

# 火山噴火後の 土石流発生に対する 警戒避難のための 新しい取り組み

国立研究開発法人土木研究所  
土砂管理研究グループ  
火山・土石流チーム

石井靖雄

# 1. 火山噴火に伴い斜面に火山灰等が堆積すると…

- 土石流が発生しやすくなる
- その影響は長期に及ぶ場合がある

1990～1995年の  
雲仙・普賢岳の噴火により

- 1991年から少量の降雨でも土石流が頻発
- その影響は約10年間続いた



雲仙・普賢岳噴火後の水無川で発生した土石流  
(国土交通省, 1993年9月6日撮影)

# 火山噴火後には…

- 山地流域の降灰状況の調査を速やかに実施
- 土石流発生危険性とそのリスクの高い範囲を迅速に評価
- 住民の避難に繋げることが重要

2011年1月27日に新燃岳で発生した爆発的噴火 (国土交通省)

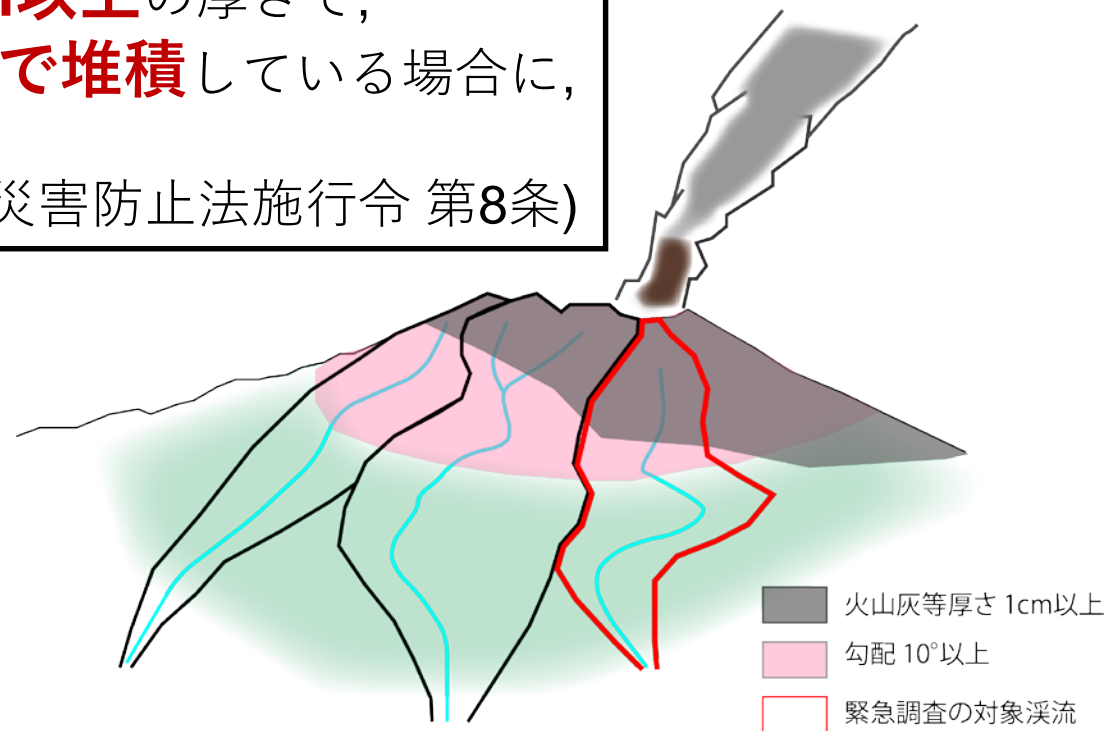


## 2. 火山噴火後の土石流発生リスク評価の現状と課題

### 2.1 法律に基づく緊急調査

火山噴火により大規模な土砂災害が急迫している場合

**勾配10度以上の流域**において、  
**火山灰等が1 cm以上**の厚さで、  
**50%以上の面積で堆積**している場合に、  
緊急調査を実施  
(土砂災害防止法施行令 第8条)

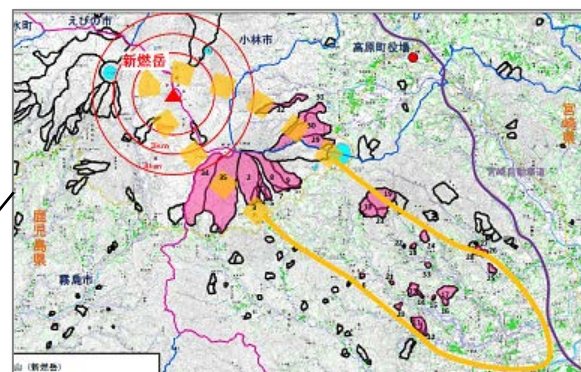


# (1) 緊急調査を実施

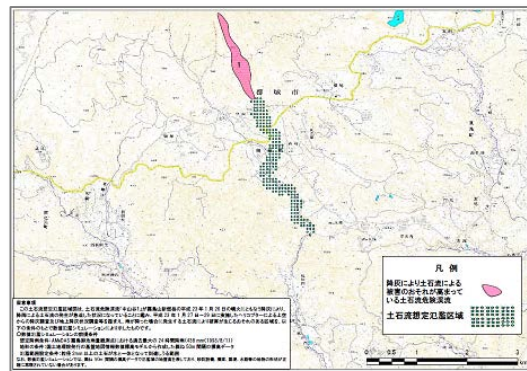
## ①火山灰等の堆積状況調査



## ②降灰状況からの土石流発生 の恐れが高い流域の抽出



## ③抽出された流域での 土石流氾濫計算



(2) 調査結果を  
土砂災害緊急情報として市町村長に提供  
(土砂災害防止法 第28, 29, 31条)

