



### 次世代火山研究推進事業 課題A：各種観測データの一元化

#### 事業・課題の概要

各組織・研究者と協働して、多項目の火山観測データをオンラインで一元化共有する「一元化共有システム」を開発し、各機関がデータを共有・利用する仕組みをつくる。システムは、国際規格に準拠させるとともに、データの可視化ツールやデータ処理技術を実装する。これにより、分野間・組織間のデータの相互利用や連携を促して火山研究をより活性化させるとともに、研究成果を地方自治体や行政機関等が行う防災対応等に活用することで、火山災害の軽減に貢献する。

#### 成果目標及び実施方法

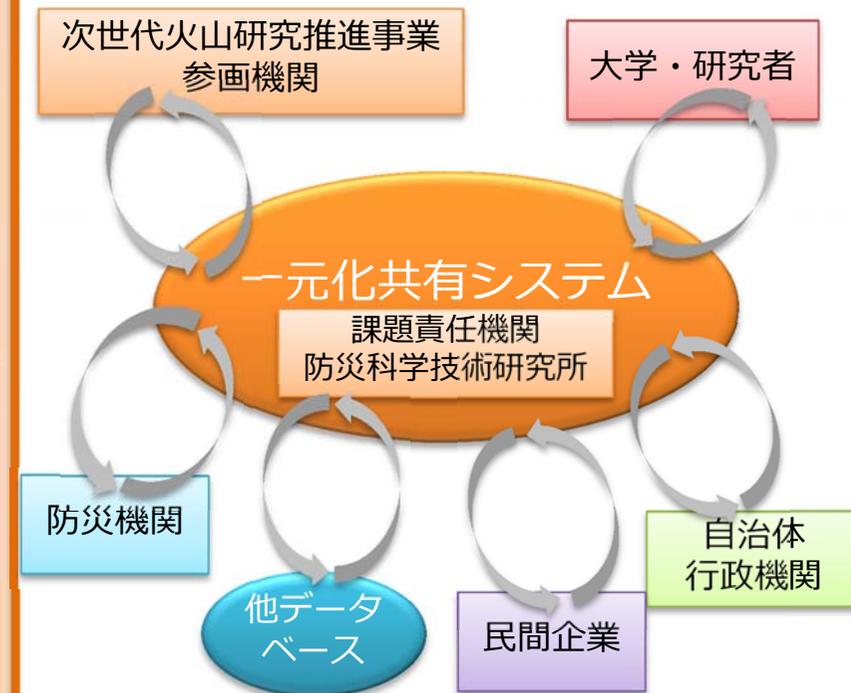
- 既存の流通・共有システムを強化するとともに、多項目のデータを集約、保存、共有する一元化共有システムを開発する。
- WEB-GIS等を活用した可視化ツールや、事象系統樹の分岐判断等に必要な処理技術を開発し、システムに実装する。
- 火山研究運営委員会の運営等を行い、関係機関の連携を促進する。

#### アウトプット・アウトカム

火山観測データや研究成果を共有する仕組みをつくることにより、以下の取組を促し、火山災害の軽減を図る。

- データ・研究成果の活用や分野間・組織間の連携を促して、「観測・予測・対策」の一体的研究を含む火山研究をより活性化させる。
- データ・研究成果の地方自治体や行政機関等による防災対策及び対応への活用を促進する。

#### 事業・課題の実施体制



# 「一元化」のメリット・必要性

## 1対1のデータ共有

■ 組織 ● 個人

## 「一元化」

新規参入  
し辛い

他分野から  
の新規  
参入

$\frac{1}{2}n(n-1)$ 件の協定、申請、依頼が必要

1件の協定、 $n$ 件の申請で済む

- 利用目的が明確
- 1種類のデータの利用
- 定型業務
- 誰が何を持っているか知っている(閉じたコミュニティ)

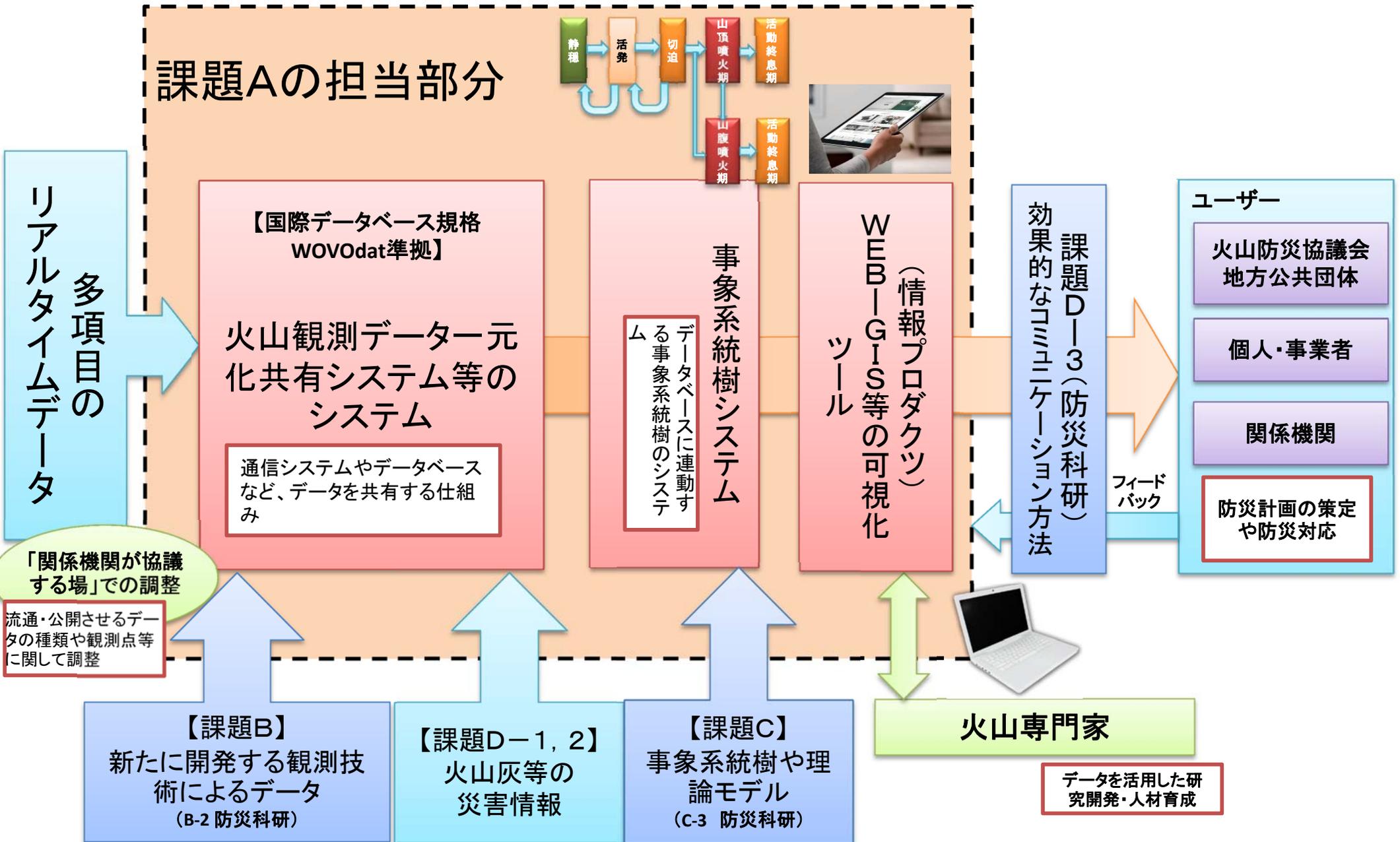
【限定的な利用に限られる】

- 使ってみないと使えるか分からない
- 多項目観測データの同時利用
- 多くの火山の比較検討
- 緊急時に臨機応変な対応が求められる業務
- 新規参入が容易(開かれたコミュニティ)

【より自由度のある利用環境】

研究開発(イノベーションの創出)、防災対応に貢献

# 課題A 「各種観測データの一元化」と他の課題との関係





## 次世代火山研究人材育成総合プロジェクト

### 課題 B 先端的な火山観測技術の開発

#### 事業・課題の概要

火山災害の軽減に有用な火山噴火の切迫度評価の高度化のため、1～4のサブテーマで以下の事業を行う。

- ① 多種類の微弱な観測事象として現れる噴火先行過程を捉えるため、新たな観測手法を開発してより多くの情報を得る。
- ② 新たな観測手法も含めて、既存の装置・データも活用して、現時点における各火山の活動状況・切迫度を評価を支援するための基盤データの蓄積と、噴火先行現象の信号を即時的に判断する各種ツールを開発する。

#### 成果目標及び実施方法

【サブテーマ1】宇宙線ミュオンによる火山透視像と火山活動の相関をデータベース化し、火山活動評価への展開

【サブテーマ2】リモートセンシング技術（地上設置型合成開口Radarの開発、分光スペクトル画像計測装置の小型化）の高度化

【サブテーマ3】火山ガス同位体分析技術の高度化による火山ガス起源（=水蒸気噴火かマグマ噴火かの判断基準）の推定手法開発

【サブテーマ4】全国の火山における計画的な精密機動観測による活動現状把握とデータベース化。観測データの即時処理を行うツール開発。

#### アウトプット・アウトカム

- ・火山噴火切迫度を評価するための新たな観測技術及び観測指標を見出し、防災情報発表機関に提供。噴火警報・予報の高度化に貢献。
- ・国際協力で推進することが効果的な宇宙線ミュオン開発や火山ガス同位体分析技術の高度化研究による研究の国際化の推進。
- ・全国の火山研究者の協力で推進する精密機動観測，リモートセンシング技術の高度化の推進による実践的な次世代人材の育成。

#### 事業・課題の実施体制

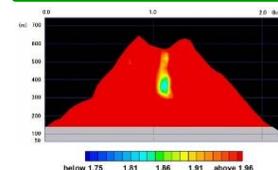
新たな観測情報・技術

課題D：火山災害対策技術の開発

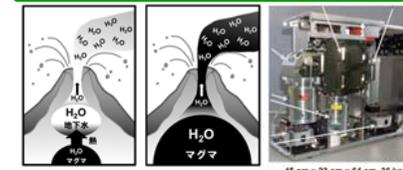
課題C：火山噴火の予測技術の開発

#### 課題B：先端的な火山観測技術の開発

サブテーマ1：東京大学地震研究所



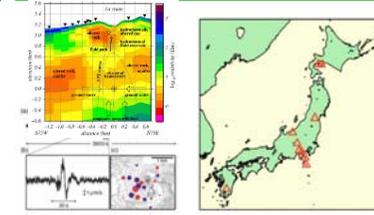
サブテーマ3：東京大学総合文化研究科・他2機関



サブテーマ2：防災科学技術研究所・他1機関



サブテーマ4：東京大学地震研究所・他8機関



各種観測データ

課題A：各種観測データの一元化

# 課題Bの目標

## 直面する火山災害の対応

観測に基づく現状把握の高度化

サブテーマ2-2

「噴火の可能性が〇日前に比べ、上昇したか否か」の判定(火山噴火切迫性)指標の開発を目指す。

- ★新たな評価基準(観測量)の導入:観測・解析手法を開発する
- ★通常の活動状況を精度よく知ると同時に、新たな評価基準を見出す

## 噴火切迫性指標の提示

噴火切迫性評価のための新たな観測項目の構築

サブテーマ1

サブテーマ2-1

サブテーマ3

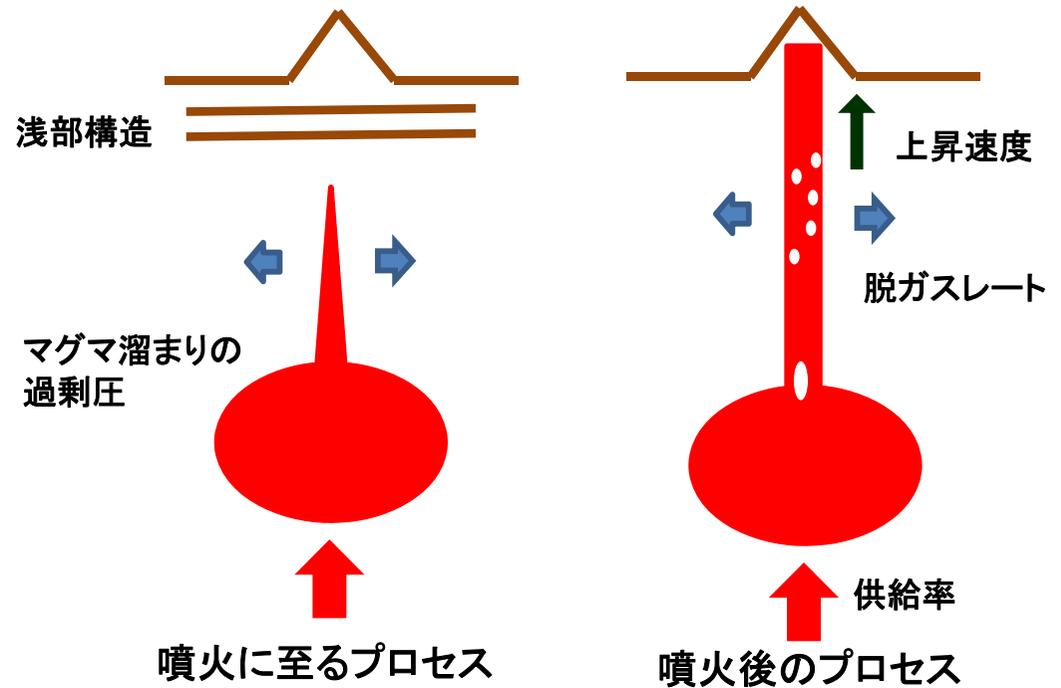
サブテーマ4

噴火切迫性評価の基準となる観測データの高度化

サブテーマ4

直前予測に資する即時的状態把握ツール開発

サブテーマ4



- サブテーマ1 「新たな技術を活用した火山観測技術の高度化」
- 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」
  - 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」
  - サブテーマ2-2 「火山表面現象遠隔観測技術の開発」
- サブテーマ3 「地球化学的観測技術の開発」
- サブテーマ4 「火山内部構造・状態把握技術の開発」



# 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

次世代火山研究推進事業 課題B：先端的な火山観測技術の開発

サブテーマ1 「新たな技術を活用した火山観測の高度化」

## 事業・課題の概要

新たな技術を活用した火山観測の高度化を目指して、以下の研究事業を実施する。

- ①火山体浅部の構造を高解像度に把握するために、ミュオグラフィ技術の高度化を行う。
- ②火山活動とミュオグラフィ透視画像の関連の系統的な評価をめざし、ミュオグラフィ観測のデータ処理の自動化を行う。

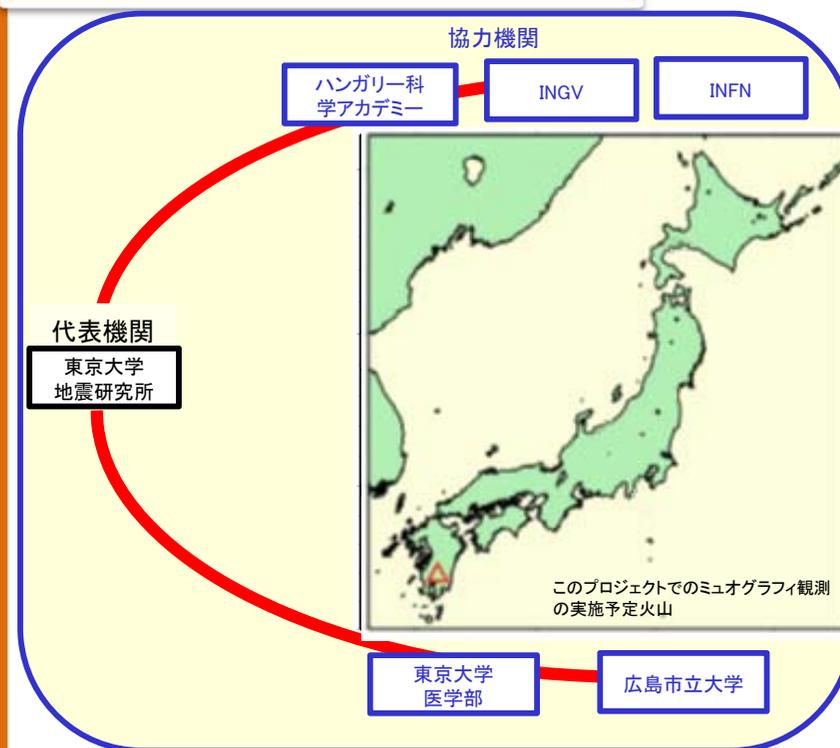
## 成果目標及び実施方法

- ・ミュオグラフィ技術の高度化に関わる研究開発：軽量、高解像度火山透過システムを開発し、ミュオグラフィ観測システム(MOS)への実装を行うことで、より短い時間で、高解像度火山透視画像取得を実現。
- ・桜島浅部透視データを観測点から高速にかつ安定的に自動転送するシステムを完成させ、透視データのウェブベース処理システムを開発し、1日1枚以上のレートで透視画像の実時間公開を行う。

