

第 150 回 火山噴火予知連絡会資料

(その2の4)

焼岳

令和 4 年 7 月 5 日

火山噴火予知連絡会資料(その2の4)

目次

焼岳	
気象庁	3-11
京大防災研	12-21
地理院	22-27

焼 岳

(2021 年 12 月～2022 年 6 月 24 日)

5 月 23 日から 6 月上旬にかけて山頂付近を震源とする微小な火山性地震が一時的に増加したが、この活動に伴う表面現象や地殻変動の変化は認められなかった。

しかしながら、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は継続しており、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。

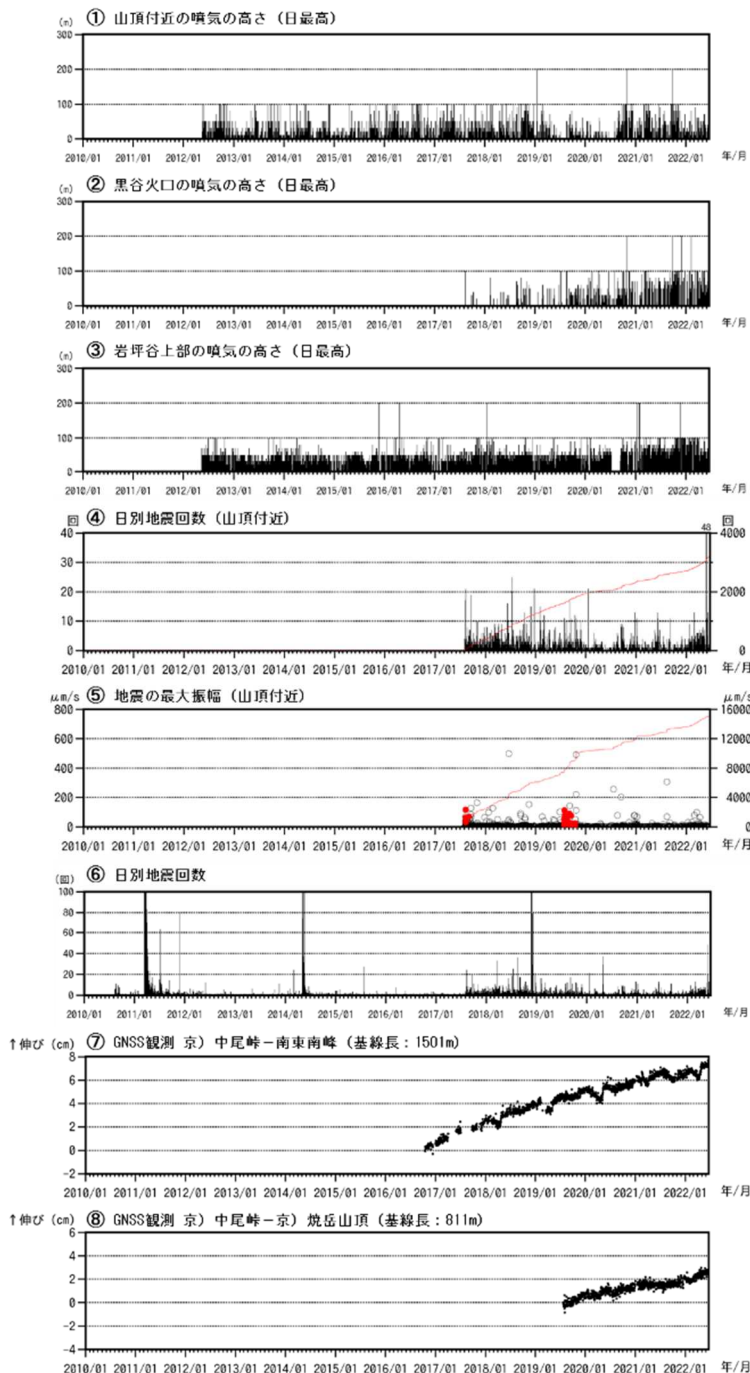


図 1 焼岳 火山活動経過図

(2010 年 10 月 1 日～2022 年 6 月 24 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。また、④の赤線は日別地震回数の積算、⑤の赤線は最大振幅の積算を示す。

●：空振を伴う火山性地震

⑦⑧空白部分は欠測を示す。京：京都大学。⑦

⑧は図 6 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 100m 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微小な火山性地震が 1 日あたり数回程度発生している。2022 年に入り地震回数がわずかに増加傾向となっているなかで、5 月 23 日から 24 日にかけて地震が増加した。
- ・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、山頂付近の観測点で基線の伸びが継続しており、山頂付近で緩やかな膨張が続いていると考えられる。

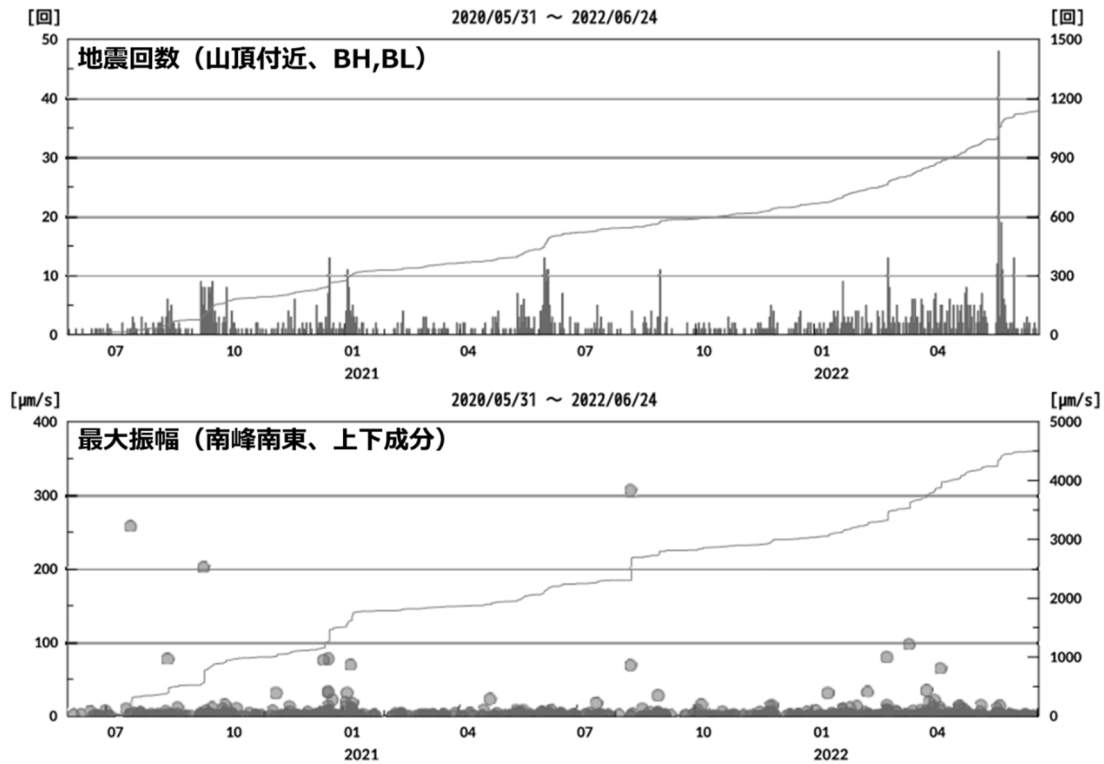


図2 焼岳 日別地震回数と最大振幅（2021年5月31日～2022年6月24日）

- ・ 2022年1月頃から地震回数に増大傾向がみられた。
- ・ 2022年1月頃から地震回数が増加傾向にあるなか、5月16日から21日は地震の発生がなかった。
- ・ 5月23日の地震増加時の最大振幅はこれまでと変わらない小さなものであった。

