

第 146 回 火山噴火予知連絡会資料

(その2の6)

十勝岳

令和2年6月 24 日～30 日

火山噴火予知連絡会資料(その2の6)

目次

十勝岳	
気象庁	3-33
北大	34-35
防災科研	36-39
地理院	40-45

十 勝 岳

(2020 年 5 月 31 日現在)

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 年秋頃からほぼ停滞しており、山体浅部が膨張した状態は維持されている。火山性地震の一時的な増加、火山性微動や火山性地震と同期した傾斜変動は引き続き観測されており、振子沢噴気孔群や 62-2 火口では地熱域の拡大や火口温度の上昇が確認されている。長期的には、火山活動の活発化を示唆する現象が観測されているので、今後の活動推移には注意が必要である。

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 12 月～2020 年 5 月 31 日）

・表面現象（図 1－①～⑤、図 2－①～④、図 3～7）

2020 年 6 月 7 日（期間外）以降、監視カメラによる観測で 62-2 火口において火映を観測している。6 月 12 日夜に望岳台から実施した現地調査では、62-2 火口において肉眼でようやく見える程度の火映を確認した。また、6 月 13 日の現地調査では、2019 年 6 月の現地調査時と比較して、62-2 火口内の地熱域の拡大や火口温度の明瞭な上昇（今回；404℃、2019 年 6 月；203℃）を観測した。振子沢噴気孔群では、2019 年 9 月の現地調査時と比較して、大きな変化はなかった。

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煙の高さは 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煙の高さは 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煙の高さは、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 2－⑤⑥、図 8～10、図 13、図 14－⑤⑥、図 15～16、図 18～27、図 29－⑤⑥）

2020 年 1 月 20 日に火山性地震の一時的な増加と火山性微動が観測された後、3 月初め頃まで地震のやや多い状態が継続した。またこの間、2 月 26 日には振幅の大きな火山性地震が、27 日には一時的な地震増加が観測された。

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。

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のデータを利用して作成した。

・地殻変動（図 2－⑥、図 11～13、図 14－④、図 15、図 17～18、図 23～26、図 29－⑥～⑧）

2020年1月20日から21日にかけて、62-2火口方向が上がる傾斜変動が観測された。傾斜変動は、その後62-2火口方向が下がる変動へと反転し、少なくとも3月初め頃まで継続した。

山頂付近に設置した傾斜計では、山体浅部が変動源とみられる、火山性微動や火山性地震と同期した傾斜変動が、引き続き観測されている。

GNSS連続観測では、2006年以降山体浅部の膨張を示す変動が観測されていたが、2017年秋頃に停滞した。2018年夏頃からはごくわずかに反転している可能性がある。また、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14－②③）

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。

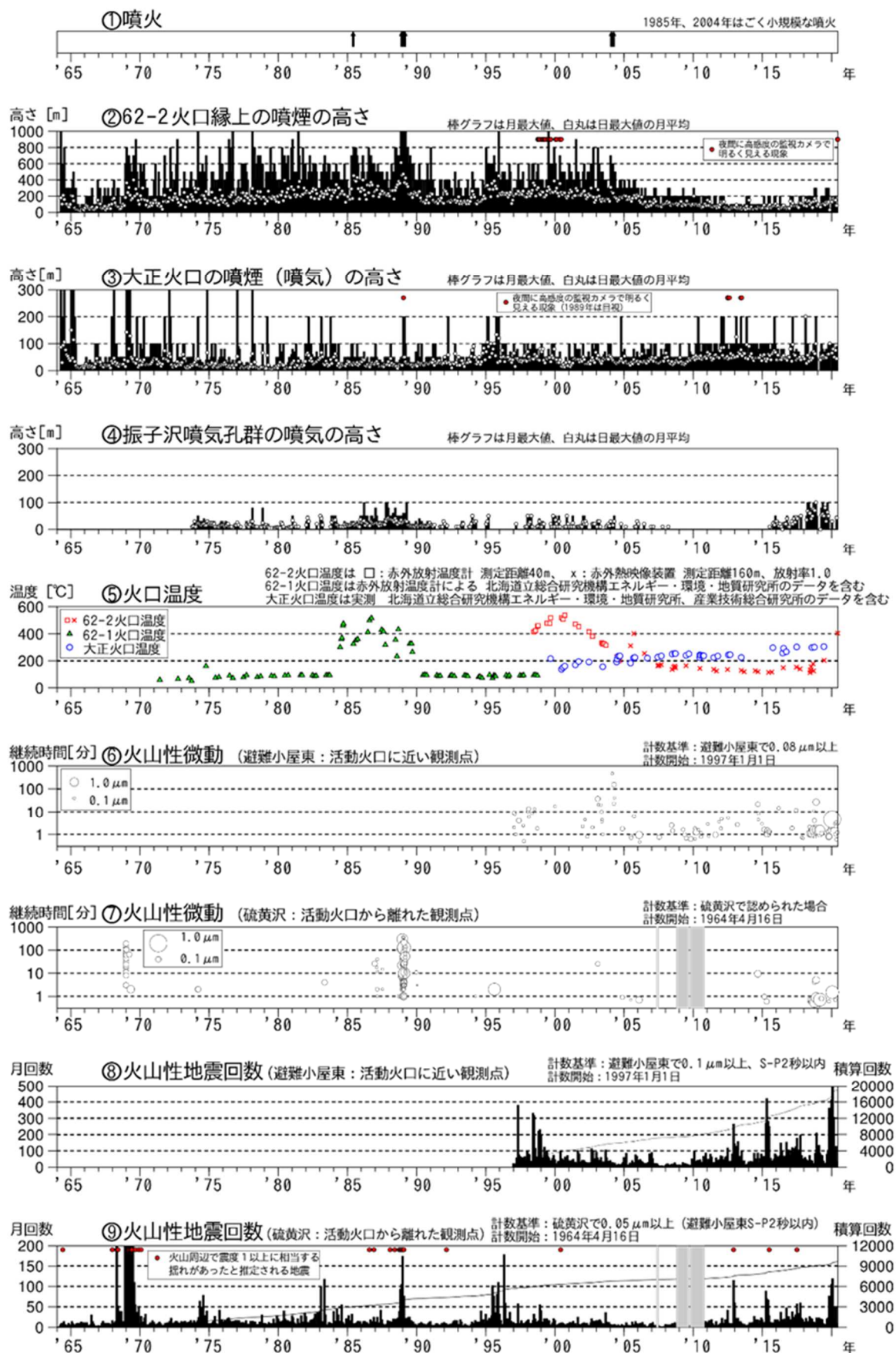


図1 十勝岳 火山活動経過図(1964年1月~2020年6月14日)

②③: 凡例中の「明るく見える現象」には火映が含まれる。

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エネルギー・環境・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。

十勝岳

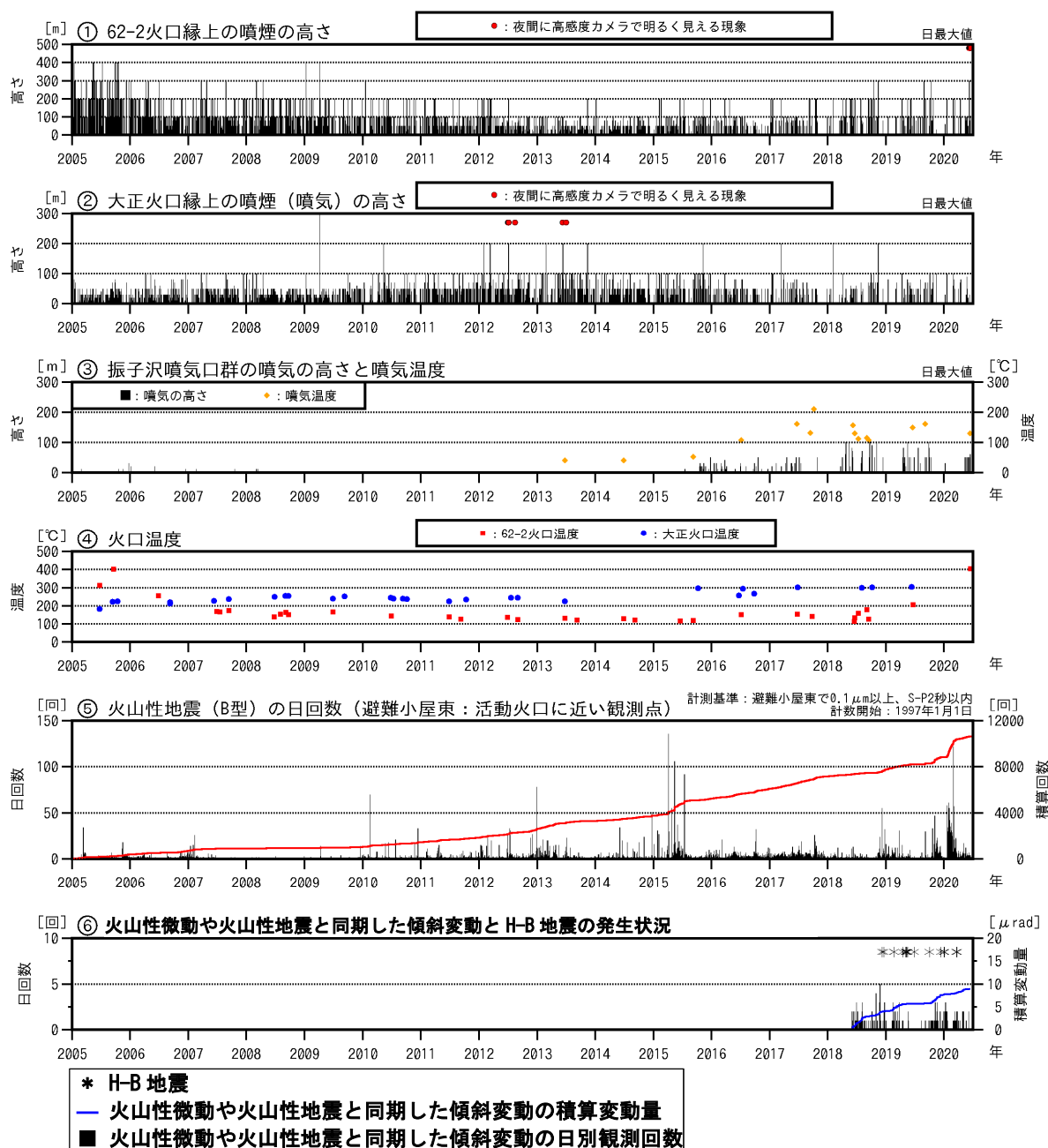


図2 十勝岳 火山活動経過図（短期：2014年1月～2020年6月17日）

①～④については、図1②～⑤の注釈・キャプションを参照。

⑥の火山性微動や火山性地震と同期した傾斜変動については、本資料中の「山頂付近の傾斜計で捉えられる、火山性微動や火山性地震と同期した傾斜変動について」の項を参照。観測回数は、南北成分・東西成分ともに変動量 10^{-8} radian以上 10^{-6} radian未満となるものを計数している。また積算変動量は、北海道大学が設置した前十勝西（北）傾斜計の南北成分と東西成分の合成変動量を積算したものである。

⑥のH-B地震については、本資料中の「数秒から数十秒間隔で微小地震が連続的に発生する現象（H-B地震）」の項を参照。

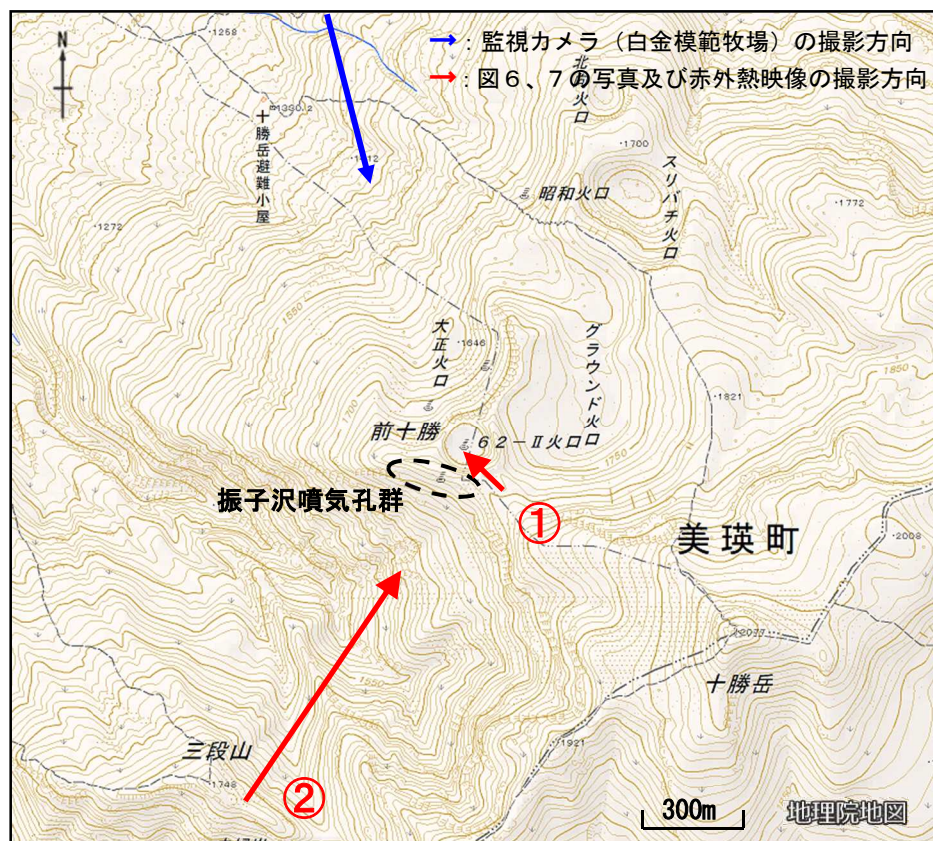


図3 十勝岳 監視カメラ（白金模範牧場）及び図6、7の写真及び赤外熱映像の撮影方向
この地図の作成には国土地理院発行の「電子地形図（タイル）」を複製した。



図4 十勝岳 北西側から見た山頂の状況（5月21日、白金模範牧場監視カメラによる）



図5 十勝岳 62-2火口で観測された火映現象（2020年6月12日、白金模範牧場監視カメラによる）

この地図の作成には国土地理院発行の「電子地形図（タイル）」を複製した。

- ・ 2020年6月7日から62-2火口で火映現象（当初は明るく見える現象として観測）が観測されている。
- ・ 6月12日夜に望岳台から実施した現地調査では、62-2火口において肉眼でようやく見える程度に明るく見える様子が観測された。
- ・ 6月13日の現地調査で、62-2火口内の地熱域が拡大し火口温度が高温（404℃）になっているのを観測した（図1-⑤、2-④、6参照）ことから、この現象は火映現象であると判断した。
- ・ 1998年10月から2000年6月にかけて、断続的に62-2火口が明るく見える現象が観測された。1998年から2000年にかけては、今回同様、62-2火口の火口温度の上昇も観測されている（図1-②⑤参照）。

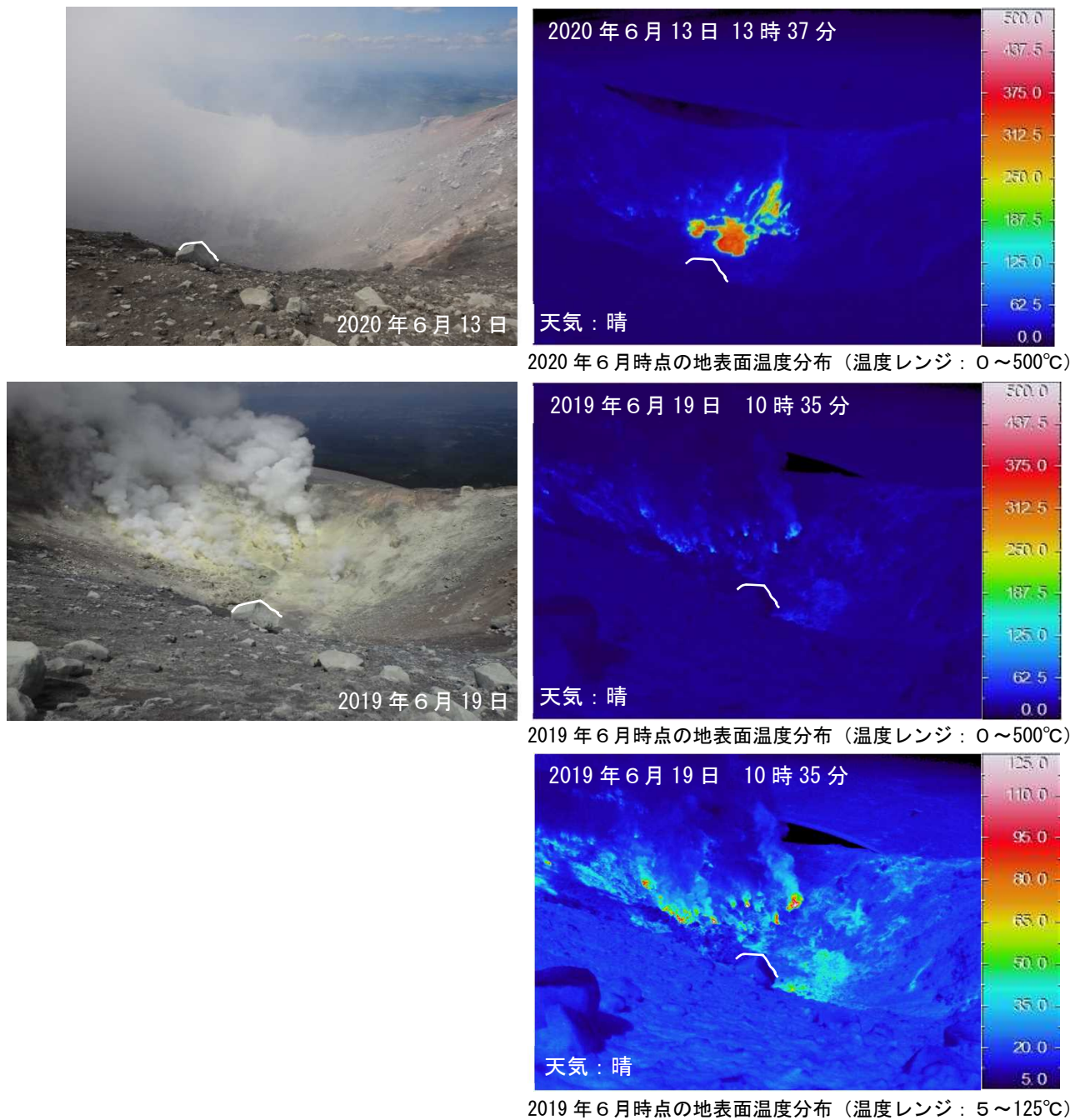


図 6 十勝岳 赤外熱映像装置による62-2火口内の地表面温度分布

62-2火口の南東側（図3-①）から撮影

図中の白色実線は、同一の転石の輪郭をトレースしている

- ・ 62-2火口内の最高温度は404°Cで、地熱域の拡大がみられた。
- ・ 2019年6月に確認されていた、62-2火口内壁に付着した硫黄昇華物が減少していた。

