

第 151 回
火山噴火予知連絡会資料

(その1の7)

焼岳

令和4年 12 月6日

火山噴火予知連絡会資料(その1の7)

目次

焼岳.....	3
気象庁 3-7	
京大防災研 8-14	
信州大・産総研 15-18	
地理院 19-24	
気象庁資料に関する補足事項.....	25

焼 岳

(2022 年 6 月～2022 年 10 月)

山頂付近の微小な地震活動が継続して発生し、GNSS 連続観測では、山頂付近での緩やかな膨張の可能性のある変化が継続している。また、焼岳周辺では数年おきに震度 1 以上を観測する地震を含む活発な地震活動がみられることから、中長期的に焼岳の火山活動は高まってきている可能性がある。

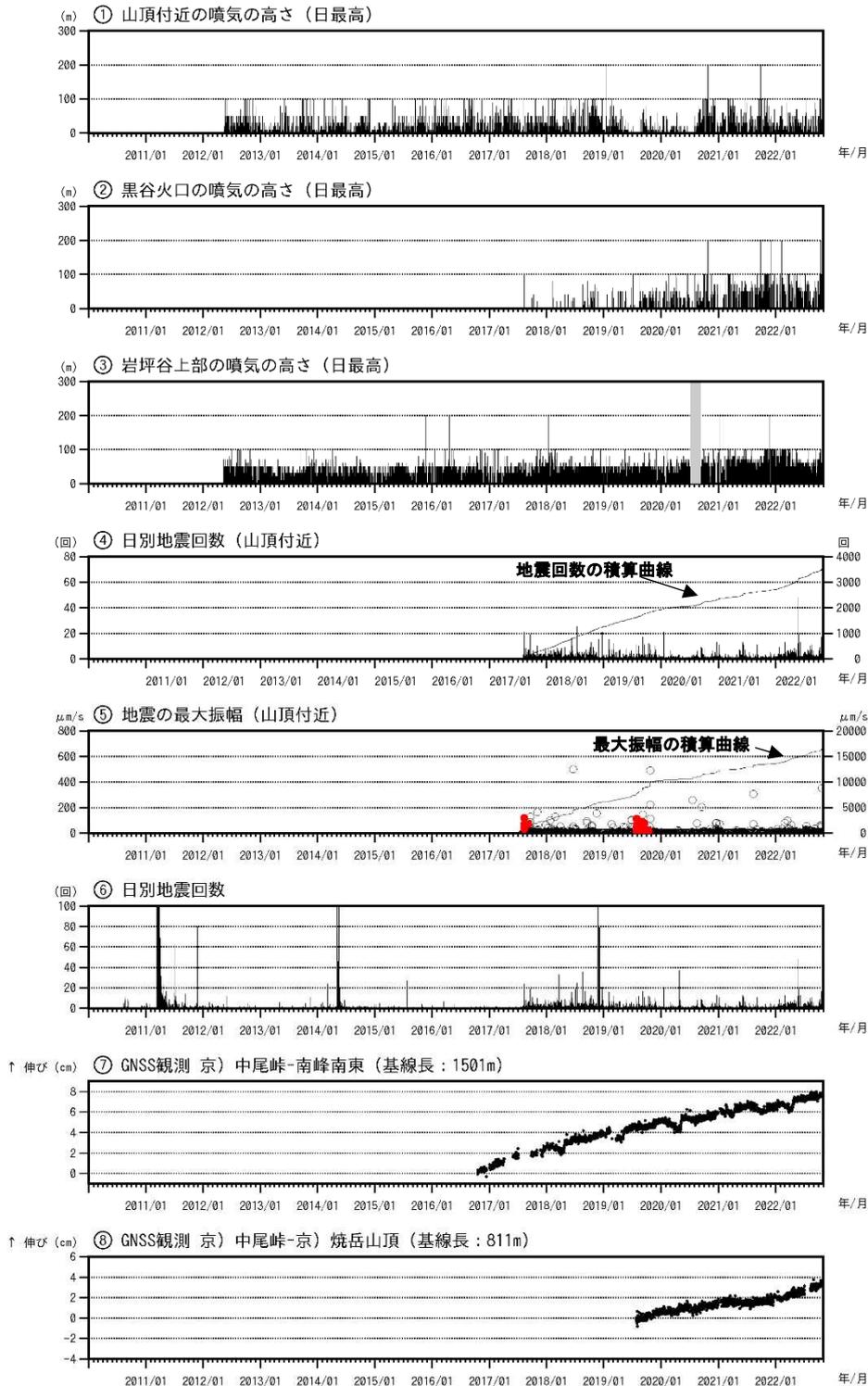


図 1 焼岳 火山活動経過図（前ページ）（2010 年 10 月 1 日～2022 年 10 月 31 日）

④山頂付近の地震とは、焼岳山頂付近の概ね海拔 0 km 以浅が震源と推定される地震のことを示す。

●：空振を伴う火山性地震

⑦⑧の空白部分は欠測を示す。京）：京都大学。⑦⑧は図 3 の基線番号⑥⑧に対応

- ・黒谷火口の噴気の高さは 2017 年 8 月以降観測される頻度が増えており、2021 年 10 月頃から日最大 100 m を観測する頻度が次第に増加している。
- ・2017 年 8 月に観測を開始して以降、山頂付近を震源とする火山性地震が 1 日あたり数回程度発生している。
- ・2017 年、2019 年には空振を伴う火山性地震が発生した。
- ・焼岳周辺では数年おきにまとまった地震活動がみられるが、2021 年 10 月以降、周辺でのまとまった地震は観測されていない。
- ・GNSS 連続観測において、山頂付近の緩やかな膨張と思われる変動が継続している。

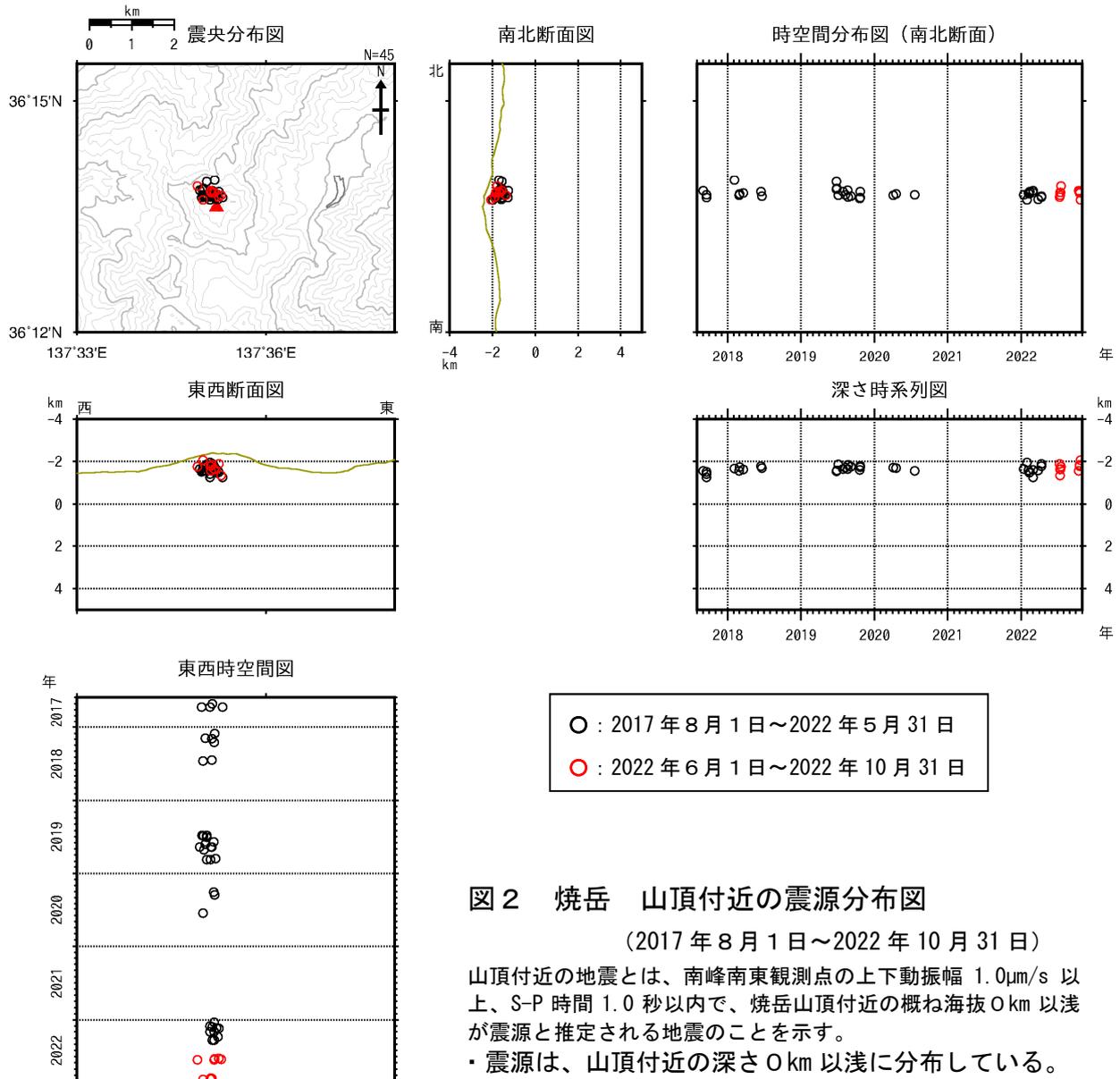


図 2 焼岳 山頂付近の震源分布図

(2017 年 8 月 1 日～2022 年 10 月 31 日)

山頂付近の地震とは、南峰南東観測点の上下動振幅 $1.0\mu\text{m/s}$ 以上、S-P 時間 1.0 秒以内で、焼岳山頂付近の概ね海拔 0 km 以浅が震源と推定される地震のことを示す。

