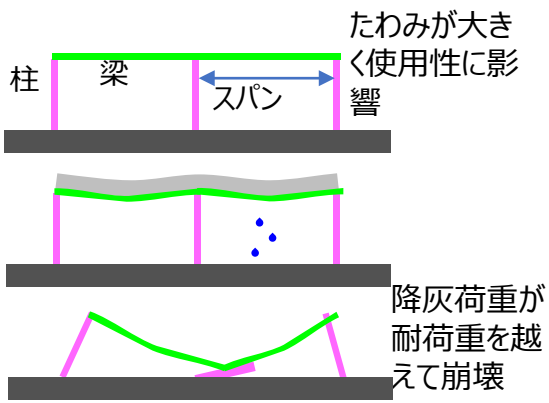
- ✓ 建物形状
- ✓ 建物各部位に室外機を置いた場合の火山灰吸引量
- ✓ 実街区の試計算

(2) 降灰荷重による建物屋根の検討

- ✓ 柱・梁の寸法，を設定し、2021年度に続いて検討



図：街区の降灰分布計算例。火山灰の無次元空間濃度。赤1.0以上，緑1.0未満。



図：体育館や生産施設等の鉄骨建物の堆積荷重による変形・崩壊。柱と梁の仕様が基本的変数

②降灰被害予測コンテンツの高度化（その２）

今後３年間の実施内容

インプット → 降灰被害予測 → 予測結果の表示（判断材料の提供） ⇄ 伝達と対応

- 降灰分布(予測/現地調査)：降灰調査チーム・データから自動降灰分布図（課題Aとの連携）
- 粒度情報（文献及び現地調査）？

- 対象エリアの建物・周辺への影響予測
- 降灰量ー応力・変形関係（構造計算に基づく）
- 降灰量ー空調動作影響関係（実験，降灰計算に基づく）

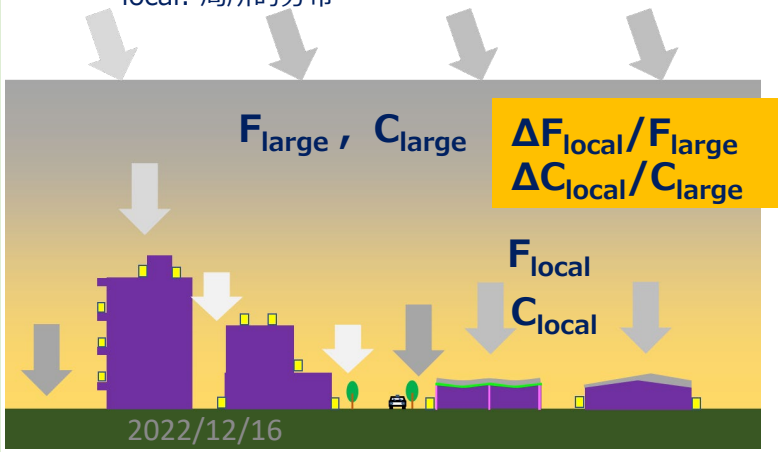
（地図表示はイメージ）

自治体⇒住民
各種機関
施設
・・・

評価の空間単位：降灰予測情報の格子毎？

F：降灰flux密度(kg/m^2/s)
C：浮遊火山灰空間密度(kg/m^3)
Δ：広域に対する変動
添え字 large: 広域予測
local: 局所的分布

広域予測の降灰



建物情報入力(ユーザー)

屋根仕様
- 柱・梁仕様
- スパン(柱間隔)
- 屋根（平坦・傾斜）

空調機器設置状況
- 屋上
- 地面
- 遮蔽物の有無

降灰量
（予測/実況）

出力(ユーザーが使用)

