

第 135 回

火山噴火予知連絡会資料

(その4の1)

西之島、新潟焼山、
吾妻山、草津白根山

平成 28 年 6 月 14 日

火山噴火予知連絡会資料（その４の１）

目次

西之島	3
気象庁	3
東大震研	4-10
地理院	11-16
海保	17-20
新潟焼山	21
気象庁	21-42（気象研 38-42）
産総研	43-54
地理院	55-58
吾妻山	59
気象庁	59-75
東北大	76
地理院	77-80
草津白根山	81
気象庁	81-100（気象研 97-98、地磁気 99-100）
東工大	101-102
防災科研	103-107
地理院	108-111

西 之 島 (2016 年 5 月 17 日現在)

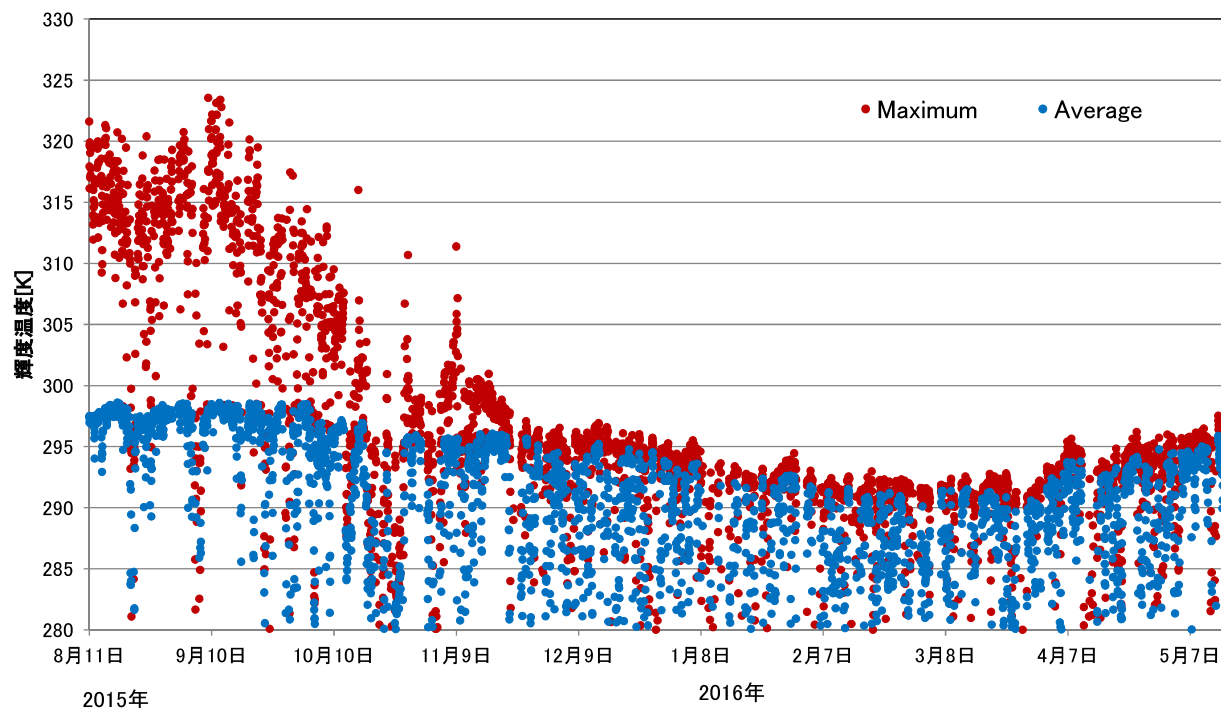


図 1 西之島 Himawari-8 観測による西之島付近の輝度温度の変化

- ・観測期間：2015 年 8 月 11 日～2016 年 5 月 17 日の 1 時間ごとの輝度温度をプロット
- ・使用波長：3.9 μ m (HIMAWARI-8/AHI)
- ・アルゴリズム：西之島 (27.247° N, 140.874° E) を中心に 0.28 度 $\times$ 0.28 度の範囲 (15 $\times$ 15=225 格子点) を抽出。225 格子点の輝度温度について最大値と平均値を算出。平均値はバックグラウンドとみなす。

MODIS赤外画像による西之島の熱異常の変動：2013年1月～2016年5月

西之島は2013年11月下旬以降活発な活動を続け、これを反映して高い熱異常を示し続けて来た。しかし、2015年9月下旬から一様に熱異常が低下傾向を示すようになり、12月初めにはほぼバックグラウンドのレベルまで低下した。それ以降現在まで、本年5月上旬にごく弱い熱異常の再活発化が見られたものの（図1 5/10）、そのレベルは低くバックグラウンドとほぼ同等の状況が続いている（図2）。基本的には西之島の活動は終息に向かってい

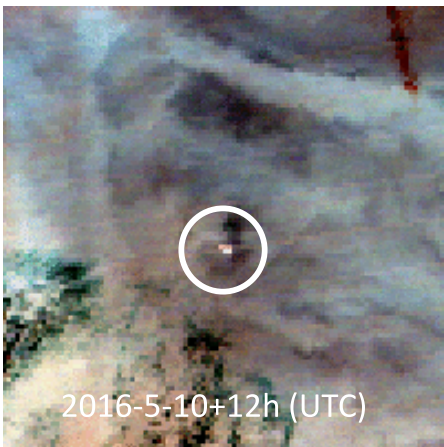


図 1：MODISによる西之島の赤外画像（2016年5月10日）。うす雲がかかっている。チャンネル21（4.0um）。縦横100 kmの範囲を示す。

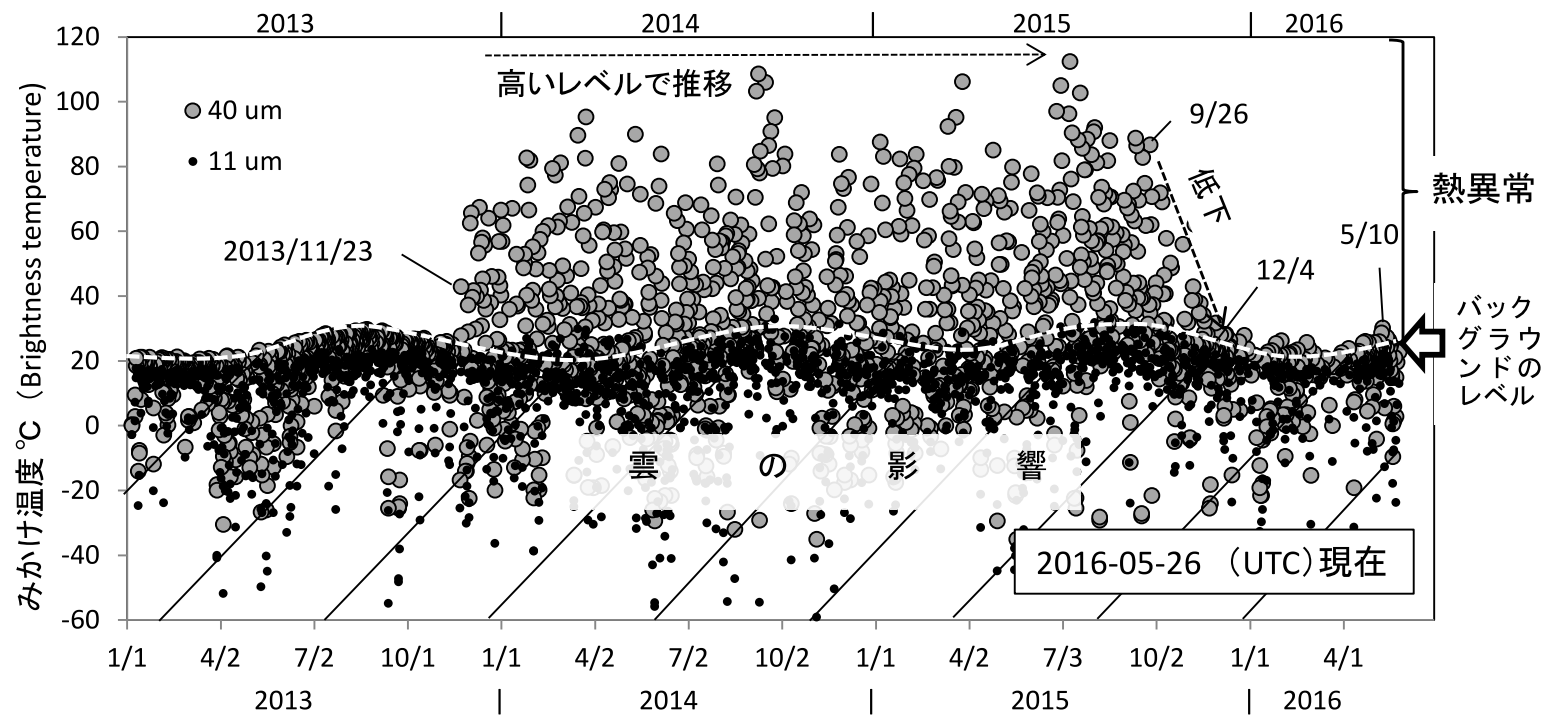


図 2：MODIS（Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer）赤外画像による西之島の熱異常の時間変化。本図はMODISの短波長赤外チャンネル（Ch21，波長4.0 um，分解能1 km）と熱赤外チャンネル（Ch31，波長11 um，分解能1 km）を用い、西之島近傍域（6 km×6 km）で最も高い熱異常を示す画素の見かけの温度を時系列にプロットしたものである。短波長赤外のチャンネルは画像内に高温物質が存在すると小領域であっても見かけの温度が大きく上がるのに対し、熱赤外のチャンネルは画素内の広い領域を占める部分の温度を反映する。このため、両者の違いから熱異常の変動を推定することができる。

西之島火山の海底地震観測

東京大学地震研究所は、気象庁気象研究所および海上保安庁海洋情報部と共同して、西之島周辺において、海底地震観測を実施している。2015年10月3日に、気象庁啓風丸 KS15-07 航海によって、西之島周辺に設置されていた海底地震計が回収され、その観測データによって判明した火山活動については、父島における空振観測結果と併せて、前回の予知連で報告した。今回は、10月3日・4日に啓風丸により再設置された海底地震計が、2016年5月4日に海上保安庁の昭洋丸により回収されたので、昨年10月以降の海底地震観測により判明した西之島の活動について報告する。図1に2015年10月に設置された長期観測型海底地震計の配置図を示す。

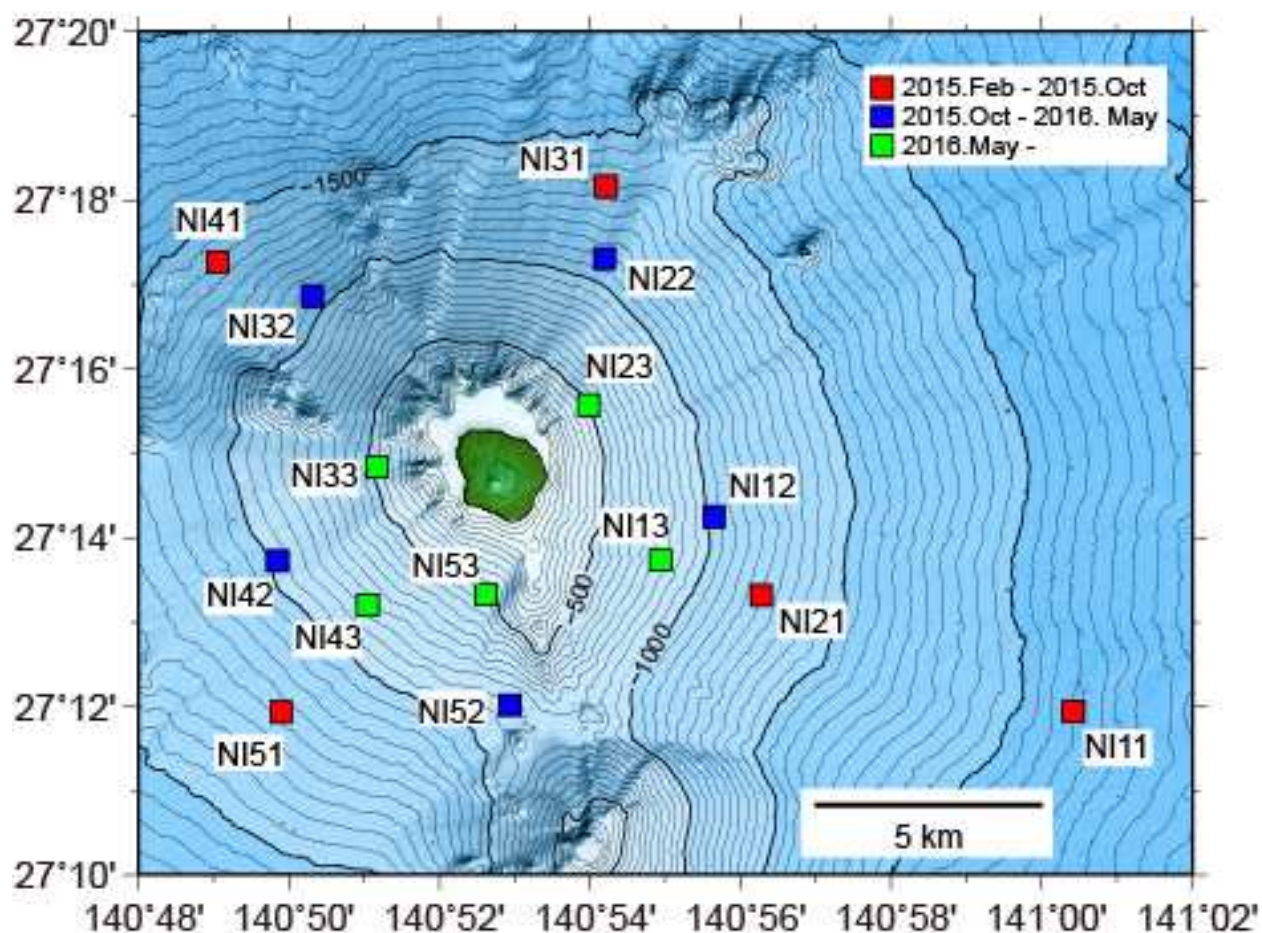


図1 2015年10月3日～2016年5月4日の間の海底地震観測点。海底地形図は、海上保安庁海洋情報部による。

1. 海底地震計データ解析と結果

前回の報告と同様に、4-8Hz 帯域で処理した波形の、2015 年 10 月 5 日～12 月 15 日の間の 10 日ごとの波形例を図 2 に示す．西之島での噴煙の放出を示す紡錘状の波群が 11 月中旬を境に殆ど観測されなくなっている．

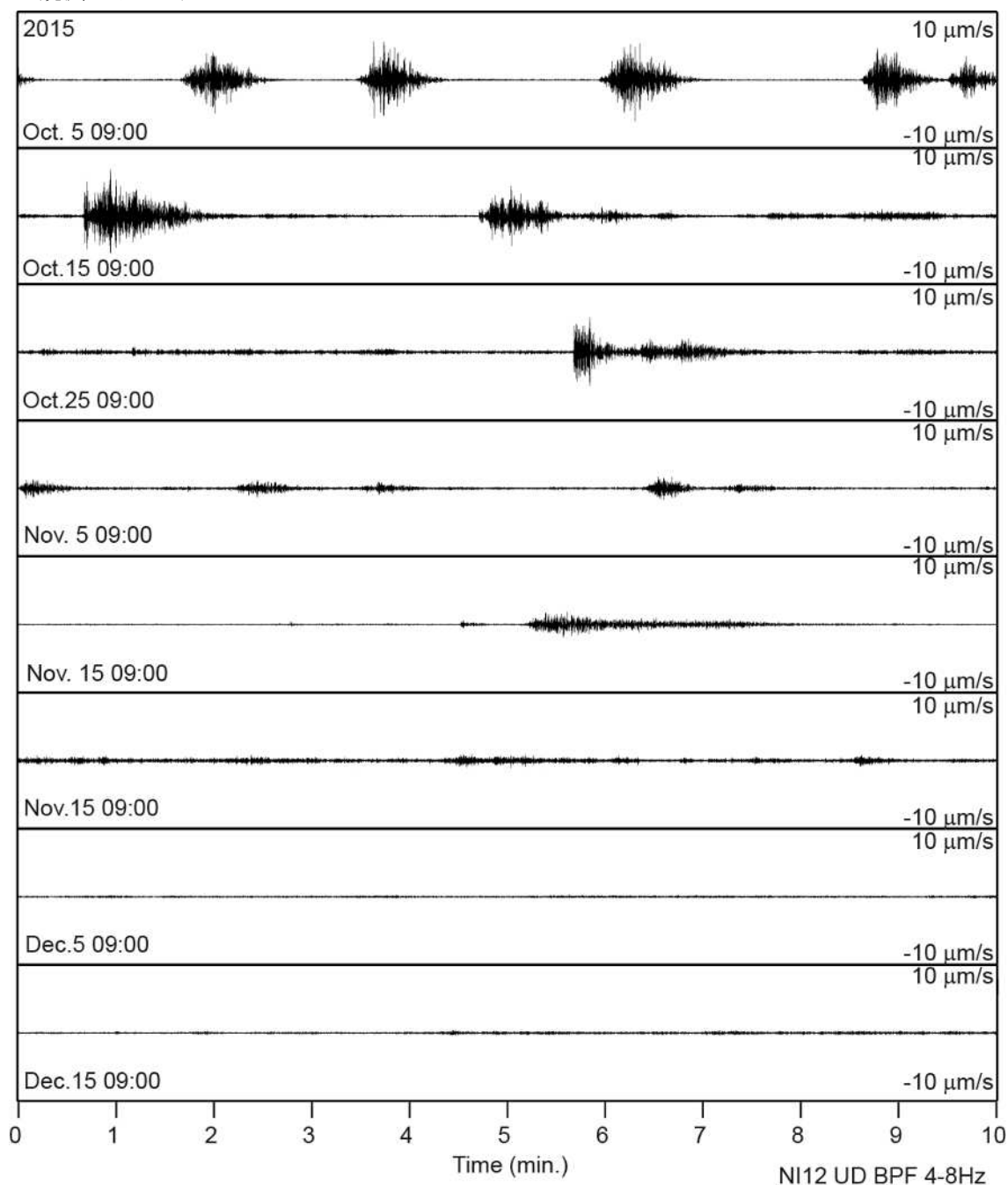


図 2：観測点 NI12 の毎月 1 日午前 9 時（世界標準時間）から 10 分間の上下動記録．4-8Hz のバンドパスフィルターをかけている．

全観測機関の活動推移を把握するため、海底地震計が 3 台以上設置されている 2015/2/28 から 2016/5/4 までを解析対象期間として、STA/LTA 法により、微動波形をカウントした．なお、2015/10/3 までは観測点 NI21（赤線）を 2015/10/4 以降は観測点 NI12（青線）を用いてカウントしている．両観測点の距離は 1 k m 程しか離れておらず、ほぼ均質なデータと考えることが出

西之島

来る。図3のその結果を示す。

図3：観測記録1時間毎の最大振幅（上段）とSTA/LTA法によって検出したイベントの1個あたりの継続時間の1日平均(中段)，1日あたりのイベント個数(下段)。

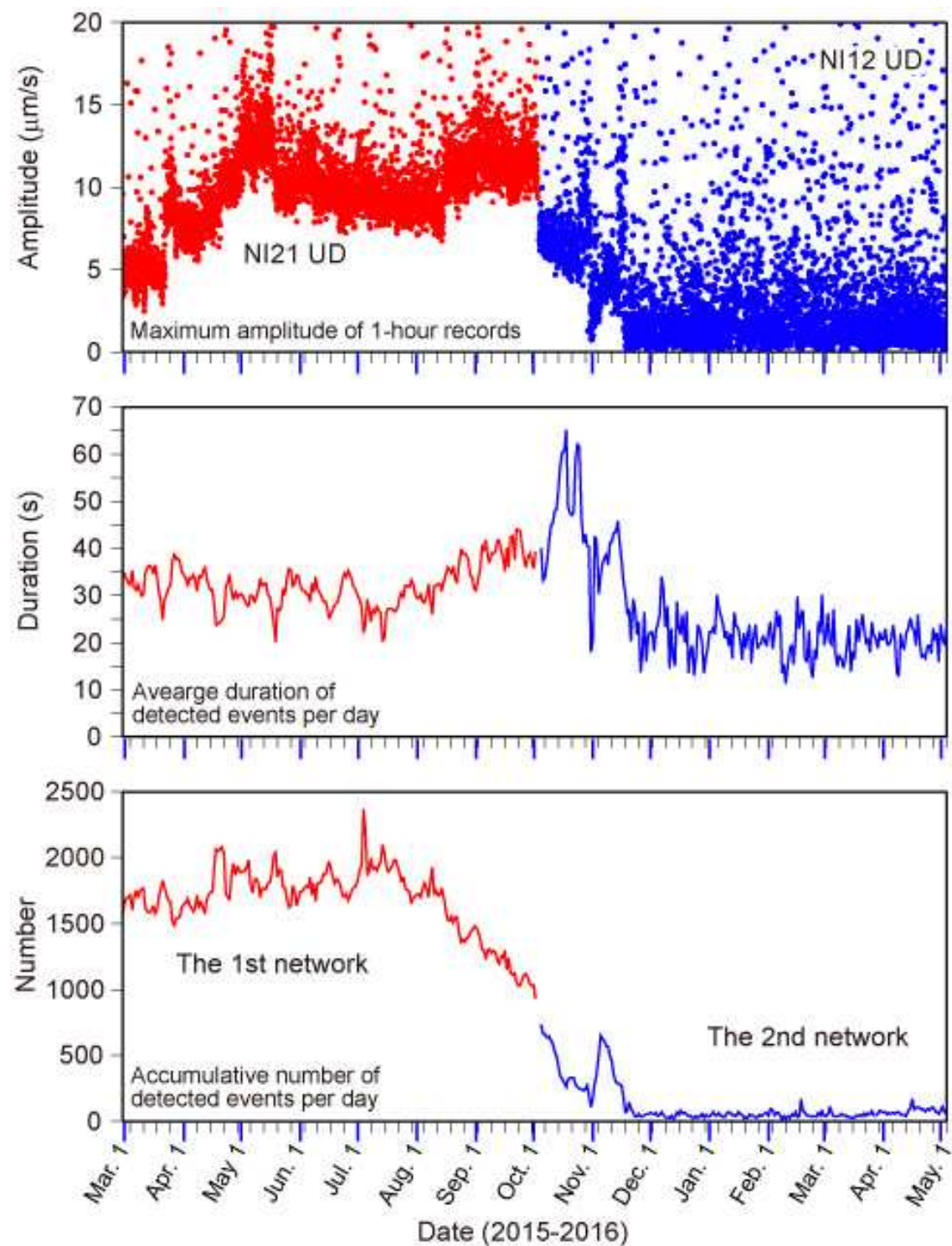


図3からも判るように、2015年11月前半に一時活動の高まりが見られるが、その後は急速に活動が低下し、2015年11月中旬以降は噴煙放出を示す目立ったシグナルは殆ど観測されていない。

西之島火山の空振活動

東京大学地震研究所は、西之島から東方に 130 km の距離にある父島で、西之島の空振モニタリングを行っている。2014 年 4 月 26 日からアレイ観測(OSW・Array)を開始し、2014 年 10 月 5 日にオンラインの観測点(JMAW)を追加した。現在、オンラインの観測点と気象庁の父島地震観測点のデータを用いて、1 日 1 回自動解析により空振検出を行っている。また、父島気象観測所のラジオゾンデによる大気構造計測値を用い、大気構造による伝播経路の変化を考慮した空振振幅評価を行った。今回は、2015 年 9 月以降の空振伝播状況とオンライン観測点データの解析結果を比較した。その結果、空振伝播可能な大気構造は頻繁に実現していること(図 1)、それにも関わらず、活動期に見られたような明瞭なシグナル(図 2)は捉えられていなかった(図 3)。

2015 年 11 月 17 日 14:54 には、空振を伴う強い爆発のあったことが、海上保安庁によって確認されている。データをよく見ると、それに対応するらしい空振が父島で観測されていることが分かった(図 4)。これまでの解析方法は、微弱ながらも連続的なシグナルを検出するようにデザインされていたため、このような単発のシグナルを見落とししている可能性がある。今後、解析方法を検討し、爆発頻度が下がってからのデータを見直していきたい。

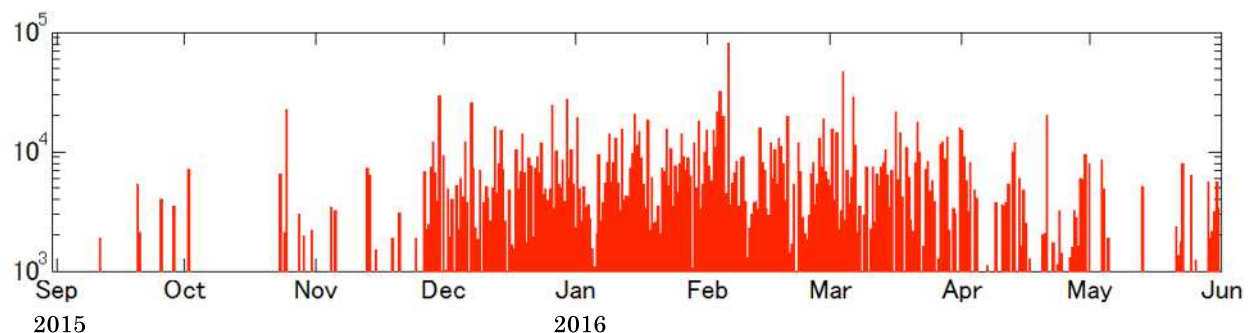


図 1. 大気構造から推定した、西之島から父島への空振到来確率。2015 年 12 月から 2016 年 4 月初めまでは、ほぼ毎日空振が到達できる状況にあった。その後も、伝播可能な大気構造が時折実現している

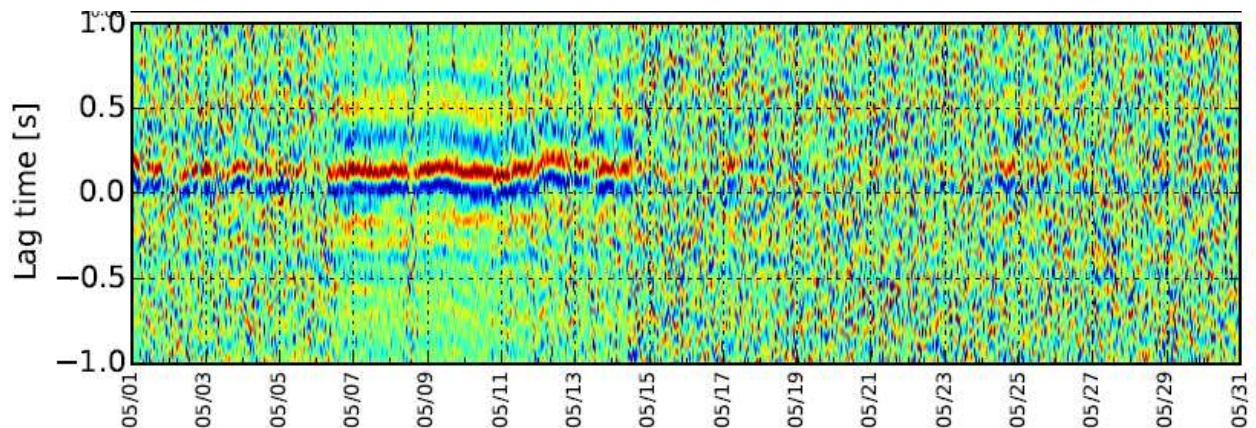


図 2 : 2015 年 5 月の父島オンライン観測点解析結果。5/6-5/13 に見られるような、赤と青の縞模様が西之島方向からの空振シグナルを表す。

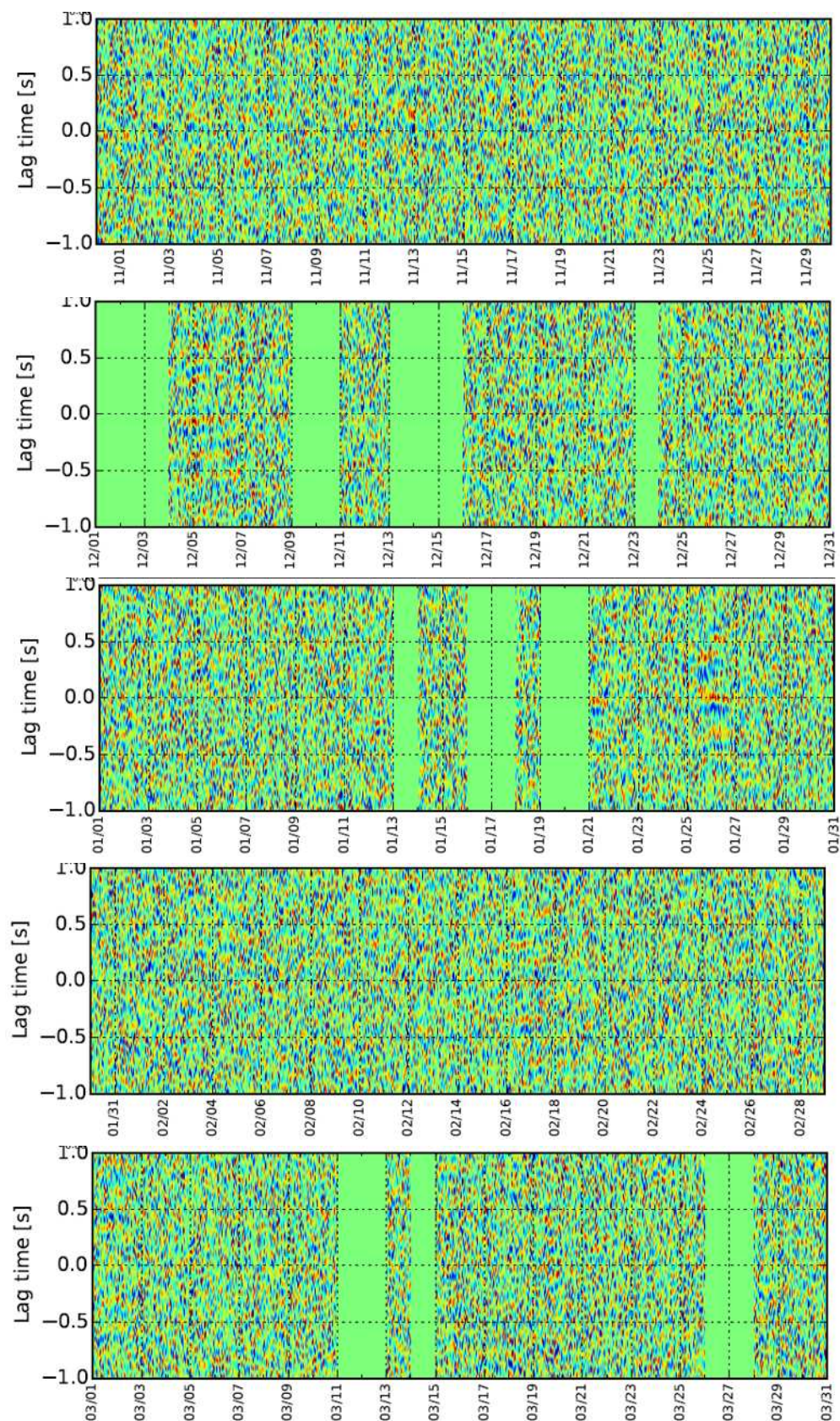


図3：2015年11月から2016年5月までの父島オンライン観測点データの自動解析結果。図2のような明瞭な空振シグナルは見られない。1月にはかすかに見えているかもしれない。

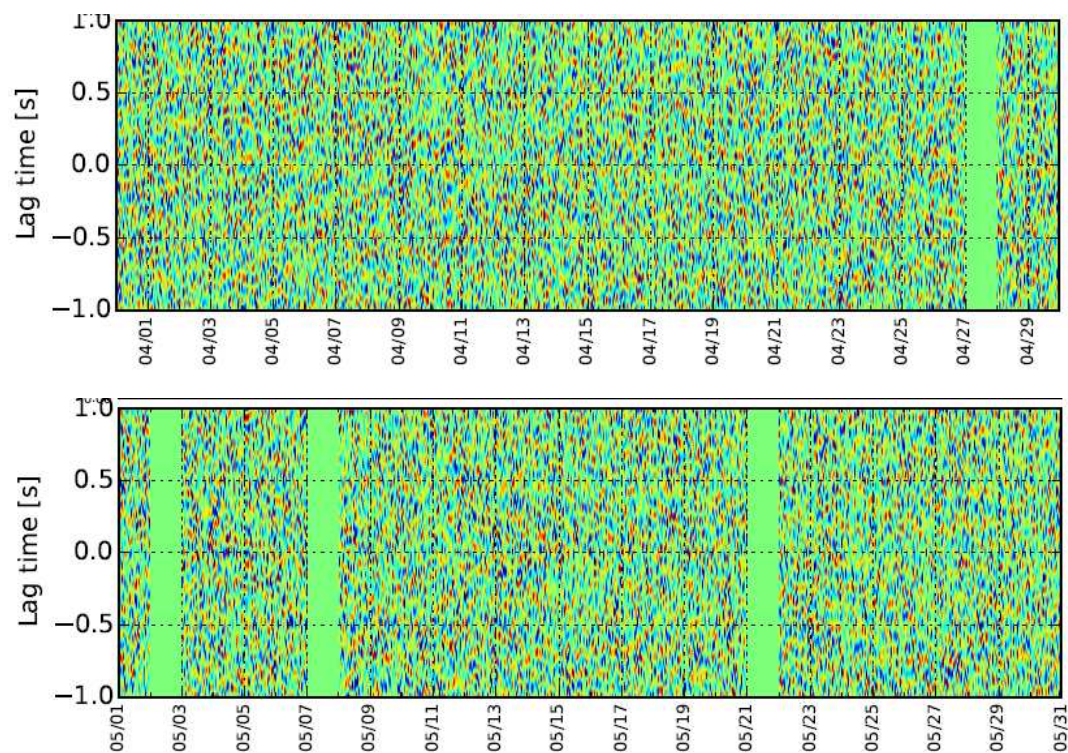


図3 (続き)

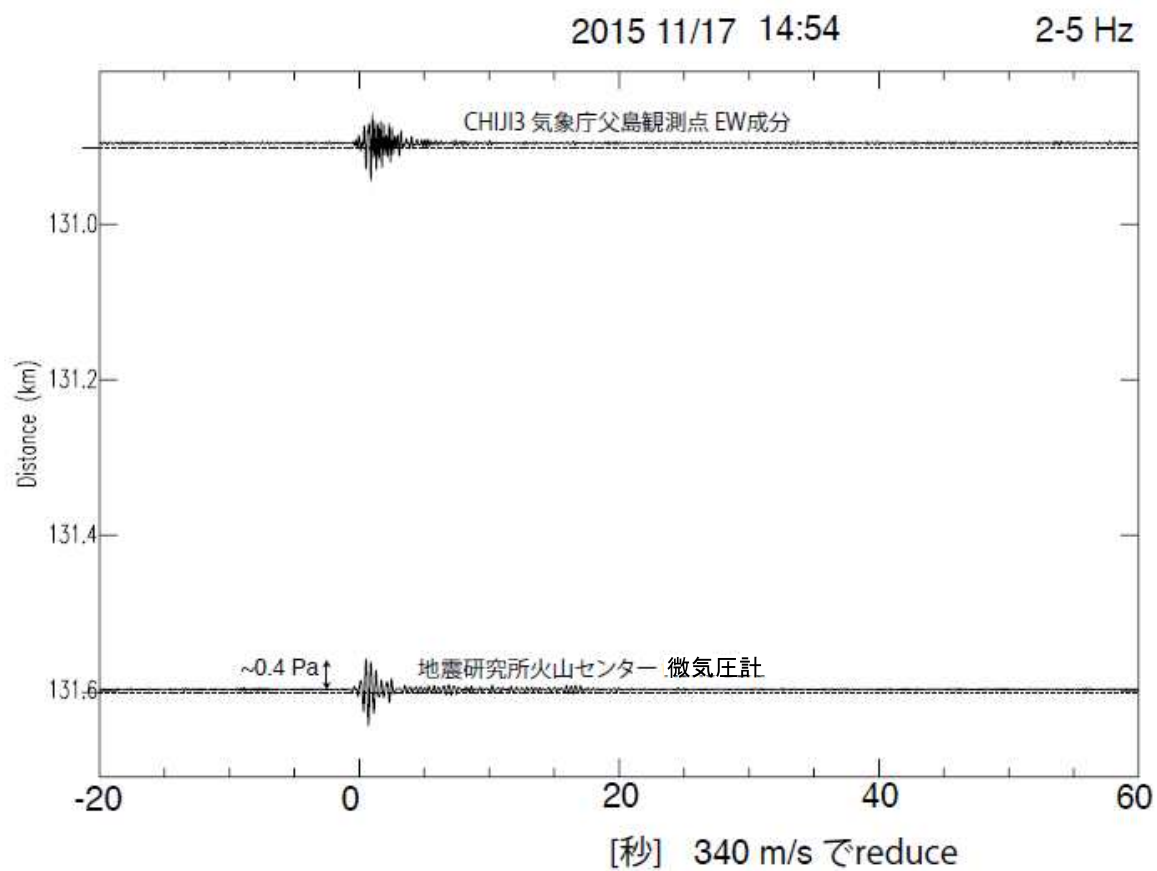
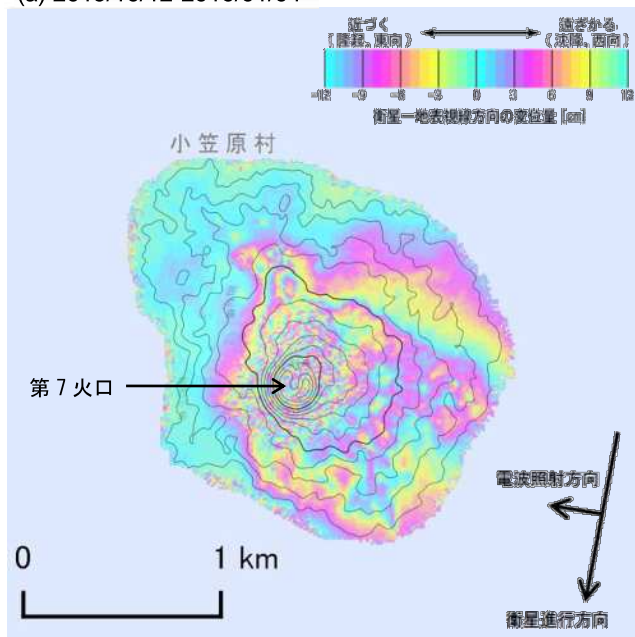


図4 : 2015 年 11 月 17 日 14:54 のブルカノ式噴火に伴う空振. 横軸は, 伝播速度 340 m/s を仮定した到来時刻をゼロとした時間.

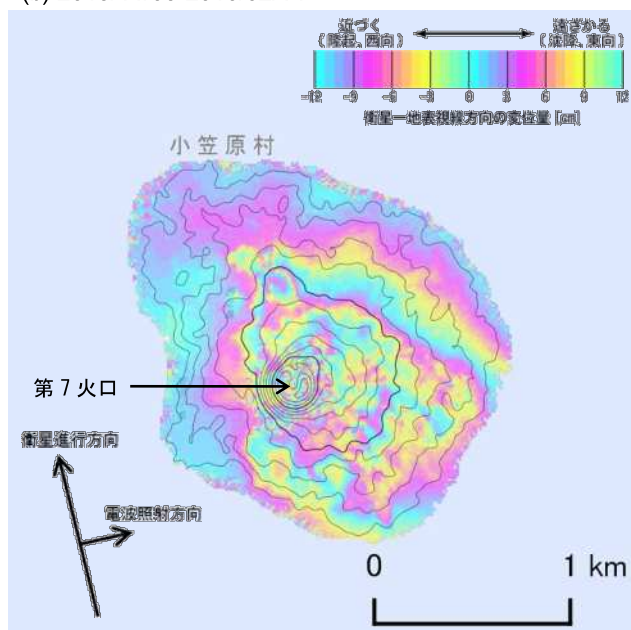
西之島の SAR 干渉解析結果について

- 判読)・SAR 干渉解析では、第7火口の数百 m 南東部を中心に衛星から遠ざかる変動(ほぼ沈降)が継続している。
- ・2.5 次元解析では、第7火口の数百 m 北側から南東部にかけて、2015 年 11 月から 2016 年 2 月の約 3 ヶ月(98 日間)で最大 25cm 程度の沈降が見られる。また、その後の 3 ヶ月間では沈降量が鈍化している。

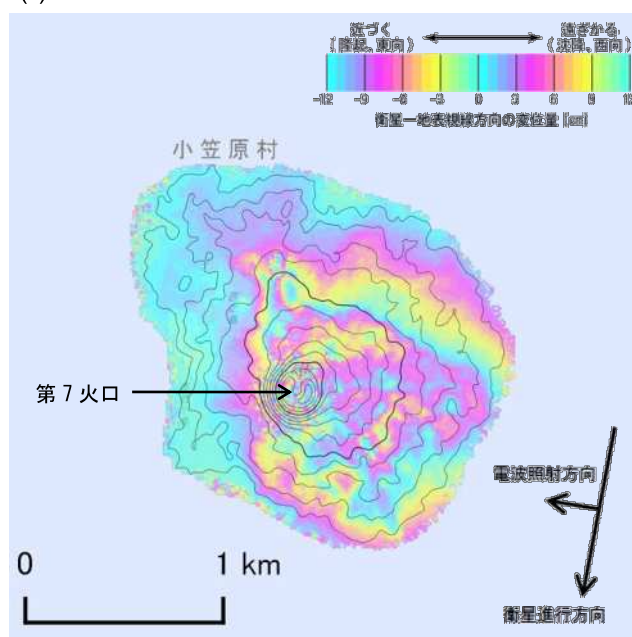
(a) 2015/10/12-2016/01/04



(b) 2015/11/08-2016/02/14

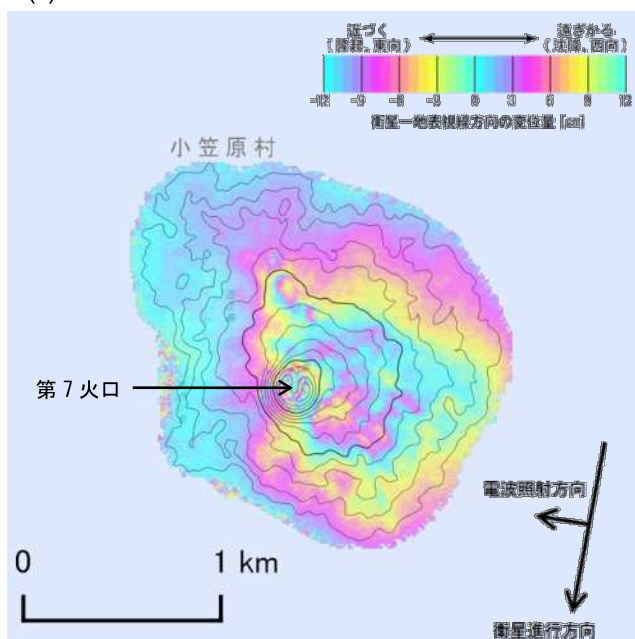


(c) 2015/11/14-2016/02/20

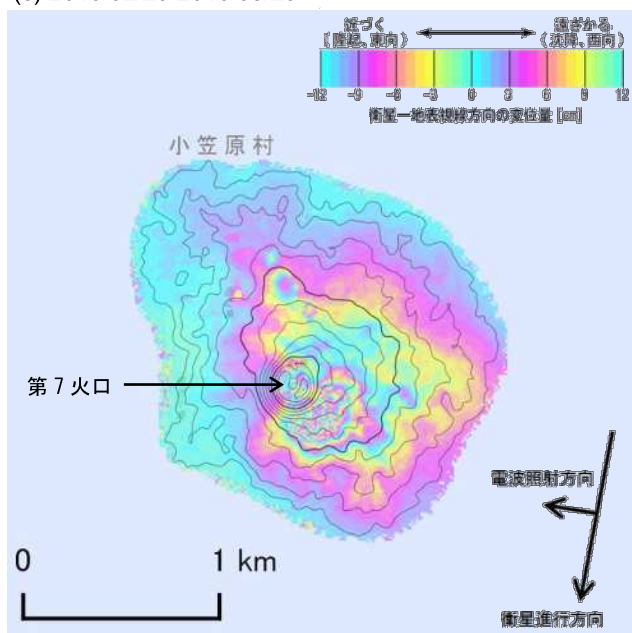


背景：地理院地図 標準地図 等高線（10m 間隔：国土地理院技術資料 C1-462）

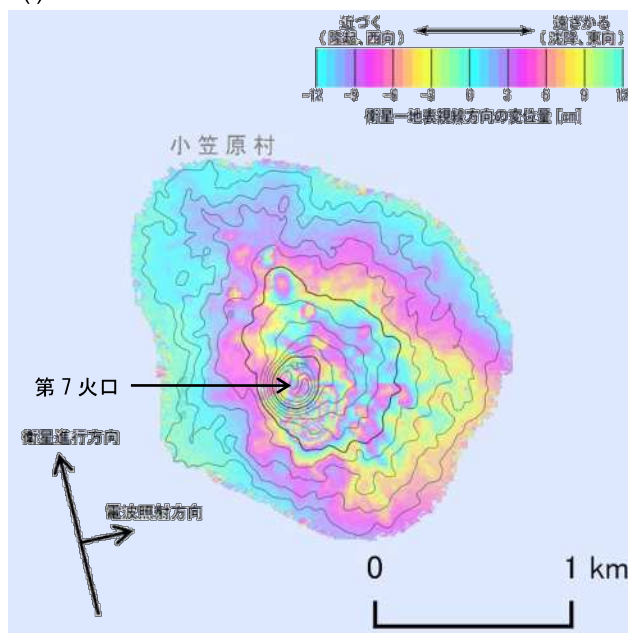
(d) 2016/01/04-2016/04/11



(e) 2016/02/20-2016/05/28

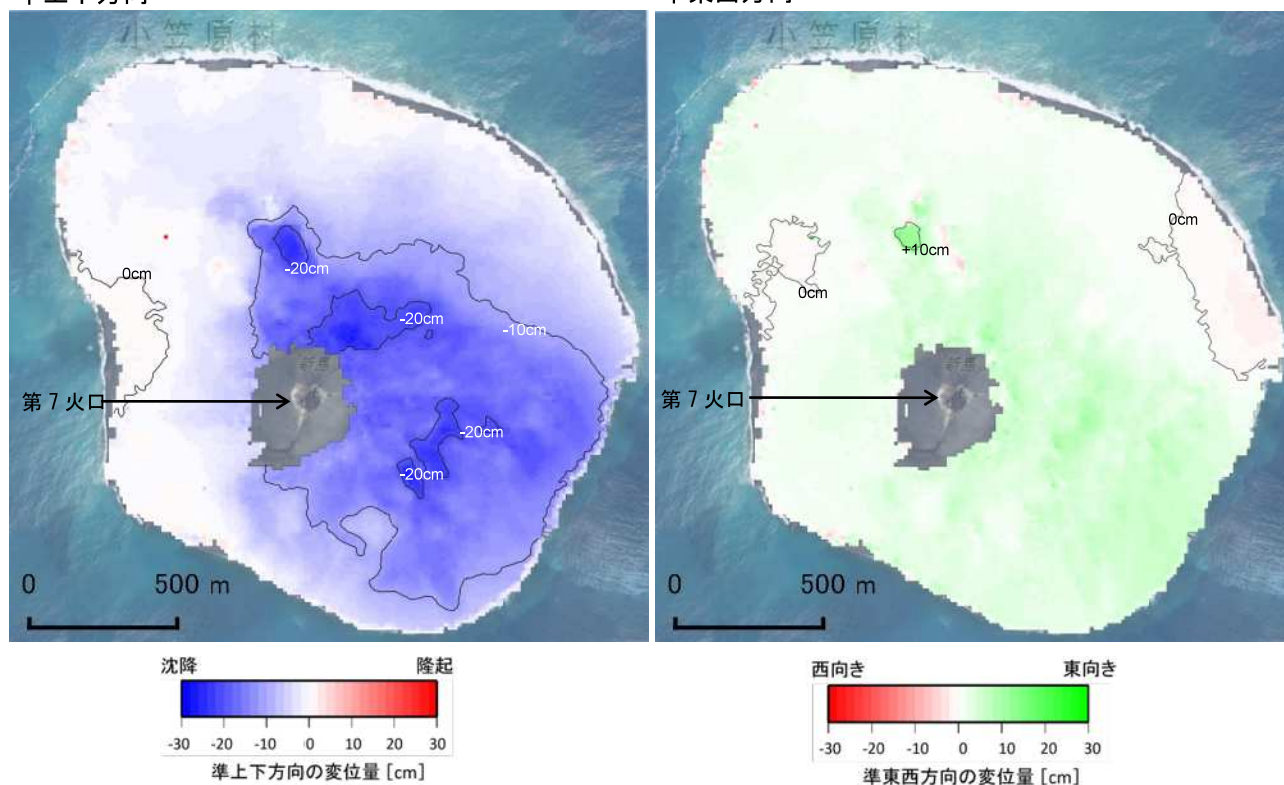


(f) 2016/02/14-2016/06/05

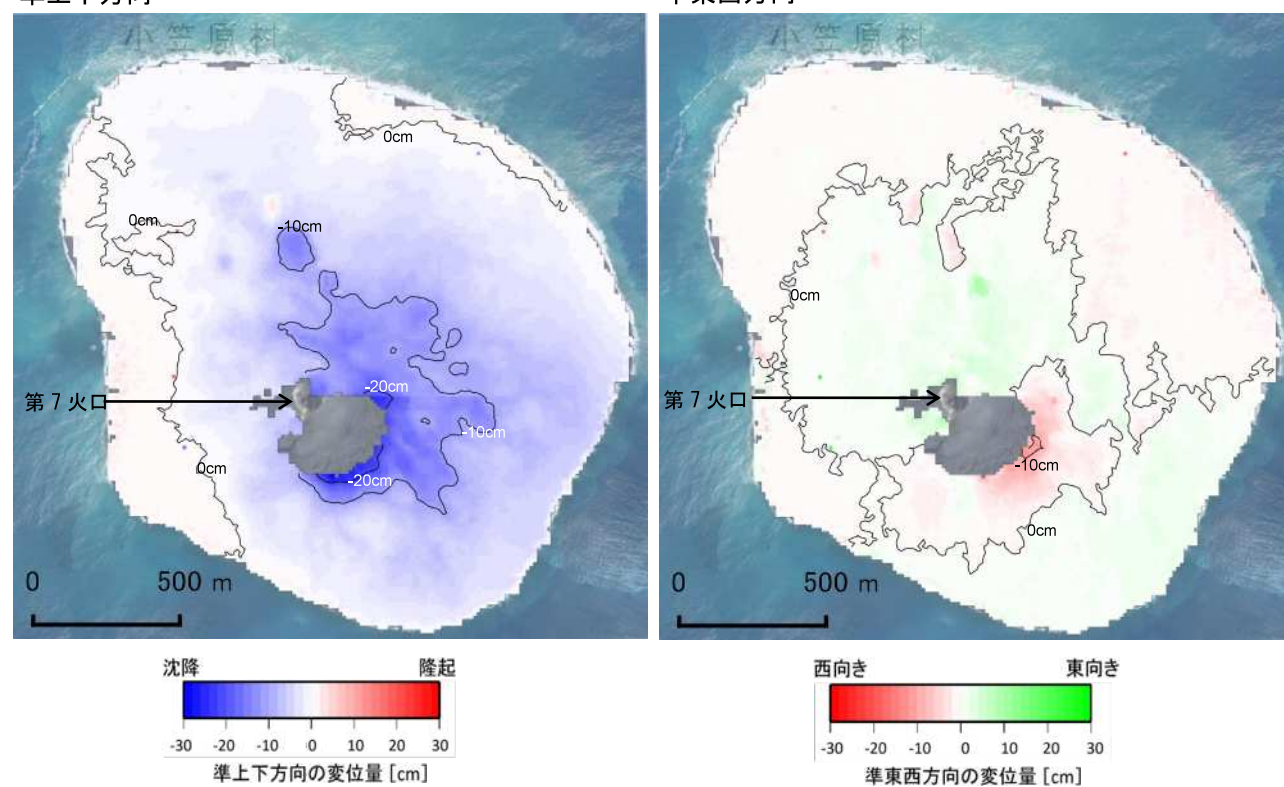


背景：地理院地図 標準地図 等高線（10m 間隔：国土地理院技術資料 C1-462）

【(b) 2015/11/08-2016/02/14 及び(c) 2015/11/14-2016/02/20 から 2.5 次元解析をした結果】
 準上下方向 準東西方向



