

課題C：火山噴火の予測技術の開発

課題C－1：火山噴出物分析による噴火事象分岐予測
手法の開発

課題C－2：噴火履歴調査による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

課題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

説明者・事業責任者

中川 光弘

(北海道大学理学研究院・総合博物館)



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
総合フォーラム/2017/02/15

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火山について、過去数十年の噴火履歴を調査し、噴火事象系統樹を作成する。さらに活動履歴をもとにした噴火事象系統樹を元備える。
- ・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のキーワード：噴火事象系統樹

噴火予測技術の開発

噴火事象分岐予測手法の開発

東京大学地震研究所

ほか6参加機関 ・ 1協力機関

課題C責任機関
C-2実施責任機関
中長期噴火予測と噴火事象系統樹の作成

北海道大

ほか7参加機関 ・ 4協力機関

C-3共同実施機関
噴火ハザード予測手法の開発

防災科学技術研究所

ほか2参加機関 ・ 3協力機関

データ連携・
観測情報の共有

データ成果の
一元化

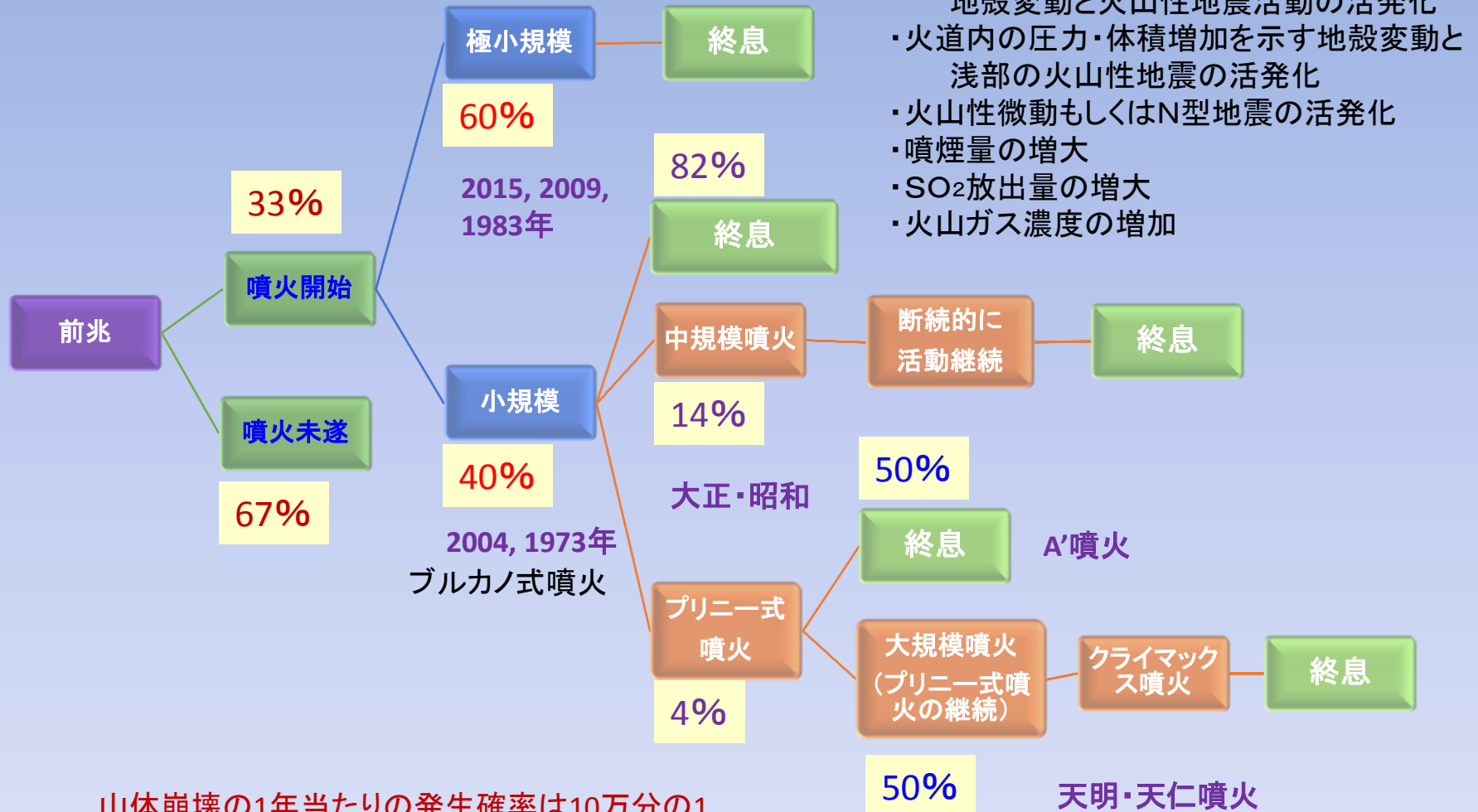
課題A:各種観測データの一元化

課題B：先端的な火山観測技術の開発

課題D：火山災害対策技術の開発

浅間前掛火山の噴火事象系統図ver1

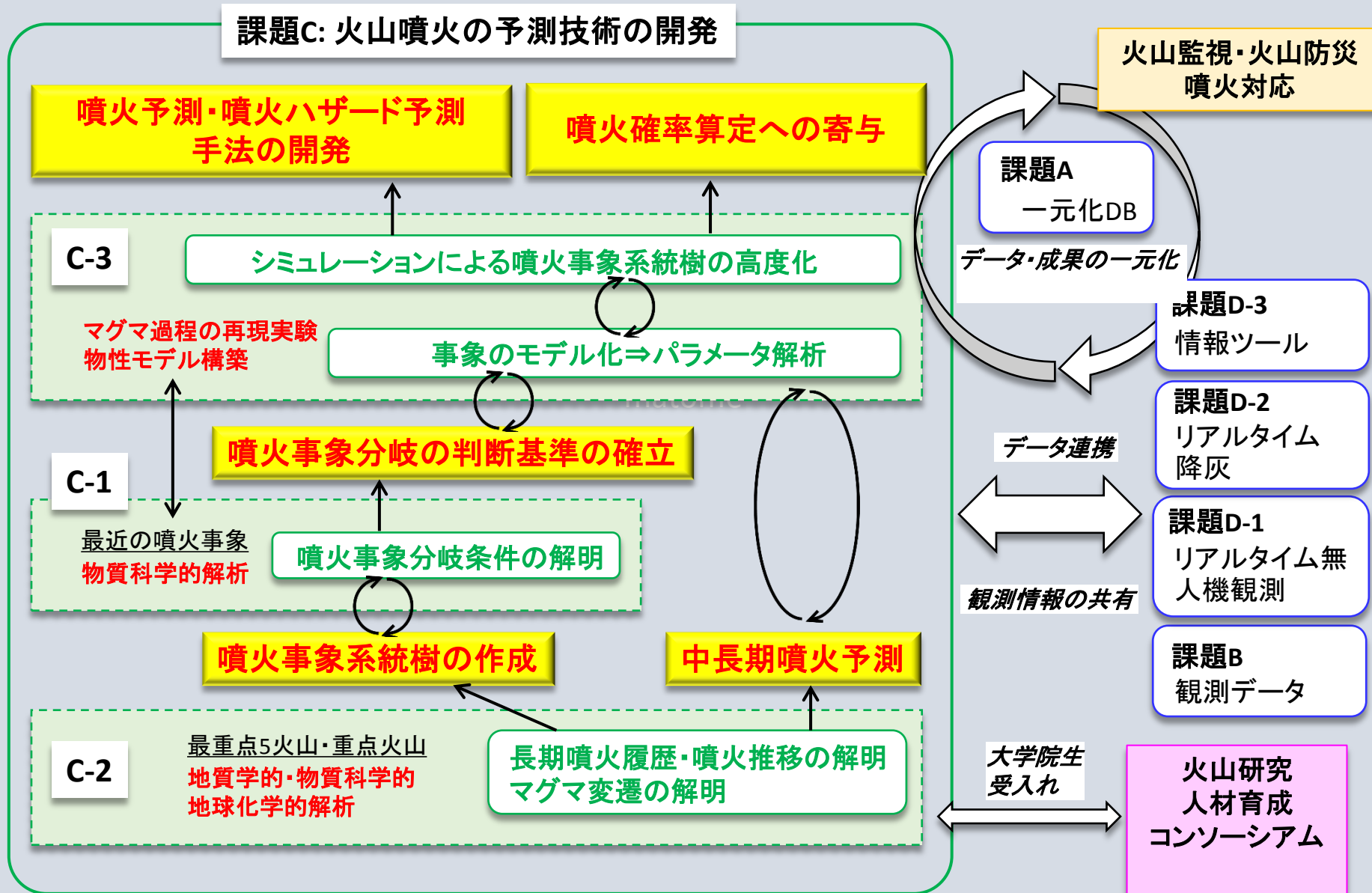
高橋・安井・武尾・中川(2017)



