

第 149 回 火山噴火予知連絡会資料

(その3の3の1)

関東・中部地方その1

令和3年12月27日

火山噴火予知連絡会資料(その3の3の1)

目次

関東・中部地方

那須岳	3
気象庁 3-4、防災科研 5-13、地理院 14-15	
日光白根山	16
気象庁 16-17、地理院 18-21	
草津白根山	22
気象庁 22-29、気象研 30、地磁気 31-36、東工大 37-45、東大 46-49、防災科研 50-54、 地理院 55-61、東海大 62-64	
浅間山	65
気象庁 65-67、防災科研 68-72、地理院 73-78、日大 79-80	
新潟焼山	81
気象庁 81-82、地理院 83-84	
弥陀ヶ原	85
気象庁 85-86、地理院 87-88	
気象庁資料に関する補足事項	89

那 須 岳

(2021 年 6 月～2021 年 11 月)

火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候は認められない。

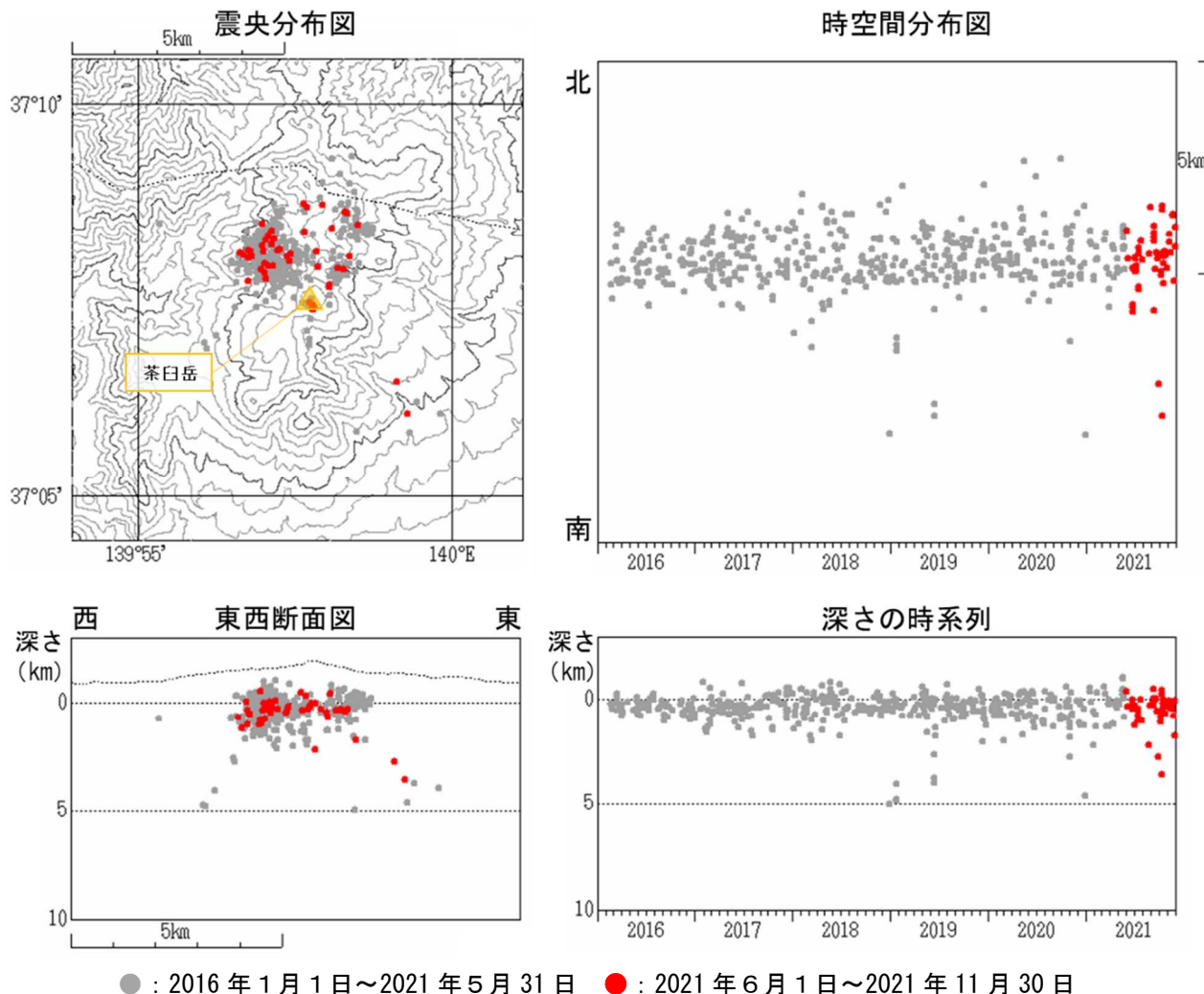


図 1 那須岳 震源分布図 (2016 年 1 月 1 日～2021 年 11 月 30 日)

・火山性地震は概ね少ない状態で経過した。震源は、主に茶臼岳付近の浅いところから深さ 4 km 付近に分布した。

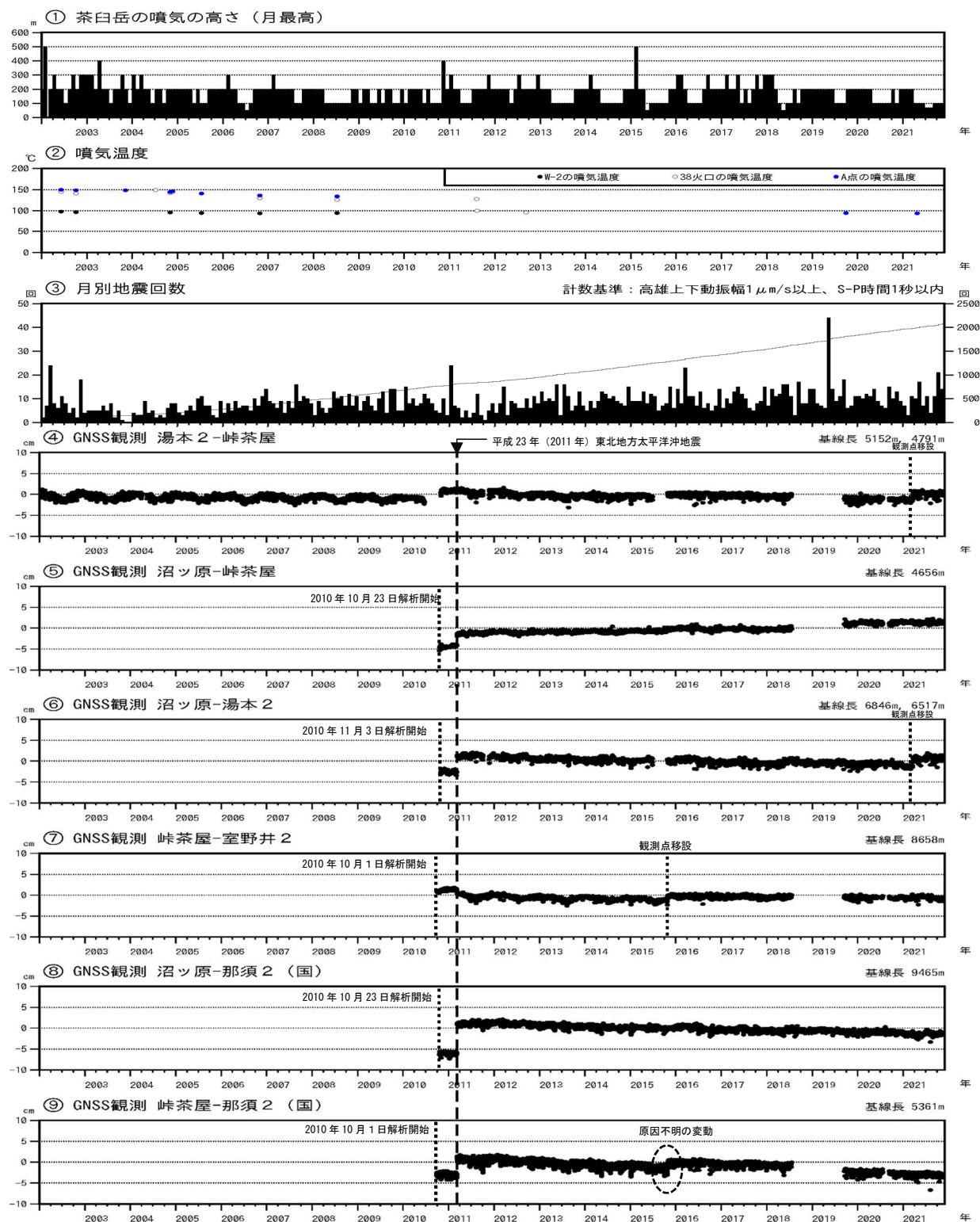


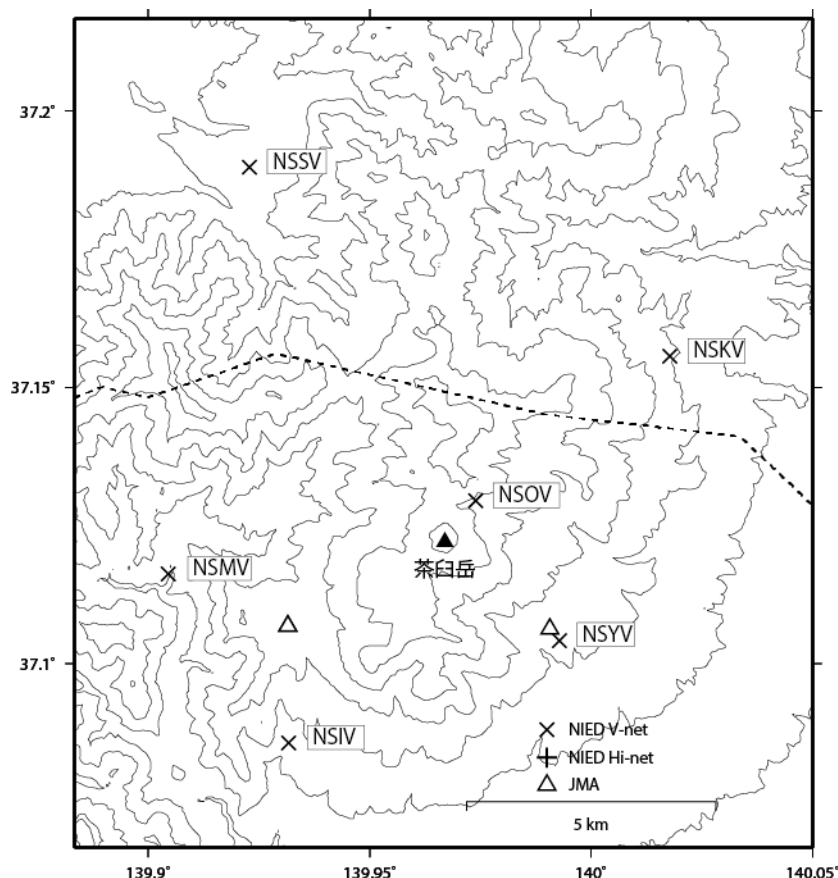
図2 那須岳 火山活動経過図（2002年1月1日～2021年11月30日）

- ①2002年2月以前は、定時観測（09時・15時）による月最大値
 ②噴気温度のW-2、38火口及びA点はいずれも茶臼岳西側斜面の温度観測点
 ③月別地震回数（那須岳山体付近の地震のみ計数）
 2016年1月以降のデータについては、解析方法を変更している。空白部分は欠測を示す。
 ④⑥ 湯本観測点は、2021年3月23日に湯本2へ移設した。
 ④⑤⑨ 峠茶屋観測点は、2019年9月9日に機器更新をしている。
 ⑦ 室野井観測点は、2015年10月29日に室野井2へ移設した。

- ・ 噴気活動、地震活動は低調に経過している。
- ・ 火山性微動は観測されなかった。
- ・ 火山活動によるとみられる地殻変動は認められない。



那須岳の火山活動について



※新観測点名（表 1）で表示

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。

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

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

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

NSOV＝地震計（短周期）

NSMV＝地震計（短周期）

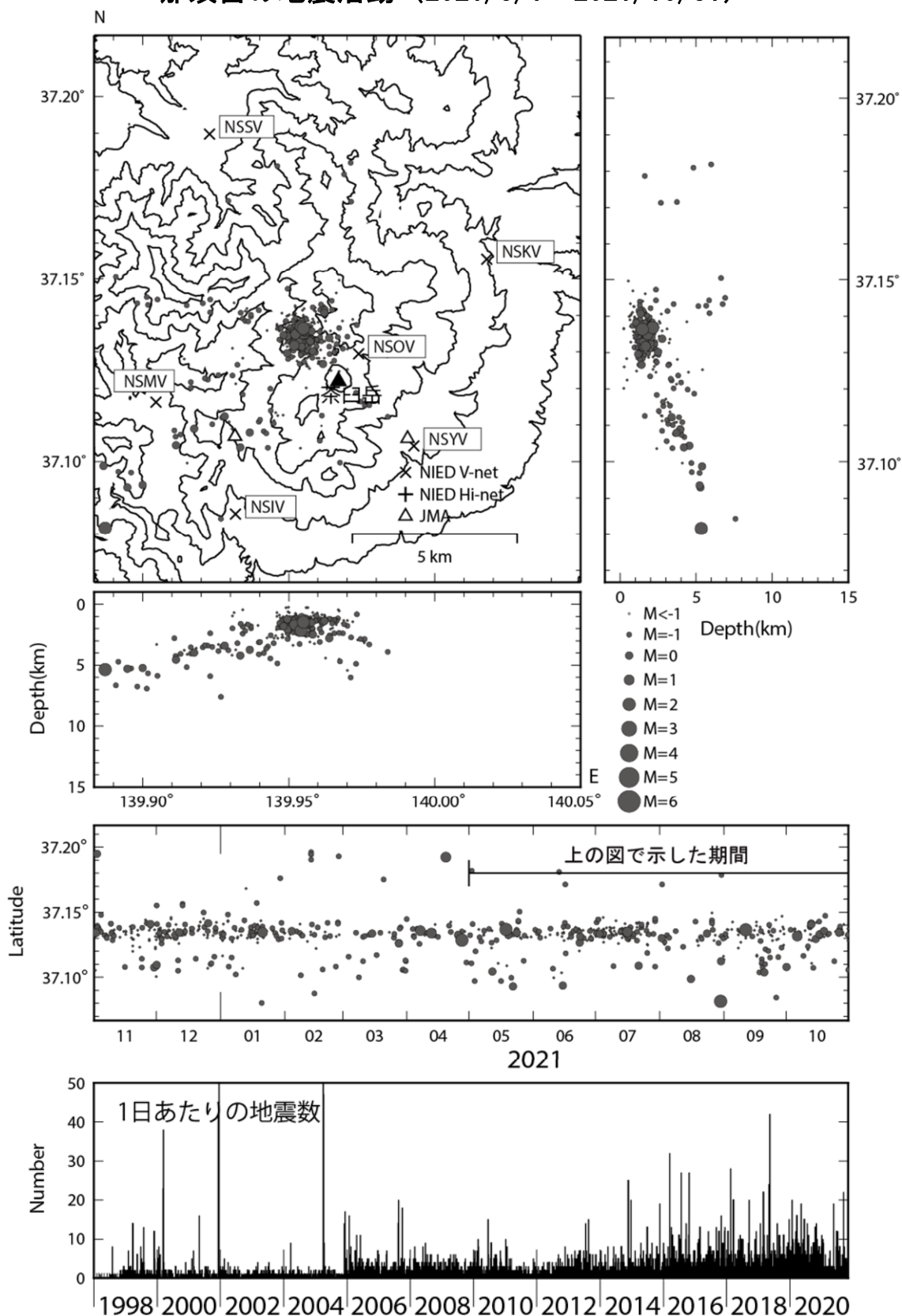
NSYV＝地震計（短周期）

資料概要

○ 地殻変動・地震活動

2021 年 5 月～10 月の期間中、火山活動に関連するような顕著な地震活動及び地殻変動は認められなかった。

那須岳の地震活動 (2021/5/1~2021/10/31)



震源決定には、気象庁の観測点（位置は図中）も使用した。

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。

地図中の観測点コードは新しい観測点コードで記載した。

図1 那須岳の地震活動 (2021/05/01~2021/10/31)

那須岳の傾斜変動 (2016/2/1~2021/11/30)

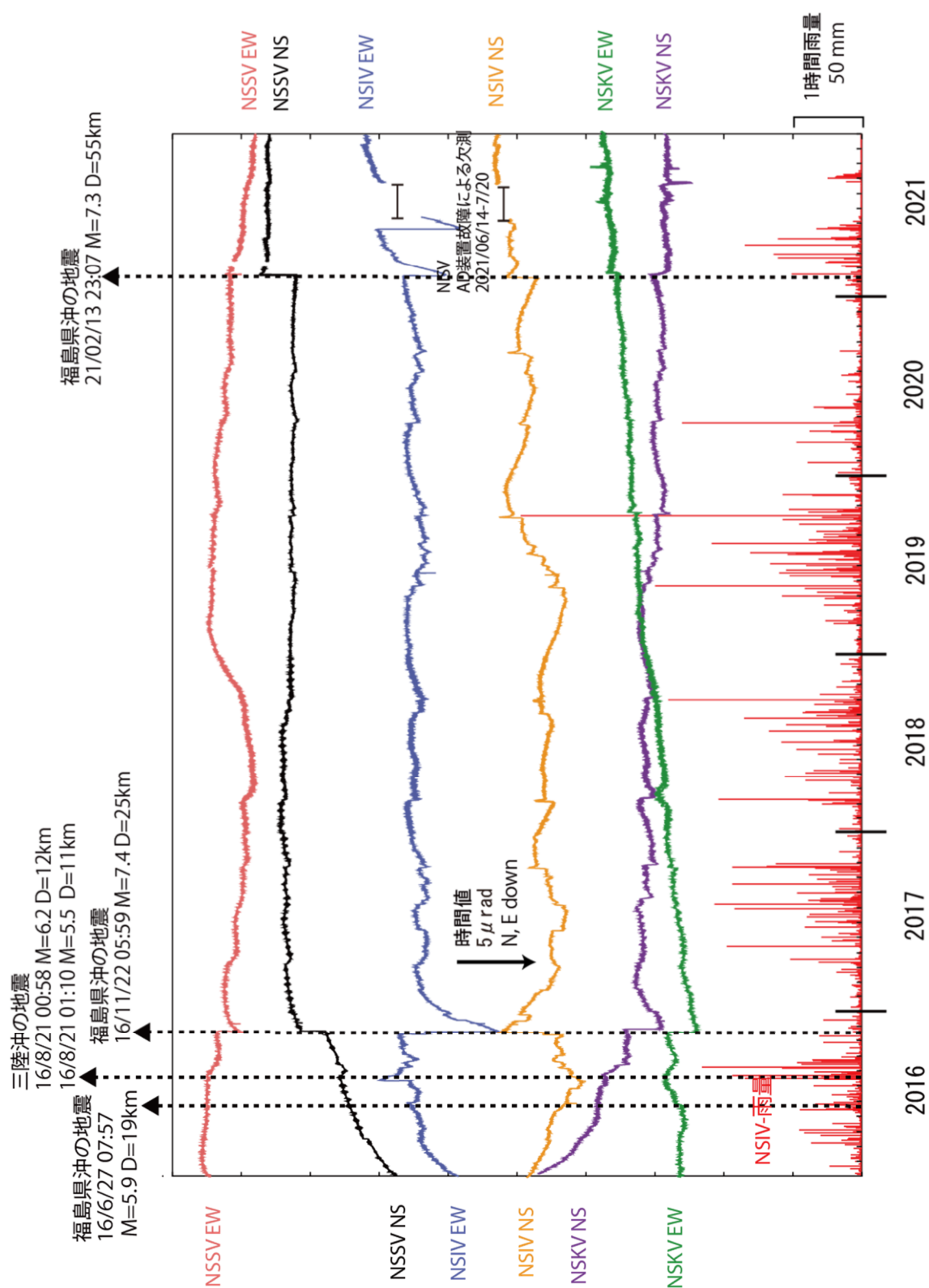


図 2 那須岳の傾斜変動

防災科学技術研究所 GNSS 観測点及び国土地理院 GEONET で得られた、
2020 年 11 月 1 日-2021 年 11 月 27 日の地殻変動【白河（0210）固定】

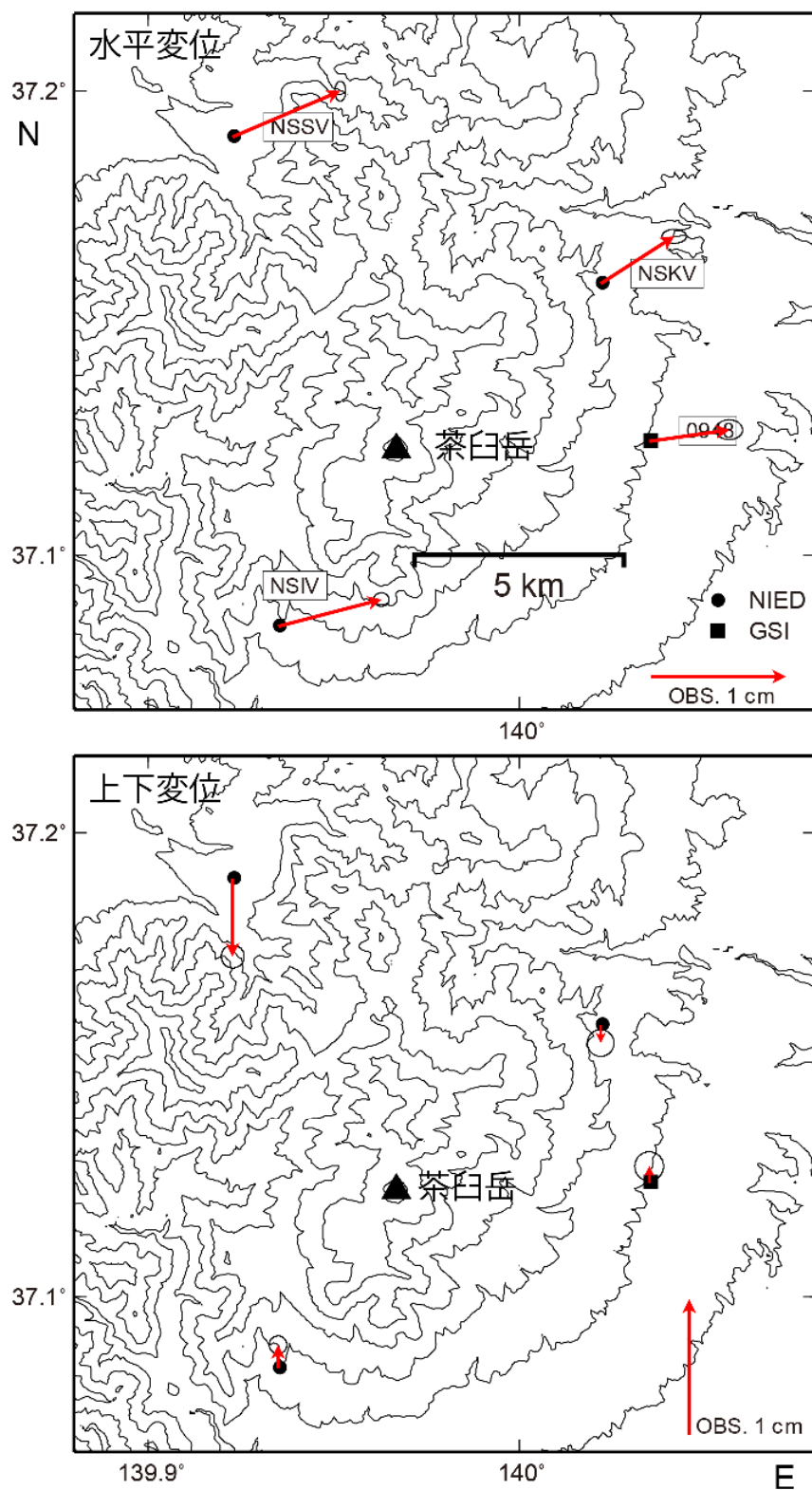


図 3 那須岳周辺 V-net 観測点における GNSS 解析結果.
(上段：水平成分、下段：上下成分)

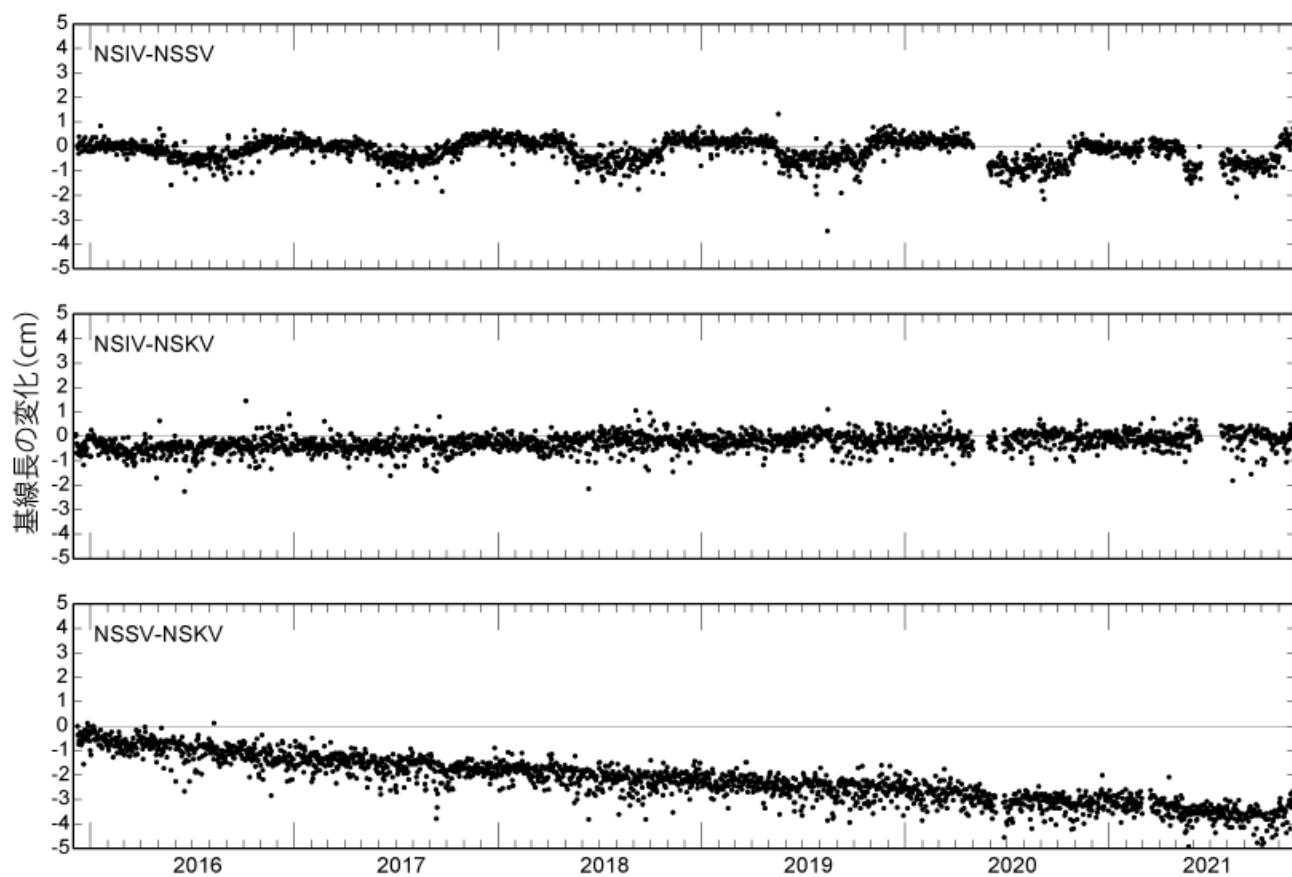


図 4 防災科研観測点 3 点 (NSIV, NSKV, NSSV) 間の基線長変化

表1 GNSS観測履歴

観測点番号	観測点名	図中記号	日付	保守内容
	那須岳板室 (NSIV)		2015/12/4	2周波観測開始
	那須岳甲子 (NSKV)		2015/12/5	2周波観測開始
	那須岳下郷 (NSSV)		2015/12/9	2周波観測開始

※観測点強化事業に伴い表 2 のように観測点コードと観測内容を変更した。

表 2 観測点強化履歴

2015/11 まで		2015/12 以降	
(旧)観測点コード	観測内容	(新)観測点コード	観測内容
NIMV	地震計(短周期)	NSIV	地震計(短周期・広帯域)、傾斜計、気圧計、温度計、雨量計、GNSS
NKSV	地震計(短周期)	NSKV	地震計(短周期・広帯域)、傾斜計、気圧計、温度計、雨量計、GNSS
NSGV	地震計(短周期)	NSSV	地震計(短周期・広帯域)、傾斜計、気圧計、温度計、雨量計、GNSS
NOMV	地震計(短周期)	NSOV	地震計(短周期)
NMYV	地震計(短周期)	NSMV	地震計(短周期)
NYTV	地震計(短周期)	NSYV	地震計(短周期)

ヘリコプターに搭載した可搬型赤外カメラシステム(STIC-P)による上空からの 那須岳(無間地獄付近)の輝度温度等試験観測結果(2021 年 11 月 14 日の結果)

2021 年 12 月 8 日

防災科学技術研究所

概要

防災科学技術研究所は、本年開発した、可搬型赤外カメラシステム(STIC-P)の試験運用として、那須岳(無間地獄)周辺の輝度温度等の試験観測を 2021 年 11 月 14 日に行った。その結果、那須岳(無間地獄付近)の輝度温度分布を把握できた。最高輝度温度は、無間地獄付近の西斜面噴気孔 A(名称是那須岳の火山活動解説資料(気象庁)令和 3 年 4 月表記に準拠)で計測された約 59℃である。那須岳の火山活動解説資料(令和 3 年 4 月、気象庁)と比較し、地表面輝度温度分布、噴気の顕著な増加は認められない。

観測諸元

観測日時 2021 年 11 月 14 日 13:55~14:04
観測高度 海拔 2700m
観測コース 那須岳を中心とした半径 1500m の円周状コースからの斜め観測
天候 晴時々曇り
使用装置 可搬型赤外カメラシステム(STIC-P)/ベル式 206B 型(株式会社ヘリサービス保有機)
画像データ取得センサ :可搬型赤外カメラシステム STIC-P(ARTS-SE のカメラ型センサ STIC の可搬型)
・輝度温度画像:熱赤外カメラ(7.5-14 μ m の輝度温度)
・可視画像:可視カメラ(6000×4000 画素)
画像データ諸元:輝度温度画像(空間分解能 約 1.3m, NEDT 0.02K)
(補正処理:斜め観測画像の SfM/MVS 処理によるオルソ幾何補正、大気未補正)

観測結果

STIC-P の熱赤外カメラで計測した、那須岳(無間地獄付近)の輝度温度分布の観測結果を図3、4に示す。最高輝度温度は、西斜面噴気孔 A(名称は火山活動解説資料(気象庁)令和 3 年 4 月表記に準拠)で計測された 59.5℃(7.5-14 μ m の放射輝度より推定)である。ただし、この値は、大気による放射輝度の減衰、瞬時視野より小さな大きさの熱分布の存在、噴気等の影響により、真の最高温度より低めとなる。今回の観測結果は、気象庁の那須岳火山活動解説資料(令和 3 年 4 月)と比較し、地表面輝度温度分布、噴気の顕著な増加は認められない。また計測された西斜面噴気孔 A の輝度温度分布は、気象庁の那須岳火山活動解説資料(平成 27 年(2015 年)の那須岳の火山活動、図2、2015 年 10 月 7 日の那須岳 茶臼岳西斜面無間地獄付近の状況及び赤外熱映像装置による地表面温度分布)で報告された輝度温度分布と形状が似ている。

今回の STIC-P によるデータ取得は、図1の観測測線から実施した。観測に先立ち、観測俯角、視野から取得される斜め観測画像を予測した(図2)。図3は、実際の斜め観測画像結果で、図2の予測に近い構図である。図4は、図1の軌道上、那須岳の南~北方向から取得した互いに部分的に重畳する 258 枚の斜め観測画像から SfM/MVS 処理により3次元情報を推定し、オルソ補正処理を行った輝度温度分布である。これは輝度と面積の定量的な情報をもつ。今後、本手法を継続的に用いた計測により、放熱率等の定量的評価が可能となる。

以上

那須岳

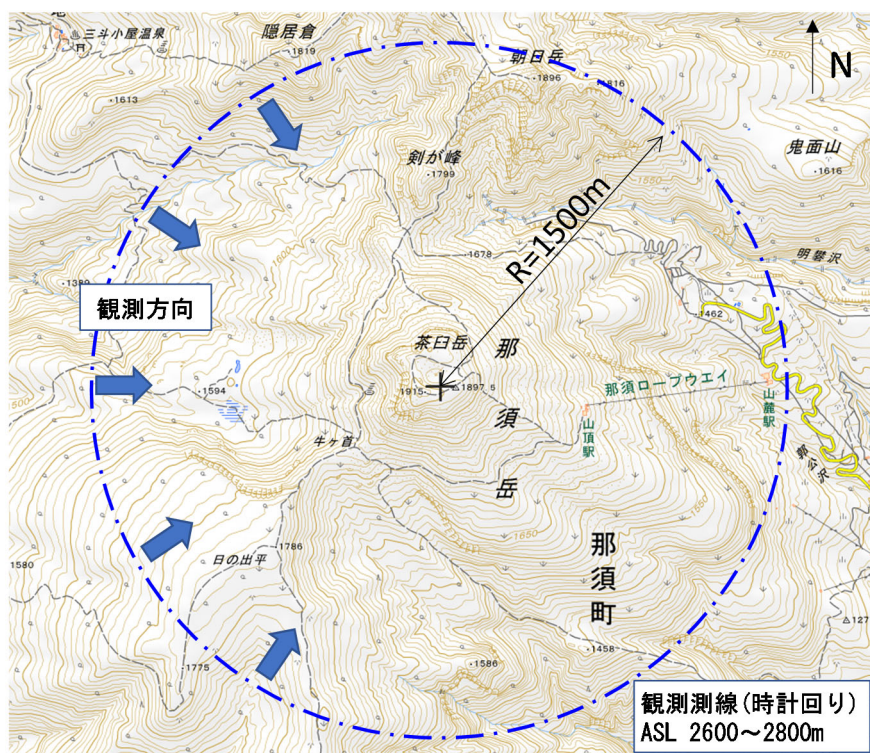


図1. 那須岳観測測線(電子地形図25000(国土地理院)を加工し作成)

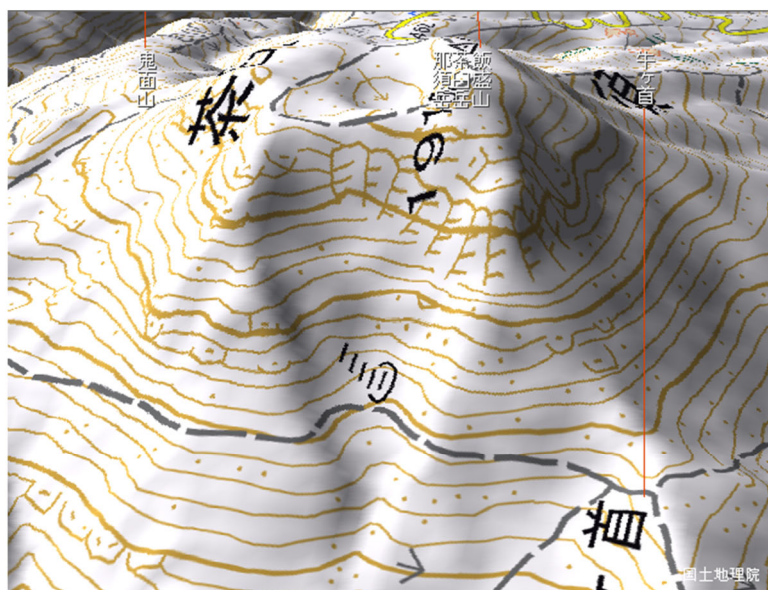


図2. 観測範囲シミュレーション(電子地形図25000(国土地理院)、カシミール使用: 赤外カメラ水平視野24°、画素:VGA、那須岳西南西上空、スラントレンジ=1800m、AGL=1000m、ASL 2617m、俯角:30.1°)

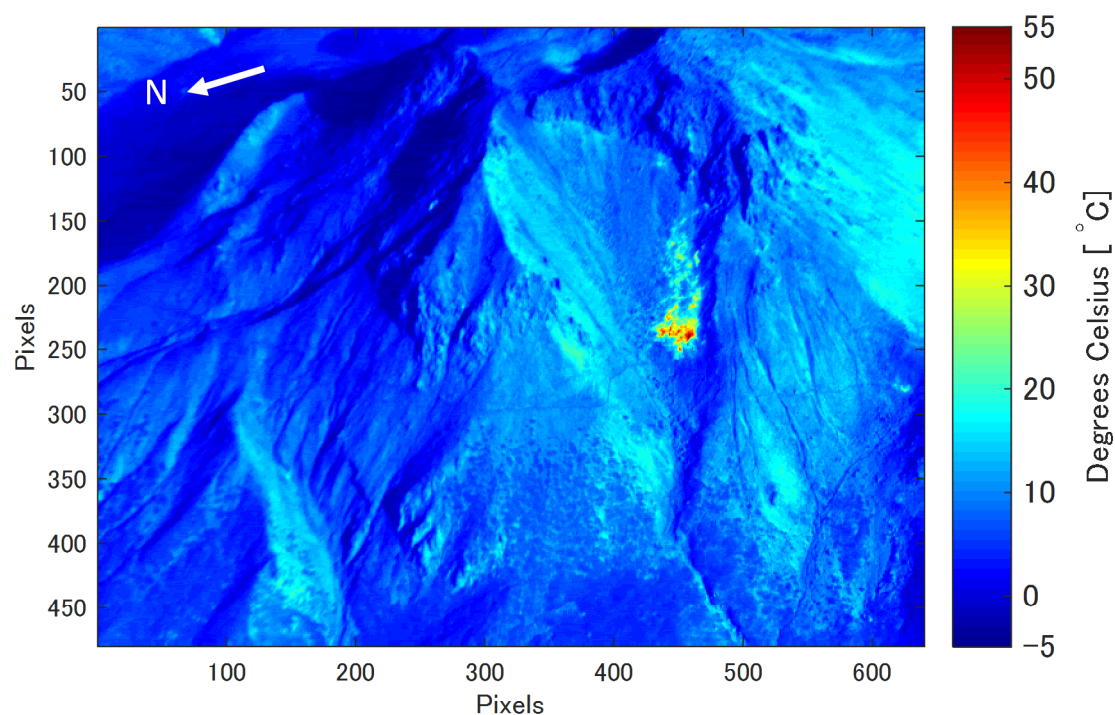


図3. 那須岳(無間地獄付近:西斜面噴気孔A)輝度温度画像(空間分解能約1.3m、西北西上空ASL2700m、斜め31°からの観測生画像。2021/11/14 14:02)

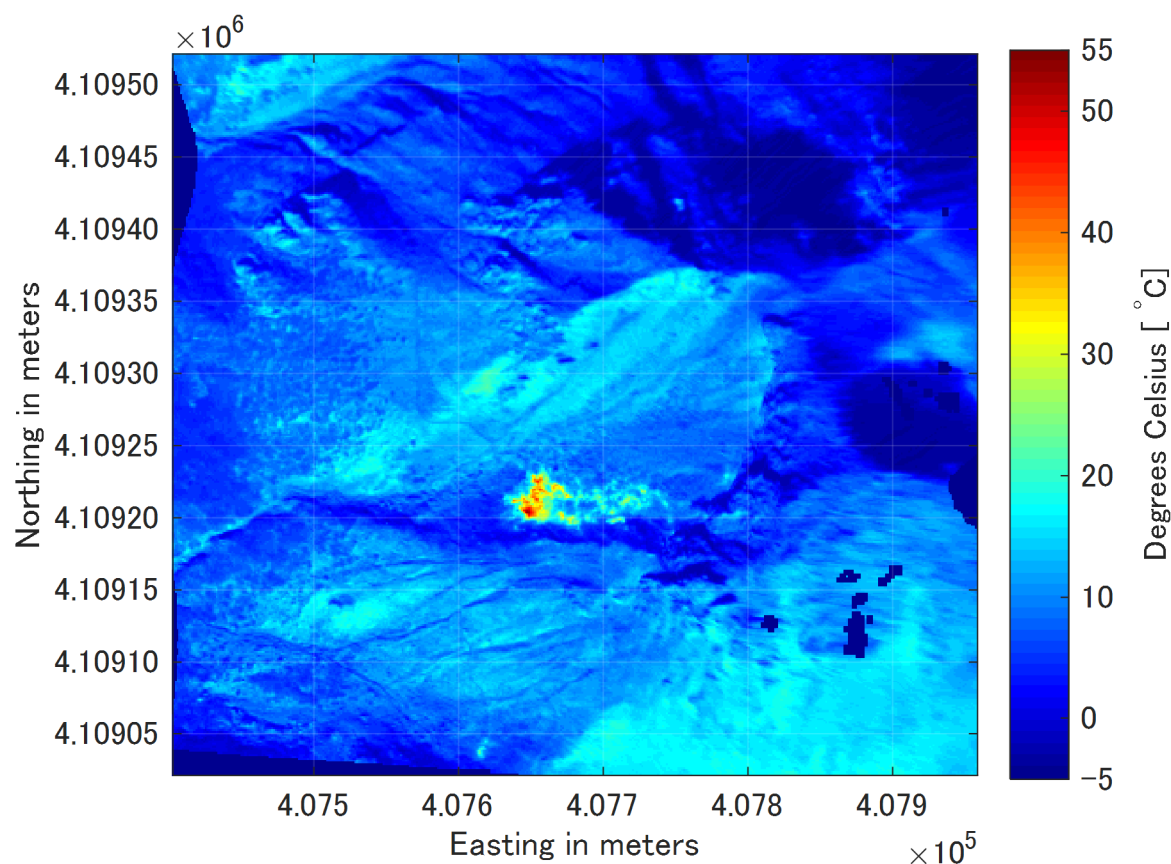
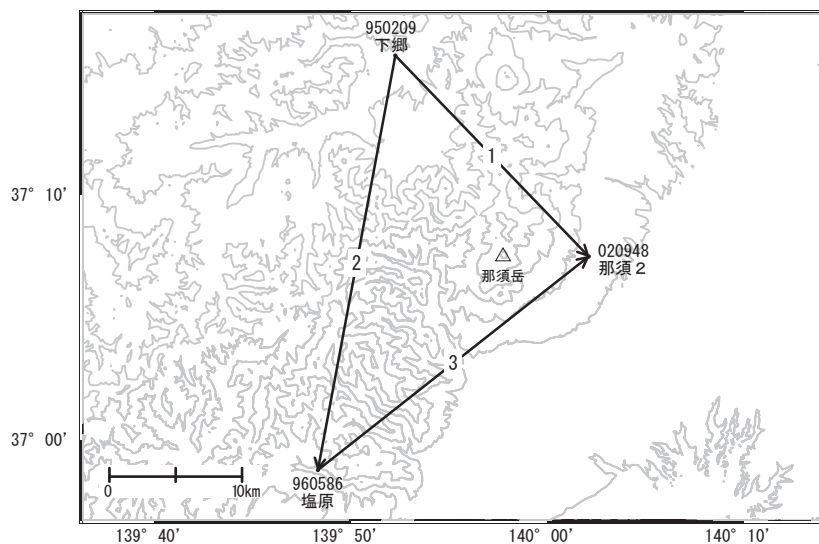


図4. 那須岳(無間地獄付近:西斜面噴気孔A)輝度温度画像(空間分解能約1.3m、オルソ補正画像、UTMグリッド。2021/11/14 14:02)

那須岳

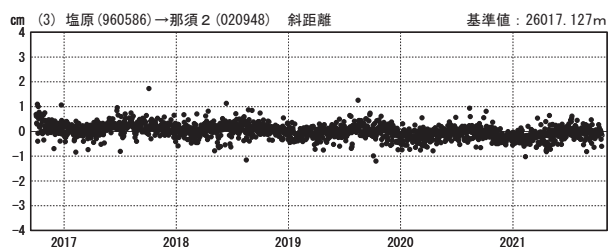
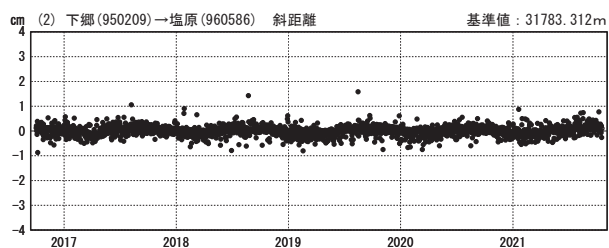
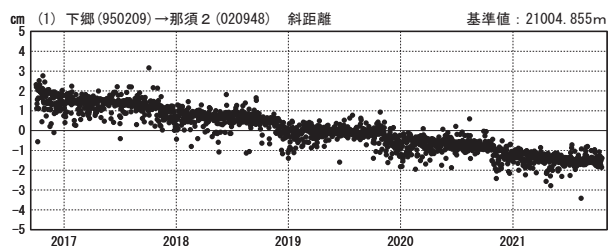
G N S S 連続観測結果では、顕著な地殻変動は見られません。

那須岳周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図



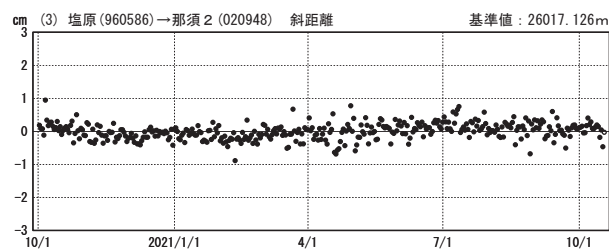
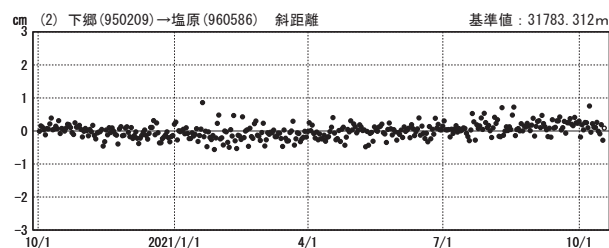
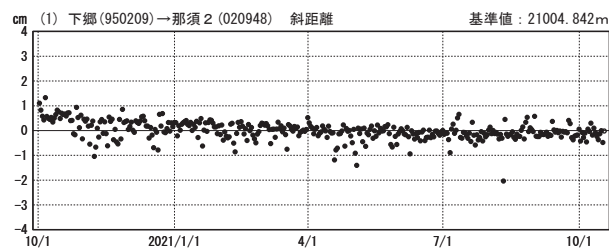
基線変化グラフ(長期)

期間: 2016/10/01~2021/10/17 JST



基線変化グラフ(短期)

期間: 2020/10/01~2021/10/17 JST



●—[F5:最終解] ○—[R5:速報解]

