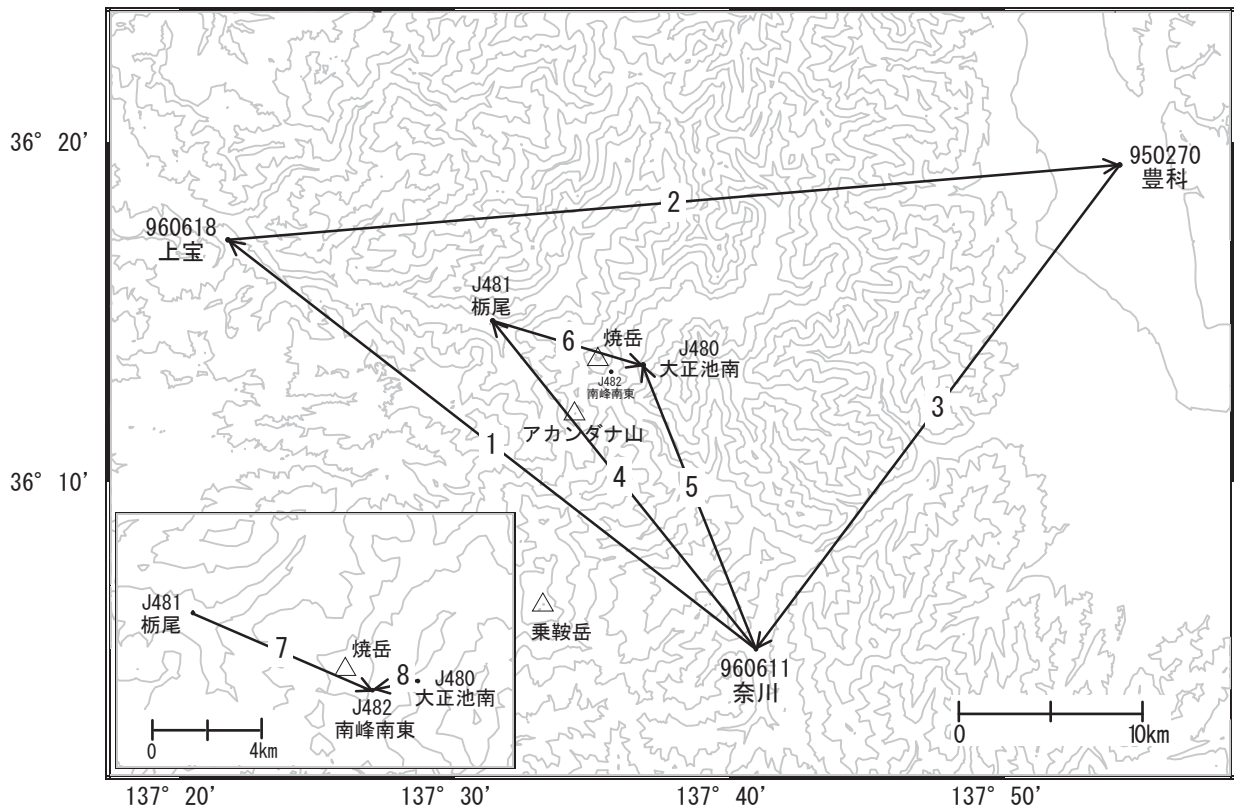


焼岳・アカンダナ山

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 GNSS連続観測基線図



焼岳・アカンダナ山周辺の各観測局情報

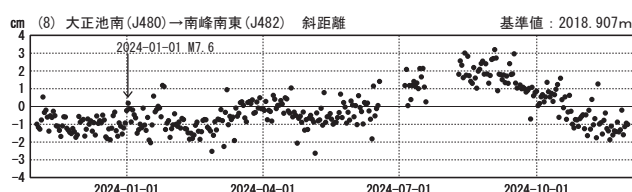
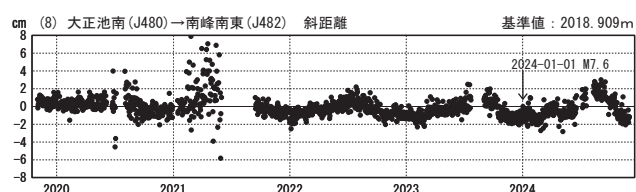
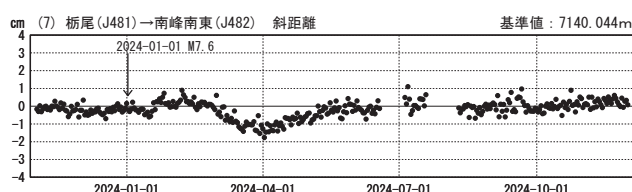
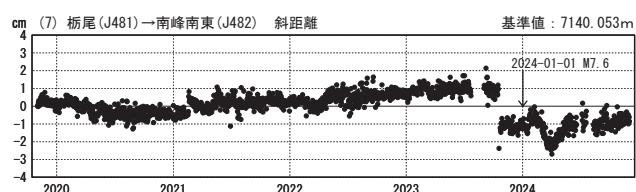
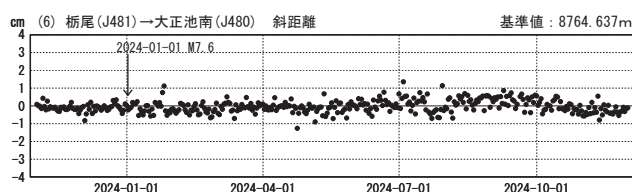
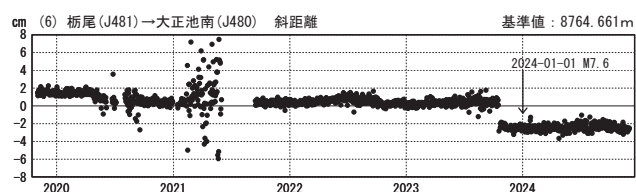
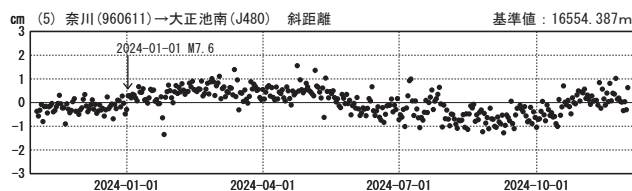
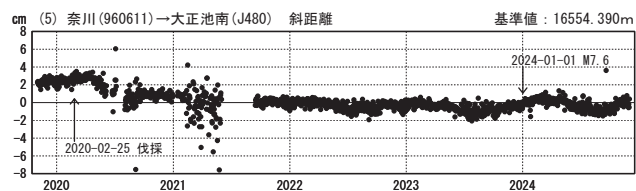
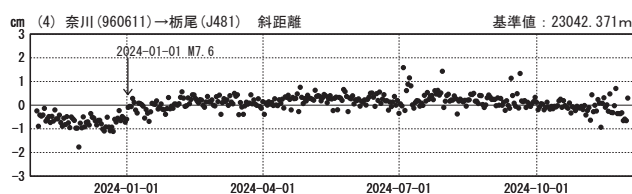
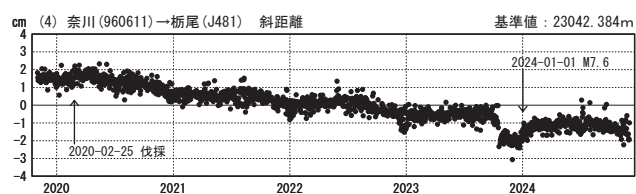
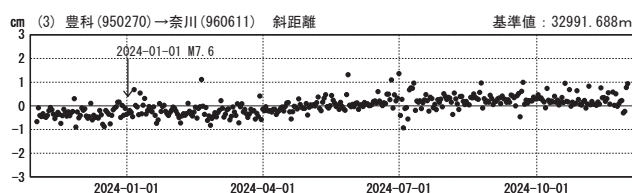
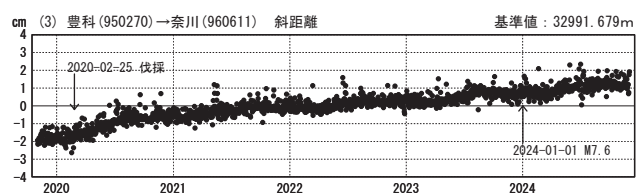
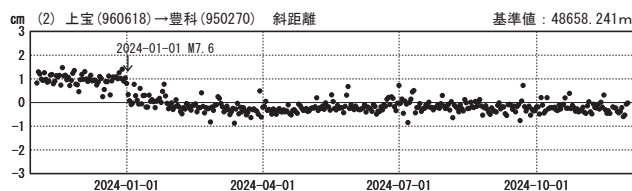
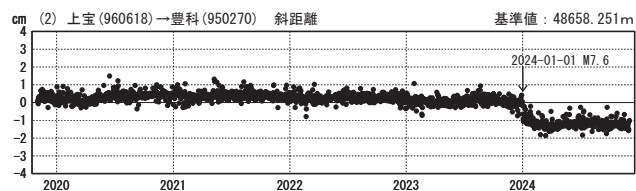
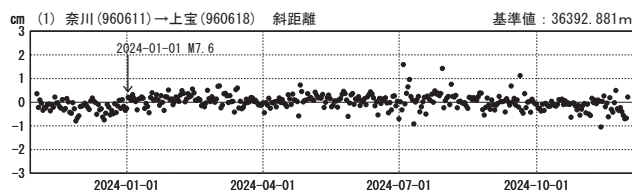
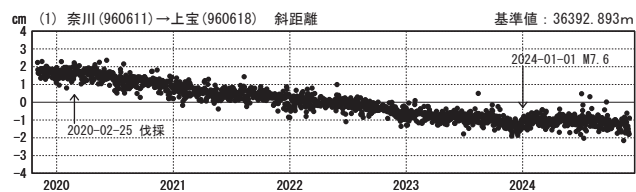
点番号	点名	日付	保守内容
950270	豊科	2024-09-20	レドーム開閉
		2024-11-19	受信機更新
960618	上宝	2021-01-16	受信機更新
		2024-09-23	レドーム開閉
960611	奈川	2020-02-25	伐採
		2021-03-03	受信機交換
		2021-07-19	アンテナ更新
		2024-09-23	レドーム開閉

基線変化グラフ（長期）

基線変化グラフ（短期）

期間：2019-11-01～2024-11-30 JST

期間：2023-11-01～2024-11-30 JST



●— [F5:最終解]