構造影響予想：
応力・変形に応じ
- 使用可
- 使用に支障

空調影響予想：
吸引量・ファン堆積に応じ
- 支障無or僅少
- 動作に影響
- 停止可能性

②降灰被害予測コンテンツの高度化（その２）

降灰計算

- ✓ 建物形状
- ✓ 建物各部位に室外機を置いた場合の火山灰吸引量
- ✓ 実街区の試計算

Fig.2～5に示される比率(降灰強度比，空間濃度比)の定義
降灰強度(時間降灰量)比，空間濃度比
＝建物ありでの値÷建物無しでの値

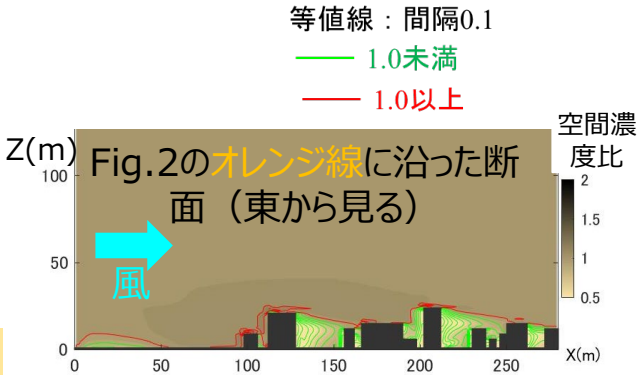


Fig.5 空間濃度比，南風5m/s, D125μm, 球形度0.8

(D：粒径，球形度(sphericity)：粒子と同体積の球の表面積/粒子の表面積)

【実街区の試計算】
(中低層密集市街地の例)