山体崩壊の1年当たりの発生確率は10万分の1

確 事象分岐：支配する要因と発生確率

課題Cの全体像：3つのサブ課題の連携で予測技術の開発へ



課題C-2：噴火履歴・地質調査

地質調査



トレンチ掘削



火口近傍



遠隔地



ボーリング掘削

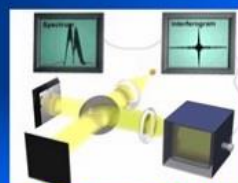
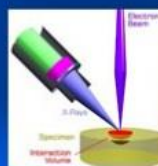
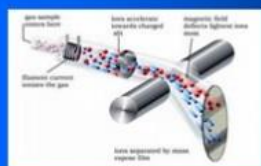


微小領域観察・組成分析

高速・多成分化学分析

マグマ変遷解析センター(北海道大学)

マグマ変遷解析センター 高度な分析 & 人材育成



同位体・微量元素・揮発性成分等の分析



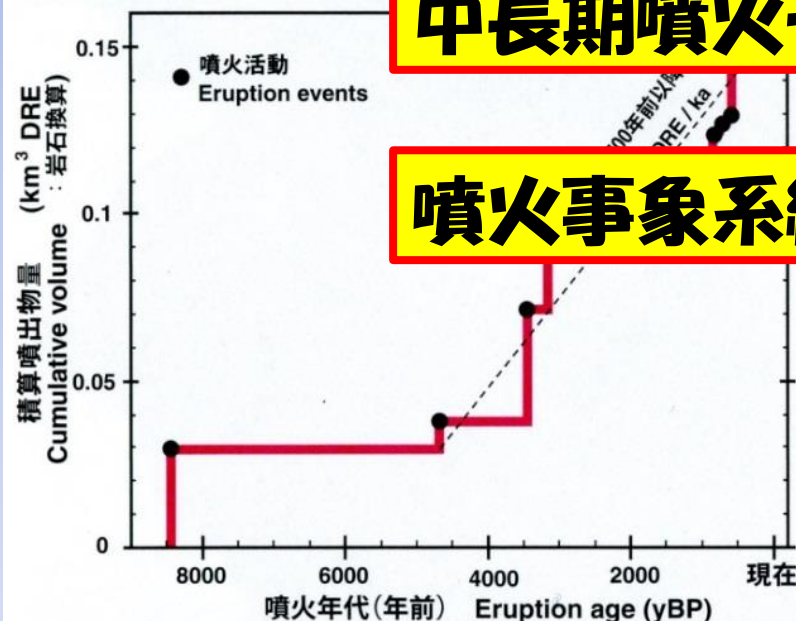
研究手法・内容

噴火履歴・推移とマグマ変遷の（高精度・定量的）解明

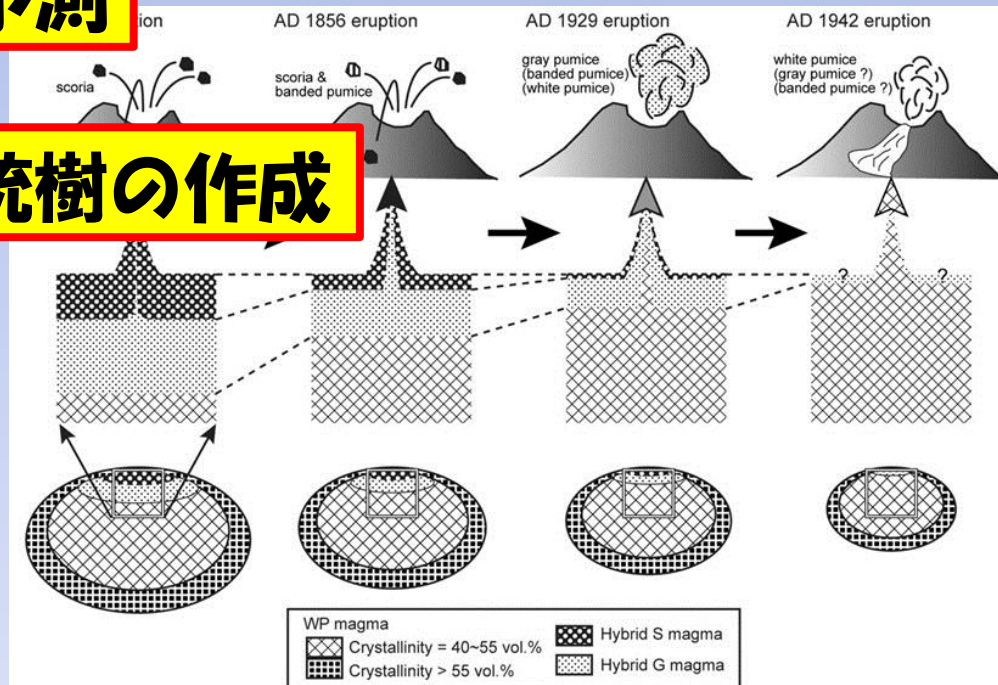
- ・できるだけ長期間・高精度の時間－積算噴出物量図（階段図）を作成