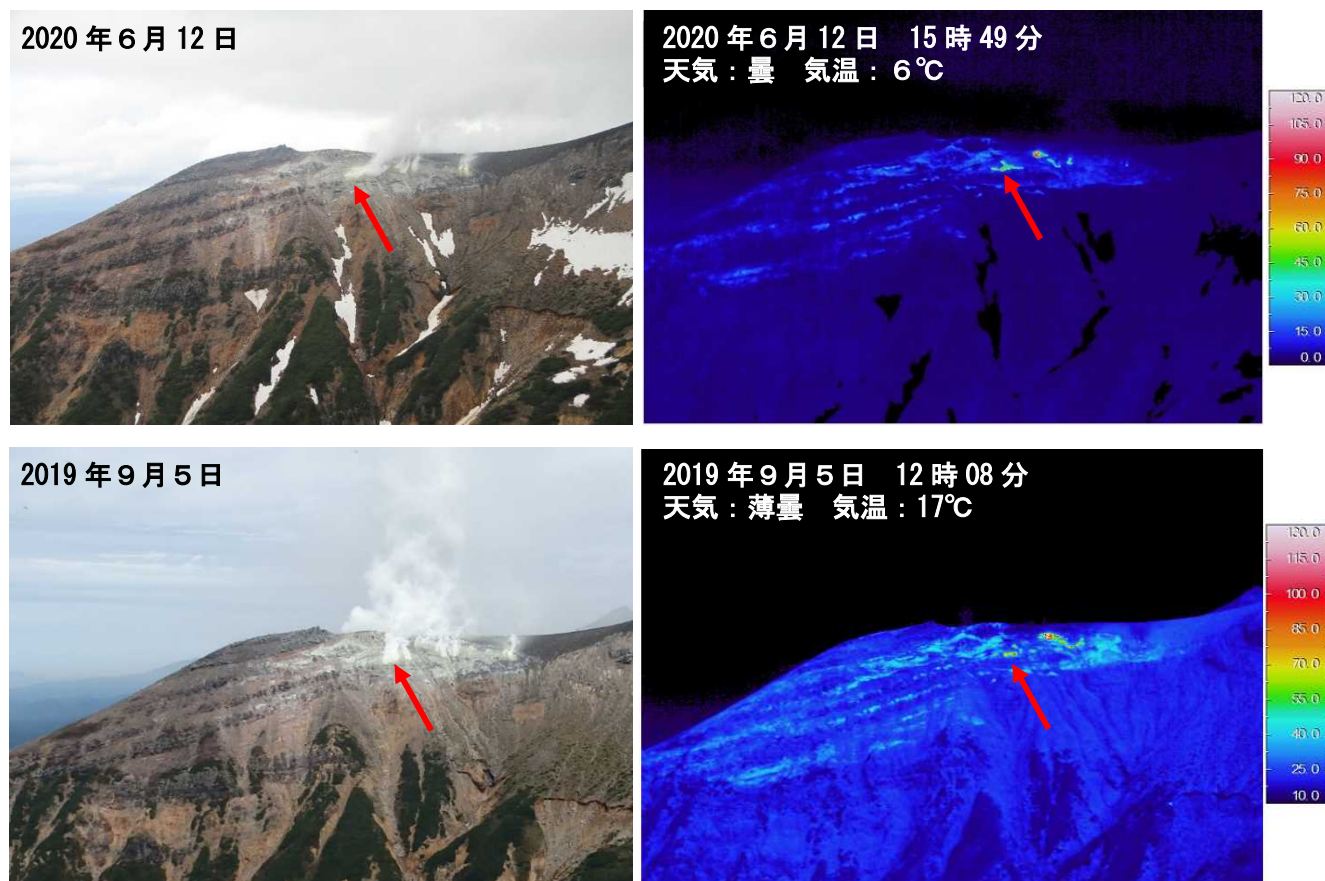


図 7 十勝岳 赤外熱映像装置による振子沢噴気孔群の地表面温度分布
三段山（図 3-②）から撮影

- ・ 2019 年 9 月と比較して、振子沢噴気孔群の様子に大きな変化はなかった。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た。

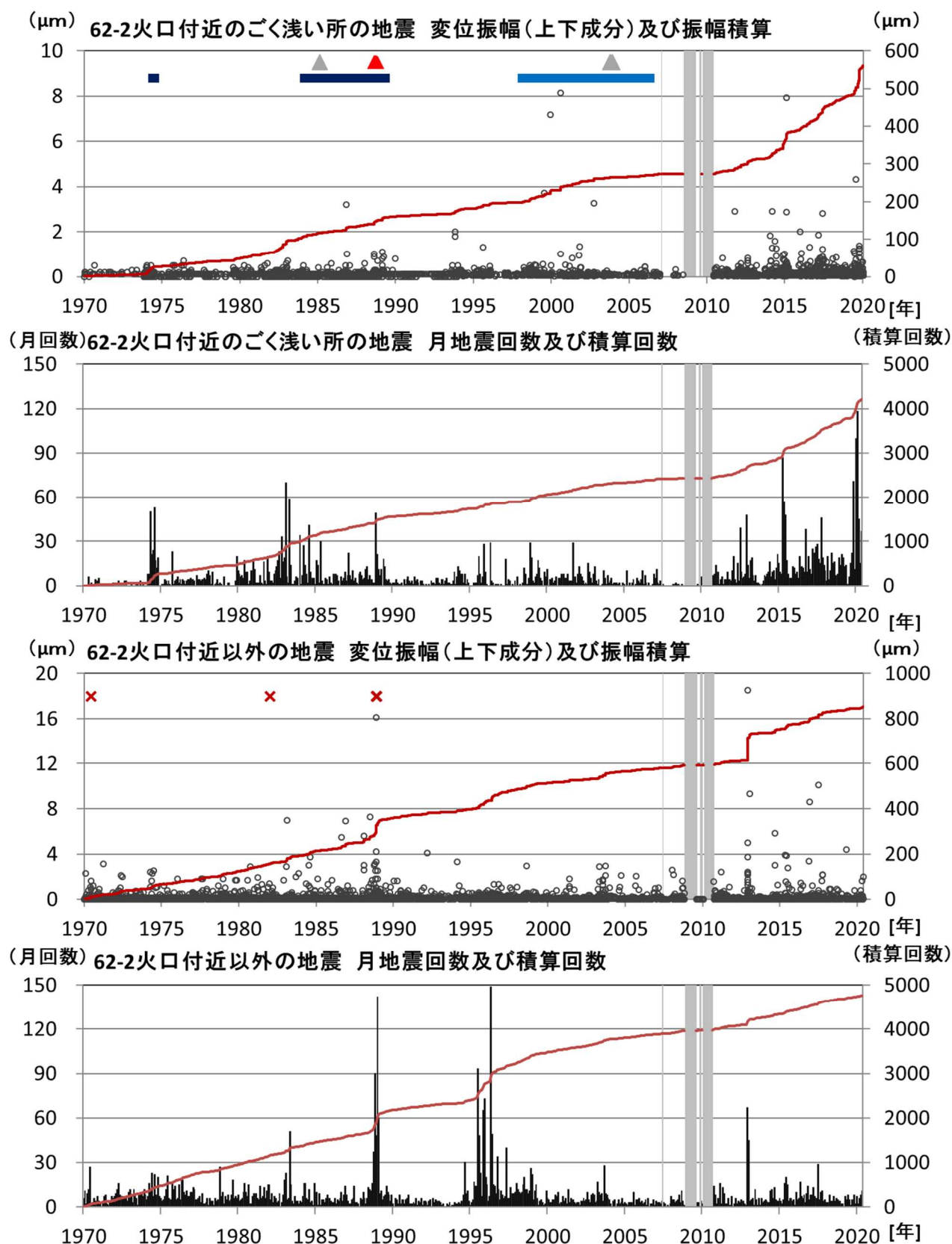


図 8 十勝岳 硫黄沢観測点でみた地震の活動経過と主な表面現象 (1970 年～2020 年 5 月 31 日)

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。

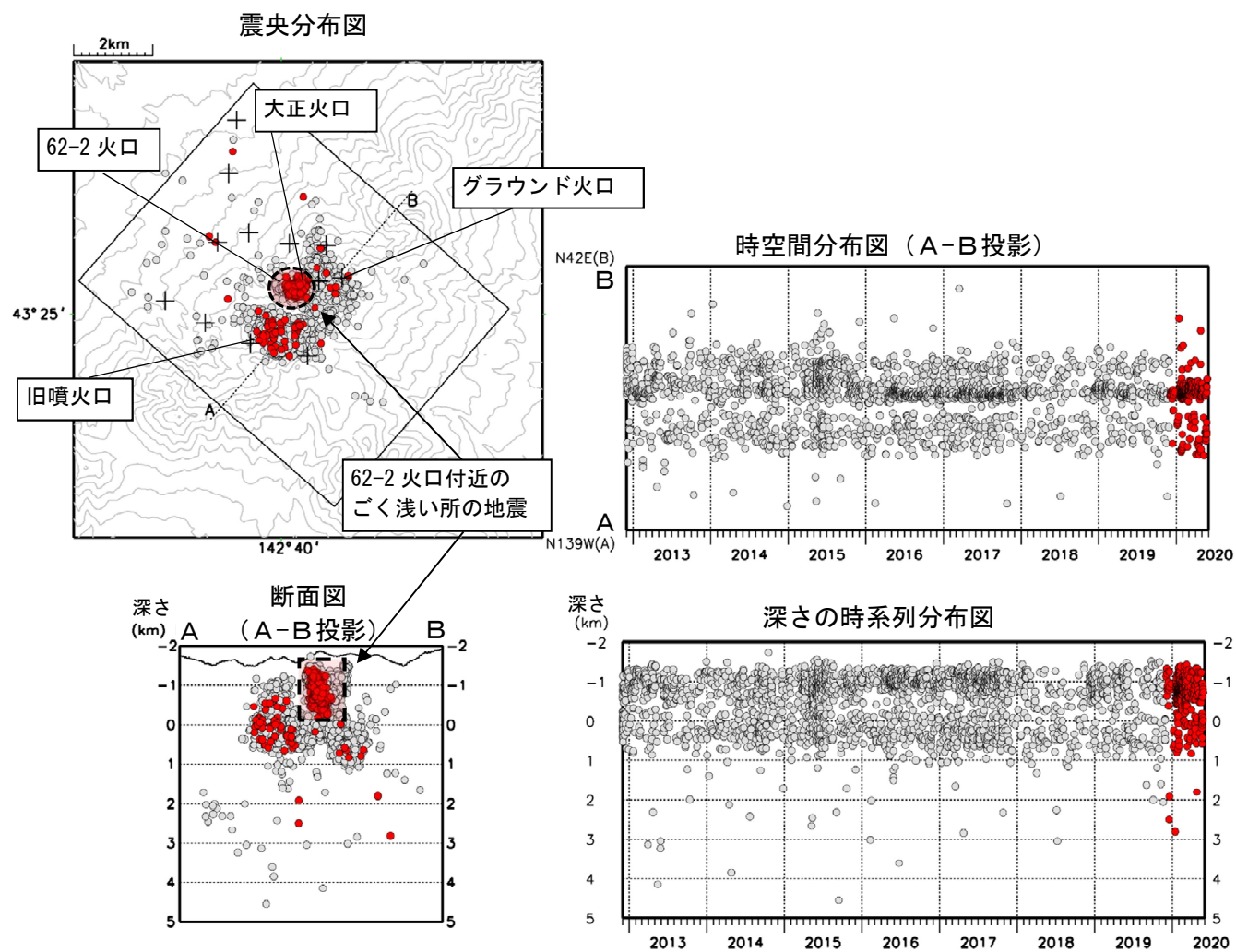


図 9 十勝岳 震源分布図 (2012 年 12 月～2020 年 5 月 31 日)

● : 2012 年 12 月 1 日～2019 年 11 月 30 日の震源

● : 2019 年 12 月 1 日～2020 年 5 月 31 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。

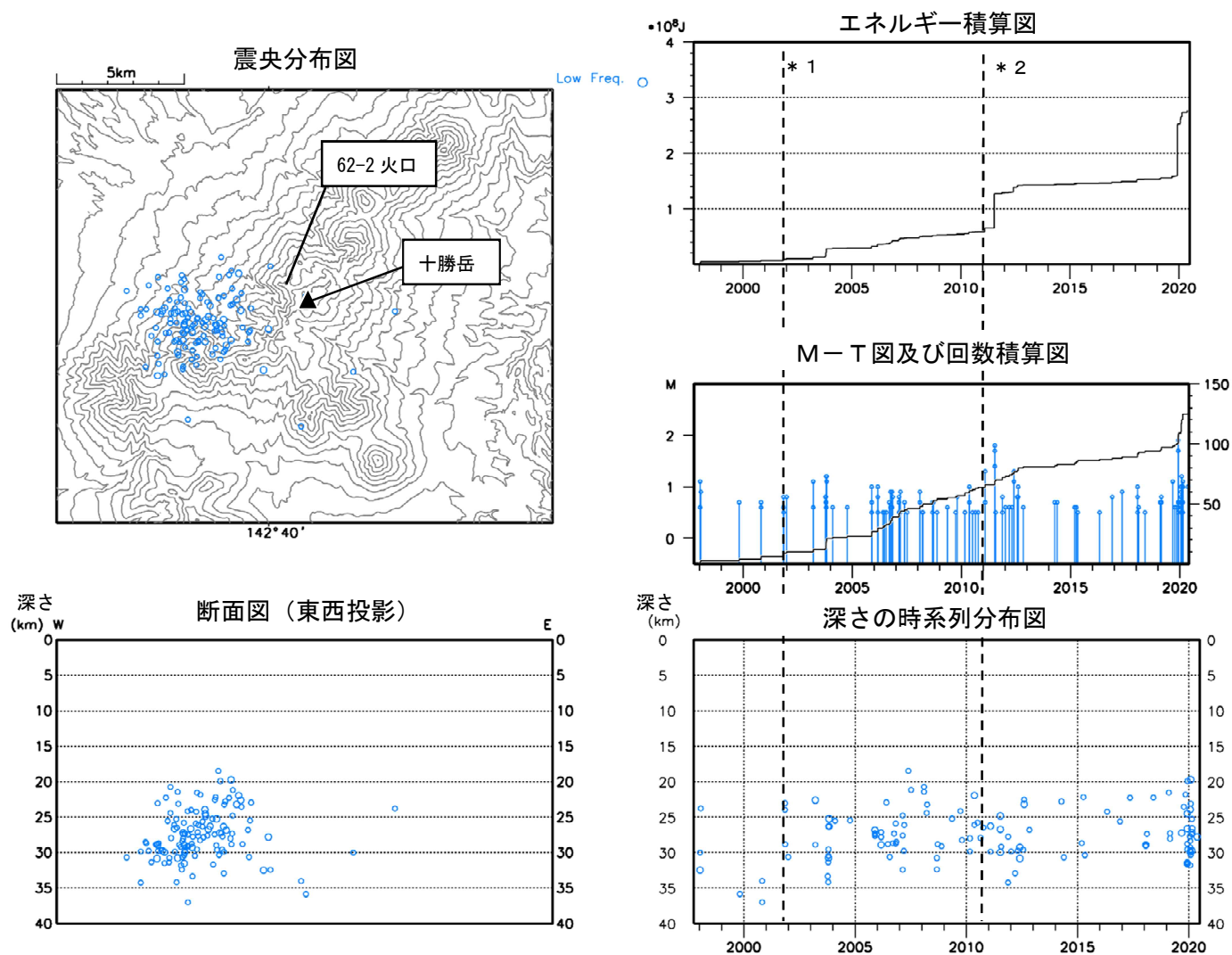


図 10 十勝岳 一元化震源による深部低周波地震活動

(1997 年 10 月～2020 年 5 月 31 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。

2020 年 4 月 18 日以降の地震について、暫定的に震源精査の基準を変更しているため、それ以前と比較して微小な地震での震源決定数の変化(増減)が見られる。

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。

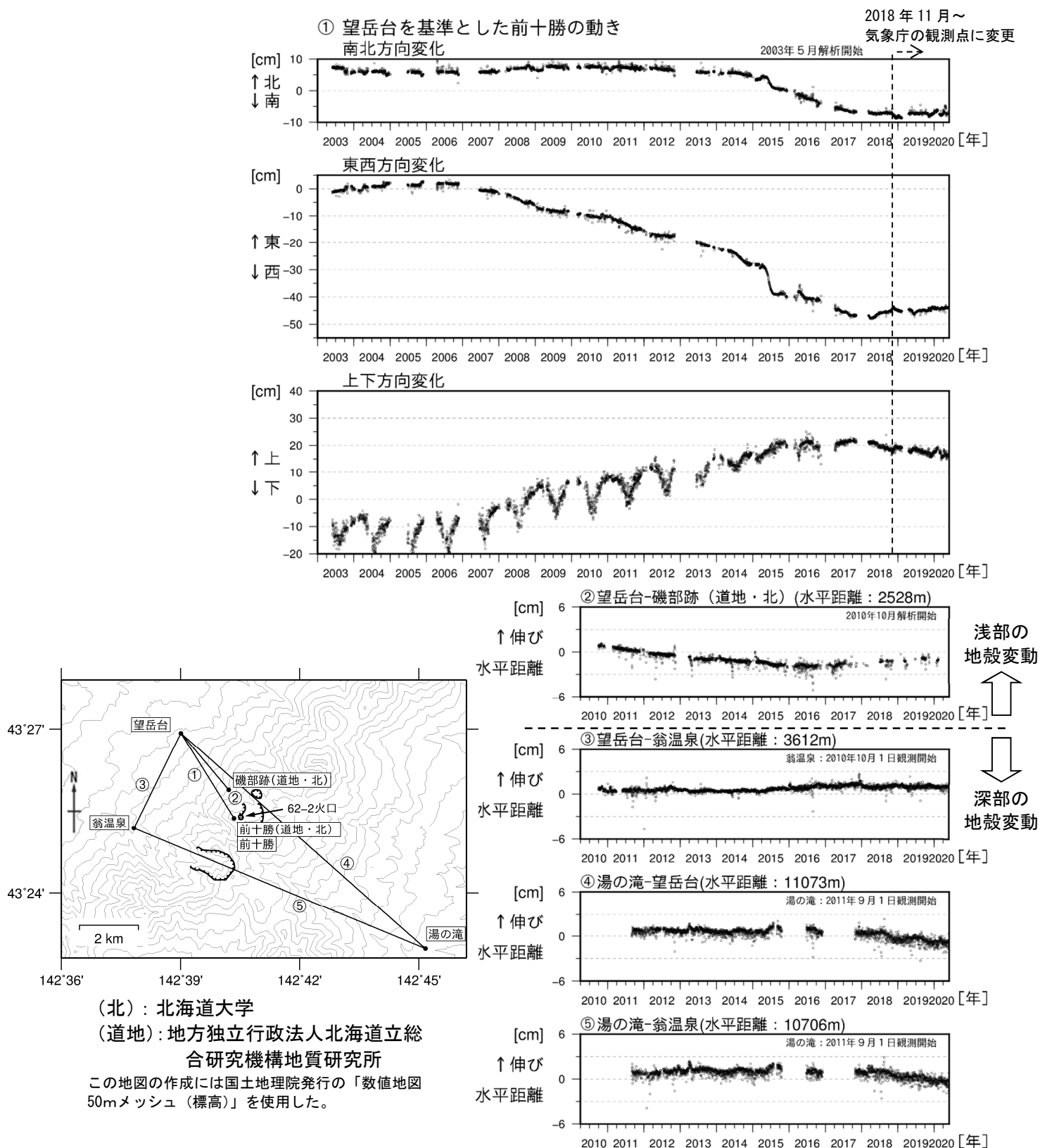


図11 十勝岳 GNSS連続観測による水平距離及び上下変化(2003年5月～2020年5月)及び観測点配置図

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山体浅部の膨張を示す変動が観測されていたが、2017年秋に停滞した。2018年夏頃からはごくわずかに反転している可能性がある。

