

第 140 回 火山噴火予知連絡会資料

(その 1 の 1)

草津白根山

平成 30 年 2 月 14 日

火山噴火予知連絡会資料（その１の１）

目次

草津白根山.....	3
気象庁（気象研、地磁気含む）	3-31
草津白根山降灰合同調査班	32-34
東工大	35-43
東大震研	44-56
東海大	57-63
防災科研	64-69
地理院	70-84
アジア航測	85-89

草 津 白 根 山 (2018 年 2 月 12 日現在)

草津白根山の本白根山では、1 月 23 日 10 時 02 分頃に、噴火が発生した。その後も、地震活動が継続しているなど、火山活動が高まった状態となっており、当面は同程度の噴火が発生する可能性がある。

○ 概況

・ 1 月 23 日の噴火発生時の状況

草津白根山の本白根山では、1 月 23 日 10 時 02 分頃に噴火が発生した。噴火位置は鏡池北火砕丘の火口北側の火口列と西側の火口及び鏡池火口底の火口列で、大きな噴石が多数飛散した。聞き取り調査の結果、本白根山から北東に約 8 km の群馬県中之条町で降灰を確認した。

1 月 23 日 09 時 59 分に火山性微動が発生し、湯釜からみて南方が上昇する傾向の傾斜変動がみられはじめた。火山性微動の振幅は、徐々に大きくなったが、10 時 01 分頃には減少に転じ、10 時 02 分頃には小さくなった。この間の微動は、1~10Hz とブロードのピークを持つ。10 時 02 分頃、低周波地震発生とともに、傾斜変動は、湯釜からみて南方向が下がるセンスに転じた。微動振幅は、再び大きくなったが、すぐに減衰し、10 時 10 分前には小さくなった。この間の微動は約 1 Hz が卓越する。

GNSS 連続観測では、噴火発生の前後で、逢ノ峰南東観測点が北に動き、10 時 02 分頃に反転したが、元の状態には戻っていない。その他の観測点では変動はみられない。

・ 1 月 23 日の噴火発生後の状況

噴火当日の 1 月 23 日 15 時頃の上空からの観測では、鏡池北付近から弱い白色の噴気がみられた。しかし、火口周辺は、ほとんど雪に覆われていたことから、地温はそれほど高くないと推定される。1 月 31 日以降も、監視カメラで、火口列付近のごく弱い噴気がときどき観測されている。

噴火発生後、初動が不明瞭な BH 型地震が増加した。これらの地震の震源は鏡池北火砕丘の北側付近と推定される。また、1 月 24 日と 25 日にそれぞれ 2 回、振幅が小さく継続時間の短い火山性微動が発生した。これらのほとんどは、1 月 23 日の傾斜変動と同様に南上がりのセンスの傾斜変動を伴った。その後、地震回数は徐々に減少しているものの、微小な地震活動は継続している。

・ 1 月 23 日の噴火前の状況

2014 年 3 月頃から、湯釜直下の地震活動が活発化するなど湯釜付近の火山活動が活発化したが、2015 年半ば頃から徐々に静穏化し、2017 年には湯釜湖水成分も低下傾向に転じた。

湯釜付近の地震活動は 2015 年頃から、徐々に収まっていたが、逢ノ峰付近の地震は、数ヶ月毎に活動を繰り返していた。発生した地震は、湯釜付近及び逢ノ峰付近共にほとんどが A 型地震であった。

GNSS 連続観測では、湯釜を挟む（渋峠-逢ノ峰）基線で 2014 年 4 月頃からみられていたわずかな伸びの変化は、2015 年 11 月頃から停滞していた。2017 年 12 月頃から、渋峠-逢ノ峰の基線でごくわずかな伸びがみられていた。

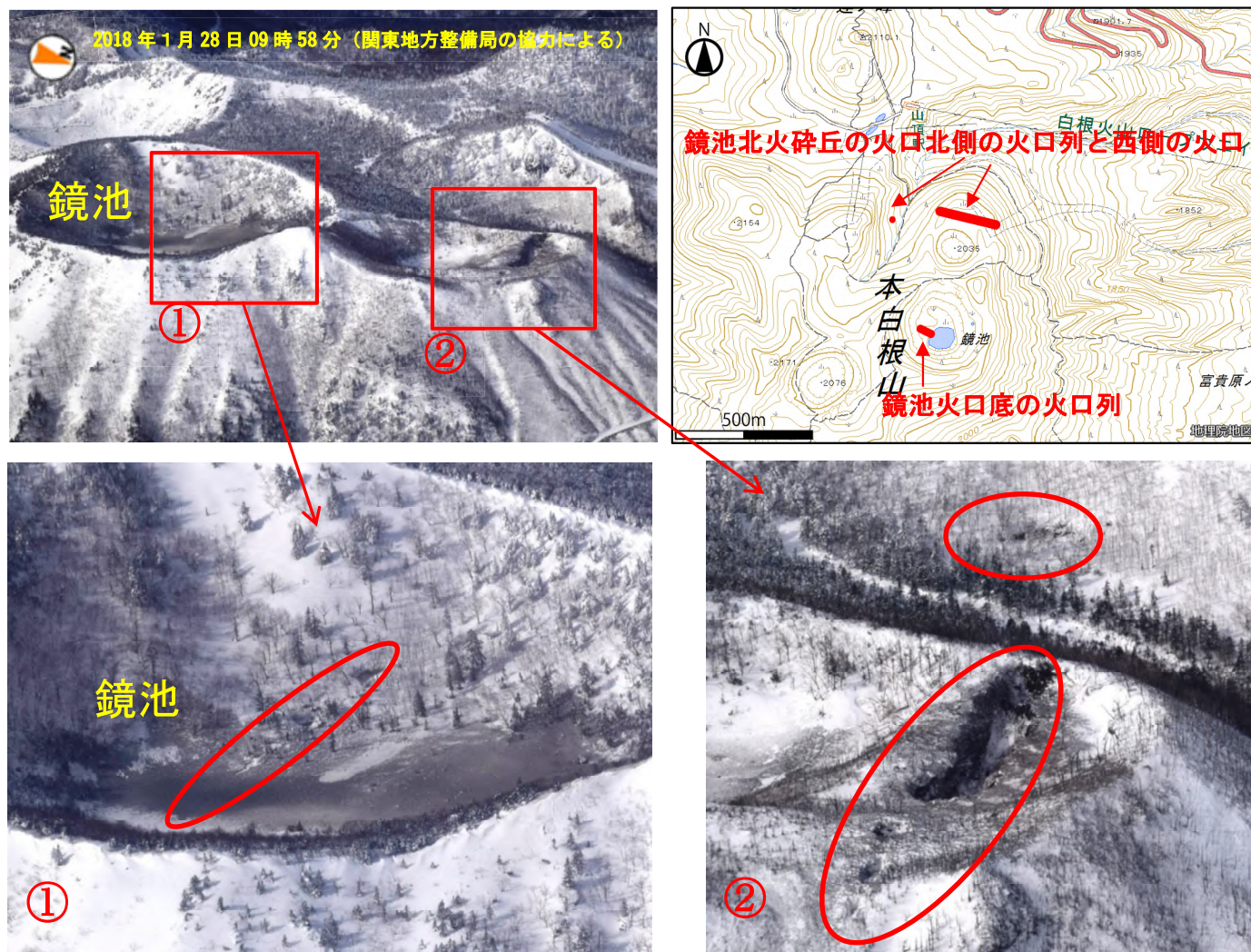


図1 草津白根山 上空からの観測による鏡池付近の状況（関東地方整備局の協力による）（2018年1月28日）

- ・各火口で噴気は確認されなかった。23日に噴火した複数の火口周辺に地熱域等は認められなかった。

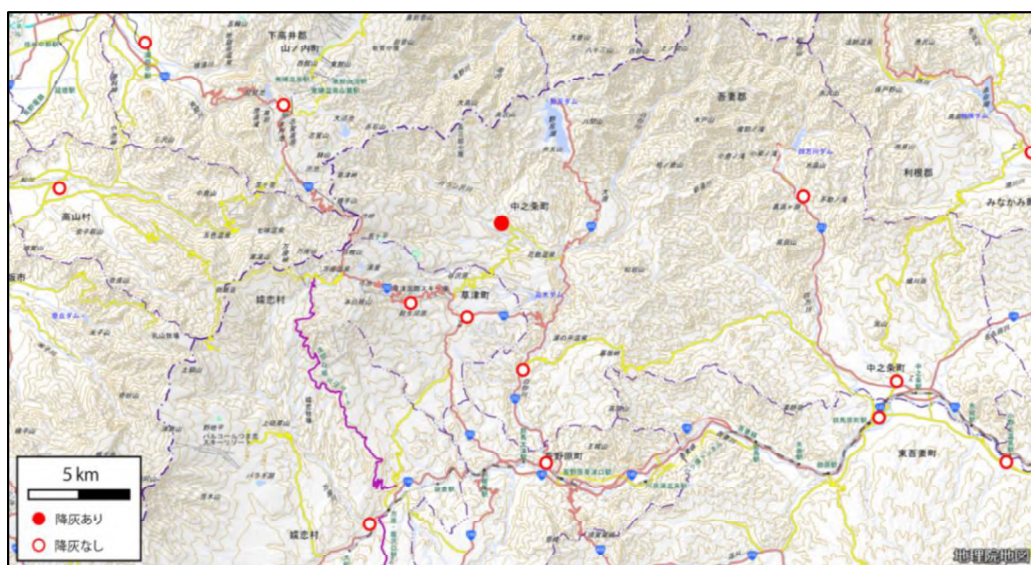


図2 草津白根山 降灰の状況の聞き取り結果

- ・聞き取り調査の結果、本白根山から北東に約8 kmの群馬県中之条町で降灰を確認した。

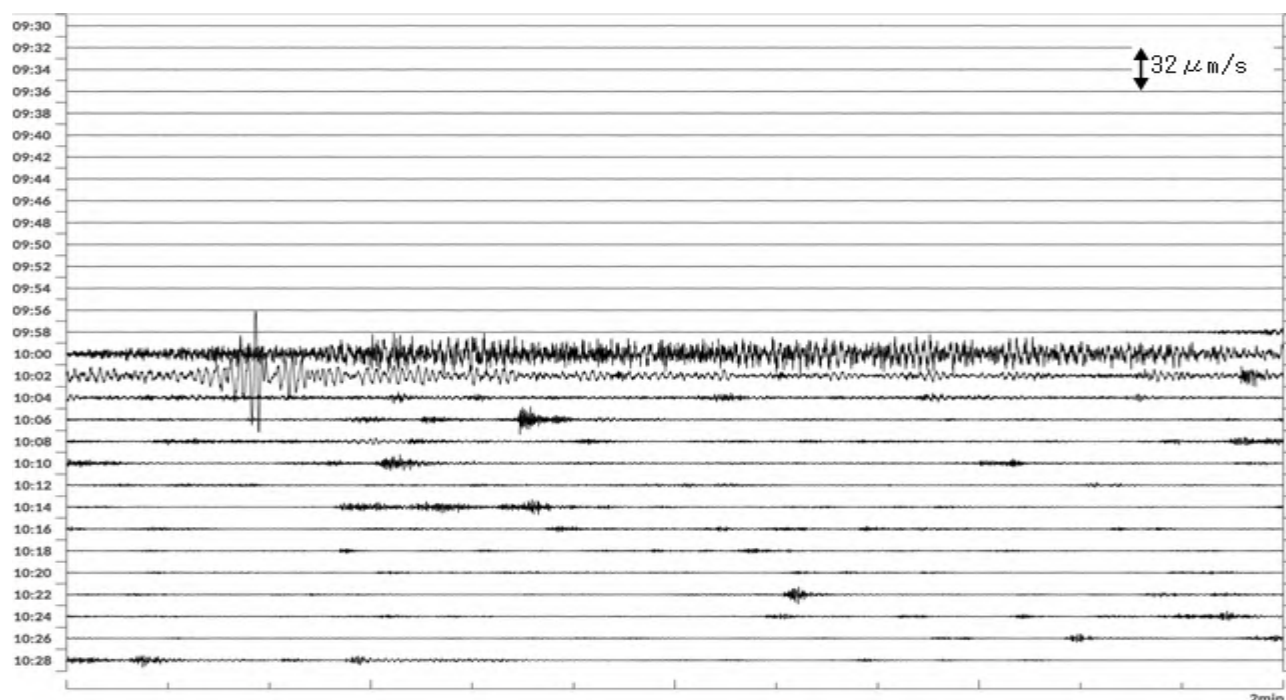


図3 草津白根山 1月23日09時59分頃発生した火山性微動（湯釜西（東工大）UD）

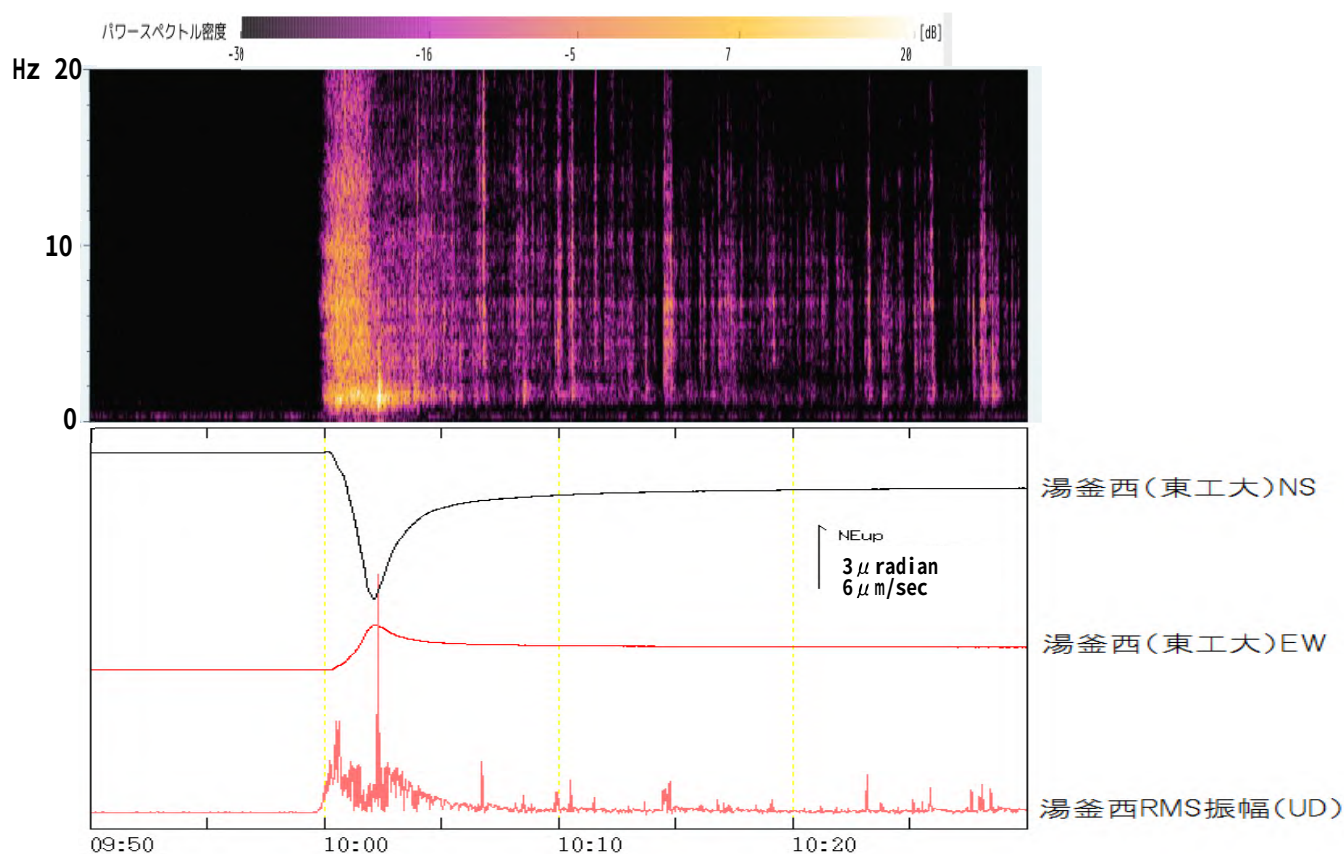


図4 草津白根山 1月23日09時59分頃発生した火山性微動のランニングスペクトル（湯釜西（東工大）上下動）と傾斜変動と微動のRMS振幅

- ・09時59分に火山性微動が発生し、湯釜からみて南方が上昇する傾向の傾斜変動がみられはじめた。火山性微動の振幅は、徐々に大きくなったが、10時01分頃には減少に転じ、10時02分頃には小さくなった。この間の微動は、1~10Hzとブロードのピークを持つ。10時02分頃、低周波地震発生とともに、傾斜変動は湯釜からみて南方向が下がるセンスに転じた。

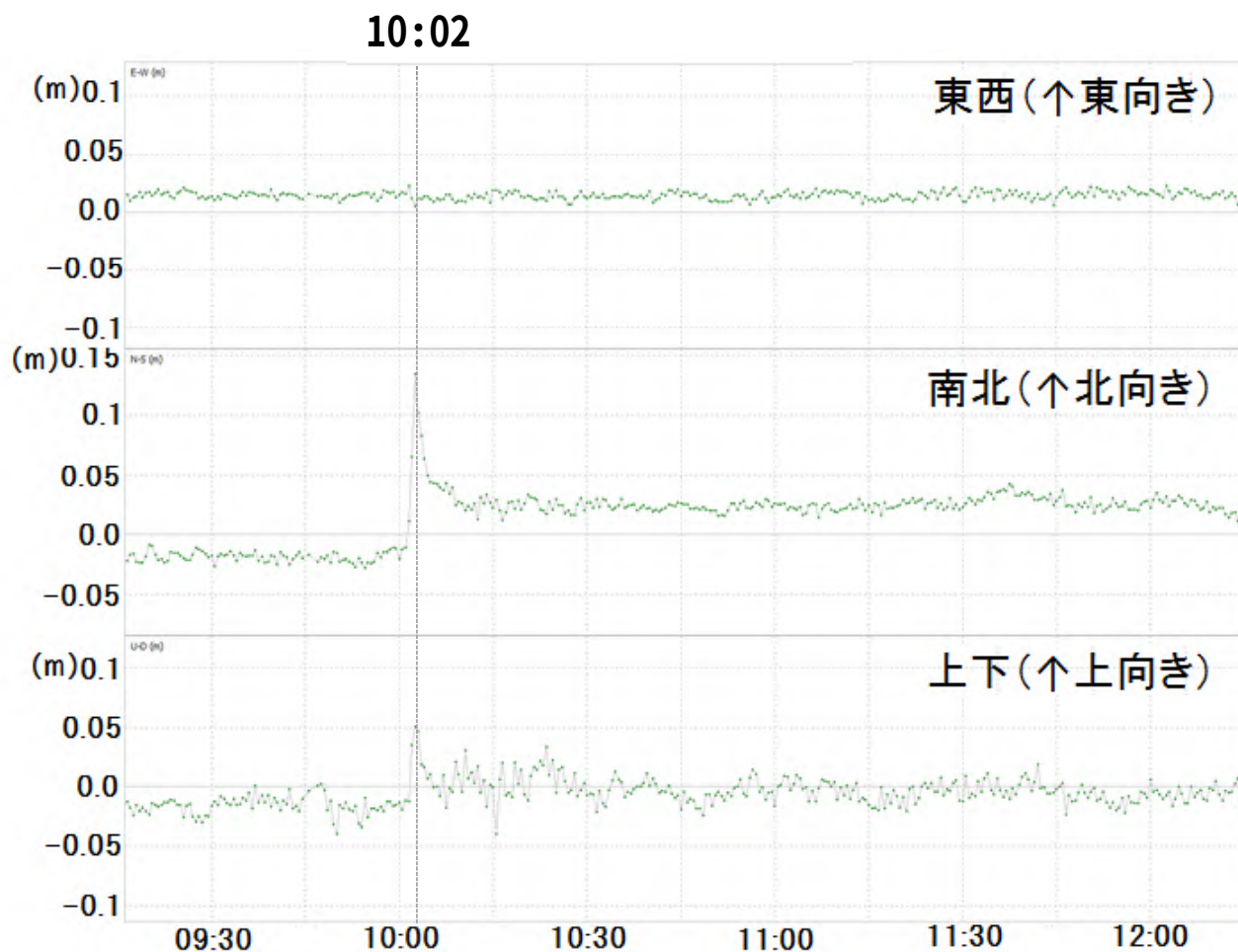
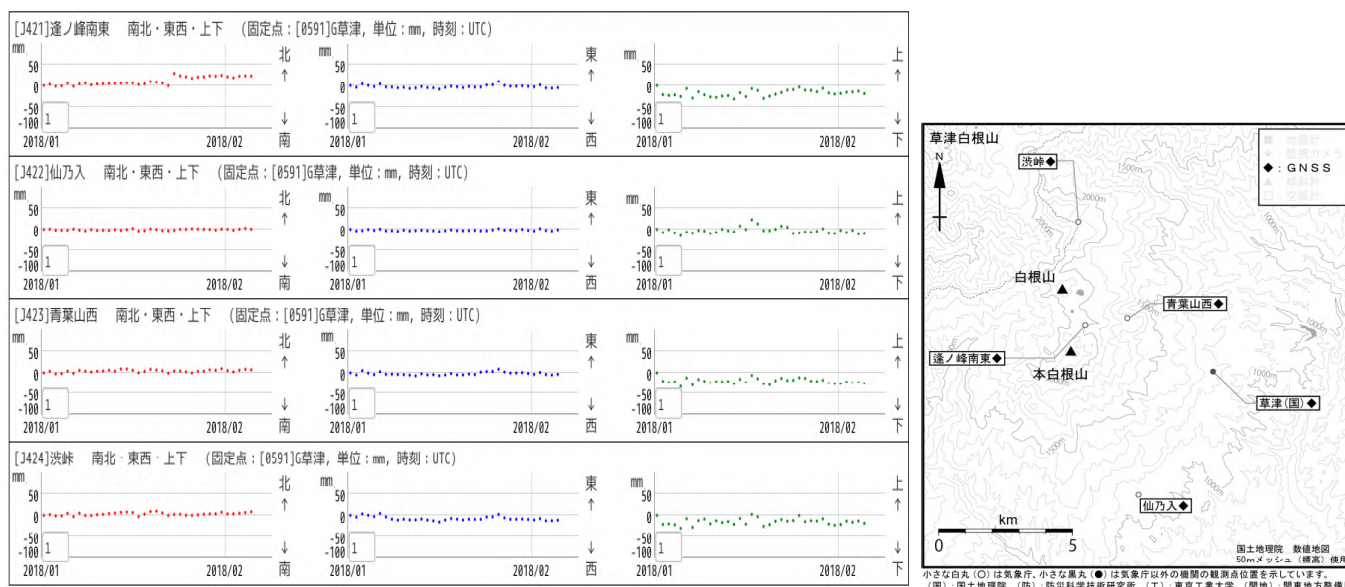