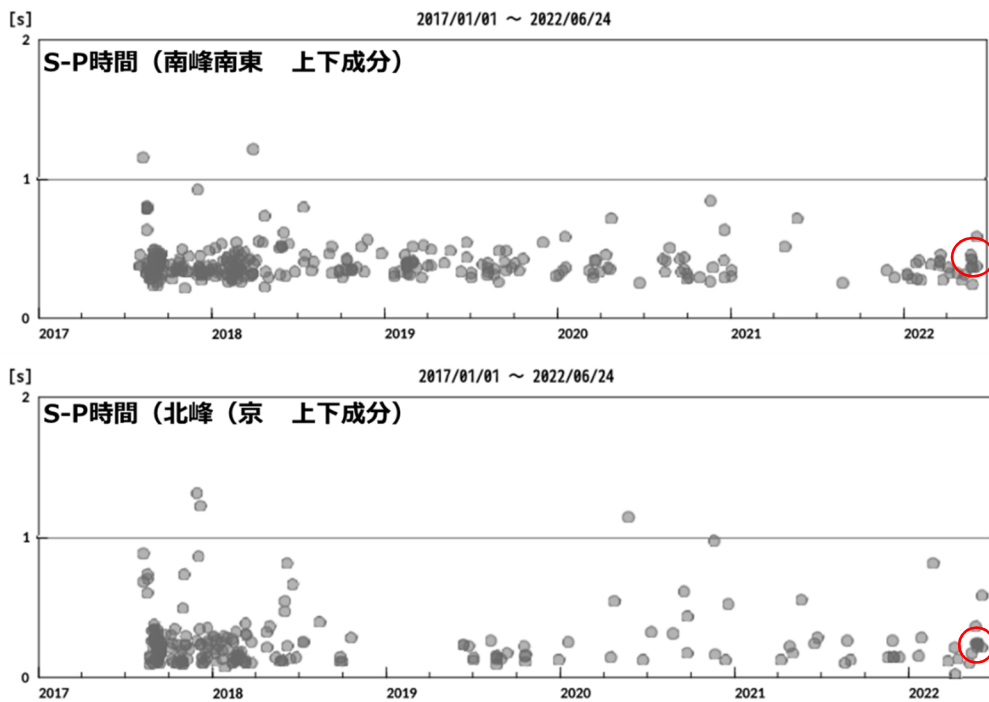


図3 焼岳 S-P 時間（2017年1月1日～2022年6月24日）

- ・ 5月23日の地震増加時に震源が決まった地震は発生していないが、S-P 時間はこれまでの範囲内である（赤丸）。

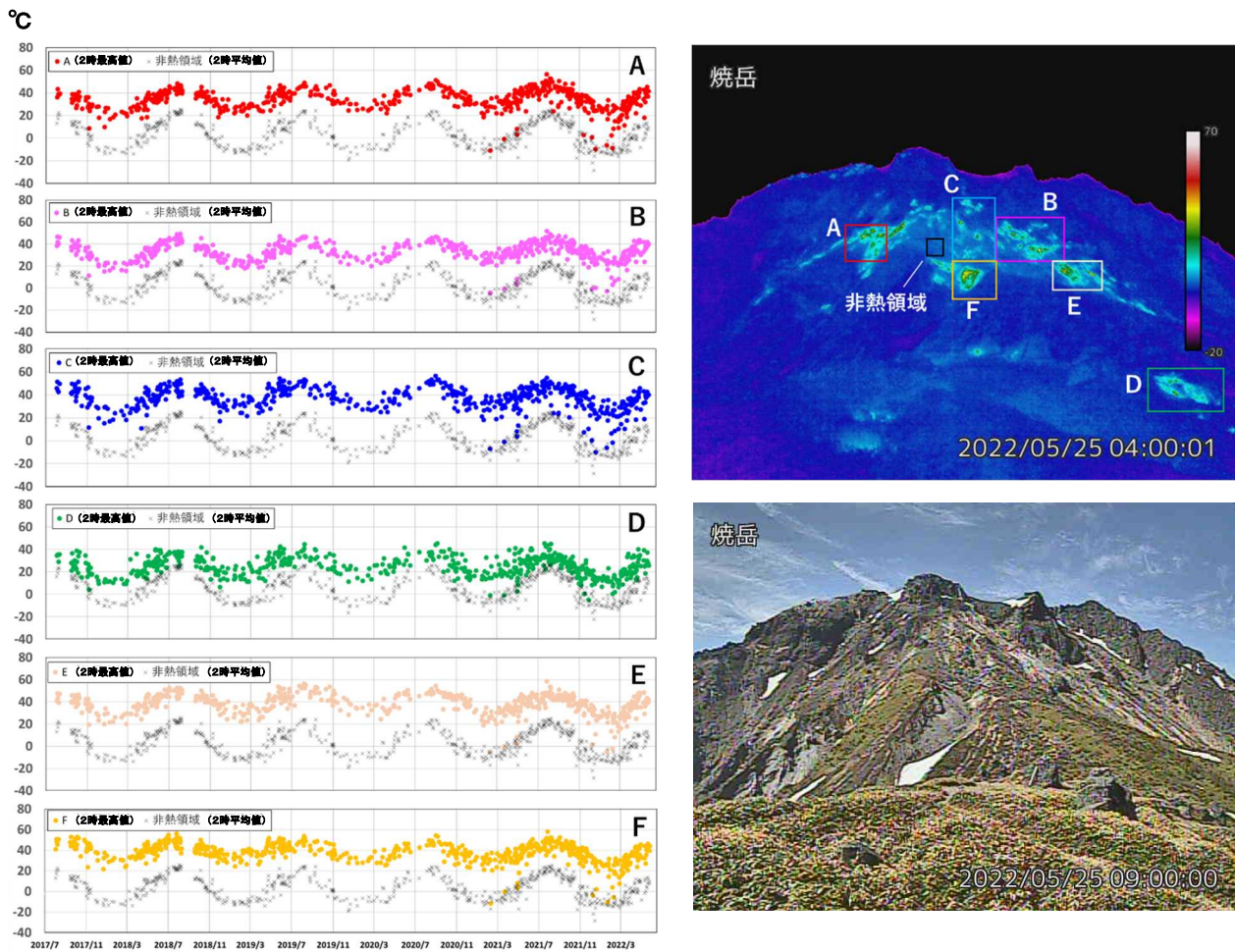


図4 焼岳 中尾峠赤外熱映像カメラによる焼岳北側斜面の地熱域の最高温度の推移
(2017年7月1日～2022年5月25日)とカメラ画像とその解析範囲

・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。

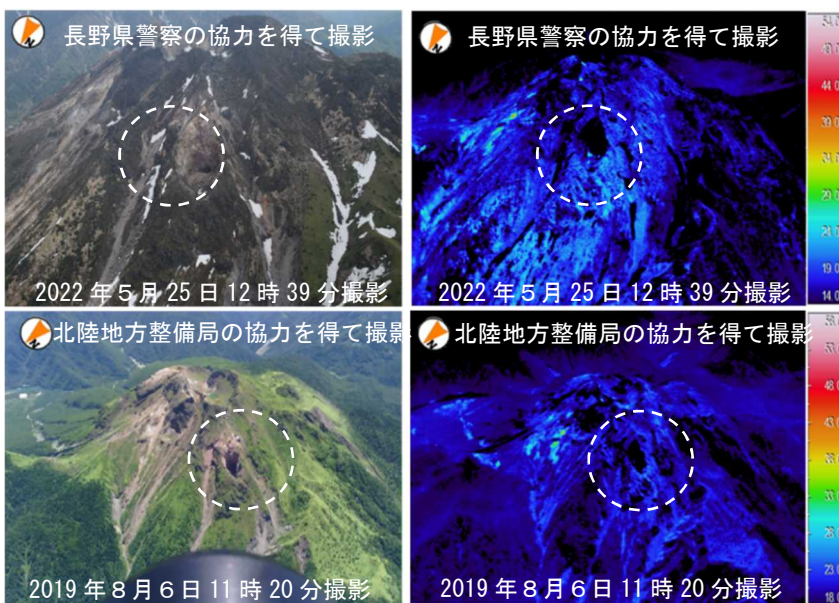


図5 焼岳 上空からの観測による焼岳山頂周辺の状況

5月25日に長野県警察の協力により実施した上空からの観測では、黒谷火口周辺の状況（白破線）に特段の変化は認められなかった。

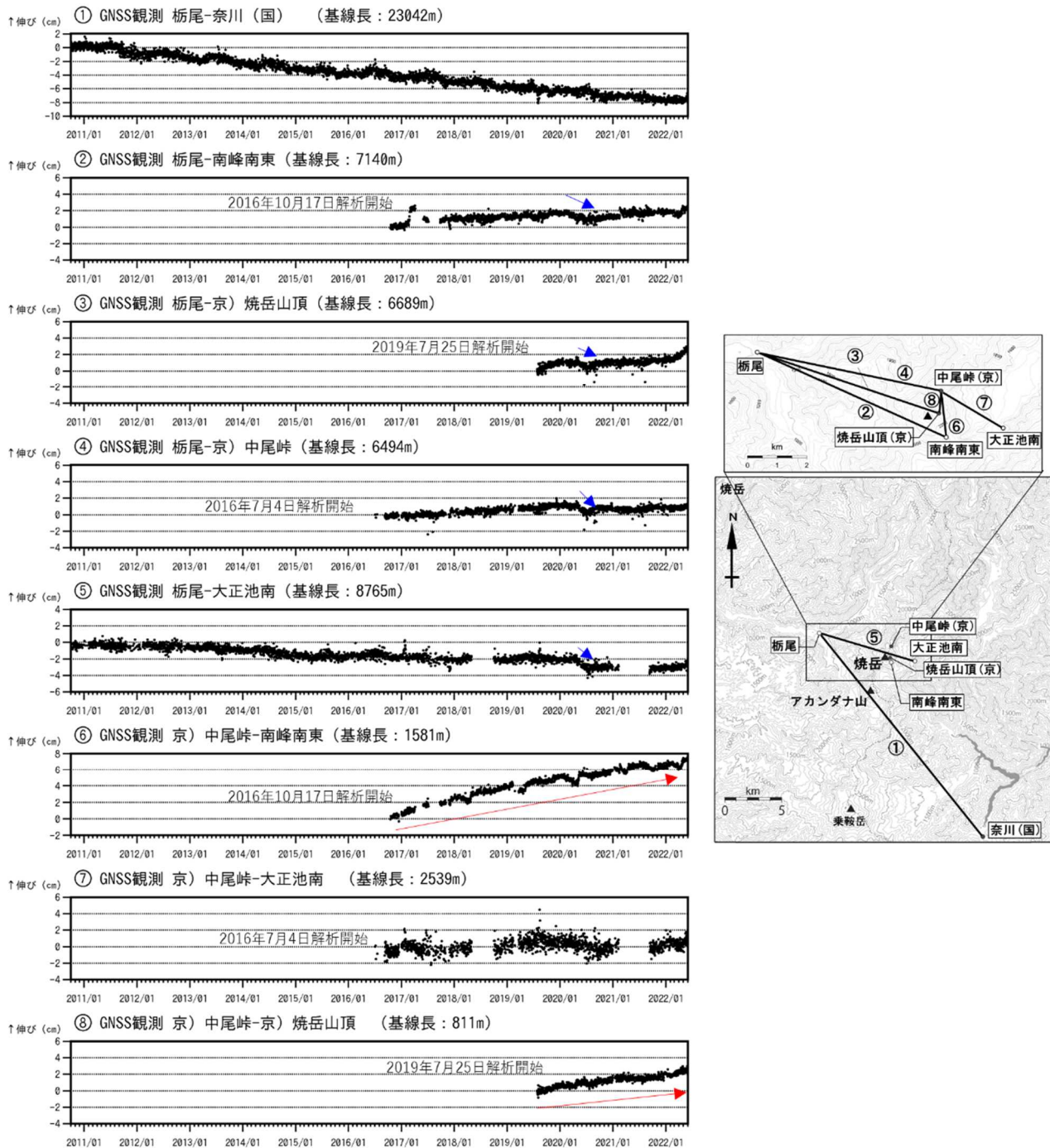


図6 焼岳 GNSS 連続観測による基線長変化 (2010 年 10 月 1 日～2022 年 5 月 31 日) 及び GNSS 観測点配置図

GNSS 連続観測の基線は観測点配置図 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。

- ・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 日以降活発化している山頂の東～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)。

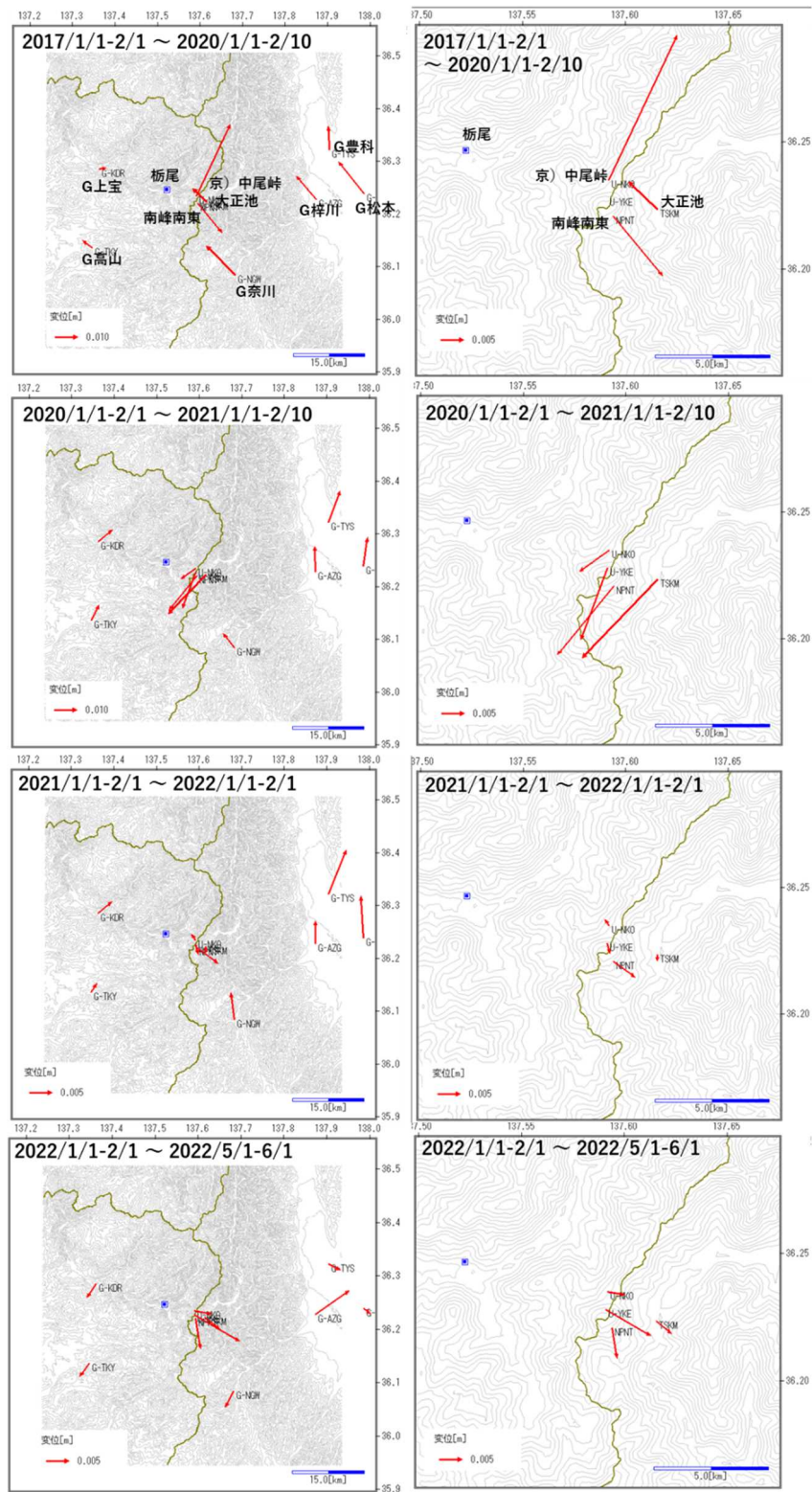


図 7 焼岳 GNSS 連続観測によるの水平変動の状況

- ・2017 年から 2020 年にかけて、京) 中尾峠と南峰南東で山体膨張を示唆するような変化がみられる。
- ・焼岳周辺では複雑な広域変動場の影響を受けていると考えられる。
- ・2020 年から 2021 年にかけては、長野・岐阜県境の群発地震に伴う変化がみられる。
- ・2022 年頃から山頂周辺の観測点が東進するような変化がみられる。

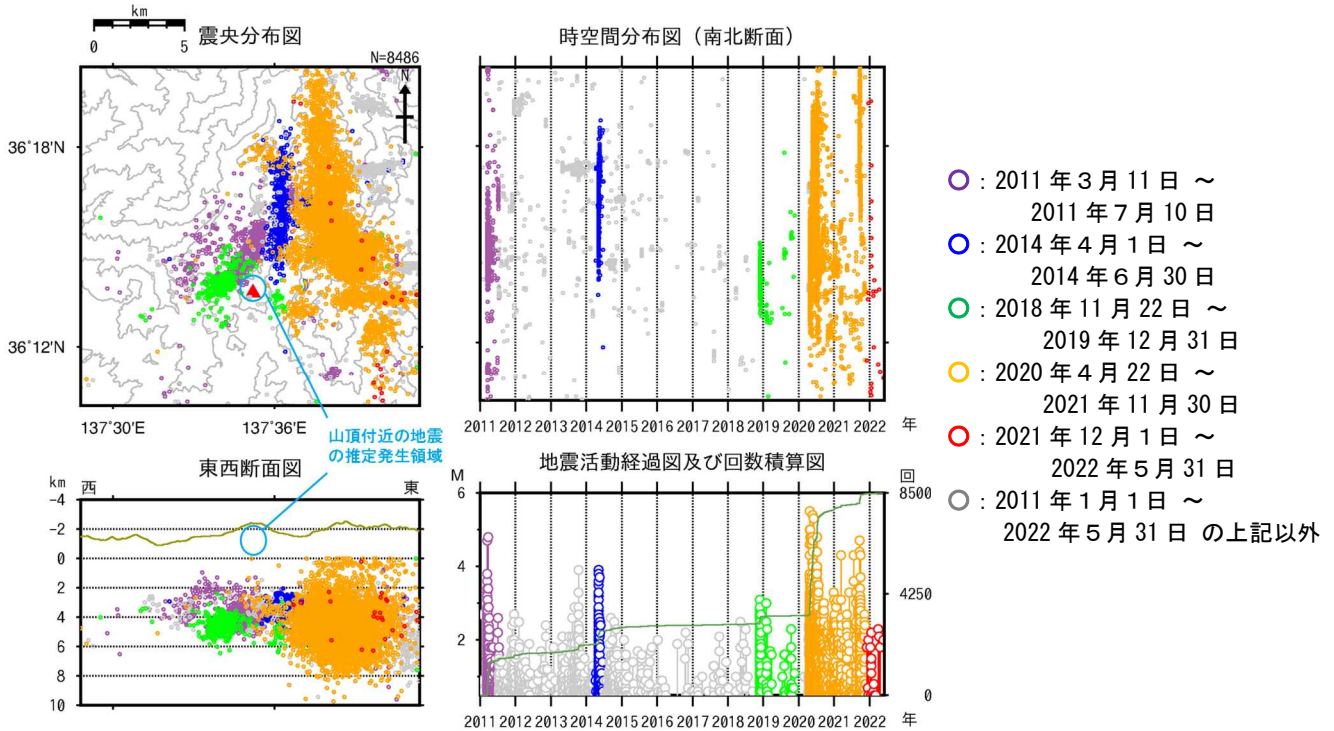


図 8 焼岳 一元化震源による地震活動 (2011 年 1 月 1 日～2022 年 5 月 31 日)