→ 避難勧告等の発令の判断に活用

## 2.2 既往の火山噴火時の対応と課題

### (1) 緊急調査の実績

2011年5月(1月)～

2011年5月～

2014年9月～

霧島山 (新燃岳) の噴火

桜島での噴火

御嶽山の噴火



2011年新燃岳の爆発的噴火 (佐々木, 2014)



2014年御嶽山の噴火 (2014年9月27日16時頃；  
林ら, 2015)

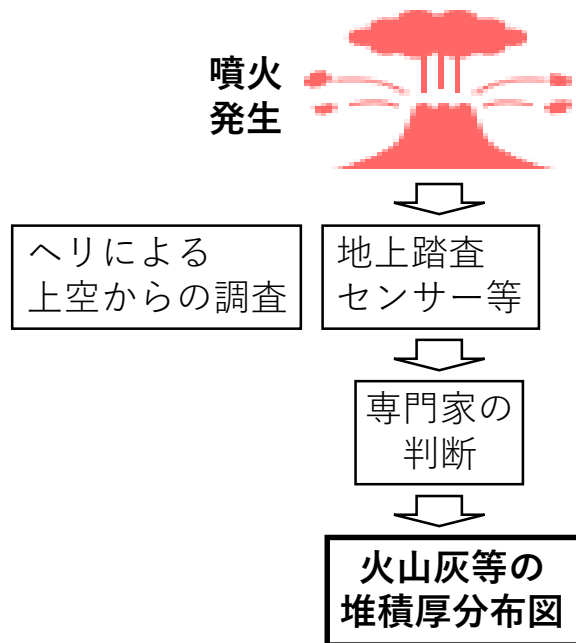
# 緊急調査の一例

## －2011年新燃岳噴火における国土交通省の対応－

月 日	噴火活動	対応内容	マグマ噴火からの経過日数
1月19日	マグマ 水蒸気噴火		
1月27日	マグマ 噴火	ヘリコプターによる 上空からの調査	
1月28日 ～29日		地上調査	2日
1月31日～ 2月3日		土石流氾濫計算 (35溪流)	7日
2月4日		土砂災害緊急情報の通知	8日

## (2) 既往の緊急調査における課題

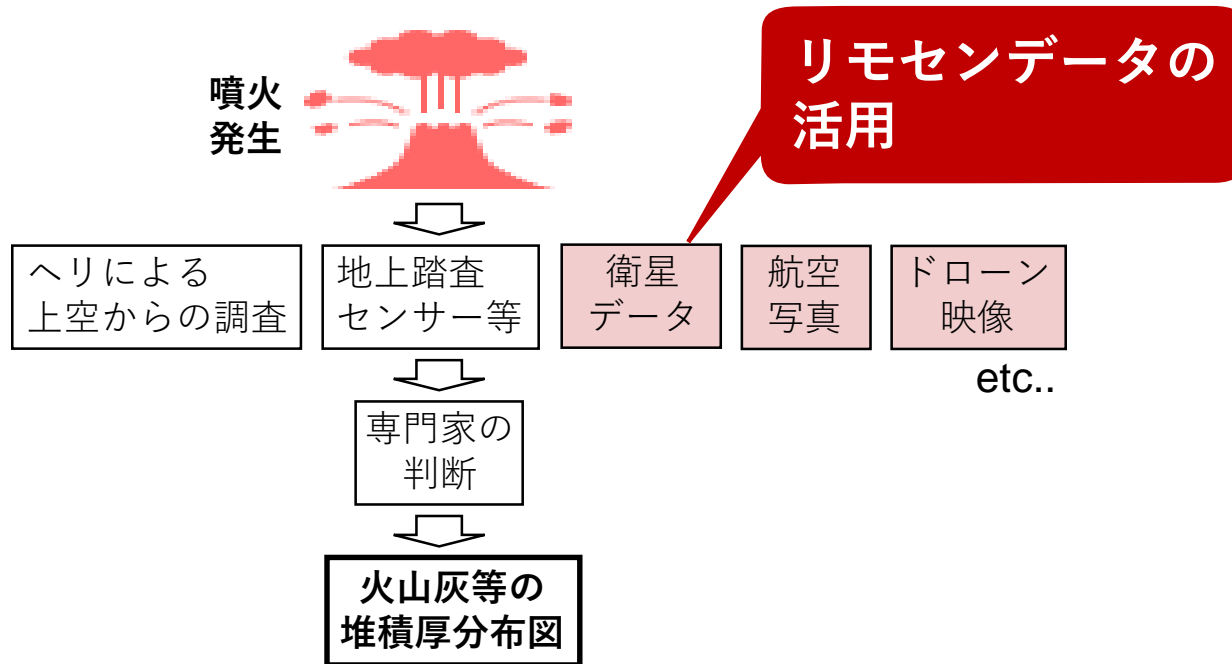
### ①火山灰等の堆積状況調査



降灰調査によって作成された火山灰等の堆積厚分布図  
(2011年1月27-29日調査)

