

霧島山(新燃岳)の火山活動*

Volcanic Activity of Kirishimayama Volcano (Shinmoe-dake)

防災科学技術研究所**

National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

2017年10月に霧島山新燃岳で発生した噴火活動に関連する地震、傾斜・GNSS、空振観測とその解析結果について報告する。

1. 地震観測

第1図は、2017年10月7日から10月17日の期間における、基盤的火山観測網(V-net)の霧島山万膳(KRMV)、夷守台(KRHV)、高感度地震観測網(Hi-net)の都城北(MJNH)の各観測点での短周期地震記録の上下動成分(0.1-2 Hz)の10分間平均振幅を示す。噴火発生期間を黒矢印で示しており、当該期間には噴火に伴う火山性微動の信号が記録されている。平均振幅は10月14日から15日にかけて増大したが、その後低下している。

第2図は、新燃岳周辺で観測された火山性微動の振幅の空間分布と、振幅比を用いた震源位置の推定結果を示す。解析に使用した地震観測点を第1表に示す。解析には上下動地震波形(0.1-1Hz)を用い、各観測点における振幅増幅率は、2017年10月15日(8:45)に種子島近海(北緯30.94°、東経130.33°、深さ145.8km)で発生した構造性地震のコーダ波部分を用いて補正を行なった。新燃岳の火山活動に関連して発生した火山性微動のうち、本稿では噴火開始前の10月9日に発生したイベントと、噴火継続中の10月14日に発生したイベントの解析結果を例として報告する。どちらのイベントも、微動振幅は火口に最も近い気象庁の観測点(霧島A)において最大の値を示す。振幅の距離減衰を仮定し震源位置の推定を行なった結果、10月9日のイベントでは火口から南西側の深さ3.8kmの領域に、10月14日のイベントでは火口から北西側の深さ2.9kmの領域に震源がそれぞれ推定された。本稿に掲載していない他のイベントでも、微動振幅は火口に最も近い観測点において最大値を示し、震央位置が火口から南西側と北西側に求まるイベントに分かれること、震源の地表からの深さは約3-5kmの範囲に分散するという結果が得られた。

2. 傾斜・GNSS 観測

第3図は、2017年10月1日から10月17日の期間における、万膳(KRMV)、夷守台(KRHV)、都城北(MJNH)、高感度地震観測網(Hi-net)の須木(SUKH)の各観測点に設置された傾斜計の記録を示している。潮汐成分は補正している。10月9日ごろから、KRMVとKRHVの両観測点における傾斜記録のドリフトに変化が見られる(万膳:北東下がり、夷守台:北西下がり)。この変動方向は、2011年の新燃岳のマグマ噴火の際のマグマ溜まりの収縮による傾斜変動と同じである。2011年噴火では、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マグマ噴出量(DRE換算値)が推定されている(Kozono et al. 2013)。第4図に、2011年噴火の際に得られたマグマ噴出量(DRE換算値)とKRMVにおける傾斜変動量(NS成分)の関係を示す。2017年10月9日から10月16日までのKRMVでの傾斜変動量はおよそ0.16 μ radであり、2011年当時とマグマ溜まりの位

* 2017年12月1日受付

** 山田大志, 黒川愛香, 上田英樹 Taishi Yamada, Aika K. Kurokawa, Hideki Ueda

置等が大きく変化していないと仮定すると、傾斜変動から推定されるマグマ噴出量は $5.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ と見積もられる。この推定には、10月9日に火山性微動に伴って発生した傾斜変動の影響や、現在のマグマの圧縮率等が考慮されていない点に注意が必要である。

第5図には、2010年4月から2017年10月14日までの期間の、万膳(KRMV)、夷守台(KRHV)の両GNSS観測点の基線長の変化を示す。2016年末ごろからは、顕著な基線長の伸びが見られる。この両観測点と、新燃岳周辺の国土地理院 GEONET の観測点のデータを併せて解析した地殻変動の結果を第6図に示す。解析は2017年7月から10月までの期間を対象とし、2017年7月の1ヶ月間のデータと、2017年10月1日から10月14日までのデータの平均値の差から変位ベクトルを推定した。国土地理院の大口観測点(0485)を固定点を選んで解析を行なっている。水平変位(a)と上下変位(b)共に、新燃岳北西深部に位置するマグマ溜まりの膨張と思われる地殻変動が記録されている。