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等した手法で得られた震源を用いている。

- ・ 焼岳周辺では、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。
- ・ 焼岳周辺では数年おきにまとまった地震活動が発生しているが、2021 年 10 月以降まとまった地震活動はみられていない。

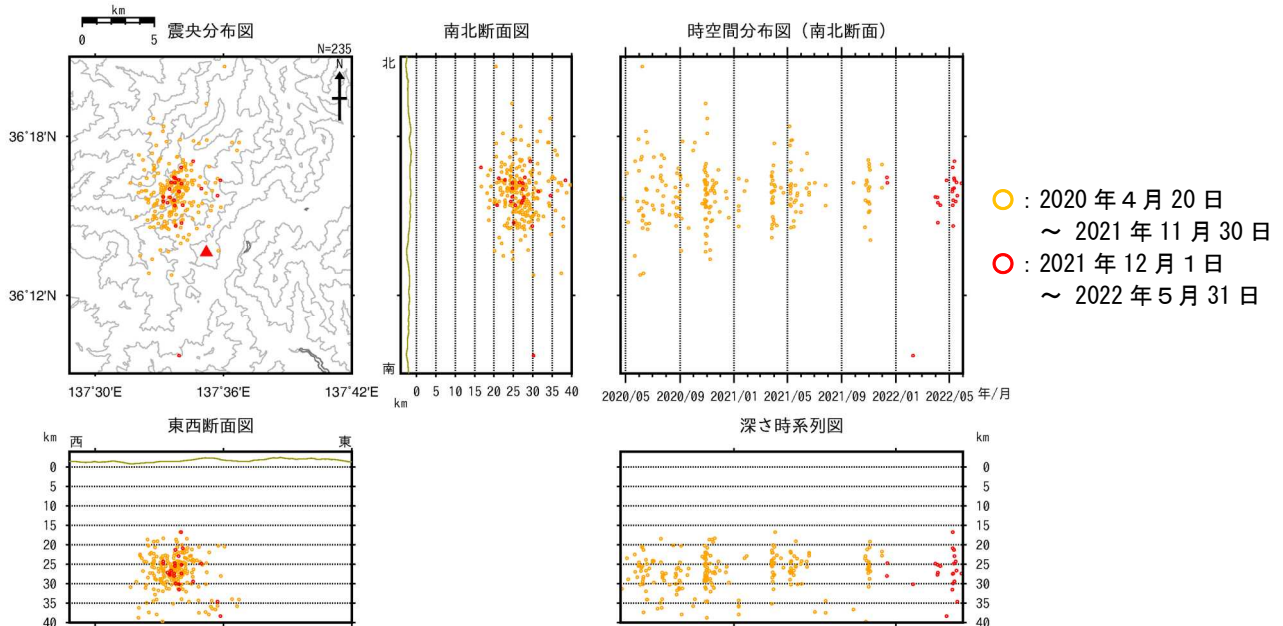


図 9 焼岳 一元化震源による深部低周波地震の発生状況

(2020 年 4 月 20 日～2022 年 5 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等した手法で得られた震源を用いている。

- ・ 焼岳山頂の北西約 5 km、深さ 20～30 km 付近に深部低周波地震のクラスターがある。今期間は、2022 年 5 月に入り、深部低周波地震の発生回数がわずかに増加している。

ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた 焼岳における 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 で撮像された焼岳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.
18-2890 (SM1_U2-12)	南行	右	50.6°	2021. 11. 25	2022. 05. 26	第 1 図 - A
126-710 (SM1_U2-7)	北行	右	36.2°	2021. 02. 12	2022. 02. 25	第 1 図 - B

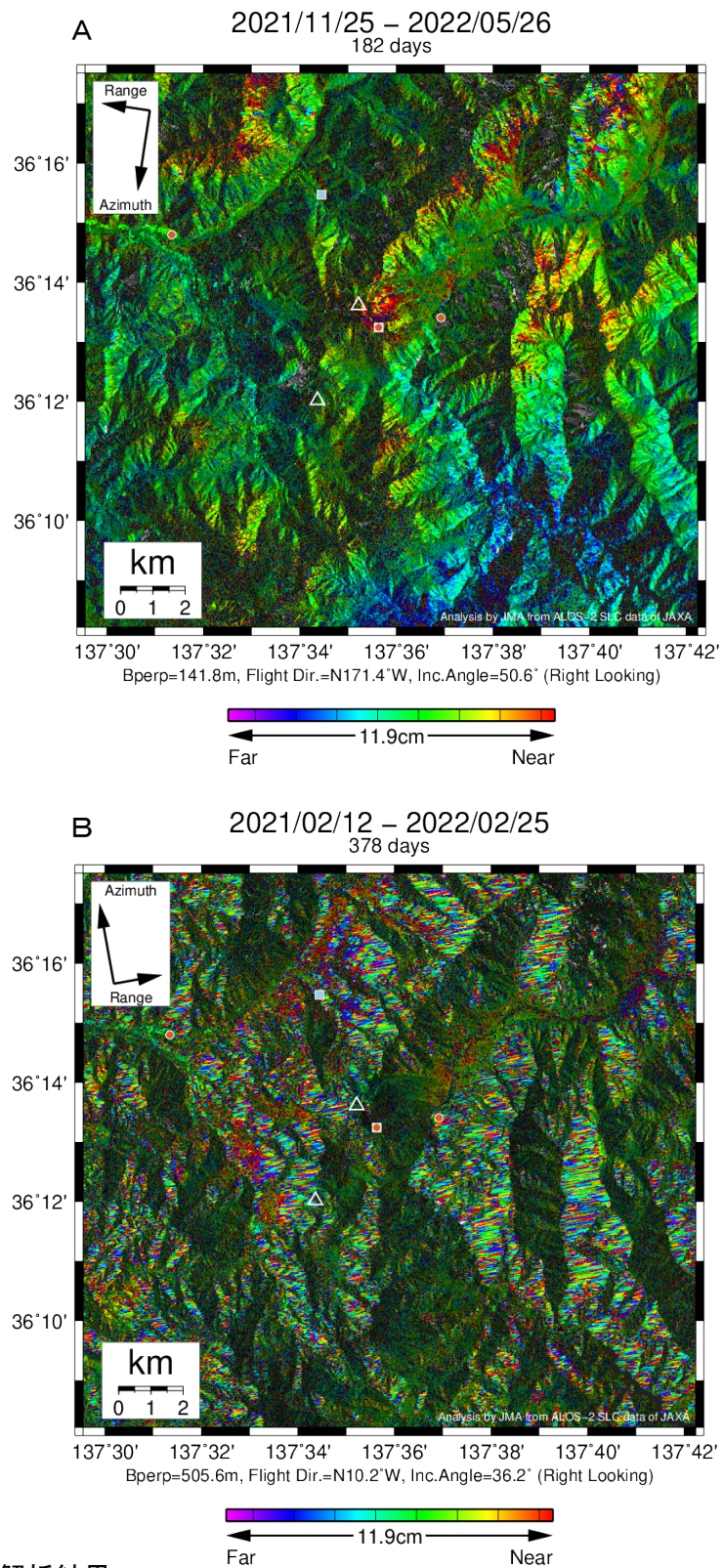
3. 解析結果

北行軌道、南行軌道の長期ペアについて解析を行った。いずれにおいても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 焼岳の干渉解析結果

パス 18 (SM1_U2-12) (A) 及びパス 126 (SM1_U2-7) (B) による焼岳の干渉解析結果

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。

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。

第150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6月初旬までの各観測項目の解析結果の概要を示す。図1は焼岳近傍の観測点の分布を示す。

地震観測データ：5月23日深夜を中心に、焼岳山頂近傍でのみ観測される微小地震が発生した。気象庁焼岳南峰南東観測点(V.YNPN)で片振幅 1.0 μ m/s を超えるイベント(気象庁定義の火山性地震)のほかにも山頂近傍の観測点では複数のイベントが認められる。しかしながら、これらの振幅はさらに小さく、震源決定に十分な観測点数を確保できないことから、気象庁定義の火山性地震を含め、震源決定は困難である。

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、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、同じく焼岳山頂、焼岳中尾峠(DP.NKOT)、上高地峠沢(DP.KKHZ)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。なお、焼岳山頂の気泡型傾斜計は2021年11月より故障中である。

GNSSデータ：GEONET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：2021年山頂周辺の全磁力観測データを、東京大学地震研究所・八ヶ岳地球電磁気観測所のデータとともに処理を行った。期間中、DP.NKOT(中尾峠)に見られる年周変化を除いては、熱活動に起因すると考えられる急激な変動は認められていない。

謝辞：東京大学地震研究所から、八ヶ岳地球電磁気観測所(以下、YATと記す)における全磁力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。

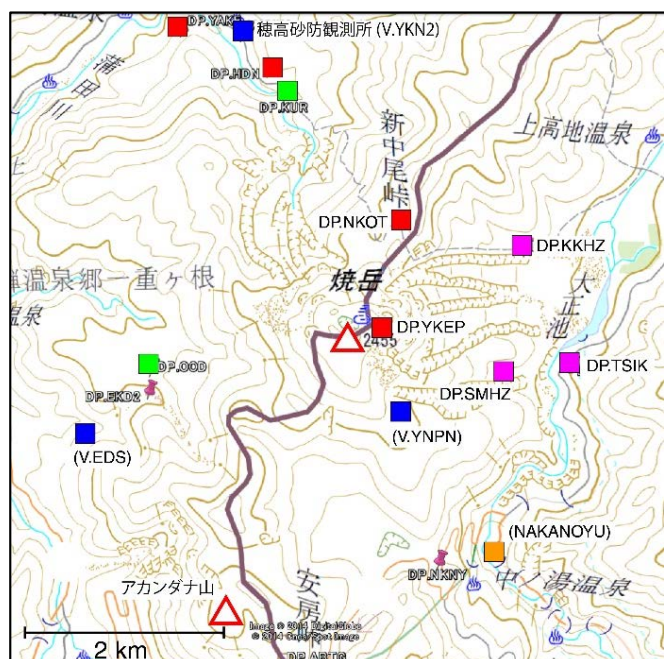


図1：観測点分布(2021年12月現在)

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点は北陸地整・松本砂防事務所の敷地を借用している。

焼岳

第150回火山噴火予知連絡会

京大防災研究所

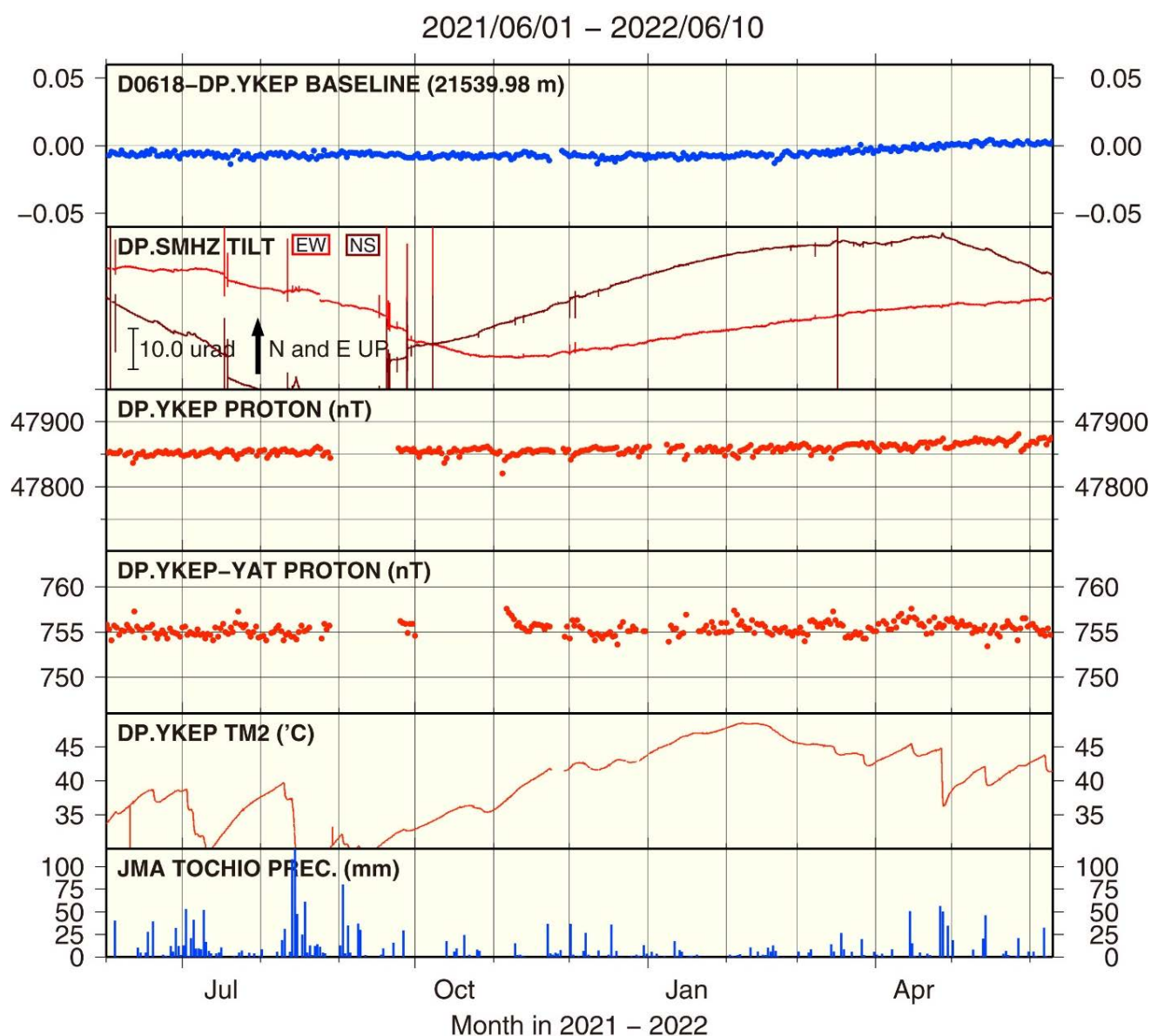


図2 : 2021年6月から2022年6月までの約1年間の主な観測結果の時系列

上から、GEONET上室(960618)－DP.YKEP(京大・焼岳山頂)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、および YAT に対するDP.YKEP(京大・焼岳山頂)の全磁力の差分値の夜間中央値、DP.YKEP(京大・焼岳山頂)の精密地中温度計の各記録を示す。また、最下段に参考のため気象庁の析尾観測点のアメダスによる日別降水量の記録を示す。

