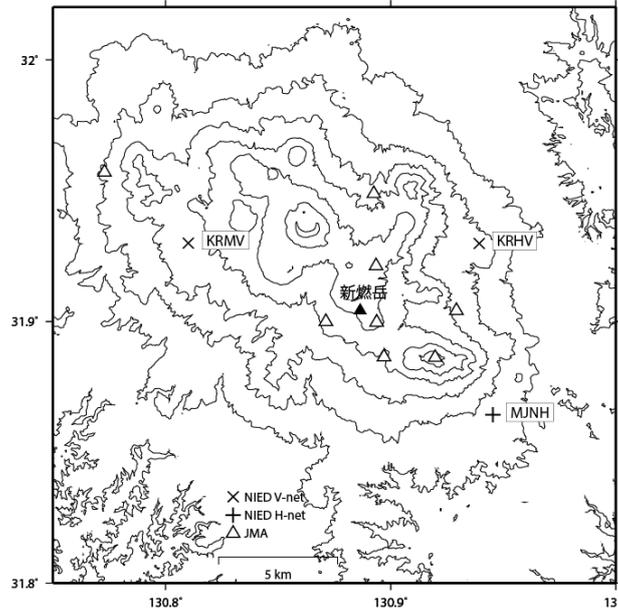


霧島山の火山活動について



この地図の作成にあたっては、国土地理院発行の数値地図 50mメッシュ（標高）を使用した。

KRMV=地震計（短周期・広帯域）、傾斜計、気圧計、温度計、雨量計、GNSS

KRHV=地震計（短周期・広帯域）、傾斜計、気圧計、温度計、雨量計、GNSS

資料概要

○ 地震活動

10月9日15時台に振幅のやや大きい火山性微動が観測されたのち、11日から噴火に伴う火山性微動が観測された。14日から15日にかけて振幅の増大が見られたが、その後低下している（図1）。いずれの火山性微動も新燃岳火口付近で発生していると考えられる（図2～3）。

○ 地殻変動

傾斜計記録（図4、5）には、今回の噴火活動の直前や噴火中に顕著な変動は見られない。GNSS解析結果（図6、7）においては、2017年7月以降、新燃岳北西にある深部のマグマ溜まりの膨張によると考えられる地殻変動が観測されている。

○ 10月11日～12日噴火の降灰調査結果

2017年10月11日と12日の噴火で噴出した火山灰は、それぞれ火口から東の高原町方向、北東の小林市方向に降灰の分布軸があるように見える（図8）。

○ SAR 干渉解析結果

だいち2号とSentinel-1のSARデータの干渉解析によると、新燃岳火口中心付近において、2017年6月から噴火直前まで沈降がみられ、7月ごろから加速しているように見える（図12）。11日の噴火開始直前及び直後を含む期間の干渉画像では、火口の東縁部に隆起がみられる（図13、14）。硫黄山では前回の定例会の報告以降、顕著な変動は見られない（図15）

○ 噴火に伴う空振

山頂に近い気象庁の空振計には噴火に伴う気圧変動が観測されたが、山麓にある防災科研の気圧計では検知できなかった。

霧島山の地震活動

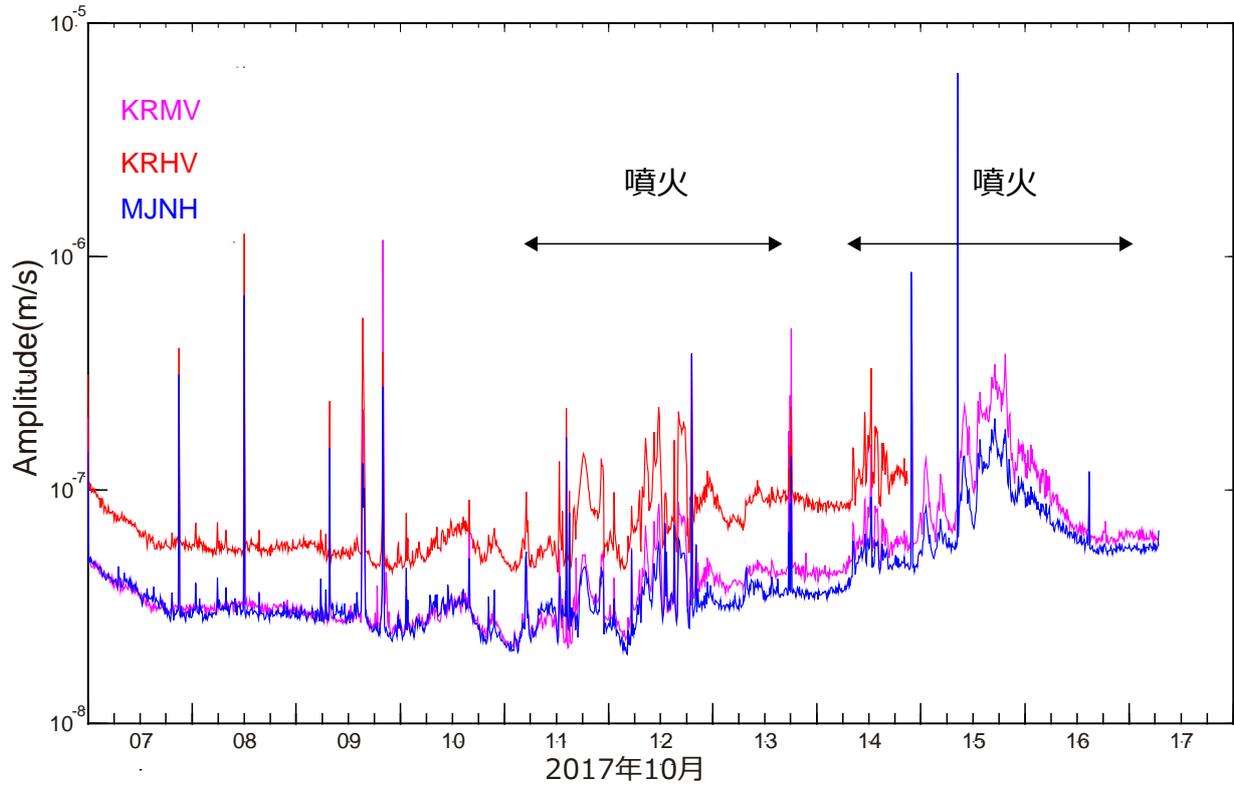


図1 霧島山万膳 (KRMV)、夷守台 (KRHV)、Hi-net 都城北観測点 (MJNH) の短周期地震計上下動成分の10分間平均振幅 (10月7日~17日、0.1~2Hzのバンドパスフィルターをかけている)。噴火に伴う火山性微動による振動が観測されている。14日から15日にかけて振幅の増大が見られたが、その後低下している。

霧島山噴火に伴う火山性微動

- 2017年10月9日から2017年10月14日の期間、霧島山新燃岳の噴火に伴って観測された火山性微動の解析を行った。データは上下動成分0.1-10Hzを使用した。
- 解析した微動は継続時間や周期、大きさは異なるものの、**全微動とも新燃岳の火口に最も近い観測点で振幅が最大となった**（図2 a-c）。
- 振幅の距離減衰を利用した手法で微動源推定を行った。残差が15%以下の場合を図3 a, bに載せる。**微動源は新燃岳の南西と北西に決まるものがあり、深さは約3-5kmの範囲となった**。ただし今回はあくまで速報であり、手法の精度や妥当性は今後調べる必要がある。

謝辞. 解析および図の作成にあたっては、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ（標高）を使用した。また、解析には気象庁の観測点データを使用した。

解析に使用した観測点

観測点名	観測点コード	所属	緯度(N)	経度(E)	センサー標高(m)
万膳	KRMV	防災科研	31.92997	130.81011	744
都城北	MJNH	防災科研 Hi-net	31.86431	130.94544	422
須木	SUKH	防災科研 Hi-net	32.04206	131.06183	234
霧島河原	V.KITK	気象庁	31.8865	130.8970	875
霧島A	V.KIRA	気象庁	31.9000	130.8712	1035
上	N.UWEH	防災科研 Hi-net	32.22094	130.90961	-3
人吉	N.HYOH	防災科研 Hi-net	32.20536	130.73714	-19
祁答院	N.KDIH	防災科研 Hi-net	31.86986	130.49578	-35
始良	N.AIRH	防災科研 Hi-net	31.71403	130.61494	-297
都城南	N.MJSH	防災科研 Hi-net	31.73014	131.07906	34

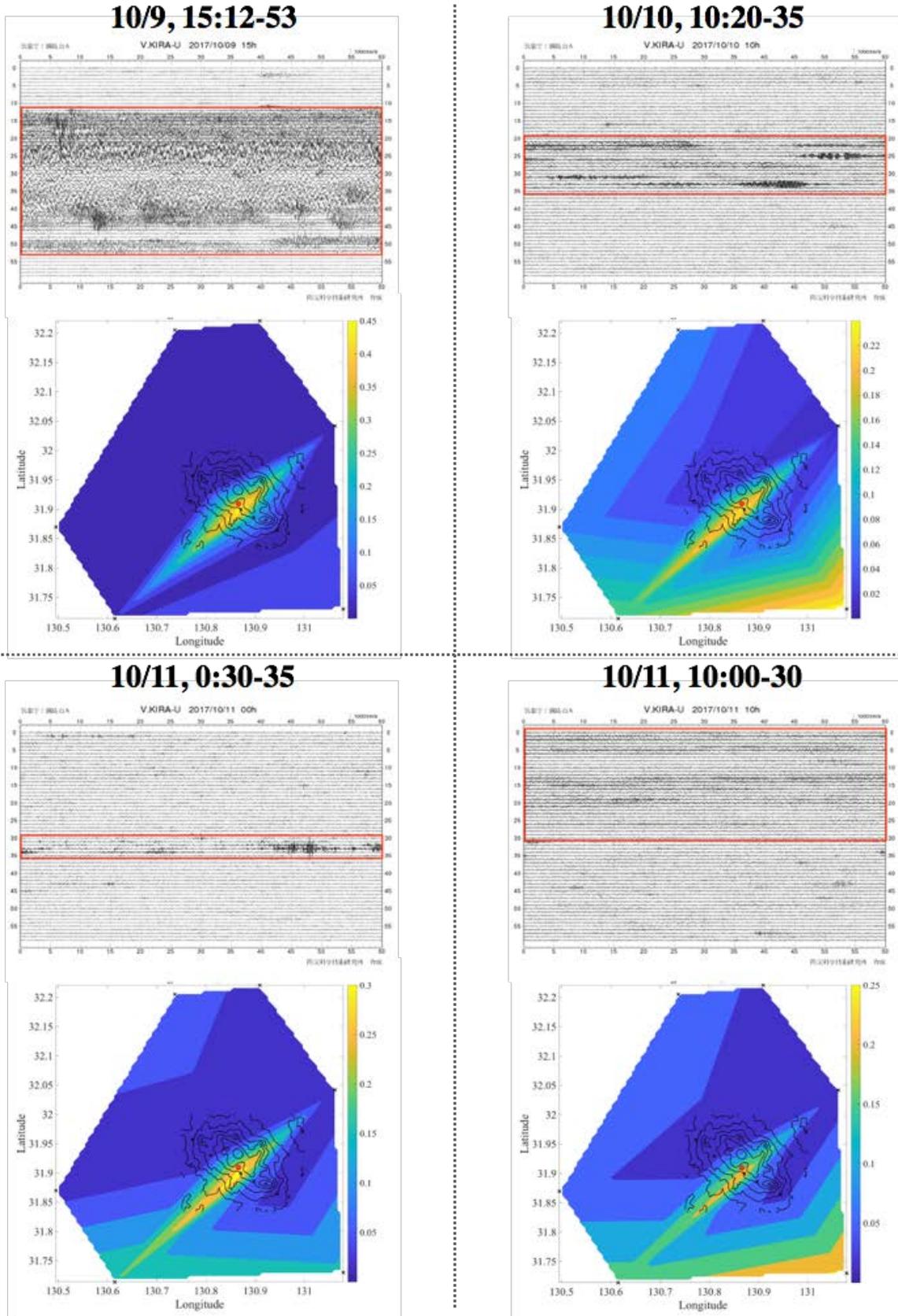


図 2 a. V.KIRA 点における火山性微動の波形（上図）と、規格化した平均二乗振幅の空間分布（下図）. 計算に使用したデータ範囲を上図の赤枠内、新燃岳火口の位置を下図の赤点で示す.