図 6 草津白根山 洪峠を基準とした逢ノ峰南東の GNSS (キネマチック解析) の動き (2018 年 1 月 23 日 09:15～12:15) (30 秒サンプリング)

- ・ 1 月 23 日 10 時 00 分頃から、逢ノ峰南東の GNSS が北に動き、10 時 02 分頃に反転したが、元の状態には戻っていない。その他の観測点では変動はみられない。

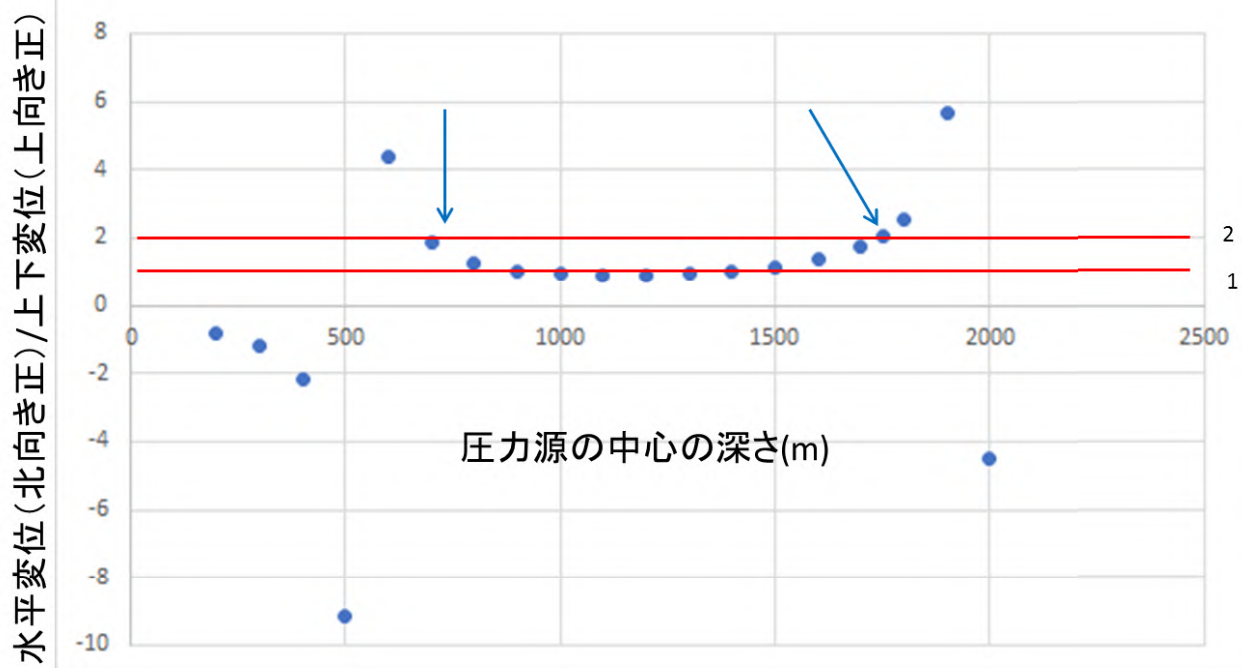


図 7 草津白根山 鏡池北側の火口列直下に楕円体(～鉛直ダイク)をおいた場合の逢ノ峰南東 GNSS の変位のフォワード計算結果

- ・鏡池北火砕丘の火口北側の火口列の直下に鉛直ダイク(縦横比 1:2)を置いた場合の地殻変動をフォワード計算した。

GNSS で見られる水平変位と上下変位の変位量の比 2:1 を説明するにはダイクの中心の深さは海拔 700m または 1750m のときがよい。

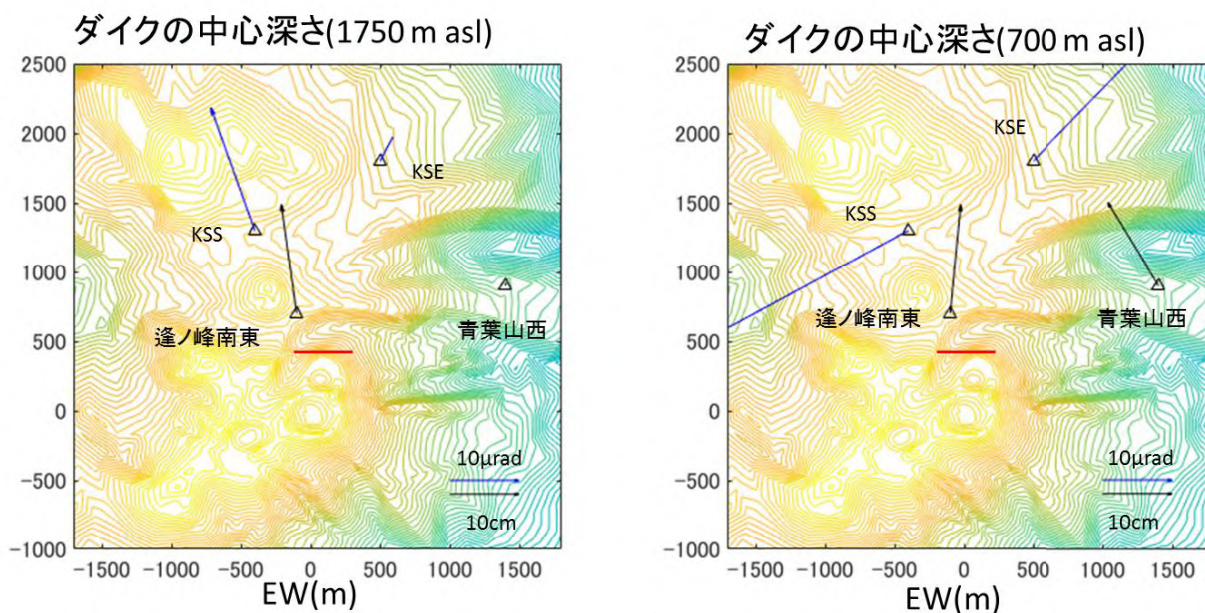


図 8 草津白根山 鏡池北側の火口列直下に楕円体(～鉛直ダイク)による理論変動(黒矢印: 変動、青矢印: 傾斜)

- ・鏡池北火砕丘の火口北側の火口列の直下付近に鉛直ダイク(縦横比 1:2)を置いた。ダイクの深さを変えて、逢ノ峰南東の GNSS の南北変位量(15.8cm)を説明できるような圧力源の大きさを与えた場合の青葉山西の変位と東工大の傾斜計の変化量をみた。標高 1750m のダイクの場合、傾斜計の変化量のオーダーは説明できるが、KSS の方位、KSS と KSE の振幅比は説明できない。標高 700m のダイクの場合、逢ノ峰南東 GNSS の変位量を説明するためには、青葉山西のか GNSS にも顕著な変位が観測されるはずである。

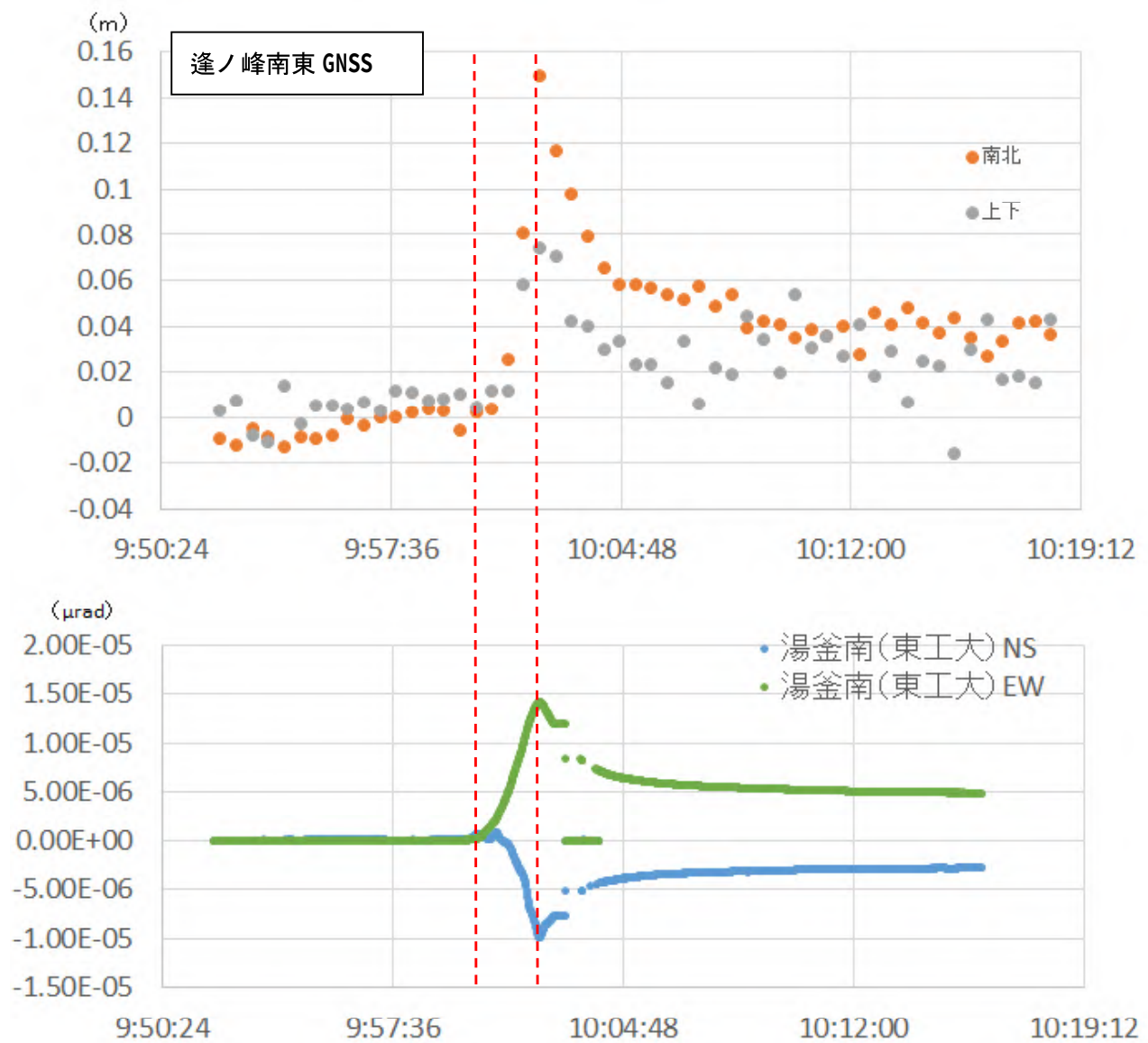


図9 草津白根山 逢ノ峰南東 GNSS（上段）と湯釜南（東工大）傾斜変動（下段）の比較

- ・ GNSS は 30 秒サンプリング、傾斜データは秒値。サンプリングレートの違いはあるが、ほぼ同様な時定数の現象を捉えていると解釈することが可能。

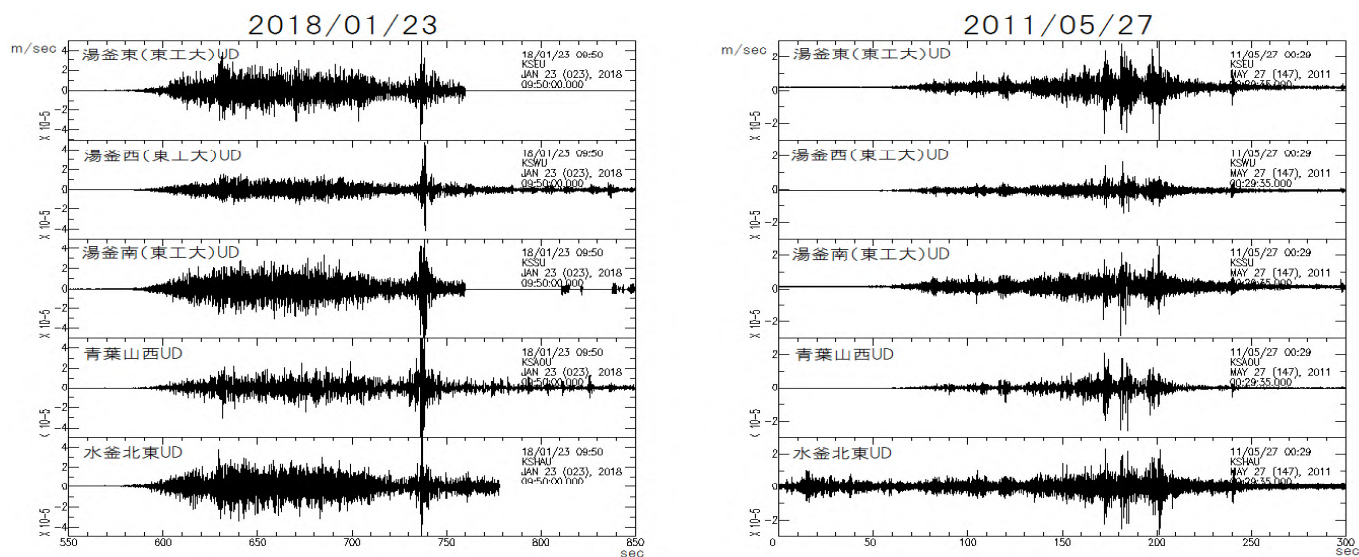


図10 草津白根山 2018年1月23日の火山性微動(左)と2011年5月27日の火山性微動波形(右)

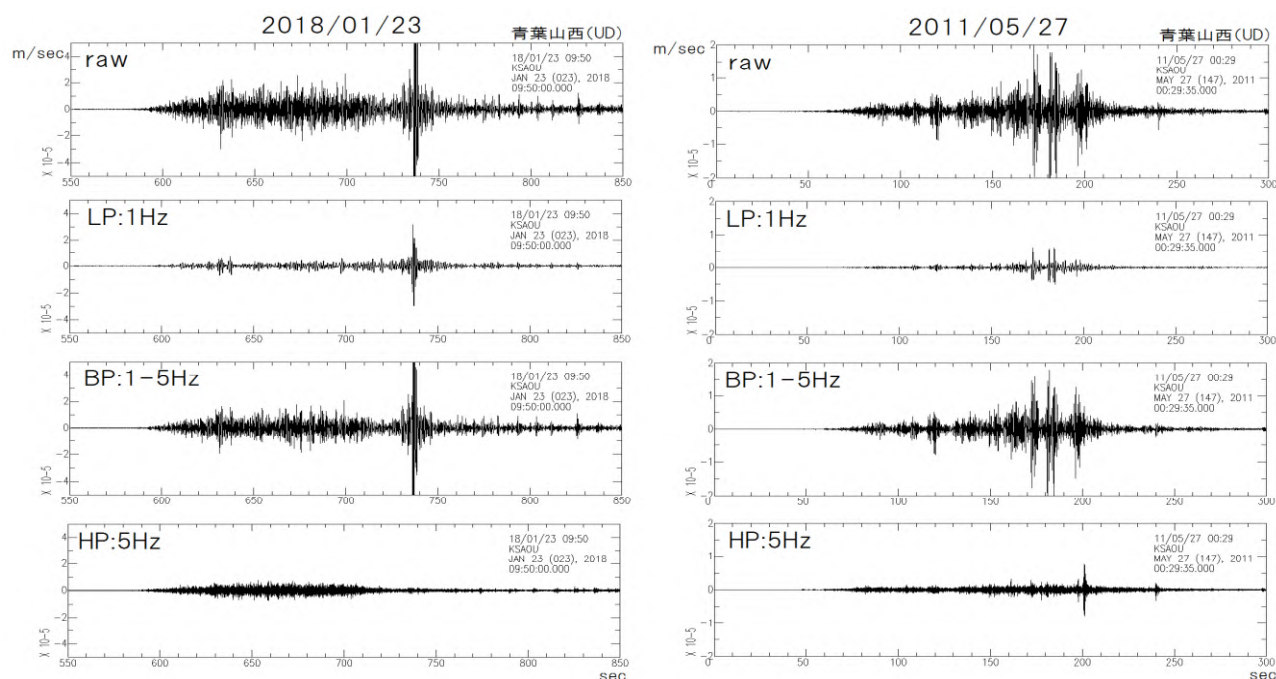


図11 草津白根山 2018年(左)の火山性微動と2011年のフィルター波形の比較

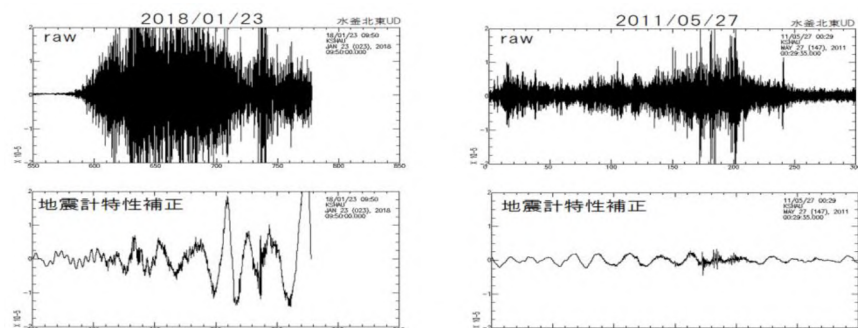


図12 草津白根山 2018年の火山性微動(左)と2011年の火山性微動(右)の長周期成分の比較

- ・2018年のほうが振幅は倍以上大きい、2018年と2011年で、各観測点の振幅比は概ね類似
- ・2018年と2011年で、周波数成分は概ね類似
- ・2018年は、超長周期イベントがあるが、2011年は顕著なものはない

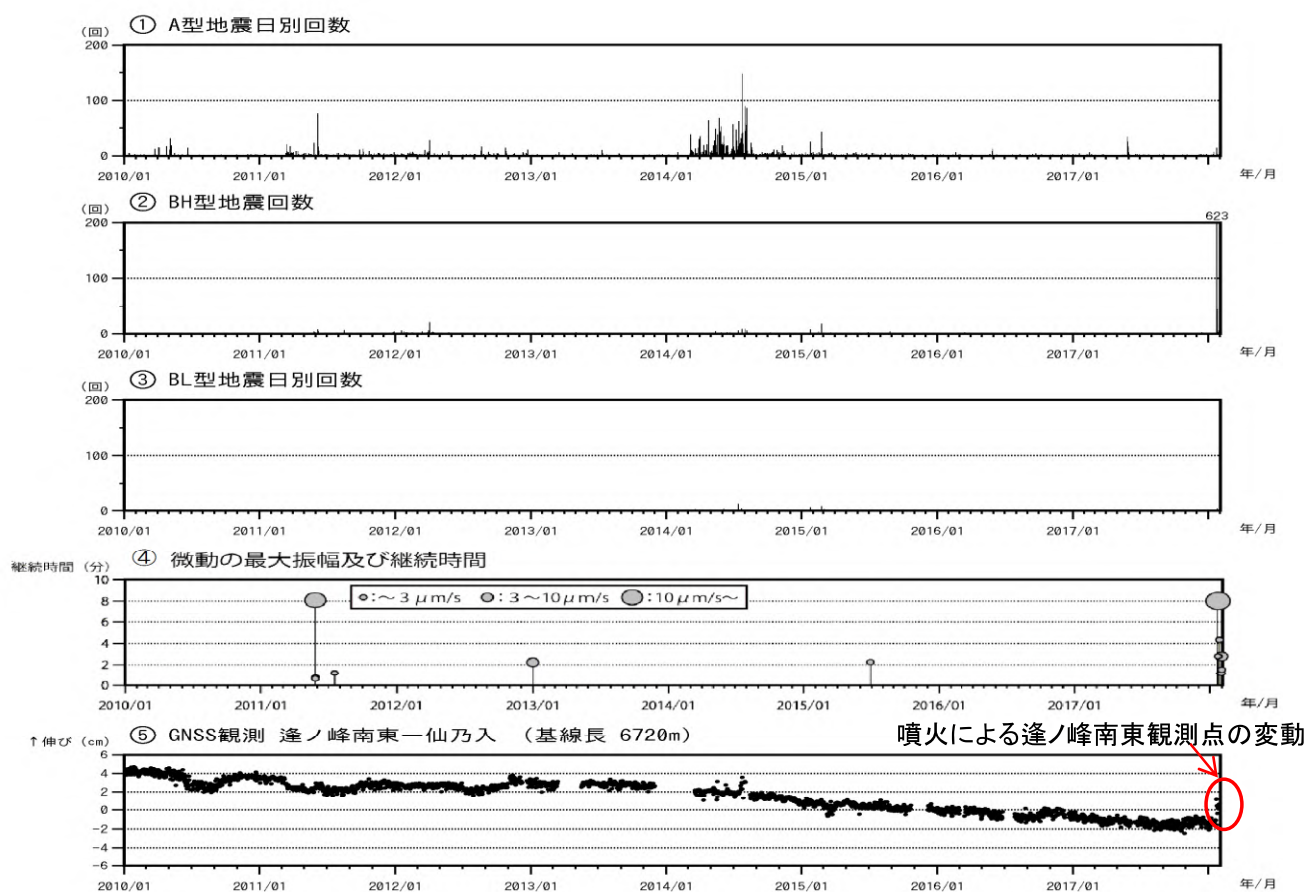
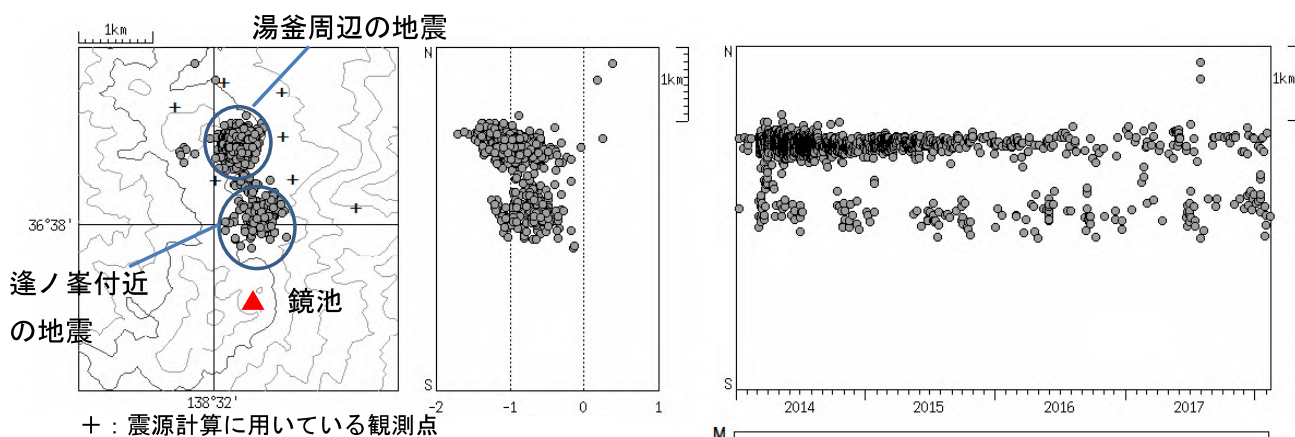