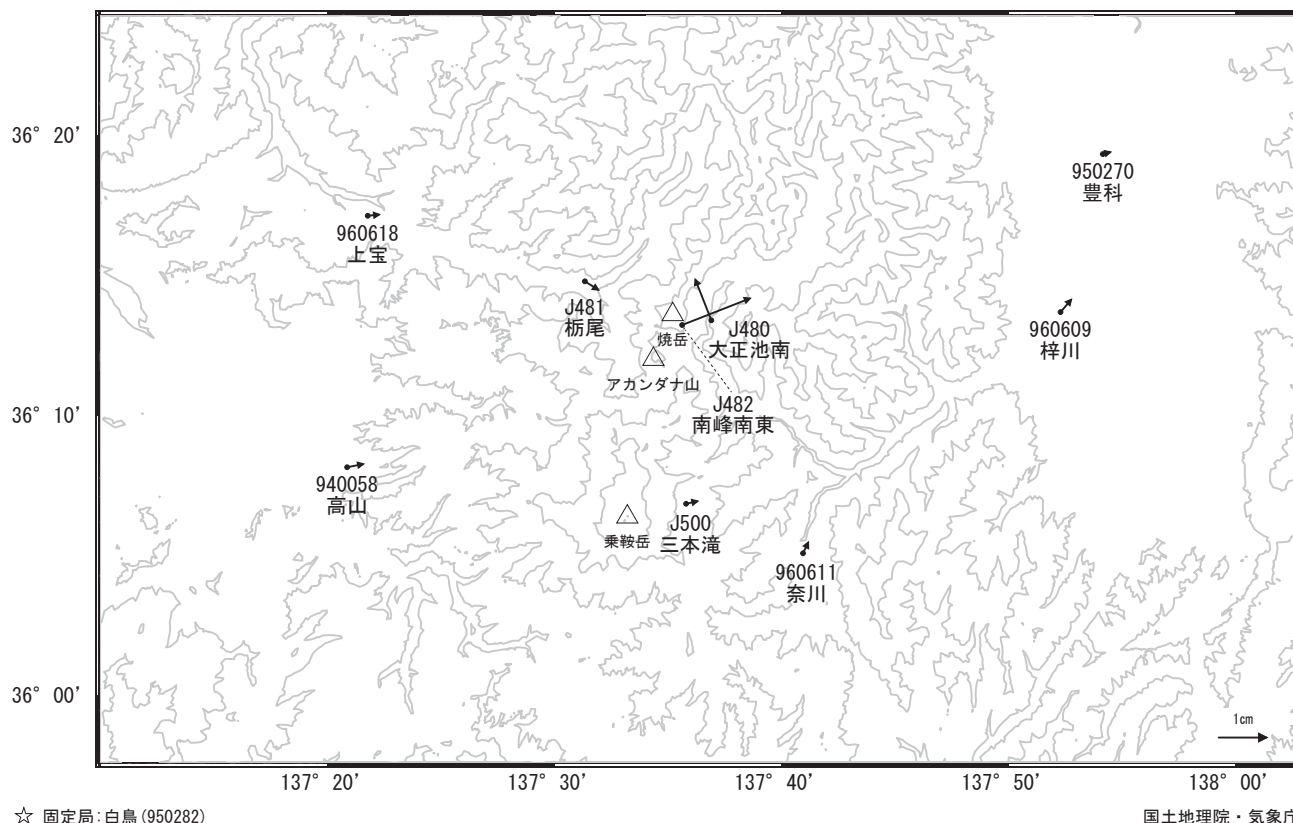
国土地理院・気象庁

(注) 一部基線で令和6年能登半島地震の影響が見られます。
※電子基準点の保守等による変動は補正済み

焼岳・アカンダナ山

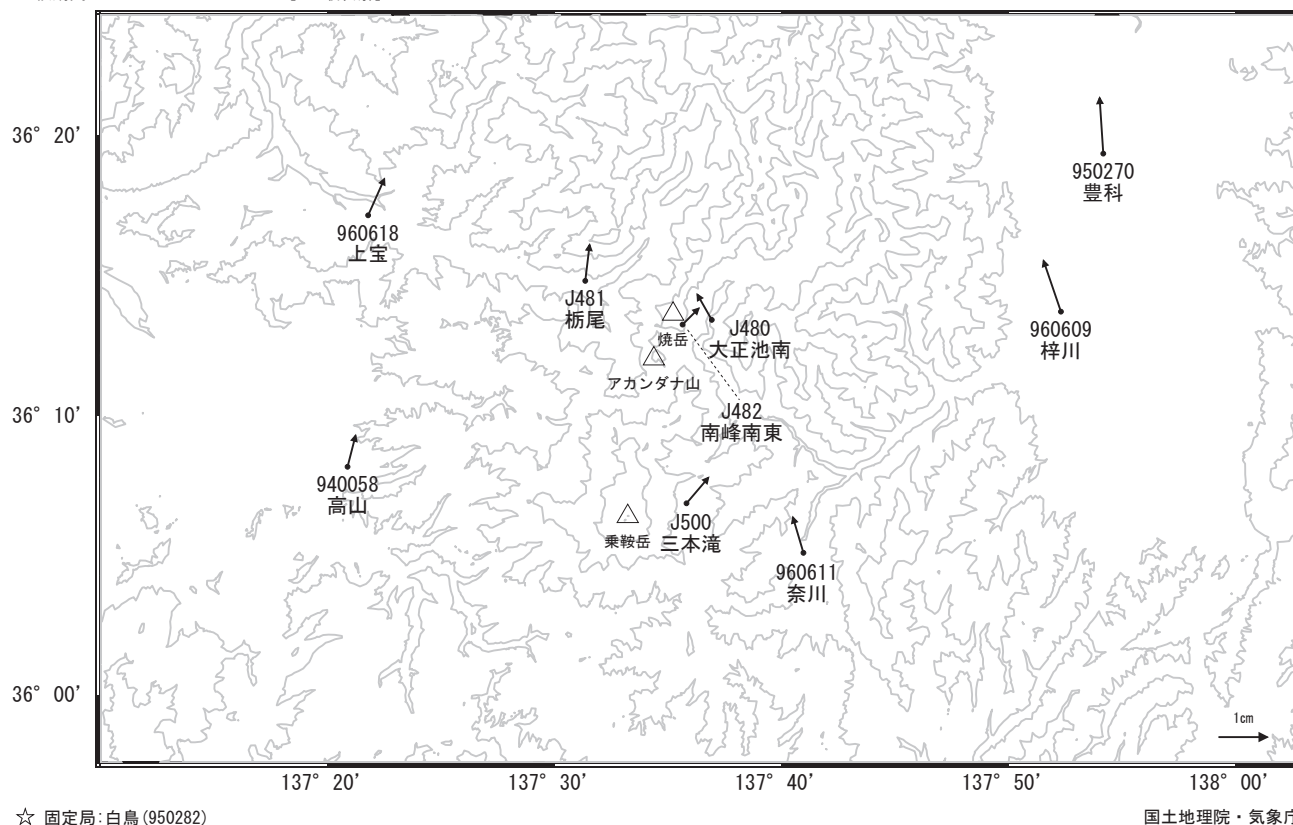
焼岳・アカンドナ山周辺の地殻変動(水平:3ヶ月)

基準期間:2024-08-21~2024-08-30[F5:最終解]
比較期間:2024-11-21~2024-11-30[F5:最終解]



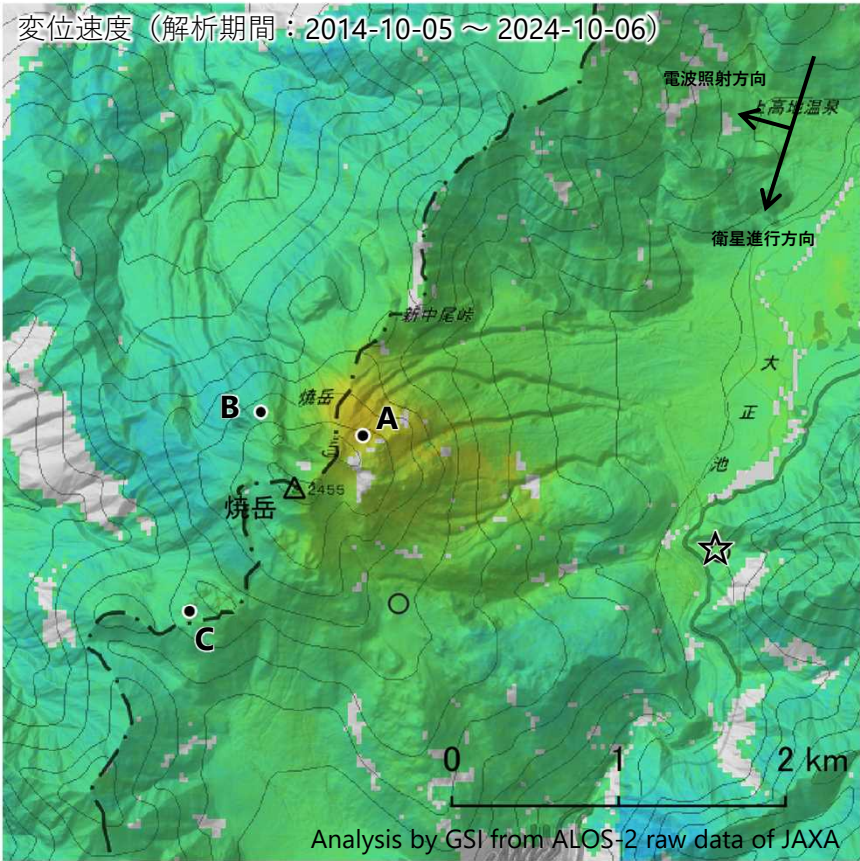
焼岳・アカンドナ山周辺の地殻変動(水平:地震後)

基準期間:2024-01-02~2024-01-02[F5:最終解]
比較期間:2024-11-21~2024-11-30[F5:最終解]



焼岳の干渉SAR時系列解析結果（南行）

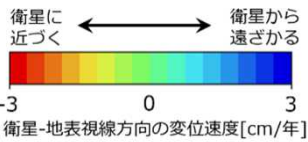
山頂東側の地点A周辺において、衛星に近づく変動が見られます。



衛星名	ALOS-2
観測期間	2014-10-05 ～ 2024-10-06
入射角	31.8°
データ数	30
干渉ペア数	165
空間分解能	約 30 m

○ 国土地理院以外のGNSS観測点

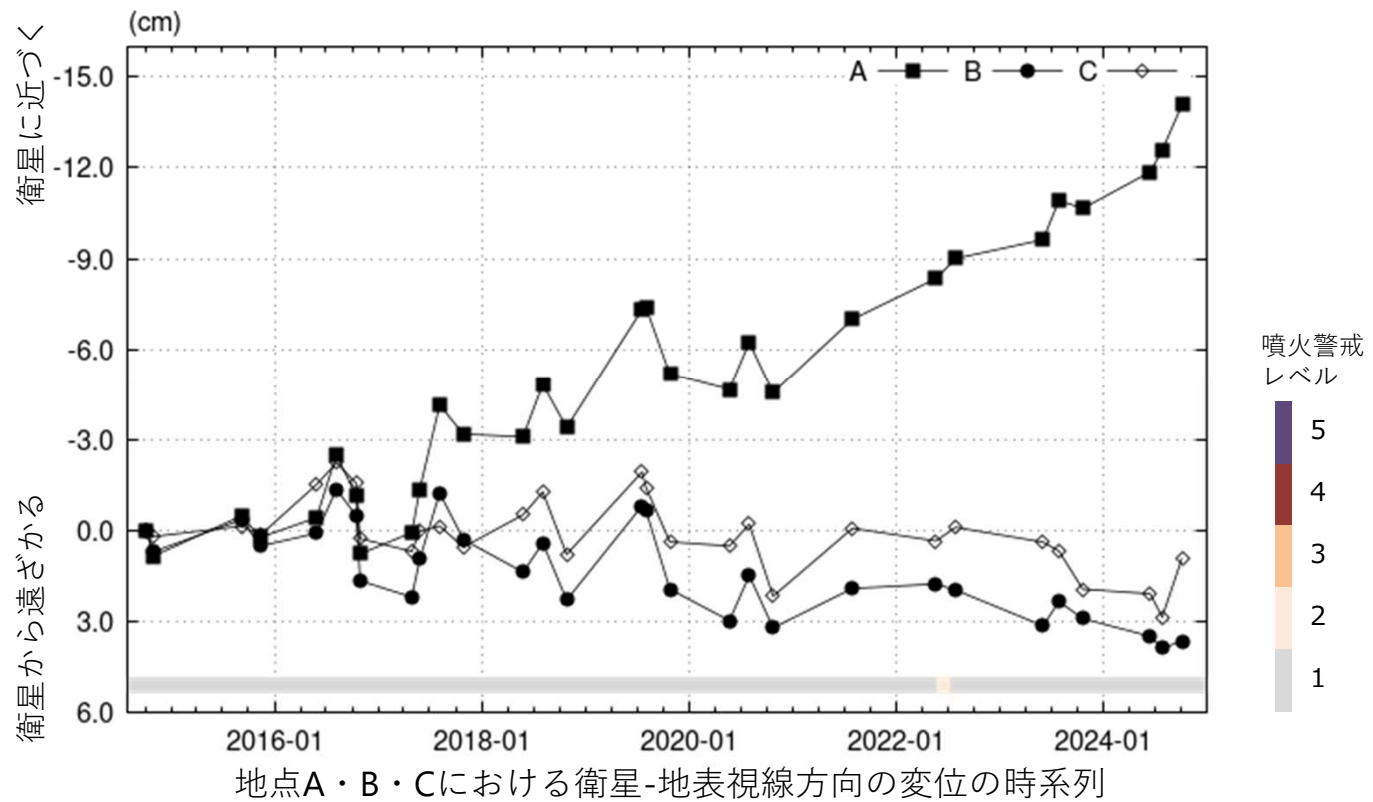
☆ 参照点：
気象庁観測点「大正池南」付近



背景：地理院地図 標準地図

陰影起伏図・傾斜量図

干渉SAR時系列解析手法：SBAS法

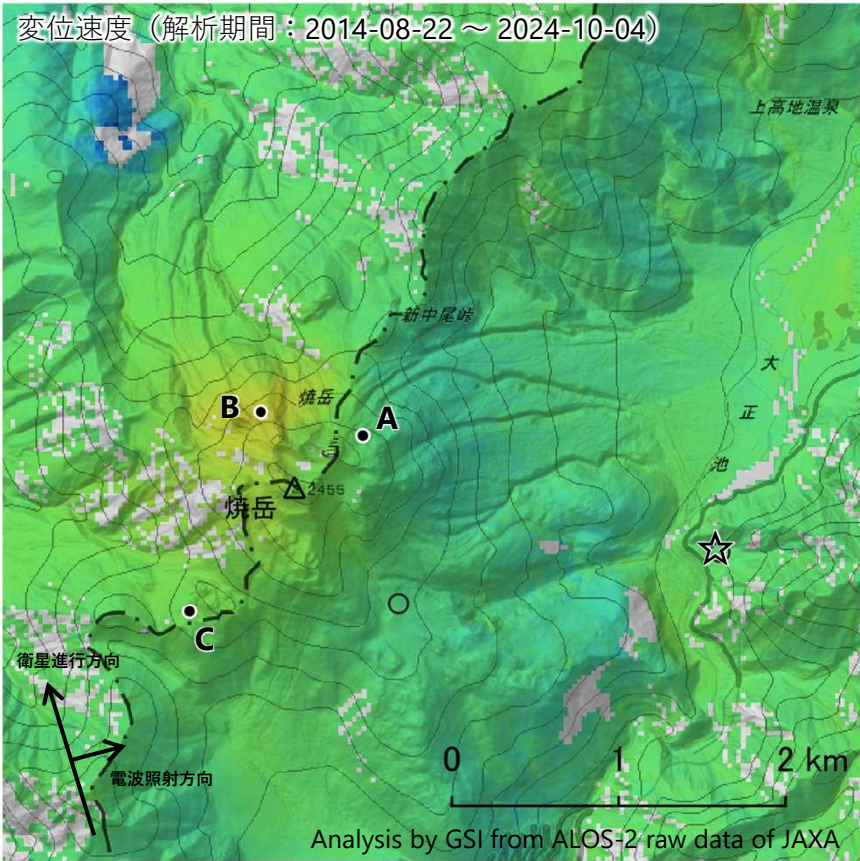


焼岳

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。
対流圏遅延補正には、気象庁数値予報格子点データを使用しています。