- ・震源は、山頂付近の深さ 0 km 以浅に分布している。

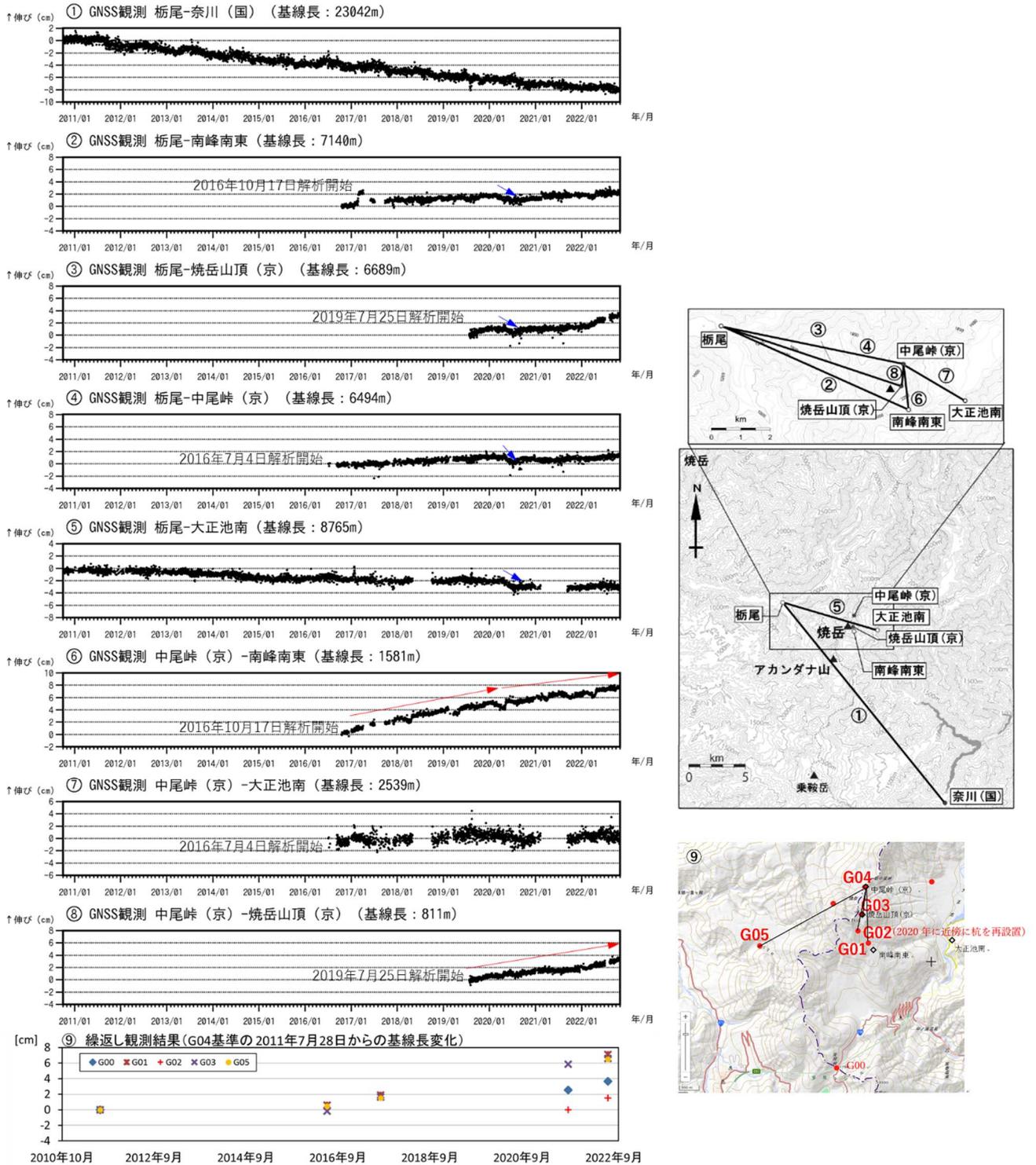


図3 焼岳 GNSS連続観測による基線長変化 (2010年10月1日~2022年10月31日) 及びGNSS観測点配置図

左: GNSS観測結果 GNSS連続観測の基線は右図GNSS基線①~⑧に対応。グラフの空白部分は欠測を示す。(国): 国土地理院、(京): 京都大学。

右上: GNSS連続観測の基線図 右下: GNSS繰返し観測の基線図

- ・②~⑤の基線では、2020年5月下旬頃から7月頃にかけて、2020年4月22日以降活発化した山頂の東~北東側の地震活動に関連すると考えられる変化がみられた (青矢印)。
- ・⑥と⑧の基線では、山頂付近の緩やかな膨張を示すと考えられる変化が継続している (赤矢印)。
- ・⑨の繰返し観測結果でも山頂付近の膨張傾向を示すと考えられる変化がみられている

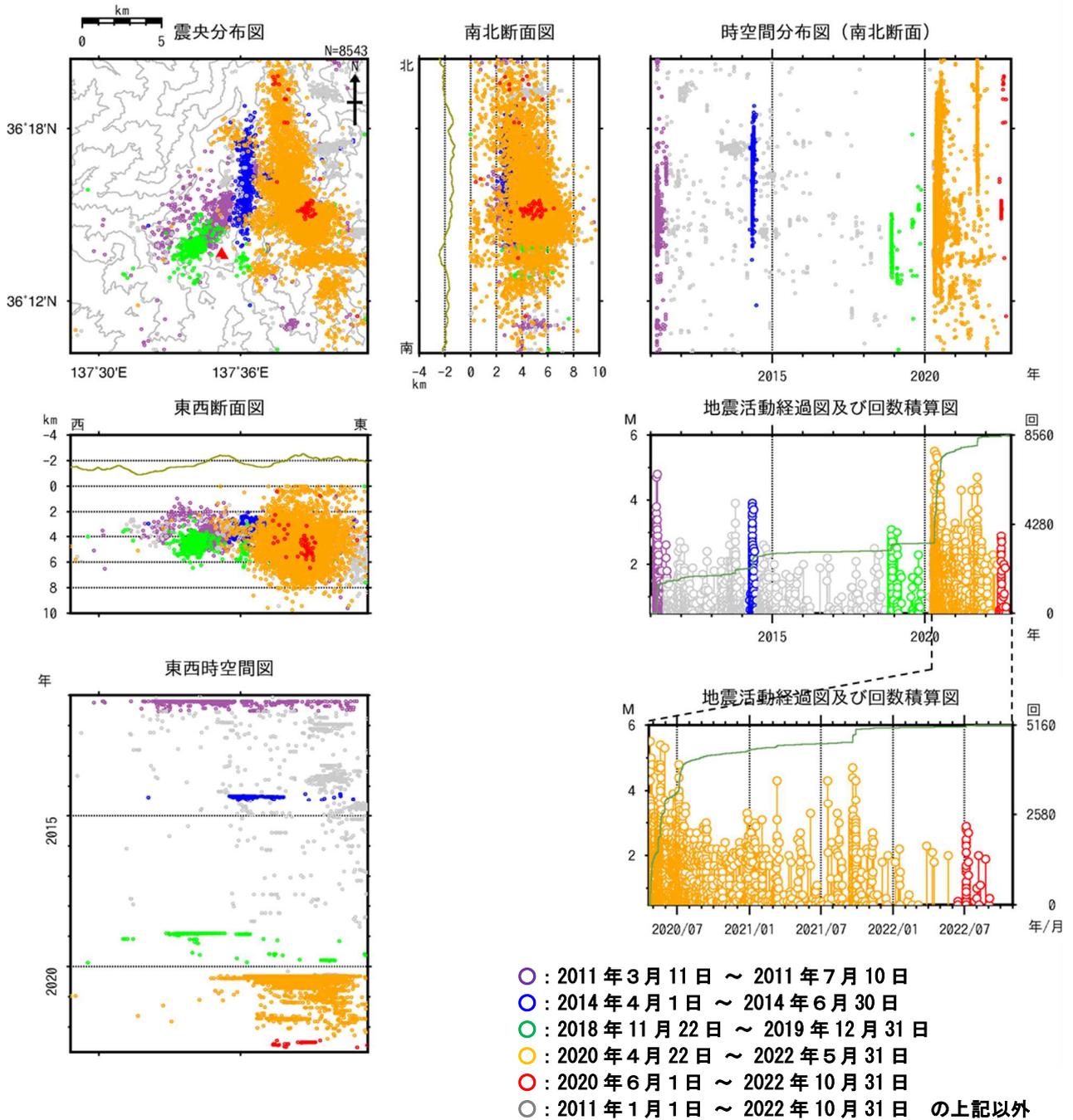


図4 焼岳 広域地震観測網による山体及び周辺の地震活動

(2011年1月1日～2022年10月31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手法で得られた震源を用いている。

- ・ 焼岳周辺では、2020年4月22日以降活発化した山頂の東～北東側のやや深いところを震源とする地震活動が継続している。
- ・ 焼岳周辺では、2011年（紫丸）、2014年（青丸）、2018年から2019年にかけて（緑色）、地震活動の活発化がみられた。

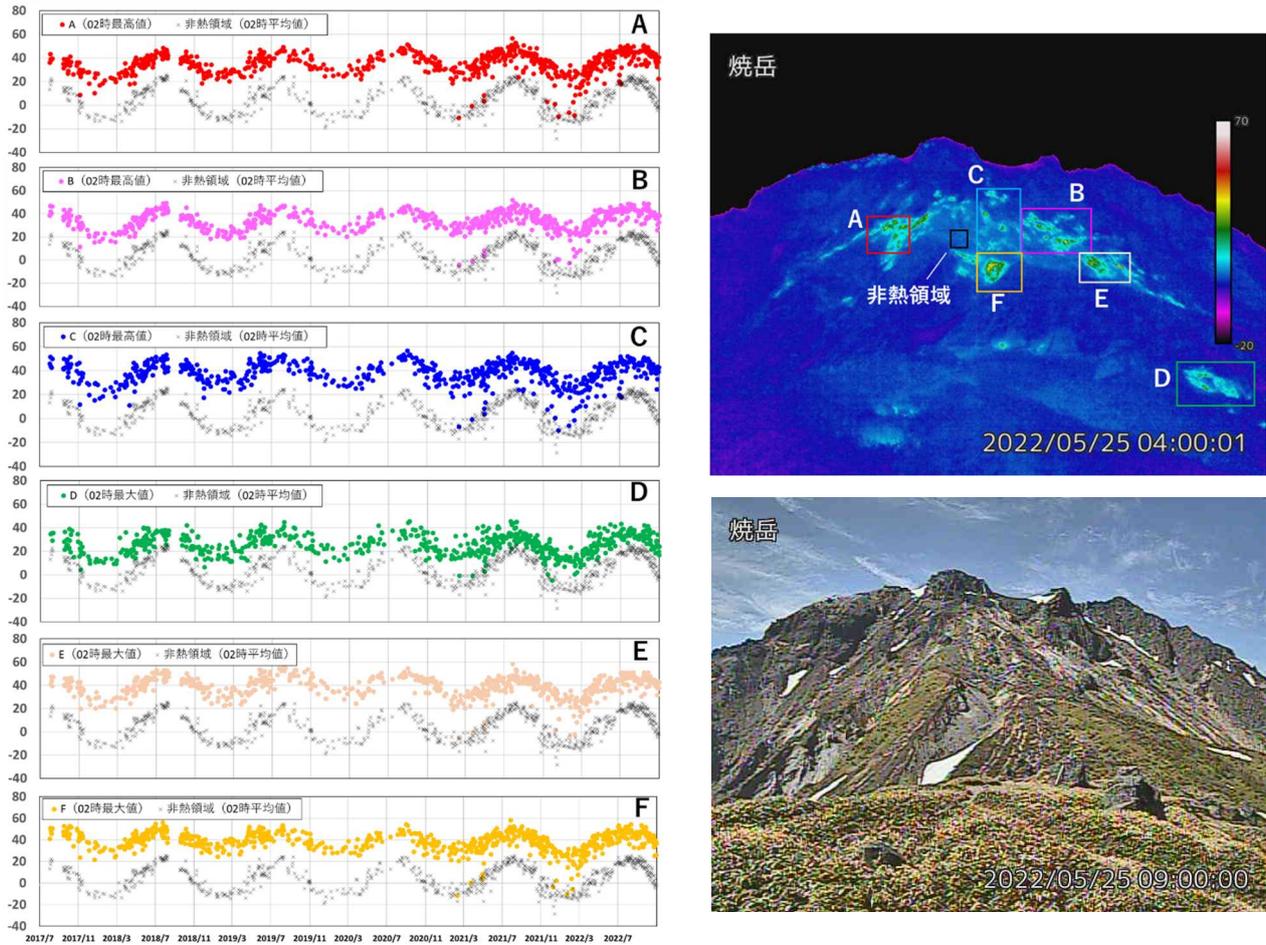


図5 焼岳 中尾峠赤外熱映像カメラによる焼岳北側斜面の地熱域の最高温度の推移（2017年7月1日～2022年10月31日）とカメラ画像とその解析範囲
 ・焼岳北側斜面の地熱域では、地熱域の広がりやその温度上昇は認められなかった。

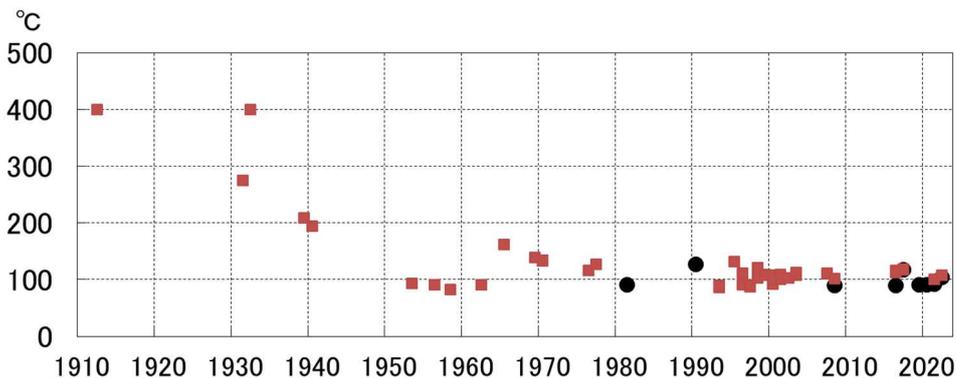


図6 焼岳 現地観測による焼岳北峰南斜面の噴気温度の推移（1910年7月1日～）
 赤四角印は加藤（1912）、小平（1932、1940、1942）、小坂（1961、1966）、小坂・小沢（1966）、杉浦・水谷（1978）、三宅・小坂（1998）、Sumino et al. (2010) 及び齋藤（2019）によって得られたデータを示す。
 ・8月10日に実施した現地観測では、焼岳北峰南斜面の噴気温度は105°Cであった。