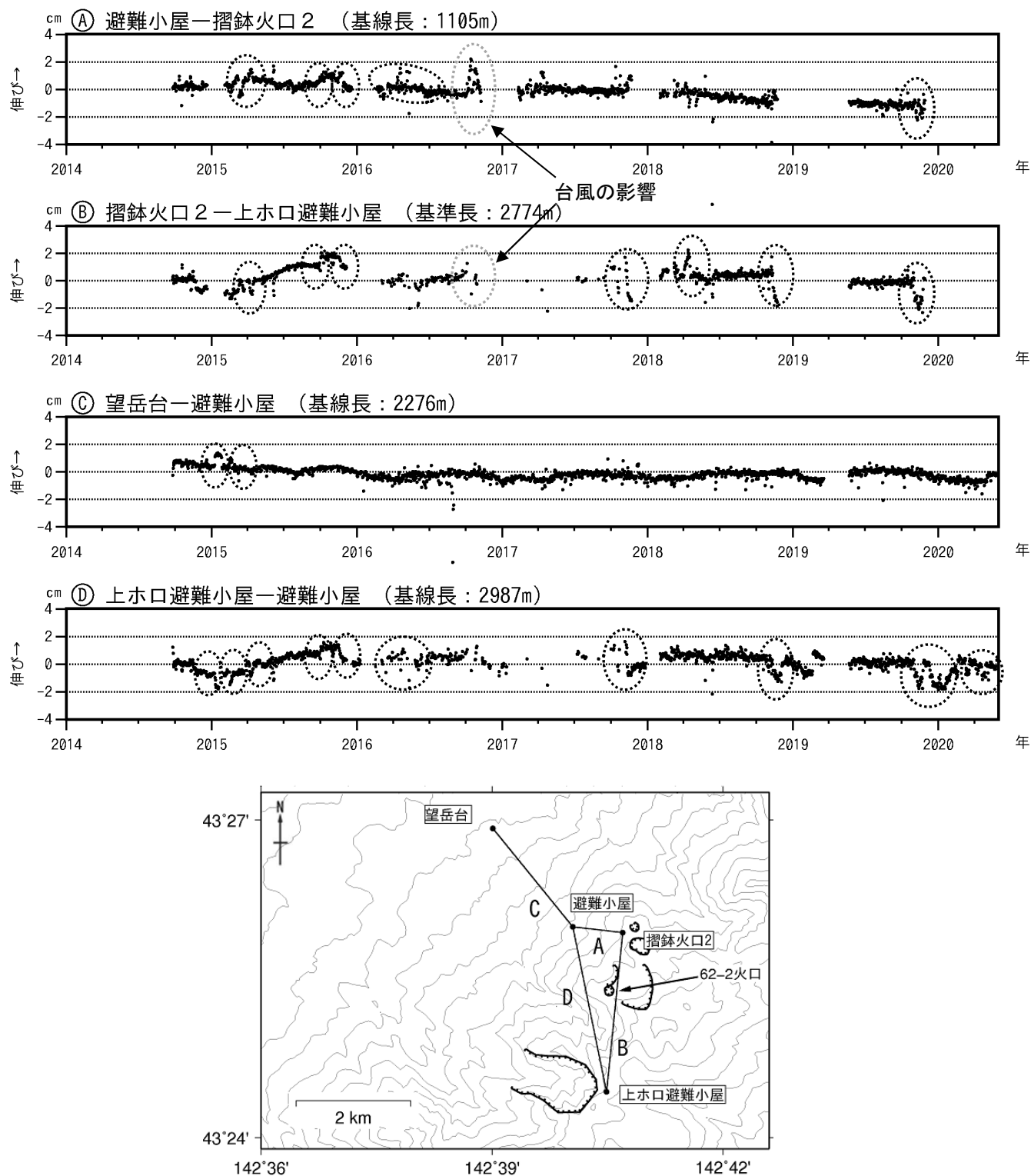


図12 十勝岳 GNSS連続観測による基線長変化 (2014年10月～2020年5月31日) 及び観測点配置図

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。

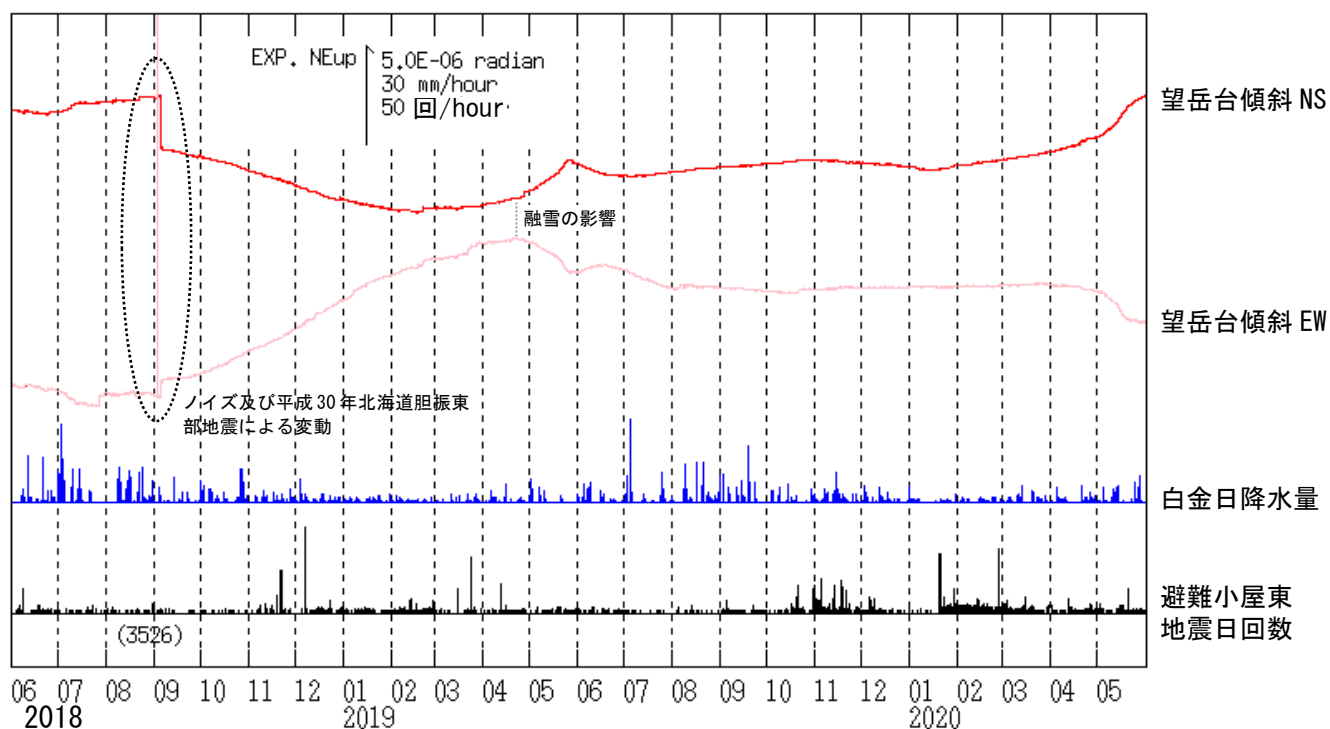
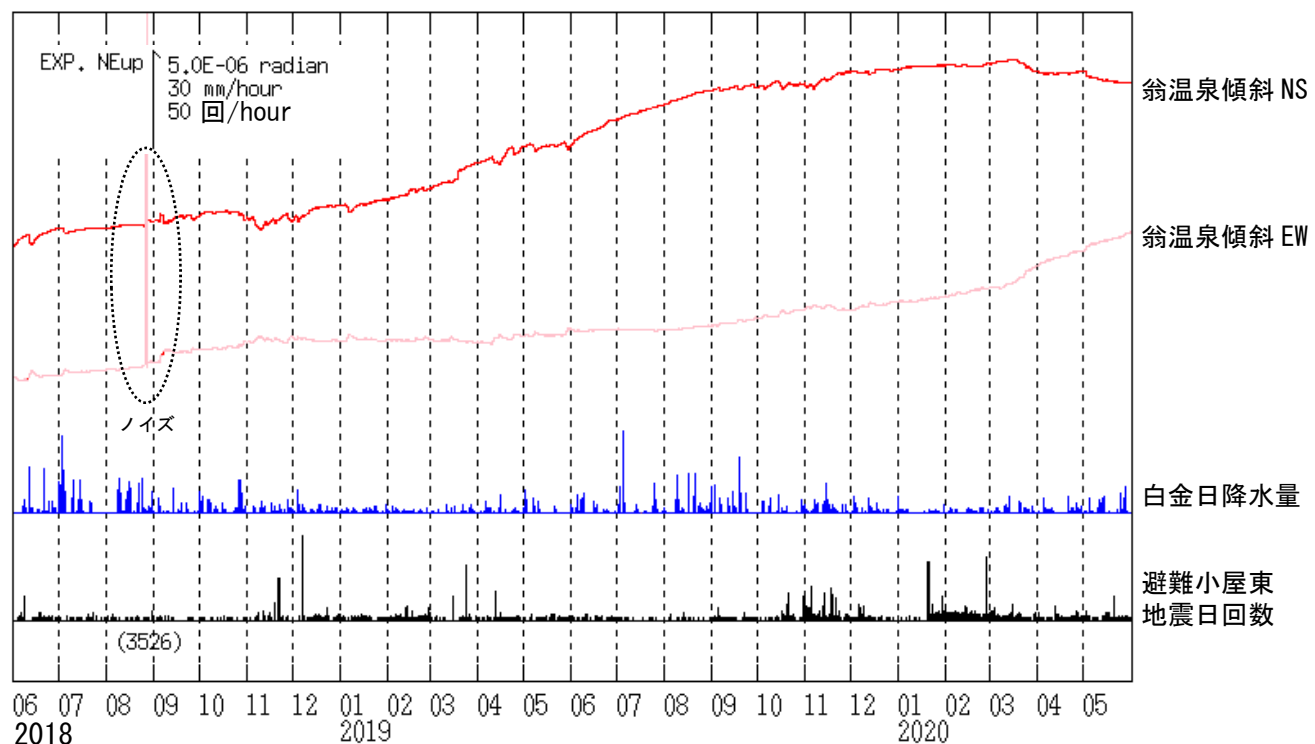


図 13 十勝岳 翁温泉観測点（上図）及び望岳台観測点（下図）における傾斜変動
（2018 年 6 月～2020 年 5 月 31 日、時間値、潮汐補正済み）

・ 火山活動によるとみられる傾斜変動は認められない。

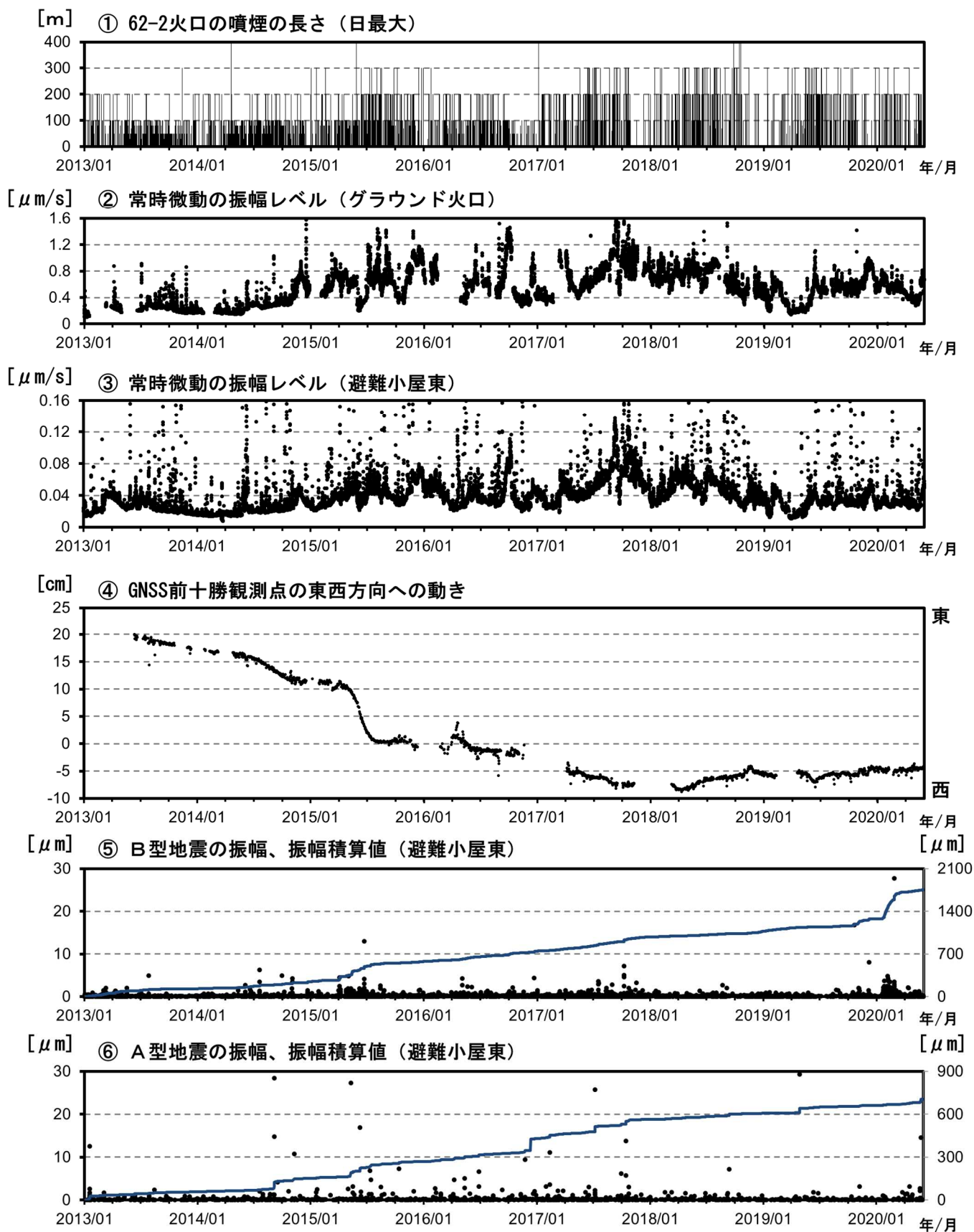


図14 十勝岳 火山活動経過図（短期：2013年1月～2020年5月31日）

①の空白は機器障害による欠測期間を示す。

- ・ 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。

○2020 年 1 月 20 日から 3 月初め頃にかけての傾斜変動と地震活動の推移について

・2020 年 1 月 20 日から 3 月初め頃までの傾斜変動と地震活動の推移

1 月 20 日 10 時頃から、北海道大学が山頂付近に設置した前十勝西(北)傾斜計で、62-2 火口方向が上がる緩やかな傾斜変動が観測され始めた。11 時 30 分頃からは B 型地震が急増し、12 時 43 分には継続時間約 4 分の火山性微動も発生した。その後地震活動はやや低下したもの 1 月 19 日以前より多い状態は続いた。これらの地震や微動は、62-2 火口付近のごく浅いところで発生していると考えられる。こうした現象と前後または同期しながら、傾斜変動は 11 時頃から 15 時頃にかけて変動率の顕著な変化や傾斜方向の反転等を繰り返した(①項参照)が、再び元の火口上がりの緩やかな傾斜変動へと戻り翌 21 日 06 時頃まで継続した。その後 62-2 火口方向が下がる緩やかな傾斜変動へと反転し、遅くとも 3 月初め頃までには終了したと考えられる。また地震回数は 21 日以降 3 月中旬頃まで 1 月 19 日以前より多い状態が継続した(②項参照)。またその中で、2 月 26 日には振幅の非常に大きな BH 型地震を観測し、翌 27 日には一時的な B 型地震の急増とそれに同期した傾斜変動率の顕著な変化が観測された(③項参照)。28 日以降 B 型地震は減少し、1 月 19 日以前より多い状態に戻った。この状態は 3 月前半頃まで継続した。以下①～③項で、いくつかの特徴的な活動を取り上げ補足する。

(なおこの項では以降、62-2 火口方向が上がる傾斜変動を「火口上がりの傾斜変動」、62-2 火口方向が下がる傾斜変動を「火口下がり」の傾斜変動」と便宜上呼称する。)

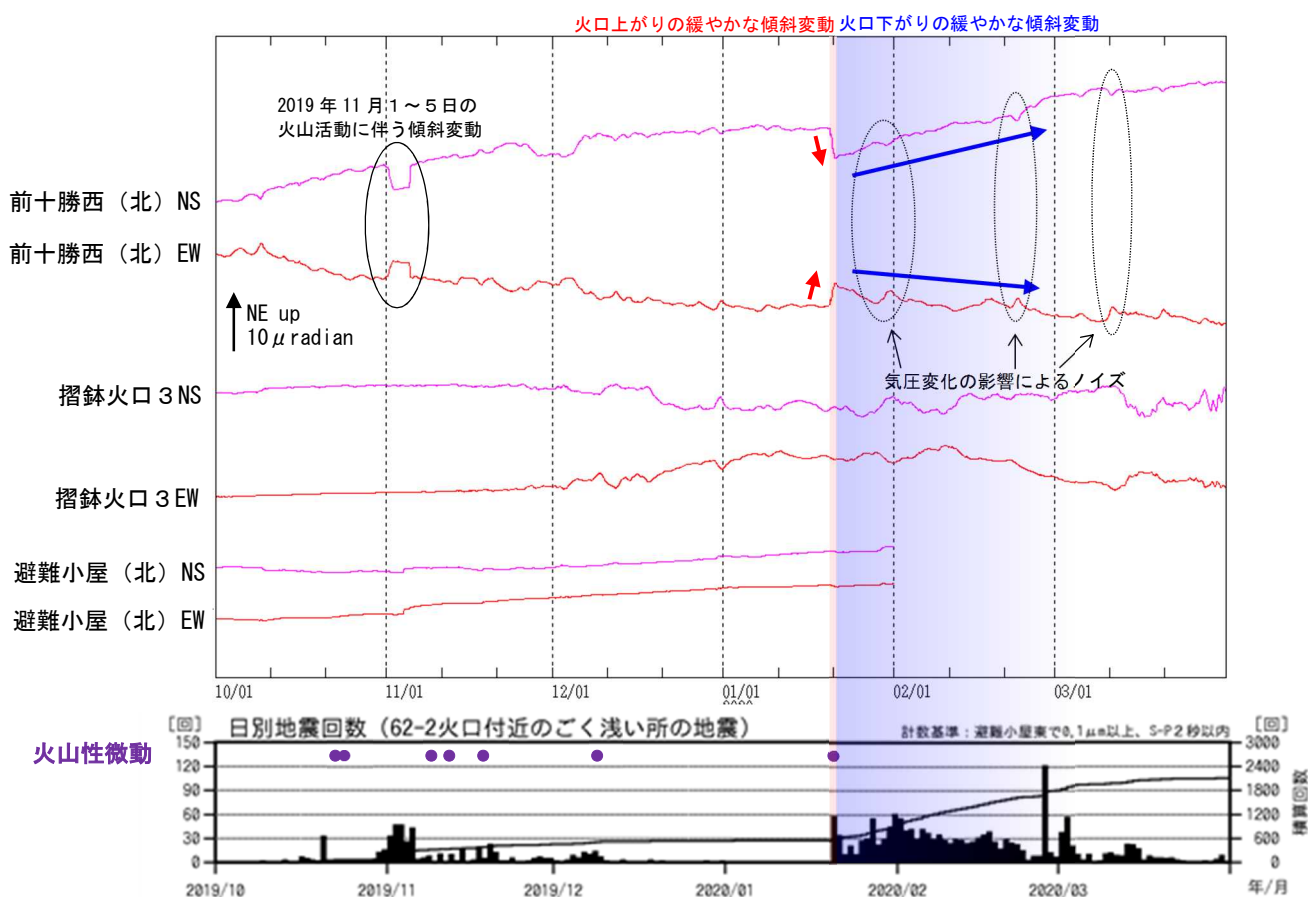


図15 十勝岳 傾斜変動(時間値)、62-2火口付近の浅い所で発生したB型地震の日別回数と微動が発生した日(2019年10月1日～2020年3月31日)

前十勝西(北)、避難小屋(北): 北海道大学が設置した傾斜計

① 1 月 20 日 11 時頃から 15 時頃までの傾斜変動と地震活動の推移

20 日 11 時 30 分頃に B 型地震が増加し始めて以降、火口上がりの緩やかな傾斜変動の変動率は徐々に上昇し、火口上がりのやや急な傾斜変動へと変化した。12 時 43 分頃に火山性微動（継続時間約 4 分）が発生すると、これに同期して傾斜変動の変動率が顕著に変化し、約 1 分間に渡って火口上がり・火口下がりの急激な傾斜変動が観測された。この急激な傾斜変動のみ、山腹の摺鉢火口 3 傾斜計や避難小屋（北）傾斜計でも同期した変動を捉えている。その後再び反転して元の火口上がりのやや急な傾斜変動へと戻ったが、数分後火山性微動が終了した後もう一度反転して今度は火口下がりのやや急な傾斜変動へと変化した。また火山性微動の発生以降 B 型地震はやや減少した。火口下がりのやや急な傾斜変動の変化率は徐々に低下し、14 時から 15 時頃にかけて傾斜変動が反転し、元の火口上がりの緩やかな傾斜変動に戻った。

