

第 145 回 火山噴火予知連絡会資料

(その5)

箱根山、十勝岳

令和元年 12 月 24 日

火山噴火予知連絡会資料(その5)

目次

箱根山	3
気象庁	3-29
地理院	30-33
温地研	34-46
東海大	47-49
十勝岳	50
気象庁	50-85
北大	86-90
防災科研	91-95
地理院	96-100

箱 根 山 (2019 年 11 月 30 日現在)

大涌谷周辺（箱根山）では、芦ノ湖の西岸及び駒ヶ岳付近を震源とする火山性地震が 5 月に増加したものの 9 月に入り減少し、現在は 2019 年 5 月の地震活動活発化前の状態となっている。また、地殻変動観測では、GNSS 連続観測で箱根山を挟む基線で、3 月中旬頃から伸びがみられていたが、8 月下旬頃から鈍化し、現在はほぼ停滞している。

以上のことから、大涌谷周辺の想定火口域では、噴火の可能性は低くなったと判断し、10 月 7 日 10 時 00 分に噴火予報を発表し、噴火警戒レベルを 2（火口周辺規制）から 1（活火山であることに留意）へ引き下げた。その後、予報事項に変更はない。

大涌谷周辺の想定火口域では活発な噴気活動が続いているため、火山灰等の突発的な噴出現象に注意する必要がある。

○ 概況（2019 年 6 月～11 月 30 日）

- ・ 噴気など表面現象の状況（図 3～12、図 13－①、図 14－①）

大涌谷監視カメラによる観測では、大涌谷の火口や噴気孔及び温泉供給施設から引き続き噴気が勢いよく噴出している。宮城野監視カメラ（大涌谷の東北東約 3 km）及び小塚山北東監視カメラ（大涌谷の北北東約 3 km）による観測では、大涌谷の噴気の高さは 600m 以下で経過している。

噴気の状態や地熱域の状況から 2015 年以降、大涌谷周辺は熱的には高い状態が継続していると考えられる。

10 月 2 日に実施した現地調査では、大涌谷周辺で引き続き活発な噴気活動を確認したが、前回（5 月 19 日）より噴気はやや少ない状態であった。また、赤外熱映像装置による観測では、大涌谷周辺の噴気孔の周辺で地熱域を引き続き確認し、地熱域の温度が高い状態が継続していることを確認した。湯ノ花沢及び上湯場で実施した現地調査では、噴気や地熱域に特段の変化はみられなかった。

- ・ 地震や微動の発生状況（図 13－②、図 14－②、図 15～22）

箱根山のカルデラ内で発生する火山性地震が 4 月下旬頃からやや増加し、5 月にはさらに増加した。その後、7 月中旬に芦ノ湖南部で一時的に増加する等、火山性地震は増減を繰り返しながら推移していたが、9 月には減少し、現在は 2019 年 5 月の地震活発化前の状態になっている。

震源は主に大涌谷付近から神山付近、及び芦ノ湖南部に分布した。浅い低周波地震や火山性微動は発生していない。なお、大涌谷付近から神山付近で発生している火山性地震は、主に深さ 3～7 km 付近で発生しており、3 km より浅い所で発生している火山性地震は少ない。

2019 年の地震活動の発生領域や深さについて、2001 年、2015 年の活動と比較したところ、2001 年や 2015 年の活動では、活動初期に台ヶ岳～駒ヶ岳付近の浅部の一部の深さで地震活動が低調な時期が見られたが、2019 年の活動では、終始浅部の地震活動が低調であった。

この資料は気象庁のほか、国土地理院、神奈川県温泉地学研究所のデータを利用して作成した。

・地殻変動の状況（図 2、図 13—③～⑧、図 14—③～⑧、図 22～24）

GNSS連続観測では、3月中旬頃からみられていた箱根山を挟む基線の伸びは、8月下旬頃から鈍化し、10月にはほぼ停滞した。また、火山性流体による山体浅部の膨張を示していると考えられる大涌谷周辺の短い基線の伸びも、8月下旬頃から鈍化し、10月にはほぼ停滞した。

台ヶ岳南傾斜計（大涌谷から北西約 1 km）による観測で、3月中旬頃からみられていた大涌谷方向が隆起する変化は、9月には停滞し、3月上旬以前の状態に戻ったと考えられる。

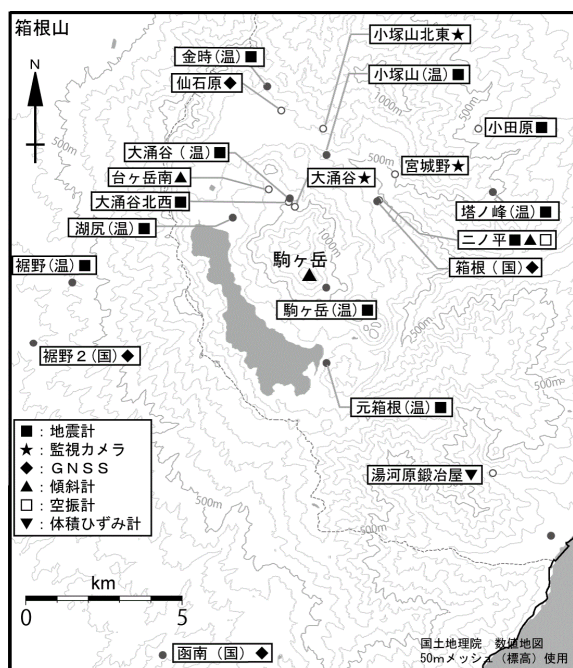


図 1 箱根山 観測点配置図

小さな白丸 (○) は気象庁、小さな黒丸 (●) は気象庁以外の観測点を示している。

(国)：国土地理院、(温)：神奈川県温泉地学研究所

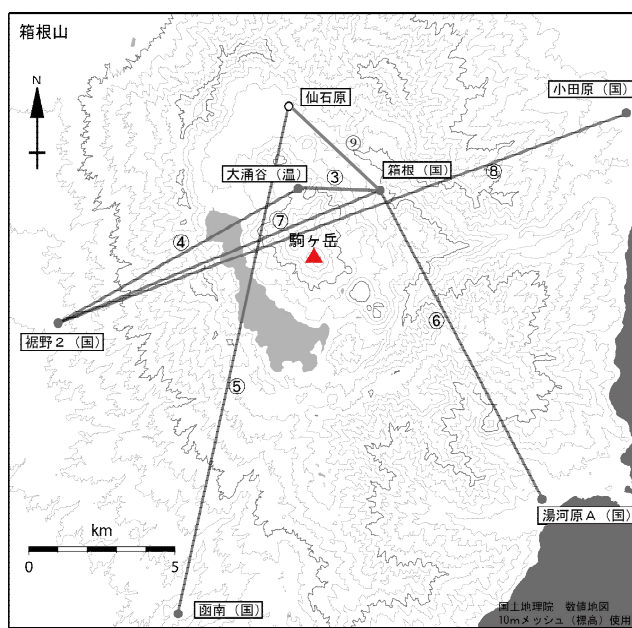


図 2 箱根山 GNSS 連続観測点配置図

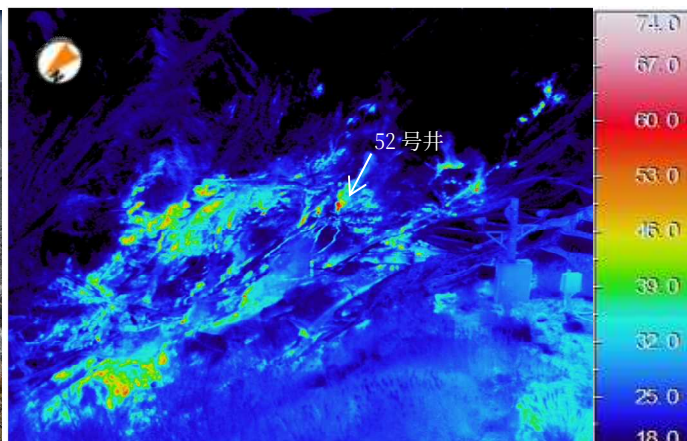
小さな白丸 (○) は気象庁、小さな黒丸 (●) は気象庁以外の観測点を示している。

(国)：国土地理院、(温)：神奈川県温泉地学研究所

GNSS 基線③～⑧は図 13、図 14 及び図 22 の③～⑧に、基線⑨は図 22-2 の⑨に対応している。箱根山



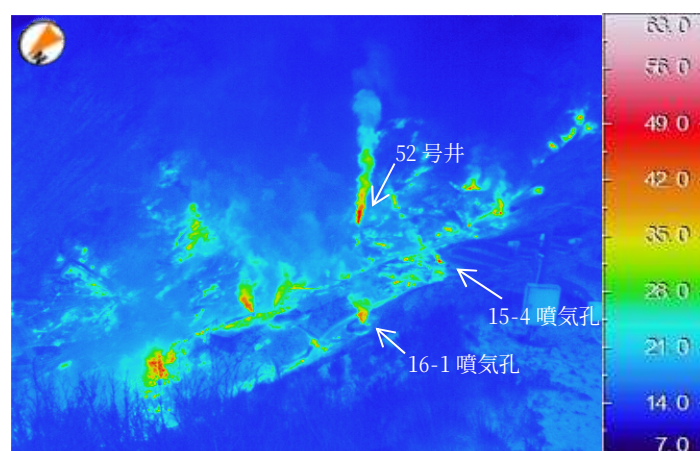
2019 年 10 月 2 日 10 時 14 分 (可視)



2019 年 10 月 2 日 10 時 12 分 (赤外)



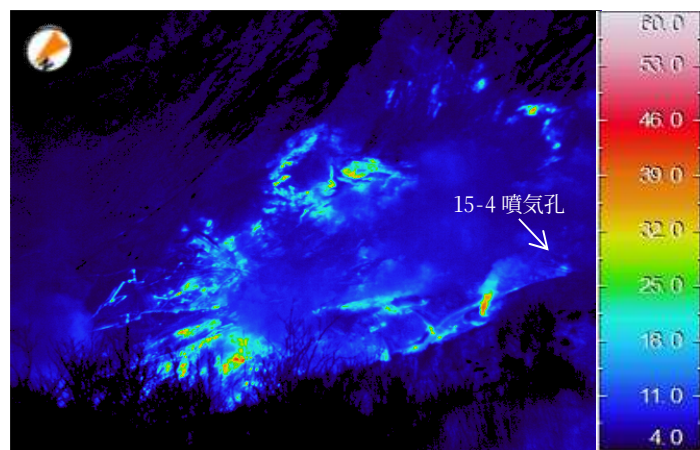
2019 年 5 月 19 日 10 時 10 分 (可視)



2019 年 5 月 19 日 10 時 15 分 (赤外)



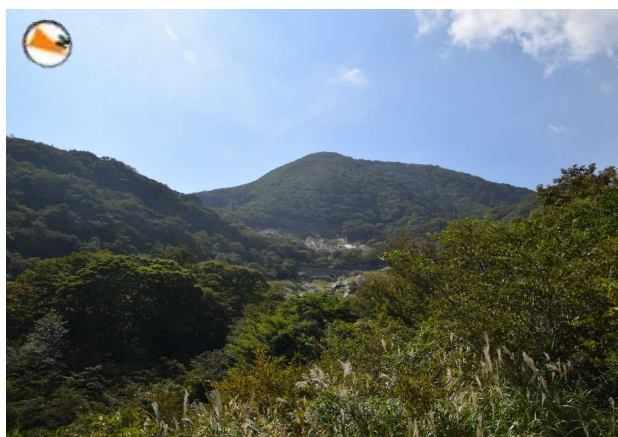
2019 年 3 月 26 日 09 時 49 分 (可視)



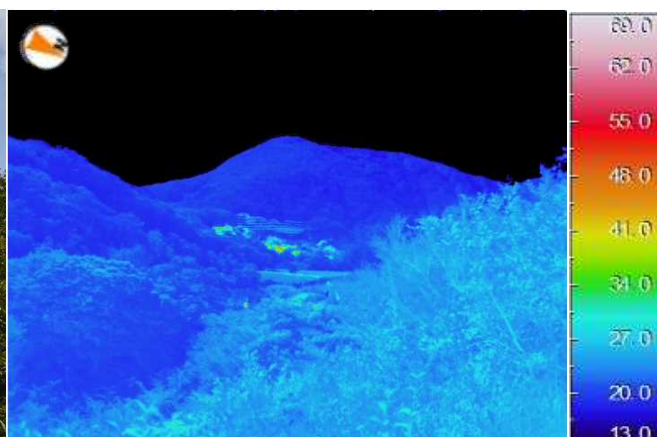
2019 年 3 月 26 日 09 時 44 分 (赤外)

図 3 箱根山 大涌谷周辺の状況及び地表面温度分布

- ・ 10 月 2 日に実施した現地調査では、大涌谷周辺で引き続き活発な噴気活動を確認したが、前回 (5 月 19 日) より噴気はやや少ない状態であった。
- ・ 引き続き噴気孔の周辺に地熱域を確認し、地熱域の温度が高い状態が継続していることを確認した。



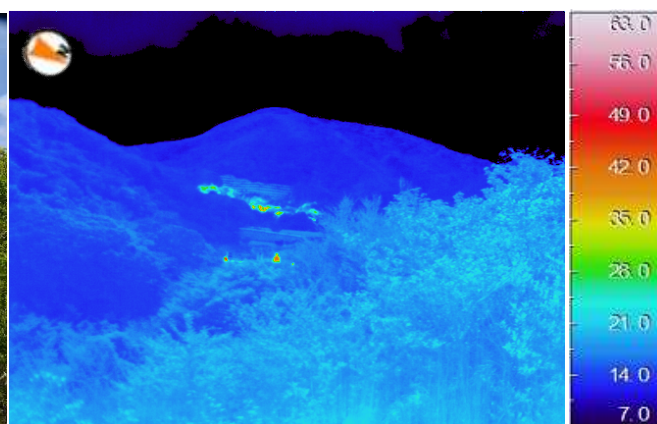
2019 年 10 月 2 日 13 時 10 分 (可視)



2019 年 10 月 2 日 13 時 13 分 (赤外)



2019 年 5 月 19 日 12 時 51 分 (可視)



2019 年 5 月 19 日 12 時 52 分 (赤外)

図 4 箱根山 湯ノ花沢の状況及び地表面温度分布

・噴気や地熱域に特段の変化はみられなかった。



図 5 箱根山 湯ノ花沢周辺図
(地理院地図より)

赤丸及び赤矢印は、図 4 の撮影位置と撮影方向を示す。

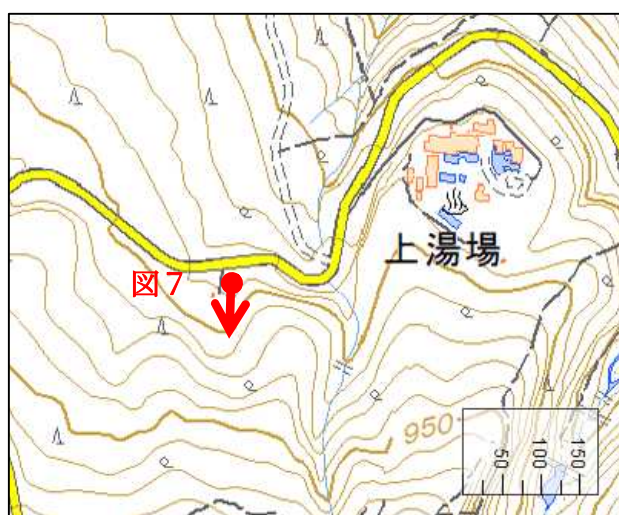
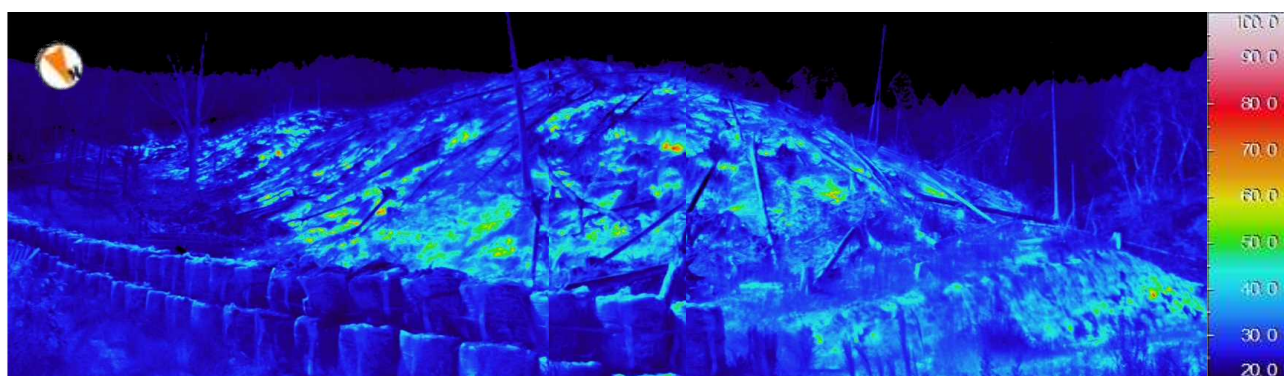
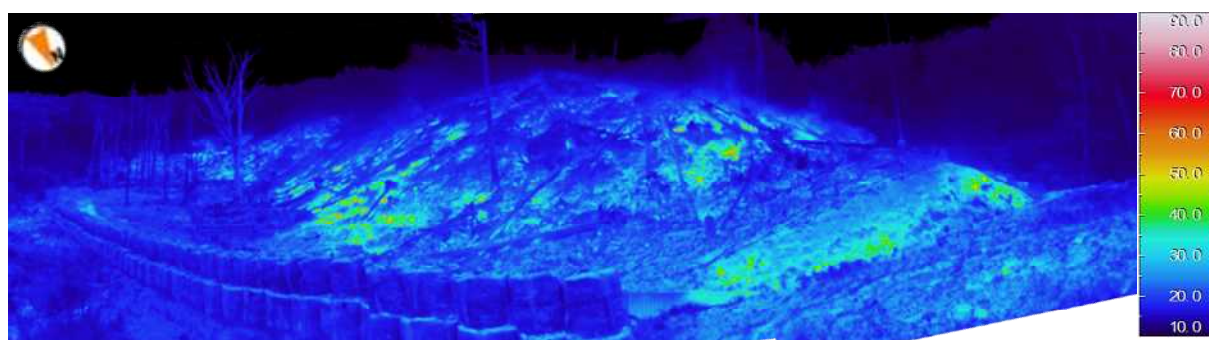


図 6 箱根山 上湯場周辺図 (地理院地図より)

赤丸及び赤矢印は、図 7 の撮影位置と撮影方向を示す。



上段：2019 年 10 月 2 日 09 時 30 分（可視） 下段：2019 年 10 月 2 日 09 時 28 分（赤外）



上段：2019 年 5 月 19 日 11 時 18 分（可視） 下段：2019 年 5 月 19 日 11 時 26 分（赤外）

図 7 箱根山 上湯場の状況及び地表面温度分布
・噴気や地熱域に特段の変化はみられなかった。



図 8 箱根山 大涌谷の状況
(11 月 20 日、大涌谷監視カメラによる)
・火口や噴気孔、またその周辺の大涌谷温泉供給
施設から引き続き噴気が勢いよく噴出している。



図 9 箱根山 早雲地獄の状況
(11 月 20 日、宮城野監視カメラによる)
白円内は早雲地獄からの噴気の状況。
気象庁の宮城野監視カメラでは、大涌谷からの
噴気(黄矢印)は高さ概ね 100m 以上の場合に観
測される。



図 10 箱根山 噴気場所(大涌谷・早雲地獄)位置図
赤丸及び赤矢印は、宮城野監視カメラ設置場所とその撮影方向、
図 3 の場所と撮影方向を示す。

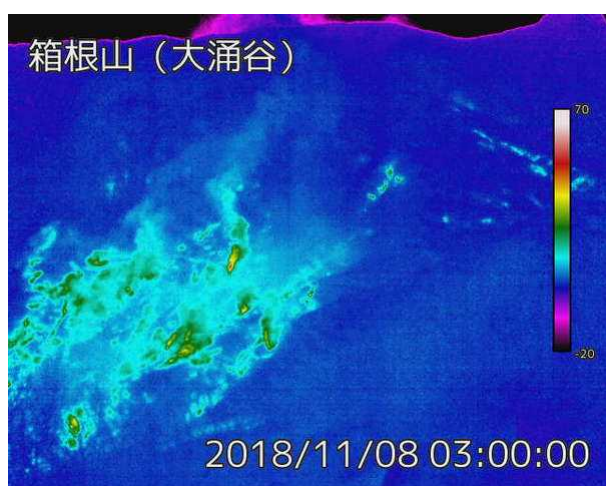
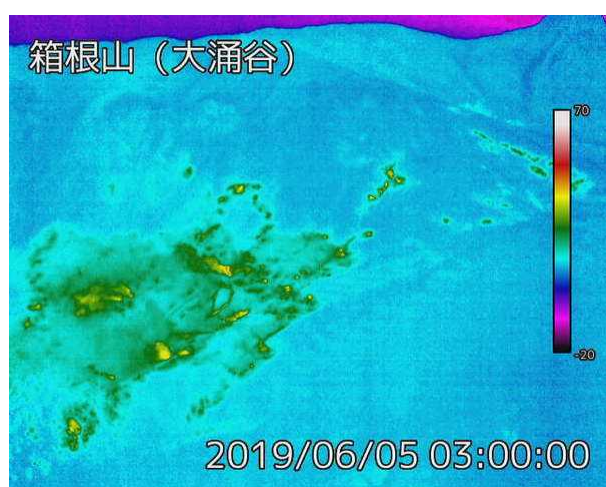
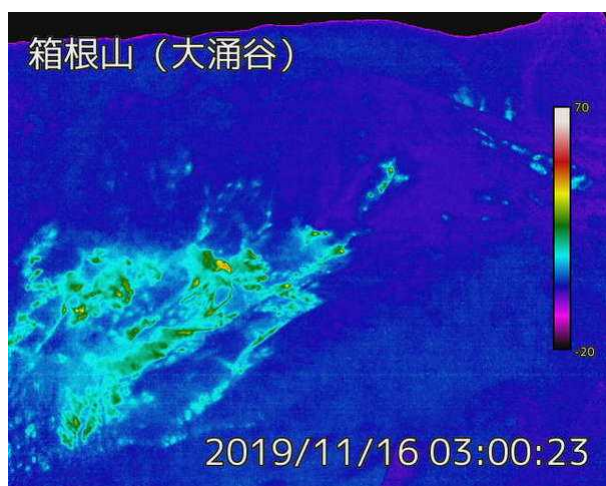


図 11 箱根山 大涌谷の地熱域の状況（2018 年 11 月 8 日～2019 年 11 月 16 日）
・ 特段の変化は認められない。

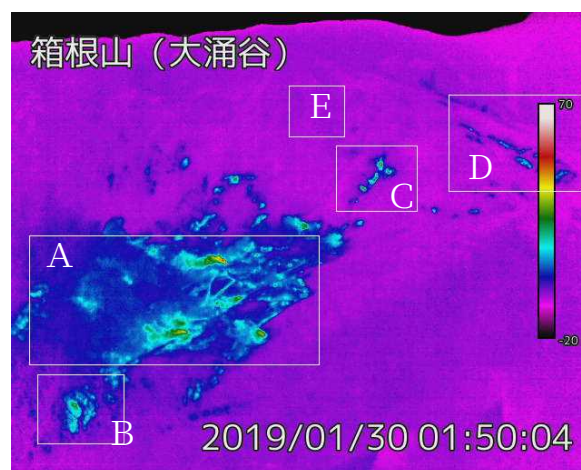
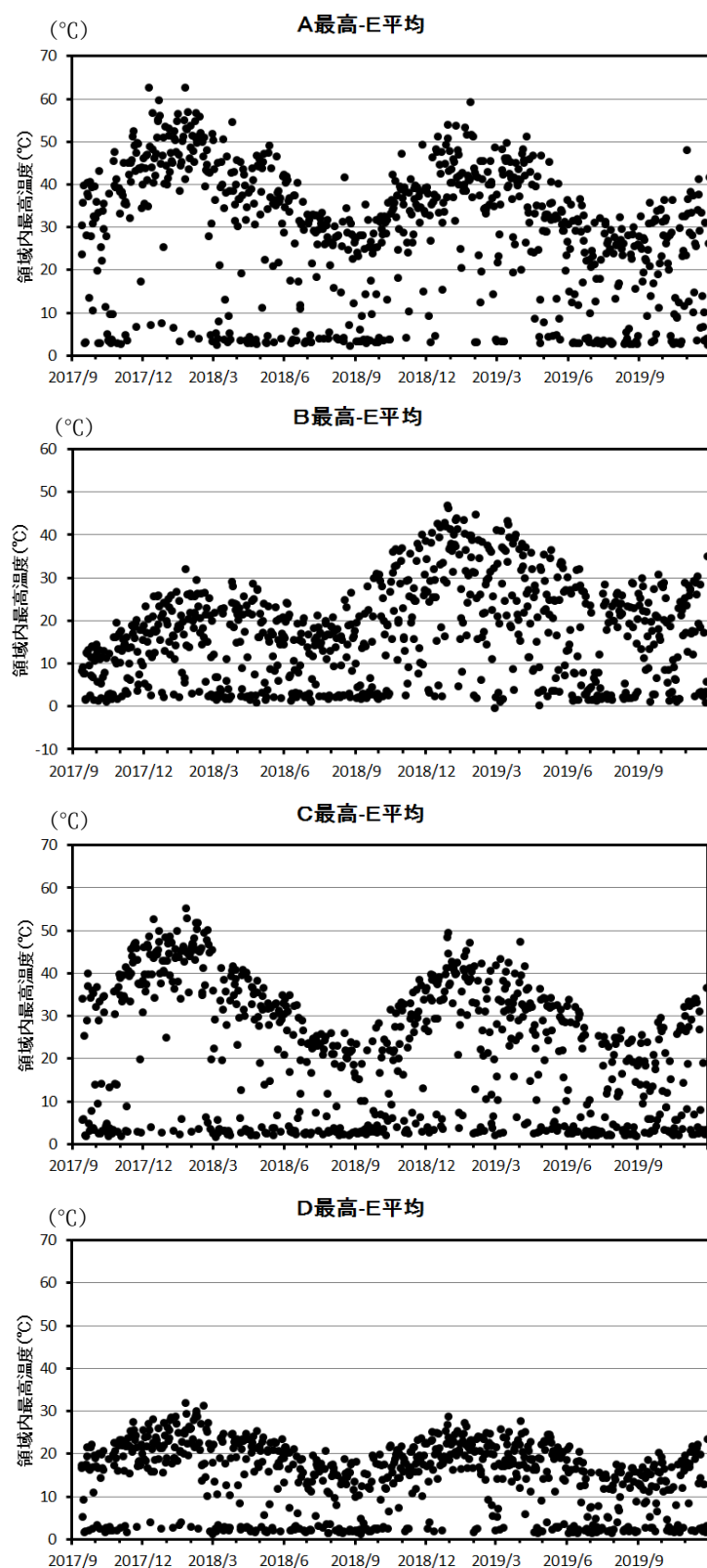


図 12 箱根山 大涌谷の地熱域の最高温度の変化（2017 年 9 月 1 日～2019 年 11 月 30 日）

- ・ B 領域の温度の上昇が認められるが、55 号井の付近であるため人為的な要因の可能性がある。
A - D 各領域の日射の影響ない時間帯（03 時 15 分）の最高温度を非地熱域の E 領域の平均温度で引いた値を使用。

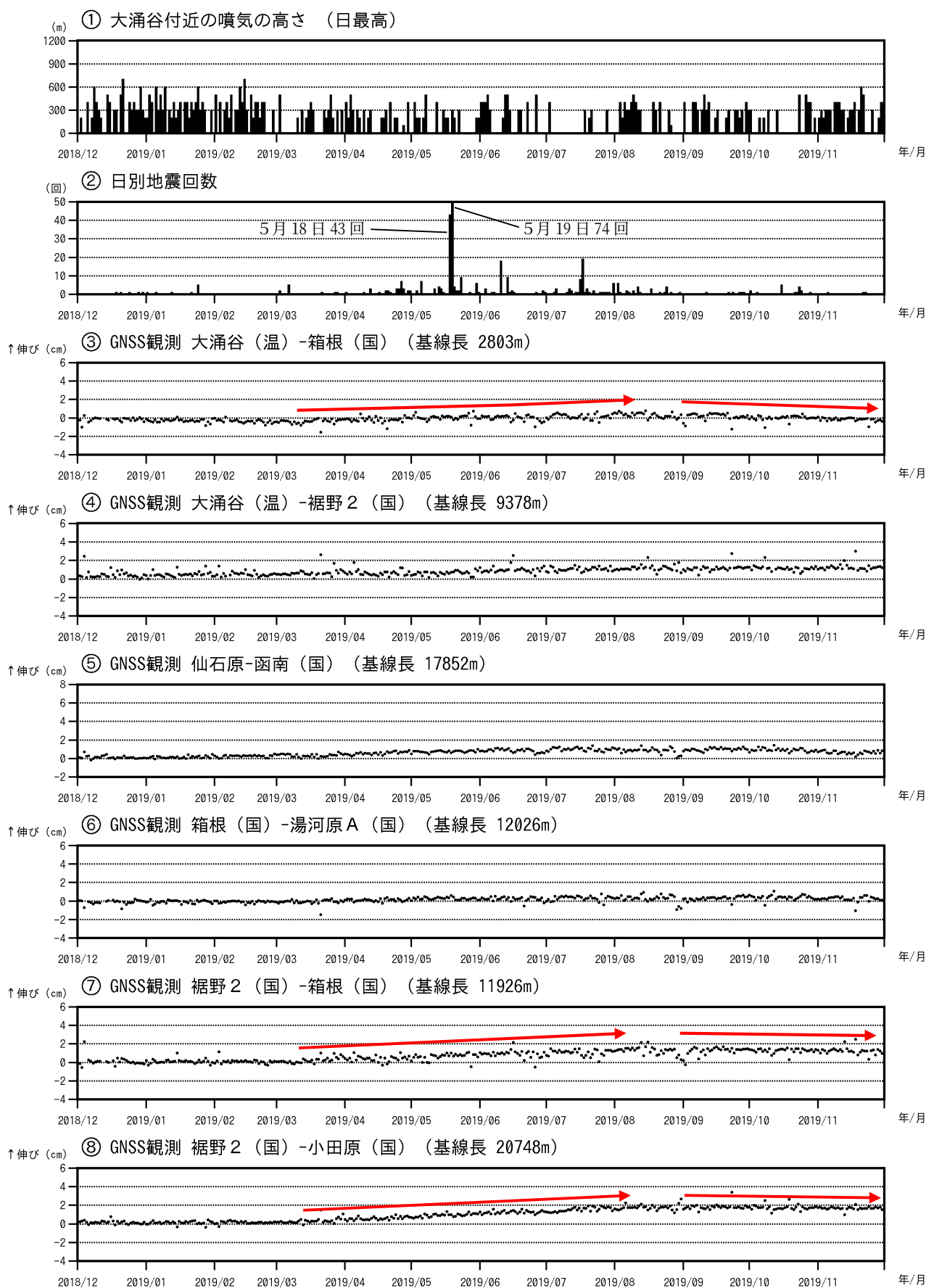


図 13 箱根山 火山活動経過図 (2018 年 12 月 1 日～2019 年 11 月 30 日)

(国)：国土地理院 ③～⑧は図2のGNSS 基線③～⑧に対応。空白部分は欠測を示す。

- ・火山性地震は 2019 年 5 月に増加したが 9 月に入り減少し、現在は 2019 年 5 月の地震活動活発化前の状態となっている。噴気活動に特段の変化は認められない。
- ・GNSS 連続観測で箱根山を挟む基線で、3 月中旬頃から伸び（赤矢印）がみられていたが、8 月下旬頃から鈍化し、10 月以降ほぼ停滞している。

箱根山

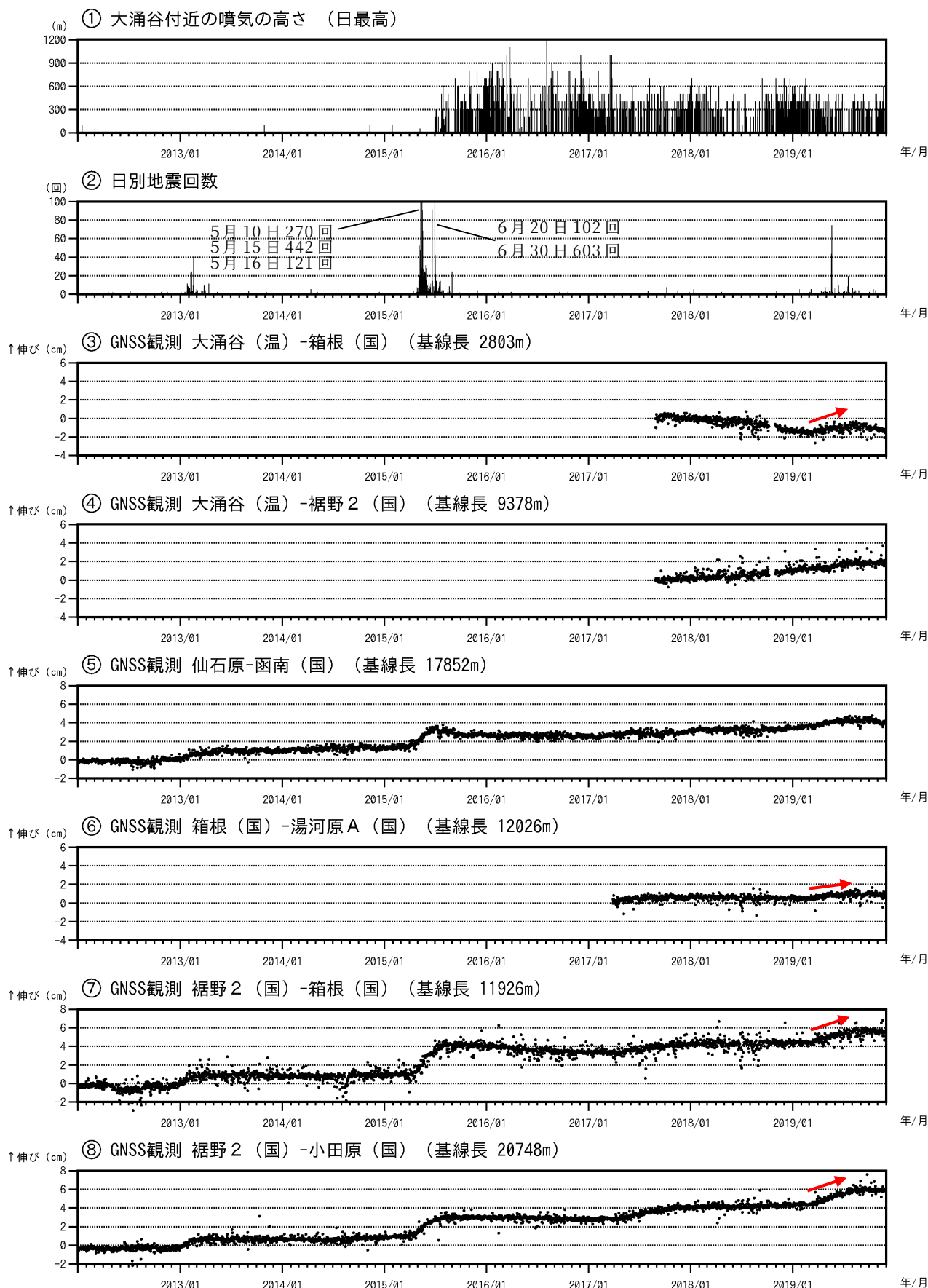


図 14 箱根山 火山活動経過図 (2012 年 1 月 1 日～2019 年 11 月 30 日)

(国)：国土地理院 ③～⑧は図2のGNSS基線③～⑧に対応。空白部分は欠測を示す。

- ・火山性地震は2019年5月に増加したが9月に入り減少し、現在は2019年5月の地震活動活発化前の状態となっている。噴気活動は2015年以降活発な状態が継続しているが、特段の変化は認められない。
- ・GNSS 連続観測で箱根山を挟む基線で、3月中旬頃から伸び(赤矢印)がみられていたが、8月下旬頃から鈍化し、10月以降ほぼ停滞している。

箱根山

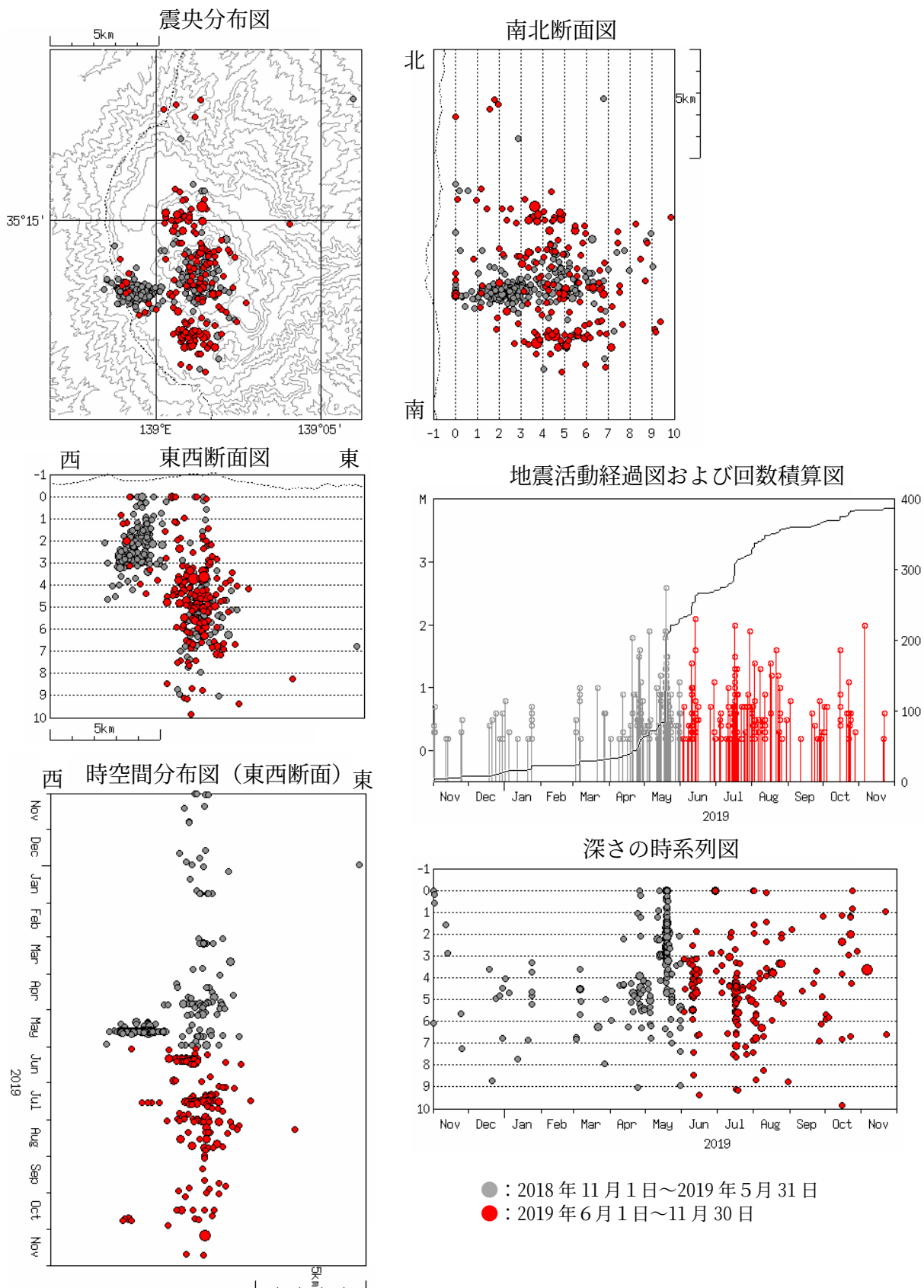


図 15 箱根山 広域地震観測網による山体周辺の震源分布図(2018 年 11 月 1 日～2019 年 11 月 30 日)

M (マグニチュード) は地震の規模を表し、M0.2 以上の地震を表示している。

広域地震観測網により震源決定したもので、深さは全て海面以下として決定している。

図中の震源要素は一部暫定値が含まれており、後日変更することがある。

- ・大涌谷付近から神山付近で発生している火山性地震は、主に深さ 3～7 km 付近で発生しており、3 km 以浅の浅い所で発生している火山性地震は少ない。芦ノ湖南部の火山性地震は主に深さ 3～7 km 付近に分布した。

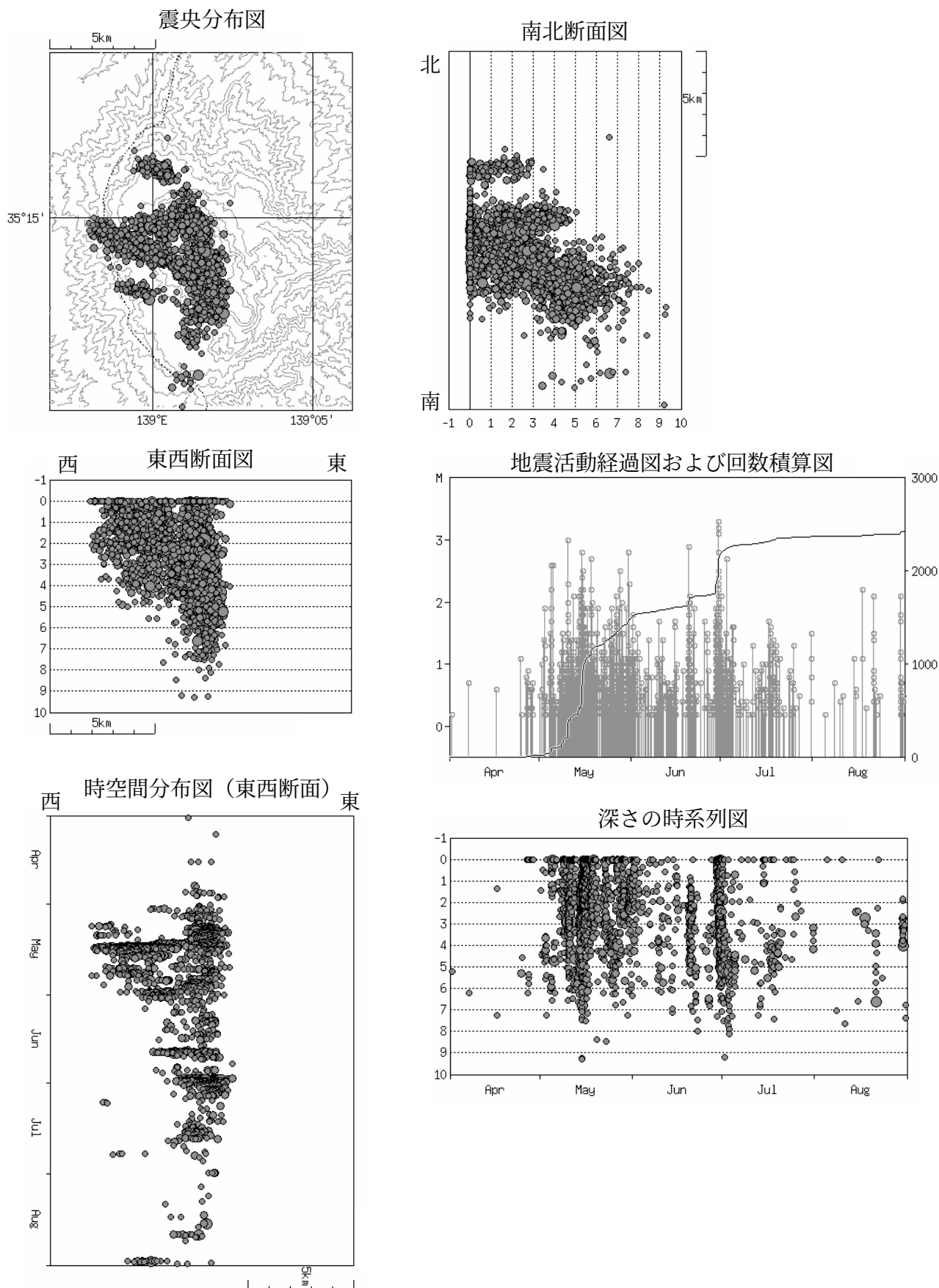


図 16 箱根山 広域地震観測網による山体周辺の震源分布図(2015 年 4 月 1 日～2015 年 8 月 31 日)
 M (マグニチュード) は地震の規模を表し、M0.2 以上の地震を表示している。
 広域地震観測網により震源決定したもので、深さは全て海面以下として決定している。