3. 空振観測

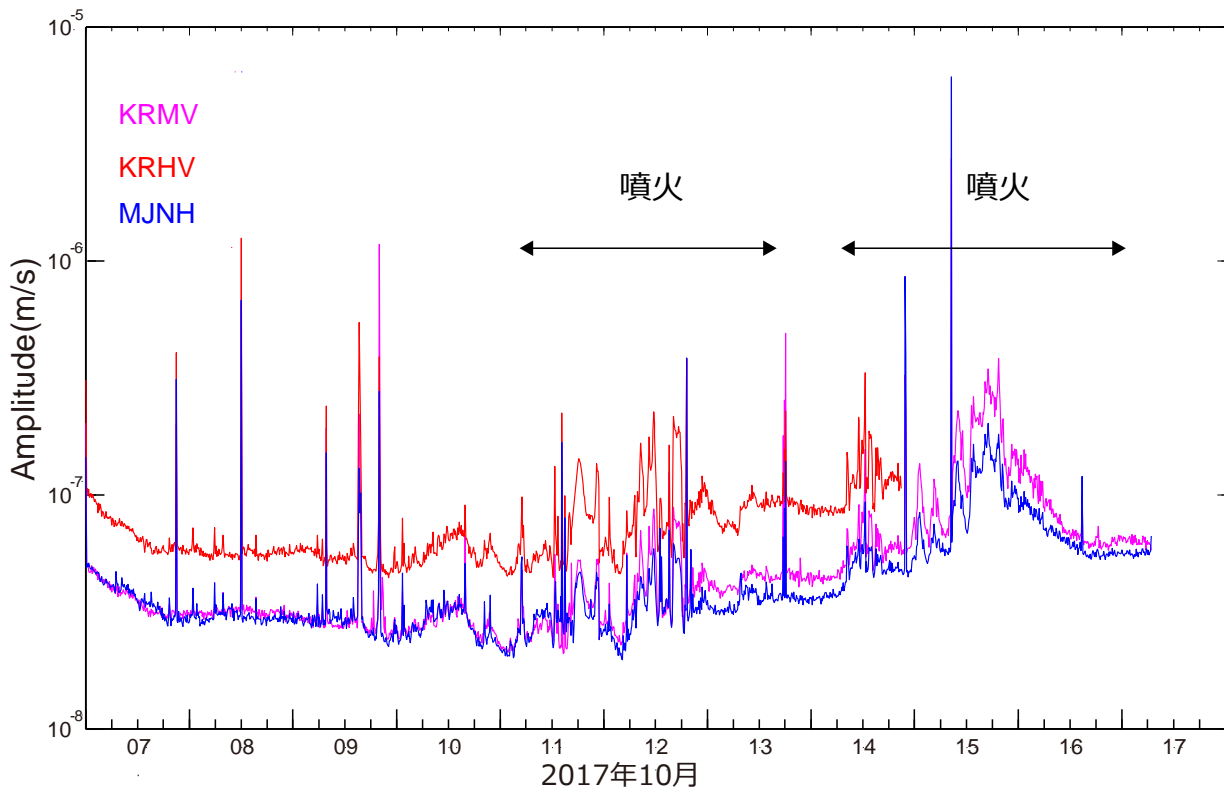
第7図に、一連の噴火活動に伴う空振記録の例として2017年10月14日(8:00-9:00)の地震波形、圧力波形を示す。上段から順に、夷守台(KRHV)で記録された広帯域地震波形(地上)の上下動成分、ボアホール型短周期地震波形(地上から深さ約200m)の上下動成分、微気圧計で記録された圧力波形、気象庁高千穂河原観測点(KITK)の空振計で観測された圧力波形をそれぞれ示す。微気圧計で記録された生波形には、噴火に起因しないと思われる大気圧変動が重畳していることから、カットオフ周期200秒のハイパスフィルターを施している。KITKで記録された噴火に伴う圧力波形とKRHVの地表で記録された上下動速度波形は、1700秒付近で最大振幅を示すなど類似する波形的特徴を有することから、地表での地震波形には空振の到来による地動が重畳している可能性がある。一方、KRHVの微気圧計で記録された圧力波形には、空振の到来を示す顕著な位相は認められない。微気圧計のデータサンプリング間隔は1秒であり、第7図に波形が示された他の観測機器のサンプリング間隔(0.01秒)よりも長いいため、噴火に伴う高周波の空振シグナルが記録されなかった可能性がある。

引用文献

Kozono, T., H. Ueda, T. Ozawa, T. Koyaguchi, E. Fujita, A. Tomiya, and Y. Suzuki (2013), Magma discharge variations during the 2011 eruptions of Shinmoe-dake volcano, Japan, revealed by geodetic and satellite observations, *B Volcanol*, 75(3), doi:10.1007/s00445-013-0695-4.