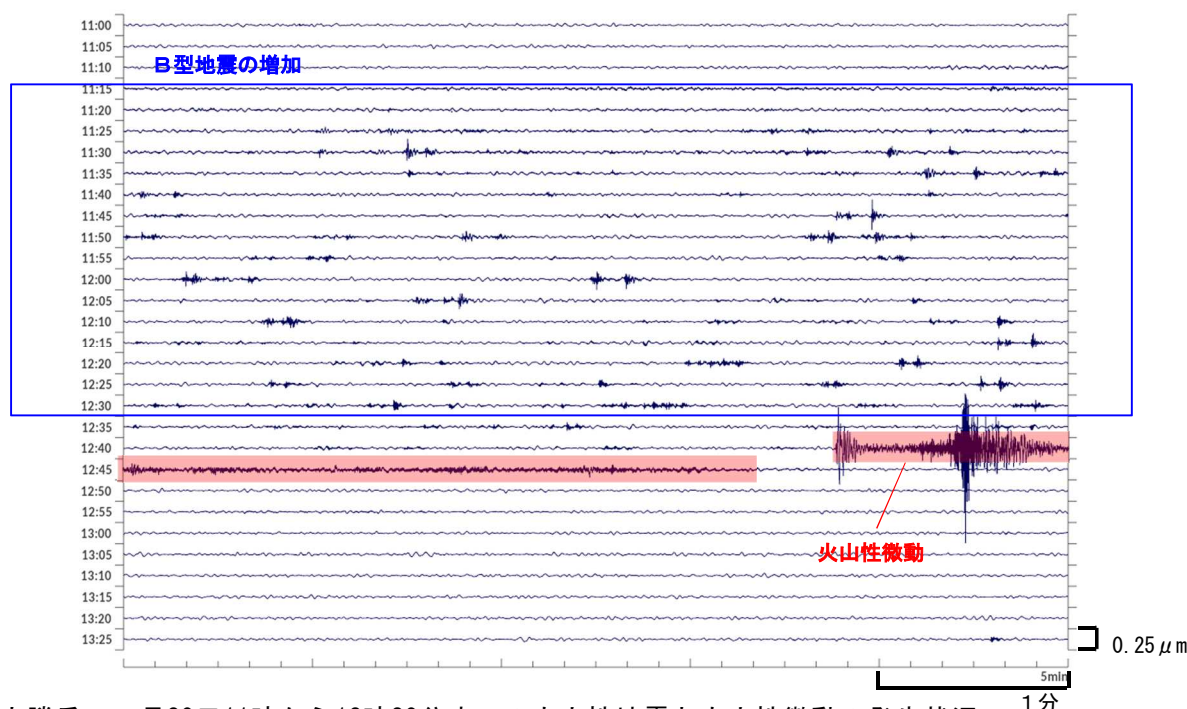


図16 十勝岳 1月20日11時から13時30分までの火山性地震と火山性微動の発生状況
避難小屋東地震観測点における上下成分の変位波形

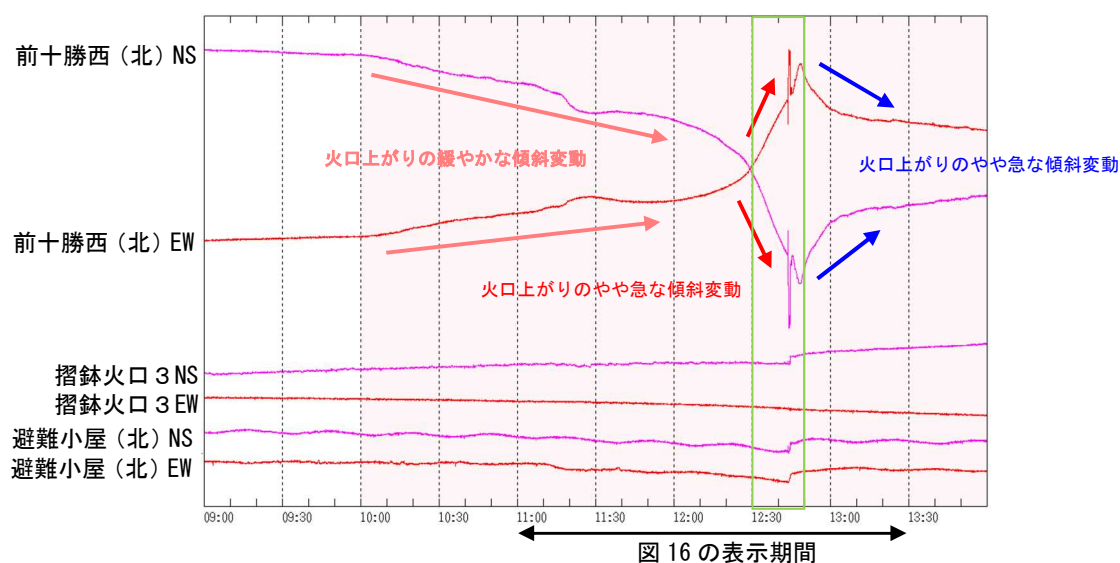


図17 十勝岳 1月20日09時から14時までの傾斜変動（分値）
ピンクのハッチをかけた期間は、図15中でピンクのハッチをかけた期間に含まれる。
図中の黄緑矩形は、図18の表示期間を示す。

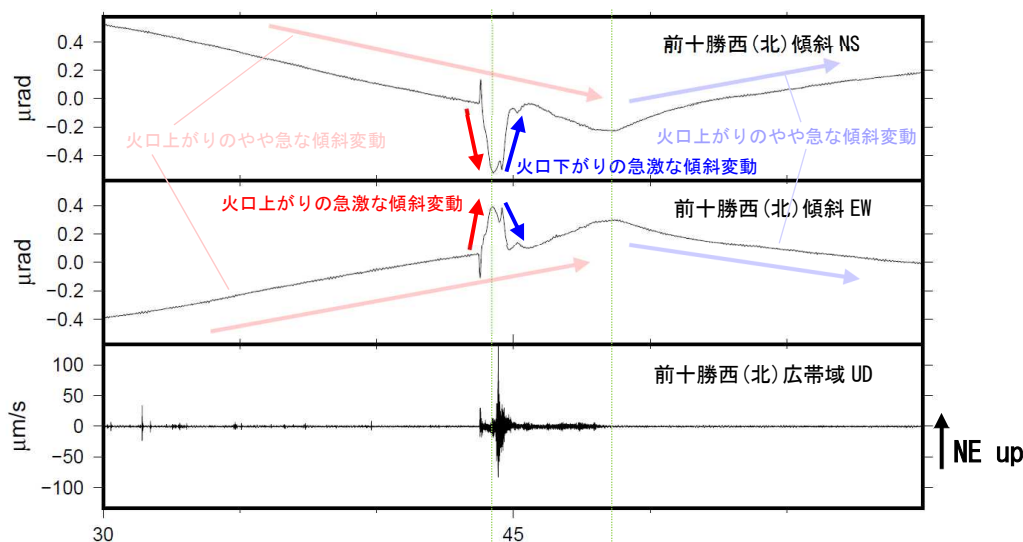


図18 十勝岳 火山性微動に同期した傾斜変動 (2020年1月20日12時30分~48分)

② 1 月 21 日 06 時頃以降、火口下がりの緩やかな傾斜変動が継続する中での地震活動の特徴

1月21日06時頃から長くとも3月初め頃まで、火口下がりの緩やかな傾斜変動が継続した(図15)。その間、B型地震は1月19日以前より多い状態が継続した。特に1月21日以降2月中旬頃までは、山頂付近に設置した避難小屋東観測点による計数基準で、地震の回数が20~60回程度/日の状態が続いた(図15)。このように、地震回数が突出するわけでもなくそれなりに多い状態を一定期間継続するような地震回数の推移は、これまで十勝岳でしばしば観測されているような一時的または断続的な地震増加とは特徴の異なるもので、少なくとも1997年以降類似した推移は認められない。

ただ一方、上記の期間を山麓に設置した硫黄沢観測点による計数基準でみると、1月下旬頃までは10～15回程度/日、その後は地震回数1～5回程度/日で推移し、山頂基準でみた場合とはまた地震回数の推移の特徴が異なる。山麓基準でみた場合の推移は、少なくとも1970年以降の地震活動の中で際立って特異であるとまでは言い難い。

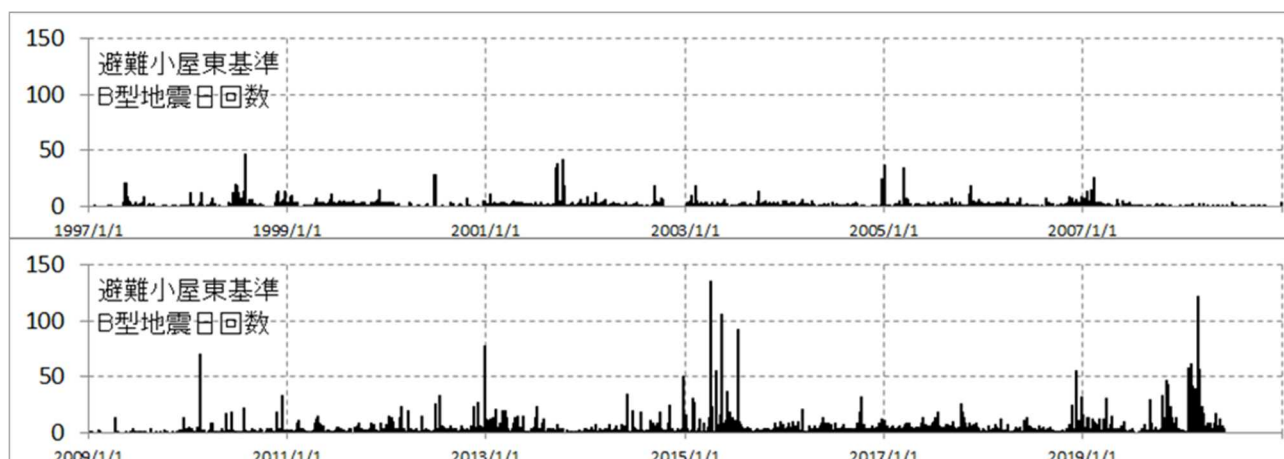


図19 十勝岳 避難小屋東観測点でのB型地震の日別回数 (1997年1月1日～2020年5月31日)
計数基準 1997年～: 避難小屋東 0.10μm S-P 2秒

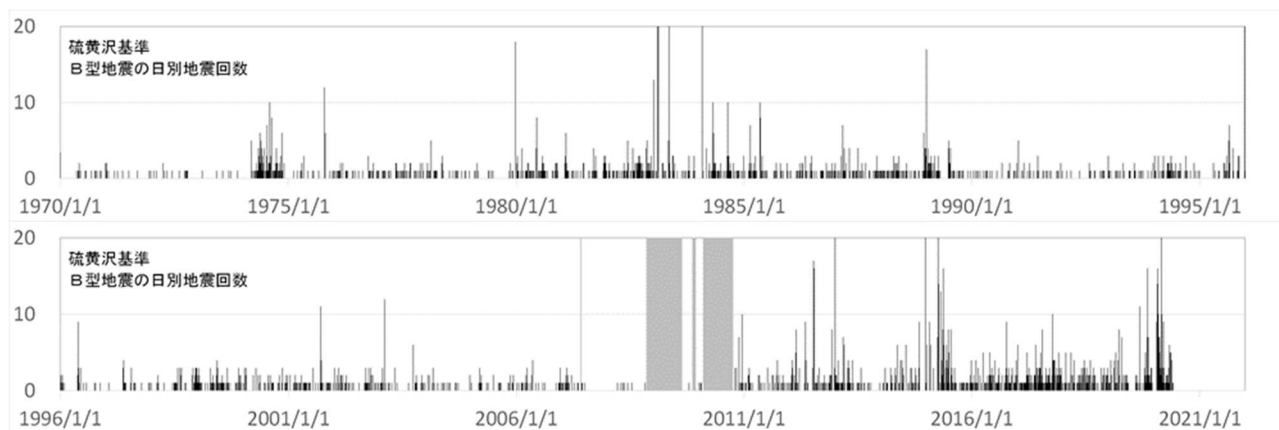


図20 十勝岳 硫黄沢観測点での日別地震回数（1970年1月1日～2020年5月31日）

計数基準 1970年～1996年：硫黄沢 $0.05 \mu\text{m}$ S-P 5秒

図中の灰色の期間は機器障害のため欠測。

③ 2月26日の振幅の大きなBH型地震と27日の一時的な地震増加について

火口下がりの緩やかな傾斜変動が継続している中、2月23日から25日にかけて地震回数が一旦減少した後、26日17時45分に最大振幅が避難小屋東で $31.0 \mu\text{m}$ 、硫黄沢で $17.3 \mu\text{m}$ の、振幅の非常に大きなBH型地震を観測した。硫黄沢での最大振幅 $17.3 \mu\text{m}$ は、1970年以降振り切れを除けば最大である。振り切れとなった地震はいずれもA型であると推定されていることから、1970年以降最大のB型地震であった可能性がある。

翌27日16時頃からB型地震が急増し、16時48分頃から傾斜変動率が顕著に上昇した。18時頃からは変動率が低下し始め、元の火口下がりの緩やかな傾斜変動へ徐々に戻った。地震回数は、21時以降減少した。

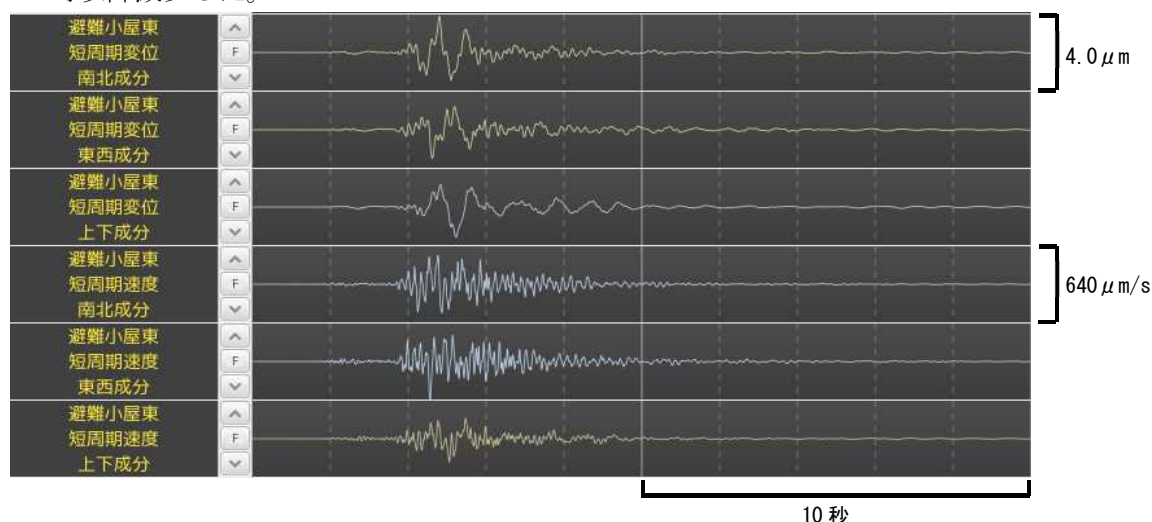


図21 十勝岳 2月26日17時45分のBH型地震の地震波形

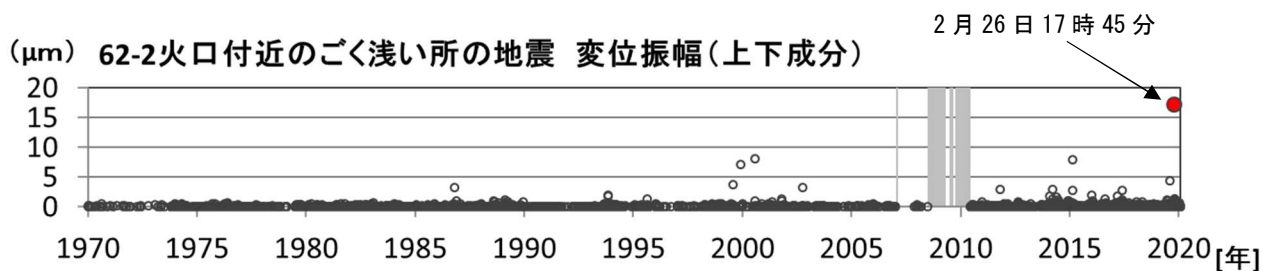


図22 十勝岳 硫黄沢観測点でみた1970年以降の地震の最大振幅の変遷（1970年～2020年5月31日）

図中の灰色の期間は機器障害のため欠測。

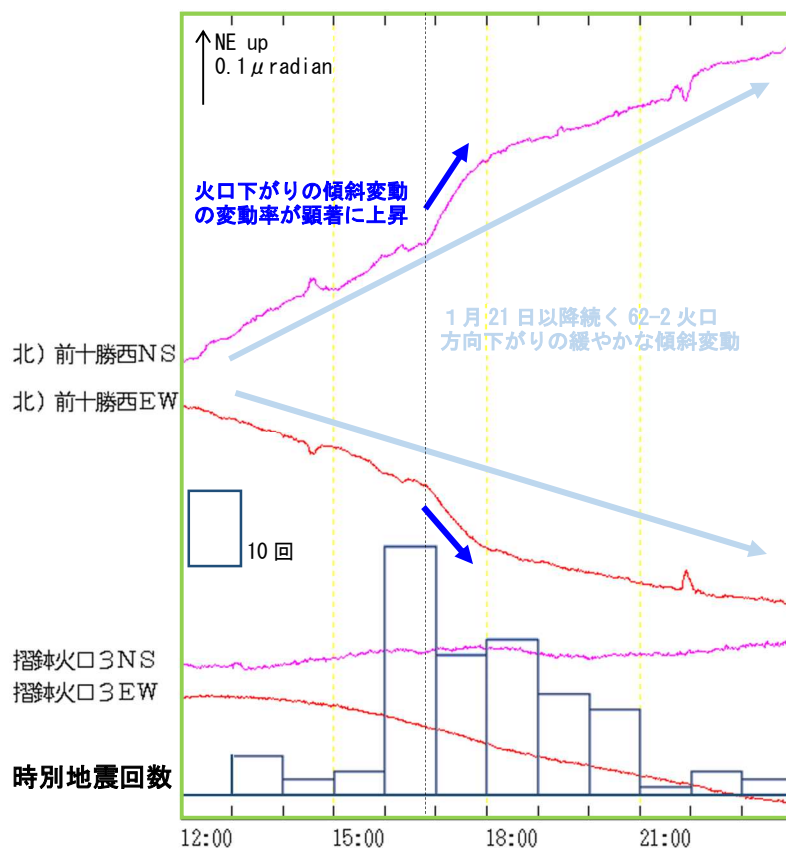
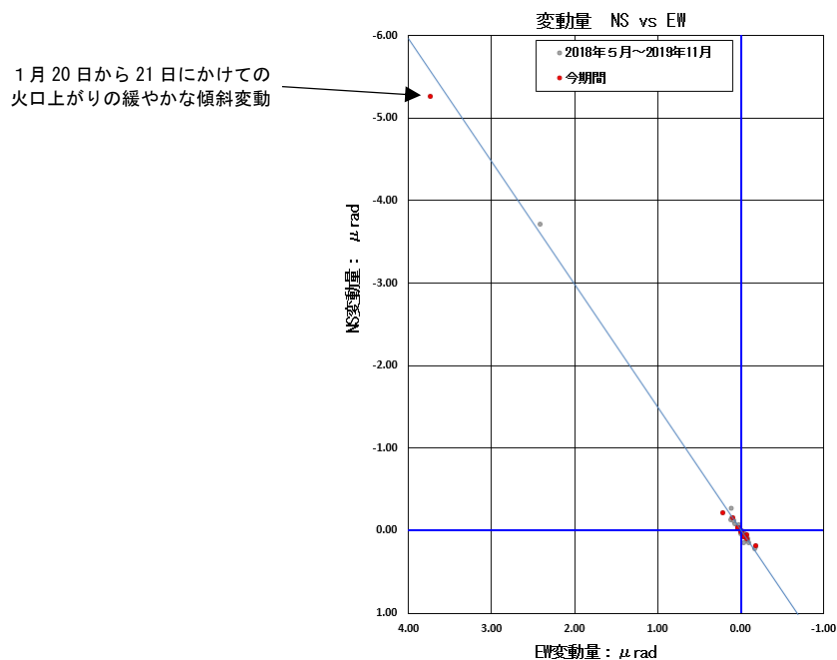


図 23 十勝岳 2月27日12時から24時までの傾斜変動（分値）と特別地震回数

図 24 十勝岳 火山性微動や火山性地震と同期した傾斜変動の南北成分・東西成分の変動量の関係
南北変動量については北上りが正、東西変動量については東上りが正の値である。

- ・ 1月20日から21日にかけての火口上りの緩やかな傾斜変動の傾斜方向は、普段観測されている火山性微動や火山性地震と同期した傾斜変動（本資料中の「山頂付近の傾斜計で捉えられる、火山性微動や火山性地震と同期した傾斜変動について」を参照）の傾斜方向と大きくは変わらない。

○山頂付近の傾斜計で捉えられる、火山性微動や火山性地震と同期した傾斜変動について

札幌管区気象台では 2018 年 5 月頃から、北海道大学が山頂付近に設置した前十勝西（北）傾斜計において、火山性微動や火山性地震と同期した傾斜変動を時々観測している。北海道大学では、山頂付近に設置した傾斜計による観測で、少なくとも 2014 年頃からこうした現象をたびたび確認しており、それによると 2018 年 4 月頃から発生回数の増加がみられた。気象台による観測では、2018 年 5 月頃から避難小屋東地震観測点において、傾斜変動に同期した火山性地震を明瞭に確認できるものが頻繁に確認されるようになり、それらの記録を行うようになった。以下に、この現象の特徴を整理し、今期間の発生状況についても記載する。

・現象の特徴

ほとんどは、観測点からみて 62-2 火口方向が上下するような傾斜変動であり、傾斜方向のばらつきは小さい。変動パターンは多岐にわたるが、大局的には、上がるまたは下がる変動のみ判別できる場合と上がる変動から下がる変動への反転が明瞭な場合があるが、ほとんどは下がる変動のみ判別できるものである。また、 10^{-7} radian 以下の変動が多く、前十勝西（北）傾斜計のみで観測されることが多い。

以上のことから、62-2 火口またはその周辺の浅部が変動源であると考えられ、ここ数年の山体浅部における火山性流体等の活動活発化に関連した現象であると考えられる。なお、この現象と同期した噴煙・噴気の変化は確認されていない。