第150回火山噴火予知連絡会

京大防災研究所

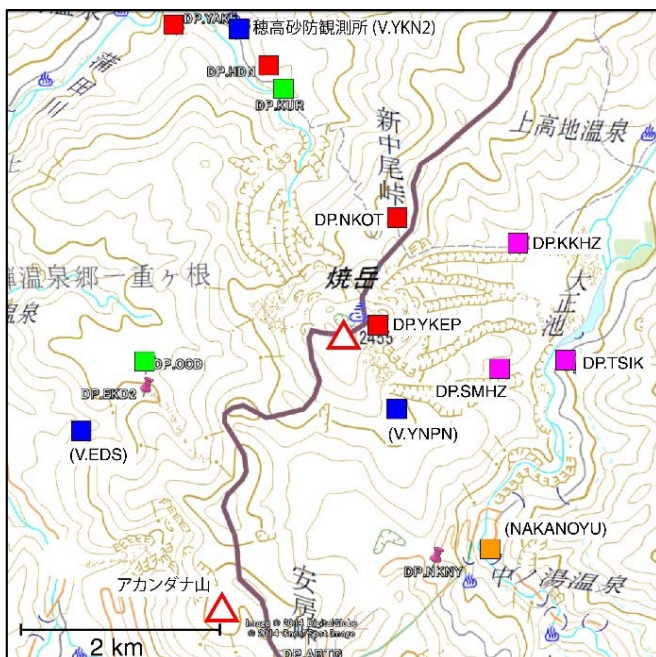
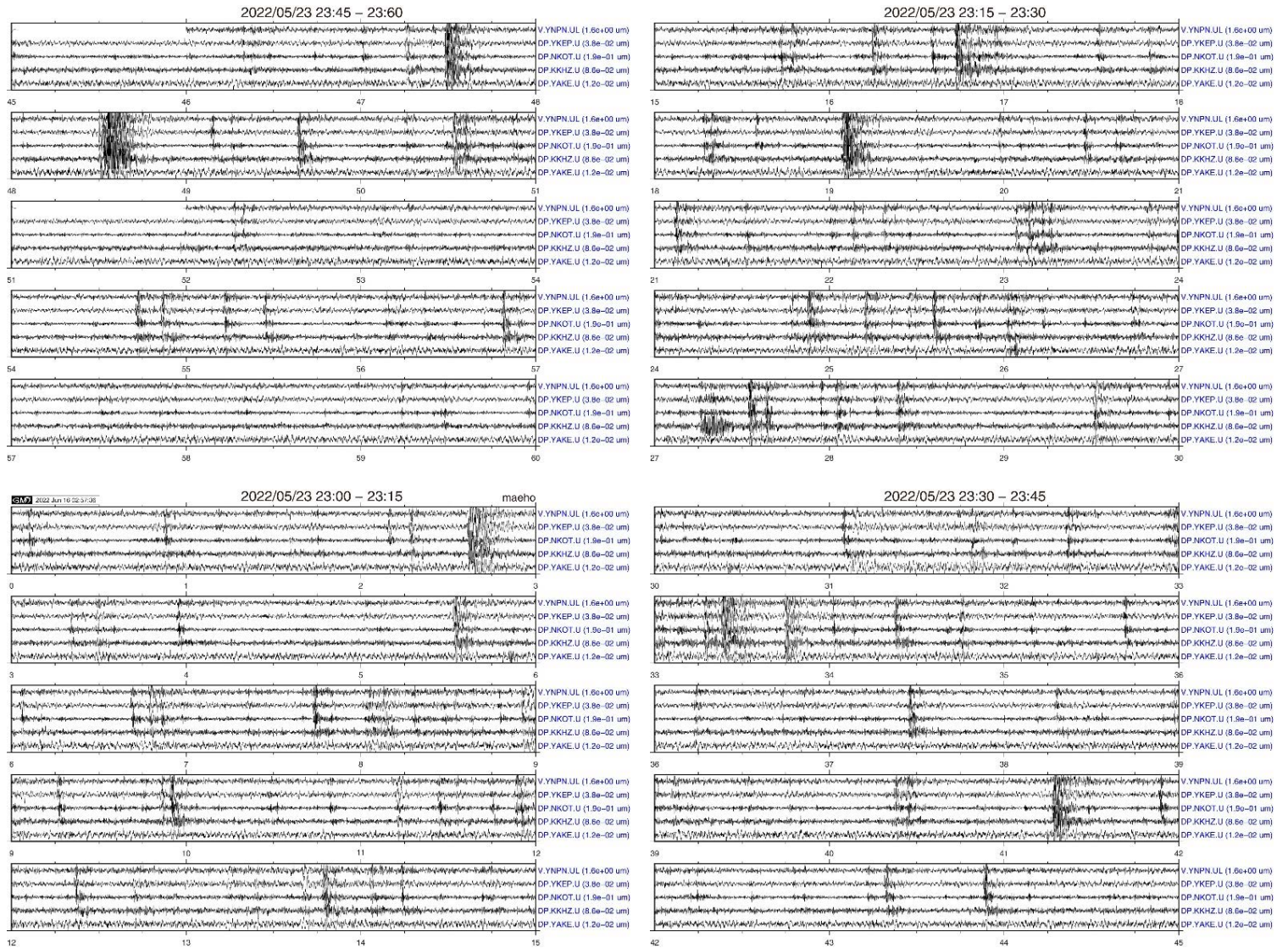


図3：2022年5月23日の23時台の焼岳山頂付近の地震発生状況。1枚当たり、15分間の記録を描画している。左図のうち、V.YNPN、DP.YKEP、DP.NKOT、DP.KKHZ、DP.YAKEの山頂近傍の観測点の上下動観測波形に、脈動成分を落とすための0.5Hz～8.0Hzのフィルタ処理の後に記録を同一時間軸上に並べてある。この処理後の記録上で、V.YNPN(気象庁焼岳南峰南東)観測点において、片振幅が $1.0 \mu\text{m/s}$ を超えるイベントは9個であった。図には、さらに多くのイベントが認められるが、これらのイベントの振幅はさらに小さく、 $1.0 \mu\text{m/s}$ を超えるものはまれである。そのため、山麓の観測点(DP.YAKE)では信号を確認できないものも多く、観測点数が充分でなく震源決定は困難である。

焼岳

第150回火山噴火予知連絡会

京大防災研究所

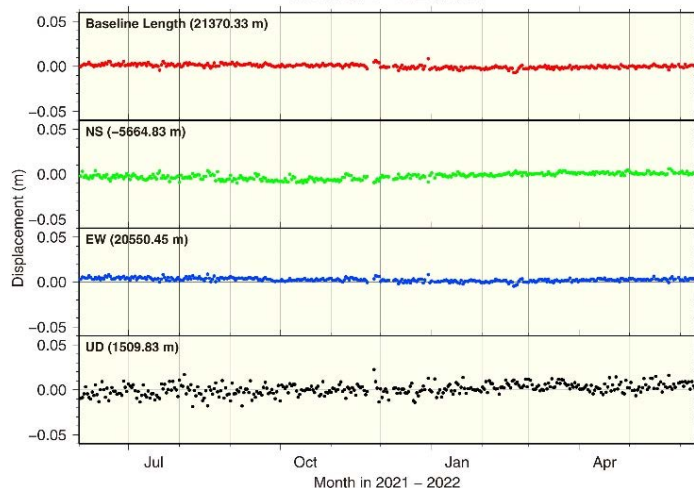
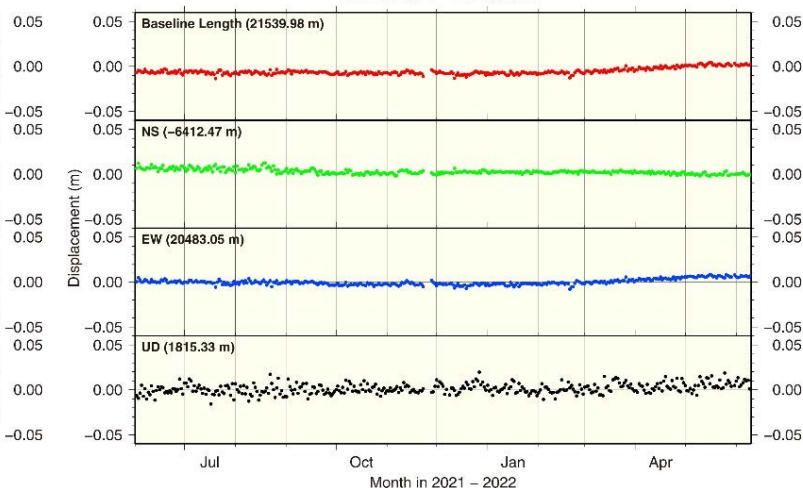
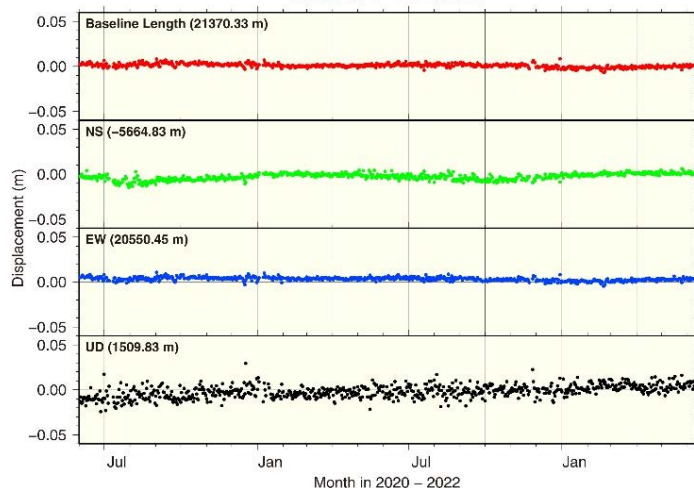
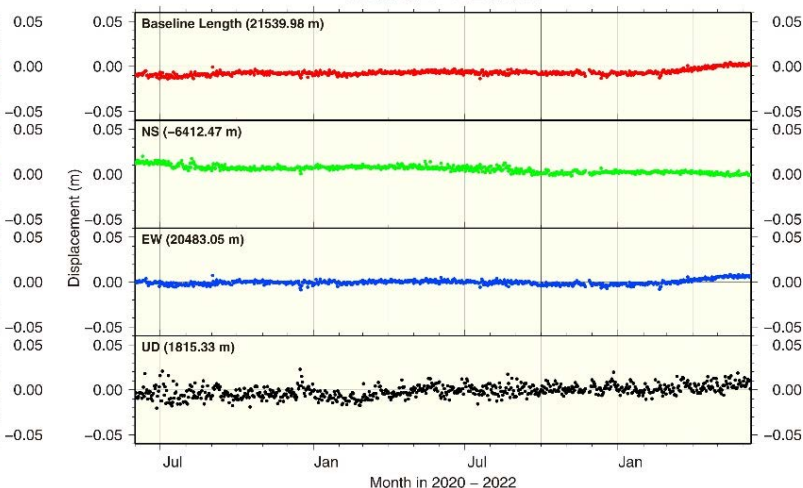
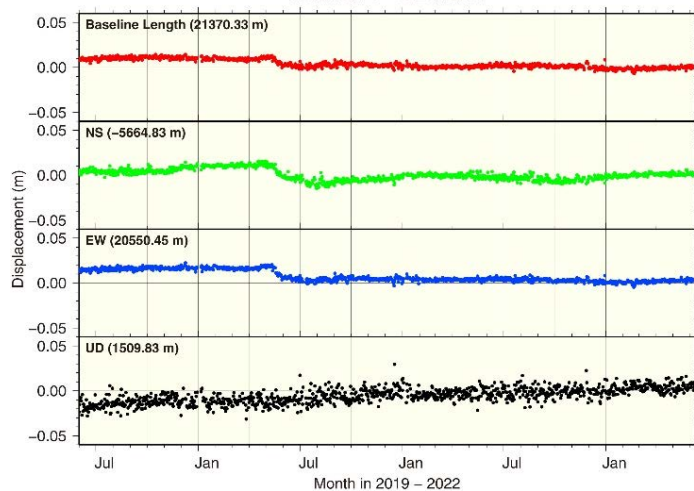
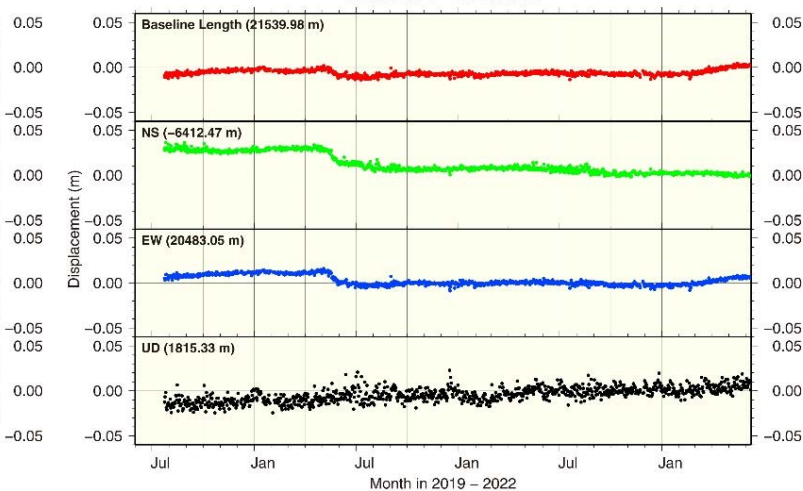
KAMITAKARA(960618) – DP.NKOT
2021/06/01 – 2022/06/10KAMITAKARA(960618) – DP.YKEP
2021/06/01 – 2022/06/10KAMITAKARA(960618) – DP.NKOT
2020/06/01 – 2022/06/10KAMITAKARA(960618) – DP.YKEP
2020/06/01 – 2022/06/10KAMITAKARA(960618) – DP.NKOT
2019/06/01 – 2022/06/10KAMITAKARA(960618) – DP.YKEP
2019/06/01 – 2022/06/10