- ・噴火履歴に加え、個々の噴火の様式とその時間推移も明らかにする
- ・長期のマグマ変遷からマグマ系の現況を知る

中長期噴火予測

噴火事象系統樹の作成



第7図 十勝岳火山群の完新世における積算マグマ噴出量（岩石換算）の時間変化。藤原ほか（2007）を改変。



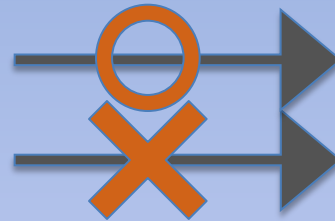
十勝岳、完新世の時間－積算噴出量図 (Ishizuka et al., 2010) 階段図)

北海道駒ヶ岳歴史時代噴火活動(AD1640～)のマグマ溜まりの構造と時間変化 (Takahashi & Nakagawa, 2015)

課題C-1：噴火事象分岐条件の解明：どうやるか

火山噴出物解析

噴火の発生後に得られる

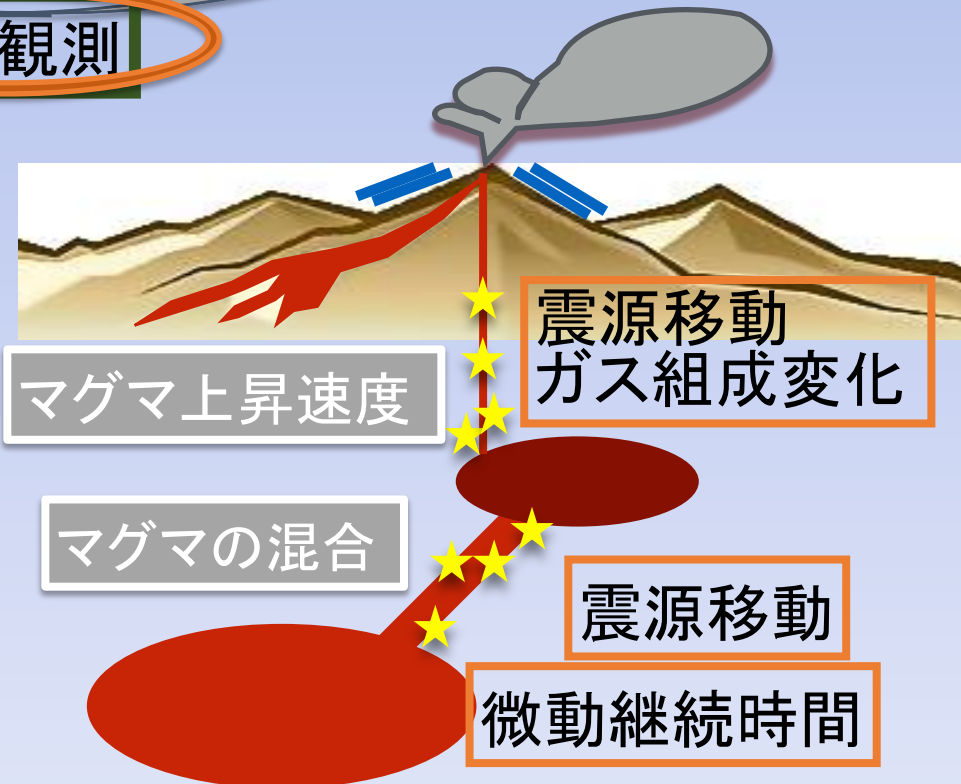


噴火推移予測

噴火発生予測

物理観測

1. 物理観測と
火山噴出物中の記録を対比
2. 過去噴出物でその記録を集め、
噴火事象との関係性を
明らかにする
3. 現在起きている物理観測事象を、
過去の噴出物記録から読み解き、
予測を行う