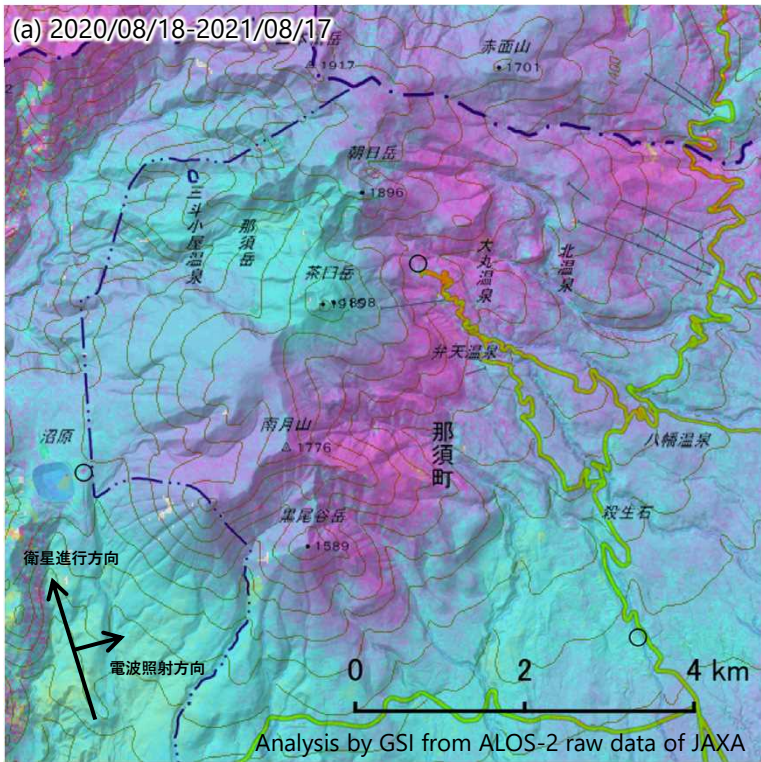
国土地理院

※[R5:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

那須岳

那須岳のSAR干渉解析結果について

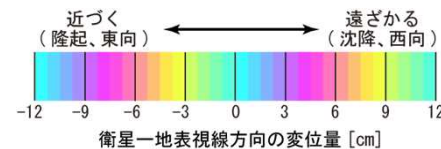
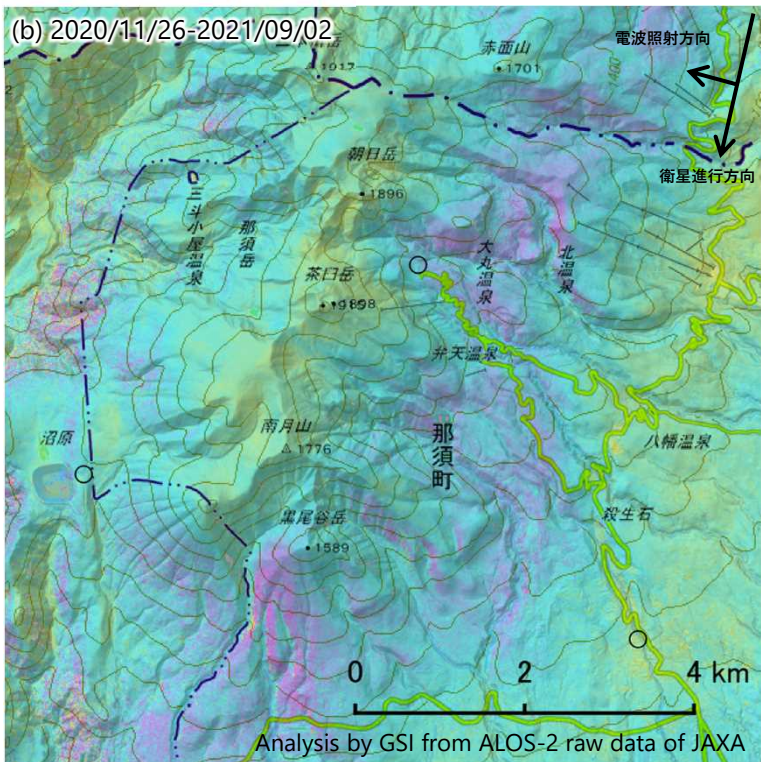
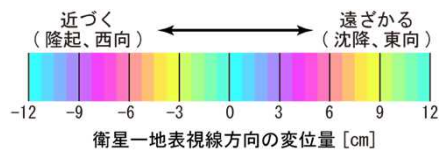
ノイズレベルを超える変動は見られません。



	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2020/08/18 2021/08/17 23:31頃 (364日間)	2020/11/26 2021/09/02 11:43頃 (280日間)
衛星進行方向	北行	南行
電波照射方向	右(東)	右(西)
観測モード*	H-H	U-U
入射角	31.0°	39.8°
偏波	HH	HH
垂直基線長	+ 166m	+ 97m

* U：高分解能(3m)モード
H：高分解能(6m)モード

○ 国土地理院以外のGNSS観測点



背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

那須岳

日光白根山

(2021 年 6 月～2021 年 11 月)

火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候は認められない。

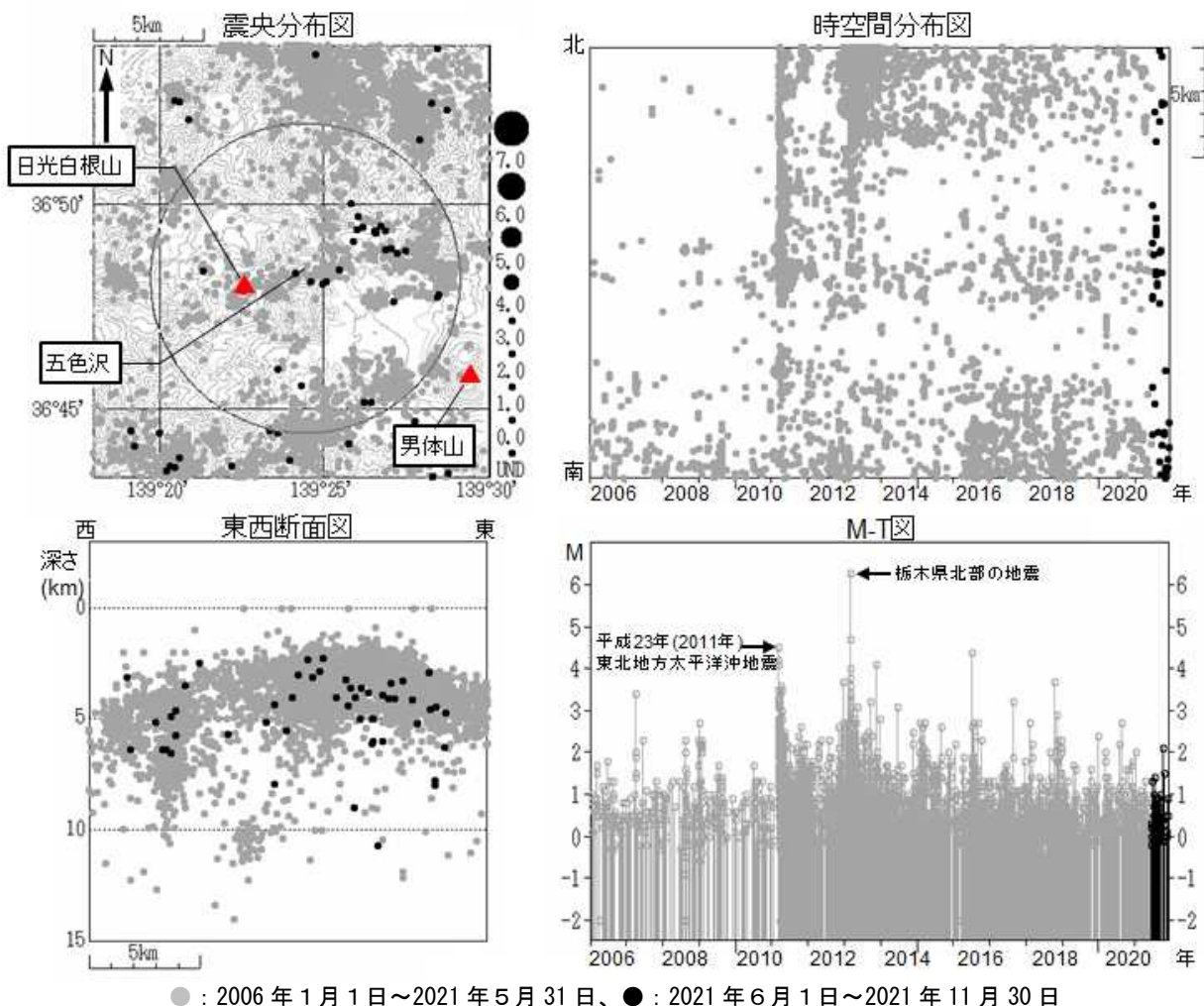


図 1 日光白根山 一元化震源による山体・周辺の地震活動

(2006 年 1 月 1 日～2021 年 11 月 30 日)

震央分布図中の円は図 2 の計数対象地震（五色沢で S-P 時間 1 秒以内）のおよその範囲を示す。

この図では、関係機関の地震波形を一元的に処理し、地震観測点の標高を考慮する等した新手法で得られた震源を用いている（ただし、2020 年 8 月以前の地震については火山活動評価のための参考震源である）。

- ・日光白根山付近を震源とする火山性地震の発生回数は少なく、地震活動は低調に経過した。

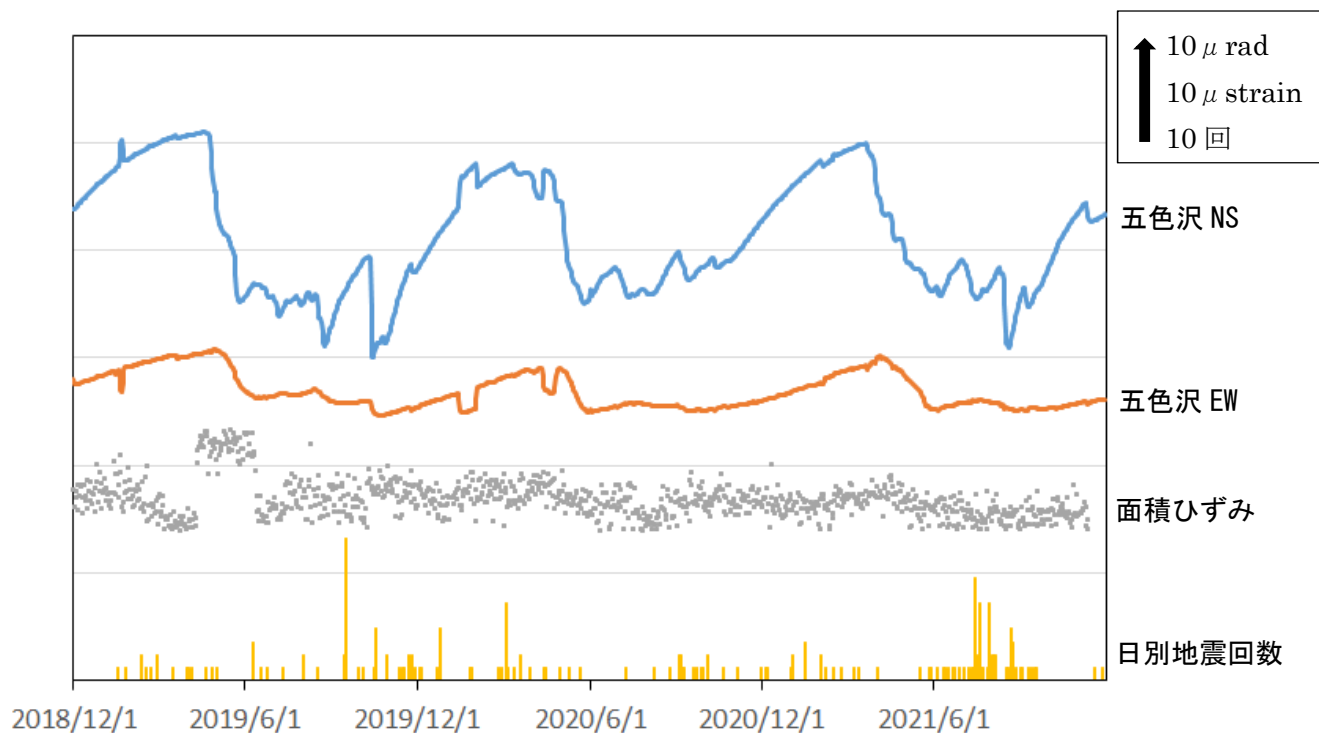


図2 日光白根山 地殻変動の経過図 (2018 年 12 月 1 日～2021 年 11 月 30 日)

面積ひずみは、図3の栗山(国)‐片品(国)‐五色沢の青色の△。

- ・火山活動によるとみられる地殻変動は認められない。

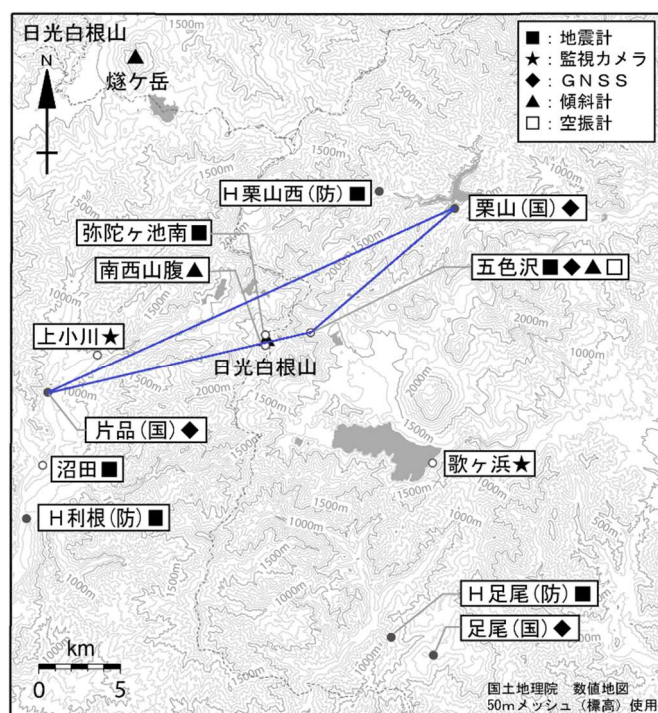


図3 日光白根山 観測点配置図

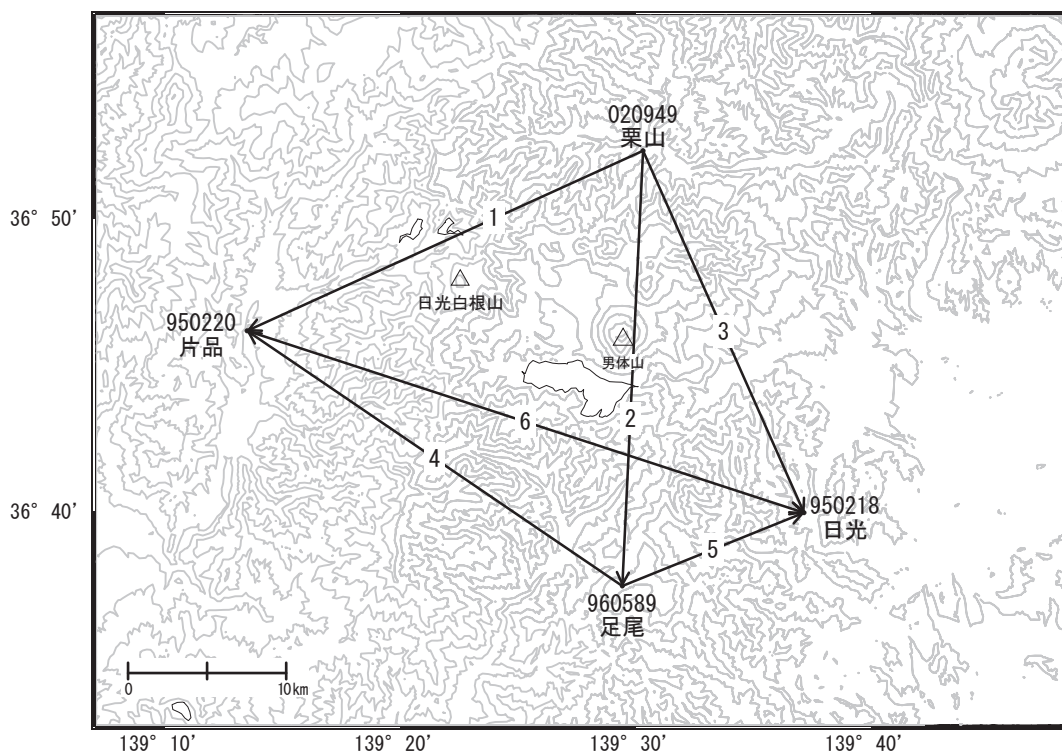
小さな白丸(○)は気象庁、小さな黒丸(●)は気象庁以外の機関の観測点位置を示す。

(国): 国土地理院、(防): 防災科学技術研究所

男体山・日光白根山

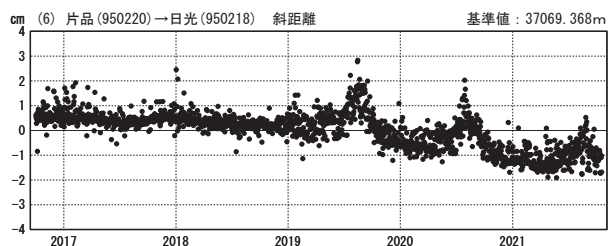
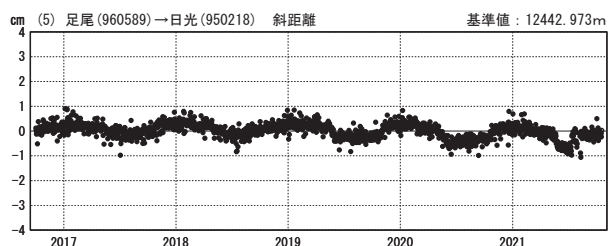
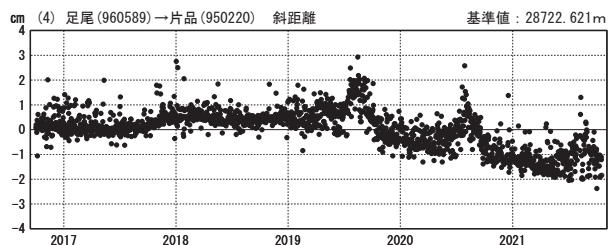
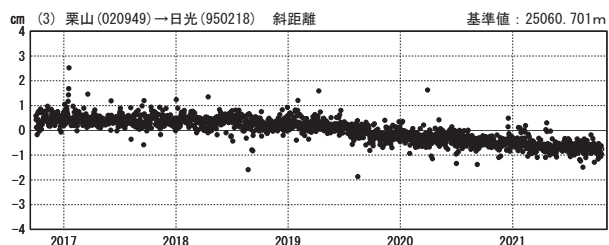
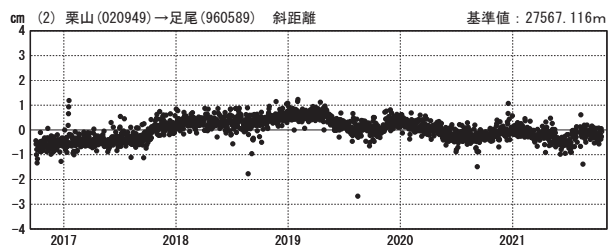
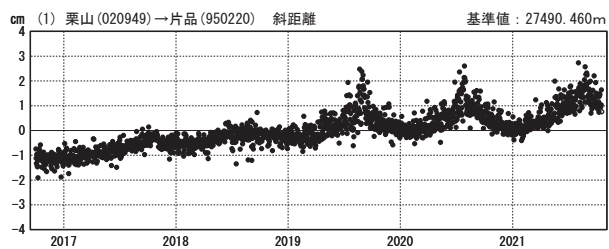
G N S S 連続観測結果では、顕著な地殻変動は見られません。

日光白根山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図



基線変化グラフ（長期）

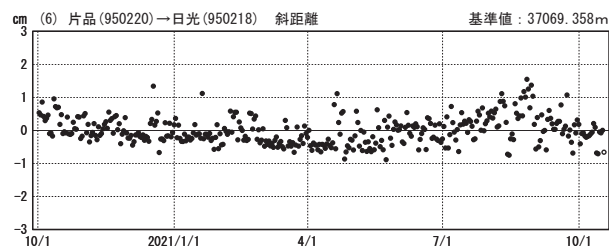
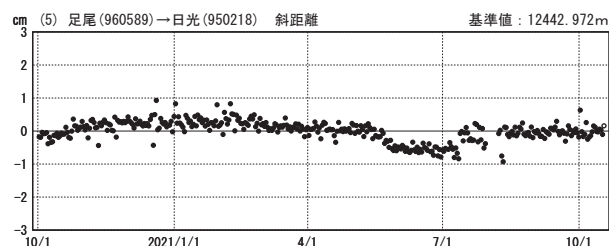
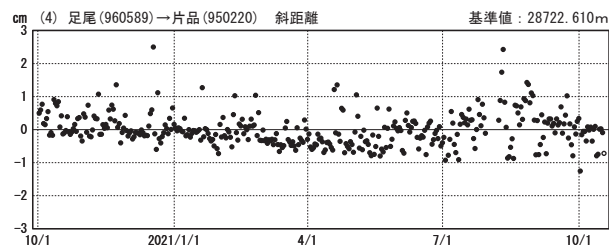
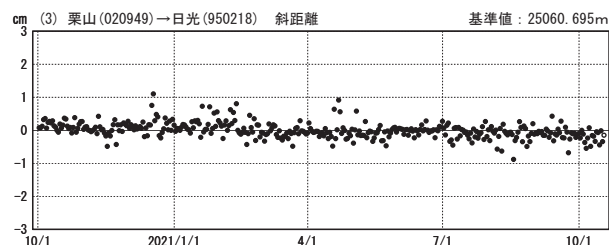
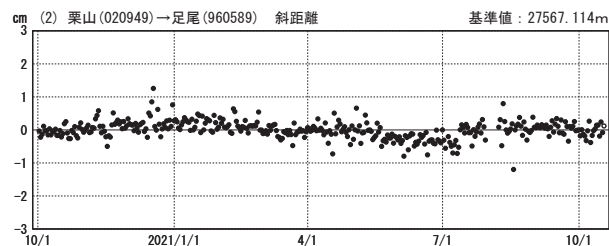
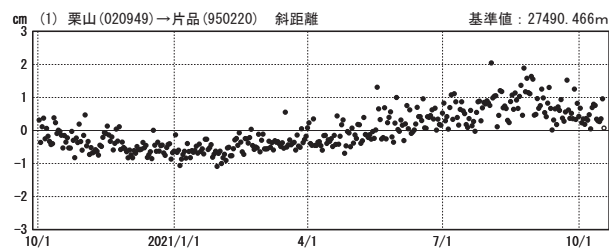
期間：2016/10/01～2021/10/17 JST



●—[F5:最終解] ○—[R5:速報解]

基線変化グラフ（短期）

期間：2020/10/01～2021/10/17 JST



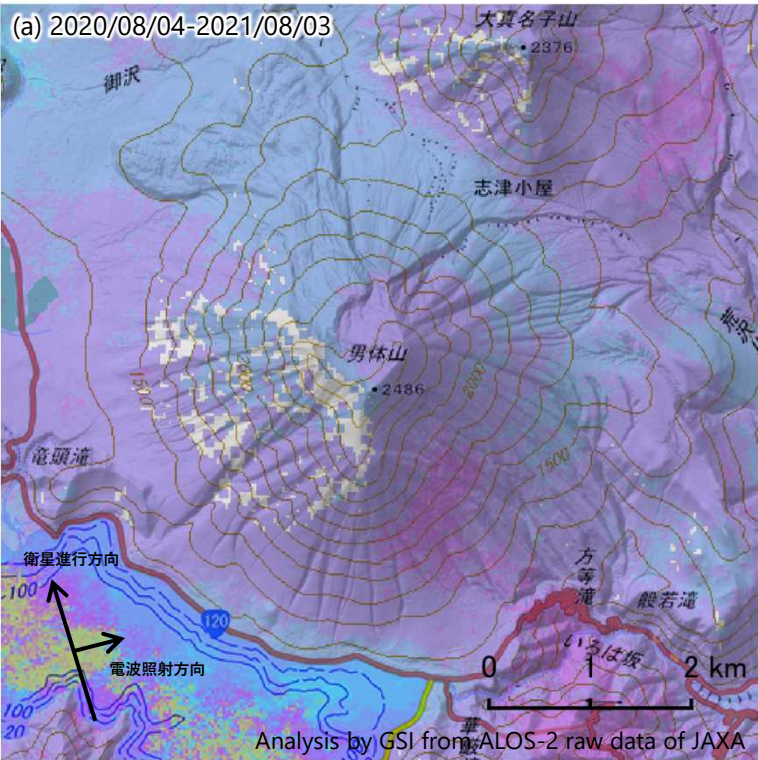
国土地理院

※[R5:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

男体山・日光白根山

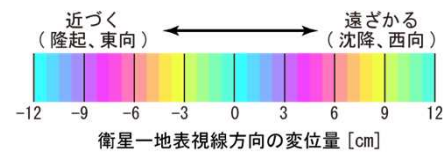
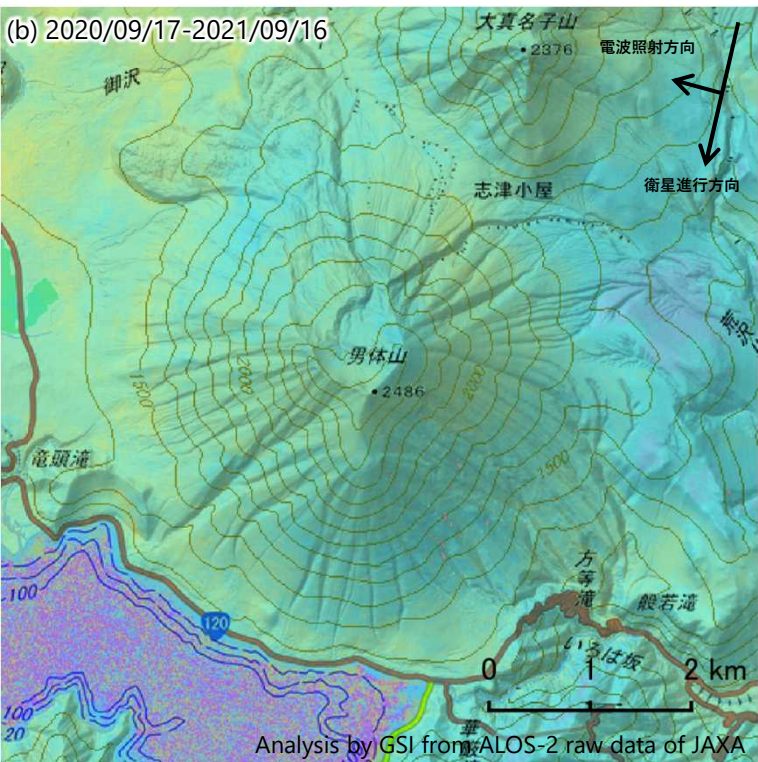
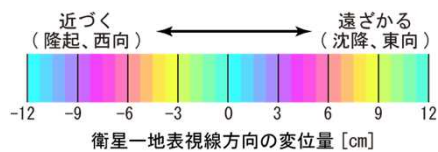
男体山のSAR干渉解析結果について

ノイズレベルを超える変動は見られません。



	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2020/08/04 2021/08/03 23:31頃 (364日間)	2020/09/17 2021/09/16 11:43頃 (364日間)
衛星進行方向	北行	南行
電波照射方向	右(東)	右(西)
観測モード*	H-H	U-U
入射角	27.1°	42.0°
偏波	HH	HH
垂直基線長	- 23m	- 17m

* U：高分解能(3m)モード
H：高分解能(6m)モード

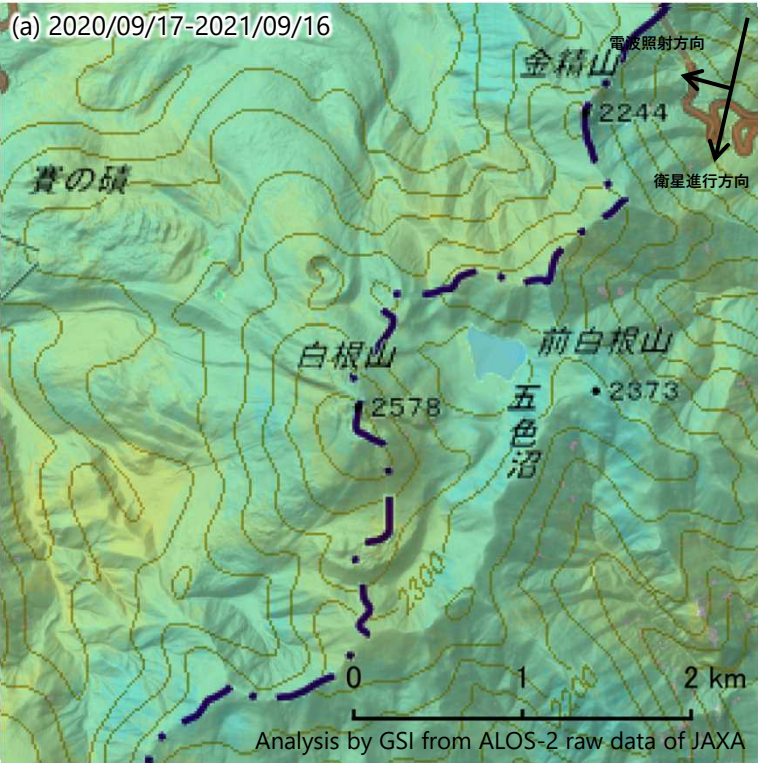


背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

男体山

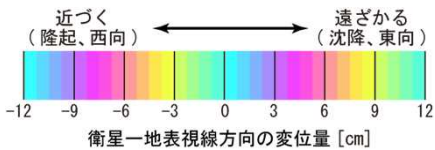
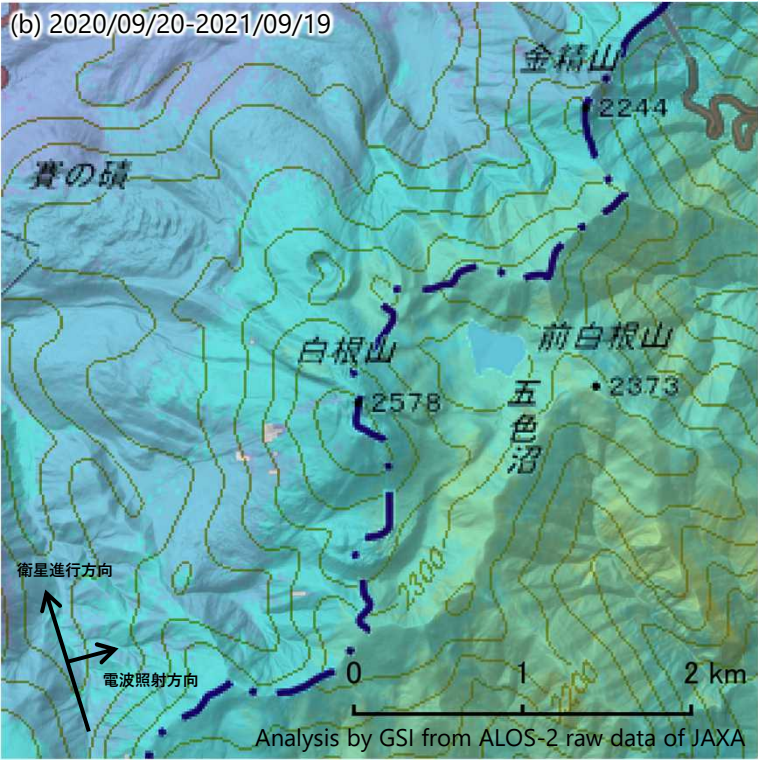
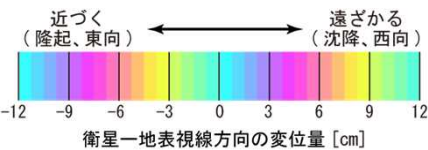
日光白根山のSAR干渉解析結果について

ノイズレベルを超える変動は見られません。



	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2020/09/17 2021/09/16 11:43頃 (364日間)	2020/09/20 2021/09/19 23:38頃 (364日間)
衛星進行方向	南行	北行
電波照射方向	右(西)	右(東)
観測モード*	U-U	H-H
入射角	42.7°	37.8°
偏波	HH	HH
垂直基線長	-17m	-79m

* U：高分解能(3m)モード
H：高分解能(6m)モード



背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

日光白根山

草津白根山 (2021 年 6 月～2021 年 11 月)

白根山 (湯釜付近)

湯釜付近では、地震活動は低調な状態が続き、傾斜計にも明瞭な変動が認められないなど、2018 年 4 月に活発化した浅部の火山活動は概ね低下している。しかし、地震活動は 2018 年 4 月の活発化前に比べて高い状態が続いており、湯釜湖水の成分分析からは湯釜への高温の火山性流体の供給に低下傾向が認められないなど、湯釜付近の浅部の熱水活動は継続していると考えられる。引き続き、火山活動の推移に注意する必要がある。

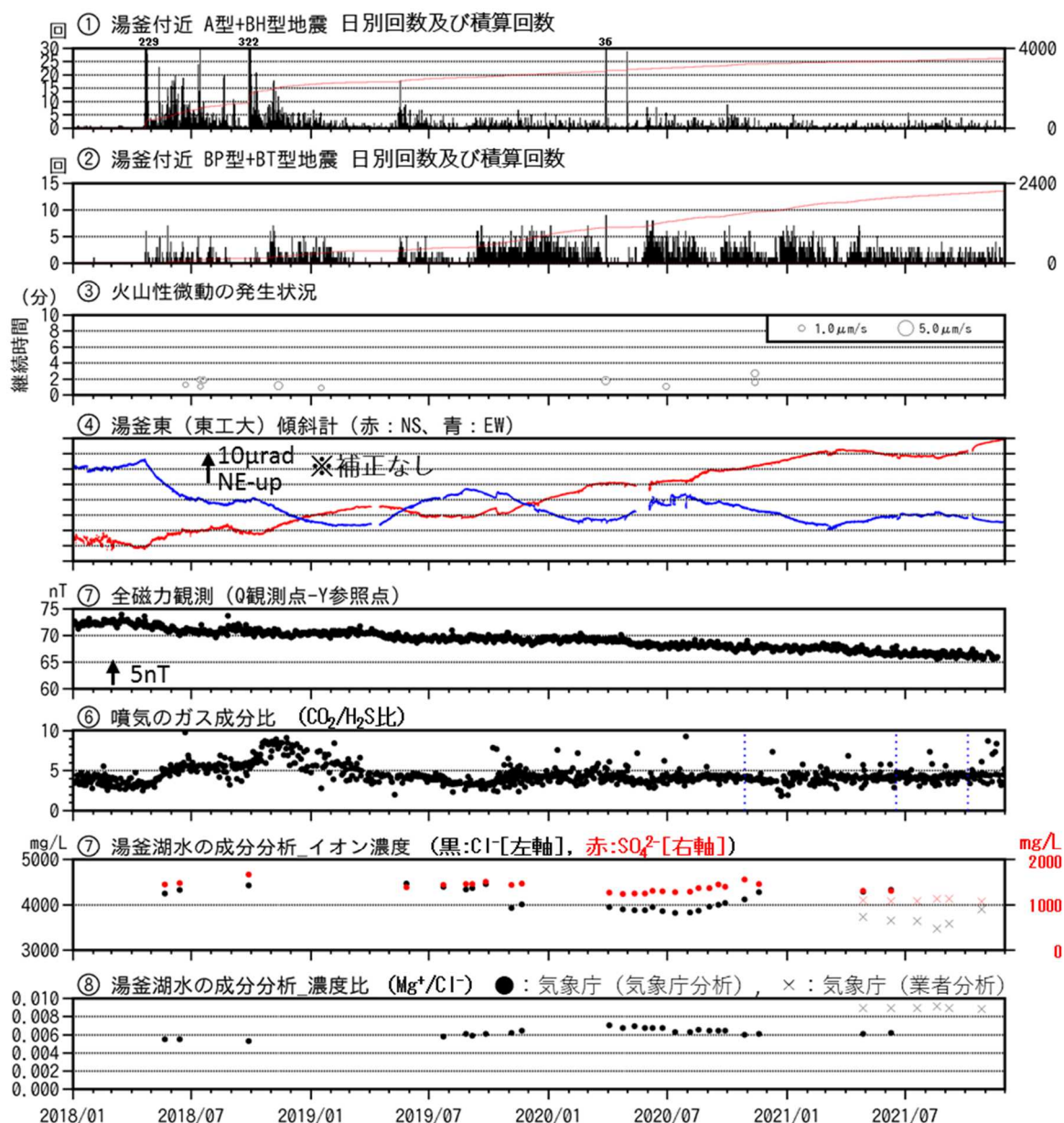


図 1 草津白根山 (白根山 (湯釜付近)) 火山活動経過図 (2018 年 1 月 1 日～2021 年 11 月 30 日)

- ・湯釜付近の浅部の火山性地震は、概ね少ない状態で経過しているが、2018 年 4 月の活発化前と比較すると、その頻度は高い。
- ・湯釜付近の浅部の膨張を示す明瞭な傾斜変動はなし。
- ・湯釜火口北側噴気地帯の火山ガス成分比 ($\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比)、及び湯釜湖水※の化学分析の結果 (Cl^- , SO_4^{2-} 濃度, および Mg^+/Cl^- 比) に目立った変動はない。

※2021 年 4 月以降、気象庁で採水した湯釜湖水の分析を業者委託している。4 月、6 月の湖水サンプルに対して、気象庁 (気象庁分析) と気象庁 (業者分析) で分析結果に系統的な差が生じている。原因については、現在調査中であるが、4 月、6 月の結果の傾向は同じであることから、その後の気象庁 (業者分析) の結果から、傾向に変化はないと考えている。

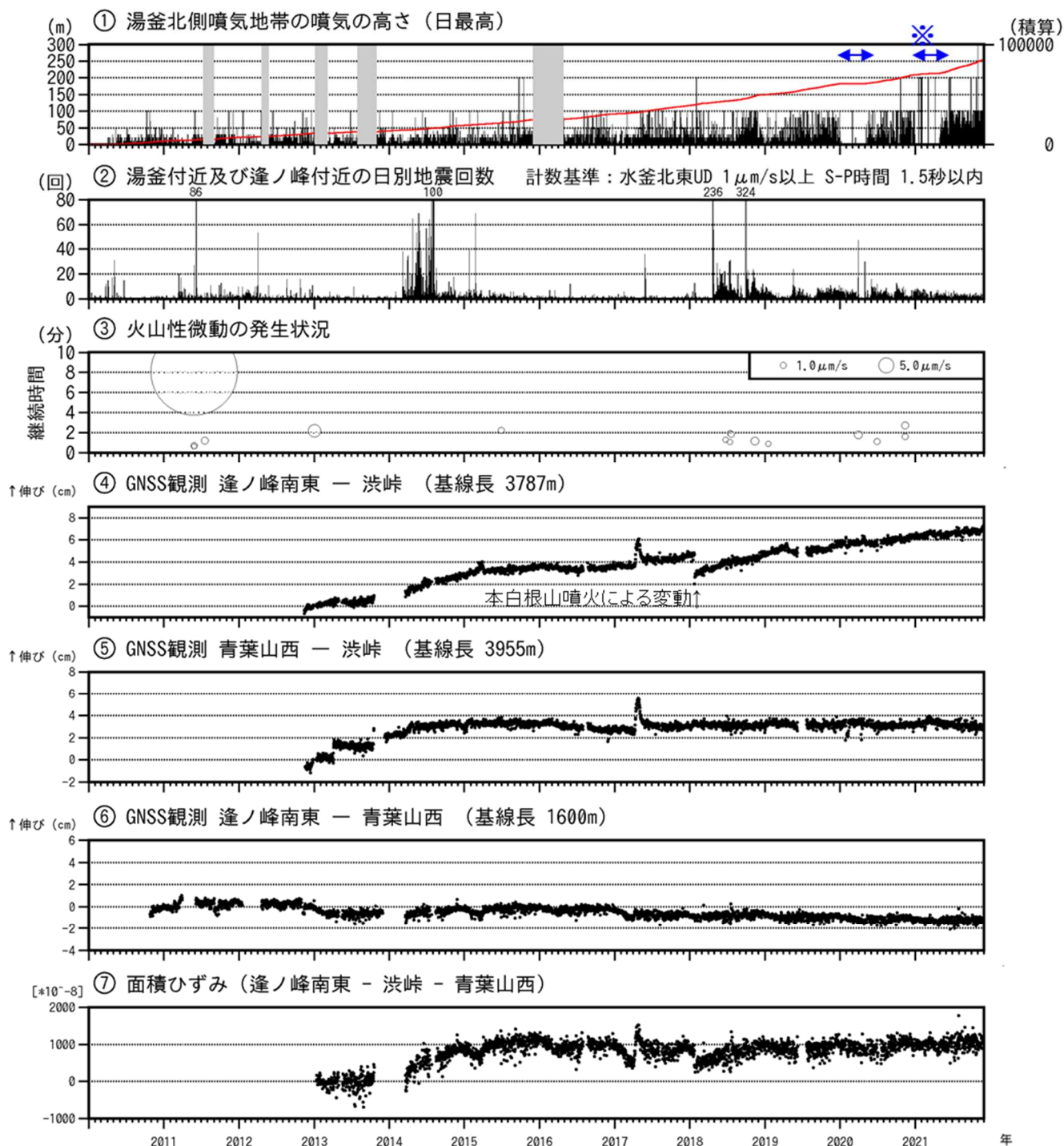


図2 草津白根山 (白根山 (湯釜付近)) 火山活動経過図
(2010年1月1日～2021年11月30日)

① ※の青矢印期間 (2020年1月から4月にかけて)、一部の観測機器で障害が発生しているため、100m未満の噴気については観測できていない期間がある。灰色部分は欠測を示す。赤線は積算であり、右軸で示す。

④～⑦ 空白部分は欠測を示す。

- ・湯釜付近の浅部の火山性地震は、概ね少ない状態で経過しているが、2018年4月の活発化前と比較すると、その頻度は高い。
- ・逢ノ峰付近を震源とする火山性地震は時々発生している。
- ・2018年1月以降、⑧の基線では本白根山噴火後の余効変動が見られていた。2020年1月以降、基線長の伸びは停滞している。
- ・GNSS連続観測では、火山活動によるとみられる変動は認められない。



本白根山

鏡池北火口付近の地震は 2018 年 12 月以降少ない状態で、噴気も認められておらず、火山活動は静穏な状態で経過している。なお、逢ノ峰付近では、以前と同様に時々地震が発生しており、引き続き今後の火山活動の推移に注意する必要がある。

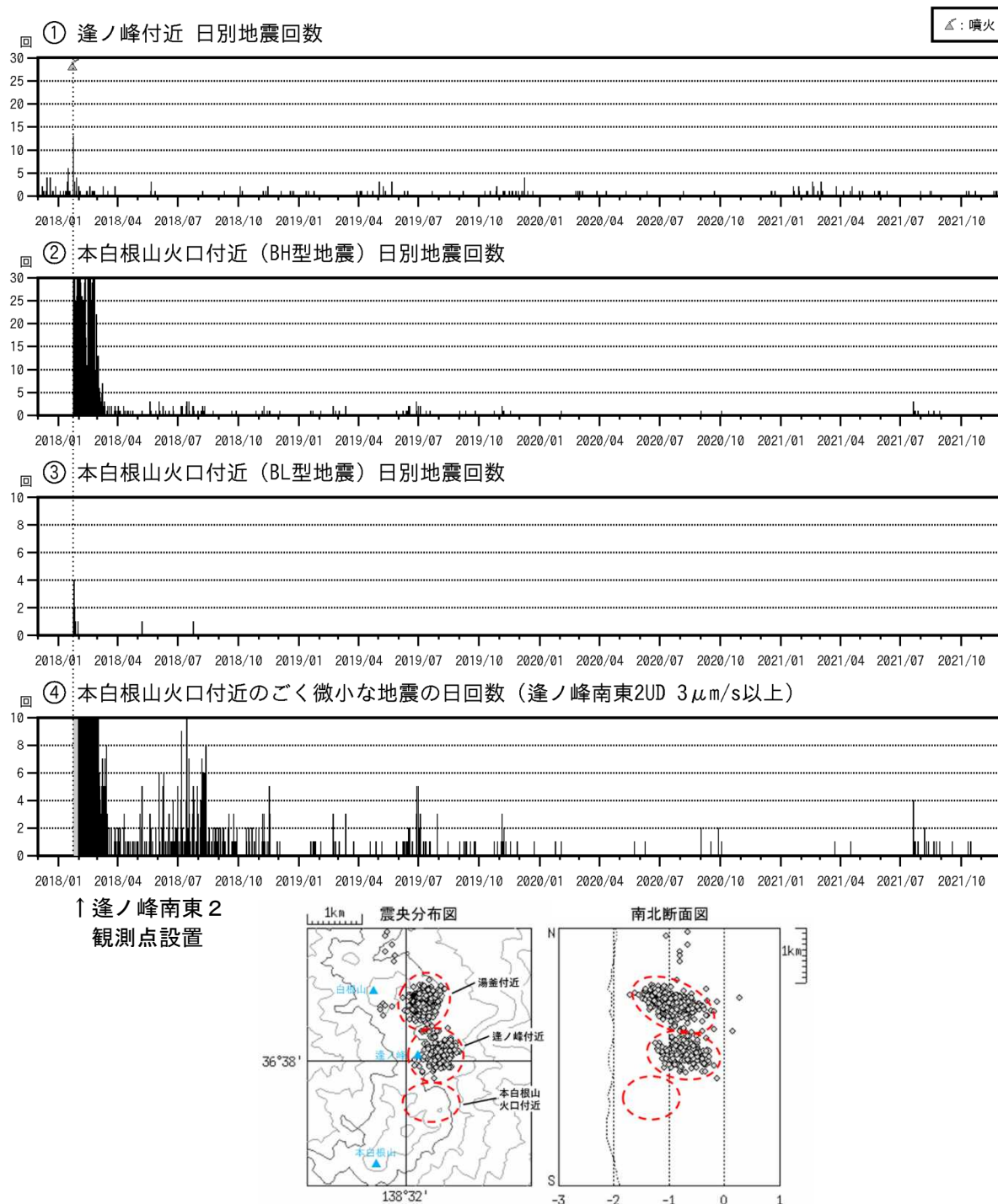


図3 草津白根山（本白根山） 火山性地震の活動経過（2017 年 12 月 1 日～2021 年 11 月 30 日）

④ 灰色期間は、地震が多発した期間を示す。

- ・ 逢ノ峰付近を震源とする火山性地震は時々発生しているが、期間をとおして少ない状態で経過した。
- ・ 本白根山火口付近を震源とする火山性地震は、7 月頃に一時的に増加したが、2019 年以降で見ると特異なほどの活動規模ではなく、期間をとおして少ない状態で経過した。

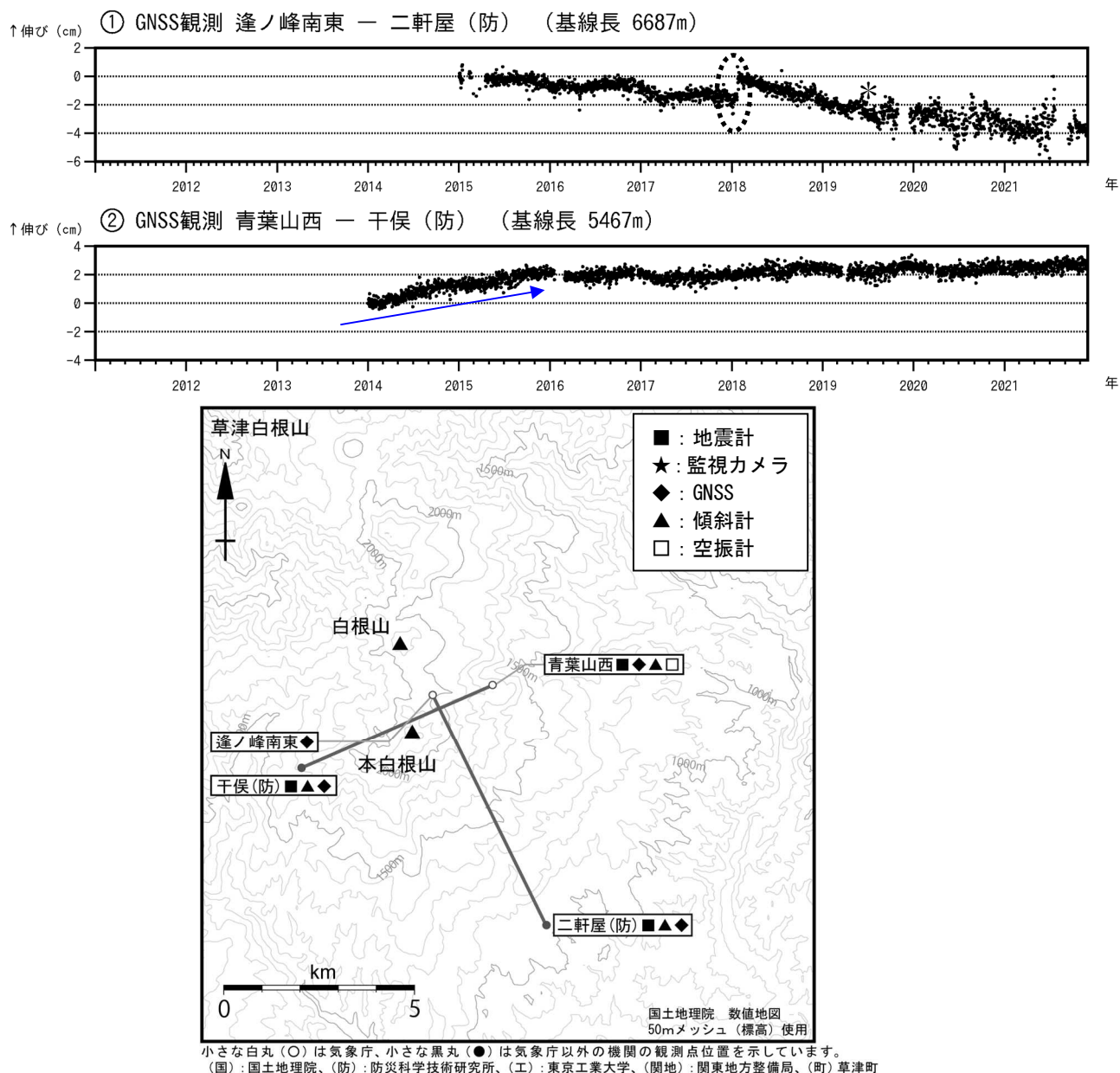


図 4 草津白根山 (本白根山) GNSS 連続観測による基線長変化

(2011 年 1 月 1 日 ~ 2021 年 11 月 30 日)