第151回火山噴火予知連絡会

京大防災研究所

§ 今回の報告の概要:

2022年10月までの焼岳の各項目の観測結果の概要を示す。図1に観測点の分布を示す。

GNSSデータ: 今回の報告でも、上宝(960618)を参照点とする、焼岳中尾峠(DP.NKOT)および焼岳山頂(DP.YKEP)の変位を示す。DP.YKEPへの基線長は、2022年3月から4月にかけて1cm程度の伸長が認められたが、5月以降はその傾向は停止したように見える。なお、この変動は2020年5月から7月にかけての群発地震に伴う変動に比べると規模は小さい。

磁力計データ: 焼岳の山体に設置された4点のプロトン磁力計による観測結果を示す。

傾斜計データ: DP.SMHZの傾斜計の直近までの1年間の記録を示す。ここには従来から見られていた季節変動に加えて有感地震に伴う記録の飛びが多数見られる。が、2020年5月23日以降の山頂付近のイベントに伴う変動は認められない。

温度データ: 焼岳山頂(DP.YKEP)の精密地中温度計データ、および、焼岳中尾峠(DP.NKOT)に設置された気泡型傾斜計による温度記録を示す。気泡型傾斜計の示す温度は計測ピット内部の気温である。これらは、降水や積雪の影響が大きく、地震活動の活発化に伴う温度変化は検出されていない。

謝辞: 長野県松本建設事務所から松本市安曇中の湯の温泉ガスの観測データの提供を受けている。また、雨量データについて気象庁の栃尾観測点のアメダスデータを参照させていただいている。記して感謝申し上げる。

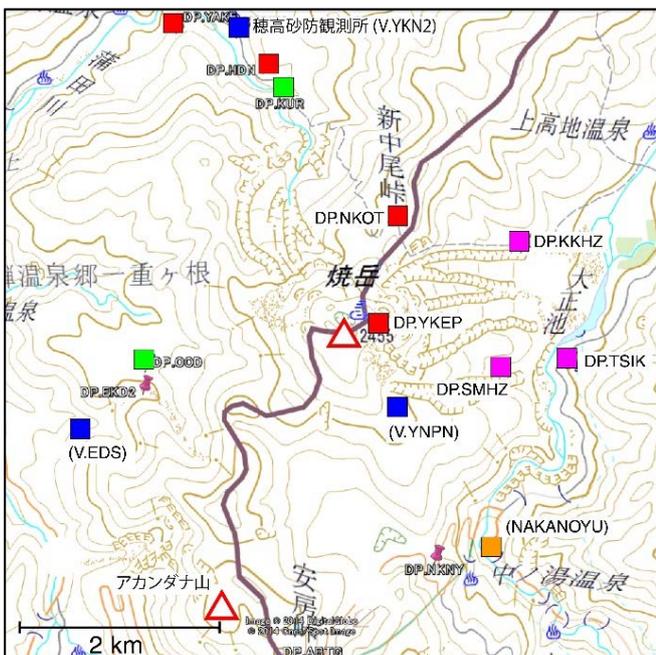


図1 : 観測点分布(2021年12月現在)

それぞれ、■北陸地整・神通砂防、■気象庁、■京大、■京大+北陸地整・松本砂防の観測点を示す。

焼岳山頂(DP.YKEP)、焼岳中尾峠(DP.NKOT)、上高地下堀沢(DP.SMHZ)は平成26年度文科省予算で構築された点、上高地峠沢(DP.KKHZ)、上高地防災情報センター(DP.TSIK)は平成25年度から27年度にかけて国交省予算で整備した観測点である。DP.KKHZ、DP.SMHZ、DP.TSIKの3点は国交省・北陸地整・松本砂防事務所の敷地を借用している。

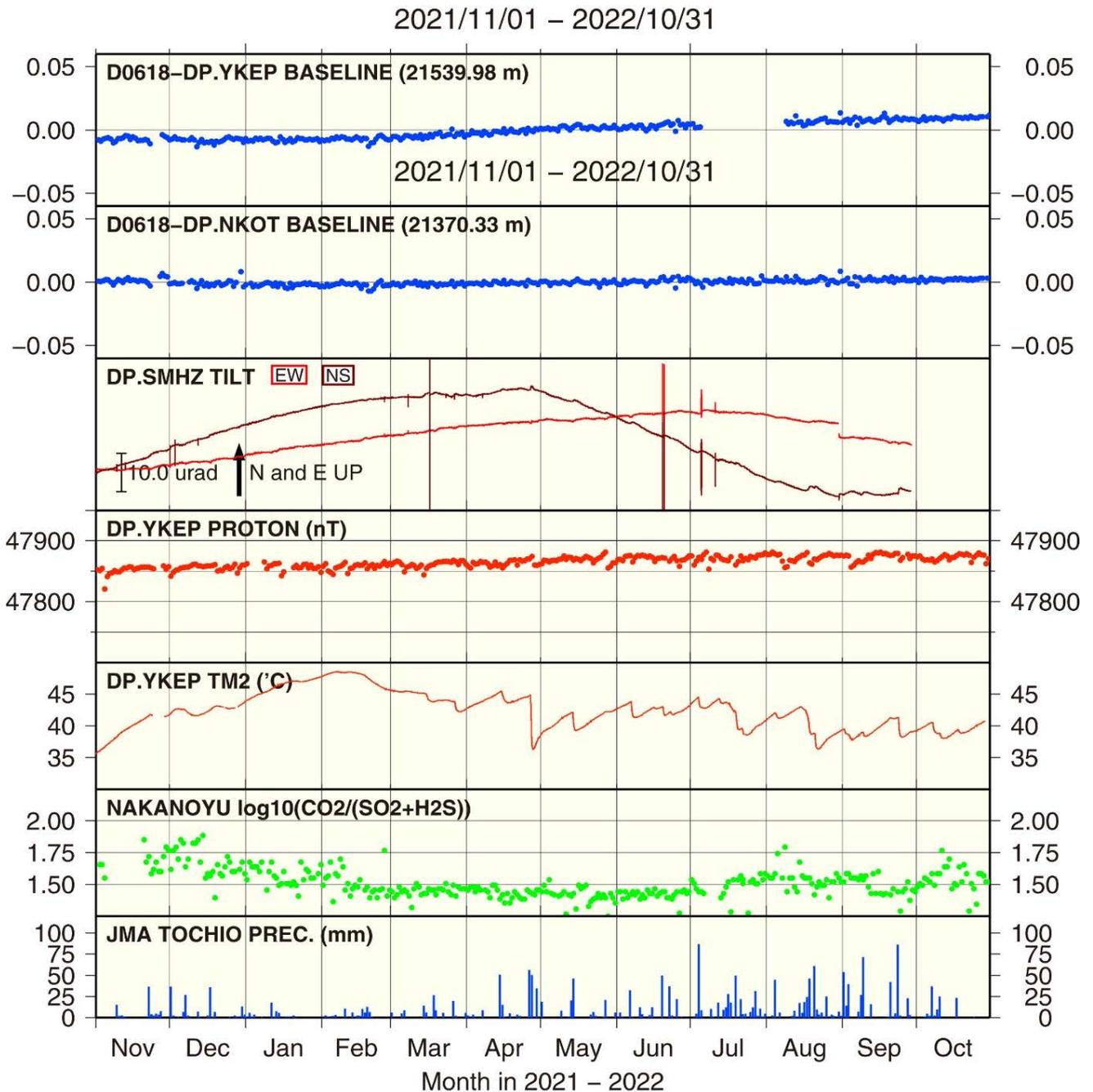


図2 : 2021年11月から2022年10月までの約1年間の焼岳における主な観測結果の時系列

上から、GEONET上宝(960618)–DP.YKEP(京大・焼岳山頂)のGNSS基線長、同960618–DP.KOT(京大・焼岳中尾峠)のGNSS基線長、DP.SMHZ(京大・上高地下堀沢)の傾斜計、DP.YKEP(京大・焼岳山頂)の全磁力値、DP.YKEP(京大・焼岳山頂)の精密地中温度計、長野県松本建設事務所による安曇中の湯の温泉ガス観測データのうち、二酸化炭素と硫化水素の比の各記録を示す。また、最下段に参考のため気象庁の栢尾観測点のアメダスによる日別降水量の記録を示す。