噴火事象分岐条件の解明：深部マグマの動き

例

物理観測

噴出物解析

微動開始時刻 \Rightarrow マグマ注入時刻

微動継続時間 \Rightarrow マグマ注入量

組成変化
を解析



噴火事象分岐の判断基準の確立

+

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

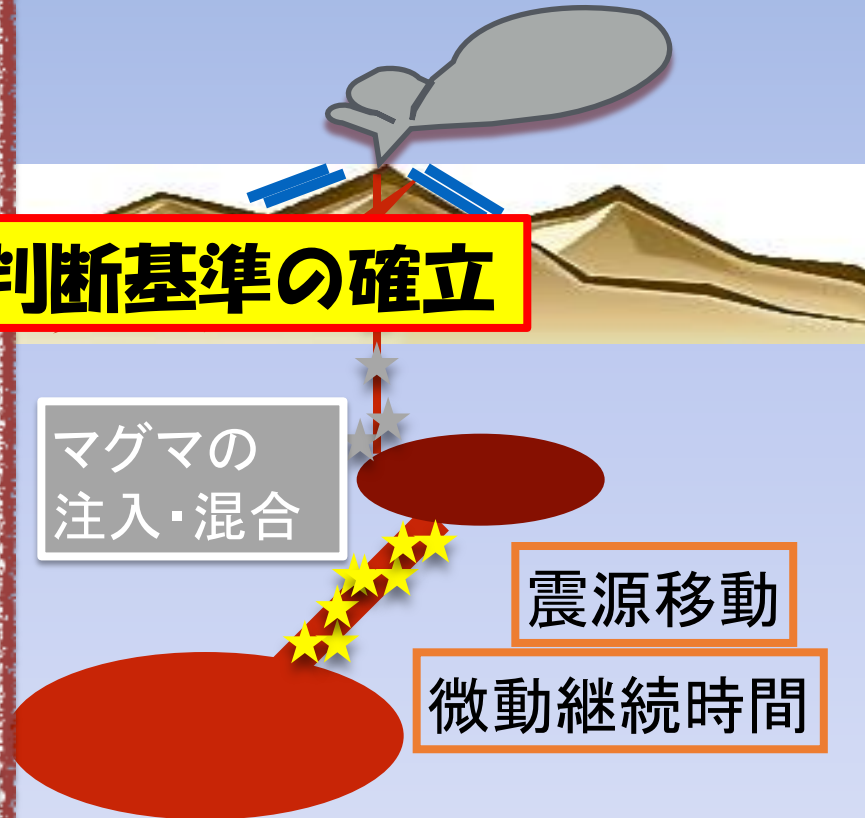
f と噴火開始時間,
 f と噴火の規模,
の関係を過去の
噴出物解析から得る



微動継続時間
+
微動開始時刻
+
マグマ溜りの状態



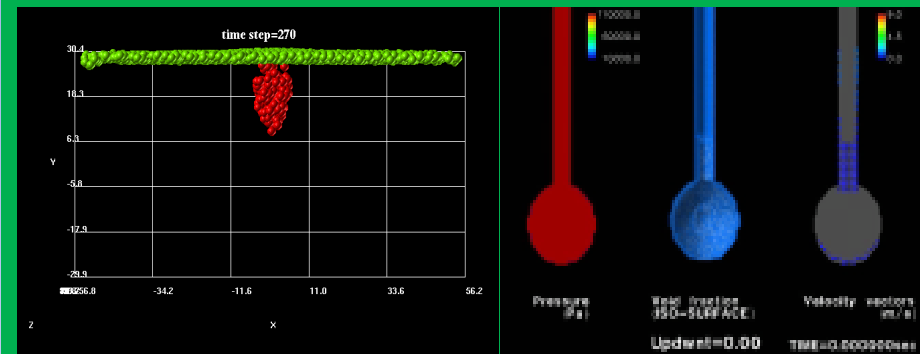