焼岳の干渉SAR時系列解析結果（北行）

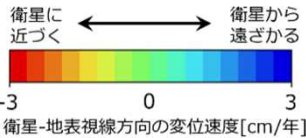
山頂西側の地点B周辺において、衛星に近づく変動が見られます。



衛星名	ALOS-2
観測期間	2014-08-22 ～ 2024-10-04
入射角	36.7°
データ数	24
干渉ペア数	56
空間分解能	約 30 m

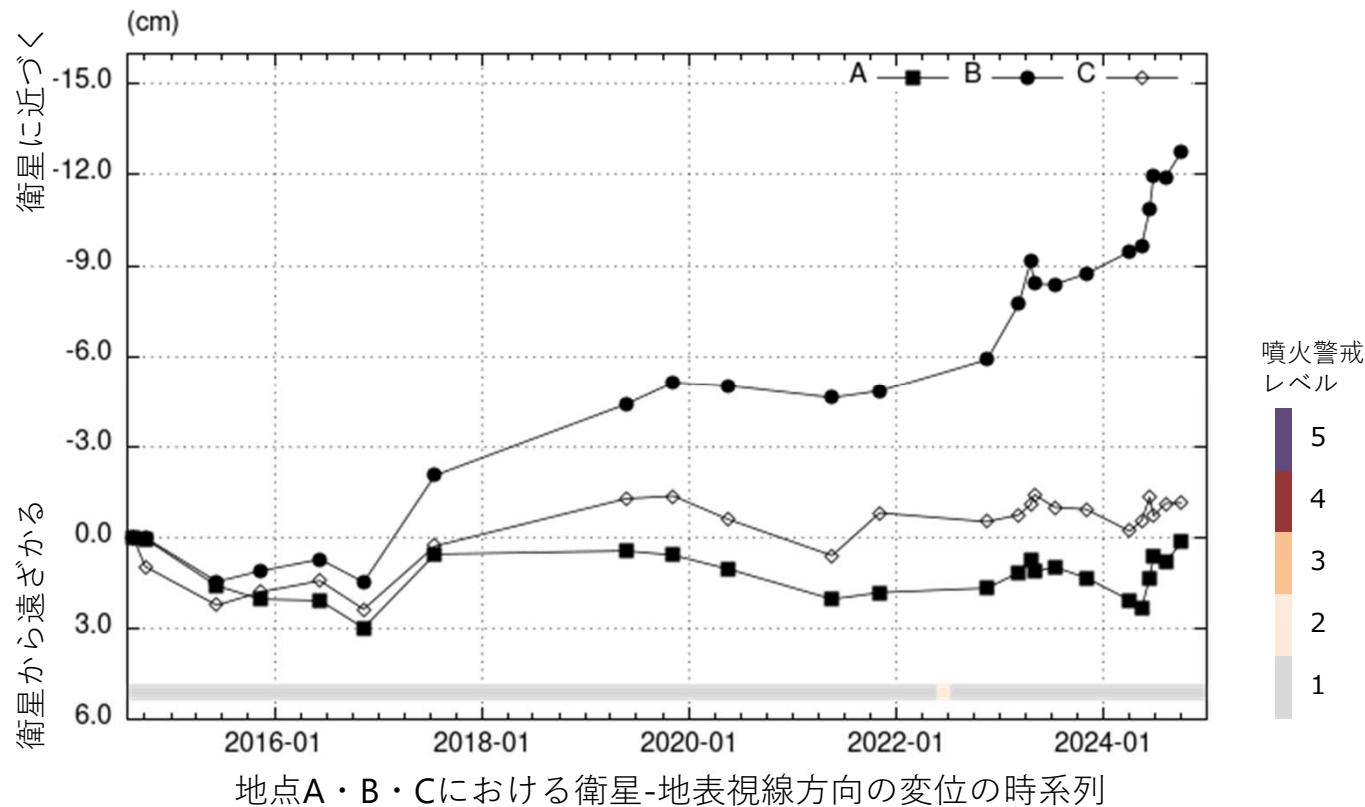
○ 国土地理院以外のGNSS観測点

☆ 参照点：
気象庁観測点「大正池南」付近



背景：地理院地図 標準地図
陰影起伏図・傾斜量図

干渉SAR時系列解析手法：SBAS法



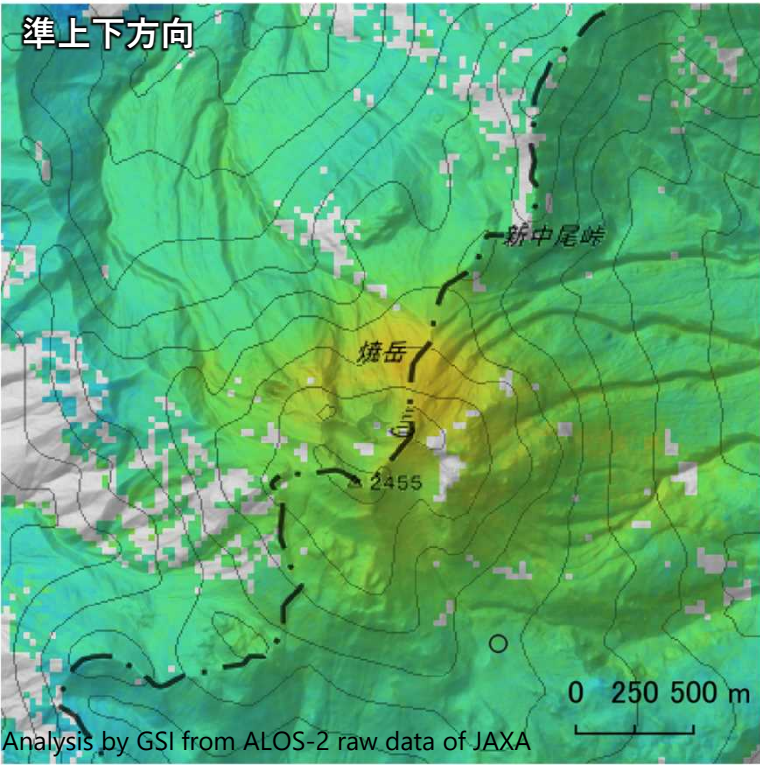
焼岳

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。
対流圏遅延補正には、気象庁数値予報格子点データを使用しています。

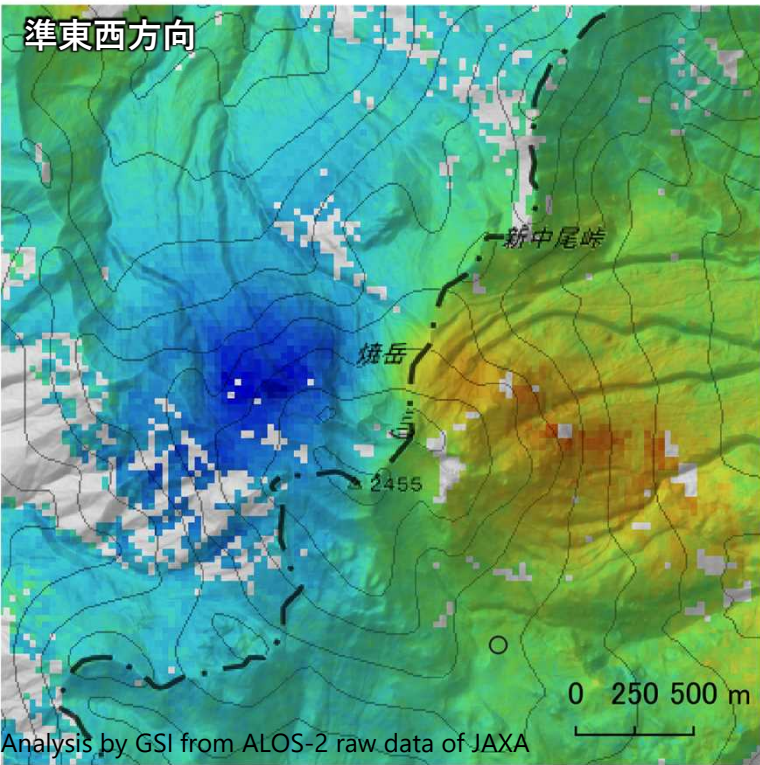
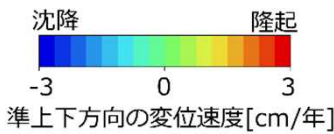
焼岳の2.5次元解析結果（2021年～2024年）

焼岳山頂周辺において隆起が見られます。また、山頂を境に西側では西向き、東側では東向きの変動が見られます。

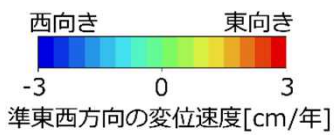
解析ペア：2021-08-01～2024-10-06（東→西）、2021-05-21～2024-10-04（西→東）



○ 国土地理院以外のGNSS観測点
参照点：気象庁観測点「大正池南」付近



○ 国土地理院以外のGNSS観測点
参照点：気象庁観測点「大正池南」付近



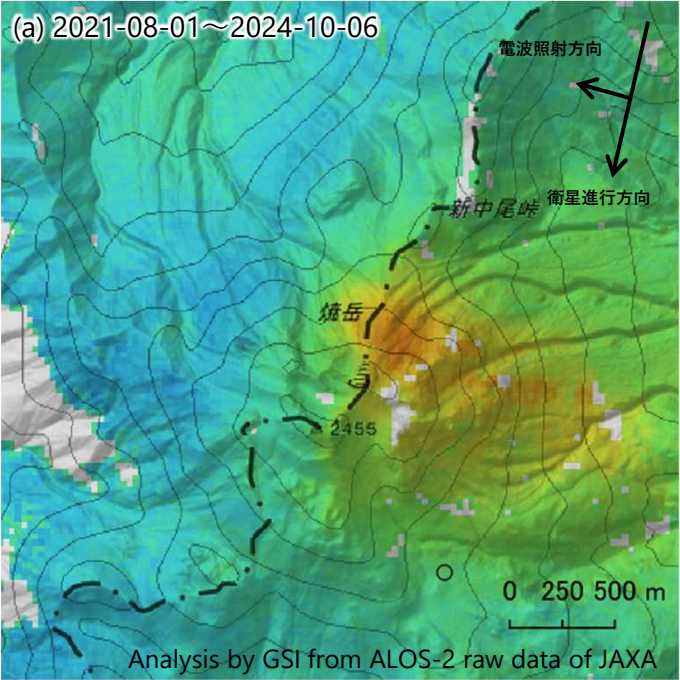
背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

焼岳の2.5次元解析結果（2021年～2024年）

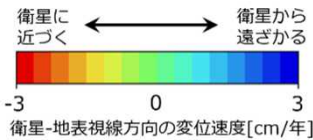
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日*1 計算期間*2	2014-10-05～2024-10-06 (a) 2021-08-01～2024-10-06	2014-08-22～2024-10-04 (b) 2021-05-21～2024-10-04
衛星進行方向	南行	北行
電波照射方向	右(西)	右(東)
入射角	31.8°	36.7°
空間分解能	約30m	約 30 m