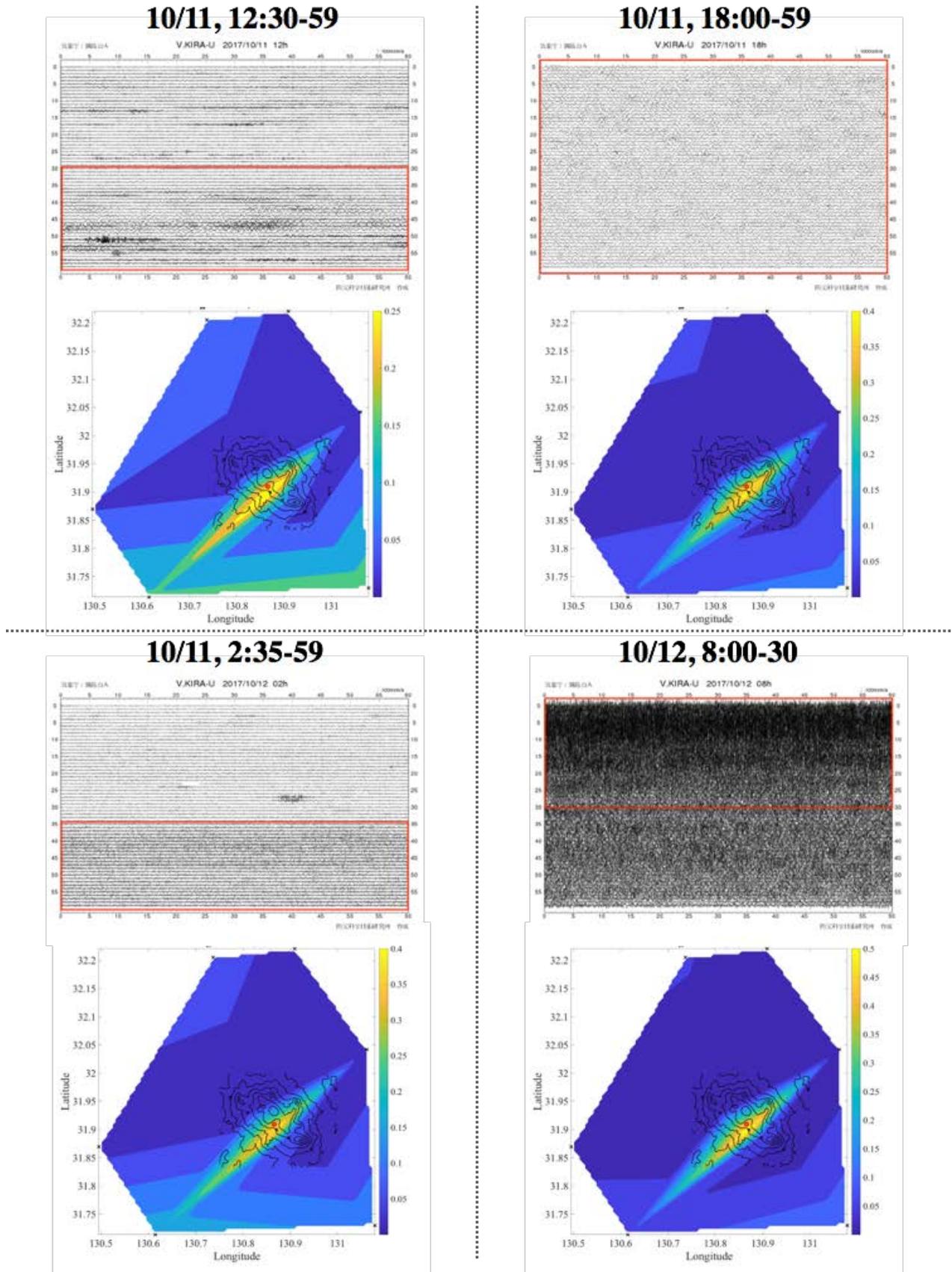


図 2 b. V.KIRA 点における火山性微動の波形（上図）と、規格化した平均二乗振幅の空間分布（下図）。計算に使用したデータ範囲を上図の赤枠内、新燃岳火口の位置を下図の赤点で示す。

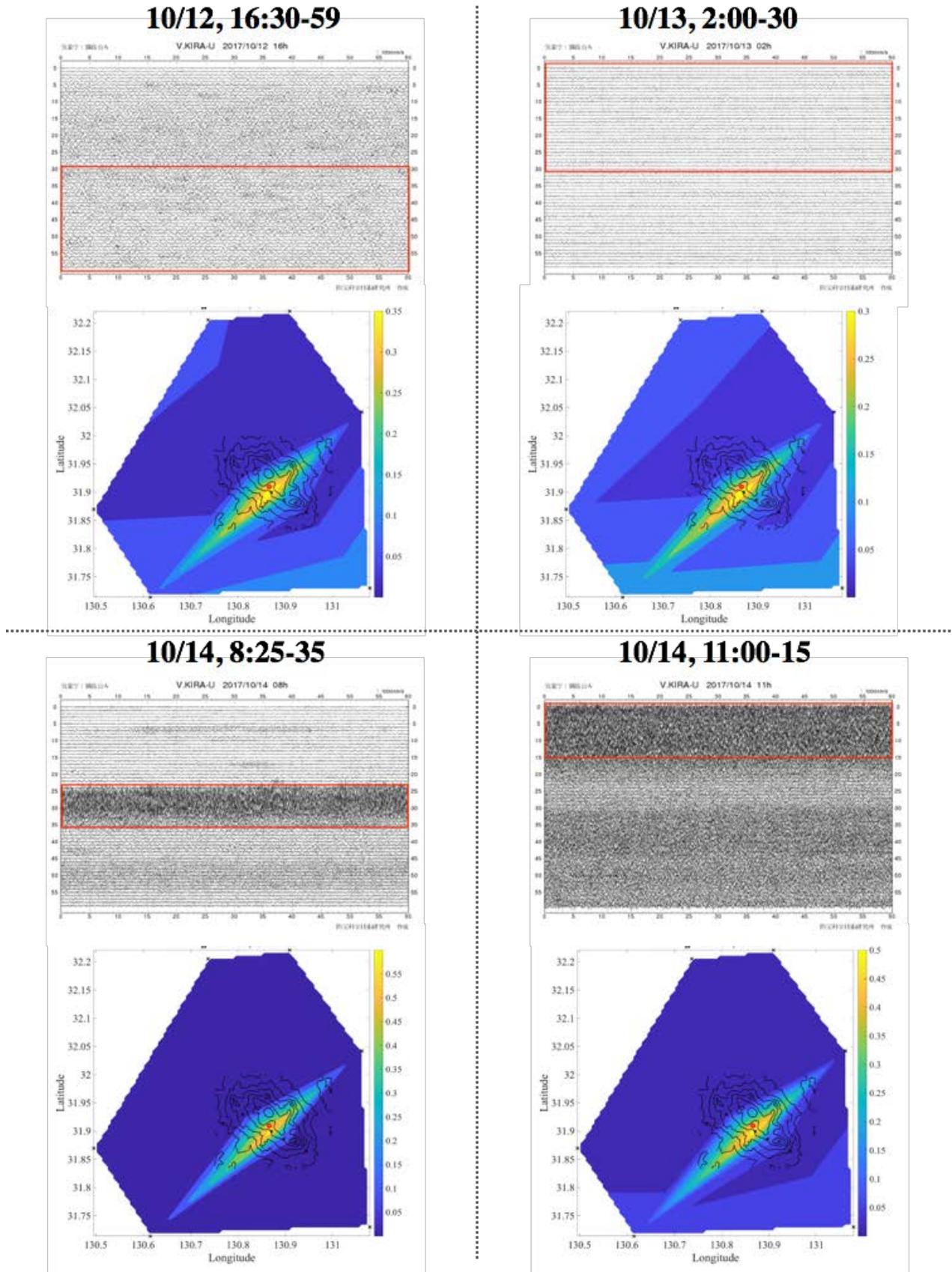


図 2c. V.KIRA 点における火山性微動の波形（上図）と、規格化した平均二乗振幅の空間分布（下図）。計算に使用したデータ範囲を上図の赤枠内、新燃岳火口の位置を下図の赤点で示す。

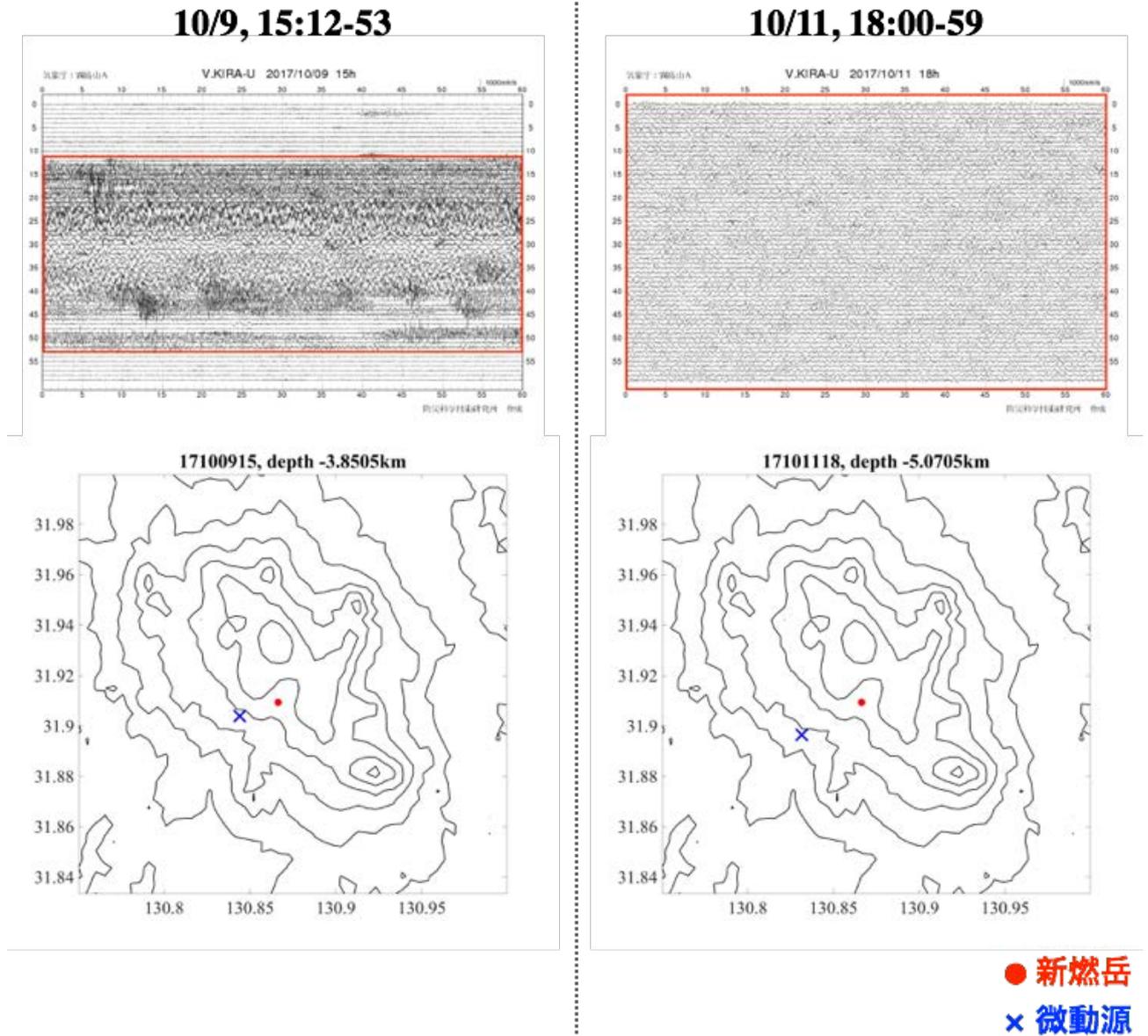


図3 a. V.KIRA点における火山性微動の波形（上図）と、振幅から推定した微動源位置（下図）。微動源推定に使用したデータ範囲を上図で赤線で囲む。微動源の深さは下図タイトルに示す（例えば2017年10月9日15:12-53の場合は、約3.85km深）。微動源推定における振幅残差は、2017年10月9日15:12-53の場合4.95%、10月11日18:00-59の場合12.96%。

