

第 140 回 火山噴火予知連絡会資料

(その2の2)

雌阿寒岳、十勝岳

平成 30 年 2 月 14 日

火山噴火予知連絡会資料（その2の2）

目次

雌阿寒岳.....	3
気象庁（気象研、地磁気含む）	3-27
地理院	28-36
十勝岳.....	37
気象庁	37-62
道立地質研	63
北大有珠	64-65
防災科研	66-70
地理院	71-74

雌 阿 寒 岳

(2018 年 1 月 20 日現在)

2016 年 10 月下旬以降、雌阿寒岳の北東側に膨張源が推定される地殻変動が観測されており、2017 年 5 月以降、変動は小さくなったがわずかに継続している。

ポンマチネシリでは、火口直下浅部の火山性地震は少なく、噴煙及び噴気活動も低調に経過している。また、中マチネシリ火口付近及び東山腹の地震は、2016 年 12 月頃からやや多い状態となっていたが、2017 年 6 月以降は増加する前と同様に少ない状態で経過しており、雌阿寒岳の火山活動は概ね静穏に経過している。

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（2017 年 9 月～2018 年 1 月 20 日）

・ 地殻変動（図 3～7、図 16）

GNSS 繰り返し観測では、山体浅部の収縮と考えられる動きが継続している。

GNSS連続観測及び傾斜観測では、雌阿寒岳山頂付近浅部の火山活動によると考えられる地殻変動は認められない。

また、雌阿寒岳の北東側に膨張源が推定される地殻変動が2016年10月下旬以降観測されており、2017年5月以降、変動は小さくなったがわずかに継続している。

・ 地震及び微動の発生状況（図 1-⑦⑧、図 2、図 7～10）

火山性地震は少なく、地震活動は低調に経過した。地震は主にポンマチネシリ火口付近の浅い所、中マチネシリ火口付近の浅い所及びやや深い所、東山腹のやや深い所で発生しており、このうち、中マチネシリ火口付近及び東山腹の地震は、2016年12月頃からやや増えていたが、2017年6月以降は増加する前と同様に少ない状態で経過している。

火山性微動は観測されなかった。

・ 表面活動（図 1-①～⑥、図 10～15）

9月4日から8日に現地調査を、9月27日に上空からの観測（国土交通省北海道開発局の協力による）を実施した。ポンマチネシリ96-1火口の噴煙の勢いは引き続き弱かった。赤外熱映像装置による観測では、ポンマチネシリ第3火口及び第4火口では明瞭な地熱域は引き続き認められなかった。赤沼火口西方噴気孔の最高温度は2015年10月以降、約70℃から約90℃の間で推移しているが、噴気の勢いや地熱域に変化は認められなかった。これらのことからポンマチネシリ火口の熱活動は低い状態が続いているとみられる。なお、中マチネシリ火口は特段の変化はなかった。

監視カメラによる観測では、ポンマチネシリ96-1火口の噴煙及びその他の火口の噴気の高さは火口縁上100m以下で、噴煙及び噴気活動は低調に経過した。

この資料は気象庁のほか、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、北海道及び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。

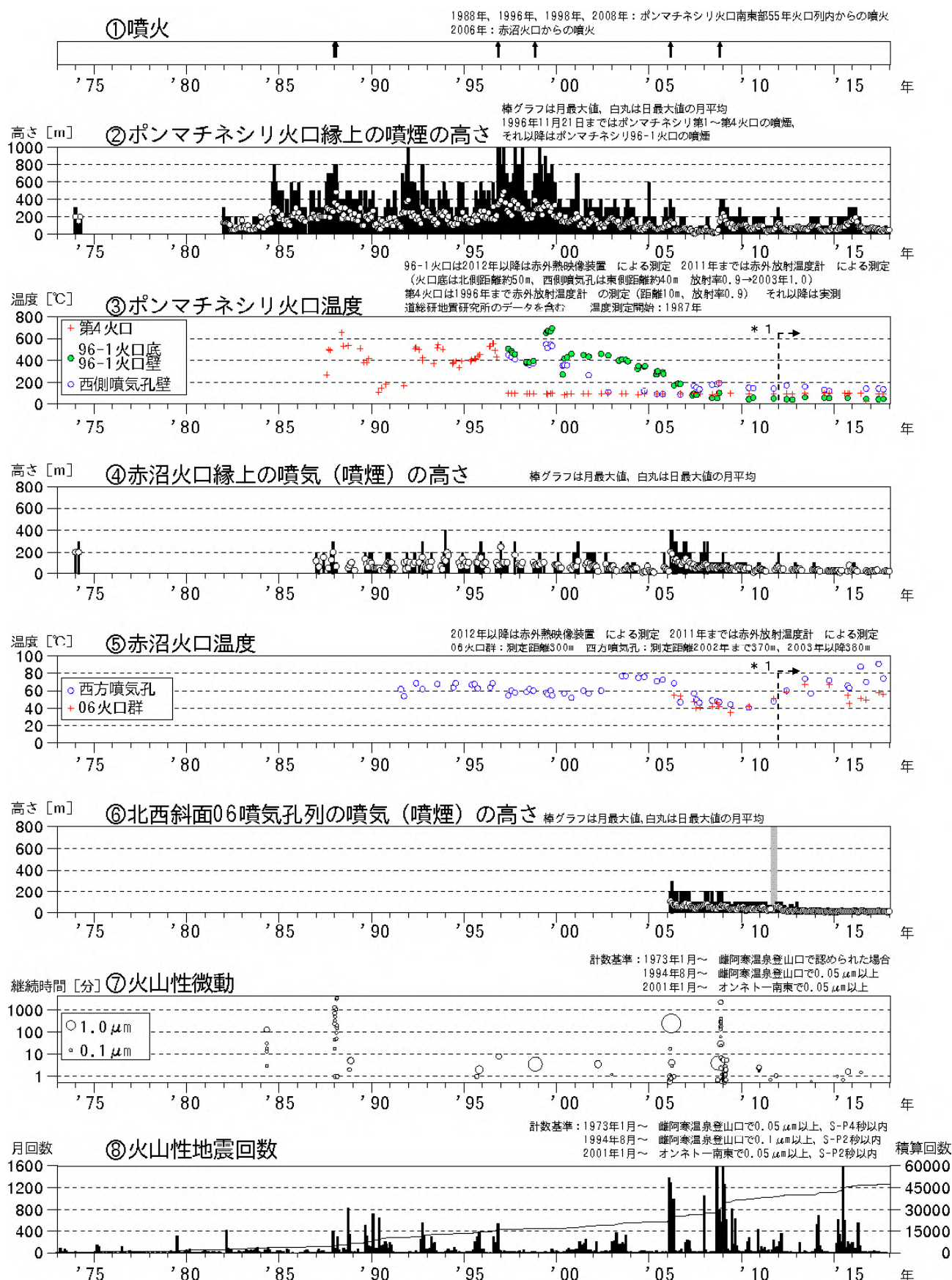


図 1 雌阿寒岳 火山活動経過図 (1973 年 1 月～2017 年 1 月 20 日)

* 1 : 2012 年から分解能が高い測定機器に変更したため、同じ対象を観測した場合でもこれまでの機器より高めの温度が観測される傾向がある。

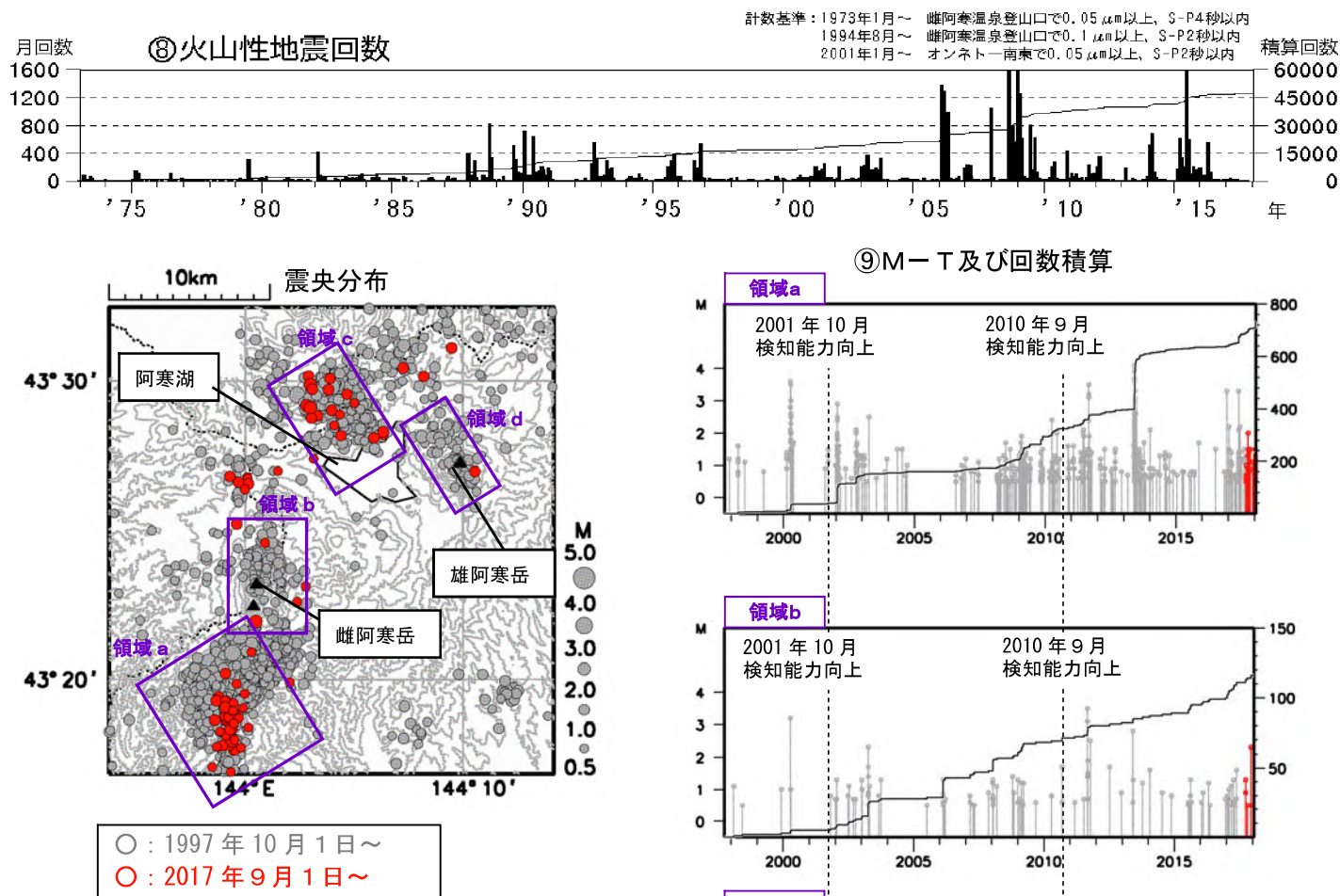


図2 雌阿寒岳 火山性地震回数と一元化震源による周辺の地震活動経過

一元化震源は2001年10月以降はHi-netの追加に伴い、2010年9月以降は火山観測点の追加に伴い検知能力が向上している。

- ・⑧は図1から再掲。
- ・⑨は一元化震源による周辺の浅い地震の発生状況（1997年10月1日～2018年1月20日、 $M \geq 0.5$ 、深さ40km以浅、深部低周波地震を除く）。領域a～dは、震央分布図の各領域に対応。
- ・領域a（徹別岳周辺）では、これまでも時々まとまった地震活動が観測されている。
- ・領域b（雌阿寒岳周辺）では、2016年12月頃からは東山腹などの浅い地震がやや増加した（2017年6月以降は少ない状態で推移）。
- ・領域c（阿寒湖の北側）では、2015年6月以降まとまった地震活動が観測されている。
- ・領域d（雄阿寒岳周辺）では、2016年11月から2017年1月頃にかけて浅い地震がやや増加した。

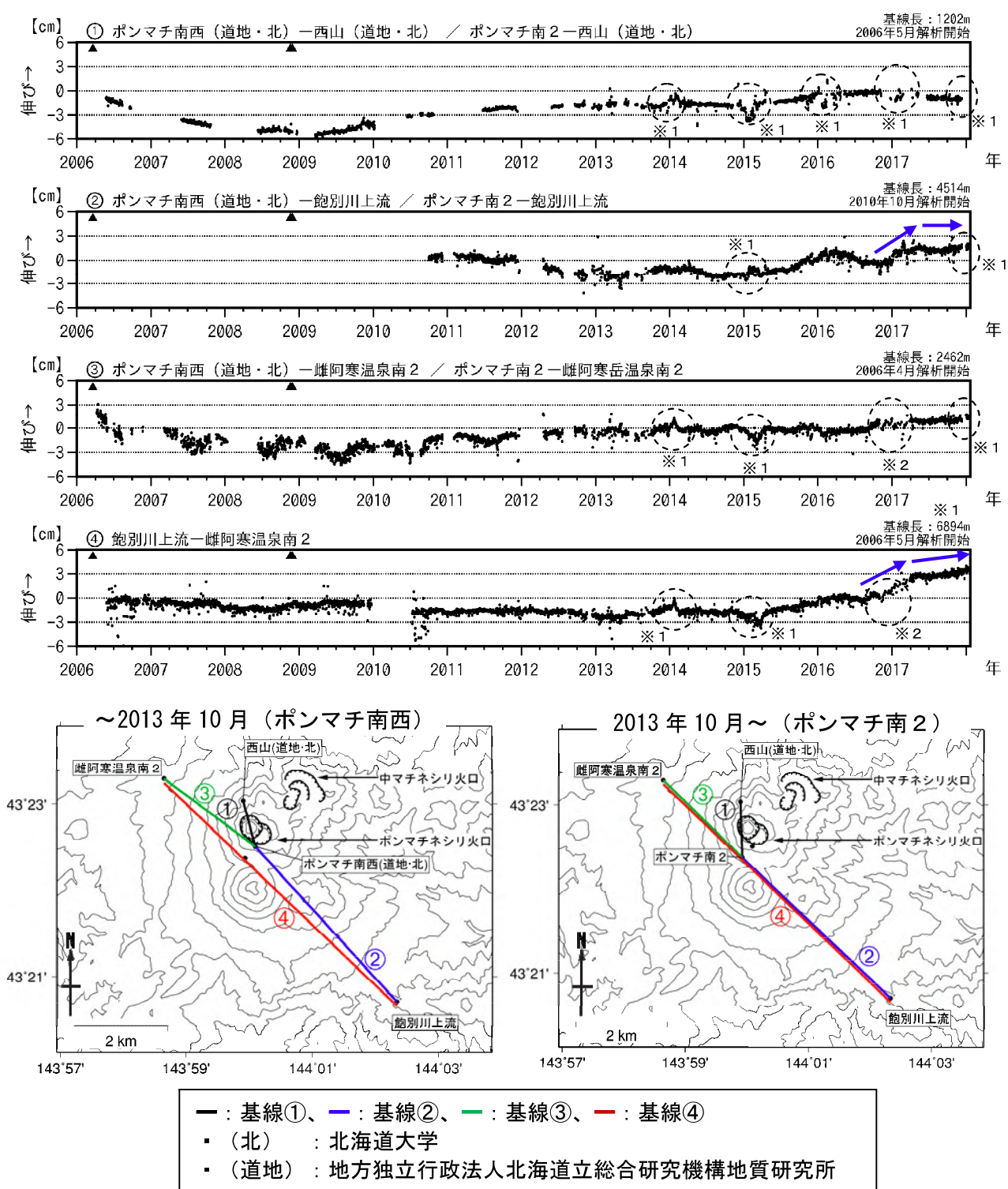


図 3 雌阿寒岳 GNSS連続観測による基線長変化 (2006年 1 月～2018年 1 月20日) 及び観測点配置図

- ・ GNSS基線①～④は観測点配置図の①～④に対応している。
- ・ 図中の↑は2006年 3 月及び2008年11月の噴火を示す。
- ・ 全ての基線で、冬季間に凍上や積雪の影響による変化がみられる (※1 破線囲み部分)。
- ・ 基線図中の※2 破線囲み部分は、雌阿寒温泉南 2 観測点の局所的な動きによるもので、火山活動によるものではないと考えられる。
- ・ 山体内及び東山麓の観測点で伸びの変化が2016年10月下旬以降観測されていたが、2017年 5 月以降は小さくなったが、わずかに継続している (基線②、④より。図 4、5 も参照)。
- ・ 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。

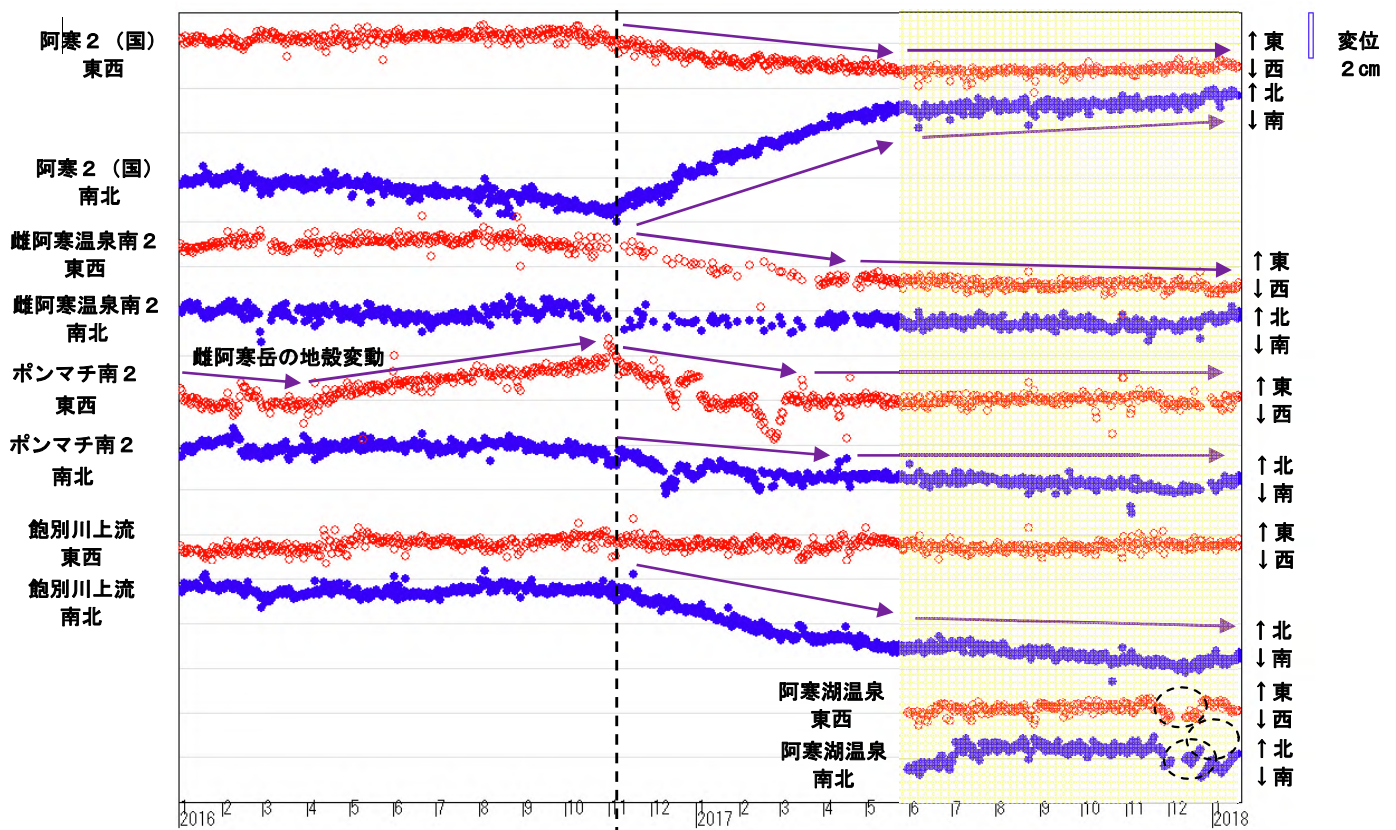


図 4 雌阿寒岳 GNSS 連続観測の座標時系列

(国) : 国土地理院

(2015 年 10 月 1 日～2018 年 1 月 20 日 基準点 : 阿寒 1 (国))

- ・ 2016 年 10 月下旬から阿寒 2 (国) で北北西向き、雌阿寒岳周辺の観測点では南～南西向きの変化がみられていたが、2017 年 5 月頃から (黄色の網掛け部分) 伸びの変化が小さくなったがわずかに継続している。

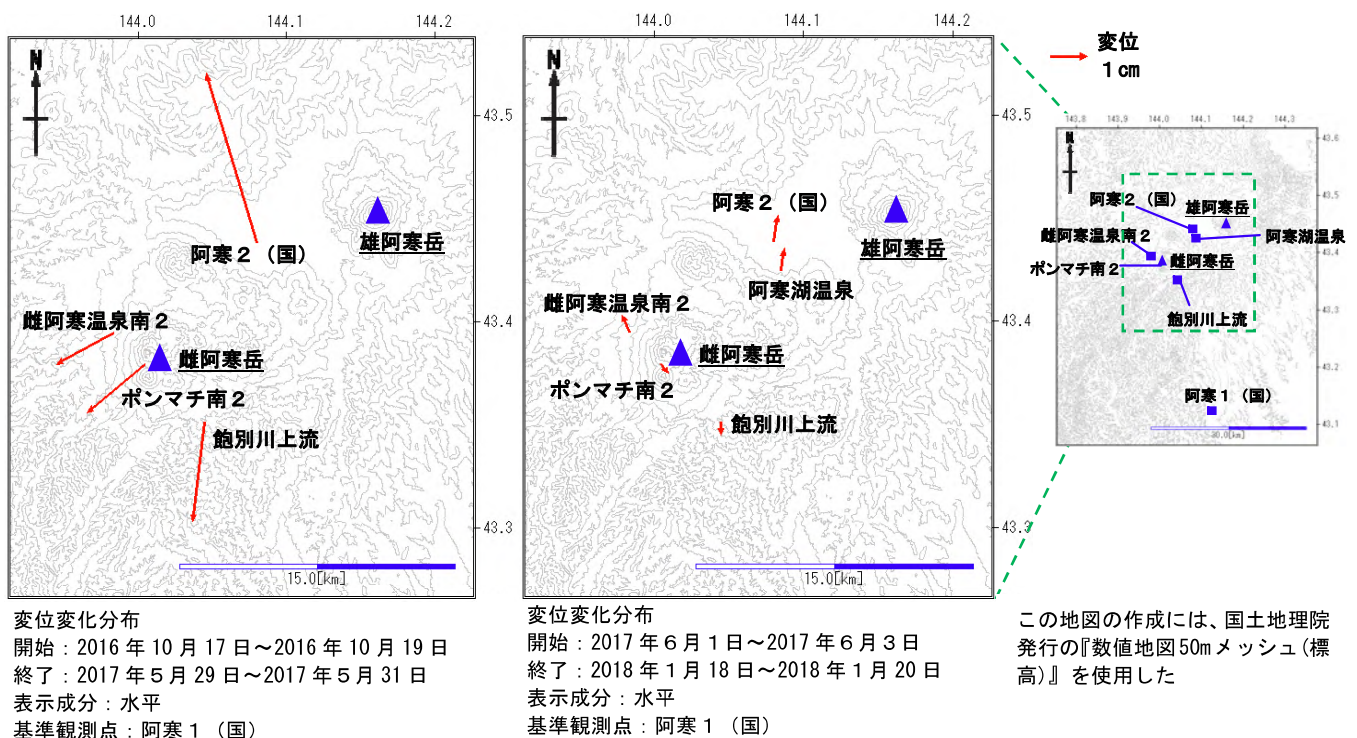


図 5 雌阿寒岳 GNSS 変化量ベクトル図 (基準点 : 阿寒 1 (国))

- ・ 2016 年 10 月下旬から、雌阿寒岳山体内及び阿寒湖付近の観測点で膨張性の変化が観測されていたが、2017 年以降は膨張性の変化が小さくなっている。

(国) : 国土地理院

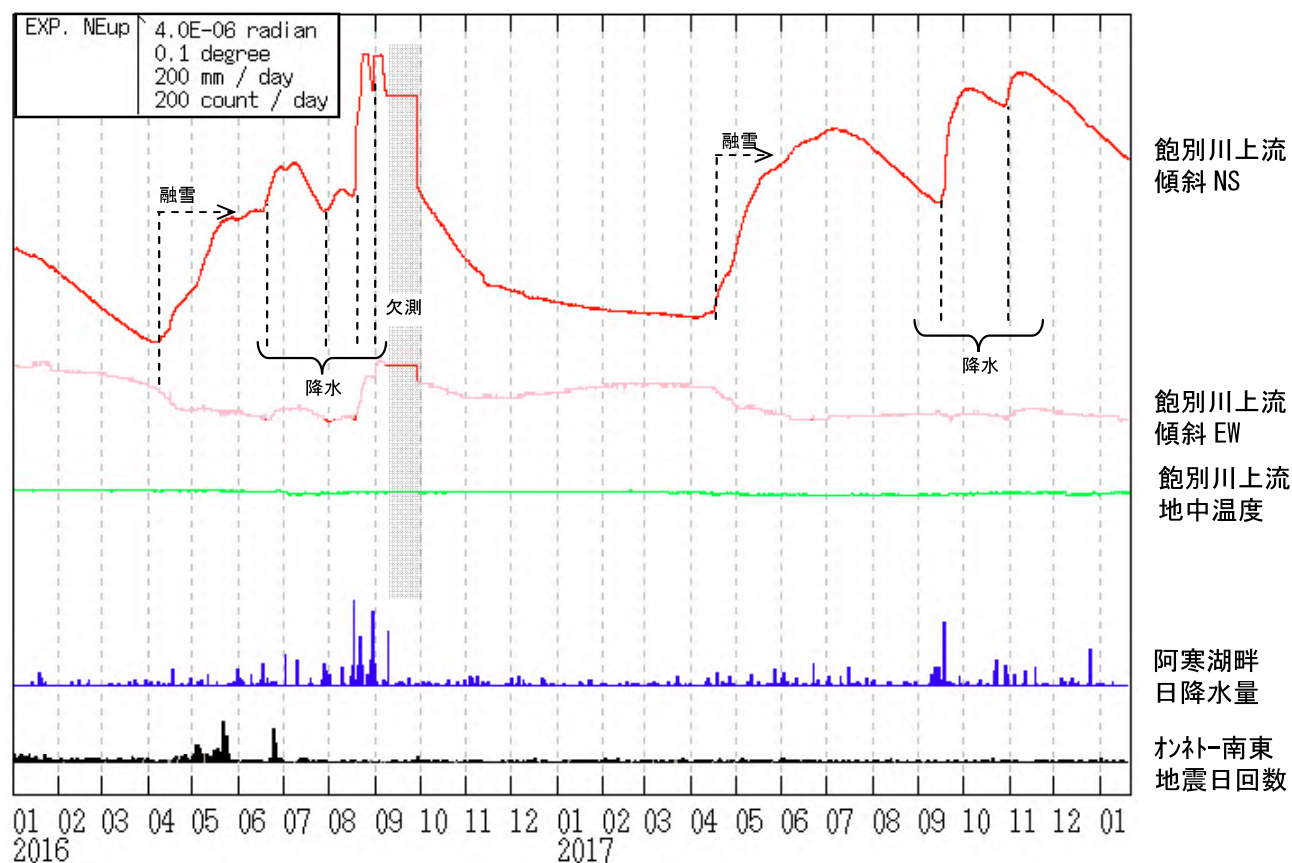


図 6 雌阿寒岳 ^{あくべつがわ} 飽別川上流観測点における傾斜変動
 (2016 年 1 月 1 日～2018 年 1 月 20 日、時間値、潮汐補正済み)
 ・雌阿寒岳浅部の火山活動によるとみられる傾斜変動は認められない。

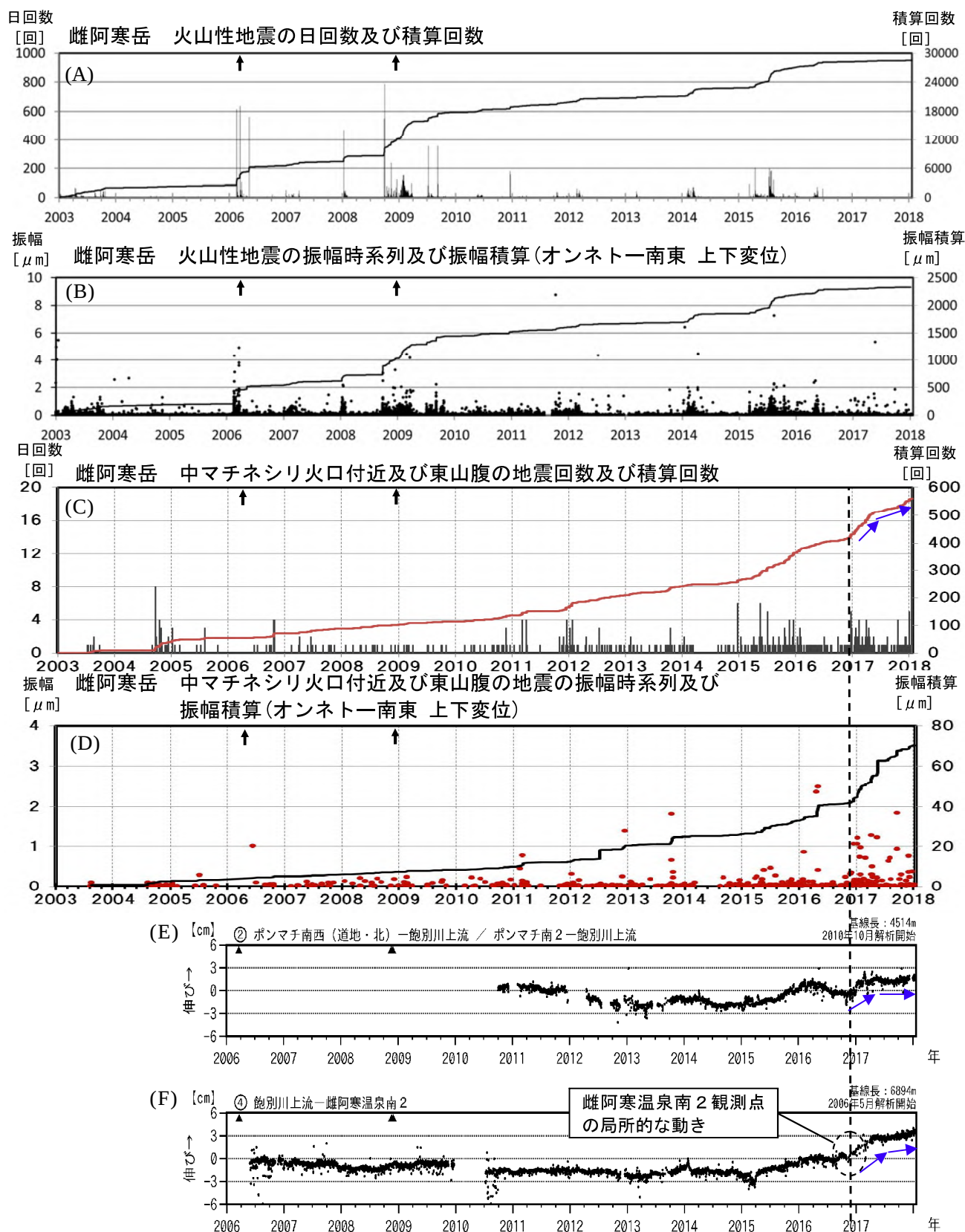


図 7 雌阿寒岳 日別地震回数及び振幅時系列とGNSS連続観測による基線長変化

(A)～(D): 2003年1月～2018年1月20日

(E)、(F): 2006年1月～2018年1月20日(図3の基線②、④から再掲)

- ・ 計数基準(A～D): オンネトー南東で0.05 μm以上、S-P時間2秒以内の火山性地震。
- ・ 図中の↑は2006年3月及び2008年11月の噴火を示す。
- ・ 火山性地震は2016年7月以降、少ない状態で経過している。
- ・ 中マチネシリ火口付近及び東山腹の地震は、2016年12月頃からやや増えていたが、2017年6月以降は増加する前と同様に少ない状態で経過している。なお、2017年5月頃から山体内及び東山麓の観測点で伸びの変化は小さくなっているが、わずかに継続している。

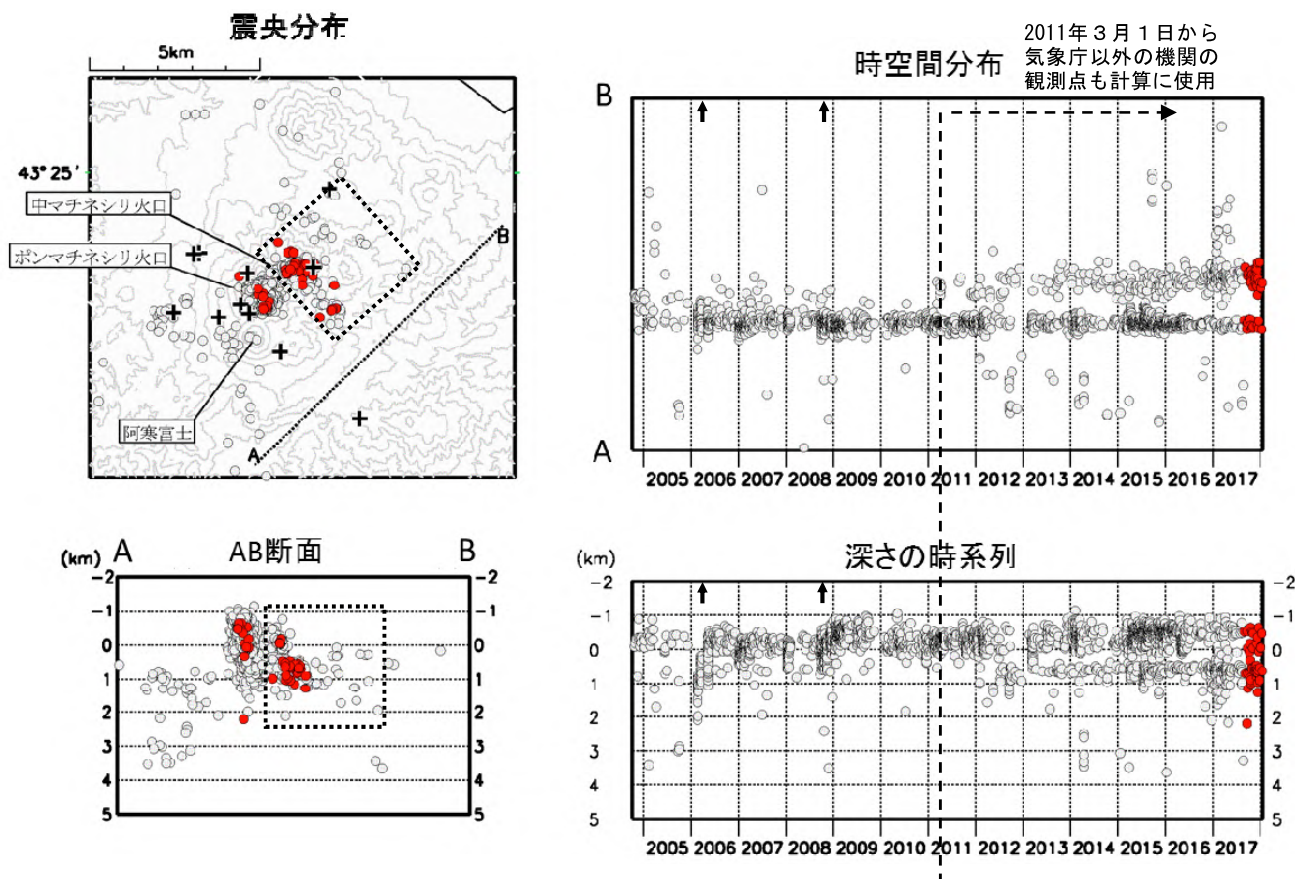


図 8 雌阿寒岳 震源分布図 (2004 年 10 月～2018 年 1 月 20 日)