図4 : 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6月からの1年間(上)、2020年6月からの2年間(中)、および、2019年6月からの3年間(下)の変位を示す。

焼岳

第150回火山噴火予知連絡会

京大防災研究所

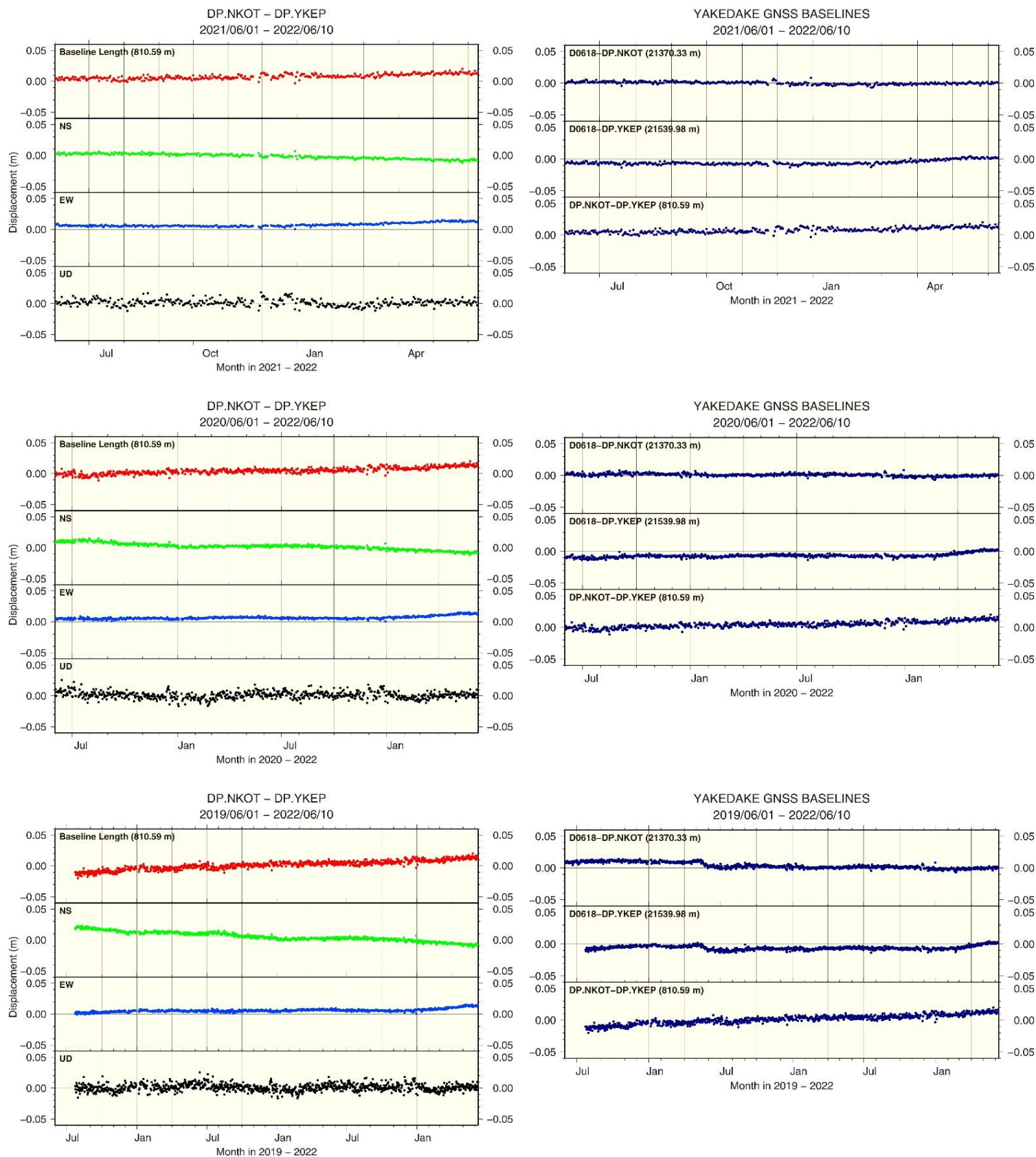


図5 : GNSS基線解析結果。DP.NKOT(中尾峠)－DP.YKEP(山頂)の基線解析結果(左列)、および、GEONET上宝、DP.YKEP(山頂)、DP.NKOT(中尾峠)の3点間の基線長変化(右列)。それぞれ、2021年6月からの1年間(上)、2020年6月からの2年間(中)、および、2019年6月からの3年間(下)の変位を示す。

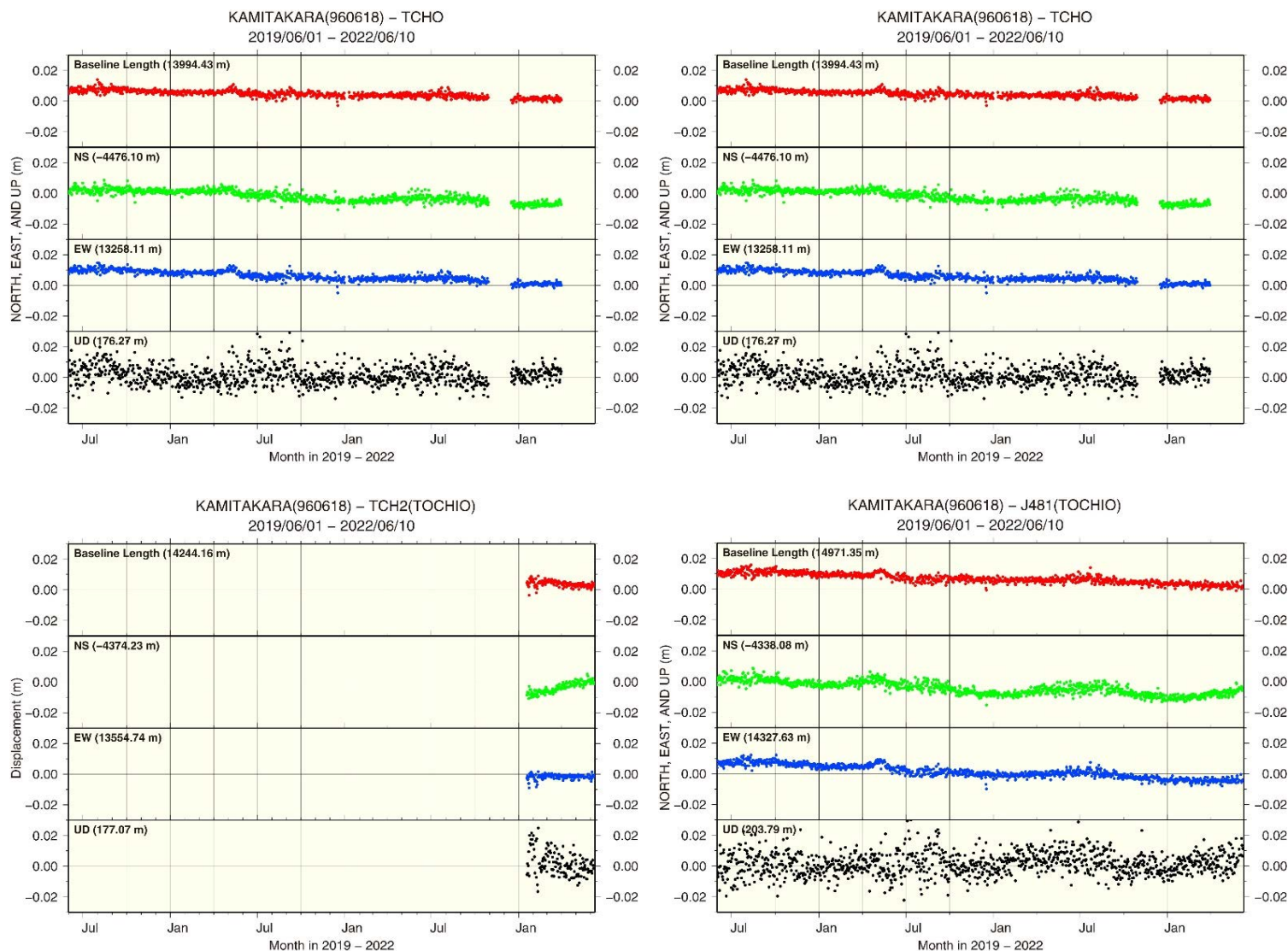


図6 : GNSS基線解析における参照点について。

京都大学のこれまでの基線解析においては、焼岳西側山麓のTCHO(栃尾: 京都大学・名古屋大学・北海道大学が共同運用を行っている点)に対する変位を解析していた。TCHOを設置していた建造物が2022年3月末で利用不能となったため、近隣の建造物に新たに参照点としてTCH2観測点を設置し、2022年1月より並行観測を実施した。TCHOおよびTCH2の、GEONET上宝(960618)に対する変位を検討したところ(左列)、TCH2はTCHOに比較して大きな季節変動が認められた。そのため、2022年6月現在では、TCH2の季節変動の挙動の把握が不十分であることから、TCH2を今回の解析に使用することは適切でないと判断した。一方、データ交換を実施している気象庁の参照点J481(栃尾)についても例年3月から5月頃にかけて、おもにNS成分に季節変動が認められる(右列)。このような状況に鑑み、今回の解析では、GEONET上宝(960618)を参照点として、焼岳山頂と焼岳中尾峠の変位の評価を行った。

第150回火山噴火予知連絡会

京大防災研究所

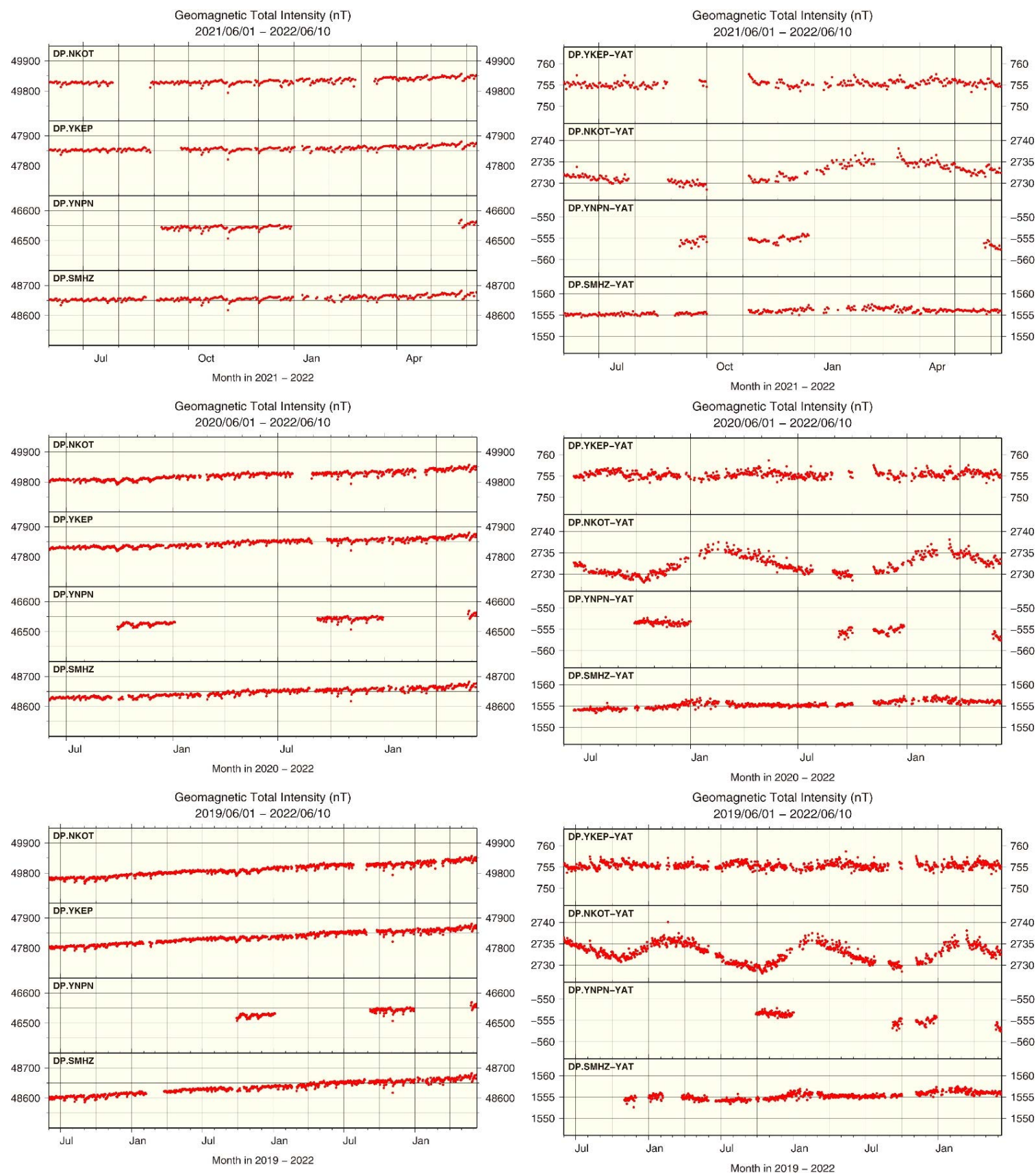


図7：プロトン磁力計による全磁力の観測結果。全磁力値(左列)、および、YATの全磁力値との差分値の夜間中央値(右列)。それぞれ、2021年6月からの1年間(上)、2020年6月からの2年間(中)、および、2019年6月からの3年間(下)の観測値を示す。