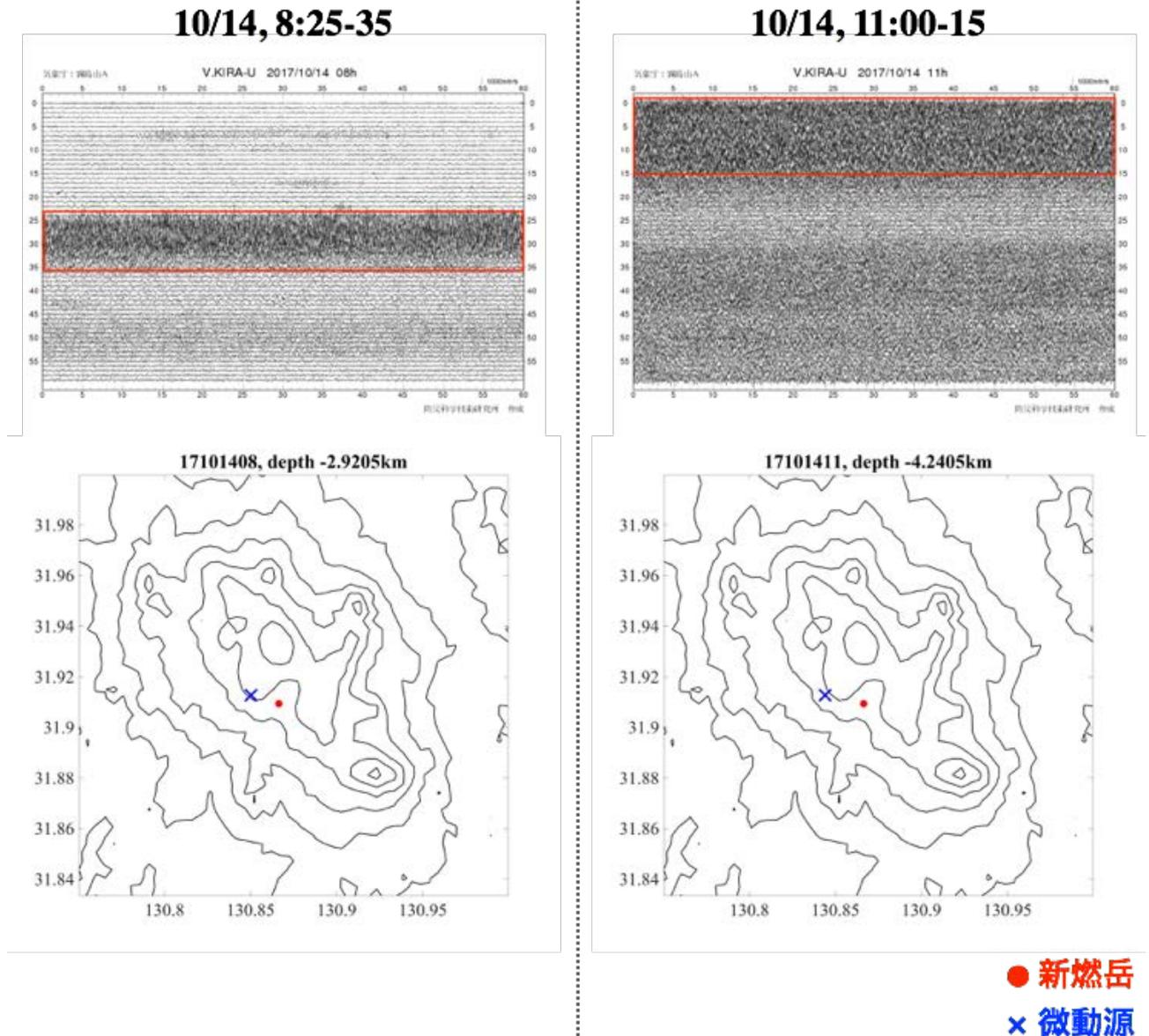


図3b. V.KIRA点における火山性微動の波形（上図）と、振幅から推定した微動源位置（下図）. 微動源推定に使用したデータ範囲を上図で赤線で囲む. 微動源の深さは下図タイトルに示す（例えば2017年10月9日15:12-53の場合は、約3.85km深）. 微動源推定における振幅残差は、2017年10月14日8:25-35の場合9.67%、11:00-15の場合12.83%.

補足

微動源推定に必要な各観測点の振幅増幅率は、2017年10月15日8:34種子島近海で発生した地震（緯度30.94、経度130.33、深さ145.8km）の coda 波を用いて推定した。

霧島山の傾斜変動

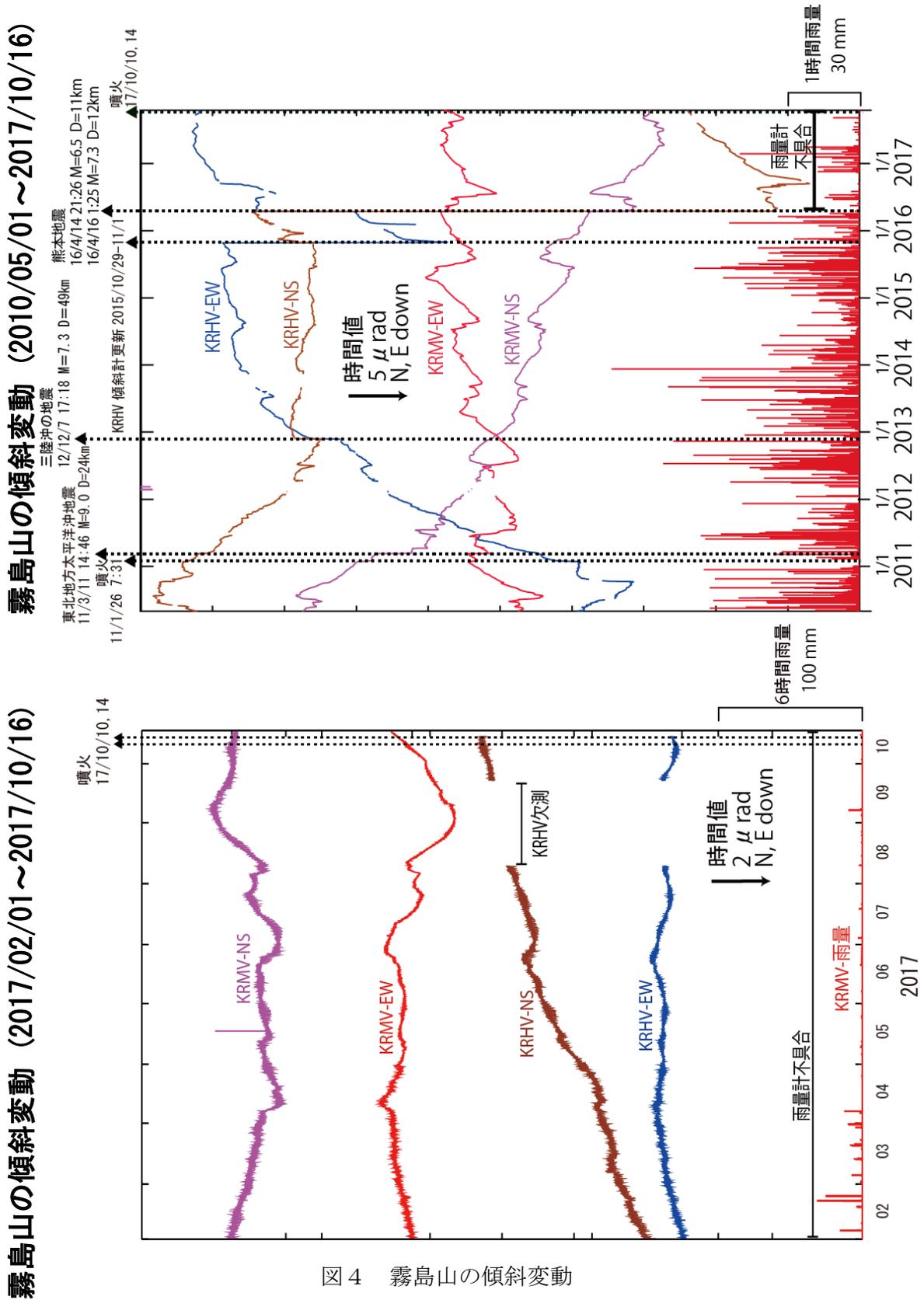


図4 霧島山の傾斜変動

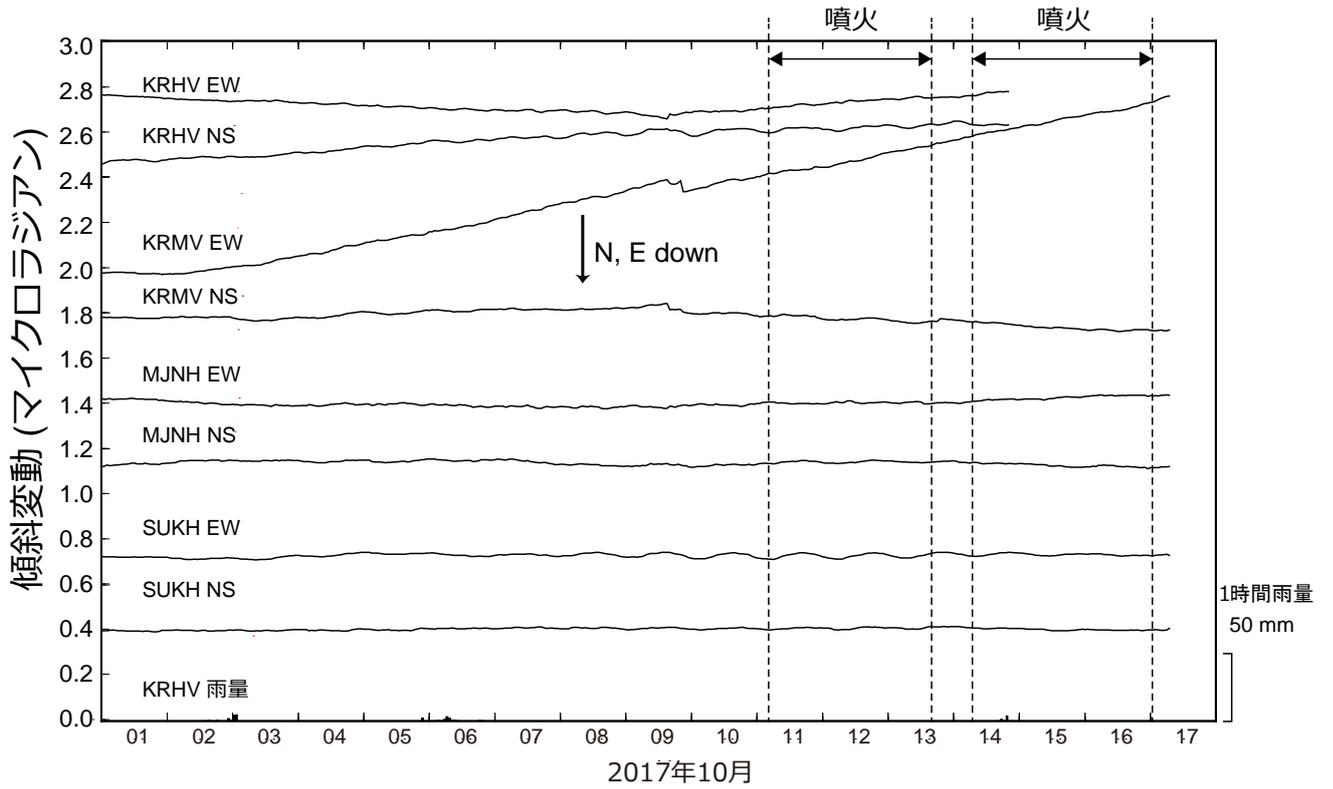


図5 霧島山万膳 (KRMV)、夷守台 (KRHV)、Hi-net 都城北 (MJNH)、Hi-net 須木観測点 (SUKH)の傾斜計記録 (10月1日から17日までの時間値。潮汐成分を取り除いている)。2011年噴火では深部のマグマ溜まりの収縮による傾斜変動が観測されたが、今回の噴火ではほとんど変化は見られない。

霧島山のGNSS解析結果

霧島山万膳観測点(KRMV)と夷守台観測点(KRHV)間の基線長の変化

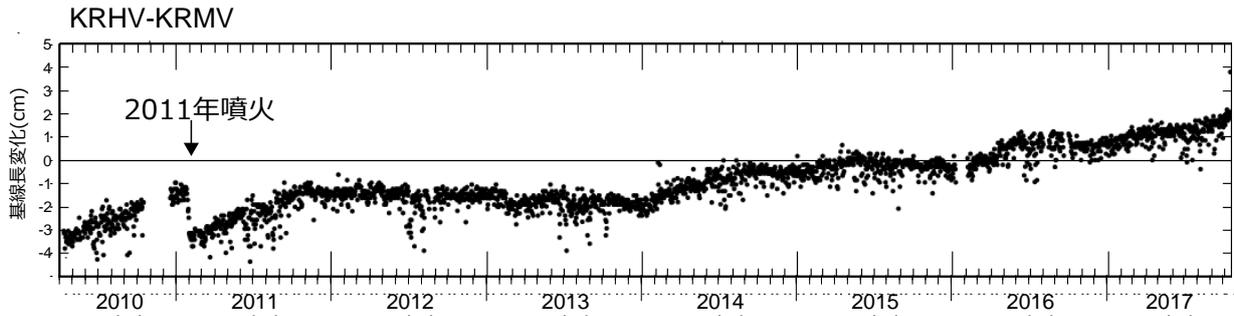


図6 霧島山万膳観測点(KRMV)と夷守台観測点(KRHV)間の基線長の変化(2011年4月から2017年10月14日まで)。2016年末ごろから、基線長の伸びがみられる。

国土地理院 GEONET データとの併合解析結果 (2017年7月-10月)