- 堆積厚分布図の作成：多数地点の調査が必要で、時間を要す。
- 噴火継続中での調査：危険が伴い、火口周辺はデータ取得が困難。





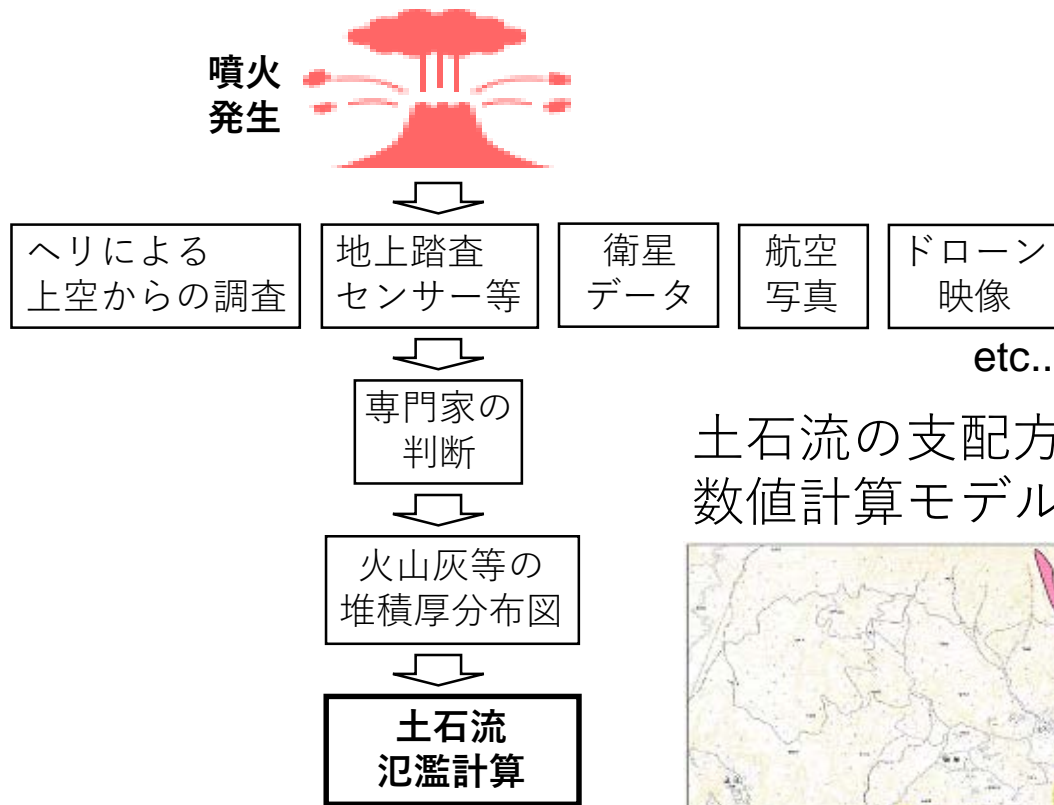
初動調査においては・・・

噴火状況に応じて、**精度よりは早さを優先**したデータの計測手法を活用し、

逐次、計測データの質・量の向上を図りつつ、

土石流発生リスクの高い範囲を迅速に評価する必要がある。

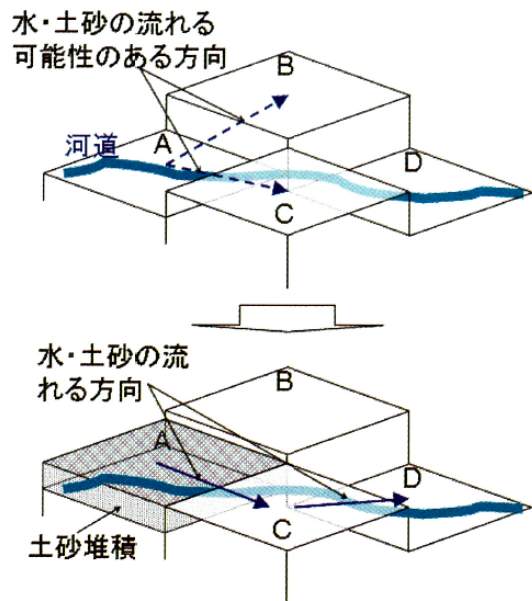
### ③抽出された流域での土石流氾濫計算



土石流の支配方程式を活用した  
数値計算モデルの現場レベルでの活用



## メッシュサイズにまつわる課題



メッシュサイズが粗くなる  
→壁のような地形が生じ, 土砂が堆積

精細な標高データの活用や,  
モデル作成方法の工夫が必要

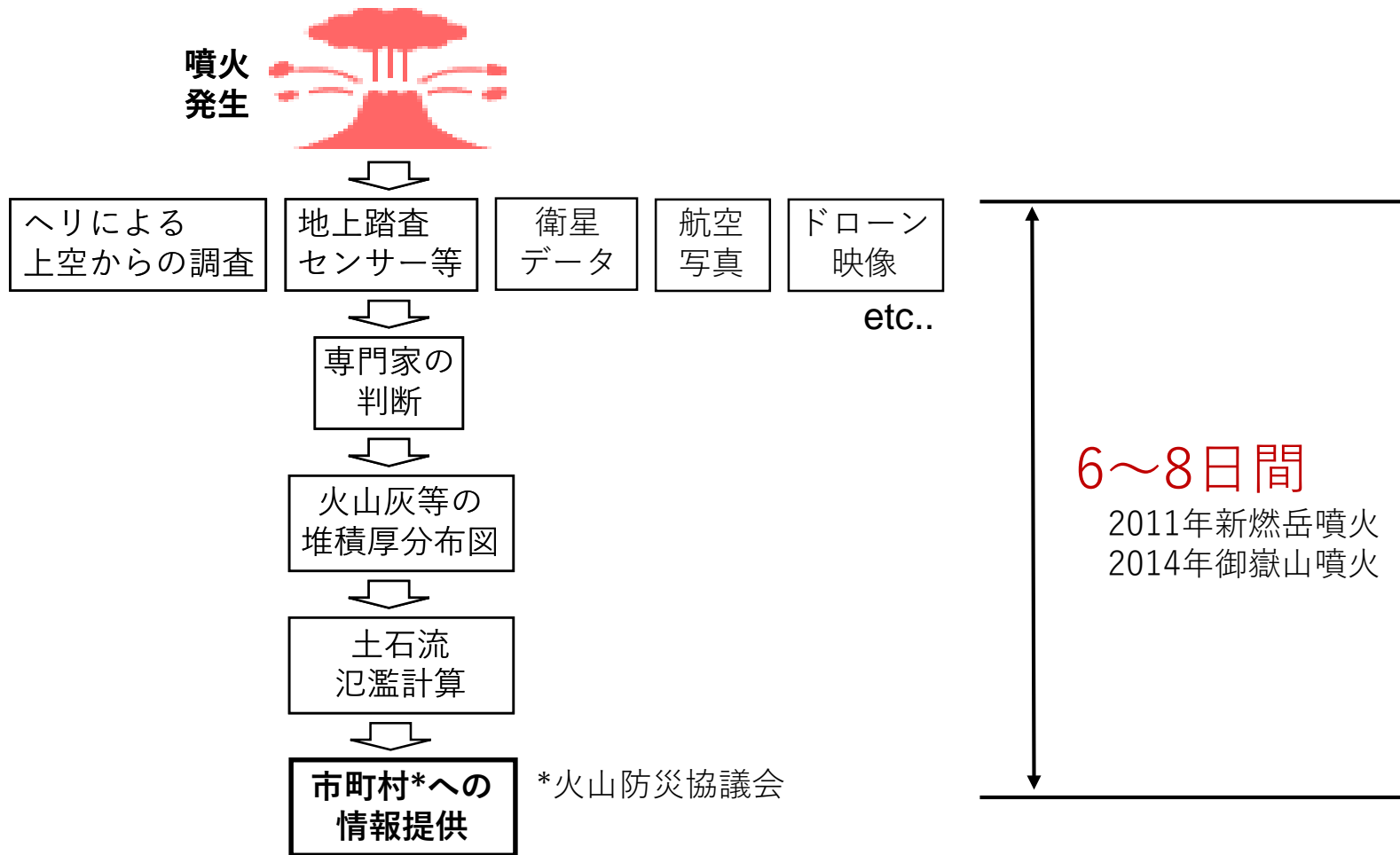
内田太郎, 山越隆雄, 清水武志, 吉野弘祐, 木佐洋志, 石塚忠範 (2011): 河道閉塞 (天然ダム) 及び火山の噴火を原因とする土石流による被害範囲を速やかに推定する手法. 土木技術資料, Vol. 53, No. 7, pp. 18-23.

実際の土石流現象を再現できる数値計算モデルの開発が必要

既往火山噴火時に, 安全側の評価による避難が実施され, 土石流が非発生だった事例がある。

解析精度の向上を図り, 適切な避難誘導を目指す必要がある。

# 緊急調査にかかる一連の作業時間の短縮



- 緊急調査の一連の作業では、人が作業する部分もある
- 火山灰等の堆積厚分布図の作成はほぼ人が作業する

可能な限り、処理を自動化する必要がある。

### 3. 土石流氾濫リスク評価の精度向上のための研究

緊急調査の 調査項目	課題	研究の取組内容 (2016年～2021年)
