

# 火山噴火予知連拡大幹事会資料

## 霧島山新燃岳

### 気象研究所

2P～6P ALOS-2/PALSAR-2 による霧島山新燃岳の地表変化

7P～9P 気象レーダーによる霧島山（新燃岳）の噴煙エコ  
ー観測結果について（速報）

10P 2017 年 10 月 11～14 日霧島山（新燃岳）噴火に伴  
う降灰予測

11P～12P 2017 年 10 月 10 日から 17 日にかけての新燃岳  
の気象衛星ひまわり 8 号による観測結果

13P～14P 2017 年 10 月 11-12 日新燃岳火山灰の水溶性付  
着成分

## ALOS-2/PALSAR-2 による霧島山新燃岳の地表変化

新燃岳火口外の西側斜面において、北行軌道の観測で継続した衛星視線方向短縮の位相変化が検出された。また、新燃岳火口内の東端において、今回の噴火活動に伴う地形変化が検出された。

### 1. はじめに

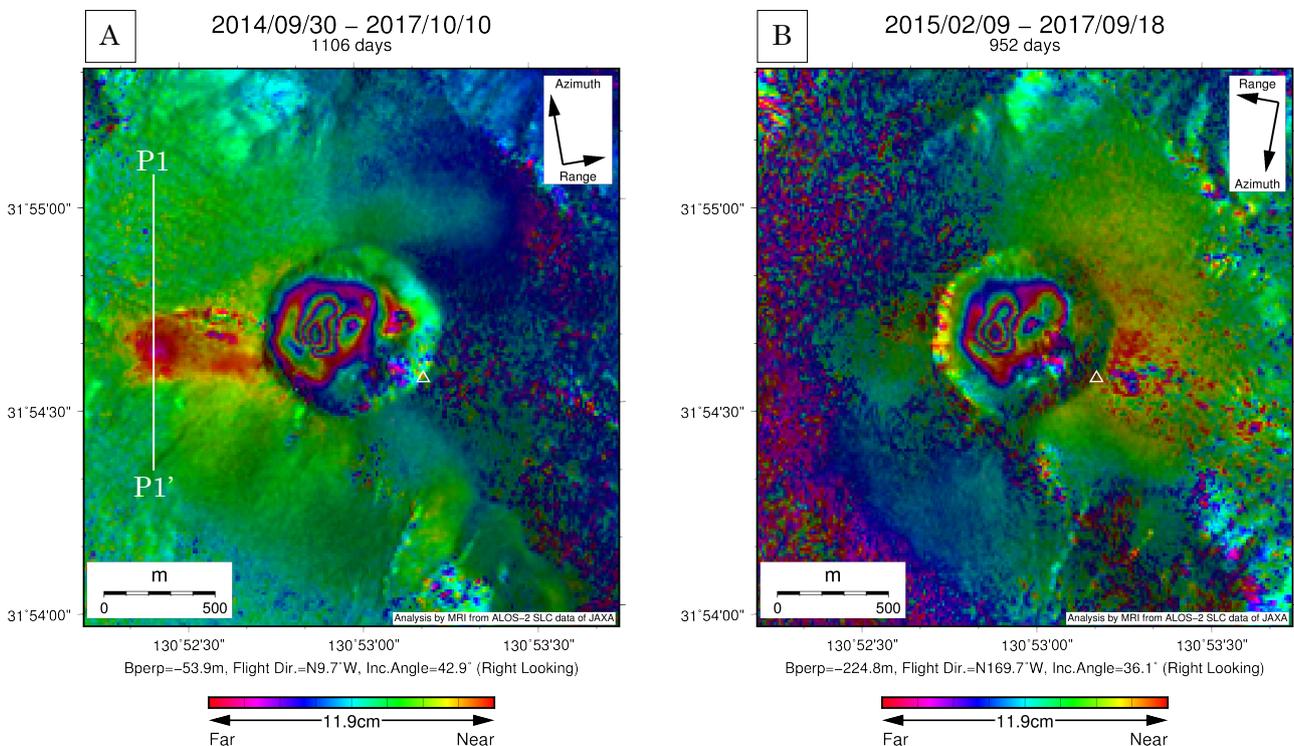
2017 年 10 月 11 日（5:34JST 頃）に噴火した霧島山新燃岳について、ALOS-2/PALSAR-2 データを使った SAR 干渉解析により、周辺の地表変化を調べた。以下にその結果を報告する。なお、本資料は速報結果を示すものであり、今後の詳細な解析により、結果が変わる可能性がある。

### 2. 干渉解析の結果

#### 2. 1. 西側斜面

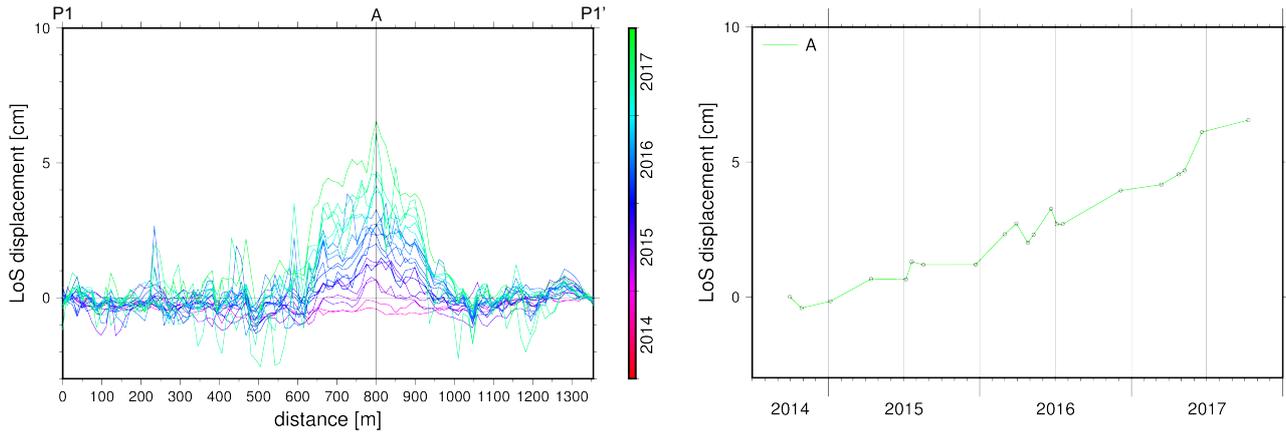
第 1 図に長期間ペアによる北行軌道（path131:第 1 図 A）と南行軌道（path23:第 1 図 B）の干渉画像を示す。干渉解析は異なる二時期のデータを干渉処理させることにより、その期間の位相変化を検出することが可能である。北行軌道において新燃岳西側斜面に視線距離短縮の位相変化が認められ、変動の中心は、噴気及び熱異常域が確認されている「新燃岳の西側斜面の割れ目の下方」に対応する。一方、南行軌道においては対応する位相変化は明瞭ではない。また、火口内中央部においては、従前から確認されている衛星視線距離伸長の位相変化も認められる。

また、第 1 図 A 中の P1-P1' で示した測線に沿った位相断面と、北行軌道における変位最大点の時間変化を第 2 図（北行軌道：path131）及び第 3 図（南行軌道：path23）に示す。北行軌道では変動が時間と共にほぼ一定の速度（約 2.2cm/yr）で蓄積している一方、南行軌道では有意な変動は認められない。これは南行軌道において西側斜面の干渉性が低いことに加え、変動が西側斜面で膨らむ形状であるため、東側上空からの観測では、変位に対する感度が低いことによると考えられる。