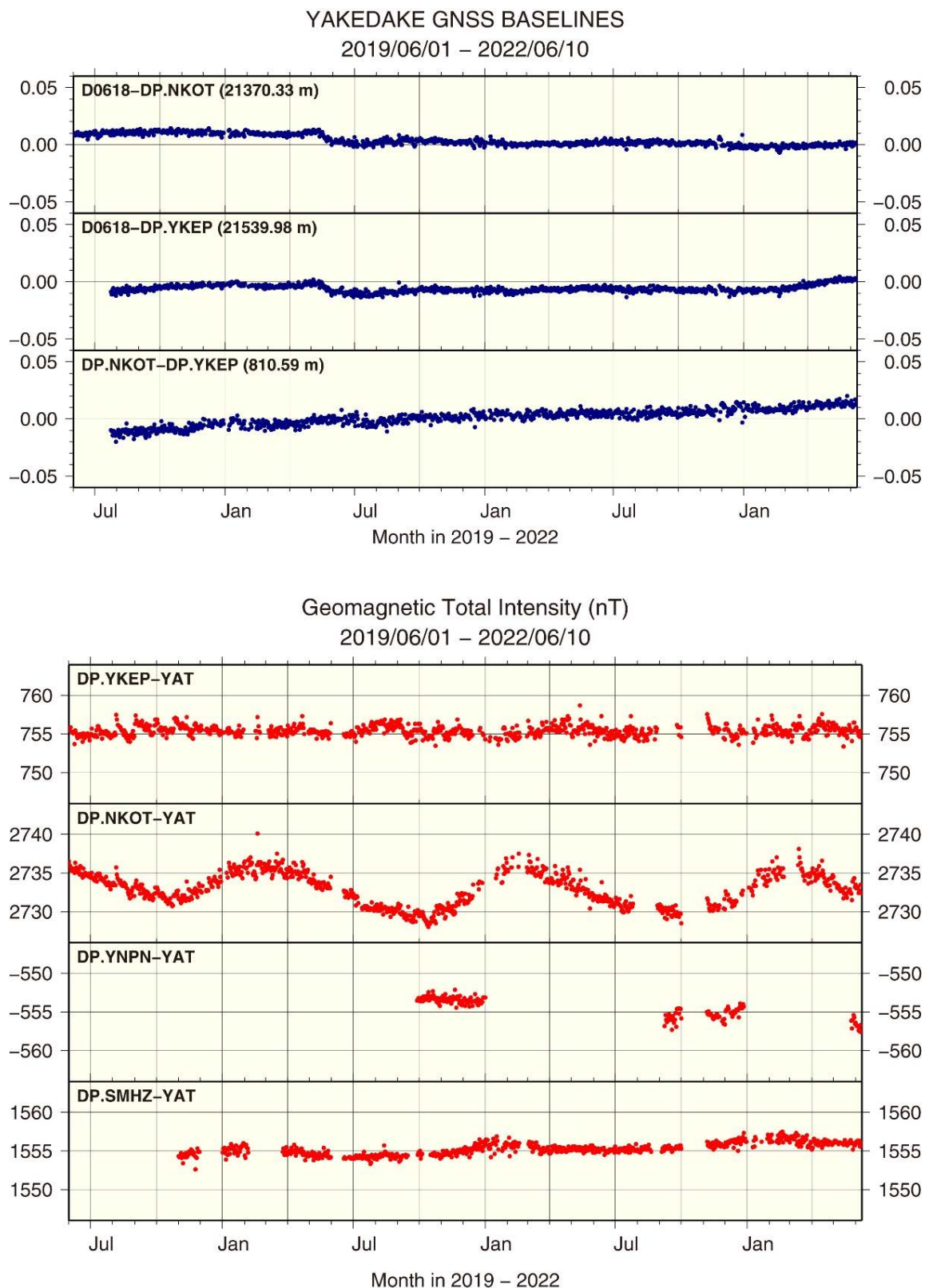


図8 : GNSS基線長と全磁力変化の比較。2019年6月からの2年間の記録。

第150回火山噴火予知連絡会

京大防災研究所

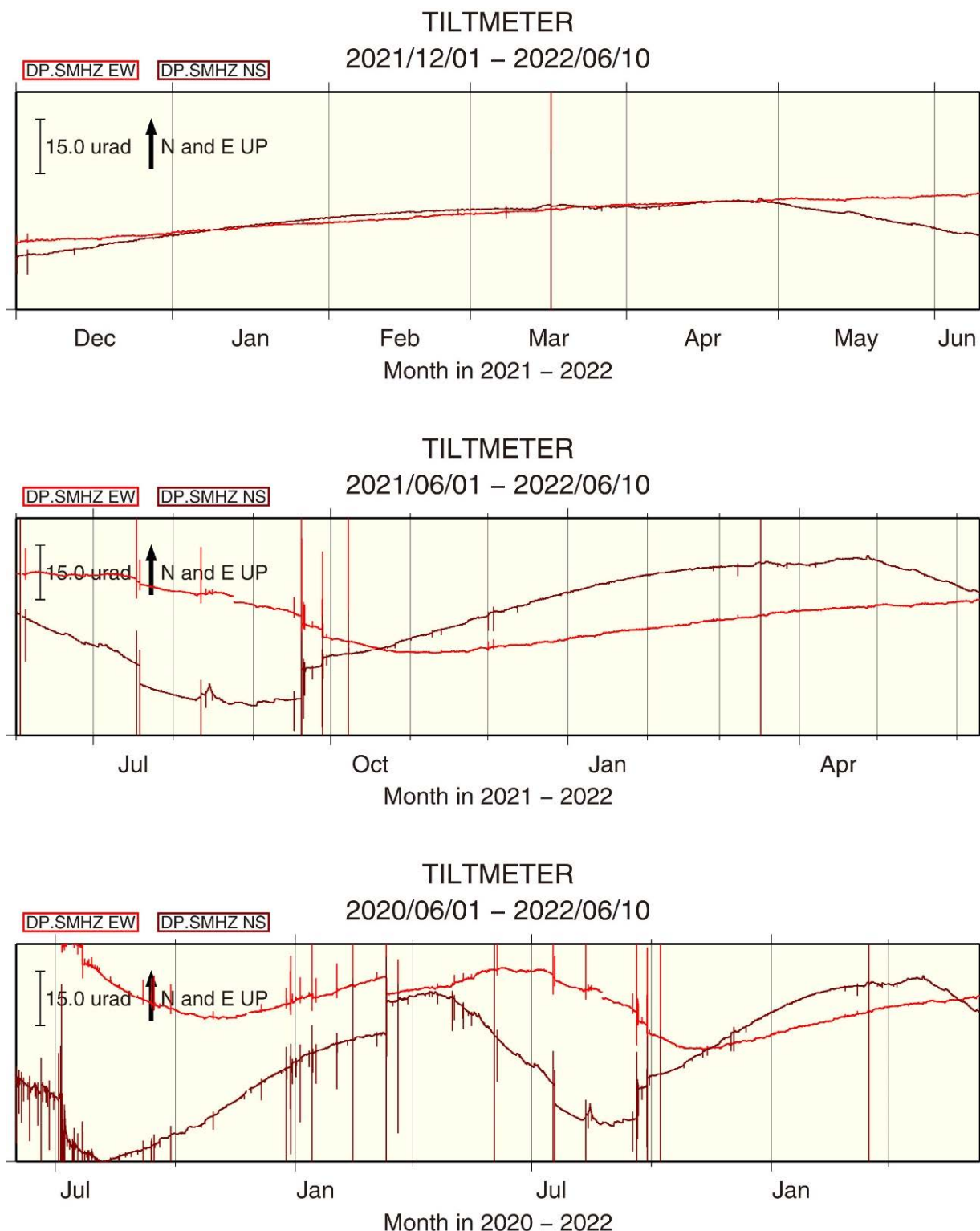


図9 : DP.SMHZ(上高地下堀沢)のボアホール型傾斜計(約10mの孔底に設置)の記録

上段は2021年12月から2022年6月までの上高地下堀沢(DP.SMHZ)の6か月間の記録、中段は同観測点の2021年6月から2022年6月までの1年間の記録。下段は2020年6月から2022年6月までの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。

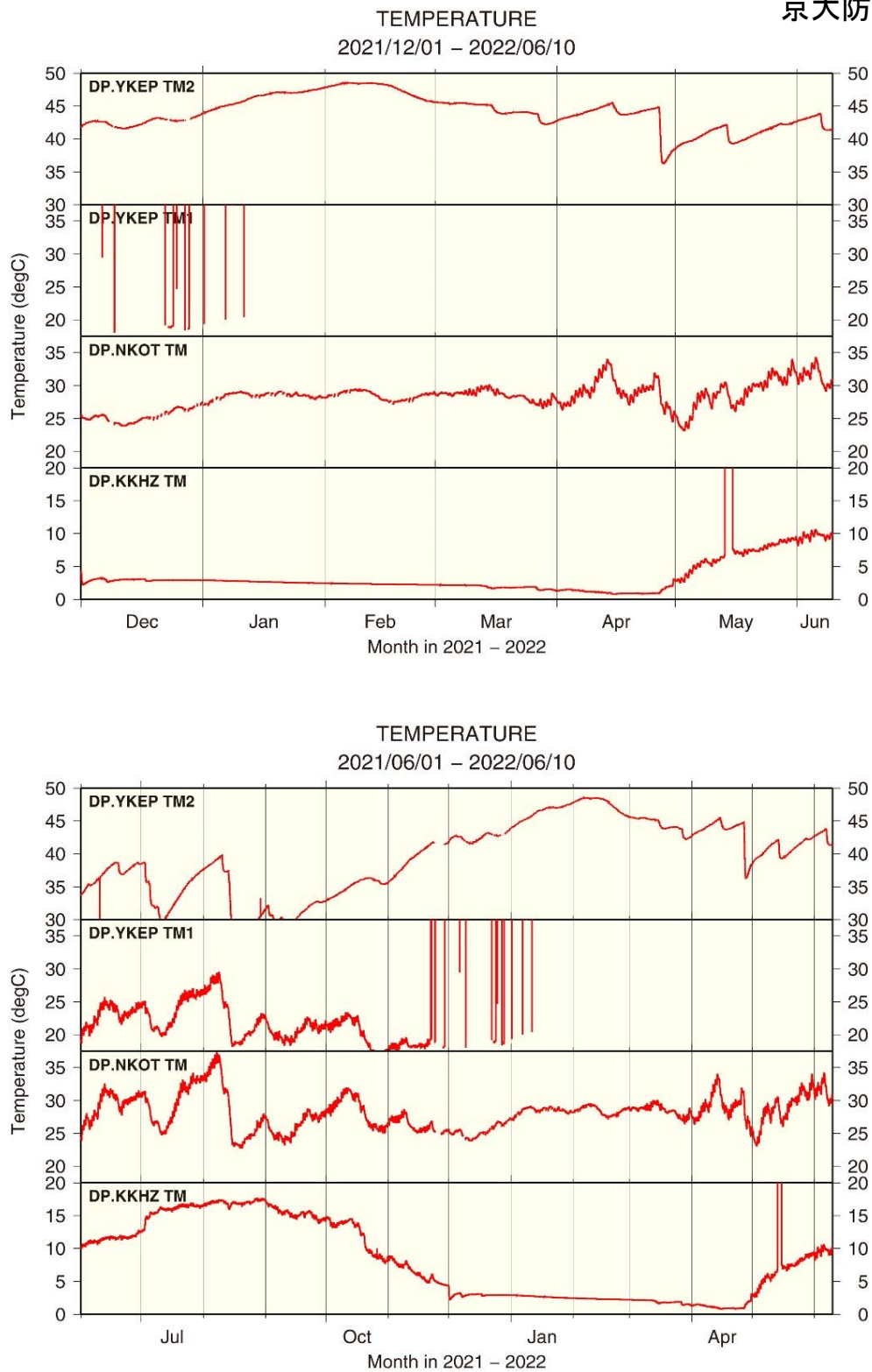


図10 : DPYKEP(焼岳山頂)の精密地中温度計の観測記録 (DP.YKEP TM2)、および、DP.YKEP (TM1)、DP.NKOT(焼岳中尾峠)、DP.KKHZ(上高地峠沢)の気泡型傾斜計の内蔵温度計によるピット内温度の観測記録。