①現地の火山灰等の堆積状況調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 多数地点の調査に時間を要す</li> <li>• 火口周辺はデータ取得が困難</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>山麓での計測値を用いた火山灰等堆積厚の推定手法の開発</b></li> <li>• <b>衛星SARの活用検討</b></li> </ul>
③抽出された流域での土石流氾濫計算	<ul style="list-style-type: none"> <li>• メッシュサイズにまつわる課題</li> <li>• 実際の土石流現象を再現できる数値計算モデルの開発</li> <li>• 解析精度の向上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>実際の土石流を再現可能な氾濫計算手法の開発</b></li> <li>• 雨量メッシュデータの活用</li> </ul>
共 通	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 緊急調査にかかる一連の作業時間の短縮</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• リモセンデータの入手・活用システムの構築</li> </ul>

# 3.1 山麓での計測値を用いた 火山灰等堆積厚の推定手法の開発

## 堆積厚と火口からの距離との関係

指数関数  $y = \alpha \exp(-\beta x)$

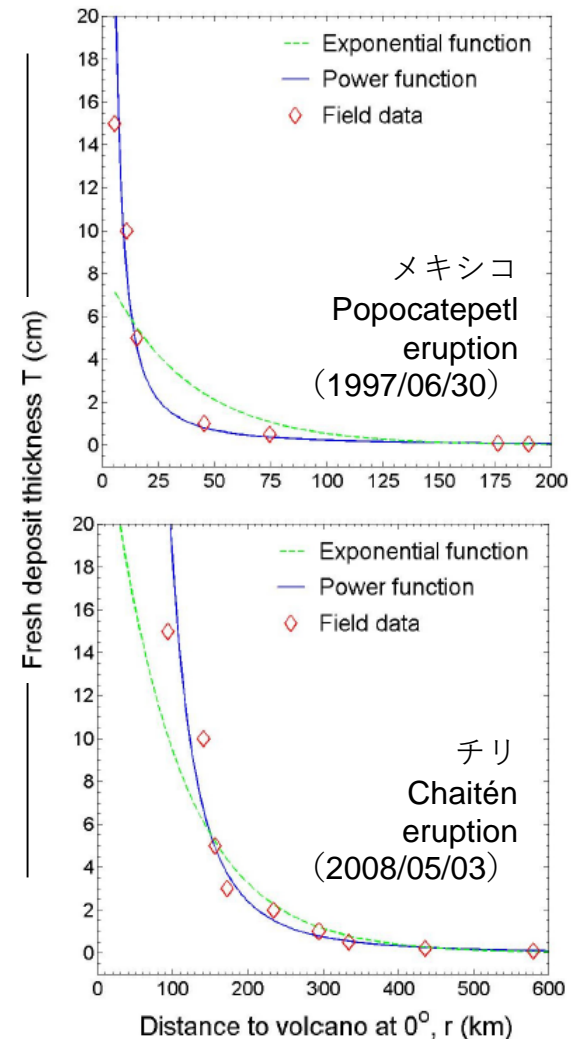
たとえば, 加茂ほか (1977) ; Pyle (1989) ; González-Mellado and Cruz-Reyna (2010)