第151回火山噴火予知連絡会

京大防災研究所

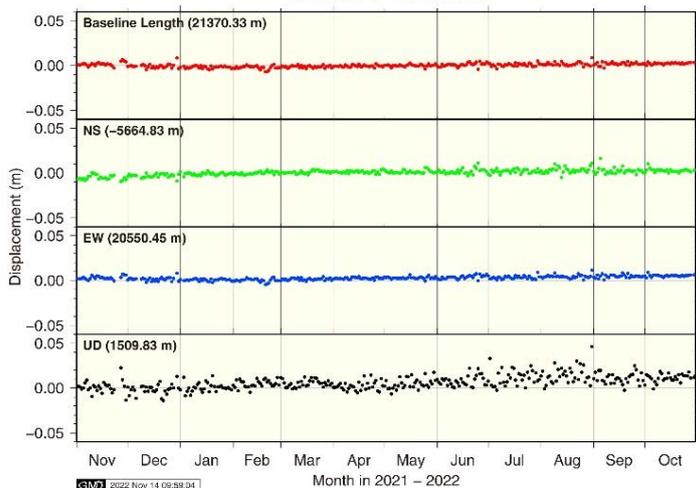
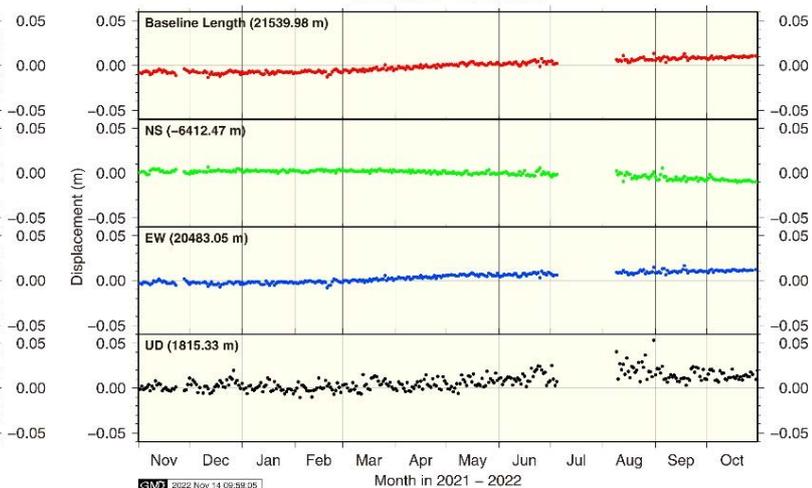
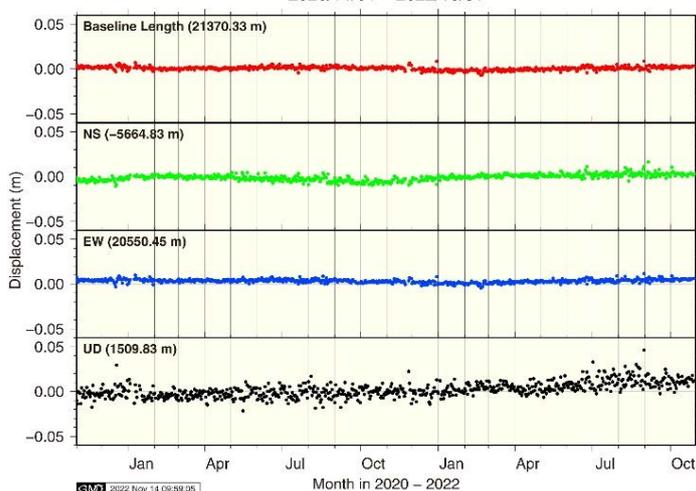
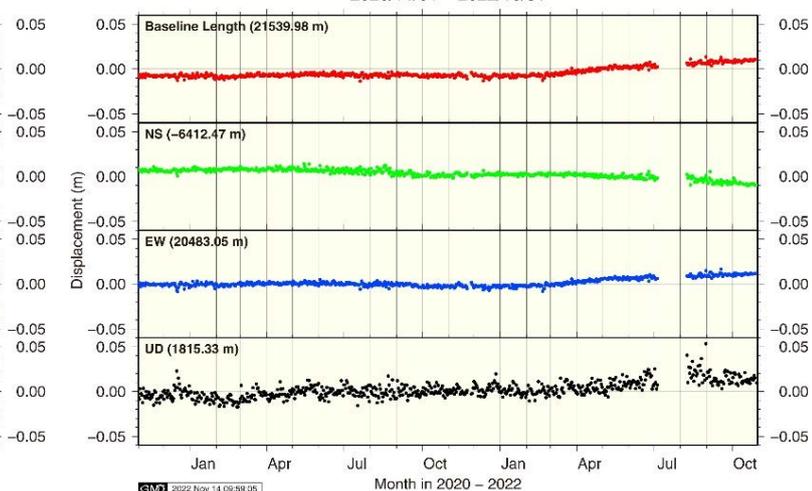
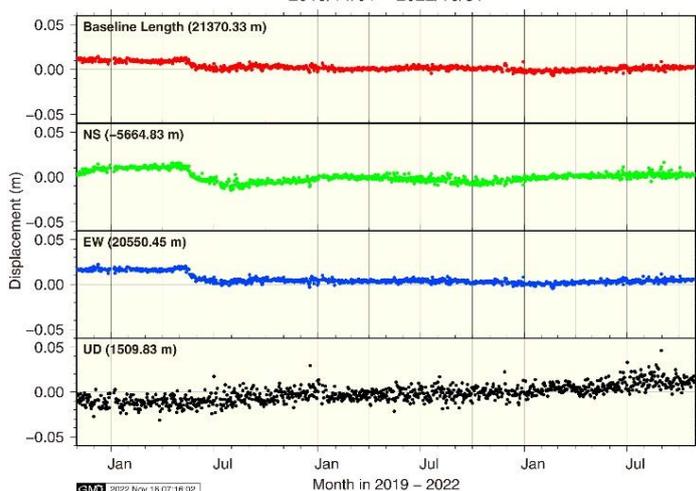
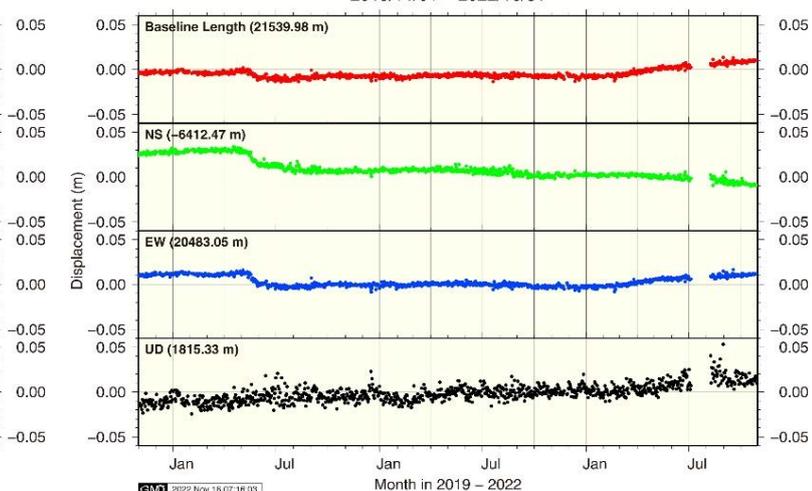
KAMITAKARA(960618) - DP.NKOT
2021/11/01 - 2022/10/31KAMITAKARA(960618) - DP.YKEP
2021/11/01 - 2022/10/31KAMITAKARA(960618) - DP.NKOT
2020/11/01 - 2022/10/31KAMITAKARA(960618) - DP.YKEP
2020/11/01 - 2022/10/31KAMITAKARA(960618) - DP.NKOT
2019/11/01 - 2022/10/31KAMITAKARA(960618) - DP.YKEP
2019/11/01 - 2022/10/31

図3 : GNSS基線解析結果。GEONET上宝-DP.NKOT(焼岳中尾峠)(左列)、および、GEONET上宝-DP.YKEP(焼岳山頂)(右列)のGNSS基線解析結果。それぞれ、2021年11月からの1年間(上)、2020年11月からの2年間(中)、および、2019年11月からの3年間(下)の変位を示す。

焼岳

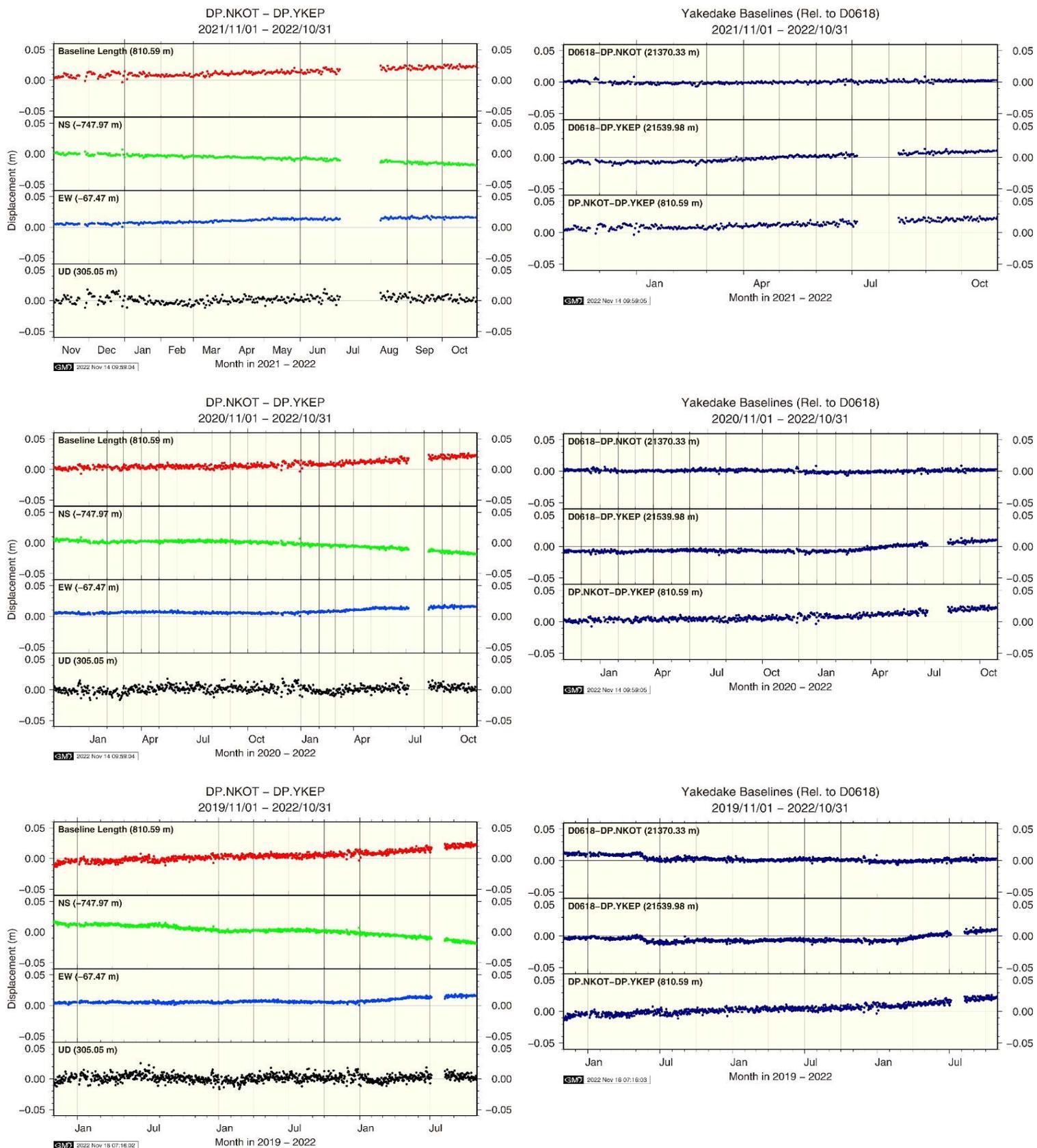


図4 : GNSS基線解析結果。DP.NKOT(中尾峠)－DP.YKEP(山頂)の基線解析結果(左列)、および、GEONET上室、DP.YKEP(山頂)、DP.NKOT(中尾峠)の3点間の基線長変化(右列)。それぞれ、2021年11月からの1年間(上)、2020年11月からの2年間(中)、および、2019年11月からの3年間(下)の変位を示す。

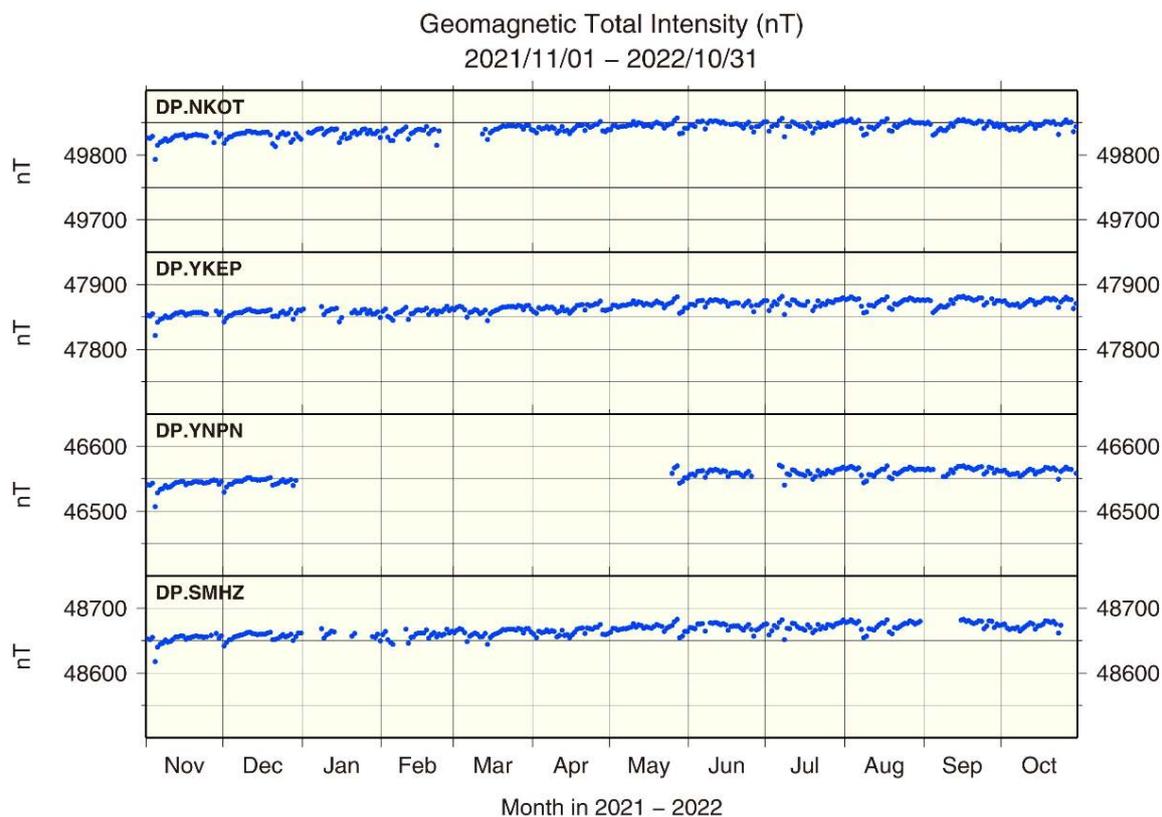
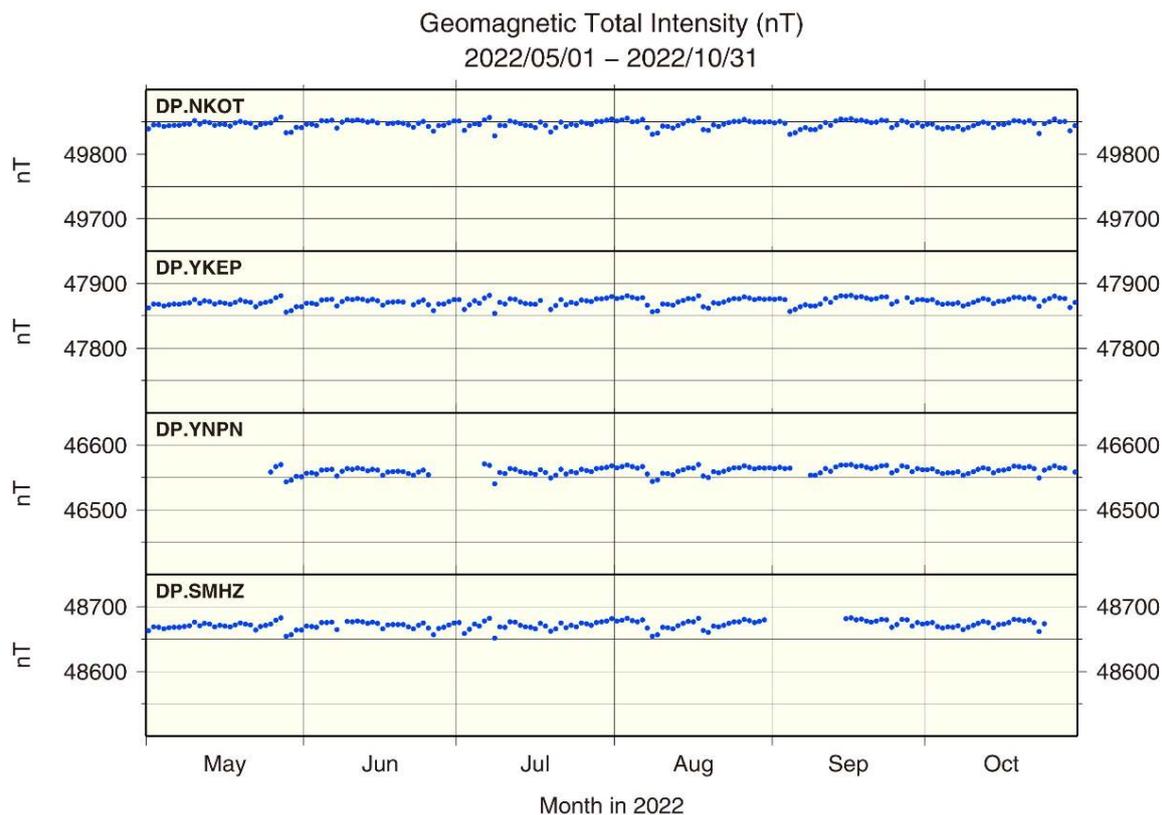