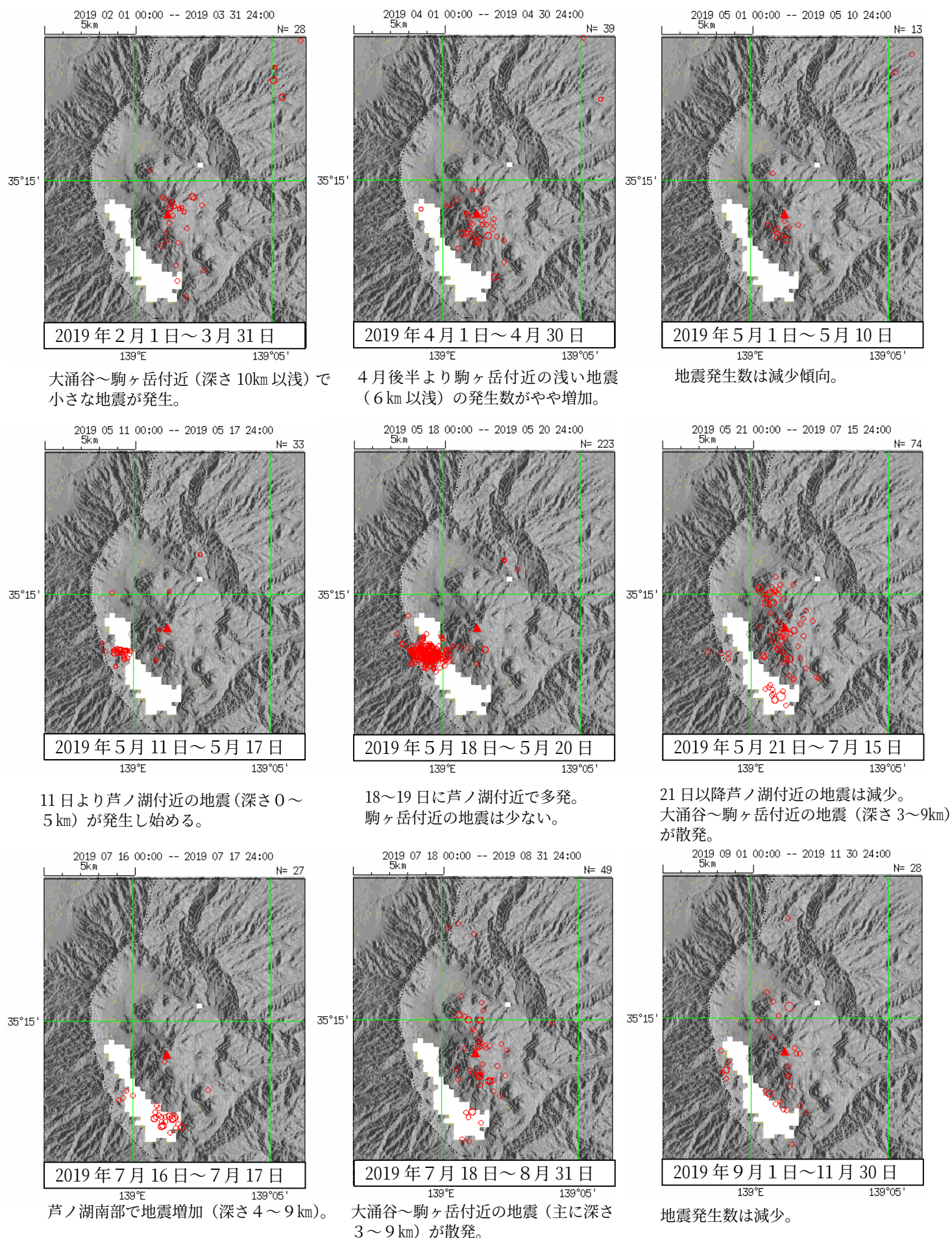


図 17-1 箱根山 2019 年 2 月から 11 月にかけての地震活動の推移

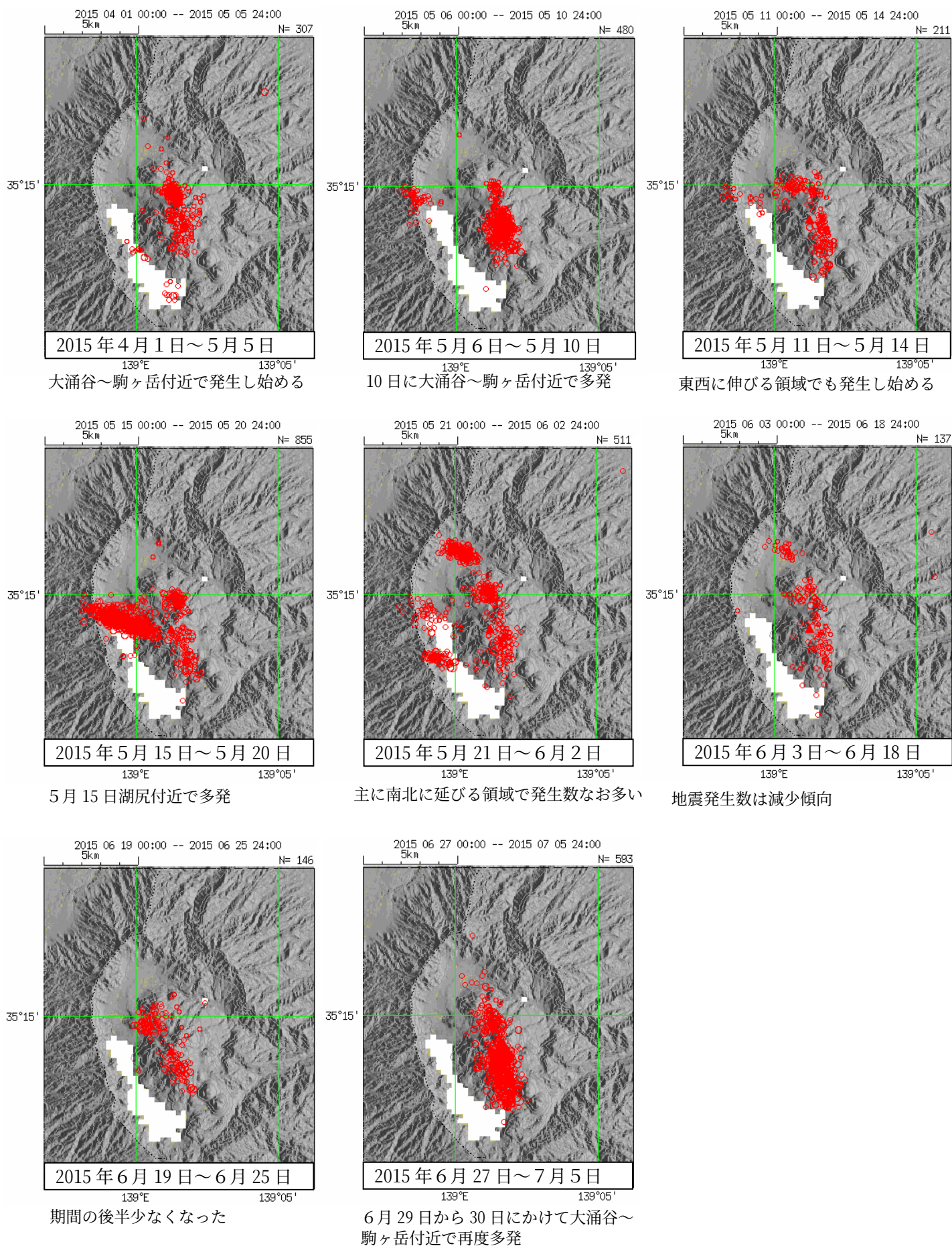
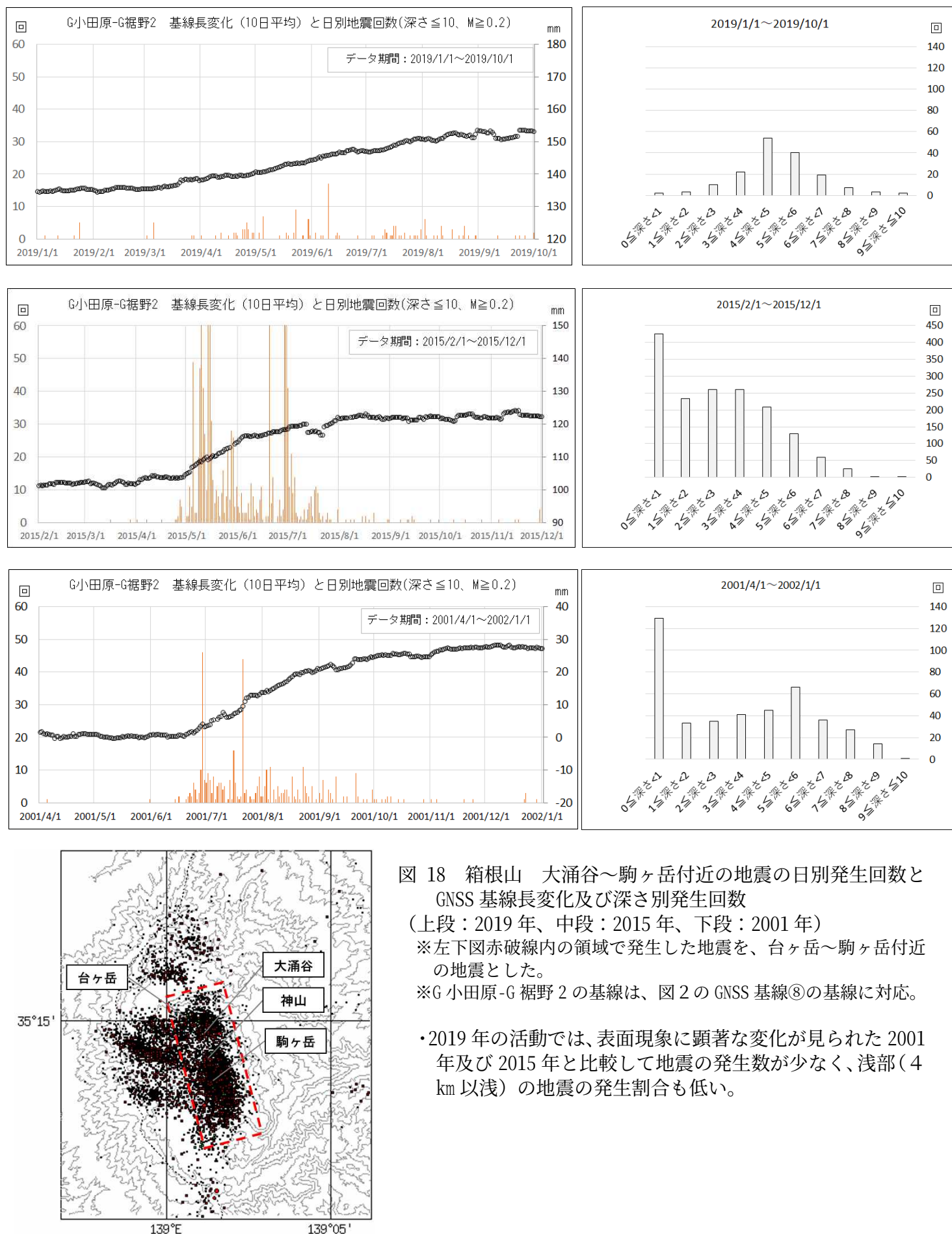


図 17- 2 箱根山 2015 年 4 月から 7 月にかけての地震活動の推移



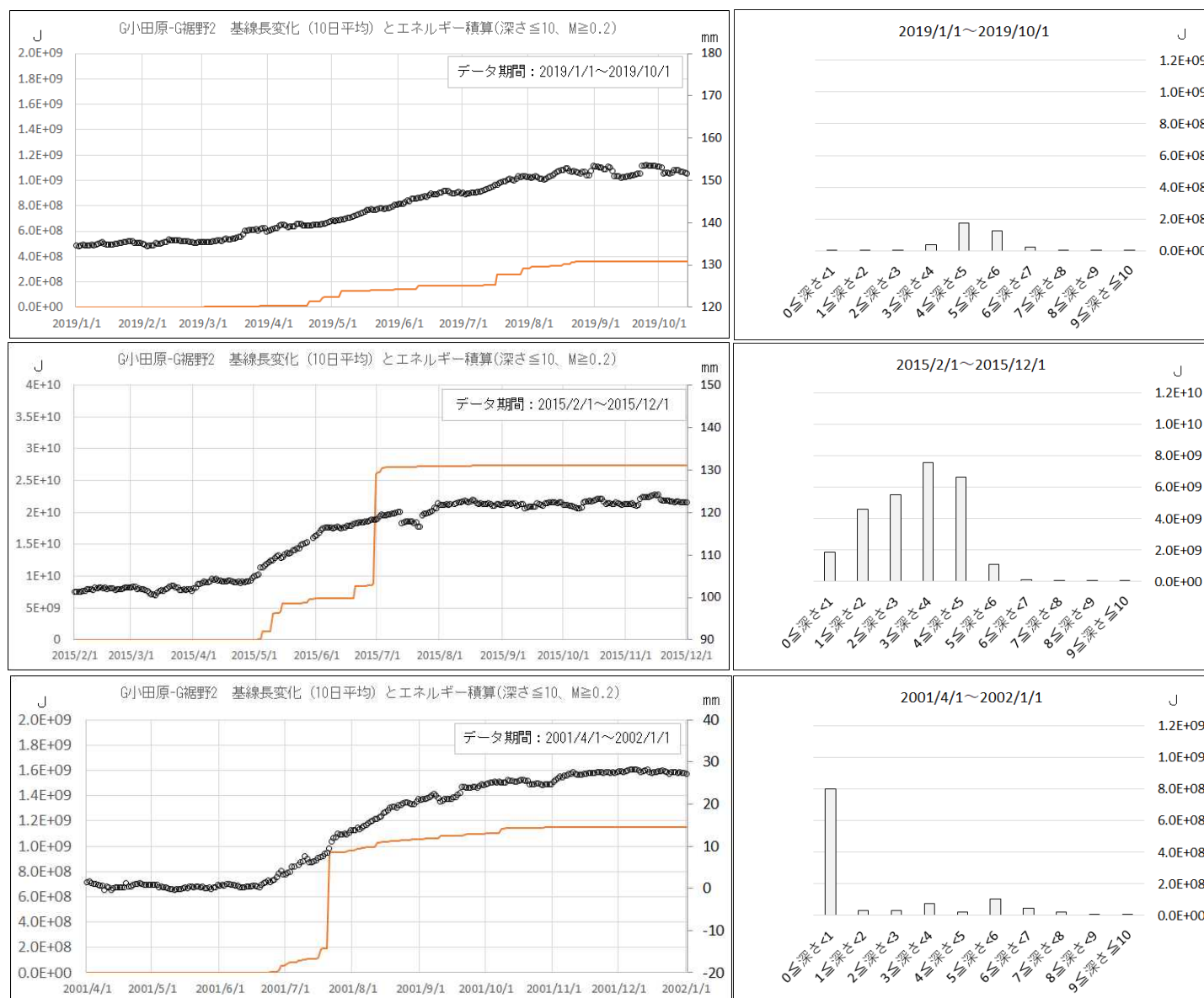


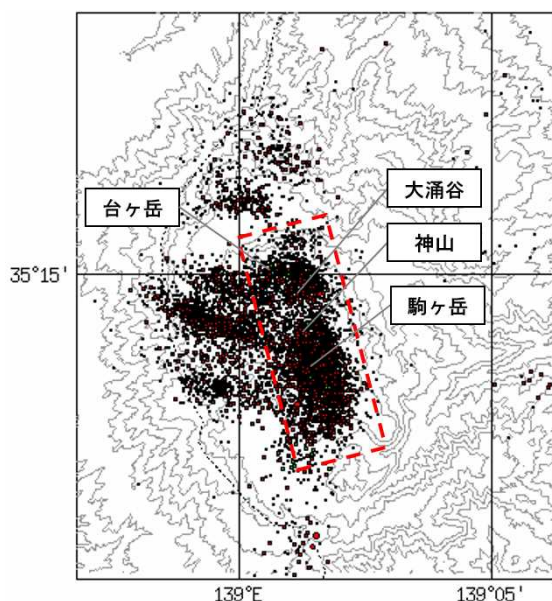
図 19 箱根山 大涌谷～駒ヶ岳付近の地震のエネルギー積算図と GNSS 基線長変化図及び深さ別エネルギー積算図 (上段：2019 年、中段：2015 年、下段：2001 年)

※左下図赤破線内の領域で発生した地震を、台ヶ岳～駒ヶ岳付近の地震とした。

※G 小田原-G 裾野 2 の基線は、図 2 の GNSS 基線⑧の基線に対応。

※2015 年のエネルギー積算は、他の年と比較して大きいため、中段図と、上・下段図で、縦軸の目盛りを変えている。

- ・10km 以浅で発生した地震を対象としたエネルギー積算では、2019 年の活動は 2001 年活動の 1/3 程度、2015 年の 1/75 程度であった。
- ・また、2001 年、2015 年と比較して 2019 年では、エネルギー積算の急激な高まりはみられなかった。
- ・2019 年の活動の深さ別エネルギー積算（右上図）をとると、2001 年、2015 年と比較して、浅部で高まりが見られない。



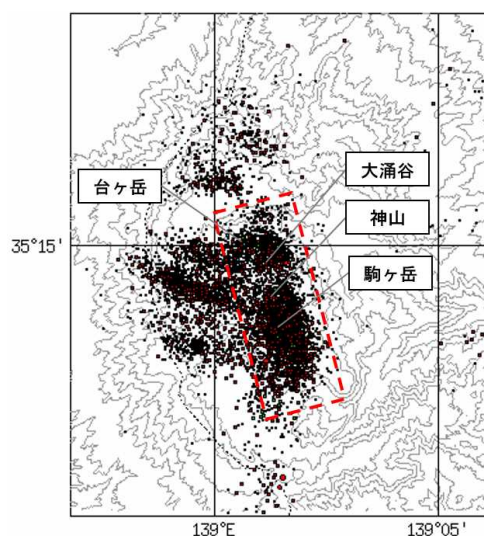
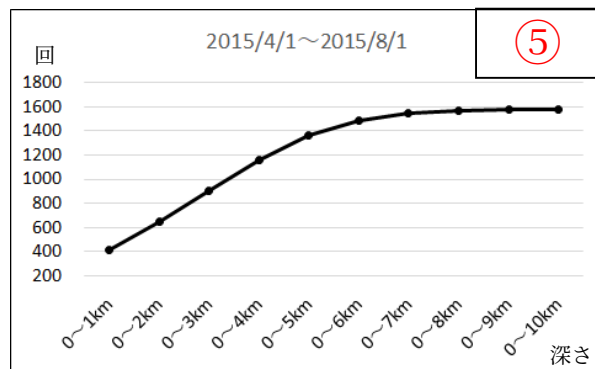
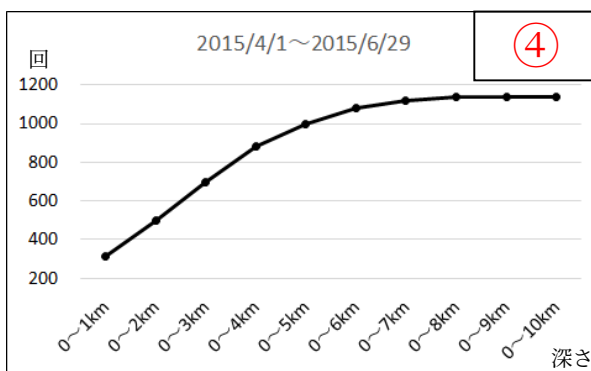
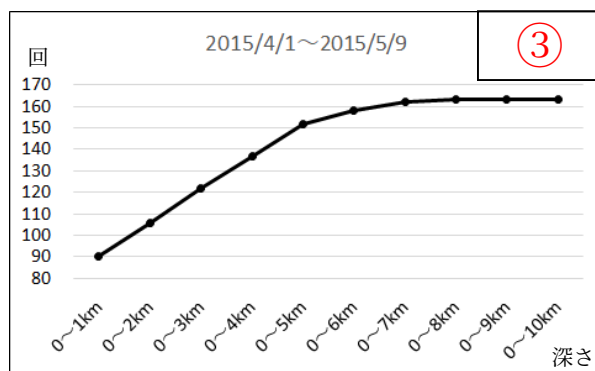
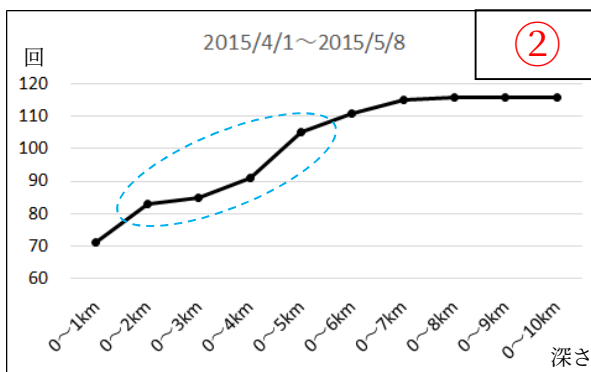
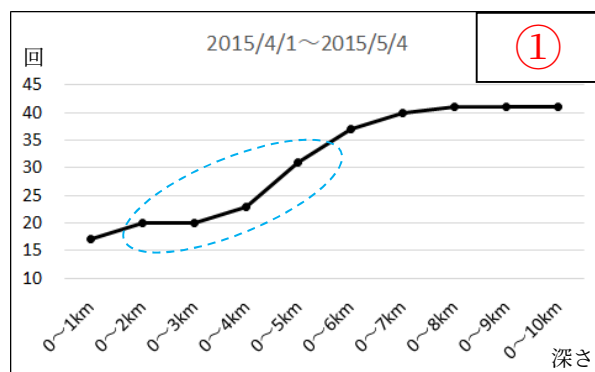
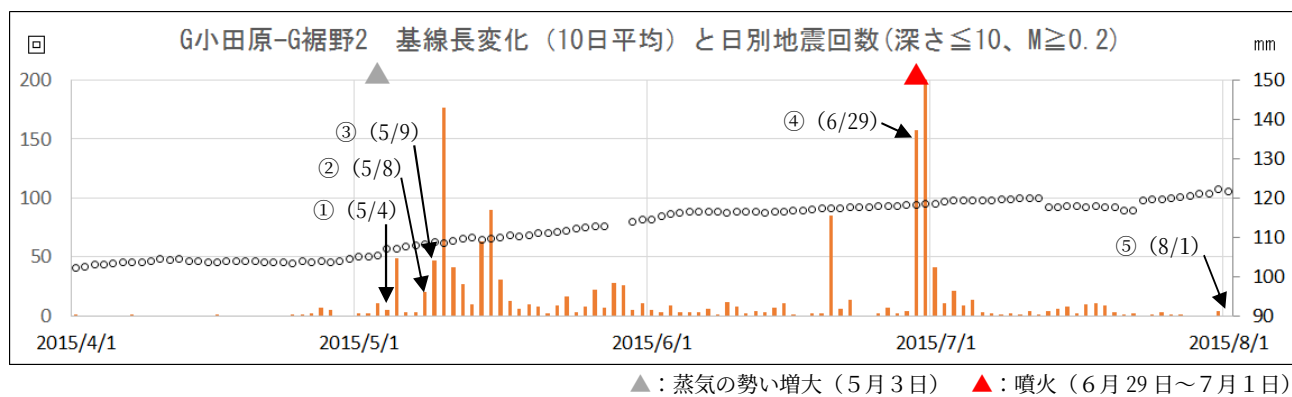


図 20-1 箱根山 大涌谷～駒ヶ岳付近で発生した地震の深さ別発生回数（2015 年）

※最上段図の橙色棒グラフは、右下図の赤破線内の領域における日別地震回数（深さ 10km 以浅、 $M \geq 0.2$ 以上）を示す。

※最上段図の黒丸は、G 小田原と G 裾野 2 の基線長変化（10 日平均）を示す（図 2 の GNSS 基線⑧の基線に対応。）。

※①～⑤のグラフは、最上段図内の①～⑤の時点における、深さ別の積算回数を示す。例えば、「0～5 km」の場合、期間内に右下図の赤破線内の深さ 0～5 km で発生した地震の合計回数を示す（対象とする地震の深さを 1 km ずつ狭めている）。

・2015 年の活動では、活動初期に浅部の一部で地震活動が比較的低調な時期があった（青破線内）。

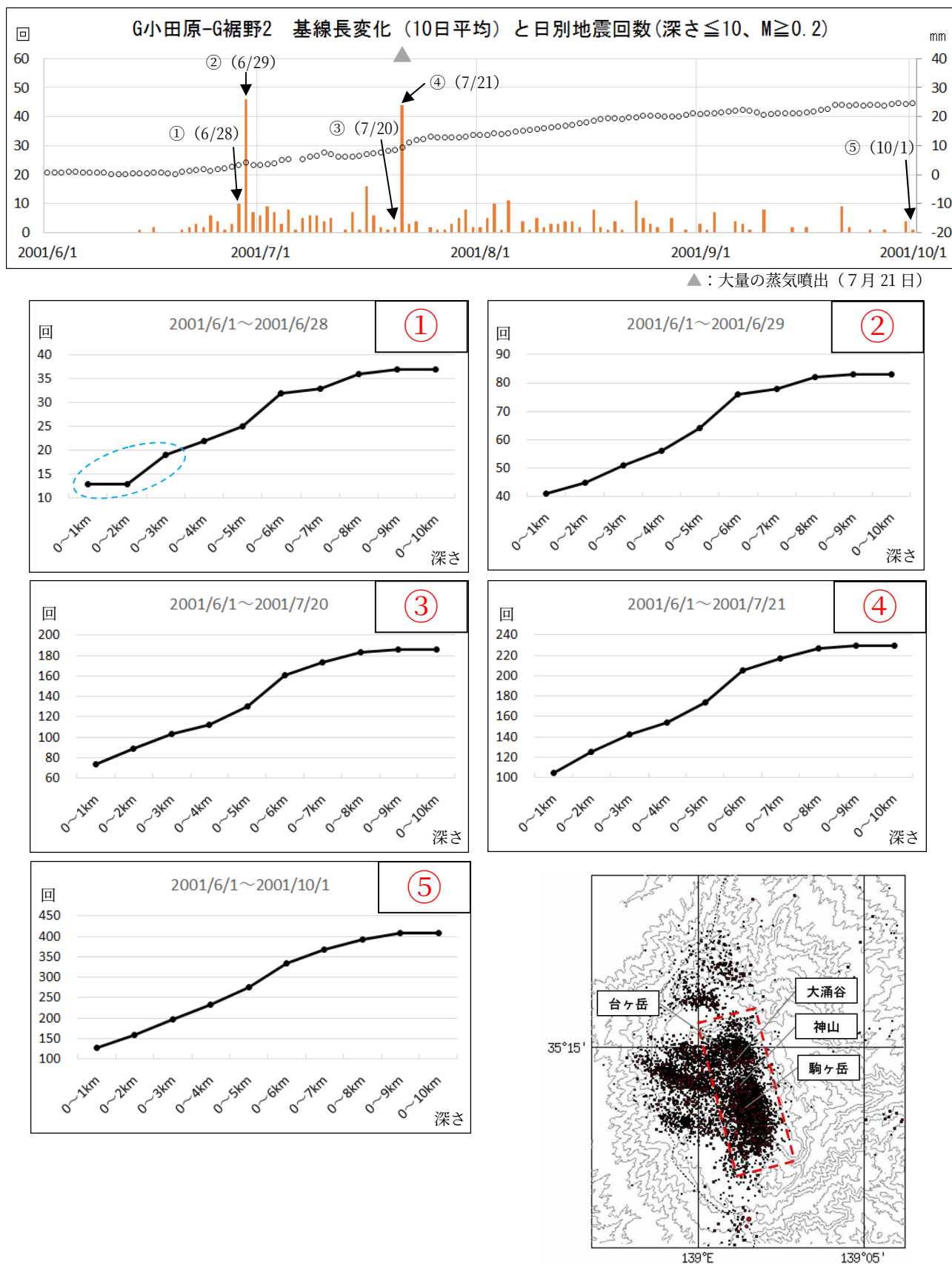


図 20-2 箱根山 大涌谷～駒ヶ岳付近で発生した地震の深さ別発生回数（2001 年）

※最上段図の橙色棒グラフは、右下図の赤破線内の領域における日別地震回数（深さ 10km 以浅、M0.2 以上）を示す。

※最上段図の黒丸は、G 小田原と G 裾野 2 の基線長変化（10 日平均）を示す（図 2 の GNSS 基線⑧の基線に対応。）。

※①～⑤のグラフは、最上段図内の①～⑤の時点における、深さ別の積算回数を示す。例えば、「0～5 km」の場合、期間内に右下図の赤破線内の深さ 0～5 km で発生した地震の合計回数を示す（対象とする地震の深さを 1 km ずつ狭めている）。

- ・2001 年の活動でも 2015 年の活動と同様に、活動初期に浅部の一部で地震活動が比較的低調な時期があった（青破線内）。

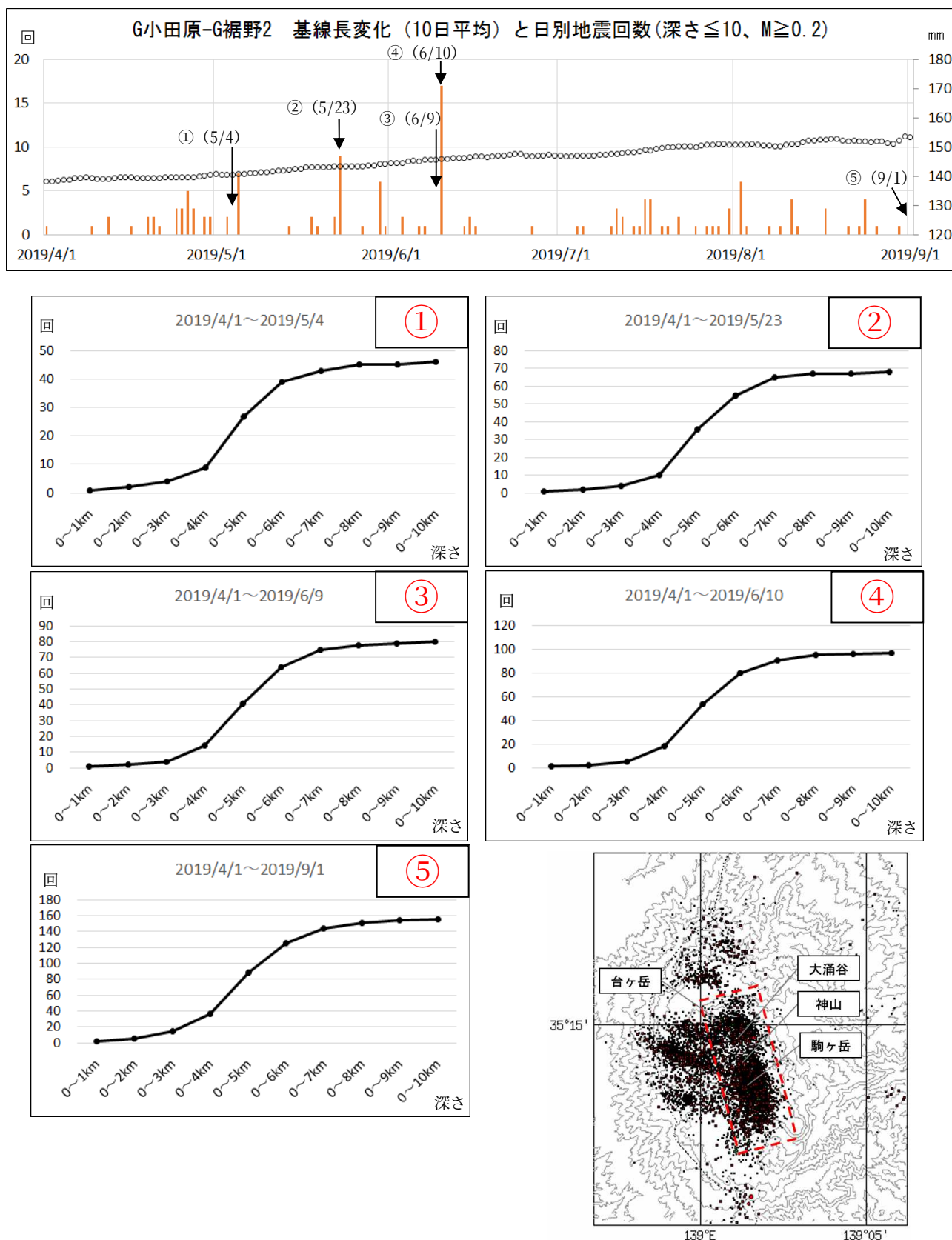


図 20- 3 箱根山 大涌谷～駒ヶ岳付近で発生した地震の深さ別発生回数（2019 年）

※最上段図の橙色棒グラフは、右下図の赤破線内の領域における日別地震回数（深さ 10km 以浅、 $M0.2$ 以上）を示す。

※最上段図の黒丸は、G 小田原と G 裾野 2 の基線長変化（10 日平均）を示す（図 2 の GNSS 基線⑧の基線に対応。）。

※①～⑤のグラフは、最上段図内の①～⑤の時点における、深さ別の積算回数を示す。例えば、「0～5 km」の場合、期間内に右下図の赤破線内の深さ 0～5 km で発生した地震の合計回数を示す（対象とする地震の深さを 1 km ずつ狭めている）。

・2019 年の活動では、2001 年や 2015 年の活動と比較して、期間を通して浅部の地震活動が低調だった。

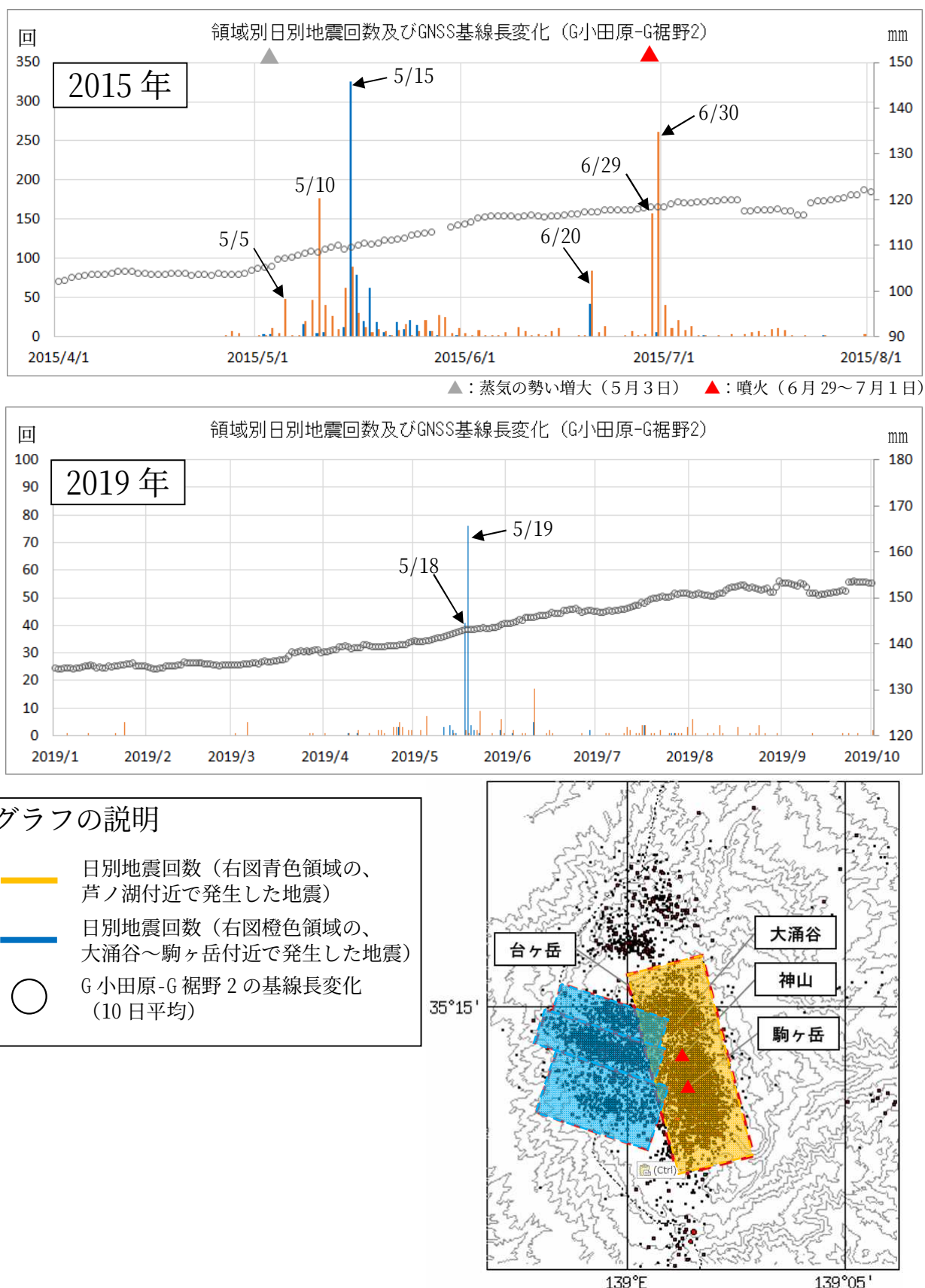


図 21 箱根山 震源の移動 (上段：2015 年、下段：2019 年)

- ※上・中段図の橙色棒グラフは、下図の橙色で示した領域内で発生した地震の日別地震回数 (深さ 10km 以浅、M0.2 以上) を示す。
- ※上・中段図の青色棒グラフは、下図の青色で示した領域内で発生した地震の日別地震回数 (深さ 10km 以浅、M0.2 以上) を示す。
- ※上・中段図の黒丸は、G 小田原と G 裾野 2 の基線長変化 (10 日平均) を示す (図 2 の GNSS 基線⑧の基線に対応。)
- ・2015 年の活動では、台ヶ岳～駒ヶ岳付近の地震活動に 2 回の高まりが見られた。1 回目の地震活動の高まりでピークを迎えた 5 月 10 日の 5 日後 (5 月 15 日) に、西側の領域で地震活動の高まりが見られた。
- ・2019 年の活動では、大涌谷～駒ヶ岳付近の地震活動に顕著な高まりは見られなかった。
- ・2019 年にも西側の領域で地震活動の高まりが見られたが、それに前駆した台ヶ岳～駒ヶ岳付近の地震の増加は見られなかった。

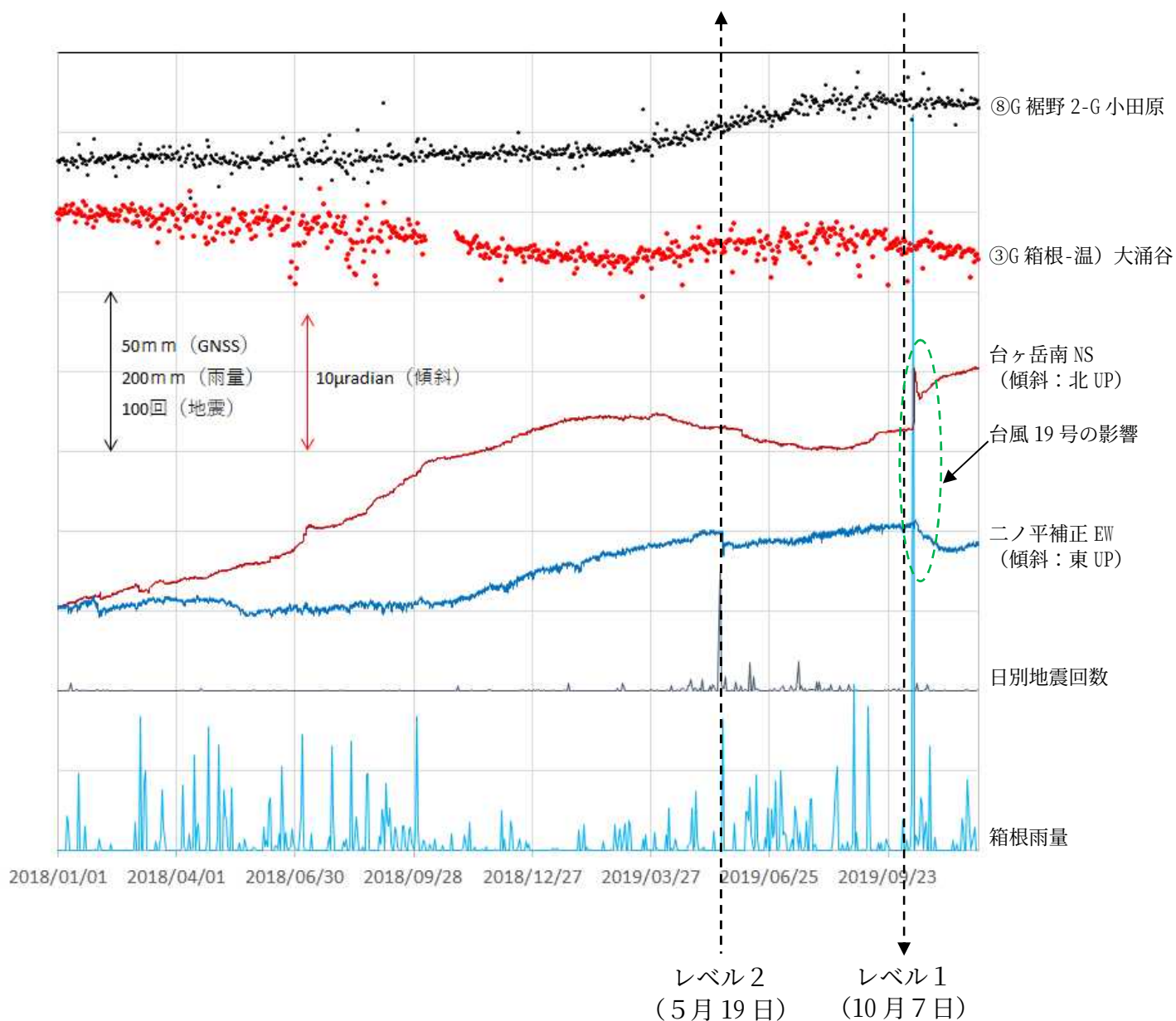


図 22- 1 箱根山 2019 年の噴火警戒レベル変遷と火山活動図(2018 年 1 月 1 日～2019 年 11 月 30 日)

- ・ GNSS 連続観測で基線の伸びがみられた 2019 年 4 月頃から台ヶ岳南の傾斜計に南側(神山・駒ヶ岳方向)方向が隆起する変化が認められた。この変動は、9 月には停滞し、3 月中旬以前の状態に戻ったと考えられる。

※G 裾野 2-G 小田原の基線は、図 2 の GNSS 基線⑧に対応
G 箱根-温) 大涌谷の基線は、図 2 の GNSS 基線③に対応

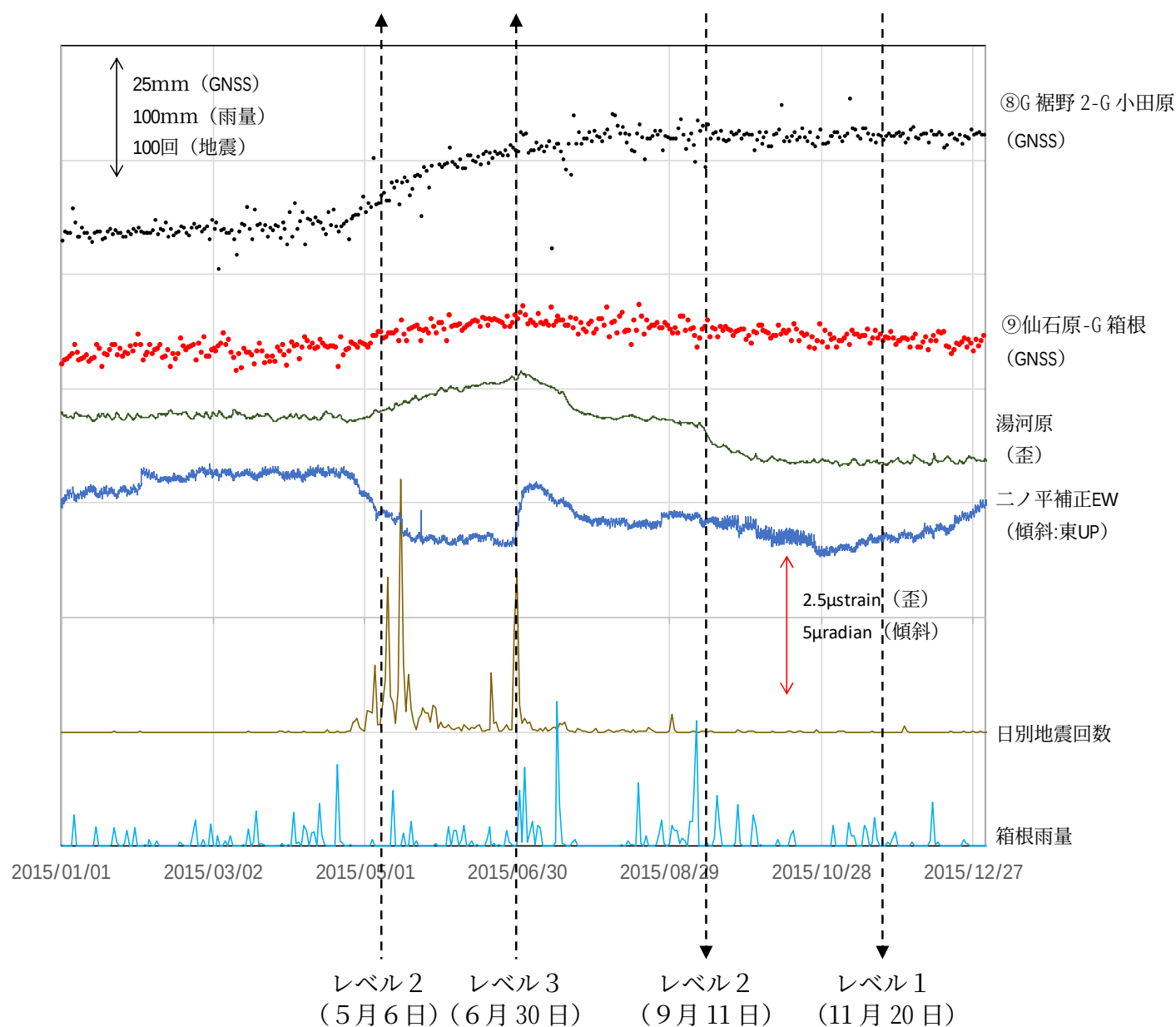
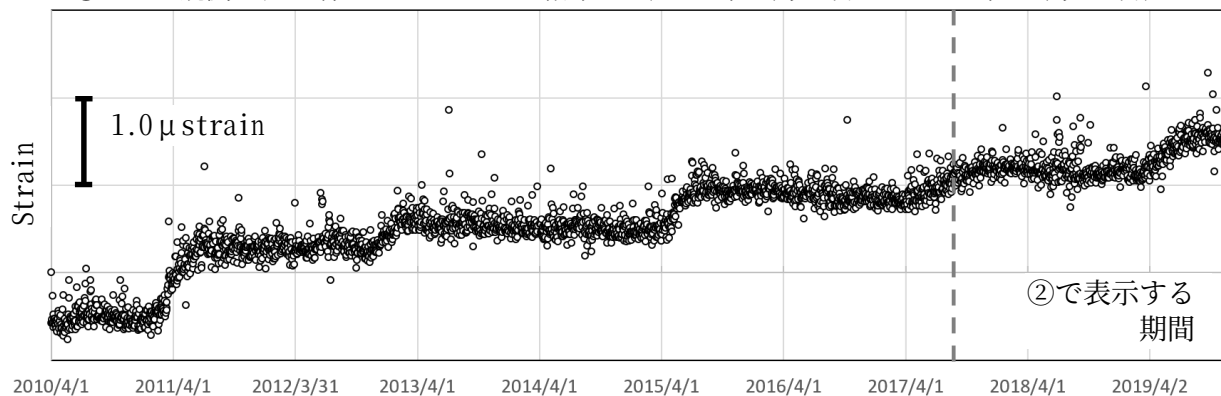


図 22- 2 箱根山 2015 年の噴火警戒レベル変遷と火山活動図(2015 年 1 月 1 日～2015 年 12 月 31 日)

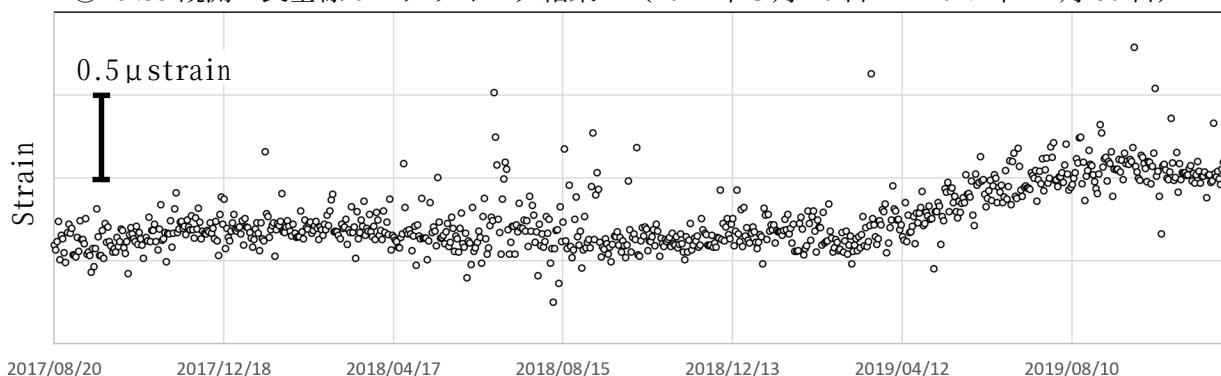
※G 裾野 2-G 小田原の基線は、図2のGNSS 基線⑧に対応

仙石原-G 箱根の基線は、図2のGNSS 基線⑨に対応

① GNSS 観測 長基線のスタッキング結果 (2010 年 4 月 1 日 ~ 2019 年 11 月 30 日)



② GNSS 観測 長基線のスタッキング結果 (2017 年 8 月 20 日 ~ 2019 年 11 月 30 日)



③ GNSS 観測 短基線のスタッキング結果 (2017 年 8 月 20 日 ~ 2019 年 11 月 30 日)

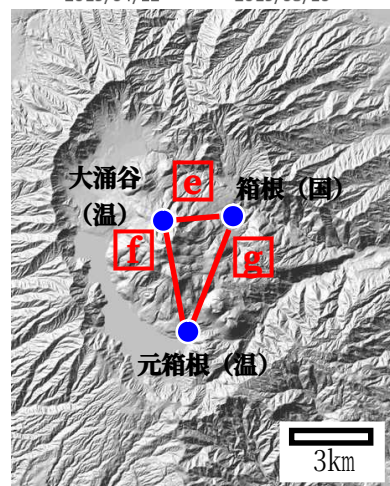
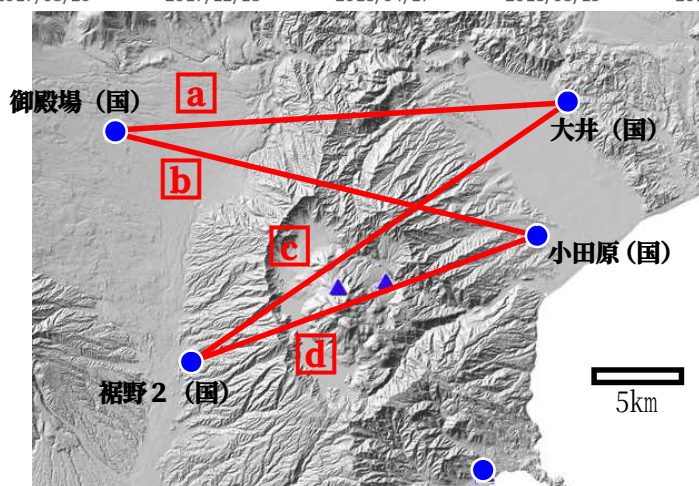
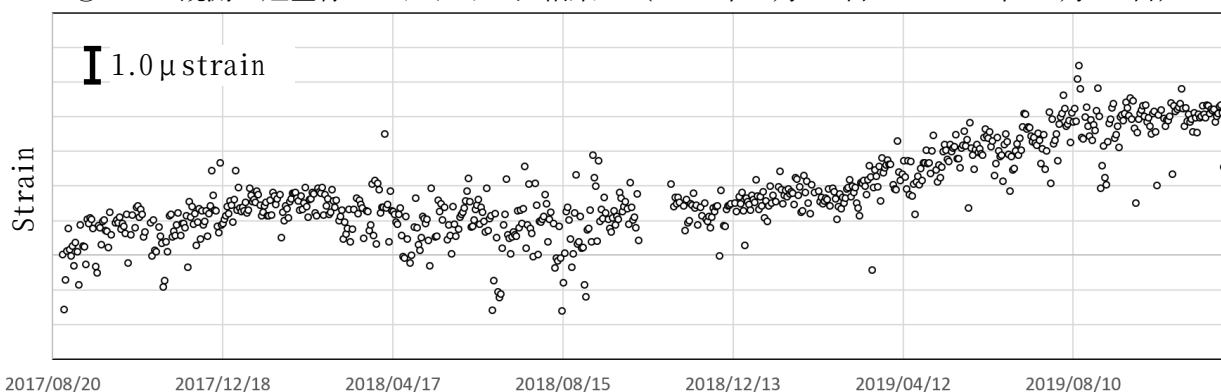


図 23 スタッキング手法による箱根山の GNSS 基線長変化 および 基線図

①、②のスタッキングは左下の基線長の組み合わせ、③のスタッキングは右下の基線長の組み合わせを用いている。地図中のアルファベットは次頁の基線長に対応。

- ・長基線のスタッキング結果で3月中旬頃からみられていた変化は、8月下旬頃から伸びが鈍化し、現在はほぼ停滞している。また、短基線のスタッキング結果についても、8月下旬頃から伸びが鈍化し、現在はほぼ停滞している。