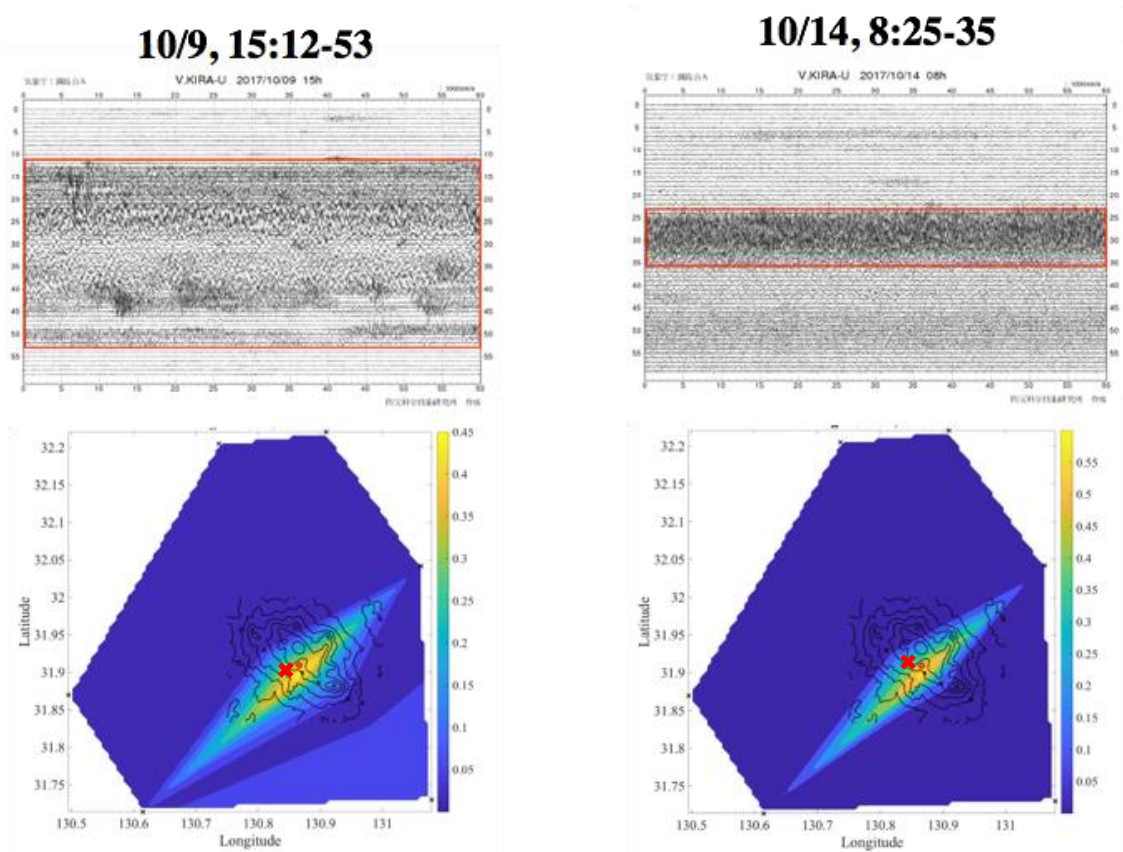
謝辞

解析には、気象庁及び国土地理院の観測データを用いた。また地図の作成には国土地理院の数値標高モデルを利用した。



第1図 2017年10月7日から2017年10月17日の期間における、万膳（KRMV）、夷守台（KRHV）、都城北（MJNH）の上下動短周期地震波形（0.1-2 Hz）の10分間平均振幅。KRHVのデータは架線断線のため10月14日から欠損している。

Fig. 1 Time series of 10 minutes average of vertical ground velocity (0.1-2 Hz) at KRMV (V-net), KRHV (V-net), and MJNH (Hi-net) from October 7 to October 17, 2017. The station KRHV had been not operational from October 14 due to loss of power supply.