図5 : DP.NKOT(焼岳中尾峠)、DP.YKEP(焼岳山頂)、DP.SMHZ(上高地下堀沢)、およびDP.YNPN(焼岳りんどう平)におけるプロトン磁力計による全磁力(絶対値)の観測結果。上段は2022年5月からの半年、下段は2021年11月からの1年間の記録。DP.YNPNは2020年9月下旬に稼働を開始したが冬季は積雪のために障害が頻発しており、対策を検討中である。

第151回火山噴火予知連絡会

京大防災研究所

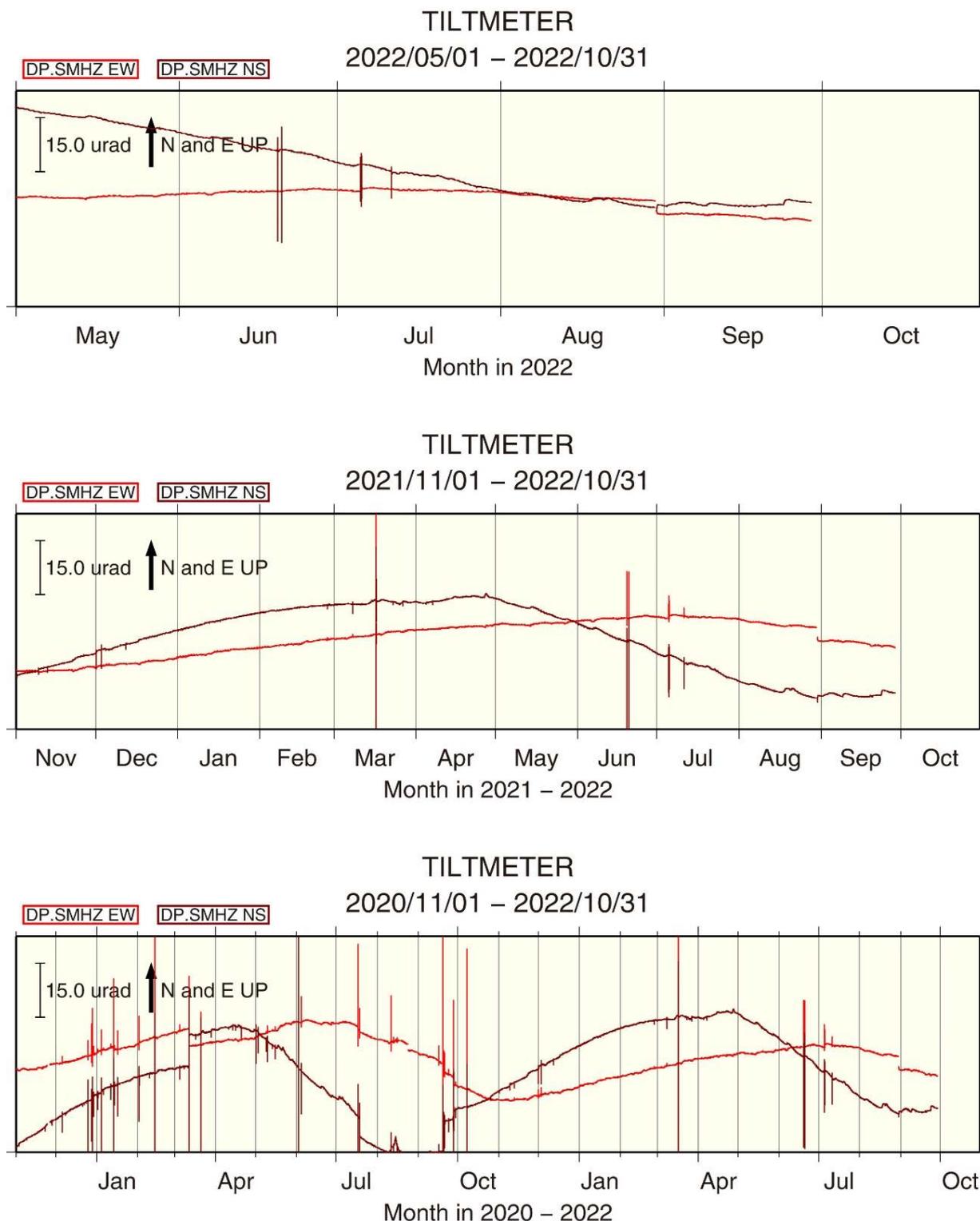


図6 : DP.SMHZ(上高地下堀沢)のボアホール型傾斜計(約10mの孔底に設置)の記録

上段は2022年5月から2022年9月までの5か月間の記録、中段は2021年11月から2022年9月までの約1年間の記録。下段は2020年11月から2022年10月までの約2年間の記録。従来と同様の季節変動と有感地震に伴う記録のとびが認められる。2022年10月以降、機器の不具合により良質の記録が取れておらず対応を検討中である。

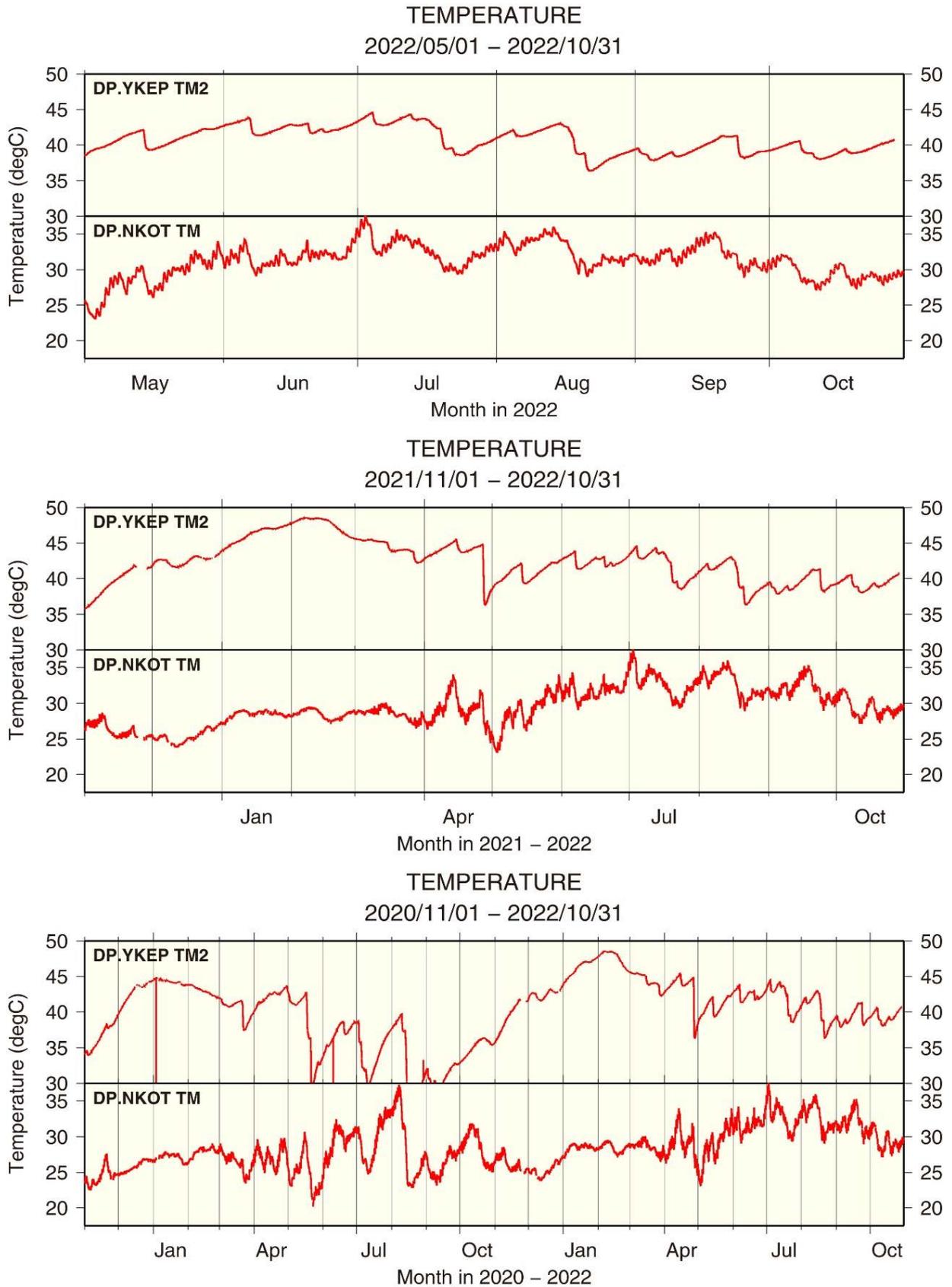


図7 : DPYKEP(焼岳山頂)の精密地中温度計の観測記録 (DP.YKEP TM2)、および、DP.NKOT (焼岳中尾峠)の気泡型傾斜計の内蔵温度計によるピット内温度の観測記録。上段は2022年5月から半年、中段は2021年1月からの1年、下段は2020年11月からの2年間の記録。

焼岳の火山ガス組成と噴気温度

概要

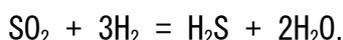
2022年7月～11月に焼岳において火山ガス調査を実施した結果、昨年と比較すると噴気温度、 $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比の増加が認められた(図1)。また、比較的高濃度の H_2 が検出された岩坪谷噴気の見かけ平衡温度は 410°C と見積もられ、高温火山ガスの供給が示唆された。