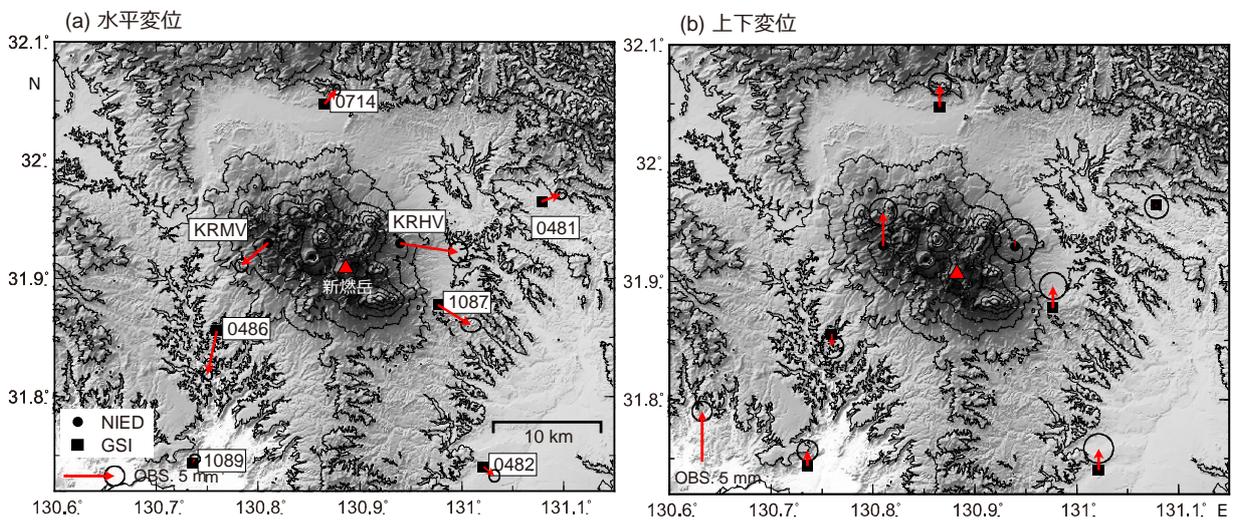


図7 国土地理院の大口観測点(0485)を基準とした霧島山周辺のGNSS観測点の変位ベクトル。新燃岳北西にある深部のマグマ溜まりの膨張によると考えられる地殻変動が観測されている。2017年7月の1か月間と10月1日-10月14日の平均値の差から計算した。本解析には国土地理院のデータを使用した。

霧島新燃岳 2017 年 10 月 11 日～12 日噴火の降灰調査結果

霧島新燃岳 2017 年 10 月 11 日噴火で噴出した火山灰について、10 月 11 日から 12 日にかけて分布調査を行った。

今回の調査によると、11 日噴火の降灰分布については火口から東方向に降灰分布軸があり、高原町市街付近に 100～500 g/m²程度の降灰があったと考えられる。夷守台南方付近で降灰量の最大量(787 g/m²)を計測したが、より火口に近い側で計測された堆積量の方が少ないことから、この付近は局所的に多く堆積した可能性がある(図 8)。このような分布の原因として火山灰運搬過程での凝集粒子の形成や山地地形の影響等による可能性が考えられる。

1 2 日の噴火では、北東方向の小林市方面に火山灰の分布軸があるように見える(図 8)。夷守台付近で 100 g/m²、小林市街付近で 10 g/m²程度の降灰があったと考えられる。これは 1 2 日の日中を通じて噴煙が概ね北東方向に流れていたことに対応している。一方、火口から南～西方向にも火山灰が分布している(図 8)。12 日午前中に観察された噴煙の上部は水平に幅広く広がっていたことから、その部分から降下した火山灰が広く分散した可能性が考えられる。さらに西側の新湯付近での観察では午前 10 時頃まで南側山麓地表付近に火山灰雲が漂っていたことから、高千穂河原周辺のやや多い降灰(120～160 g/m²程度)はそのような火山灰雲から堆積したものの可能性がある。

以上の結果は今後の精査により修正されることがある。また、各機関が調査した結果と統合され、噴出量・噴火規模の推定等に利用される予定である。

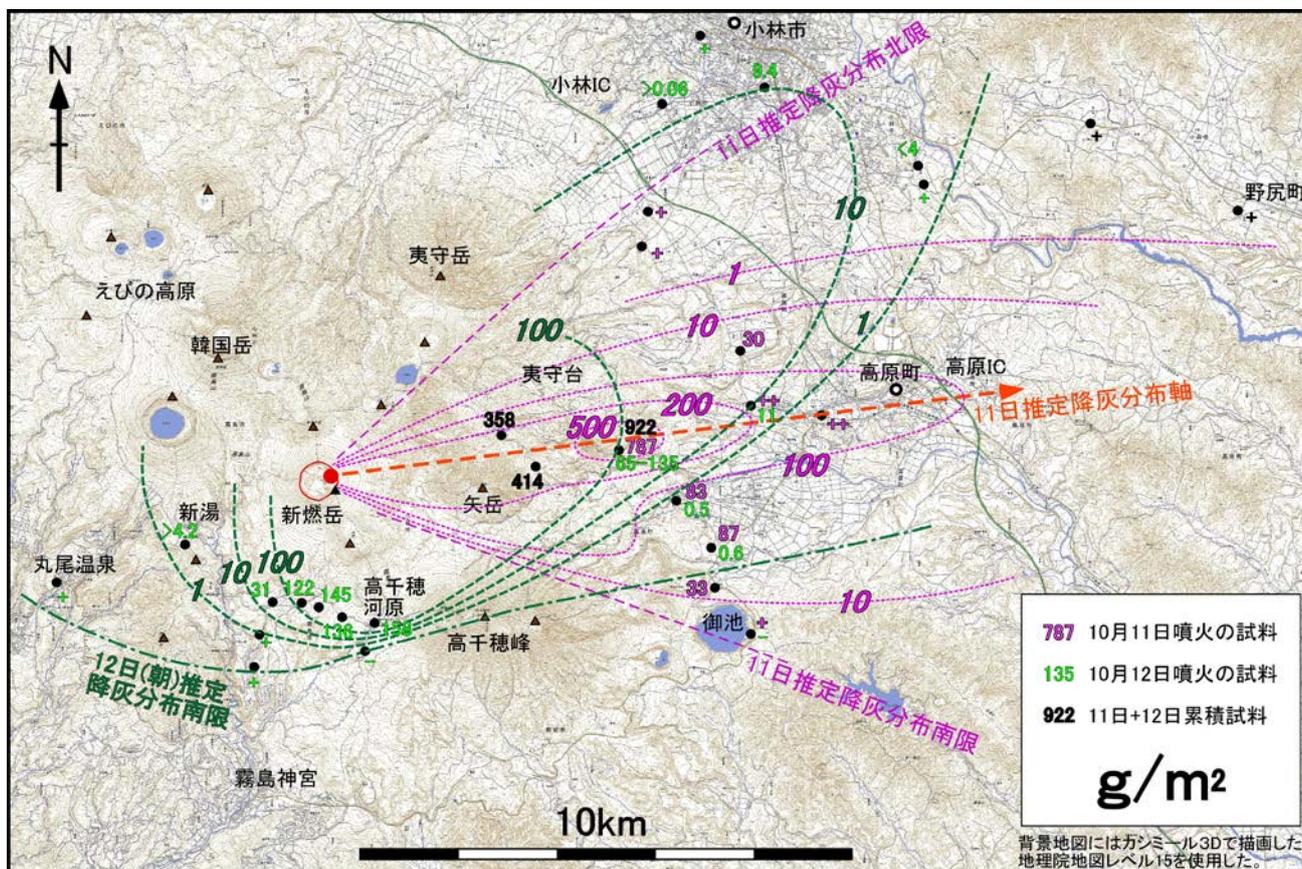


図8. 2017 年 10 月 11 日～12 日噴火の降灰量分布(10 月 13 日改訂版)。



(a) 新湯よりみた噴煙(12日)



(b) 新湯での火山灰採取(12日)



(c) 高千穂河原周辺よりみた噴煙(12日)



(d) 高千穂河原(12日)



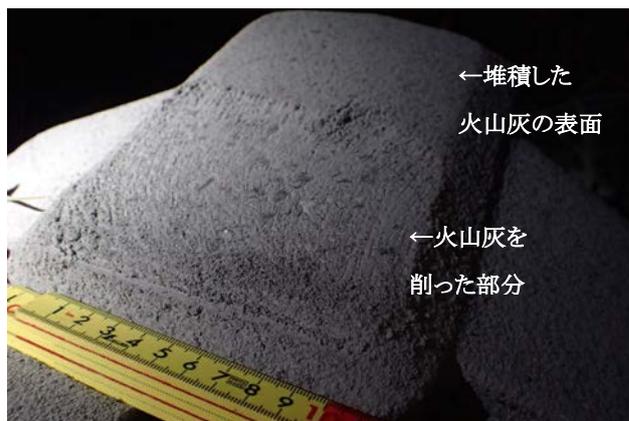
(e) 高千穂河原(12日)



(f) 皇子原公園(11日)



(g) 皇子原公園(12日)



(h) 夷守台へ上る農道沿い(11日)



(i) 夷守台へ上る農道沿い(12日)



(j) 永田平公園(12日)

図9. 調査時の降灰状況。(a) 新潟付近(火口西南西 3.2 km)よりみた噴煙(12日 8:48 撮影)。噴煙の上部は左奥(北東)側に流れている。右(南)側に低い火山灰雲が存在している。(b)新潟での火山灰採取風景。火口西南西 3.2 km, 降灰量 4.2 g/m² 以上。(c) 高千穂河原周辺(火口南 2.9 km)よりみた噴煙(12日 11:08 撮影)。北東側に流れている。(d) 高千穂河原での火山灰採取風景。火口南南東 3.2 km, 降灰量 158 g/m²。(e) 矢岳北東での火山灰採取風景。火口東 4.3 km, 11 日からの降灰量 414 g/m²。(f) 皇子原公園(11日)。火口東 7.1 km, 降灰量 83.3 g/m²。(g) 皇子原公園(f)と同一地点。11日に試料を採取したベンチの中央の板の上には12日の火山灰が微量堆積している。降灰量 0.5 g/m²。(h) 夷守台に上る農道での火山灰採取風景(11日)。火口東 5.9 km, 降灰量 787 g/m²。(i)夷守台(h)と同一地点。11日に試料を採取したガードレールの石製柱に12日の火山灰が堆積している。ここでは11日当初から累積した火山灰部分と11日夕方に火山灰を除去した部分に新たに積もった火山灰をそれぞれ採取。降灰量 65~135 g/m²。(j) 小林市街永田平公園の遊具に積もった火山灰。火口北東 12 km, 降灰量 9.4 g/m²。

謝辞

東京大学地震研究所、熊本大学、産業技術総合研究所、霧島ジオパークならびに地元の皆様には降灰情報収集や試料採取に際して御協力を頂きました。記して感謝いたします。

SAR 干渉解析による新燃岳火口内の地表変形

2017年10月11日(5:34JST頃)に噴火が発生した新燃岳周辺の地表変動を調査するため、日本のだいち2号のSAR(センサー名:PALSAR-2)および欧州宇宙機関のSentinel-1のSARを用いたSAR干渉解析を実施した。その解析結果を報告する。

2017年6月頃まで:

- ① 新燃岳火口内においては、Sentinel-1データの解析から、2016年の夏頃まで衛星-地表間距離が短縮する変化が求まっていたが、それ以降、衛星-地表間距離が伸長する変化が見られるようになった。その大きさは時間と共に減少する傾向にあった(図10)。

2017年6月頃～噴火前:

- ② 2017年6月から10月6日の期間に、Sentinel-1によって観測された画像を解析した結果、東上空(パス54、156)、西上空(パス163)の両方向からの観測画像から、火口中心付近において衛星-地表間距離が伸長する変化が求まった(図11)。このことから、沈降が卓越する変化が生じていたと考えられる。
- ③ ②で述べたスラントレンジ伸長変化が生じている領域の中心付近(図11の×印)において、得られた衛星-地表間距離が上下変位によるものと仮定して、上下変位を求めたところ、3つの軌道から観測された結果は、おおよそ同じ沈降量が求まった(図12)。その沈降は7月頃から緩やかに加速しているように見える。
- ④ だいち2号の2017/6/20と2017/10/11(JST 0:18)の観測画像(パス131)を解析したところ、新燃岳火口内の東縁付近に衛星-地表間距離の短縮変化(膨張傾向の変化と推測される)が見られた(図13(a))。この地点は、今回の噴火地点とおおよそ同じに見える。Sentinel-1の10月6日までの解析結果には見られないことから、10月6日(18:13JST)から10月11日(0:18JST)の期間に生じたと考えられる。
- ⑤ だいち2号の2017/6/20と2017/10/11(JST 0:18)の観測画像(パス131)を解析したところ、火口中心付近に若干(1cm強)の衛星-地表間距離の伸長変化が見られた(図13(a))。これは、以前から見られていた沈降傾向の変化と推測される。