+印は観測点、↑は噴火を示す。

● : 2004 年 10 月 1 日～2017 年 8 月 31 日の震源

● : 2017 年 9 月 1 日～2018 年 1 月 20 日の震源

図 7 で説明している中マチネシリ火口付近及び東山腹の地震は、左図の破線内の地震を指す。

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。

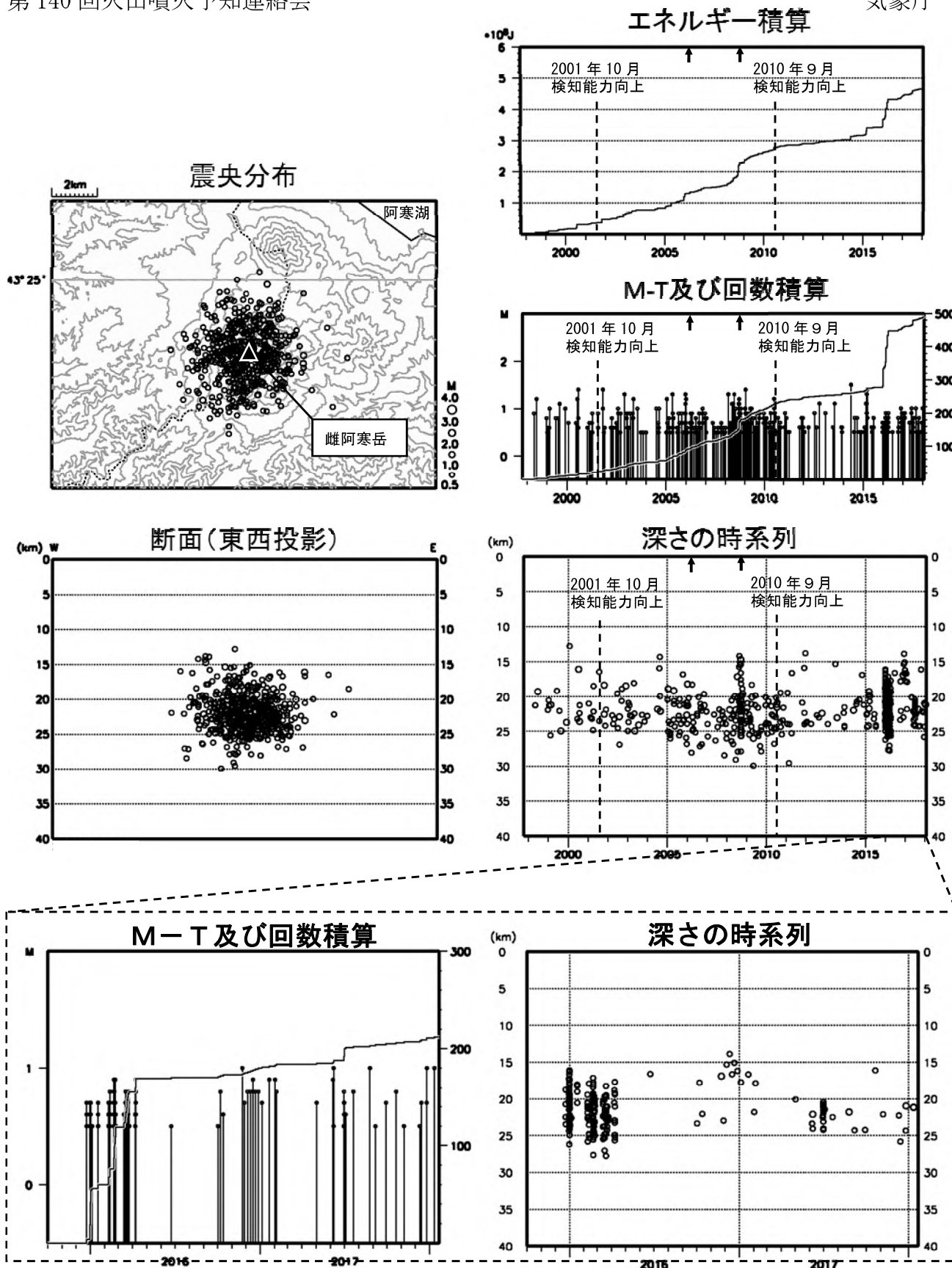


図 9 雌阿寒岳 一元化震源による深部低周波地震活動

(1997 年 10 月 1 日～2018 年 1 月 20 日 $M \geq 0.5$ 、深さ 40km 以浅)(最下段：2015 年 10 月 1 日～2018 年 1 月 20 日、 $M \geq 0.5$ 、深さ 40km 以浅)

図中の↑印は 2006 年 3 月及び 2008 年 11 月の噴火を示す。

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 9 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。

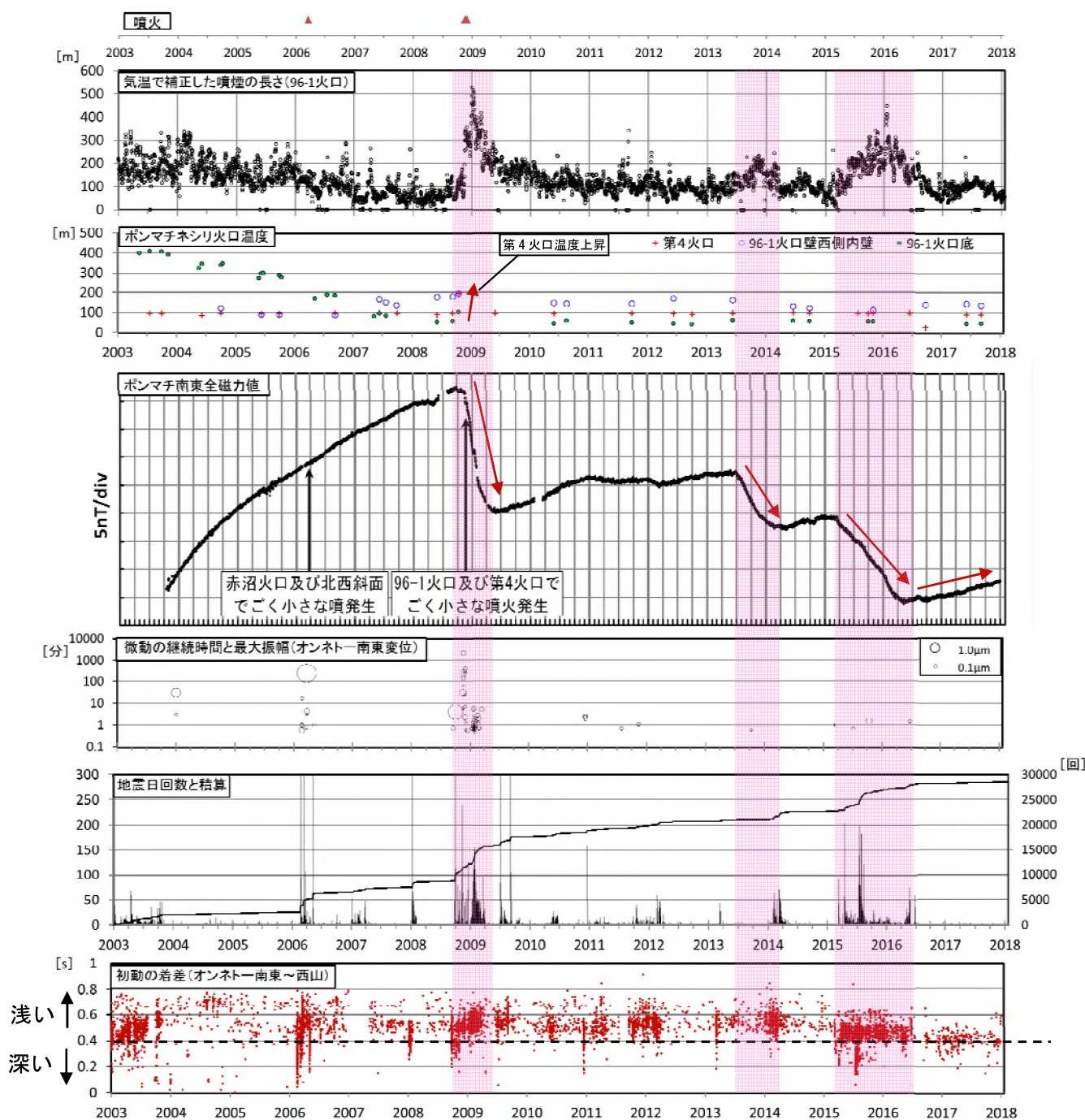


図10 雌阿寒岳 最近の活動経過図(2003年～2018年1月20日)

- ・2015年6月以降、96-1火口では噴煙の長さの増加に対応すると考えられる全磁力の減少がみられた(網掛け部分)が、2016年5月以降低下している。
- ・噴煙の長さの増加とそれに対応する全磁力の減少は、2008年や2013年にもみられている(網掛け部分)。ごく小さな噴火のあった2008年は、2013年や2015年より全磁力の減少が急激だった。
- ・2008年11月のごく小さな噴火の直前には、ボンマチネシリ第4火口で温度上昇がみられたが、2013年や2015年にはそのような変化はみられなかった。
- ・熱活動が高まっている時期に地震回数の増加がみられている(網掛け部分)。
- ・全磁力は2015年3月中旬から2016年4月まで顕著に減少していたが、2016年10月以降は増加傾向がみられている。
- ・中マチネシリ火口付近や東山腹で地震がやや増加した2016年12月頃以降に震源が深い所から浅い所へ移動しているような傾向はみられない(オンネー南東と西山の初動の着差より)。



図11 雌阿寒岳 南東側から見た山体の状況
(12月29日、上徹別監視カメラによる)

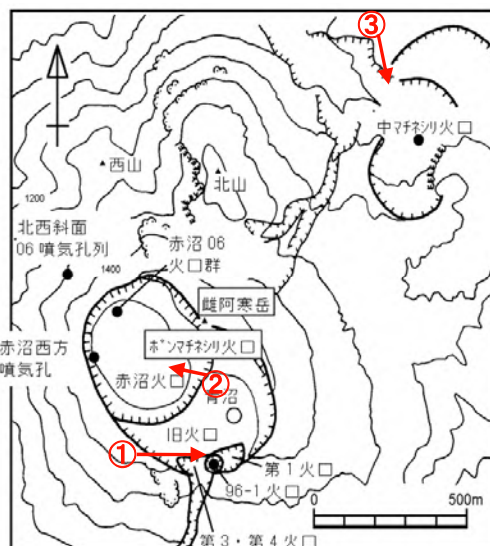


図 12 雌阿寒岳 火口周辺図及び写真の撮影方向（矢印）

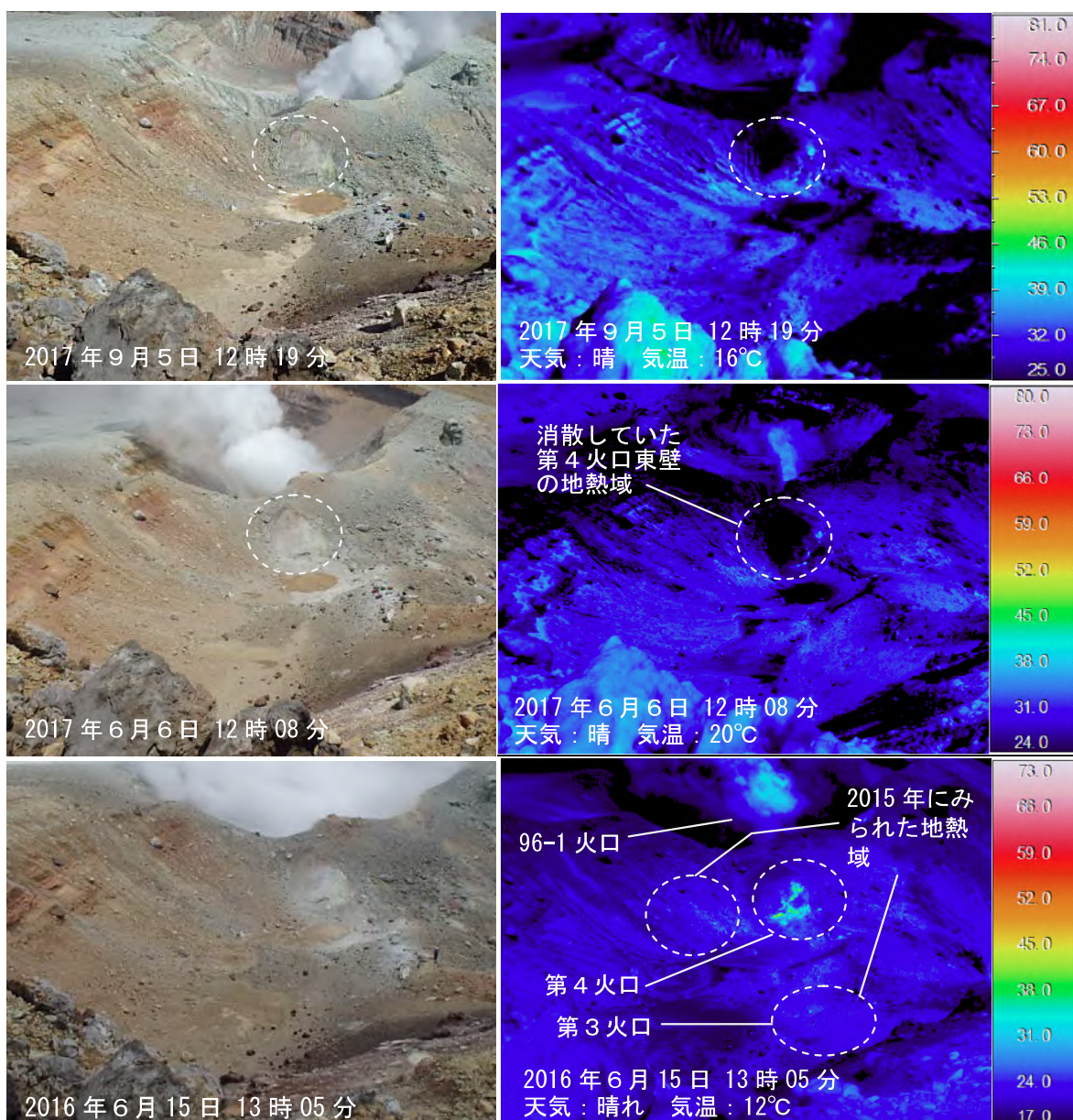


図13 雌阿寒岳 赤外熱映像装置によるポンマチネシリ第3火口及び第4火口の地表面温度分布
西側（図12の①）から撮影

・ 2017年9月の観測においても、ポンマチネシリ第3火口及び第4火口の明瞭な地熱域は引き続き認められなかった。

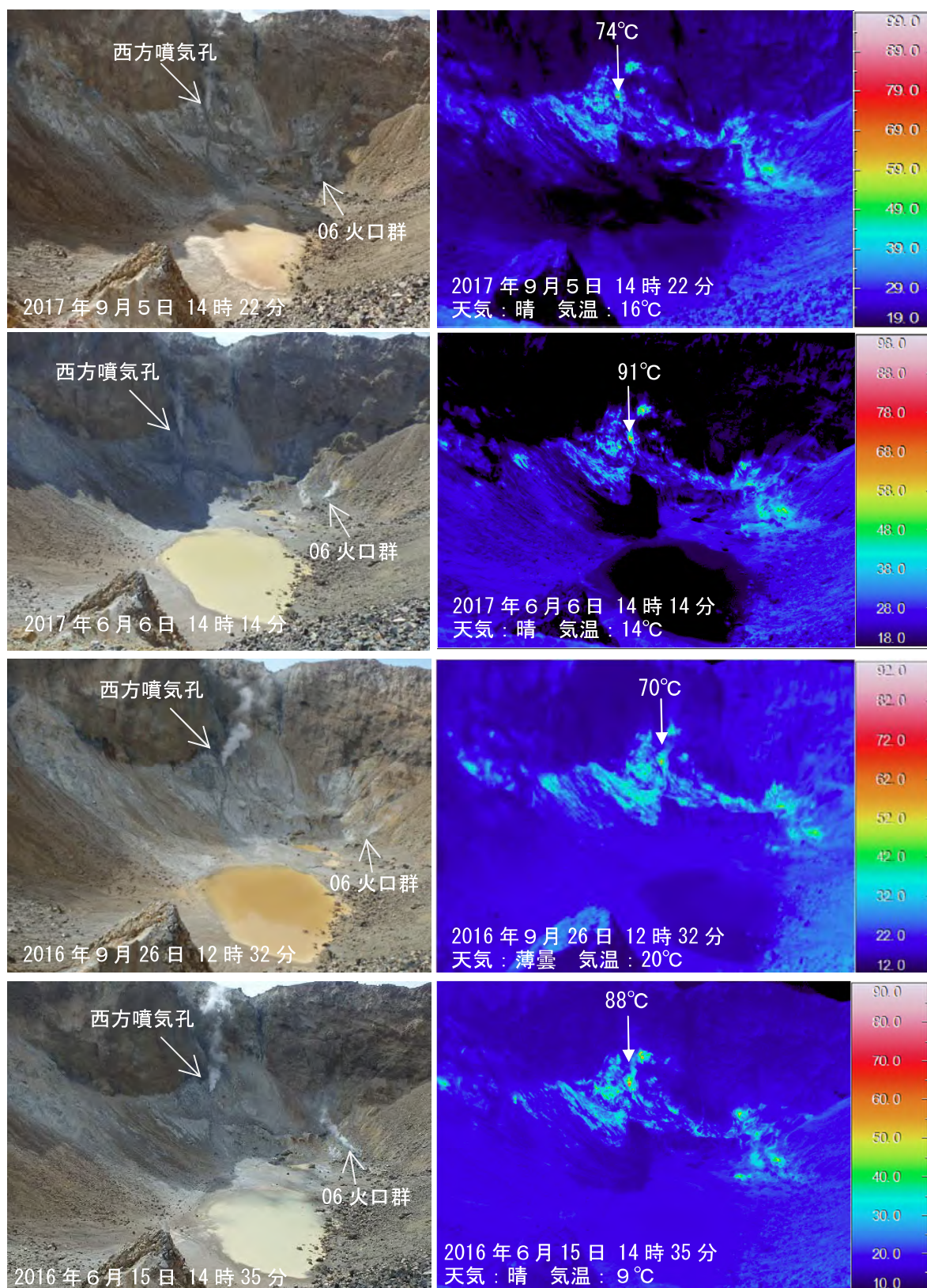


図14 雌阿寒岳 赤外熱映像装置による赤沼火口の地表面温度分布

東側（図12の②）から撮影

- ・ 前回（2017年6月）の観測と比較して、噴気の勢いや地熱域に変化は認められなかった
- ・ 西方噴気孔の最高温度は、2015年11月以降、70°C前後から90°C前後の間で上昇と低下を繰り返している。

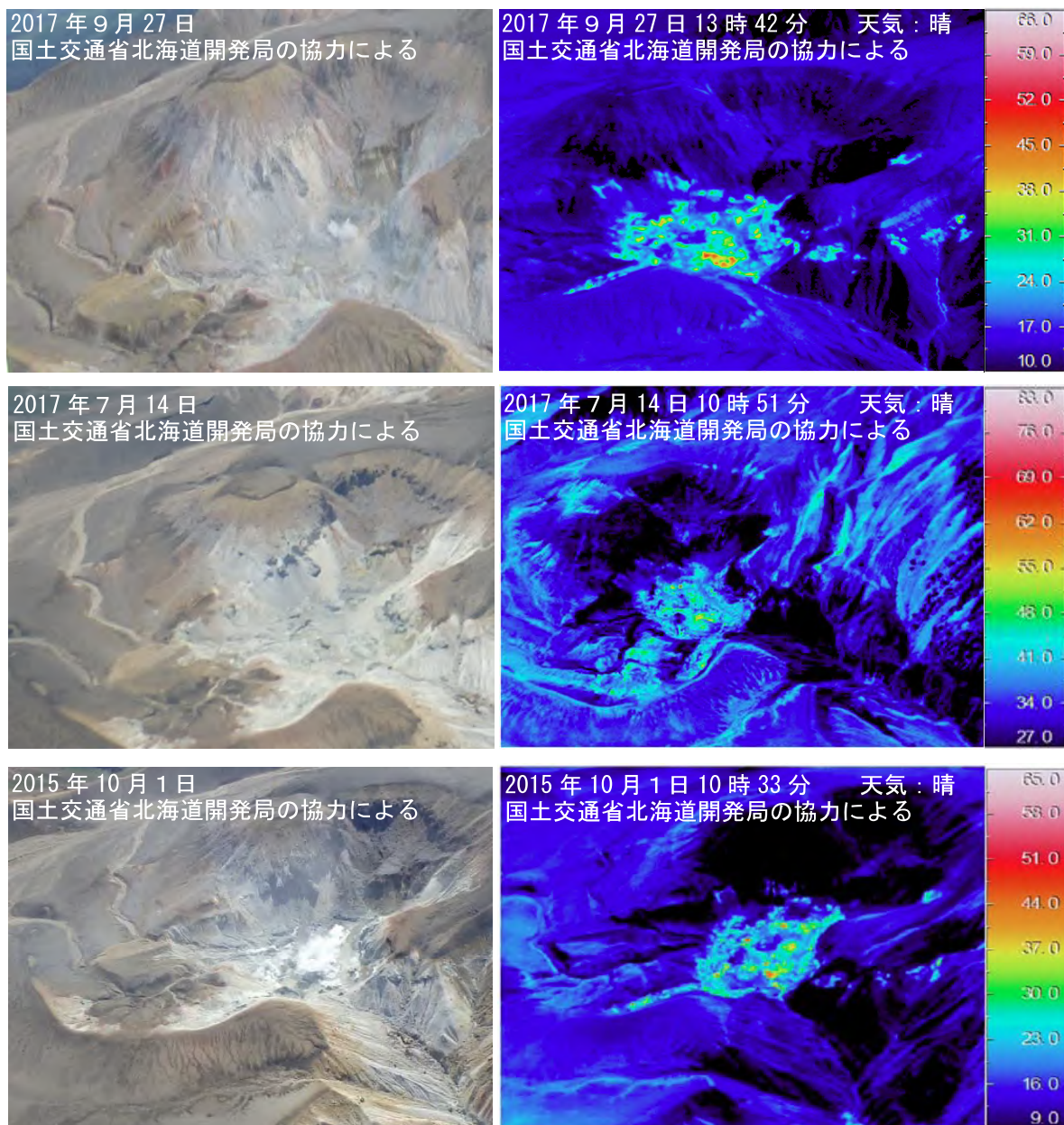


図 15 雌阿寒岳 赤外熱映像装置による中マチネシリ火口の地表面温度分布
北西側上空（図 12 の③）から撮影

- ・中マチネシリ火口の地熱域に特段の変化は認められなかった。

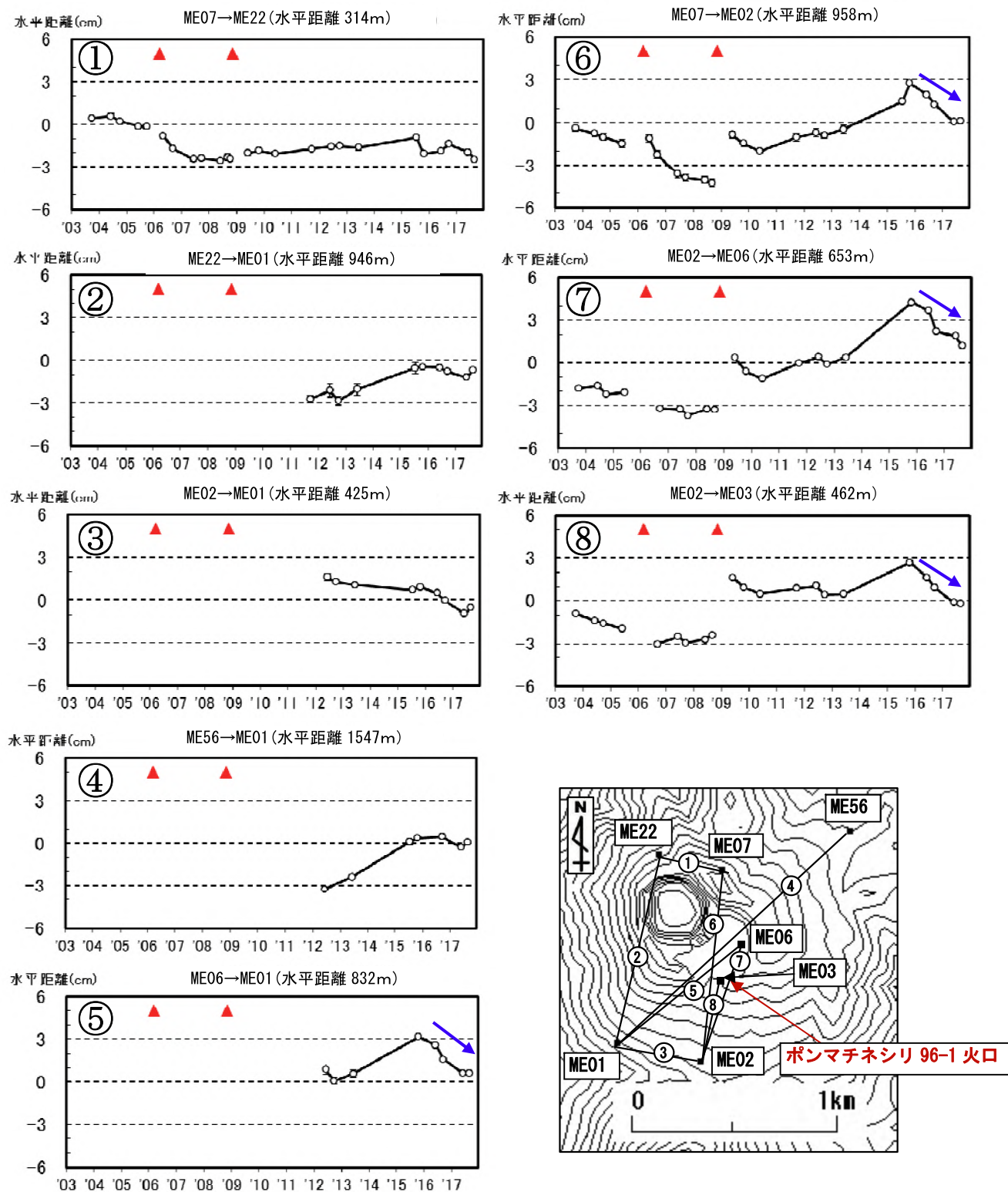


図 16 雌阿寒岳 GNSS 繰り返し観測によるポンマチネシリ火口付近の水平距離変化
(2003 年 7 月～2017 年 9 月)

- ・ 図中の▲は2006年3月及び2008年11月の噴火を示す。
- ・ 基線①～⑧は地図の GNSS 基線①～⑧に対応している。
- ・ 96-1 火口の南側を挟む基線（基線⑤～⑧）で観測されている収縮（青矢印）は継続している。

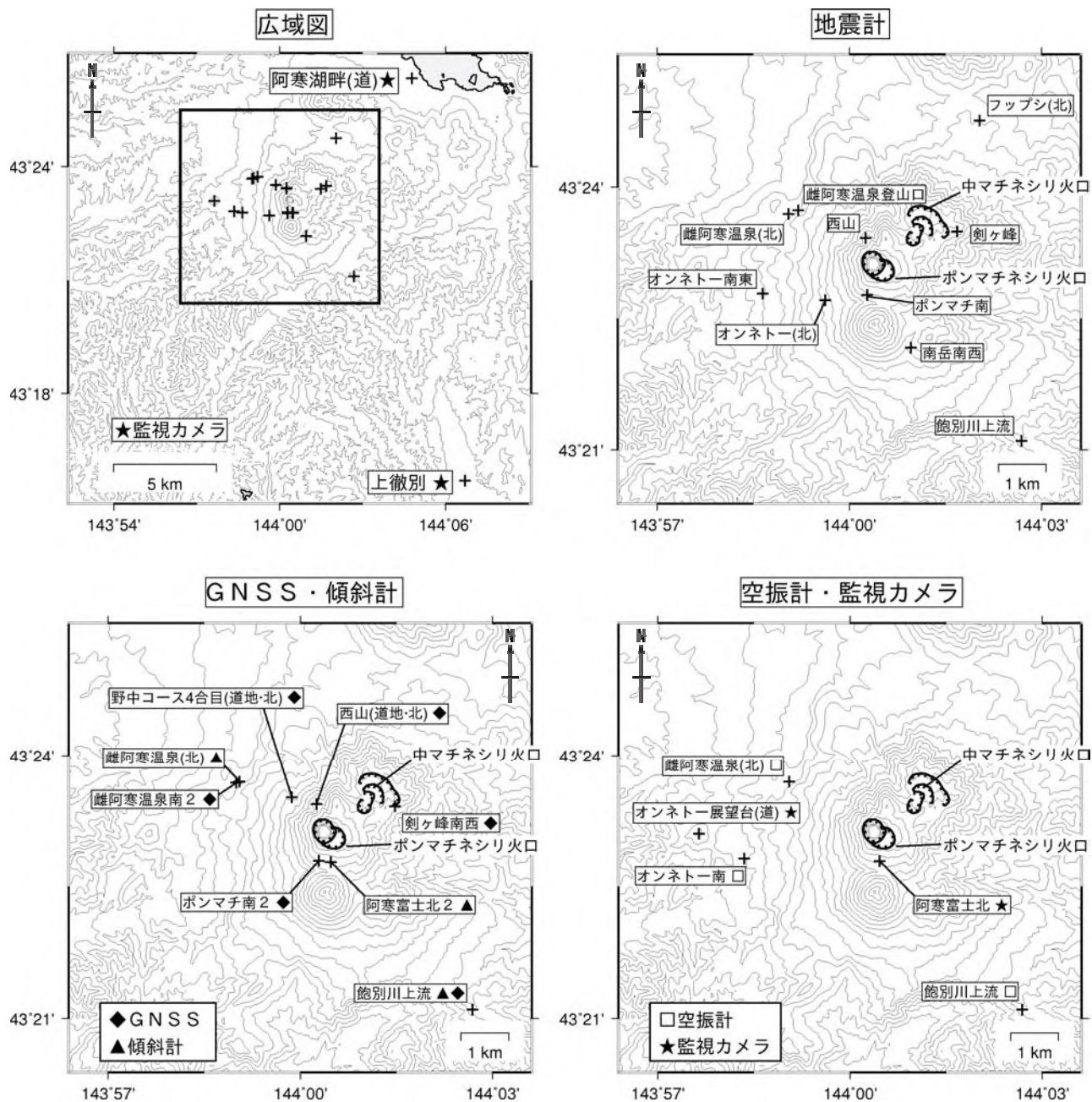


図 17 雌阿寒岳 観測点配置図

＋は観測点の位置を示す。

気象庁以外の機関の観測点は以下の記号を付している。

(北) : 北海道大学

(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。

○2003 年以降の中長期的な活動経過

1980 年代以降の雌阿寒岳は、ポンマチネシリ火口が活動の中心となっている。また、1980 年代以降の活動に関して、第 133 回火山噴火予知連絡会気象庁資料のとおり「噴煙高度や火口温度が高い時期」と「噴煙高度や火口温度が相対的に低い時期」に分類することができる。この分類を参考にして、噴煙活動や火口温度が高い 1984 年から 2002 年を「熱活動が相対的に高い時期」、熱活動に明瞭な低下傾向が出てきた 2003 年以降を「熱活動が相対的に低い時期」として改めて分類した（図 18）。

今回は、ポンマチネシリ火口の「熱活動が相対的に低い時期」（2003 年以降）にポイントを絞って、雌阿寒岳の中長期的な火山活動経過を整理する。

・「熱活動が相対的に低い時期」の活動

「熱活動が相対的に低い時期」に観測されたデータを図 19 にまとめた。この時期の活動経過を整理するにあたり、図 19 のとおり、ポンマチネシリ 96-1 火口周辺における熱活動の推移に応じて更に 7 つの期間に細分した。各期間は、以下の通りに区分している。

期間 1：2003 年 1 月～2008 年 8 月（2008 年の噴火が起こる直前まで）

期間 2：2008 年 9 月～2009 年 6 月（2008 年の噴火に伴い熱活動が高まった期間）

期間 3：2009 年 7 月～2013 年 6 月

期間 4：2013 年 7 月～2014 年 3 月（2013 年の熱活動がやや高まった期間）

期間 5：2014 年 4 月～2015 年 3 月

期間 6：2015 年 4 月～2016 年 5 月（2015 年の熱活動が高まった期間）

期間 7：2016 年 6 月～2017 年 1 月

図 19 のとおり、期間 1～7 を通して、噴煙活動と全磁力値の変化傾向はよく対応している。

・噴火前にみられた現象の傾向

「熱活動が相対的に低い時期」には、2006 年 3 月（期間 1 の最中）及び 2008 年 11 月（期間 2 の最中）の 2 事例の噴火が発生した。これらの 2 事例に関して、噴火前の震動現象には次の特徴がみられた。

- ・火山性微動が増加。
- ・地震回数が爆発的に増加（短期的な地震の増加と減少を繰り返す傾向がある）。
- ・低周波成分を含む地震が増加。
- ・震源のやや深い地震が増加し、震源の浅くなる傾向がみられる。

また、2008 年噴火では対応する全磁力値の変化が捉えられているが、2006 年噴火では全磁力変化が捉えられなかった。これは、Takahashi et al. (2017) が指摘するように、2006 年噴火が全磁力観測網から外れた現象であるためと考えられる。

ところで、2015 年（期間 6）は熱活動・地震活動の両方に高まりが認められ、2008 年の噴火前の状況と似ていたが、噴火には至らなかった。第 133 回火山噴火予知連絡会気象庁資料に示したように、2015 年の活動は、2006 年や 2008 年の噴火前後の活動と比べて以下のような違いがあった。

- ・火山性微動や低周波地震が少ない。
- ・震源のやや深い地震の活動期間が長い（2006 年や 2008 年は数日程度だが、2015 年は 2 週間程度続いている）。
- ・短期的な地震の急増はみられず、2006 年や 2008 年と比べて小規模な地震活動が約 1 ヶ月継続した。

・現在（期間 7）の火山活動の特徴について

現在は 2016 年 6 月以降の期間 7 の中にあり、ポンマチネシリ火口近傍における活動は非常に低調な状態で推移している。期間 7 の特徴として、以下の 4 つがあげられる。

- ①地震活動の低調な状態（月回数 100 回未満）が 1 年以上継続している。
- ②別の活動領域（中マチネシリ火口付近や東山腹）で地震が発生している。
- ③全磁力値の帯磁傾向が認められる（96-1 火口下で温度低下や熱域縮小が起きている可能性がある）。
- ④低周波成分を含む地震が大幅に減少している。

火山活動が比較的低調な期間としては、「期間 1、期間 3、期間 5」が該当するが、①～④と同様の状況になかったかを確認したところ、次のとおりであった。

	期間 1	期間 3	期間 5
①月地震回数 100 回未満が 1 年以上継続	○		
②別の領域で地震が発生	○（北寄りの地点で発生）		
③全磁力値の帯磁傾向	○	○	○
④低周波成分を含む地震の減少			○

このように、現在は「期間 1」及び「期間 5」に類似しており、ポンマチネシリ火口の火山活動が低調な状況にある。

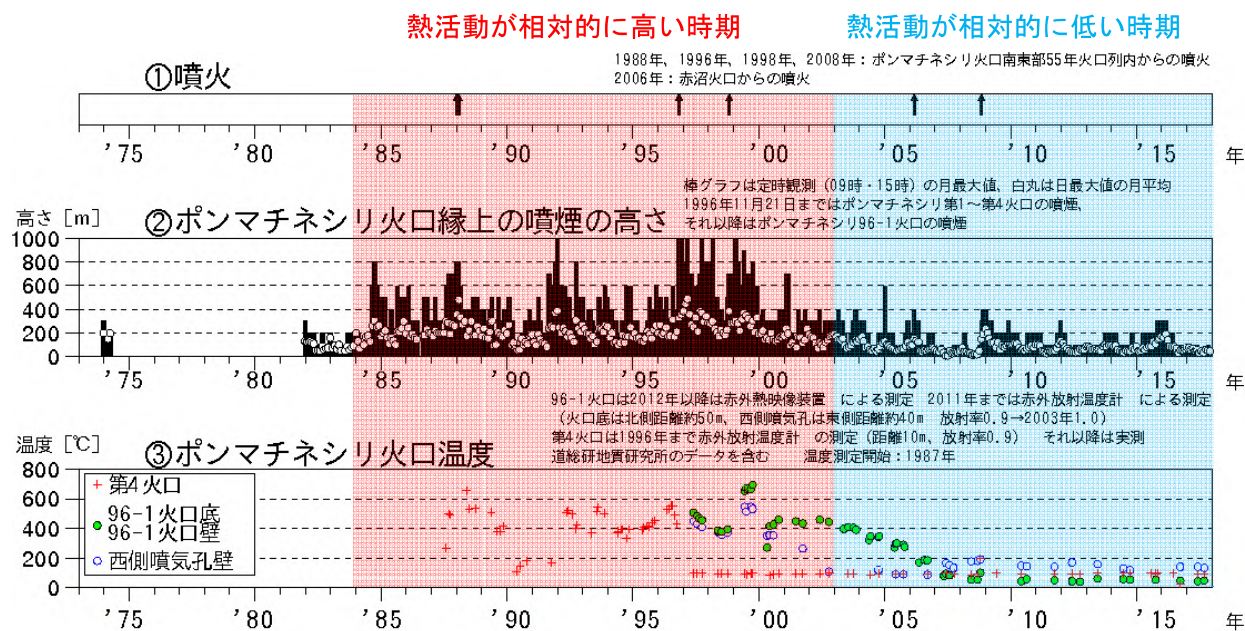


図 18 雌阿寒岳 火山活動経過図（1973 年 1 月～2017 年 12 月）

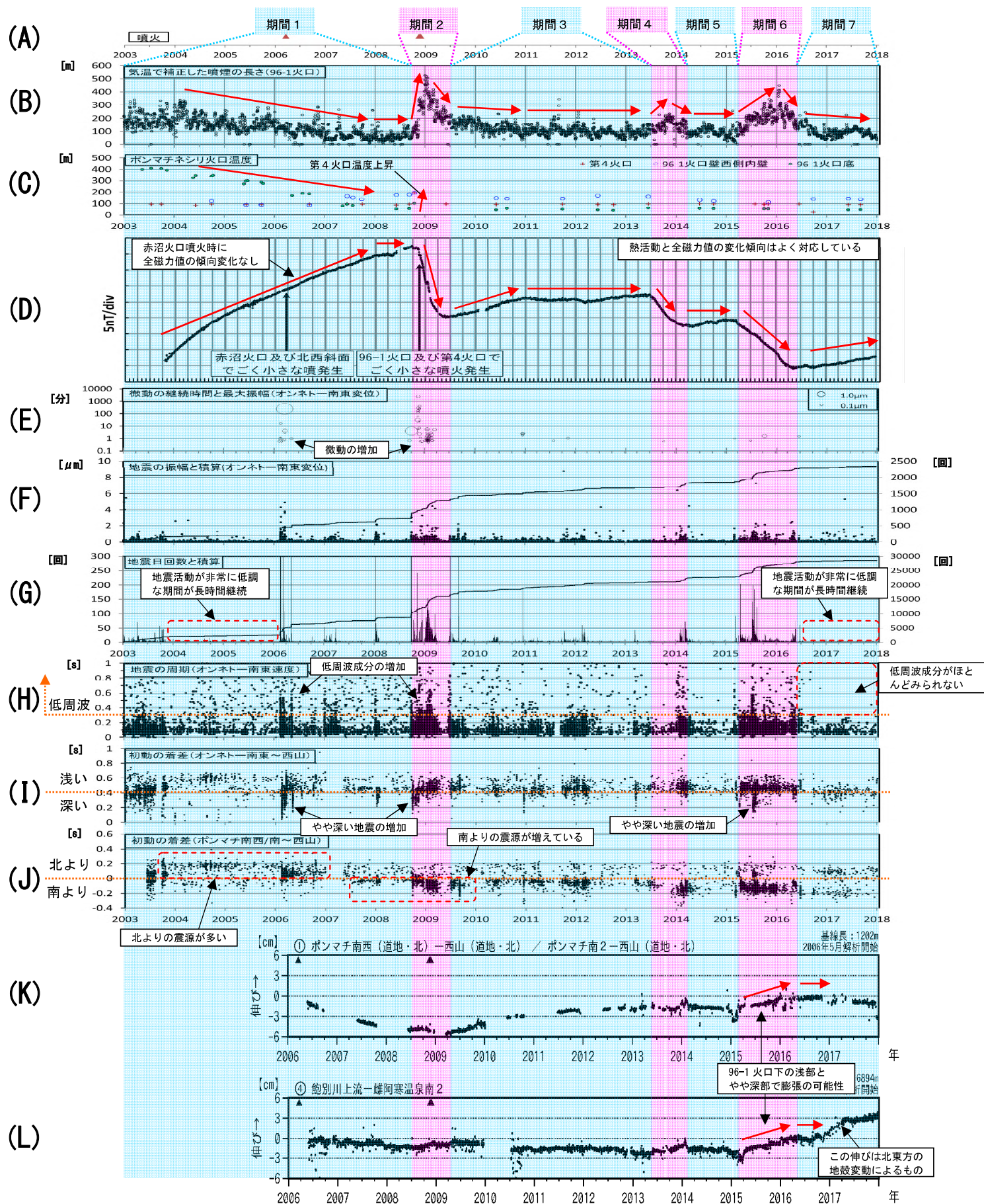


図 19 雌阿寒岳 熱活動が相対的に低い時期の火山活動経過図
(2003 年 1 月～2018 年 1 月)

ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた 雌阿寒岳における SAR 干渉解析結果

2016 年夏季～2017 年夏季のペアでは雌阿寒岳東方において視線距離短縮の位相変化が認められるが、2017 年夏季以降はノイズレベルを超える位相変化は認められない。

1. 使用データ

表 1 干渉解析に使用したデータ

Path Frame	軌道方向	照射方向	データ 1	データ 2	図番号
122-860	北行	右	2016.07.16	2017.07.01	図 1
			2017.03.25	2017.07.01	
16-2740	南行	右	2016.09.12	2017.10.09	図 2
			2017.07.03	2017.10.09	

2. 解析結果

パス 122（北行軌道、右方向観測）およびパス 16（南行軌道、右方向観測）について、最新の観測とのペアの解析を行った。解析の結果、いずれのパスにおいても 2016 年夏のペアでは雌阿寒岳の東方で視線距離短縮の位相変化が明瞭に認められる一方、変位量は観測時期と共に漸減し、2017 年夏季以降はノイズレベルを超える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 を使用した。ここに記して御礼申し上げます。

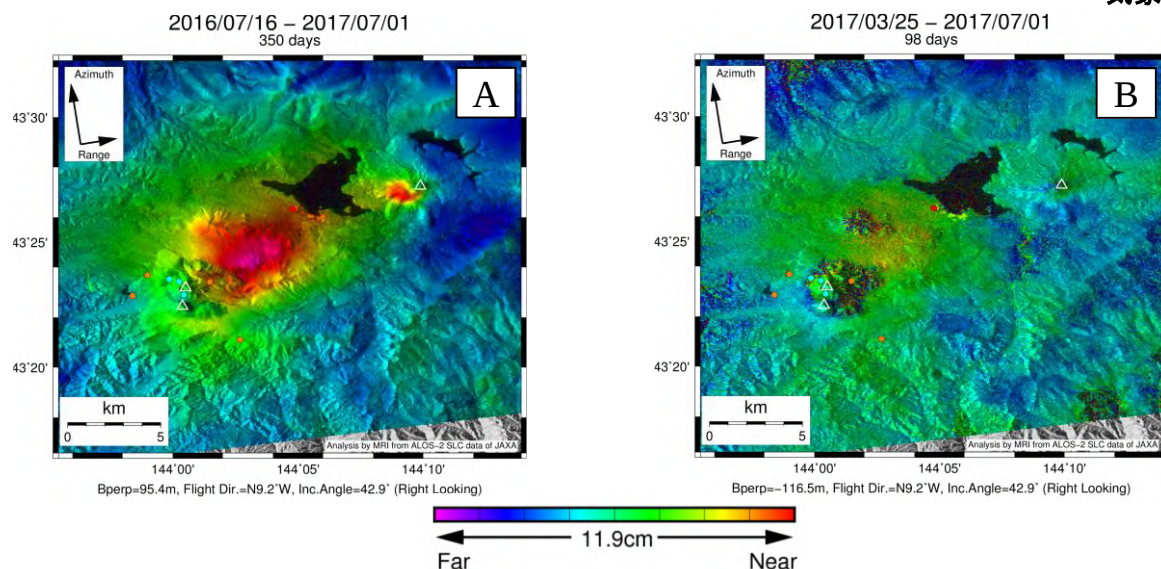


図 1 パス 122-860 の干渉解析結果

図中の丸印は GNSS 連続観測点 (赤：国土地理院，橙：気象庁，水：道総研地質研究所) を示す。雌阿寒岳の東側において視線距離短縮の位相変化が見られる。A) 最大変位量 7.3cm。B) 最大変位量 4.0cm。

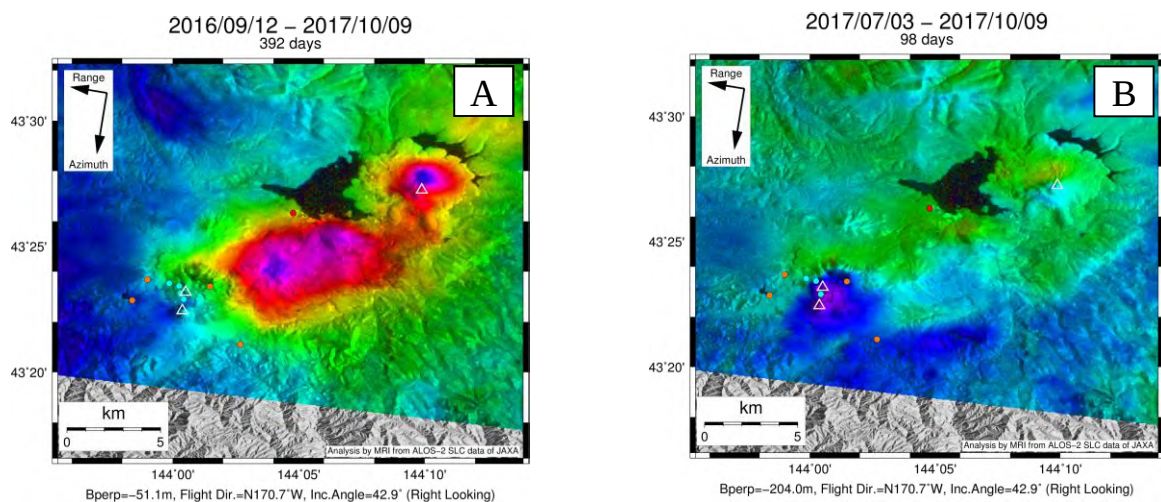


図 2 パス 16-2740 の干渉解析結果

凡例は図 1 に同じ。A) 最大変位量 8.0cm。B) ノイズレベルを超える変動は認められない。

雌阿寒岳における地磁気全磁力変化

96-1 火口南側で実施している全磁力連続観測によると、全磁力は 2015 年 3 月中旬から 2016 年 4 月まで顕著に減少したが、2016 年 10 月以降はやや増加傾向がみられる。この結果から、96-1 火口南側の地下では、2016 年 10 月以降はやや温度が低下していると考えられる。

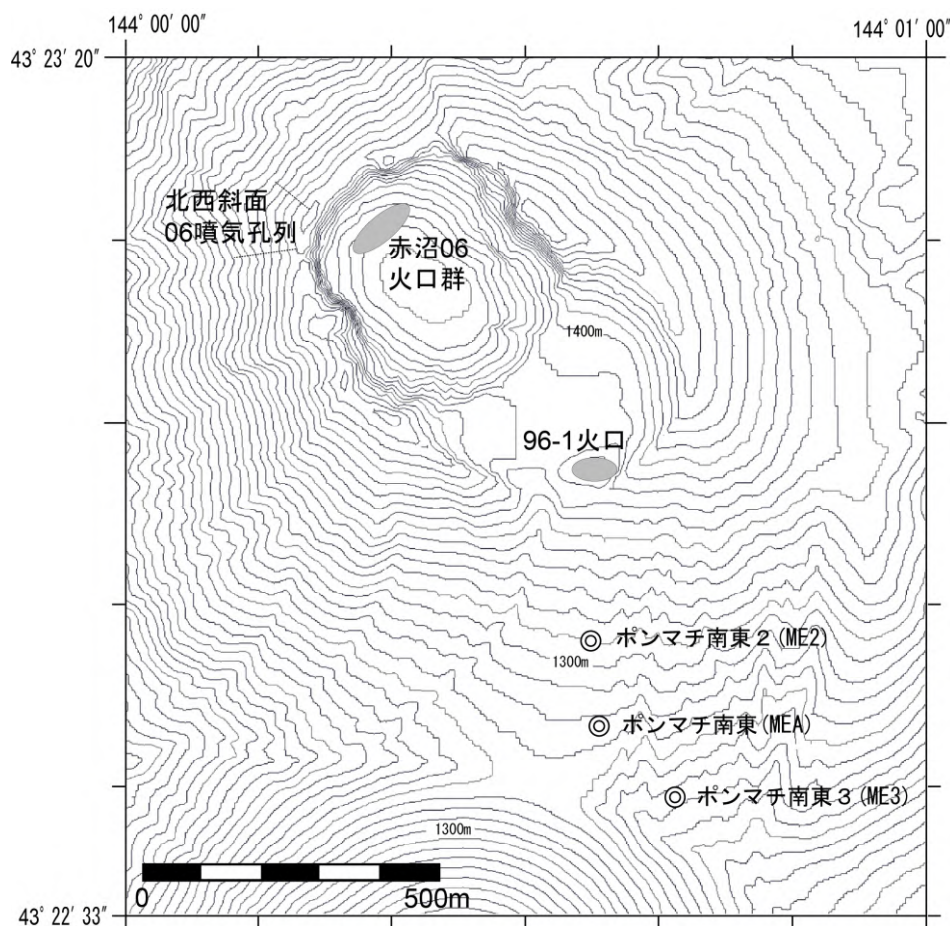
○観測の結果

雌阿寒岳における 2018 年 1 月までの地磁気全磁力変化について報告する。

第 1 図に雌阿寒岳における全磁力連続観測点ポンマチ南東（以下、MEA）とポンマチ南東 2（以下、ME2）、ポンマチ南東 3（以下、ME3）の位置を示す。

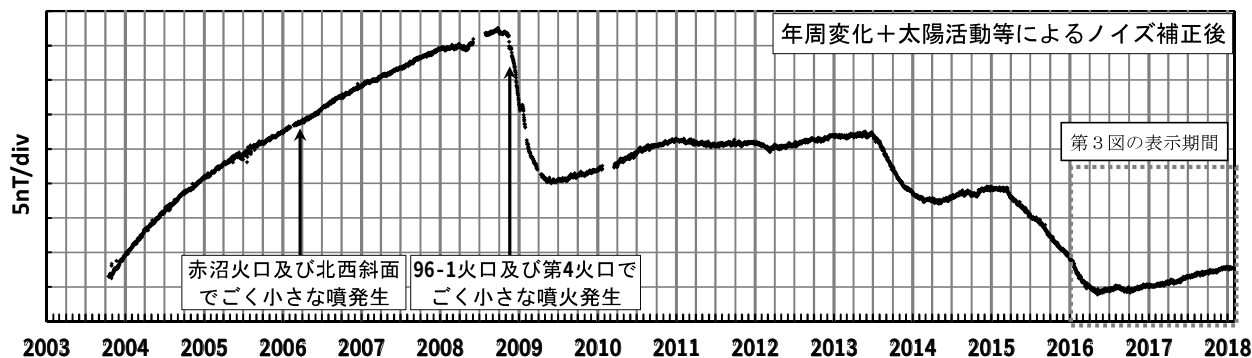
第 2 図に MEA における火山活動に伴う全磁力変化を示す。全磁力値は、MEA で得られた全磁力日平均値と女満別観測施設（以下、MMB：雌阿寒岳からほぼ北北東約 60km）での全磁力日平均値との差に年周変動量と太陽活動等によるノイズ量を補正して求めている。第 3 図に第 2 図のうち最近の 24 カ月分を示す。第 4 図に ME2 観測開始以降の MEA、ME2 及び ME3 の全磁力変化を示す（ただし、年周変動量と太陽活動等によるノイズ量を用いた補正はしていない）。参考までに、第 5 図に第 2 図の各種補正前の全磁力変化を、第 6 図に年周変化量を、第 7 図に太陽活動等によるノイズ量を示す。

96-1 火口南側で実施している全磁力連続観測によると、全磁力は 2015 年 3 月中旬から 2016 年 4 月まで顕著に減少したが、2016 年 10 月以降はやや増加傾向がみられる。この結果から、96-1 火口南側の地下では、2016 年 10 月以降はやや温度が低下していると考えられる。また、各連続観測点の全磁力は、2016 年 1 月中旬から 4 月まで火口に近い観測点ほど減少傾向がやや大きく、熱消磁域の拡大の可能性を示したが、2017 年 3 月から 8 月には火口に近い観測点に増加傾向がみられ、熱消磁域が縮小した可能性を示していると考えられる。

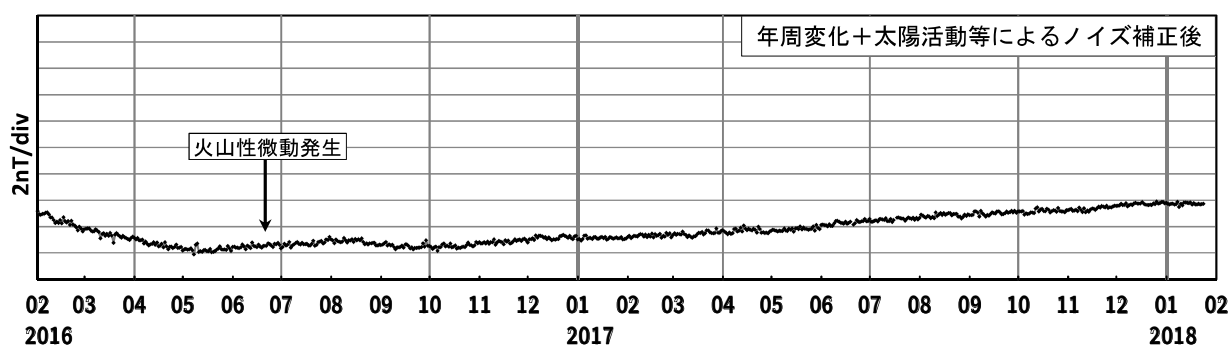


第1図 全磁力観測点配置図

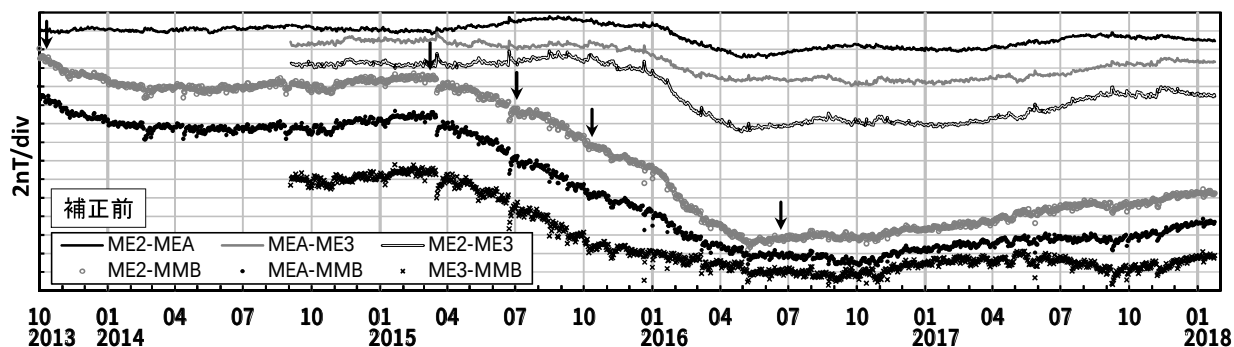
◎は全磁力連続観測点を示す。等高線は10m間隔。ポンマチ南東(MEA)は2003年10月16日に、ポンマチ南東2(ME2)は2013年9月28日に、ポンマチ南東3(ME3)は2014年9月3日に観測を開始した。この地図の作成に当たっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の『数値地図 10mメッシュ (火山標高)』を使用したものである。(承認番号 平26情使、第578号)



第2図 ポンマチ南東と女満別観測施設の全磁力日平均値差（2003年10月16日～2018年1月24日）
年周変化補正と太陽活動等によるノイズ補正を行っている。

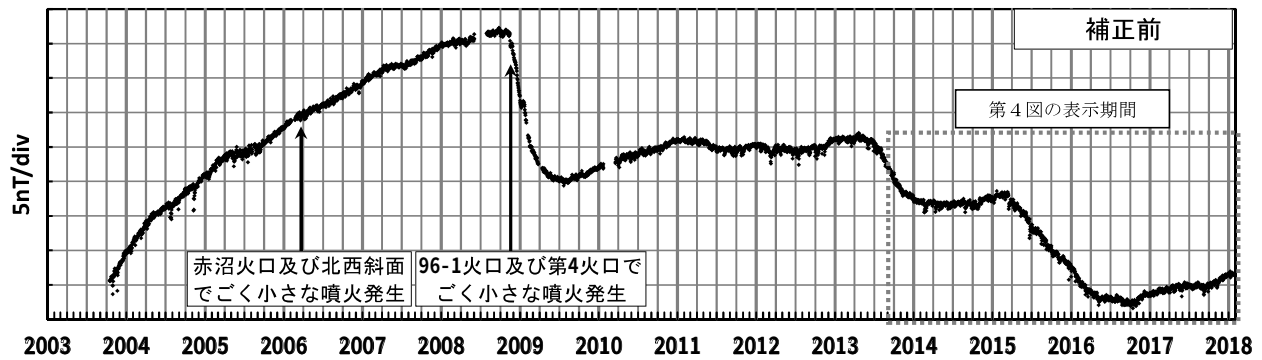


第3図 ポンマチ南東と女満別観測施設の全磁力日平均値差（2016年2月1日～2018年1月24日）
年周変化補正と太陽活動等によるノイズ補正を行っている。

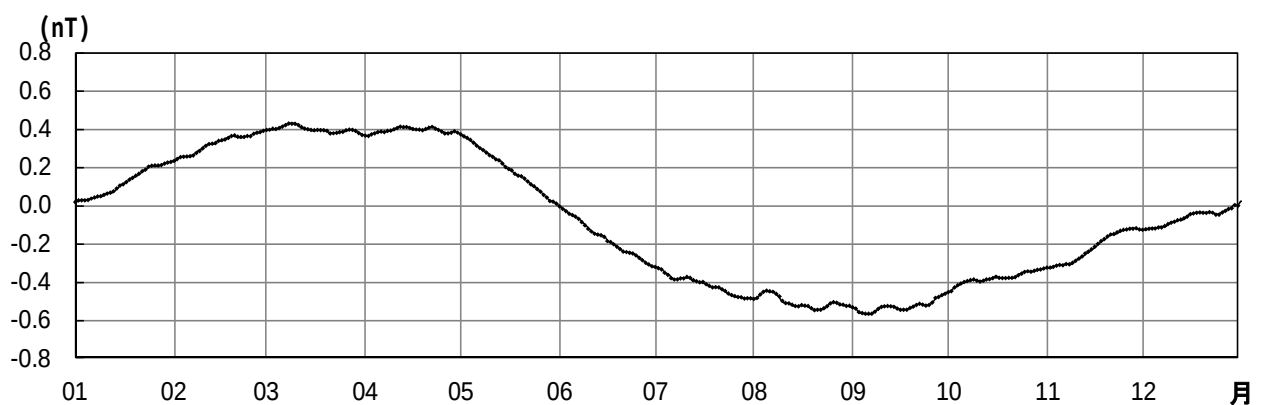


第4図 各連続観測点（MEA、ME2、ME3）と女満別観測施設（MMB）の全磁力日平均値差及び各連続観測点間の全磁力日平均値差（2013年10月1日～2018年1月24日）

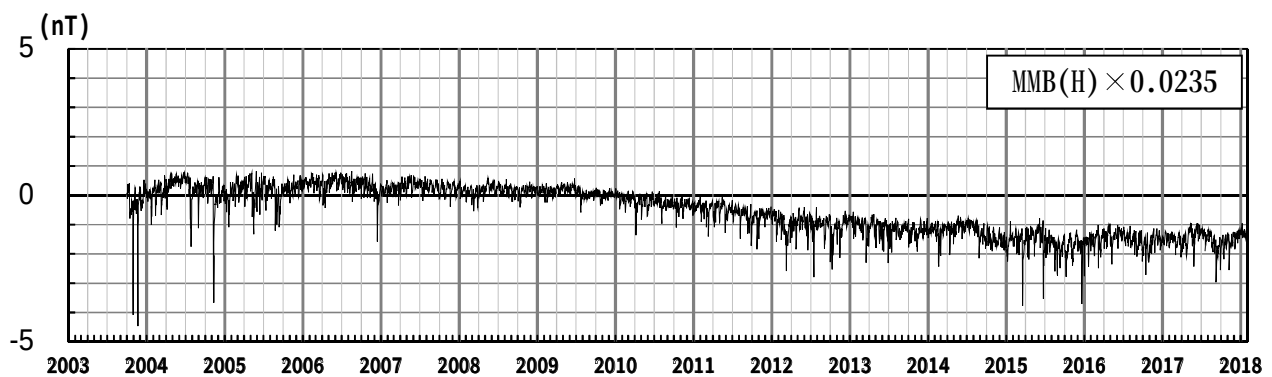
年周変化補正と太陽活動等によるノイズ補正を行っていない。図中の矢印は火山性微動の発生日を示す。2017年5月下旬、9月上旬、下旬、11月上旬のデータの乱れは太陽活動等のノイズによる（2016年以前については省略）。



第5図 ポンマチ南東と女満別観測施設の全磁力日平均値差（2003年10月16日～2018年1月24日）
年周変化補正と太陽活動等によるノイズ補正を行っていない。



第6図 ポンマチ南東と女満別観測施設の全磁力日平均値差の年周変化量
2005～2007, 2011年の1～12月のデータから求めた30日移動平均値。

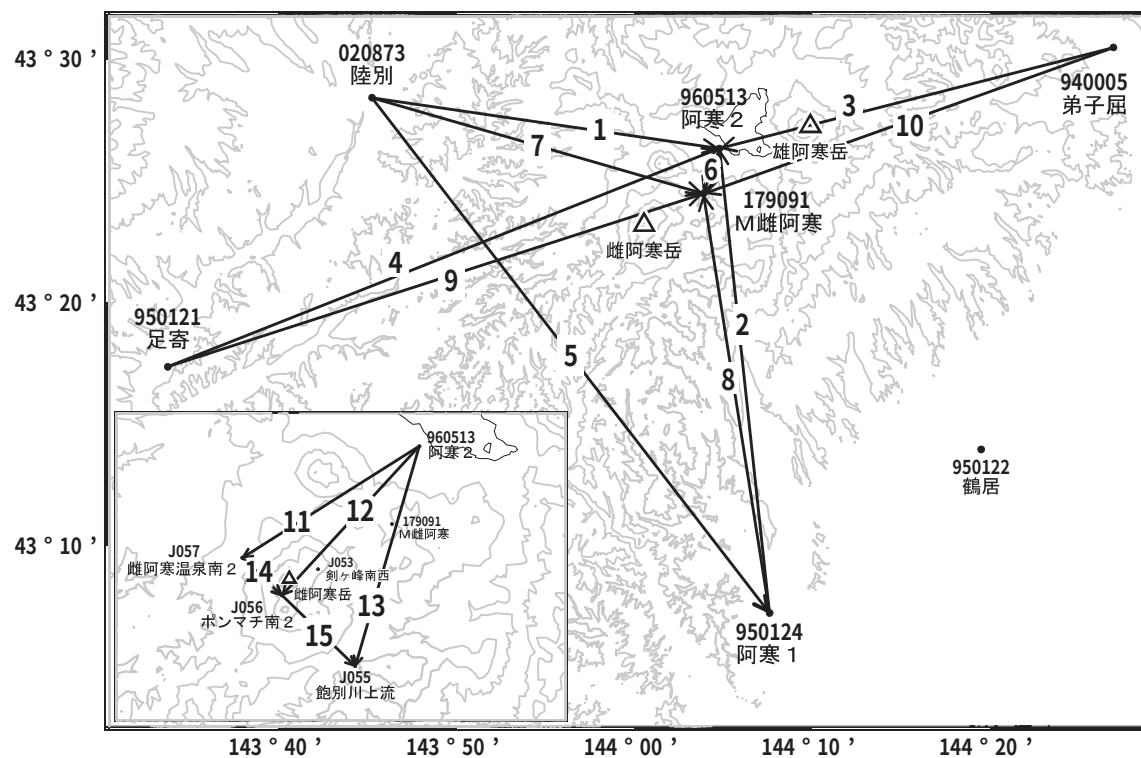


第7図 女満別観測施設の地磁気水平成分（H）から求めた太陽活動等によるノイズ量（2003年10月16日～2018年1月24日）

雌阿寒岳・雄阿寒岳

「阿寒2」、「M雌阿寒」や雌阿寒岳山頂付近の統合解析点で観測されている雌阿寒岳と雄阿寒岳の間での伸びが継続しています。

雌阿寒岳・雄阿寒岳周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図

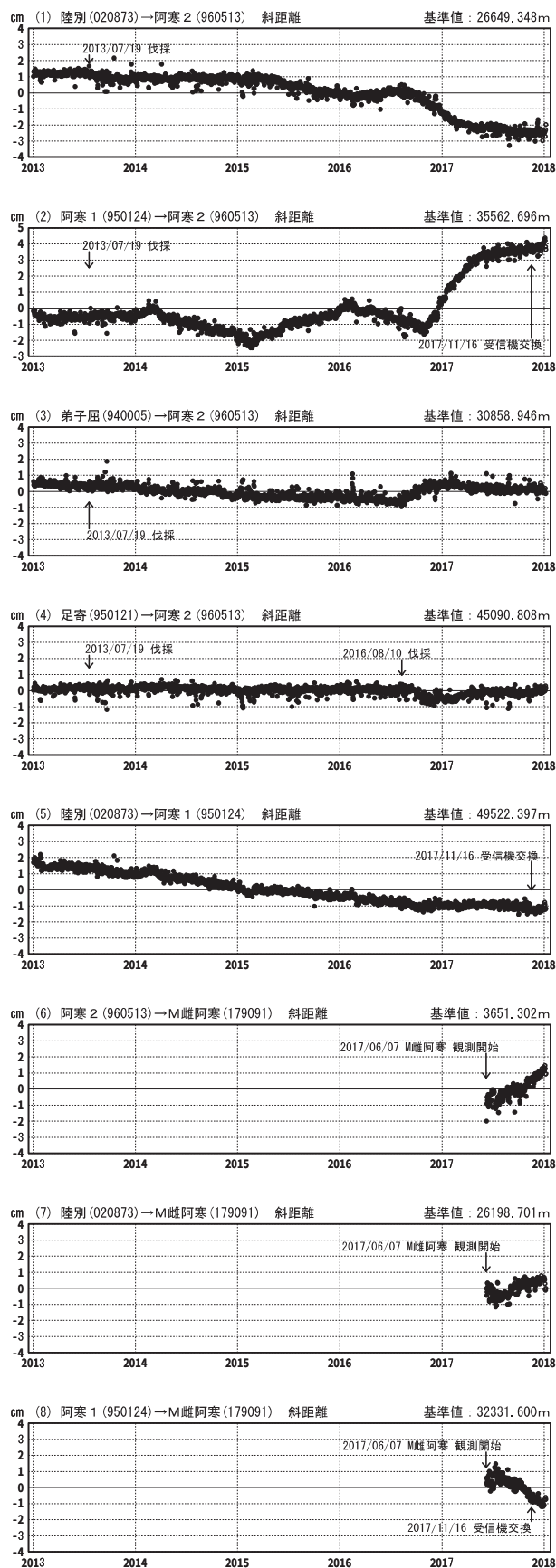


雌阿寒岳・雄阿寒岳周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
940005	弟子屈	20161021	アンテナ交換
950121	足寄	20160810	伐採
950124	阿寒1	20171116	受信機交換
960513	阿寒2	20120927	アンテナ交換
		20130719	伐採
020873	陸別	20161220	アンテナ交換
179091	M雌阿寒	20170607	新設

基線変化グラフ

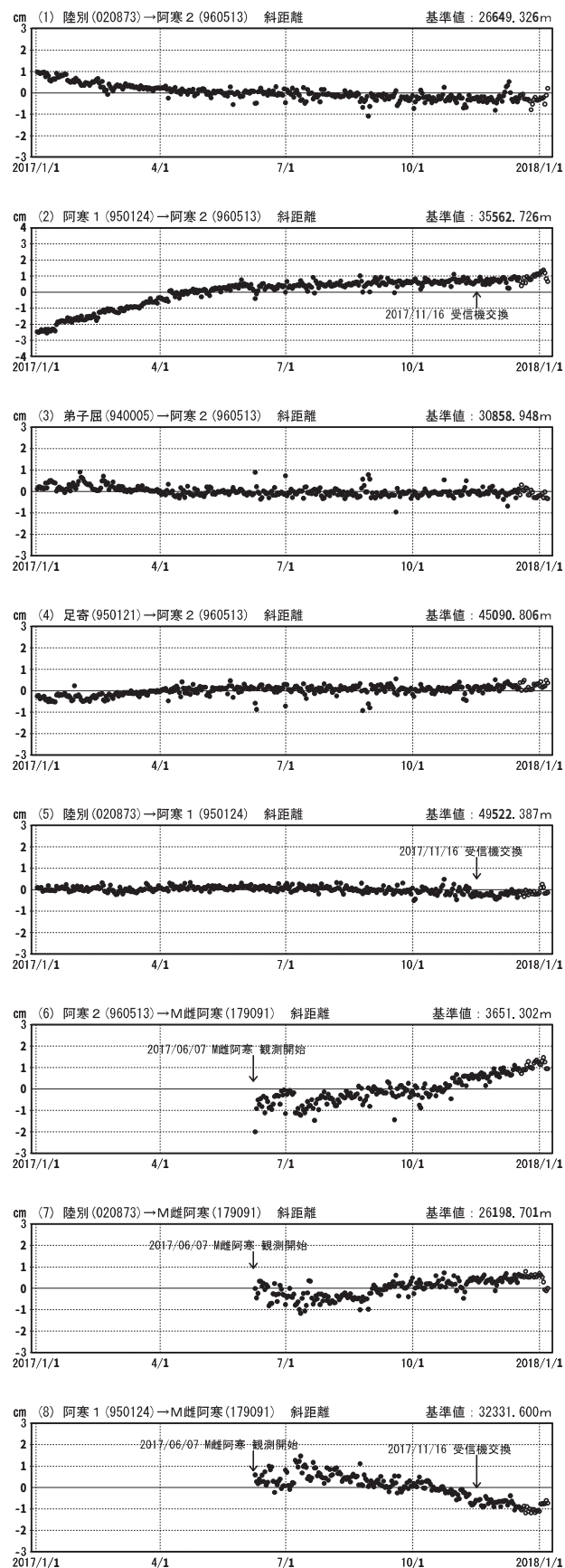
期間：2013/01/01～2018/01/06 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

基線変化グラフ

期間：2017/01/01～2018/01/06 JST



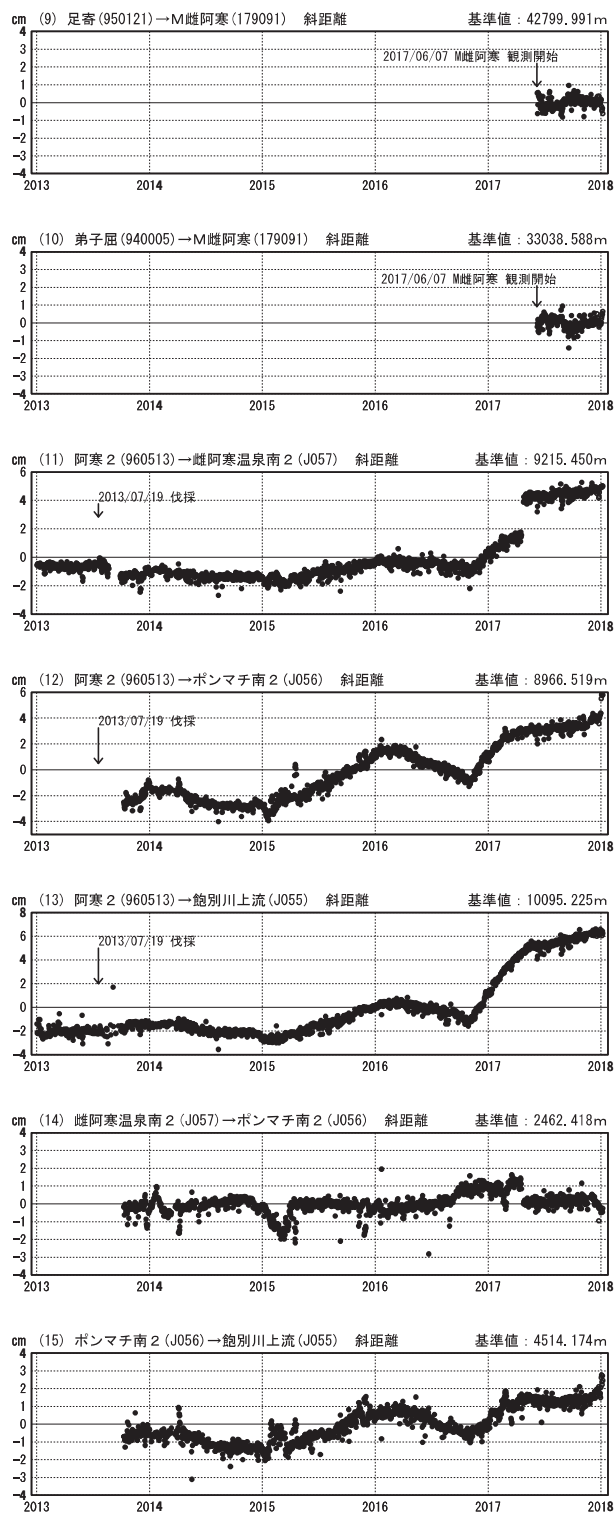
国土地理院・気象庁

※[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

雌阿寒岳・雄阿寒岳

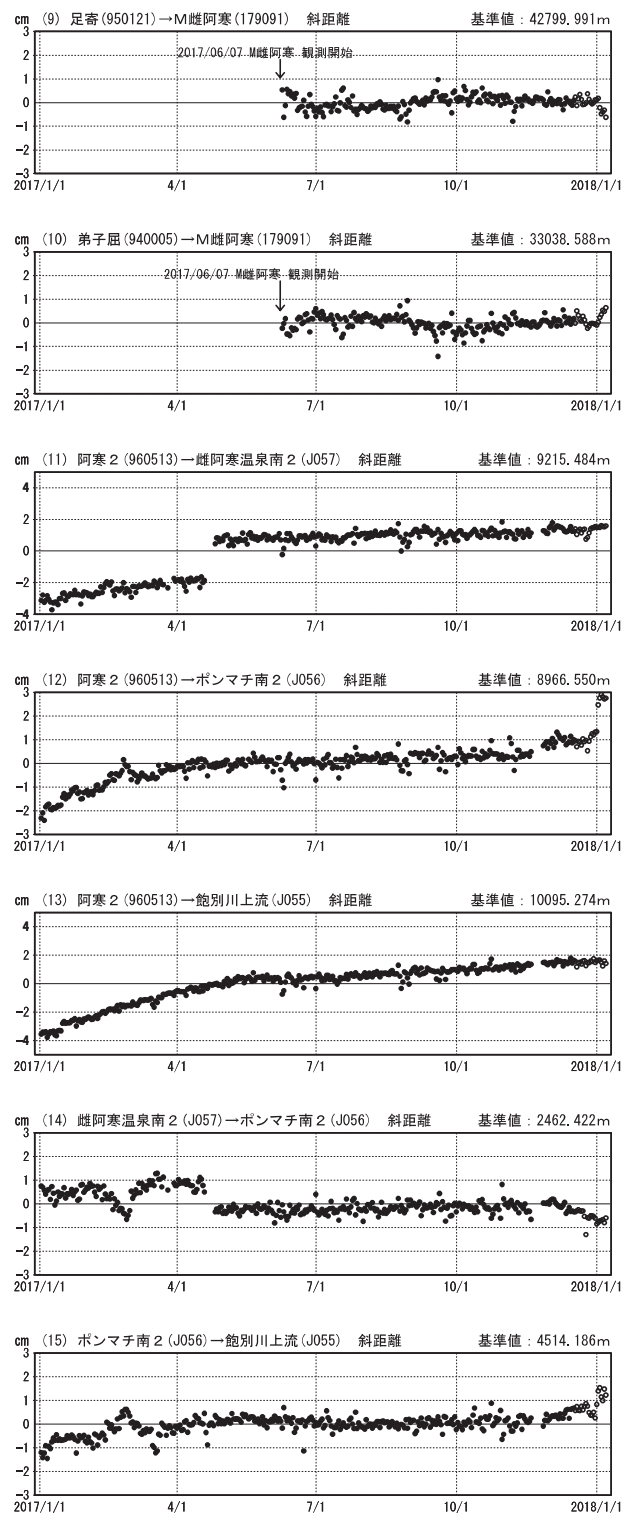
基線変化グラフ

期間：2013/01/01～2018/01/06 JST



基線変化グラフ

期間：2017/01/01～2018/01/06 JST



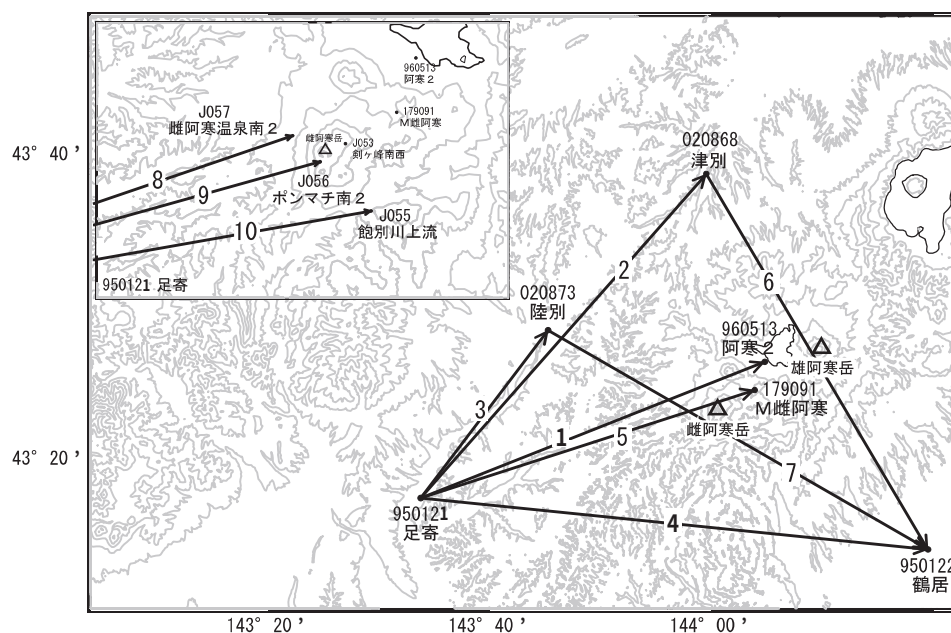
国土地理院・気象庁

- 雌阿寒温泉南 2 (J057) に関連する基線の「基線変化グラフ」((11)のグラフ)で2017年4月中旬の値にステップ状の変化が生じていますが、低気圧の影響と考えられます。

