

第 134 回

火山噴火予知連絡会資料

(その 2 の 5)

御嶽山、吾妻山、草津白根山

平成 28 年 2 月 17 日

火山噴火予知連絡会資料（その2の5）

目次

御嶽山	3
気象庁 3-19（気象研 18-19）	
名大 20-34	
東濃研 35-36	
国通研 37	
地理院 38-42	
吾妻山	43
気象庁 43-59（気象研 58-59）	
東北大 60-62	
地理院 63-66	
草津白根山	67
気象庁 67-88（気象研 82-86、地磁気 87-88）	
防災科研 89-93	
地理院 94-97	

御 嶽 山

(2016 年 1 月 22 日現在)

御嶽山の火山活動は低下した状態が続き、2014 年 10 月以降噴火が発生していないことから、2014 年 9 月 27 日と同程度の噴火の可能性は低下していると考えられる。一方、火口列からの噴煙活動や、地震活動が続いており、今後も小規模な噴火が発生する可能性がある。

火口から概ね 1 km の範囲では、噴火に伴う弾道を描いて飛散する大きな噴石に警戒が必要。風下側では降灰及び風の影響を受ける小さな噴石に注意が必要。

平成 27 年 6 月 26 日に火口周辺警報を発表し、噴火警戒レベルを 3（入山規制）から 2（火口周辺規制）に引下げた。その後警報事項に変更はない。

○ 概況（2015 年 10 月～2016 年 1 月 22 日）

・ 噴煙及び火口付近の状況（第 1 図①、第 2 図①、第 3 図①②、第 4 図、第 13 図）

2014 年 9 月 27 日に噴火が発生した剣ヶ峰山頂の南西側の火口列からの白色の噴煙が引き続き観測されている。2015 年 10 月までは、上空の風の弱いときに一時的に 1,000 m を超えることがあったが、11 月以降、火口縁上 400m 以下で経過している。

・ 火山ガス¹⁾の状況（第 1 図④）

2015 年 10 月 7 日及び 13～14 日の山頂の現地調査では、火山ガス（二酸化硫黄）は検出¹⁾されなかった。

・ 地震活動（第 1 図②③、第 2 図②～⑤、第 3 図③④、第 5～6 図）

今期間、火山性地震は少ない状態で経過しているが、2014 年 8 月以前の状態には戻っていない。

低周波地震は 2015 年 10 月 22 日に 1 回観測している。この地震の発生時及びその前後で、噴煙や地殻変動の観測データに火山活動の高まりを示す変化はみられていない。

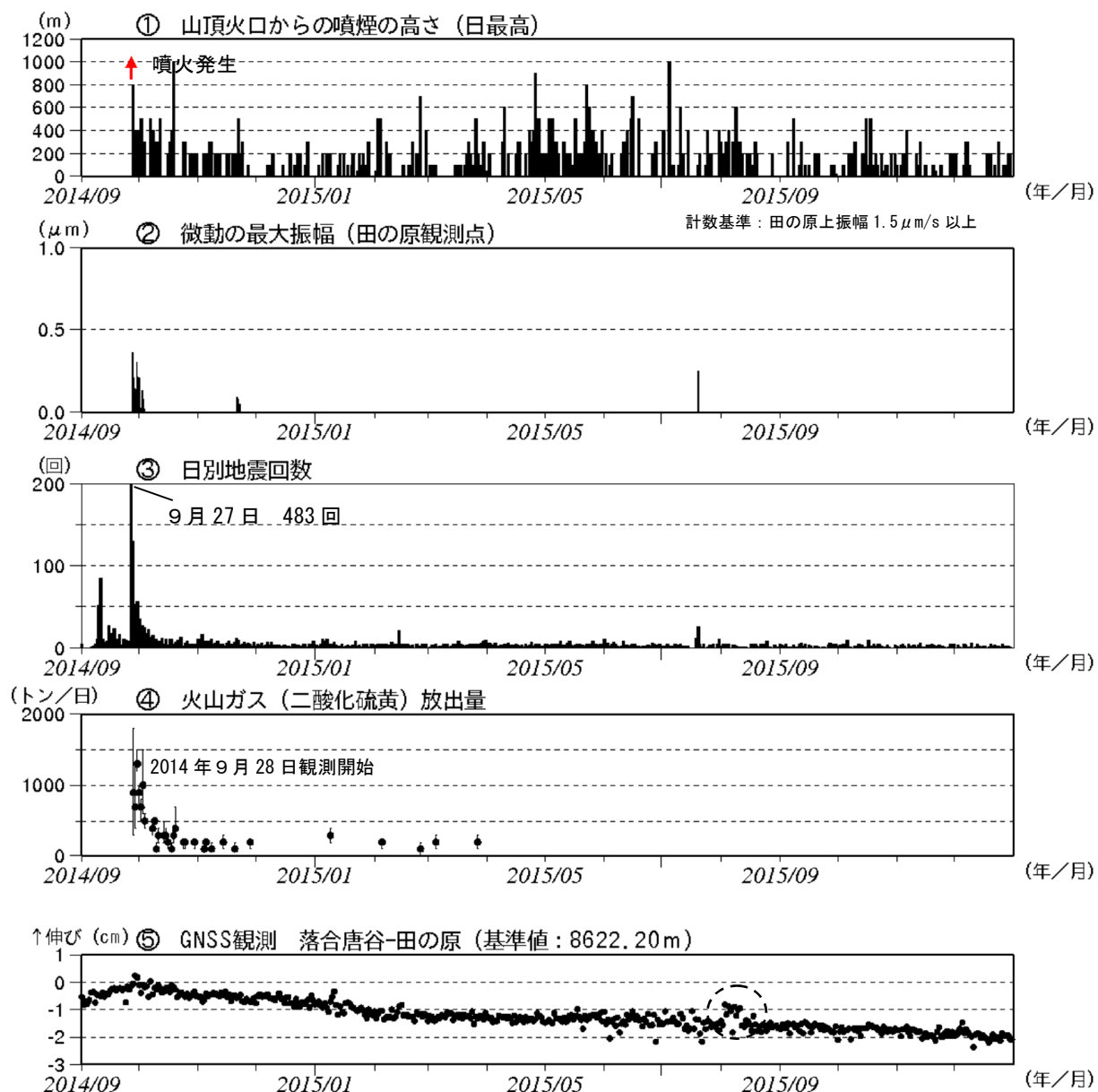
火山性微動は 2015 年 7 月 20 日に発生して以降、観測されていない。

・ 地殻変動（第 1 図⑤、第 2 図⑥、第 7～11 図）

今期間、傾斜計で火山活動の高まりを示す変化は観測されていない。

GNSS 連続観測の一部の基線では、2014 年 10 月頃以降山体付近の収縮によると考えられる縮みの傾向がみられる。

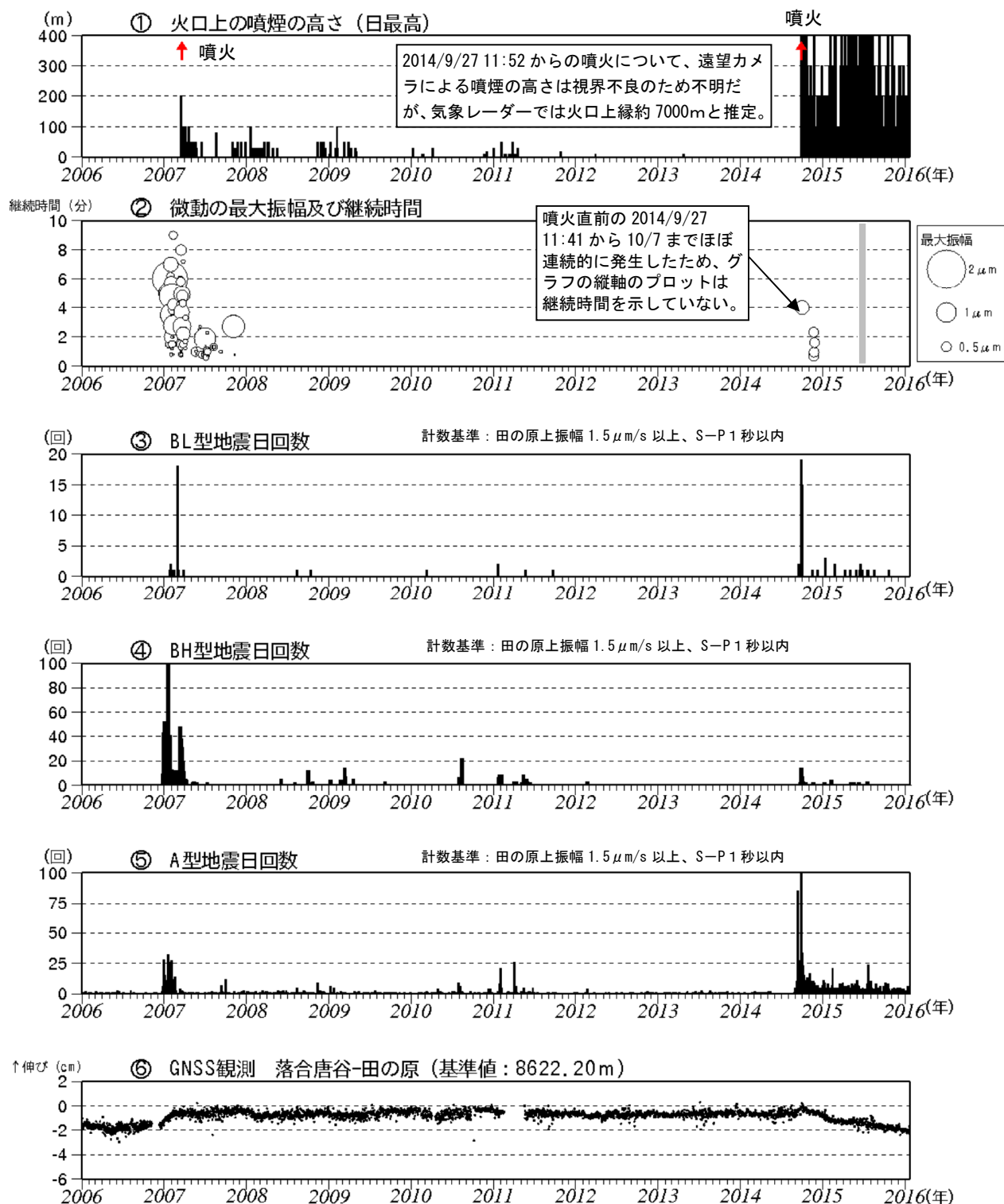
1) 携帯型火山ガス検知器による測定



第 1 図 御嶽山 最近の火山活動経過図（2014 年 9 月 1 日～2016 年 1 月 22 日（速報値含む））

- ①遠望カメラによる噴煙の高さ 噴煙の高さは日最大値（噴火時以外は定時観測（09 時・15 時）の値）。矢印は噴火開始を示す。また、視界不良時には噴煙の高さが表示されていないが、噴火発生以降は噴煙が連続的に発生しているものと考えられる。
- ②微動の最大振幅 田の原上観測点（剣ヶ峰南東約 2 km）の上下動の変位振幅。
- ③日別地震回数 計数基準：田の原上振幅 1.5 μm/s 以上、S-P 1 秒以内。
- ⑤GNSS 観測 第 11 図の基線②に対応。点線で囲んだ変化は、火山活動との関係はないと考えられる。

- ・今期間、火山性微動は観測されていない。
- ・今期間、山麓での二酸化硫黄のガス観測は実施していない。
- ・⑤の基線で 2014 年 10 月頃以降、わずかな縮みの傾向がみられている。

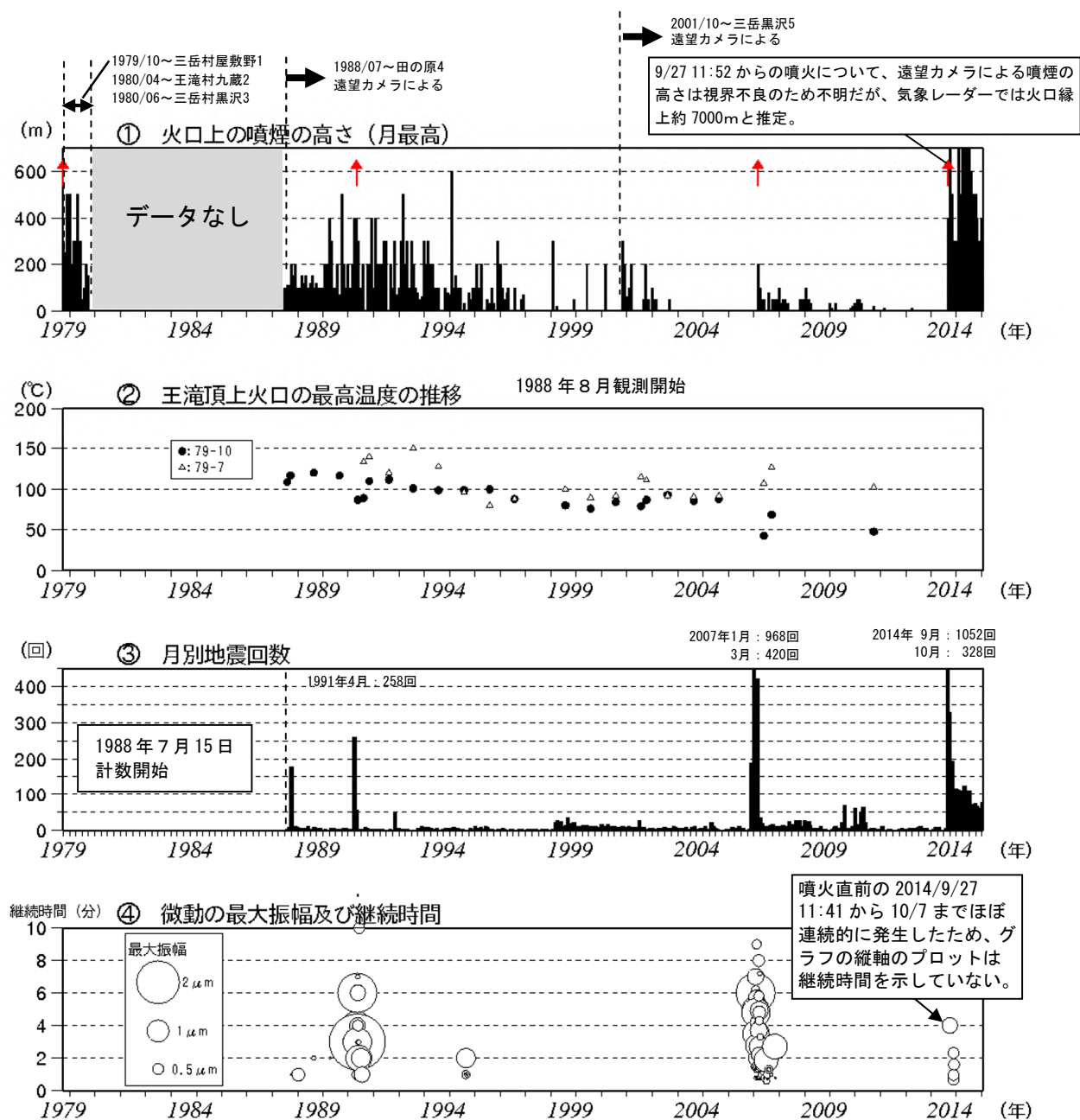


第 2 図 御嶽山 火山活動経過図 (2006 年 1 月 1 日～2016 年 1 月 22 日)

2010 年 10 月以降の GNSS 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。なお、解析には、IGS (International GNSS Service: 国際 GNSS 事業) から提供される超速報暦を用いている。

②微動の最大振幅 田の原上観測点 (剣ヶ峰南東約 2 km) の上下動の変位振幅。火山性微動の発生した 7 月 20 日を含む灰色部分 (6 月 23 日～7 月 22 日) は機器障害のため振幅値欠測。

⑥第 11 図の GNSS 基線②に対応し、空白期間は欠測を示す。



第3図 御嶽山 長期の火山活動経過図 (1979年10月～2016年1月22日)

- ① : 月最大噴煙高度 (遠望カメラ名に付いた番号は第13図の遠望観測地点の変遷参照) 赤矢印は噴火を示す。
- ② : 王滝頂上噴気地帯の温度変化 (サーミスタ温度計による)
- ③ : 月別地震回数グラフ 計数基準: 田の原上振幅 $1.5 \mu\text{m/s}$ 以上、S-P 1秒以内。
- ④ : 火山性微動振幅グラフ 計数基準: 田の原上振幅 $1.5 \mu\text{m/s}$ 以上。



2014 年 10 月 17 日 15 時 00 分



2014 年 12 月 24 日 08 時 58 分



2015 年 2 月 25 日 15 時 40 分



2015 年 5 月 14 日 12 時 10 分



2015 年 6 月 28 日 14 時 46 分



2015 年 7 月 26 日 10 時 39 分



2015 年 8 月 19 日 08 時 47 分



2015 年 9 月 14 日 08 時 40 分

第 4 - 1 図 御嶽山 噴煙の状況 (剣ヶ峰の南南西約 6km の中部地方整備局設置の滝越カメラによる)



2015 年 10 月 29 日 10 時 20 分



2015 年 10 月 14 日 12 時 35 分



2015 年 11 月 4 日 14 時 00 分



2015 年 11 月 4 日 11 時 59 分



2015 年 12 月 20 日 15 時 40 分



2015 年 12 月 20 日 12 時 50 分



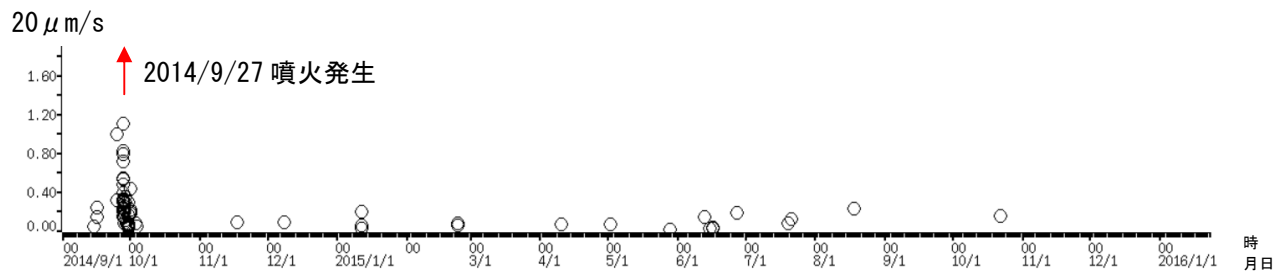
2016 年 1 月 27 日 11 時 30 分



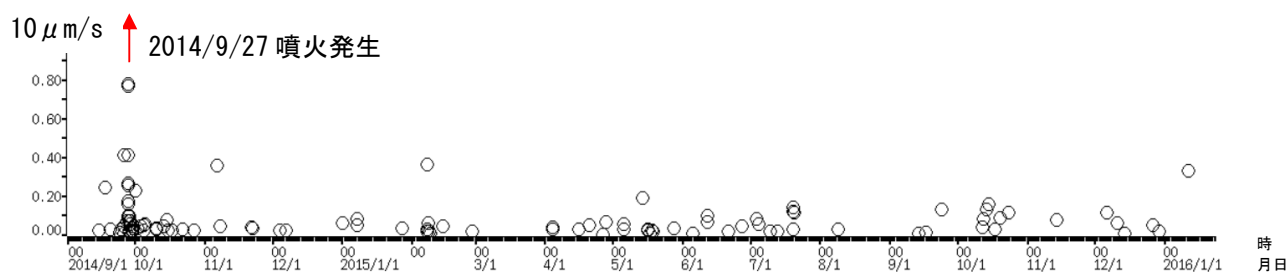
2016 年 1 月 27 日 13 時 20 分

第 4 - 2 図 御嶽山 噴煙の状況（剣ヶ峰の南南西約 6 km の中部地方整備局設置の滝越カメラ（左）及び剣ヶ峰の南東約 15km の三岳黒沢遠望カメラ（右）による）

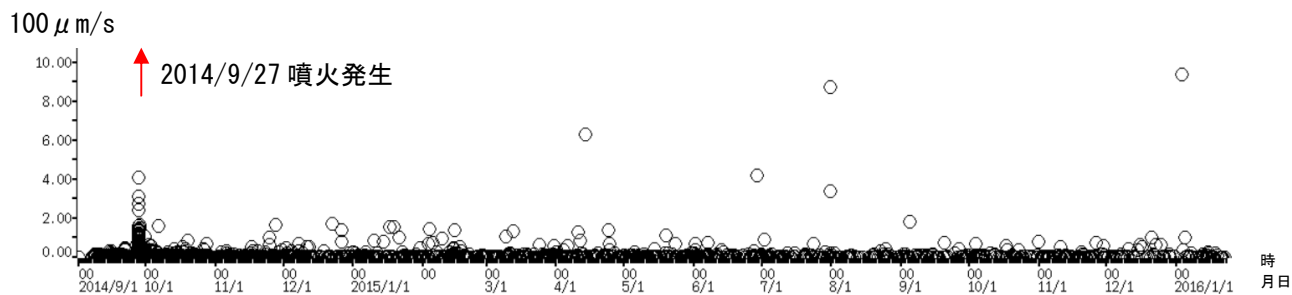
低周波地震 (BL 型地震)



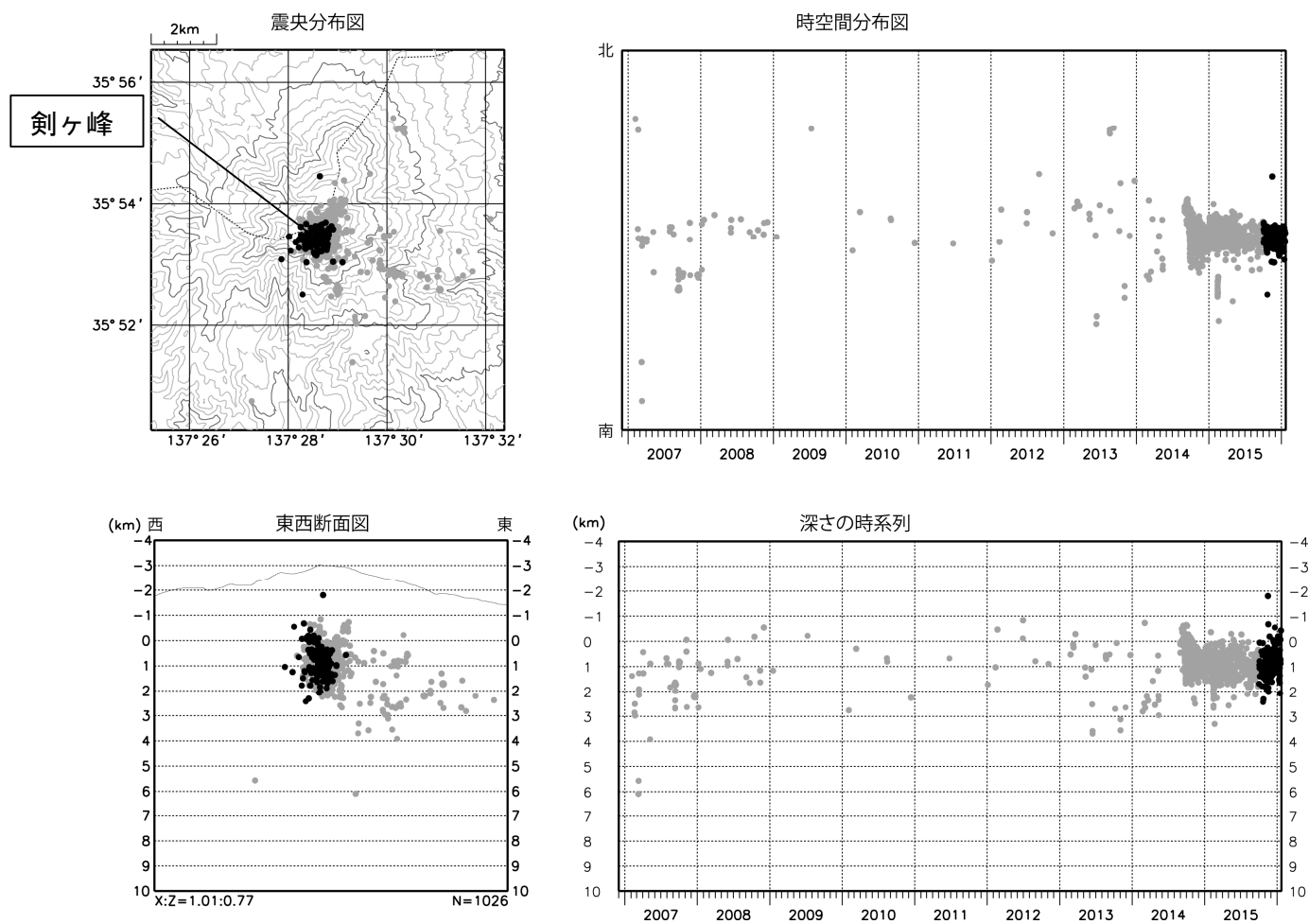
やや低周波地震 (BH 型地震)



高周波地震 (A 型地震)



第 5 図 御嶽山 タイプ別最大振幅の時系列グラフ (上図 : BL 型、中図 : BH 型、下図 : A 型)
 (田の原観測点速度上下成分 : 2014 年 9 月 1 日 ~ 2016 年 1 月 22 日)
 計数基準 : 田の原上振幅 $1.5 \mu\text{m/s}$ 以上、S-P 1 秒以内。



第 6 - 1 図 御嶽山 山体周辺の観測点による震源分布図 (2006 年 12 月 1 日～2016 年 1 月 22 日)

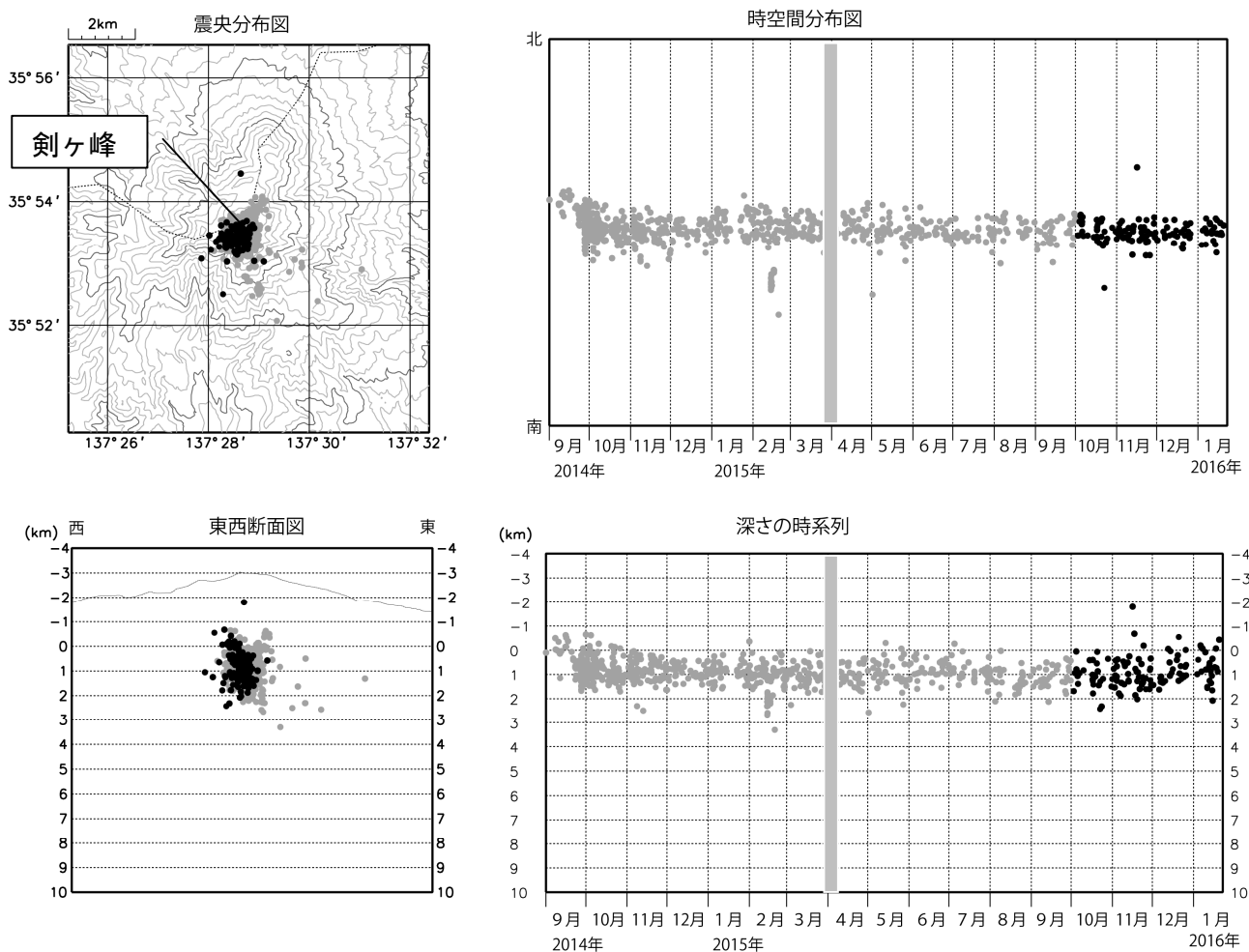
半無限均質速度構造 ($V_p = 4.0\text{km/s}$, $V_p/V_s = 1.73$)

● : 2006 年 12 月 1 日～2015 年 9 月 30 日

● : 2015 年 10 月 1 日～2016 年 1 月 22 日

観測点の稼働状況により震源決定精度が低下している場合がある。

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。



第 6 - 2 図 御嶽山 山体周辺の観測点による震源分布図 (2014 年 9 月 1 日～2016 年 1 月 22 日)

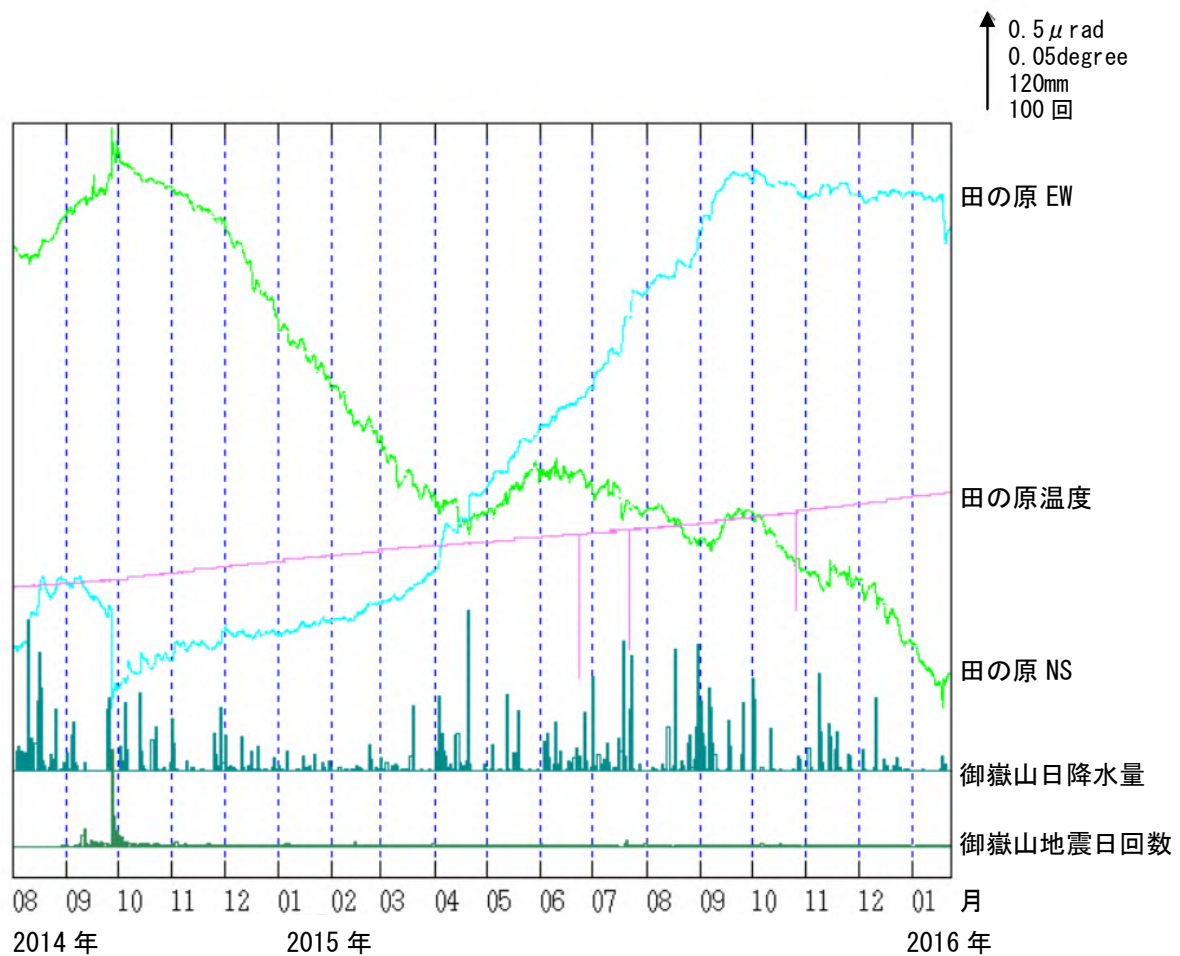
半無限均質速度構造 ($V_p = 4.0\text{km/s}$, $V_p/V_s = 1.73$)

● : 2014 年 9 月 1 日～2015 年 9 月 30 日

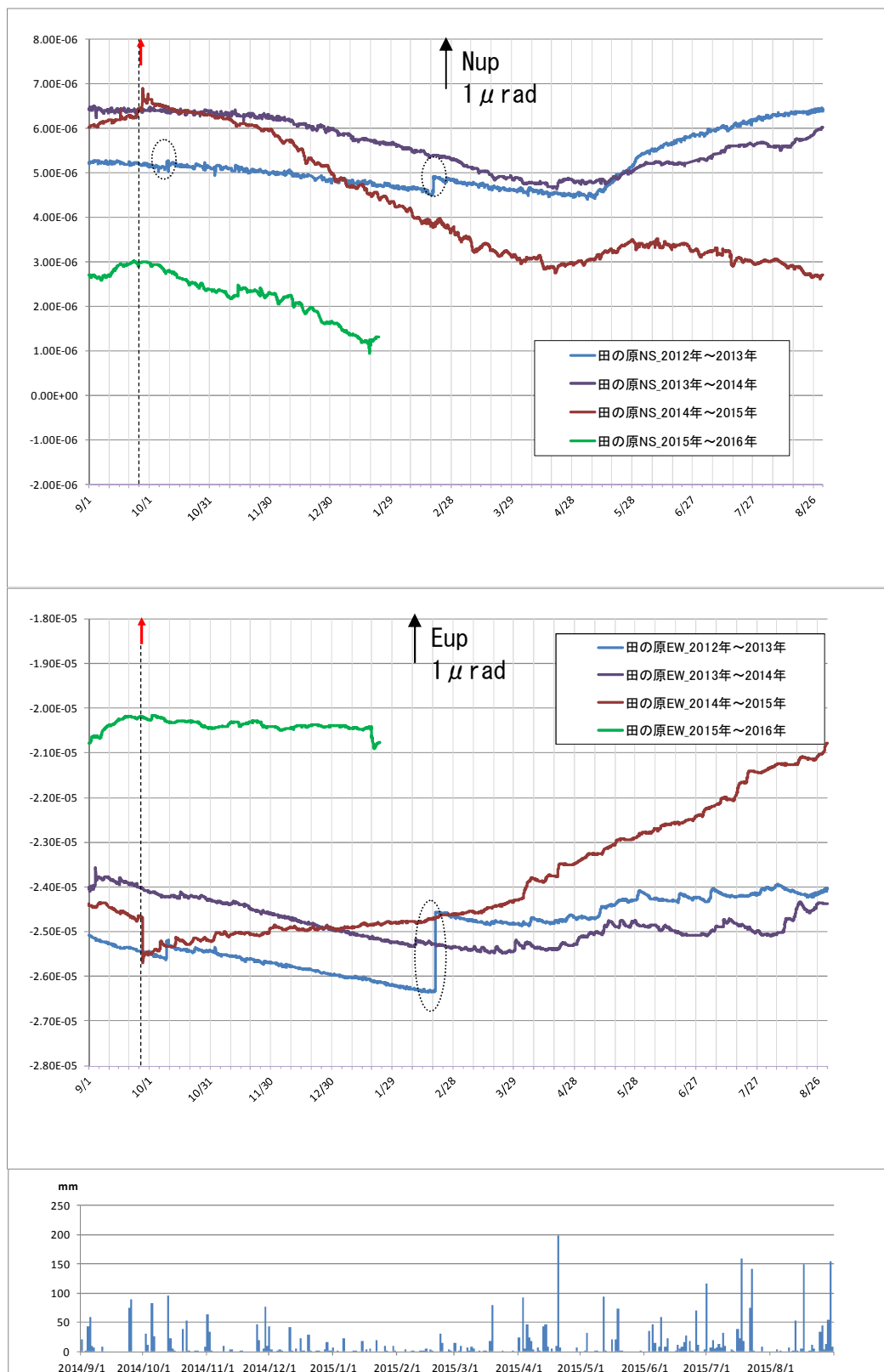
● : 2015 年 10 月 1 日～2016 年 1 月 22 日

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。

- ・火山性地震の震源は、主に剣ヶ峰山頂付近の深さ (海面下) 0～2 km に分布しており、ほとんどが噴火発生直後に多発した震源分布の範囲内で発生している。
- ・図の灰色の期間は欠測の観測点が多く震源が決定できていない。

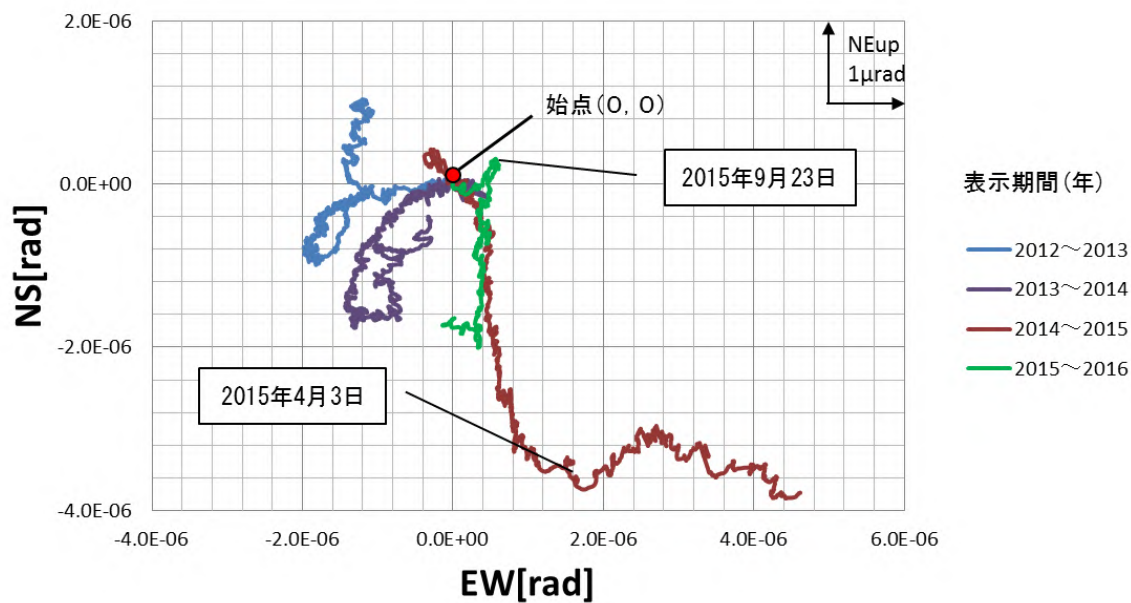


第 7 図 御嶽山 田の原（剣ヶ峰の南東約 3 km）の傾斜計変動
（2014 年 8 月 1 日～2016 年 1 月 22 日、時間値、潮汐補正済み）



第 8 - 1 図 御嶽山 田の原（剣ヶ峰の南東約 3 km）の傾斜計の年周変動（過去 3 年）との比較
 （2012 年 9 月 1 日～2016 年 1 月 22 日、時間値、潮汐補正済み、
 上：NS 成分、中央：EW 成分、下：御嶽山アメダス降水量）