噴火 予測



過去の噴火について
多量の分析が必要
 \Rightarrow データ解析の迅速化・標準化

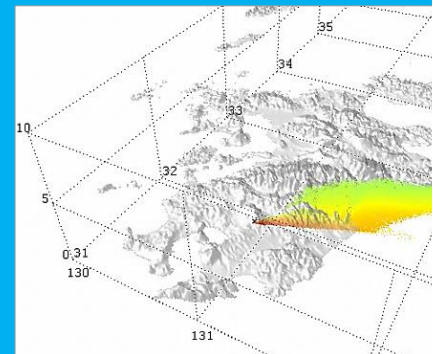
1) 地下におけるマグマ移動シミュレーション — 地下の現象：噴火予知・推移予測 —

2) 噴火ハザードシミュレーションの開発・高度化 — 表面現象：災害予測・評価 —

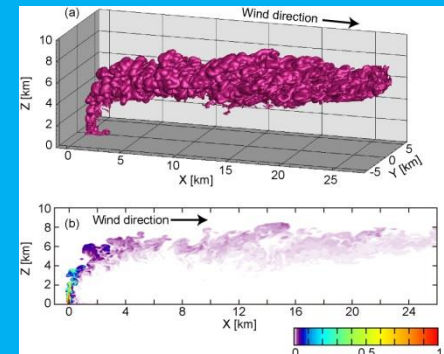


岩脈貫入

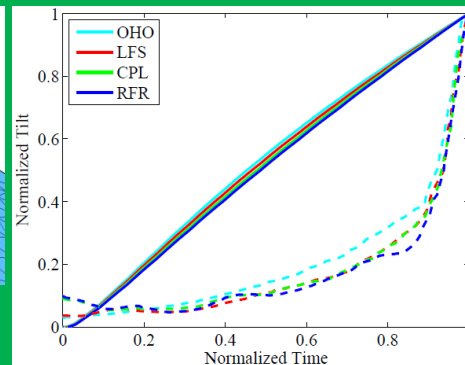
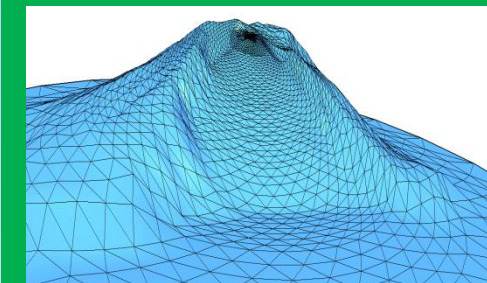
火道流モデル