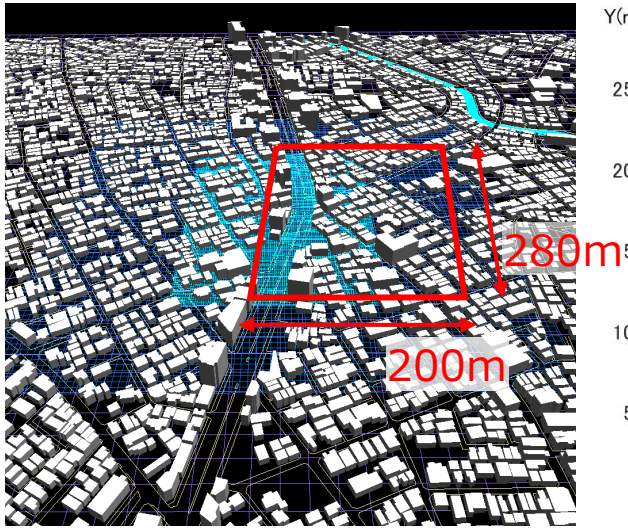


Fig.1 市街地モデル：東西200m×南北280mをΔx=Δy=2mで分割

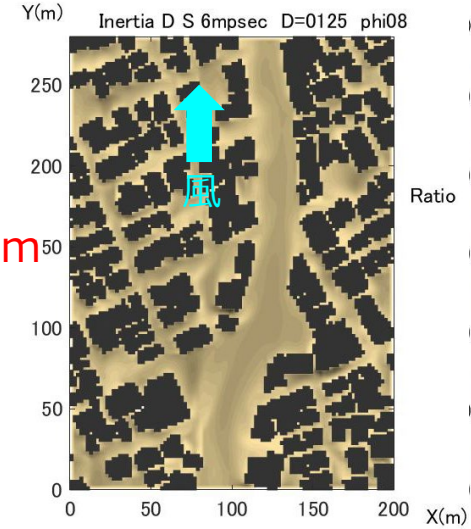


Fig.2 降灰強度比，南風5m/s, D125μm, 球形度0.8

Fig.3 降灰強度比，南南西風5m/s,, D125μm, 球形度0.8

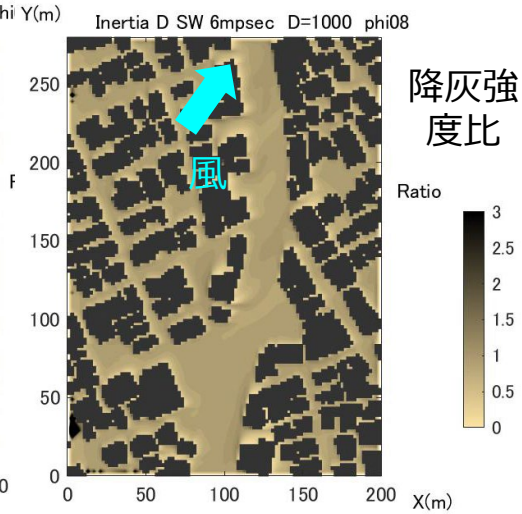


Fig.4 降灰強度比，南西風5m/s, D1000μm, 球形度0.8

※他の風向，粒径についても今後行う

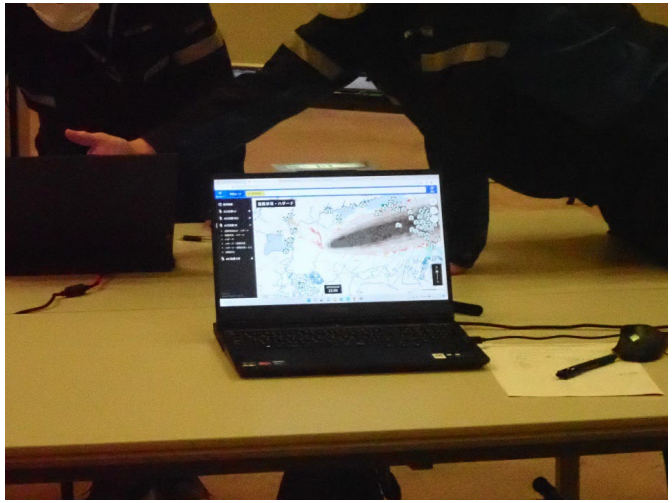
② 降灰被害予測コンテンツの高度化（その３）

（病院被害の検討）
東日本大震災における病院の被害DB（48病院）を用いて、建物、ライフラインと病院機能の関係を統計的に検討

（現場での活用）2022年11月までの進捗状況

- 第2期SIPで実施している火山災害を対象とした避難経路に関する研究で、10月29日に防災担当者を対象にしたシンポジウムを実施。
- 降灰データと道路データなどを活用して、災害対応の検証に使用。

（その他）
首都圏の超高層ビルなどから、火山灰対策に関する情報のニーズがあることを確認（丸の内、新宿駅周辺）



サブテーマ２との連携

降灰（火山礫）による住宅地の建物被害に関して、噴石の落下・衝突による被害リスク評価＊と連携

＊ 住宅の外装材に対して火山礫の衝撃試験を行い、破壊性状を明らかにし、噴石の落下・衝突による被害リスク評価に資するための住宅の外装材の火山礫に対する耐衝撃性能をまとめた。

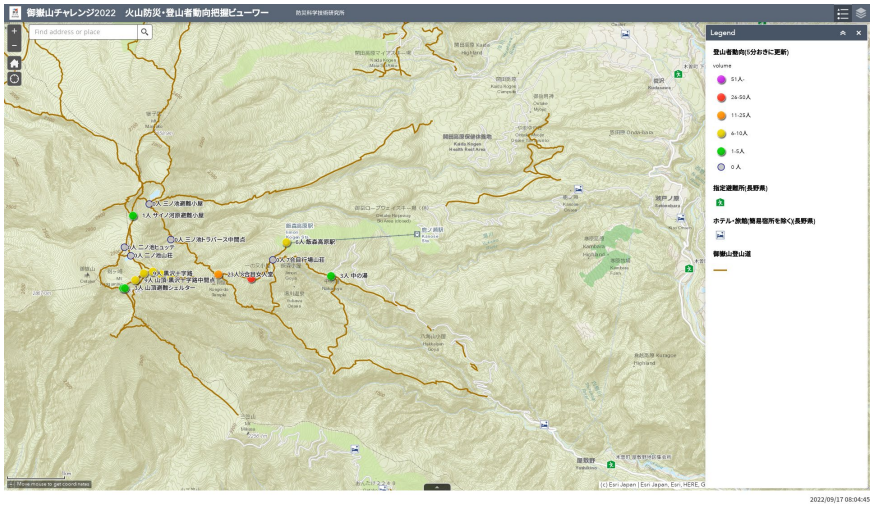
- 内閣府資料(降灰影響)へ提供
- 避難訓練や図上訓練での活用(第2期SIPの成果を活用)。
- 火山灰走行実験の成果も組み合わせたコンテンツの検討

③避難・救助支援コンテンツ（その１）　御嶽山チャレンジ2022

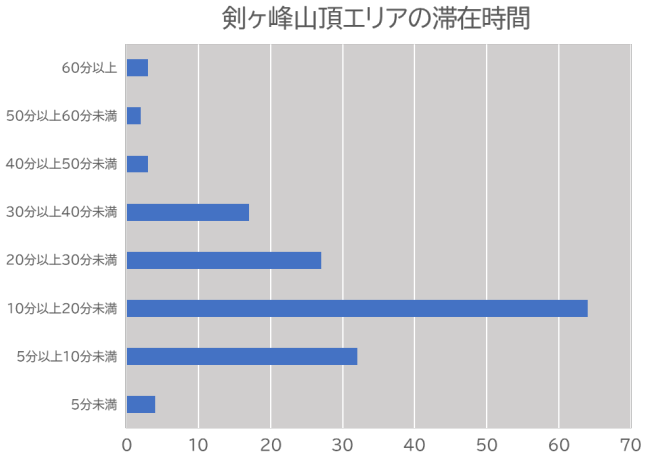
〇2020年の那須岳に続き、御嶽山において登山者の動態データを取得するための動向把握実験を実施した。