べき乗関数  $y = \alpha x^{-\beta}$

たとえば, 石原・江頭 (1979) ; González-Mellado and Cruz-Reyna (2010)

- 研究事例が少ない

国内の様々な噴火事例・噴火様式に対する適用可能性を検討



González-Mellado and Cruz-Reyna (2010)  
を一部改変

# 既往噴火事例の調査

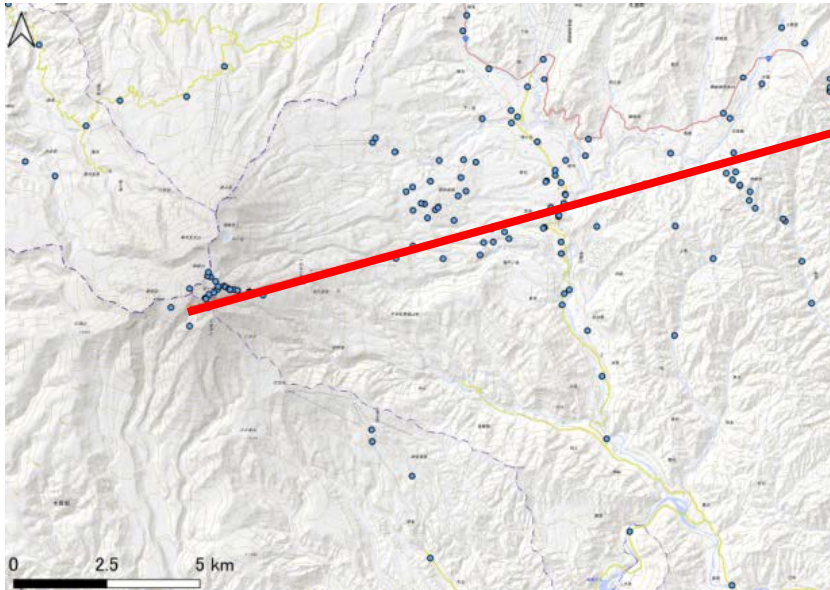
噴火様式	VEI	噴火時期	火山名	噴出物体積 (m <sup>3</sup> )*	引用文献
水蒸気爆発	2	2014/09/27	御嶽山	<i>5.9-8.0 × 10<sup>5</sup></i>	Takarada <i>et al.</i> (2016)
	1	2000/04/04	有珠山	<i>5.4 × 10<sup>4</sup></i>	大野ら (2002) ; 宝田ら (2001)
		1998/10/25	北海道駒ヶ岳	<i>3.9 × 10<sup>4</sup></i>	廣瀬ら (2002)
マグマ水蒸気爆発	3	1990/04/20	阿蘇山	<i>0.8-1.0 × 10<sup>6</sup></i>	熊本大ら (1991) ; 渡辺 (1991)
		2000/08/18	三宅島	<i>5.2 × 10<sup>6</sup></i>	伊藤ら (2002) ; 中田ら (2001) ; Nakada <i>et al.</i> (2005)
		2000/07/14-15	三宅島	<i>2.1 × 10<sup>6</sup></i>	長井ら (2002) ; 中田ら (2001) ; Nakada <i>et al.</i> (2005)
	1	2000/03/31	有珠山	<i>2.4 × 10<sup>5</sup></i>	大野ら (2002) ; 宝田ら (2002)
	0	2004/01/14	阿蘇山	<i>3.2 × 10<sup>1</sup></i>	宮縁ら (2005)
ブルカノ式	3	2011/03/13	霧島山	<i>2 × 10<sup>5</sup></i>	西来ら (2013)
	1	2004/09/01	浅間山	<i>4.9 × 10<sup>4</sup></i>	吉本ら (2005)
プリニー式	4	1977/08/07	有珠山	<i>8.3 × 10<sup>7</sup></i>	Katsui <i>et al.</i> (1978) ; 新井田 (1982) ; 吉田 (1995)
	3	1986/11/21	伊豆大島	<i>1.61 × 10<sup>7</sup></i>	遠藤ら (1988) ; Mannen (2006)
		2011/01/26	霧島山	<i>1.5-3.6 × 10<sup>7</sup></i>	Miyabuchi <i>et al.</i> (2013) ; Maeno <i>et al.</i> (2014)