【(e) 2016/02/20-2016/05/28 及び(f) 2016/02/14-2016/06/05 から 2.5 次元解析をした結果】
 準上下方向 準東西方向



背景：地理院地図 正射画像（無人航空機（UAV）：2016年3月3日撮影） 標準地図

解析：国土地理院 原初データ所有：JAXA

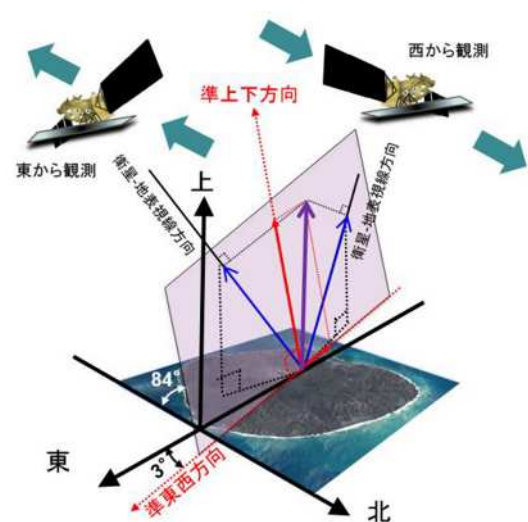
西之島

	(a)	(b)	(c)	(d)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2015/10/12 2016/01/04 11:31 頃 (84 日間)	2015/11/08 2016/02/14 23:34 頃 (98 日間)	2015/11/14 2016/02/20 11:38 頃 (98 日間)	2016/01/04 2016/04/11 11:31 頃 (98 日間)
衛星進行方向	南行	北行	南行	南行
電波照射方向	右	右	右	右
観測モード*	U-U	U-U	U-U	U-U
入射角(中心)	43.0°	33.8°	31.5°	43.0°
偏波	HH	HH	HH	HH
垂直基線長	+ 155 m	+ 99 m	+ 202 m	+ 31 m
使用 DEM	国土地理院 技術資料 C1-458 (2015 年 12 月 9 日撮影)		国土地理院 技術資料 C1-462 (2016 年 3 月 3 日撮影)	

*U: 高分解能(3m)モード

	(e)	(f)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2016/02/20 2016/05/28 11:33 頃 (98 日間)	2016/02/14 2016/06/05 23:35 頃 (112 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(中心)	32.5°	34.3°
偏波	HH	HH
垂直基線長	+76 m	- 362 m
使用 DEM	国土地理院 技術資料 C1-462 (2016 年 3 月 3 日撮影)	

*U: 高分解能(3m)モード



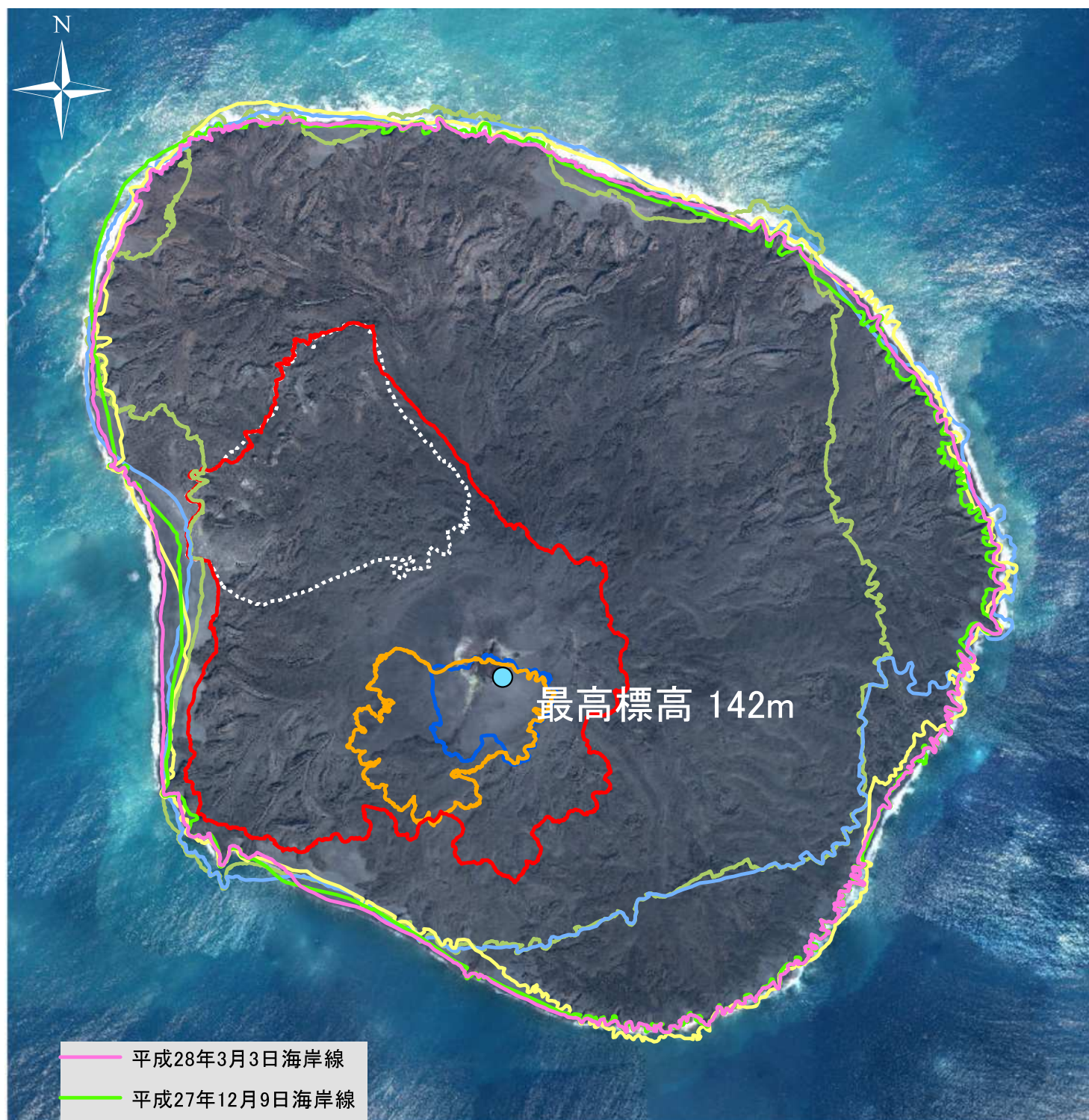
2.5 次元解析の概念図

<備考>

(e) と (f) の 1 回目と 2 回目の観測間隔が 98 日と 112 日で異なるため、(f) の解析結果に係数 (98/112) をかけて、(f) の位相変化量を (e) の観測間隔 (98 日) に合わせた後、2.5 次元解析を実施した。

西之島正射画像(平成28年3月3日撮影)

海岸線の変遷(2013.12.4～2016.3.3)

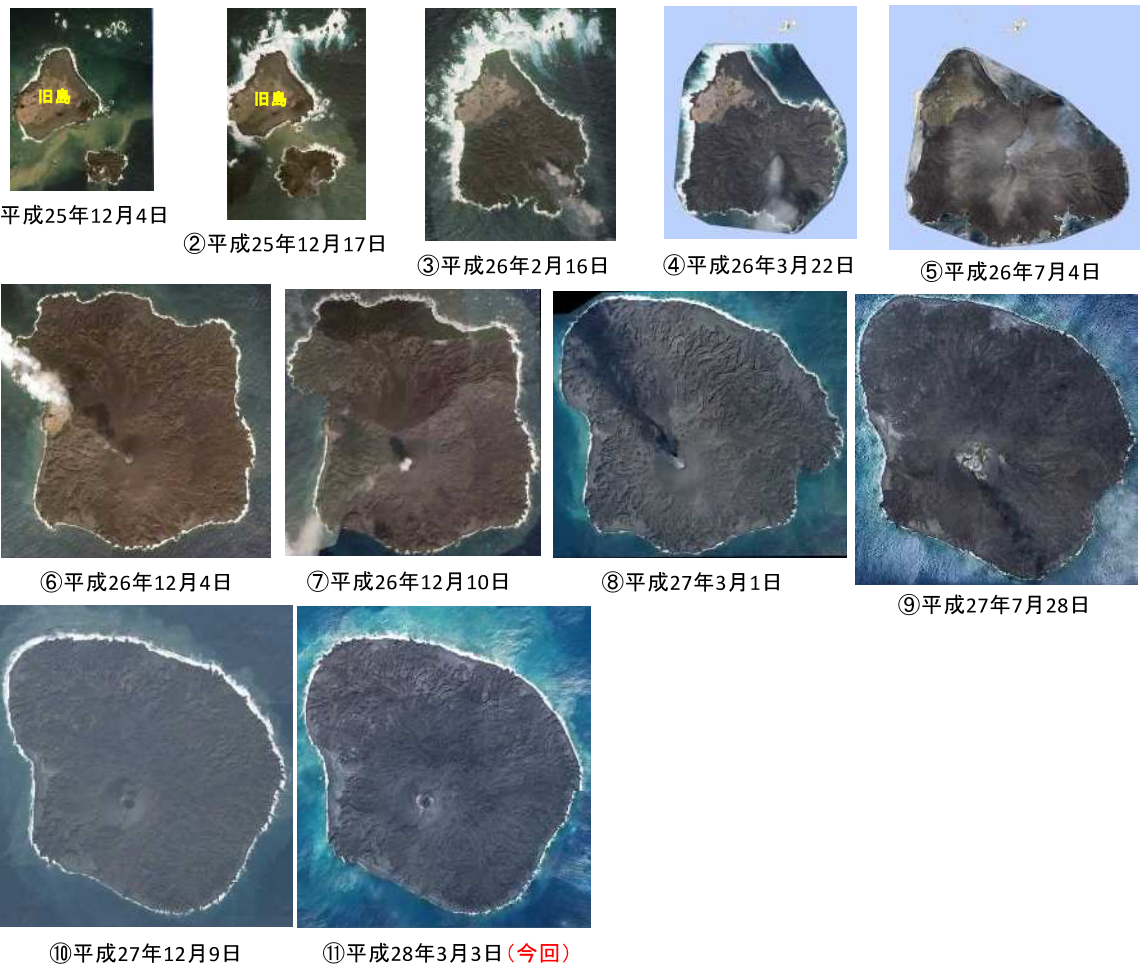


- 平成28年3月3日海岸線
- 平成27年12月9日海岸線
- 平成27年7月28日海岸線
- 平成27年3月1日海岸線
- 平成26年12月4日海岸線
- 平成26年2月16日海岸線
- 平成25年12月17日海岸線
- 平成25年12月4日海岸線
- 西之島旧島海岸線

0 250 500 1,000 m

面積 約2.73km²(3月3日現在)

これまで撮影した空中写真の比較

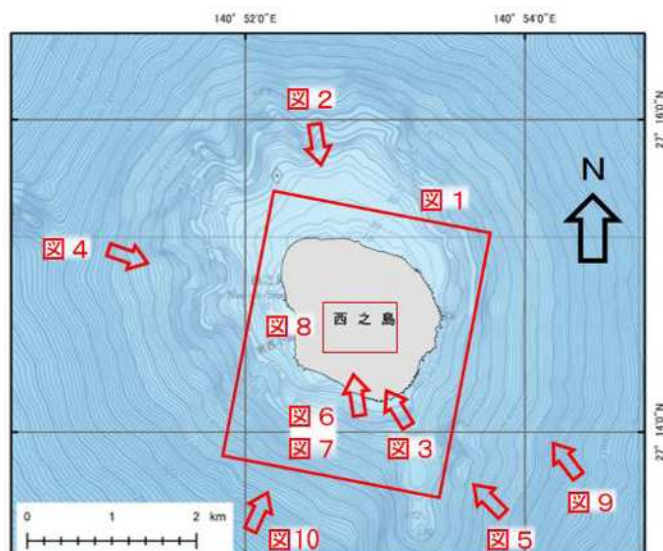


これまでの計測結果の比較 ※ 1

撮影日	新たな 陸地の面積 ※ 2 (参考値)	最高標高 (参考値)	新たに噴出した 溶岩等の 海面上の体積 (参考値)	海面上への 溶岩の流出速度 (参考値)
②平成25年12月17日 (「くにかぜⅢ」による撮影)	0. 097 km ²	約39 m	約80万m ³	1日当たり 約12万m ³
③平成26年2月16日 (「くにかぜⅢ」による撮影)	約0. 51 km ²	約66 m	約790万m ³	1日当たり 約10万m ³
④平成26年3月22日 (UAVによる撮影)	約0. 67 km ²	約71 m	約1, 130万m ³	1日当たり 約10万m ³
⑤平成26年7月4日 (UAVによる撮影)	約1. 08 km ²	約74 m	約2, 220万m ³	1日当たり 約18万m ³
⑥平成26年12月4日 (「くにかぜⅢ」による撮影)	約2. 27 km ²	約110 m	約4, 970万m ³	1日当たり 約17万m ³
⑧平成27年3月1日 (UAVによる撮影)	約2. 55 km ²	約137 m	約6, 446万m ³	1日当たり 約14万m ³
⑨平成27年7月28日 (UAVによる撮影)	約2. 74 km ²	約150 m	約8, 511万m ³	1日当たり 約2万m ³
⑩平成27年12月9日 (「くにかぜⅢ」による撮影)	約2. 71 km ²	約142 m	約8, 801万m ³	—
⑪平成28年3月3日 (UAVによる撮影)	約2. 73 km ²	約142 m	約8, 721万m ³	※ 3

※ 1 ①平成25年12月4日と⑦平成26年12月10日に撮影した写真は、雲や噴煙が多く地形を立体的に把握することが困難であり、計測結果の比較表には掲載していない。
※ 2 「新たな陸地の面積 (参考値)」は、②平成25年12月17日の撮影分以外は、旧島部分を含む。
※ 3 「新たに噴出した溶岩等の海面上の体積 (参考値)」に大きな変化が見られなかったため、新たな溶岩の流出はほとんど無いものと考えられ、空欄としている。

西之島



西之島の概形は海上保安庁の2015/9/18の調査結果から作成した。
また、海底地形は海上保安庁発行沿岸の海の基本図「西之島」を使用した。

○ 最近の活動について

年月日	調査機関等	活 動 状 況
2016/2/16	第三管区 海上保安本部	第7火口からの噴火の発生等の火山活動に伴う特異事象は認められなかった。
2016/2/18	海上自衛隊	第7火口からの噴火の発生等の火山活動に伴う特異事象は認められなかった。 また、西之島周辺の海岸線に幅約 300～100mの薄い褐色の変色水域が分布していた。
2016/3/5	海上保安庁	調査中、噴火・噴煙等の火山活動はなかった。 西之島の西岸を除く海岸線付近に幅約 50m～200mで西之島を取り巻くように褐色～青白色の変色水域が分布していた。また北西岸からは、北西沖へ幅約 1,000m、長さ約 1,000mで褐色の変色水域が分布していた。 熱計測の結果、前回調査時の2月3日と温度分布状況に顕著な変化はなかった。 西之島の総面積は、2.64km ² 、新たな陸地の面積は、2.63km ² で前回観測時とほぼ変化がなかった。 また、新たな陸地の大きさは東西方向約 1,940m、南北方向約 1,930mで前回比較して概ね変化がなかった。
2016/3/29	海上保安庁	西之島周辺に幅約 200m～1,500mの範囲に薄い褐色の変色水域を認めた（図1）。 第7火口及びその付近からの噴火・噴煙は認められなかった（図2）。熱赤外線画像では第7火口の火口縁及び第7火口付近の溶岩流で若干温度が高い部分が認められたが、顕著な高温域等の特異事象はなかった。

年月日	調査機関等	活 動 状 況
2016/4/14	海上保安庁	調査中、第 7 火口からの噴火の発生はなかったが、第 7 火口からの噴気の放出があった。噴気は、火砕丘南側及び東側斜面にも認められ、噴気の付近には硫黄の析出と考えられる黄色領域が確認された（図 3）。 熱赤外線画像からは、第 7 火口の火口縁及び火砕丘周辺の溶岩原には地表温度の高い領域が点在していたが、前回の観測と比較して顕著な変化などの特異事象は認められなかった。 また、新たな溶岩流等の地形変化は確認できなかった。 西之島周辺の海岸線には薄い青白色の変色水域が、幅約 200～300m で分布していた。 西之島南方の西之島南海丘及び付近海域は、天候不良のため調査できなかった。
2016/5/4	海上保安庁	顕著な特異事象は認められなかった。 第 7 火口及び火砕丘南斜面噴気帯から白色噴気の連続的な放出を認められた（図 4）。 また、第 7 火口周辺及び火砕丘南側噴気帯には白色及び黄色の硫黄の析出が認められた。 熱計測の結果、顕著な高温域は認められなかったが、西之島東地区では周辺と比較して若干温度が高い場所があった（図 5）。 変色水域は、青白色で西之島の周辺の海岸線に沿って幅約 200～300m で分布していた。
2016/5/20	海上保安庁	第 7 火口から青紫色を帯びた火山ガスの放出を認めた（図 6）。 第 7 火口の火口縁や火砕丘には、硫黄の析出と考えられる複数の黄色領域が確認された（図 6）。 火砕丘では、火口南縁のくびれた部分を中心に数条のクラックに発達し、南縁部一帯の領域が若干火口方向へ落ち込んでいた（図 7）。これらのクラックからは、噴気の放出及び硫黄の析出が確認された。なお、これらのクラックは 2016 年 3 月 5 日の観測では小規模なものが確認できた。 熱計測画像からは、第 7 火口の火口縁及び火砕丘周辺の溶岩原に地表温度の高い領域が点在していたが（図 8）、2016 年 3 月 5 日の観測結果と比較して顕著な温度分布の変化等の特異事象は認められなかった。 西之島の北側から東側の海岸線に青白色の変色水域が幅約 200m～300m で分布していた（図 9）。また、西之島の南岸の 1 ヲ所から薄い黄緑色の変色水域が帯状で南東方向に長さ約 500m、幅約 100m で分布していた（図 10）。

年月日	調査機関等	活 動 状 況
		西之島の総面積は、2.66km^2、新たな陸地の面積は、2.65km^2で、前回観測時の2016年3月5日のそれぞれ2.64km^2、2.63km^2と比較すると若干の面積増となった。溶岩流の先端では崩落しているが、一部の海岸線に認められる砂浜の発達が原因と考えられる。 また、新たな陸地の大きさは東西方向約1,920m、南北方向約1,920mで、前回観測時の2016年3月5日の東西方向約1,940m、南北方向約1,930mと比較すると顕著な変化がなかった。 西之島南方の西之島南海丘及び付近海域において変色水域等の特異事象は認められなかった。



図 1 西之島の変色水域

2016年3月29日 13:15 撮影



図 2 西之島第7火口

2016年3月29日 13:16 撮影



図 3 第7火口の噴気

2016年4月14日 13:23 撮影



図 4 第7火口の噴気（西から撮影）

2016年5月4日 05:24 撮影

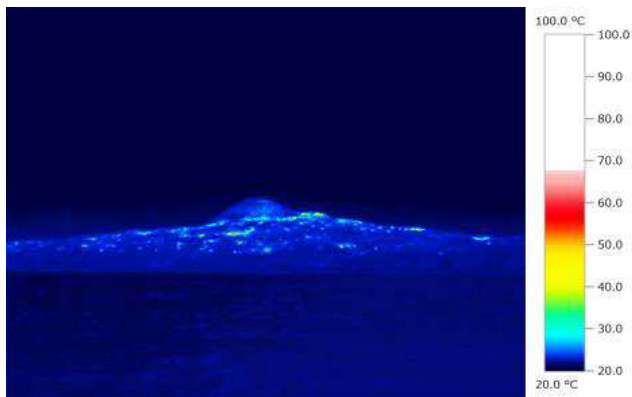


図 5 西之島南東側の熱計測画像
2016 年 5 月 4 日 05 : 41 撮影



図 6 第 7 火口の噴気
2016 年 5 月 20 日 12 : 58 撮影



図 7 火砕丘南斜面のクラック
2016 年 5 月 20 日 12 : 58 撮影

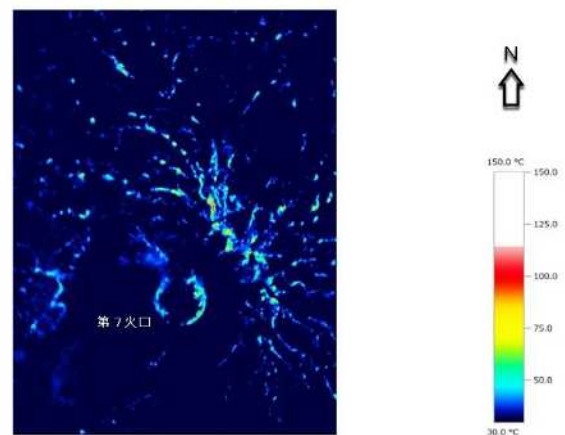


図 8 第 7 火口付近の熱計測画像
2016 年 5 月 20 日 12 : 25 撮影



図 9 西之島北岸から東岸の変色水域
2016 年 5 月 20 日 12 : 41 撮影



図 10 西之島南岸の変色水域
2016 年 5 月 20 日 13 : 05 撮影

新 潟 焼 山

(2016 年 5 月 31 日現在)

5 月 6 日に、ごく小規模な噴火に伴うものとみられる降灰を確認した。5 月 1 日に小さな火山性地震が増加して以降、地震回数は減少してきているが、5 月 4 日以降、低周波地震も時々発生している。昨年（2015 年）夏頃からの噴煙がやや高く上がる傾向は継続している。

想定火口内（山頂から半径 1 km 以内）に影響を及ぼすような噴火が発生するおそれがある。今後も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（2016 年 1 月～5 月 31 日）

・ 噴気など表面現象の状況（図 1～4、図 5-①）

5 月 6 日に新潟県警察の協力により実施した上空からの観測で、山頂東側斜面の噴気孔周辺に南北約 400m、東西約 200m にわたり、ごく小規模な噴火に伴うものとみられる降灰を確認した。4 月 15 日に新潟県の協力により実施した上空からの観測でも、山頂東側斜面の噴気孔の近傍にわずかに降灰を確認した。このような火山灰の噴出があった時期は不明であるが、この観測までに複数回発生していた可能性がある。

新潟県土木部砂防課が焼山温泉（山頂の北北西約 8 km）に設置している監視カメラによる観測では、2015 年夏頃からみられる、山頂部東側斜面の噴煙がやや高く上がる傾向は継続しており、高いときで火口縁上 400m 程度まで上がっている。また、2015 年 12 月下旬からの噴煙量の多い状態も継続している。

・ 地震活動（図 5-②、図 6～9）

今期間、火山性地震はやや多い状態で経過している。5 月 1 日に振幅の小さな火山性地震が増加し、2 日以降は減少してきているが 1 日以前の状態には戻っていない。また、5 月 4 日以降、低周波地震が時々発生している。

・ 地殻変動（図 5-③～⑥、図 10～11）

山頂の北約 4 km に設置しているカラサワ観測点の傾斜計では、地震の増加に先行して、4 月 30 日頃から 5 月 1 日頃にかけて、山頂方向上がり（南上がり）の変化がみられた。

GNSS による地殻変動観測では、2016 年 1 月頃から新潟焼山を南北に挟む基線で伸びがみられている。



図 1 新潟焼山 山頂付近の降灰の状況（2016 年 5 月 6 日撮影）

- ・ 5 月 6 日に新潟県警察の協力により実施した上空からの観測で、山頂東側の噴気孔周辺の南北約 400m、東西約 200m にわたり、降灰と考えられる噴出物が認められた。

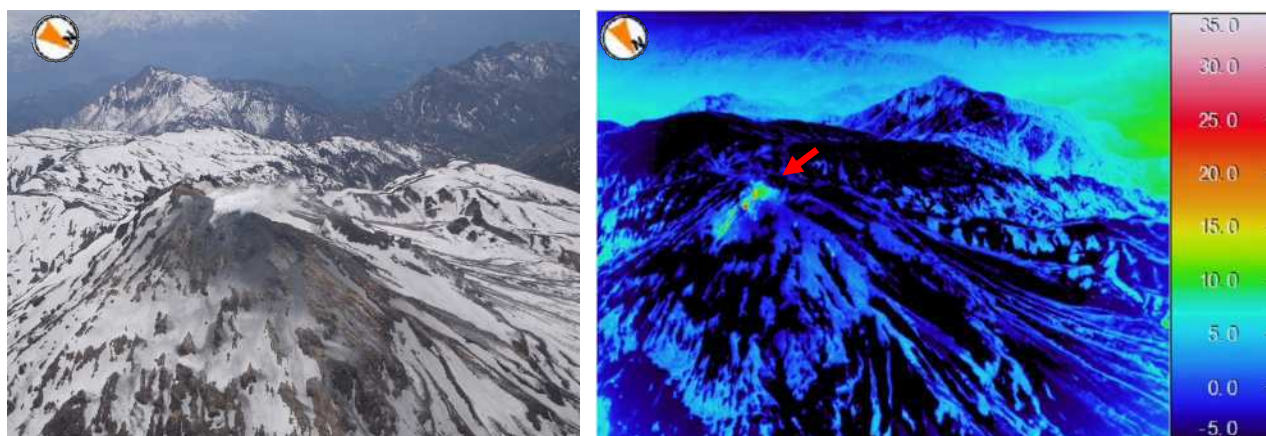


図 1、図 3 のおよその撮影方向

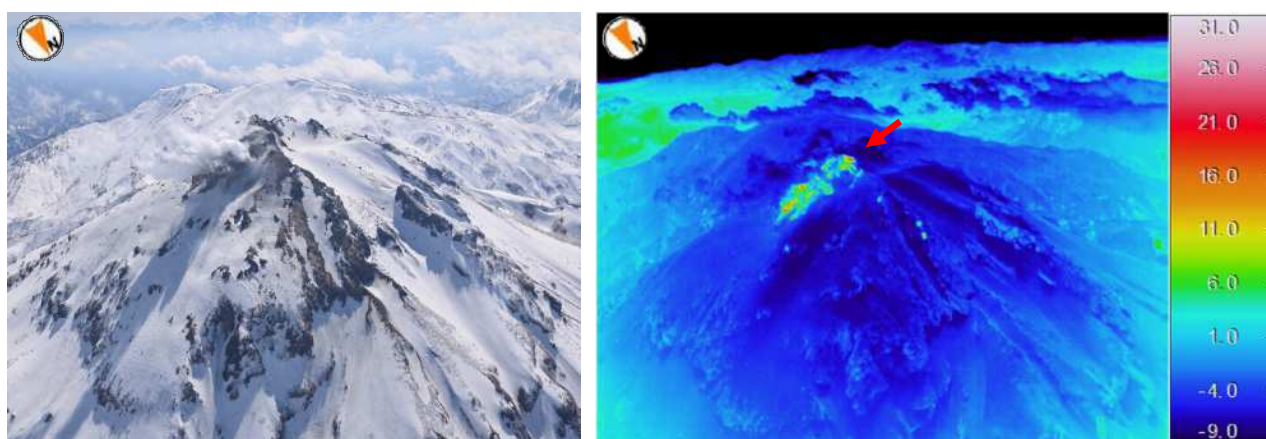
図 2 新潟焼山 降灰の分布状況

※図 1 から読み取った降灰の範囲を示す。

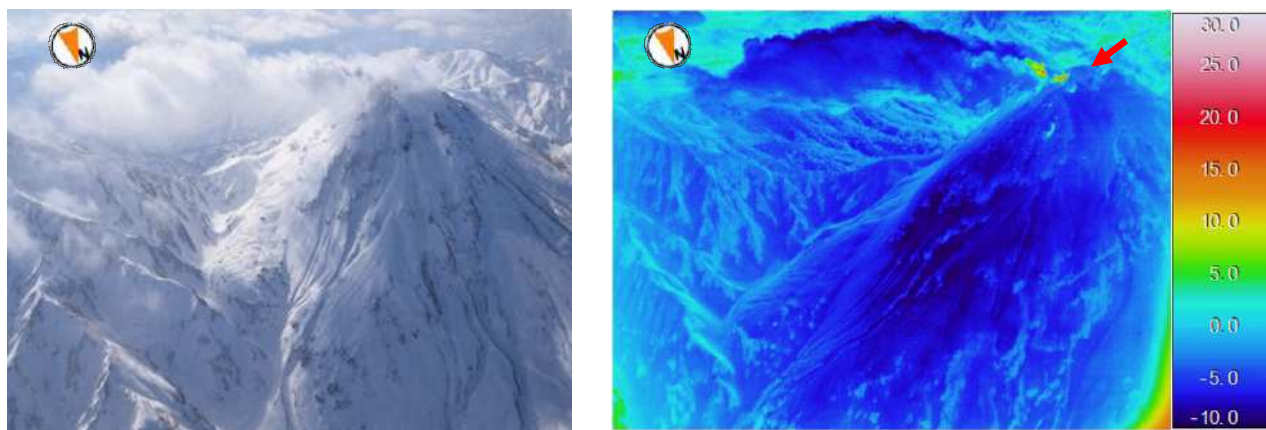
再調査等により、後日分布範囲が修正されることがある。



2016 年 5 月 6 日 撮影（新潟県警察の協力による）



2016 年 4 月 15 日 撮影（新潟県の協力による）



2016 年 1 月 28 日 11 時 14 分 北側より撮影（左：可視画像、右：熱赤外画像）

国土交通省北陸地方整備局松本砂防事務所の協力により実施

図 3 新潟焼山 地熱域の分布

- ・ 4 月 15 日に新潟県の協力により実施した上空からの観測でも、山頂周辺の噴気孔近傍にわずかな降灰を確認した。
- ・ 山頂周辺の地熱域の状況（赤矢印）は、5 月 6 日及び 4 月 15 日ともに、前回（1 月 28 日）と比較して特段の変化はなかった。

いずれも新潟県土木部砂防課提供



2016 年 1 月 28 日 07 時 20 分



2016 年 2 月 8 日 07 時 10 分



2016 年 2 月 18 日 07 時 30 分



2016 年 3 月 12 日 09 時 00 分



2016 年 3 月 28 日 07 時 30 分



2016 年 4 月 1 日 08 時 20 分



2016 年 4 月 12 日 06 時 00 分



2016 年 4 月 15 日 17 時 10 分

図 4-1 新潟焼山 焼山温泉監視カメラによる噴煙の状況（2016 年 1 月 28 日～5 月 16 日）

・昨年（2015 年）夏頃からの噴煙がやや高く上がる傾向は現在も継続している。

いずれも新潟県土木部砂防課提供



2016 年 4 月 23 日 07 時 00 分



2016 年 4 月 30 日 06 時 10 分



2016 年 5 月 1 日 04 時 40 分



2016 年 5 月 2 日 17 時 10 分



2016 年 5 月 3 日 07 時 50 分



2016 年 5 月 6 日 04 時 50 分



2016 年 5 月 12 日 12 時 30 分



2016 年 5 月 16 日 08 時 20 分

図 4-2 新潟焼山 焼山温泉監視カメラによる噴煙の状況 (2016 年 1 月 28 日～5 月 16 日)

・昨年 (2015 年) 夏頃からの噴煙がやや高く上がる傾向は現在も継続している。

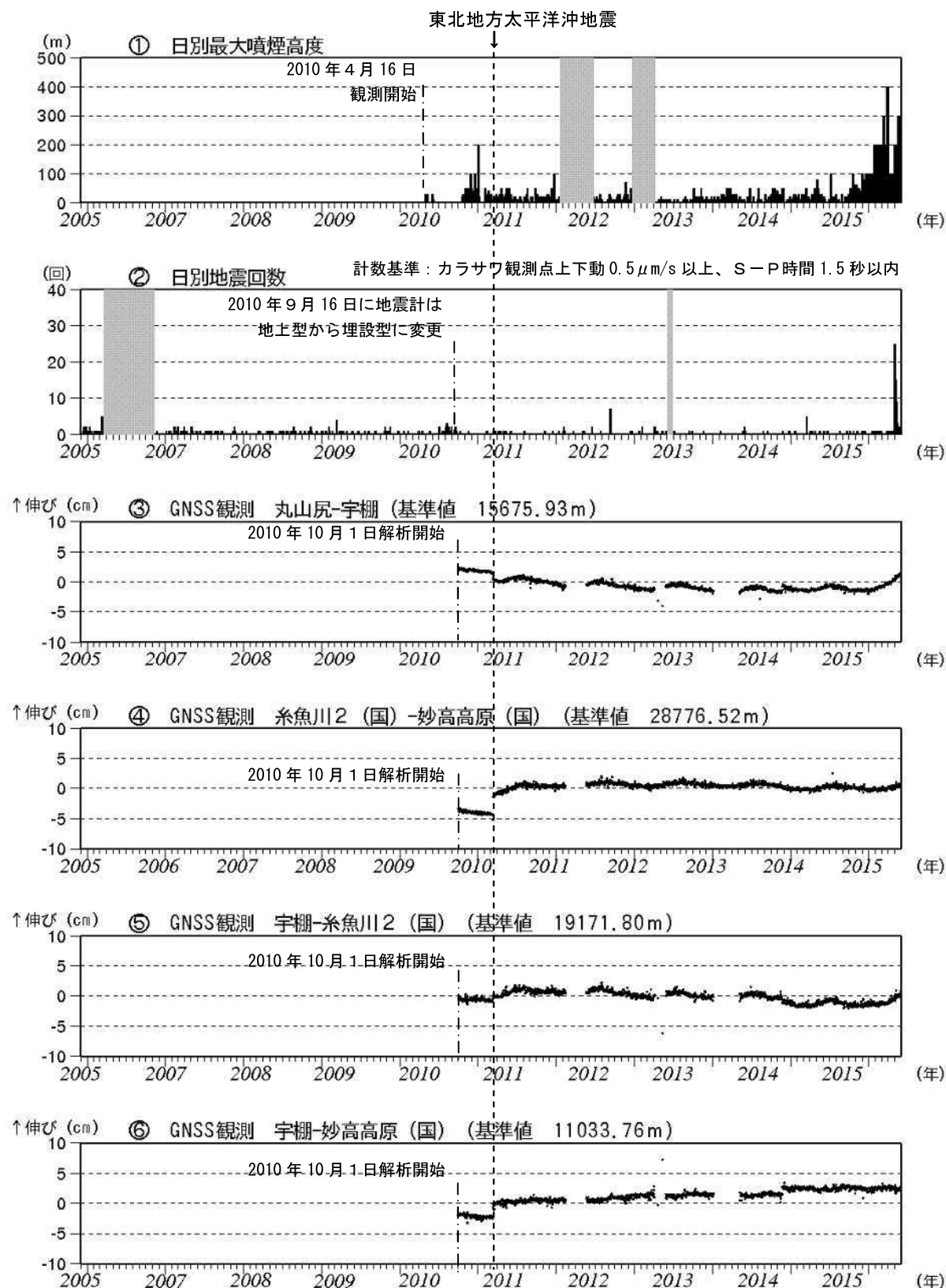


図5 新潟焼山 最近の火山活動経過図 (2005年12月~2016年5月31日)

- ① 日別最大噴煙高度 (2010年4月16日~2016年5月31日)
- ② 日別地震回数 (2005年12月1日~2016年5月31日)
- ③~⑥ GNSS連続観測結果 (2010年10月1日~2016年5月31日) (国): 国土地理院
 - ・③~⑥は図11の③~⑥に対応している。
 - ・解析に際しては対流圏補正と電離層補正を行っている。
 - ・基線③(丸山尻-宇棚)で2016年1月頃から伸びがみられている。
 - ・2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の影響により、データに飛びがみられる。
- ①、②のグラフの灰色部分は機器調整による欠測を示す。
- ③~⑥のグラフの空白部分は欠測を示す。

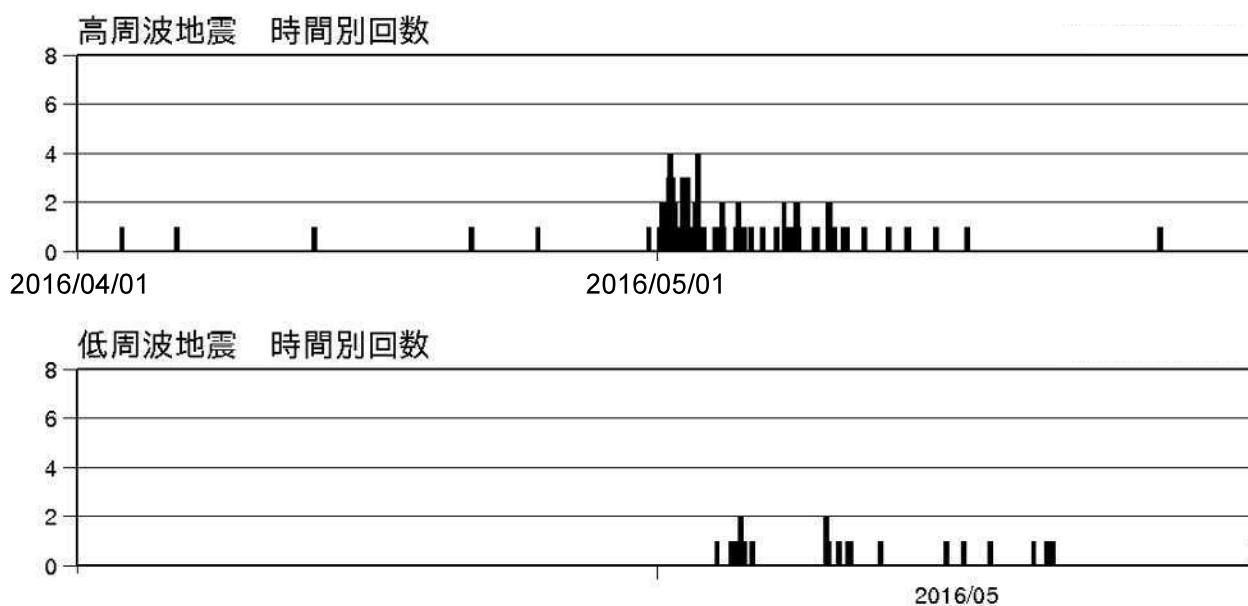


図 6 新潟焼山 高周波地震と低周波地震の時間別回数 (2016 年 4 月 1 日～5 月 31 日)

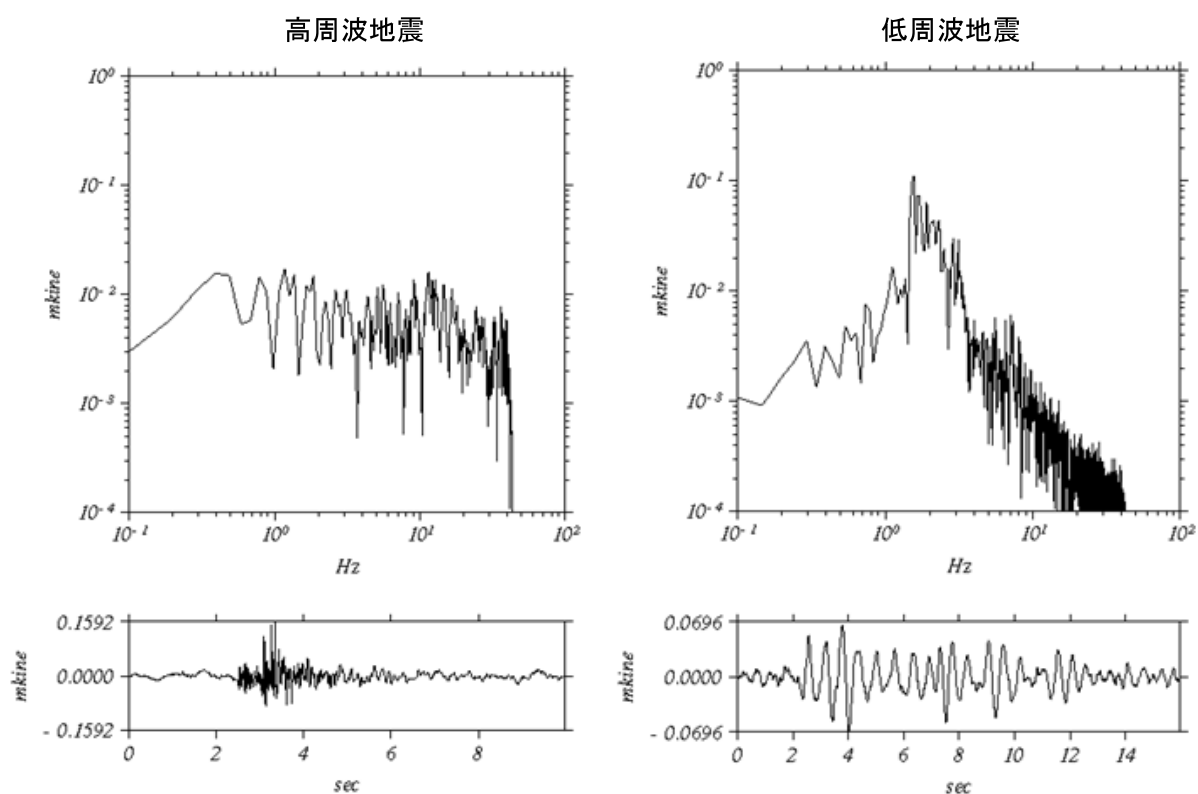


図 7 新潟焼山 高周波地震と低周波地震の波形例とスペクトル
 左：高周波地震の波形例とスペクトル 右：低周波地震の波形例とスペクトル
 低周波地震のスペクトルは 1～2 Hz 付近にピークを持つ。

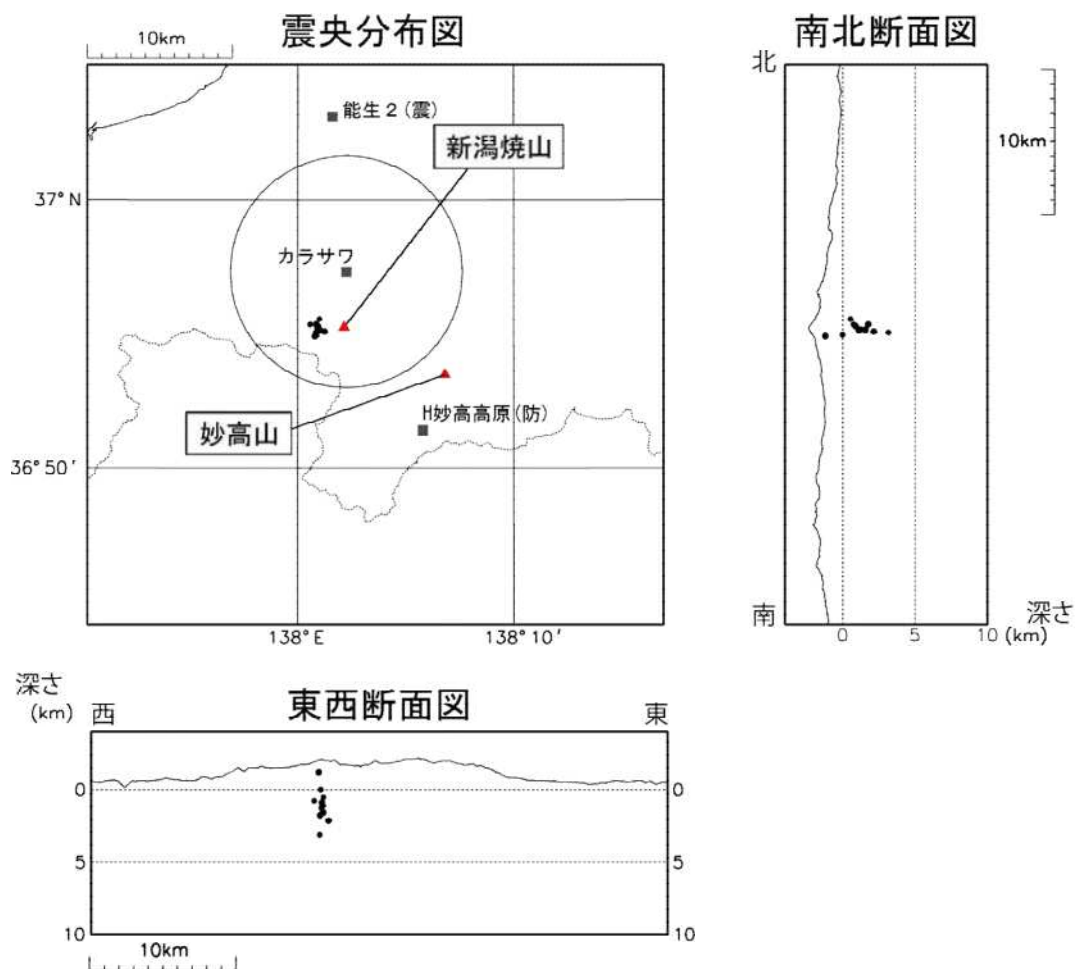


図 8 新潟焼山 山体周辺の観測点による震源分布図 (2016 年 5 月 1 日～2016 年 5 月 31 日)

● : 2016 年 5 月 1 日～2016 年 5 月 31 日 ■ : 地震観測点 (震) : 東京大学地震研究所 (防) : 防災科学技術研究所

5 月 1 日以降、火山活動に関連すると思われる地震が、新潟焼山山体の西側で観測されている。

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 25000 (行政界・海岸線)』を使用した。
震源分布図の円はカラサワ観測点を中心とした半径 8 km の範囲を示している。

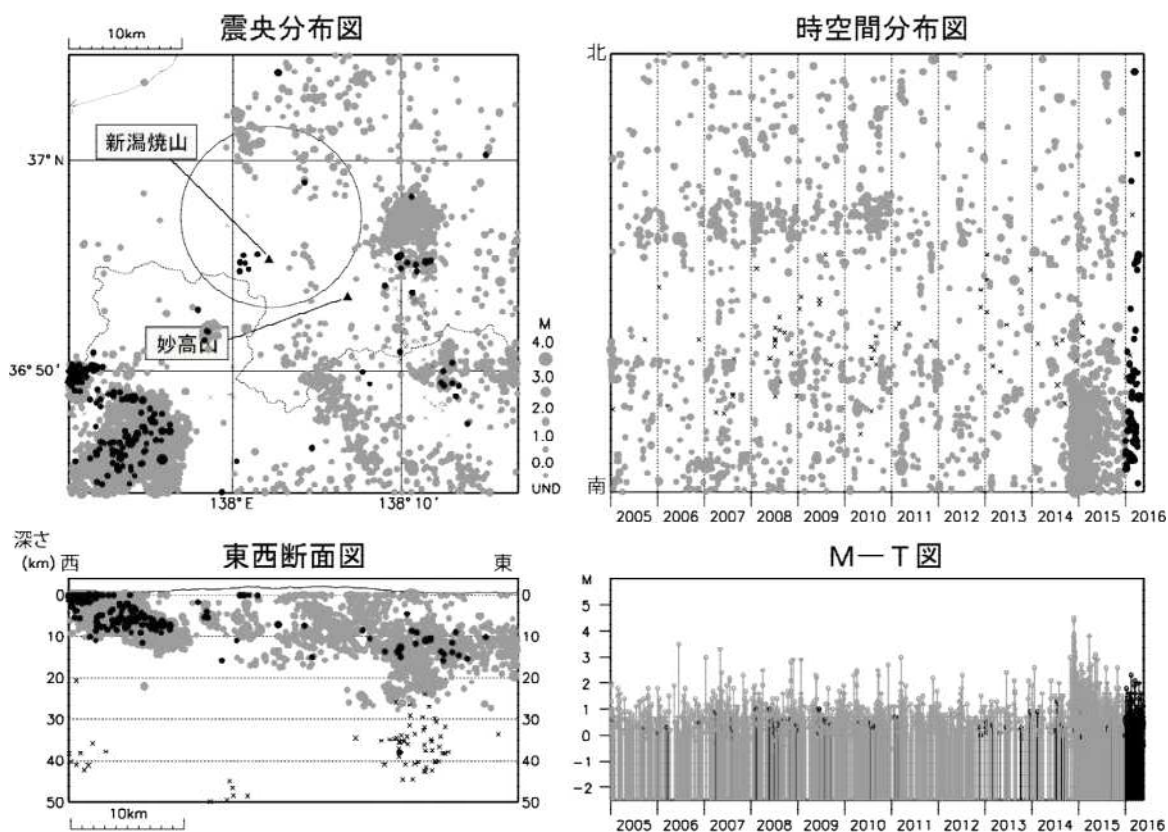


図9 新潟焼山 一元化震源による山体周辺の地震活動(2005年1月1日～2016年5月20日)

● : 2005年1月1日～2015年12月31日 ● : 2016年1月1日～2016年5月20日
 × : 深部低周波地震

広域地震観測網による観測では、火山活動に関連すると思われる地震が新潟焼山山体の西側で観測されている。図8に比べると、やや山体から離れておりばらついている。

なお、長野県北部を震源とする地震の多くは、2014年11月22日22時08分に発生した長野県北部を震源とする地震(マグニチュード6.7、最大震度6弱)及びその余震活動によるものと考えられる。