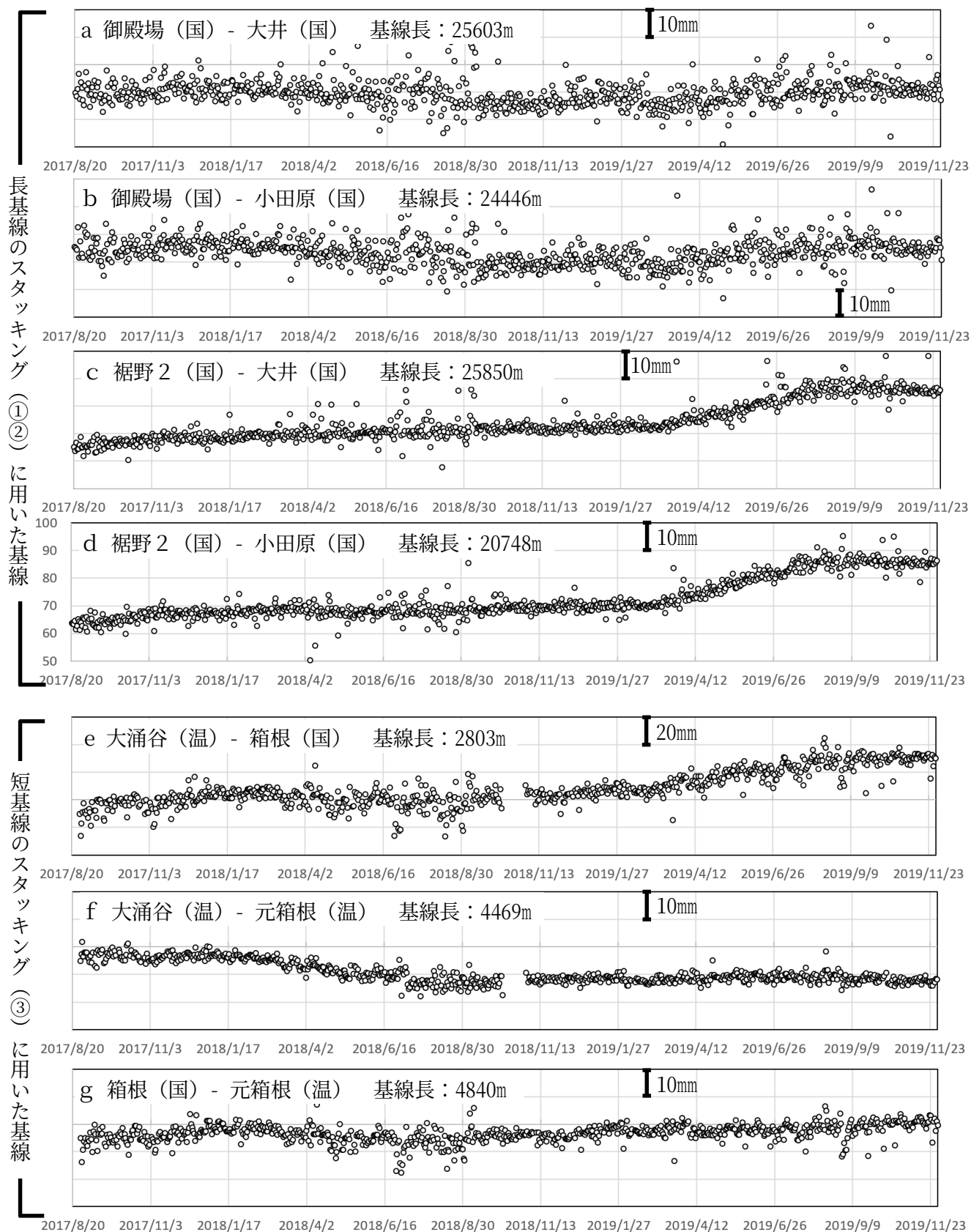


図 24 GNSS 観測 各基線長の変化 (2017 年 8 月 20 日 ~ 2019 年 11 月 30 日)

(国): 国土地理院 (温): 温泉地学研究所

長基線、短基線のスタッキングに用いた各基線の基線長変化を示す。

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

2019 年の火山活動の活発化に伴う位相変化は認められなかった。

1. はじめに

ALOS-2/PALSAR-2 で撮像された箱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.
18-2910(SM1_U2_9)	南行	右	42.8°	2018.09.20	2019.09.19	第 1 図-A
			42.7°	2018.04.05	2019.04.04	第 1 図-B
			42.9°	2019.02.07	2019.09.19	第 1 図-C
19-2900(SM1_U2_6)	南行	右	32.3°	2019.02.12	2019.10.22	第 2 図
125-700(SM1_U2_6)	北行	右	32.4°	2019.02.10	2019.11.03	第 3 図

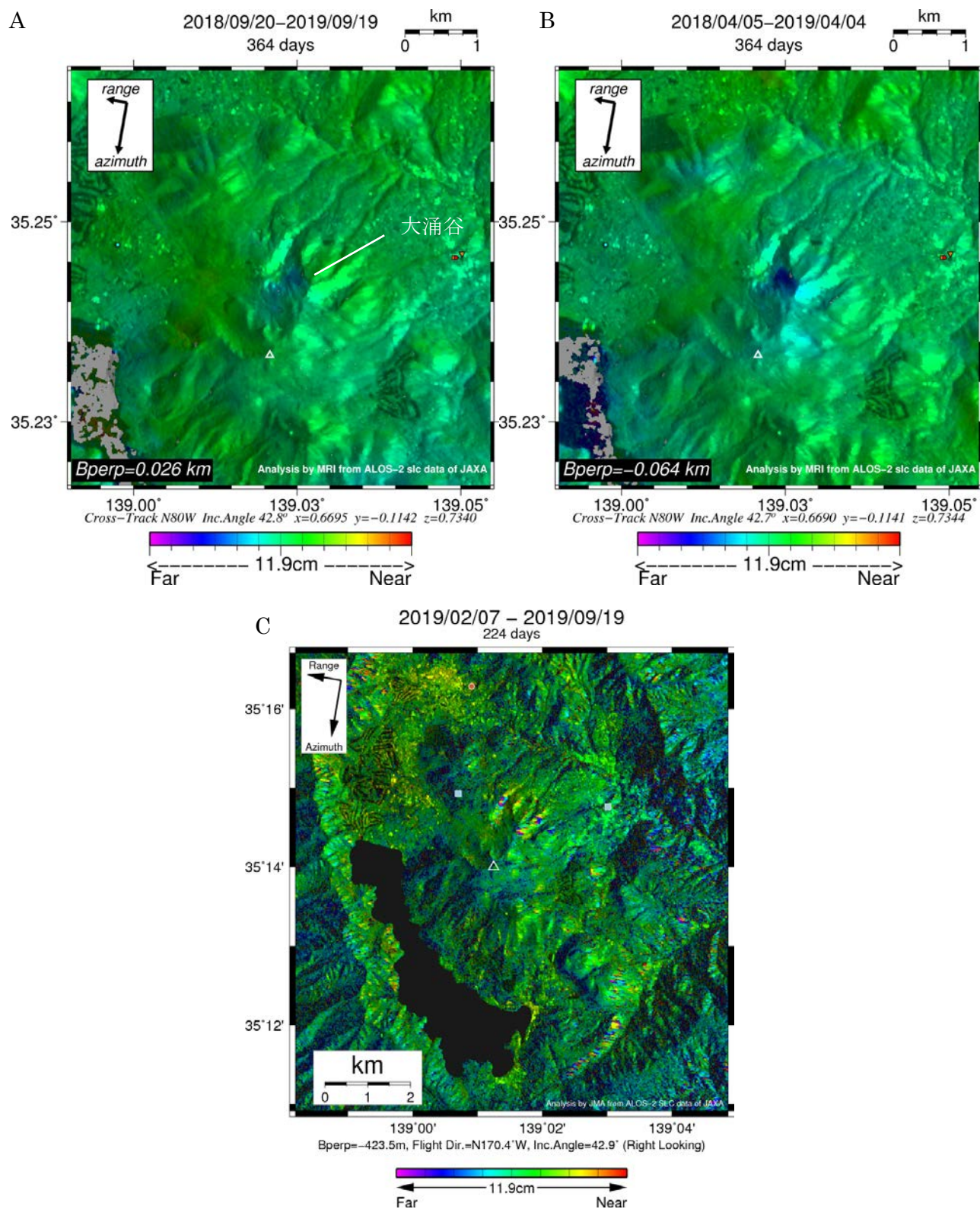
3. 解析結果

南行軌道、北行軌道について解析を行った。南行軌道の 2018 年 4 月 5 日-2019 年 4 月 4 日のペア、2018 年 9 月 20 日-2019 年 9 月 19 日のペアにおいては、大涌谷付近において衛星視線方向伸長の位相変化が認められる。

2019 年 2 月以降のデータについては、ノイズレベルを超えるような位相変化は認められなかった。

謝辞

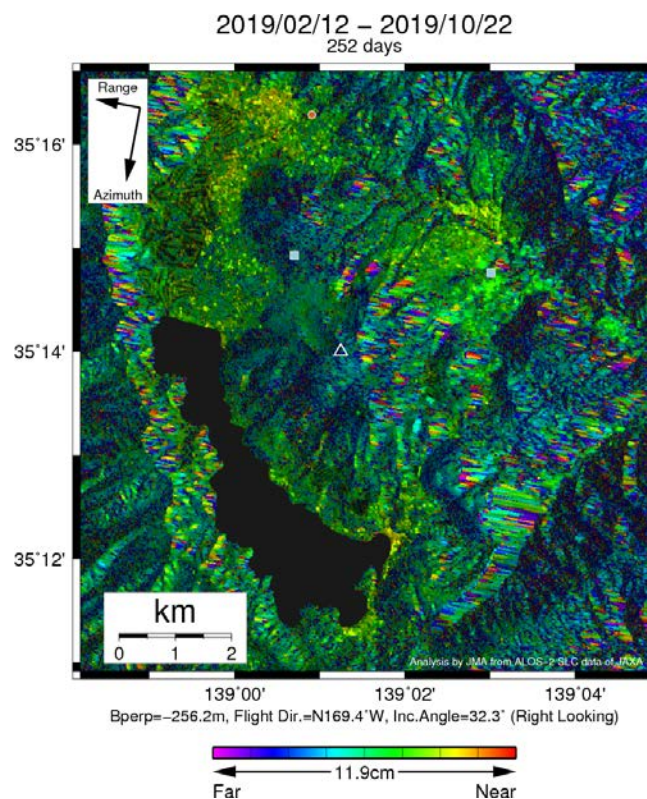
本解析で用いた PALSAR-2 データは、火山噴火予知連絡会が中心となって進めている防災利用実証実験（衛星解析グループ）に基づいて、宇宙航空研究開発機構（JAXA）にて観測・提供されたものである。また、一部のデータは、PIXEL で共有しているものであり、JAXA と東京大学地震研究所の共同研究契約により JAXA から提供されたものである。PALSAR-2 に関する原初データの所有権は JAXA にある。PALSAR-2 の解析ソフトウェアは、防災科学技術研究所の小澤拓氏により開発された RINC を使用した。また、処理の過程や結果の描画においては、国土地理院の数値地図 10m メッシュ（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 パス 18(SM1_U2_9)による箱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。

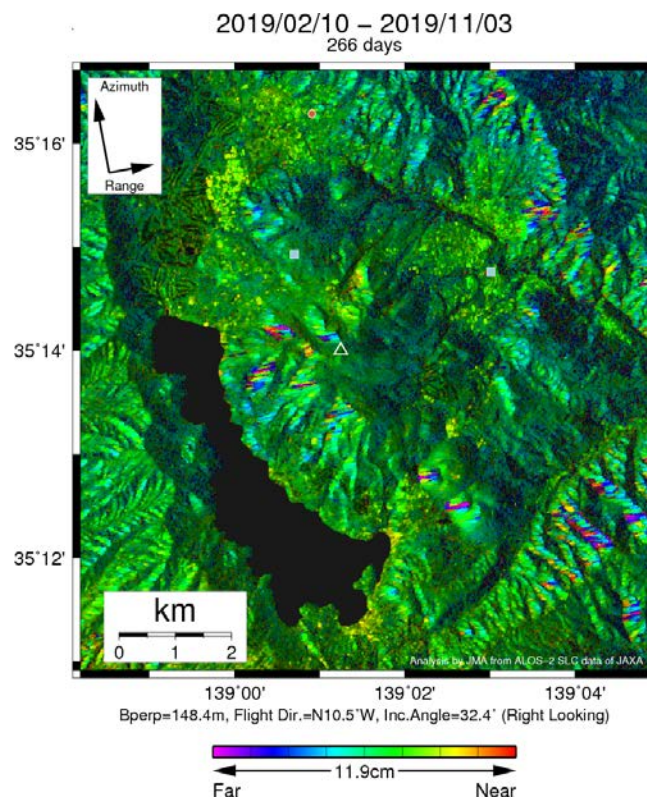
2018 年 4 月 5 日-2019 年 4 月 4 日のペア (A)、2018 年 9 月 20 日-2019 年 9 月 19 日のペア (B) においては、大涌谷付近において衛星視線方向伸長の位相変化が認められる。



第 2 図 パス 19 (SM1_U2_6) による箱根山及び周辺の干渉解析結果

凡例は第 1 図と同じ。

ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。



第 3 図 パス 125 (SM1_U2_6) による箱根山及び周辺の干渉解析結果

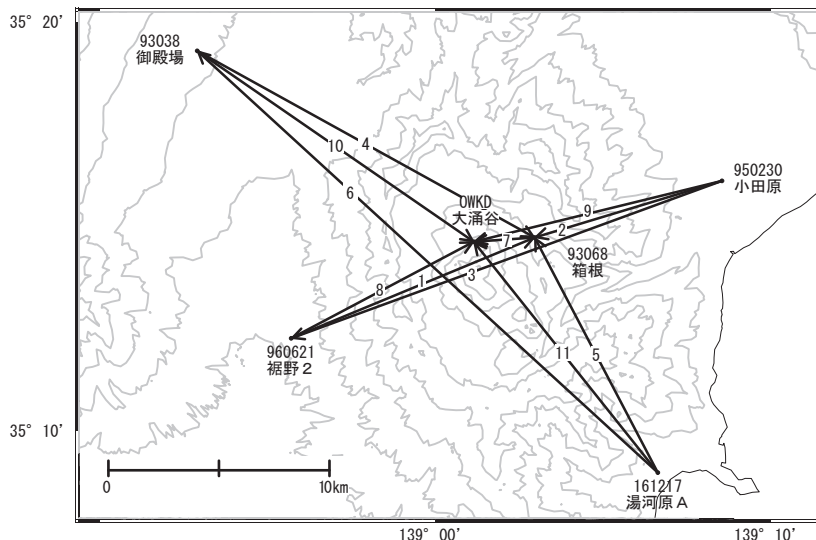
凡例は第 1 図と同じ。

ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。

箱根山

2019年3月頃から箱根山を挟む基線での伸びが見られていましたが、2019年9月頃から停滞しています。また、大涌谷近くの「大涌谷」(温泉地学研究所)と「箱根」を結ぶ基線のわずかな伸びも2019年10月頃から停滞しています。

箱根山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図



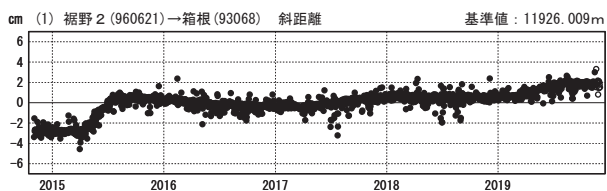
箱根山周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
93068	箱根	20160826	アンテナ交換
950230	小田原	20171023	受信機交換
960621	裾野2	20150302	受信機交換
		20150530	受信機交換
		20150807	受信機交換

点番号	点名	日付	保守内容
161217	湯河原A	20161216	移転(湯河原→湯河原A)
		20170502	アンテナ交換

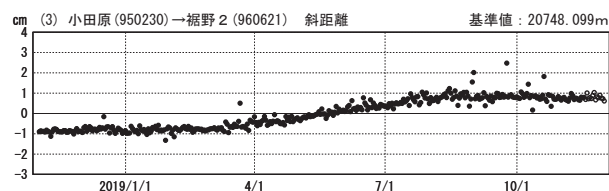
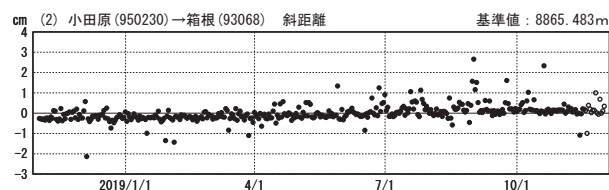
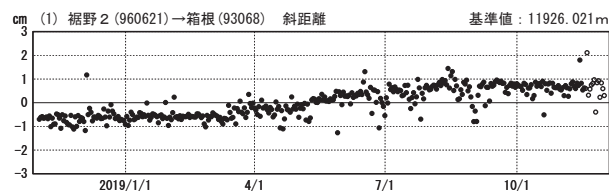
基線変化グラフ(長期)

期間: 2014/11/01~2019/11/30 JST



基線変化グラフ(短期)

期間: 2018/11/01~2019/11/30 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

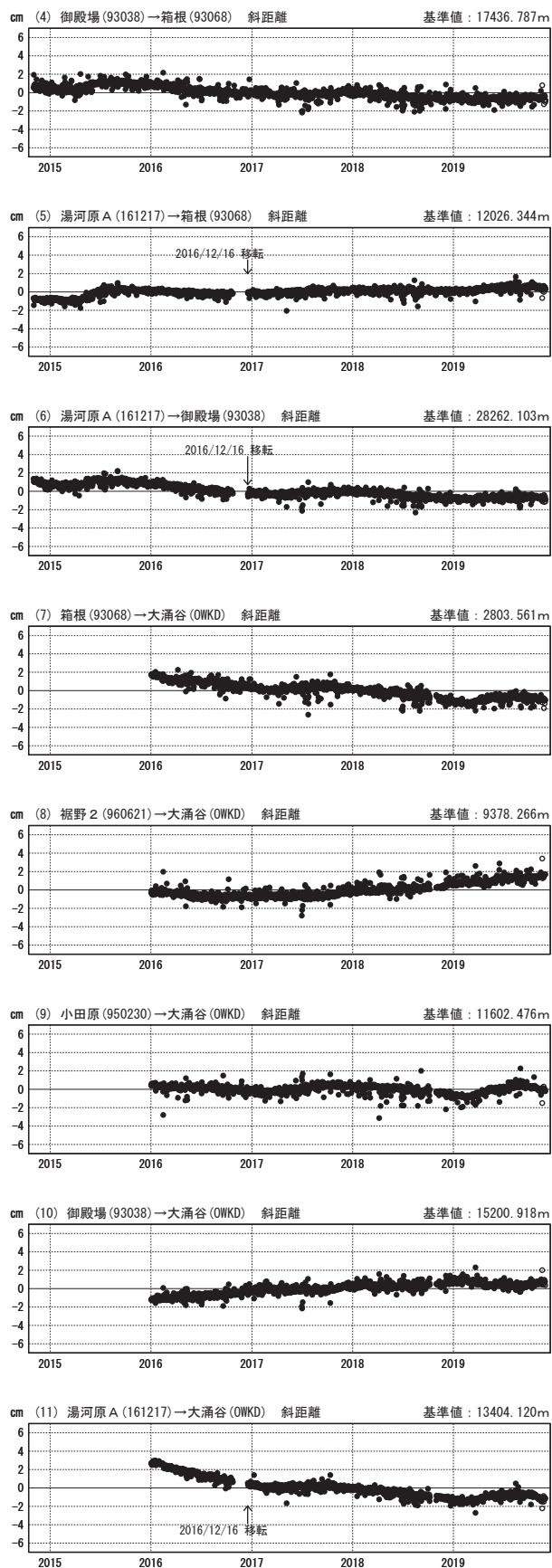
国土地理院

※[R3: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

箱根山

基線変化グラフ（長期）

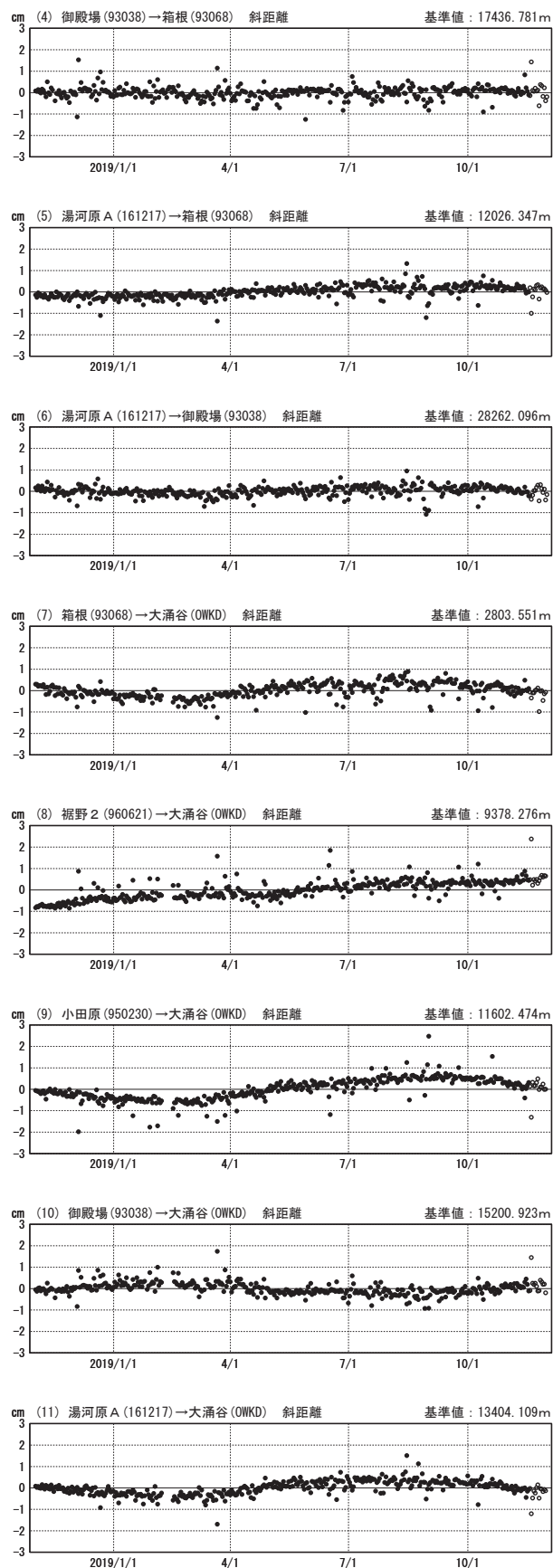
期間：2014/11/01～2019/11/30 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

基線変化グラフ（短期）

期間：2018/11/01～2019/11/30 JST



国土地理院・温泉地学研究所

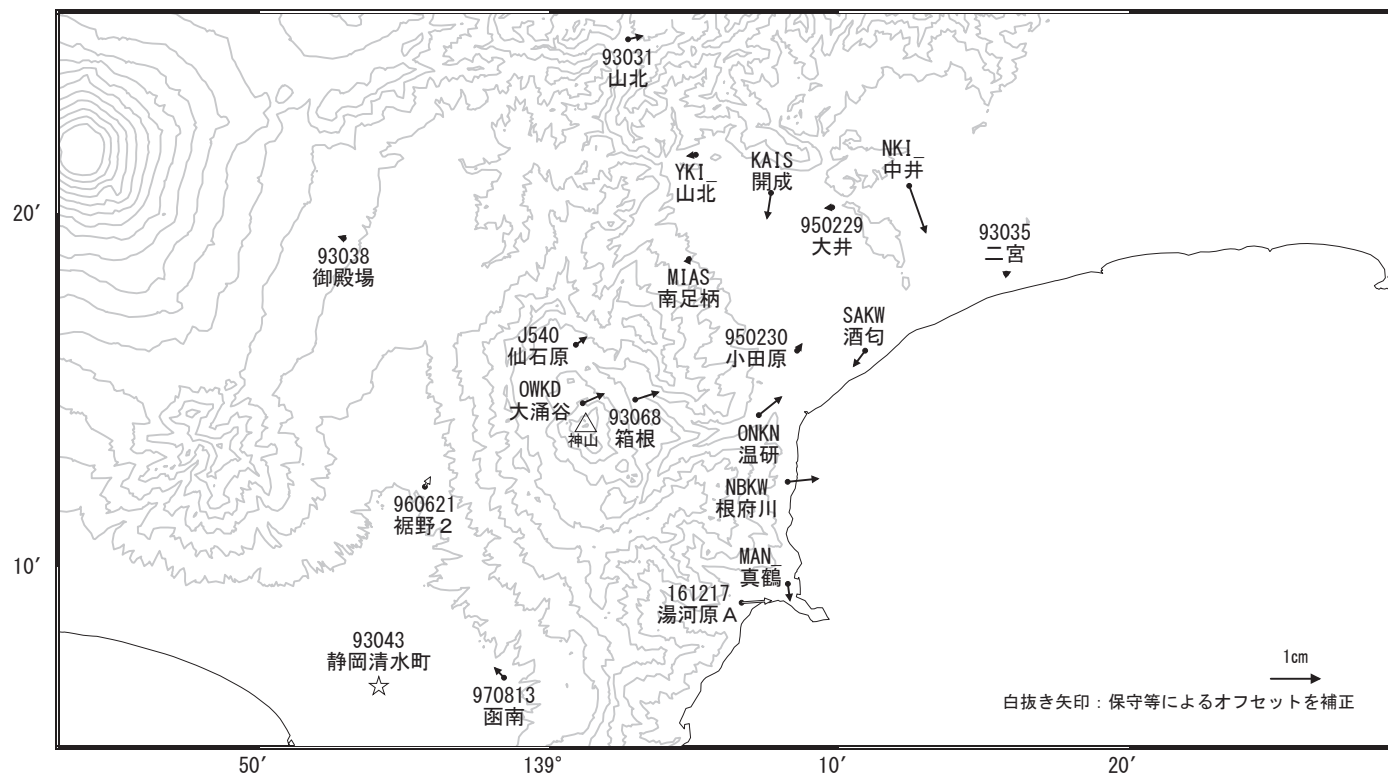
※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

箱根山

箱根山周辺の地殻変動(水平:3か月) 一次トレンド除去

基準期間:2019/08/21~2019/08/30[F3:最終解]
比較期間:2019/11/21~2019/11/30[R3:速報解]

計算期間:2015/10/01~2016/10/01



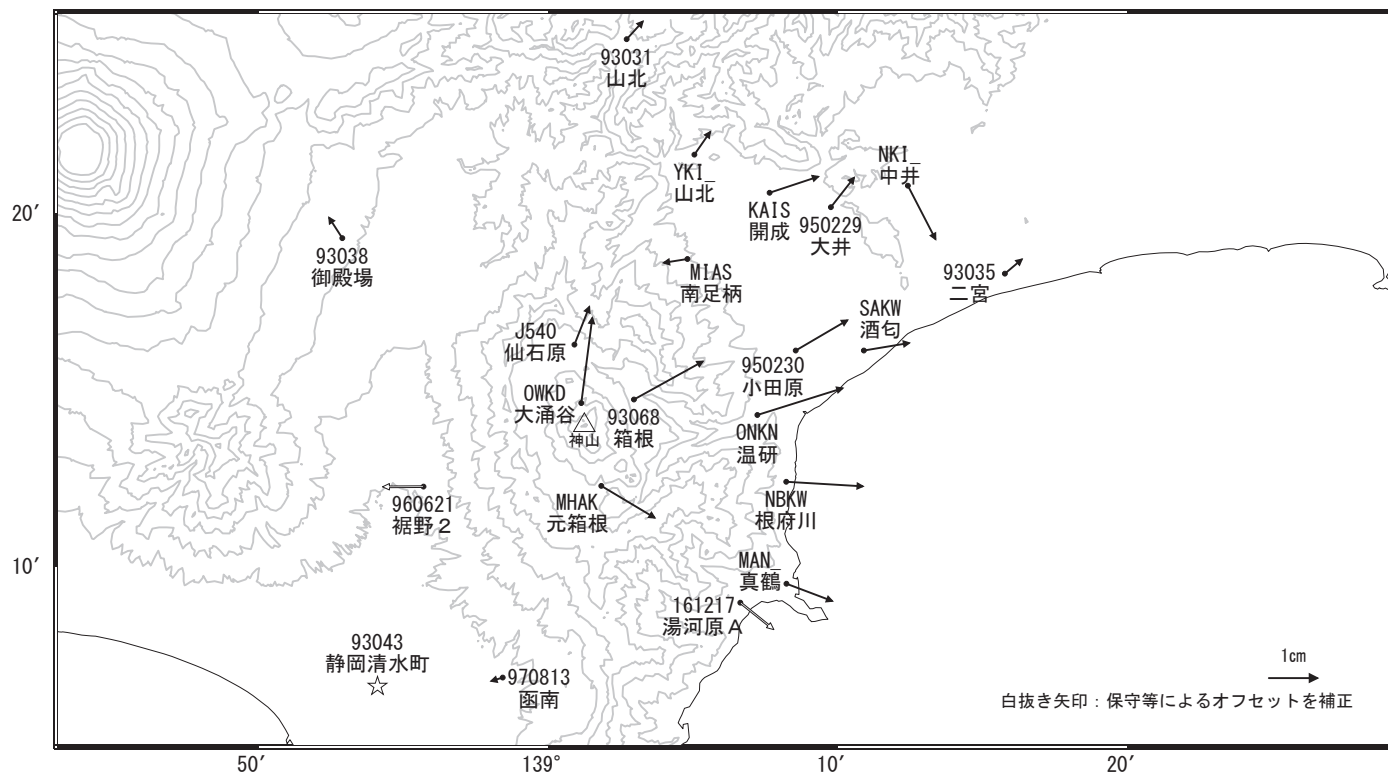
☆ 固定局:静岡清水町(93043)

国土地理院・気象庁・温泉地学研究所

箱根山周辺の地殻変動(水平:1年) 一次トレンド除去

基準期間:2018/11/21~2018/11/30[F3:最終解]
比較期間:2019/11/21~2019/11/30[R3:速報解]

計算期間:2015/10/01~2016/10/01



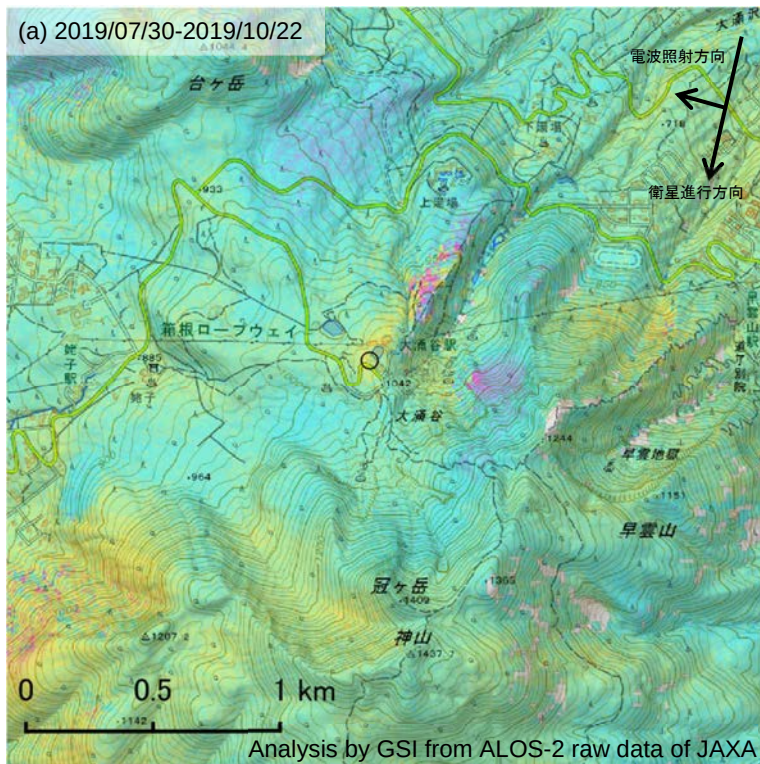
☆ 固定局:静岡清水町(93043)

国土地理院・気象庁・温泉地学研究所

箱根山

箱根山の SAR 干渉解析結果について

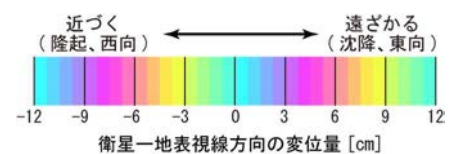
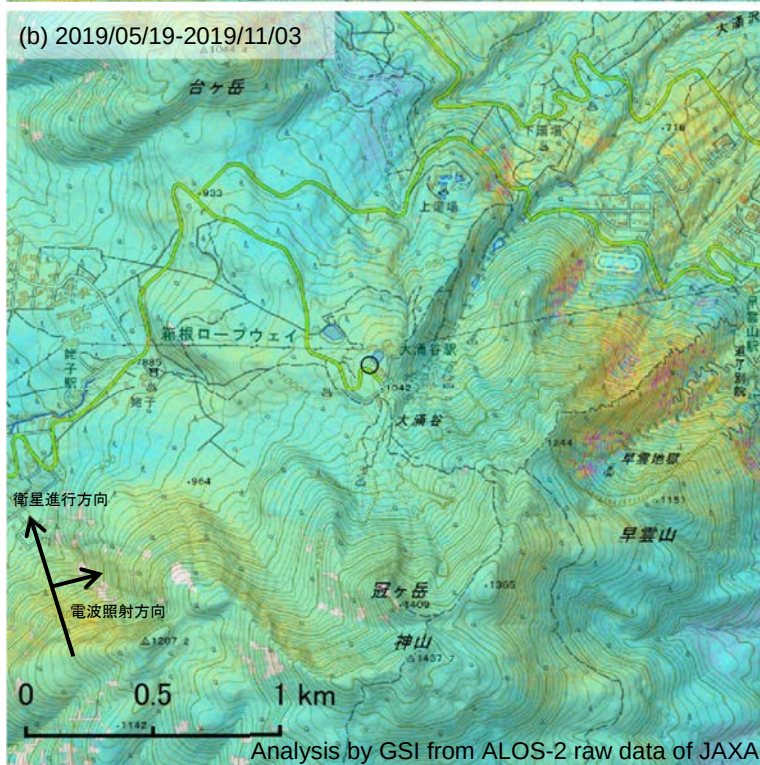
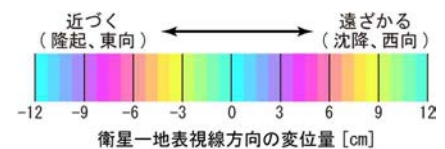
判読) ノイズレベルを超える変動は見られません。



	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2019/07/30 2019/10/22 11:50 頃 (84 日間)	2019/05/19 2019/11/03 23:38 頃 (168 日間)
衛星進行方向	南行	北行
電波照射方向	右	右
観測モード*	U-U	U-U
入射角	32.3°	33.4°
偏波	HH	HH
垂直基線長	+ 226 m	+ 50 m

*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

箱根山

箱根山

○地震活動の概況

箱根山では、中央火口丘付近での地震発生頻度が 2019 年 3 月以降やや高くなり、4 月の中旬頃からは更に高くなった。この傾向は 8 月上旬頃まで継続したが、その後活動は徐々に低下し、2 月以前の活動状態に戻っている（図 2～5）。一方、芦ノ湖の北西部付近では、5 月中旬に地震活動が活発となり、18 日の夕方から 19 日にかけて地震発生回数が急激に増大した。その後は急速に減少し、23 日以降はときどきややまとまって発生する程度となった（図 4，6）。それ以外の領域では、台ヶ岳付近及び芦ノ湖南側付近で、やや短時間に地震がまとまって発生することが数回あった（図 4，7，8）。11 月 30 日現在、箱根山の地震活動は 2 月以前の状況に戻っている。

○地殻変動の状況

3 月中旬以降、中央火口丘付近における地震活動の活発化とほぼ同じ頃より、GNSS 観測データに山体の膨張を示す基線長の伸びの変化がみられた。この傾向は暫く継続したが、8 月頃から鈍化の傾向が認められ、その後停滞した（図 10）。傾斜計のデータには、ノイズレベルを超える有意な変化はみられなかった（図 9）。地下水位には、特に変化はみられなかった（図 11）。

○地表面現象

干渉 SAR 解析によると、大涌谷の火口および噴気孔周辺において、ノイズレベルを超える変位はみとめられない（図 12～16、表 1）。

○火山ガス

15-2 噴気近傍の雰囲気中では、2019 年 3 月以降、二酸化硫黄及び塩化水素の濃度上昇が観測されている。これらの濃度はピーク時よりは低下しているものの、2 月以前の値には戻っていない（図 17）。DOAS 観測による大涌谷の二酸化硫黄の放出率は最近 2 回とも低下傾向を示している（図 18）。

なお、本資料の作成に当たっては、国土地理院発行の数値地図 50m メッシュを使用しました。震源決定については、当所データの他に東京大学地震研究所、防災科学技術研究所および気象庁の地震波形データを利用しました。国土地理院による GNSS 観測データを利用しました。ALOS-2/PALSAR-2 による観測データは火山噴火予知連絡会衛星解析グループを通して JAXA から提供されたものです。データの所有権は JAXA にあります。解析には、防災科学技術研究所が開発した SAR 干渉解析ツール(RINC)を使用しました。

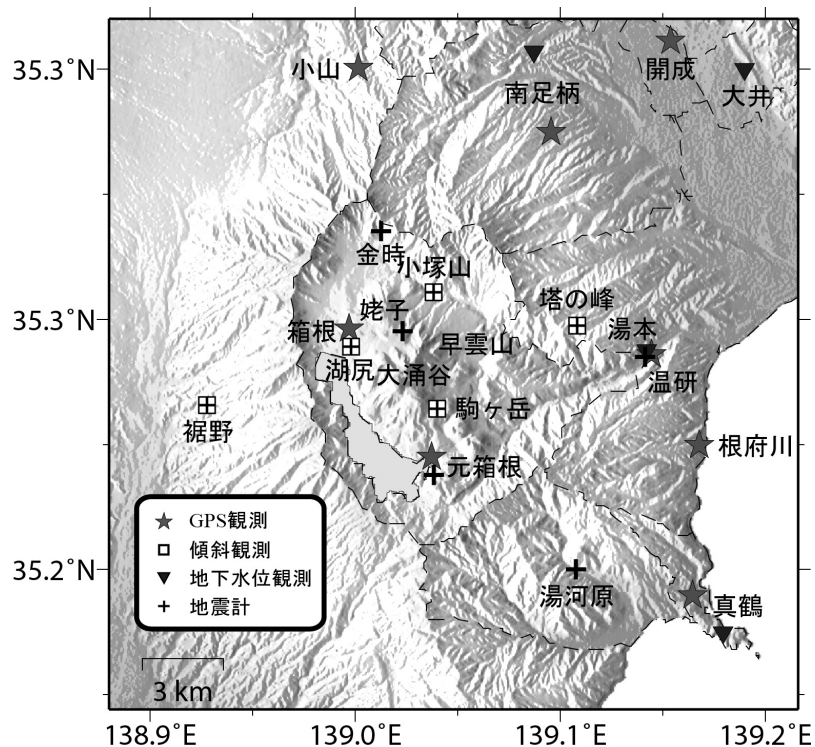


図 1 観測点分布図

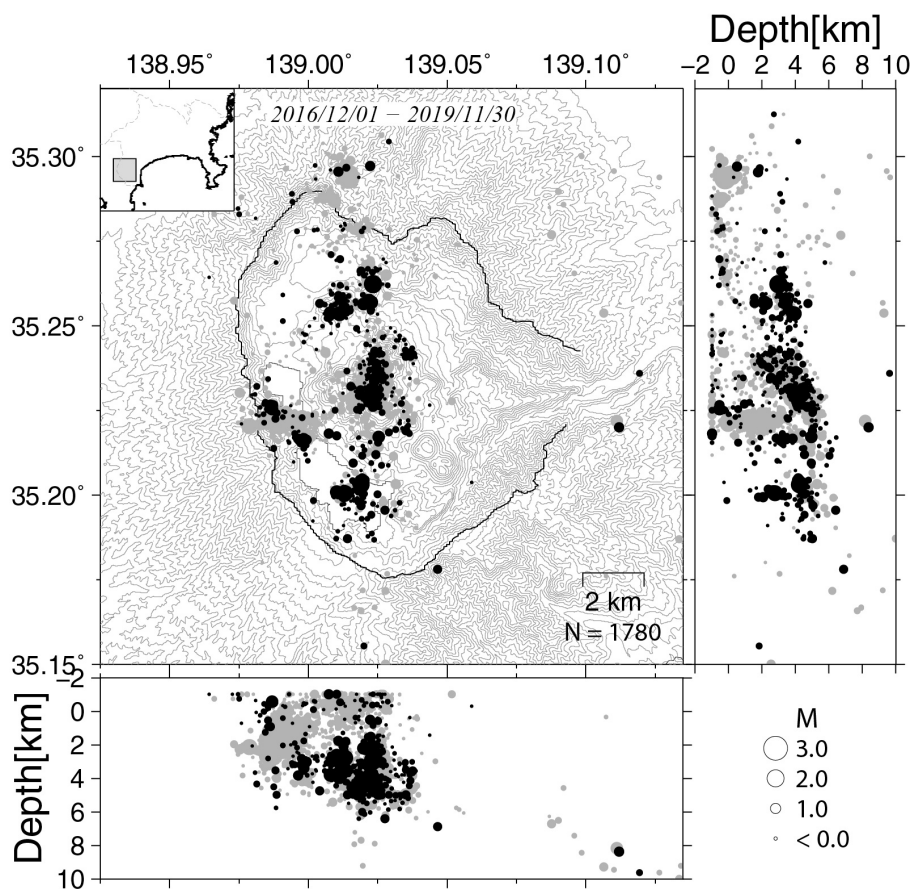


図 2 箱根火山周辺の震源分布 (2016 年 12 月 1 日～2019 年 11 月 30 日)

黒丸は 2019 年 6 月 1 日～2019 年 11 月 30 日、灰色の丸は 2016 年 12 月 1 日～2019 年 5 月 31 日を示す。

箱根山

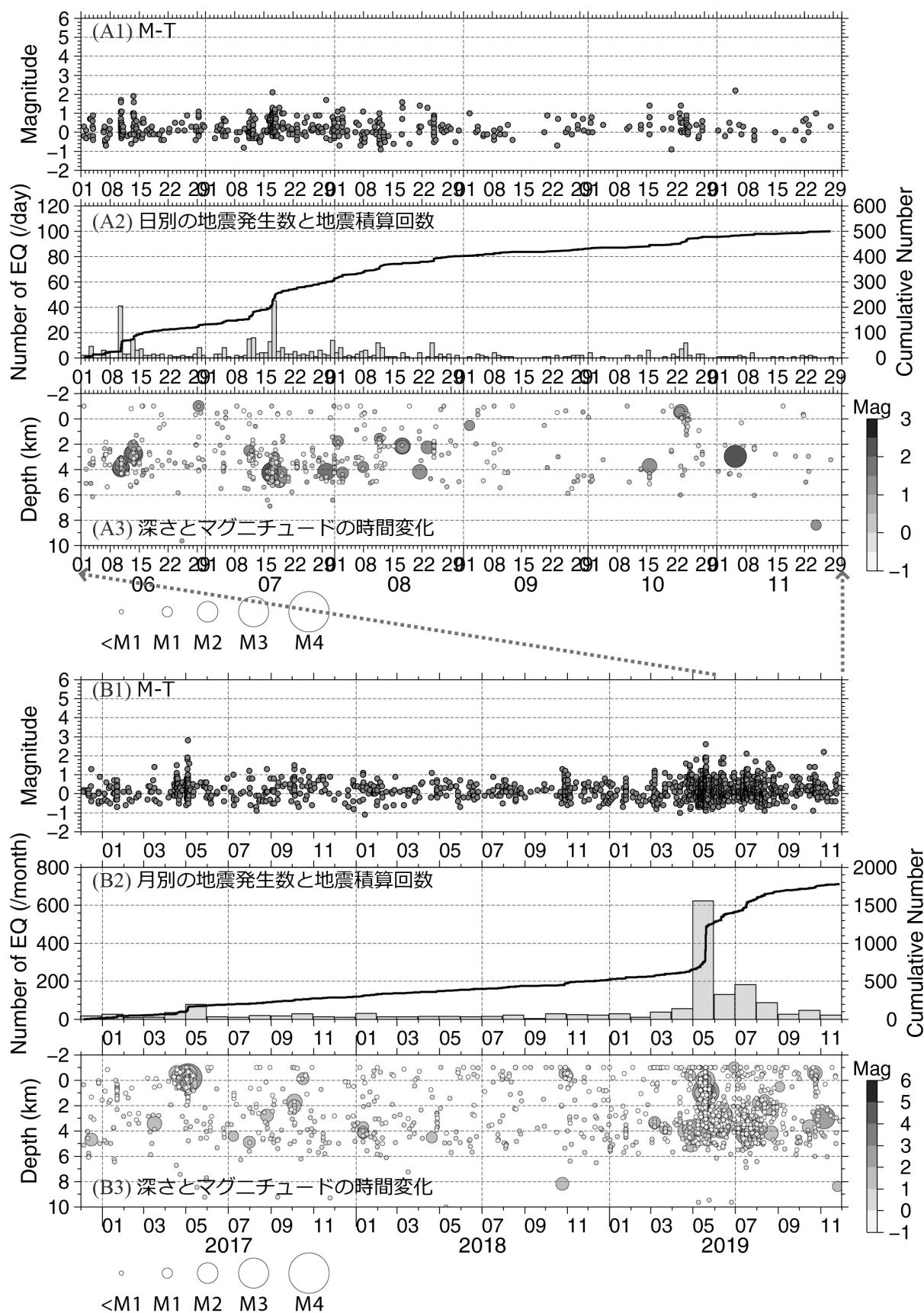


図3 箱根火山周辺の地震活動 (2016年12月1日~2019年11月30日)

(A)は2019年6月1日~2019年11月30日、(B)は2016年12月1日~2019年11月30日を示す。

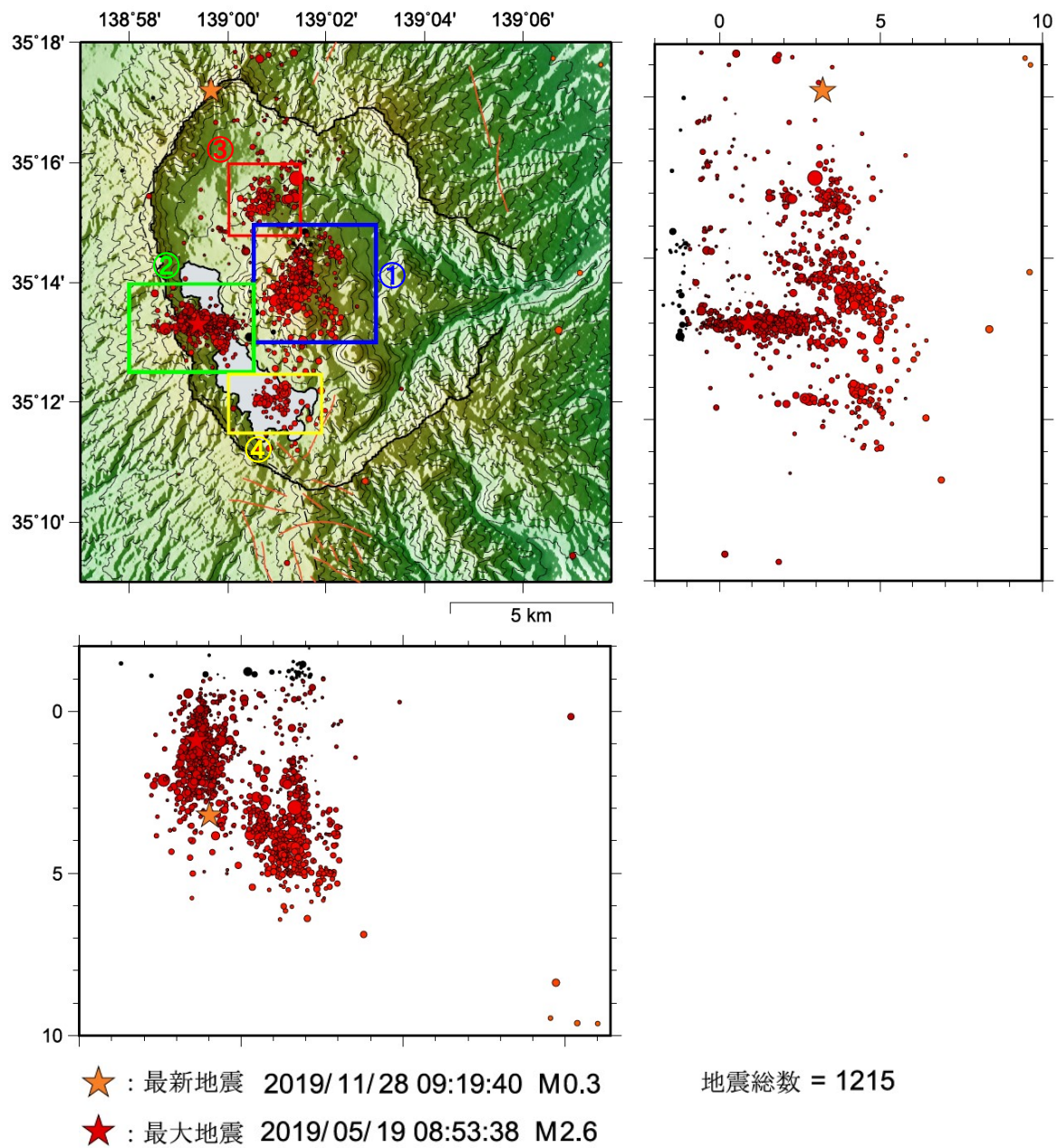


図 4 箱根山の震源分布図 (2019 年 2 月 1 日～11 月 30 日)