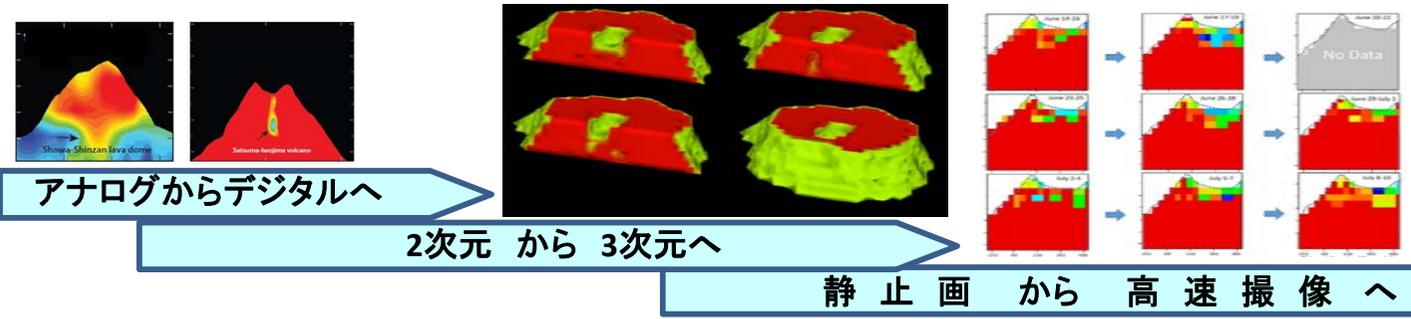
## アウトプット・アウトカム

- ・火山体透視結果により火山体浅部の構造を高解像度で把握し、噴火様式の予測や、噴火推移予測に関する情報提供に貢献。
- ・噴火現象を含む火山活動の推移に伴う火口近傍の変化をミュオグラフィ透視画像として実時間で公開することにより、リアルタイム噴火予測や防災に貢献。

## 事業・課題の実施体制

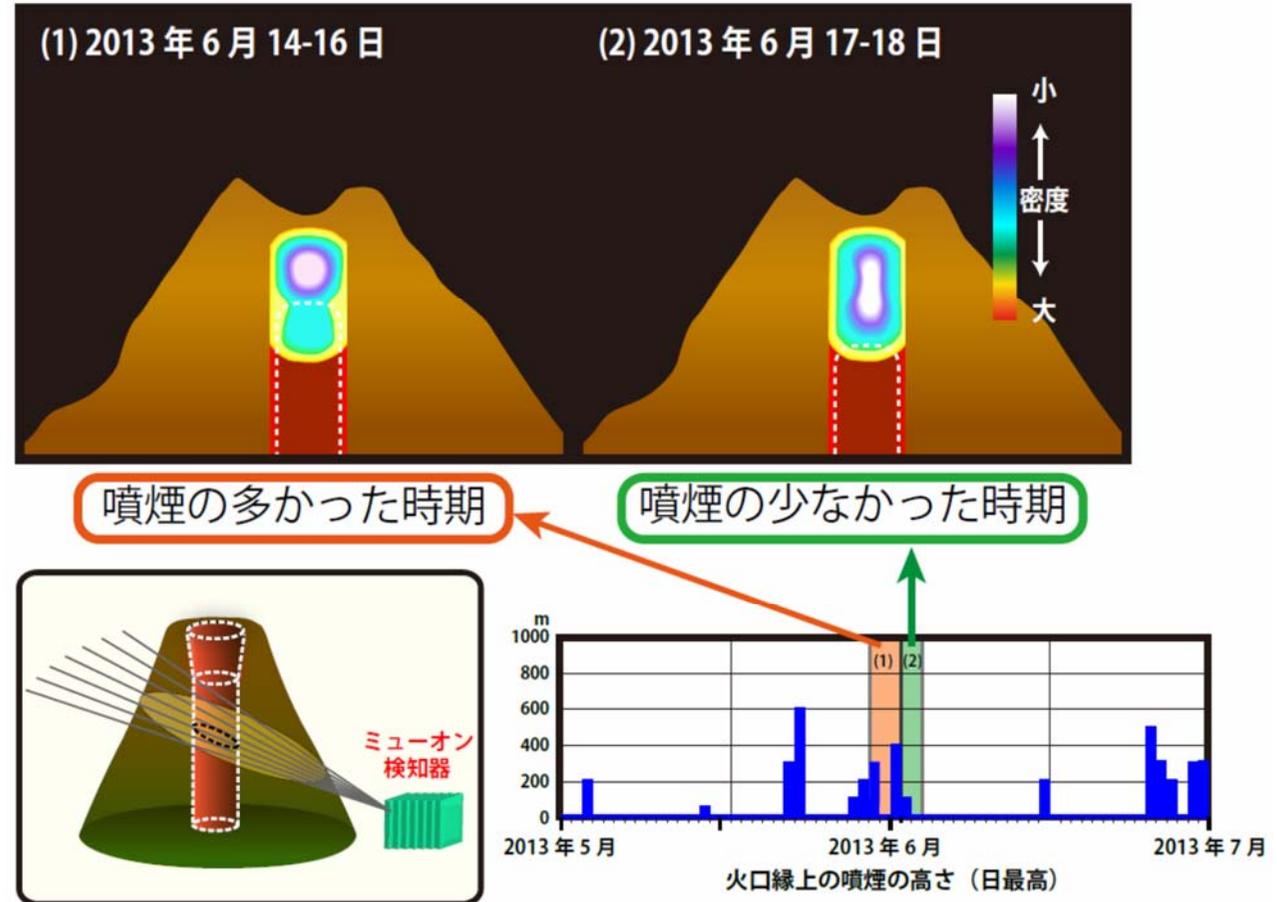


# 課題B 先端的な火山観測技術の開発 サブテーマ1: 新たな技術を活用した火山観測の高度化



世界をリードする我が国発の火山透視技術 (ミュオグラフィ)を用いた火山浅部構造の時間変化と火山活動の関連を調査

## 火山活動とミュオン画像の比較例 (実例が極めて少ない)



自動画像分析システム

桜島浅部の透視画像データベースの構築を完了

桜島でのフィールドで噴火切迫度評価の有効性を実証



# 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

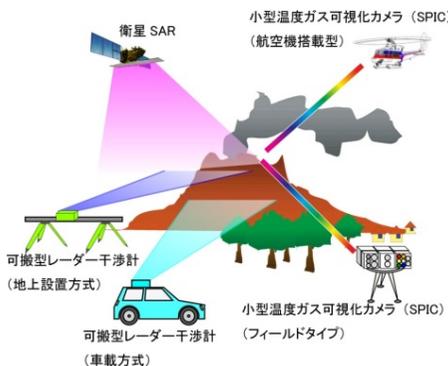
次世代火山研究推進事業 課題B: 先端的な火山観測技術の開発  
サブテーマ2 「リモートセンシングを活用した火山観測技術の開発」

## 事業・課題の概要

火山活動の推移予測に重要な火口周辺の変化を、噴火発生時等においても、遠隔地から詳細に観測できる技術を開発する。具体的には、可搬型レーダー干渉計および衛星SARを用いて、火口周辺の地殻変動を任意の時間と場所で観測できる技術を開発する。また、分光技術を用いて、火口周辺への立ち入りが困難な場合においても、火口周辺の熱・ガス分布を計測する技術を開発する。

## 成果目標及び実施方法

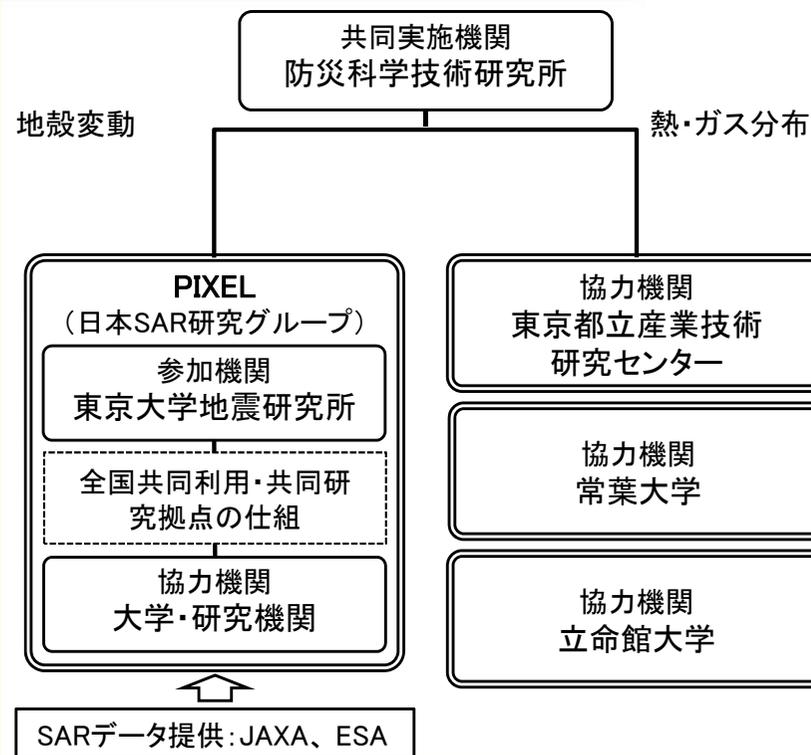
- 火山活動活発化時等に、機動的な観測が可能な植生の影響を受けない可搬型レーダー干渉計を開発する。
- SAR研究グループ (PIXEL) と連携し、衛星SARによる地殻変動データベースを作成する。
- 温度・放熱率・ガス・岩石分布および地形データを同時に計測できる小型温度ガス可視化カメラ (SPIC) を開発する。



## アウトプット・アウトカム

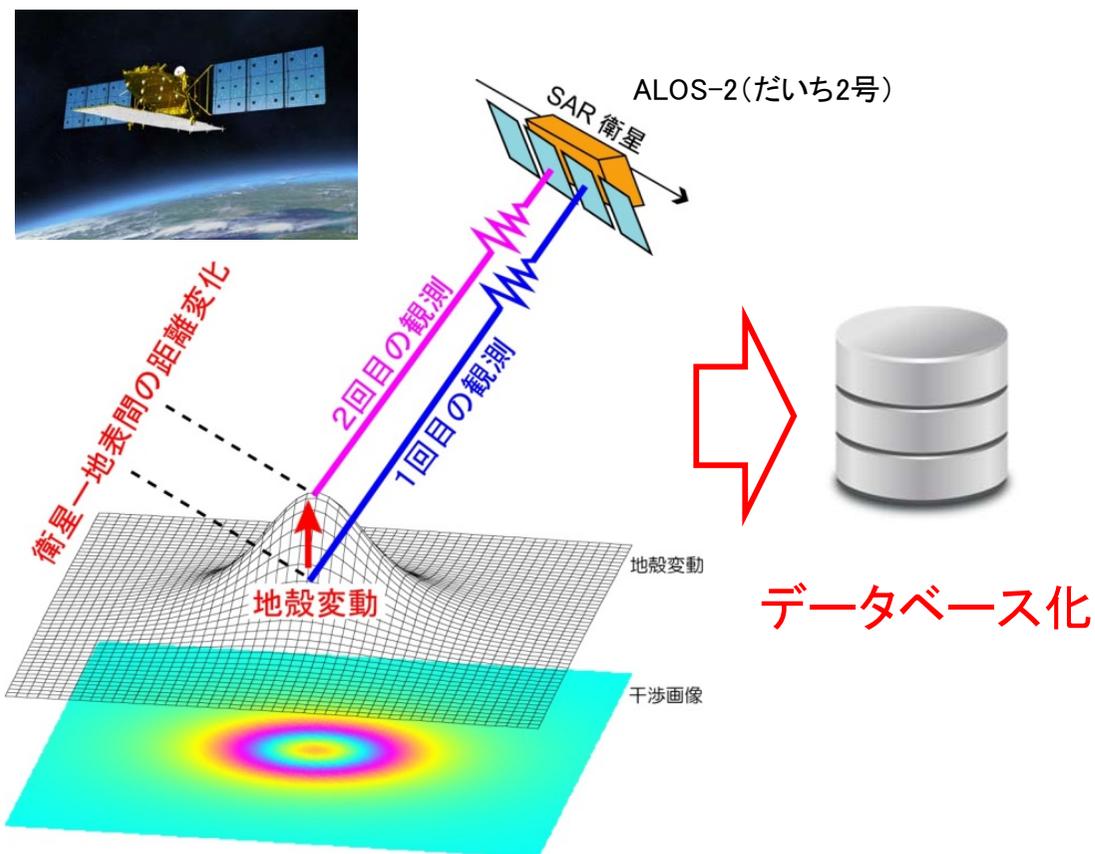
これらの技術開発により、観測が困難であった火口周辺の変化を、これまで以上に詳細に捉えられるようになり、火山活動メカニズムの理解や火山活動推移予測に役立つと期待される。また、可搬型レーダーで観測したデータを迅速に共有するツールや、SPICを現業機関等に試験提供する量産型の試験機を開発する。これにより、次世代火山研究の推進、火山活動評価への利用に役立てられる。

## 事業・課題の実施体制



# 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

## 衛星SARによる地殻変動検出 (SAR干渉法)



**面的に地殻変動を把握**

- 火山周辺の地殻変動を面的かつ広範囲に調査できる。
- 火山活動評価においては、地殻変動履歴との比較も重要。
- 地殻変動履歴を詳細に解析するためには時間がかかる。
- 解析には、専門的な知識・技術が必要。→データベース化

## 地上設置型レーダー干渉計

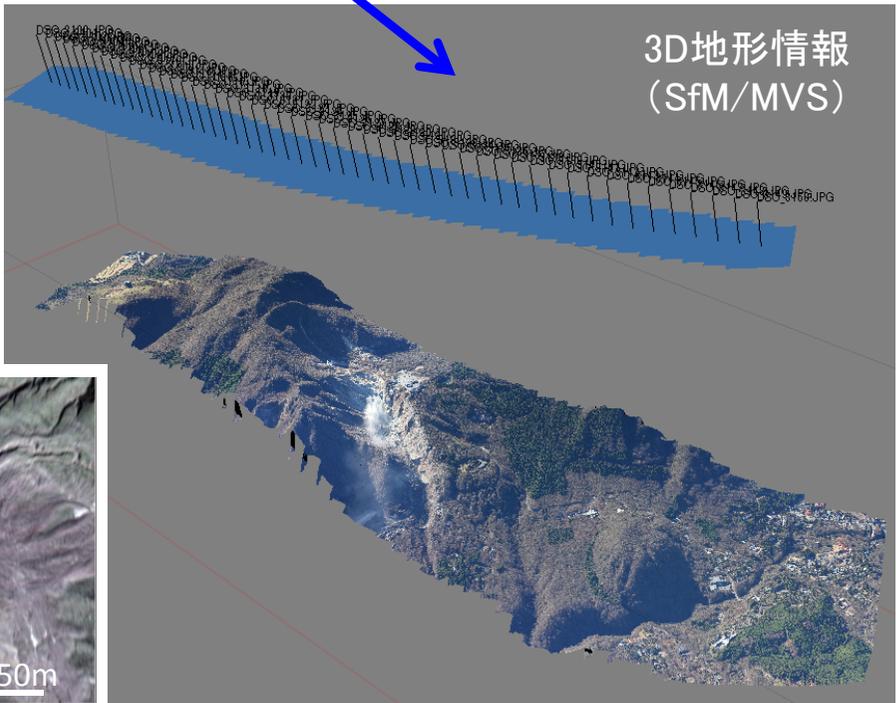
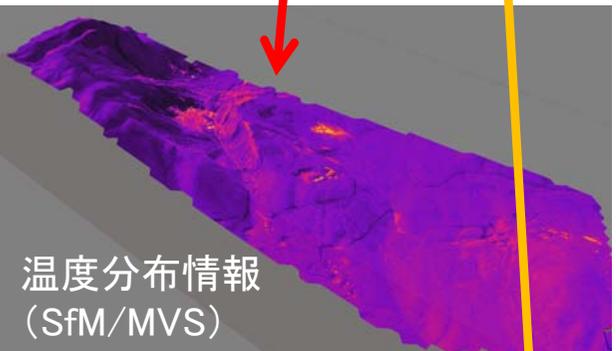
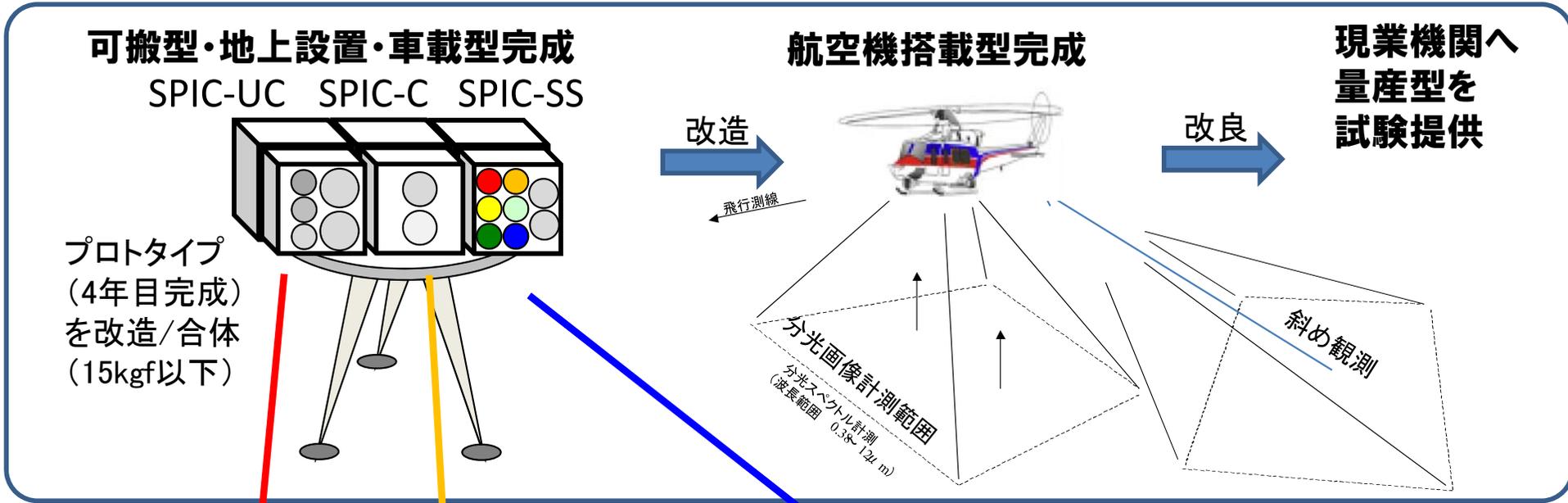