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図25000(行政界・海岸線)』を使用した。

表示している震源には、震源決定時の計算誤差の大きなものが表示されることがある。

震源分布図の円はカラサワ観測点を中心とした半径8kmの範囲を示している。

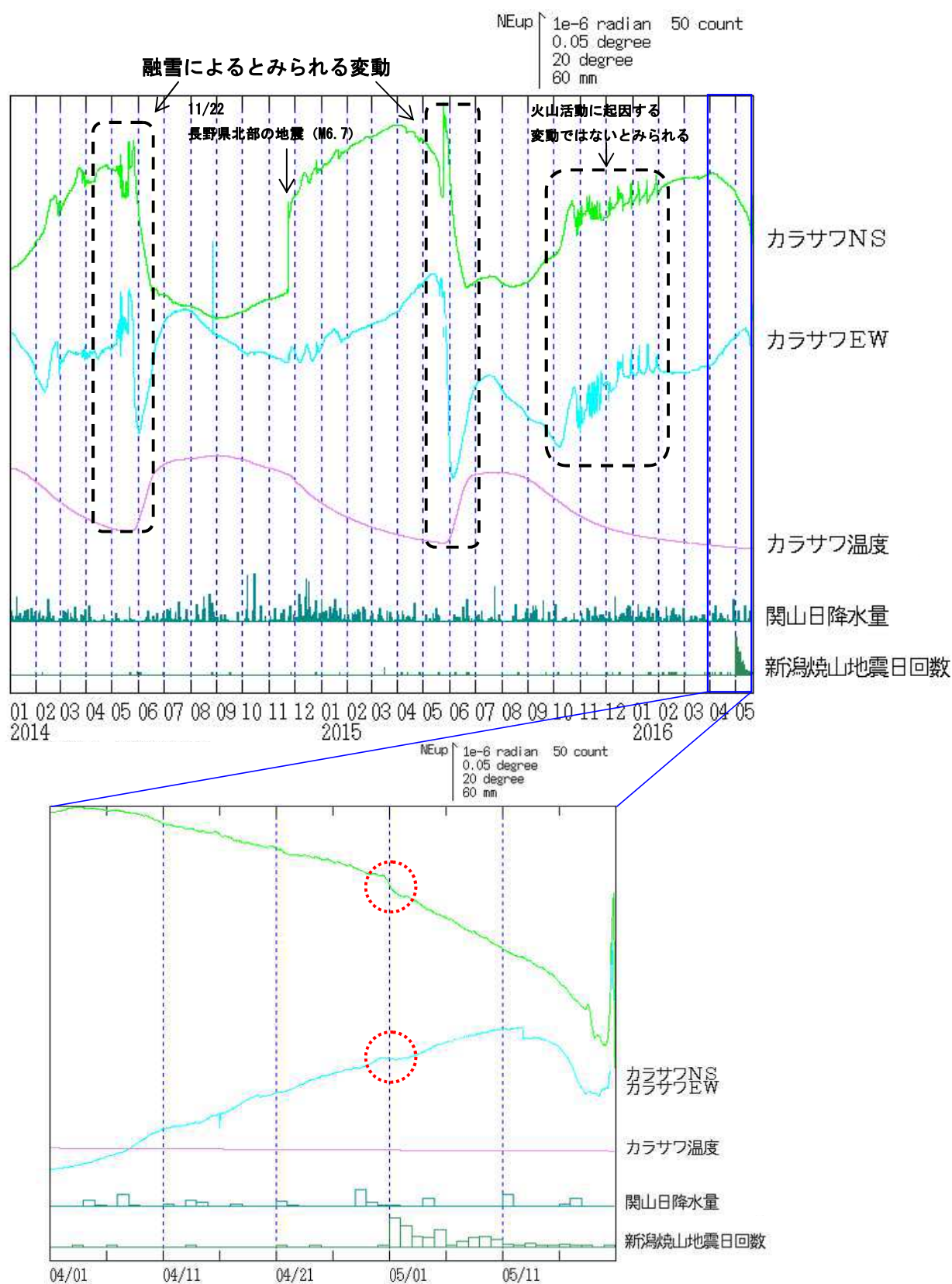


図 10 新潟焼山 カラサワ観測点における傾斜変動
(2014 年 1 月 1 日～2016 年 5 月 20 日、時間値、潮汐補正済み)

- ・ 山頂の北約 4 km に設置しているカラサワ観測点の傾斜計で、地震の増加に先行して、4 月 30 日頃から 5 月 2 日頃にかけて、山頂方向上がり（南上がり）の変化がみられた。（赤丸部分）。
- ・ 5 月 2 日以降の変動は、季節変動の可能性もあるため火山活動との関連は不明。

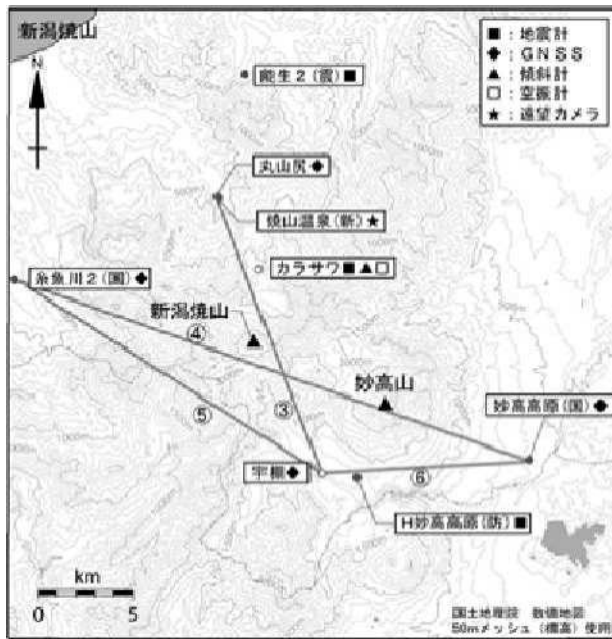


図 11 新潟焼山 観測点配置図

小さな白丸（○）は気象庁、小さな黒丸（●）は気象庁以外の機関の観測点位置を示す。

（国）：国土地理院、（防）：防災科学技術研究所、

（震）：東京大学地震研究所、（新）：新潟県

GNSS 基線③～⑥は図 5 の③～⑥にそれぞれ対応している。

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 25000（行政界・海岸線）』および『数値地図 50mメッシュ（標高）』を使用した。

表 1 新潟焼山 1974 年以降の主な火山活動

▲1974 年	水蒸気噴火	5 月上旬に一登山者が旧噴火口の東側側面に噴煙を認めた。また 6 月下旬に噴煙の噴出場所が従来より山麓に移っている等の連絡が新潟県自然保護課から高田測候所、新潟地方気象台にあった。 ³⁾ 7 月 28 日。火砕物降下、泥流。噴火場所は山頂部割れ目火口群。28 日未明に割れ目噴火の水蒸気爆発。降灰域は北東 100 km に及ぶ。降灰 65 万トン。泥流流出。噴石のため山頂付近にキャンプ中の登山者 3 名死亡。(VEI1) ¹⁾
▲1983 年	水蒸気噴火	4 月 14～15 日。火砕物降下。噴火場所は山頂火口西側。焼山中央火口の西寄りの古い噴気孔で、極めて小規模な水蒸気爆発。山頂付近降灰。 ¹⁾ 15 日山腹に変色あり、中央火口西側からやや濃密な噴煙を観測。 ²⁾
1987 年	噴煙活動	5 月 1 日山頂付近の北東斜面及びその周辺域で雪の変色域が認められ、2 日斜面から少量の白い噴気が上がっていた。19 日噴気の高さ 100～150m。灰色っぽい噴気が上がり、噴気孔のまわりに黄色の付着物が認められた。 ²⁾
1989 年	噴煙活動	3 月 30 日以降山頂付近の噴気活動が活発化し、高さは 100～400m。特に 5 月には噴気活動はやや活発で、噴気孔付近の岩肌に黄色い部分が見られた。 ²⁾
▲1997～1998 年	小規模：水蒸気噴火	火砕物降下。噴火場所は山頂東斜面。1997 年 10 月 29 日、11 月 8-9、12 日～1998 年 2-3 月 30 日。1997 年 10 月 29 日以降、1998 年 2 月下旬～3 月 30 日の間に 4 回火山灰を噴出させる活動があった。(VEI1) ¹⁾ 1997 年 10 月 29 日以降、山頂北東部から噴出している噴気量が以前の状態よりやや増加。1998 年 2 月中旬から下旬にかけて火山性地震がやや増加したが、その後減少した ⁴⁾ 。
2000 ～ 2001 年	噴煙活動	7 月 15 日に高さ数十 m の噴気が確認された（部外情報による）。その後噴気が多い状態が継続し、高田測候所の遠望観測により、7 月 26 日朝に、山頂東側噴気口から高さ 300 m の白色の噴気を確認した。その後も噴気の高い状態は続き、8 月 3 日、10 月 7 日及び 12 月 8 日には山頂東側噴気口からの噴気の高さ 500m 観測した。9 月 20 日の観測では、旧火口の縁等、複数の噴気箇所を確認した。 10 月 31 日に新潟地方気象台が新潟県の協力により実施した上空からの観測によると、山頂東側噴気口からの活発な噴気活動の他、9 月に初めて明瞭に噴気を確認された旧火口の縁の他、山頂等の複数の噴気箇所は、依然微量ながらも噴気活動が継続していた。また、硫黄臭を感じた。 2001 年 1～5 月にかけて、噴気の高さが 100m を超える状態が続き、5 月 12 日には、東の上噴気口から高さ 300m の白色の噴気を確認した。6 月以降は噴気活動は若干弱まり、噴気の高さは数十 m で推移した。 ⁴⁾

引用文献

- 1) 活火山総覧
- 2) 火山報告
- 3) 火山機動観測報告
- 4) 地震・火山月報（防災編）



図 12 新潟焼山 過去の噴煙の状況 1997 年 10 月 29 日 新潟県防災企画課提供

(活火山総覧より)

- ・ 図 13 の「図 4」方向から撮影。2ヶ所の噴気孔が認められる。
- ・ 噴気孔付近の積雪は火山灰の噴出により灰色となっている。

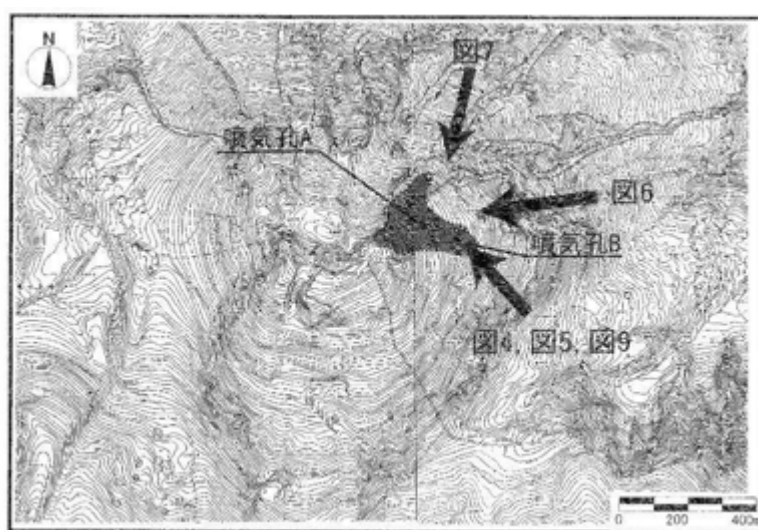


図 13 新潟焼山 1998 年 3 月 30 日時点における概略降灰分布図

降灰分布は噴気孔から遠方に向かうに従い薄くなり正確な分布状況の把握は出来ない。

(伊藤・他、2000)

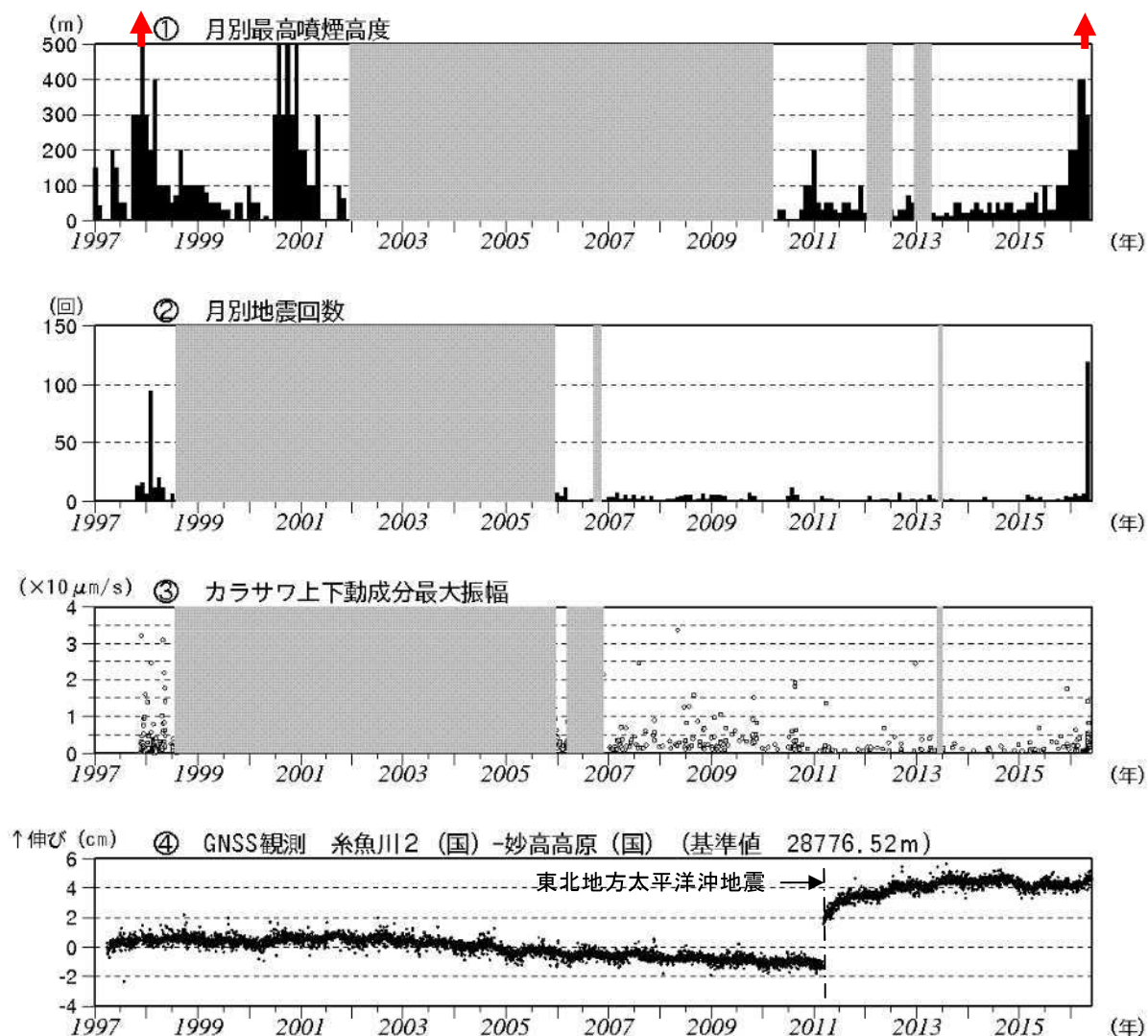


図 14 新潟焼山 長期活動経過図 (1997 年 1 月～2016 年 5 月 31 日)

①2001 年までの噴煙高度は高田測候所職員の臨時目視観測による。赤矢印が噴火のあった時期を表す。

②③1997 年 11 月 21 日～1998 年 6 月 30 日は機動観測 A 点による (位置は図 17)。変位振幅値を速度振幅相当値に変換。計数基準 S-P 時間 2 秒以内、最大振幅 $0.05 \mu\text{m}$ 以上。

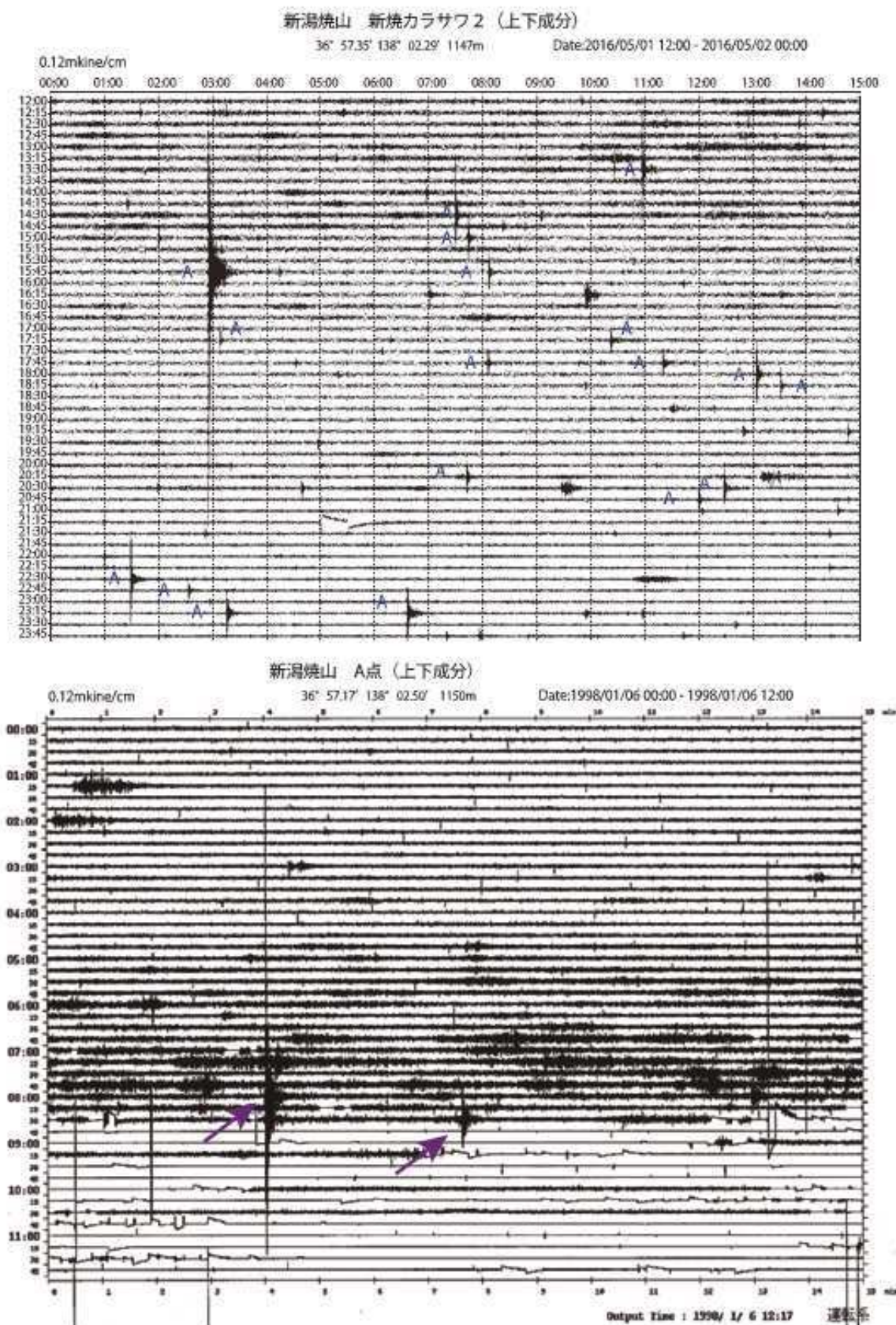


図 15 新潟焼山 地震発生状況の過去との比較

上 : 2016 年 5 月 1 日 12 時～24 時 カラサワ観測点、A 印部分が A 型地震の発生。

下 : 1998 年 1 月 6 日 00 時～12 時 機動観測 A 点 (位置は図 17)、矢印部分が地震の発生 (タイプ分け不明)。

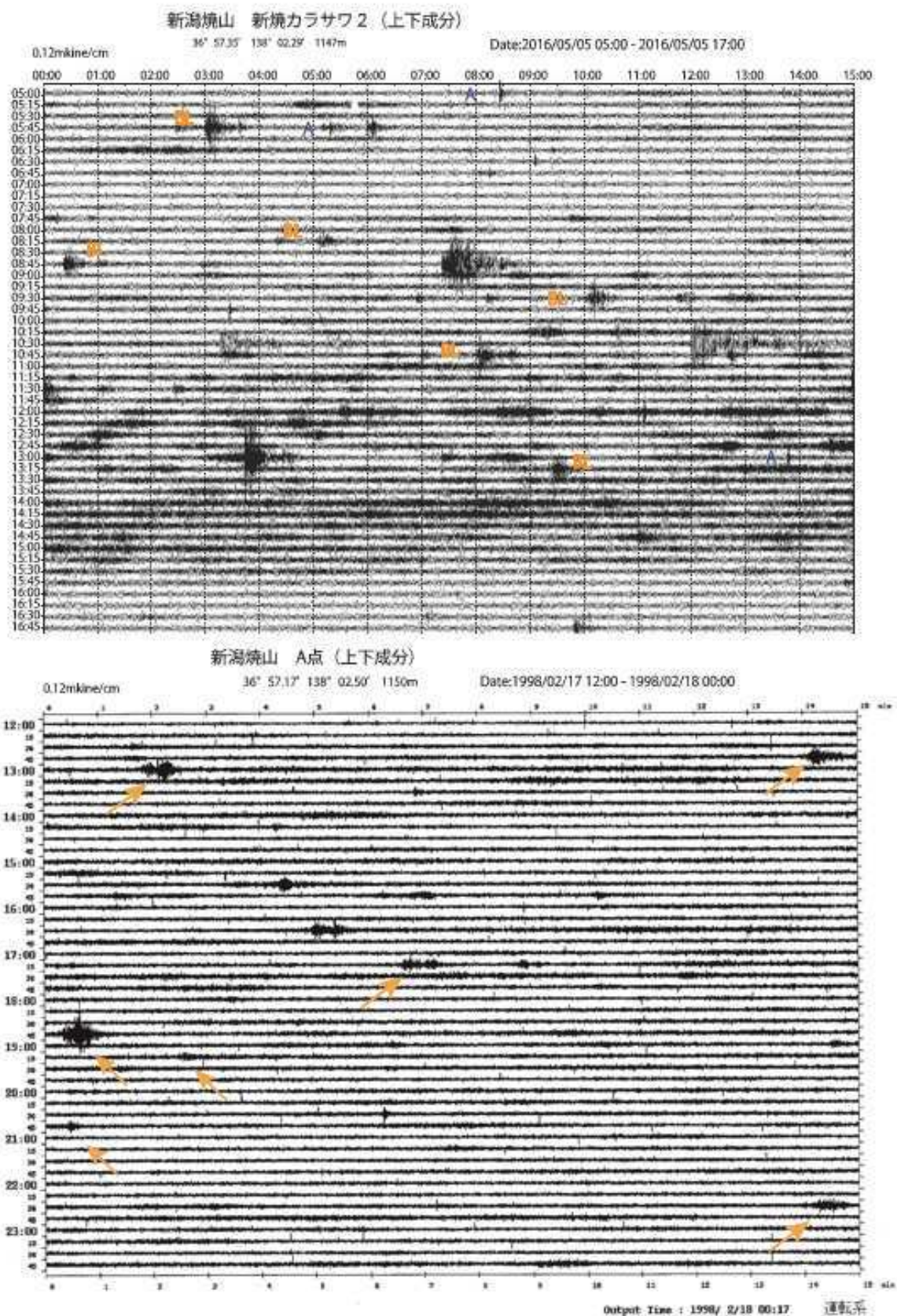


図 16 新潟焼山 地震発生状況の過去との比較

上 : 2016 年 5 月 5 日 05 時～17 時 カラサワ観測点、BL 印部分が B L 型地震（低周波地震）の発生。

下 : 1998 年 2 月 17 日 12 時～24 時 機動観測 A 点（位置は図 17）、矢印部分が地震の発生（タイプ分け不明）。

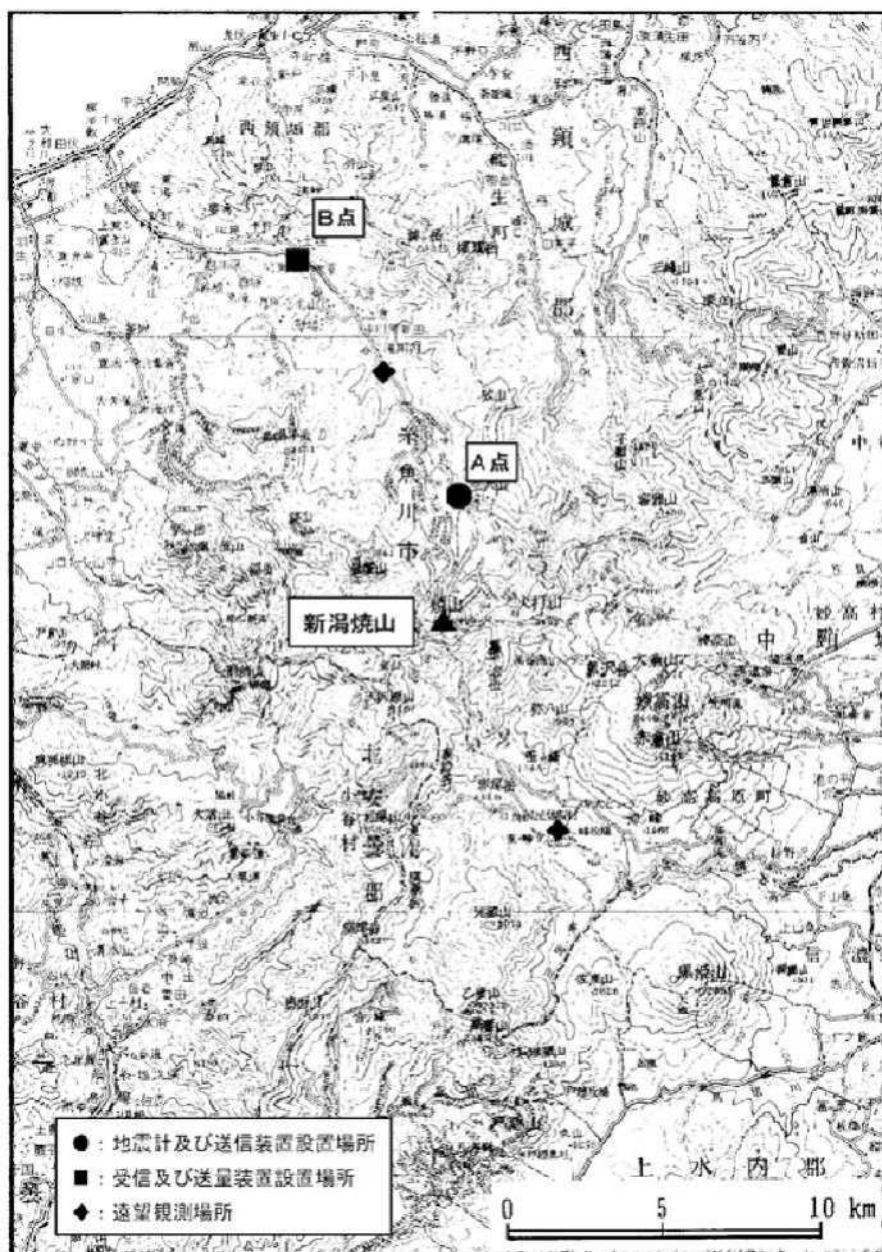


図 17 新潟焼山 機動観測点の位置図（1997 年～1998 年）

A 点が観測点、B 点は無線中継点

（新潟焼山）

GNSS データのスタッキング解析による地殻変動検出

新潟焼山周辺の GNSS 観測データ（F3 解+R3 解）のスタッキング解析*を行った。2016 年 2 月頃からスタッキングデータにわずかな伸び（山体が膨張）が認められた（図 2）。また過去に噴火あるいは噴煙活動が活発であった 1997～1998 年や 2000 年頃のデータにもわずかな変化が認められる（図 4）。

文献

宮岡・横田（2012），地震, 65, 1-14.

宮岡・原田・道家（2014），温地研報告, 46, 1-8

Miyaoka and Takagi（2016），EPS, 68:60

謝辞

GNSS データは国土地理院が公開している F3 解と R3 解を使用させていただいた。

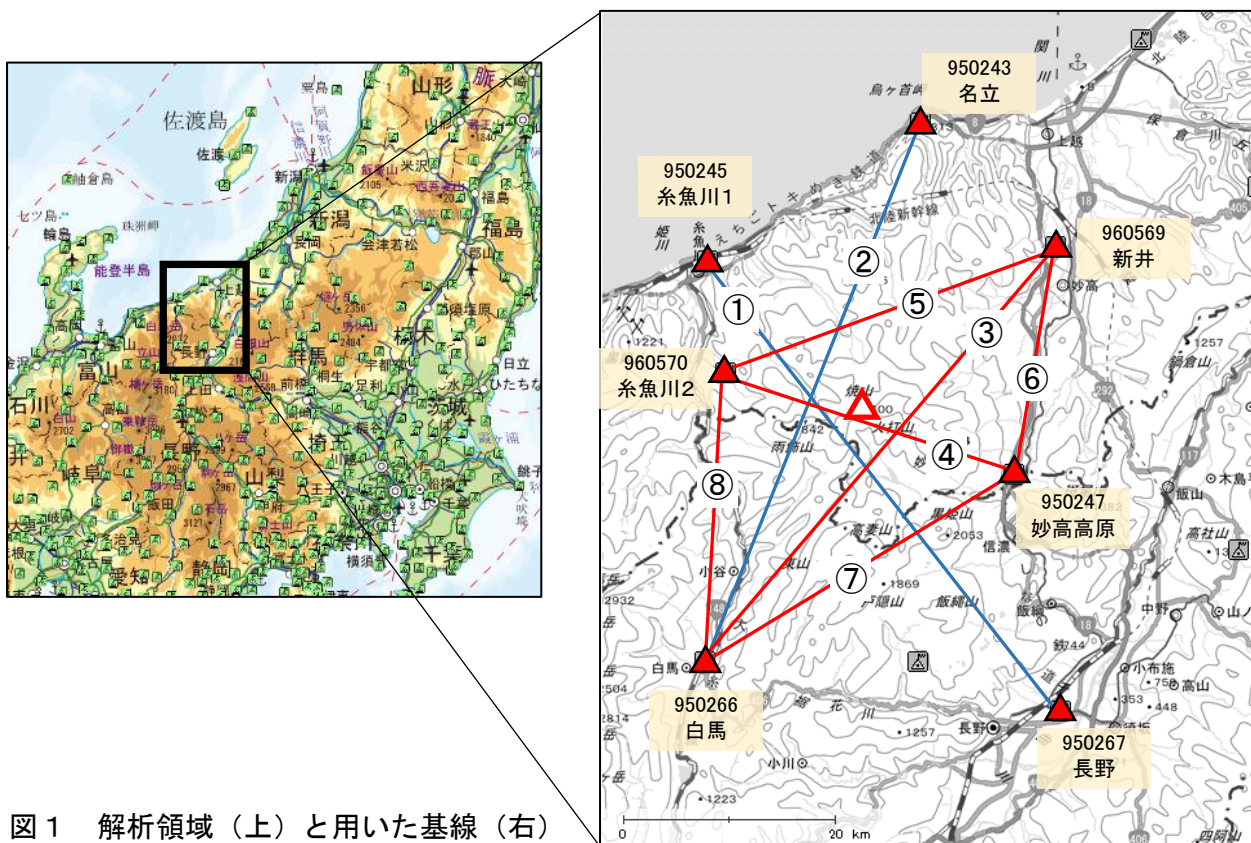


図 1 解析領域（上）と用いた基線（右）

右の図の各基線の番号は、図 2 以降のスタッキングに用いた基線の番号を示す。

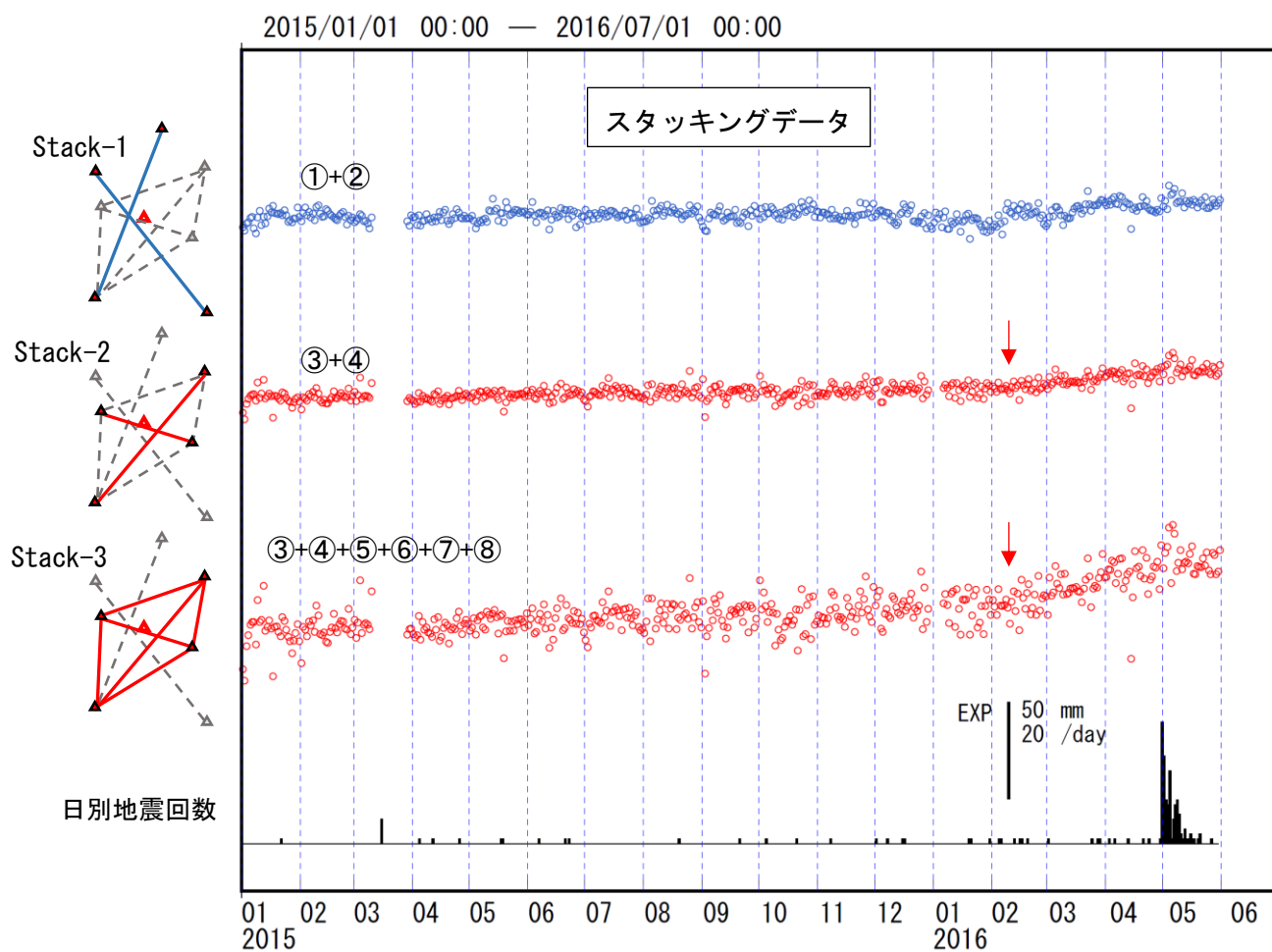


図 2 スタッキングデータ

数字はスタッキングに用いた基線（図 1 参照）を示す。2016 年 2 月頃（赤矢印）から伸びの変化が見られている。

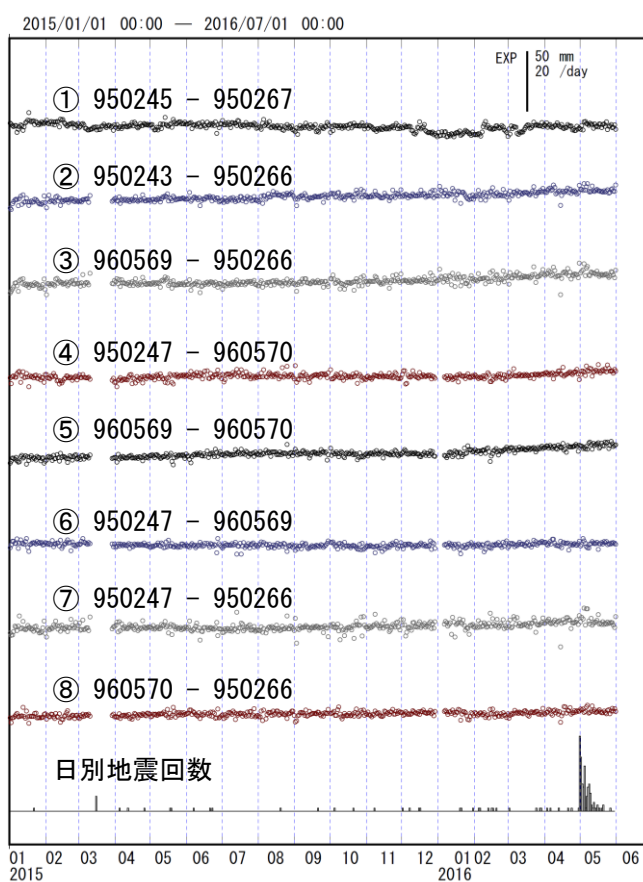


図 3 オリジナルデータ

スタッキングに用いた基線のオリジナルデータ。

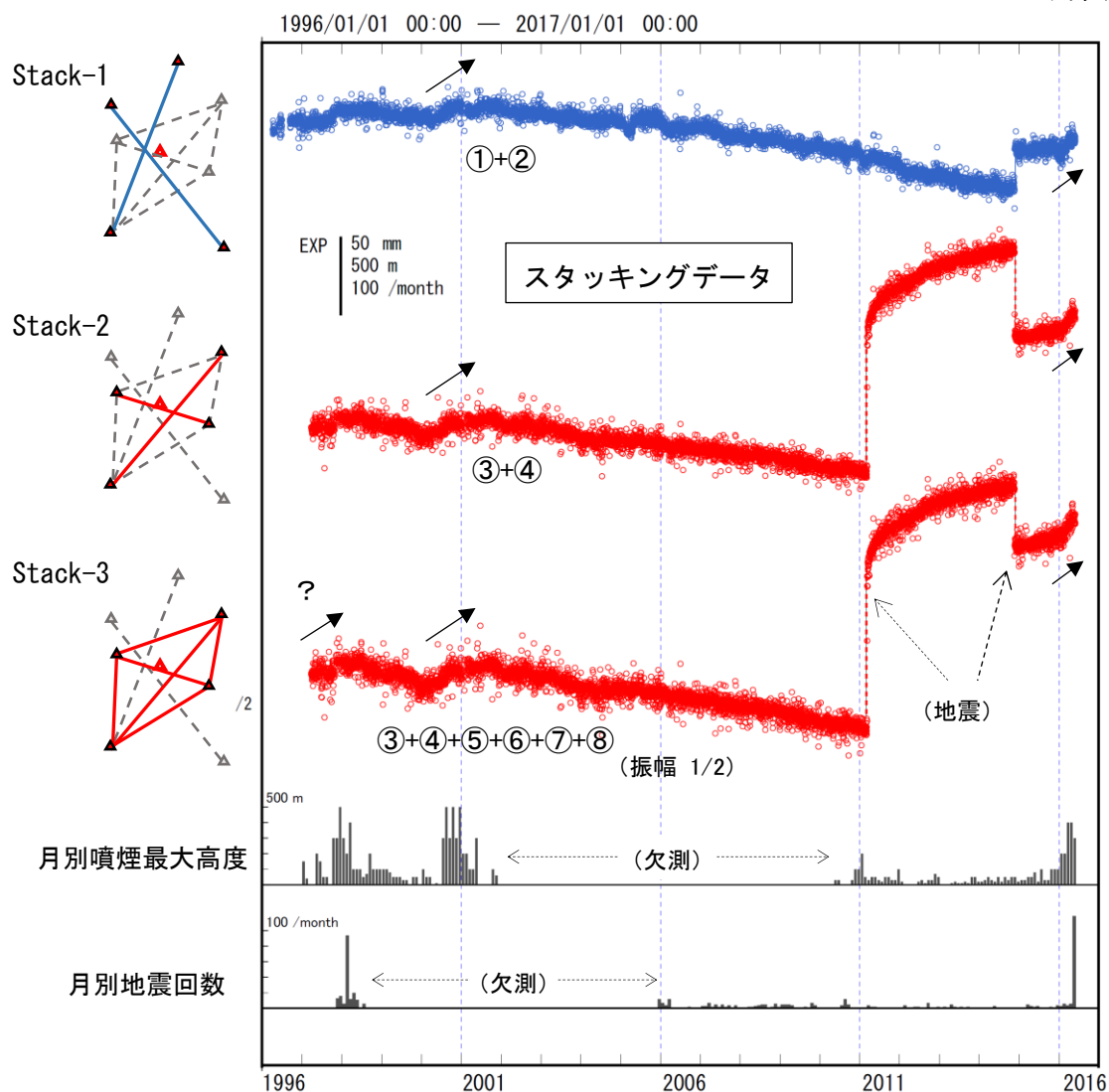
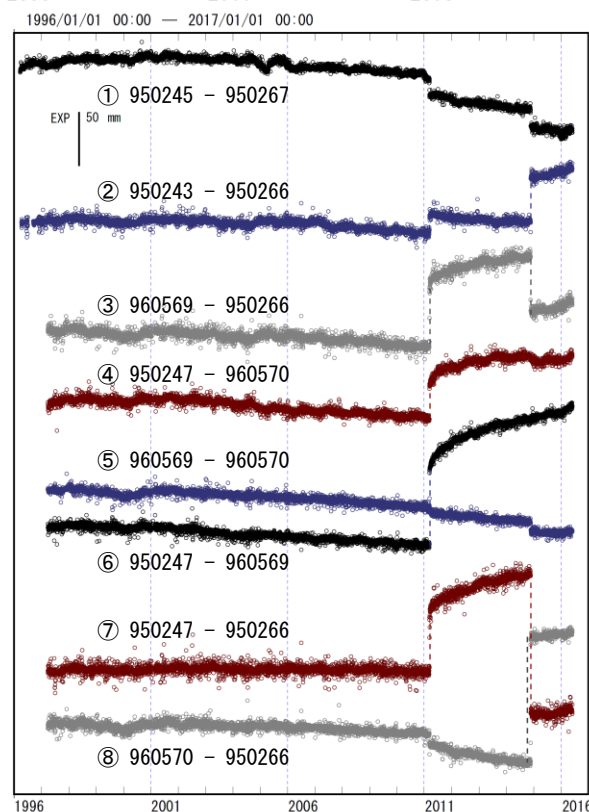


図 4 長期間のスタッキングデータ

今回（2016 年）のほかに、小規模な水蒸気噴火があった 1997 年から 1998 年にかけてと噴煙活動が活発化した 2000 年頃にわずかな伸びの変化が見られている。

図 5 長期間のオリジナルデータ

2011 年東北地方太平洋沖地震（もしくはその翌日の長野県・新潟県県境付近の地震）および 2014 年長野県北部の地震によるコサイスマックな変動が見られている。



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

山頂付近で、衛星視線方向短縮の位相変化が認められる。

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
19-2870	南行	右	2015. 09. 29	2016. 05. 10	図 1

2. 解析結果

山頂付近において衛星視線方向短縮の位相変化（約 3-4cm）が見られるが、積雪期のデータを含むペアのため、ノイズの可能性は否定できない。

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。

2015/09/29–2016/05/10

224 days

km

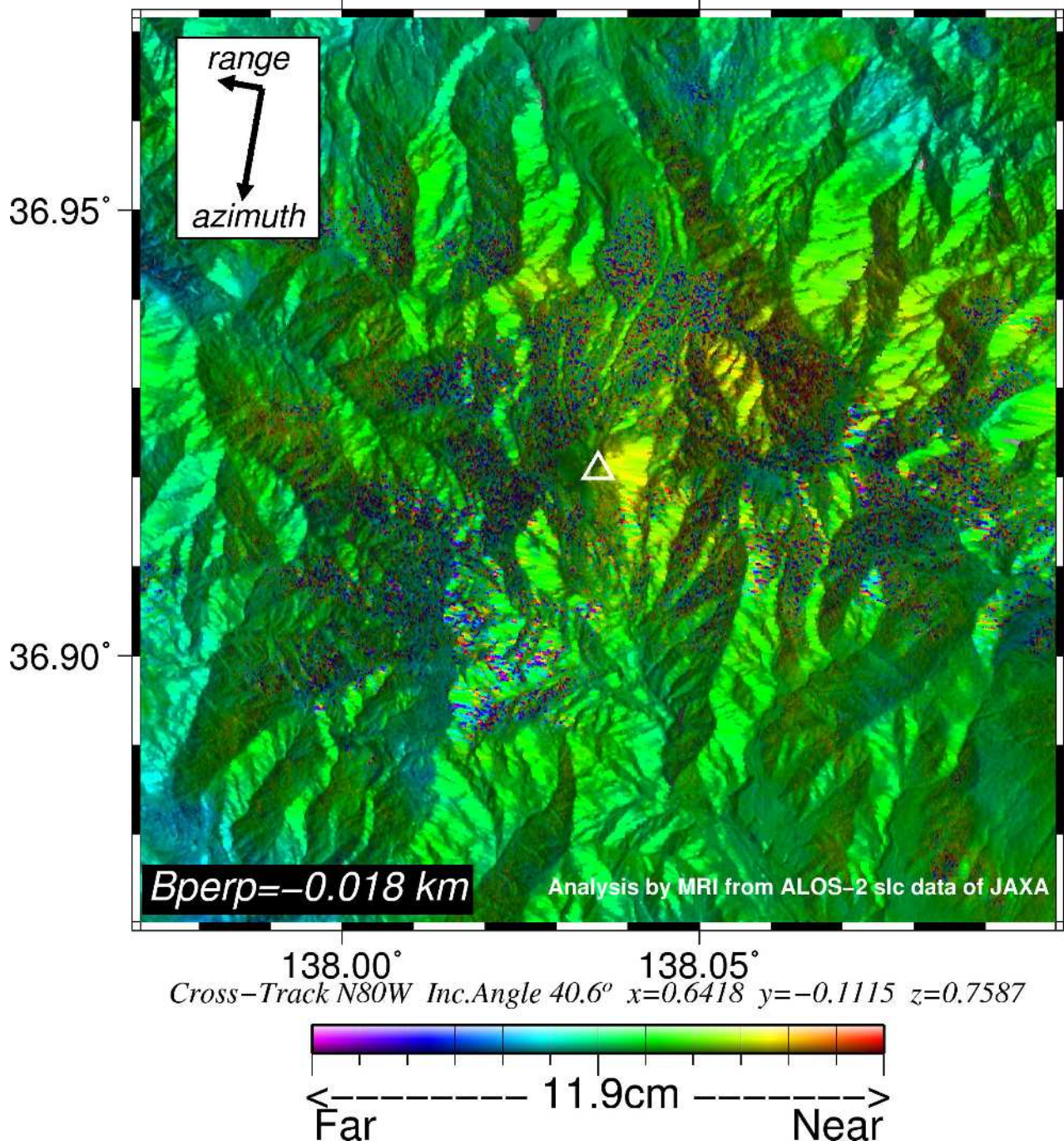
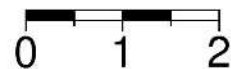


図 1 パス 19-2870 の干渉解析結果

山頂付近で、衛星視線方向短縮の位相変化（約 3-4cm）が認められるが、積雪期のデータを含むペアのため、ノイズの可能性は否定できない。

空撮写真から判読した 2016 年 4, 5 月の新潟焼山の降灰

概 要

4 月 15 日, 5 月 6 日, 5 月 20 日に上空から撮影した写真を判読した結果, 2016 年 5 月 6 日まで複数回 (少なくとも 7 回) の極小規模な噴火が発生していることが明らかとなった. 噴火が複数回発生したことは, 他の報告とも整合的である. なお一回の噴火のテフラ量は多くても数十 m^3 以下と極小規模である.

5 月 6 日, 5 月 20 日撮影の写真には山頂東側の噴気孔周辺から, これら噴火に関連した水の流出が認められた. また, この水の流出により小規模な土砂の押し出し (ラハール) も確認された. 新潟焼山では 1974 年噴火の際に噴火と同時に水があふれてラハールが発生したこと (例えば, 茅原ほか, 1977) を考慮すると, 今後の活動が活発した際, 火口から溢れ出した水によるラハール災害が発生する可能性があるため, 防災上注意が必要である.

本 文

4 月 15 日, 5 月 6 日に新潟県の協力により気象庁が 5 月 20 日に新潟県が上空から撮影した写真を判読した結果, 2015 年末の降雪後から 2016 年 5 月までの間において極小規模な火山灰の放出 (極小規模な噴火) が複数回あったことが明らかとなった. また, 噴火に伴う極小規模な土砂の押し出し (ラハール) が 5 月 6 日, 5 月 20 日に確認された. 新潟焼山は, 最近 100 年間に 1949 年, 1962 年, 1974 年に山麓まで降灰するような規模の水蒸気噴火が発生している. それ以外にも今回同様の噴気活動の活発化に伴う極小規模な噴火を 1963 年 7 月 (諏訪, 1963), 1983 年 4 月 (茅原・周藤, 1983), 1987 年 5~6 月 (気象庁, 1987), 1997~98 年 (伊藤ほか, 2000) に発生している. 早津 (2016) によると, 今回の一連の活動の噴気量は, 1974 年以降, 最大の規模のものである.

以下, 各日撮影の判読結果と解釈をのべる.

1. 4 月 15 日撮影の写真の判読結果

4 月 15 日撮影の写真から山頂東側の噴気孔付近の雪面がわずかに灰色に変色していることが確認できる (図 1, 写真 1, 2). この変色は, 東側噴気孔に向かって濃くなる傾向が認められるため, この噴気孔から火山灰が放出された, すなわち噴火が発生したと考えられる. 変色の濃さや範囲は 5 月 6 日撮影の写真より狭いため, 5 月 6 日に確認された活動より小規模な活動があったと判断される. なお, 東側噴気孔周辺の積雪の認められない裸地は, 5 月 6 日の写真と異なりほとんど火山灰で覆われていない (写真 3). そのため, 噴火そのものは撮影日のかなり前, 裸地に積もった火山灰が流水等で浸食される程度の時間間隔を置いた時期に発生したと考えられる.