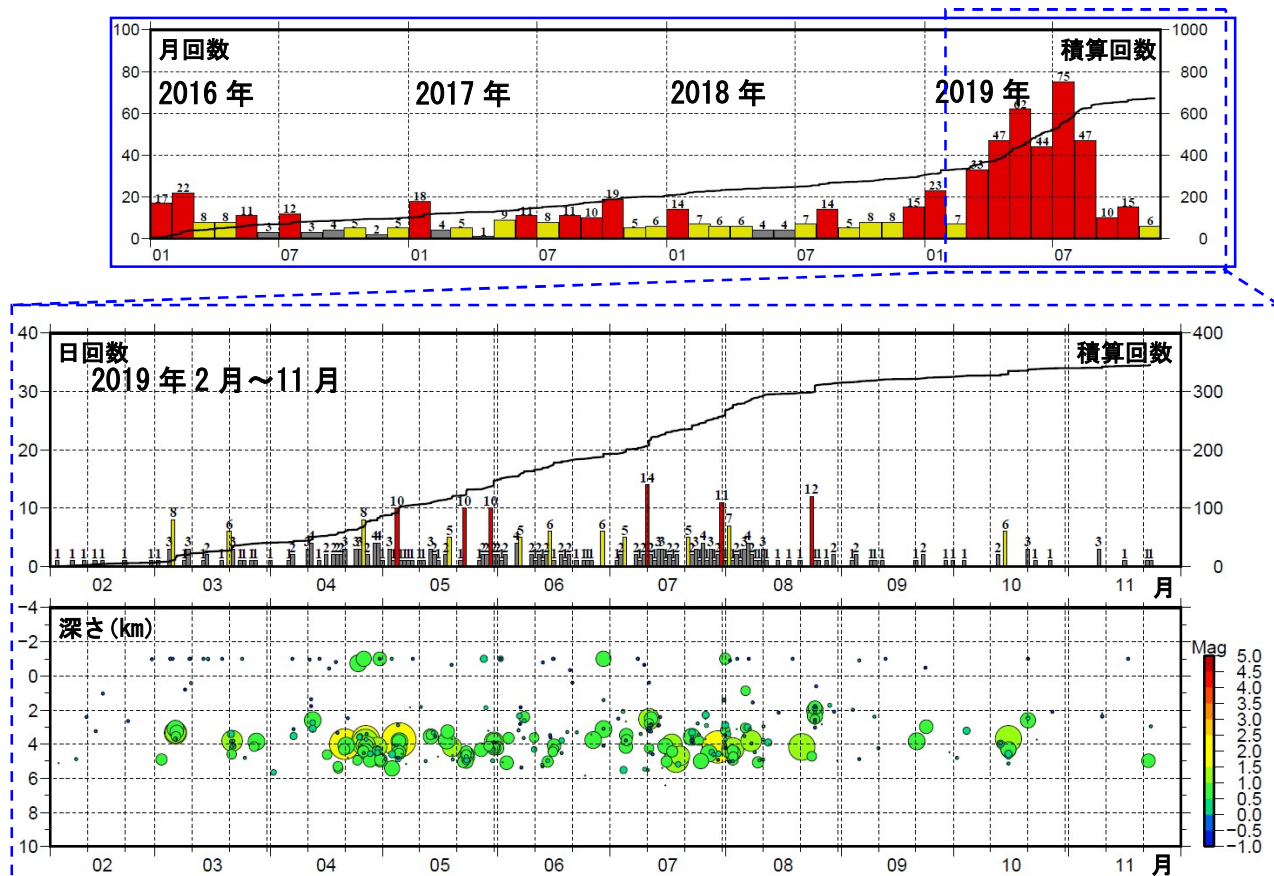


図5 ①カルデラ中央付近（青領域）の地震活動経過（2016年1月1日～2019年11月30日）

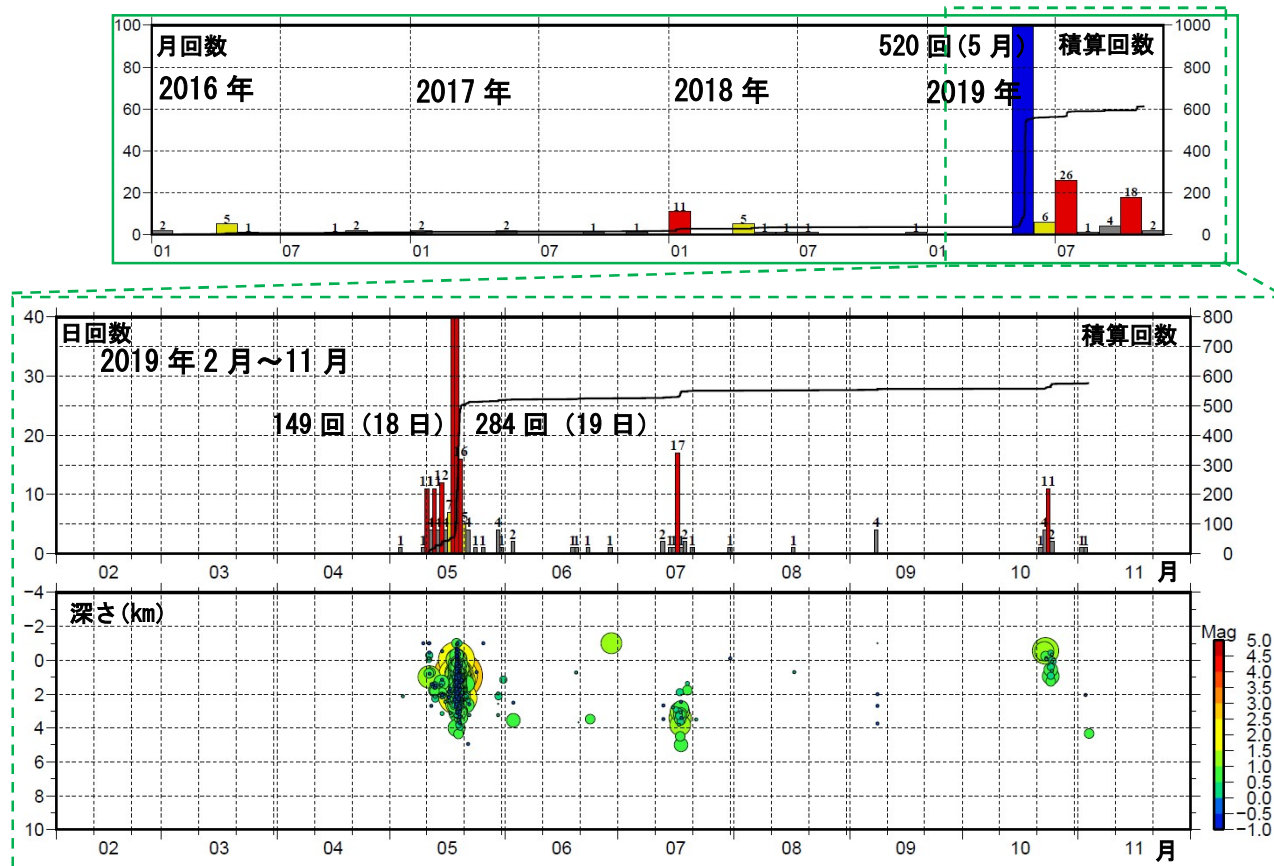


図6 ②芦ノ湖北西付近（緑領域）の地震活動経過（2016年1月1日～2019年11月30日）

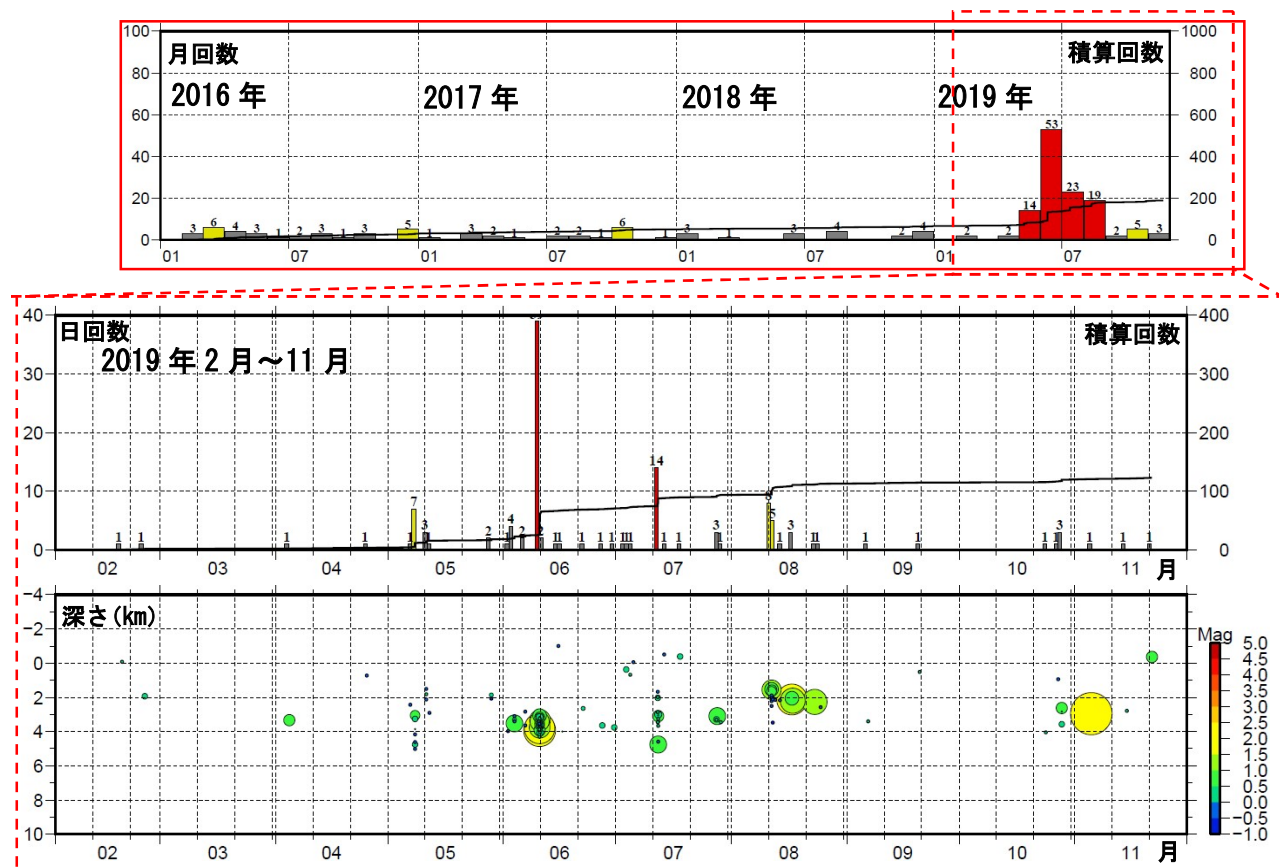


図7 ③台ヶ岳付近 (赤領域) の地震活動経過 (2016年1月1日～2019年11月30日)

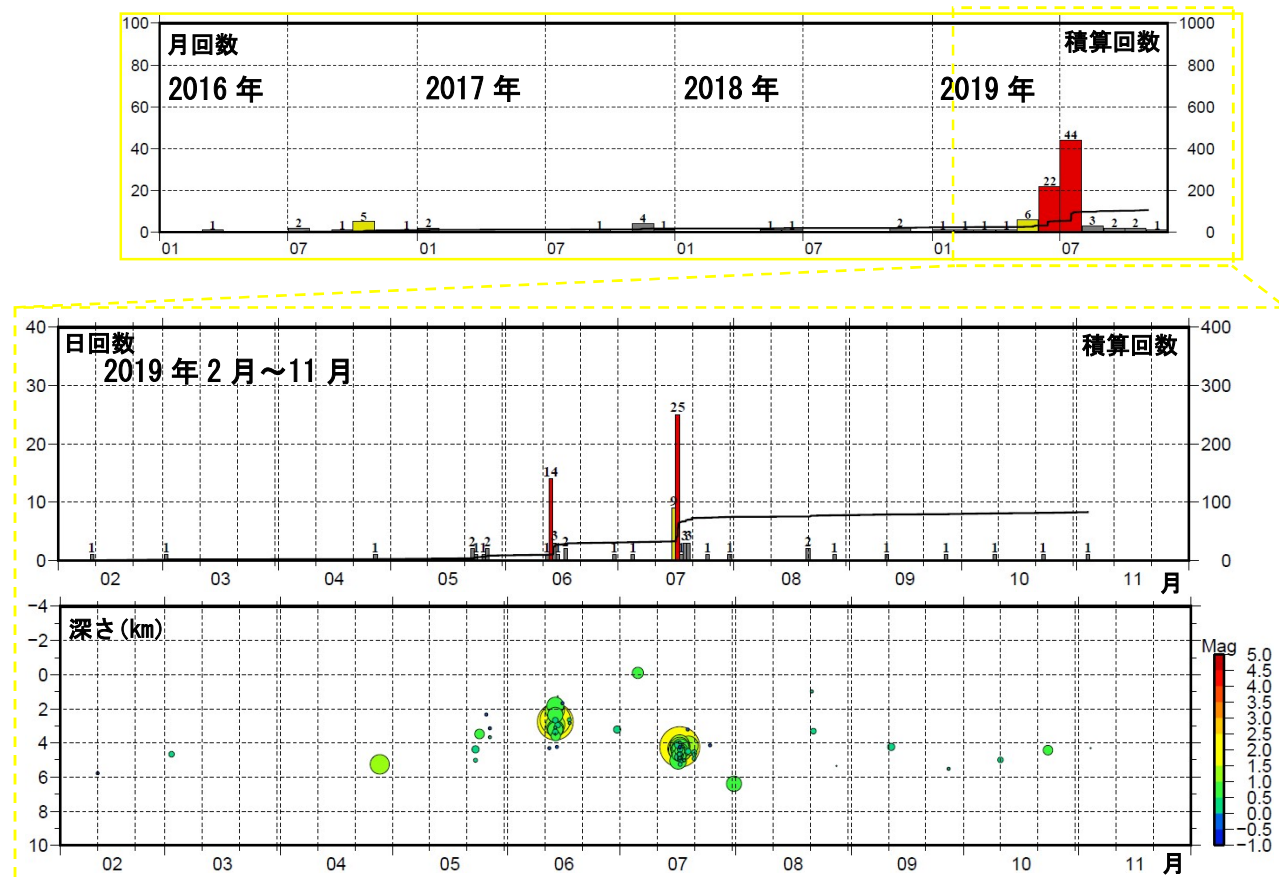


図8 ④芦ノ湖南付近 (黄領域) の地震活動経過 (2016年1月1日～2019年11月30日)

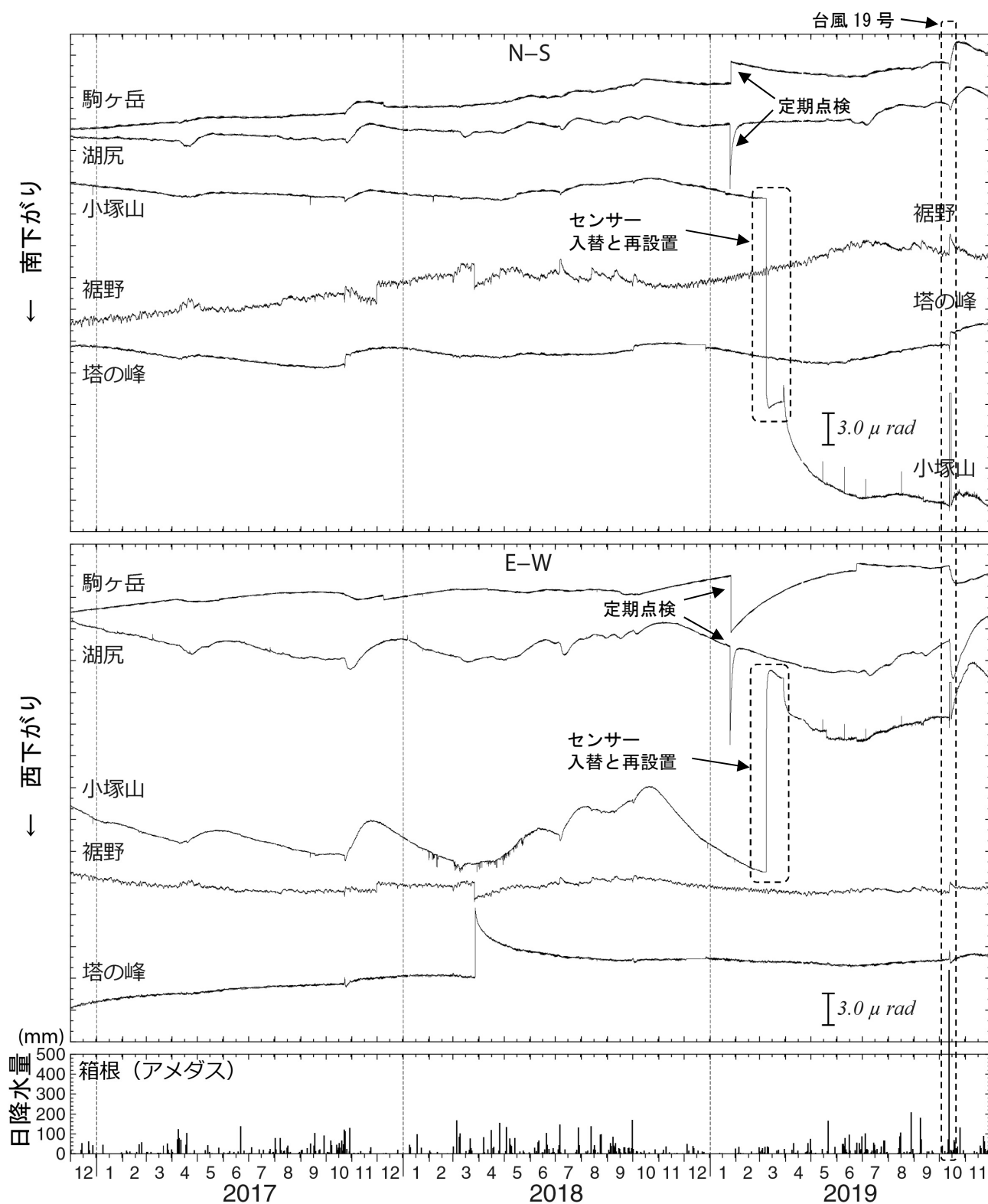


図9 傾斜変動 (2016 年 12 月 1 日～2019 年 11 月 30 日)

ステップや異常値の一部は取り除いている。日降水量は気象庁アメダス観測点（箱根）を使用した。

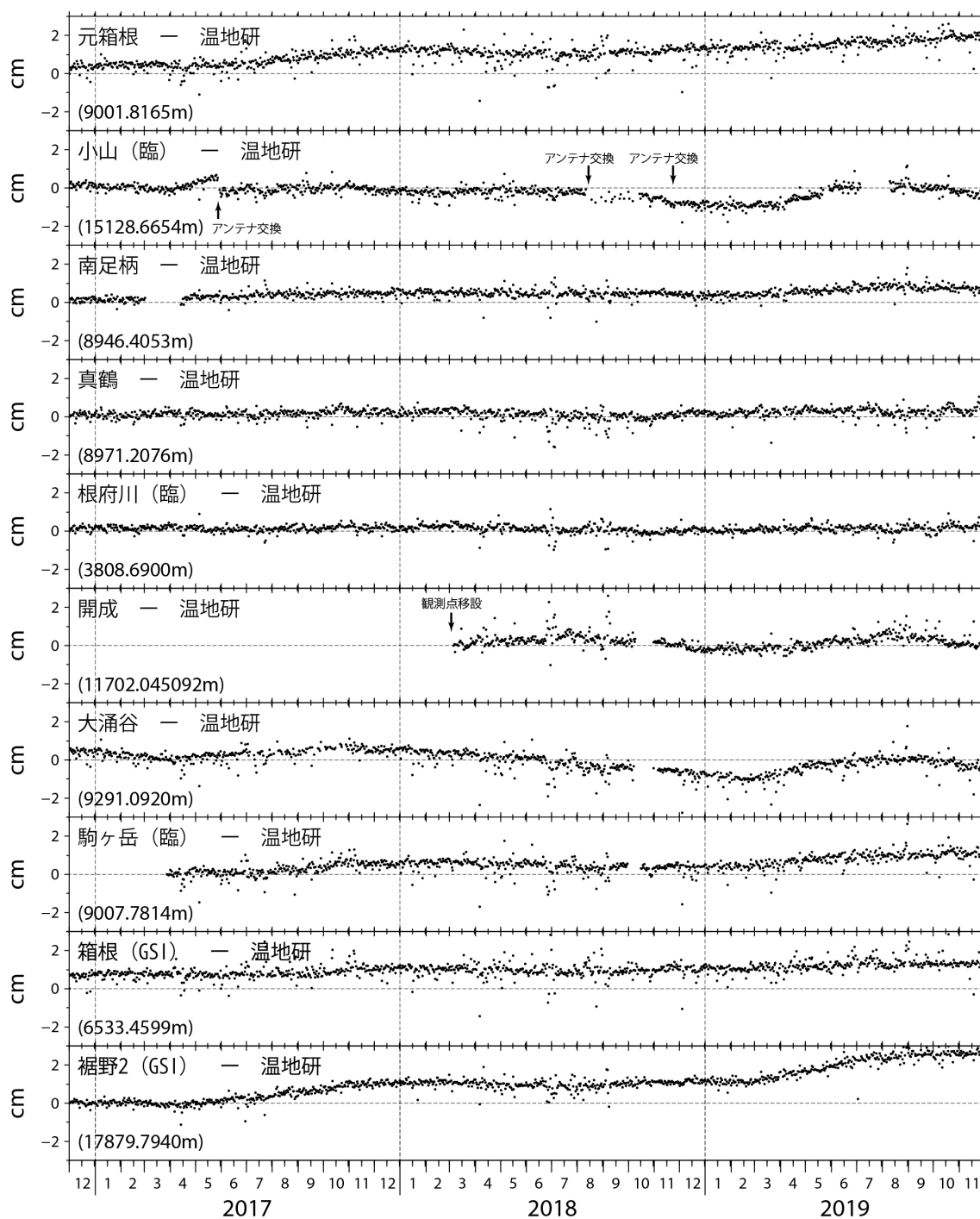


図 10 GNSS 基線長変動 (2016 年 12 月 1 日～2019 年 11 月 30 日)

温泉地学研究所を中心とした、各観測点の基線長変化。

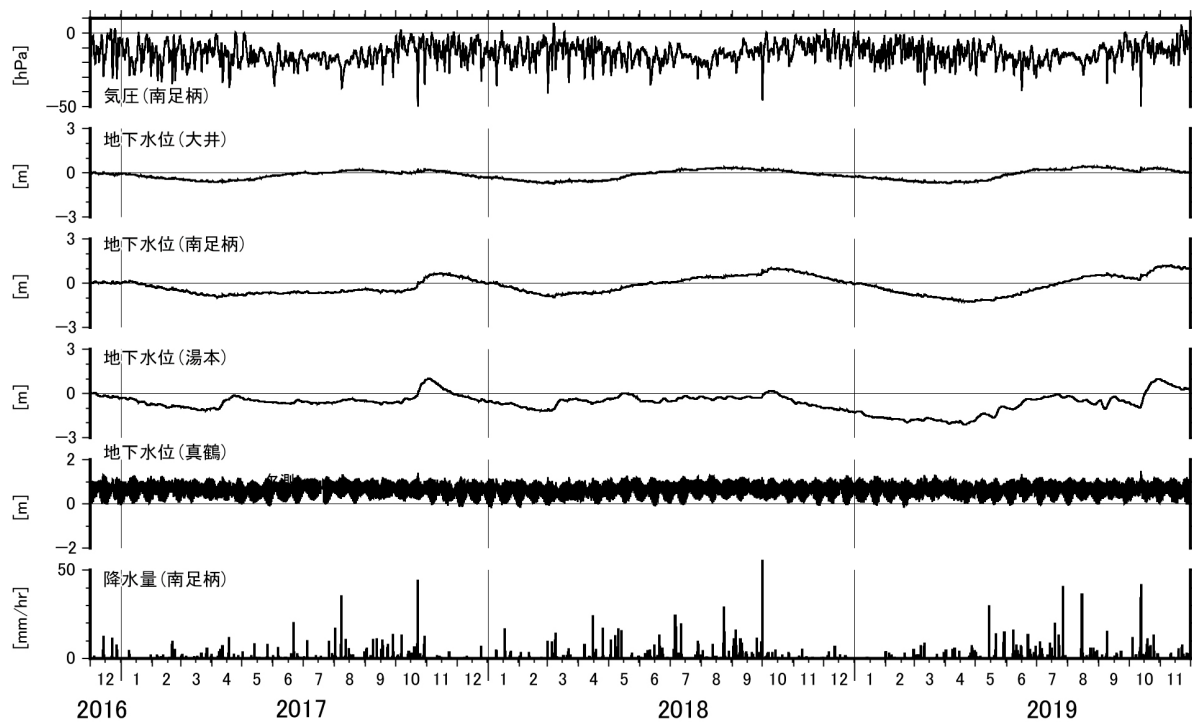


図 11 地下水位変動 (2016 年 12 月 1 日～2019 年 11 月 30 日)

ALOS-2/PALSAR-2 データの干渉解析結果

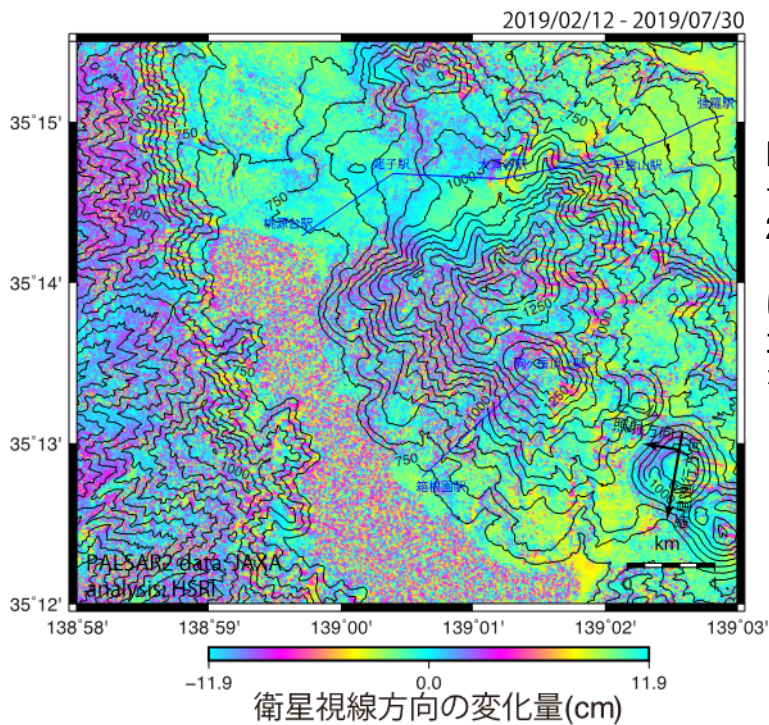


図 12

干渉 SAR 解析結果

2019 年 2 月 12 日と 7 月 30 日のペア
(Path19)。大涌谷付近における入射角
は約 32.3°

大涌谷および芦ノ湖周辺において顕著
な変位は認められない。

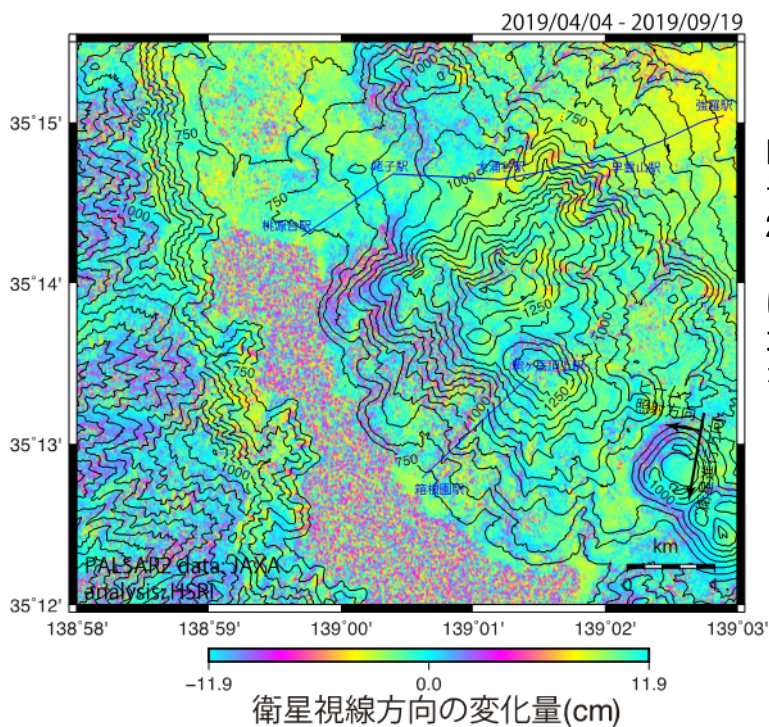


図 13

干渉 SAR 解析結果

2019 年 4 月 4 日と 9 月 19 日のペア
(Path18)。大涌谷付近における入射角
は約 42.8°

大涌谷および芦ノ湖周辺において顕著
な変位は認められない。

※ 衛星視線方向の変化量は、正が衛星から遠ざかる変位、負が衛星に近づく変位を示す。図中の青線はケーブルカー線路およびロープウェイ索道の位置を示す。

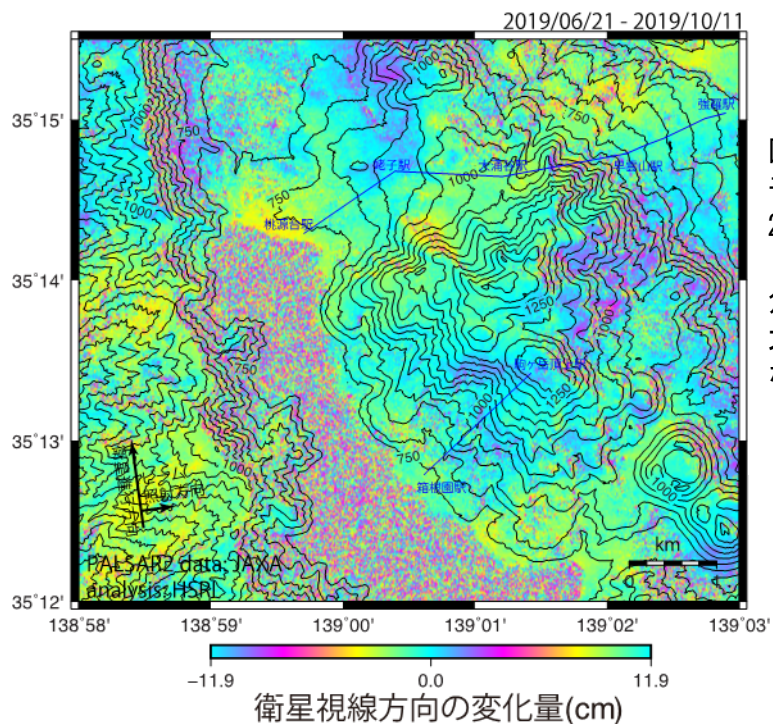


図 14
干渉 SAR 解析結果
2019 年 6 月 21 日と 10 月 11 日のペア
(Path126)。大涌谷付近における入射角
は約 43.6°
大涌谷および芦ノ湖周辺において顕著
な変位は認められない。

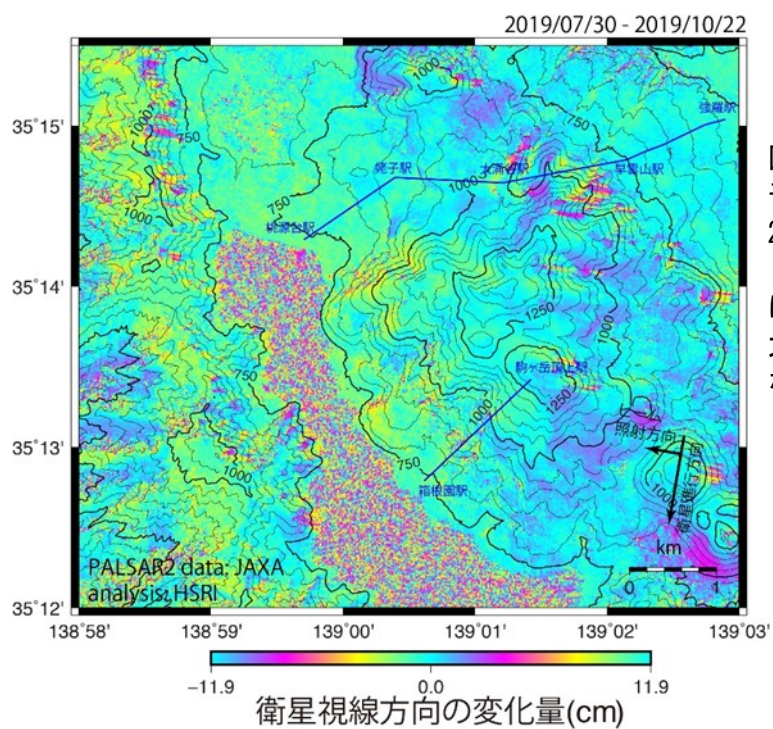


図 15
干渉 SAR 解析結果
2019 年 7 月 30 日と 10 月 22 日のペア
(Path19)。大涌谷付近における入射角
は約 32.3°
大涌谷および芦ノ湖周辺において顕著
な変位は認められない。

※ 衛星視線方向の変化量は、正が衛星から遠ざかる変位、負が衛星に近づく変位を示す。図中の青線はケーブルカー線路およびロープウェイ索道の位置を示す。

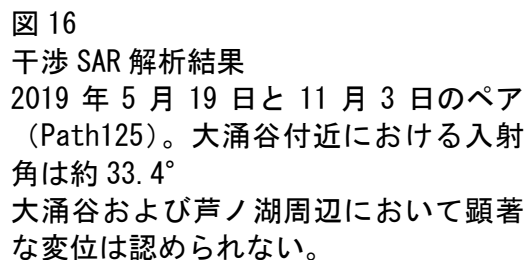


表1 干渉 SAR 解析に使用した ALOS-2/PALSAR-2 データおよび観測条件

Path-Frame	軌道・観測方向	Master	Slave	大涌谷付近における入射角
19-2910	南行軌道・右	2019/02/12	2019/07/30	32.3°
		2019/07/30	2019/10/22	
18-2910	南行軌道・右	2019/04/04	2019/09/19	42.8°
126-700	北行軌道・右	2019/06/21	2019/10/11	43.6°
125-690	北行軌道・右	2019/05/19	2019/11/03	33.4°

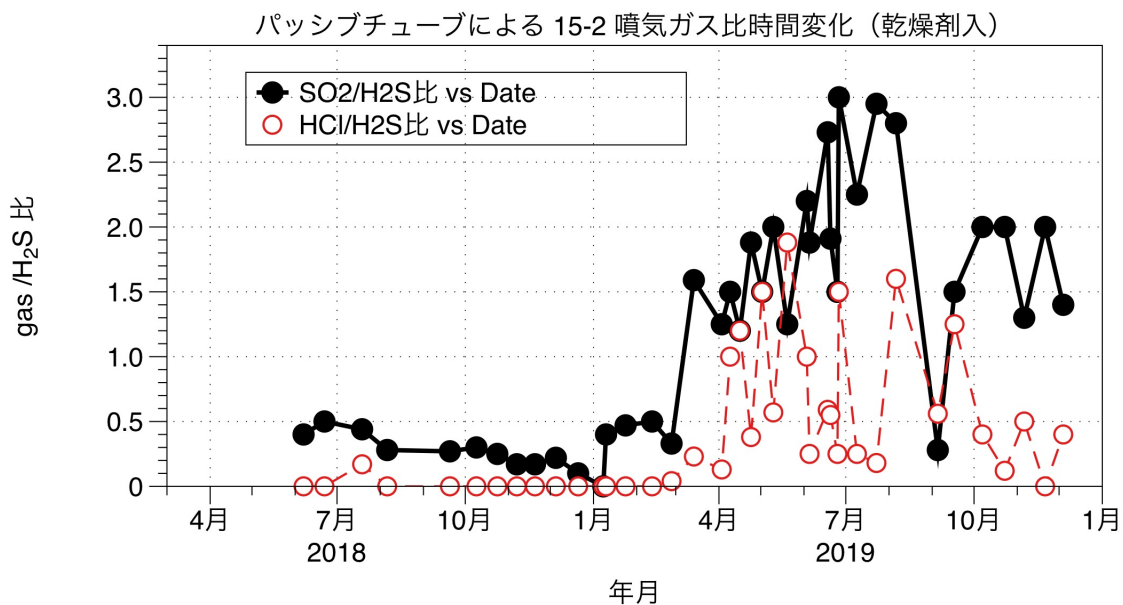


図 17 15-2 噴気近傍の雰囲気中の火山ガス濃度変化。パッシブ型検知管による測定。

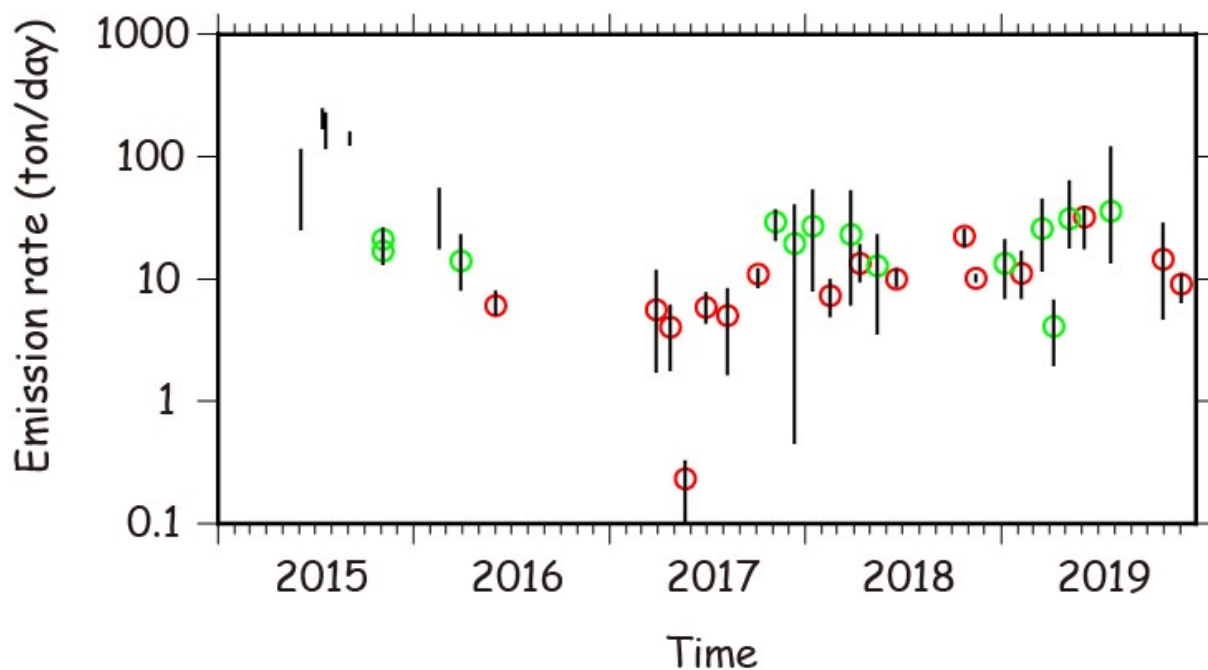


図 18 箱根山における二酸化硫黄 (SO₂) の放出量 (ton/day)。

7/25 36 (ton/day)、10/30 13 (ton/day)、12/3 9.1 (ton/day)

箱根山噴気の化学組成 (2019 年 12 月 3 日)

Chemical composition of the fumarolic gases at Hakone volcano, Japan (3rd Dec. 2019)

1. 概要

箱根山において、2019 年 12 月 3 日に火山ガス調査を実施した。大涌谷の噴気では、2019 年 12 月の $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比は 11 月の値とほぼ同一であったが、上湯場の噴気では 11 月から 12 月にかけて明確に低下した。He/ CH_4 比は、大涌谷では 11 月から 12 月にかけて明確に低下したが、上湯場ではわずかに低下した。これらの火山ガスの組成変化は、箱根山の地震活動が静穏化していることと調和している。

2. 噴気の採取・分析

箱根カルデラ中央火口丘神山の大涌谷地熱地帯の二か所（図 1，N：大涌谷自然遊歩道脇，S：上湯場）で自然噴気を繰り返し採取・分析した。これらの噴気を採取するため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。噴気を水冷したガラス二重管に通し、凝縮水を採取した。ガラス二重管の後にテドラバックをつなぎ、水蒸気を除いたガス（ドライガス）を集め、検知管により CO_2 および H_2S 濃度を測定し、 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比を求めた。真空ガラス瓶のヘッドスペースに集まった KOH 溶液に溶けないガス成分は、Ar キャリアーガスを用いたガスクロマトグラフにより分析し、He/ CH_4 比を求めた。

3. 結果・考察

図 2 に、 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比の時間変化を半月毎の地震回数と共に示す。2019 年 12 月の N の $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比は、3.39 で 11 月の値である 3.37 とほぼ同じであった。2019 年 12 月の S の $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比は、31.7 で 11 月の値である 33.6 から明確に低下した。図 3 に、He/ CH_4 比の時間変化を半月毎の地震回数と共に示す。2019 年 8 月まで継続していた上昇は、9 月には低下に転じ、N については 11 月から 12 月にかけて急激な低下傾向が継続している。S の He/ CH_4 比は 2019 年 10 月から 12 月にかけて緩やかに低下している。 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比や He/ CH_4 比の低下傾向は、マグマに由来する火山ガスの浅部熱水系に対する流量が低下していることを意味しており、そのことが地震活動の静穏化をもたらしていると考えられる。

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。

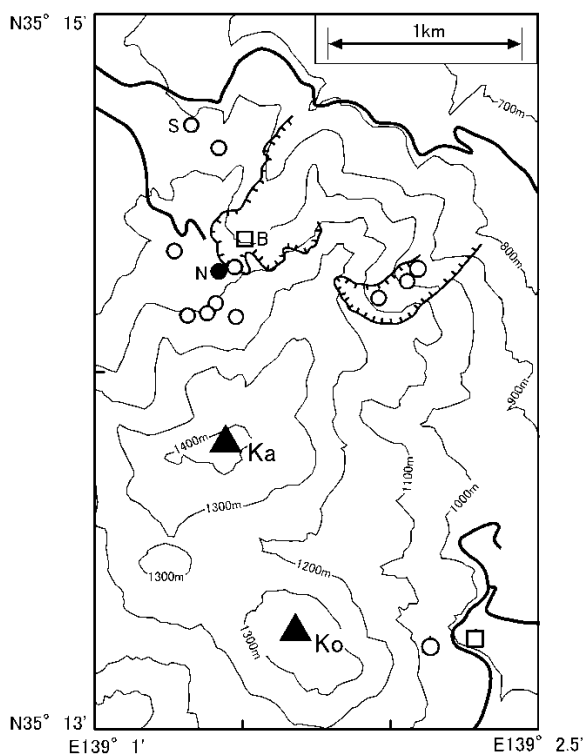


図 1. 箱根山噴気 N および S の位置. (Ka : 神山山頂, Ko : 駒ヶ岳山頂)

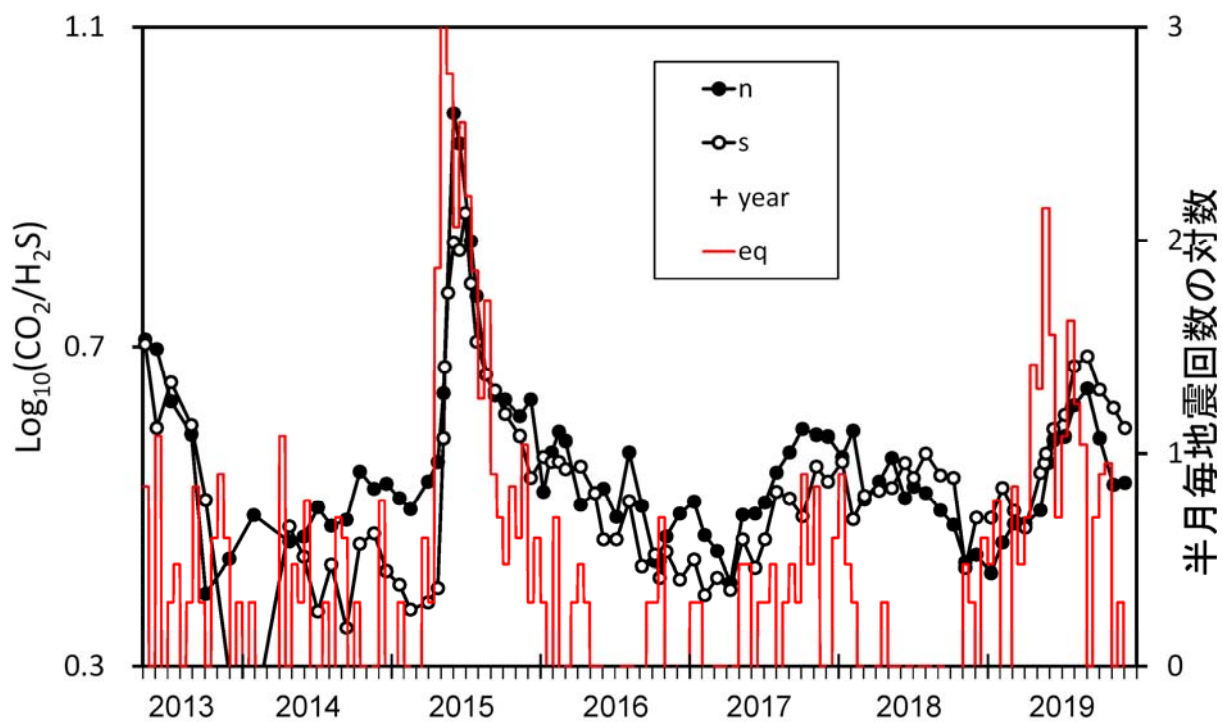


図 2. $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比の時間変化

(N と比較するため, S の曲線は, 0.90Log 単位, 下方に引き下げて表示した. 地震回数は気象庁の観測に基づく)

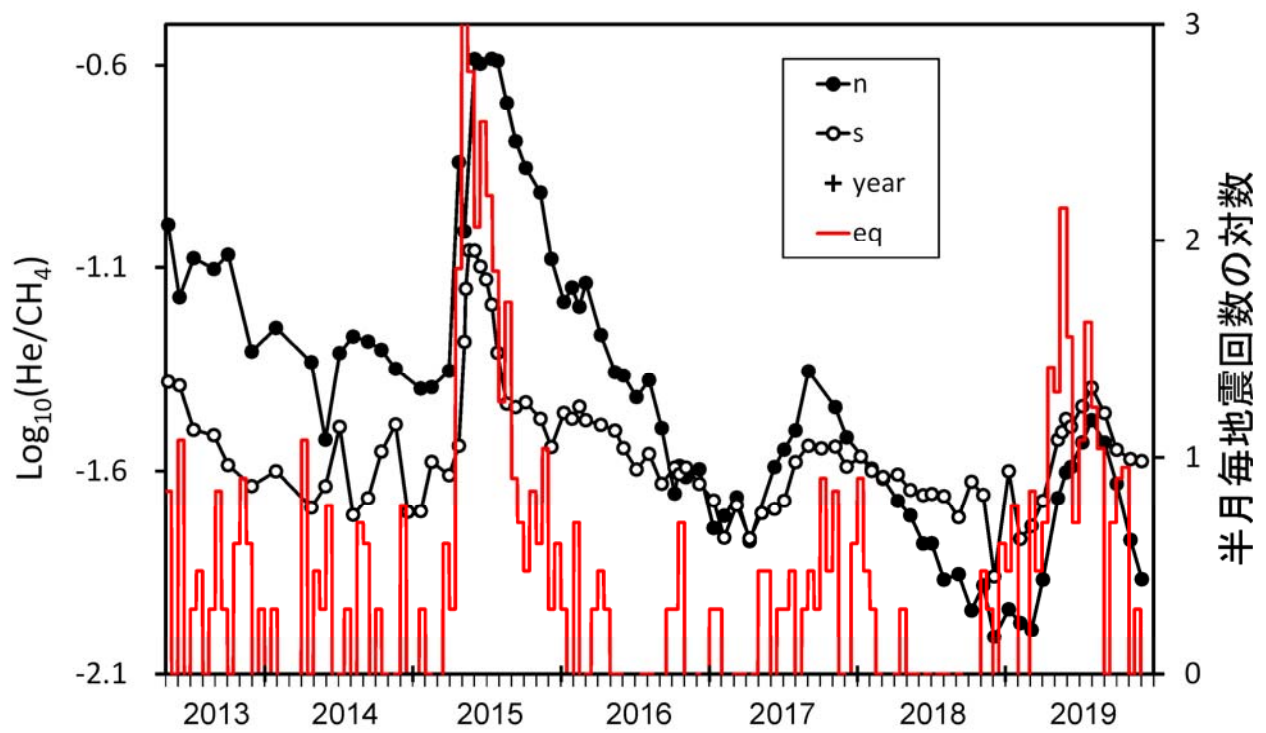


図 3. He/CH_4 比の時間変化（地震回数は気象庁の観測に基づく）

十 勝 岳

(2019 年 11 月 30 日現在)

2018 年 5 月下旬以降、火山性地震の一時的な増加や火山性微動が時々観測されている。

2006 年以降継続していた山体浅部の膨張を示す地殻変動は、2017 年秋以降停滞している。一方、長期的にみると、噴煙高の高い状態、地熱域の拡大や温度上昇、地震の一時的な増加等、火山活動の活発化を示唆する現象を観測しており、今後の活動の推移に注意が必要である。

噴火予報（噴火警戒レベル 1、活火山であることに留意）の予報事項に変更はない。

○ 概況（2019 年 6 月～2019 年 11 月 30 日）

・ 表面現象（図 1－①～⑤、図 2－①～④、図 3～6）

6 月 18～20 日、9 月 3～5 日及び 9～10 日に現地調査を実施した。62-2 火口では、昨年以前の現地調査時と比較して、噴煙の量や地熱域の拡がりに特段の変化は認められなかったが、火口内の最高温度の上昇が認められた。振子沢噴気孔群では、一部の噴気孔で噴気の増加と温度の上昇が認められた。62-2 火口と振子沢噴気孔群の周辺では、熱活動が高まる傾向が認められる。その他の火口や地熱域については、特段の変化はなかった。