- ・①逢ノ峰南東-二軒屋 (防) の基線で 2018 年 1 月の噴火に伴う変化 (黒破線) が認められる。2018 年 1 月以降にみられている変化は、本白根山の噴火後の収縮によるものと考えられる。2020 年 1 月以降、基線長の縮みは停滞している。また、2019 年 4 月頃よりみられている変化 (※印) は、二軒屋 (防) 観測点の挙動によるもので、火山活動による変動ではないと考えられる。
- ・②青葉山西-干俣 (防) の基線では、2014 年に深部の膨張による変動 (青矢印) がみられていたが、今期間は特段の変化は認められない。

草津白根山

草津白根山では、2014年や2018年に湯釜付近浅部への火山性流体の著しい供給の増加によると考えられる火山性地震の活発化と浅部の膨張などが観測され、2018年には本白根山で水蒸気噴火が発生した。広域の地殻変動観測によると、2014年から2015年頃にかけて急激な変動が起こり、しばらく停滞した後、2018年頃から緩やかな変動が継続しているとみられる。

このように草津白根山の火山活動は、短期的には活動の消長があるものの、中長期的には活発な状態が継続していると考えられ、今後も火山活動の推移に十分注意が必要である。

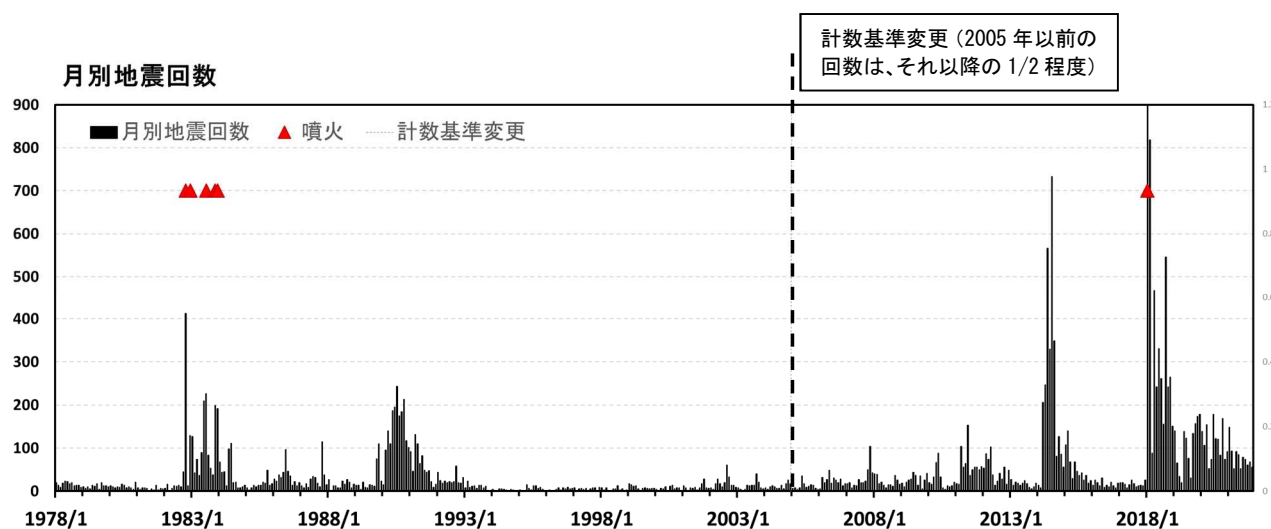


図 5 草津白根山 地震回数 (1978 年 1 月 1 日～2021 年 11 月 30 日)

- ・ 小規模な水蒸気噴火が発生した 1982 年から 1983 年にかけての期間、および火山活動に高まりがみられた 1989 年から 1991 年にかけての期間に、地震活動に高まりがみられた。
- ・ 地震活動は、2002 年頃から徐々に高まっており、2011 年以降は増減を繰り返している。

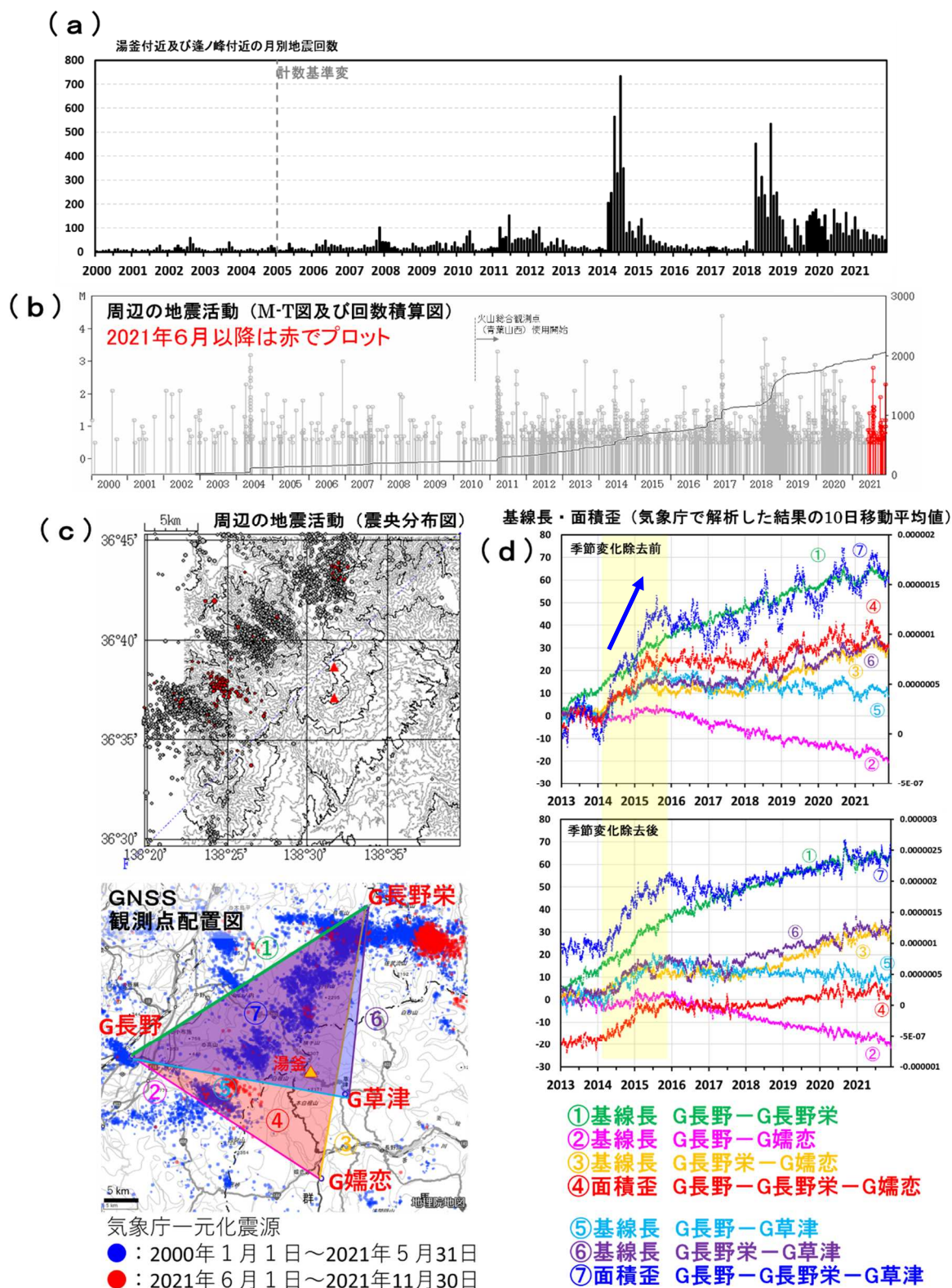


図 6 草津白根山 一元化震源による周辺の地震活動 (2000 年 1 月 1 日～2021 年 11 月 30 日)

- ・平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震後、草津白根山の北西～北側にかけての地震活動が活発化した。
- ・2014 年、2017 年、2018 年に北西側の地震活動の活発化がみられている。
- ・2014～2015 年に草津白根山の北西～西側の深部の膨張を示唆する地殻変動 (気象庁, 2018, 第 141 回火山噴火予知連絡会資料) が観測された (図 d 中青矢印)。2014～2015 年は、南北方向、東西方向の基線とともに伸びの傾向が見られ、面積ひずみもプラス方向に変化した (図 d 中の網かけ領域)。
- ・その後、2014～2015 年の変動と類似した明瞭な変動は認められないが、2018 年以降、いずれの面積ひずみのペアにおいても、わずかながらプラス方向への変化が見える。南北方向の基線③⑥では伸びの傾向がみられるが、東西方向の基線②⑤は停滞か縮みの傾向がみられる。

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. 解析データ

解析に使用したデータを第 1 表に示す。

第 1 表 干渉解析に使用したデータ

Path-Frame	Orbit	Looking	Inc. angle	Earliest Scene	Latest Scene	Figure No.
125-720 (SM1_U2-6)	北行	右	32.4°	2021.05.16	2021.10.31	第 1 図 - A
19-2880 (SM1_U2-7)	南行	右	36.1°	2020.11.03	2021.08.10	第 1 図 - B

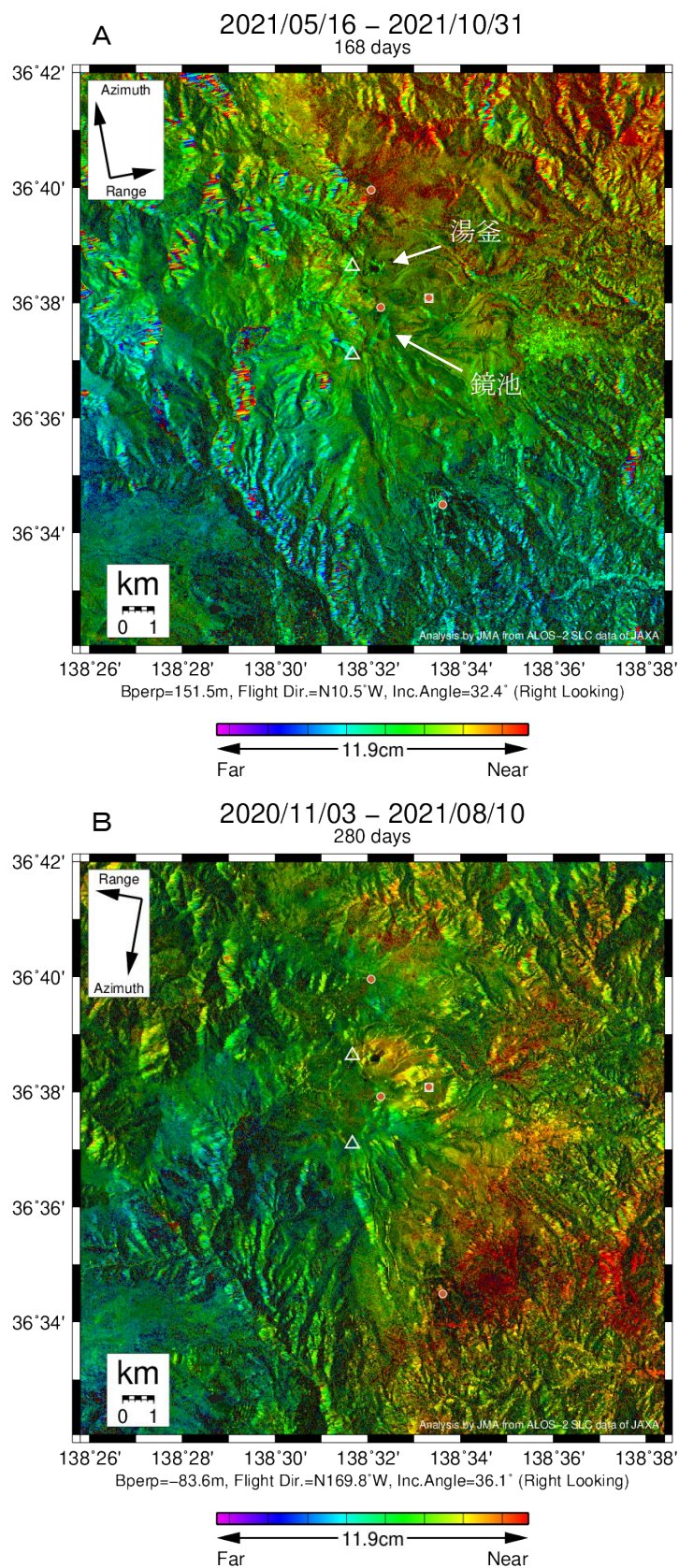
3. 解析結果

北行軌道の短期ペア及び南行軌道の長期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認められない。

なお、各干渉解析結果について、電離圏遅延補正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。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、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。



第 1 図 草津白根山の干渉解析結果

パス 125 (SM1_U2-6) (A) 及び 19 (SM1_U2-7) (B) による草津白根山及び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、四角印は傾斜観測点を示す。

ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。

湯釜湖水の化学組成 (2021 年 4 月～11 月観測)

2021 年 4 月から 11 月にかけて草津白根山の湯釜火口湖の南西岸(図 1;U1 地点)で採取した湖水の化学組成を分析した(表 1).

湖水の Mg/Cl 比は湯釜火口で複数回の噴火が発生した 1982-83 年, および湯釜火口内での突出が発生した 1996 年の前後などで顕著に上昇した(図 2). これは地下水と結晶化しつつあるマグマ縁辺の高温岩石が接触したことによると考えられている[1][2]. 2021 年 4 月から 11 月にかけて, 湖水の Mg/Cl 比は 0.0080～0.0083 の間で推移した.



図 1. 湖水の採取位置(U1)

(背景地図には地理院地図を使用した.)

表 1. 湯釜火口湖水の化学組成 (抜粋)

Date	WT °C	pH	EC S/m	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	Mg mg/L	Mg/Cl
2021/4/20	13.1	1.11	3.90	4080	1270	32.8	0.0080
2021/5/31	20.3	1.12	3.92	4070	1260	33.9	0.0083
2021/6/7	21.1	1.11	3.87	4070	1290	32.6	0.0080
2021/7/19	28.9	1.11	3.87	4030	1300	32.6	0.0081
2021/8/4	27.8	1.12	3.77	4060	1300	32.7	0.0081
2021/9/7	27.2	1.11	3.77	3900	1250	32.5	0.0083
2021/9/27	ND	1.08	3.92	4060	1286	33.9	0.0083
2021/10/14	24.8	1.08	3.98	4183	1312	34.2	0.0082
2021/10/27	17.1	1.08	3.97	4206	1315	34.6	0.0082
2021/11/12	14.9	1.08	3.99	4275	1318	35.0	0.0082

分析値は今後変更する場合があります.

pH, EC の測定にはガラス電極および白金-白金黒電極(HORIBA, D-74), Cl, SO₄ の分析にはイオンクロマトグラフ法(Thermo, Integron), Mg の分析にはマイクロ波プラズマ原子発光分析装置(Agilent, 4210 MP-AES)を使用した.

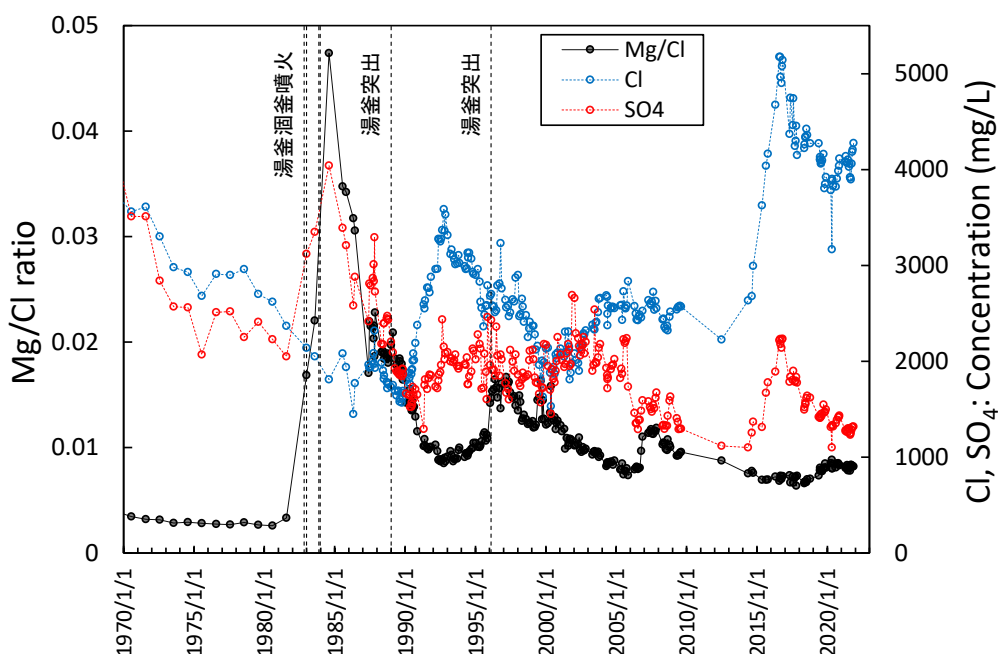


図 2. 湯釜湖水の Cl, SO₄ 濃度, および Mg/Cl 比の変化 (2005 年以前は Ohba et al. [1])

参考文献 ^[1] T. Ohba et al. (2008) JVGR, 178, 131-144. ^[2] M.Yaguchi et al. (2021) Front. Earth Sci., 9:741742.

草津白根山における地磁気全磁力変化

全磁力連続観測では、2018 年 4 月から 7 月にかけて水釜付近地下の熱消磁を示唆する全磁力変化が観測された。それ以降、湯釜の南東の観測点で全磁力の減少が認められる。

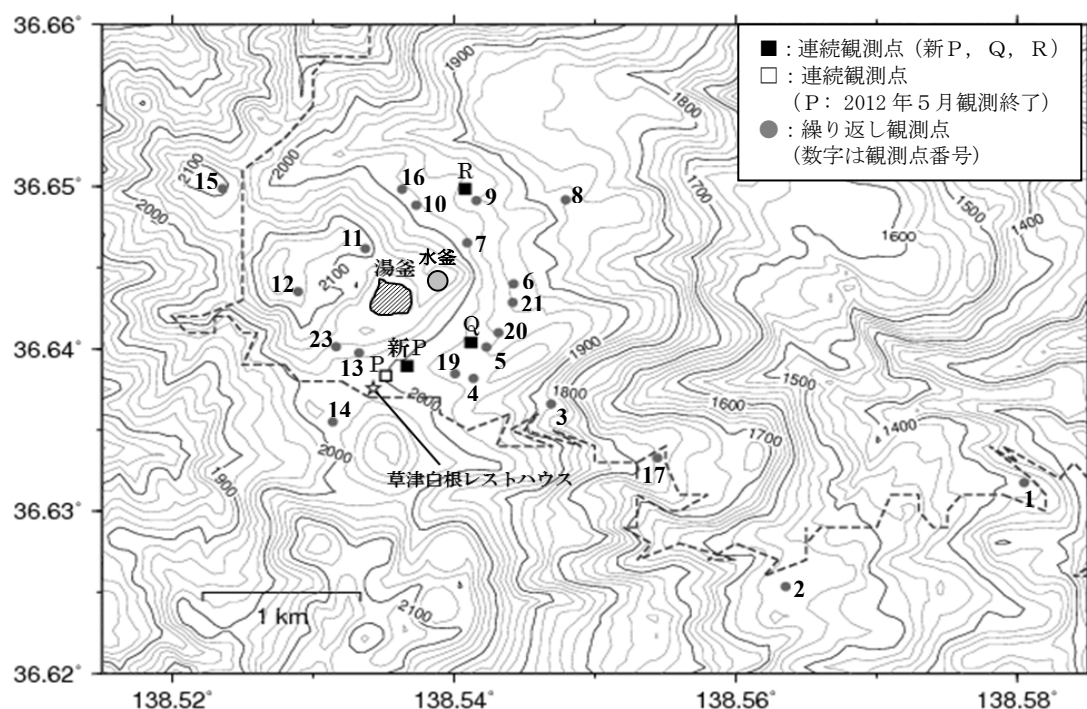
一方、全磁力繰り返し観測（2019 年 10 月～2021 年 10 月）では、湯釜の東から南東の観測点では全磁力の減少が認められる。

白根山（湯釜付近）における 2018 年から 2021 年 11 月までの全磁力観測結果について報告する。

全磁力連続観測では、2018 年 4 月から 7 月にかけて、水釜付近地下の熱消磁を示唆する全磁力変化（新 P 点および Q 点で減少、R 点で増加）が観測された。それ以降は湯釜南東の Q 点については全磁力の減少が認められる（図 2～図 4 参照）。

2021 年 10 月に実施した全磁力繰り返し観測では、2019 年 10 月以降の観測結果と比較して、湯釜の東から南東の観測点で、連続観測と同様に、全磁力の減少が観測された。また、湯釜の北から北東の観測点で全磁力の増加が認められるが、対象期間は、No. 15 や湯釜の南の観測点等、広域にわずかな増加傾向が認められており、火山活動以外に起因する変化の可能性もあり、断定的なことは言えない。（5 図～7 図参照）。

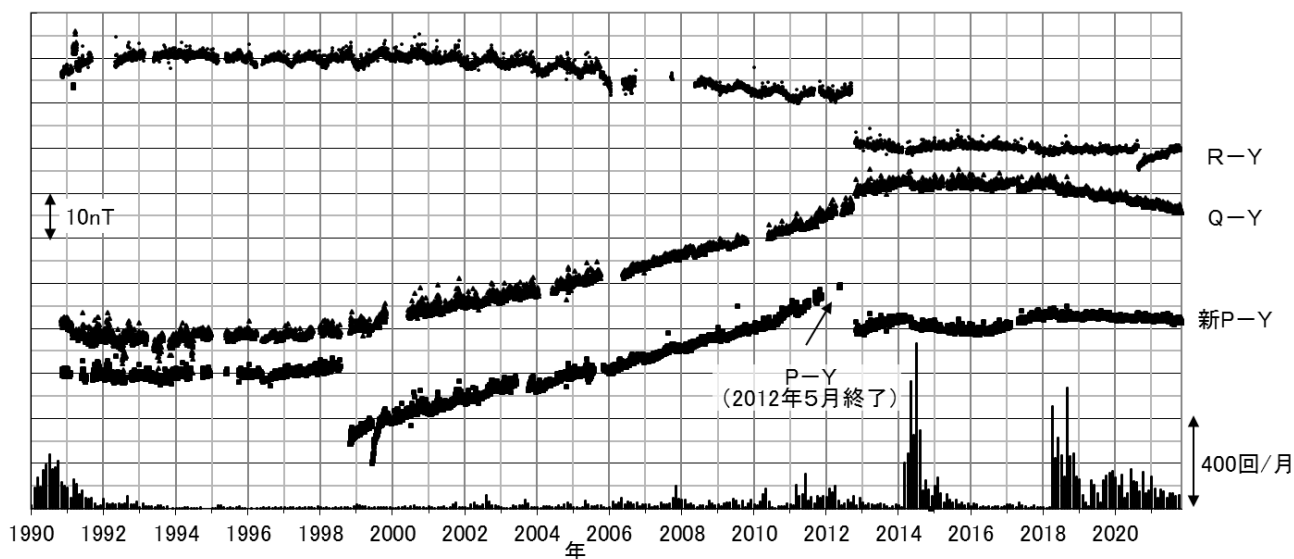
今後の熱活動の推移を把握するため、引き続き全磁力変化を注視する必要がある。



第 1 図 白根山（湯釜付近）における全磁力観測点配置

この地図の作成に当たっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の「数値地図 50m メッシュ（標高）」を使用した。また、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。

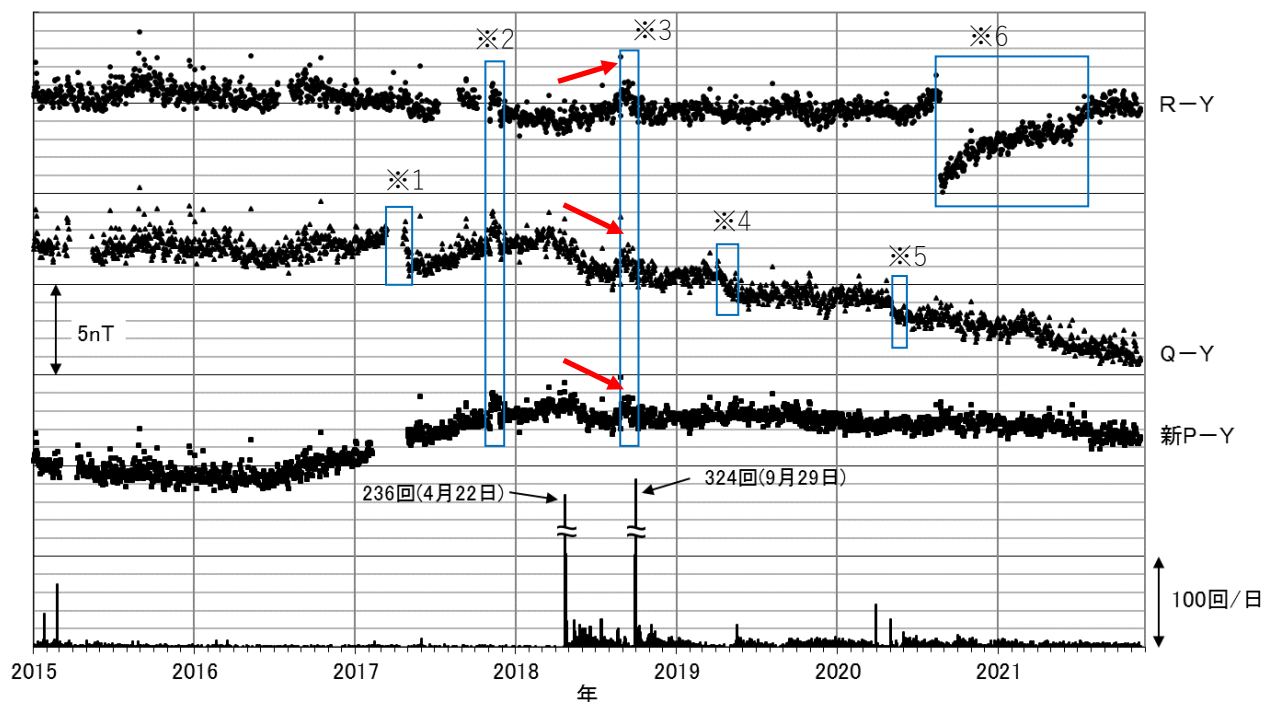
【謝辞】本資料の作成に当たっては、東京大学地震研究所共同利用(2021-D-14)における八ヶ岳地球電磁気観測所の全磁力データの提供を受けた。



第 2 図 白根山（湯釜付近）における全磁力連続観測結果（1990 年～2021 年 11 月 20 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（00:00～02:59 (JST)）日平均値差。最下段は草津白根山で観測された月別地震回数（2015 年以降は湯釜付近で観測された地震）。

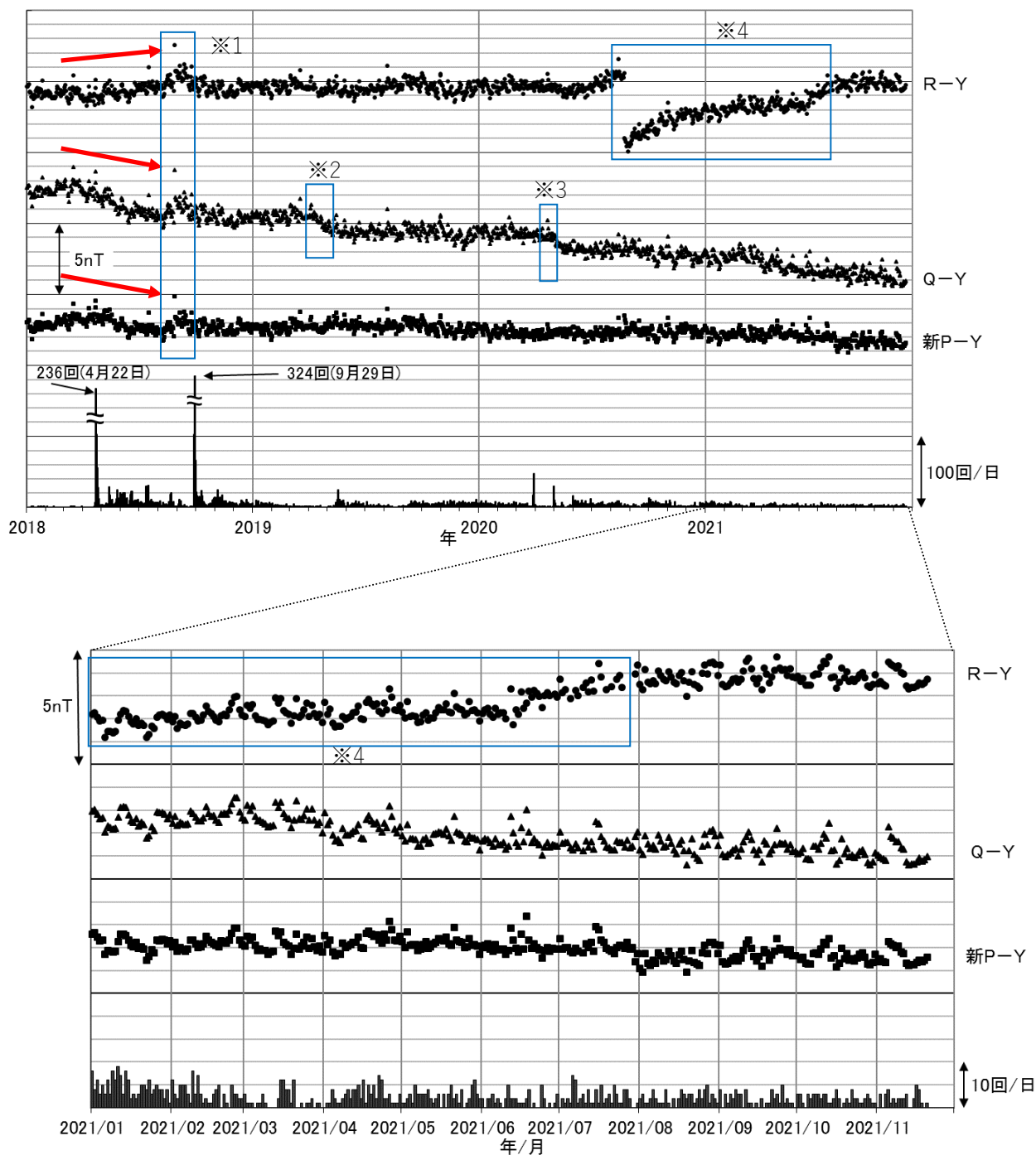
（※1）、（※3）落雷によるステップ状の変化とその後の余効変動を含む、（※2）更新工事に伴う変化



第 3 図 白根山（湯釜付近）における全磁力連続観測結果（2015 年 1 月～2021 年 11 月 20 日）

連続観測点 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（00:00～02:59 (JST)）日平均値差。最下段は湯釜付近で観測された日別地震回数。赤矢印は 2018 年 4 月～7 月に観測された全磁力変化（第 4 図も同様）。

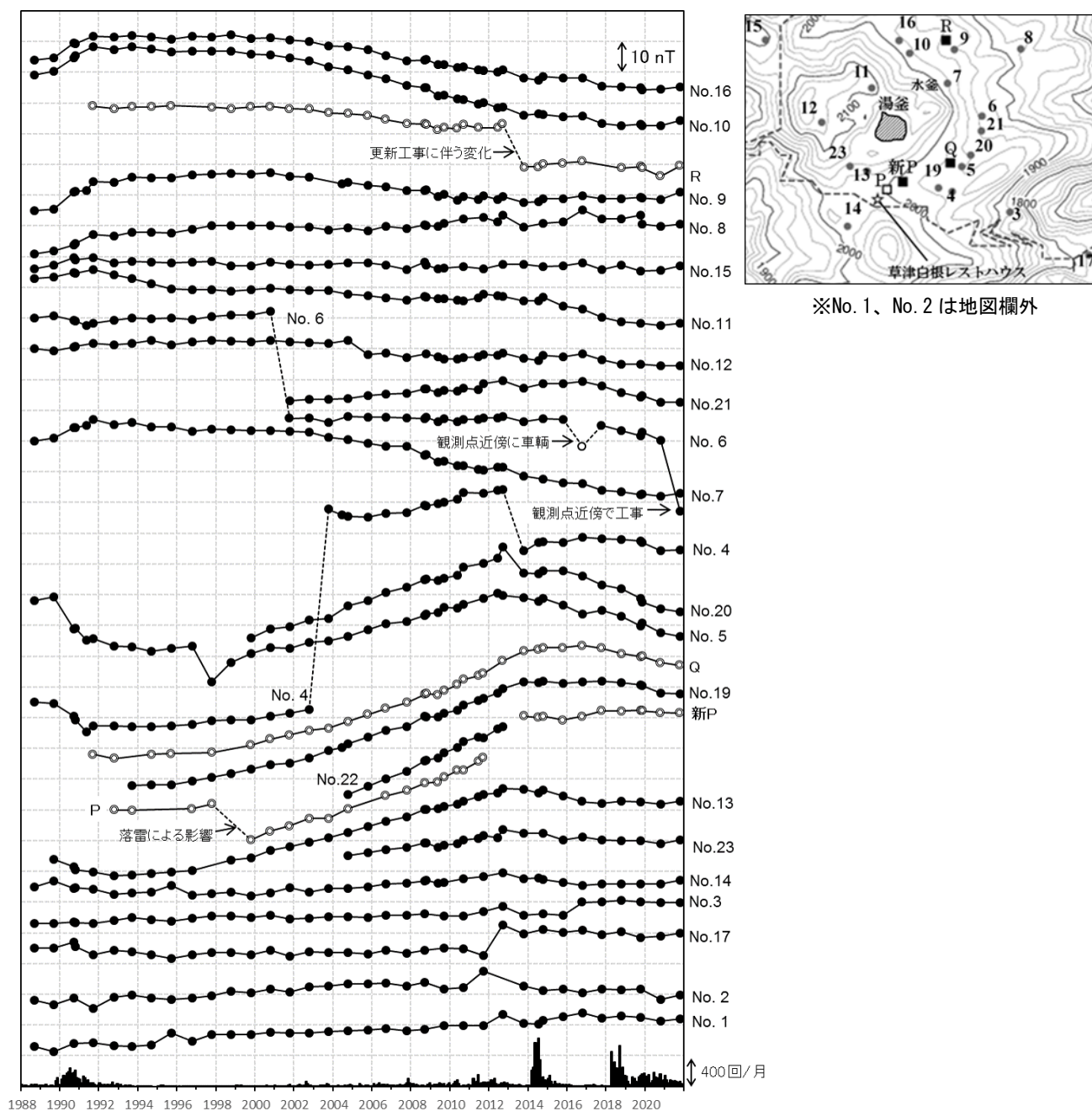
（※1）原因不明の急変、（※2）八ヶ岳観測点の人工擾乱、（※3）2018 年 8 月～9 月に発生した磁気嵐によると考えられる変化、（※4）2019 年 4 月中旬～5 月上旬の Q での原因不明の変化、（※5）2020 年 5 月 3 日の Q での原因不明の変化、（※6）落雷によるステップ状の変化とその後の余効変動を含む



第 4 図 白根山（湯釜付近）における全磁力連続観測結果（2018 年 1 月～2021 年 11 月 20 日）とその拡大図（2021 年 1 月～2021 年 11 月 20 日）

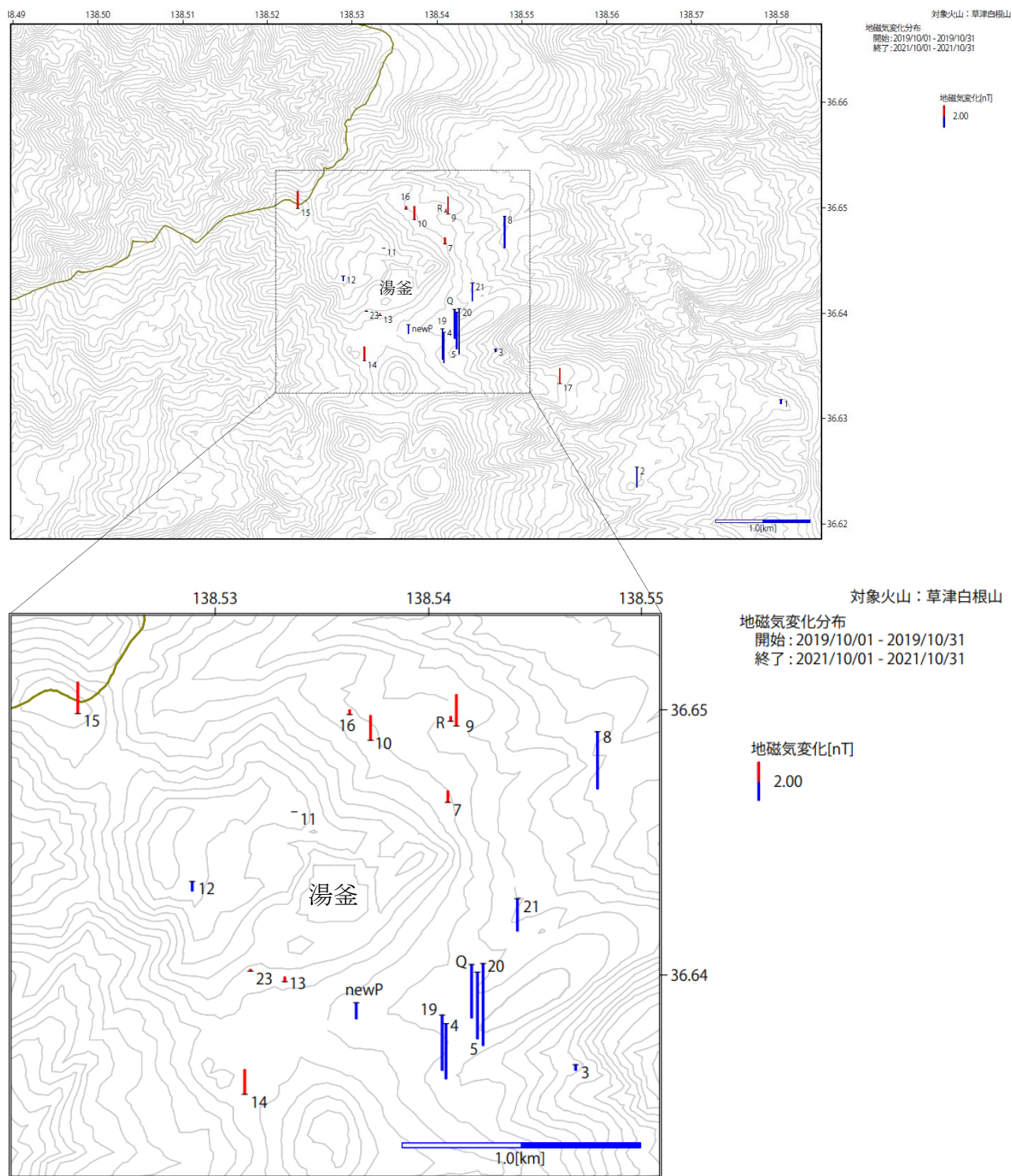
連続観測点 Q、R および新 P における八ヶ岳地球電磁気観測所（東京大学地震研究所）（Y）との全磁力の夜間（00:00～02:59 (JST)）日平均値差。最下段は湯釜付近で観測された日別地震回数。

- （※1）2018 年 8 月～9 月に発生した磁気嵐によると考えられる変化
- （※2）2019 年 4 月中旬～5 月上旬の Q での原因不明の変化
- （※3）2020 年 5 月 3 日の Q での原因不明の変化
- （※4）落雷によるステップ状の変化とその後の余効変動を含む



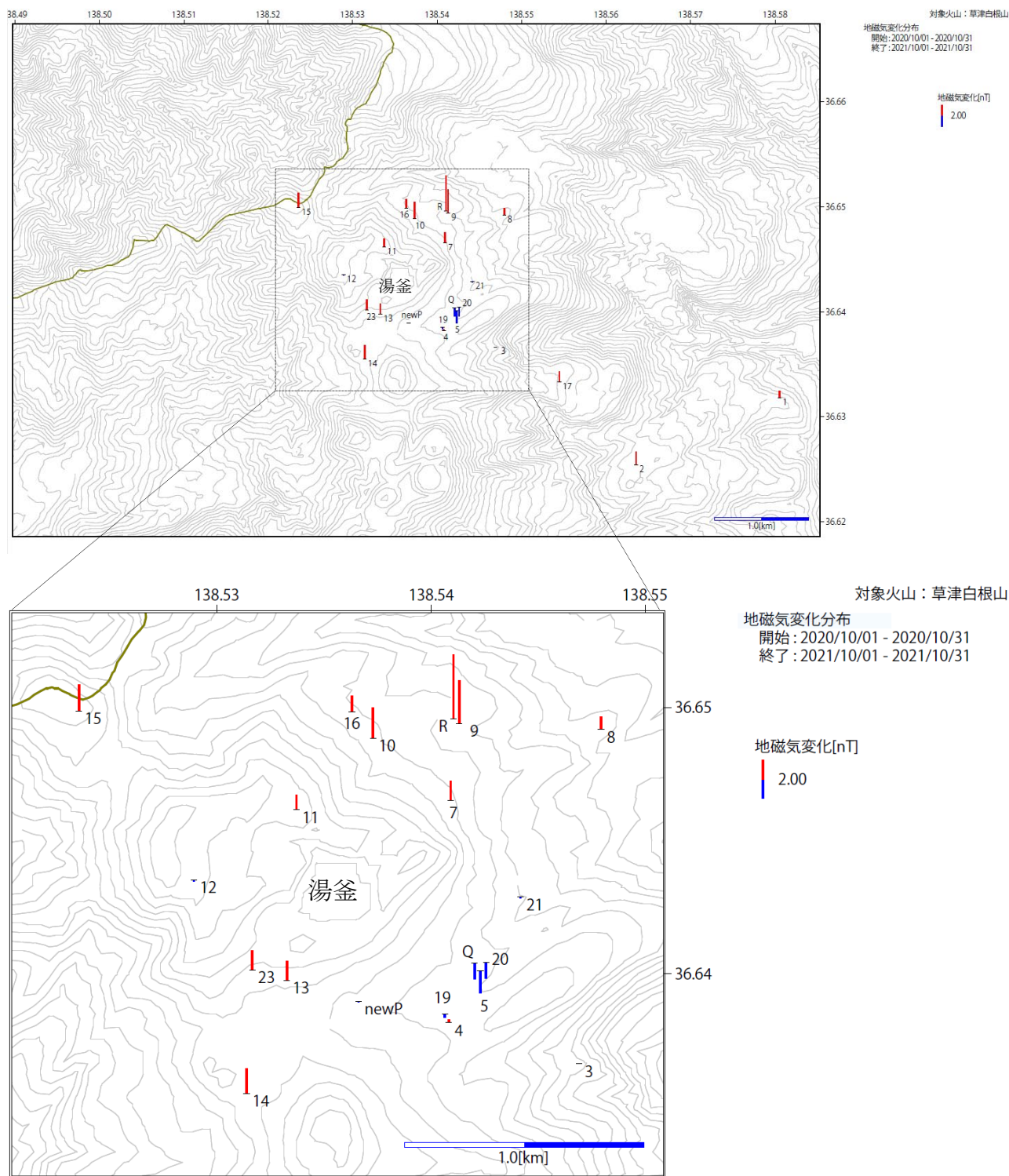
第 5 図 白根山（湯釜付近）における全磁力繰り返し観測結果（1988 年 9 月～2021 年 10 月）

- ・ 東京大学地震研究所八ヶ岳地球電磁気観測所（Y）で観測された全磁力値を基準とし、各繰り返し観測点と Y の地域的短周期変動の差は連続観測点 Q を介して除去した。
- ・ 連続観測点 P、Q、R および新 P のデータは全磁力繰り返し観測実施日の値をプロット。
- ・ 破線は周辺環境の変化によると思われるギャップ。
- ・ 連続観測点 R の変化（2020 年 8 月～2021 年 7 月）は落雷による影響を含む。
- ・ 最下段は草津白根山の月別地震回数（2015 年以降は湯釜付近の地震のみ）。



第 6 図 白根山（湯釜付近）における全磁力繰り返し観測結果の分布（2019 年 10 月～2021 年 10 月）

- ・第 5 図の各繰り返し観測点と各連続観測点の全磁力繰り返し観測結果について 2019 年 10 月～2021 年 10 月の差をプロット。
- ・No. 6 のデータは異常値のため非表示。



第7図 白根山（湯釜付近）における全磁力繰り返し観測結果の分布（2020年10月～2021年10月）

- ・第5図の各繰り返し観測点と各連続観測点の全磁力繰り返し観測結果について2020年10月～2021年10月の差をプロット。
- ・No. 6 のデータは異常値のため非表示。

草津白根火山・湯釜周辺の地殻変動

傾斜変動を2014-2016年の第1期、2018-2020年の第2期に分けて考えると、どちらも大局的には水釜直下の海拔1000m前後における、概ね等方的かつ緩やかな圧力増加が進行したものと理解できる。2021年は非等方的な圧力源の存在を示唆する変動が認められたが（次頁）、2021年9月以降、このような地殻変動はほぼ停止しているように見える。