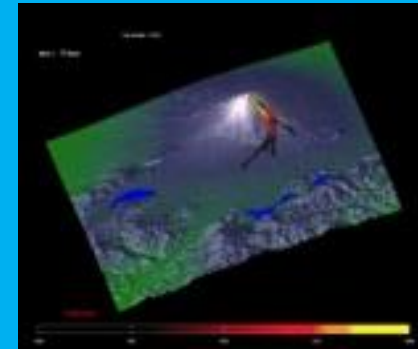
降灰



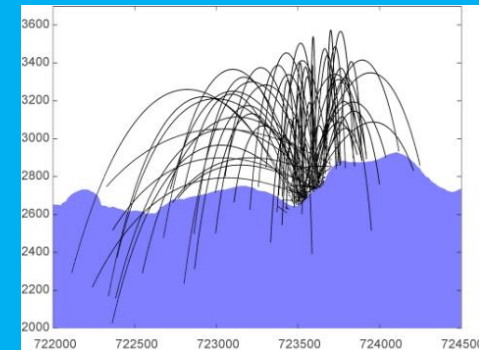
噴煙・火砕流



地殻変動

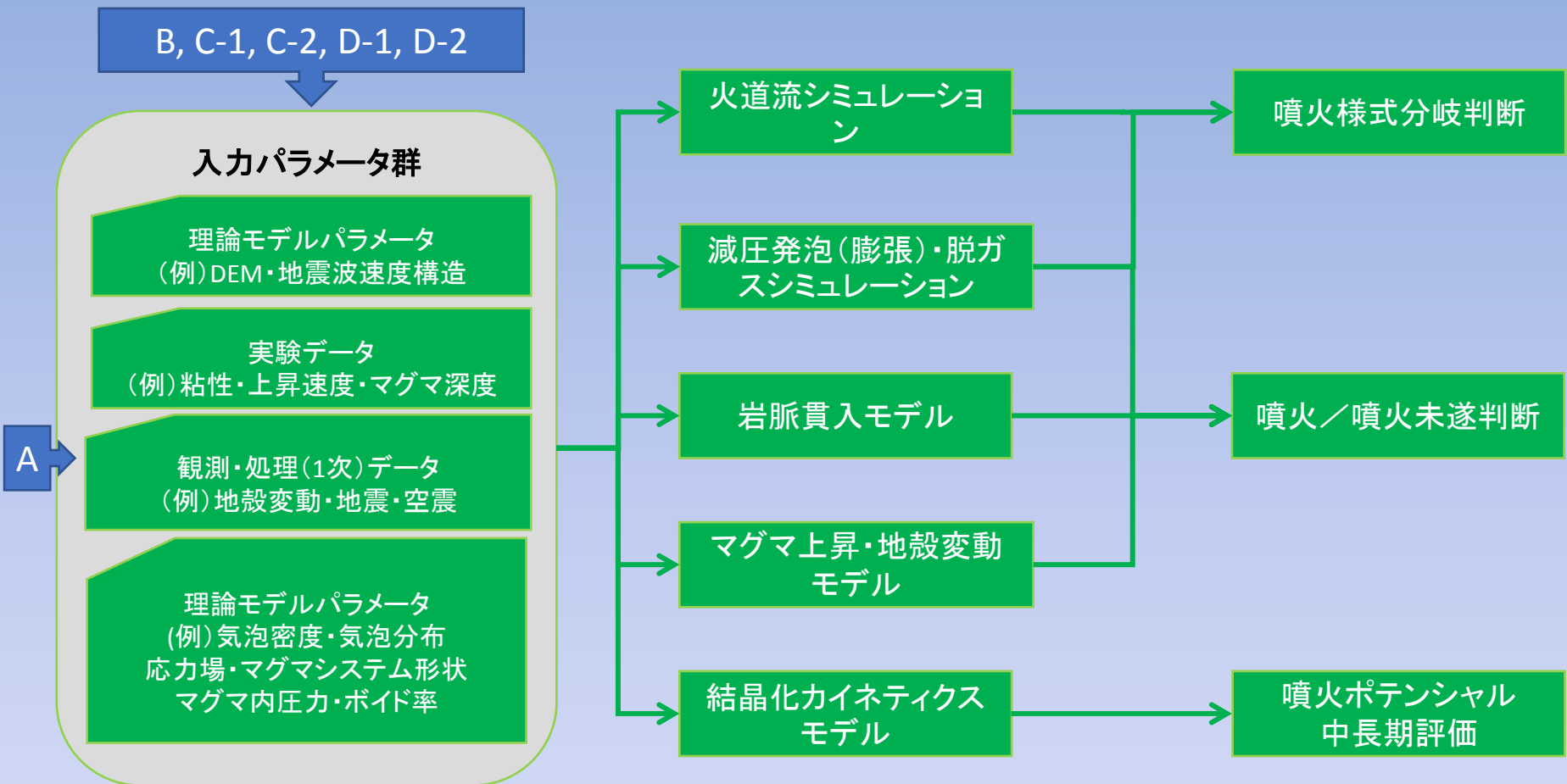


溶岩流



噴石

要素技術の高度化・体系化
分岐判断のための基準作成(例:レジームマップ)