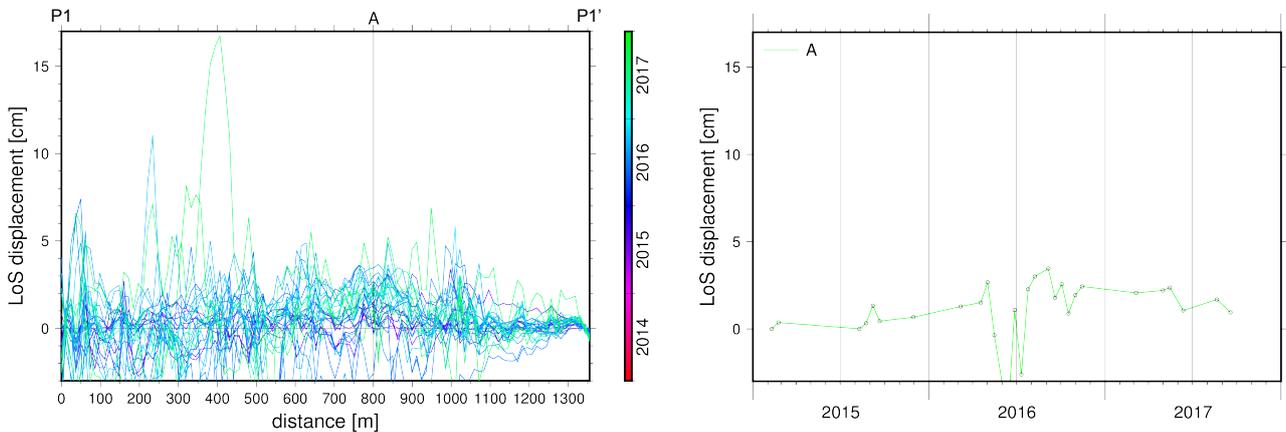
第 1 図 ALOS-2/PALSAR-2 による長期間ペアの干渉画像

A) パス 131（北行軌道）。新燃岳西側斜面において衛星視線距離短縮の位相変化が認められる。B) パス 23（南行軌道）。西側斜面は干渉性が低く、明瞭な位相変化は認められない。



第 2 図 path131 を用いた新燃岳西側斜面の地表変位の時間変化

左は南北断面，右は時系列を示す。視線距離短縮を正とする。南北断面の位置は第 1 図-A 中の P1-P1'。視線距離短縮が継続している。



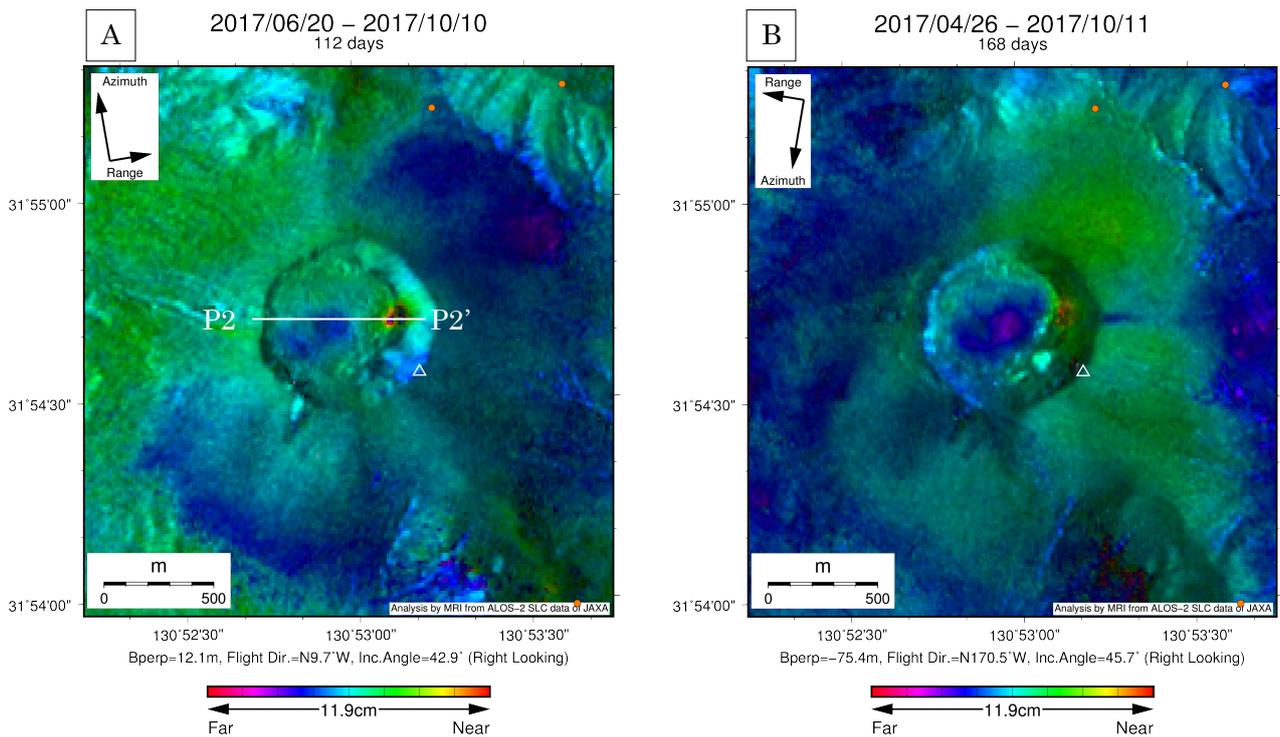
第 3 図 path23 を用いた新燃岳西側斜面の地表変位の時間変化

凡例は第 2 図に同じ。明瞭な変動は認められない。

## 2. 2. 火口内

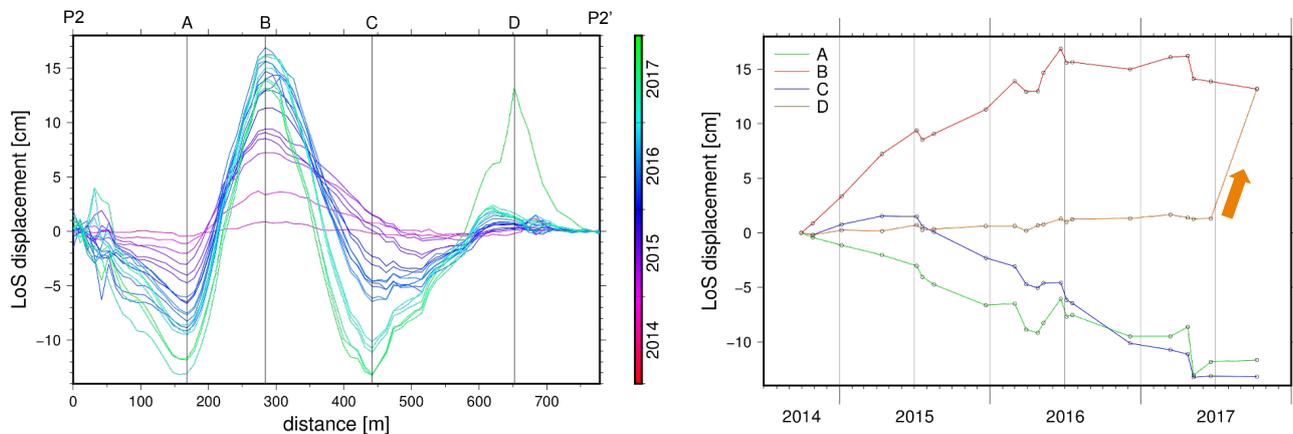
第 4 図に最新ペアによる北行軌道 (path131:第 4 図 A) と南行軌道 (path22:第 4 図 B) の干渉画像を示す。北行軌道・南行軌道共に 2017 年 10 月 11 日の噴火口周辺に局所的な視線距離短縮の位相変化が認められる。北行軌道では観測期間に噴火 (10 月 11 日) を含んでいないにもかかわらず、既に視線距離短縮の位相変化が認められる。同様の結果は強度画像の解析からも得られている (第 7 図参照)。西側斜面の視線距離短縮は認められないが、期待される変位量は 7mm 以下であり、検出限界を下回るためであると考えられる。