図 13 草津白根山 最近の活動経過図 (2010 年 1 月 1 日~2018 年 2 月 2 日)

- ・ 2014 年に湯釜周辺の地震活動が高まった以降は、地震活動は静穏な状態で経過していた。

図 14 草津白根山 ルーチン処理による震源分布
(2014 年 1 月 1 日~2018 年 2 月 12 日)

気象庁及び東京工業大学のデータを使用して計算

M は渡辺の式、M (-1) 以下は、すべて -1 にプロット

この地図の作成には、国土地理院発行の『2 万 5 千分 1 地形図』および『数値地図 50m メッシュ (標高)』を使用。

- ・ 震源は湯釜周辺と逢ノ峰付近に分布する。湯釜周辺の地震活動は 2014 年に高まった以降、徐々に静穏な状況になっていった。
- ・ 逢ノ峰付近の地震はおよそ数ヶ月毎に、活動を繰り返していたが、活動状況に変化はみられない。

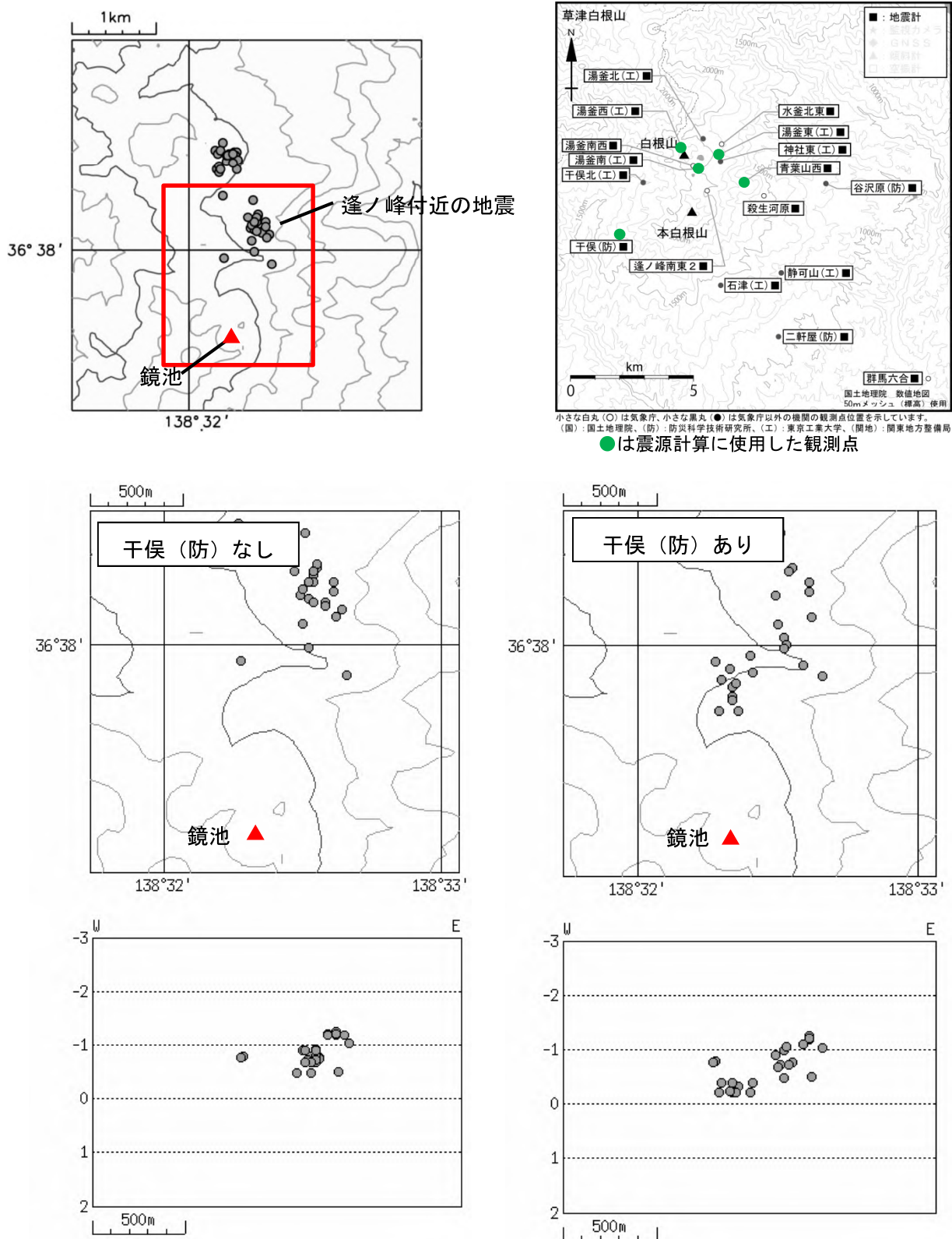


図15 草津白根山 逢ノ峰付近の地震の震源再計算結果(2018年8月1日~2018年1月22日)

- 読み取り精度のよい検測値を用いて、さらに干侯(防)を震源計算に用いると、震源は南西に移動する。

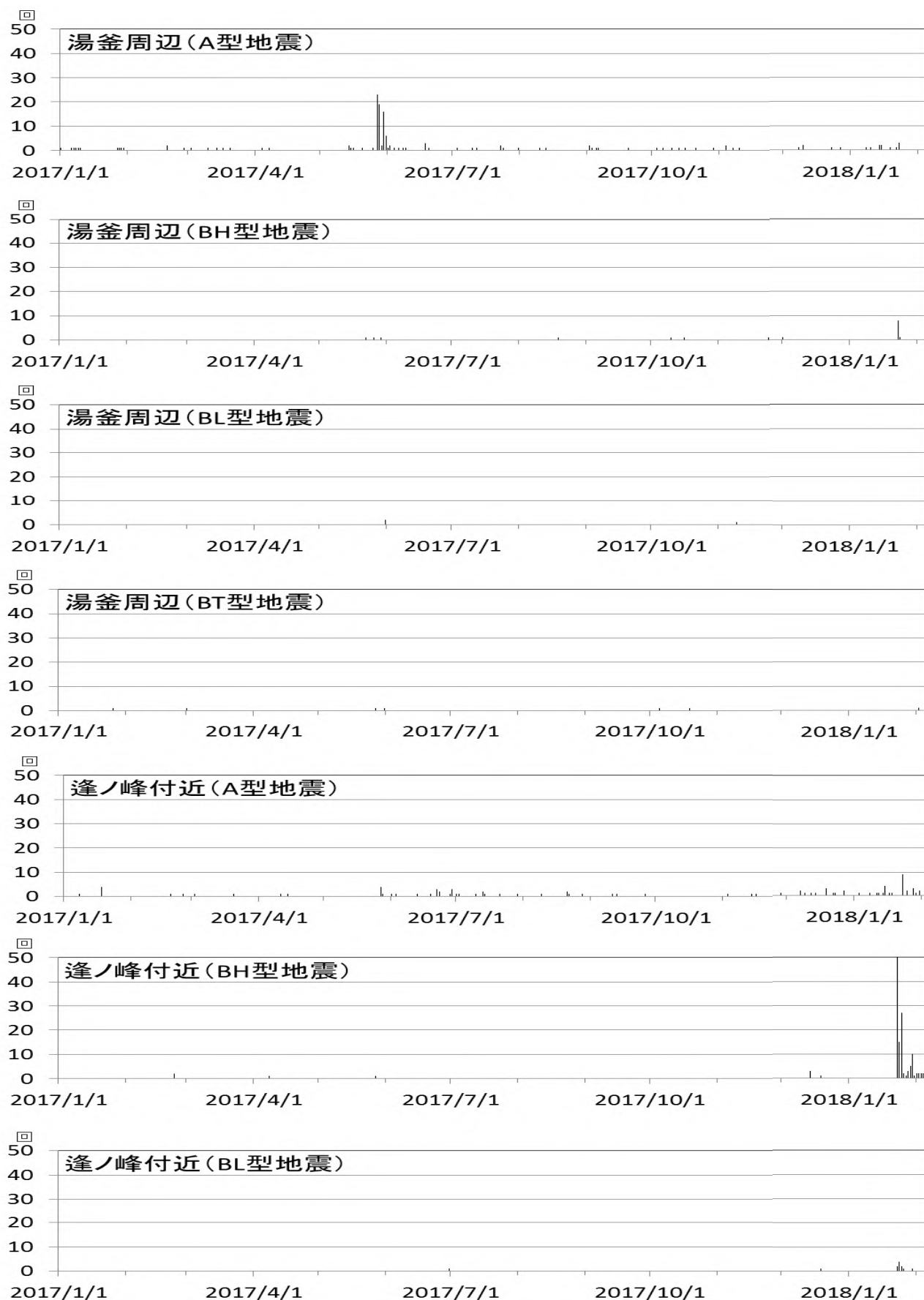


図 16 草津白根山 イベントタイプ別地震回数(2017 年 1 月 1 日~2018 年 2 月 12 日)

- ・噴火発生前は、湯釜周辺及び逢ノ峰付近の地震ともに発生する地震は A 型地震がほとんどであった。
- ・噴火発生後に発生する地震は、ほとんどが逢ノ峰付近の BH 型地震である。

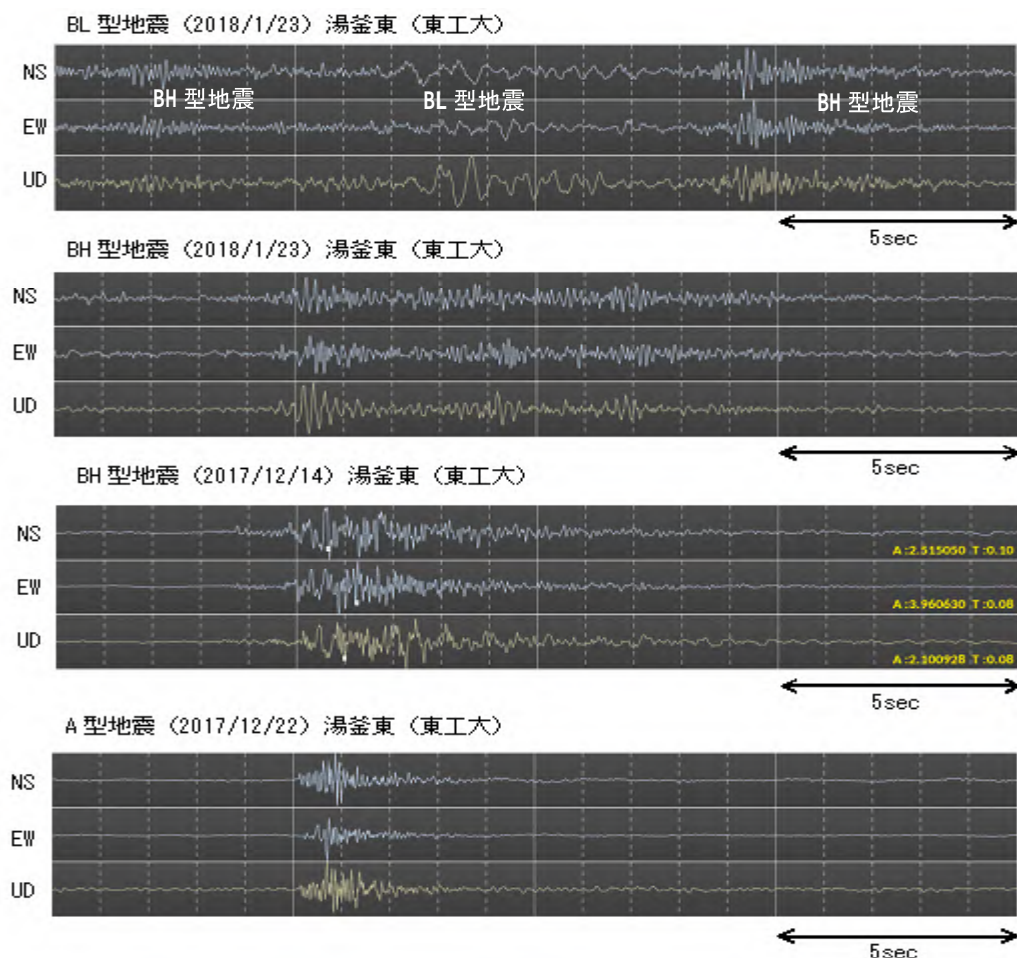


図 17 草津白根山 観測された火山性地震の波形例 (逢ノ峰付近の地震)

- ・ BH 型地震は P、S 相が不明瞭なのに対して、A 型地震はやや高周波で P、S 相が明瞭である。

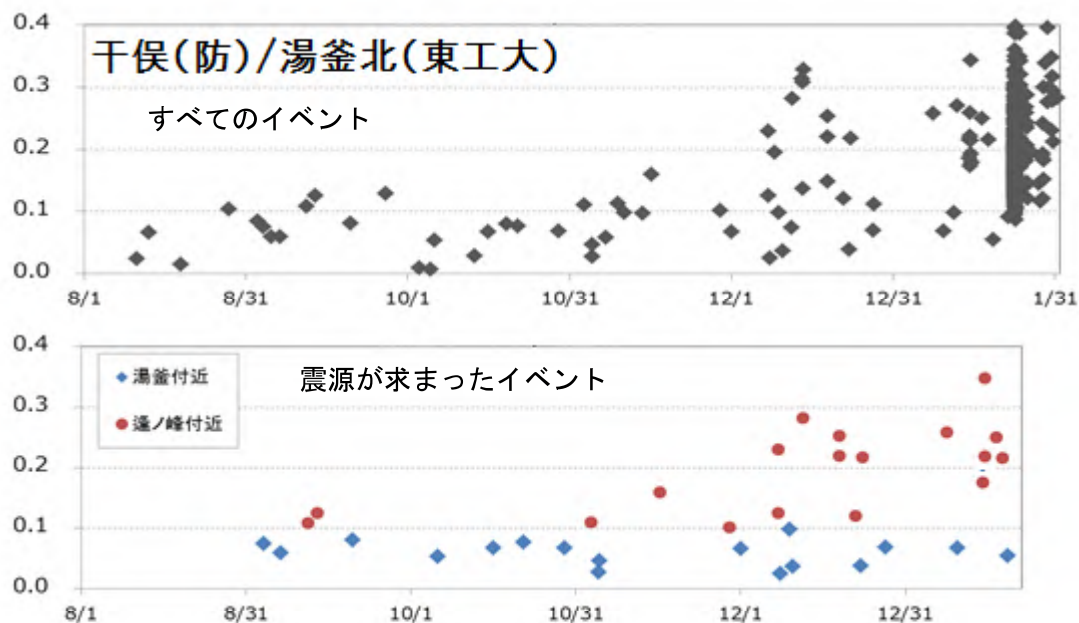


図 18 草津白根山 振幅比を用いた湯釜付近と逢ノ峰付近の地震の分類

- ・ 震源の求まった地震で、干俣(防)と湯釜北(東工大)の振幅比を比較すると 0.1 を境に湯釜付近の地震と逢ノ峰付近の地震が分類できる。噴火発生後に発生する地震は、ほとんどが逢ノ峰付近である。

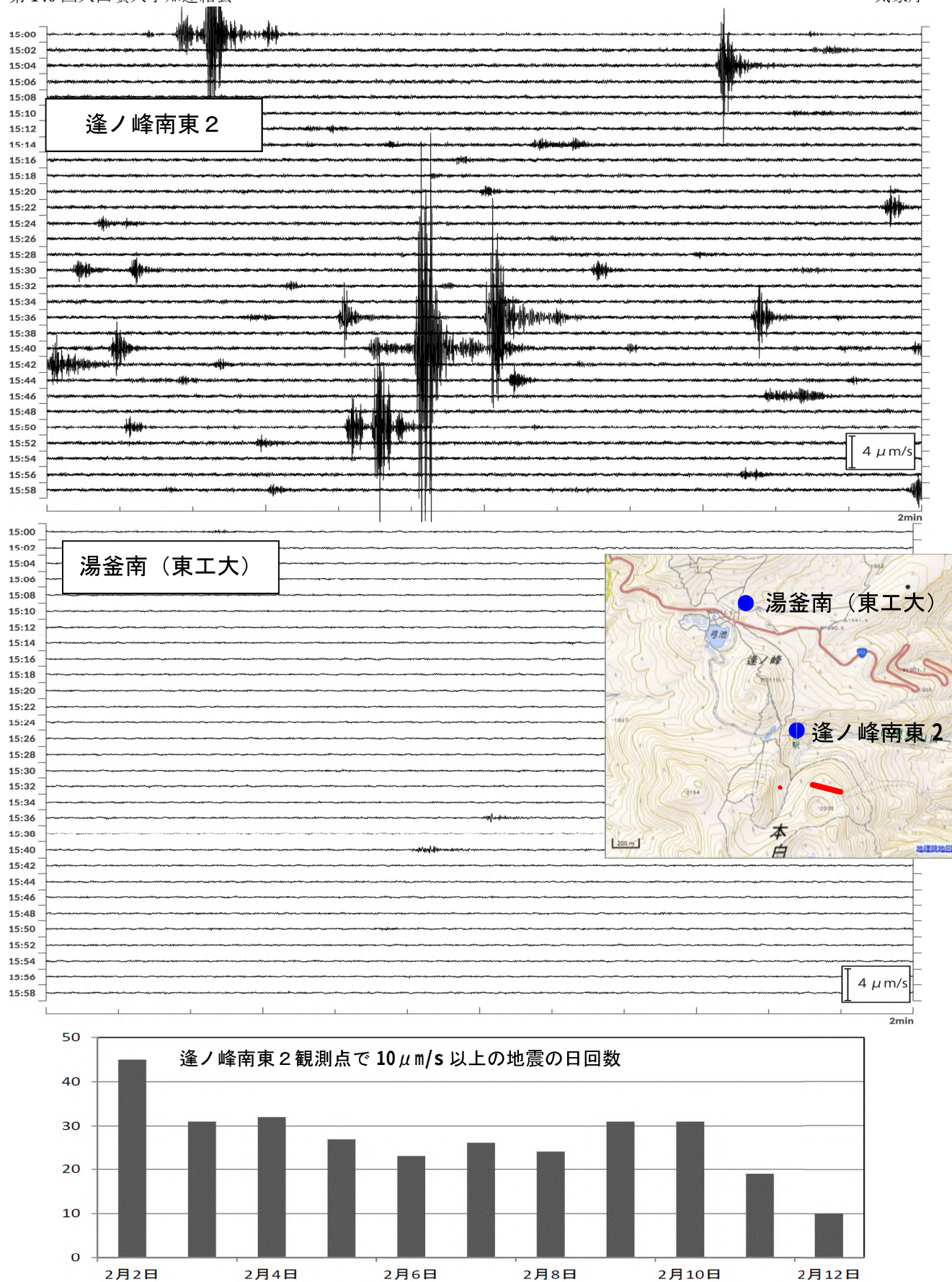


図 19 草津白根山 逢ノ峰南東 2 観測点と湯釜南 (東工大) の波形例と微小な地震の日回数
 ・逢ノ峰南東 2 観測点のみで観測される微小な地震の活動が続いている。これらの地震は、ほとんどが BH 型地震である。