※[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

雌阿寒岳・雄阿寒岳

雌阿寒岳・雄阿寒岳周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図(2)

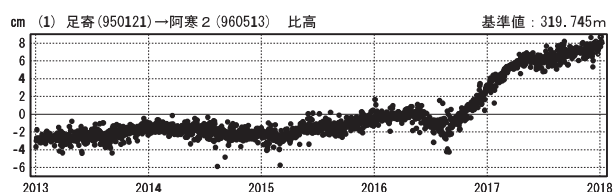
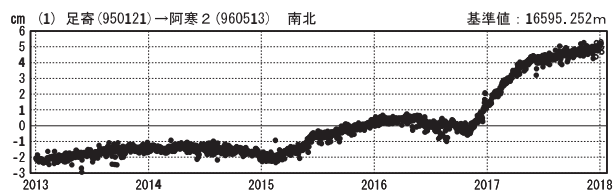
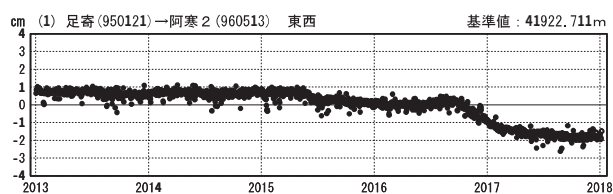
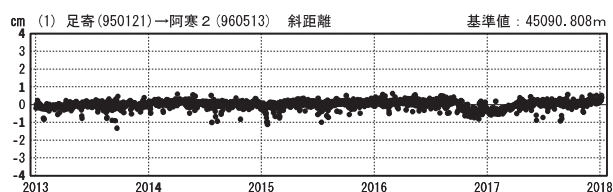


雌阿寒岳・雄阿寒岳周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
020868	津別	20150730	アンテナ交換
		20150908	受信機交換
		20170531	伐採

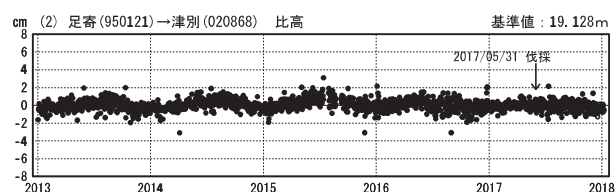
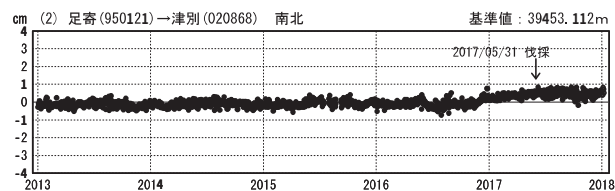
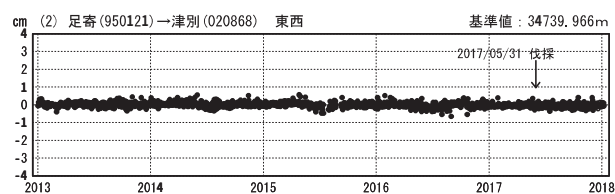
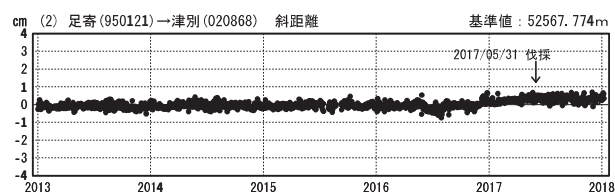
1次トレンド除去後グラフ

期間: 2013/01/01~2018/01/06 JST



1次トレンド除去後グラフ

期間: 2013/01/01~2018/01/06 JST 計算期間: 2013/04/01~2015/04/01



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

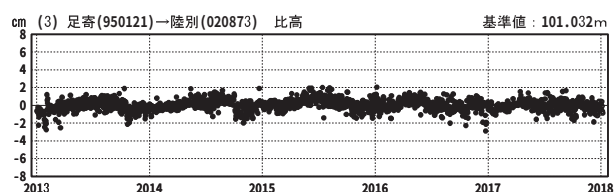
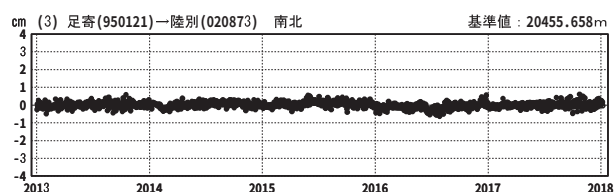
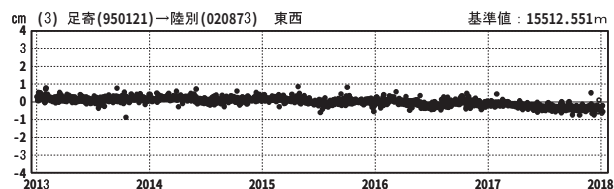
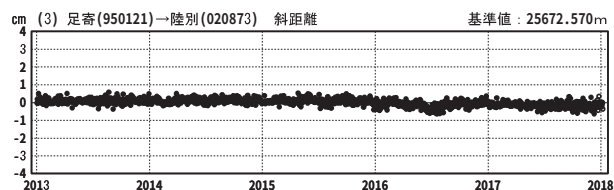
※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

国土地理院・気象庁

雌阿寒岳・雄阿寒岳

1 次トレンド除去後グラフ

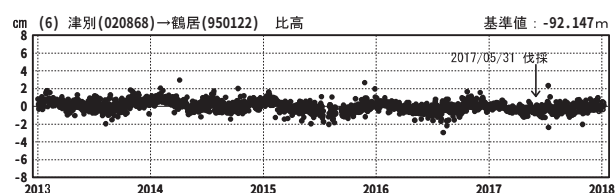
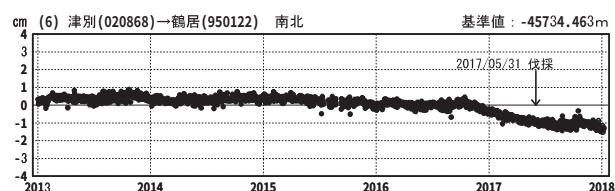
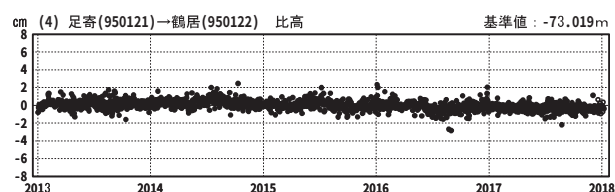
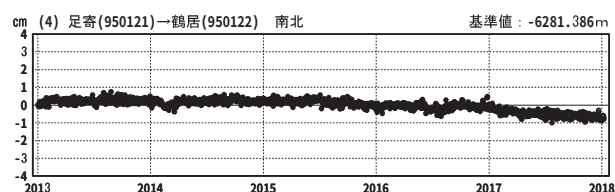
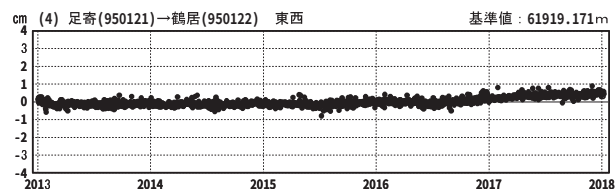
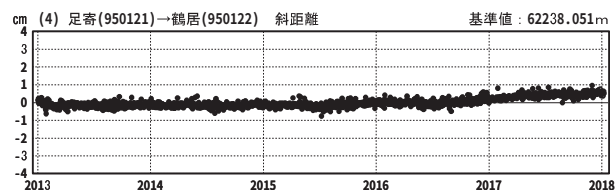
期間：2013/01/01～2018/01/06 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

1 次トレンド除去後グラフ

期間：2013/01/01～2018/01/06 JST 計算期間：2013/04/01～2015/04/01



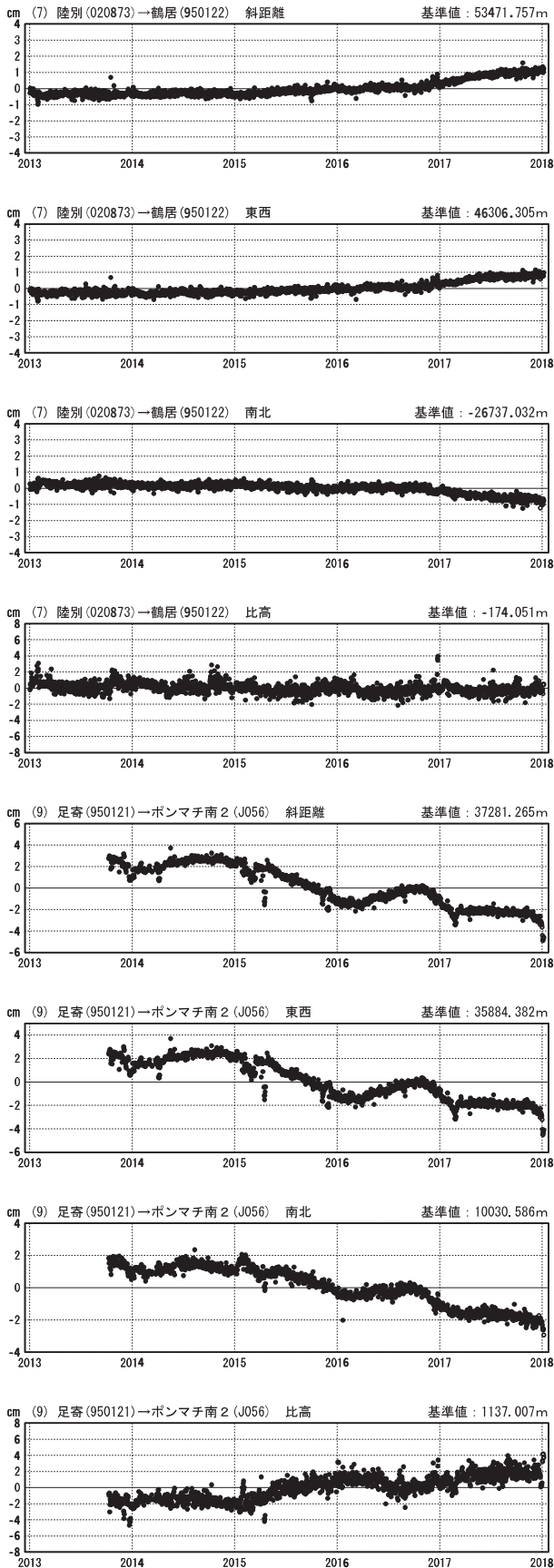
国土地理院・気象庁

※[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

雌阿寒岳・雄阿寒岳

1 次トレンド除去後グラフ

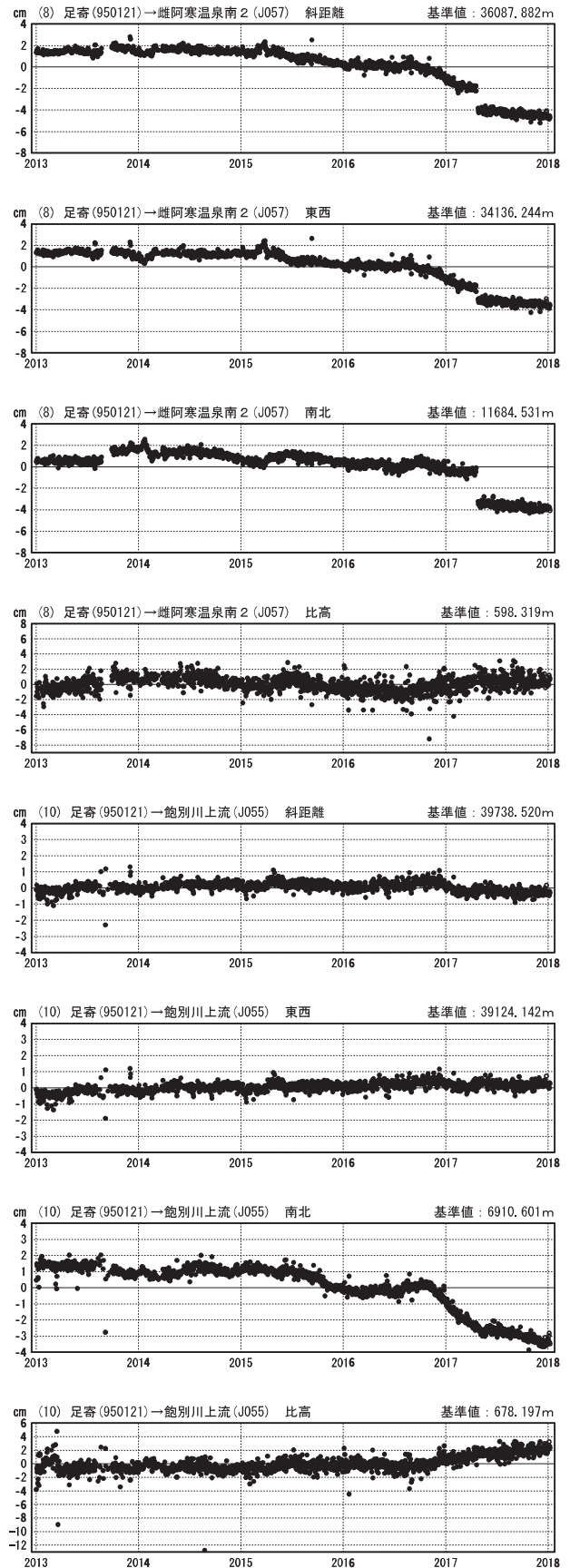
期間：2013/01/01～2018/01/06 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

1 次トレンド除去後グラフ

期間：2013/01/01～2018/01/06 JST 計算期間：2013/04/01～2015/04/01



国土地理院・気象庁

・雌阿寒温泉南2(J057)に関連する基線の「基線変化グラフ」((11)のグラフ)で2017年4月中旬の値にステップ状の変化が生じていますが、低気圧の影響と考えられます。

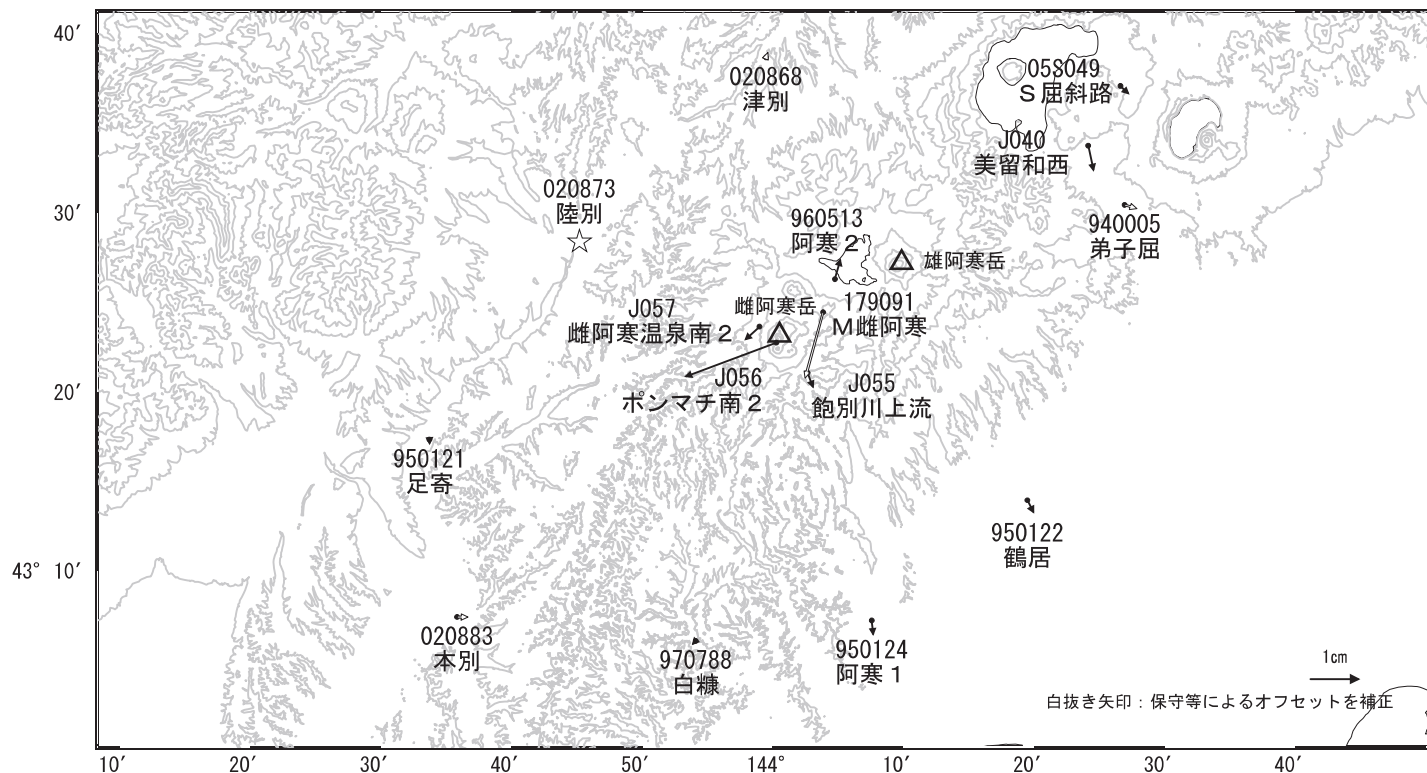
※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

雌阿寒岳・雄阿寒岳

雌阿寒岳・雄阿寒岳周辺の地殻変動(水平:3ヶ月) 一次トレンド除去

基準期間: 2017/09/28~2017/10/07 [F3: 最終解]
比較期間: 2017/12/28~2018/01/06 [R3: 速報解]

計算期間: 2013/04/01~2015/04/01



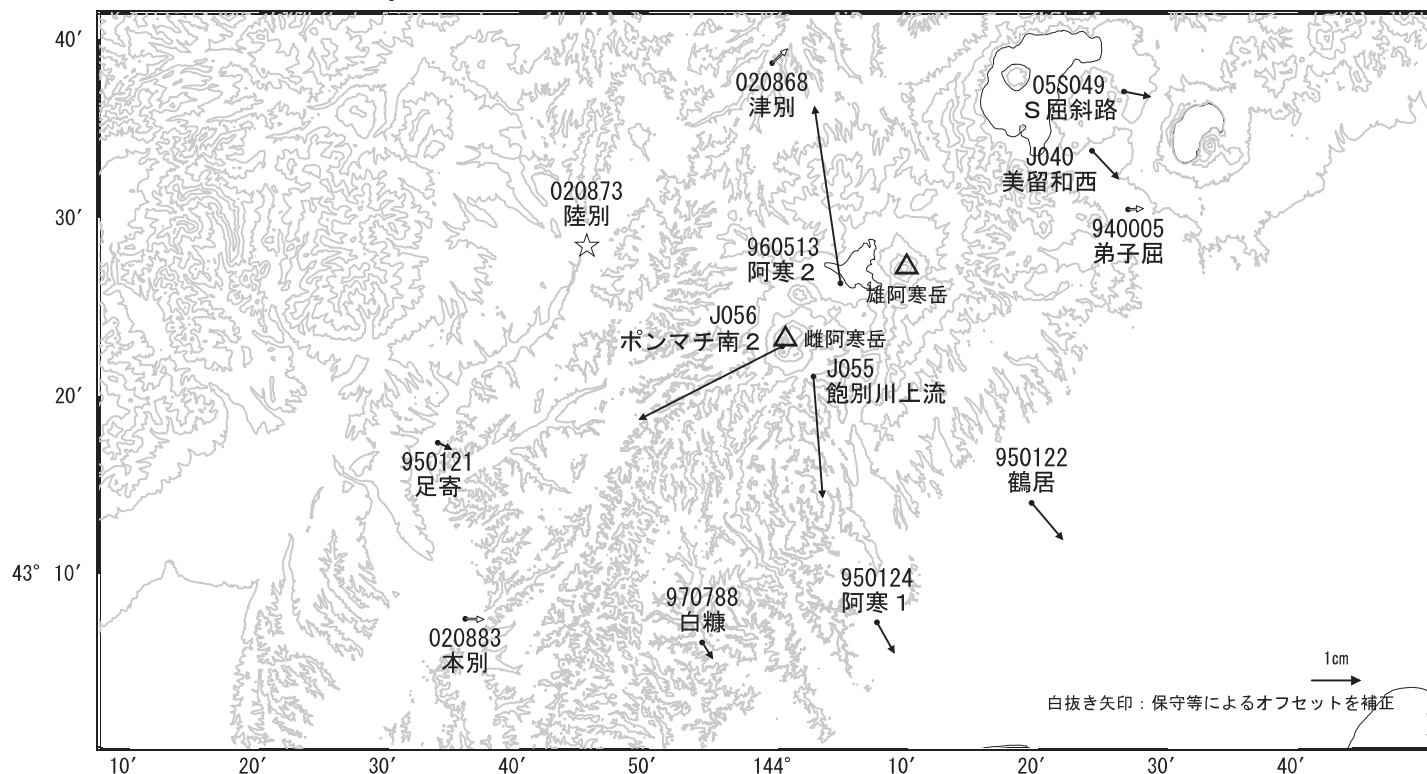
☆ 固定局: 陸別 (020873)

国土地理院・気象庁

雌阿寒岳・雄阿寒岳周辺の地殻変動(水平:1年) 一次トレンド除去

基準期間: 2016/12/28~2017/01/06 [F3: 最終解]
比較期間: 2017/12/28~2018/01/06 [R3: 速報解]

計算期間: 2013/04/01~2015/04/01



☆ 固定局: 陸別 (020873)

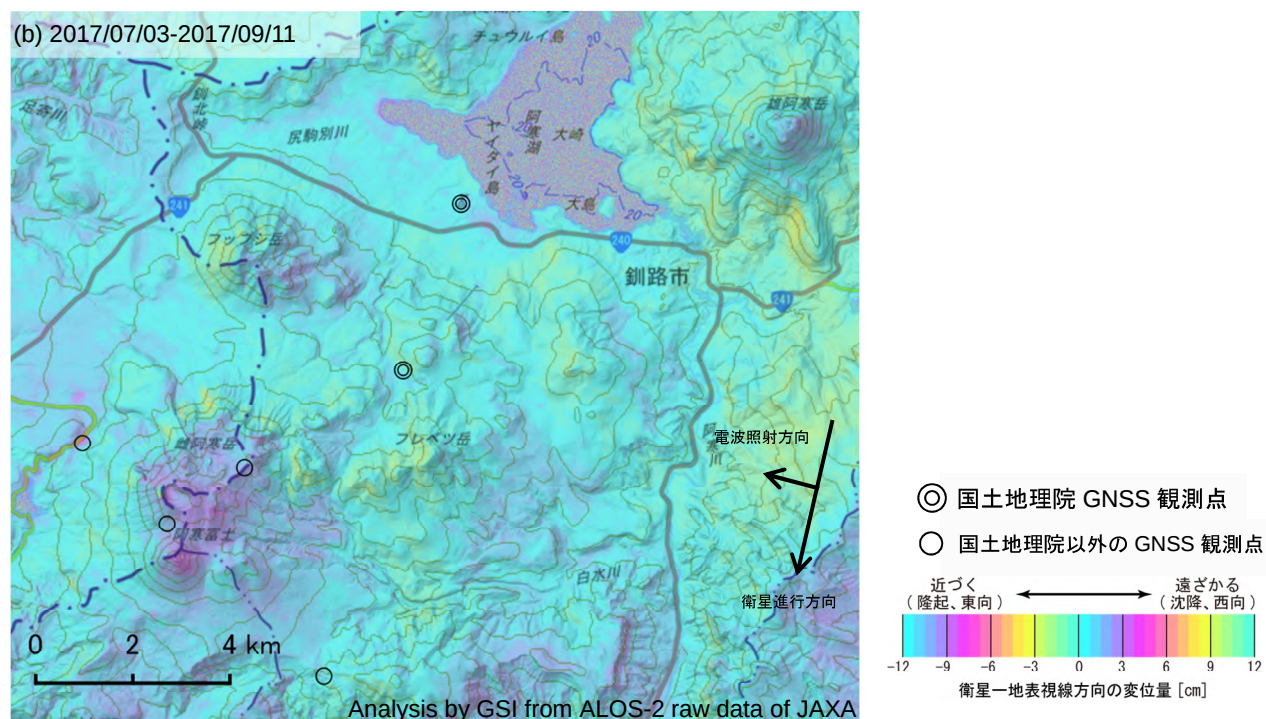
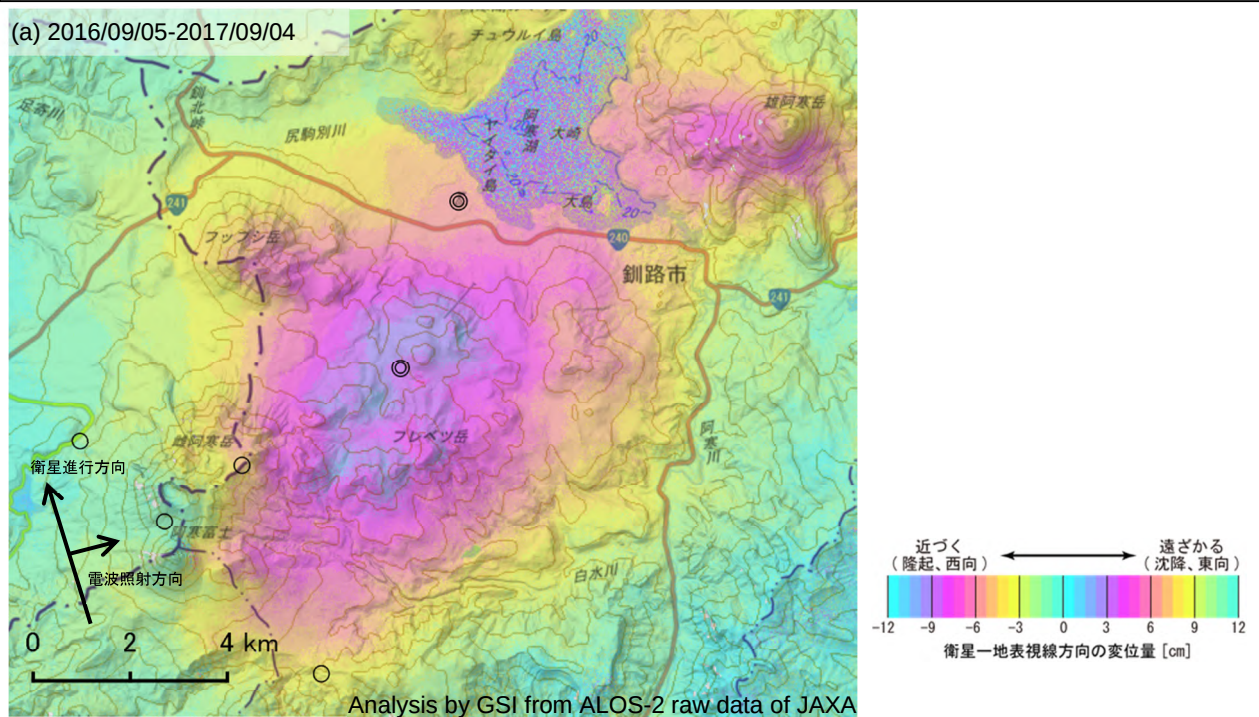
国土地理院・気象庁

雌阿寒岳・雄阿寒岳

雌阿寒岳・雄阿寒岳の SAR 干渉解析結果について

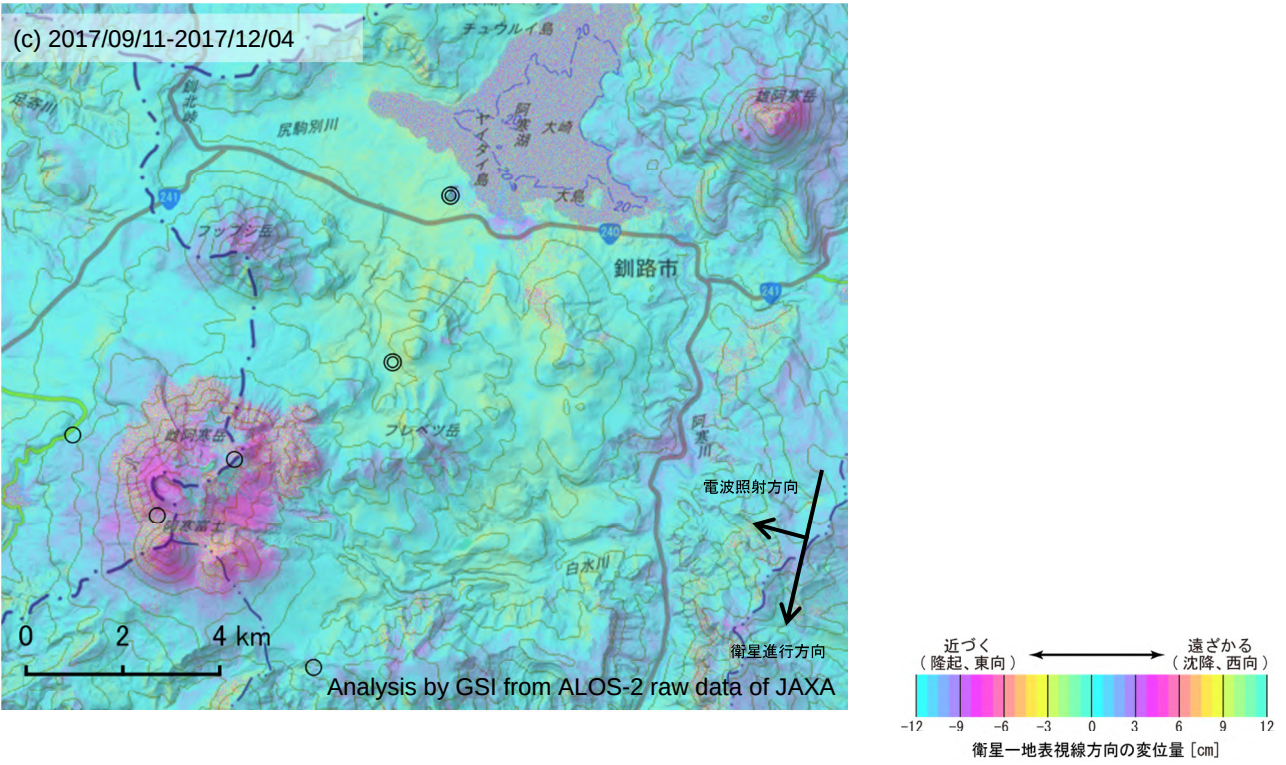
判読) 長期 (1 年間) の(a)では、雌阿寒岳と雄阿寒岳の間、及び雄阿寒岳の山体で膨張と思われる衛星に近づく変動が見られます。

短期の(b)、(c)では、ノイズレベルを超える変動は見られません。



背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

雌阿寒岳・雄阿寒岳



衛星名	(a)	(b)	(c)
観測日時	2016/09/05 2017/09/04 23:12 頃 (364 日間)	2017/07/03 2017/09/11 11:27 頃 (70 日間)	2017/09/11 2017/12/04 11:27 頃 (84 日間)
衛星進行方向	北行	南行	南行
電波照射方向	右	右	右
観測モード*1	H-H	U-U	U-U
入射角*2	33.2°	43.8°	43.8°
偏波	HH	HH	HH
垂直基線長	- 51 m	- 217 m	- 12 m

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

- ◎ 国土地理院 GNSS 観測点
- 国土地理院以外の GNSS 観測点

雌阿寒岳・雄阿寒岳

十 勝 岳

(2018 年 1 月 20 日現在)

十勝岳では、ここ数年山体浅部の膨張、噴煙量増加、地震増加、火山性微動の発生、発光現象及び地熱域の拡大や温度上昇などを確認しており、長期的にみると火山活動は高まる傾向にあるので、今後の火山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（2017 年 9 月～2018 年 1 月 20 日）

・ 表面現象（図 1－①～⑤、図 2～10、図 15－①）

9 月から10月にかけて数回現地調査を実施した。前回の調査（2017年 6 月）と同様に、62-2火口や振子沢噴気孔群では刺激臭を伴った噴煙を確認し、前十勝頂上付近では複数の列状の噴気を確認した。前回の観測でみられた、62-2火口底の熱泥水の湧出は認められなかった。赤外熱映像装置による観測では、振子沢噴気孔群で2016年 7 月以降確認されている高温の領域が引き続きみられた。62-2火口周辺で熱活動が活発な状態が継続している。その他の火口や地熱域について特段の変化は認められなかった。

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、大正火口の噴煙の高さは200m以下で経過した。大正火口の噴煙量は2010年頃からやや多い状態が続いている。また、振子沢噴気孔群の噴気の高さは概ね50m以下で経過した。

・ 地震活動（図 1－⑥～⑨、図11～14、図15－⑤～⑥）

62-2火口付近のごく浅い所を震源とする微小な地震活動は、1 日あたり概ね10回以下と少ない状態で経過した。グラウンド火口周辺や旧噴火口付近の浅い所を震源とする周辺の地震活動についても低調に経過している。

十勝岳の地震は、長期的にみると2010年頃からやや多い状態となっている。

11 月 7 日、12 月 11 日には振幅が小さい火山性微動が発生したが、いずれも発生前後で噴煙の状況、空振及び地殻変動に変化は認められなかった。

・ 常時微動の振幅レベル（図15－②～③）

62-2 火口や大正火口近傍の地震計で観測している常時微動の振幅レベルは、2014 年 11 月頃から増大し、増減を繰り返しながら比較的高い状態で経過している。

・ 地殻変動（図 15－④、図 17～22）

GNSS連続及び繰り返し観測では、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引き続き認められている。より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ていない。