東側噴気孔付近を拡大撮影した写真 (写真 3, 4) には積雪の断面が写っており, その断面には黒色のバンド状の構造が認められる (写真 4). この黒色のバンドは, 火山灰を放出している噴気孔の近くであること, 遠方から確認できるほどのはっきりとした層であることなどから, 火山灰である可能性が高い. そうである

と4月15日までに複数回噴火が発生していたと考えられる。積雪断面には5層（写真4の1～5）のバンドが確認でき、積雪面上に別の火山灰層（写真4の6）があることから、4月15日までに6回の噴火活動があったと考えられる。5月6日に確認された活動とあわせると7回の噴火があったと結論づけられる。上越タウンジャーナル（2016）に掲載された早津賢二博士のコメントによると、妙高市から1月下旬、3月15日頃、3月20日、3月26日、4月中旬、5月1～2日の6回噴火が確認できたとのことである。悪天時には妙高市から噴火が確認できないことを考えると、今回の観察結果とこのコメントには矛盾がない。ただし、積雪断面には、近隣で火山活動なくても、黒みがかった帯がしばしば認められる。前述のように写真4に認められる黒色の帯は火山灰である可能性は高いが、それ以外の要因（裸地からの土埃の堆積、一時的な融雪による汚れの濃集など）によってつくられた可能性を完全に否定することは映像のみからは難しい。そのため実際に火山灰かどうかを確定するには、現地調査を行う必要がある。

2. 5月6日撮影の写真の判読結果

2-1. 降灰の範囲と小規模な土砂の押し出しの状況

5月6日の空撮写真、新潟焼山山頂東側の噴気孔周辺の積雪面上に火山灰によるものと解釈される黒灰から灰色の変色域が認められた（写真5、図2）。変色域は東側噴気孔から離れると色味が薄くなりまだらになる。東側噴気孔の周囲の地表は黒灰色で細粒の物質（おそらく火山灰）で一面覆われている（写真6）。そのため東側噴気孔から火山灰が放出されたと判断される。なお山頂西側にも活発に活動している噴気孔があり、その周囲に硫黄の付着が認められるが、周囲の地表や雪面は灰色に変色しておらず火山灰の放出は認められない（写真7）。なお、東側噴気孔の周囲に比較的厚く堆積している火山灰はガリー浸食をうけている（写真8）。ガリー浸食は、東側噴気孔がある沢の中や側壁の斜面にも認められるが、沢の外の側の斜面にも存在する。NHKのニュース映像（NHK（2016）に掲載されている動画）には、東側噴気孔付近に水の流れが認められる（写真9の矢印）。この水の流れは融雪や直前の降雨による可能性もあるが、稜線近くであること、5月6日の時点では噴気孔周辺には残雪が認められないこと、1974年噴火の際に噴火と同時に水があふれてラハールが発生したこと（例えば、茅原ほか、1977）などを考慮すると、今回の極小規模な噴火と関連する水の湧き出しの可能性が指摘される。

また、火口から離れた地点には小規模な土砂の押し出しが2ヶ所観察される（図2、写真5、10）。そのうち1つ、南側のものは東側噴気孔に続く沢沿いに発生しているため、噴気孔付近に認められる水の湧き出しと関係する可能性がある。その一方、北側のものは溶岩ドームの急傾斜となった部分から発生しており（写真5、10）、4月15日撮影の写真にも認められる（写真7）。そのため、南側の土砂の押し出しは、雪解けの時期に急斜面から抜け出た落石や土砂が雪面を流れ下ったものと考えられる。

2-2. 噴火の規模

降灰により顕著に変色した範囲はおおよそ250×400mの範囲である（図2）。色調からその範囲の火山灰の平均層厚は1mmに満たないと判断される。仮に平均層厚を0.1～1mmとするとテフラ量は10～100m³と見積もられるため、5月6日確認の噴火は多くても数十m³程度のテフラを放出した極小規模な噴火と判断される。なお、5月6日確認の変色域の範囲は、伊藤ほか（2000）に示された1997～98年の小規模な噴火による

降灰範囲より広いが、著しく大きいとはいえない。そのため両者は同規模の活動と考えられる。なお、火山灰を放出した噴気孔の位置は、両者ともほぼ同じ場所である。

2-3. 噴火時期

焼山火山の山頂部には、4月30日において降雪があったことが監視カメラの映像から明らかである。5月6日に確認された降灰は、雪面上に認められることから、4月30日以降であると考えられる。また、火山灰のガリー浸食は東側噴気孔の下流方向にあらず、かつ残雪がない斜面にも認められる。そのため、少なくともその部分のガリー形成は、降雨によるものと考えられる。そのため、噴火は5月6日以前の降雨があった前に発生したと考えられる。これは、上越タウンジャーナル（2016）に掲載された、早津賢二博士の5月1～2日に極小規模な噴火が発生したとのコメントと矛盾しない。そのため5月6日に確認できた降灰は、5月1～2日に発生したと考えられる。

3. 5月20日撮影の写真の判読結果

山頂東側の噴気孔付近の雪面や地表は灰色に変色しているが（写真11）、5月6日時より変色の程度が弱い（色が薄い）ことから、新たな降灰があったとは考えられない。

5月6日に水の流れが確認できた山頂東側の噴気孔付近から、顕著な水の流れが確認できた（写真11）。なお、写真から判断するに、流れ出た水は濁っていないようである。この水の流れの下流部には、5月6日には存在しなかった新たな土砂の押し出しが確認できた（写真11, 12）。水の流れる沢の周辺には残雪がまったく認められないこと、稜線付近から流れ出ていることなどから、この水の流れは、火山活動の活発化に伴い湧出した水と考えられる。ただし、水温が高いことを推察する証拠（湯気など）は認められない。新潟焼山では1974年噴火の際に噴火と同時に水があふれてラハールが発生した（例えば、茅原ほか、1977）。そのため、今後の活動が活発した際、火口から溢れ出した水によるラハール災害が発生する可能性があり、注意が必要である。

引用文献

- 早津賢二（2016）新潟焼山火山の2015年～2016年の噴気活動（その1）。新潟県地学教育研究会誌, 46, 35-39.
- 茅原一也・鈴木光剛・小林一三（1977）1974年新潟焼山火山の爆発に伴う土石流。新潟大学地盤災害研究所年報, 3, 1-15.
- 茅原一也・周藤賢治（1983）新潟焼山火山1983年4月の微小活動について。火山, 28, 426-427.
- 気象庁（1987）ニュース:日本の火山活動概況(1987年1～3月)。火山, 32, 279-279.
- 伊藤英之・早津賢二・鈴木浩二（2000）新潟焼山1997年～1988年の小規模噴火活動。火山, 45, 181-186.
- NHK（2016）NHK NEWS WEB 5月6日15時01分報道 新潟焼山で火山性地震がやや増加 推移に注意を。
<http://www3.nhk.or.jp/news/html/20160506/k10010510861000.html>（2016年5月12日確認）
- 諏訪 彰（1963）最近の新潟焼山の活動について。火山, 8, 164-164.
- 上越タウンジャーナル（2016）焼山の噴火が活発化したら泥流や降灰に注意 火山地質学者 早津さんに聞く。
<https://www.joetsutj.com/articles/26912368>（2016年5月12日確認）

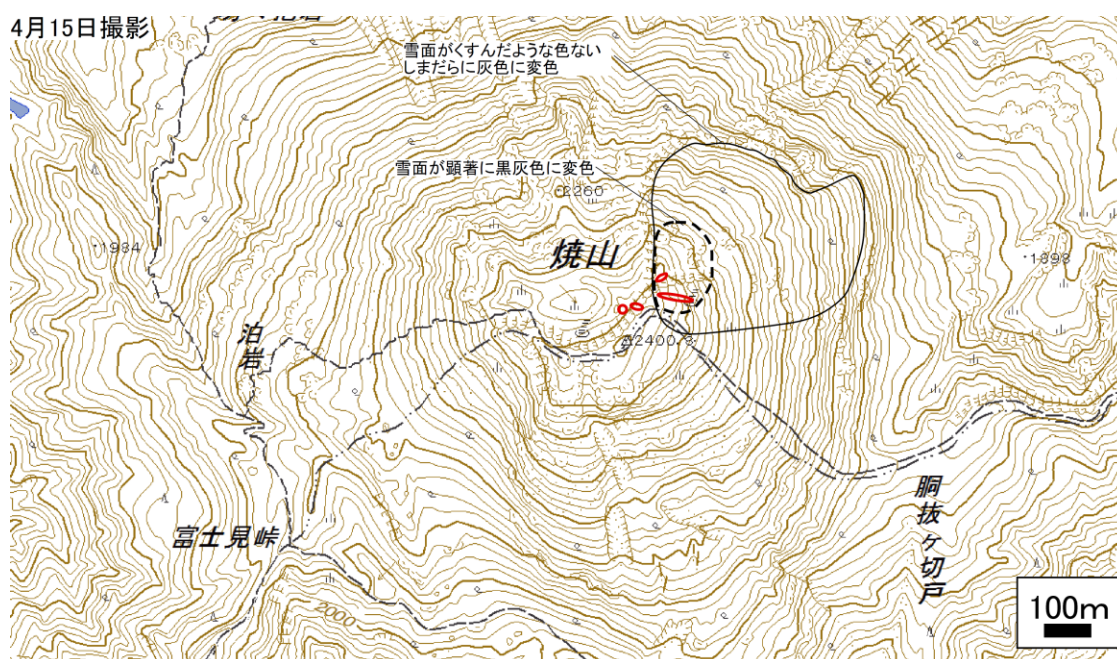


図1 4月15日撮影の写真の判読結果

基図の地図は国土地理作成の地理院地図を使用.

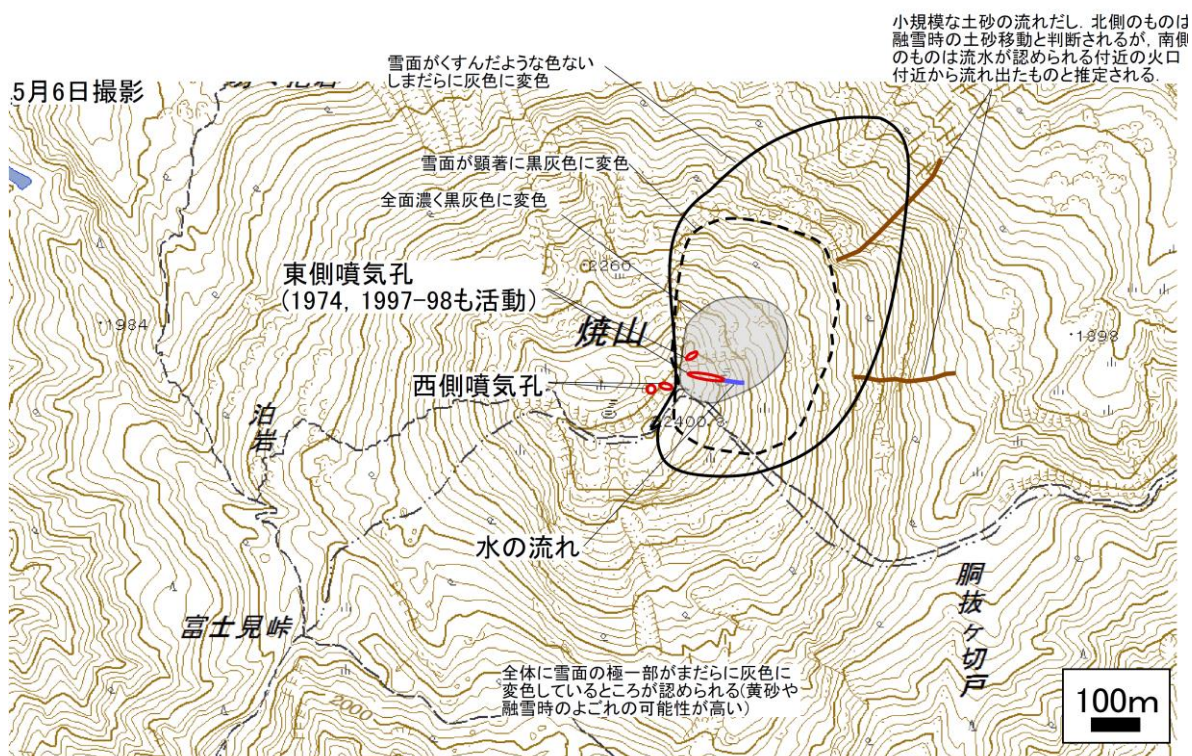


図2 5月6日撮影の写真の判読結果

基図の地図は国土地理作成の地理院地図を使用.



写真1 4月15日気象庁撮影の焼山山頂部(北側から)
噴気孔周辺の雪面がわずかに灰色に変色している.



写真2 降灰による変色域の拡大(4月15日気象庁撮影)
特に丸で囲んだ雪面は比較的顕著に変色.



写真3 東側噴気孔周辺(4月15日気象庁撮影)

矢印の雪面は特に黒灰色に変色.

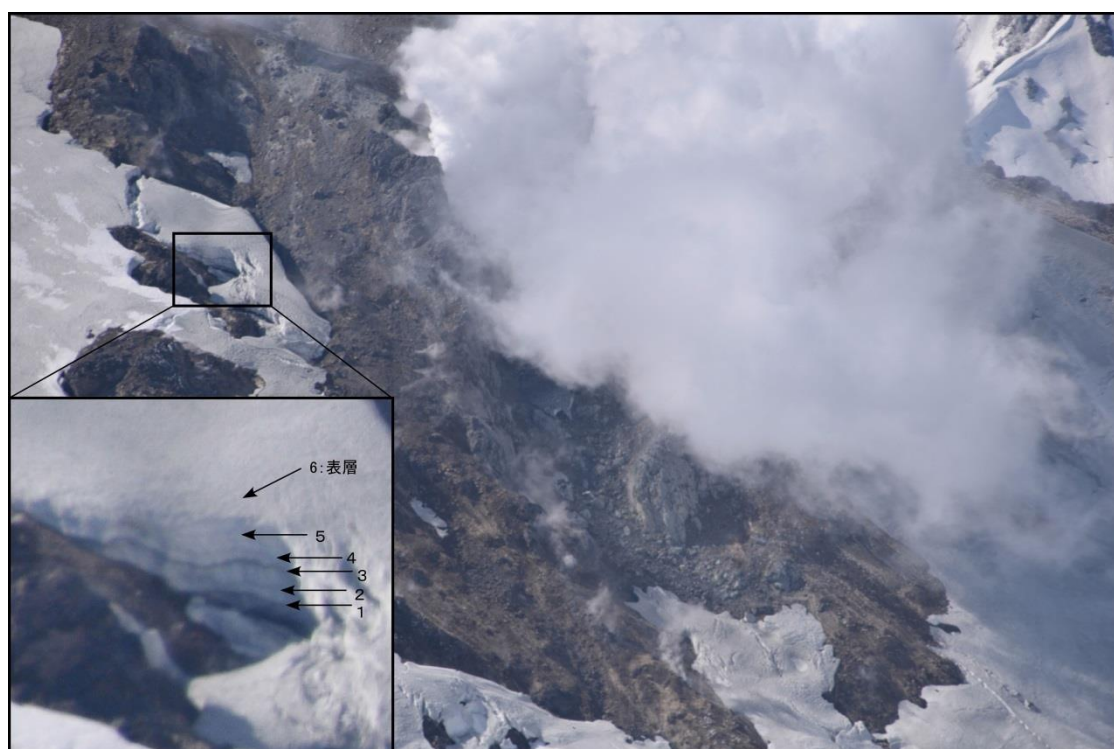


写真4 東側噴気孔近くの積雪断面(4月15日気象庁撮影)



写真5 降灰による変色域全景(5月6日気象庁撮影)



写真6 西側噴気孔(5月6日気象庁撮影)

中央の噴気孔の周辺が硫黄の付着のため黄色変色している。



写真7 NHK(2016)の動画で観察できる東側噴気孔付近の流水(5月6日NHK撮影)
NHK(2016)掲載の動画よりキャプチャーしたものに加筆。矢印で示した部分に流水が認められる。

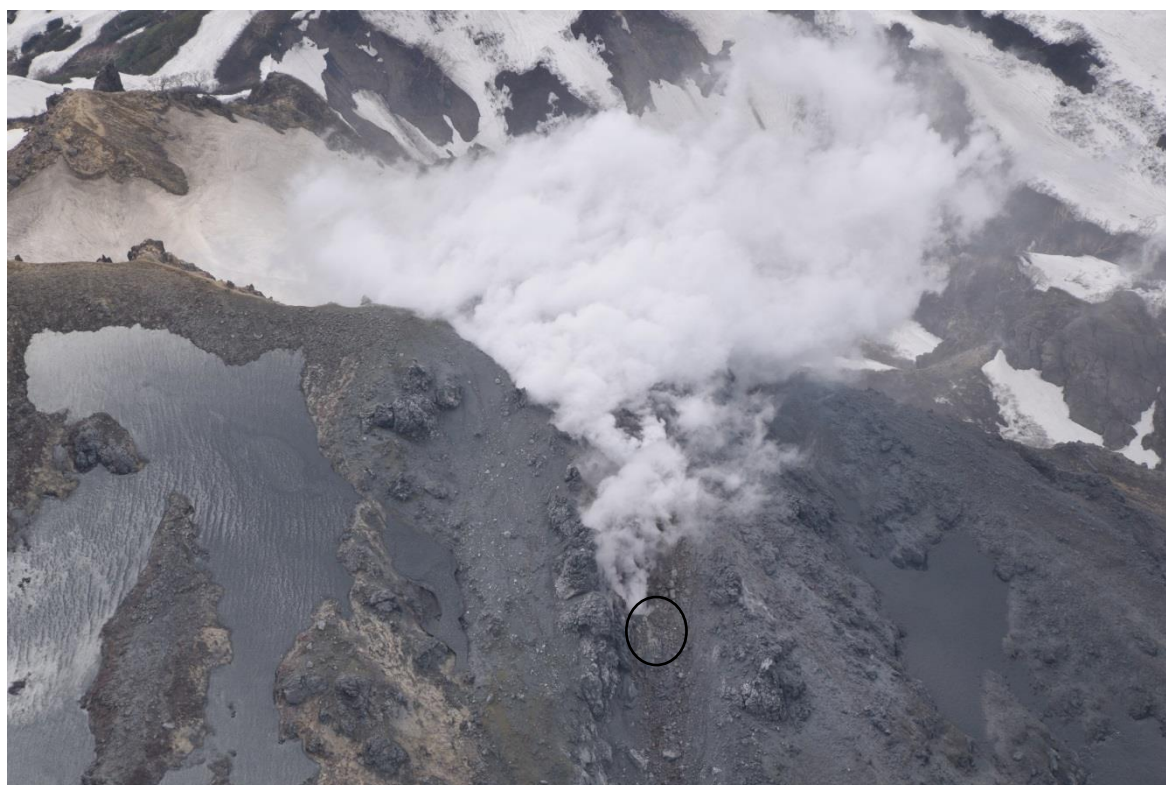


写真8 東側噴気孔周辺(5月6日気象庁撮影)
火口周辺は厚く火山灰が堆積して黒灰色となっている。
噴気孔すぐ脇の丸で囲った部分は、黄色く変色している(溶融硫黄の流れ出た跡?)。



写真 9 東側噴気孔周辺のガリー浸食(5月6日気象庁撮影)

矢印で示した部分に顕著なガリー浸食が認められる



写真 10 土砂の流れ出し(写真 2 の拡大. 5月6日気象庁撮影)

矢印で示した部分が土砂の流れだし. 奥側(北側)のものは, 噴火には直接関係が無いと考えられる.



写真 11 5月20日に北東側から望む新潟焼山山頂部(新潟県提供)



写真 12 5月20日に確認された新たな土砂の押し出し部分の拡大(新潟県提供)

2016 年 5 月に採取された新潟焼山の火山灰

概 要

5 月 15 日に山頂北側の犬曲付近で採取された火山灰からは変質岩片および結晶片が主体で、新鮮なマグマ物質は含まれていなかった。

本 文

5 月 15 日に焼山北方の犬曲付近の雪面上から採取した火山灰の顕鏡を行った。試料の採集は帝京平成大学の小森および新潟大学の奈良間が、顕微鏡観察等は産総研の及川が行った。

犬曲付近の雪面全体が、火山灰と考えられる砂サイズ以下の粒子によって薄汚れており（写真 1）、顕著な硫黄化合物の匂い（いわゆる“硫黄臭”）がした。また、雪面の汚れの原因である火山灰からも顕著な“硫黄臭”がする。これら産状から、犬曲周辺の雪面の汚れの原因である砂サイズ以下の粒子は、裸地から巻き上げられ降り積もった土埃でなく、火山灰であると考えられる。

犬曲付近の雪面上で 30×30 cm の定面積サンプリングを行い、その火山灰の乾燥重量から降灰量を求めた結果、3g/m²となった。火山灰は、大部分がシルトサイズ以下の粒子で構成された灰色の火山灰である。少量（10 wt %以下）含まれる砂サイズ粒子について、実体顕微鏡で観察した結果、やや円磨された白色変質岩片（黄鉄鉱を含む）や黄鉄鉱の結晶片などの変質した粒子の他、新鮮な結晶片（主に斜長石や輝石）、やや円磨された相対的に新鮮な岩片などで構成される（写真 2）。ほとんど変質していない粒子も数割程度含まれるが、発泡した未変質の軽石片や発泡ガラス片などの新鮮なマグマ物質は認められない。なお、黄鉄鉱は風化しておらず新鮮である。そのため、これら粒子は裸地などに露出し風化作用を受けた変質火山灰や火山岩などが風などで再移動したものではなく、地下にあった変質鉱物および岩片が、新たに噴出したものと考えられる。



写真1 試料採集地点(焼山山頂北方約1.7 km, N 36° 56' 03.8'', E 138° 02' 12.4'')

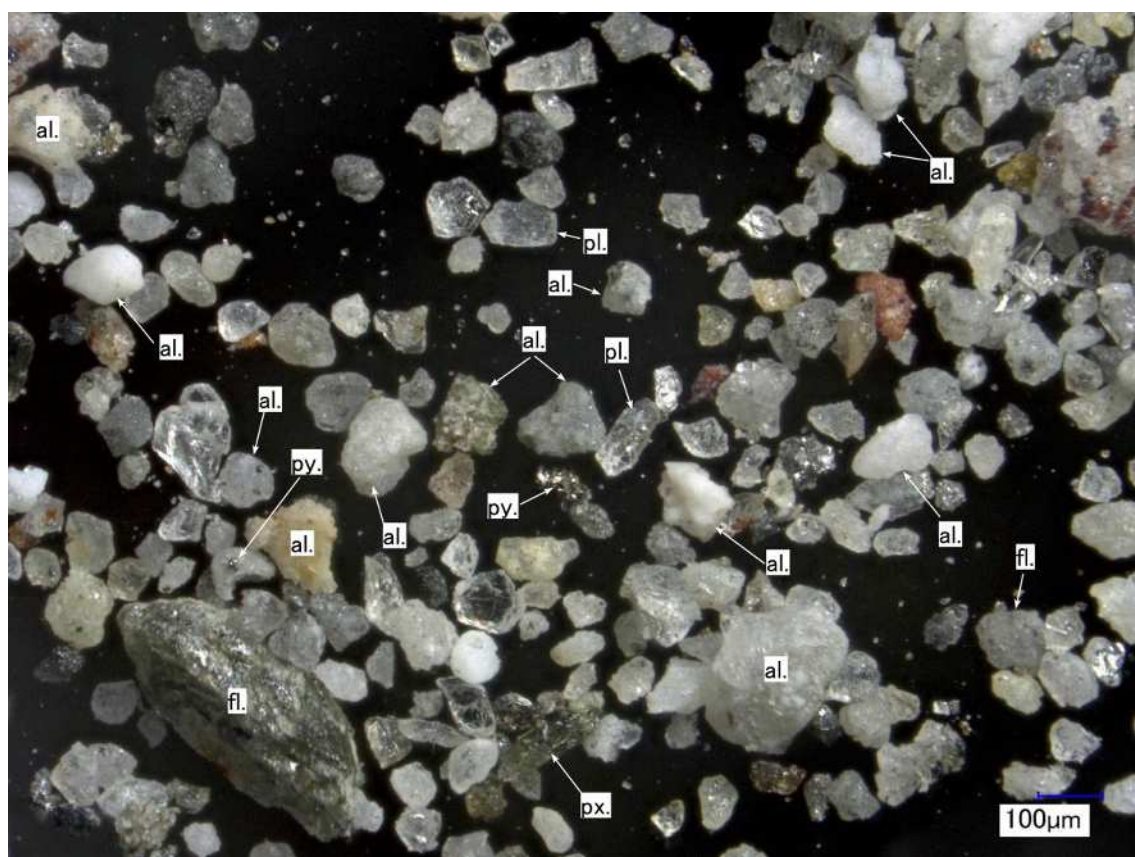


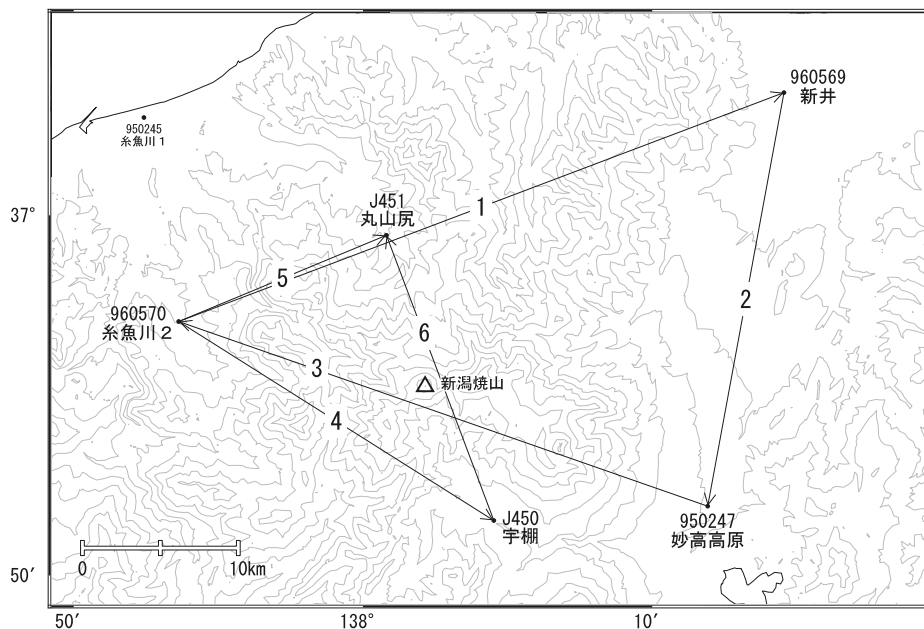
写真2 採集した火山灰の砂サイズの粒子の顕微鏡写真

al.: 変質岩片, fl.: 未変質岩片, py.: 黄鉄鉱, px.: 結晶片(輝石), pl.: 結晶片(斜長石)

新潟焼山

2月頃から、新潟焼山をはさむ基線で、伸びが見られます。

新潟焼山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図

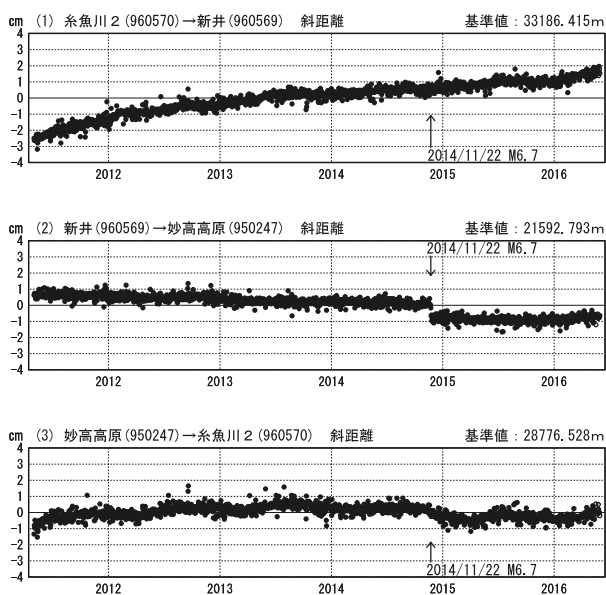


新潟焼山周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
950247	妙高高原	20121121	アンテナ交換
		20150617	受信機交換
960569	新井	20121121	アンテナ交換
		20150806	受信機交換
960570	糸魚川2	20121120	アンテナ交換
		20150806	受信機交換

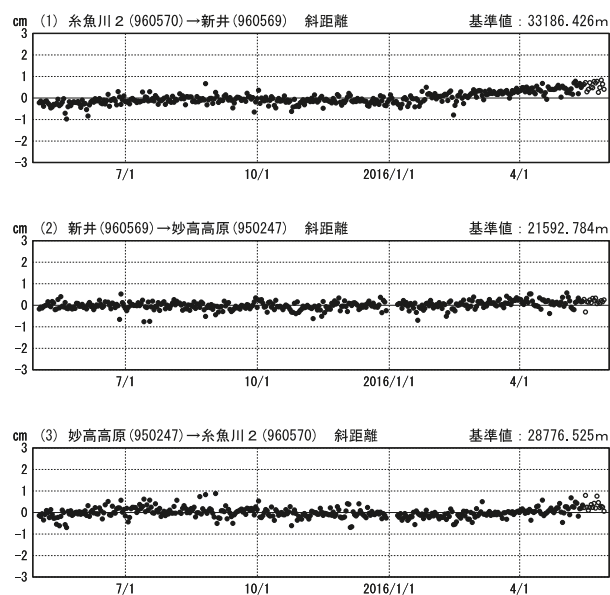
基線変化グラフ

期間: 2011/05/01~2016/05/29 JST



基線変化グラフ

期間: 2015/05/01~2016/05/29 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

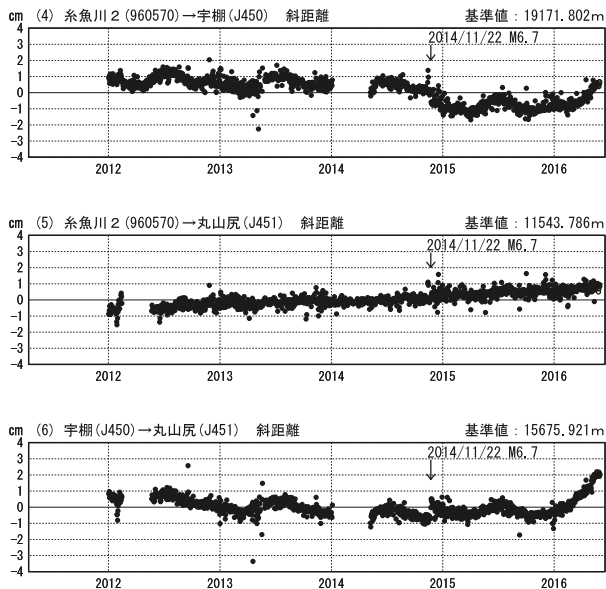
国土地理院・気象庁

※[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

新潟焼山

基線変化グラフ

期間：2011/05/01～2016/05/29 JST

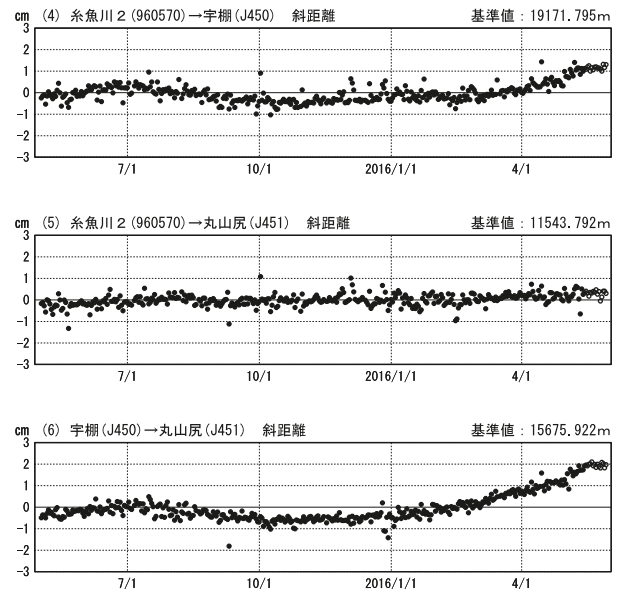


●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

国土地理院・気象庁

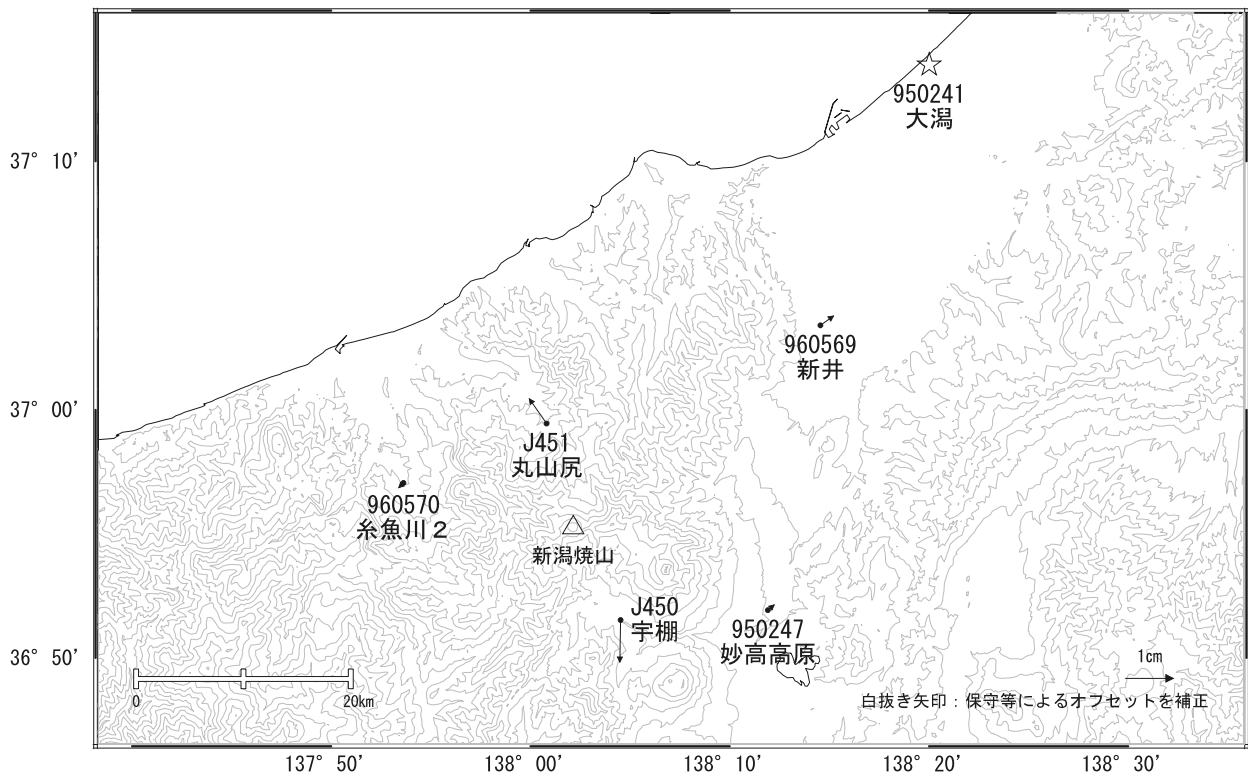
基線変化グラフ

期間：2015/05/01～2016/05/29 JST



新潟焼山周辺の地殻変動(水平:3ヶ月)

基準期間：2016/01/01～2016/01/10[F3:最終解]
比較期間：2016/04/10～2016/04/19[F3:最終解]



☆ 固定局：大潟(950241)

国土地理院・気象庁

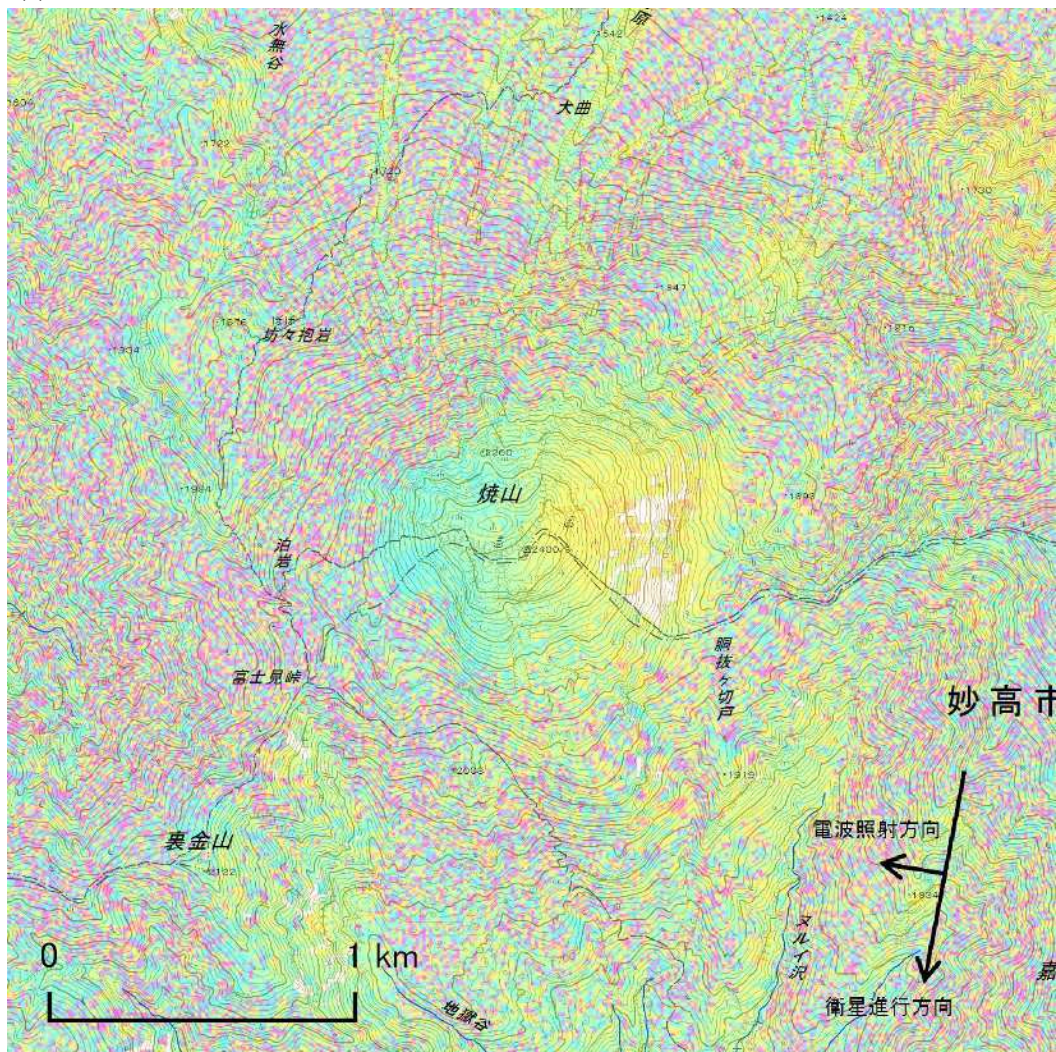
※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

新潟焼山

新潟焼山の SAR 干渉解析結果について

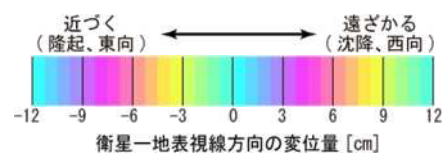
判読) ノイズレベルを超える変動は見られない。

(a) 2015/09/29-2016/05/10



衛星名	(a) ALOS-2
観測日時	2015/09/29 2016/05/10 11:49 頃 (224 日間)
衛星進行方向	南行
電波照射方向	右
観測モード*	U-U
入射角(中心)	40.3°
偏波	HH
垂直基線長	+ 16 m

*U: 高分解能(3m)モード

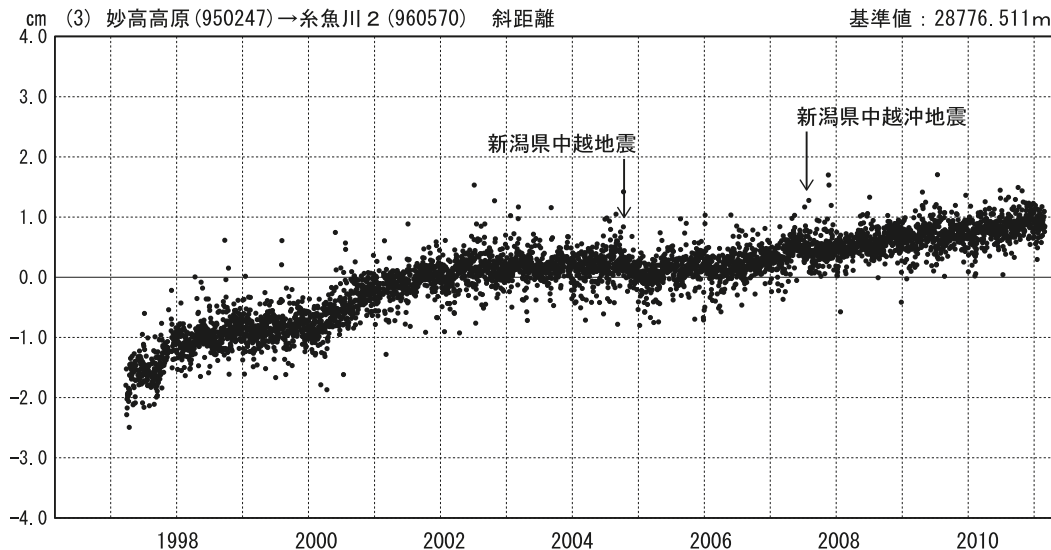
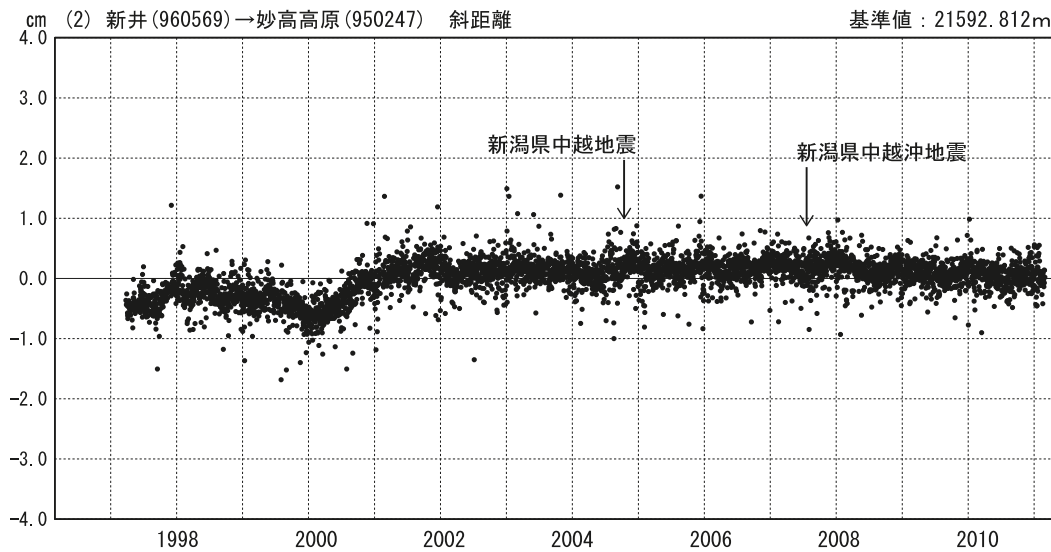
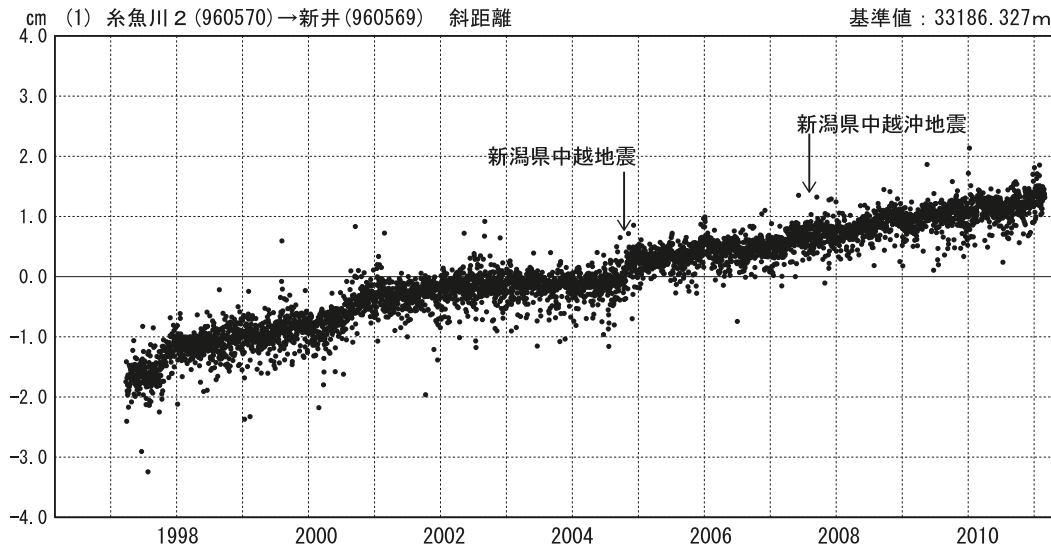


背景: 地理院地図 標準地図

1997年9月頃から1998年1月頃まで及び2000年4月頃から2001年1月頃までに新潟焼山を囲む基線で伸びが見られていました。

1 次トレンド・年周成分・半年周成分除去後グラフ

期間：1996/04/08～2011/03/01 JST 計算期間：2002/04/01～2004/04/01



●---[F3:最終解]

吾 妻 山

(2016年 5 月31日現在)

大穴火口の噴気活動は引き続きやや活発な状態が続いている。

5 月 19 日に実施した現地観測では、2015 年 10 月に新たな噴気が確認された大穴火口北西で、前回確認された噴気孔の南側に新たな複数の弱い噴気が線状に噴出しているのを確認した。

3 月 28 日から 4 月 6 日にかけて、大穴火口付近直下が震源とみられる火山性地震が多い状態となった。その他の期間、火山性地震は少ない状態で経過した。

大穴火口周辺で実施している全磁力繰り返し観測によると、2014 年 10 月以降の大穴火口周辺の地下での熱活動の活発化を示す全磁力値の変化は 2015 年秋以降停滞傾向にあると考えられる。

大穴火口付近の浅部での熱活動が高まった状態が続いている。さらなる高まりを示す現象は認められないものの、大穴火口周辺では小規模な噴火が発生する可能性があると考えられるため、火口から概ね 500m の範囲では、弾道を描いて飛散する大きな噴石に警戒が必要である。危険な地域には立入らないよう地元自治体等の指示に従う必要がある。また、大穴火口の風下側では降灰及び風の影響を受ける小さな噴石、火山ガスに注意が必要である。

平成26年12月12日に火口周辺警報を発表し、噴火警戒レベルを 2（火口周辺規制）に引き上げた。その後、警報事項に変更はない。

○概況（2016年 1 月～ 5 月31日）

・ 噴気など表面現象の状況（図 1、図 2、図 4～8、図10-①④）

かみのでら
上野寺遠望カメラ（大穴火口の東北東約 14km）及び東北地方整備局が設置している
じょうどだいら
浄土平火口カメラ（大穴火口の東南東約 500m）による観測では、大穴火口（いっさいきょうざん一切経山
南側山腹）からの噴気の高さは 100m 以下で経過した。長期的には、2010～2011 年をピークとして低下傾向が続いている。

5 月 19 日に実施した現地調査では、2015 年 10 月に新たな噴気が確認された大穴火口北西で、前回確認された噴気孔の南側に新たな複数の弱い噴気が線状（長さ約 100m）に噴出しているのを確認した。

この付近では、1950 年の噴火の際にも噴気孔が形成されている（Minakami and Hiraga, 1951）、験震時報第 15 巻第 2 号（吾妻山の噴火調査報告）。また、5 月 19 日及び 3 月 31 日に実施した現地調査では、大穴火口の噴気に変化はみられず、大穴火口周辺の地熱域に拡大等の変化は認められなかった。

2 月 16 日に陸上自衛隊の協力により実施した上空からの観測では、大穴火口の噴気に変化はみられず、大穴火口周辺の地熱域に拡大等の変化は認められなかった。なお、こ

この資料は気象庁のほか、国土交通省東北地方整備局、東北大学、国立研究開発法人防災科学技術研究所のデータを利用して作成した。

の上空からの観測では大穴火口北西の、噴気や地熱域は確認されなかった。

・大穴火口周辺の全磁力の状況（図 9）

大穴火口周辺で実施している全磁力繰り返し観測によると、2014年10月以降観測されていた大穴火口周辺の地下での熱活動の活発化を示す全磁力値の変化は2015年秋以降停滞傾向にあると考えられる。

・地震活動（図 10-②③⑤～⑧、図 11～14）

3月28日から4月6日にかけて、大穴火口付近直下が震源とみられる火山性地震が多い状態となった。そのほかの期間、火山性地震は少ない状態で経過した。

火山性微動は観測されなかった。

・地殻変動（図 15～20）

浄土平観測点（大穴火口の東南東約 1 km）に設置している傾斜計では、2014 年 7 月頃から西南西側（火口方向側）上がりの変動が観測されていたが、2015 年 7 月頃から停滞、2015 年 9 月頃から西側下がり傾向となっている。

5 月 27 日から 30 日にかけて実施した大穴火口付近の GNSS 繰り返し観測では、前回（2015 年 6 月 22 日～25 日）の観測結果以降、大穴火口を挟む基線で収縮を示す変化がみられた。また、GNSS 連続観測では、2014 年 9 月頃から一切経山付近の膨張を示す緩やかな変化がみられていたが、2015 年 7 月頃から停滞または収縮の傾向となっている。



図 1 吾妻山 大穴火口からの噴気の状況（2016 年 4 月 12 日）

- ・右：浄土平火口カメラ（東北地方整備局、大穴火口から東南東約 500m）による。
- ・左：福島市上野寺遠望カメラ（大穴火口から東北東約 14km）による。
- ・実線赤丸で囲んだ部分が大穴火口からの噴気で、この時観測された噴気の高さは 100m。



図2 吾妻山 噴気や地熱域の分布図及び写真と地表面温度分布¹⁾ 撮影位置

1) 赤外熱映像装置による。



図3 吾妻山 現在の規制範囲（福島市ホームページより）

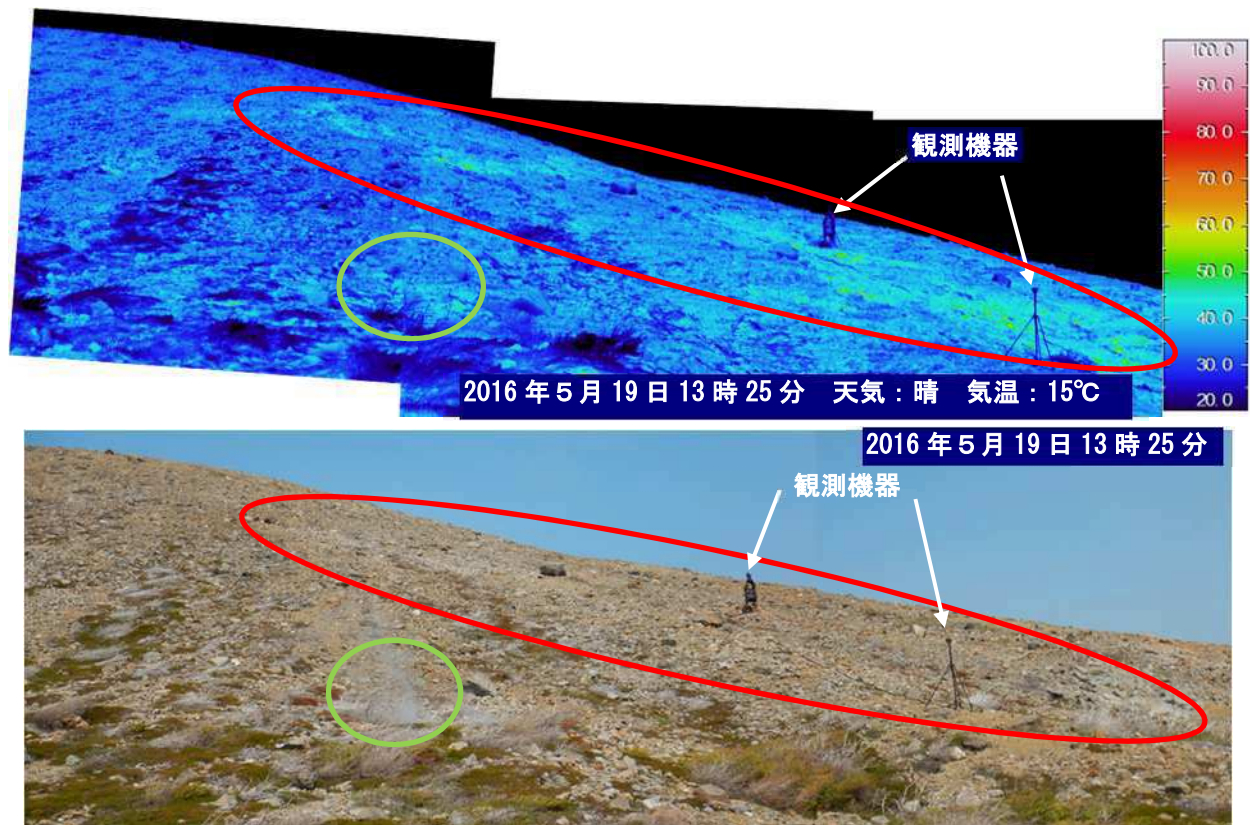
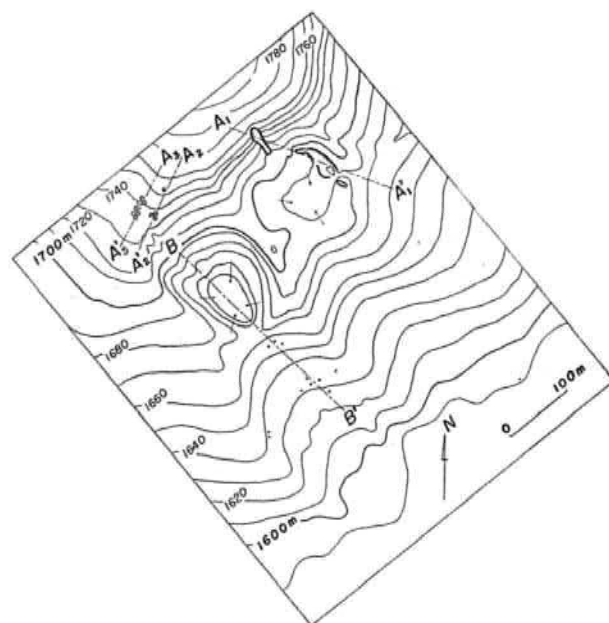
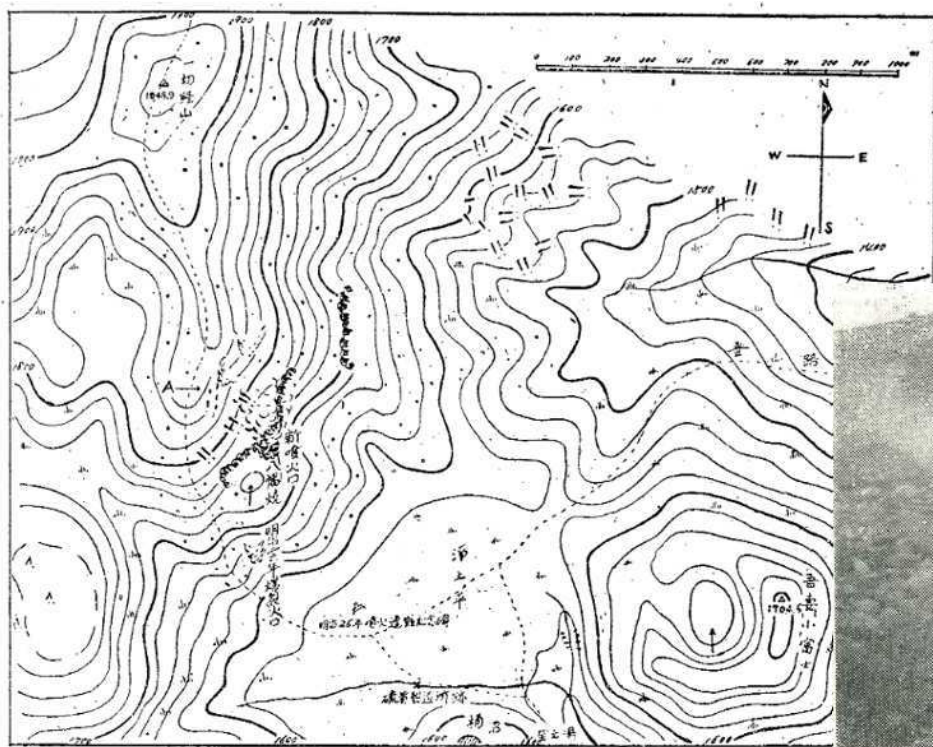