また、2019 年 11 月、2020 年 1 月には、火山性微動や火山性地震の急増と共に変動量 10^{-6} radian を超える傾斜変動が観測されている（本資料中の「2020 年 1 月 20 日から 3 月初め頃にかけての傾斜変動と地震活動の推移について」参照）。

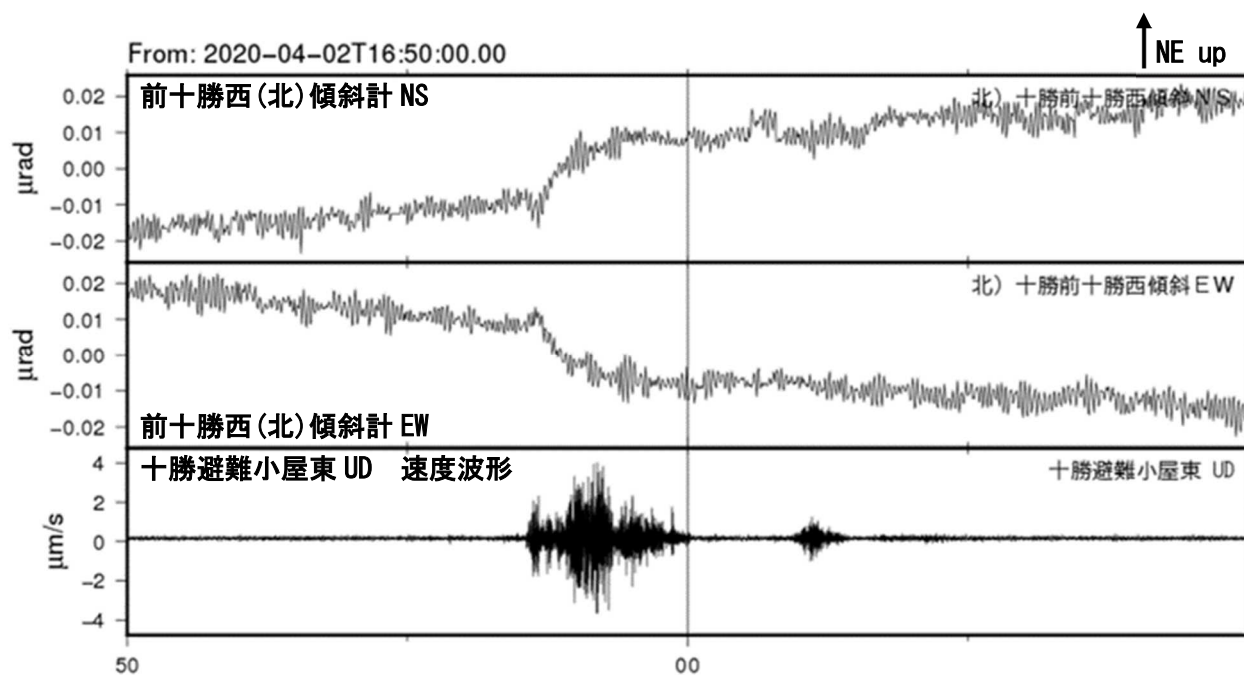


図 25 十勝岳 火山性微動や火山性地震と同期した傾斜変動と地震波形の例

2020 年 4 月 2 日 16 時 50 分～17 時 10 分

・今期間の発生状況

今期間に発生した上記現象は、傾斜方向や発生頻度等に大きな変化はなく、変動量についても、2020 年 1 月の事例を除けばこれまでとほぼ同程度であった（図 2-⑥、図 26）。

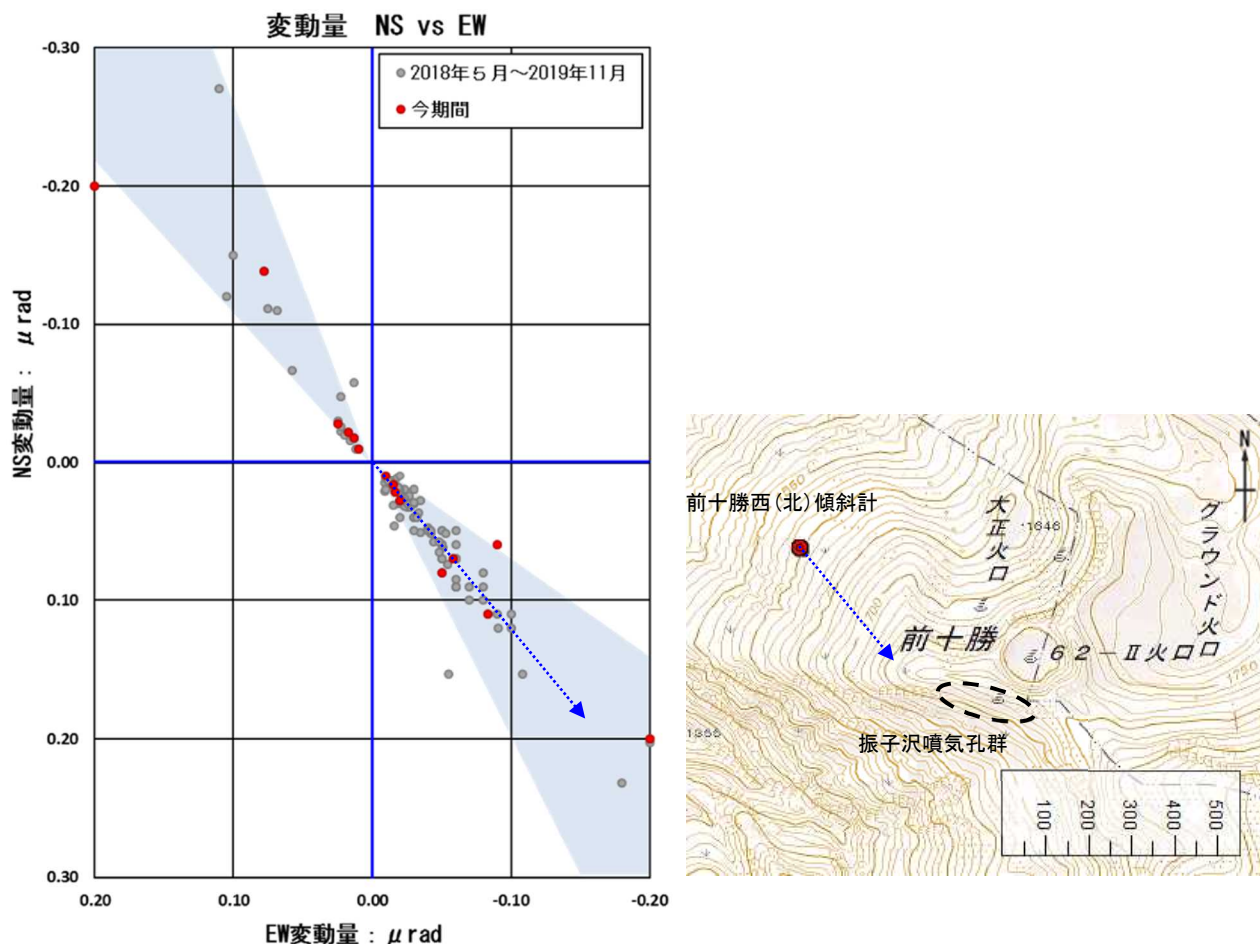


図 26 十勝岳 火山性微動や火山性地震と同期した傾斜変動の南北成分・東西成分の変動量の関係

南北成分・東西成分ともに変動量 10^{-8} radian 以上 10^{-6} radian 未満となる傾斜変動のみプロットしている。

南北変動量については北上りが正、東西変動量については東上りが正の値である。

左図中の水色ハッチは、南北・東西成分の合成ベクトルのばらつきを大まかに示したもので、青点線は南東下がりの平均的な合成ベクトルの向きを表している。右図は、このベクトルの向きと前十勝西(北)傾斜計との位置関係のイメージを、地図上に表したものである。

この地図の作成には国土地理院発行の「電子地形図(タイル)」を複製した。

- ・今期間に発生した傾斜変動（左図中赤シンボル）は、2019 年 11 月以前と比較して、傾斜方向に大きな違いは認められず、変動量も同程度であった。

○数秒から数十秒間隔で微小地震が連続的に発生する現象（H-B地震）

2018 年 12 月以降、数秒から数十秒間隔で微小地震が連続的に発生する現象が度々観測されている（図 2-⑥）。この現象についての特徴を整理し、今期間の発生状況についても記載する。なお本資料中では、この現象を便宜上「H-B 地震」（Heart Beat earthquakes にちなむ）と呼称することにする。

・現象の特徴

現象 1 回につき、数秒から数十秒間隔で微小地震を繰り返す（図 27 左）が、この間隔は現象が発生するたびに異なる。また、現象一回当たりの継続時間は、最短で数分、長いもので 1 時間を超えるものがあるが、10 分から 20 分程度であることが多い。

微小地震は、初めて観測された 2018 年 12 月 7 日のものが最大で、避難小屋東観測点 $12.4 \mu\text{m/s}$ 、それ以外は $7 \mu\text{m/s}$ 未満である。微小地震はほとんどが高周波地震あり（図 27 右）、卓越周期は 6～12Hz である。ただ、2019 年 12 月に発生したものは卓越周期 2 Hz 程度であった。

2018 年 5 月以降、一時的な地震増加を繰り返すなど地震活動が活発化しており、そうした中でこのような現象が発生していると考えられる。なお、この現象と同期した噴煙・噴気の変化や地殻変動は確認されていない。

・今期間の発生状況

発生頻度にはばらつきがあるものの、引き続き断続的に発生している。直近では 2020 年 3 月 23 日に発生した（図 2-⑥）。

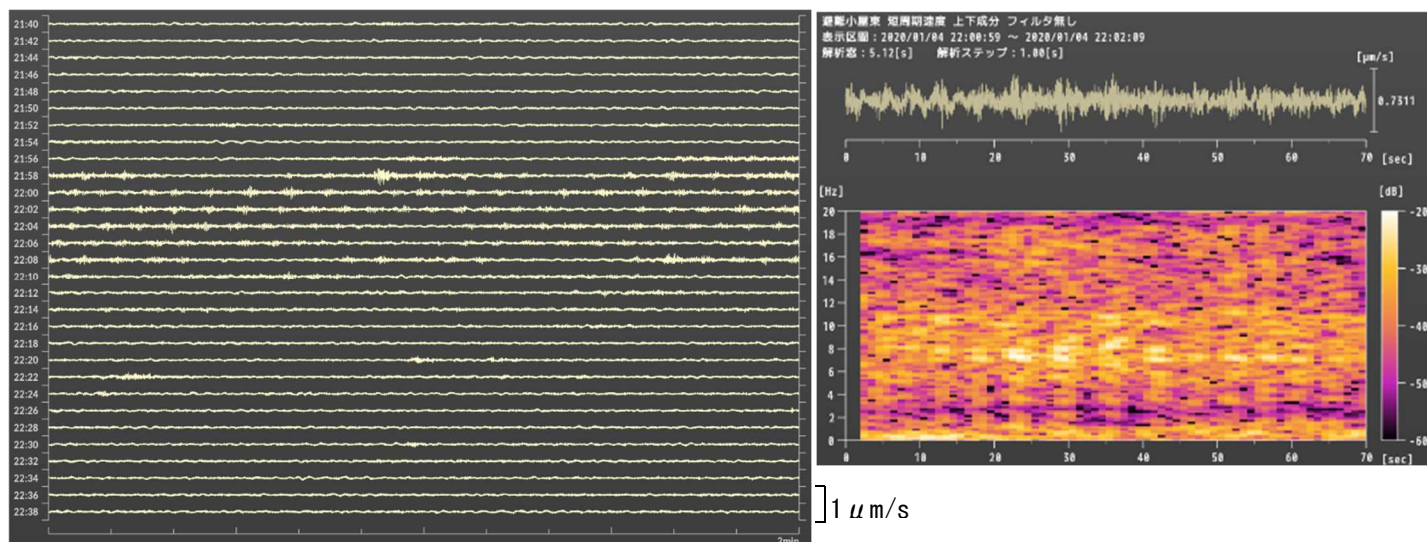


図 27 十勝岳 数秒から数十秒間隔で微小地震が連続的に発生する現象の地震波形およびランニングスペクトルの例

2020 年 1 月 4 日 21 時 40 分～22 時 40 分

左：避難小屋東観測点の東西成分速度波形

右：避難小屋東観測点の上下成分速度波形のランニングスペクトル

表 1 十勝岳 最近 3 回のマグマ噴火の前に見られた現象の時間変化と最近の火山活動

黒字: 熱活動
赤字: 震動現象
青字: 地殻変動

活動 ステージ	1926年の噴火		1962年の噴火		1988年～1989年の噴火		最近の火山活動経過	
	年月日	現象	年月日	現象	年月日	現象	年月日	現象
熱活動	1952. 8	昭和火口形成	1952. 8	昭和火口形成	2006～	62-2火口浅部直下膨張を示す地殻変動を継続	2006～	62-2火口浅部直下膨張を示す地殻変動を継続
	1954. 9	昭和火口小爆発	1954. 9	昭和火口小爆発	2008. 7	火山性地震	2008. 7	火山性地震
	1954～	大正火口噴気活発化、溶融硫黄流出	1954～	大正火口噴気活発化、溶融硫黄流出	2010. 6	火山性地震	2010. 6	火山性地震
	1956. 6	昭和火口小爆発	1956. 6	昭和火口小爆発	2011. 8	火山性地震	2011. 8	火山性地震
	1957. 2	昭和火口新噴気孔形成	1957. 2	昭和火口新噴気孔形成	2012. 6.30	大正火口東壁に新噴気孔形成、噴気量増加	2012. 6.30	大正火口東壁に新噴気孔形成、噴気量増加
	1958. 10	昭和火口小噴火、新噴気孔形成	1958. 10	昭和火口小噴火、新噴気孔形成	2012. 7	吹上温泉のCl/SO4比がわずかに上昇	2012. 7	吹上温泉のCl/SO4比がわずかに上昇
	1959. 8	昭和火口小爆発	1959. 8	昭和火口小爆発	2012. 12.2	山麓有感2回 (白金温泉・十勝岳温泉で震度1程度)	2012. 12.2	山麓有感2回 (白金温泉・十勝岳温泉で震度1程度)
	1959. 10	昭和火口小爆発	1959. 10	昭和火口小爆発	2014. 9	火山性地震	2014. 9	火山性地震
	1959. 11	昭和火口小爆発、泥流100m流下	1959. 11	昭和火口小爆発、泥流100m流下	2015. 4	火山性地震増加、火山性微動	2015. 4	火山性地震増加、火山性微動
	1961. 6～7	大正火口硫黄自然発火	1961. 6～7	大正火口硫黄自然発火	2015. 5	火山性地震増加、火山性微動	2015. 5	火山性地震増加、火山性微動
熱活動 + 地震活動 活発化	1923. 6	湯治で溶融硫黄増加、丸谷温泉温上昇	1923. 6	湯治で溶融硫黄増加、丸谷温泉温上昇	2015. 6	火山性地震	2015. 6	火山性地震
	1923. 8	湯治で溶融硫黄噴出	1923. 8	湯治で溶融硫黄噴出	2015. 7	火山性地震	2015. 7	火山性地震
	1925. 12	中央火口丘に砂礫噴出	1925. 12	中央火口丘に砂礫噴出	2015. 7	振子沢で噴気増加、地熱域拡大	2015. 7	振子沢で噴気増加、地熱域拡大
	1926. 2	大噴火口から砂礫噴出	1926. 2	大噴火口から砂礫噴出	2015. 7	62-2火口と振子沢の間で亀裂出現	2015. 7	62-2火口と振子沢の間で亀裂出現
	1926. 4	大噴火口から降灰、硫黄自然発火	1926. 4	大噴火口から降灰、硫黄自然発火	2017. 6	山麓有感1回 (吹上温泉で震度1程度)	2017. 6	山麓有感1回 (吹上温泉で震度1程度)
	1926. 5. 4	噴動	1926. 5. 4	噴動	2017. 7	山麓有感1回	2017. 7	山麓有感1回
	1926. 5. 7	小爆発、新火口形成、火口付近に噴石降灰	1926. 5. 7	小爆発、新火口形成、火口付近に噴石降灰	2017. 9	(十勝岳温泉で震度1程度)	2017. 9	(十勝岳温泉で震度1程度)
					2018. 5～	振子沢で温泉500℃超(地質研による現地観測)	2018. 5～	振子沢で温泉500℃超(地質研による現地観測)
					2020.6	火山性微動や火山性地震と同期した傾斜変動が増加	2020.6	火山性微動や火山性地震と同期した傾斜変動が増加
						62-2火口で火噴を観測		62-2火口で火噴を観測
マグマ噴火	1962. 5末～	火山性地震増加※5月22日以前は不明	1962. 5末～	火山性地震増加※5月22日以前は不明	1986. 6	吹上温泉のCl/SO4比が上昇	1986. 6	吹上温泉のCl/SO4比が上昇
	1962. 5.31	山麓有感5回(白金温泉震度2)	1962. 5.31	山麓有感5回(白金温泉震度2)	1986. 8	山麓有感(白金温泉で震度1)	1986. 8	山麓有感(白金温泉で震度1)
	1962. 6. 4	山麓有感2回(白金温泉震度1)	1962. 6. 4	山麓有感2回(白金温泉震度1)	1986. 10	62-1火口地中温度上昇	1986. 10	62-1火口地中温度上昇
	1962. 6. 9	山麓有感2回(白金温泉震度1)	1962. 6. 9	山麓有感2回(白金温泉震度1)	1986. 12	山麓有感(白金温泉で震度1)、火山性微動	1986. 12	山麓有感(白金温泉で震度1)、火山性微動
	1962. 6.10	火口付近有感(震度1)	1962. 6.10	火口付近有感(震度1)	1987. 2～3	火山性微動	1987. 2～3	火山性微動
	1962. 6.13	大正火口硫黄自然発火	1962. 6.13	大正火口硫黄自然発火	1987. 7	火山性微動	1987. 7	火山性微動
	1962. 6.14	大正火口噴煙増加	1962. 6.14	大正火口噴煙増加	1987. 9～10	62-1、62-2火口で一時的に噴煙減少	1987. 9～10	62-1、62-2火口で一時的に噴煙減少
	1962. 6.27	大正火口硫黄増加	1962. 6.27	大正火口硫黄増加	1988. 2	振子沢で噴煙増加	1988. 2	振子沢で噴煙増加
	1962. 6.28	山麓有感2回(白金温泉震度2)	1962. 6.28	山麓有感2回(白金温泉震度2)	1988. 6	山麓有感(十勝岳温泉で震度1～2)	1988. 6	山麓有感(十勝岳温泉で震度1～2)
					1988. 9	下旬から火山性地震次第に増加	1988. 9	下旬から火山性地震次第に増加
					1988. 10	山麓有感2回(吹上温泉・白金温泉で震度1)	1988. 10	山麓有感2回(吹上温泉・白金温泉で震度1)
マグマ噴火	1926. 5.13	噴煙活発、山麓で有感地震・鳴動	1926. 5.13	噴煙活発、山麓で有感地震・鳴動	1988. 11	山麓有感2回(白金温泉等で最大震度3)	1988. 11	山麓有感2回(白金温泉等で最大震度3)
	1926. 5.22	山麓で鳴動、大噴火口から噴石	1926. 5.22	山麓で鳴動、大噴火口から噴石	1988. 12. 5	噴煙活発化(雪面に降灰)	1988. 12. 5	噴煙活発化(雪面に降灰)
					1988. 12.10	62-2火口から灰色噴煙	1988. 12.10	62-2火口から灰色噴煙
					1988. 12.11	62-2火口から灰色噴煙、火山性微動	1988. 12.11	62-2火口から灰色噴煙、火山性微動
					1988. 12.13	62火口周辺に降灰(62-2火口に新しい穴)	1988. 12.13	62火口周辺に降灰(62-2火口に新しい穴)
	1926. 5.24	午前中 大噴火口から噴石	1926. 5.24	午前中 大噴火口から噴石	1988. 12.16	05時24分 62-2火口から噴火	1988. 12.16	05時24分 62-2火口から噴火
	12時11分 爆発、泥流	12時11分 爆発、泥流	12時11分 爆発、泥流	12時11分 爆発、泥流	～1989年3月5日まで	爆発的噴火を繰り返す	～1989年3月5日まで	爆発的噴火を繰り返す
	14時頃 小規模な鳴動、噴火	14時頃 小規模な鳴動、噴火	14時頃 小規模な鳴動、噴火	14時頃 小規模な鳴動、噴火				
	16時17分過ぎ 大爆発、大正火口形成、大泥流～1928年12月4日まで噴火を繰り返す	16時17分過ぎ 大爆発、大正火口形成、大泥流～1928年12月4日まで噴火を繰り返す	16時17分過ぎ 大爆発、大正火口形成、大泥流～1928年12月4日まで噴火を繰り返す	16時17分過ぎ 大爆発、大正火口形成、大泥流～1928年12月4日まで噴火を繰り返す				