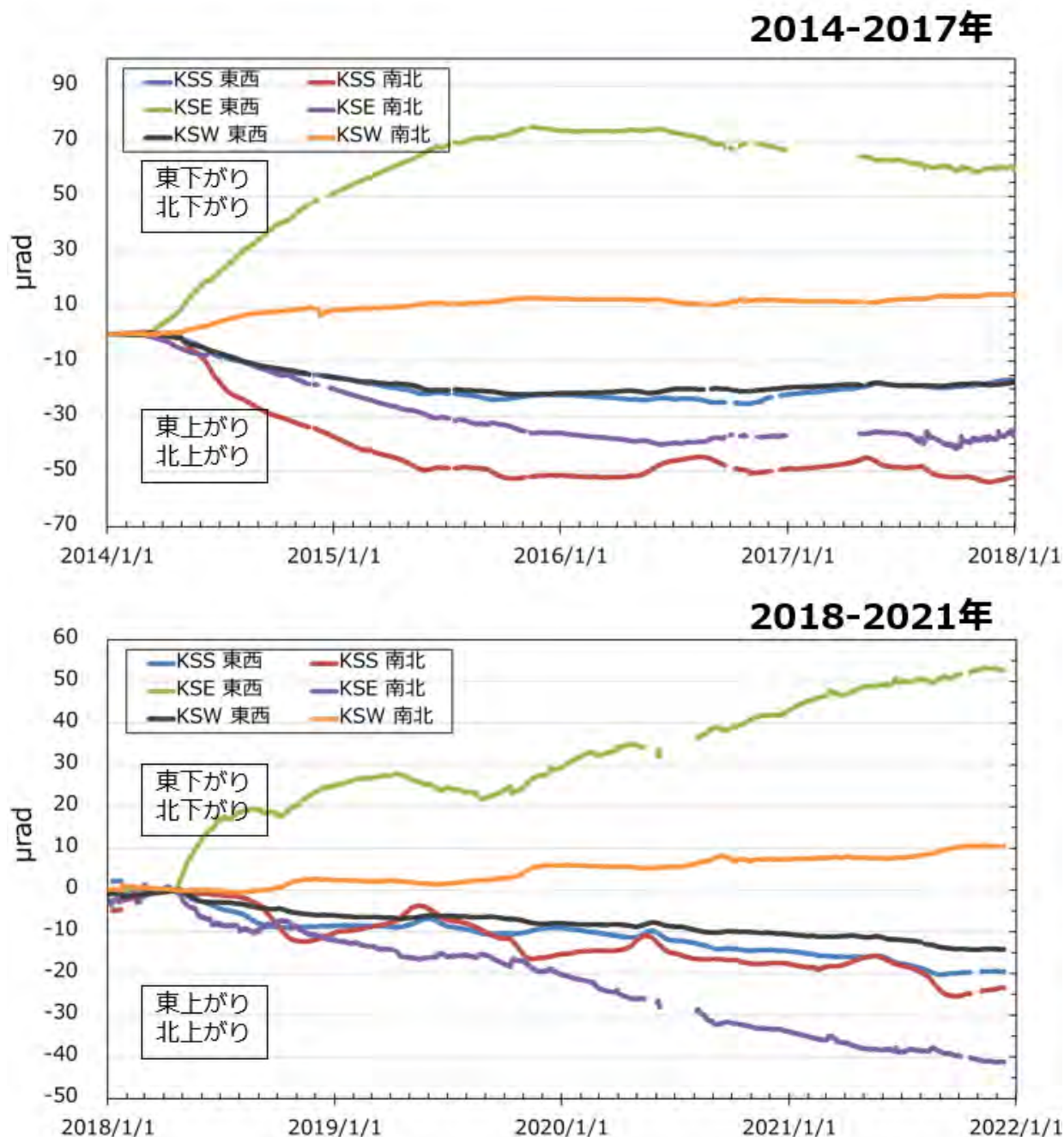


図1. (上) 2014年1月1日～2017年12月31日、(下) 2018年1月1日～2021年12月11日の、それぞれ約4年間の傾斜変動。ここに示したのは東工大ボアホール型傾斜計3点のデータで、季節変動・気圧応答・地震や機器障害によるステップ・潮汐を補正したものである。縦軸の幅が異なることに注意。KSEは2021年10月にセンサ交換を行ったため、この期間の挟んだ変動の解釈に若干の任意性がある。

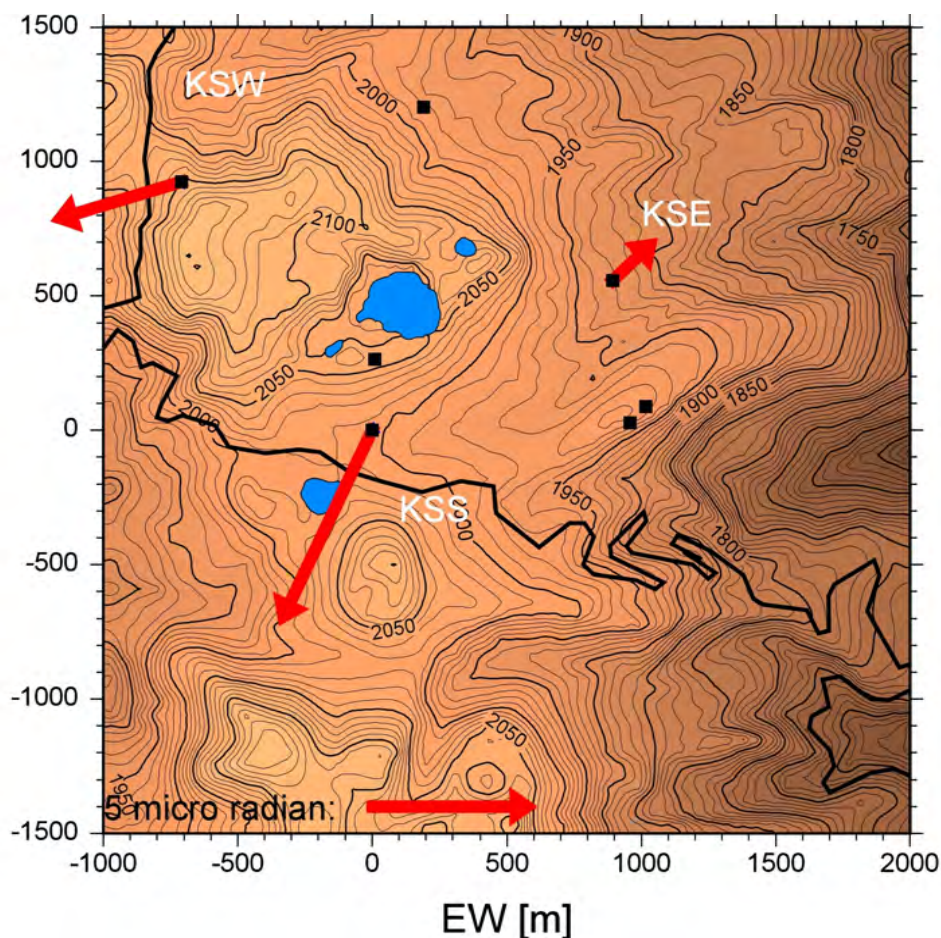


図2. 過去半年間(2021/6/1-2021/12/11)の累積傾斜。概ね湯釜浅部を圧力源とする変動と考えられるが、本期間はKSEの変動が小さく、以前と比べて非等方的に見える。この変動は、例えば水釜付近に傾いた開口クラック置くことで概ね説明できるが、解析には任意性が大きい因此ここでは表示していない。なお、KSEの変動が小さい傾向は、10月のセンサ交換前後で変わらない。

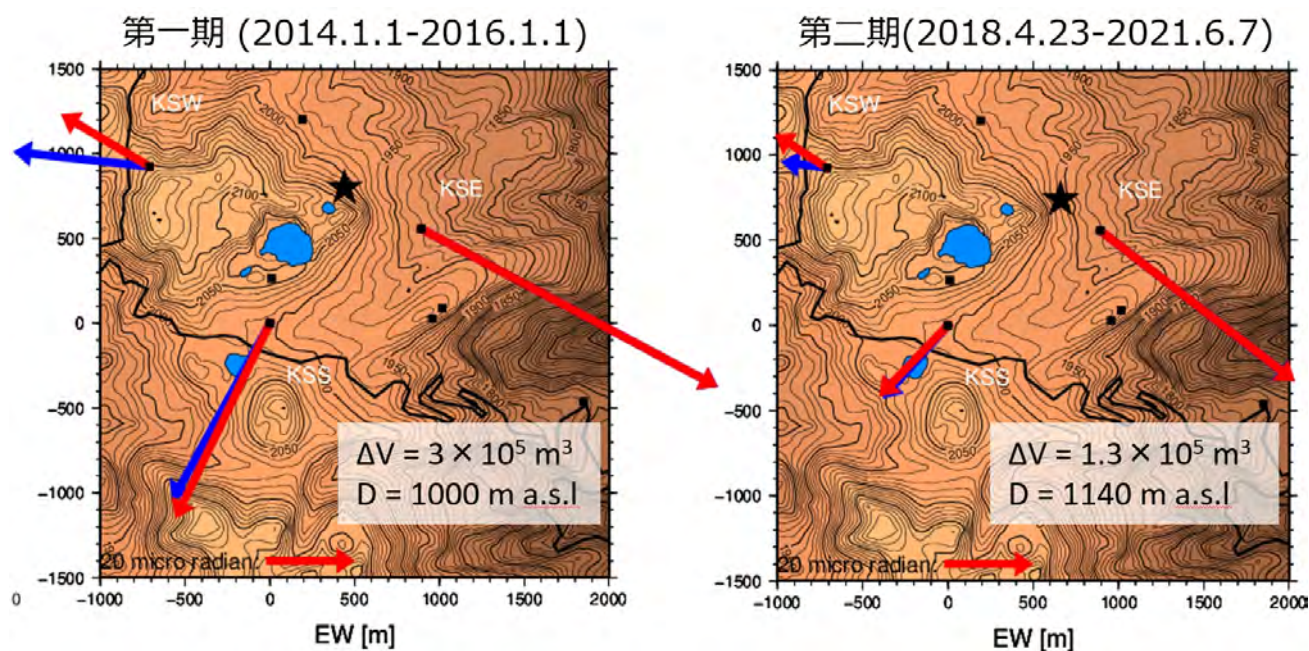


図3. 長期間に対する力源モデル。等方力源を仮定し、その位置および膨張体積をグリッドサーチで求めた。(左) 図1の第1期2014/1/1-2016/1/1, (右) 第2期2018/4/23-2021/6/7。ここで ΔV は膨張体積、 D は力源も海拔深度。

草津白根山

草津白根火山・湯釜火口湖の水温変動

2021 年のデータには機器障害による長い欠測期間が含まれる。2020 年秋, および 2021 年 10 月以降, 平年よりも 3-4℃ 高い水温が記録されている。この変動は機器障害に関連している可能性があるが, 湖水化学組成 (気象研・他, 149 回予知連資料) の増加と時期が一致しているので報告する。

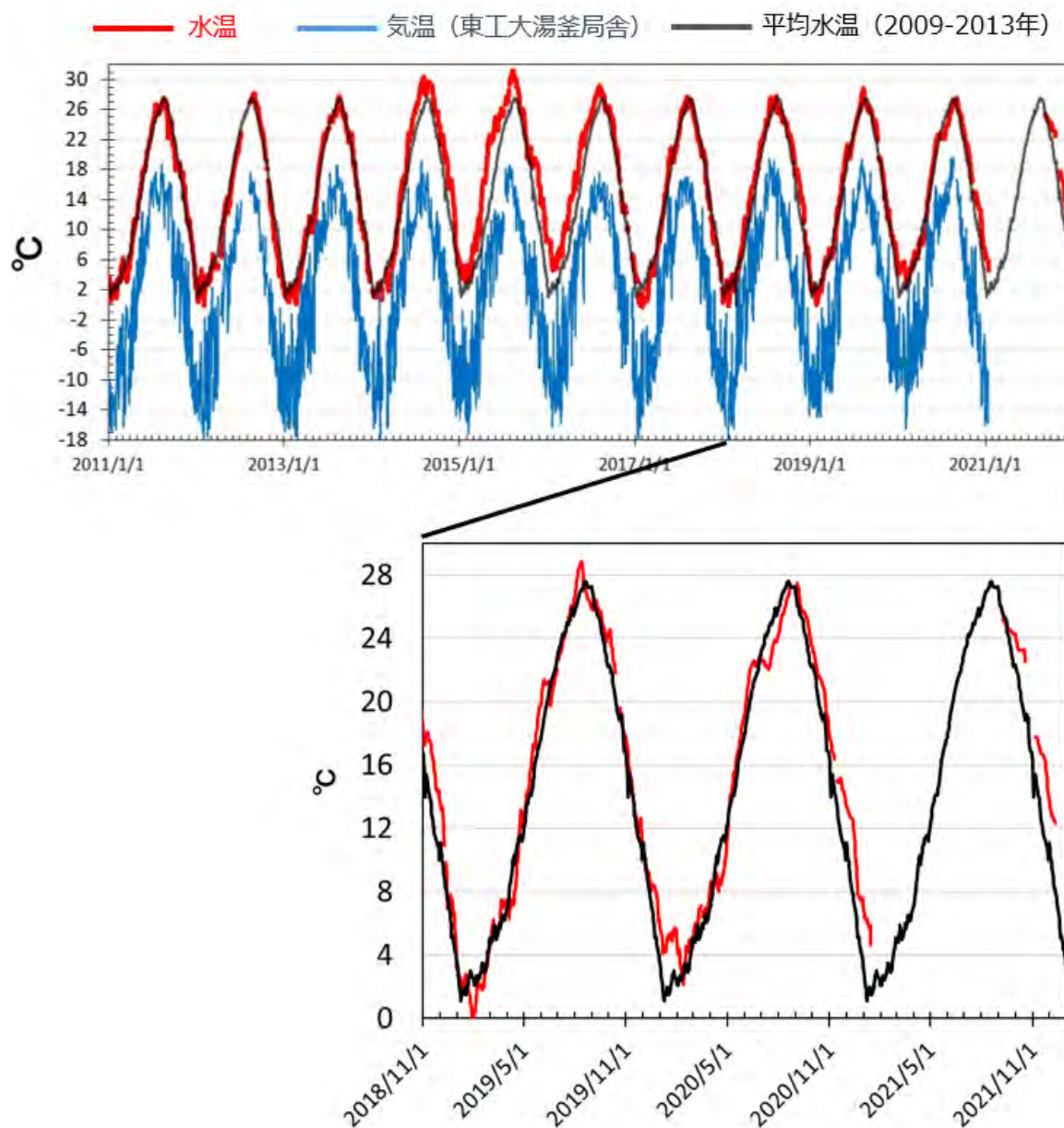


図. 湯釜湖水温度変化. 近年使用していた水温計は, 2019 年台風 19 号の通過時に故障した。そのため, 2019 年 10 月 15 日以降は, 2016 年にほぼ同一場所に設置した水温計を参照している。新センサの出力値は, 旧センサと比べて平均 0.3 °C 低いことに注意が必要である (2017 年 1 月 1 日から 2019 年 10 月 12 日までの日平均値に基づく)。また, 2021 年 1-8 月は機器障害により欠測している。2020 年秋, および 2021 年 10 月以降は, 水温が平年値よりもやや高い状態である。この変動は湖水化学成分の増加と時期的に一致しているが, これが実際の熱活動の変化を反映したものか否かについては検討中である。

湖水 Cl 濃度の時系列解析

湖水体積が大きく変化しない条件で、湖底噴気 Cl 濃度に対する湖水 Cl 濃度の応答は単純な関数で記述できる。計算の結果、湖水が湖底噴気に対して 63 % 応答するまでに 1,000 日 (2 年 9 カ月)、90 % 応答には 2,300 日 (6 年 4 カ月) を要し、濃度に基づく活動評価には数年以上が必要となることが示された。

そこで、湖水 Cl 濃度の時系列データから、湖底噴出流体の Cl 濃度を逐次推定する手法を構築した (Terada et al., 2021)。2014-16 年の湖底噴出流体 Cl 濃度は 7,000 ppm 程度で、その後、増減しつつも静穏期濃度 (2,000-3,000 mg/kg) へ低下する傾向を示していた。しかし、2020 年秋および 2021 年秋には約 6,000 mg/kg へと顕著に増加した (図 1)。これらの変動は水温上昇に対応しているように見える。また、直近のデータを用いて求めた湖底噴出流体濃度 (6,000 mg/kg) を用いて、この先 1 年間の濃度推移を予測した (図 2)。今後も湖底流体濃度が 6,000 mg/kg の高い状態で維持されれば、2022 年 4 月の Cl 濃度は 4,500 mg/kg 前後へ増加、逆に静穏期の状態に戻っていれば 3,900 mg/kg 前後へ低下すると推定される。

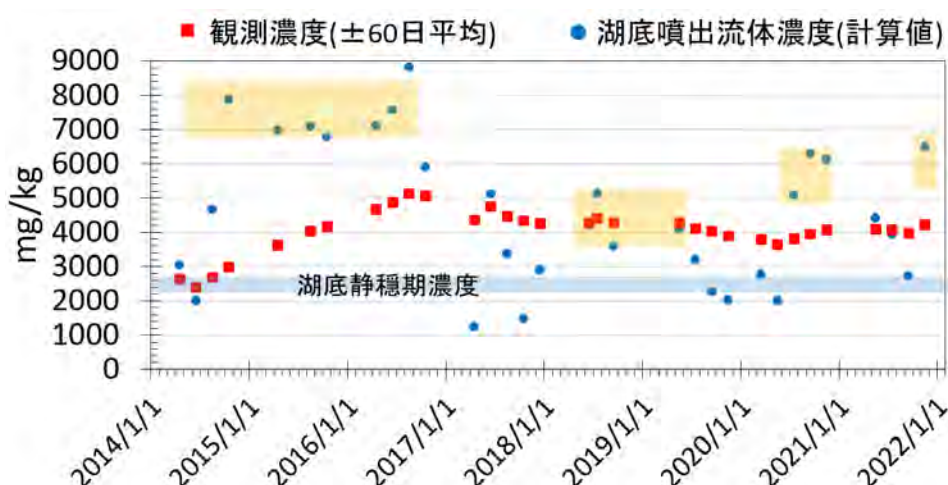


図 1. 2014～2021 年の湖水 Cl 濃度(気象研・他、予知連資料)から 2 次精度 (過去 3 つのデータを使用) で逐次計算した平衡 Cl 濃度(≡湖底噴気濃度)。黄色ハッチで示す極大期が繰り返し現れている。青色ハッチは、2014 年の活発化直前における湖水濃度 (≡静穏期における平衡濃度) である。

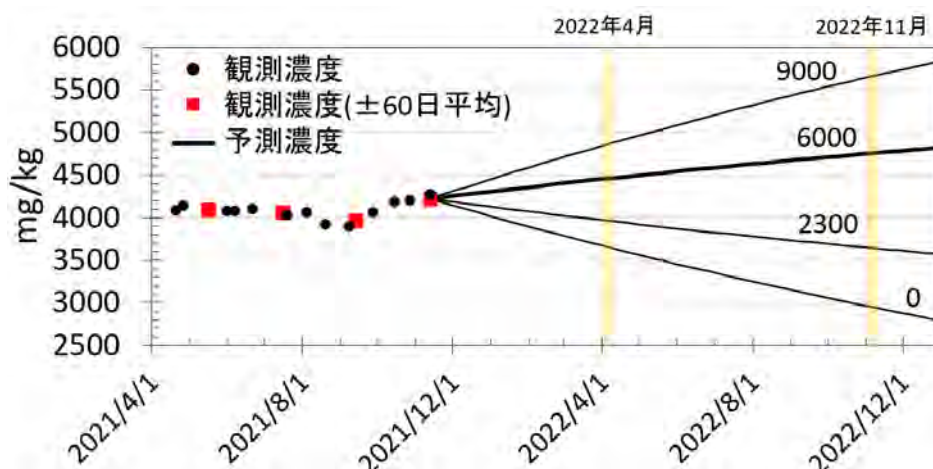
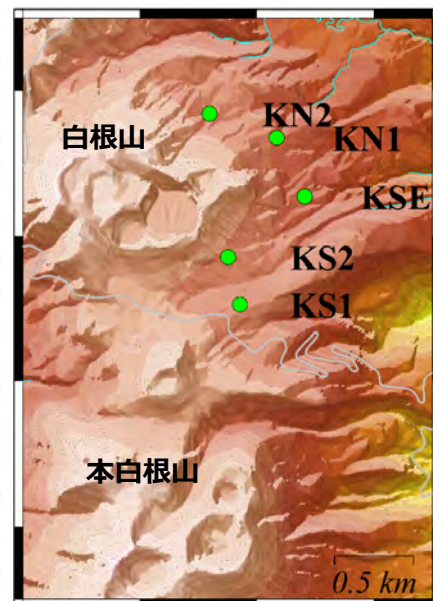
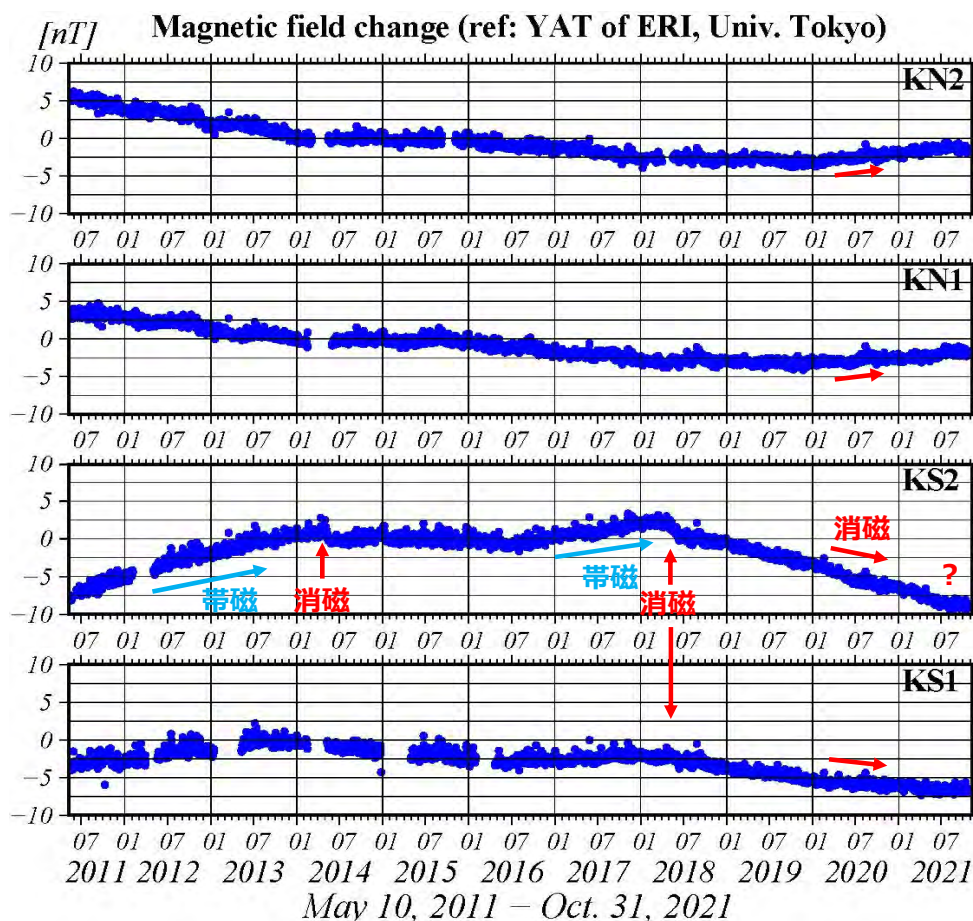


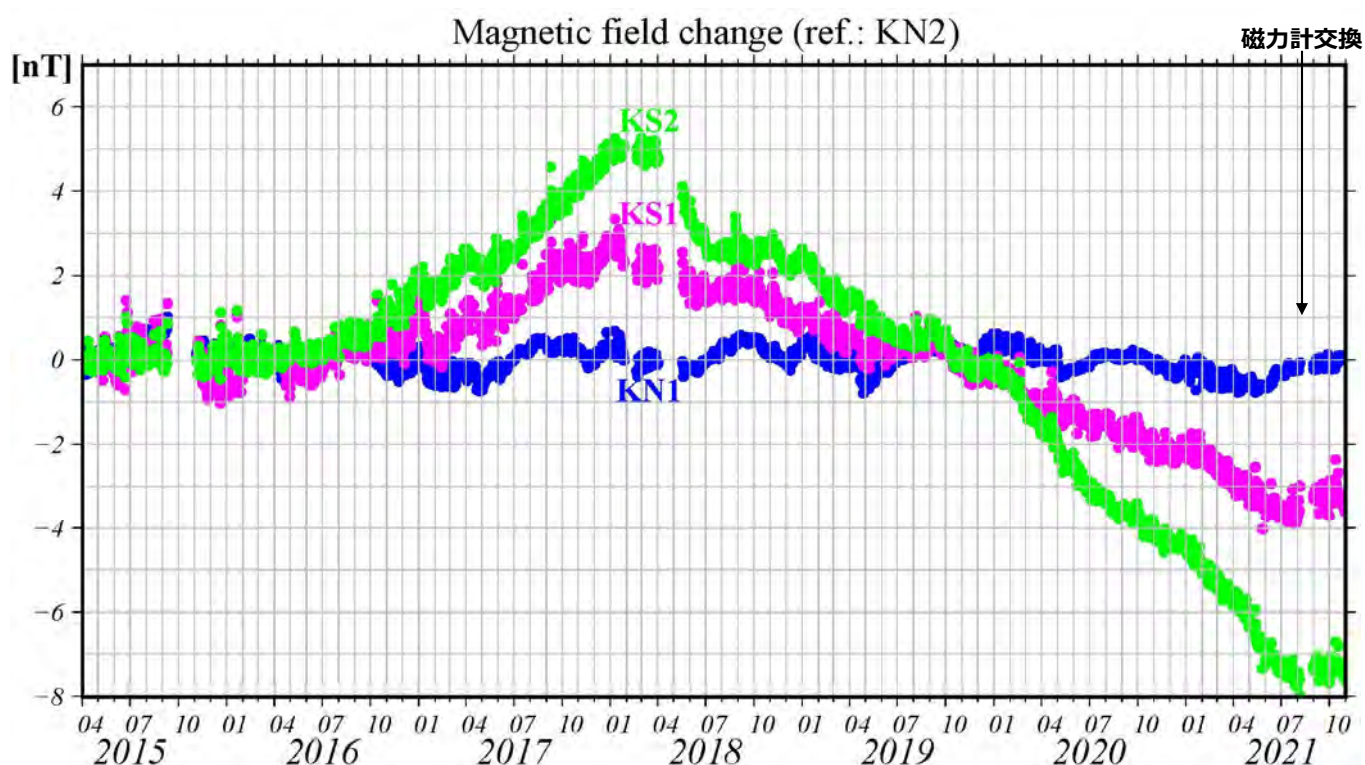
図 2. Cl 濃度予測曲線 (黒太曲線)。湖底噴出流体の Cl 濃度を 0, 2,300 (静穏期), および 9,000 mg/kg (2014 年活発期) とした場合の濃度予測曲線も併せて示す (黒細曲線)。

八ヶ岳に対する草津白根山周辺の地磁気変化（2011年5月～2021年10月）



2018年以降、南側の観測点で見られていた減少傾向は、2021年夏頃から停滞しているように見える。

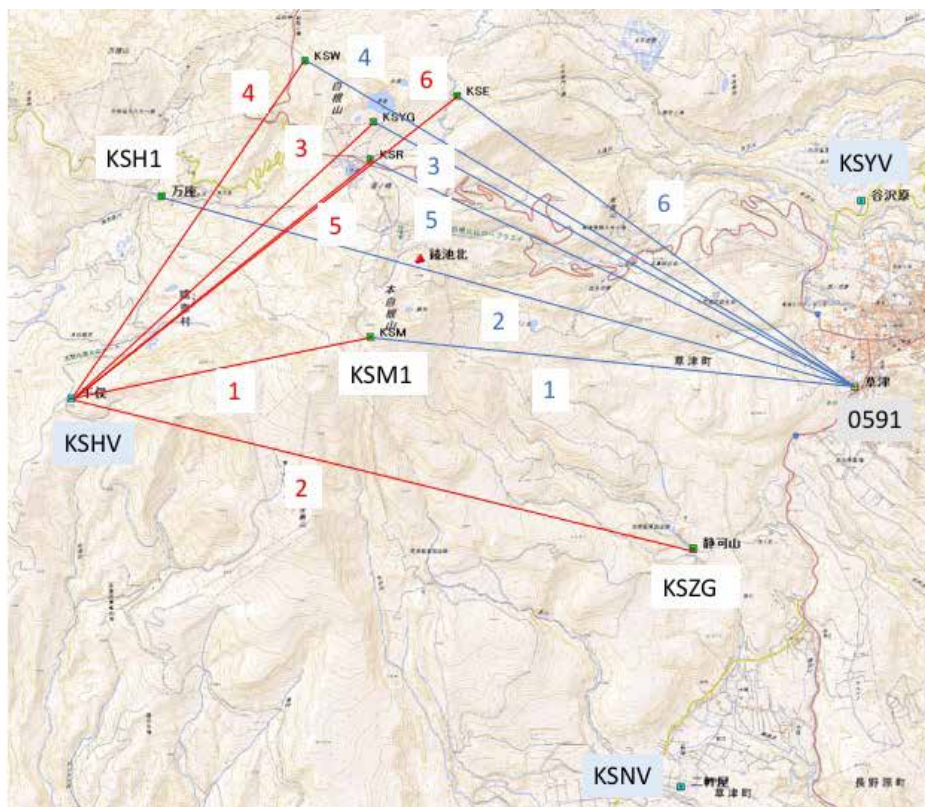
KN2に対する他3観測点の地磁気変化（2015年4月～2021年10月）



一番北にあるKN2を基準にした変動を見ると、南側の2点の変動は2021年7月頃を境に消磁から帯磁への変化が見て取れるが、北側のKN1では、1nT以下の年周変動の範囲内で変動しており、今後の推移をみる必要がある。

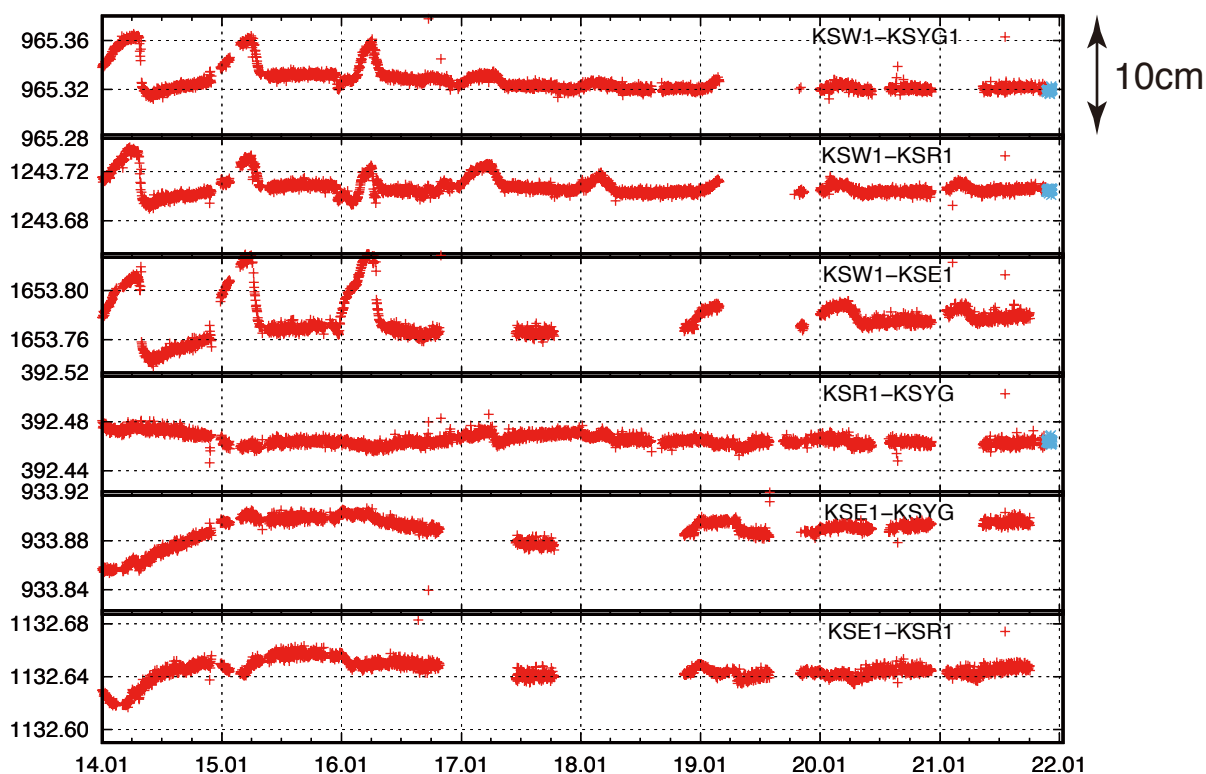
草津白根山および周辺域におけるGNSS観測

本期間、火山活動にともなう地殻変動は検出されていない

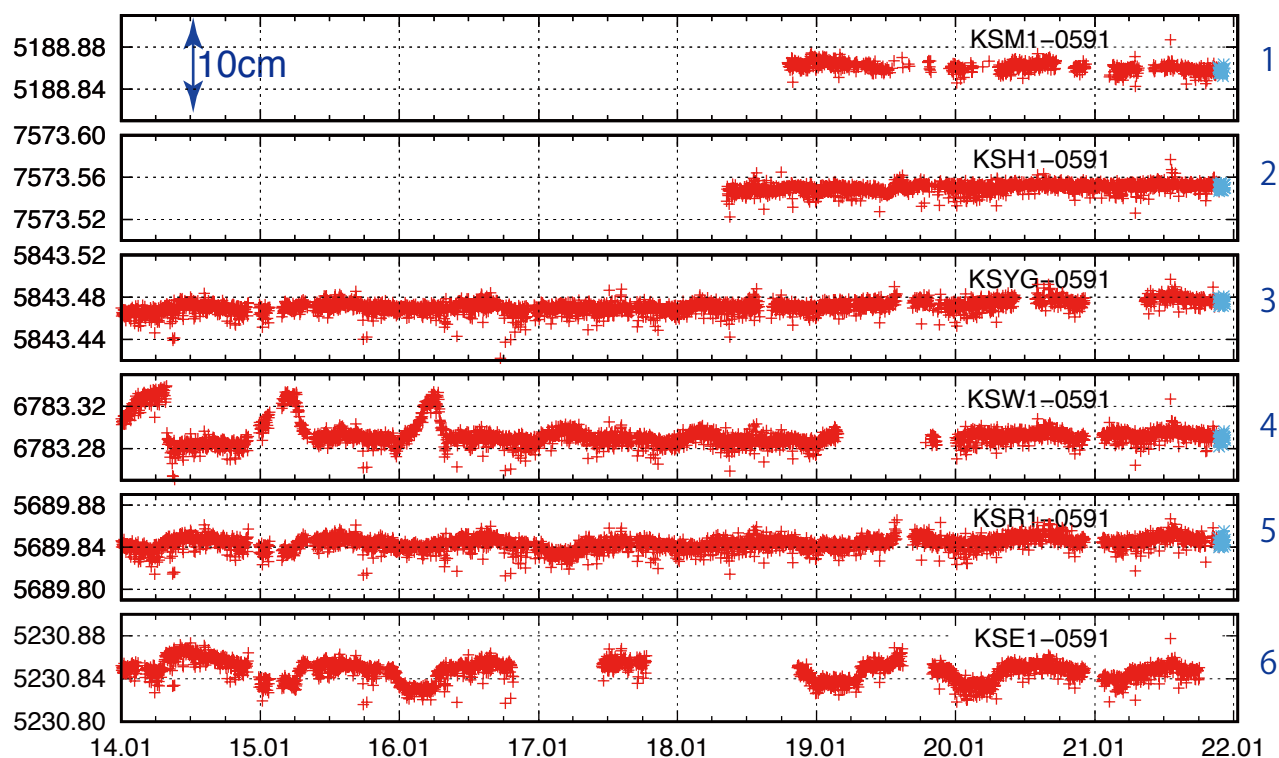


GNSS 連続観測点、基線の分布

国土地理院地形図およびカシミール3Dを用いて作図

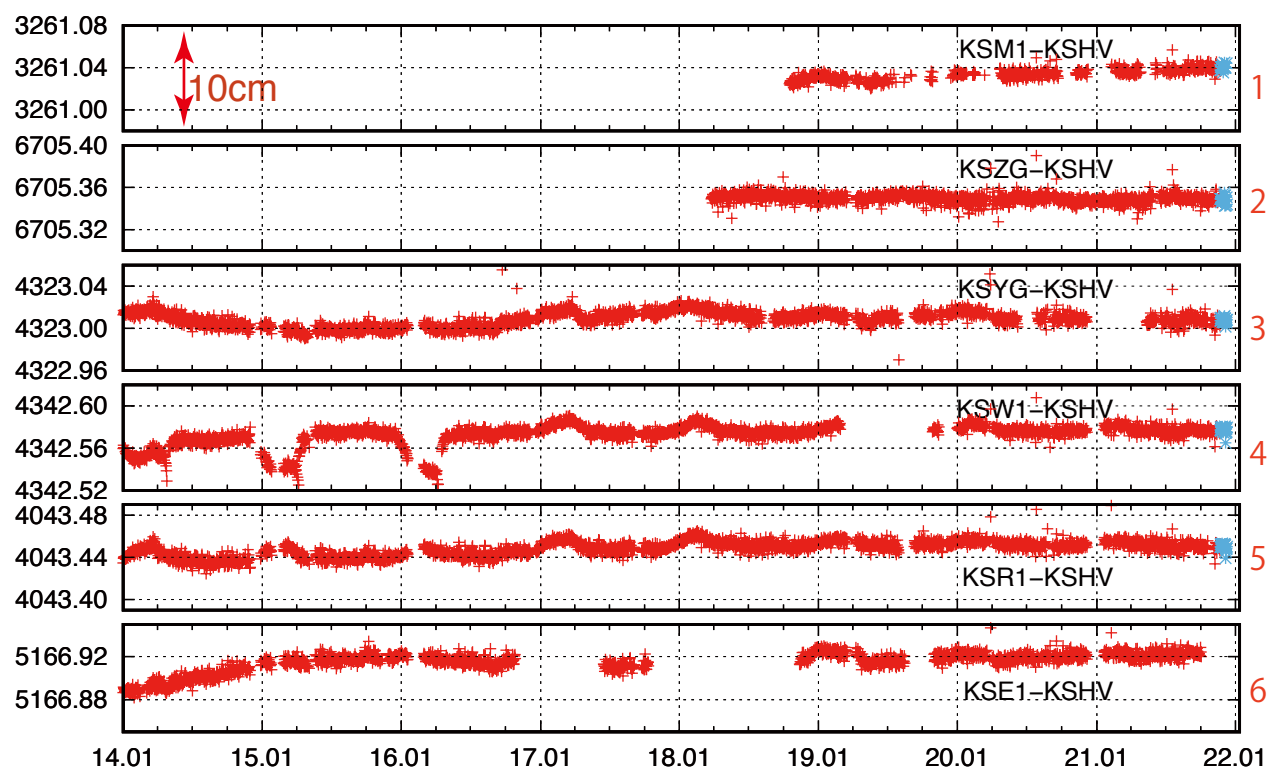


湯釜近傍観測点間の基線長変化 (2014.1.1~2021.12.11)



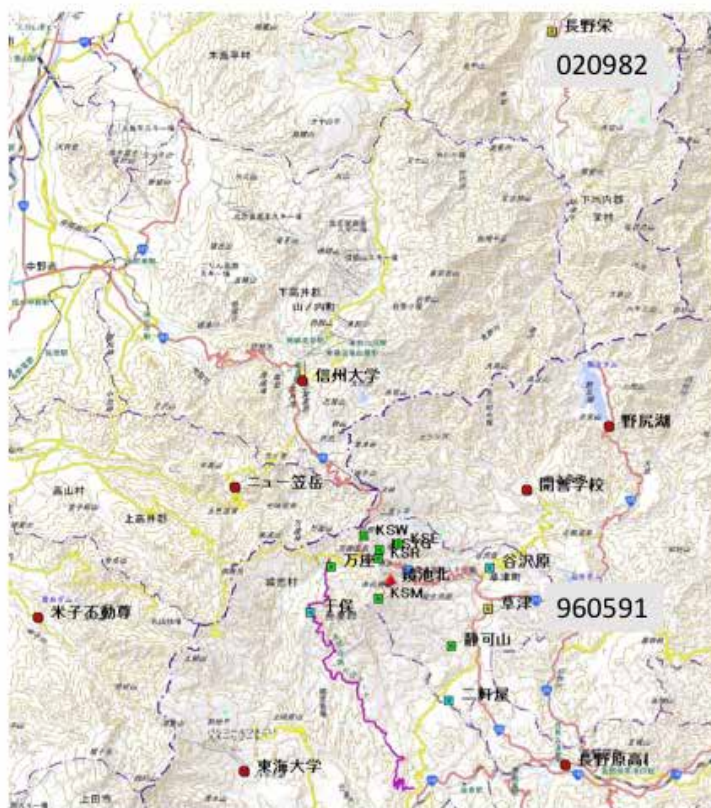
国土地理院・草津 (960591) に対する基線長変化 (2014.1.1~2021.12.11)

GEONET データを利用した



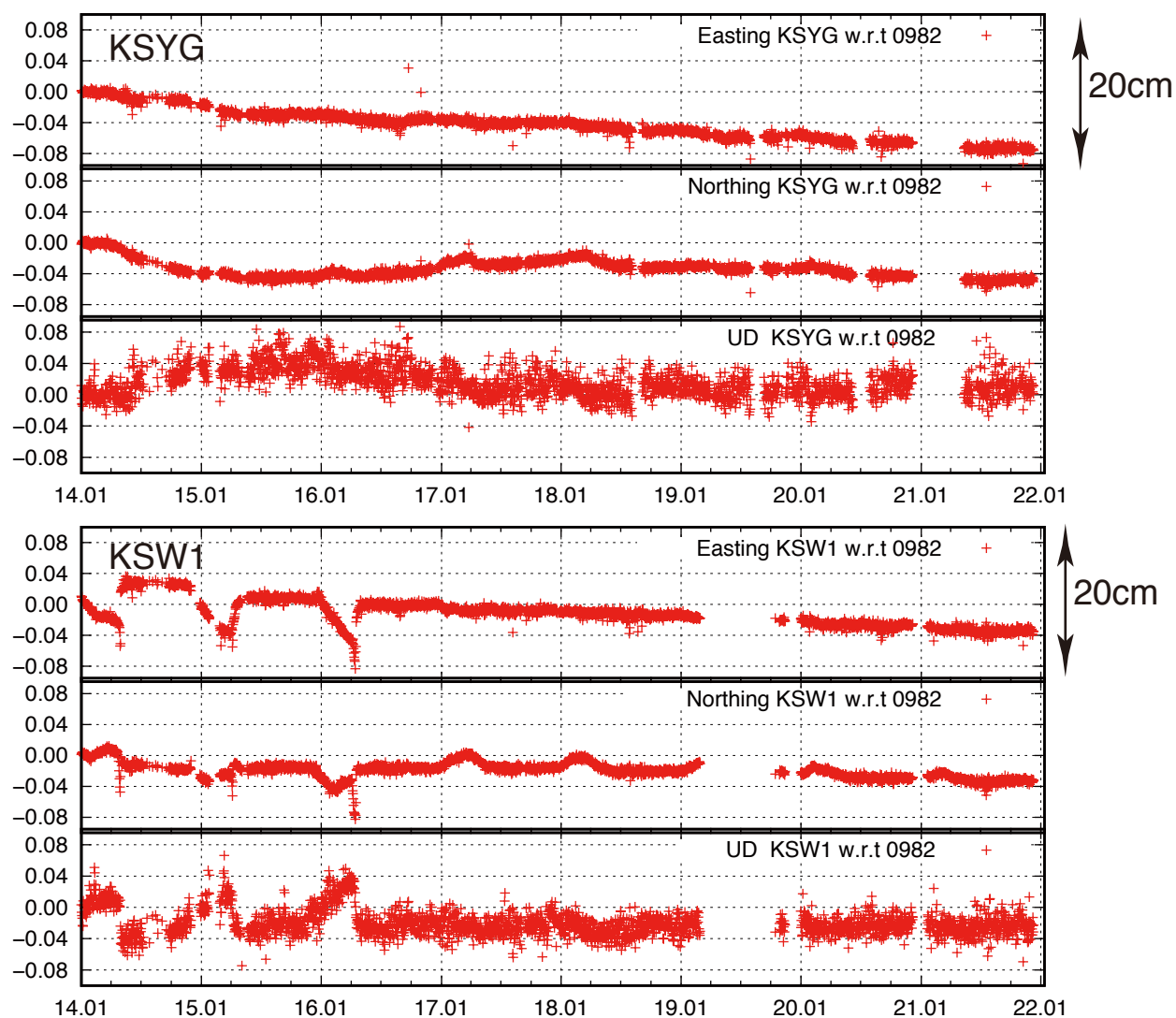
防災科技研・干俣 (KSHV) に対する基線長変化 (2014.1.1~2020.12.11)

V-NET データを利用した



GNSS 観測点分布図 (赤丸: キャンペーン)

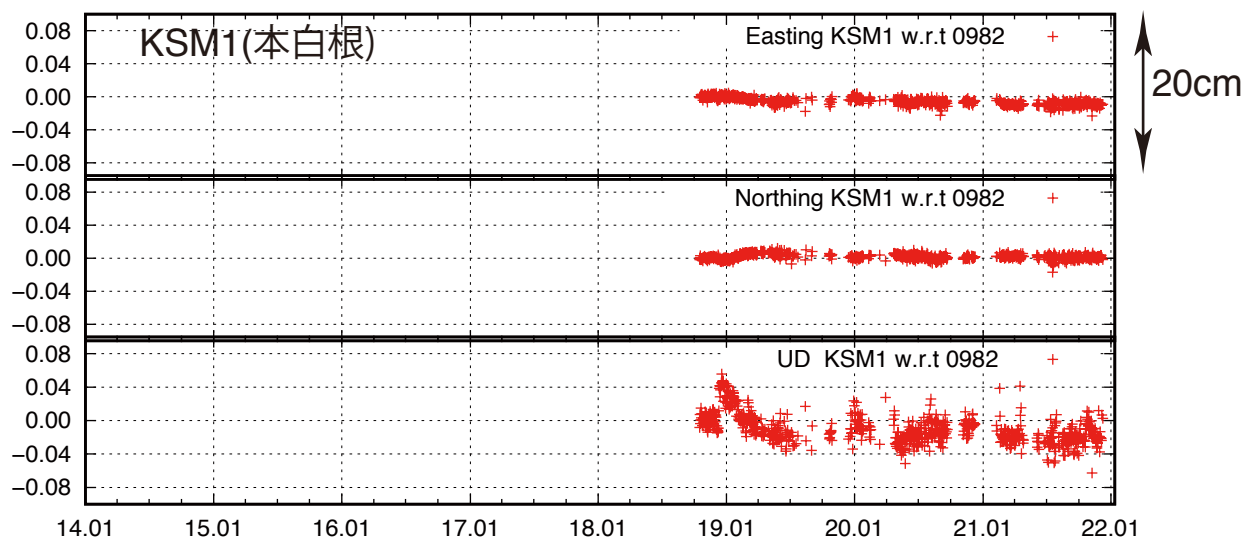
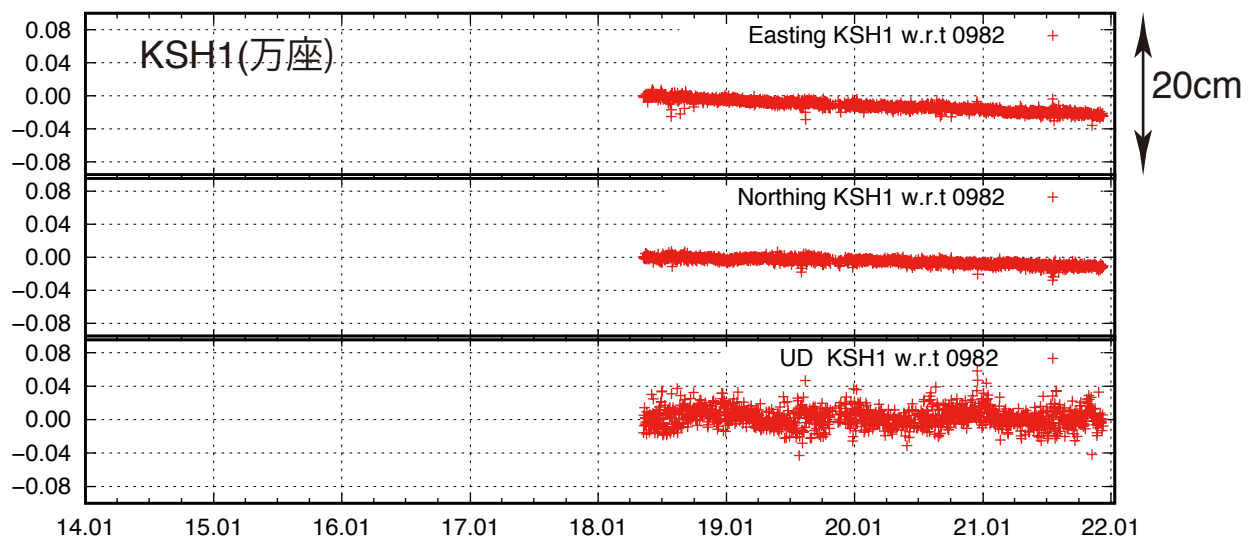
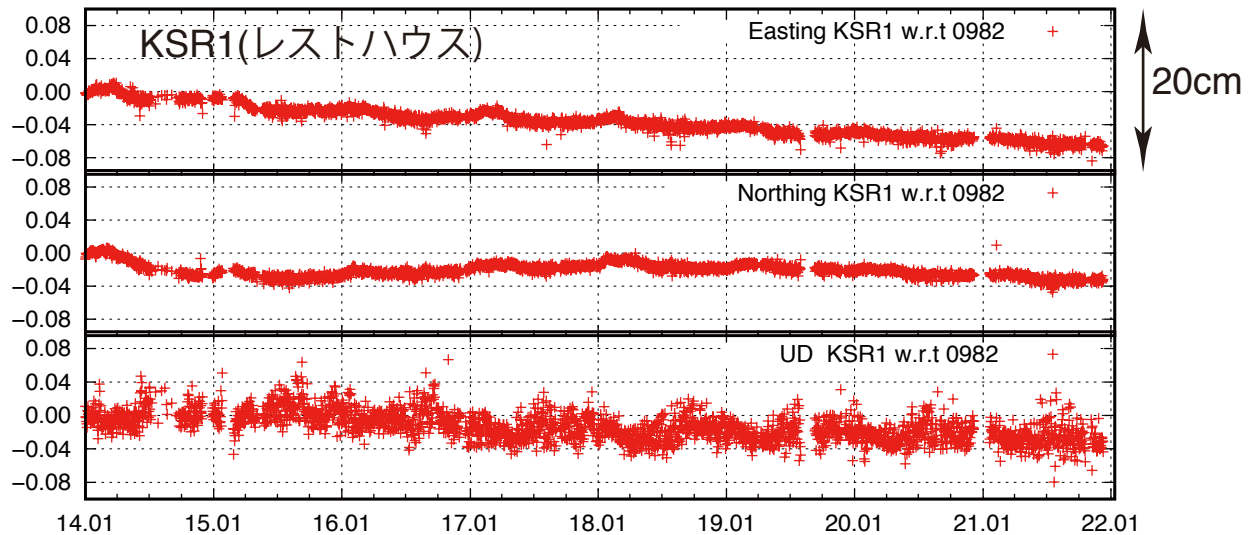
国土地理院地形図およびカシミール3Dを用いて作図