第2図 (上) 気象庁霧島A観測点における1時間分の短周期上下動地震波形。赤枠は解析に用いた波形を示す。

(下) 新燃岳周辺で観測された火山性微動の、規格化した平均二乗振幅の空間分布。赤点で新燃岳火口、赤の乗積記号で振幅の距離減衰を仮定して推定した震央位置をそれぞれ示す。

(左下) 2017年10月9日に発生した火山性微動の解析例。推定された震源の深さは地表から約3.8km。

(右下) 2017年10月14日に発生した火山性微動の解析例。推定された震源の深さは地表から約2.9km。

Fig. 2 Top: Vertical ground velocity waveforms at KIRA (JMA). Red rectangles denote waveforms that are adopted for estimation of source location.

Bottom: Horizontal distribution of normalized residual estimated for volcanic tremor represented in red rectangles in Top part. Red dot and red crosses show location of the Shinmoedake crater and estimate epicenter of tremor, respectively

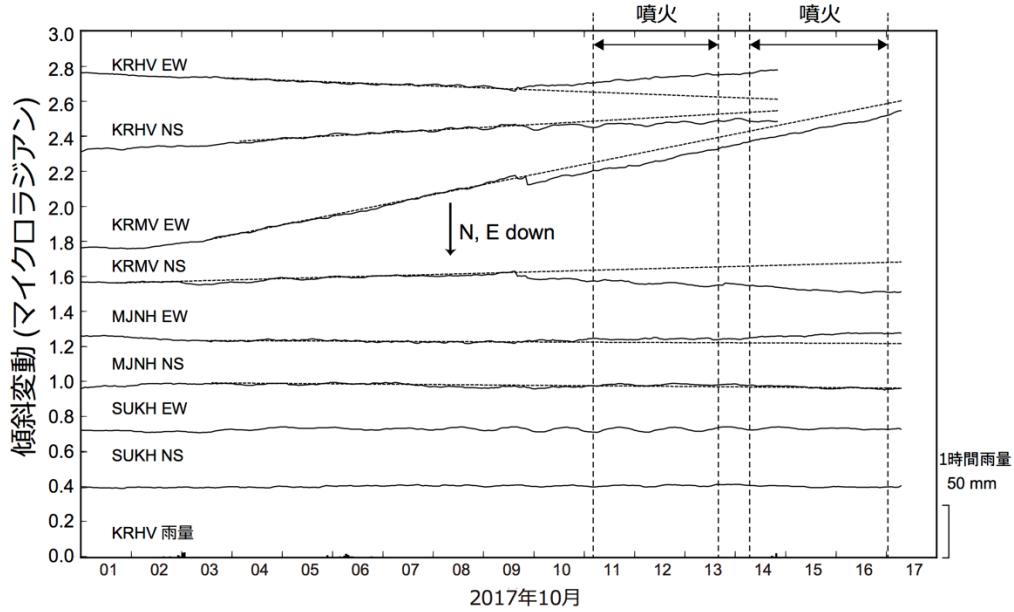
Bottom left: A tremor event on October 9, 2017. Estimated source depth of tremor is about 3.8 km beneath the ground.

Bottom right: A tremor event on October 14, 2017. Estimated source depth of tremor is about 2.9 km beneath the ground.