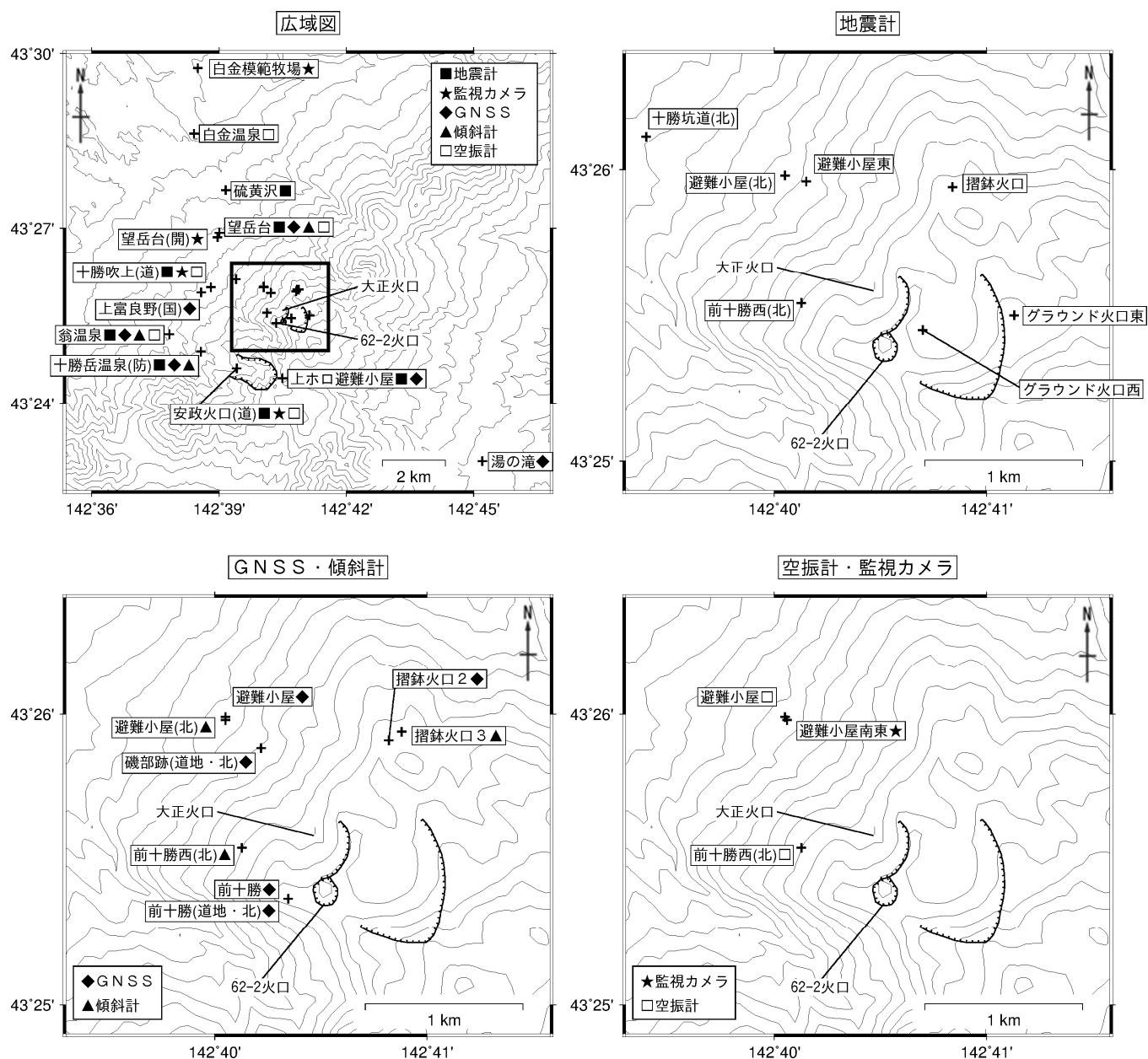


図 28 十勝岳 観測点配置図

＋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。

○ 2006 年から現在までの十勝岳の活動経過

・ 2006 年～現在までの観測事実（図 29）

2006 年～2017 年夏頃にかけて、GNSS 連続観測で、望岳台観測点を基準としたときに前十勝観測点が 62-2 火口や大正火口から西方へ遠ざかるような変動が観測された。また GNSS 繰り返し観測においては、62-2 火口や大正火口を挟む基線が伸びる基線長変化が観測された。2016 年頃から、振子沢噴気孔群で地熱域の広がりや噴気の再開・噴気の高さや噴気温度の上昇が観測されるようになった。地震活動は 2015 年に活発化がみられて以降は、それ以前より少ない状態となった。

2017 年秋頃、GNSS 連続観測等の変動および基線長変化は停滞した。振子沢噴気孔群の噴気の高さは引き続き上昇し、噴気温度は高い状態を維持した。地震活動は低調な状態が続いた。

2018 年夏頃からは、停滞していた GNSS 連続観測等の変動及び基線長変化がわずかに反転している。2018 年 5 月からは火山性微動や火山性地震と同期した傾斜変動が観測されるようになり、2019 年 11 月や 2020 年 1 月には、火山性微動の発生や火山性地震の急増とともに、山頂付近の傾斜計で 10^{-6} radian オーダーの傾斜変動を観測した。また 2018 年 12 月からは H-B 地震が度々観測されるようになった。振子沢噴気孔群の噴気の高さ・噴気温度が高い状態は続いている。また 62-2 火口の最高温度は、2018 年頃までは 150°C 程度であったのが、2019 年 6 月で約 200°C 、2020 年 6 月の現地調査で約 400°C という値が観測され、2020 年 6 月 7 日以降 15 日現在まで、62-2 火口で火映がほぼ連続的に観測されている。62-2 火口ごく浅部の地震はやや増加し、2018 年 5 月頃より一時的な増加を繰り返すようになっている。

・ 活動ステージごとの活動まとめ

GNSS 連続観測の変動及び GNSS 繰り返し観測の基線長変化に基づいて、活動のステージを 3 つに分けた（図 29）。以下、ステージごとに活動をまとめる。

ステージ A

2006 年～2016 年夏頃までの GNSS 前十勝西観測点の西進や 62-2 火口及び大正火口を挟む GNSS 繰り返し基線の伸びは、62-2 火口付近及び大正火口付近の 2 つの圧力源の膨張（図 30）で説明される（第 138 回予知連にて報告）。こうした山体浅部の膨張は、より深部からの火山性流体等の供給・蓄積によると考えられる。2016 年秋以降も GNSS 連続観測の変動及び GNSS 繰り返し観測の基線長変化は継続したことから、山体浅部への火山性流体等の供給・蓄積は続いたと考えられる。また 2016 年頃からは、噴気活動や熱活動の活発化と地震活動の静穏化も認められる。

ステージB

前ステージで噴気活動や熱活動の活発化が認められたあと、本ステージにはいり山体浅部の膨張を示す GNSS 連続観測の変動及び GNSS 繰り返し観測の基線長変化が停滞した。このことから、山体浅部への火山性流体等の新たな蓄積はほぼ停止した可能性がある。さらに、噴気活動の活発化後に停滞したこと、停滞後も噴気活動や熱活動は活発な状態を維持していることから、火山性流体等の供給量と噴気活動等による放出量がつり合ったため新たな蓄積が停止した可能性が考えられる。

ステージC

GNSS 連続観測等の変動及び基線長変化にわずかな反転がみられ、噴気活動や熱活動は活発な状態を維持しており、62-2 火口では火映が観測された。また、地震活動が活発化し、H-B 地震が観測されるようになった。さらに、火山性微動や火山性地震と同期した傾斜変動が頻繁に観測され、2019 年 11 月以降は火山性地震の急増と同期して、以前より大きな傾斜変動も観測されるようになった。以上から、より一層山体浅部の火山性流体等の放出量が増し、供給量を上回っている可能性が考えられる。

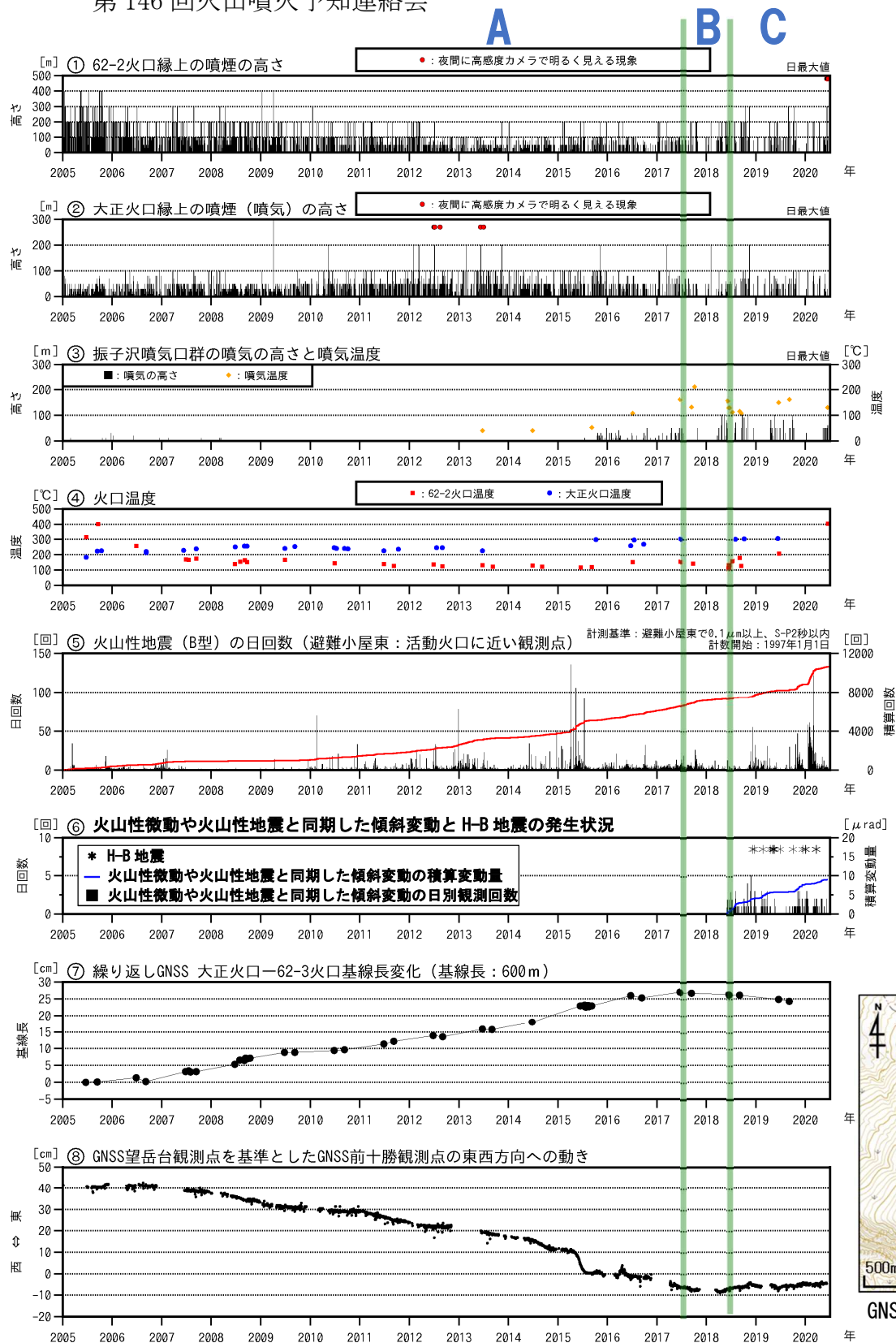
ただ、ステージAの期間を通した GNSS 連続観測等の変動及び基線長変化に比べ、本ステージの変化はごくわずかであることから、未だ山体浅部が膨張した状態は維持されており、ステージAで供給された火山性流体等が蓄積した状態は続いていると考えられる。

・活動経過のまとめと今後の活動について

2006 年頃に始まった GNSS 連続観測の変動及び繰り返し観測の基線長変化は、山体浅部への火山性流体等の供給及び蓄積によるものと考えられる。この変動及び基線長変化は 2017 年秋頃にほぼ停滞し、これに先駆けて噴煙活動や熱活動に活発化が認められた。その後 2018 年夏頃からは、停滞していた変動及び基線長変化が反転し、噴煙・熱活動や地震活動の活発な状態は維持されている。

これらのことから、山体浅部へ火山性流体等が蓄積していく状態から、火山性流体等の供給量と放出量がつり合った状態に変化したことで、GNSS 連続観測等で認められている変動及び基線長変化が停滞したと考えられる。その後、放出量が供給量を上回るようになったことで、GNSS 連続観測等の変動及び基線長変化がごくわずかに反転した可能性がある。

しかしながら、山体浅部に火山性流体等が蓄積した状態は未だ解消されていないと考えられる。今後も、火山性流体等の供給と放出のバランスが大きく崩れることなく、概ね保たれた状態が維持されれば、現在観測されている、噴煙・熱活動や地震活動の活発な状態が継続すると考えられる。ただ、供給と放出のバランスが大きく崩れた場合には、火口近傍に影響を及ぼす噴火や火山灰等を放出するような突発的な噴出現象が発生する可能性がある。



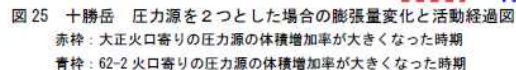
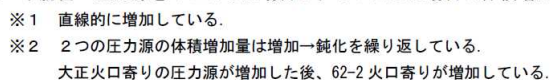
GNSS 繰り返し観測点配置及び基線図

図 29 十勝岳 火山活動経過図（短期：2005 年 1 月～2020 年 6 月 17 日）

①～⑥については、図 2 ②～⑥の注釈・キャプションを参照。

GNSS 基線⑦は、右図中の⑦に対応している。

GNSS 基線⑧は、図 11 の観測点配置図の①に対応している。



第 138 回火山噴火予知連絡会十勝岳追加資料掲載の図 21、23、25 を抜粋したものである。

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。

Path-Frame	Orbit	Looking	Inc. angle	Earliest Scene	Latest Scene	Figure No.
122-860 (SM1_U2-7)	北行	右	36.2°	2019. 06. 01	2020. 05. 30	第 1 図

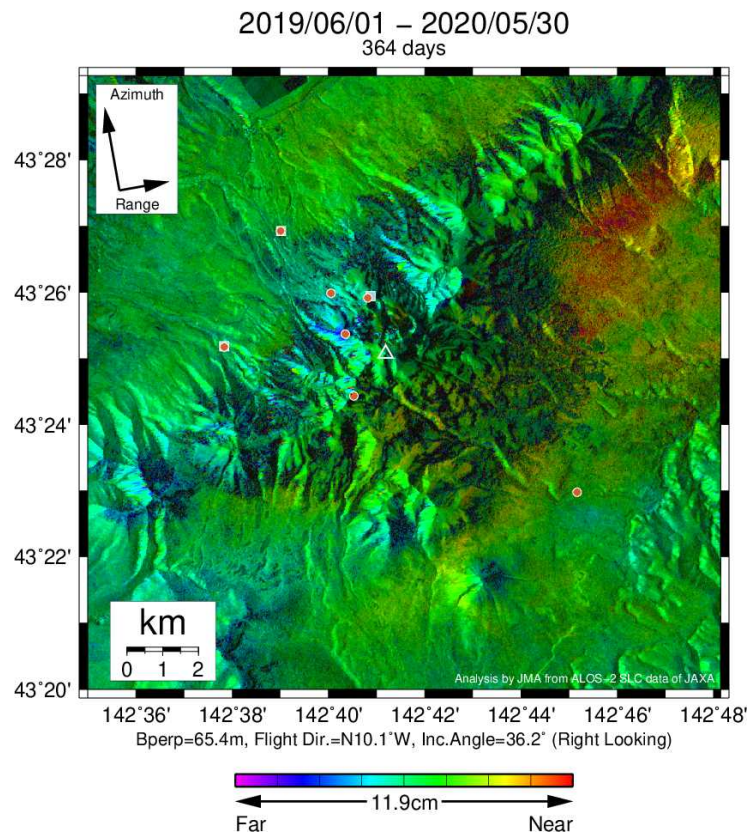
第 1 表 干渉解析に使用したデータ

3. 解析結果

北行軌道の長期ペアについて解析を行った。積雪の影響があるものの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 122 (SM1_U2-7) 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。
積雪の影響はあるものの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）。2020 年 6 月上旬からの 62-2 火口の高温化に対応する急変は見られない（図 4）。



図 1 全磁力連続観測点の配置。
国土地理院のオンライン地図画使用。

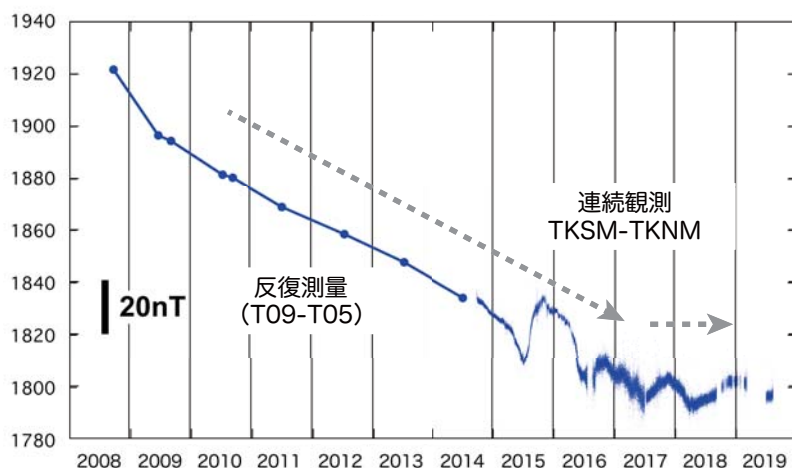
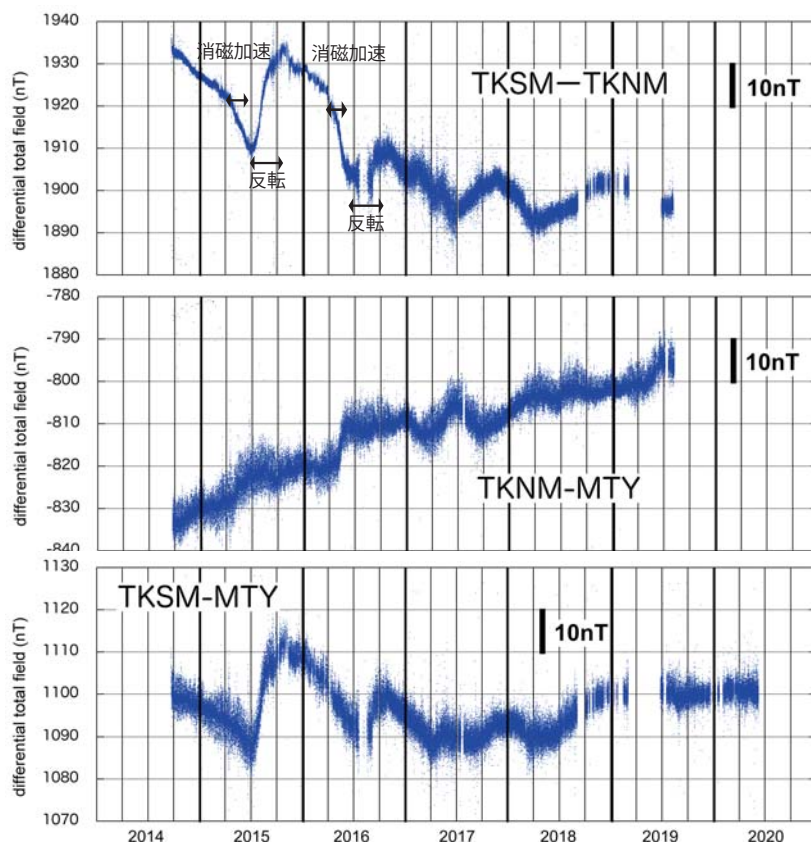


図 2 2008 年 9 月から 2019 年 8 月の全磁力変化（2 地点の単純差）。TKNM のテレメータ不通のため、2019 年 8 月以降は描画していない。2014 年 9 月以前のデータは反復測量によるもの。T09 及び T05 は、それぞれ TKSM 及び TKNM 近傍の反復磁気点。

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につき、上 2 段のグラフは第 145 回報告資料と同じ。