噴火を挟む期間:

- ⑥ だいち2号の2017/4/26と2017/10/11(12:11JST)の観測画像(パス22)を解析したところ、新燃岳火口内の東縁付近に衛星-地表間距離の短縮変化が見られた(図13(b))。この変化の分布は、⑤で述べた変化とおおよそ同じであり、10月11日(12:11JST)の時点では、もとに戻っていないことを示している。
- ⑦ ⑥の解析結果において、火口中心付近に衛星-地表間距離の伸長変化(3cm強)が見られた(図13(b))。これは、以前から見られていた沈降傾向の変化と推測される。
- ⑧ Sentinel-1の2017/9/29と2017/10/11日(18:21JST)の観測画像(パス54)を解析したところ、火口底の全域で、衛星-地表間距離の短縮変化が見られた(図14のA)。
- ⑨ ⑧の解析結果において、10月6日まで見られていた火口中心付近の沈降は見られない。
- ⑩ ⑧の解析結果において、火口東縁付近に特に顕著な衛星-地表間距離の短縮変化が見られた(図14のB)。この変化の分布は、⑤で述べた変化とおおよそ同じであり、10月11日(18:21JST)の時点では、もとに戻っていないことを示している。
- ⑪ 火口の東側に、降灰による干渉性劣化域が見られる(図14のC)。

謝辞. 本解析で使用したPALSAR-2データの一部は、東京大学地震研究所と宇宙航空研究開発機構との共同研究契約に基づいて提供され、PIXELグループで共有しているものである。また、一部は火山WGを通じて提供されたものである。PALSAR-2データの所有権は宇宙航空研究開発機構が有する。Sentinel-1データはSentinel-1 Scientific Data Hubを通じて提供されたものである。Sentinel-1データの所有権は欧州宇宙機関が有する。解析および図の作成においては、国土地理院の基盤地図情報10mメッシュDEMを使用した。

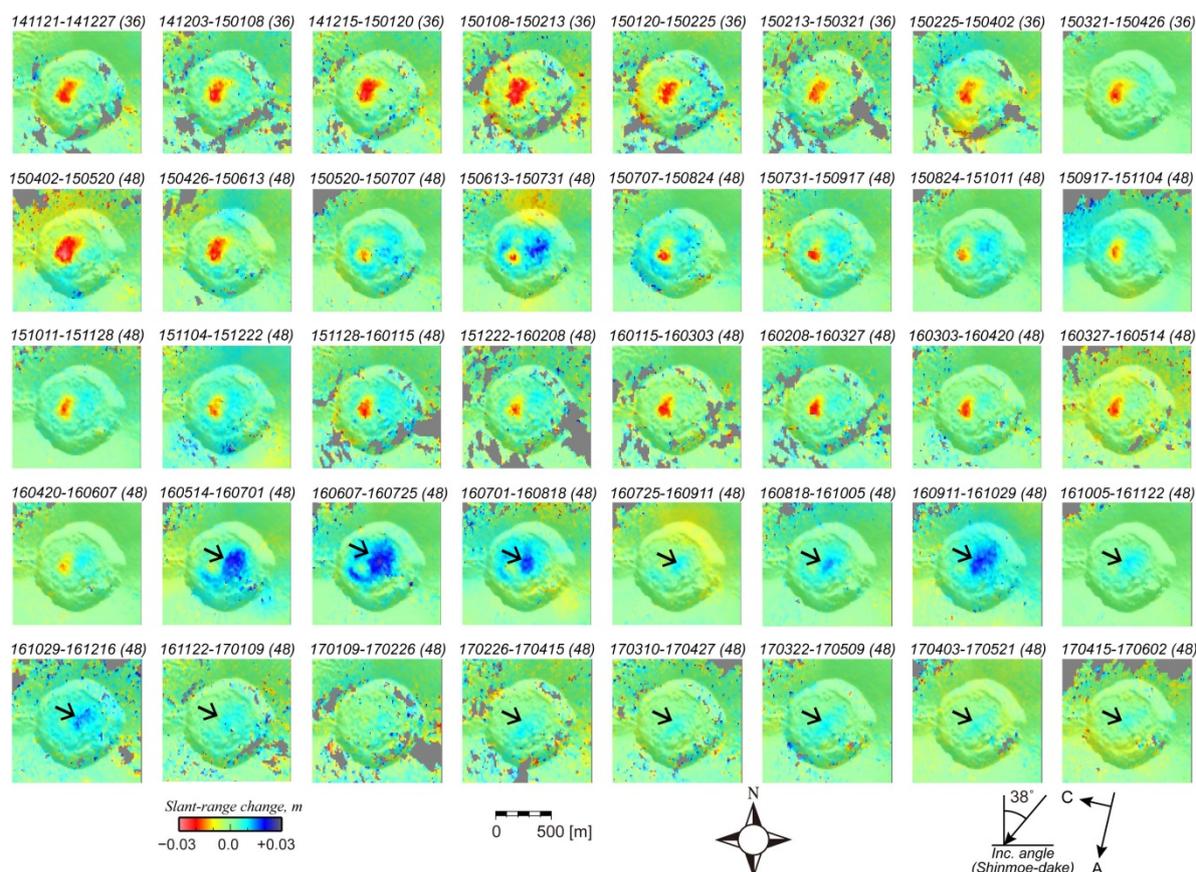


図 10. Sentinel-1 データを用いた SAR 干渉解析により求めた新燃岳火口周辺のスラントレンジ変化量分布 (灰色は低干渉領域). 各画像の上にしめす日付は、使用したデータの観測日を示す. 括弧内の数字は、使用したデータの観測間隔(日数). 矢印は、衛星-地表間距離伸長変化が見られる領域を示す.

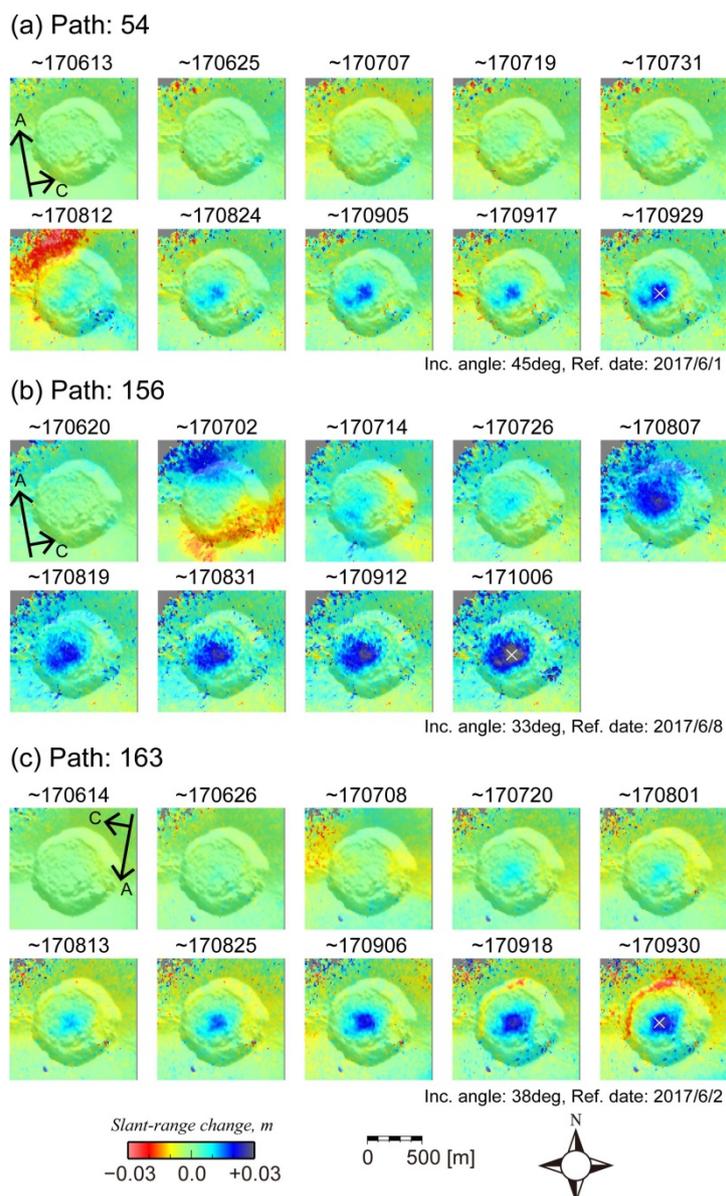


図 11. Sentinel-1 の SAR データを解析して得られた、新燃岳火口付近の衛星—地表間距離変化分布。

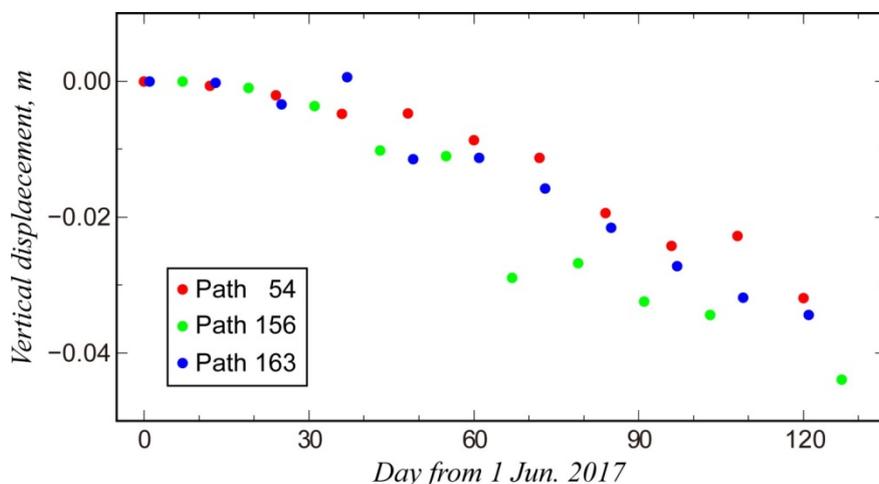


図 12. 新燃岳火口内において、スラントレンジ伸長変化が生じている領域の中心付近(図 12 の白×印)において、得られた衛星—地表間距離が上下変位によるものと仮定して求めた上下変位. 各軌道(パス)の最初の観測日を 0 として示した.

(a) Path131: 2017/6/20 - 2017/10/11 (JST 0:18)

(b) Path22: 2017/4/26 - 2017/10/11 (JST 12:11)

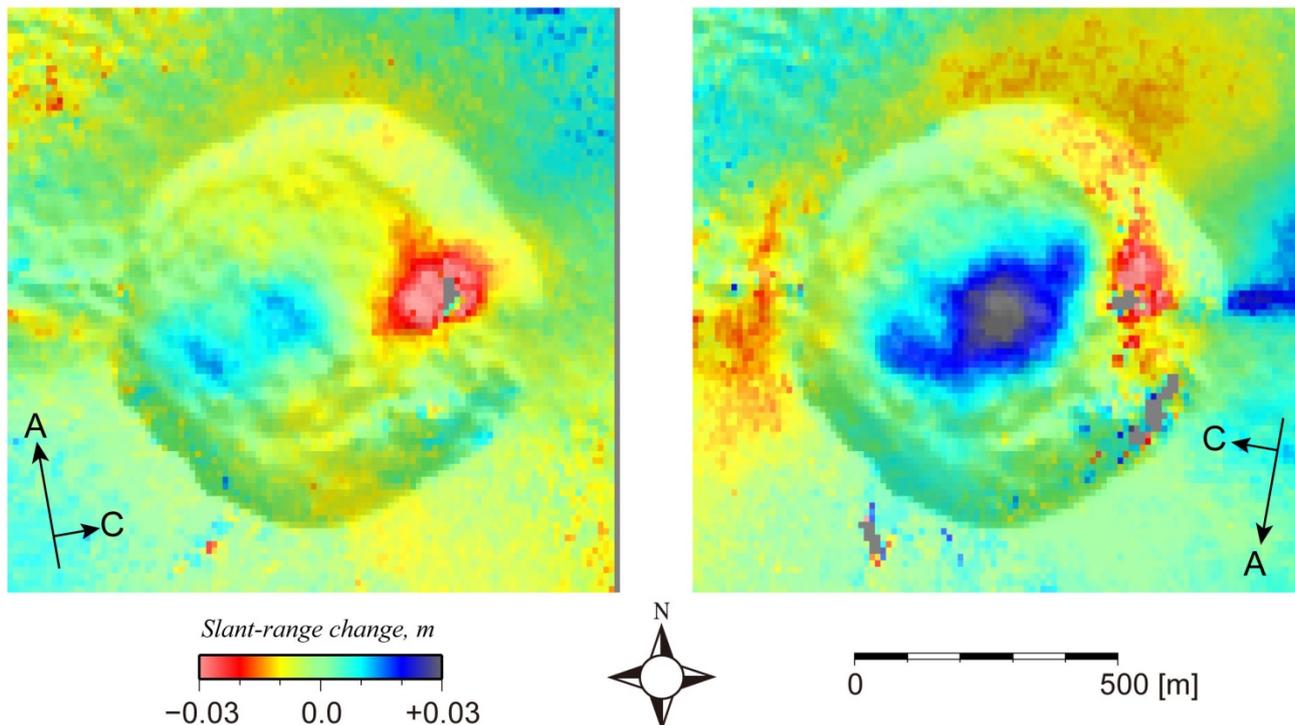


図 13. だいち 2 号の PALSAR-2 データを用いた SAR 干渉解析により求めた新燃岳火口周辺のスラントレンジ変化量分布.