上段は2021年12月から2022年6月上旬までの半年間、下段は2021年6月から2022年6月上旬までの1年間の記録。

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5月～2022年5月15日）、右列は最近約1年間（2021年5月～2022年5月15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観測されていない。

第3図は、電子基準点および気象庁の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2月～5月）を、下段に最近1年間（2021年5月～2022年5月）を示した。顕著な地殻変動は観測されていない。

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。

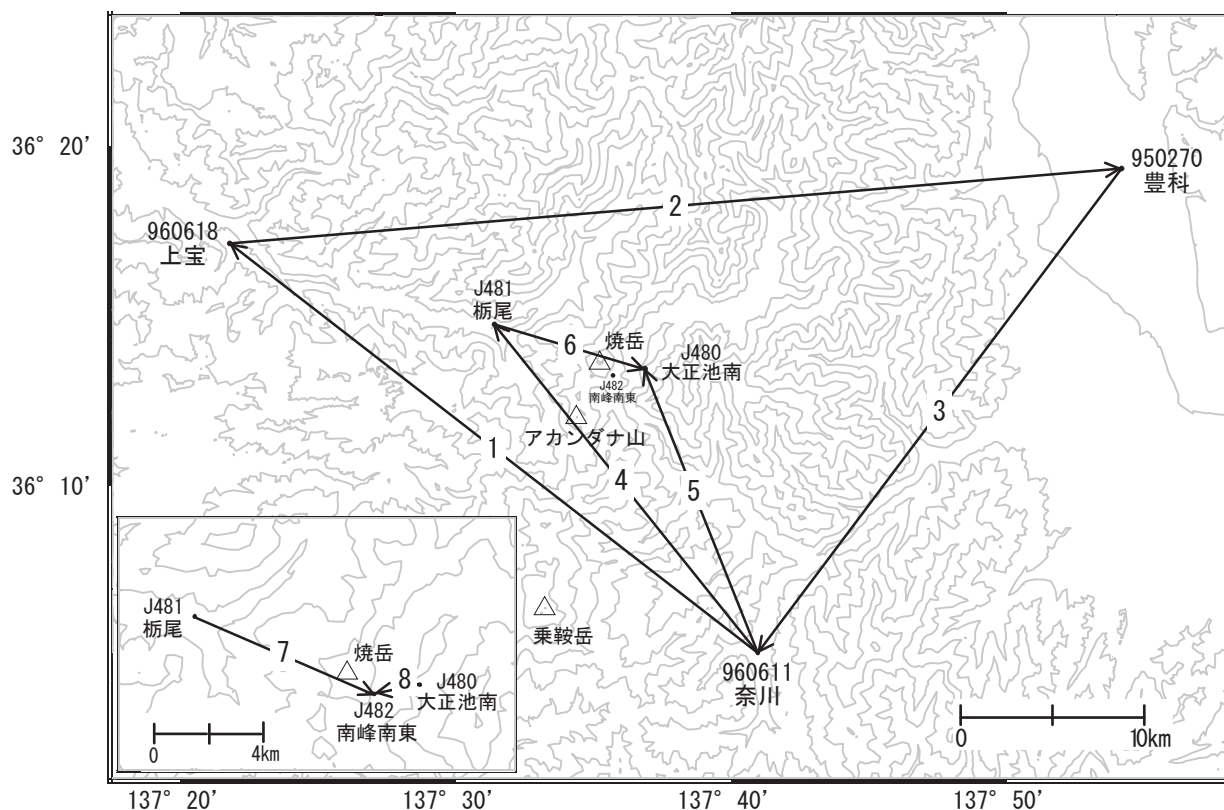
謝辞

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・アカランダナ山

GNSS連続観測結果では、焼岳・アカランダナ山を取り囲む基線で顕著な地殻変動は見られません。

焼岳・アカランダナ山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図



焼岳・アカラ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

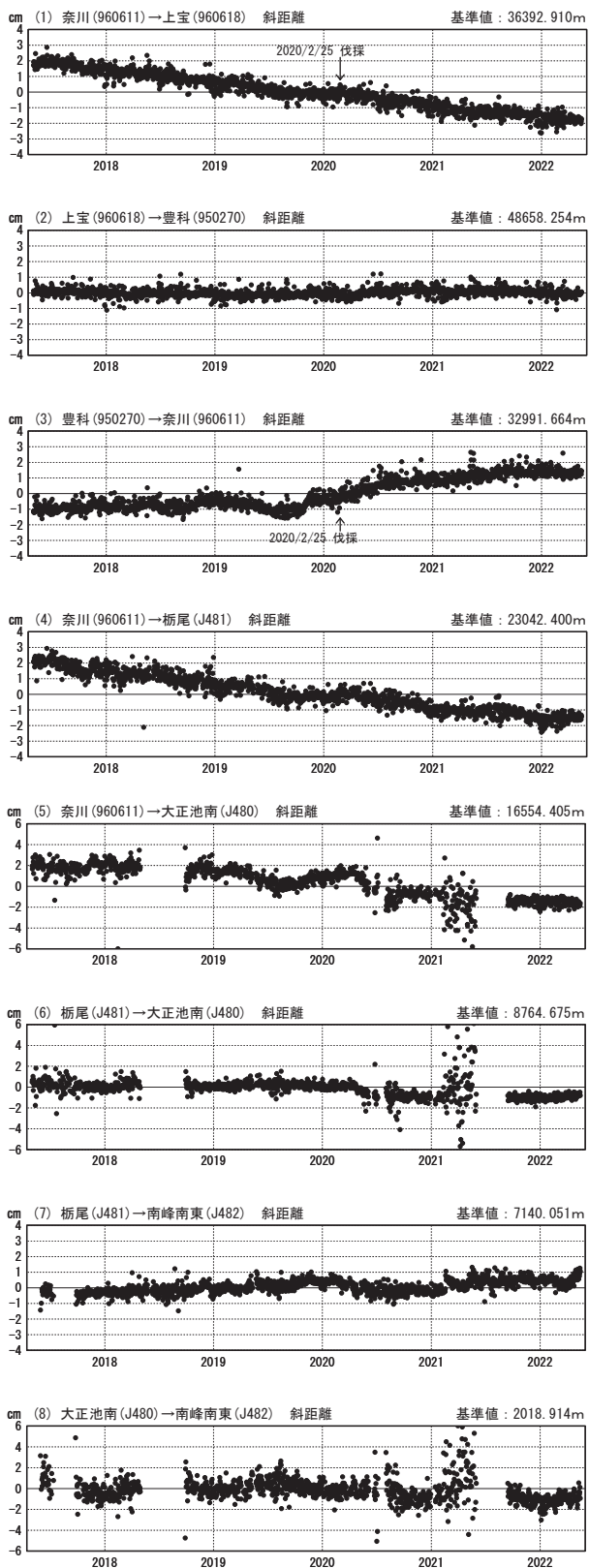
第1図 焼岳・アカランダナ山周辺のGNSS連続解析基線図(上段)、観測局の保守履歴(下段)

第150回火山噴火予知連絡会

国土地理院・気象庁

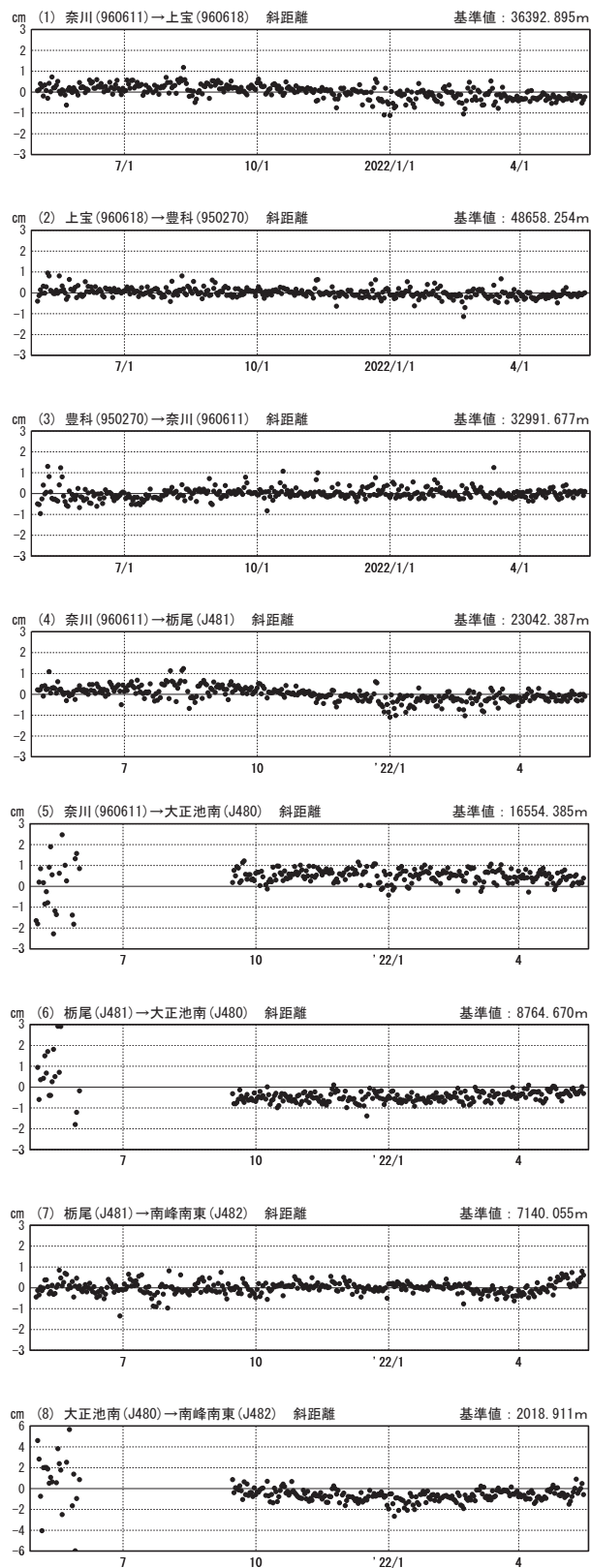
基線変化グラフ（長期）

期間：2017/05/01～2022/05/15 JST



基線変化グラフ（短期）

期間：2021/05/01～2022/05/15 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

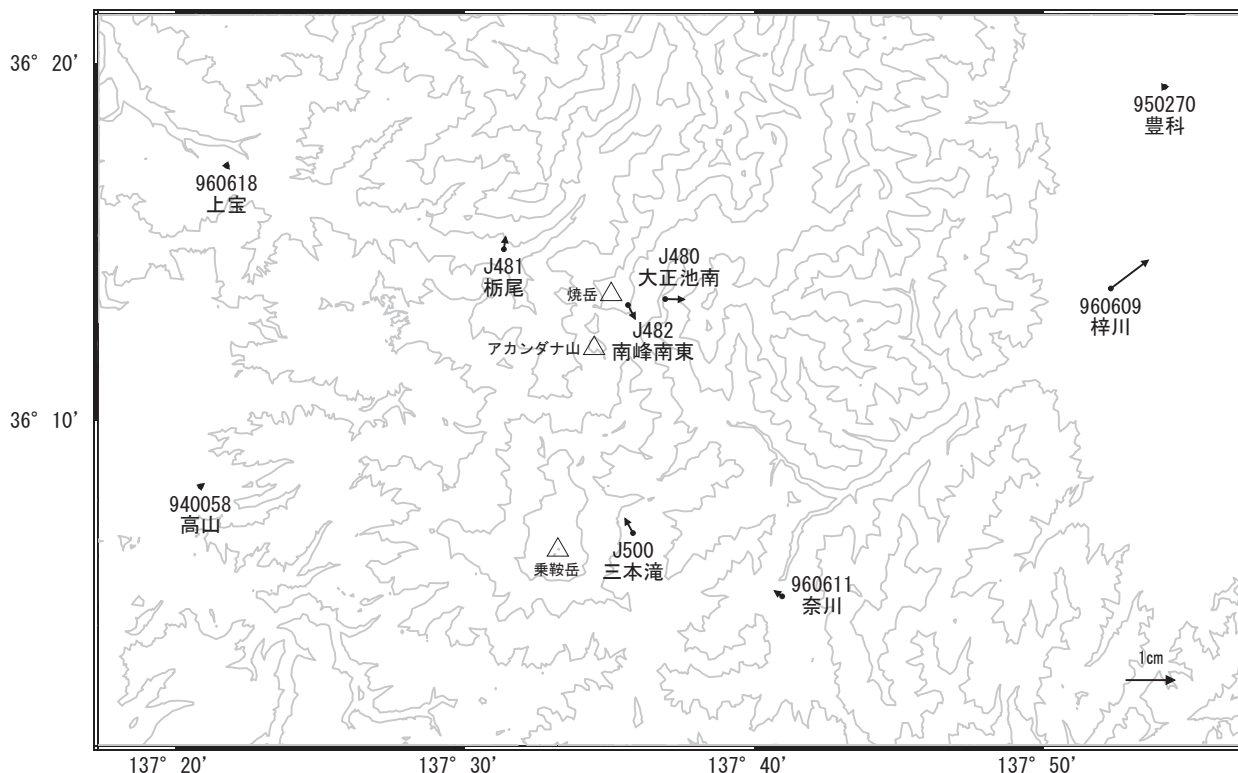
第2図 焼岳・アカンダナ山周辺のGNSS連続解析基線図による成分変化グラフ

(左列：2017年5月～2022年5月15日、右列：2021年5月～2022年5月15日)