本文

2022年7月～11月に焼岳の1962-63火口噴気、北峰南噴気、醇ヶ池火口噴気、岩坪谷噴気にて、火山ガス調査を実施した(図2・3)。従来から行っていた検知管(GASTEC社製)を用いた観測に加えて、マルチガスを用いた火山ガス組成観測(測定成分は H_2O , CO_2 , H_2 , SO_2 , H_2S の5成分)を行った。

北峰南噴気は昨年よりも約 10°C 温度が上昇し、7月24日に行った検知管による測定では $\log_{10}(\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S})$ が -2.4 と、2013年の観測開始以来最も高い値が得られた(表1)。8月以降はそれより低下したものの、昨年の値よりも高い値が得られた(図1)。1962-63火口噴気、醇ヶ池火口噴気は昨年と同程度の温度を示したが、 $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比は昨年より若干高い値が得られた。岩坪谷噴気は地形が急峻なため噴気孔の温度を測定できていないが、検知管による $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比は昨年より高い値を示した。

マルチガス観測の結果、1962-63火口噴気では SO_2 は検出限界以下だった(表2)。また、1962-63火口噴気、北峰南噴気、醇ヶ池火口噴気では H_2 が検出限界以下だった。今回マルチガス観測で得られた1962-63火口噴気、北峰南噴気、醇ヶ池火口噴気の $\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_2$ 比は検知管での観測結果と概ね整合的である(図1)。岩坪谷噴気では、 $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比、 $\text{H}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比が比較的高く、次の反応式を用いて見かけ平衡温度(AET)を推定した(Ohba et al. 1994)。



AETは 410°C と高い値を示し、岩坪谷噴気には地下から高温の火山ガスが供給されている可能性が示唆される。

表 1. 2022 年の焼岳の噴気温度と検知管による火山ガス組成

	観測日	温度	$\log_{10}(\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S})$
1962-63 火口	2022/8/19	94.5	-3.47
	2022/9/13	96.8	-3.37
	2022/10/19	98.0	-3.53
北峰南	2022/7/24	107.5	-2.40
	2022/8/19	108.0	-3.45
	2022/9/15	108.2	-3.41
	2022/10/1	109.9	-3.46
	2022/10/20	108.2	-3.54
醇ヶ池火口	2022/10/31	105.7	-3.52
	2022/8/19	94.0	-1.75
	2022/9/15	93.2	-1.80
岩坪谷	2022/11/2	-	-0.45

表 2. 焼岳のマルチガス観測による火山ガス組成と見かけ平衡温度 (AET)

	観測日	$\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$	$\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2\text{S}$	$\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_2$	$\log_{10}(\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S})$	$\text{H}_2/\text{H}_2\text{S}$	AET ^{*)}
1962-63 火口	2022/10/19	5.2	190	-	-	-	-
北峰南	2022/10/19	2.8	45	760	-2.88	-	-
醇ヶ池火口	2022/10/19	8.1	260	85	-1.93	-	-
岩坪谷	2022/11/2	11	210	2.0	-0.30	0.018	410°C

^{*)} Ohba et al. (1994) のパラメータを採用して計算した.

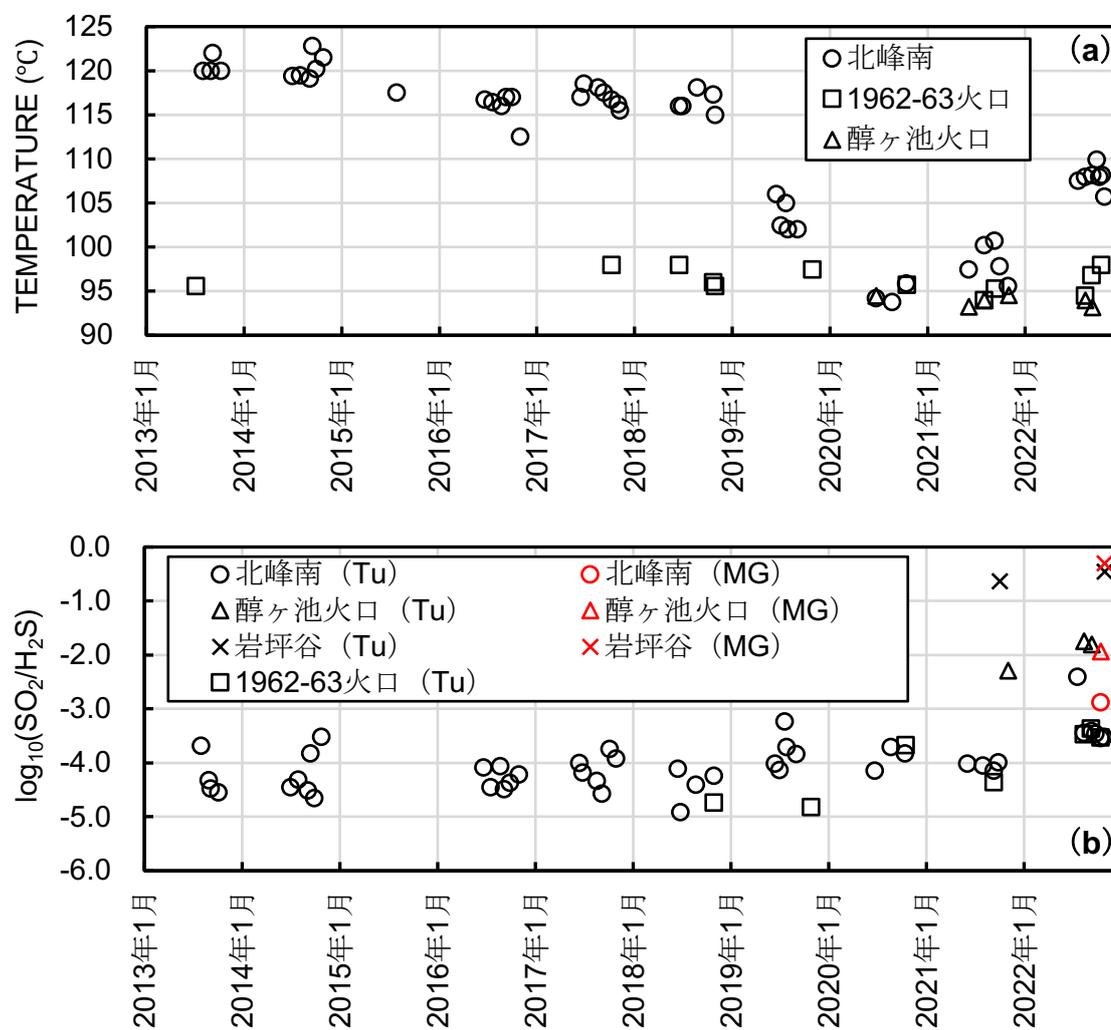


図1. 2013年以降の噴気温度 (a) と $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ (b) の変化. Tu: 検知管の測定結果, MG: マルチガスによる測定結果.



図2. 各噴気の位置. 地図の描画には電子地形図 25000 (国土地理院) を使用した.



図3. 噴気の写真.

(a) 1962-63 火口噴気 (b) 北峰南噴気 (c) 醇ヶ池火口噴気 (d) 岩坪谷噴気

焼岳

焼岳・アカンダナ山の地殻変動

Crustal Deformations of Yakedake and Akandanayama Volcano

国土地理院

Geospatial Information Authority of Japan

第1図から第3図は、焼岳周辺のGNSS連続観測結果である。

第1図の上段に基線の配置を、第1図の下段には、各観測局の保守履歴を示した。第2図は、第1図上段に示した基線の基線長変化グラフで、左列は最近約5年間(2017年10月～2022年10月16日)、右列は最近約1年間(2021年10月～2022年10月16日)の時系列である。焼岳・アカンダナ山を取り囲む基線で顕著な地殻変動は見られない。

第3図は、電子基準点及び気象庁のGNSS観測点の統合解析から得られた水平変動ベクトル図であり、「白鳥」を固定局としている。第3図上段に最近3か月間(2022年7月～10月)を、下段に最近1年間(2021年10月～2022年10月)を示した。顕著な地殻変動は見られていない。

第4図は、「だいち2号」のSAR干渉解析結果である。ノイズレベルを超える変動は見られない。

第5図は、「だいち2号」干渉SAR時系列解析結果である。第5図上段は、2014年9月～2022年9月の変位速度である。下段は、上段に示した各地点における変位の時系列データである。焼岳の地点A周辺に、衛星に近づく変動が見られる。

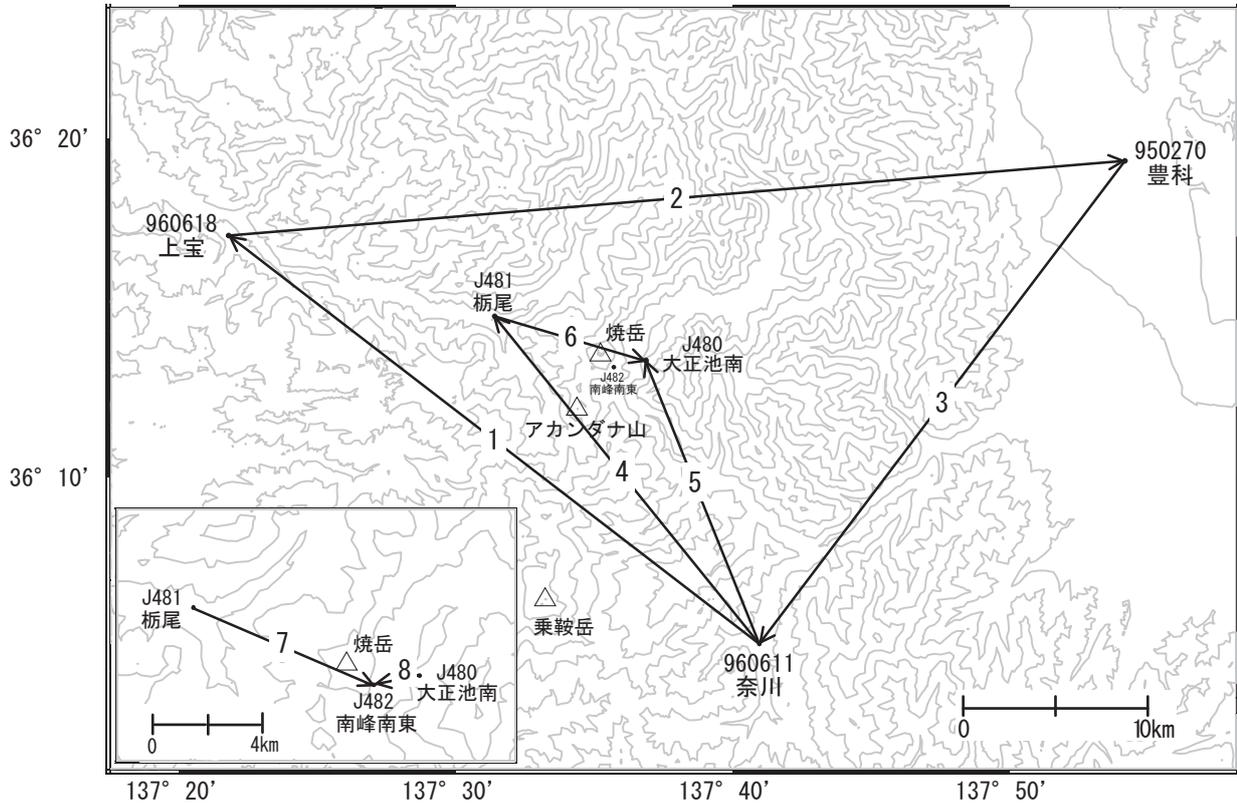
謝辞

ここで使用した「だいち2号」の原初データの所有権は、JAXAにあります。これらのデータは、「だいち2号」に関する国土地理院とJAXAの間の協定に基づき提供されました。