今期間、監視カメラによる観測では、62-2 火口の噴煙の高さは火口縁上 300m 以下、大正火口の噴煙及び振子沢噴気孔群の噴気の高さは 200m 以下で経過した。なお、大正火口の噴煙の高さは 2010 年頃から、振子沢噴気孔群の噴気の高さは 2018 年 4 月下旬頃から、それぞれやや高い状態が続いている。特に、振子沢噴気孔群の噴気の高さは、1980 年代後半と同程度まで高くなっている。

・ 地震活動（図 1－⑥～⑨、図 2－⑤⑦、図 7～10、図 13～19、図 25－③～④）

2018 年 5 月下旬以降、火山性地震の一時的な増加や火山性微動が時々観測されている。これらの現象は、62-2 火口付近の浅い所で発生していると考えられる。また、2019 年 10 月 20 日 08 時 51 分には、全ての観測点で上下動の初動が引きの地震（一元化；M0.5）が発生した。

62-2 火口付近の地震は、長期的にみると 2010 年頃からやや多い状態となっている。一方、グラウンド火口周辺や旧噴火口付近など 62-2 火口付近以外の地震活動は低調に経過している。

この資料は気象庁のほか、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地質研究所及び公益財団法人地震予知総合研究振興会のデータを利用して作成した。

・地殻変動（図 2－⑥、⑦、図 9～12、図 20～24）

GNSS連続観測では、2006年以降、62-2火口直下浅部の膨張を示すと考えられる変動が観測されていたが、2017年秋以降停滞している。GNSS繰り返し観測では、一部の基線で、2018年春頃から収縮を示す動きに転じた可能性がある。

山頂付近に設置した傾斜計では、活動火口浅部が変動源とみられる傾斜変動が時々観測された。これらの傾斜変動は、火山性微動や火山性地震を伴うことが多い。

GNSS連続観測では山体を広域に取り囲む基線に変化は無く、深部へのマグマの供給によると考えられる地殻変動は認められない。

・常時微動の振幅レベル（図25－①～②）

62-2 火口や大正火口近傍の地震計で観測される常時微動の振幅レベルは 2014 年 11 月頃から増減を繰り返しながらも高い状態にある。

○2019 年 11 月 1 日から 5 日の火山活動（図 9～12）

1 日 07 時頃から 2 日 07 時頃にかけて、62-2 火口近傍に北海道大学が設置した前十勝西傾斜計で、62-2 火口方向が上がる傾斜変動を観測した。また、1 日昼過ぎから 62-2 火口付近の浅い所で発生したと考えられる火山性地震が増加し、3 日の昼頃にかけて多い状態が継続した。その後、5 日 04 時 30 分頃から午後にかけて、62-2 火口方向が下がる傾斜変動を観測した。5 日の傾斜変動が始まった直後には振幅が小さく計数基準に満たない火山性微動が発生し、傾斜変動が鈍化し始めた 09 時頃には火山性地震が増加した。この火山性微動や火山性地震は 62-2 火口付近の浅い所で発生したと考えられる。なお、1 日から 2 日にかけて火口方向が上がる変動と 5 日の火口方向が下がる変動の量はほぼ同程度だった。監視カメラによる観測では、傾斜変動が観測されている間の 62-2 火口等の噴煙・噴気の様子は悪天のため不明だったが、1 日から 5 日の活動前後で特段の変化は認められていない。

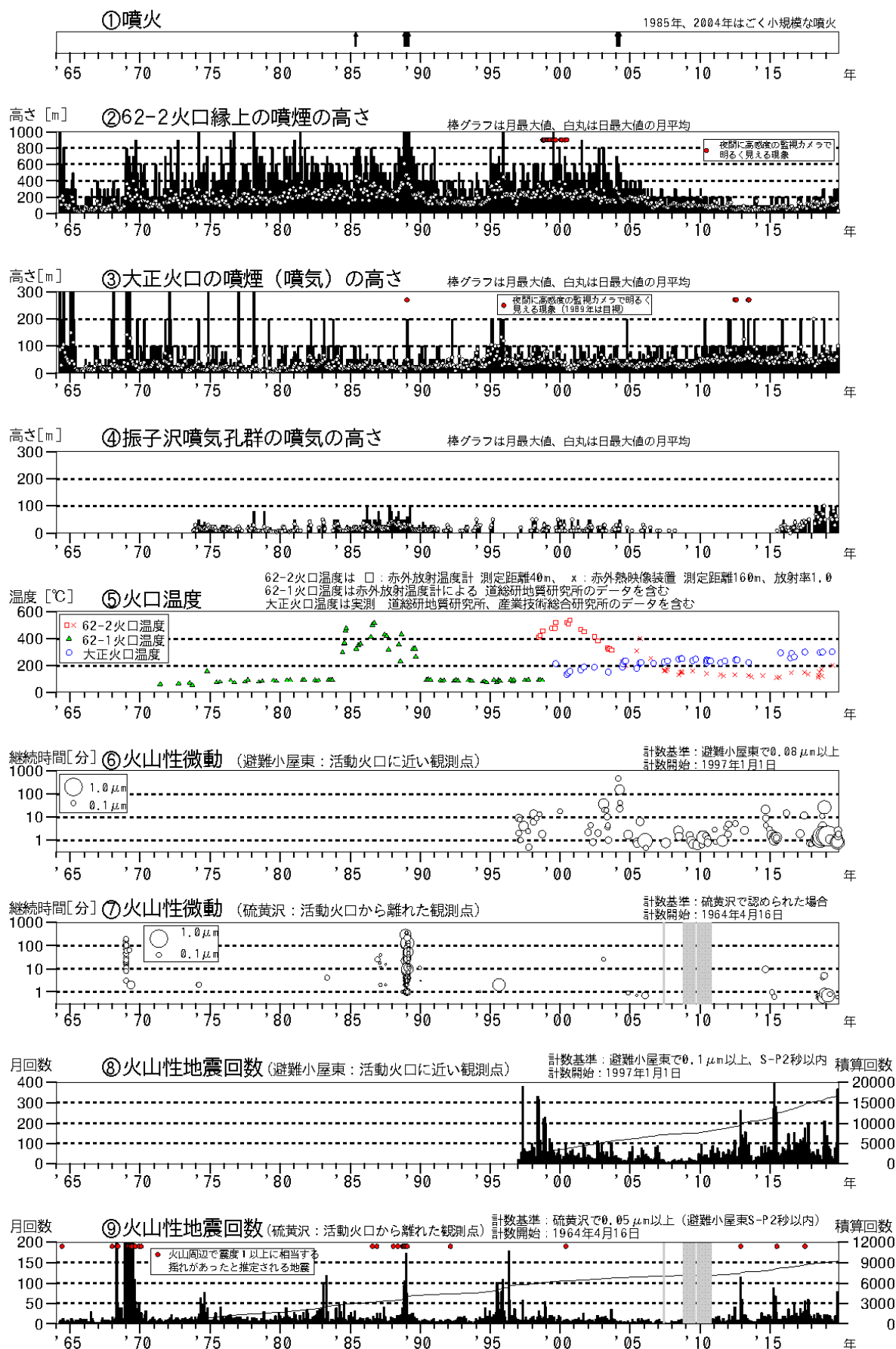


図 1 十勝岳 火山活動経過図（1964 年 1 月～2019 年 11 月 30 日）

⑤：62 火口群の温度は測定可能な範囲で最も高温な場所を測定している。

地方独立行政法人北海道立総合研究機構地質研究所による観測結果が含まれている。

⑦⑨：図中の灰色の期間は機器障害のため欠測。

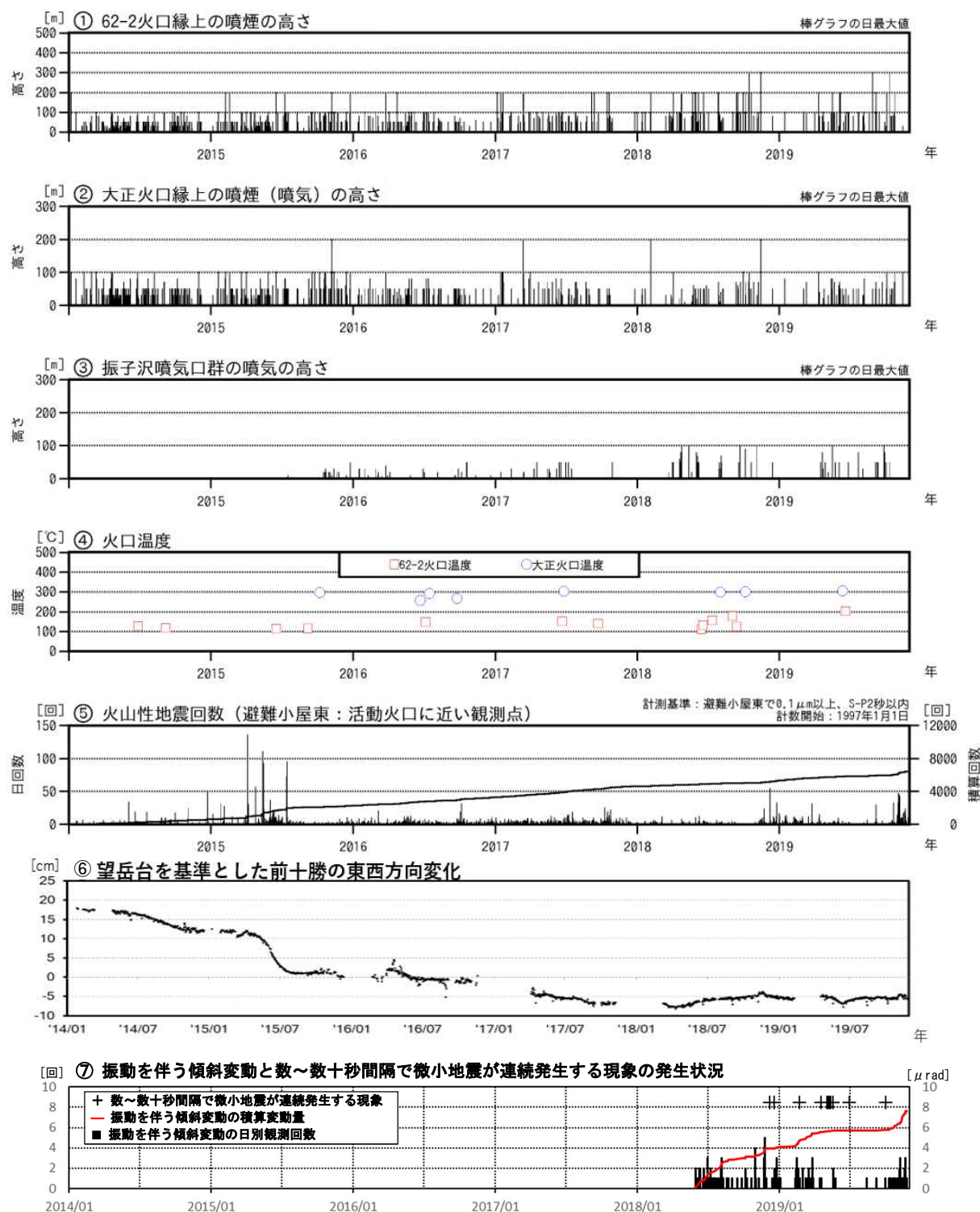


図2 十勝岳 火山活動経過図（短期：2014年1月～2019年11月30日）

・ ⑦の波形例は図13～16を参照。

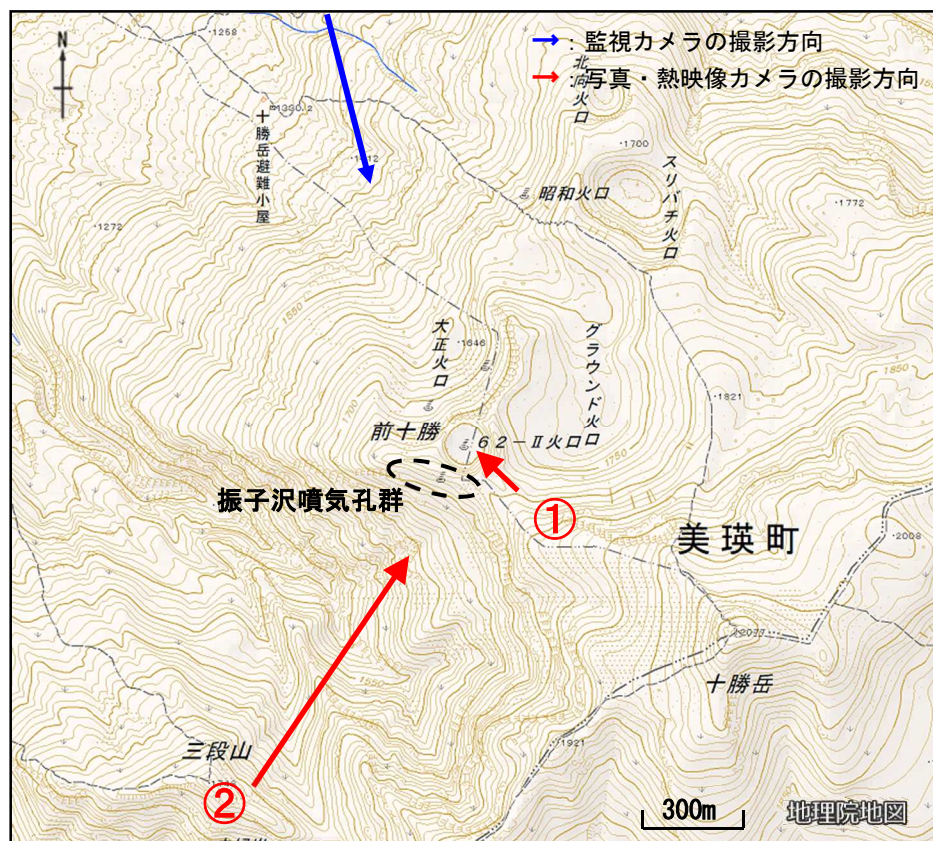


図3 十勝岳 周辺図と監視カメラ、写真及び赤外熱映像の撮影方向



図4 十勝岳 北西側から見た火口周辺の状況及び火口周辺図
(11月13日、白金模範牧場監視カメラによる)

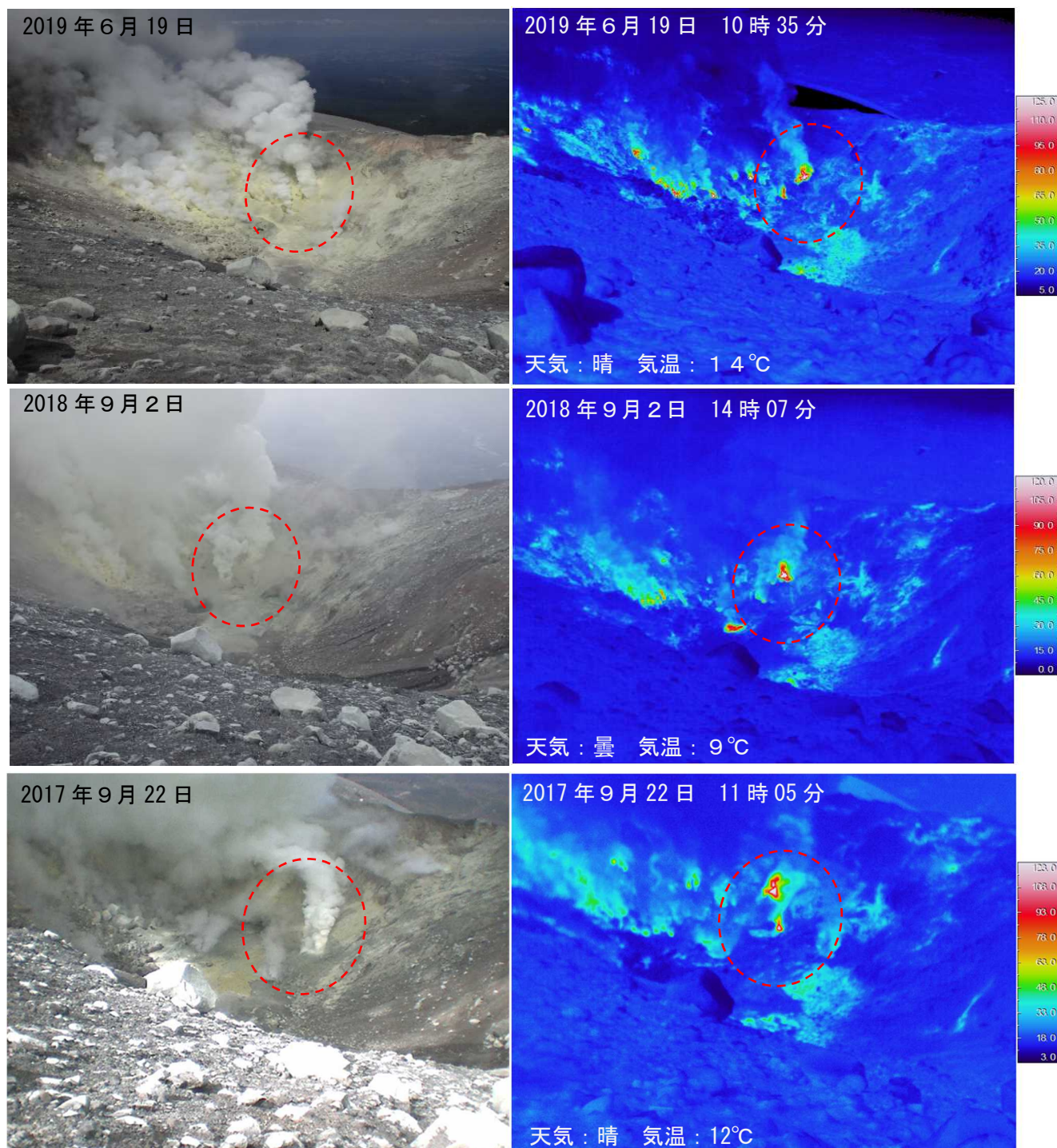


図5 十勝岳 赤外熱映像装置による 62-2 火口内の地表面温度分布
南東側（図3の①）から撮影

- ・ 62-2 火口内の地熱域の拡がりに特段の変化は認められなかった。火口内の最高温度は 2019 年 6 月の観測では 203℃で、2018 年 9 月（177℃）、2017 年 9 月（139℃）から上昇が認められた。
- ・ 62-2 火口は北西側内壁（赤色破線）を中心に活発な噴気活動が継続している。

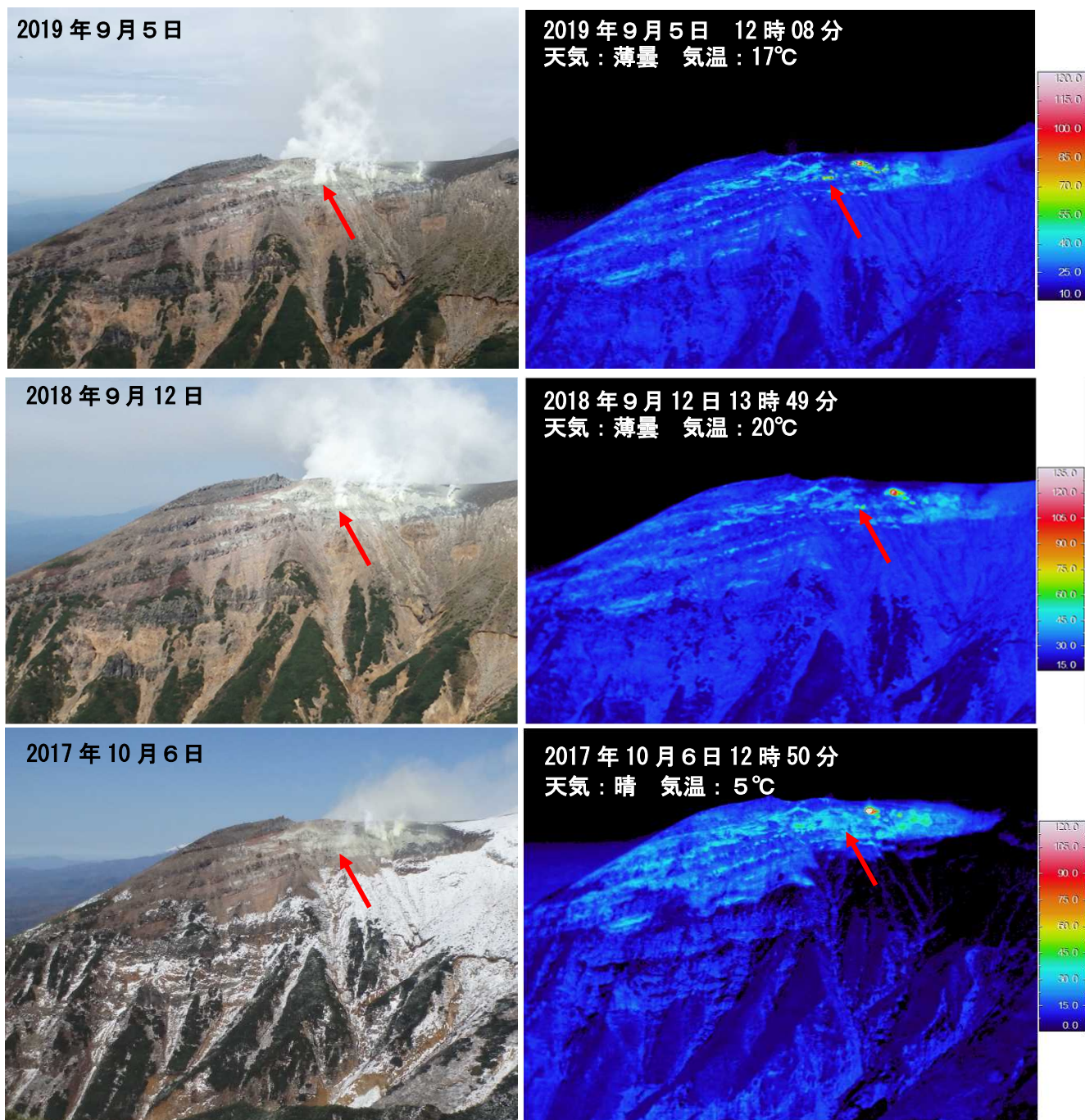


図 6 十勝岳 赤外熱映像装置による振子沢噴気孔群の地表面温度分布

三段山（図 3 の②）から撮影

- ・ 赤矢印の噴気孔で温度の上昇や噴気の増加が見られるなど、振子沢噴気孔群の噴気活動は活発な状態が継続している。

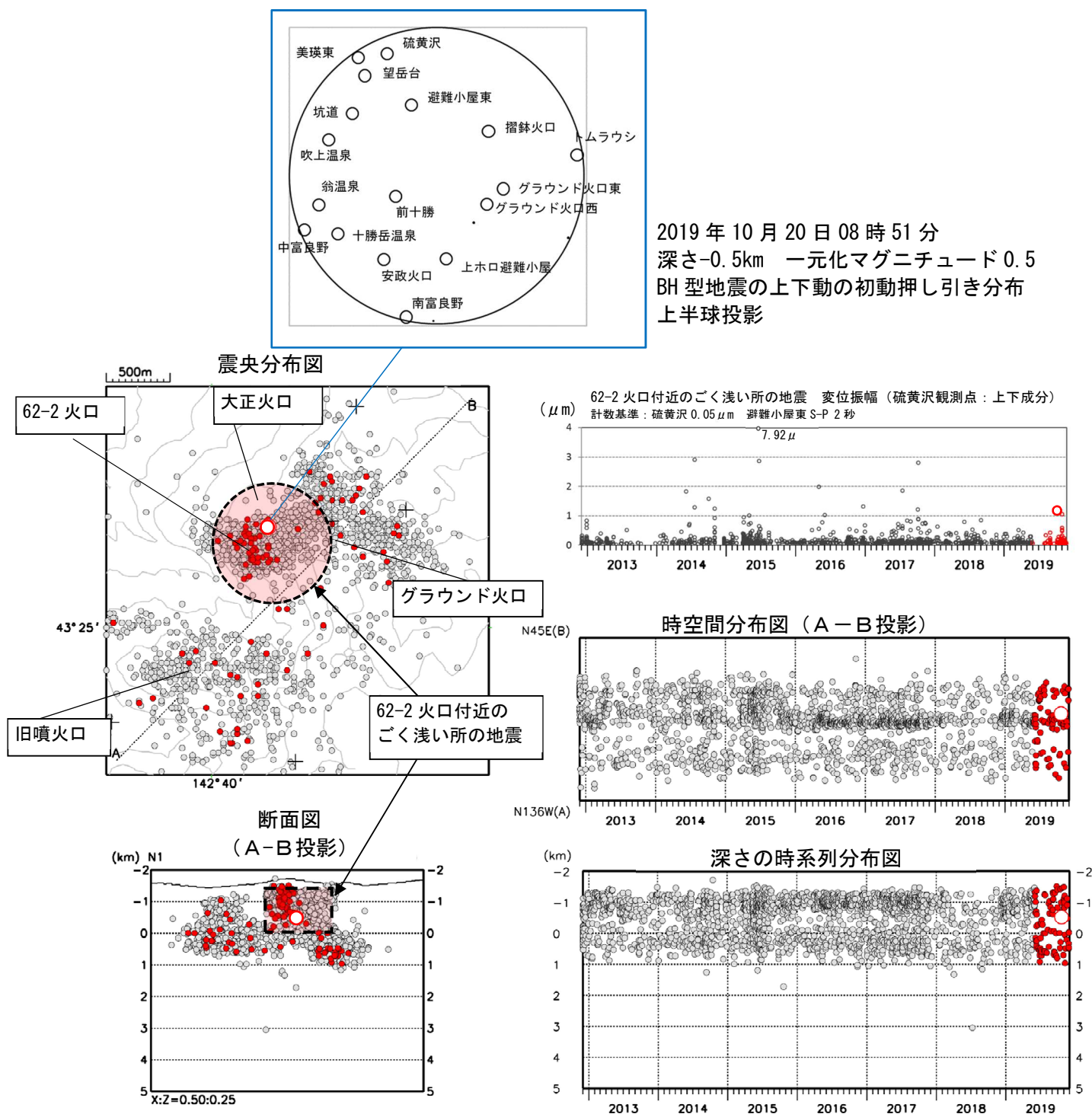


図 7 十勝岳 2019 年 10 月 20 日 08 時 51 分の地震の上下動の初動押し引き分布
及び震源分布図 (2012 年 12 月～2019 年 11 月 30 日)

- : 2012 年 12 月 1 日～2019 年 5 月 31 日の震源
- : 2019 年 6 月 1 日～2019 年 11 月 30 日の震源
- : 2019 年 10 月 20 日 08 時 51 分の地震の震源
- +

は地震観測点を示す。

一部観測点の欠測のため震源決定数や震源精度は一定ではない。

この地図の作成には国土地理院発行の「数値地図 50mメッシュ (標高)」を使用した。

- ・ 2019 年 10 月 20 日 08 時 51 分の地震では、全ての観測点において上下動で引きの初動が観測された。地震の規模はマグニチュード 0.5 (暫定値) で、十勝岳付近で発生する地震では規模の大きいものであった。

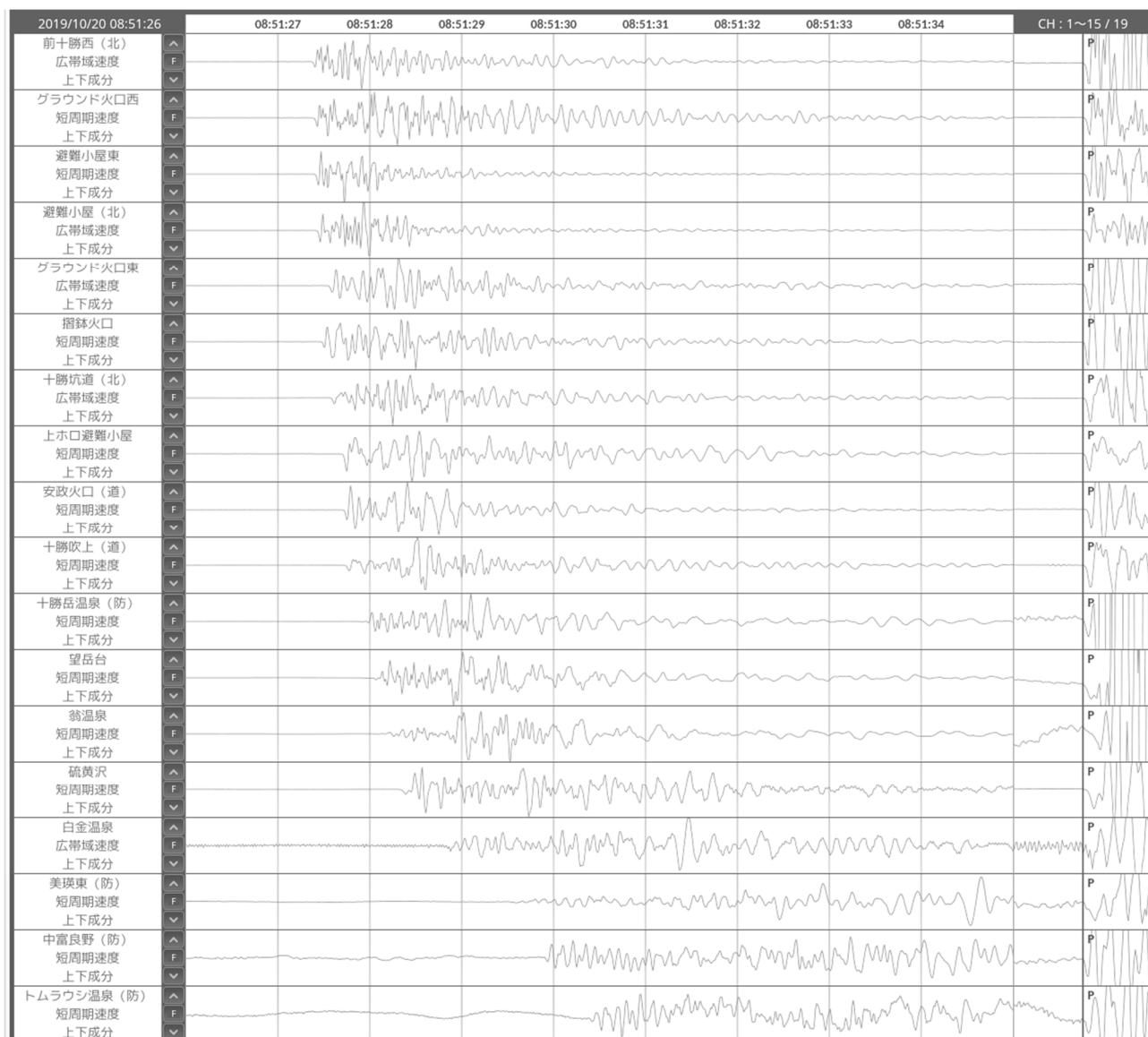


図 8 十勝岳 2019 年 10 月 20 日 08 時 51 分に発生した火山性地震の上下動地震波形
 ・最大振幅で規格化、震央距離順に表示。右窓枠は初動部分の拡大を示す。
 ・全ての観測点で P 波初動が引きであった。

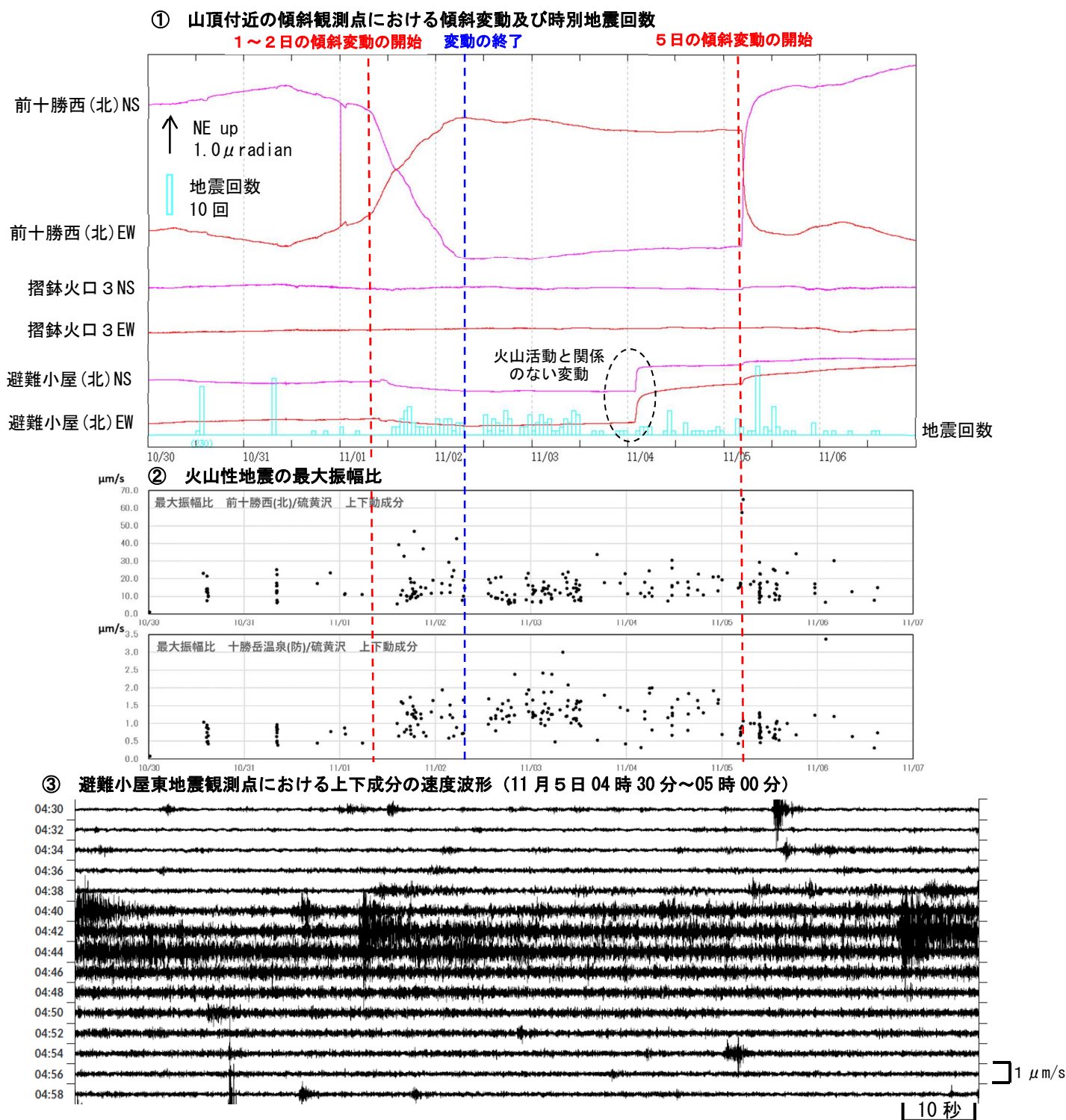
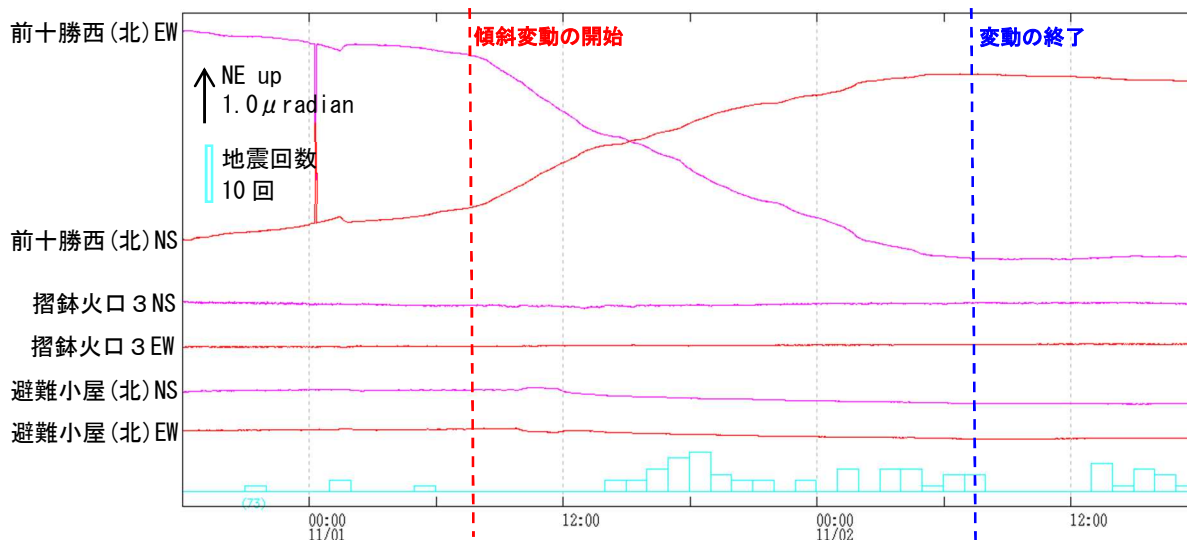


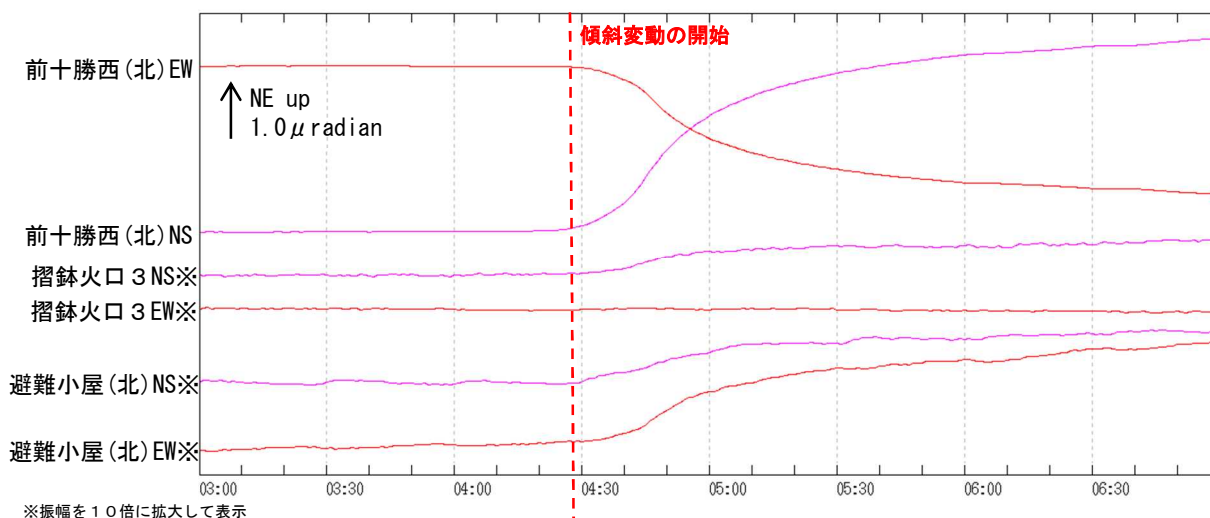
図9 十勝岳 傾斜変動及び地震活動 (2019年10月30日00時～11月6日24時)

- ・ 1日07時頃から2日07時頃にかけて、62-2火口近傍の傾斜計で、62-2火口方向が上がる傾斜変動を、5日04時30分頃から午後にかけて、62-2火口方向が下がる傾斜変動を観測した。
- ・ 1日昼過ぎから3日の昼頃にかけて、62-2火口付近の浅部を震源とする火山性地震が増加した。
- ・ 火口上がりの傾斜変動の開始から火口下がりの傾斜変動が開始するまでの間 (①②の赤点線の区間)、観測点間の最大振幅比が変化する。
- ・ 火口下がりの傾斜変動が始まった直後には 振幅の小さい火山性微動が発生した (③)。また、傾斜変動が鈍化し始めた09時頃には火山性地震が増加した (①)。
- ・ 火口上がりと火口下がりの傾斜変動量は同程度だが、火口上がりの傾斜変動より、火口下がりの傾斜変動の方が時間変動率大きい。

a) 火口上がり (11 月 1 日 00 時～2 日 12 時)



b) 火口下がり (11 月 5 日 03 時～07 時)



避難小屋東 振幅の二乗平均平方根 (分値)

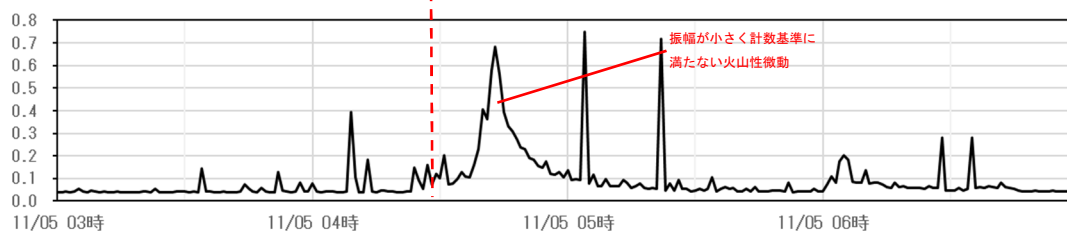


図 10 十勝岳 傾斜変動及び地震活動(火口上がり及び火口下りの期間を拡大)

- a) 火口上がりの傾斜変動が始まった(1日07時頃)後、同日昼過ぎから62-2火口付近の浅部を震源とする火山性地震が増加し、3日の昼頃にかけて多い状態が継続した。
- b) 火口下りの傾斜変動が始まった直後に振幅が小さい火山性微動が発生した。火山性微動や火山性地震は62-2火口付近の浅い所で発生したと考えられる。

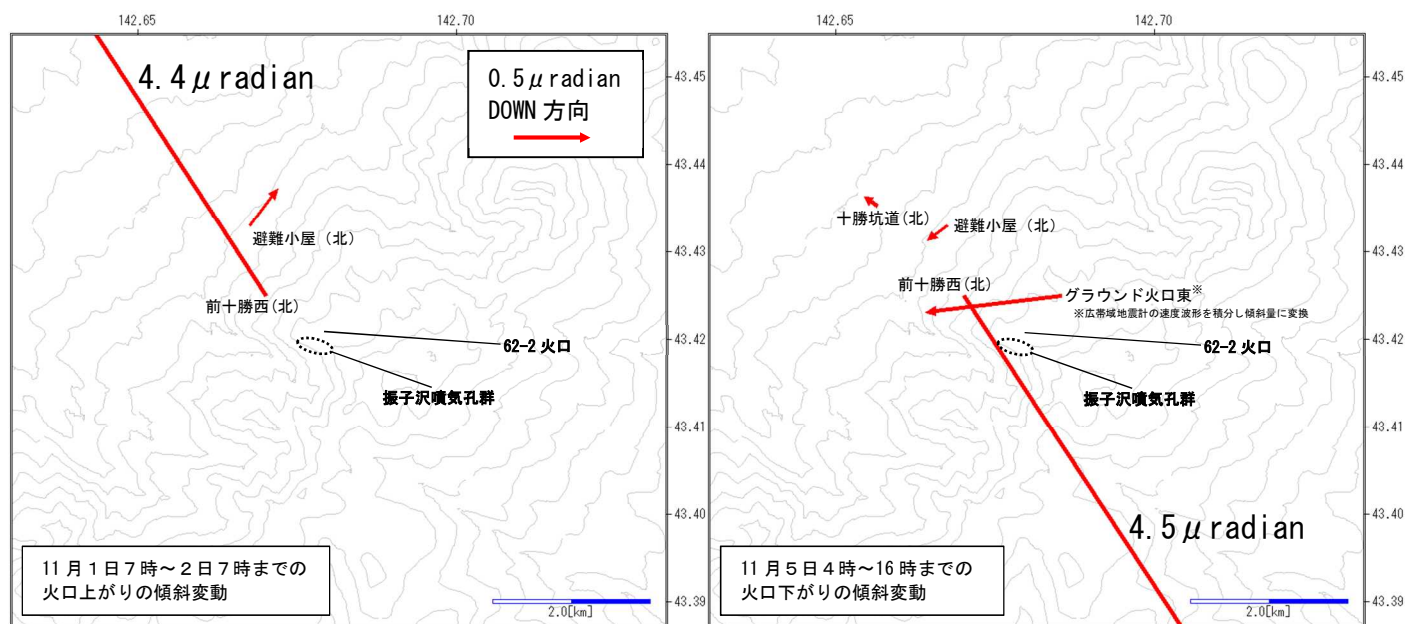


図11 十勝岳 2019年11月1～2日及び11月5日の傾斜変動ベクトル分布

この地図の作成には国土地理院発行の「数値地図50mメッシュ（標高）」を使用した。

- ・火口下がりの場合は、火口上がりよりも多くの観測点で、傾斜変動が観測された
- ・火口方向が上がる変動（a）と下がる変動（b）の量はほぼ同程度だった。



図12 十勝岳 2019年11月1～2日及び11月5日の前十勝西(北)観測点の傾斜変動ベクトルと地震分布の比較

●：2019年11月1日～2019年11月5日の震央

- ・2019年11月1～2日の傾斜変動と11月5日の傾斜変動のベクトルの向きは反対で、変動量はほぼ同程度だった。

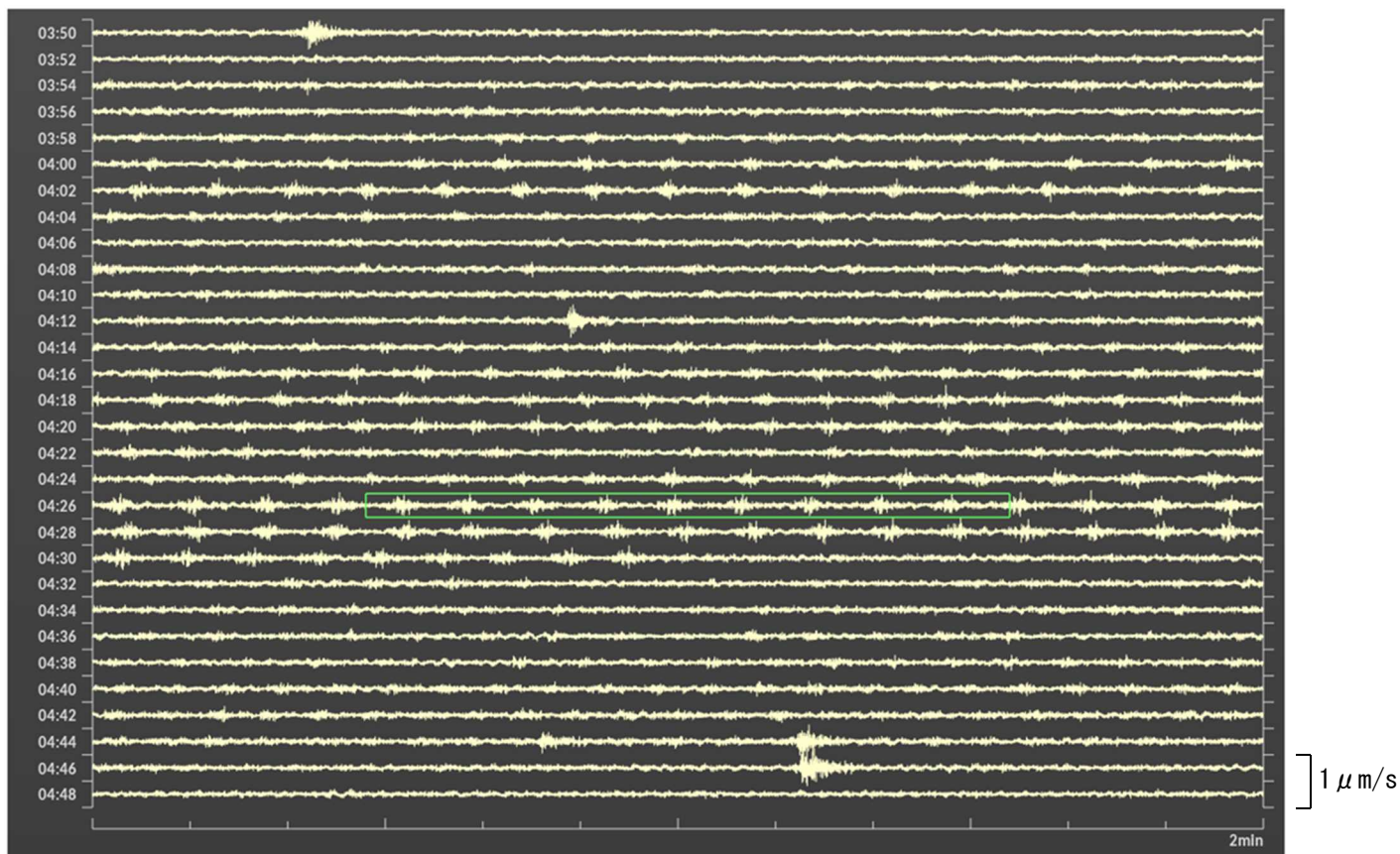


図13 十勝岳 避難小屋東の速度波形（上下成分 2019年10月1日03時50分～04時50分）

- ・数秒～数十秒間隔で微小地震が連続して発生した。
- ・上記と似た微小地震の増加は、6月28日21時頃にも発生し、火口付近の地震計で観測された。

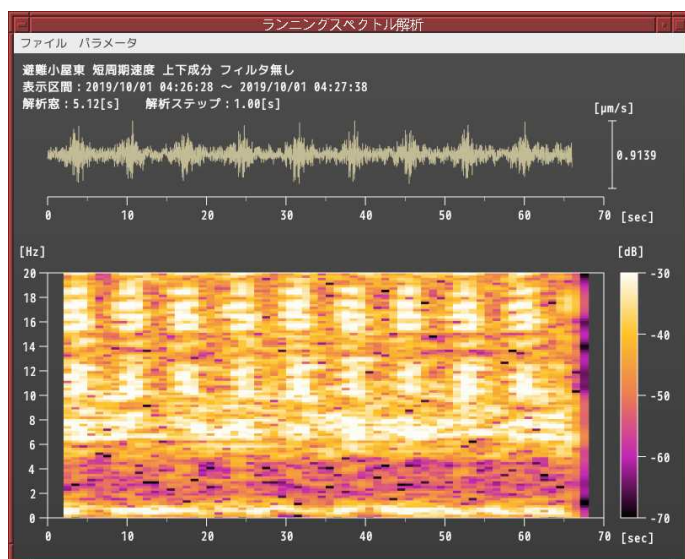


図14 十勝岳 避難小屋東上下動成分のランニングスペクトル（2019年10月01日04:26～04:27）

- ・6～20Hzの高周波成分が卓越する。

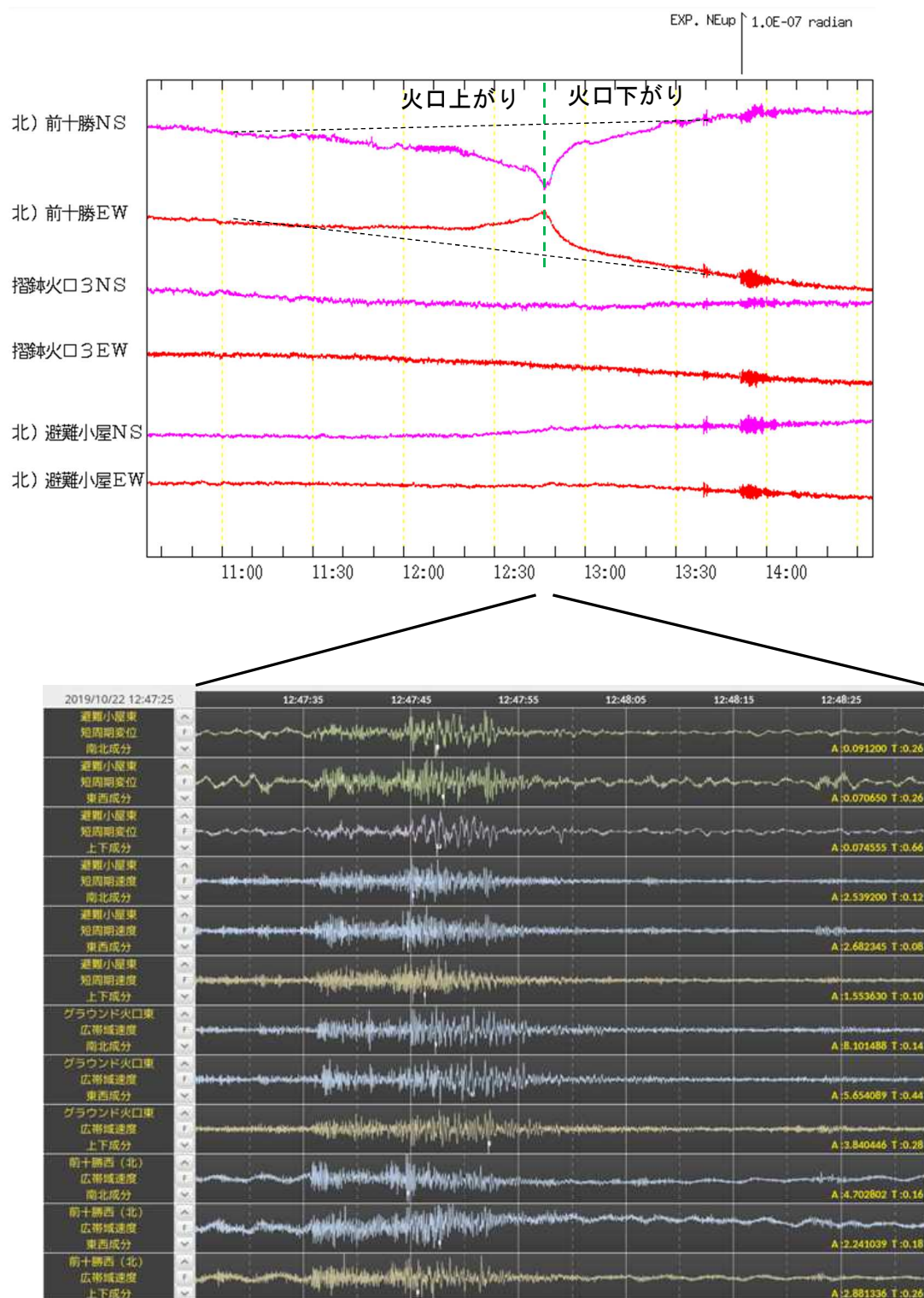


図15 十勝岳 2019年10月22日12時47分に発生したイベントの傾斜変動と地震計の波形
 (上) 火口近傍の傾斜記録 (10:35~14:35)
 (下) 火口近傍の地震記録 (12:47:25~12:48:35) 最大振幅で規格化