傾斜観測では、火山活動によると考えられる地殻変動は認められていない。

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。

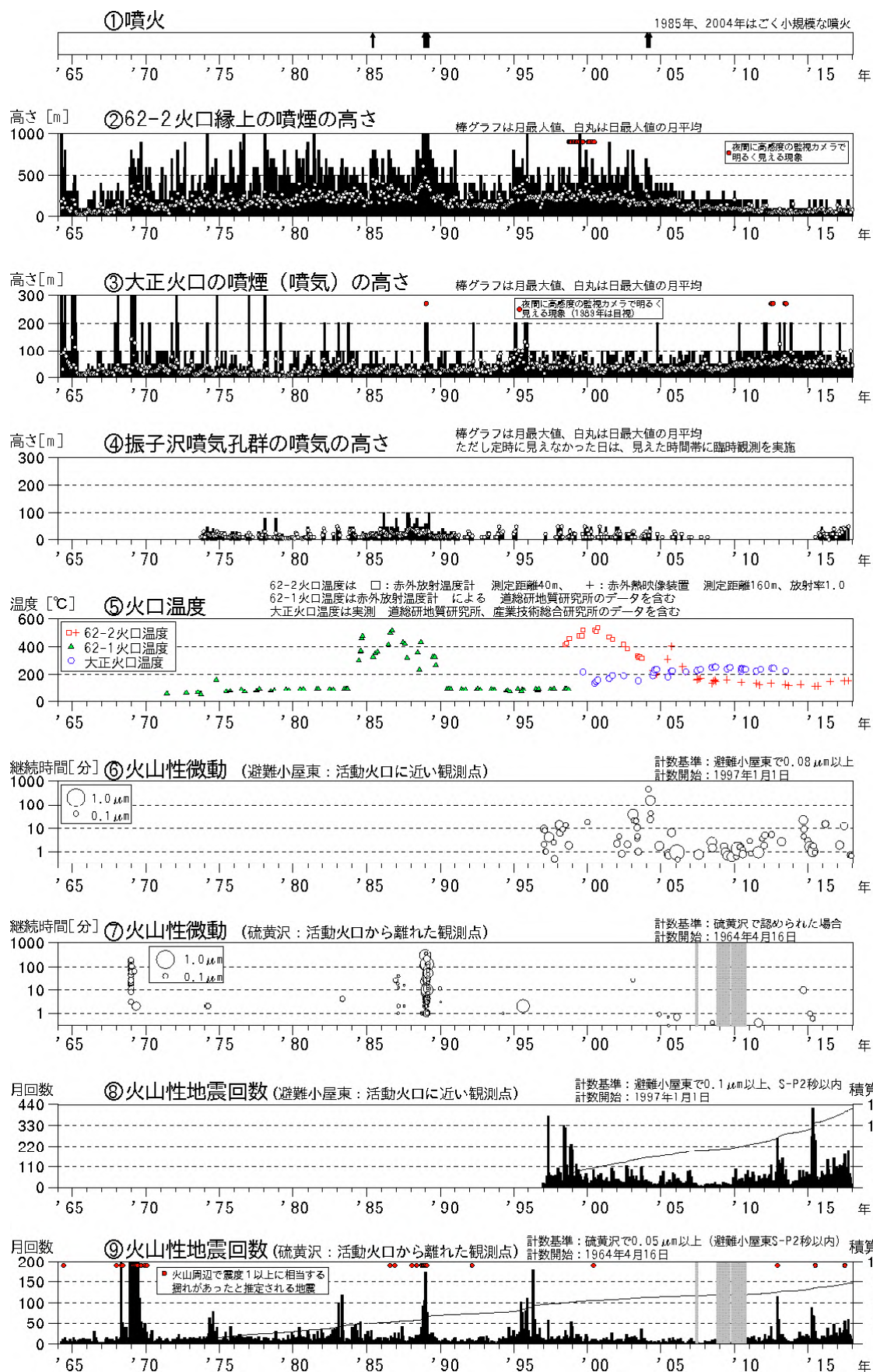


図 1 十勝岳 火山活動経過図（1964 年 1 月～2018 年 1 月 20 日）

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。

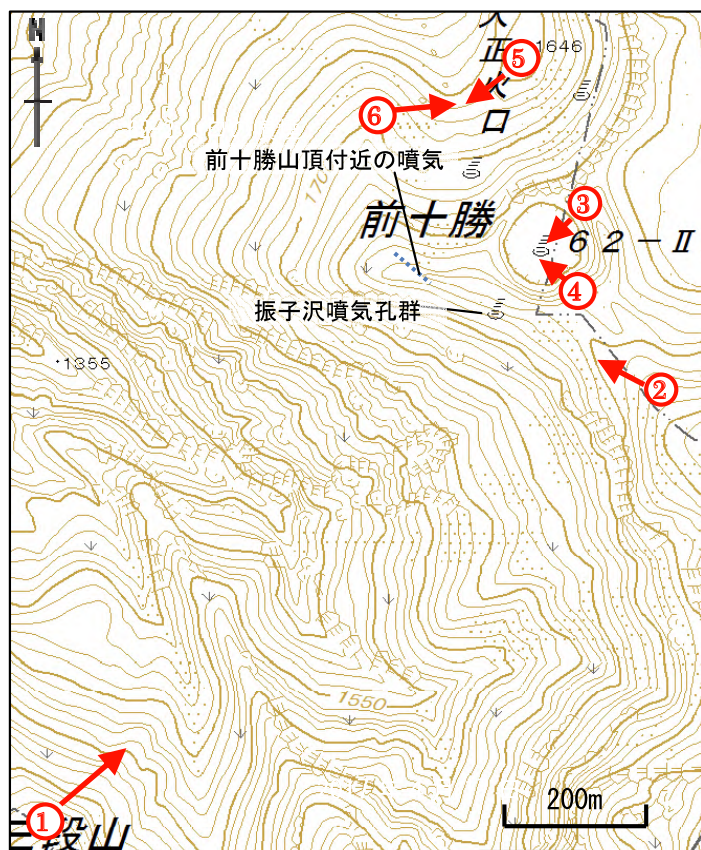
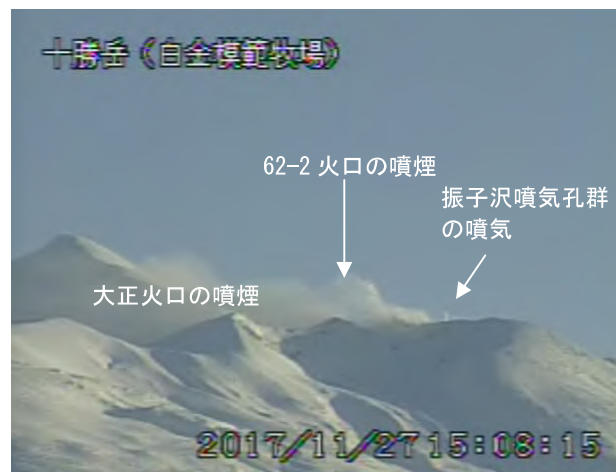
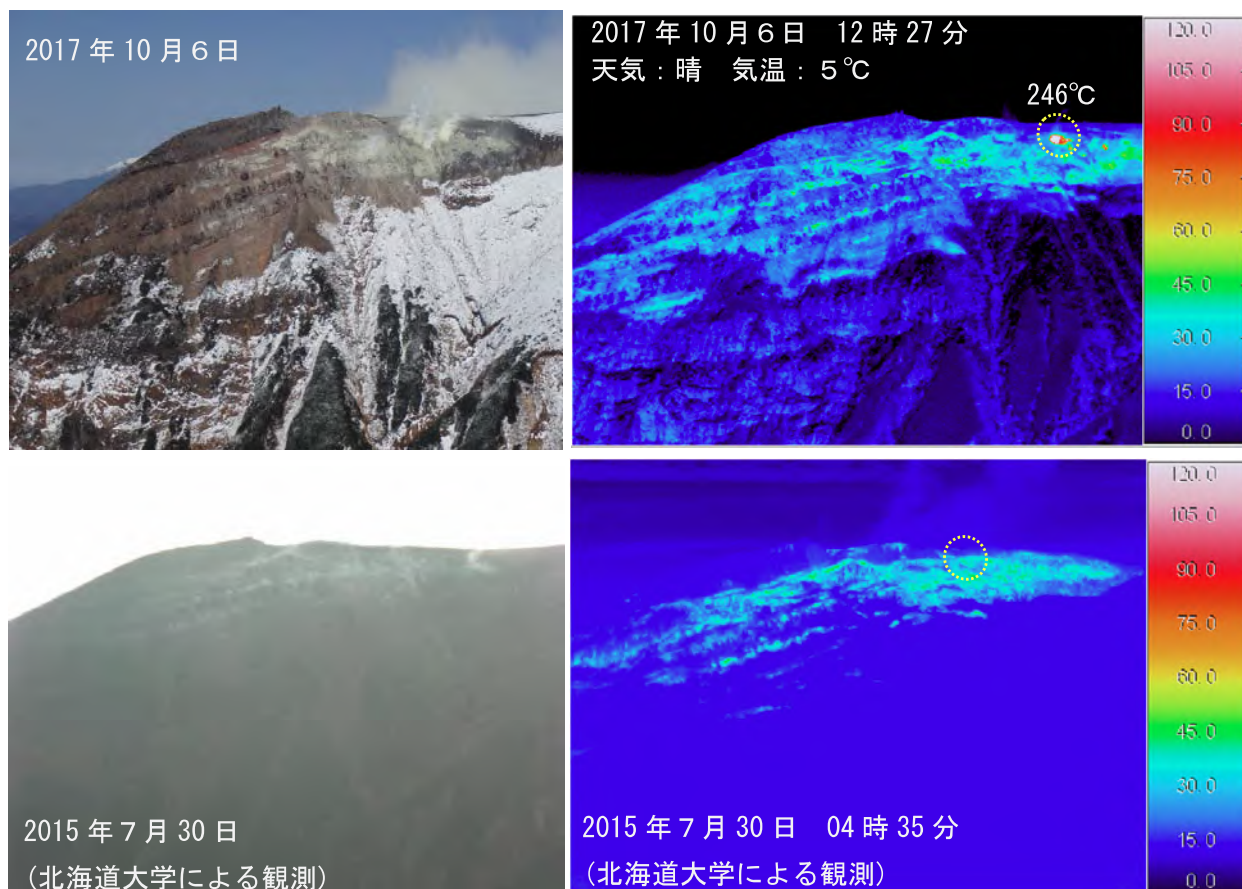


図 2 十勝岳 写真及び赤外熱映像の撮影

図 3 十勝岳 北西側から見た山頂の状況
(11月27日、白金模範牧場監視カメラによる)図 4 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2の①)から撮影

- ・ 2015 年 6 月に確認された、振子沢噴気孔群の拡大した地熱域は継続している。
- ・ 2016 年 7 月の観測以降確認されている高温の領域(黄色破線部)は今回の観測でもみられた。

十勝岳

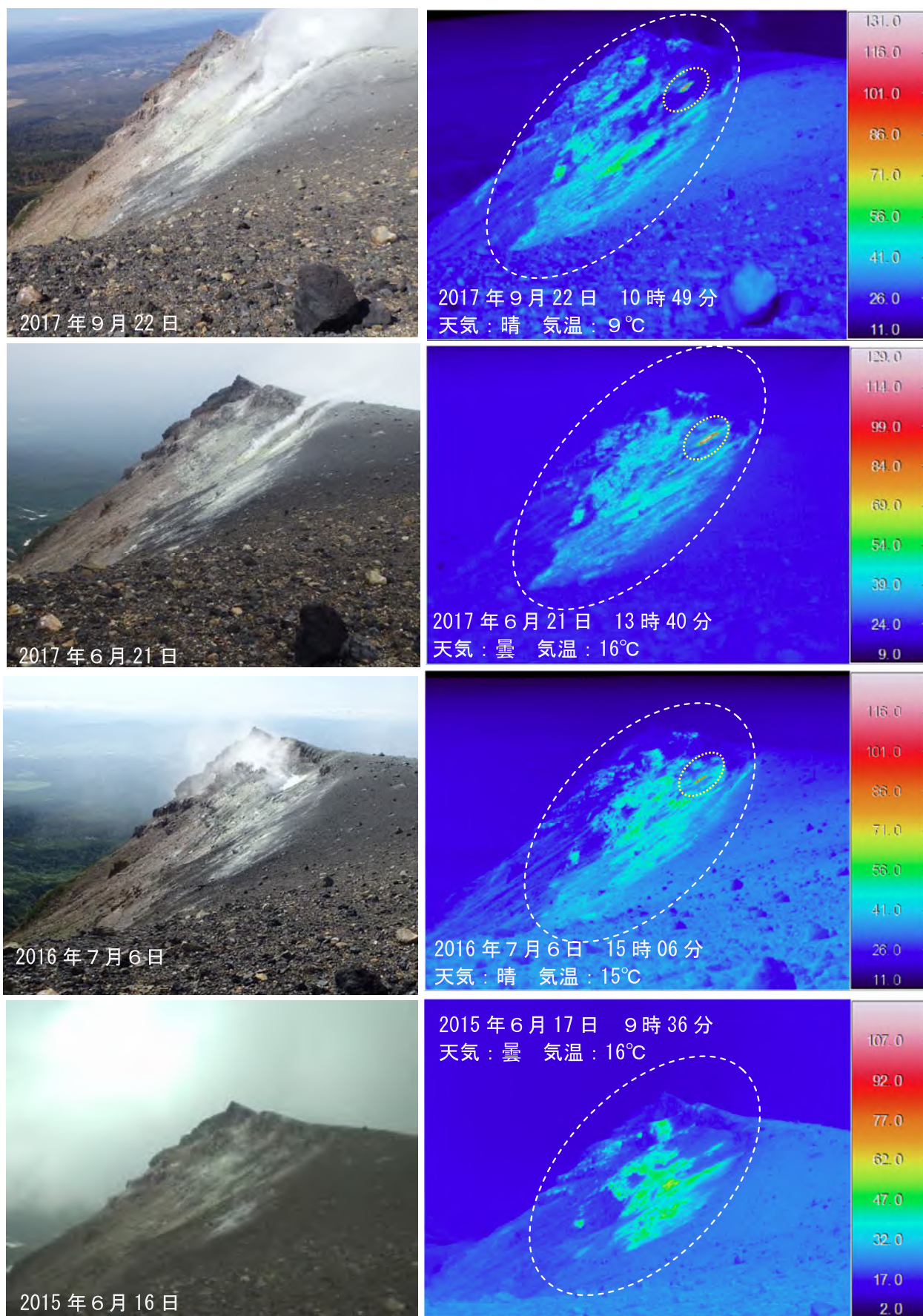


図 5 十勝岳 赤外熱映像装置による振子沢噴気孔群の地表面温度分布

南東側（図 2 の②）から撮影

- ・ 2015 年 6 月に確認された、振子沢噴気孔群の地熱域（白色破線部）の拡大した状態が継続していた。
- ・ 2016 年 7 月以降確認されている高温の領域（黄色破線部）が引き続き認められる。

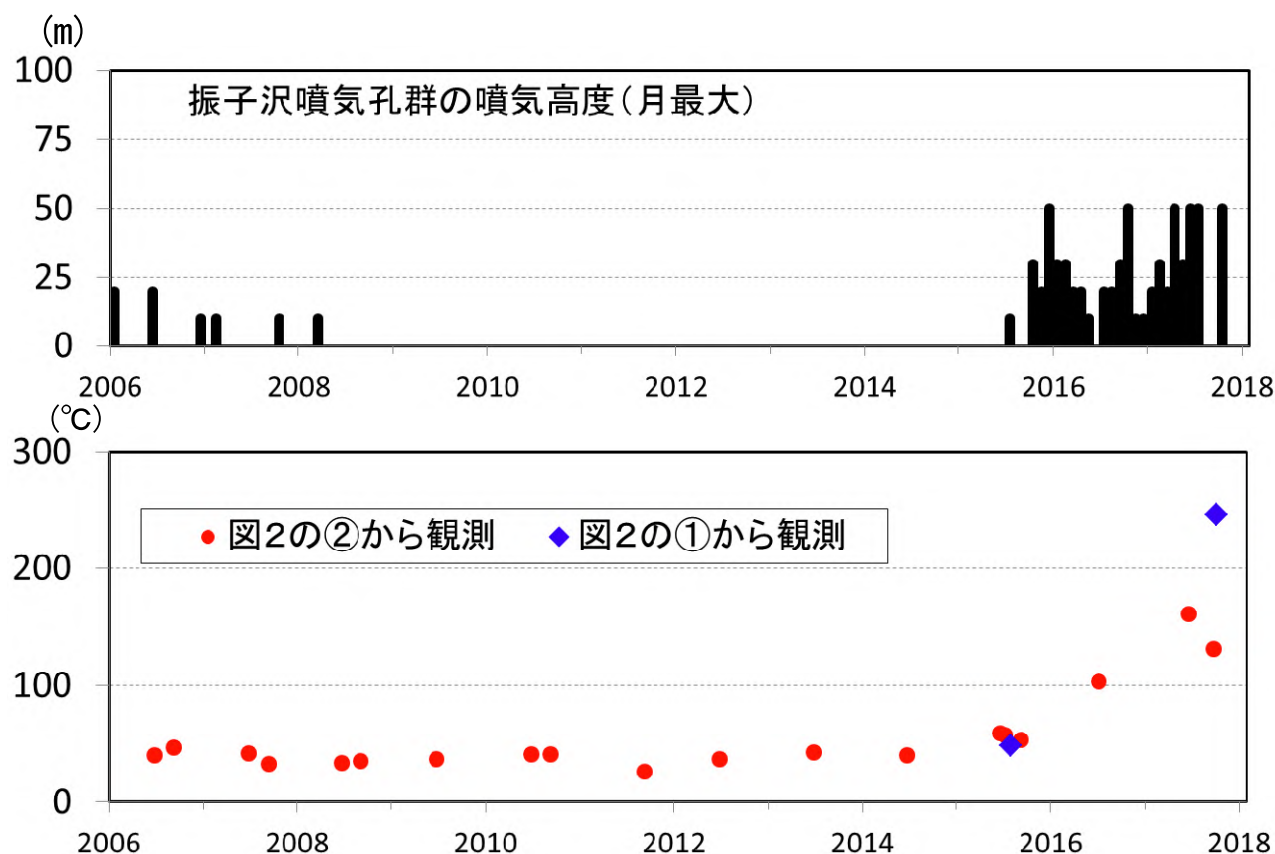


図6 十勝岳 振子沢噴気孔群の熱活動経過図(2006年1月～2018年1月20日)

上：振子沢噴気孔群の噴気高度推移

下：赤外熱映像による振子沢噴気孔群の最高温度推移

・2015年以降振子沢の熱活動は高まる傾向にある。



図7 十勝岳 62-2 火口底の熱泥水の湧出状況 北東側(図2の③)から撮影

- ・6月にみられた熱泥水の湧出(白色破線部)は認めらなかった。
- ・黄青の矢印はそれぞれ同じ岩を示す。

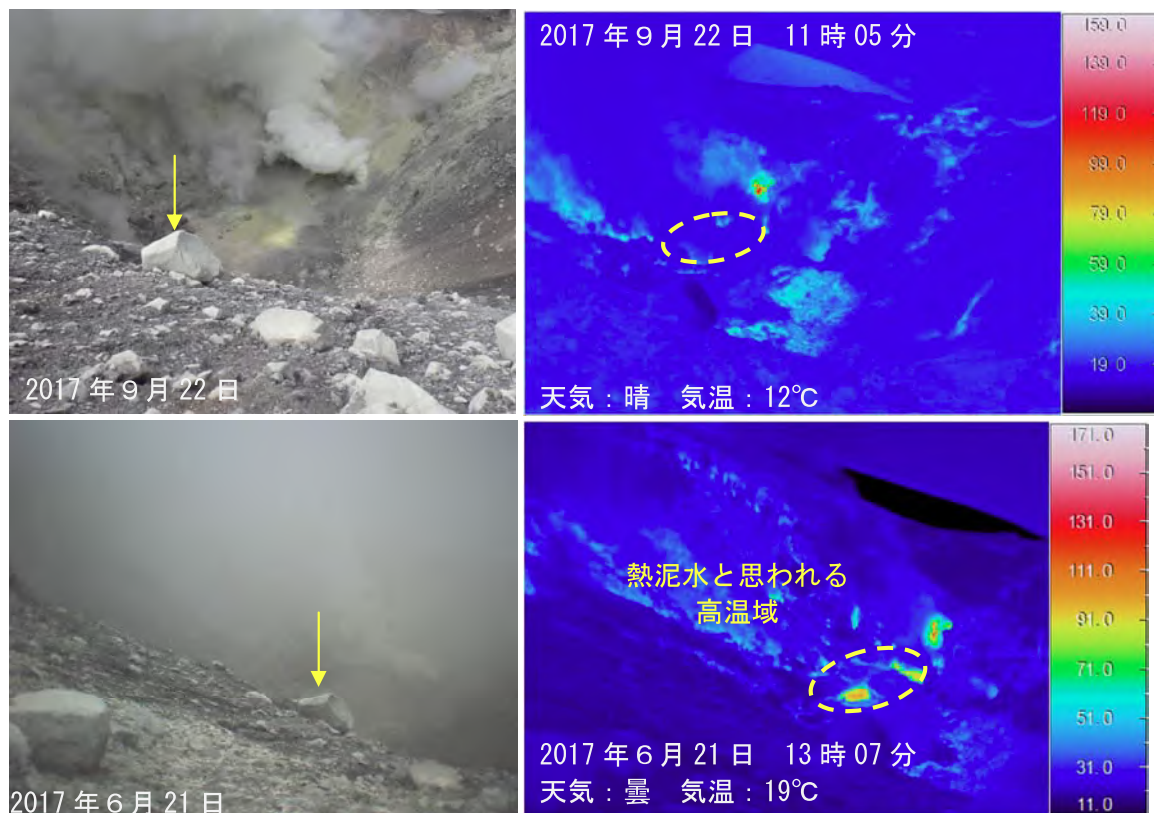


図 8 十勝岳 赤外熱映像装置による 62-2 火口内の地表面温度分布
南東側（図 2 の④）から撮影

- ・ 62-2 火口は北西側内壁を中心に活発な噴煙活動が継続している。
- ・ 6 月にみられた熱泥水と思われる高温域は確認されなかった（黄色破線部）。
- ・ 黄の矢印はそれぞれ同じ岩を示す。

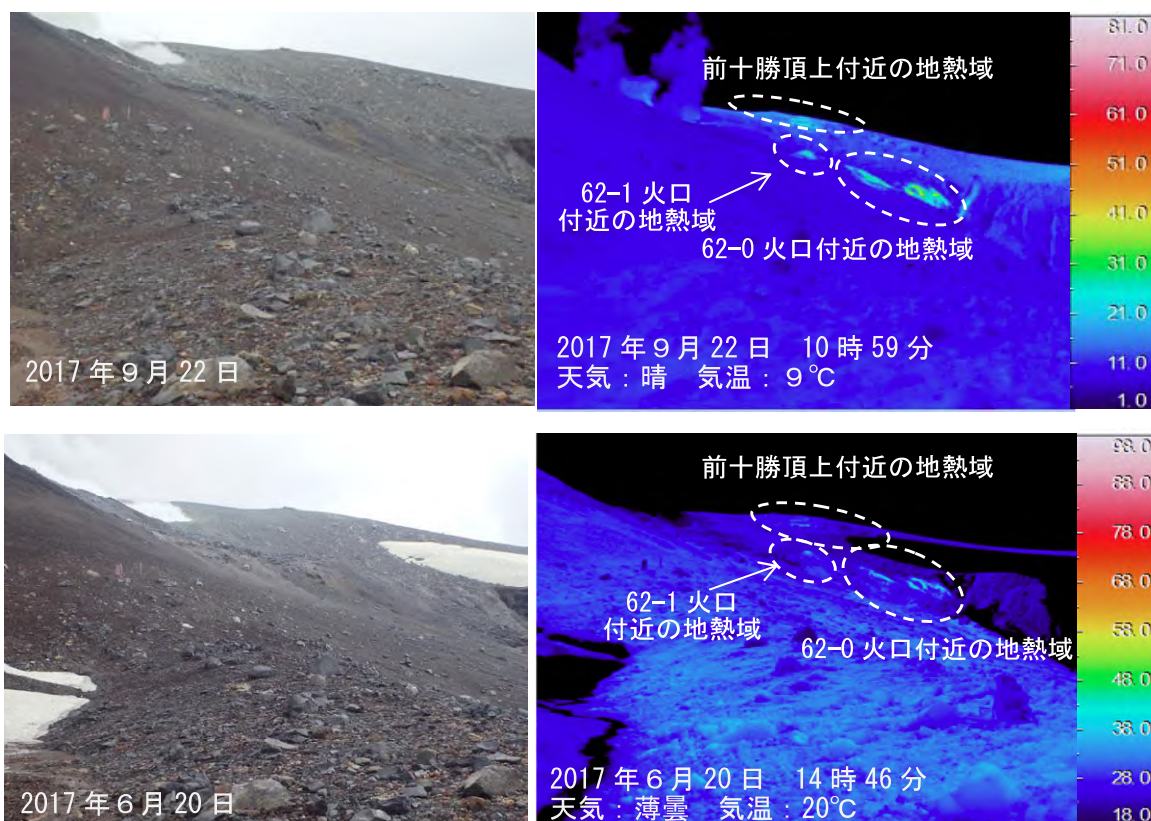


図 9 十勝岳 赤外熱映像装置による前十勝、62-0火口及び62-1火口周辺の地表面温分布
北東側（図 2 の⑤）から撮影

- ・ 引き続き、前十勝頂上付近の列状の弱い噴気を伴った地熱域を確認した。

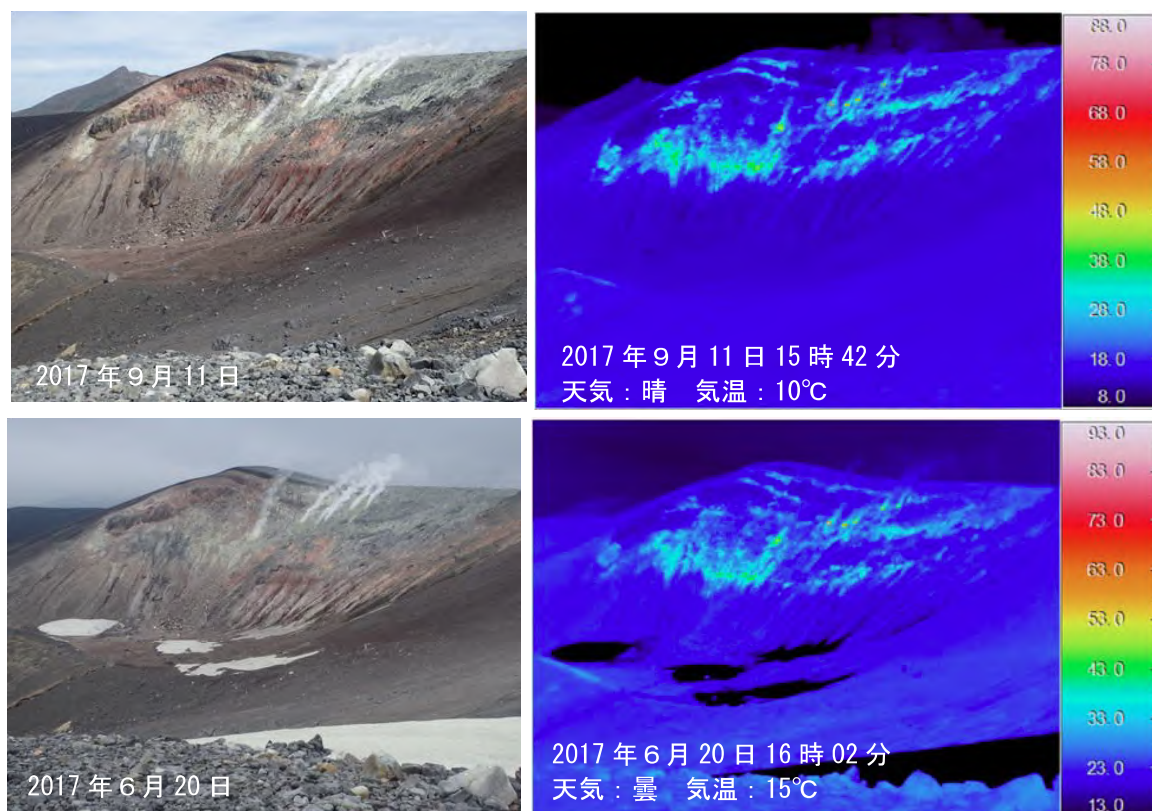


図 10 十勝岳 赤外熱映像装置による大正火口東壁の地表面温分布 西側（図2の⑥）から撮影
 ・大正火口東壁では特段の変化は認められなかった。

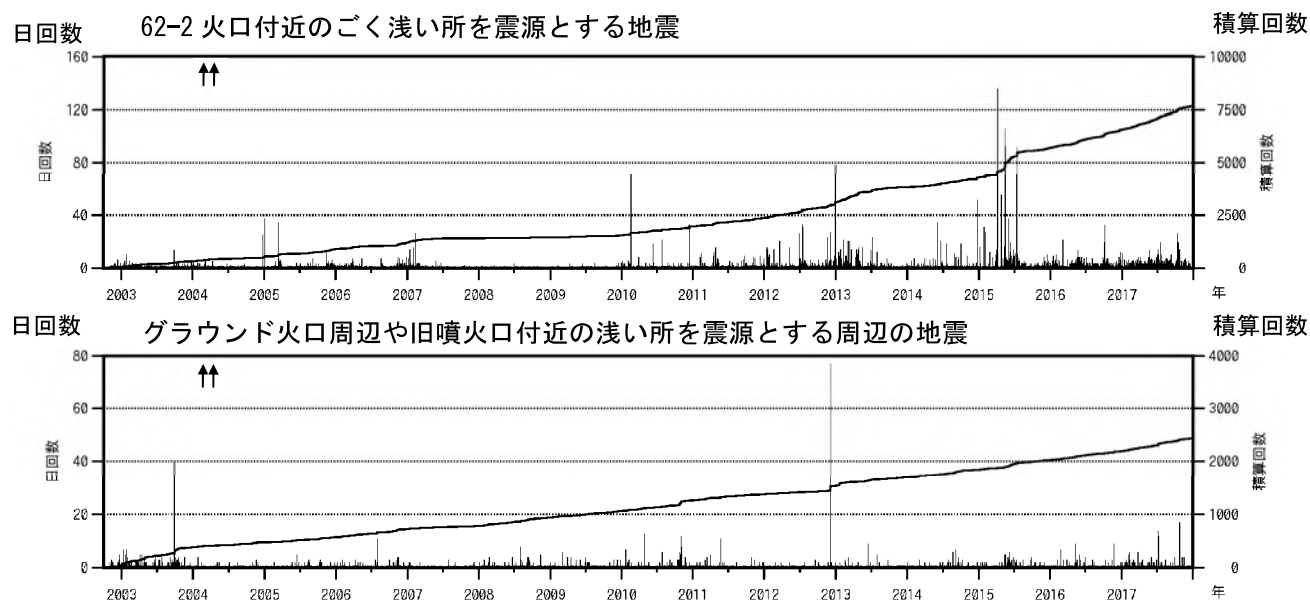


図11 十勝岳 発生場所別の火山性地震の日回数及び積算回数推移
 (2002年11月～2018年1月20日)

計数基準：避難小屋東で0.1 μ m以上、S-P時間2秒以内。

グラフの黒線は積算回数の推移を示す。

↑は2004年に発生したごく小規模な水蒸気噴火の発生を示す。

・十勝岳の地震活動は、今期間は低調に経過したが、長期的に見ると、2010年頃からやや多い状態となっている。

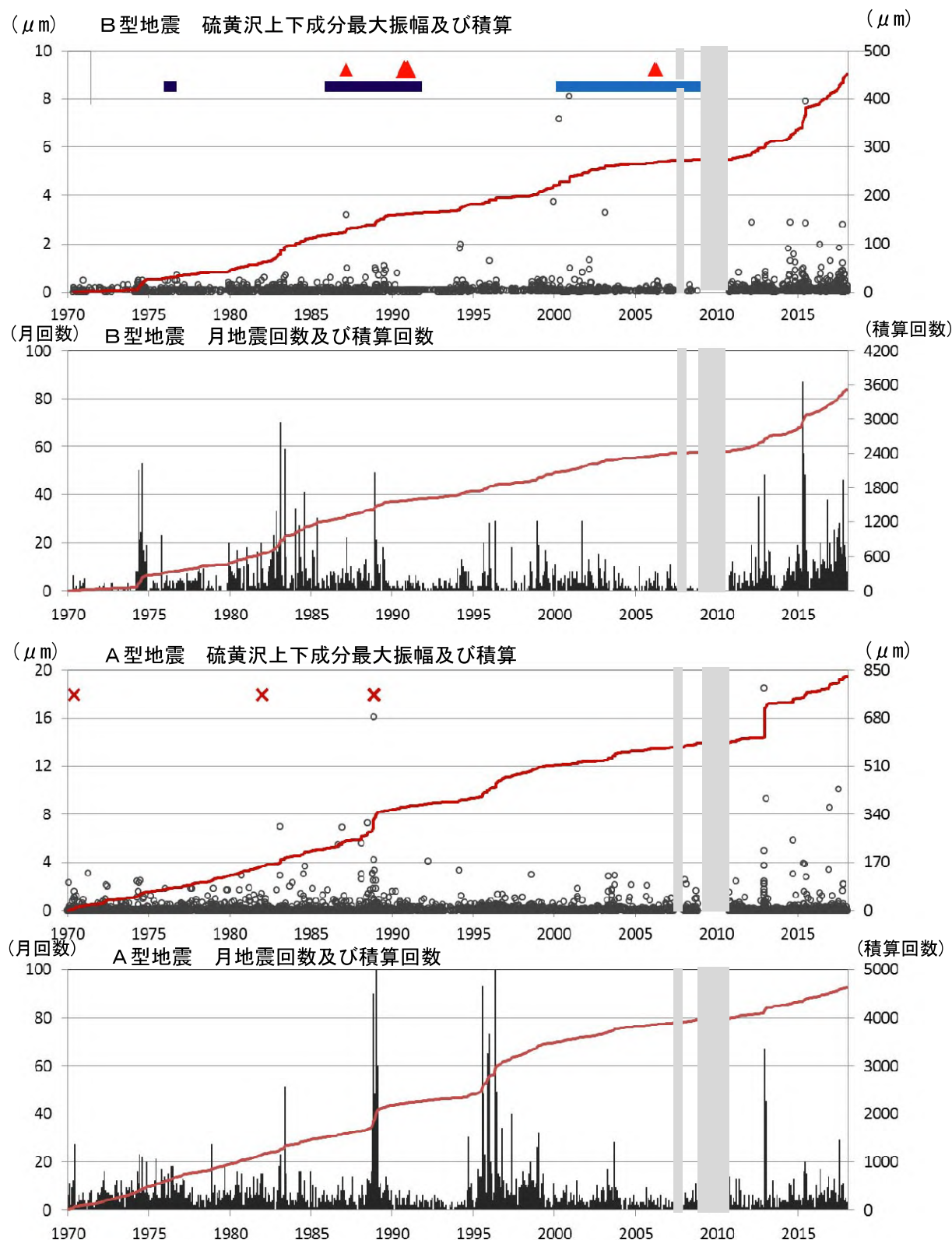


図 12 十勝岳 硫黄沢観測点でみた地震の活動経過と主な表面現象
(1970 年～2018 年 1 月 20 日)

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

1997 年～：硫黄沢 $0.05\mu\text{m}$ 避難小屋東 S-P 2 秒。

▲：噴火（シンボル大：マグマ噴火 シンボル小：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 年～1999 年は地震の型判別基準が現在と異なるため A 型地震を過大に計数している可能性がある。

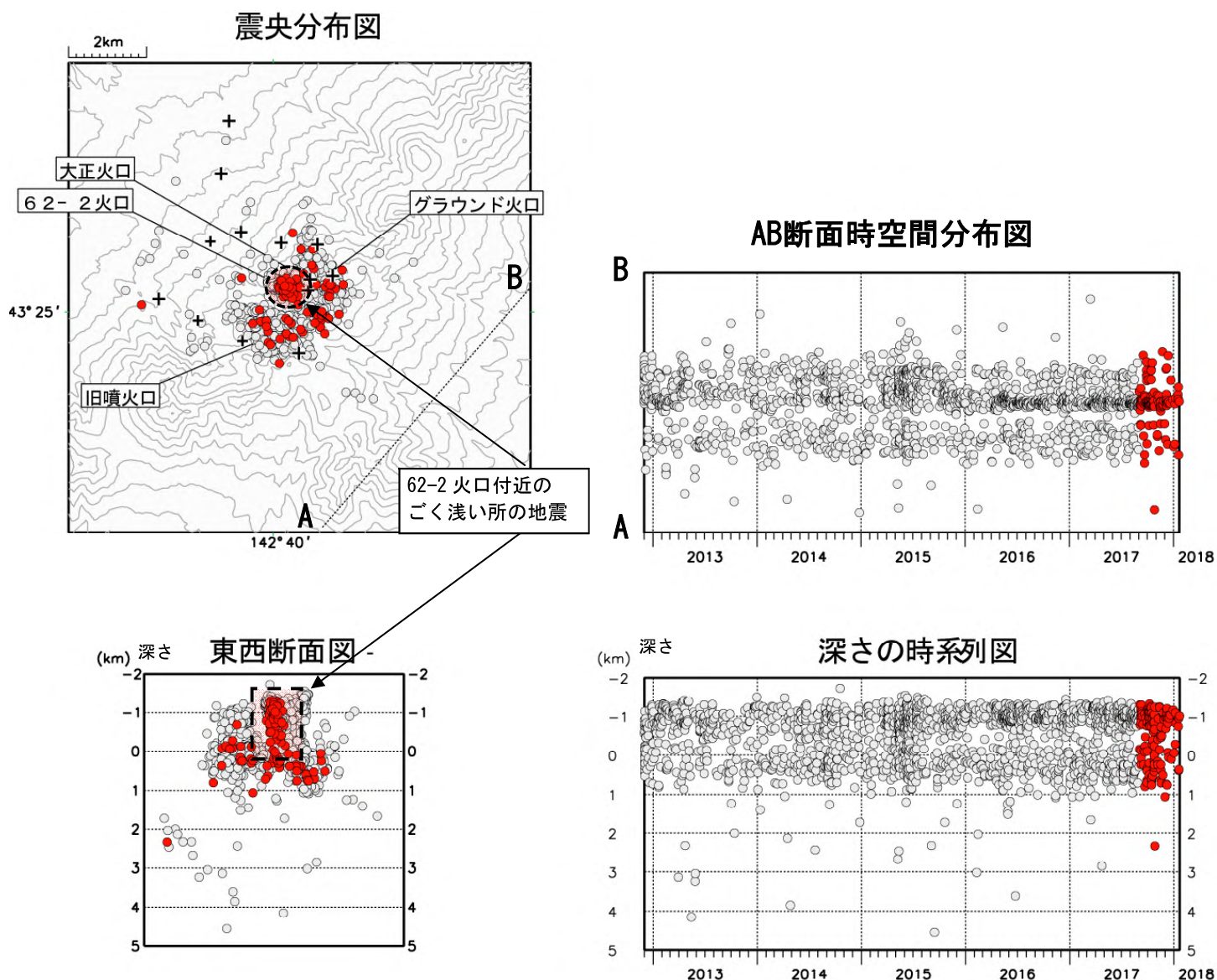


図 13 十勝岳 震源分布図 (2012 年 12 月～2018 年 1 月 20 日)