第 5 図には第 4 図 A 中の P2-P2' で示した測線に沿った北行軌道 (path131) の位相断面と、変位最大点の時間変化を示す。10 月 10 日の観測において最大 10cm を超える視線距離短縮の位相変化が認められるが、局所的に相関の低下が見られている領域 (第 6 図参照) であるため、変位量が過大となっている可能性がある。



第 4 図 ALOS-2/PALSAR-2 による最新ペアの干渉画像

図中の丸印は GNSS 連続観測点を示す。北行軌道・南行軌道共に 2017 年 11 月 11 日噴火の噴火口周辺で局所的な視線距離短縮の位相変化が認められる。A) パス 131（北行軌道）。B) パス 22（南行軌道）。

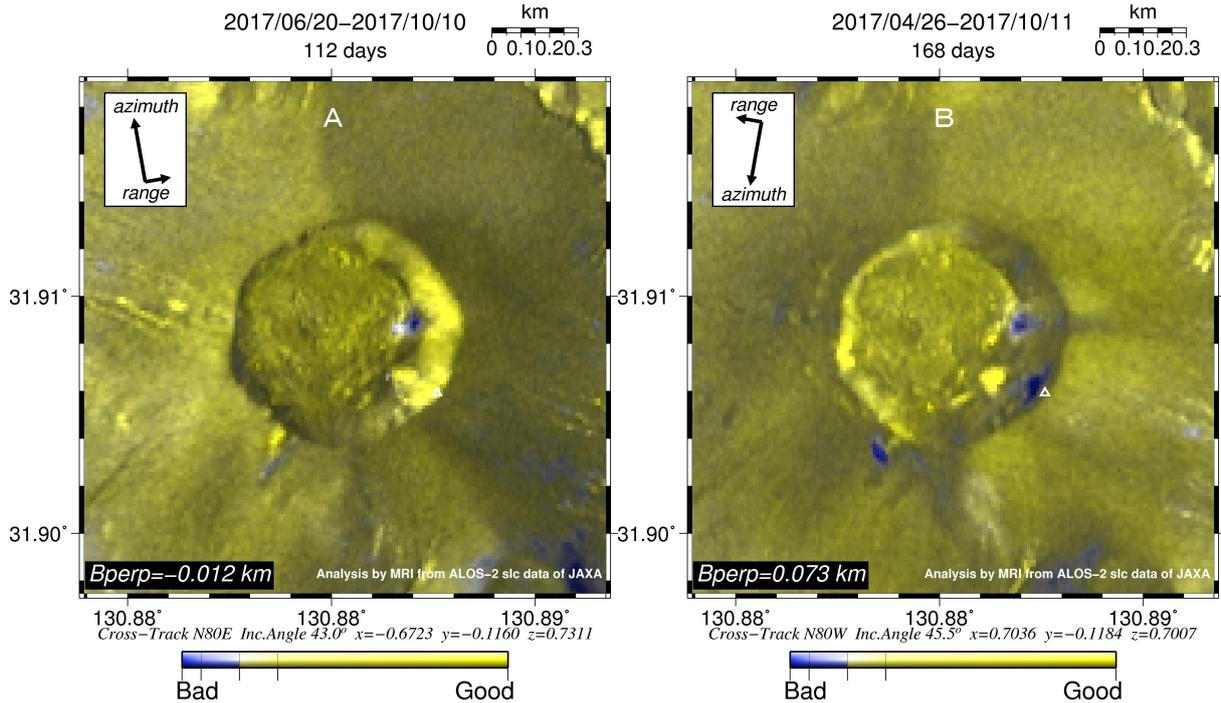


第 5 図 path131 を用いた新燃岳火口内の地表変位の時間変化

凡例は第 3 図に同じ。南北断面の位置は第 2 図-A 中の P2-P2'。地点 D（10 月 11 日の噴火口に対応）において急激な視線距離短縮が見られるが、局所的に干渉性が低く、変位量が過大となっている可能性がある。

### 3. 関連画像解析の結果

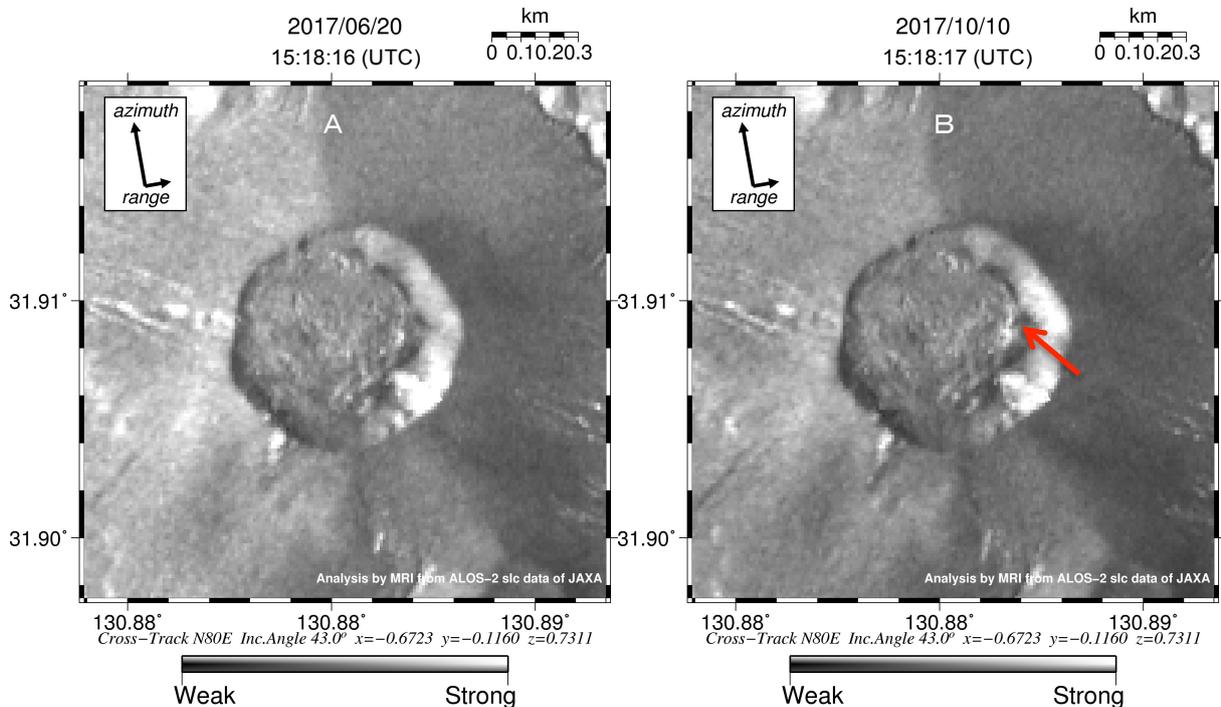
第 6 図に今回の噴火前の直近のペアによる北行軌道（path131：第 6 図 A）と噴火を挟む直近のペアによる南行軌道（path22：第 6 図 B）の関連画像を示す。干渉解析の際の干渉度を示す指標のひとつであり、例えば異なる二時期のデータにおいて、著しい地形変化が生じた場合などには、相関度の低下が認められる。これによれば、いずれの軌道からも、火口内東端付近において、顕著な相関度低下（青色）が検出された。