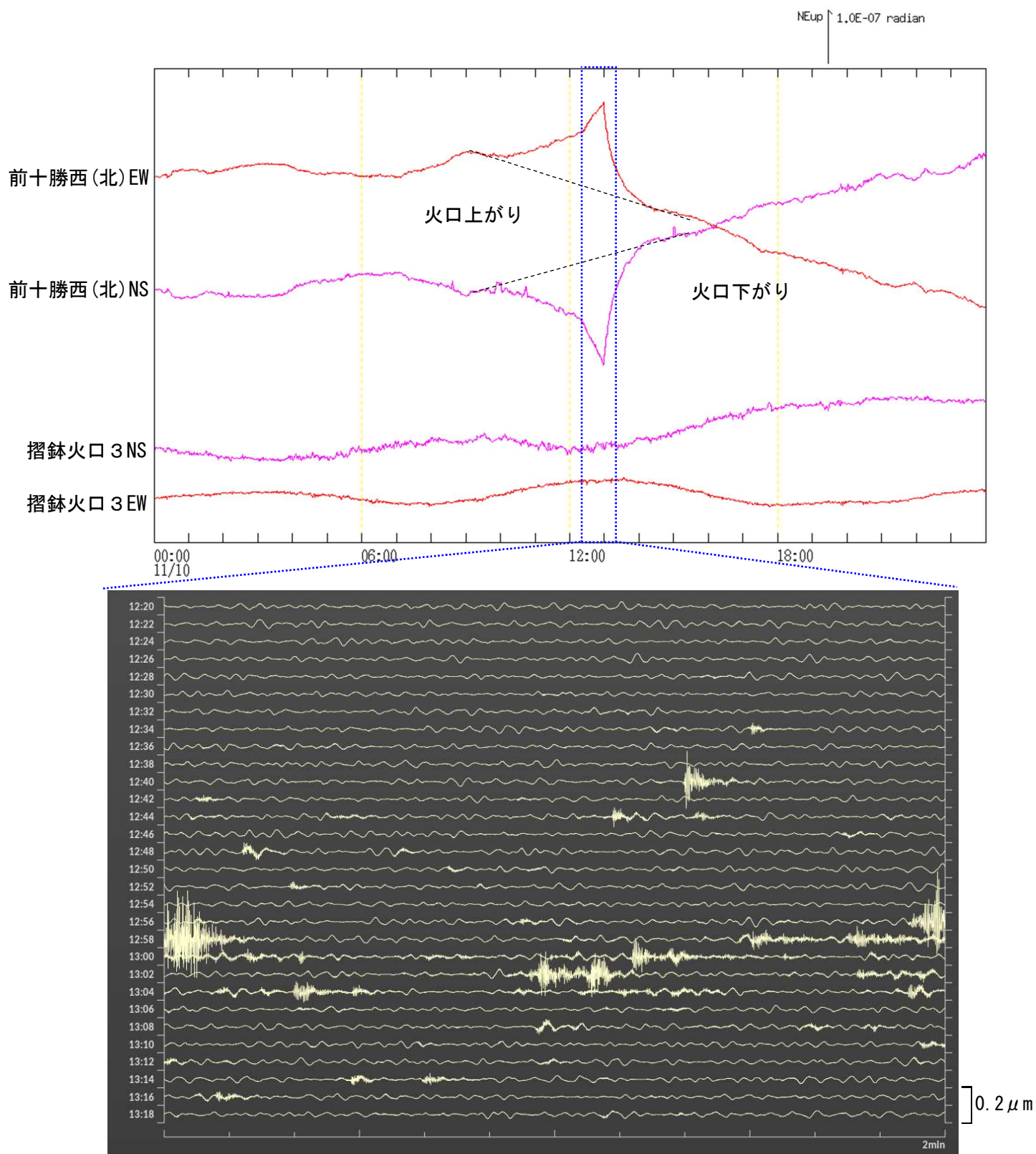


図16 十勝岳 2019年11月10日に発生した、震動を伴う傾斜変動の傾斜記録と地震波形
 (上) 火口近傍に設置した傾斜計の記録 (11/10 00:00~11/11 00:00)
 (下) 火口近傍に設置した地震計 (避難小屋東) の東西変位波形 (12:20~13:20)

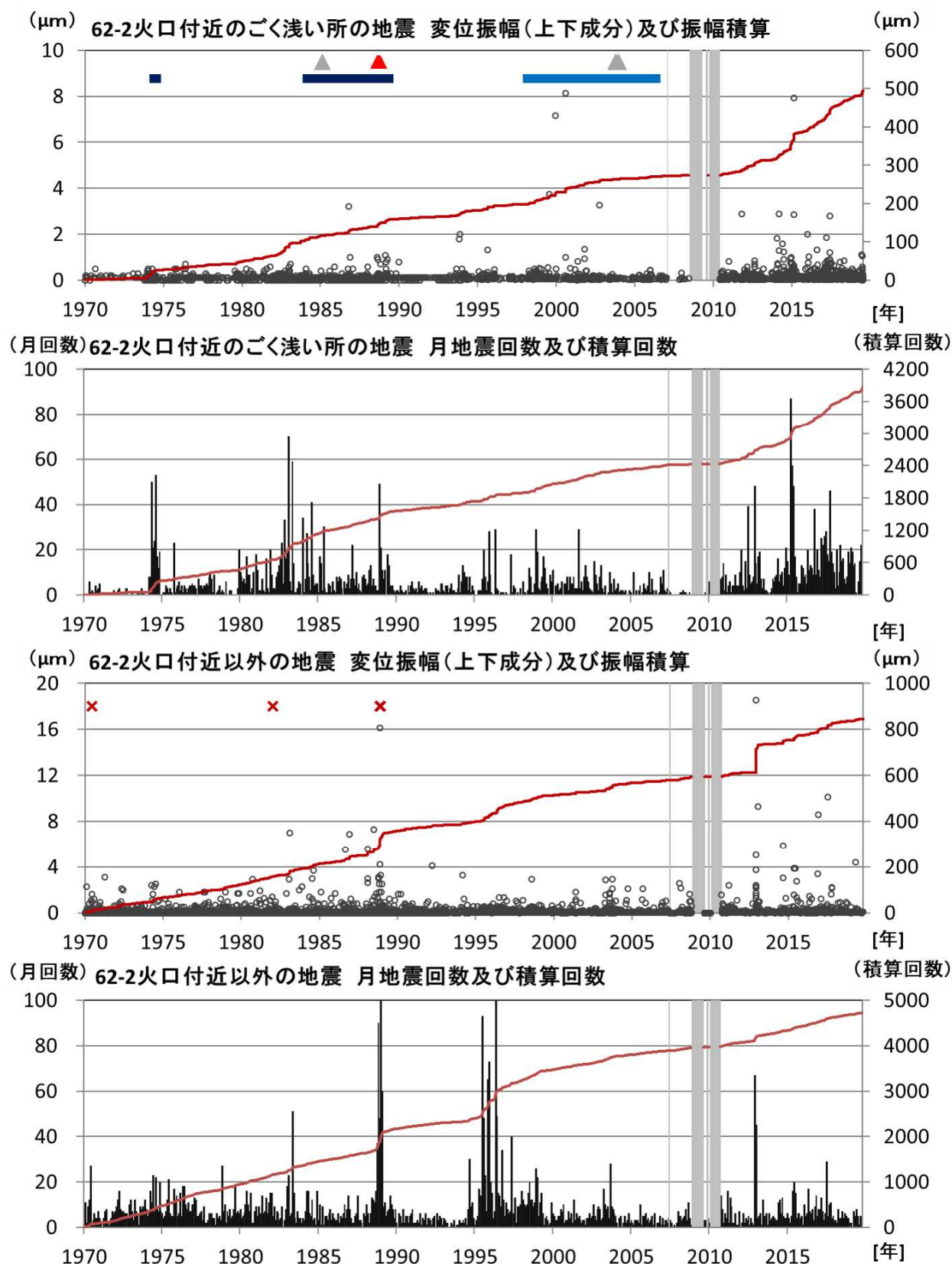


図 17 十勝岳 硫黄沢観測点でみた地震の活動経過と主な表面現象 (1970 年～2019 年 11 月 30 日)

計数基準 1970 年～1996 年：硫黄沢 0.05 μm 硫黄沢 S-P 5 秒

1997 年～：硫黄沢 0.05 μm 避難小屋東 S-P 2 秒

▲：マグマ噴火 ▲：ごく小規模な水蒸気噴火

■：62-1 火口の熱活動が高まった時期 ■：62-2 火口の熱活動が高まった時期

×：振り切れのため振幅の値が欠測である 灰色の期間は欠測を示す。

※1994～1999 年は地震の型判別基準が現在と異なるため 62-2 火口付近以外の地震を過大に計数している可能性がある。

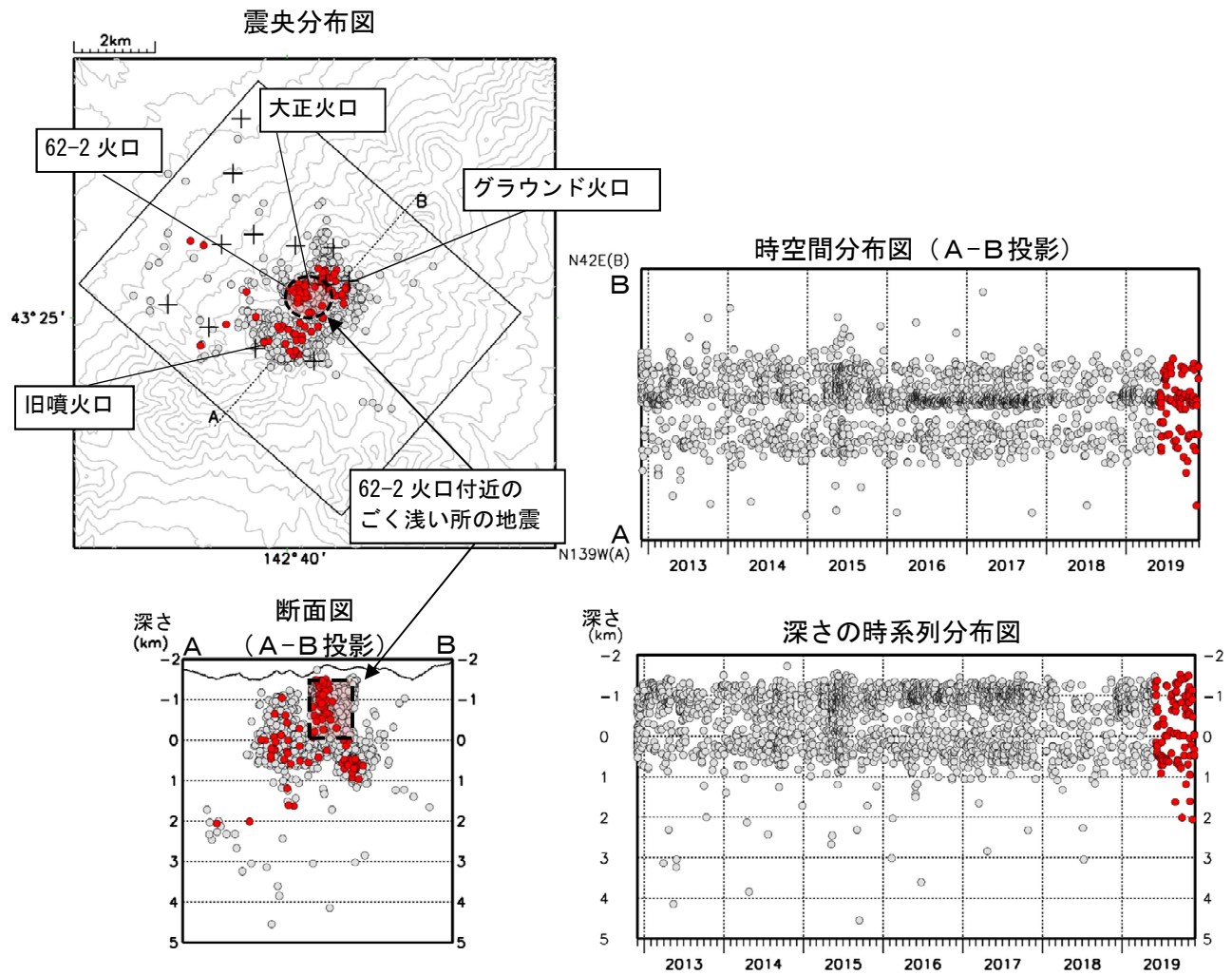


図 18 十勝岳 震源分布図 (2012 年 12 月～2019 年 11 月 30 日)

● : 2012 年 12 月 1 日～2019 年 5 月 31 日の震源

● : 2019 年 6 月 1 日～2019 年 11 月 30 日の震源

+ は地震観測点を示す。

一部観測点の欠測のため震源決定数や震源精度は一定ではない。

この地図の作成には国土地理院発行の「数値地図 50mメッシュ (標高)」を使用した。

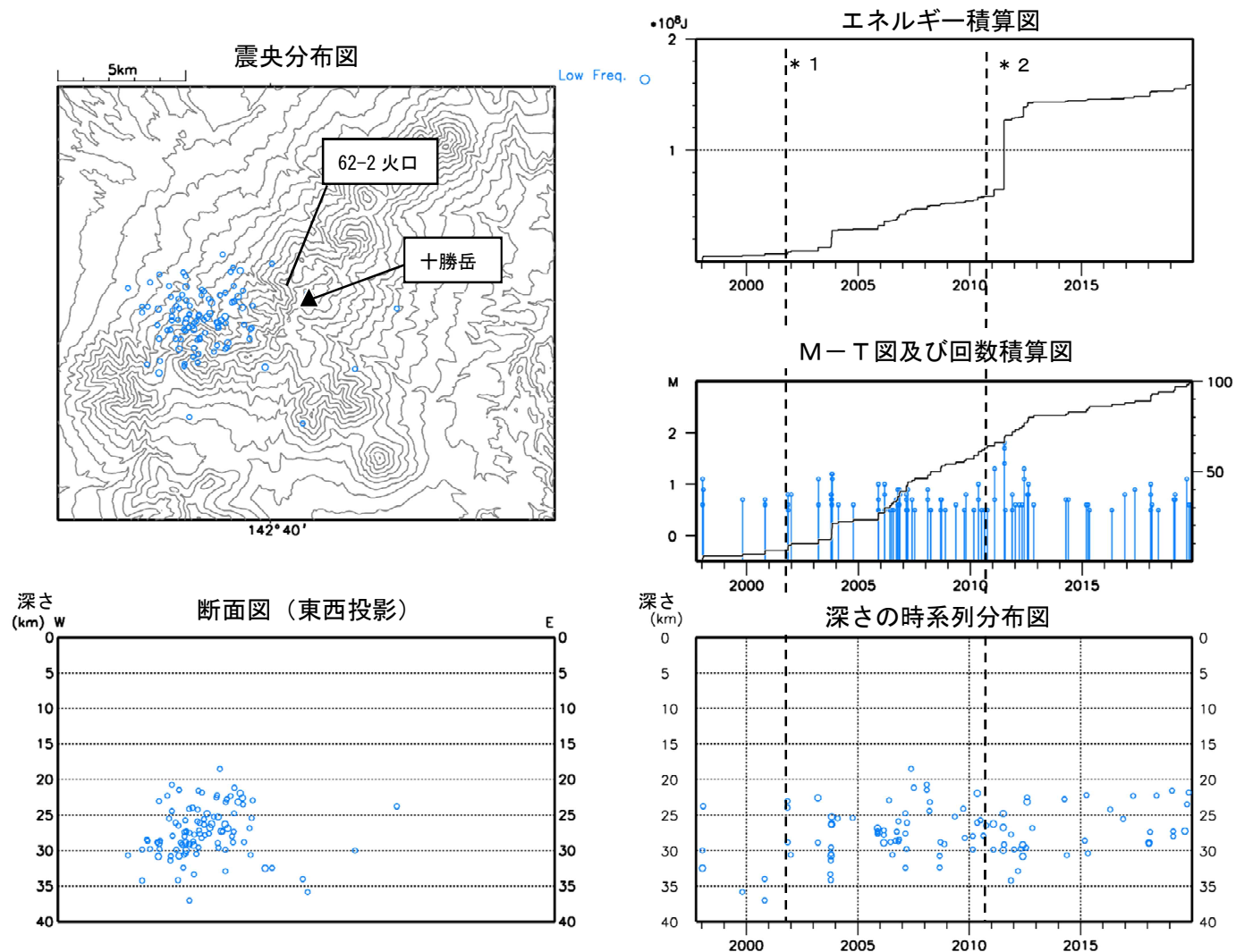


図 19 十勝岳 一元化震源による深部低周波地震活動

(1997 年 10 月～2019 年 11 月 30 日、 $M \geq 0.5$ 、深さ 40km 以浅)

* 1 : 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。

* 2 : 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。

この地図の作成には国土地理院発行の「数値地図 50mメッシュ (標高)」を使用した。

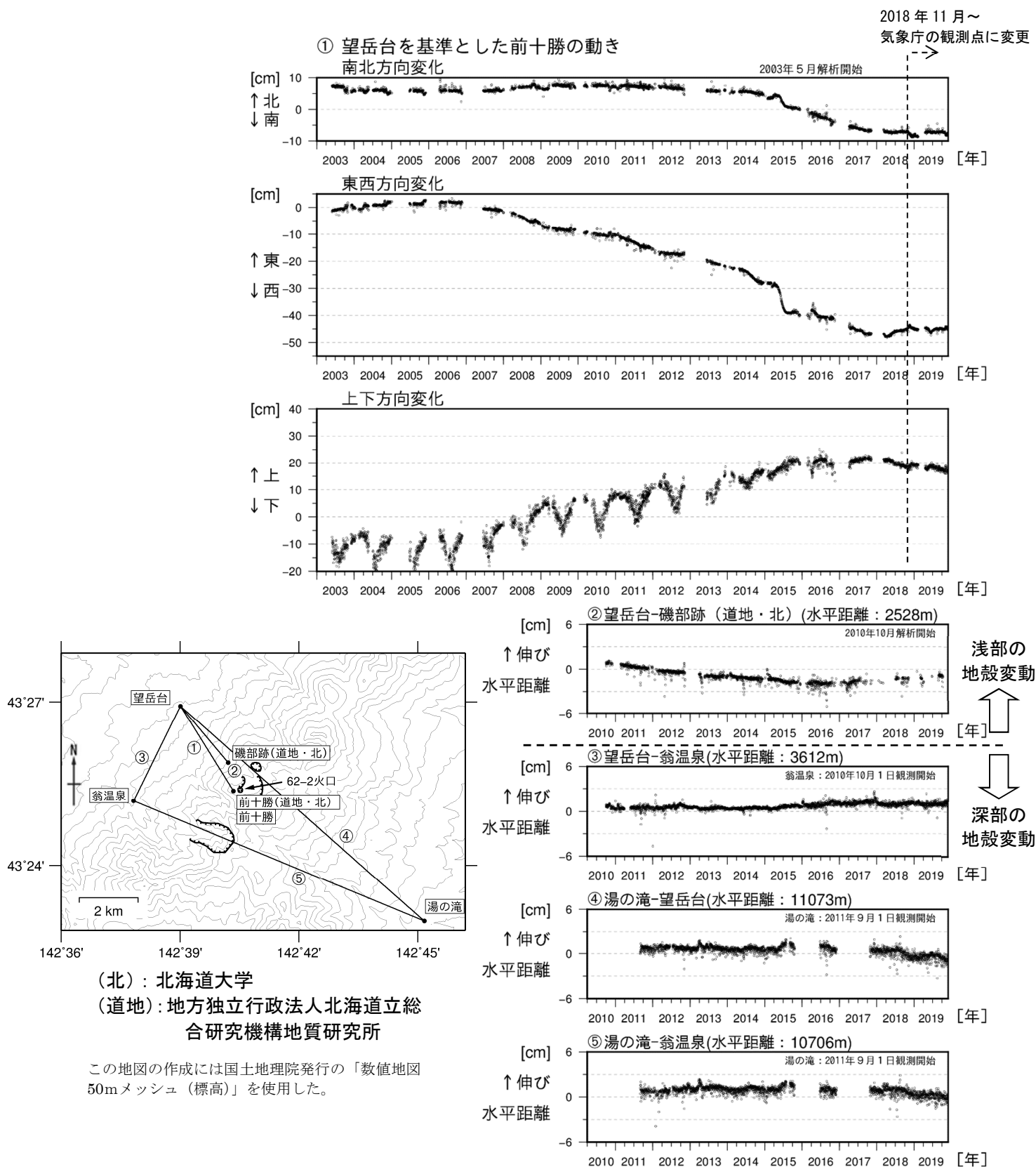


図20 十勝岳 GNSS連続観測による水平距離及び上下変化 (2003年5月～2019年11月) 及び観測点配置図

GNSS基線①～⑤は観測点配置図の①～⑤に対応している。

GNSS基線の空白部分は欠測を示す。

2010年10月と2016年1月に解析方法を変更している。

- ・2006年頃から、望岳台を基準とした前十勝の変化で62-2火口浅部の膨張を示す動きが観測されていたが、2017年秋以降停滞している。

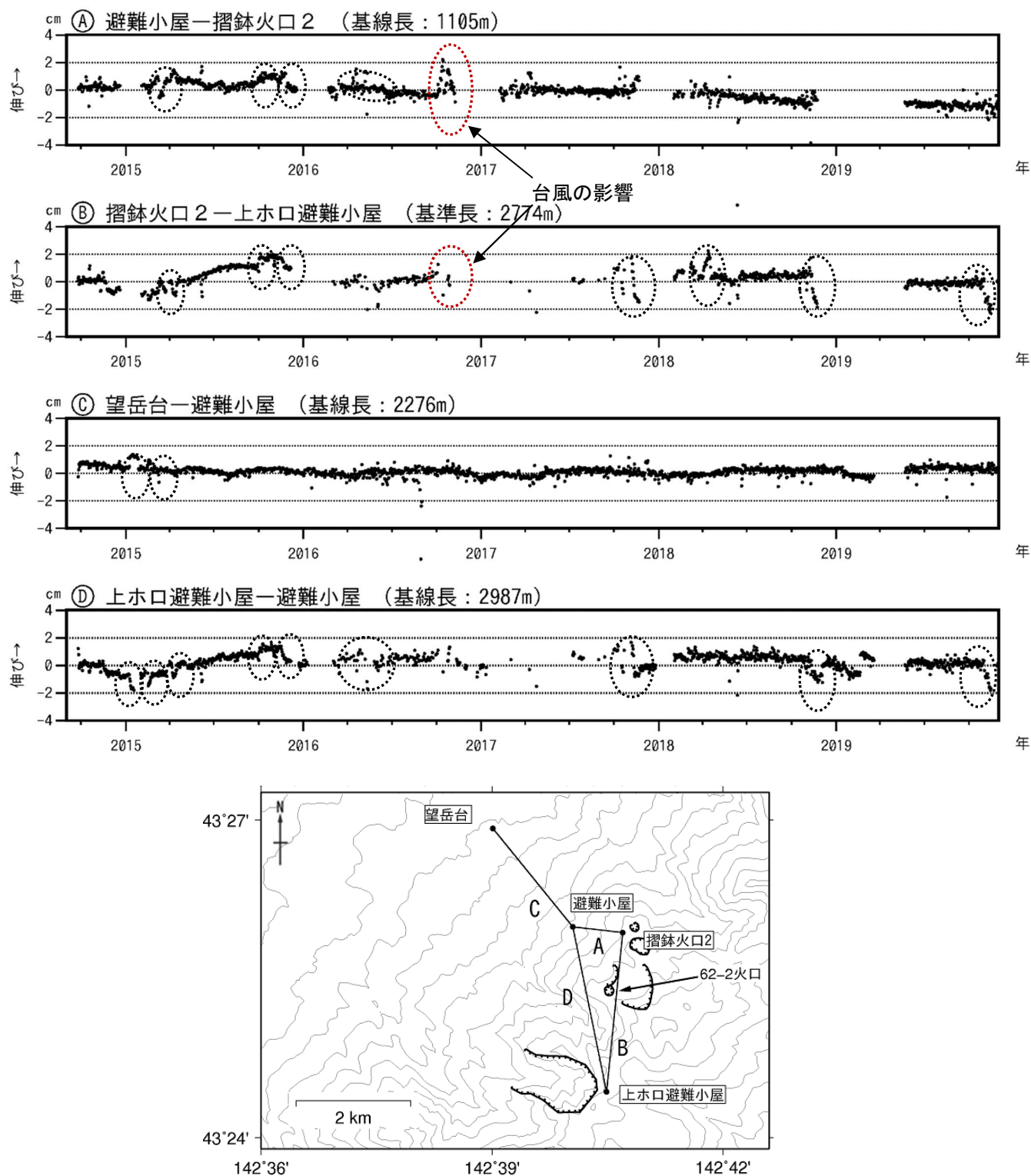


図21 十勝岳 GNSS連続観測による基線長変化 (2014年10月～2019年11月30日) 及び観測点配置図
 GNSS基線A～Dは観測点配置図のA～Dに対応している。
 空白部分は欠測を示す。
 黒破線内の変化は、凍上や積雪の影響による。
 2010年10月及び2016年1月に解析方法を変更している。
 この地図の作成には国土地理院発行の「数値地図50mメッシュ(標高)」を使用した。

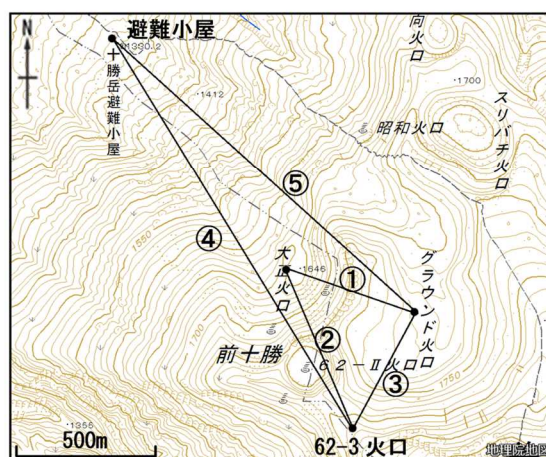
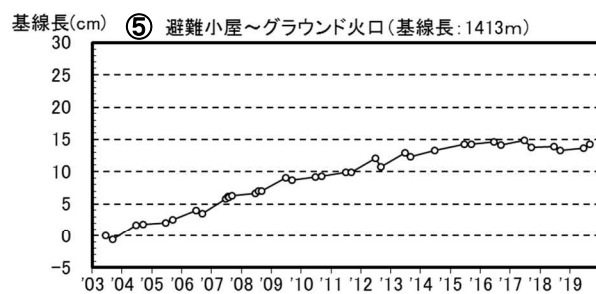
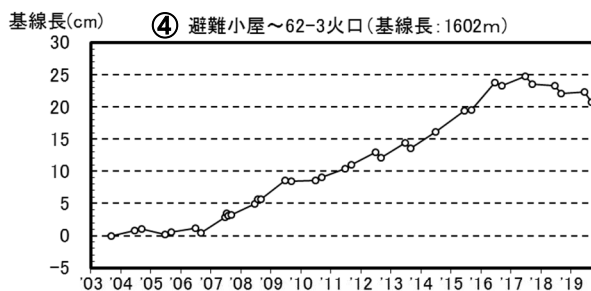
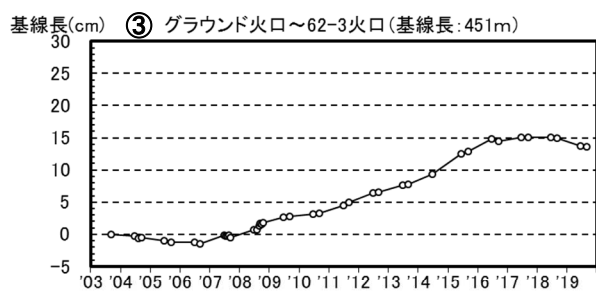
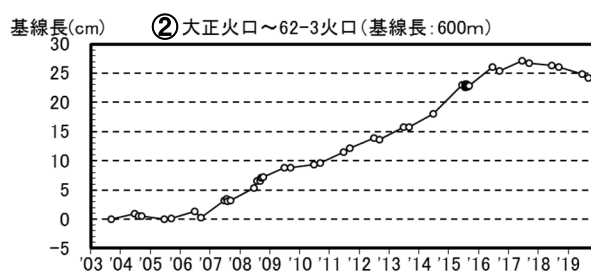
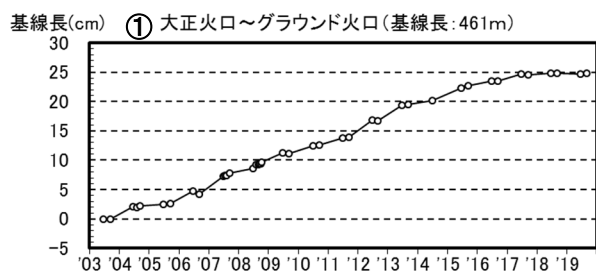


図22 十勝岳 GNSS繰り返し観測による基線長変化(2003年9月～2019年9月)及び観測点配置図
GNSS基線①～⑤は観測点配置図の①～⑤に対応している。

・62-2火口浅部の膨張を示す変動は、2017年秋頃から停滞し、一部の基線では2018年春頃から収縮を示す動きに転じた可能性がある。

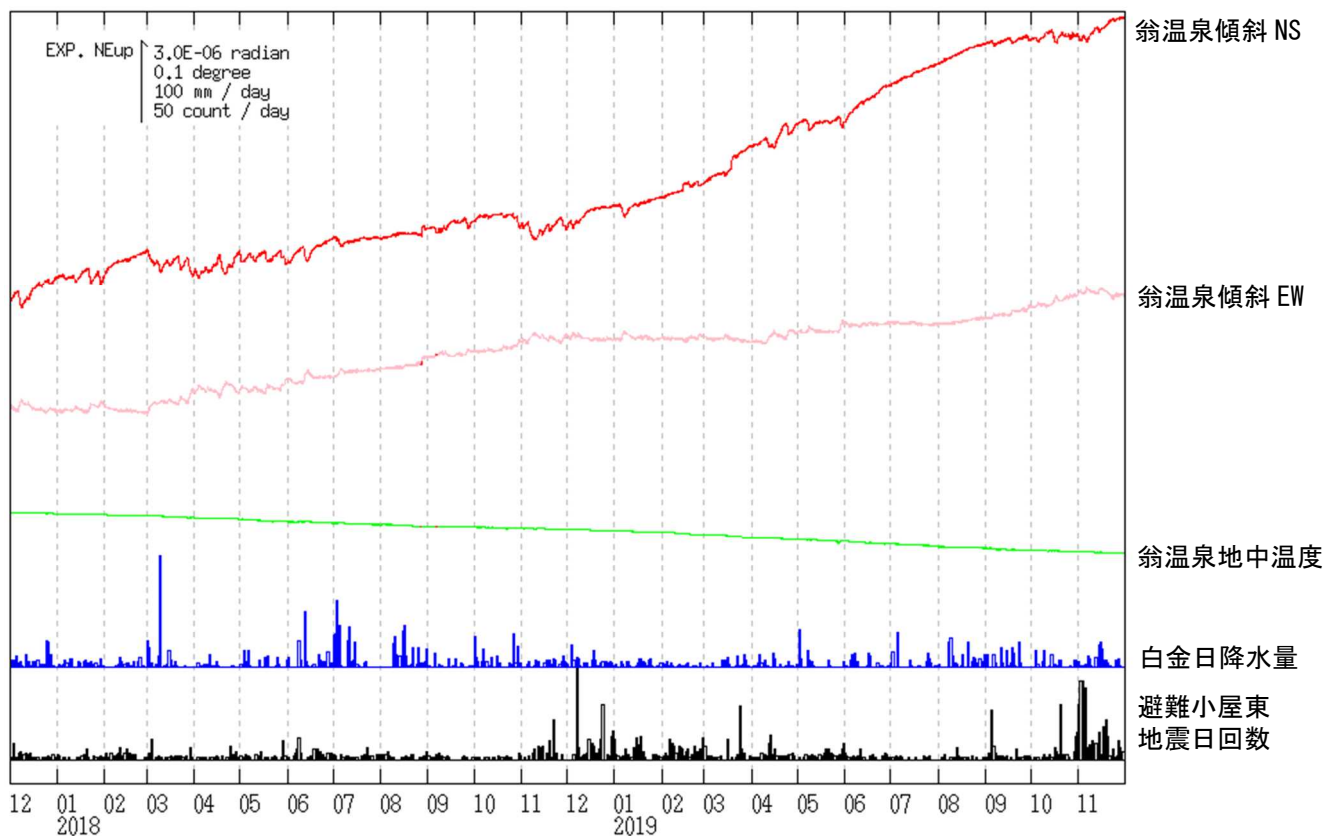


図 23 十勝岳 翁温泉観測点における傾斜変動
(2017 年 12 月～2019 年 11 月 30 日、時間値、潮汐補正済み)
・火山活動によるとみられる傾斜変動は認められない。

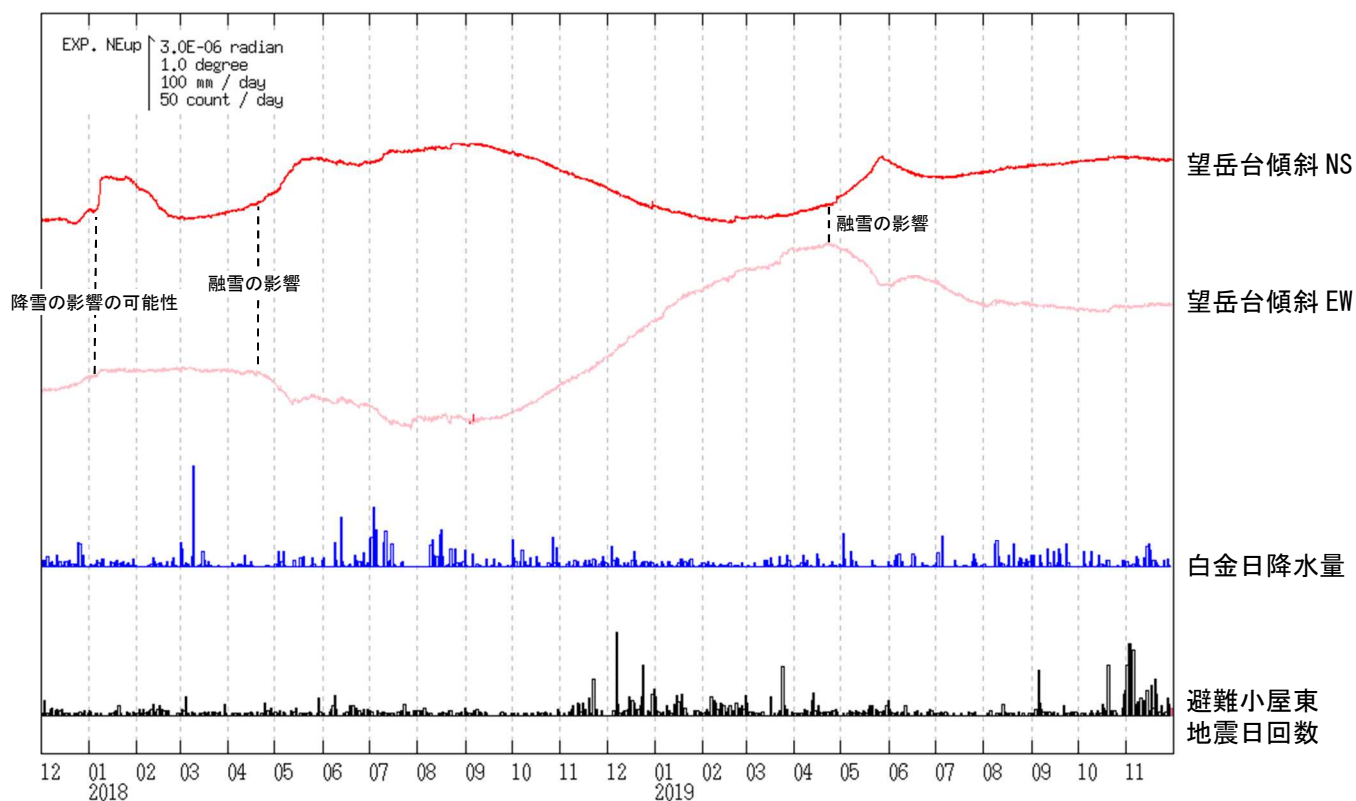


図 24 十勝岳 望岳台観測点における傾斜変動
(2017 年 12 月～2019 年 11 月 30 日、時間値、潮汐補正済み)
・火山活動によるとみられる傾斜変動は認められない。

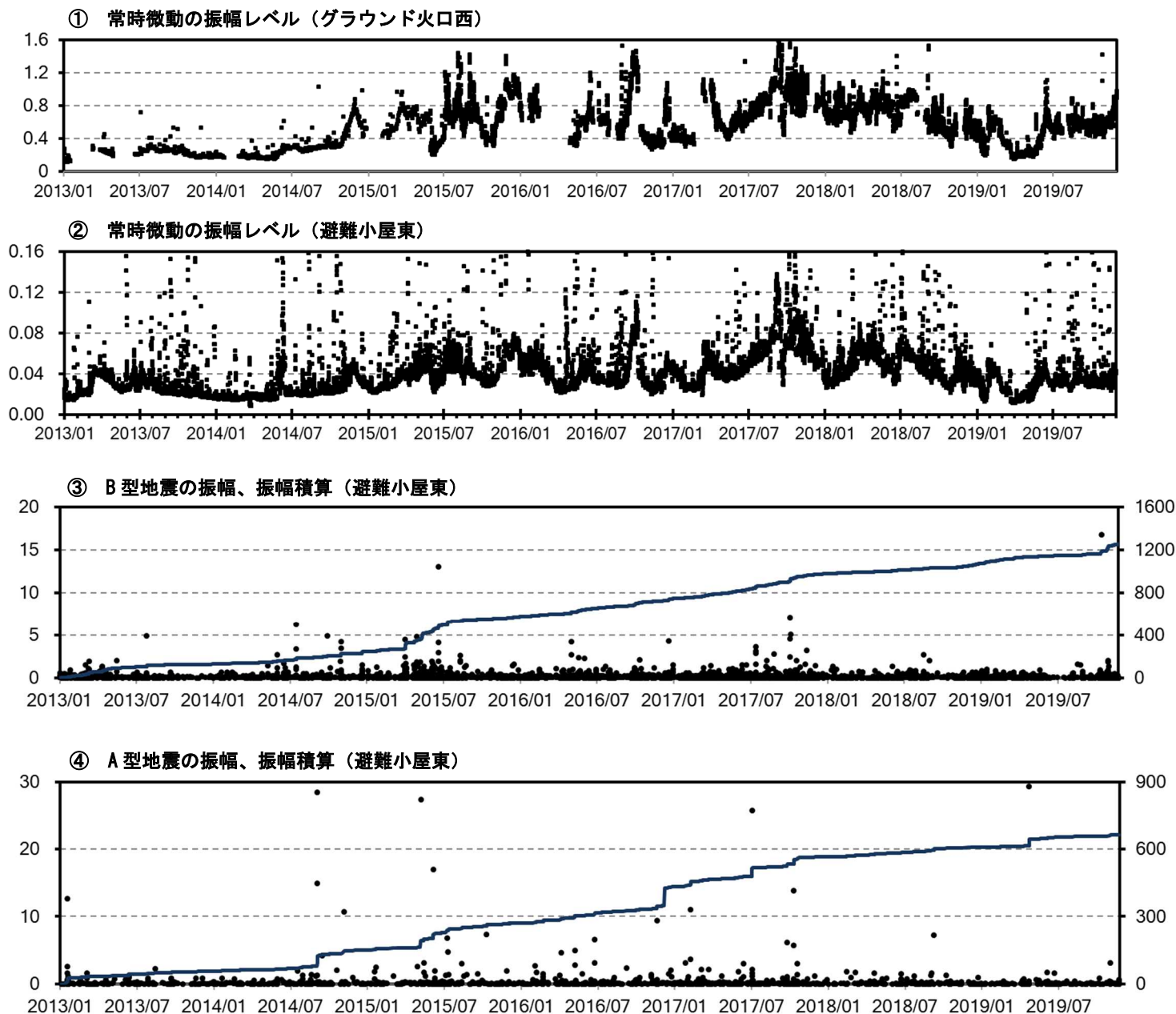


図25 十勝岳 火山活動経過図（短期：2013年1月～2019年11月30日）

①の空白は機器障害による欠測期間を示す。

黑字：熱活動
赤字：震動現象
青字：地盤變動

十勝岳

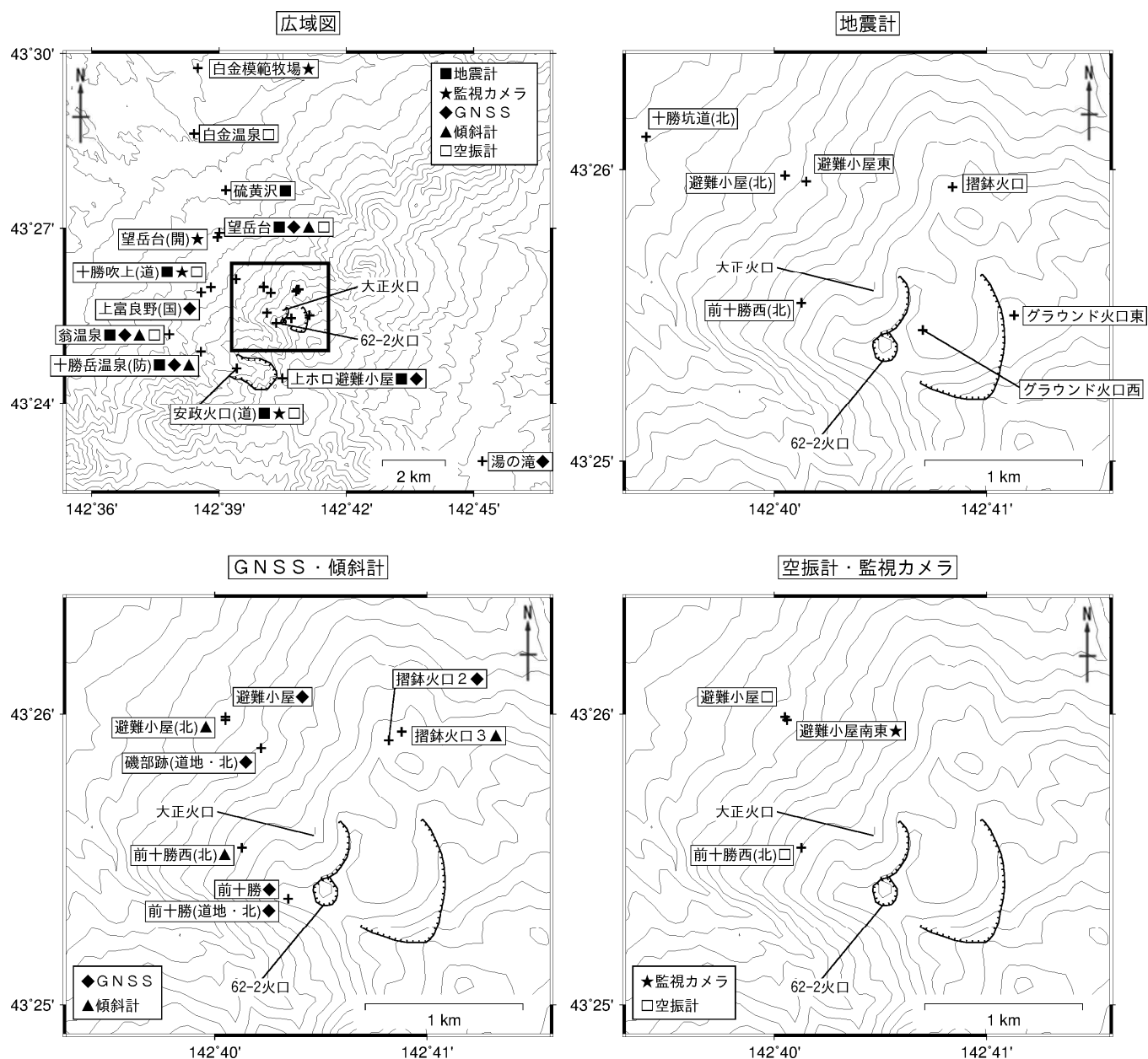


図 26 十勝岳 観測点配置図

＋は観測点の位置を示す。

気象庁以外の機関の観測点には以下の記号を付している。

(開) : 国土交通省北海道開発局

(国) : 国土地理院

(北) : 北海道大学

(防) : 国立研究開発法人防災科学技術研究所

(道) : 北海道

(道地) : 地方独立行政法人北海道立総合研究機構地質研究所

この地図の作成には国土地理院発行の「数値地図 50mメッシュ (標高)」を使用した。

○ 中長期的な活動経過（2006 年～）

・ 概要

十勝岳では 2006 年以降、噴煙高の高い状態、地熱域の拡大や温度上昇、地震の一時的な増加、山体浅部の膨張を示す地殻変動等、火山活動の活発化を示唆する現象を観測しており、浅部の活動は中長期的にやや高まった状況にあると考えられる（図 1）。