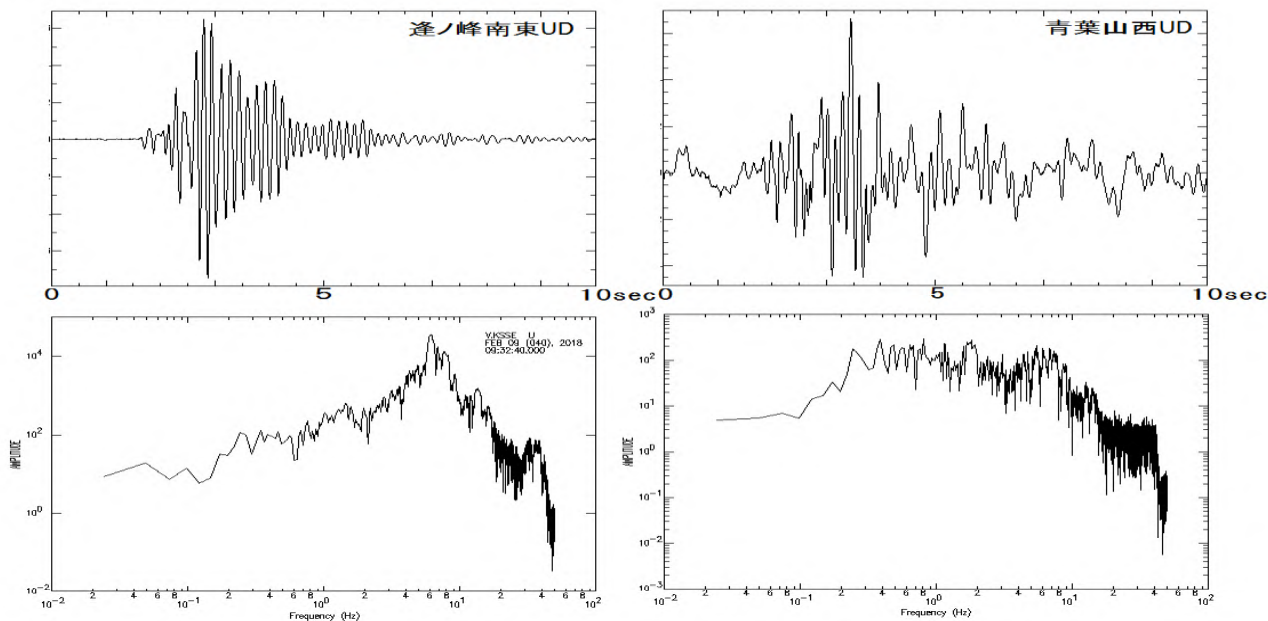


図 20 草津白根山 BH 型地震の波形とそのスペクトル
 ・いずれの観測点も 5 Hz 付近にピークがみられる

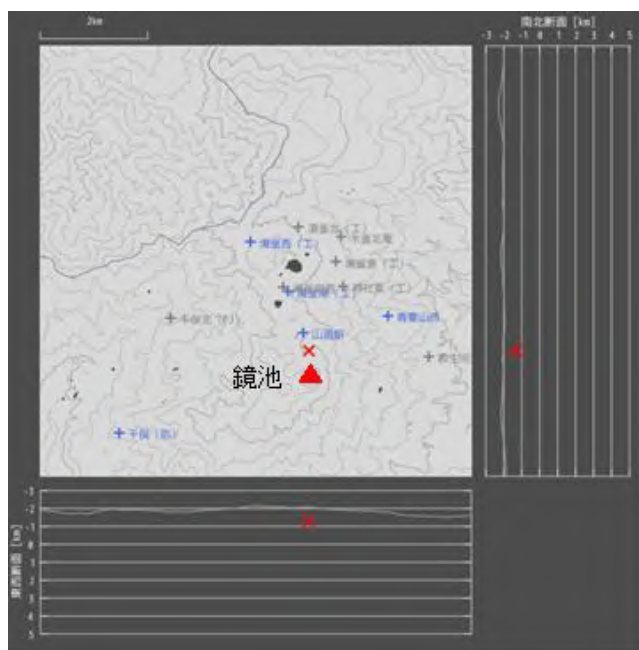


図 21 草津白根山 噴火発生後の BH 型地震の震源
 ・P 相のみで震源を求めると鏡池北火砕丘の火口北側の火口列の北、標高 1000m 付近になる

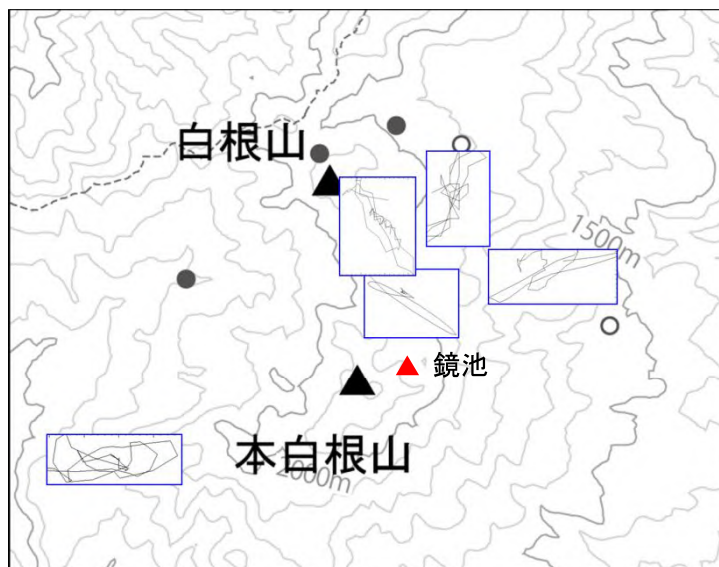


図 22 草津白根山 図 11 の BH 型地震の各観測点の初動部分の水平振動軌跡
 ・震動方向は鏡池北火砕丘の火口北側の火口列の北付近に向く

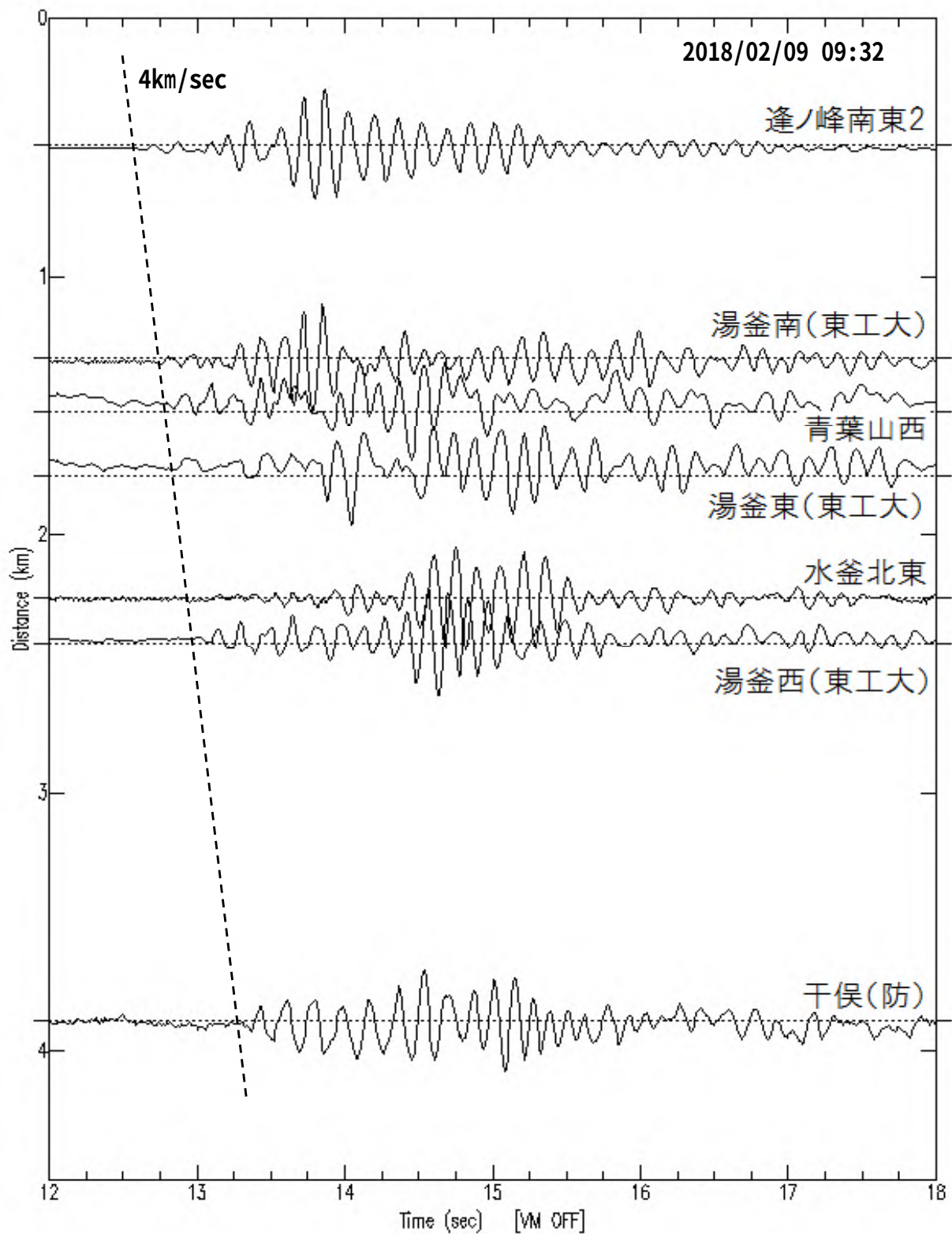


図 23 草津白根山 震央距離順に並べた、噴火発生後に観測された各観測点の BH 型地震波形（震央は図 21 を仮定）

- ・ 震央の位置は、鏡池北火砕丘の火口北側の火口列の北付近で説明可能である。

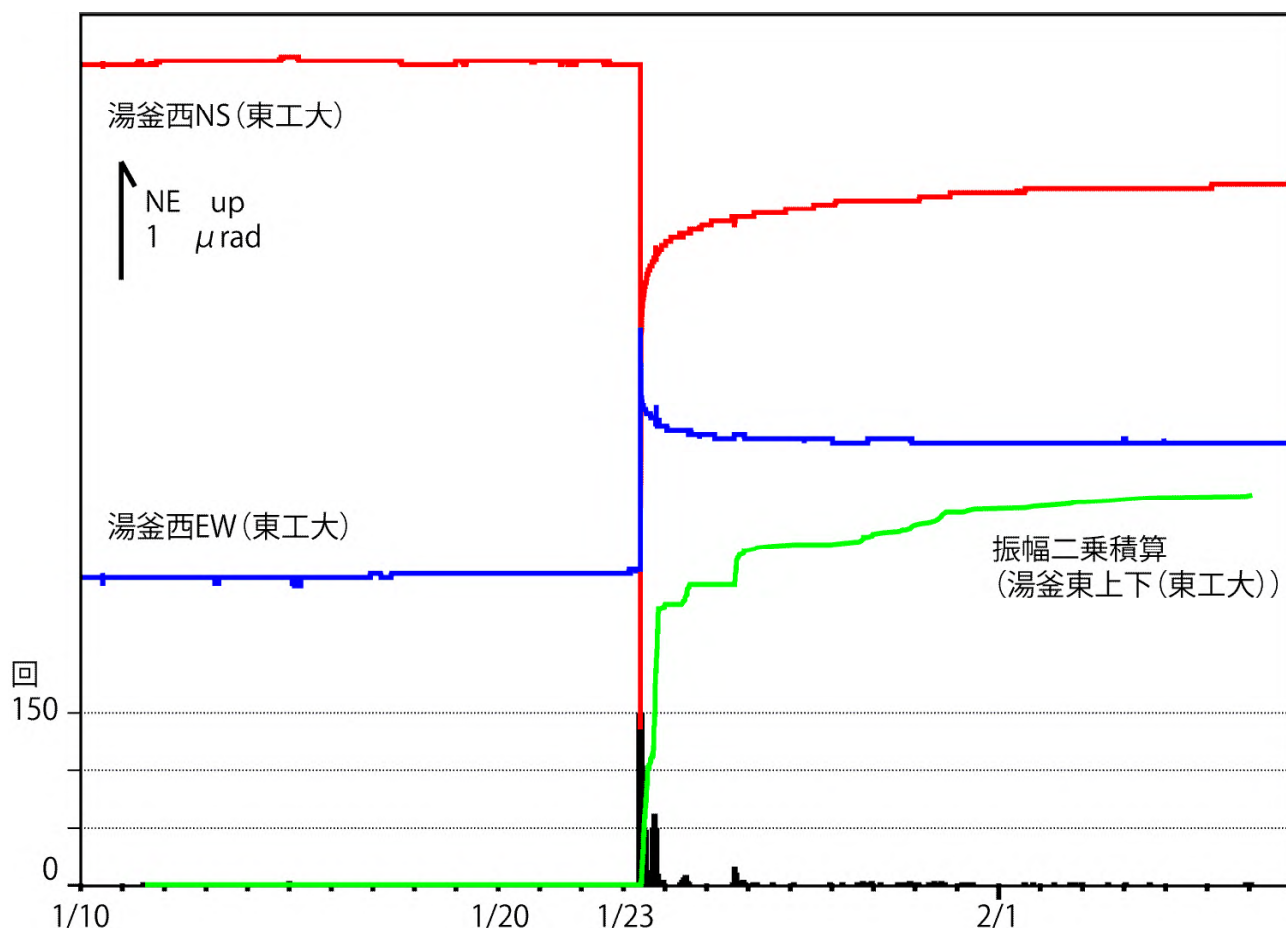


図 24 草津白根山 噴火前後の傾斜変動と地震活動 (2018 年 1 月 10 日～2 月 7 日)

- ・噴火発生後、南東方向が下がる傾向の傾斜変動が徐々に鈍化しながらも続いている。また地震活動も徐々に低下しつつも続いている。



噴気が観測された日時		
年	日	時間
2018年	1月31日	06～08時
	2月2日	07～09時
	2月5日	07～09時
	2月8日	08～10時

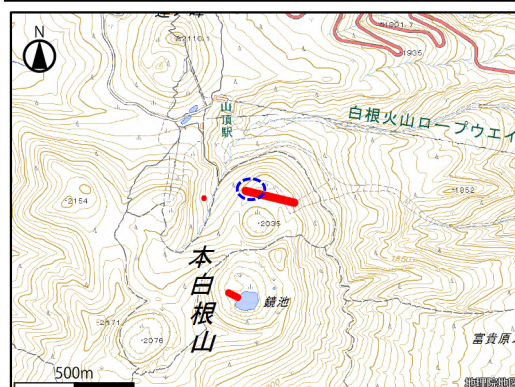


図 25 草津白根山 鏡池北火砕丘の火口の北側の火口列で観測されたごく弱い噴気 (青丸)

- ・気温の低く、風が弱いときにごく弱い噴気がときどき観測されている。今のところ、熱活動の強弱はみられない。

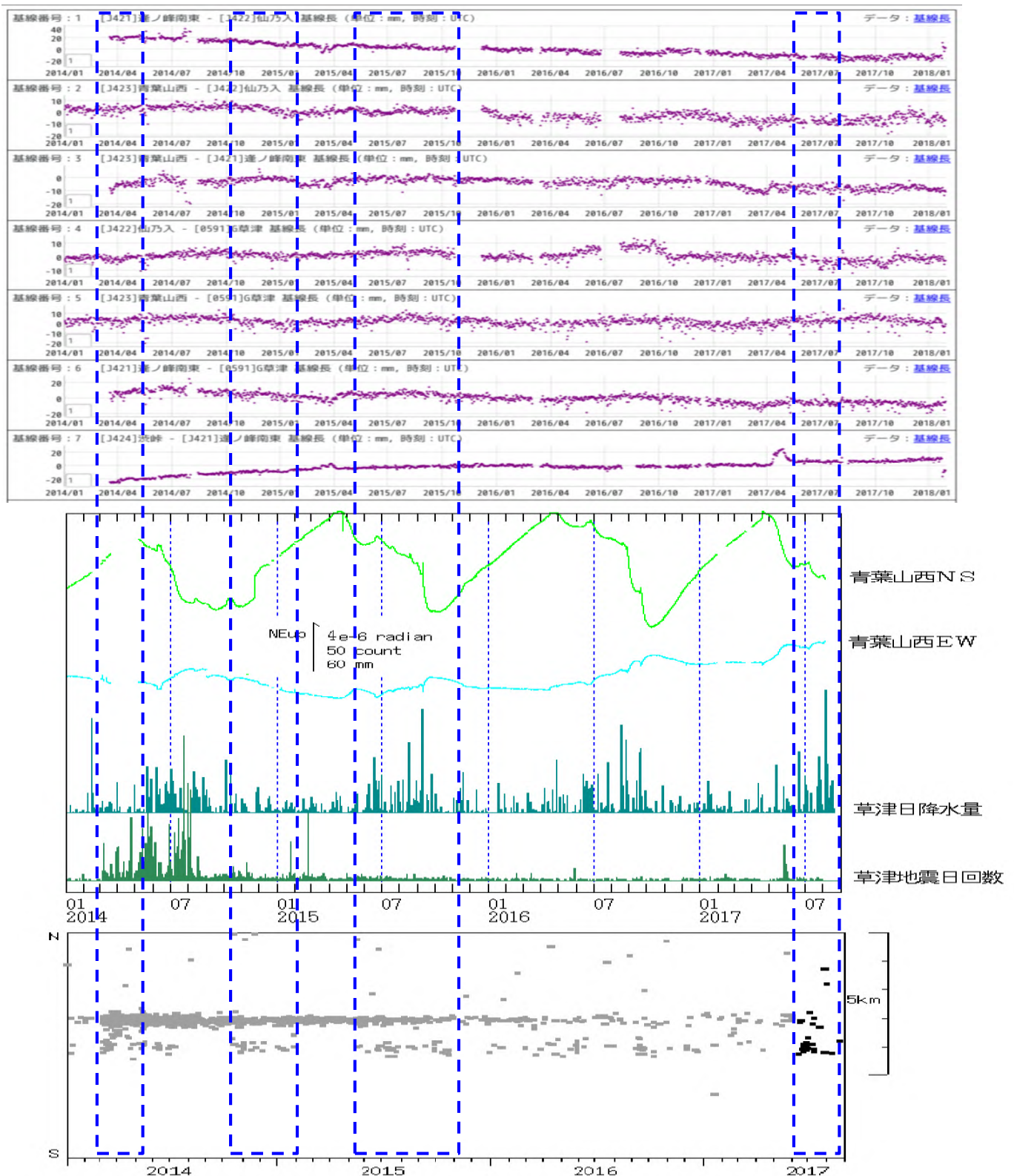


図 26 草津白根山 逢ノ峰付近の地震活動と地殻変動観測データとの比較

- ・逢ノ峰付近の地震は数ヶ月毎に活動（青枠）を繰り返している。GNSS や傾斜記録と比較しても、明瞭な相関はみられない。

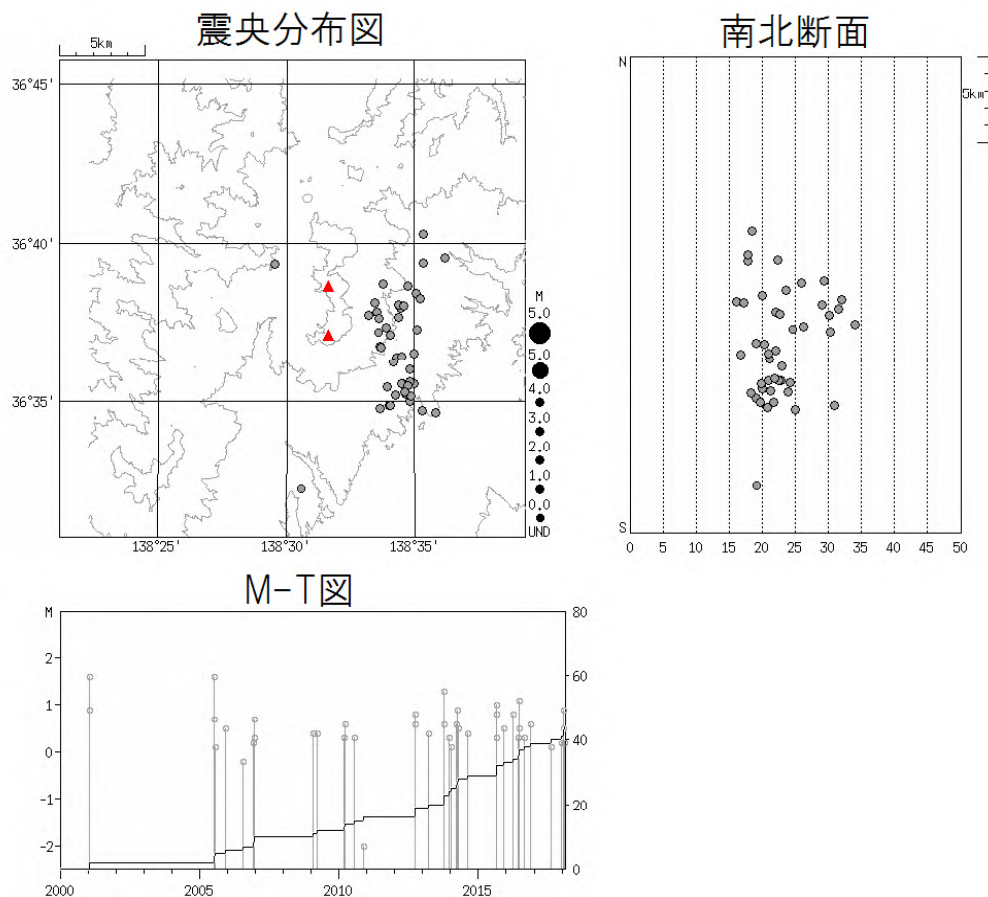


図 27 草津白根山 一元化震源による深部低周波地震の活動（2000 年 1 月 1 日～2018 年 2 月 7 日）
 ・ 深部低周波地震は数年毎に活動を繰り返している。

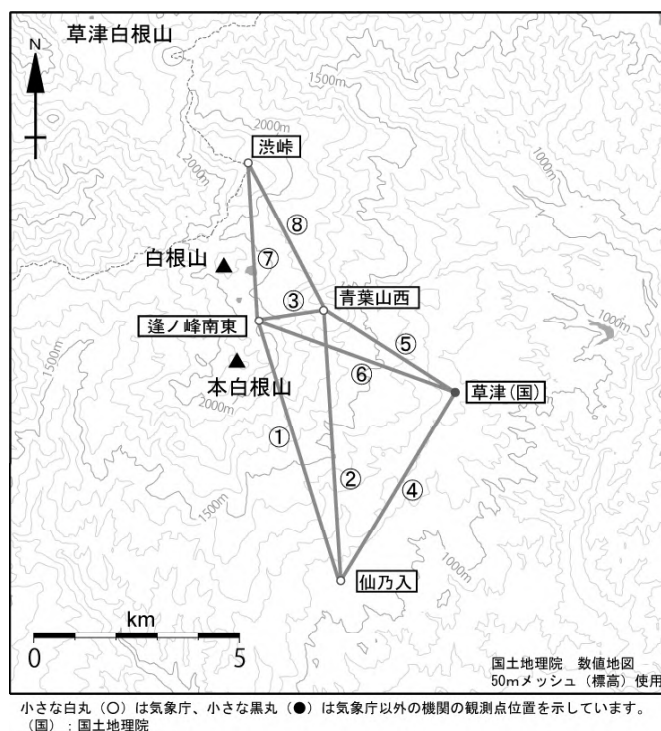


図 28 草津白根山 GNSS 連続観測点配置図

図中の GNSS 基線①～⑧は図 29 の①～⑧に対応する。

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 25000（行政界・海岸線）』及び『数値地図 50mメッシュ（標高）』を使用した。