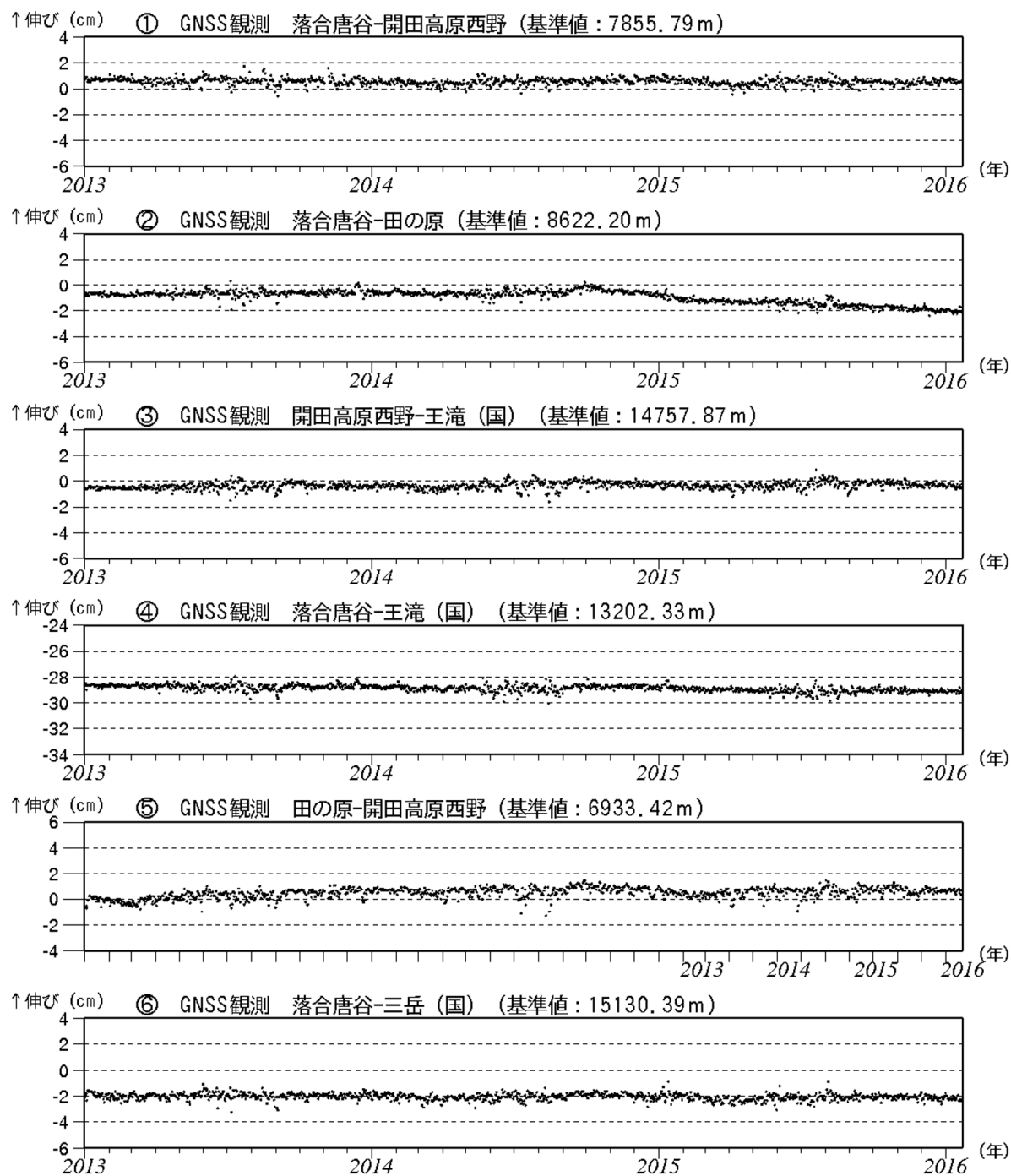
- ・ 噴火発生後（赤矢印）から山側下がりの変化がみられている。
- ・ 点線円は火山活動とは関係ない変化。



第 8 - 2 図 御嶽山 傾斜変動の年毎のベクトル時間変化比較図

9 月から翌年 9 月の 1 年毎にベクトルの時間変化を重ね合わせた。

- ・噴火後は北北西下がりの変化がみられている。2015 年 4 月頃から西側下がり傾向に変わっていたが、2015 年 9 月頃からは 2014 年と同様の北北西下がりの変化に戻っている。



第 9 図 御嶽山 GNSS 連続観測による基線長変化 (2013 年 1 月 1 日～2016 年 1 月 22 日)

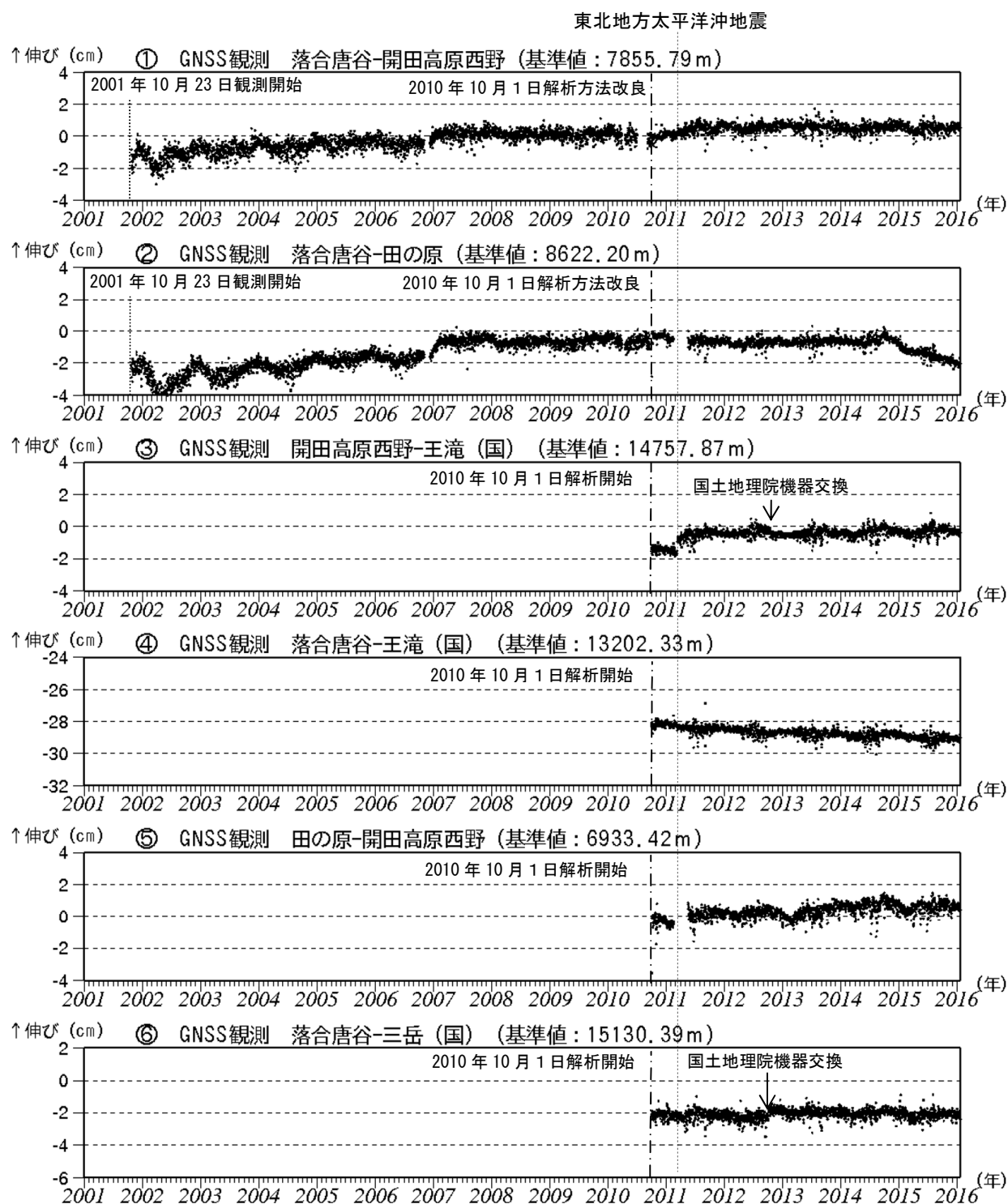
(国): 国土地理院

対流圏補正と電離層補正を行っている。

なお、解析には、IGS (International GNSS Service: 国際 GNSS 事業) から提供される超速報暦を用いている。

図中①～⑥は第11図のGNSS基線①～⑥に対応し、空白期間は欠測を示す。

- ・ ②の基線で 2014 年 10 月頃以降、縮みの変化が続いている。

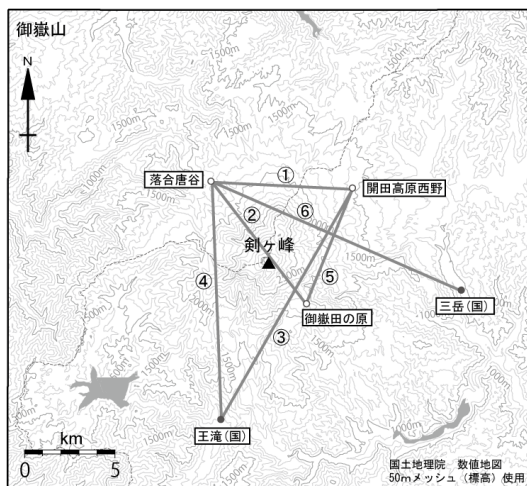


第10図 御嶽山 GNSS連続観測による基線長の長期変化 (2001年1月1日～2016年1月22日)
(国): 国土地理院

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。
なお、解析には、IGS (International GNSS Service: 国際GNSS事業) から提供される超速報
暦を用いている。

図中①～⑥は第11図のGNSS基線①～⑥に対応し、空白期間は欠測を示す。

- ・②の基線で2014年10月頃以降、縮みの変化が続いている。

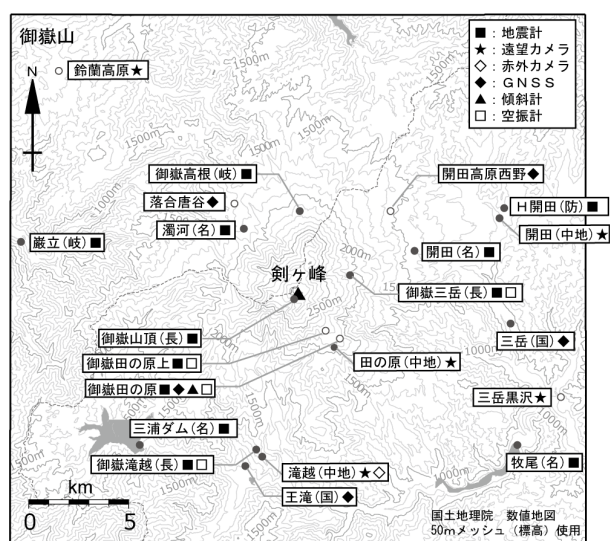


第11図 御嶽山 GNSS 連続観測点配置図

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

（国）：国土地理院

図中のGNSS基線②は、第1図の⑤、第2図の⑥に対応し、図中のGNSS基線①～⑥は第9、10図の①～⑥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）』および『数値地図50mメッシュ（標高）』を使用した。



第12図 御嶽山 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）』および『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、（中地）：中部地方整備局、（防）：防災科学技術研究所、（名）：名古屋大学、（長）：長野県、（岐）：岐阜県



第13図 御嶽山 遠望観測地点の変遷番号は第3図①の観測地点番号に対応。

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

山頂付近において、衛星視線方向伸張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
19-2890	南行	右	2014. 10. 14	2015. 10. 13	図 1

2. 解析結果

山頂付近において衛星視線方向伸張の位相変化（最大約 12cm）が認められる。

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（通称火山 WG）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。

2014/10/14–2015/10/13

364 days

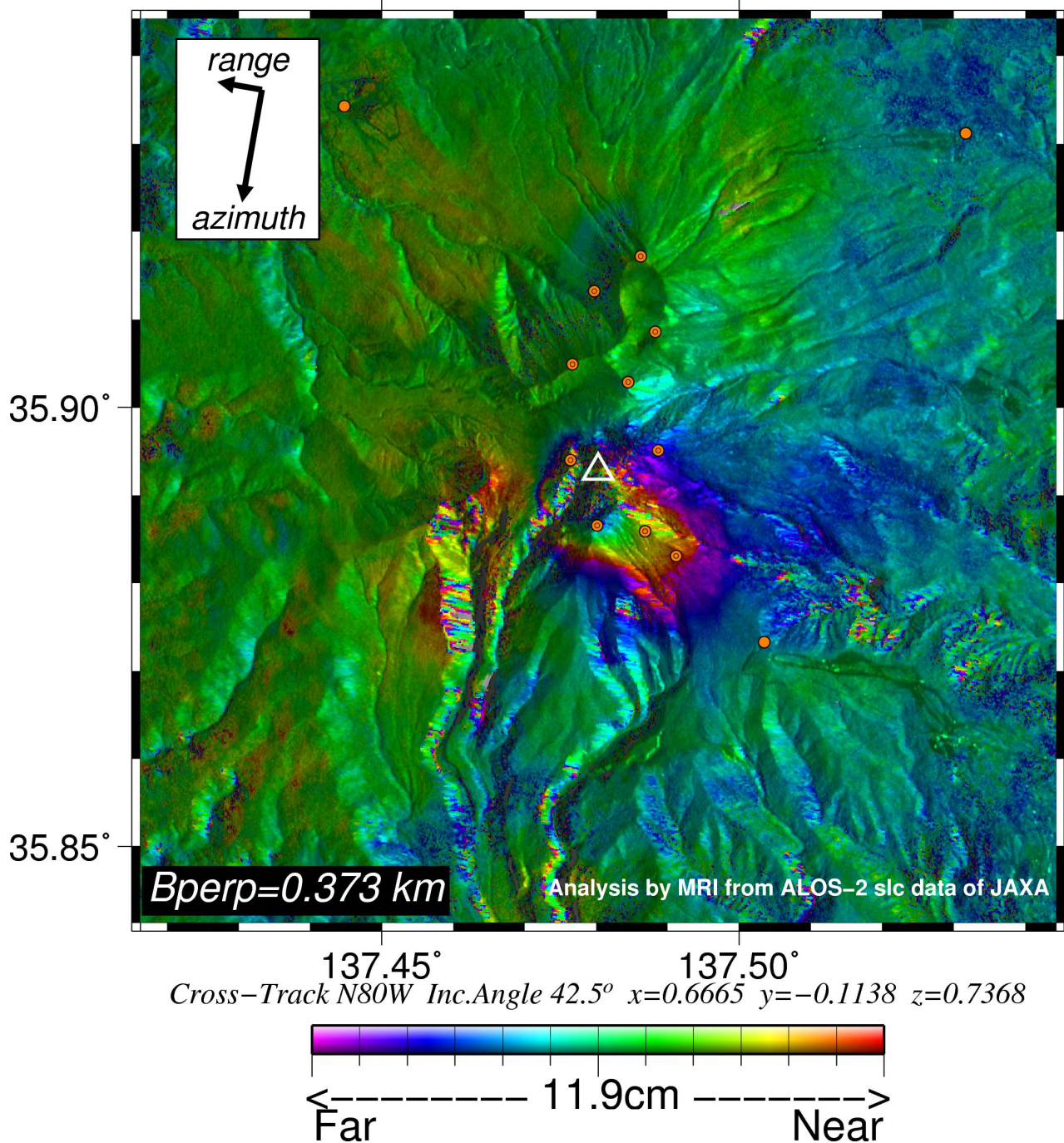
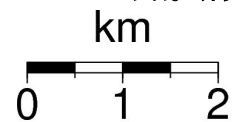


図 1 パス 19-2890 の干渉解析結果

図中の丸印は GNSS 観測点（橙：気象庁，二重丸は繰り返し観測点）を示す。山頂付近において最大約 12cm の衛星視線方向伸張の位相変化が認められる。

2014 年 8 月以降の御嶽山における震源分布

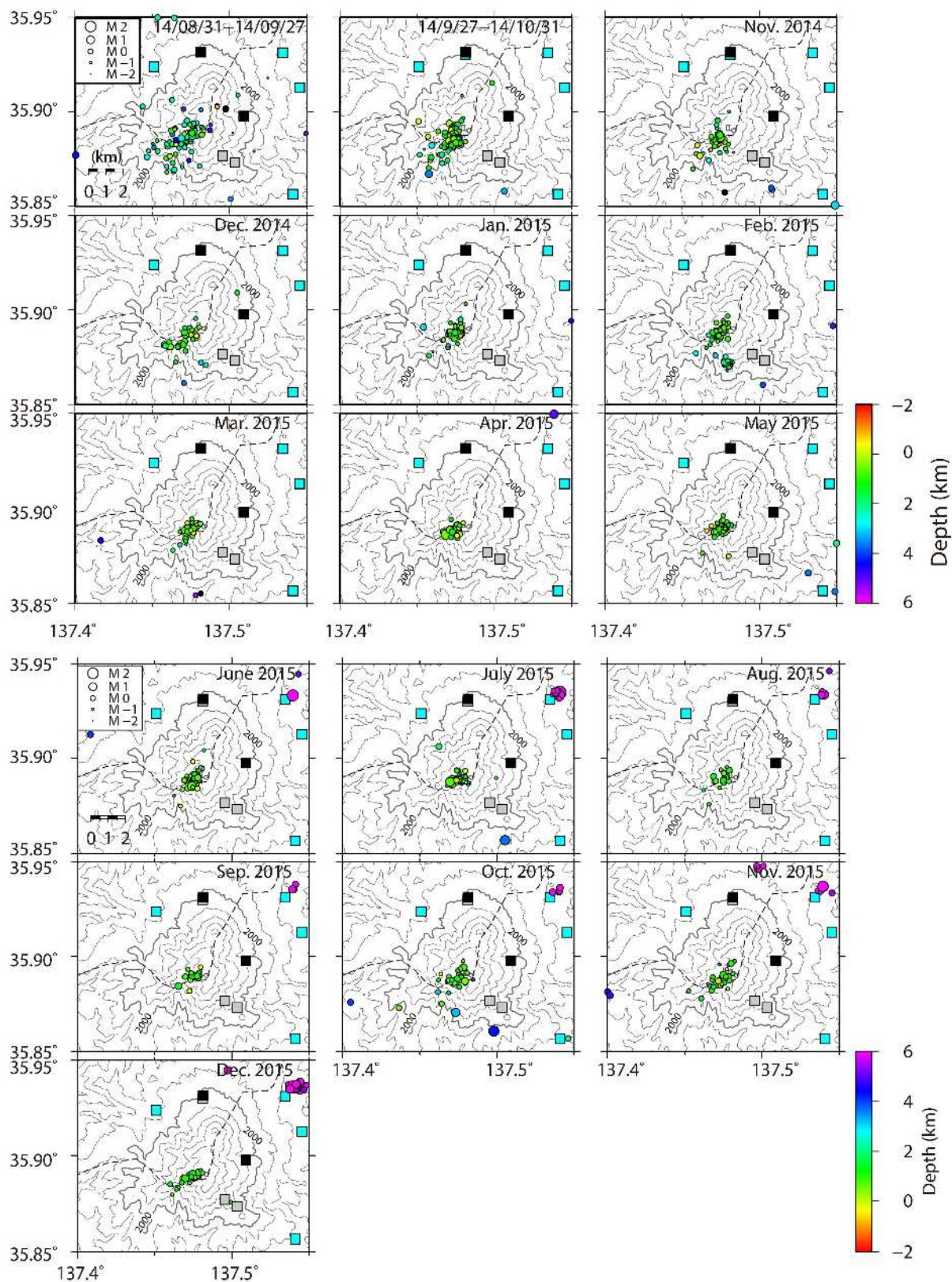


図 1：御嶽山頂とその周辺の地震の震源（期間：2014 年 9 月 1 日～2015 年 12 月 31 日）

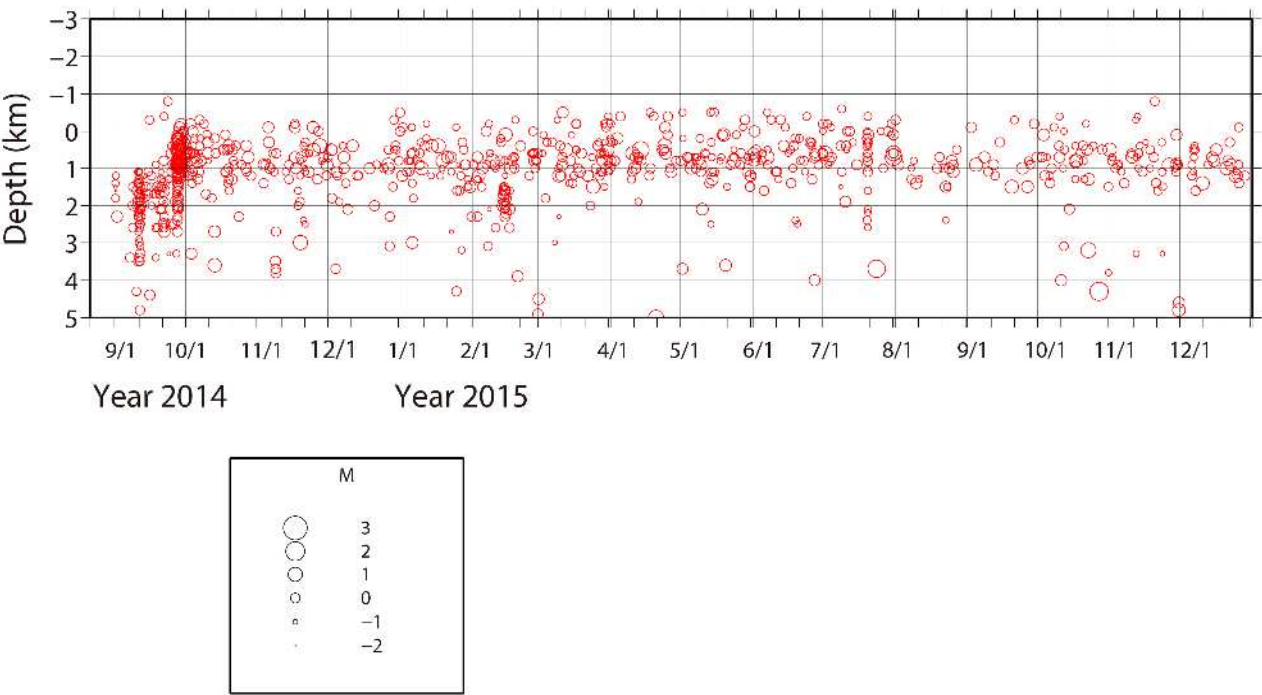


図 2：御獄山直下の地震の深さの時間変化（期間：2014 年 9 月 1 日～2015 年 12 月 31 日）

2014 年御嶽山噴火後の GNSS 解析

2014 年 9 月の水蒸気噴火以降, 名古屋大学では GNSS 観測点を強化してきた. 現在, オンラインの GNSS 観測点 (名大: 緑色, 東濃: 黄色) はチャオスキー場 (ciao), 飯森高原駅 (iimr), 東大木曾天文台 (ksao), 御嶽休暇村 (ontk) である. 1 cm を超えるような際立った地殻変動時系列の変化は見られない. (名古屋大学と東濃地震科学研究所と共同観測)

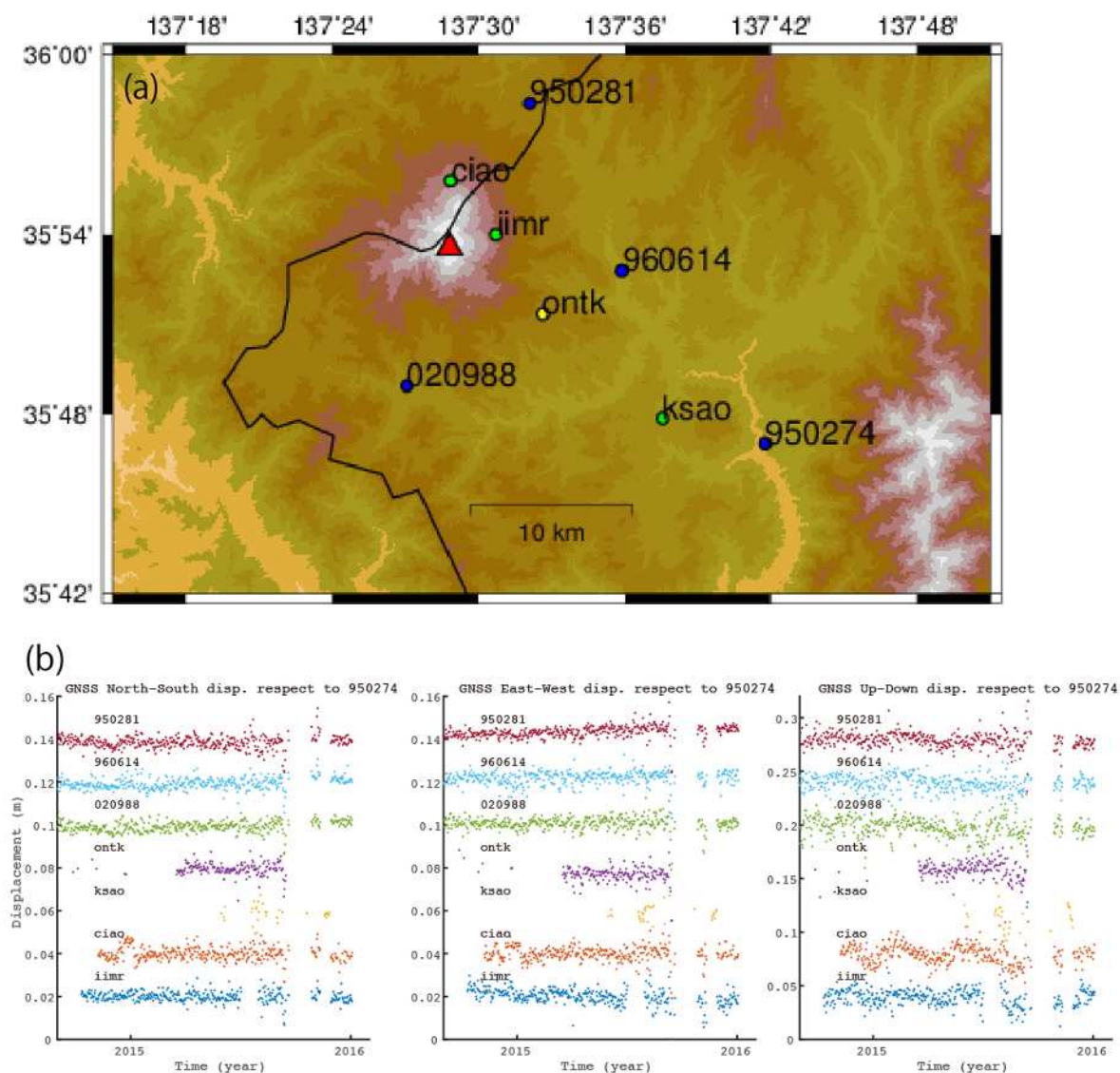


図 3 : (a) オンラインの観測点マップ. 緑色 : 名大, 黄色 : 東濃地震科学研究所, 青色 : GEONET. (b) それぞれの観測点での地殻変動時系列を示している. 基準点は上松 (950274) 観測点

御嶽山山頂域ヘリ観測

国土交通省中部地方整備局多治見砂防国道事務所のご厚意により山頂付近の写真撮影を行うことができた。

日時 2015.11.06 11:30 – 13:20 (県営名古屋飛行場発着)

ヘリコプタ 国土交通省 まんなか

搭乗者 国土交通省中部地方整備局 (2名)、王滝村役場 (2名)、名古屋大学 (1名：山岡)

2014 年御嶽噴火では、大きく分けて3箇所新たな噴気が確認された。それぞれについて山岡が撮影したもののほか、王滝村役場撮影の写真を示す。また整理のため噴気孔群を 2014-A,B,C と表現することにする。

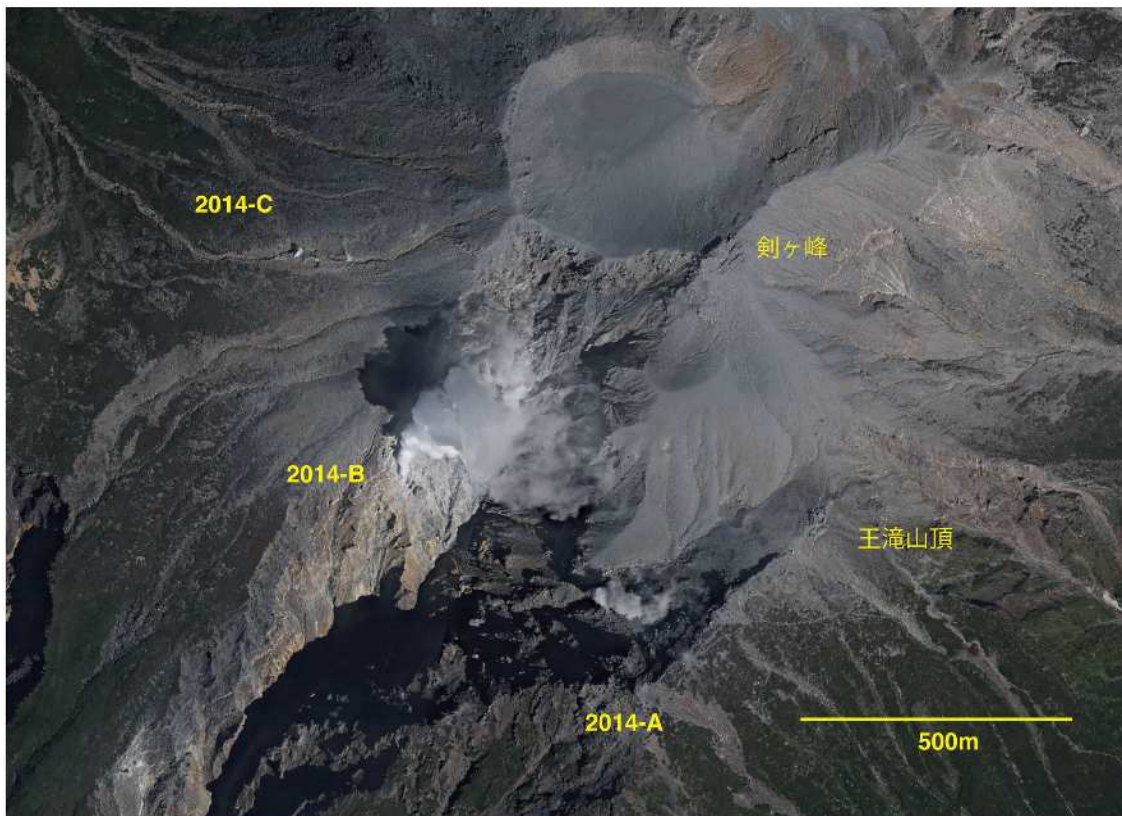


図 1: 中日本航空撮影オルソ画像 2015.9.5 撮影



図 2：噴気活動の全体写真



図 3 2014-A の噴気孔 主に 2 箇所から噴出している



図4 2014-B の噴気孔群。壁全面から噴気が出ているほか、上部は噴気孔が列となっていることが分かる。



図5 2014-B 噴気孔群の拡大写真



図6 2014-C 噴気孔群 斜面に沿って一列に並ぶ。ガリーの中からの噴気を確認できる。



図7 2014-C 噴気孔群の拡大写真



図 8 剣ヶ峰にある御嶽神社

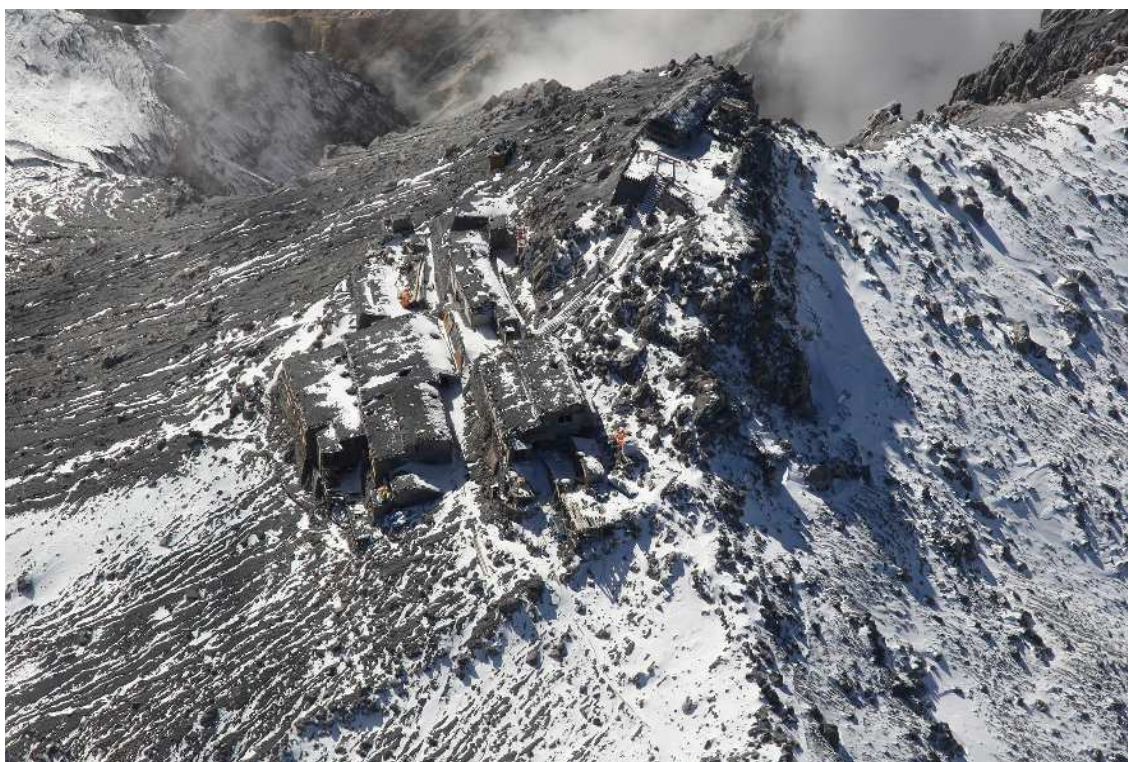


図 9 剣ヶ峰 神社と山小屋

御嶽山航空レーザデータによる地形判読

2014（平成 26 年 9 月 27 日）御嶽山水蒸気噴火前後の地形変化を下記 3 時期に取得された航空レーザデータに基づき把握することを試みた。対象とした地形変化は、火山灰と噴石の降下・堆積とガリー侵食に起因するものである。

航空レーザデータ：2005（平 17）年，2014（平 26）年噴火直後（中部地方整備局多治見砂防国道事務所提供），2015（平 27）年 9 月 5 日（中日本航空株式会社提供）。

[主火口列から剣ヶ峰，一ノ池南半分にかけての火山灰堆積による地形変化]

2014/2005 の 2 時期間のレーザデータ差分によれば，一ノ池南半分（北向きの斜面）において+0.3～+0.6 m（黄緑色）の標高較差（正は高度増加），剣ヶ峰西側の稜線（一ノ池南縁）で+0.3～+0.6 m（黄色）の標高較差，主火口列付近で+10 m 前後の標高較差を示す地形変化が認められた（Fig. 1(a)）。主火口列に近い程，正の較差（上昇）量が大きいため火山灰降灰によると思われる。火山噴火予知連絡会資料「2015 年 8 月 19-20 日の御嶽山山頂調査の速報」によれば降灰量は「一ノ池北の二ノ池南西側斜面で 8 cm，一ノ池西側で 20～37 cm，剣ヶ峰西側の一ノ池南縁の鞍部で約 70 cm となる」とされており，レーザデータ差分からの推定とよく合う。まだ試みていないがこれら火山灰の体積計算が可能である。

剣ヶ峰西側稜線の南側斜面（地獄谷上部）では+2～+6 m（橙色）の標高較差の地域が面的に認められる一方，主火口列近傍付近にて+8～+10 m（赤色）の標高較差地域が認められる。後者の領域は鹿の角状を示す複雑な形を呈し，噴火前（2005 年）の空中写真（Fig. 2(a)）と比較すると，その範囲が谷地形に一致する。噴火前（2005 年）と噴火直後（2015 年）の空中写真（Fig. 2(a)と(b)）を比較すると地獄谷上部では噴火後にそれまで起伏変化に富んだ急峻な谷地形（凹地）が埋められたように滑らかな地形に変化しており，谷を埋めるように火山灰が堆積したと思われる。谷地形に強く規制されることから火砕流によりこのような堆積に至ったのかもしれない。同地域は火口の極近傍であり，急斜面であることから現地での火山灰の層厚データが得られていない。今回，レーザデータ差分により具体的な層厚が得られた。ところでこの谷埋めを伴う堆積物は，2015/2014 のレーザデータ差分によれば，同一年間でほぼ侵食され，消滅していることがわかる。すなわち剣ヶ峰西側稜線の南側斜面では 2015 年 9 月までにはこれら火山灰が移動し消滅している。さらに 2015/2005 で比較すると，噴火後 1 年間の侵食量は噴火前のレベルに戻るだけでなく，-4～-6 m 程度の侵食傾向を示す。噴火による堆積が結果的に長期的な侵食を促すことが伺える。

[2014 年噴火 W1 火口付近の地形変化]

一ノ池の西側斜面付近（Fig. 1(a)の A）においては，西北西-東南東方向に 190 m x 35 m 範囲の高度増加部が存在する。2014 年噴火 W1 火口出現に伴い形成されたとみられる。詳細に観察すると，直径約 20 m，深度-6～-10 m のほぼ円形の火口地形（Fig. 3(a)の赤矢印）が観察でき，そこから西方に泥流が流出し，

高度増加部の一部をなしているのが観察できる (Fig. 3(b)の青矢印)。レーザデータ差分によれば泥流の層厚は最大で 2~1 m とみられる。火口形成や泥流流下は空中写真 (Fig. 4) から容易に判読できるが、その深度・層厚はレーザデータ差分により定量的に把握できる。現段階では現地調査されておらず (?), はじめて得られた地形変化量である。

ところで噴火直後に認められた 190 m x 35 m 範囲の高度増加部であるが、その東半分は 2015 年 9 月時点ではほぼ消滅している。その理由の 1 つは 2015/2005 の差分データで示されているが、東西に発達したガリーの形成により消滅したとみられる。

[御岳山全域の谷沿いで発生した侵食・堆積]

噴火後一年間の地形変化を示す 2015/2014 の差分データで全体的に最も目立つ地形変化は御岳山全域の谷沿いでみられる侵食・堆積作用である (Fig. 5)。山頂西側の尺ナンゾ谷上流部 (A, B), 白川上流部 (C), 赤川-地獄谷上流部 (D), 南俣川上流部 (E), 湯川上流部 (F) の各所で -1~-6 m (水~青色) の高度低下が確認でき、谷沿いで侵食活動が活発であることがうかがわれる。これらの箇所は火山土地条件図 (国土地理院, 2011) では「谷及びガリー」と区分されている侵食地形 (Fig. 5 では緑実線) に相当する。一方で白川や湯川沿いでは 100~500 m 程度の区間で 10 m 以下の高度上昇が認められ、ところにより堆積傾向が卓越する。こうした傾向は 2015 /2005 の差分データでも認められる。このことは噴火後の一年間で噴火前の河床レベルに戻るのではなく、元の河床においてさらに洗掘が進むか、あるいは谷の埋積が進行したことが分かる。

[噴石]

差分データによる 2014 年噴火により放出された噴石の分布把握を試みた。剣ヶ峰南南東斜面では数m×数m規模の高度増加を示す箇所が複数認められた。しかしこれらは噴火前の画像から元々径 1m 以上の岩塊が存在する場所であり、2014 年噴火放出物とは考えられない。噴火前のレーザデータの精度が十分でないため、数m×数m規模の噴石を認定するのは困難であった。

[その他、レーザデータ差分に関するメモ]

- ・北東~南西向き斜面で -0.6~-1.0 m の傾向、北西向き斜面で +0.3~+1.0 m あり。系統的エラー
- ・御岳中腹部では +4~+10 m の斑状の高度増城が認められる。中腹部は樹林帯に相当し、斑状の大きさも樹冠程度である。新旧の空中写真からみるとこの間の樹木の成長に対応する部分のように見える。差分の精度の目安になるが、樹林域での高度変化はうまく読み取れないことになる。

(首都大学東京 鈴木毅彦)