*1 観測日：SBAS法に使用した期間
*2 計算期間：変位を計算した期間

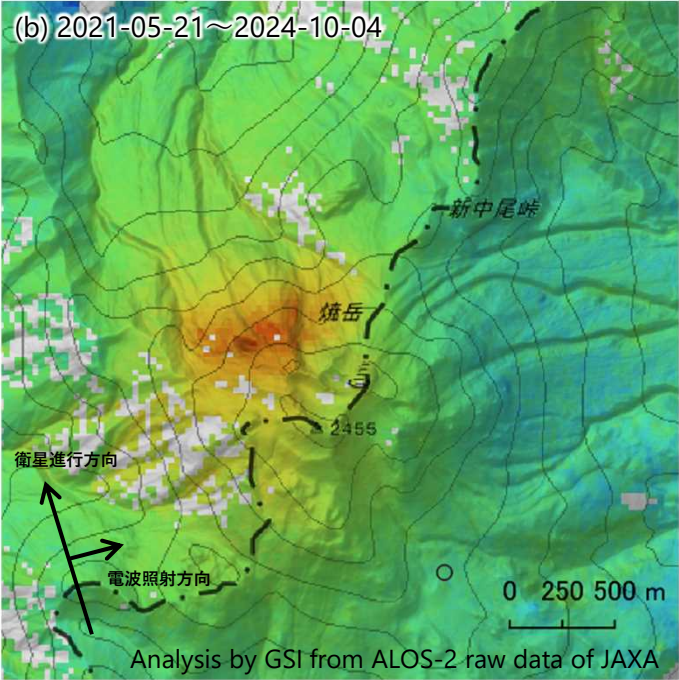
南行軌道の変位速度



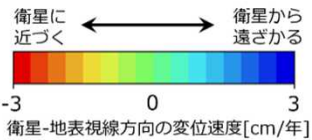
○ 国土地理院以外のGNSS観測点
参照点：気象庁観測点「大正池南」付近



北行軌道の変位速度



○ 国土地理院以外のGNSS観測点
参照点：気象庁観測点「大正池南」付近



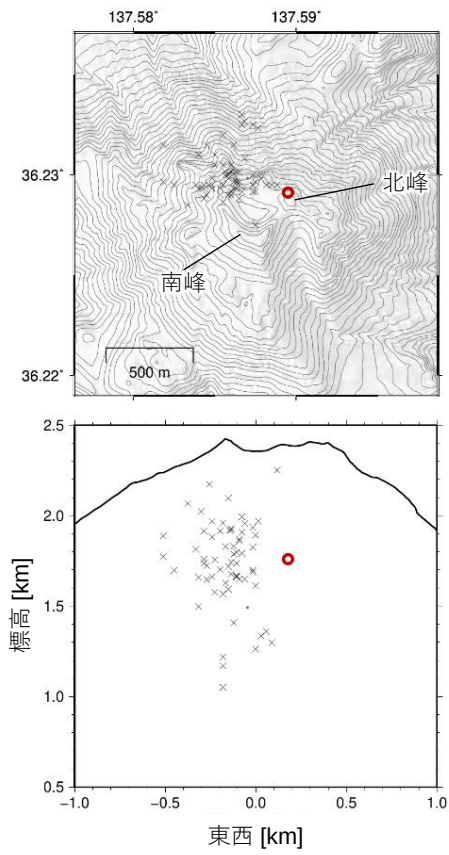
背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

焼岳

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。
対流圏遅延補正には、気象庁数値予報格子点データを使用しています。

干渉SAR時系列解析結果を用いて推定した焼岳の圧力源

変位速度から推定した圧力源の位置と体積変化量



○ インバージョン解析※による圧力源の位置
(2021年8月1日～2024年10月4日)

形状：球（半径25m固定）
緯度： 36.22912°
経度： 137.58949°
標高： 1759 m（北峰下深さ 685 m）
体積変化量： $0.029 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$

※地形補正を適用

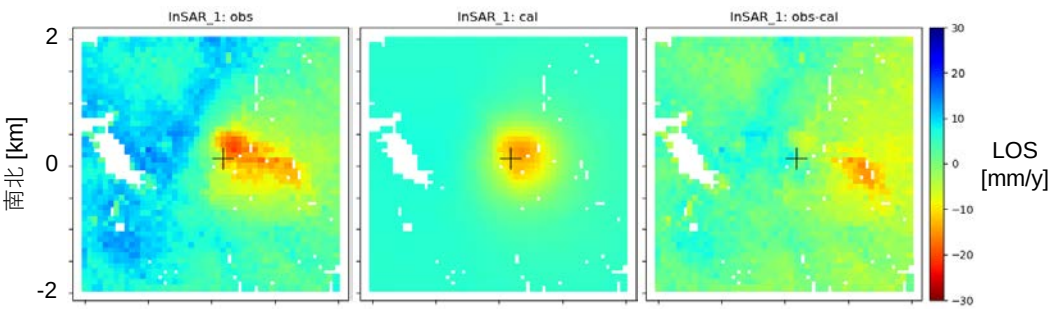
火山性地震の震源分布
(2021年1月1日～2024年10月31日)

× A型地震
・ B型地震

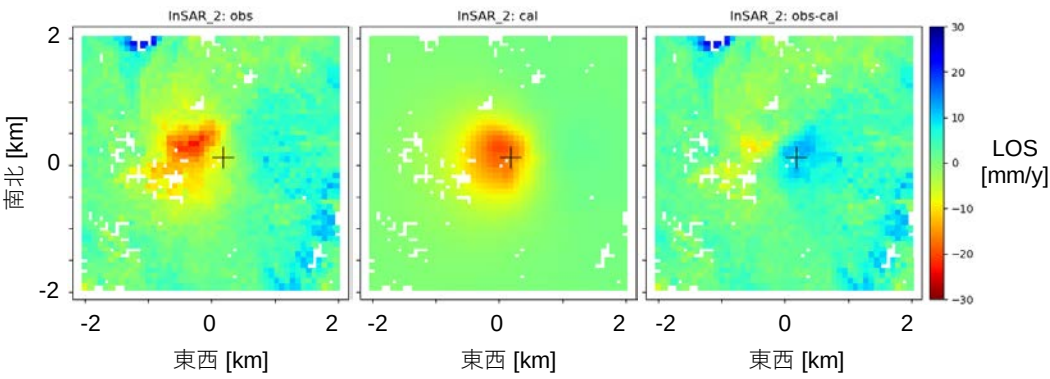
観測値（変位速度）と計算値

(a) 観測値 (b) 計算値 (c) 観測値－計算値

南行観測（東→西）
2021年8月1日
～2024年10月6日



北行観測（西→東）
2021年5月21日
～2024年10月4日



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。
対流圏遅延補正には、気象庁数値予報格子点データを使用しています。
火山性地震の震源は、火山噴火応急対策支援サイトから取得した震源リストを使用しています。

焼岳火山の噴火回数と噴気孔の温度

概要 20世紀以降の焼岳火山の噴火回数と山頂の噴気孔の温度は、良い相関が認められ、噴火活動が活発な時期には噴気温度が高い傾向が認められる。ただし、温度の計測頻度の関係から噴火前に噴気温度が上昇したかは定かでない。新たな火口形成を伴った1907年の噴火前と1923年の黒谷火口の形成の前は、1年以上前から新たな噴気孔の形成や噴気域の拡大があった。その一方、1962年噴火も山腹に新たに火口が形成されたが、噴火の前に顕著な噴気活動の活発化は認められなかった。そのため、噴火前に噴気活動が活発化する可能性は高いが、それがないまま噴火することもあると考えられる。

本文 1907～2017年の焼岳火山の噴火回数と噴気孔の温度についてまとめた（図1）。焼岳火山の噴火回数と山頂の噴気孔の温度は、良い相関が認められ、噴火活動が活発な時期には噴気温度が高い傾向が認められる。ただし、温度の計測頻度の関係から噴火前に噴気温度が上昇したかは定かでない。

なお、噴火回数は及川（2013）のまとめを用いた。このまとめの噴火回数は、噴火した記録のある日を数え上げ、年間何日噴火したかの数を年ごとに示したものである。焼岳は、周囲に定住者の少ない山奥に位置するため、過去の噴火で正確な噴火回数を知ることは困難なためである。また、噴気温度に関しては、山頂（現在の北峰周辺）、1962年火口内、中尾峠北側の3つの地域にわけ、それぞれの地域で観測された最も高い噴気温度を示した。そのため、各地域とも同一の噴気孔で計測され続けた温度ではない。これら3つの地域の噴気は、中尾峠北側のものは19世紀半ば以降から、山頂のものは1907年頃から、1962年火口内のものは1962年噴火から、それぞれ活動を開始している。

新たな火口形成を伴った1907年の噴火前と1919年の黒谷火口の形成の前は、1年以上前から新たに火口が形成された地点を含む地域で、新たな噴気孔の形成や噴気域の拡大があり、その後に噴火している（加藤，1912；小平，1932）。その一方、1962年噴火も山腹に新たに火口が形成されたが、噴火の前に顕著な噴気活動の活発化は認められなかった（Yamada, 1962）。そのため、噴火前に噴気活動が活発化する可能性は高いが、それがないまま噴火することもあると考えられる。

文献

加藤鉄之助（1912）硫黄岳（焼岳）火山噴火事項調査報告。震災予防調査会報告，vol. 75，1-26.

小平孝雄（1932）焼岳の最近の活動。火山，第1集，vol. 1，52-64.

松本測候所（1920）続焼岳調査報告。松本測候所，長野県松本，42p.

三宅康幸・小坂文予（1998）長野県安曇村中ノ湯における1995年2月11日の水蒸気爆発。火山，vol. 43，113-121.

水谷義彦・杉浦 孜（1981）焼岳および御岳山火山ガスの組成変化について。火山，第2集，vol. 26，142-143.

- 水谷義彦・杉浦 孜（1982）焼岳および御岳火山ガスの組成変化について（その 2）. 火山, 第 2 集, vol. 27, 161-161.
- Oana, S. (1939) Geochemische Untersuchungen der Vulkane in Japan. XVIII . Dichtemessungen des durch Kondensation von Fumarolendampf erhaltenen Wassers. Bull. Chem. Soc. Japan, vol.14, 279-283.
- Oana, S. (1942) Geochemische Untersuchungen der Vulkane in Japan. XXV. Dichtemessungen des Wassers aus Fumarolen von dem Vulkane Yakedake. II, Bull. Chem. Soc. Japan, vol.17, 302-304.
- 及川輝輝（2013）詳細火山データ集：焼岳火山群. 日本の火山, 産総研地質調査総合センター (https://gbank.gsj.jp/volcano/Act_Vol/yakedake/index.html)
- 小坂文予（1960）焼岳火山噴気孔周辺における変朽現象について. 火山, 第 2 集, vol. 4, 166-167.
- 小坂文予・小沢竹二郎（1966）1962 年焼岳活動の噴出物とその噴火様式について. 火山, 2 集, vol. 11, 17-29.
- 杉浦 孜・水谷義彦（1978）焼岳における噴気ガスの同位体および化学組成. 火山, 第 2 集, vol. 23, 241-248.
- Yamada, T. (1962) Report of the 1962 activity of Yakedake Volcano. Jour. Fac. Liberal Arts and Sci., Shinshu Univ., no.12, 47-68.

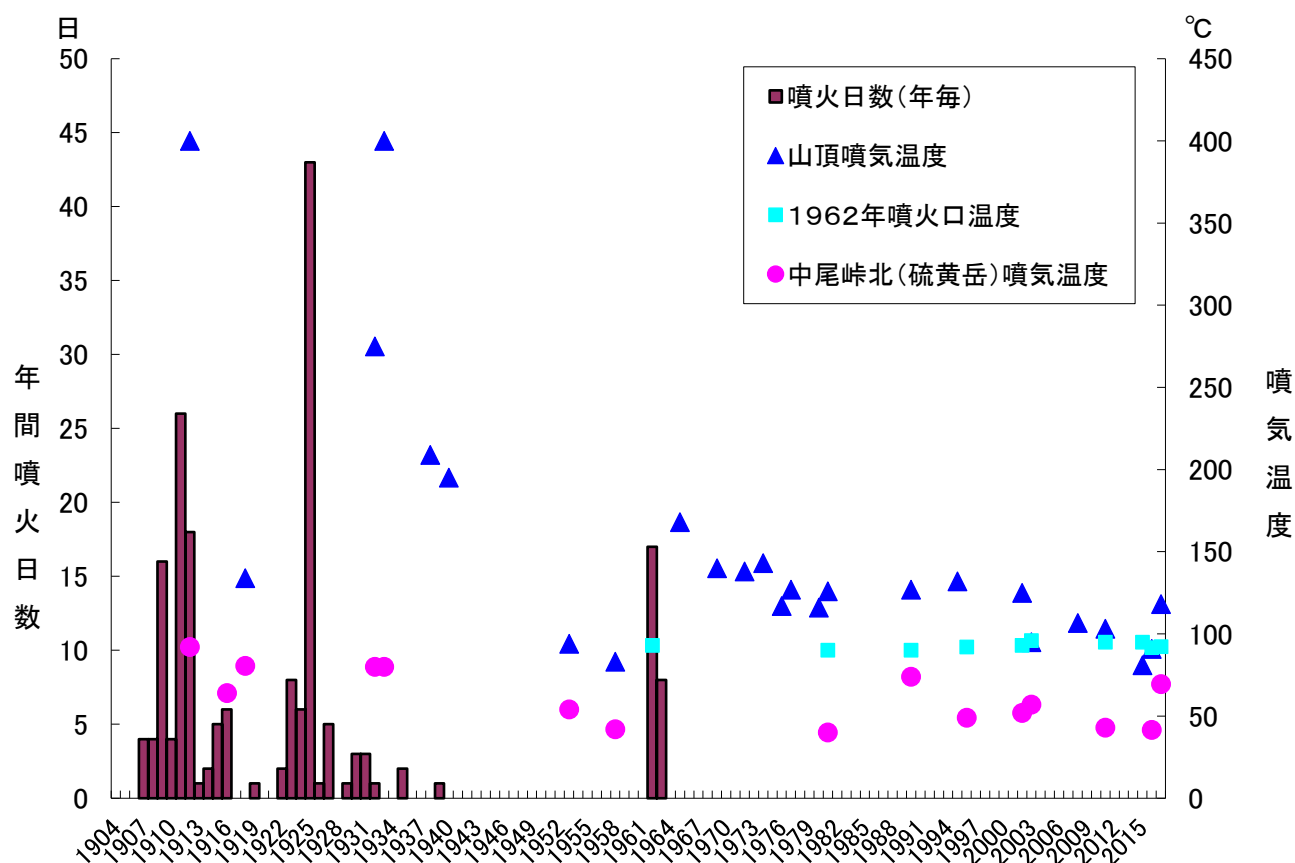


図1 1904～2017年間の噴火と噴気温度の関係

左側の縦軸は年間に何日噴火したかの年間噴火日数。データは及川（2013）より。右側の縦軸は噴気孔の温度。温度は、加藤（1912）、松本測候所（1920）、小平（1932）、Oana（1939、1942）、小坂（1960）、Yamada（1962）、杉浦・水谷（1978、1981、1982）、三宅・小坂（1998）、気象庁機動観測班、及川未公表から編集。