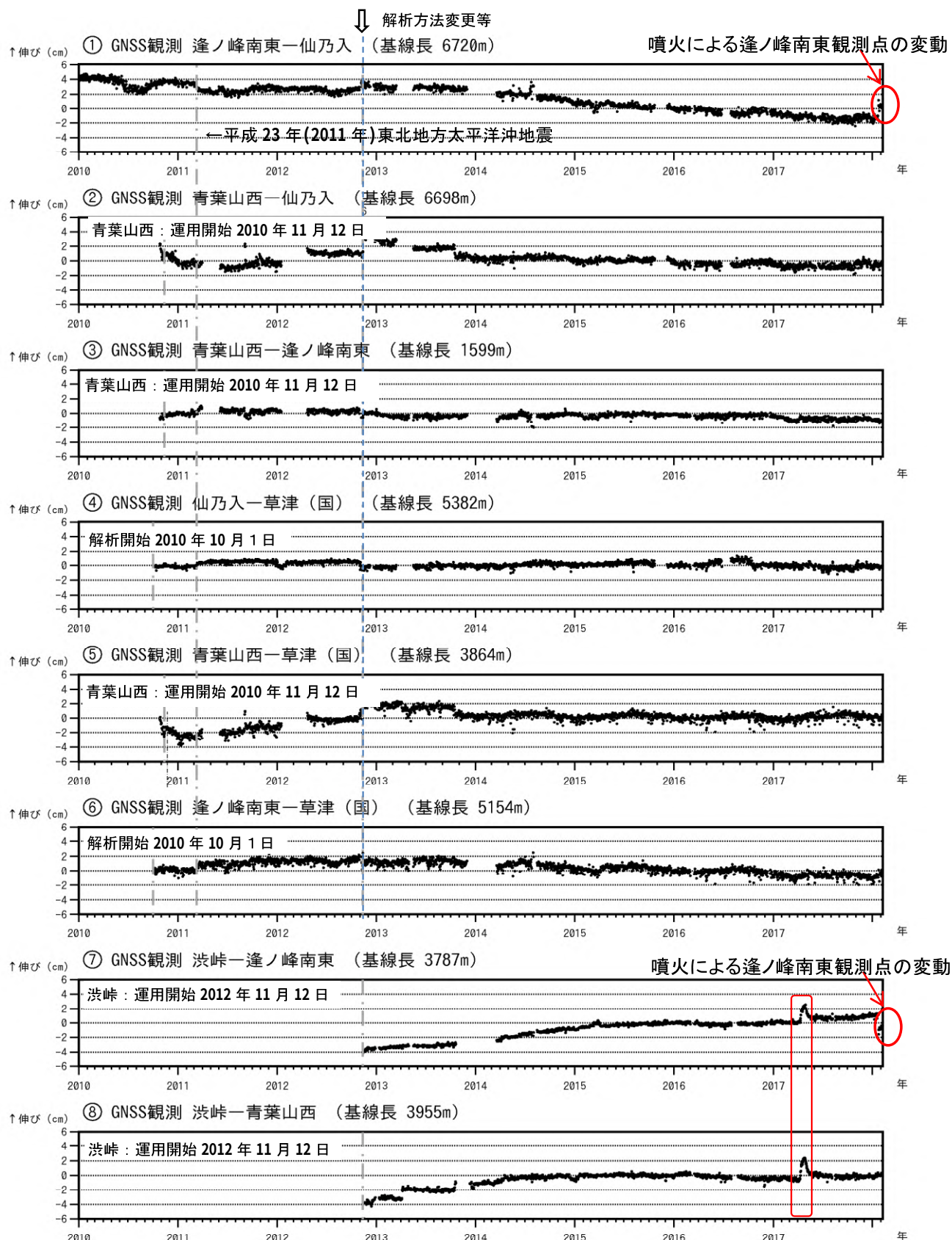


図 29 草津白根山 GNSS 連続観測による基線長変化 (2010 年 1 月 1 日~2017 年 2 月 7 日)

(国): 国土地理院

- ・湯釜を挟む基線⑦で 2014 年 4 月頃からわずかな伸び、延長上の①ではわずかな縮みの変化がみられていたが、いずれも 2015 年 4 月頃より停滞している。
- ・①~⑧は図 28 の①~⑧に対応する。グラフの空白部分は欠測を示す。
- ・青い破線で示したデータの乱れは解析方法の変更や観測機器の更新によるものである。
- ・赤枠の変化は渋峠観測点の局所的な変化とみられ、火山活動によるものではないと考えられる。

草津白根山

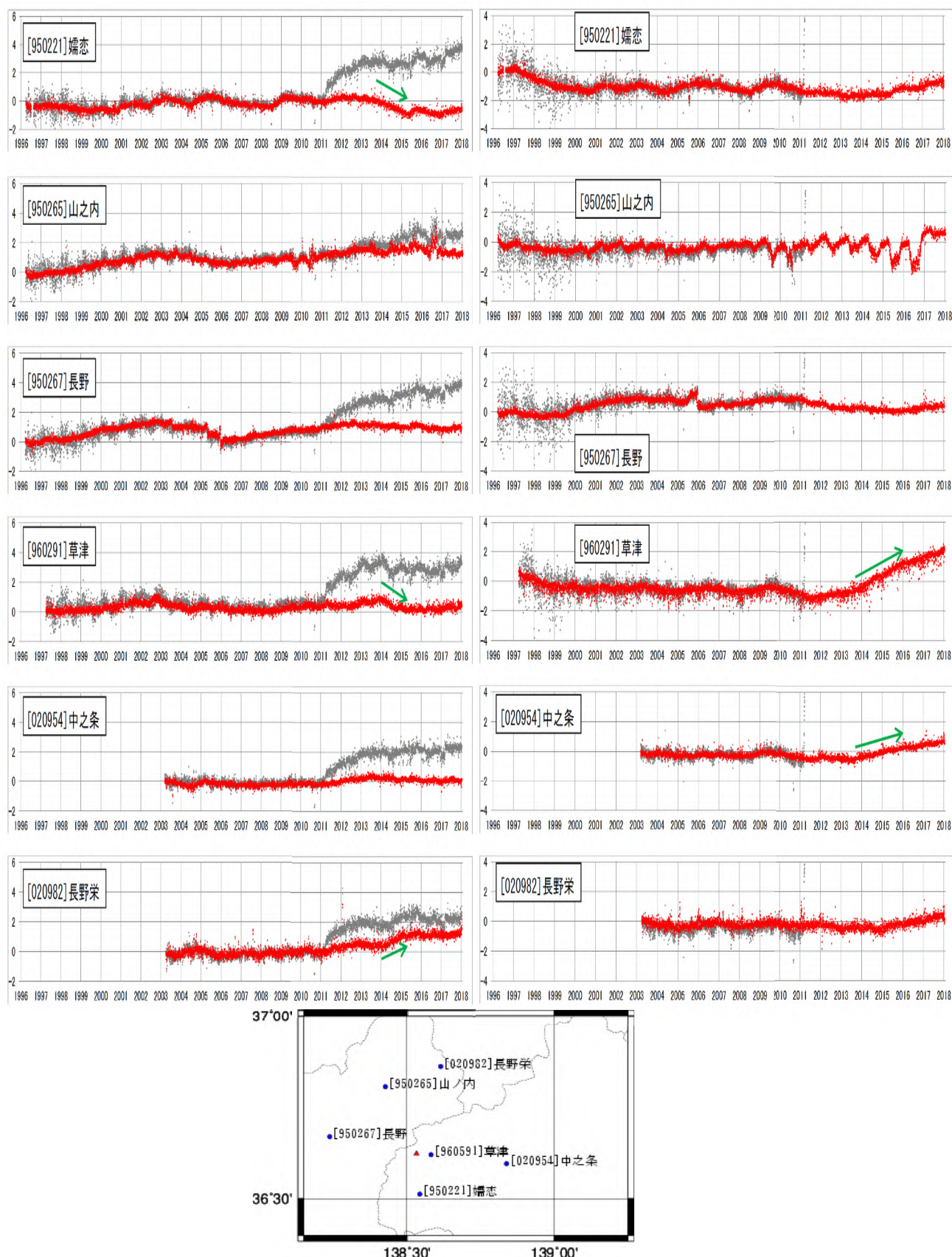


図 30 草津白根山 草津白根山周辺の国土地理院 GEONET 日座標値 (F3 解) の南北 (左) 及び東西変位 (単位: cm)

※ 灰色は地震等によるステップ及びトレンド除去を行ったデータ、赤丸は各種処理 (地震によるステップ、トレンド、年周変化、余効変動、共通成分の除去) を行ったデータを示す。北向き、東向きの変位を正とする。

- ・ 2014 年頃から 2015 年にかけて、一部の観測点で変動が認められる。



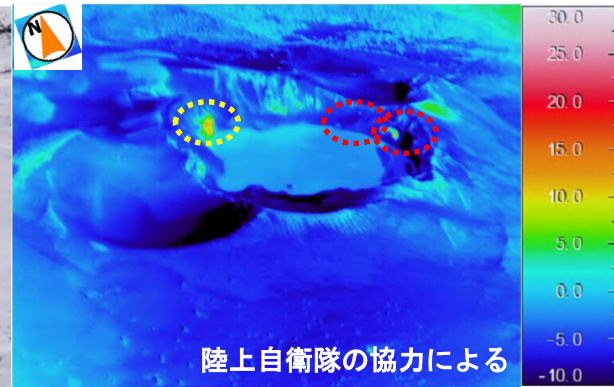
関東地方整備局の協力による

2018 年 1 月 28 日 12 時 54 分 湯釜火口の北上空から撮影



陸上自衛隊の協力による

2017 年 11 月 1 日 11 時 10 分 湯釜火口の南西上空から撮影

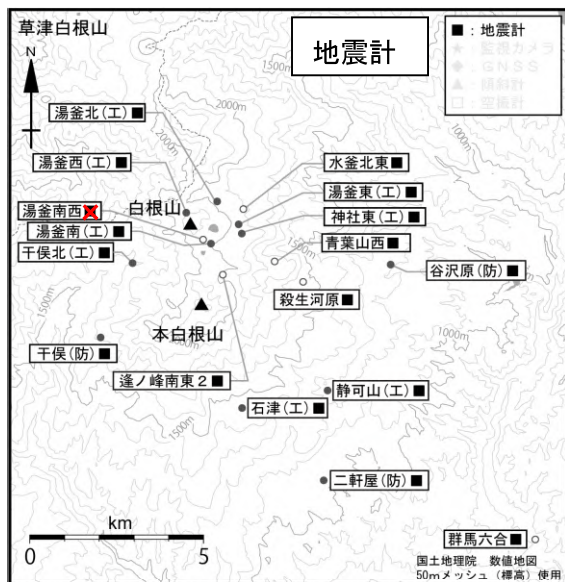


陸上自衛隊の協力による

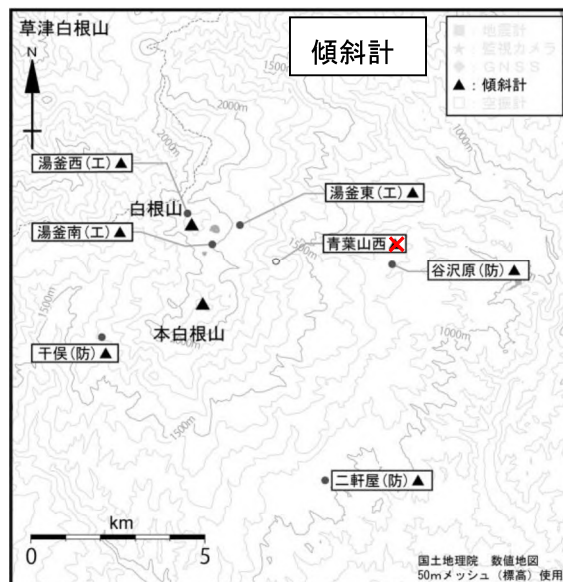
2017 年 2 月 1 日 10 時 38 分 湯釜火口の南西上空から撮影

図 31 草津白根山 湯釜火口周辺の状況及び地表面温度分布

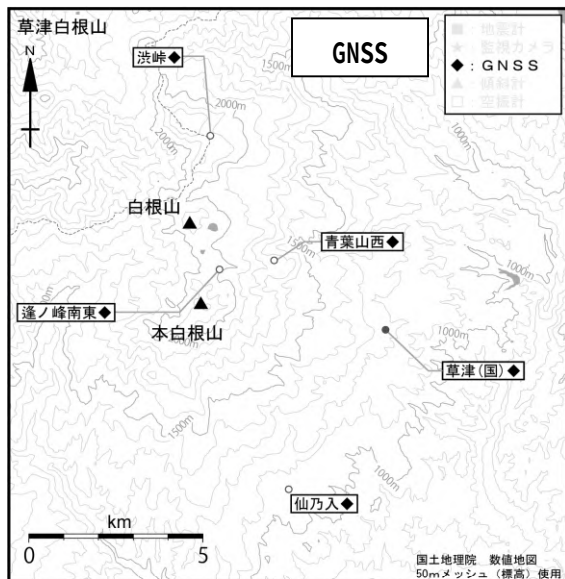
- ・ 2018 年 1 月 28 日に関東地方整備局の協力により実施した上空からの観測では、湯釜火口周辺の状況に特段の変化は認められなかった。



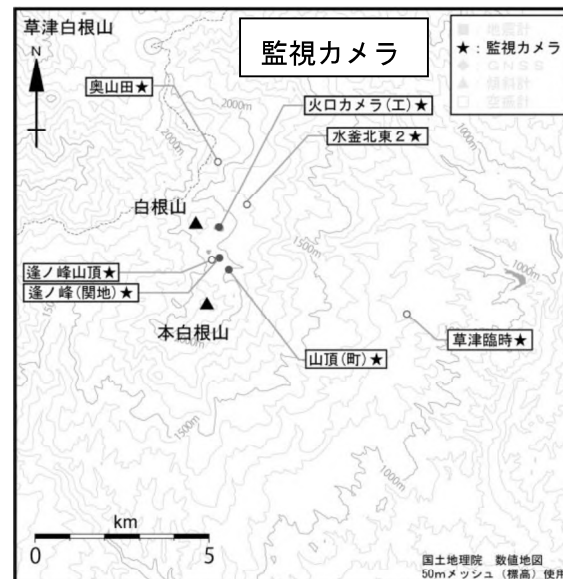
小さな白丸(○)は気象庁、小さな黒丸(●)は気象庁以外の機関の観測点位置を示しています。
(国)：国土地理院、(防)：防災科学技術研究所、(工)：東京工業大学、(関地)：関東地方整備局



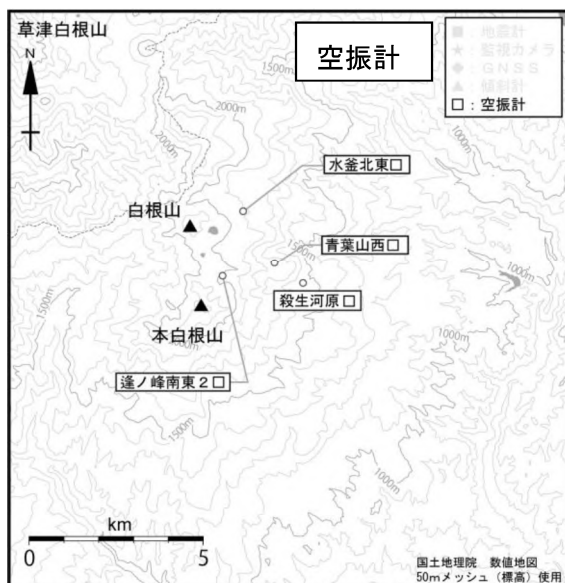
小さな白丸(○)は気象庁、小さな黒丸(●)は気象庁以外の機関の観測点位置を示しています。
(国)：国土地理院、(防)：防災科学技術研究所、(工)：東京工業大学、(関地)：関東地方整備局



小さな白丸(○)は気象庁、小さな黒丸(●)は気象庁以外の機関の観測点位置を示しています。
(国)：国土地理院、(防)：防災科学技術研究所、(工)：東京工業大学、(関地)：関東地方整備局



小さな白丸(○)は気象庁、小さな黒丸(●)は気象庁以外の機関の観測点位置を示しています。
(国)：国土地理院、(防)：防災科学技術研究所、(工)：東京工業大学、(関地)：関東地方整備局



小さな白丸(○)は気象庁、小さな黒丸(●)は気象庁以外の機関の観測点位置を示しています。
(国)：国土地理院、(防)：防災科学技術研究所、(工)：東京工業大学、(関地)：関東地方整備局

図 32 草津白根山 観測点配置図

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 25000 (行政界・海岸線)』及び『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。

ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた 草津白根山における SAR 干渉解析結果

ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。

1. はじめに

ALOS-2/PALSAR-2 で撮像された草津白根山周辺のデータについて干渉処理を行ったので報告する。

2. 解析結果

南行軌道の長期ペア、2018 年 1 月 23 日の噴火前の短期ペア及び噴火を跨ぐペアについて解析を行った。ノイズレベルを超えるような位相変化は検出されなかった。

なお、各干渉解析結果について、対流圏遅延補正などを行っていないため、ノイズが重畳している可能性がある。

謝辞

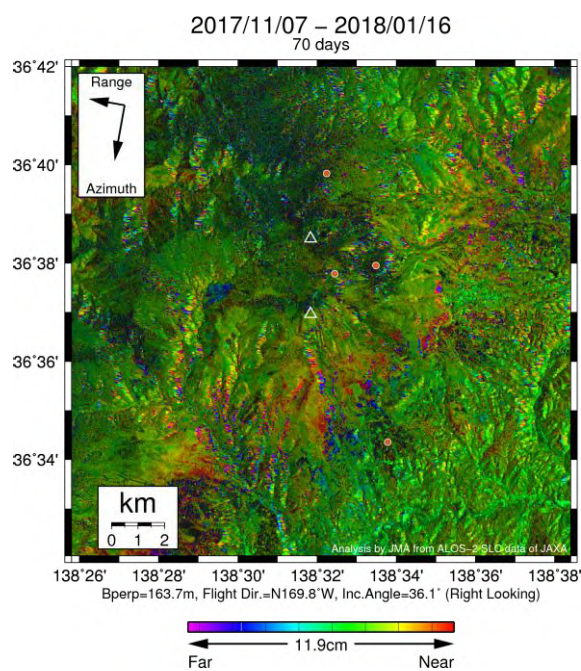
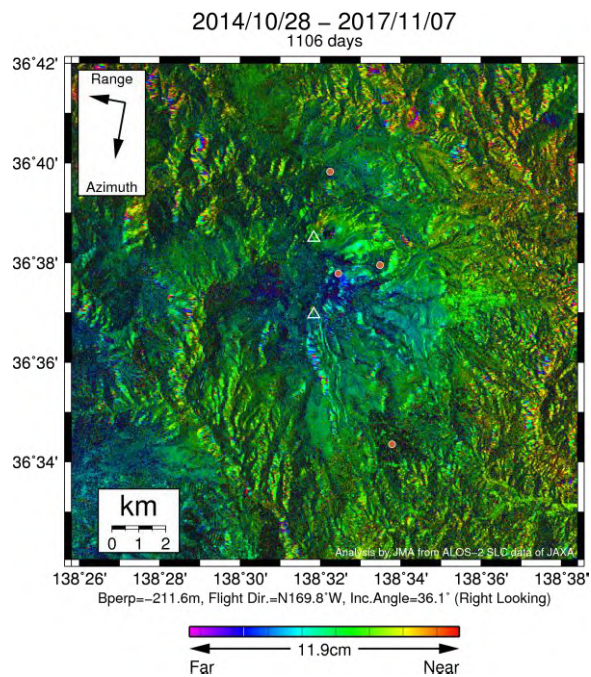
本解析で用いた PALSAR-2 データは、火山噴火予知連絡会が中心となって進めている防災利用実証実験（衛星解析グループ）に基づいて、宇宙航空研究開発機構（JAXA）にて観測・提供されたものである。PALSAR-2 に関する原初データの所有権は JAXA にある。PALSAR-2 の解析ソフトウェアは、防災科学技術研究所の小澤拓氏により開発された *RINC* を使用した。また、処理の過程や結果の描画においては、国土地理院の数値地図 10m メッシュ（標高）を元にした DEHM を、地形の描画には数値地図 25000（行政界・海岸線）のデータを使用した。ここに記して御礼申し上げます。

表 1 干渉解析に使用したデータ

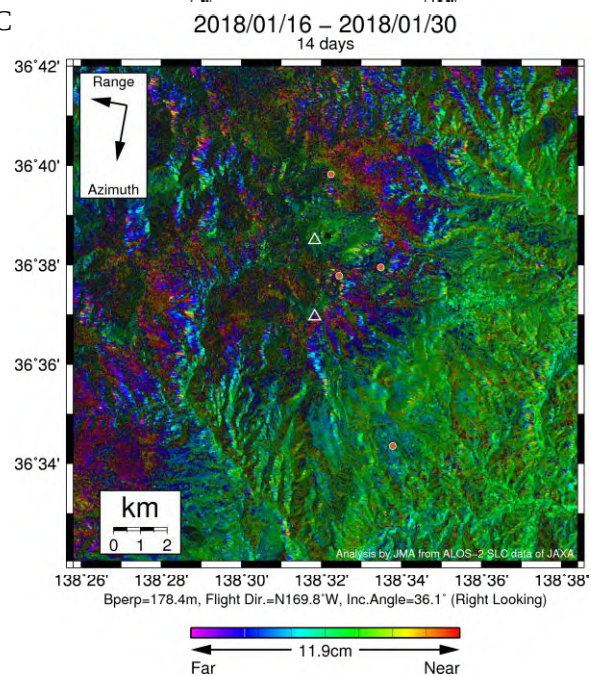
Path-Frame	Orbit	Looking	Inc. angle	Earliest Scene	Latest Scene	Figure No.
19-2880(SM1_U2_7)	南行	右	36.1°	2014.10.28	2017.11.07	第 1 図-A
				2017.11.07	2018.01.16	第 1 図-B
				2018.01.16	2018.01.30	第 1 図-C

A

B



C



第 1 図 パス 19(SM1-U2_7)による草津白根山周辺の干渉解析結果

図中の白三角印は山頂位置を示す。丸印は GNSS 観測点を示す。A は 2018 年 1 月 23 日の噴火前の長期ペア、B は噴火前の短期ペア、C は噴火を跨ぐペアを示す。ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。

気象レーダーによる 草津白根山の噴煙エコー観測結果について

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（長野・新潟・東京）によって、草津白根山の噴火に伴う噴煙エコーが捉えられていた。
- ・噴煙エコーは本白根山と白根山の間で立ち上がり、東に流れていた。
- ・気象レーダーによる確率的推定結果によると、噴煙（火山灰雲）の海拔高度は $5,475 \pm 488\text{m}$ (1σ) と推定される（佐藤・他 (2016) の方法に基づく、※）。