図 4 吾妻山 大穴火口北西の噴気の状態と地表面温度分布

- ・ 2015 年 10 月に新たに確認された噴気（緑実線）は今回も観測された。
- ・ 2015 年 10 月に新たな噴気が確認された大穴火口北西で、前回確認された噴気孔の南側に新たな複数の弱い噴気（赤実線）が線状（長さ約 100m）に噴出しているのを確認した。



Minakami and Hiraga(1951) より
・方位と縮尺を左図に合わせている。



験震時報 15 巻 2 号 吾妻山の噴火調査報告より



左図の A 点の状況
上の三本の矢印は噴出の穴
下の二本の矢印は亀裂の線

図 5 吾妻山 大穴火口北西の噴気と 1950 年に形成された噴気孔の位置
・大穴火口北西の噴気付近では、1950 年の噴火の際にも噴気孔が形成されている。



2015 年 10 月に確認された大穴火口北西の噴気孔



2015 年 10 月に確認された大穴火口北西の噴気孔



全磁力観測点（テレメータ機器）から撮影



噴気地帯を南側から撮影

図 6 吾妻山 大穴火口北西の噴気の状態

- ・ 2015 年 10 月に新たに確認された噴気孔（緑実線）の周辺において、前回確認されなかった複数の弱い噴気（赤実線）を確認した。

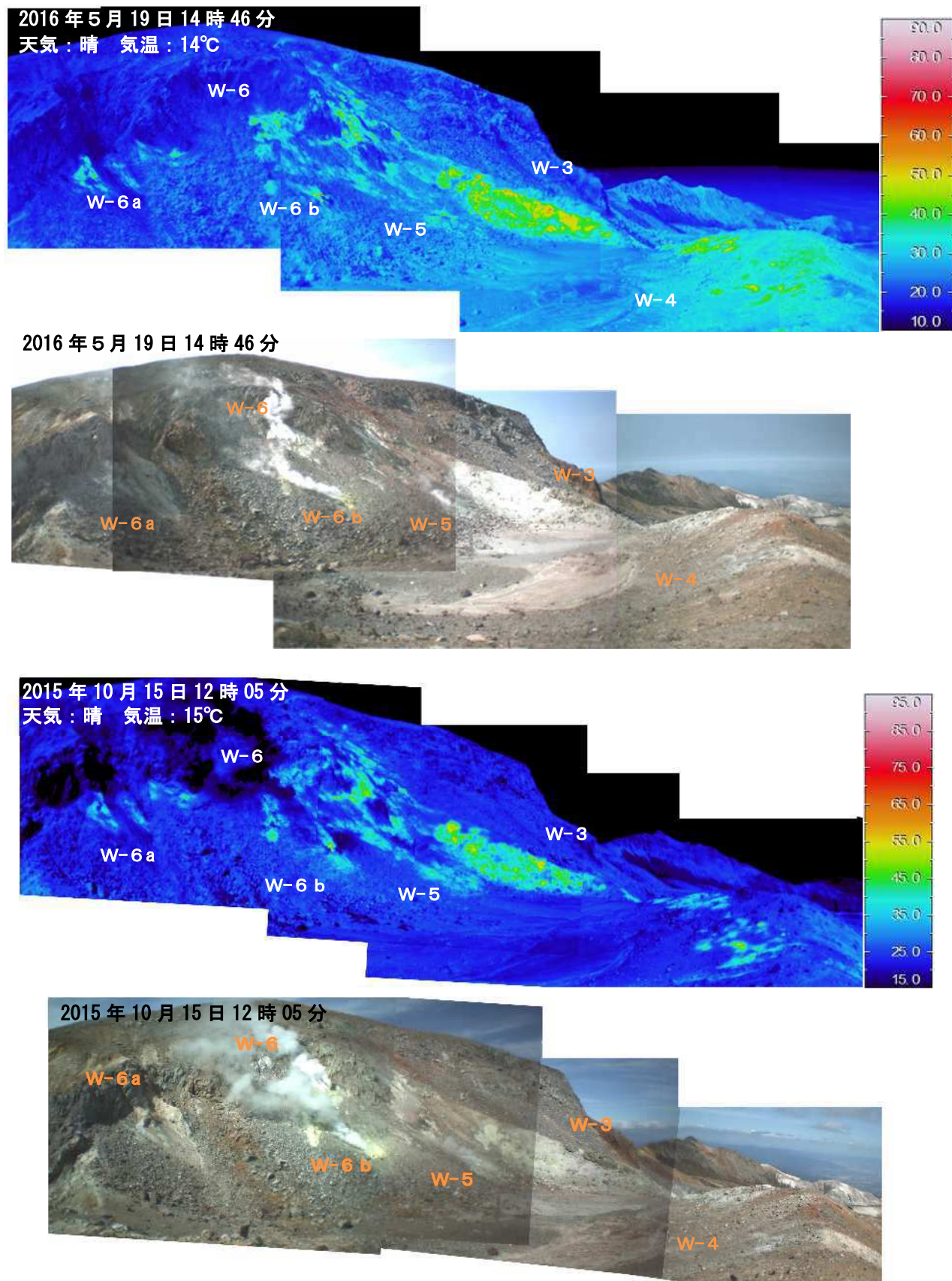


図 7 吾妻山 大穴火口の状況と地表面温度分布

・ 2015 年 10 月 15 日と比較して、噴気及び地熱域の状況に特段の変化は認められない。

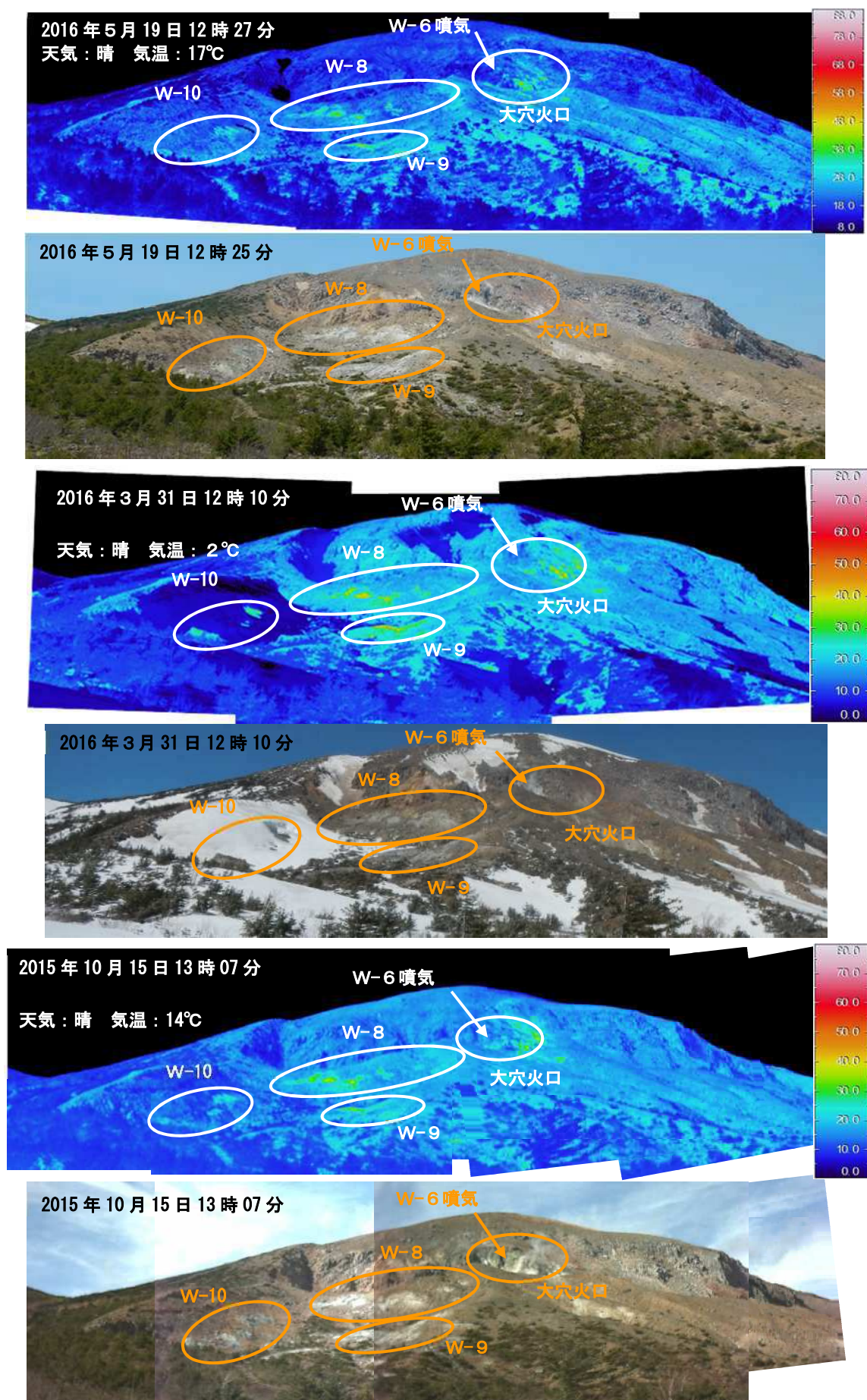


図 8 吾妻山 大穴火口及び八幡焼の状況と地表面温度分布

・ 2015 年 10 月 15 日と比較して、噴気及び地熱域の状況に特段の変化は認められない。

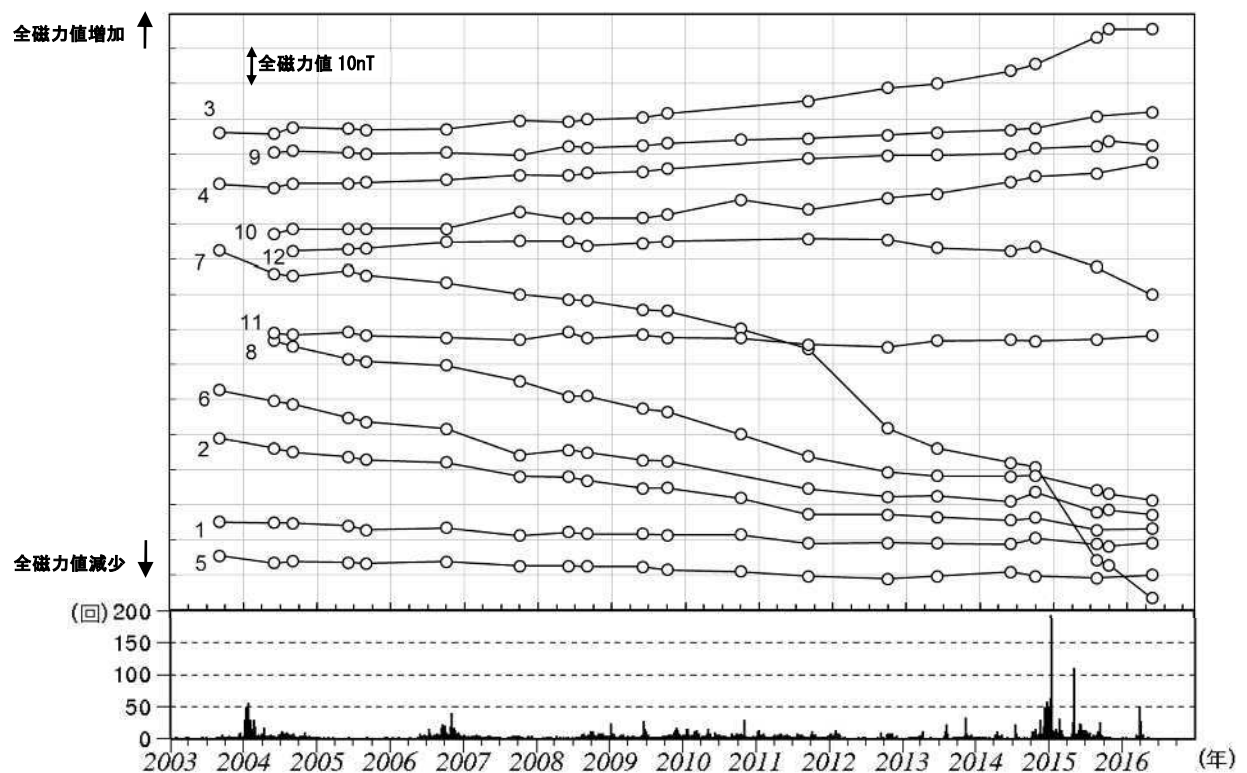
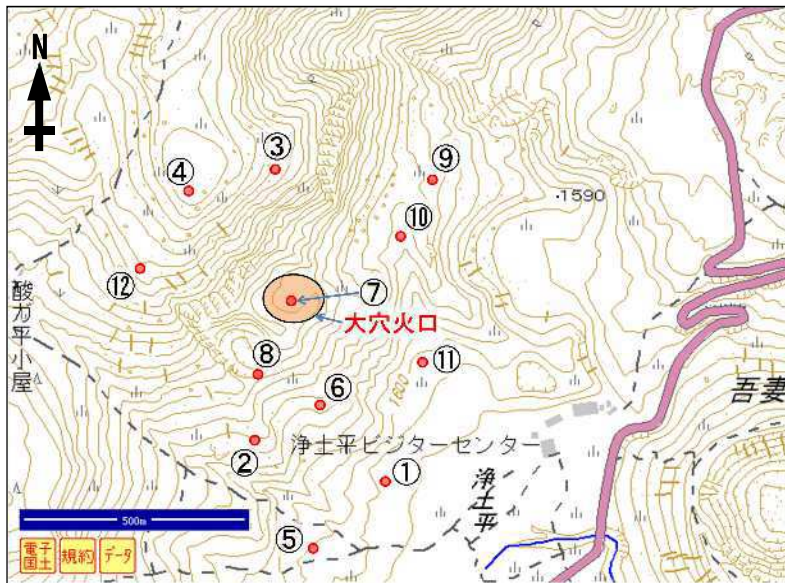


図9 吾妻山 全磁力繰り返し観測点の全磁力値変化と日別地震回数
(2003年1月～2016年5月)

- ・5月19日に実施した全磁力繰り返し観測によると、2014年10月以降観測されていた大穴火口周辺の地下での熱活動の活発化を示す全磁力値の変化は、2015年秋以降停滞傾向にあると考えられます。
- ・2014年10月以降の観測点(12)の全磁力値の変化は、観測点近傍で2015年10月以降新たな噴気(大穴火口北西の噴気)が確認されていることから、局所的な地温の上昇を反映している可能性が考えられます。
- ・2011年9月から2012年10月及び2014年10月から2015年8月にかけて大穴火口内の観測点(7)の全磁力値が大きく変動していますが、地熱地帯で噴気が盛んな場所であること、また傾斜勾配が急な場所のため風雨によって近傍の岩石が移動し、磁場傾度が大きく変動して全磁力値に影響を与えた可能性が考えられます。

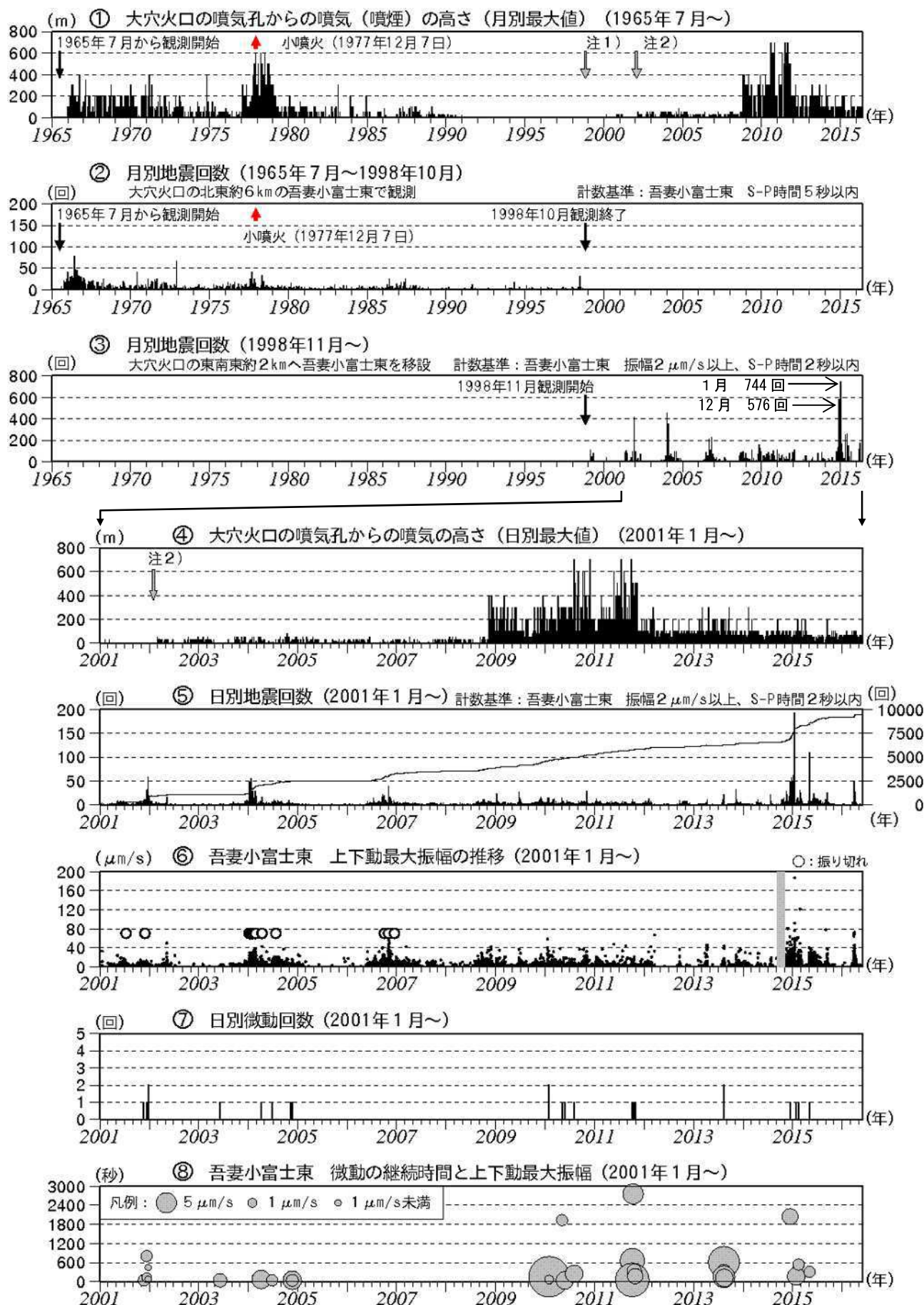


図 10 吾妻山 火山活動経過図（1965年7月～2016年5月31日）

- ・①注1）1998年以前は福島地方気象台（大穴火口の東北東約20km）からの目視観測で、1998年からは遠望カメラ（大穴火口の東北東約14km）による観測である。
- ・①、④注2）2002年2月以前は定時（09時、15時）及び随時観測による高さ、2002年2月以後は全ての時間で観測したデータによる高さ。

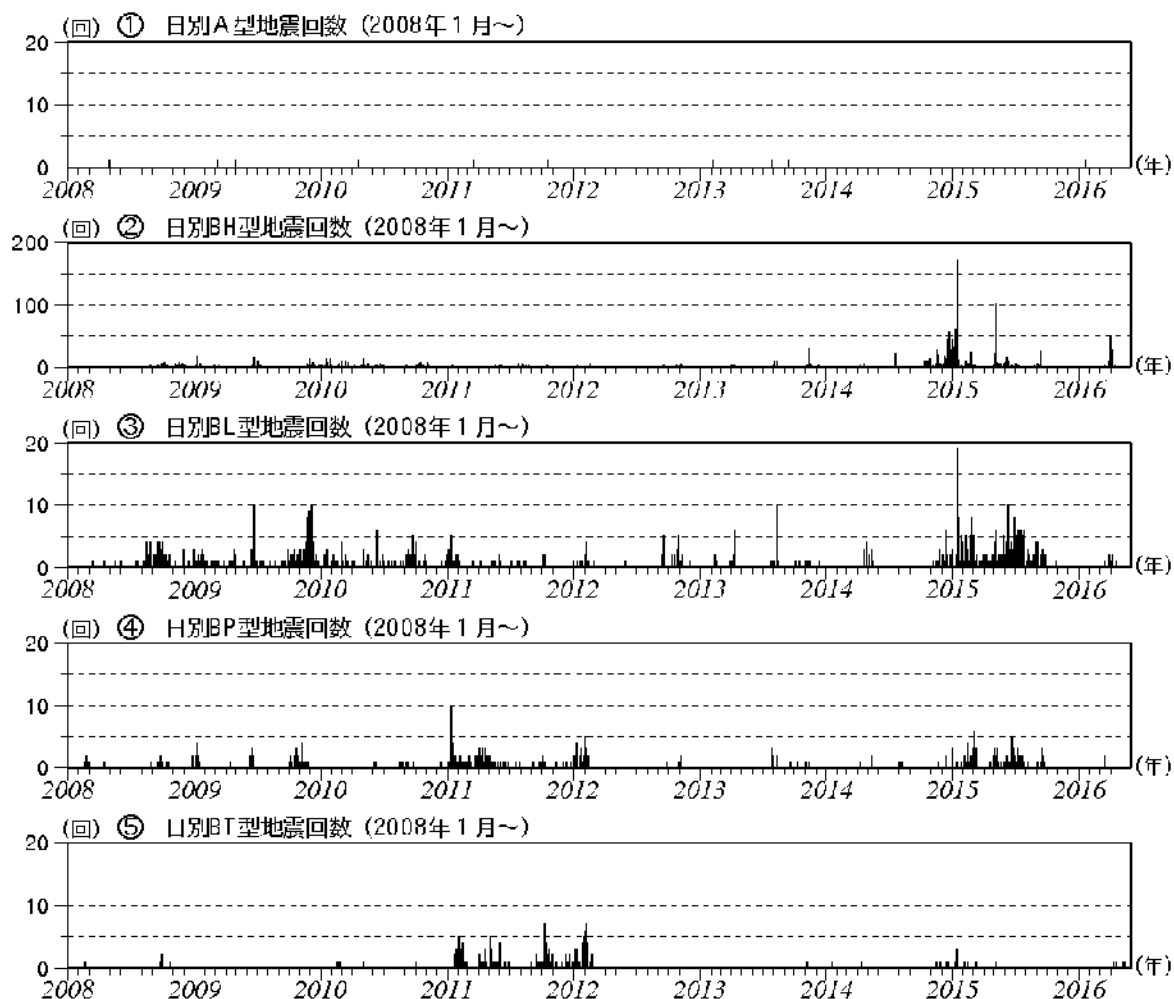


図 11 吾妻山 火山性地震タイプ別・日別回数 (2008 年 1 月～2016 年 5 月 31 日)

- ・ 2011 年 1 月～6 月、2011 年 9 月～2012 年 2 月、2014 年 12 月～2015 年 9 月にかけて単色地震 (BP 型) 及び T 型地震 (BT 型) が増加した。
- ・ 3 月 28 日から 4 月 6 日にかけて地震回数が増加した際に発生したものは主に BH 型地震であった。
- ・ 今期間、BP 型、BT 型地震は少ない状態で経過した。

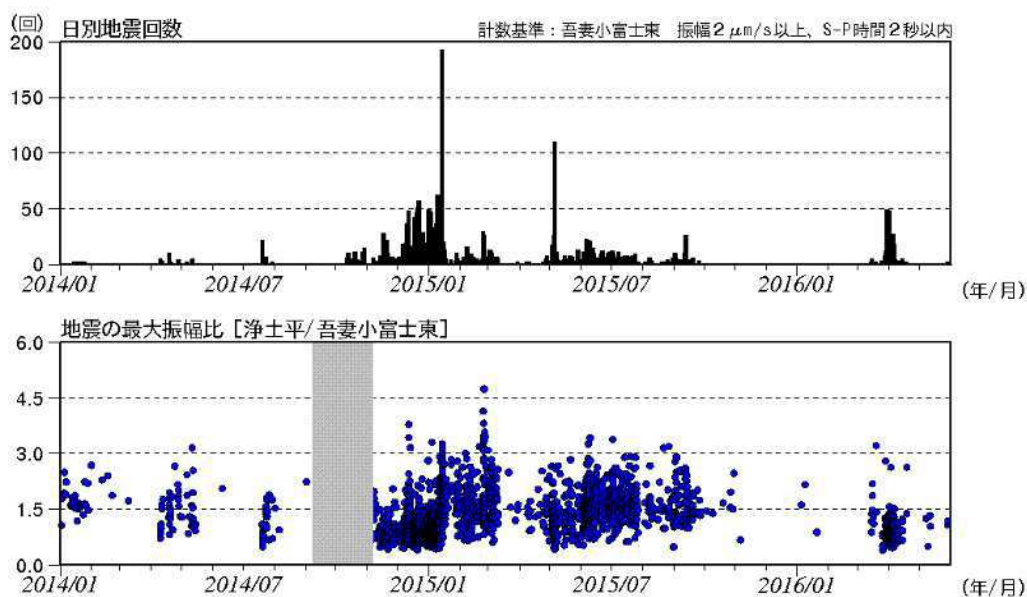


図 12 吾妻山 火山性地震日別回数・最大振幅比 (2014 年 1 月～2016 年 5 月 31 日)

- ・ 最大振幅比は上下動の速度による。
- ・ 最大振幅比は概ね 1 から 3 の範囲に入るが、2016 年 3 月から 4 月にかけては 1.5 以下の比較的小さな振幅比のものが多かった。

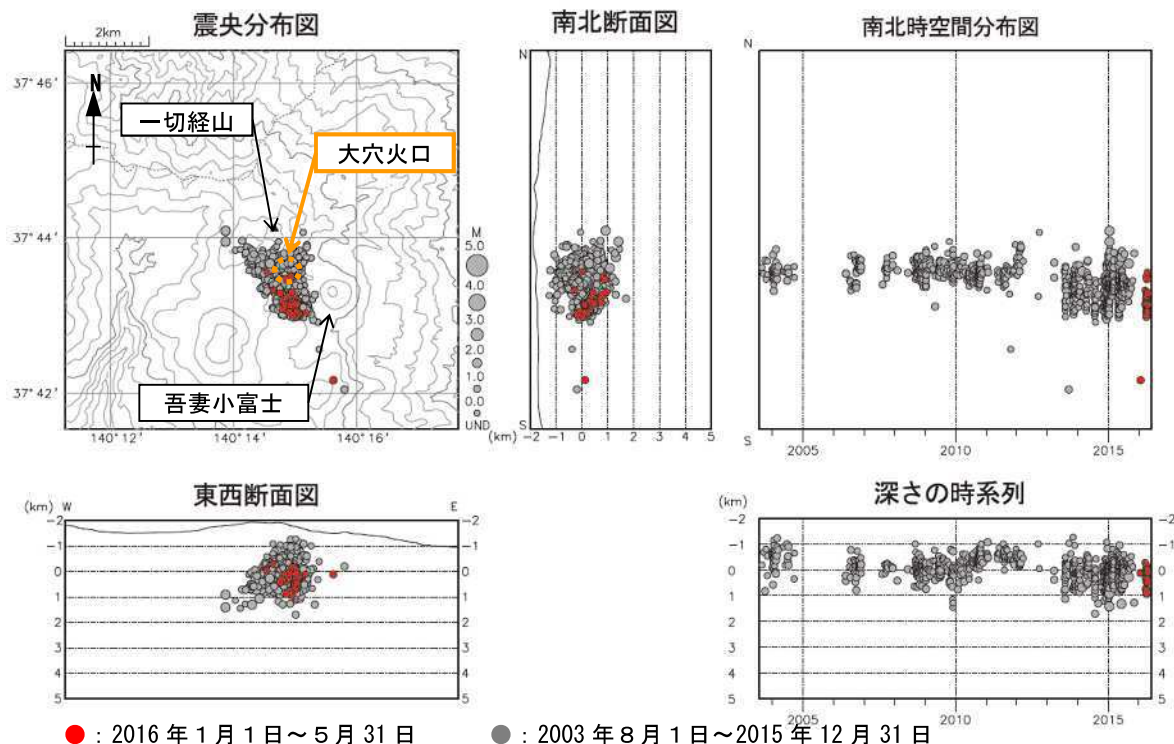


図 13 吾妻山 地震活動 (2003 年 8 月～2016 年 5 月 31 日)

- ・表示条件：相数 7 相以上、深さフリーで決まった地震
- ・速度構造：図 20 の地震観測網内の地震には半無限構造 $V_p=3.1\text{km/s}$ を使用。観測網外の地震には成層構造を使用。
- ・2010 年 2 月 24 日～6 月 29 日の震源は、吾妻小富士東の地震計のテレメータ装置の時刻校正に不具合があったため、機器の内部温度で時刻補正値を求め吾妻小富士東の検測値を補正した。
- ・2010 年 9 月 1 日から浄土平観測点を震源計算に使用しているため、震源がそれ以前より浅く決まっている。
- ・2012 年 12 月 1 日以降、観測点の移設更新の影響により、震源がやや南側に分布する傾向がみられる。
- ・今期間の地震活動は、これまでに発生していた大穴火口南側の領域で活発であり、図 12 から同様の傾向がみられる。
- ・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。

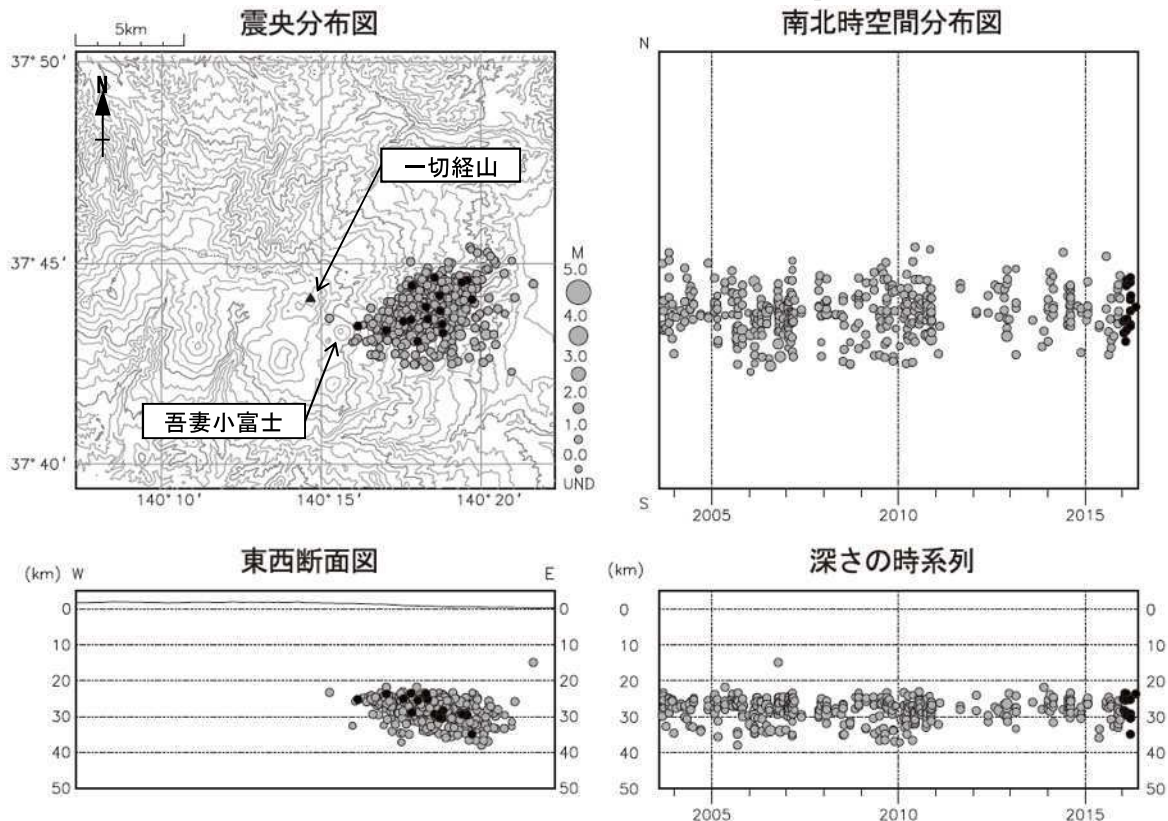


図 14 吾妻山 一元化震源による深部低周波地震活動 (2003 年 8 月～2016 年 5 月 31 日)

- ・図中の一部の震源要素は暫定値で、後日変更することがある。
- ・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。
- ・表示している震源には、震源決定時の計算誤差の大きなものが表示されることがある。

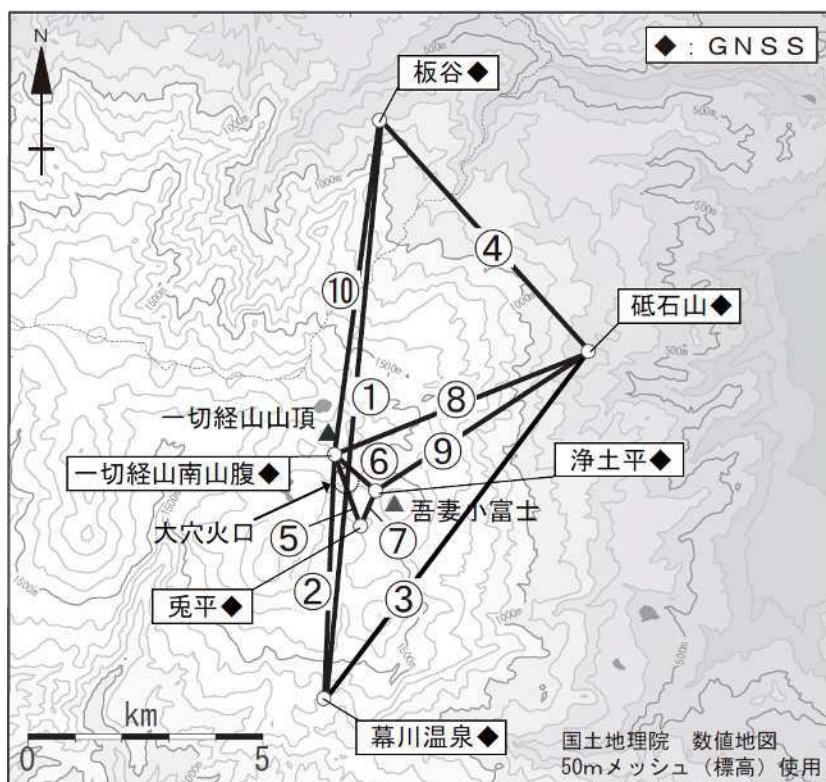


図 15 吾妻山 GNSS 観測点配置図（連続観測による広域の観測）

小さな白丸（○）は気象庁の観測点位置を示している。

GNSS基線①～⑩は図14、15の①～⑩に対応している。

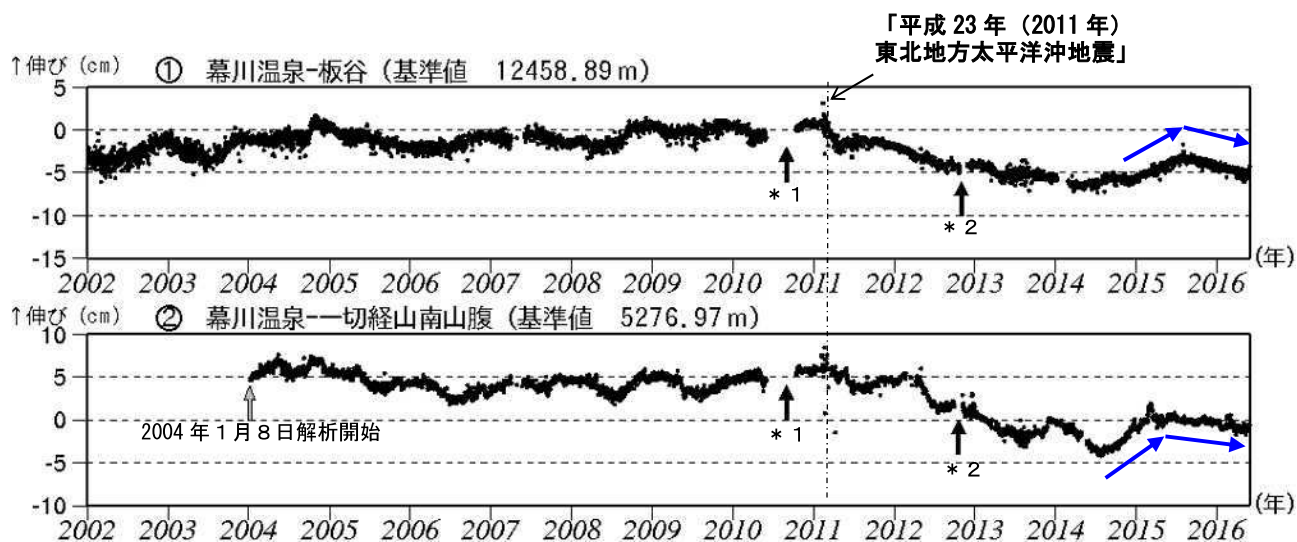


図 16 吾妻山 GNSS 基線長変化図（2002 年 1 月～2016 年 5 月 31 日）

- ・ 2010 年 10 月以降のデータについては解析方法を改良し、対流圏補正と電離層補正を行っている。
- ・ 2011 年 3 月 11 日から 2014 年頃にかけての変動は、「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」による影響であり、火山活動によるものではないと考えられる。
- ・ 2011 年 3 月 11 日の「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」に伴うステップを補正している。
- ・ ①～②は図13のGNSS基線①～②に対応している。
- ・ グラフの空白部分は欠測を表す。
- ・ 各基線の基準値は補正等により変更する場合がある。
- ・ 青矢印は基線長の変化傾向を示す。2015 年 7 月頃まで一切経山付近の膨張を示す緩やかな変化がみられていたが、その後停滞または収縮の傾向となっている。
- ・ * 1：幕川温泉観測点の機器更新。 * 2：板谷観測点と一切経山南山腹観測点の機器更新。

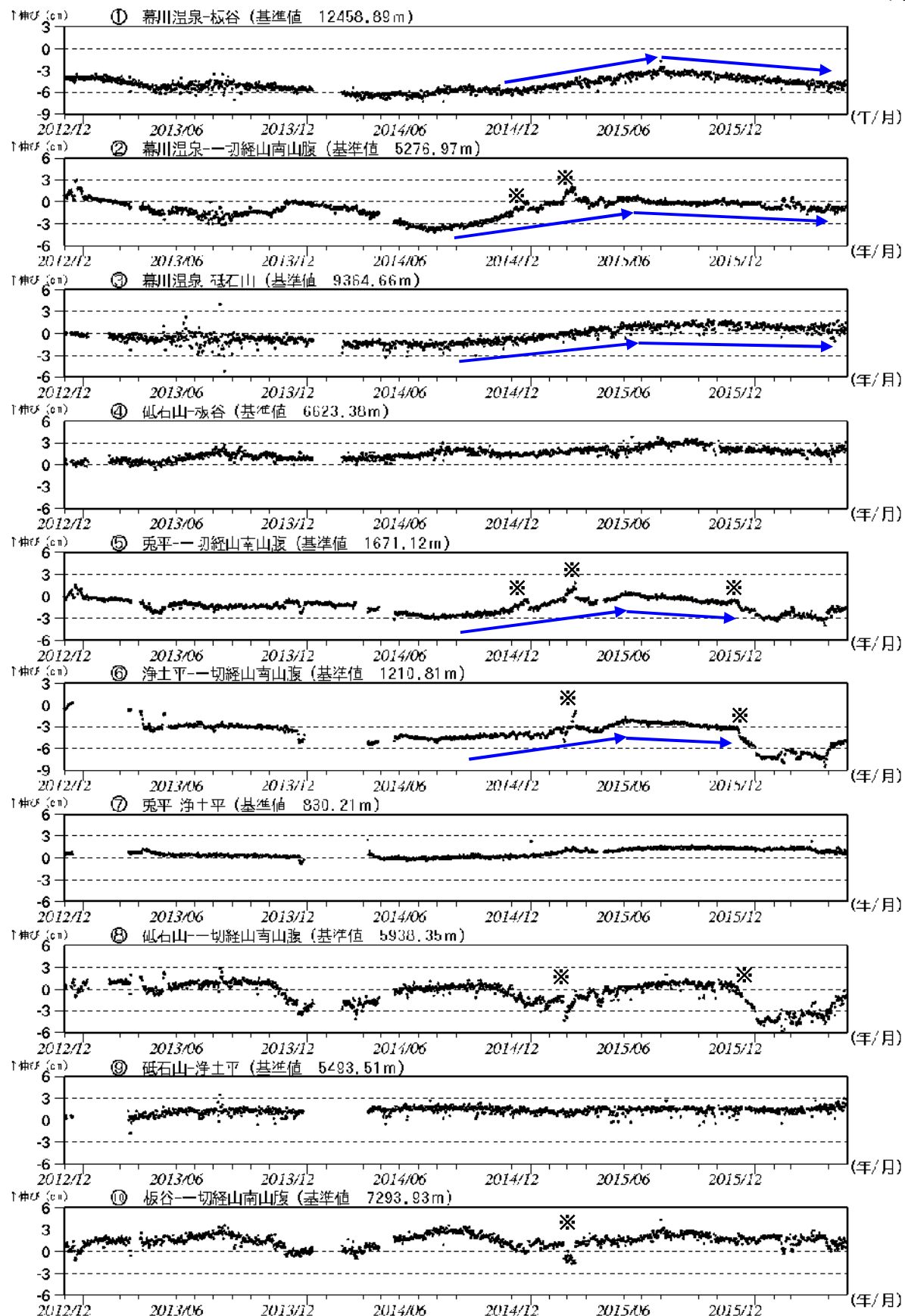


図 17 吾妻山 GNSS 基線長変化図 (2012 年 12 月～2016 年 5 月 31 日)

- ・①～⑩は図 13 の GNSS 基線①～⑩に対応している。・各基線の基準値は補正等により変更する場合がある。
 - ・グラフの空白部分は欠測を示す。
 - ・青矢印は基線長の変化傾向を示す。一部の観測点で、2015 年 7 月頃まで一切経山付近の膨張を示す緩やかな変化がみられていたが、その後停滞または収縮の傾向となっている。
- ※冬期には、原因不明の局地的な変動がみられることがあり、凍上やアンテナへの着雪等の可能性が考えられる。

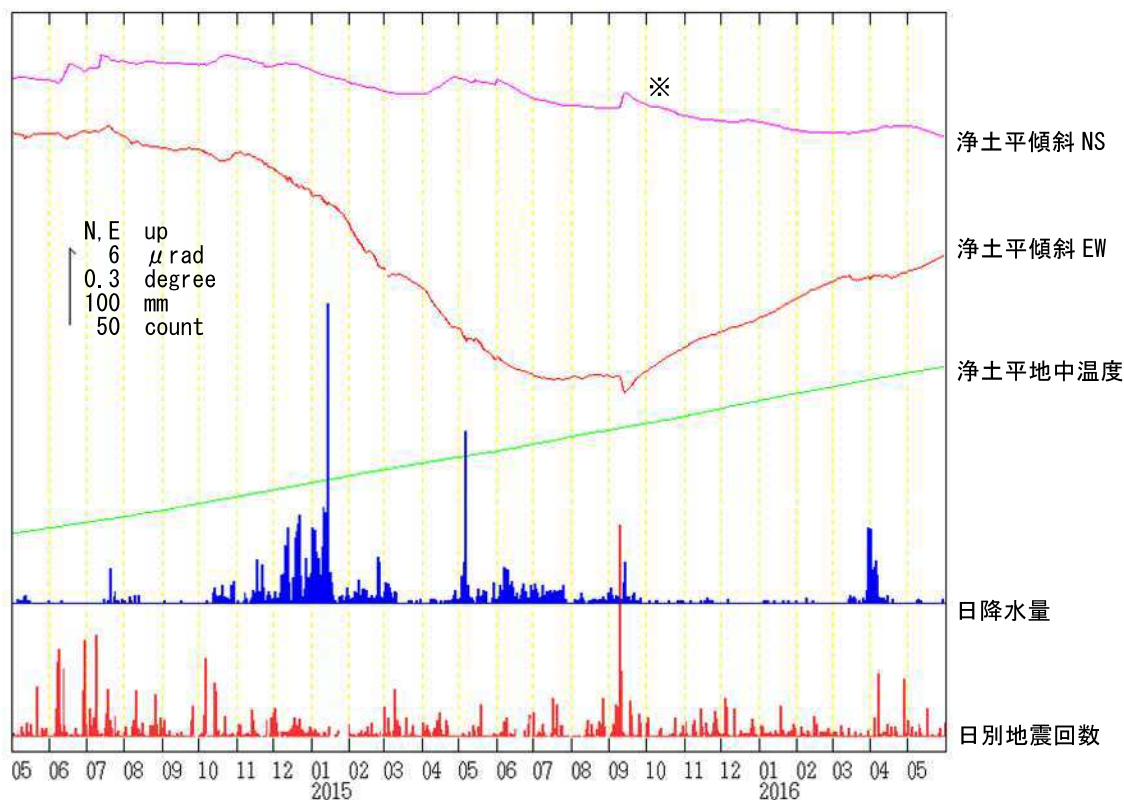


図 18 吾妻山 浄土平観測点における傾斜変動

(2014 年 5 月 1 日～2016 年 5 月 31 日、時間値、潮汐補正済み)

- ・ 2014 年 7 月頃から西南西側（火口方向側）上がりの変動が観測されていたが、2015 年 7 月頃から停滞、2015 年 9 月頃から西側下りの傾向となっている。
- ・ 日別降水量は鷲倉地域気象観測所の値を示す。
- ・ 日別地震回数は深部低周波地震を含む。