第 6 図 path131 (A) と path23 (B) の最新ペアにおける相関画像  
 相関度の高い部分を黄色，低い部分を青色で示した。

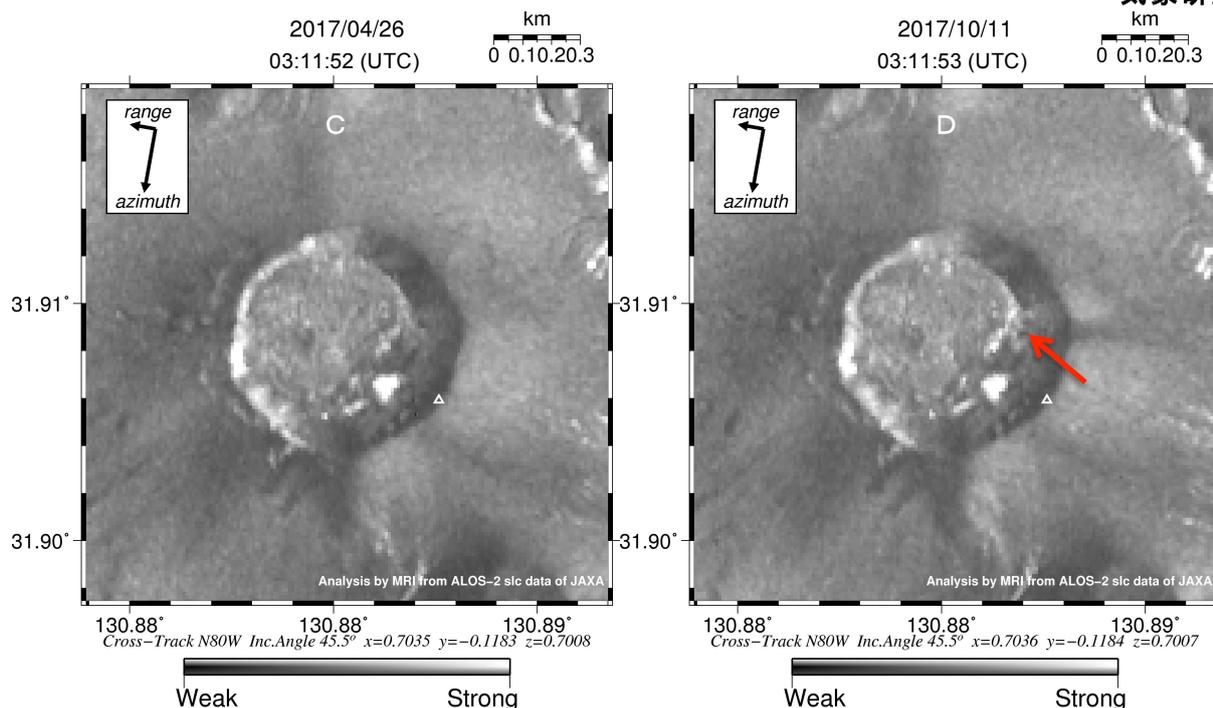
4. 強度画像解析の結果

第 7 図に path131 及び path23 における最新のペアを用いた強度画像を示す。SAR は昼夜や天候を問わず，地表まで電波が到達するため，その反射強度を画像化し比較することによって，地表の変化を検出することが可能である。これによれば，噴火前の 2017 年 10 月 10 日 15:18UTC（日本時間 2017 年 10 月 11 日 0:18）の段階で，すでに微小な地形変化が始まっていた可能性があることがわかった。



火山噴火予知連絡会拡大幹事会（平成 29 年 10 月 19 日）  
 （霧島山新燃岳）

気象研究所



第 7 図 path131 (A, B) と path23 (C, D) の最新ペアにおける強度画像

噴火時刻（2017/10/10 20:34UTC）後の画像は D のみであるが、噴火時刻前の B においても若干の地形変化が確認できる（→は地形変化付近を示す）。

謝辞

本解析で用いた PALSAR-2 データは、火山噴火予知連絡会が中心となって進めている防災利用実証実験（衛星解析グループ）に基づいて、宇宙航空開発機構（JAXA）にて観測・提供されたものである。また、一部のデータは、PIXEL で共有しているものであり、JAXA と東京大学地震研究所の共同研究契約により JAXA から提供されたものである。PALSAR-2 に関する原初データの所有権は JAXA にある。PALSAR-2 の解析ソフトウェアは、防災科学技術研究所の小澤拓氏により開発された RINC を使用した。また、処理の過程や結果の描画においては、国土地理院の数値地図 10m メッシュ（標高）を元にした DEHM を使用した。ここに記して御礼申し上げます。

霧島山（新燃岳）

### 気象レーダーによる霧島山（新燃岳）の噴煙エコー観測結果について（速報）

気象レーダーによる観測結果から、以下のことが分かった。

- ・気象庁一般気象レーダー（種子島・福岡）によって、新燃岳噴火に伴う噴煙エコーの消長が（一部）捉えられていた。
- ・種子島レーダーによる観測結果から、噴煙エコーは最大で海拔約 4.9km に達していた可能性がある。ただし、噴煙を捉えた最高仰角（ $1.4^{\circ}$ ）の新燃岳上空におけるビーム幅は約 2.5km である。