焼岳火山の火口位置情報

概要 焼岳火山の火口や噴出中心の位置情報を、火口であるかどうかの確度付きの情報としてまとめた。2300 年前の最後のマグマ噴火以降に形成された、水蒸気噴火により形成されたと推定される火口などは、山頂周辺に分布し、気象庁や火山防災協議会が想定火口域としている範囲内に分布する。

本文 産総研地質調査総合センターでは、現在、観測、測量、調査及び研究の充実等が必要な 51 火山を対象に、完新世に活動した火口や噴出中心（以下、火口と書く）の位置情報を、火口であるかどうかの確度付きの情報とあわせてまとめている。火口であるかどうかの確度は、地形情報と地質情報それぞれに与えて、それらの組み合わせで「確実」（赤）、「可能性が高い」（オレンジ）、「可能性がある」（黄）の三段階で表記している（図 1、表 1）。なお、地形情報は、国土地理院が管理している航空レーザ測量結果から作成した赤色立体地図（アジア航測作成）を使用して地形判読したものである。地形情報に基づく確度は高いものから低い順にⅠ、Ⅱ、Ⅲで示している。地質情報は、既存の文献や現地調査の結果を基にまとめた。地質情報に基づく確度は、高いものから低い順に a, b, c の三段階に区分している。これら地形・地質情報からの確度の組み合わせで、火口であるかどうかの確度を区分している。なお、これら火口位置情報のまとめの方針や確度などの詳しい解説は、及川ほか（2024）にまとめられているので参照されたい。

図 1 は、このようにしてまとめた、焼岳火山の火口位置情報を国土地理院の地理院地図上に示したものである。火口地形が残っているものは線で、溶岩の噴出中心やその後の活動で埋積された火口の位置は、○（円）で示している。脇に添えた数字は各火口に割り振った ID で、その ID ごとに確度などの情報をまとめたものは、表 1 に示している。なお、焼岳に関しては、「可能性が低い」火口は存在していない。なおこれら一連のデータは、シェイプファイルとしてまとめ、産総研地質調査総合センター研究資料集で公表予定である。

焼岳では、既存の噴火史、火山形成史の研究を基にすると、○で示した噴出中心は、すべてマグマ噴火の噴出中心で、線で示した火口地形は 2300 年前の最後のマグマ噴火以降に形成された水蒸気噴火の火口と推定される。水蒸気噴火により形成されたと推定される火口は、山頂周辺に分布し、気象庁や火山防災協議会が想定火口域としている範囲内に分布する。

文献

及川輝樹（2002）焼岳火山群の地質-火山発達史と噴火様式の特徴. 地質学雑誌, 108 巻, 615-632.

及川輝樹・奥野 充・中村俊夫（2002）北アルプス南部、焼岳火山の最近 3000 年間の噴火史. 地質学雑誌, 108 巻, 88-102.

及川輝樹・古川竜太・川邊禎久・宝田晋治・石塚吉浩（2024）噴火口図のための火口位置データと完新世噴火イベントデータの作成ガイドライン. 地質調査総合センター速報, 86 号, 59-63.

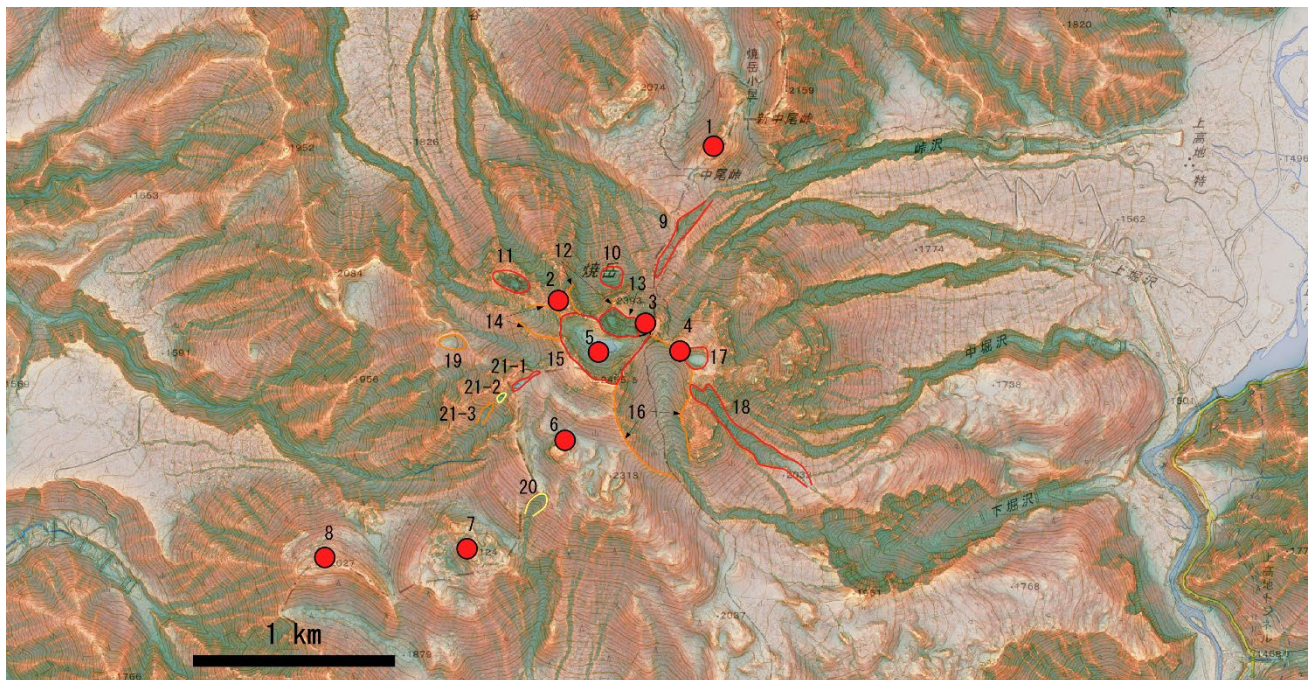


図1 焼岳の完新世に活動した火口位置情報。背景地図は地理院地図に作成した赤色立体地図を重ねたものを使用。それぞれの確度は、赤が「確実」、オレンジが「可能性が高い」、黄色が「可能性がある」である。

表 1 焼岳の完新世に活動した火口の確度情報など.

火山ID	火山名	火口ID	火口名	火口名文献等	地形確実度	地質確実度	地質確実度の文献	備考	火口確実度
vol num	vol name	craterID	crat name	crat_ref	topo cert	geo cert	geo_ref	note	certainty
E62	焼岳	1			I	a	及川 (2002) 地質学雑誌	中尾峠溶岩の噴出中心	確実
E62	焼岳	2			I	a	及川 (2002) 地質学雑誌	焼岳円頂丘溶岩の噴出中心	確実
E62	焼岳	3			I	a	及川 (2002) 地質学雑誌	焼岳円頂丘溶岩の噴出中心	確実
E62	焼岳	4			I	a	及川 (2002) 地質学雑誌	焼岳円頂丘溶岩の噴出中心	確実
E62	焼岳	5			I	a	及川 (2002) 地質学雑誌	焼岳円頂丘溶岩の噴出中心	確実
E62	焼岳	6			I	a	及川 (2002) 地質学雑誌	下堀沢溶岩の噴出中心	確実
E62	焼岳	7			I	a	及川 (2002) 地質学雑誌	細池円頂丘溶岩の噴出中心	確実
E62	焼岳	8			I	a	及川 (2002) 地質学雑誌	細池円頂丘溶岩の噴出中心	確実
E62	焼岳	9	1962年火口	及川ほか (2002)	III	a	及川ほか (2002) 地質学雑誌	1962年噴火で形成	確実
E62	焼岳	10	1962年火口	及川ほか (2002)	II	a	及川ほか (2002) 地質学雑誌	1962年噴火で形成	確実
E62	焼岳	11	黒谷火口	及川ほか (2002)	I	a	及川ほか (2002) 地質学雑誌	1923年形成. その後1939年まで活	確実
E62	焼岳	12			II	b			可能性が高い
E62	焼岳	13	隠居穴火口	及川ほか (2002)	I	a	及川ほか (2002) 地質学雑誌	1911年形成. その後1939年まで活	確実
E62	焼岳	14			II	b			可能性が高い
E62	焼岳	15	正賀池火口	及川ほか (2002)	I	a	及川ほか (2002) 地質学雑誌	1907~39年に活動. それ以前も存	確実
E62	焼岳	16	下堀沢火口	及川ほか (2002)	II	b	及川ほか (2002) 地質学雑誌		可能性が高い
E62	焼岳	17	醒ヶ池火口	及川ほか (2002)	I	a	及川ほか (2002) 地質学雑誌		確実
E62	焼岳	18	大正池噴火火口		III	a	及川ほか (2002) 地質学雑誌	1915年大正池形成の噴火で形成.	確実
E62	焼岳	19			II	c2			可能性が高い
E62	焼岳	20			III	c2			可能性がある
E62	焼岳	21-1			I	c2			確実
E62	焼岳	21-2			II	c2			可能性がある
E62	焼岳	21-3			III	c2			可能性が高い

焼岳の火山ガス組成・放出量と噴気温度

概要

焼岳の2024年の火山ガス組成と噴気温度は2023年と同程度の値を示し、2020-2021年と比べて高い噴気温度、 $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比が維持されている。最も高い $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比を示す岩坪谷噴気からの二酸化硫黄(SO_2)放出量を初めて測定し、2024年9月には0.2-0.4ton/day程度であった。

本文

2024年9月～10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、検知管(GASTEC社製)を用いた観測、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)及び SO_2 放出量観測(歩行トラバース観測)による火山ガス調査を実施した(表1・2, 図1～3)。

1962-63火口の噴気温度は96℃程度と過去10年間の値と同程度であったが、 $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比は2023年以前より高い値を示している。

北峰南噴気は、110℃程度の温度を維持しており、 $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比も活動が低調であった2020-2021年よりも継続して高い値を示した(図1・表1)。

醇ヶ池火口噴気は、95℃程度の温度を維持しており、2022-2023年と同様に高い $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比を示した。

岩坪谷噴気は焼岳の噴気の中でも最も高い $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比を示し、 SO_2 放出量は0.2-0.4 ton/dayであった。見かけ平衡温度(AET)も500℃程度の値を示していることから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2)。

各噴気地帯には複数の噴気孔が分布しており、測定日より異なる噴気の寄与があり得るため評価には注意が必要だが、2022年、2023年とほぼ同様の火山ガス組成が得られた。

補足 本報告は、2024年10月8日に火山噴火予知連絡会へ提出した「2024年9月-10月焼岳の SO_2 放出量、火山ガス組成及び噴気温度」(産業技術総合研究所・信州大学)の資料に、2024年10月31日測定分を加筆し、再構成したものである。なおガスセンサーの校正を行いその校正誤差を補正したため、2024年9月26日と10月2日のデータの数値は、前回提出資料と異なる。

表1. 2023-2024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	2023/8/12	95.2	-3.65
	2024/10/31	96.1	-2.00
北峰南（山頂）	2023/5/24	110.9	-3.48
	2023/8/12	109.1	-3.54
	2023/8/25	104.3	-3.64
	2023/9/30	107.4	-3.67
	2023/11/9	113.2	-3.14
	2024/10/6	103.0	-2.50
	2024/10/31	112.0	-2.90
醇ヶ池火口	2023/5/24	95.3	-2.01
	2023/11/9	95.4	-2.00
岩坪谷	2023/7/4	-	-0.45
	2023/8/2	101.3	-0.44
	2023/8/30	98.7	-0.43
	2024/9/26	101.0	-0.30