焼岳・アカンダナ山

焼岳・アカダナ山周辺の地殻変動(水平:3か月)

基準期間:2022/02/06~2022/02/15[F5:最終解]
 比較期間:2022/05/06~2022/05/15[F5:最終解]

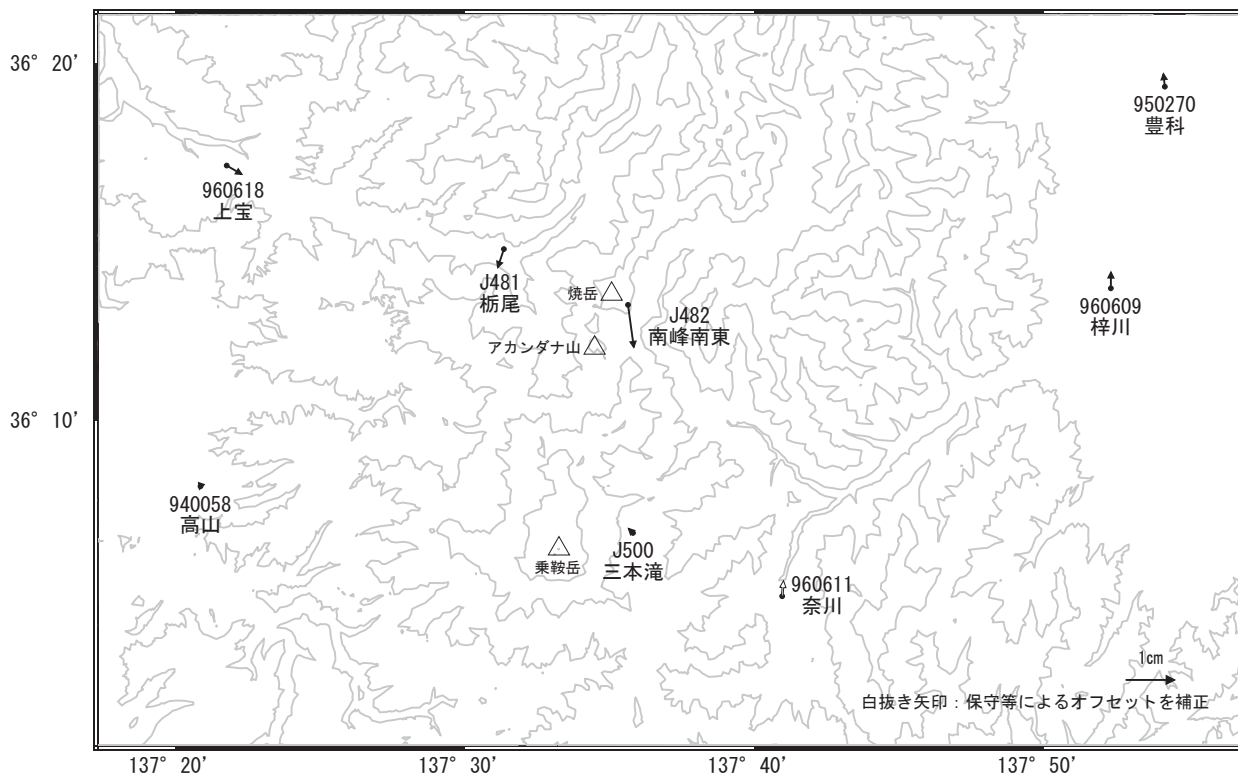


☆ 固定局:白鳥(950282)

国土地理院・気象庁

焼岳・アカダナ山周辺の地殻変動(水平:1年)

基準期間:2021/05/06~2021/05/15[F5:最終解]
 比較期間:2022/05/06~2022/05/15[F5:最終解]



☆ 固定局:白鳥(950282)

国土地理院・気象庁

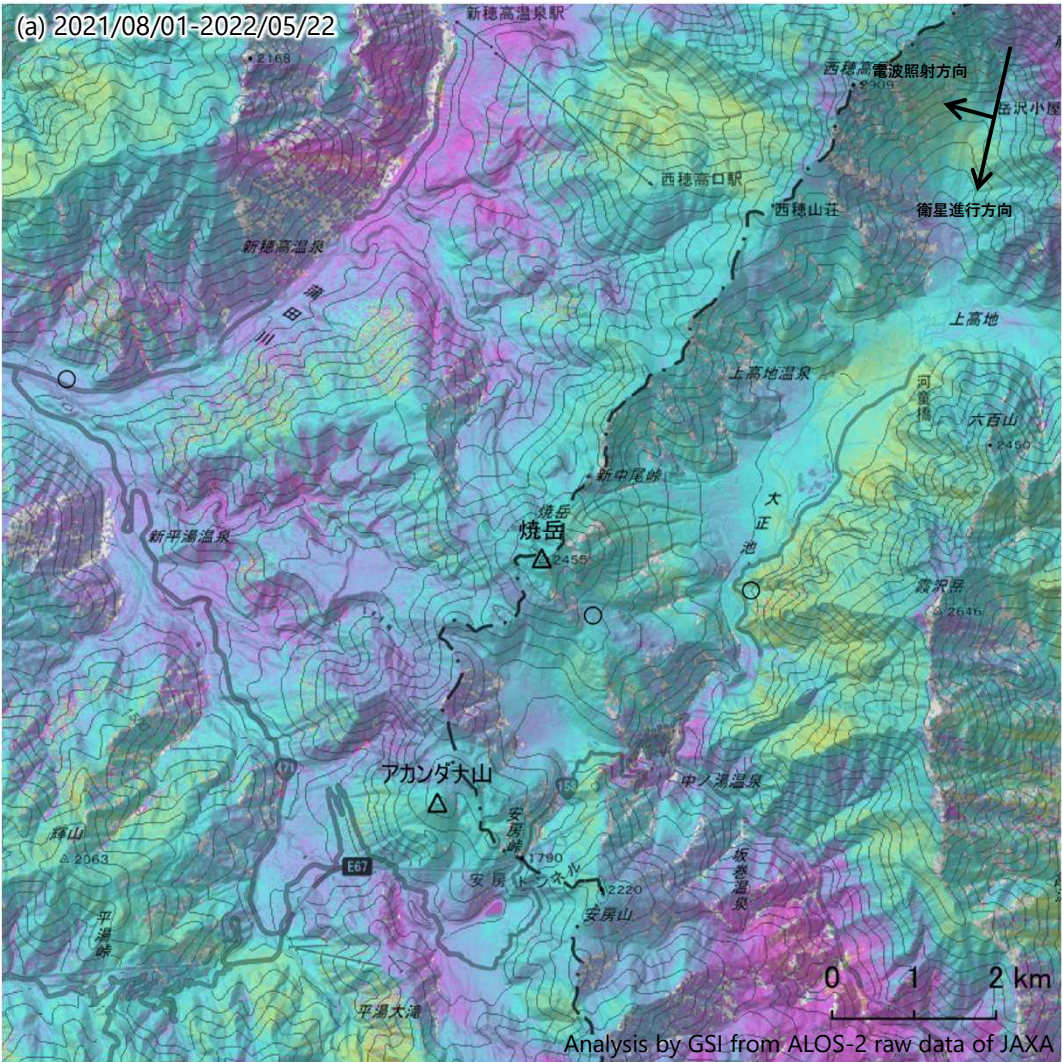
第3図 焼岳・アカダナ山周辺の電子基準点・気象庁GNSS観測点の統合解析による

水平変動ベクトル図(上段:2022年2月~5月、下段:2021年5月~2022年5月)

焼岳・アカダナ山

焼岳・アカンダナ山のSAR干渉解析結果について(1)

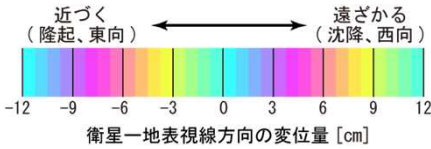
ノイズレベルを超える変動は見られません。



	(a)
衛星名	ALOS-2
観測日時	2021/08/01 2022/05/22 11:57頃 (294日間)
衛星進行方向	南行
電波照射方向	右(西)
観測モード*1	U-U
入射角*2	31.8°
偏波	HH
垂直基線長	- 123m

*1 U：高分解能(3m)モード
*2 焼岳における入射角

○ 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

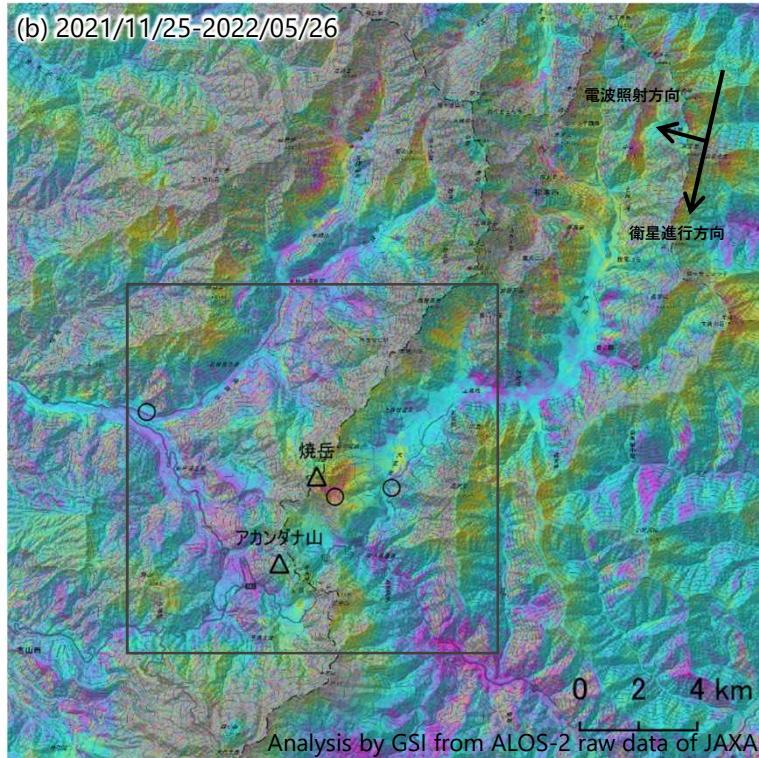
本解析で使ったデータの一部は、火山噴火予知連絡会衛星解析グループの活動を通して得られたものです。

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・アカンダナ山のSAR干渉解析結果について(2)

ノイズレベルを超える変動は見られません。

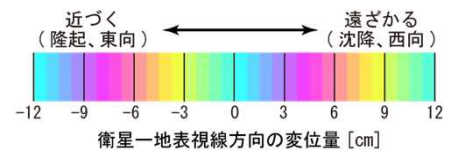


	(b)
衛星名	ALOS-2
観測日時	2021/11/25 2022/05/26 11:43頃 (182日間)
衛星進行方向	南行
電波照射方向	右(西)
観測モード*1	U-U
入射角*2	50.6°
偏波	HH
垂直基線長	+ 142 m

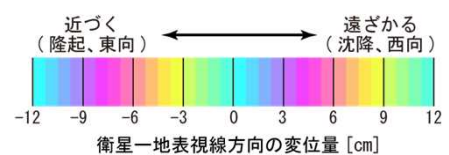
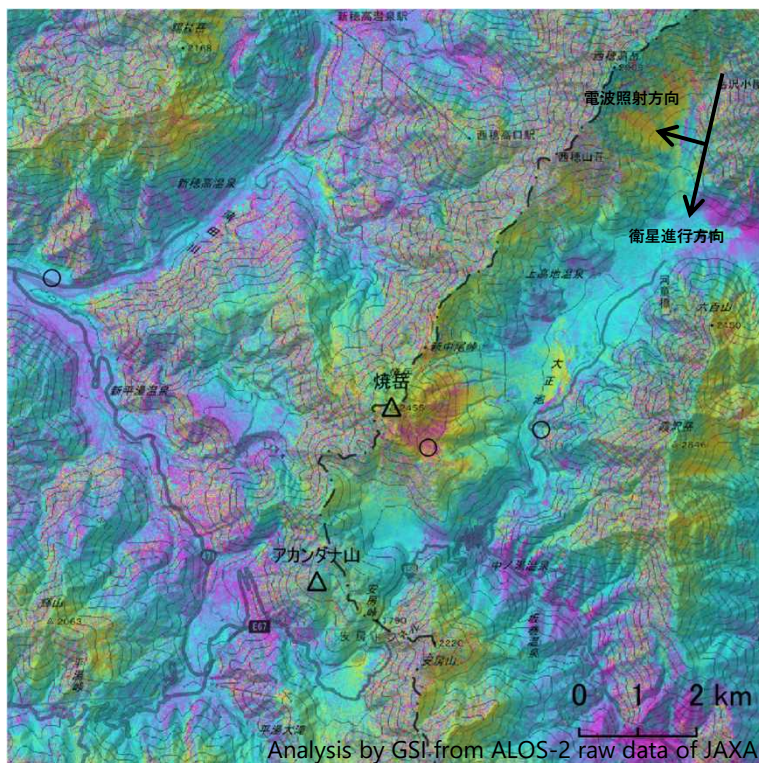
*1 U：高分解能(3m)モード

*2 焼岳における入射角

○ 国土地理院以外のGNSS観測点



拡大図



背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

本解析で利用したデータの一部分は、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。

第4図つづき 「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