※平成 27 年 9 月関東・東北豪雨による変動である。

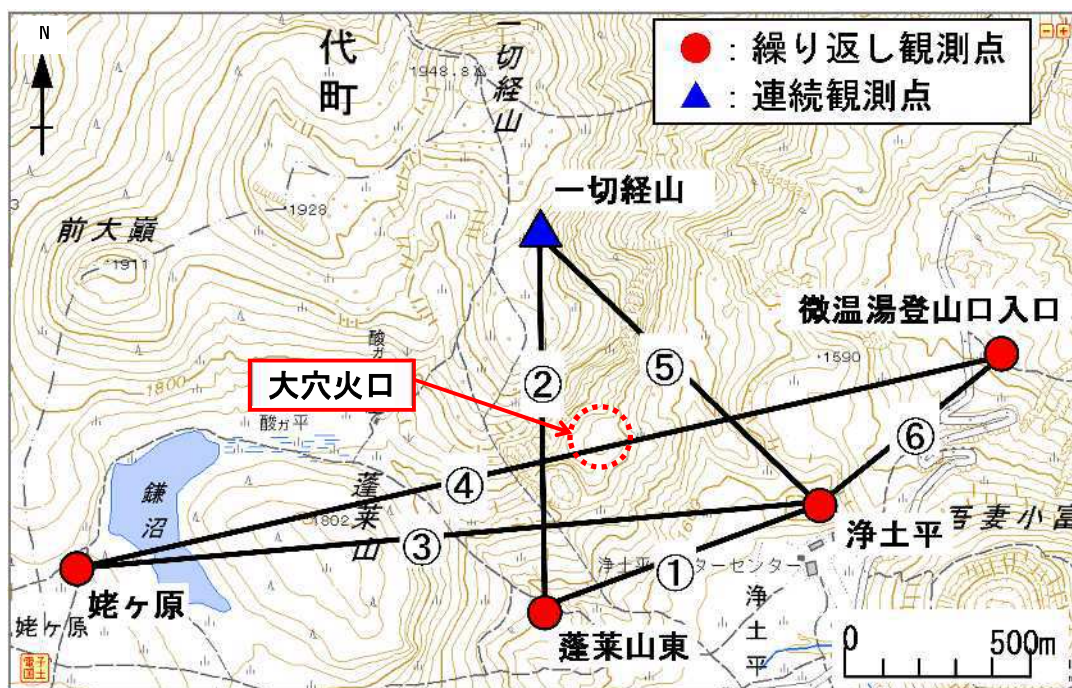


図 19 吾妻山 GNSS観測点配置図（繰り返し観測による狭域の観測）

- ・ GNSS基線①～⑥は図20の①～⑥に対応している。



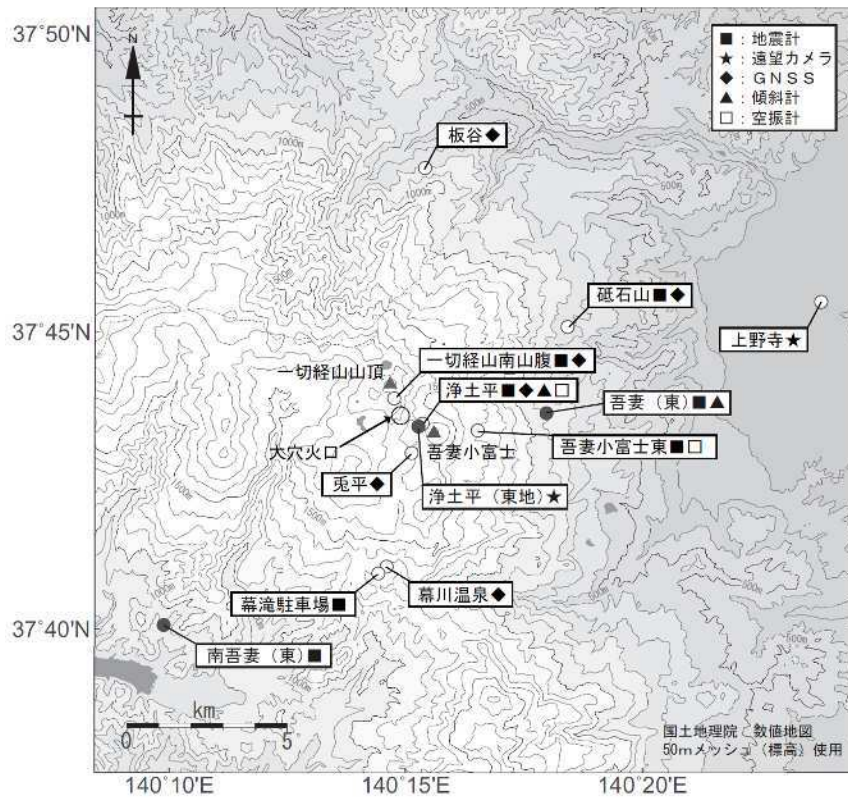


図 21 吾妻山 観測点配置図

小さな白丸（○）は気象庁観測点位置、小さな黒丸（●）は気象庁以外の機関の観測点位置を示す。（東地）：東北地方整備局 （東）：東北大学

吾妻山の地震活動

【概要】

- ・ 吾妻山では、今期間、火山性地震は比較的少ない状態で推移した。発生した火山性地震の震源は、概ね大穴火口付近直下の地表下 2km 以浅である。

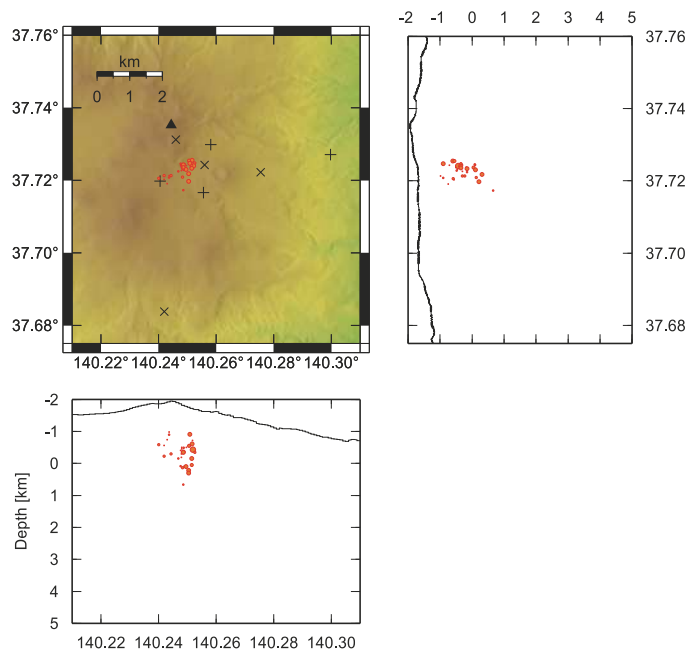


図1. 吾妻山における火山性地震の震源分布(2015 年 12 月～2016 年 4 月)。

赤丸及び黒三角は、それぞれ震源位置、一切経山山頂を示す。また、黒+及び黒×は、それぞれ東北大学、気象庁の観測点位置を示す。

地図の作製にあたっては、国土地理院発行の電子地形図を使用した。

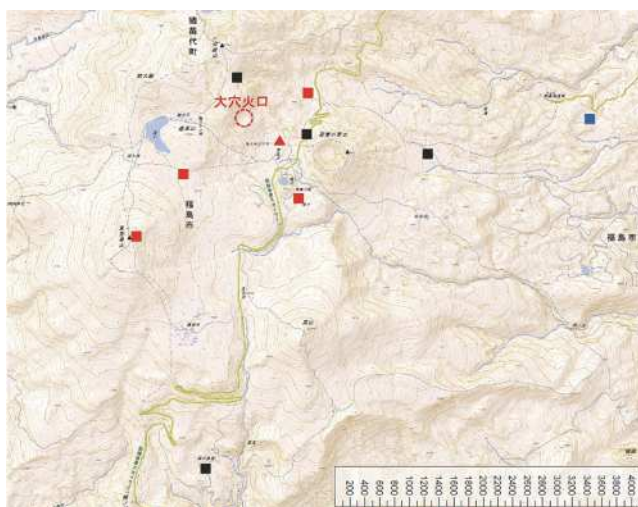


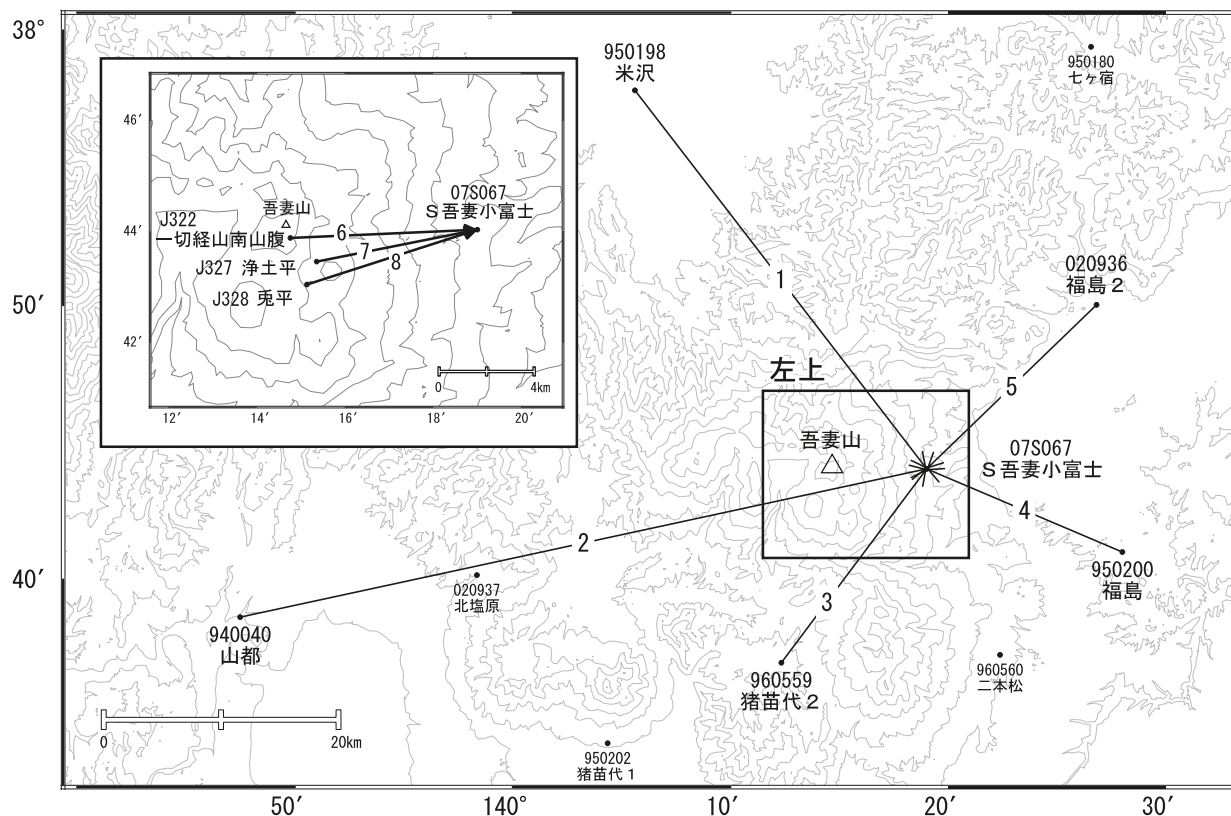
図 2. 吾妻山大穴火口周辺の地震観測点配置図。

青及び黒の四角は、それぞれ東北大学、気象庁の定常観測点を示す。赤の四角及び三角は、2015 年度に東北大学で設置を行なった短周期地震計及び広帯域地震計の臨時観測点。

吾妻山

2015年10月頃から一部の基線で山体の収縮を示す地殻変動が見られていましたが、2016年1月頃から停滞に転じています。

吾妻山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図

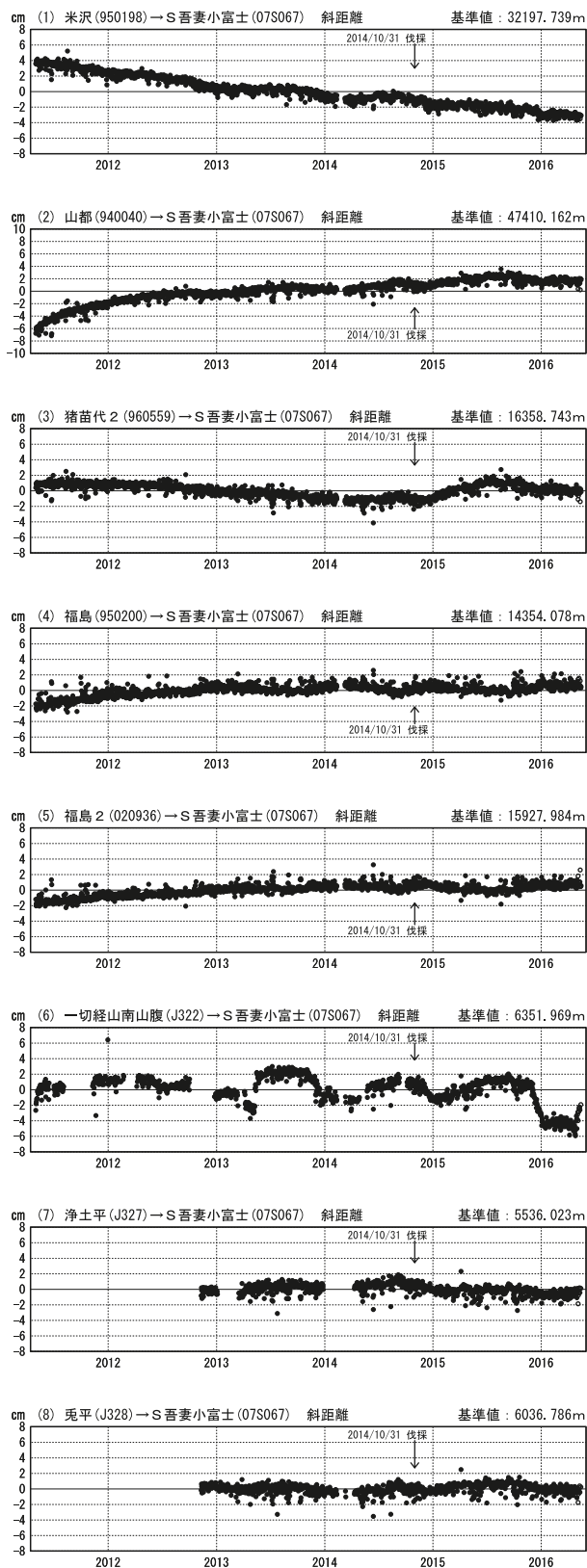


吾妻山周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
940040	山都	20120112	アンテナ・受信機交換
		20150214	アンテナ交換
950198	米沢	20120812	アンテナ交換
950200	福島	20111211	アンテナ交換
960559	猪苗代2	20111211	アンテナ交換
		20150813	受信機交換
020936	福島2	20111211	アンテナ交換
		20150609	受信機交換
07S067	S吾妻小富士	20141014	伐採
		20151016	受信機交換

基線変化グラフ

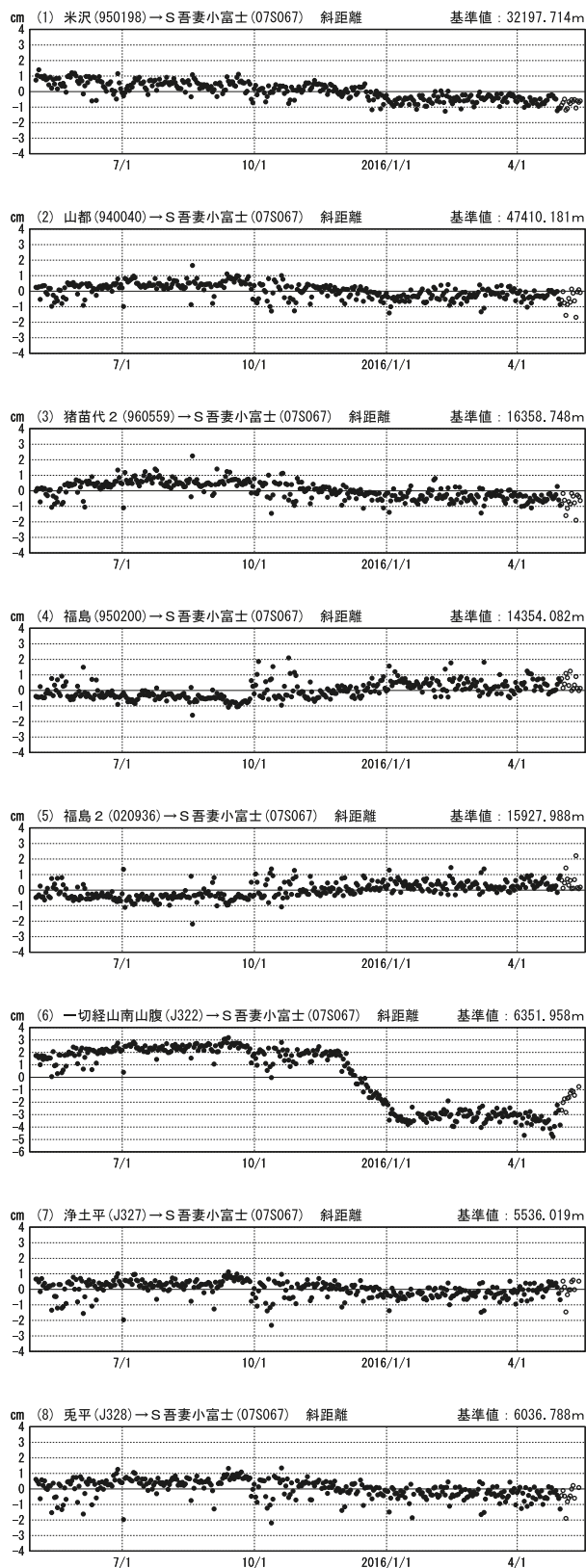
期間：2011/05/01～2016/05/14 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

基線変化グラフ

期間：2015/05/01～2016/05/14 JST



国土地理院

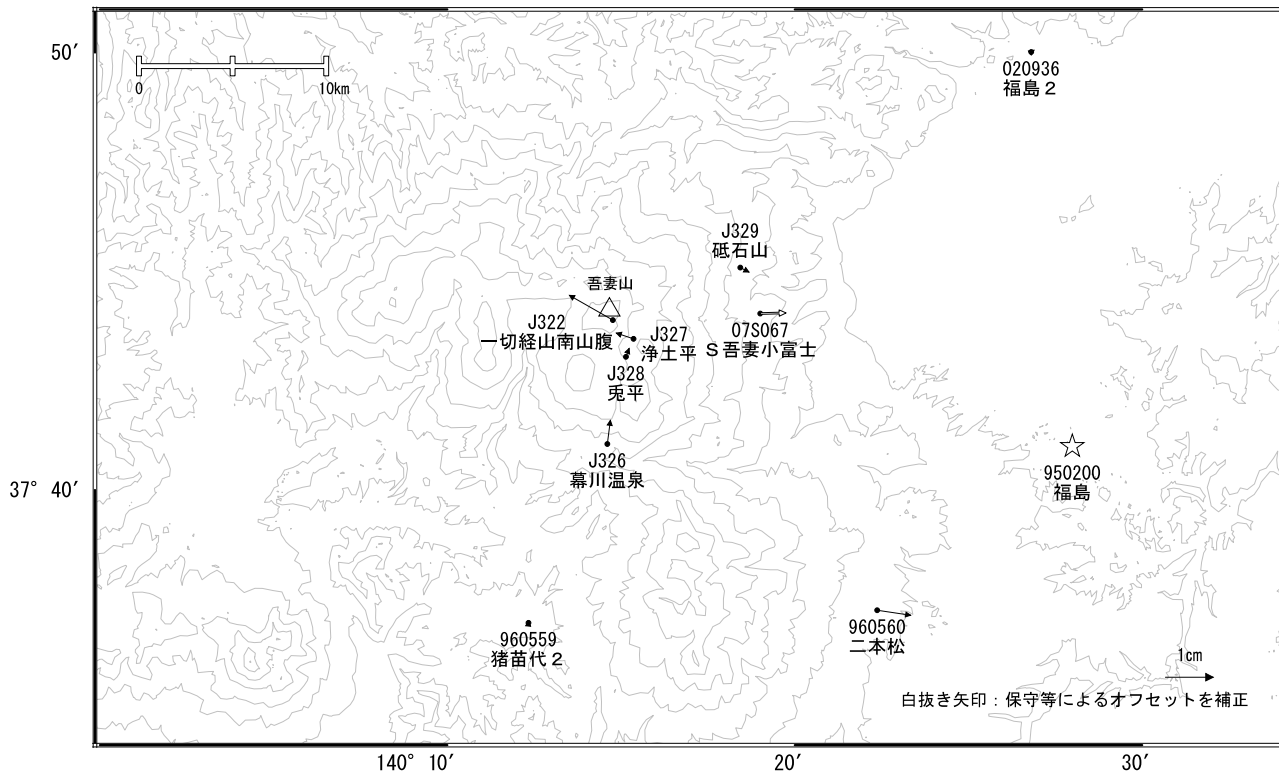
※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

吾妻山

吾妻山周辺の地殻変動(水平:3ヶ月) 一次トレンド除去

基準期間:2016/01/21~2016/01/30[F3:最終解]
比較期間:2016/04/21~2016/04/30[F3:最終解]

計算期間:2015/04/01~2016/04/01



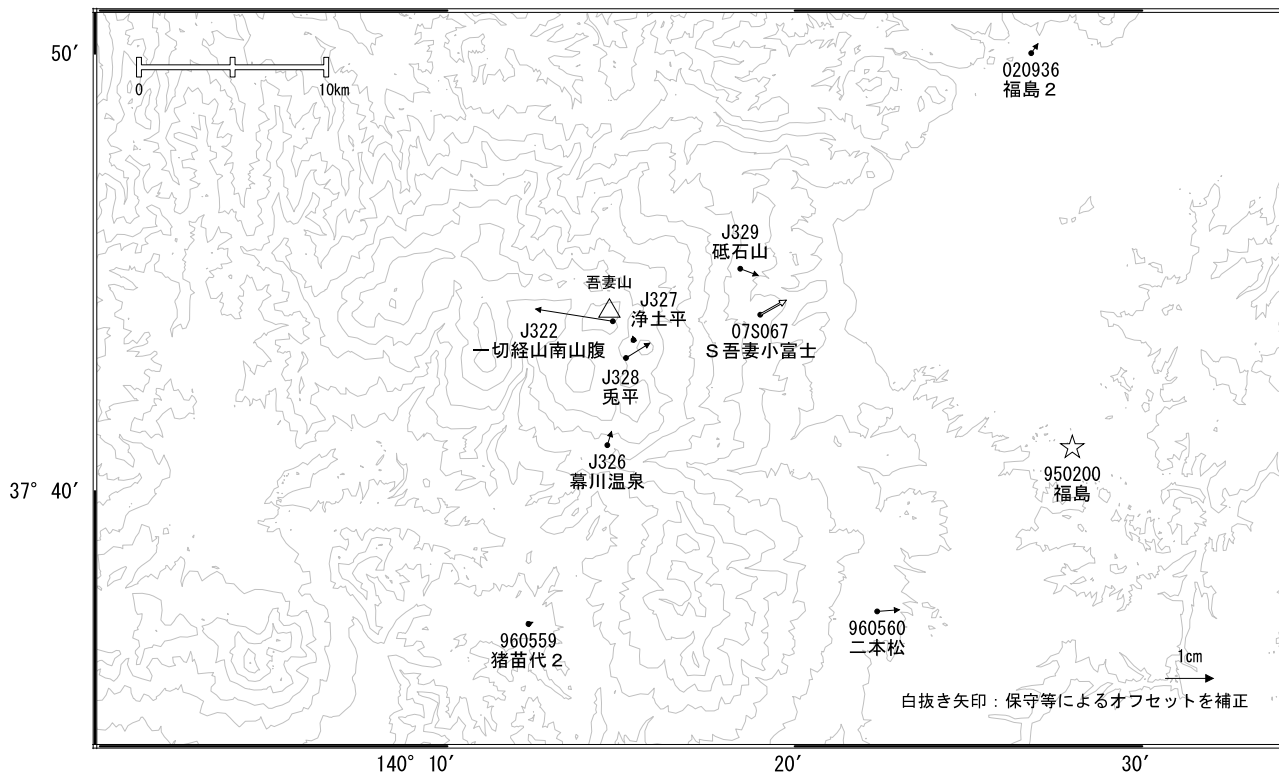
☆ 固定局:福島(950200)

国土地理院・気象庁

吾妻山周辺の地殻変動(水平:1年) 一次トレンド除去

基準期間:2015/04/21~2015/04/30[F3:最終解]
比較期間:2016/04/21~2016/04/30[F3:最終解]

計算期間:2015/04/01~2016/04/01



☆ 固定局:福島(950200)

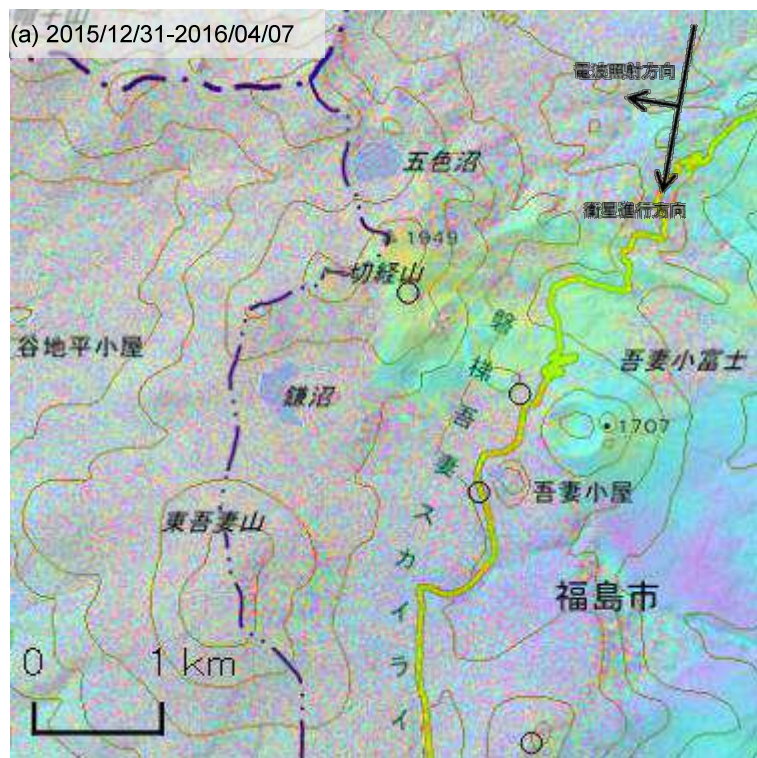
国土地理院・気象庁

吾妻山

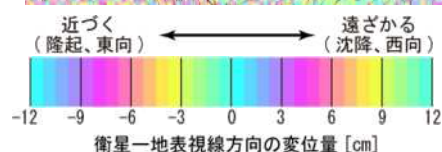
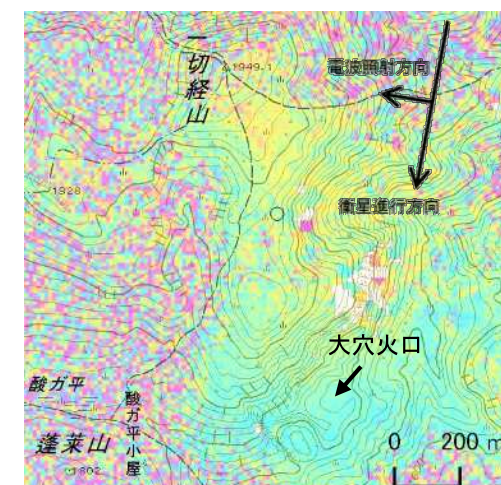
吾妻山の SAR 干渉解析結果について

判読) 大穴火口周辺では、ノイズレベルを超える変動は見られない。

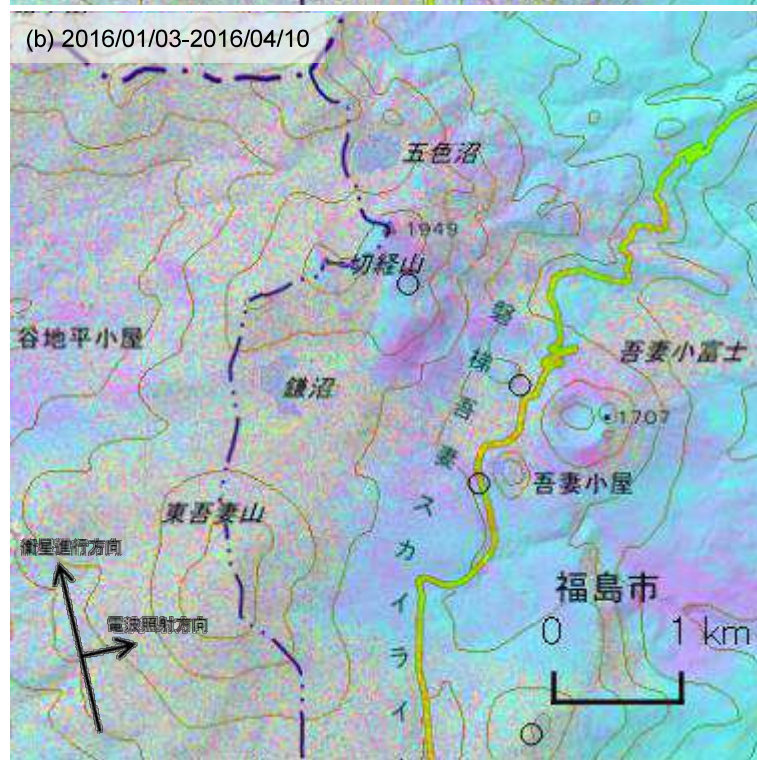
吾妻山周辺の広い範囲では、干渉不良により有意な結果は得られなかった。



(a) 2015/12/31-2016/04/07 (大穴火口周辺の拡大図)

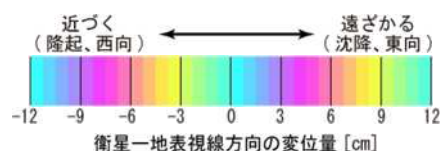


○ 国土地理院以外の GNSS 観測点



	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2015/12/31 2016/04/07 11:43 頃 (98 日間)	2016/01/03 2016/04/10 23:37 頃 (98 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(中心)	40.5°	42.9°
偏波	HH	HH
垂直基線長	+ 51m	- 40m

*U: 高分解能(3m)モード



背景：地理院地図 標準地図

解析：国土地理院 原初データ所有：JAXA

吾妻山

草 津 白 根 山 (2016 年 5 月 31 日現在)

湯釜火口の北から北東内壁及び水釜火口の北から北東側にかけての斜面で熱活動の活発な状態が継続している。

草津白根山では火山活動の活発化を示す変化が観測され、その状態が継続しており、今後、小規模な噴火が発生する可能性がある。湯釜火口から概ね 1 km の範囲では大きな噴石に警戒。平成 26 年 6 月 3 日に噴火警戒レベルを 2（火口周辺規制）に上げた。その後、警報事項に変更はない。

○ 概況（2016 年 1 月～2016 年 5 月 31 日）

・地震活動（図 3－1～2、図 4－1②～④、図 4－2①～③⑤）

2014 年 3 月上旬から湯釜から湯釜南付近を震源とする火山性地震が増加していたが、2014 年 8 月下旬以降は概ね少ない状態で経過した。

火山性微動は発生していない。

・地殻変動（図 4－1⑤、図 5～9）

GNSS 連続観測では、2014 年 4 月頃から湯釜を挟む基線でわずかな伸びの変化がみられていたが、2015 年 11 月頃より停滞している。

2016 年 5 月 16～19 日に実施した GNSS 繰り返し観測では、湯釜近傍の収縮傾向がみられた。

傾斜観測では、火山活動によるとみられる地殻変動は認められなかった。

・噴気など表面現象の状況（図 1、図 4－1①、図 4－2④、図 10、図 12～14）

2016 年 5 月 16～19 日に実施した現地調査では、前回（2015 年 9 月）の観測と同様に、引き続き湯釜火口壁北側、水釜火口の北から北東側の斜面に地熱域が認められた。水釜火口北側斜面では、一部の地点で前回（2015 年 9 月）と比較して温度の上昇が認められた。また、5 月 23 日に群馬県の協力により実施した上空からの観測及び 5 月 31 日に陸上自衛隊東部方面航空隊の協力で実施した上空からの観測でも、前回（2015 年 10 月）同様に湯釜火口壁北側で地熱域を確認している。

奥山田（湯釜の北約 1.5km）に設置してある気象庁の遠望カメラによる観測では、引き続き湯釜北側噴気地帯の噴気孔から噴気が時々認められた。逢ノ峰山頂（湯釜の南約 1 km）に設置してある気象庁の遠望カメラによる観測では、引き続き湯釜からの噴気は認められなかった。



図 1 草津白根山 湯釜付近の状況

- ・ 上左図：逢ノ峰山頂の遠望カメラ（4月20日撮影）
- ・ 上右図：東京工業大学の火口カメラ（4月20日撮影）
- ・ 下左図：奥山田の遠望カメラ（4月25日撮影）

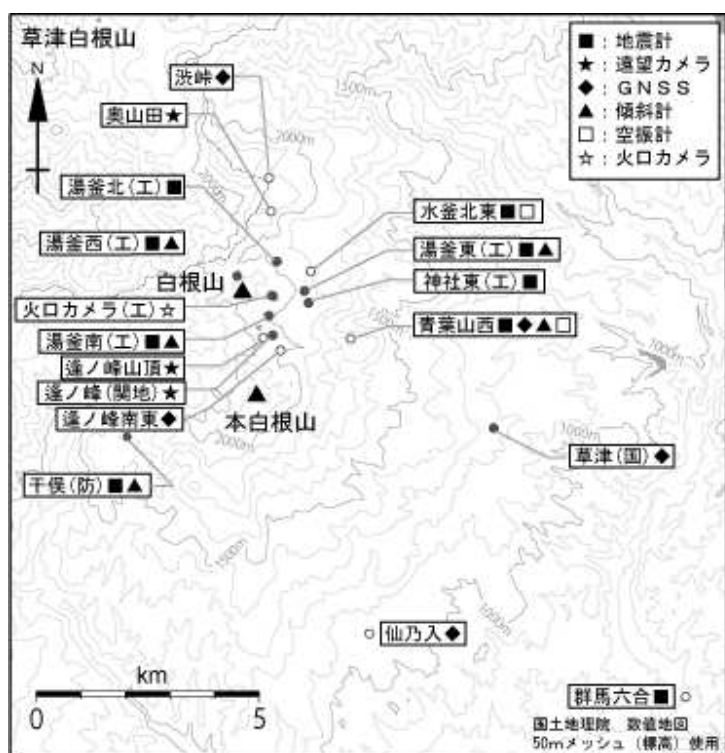


図 2 草津白根山 観測点配置図

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 25000（行政界・海岸線）』及び『数値地図 50mメッシュ（標高）』を使用した。

小さな白丸(○)は気象庁、小さな黒丸(●)は気象庁以外の機関の観測点位置を示しています。
 (国)：国土地理院、(防)：防災科学技術研究所、(工)：東京工業大学、(関地)：関東地方整備局

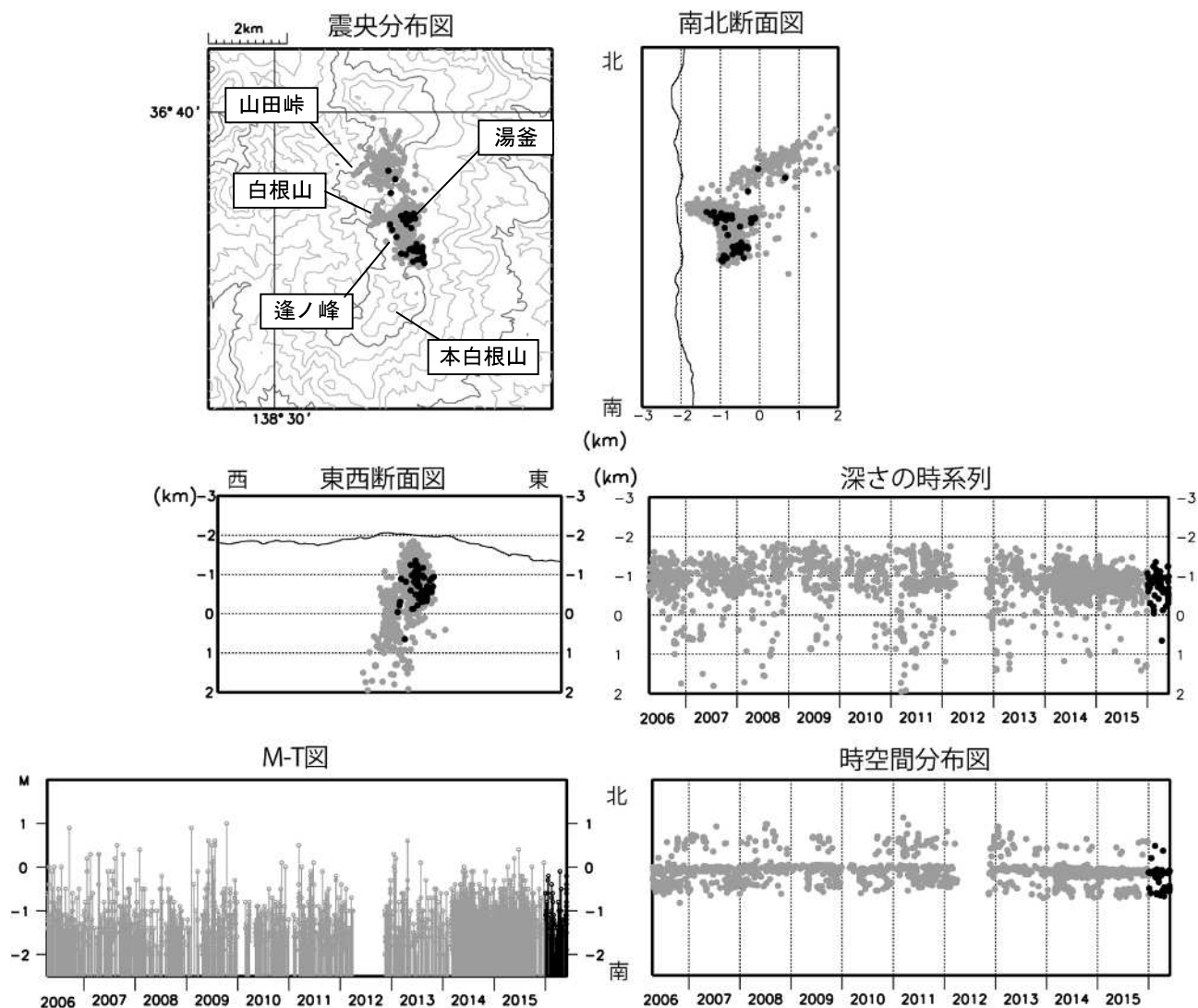


図 3-1 草津白根山 震源分布図 (2006 年 4 月 15 日～2016 年 5 月 31 日)

● : 2006 年 4 月 15 日～2015 年 12 月 31 日 ● : 2016 年 1 月 1 日～2016 年 5 月 31 日

条件: 緯度経度計算誤差 0.2 分以内、震源時計算誤差 0.2 秒以内、半無限均質速度構造 ($V_p=2.5\text{km/s}$ 、 $V_p/V_s=1.73$)

気象庁及び東京工業大学のデータを使用して計算

注) 一部の観測点が欠測のため、震源決定できなかった期間

(2009 年 12 月 18 日～2010 年 2 月 22 日、2010 年 3 月 29 日～5 月 5 日、2011 年 1 月 6 日～26 日及び
2012 年 3 月 31 日～11 月 12 日)

この地図の作成には、国土地理院発行の『2 万 5 千分 1 地形図』および『数値地図 50m メッシュ (標高)』を使用した。

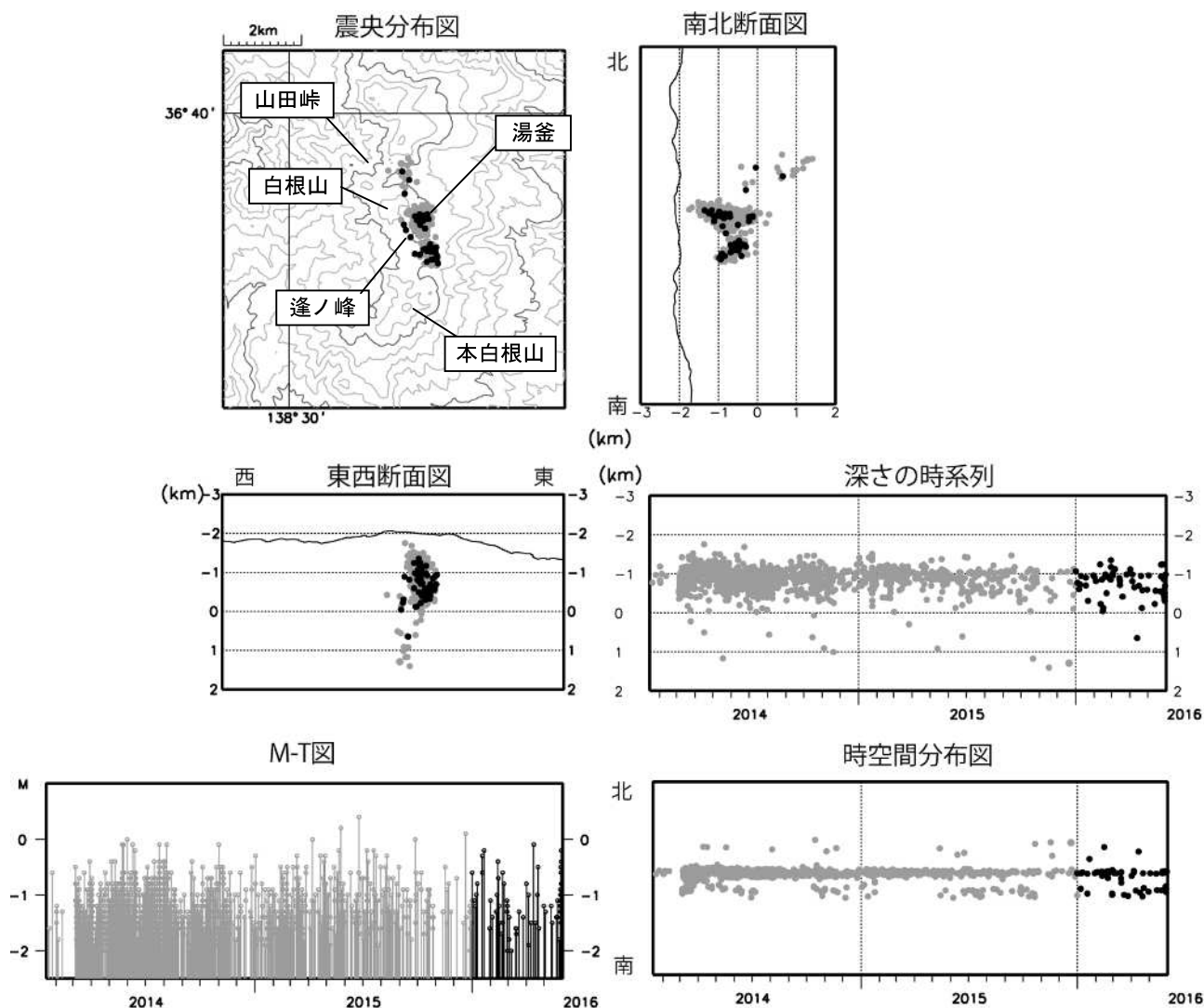


図 3-2 草津白根山 震源分布図 (2014 年 1 月 1 日～2016 年 5 月 31 日)

● : 2014 年 1 月 1 日～2015 年 12 月 30 日 ● : 2016 年 1 月 1 日～2016 年 5 月 31 日

条件 : 緯度経度計算誤差 0.2 分以内、震源時計算誤差 0.2 秒以内、半無限均質速度構造 ($V_p=2.5\text{km/s}$ 、 $V_p/V_s=1.73$)

気象庁及び東京工業大学のデータを使用して計算

- ・ 2014 年 3 月上旬から湯釜から湯釜南付近を震源とする火山性地震が増加した。その後、消長を繰り返しながら多い状態が継続していたが、2014 年 8 月下旬以降は概ね少ない状態で経過した。

この地図の作成には、国土地理院発行の『2 万 5 千分 1 地形図』および『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。

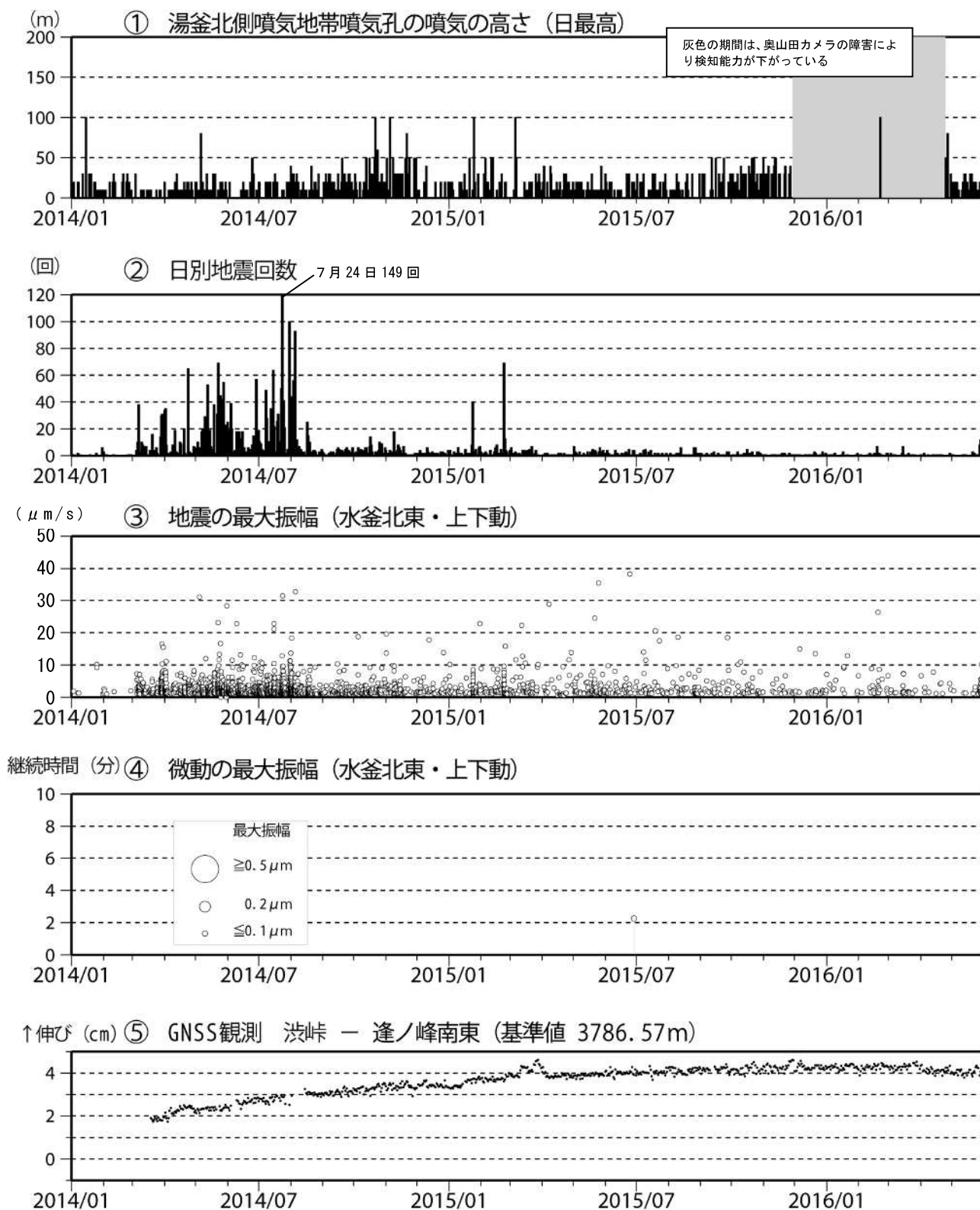


図 4-1 草津白根山 最近の活動経過図 (2014 年 1 月 1 日～2016 年 5 月 31 日)

グラフ番号①は 9 時・15 時の最高値を示す。

グラフ番号⑤の空白期間は欠測を示す。

- ・ 2014 年 3 月上旬から湯釜から湯釜南付近を震源とする火山性地震が増加した。その後、消長を繰り返しながら多い状態が継続していたが、2014 年 8 月下旬以降は概ねやや少ない状態で経過し、今期間は少ない状態であった。
- ・ 火山性微動は 2015 年 6 月 28 日に発生して以降観測されていない。
- ・ GNSS 連続観測で湯釜を挟む基線で 2014 年 4 月頃からわずかな伸びの変化がみられていたが、2015 年 4 月頃より鈍化し、2015 年 11 月頃から停滞傾向が認められる。

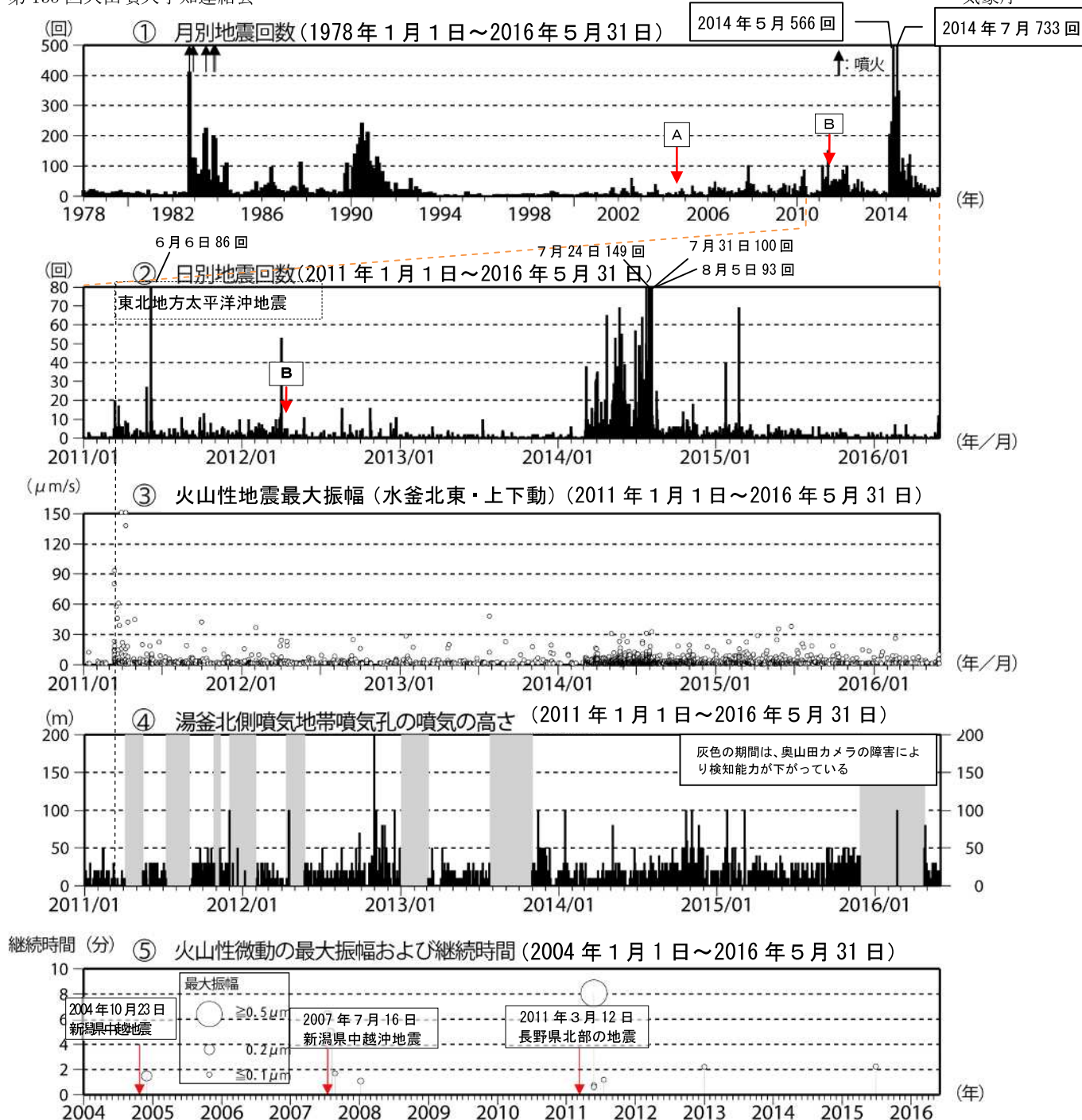


図4-2 草津白根山 火山活動経過図

計数基準 (Aまで) : 水釜北東振幅 $0.05\mu\text{m}$ 以上、S-P 時間 2 秒以内 2005 年 1 月 21 日まで

(A～B) : 水釜北東振幅 $1.0\mu\text{m/s}$ 以上、S-P 時間 2 秒以内 2005 年 1 月 21 日～2012 年 2 月 29 日まで

(B以降) : 水釜北東振幅 $1.0\mu\text{m/s}$ 以上、S-P 時間 1.5 秒以内 2012 年 3 月 1 日から

グラフ番号④は9時・15時の最高値を示す。

注) ①② 検測対象波形を変位から速度に変更 (変更A : 回数に差が生じないように計数基準を調整)。

- ・2014 年 3 月上旬から湯釜から湯釜南付近を震源とする火山性地震が増加した。その後、消長を繰り返しながら多い状態が継続していたが、2014 年 8 月下旬以降は概ね少ない状態で経過した。
- ・火山性微動は 2015 年 6 月 28 日に発生して以降観測されていない。

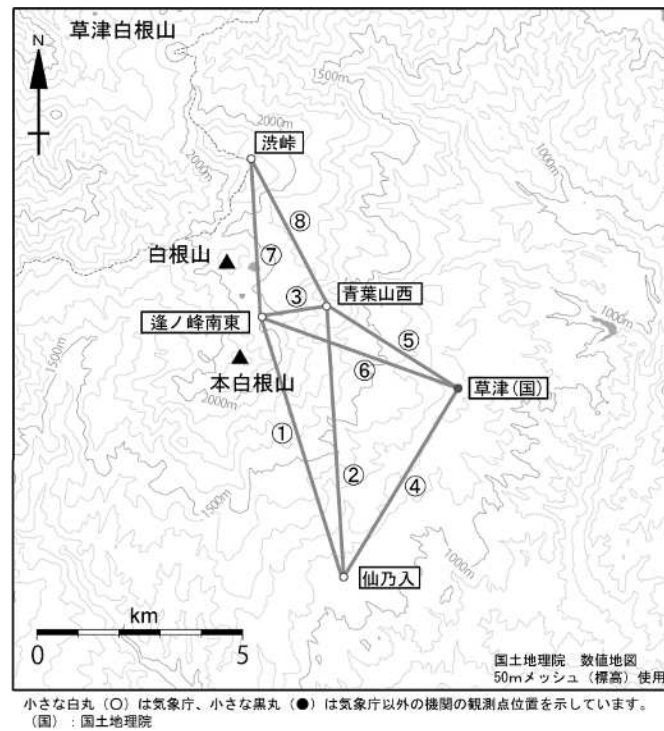


図 5 草津白根山 GNSS 連続観測点配置図

図中の GNSS 基線①～⑧は図 6 の①～⑧に対応する。

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 25000 (行政界・海岸線)』及び『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。