国土地理院・長野栄 (020982) を基準とした相対変位

(2014.1.1~2021.12.11) GEONET データを利用した

草津白根山



国土地理院・長野栄 (020982) を基準とした相対変位
(2014.1.1~2021.12.11) GEONET データを利用した

草津白根山周辺の噴気・温泉水遊離ガスのヘリウム同位体比

1. 概要

2014 年 10 月から継続して、草津白根山の噴気や周辺の温泉遊離ガスを採取し、ヘリウム同位体比 ($^3\text{He}/^4\text{He}$ 比) を測定している。湯釜火口北部地熱地帯の噴気(北側噴気)は全地点で最も高い $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比を示し、相対的に ^3He に富む、マグマ起源の火山ガス成分が卓越している。そのほかの地点では $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比がやや低く、相対的に ^4He に富む地殻起源の成分がより多く含まれていることを示している。山麓のいくつかの噴気や温泉では 2017 年まで比較的一定した $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比がみられていたが、2018 年 1 月の本白根山の噴火後に $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比の低下とそれに続く上昇が観測され、2018 年 5 月から 8 月にかけてそれぞれ最高値を示した。2018 年 9 月以降は、湯釜火口からやや離れた地点では 2017 年以前と同程度の $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比に戻ったが、北側噴気と東山麓の殺生河原噴気地帯では、依然として高い $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比が観測されており、とくに北側噴気では 2019 年の秋以降にもマグマ起源成分の寄与がやや高まっていることが示唆される。

2. はじめに

ヘリウム(He)などの希ガスは、化学的に不活性であり化学反応に関与しないため、その同位体比 ($^3\text{He}/^4\text{He}$ 比) は地下深部からの移動過程で変動しにくく、起源の異なる複数の供給源からの寄与率の違いを反映している。ヘリウムの安定同位体のうち、 ^3He は地球形成時から存在する始原的成分がほとんどを占めている一方、 ^4He では始原的成分に加えて、U や Th の放射壊変によって生成された成分(放射壊変起源成分)も多く存在している。この始原的成分と放射壊変起源成分の寄与率の違いを反映して、大気、マントル、地殻の $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比は大きく異なる。大気の $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比の絶対値 ($R_A = 1.4 \times 10^{-6}$) を基準とすると、マントルの値は $8 R_A$ 程度であり相対的に始原的成分に富んでいる一方で、地殻の値は $0.02 R_A$ 以下であり、放射壊変起源成分が卓越している。このことを利用してマグマ活動度が評価できると期待される^[1]。

3. 試料採取地点・分析法

図 1 に示した地点(湯釜火口北方山麓の地熱地帯の噴気：北側噴気地帯の 3 つの噴気孔、殺生河原噴気地帯、草津湯畑温泉、万座干俣噴気地帯、万座湯畑温泉)において、真空コック付きの鉛ガラス製容器に噴気あるいは温泉遊離ガスを採取し、 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比とヘリウムとネオン濃度の比 ($^4\text{He}/^{20}\text{Ne}$ 比) を希ガス質量分析計^[2,3]を用いて測定した。

試料に含まれるヘリウムには、表層付近にガスが上昇した際、あるいは試料採取時に大気から混入したヘリウムや、地下水に大気から溶け込んだヘリウムが含まれている。これらの大気起源ヘリウムの寄与率は、 $^4\text{He}/^{20}\text{Ne}$ 比をもとに見積もられる。本報告で示す $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比はすべて、大気起源ヘリウムの寄与を除いた $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比 (Air-corrected $^3\text{He}/^4\text{He}$) である。なお北側噴気と殺生河原、草津湯畑、万座湯畑の $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比は、1994 年^[4]あるいは 2001 年^[5]時のデータが報告されている。

4. 結果・考察

図2に噴気（北側噴気、殺生河原、万座干俣）、図3に温泉遊離ガス（草津湯畑、万座湯畑）の $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比の経時変化を示す。温泉遊離ガスには地下水に溶け込んだ大気起源ヘリウムの寄与が大きく、大気の混入を除去した $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比が精度よく求められていない。

北側噴気は全地点中で最も高い $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比（7.2～8.1 R_A ）を、全観測期間を通して示している。1994年の報告値（8.1 R_A ）もこの範囲に入る。これはマグマから放出された火山ガス成分が、北側噴気で常に卓越していることを意味している。本白根山の噴火後数ヶ月間の変動の有無は不明であるが、2016年～2017年は7.2～7.6 R_A 程度で推移していた3つの噴気孔が、2018年5月から8月にかけてやや高い、7.7～8.1 R_A という値を示していた。その後2018年10月から2019年8月には若干低下した値（7.6～7.8 R_A ）が観測されたが、2019年10月には再び上昇し、以後は3つの噴気孔のいずれにおいても高い値を維持している（7.7～8.0 R_A ）。湯釜周辺では2018年5月以降、マグマ起源物質の関与がそれ以前と比較して相対的に高まっていることが示唆される。

殺生河原では2017年まで、北側噴気に次いで高い $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比（6.9～7.7 R_A ）が見られていた。1994年の報告値（7.5 R_A ）もこの範囲に入る。本白根山の噴火の翌日（2018年1月24日）の $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比は7.1 R_A と、それまでとほぼ等しかった。しかしその3週間後（2月13日）には顕著に低い値（6.4 R_A ）を示した。以後は上昇に転じ、2017年以前と同様かやや高い値（7.4～7.8 R_A ）で推移している。

万座干俣では2018年3月から観測を開始したが、当初6.2 R_A であった $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比はその後上昇し、2018年8月に最高値（7.7 R_A ）を示した後、同年9月から2019年3月まではやや低い7.1 R_A 程度で推移した。2019年4月から低下し6月には5.3 R_A に到ったが、同年8月には上昇に転じ、2020年8月以降は7.0～7.2 R_A で推移している。

草津湯畑では前述の通り $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比が精度よく求められていないが、2018年2月までは概ね一定の値（6.5～6.9 R_A ）を示していた。2018年4月から6月にかけて6.0 R_A まで減少したが、7月には上昇し、8月にかけて北側噴気・殺生河原噴気に迫る高い値（平均7.5 R_A ）が観測された。その後2018年9月以降はやや低下し、6.9～7.2 R_A と概ね一定の値で推移している。1994年の報告値（6.4 R_A ）は2014年10月～2018年2月の範囲（6.5～6.9 R_A ）に入るが、2001年には高い値（7.7 R_A ）も報告されている。

万座湯畑でも同様に精度のよい測定結果は得られておらず測定点も少ないものの、2018年5月と6月には2001年の報告値（7.0 R_A ）に近い $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比（6.8～6.9 R_A ）が観測されていた。しかし7月と10月にはやや高い値（7.5～7.7 R_A ）が観測されている。

総じて2017年までは、1994年あるいは2001年時と比較して $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比に大きな変化はなく、2014年3月から9月にかけて継続していた群発地震に対応した変動は見られなかった。一方、殺生河原と草津湯畑でそれぞれ2018年2月と4月～6月に観測された $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比の低下は、本白根山の噴火にตอบสนองしていた可能性がある。万座干俣では噴火以前の値が不明であるが、近傍の万座空吹噴気（2021年現在、噴気活動が弱いために試料は採取していない）で1994年に8.0 R_A と報告されているため、やはり2018年3月の時点ですでに、 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比が低下していた可能性が高い。これらの地点で以前よりも $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比が低くなるには、北側噴気に代表される高い $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比（8 R_A 程度）をもつ火山ガス成分に加わっていた、6 R_A より低い $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比をもつ成分の寄与が増加する必要がある。この成分にはマグマ起源のヘリウム（ $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比が8 R_A 程度）に、 ^4He に富む地殻起源のヘリウム（ $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比は0.02 R_A 程度）が加わっていると考えられるが、その供給源は現時点では不明である。しかしその供給源からの距離の違いを反映した時間差をもって、殺生河原、万座干俣、草津湯畑の順に $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比の低下が観測された可能

草津白根山

性が示唆される。

湯釜付近では2018年4月以降火山性地震の活動が活発化している（気象庁火山活動解説資料）。これと時期を合わせて、北側噴気と殺生河原ではそれまでの最高値に近い $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比が観測されており、やや遅れて万座干俣、さらに遅れて草津湯畑と万座湯畑で、同様に高い $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比が観測されている。これらは高い $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比をもつマグマ起源の火山ガス成分の寄与が、全地点において支配的になったことを意味している。2014年の群発地震の後には、 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比の変動は観測されていなかったことから、2018年以降の活動は、2014年時よりも高いマグマ起源ガスの放出率を伴っている可能性が考えられる。全体的に2018年9月以降にマグマ起源成分の寄与率はやや下がったように見えるものの、2017年以前と比較して $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比は依然として高い。また北側噴気では2019年10月からマグマ起源成分の寄与率が再び高まり、2021年現在もその傾向が続いていることから、今後も注意深く観測を継続する必要がある。

[参考文献]

- [1] Padrón, E., Pérez, N.M., Hernández, P.A., Sumino, H., Melián, G.V., Barrancos, J., Nolasco, D., Padilla, G., Dionis, S., Rodríguez, F., Hernández, I., Calvo, D., Peraza, M.D., Nagao, K., 2013. Diffusive helium emissions as a precursory sign of volcanic unrest. *Geology* 41, 539-542.
- [2] Sumino, H., Nagao, K., Notsu, K., 2001. Highly sensitive and precise measurement of helium isotopes using a mass spectrometer with double collector system. *J. Mass Spectrom. Soc. Jpn.* 49, 61-68.
- [3] 角野浩史, 2015. 希ガス同位体質量分析の温故知新. *J. Mass Spectrom. Soc. Jpn.* 63, 1-30.
- [4] Sano, Y., Hirabayashi, J., Ohba, T., Gamo, T., 1994. Carbon and helium isotopic ratios at Kusatsu-Shirane volcano, Japan. *Applied Geochemistry* 9, 371-377.
- [5] Ohwada, M., 2003. Behavior of volatiles in volcanic hydrothermal systems inferred from noble gas abundances and isotopic ratios, Department of Chemistry, Graduate School of Science and Engineering. Ph. D. thesis, Tokyo Institute of Technology, p. 129.

[謝辞]

本報告の観測データの一部は、文部科学省「次世代火山研究・人材育成総合プロジェクト」により取得された。



図 1. 試料を採取した噴気地帯（北側、殺生河原、万座干俣）と温泉（草津湯畑、万座湯畑）の位置。湯釜火口と2018年1月の本白根山火口の位置も示している。背景図として Google Earth を使用した。

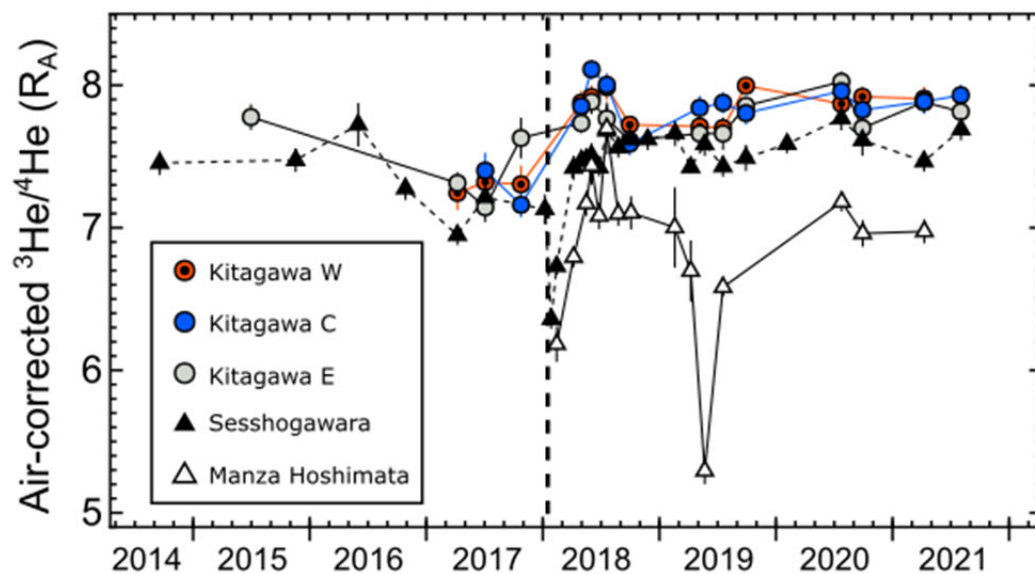


図 2. 北側噴気地帯の 3 噴気孔（西：W、中央：C、東：E）、殺生河原噴気、万座干俣噴気の 2014 年 10 月～2021 年 8 月の $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比（大気ヘリウムの混入は補正済み）。誤差は 1σ で、測定誤差と大気ヘリウム混入の補正に伴う誤差を含む。縦の破線は 2018 年 1 月 23 日の本白根山の水蒸気噴火を示す。

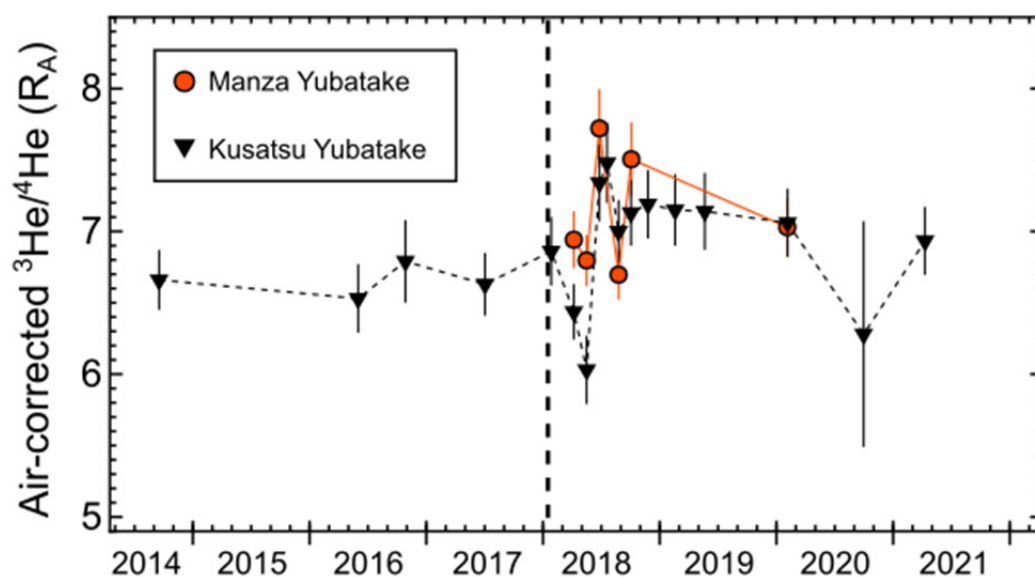
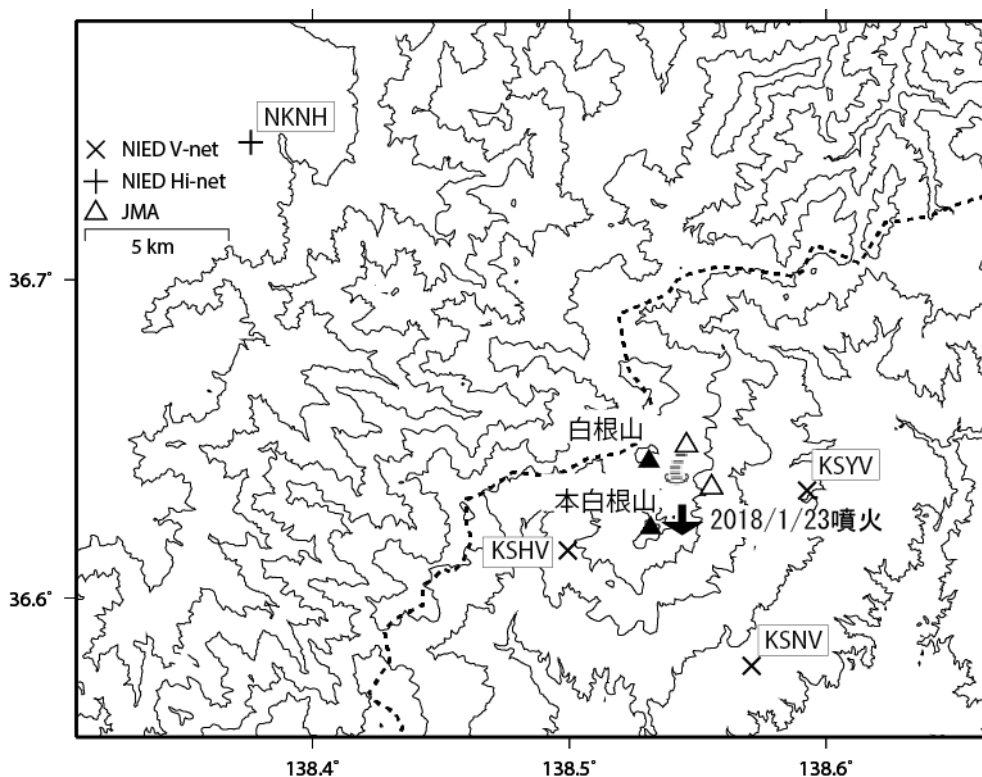


図 3. 草津湯畑温泉と万座湯畑温泉の 2014 年 10 月～2021 年 6 月の $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比（大気ヘリウムの混入は補正済み）。誤差は 1σ で、測定誤差と大気ヘリウム混入の補正に伴う誤差を含む。縦の破線は 2018 年 1 月 23 日の本白根山の水蒸気噴火を示す。

草津白根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。

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

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

KSYV=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

○ 地殻変動

図 1 は傾斜計設置以降の変動記録、図 2 は GNSS の解析結果である。KSHV と KSNV に西下がりの傾斜変動がみられるが、火山活動との関連は不明である。

草津白根山の傾斜変動 (2012/4/1~2021/11/30)

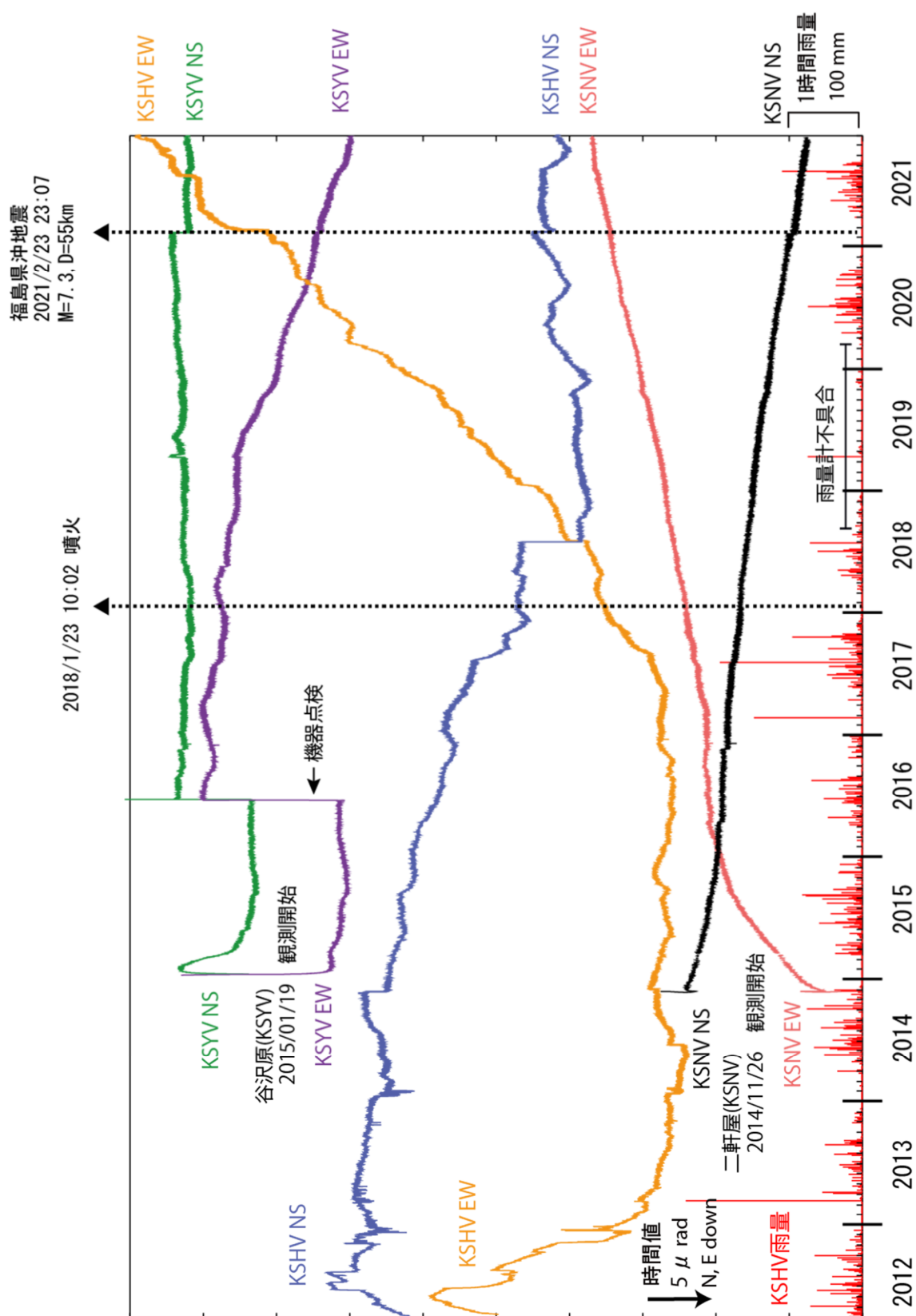


図 1 草津白根山の傾斜変動

草津白根山

防災科学技術研究所 GNSS 観測点及び国土地理院 GEONET で得られた、
2020 年 10 月 1 日－2021 年 10 月 31 日の地殻変動【長野県(0982)固定】

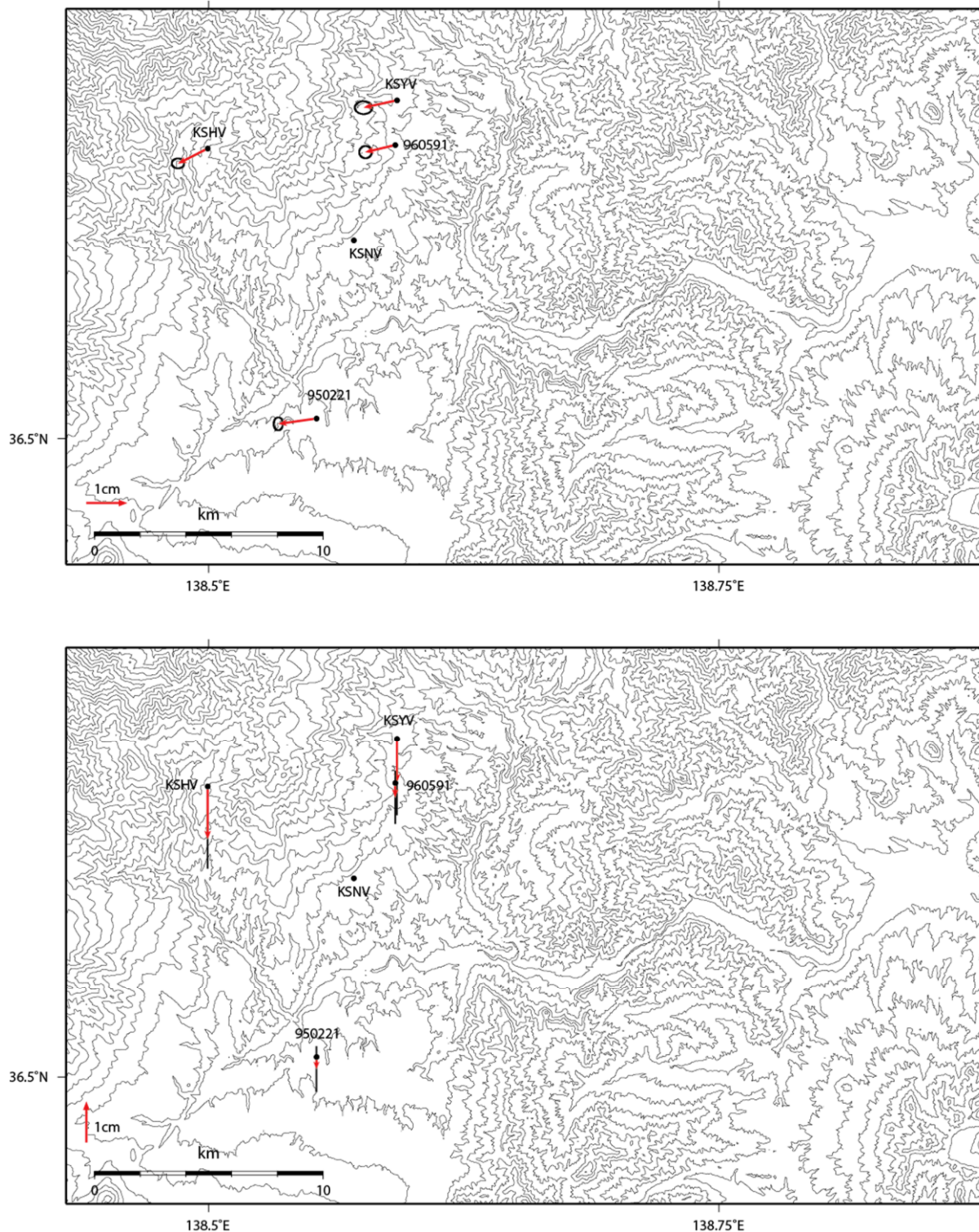


図 2 草津白根山周辺 V-net 及び国土地理院 GEONET 観測点における GNSS 解析結果
(上段：水平成分、下段：上下成分)

草津白根山

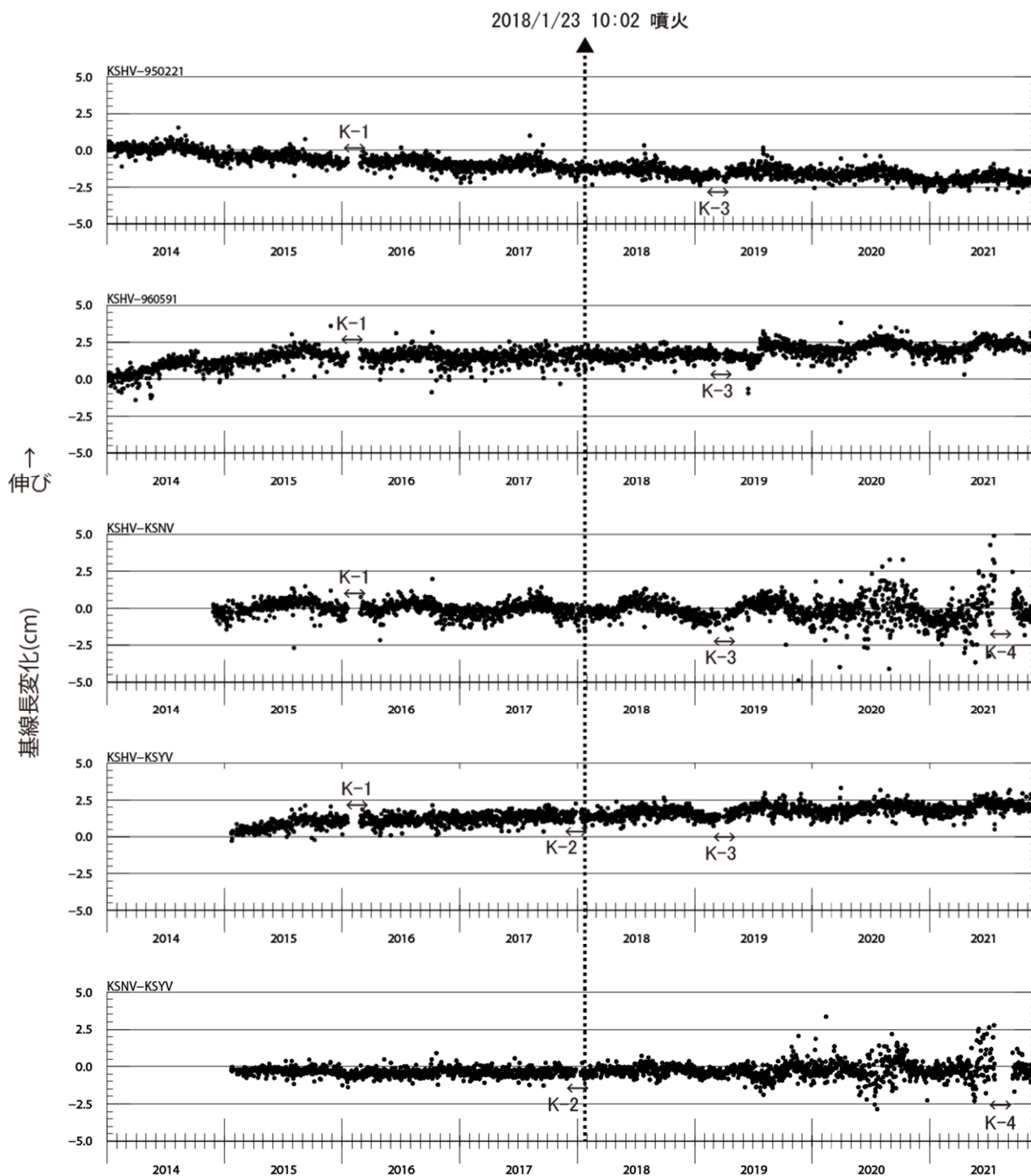


図 3 防災科研 3 観測点と、KSHV-GEONET 草津観測点 (0591)、KSHV-GEONET 孺恋観測点 (0221) の基線長変化 (2014/1/1~2021/11/30)

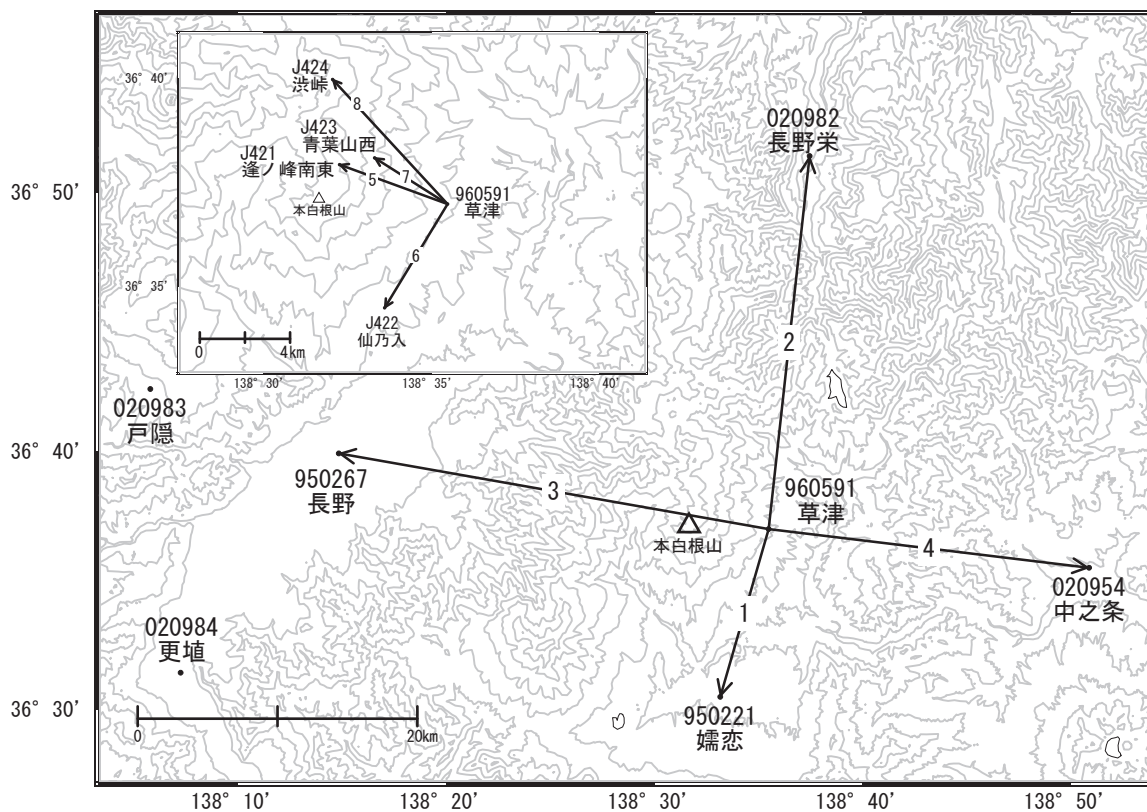
表1 GNSS観測履歴

観測点番号	観測点名	図中記号	日付	保守内容
	草津白根山干俣 (KSHV)		2012/3/26	2周波観測開始
		K-1	2016/1/20～2/13	機器異常による欠測
		K-3	2019/3/20～4/7	機器異常による欠測
	草津白根山二軒屋 (KSNV)		2014/11/25	2周波観測開始
			2015/1/15～ 2015/4/17	通信回線不調
		K-4	2021/7/23～9/14	受信機電源不具合による欠測
	草津白根山谷沢原 (KSYV)		2015/1/19	2周波観測開始
		K-2	2017/12/29～ 2018/1/12	機器異常による欠測

草津白根山

G N S S連続観測結果では、顕著な地殻変動は見られません。

草津白根山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図

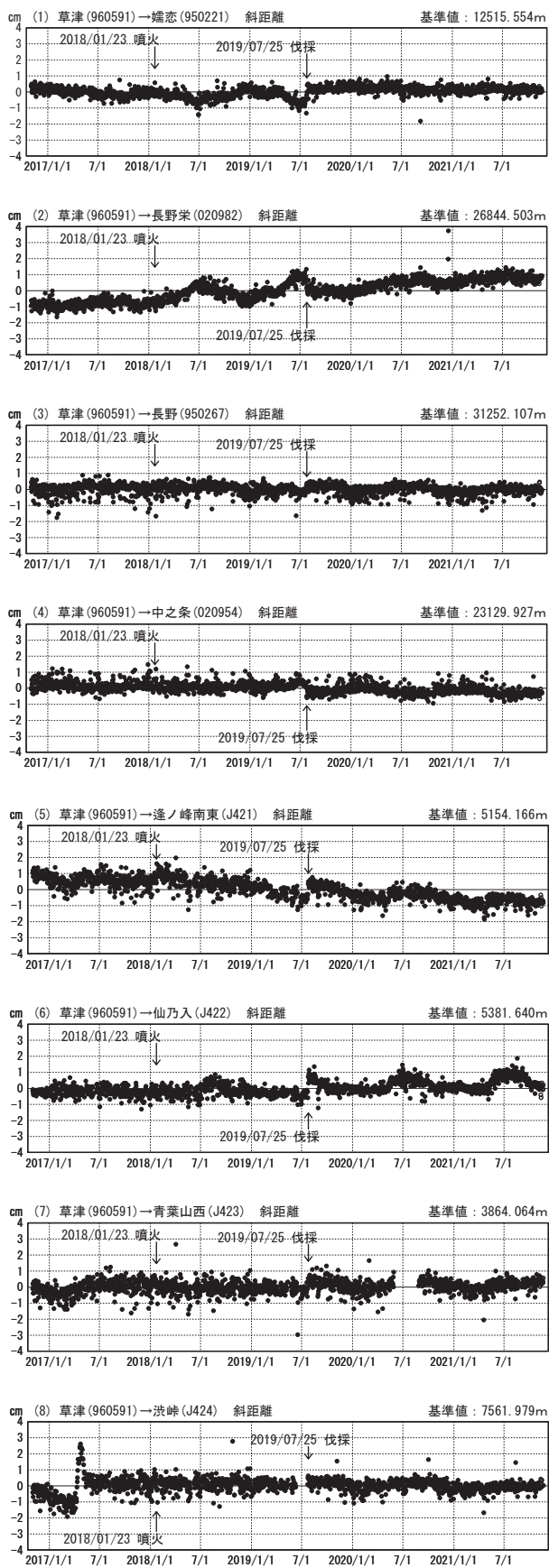


草津白根山周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
960591	草津	20190725	伐採
020982	長野栄	20191018	受信機交換
950221	嬬恋	20191025	受信機交換
950267	長野	20201125	二重管化
		20201126	アンテナ交換・レドーム交換
		20211112	受信機交換

基線変化グラフ（長期）

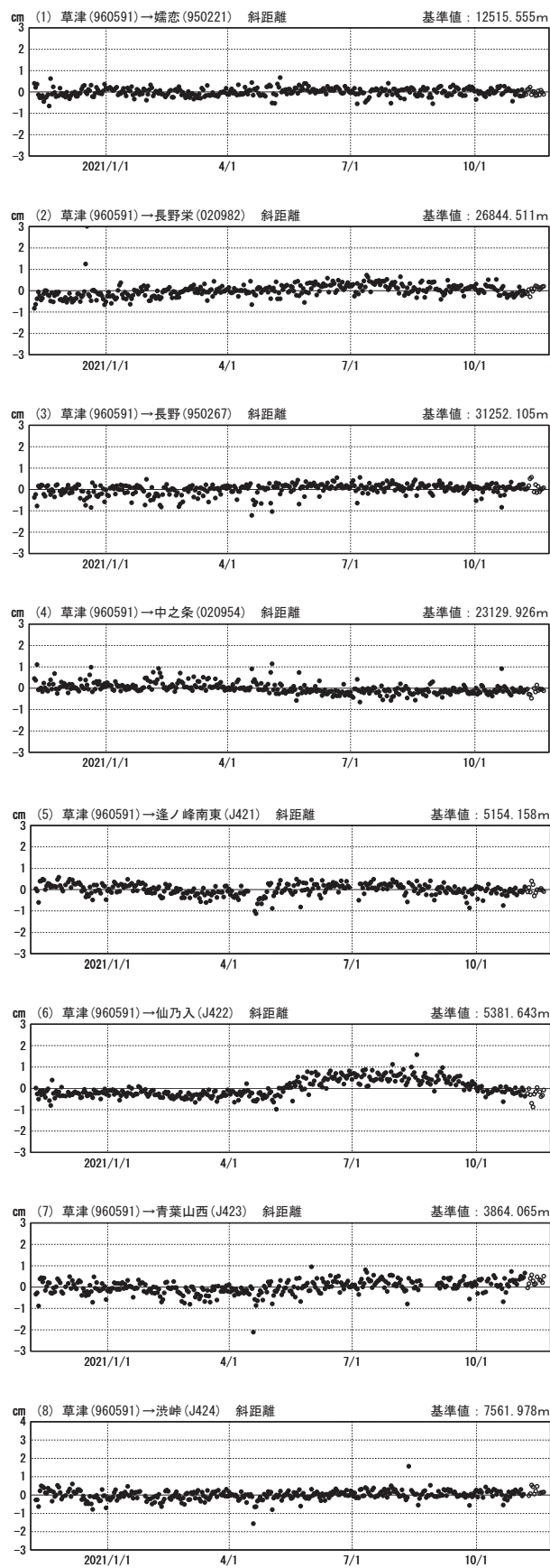
期間：2016/11/01～2021/11/21 JST



●—[F5:最終解] ○—[R5:速報解]

基線変化グラフ（短期）

期間：2020/11/08～2021/11/21 JST



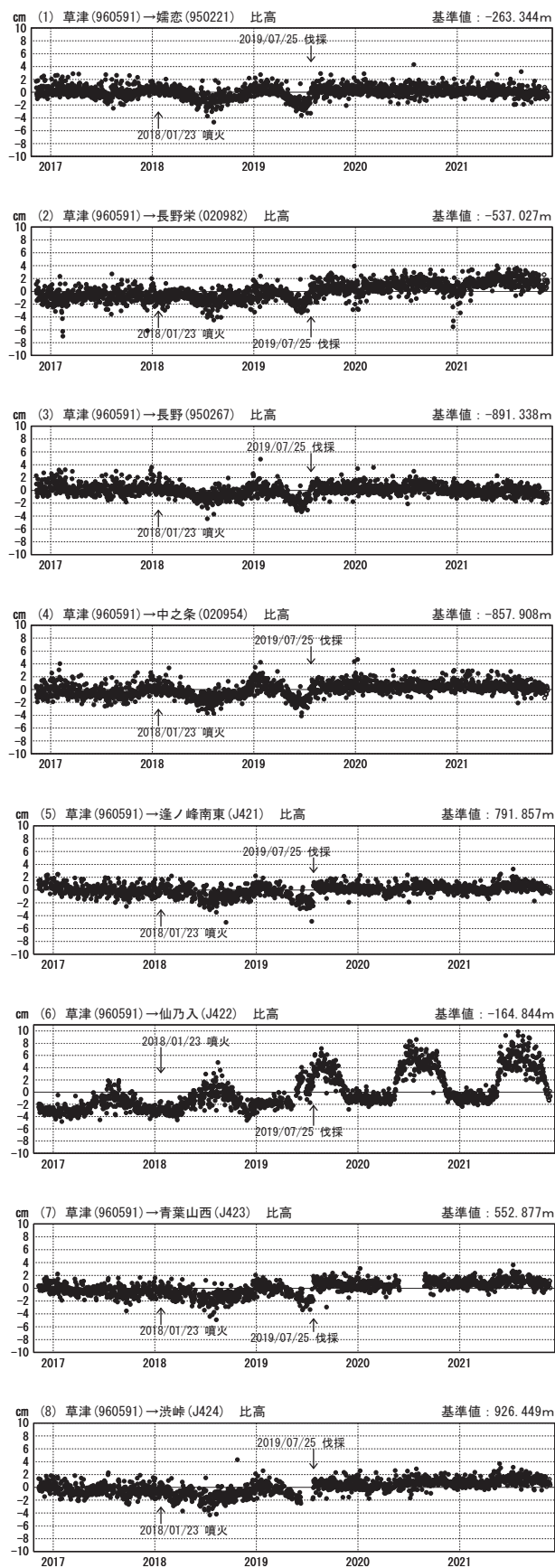
国土地理院・気象庁

※[R5:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

草津白根山

比高変化グラフ（長期）

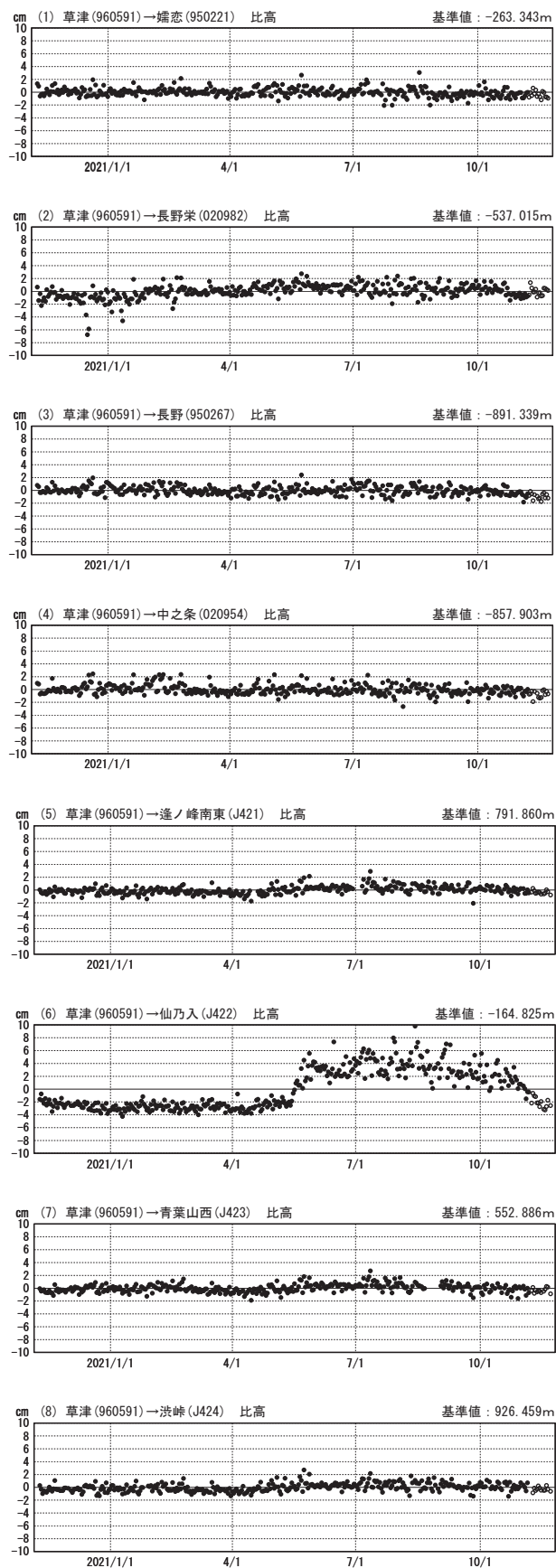
期間：2016/11/01～2021/11/21 JST



●---[F5:最終解] ○---[R5:速報解]

比高変化グラフ（短期）

期間：2020/11/01～2021/11/21 JST



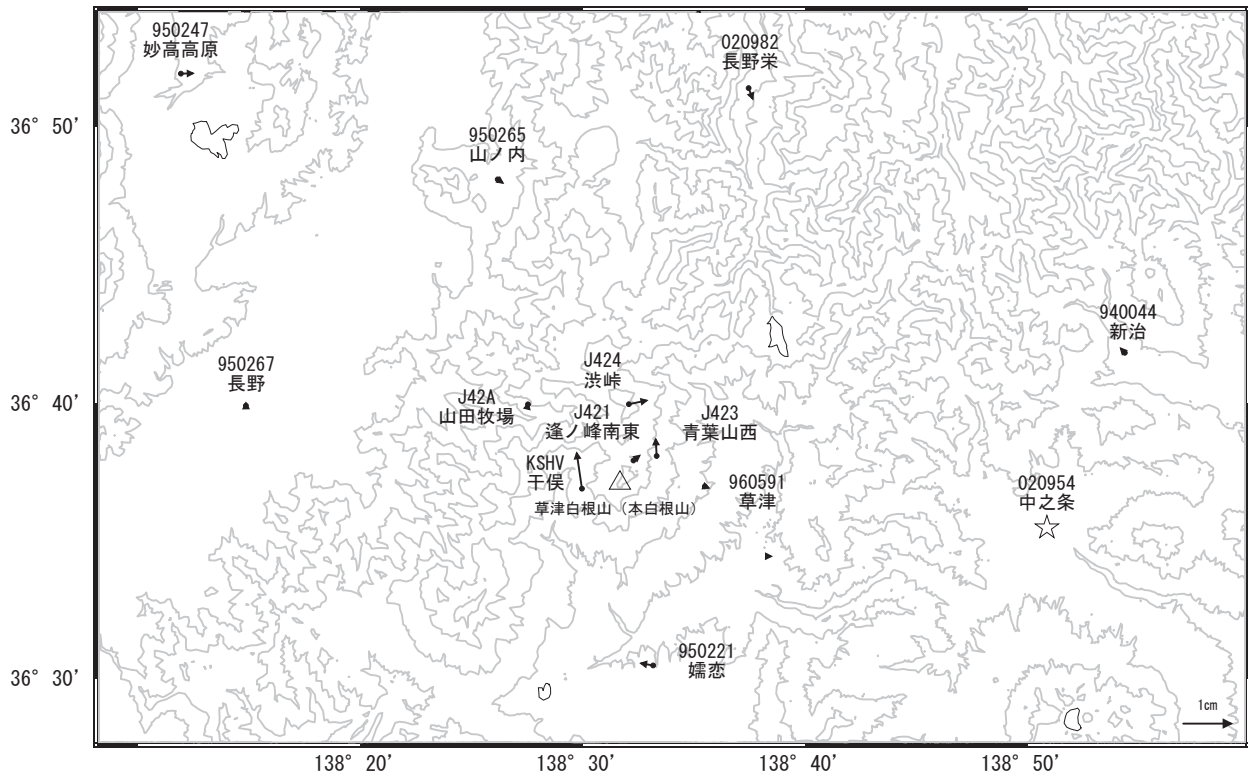
国土地理院・気象庁

※[R5:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

草津白根山

草津白根山周辺の地殻変動(水平:3か月)