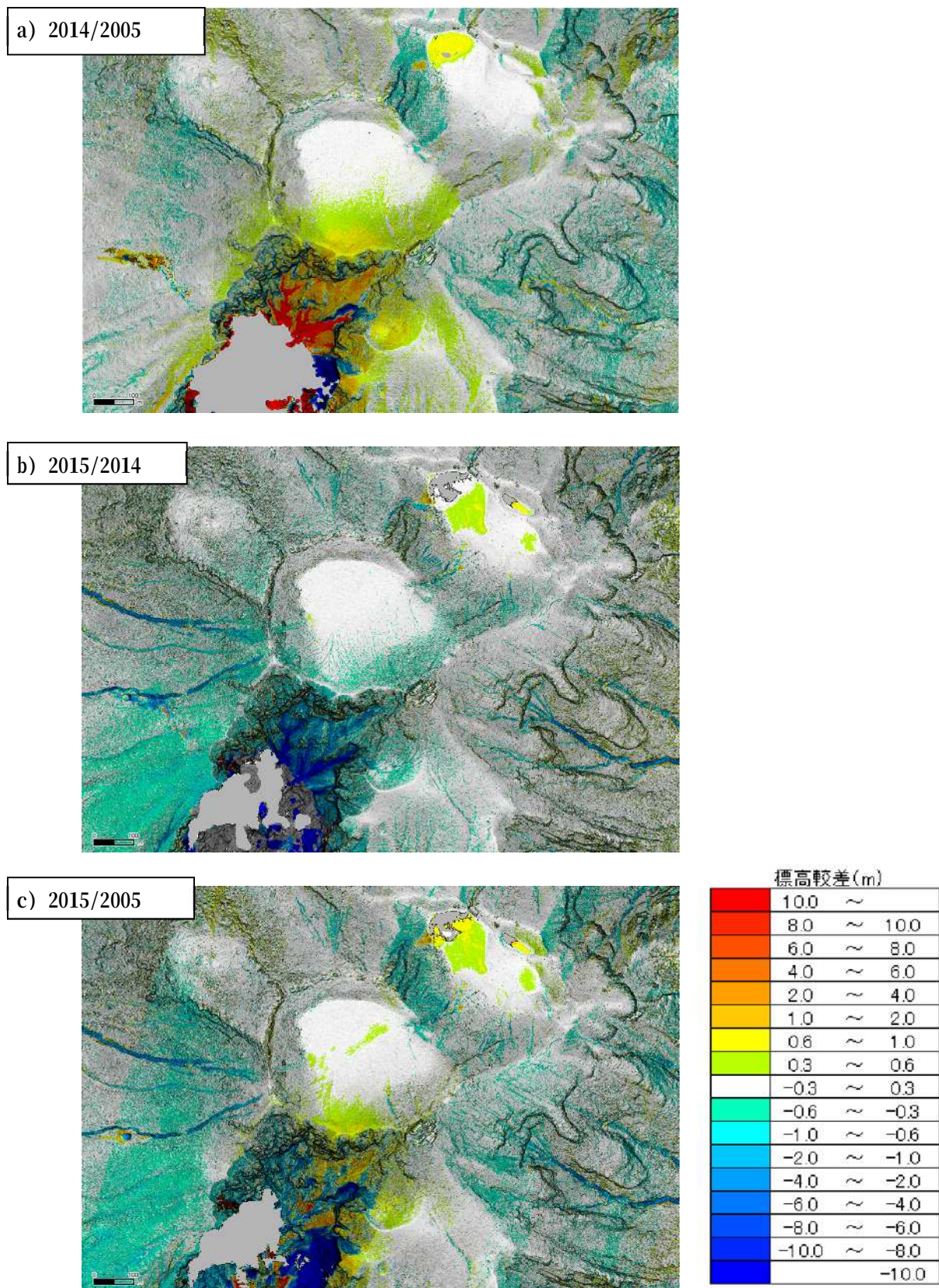
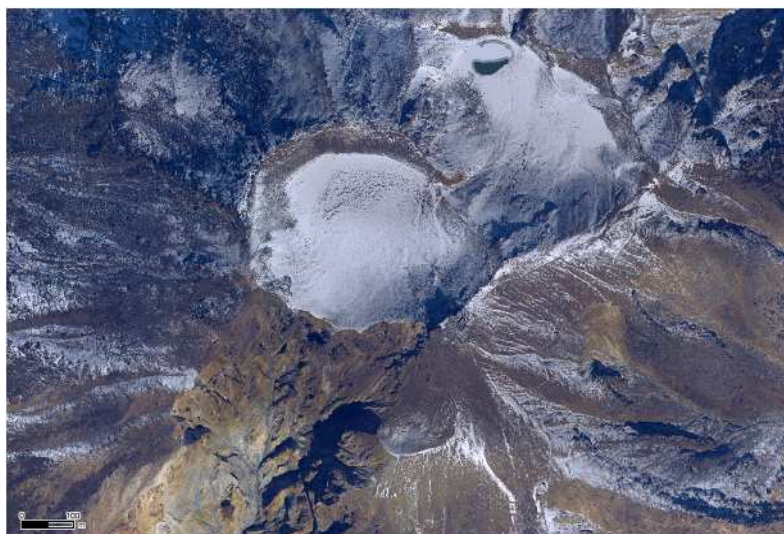
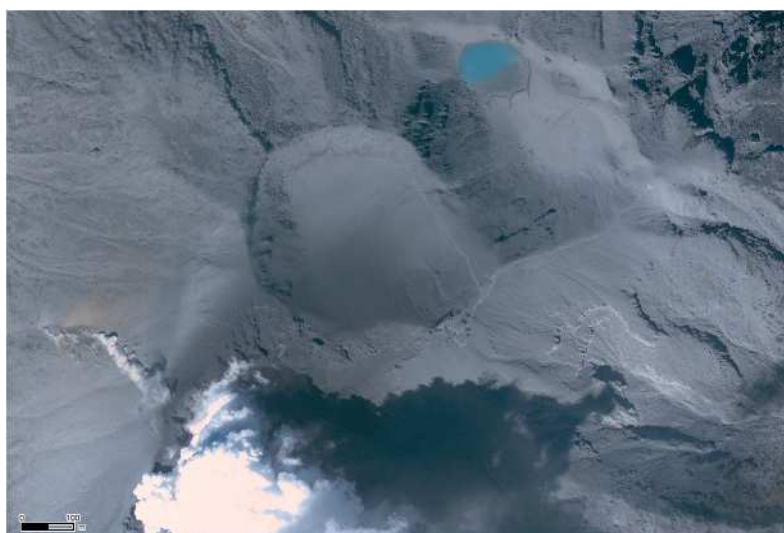


Fig. 1 御嶽山航空レーザデータ差分



a) 2005



b) 2014



c) 2015

Fig. 2 3 時期の空中写真

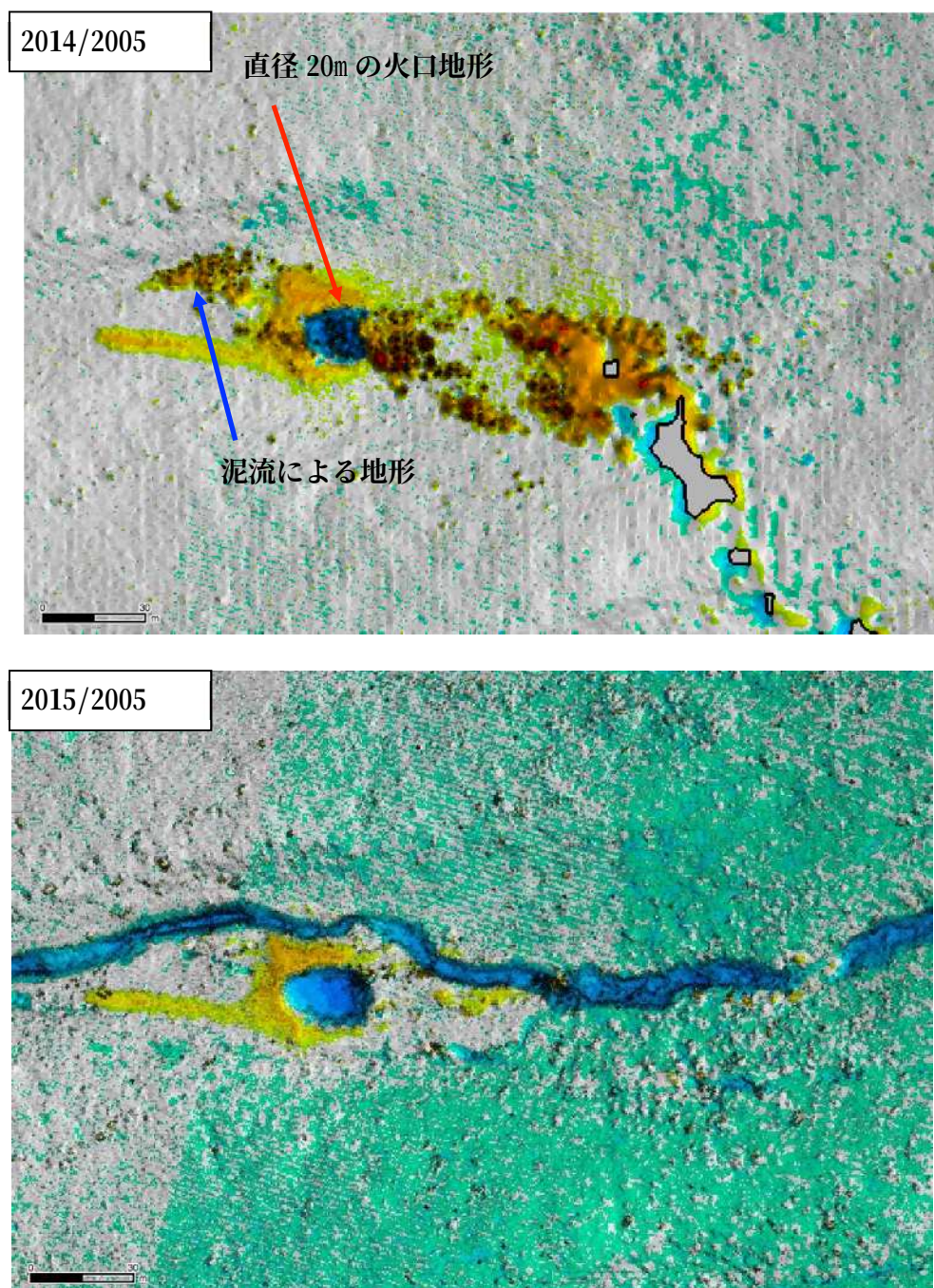
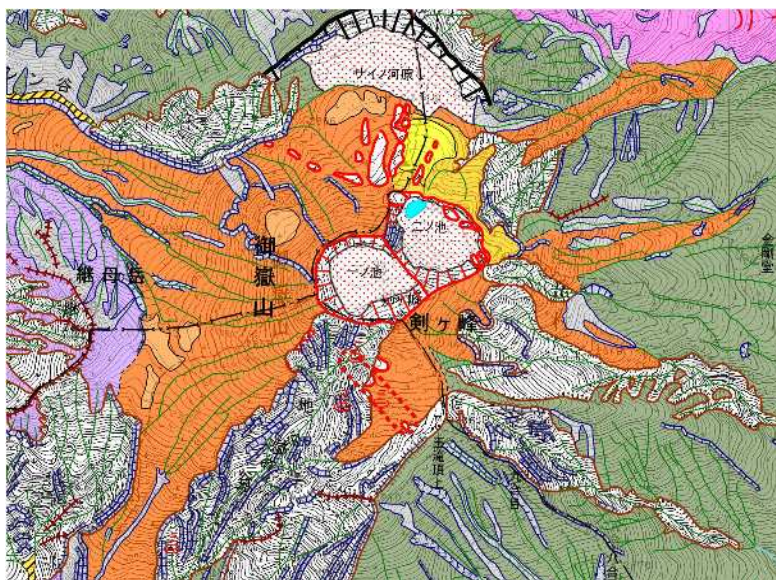


Fig. 3 W1 火口付近の地形変化 (2014/2005)

高度較差の凡例
は Fig. 1 に同じ



Fig. 4 W1 火口付近の空中写真 (2015)



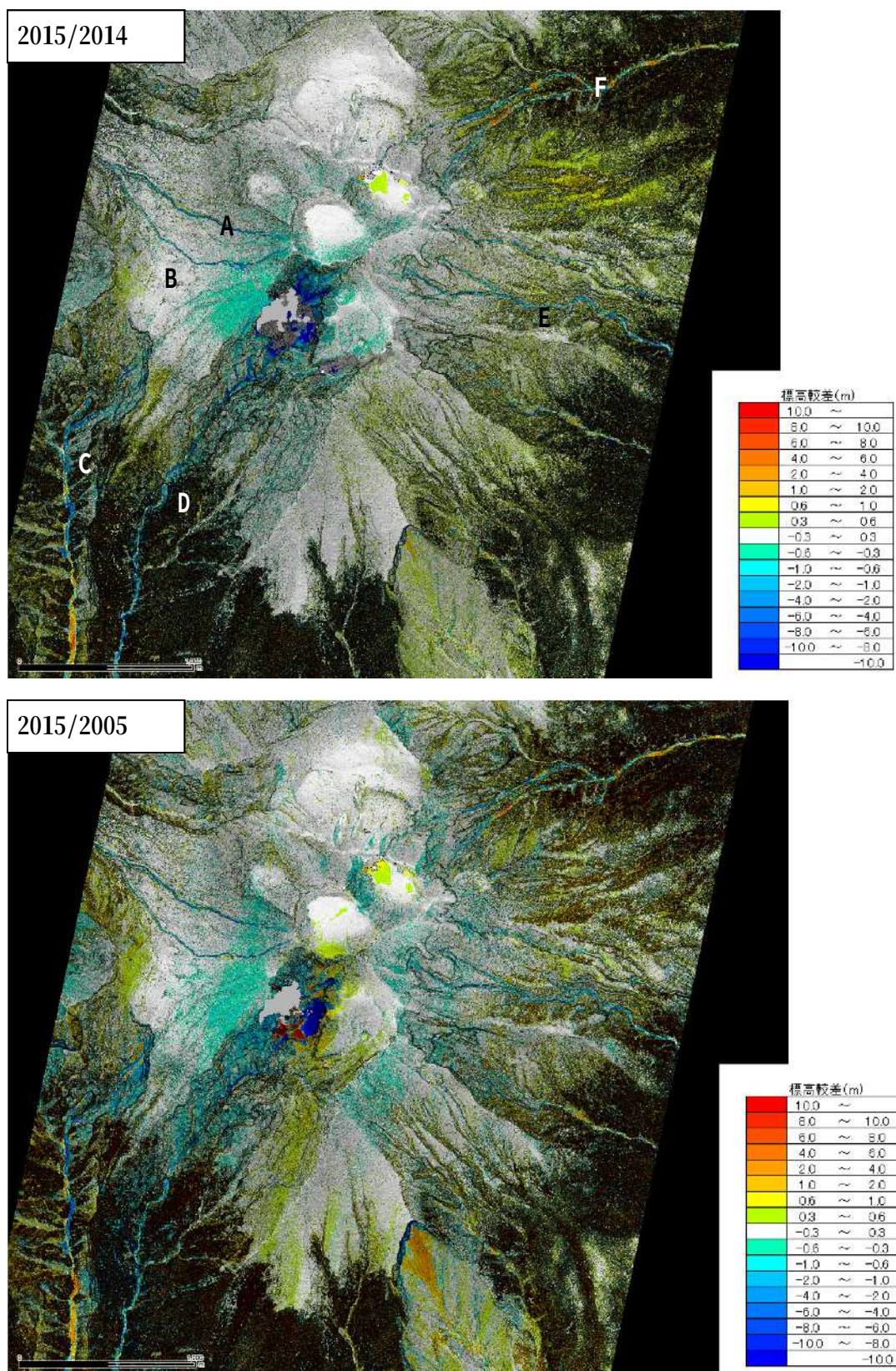


Fig. 5 御嶽山全域における航空レーザデータ差分

2014 年御嶽山噴火前における割石温泉(岐阜県飛騨市)の間欠泉でのガス噴出回数の増加

地震活動に伴う温泉での湯量増加や震動、間欠泉周期の変動を捉える目的で、岐阜大学が割石温泉(自噴泉、岐阜県飛騨市)などで 1998 年から電磁流量計を用いて湯量などの観測を開始し、現在は東濃地震科学研究所が引き継ぐ。これまでに、周辺域での地震発生に伴い湯量が増加し、その後、緩やかに減少する現象が観測されてきた。2014 年 9 月の御嶽山噴火では顕著な湯量増加は観測されなかったが、自噴時のガス放出回数が 2014 年 8 月から確実に増加し、噴火でピークに達し、その後に減少したことが観測された。

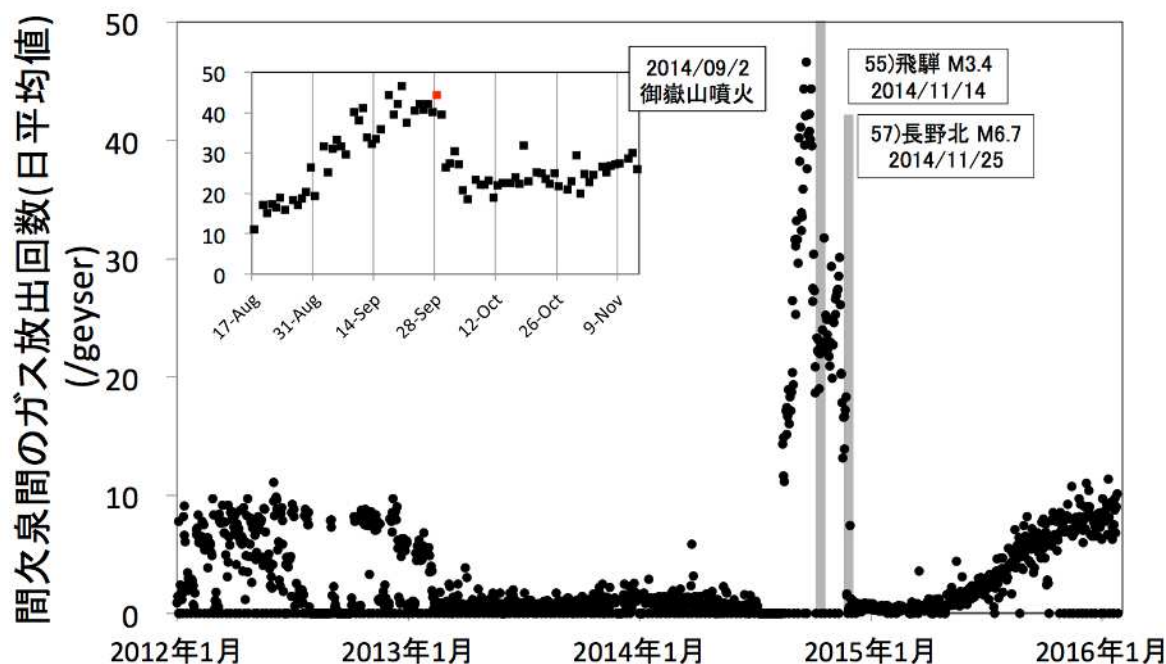


図1 割石温泉での湯量とガス放出回数の時間的变化(2012-2015 年)。ガス放出回数は約 2 時間周期で反復する欠泉に伴う湯量変化に 3 分程度の周期を持つノイズとして観測される(図 4 に示すようにガス放出は湯量変化観測に短周期のヒゲとして記録される)。間欠泉と間欠泉の間の約 2 時間に観測されるガス放出回数を日平均値で示す。

割石温泉の概要

- 工期：1976 年 6 月-11 月 掘進長：1300m 柱状図あり
- 傾斜度：70 度 口径 77mm (管径 83mm)
- 掘削方向：西側向き 方向:255 度
- 跡津川断層帯から南に約 3km 離れる
- 湧水地点：深度 852m 湧水量：毎分 400L 温度：46℃(掘削当時)
- 自噴(現在もポンプアップせず)

* 割石温泉における湧出量などの観測は現在、東濃地震科学研究所が 20Hz で連続テレメータ観測を実施する。



図2 割石温泉と御嶽山の位置の図。御嶽山は割石から南南東に 50km の位置 (地質図 Navi より)

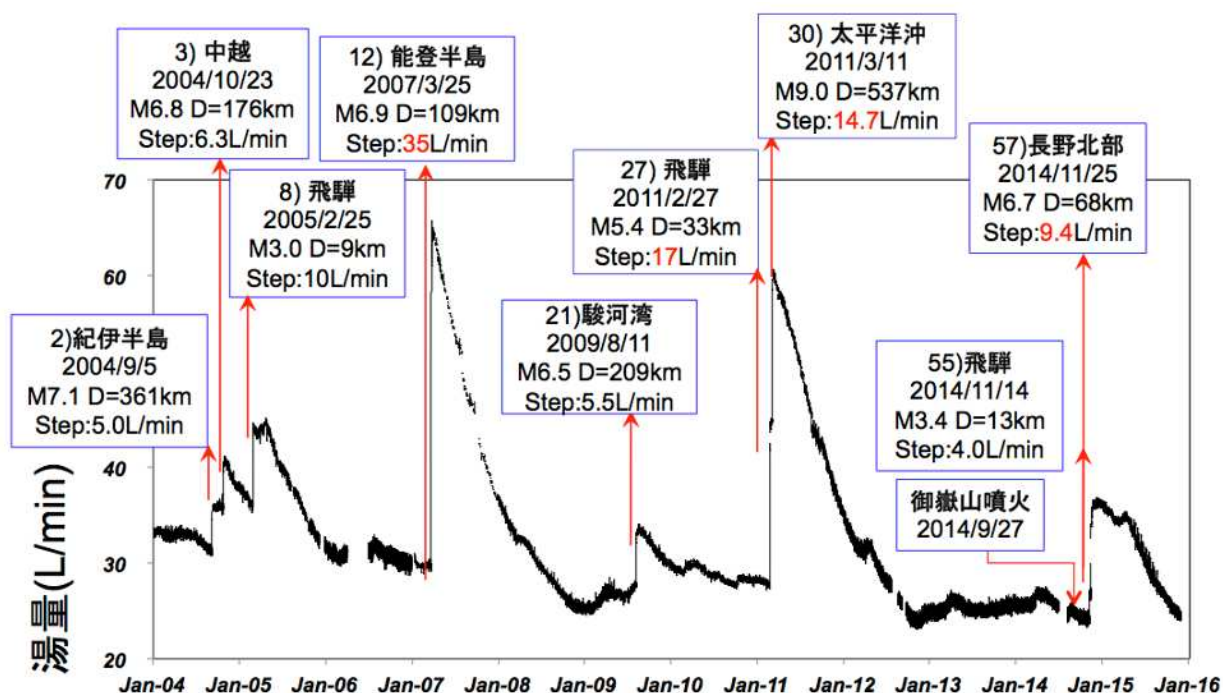


図3 割石温泉における温泉湧水量の時間変化。(2004年以降、現在まで)。近くの有感地震から遠くの大地震発生に伴い温泉の湧出量が増加し、その後ゆっくりと減少する。2015年だけでも15例が国内外の地震に伴い観測される。図に示す地震の最初の番号は湯量増加が観測された地震の通番を示す。

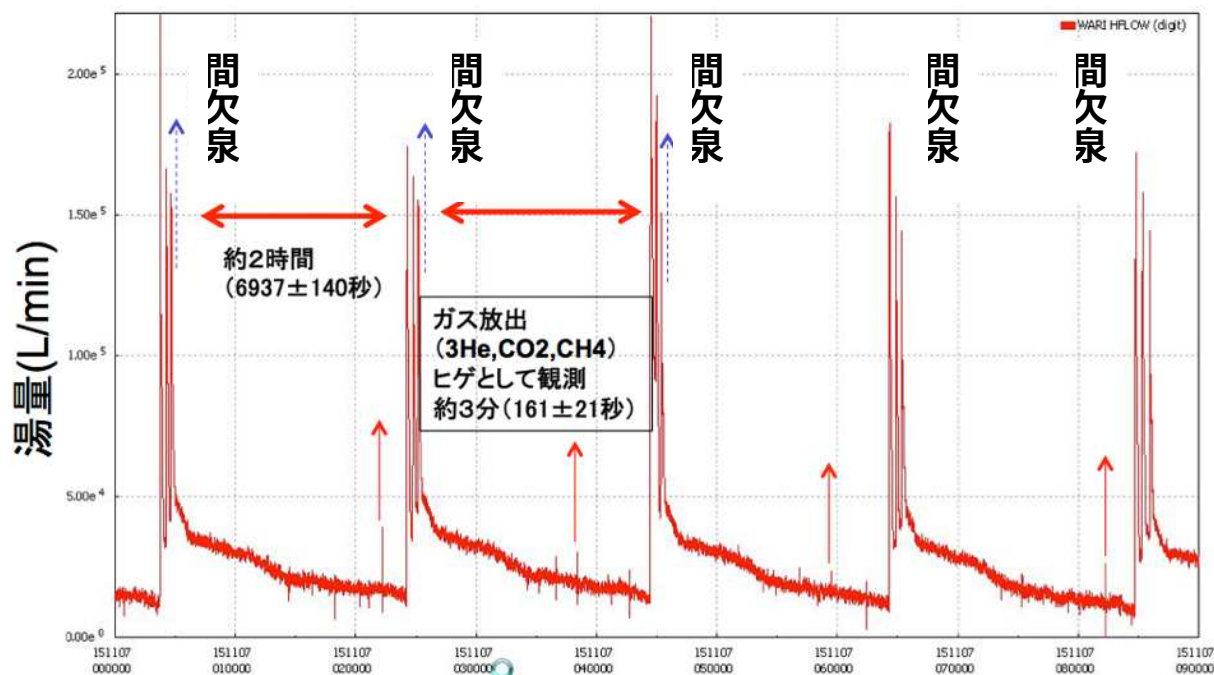


図4 割石温泉における間欠泉噴出時の湯量の時間変化。間欠泉は約2時間の周期で反復し、間欠泉とは別にヘリウムガスなどのガス放出が音を立てて進行し、図にはヒゲ状の変化として表現されている。

航空機 SAR(Pi-SAR2)による御嶽山観測結果(2015 年 12 月 5 日)

情報通信研究機構は平成 27 年 12 月 5 日 11 時 50 分から 12 時 20 分の間に航空機搭載合成開口レーダ(Pi-SAR2)により御嶽山山頂を中心とする周辺領域を 2 方向から観測した。

http://www2.nict.go.jp/aeri/rrs/Pi-SAR/Pi-SAR2_OPIs/2015120501_Pos1_RX2-HHm.mgaf_HHm_HVm_VVm_1000x1000/main.html

http://www2.nict.go.jp/aeri/rrs/Pi-SAR/Pi-SAR2_OPIs/2015120503_Pos3_RX2-HHm.mgaf_HHm_HVm_VVm_1000x1000/main.html

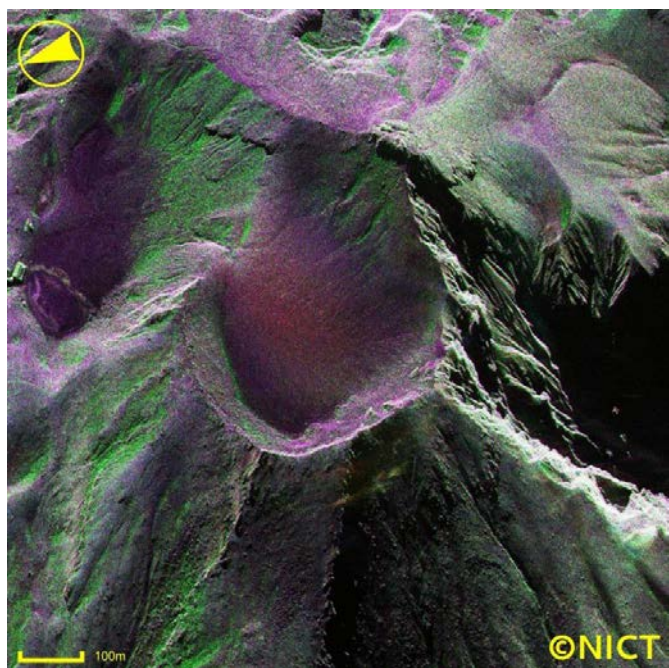


図 1 2015/12/5 11:50JST (1km x 1km)

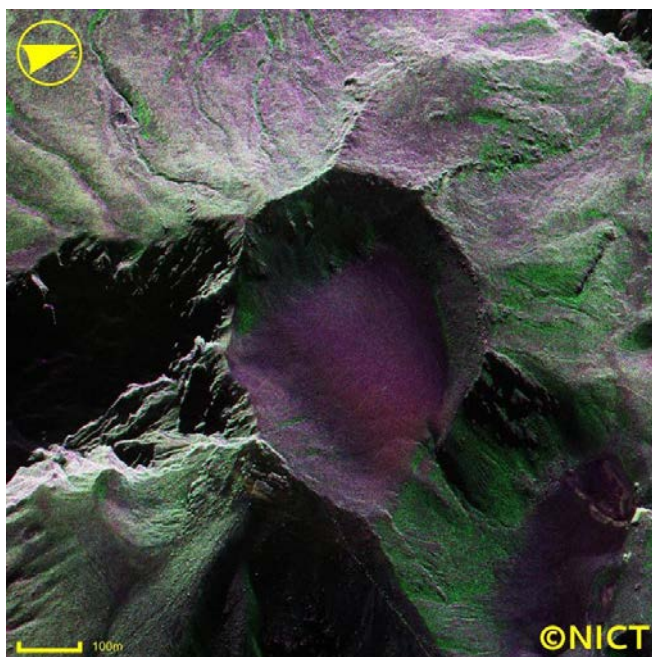


図 2 2015/12/5 12:11JST (1km x 1km)

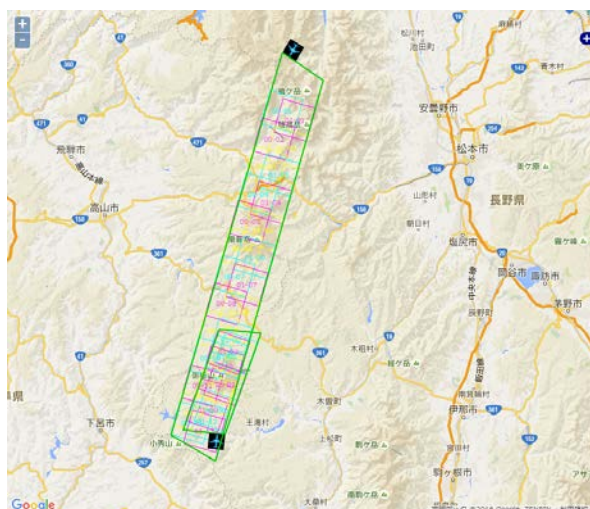


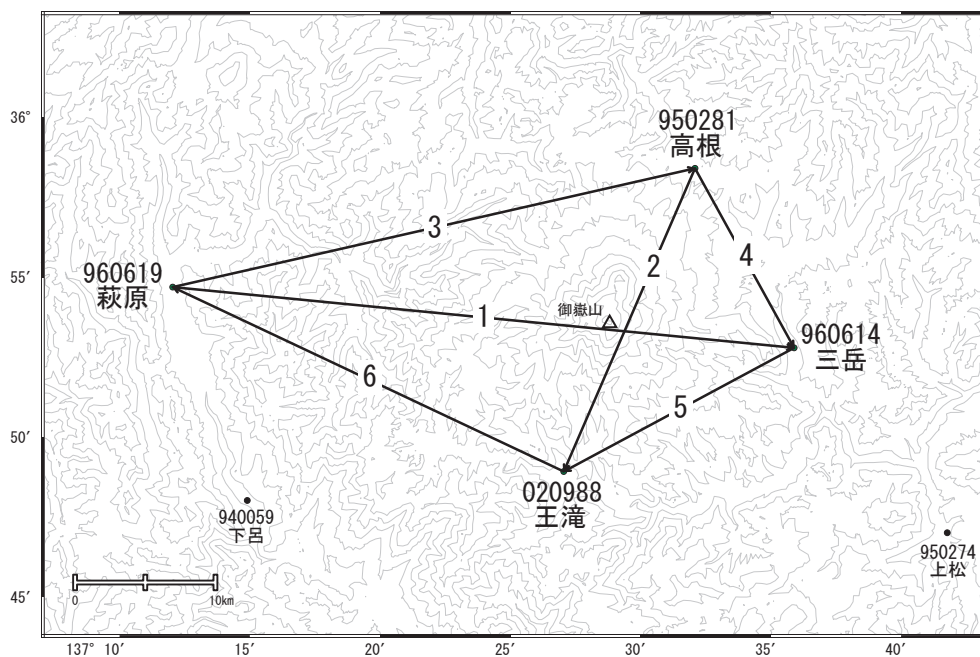
図 3 2015/12/5 Pi-SAR2 観測コース
(オーバーレイする地図データは Google map を利用)

御嶽山

御嶽山

顕著な地殻変動は観測されていません。

御嶽山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図

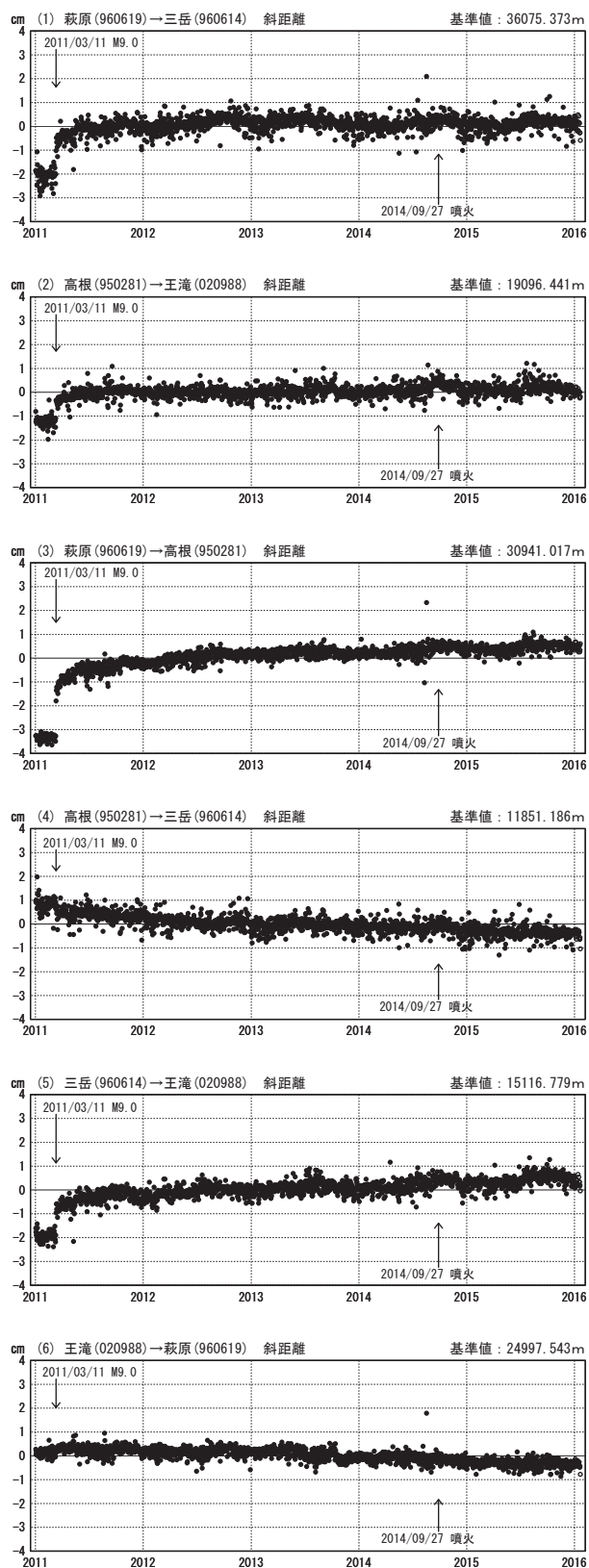


御嶽山周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
020988	王滝	20121012	アンテナ・受信機交換
950281	高根	20121012	アンテナ・受信機交換
960614	三岳	20121012	アンテナ交換
		20150618	受信機交換
960619	萩原	20120812	アンテナ交換
		20150807	受信機交換

基線変化グラフ

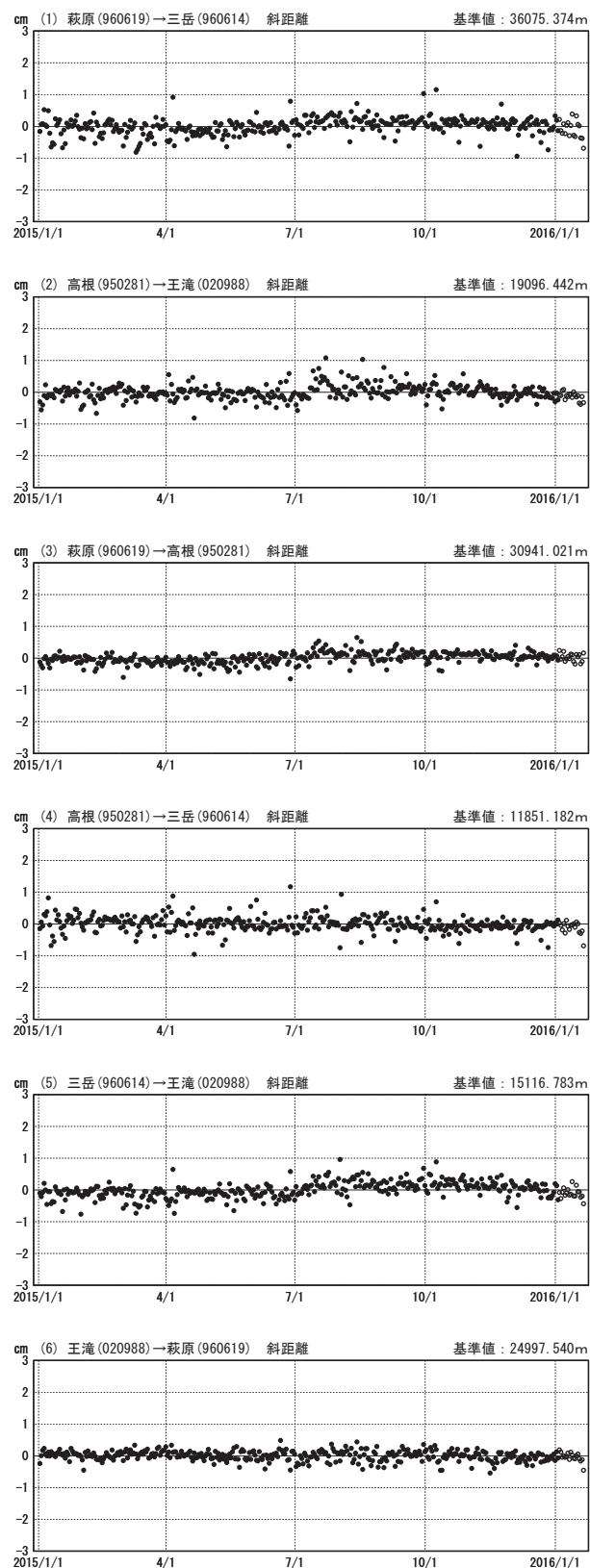
期間：2011/01/01～2016/01/20 JST



●---[F3:最終解] ○---[R3:速報解]

基線変化グラフ

期間：2015/01/01～2016/01/20 JST

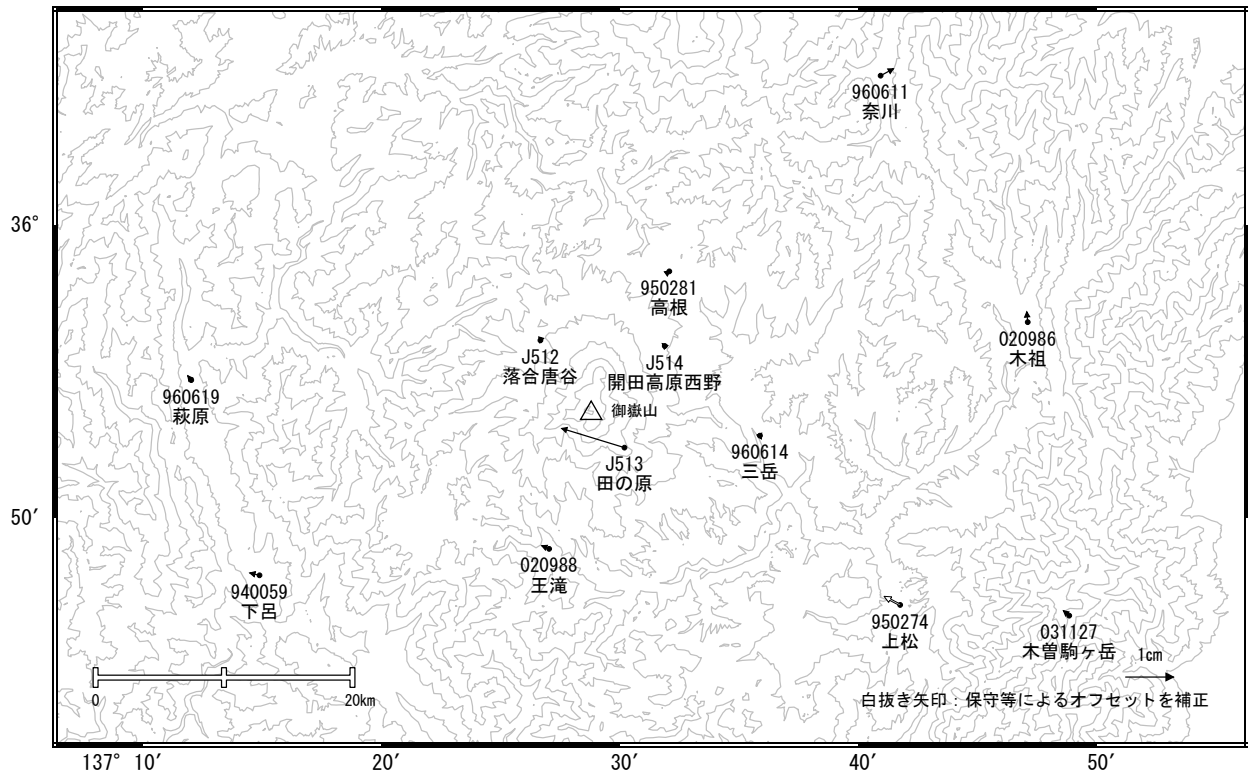


※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

御嶽山

御嶽山周辺の地殻変動(水平:1年)