- 既存の機器では植生に対する透過性が低く、干渉画像が得難い
- 多方向から複数回測定した干渉画像が必要

## 可搬型レーダー干渉計の開発



課題B 先端的な火山観測技術の開発 サブテーマ2-2:  
**火山表面現象遠隔観測技術の開発**



火山表面現象  
 3D地図

- 温度分布
- 放熱率分布
- ガス濃度分布
- 岩石分布
- 地形



# 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

次世代火山研究推進事業 課題B: 先端的な観測技術の開発

サブテーマ3 「地球化学的観測技術の開発」

## 事業・課題の概要

最先端の質量分析技術とレーザー分光分析技術を駆使し、火山ガスや温泉水溶存ガス・土壌ガスの化学成分濃度や同位体比をオンサイト（その場）で計測する技術を開発する。これをマグマ起源ガスの上昇状況の把握や噴気温度の推移観測に応用することで、噴火の切迫度評価の高度化と、噴火タイプの迅速な判別に貢献する。また、陸上・海底の火山から放出される火山ガスの採取・分析技術や、同位体比の高精度・高スループット測定技術の開発を実施。

## 成果目標及び実施方法

- ・ヘリウム・炭素同位体比のオンサイト分析による、火山周辺のマグマ起源ガスの上昇状況の把握と放出量推定の高度化。
- ・噴煙中の水蒸気等の水素・酸素同位体比のオンサイト分析による、噴気温度測定や噴火タイプ（水蒸気爆発/マグマ爆発）判別。
- ・火山ガス成分濃度の高時間分解能連続観測による火山活動度モニタリング。
- ・可搬性の高い小型採水システムと小型船舶を用いた、継続的な海底火山活動観測法の確立。

## アウトプット・アウトカム

- ・噴煙の化学組成・同位体比を指標として検出したマグマ活動状態の変化は、火山の噴火切迫度評価に利用可能。
- ・マグマの流路（火道位置）とも関係しうる火山周辺のマグマ起源ガスの上昇状況の把握は、噴火ハザードマップの高度化へ貢献。
- ・浅海の火山活動による船舶航行への影響を見積もり、防災に貢献。
- ・高度な分析技術に立脚した、火山化学研究者の育成。

## 事業・課題の実施体制

### 課題責任機関 東京大学

- ▶ オンサイトマグマ起源ヘリウム・炭素同位体比測定技術の開発
- ▶ 火山周辺のヘリウム・炭素同位体比マップ作成
- ▶ 海底火山・温泉試料の採取・分析技術の開発

### 参加機関 名古屋大学

- ▶ オンサイト水素・酸素同位体比測定技術の開発
- ▶ 水素・酸素同位体比による噴気温度測定

### 参加機関 東海大学

- ▶ 火山ガス成分連続観測技術の開発
- ▶ 地球化学的火山活動モニタリング

### 協力機関 大阪大学

- ▶ 可搬型質量分析計の開発

### 協力機関 気象研究所

- ▶ 地球化学的火山活動モニタリング

課題B 先進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



試料採取  
による  
多点分析・  
繰返し分析

**オンサイト/高スループット  
マグマ起源ヘリウム測定技術**

$^3\text{He}=3.0160$   
 $\text{HD}=3.0220$

45 cm x 23 cm x 64 cm, 36 kg

火山ガス  
成分連続  
観測装置

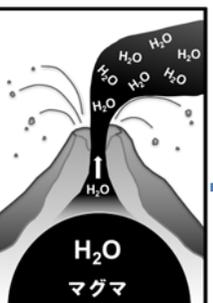
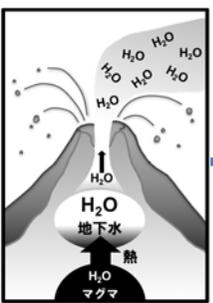
噴煙の水蒸気・  
水素同位体比  
測定技術

海底火山の  
底層水/  
ガスの採  
取・  
分析技術

航空機を用いた噴  
煙水蒸気・  
水素の同位体比  
観測技術

**オンサイト炭素  
同位体比測定技術**

オンサイト多成分  
同位体測定技術



同位体による判別

火山体周辺の同位体マップ作成  
多成分組成・同位体比連続測定

噴気温度推定  
噴火タイプ判別

海底火山・  
温泉の火山  
ガス観測



# 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

## 次世代火山研究人材育成総合プロジェクト

課題B 先端的な火山観測技術の開発 サブテーマ4 火山体内部構造・内部状態把握技術の開発

### 事業・課題の概要

火山災害の軽減に有用な火山噴火の切迫度評価の高度化を目指して、以下の研究事業を実施する。

- ①噴火切迫度の評価は、微弱な観測事象として現れる噴火先行過程を捉え、それを評価することが有用であることから、全国の活動的な火山において、順次各種の精密な観測を集中的に行い、現状の把握と基準となる観測データを得る。
- ②微弱な噴火先行現象の信号を即時的に判断するため、それを支援する各種ツールを開発する。

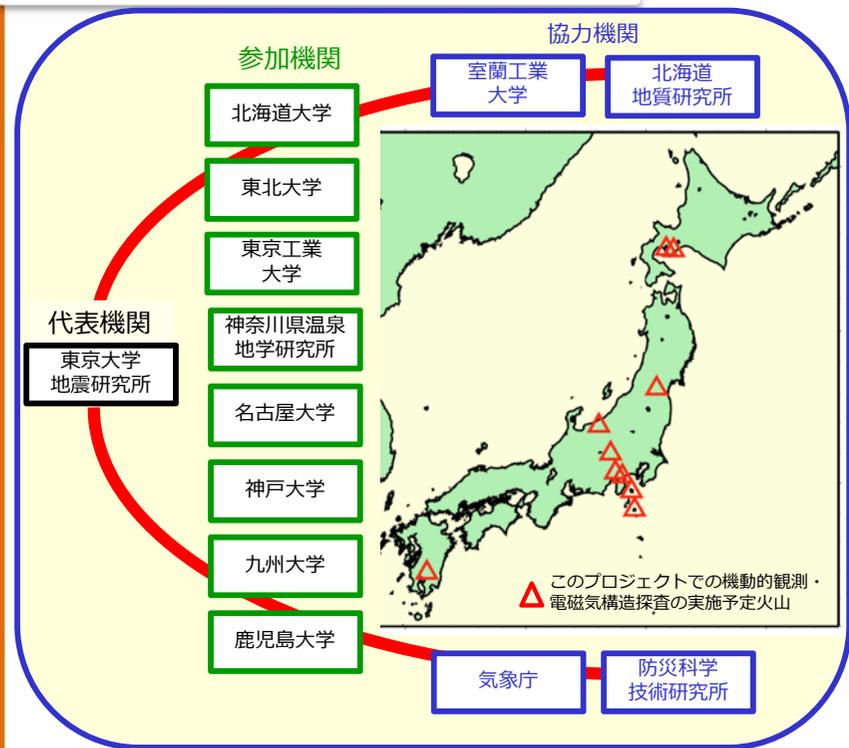
### 成果目標及び実施方法

- ・霧島山、三宅島、有珠山、伊豆大島等の全国の活動的な約10火山において、機動的に各種の精密な観測や地下比抵抗構造探査のを行い、現状の活動や火山体内部構造を把握すると共に新たな切迫度指標を見出す。これらの火山が活発になったときには、取得したデータと比較することで、噴火切迫度の評価の高度化に繋げる。
- ・地震計アレイデータ解析システム、地下比抵抗・熱水流動解析システム等各種観測データを即時的に解析し、噴火切迫度評価を支援する解析ツールを開発し、噴火切迫度評価の迅速化に繋げる。

### アウトプット・アウトカム

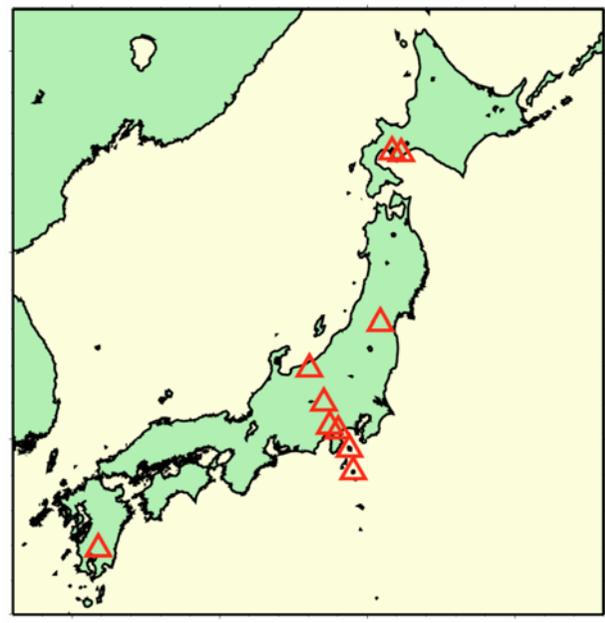
- ・火山噴火切迫度を評価するための新たな観測指標を見出し、気象庁等の防災情報発表機関に提供。噴火警報・予報の高度化に貢献。
- ・対象とする火山のそばにある大学等が中核となって活動を高精度に調査し。その情報を地元還元し、火山防災リテラシー向上に貢献。
- ・次世代の火山防災を担う若手研究者等に実践的なフィールド観測の場を提供し、現場教育に基づく人材の育成に貢献。

### 事業・課題の実施体制



課題B 先端的な火山観測技術の開発 サブテーマ4:  
**火山体内部構造・内部状態把握技術の開発 (機動的観測)**

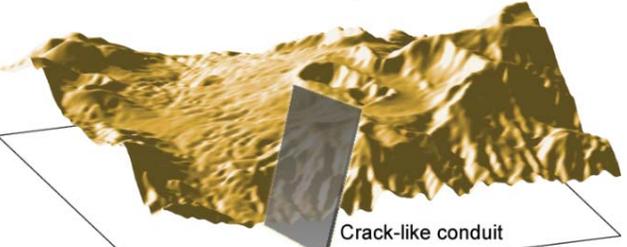
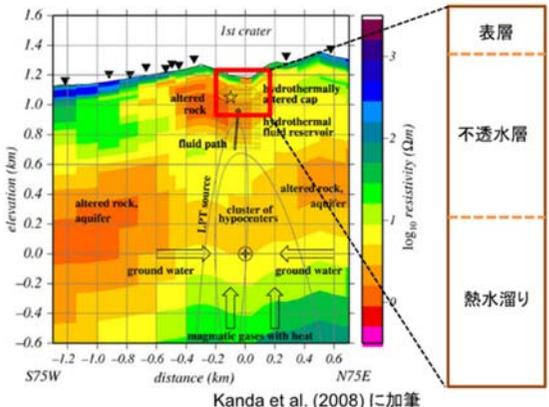
全国の活動的な火山において、順次各種の精密な観測を集中的に行い、現状の把握と基準となる観測データを得る。



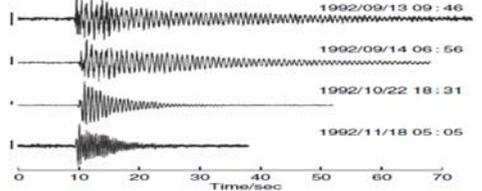
実施予定火山	活動の背景	主たる対象	考慮点
霧島硫黄山	熱水系 応力場	比抵抗・微動・地殻変動	観光
箱根		熱水供給系・構造	観光・住民
倶多楽		比抵抗・熱水構造	観光
新潟焼山		比抵抗・熱水構造	登山
草津白根		マグマ供給系・熱水系	観光
蔵王山		マグマ供給系・地震活動	観光
有珠山		地震・比抵抗・土壌ガス	住民
富士山		比抵抗・熱水系	登山・住民
三宅島		長周期地震・火口近傍	住民(離島)
伊豆大島		地震・火口近傍・土壌ガス	住民(離島)

# 課題B 先進的な火山観測技術の開発 サブテーマ4: 火山体内部構造・内部状態把握技術の開発 (観測情報の即時把握技術)

## 浅部地下比抵抗構造



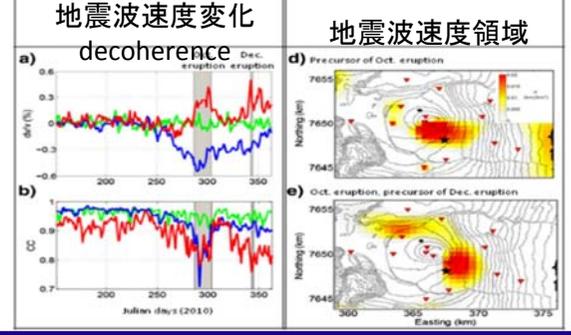
## 長周期振動



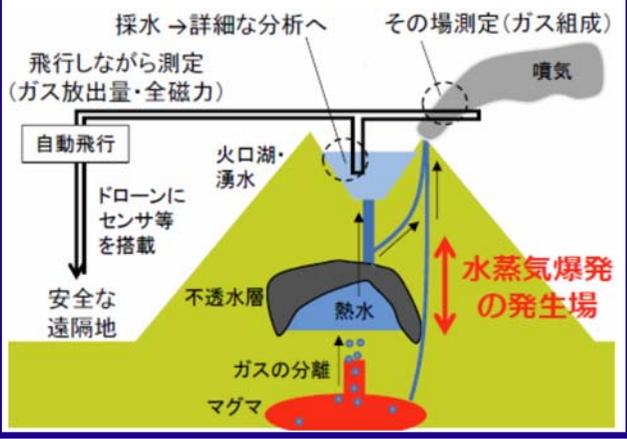
## 地下比抵抗・熱水流動解析システム



## 地震波動場連続解析システム



## 遠隔熱情報観測解析システム



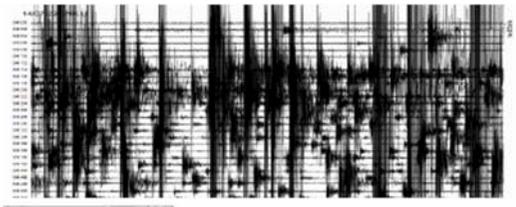
## 地震計アレイデータ解析システム

微動源の移動、振幅時間変化の即時推定



## 火山性地震活動総合解析システム

震源自動推定システムによる火山性地震活動の即時推定

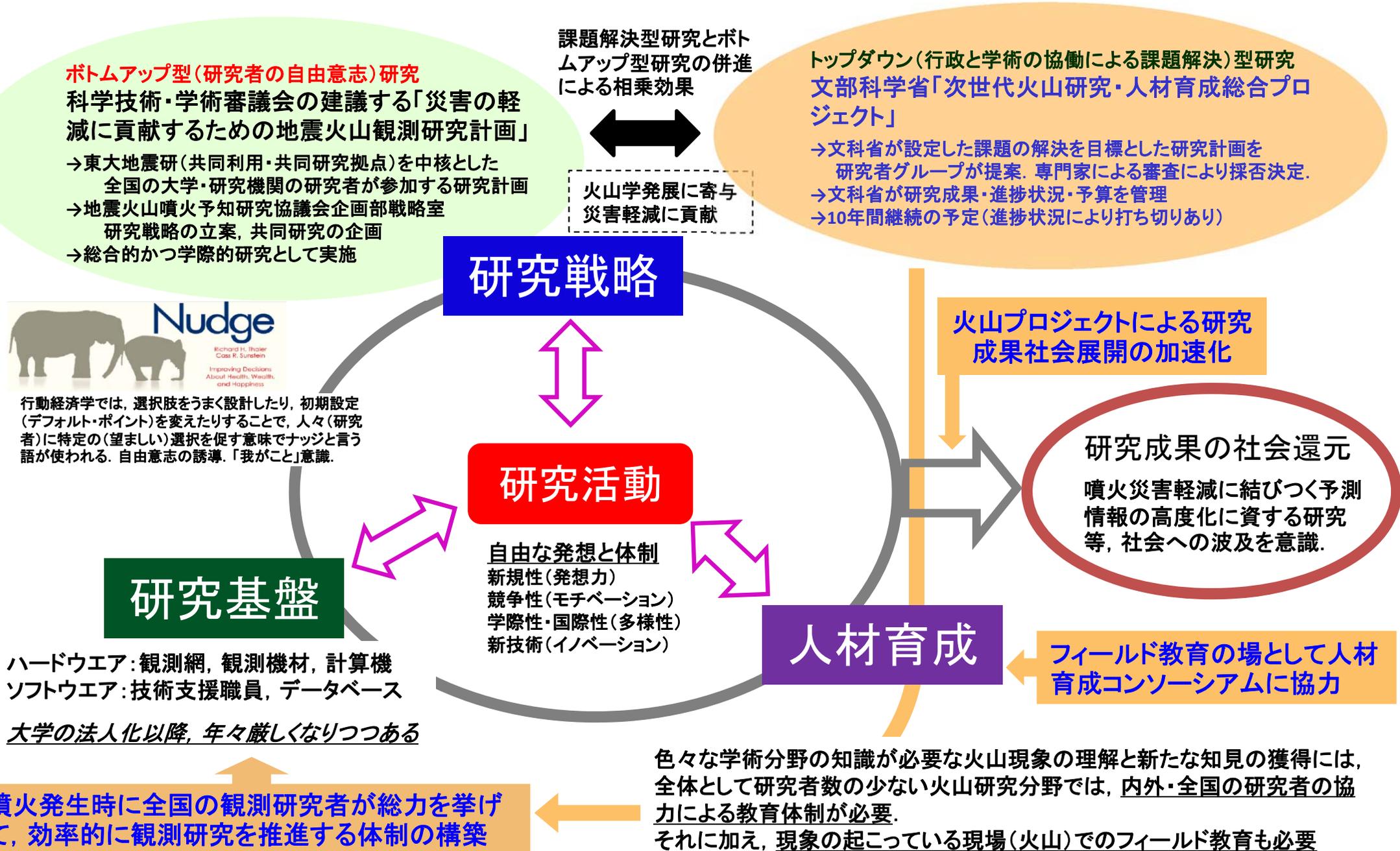


地震が多発するとオペレータだけでは処理が追い付かない震源の移動? 規模の拡大?