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

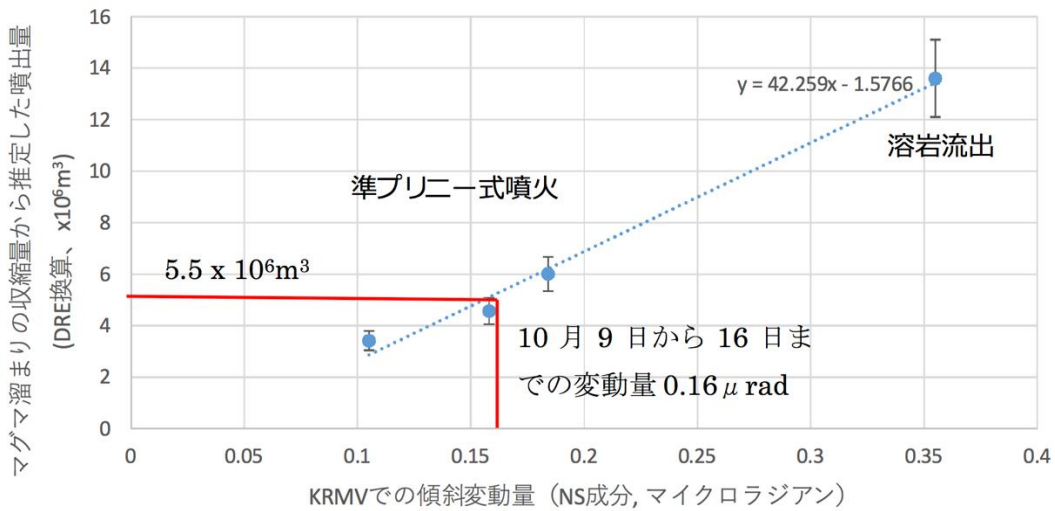
第1表 微動振幅による震源位置推定に用いた観測点の一覧。

Table 1 A list of seismic stations that are adopted for estimation of source location of volcanic tremor.



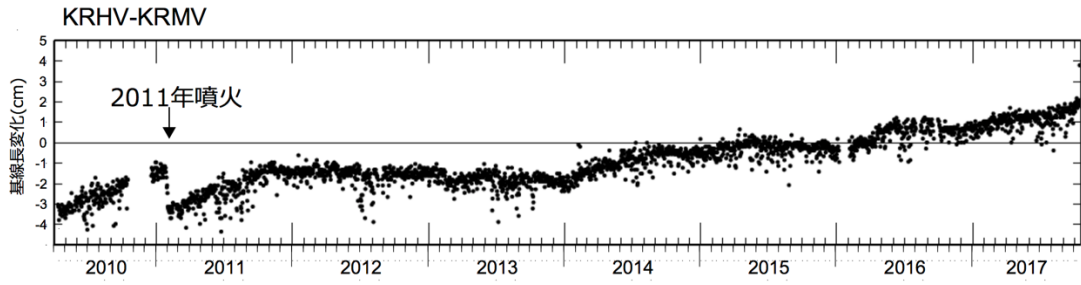
第3図 2017年10月1日から10月17日の期間における、万膳(KRMV)、夷守台(KRHV)、都城北(MJNH)、須木(SUKH)の各観測点における傾斜計の連続記録(潮汐補正済み)。

Fig. 3 Tiltmeter records at KRMV, KRHV, MHNH, and SUKH from October 1 to October 17, 2017. Tidal effect on the tilt records are corrected.



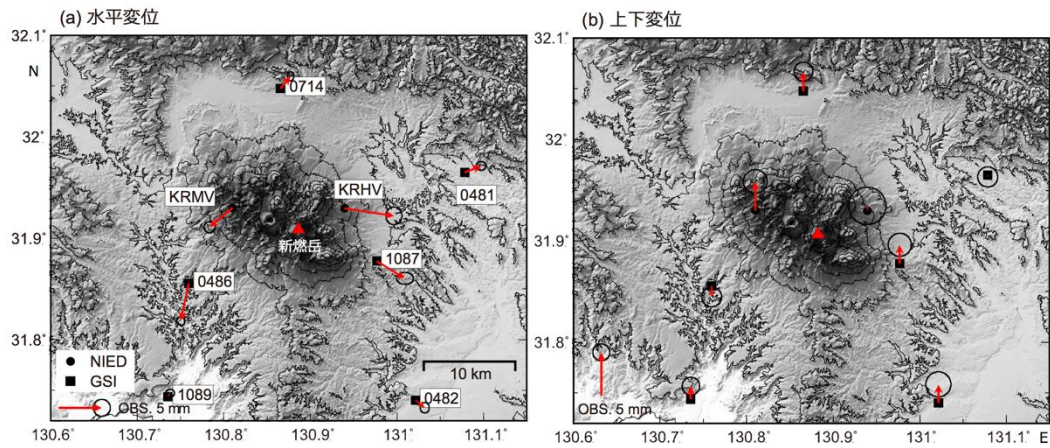
第4図 2011年噴火の際に推定されたマグマ噴出量と、KRMVにおける傾斜変動量の関係。赤線で2017年10月9日から10月16日までの傾斜変動量を示す。

Fig. 4 The relationship between dense rock equivalent (DRE) and tilt change obtained from the 2011 eruption of Shonmoe-dake. Red lines show estimated discharged DRE from tilt change from October 9 to October 16, 2017 at KRMV of 0.16 μ rad.