基準期間:2014/12/24~2015/01/02[F3:最終解]
比較期間:2015/12/24~2016/01/02[F3:最終解]



☆ 固定局: 白鳥 (950282)

※[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

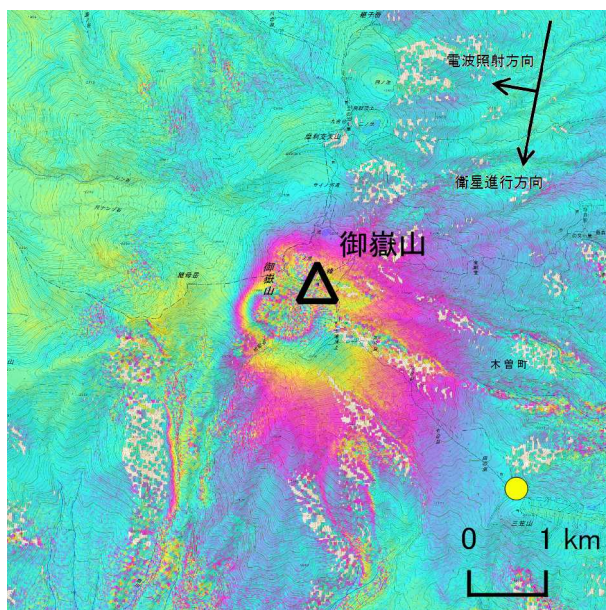
御嶽山

御嶽山の SAR 干渉解析結果について

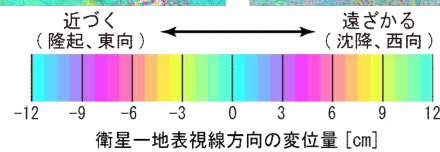
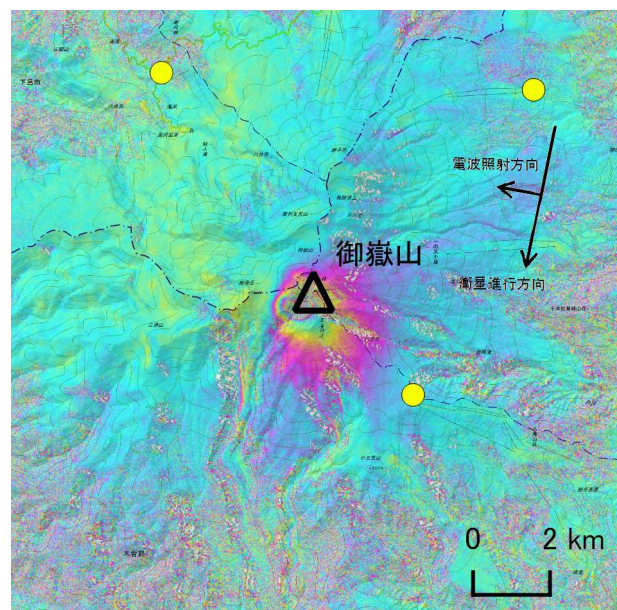
	(a)	(b)	(c)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2014/11/02 2015/09/06 11:56 頃 (308 日間)	2015/06/12 2015/11/13 23:44 頃 (154 日間)	2015/09/06 2015/11/15 11:56 頃 (70 日間)
衛星進行方向	南行	北行	南行
電波照射方向	右	右	右
観測モード*	U-U	U-U	U-U
入射角(中心)	32.5°	36.4°	32.5°
偏波	HH	HH	HH
垂直基線長	- 141 m	+ 120 m	- 75 m
使用 DEM	GSI10m DEHMJapan (飛田, 2009)	GSI10m DEHMJapan (飛田, 2009)	GSI10m DEHMJapan (飛田, 2009)

*U: 高分解能(3m)モード

(a) 2014/11/02-2015/09/06



(a) 2014/11/02-2015/09/06 広域



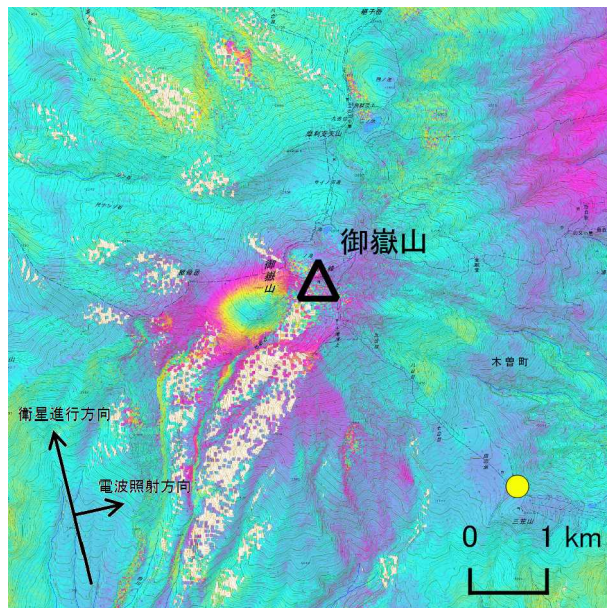
● 国土地理院以外の GNSS 観測点

背景：地理院地図 標準地図

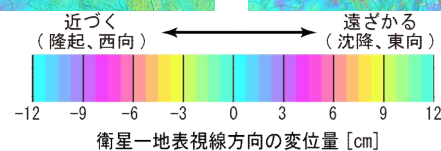
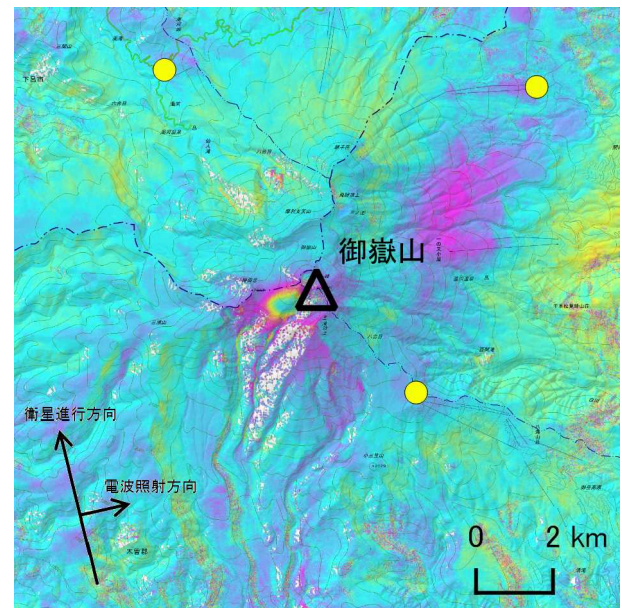
解析：国土地理院 原初データ所有：JAXA

御嶽山

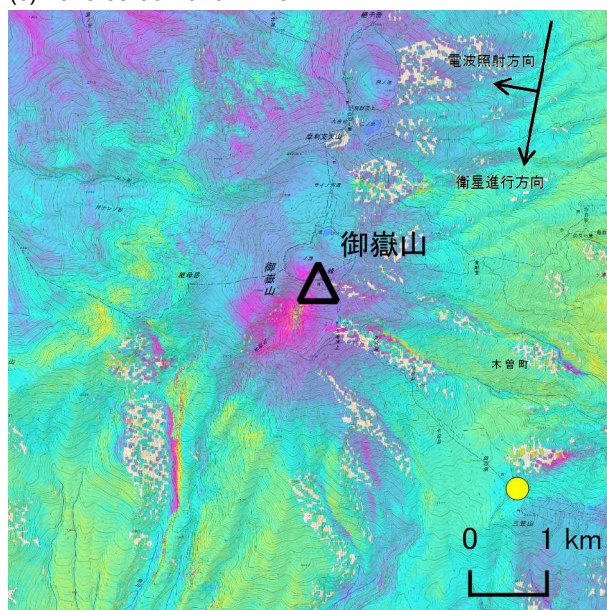
(b) 2015/06/12-2015/11/13



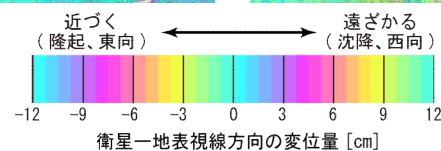
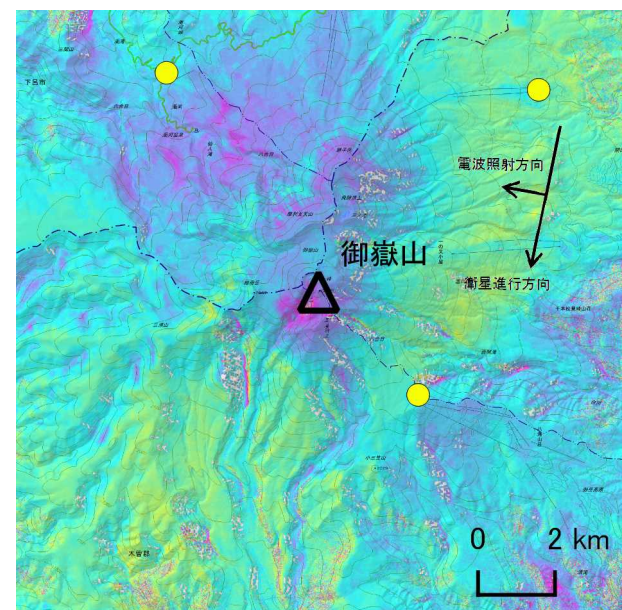
(b) 2015/06/12-2015/11/13 広域



(c) 2015/09/06-2015/11/15



(c) 2015/09/06-2015/11/15 広域



● 国土地理院以外の GNSS 観測点

背景：地理院地図 標準地図

判読) (a) (b) (c) において、山頂付近で衛星から遠ざかる変動が見られる。

解析：国土地理院 原初データ所有：JAXA

御嶽山

吾 妻 山

(2016年 1 月22日現在)

今期間、火山性地震は少ない状態で経過した。

傾斜計の観測では 2014 年 7 月頃からみられていた西南西側(火口方向側)上がりの傾向は、2015 年 7 月頃から停滞していたが、2015 年 9 月後半頃から西側下がり傾向がみられている。また、GNSS 連続観測では 2014 年 9 月頃から一切経山南山腹観測点(大穴火口の北約 500m)が関係する基線で、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、2015 年 6 月頃から停滞している。

大穴火口の噴気活動はやや活発な状態が続いている。

全磁力繰り返し観測では、大穴火口周辺の地下の熱活動が活発化している可能性を示す変化が引き続きみられている。

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、しばらくの間は大穴火口付近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 500 m 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。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ことが必要。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。

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 (2015年10月～2016年 1 月22日)

・噴気の状態 (第 1 図、第 5 図-①④、第 6 図)

^{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}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(一切経山
^{いっさいきやうざん}南側山腹)からの噴気の高さは概ね 100m 以下で経過し、やや活発な状態が続いている。
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。

・熱活動 (第 2 ～ 4 図、第18図)

2015 年 10 月 14 日から 15 日にかけて実施した現地調査では、大穴火口内及びその周辺で 2013 年以降拡大がみられている地熱域¹⁾を引き続き確認した。また、2015 年 11 月 13 日から 15 日にかけて実施した現地調査では、2015 年 10 月に引き続き一切経山西側の登山道沿いで弱い噴気を観測したが、その範囲等に大きな変化はみられなかった。

1) 赤外熱映像装置による。

- ・ **地震活動（第 5 図-②③⑤～⑧、第 7 ～ 9 図）**

大穴火口付近直下を震源とする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。

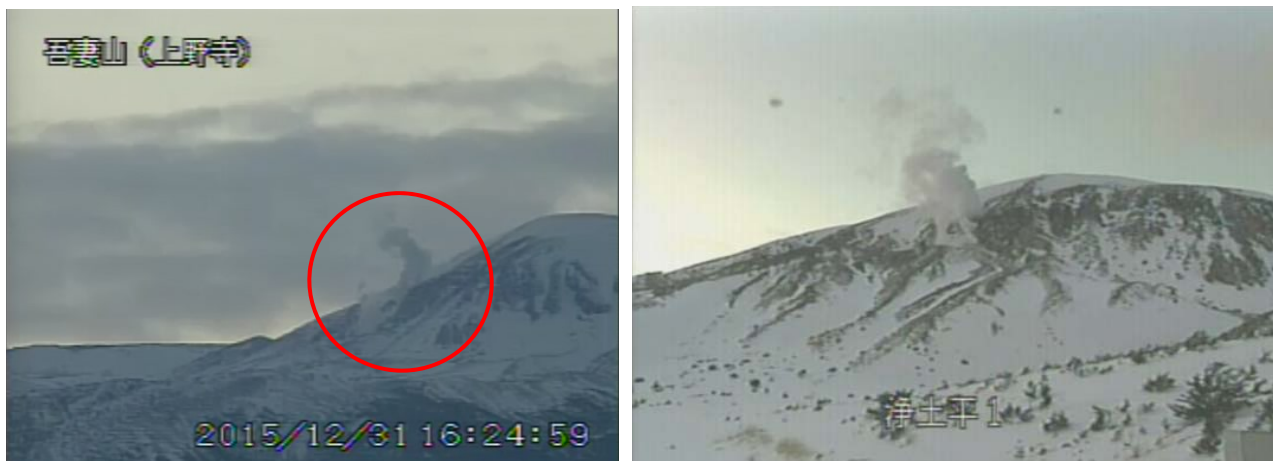
- ・ **地殻変動（第 10～14 図）**

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、2015 年 6 月頃まで西南西側（火口方向側）上がりの変動で推移し 7 月頃から停滞していたが、2015 年 9 月後半から西側下がり傾向となっている。

GNSS 連続観測では、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 6 月頃から停滞している。

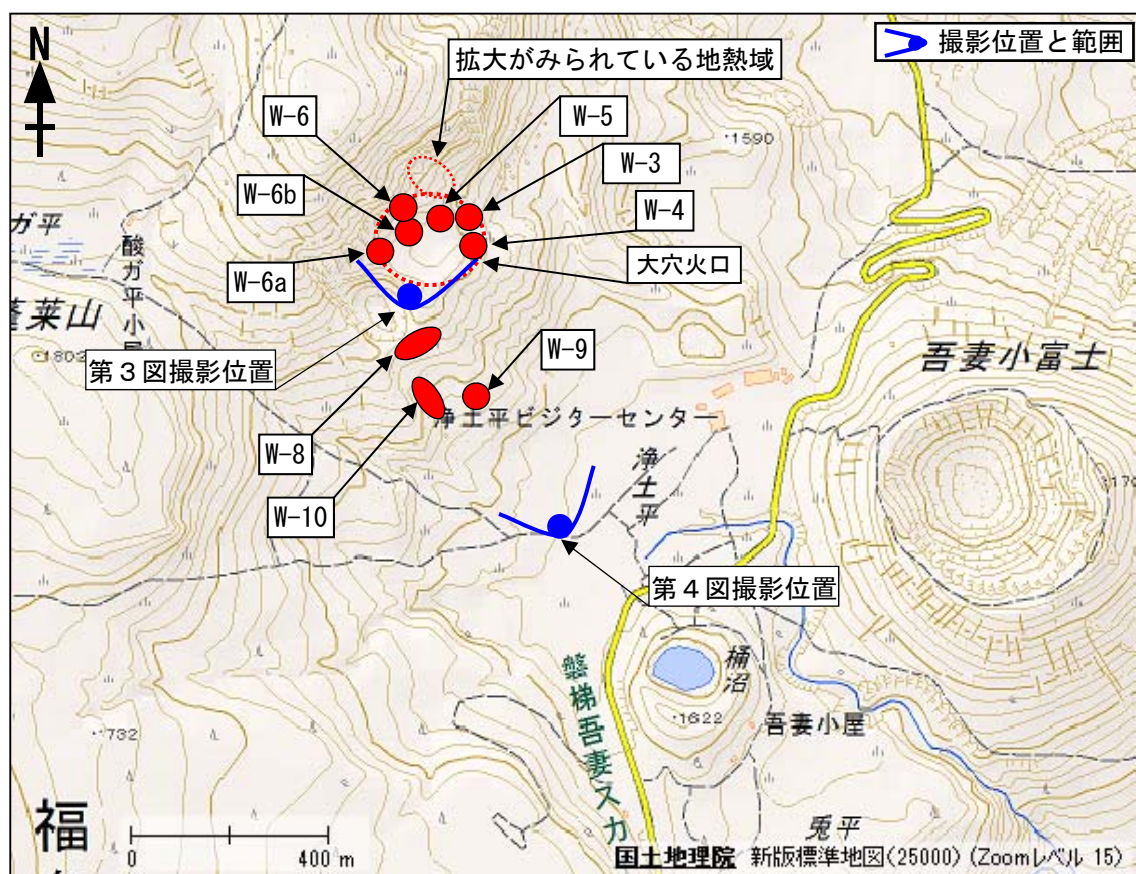
- ・ **大穴火口周辺の全磁力の状況（第 16、17 図）**

2003 年より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、大穴火口周辺の地下での熱活動が活発化している可能性が考えられるデータが引き続き観測された。

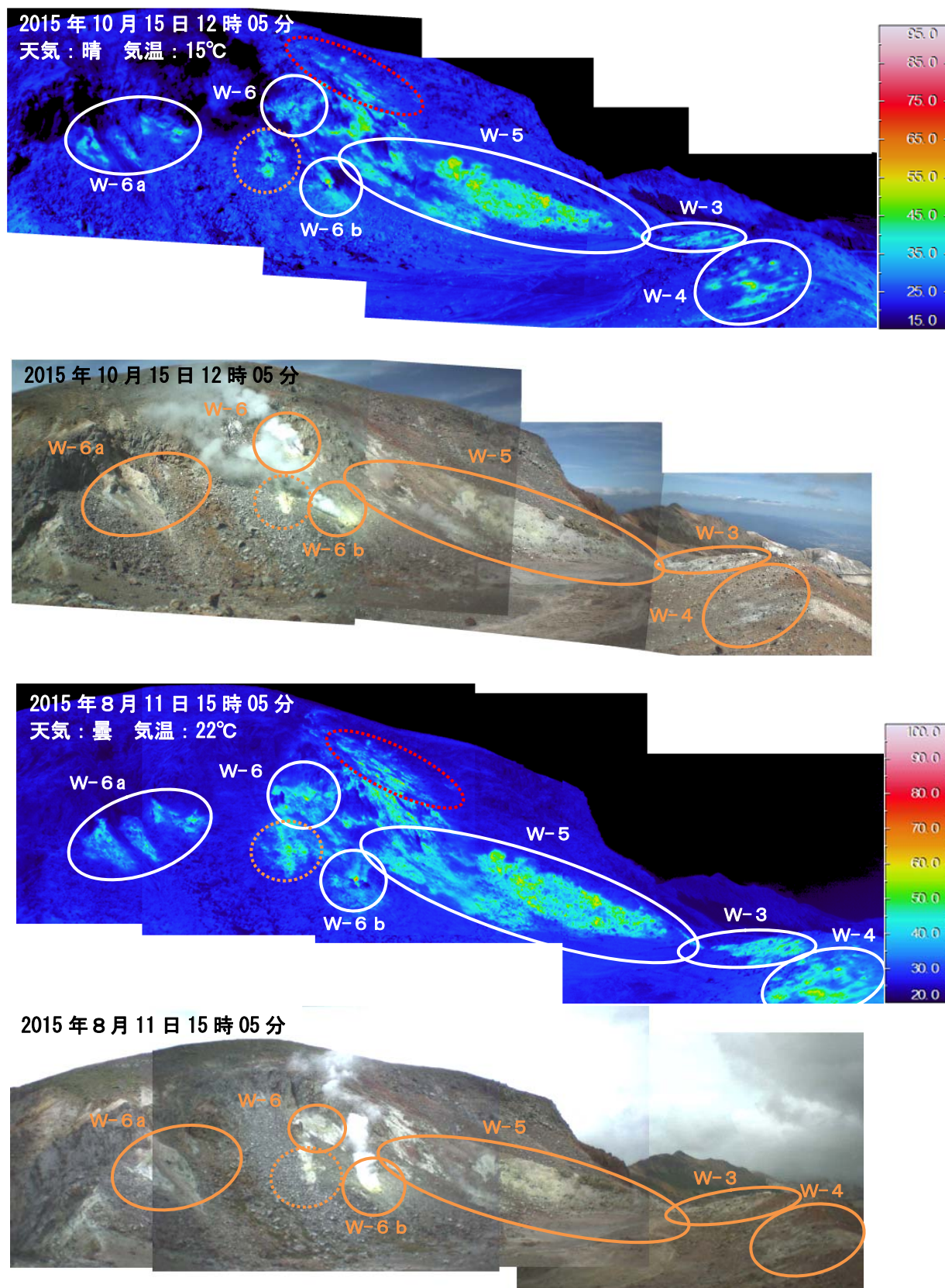


第 1 図 吾妻山 大穴火口からの噴気の状態 (2015 年 12 月 31 日)

- ・ 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、高さは 100m。

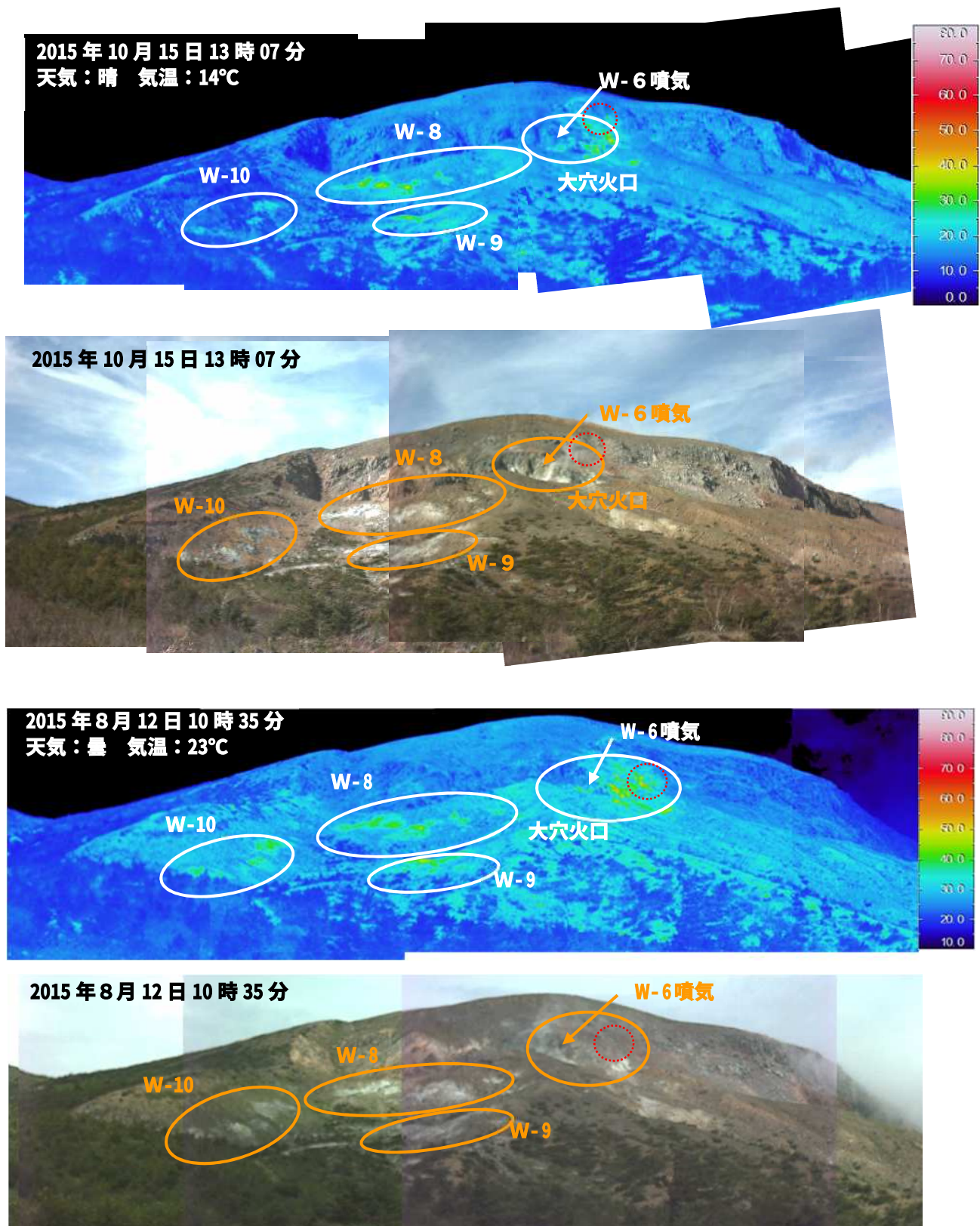


第 2 図 吾妻山 大穴火口付近の噴気地熱域の分布及び写真と地表面温度分布撮影位置及び範囲



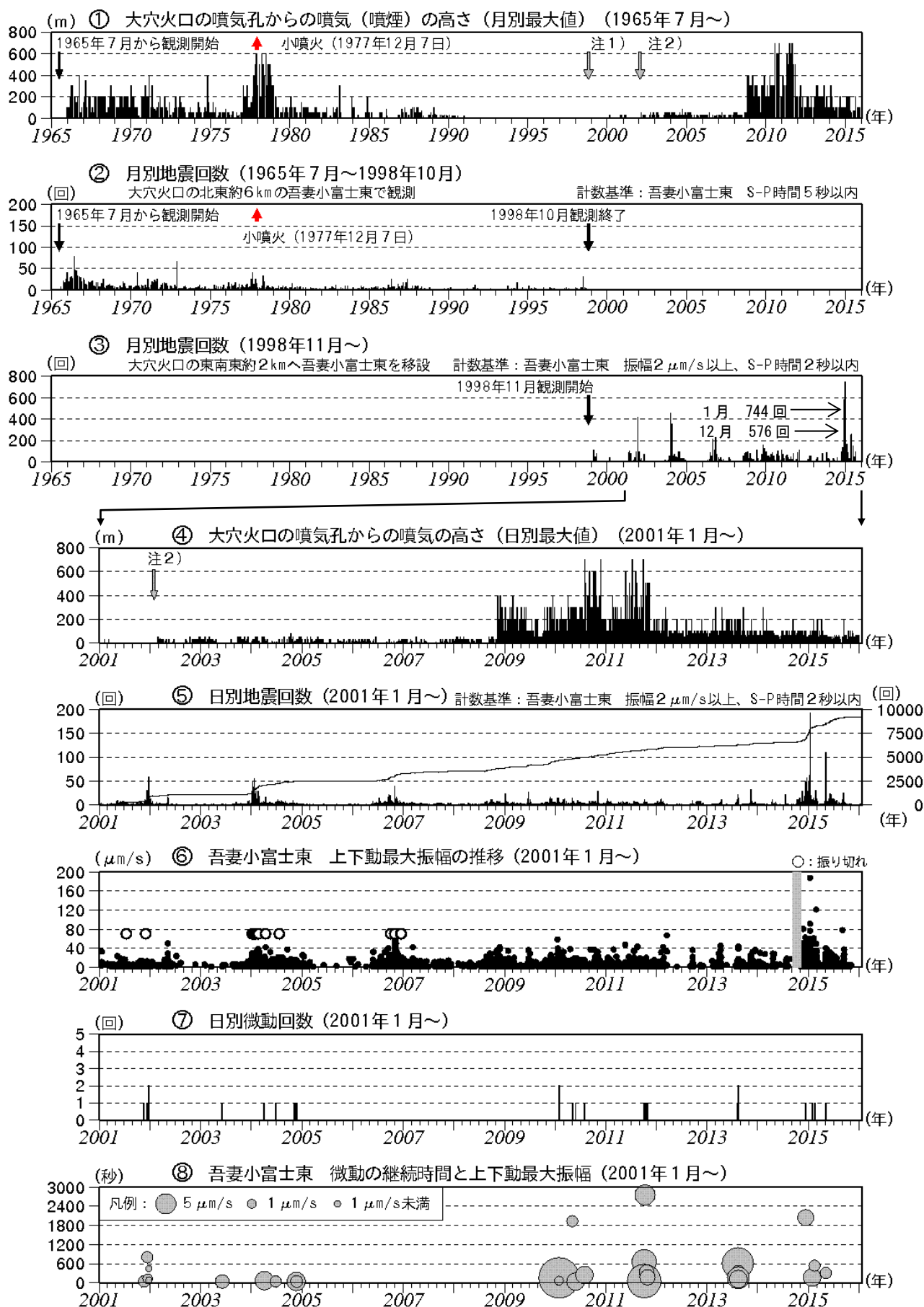
第 3 図 吾妻山 大穴火口の可視画像と地表面温度分布

- ・ 前回（2015 年 8 月 11 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かった。
- ・ 2013 年から 2014 年にかけて、W-6 から東に延びる地熱域の拡大がみられた領域（赤破線）が、引き続き確認された。
- ・ W-3 及び W-4、W-5、W-6 a、橙破線領域内で地熱域の拡大とその領域からの弱い噴気を、2015 年 8 月に引き続き確認した。



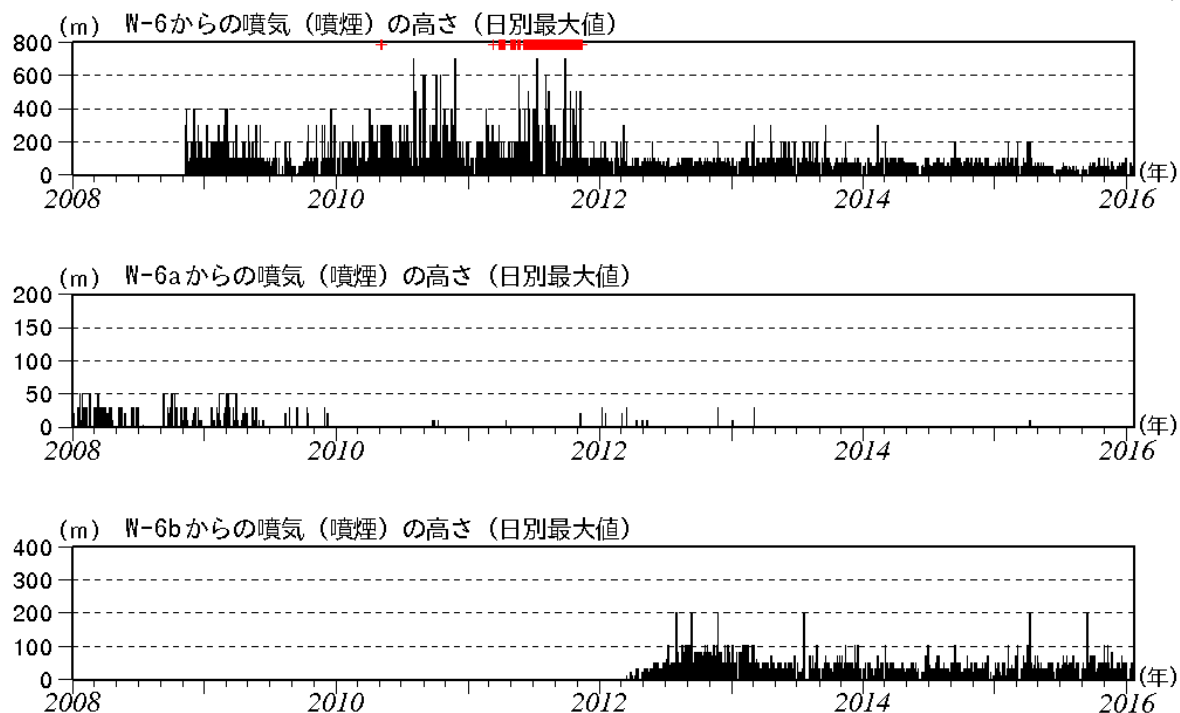
第 4 図 吾妻山 大穴火口・八幡焼付近の可視画像と地表面温度分布

- ・前回（2015 年 8 月 12 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かった。
- ・2013 年から 2014 年にかけて、W-6 から東に延びる地熱域の拡大がみられた領域（赤破線）が、引き続き確認された。



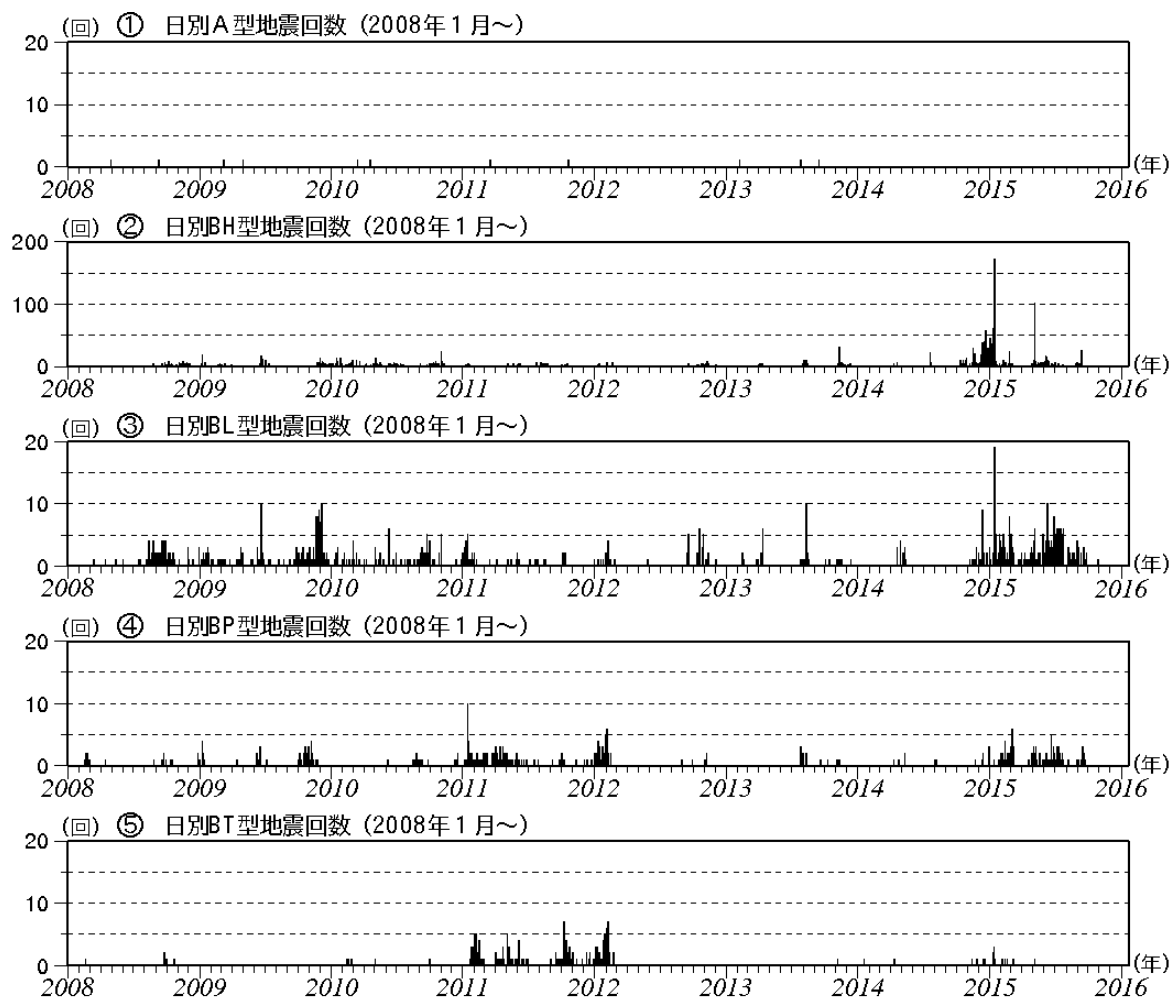
第5図 吾妻山 火山活動経過図（1965年7月～2016年1月22日）

- ①注1）1998年以前は福島地方气象台（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。
- 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。



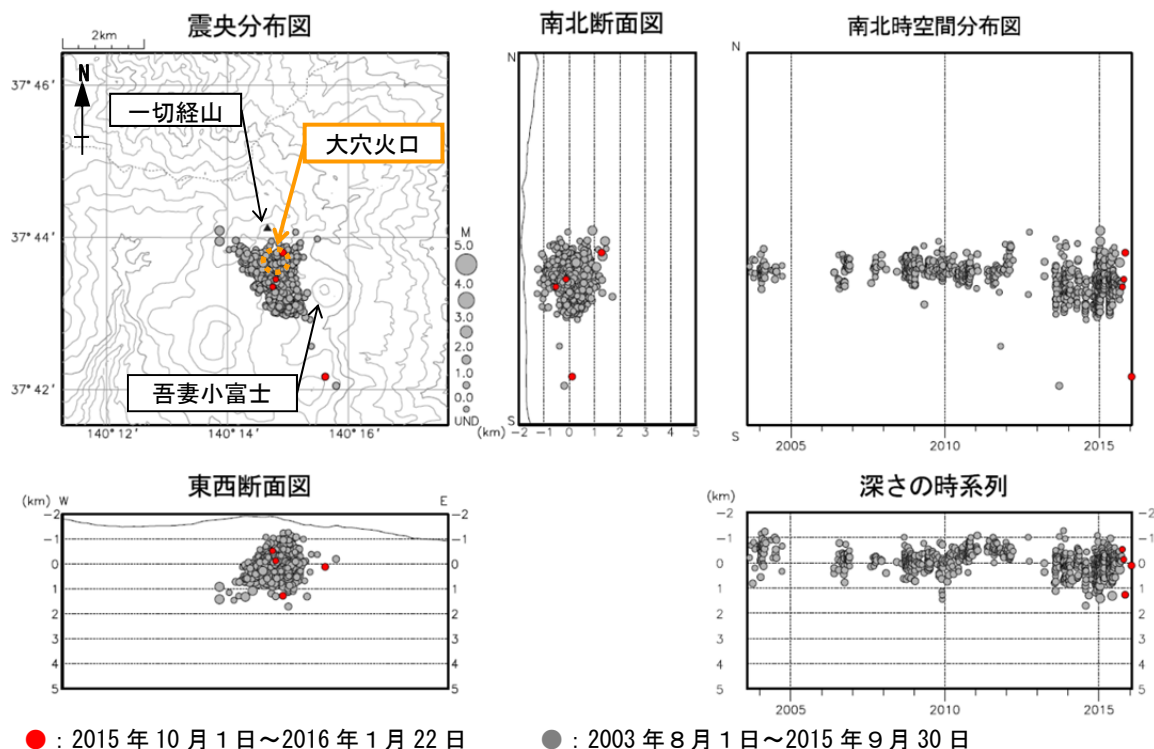
第6図 吾妻山 噴気孔別の噴気の高さ（日最大値）（2008年1月～2016年1月22日）

- ・+は夜間硫黄の燃焼による発光現象を確認した日を示す。
- ・今期間、W-6とW-6bの噴気の高さは同程度で推移した。



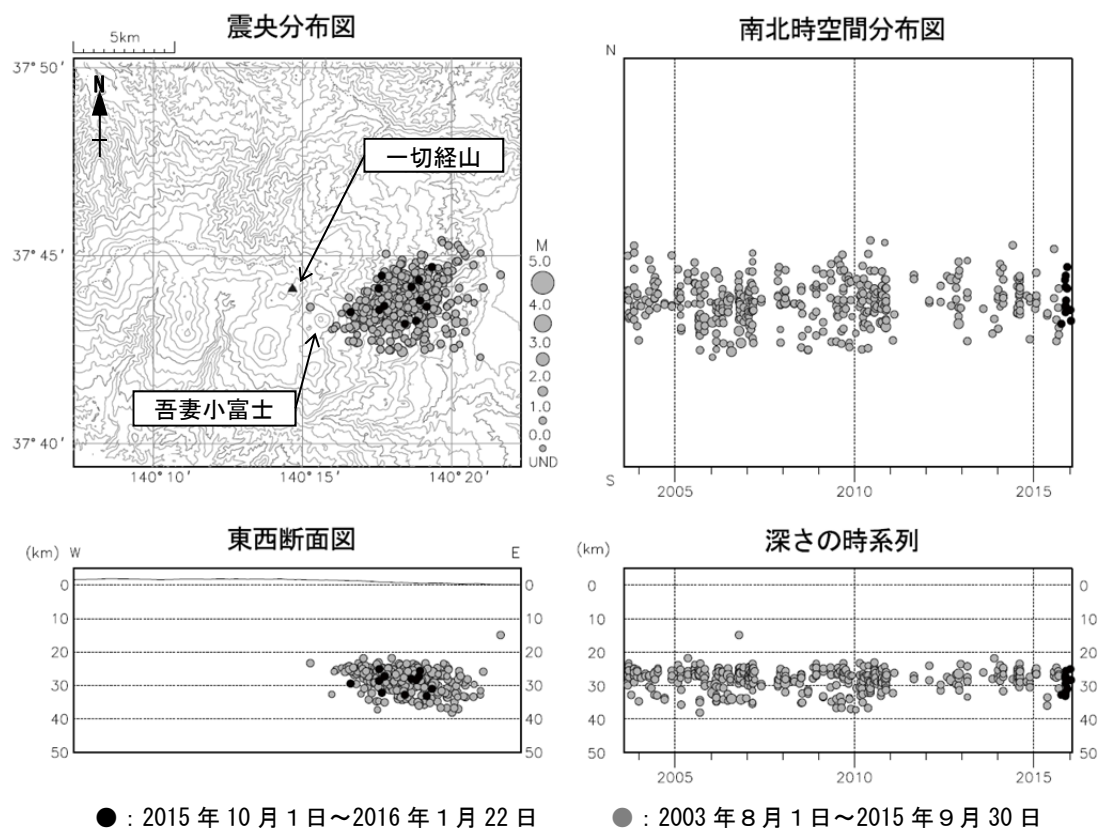
第7図 吾妻山 火山性地震タイプ別・日別回数（2008年1月～2016年1月22日）