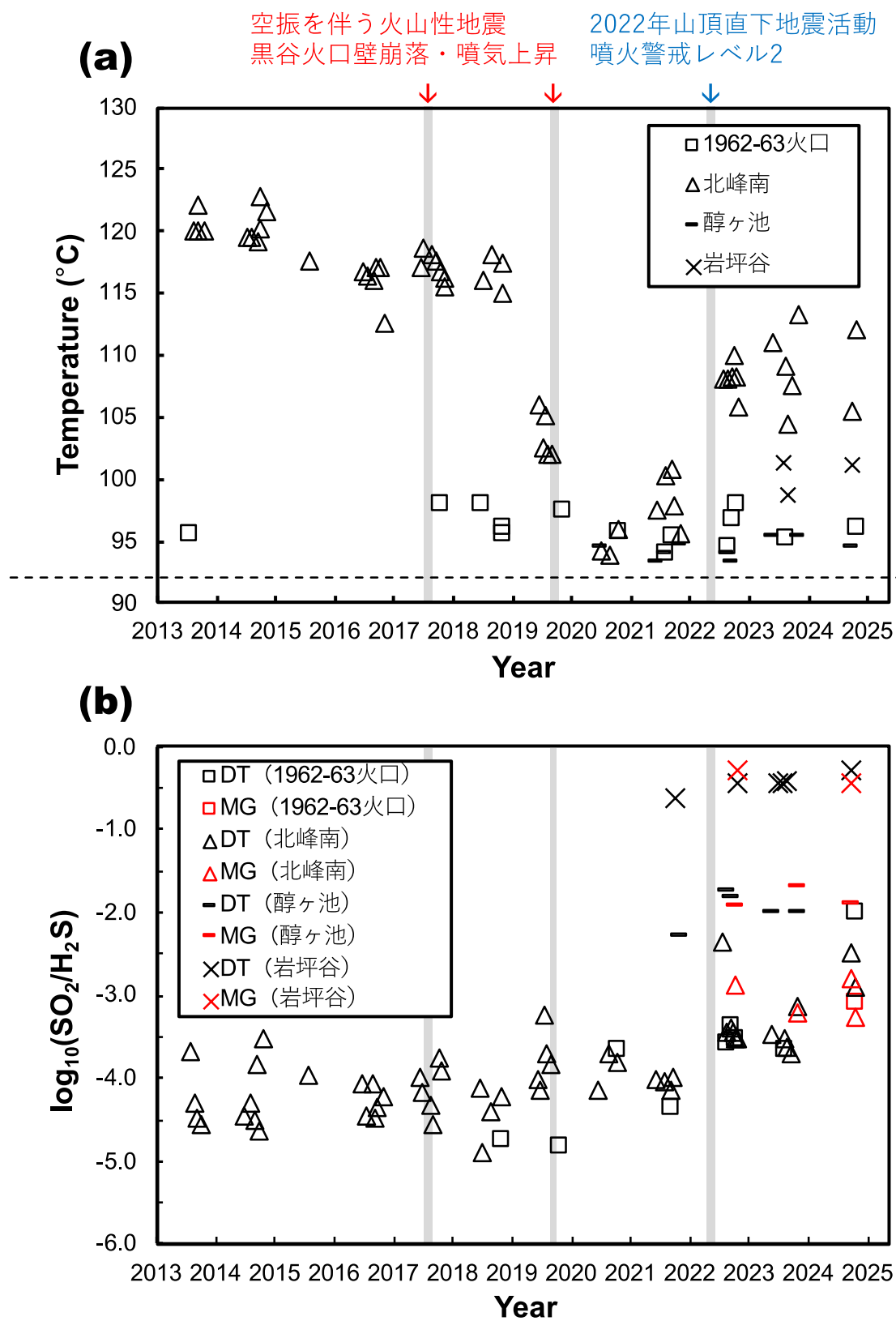
表2. 焼岳のマルチガス観測による火山ガス組成

噴気	観測日	$\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$	$\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2\text{S}$	$\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_2$	$\text{H}_2/\text{H}_2\text{S}$	AET	噴気温度
1962-63 火口	2022/10/19	5.2	190	-	-	-	98.0°C
1962-63 火口	2024/10/31	8.7	130	1200	-	-	96.1°C
北峰南（山頂）	2023/11/9	2.9	100	1700	-	-	113.2°C
北峰南（山頂）	2024/10/2	1.5	54	610	-	-	105.4°C
北峰南（山頂）	2024/10/31	2.1	140	1800	-	-	112.0°C
醇ヶ池火口	2022/10/19	8.1	260	85	-	-	†93.2°C
醇ヶ池火口	2023/11/9	13	380	51	-	-	95.4°C
醇ヶ池火口	2024/10/2	5.7	290	80	-	-	94.5°C
††黒谷火口	2023/11/9	40~300	2000~4000	1~40	-	-	-
岩坪谷	2022/11/2	10	300	2.0	0.097	490°C	-
岩坪谷	2024/9/26	11	180	2.8	0.09	540°C	101.0°C

北峰南（山頂）には2つ、醇ヶ池火口には多数の噴気孔があり、測定された噴気が常に同じ噴気孔起源とは限らず、異なる噴気孔の寄与を受けている可能性がある。観測データは RatiocalcR (Tamburello, 2015) を用いて解析した。

†) 2022年9月15日測定。

††) 火山ガス濃度が低い (H_2S 濃度 2ppm 以下) ため、参考値。

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.

(a)の点線は現地の沸点 (92°C). (b)の DT は検知管での測定値, MG はマルチガスでの測定値.



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) 岩坪谷噴気 (2024/9/26). (b) 1962-63 火口噴気 (2024/10/31). 噴気の上にマルチガス (赤丸).
 (c) 北峰南 (山頂) 噴気 (2024/10/31). 中央の人物が担いでいるのがマルチガス.

焼岳の地磁気全磁力変化

概要

2023 年 10-11 月に山頂周辺で地磁気的全磁力測定を行い、2020 年の測定結果と比較したところ、山頂の南側で全磁力が減少、北側で増加していることが分かった。磁力変化量は北峰北と黒谷火口に消磁源を仮定すると概ね説明できる。

本文

2023 年 10 月～11 月に焼岳山頂を挟む登山道沿いの南北、および山頂から黒谷火口までの東西に設置した 23 の観測点で地磁気的全磁力観測を行った。東京大学地震研究所ハケ岳地球電磁気観測所（焼岳の東方約 80km）の全磁力値を参照データとして日変化等の補正を行い、同様に処理した 2020 年 9-10 月の観測結果と比較した。京都大学防災研究所の中尾峠観測点（DP. NKOT）と下堀沢観測点（DP. SMHZ）の観測データも同様に処理し、合わせて検討した。

山頂付近では 1962-63 火口と黒谷火口の北側で全磁力値が増加、南側で減少を示した。ただし、山頂南側でも南麓の 3 観測点（YKP-16, YKP-17, NK-S1）と南東の DP. SMHZ は増加を示した。

山頂付近の全磁力変化は北峰北（北緯 36.231, 東経 137.588, 深さ約 800m, 双極子モーメント $-7.3 \times 10^6 \text{ Am}^2/\text{year}$ ）と黒谷火口（北緯 36.230, 東経 137.583, 深さ約 90m, 双極子モーメント $-1.1 \times 10^4 \text{ Am}^2/\text{year}$ ）に置かれた 2 つの消磁源で概ね説明できるが、南麓の 3 観測点と南東の DP. SMHZ の変化はこの 2 つのソースではうまく説明できない。観測結果は 2020 年から 2023 年にかけて山頂北と黒谷火口下で温度が上昇し、熱消磁が起こった可能性を示唆している。

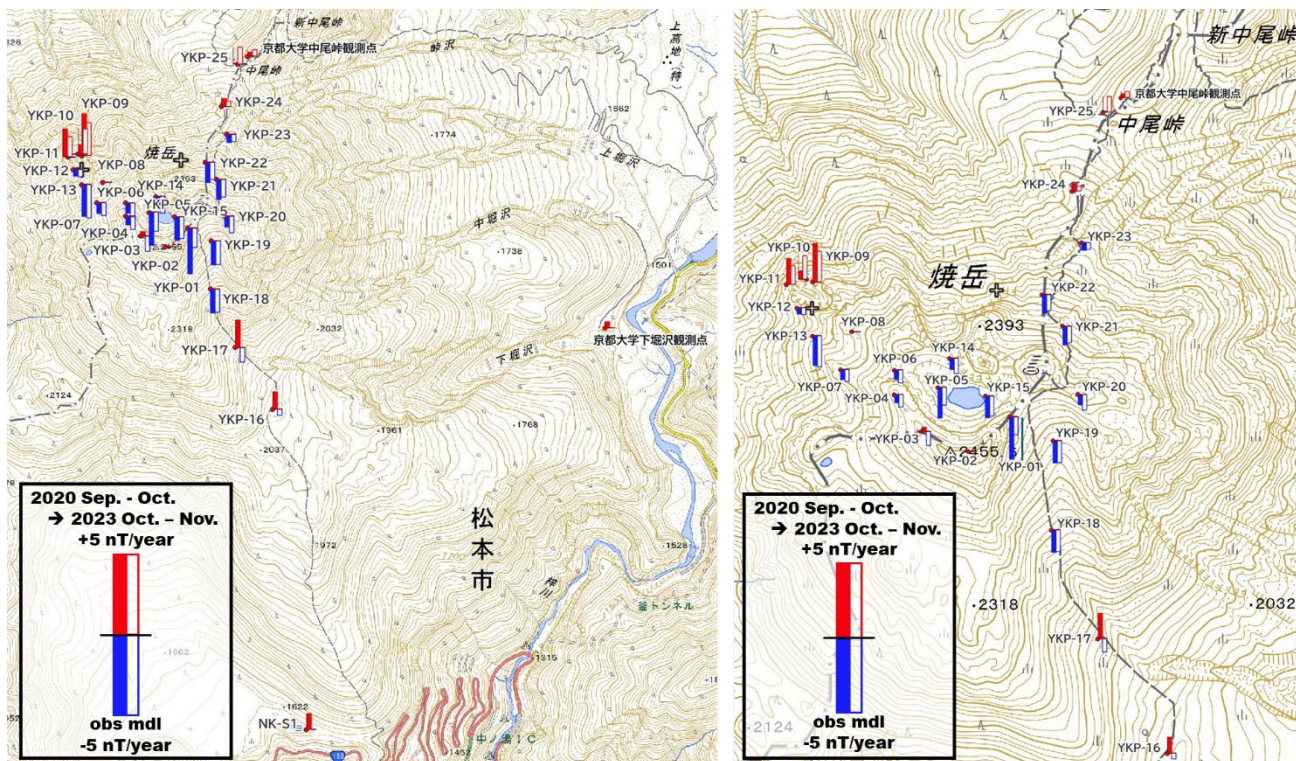


図 2020 年 9-10 月から 2023 年 10-11 月の全磁力変化。全体図（左）と山頂周辺拡大図（右）。十字に置いた 2 つの消磁源による計算結果は白抜きで示した。YKP-2, YKP-8 は欠測。地図の描画には電子地形図 25000（国土地理院）を使用した。

■ 焼岳

・ 熱異常の長期的変化：2020-2024年

焼岳ではひまわり、しきさいにより、当該期間、熱異常は認められない(図1)。

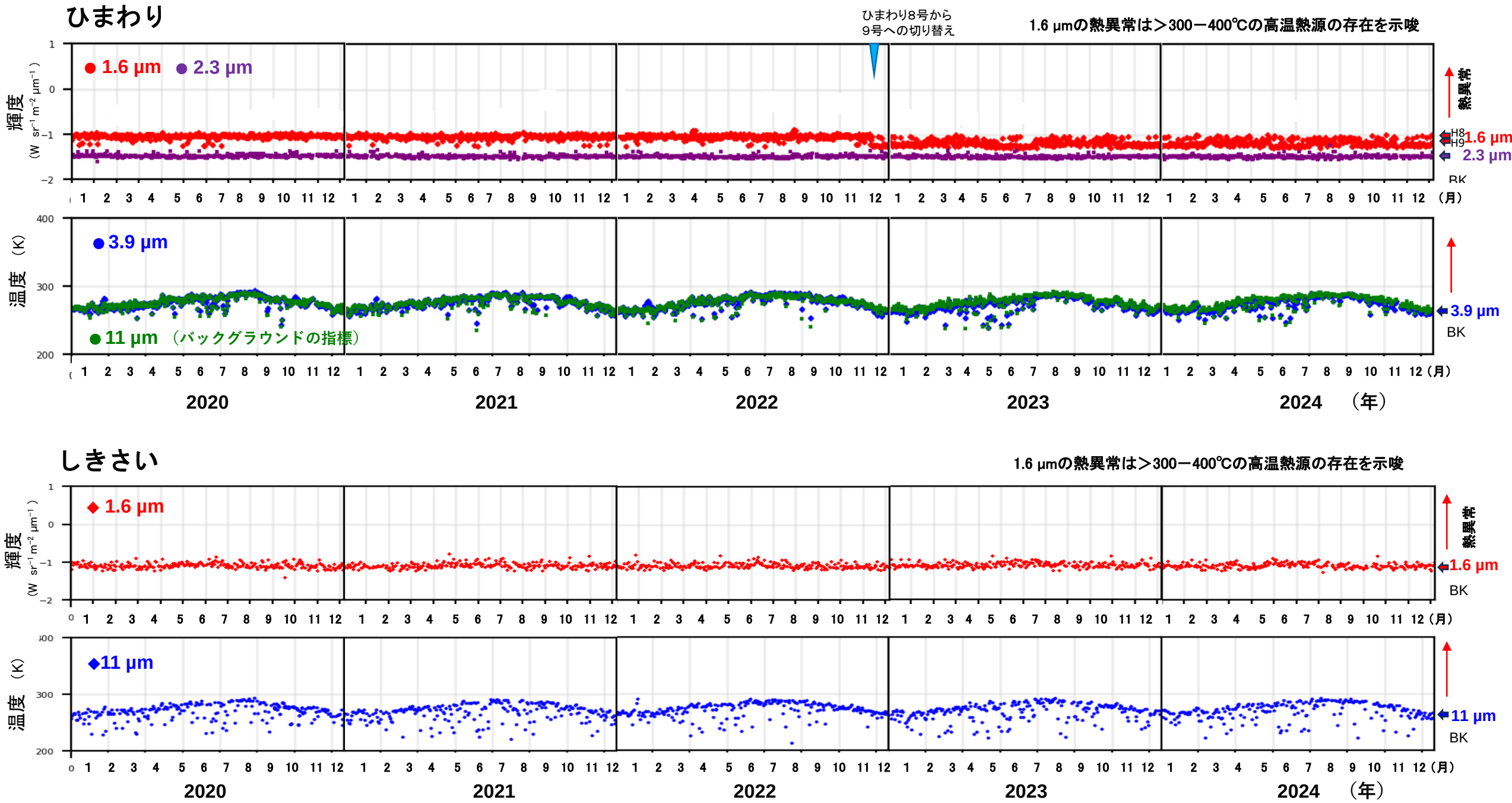


図1 ひまわり、しきさいによる熱異常の長期的変化: 2020-2024年

ひまわり・しきさい（GCOM-C）等による熱異常観測

重点評価対象火山となった諏訪之瀬島、薩摩硫黄島、桜島、小笠原硫黄島、口永良部島、焼岳、岩手山について、ひまわり・しきさい（GCOM-C）による熱異常観測（2020年～2024年）の結果を報告する。