< 表面現象 >

大正火口の噴煙の高さは 2010 年頃から、振子沢噴気孔群の噴気の高さは 2018 年 4 月下旬頃から、それぞれやや高い状態が続いている。特に、振子沢噴気孔群の噴気の高さは、1980 年代後半と同程度まで高くなっている。また、これまでの調査観測で、62-2 火口については、2016 年以降火口内最高温度の上昇傾向が、振子沢噴気孔群の高温域は、2015 年 6 月の調査観測以降、拡大した状態が継続していることが認められている。

< 地震活動 >

62-2 火口付近の地震は、長期的にみると 2010 年頃からやや多い状態となっている。一方、グラウンド火口周辺や旧噴火口付近など 62-2 火口付近以外の地震活動は低調に経過している。

2018 年 5 月下旬以降、62-2 火口付近の浅部を震源とする火山性地震の一時的な増加や火山性微動が時々観測されており、火口付近に設置した傾斜計でごくわずかな傾斜変化が観測されることがある（詳細は地殻変動の項を参照）。また、傾斜変動は観測されないものの、数秒～数十秒間隔で繰り返す微小地震が時々観測されている。監視カメラによる観測では噴煙・噴気の状態に変化は認められていない。

< 全磁力 >

2008 年以降、62-2 火口の地下浅部における消磁を示唆する傾向が長期間続いてきたが、2017 年以降はその傾向が緩やかになっている（詳細は北海道大学の資料を参照）。

< 温泉成分 >

地方独立行政法人北海道立総合研究機構地質研究所が山腹の温泉で測定している温泉成分では、 Cl/SO_4 モル比と塩化物イオン濃度が 2012 年から 2013 年にかけてわずかに上昇が認められた。これらのモル比と濃度は、1988 年のマグマ噴火の前に大きく上昇していたことが明らかになっている（道総研地質研究所，2014）。その後、2019 年 10 月までモル比は減少傾向が継続している。

< 地殻変動 >

・ 傾斜計による地殻変動

2018 年 5 月下旬頃より、火口近傍に設置した傾斜計で、62-2 火口浅部が変動源とみられる傾斜変動が時折観測されている（図 3）。その中でも、2018 年 11 月 22 日及び 2019 年 11 月 1～5 日にかけて観測された傾斜変動は、2018 年 5 月下旬以降のイベントでは変動量が

大きい ($10^{-7} \sim 10^{-6}$ radian ; 詳細は本資料を参照)。図 3 に、2018 年 5 月～2019 年 11 月における、北大前十勝西観測点での傾斜変動から求めた傾斜方向（火口下がり）を示す。各イベントにおける傾斜変動の方向はいずれも、観測点－62-2 火口方向から南方向に約 30° 偏る。なお、傾斜計による地殻変動が観測されているのは、GNSS による活動火口浅部の膨張が停滞した時期に含まれる。

第 142 回予知連絡会で報告したとおり、浅部に蓄積された火山性の流体（熱水や火山ガス）の一部が 62-2 火口や振子沢噴気孔群から噴煙・噴気として放出される現象が進んでおり、2018 年 5 月下旬以降、その傾向が短期的に強まったときに、傾斜変動を伴う火山性地震の一時的な増加や火山性微動が発生している可能性があると考えられる。

・ GNSSによる地殻変動

第 140 回火山噴火予知連絡会資料（気象庁）では、活動火口浅部の膨張に関して、GNSS 繰り返し観測及び連続観測データから 62-2 火口付近と大正火口付近の 2 つの圧力源を仮定したモデルで、2006 年以降の 2 つの圧力源の合計の膨張率がほぼ一定であることを示した。また、一方の圧力源の体積変化量が増加した後に他方が増加するという相補的な変化が認められ（図 5）、さらに、それぞれの圧力源の膨張に対応するように、表面活動や地震活動の高まりが観測されている。今回新たに、2017 年以降の地殻変動データも追加して 2006 年～2019 年の GNSS データによる地殻変動について検討した。

図 6 に、2005 年 9 月～2017 年 6 月（以下、膨張期(a)）と 2017 年 6 月～2019 年 6 月（以下、停滞期(b)）の期間において、2 つの圧力源の水平位置・深さを固定した場合の地殻変動の解析結果を示す（各圧力源の位置は第 140 回予知連絡資料の図 29 と同一）。これまでに報告した通り、この期間では、水平変動、上下変動ともに、観測値と計算値は概ね整合的である。停滞期(b)には、活動火口近傍の前十勝観測点及び大正火口観測点で、観測値と計算値のベクトルの向きが異なる。

第 138 回予知連絡会で報告した、2003 年から 2017 年までのステージ（Ⅰ～Ⅴ）に加え、2017 年以降の前十勝観測点の変動に着目して、ステージⅥ（2017 年 6 月～2018 年 6 月）及びステージⅦ（2018 年 6 月～2019 年 6 月）を追加した。図 7 に、望岳台観測点を基準とした、各ステージにおける GNSS 観測データの水平変動の変化の軌跡を示す。膨張期の水平ベクトルはいずれの観測点においても、活動火口から概ね等方的に広がる傾向を示すが、停滞期ではいずれの観測点も等方的な方向から逸れて、活動火口に対して直角方向から活動火口に向かう方向に変化する。また、停滞期の変動量は膨張期に比べて小さい。この変動は、膨張期の変動を説明した 2 つの圧力源による計算値では説明できず、2017 年前後で圧力源の状態が変化（圧力源数の増加、圧力源の移動あるいは形状変化など）した可能性が考えられる。

なお、GNSS 連続観測では山体を広域に取り囲む基線に変化は無く、深部へのマグマの供給によると考えられる地殻変動は認められない（本資料を参照）。

・今後の火山活動について

今後も、2018 年 5 月下旬以降の火山性地震の一時的な増加及び火山性微動（図 8 ②の赤枠）、及び火口近傍浅部を変動源とする傾斜変動が繰返し発生する可能性がある（図 8 ①～②のステージ）。GNSS 観測による活動火口浅部の膨張傾向の停滞が再び膨張に転じる可能性、あるいは火口近傍のみに影響するごく小規模な噴火に至る可能性（図 8 -b）も含めて推移を追跡する。現時点で、山体周辺で揺れを感じるような規模の大きな地震を含むやや深部の A 型地震の増加や、やや深部の膨張に対応するような地殻変動は観測されていない。このことから直ちにマグマ噴火の可能性（図 8 -c）を論じる段階には達していないと考えられるが、今後の推移には注意を要する。

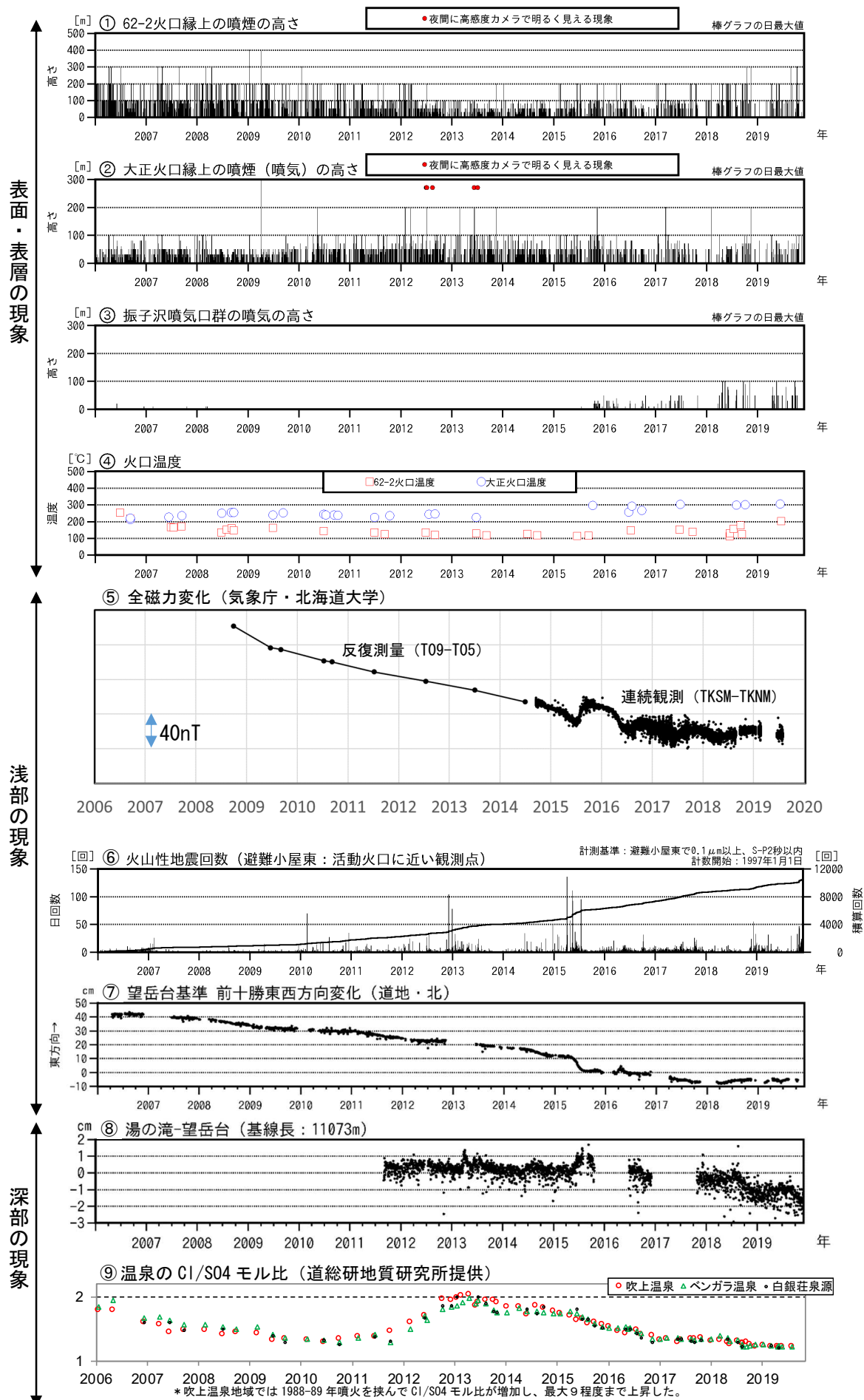


図 1 十勝岳 火山活動経過図（2006 年 1 月～2019 年 11 月）

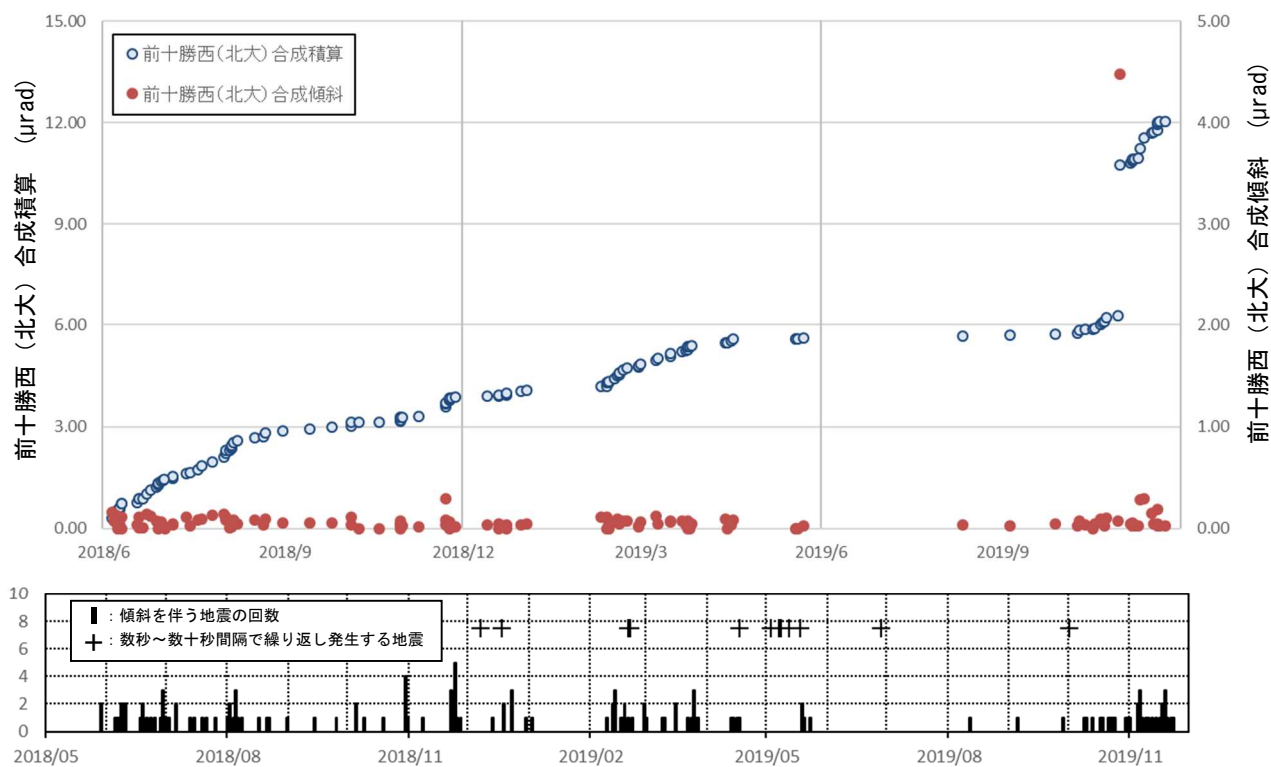


図2 十勝岳 傾斜変動を伴う地震、数秒～数十秒間隔で繰り返し発生する地震の時系列

- ・ 2018 年 5 月下旬頃より、火口近傍に設置した傾斜計で、活動火口浅部が変動減とみられる傾斜変動 ($\leq 10^{-6}$ radian) が時折観測されており、火山性地震の一時的な増加や火山性微動を伴う場合が多い。
- ・ 傾斜変動は観測されないものの、数秒～数十秒間隔で繰り返す微小地震が時々観測されている。

変動量 NS vs EW

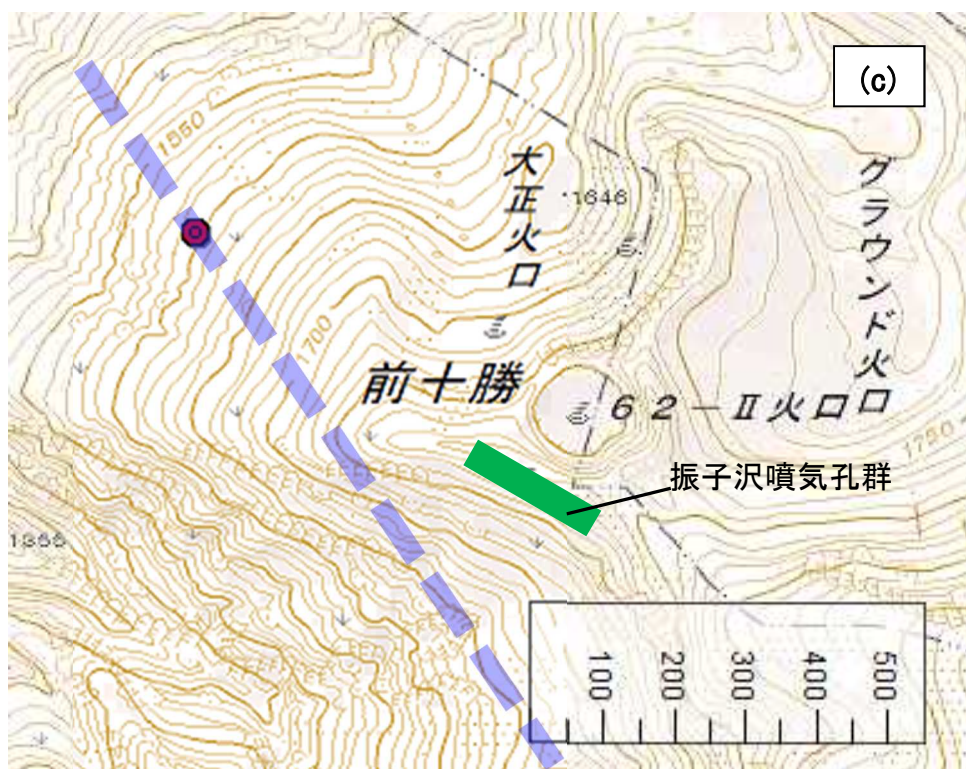
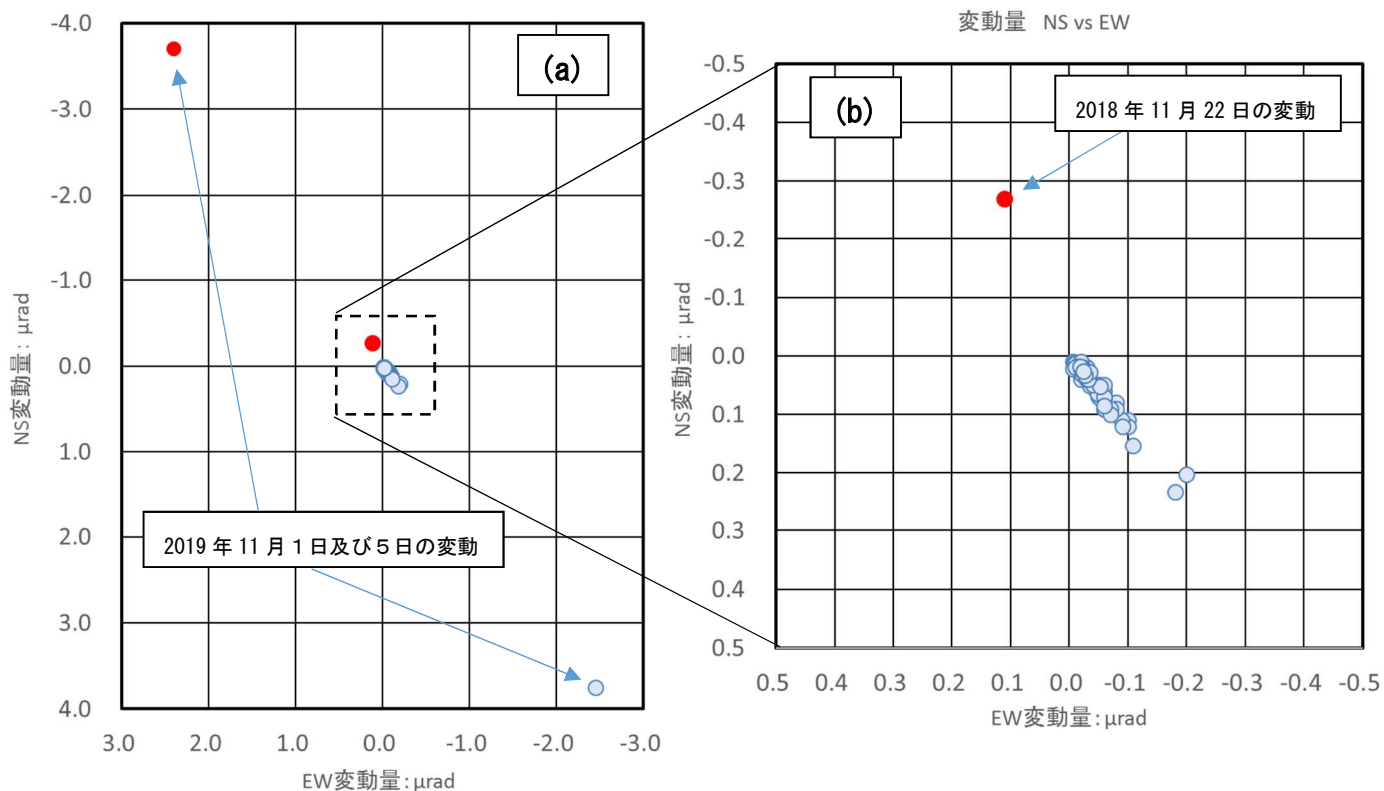


図3 十勝岳 2018年5月～2019年11月における、北大前十勝西観測点（赤円）での傾斜変動の南北成分と東西成分から求めた傾斜方向（地図中の青点線）

図(a)と(b)で、青点は火口下がり、赤点は火口上がり（2018年11月22日、2019年11月1日）を示す。

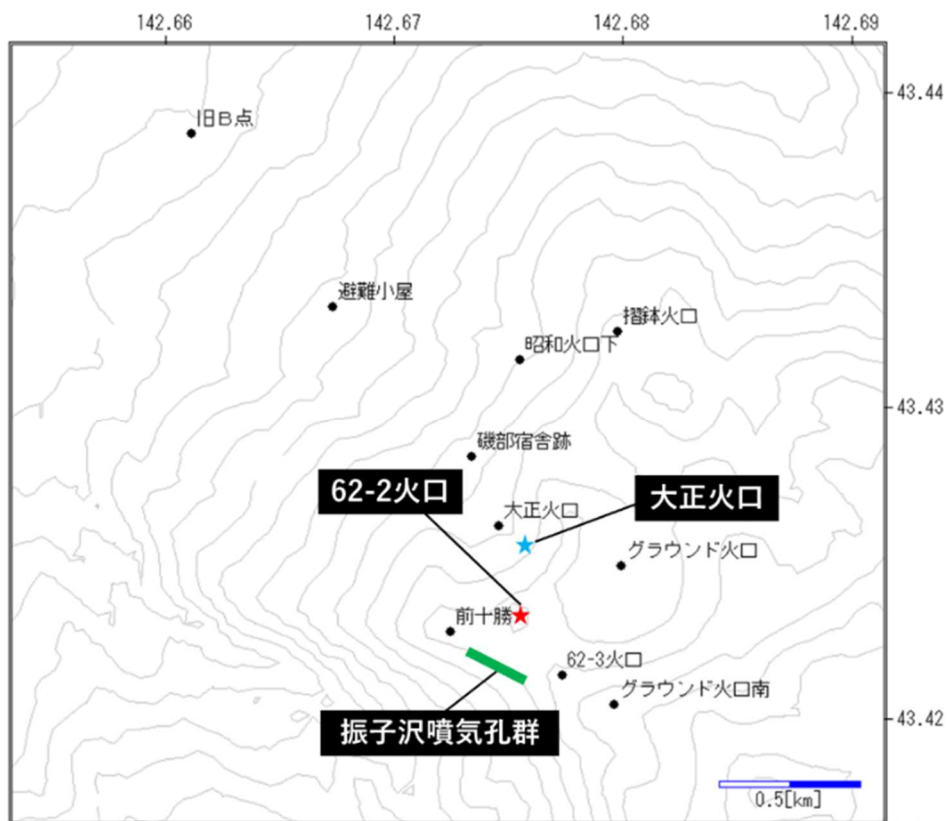
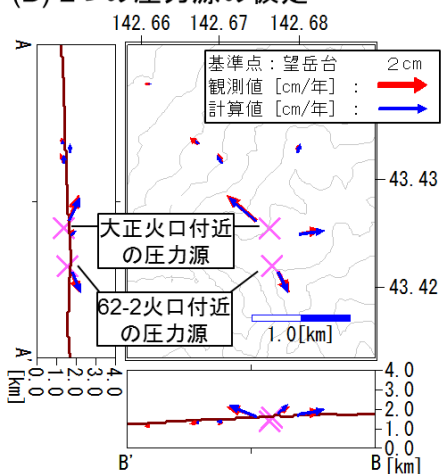
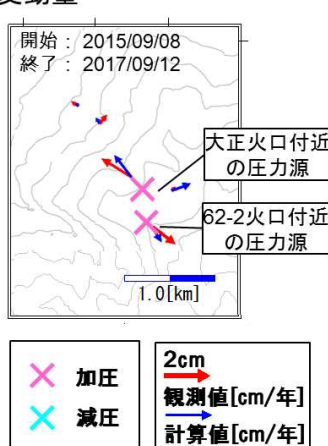


図 4 十勝岳 GNSS 連続及び繰り返し観測点配置図及び各火口の位置

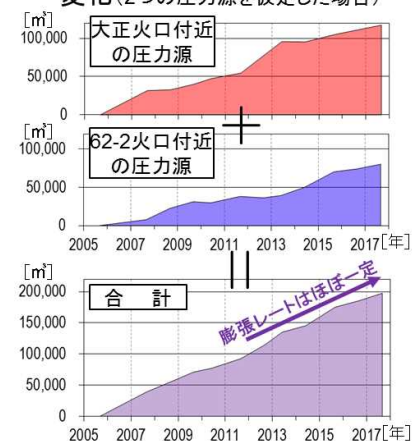
(B) 2つの圧力源の仮定



(C) 2017年にかけての水平変動量



(D) 2006年以降の圧力源の体積変化 (2つの圧力源を仮定した場合)

図 5 十勝岳 2つの圧力源を仮定した場合の地殻変動の解析結果
(第 140 回火山噴火予知連絡会資料を再掲)

- ・ 2つの圧力源を合計した膨張率は、2006年から2017年までほぼ一定で推移した。

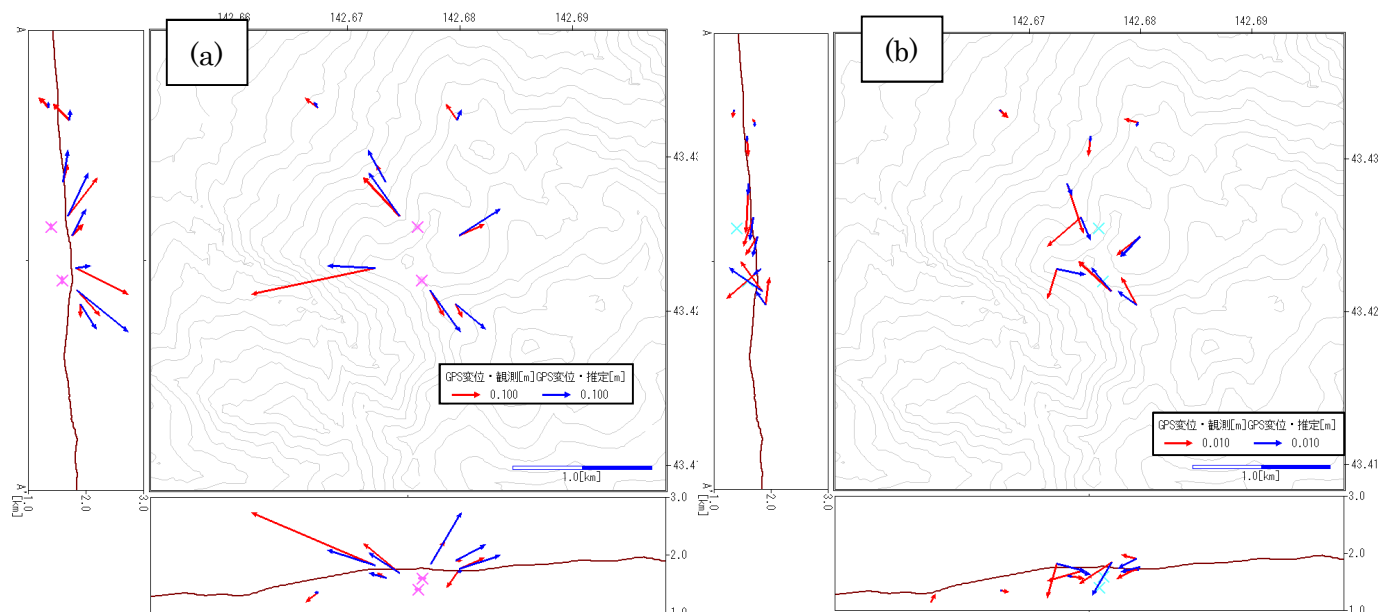


図6 十勝岳 2005 年～2019 年の GNSS 連続及び繰返し観測結果に基づく 2つの圧力源モデルと地殻変動解析 (a) 2005 年 9 月～2017 年 6 月、(b) 2017 年 6 月～2019 年 6 月

2005 年 6 月～2014 年 6 月のデータ（水平・上下 3 成分）をもとに、標高補正を加えた茂木モデル（福井，2008）を仮定したグリッドサーチにより推定した圧力源（札幌管区気象台地域火山監視・警報センター，2018，予知連会報，127，p. 37）を仮定。基準点は GNSS 連続観測点望岳台

- ・ 2005 年 9 月～2017 年 6 月の火口周辺の観測点の変化は、計算値と概ね整合的である。
- ・ 2017 年 6 月～2019 年 6 月では、大正火口観測点及び前十勝観測点で観測値と計算値のベクトルの向きが異なっているため、2017 年以前を境に地殻変動の傾向が変化したと考えられる。

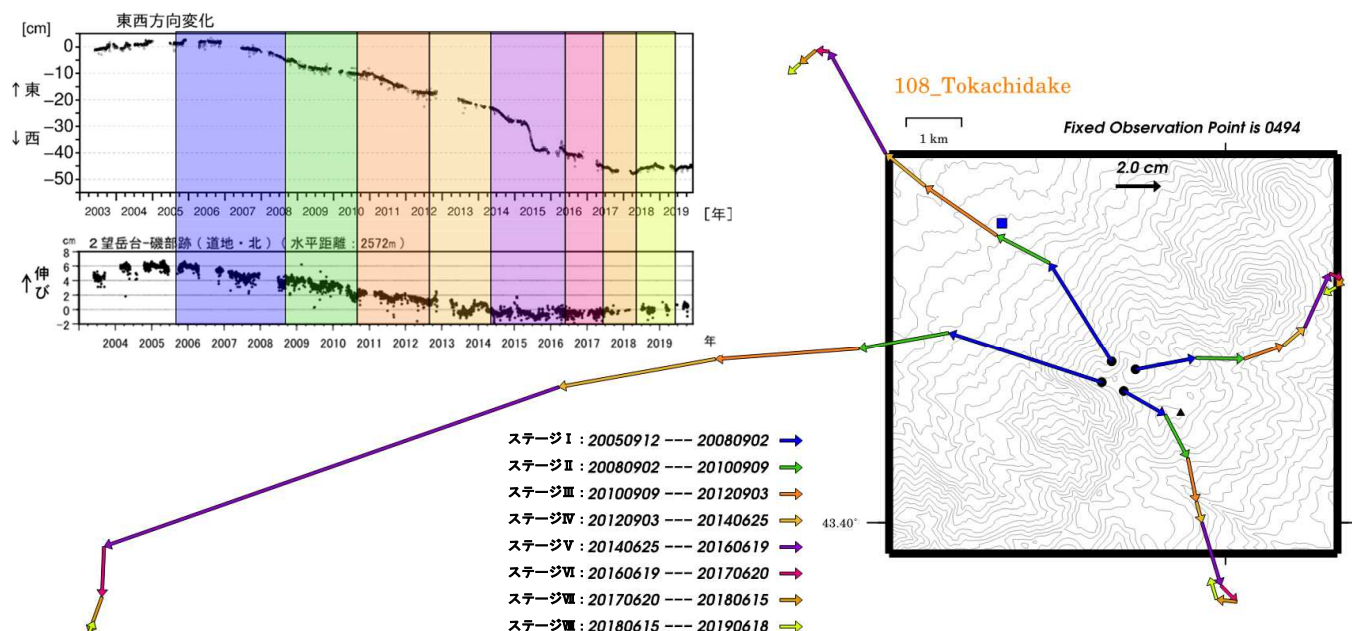


図7 十勝岳 各ステージにおける GNSS 観測データの水平変動の変化の軌跡
(2005 年 9 月～2019 年 6 月；基準点は望岳台観測点(青四角))

- ・ 膨張期の水平ベクトルは、活動火口から概ね等方的に広がる傾向を示すが、停滞期ではいずれの観測点も等方的な方向から逸れて、活動火口に対して直角方向から活動火口に向かう方向に変化する。
- ・ 停滞期（ステージⅦ～Ⅷ）の変動量は、膨張期（ステージⅠ～Ⅵ）に比べて小さい。

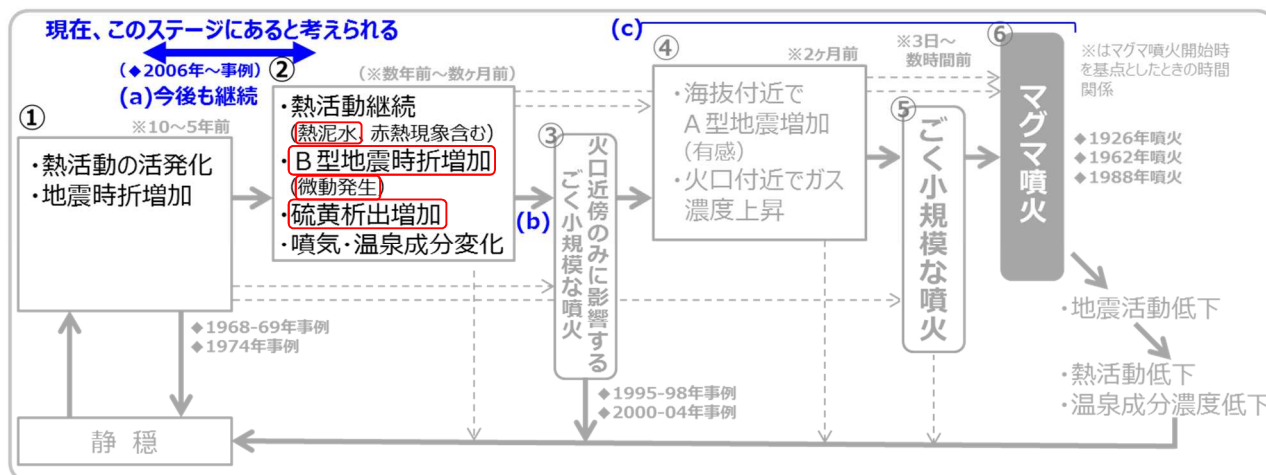


図8 十勝岳 現在の状況と今後の火山活動について（第142回火山噴火予知連絡会気象庁資料図32を再掲）

□：2018年5月29日以降に観測された火山性地震の一時的な増加・火山性微動、現地調査で確認された事象

- (a) 今後も2006年以降と同様のレートで活動火口浅部の圧力源への物質の供給が継続するならば、これまでと同様に、山体膨張を示唆する地殻変動、一時的な地震増加、火口が明るく見える現象、噴煙・地熱活動の上昇などの現象発生が継続する可能性がある。
- (b) このような推移の中で、浅部圧力源の膨張継続により、地下浅部～表層の圧力が許容量を超えるような場合には、火口近傍のみに影響を及ぼす噴火に至る可能性もあると考えられる。
- (c) また、今後、20世紀に発生したマグマ噴火の前に観測されたような、現地有感地震を含むやや深部のA型地震の増加や火口付近での顕著な火山ガス濃度上昇等が確認されれば、その後のマグマ噴火への発展も考慮に入れる必要がある。

ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた 十勝岳における 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 で撮像された十勝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

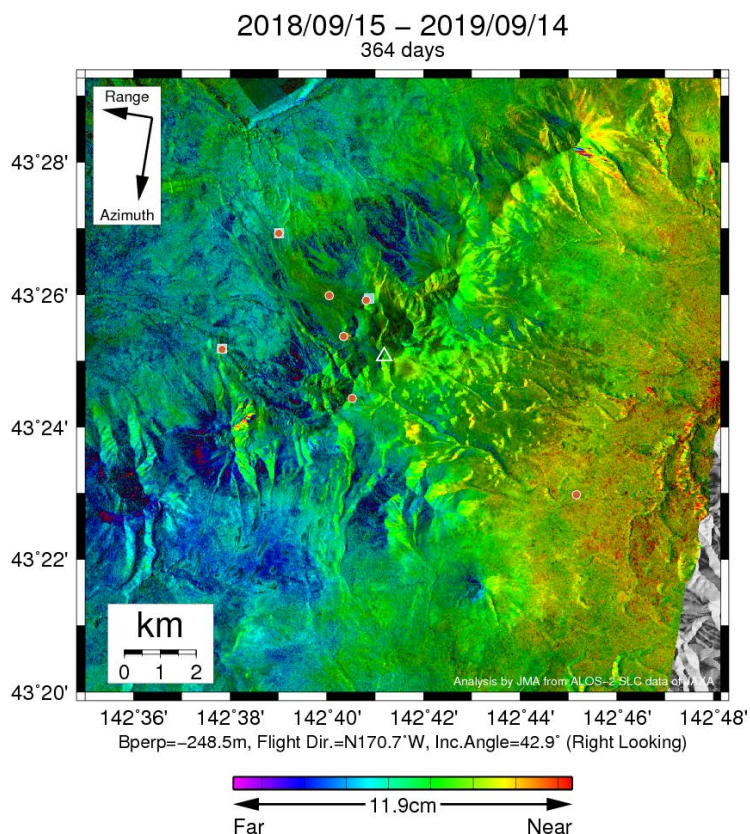
Path-Frame	Orbit	Looking	Inc. angle	Earliest Scene	Latest Scene	Figure No.
17-2740(SM1_U2_9)	南行	右	42.9°	2018.09.15	2019.09.14	第 1 図
18-2740(SM1_U2_6)			32.3°	2018.08.09	2019.08.08	第 2 図

3. 解析結果

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。

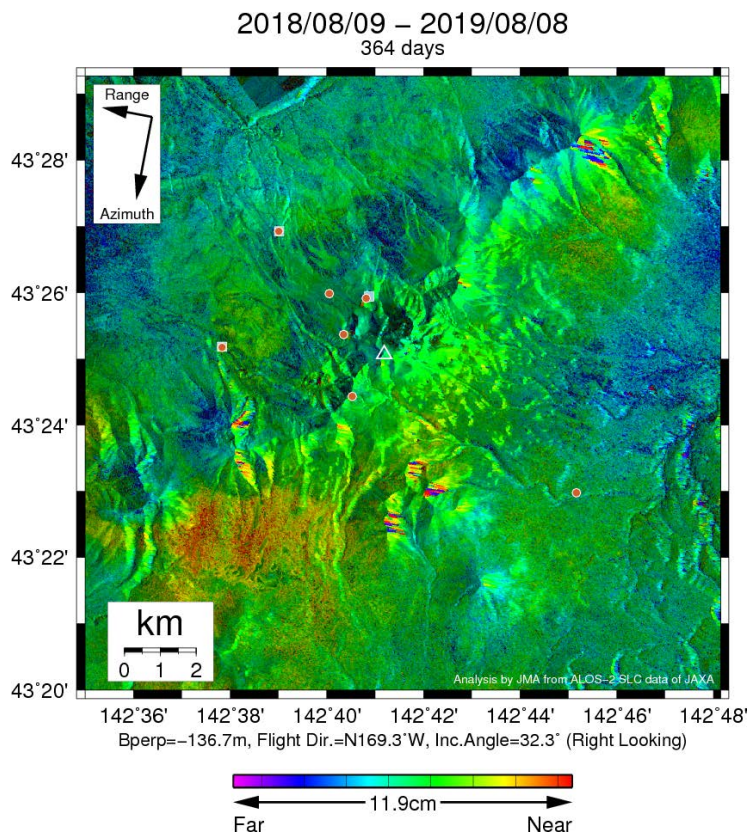
謝辞

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 パス 17(SM1-U2_9)による十勝岳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。



第 2 図 パス 18(SM1-U2_6)による十勝岳及び周辺の干渉解析結果

凡例は第 1 図と同じ。ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。

十勝岳

○地磁気全磁力

観測を開始した 2008 年以降，大まかには 62-2 火口の地下浅部における消磁を示唆する傾向が長期間続いてきたが，2017 年以降はその傾向が緩やかになっている（図 2）．2019 年 11 月初旬の地震活動活発化に対応する変化は見られない（図 4）．



図 1 全磁力連続観測点の配置．本図の作成には国土地理院のオンライン地図画像を使用した．

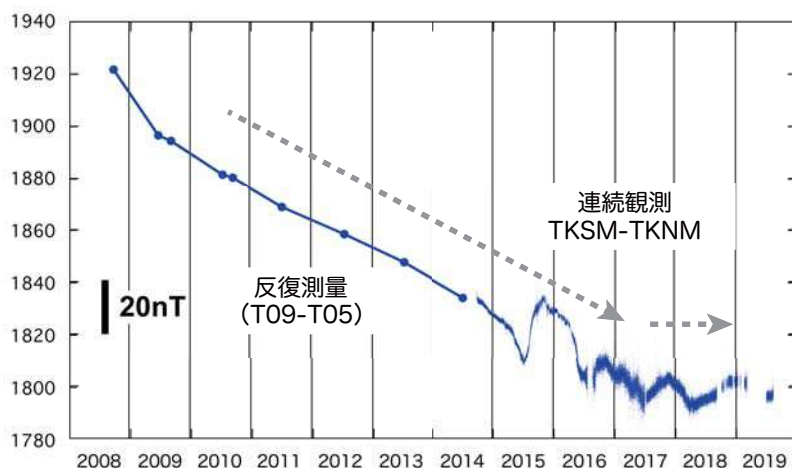
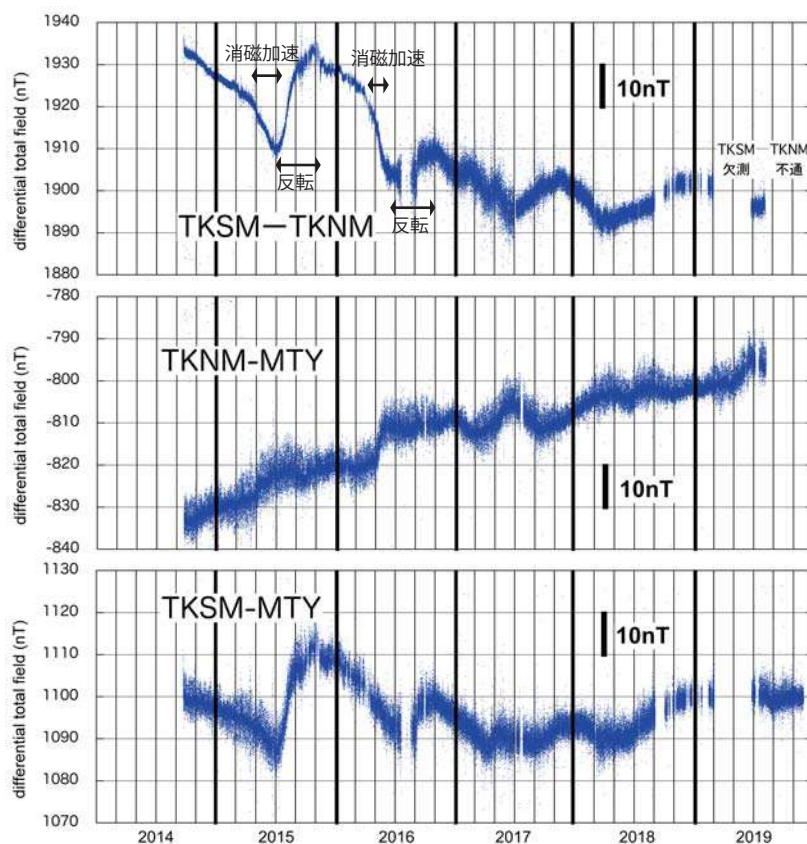


図 2 2008 年 9 月から 2019 年 8 月の全磁力変化（2 地点の単純差プロット）．2014 年 9 月以前のデータは反復測量によるもの．T09 及び T05 は，それぞれ TKSM 及び TKNM 近傍の反復磁気点．

図 3 2014 年 9 月から 2019 年 12 月の全磁力変化（最上段：62-2 火口南－火口北，2 段目：62-2 火口北－有珠三豊，最下段：62-2 火口南－有珠三豊）．TKNM は，2019 年 8 月以降テレメータが不通．



十勝岳

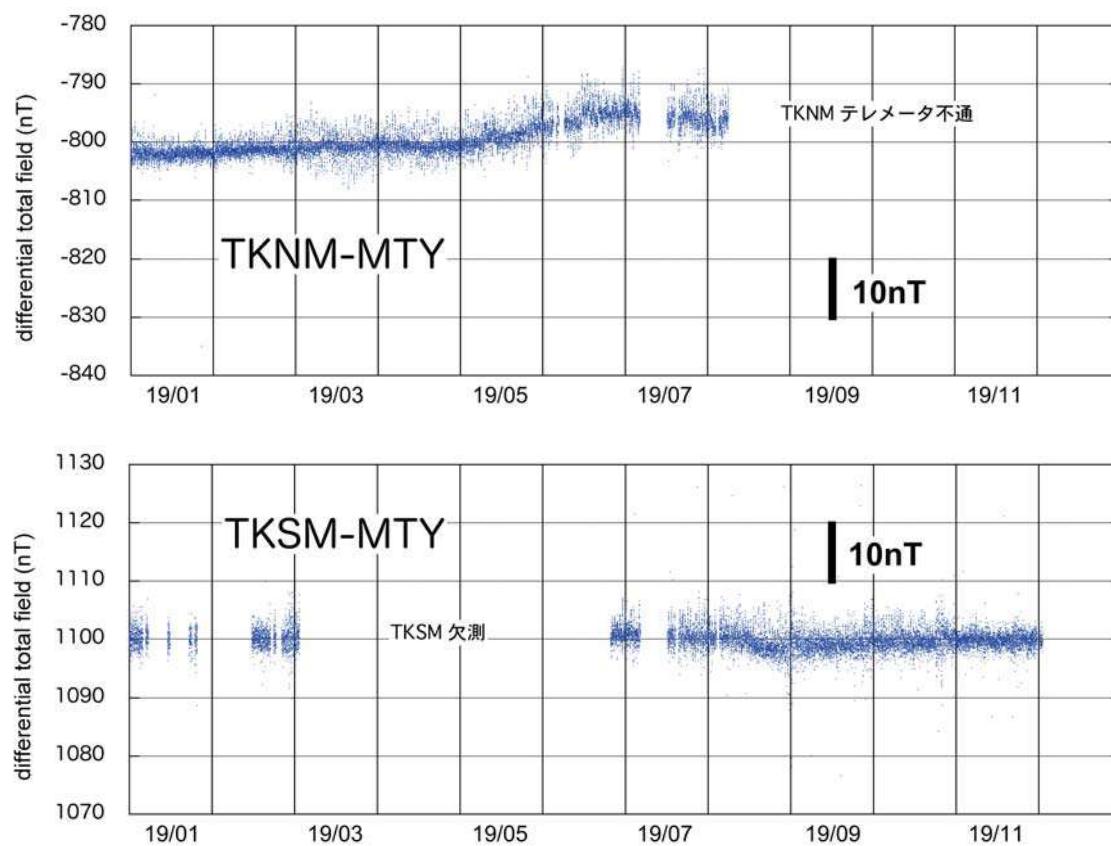


図4 2019年1月から2019年12月の全磁力変化(上段:62-2火口北-有珠三豊, 下段:62-2火口南-有珠三豊).