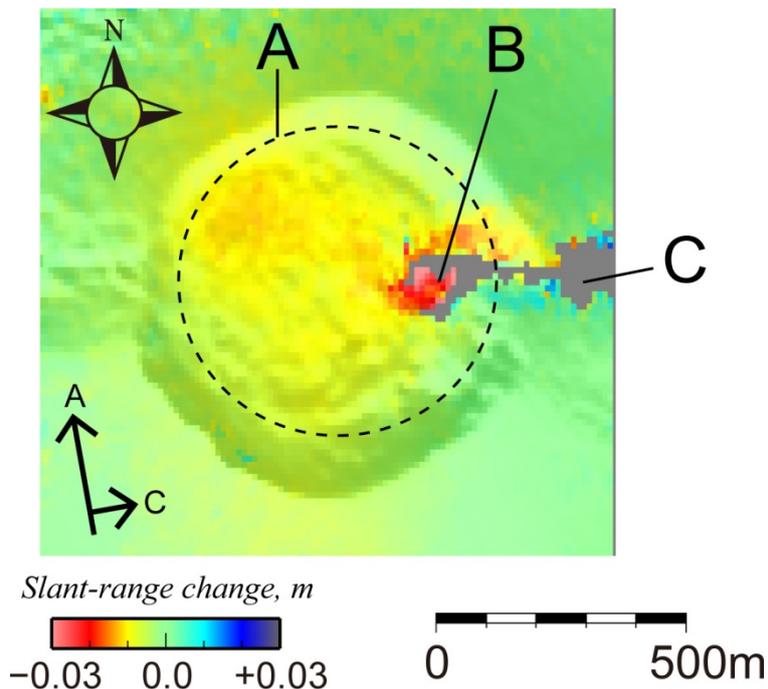


図 14. 2017 年 9 月 29 日と 2017 年 10 月 11 日に観測された Sentinel-1 データを用いた SAR 干渉解析により求めた新燃岳火口周辺のスラントレンジ変化量分布.

Sentinel-1 データを用いた干渉解析による硫黄山周辺の地表変形

2017年8月25日から2017年9月6日の期間に若干の変動が生じていたことが示唆されるが(第139回火山噴火予知連絡会において報告)、それ以降に顕著な変化は見られない。

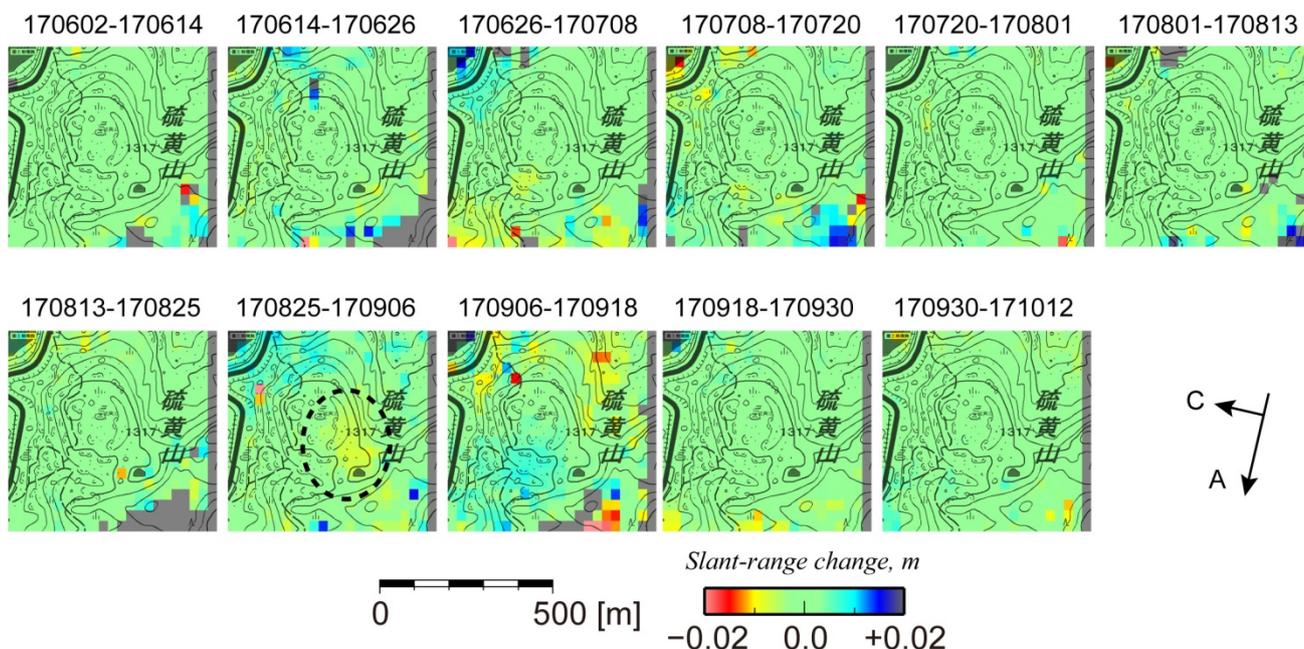
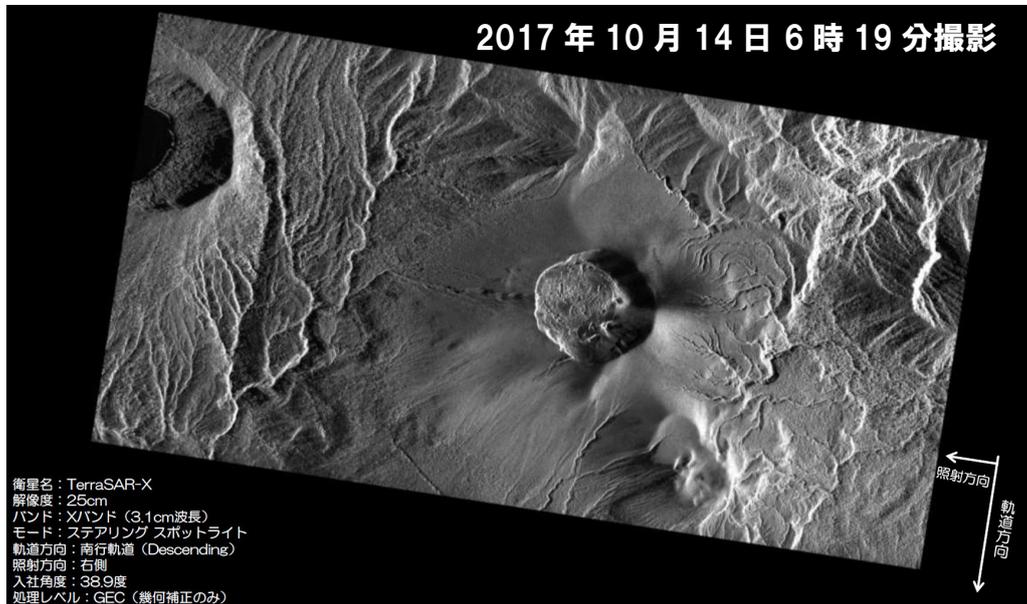


図15. Sentinel-1 の SAR データを解析して得られた硫黄山周辺の衛星-地表間距離変化分布.

謝辞. 本解析で使用した Sentinel-1 データは Sentinel-1 Scientific Data Hub を通じて提供されたものである。Sentinel-1 データの所有権は欧州宇宙機関が有する。解析および図の作成においては、国土地理院の基盤地図情報 10m メッシュ DEM および地理院地図(電子国土 Web)の画像を使用した。

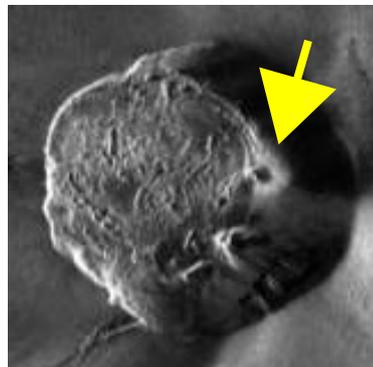
TerraSAR-X による新燃岳の 10 月 14 日、15 日観測画像

噴火開始後の画像には、新燃岳火口東縁付近に凹地形が見られる。

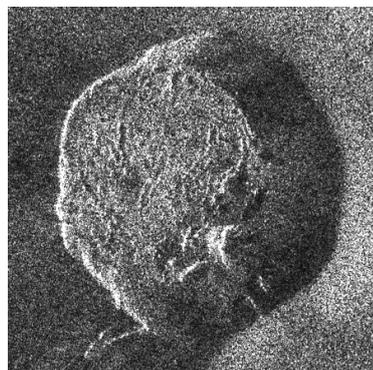


(c) 2017 DLR, Distribution Airbus DS / Infoterra GmbH, Sub-Distribution [PASCO]

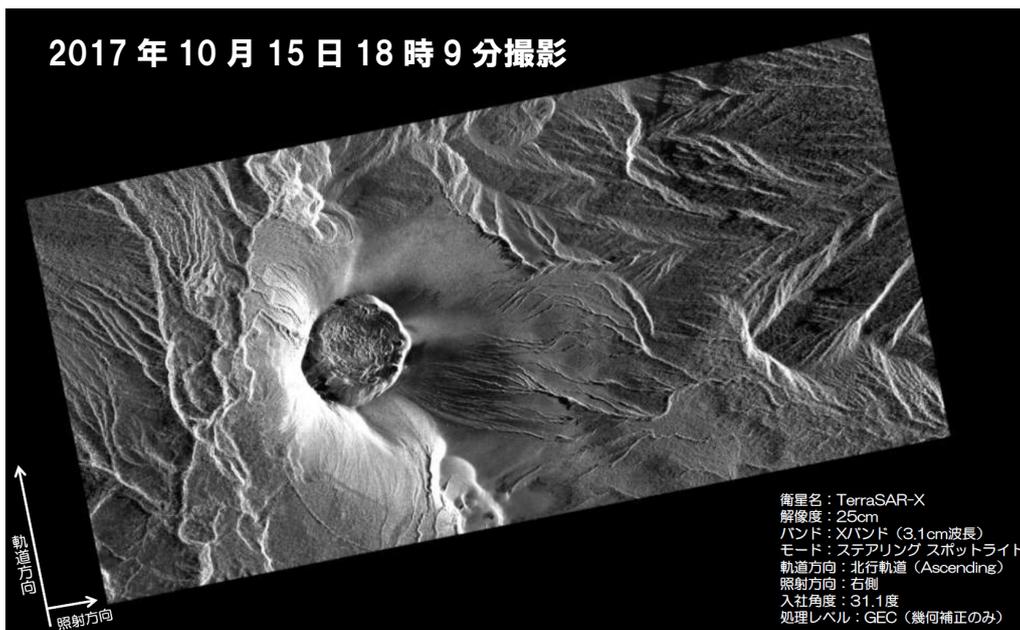
TerraSAR-X
(2017/10/14 6:19)



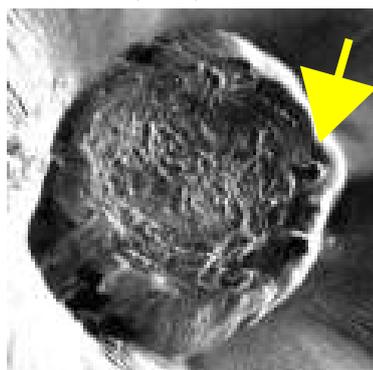
PALSAR-2
(2017/9/18 12:18)



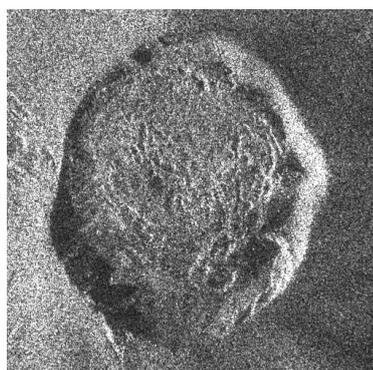
TerraSAR-X
(2017/10/15 18:9)



(c) 2017 DLR, Distribution Airbus DS / Infoterra GmbH, Sub-Distribution [PASCO]