● : 2012 年 12 月 1 日～2017 年 8 月 31 日の震源

● : 2017 年 9 月 1 日～2017 年 1 月 20 日の震源

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。

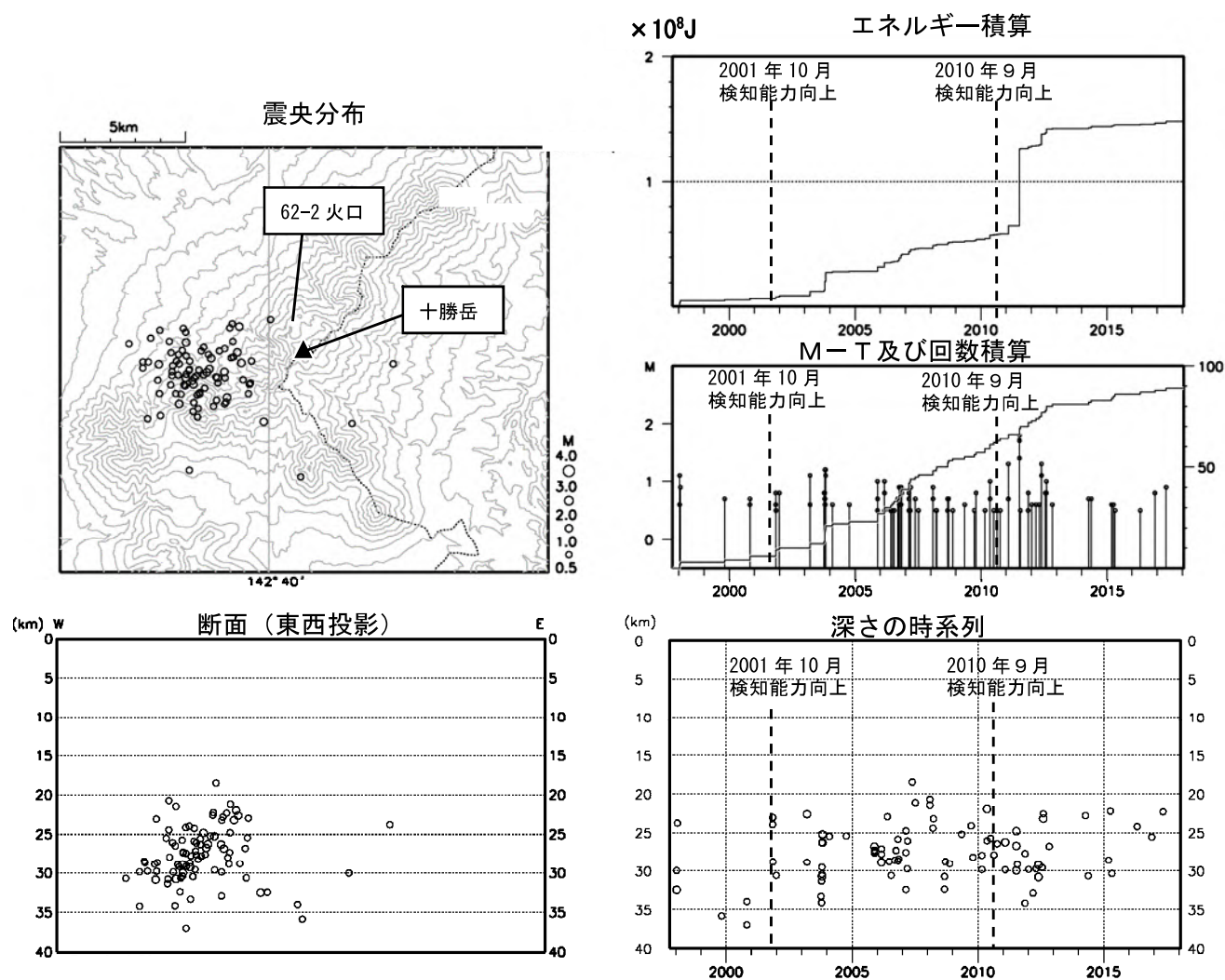


図 14 十勝岳 一元化震源による深部低周波地震活動

(1997 年 10 月～2018 年 1 月 20 日、 $M \geq 0.5$ 、深さ 40km 以浅)

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 9 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。

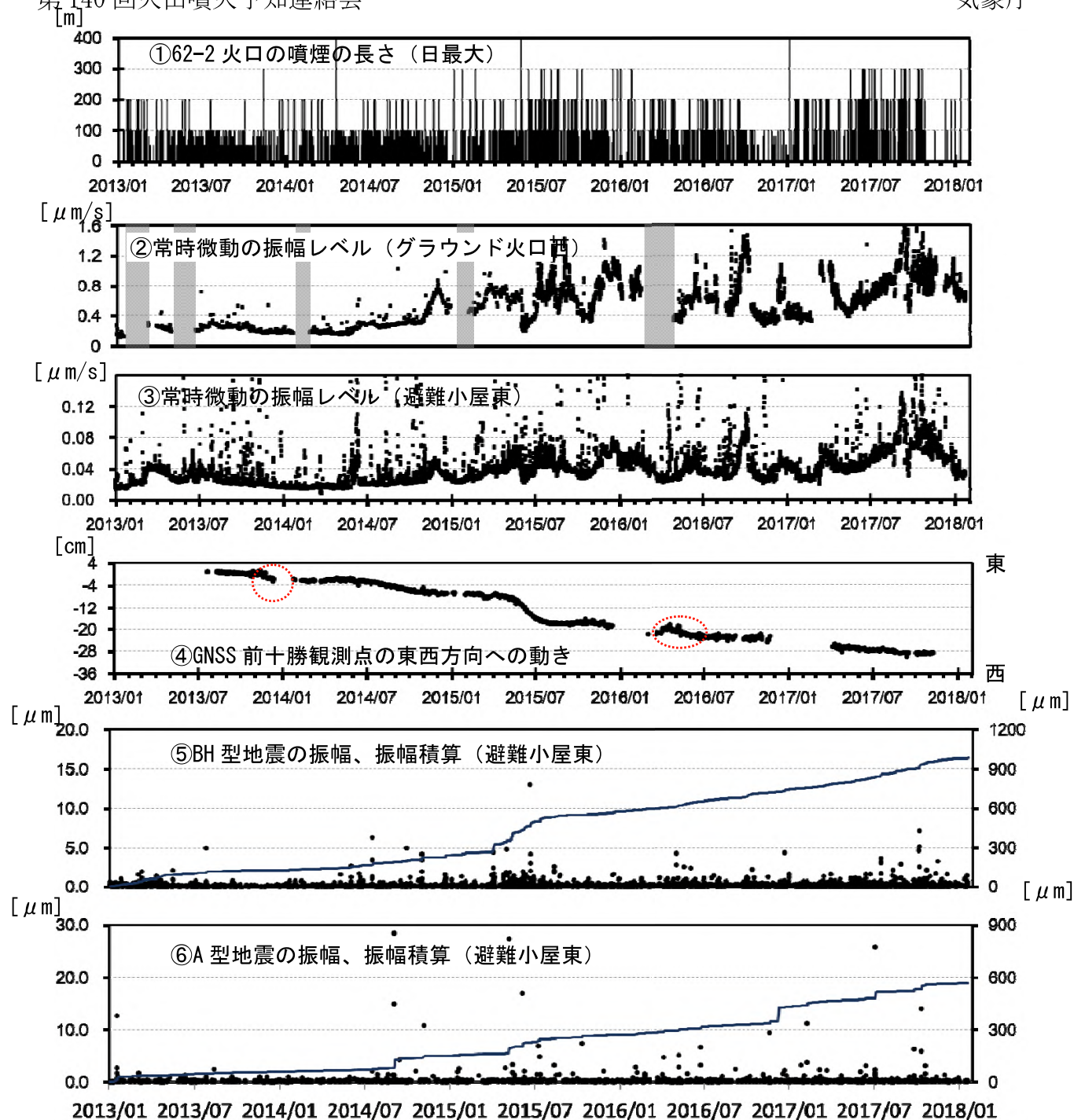


図15 十勝岳 火山活動経過図（短期：2013年1月～2018年1月20日）

常時微動振幅レベルグラフの灰色部分は機器障害による欠測期間を示す。

GNSS前十勝観測点の赤破線内は、凍上や積雪の影響による変化を示す。



図16 十勝岳 火口周辺観測点配置図

＋は地震計、●はGNSS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た。

（北）：北海道大学

（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。

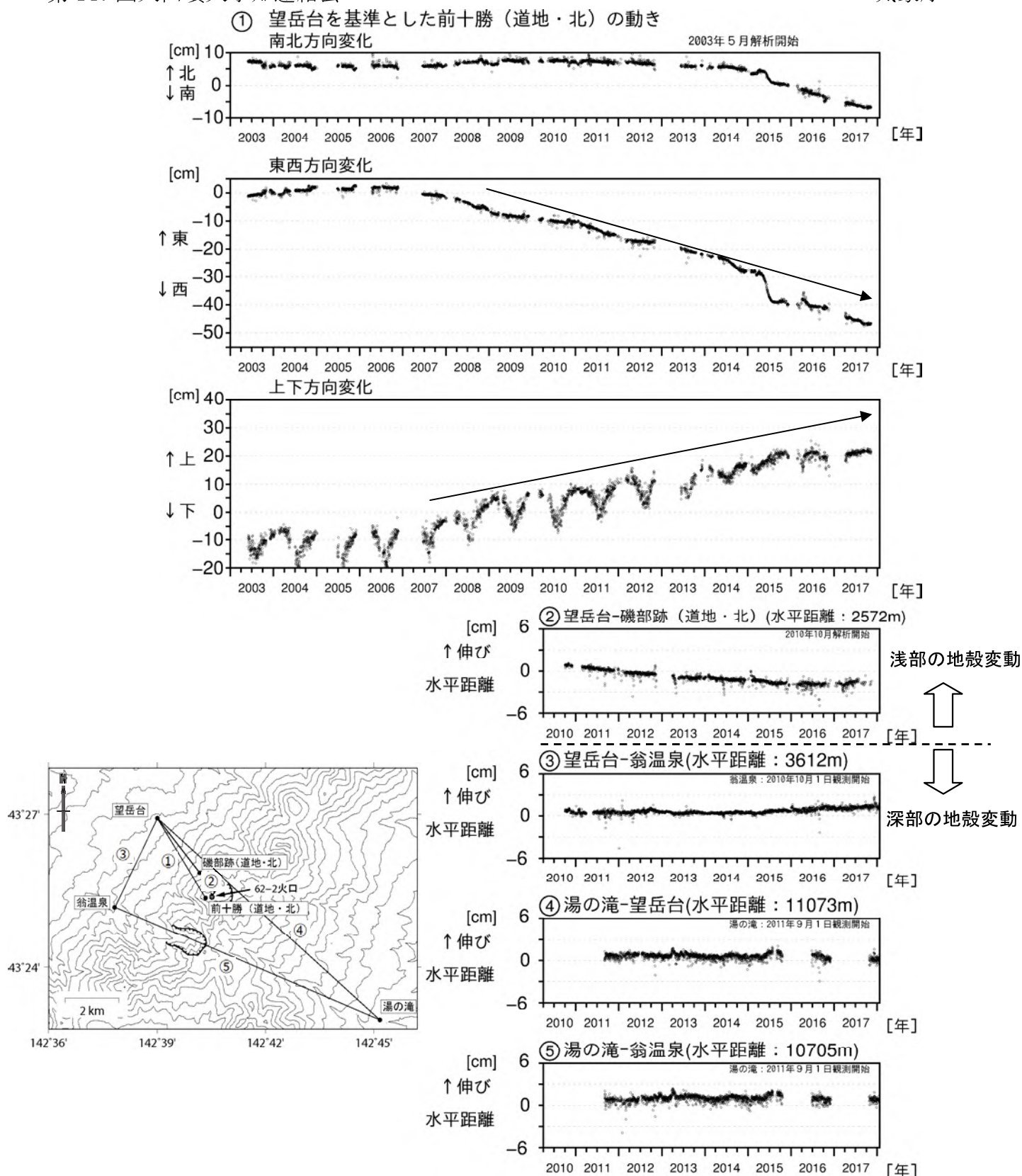


図17 十勝岳 GNSS連続観測による水平距離及び上下変化（2003年5月～2018年1月20日）
（左下）観測点配置図

- ・GNSS基線①～⑤は観測点配置図の①～⑤に対応している。また、空白部分は欠測を示す。
- ・2006年以降、望岳台-前十勝を結ぶ基線で62-2火口浅部の膨張を示すと考えられる変動が認められている。
- ・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。

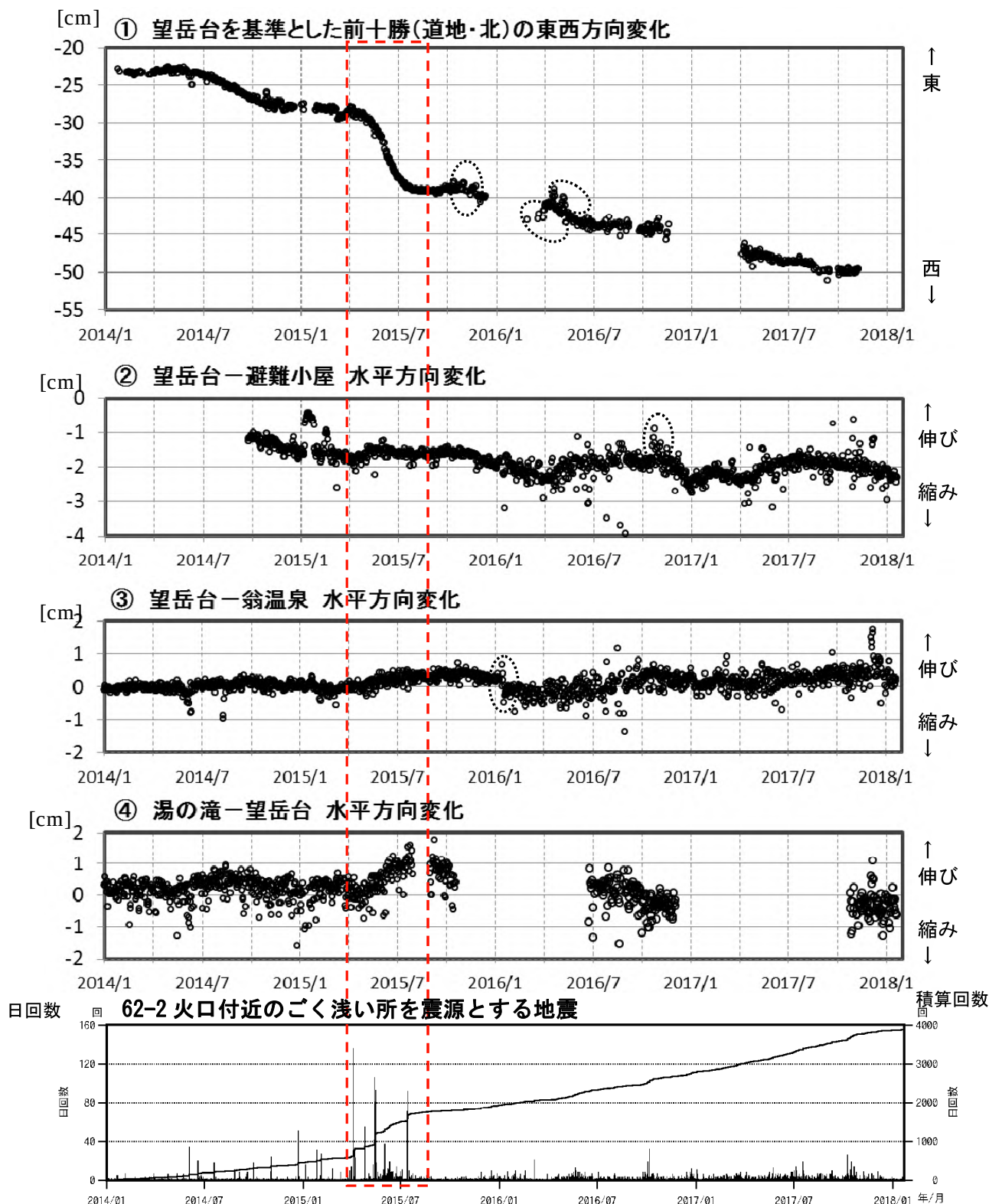


図18 十勝岳 GNSS連続観測による基線長変化拡大図及び日別地震回数
(2014年1月～2018年1月20日)

- ・ GNSS基線①～④は図17の観測点配置図の①～④に対応している。
- ・ GNSS基線の空白部分は欠測を示す。
- ・ GNSS基線図中の黒破線内は、凍上や積雪の影響による変化を示す。
- ・ ①の基線では、2015年5月頃から7月にかけて、火口に近い前十勝観測点周辺の局所的な変動と考えられる変化がみられ、同時期に地震の増加がみられた（図中の赤破線内）。

(北) : 北海道大学

(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

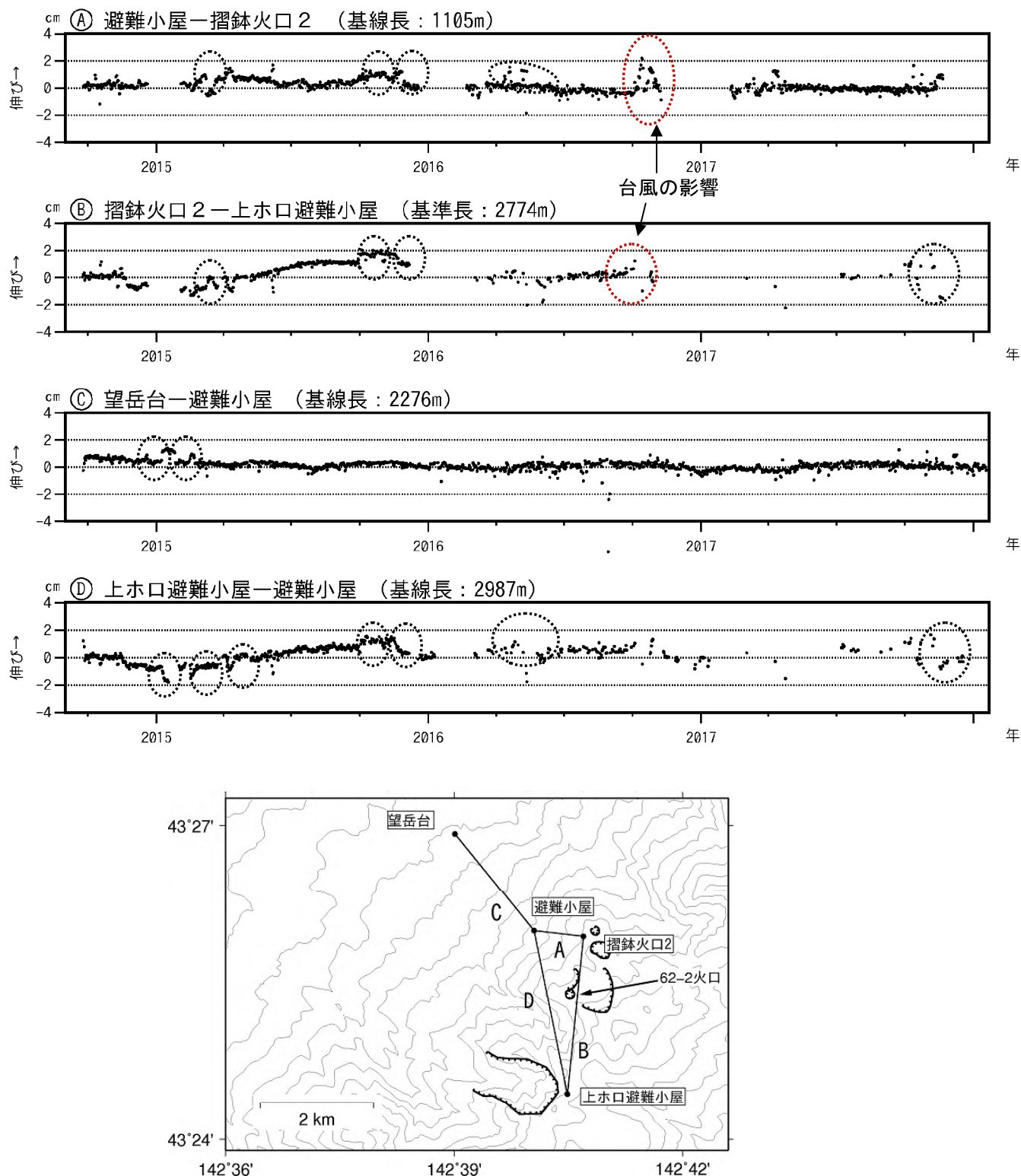


図19 十勝岳 GNSS連続観測による基線長変化(2014年10月～2018年1月20日)及び観測点配置図

- GNSS基線 A～Dは観測点配置図のA～Dに対応している。
- GNSS基線の空白部分は欠測を示す。
- GNSS基線図中の破線内は、凍上や積雪の影響による変化を示す。

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。

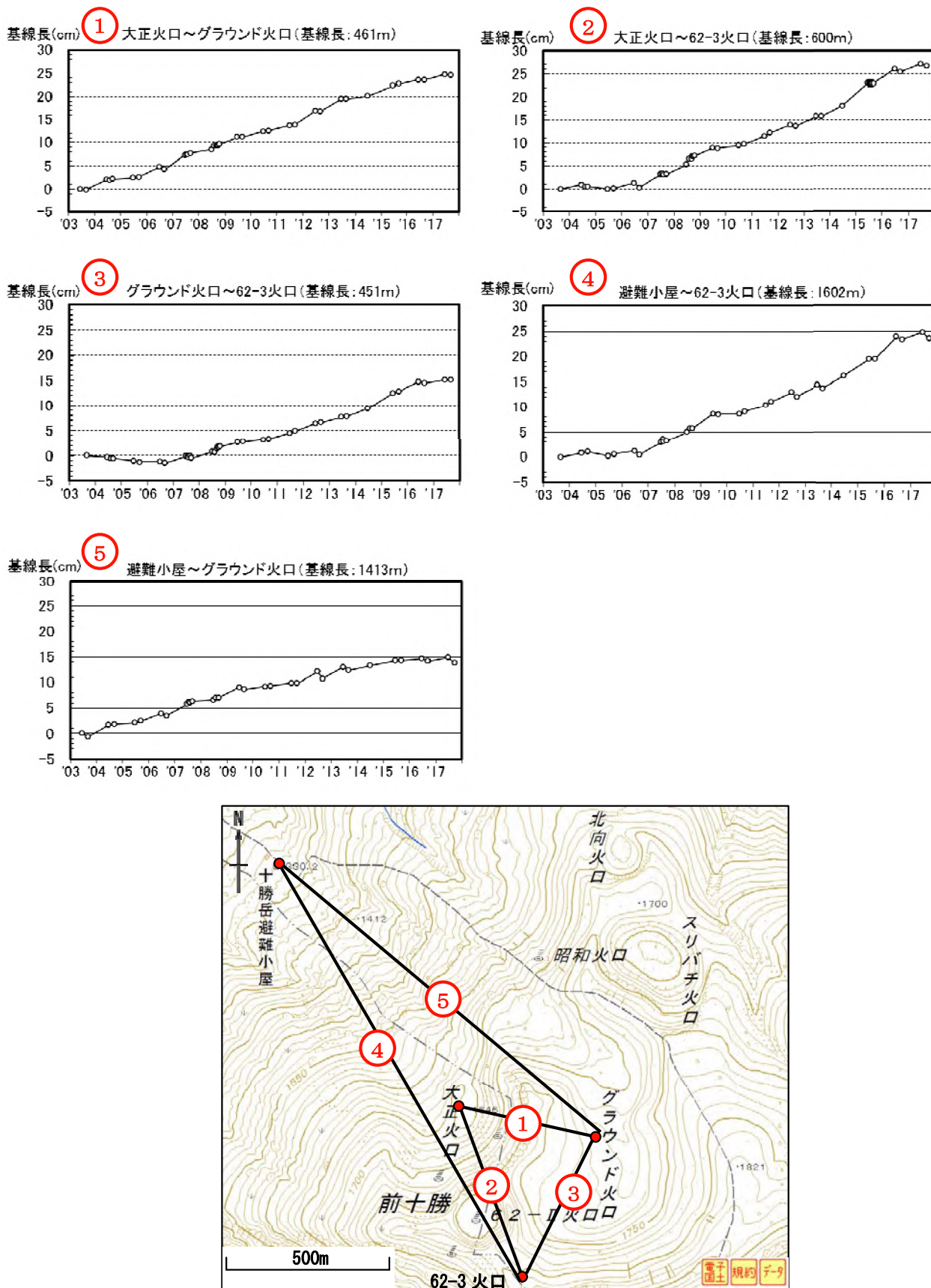


図 20 十勝岳 GNSS 繰り返し観測による火口付近の基線長変化
(2003 年 9 月～2017 年 9 月)

- ・ GNSS 基線①～⑤は地図中の①～⑤に対応している。
- ・ 62-2 火口浅部の膨張を示すと考えられる変化が引き続き観測されている。

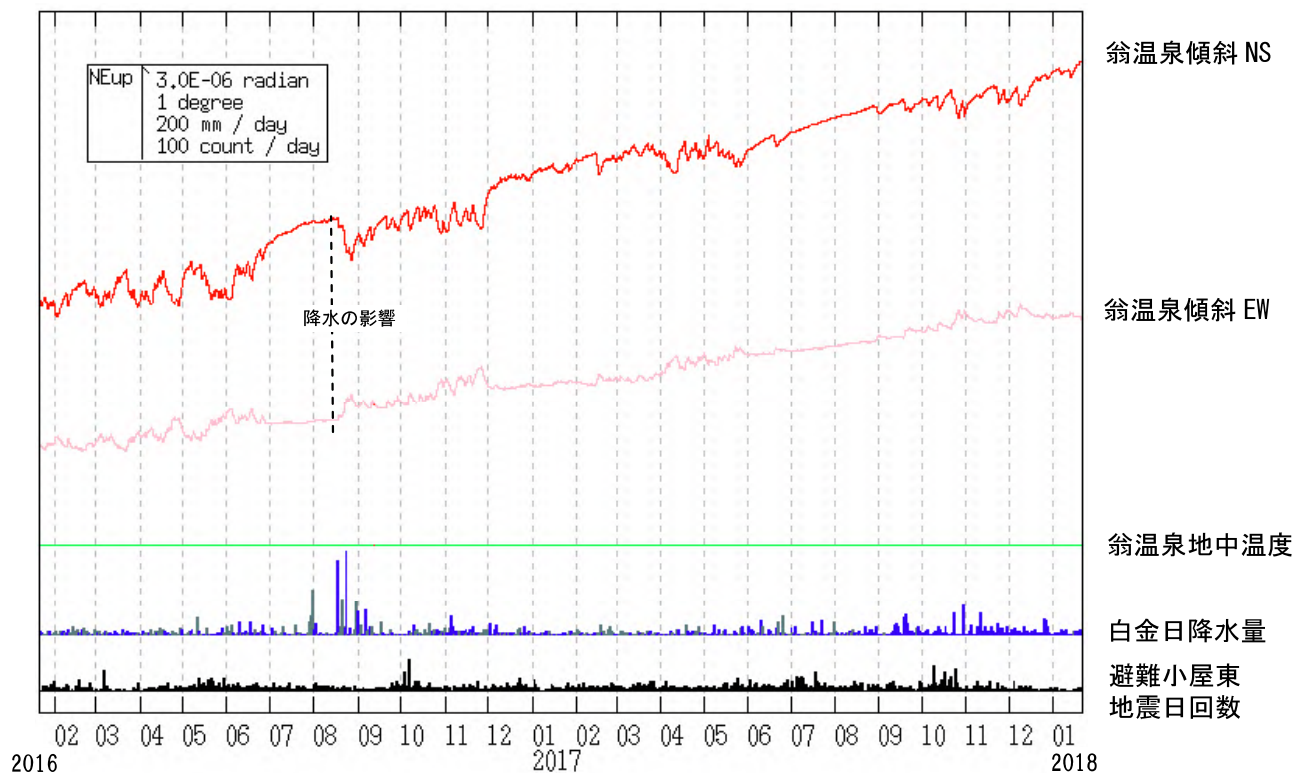


図 21 十勝岳 翁温泉観測点における傾斜変動

(2016 年 1 月 21 日～2018 年 1 月 20 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。

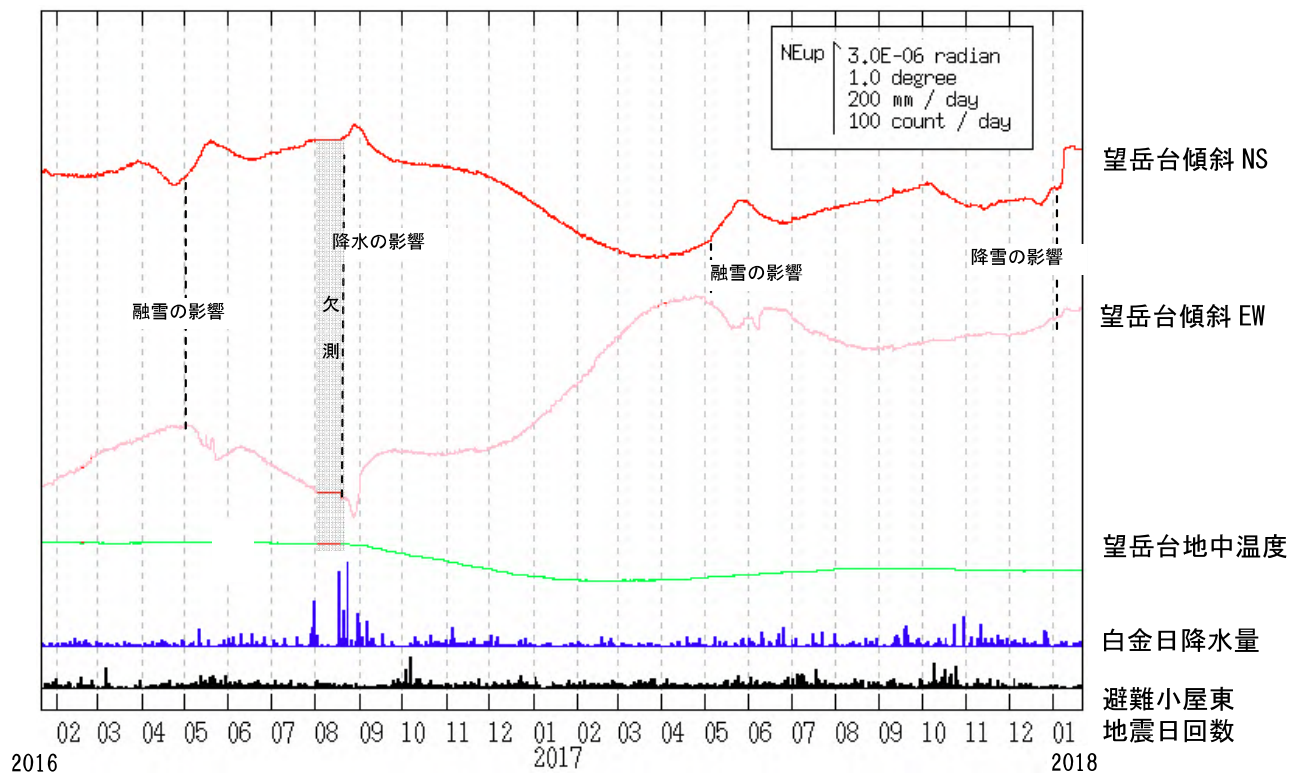


図 22 十勝岳 望岳台観測点における傾斜変動

(2016 年 1 月 21 日～2018 年 1 月 20 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。

黑字：熱活動
赤字：震動現象
青字：地盤變動

53

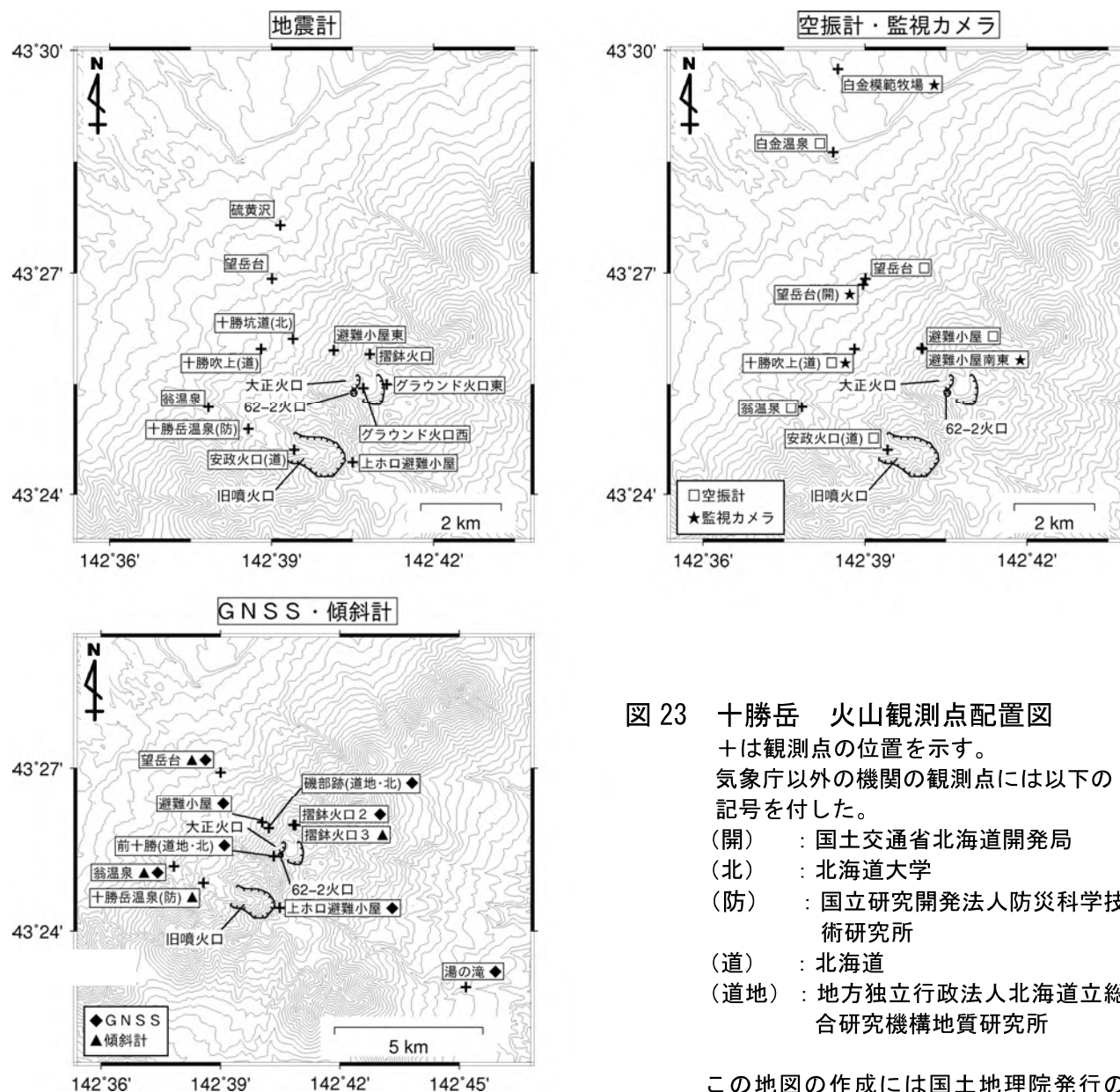


図 23 十勝岳 火山観測点配置図

＋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た。

- (開) : 国土交通省北海道開発局
- (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 年以降の中長期的な活動経過

・これまでの活動

十勝岳では、2006年以降、活動火口浅部の膨張を示すと考えられる変化が継続している。また、2010年以降は、噴煙量の増加、活動火口浅部の地震回数の増加等が観測されているほか、2012年6月末には大正火口が明るく見える現象が発生し、数日間継続した。2015年には、振子沢噴気孔群での地熱域の広がりや噴気の再開・増加といった表面現象の高まりが観測されており、十勝岳の浅部火山活動はやや高まった状態が継続している。