地震数が  $1/(T - T_e)$  となるモデルあり

# 事業終了後

火山国である日本における火山学は、魅力的な学術分野であると同時に、災害の軽減に貢献するという社会の要請と期待を受けた学術分野である。研究成果を適切に社会に還元することに対する国民の期待は大きい。





次世代火山研究推進事業

課題C：火山噴火の予測技術の開発

### 事業・課題の概要

本課題では、火山噴火を予測するための基礎的な情報として、主要な活火山についての中長期噴火予測研究を実施し、事象分岐判断基準が伴った噴火事象系統樹を掲示する。さらに、最近の噴火事例のある代表10火山について事象分岐の条件を明らかにする。最終的に、これらの情報を別途構築した噴火モデルで評価することで、噴火発生確率や事象分岐の支配要因を明らかにする。以上の成果を他課題と融合することで、噴火予測の高度化を目指す。

### 成果目標及び実施方法

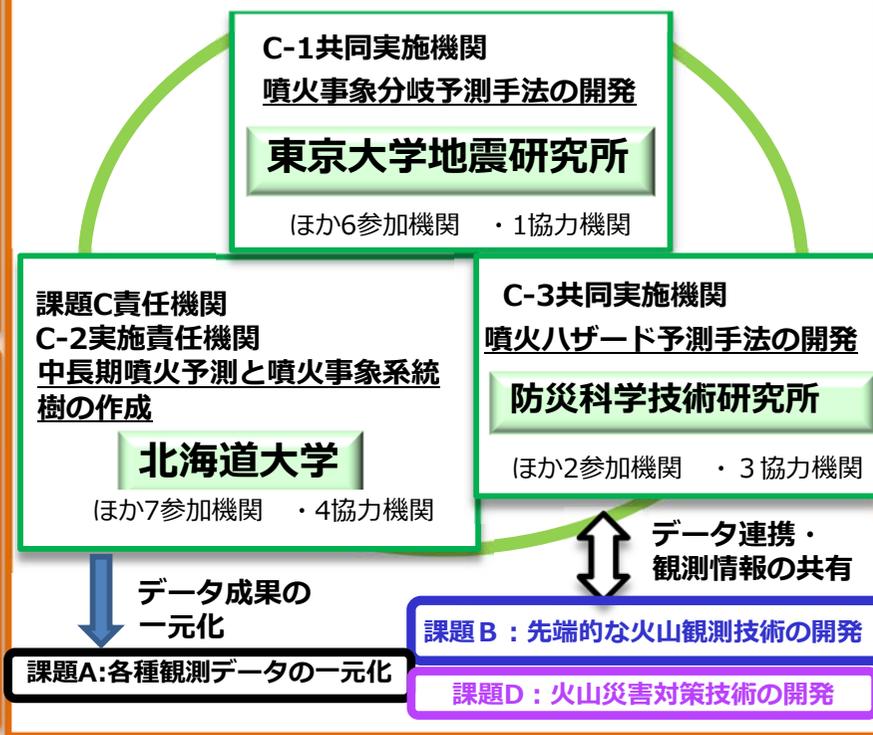
- ・国内の10～20の主要な活火山について、地質学的・物質科学的解析を行い、過去数万年間の時間－噴出量階段図を作成し、中長期予測を実施する。さらに活動履歴をもとにした噴火事象系統樹を完備する。
- ・特に10火山の最近の噴火事象について、物質科学的解析と観測データを融合して、噴火事象分岐予測の鍵となる要素を抽出する。
- ・これら研究から得られた要素をもとに、マグマ移動シミュレーションおよび噴火ハザードシミュレーションを開発し、事象系統樹の分岐判断基準を決定し、火山噴火確率の算定に寄与する。

### アウトプット・アウトカム

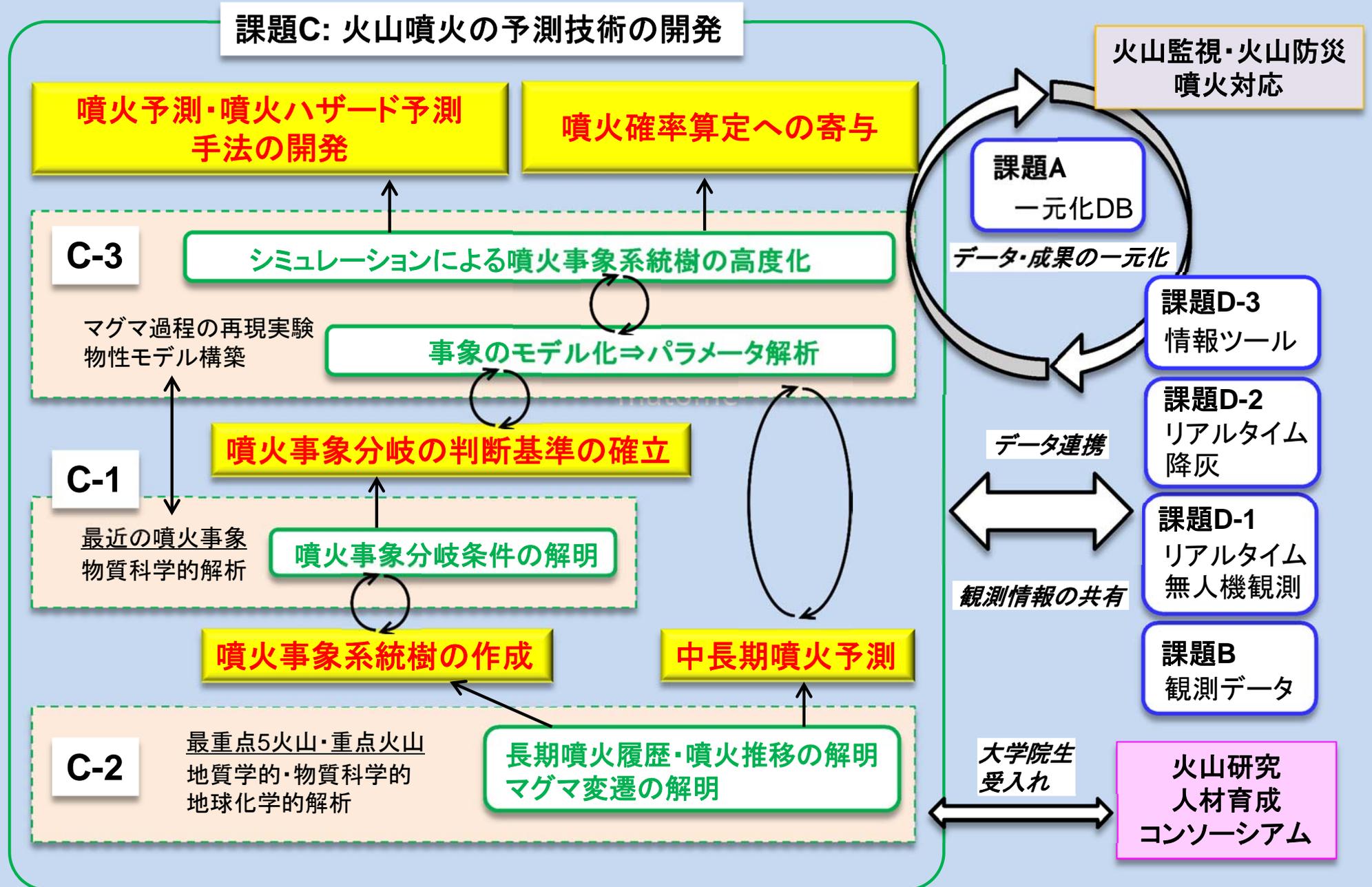
- ・中長期噴火予測・噴火事象系統樹の研究成果は、火山防災、避難計画策定、長期のインフラ整備計画、住民教育などを行うための基盤情報として幅広く活用される。
- ・火山研究教育コンソーシアムと連携し受け入れた大学院生は、若手火山研究者として育成され、将来的には火山基礎研究および火山防災の次世代指導者となることが期待される。

### 事業・課題の実施体制

#### 課題C：火山噴火の予測技術の開発



# まとめ





# 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

次世代火山研究推進事業

課題C:火山噴火の予測技術の開発

サブテーマ1 「火山噴出物分析による噴火事象分岐予測手法の開発」

## 事業・課題の概要

火山噴出物の分析に基づく噴火事象分岐予測を実現させるために鍵となるのが、いかに火山噴出物を多量かつ正確に分析し必要な情報を抽出できるかである。本課題では、火山噴出物を効率よく、かつ、高精度に分析・解析が可能な環境を新たに構築し次世代の火山研究者に提供するとともに、噴火予測の高度化に直接的に貢献するために、国内の10程度の活火山をとりあげて火山噴出物を解析し、物質科学的な噴火の特徴を一瞥できるカタログの作成を行う。

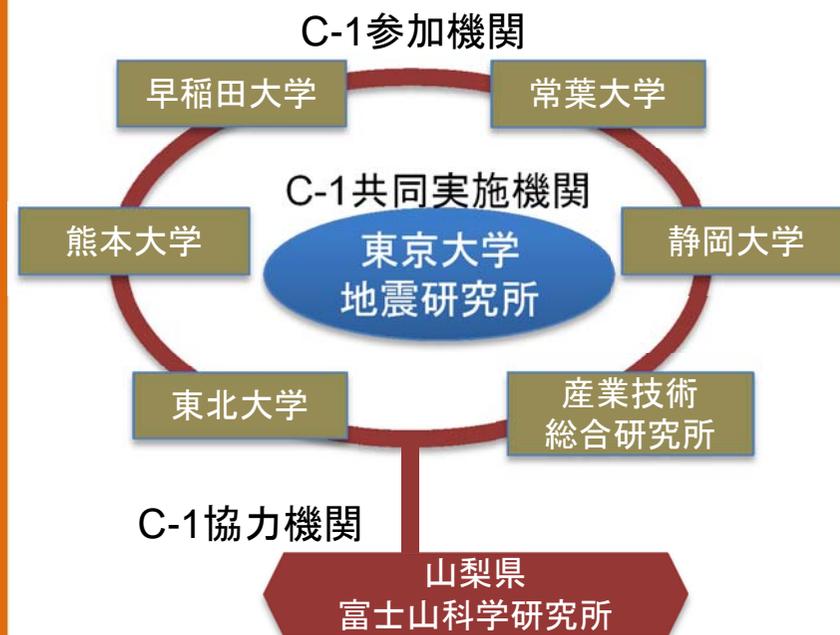
## 成果目標及び実施方法

- ・ 東京大学地震研究所に火山噴出物分析装置を新たに導入し、迅速かつ高精度な分析とデータ解析が可能な環境をととのえる。
- ・ 分析値・解析データの保存と公開のためのデータベース構築を行う。
- ・ 国内の10程度の活火山をとりあげて火山噴出物を解析し、噴火事象分岐予測につながるような火山噴出物の特徴の抽出を行い、これをカタログとしてまとめる。
- ・ 上記について、東京大学地震研究所は参加機関および協力機関と連携して実施する。

## アウトプット・アウトカム

- ・ 構築した火山噴出物の分析・解析環境は、利用を広く火山研究者に公開し、火山研究の基盤をささえるとともに、火山研究人材育成コンソーシアムと連携して次世代火山研究者の育成を行う。
- ・ 火山噴火の際には、分析・解析環境を利用して火山噴出物解析を行い、迅速に噴火の特徴を明らかにするとともに、データベースやカタログにある過去のデータを参照して、噴火の推移についての予測を行う。

## 事業・課題の実施体制

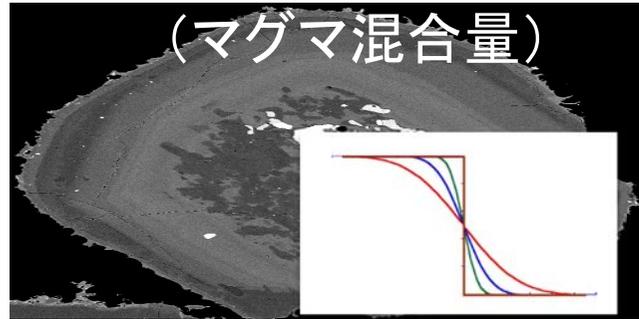


# 噴火事象分岐予測手法の開発

例

物理観測      噴出物解析  
微動開始時刻⇔マグマ注入時刻  
微動継続時間⇔マグマ注入量

組成変化を  
解析



+

$f = f(\text{マグマ混合量}, \text{マグマ溜りの状態}, \text{注入後の時間})$

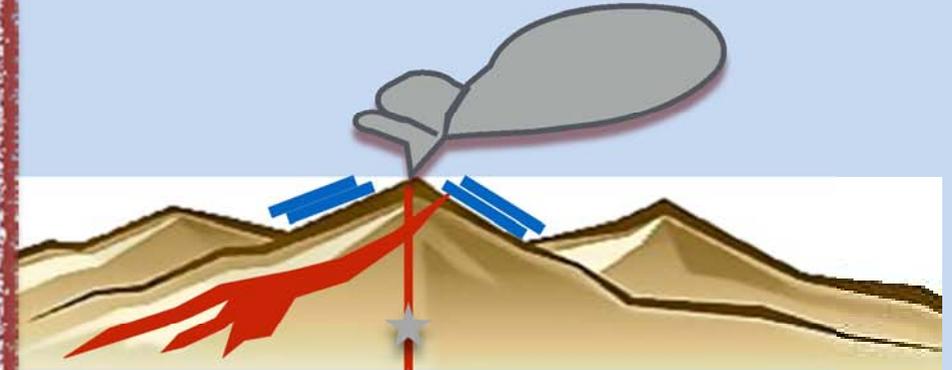
$f$  と噴火開始時間,  
 $f$  と噴火の規模,  
の関係を過去の  
噴出物解析から得る



微動継続時間  
+  
微動開始時刻  
+  
マグマ溜りの状態



噴火  
予測



マグマの  
注入・混合

震源移動

微動継続時間

過去の噴火について  
多量の分析が必要

## (b) データ保存環境の整備

分析データ

解析データ

データを無駄に  
しない仕組み

公表

データ

未公表

- ・分析値の公開. 利用規約の整備
- ・分析値を再利用可能な形式で保存する  
分析点の写真や共存相の情報等を完備  
様々な検索機能の付加  
インデックス機能の充実

### 火山噴出物のカタログ

噴火事象分岐予測の際に鍵となる要素を  
抽出して提示したもの(DBと連動で更新)

- ・噴火の特徴(上昇速度, 混合から噴火までの時間)
- ・マグマ溜りの状態
- ・噴出物の特徴(斑晶組成, 液組成等)

- ・噴火規模や噴火推移との関係

分析値・解  
析値を使っ  
た新たな研  
究

データの追  
加

火山の  
研究コ  
ミュニ  
ティ



# 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

次世代火山研究推進事業 課題C：火山噴火の予測技術の開発

サブテーマ2「噴火履歴調査による火山噴火の中長期予測と噴火推移調査に基づく噴火事象系統樹の作成」

## 事業・課題の概要

火山噴火の中長期予測を行うためには、個々の火山について過去の噴火履歴を明らかにし、火山ごとの特徴・傾向を把握することが必須である。本課題では、国内の10～20の主要な活動的火山について、過去数万年間あるいはそれ以上の活動履歴を解明し、時間－噴出量階段図を作成することで、中長期噴火予測を実施・公表する。さらに、活動履歴・噴火推移をもとにした噴火事象系統樹も作成し、他テーマ・他課題と連携することで噴火予測の高度化を図る。