基準期間: 2021/08/04~2021/08/13 [F5: 最終解]
比較期間: 2021/11/04~2021/11/13 [R5: 速報解]

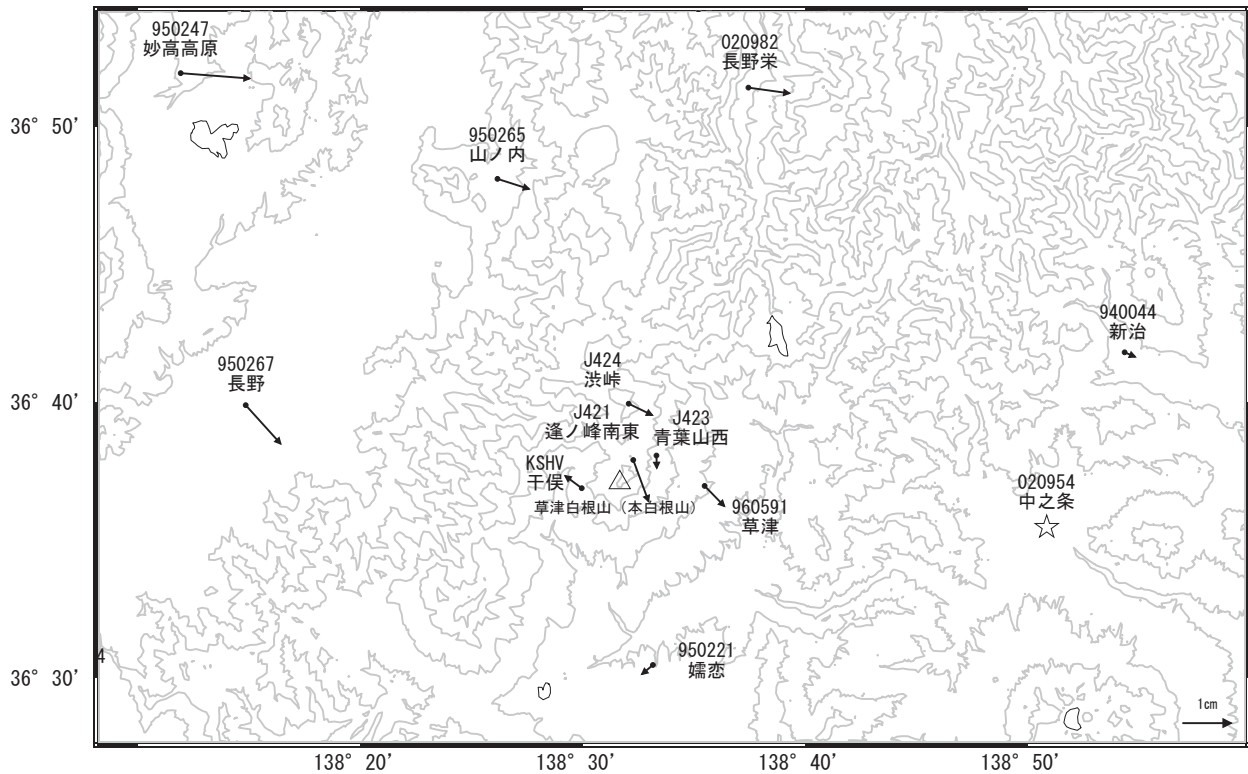


☆ 固定局: 中之条 (020954)

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

草津白根山周辺の地殻変動(水平:1年)

基準期間: 2020/11/04~2020/11/13 [F5: 最終解]
比較期間: 2021/11/04~2021/11/13 [R5: 速報解]



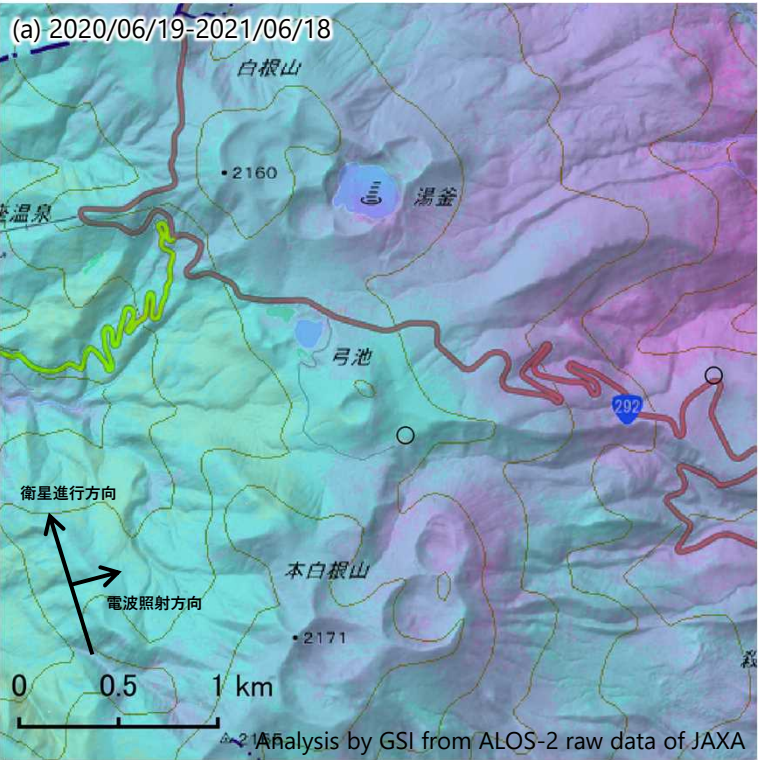
☆ 固定局: 中之条 (020954)

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

草津白根山

草津白根山のSAR干渉解析結果について

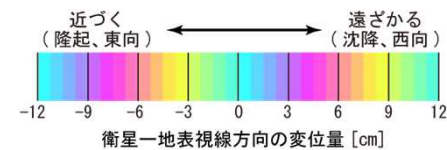
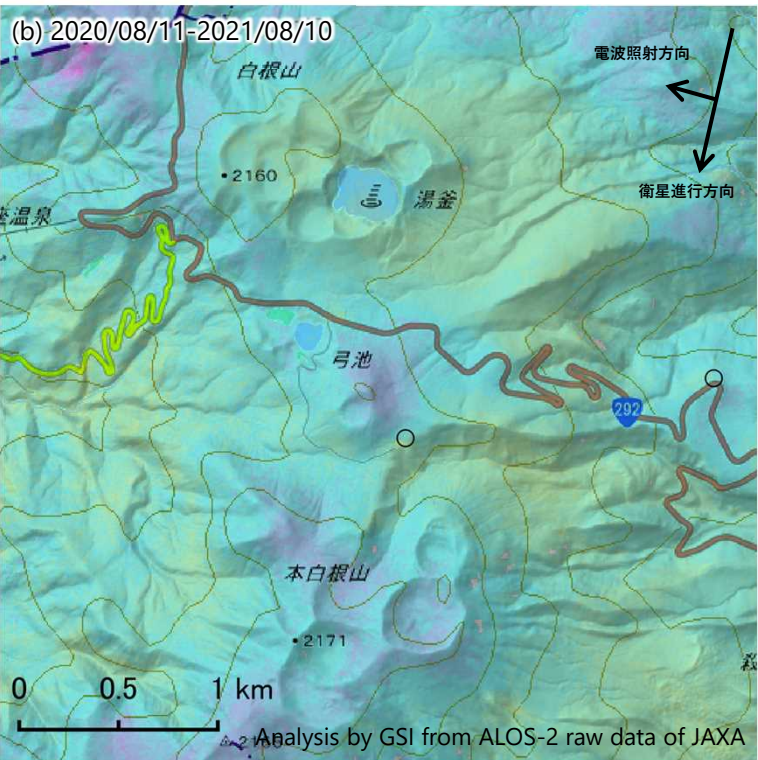
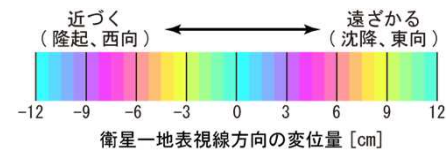
ノイズレベルを超える変動は見られません。



	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2020/06/19 2021/06/18 23:45頃 (364日間)	2020/08/11 2021/08/10 11:50頃 (364日間)
衛星進行方向	北行	南行
電波照射方向	右(東)	右(西)
観測モード*	U-U	U-U
入射角	42.6°	37.5°
偏波	HH	HH
垂直基線長	- 34m	- 127m

* U：高分解能(3m)モード

○ 国土地理院以外のGNSS観測点

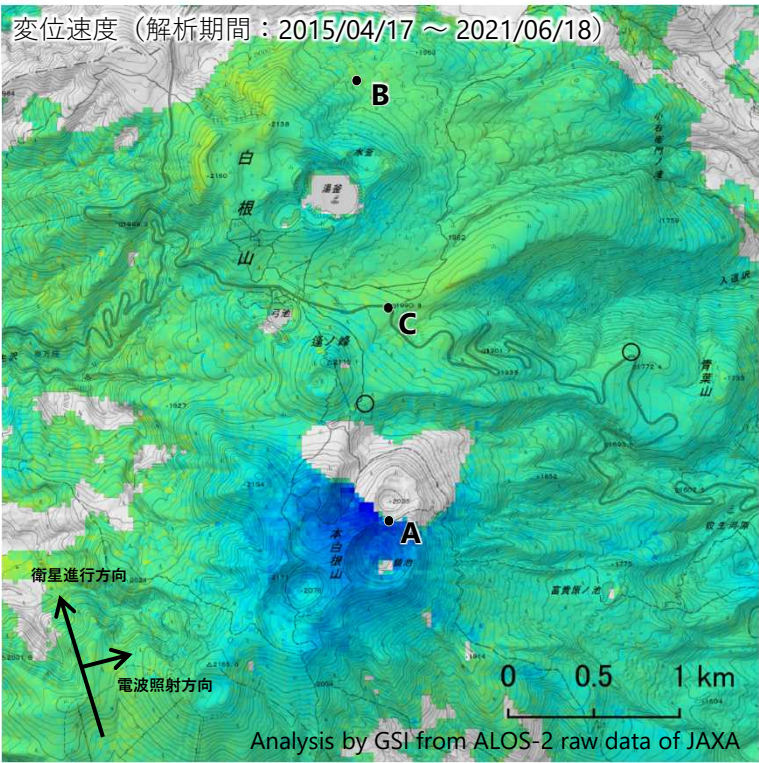


背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

草津白根山

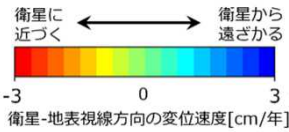
草津白根山の干渉SAR時系列解析結果（北行）

本白根山の地点A周辺に、衛星から遠ざかる変動が見られます。

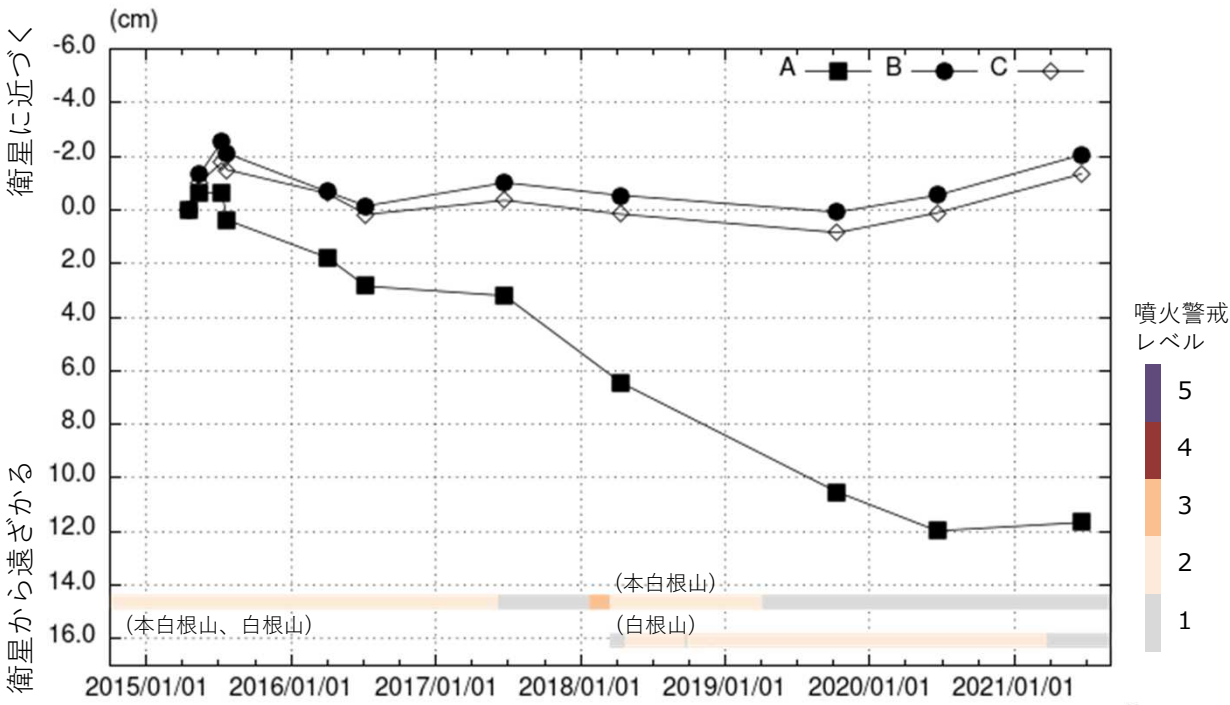


衛星名	ALOS-2
観測期間	2015/04/17 ～ 2021/06/18 (2254日間)
衛星進行方向	北行
電波照射方向	右(東)
観測モード*	U
入射角	42.6°
偏波	HH
データ数	11
干渉ペア数	16

* U：高分解能(3m)モード
○ 国土地理院以外のGNSS観測点



背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図 ※参照点は電子基準点「草津」付近
干渉SAR時系列解析手法：SBAS法

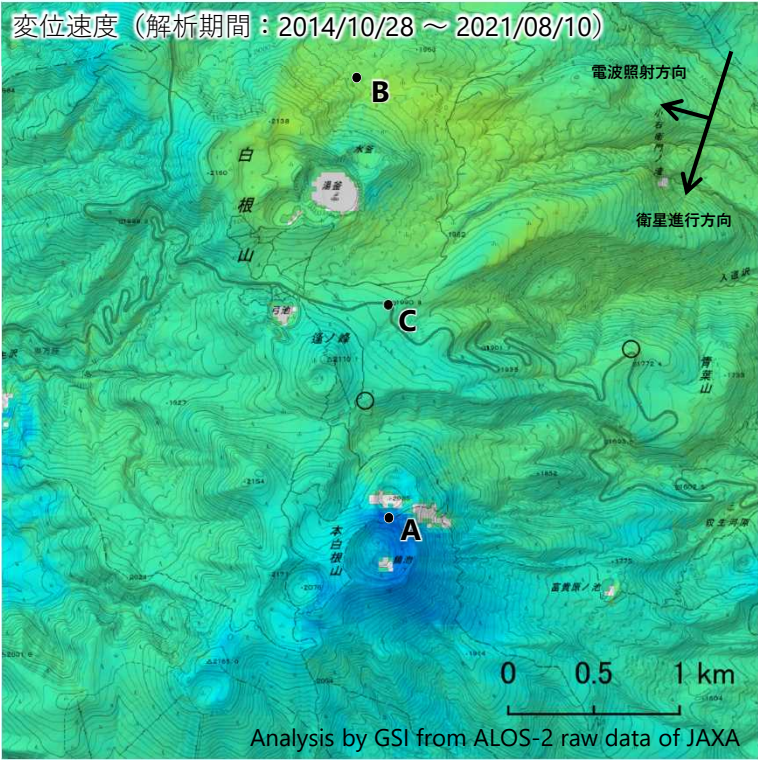


草津白根山

本解析で使用したデータの一部は、火山噴火予知連絡会衛星解析グループの活動を通して得られたものです。

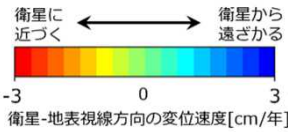
草津白根山の干渉SAR時系列解析結果（南行）

本白根山の地点A周辺に、衛星から遠ざかる変動が見られます。

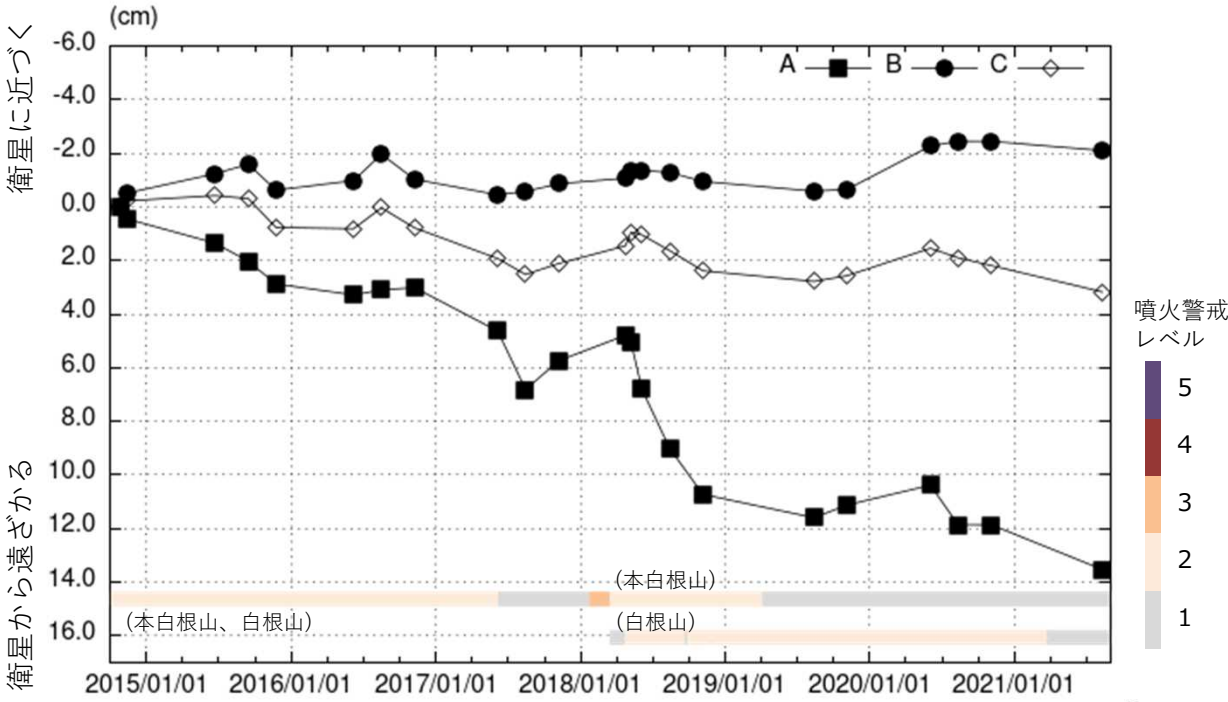


衛星名	ALOS-2
観測期間	2014/10/28 ～ 2021/08/10 (2478日間)
衛星進行方向	南行
電波照射方向	右(西)
観測モード*	U
入射角	37.5°
偏波	HH
データ数	22
干渉ペア数	59

* U：高分解能(3m)モード
○ 国土地理院以外のGNSS観測点



背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図 ※参照点は電子基準点「草津」付近
干渉SAR時系列解析手法：SBAS法



草津白根山

本解析で使用したデータの一部は、火山噴火予知連絡会衛星解析グループの活動を通して得られたものです。

草津白根山噴気の化学組成（2014 年 7 月～2021 年 10 月）

Chemical composition of the fumarolic gases sampled at Kusatsu-Shirane volcano, Japan (July 2014 to October 2021)

1. 概要

2014 年 7 月から 2021 年 10 月にかけて、草津白根山で繰り返し噴気を採取・分析した。白根山山頂北側の地熱地帯で採取された 2 つの噴気では、2021 年 8 月から 10 月にかけてドライガス中の H_2S 濃度が上昇した。これらの噴気では、2021 年 8 月から 10 月にかけて $\text{He}/\text{H}_2\text{S}$ 比および $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比は低下した。このことから、湯釜直下に存在する熱水溜り供給されるマグマ成分の流量は、2021 年 8 月から 10 月にかけて低下傾向にあると推定される。殺生河原噴気の $\text{He}/\text{H}_2\text{S}$ 比は、2018 年から 2021 年 8 月までほぼ一定であったが、2021 年 8 月から 10 月にかけて顕著に上昇した。

2. 噴気の採取・分析

草津白根山の湯釜火口の北山麓に広がる地熱地帯において、図 1 に示す 3 つの噴気孔 W, C, E で噴気を採取した。これらに加え、東山麓の殺生河原 (S) と西山麓の万座干俣 (M) で噴気を採取分析した。これらの噴気を採取するために、金属チタン管を噴気孔に差し込み、管と孔の隙間を砂などで注意深く塞いだ。次にチタン管にゴム管を接続し、ゴム管の出口を真空ガラス瓶のコックに接続した。真空ガラス瓶にはあらかじめ高濃度のアルカリ性水溶液 (KOH) 20ml を封入しておいた。コックを慎重に開けることにより火山ガスをアルカリ性水溶液に吸収させた。噴気の化学分析は主に、小沢の方法[1]に従った。

3. 結果・考察

図 2 に示されるように、噴気 W, C, E について、 H_2O を除いた噴気成分 (=ドライガス) 中の H_2S 濃度は、2021 年 4 月から 8 月にかけて低下したが、8 月から 10 月にかけて、W と C では上昇し、E ではわずかに低下した。既存の研究[2]によると、草津白根山では、ドライガスの H_2S 濃度が 10%程度まで低下すると火山活動が活発化し、噴火の可能性が高まる。現在の H_2S 濃度は 18~25%であり 10%まで十分な余裕がある。

図 3 に示されるように、噴気 W, C, E の $\text{He}/\text{H}_2\text{S}$ 比は 2021 年 4 月から 8 月にかけて上昇したが、8 月から 10 月にかけて低下した。殺生河原噴気 S の $\text{He}/\text{H}_2\text{S}$ 比は、2018 年 8 月から 2021 年 8 月にかけてほぼ一定であったが、2021 年 8 月から 10 月にかけて急激に上昇した。図 4 に示される $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比の時間変化は、 $\text{He}/\text{H}_2\text{S}$ 比の時間変化に相似しているが、噴気 E では、2021 年 8 月から 10 月にかけてわずかに上昇した。

He や CO_2 はマグマに由来する成分、 H_2S は熱水系に由来する成分であり、図 3 および図 4 に示される変化は、2021 年 8 月から 10 月にかけて、湯釜直下に存在する熱水溜りに供給されるマグマ成分の流量は若干低下傾向にあることを示唆している。

5. 文献

[1] 小沢竹二郎 (1968) 地球化学におけるガス分析法 (I). 分析化学, 17, 395-405.

[2]. J. Oosaka et al. (1980) Variation of chemical compositions in volcanic gases and waters at Kusatsu-Shirane volcano and its activity in 1976. Bull. Volcanol., 43, 207-216.

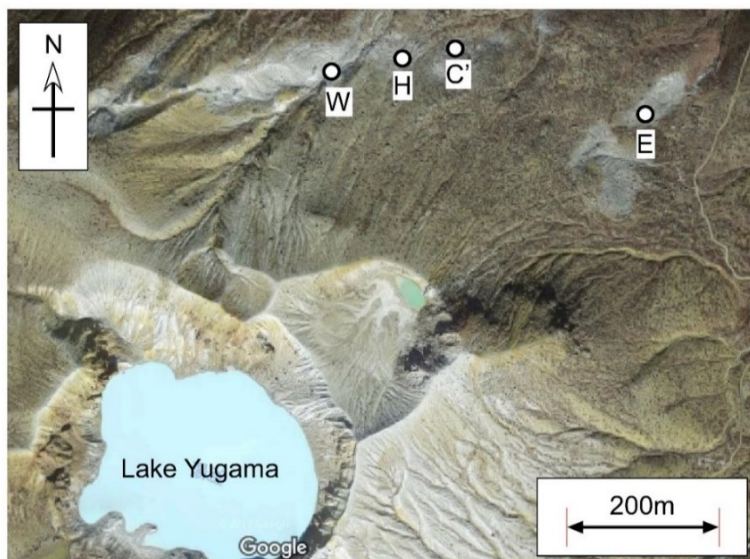


図 1. 草津白根山山頂北側山麓噴気 W, C', E の位置. H は新たに生じた陥没孔 (背景図として, GoogleMap を使用した)

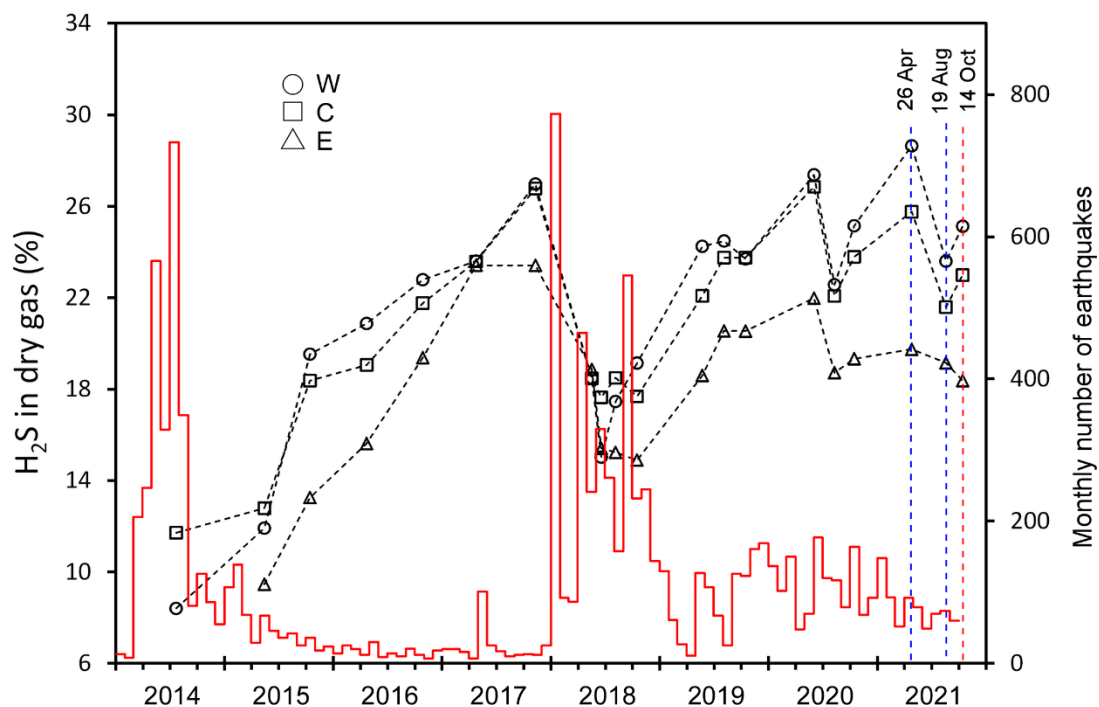


図 2. H_2O を除いた成分 (=ドライガス) における H_2S 濃度の変化. 月別地震回数 (白根山近傍) は気象庁の観測に基づく. 2018 年 1 月の地震は主に本白根山で発生した.

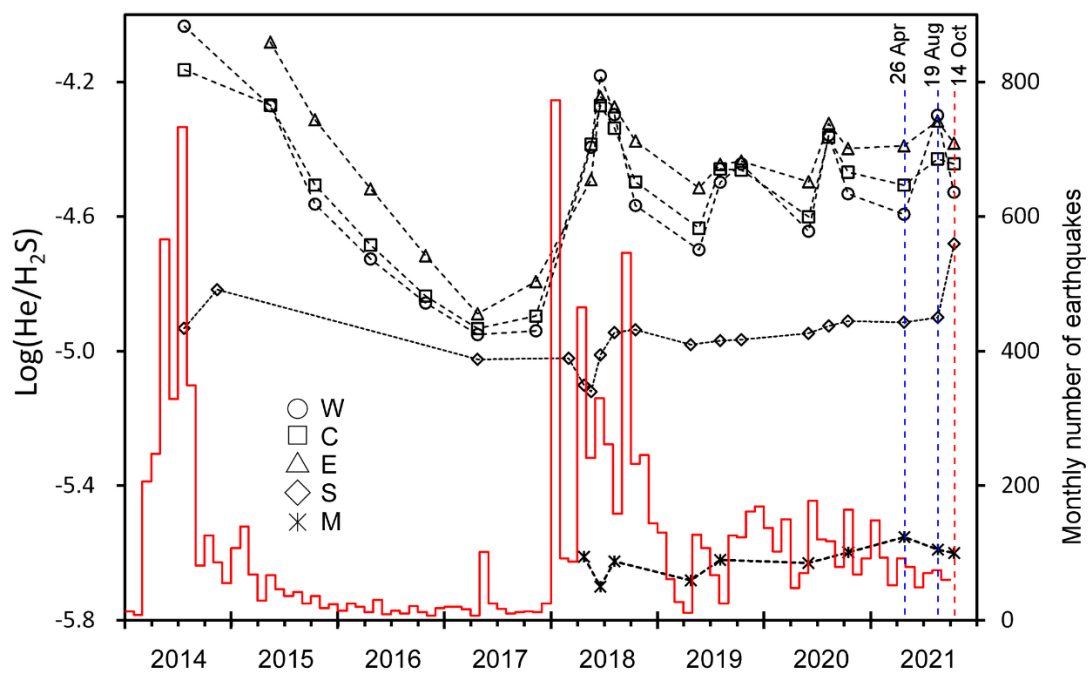


図 3. $\text{He}/\text{H}_2\text{S}$ 比の時間変化. 月別地震回数は気象庁の観測に基づく.

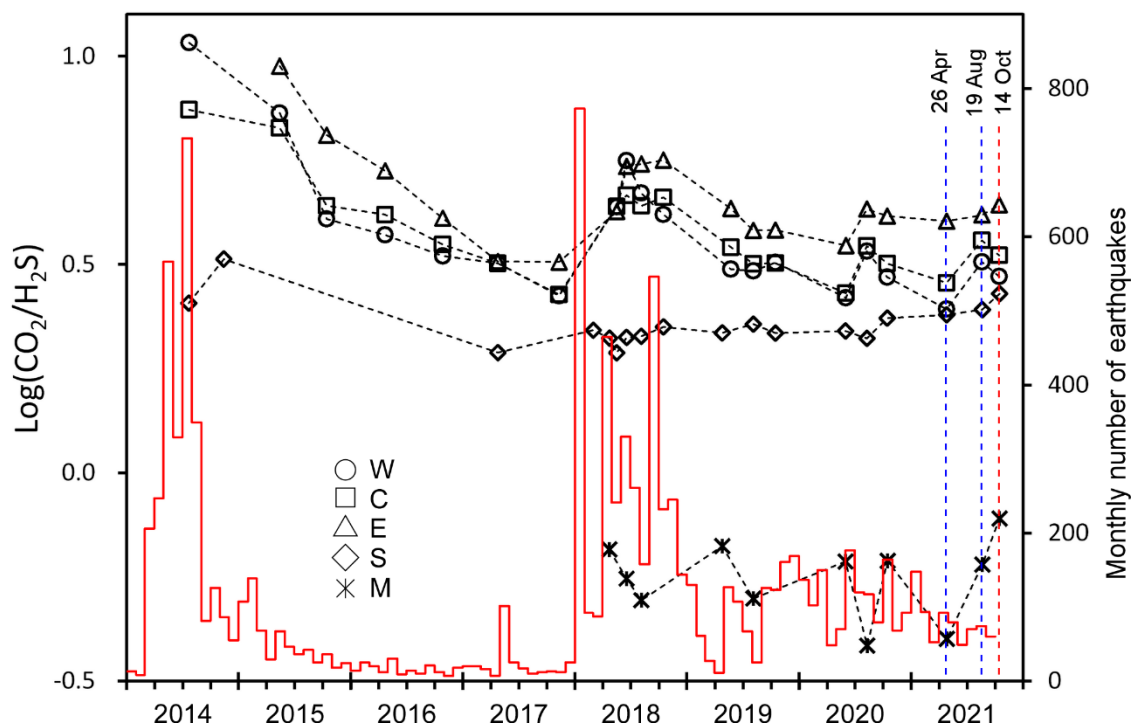


図 4. $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比の時間変化. 月別地震回数は気象庁の観測に基づく.

浅間山

(2021 年 6 月～2021 年 12 月 2 日)

火山性地震は 11 月にやや増加したが、概ね少ない状態で経過した。噴煙量及び火山ガス（二酸化硫黄）の放出量は概ね少ない状態で経過した。深部からのマグマ上昇を示す地殻変動は観測されていない。以上のことから、浅間山の火山活動は低下した状態と考えられるが、今後も火口から 500m の範囲に影響を及ぼす程度のごく小規模な噴火の可能性があるため、突発的な火山灰噴出や火山ガス等に注意する必要がある。

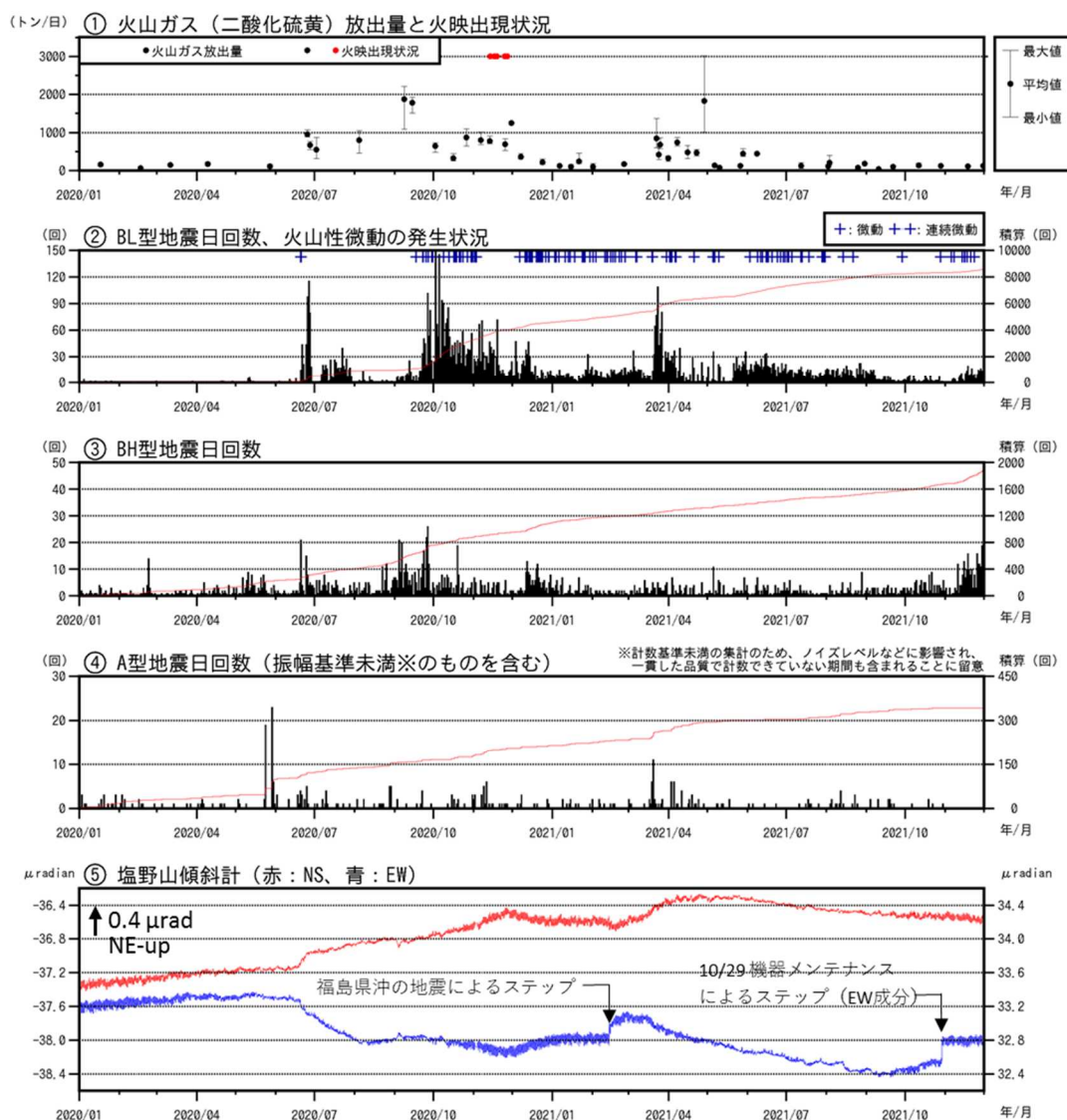
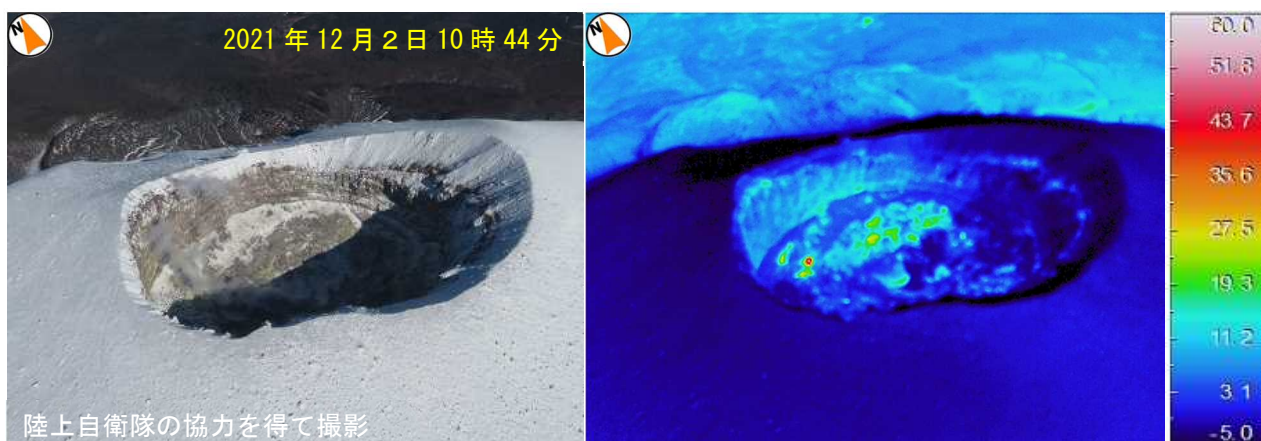


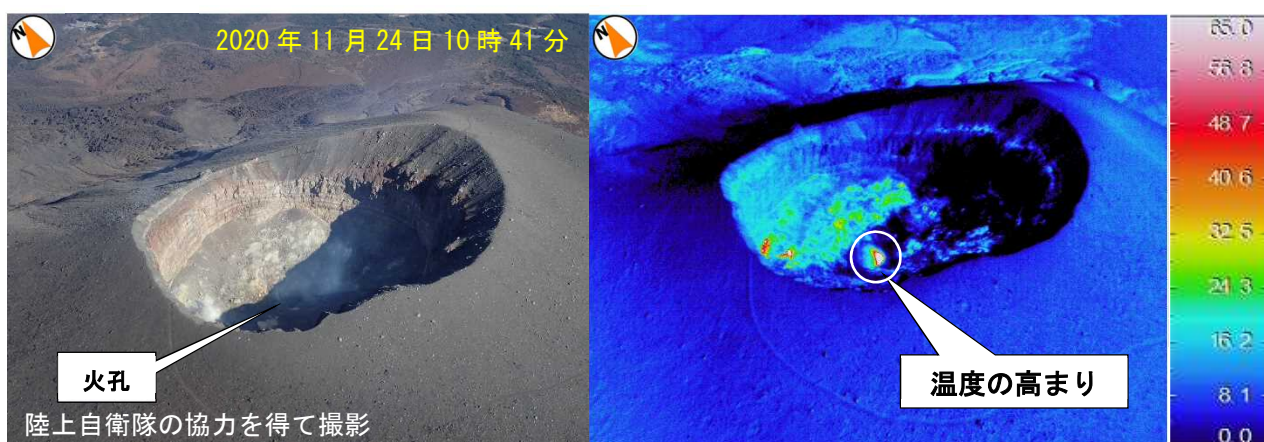
図 1 浅間山 火山活動経過図 (2020 年 1 月 1 日～2021 年 11 月 30 日)

②③④赤色線は積算回数を表し、右縦軸で示す。

- ・2020 年 6 月以降、火山活動に高まりがみられていたが、2021 年 1 月には火山ガス放出量や地震活動は低下し、地殻変動も認められなくなり、火山活動は低下した。
- ・3 月中旬頃から山頂の南側に設置した傾斜計で、浅間山の西側での膨張を示すと考えられるわずかな傾斜変動が認められ(⑤)、山体浅部を震源とする火山性地震は 3 月 20 日以降増加した(②)。火山性地震は、その後も増減を繰り返しながら発生したが、6 月中旬以降減少傾向がみられ、9 月中旬以降は概ね少ない状態で経過した(②)。
- ・二酸化硫黄放出量(①)は、3 月下旬から 4 月にかけて増加したが、5 月以降概ね少ない状態で経過した。
- ・傾斜変動(⑤)は、塩野山観測点で 5 月中旬頃から再びわずかな西上がりの変動がみられていたが、6 月上旬頃からほぼ停滞し、その後特段の変化は認められない。
- ・11 月に、火山性地震はやや増加した(③)。



山頂火口の南西 高度約 3,000m から撮影
 撮影時の気象状況 天気：快晴、気温：約 -9°C 、湿度：欠測



山頂火口の南西 高度約 3,000m から撮影
 撮影時の気象状況 天気：快晴、気温：約 9°C 、湿度：約 9 %



山頂火口の南西 高度約 3,000m から撮影
 撮影時の気象状況 天気：快晴、気温：約 -4°C 、湿度：約 24 %

図 2 浅間山 火口付近の状況

(上段：2021 年 12 月 2 日、中段：2020 年 11 月 24 日、下段：2019 年 12 月 16 日)

- ・ 12 月 2 日に陸上自衛隊の協力を得て上空からの観測を実施した。
 赤外熱映像装置による観測では、2019 年から 2020 年にかけて、火口底温度の上昇が見られたが、2021 年 12 月には、2019 年 12 月頃の状況に戻っている。

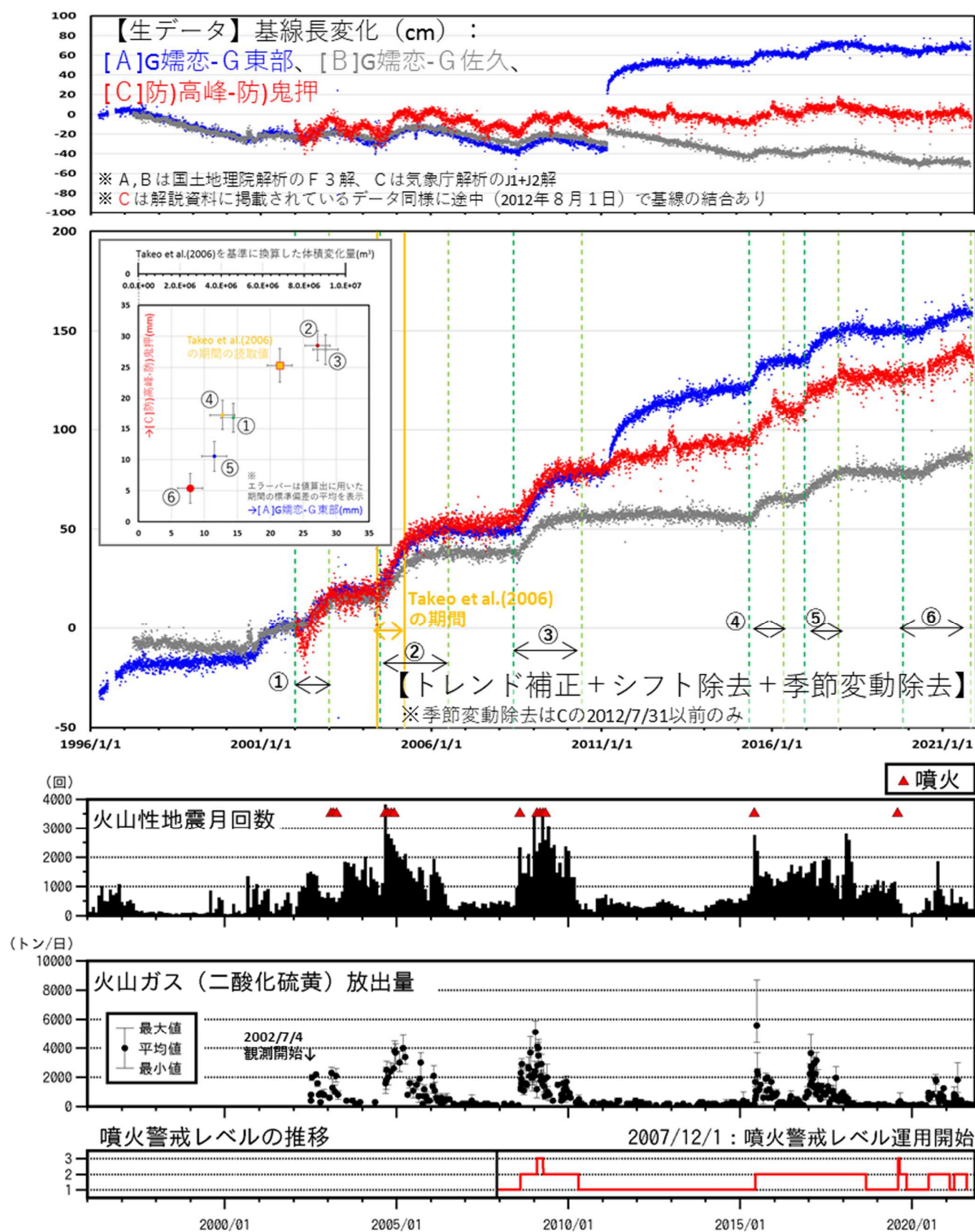
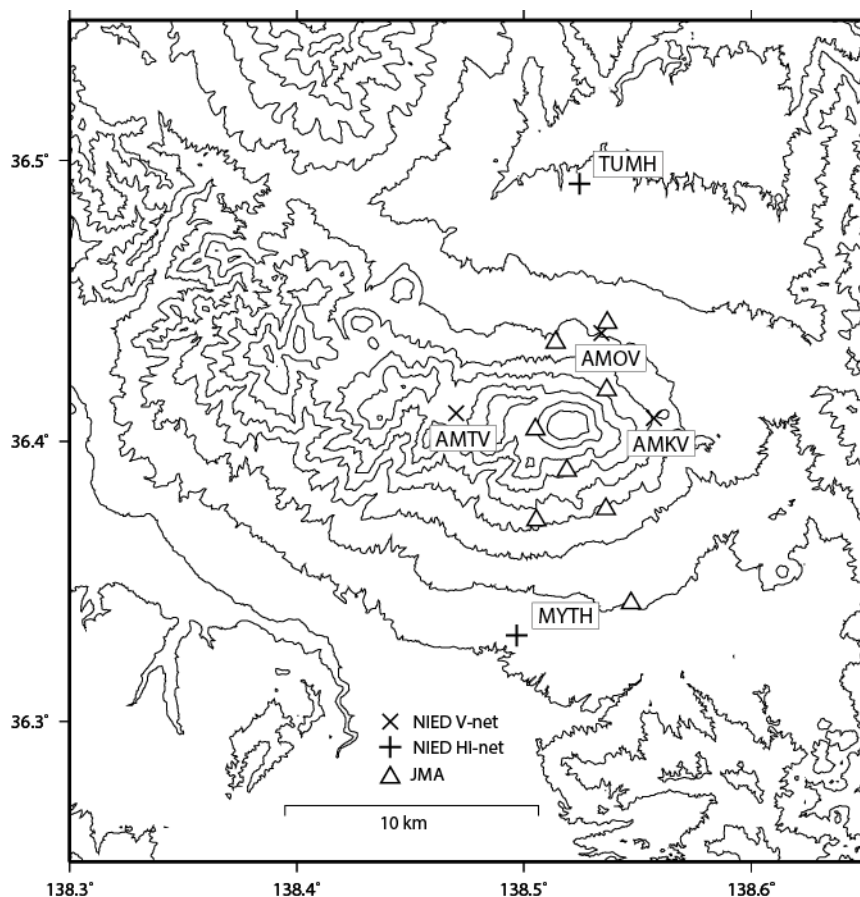