※：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。

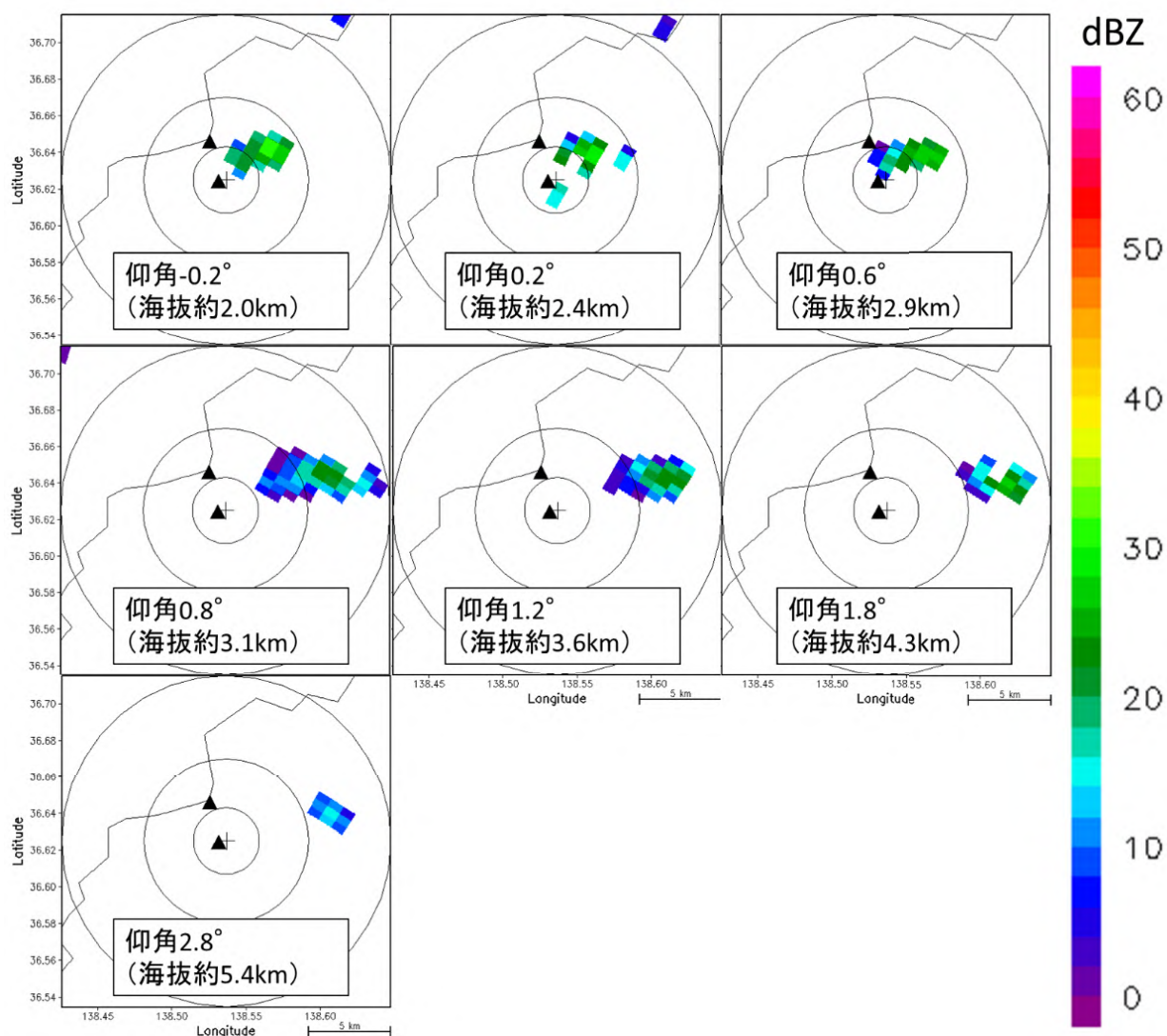


図 1：2018 年 1 月 23 日 10 時 05 分～10 分の長野レーダーによる反射強度

▲は本白根山と白根山を、同心円は鏡池から 2km、5km、10km を表す。

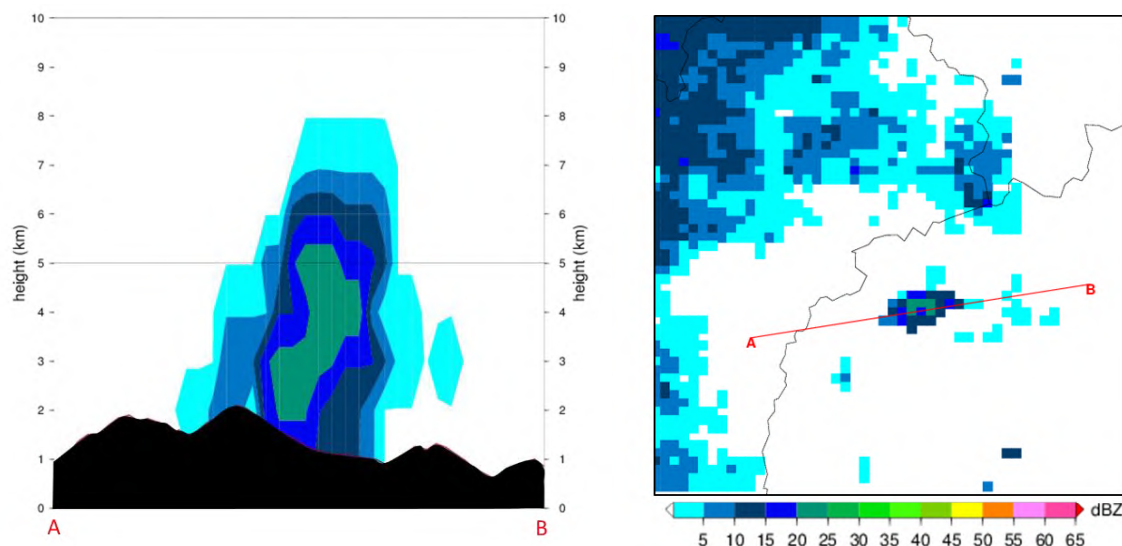


図 2 : 2018 年 1 月 23 日 10 時 00 分～10 分のレーダー合成断面図と海拔 3km 高度平面図
左図における噴煙エコー高度は未補正のため過大であることに注意。

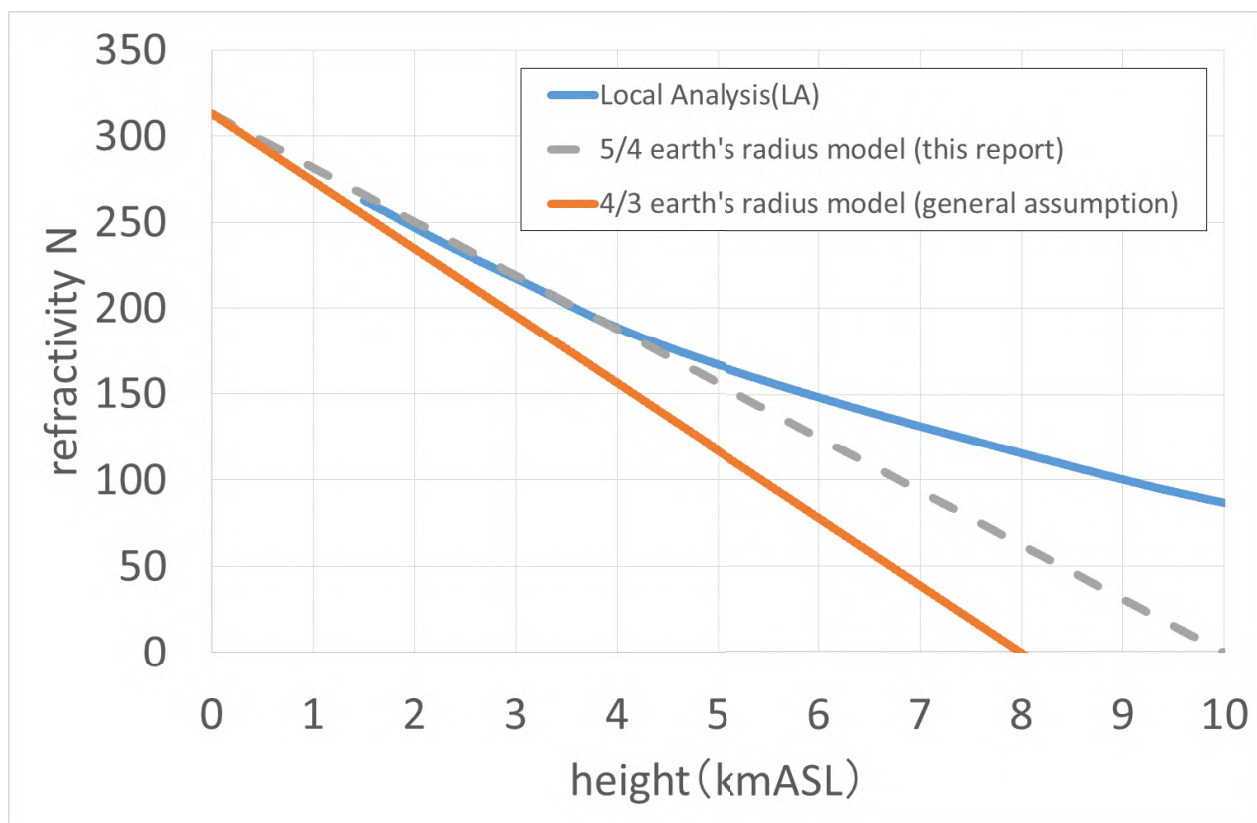


図 3 : 2018 年 1 月 23 日 10 時の局地解析 (LA) から求めた屈折率と近似直線 (5/4R と 4/3R)
ここで、屈折率 (N 単位)

$$N = (n - 1) \times 10^6 = 77.6 \frac{p}{T} + 3.73 \times 10^5 \frac{e}{T^2}$$

として計算。 n は屈折率、 p は気圧 (hPa)、 T は気温 (K)、 e は水蒸気圧 (hPa)。

表 1：草津白根山の噴煙（火山灰雲）を捉えた一般気象レーダーとそのビーム高度

	水平距離[km]	捉えた 最高仰角[°]	ビーム中心 高度[km]	ビーム下端 高度[km]	ビーム上端 高度[km]
長野	65.5	2.8	5.4	4.8	6.0
新潟	124	1.7	5.3	4.2	6.4
東京	153	1.7	6.1	4.7	7.5

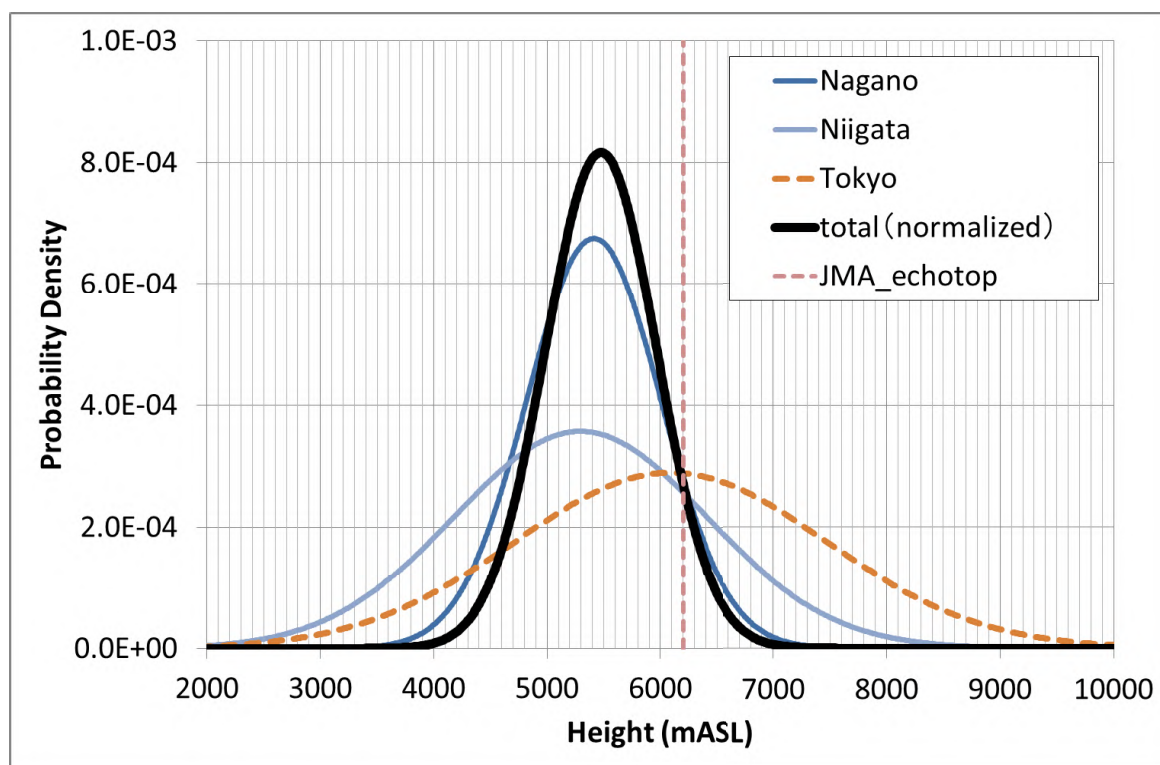


図 4：噴煙（火山灰雲）高度の確率的推定結果

注意事項：

ビーム高度は、数値モデルによる解析結果（LA）から、等価地球半径を地球半径の 5/4 倍と近似して計算。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。

用語の説明：

σ ：標準偏差。正規分布を仮定した場合、 $\pm 1\sigma$ が 68.3%、 $\pm 2\sigma$ が 95.4%、 $\pm 3\sigma$ が 99.7% の確率に相当する。

参考文献：

佐藤英一，福井敬一，新堀敏基，石井憲介，高木朗充，菅井明，黒木英州，真木雅之（2016）気象レーダー網を用いた噴煙高度の確率的推定手法について．日本気象学会大会講演予稿集，**109**，259.

草津白根山における地磁気全磁力変化

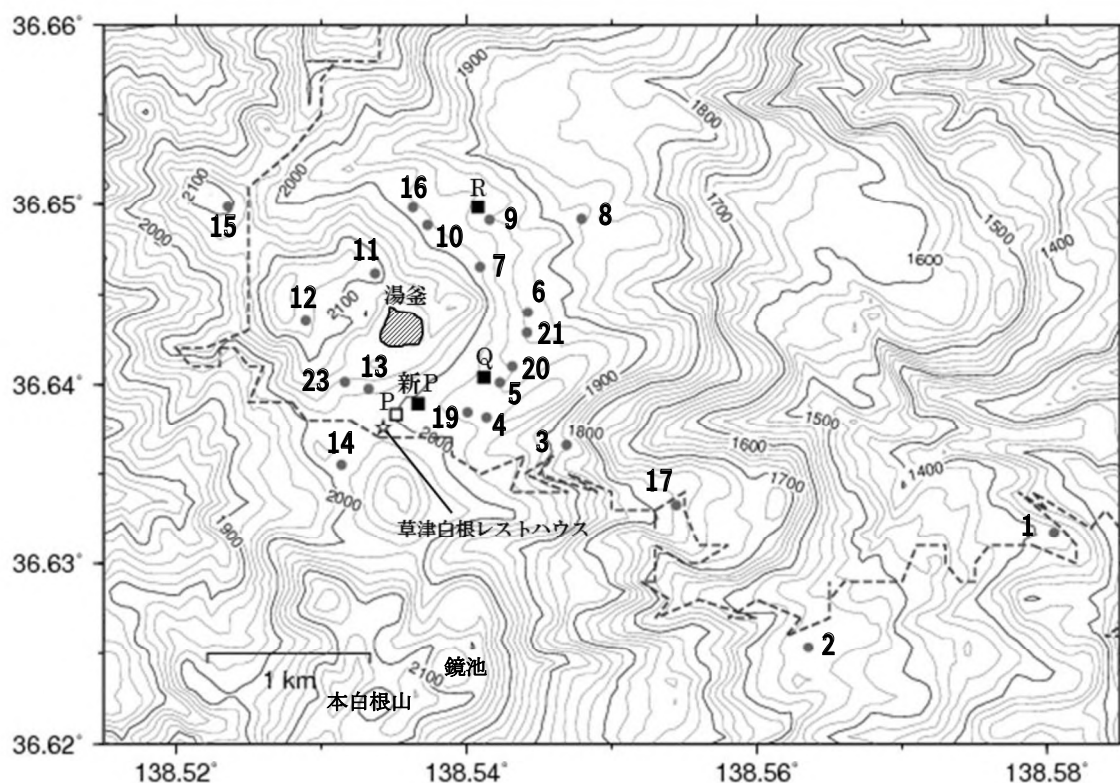
2014 年 5 月から 6 月の湯釜近傍地下の温度上昇を示唆する変化は 2014 年 7 月以降停滞していたが、2016 年夏頃から温度下降を示す変化に転じている。

○観測の結果

草津白根山における 2018 年 1 月までの地磁気全磁力変化について報告する。

第 1 図に草津白根山における全磁力連続観測点 P、Q、R および新 P 点と全磁力繰返し観測点（観測点番号 1～23）の配置図を示す。

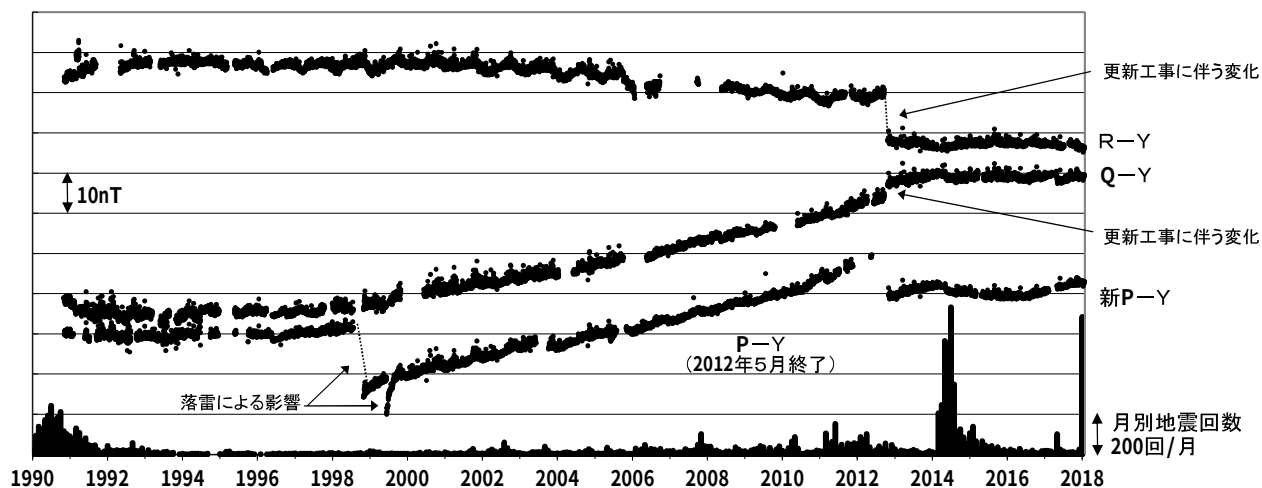
第 2 図～第 4 図に、八ヶ岳地球電磁気観測所（東京大学地震研究所、草津白根山から南方約 62 km）で観測された全磁力値を基準とした全磁力連続観測点および繰返し観測点の全磁力変化を示す。1996 年以降、湯釜近傍地下の岩石の帯磁（冷却）によると考えられる全磁力変化（湯釜の南側の観測点で増加、北側で減少）が継続していたが、2014 年 5 月から 6 月に小規模な熱消磁とみられる変化が発生した。この変化は 2014 年 7 月以降停滞していたが、2016 年夏頃からは帯磁傾向を示しており、温度下降を示す変化に転じている。



第 1 図 草津白根山の全磁力観測点配置図

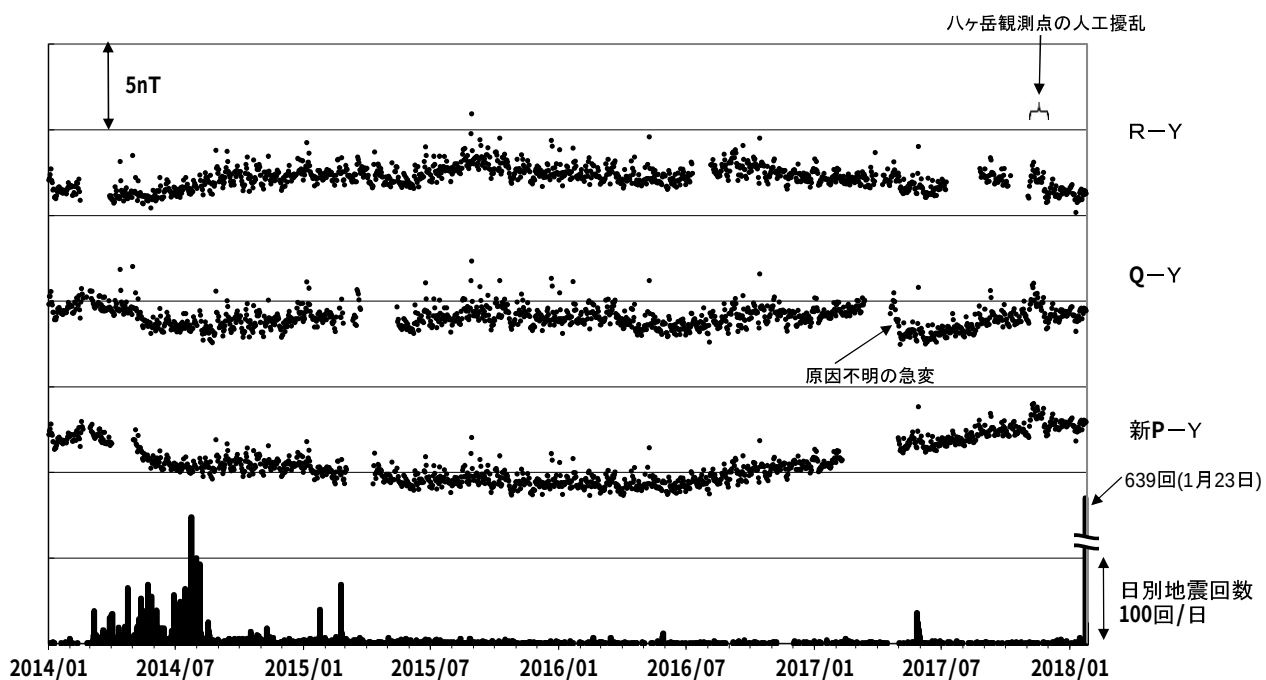
■：連続観測点（観測中） □：連続観測点（2012 年 5 月観測終了） ●：繰返し観測点

この地図の作成には国土地理院発行の「数値地図 50m メッシュ（標高）」を使用し（承認番号 平 26 情使、第 578 号）、道路（破線）の記載には、「国土数値情報（道路データ）国土交通省」を使用した。