## 成果目標及び実施方法

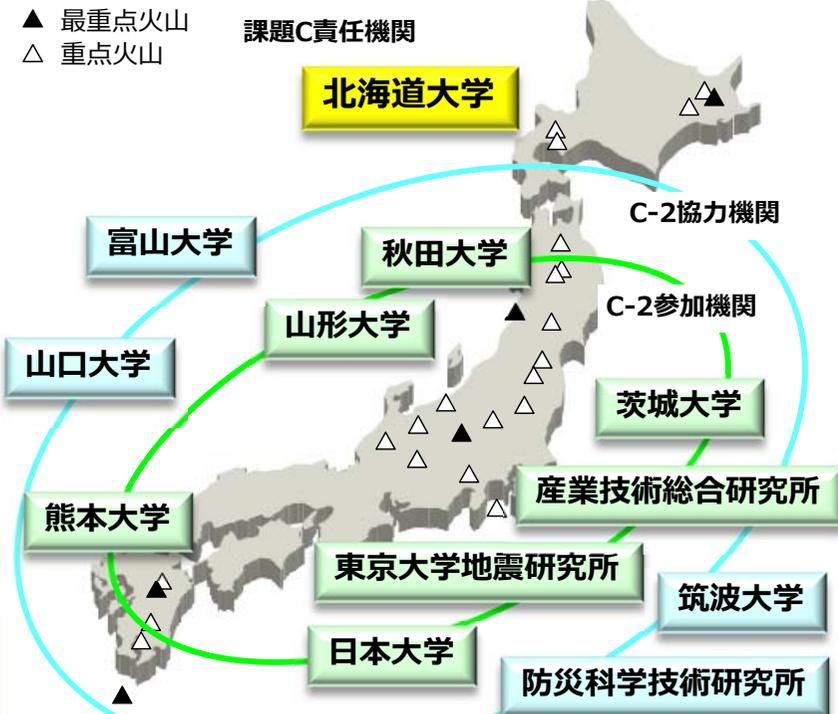
以下の地質学的・物質科学的手法を実施し、それらの成果をもとに、中長期噴火予測手法の開発および噴火事象系統樹の作成を行う。

- ・複数の火山を対象とし、個々の火山における長期間・高精度の噴火履歴を明らかにし、個々の噴火については噴火推移についても復元する。
- ・これらの成果をもとに、高精度の時間－噴出物階段図を作成する。
- ・履歴に基づいた噴出物の高精度サンプリングを行い、物質科学的に解析することで、個々の噴火のマグマの挙動を明らかにし、さらに長期にわたるマグマ変遷・進化についても解明する。

## アウトプット・アウトカム

- ・主要な活火山についての噴火活動の中長期予測・噴火事象系統樹を公表することで、自治体、火山防災協議会および住民に周知され、長期のインフラ整備計画、火山防災および住民教育に活用される。
- ・本課題の実施内容は火山研究の基礎であり、火山研究人材育成コンソーシアムと連携し大学院生を多く受け入れることで、次世代の火山研究者を育成する。

## 事業・課題の実施体制



課題C-2: 噴火履歴調査による火山噴火の中長期予測と  
噴火推移調査に基づく噴火事象系統樹の作成

C-2



ボーリング掘削・  
トレンチによる  
噴火履歴の解明



野外調査による  
噴火履歴・噴火推移の解明



マagma変遷解析  
センター(北海道大学)

噴出物の物質科学的  
地球化学的解析



ある火山の過去1万年間の噴出物の  
層序関係図



火山地質図(岩手火山)

噴火履歴・噴火推移の解明

中長期噴火  
予測手法  
の開発

噴火事象  
系統樹の  
作成

C-1

噴火事象分岐  
予測手法の開発

C-3

シミュレーションによる  
噴火ハザード予測手  
法の開発

社会・地域



火山と共存できる街づくり

火山災害対応



防災マップの作成  
避難計画策定

火山防災協議会・  
気象庁等との連携

火山研究人材育成  
コンソーシアム

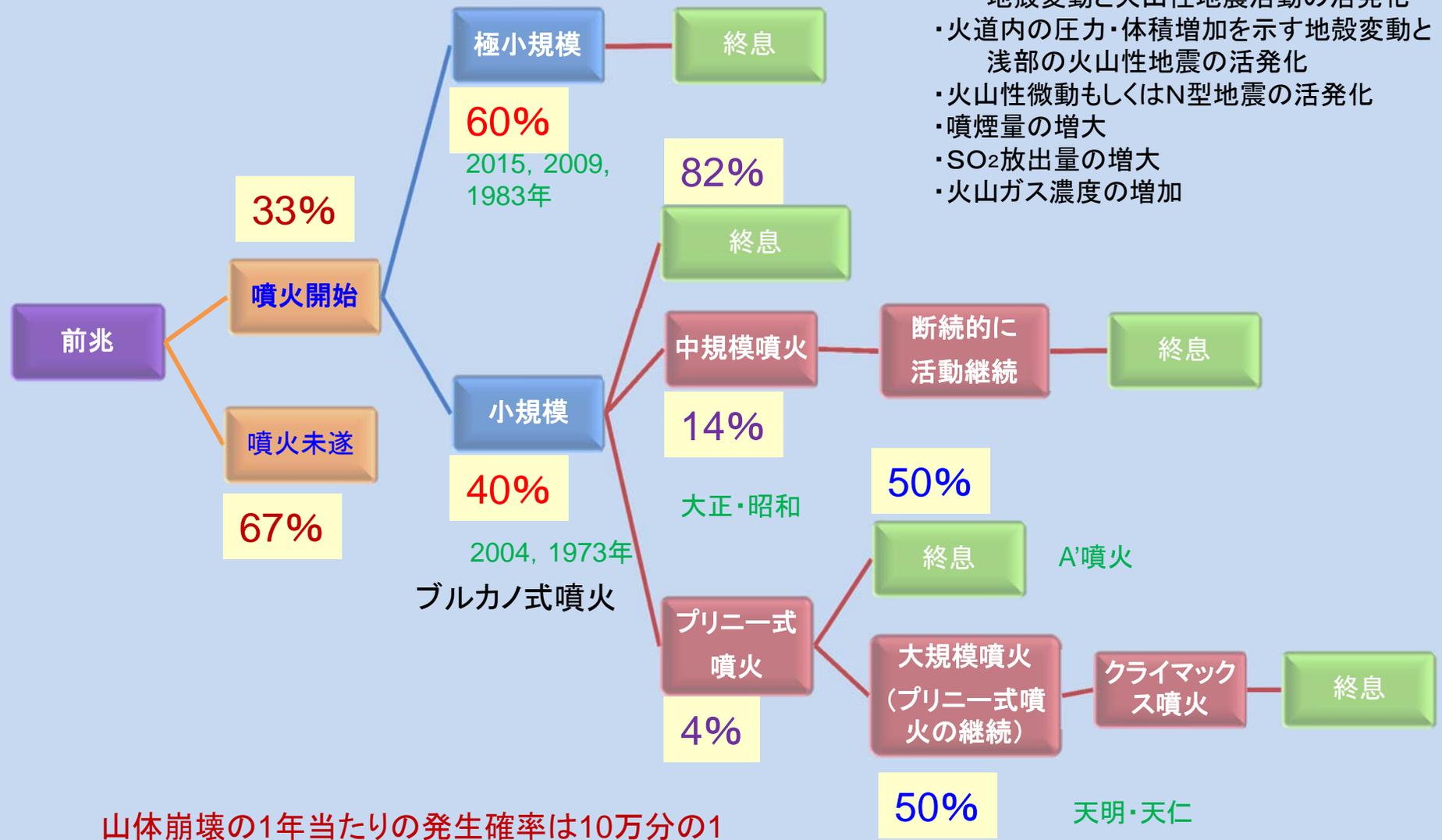


大学院生の受入れ

情報提供

情報提供

# 浅間前掛火山の噴火事象系統図

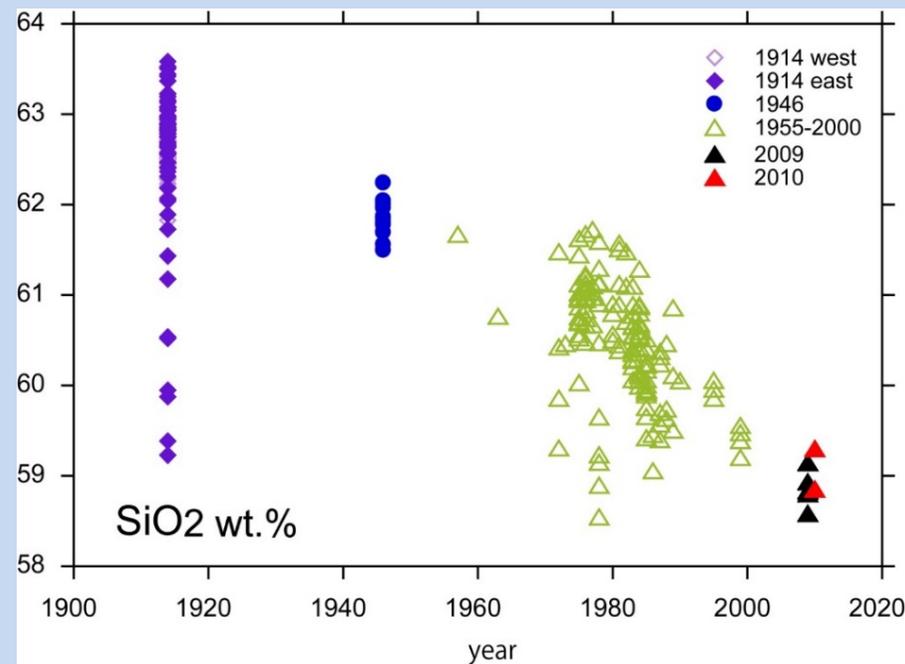


山体崩壊の1年当たりの発生確率は10万分の1

緑字：噴火事例

# 高精度・長期マグマ変遷の解明

- ・重点火山において噴出物の物質科学的情報として、斑晶量・組み合わせ、全岩主・微量成分、鉱物化学組成、同位体比などのデータを完備する。さらに代表的噴火については、マグマ中の揮発性成分量や地質温度圧力計によるマグマ温度、圧力のデータも求める。これらのデータをもとに、長期のマグマ変遷を明らかにする。
- ・物質科学的データについては個々の参加機関において基本的データを出すが、より高度なデータについては責任機関で所有する既存の装置を集約して「マグマ変遷解析センター」として、参加機関の研究者および大学院生に開放する。



桜島火山の20世紀からの噴出物化学組成の時間変遷。これにより火山深部マグマ供給系の構造とその変化が明らかになる。

## 研究成果の発信

普及講演では、地元住民、中高校生そして火山防災協議会の構成員を対象として研究成果の発信と、火山防災活動に資することを目的とする。



**火山研究人材育成コンソーシアム構築事業との連携**  
このC-2課題で行う対象火山での研究は、「コンソーシアム事業」の大学院生が自身の研究課題となる場合が想定され、大学院生が重要な役割を果たす。またC-2課題ではそれぞれの分担機関が、大学院生を受け入れ地質調査の訓練を行うことも想定している。また物質科学的解析においても、「マグマ変遷解析センター」で大学院生を受け入れて分析操作の訓練をすることも想定している。その意味で「人材育成事業」においての、地質・物質分野の教育・訓練の大きな部分を、本課題が担うことになる。





# 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

次世代火山研究推進事業 課題C：火山噴火の予測技術の開発

サブテーマ3 「シミュレーションによる噴火ハザード予測手法の開発」

## 事業・課題の概要

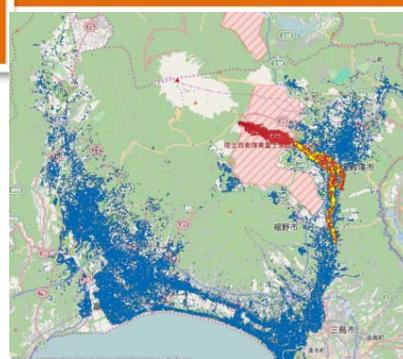
火山噴火とそれに伴う火山災害は、複雑な物理的・化学的な要素の組み合わせにより発生する現象であり、これらを総合的に評価することによって、火山噴火予知・推移予測、災害推定などについて精度の高い情報発信が可能となる。複雑な現象を総括的に解明するため、数値シミュレーションは有効な手段である。火山観測データや実験データから得られる情報と理論から導出する情報を相互にフィードバックさせ、より高度で精度の高いモデルを構築する。

## 成果目標及び実施方法

- ①地下におけるマグマ移動シミュレーション  
噴火に至るまでのマグマの移動過程について、火道流や岩脈貫入現象のシミュレーション技術開発、実験によるマグマ物性モデルの高度化を行い、噴火事象分岐判断のための基準を構築する。
- ②噴火ハザードシミュレーションの開発・高度化  
降灰・噴煙・溶岩流・噴石などの多様な火山現象に対して一元的に定量化を行うとともに現象を支配するパラメータを体系化し、噴火ハザードを高精度で評価可能なシステムを構築する。

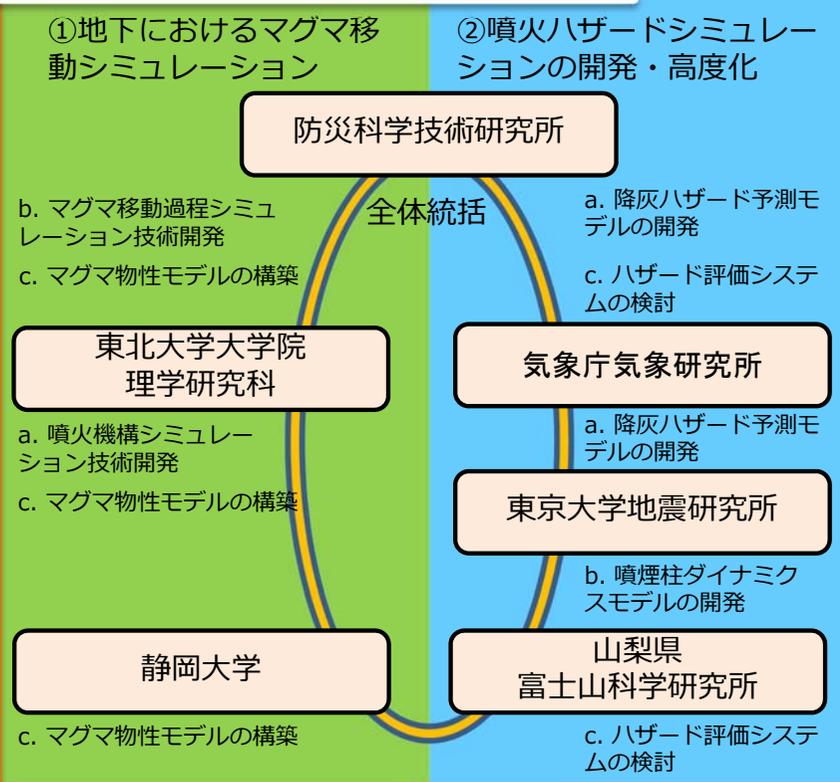
## アウトプット・アウトカム

火山活動から火山災害発生までの事象系統樹の分岐に定量的パラメータを与え、火山活動の推移予測や被害推定を定量的に行うための情報を提供する。

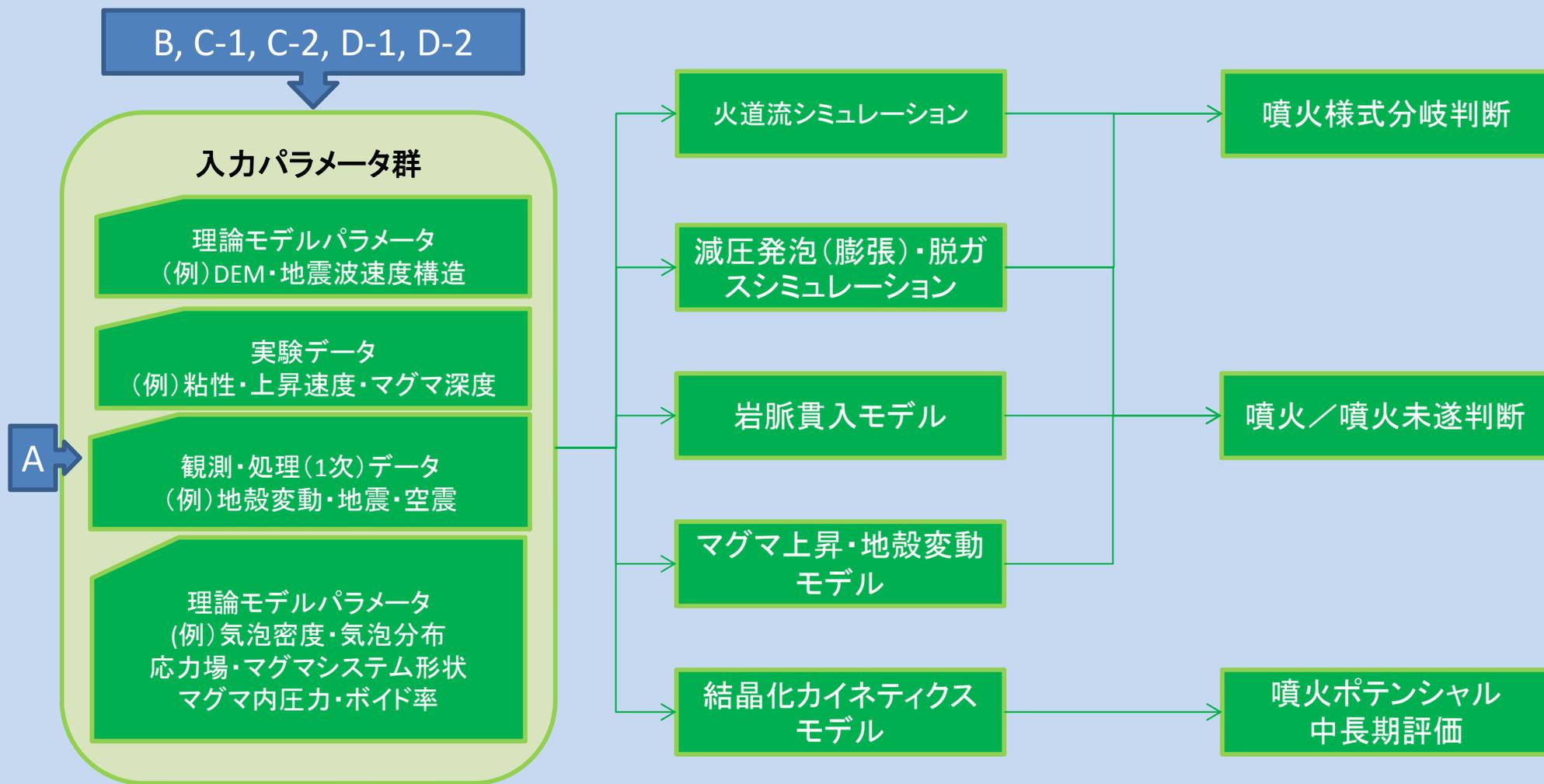


◀ 富士山噴火時の溶岩流シミュレーション（例）  
赤：流出した溶岩流の分布  
青：健全な建物の分布  
黄：溶岩流の被害を受ける建物の分布

## 事業・課題の実施体制



# マグマ移動評価システム 概念



※(観測)・(実験)・(理論／シミュレーション)それぞれのパラメータの関係の整理  
入力パラメータの共有化、パラメータ感度解析  
一元化システムへの提供・統合