活動火口浅部の膨張に関しては、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によると、2つの圧力源の合計の膨張レートはほぼ一定であることが示唆される。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交互の変化が認められ、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きた（第138・139回火山噴火予知連絡会気象庁資料）。

現在、活動火口浅部への熱水等の供給量（インプット）が、活動火口浅部からの移動量（アウトプット）よりも大きい状況が続いていると考えられ、図25に示すように、浅部膨張が開始した2006年頃と比べて最近では表面活動や地震活動が高まることが多い状態にある。2015年には、やや長い基線長の伸びを示す地殻変動やA型地震の増加が観測されたことから（図25H）、やや深部（深さ数km）に物質の供給があった可能性があるが、同時期に浅部のB型地震もやや増加しており、それ以降表面活動の高まり（振子沢噴気孔群の噴気増加など）を確認している。

なお、20世紀の3回のマグマ噴火では、図26に示すように、規模の小さな噴火の発生を含め段階的に活動の高まりが認められた。この推移を参照すると、2006年から現在にかけての火山活動は、図26の①から②途中の段階にある可能性がある。しかし、①の現象が観測されたがそのまま静穏化した事例もあり、⑥マグマ噴火への発展については慎重に検討する必要がある。

・2017 年の活動

次に示すように、十勝岳の表層～浅部の火山活動は、中長期的にやや高まった状況にあると考えられる。

- ◆ 2017年も、活動火口浅部の膨張を示すと考えられる地殻変動が継続していた。2つの圧力源を仮定したモデルによると、62-2火口付近と大正火口付近の圧力源の合計の膨張レートは、引き続きほぼ一定で推移している（図24C・D、図25）。
- ◆ なお、2017年にかけての期間は、2つの圧力源のうち大正火口付近の圧力源の膨張レートが高い期間であったが（図24D）、大正火口付近の表面活動等に目立った高まりはみられなかった。表面活動は、むしろ62-2火口付近で高まっており、62-2火口や振子沢噴気孔群の噴煙噴気活動（物質の放出）を反映して、62-2火口付近の圧力源の膨張レートが比較的小さかった可能性がある。
- ◆ 引き続き浅部のB型地震が断続的に発生しており、振幅積算の傾きは2016年に比べやや急となっている（図25F）。
- ◆ 全磁力の変化（図25D）は、10年スパンでみると消磁傾向が続いているが、2017年6月頃から停滞又は帯磁傾向に転じたことが指摘された（第139回火山噴火予知連絡会北大・気象庁資料）。これは、浅部に推定されている消磁源（橋本・他，2010）からの放熱に対応する可能性があり、この仮定のもとでは、5～6月以

降の62-2火口の噴煙長が長い傾向（図25B）や、常時微動の振幅レベルが高い状態にあること（図25C）を整合的に説明できる可能性がある。

- ◆ 現地調査では、各地熱域の状況に大きな変化は認められなかったが、62-2火口底での熱泥水（6月の調査）や2016年に引き続き振子沢噴気孔群での刺激臭を伴った活発な噴気活動（6月・9月の調査）が観測された。さらに10月の調査では、2016年7月の観測以降確認されている振子沢噴気孔群の高温の領域で246℃を観測した（振子沢に正対した三段山からの赤外熱映像装置による観測；図4）※。

また、次のことから、やや深部の活動度も中長期的にみてやや高まる可能性があるが、顕著な高まりには至っていないと考えられる。

- ◆ グラウンド火口、旧噴火口及び本峰付近のやや深部で発生するA型地震も引き続き観測されており、7月上旬の一時的な増加の際には現地有感（一元化震源でM2.0）となった（図25G）。

・ 今後の活動について（図27）

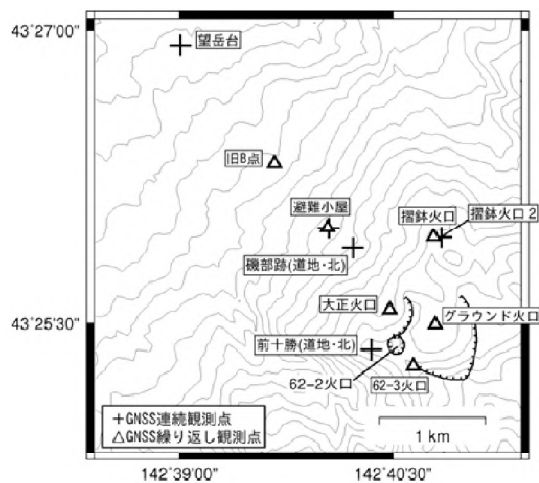
- (a) 今後も2006年以降と同様のレートで活動火口浅部の圧力源への物質の供給が継続するならば、これまでと同様に、山体膨張を示唆する地殻変動、一時的な地震増加、火口が明るく見える現象、噴煙・地熱活動の上昇などの現象発生が継続する可能性がある。
- (b) このような推移の中で、火道閉塞や浅部圧力源の膨張継続により、地下浅部～表層の圧力が許容量を超えるような場合には、火口近傍のみに影響を及ぼす噴火に至る可能性もあると考えられる。
- (c) また、今後、20世紀に発生したマグマ噴火の前に観測されたような、現地有感地震を含むやや深部のA型地震の増加や火口付近での顕著な火山ガス濃度上昇等が確認さ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

※参考：振子沢噴気孔群の活発な噴気・地熱活動について

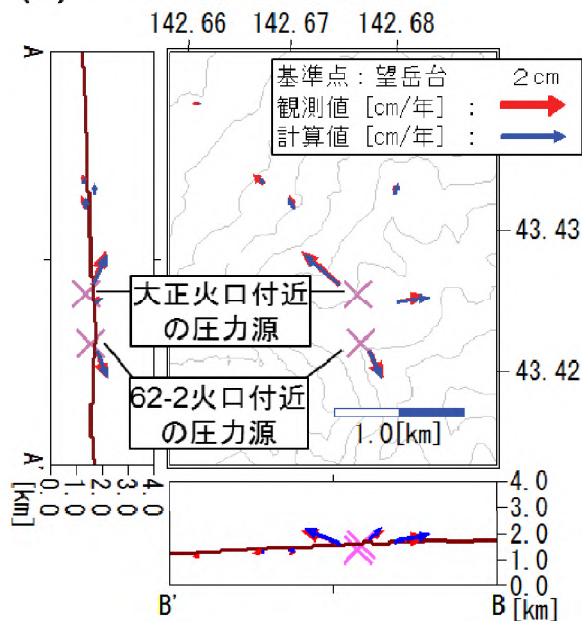
図28に示すように、十勝岳において火口温度概ね500℃以上の高温が観測されたのは、過去に2事例があった。2事例とも噴気活動や地熱活動が高まる中で、熱泥水や赤熱現象が観測され、火口近傍のみに影響するごく小規模な噴火ないしはマグマ噴火に至った（表2）。

今回の事例（振子沢噴気孔群の活発な噴気・地熱活動）は、2015年の地殻変動（図25E、薄赤塗り時期）と連動した高まりと考えられる。急激な地殻変動は収まっているため、今回の事例は比較的短期間の変化で収まる可能性があるが、表2に示した過去2事例についても留意しておく必要がある。

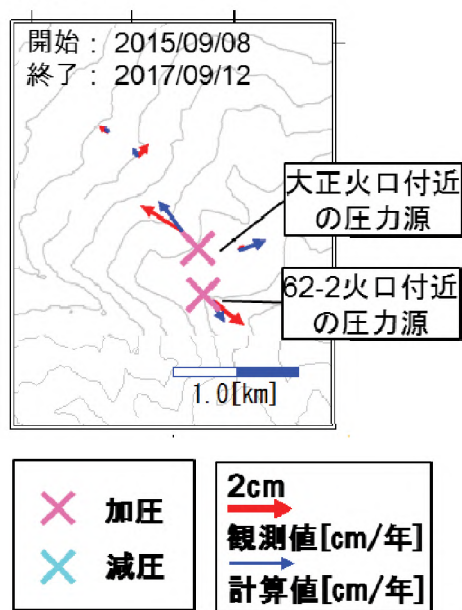
(A) 観測点配置図



(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)

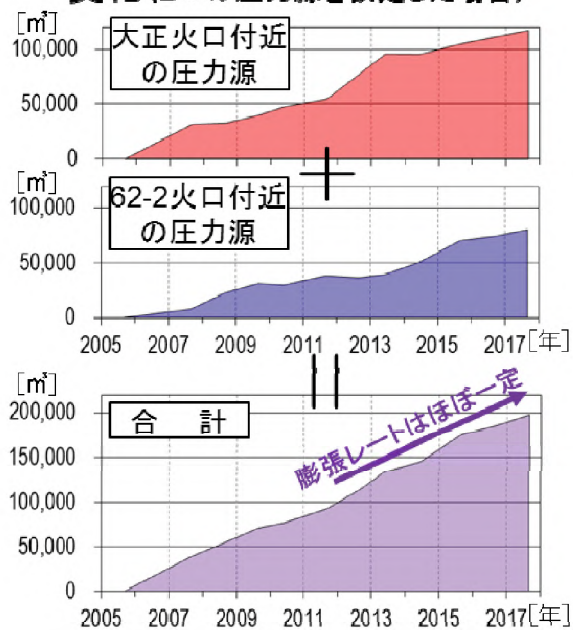


図 24 十勝岳 2つの圧力源を仮定した場合の地殻変動の解析結果

- ・ 2つの圧力源を合計した膨張レートは、引き続きほぼ一定で推移している。
- ・ 2017 年にかけての期間は、大正火口付近の圧力源の膨張レートの方が大きい。

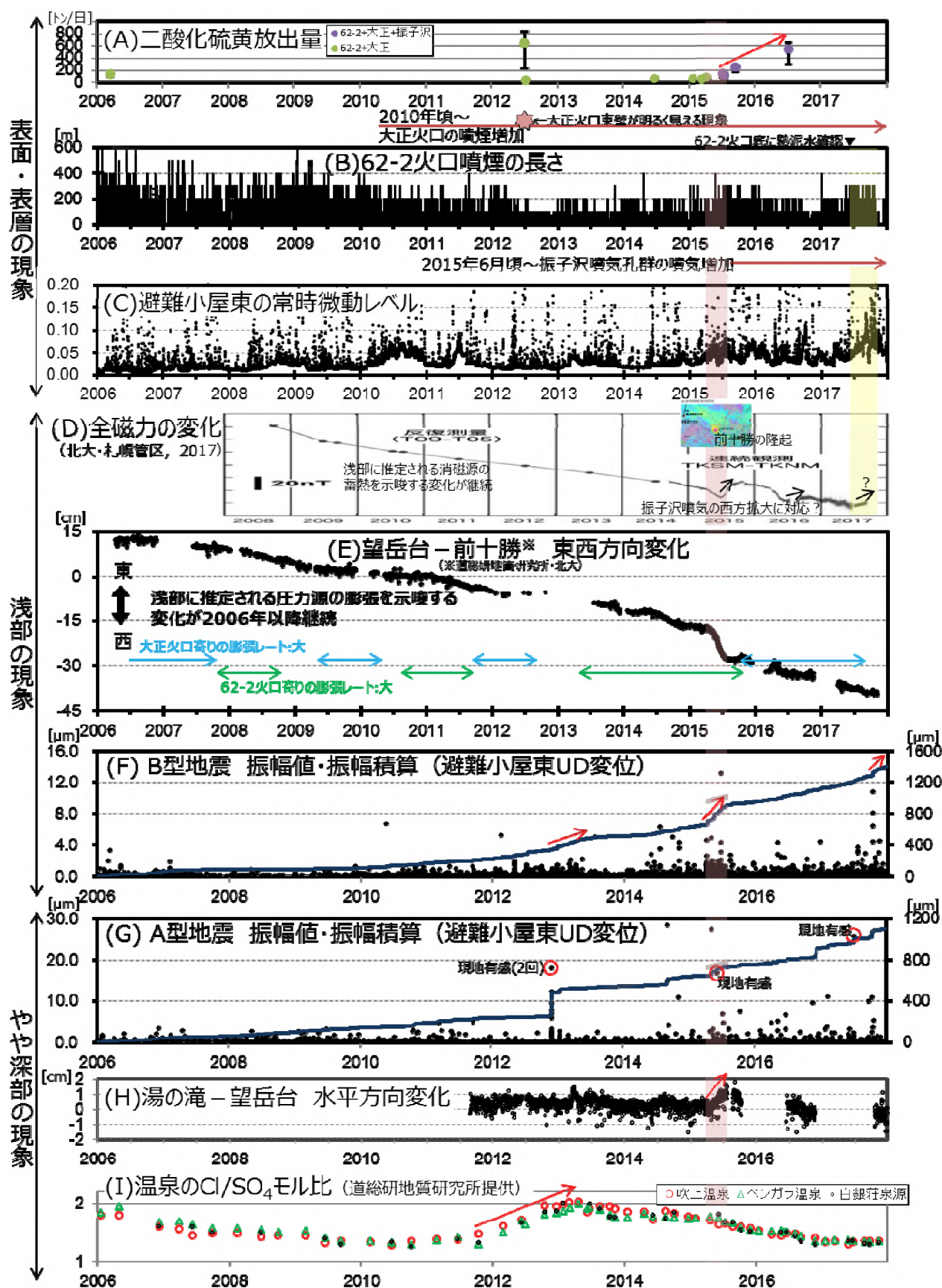


図 25 十勝岳 火山活動経過図 (2006 年～2017 年)

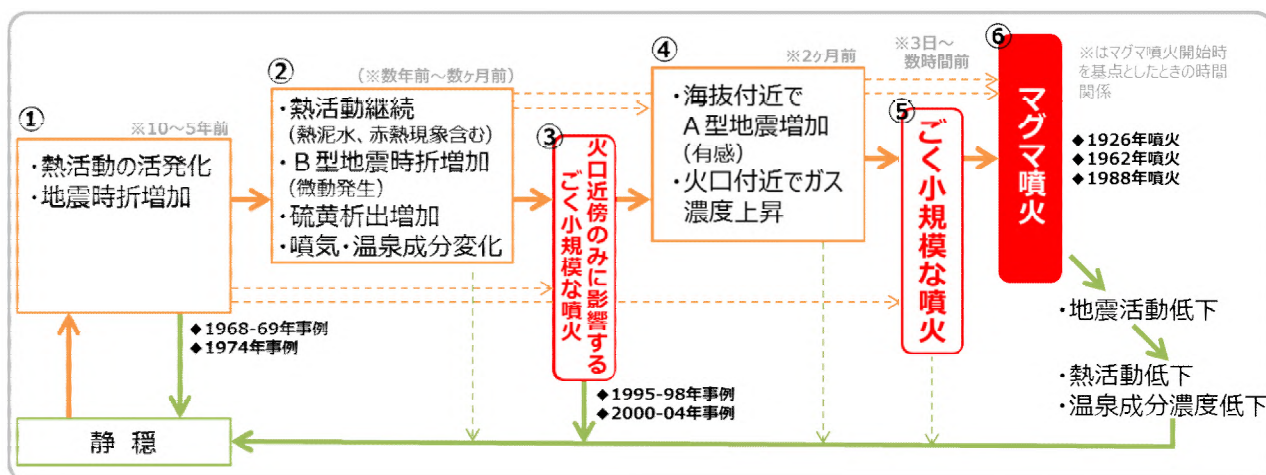


図 26 十勝岳 20 世紀以降の火山活動の推移
(3 回のマグマ噴火含む)

- ・ 3 回のマグマ噴火は、それぞれ噴火様式が異なる。また、マグマ噴火に至る各段階で観測される現象は、全て同じというわけではない。
- ・ 右図は、20 世紀以降に噴火が確認されている火口。

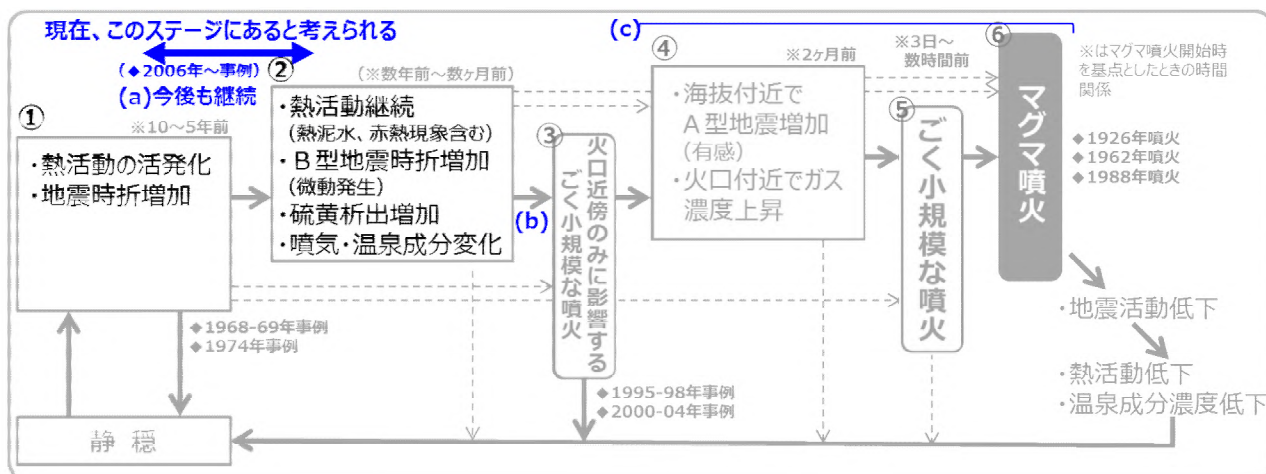


図 27 十勝岳 現在の状況と今後の火山活動について (図 26 の推移図上に記述)

図28 十勝岳 火山活動経過図
～火口温度が高温であった時期～

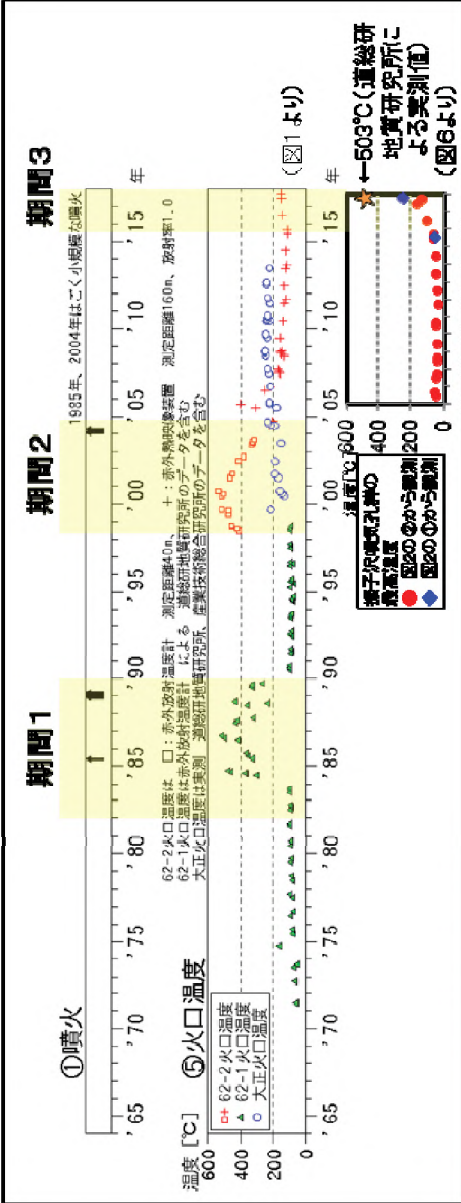


表 2 火口温度が高温であった時期の前後に発生した火山現象の整理

期間1 (1982年～1989年)		期間2 (1998年～2004年)		期間3 (2015年～)	
年月日	現象	年月日	現象	年月日	現象
1982年	火口壁に白～黄色の昇華物、少量の白色噴気	1998年	空振を伴う地震発生 62-2火口内に新噴気孔、62-3噴気再開、62-0、62-1、振子沢で地熱域拡大(62-2北西内壁で414℃を観測) T型地震 山麓で樹木立ち枯れ 62-2火口内で熱泥水 62-2火口で明るく見える現象 有色噴煙	2015年 ・7月頃～ ・7月 2016年 ・6月～ 2017年 ・6月 ・7月 ・9月	振子沢で噴気増加、地熱域拡大を確認、62-2火口と振子沢の間に亀裂出現 地震増加、吹上温泉で震度1程度(1回) 振子沢の地熱域に高温の領域を確認 62-2火口底で熱泥水 十勝岳温泉で震度1程度(1回) 振子沢でコークス状変色域、503℃を観測(道総研地質研究所の観測による)
1984年 ・6月 ・9月	62-1 噴気活動活発化(噴気300度超) コークス状変色域、475℃を観測	・8月 ・9月頃 ・9/29 ・10/9 ・10/12			
1985年 ・5/29 ・6/19 ・6/19-22	62-1 東壁より熱泥水噴出 62-1 火口から灰黒色噴煙 赤熱現象(硫黄自然発火)	1999年	空振を伴う地震発生		
1986年 ・8、12月	白金温泉で震度1	2000年 ・2/24 ・6月 ・7/23	前十勝北西斜面で新たな噴気有感地震 熱泥水		
1988年 ・2、6月 ・10月 ・11月 ・12/10～ ・12/19～	十勝岳温泉で震度1～2(震源は旧噴火口のごく浅部) 吹上温泉で震度1(2回) 白金温泉で震度3 62-2火口から噴火【水蒸気噴火】 62-2火口から噴火【マグマ噴火】	2003年 ・12月 2004年 ・2/25	常時微動の高まり ごく小規模な噴火【水蒸気噴火】		(※2006年頃から活動火口浅部直下の膨張を示す地殻変動が継続)

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

62- II 火口付近において衛星視線方向短縮の位相変化が認められる。

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. 解析結果

南行軌道の長期ペアについて解析を行った。62- II 火口付近において衛星視線方向短縮の位相変化が認められる。

なお、各干渉解析結果について、対流圏遅延補正などは行っていないため、ノイズが重畳している可能性がある。

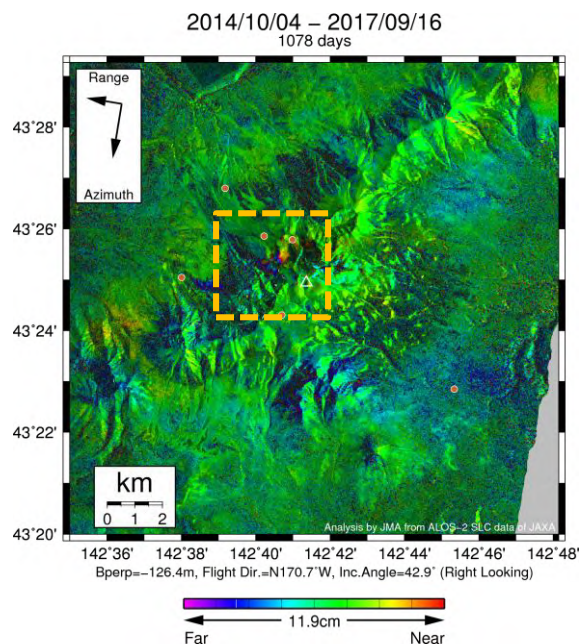
謝辞

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。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。

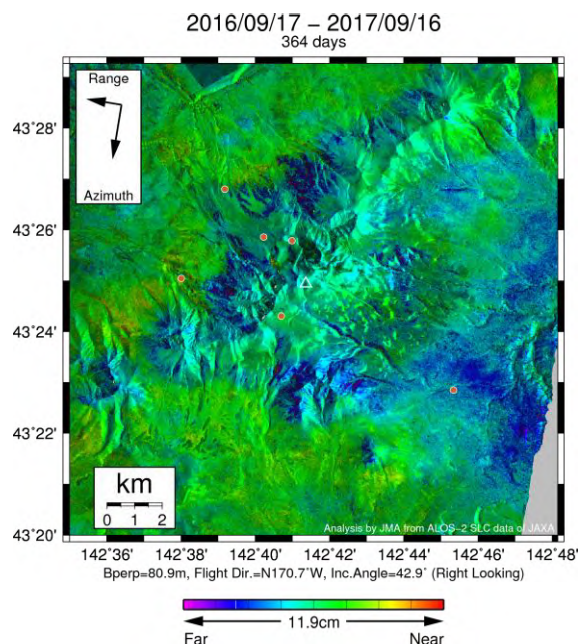
表 1 干渉解析に使用したデータ

Path-Frame	Orbit	Looking	Inc. angle	Earliest Scene	Latest Scene	Figure No.
17-2740(SM1_U2_9)	南行	右	42.9°	2014.10.04	2017.09.16	第 1 図-A
				2016.09.17		第 1 図-B

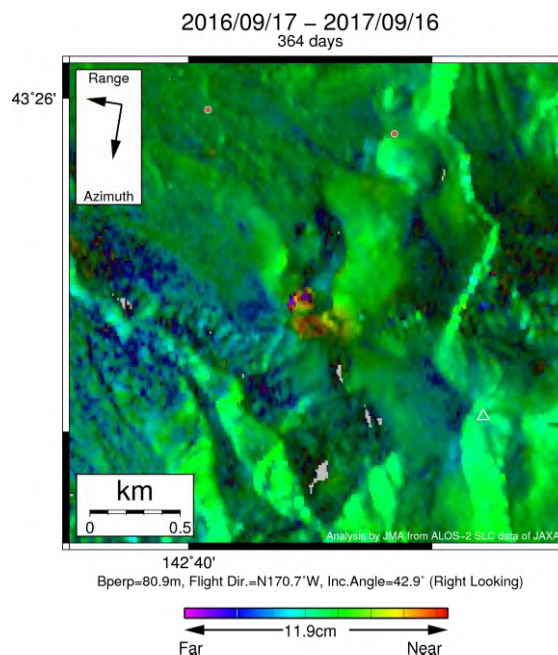
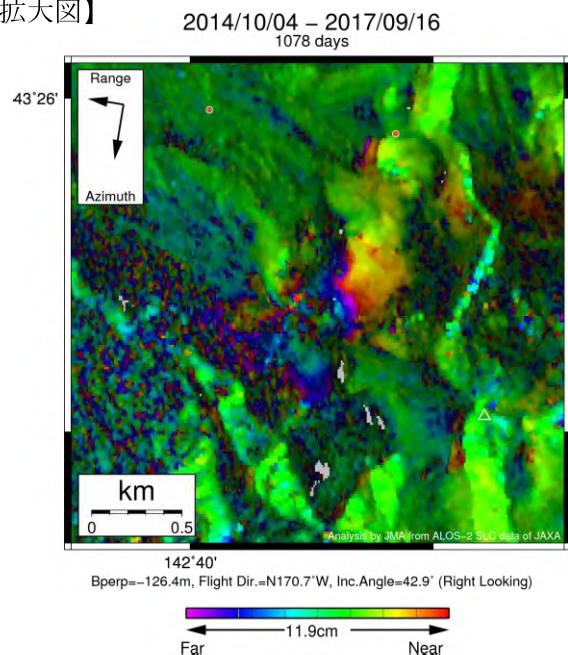
A



B



【拡大図】



第 1 図 パス 17(SM1-U2_9)による十勝岳周辺の干渉解析結果（上図）、上図の破線四角で囲った箇所の拡大図（下図）

図中の白三角印は山頂位置を示す。丸印は GNSS 観測点を示す。62-II 火口付近において衛星視線方向短縮の位相変化が認められる。

十 勝 岳

2015 年以降、地熱域の拡大や、噴気の増加といった現象が認められる振子沢噴気孔群において噴気観測を行ったところ、最高 503℃の高温噴気域が確認された。また、振子沢噴気孔群の噴気凝縮水の酸素・水素同位体比は、大正火口の噴気（300℃程度）よりも重く、島弧マグマ水と類似した値を示した。

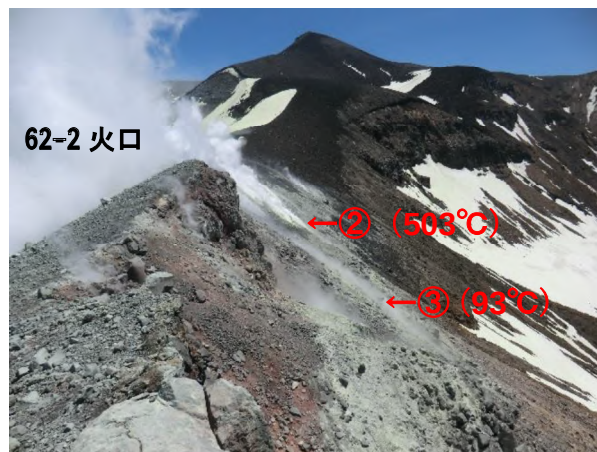
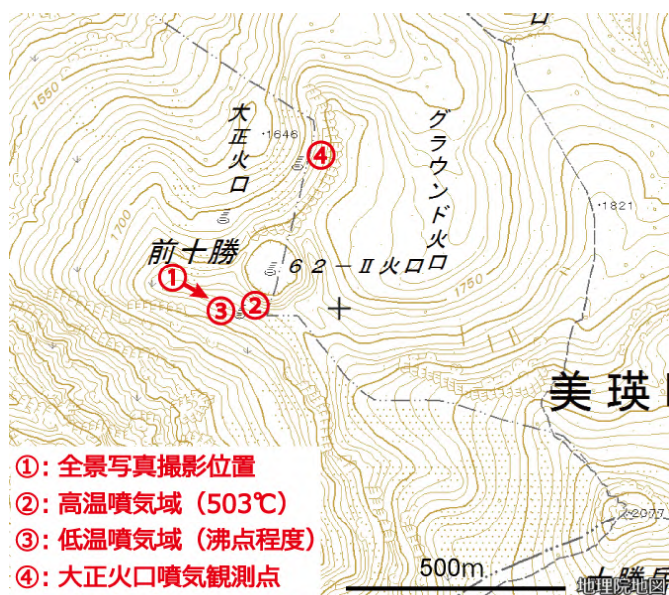


図 1 左：観測点及び写真位置図。国土地理院のオンライン地図画像を使用。
 右上：振子沢噴気孔群の全景写真（2017年5月30日に①から撮影）
 右下：振子沢噴気孔群の高温噴気域。コークス状になっている。最高503℃（2017年9月26日に②で観測・撮影）

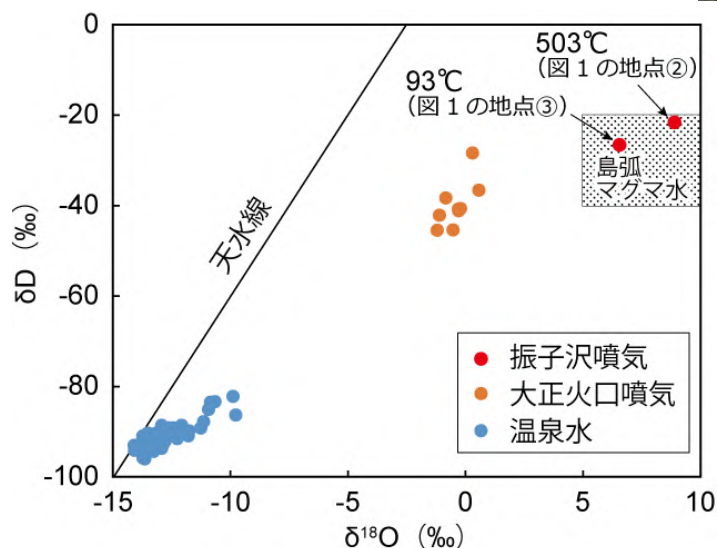


図 2 噴気凝縮水の酸素・水素同位体比
 振子沢噴気孔群の噴気は大正火口の噴気よりも重い同位体比を示し、島弧マグマ水の領域にプロットされる。

十勝岳

○背景微動振幅の長期変化

十勝岳では、活動火口近傍のごく浅い部分を中心とした膨張性の変動が過去10年近くにわたって認められている。2015年には膨張性変動の一時的な加速が見られ、前十勝周辺の地表面に現れた地割れからの微かな噴気の放出や、振り子沢噴気域と呼ばれる地熱域の拡大と新たな高温噴気孔の出現など、表面的な活動変化も報告されている。

地震活動についても2010年頃以前に比べると高まった状態が続いている。現在の予知建議研究課題で整備した北大の避難小屋観測点(TKH)やH27年補正予算で整備した前十勝西観測点(MTKW)では、年に数回程度ではあるが継続時間の短い火山性微動(相の不明瞭な火山性地震)の発生と同時に、微小な傾斜変動が観測されている。

地震記録では、これらの短期的な現象のほかに、数ヶ月～年単位で背景微動振幅に変化が見られることが知られている。運用期間の長い気象庁の火口近傍の観測点(JTOKHやJTKGN)では長期的な振幅の増大が認められ、数ヶ月単位での大きな増減がある。下の図2は、十勝岳の地震観測点における背景微動の振幅時間変化を示す。活動火口から遠い十勝岳温泉(TKOV)や望岳台(JTKBGB)では振幅の増大は顕著でないものの、避難小屋よりも活動火口に近い観測点では、5倍程度の振幅の増大が認められる。特に2017年7月頃からの振幅増大は顕著で、北大の観測坑道(TKCSTS)でも火口近傍の観測点と同期した振幅の増大が認められる。これまで全く議論されることがない背景微動の振幅変化の原因について探るため、観測点の相対的な振幅分布から微動源の位置を推定するAmplitude Source Location法(ASL法)で検討した結果について簡単に報告する。

なお、背景微動を検討する前に、走時読み取りが可能な地震を用いてASL法による震源推定精度の検証を行い、浅い地震(地表面から1km程度まで)については比較的良い一致で震源推定できることを確認している。

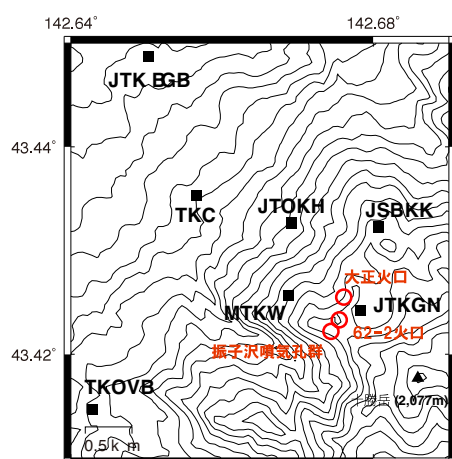


図1. 十勝岳の主な活動火口と火口近傍の震動観測点位置図。地形や環境の問題から、火口から見て西～北側に観測点配置が偏っている。

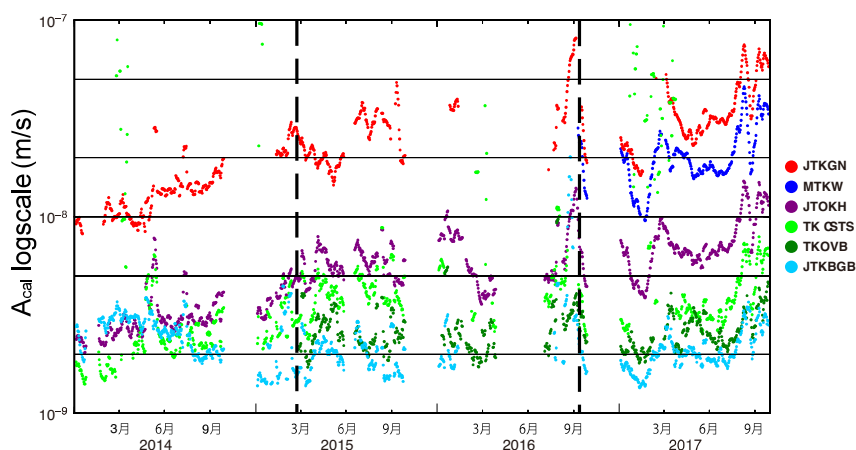


図2. 背景微動振幅の時間変化。人工ノイズによって日中の振幅が増大するため、ここでは毎日の深夜0時～2時の2時間の地震波形(5Hz-10HzのBPF処理後)から日毎の微動振幅(RMS振幅)を評価した上で、荒天や地震イベント等によるバラツキを軽減するため前後1週間ずつの移動平均を取っている。個々の観測点の増幅特性は、気象庁の翁温泉(JTKOKB)を基準として、近地地震データを用いたコード規格化法で補正済み。

十勝岳は北海道の内陸にあたるため、道内火山の中でも特に常時微動レベルが低い。静穏な日の上下動速度記録に5Hz-10Hzのバンドパスフィルターを施すと、RMS振幅で $2-3 \times 10^{-9}$ [m/s]程度が下限振幅となる。図2の2014年ごろの微動振幅変化について、複数の観測点(JTOKH, TKCSTS, JTKBGB)が 3×10^{-9} [m/s]付近の振幅でおおよそ揃っているのは、火山活動とは無関係な常時微動のレベルに対応している。

(青山・仲辻)

十勝岳

十勝岳

○背景微動振幅の長期変化(つづき)

図1には、観測された微動振幅の時間変化を再び示す。長期的な背景微動振幅の時間変化を抽出できた観測点数は十分ではないが、ここでは図に示した2014年以降の変化について震源探索を行った。その結果、観測点の未整備や冬期のデータ欠落のため、2017年4月頃までは信頼できる解が得られなかった。