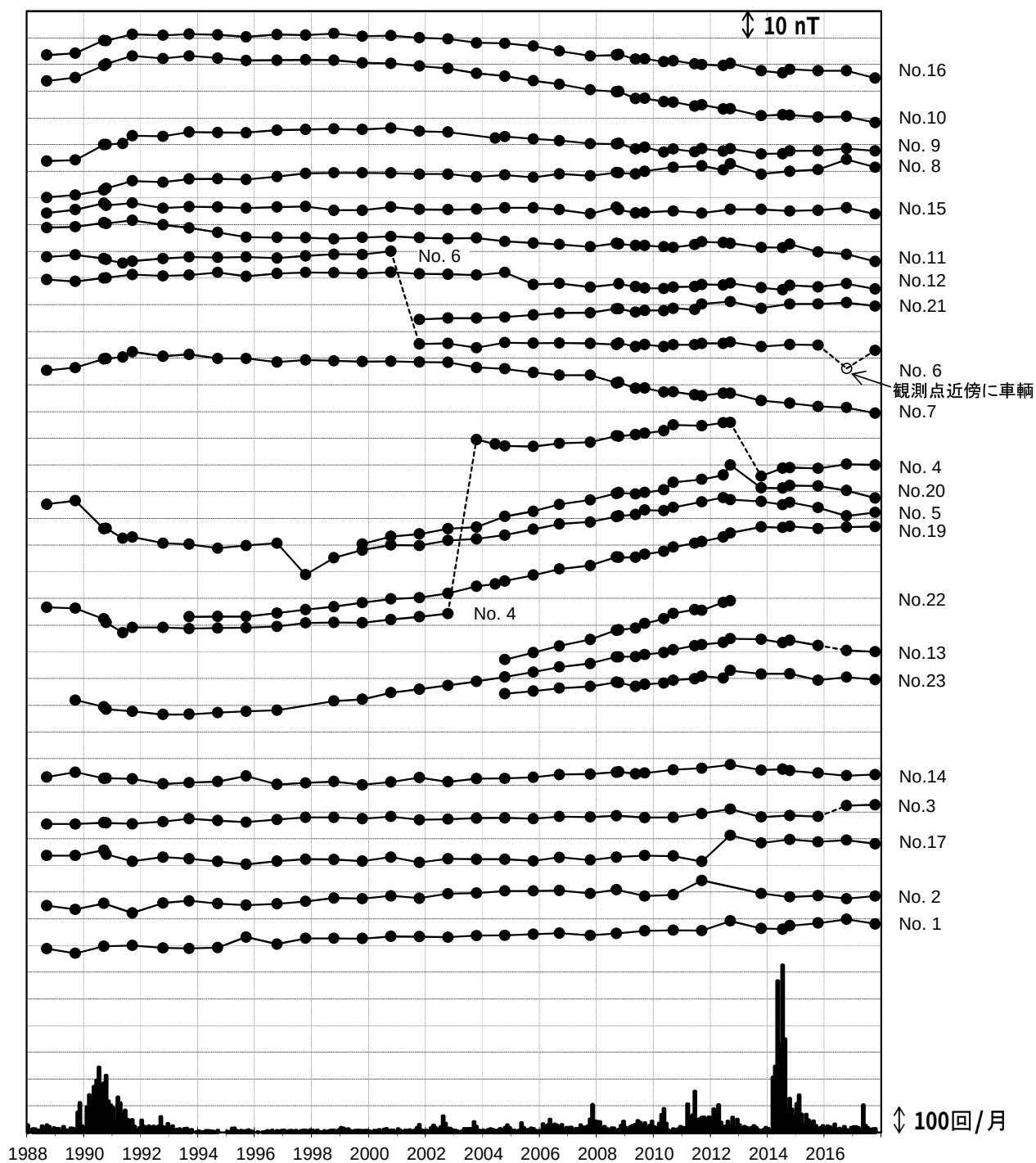
第 2 図 全磁力連続観測による全磁力値の変化及び月別地震回数（1990 年～2018 年 1 月 24 日）

連続観測点 P、Q、R および新 P における八ヶ岳地球電磁気観測所(東京大学地震研究所)(Y)との全磁力の夜間日平均値差。最下段に草津白根山で観測された月別地震回数を示す。



第 3 図 全磁力連続観測による全磁力値の変化及び日別地震回数（2014 年 1 月～2018 年 1 月 24 日）

連続観測点 P、Q、R および新 P における八ヶ岳地球電磁気観測所(東京大学地震研究所)(Y)との全磁力の夜間日平均値差。最下段に草津白根山で観測された日別地震回数を示す。



第 4 図 全磁力繰返し観測による全磁力値の変化（1988 年 9 月～2017 年 10 月）

八ヶ岳地球電磁気観測所(東京大学地震研究所)で観測された全磁力値を基準としており、草津白根山と八ヶ岳の地域的短周期変動の差は連続観測点 Q を介して除去している。破線は周辺環境の変化によるとと思われるギャップを示す。最下段に草津白根山で観測された月別地震回数を示す。

草津白根火山2018年1月23日噴火による降灰分布

草津白根火山の本白根山からの1月23日の降下火山灰に対し、研究者間等で調査データを共有しつつ堆積量調査を行った。群馬県内でえられた60点を超える調査データによると、降灰は本白根山鏡池火口北側の火口から東北東方向に伸びるような分布を示し、火口から30km遠方まで確認された。1月23日噴火の噴出量は約3～5万トンと推定される。

1. 調査方法

1月23日～29日にかけて、複数の火山研究者・研究機関が定面積法により降下火山灰の堆積量調査を行った。降灰の分布を迅速に把握する為に、調査データを互いに共有し、調査地域の調整を計った。

2. 降灰分布図（等重量線図）

共有した調査データに基づく1月23日噴火による降灰分布は図1の通りである。

3. 推定される噴出量

今回の得られた降灰分布を用いて推定された噴出量は、以下の通りである。

産総研1： 4.1-4.4万トン （下司ほか, 2010, 区間積分法）

火口域100m×100mで層厚を1.5mと仮定。

産総研2： 3.2万トン （Fierstein and Nathenson 1992, 2 slope 法）

堆積密度を1100kg/m³と仮定し、20～0.8kg/m³と0.5～0.05kg/m³の等重量線の2つのグループにわけて近似曲線を引き計算。

東大地震研：4.4-4.6万トン （Bond and Costa, 2012, Weibull fitting 法）

火口域 100m×100m で平均層厚 0.5-1m と仮定。

防災科研： 3.7万トン （Fierstein and Nathenson 1992, 5 slope 法）

火口近傍の 70m×40m の楕円範囲の層厚を 1m 以上、堆積密度を 1100kg/m³と仮定し、等重量線を 5つのグループにわけて近似曲線を引き計算。

従って、1月23日噴火の噴出量は速報値として、3～5万トンと推定される。

ただし、噴出物量の算定においては、火口近傍の堆積量の見積りが大きく影響するため、今回の値は暫定的なものである。火口近傍の堆積量の見積もりや詳細な計算方法等は各機関から、別途報告される予定である。

文献

- Boadono, C. and Costa, A. (2012) Estimating the volume of tepal deposits: a new simple strategy. *Geology*, 40, 415-418.
- 下司ほか (2010) 霧島火山新燃岳2008年8月22日噴火の噴出物. *火山*, 55, 53-64.
- Fierstein, J. and Nathenson, M. (1992) Another look at the calculation of tepal volumes. *Bull. Volcano*, 54, 156-167.

*草津白根山降灰合同調査班（1月23日～1月29日）：

現地地質調査：石崎泰男 6、石塚吉浩 2、金子隆之 5、亀谷伸子 6、神田 径 4、小森次郎 3、宝田晋治 2、寺田暁彦 4、長井雅史 7、野上健治 4、平林 順一 4、藤田英輔 7、古川竜太 1、本多 亮 8、前野 深 5、吉本充宏 8

噴出量解析：入山宙 7、及川輝樹 2、草野有紀 2、長井雅史 7、前野 深 5

（1：気象庁、2：産業技術総合研究所、3：帝京平成大学、4：東京工業大学、5：東京大学地震研究所、6：富山大学、7：防災科学技術研究所、8：山梨県富士山科学研究所）

（氏名・所属は五十音順）

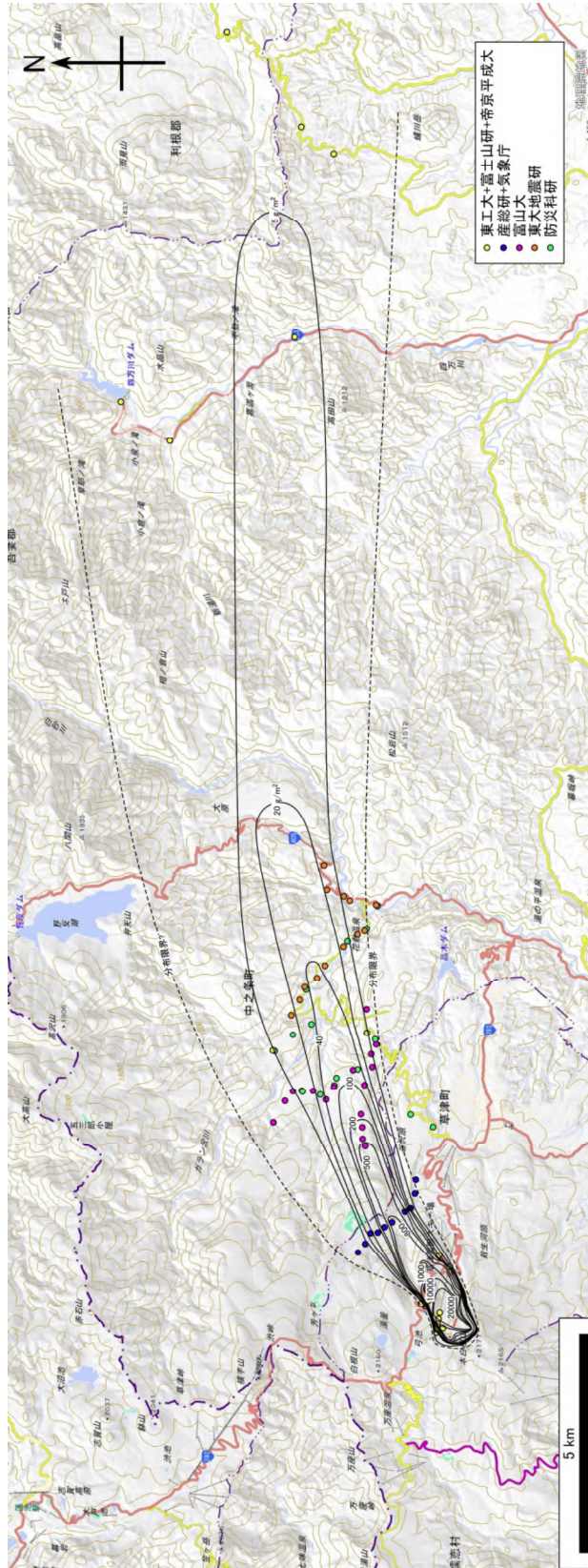


図 1. 草津白根山2018年1月23日噴火の噴出物の等重量線図（単位は g/m^2 ）
（ベースマップには地理院地図を使用した）

草津白根火山・本白根火砕丘の噴火

東京工業大学が湯釜火口周辺5カ所に設置していた傾斜計では、23日09:58:58頃から湯釜南方が隆起する傾斜変動が観測され、10:02:08-12前後に反転した。本学がKSR（レストハウス、新火口列から1.1 km）に設置した空振計に10:02:13頃から顕著な振動が観測されていることから（図1）、噴火が始まったのは10:02:10頃であり、その前後に、地下浅部での圧力増加に続いて圧力緩和が進行したと考えられる。クラックを新火口列直下に仮定すれば、約2分間で42.5万 m^3 の体積増加、その後約8分間で30万 m^3 の体積減少が起きたと計算される。

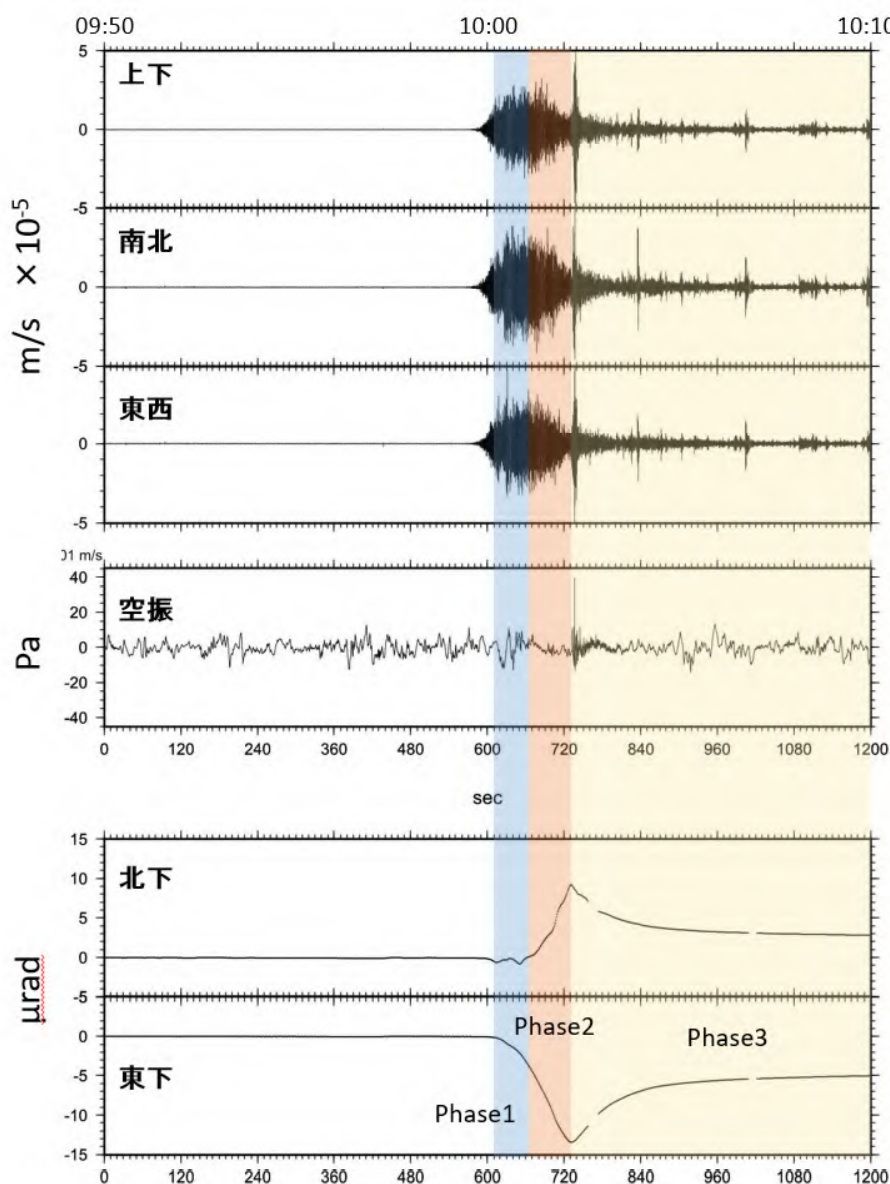


図1. 東工大KSS（新火口列から北方1.2 km）で得られたボアホール型地震計・傾斜計の波形記録。09時50分～同10時10分。空振はKSRH（レストハウス観測点、新火口列から北方1.1 km）。

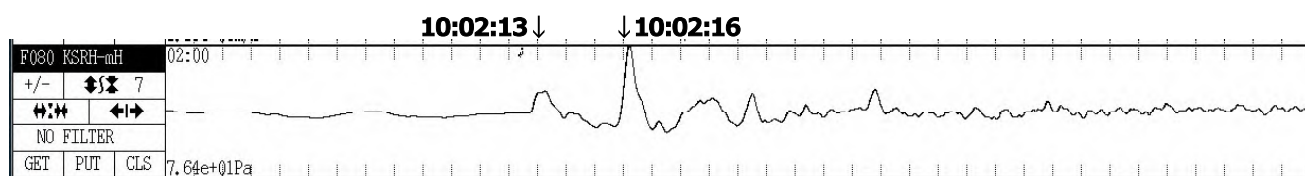


図2. KSRH空振計の拡大図。

クラックの走向、深さ、および開口量を未知数とした。得られたクラックの走向は、火口配列方向によく一致する(図3)。クラック深さは 730 - 1230 m (海拔)、開口量は 1.7 m, 膨張体積は 42.5 万 m^3 である。同じクラックが閉じたと仮定すれば、収縮期の体積減少量は 30 万 m^3 と試算される。

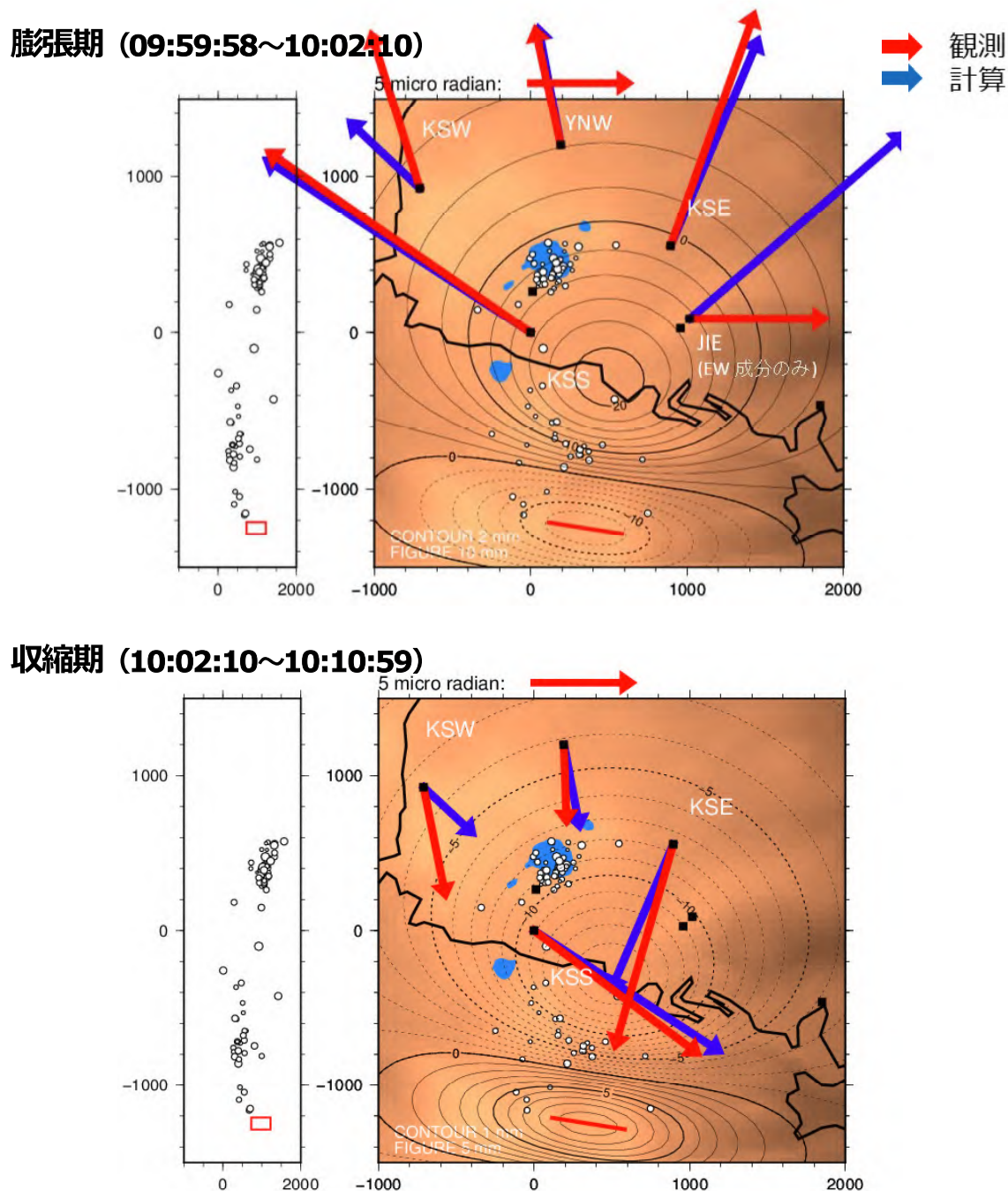


図2. 鉛直クラック、形状 500 m × 500 m は矩形、水平位置は新火口列の直下にあることを仮定し、Okada (1992) のモデルを用いて傾斜変動を計算した例。ここで、クラックの中心深度、開口量および走向を未知数としてグリッドサーチにより最適値を求めている。コンターは上下変位で、実線が隆起、破線は沈降に対応する。(上) 膨張期 09:59:58 - 10:02:10. クラックは海拔 730 - 1230 m, 走向は N81W, 開口量は 1.7 m, 膨張体積は 42.5 万 m^3 である(下) 収縮期 10:02:10 - 10:10:00. 膨張期と同じ位置に同じ形状のクラックがあると仮定して閉口量を計算した。最適な閉口量は 1.2 m, 収縮体積は 30 万 m^3 である。ここで膨張体積は、クラックを傾ける、縦横比を変える等で変化するが、それでも 50 万 m^3 を大きくは超えない。なお、白丸は震源に対応し、2016 年から噴火前までに発生したイベントについて、東工大 6 観測点の P・S 到着時刻を用いて手動決定したものである。

2014 年春に湯釜周辺の隆起に対応する変動が認められるが、それ以後は緩やかな沈降が継続しており、2018 年 1 月 23 日日本白根山噴火に対応する変動は不明瞭である（図 3）。また、今回の噴火前後でも変動は認められない。噴火直前に進行した隆起変動は、引き続く沈降変動により大部分が相殺されたと考えられ、これは、図 2 に示した計算結果に矛盾しない。