十勝岳

○二酸化硫黄放出率

2019年8月27日に無人航空機(UAV)に小型紫外分光計を搭載し、二酸化硫黄放出率のトラバース測定を実施した。62-2火口と振子沢噴気孔群からの合算した二酸化硫黄放出率は150-260 ton/dayであった。二酸化硫黄放出率推定のために用いた風速は、気象庁のGrid Point Value(GPV)データを基に算出した。2018年に実施した同様の観測において、二酸化硫黄放出率は62-2火口から110-270 ton/day, 振子沢噴気孔群から80-130 ton/day, 合計190-400 ton/dayと推定されており、二酸化硫黄放出率に大きな変化は見られない。



図1 2019年8月27日のトラバースルートおよび十勝岳の火口。●はドローンの離発着点。本図の作成には国土地理院のオンライン地図画像を使用した。

表1 二酸化硫黄放出率測定まとめ

Traverse	火口	開始時刻	終了時刻	噴煙方向 deg	風速1mと仮定したflux (ton/d)	Flux (ton/day)		
						最大	最小	平均
tr01	62-II & 振子沢	13:36:18	13:39:27	104.9	68.3	328	194	232
tr02	62-II & 振子沢	14:12:23	14:15:57	111.8	41.9	201	119	142
tr03	62-II & 振子沢	14:17:56	14:21:22	109.5	50.6	243	144	172
					平均	257	152	182
					風速(m/s)	4.8	2.8	3.4

十勝岳

○11月の傾斜イベント前後の傾斜・地震の長期データ

11月初めに前十勝西観測点で4 μ rad程度の振幅となる火口方向の隆起-沈降イベントが認められた。前後の期間においても、数日程度の時間幅で潮汐のレベルを大きく超える振幅の変動が見られるものの、他の観測点では類似の変動が確認できない。併設する広帯域地震計では、30秒以下の帯域に水平動のみに現れる振動が認められ、振動方向は北西-南東方向に比較的揃っている。火口方向隆起の期間に振幅の増大が多いようにも見える。

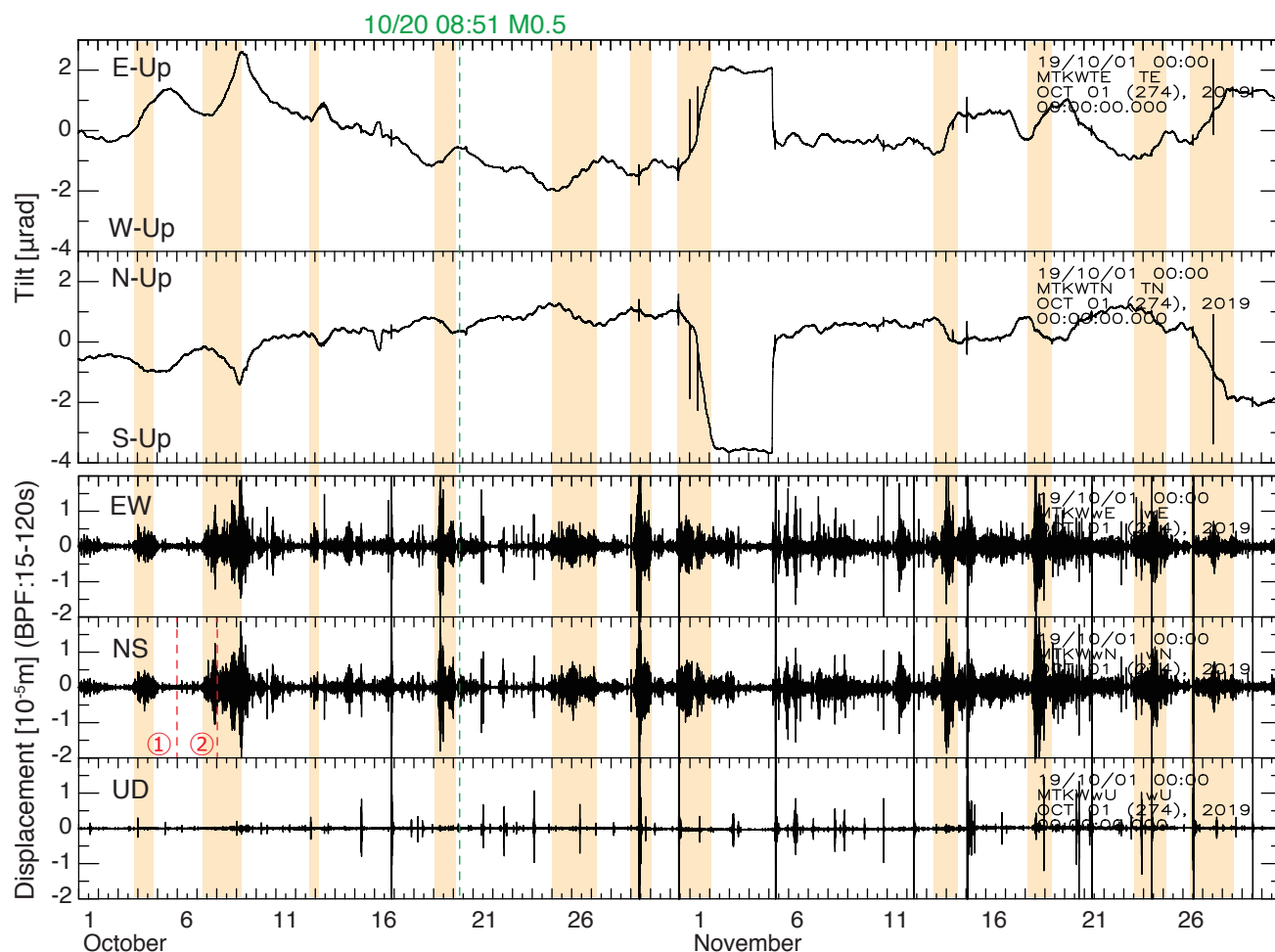


図1. 10月1日-11月30日の前十勝西観測点の傾斜記録および広帯域地震計のバンドパス変位波形。120秒-15秒のバンドパスフィルターを施してから積分した。水平動のみに現れる振幅の増減が認められる。火口方向の隆起となる期間にオレンジ色のハッチをつけた。①、②は図2に地震波形のスペクトルを示した時間。

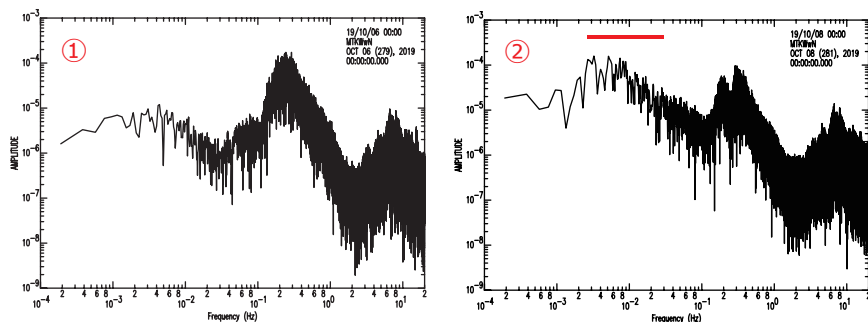


図2. 広帯域地震計 ($T_0=120$ 秒) の南北成分速度記録の振幅スペクトル。①は10月6日0時から、②は10月8日0時からのそれぞれ1時間のデータを用いた。②では30秒以下の周波数帯域に高まりが認められる。

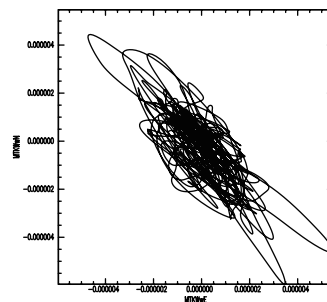


図3. 前図②の時間帯におけるフィルター波形の水平面内粒子軌跡。

(青山)

十勝岳

○11月の傾斜イベントの隆起時・沈降時の拡大記録

11月1日から5日にかけての傾斜イベントの発生前後には、一時的に火山性地震活動が高まった。火口方向の隆起は1日程度をかけてゆっくりと進行した一方で、沈降は1-2時間程度で急速に進行した。隆起や沈降の変動開始時には特段明瞭な信号は認められないが、沈降の変動率が最大となった時間帯には小振幅の火山性微動が発生した。指数関数的な沈降傾斜変動は、圧力源からの火山性流体の流出を想起させるが、前十勝西観測点に併設している空振計はセンサー不調と思われる障害のために良好な記録が得られず、同時刻の大気圧変動は不明である。

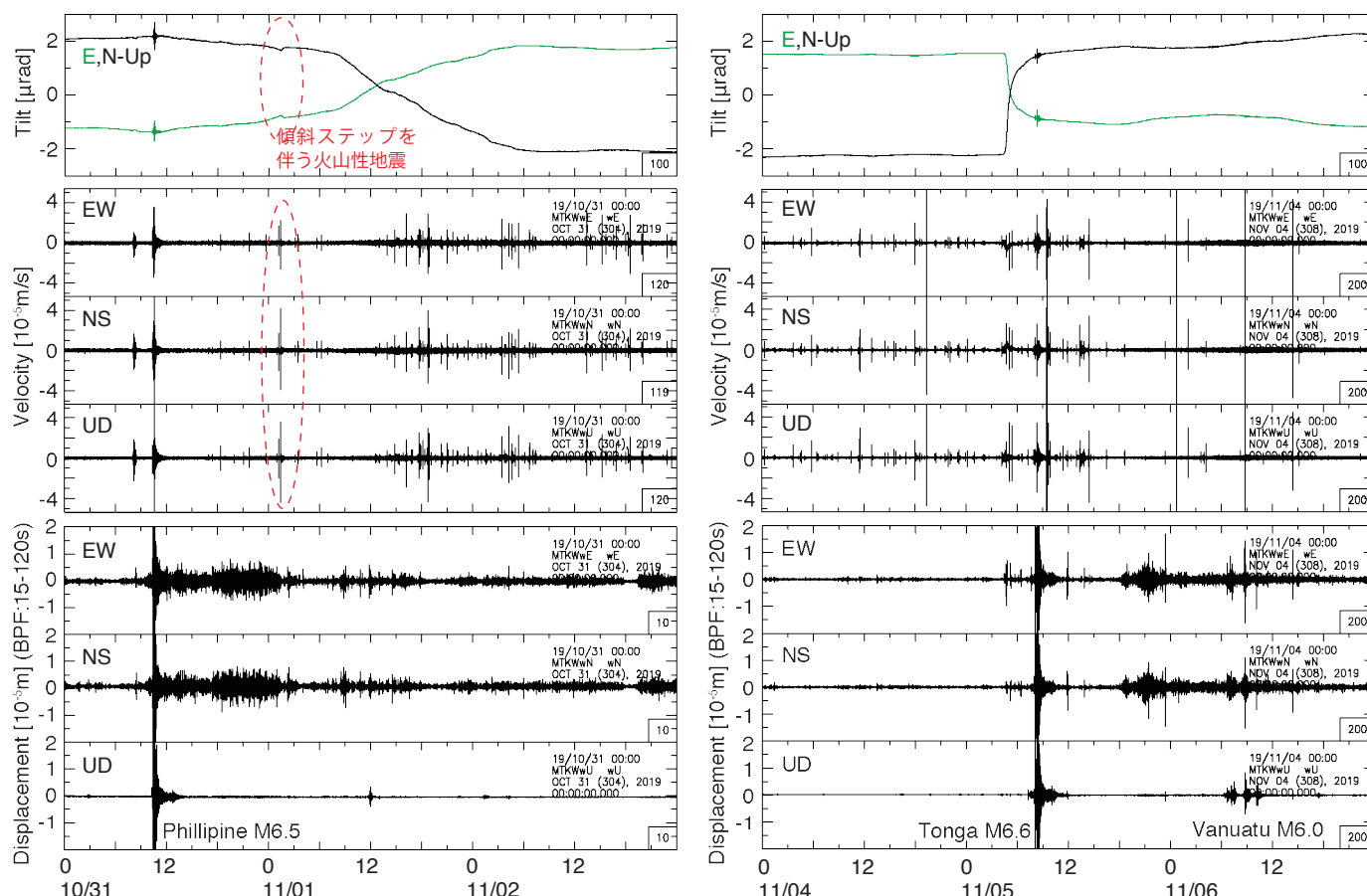
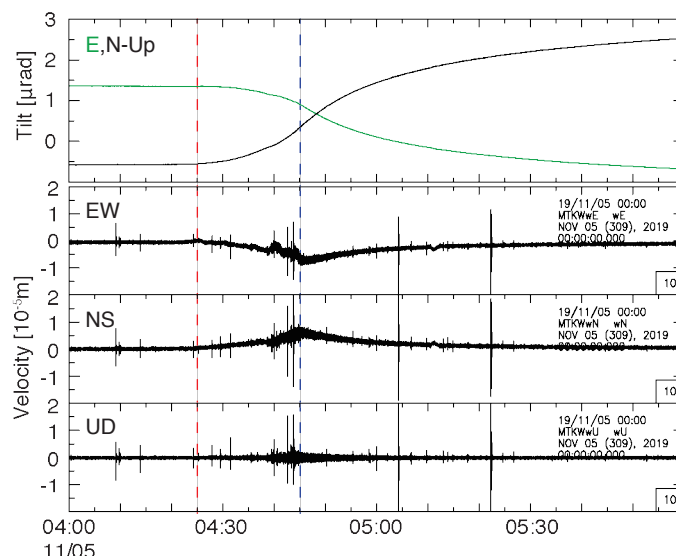


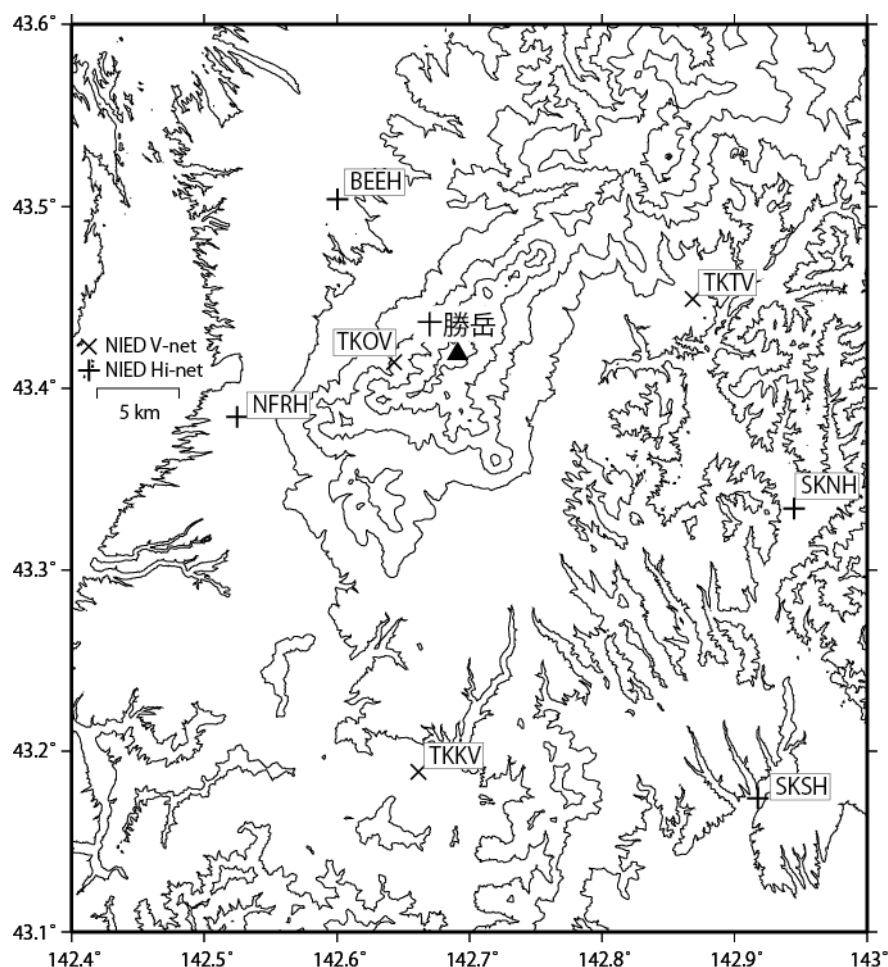
図 1 (上). 前十勝西観測点の傾斜変化, 広帯域地震計の生記録, 低周波バンドパスの変位記録. (上左) 隆起期間を含む 10/31-11/02 の 72 時間. 11/01 の 1 時頃に見られる小さな変化は, これまでも報告してきたステップ的傾斜変動である. 隆起の進行とともに火山性地震の発生が認められる. (上右) 沈降期間を含む 11/04-11/06 の 72 時間. 傾斜変化の前後に火山性地震が発生している. 図中の地名は遠地地震の到来を示す.

図 2 (右)．沈降変動開始時 2 時間の拡大波形．下段の地震波形は速度生記録である．地震計水平動との対比から，傾斜変動は 04:25 頃に始まったことが分かる．傾斜変動速度が極大となったのは 04:45 頃で，この時間帯に高周波で振幅の小さな火山性微動が重畳している．「へ」の字型に見える水平動地震記録（特に EW 成分）には，周期が数分程度の揺らぎが認められる．



十勝岳

十勝岳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。

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

GNSS 観測結果と傾斜計データには、火山活動に関わる明瞭な地殻変動は認められない。

十勝岳の傾斜変動 (2014/10/10~2019/11/30)

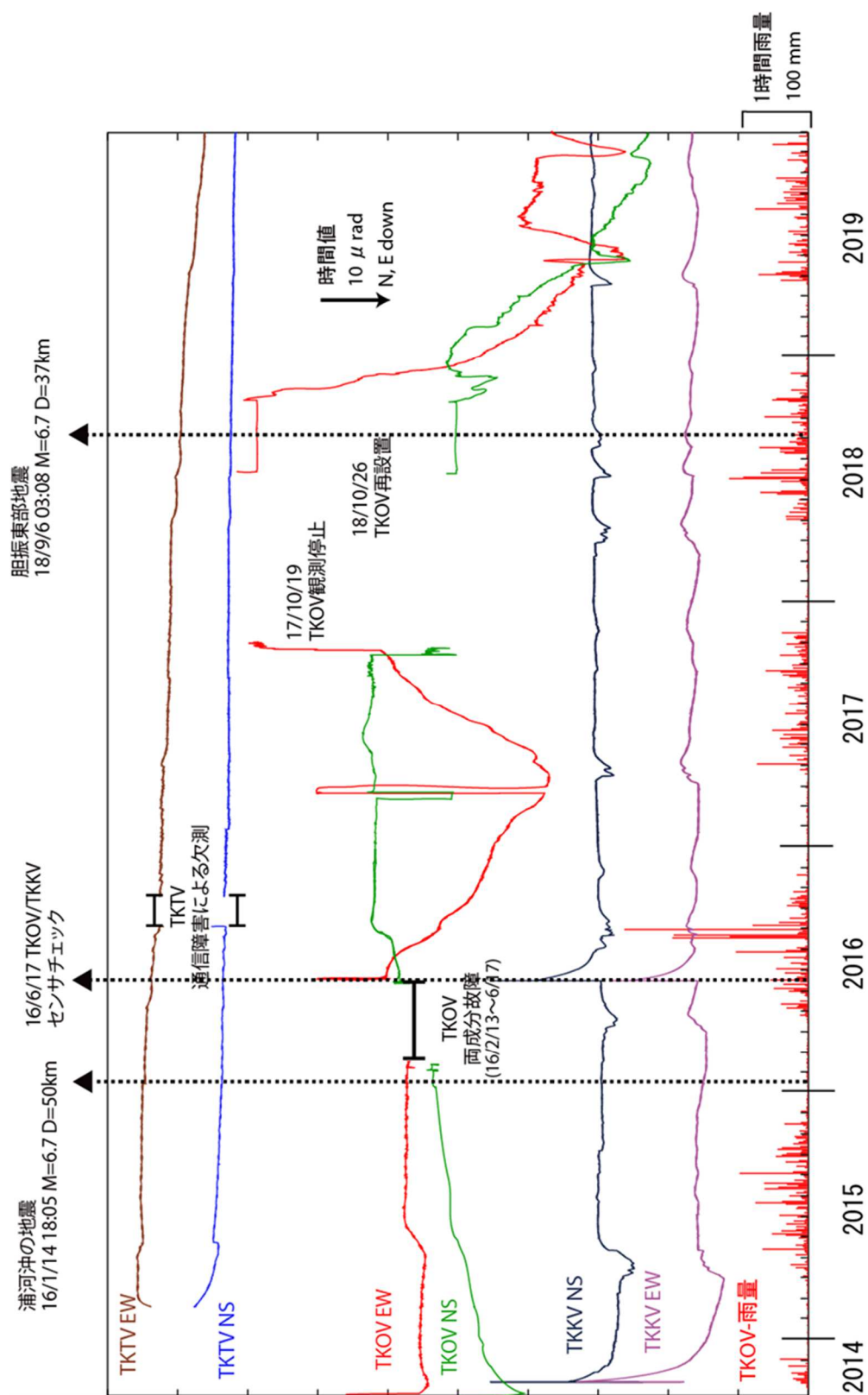


図 1 十勝岳の傾斜変動

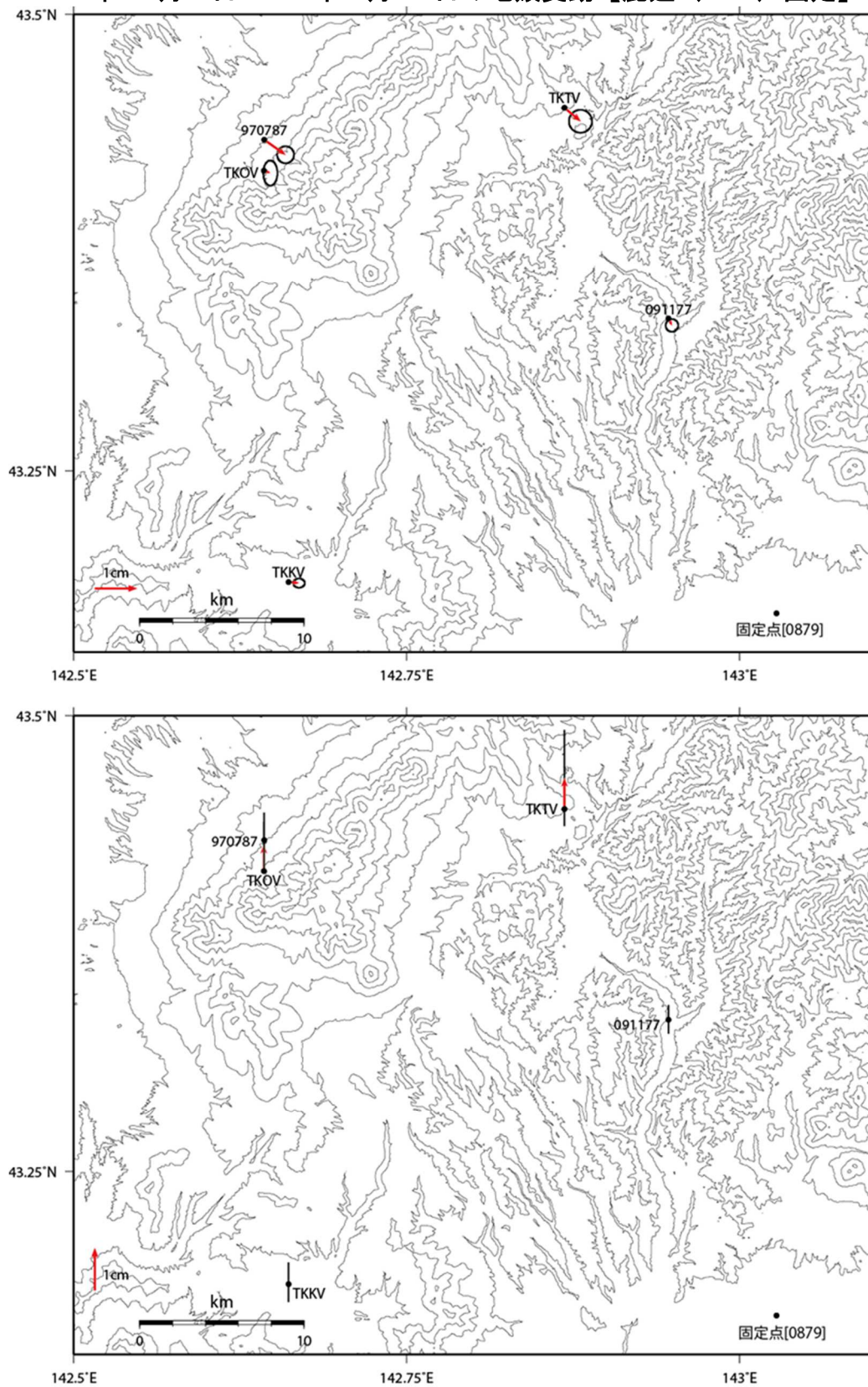
防災科学技術研究所 GNSS 観測点及び国土地理院 GEONET で得られた、
2018 年 10 月 1 日-2019 年 9 月 30 日の地殻変動【鹿追（0879）固定】

図 2 十勝岳周辺 V-net 観測点及び国土地理院 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)

十勝岳

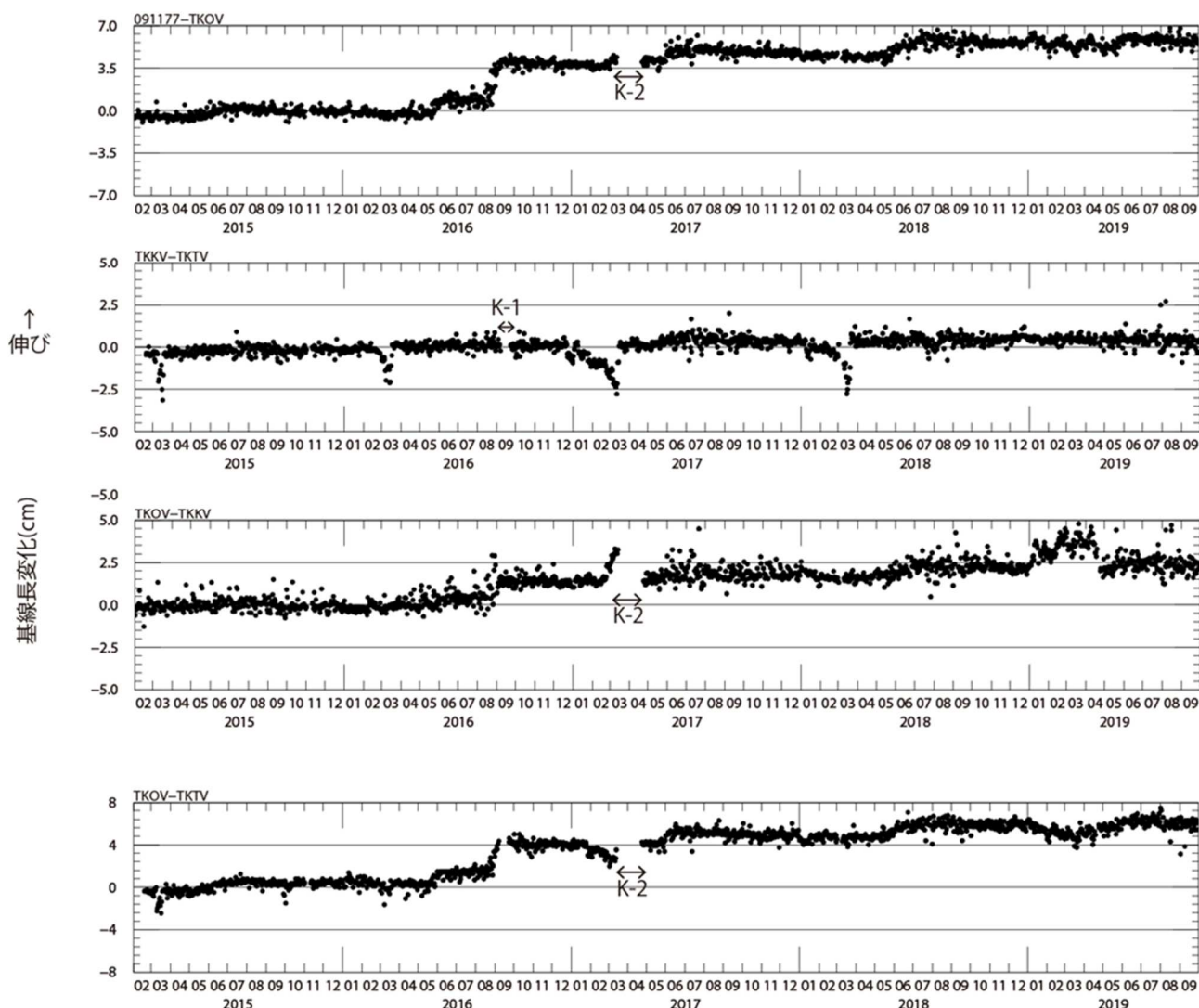


図 3 防災科研観測点 3 点（北落合，十勝岳温泉，トムラウシ温泉）間及び，十勝岳温泉-GEONET 新得 2（091177）間の基線長変化. 2015/2/1～2019/9/30

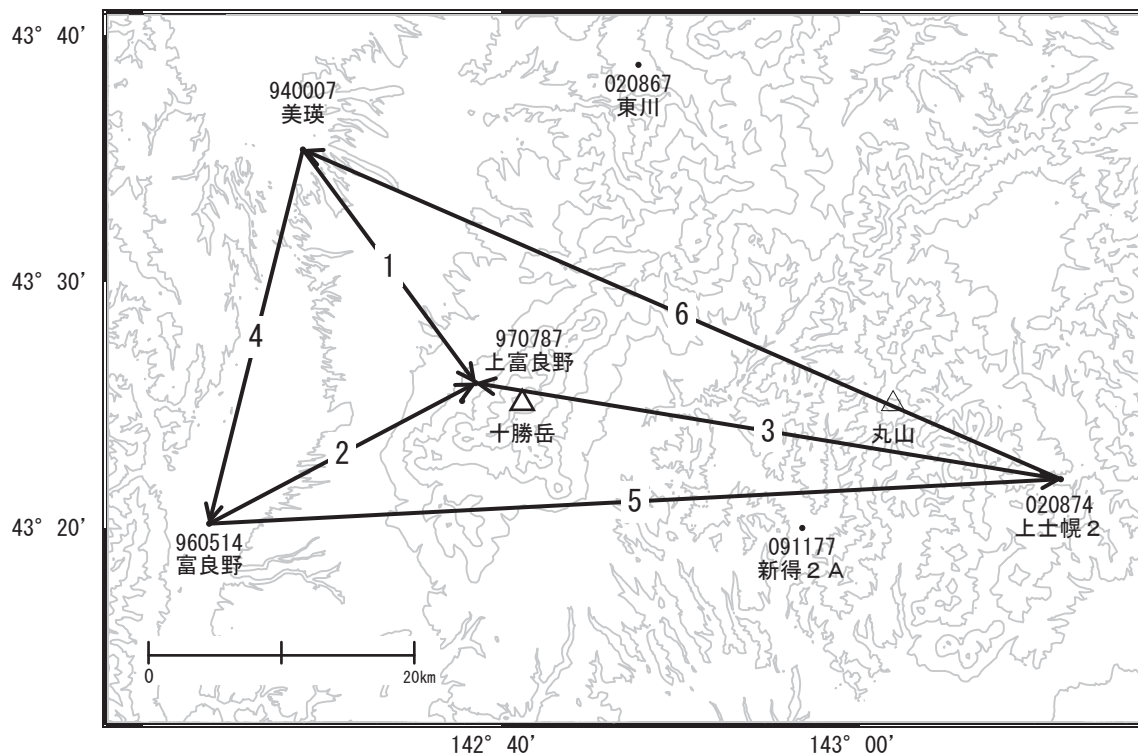
表1 GNSS観測履歴

観測点番号	観測点名	図中記号	日付	保守内容
	十勝岳十勝岳温泉 (TKOV)		2014/10/23	2周波観測開始
		K-2	2017/3/14～4/24	停電により欠測
	十勝岳北落合 (TKKV)		2014/10/6	2周波観測開始
	十勝岳トムラウシ温泉 (TKTV)		2015/2/20	2周波観測開始
		K-1	2016/9/7～9/23	停電により欠測

十勝岳

顕著な地殻変動は観測されていません。

十勝岳周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図

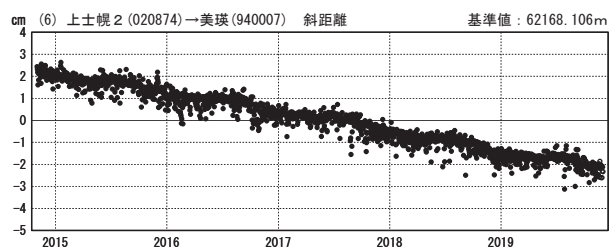
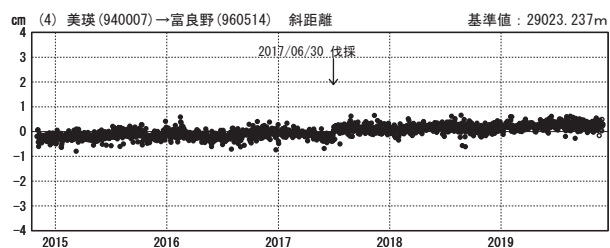
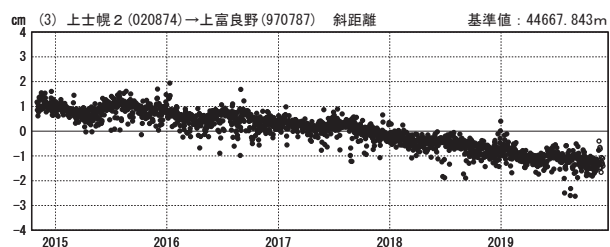
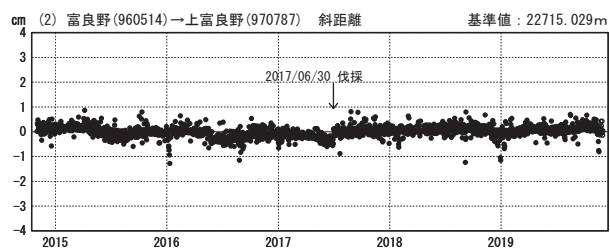
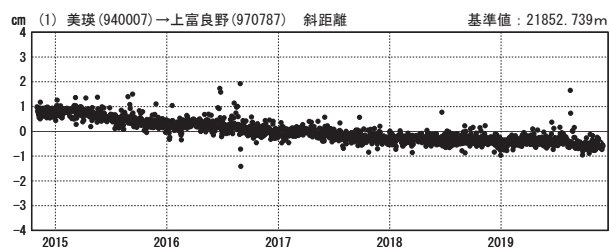


十勝岳周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
970787	上富良野	20190208	受信機交換
020874	上士幌2	20170804	アンテナ交換
960514	富良野	20170630	伐採
		20190207	受信機交換

基線変化グラフ（長期）

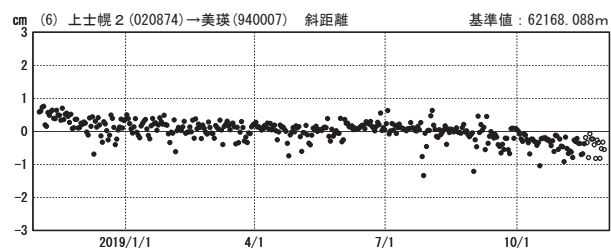
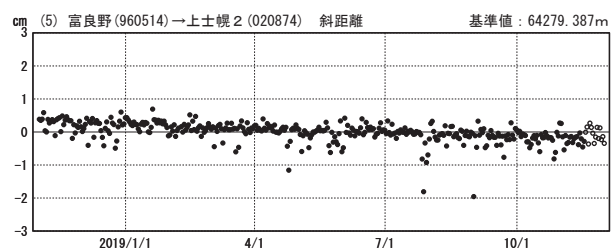
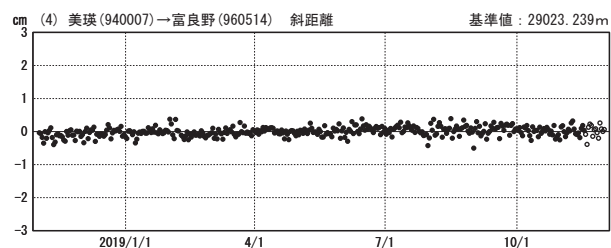
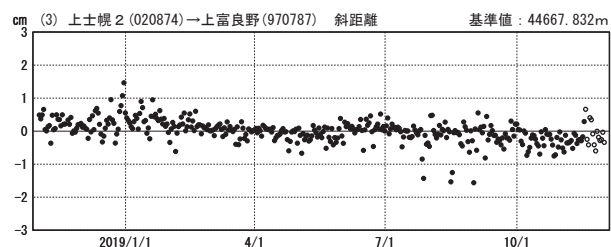
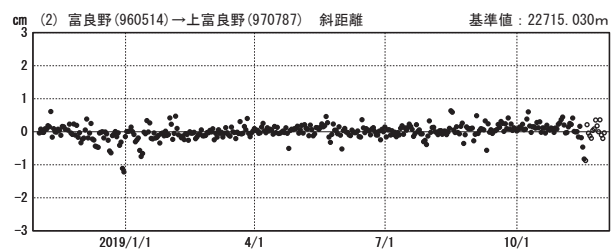
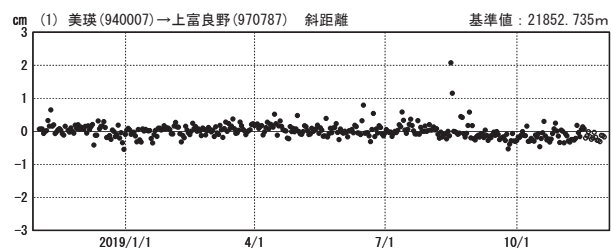
期間：2014/11/01～2019/11/30 JST



●---[F3:最終解] ○---[R3:速報解]

基線変化グラフ（短期）

期間：2018/11/01～2019/11/30 JST

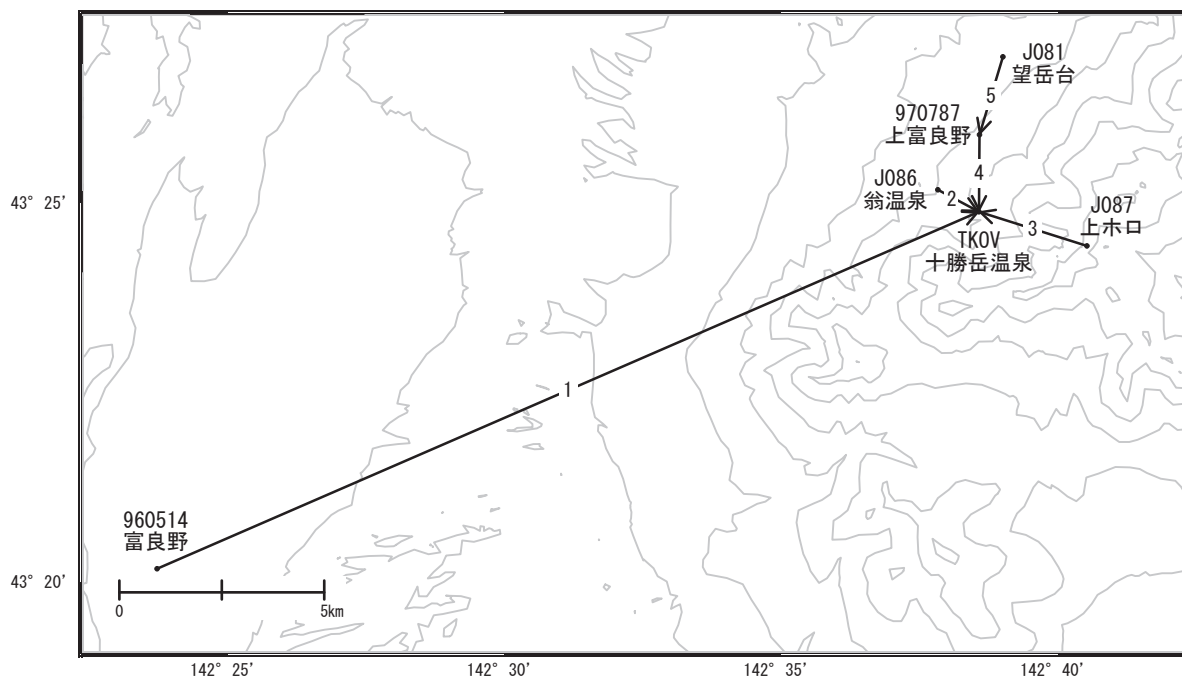


国土地理院

※[R3: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

十勝岳

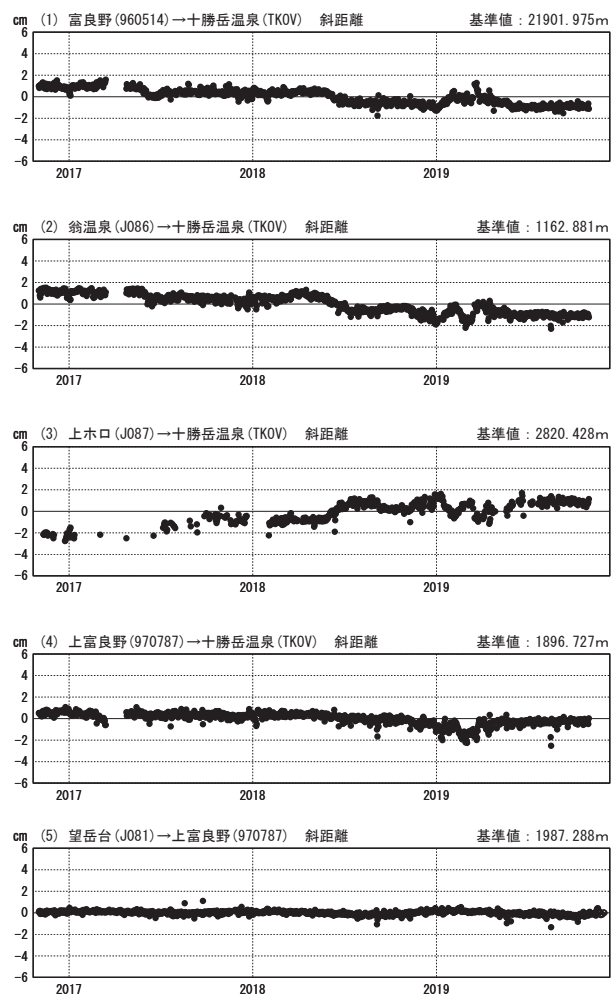
十勝岳周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図(2)



国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

基線変化グラフ(長期)

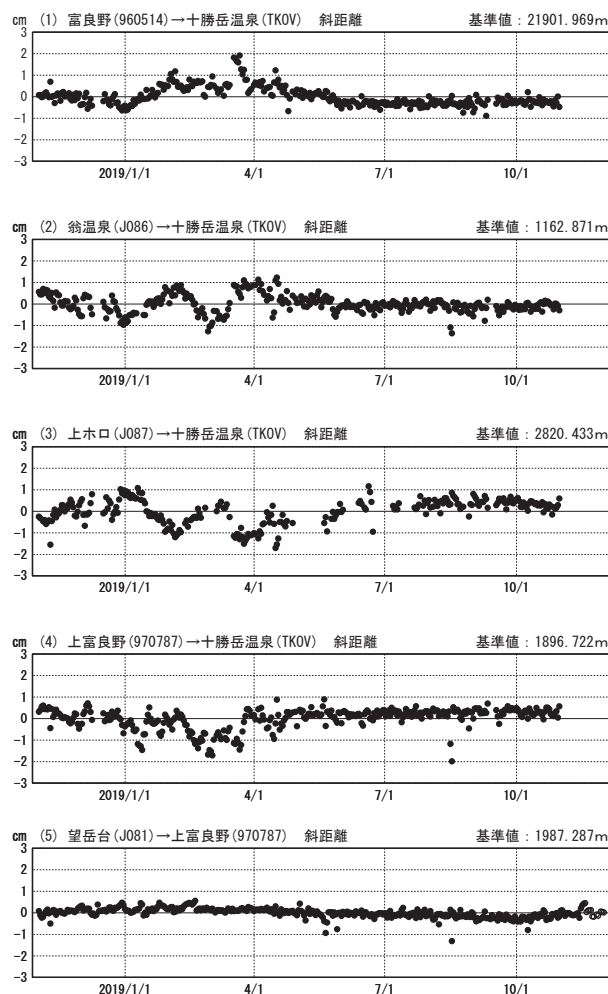
期間: 2016/11/01~2019/11/30 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

基線変化グラフ(短期)

期間: 2018/11/01~2019/11/30 JST

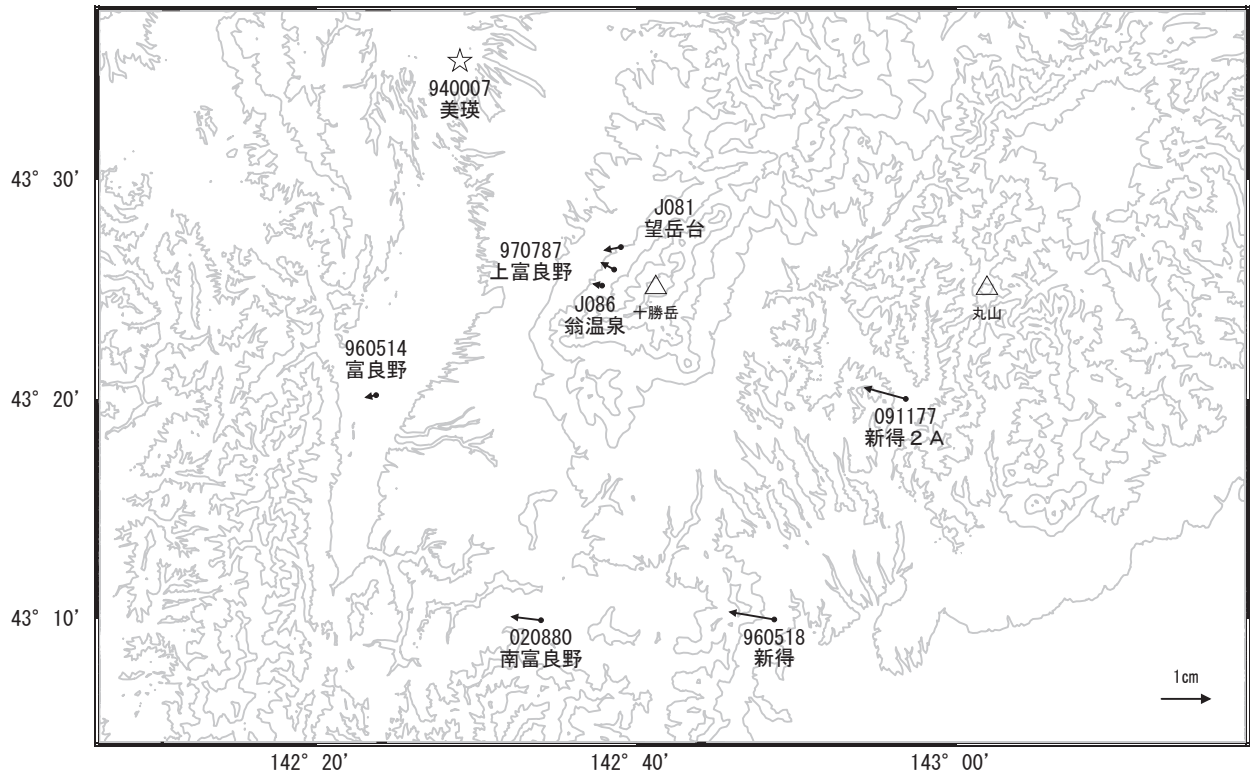


国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

十勝岳

十勝岳周辺の地殻変動(水平:1年間)

基準期間:2018/11/21~2018/11/30[F3:最終解]
比較期間:2019/11/21~2019/11/30[R3:速報解]

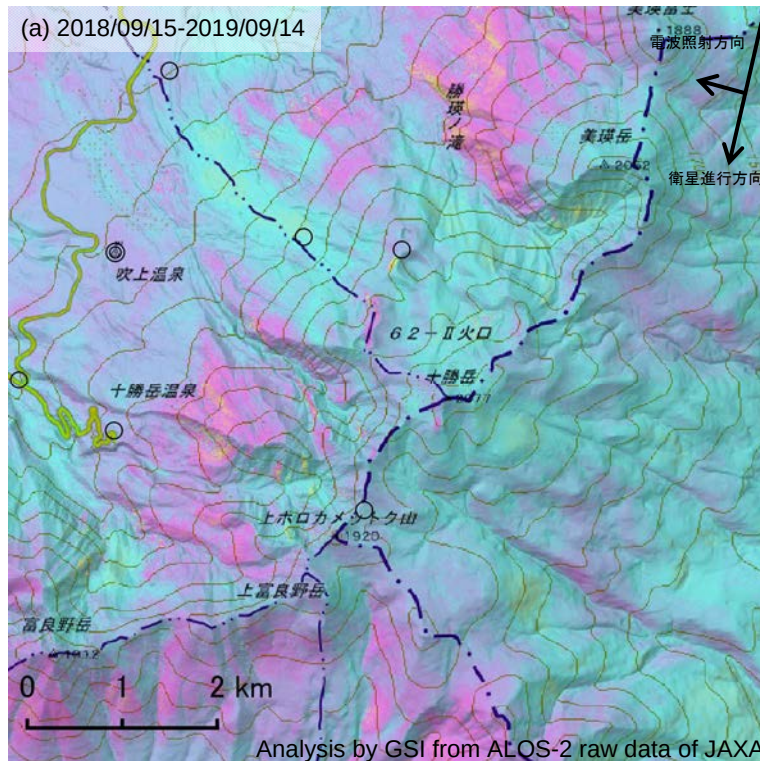


☆ 固定局:美瑛(940007)

国土地理院・気象庁

十勝岳の SAR 干渉解析結果について

判読) ノイズレベルを超える変動は見られません。



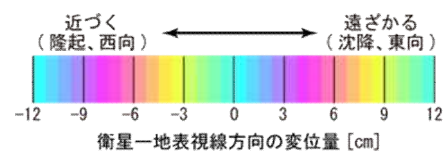
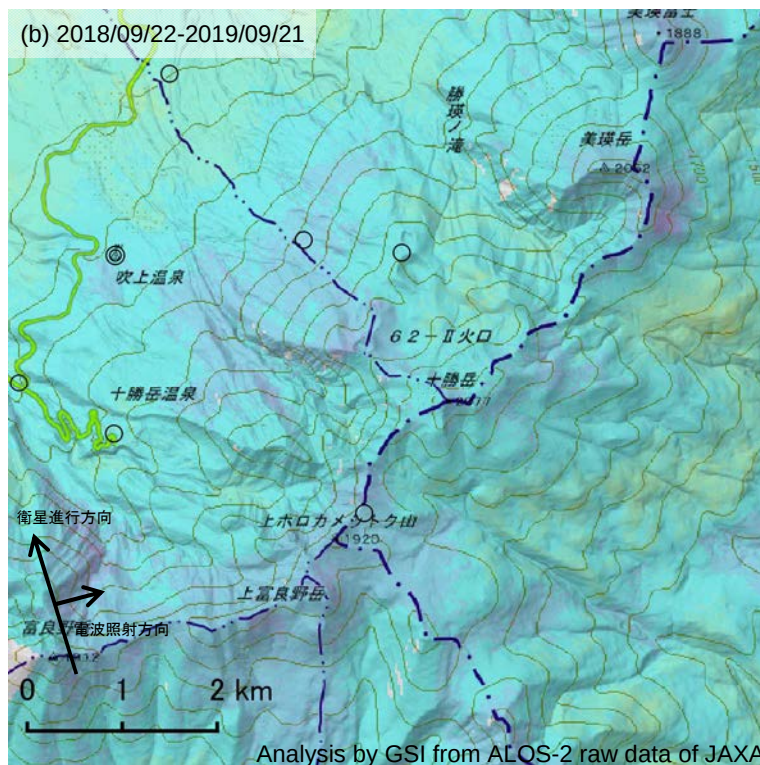
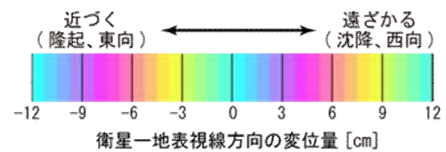
	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2018/09/15 2019/09/14 11:34 頃 (364 日間)	2018/09/22 2019/09/21 23:19 頃 (364 日間)
衛星進行方向	南行	北行
電波照射方向	右	右
観測モード*	U-U	H-H
入射角	41.9°	35.6°
偏波	HH	HH
垂直基線長	- 249 m	+ 51 m

*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

十勝岳