十勝岳

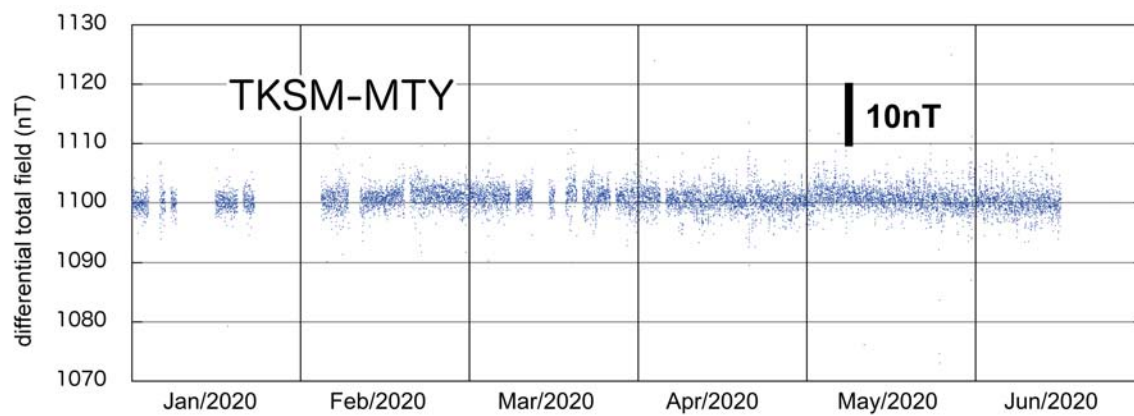
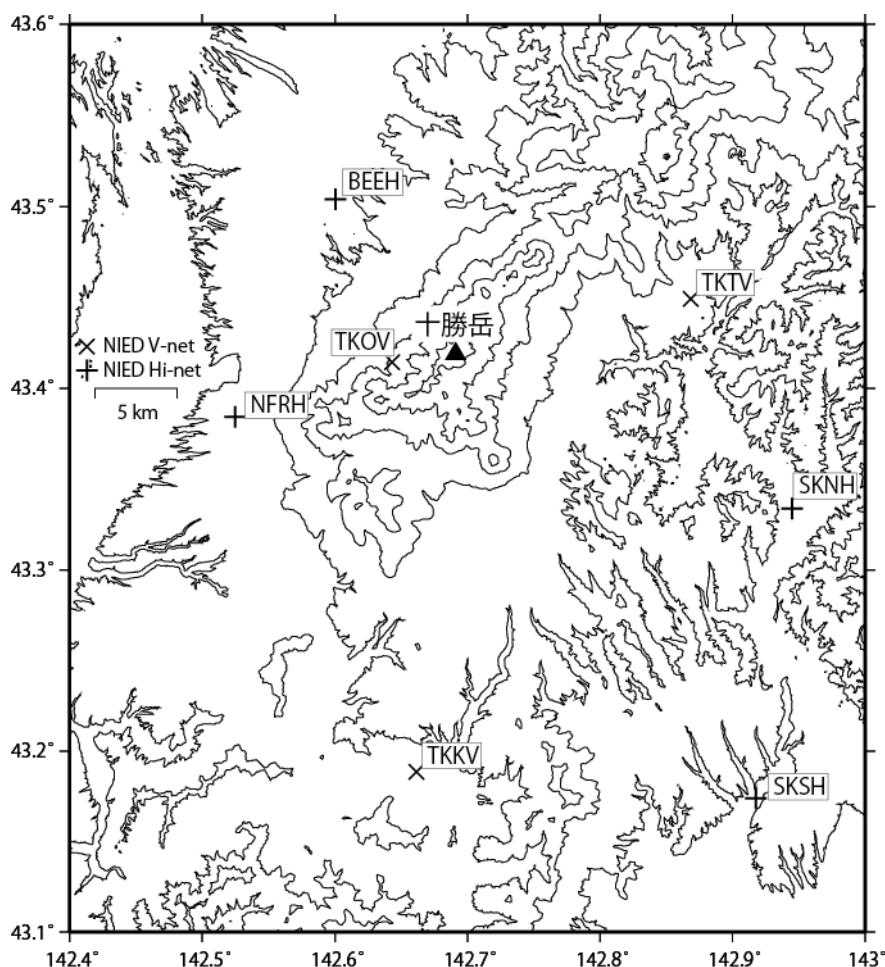


図4 2020年1月1日から6月15日までの全磁力変化（62-2 火口南一有珠三豊）.

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
 TTKV=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 (2014/10/10~2020/04/30)

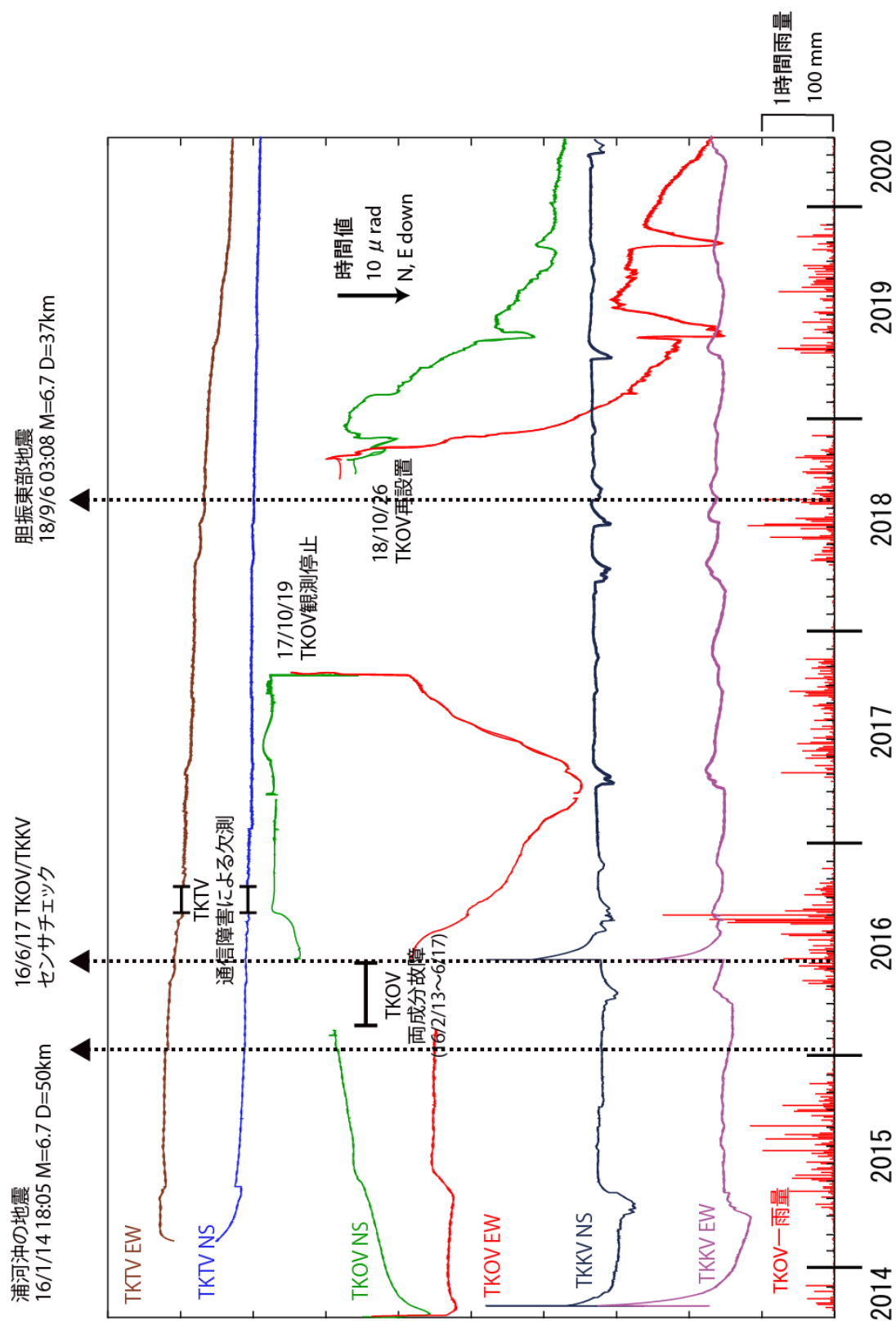


図 1 十勝岳の傾斜変動

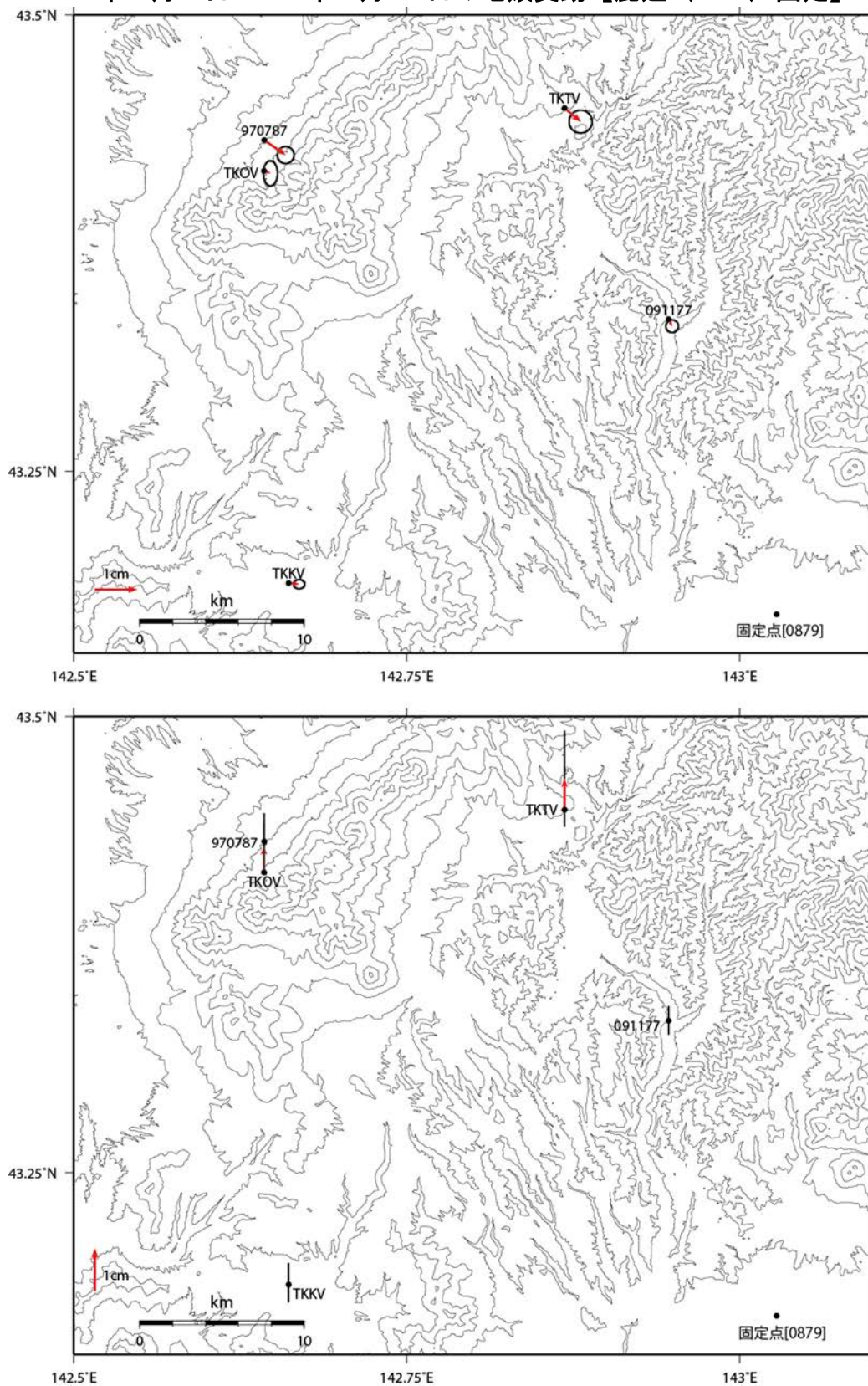
防災科学技術研究所 GNSS 観測点及び国土地理院 GEONET で得られた、
2019 年 5 月 1 日-2020 年 4 月 30 日の地殻変動【鹿追 (0879) 固定】

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)

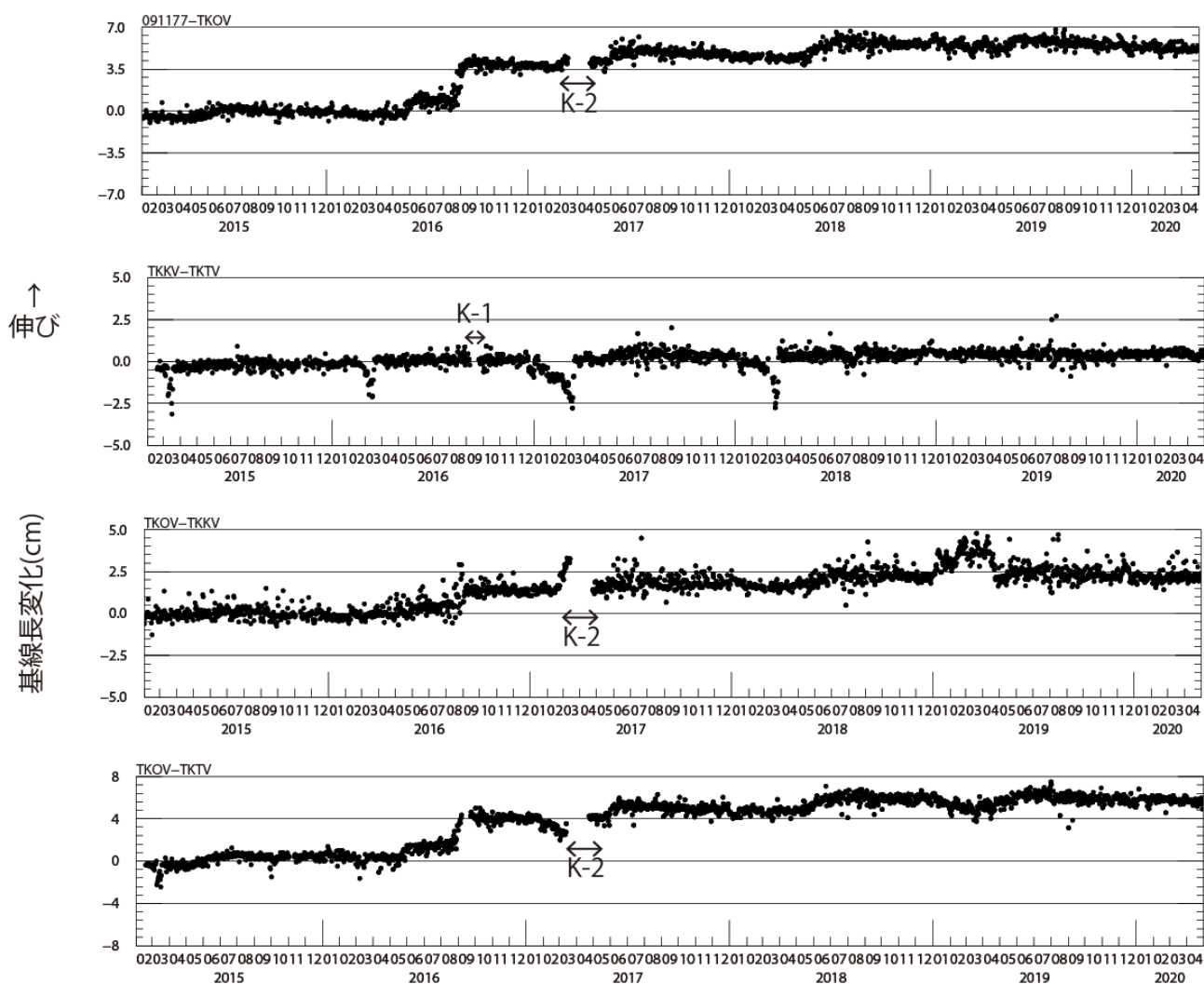


図 3 防災科研観測点 3 点（北落合，十勝岳温泉，トムラウシ温泉）間及び，十勝岳温泉-GEONET 新得 2（091177）間の基線長変化. 2015/2/1～2020/4/30

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)	K-2	2014/10/23	2周波観測開始
			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)	K-1	2015/2/20	2周波観測開始
			2016/9/7～9/23	停電により欠測

十勝岳周辺の地殻変動 Crustal Deformations around Tokachi Volcano

国土地理院
Geospatial Information Authority of Japan

第1図から第4図は、十勝岳周辺のGNSS連続観測結果である。

第1図上段に基線の配置を、下段に各観測局の保守履歴を示した。

第2図は、第1図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（2015年5月～2020年5月）の時系列、右列は最近約1年間（2019年5月～2020年5月）の時系列である。

第3図上段には第1図に比べ十勝岳周辺のより狭い地域での基線の配置を、下段に上段に示した基線の基線長変化グラフで、左列は最近約3年間（2017年5月～2020年5月）の時系列、右列は最近約1年間（2019年5月～2020年5月）の時系列を示した。

第4図は、十勝岳周辺の電子基準点及び気象庁のGNSS観測点の統合解析から得られた変動ベクトル図であり、「美瑛」を固定局とした最近1年間（2019年5月～2020年5月）の水平変動を示した。
GNSS連続観測では、顕著な地殻変動は観測されていない。

第5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。

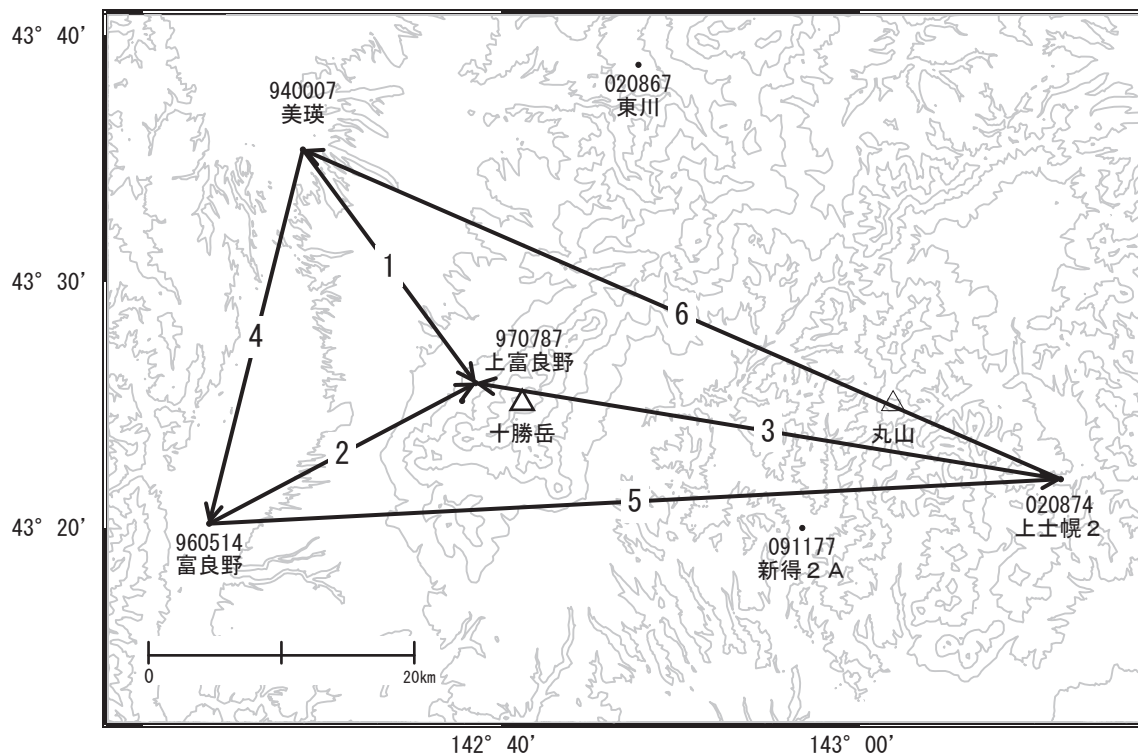
謝辞

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。

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



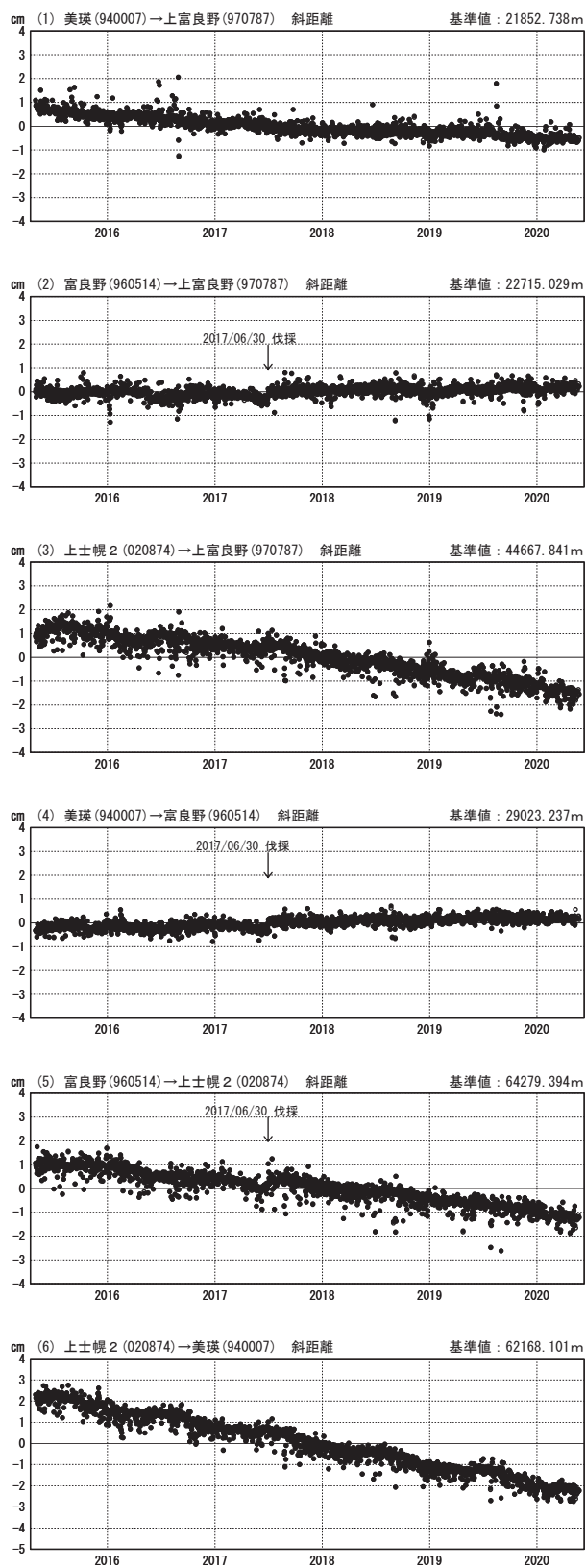
十勝岳周辺の各観測局情報

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

第1図 十勝岳周辺のGNSS連続観測基線図(上段)と観測局の保守履歴(下段)