# マグマの物性モデル構築

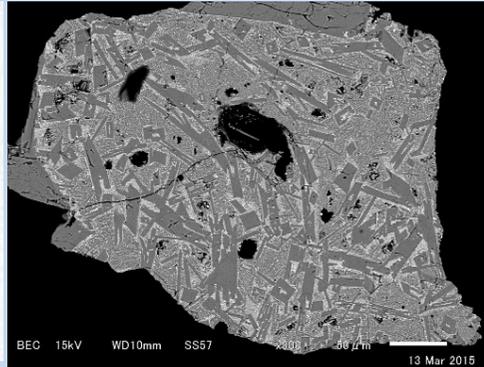
## 概要

- 火山現象シミュレーションを高度化するためには、マグマの移動過程に関する物性を精度良くモデル化する必要がある。
- マグマは気・液・固の三相流体であり、その移動を支配するレオロジーや結晶化に関する現状のモデルは精度が十分とはいえない。
- 本研究では、**高温～常温室内実験から火山性流体のレオロジーとその要因となる内部構造変化や結晶化過程のモデル化**を行う。
- 得られた物性モデルは、地下や地表での火山現象に関するシミュレーションに組み込まれ、事象系統樹の高度化に貢献する。

## 1. マグマの結晶化実験



水熱合成実験装置, HPテクノスより



噴出物薄片の電子顕微鏡写真

- マグマ溜まりから地表までのマグマ上昇過程を高温高压装置と減圧ユニットで精密に再現
  - **どの深さでどのくらい結晶が出来るか。**
- 結晶は粘性を通して噴火様式に影響
  - 上昇中の結晶化過程の高精度なモデル
  - レオロジーモデルへのフィードバック

## 2. 火山性流体のレオロジー(流れ方)試験



高温マグマ粘性試験機  
静岡大学・石橋秀巳准教授より



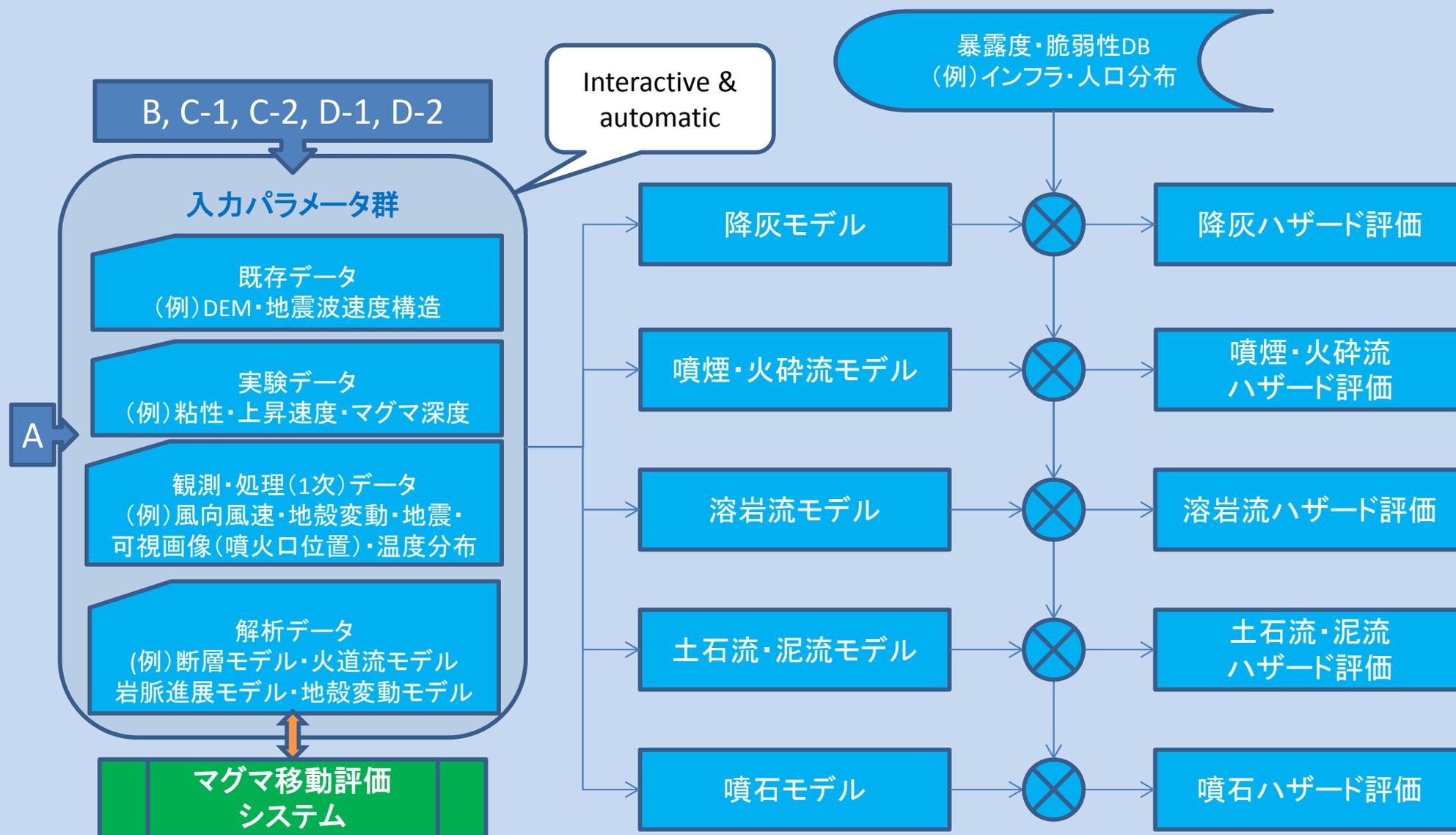
三宅島1983年噴火溶岩  
長井雅史撮影

- **流れを実験室で再現**
  - 粘性と内部構造の測定
  - 実際の溶岩流や泥流の観測結果との比較
  - 伊豆大島, 三宅島等
- 火山性流体の流れ方の理解は火山防災上, 最も重要な要素の一つ
  - レオロジー(流れ方)をモデル化

## 期待される成果

- マグマの結晶化過程及び火山性流体のレオロジーに関する高精度なモデルが構築される。
- 地下でのマグマ上昇過程や地表での溶岩流出などのシミュレーションが高度化される。

# 火山ハザード評価システム 概念



※(観測)・(実験)・(理論/シミュレーション)それぞれのパラメータの関係の整理  
入力パラメータの共有化、パラメータ感度解析  
暴露度・脆弱性DBとの統合、一元化システムへの提供・統合

※過去事例の再現による検証



### 課題D：火山災害対策技術の開発

#### 事業・課題の概要

火山災害による被害軽減のために、実効性の高い火山災害対策技術を開発する。そのためには、専門家（観測機関・研究機関）において「観測」から「予測」を踏まえた情報を迅速かつ正確に発信するとともに、自治体の防災担当者等がこれらの情報をわかりやすく理解し、的確な判断をするために活用できる技術を構築する。

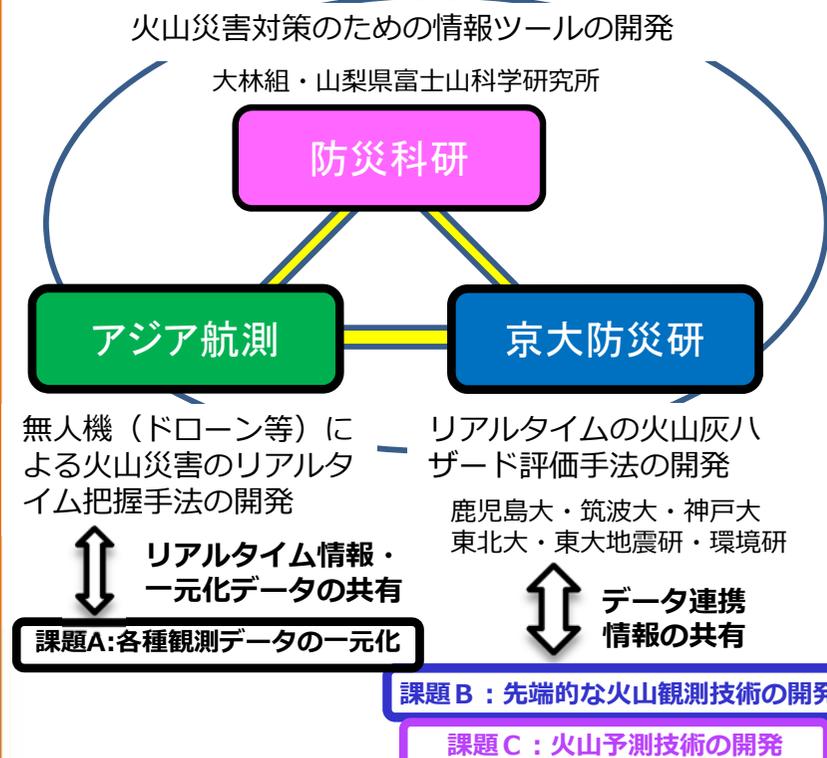
#### 成果目標及び実施方法

1. “迅速性”の実現のため、無人機を利用して火山災害をリアルタイムで把握する技術を開発する。
2. 観測から予測、対策への一連の流れを実現するケーススタディとして、桜島の噴火による火山灰ハザードをリアルタイムで評価し、地点毎に降灰確率を提示する手法を開発する。
3. 火山災害に関わる自治体の防災担当者らが、災害発生時に適切な初動対応及び防災活動を行うことを支援するための「火山災害対策のための情報ツール」を開発する。

#### アウトプット・アウトカム

- ・ 噴火時においてアクセス困難な場所へ無人機を投入し、情報をリアルタイムで取得し、火山防災・対策情報に資するデータを提供する。
- ・ 噴火発生前の確率的火山灰予測システムを完成させ、今後24時間以内に地点毎に降灰確率を提示する。
- ・ 自治体等が災害予防及び被害拡大防止に必要な行動をとるための科学的根拠に基づく情報が得られるようになる。

#### 事業・課題の実施体制





# 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

次世代火山研究推進事業 課題D：火山災害対策技術の開発

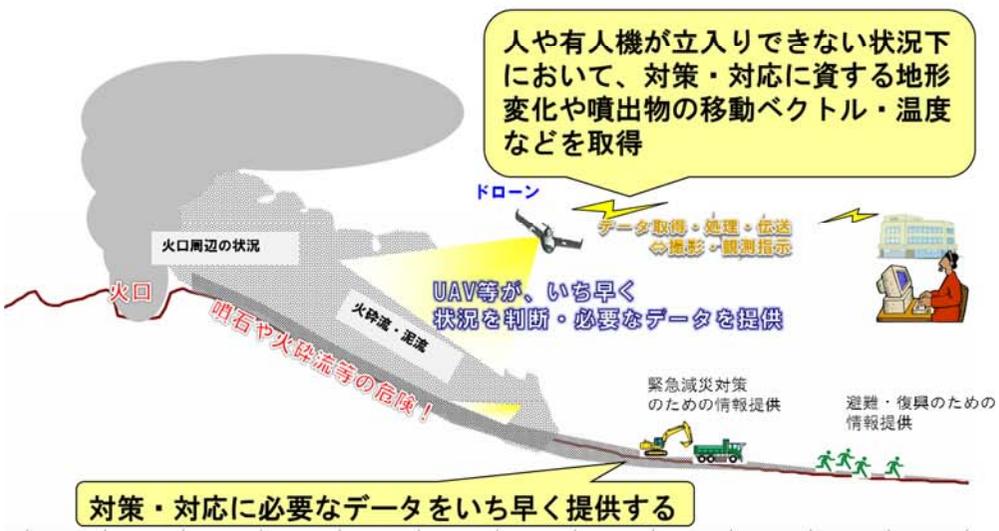
サブテーマ1「無人機（ドローン等）による火山災害のリアルタイム把握手法の開発」

噴火時に火口近傍へ投入した無人機が段階的に解像度と観測範囲を変えて、現地でデータを取得してから“24時間以内”に火山技術者を通じて噴石・溶岩流等の特徴や経時変化状況に関して情報提供する。

ドローンによる効率的なデータ取得手法の開発

段階的な現地データ取得による高精度化手法の開発  
地形変化、現在状況を短時間で可視化する技術の開発

人が立入りできないときに  
火口近傍状況をいち早く提供

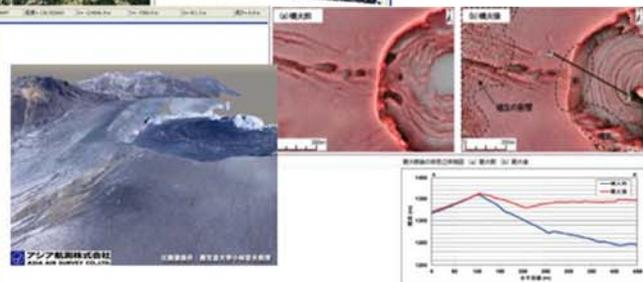


写真測量、SfM、  
LiDAR技術の  
融合・高度化

【現状】  
遠望画像をシステム上で  
研究者・技術者が  
判読・解析



【将来】  
近傍画像を自動システムで  
(量的データ+一次判読・解析結果を)  
研究者・技術者へ提供



アウトプット・アウトカム

- ・噴火時において立入規制区域の現地情報を取得
- ・地形変化・噴出物の経時変化状況の提供
- ・防災関係者向けの可視化画像の提供



# 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

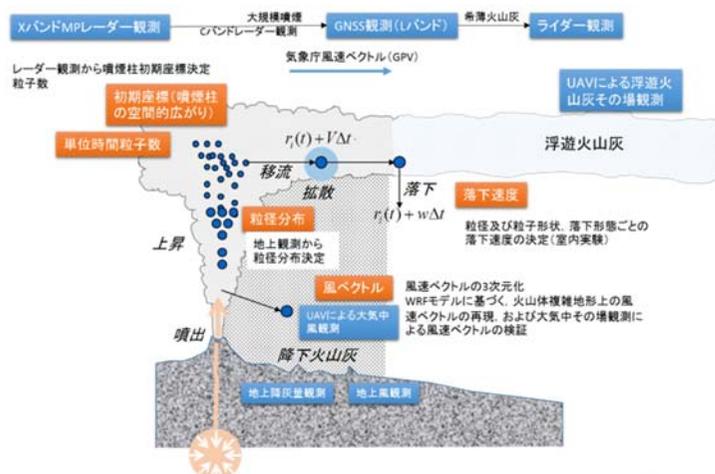
次世代火山研究推進事業 課題D：火山災害対策技術の開発

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」

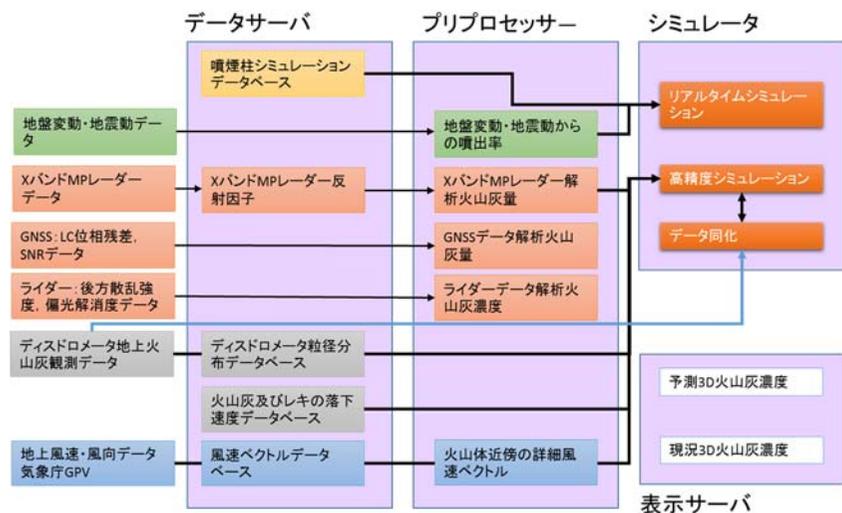
リモートセンシングによる火山灰放出量の即時把握



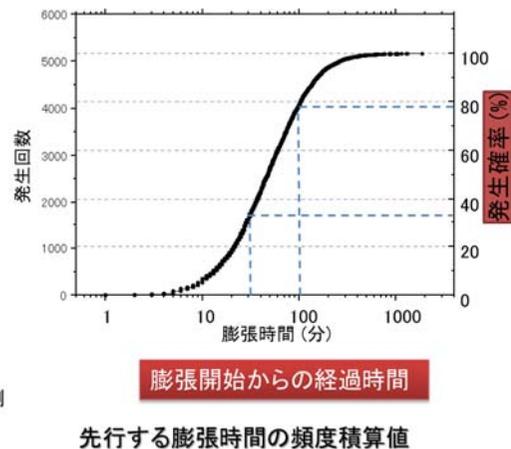
火山観測データを起点とする火山拡散予測の高速化  
高空間分解能風速把握による火山灰拡散予測の高精度化