PALSAR-2
(2017/10/11 0:18)



TerraSAR-X 画像は株式会社パスコから提供された。

霧島山の空振活動

2017年10月11日から16日までの霧島山新燃岳の噴火活動に伴う空振活動について報告する。新燃岳周辺には、微気圧計を有する防災科学技術研究所の基盤的火山観測網（V-net）と、空振計を有する気象庁の火山観測網がそれぞれ展開されている（図16）。10月12日と14日の両日の噴火活動に伴い、気象庁の高千穂河原（気象庁）の空振計では、噴火に伴う顕著な気圧変動が記録された。一方で、同時刻の万膳（防災科研）の圧力波形には、新燃岳の噴火に起因すると思われる信号は認められなかった。

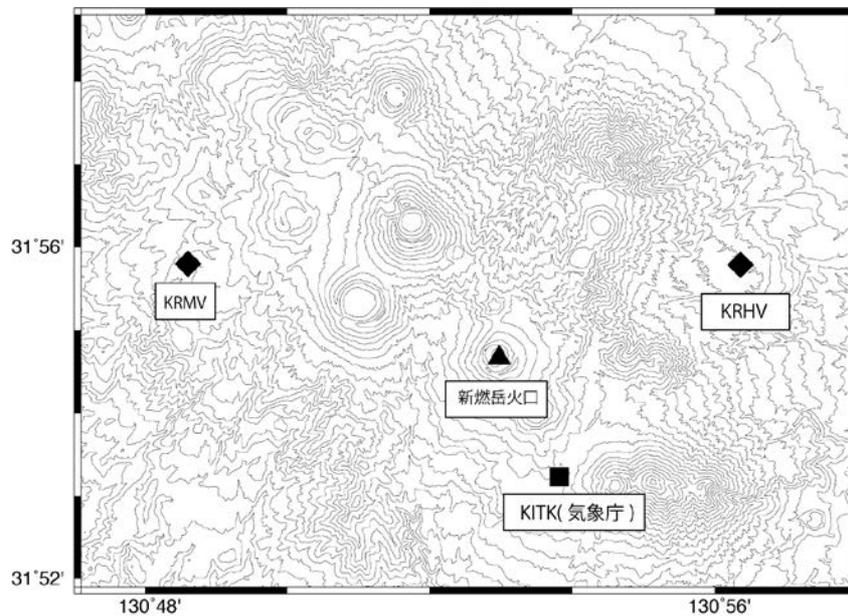


図16. 新燃岳(三角)付近の空振・微気圧観測点。基盤的火山観測網(V-net)の万膳(KRMV)、気象庁の高千穂河原(KITK)の各観測点をそれぞれ示す(夷守台(KRHV)におけるデータは2017年10月14日から欠測)。

謝辞

気象庁の高千穂河原観測点の空振データを使用させて頂きました。

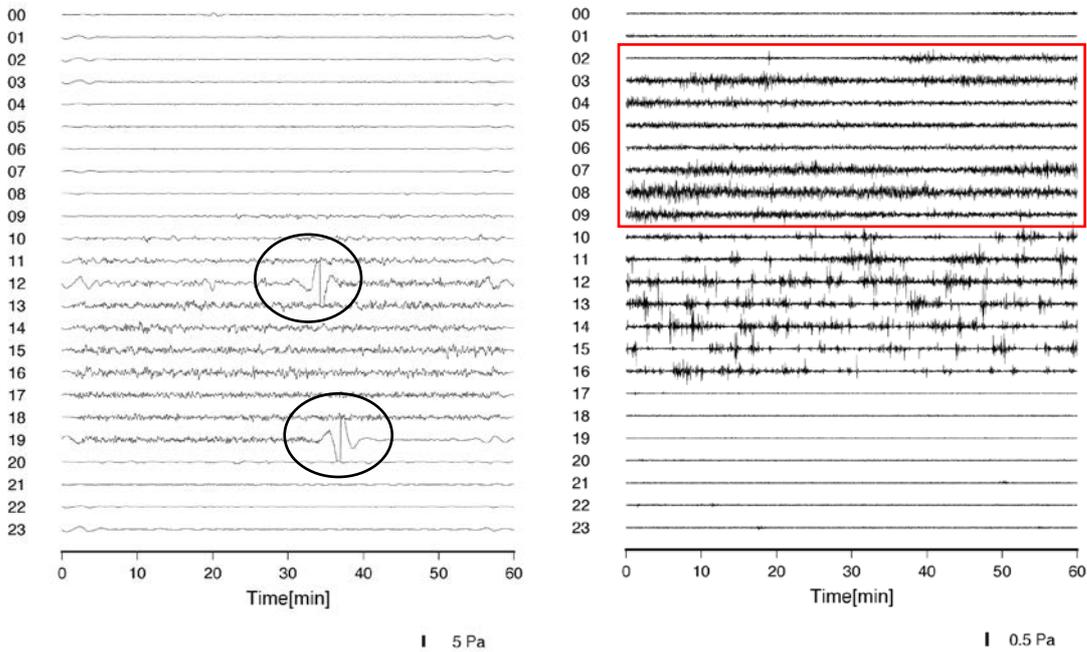


図17 10月12日の万膳（左：0.005-0.1 Hz）と高千穂河原（右：生波形）における24時間の圧力波形。横軸は1時間の時間幅を、波形左側の数字は時間をそれぞれ示す。噴火に伴う気圧変動を赤線で、データ断に伴う波形の擾乱を黒丸でそれぞれ示す。

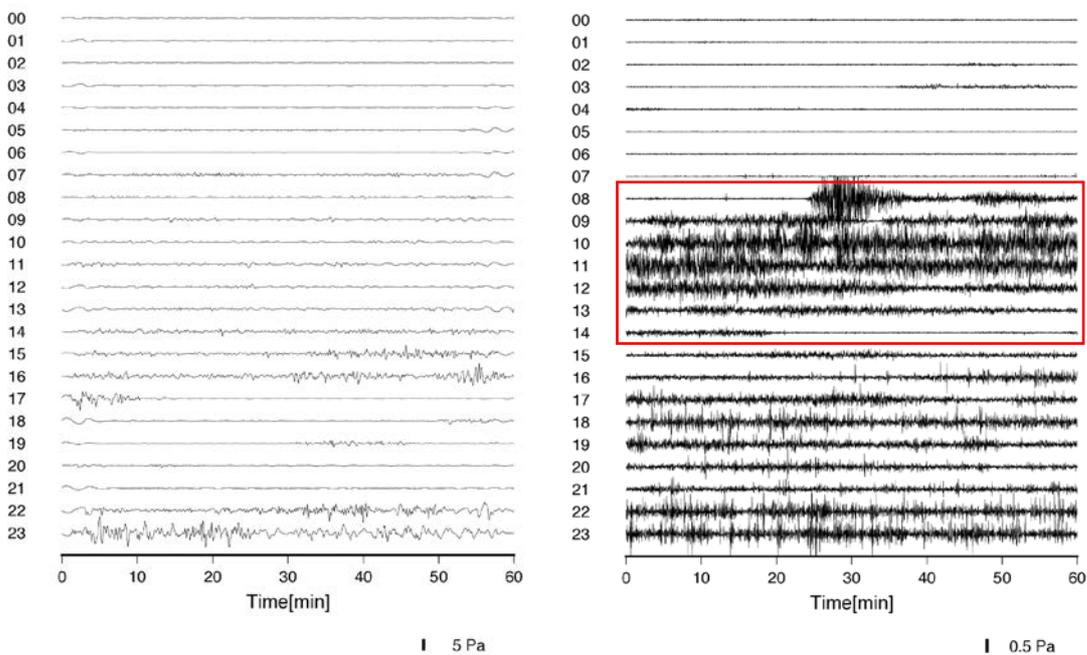
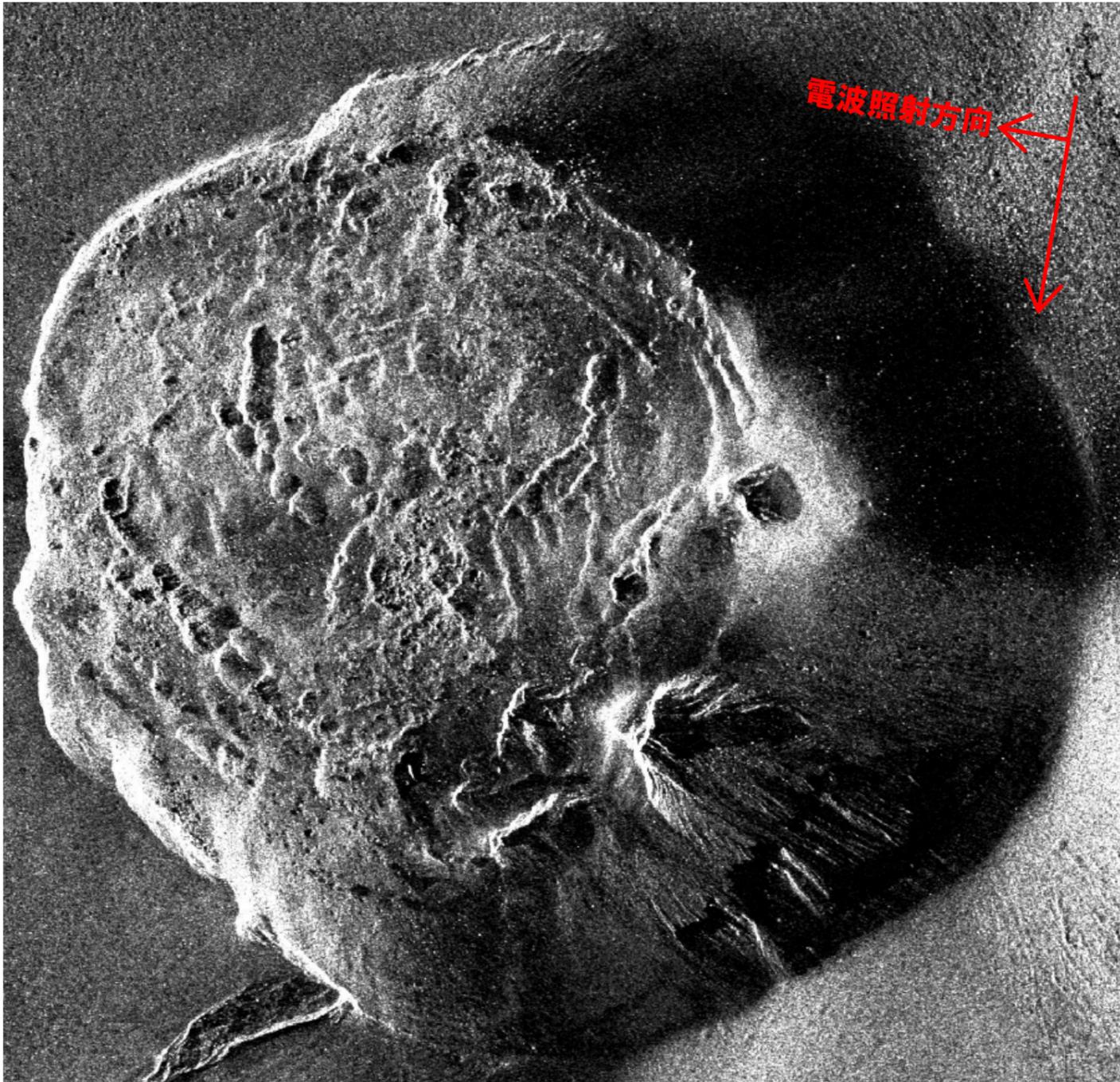


図18 10月14日の万膳（左：0.005-0.1 Hz）と高千穂河原（右：生波形）における24時間の圧力波形。噴火に伴う気圧変動を赤枠で示す。

新燃岳 TerraSAR-X 画像

2017年10月14日6時19分観測

2017年10月15日18時9分観測



© 2017 DLR, Distribution Airbus DS / Infoterra GmbH, Sub-Distribution [PASCO]