※(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

シミュレーションによる演繹的（決定論的）手法による確率計算スキーム

観測・理論・実験で得られる
パラメータと数値モデルでの
パラメータの比較・体系化

各事象の数値シミュレーショ
ンコード開発・高度化

各パラメータの支配度把握

もっともらしいパラメータ
の範囲(確率分布で設定)
による事象発生条件の抽出

多数のシミュレーション実施で
統計的に確率を計算

事象のモデル化

シミュレーション
コード開発

パラメータ感度解析

**※噴火確率の検討：
火山研究運営委員会の元にワーキンググループを設置して議論**

事象発生条件の
定量的評価

事象分岐確率提示

短期
中期

物性モデル
構築

結晶化kineticsモデル
レオロジーモデル

短期
中期

課題C-1
分析データ

帰納的(統計的)手法
による確率計算

長期

課題C-2
コアデータ

課題A:
一元化DB

短期

課題B

データ・成果一元化

課題D-1
リアルタイム
無人機観測

課題D-2
リアルタイム降灰

課題D-3
情報ツール

リスクコミ・対策

課題C課題責任機関
課題C-2課題責任機関
北海道大学理学研究院
事業責任者:中川光弘

C-1課題
共同実施機関
東京大学地震研究所
分担責任者:安田 敦

C-3課題
共同実施機関
防災科学技術研究所
分担責任者:藤田英輔

火山噴出物分析による噴火
事象分岐予測手法の開発

噴火履歴調査による中長期
予測と噴火推移調査に基づ
く噴火事象系統樹の作成

シミュレーションによる噴
火ハザード予測手法の開発

参加機関

13機関・41名の研究者が参画

早稲田大・常葉大
静岡大・熊本大
東北大
産業技術総合研究所

秋田大・山形大
茨城大・東大地震研
日本大・熊本大
産業技術総合研究所

東大地震研
東北大地物

協力機関

富士山科学研

筑波大・富山大
山口大・防災科研

富士山科学研
気象庁気象研
東北大地学・静岡大

事業終了時の成果目標

主要な活火山で中長期噴火予測と、事象分岐判断基準が伴った噴火事象系統樹が整備されること、また代表的噴火事例の事象分岐の条件が明らかにされ、それらの情報をモデル化およびシミュレーションで評価し、最終的には**噴火発生確率の計算のための材料・情報を提供**することが目標である。

このために3つのサブテーマの研究が、並行してかつ連動しながら実施される。それぞれの課題の目標は以下のとおりである。

(1) 国内の20以上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時間一噴出量階段図が作成され、**中長期噴火予測**が実施・公表され、さらに**活動履歴をもとにした噴火事象系統樹**も完備される。**(課題C-2)**

(2) 特に10程度の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**の際に鍵となる要素を抽出する。**(課題C-1)**

(3) 上記の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、および火山災害軽減のための噴火ハザードシミュレーションの開発・高度化を実施され、**事象系統樹の分岐に定量的パラメータを与え、火山噴火確率の算定に寄与**できる。**(課題C-3)**

対象火山：最重点火山と重点火山

対象火山

H28～31年度

火山

…最重点火山

火山

…重点火山



中長期噴火予測 噴火事象系統樹

各活火山の火山防災協議会に提供

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。



データ解析の迅速化, 標準化

噴火事象分岐の判断基準の確立

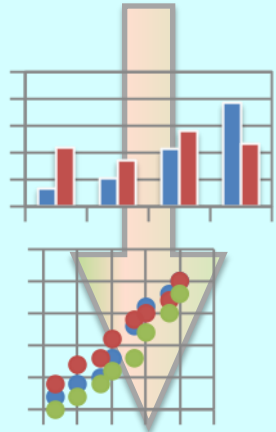
C-3で見つけた
高感度パラメタ
を解析に追加

作図

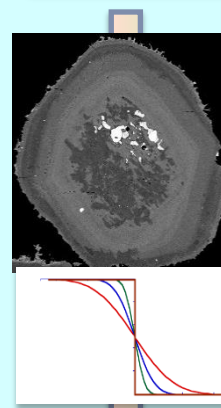
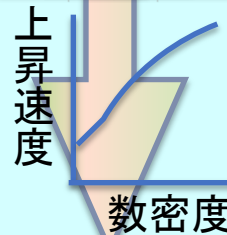
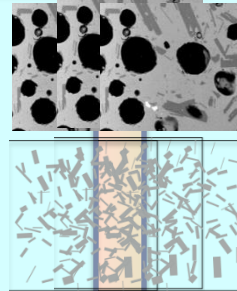
熱力学解析

画像処理

拡散解析



温度計, 圧力計,
酸素雰囲気計,
水量計, 相平衡図



定型処理に要する
時間を劇的に短縮
一ヶ月 → 一晚

データ解析の品質を
高いレベルにそろえる

既存のプログラム等を
厳選して利用
(熱力学計, ImageJ,
MELTS, etc.)

噴出物の特徴,
他の噴火
との比較

物理量
(温度, 圧力,
含水量, etc.)

速度情報

時間情報

マグマシステムの描像

基礎研究

噴火予測

入出力インターフェイス
を整備して解析を自動化

課題C-2

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