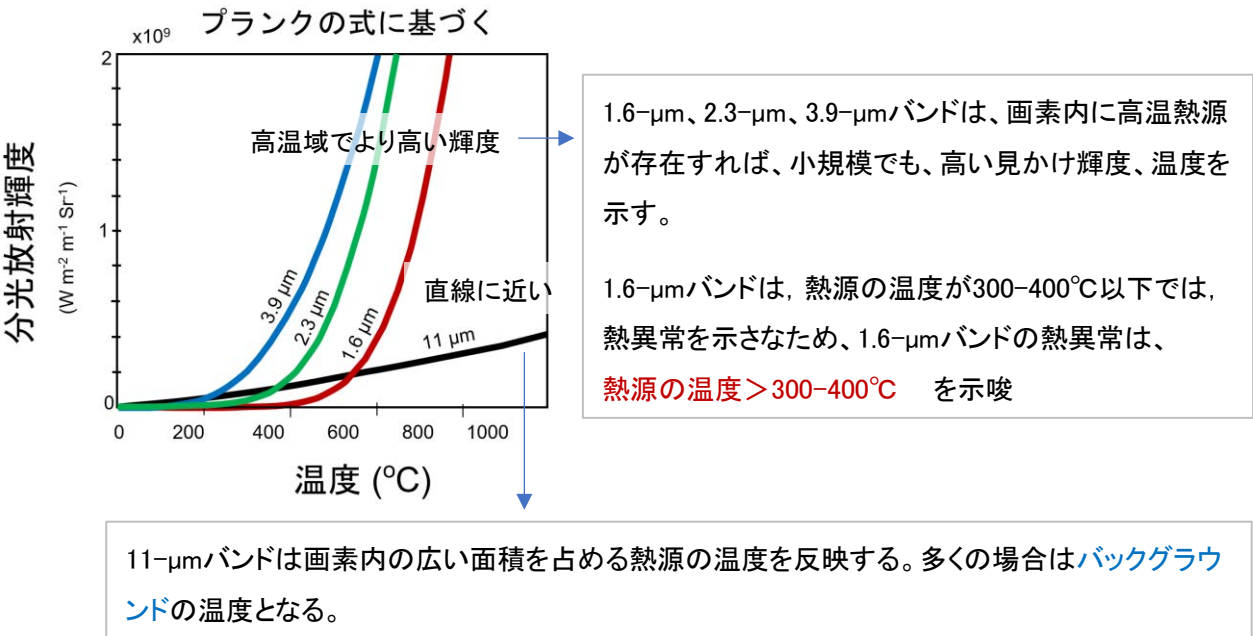
■ ひまわり・しきさい（GCOM-C）赤外画像の特徴

観測に用いたひまわり・しきさい（GCOM-C）赤外画像の特徴と利点について整理する。

- ・ 観測に用いたバンドの諸元と特徴
- ・ ひまわりの利点 観測頻度が10分ごとと圧倒的に高い

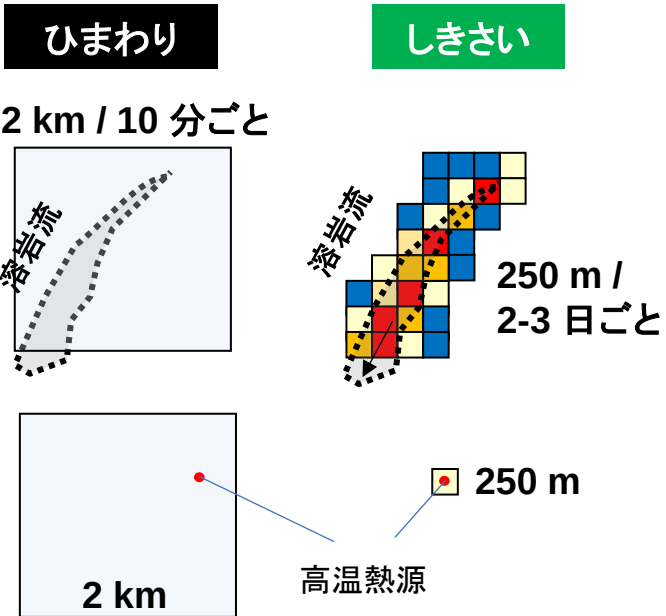
	ひまわり	GCOM-C(しきさい)
使用バンド	1.6, 2.3, 3.9, 11 μm	1.6, 11 μm
分解能	2 km	250 m
観測頻度	10 分ごと	2-3 日ごと

- ・ 細かな時間変化を捉えられる
- ・ 一時でも被覆している雲が切れれば観測可能
- ・ リアルタイム性が高い



・ しきさいの利点

- 空間分解能が高い**
噴出物の分布を捉えることができる
- 実効的感度が高い**
画素サイズが小さいので、同じ熱源でも**実効的な感度**が高くなる



飛騨山脈 2020 年群発地震に伴う焼岳近傍へのマグマ貫入の可能性について

2025/01/22

京都大学防災研究所 大見士朗・西村卓也

概要：焼岳を含む飛騨山脈南部地域とその周辺では、京都大学防災研究所附属地震災害研究センター上宝観測所（以下、京大防災研）により、1970 年代後半より地震活動の研究監視観測が実施されてきており、頻繁に発生する群発地震活動が観測されてきた。そのような中で、2020 年 4 月から 7 月にかけて、1970 年代の観測開始以来最大級の群発地震が発生した。この活動は、期間中に M_j (気象庁マグニチュード)が 5 を超える地震が複数個発生する活発なものであった。また、同じ時期には焼岳を含むこの地震活動の震源域において複数のプロジェクトによる GNSS 観測網が稼働しており、同地域での GNSS 観測網の稼働開始以降初めての、地震活動に同期した顕著な地殻変動が観測された。これらのデータの解析結果によれば、今回の群発地震活動は長野県・上高地から飛騨山脈脊梁部にかけてのマグマ貫入に伴う開口断層の生成に伴うものであったことが示唆された。これは、同地域における近代的な観測の開始以来、初めて検出された焼岳近傍のマグマ活動である可能性がある。

地震活動：気象庁カタログによる、2020 年 4 月から 2020 年 7 月末までの同地域の震源分布を Fig.1a に、その活動状況の時間変化を Fig.1b に示す。活動は 4 月下旬に始まり、7 月中旬までの間に数度のバースト的な活発化が認められた。これらの地震のうち、震源域近傍に設置された京大防災研の強震計によって、計測震度が 3 以上を記録した地震の震央分布を Fig.2a に示す。これらの比較的大きな揺れを記録した地震について、防災科学技術研

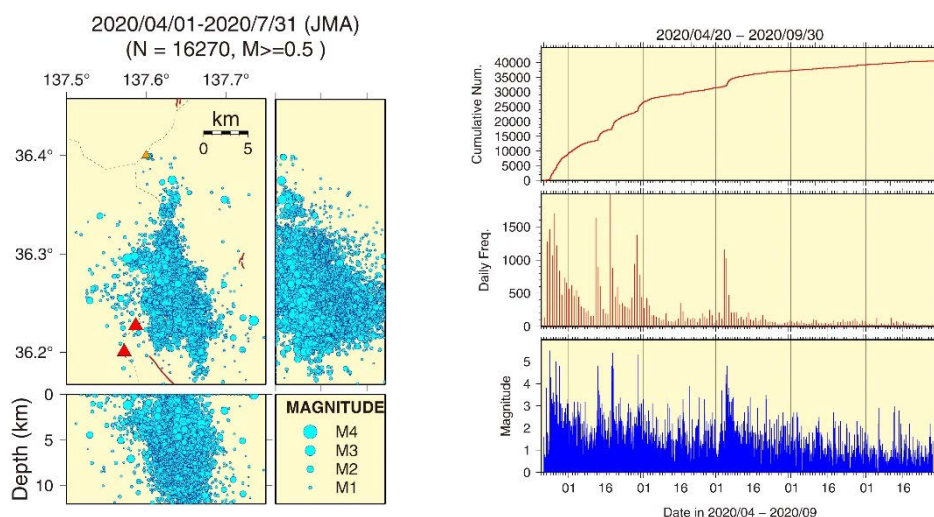


Fig.1 : (a)(left)気象庁カタログによる、2020/4/1 から 2020/7/31 までの M_j が 0.5 以上の地震の震源分布。赤い▲は焼岳（上）およびアカンダナ山（下）を示す。(b)(right)左図に描画された地震の、積算発生数(上)、日別発生数(中)の時間変化、および M-T ダイアグラム(下)。

研究所の F-net データを使用して、使用観測点を揃えた上で発震機構解を求めたものが Fig.2b である。これによれば、求められた発震機構解には Non Double Couple 成分に富むものが多く認められる。

地盤変動：当地域には国土地理院の GEONET を始め、複数のプロジェクトによる GNSS 観測網が稼働している (Fig.3a)。このうち、焼岳山頂観測点 (DP.YKEP) と西麓の栃尾観測点 (TCHO) の間の群発地震の活動期の基線長変化の例を Fig.3b に示す。ここには地震活動に同期した明瞭な変動がみられる。地盤変動は、Fig.3b の中では、P1、P2、P3 で示す時期に見られ、そのうち、P2 期の変動が最も大きい。

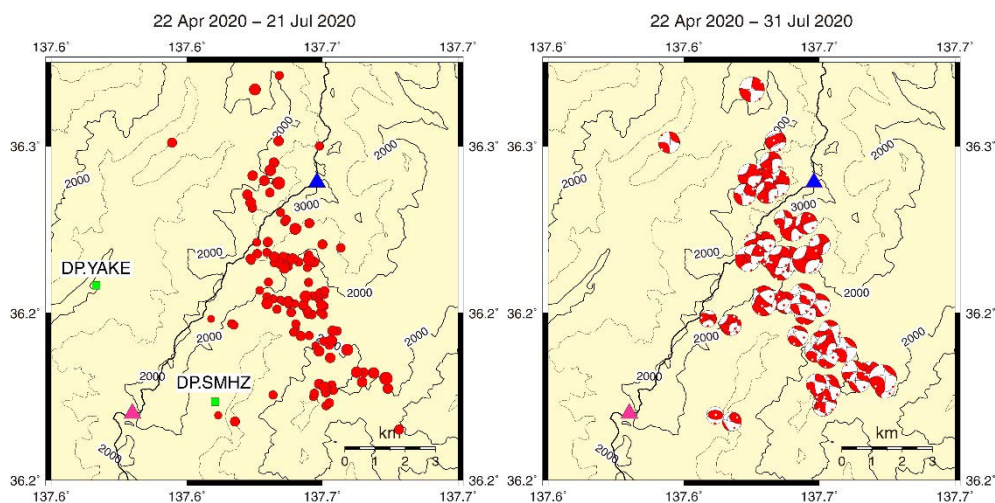


Fig.2 : (a)(left)京大防災研の DP.YAKE または DP.SMHZ に設置した強震計で、計測震度 3 相当以上を記録した地震の震央分布。(b)(right) 防災科研の F-net データを、観測点を揃えた上で解析して求めた、左図の地震の発震機構解。▲は焼岳 (赤) および穂高岳 (青) を示す。