※エコー高度の精査や局所的な気象（降水）エコーとの区別など、更なる解析が必要。

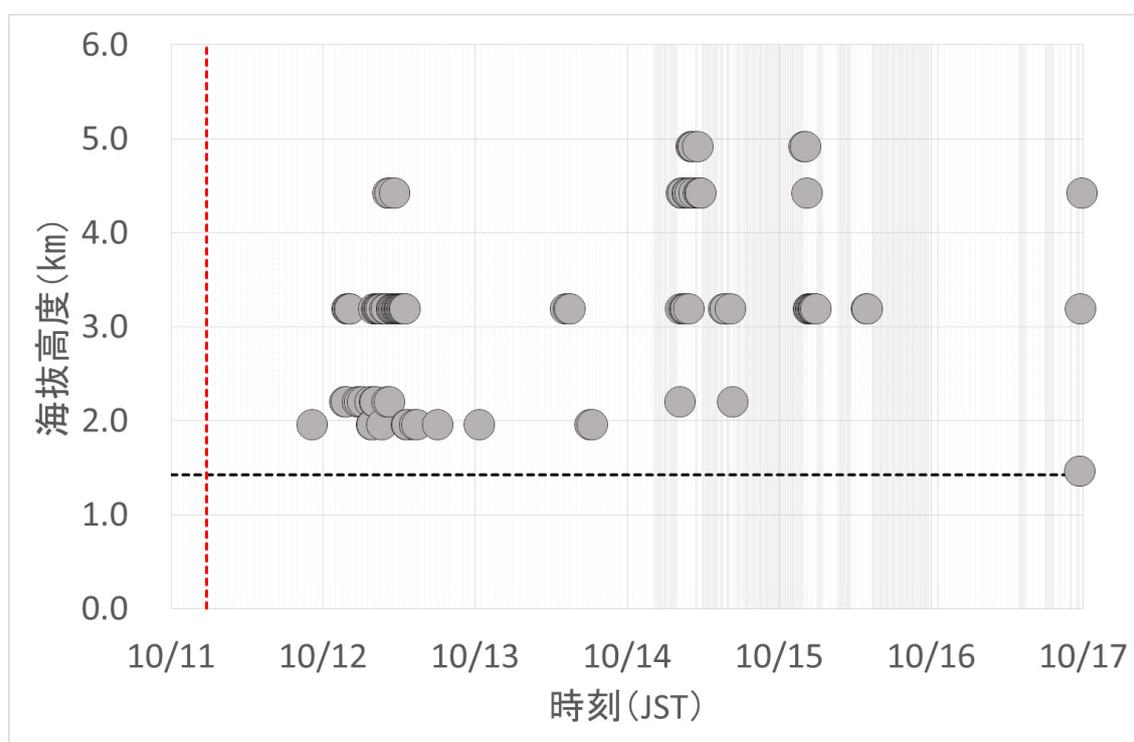




図 2：2017 年 10 月 14 日 10 時 06 分の遠望カメラ（猪子石（新燃岳））による画像  
この後、噴煙のトップが雲に隠れたため、（最高）高度は不明。

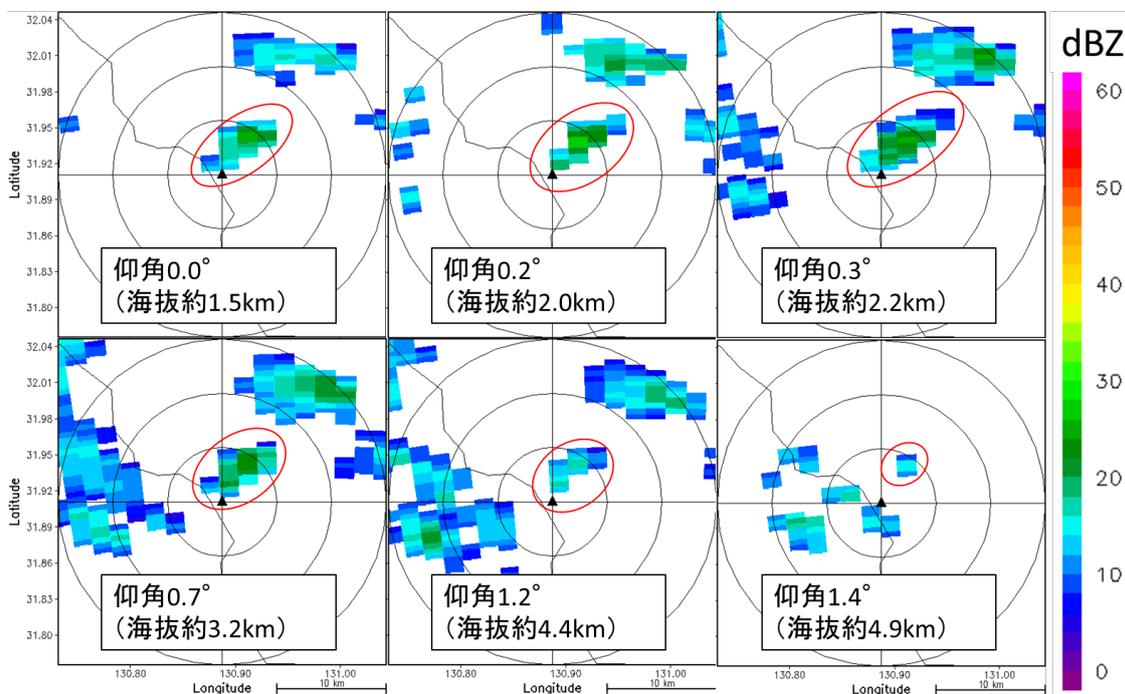


図 3：2017 年 10 月 14 日 10 時 10 分～15 分の種子島レーダーによる反射強度  
▲は新燃岳を、同心円は新燃岳から 5km、10km、15km を表す。赤丸が噴煙エコー。

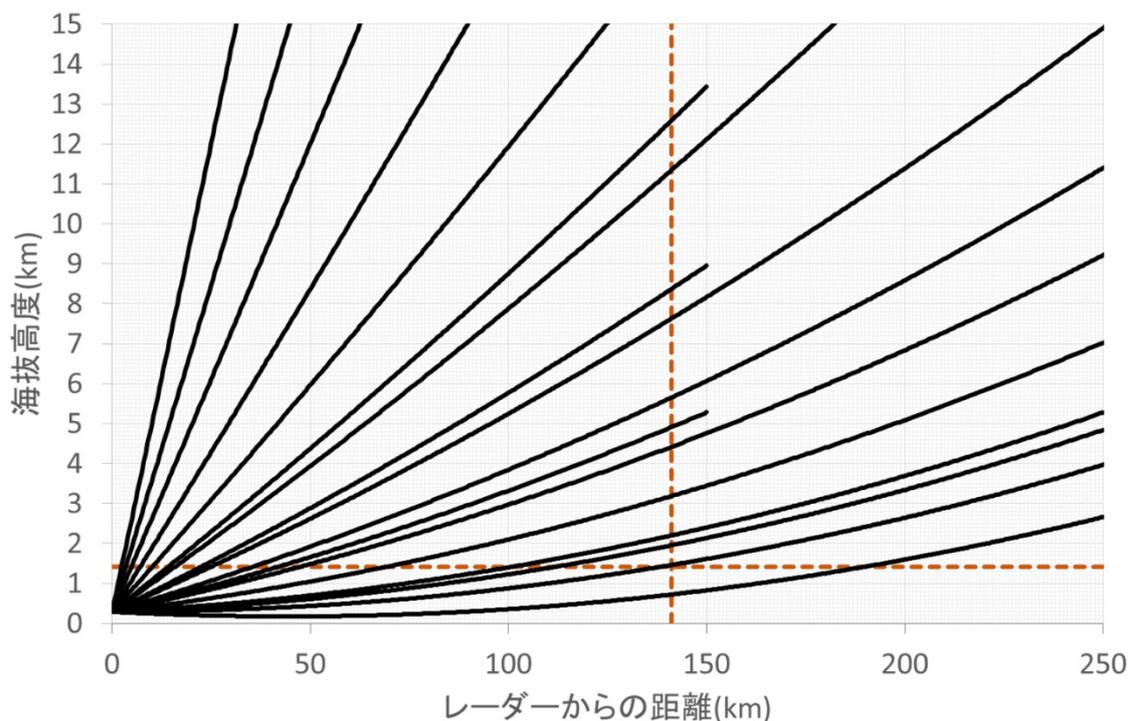


図 4：種子島レーダーのビーム（中心）高度

点線（茶色）は新燃岳（三角点）の位置と高さを表す。ビーム高度は、等価地球半径を地球半径の 4/3 倍として計算。

注意事項：

ビーム高度は、等価地球半径を地球半径の 4/3 倍として計算。大気屈折率とビーム幅による誤差、低仰角では観測値が地形除去処理の影響を受けることに注意。また、現状では、噴煙エコーと、山岳地形の影響で発生した局所的な気象（降水）エコーとの明瞭な区別は出来ない。