焼岳・アカンダナ山

GNSS連続観測結果では、顕著な地殻変動は見られません。

焼岳・アカンダナ山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図



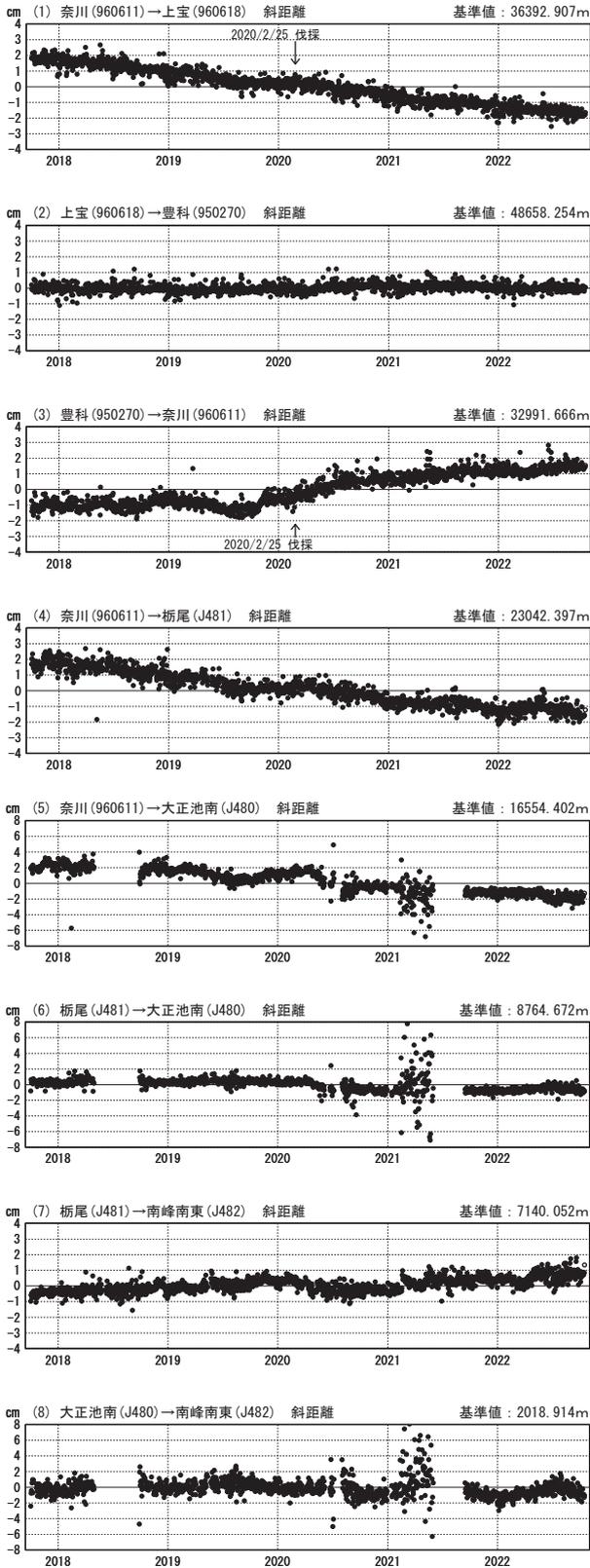
焼岳・アカンダナ山周辺の各観測局情報

960618	上宝	20171204	アンテナ交換
		20210116	受信機交換
950270	豊科	20180122	受信機交換
960611	奈川	20200225	伐採
		20210303	受信機交換
		20210719	アンテナ交換

第1図 焼岳・アカンダナ山周辺のGNSS連続解析基線図(上段)、観測局の保守履歴(下段)

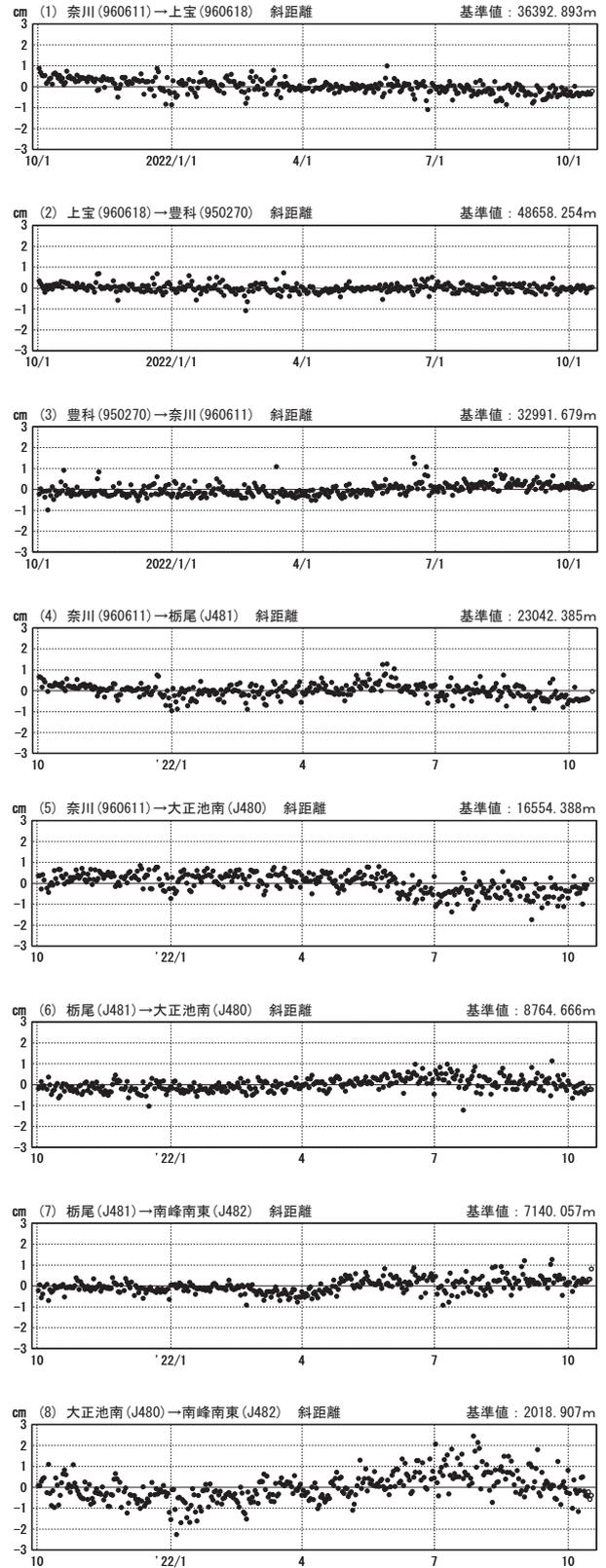
基線変化グラフ（長期）

期間：2017/10/01~2022/10/16 JST



基線変化グラフ（短期）

期間：2021/10/01~2022/10/16 JST



●—[F5:最終解] ○—[R5:速報解]

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

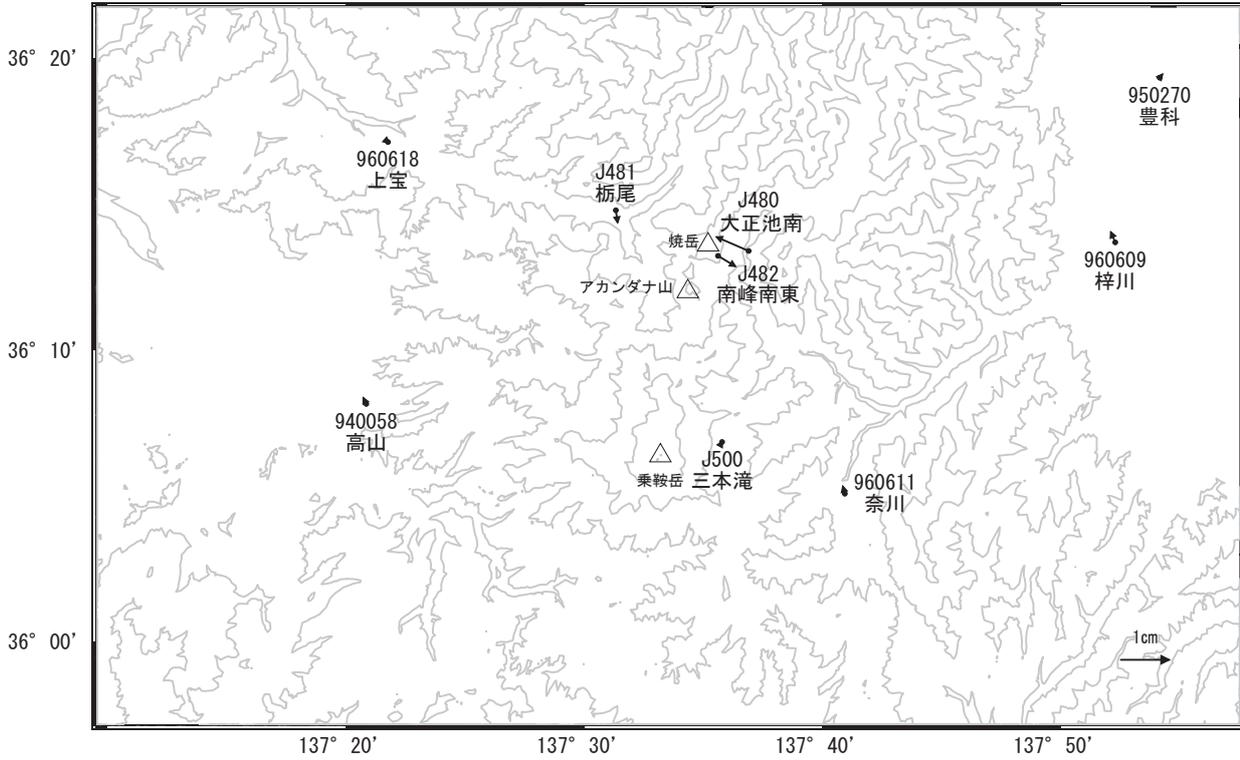
第2図 焼岳・アカンダナ山周辺のGNSS連続解析基線図による基線変化グラフ

(左列：2017年10月~2022年10月16日、右列：2021年10月~2022年10月16日)

焼岳・アカンダナ山

焼岳・アカランダナ山周辺の地殻変動(水平:3か月)

基準期間:2022/07/07~2022/07/16[F5:最終解]
比較期間:2022/10/07~2022/10/16[R5:速報解]

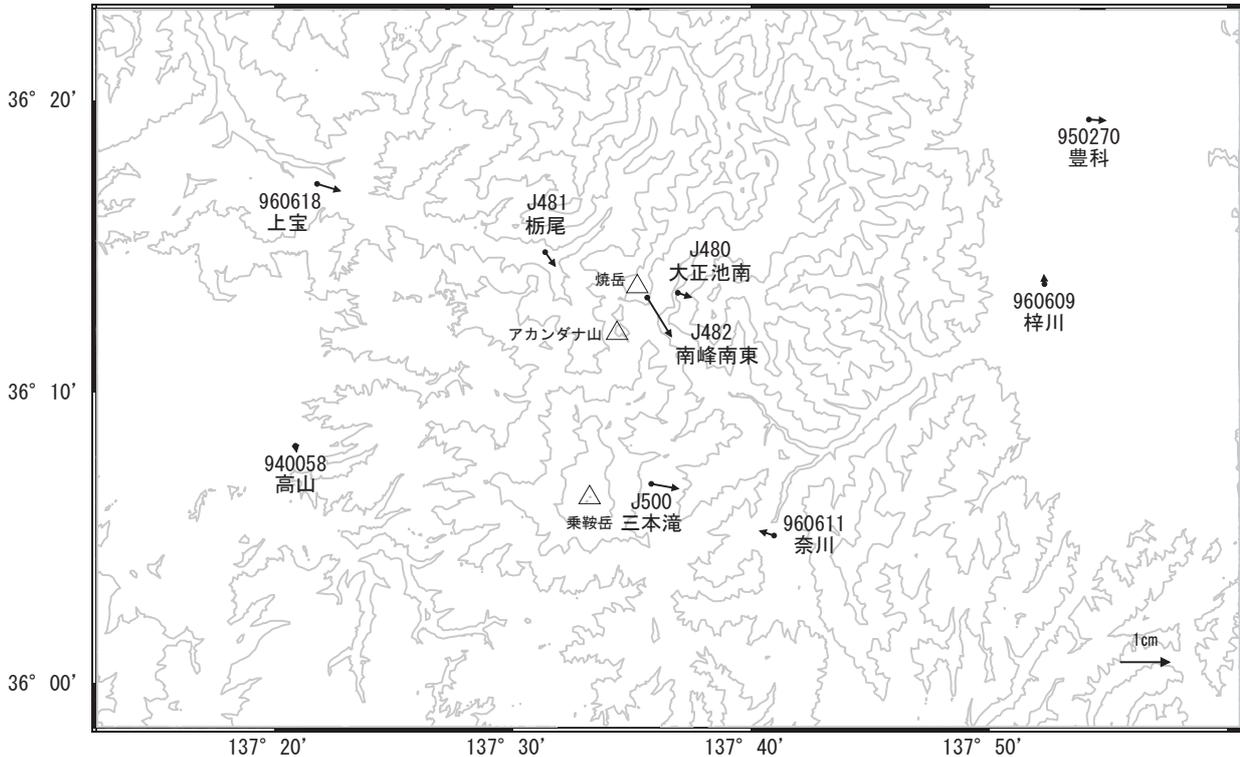


☆ 固定局:白鳥(950282)