\*斜体で示した噴出物体積は、文献に示された噴出物重量を密度を用いて体積に換算した値

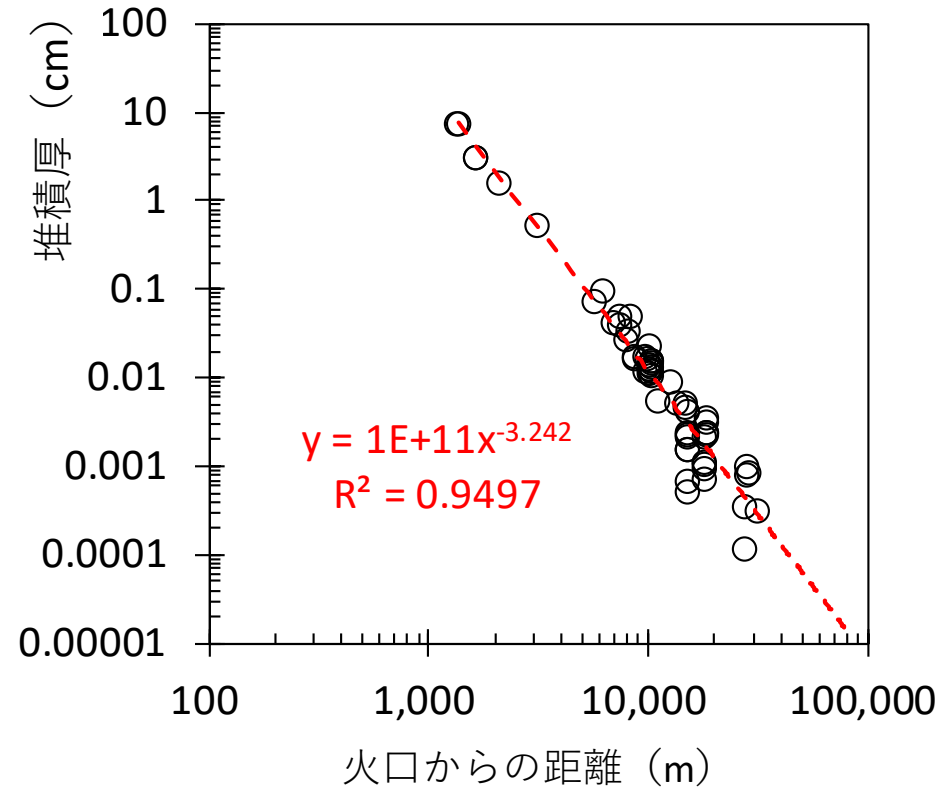
# 堆積厚の推定

## 2014年の御嶽山噴火事例

風向を考慮し赤実線を設定、  
赤実線に対して $\pm 5^\circ$ の範囲で  
堆積厚の実測値を整理



べき乗近似式の適用性



国内の噴火13事例のうち12事例で  
べき乗近似式の決定係数 ( $R^2$  値) が0.8以上となった。



# 2014年の御嶽山噴火事例における 火口周辺の火山灰等堆積厚分布図の作成

作成条件

火口から4 km以内で実測された堆積厚を用いずに作成

推定式：べき乗関数  $T_p(x) = T_o \cdot x^{-B}$

$T_o$ ：実測データから算出

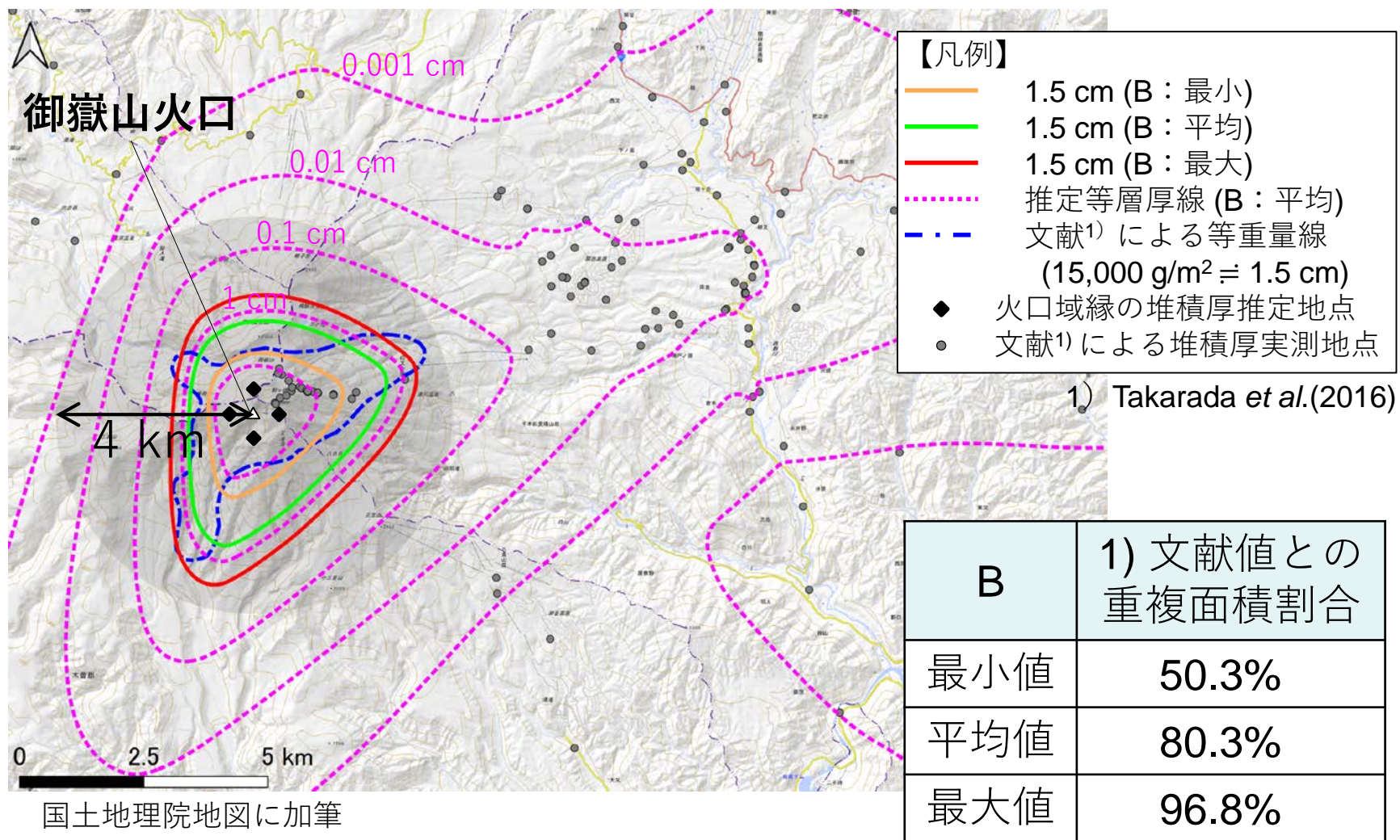
火口からの距離 (m)	実測堆積重量 (g/m <sup>2</sup> )	堆積厚* (cm)
5,692	695	0.0695