2017/10/19

2017年10月11～14日霧島山(新燃岳)噴火に伴う降灰予測

- 噴火が開始した10月11日05時34分から14日15時までを5つの期間に分け、遠望観測による噴煙高度に基づき、各期間の連続的噴火に伴う降灰シミュレーションを実行した
- 降灰は、11日日中は火口の東方向に確認(下図a), 11日夜間は引続き東方向(同図b), 12日日中は北～北東方向(同図c), 12日夜間～13日日中は再び東方向に予想(同図d), 14日日中は北東方向と南方向に確認された(同図e)
- 12日日中の降灰域の広がり(下図c)は東進した高気圧縁辺からの南よりの風, 14日日中の降灰域の広がり(同図e)は南下した前線面上部の南西風と下部の北風の影響と考えられる

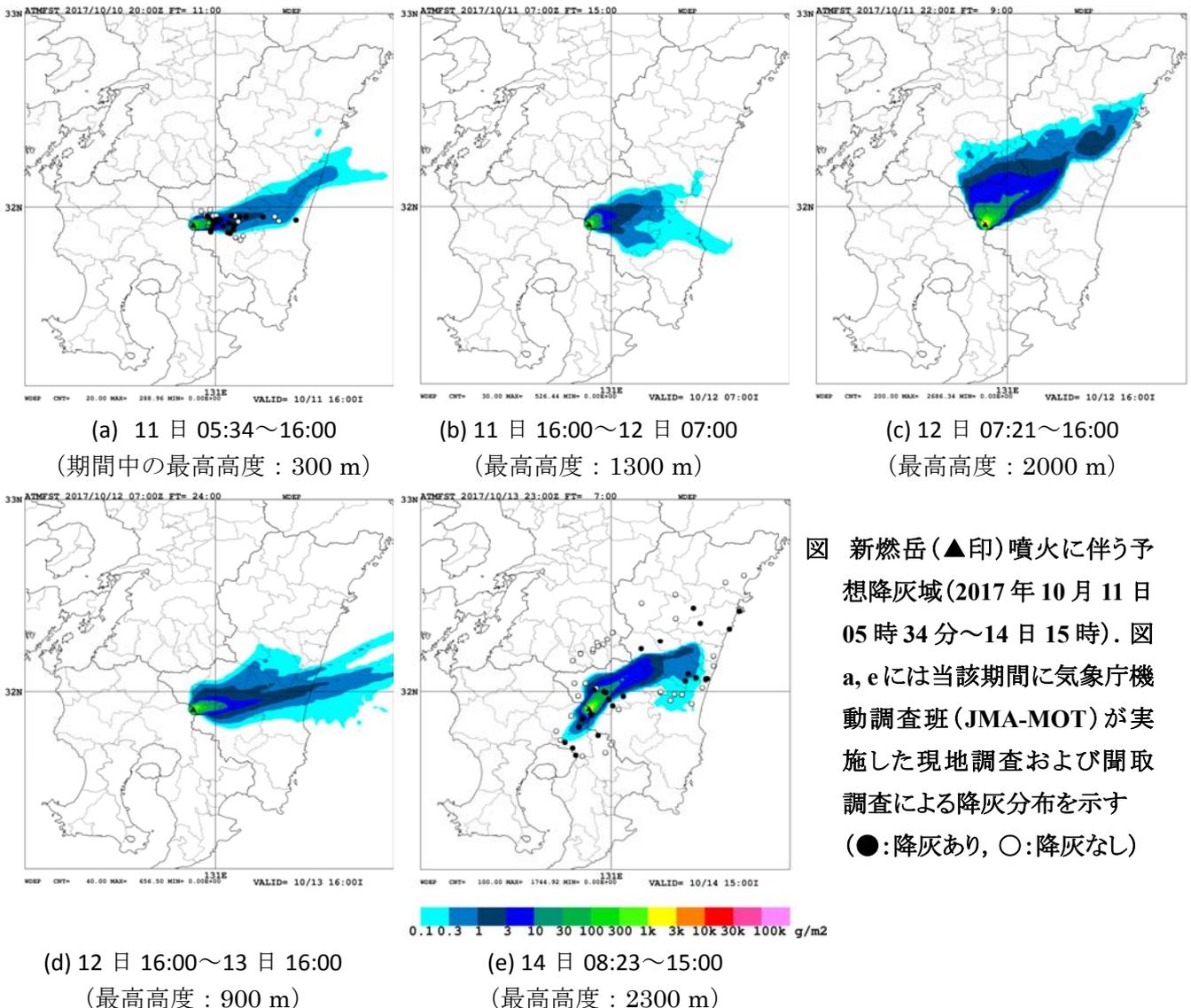


図 新燃岳(▲印)噴火に伴う予想降灰域(2017年10月11日05時34分～14日15時). 図a, eには当該期間に気象庁機動調査班(JMA-MOT)が実施した現地調査および聞取調査による降灰分布を示す(●:降灰あり, ○:降灰なし)

注)

- 気象庁降灰予報で運用している領域移流拡散モデル(JMA-RATM)を使用
- ただし本予測計算では、大気場として気象庁局地解析を使用し、湿性沈着は切っている
- 遠望観測による噴煙高度が火口上1000m未満の期間は、一律1000mを仮定して計算した

霧島山

平成 29 年 10 月 19 日

## 2017 年 10 月 10 日から 17 日にかけての新燃岳の 気象衛星ひまわり 8 号による観測結果

静止気象衛星ひまわり 8 号（以下、ひまわり 8 号）によって、2017 年 10 月 10 日 09 時～17 日 15 時（JST）の期間中 2 回、新燃岳から火山灰が放出される様子が確認された。

衛星データ解析では、ひまわり 8 号がもつ 16 の観測バンドのうち、火山灰や SO<sub>2</sub> ガス、雲に感度を持つ 3 種類のバンドの観測データを利用して、火山灰や SO<sub>2</sub> ガスを検出できることが示唆される画像合成手法（以下、Ash RGB 画像）を用いた。なお、解析に用いたのは 10 分毎の観測データである。

Ash RGB 画像によって新燃岳からの火山灰の放出が明瞭に確認できたのは、おおよそ 11 日 8 時 50 分～10 時 40 分（JST）と 12 日 7 時 40 分～13 時 20 分（JST）の合計 2 期間であった（図 1）。また、Ash RGB 画像から確認できた噴煙の流れる方角と、遠望観測で得られた噴煙高度付近の気象庁メソ解析の風向（図 2）を比較すると概ね整合的であった（例えば、遠望観測では、11 日 9 時（JST）に高度 300m の噴煙を観測し、12 日 7 時 50 分（JST）に高度 1700m 以上の噴煙を観測している）。