国土地理院・気象庁

焼岳・アカランダナ山周辺の地殻変動(水平:1年)

基準期間:2021/10/07~2021/10/16[F5:最終解]
比較期間:2022/10/07~2022/10/16[R5:速報解]



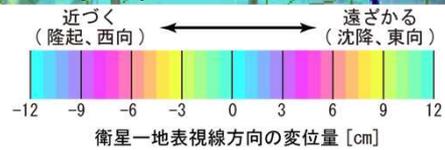
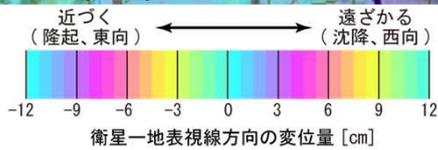
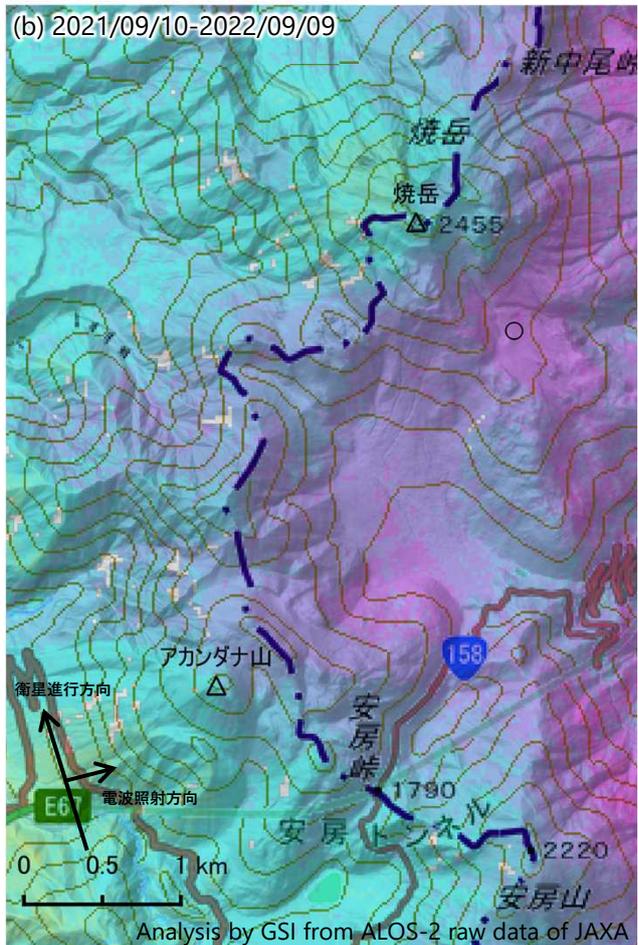
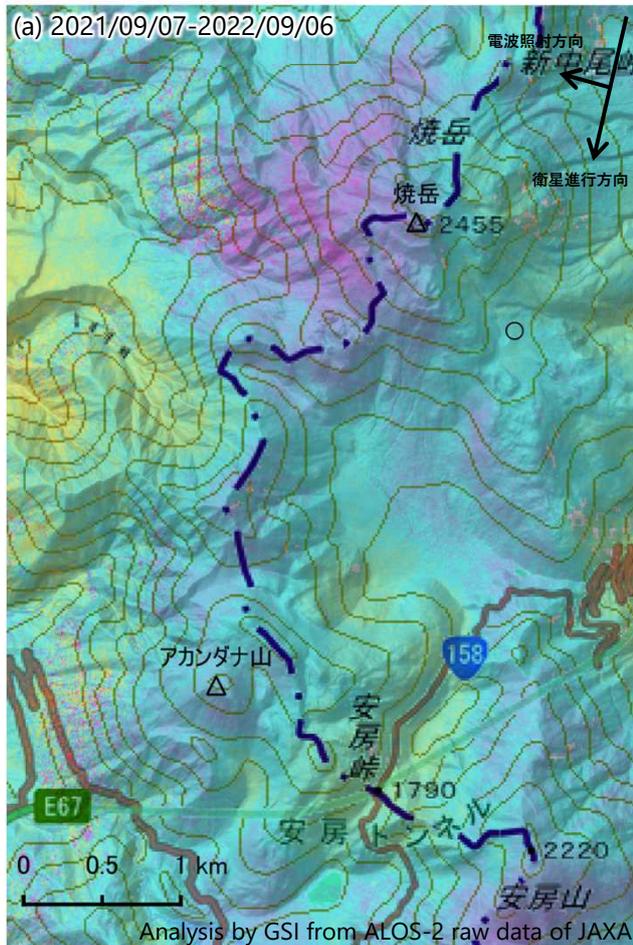
☆ 固定局:白鳥(950282)

国土地理院・気象庁

第3図 焼岳・アカランダナ山周辺の電子基準点・気象庁GNSS観測点の統合解析による水平変動ベクトル図(上段:2022年7月~10月、下段:2021年10月~2022年10月) 焼岳・アカランダナ山

焼岳・アカンダナ山の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	2021/09/07 2022/09/06 11:50頃 (364日間)	2021/09/10 2022/09/09 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*1	U-U	H-H
入射角*2	42.3°	36.7°
偏波	HH	HH
垂直基線長	+ 116m	- 132m

○ 国土地理院以外のGNSS観測点

*1 U：高分解能(3m)モード
H：高分解能(6m)モード
*2 焼岳における入射角

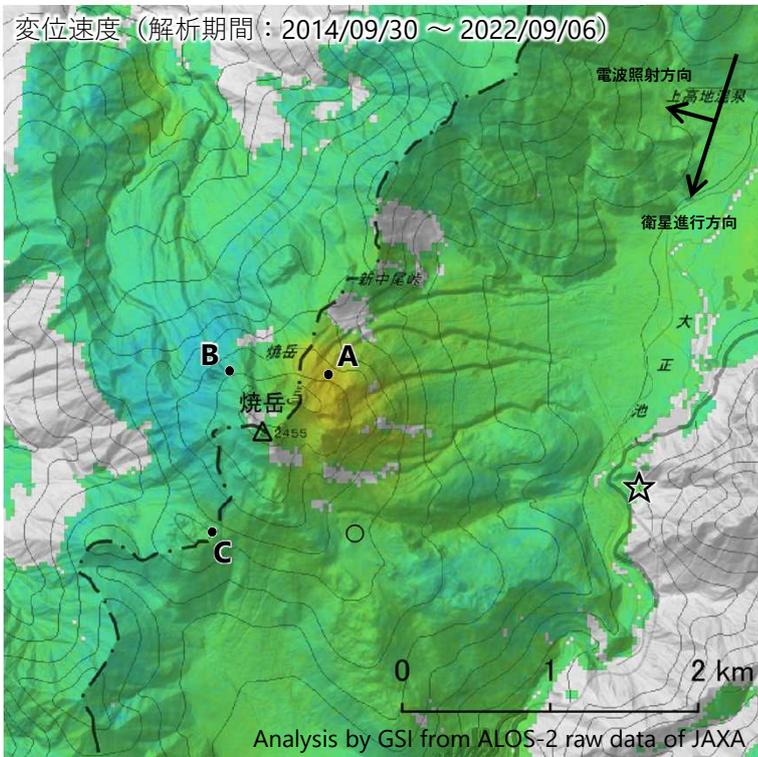
背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

第4図 「だいち2号」PALSAR-2による焼岳・アカンダナ山周辺地域の解析結果

焼岳・アカンダナ山

焼岳の干渉SAR時系列解析結果（南行）

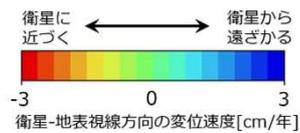
焼岳の地点A周辺に、衛星に近づく変動が見られます。



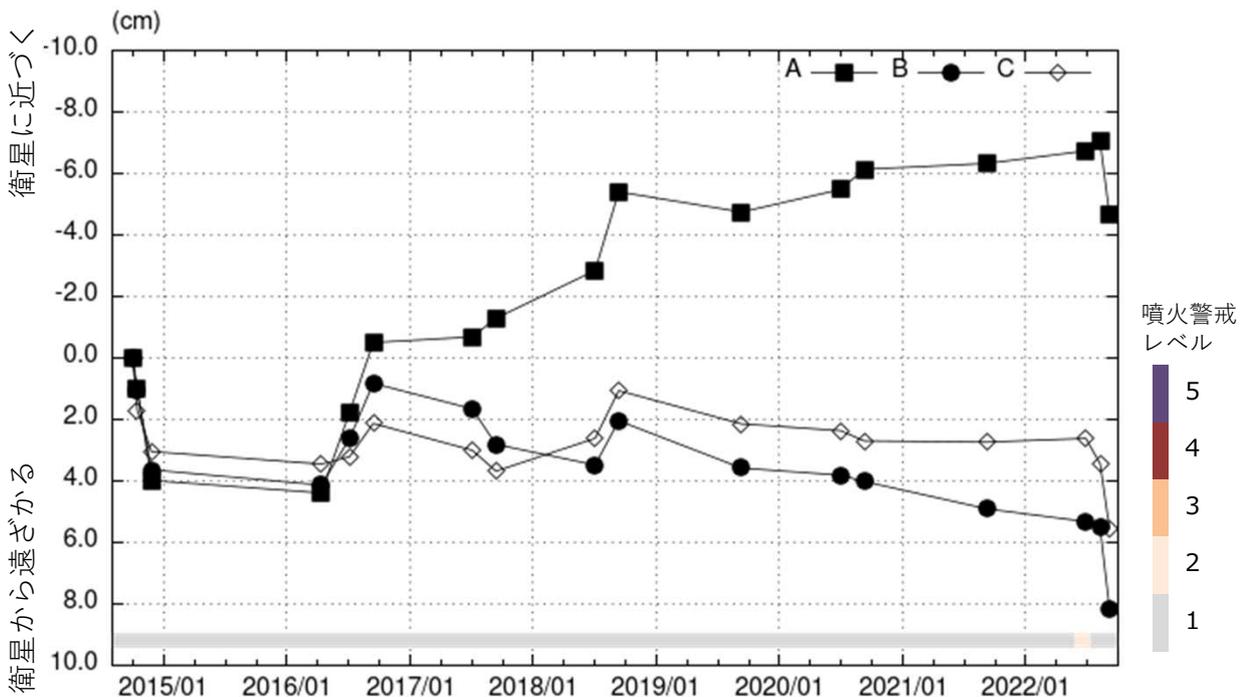
衛星名	ALOS-2
観測期間	2014/09/30 ～ 2022/09/06 (2898日間)
衛星進行方向	南行
電波照射方向	右(西)
観測モード*	U
入射角	42.3°
偏波	HH
データ数	17
干渉ペア数	41

* 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 ※参照点は気象庁観測点「大正池南」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

本解析で使ったデータの一部は、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。

焼岳

第5図 焼岳の干渉SAR時系列解析結果（2014年9月～2022年9月）

（上段）変位速度の分布 （下段）変動の時系列データ

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手法で求められている。

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。