図 3 浅間山 中長期的に見た浅間山の火山活動 (地殻変動、地震活動、火山ガス放出量)

図は、2021 年 11 月 30 日までのデータを表示。

・ 2004 年の噴火前も、2000 年頃から地殻変動、地震活動の活発化などが繰り返し観測された。それ以降も、活動の盛衰を繰り返している。

浅間山の火山活動について



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

○ 地殻変動

2021 年 6 月～11 月期間中、火山活動に関連する明瞭な地殻変動は観測されなかった。

浅間山の傾斜変動 (2010/4/26~2021/11/30)

浅間山の傾斜変動 (2021/6/1~2021/11/30)

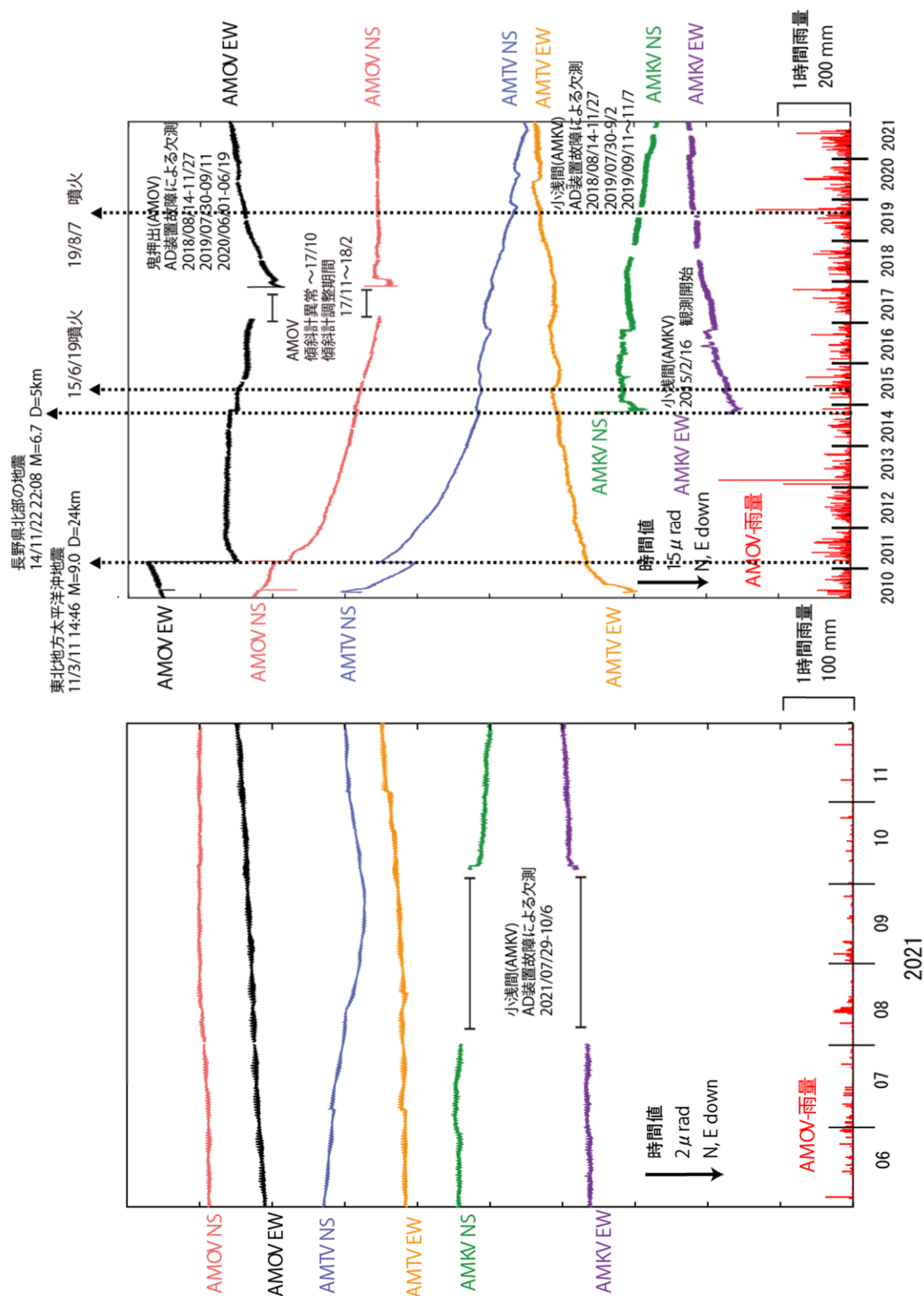


図 1 浅間山の傾斜変動

浅間山

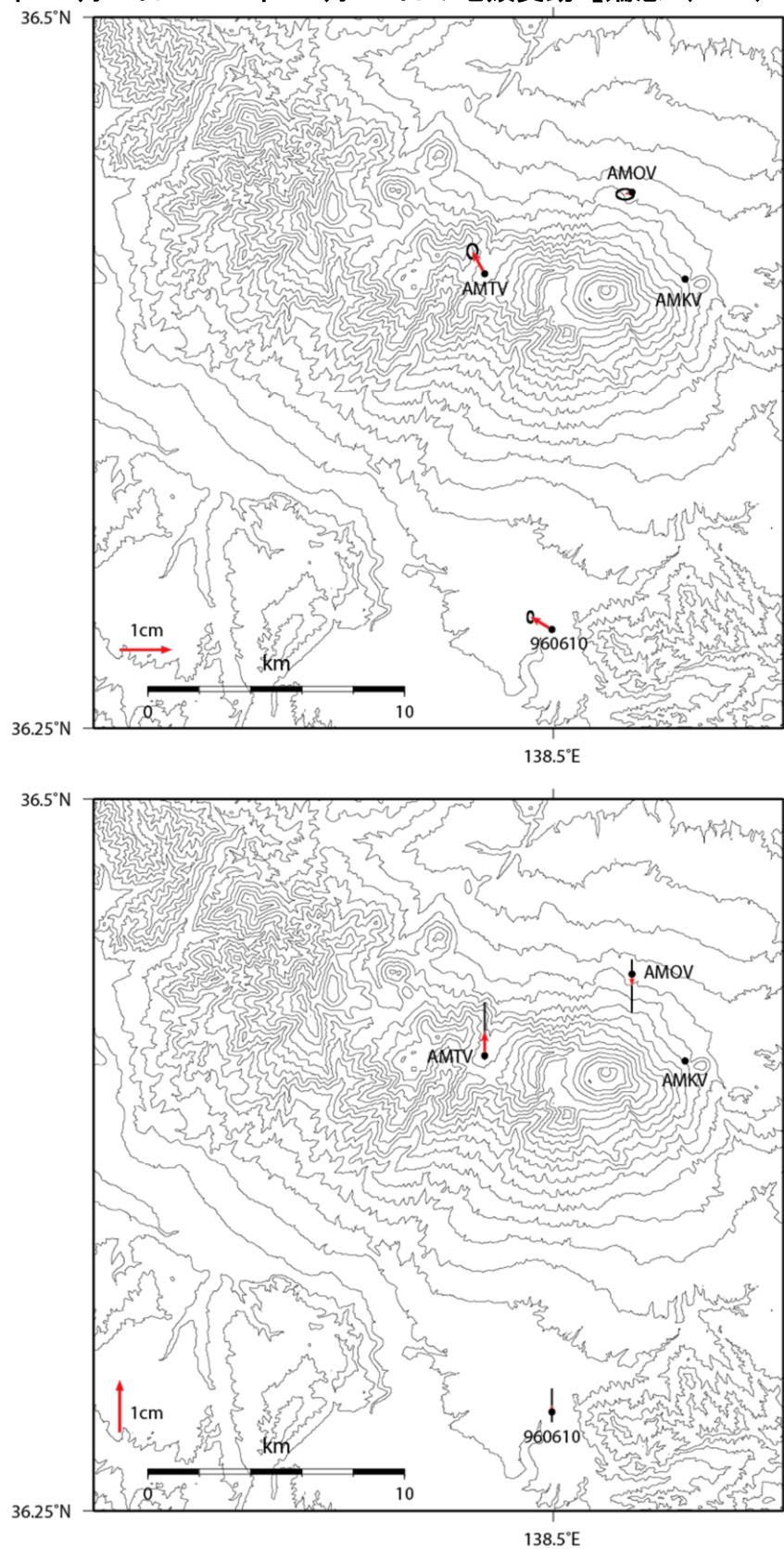
防災科学技術研究所 GNSS 観測点及び国土地理院 GEONET で得られた、
2020 年 10 月 1 日-2021 年 10 月 31 日の地殻変動【嬬恋（0221）固定】

図 2 浅間山周辺の GNSS 解析結果.
(上段：水平成分、下段：上下成分)

浅間山

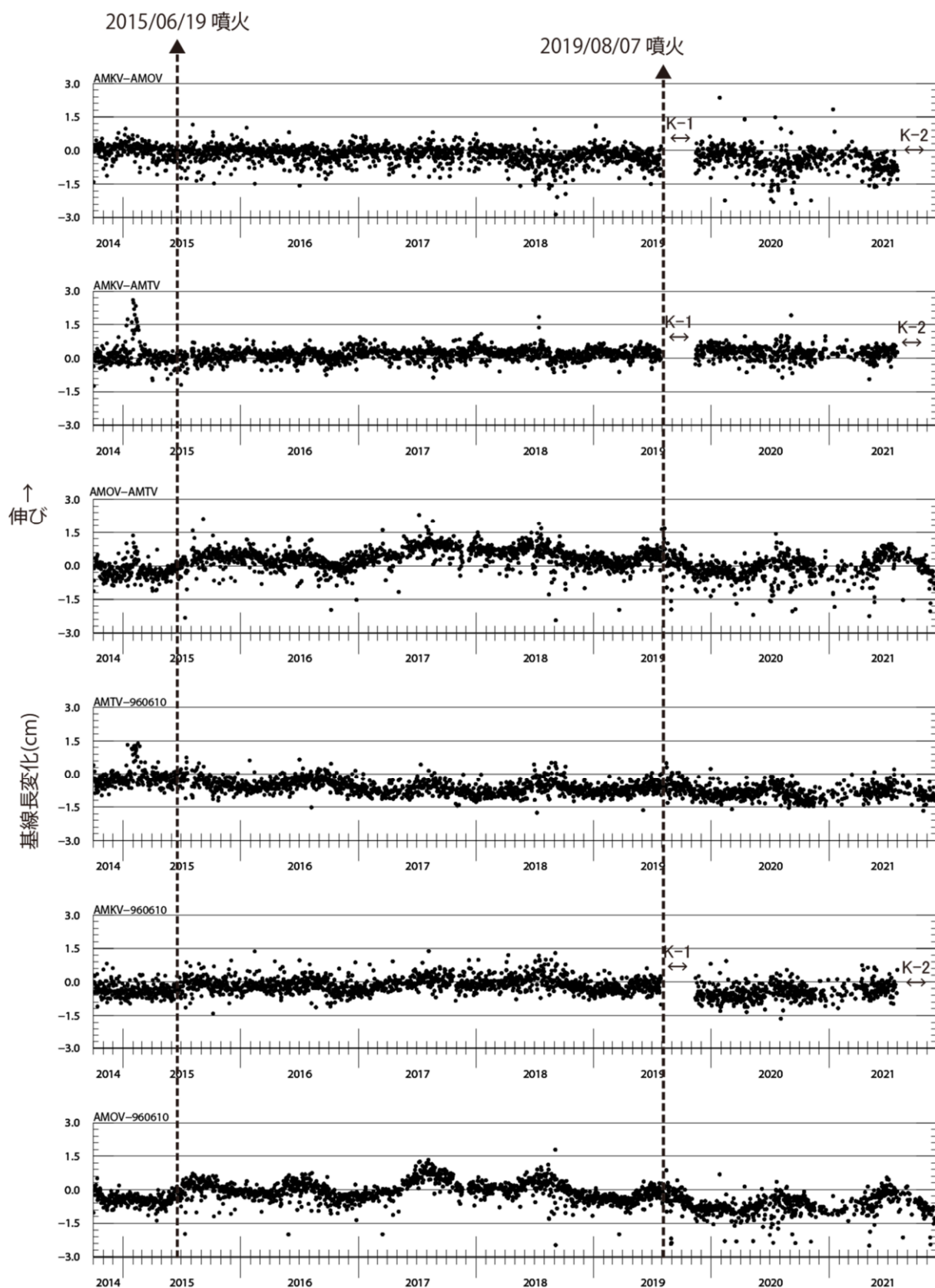


図 3 防災科研観測点 3 点（鬼押出，高峰，小浅間）および GEONET 草津 (0610) 間の基線長変化。2014/10/1～2021/11/30

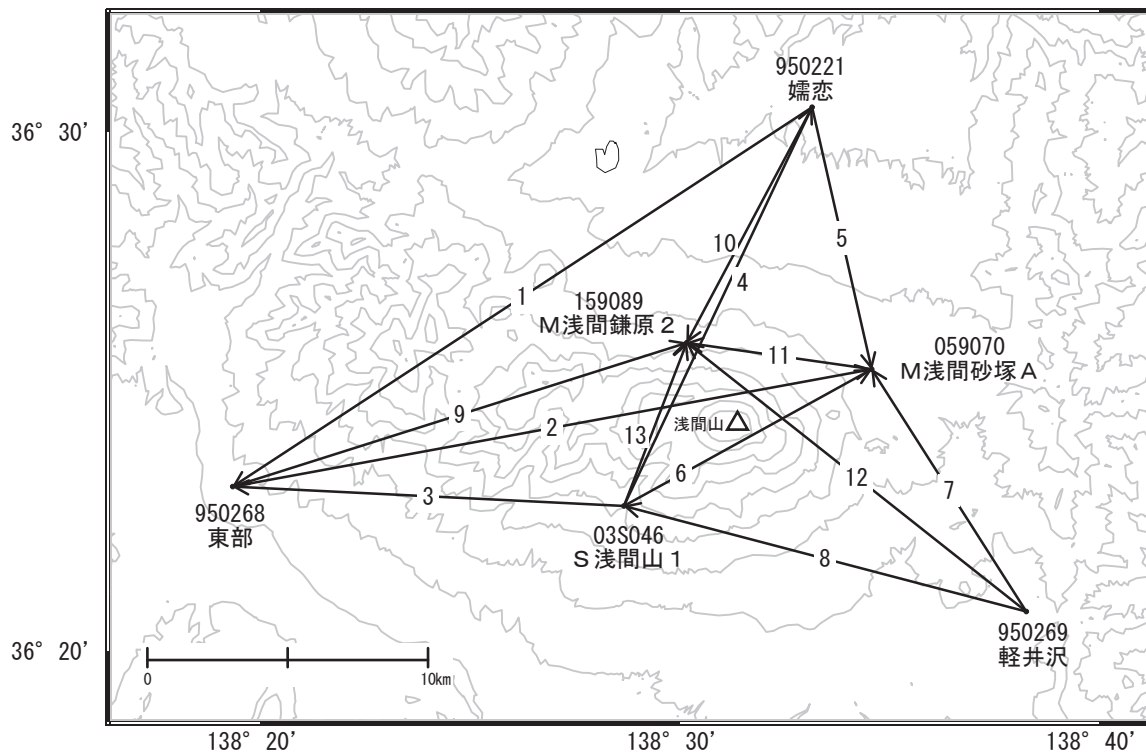
表1 GNSS観測履歴

観測点番号	観測点名	図中記号	日付	保守内容
	浅間山鬼押出 (AMOV)		2010/2/23	2周波観測開始
	浅間山高峰 (AMTV)		2010/5/22	2周波観測開始
			2015/7/22 ～2015/8/27	通信断発生、復帰後補完実施も7/22～一部のデータの補完できず
	浅間山小浅間 (AMKV)		2014/10/2	2周波観測開始
		K-1	2019/7/30 ～2019/11/18	アンテナ故障により欠測
			2019/12/12- 12/18	受信機不具合により欠測
		K-2	2021/08/02～	受信機不具合により欠測

浅間山

G N S S連続観測結果では、顕著な地殻変動は見られません。

浅間山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図

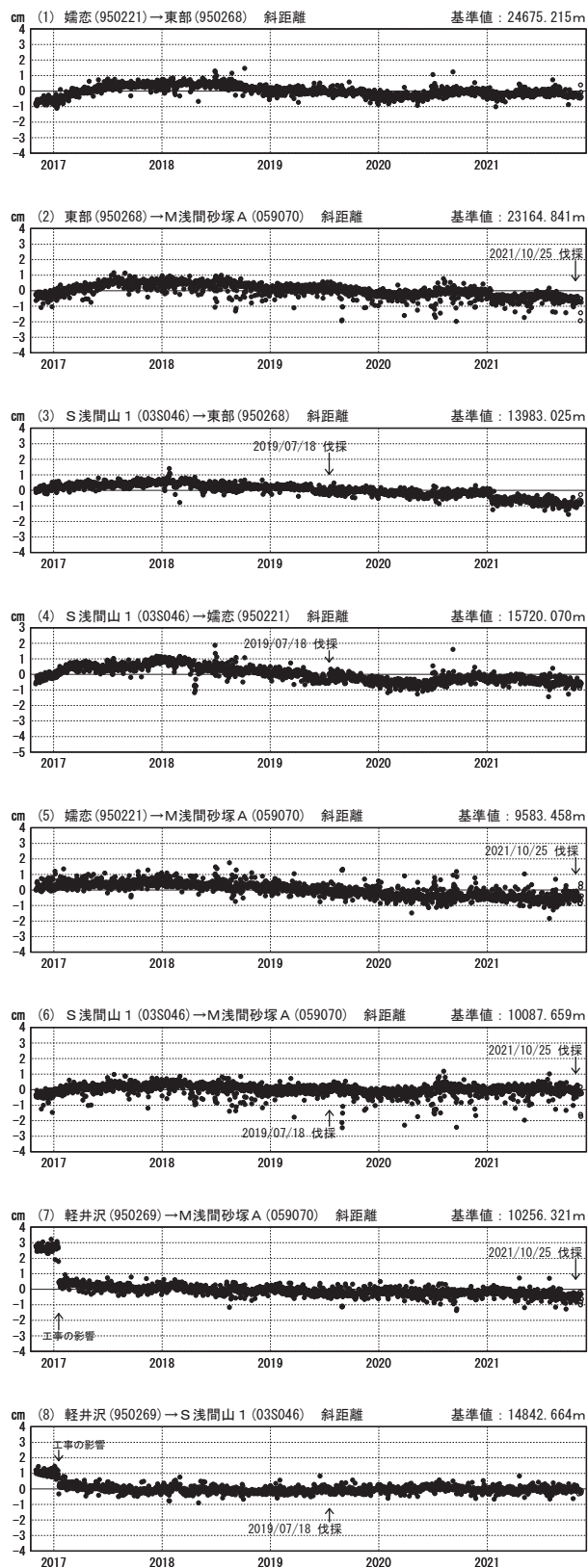


浅間山周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
03S046	S浅間山1	20160625	伐採
		20160903	伐採
		20190718	伐採
059070	M浅間砂塚A	20161129	受信機交換
		20211025	伐採
159089	M浅間鎌原2	20150722	新設
950269	軽井沢	20191024	受信機交換
950221	嬬恋	20191025	受信機交換
950268	東部	20210114	受信機交換

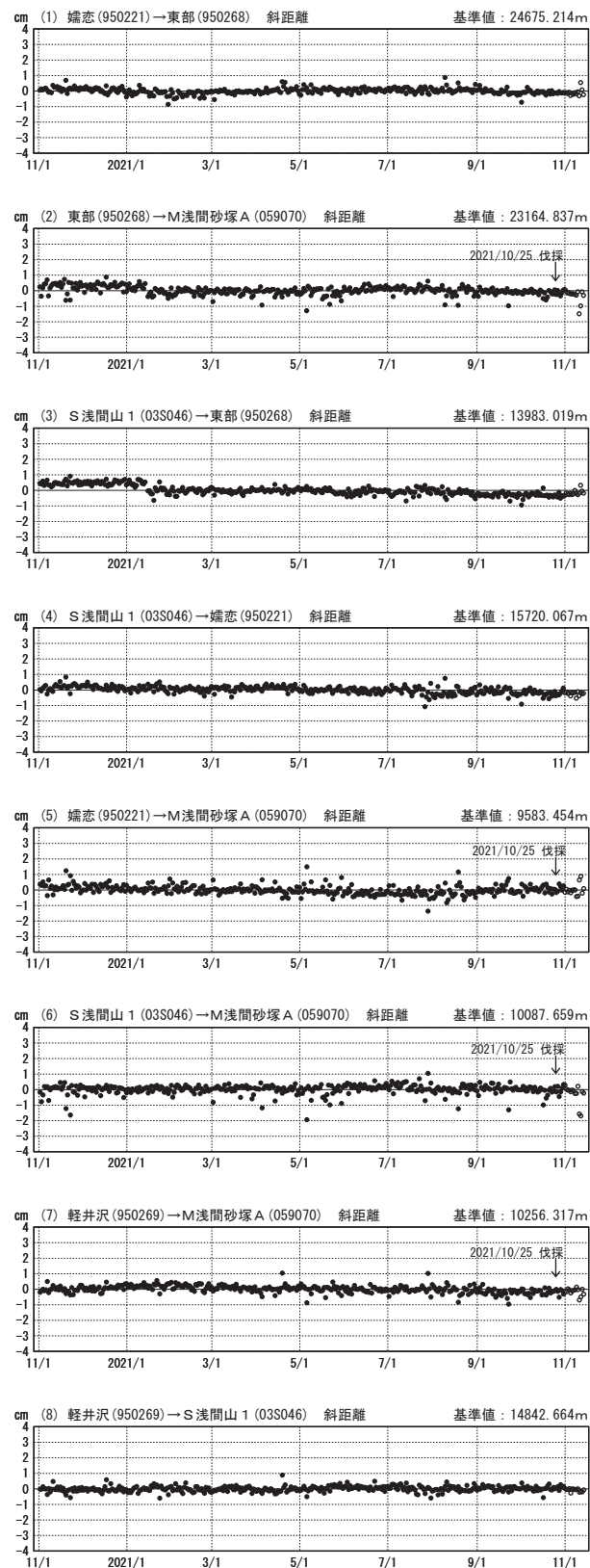
基線変化グラフ（長期）

期間：2016/11/01～2021/11/13 JST



基線変化グラフ（短期）

期間：2020/11/01～2021/11/13 JST

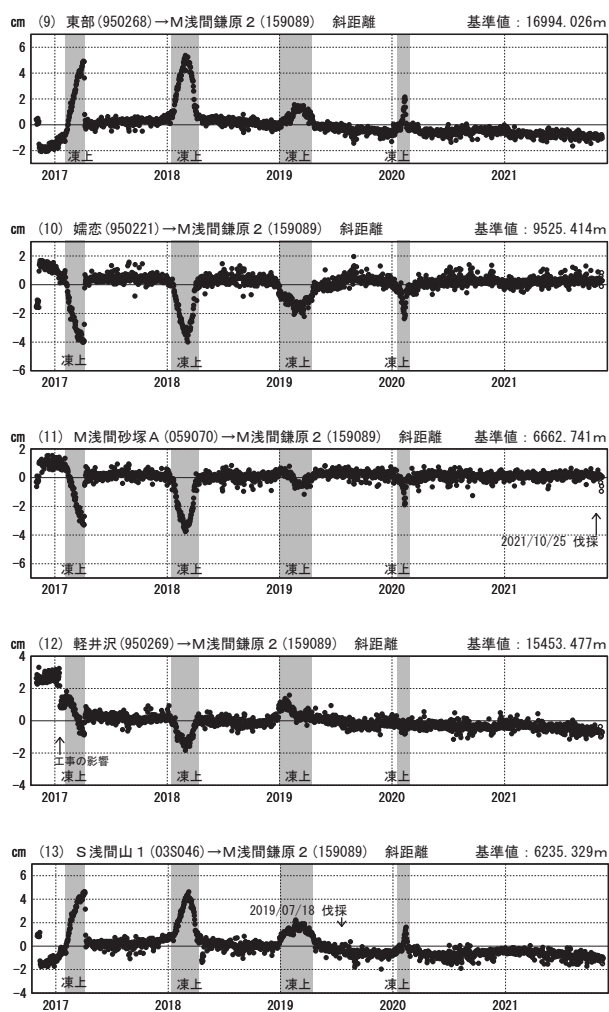


※[R5:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

浅間山

基線変化グラフ（長期）

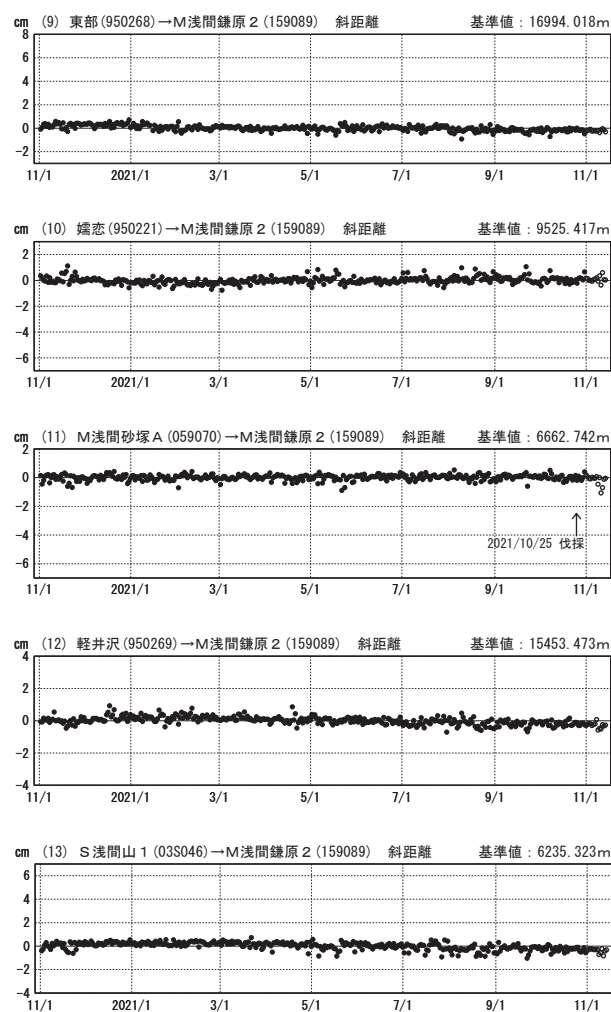
期間：2016/11/01～2021/11/13 JST



●---[F5:最終解] ○---[R5:速報解]

基線変化グラフ（短期）

期間：2020/11/01～2021/11/13 JST



国土地理院

(注) 「M浅間鎌原2」について

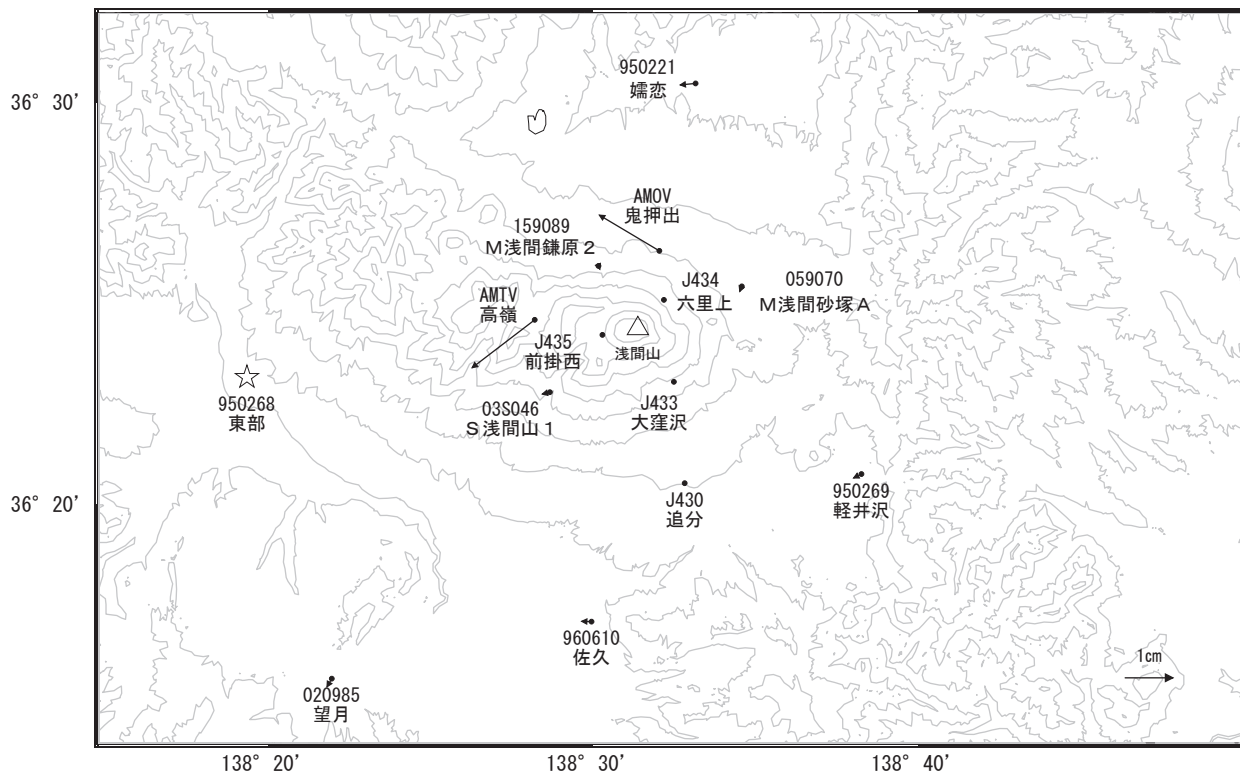
- ・2017年2月4日頃から見られる急激な変動は、凍上（土壌の凍結による地面の隆起）による装置の傾斜が原因です。
- ・2018年1月22日頃から見られる急激な変動は、凍上（土壌の凍結による地面の隆起）による装置の傾斜が原因です。
- ・2019年1月1日頃から見られる急激な変動は、凍上（土壌の凍結による地面の隆起）による装置の傾斜が原因です。
- ・2020年2月1日頃から見られる急激な変動は、凍上（土壌の凍結による地面の隆起）による装置の傾斜が原因です。

※[R5:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

浅間山

浅間山周辺の地殻変動(水平:3か月)

基準期間:2021/08/04~2021/08/13[F5:最終解]
比較期間:2021/10/28~2021/11/06[F5:最終解]

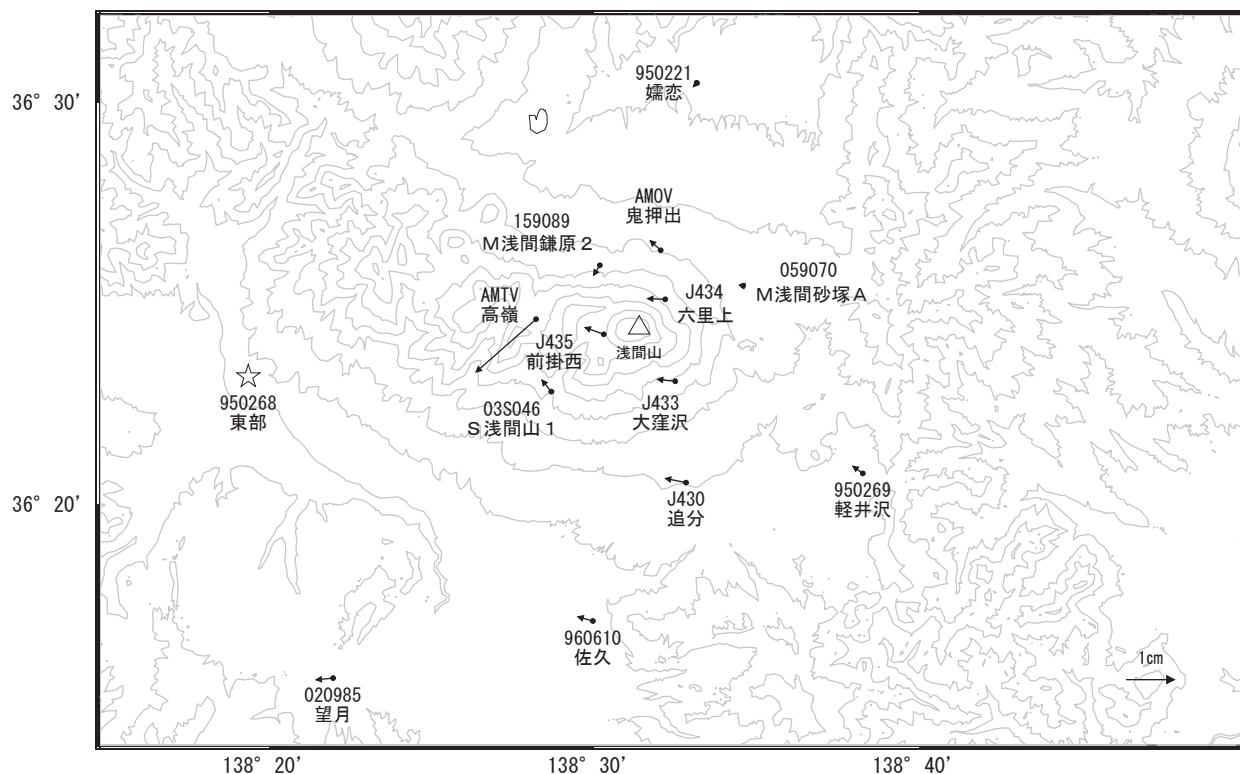


☆ 固定局:東部(950268)

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

浅間山周辺の地殻変動(水平:1年間)

基準期間:2020/11/04~2020/11/13[F5:最終解]
比較期間:2021/10/28~2021/11/06[F5:最終解]



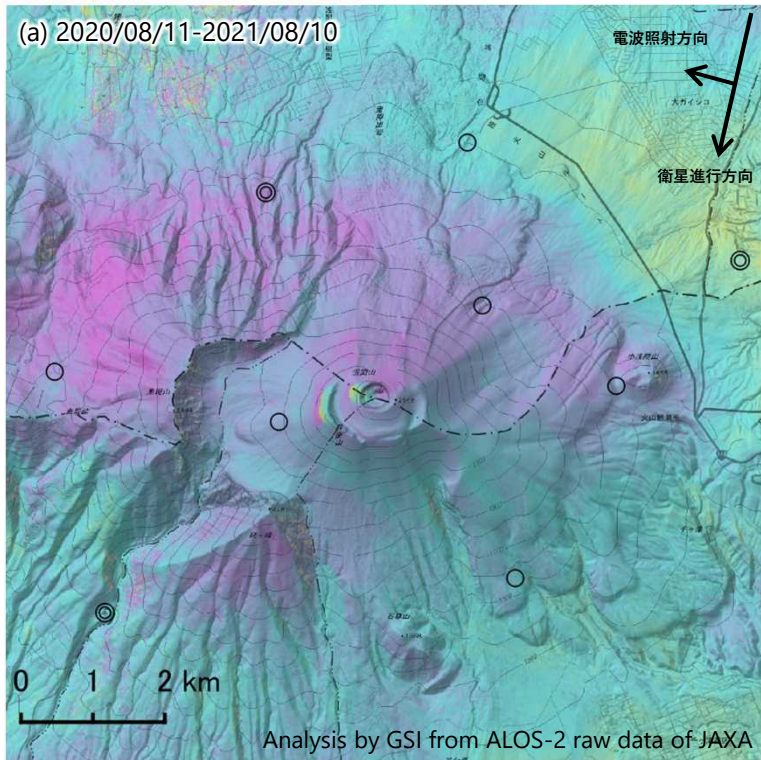
☆ 固定局:東部(950268)

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

浅間山

浅間山のSAR干渉解析結果について

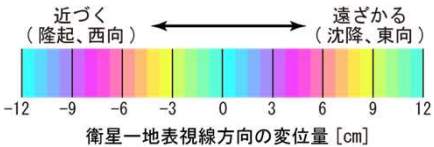
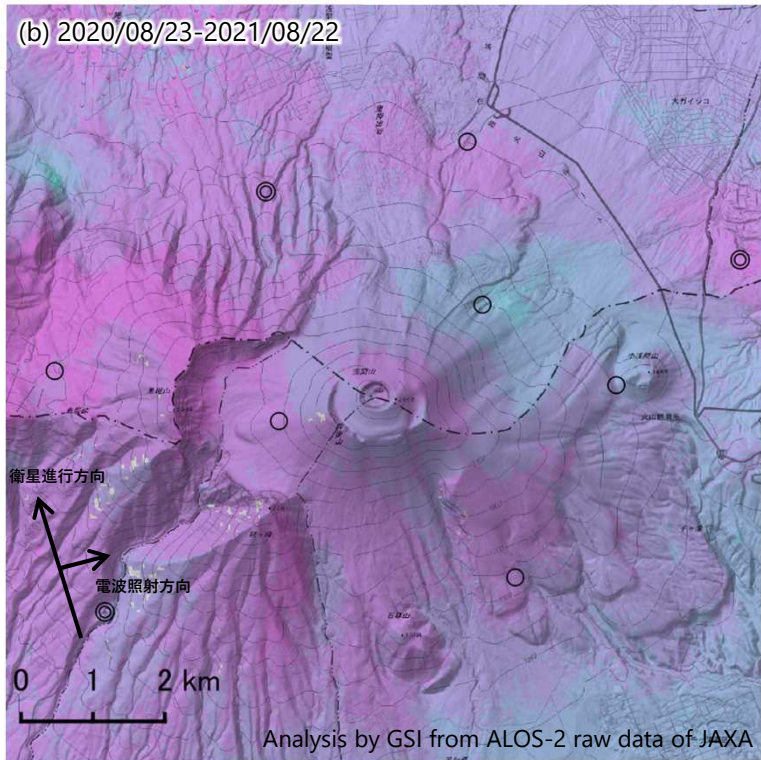
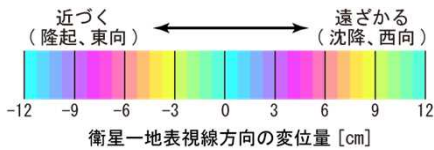
ノイズレベルを超える変動は見られません。



	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2020/08/11 2021/08/10 11:50頃 (364日間)	2020/08/23 2021/08/22 23:38頃 (364日間)
衛星進行方向	南行	北行
電波照射方向	右(西)	右(東)
観測モード*	U-U	H-H
入射角	37.2°	31.9°
偏波	HH	HH
垂直基線長	- 127m	+ 19m

* U：高分解能(3m)モード
H：高分解能(6m)モード

- ◎ 国土地理院GNSS観測点
- 国土地理院以外のGNSS観測点

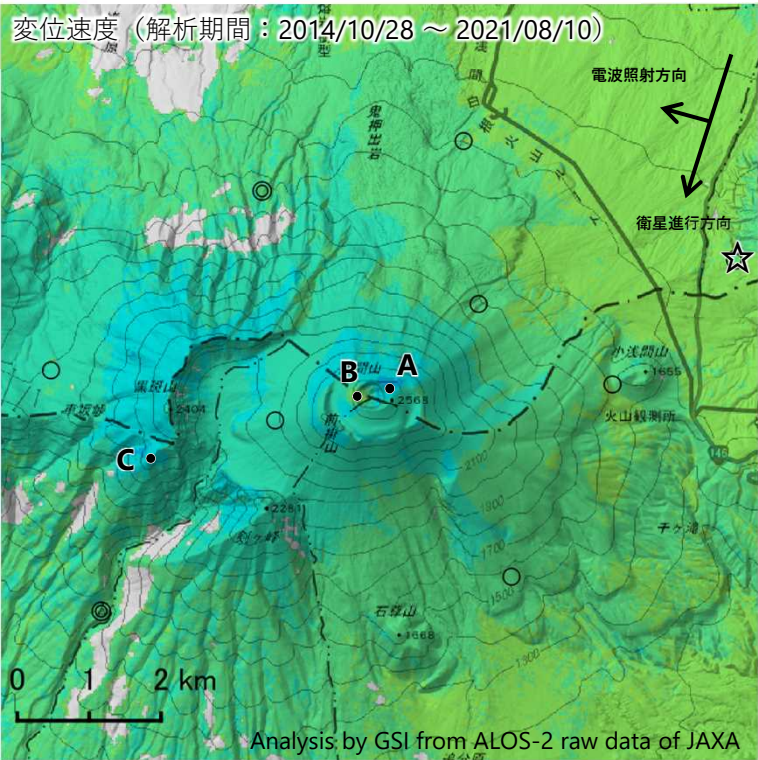


背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

浅間山

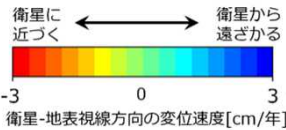
浅間山の干渉SAR時系列解析結果（南行）

ノイズレベルを超える変動は見られません。

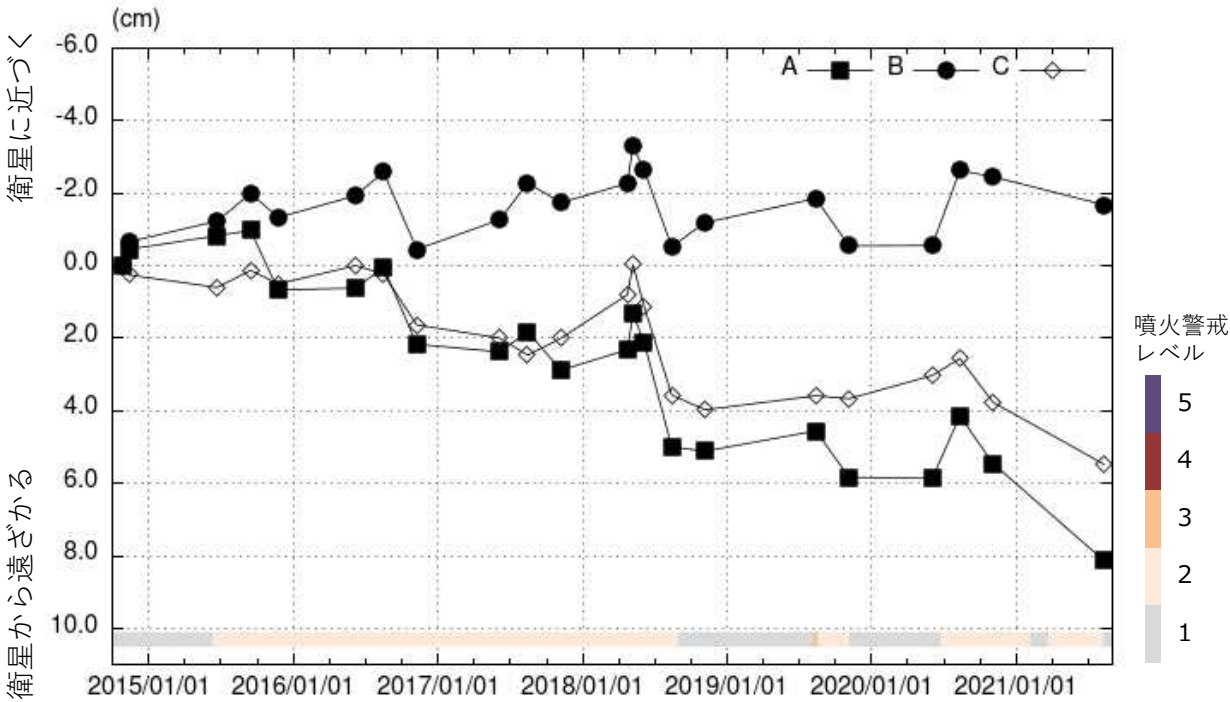


衛星名	ALOS-2
観測期間	2014/10/28 ～ 2021/08/10 (2478日間)
衛星進行方向	南行
電波照射方向	右(西)
観測モード*	U
入射角	37.2°
偏波	HH
データ数	22
干渉ペア数	58

* U：高分解能(3m)モード
◎ 国土地理院のGNSS観測点
○ 国土地理院以外のGNSS観測点



背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図 ※参照点は国土地理院GNSS観測点「M浅間砂塚A」付近 (☆)
干渉SAR時系列解析手法：SBAS法



地点A・B・Cにおける衛星-地表視線方向の変位の時系列

浅間山

本解析で利用したデータの一部は、火山噴火予知連絡会衛星解析グループの活動を通して得られたものです。

精密水準測量による浅間山(車坂峠)における上下変動 (2019-2021)

日本大学文理学部・気象庁

浅間山の南～西山麓、追分から車坂峠を経て高峰高原に至る水準路線の一部（車坂路線）を 2021 年 11 月 6～14 日に再測量した。この路線は 2004 年噴火時に推定されたダイクの直上に位置する。

前回測定 of 2019 年 6 月から今回の 2021 年 11 月の約 2 年半の期間において、水準点 BM801 に対し車坂路線北部の BM827 で約 5 mm の沈降を検出した（図 1・2）。

2007 年～2021 年の上下変動時系列より、車坂峠において 2017 年 6 月～2021 年 11 月の期間に沈降が継続していたことが明らかとなった（図 3）。しかし 2018 年 7 月～2019 年 6 月と比較して 2019 年 6 月～2021 年 11 月の沈降速度が減少した点は注目される（図 3）。