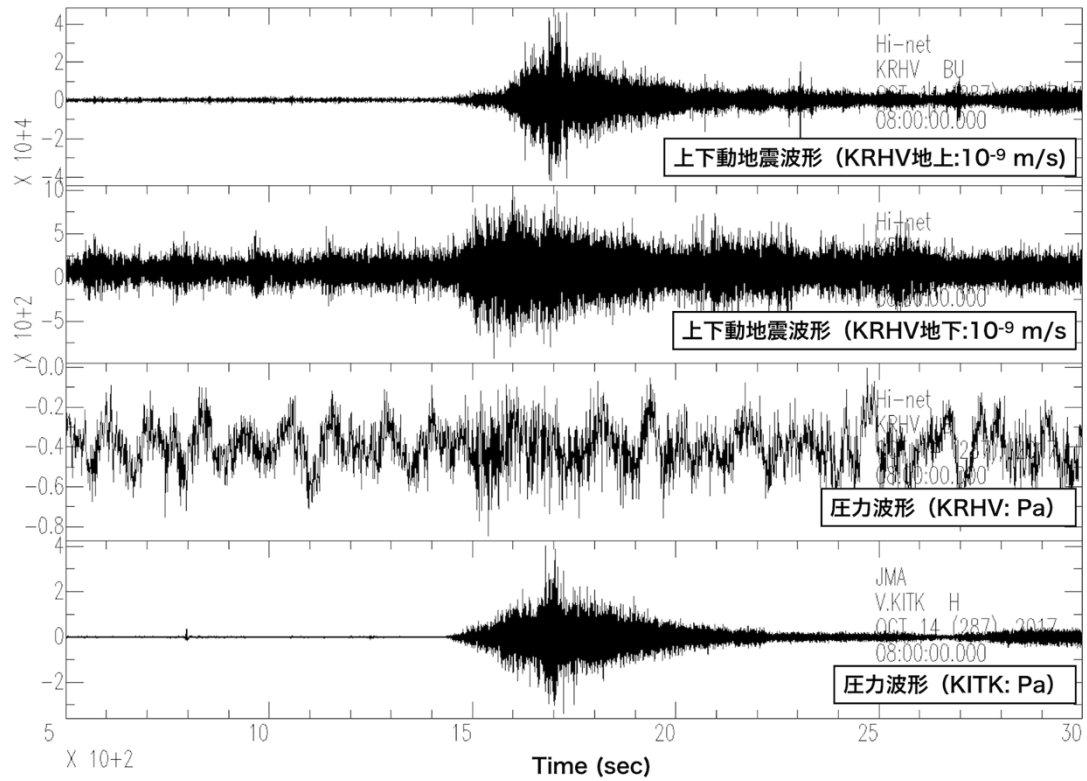
第5図 2010年4月から2017年10月14日までの、万膳（KRMV）、夷守台（KRHV）の両GNSS観測点の基線長変化。

Fig.5 Time history of base line between KRMV and KRHV from April 1, 2010 to October, 14, 2017.



第6図 2017年7月から2017年10月の間の新燃岳周辺でのGNSS観測点における変位ベクトル。この地図の作成には国土地理院発行の「数値地図10mメッシュ（火山標高）」を使用した。

Fig. 6 Ground deformation of GNSS stations around Shinmoedake from July 2017 to October 2017.



第7図 2017年10月14日の噴火に伴う地震・圧力波形。上から順に、広帯域上下動速度波形 (KRHV、地表設置)、短周期上下動速度波形 (KRHV、ボアホール型)、微気圧波形 (KRHV)、圧力波形 (KITK)。

Fig. 7 Seismic and infrasound records accompanying an eruption on October 14, 2017. From the top, broadband vertical ground velocity (on the ground surface at KRHV), short period vertical ground velocity (the bottom of borehole at KRHV), microbarogram (KRHV), and short period infrasound waveform (KITK).