なお、Ash RGB 画像では、噴煙が厚い雲に覆われると火山灰または SO<sub>2</sub> ガスの検出が困難となる場合が多い。そのため、この期間中のおおよそ 13 日 2 時から 17 日 15 時（JST）にかけては、ほぼ全ての期間中、雲の影響のため火山灰または SO<sub>2</sub> ガスの放出の有無は確認できていない。

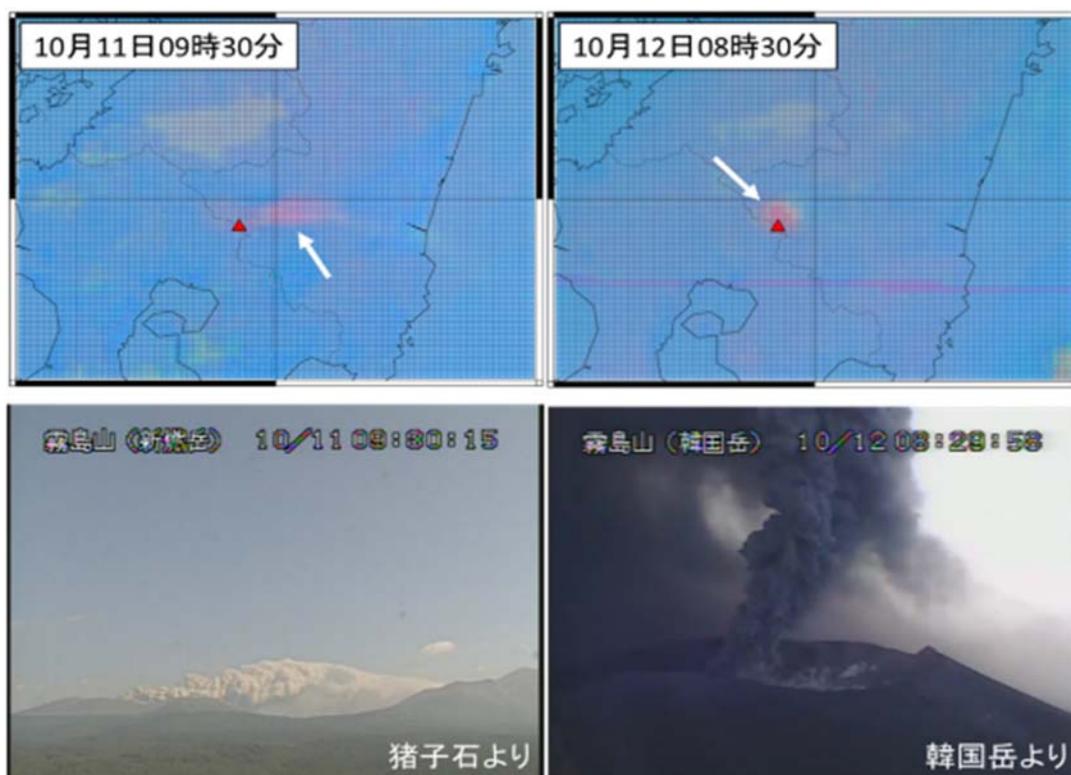


図 1：Ash RGB 画像で捉えた火山灰（上段）と、ほぼ同時刻の遠望カメラの映像（下段。左は猪子石、右は韓国岳からの映像）。左列は 10 月 11 日 9 時 30 分（JST）、右列は 10 月 12 日 8 時 30 分（JST）。

Ash RGB 画像では、バンド 15 (12.4  $\mu\text{m}$ ) とバンド 13 (10.4  $\mu\text{m}$ ) の輝度温度差を赤、バンド 13 (10.4  $\mu\text{m}$ ) とバンド 11 (8.6  $\mu\text{m}$ ) の輝度温度差を緑、バンド 13 (10.4  $\mu\text{m}$ ) の輝度温度を青として配色する。図の白矢印が示す赤色に配色された部分が新燃岳から放出された火山灰に対応すると推測される。ただし、上段の赤三角は新燃岳の位置を示す。

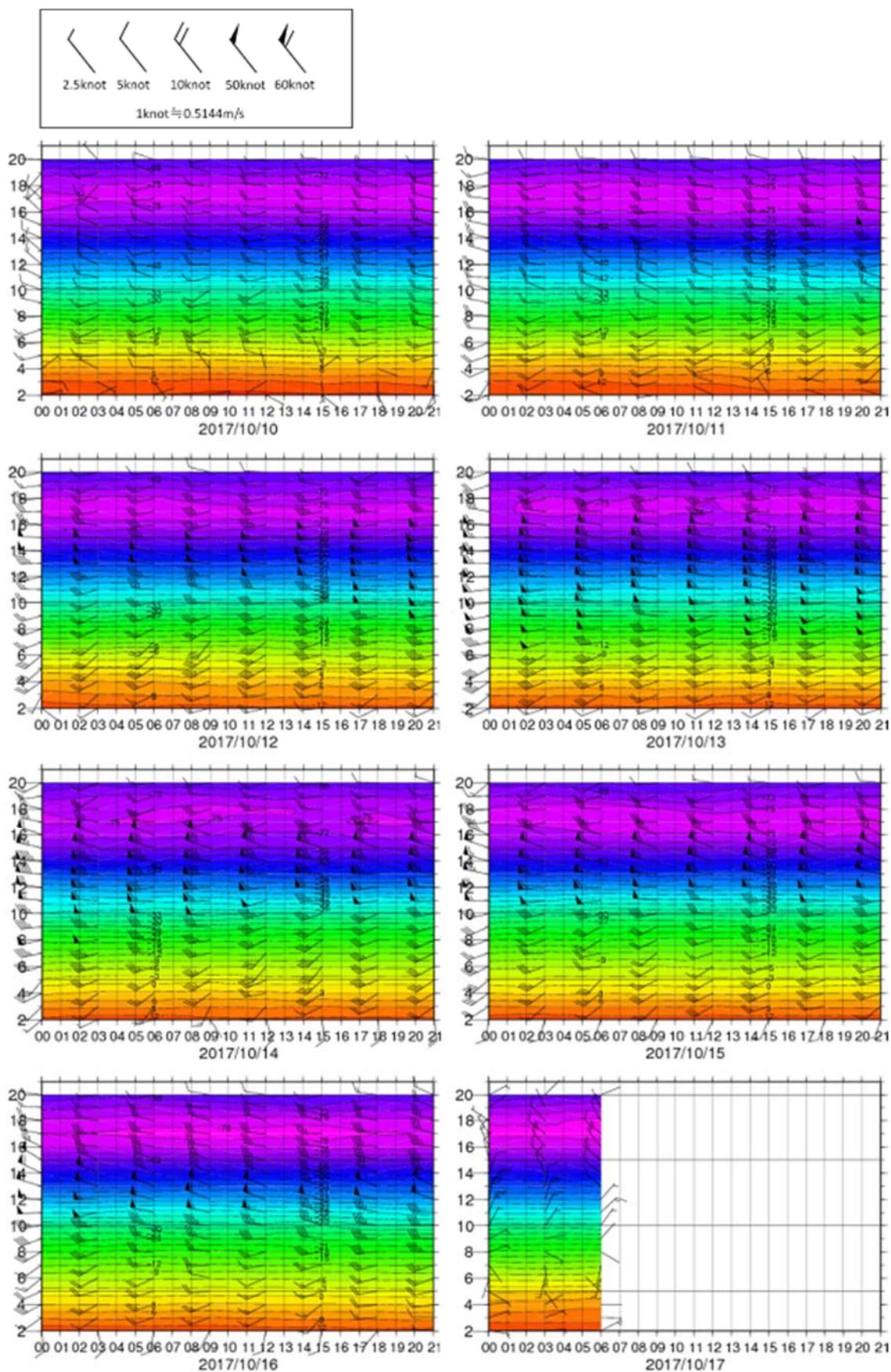


図2：2017年10月10～17日の気象庁メソ解析の新燃岳直上の時系列（3時間毎）。縦軸は海拔高度（km）、横軸は時間（UTC）。矢羽は風向と風速（凡例参照）を表し、色は気温を表す。