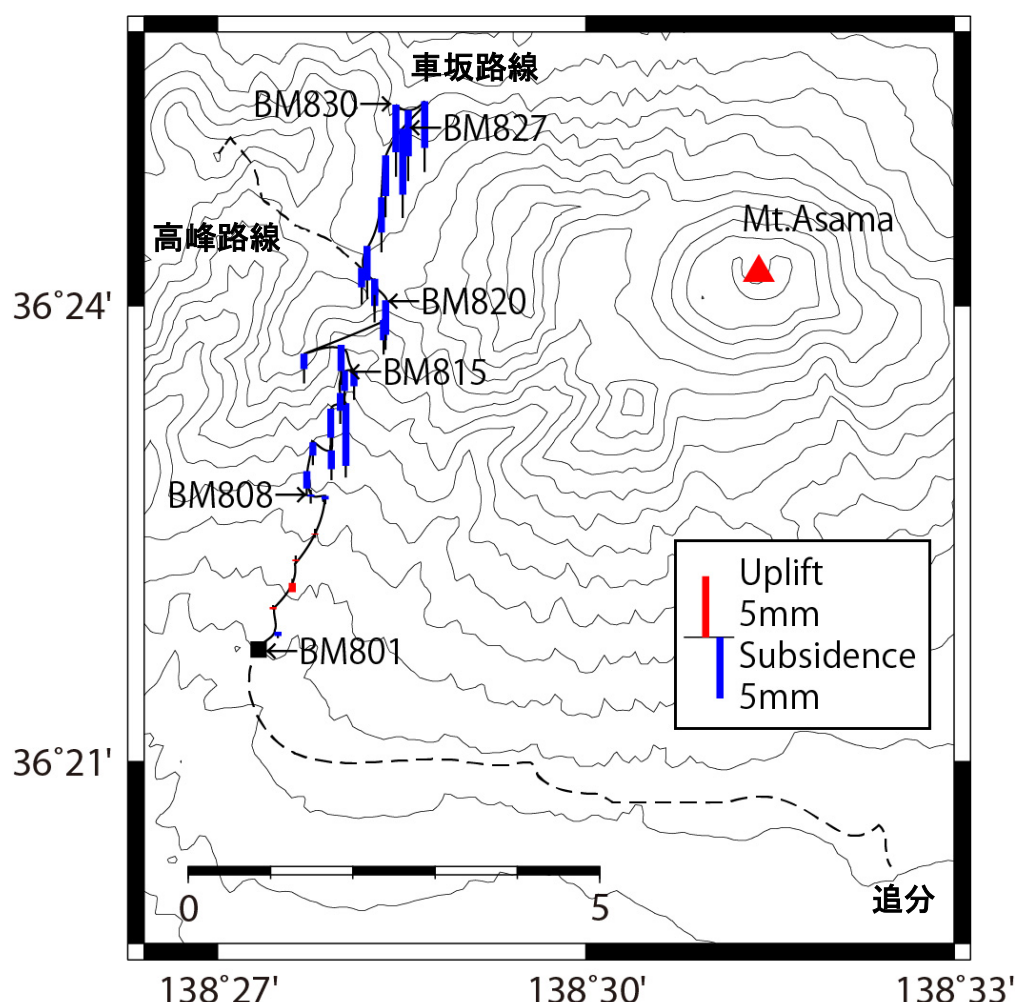


図 1. 浅間車坂路線・高峰水準路線の位置と 2019 年 6 月から 2021 年 11 月の上下変動。
破線は今回未測定の水準路線を示す。

（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）」を使用した）

測量担当者 (2021 年 11 月)

村瀬雅之、(日大)、飯島聖、久保田勲、手操佳子、山田晋也、荒木陽輔 (気象庁)、

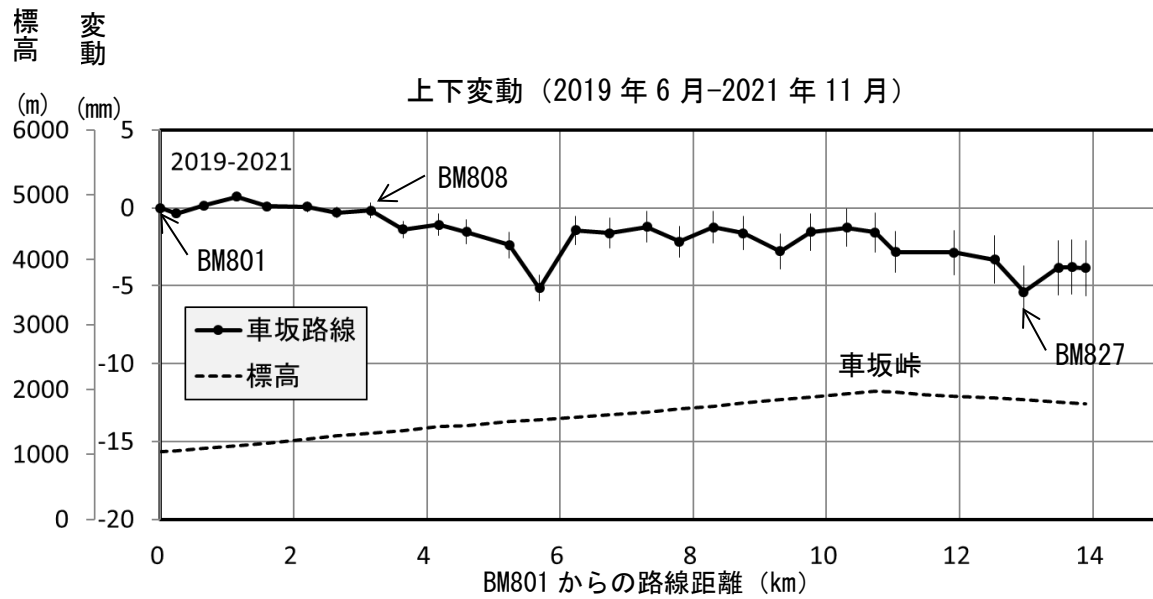


図 2. 浅間車坂峠路線における 2019 年 6 月から 2021 年 11 月の上下変動と路線の標高。変動は BM801 を基準とした。BM808 付近からわずかな沈降が始まり、BM827 で約 5mm の最大沈降を示す。路線の位置は図 1 を参照。

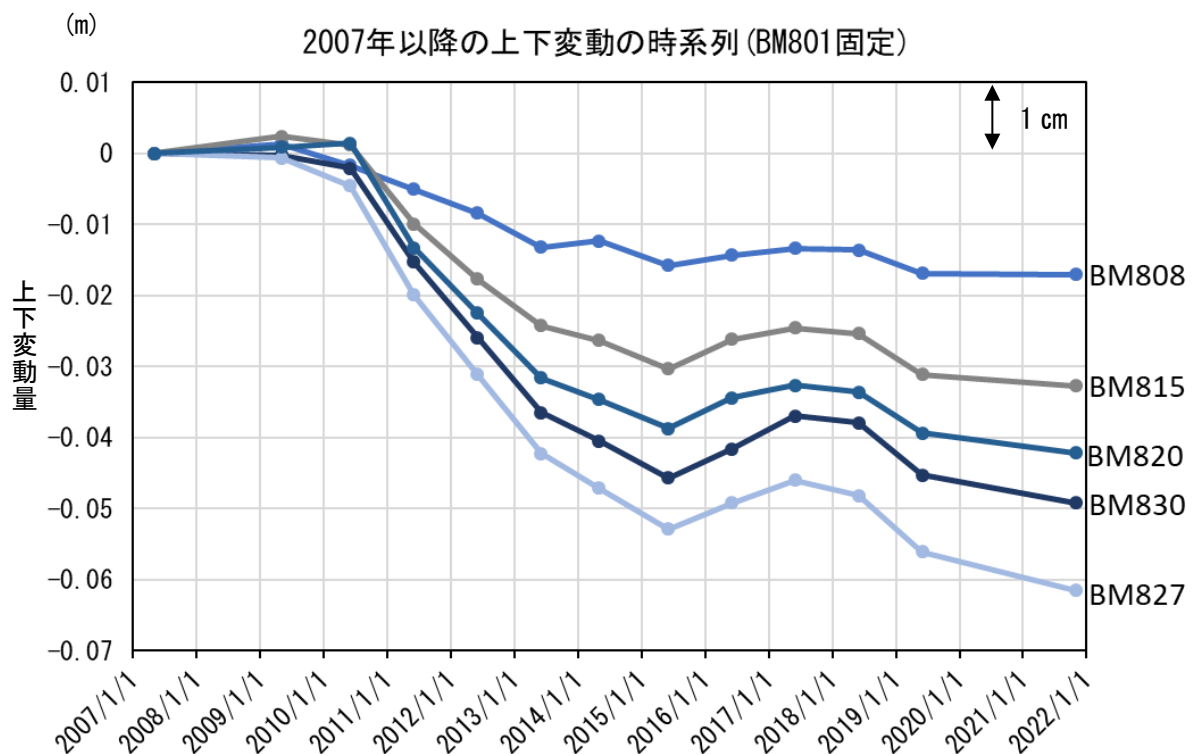
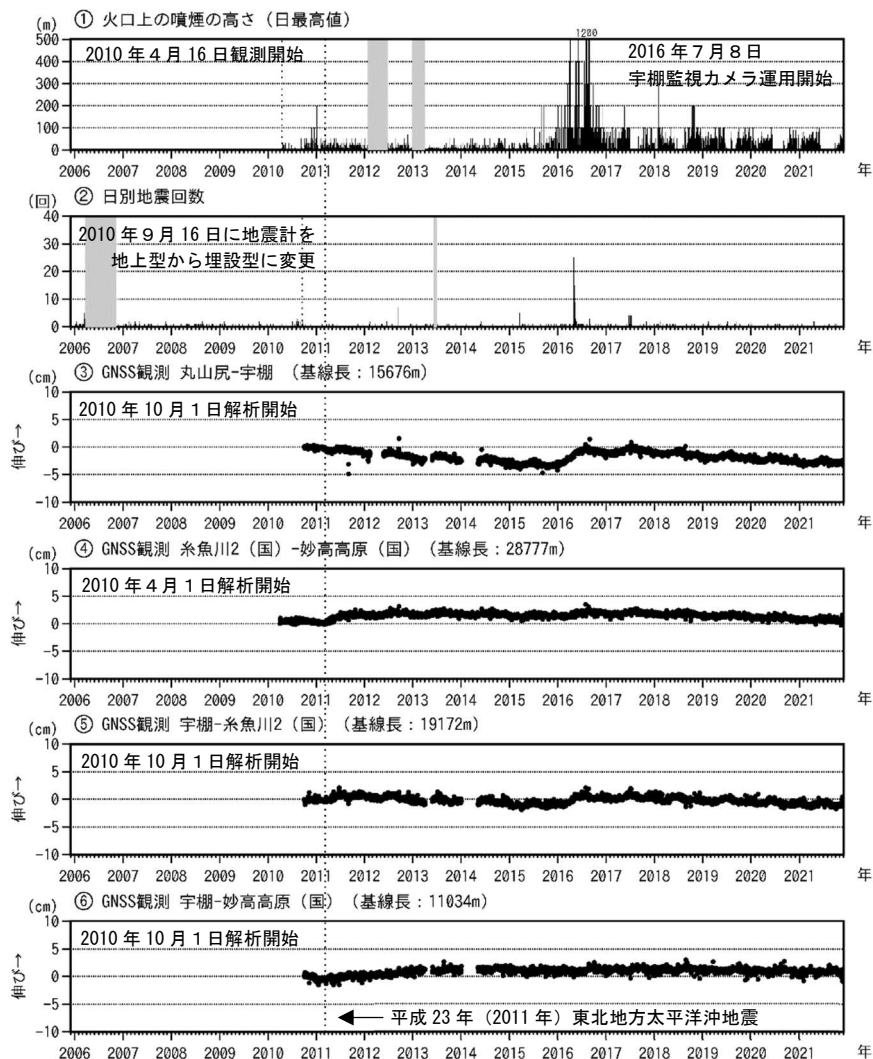


図 3. 2007 年 5 月以降の代表的な水準点の上下変動の時系列。BM801 を不動と仮定し、2007 年 5 月の比高を基準として計算した。水準点の位置は図 1 を参照。2008～2009 年の噴火以降、沈降傾向が顕著である。2013～2015 年には沈降速度の減少を示し、2015～2017 年は隆起に転じたが、2017～2021 年は再び沈降となった。

新潟 焼 山

(2021 年 6 月～2021 年 11 月)

火山活動に特段の変化はなく 静穏に経過しており、噴火の兆候は認められない。



焼山温泉監視カメラ (11 月 6 日)

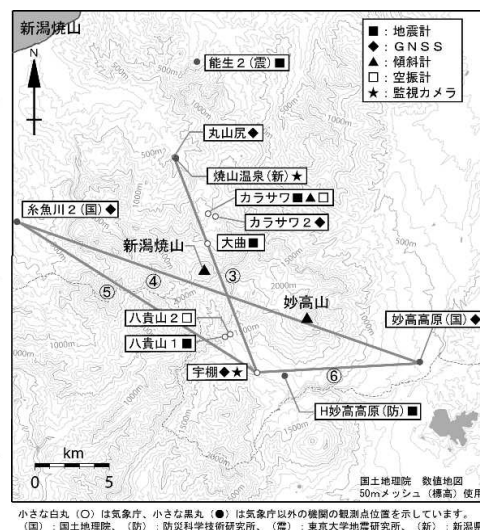


図 1 新潟焼山 火山活動経過図 (2005 年 12 月 1 日～2021 年 11 月 30 日)

(国): 国土地理院

①、②のグラフの灰色部分は機器調整による欠測を示す。

③～⑥は (観測点配置図) の③～⑥に対応している。平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震によるステップを補正した。グラフの空白部分は欠測を示す。

- ・今期間、噴煙活動は低調に経過した。噴煙の高さは火口縁上 100m 以下で経過した。
- ・今期間、火山性地震は少なく、地震活動は低調に経過している。
- ・GNSS 連続観測では、火山活動によるとみられる地殻変動は認められなかった。

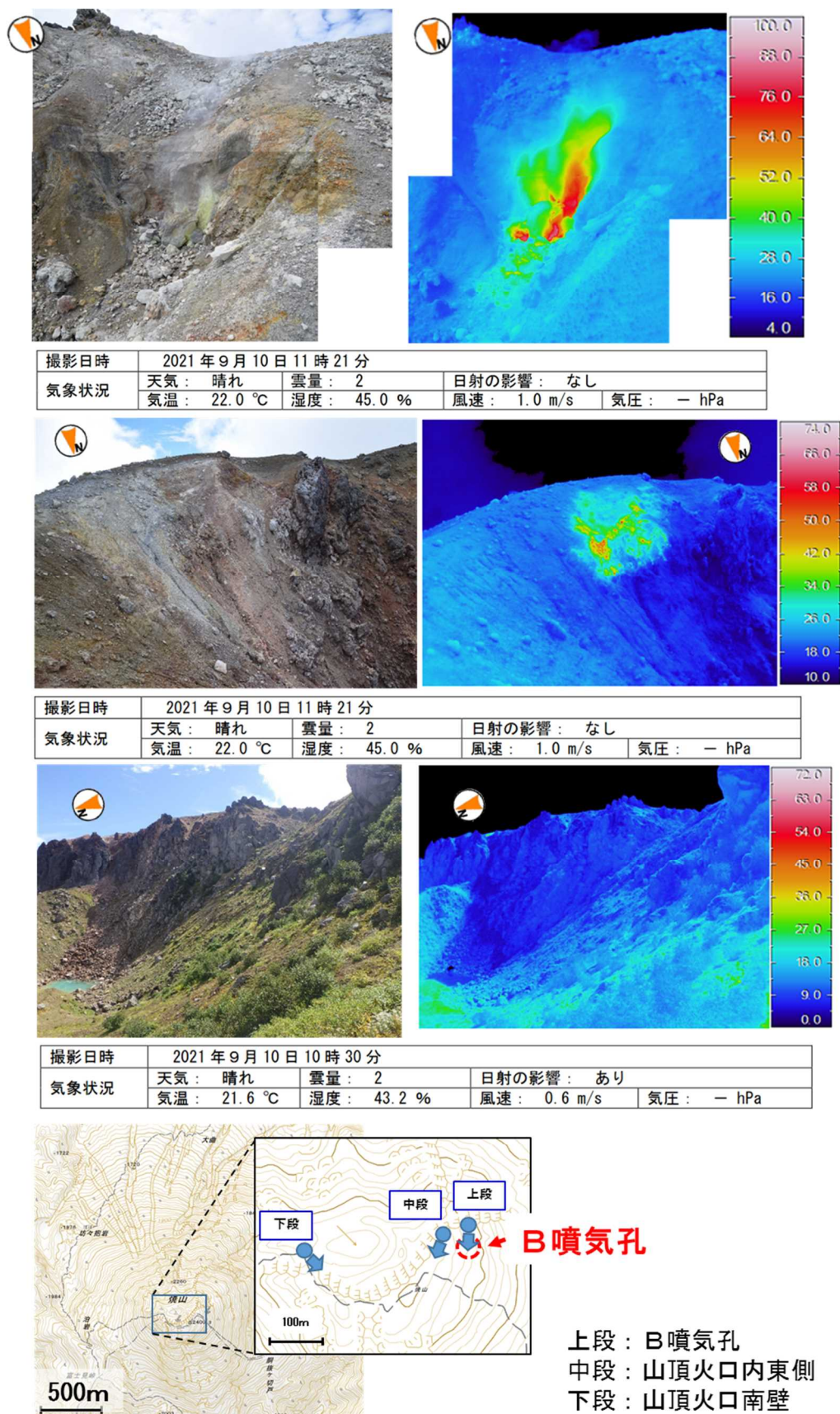


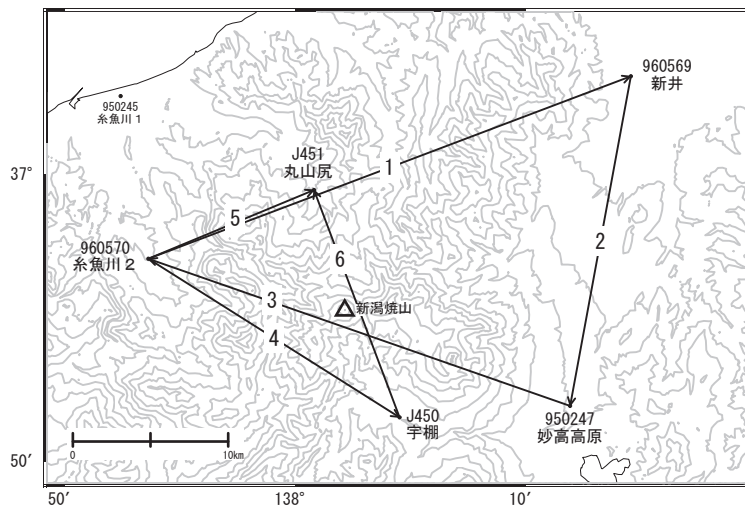
図 2 新潟焼山 山頂付近の状況 (2021 年 9 月 10 日)

- ・ 9 月に実施した現地調査では、前回 (2020 年) と比較して大きな変化は認められなかった。

新潟焼山

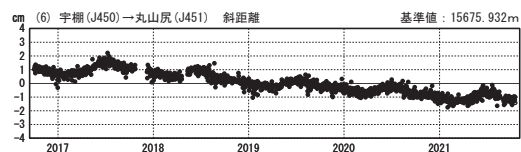
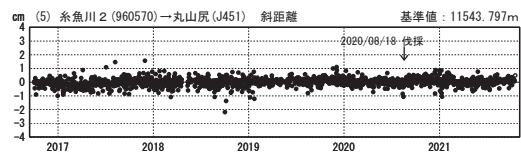
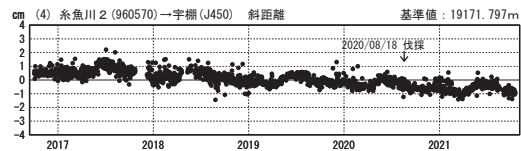
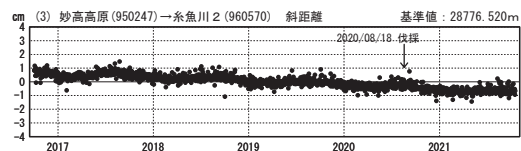
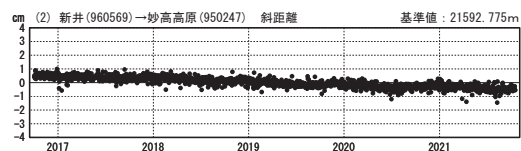
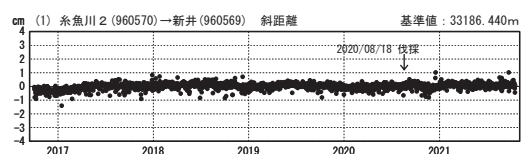
G N S S 連続観測結果では、顕著な地殻変動は見られません。

新潟焼山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図



基線変化グラフ(長期)

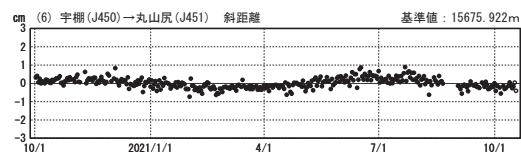
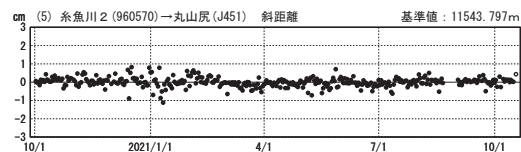
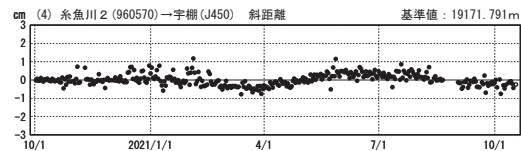
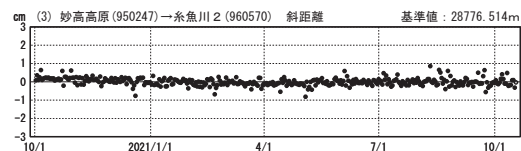
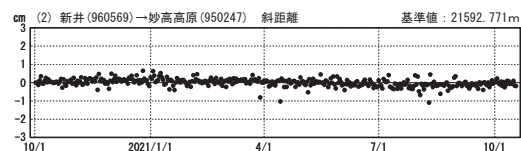
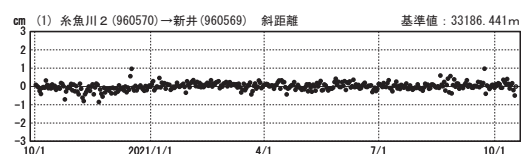
期間: 2016/10/01~2021/10/17 JST



●[F5:最終解] ○[R5:速報解]

基線変化グラフ(短期)

期間: 2020/10/01~2021/10/17 JST



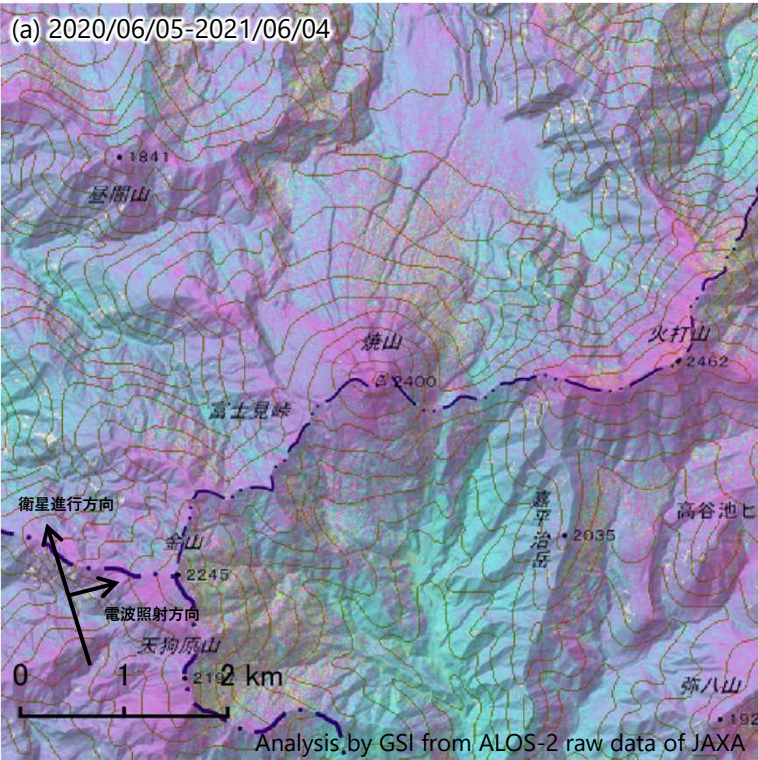
国土地理院・気象庁

※[R5:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

新潟焼山

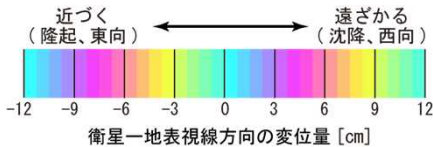
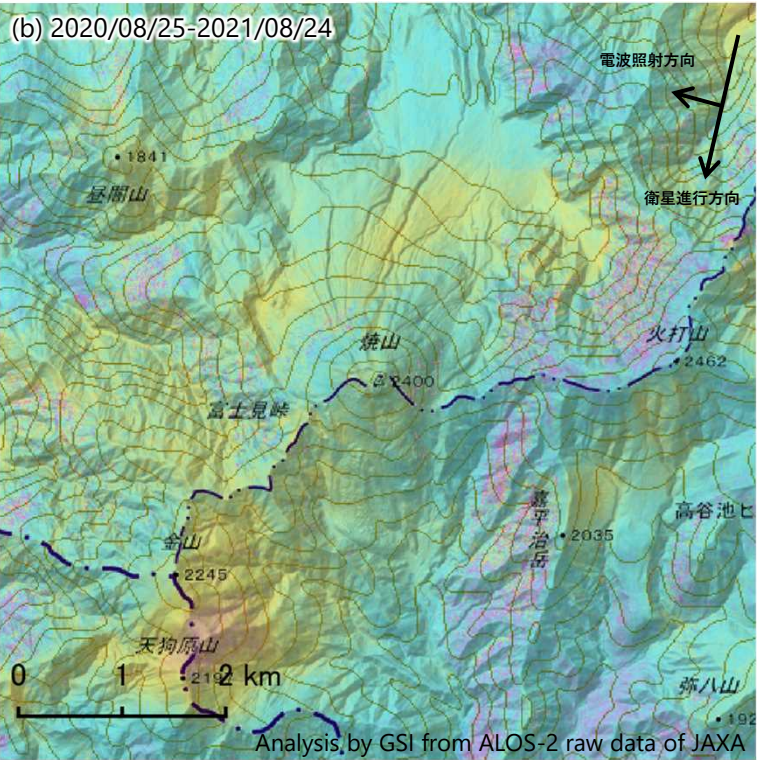
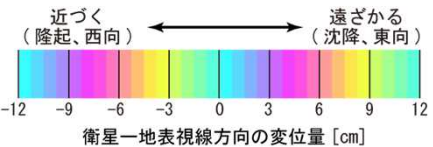
新潟焼山のSAR干渉解析結果について

ノイズレベルを超える変動は見られません。



	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2020/06/05 2021/06/04 23:45頃 (364日間)	2020/08/25 2021/08/24 11:50頃 (364日間)
衛星進行方向	北行	南行
電波照射方向	右(東)	右(西)
観測モード*	U-U	U-U
入射角	40.2°	40.6°
偏波	HH	HH
垂直基線長	- 3m	- 116m

* U：高分解能(3m)モード



背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

新潟焼山

弥 陀 ケ 原

(2021 年 6 月～2021 年 11 月)

地獄谷周辺の地震活動は低調で、火山活動によるとみられる地殻変動は観測されていないが、地獄谷では、2012 年 6 月以降、噴気の拡大や噴気温度の上昇などがみられており、熱活動が活発な状態が続いている。今後の火山活動の推移に注意が必要である。

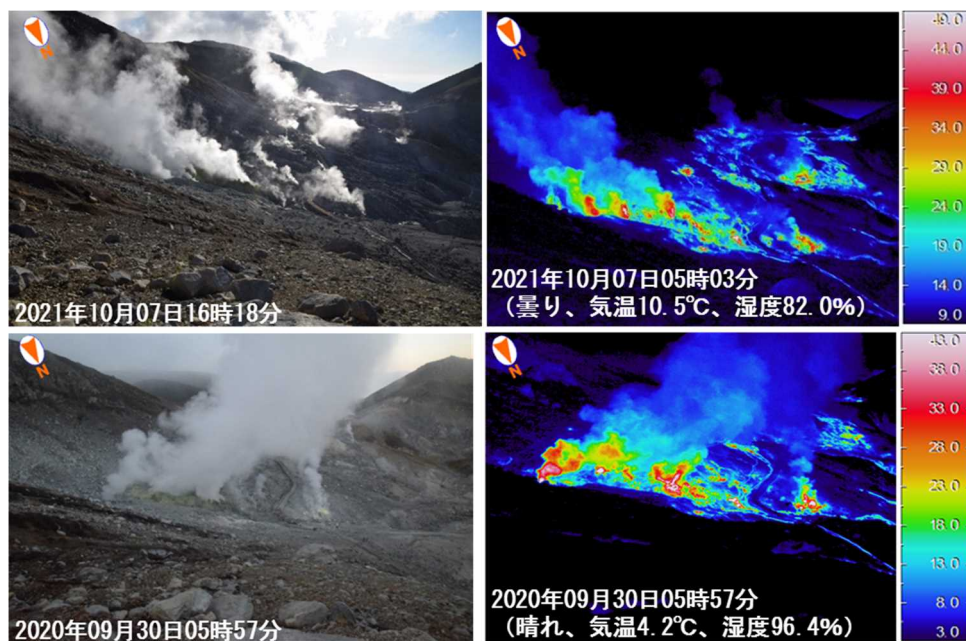


図 1 弥陀ヶ原 地獄谷（紺屋地獄）の状況（雷鳥荘の裏から撮影）

- ・ 10 月に実施した現地調査では、紺屋地獄では、活発な噴気活動が継続していた。2020 年 9 月の観測と比較して、その他の噴気の状態や高温領域の分布に特段の変化は認められない。

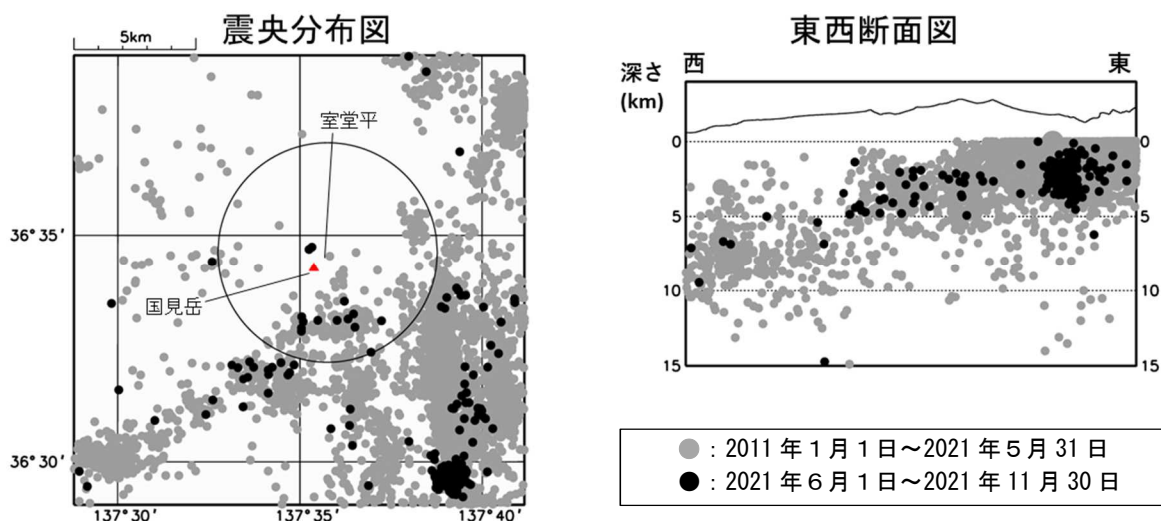


図 2 弥陀ヶ原 一元化震源による周辺の地震活動（2011 年 1 月 1 日～2021 年 11 月 30 日）

この図では、関係機関の地震波形を一元的に処理し、地震観測点の標高を考慮する等した新手法で得られた震源を用いている（ただし、2020 年 8 月以前の地震については火山活動評価のための参考震源である）。

- ・ 地獄谷周辺の地震活動は、低調に経過している。

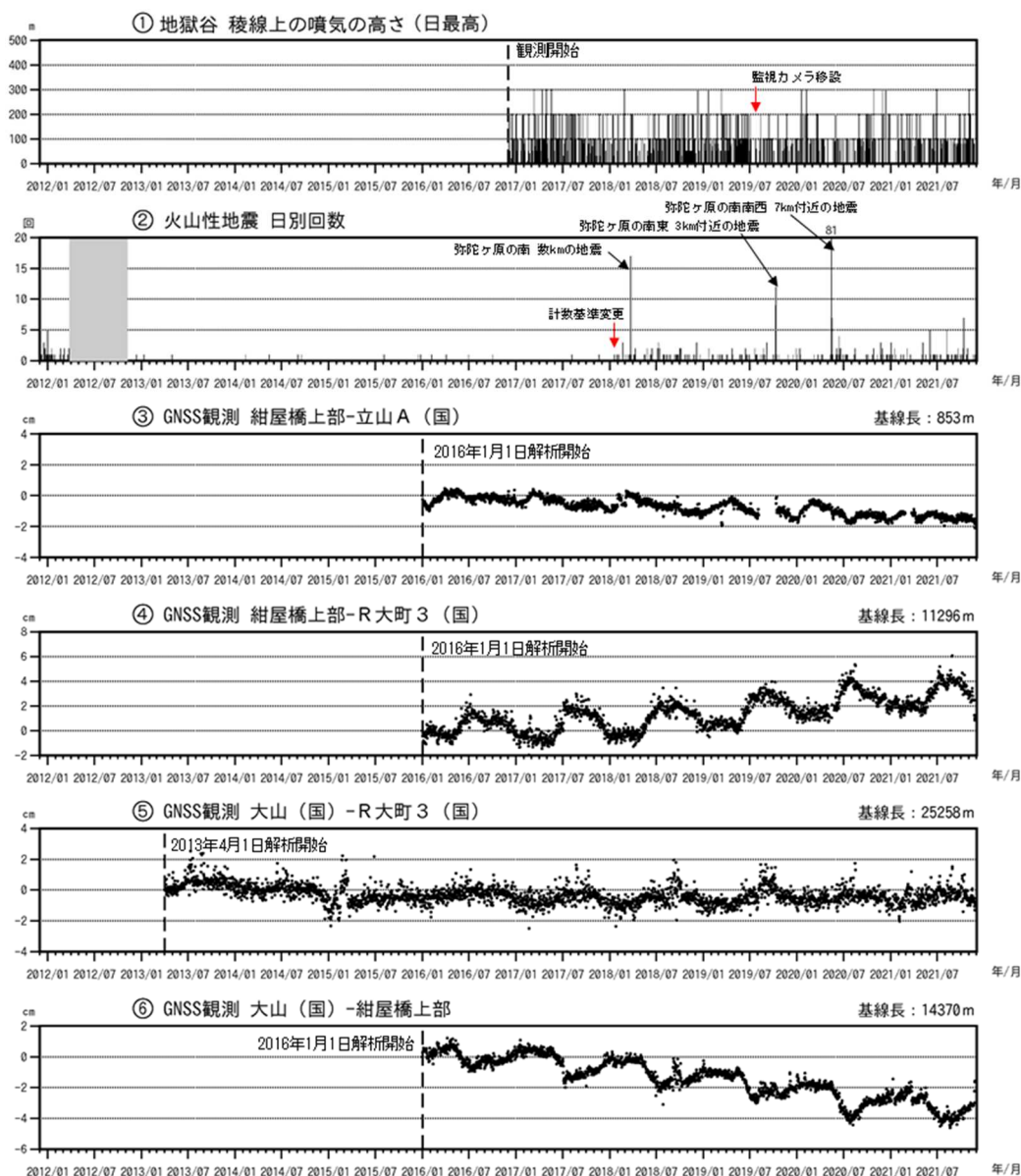


図 3 弥陀ヶ原 火山活動経過図 (2011 年 12 月 1 日～2021 年 11 月 30 日)

- ・地獄谷からの噴気の高さは 300m 以下で推移し、噴気活動に変化はない。
- ・地獄谷周辺の地震活動は、低調に経過している。
- ・GNSS 連続観測では、火山活動によるとみられる変動は認められなかった。

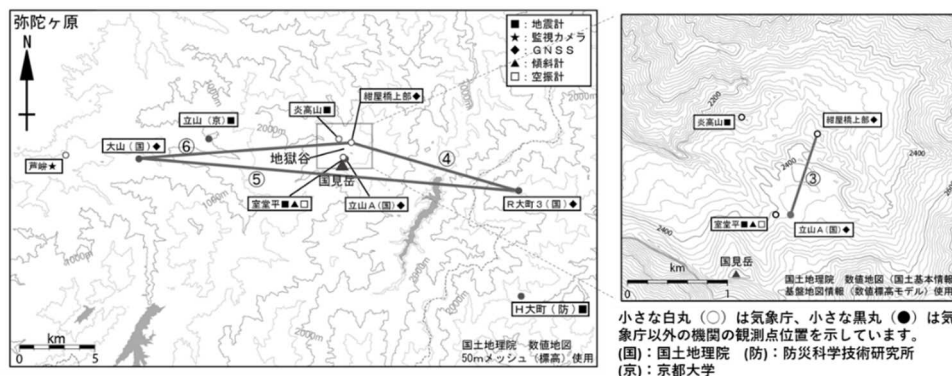
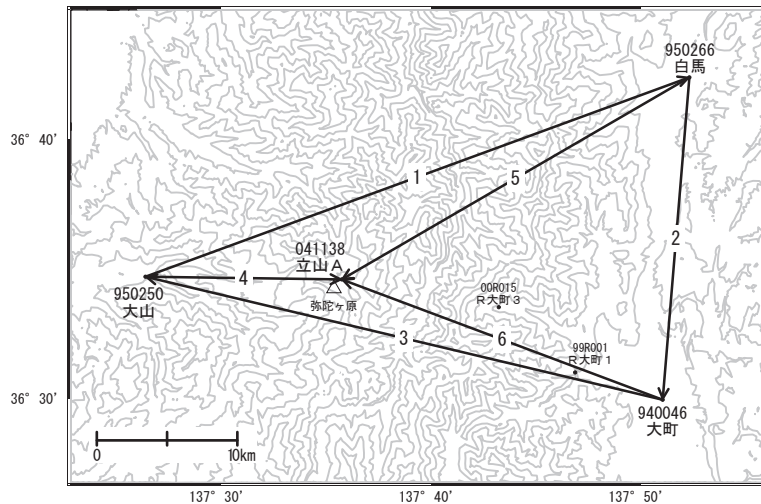


図 4 弥陀ヶ原 観測点配置図

弥陀ヶ原

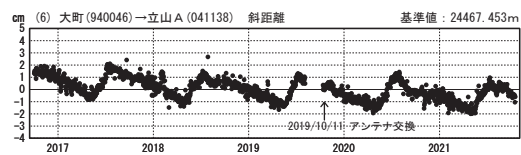
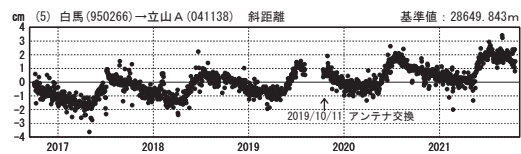
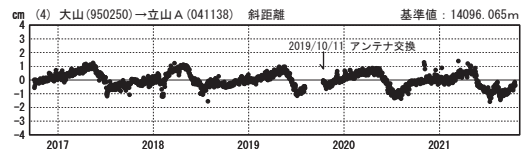
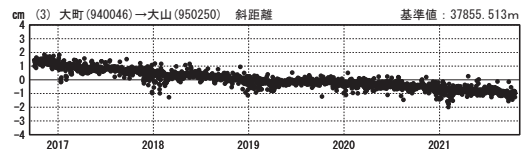
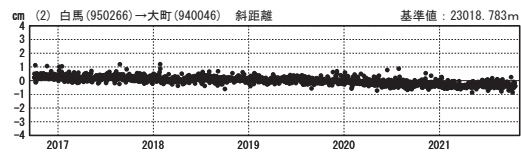
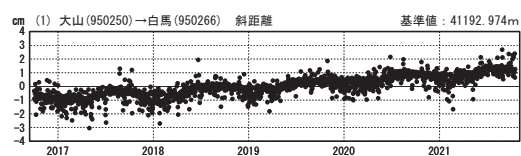
G N S S 連続観測結果では、顕著な地殻変動は見られません。

弥陀ヶ原周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図



基線変化グラフ (長期)

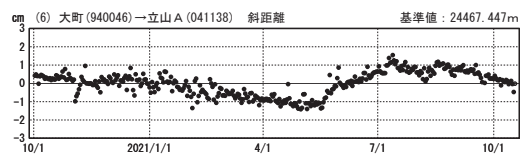
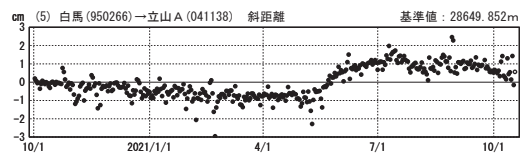
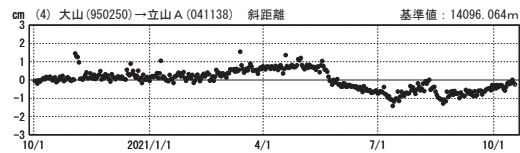
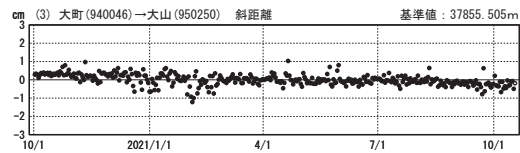
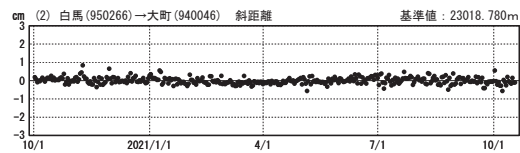
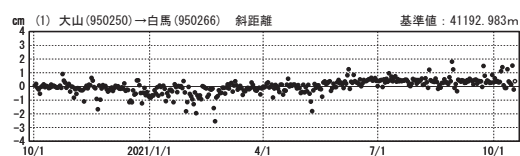
期間: 2016/10/01~2021/10/17 JST



●—[F5:最終解] ○—[R5:速報解]

基線変化グラフ (短期)

期間: 2020/10/01~2021/10/17 JST



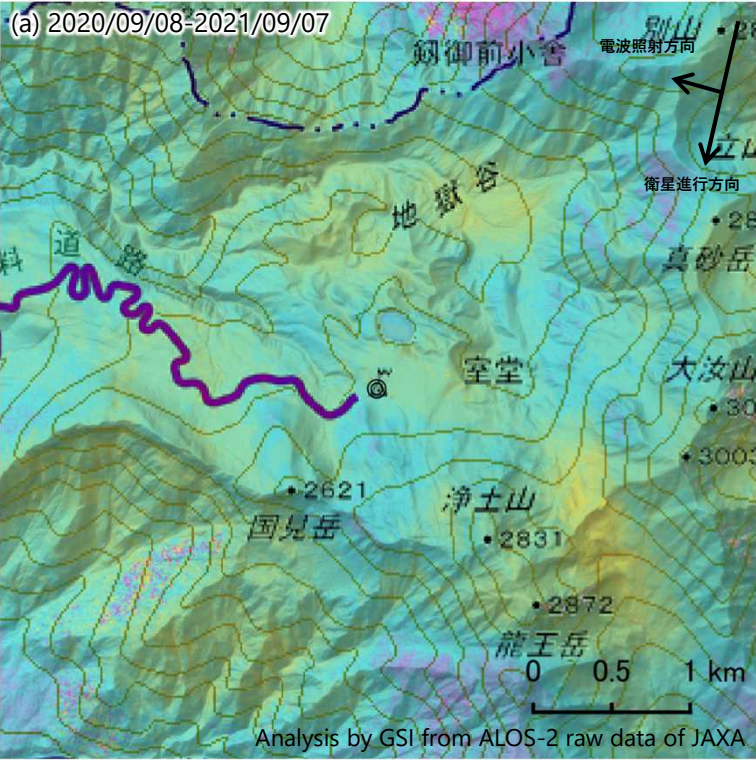
国土地理院

※[R5:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

弥陀ヶ原

弥陀ヶ原のSAR干渉解析結果について

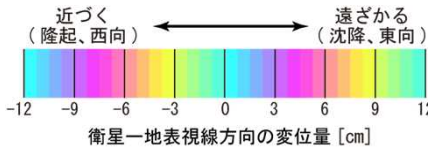
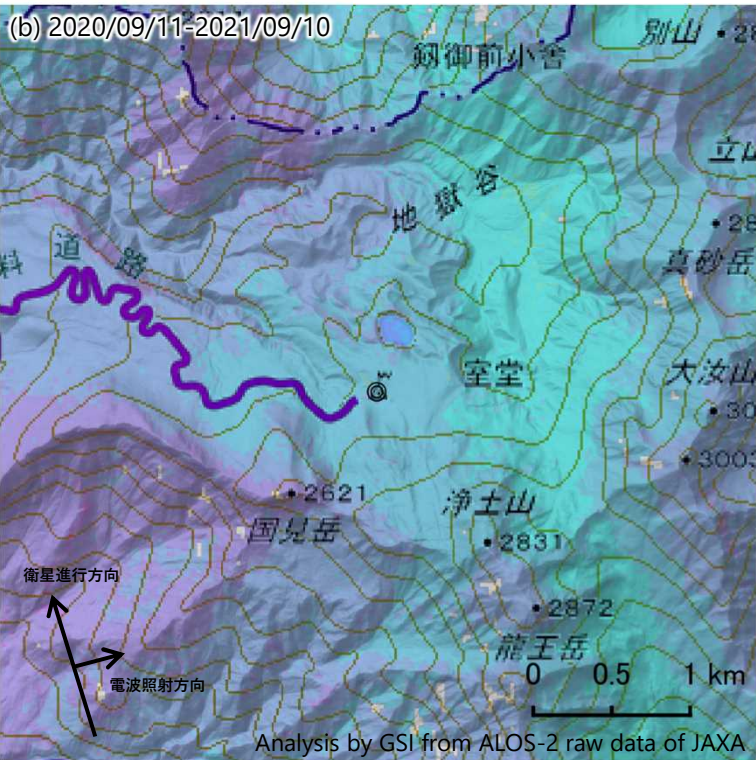
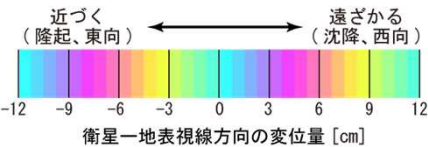
ノイズレベルを超える変動は見られません。



	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2020/09/08 2021/09/07 11:50頃 (364日間)	2020/09/11 2021/09/10 23:45頃 (364日間)
衛星進行方向	南行	北行
電波照射方向	右(西)	右(東)
観測モード*	U-U	H-H
入射角	42.7°	37.2°
偏波	HH	HH
垂直基線長	+ 9m	+ 40m

* U：高分解能(3m)モード
H：高分解能(6m)モード

◎ 国土地理院GNSS観測点



背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

弥陀ヶ原

気象庁資料に関する補足事項

1. データ利用について

- ・資料は気象庁のほか、以下の機関のデータも利用して作成している。

北海道地方（北方領土を含む）：国土交通省北海道開発局、国土地理院、北海道大学、国立研究開発法人防災科学技術研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所、北海道、地方独立行政法人北海道立総合研究機構エネルギー・環境・地質研究所及び公益財団法人地震予知総合研究振興会

東北地方：国土交通省東北地方整備局、国土地理院、東北大学、弘前大学、北海道大学、国立研究開発法人防災科学技術研究所、青森県及び公益財団法人地震予知総合研究振興会

関東・中部地方：関東地方整備局、中部地方整備局、国土地理院、東北大学、東京工業大学、東京大学、名古屋大学、京都大学、国立研究開発法人防災科学技術研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所、長野県、新潟県、山梨県、神奈川県温泉地学研究所及び公益財団法人地震予知総合研究振興会

伊豆・小笠原地方：国土地理院、東京大学、国立研究開発法人防災科学技術研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所、東京都

九州地方・南西諸島：九州地方整備局大隅河川国道事務所、九州地方整備局長崎河川国道事務所（雲仙砂防管理センター）、国土地理院、九州大学、京都大学、鹿児島大学、東京大学、国立研究開発法人防災科学技術研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所、宮崎県、鹿児島県、大分県、十島村、三島村、屋久島町、公益財団法人地震予知総合研究振興会及び阿蘇火山博物館

2. 一元化震源の利用について

- ・2001 年 10 月以降、Hi-net の追加に伴い検知能力が向上している。
- ・2010 年 10 月以降、火山観測点の追加に伴い検知能力が向上している。
- ・2016 年 4 月 1 日以降の震源では、M の小さな地震は、自動処理による震源を表示している場合がある。自動処理による震源は、震源誤差の大きなものが表示されることがある。
- ・2020 年 9 月以降の震源は、地震観測点の標高を考慮する等した新手法で求められている。
- ・2021 年 12 月現在、次の期間の地震について、暫定的に震源精査の基準を変更しているため、その前後の期間と比較して微小な地震での震源決定数の変化（増減）が見られる。

- ① 2020 年 9 月 1 日から 10 月 23 日まで、② 2021 年 1 月 9 日から 3 月 7 日まで、③ 2021 年 4 月 19 日以降

3. 地図の作成について

- ・資料内の地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 25000 (行政界・海岸線・地図画像)』、『数値地図 50m メッシュ (標高)』、『基盤地図情報』及び『電子地形図 (タイル)』を使用した。