- ・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。
- ・今期間、BP型、BT型地震は観測されなかった。



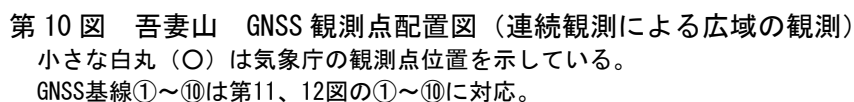
第8図 吾妻山 地震活動 (2003 年 8 月 ~ 2016 年 1 月 22 日)

- ・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: 第 15 図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。
- ・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。

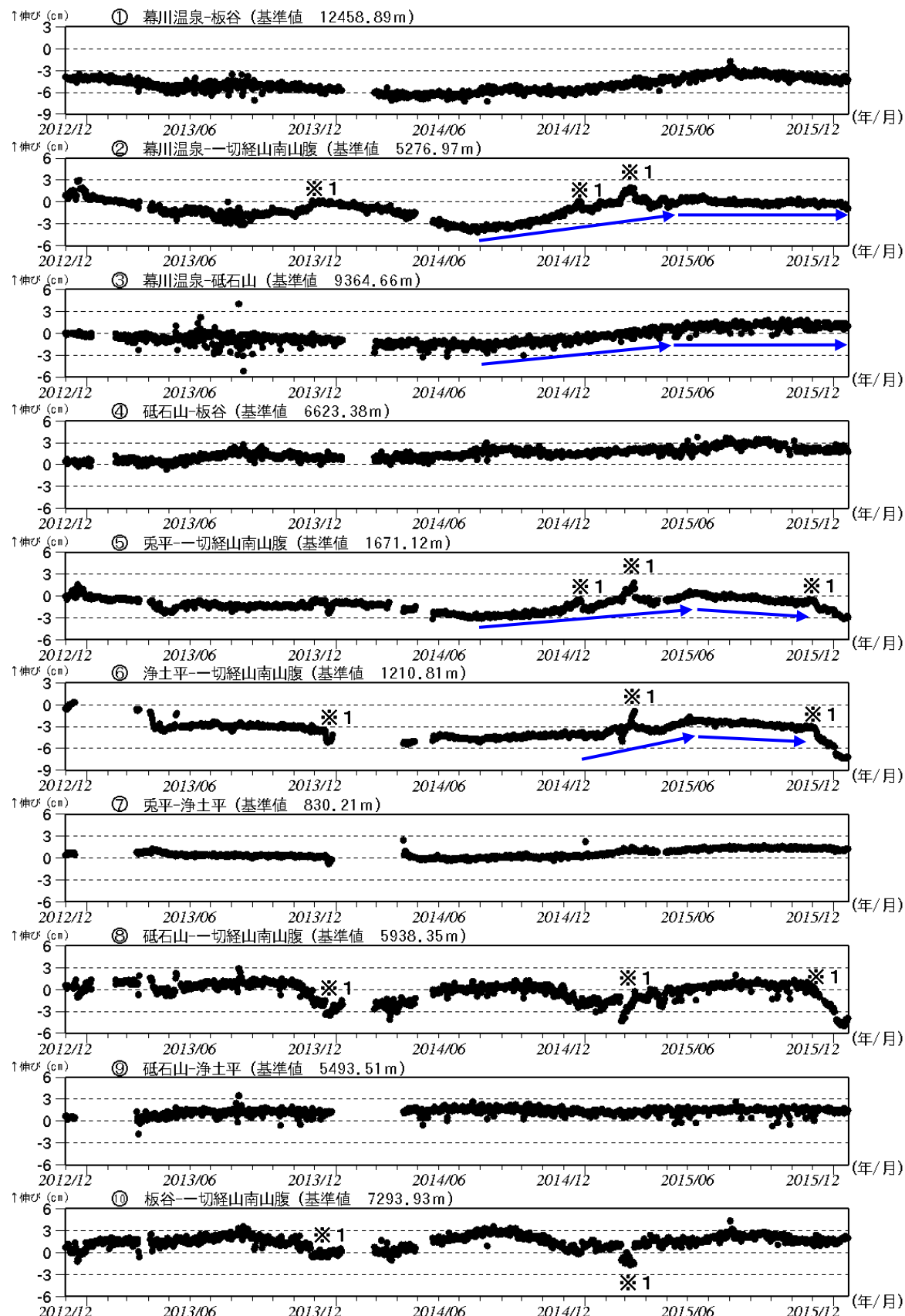


第9図 吾妻山 一元化震源による深部低周波地震活動 (2003 年 8 月 ~ 2016 年 1 月 22 日)

- ・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。

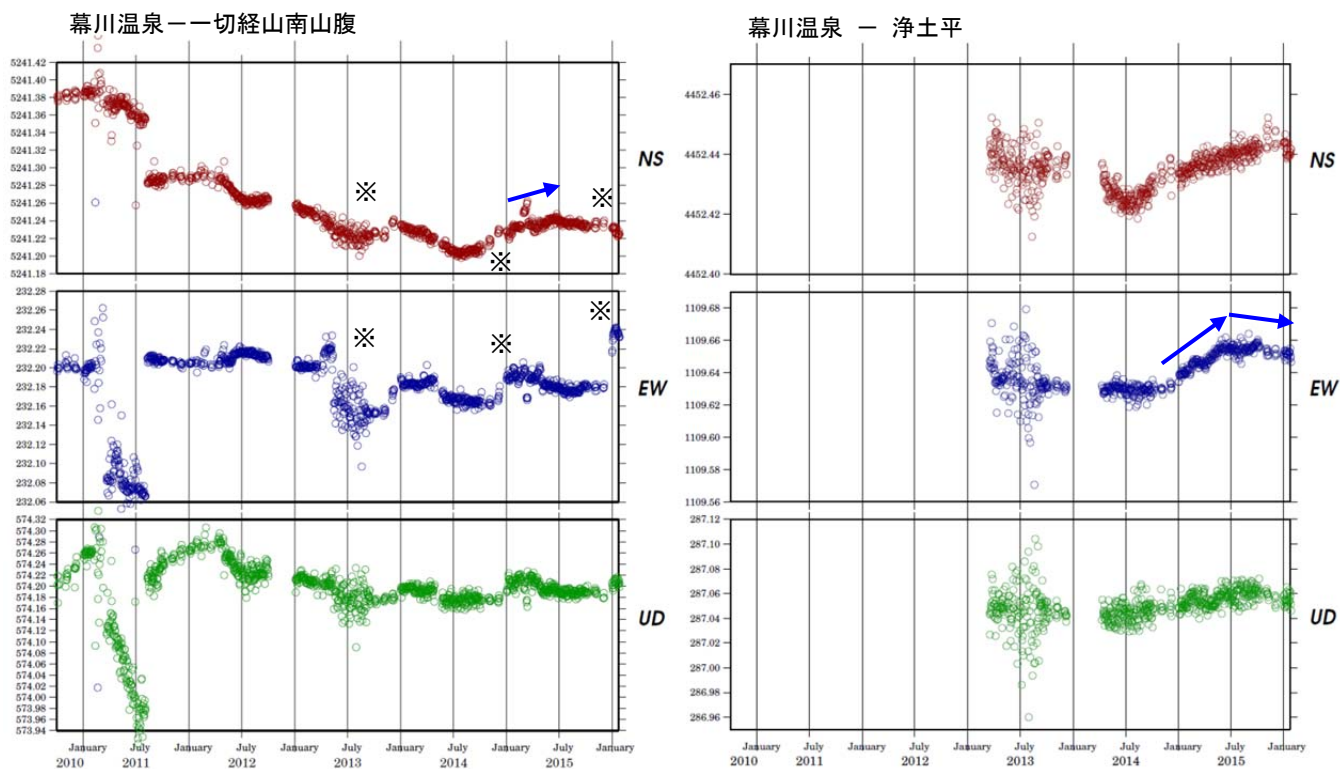


- ・2010年10月以降のデータについては解析方法を改良し、対流圏補正と電離層補正を行っている。
- ・2011年3月11日以降の変動は、「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震」による影響であり、火山活動によるものではないと考えられる。
- ・2011年3月11日の「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震」に伴うステップを補正している。
- ・①～②は第10図のGNSS基線①～②に対応。
- ・グラフの空白部分は欠測。
- ・各基線の基準値は補正等により変更する場合がある。
- ・②では、2014年9月頃から一切経山付近の膨張を示すと考えられる緩やかな変化がみられていたが、2015年6月頃から停滞している（青矢印）。ただし、一切経山南山腹観測点が冬から夏にかけて西南西、夏から冬にかけて東北東へ動く年周変化を含んでいると考えられる。
* 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。



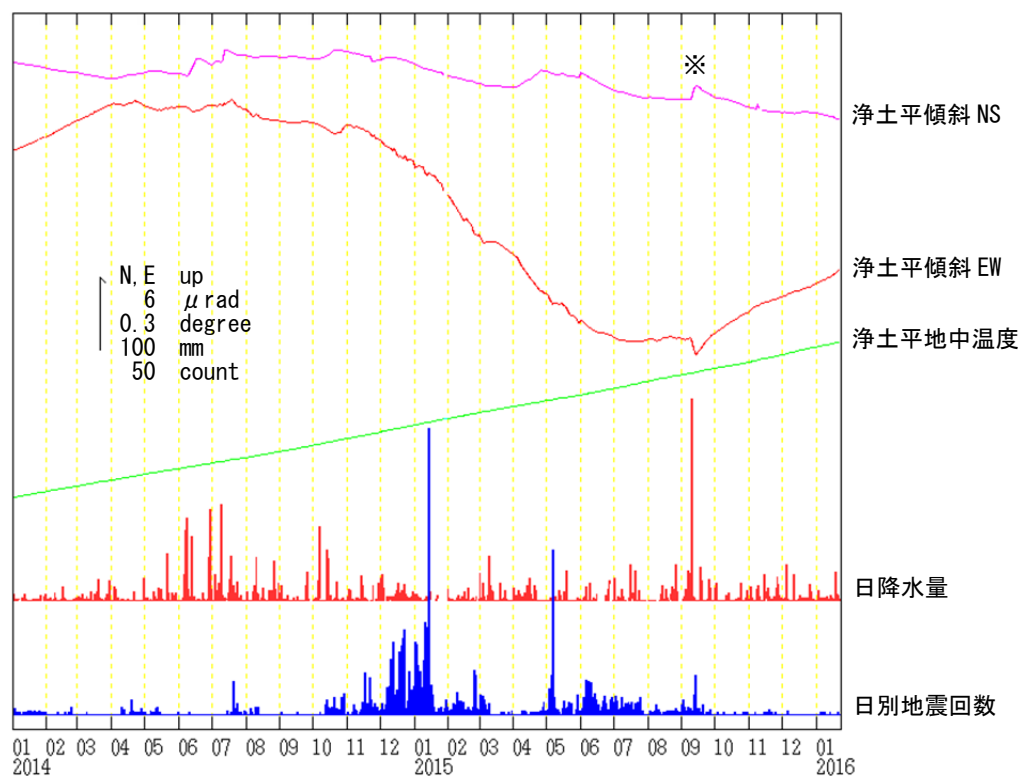
第 12 図 吾妻山 GNSS 基線長変化図 (2012 年 12 月～2016 年 1 月 22 日)

- ・①～⑩は第 10 図の 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。・2012 年 11 月に機器の更新と移設を実施した。
- ・2011 年 3 月 11 日以降の変動は、「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。
- ・②、③、⑤、⑥では、2014 年 9 月頃から緩やかな変化がみられていたが、2015 年 6 月頃から停滞している (青矢印)。ただし、一切経山南山腹観測点が冬から夏にかけて西南西、夏から冬にかけて東北東へ動く年周変化を含んでいると考えられる。
- ※ 1 : 一切経山南山腹観測点と兎平観測点では、積雪期に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。



第 13 図 吾妻山 GNSS 基線長成分変化図 (2010 年 10 月～2016 年 1 月 22 日)

- ・幕川温泉を基準として解析した。
 - ・グラフの空白部分は欠測。 ・2012 年 11 月に機器の更新と移設を実施した。
 - ・2011 年 3 月 11 日以降の変動は、「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。
 - ・2014 年 9 月頃から緩やかな変化がみられていたが、2015 年 6 月頃から停滞している (青矢印)。
- ※：一切経山南山腹観測点では、積雪期に局地的な変動がみられている。

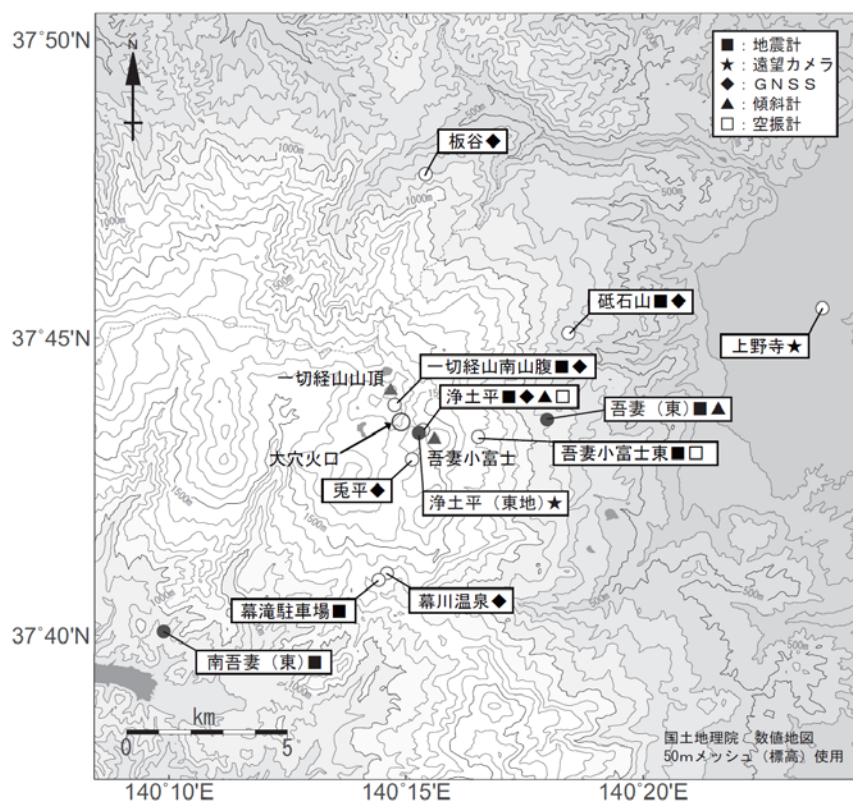


第 14 図 吾妻山 浄土平観測点における傾斜変動

(2014 年 1 月 1 日～2016 年 1 月 22 日、時間値、潮汐補正済み)

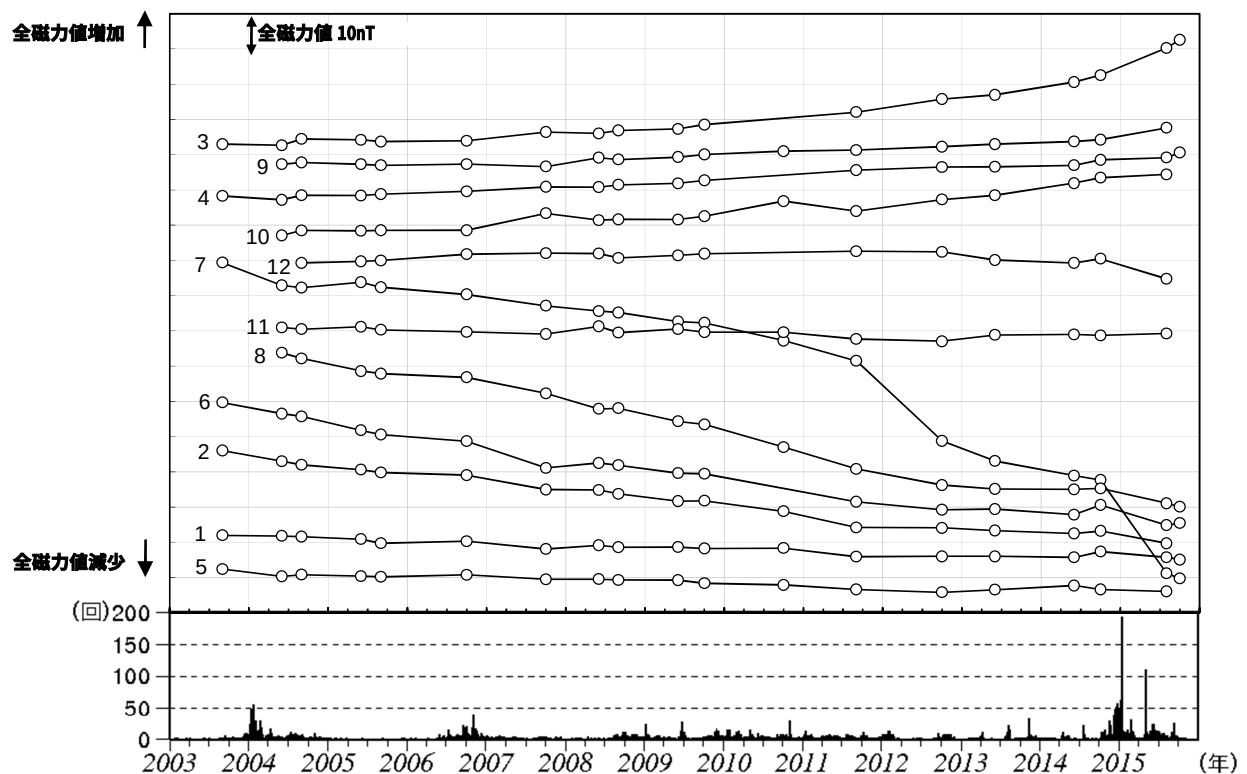
- ・2014 年 11 月頃からみられていた西側（火口方向側）上がりの傾向は、2015 年 7 月頃から停滞していたが、2015 年 9 月後半頃から西側下がり傾向がみられている。
- ・日別降水量は鷺倉地域気象観測所の値を示す。

※平成 27 年 9 月関東・東北豪雨による変動。

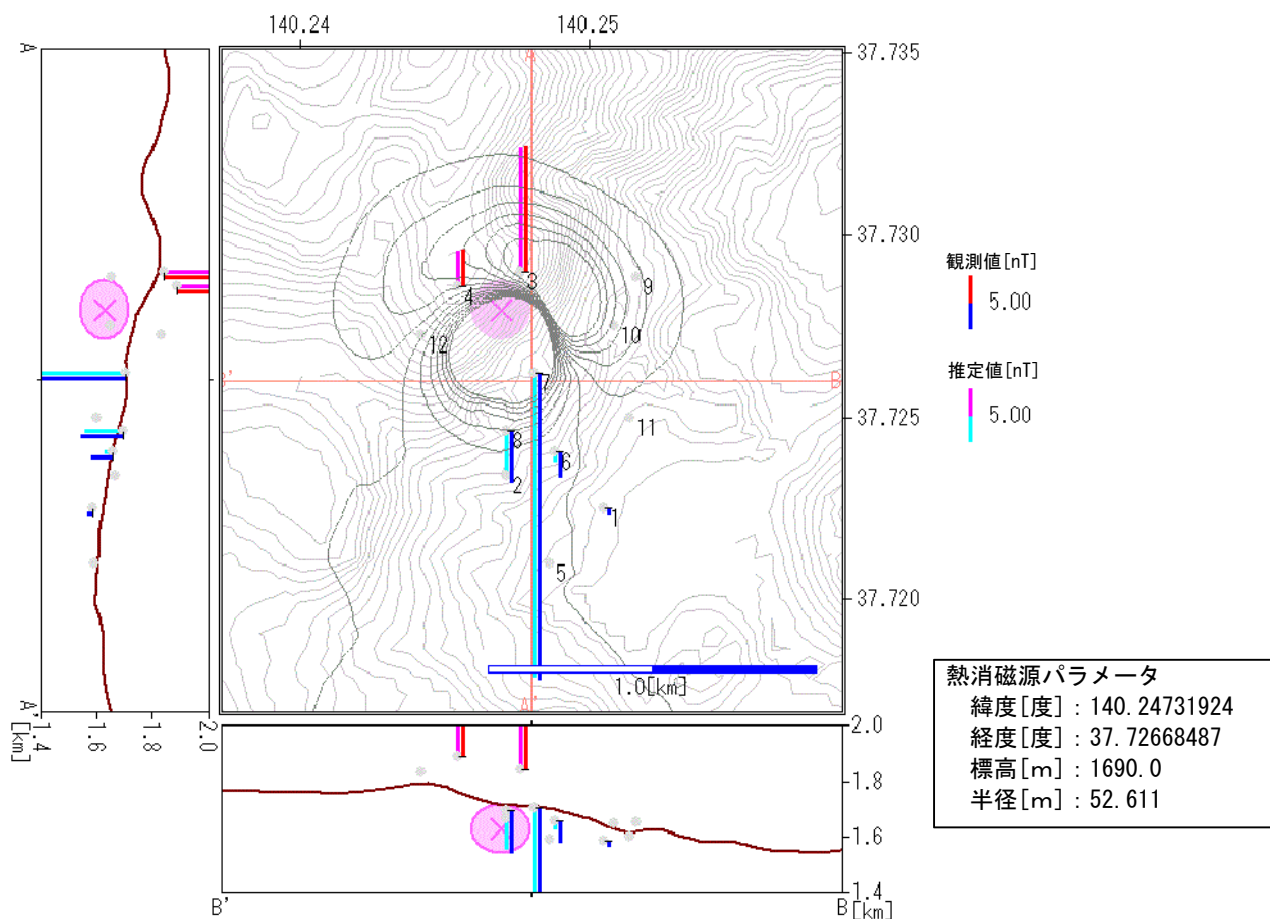


第 15 図 吾妻山 観測点配置図

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



- ・ 2015 年 8 月から 2015 年 10 月にかけて大穴火口南側の観測点（1、8）の全磁力値は減少、大穴火口北側の観測点（3、4）の全磁力値は増加しており、このような全磁力値の変化は 2014 年 10 月から 2015 年 8 月にかけてみられており、この頃から熱活動が活発化している可能性が考えられる。
- ・ 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るが、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、磁場経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る。



第 17 図 吾妻山 繰り返し観測点における全磁力変化量及び推定される熱消磁源
(2014 年 8 月～2015 年 10 月)

- ・観測点は、第 16 図の 1、3、4、6、7、8 を使用した。
- ・コンター（濃灰線）は推定される消磁源から見積もられる地表での全磁力変化量（2nT 刻み）を示す。
- ・熱消磁源は大穴火口の北側に推定される。



第 18 図 吾妻山 東方向から見た全磁力繰返し観測点（定点 12）付近の噴気

- ・ 2015 年 10 月に引き続き、全磁力繰返し観測の定点 12 付近において 1 m 程度の噴気（わずかな硫化水素臭あり）を観測した。
- ・ 噴気孔周辺には硫黄の昇華物を確認した。

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

大穴火口と西側山麓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
124-750	北行	右	2014. 09. 09	2015. 06. 02	図 1

2. 解析結果

長期ペアにおいて、大穴火口と西側山麓で衛星視線方向短縮の位相変化（各々最大約 7cm 及び最大約 4cm）が認められる。

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（通称火山 WG）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。

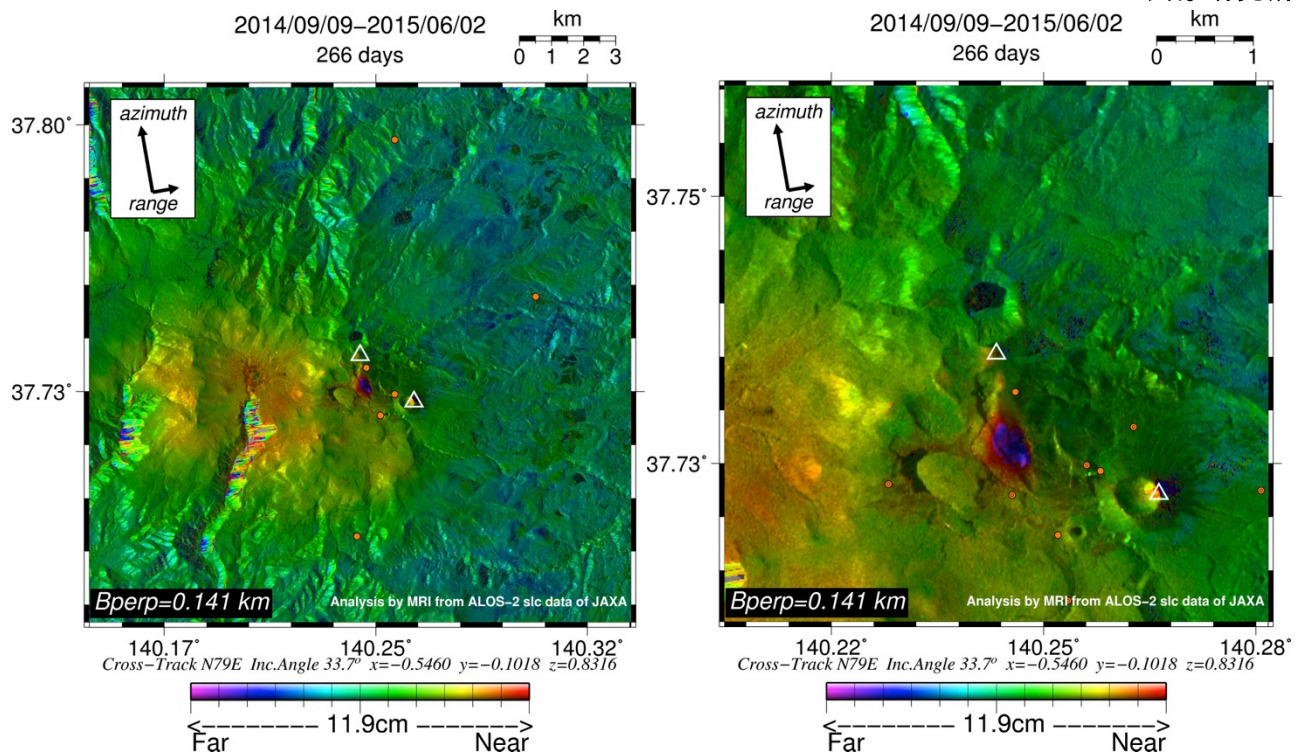


図 1 パス 124-750 の干渉解析結果（右は山頂付近の拡大図）

図中の丸印は GNSS 観測点（橙：気象庁，二重丸は繰り返し観測）を示す。大穴火口の局所的な場所において衛星視線方向短縮の位相変化が認められる。また，西側山麓においても，衛星視線方向短縮の位相変化が認められる。

吾妻山周辺の地殻変動

【概要】

GNSS稠密観測網による2015年10月から2016年1月までの地殻変動において、大穴火口周辺の観測点で沈降傾向が見られるが、火山活動に関連したものかどうかについては検討を要する。

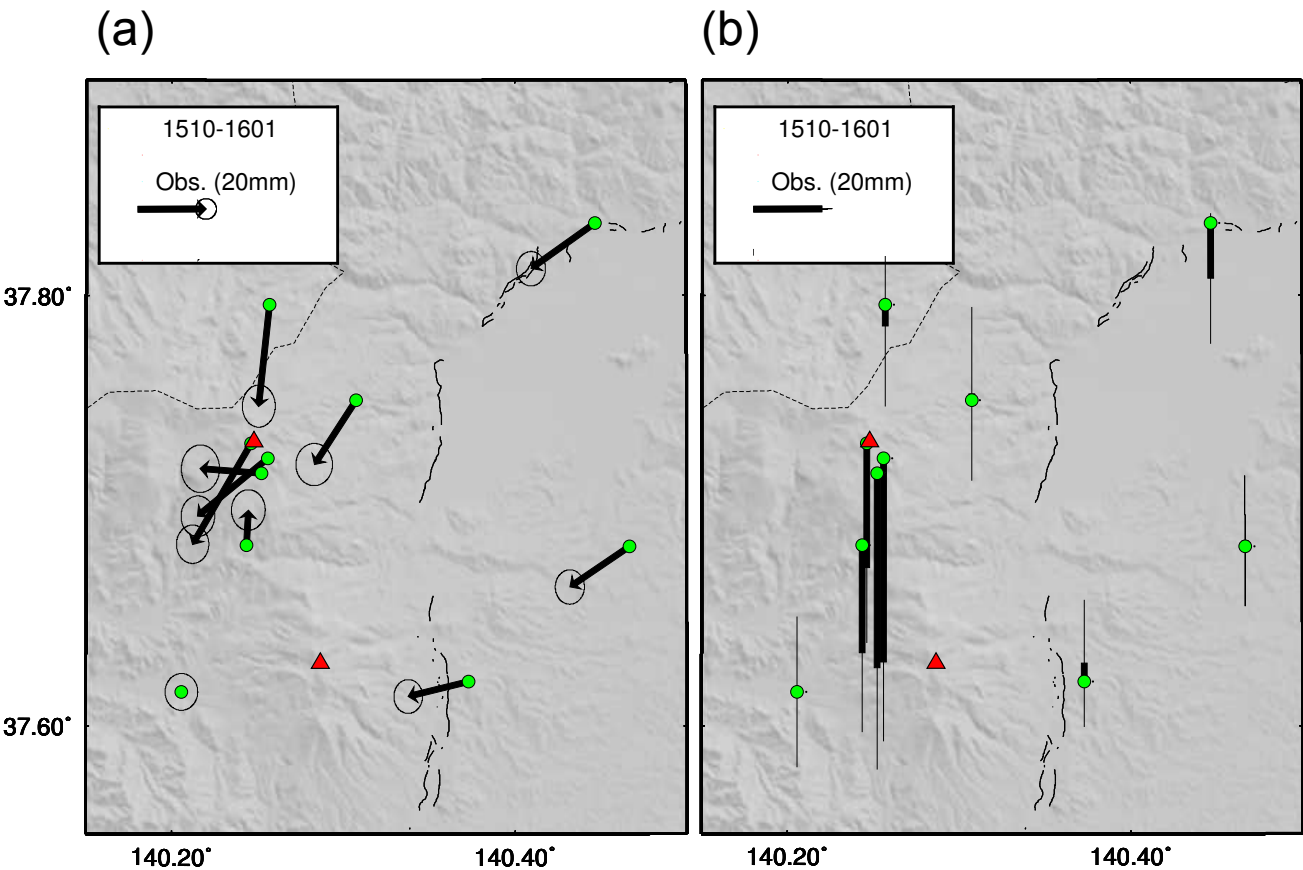
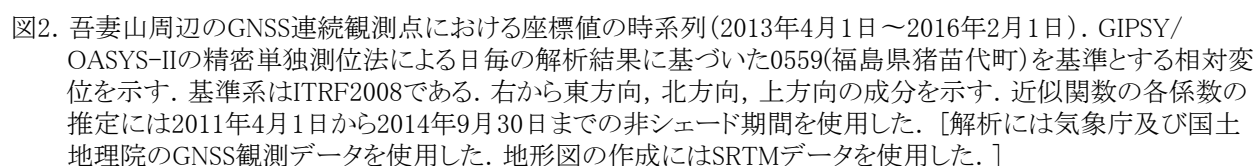


図1. 吾妻山周辺のGNSS連続観測点における2015年10月～2016年1月までの4ヶ月間の変位分布. 0559(福島県猪苗代町)を基準とする各観測点の相対座標時系列から、2011年4月1日から2014年9月30日の期間の長期トレンドを対数、1次及び年周・半年周の各関数の和で表される関数で近似して残差を求め、2015年10月1日～2016年1月31日までの変位を求めた. (a) は水平成分, (b) は上下成分で、黒の矢印及び縦棒が観測値を示す. [解析には気象庁及び国土地理院のGNSS観測データを使用した. 地形図の作成には国土地理院発行の数値地図を使用した.]



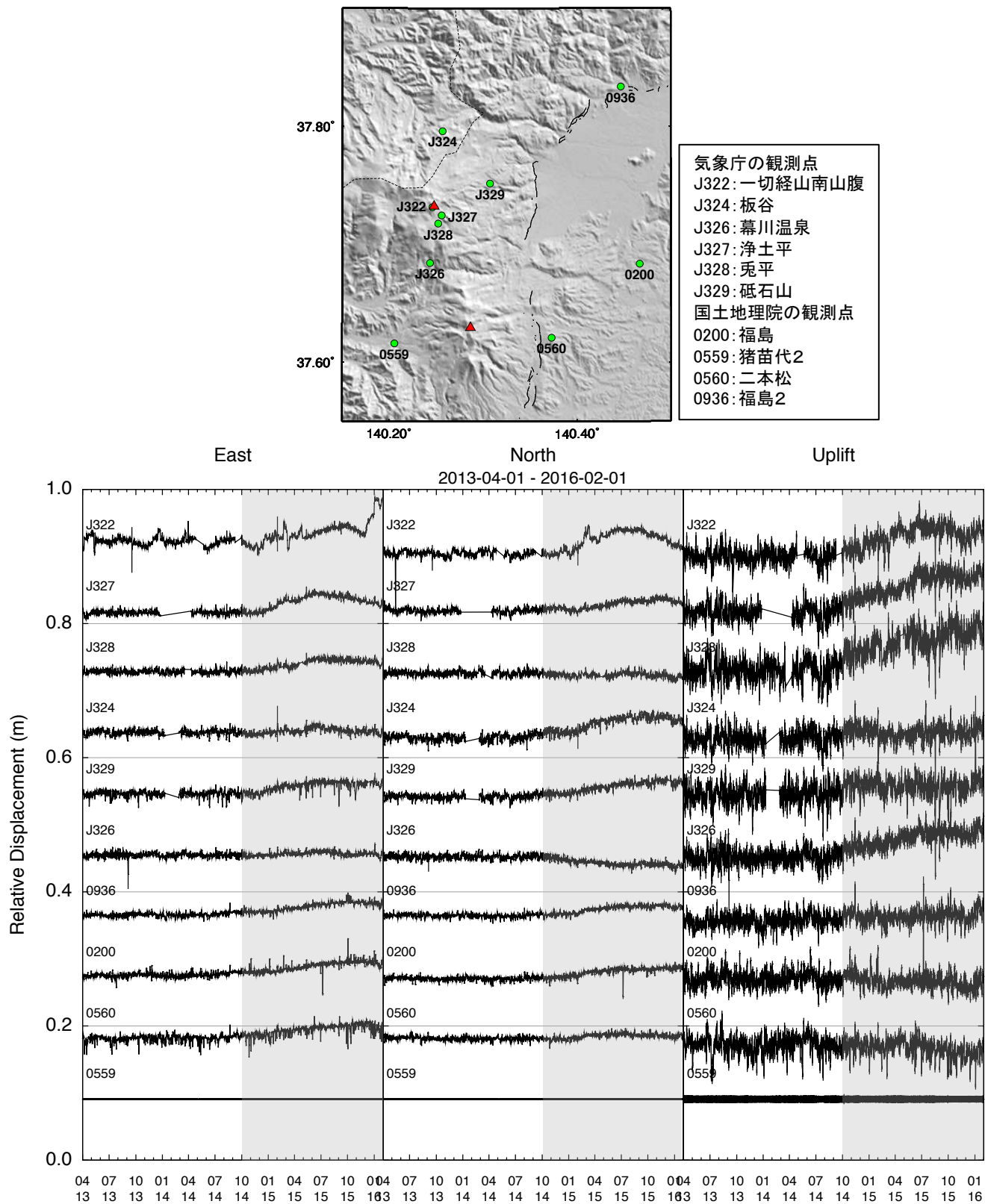
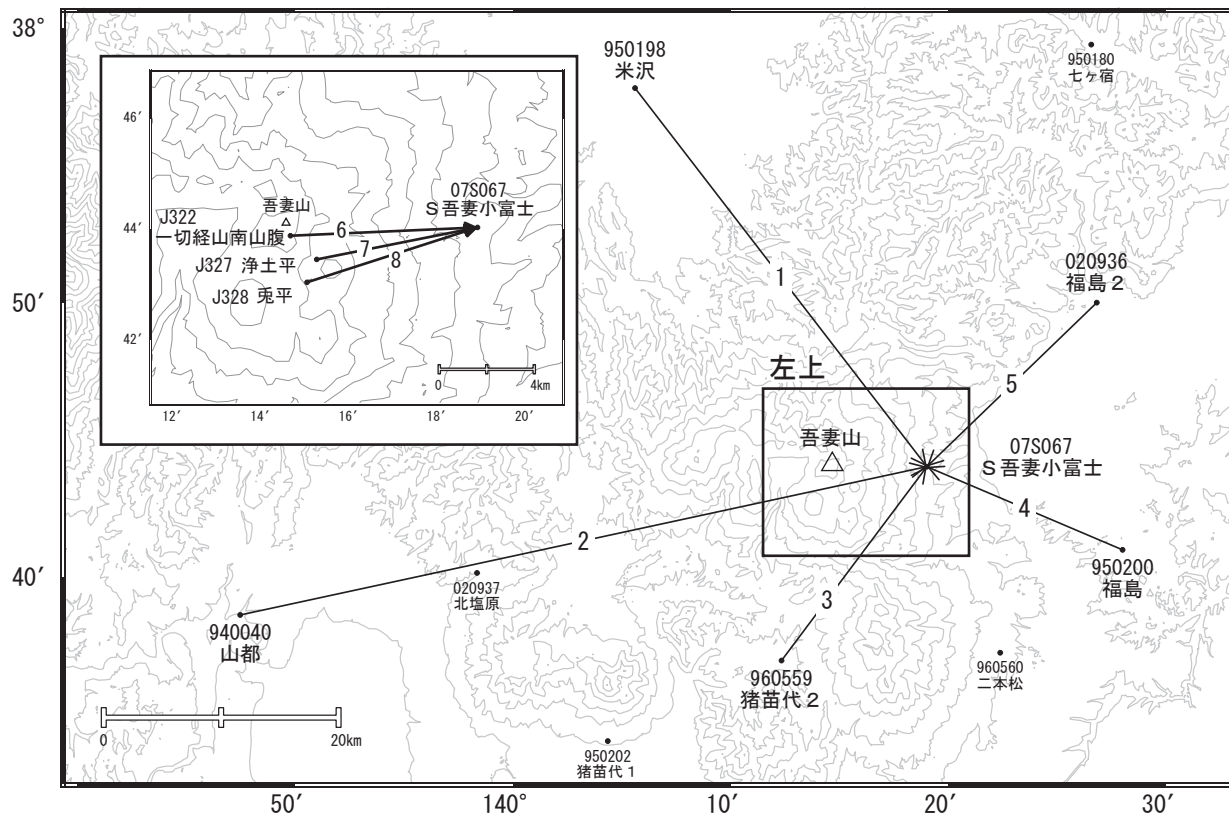


図3. 吾妻山周辺のGNSS連続観測点における座標値の時系列(2013年4月1日～2016年2月1日). 2014年9月30日までの長期トレンドを差し引いた結果を示す. 右から東方向, 北方向, 上方向の成分を示す. これらの時系列に長周期透過フィルタをかけシェード期間の変位を計算して図1に示した. [解析には気象庁及び国土地理院のGNSS観測データを使用した. 地形図の作成にはSRTMデータを使用した.]