\*換算値

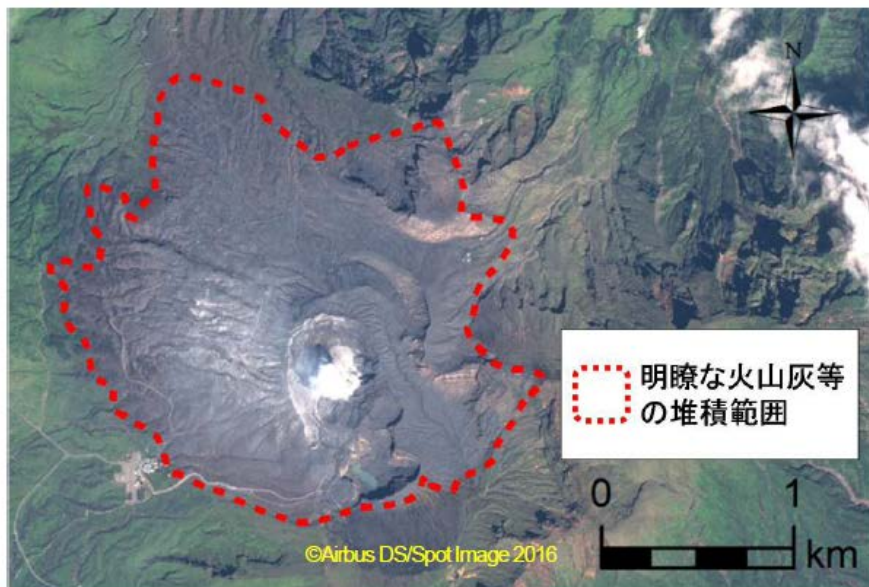
$B$ ：水蒸気爆発事例の報告値を適用

最小値	1.890
平均値	2.556
最大値	3.242

# 御嶽山2014年噴火の推定堆積厚分布図

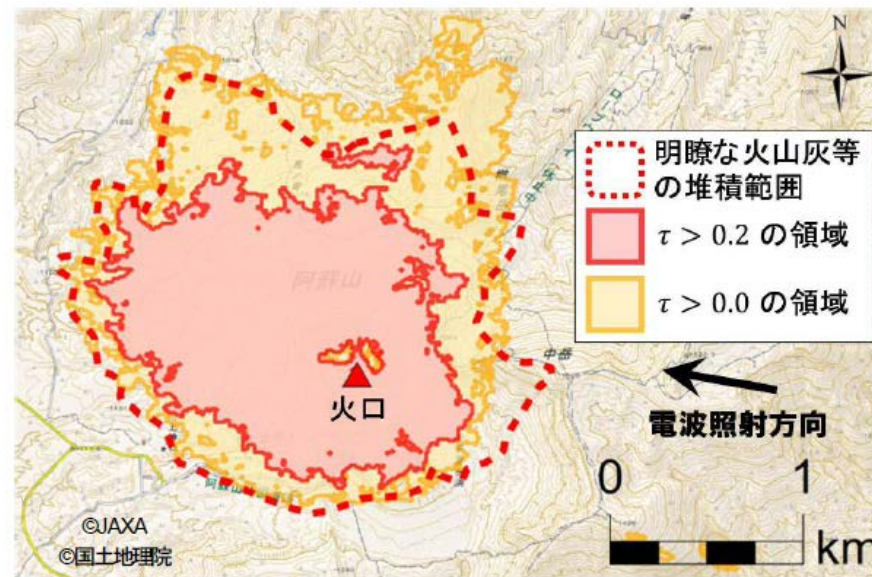


# 衛星SAR データを用いた降灰分布把握の検討例



撮影日:2016年10月10日

図-1 光学画像から判読した「明瞭な火山灰等の堆積範囲」(阿蘇山)



観測日:2016年9月19日・10月3日・10月17日

図-2 3時期コヒーレンス解析結果の一例(阿蘇山)

堤 宏徳, 岡崎 敏, 水野正樹, 柴山卓史, 平田育士, 杉本 惇, 本田 健 (2019): 火山噴火時に衛星SARデータを用いて一定厚以上の降灰分布形状を把握する手法の検討. 平成31年度(公社)砂防学会研究発表会講演集, pp. 697-698.

## 3.2 実際の土石流を再現できる氾濫計算手法の開発



# 研究内容

## 1. 土石流観測

土石流の表面標高, 表面流速,  
荷重を計測

## 2. 土石流計算モデルの作成

モデルの特徴

- 浸食・堆積に伴う土石流の発達  
・減衰を表現
- 微細土砂の液相化による土石流  
の流動性の増加を表現

支配方程式 (山崎ら, 2019) では,  
抵抗則 (江頭ら, 1989) と浸食速度式 (江頭, 1993) を  
用い, 微細土砂の液相化 (山崎・江頭, 2018) を考慮