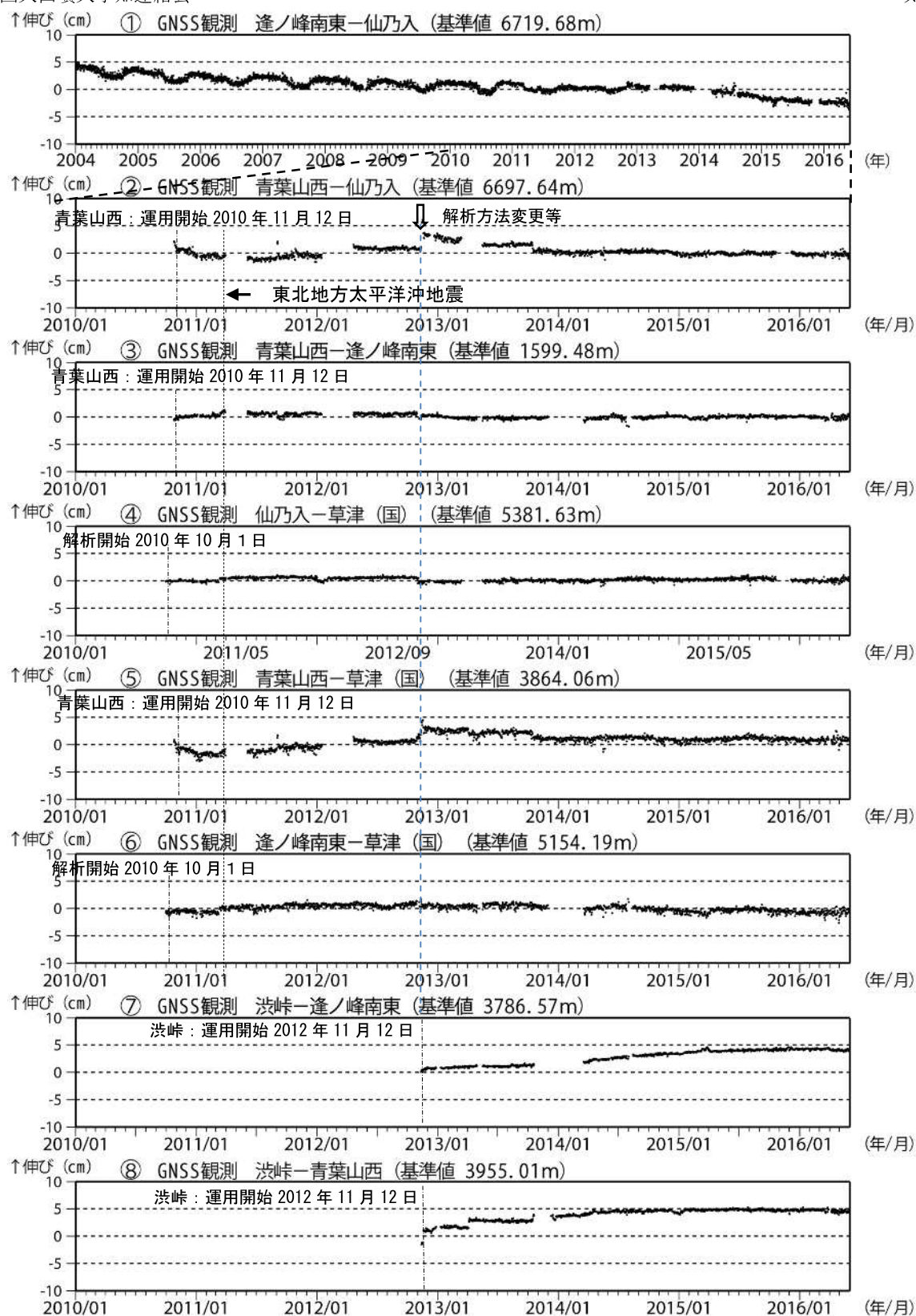


図 6 草津白根山 GNSS 連続観測による基線長変化 (2010 年 1 月 1 日～2016 年 5 月 31 日) (国): 国土地理院

- ・ 2010 年 10 月以降のデータについては解析方法を改良し、対流圏補正と電離層補正を行っている。
- ・ ①の基線長変化にみられる冬季の伸びと夏季の縮みの傾向は季節変動による変化である。
- ・ 東北地方太平洋沖地震 (2011 年 3 月 11 日) に伴うステップ状の変化がみられる。
- ・ 湯釜を挟む基線⑦で 2014 年 4 月頃からわずかな伸び、延長上の①ではわずかな縮みの変化がみられていたが、いずれも 2015 年 4 月頃より停滞している。
- ・ ①～⑧は図 5 の①～⑧に対応する。グラフの空白部分は欠測を示す。
- ・ 青い破線で示したデータの乱れは解析方法の変更や観測機器の更新によるものである。

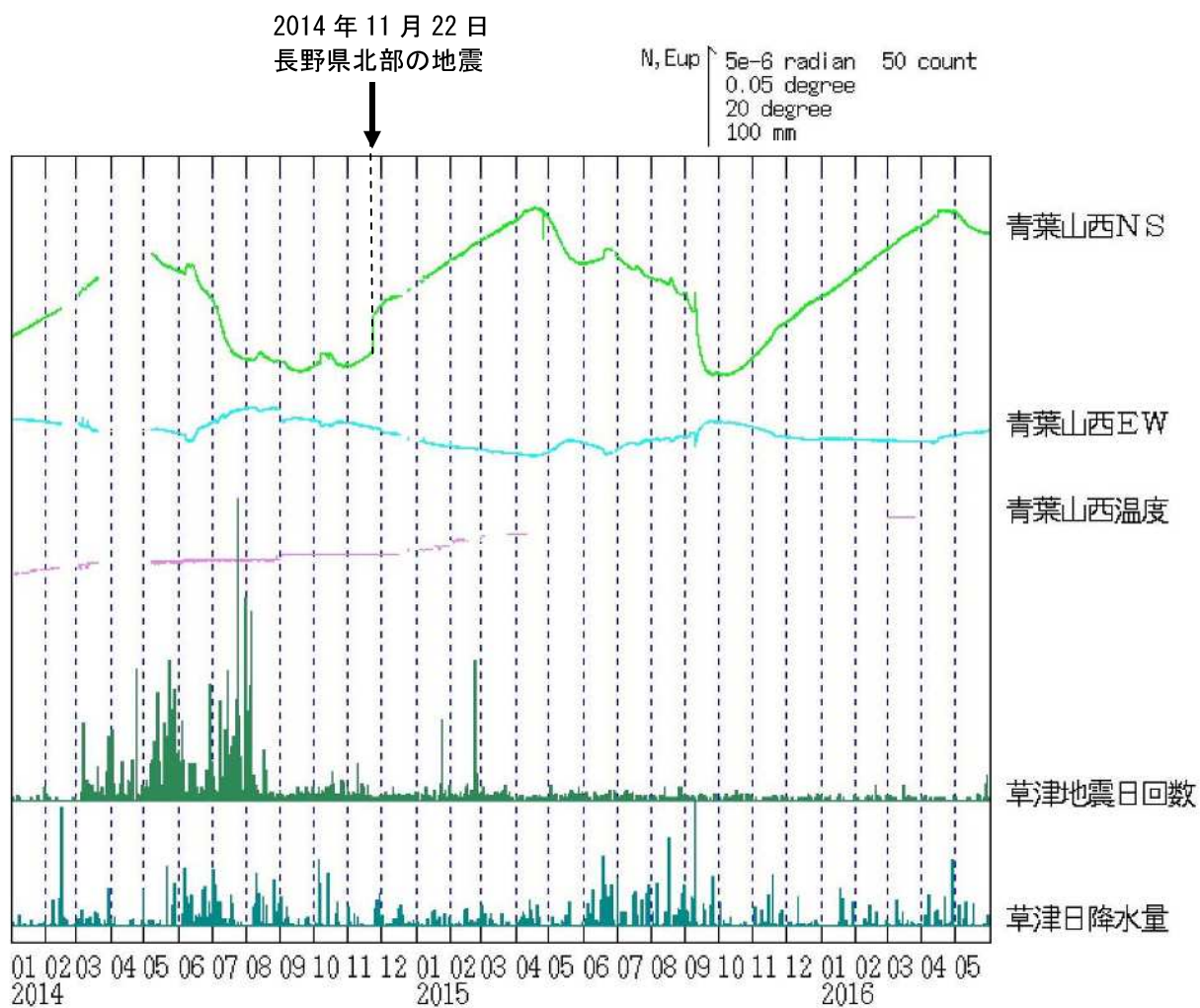


図 7 草津白根山 青葉山西観測点（湯釜の南東約 2 km）における傾斜変動
（2014 年 1 月 1 日～2016 年 5 月 31 日、時間値、潮汐補正済み）

- ・火山活動によるとみられる地殻変動は認められない。
- ・空白期間は欠測を示す。

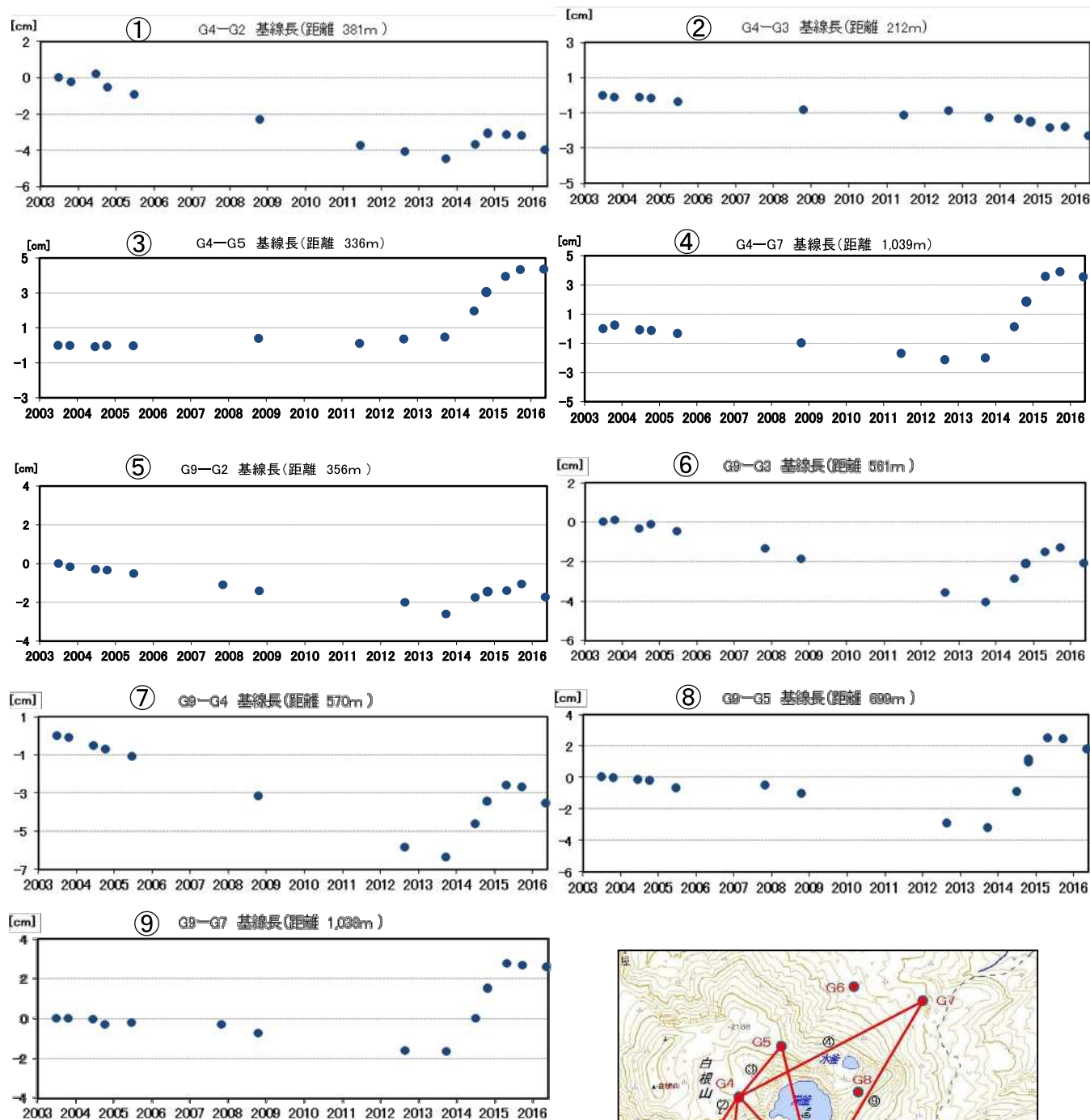


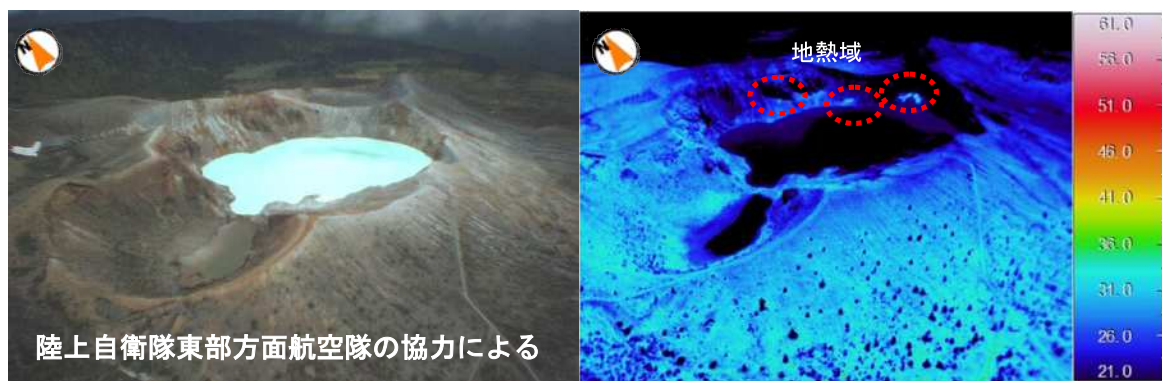
図 8 草津白根山 GNSS 繰り返し観測の基線解析結果

①⑨は図 9 の基線配置に対応している

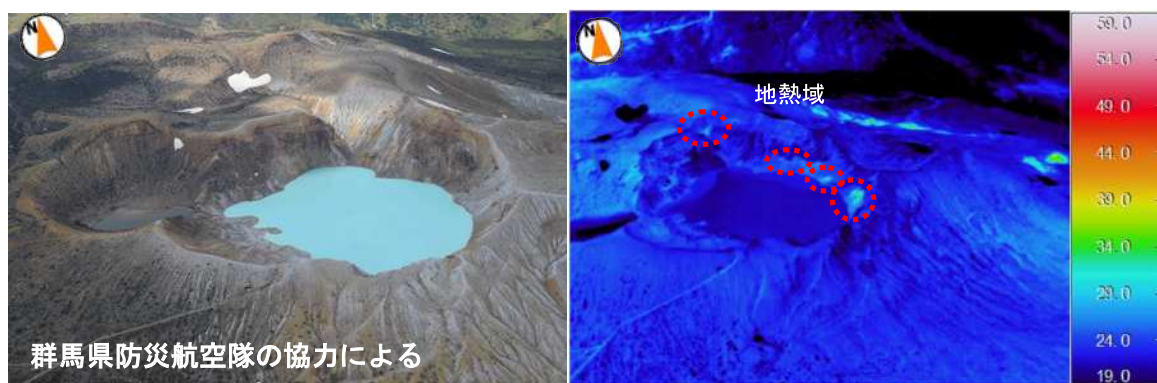
- ・ 5 月 16～19 日に実施した繰り返し観測では、いずれの基線においても、前回（2015 年 9 月）と比較して縮んでおり、湯釜付近での収縮を示すと考えられる。



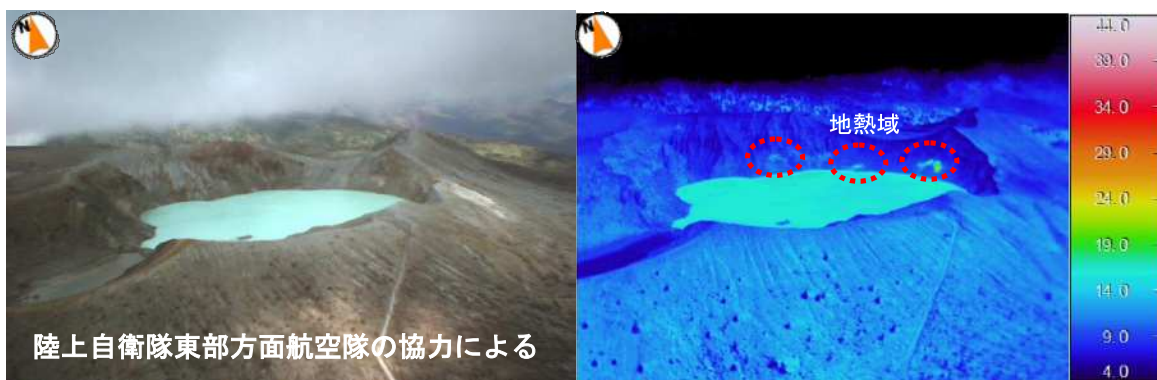
図 9 草津白根山 GNSS 繰り返し観測の基線配置



2016 年 5 月 31 日 11 時 23 分 湯釜火口の南西上空から撮影



2016 年 5 月 23 日 14 時 28 分（可視）14 時 25 分（赤外） 湯釜火口の南上空から撮影



2015 年 10 月 13 日 10 時 28 分 湯釜火口の南西上空から撮影

図 10 草津白根山 湯釜火口周辺の状況及び地表面温度分布

・前回（2015 年 10 月 13 日）に引き続き、湯釜火口内の赤線内の範囲では地熱域を確認している。

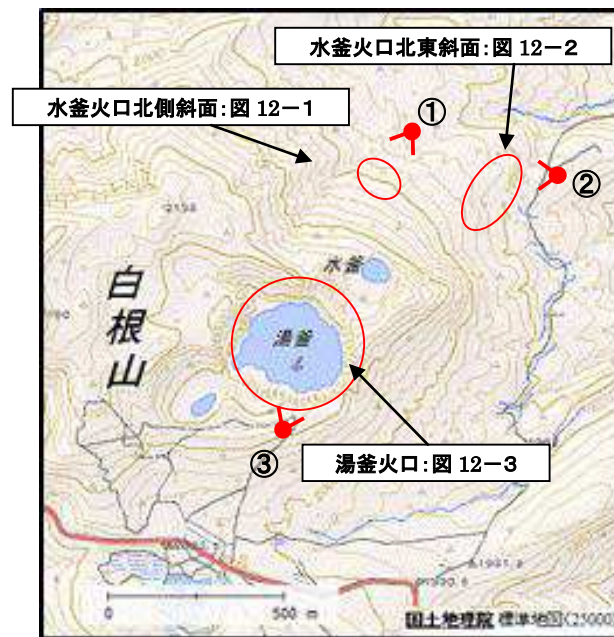


図 11 草津白根山 湯釜周辺図

✓: 撮影方向 (①～③が図 12-1、図 12-2、図 12-3 のおよその撮影方向)

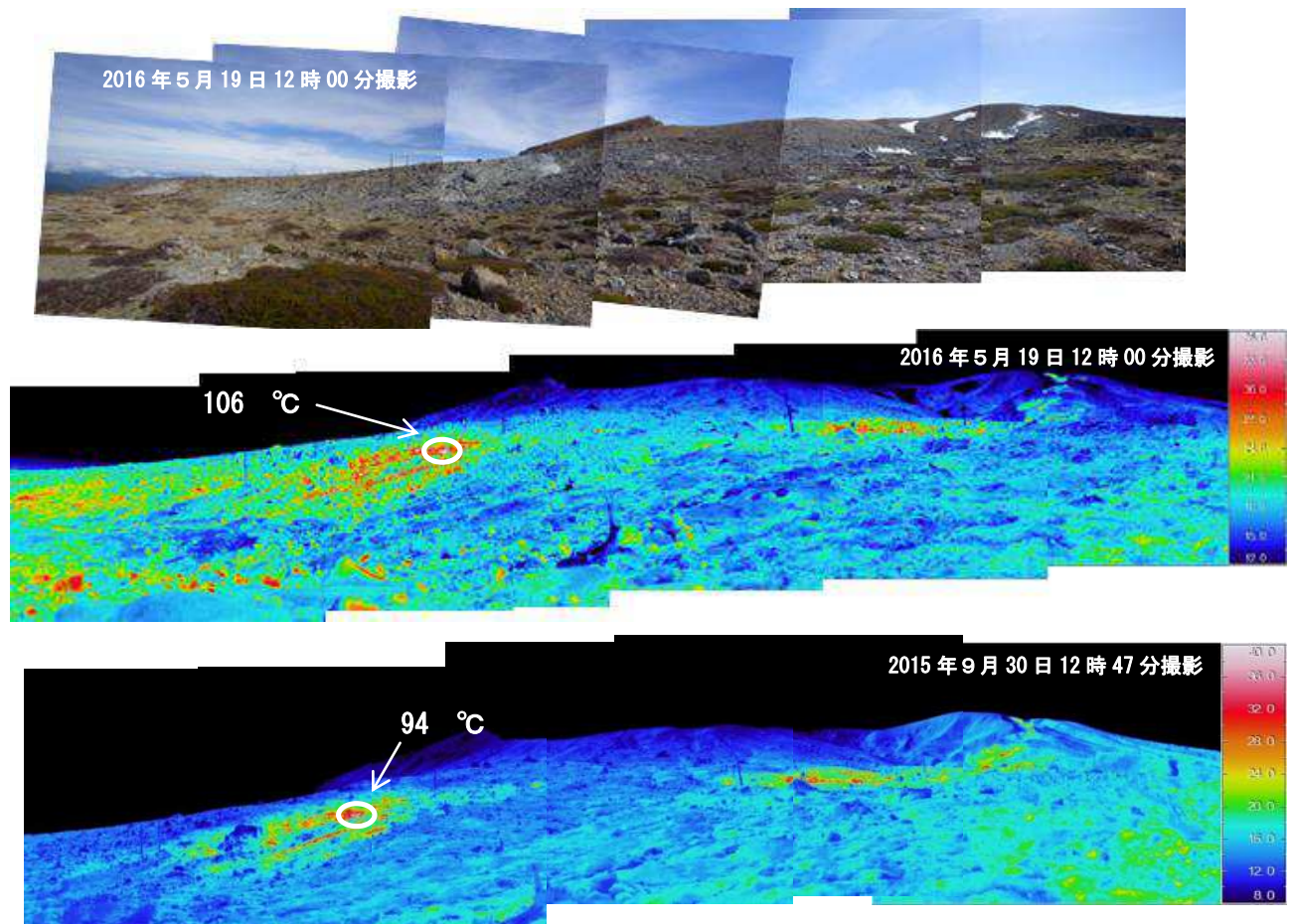


図 12-1 草津白根山 水釜火口北側斜面の地表温度分布 (上: 2016 年 5 月 19 日、下: 2015 年 9 月 30 日)
・ 水釜火口北側斜面の地熱地帯では、これまで沸点程度だったところで 106°C が観測された。

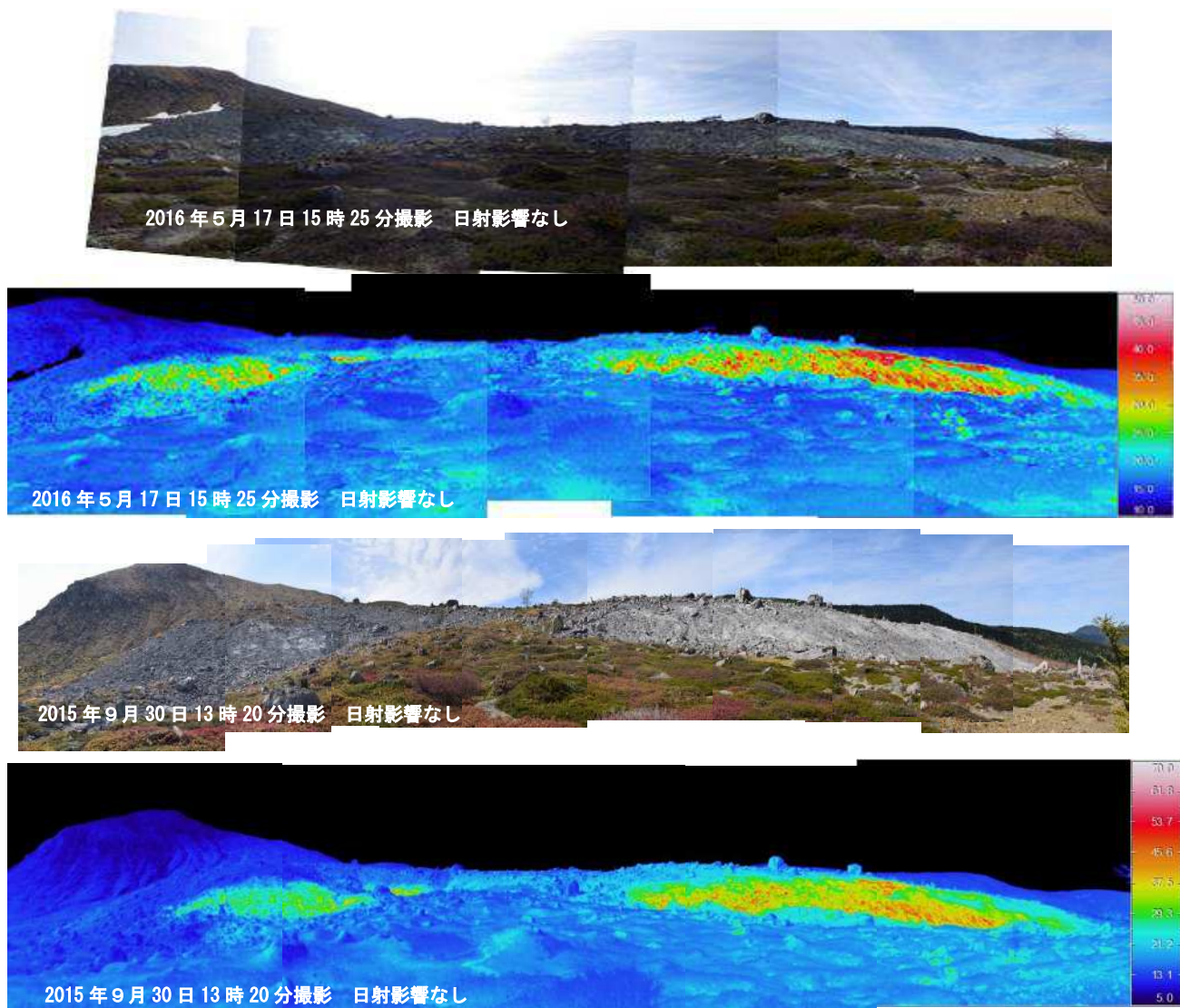


図 12-2 草津白根山 水釜火口北東部の地表温度分布（上：2016 年 5 月 17 日、下：2015 年 9 月 30 日）
 ・水釜火口北東部では、少量の噴気が出ている噴気孔が多数あり、噴気孔の周囲には硫黄の析出がみられる。噴気温度は、2015 年 9 月の観測時と大きな変化はなく 93℃であった。

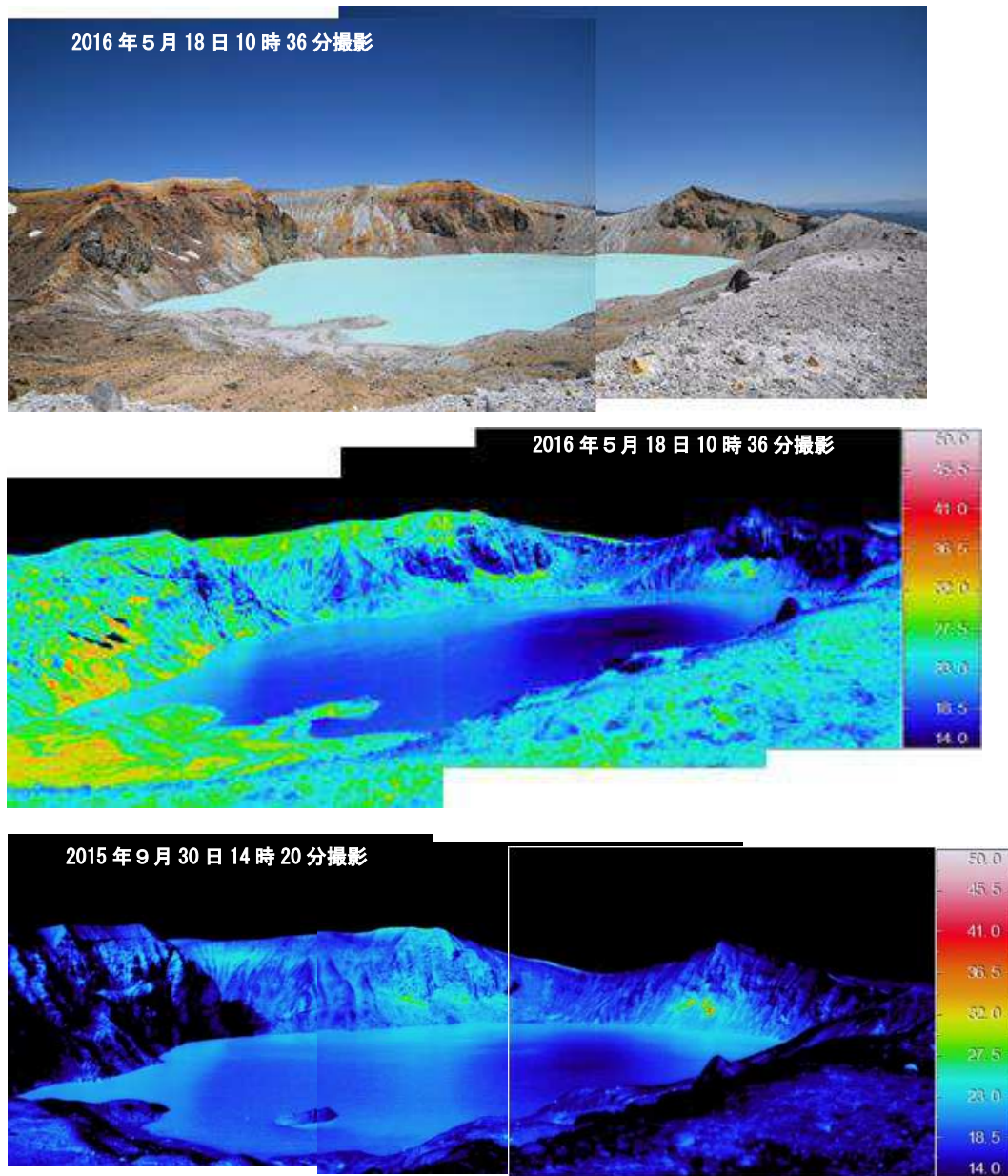


図 12-3 草津白根山 湯釜火口内の状況
 上：今回（2016 年 5 月 18 日）の熱赤外観測及び可視画像、
 下：前回（2015 年 9 月 30 日）の熱赤外観測
 ・湯釜火口南西定点から撮影。日射の影響あり。
 ・湯釜周辺の地熱域に大きな変化は認められなかった。

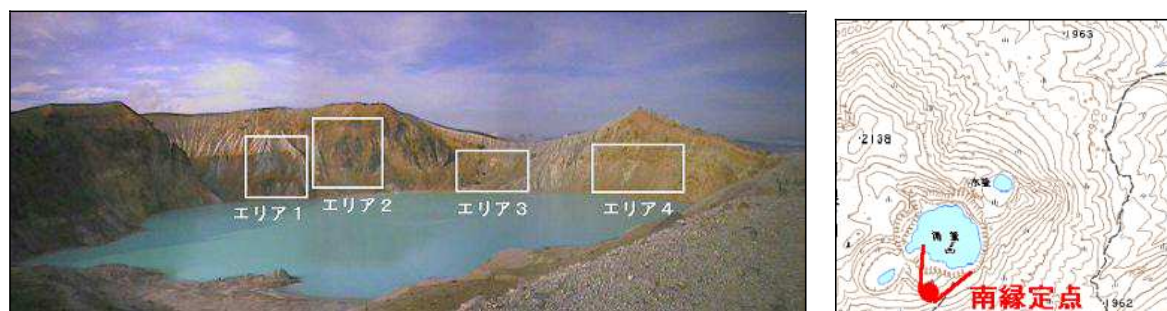


図 13-1 草津白根山 赤外熱映像解析の解析エリア（左図）と撮影位置（右図）

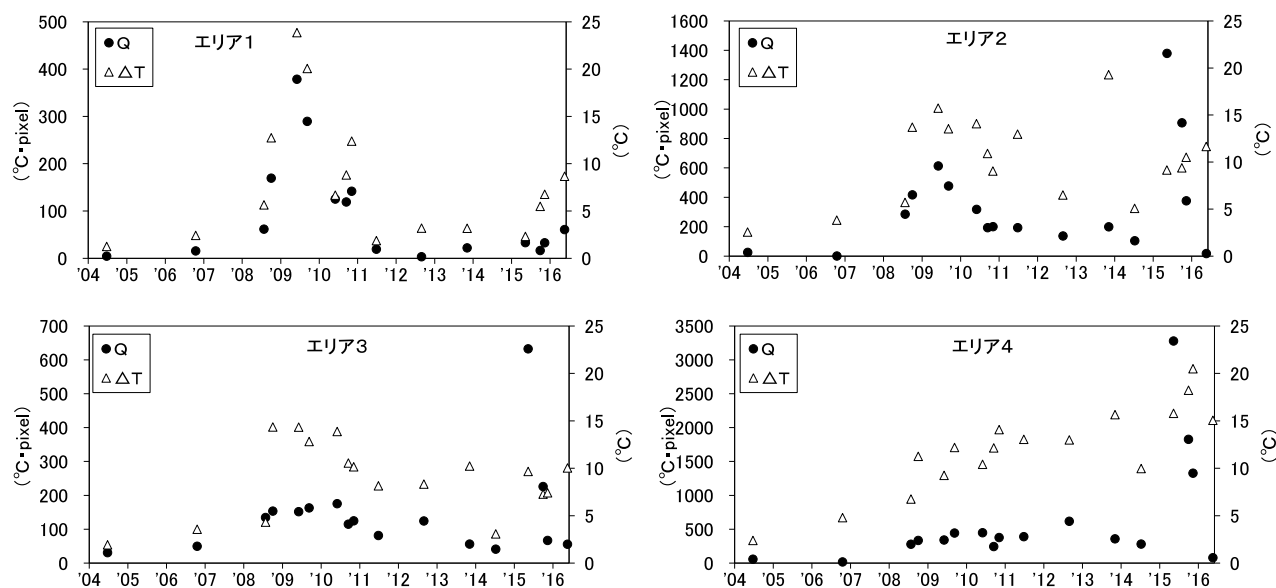


図 13-2 草津白根山 赤外熱映像解析結果 (2004 年～2016 年 5 月 31 日)

エリアごとに、各 pixel の温度 $T(^{\circ}\text{C})$ を用いて、

$$\Delta T(^{\circ}\text{C}) = \text{最高温度} - \text{平均温度 } T_0$$

$$Q(^{\circ}\text{C} \cdot \text{pixel}) = \sum_{\{T_i > T_0 + 3\sigma\}} (T_i - T_0) N_{(T=T_i)}$$

として計算。ただし、積雪期である 2009 年 3 月 12 日、2010 年 3 月 19 日及び 2011 年 3 月 30 日観測の解析結果は除く

- ・ エリア 2～4 で熱活動の高まりが引き続き認められる。ただ、いずれのエリアにおいても 2015 年 5 月以降低下傾向が続いている。

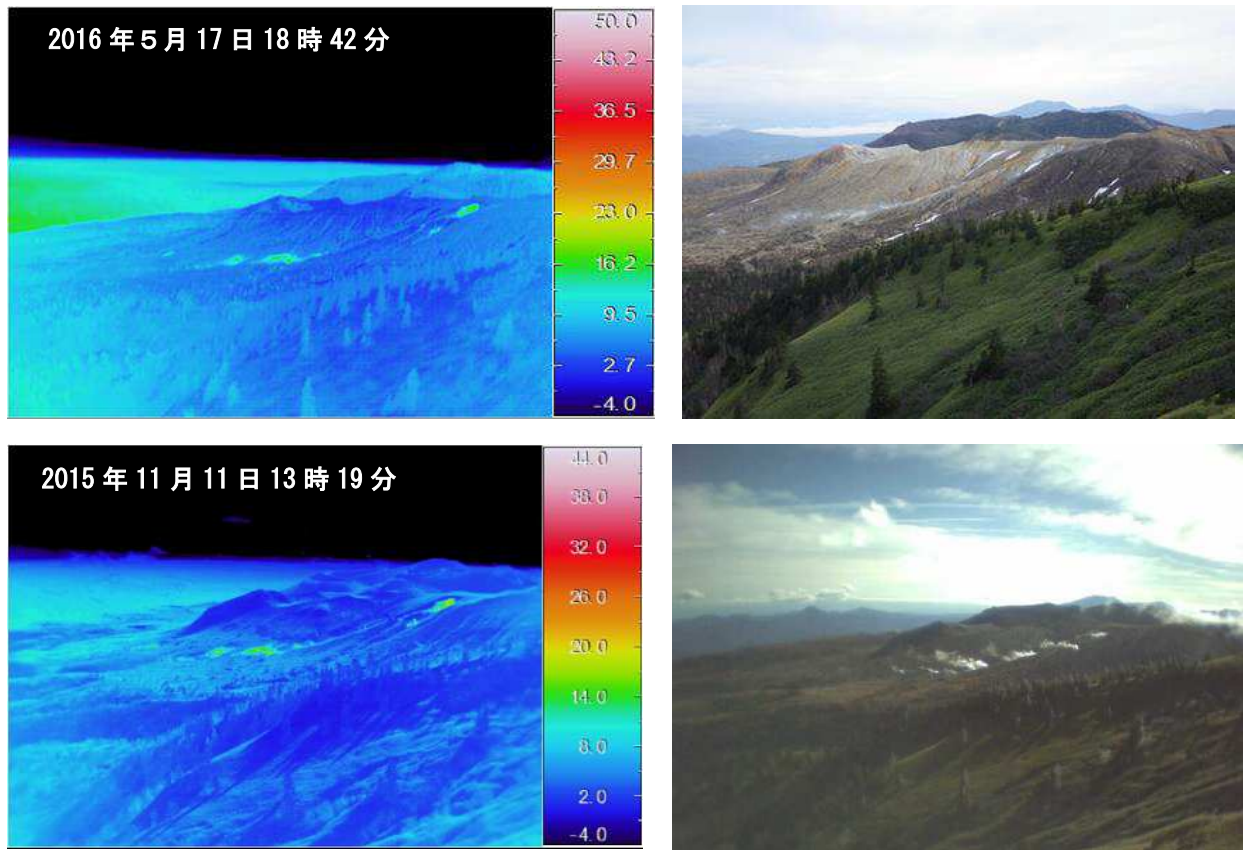


図 14 草津白根山 北側噴気地帯の状況

上:今回(2016 年5月 17日)の熱赤外観測及び可視画像、下:前回(2015 年 11 月 11 日)の熱赤外観測

草津白根山の地殻変動

光波測距の繰返し観測によると、2014 年から草津白根山湯釜火口付近の膨張が観測されていたが、2015 年 7 月頃から鈍化した。2016 年 5 月の観測では収縮していた。

2014 年 10 月から東京工業大学と共同で、草津白根山湯釜火口の周辺で繰返し光波測距観測を実施している(図1)。2014 年からすべての測線で湯釜火口が膨張する傾向の斜距離変化が継続していたが、2015 年 7 月頃以降鈍化した。2016 年 5 月の観測では収縮していた(図2)。

2015 年 7 月～2016 年 5 月 の 6 測線の斜距離変化量から、球状圧力源(茂木モデル)を仮定して推定した。湯釜北東部の浅部で $16,000 \text{ m}^3$ の体積収縮があれば観測値を説明できる(図3:未作成)。2014 年 10 月～2015 年 7 月 の観測結果からは、 $30,000 \text{ m}^3$ の体積膨張が見積もられていた(図4、第 133 回火山噴火予知連絡会資料)。

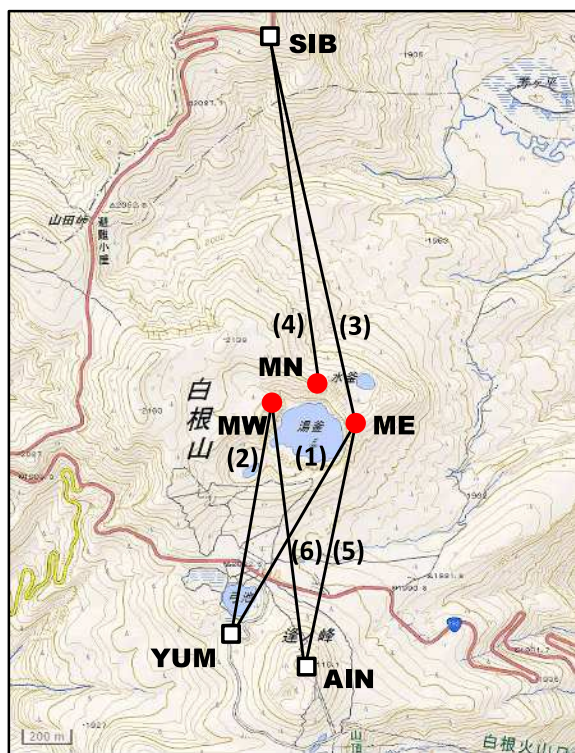


図1 草津白根山の光波測距観測点配置図
測線に付した番号は図2に対応。

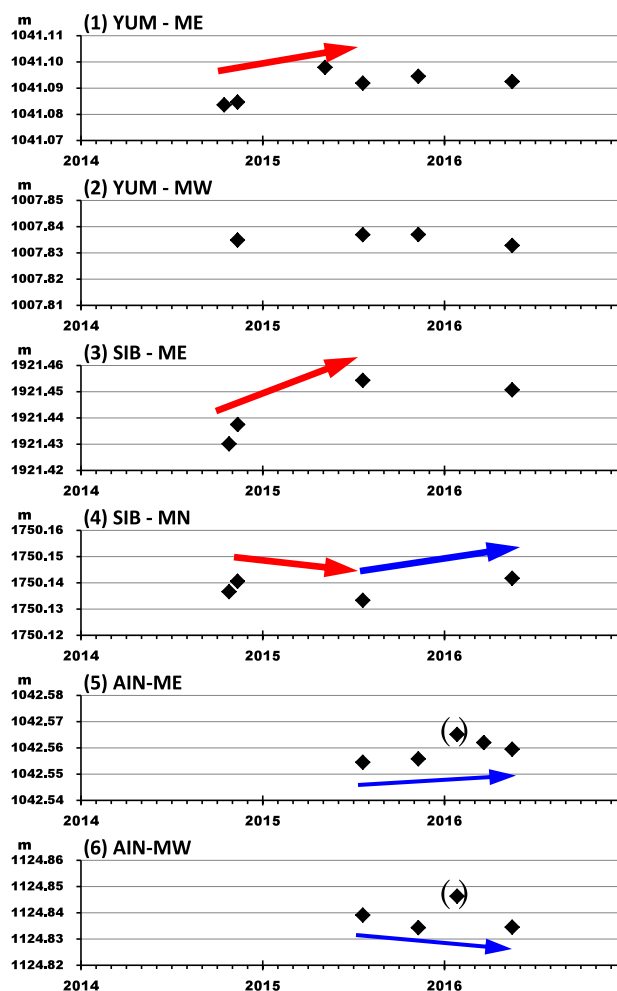


図2 草津白根山の斜距離時系列図(2014.10 - 2016.5)
(1)～(4) 湯釜火口が膨張する変化を示していたが、2015 年 7 月以後鈍化し、2016 年 5 月は収縮している。
対流圏補正は高木・他(2010)による。

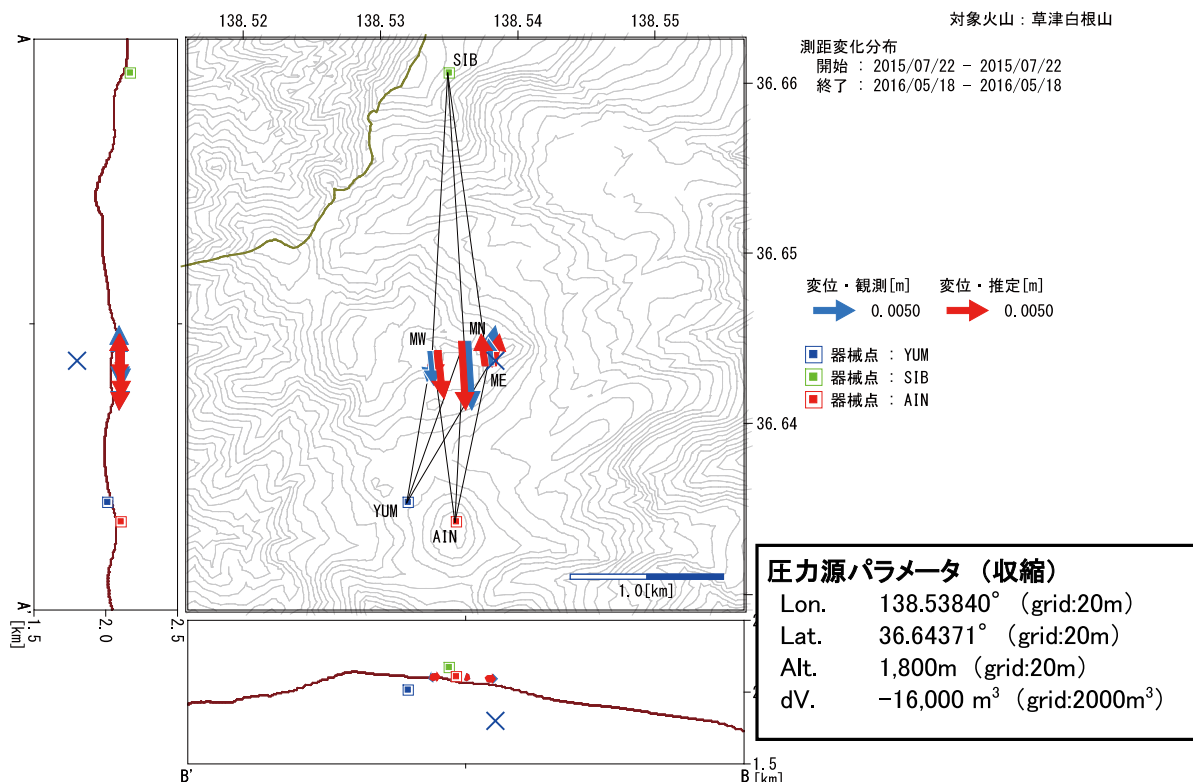


図3 圧力源の推定 2015.7~2016.5

2015/7/22~2016/5/18 の6測線の斜距離変化量から、球状圧力源（茂木モデル）を仮定して推定した。湯釜北部の湖面下約200mで16,000 m³の体積収縮があれば観測値を説明できる（解析はMaGCAP-Vによる）。注:矢印は各測線の斜距離変化量を視線方向に投影したもの。

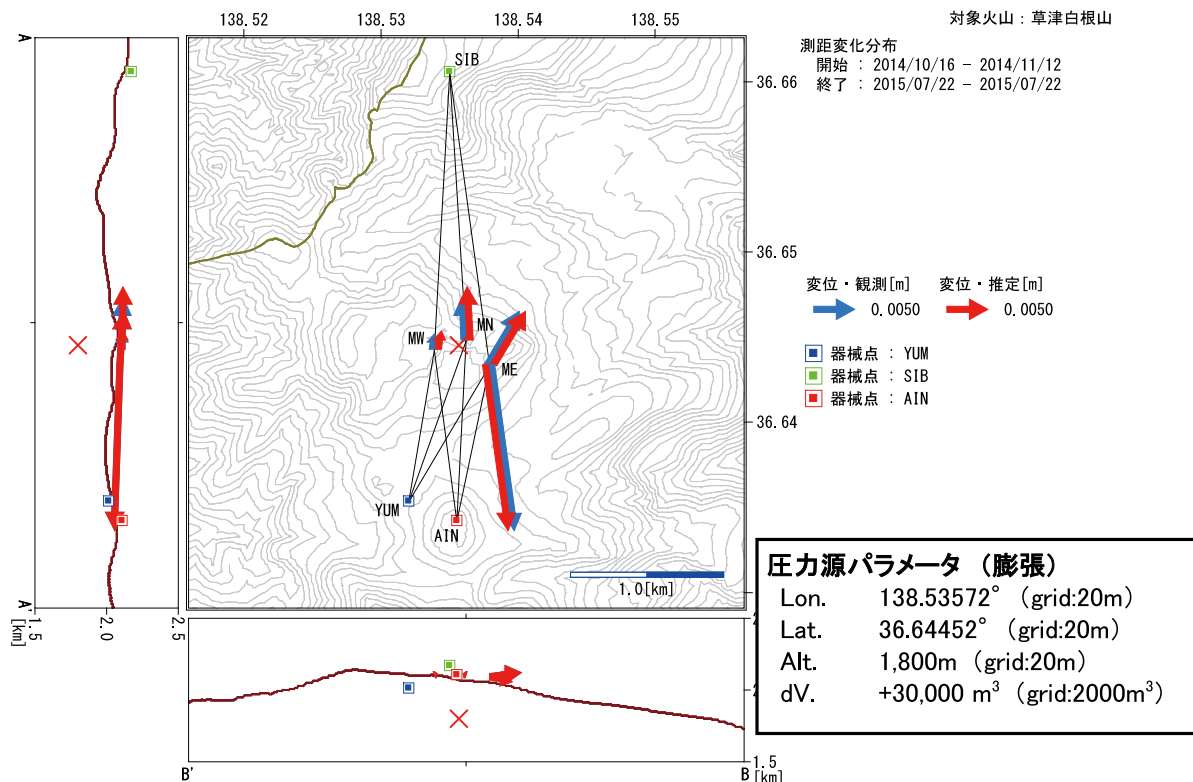


図4 圧力源の推定 2014.10~2015.7

2014/10/16-11/12~2015/7/22 の4測線の斜距離変化量から、球状圧力源（茂木モデル）を仮定して推定した。湯釜北部の湖面下約200mで30,000 m³の体積膨張があれば観測値を説明できる。