基線変化グラフ（長期）

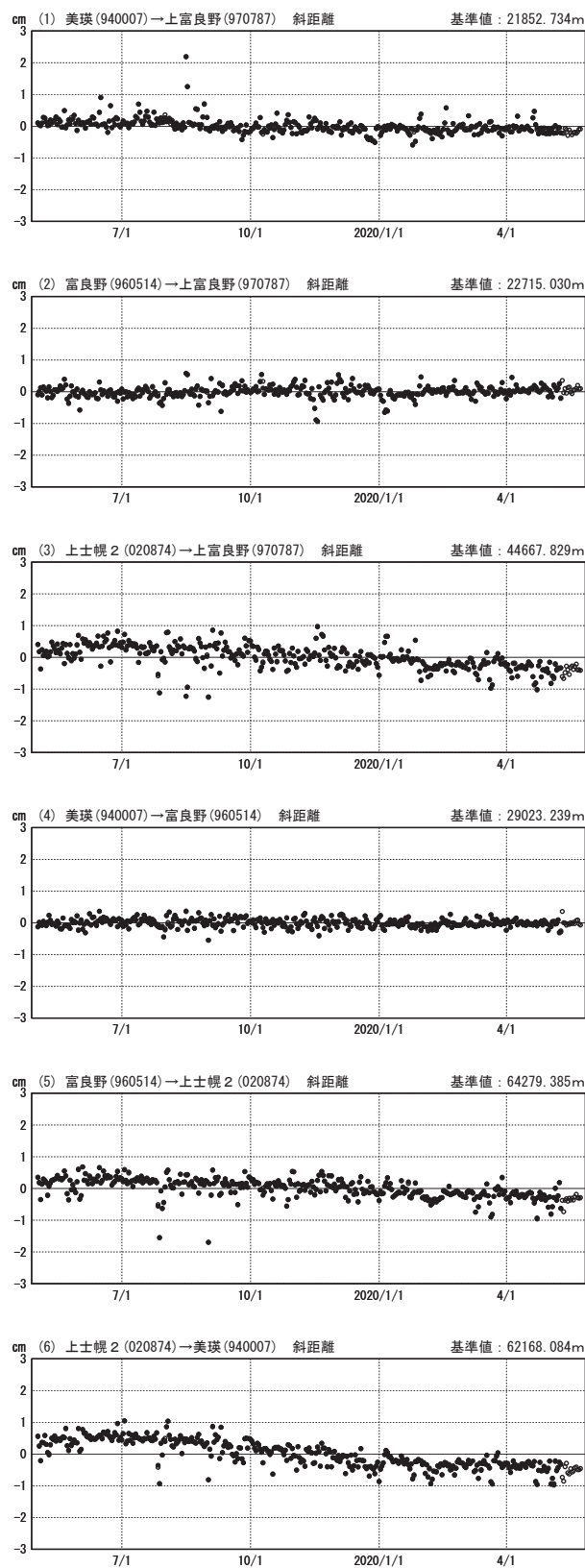
期間：2015/05/01～2020/05/23 JST



●---[F3:最終解] ○---[R3:速報解]

基線変化グラフ（短期）

期間：2019/05/01～2020/05/23 JST



国土地理院

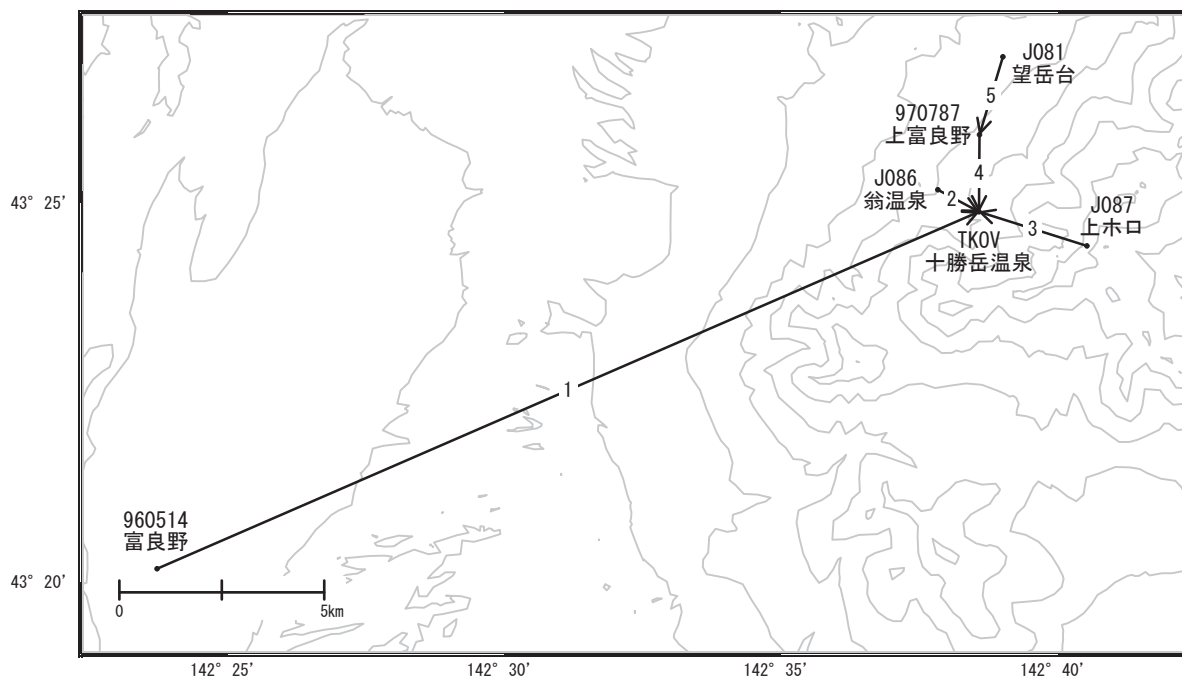
※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

第2図 十勝岳周辺のGNSS連続観測による基線変化グラフ

（左列：2015年5月～2020年5月、右列：2019年5月～2020年5月）

十勝岳

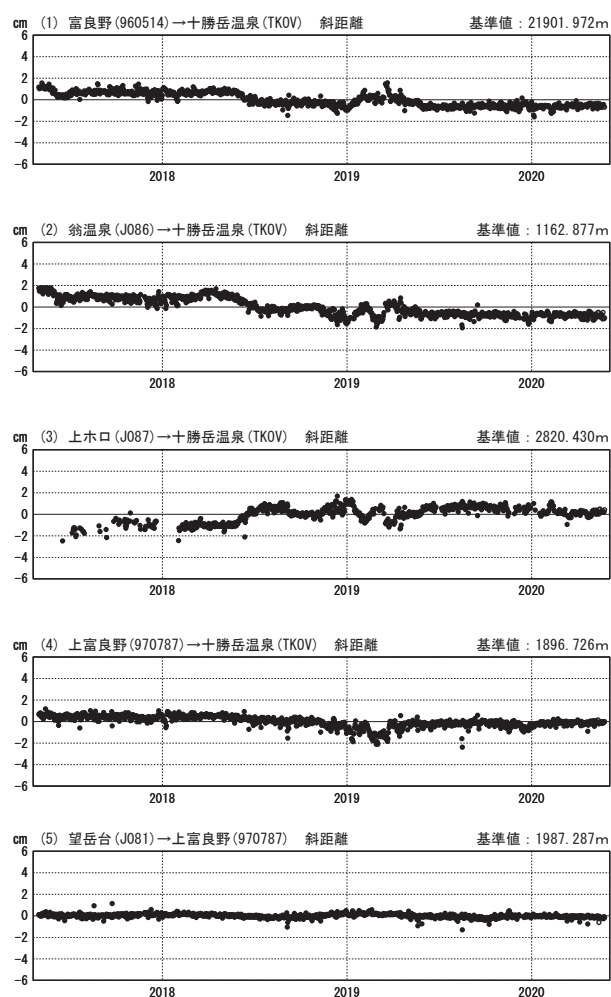
十勝岳周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図(2)



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)

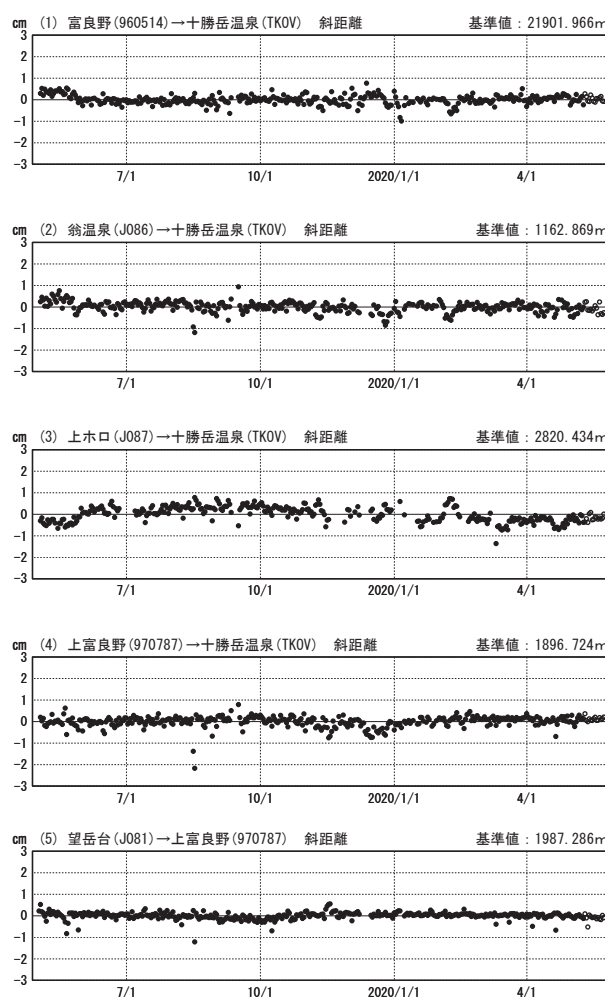
期間: 2017/05/01~2020/05/23 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

基線変化グラフ(短期)

期間: 2019/05/01~2020/05/23 JST



国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

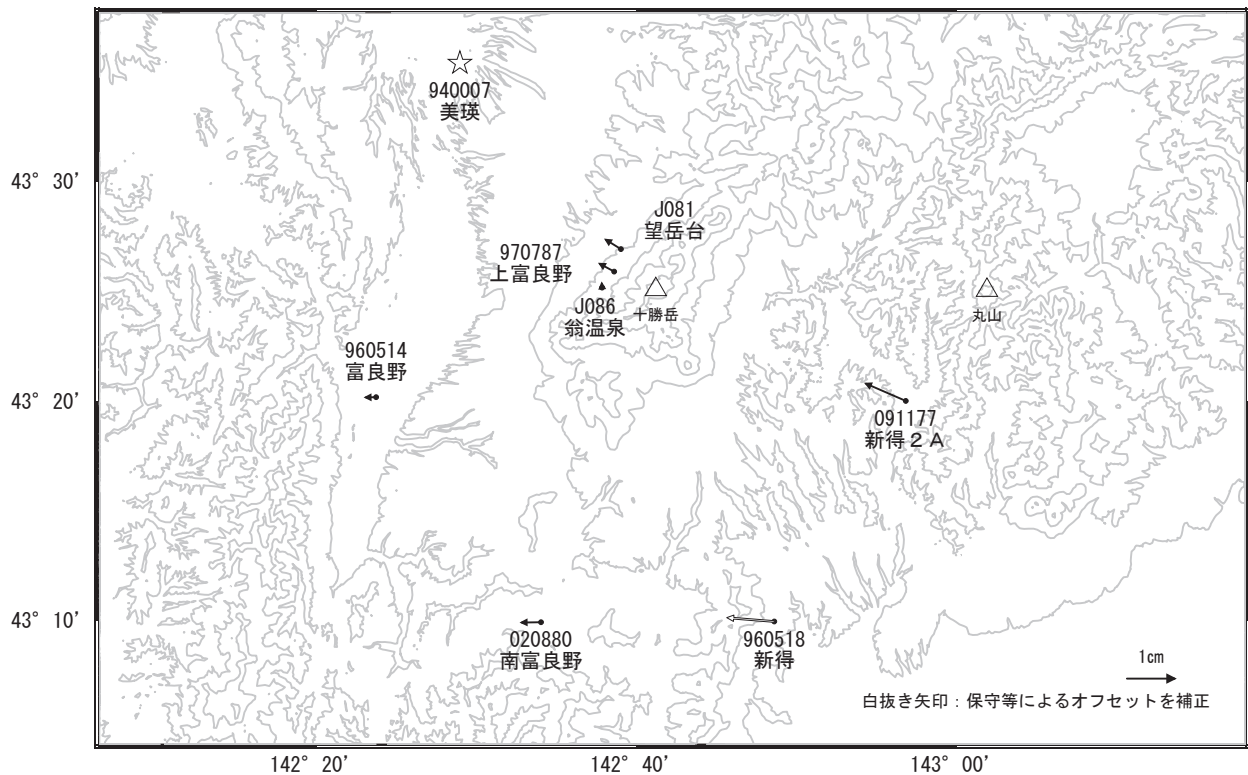
第3図 十勝岳周辺のGNSS連続観測基線図(上段)と基線変化グラフ(下段)

(左列: 2017年5月~2020年5月、右列: 2019年5月~2020年5月)

十勝岳

十勝岳周辺の地殻変動(水平:1年間)

基準期間:2019/05/14~2019/05/23[F3:最終解]
 比較期間:2020/05/14~2020/05/23[R3:速報解]



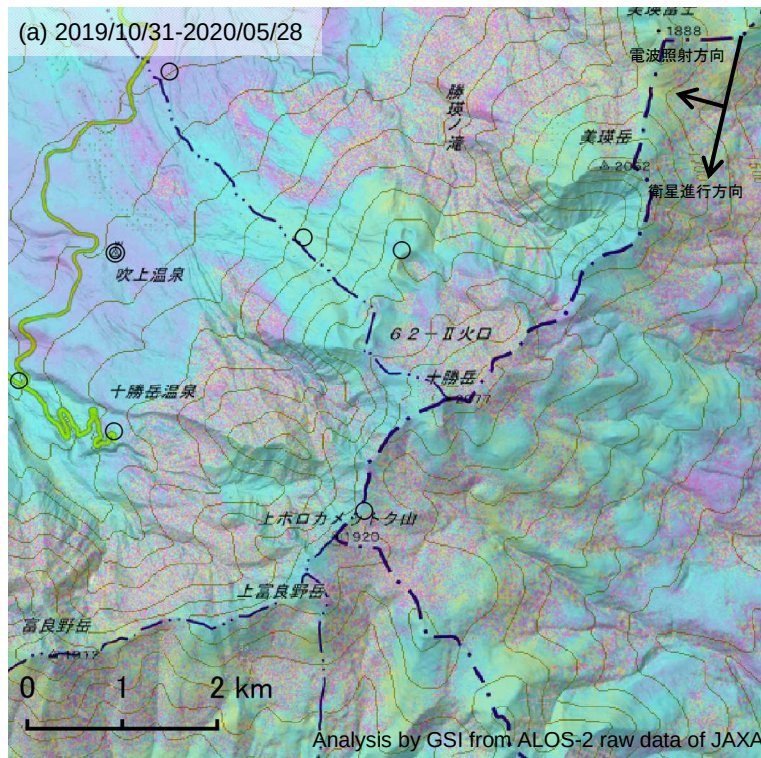
☆ 固定局:美瑛(940007)

国土地理院・気象庁

第 4 図 十勝岳周辺の電子基準点・気象庁GNSS観測点の統合解析による水平変動ベクトル図
 (2019年6月~2020年5月)

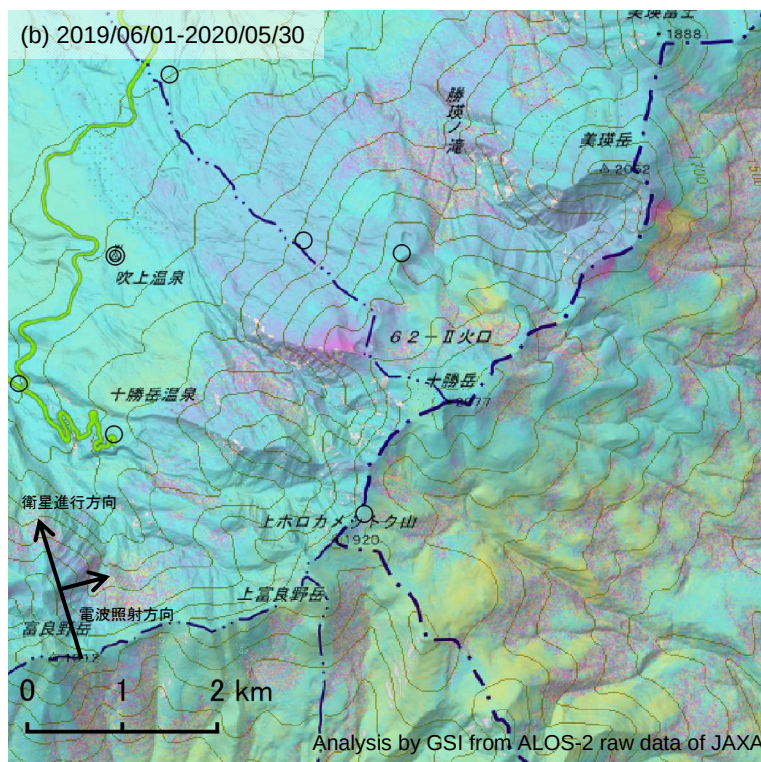
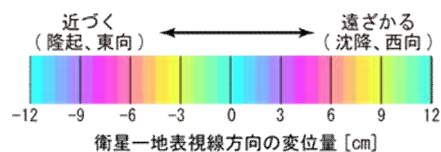
十勝岳の SAR 干渉解析結果について

判読) ノイズレベルを超える変動は見られません。



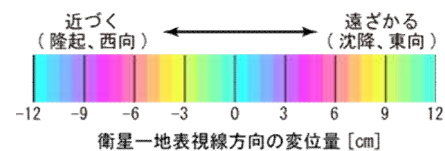
	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2019/10/31 2020/05/28 11:41 頃 (210 日間)	2019/06/01 2020/05/30 23:19 頃 (364 日間)
衛星進行方向	南行	北行
電波照射方向	右	右
観測モード ^{*1}	U-U	U-U
入射角	32.6°	35.6°
偏波	HH	HH
垂直基線長	+211 m	+69 m

*1U: 高分解能(3m)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

第5図 「だいち2号」PALSAR-2による十勝岳周辺地域の解析結果