吾妻山

2014年12月頃から一部の基線で山体の膨張を示す地殻変動が見られていましたが、2015年7月頃から停滞し、10月頃から収縮に転じています。

吾妻山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図

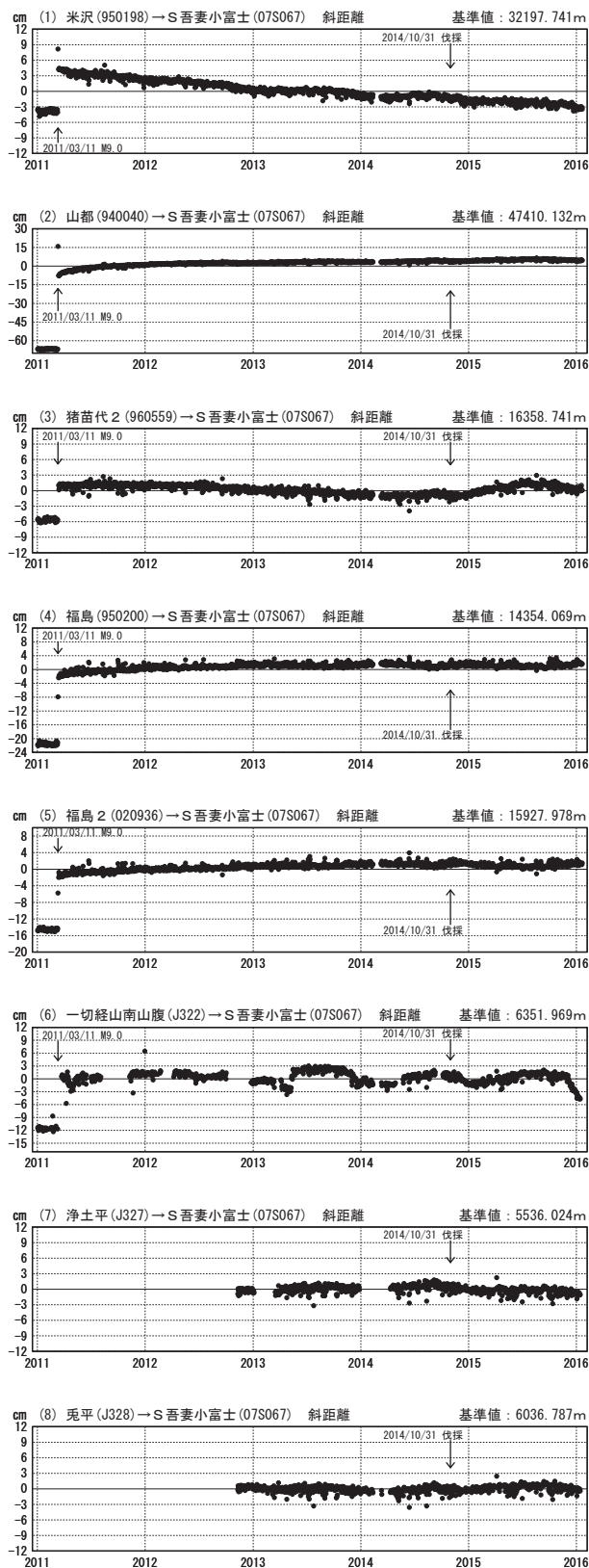


吾妻山周辺の各観測局情報

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	20110211	伐採
		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
07S067	S吾妻小富士	20141014	伐採
		20150609	受信機交換
		20151016	受信機交換

基線変化グラフ

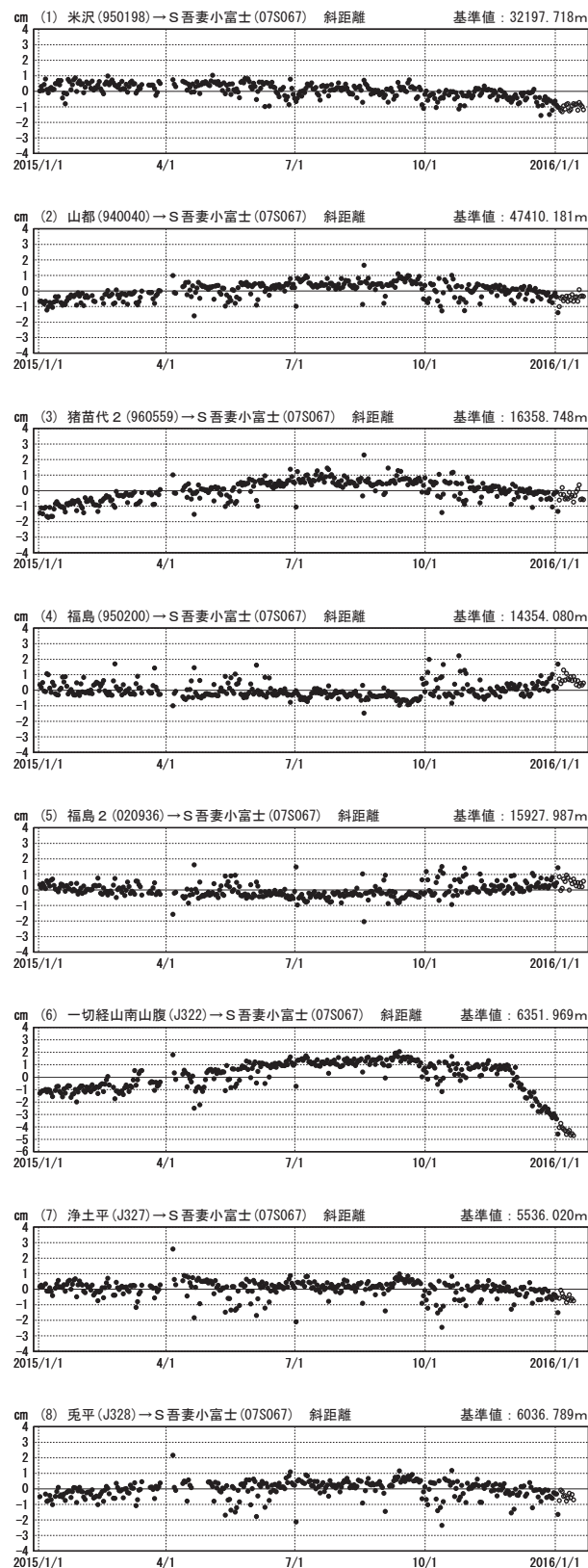
期間：2011/01/01～2016/01/20 JST



●---[F3:最終解] ○---[R3:速報解]

基線変化グラフ

期間：2015/01/01～2016/01/20 JST



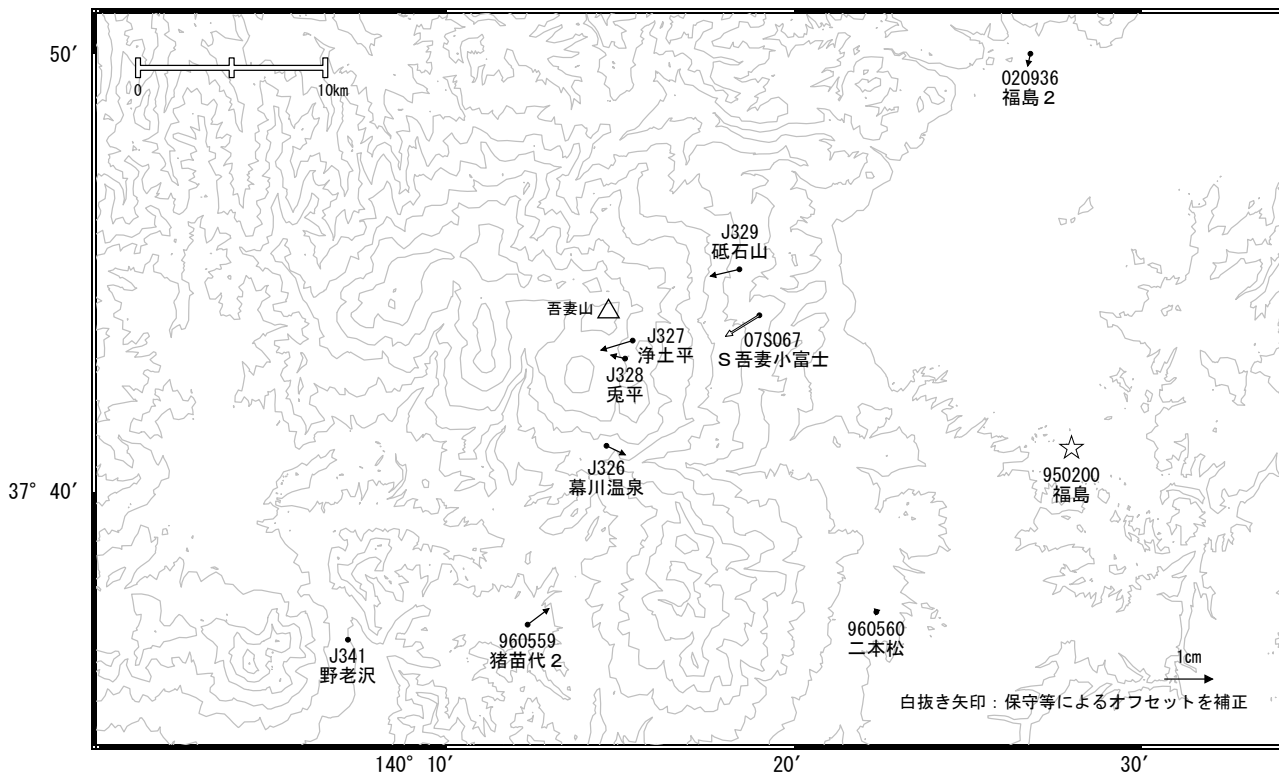
※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

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:2015/09/24~2015/10/03[F3:最終解]
比較期間:2015/12/24~2016/01/02[F3:最終解]

計算期間:2014/12/01~2015/12/01

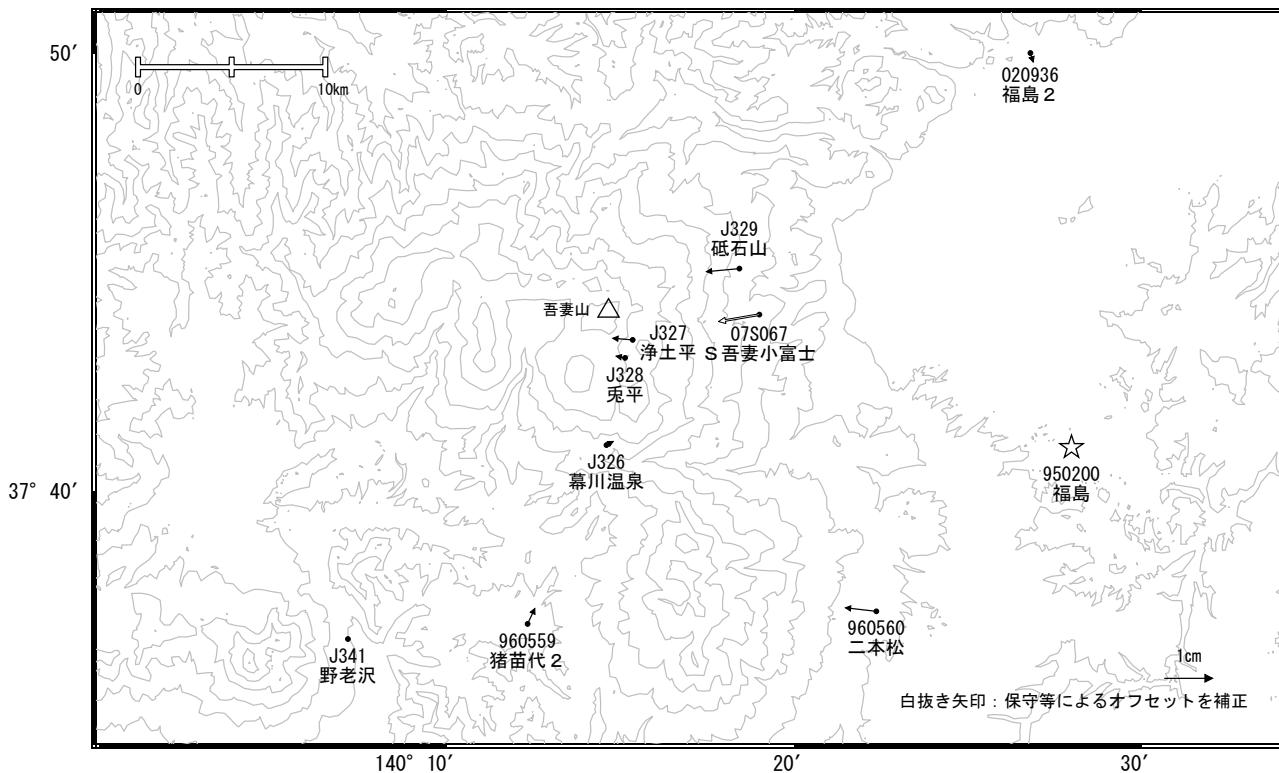


☆ 固定局: 福島(950200)

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:2014/12/24~2015/01/02[F3:最終解]
比較期間:2015/12/24~2016/01/02[F3:最終解]

計算期間:2014/12/01~2015/12/01



☆ 固定局: 福島(950200)

※[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

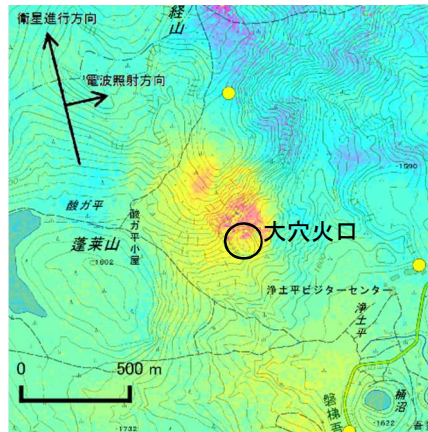
吾妻山

吾妻山の SAR 干渉解析結果について

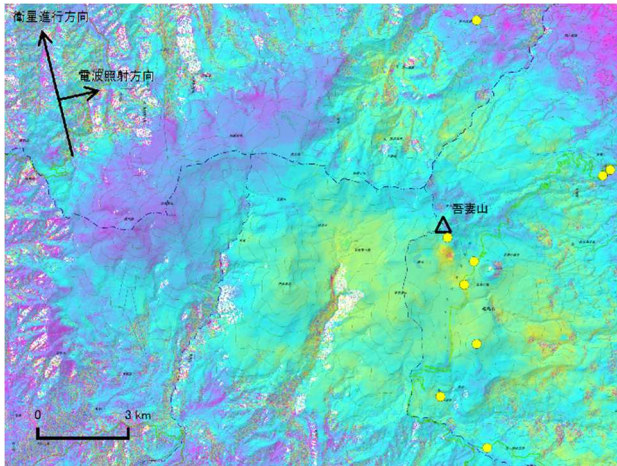
	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2014/09/09 2015/11/03 23:30 頃 (420 日間)	2015/06/02 2015/11/03 23:30 頃 (154 日間)
衛星進行方向	北行	北行
電波照射方向	右	右
観測モード*	U-U	U-U
入射角(中心)	32.5°	32.5°
偏波	HH	HH
垂直基線長	-193m	-53m
使用 DEM	GSI10m DEHMJapan (飛田, 2009)	GSI10m DEHMJapan (飛田, 2009)

*U: 高分解能(3m)モード

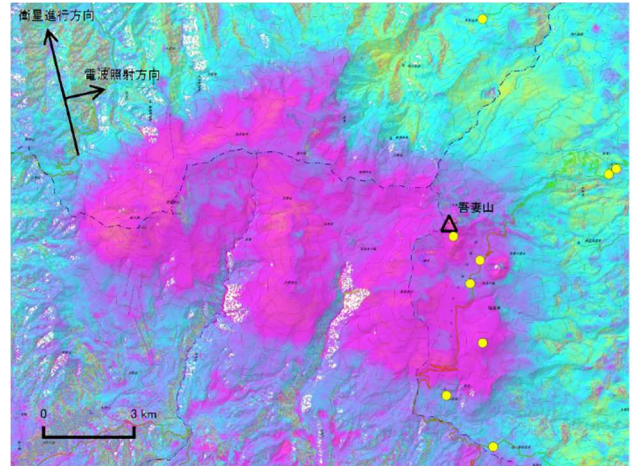
拡大図 (a) 2014/09/09-2015/11/03



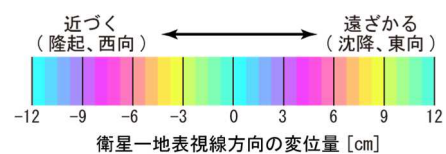
(a) 2014/09/09-2015/11/03



(b) 2015/06/02-2015/11/03



● 国土地理院以外の GNSS 観測点



背景：地理院地図 標準地図

判読)

- ・ (a)では、大穴火口付近で衛星に近づく変動が見られる。
- ・ (b)では、ノイズの影響が大きく変動の有無を判断できない。

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 1 月 22 日現在）

湯釜火口内北東部や北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。

2014 年 3 月上旬から湯釜付近及びその南側を震源とする火山性地震が増加していたが、2014 年 8 月下旬以降概ねやや少ない状態で経過している。GNSS による地殻変動観測で、湯釜付近の膨張を示す変動が認められていたが、2015 年 4 月頃より鈍化している。

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（2015 年 10 月～2016 年 1 月 22 日）

・ 地震活動（第 3－1～2 図、第 4－1 図①～③、第 4－2 図）

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。

火山性微動は発生していない。

・ 地殻変動（第 4－1 図④、第 5～第 9 図）

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 4 月頃より鈍化している。

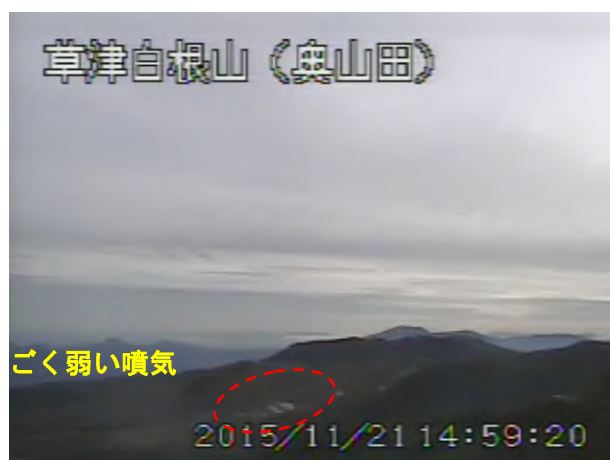
2015 年 9 月 30 日に実施した GNSS 繰り返し観測でも、前回（2015 年 5 月）の観測までみられていた伸びの変化が鈍化している。

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（第 1 図、第 10 図、第 12～14 図）

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ごく弱い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。

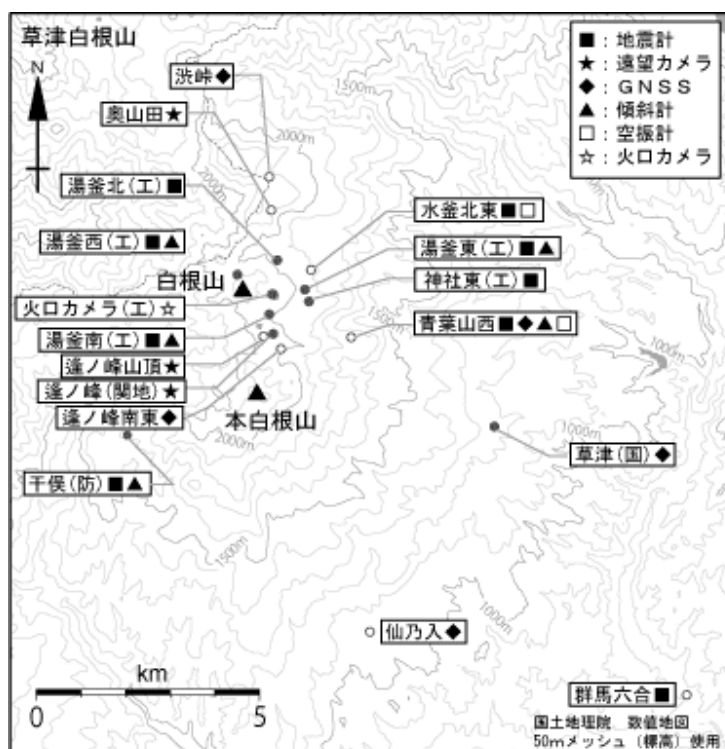
2015 年 9 月 29 日から 10 月 2 日にかけて及び 11 月 11 日に実施した現地調査では、前回（2015 年 5 月 12 日）の観測と同様に、引き続き湯釜火口壁北側、北側噴気地帯に地熱域が認められた。なお、北側噴気地帯の噴気活動については、前回の観測と比べて活発になっていた。また、10 月 13 日に陸上自衛隊東部方面航空隊の協力により実施した上空からの観測でも、前回（2015 年 3 月 16 日）同様に湯釜火口壁北側で地熱域を確認している。



第1図 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（12月20日撮影）
- ・上右図：東京工業大学の火口カメラ（12月20日撮影）
- ・下左図：奥山田の遠望カメラ（11月21日撮影）

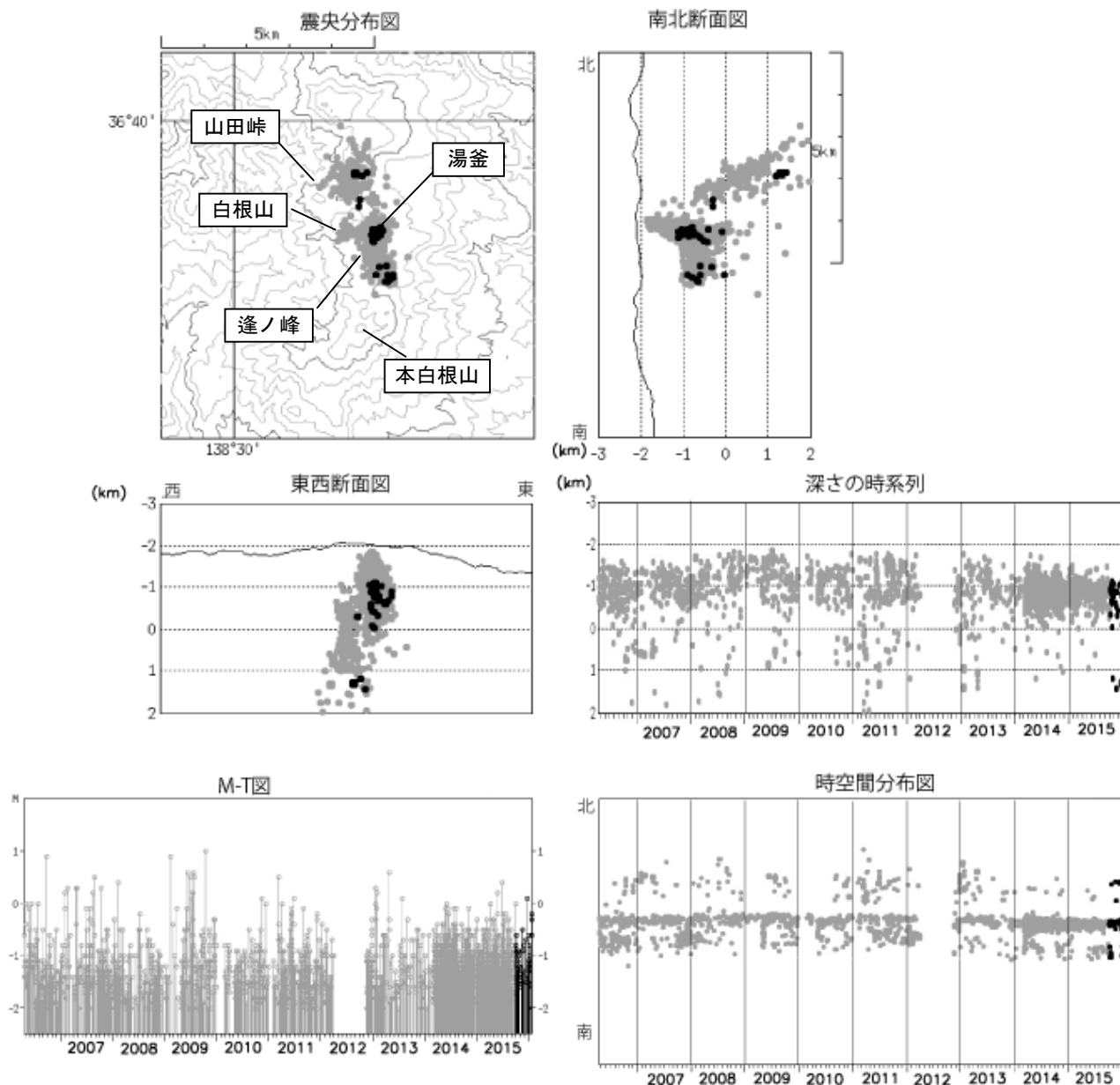
※奥山田遠望カメラ（湯釜の北約1.5km）が2015年11月29日以降機器障害のため、湯釜北側噴気地帯の噴気孔については観測できていない。100mを超える高さの噴気は逢ノ峰遠望カメラでも観測できるが、そのような高い噴気は観測されていない。



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

第2図 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。



第 3 - 1 図 草津白根山 震源分布図 (2006 年 4 月 15 日～2016 年 1 月 22 日)

● : 2006 年 4 月 15 日～2015 年 9 月 30 日 ● : 2015 年 10 月 1 日～2016 年 1 月 22 日

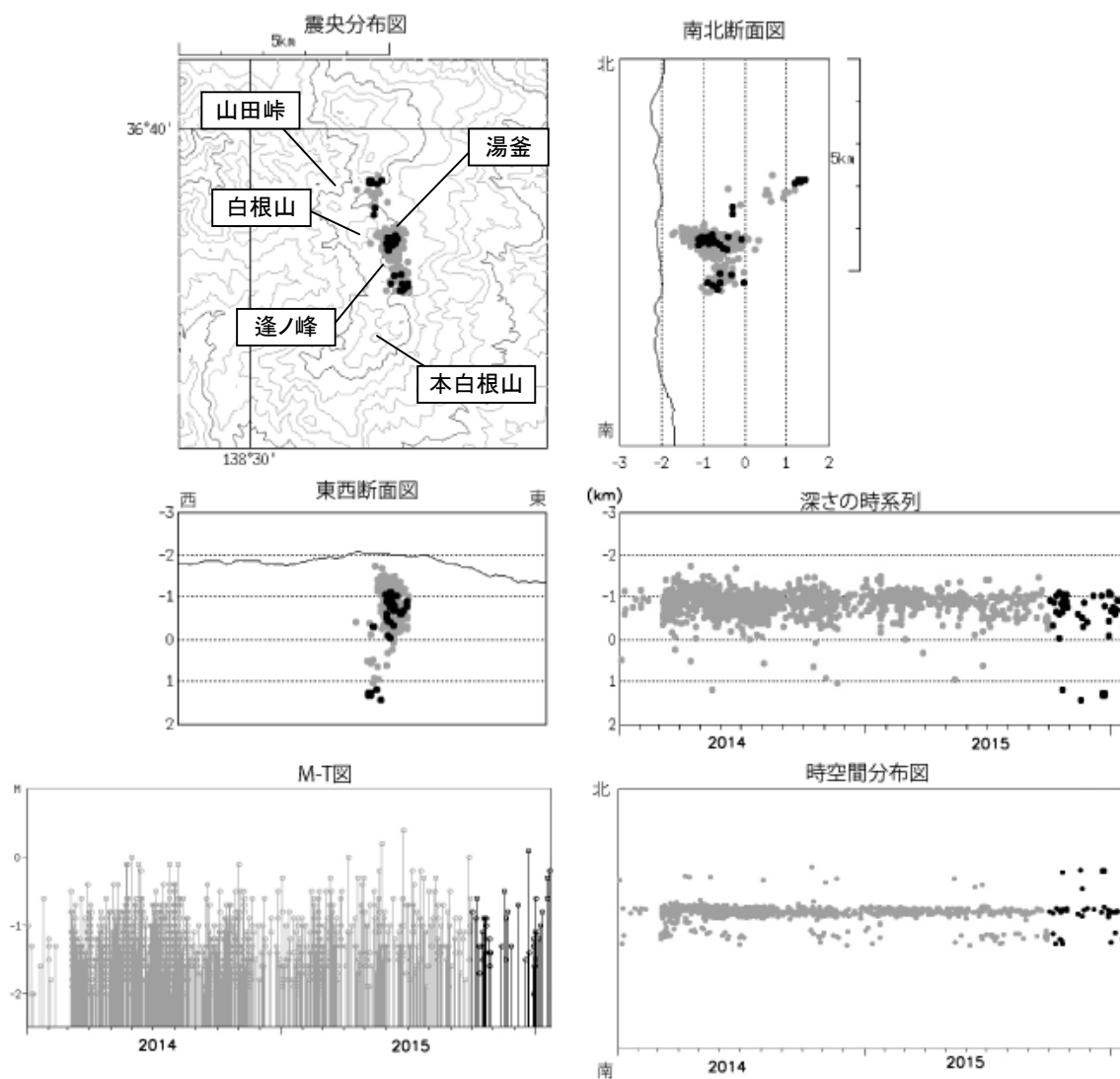
条件 : 緯度経度計算誤差 0.2 分以内、震源時計算誤差 0.2 秒以内、半無限均質速度構造 ($V_p=2.5\text{km/s}$ 、 $V_p/V_s=1.73$)

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。



第 3 - 2 図 草津白根山 震源分布図 (2014 年 1 月 1 日～2016 年 1 月 22 日)

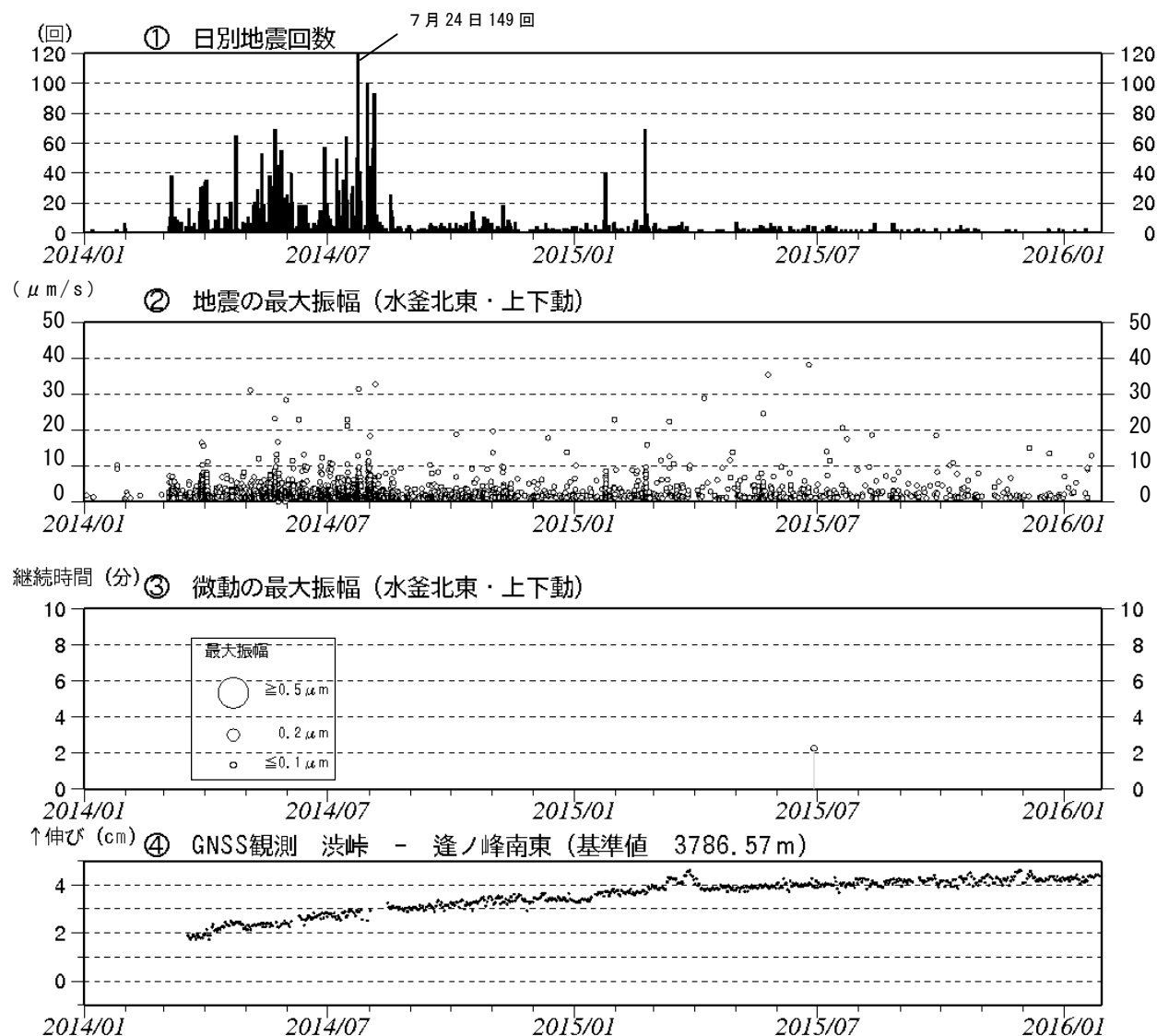
● : 2014 年 1 月 1 日～2015 年 9 月 30 日 ● : 2015 年 10 月 1 日～2016 年 1 月 22 日

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

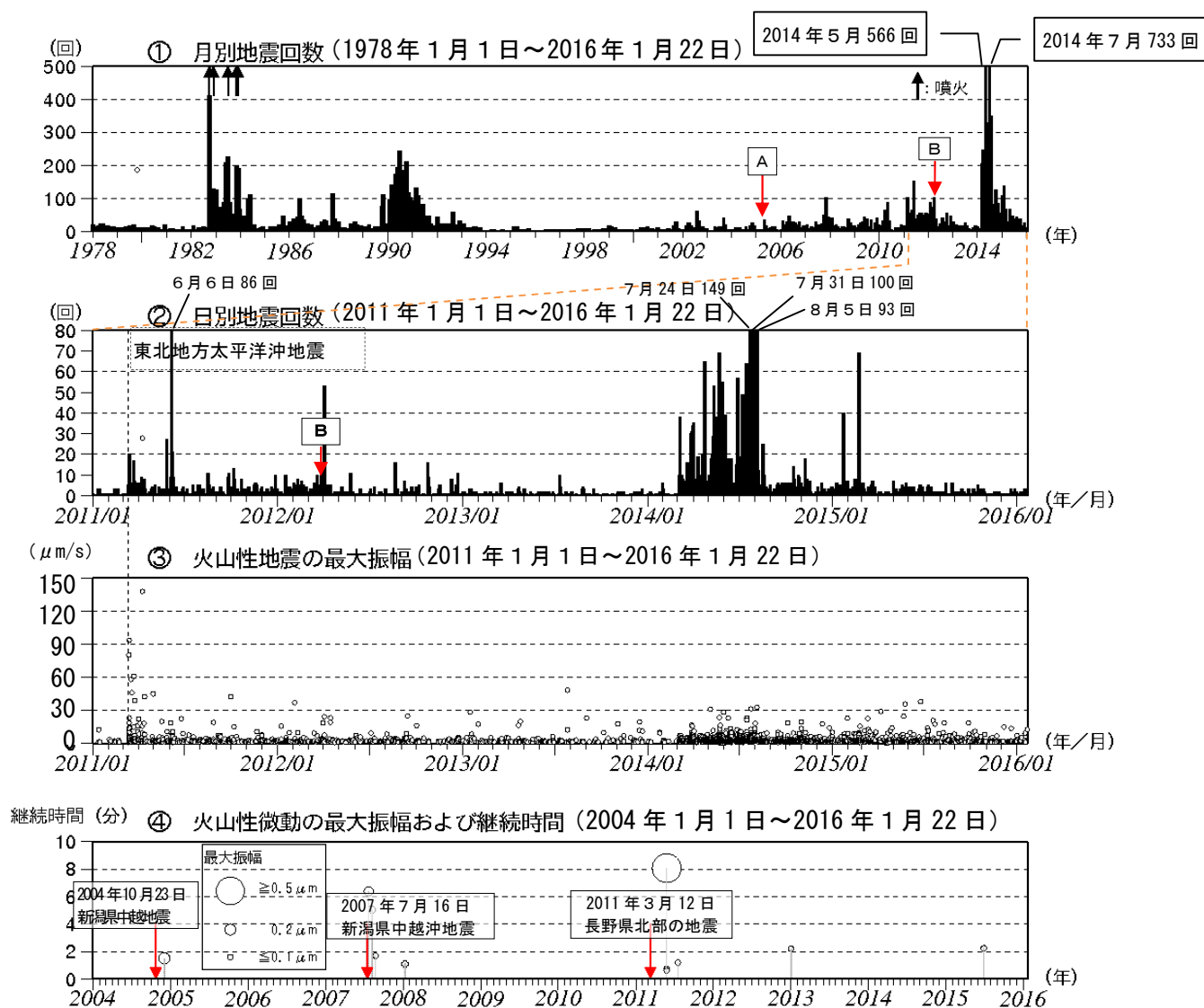
- ・ 2014 年 3 月上旬から湯釜から湯釜南付近を震源とする火山性地震が増加した。その後、消長を繰り返しながら多い状態が継続していたが、2014 年 8 月下旬以降は概ねやや少ない状態で経過し、今期間は少ない状態であった。

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。



第4-1図 草津白根山 最近の活動経過図 (2014年1月1日～2016年1月22日)
 グラフ番号④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月頃より鈍化している。



第4-2図 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

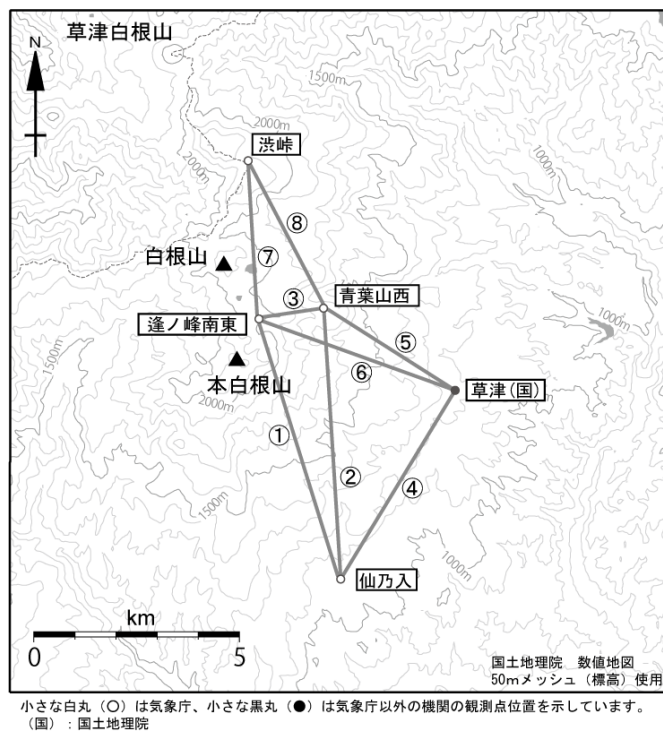
(A～B) : 水釜北東振幅 $1.0 \mu\text{m/s}$ 以上、S-P 時間 2 秒以内 2005 年 1 月 21 日～2012 年 2 月 29 日まで