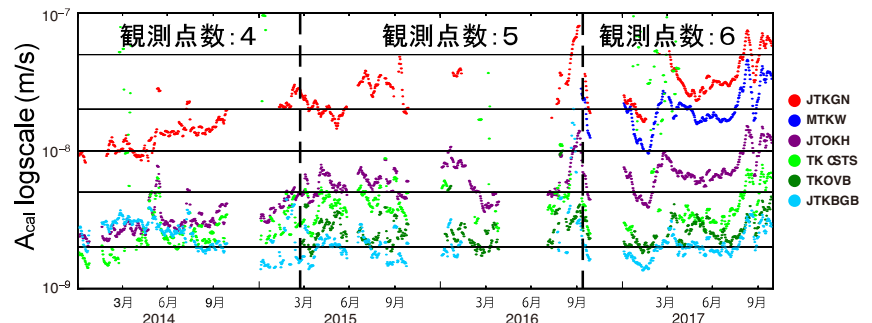


図1. 補正済みの観測振幅 (再掲)。

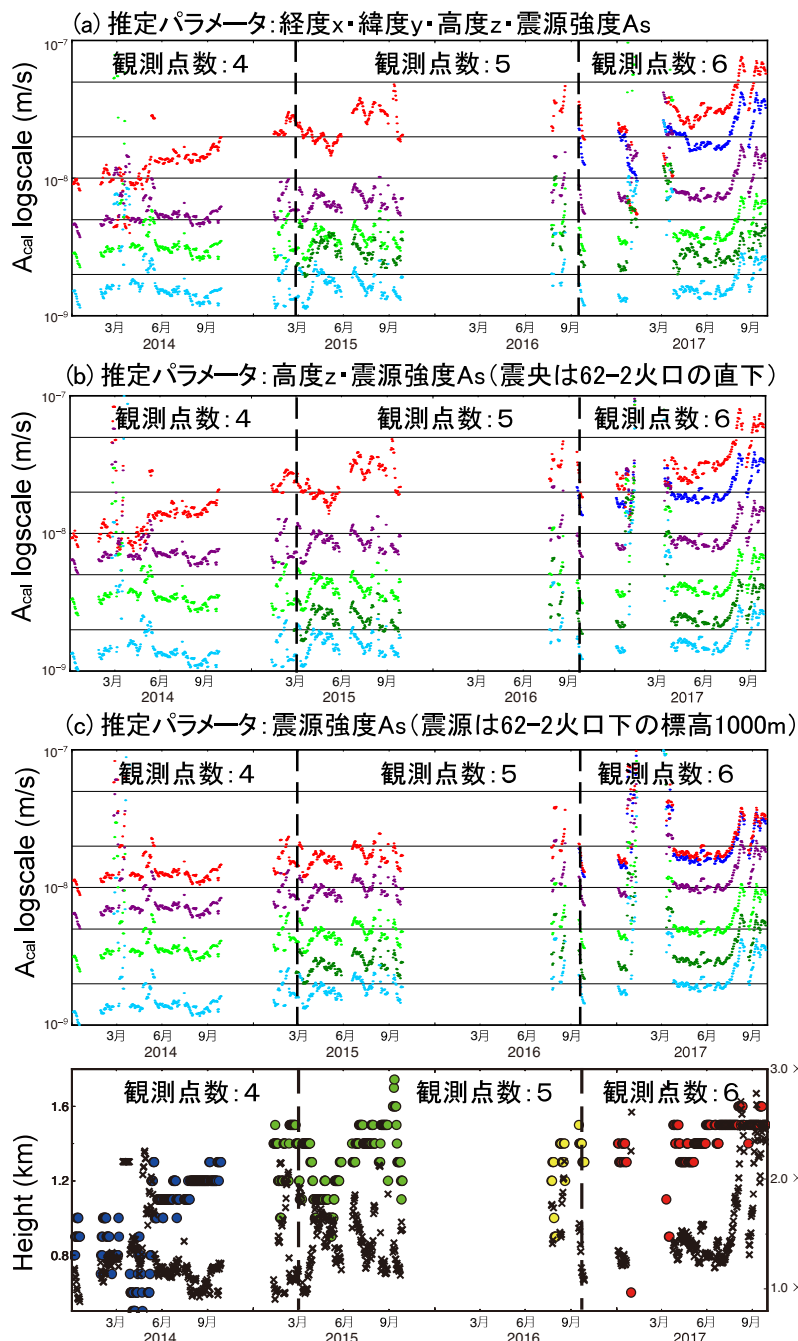


図2は、震源位置サーチの条件を変えて探索した結果にもとづき計算した、各観測点における理論振幅の時間変化を示す。(a)は震源の(経度x,緯度y,高度z)の全てを自由パラメータとした時の理論振幅で、観測された振幅変化(図1)のうち、火口近傍の観測点JTKGNやJTOKHにおける長期的な振幅増大を部分的に説明しているように見える。しかしながら、前に述べたように2014年から2017年3月までに推定された震源位置はデータの少なさのために信頼性に欠ける。

そこで(b)として、62火口の下に震央を仮定し、深さだけを探索した場合の結果を示す。このように強く制限しても、JTKGNの時間的な振幅増大や、MTKW, JTOKHとの振幅比をほぼ説明できることが分かる。ただし、(c)のように震源深さを適当に固定してしまうと、火口近傍の観測点間の振幅比まで説明することは難しい。またTKOVBやJTKBGBは震源から遠いため、十分なS/Nが期待できないことが分かった。

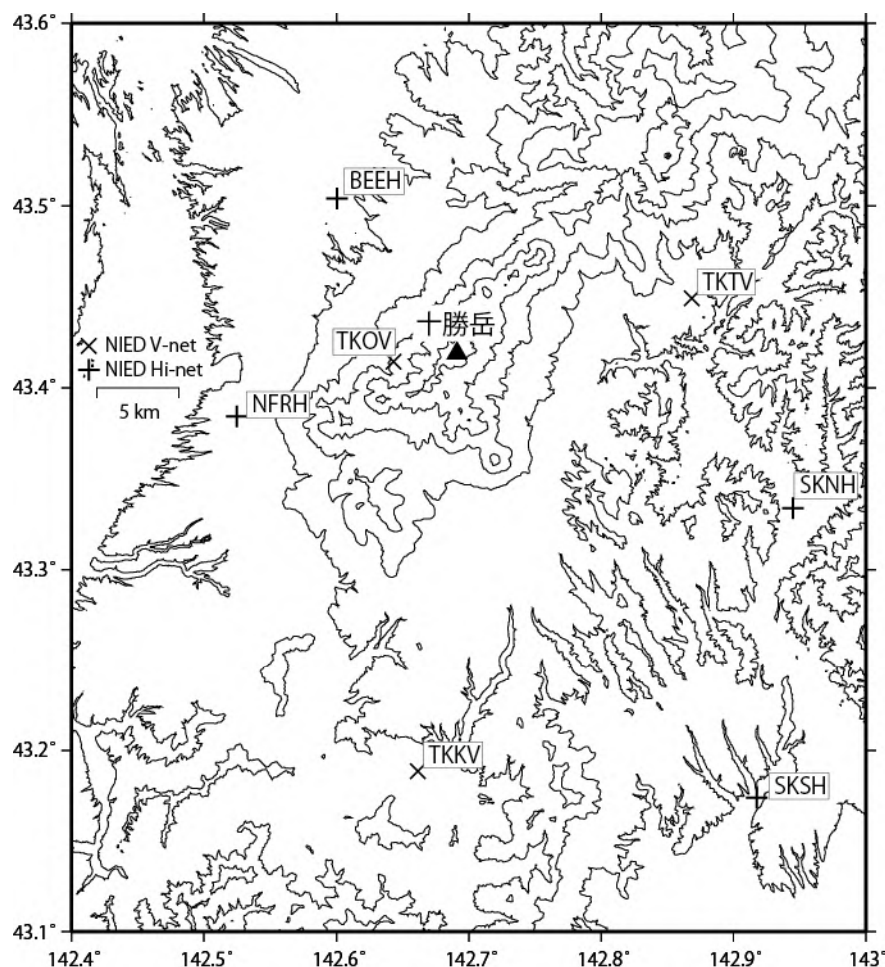
観測点数が一番多く推定精度が良いと考えられる2017年3月以降の変化だけに注目すれば、雑微動震源位置の若干の上方移動とあわせて強度の増大があったと考えられる(図2最下段)。

図2. 探索パラメータの組み合わせを変化させた場合の、各観測点における理論振幅の時間変化。最下段は震源高度を探索した場合に得られた、震源高度z(色点:左軸)と震源強度 A_s (×印:右軸)の時間変化。2017年には非常に浅いところに震源が位置し、7月頃からの振幅増大は震源強度の増大で説明される。

(青山・仲辻)

十勝岳

十勝岳の火山活動について



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

2017 年 9 月～12 月期間中、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。なお、十勝岳温泉観測点の傾斜計の変動は降水の影響と機器の不調の影響と考えられる。2017 年 10 月現在、短周期地震計・傾斜計の観測は停止させている。

十勝岳の傾斜変動 (2014/10/10~2018/01/03)

浦河沖の地震
16/1/14 18:05 M=6.7 D=50km センサチェック
16/6/17 TKOV/TKKV

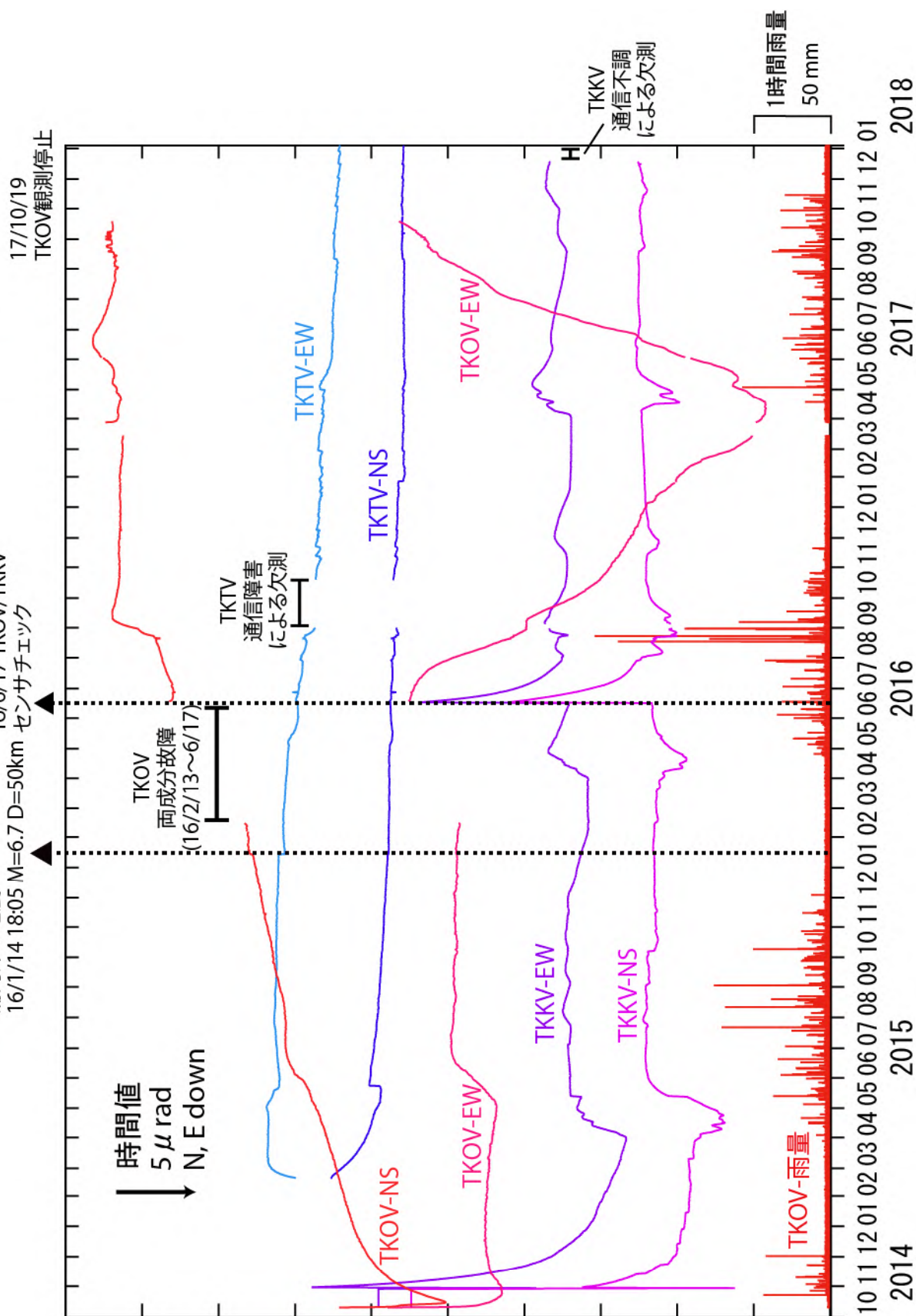


図 1 十勝岳の傾斜変動

十勝岳

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、
2017 年 8 月 28 日-2017 年 12 月 31 日の地殻変動【鹿追（0879）固定】

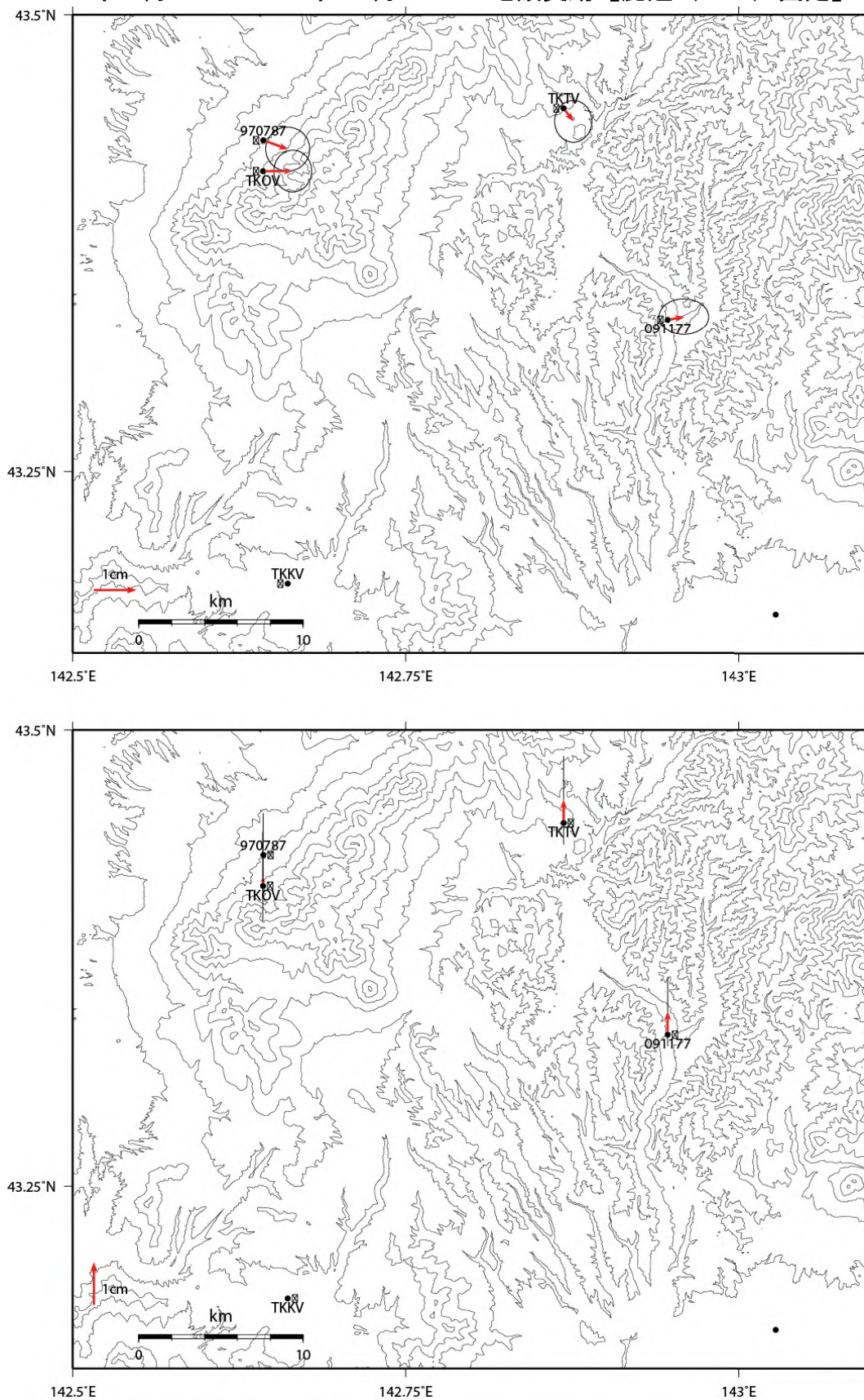


図 2 十勝岳周辺 V-net 観測点における GNSS 解析結果. ※速報暦使用
TKKV は 17/12/31 時点で欠測のため表示していない

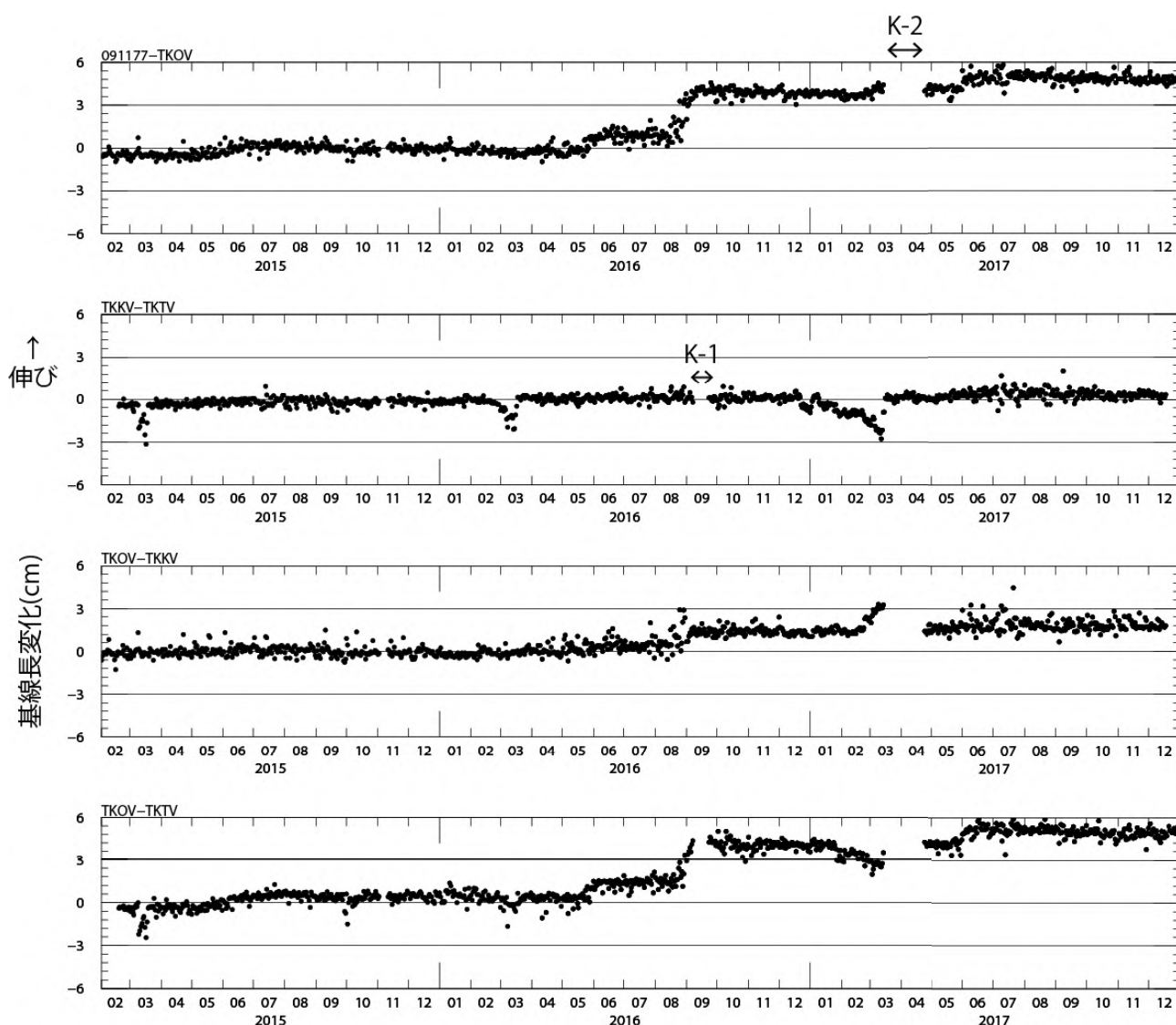


図 3 防災科研観測点 3 点（北落合，十勝岳温泉，トムラウシ温泉）間及び，十勝岳温泉 -GEONET 新得 2 間の基線長変化. 2015/2/1～2017/12/31

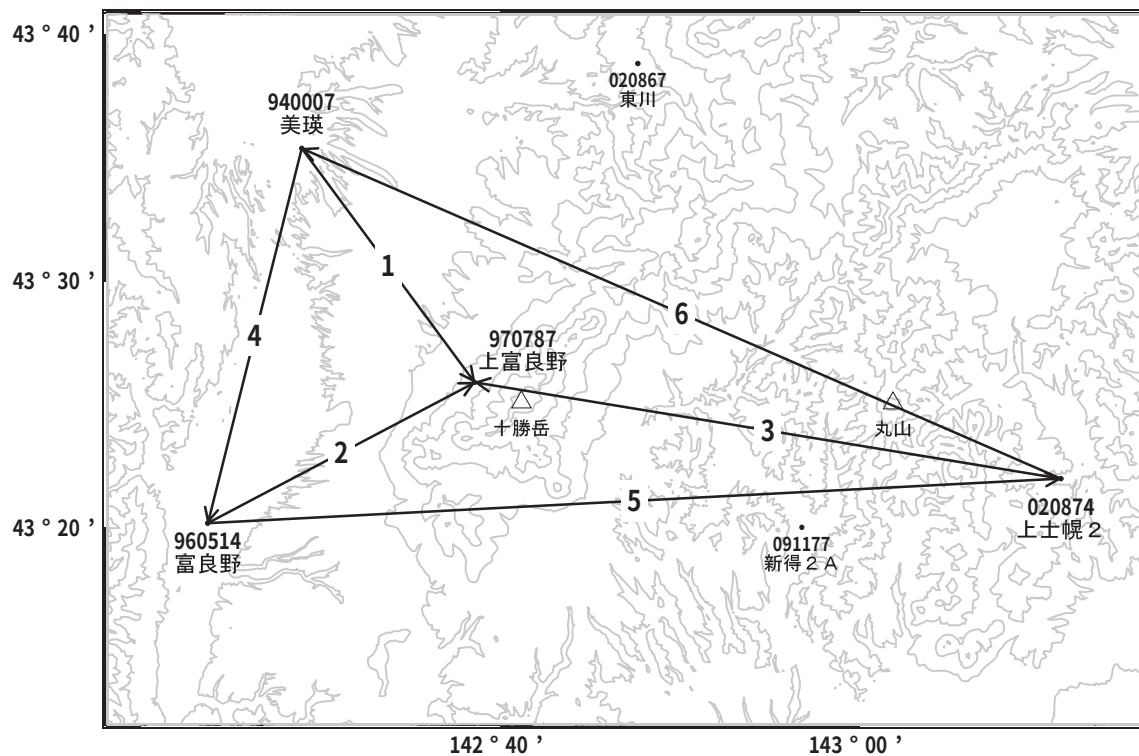
表1 GNSS観測履歴

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

G N S S 連続観測結果には特段の変化は見られません。

十勝岳周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図

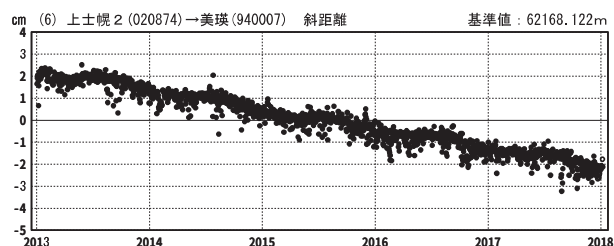
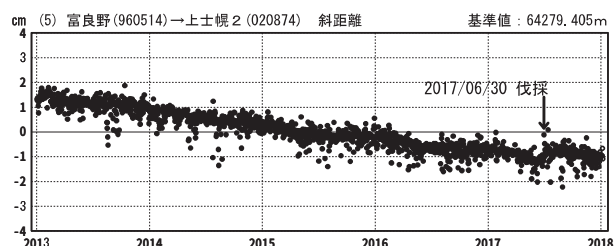
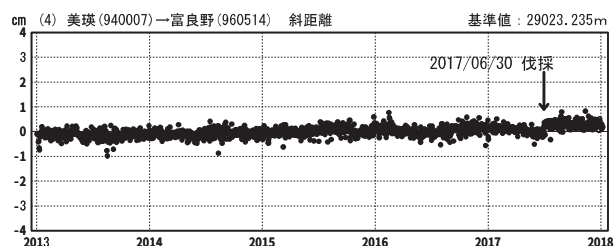
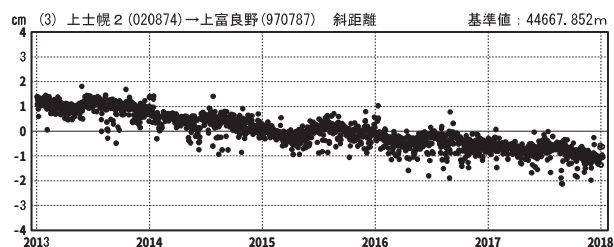
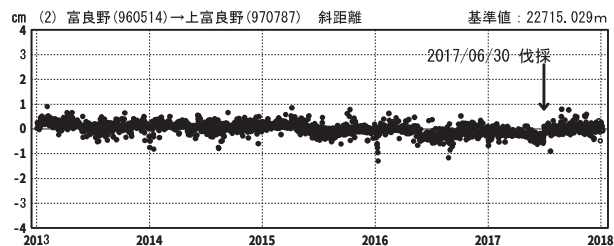
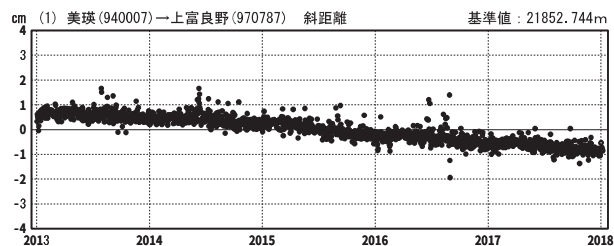


十勝岳周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
020874	上士幌2	20170804	アンテナ交換
960514	富良野	20170630	伐採

基線変化グラフ

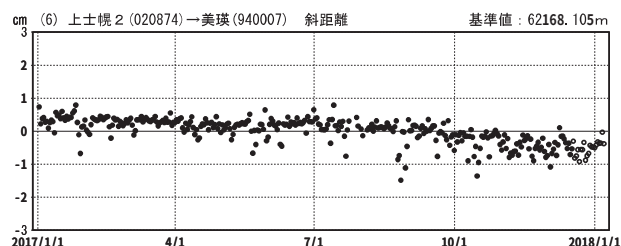
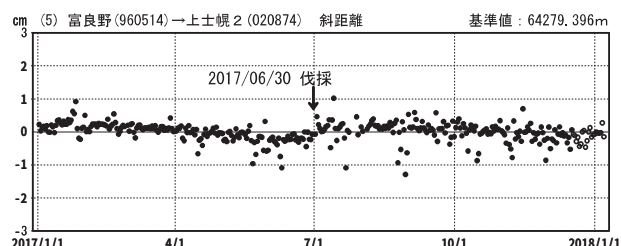
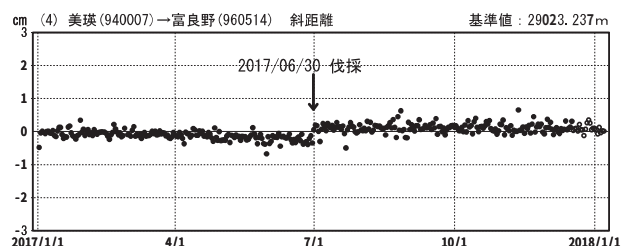
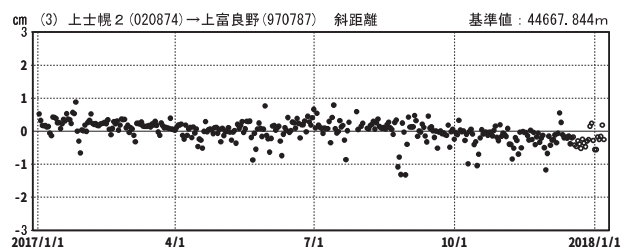
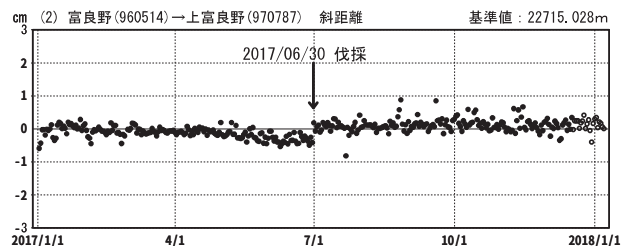
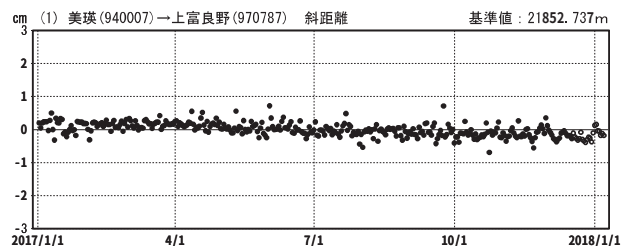
期間：2013/01/01～2018/01/06 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

基線変化グラフ

期間：2017/01/01～2018/01/06 JST



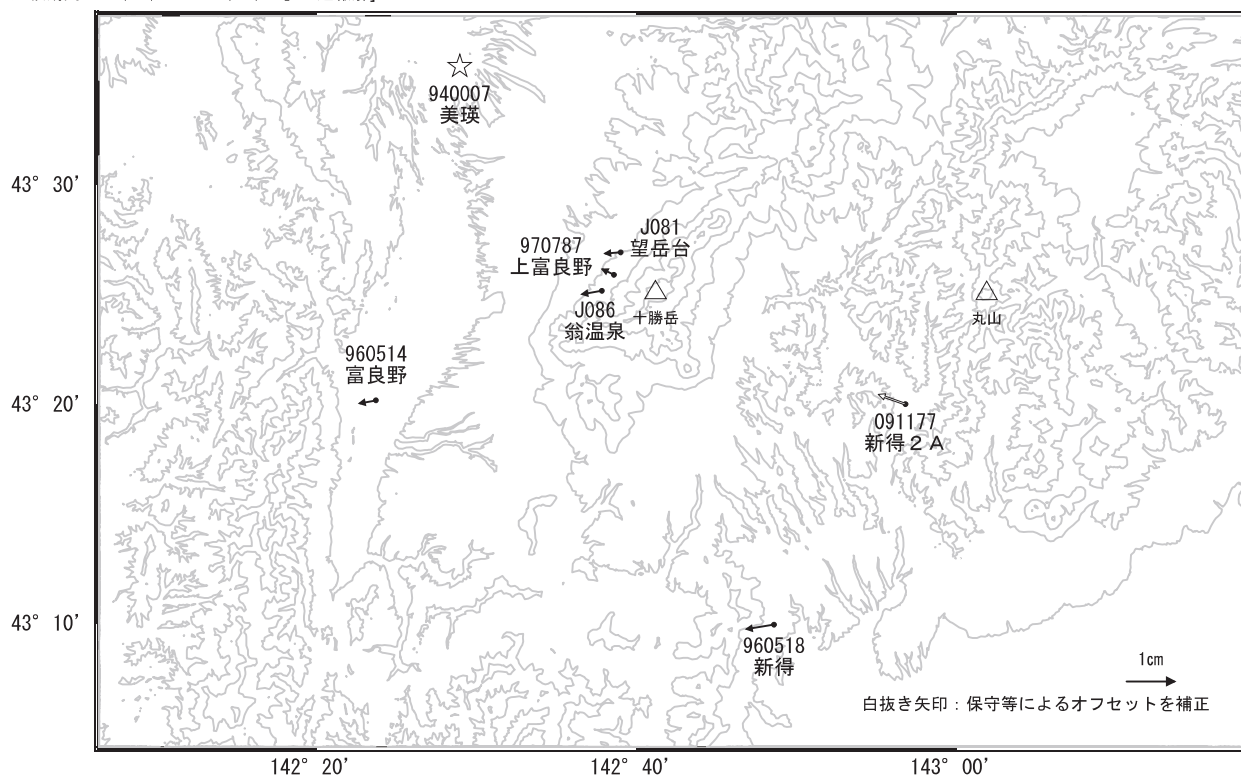
国土地理院

※[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

十勝岳周辺の地殻変動(水平:1年間)

基準期間:2016/12/28~2017/01/06[F3:最終解]
比較期間:2017/12/28~2018/01/06[R3:速報解]

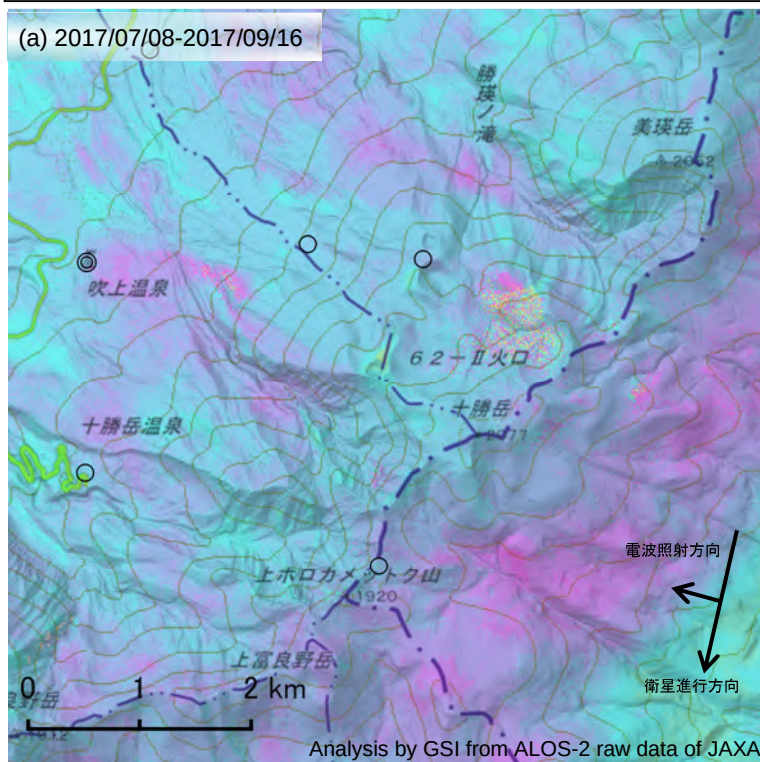


☆ 固定局:美瑛(940007)

国土地理院・気象庁

十勝岳の SAR 干渉解析結果について

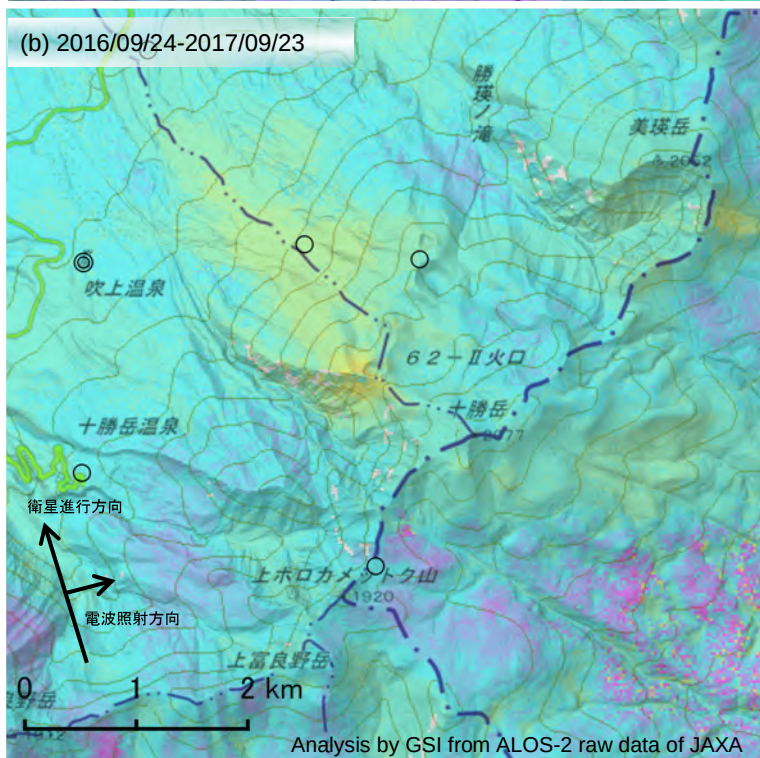
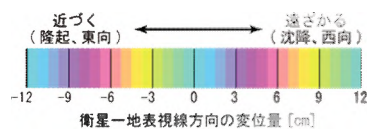
判読) ノイズレベルを超える変動は見られません。



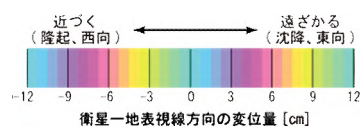
	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2017/07/08 2017/09/16 11:34 頃 (70 日間)	2016/09/24 2017/09/23 23:19 頃 (364 日間)
衛星進行方向	南行	北行
電波照射方向	右	右
観測モード*	U-U	H-H
入射角(中心)	41.9°	35.6°
偏波	HH	HH
垂直基線長	- 112 m	- 38 m

*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