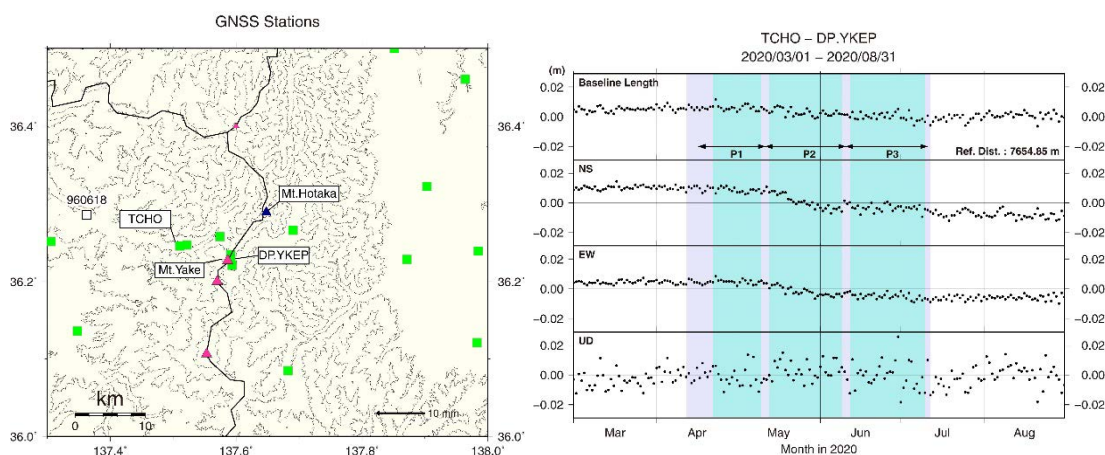


Fig.3 : (a)(left)当地域で稼働している複数プロジェクトによる GNSS 観測点の分布。960618 は解析時の基準点の GEONET Kamitakara。(b)(right)群発地震活動期の、TCHO と DP.YKEP の基線長変化。

解析手法：解析期間を Fig.3(b)に示す P1、P2、P3 の3 期間に分け、それぞれの期間の地盤変動を、Fig.3(a)の 960618 点 (GEONET Kamitakara) に対して求めた (Fig.4)。P1 は 2020/4/22~2020/5/10、P2 は 2020/5/11~2020/6/9、P3 は 2020/6/10~2020/7/11 の期間に設定した。次に、Fig.2b の発震機構が求められた地震について、それぞれの地震の点震源を仮定して求められた変位を P1、P2、P3 の各期間ごとに合計したものを、GNSS で観測された変位と比較した (Fig.5)。いずれの期間においても、GNSS で観測された変位は点震源を仮定した変位より有意に大きいことから、各期間には未知の断層運動があると考え、この差分をデータとして Matsu'ua and Hasegawa (1987)の手法によってこれを説明する断層解を求めた。なお、断層解を求めるにあたっては、GNSS 観測点数が充分でないため、解を安定させるために $L=4\text{km}$ 、 $W=4\text{km}$ に固定して解析を行った。

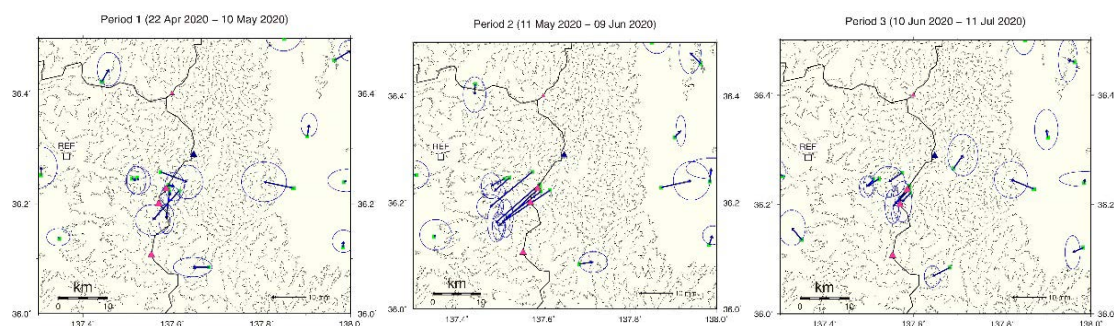


Fig.4：群発地震期間中の当地域の地盤変動。左から、それぞれ、Fig.3b に示す、P1、P2、P3 の各期間の変動を示す。基準点は REF と記載した点 (GEONET 960618) を使用した。P3 期間には、2020 年 6 月上旬に震源域東側に急遽設置した、DP.TKSW 観測点のデータが含まれる。

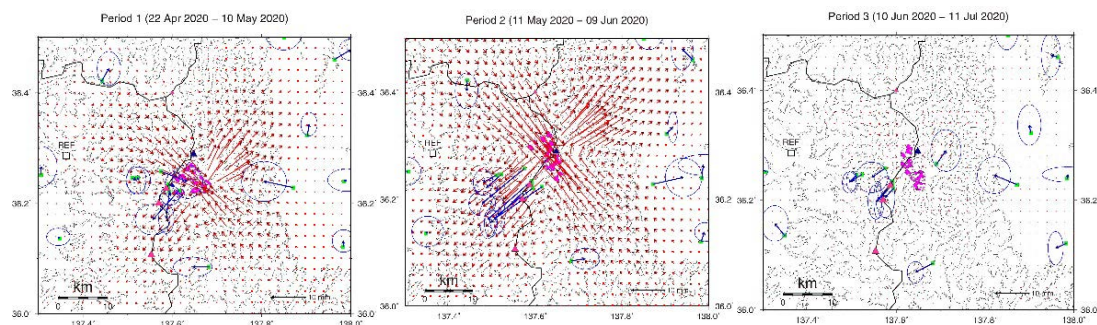


Fig.5：Fig.3b に示す、P1、P2、P3 の各期間の、Fig.2b の各地震を点震源と仮定した際の変位 (赤矢印) と、同時期の GNSS による変位 (青矢印) を示す。

結果と考察：解析結果を得られた断層パラメタとともに Fig.6 に示す。ここには、P1、P2、P3 の各期間に求められた断層解に加え、Fig.2b にプロットされた地震と、同期間に発生した M1.5 以上の地震をプロットした。P1、P2、P3 の各期間とも、それぞれの期間の主たる活動域の中に、開口断層が求められた。

本解析で求められた開口断層はマグマの貫入イベントである可能性があり、もしもそうであれば、1970 年代の当地域での近代的な観測の開始以降、初めて検出された焼岳のマグマ活動とも言える。同様の活発な群発地震活動は 1998 年 8 月からの 2000 年初頭にかけての期間にも記録されており、当時は稠密な地殻変動観測網が未整備であったために検出はできなかったものの、同様のマグマ活動が起きていた可能性も考えられる。

飛騨山脈南部では、1990 年代以降、頻繁に群発地震活動が観測されているが、飛騨山脈の稜線を跨いで活動するような規模の大きな群発地震は稀で、現在までには 1998 年、2020 年の 2 例のみである。1962 年の最後の噴火から 1998 年までの約 40 年弱は比較的静穏であった焼岳で、その後は 20 年ほどの間隔をおいて近隣のマグマ活動を疑わせる地震活動が再来していることは、これもまた、焼岳とその周辺の火山活動が活発化に向かっていく兆候のひとつかもしれない。

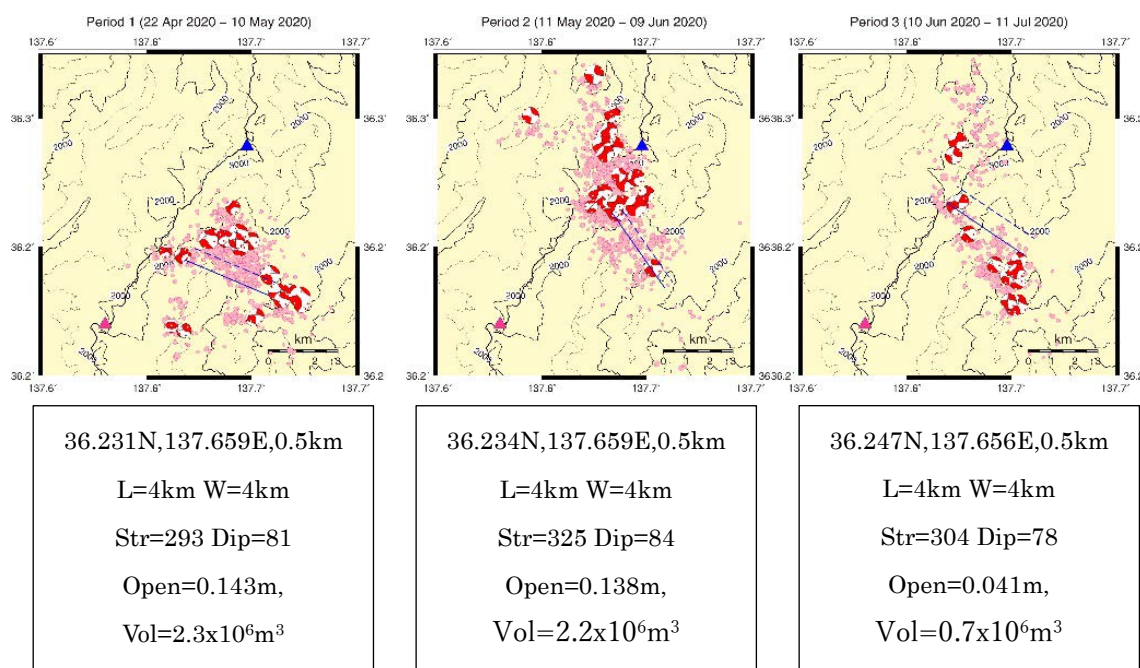


Fig.6：求められた各期間の断層解。左から、P1、P2、P3 の各期間の解を示す。青実線、青点線が得られた断層解の上端と下端を示す。

※本資料は、Ohmi and Nishimura (2023)の AGU2023 発表資料（発表番号 V11D-0091）と大見（2021、京大防災研年報）の抜粋から再構成したものである。

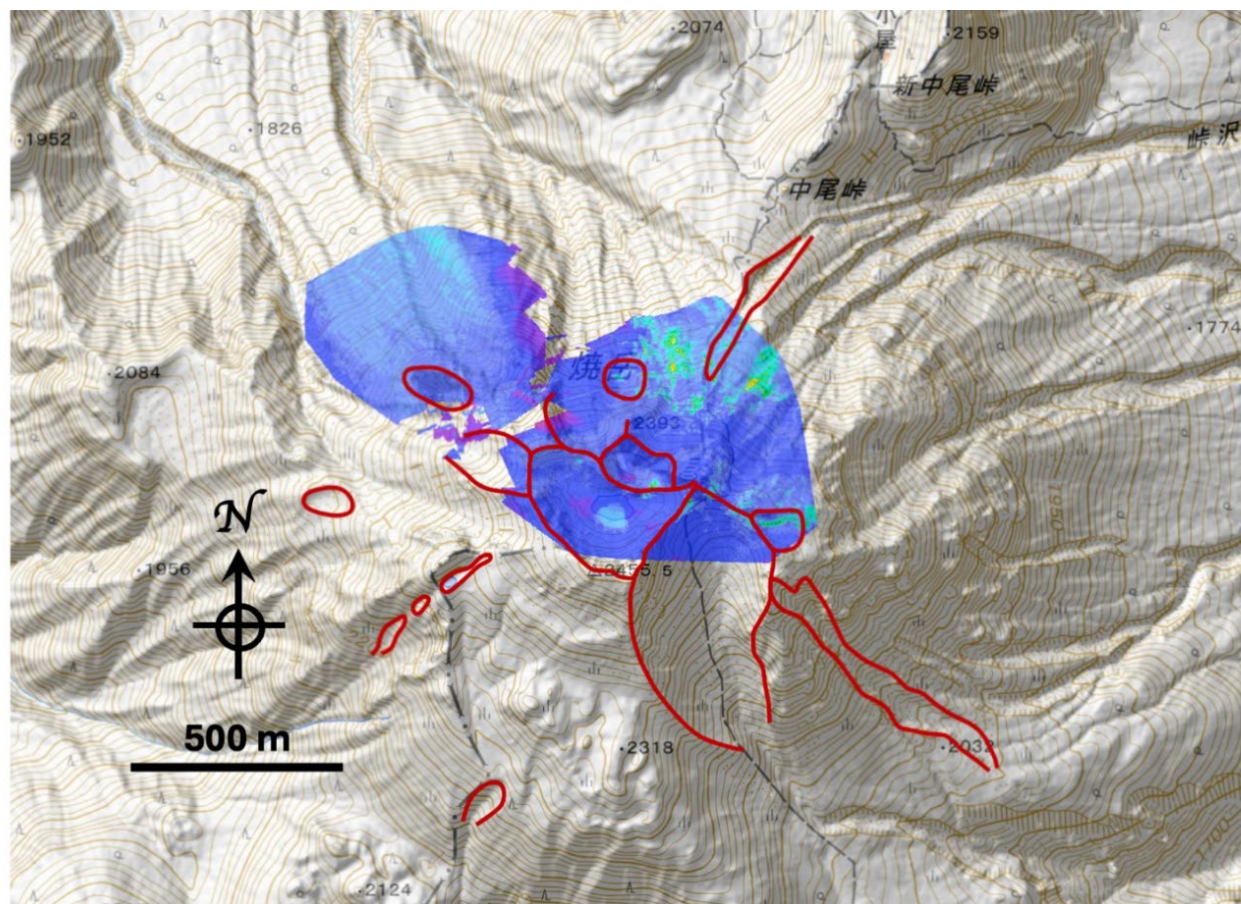


図1. 焼岳山頂周辺の火口地形と地熱域の分布

赤線は高密度 DEM を利用した地形判読による火口位置（産業技術総合研究所提供資料）を作図（認定確度の区別なしで編集）。地熱域は気象庁が 2024 年夏に実施したドローンによる熱観測の結果（気象庁提供資料）を作図。基図は「地理院地図」標準地図に陰影起伏図を合成。