火山灰拡散予測のためのオンラインシステムの技術開発



火山噴火の統計処理による確率的降灰予測



先行する膨張時間の頻度積算値



# 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

次世代火山研究推進事業 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」

専門家が必要とする情報  
(観測・予測)

防災対応で必要とする情報  
(状況推移、被害)

## 対策・対応を支援

### 情報ツール

火山専門家等

自治体防災担当者等

#### リアルタイム情報

噴石・水蒸気爆発

噴石・火砕流・土石流等

#### 火山灰

避難・防御

避難・防御・除去

防御・待避・除去

#### 降灰によるリスクの評価

災害時に必要なインフラや重要施設における降灰リスク評価(実験等)

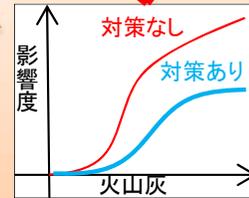
(株)大林組

降灰実験など

リアルタイムの火山灰  
ハザード評価手法  
(課題D2)

ハザード(D1, D2)  
× 脆弱性(D3) = 被害

- ・周知啓発用・教育用コンテンツ  
→ 平時の利用
- ・避難・救助支援コンテンツ  
→ 災害発生時の避難・救助支援

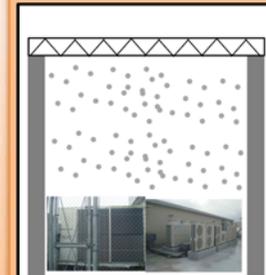


#### 課題D3

・降灰被害予測コンテンツ  
(リスク評価をコンテンツとして実装)

山梨県  
富士山研

### コンテンツの開発

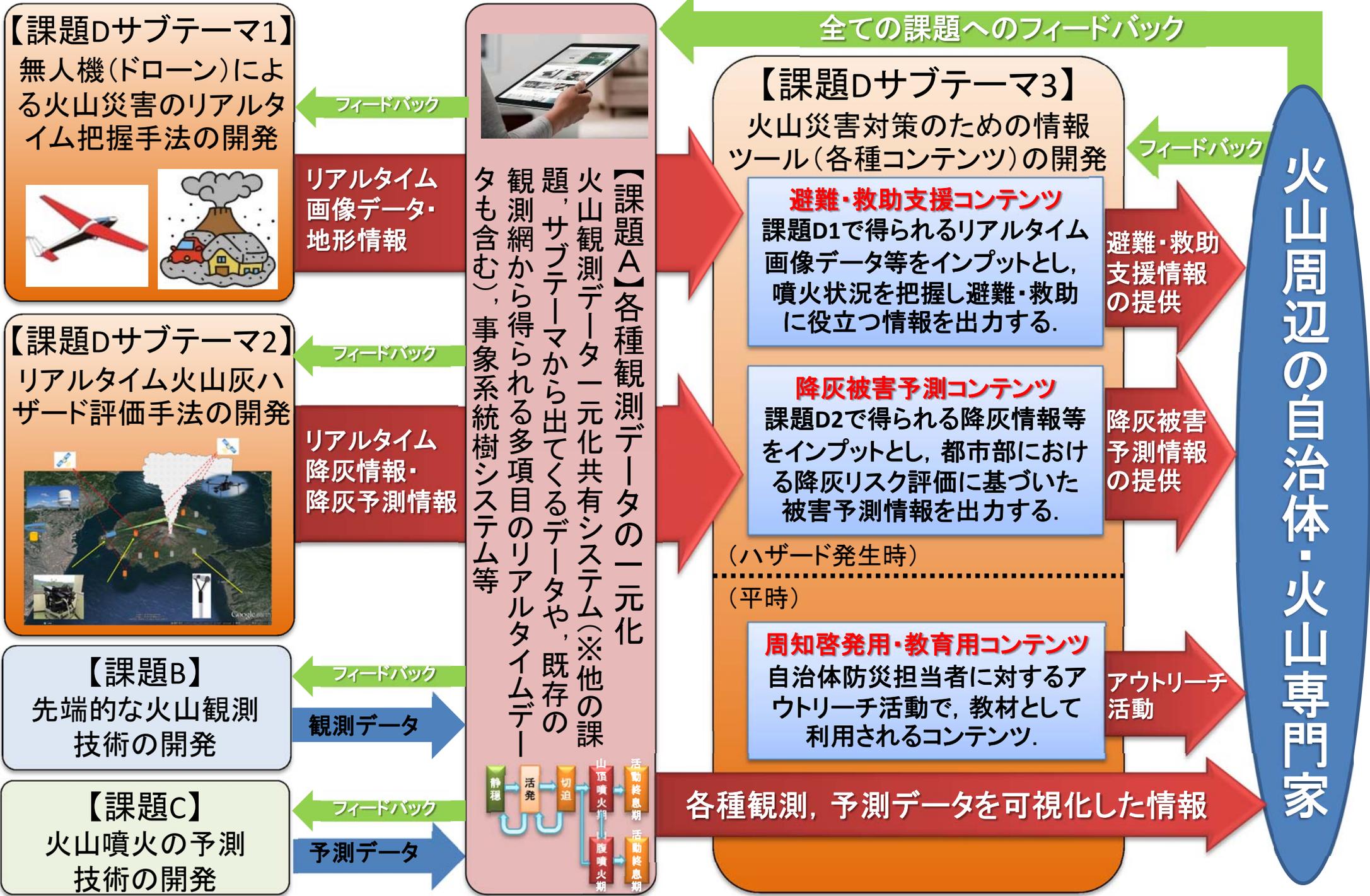


2016年10月阿蘇山噴火  
降灰被害調査

無人機による火山災害  
のリアルタイム把握手法  
(課題D1)



# 課題Dサブテーマ間, 及び他課題(A, B, C)との連携





次世代火山研究推進事業 課題E:  
火山観測に必要な新たな観測技術の開発

# 空中マイクロ波送電技術を用いた 火山観測・監視装置の開発

九州大学 地震火山観測研究センター 松島 健

九州大学 地震火山観測研究センター 清水 洋

京都大学 生存圏研究所 篠原 真毅

京都大学 防災研究所 井口 正人

(株)翔エンジニアリング 藤原 暉雄



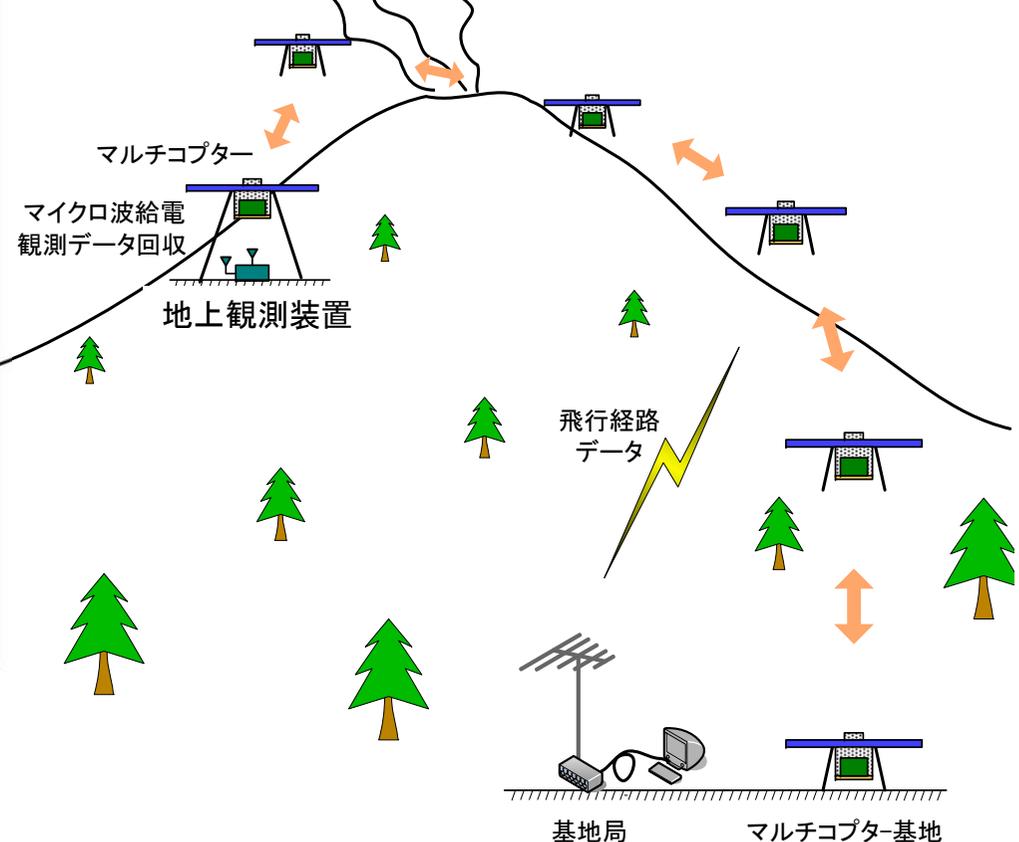
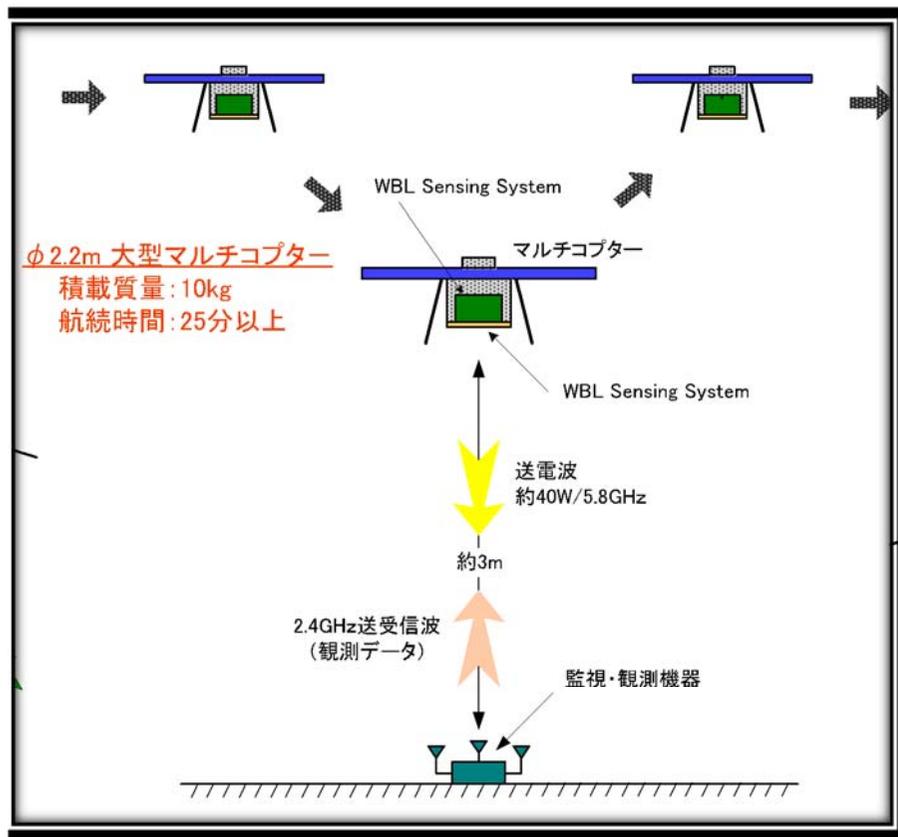
## 活火山の火口周辺における物理計測の問題点

- 活火山の周辺の観測→商用電源や通信手段が確保できない.
- 電源としては主に太陽電池を使用→火山灰や噴石などによる能力低下や破損の危険.
- 携帯電話や無線通信→電波の範囲が限られる. 基地局が損傷を受ける危険性.
- 火口周辺に設置された観測機器のデータをいかに安全に回収するか



## 開発コンセプト

近年急速に技術革新が著しい無人航空機（ドローン）技術と、実用化に向けて着々と実験が進んでいるマイクロ波送電技術を組み合わせて、活火山の等の到達不可能地域における観測・監視装置の設置と給電・データ回収を効率的に行う





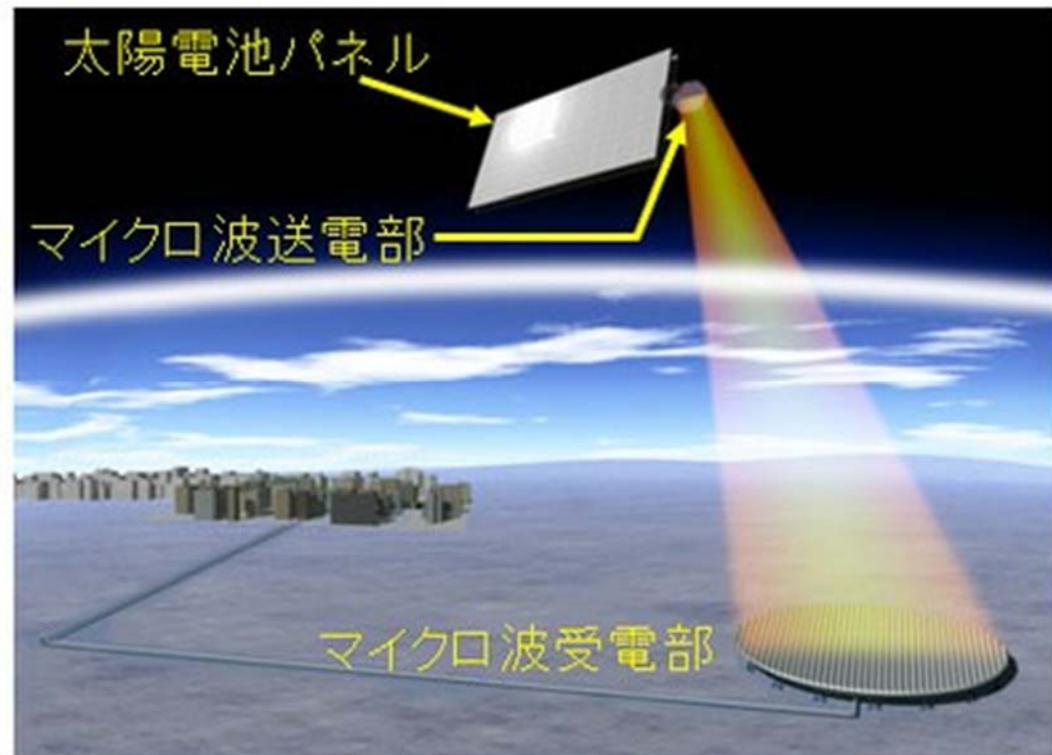
## マイクロ波送電技術

- 宇宙太陽発電所 (SSPS:Space Solar Power Station/Satellite): 宇宙空間に太陽電池を設置し、マイクロ波を用いて地上に電力を送り利用する

太陽光発電の安定性と設備稼働率を向上させる新しい基幹エネルギー源の一つ

世界トップレベルの研究

京都大学 生存圏研究所  
篠原真毅 教授

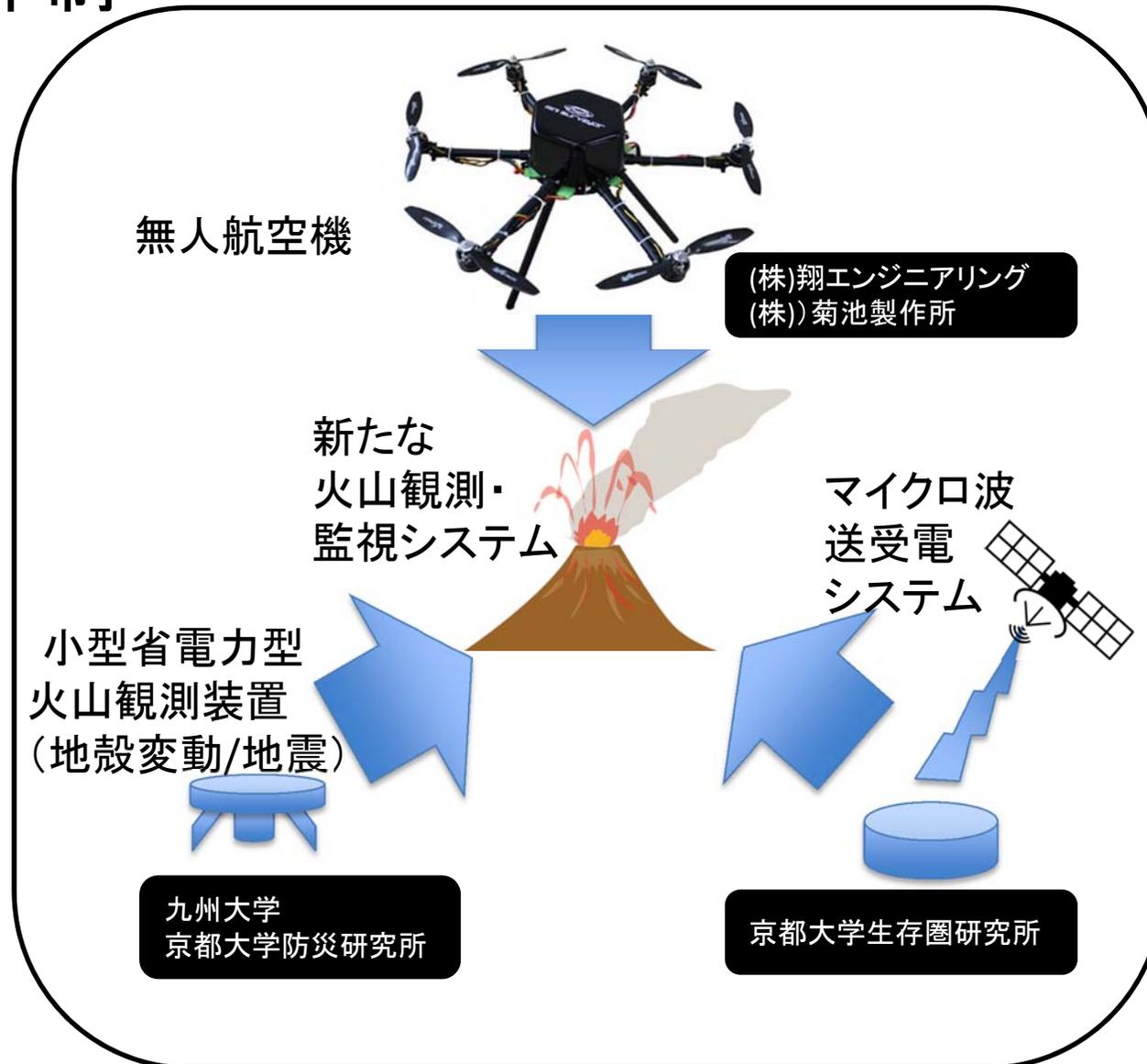




# 次世代火山研究・人材育成 総合プロジェクト

Integrated Program for Next Generation Volcano Research and Human Resource Development