## 2017年10月11-12日新燃岳火山灰の水溶性付着成分

2017年10月11日, 12日に降下した火山灰を採取し, 水溶性付着成分を分析した. 火山灰1kgあたり2110~3620mgのCl<sup>-</sup>, 18600~26500mgのSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>を検出し, Cl/SO<sub>4</sub>モル比は0.31~0.40であった. また, 火山灰付着成分のCl/SO<sub>4</sub>モル比は, 2017年10月11日11時15分, 同日12時43分, 翌12日16時00分にかけて火山灰のCl/SO<sub>4</sub>モル比は0.31, 0.36, 0.40と推移した.

### 【試料採取・分析】

火山灰は, 2017年10月11日に宮崎県高原町広町(11:15)および同町蒲牟田(12:43), 同年10月12日に鹿児島県霧島市高千穂河原(16:00)で採取した. 採取した火山灰0.5gを超純水10mLと混合して超音波抽出を実施した後, 懸濁液を0.45μmメンブレンフィルターでろ過して得た溶液に含まれるCl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>をイオンクロマトグラフ法により分析した.

### 【分析結果・考察】

分析したCl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は, 火山灰1kg当たりの付着量(mg)に換算して表1に示した. 一般に, 火山灰に付着したCl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の量や量成分の比(Cl/SO<sub>4</sub>モル比)は噴火の様式を反映し, Cl/SO<sub>4</sub>モル比は火山灰と同時に放出された火山ガスのCl/SO<sub>4</sub>モル比を反映する(風早ほか, 2001; 小坂ほか1983). 表1に過去のいくつかの噴火に伴って放出された火山灰の付着成分の量およびCl/SO<sub>4</sub>モル比を示した通り, マグマ噴火で放出される火山灰の付着量は少なく, Cl/SO<sub>4</sub>モル比は大きい. 一方, 水蒸気噴火で放出される火山灰は付着量が大きく, Cl/SO<sub>4</sub>比は小さい. 今回, 2017年10月11日および12日に新燃岳の噴火に伴って放出された火山灰の付着成分は, 付着量が多く(Cl<sup>-</sup>; 2110~3620mg/kg, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>; 18600~26500mg/kg)水蒸気噴火が疑われる一方, Cl/SO<sub>4</sub>モル比は0.31~0.41と高く, 当該噴火には高温の火山ガスが関与したと考えられる.

また, 2017年10月11日11時15分, 同日12時43分, 翌12日16時00分にかけて火山灰のCl/SO<sub>4</sub>モル比は0.31, 0.36, 0.40と推移した.

表1. 火山灰の水溶性付着成分

火山(火山灰採取地)	降灰日(採取時間)	噴火様式	水溶性付着成分			出典
			Cl <sup>-</sup> mg/kg	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/kg	Cl/SO <sub>4</sub> molar ratio	
新燃岳(宮崎県高原町広原)	2017.10.11(11:15)	-	2110	18600	0.31	本報告
新燃岳(宮崎県高原町蒲牟田)	2017.10.11(12:43)	-	3530	26500	0.36	本報告
新燃岳(鹿児島県霧島市高千穂河原)	2017.10.12(16:00)	-	3620	24500	0.40	本報告
北海道駒ヶ岳	1998.10.25	水蒸気噴火	225~682	10700~23400	0.06~0.08	中川ほか(2001)
御嶽山	1979.10.28-31	水蒸気噴火	1490~5950	3880~22590	0.29~1.04	小坂ほか(1983)
雲仙普賢岳	1990.11.18~1991.5.11	水蒸気噴火/マグマ水蒸気噴火	37.5~576	3470~6000	0.03~0.36	Nogami et al. (2001)
雲仙普賢岳	1991.3.27~1991.8.31	マグマ噴火	54.4~1630	51.8~770	0.47~16.2	Nogami et al. (2001)
有珠山	1977.8.7~9	マグマ噴火	61~529	43~1,430	0.60~1.60	松尾ほか(1977)
富士山	1707宝永噴火	マグマ噴火	90.6	146.5	1.71	宮地, 尾口(2004)

\*分析値は今後変更する場合があります.

付録

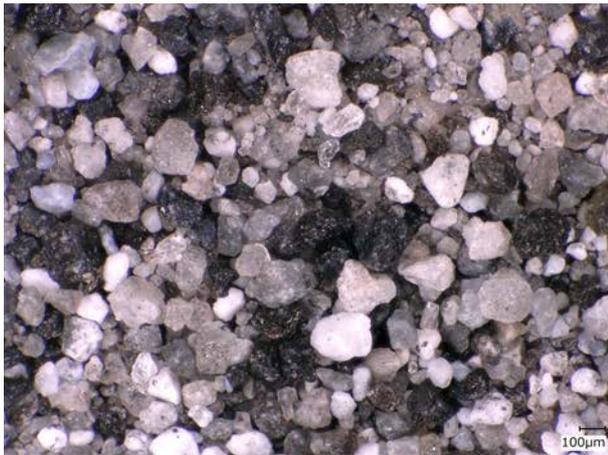


図 1. 2017 年 10 月 11 日(11:15) 宮崎県高原町広町  
超音波洗浄後上澄みを除去して乾燥させた火山灰.



図 2. 2017 年 10 月 11 日(12:43) 宮崎県高原町町蒲牟田  
超音波洗浄後上澄みを除去して乾燥させた火山灰.

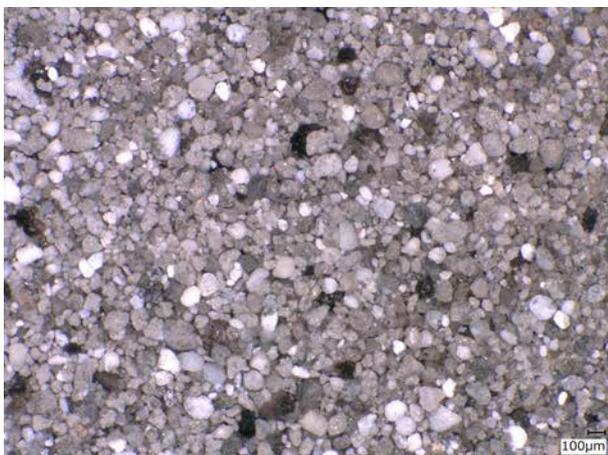


図 3. 2017 年 10 月 12 日(16:00) 鹿児島県霧島市高千穂河原  
超音波洗浄後上澄みを除去し、純水中に沈澱している火山灰.