- 実施日時：2022年9月17日（土）
- 実施場所：御嶽山黒沢口登山道
- 連携先：長野県木曽町

※木曽町が同日に実施した登山者参加型の避難訓練と連携して実施。



登山者動向ビューワー
：取得した登山者データをWeb地図上で可視化し情報共有のためのビューワーを開発し、結果や共有の仕方について防災関係者と意見交換。

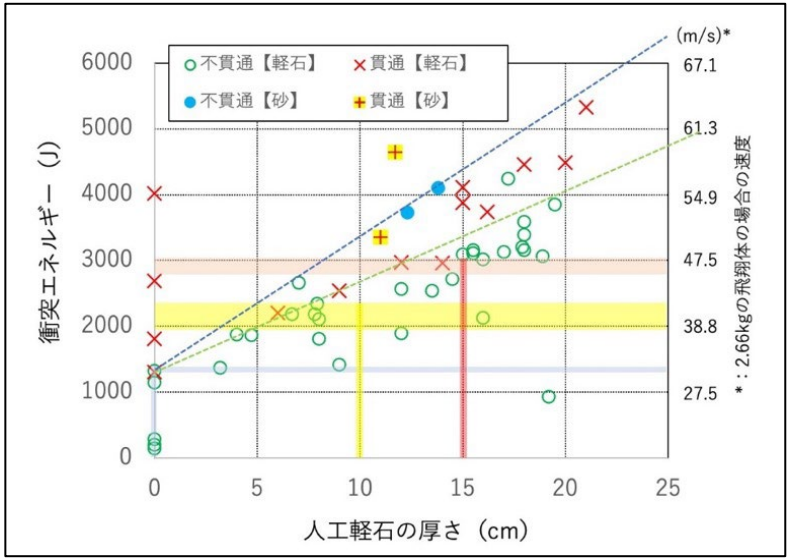


ビューワーに含まれるレイヤー
- 登山者データ
- 登山道
- 山小屋、避難所、宿泊施設
- 気象警報、注意報
- 解析雨量
- 降水短時間予報

課題
- 全数把握に山小屋等の協力・ルール作りが必要。
- システム上の脆弱性が明らかになっておらず、定量的に評価する必要

③避難・救助支援コンテンツ（その２）　模擬火山岩塊衝突実験

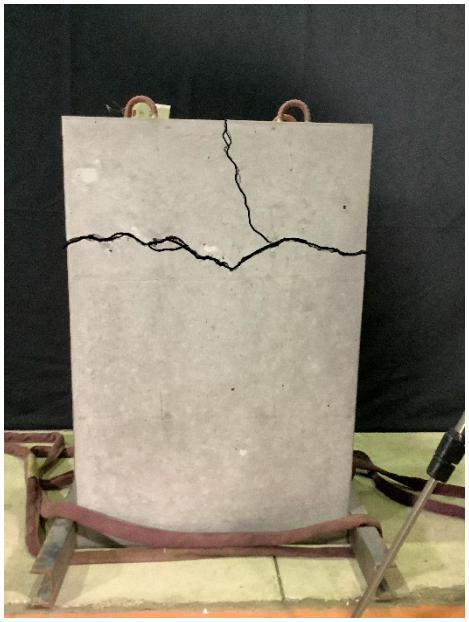
- 避難計画の作成や避難・救助活動において重要な施設である退避壕（シェルター）等の耐衝撃性を評価するために、模擬火山岩塊を使用した衝突実験



図：退避壕（シェルター）等の耐衝撃性に関して、人工軽石と砂を設置した木造試験体の実験結果（2021年度）。

<u>これまでの成果</u>

- 火山岩塊による建築物への影響について、実験から脆弱性の評価と対策方法などを検証。



鉄筋あり・なし、軽石あり・なしで衝突速度を変化させた実験を8ケース実施。

無筋、軽石なし、速度120m/s
20cm厚さコンクリートの裏側写真