(注) 地形ひずみは補正していない。

霧島山の傾斜変動

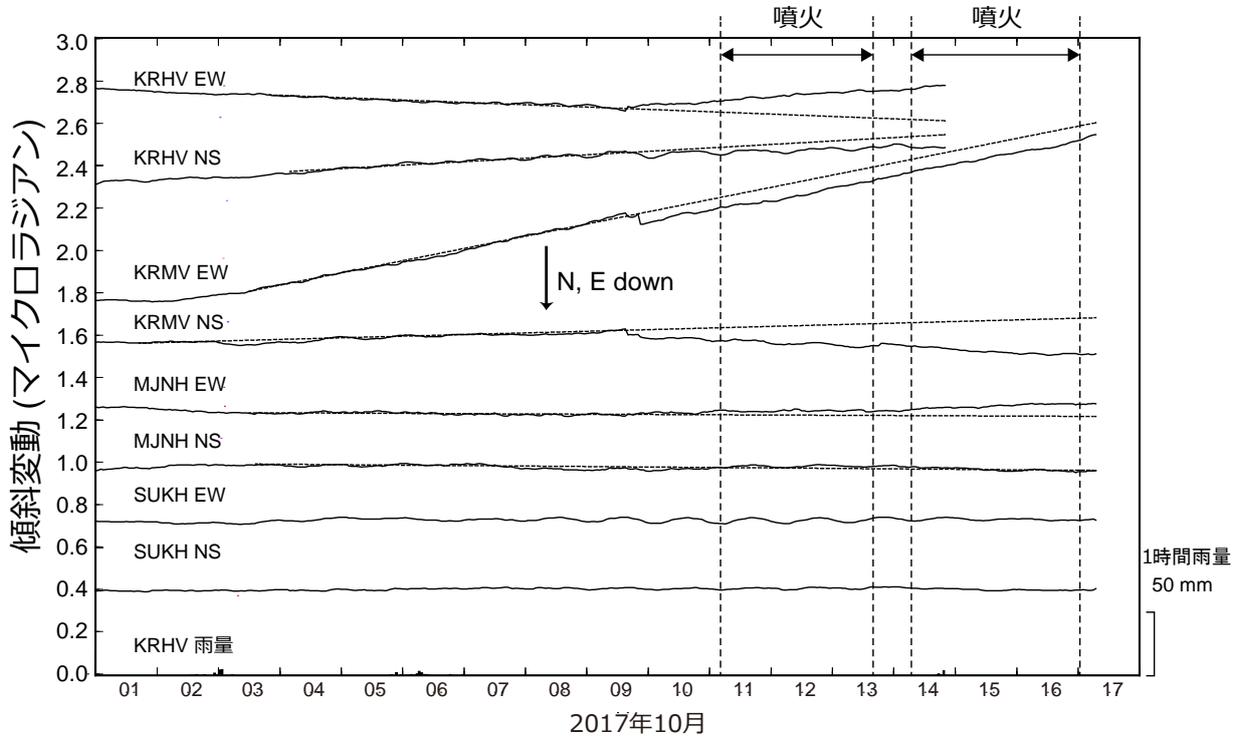


図1 霧島山万膳 (KRMV)、夷守台 (KRHV)、Hi-net 都城北 (MJNH)、Hi-net 須木観測点 (SUKH)の傾斜計記録 (10月1日から17日までの時間値。潮汐成分を取り除いている)。10月9日ごろより、深部のマグマ溜まりの収縮によると考えられるドリフトの変化がみられる。

新燃岳の噴火に伴う傾斜変動による噴出量の推定

2011年1月から2月にかけて発生した新燃岳のマグマ噴火では、マグマ溜まりの収縮による傾斜変動が高い時間分解能で観測された(図2、Ueda et al. 2013のFig.2)。傾斜変動から推定されたマグマ溜まりの収縮量とSAR解析から得られた溶岩流出量から、準プリニー式噴火及びその後の溶岩流出噴火のそれぞれに伴う噴出量(DRE換算値)が推定されている(Kozono et al. 2013)。図3は、噴出量(DRE換算値)とKRMVでの傾斜変動量(NS成分)の関係を示している。マグマ溜まりの収縮に伴う噴火が発生した場合、リアルタイムの傾斜計データとこの関係から噴出量を即座に見積もることが可能である。ただし、2011年当時とマグマ溜まりの場所等が大きく変わっていないことが条件である。

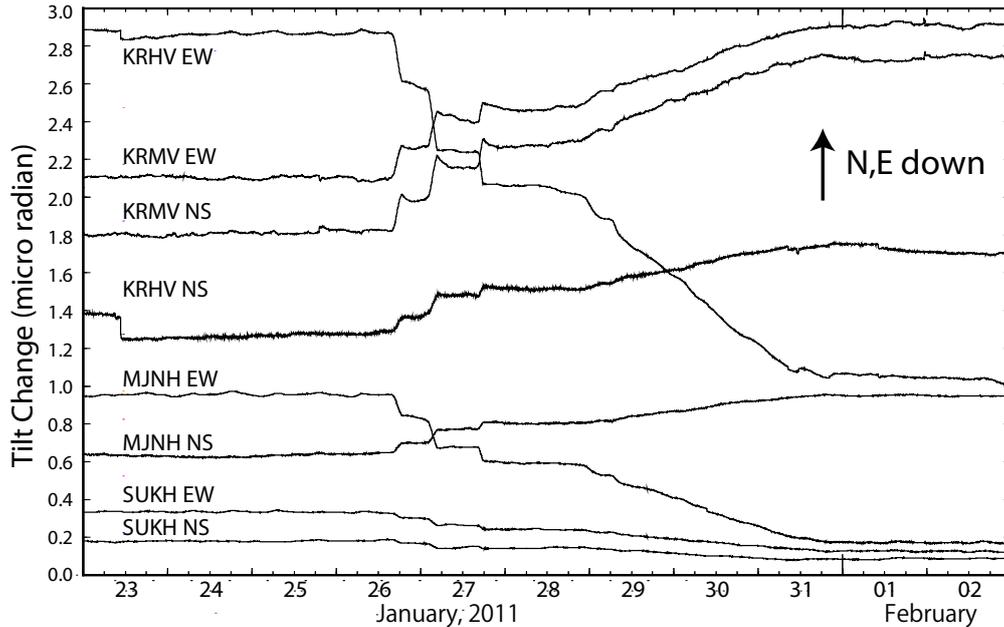


図2 2011年1月に新燃岳で発生した噴火に伴う傾斜変動。3回の準プリニー噴火とその後の溶岩流出に伴うマグマ溜まりの収縮による変動が観測されている。

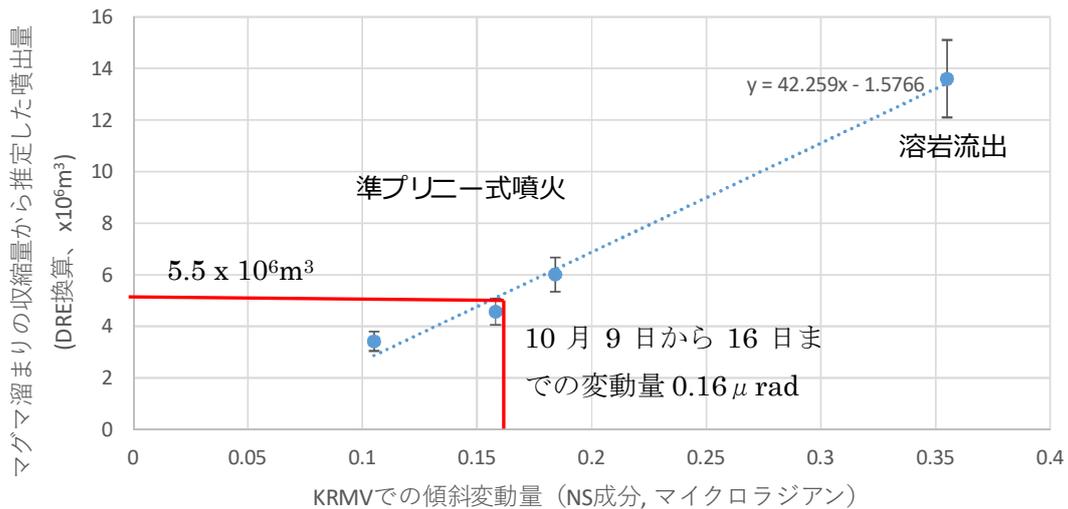


図3 2011年の3回の準プリニー噴火とその後の溶岩流出時の噴出量と万膳火山観測施設(KRMV)の傾斜変動量(NS成分)の関係。噴出量は、マグマ溜まりの収縮量からKozono et al. (2013)により推定されたDRE換算値である。2017年10月9日から16日までの変動量 $0.16 \mu \text{rad}$ から推定した噴出量は $5.5 \times 10^6 \text{m}^3$ である。

霧島新燃岳 2017年10月11日～12日噴火の火山灰に含まれる粘土鉱物(速報)

霧島山新燃岳から2017年10月11日～12日に噴出し山腹に降下した火山灰は比較的細粒であり、粘土分を多く含んでいた。粘土分を構成する鉱物を明らかにするため、粉末X線回折(XRD)実験を行なった。試料は11日噴出火山灰(高原町後原付近の干草ロール上で11日夕方に採取)および12日噴出火山灰(高千穂河原西方の県道路肩で12日午前に採取)の試料各1点である。

実験の結果、どちらの試料からも酸性～中性の熱水変質帯に由来するとみられる鉱物のピークが検出された(図1)。しかし鉱物組み合わせはやや異なっており、11日より12日のほうが一般的に比較的高温の熱水変質帯に産出する鉱物(例えばパイロフィライト)が含まれる傾向がある。

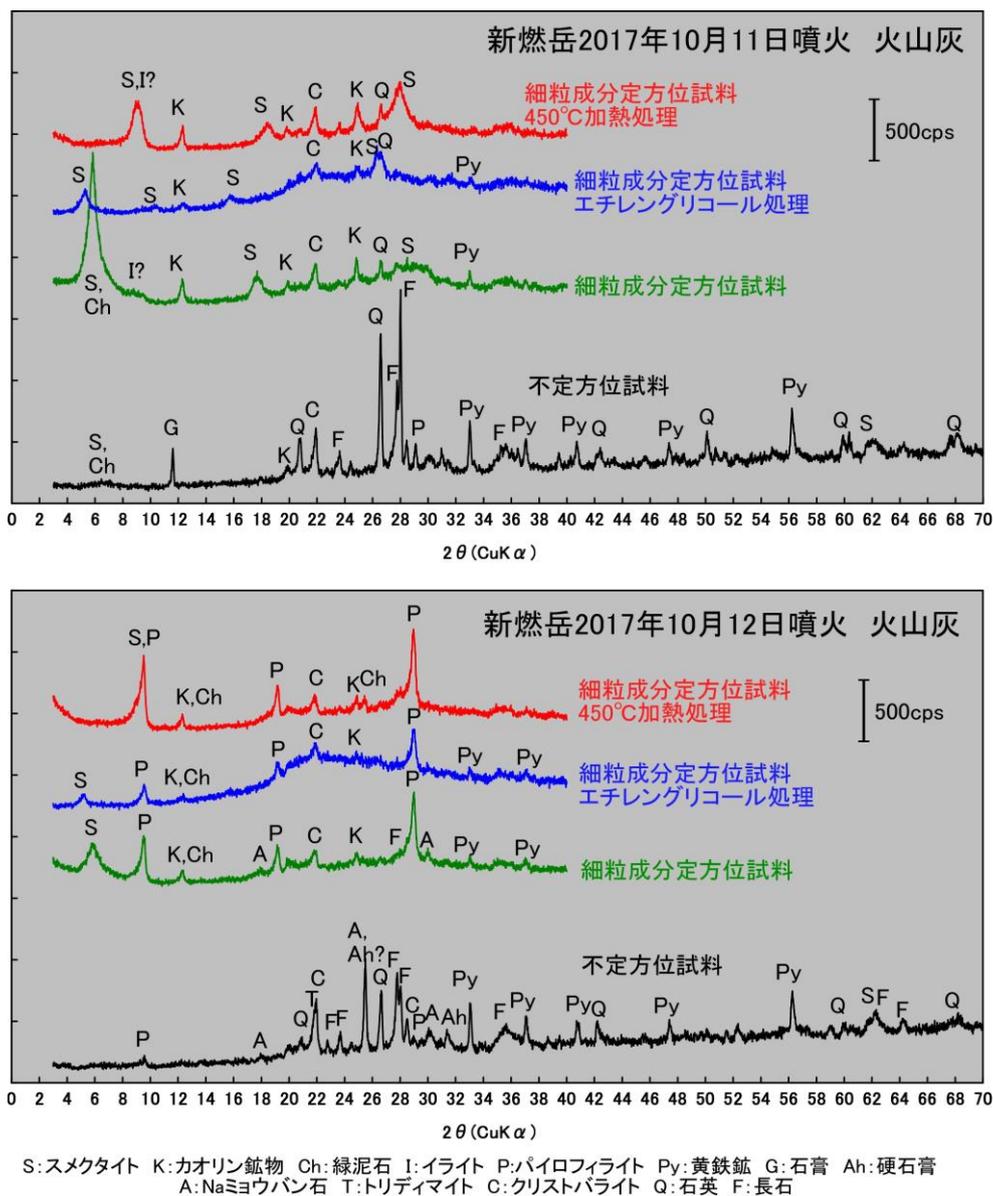


図1. X線回折実験結果。回折ピークの鉱物同定は暫定結果であり、今後修正されることがある。

謝辞: 日本大学文理学部の竹村貴人教授と金丸龍夫博士にはX線回折装置使用の御許可を頂きました。記して感謝いたします。