## 3. 検討

- 1. から土石流の土砂濃度や間隙  
流体の質量密度を推定
- 2. の計算結果と観測結果を比較



### 測域センサー

赤外線レーザーで流れの  
表面形状を計測→表面標高を算出

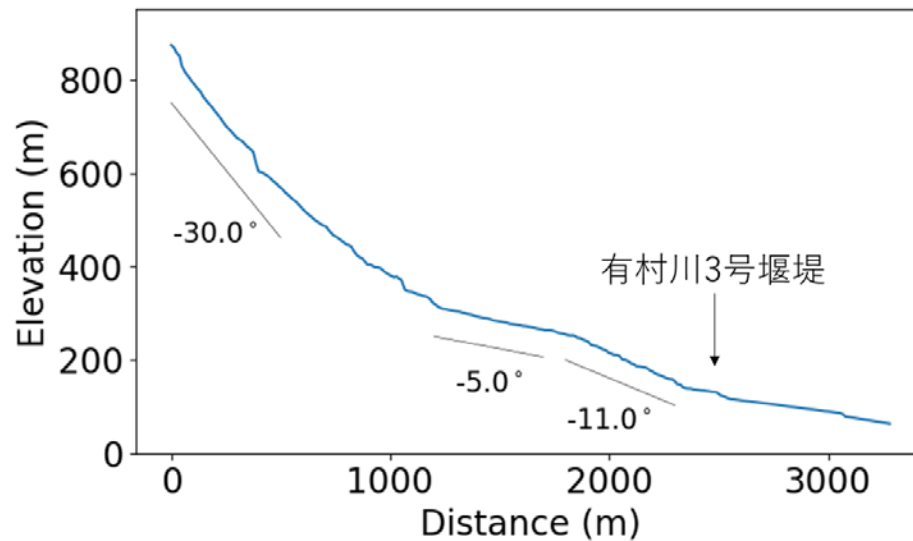
### 超音波流速計

流れの表面流速を計測

### 荷重計

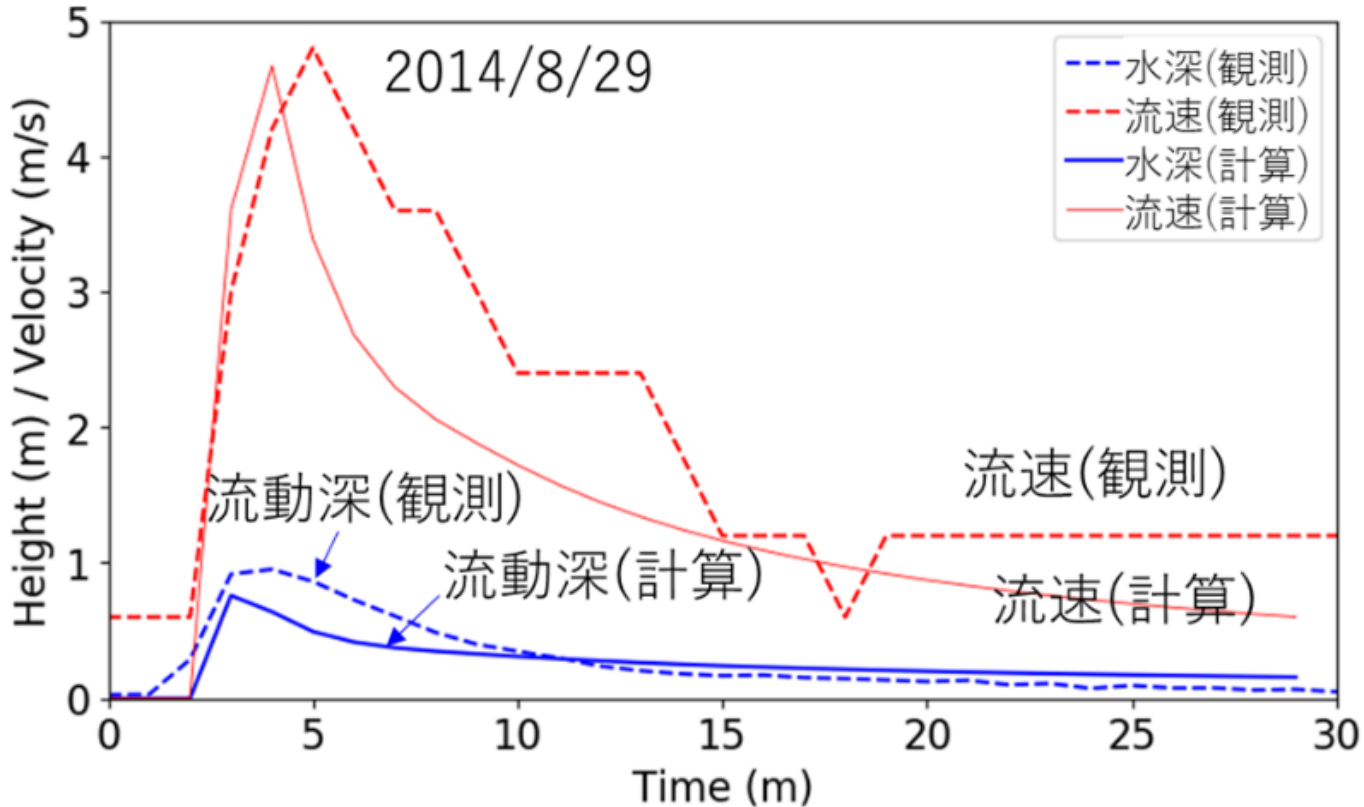
矩形鉄板 (4 m × 2 m) の下部のロ  
ードセル4基で土石流の荷重を計測

# 計算対象区間とその縦断図



対象領域の縦断勾配と  
有村川3号堰堤の位置

# 土石流の計算値と観測値の比較



有村3号堰堤における流動深と流速の時間変化  
(観測値を計算値の立ち上がりに合わせて表示)

# 今後の取り組み

## (1) 九州技術事務所 九州防災・火山技術センターとの連携

- 火山灰等の堆積厚の計測技術
- 衛星SARデータの活用
- 緊急調査の実務者のためのマニュアル作成と改訂
- 土石流氾濫計算PRGの実装

## (2) 内閣府 火山防災対策会議調査企画委員会への参画

- 降灰に関する他の研究機関とのデータ共有・活用

## (3) その他

- 火山灰等の堆積が土石流発生頻度や規模に与える影響の解明

**火山噴火後の土石流発生リスクの評価の迅速化と精度向上を目指す**