(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

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。

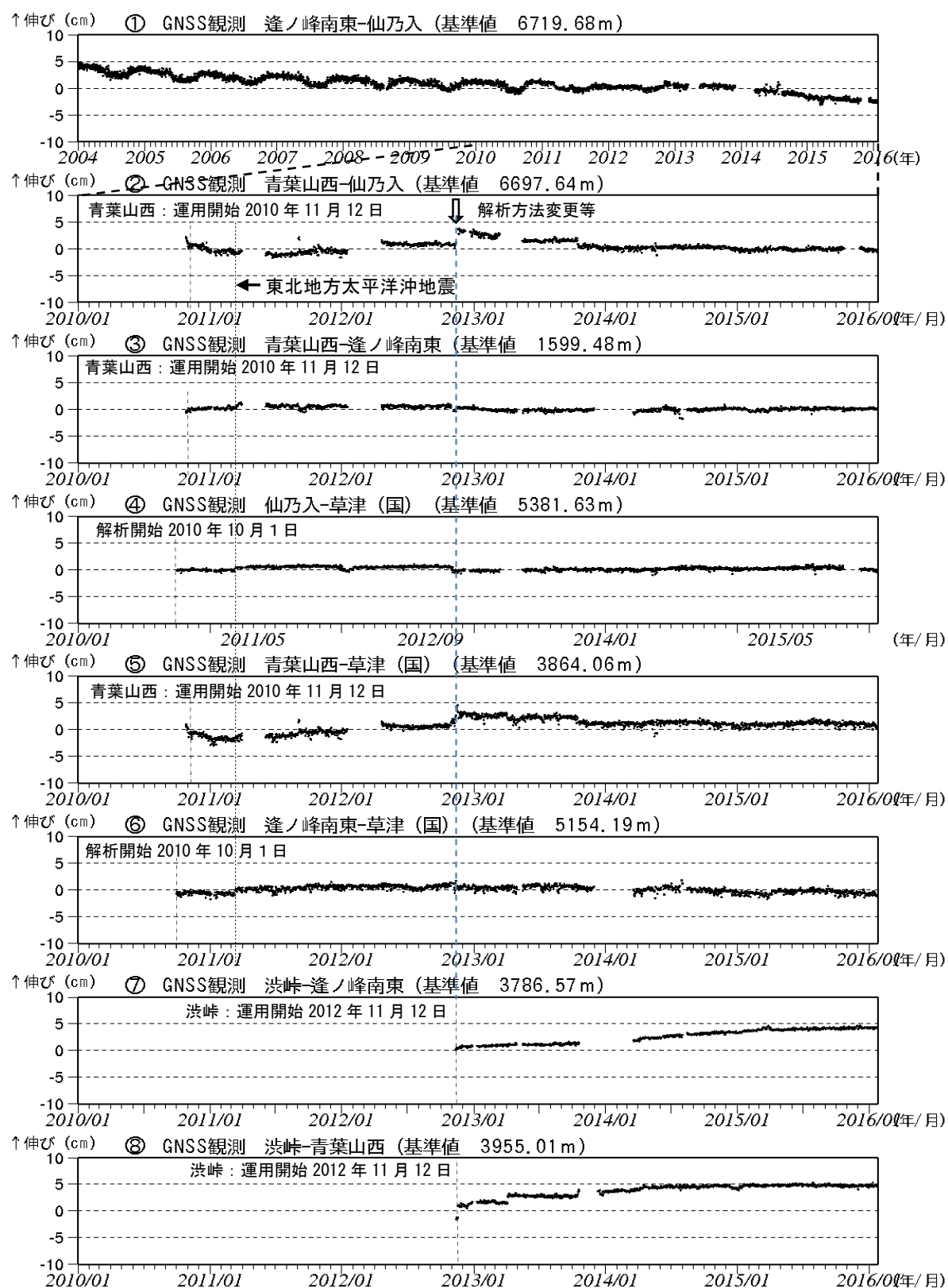
・火山性微動は 2015 年 6 月 28 日に発生して以降観測されていない。



第 5 図 草津白根山 GNSS 連続観測点配置図

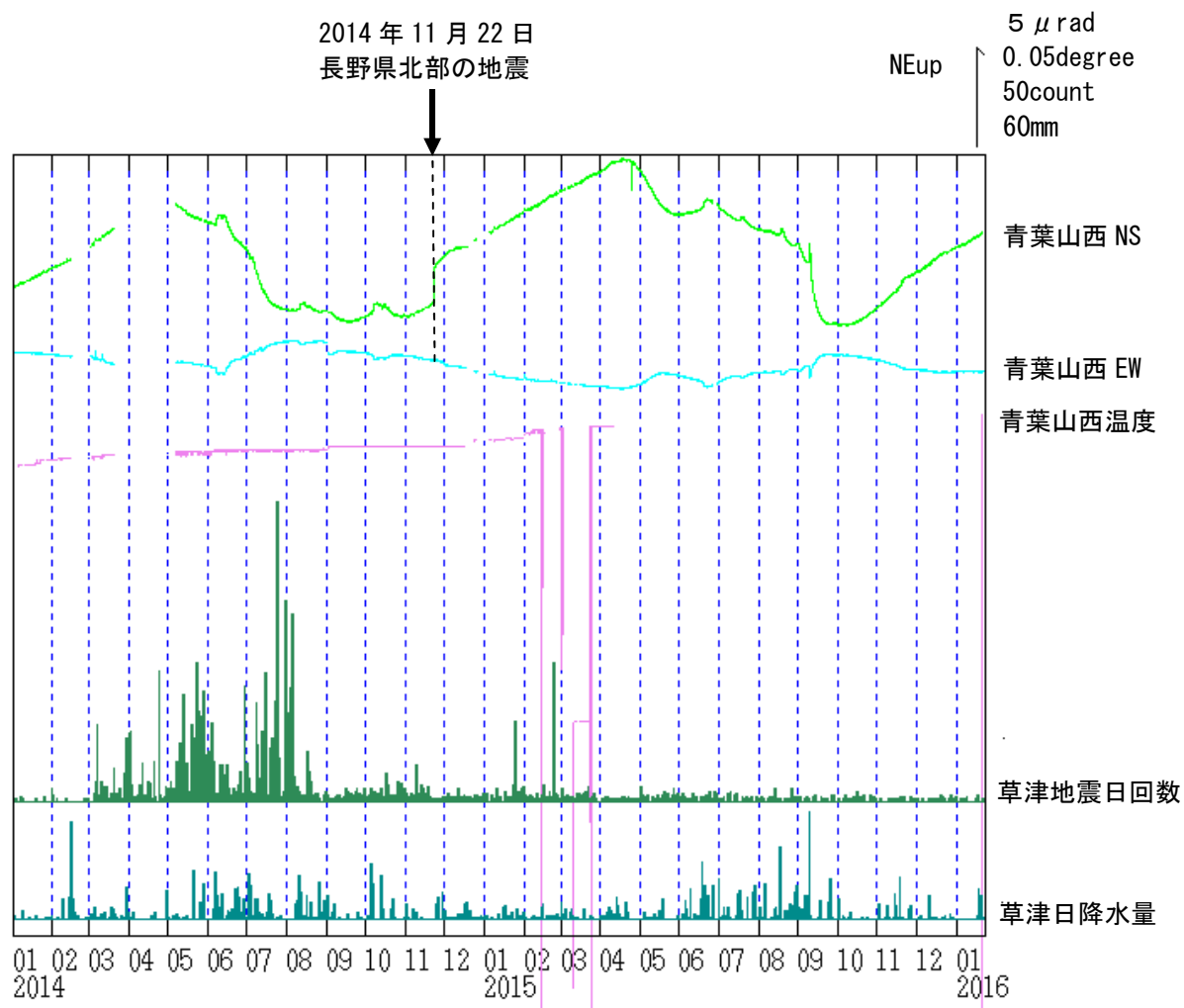
図中の GNSS 基線①～⑧は第 6 図の①～⑧に対応する。

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。



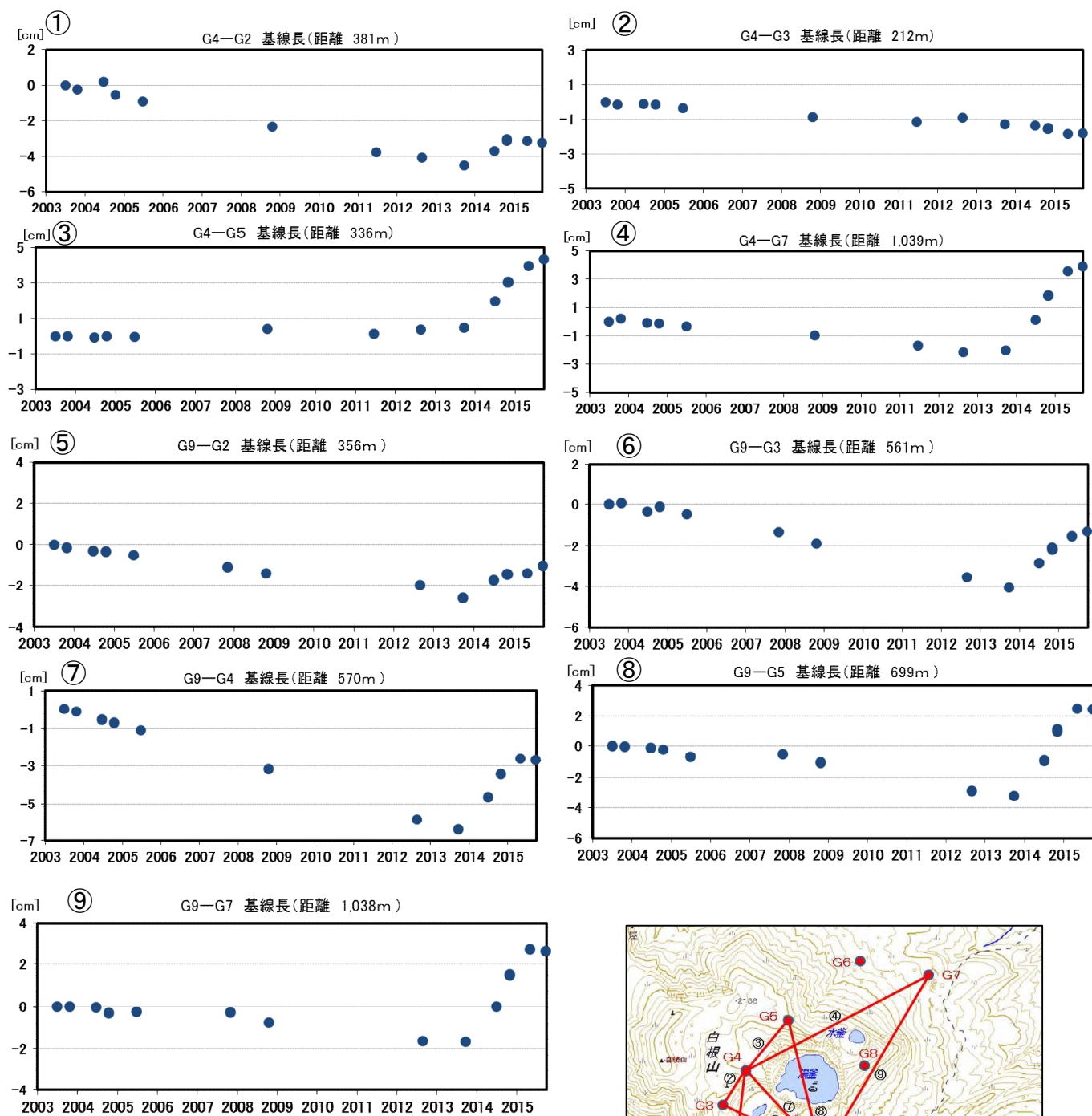
第6図 草津白根山 GNSS 連続観測による基線長変化 (2004 年 1 月 1 日～2016 年 1 月 22 日) (国): 国土地理院

- ・ 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は第5図の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。



第7図 草津白根山 青葉山西観測点（湯釜の南東約2km）における傾斜変動
（2014年1月1日～2016年1月22日、時間値、潮汐補正済み）

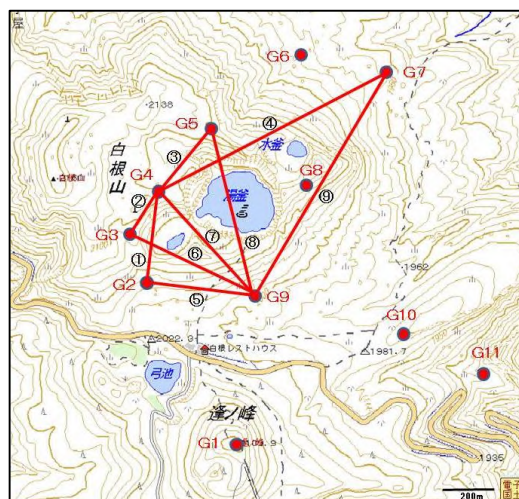
- ・火山活動によるとみられる地殻変動は認められない。
- ・空白期間は欠測を示す。



第 8 図 草津白根山 GNSS 繰り返し観測の基線解析結果

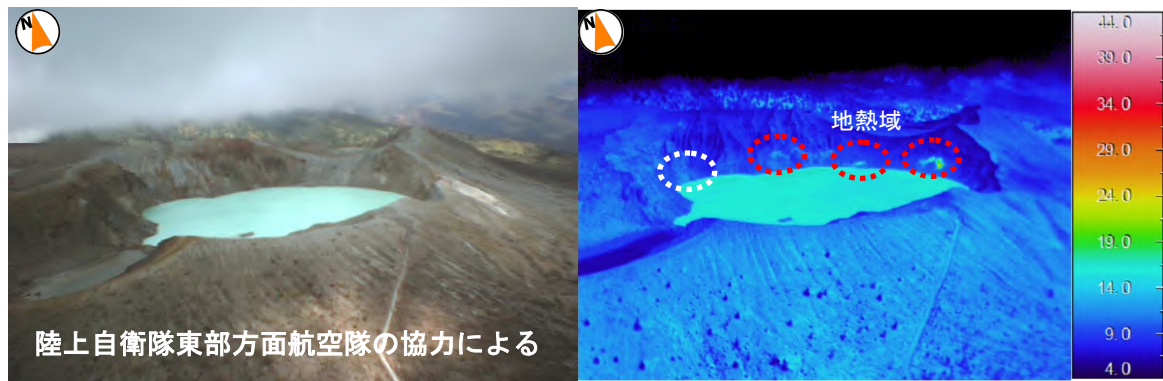
①～⑨は第 9 図の基線配置に対応している

- ・湯釜を挟む基線の伸びの傾向は、いずれの基線においても、前回（2015 年 5 月）までと比較して鈍化または停滞している。

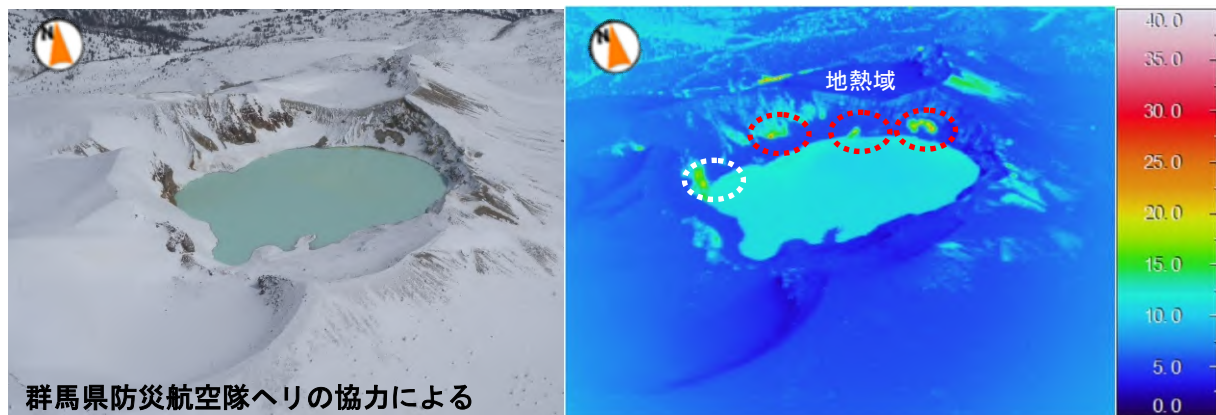


第 9 図 草津白根山 GNSS 繰り返し観測の基線配置

- ・2015 年 9 月 30 日実施の観測結果については火口近傍の観測点についてのみ掲載した。



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



2015 年 3 月 16 日 10 時 39 分 湯釜火口の南西上空から撮影

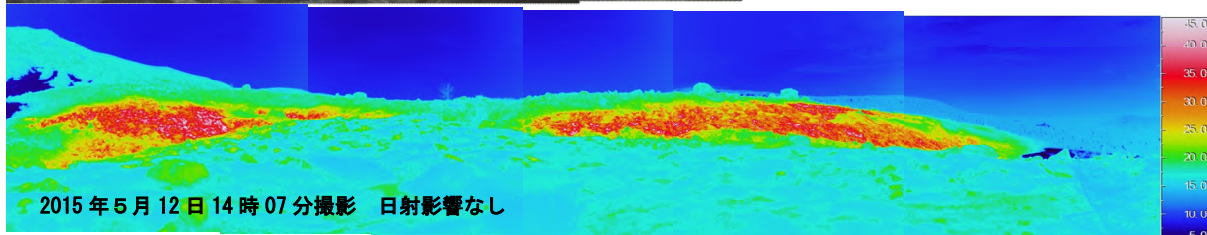
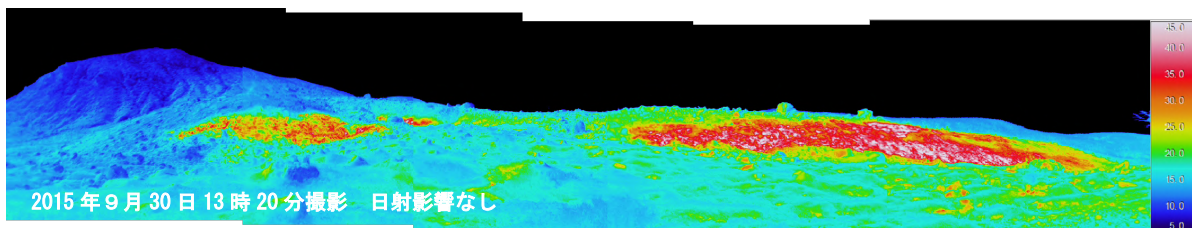
第 10 図 草津白根山 湯釜火口周辺の状況及び地表面温度分布

- ・前回（2015 年 3 月 16 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。
- ・白線内の地熱域については今回は確認できなかった。



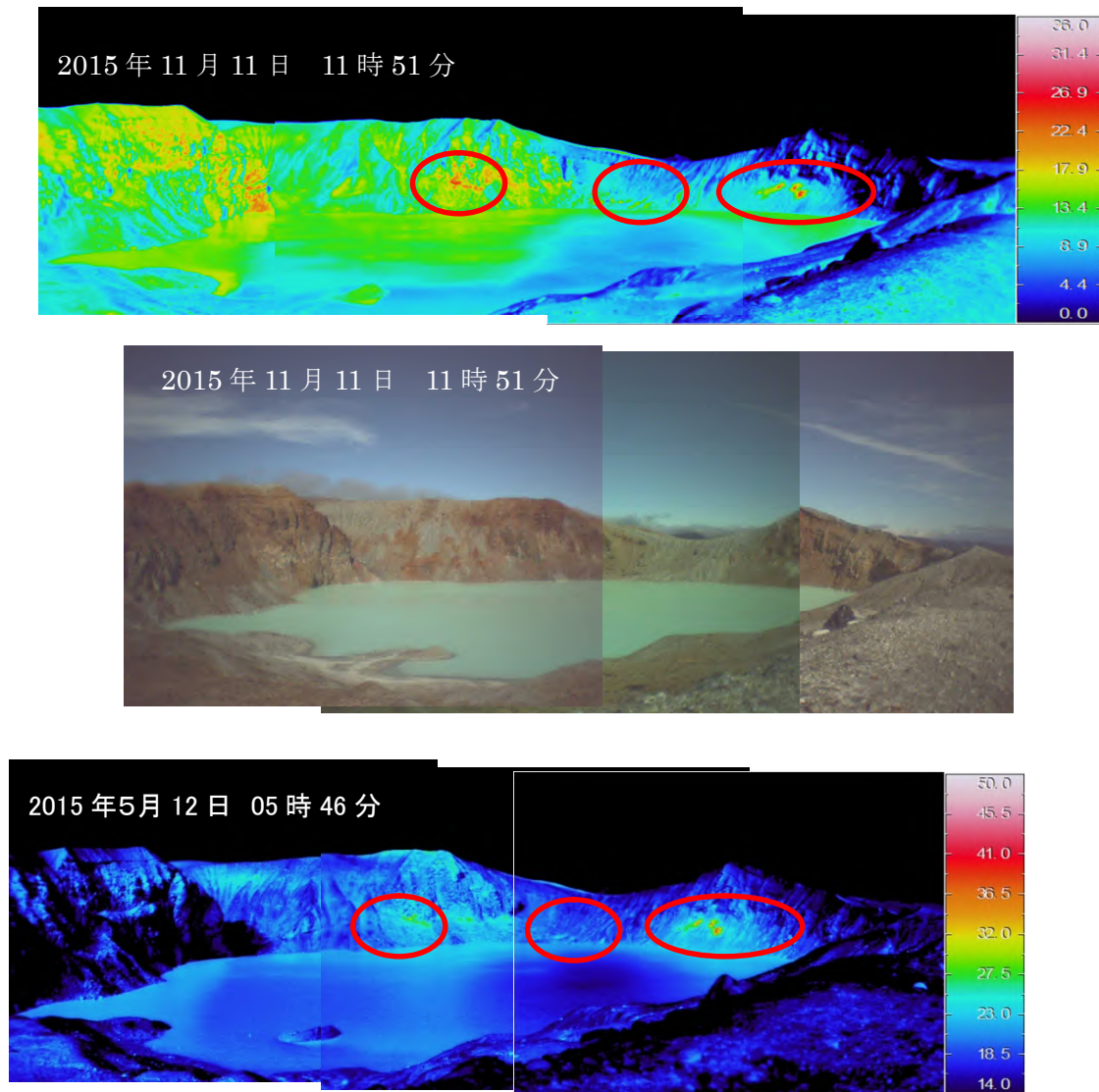
第11図 草津白根山 湯釜周辺図

✓: 撮影方向 (①、②が第12-1図、第12-2図のおおよその撮影方向)



第12-1図 草津白根山 水釜火口北東部の地表温度分布(上:2015年9月30日、下:2015年5月12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5月の観測時と大きな変化はなく95℃であった。



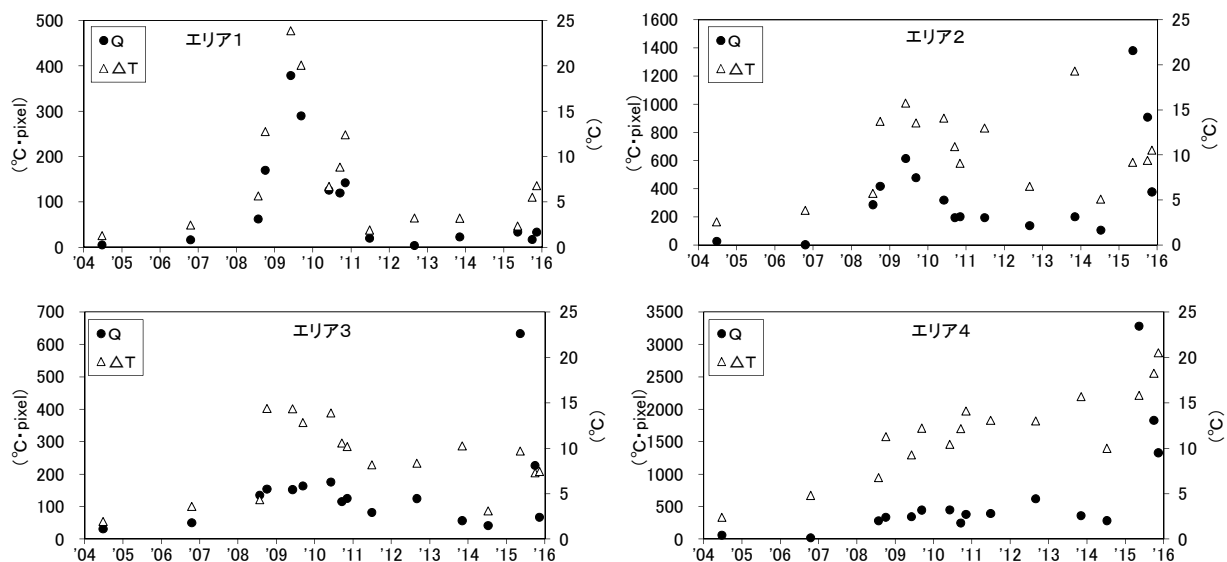
第 12-2 図 草津白根山 湯釜火口内の状況

上: 今回 (2015 年 11 月 11 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 (赤円) に大きな変化は認められなかった。



第 13- 1 図 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）



第 13- 2 図 草津白根山 赤外熱映像解析結果 （2004 年～2016 年 1 月 1 日）

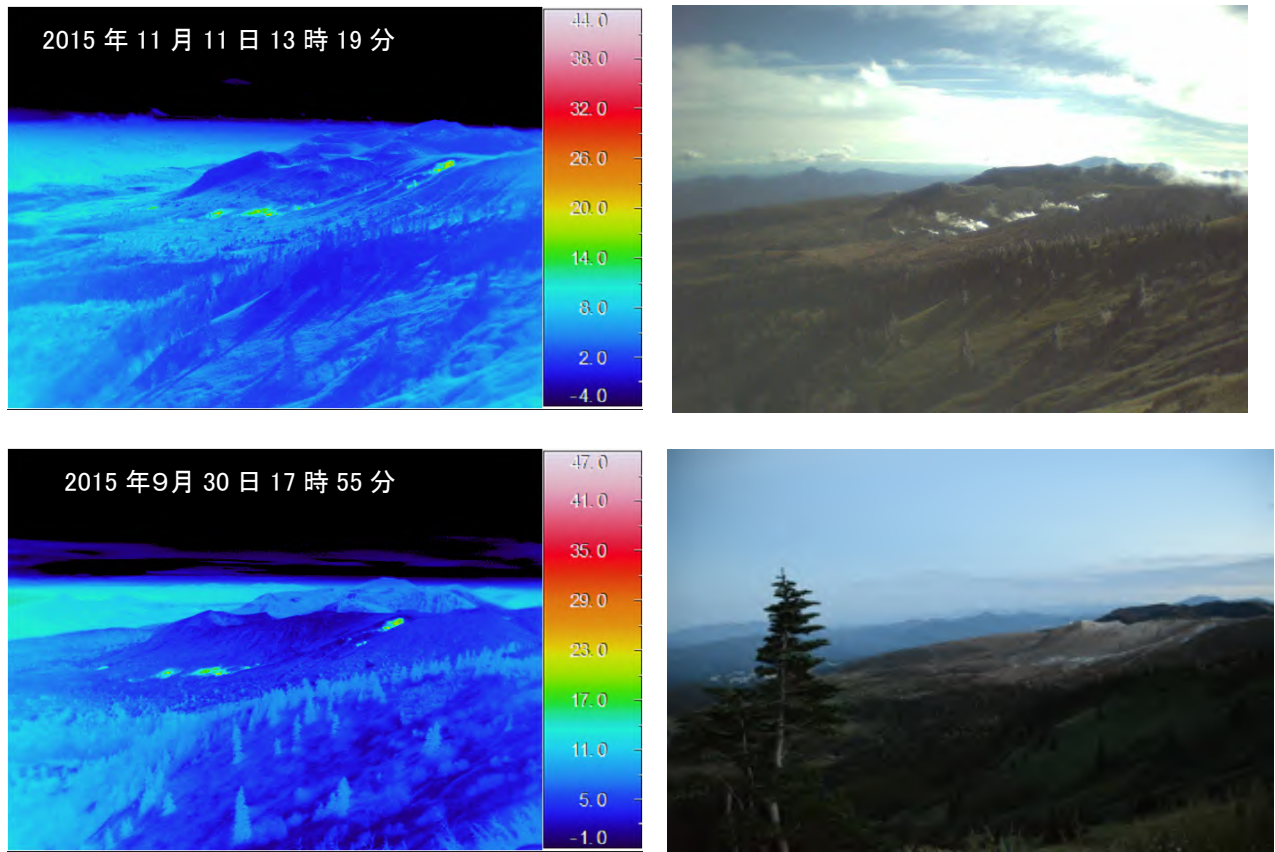
エリアごとに、各 pixel の温度 $T(^{\circ}\text{C})$ を用いて、

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

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

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。



第 14 図 草津白根山 北側噴気地帯の状況

上:今回(2015 年 11 月 11 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

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 1 月の観測では依然膨張が観測されている。

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。冬期の観測は困難で 2016 年 1 月の観測では 2 測線しか観測できていないが、火口が膨張する傾向の変化が継続していた(図2)。

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(図3)。

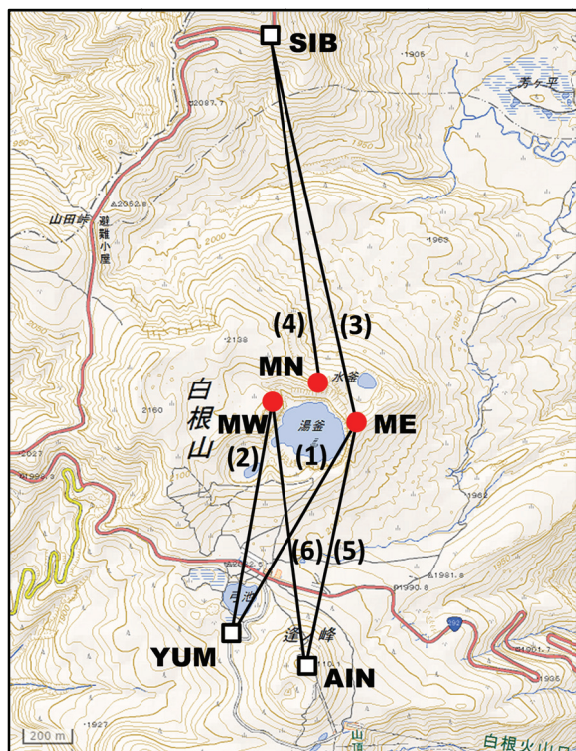


図1 草津白根山の光波測距観測点配置図
測線に付した番号は図2に対応。

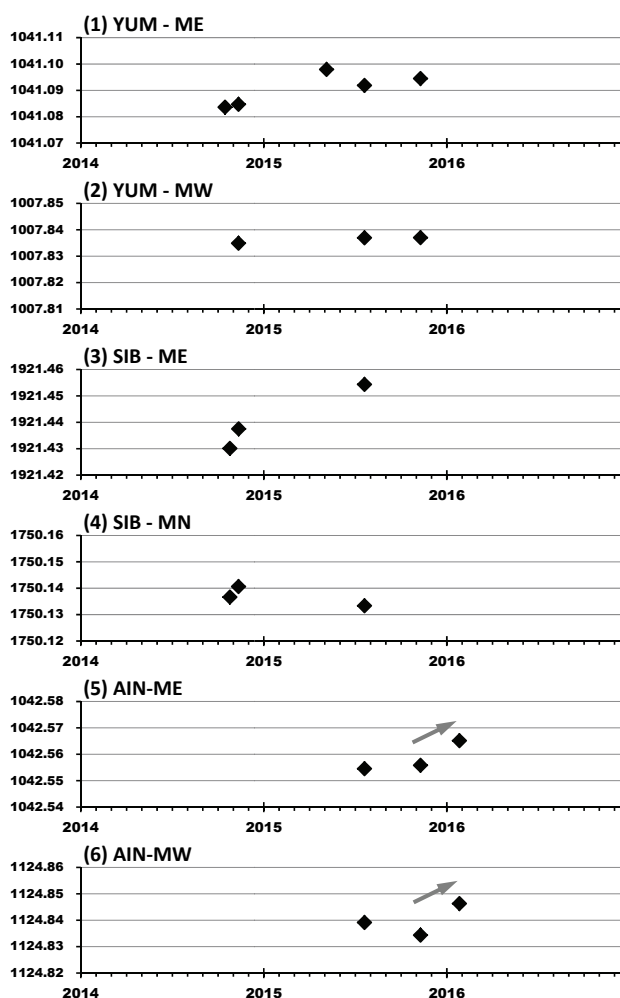


図2 草津白根山の斜距離時系列図 (2014.10 - 2016.1)
(1)~(4) 湯釜火口が膨張する変化を示していたが、2015 年 7 月以後、鈍化した。(5)~(6) 2015.11~2016.1 は 2 測線でしか観測できていないが、依然火口が膨張する傾向の変化が継続している (1cm 程度の斜距離変化)。
対流圏補正は高木・他 (2010) による。

草津白根山

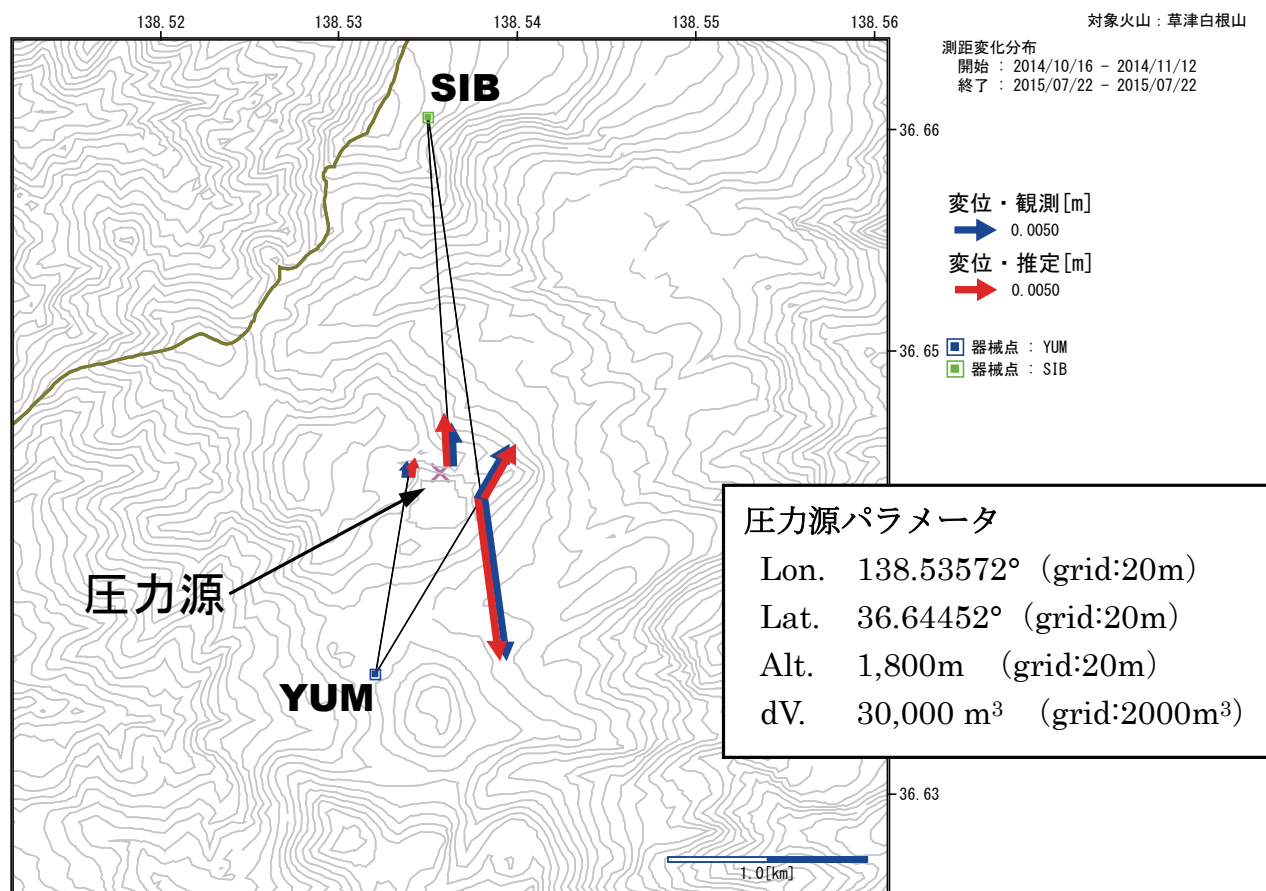


図 3 圧力源の推定 2014.10～2015.7

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 のの体積膨張があれば観測値を説明できる（解析は MaGCAP-V による）．

傾斜変動から推定される日膨張率（第 133 回火山噴火予知連絡会東京工業大学資料）のこの期間の積分値とほぼ整合的であった．

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．

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

長期ペアにおいて、湯釜北東側を中心に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
120-760	北行	左	2015. 07. 22	2015. 10. 14	図 1
19-2880	南行	右	2014. 10. 28	2015. 09. 15	図 2

2. 解析結果

長期ペアにおいて、湯釜北東付近を中心に衛星視線方向短縮の位相変化（最大約 5cm）が認められる。短期ペアでは、ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。

謝辞

本解析で用いた PALSAR-2 データは、火山噴火予知連絡会が中心となって進めている防災利用実証実験（通称火山 WG）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。

2015/07/22–2015/10/14
84 days

km
0 1

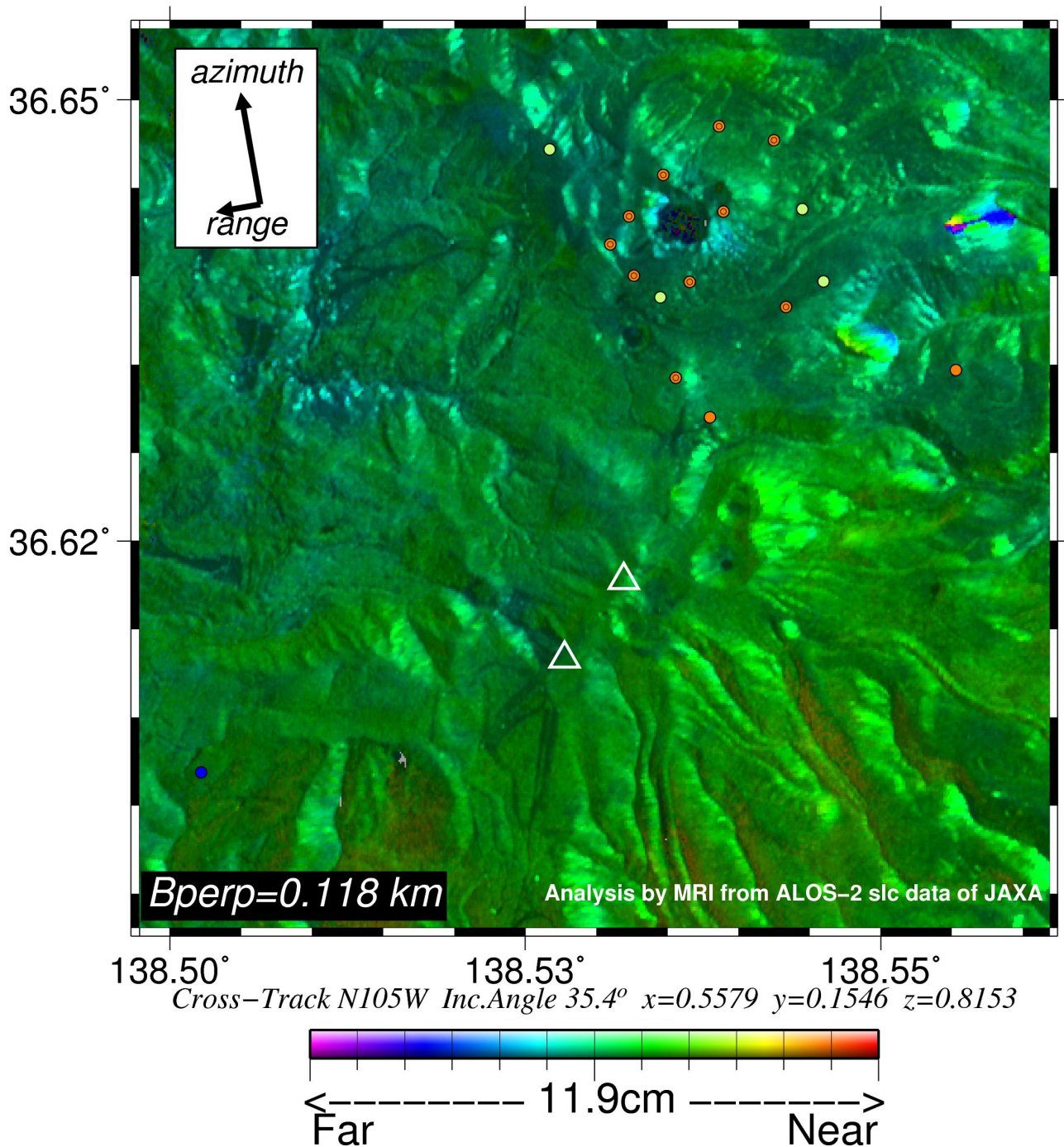


図 1 パス 120-760 の干渉解析結果

図中の丸印は GNSS 観測点（橙：気象庁，黄：東京工業大学，青：防災科学技術研究所，二重丸は繰り返し観測点）を示す。ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。