## 研究協力体制





読売新聞

# 上空から無線給電

## 京大生存圏研ドローン実験

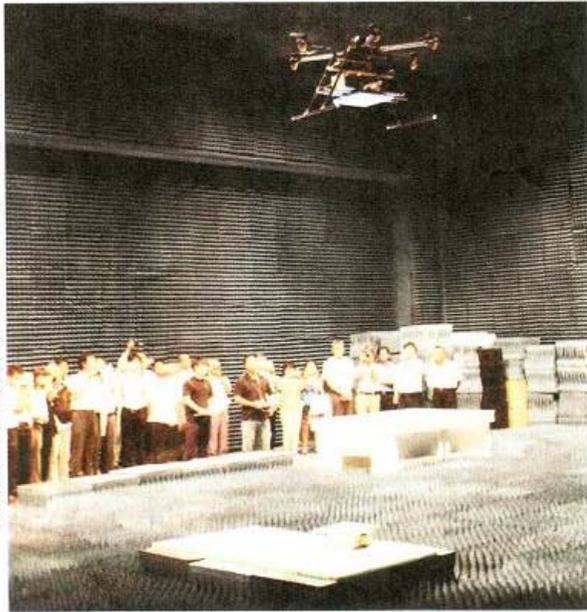
電線の代わりにマイクロ波(電波)で送電する「ワイヤレス給電」という技術を使って、上空を飛ぶ小型無人機「ドローン」から地上に置いたセンサーを動かす公開実験が、京大生存圏研究所(宇治市)で行われた。ドローンの産業応用につながる技術といい、同研究所などは数年後の実用化を目指している。

(今津博文)

ドローンは、テロや犯罪に悪用される危険が指摘される一方で、高所や放射能汚染地域など、人が近づきにくい場所へも簡単に飛んでいけることから、幅広い分野での活用が期待されている。

また、火山の火口付近や有毒ガスが多い噴気孔の周辺、無人島など送電線を引きにくい場所を観測する場

そのカギとなる技術の一つがワイヤレス給電。現在



空中のドローンからマイクロ波で送電し、床のセンサーを動かすことに成功した公開実験(宇治市で)

## 危険地域観測に期待

合、あらかじめセンサーを設置しておき、定期的にドローンを飛ばして送電しながら動かせば、電池交換の必要がなく、長期間の観測が可能になる。

ただ、ワイヤレス給電は効率が悪く、あまり遠くまで届かないことが課題。同研究所の篠原真毅教授らは2013年、他大学の研究者や電気・通信関係の企業など29社と、この技術の実用化を目指す産学連携の研究グループを結成して課題の克服を図ってきた。

7月16日に行われた公開実験では、千葉大の野波健蔵・特別教授らが開発した最大9kgの荷物を運べるドローンに、送電用の電池とアンテナを搭載。温度や湿度を計測するセンサーを床に置き、上空3〜4mに浮かぶドローンから送電して動かすことに成功した。センサーの上を厚さ2・4cmの火山灰で覆っても正常に作動した。

篠原教授は「ワイヤレス給電の実現によって、ドローンは火山観測だけでなく、老朽化した橋や高層ビル、トンネル、工場設備の点検など、都市基盤の維持管理にも欠かせない技術になるだろう」と話した。



## 今年度目標

- 無人航空機にマイクロ波送電装置を搭載し、2～3m上空から地上に設置した火山観測機器に電力を供給すると同時に、観測機器のデータを無線通信で回収する装置を開発する。
- 開発した装置を、室内実験で試験するとともに、実際に火山地域(伊豆大島火口原)で無人航空機を飛行させ、電力送電およびデータ回収実験を実施する。数年内に屋外で電力送受電の効率10%以上を目指し、将来的に実用に繋がる送受電効率の向上を目指す。



## 伊豆大島実験



- 伊豆大島無人観測ロボットシンポジウム(2016年11月1日～6日)に参加
- 山麓の地表に地上装置(WiFi対応SDカード)およびマイクロ波受電・データ送信装置とともに地表に設置しておく.
- 無人航空機を飛行させ, 地上観測装置に給電および地上装置からのデータの回収実験を行う.
- 現地の電波状況・気象情報を取得しながら実験を行う.



## 実験風景





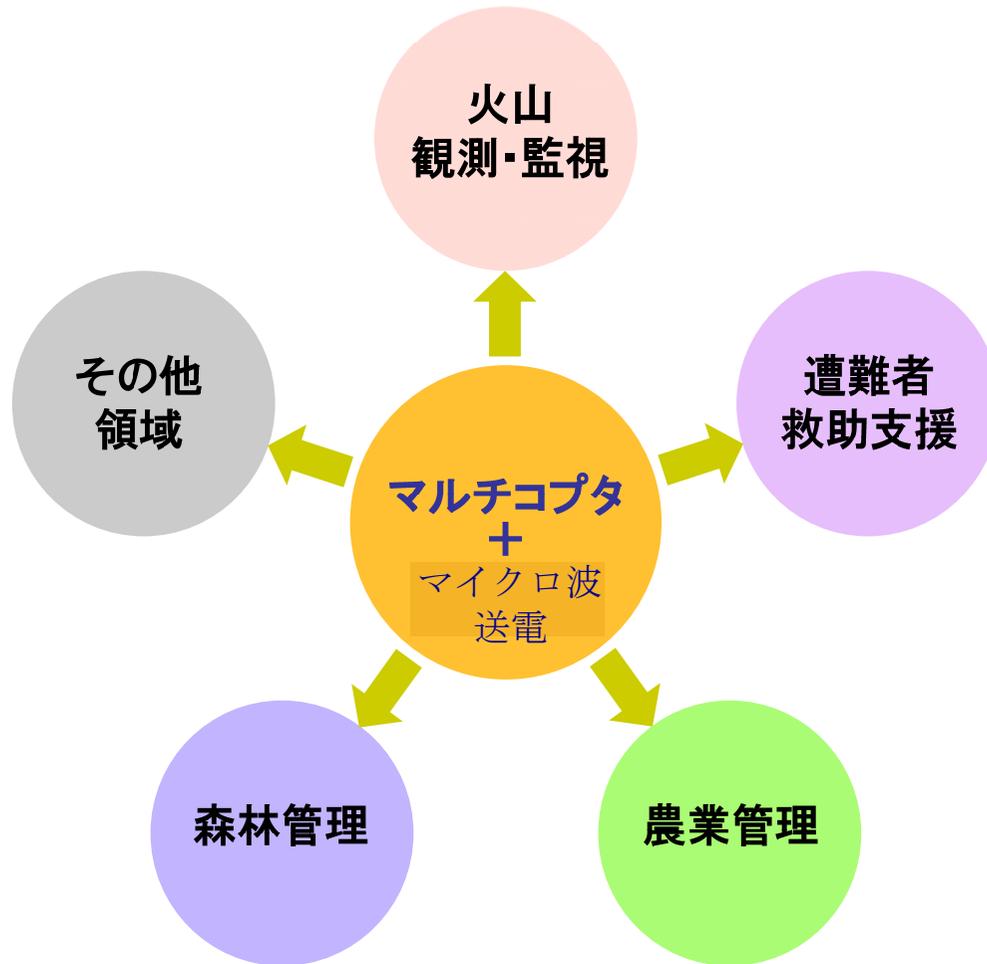
## 室内伝送実験

- 京大生存圏研の電波暗室 METLAB実施予定 (2017年2月上旬)
- 受電側アンテナを多素子化し, マイクロ波受電の効率を上げる
- アンテナ間距離やアンテナの方向のずれによる影響を実際に測定する.
- GNSSや他の機器に電波干渉を与えないかをチェックする.



来年度以降の取組

## マイクロ波送電/無線通信 無人航空機



- 無線実験試験局→実用化試験局
- 送電効率の向上 10%へ
- GNSSロガーや地震計ロガーへの組み込み→実証実験(桜島・秋田駒ヶ岳など)
- 無人航空機技術の発展が著しい  
どのタイプを選ぶか慎重に検討

- 次世代火山研究推進事業への再応募

- 科研費補助金基盤Bに応募
- 京都大学イノベーションキャピタルへの応募
- 消防庁・農林水産省



## 課題 E：火山観測に必要な新たな観測技術の開発

### 「位相シフト光パルス干渉法を用いた振動観測の総合的評価」

#### 事業・課題の概要

新しい計測技術である位相シフト光パルス干渉法を応用した火山性地震センサーシステム（以下、光センサーシステム）を実際に活火山の観測に投入する。光センサーシステムはセンサーへの給電が不要であり、耐熱性および耐蝕性、耐雷性を持っている。本事業では高度な火山防災の基礎となる高品質なデータの取得に寄与する実用的なセンサーシステムを構築するための基礎データの取得を行う。

#### 成果目標及び実施方法

- ・製作済みの光センサーシステムを桜島火山に設置し、一定期間データを取得。
- ・システムを実際に運用した場合の各特性の取得と記載を実施。
- ・システムの野外運用の際のノウハウの取得と記載を実施。
- ・システムで得られたデータを用いた解析および解析結果の評価を実施。
- ・他課題へ観測データを提供。

#### アウトプット・アウトカム

- ・光センサーシステムの実用化により、これまで観測点が置けなかった場所のデータを取得し、火山観測データのダイナミックレンジを拡大。
- ・光センサーシステムの特徴を活かすことができれば、海底火山のモニタリングや、温度の高い火道周辺でのモニタリング等を実現できる可能性がある。

#### 事業・課題の実施体制

課題責任機関  
秋田大学

協力機関  
東京工業大学

共同実施機関  
白山工業

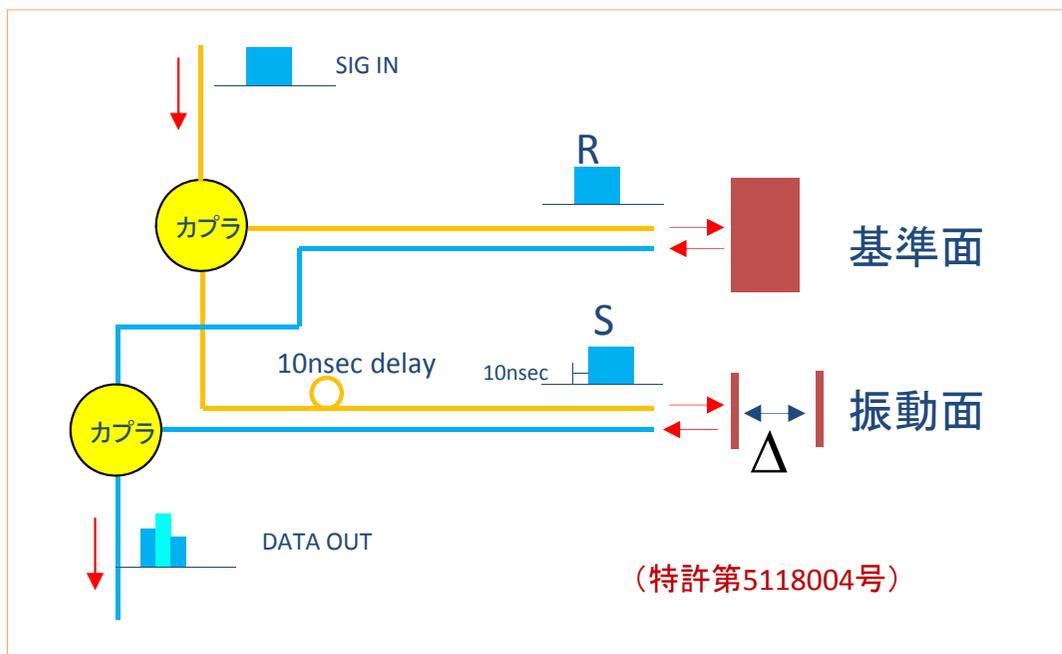


# 次世代火山研究・人材育成 総合プロジェクト

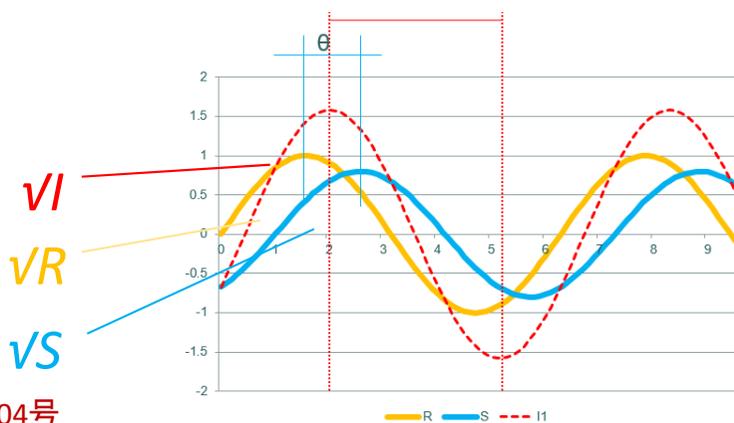
Integrated Program for Next Generation Volcano Research and Human Resource Development

## 課題 E : 火山観測に必要な新たな観測技術の開発

### 「位相シフト光パルス干渉法を用いた振動観測システムの総合的評価」

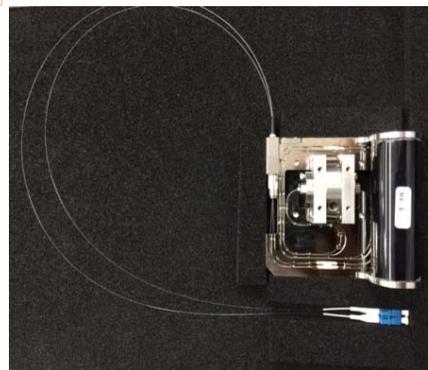


$$\Delta \propto \theta$$



- (1) 特許第5118004号
- (2) 特許第5118246号
- (3) 特願第2013-154512号

$$\cos \theta = (I - R - S) / 2\sqrt{R * S}$$



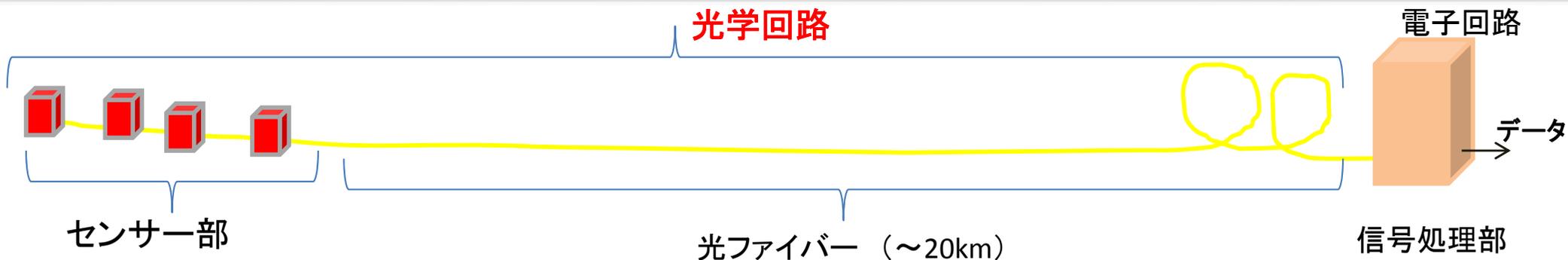


# 次世代火山研究・人材育成 総合プロジェクト

Integrated Program for Next Generation Volcano Research and Human Resource Development

課題 E : 火山観測に必要な新たな観測技術の開発

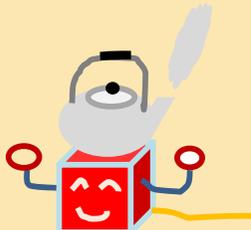
「位相シフト光パルス干渉法を用いた振動観測システムの総合的評価」



## 本システムの利点



落雷に強い



高温に強い



腐食性ガスに強い