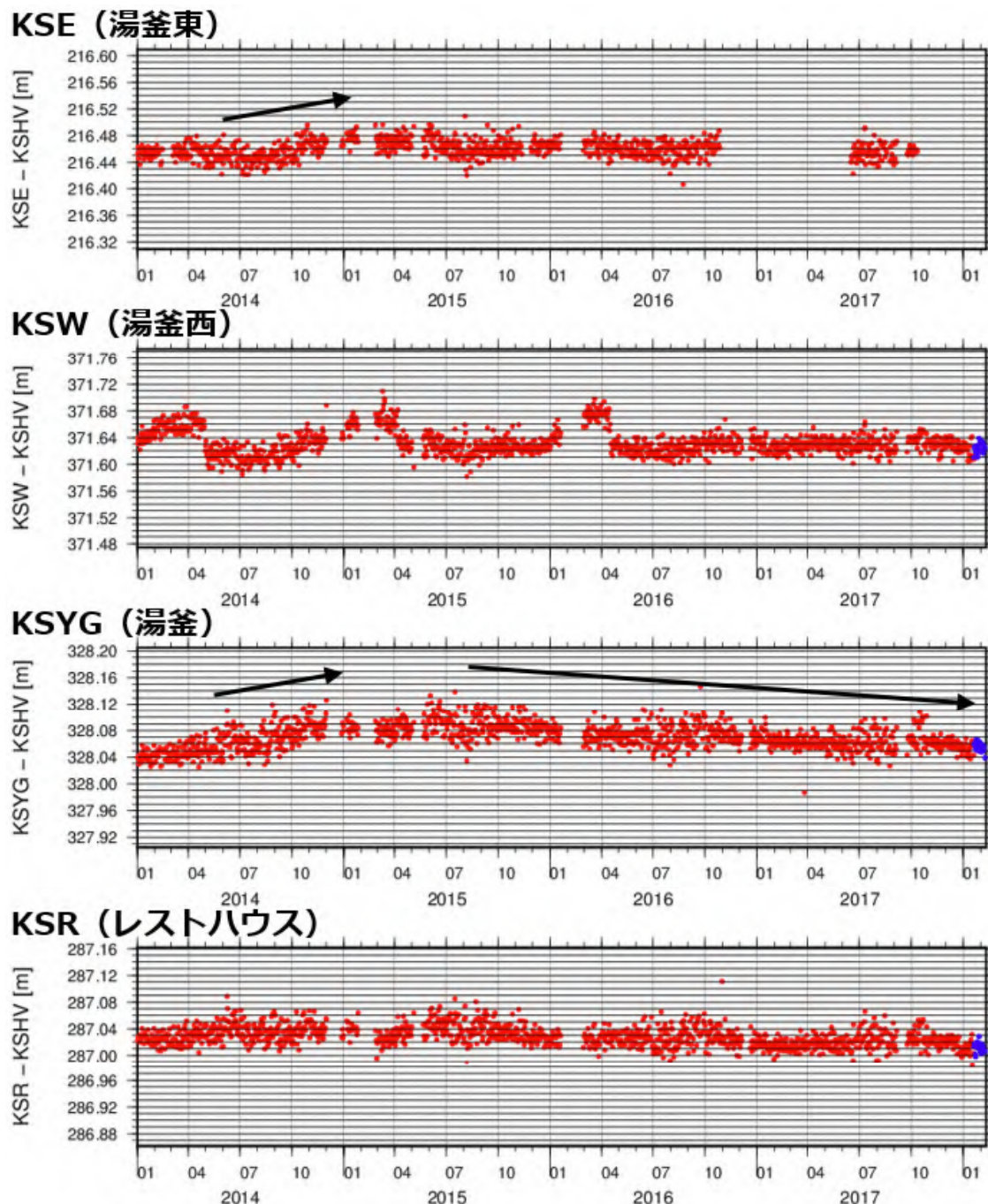


図 3. 東工大が湯釜火口湖（新火口列から北方 1.7 km）周辺に展開していた GNSS 観測点の日値。青点は速報値である。ここで、防災科研・干俣を基準とした相対変位で表現した（京都大学の協力による）。

東工大の地震観測点は白根火砕丘・湯釜火口湖を取り囲む狭い範囲に展開されている。本白根火砕丘周辺には観測網が存在しないため、山体を取り囲むように臨時地震観測点を設置した（北海道大学・東北大学・秋田大学・東工大、次世代火山研究・人材育成総合プロジェクトに基づく）。作業は27日に開始して30日までに完了し、現在は気象庁へもリアルタイムでデータ分岐中である。今後、ノイズや通信状況などの課題を解決させる予定である。



図4. 東工大が運用してきた湯釜火口湖周辺の定常地震観測点6点と、今回新たに設置した臨時地震観測点（静可山、石津、干侯北）の位置。地震計は広帯域地震計（Nanometrics 製 Trillium Compact 120 s, 東北大学所有）。作図には国土地理院地形図を使用した。

噴火の3か月前（2017年11月5日18~19時頃）に、わずかな熱異常の有無を調査する目的で、日射の影響がほとんどない夜間に空中赤外線観測を実施していた（図5・7）。当時、当地に積雪はほとんどなかった（図6）。北鏡池火砕丘周辺の地表面温度に異常は認められない。

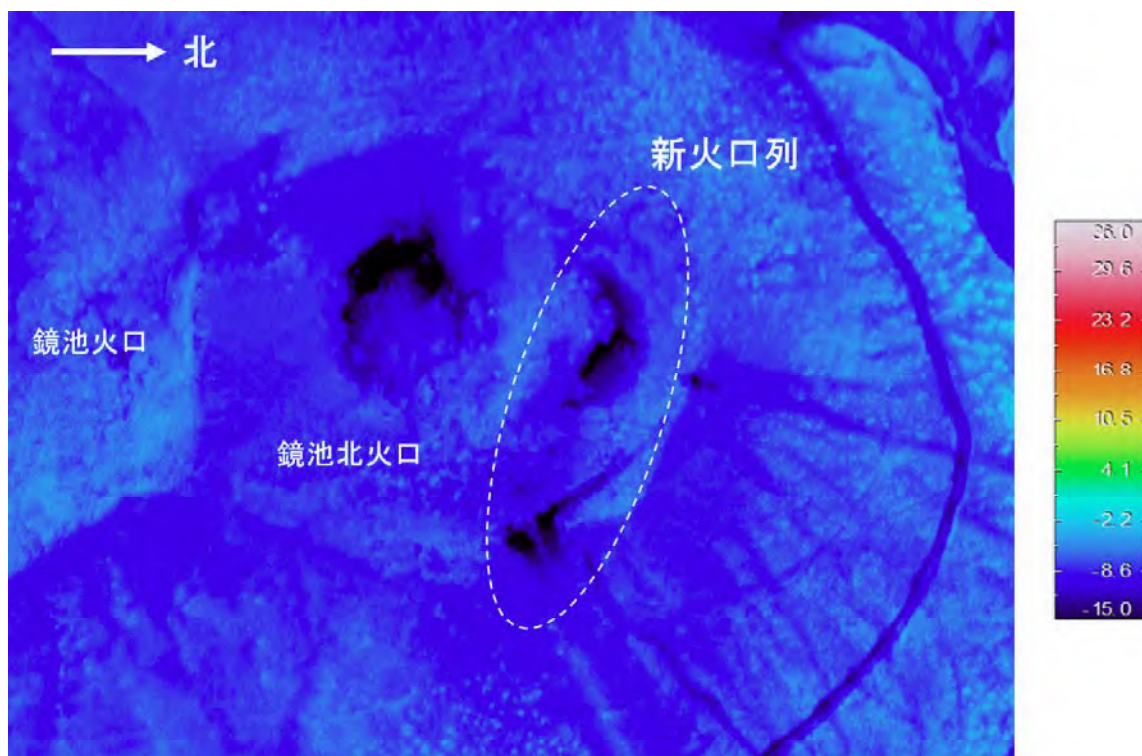


図5. 2017年11月5日に実施した夜間空中赤外線観測による北鏡池火砕丘周辺の地表面温度分布（17時53分32秒撮影）。対地高度1500mから軽飛行機を用いて約5000枚取得した赤外線画像の一例。温度分解能0.2℃，空間分解能約0.9 m/pixel.

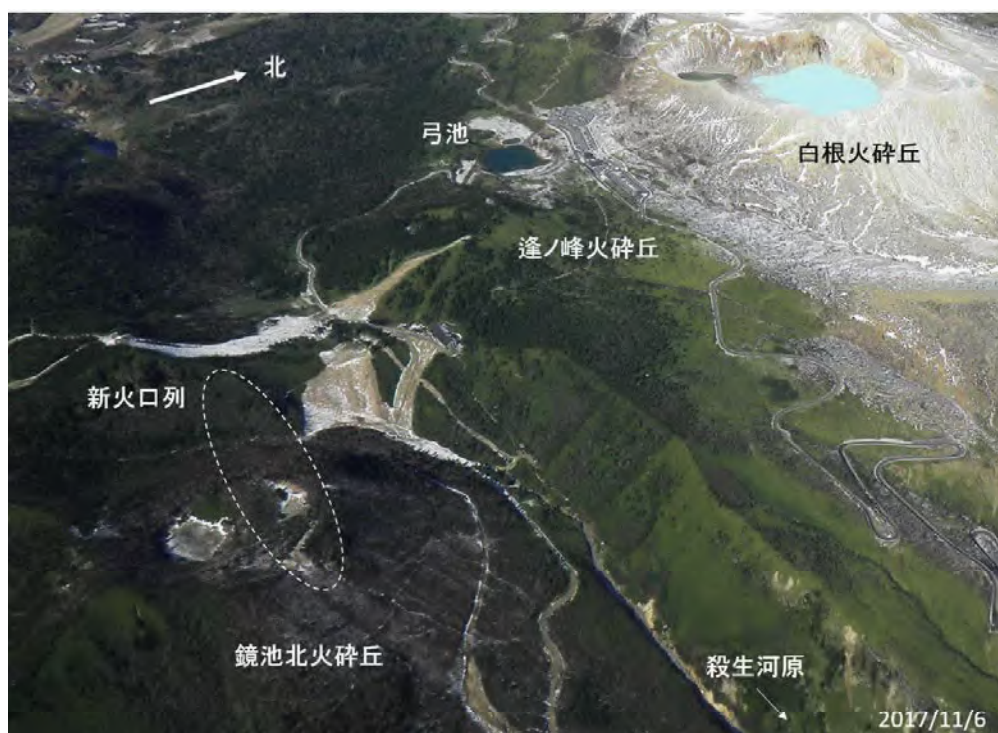


図6. 夜間観測を実施した翌朝（2017年11月6日）の北鏡池火砕丘周辺。

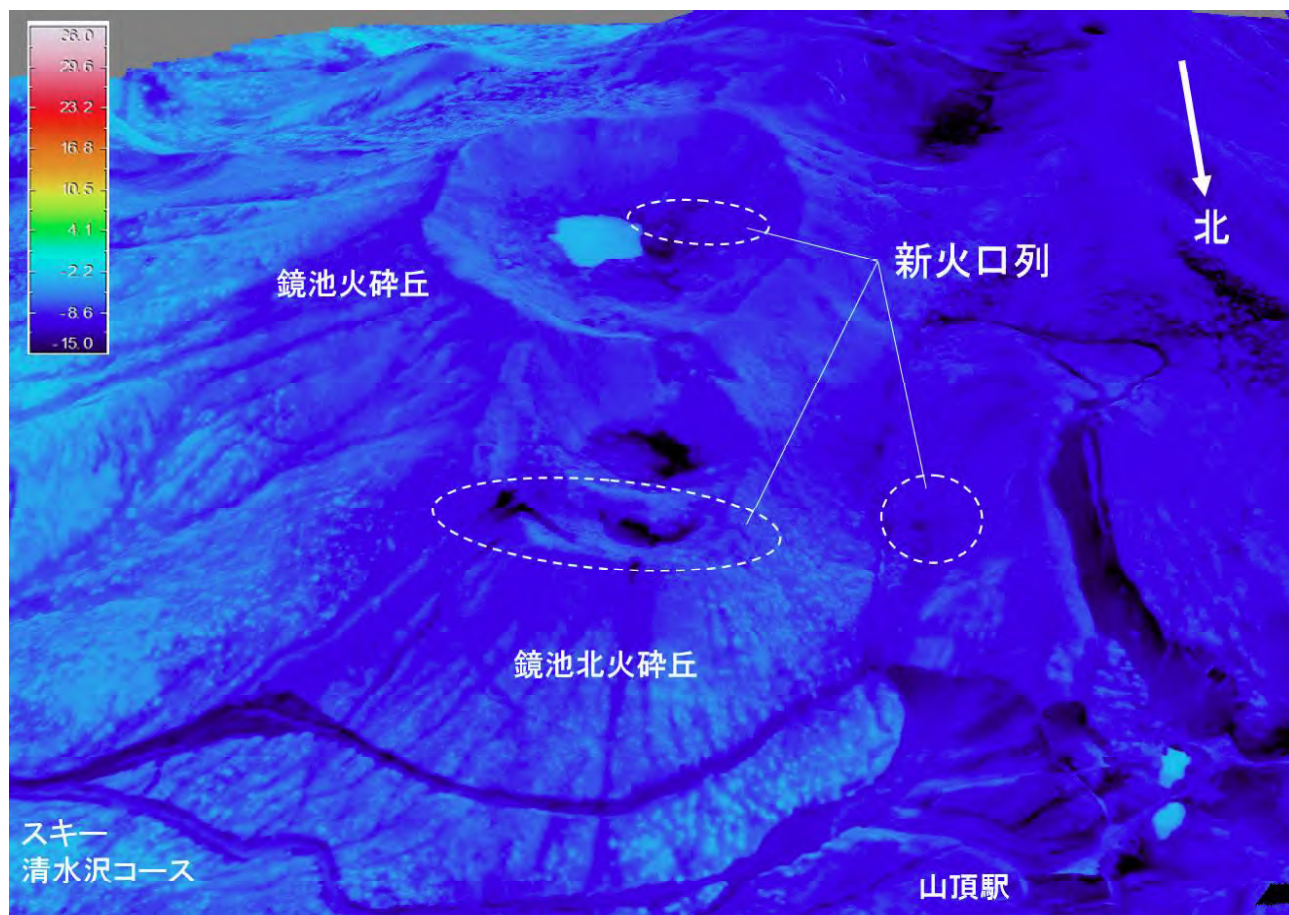


図7. 噴火3か月前に観測した新火口周辺地表面温度分布. 赤外線3Dモザイク画像. 2017年11月5日18時頃の観測画像から解析したもの. 今後、再測を実施する.

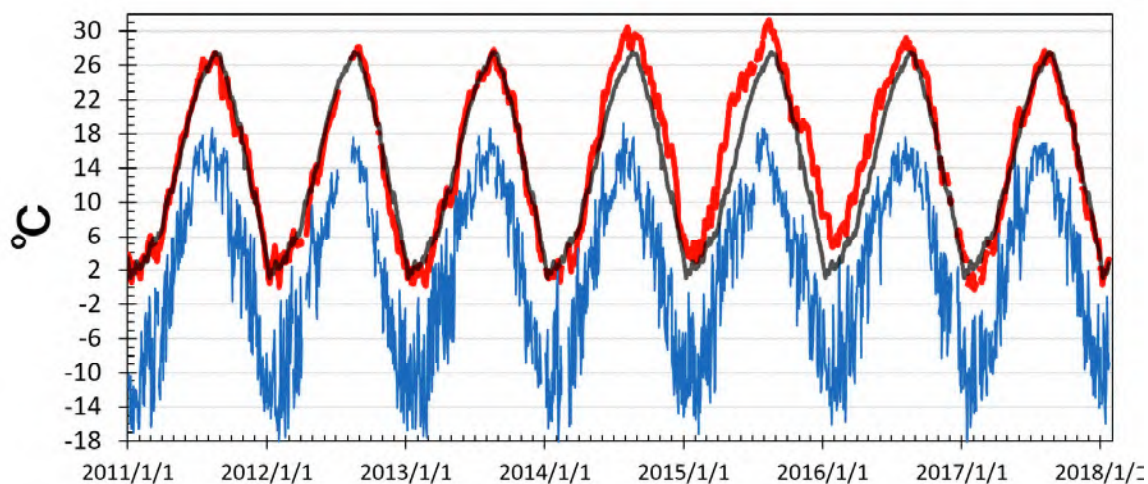


図8. 湯釜火口湖の日水温. 噴火前後で異常な変化はなく平年値付近で推移している. 湯釜浅部膨張に対応した水温常用が2014~2016年にかけて確認できる. 赤:水温, 黒:平年水温(2009-2013年の平均値), 青:気温.

謝辞: 本資料作成にあたり, 北海道大学, 東北大学, 秋田大学, 京都大学, 気象庁および防災科研のご協力をいただきました. 今回の噴火に際して, ・地元自治体・諸研究機関・所轄官庁から多大なご協力, ご支援を賜りました. 厚く御礼申し上げます.

草津白根山

本白根山 鏡池火口および鏡池北火口の航空写真

2013. 3. 28 撮影



2015. 3. 16 撮影



本白根山 殺生河原噴気帯の航空写真

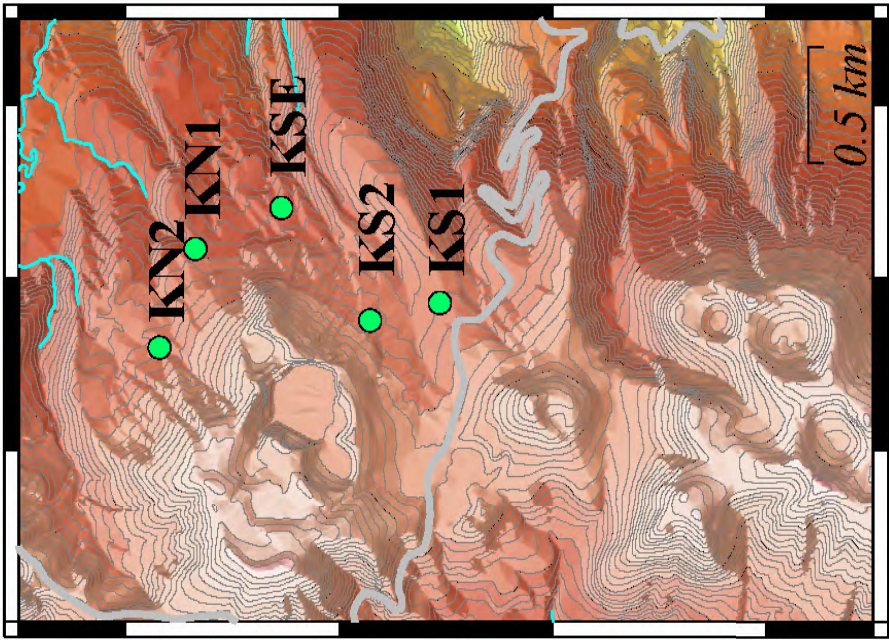
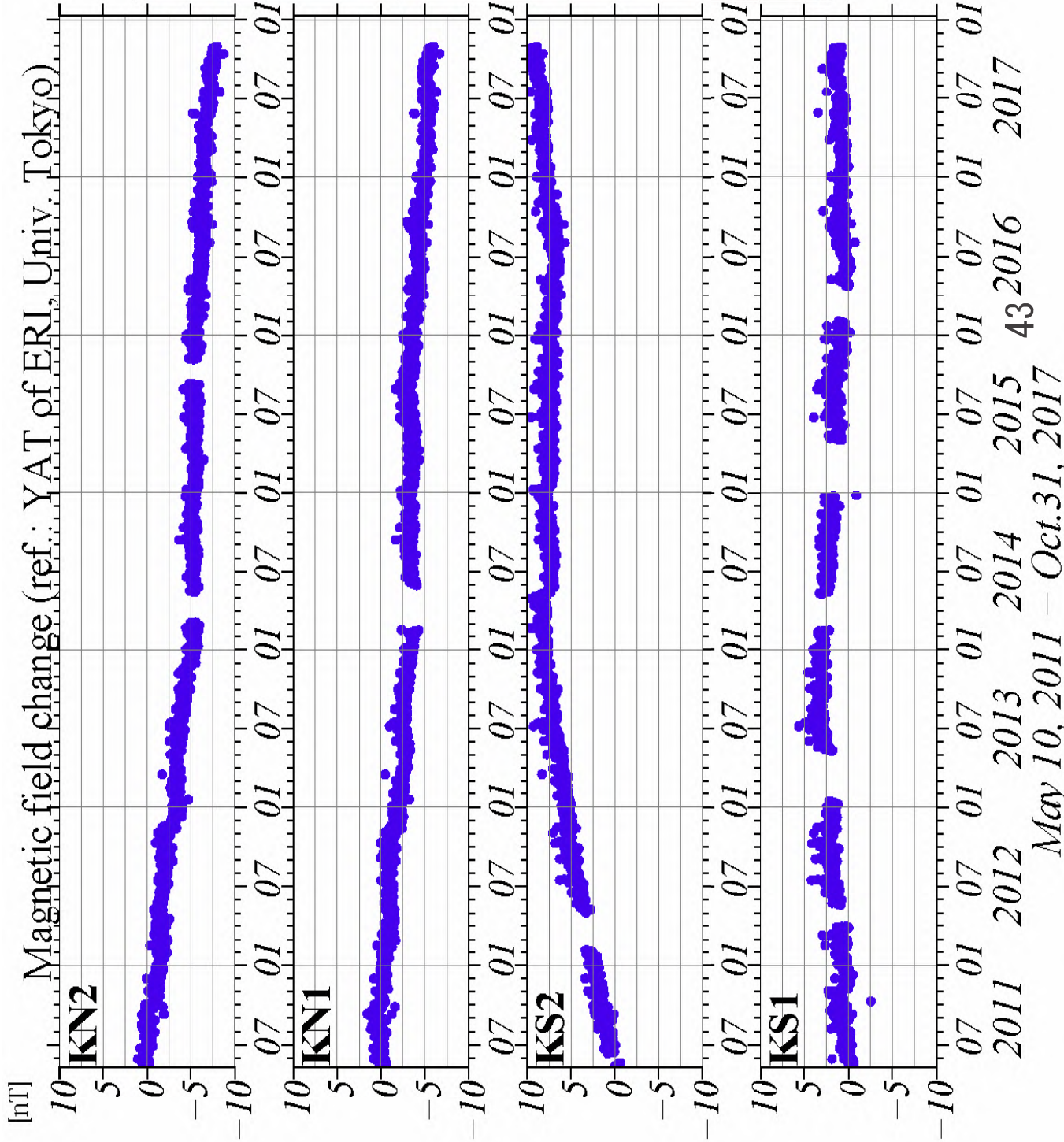
2015. 3. 16 撮影



2018. 2. 9 撮影



八ヶ岳に対する草津白根山周辺の地磁気変化(2011年7月～2017年10月)



2016年6月頃から、湯釜周辺の山体の帯磁傾向を示す地磁気変化が続いている (2017年11月以降のデータは未回収)