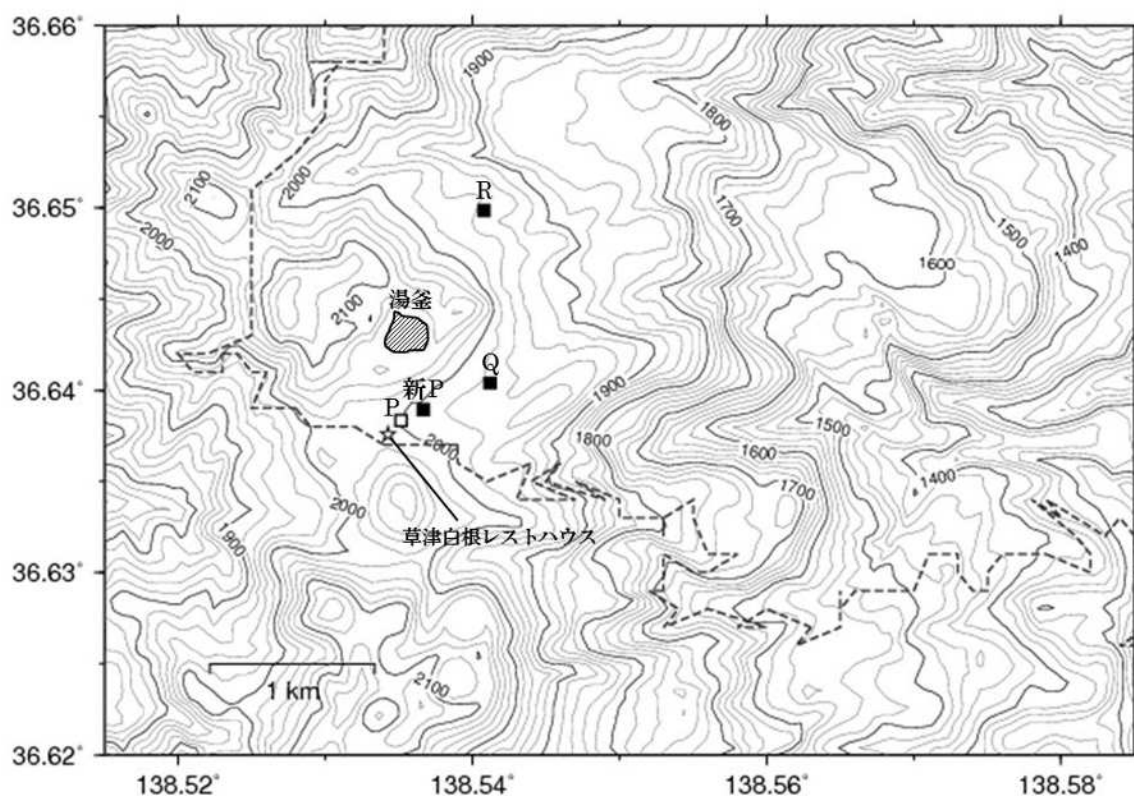
草津白根山における地磁気全磁力変化

地磁気全磁力観測の結果、2014 年 5 月頃から湯釜近傍地下で小規模な熱消磁によると考えられる変化が観測された。この変化は、2014 年 7 月頃からは停滞している。

・地磁気全磁力観測

第 1 図に草津白根山における全磁力連続観測点 P、Q、R および新 P 点の配置図を示す。

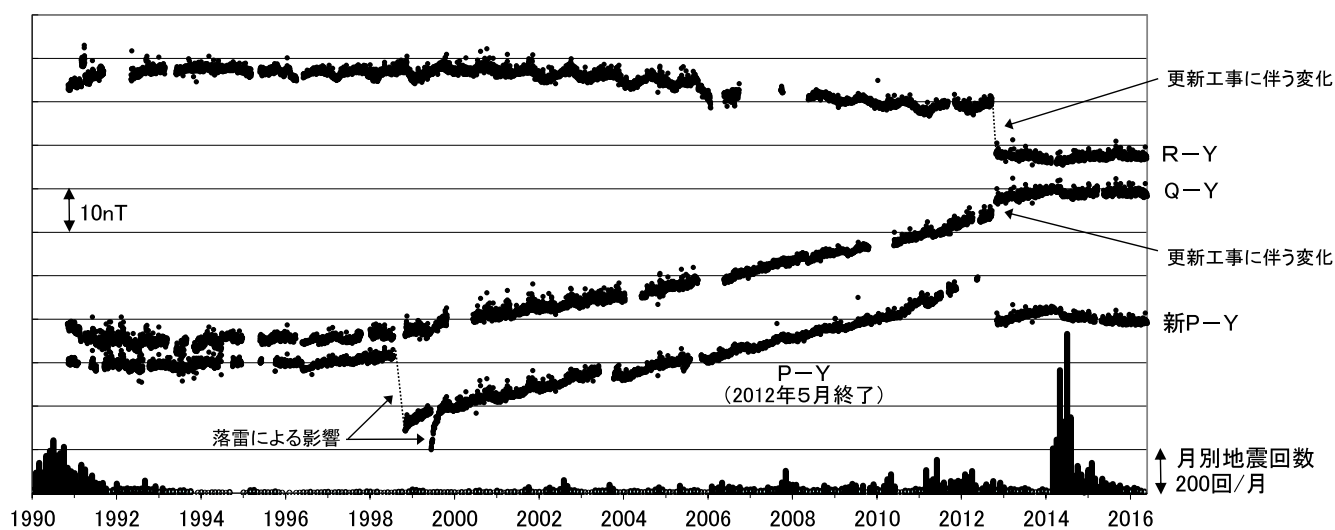
第 2 図～第 3 図に、八ヶ岳地球電磁気観測所(東京大学地震研究所、草津白根山から南方約 62 km)で観測された全磁力値を基準とした全磁力連続観測点の全磁力変化を示す。1996 年以降、湯釜近傍地下の岩石の再帯磁(冷却)によると考えられる全磁力変化(湯釜の南側の観測点で増加、北側で減少)が継続していたが、2014 年 5 月頃から小規模な熱消磁によるとみられる変化に転じ、2014 年 7 月頃からは停滞している。



第 1 図 草津白根山の全磁力観測点配置図

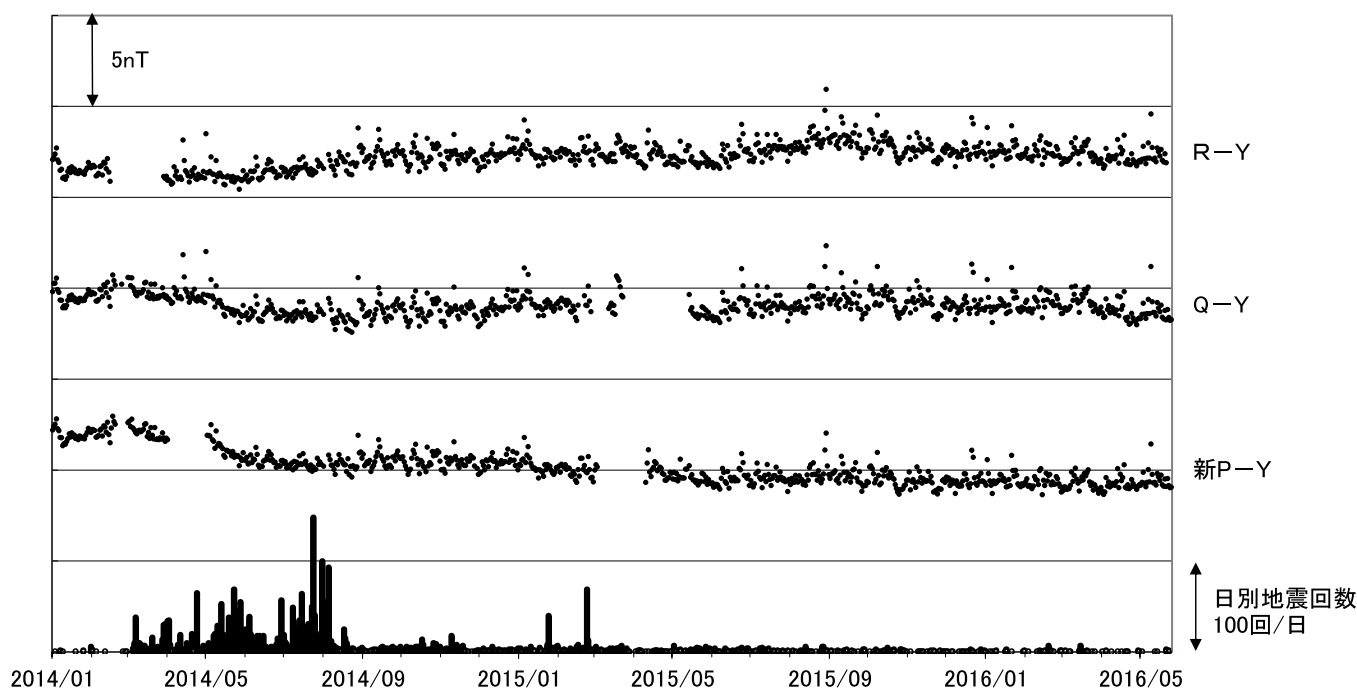
■ : 連続観測点 (観測中) □ : 連続観測点 (2012 年 5 月観測終了)

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(承認番号 平 23 情使、第 467 号)、道路(破線)の記載には、「国土数値情報 (道路データ) 国土交通省」を使用した。



第 2 図 全磁力連続観測による全磁力値の変化及び月別地震回数（1990 年～2016 年 5 月 25 日）

連続観測点 P、Q、R および新 P における八ヶ岳地球電磁気観測所(東京大学地震研究所)(Y)との全磁力の夜間日平均値差。最下段に草津白根山で観測された月別地震回数を示す。



第 3 図 全磁力連続観測による全磁力値の変化及び日別地震回数（2014 年 1 月～2016 年 5 月 25 日）

連続観測点 P、Q、R および新 P における八ヶ岳地球電磁気観測所(東京大学地震研究所)(Y)との全磁力の夜間日平均値差。最下段に草津白根山で観測された日別地震回数を示す。

北側噴気帯の状況



99.5 °C

106.2 °C

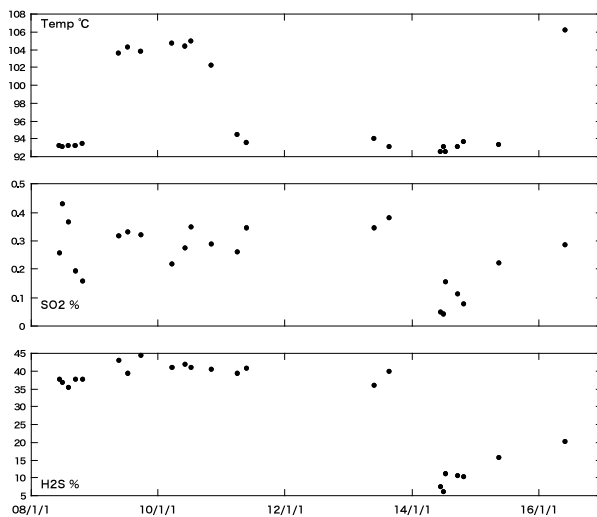


93.4~93.7 °C (10 噴気測定)

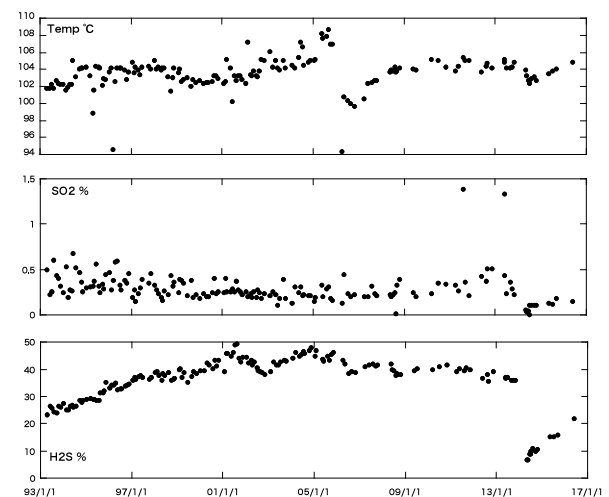


101.4 °C

104.0 °C



水釜北噴気の噴気温度及び組成変化



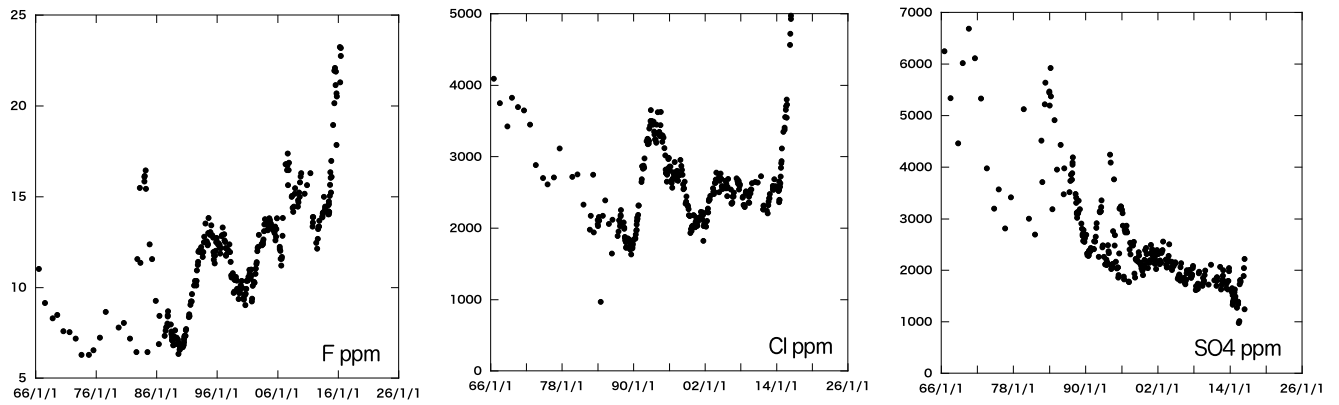
北側噴気の噴気温度及び組成変化

草津白根山

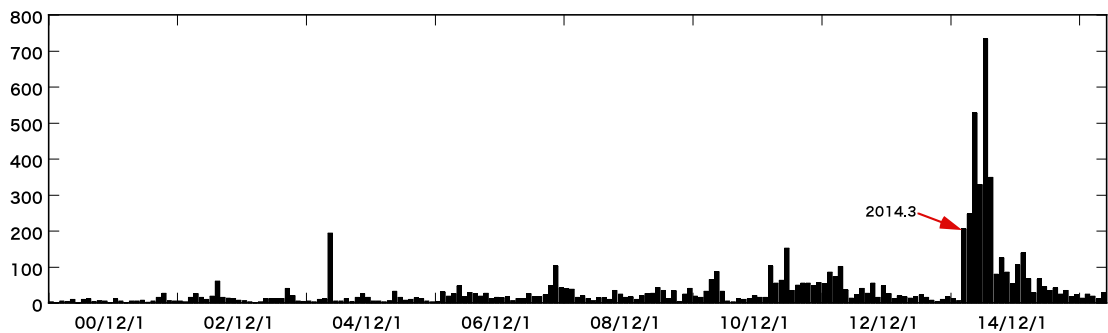
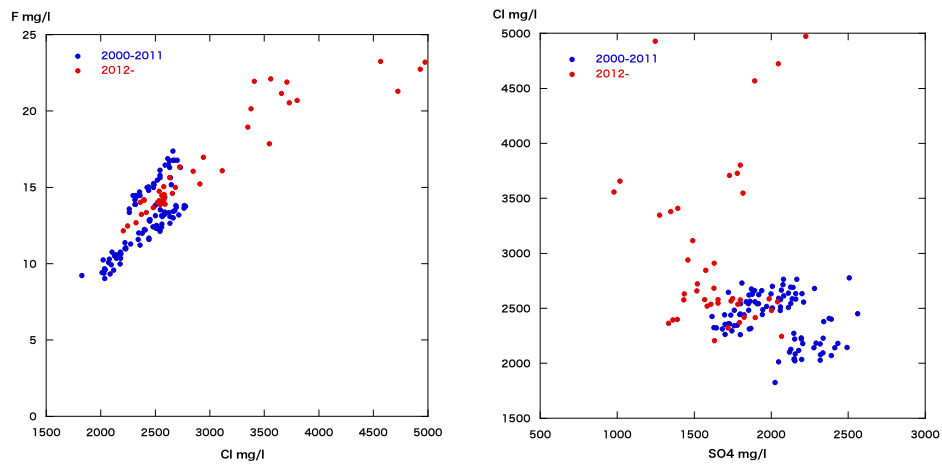
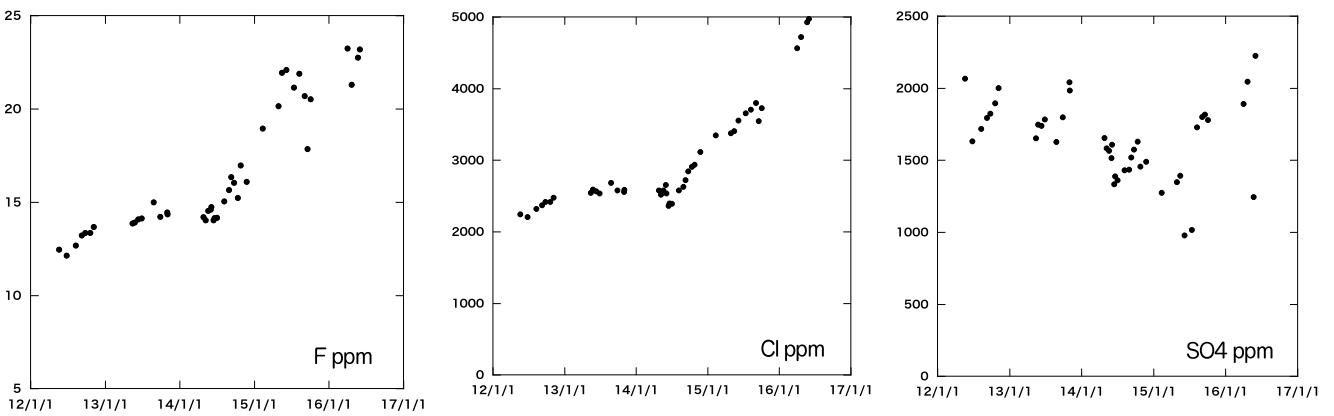
第 135 回火山噴火予知連絡会

東京工業大学理学院火山流体研究センター

湯釜湖水組成変化 (1966~)

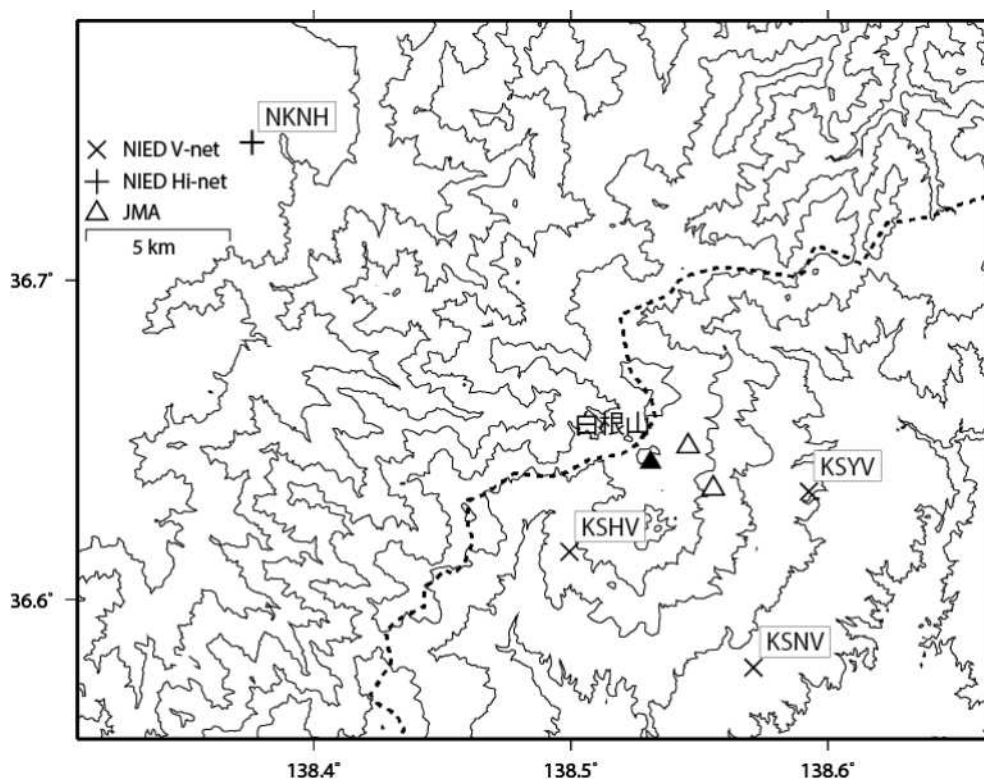


湯釜湖水組成変化 (2012~)



2000 年 1 月からの地震発生数 (JMA)

草津白根山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。

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

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

KSYV=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

傾斜計には火山活動に伴う変動は認められない。GNSS 観測の上下成分の変動ベクトル（図 2 下；2015/12/01-2016/03/31）では隆起を示しているが、図 3 の時系列の基線長変化ではそのような傾向は読み取れない。この隆起表示の原因は火山活動ではなく、季節変動を含んだベクトルの切り出し期間の影響と考える。

草津白根山の傾斜変動 (2012/4/1 ~ 2016/05/25)

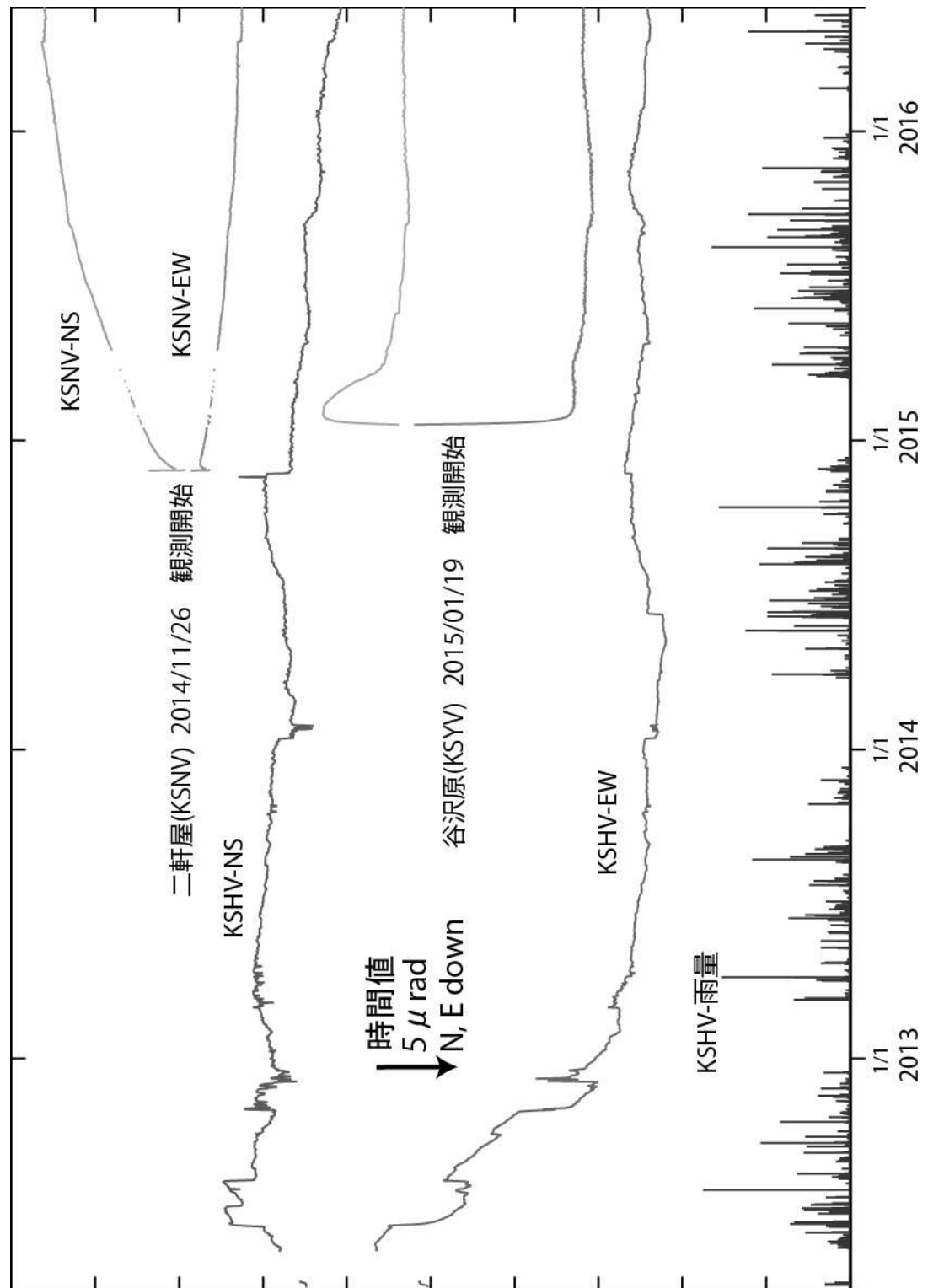


図 1 草津白根山の傾斜変動

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、
2015 年 12 月 1 日-2016 年 3 月 31 日の地殻変動【長野（0267）固定】

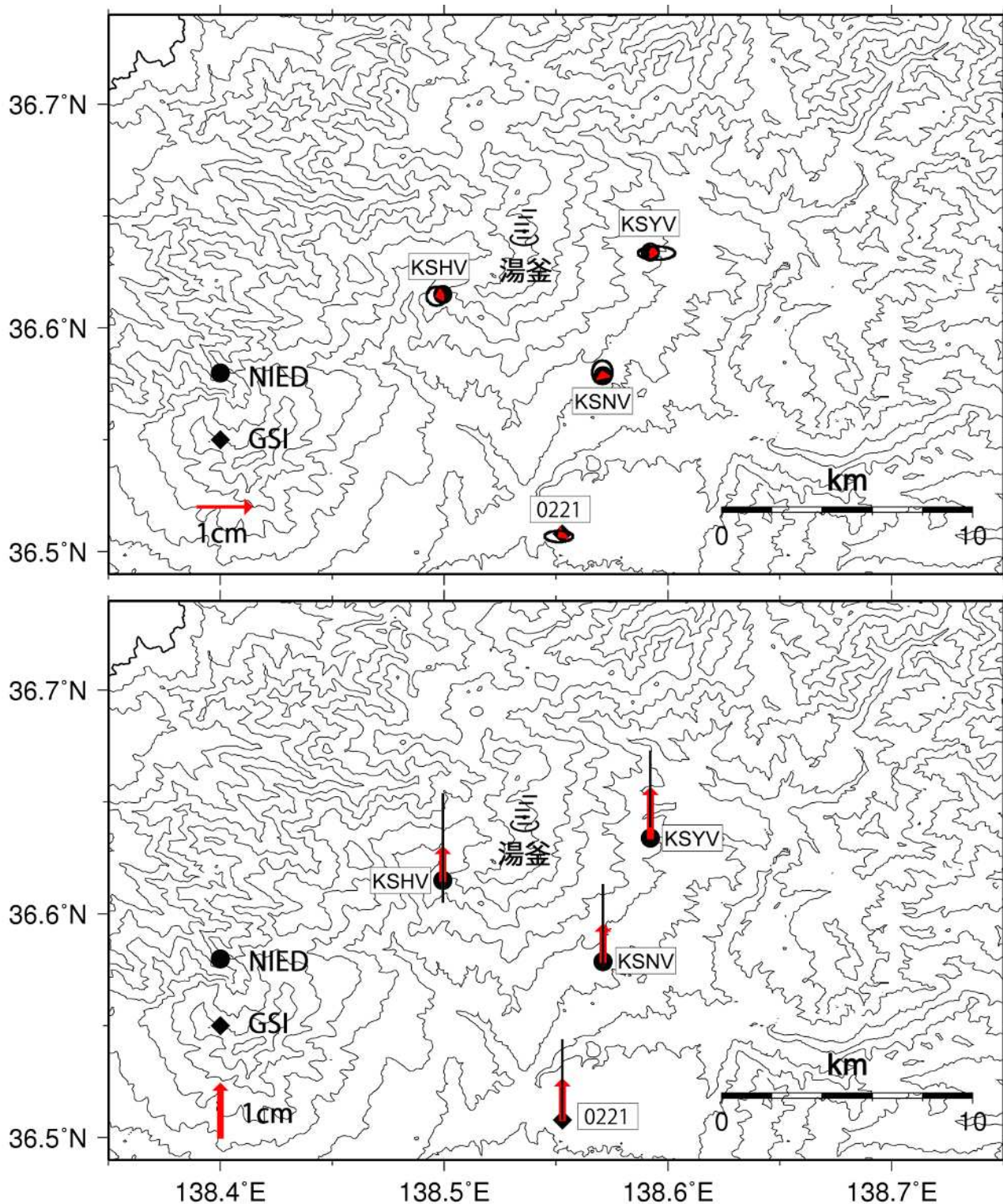


図 2. 草津白根山周辺 V-net 及び国土地理院 GEONET 観測点における GNSS 解析結果.

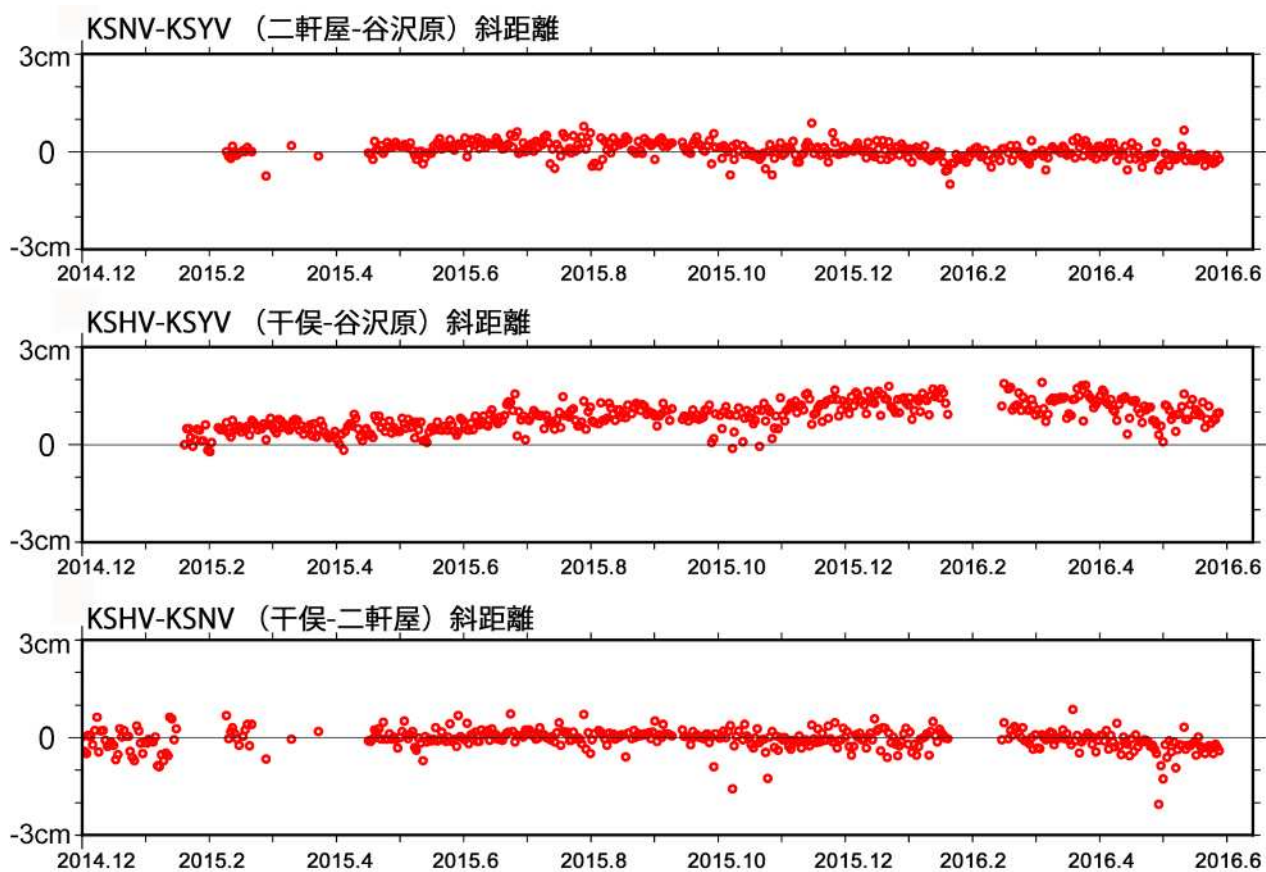


図 3. 防災科研観測点 3 点（干俣，二軒屋，谷沢原）間の基線長変化.

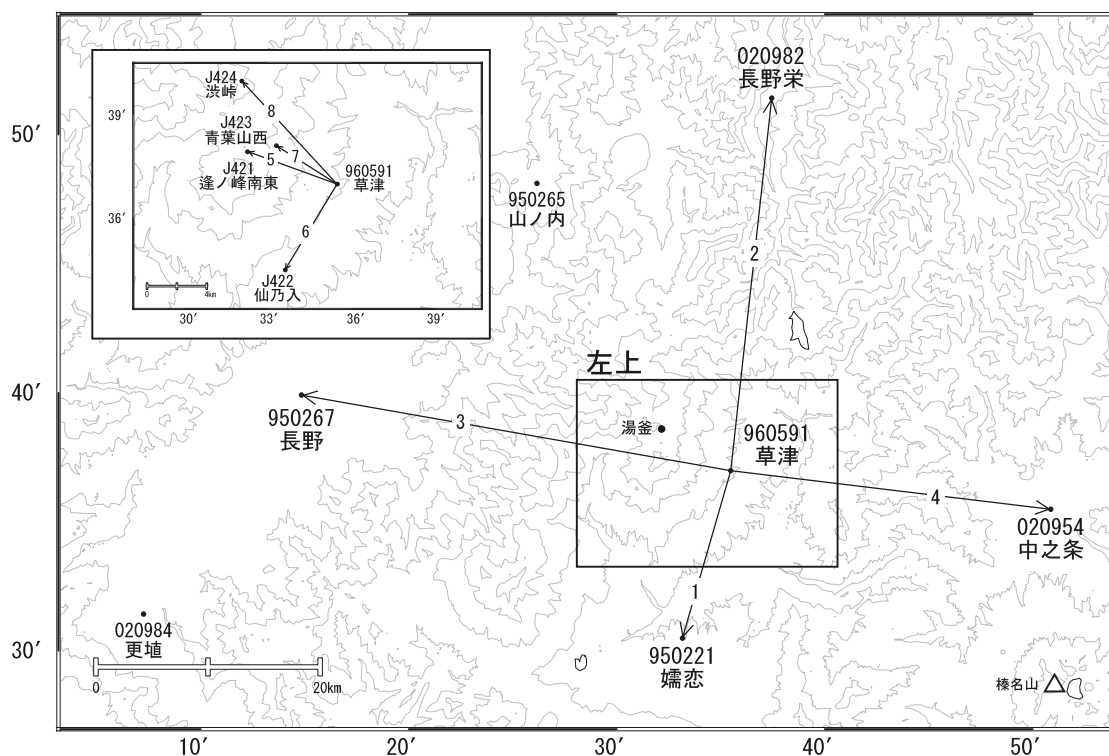
表1 GNSS観測履歴

観測点番号	観測点名	図中記号	日付	保守内容
	草津白根山干俣 (KSHV)		2012/3/26	2周波観測開始
	草津白根山二軒屋 (KSNV)		2014/11/25	2周波観測開始
			2015/1/15～ 2015/4/17	通信回線不調
	草津白根山谷沢原 (KSYV)		2015/1/19	2周波観測開始

草津白根山

2014年春頃から湯釜付近の膨張を示す地殻変動が継続していましたが、2015年8月頃から停滞しています。

草津白根山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図

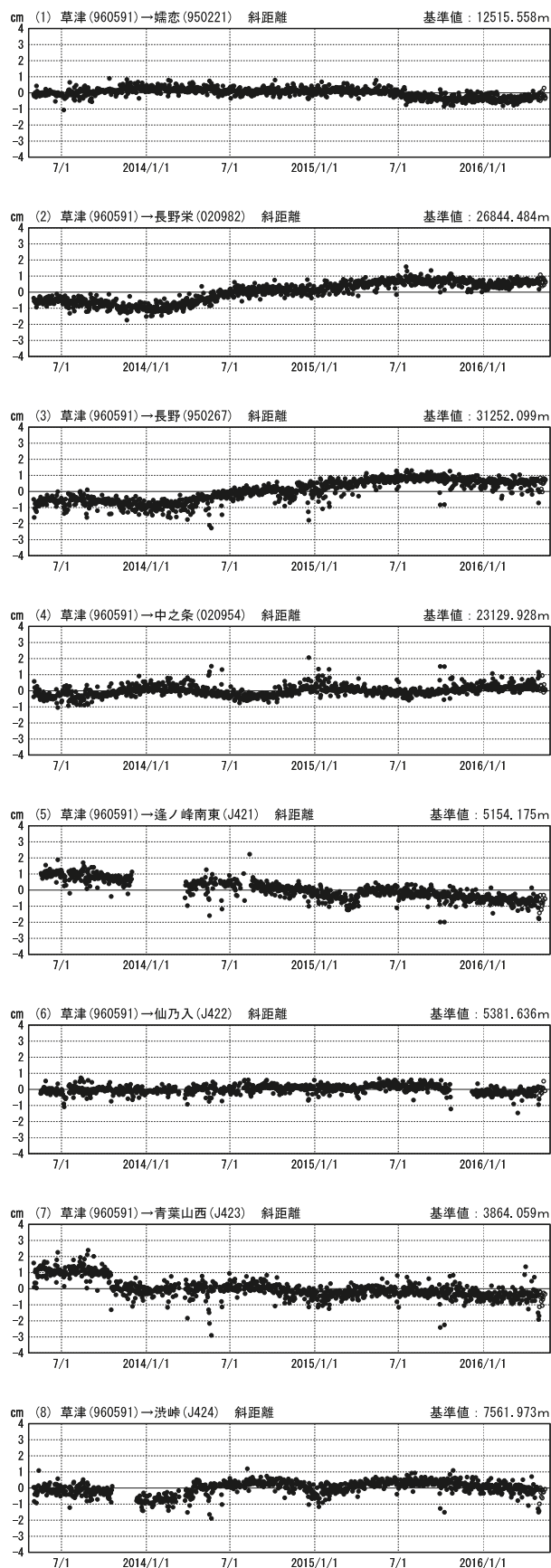


草津白根山周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
950221	嬬恋	20130613	受信機交換
960591	草津	20150617	受信機交換
020982	長野栄	20131213	受信機交換
		20150201	アンテナ交換

基線変化グラフ

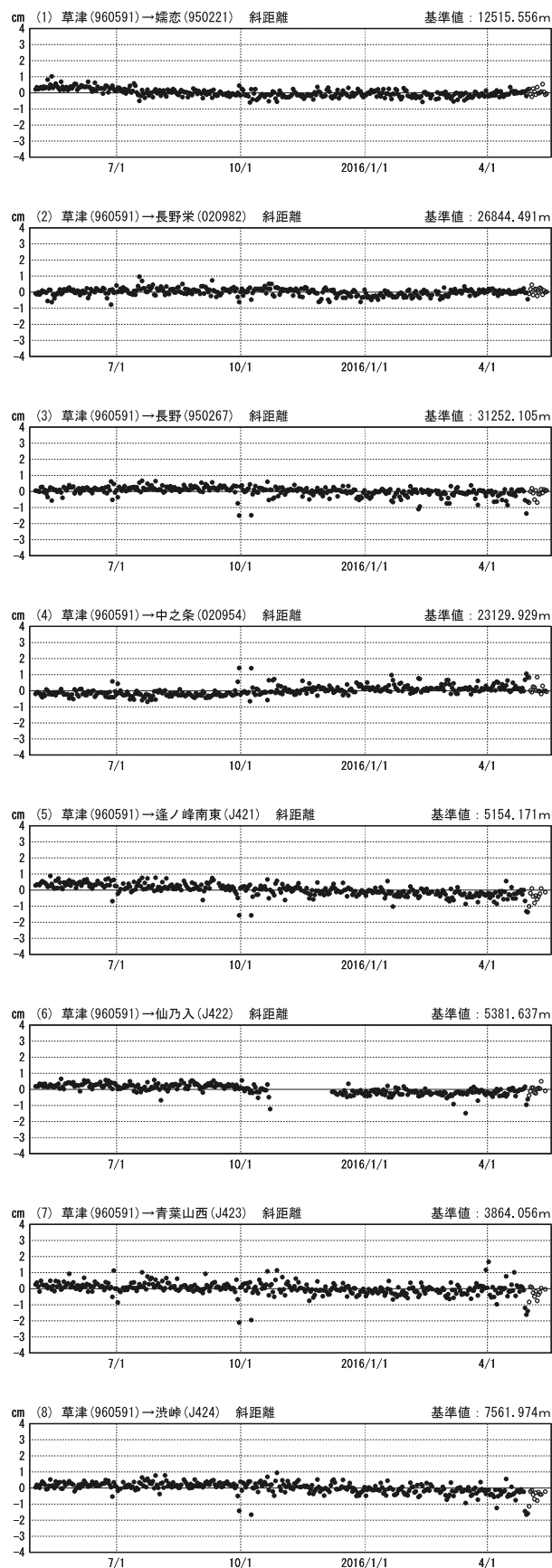
期間：2013/05/01～2016/05/14 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

基線変化グラフ

期間：2015/05/01～2016/05/14 JST



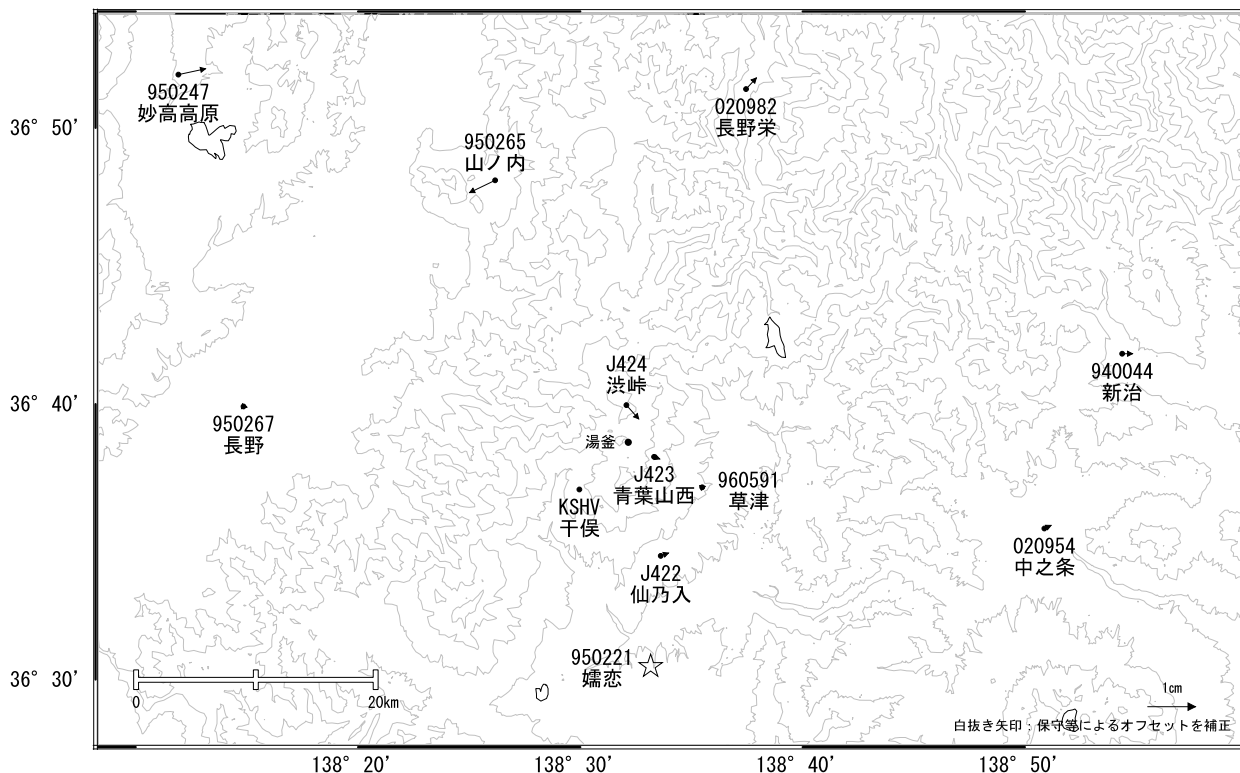
国土地理院

※[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

草津白根山

草津白根山周辺の地殻変動(水平:3ヶ月)

基準期間:2016/01/21~2016/01/30[F3:最終解]
比較期間:2016/04/21~2016/04/30[F3:最終解]

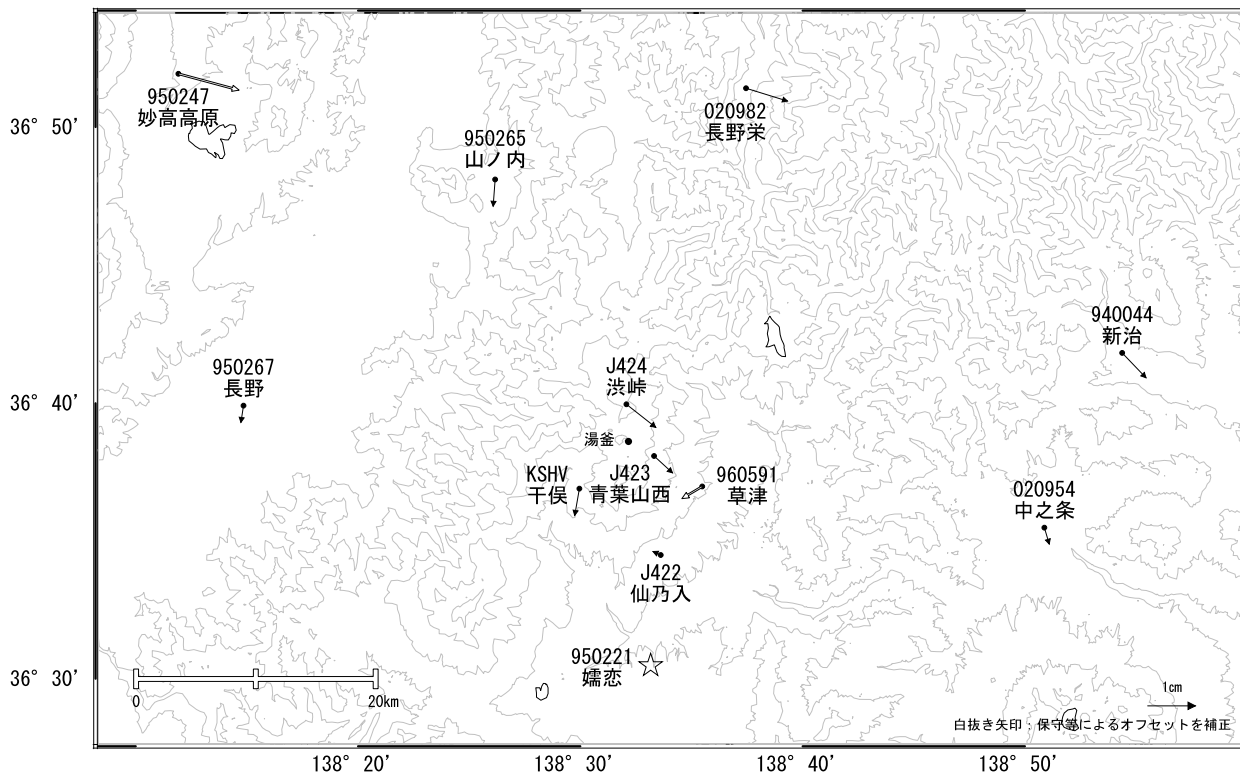


☆ 固定局: 嬬恋 (950221)

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

草津白根山周辺の地殻変動(水平:1年)

基準期間:2015/04/21~2015/04/30[F3:最終解]
比較期間:2016/04/21~2016/04/30[F3:最終解]



☆ 固定局: 嬬恋 (950221)

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

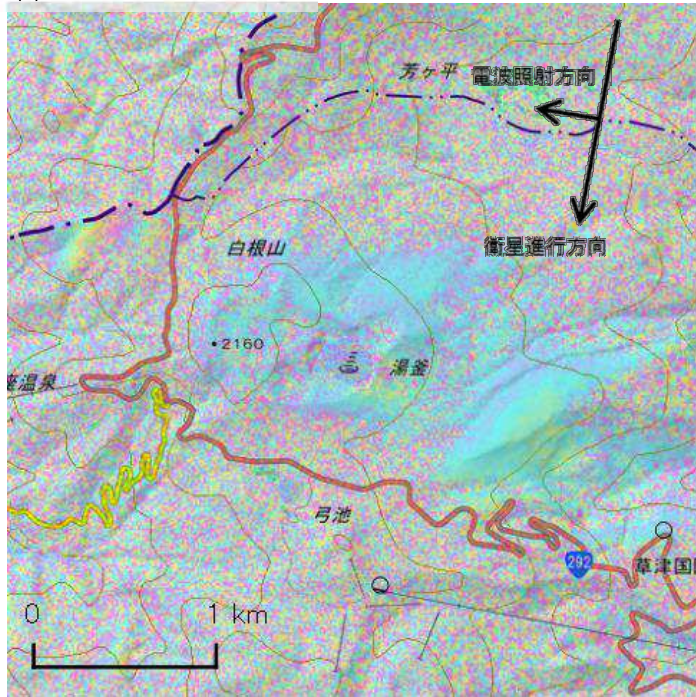
草津白根山

草津白根山の SAR 干渉解析結果について

判読) 湯釜周辺では、ノイズレベルを超える変動は見られない。

草津白根山周辺の広い範囲では、干渉不良により有意な結果は得られなかった。

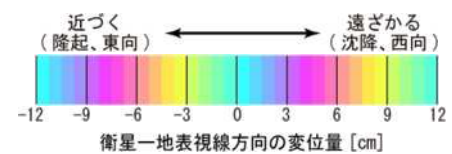
(a) 2015/11/24-2016/03/01



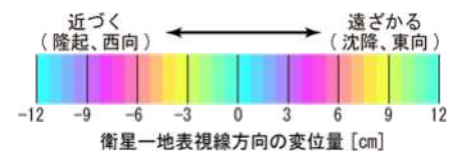
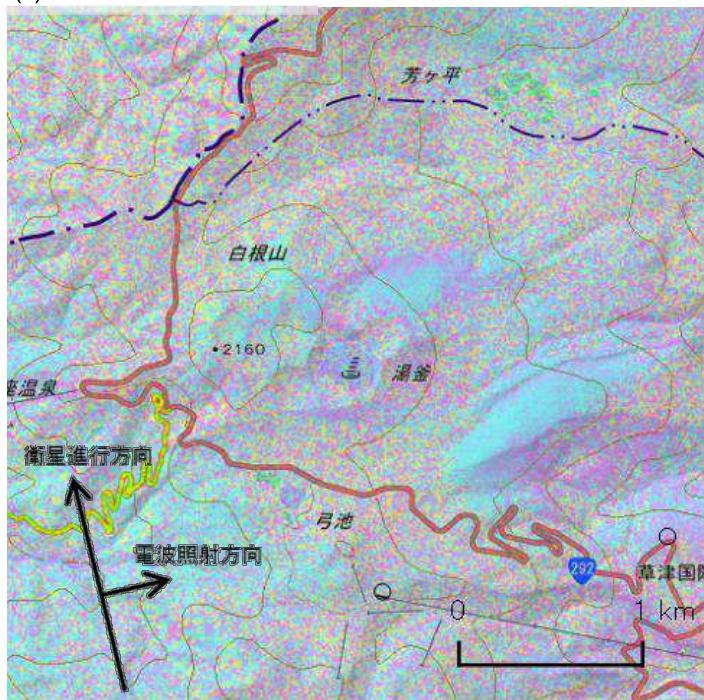
	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2015/11/24 2016/03/01 11:47 頃 (98 日間)	2015/07/24 2016/04/01 23:44 頃 (252 日間)
衛星進行方向	南行	北行
電波照射方向	右	右
観測モード*	U-U	U-U
入射角(中心)	34.7°	43.0°
偏波	HH	HH
垂直基線長	+ 235 m	+ 219 m

*U: 高分解能(3m)モード

○ 国土地理院以外の GNSS 観測点



(b) 2015/07/24-2016/04/01



背景：地理院地図 標準地図

解析：国土地理院 原初データ所有：JAXA

草津白根山