2014/10/28–2015/09/15
322 days

km
0 1

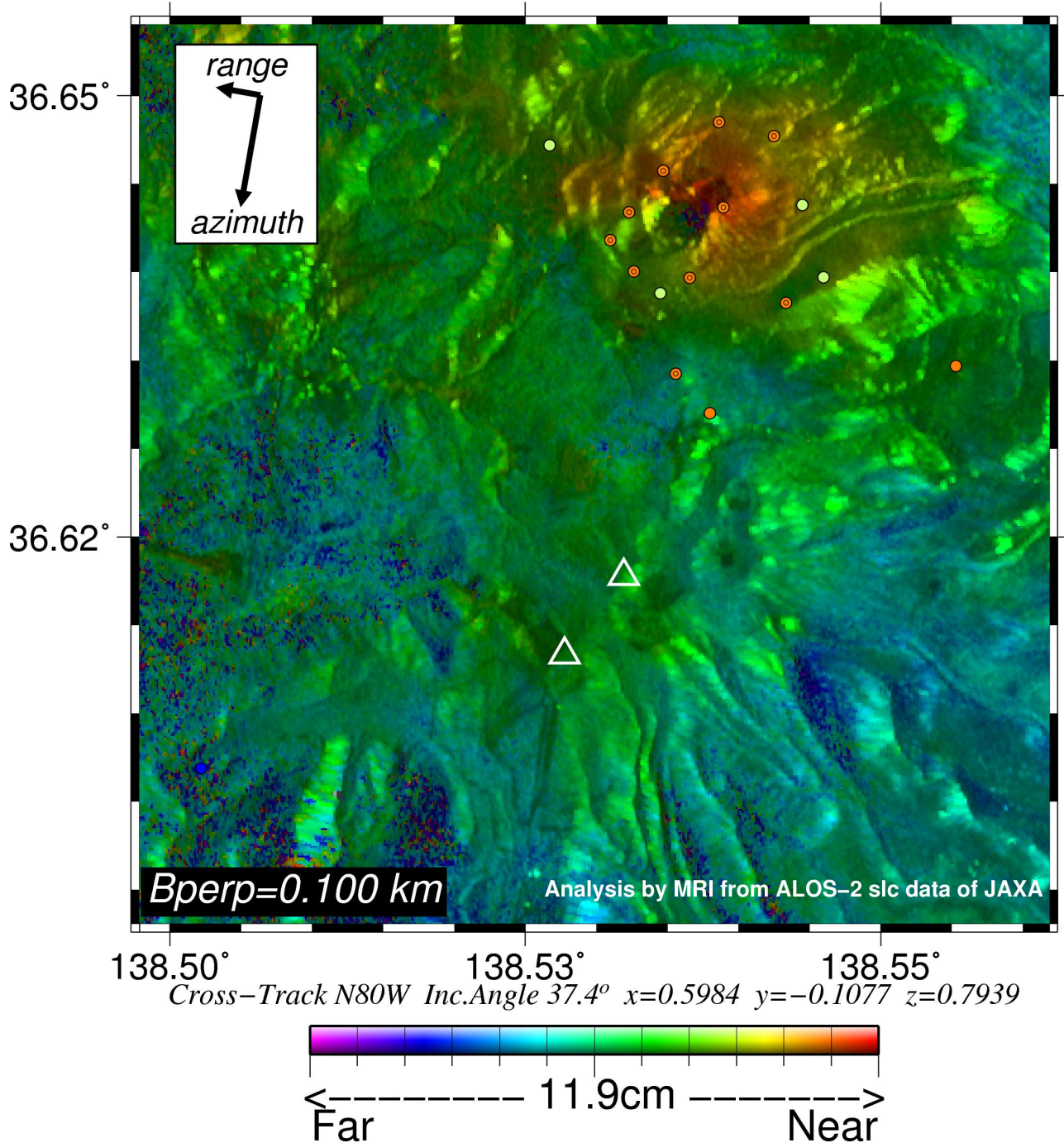


図 2 パス 19-2880 の干渉解析結果

凡例は図 1 に同じ。湯釜火口北東付近を中心に、衛星視線方向短縮の位相変化が認められる。

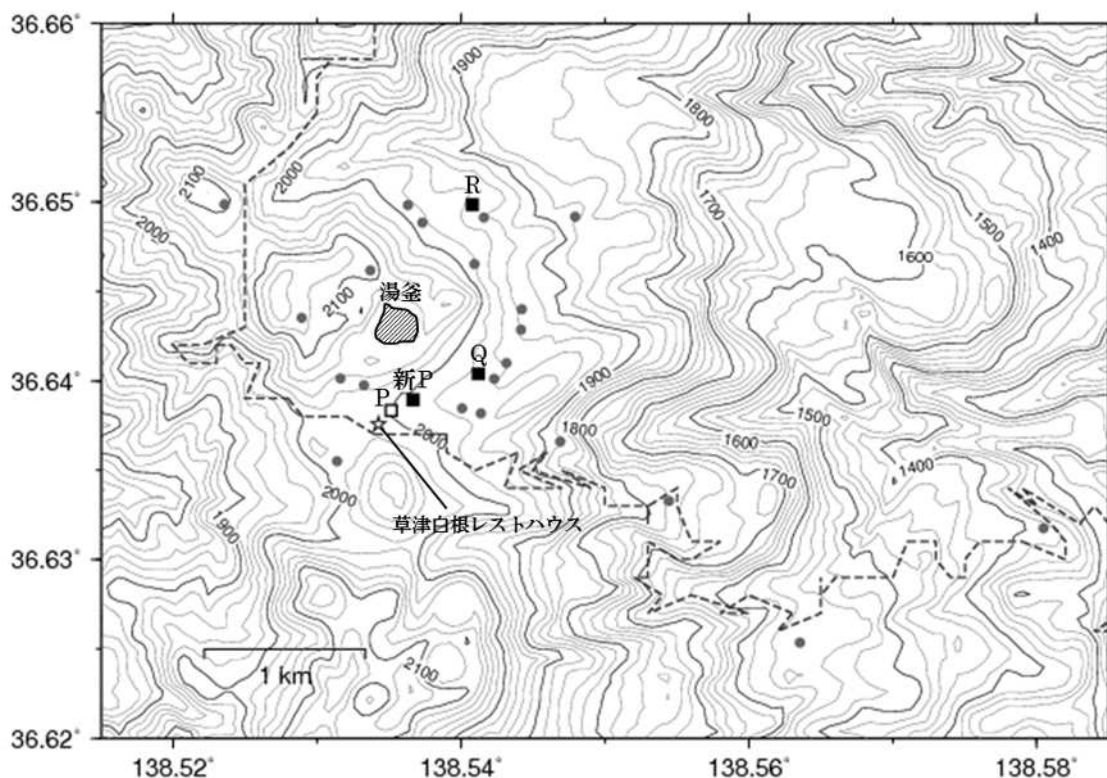
草津白根山における地磁気全磁力変化

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 点と全磁力繰返し観測点の配置図を示す。

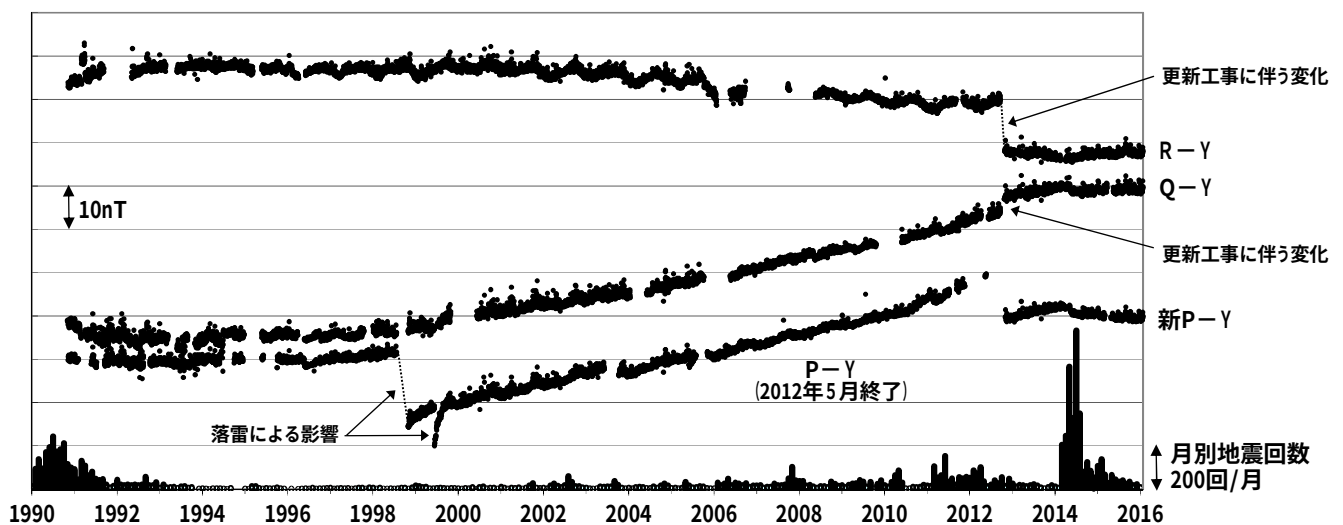
第 2 図～第 3 図に、八ヶ岳地球電磁気観測所(東京大学地震研究所、草津白根山から南方約 62 km)で観測された全磁力値を基準とした全磁力連続観測点の全磁力変化を示す。1996 年以降、湯釜近傍地下の岩石の再帯磁(冷却)によると考えられる全磁力変化(湯釜の南側の観測点で増加、北側で減少)が継続していたが、2014 年 5 月頃から小規模な熱消磁によるとみられる変化に転じ、2014 年 7 月頃からは停滞している。



第 1 図 草津白根山の全磁力観測点配置図

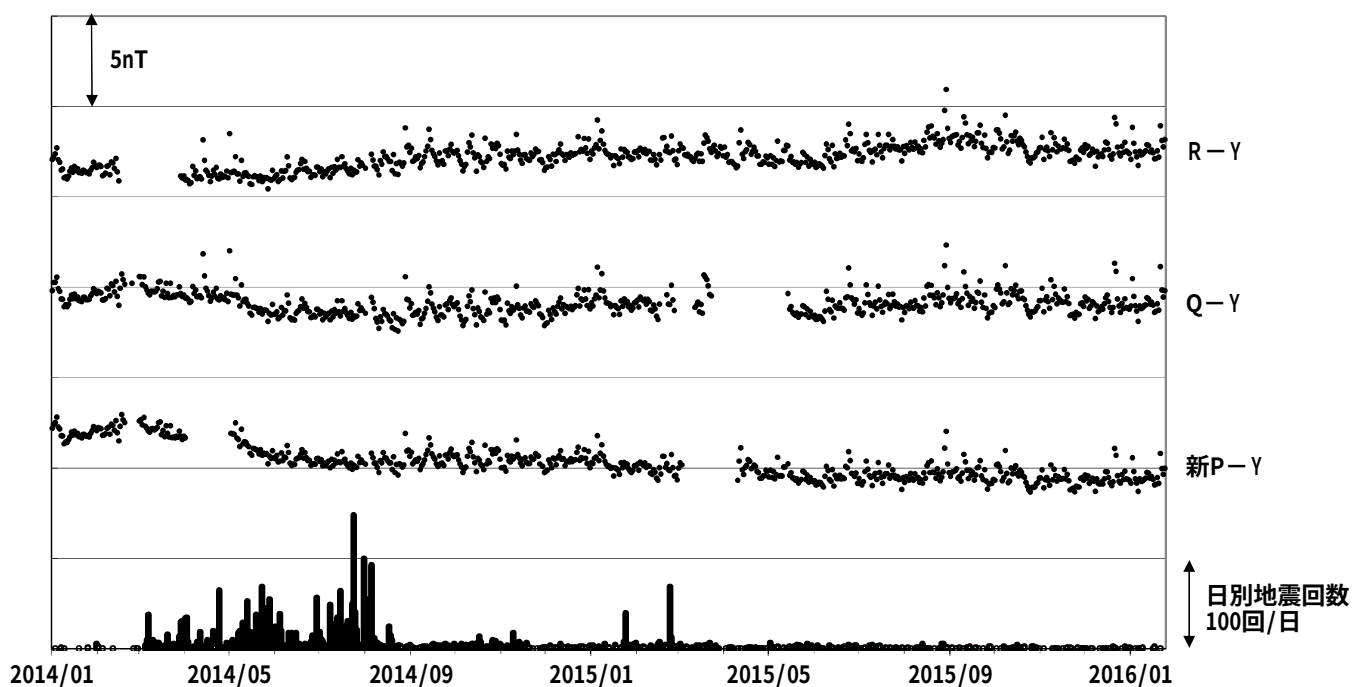
■：連続観測点(観測中) □：連続観測点(2012 年 5 月観測終了) ●：繰返し観測点

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 1 月 24 日）

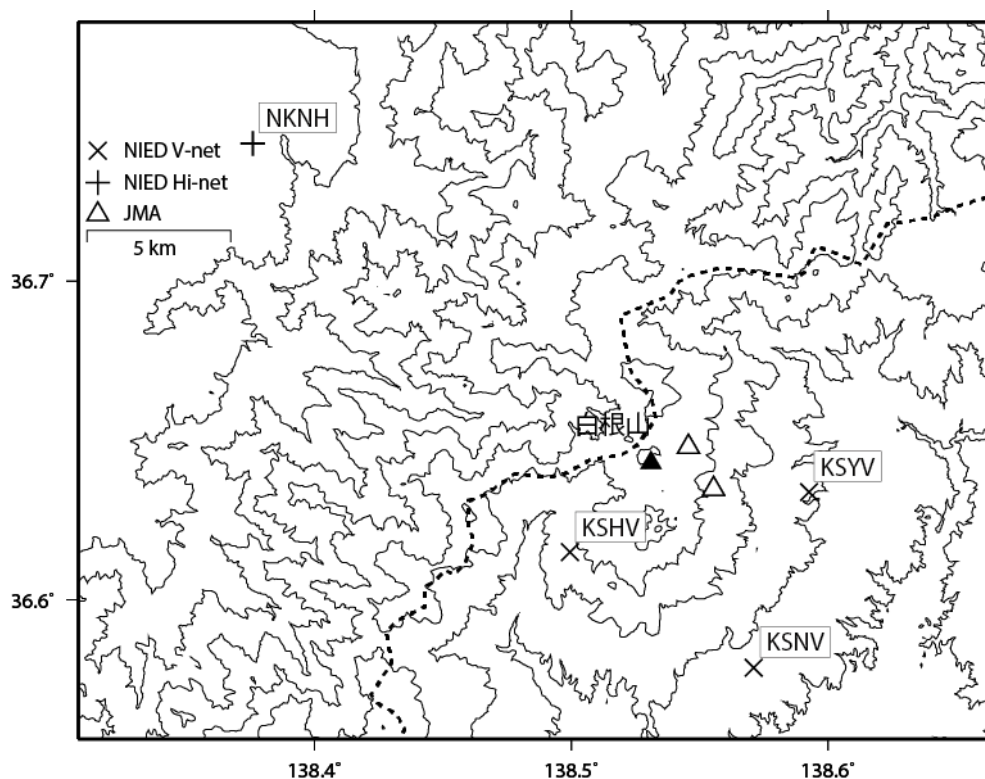
連続観測点 P、Q、R および新 P における八ヶ岳地球電磁気観測所(東京大学地震研究所)(Y)との全磁力の夜間日平均値差。最下段に草津白根山で観測された月別地震回数を示す。



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 1 月 24 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。

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

GNSS 観測から、2015 年 9 月頃から KSHV-950221 と KSHV-960591、KSHV-KSNV（図 3 上から 1, 2, 4 段目グラフ）では基線長の縮みが認められるが、季節変動の可能性はある。傾斜計観測からは、これらの GNSS 基線長変化に対応するような顕著な傾斜変動は認められなかった。

草津白根山の傾斜変動 (2012/4/1 ~ 2016/01/17)

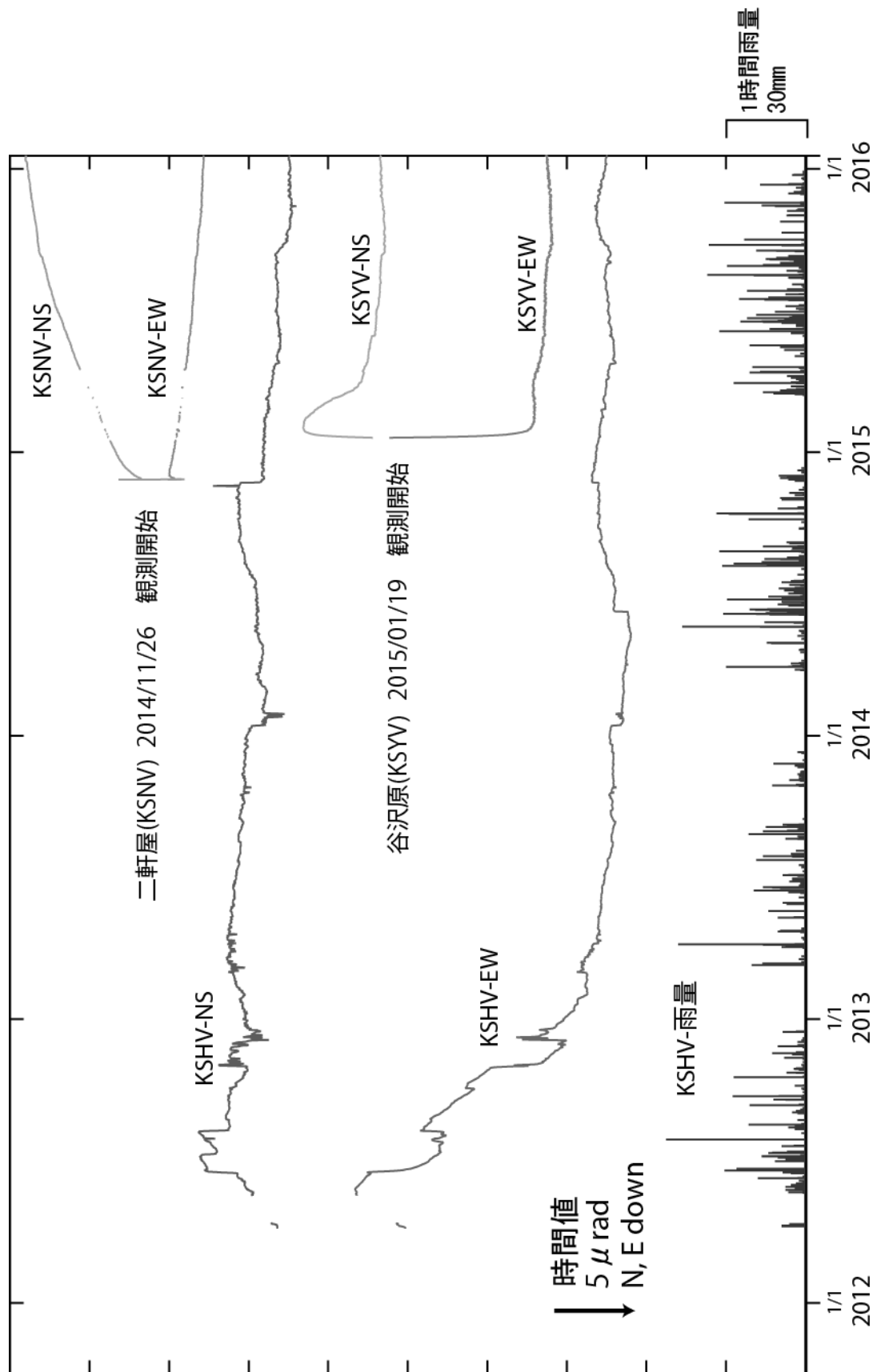


図 1 草津白根山の傾斜変動

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 9 月 1 日－2015 年 12 月 28 日の地殻変動【長野栄（0982）固定】

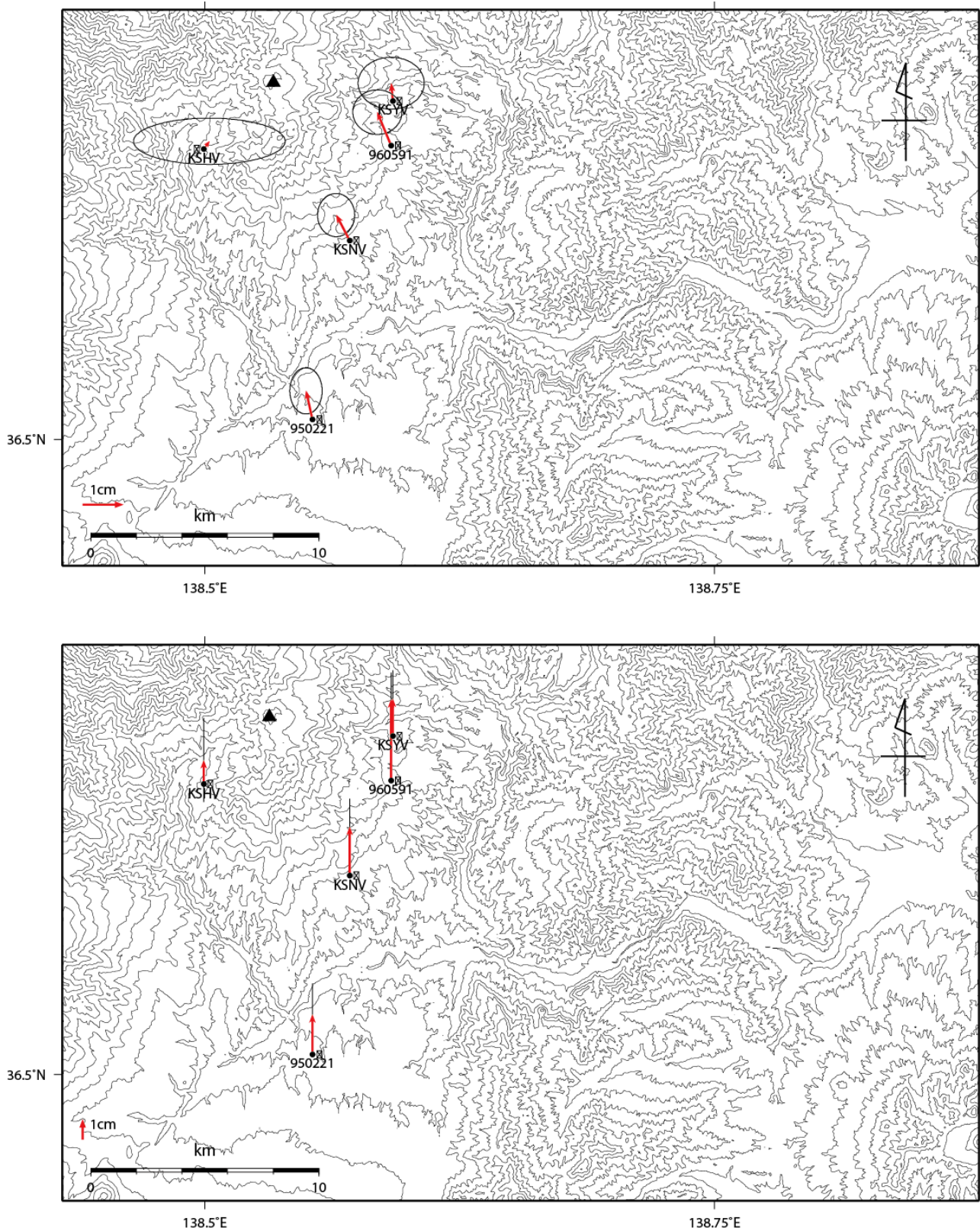


図 2、草津白根山の GNSS 解析結果ベクトル図

草津白根山

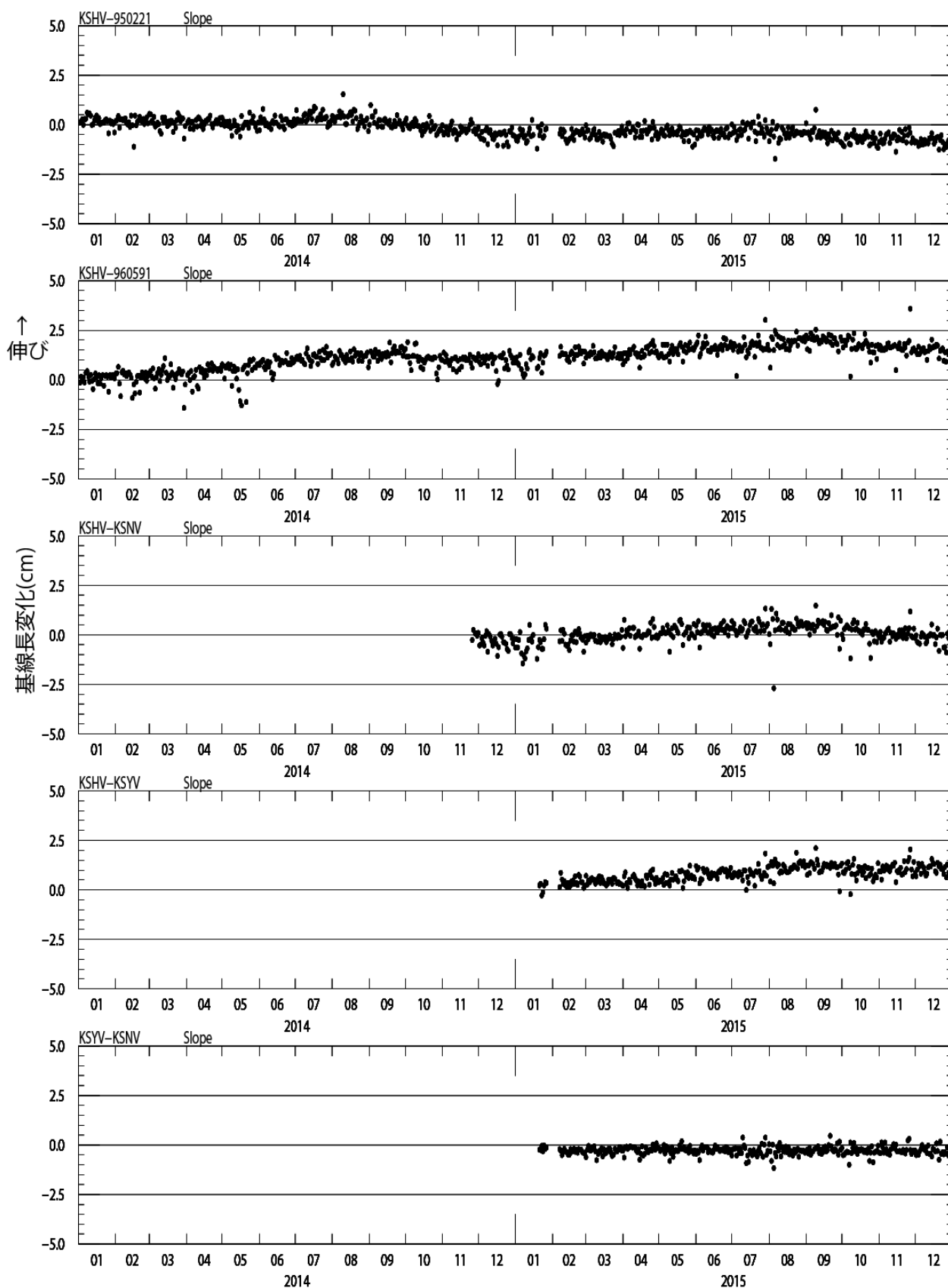


図 3. 防災科研・干俣観測点(KSHV)-GEONET3 観測点と、GEONET 長野栄観測点(0982)-GEONET 婦恋観測点(0221)の基線長変化。

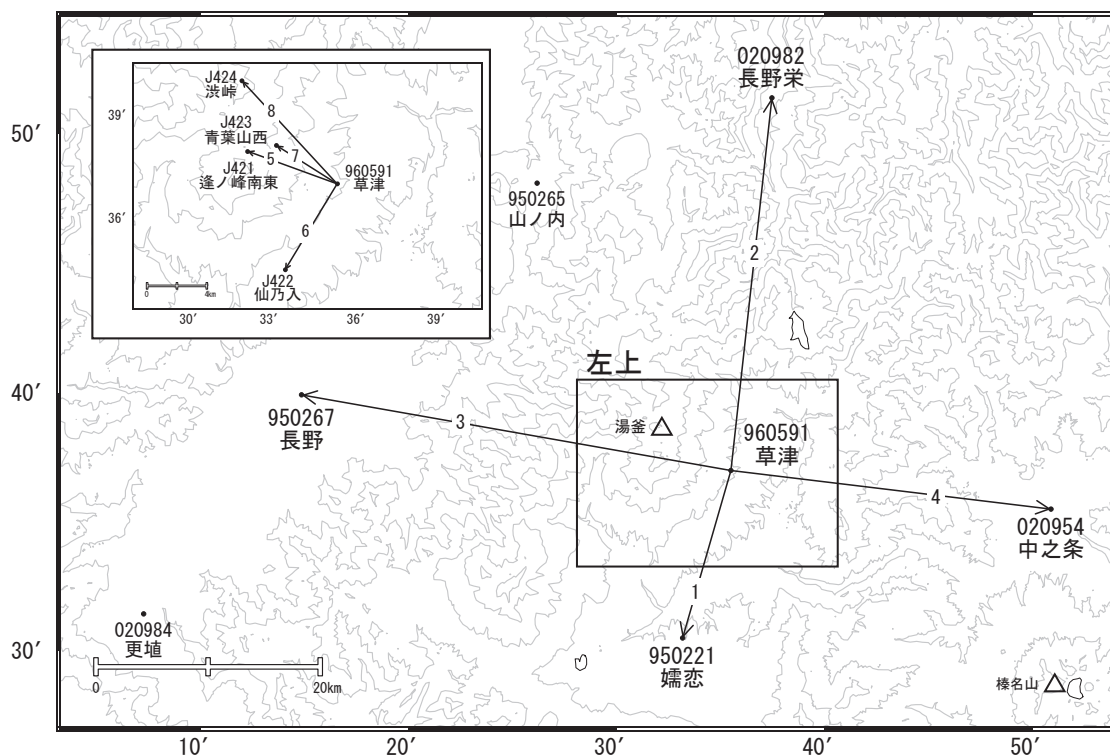
表1 GNSS観測履歴

観測点番号	観測点名	図中記号	日付	保守内容
	草津白根山千俣 (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

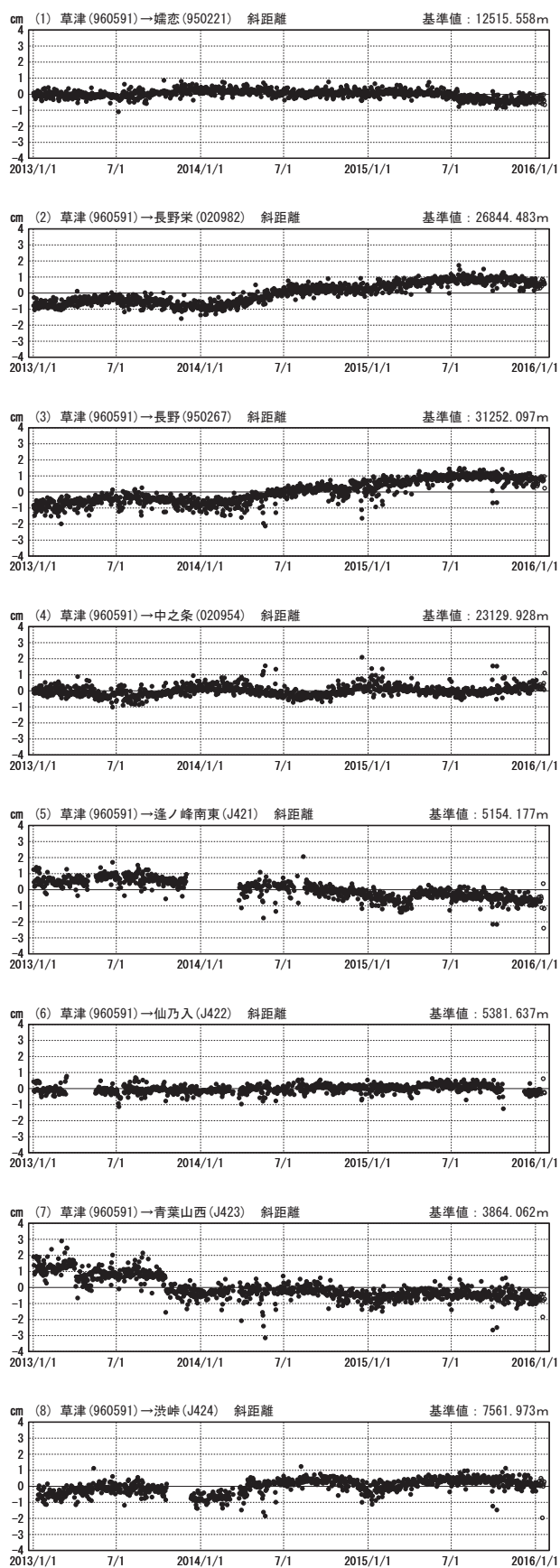


草津白根山周辺の各観測局情報

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

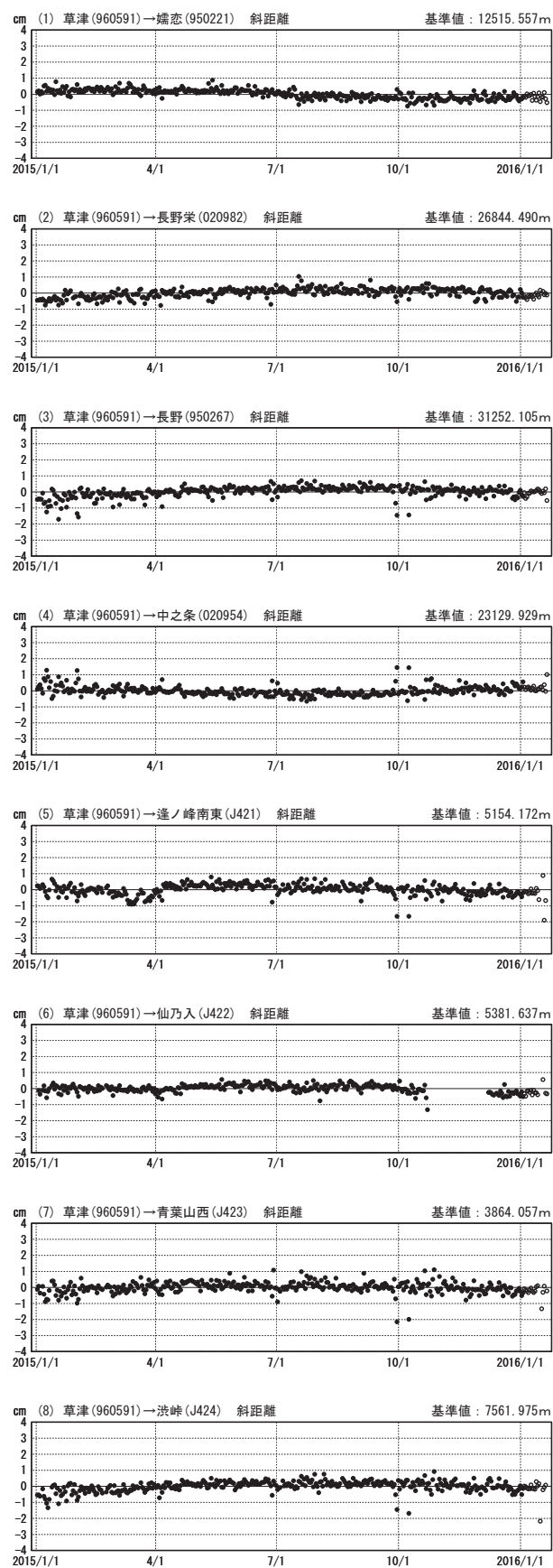
基線変化グラフ

期間：2013/01/01～2016/01/20 JST



基線変化グラフ

期間：2015/01/01～2016/01/20 JST

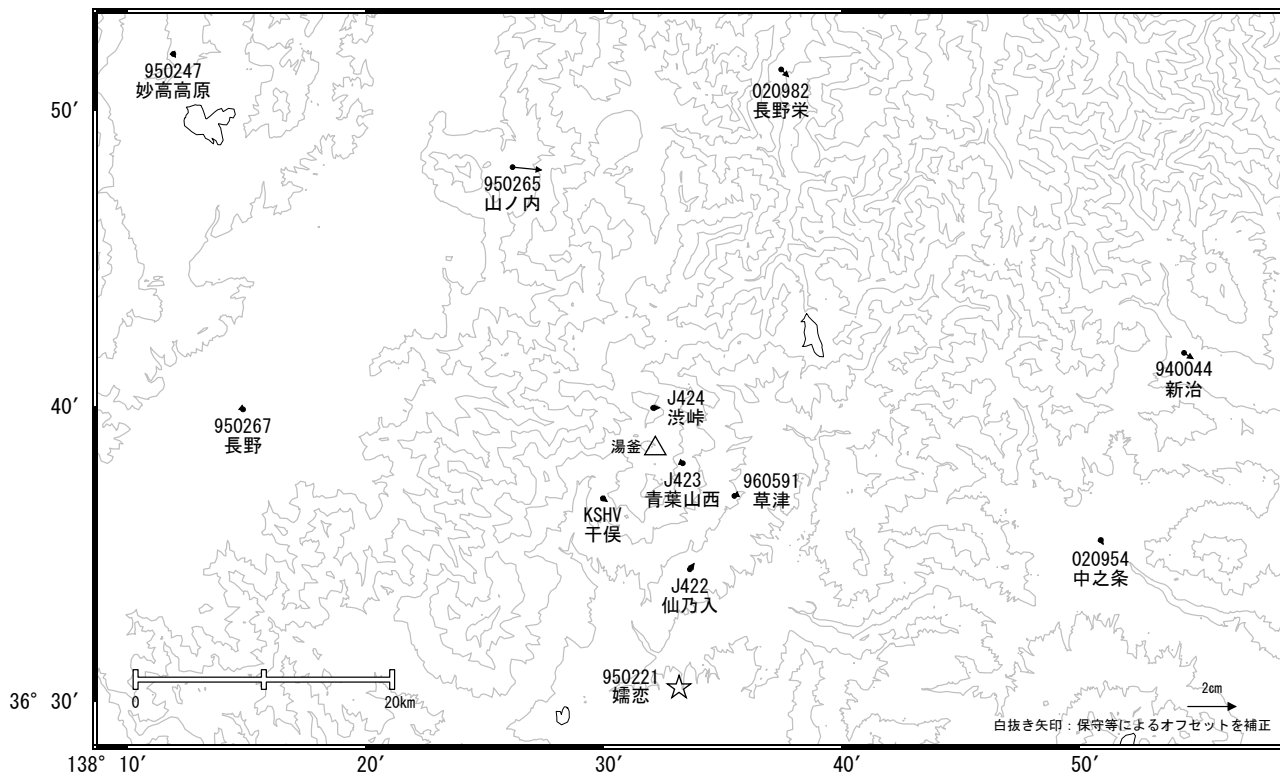


※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

草津白根山

草津白根山周辺の地殻変動(水平:3ヶ月)

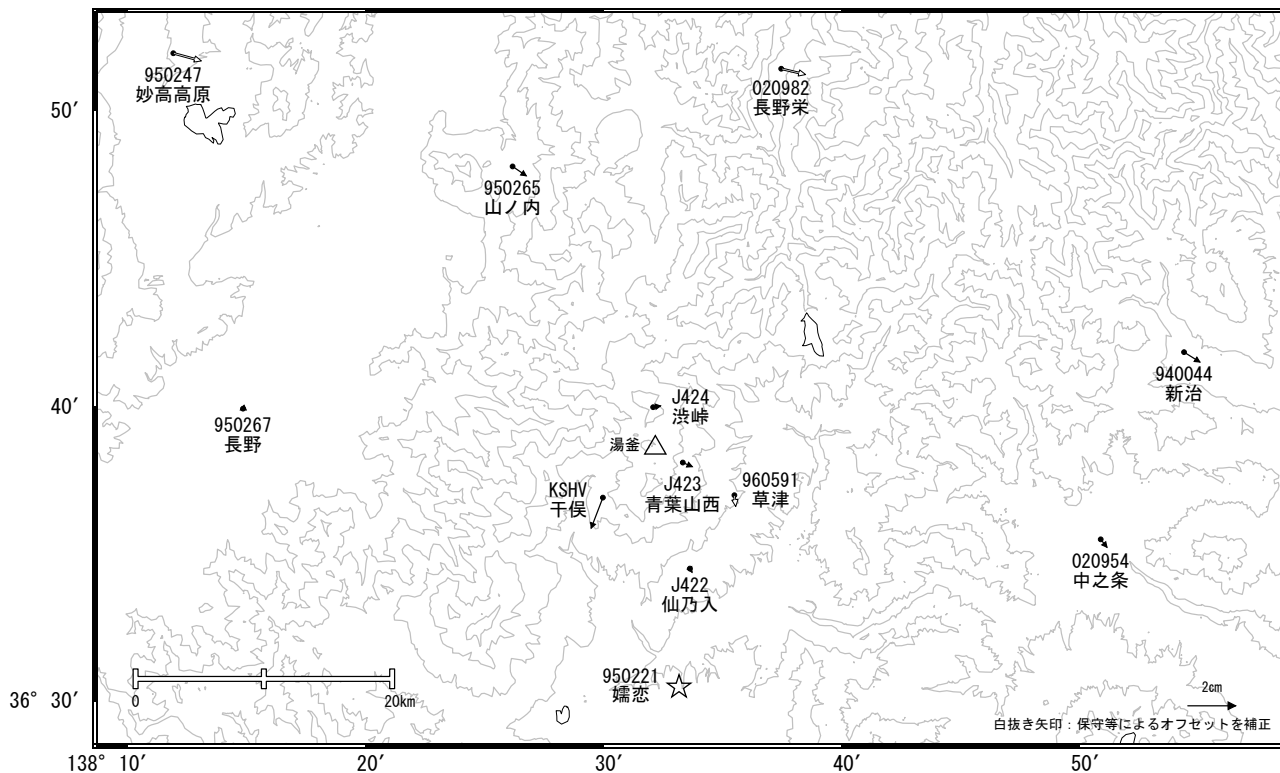
基準期間:2015/09/24~2015/10/03[F3:最終解]
比較期間:2015/12/24~2016/01/02[F3:最終解]



☆ 固定局: 嬬恋 (950221)

草津白根山周辺の地殻変動(水平:1年)

基準期間:2014/12/24~2015/01/02[F3:最終解]
比較期間:2015/12/24~2016/01/02[F3:最終解]



☆ 固定局: 嬬恋 (950221)

※[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

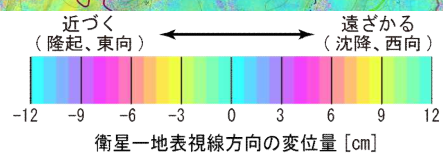
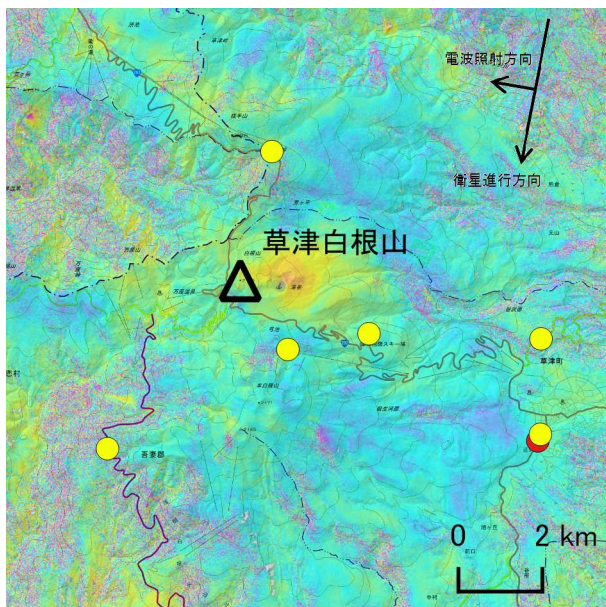
草津白根山

草津白根山の SAR 干渉解析結果について

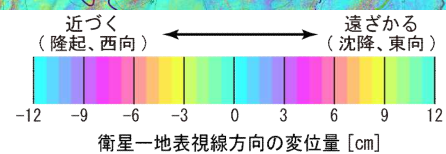
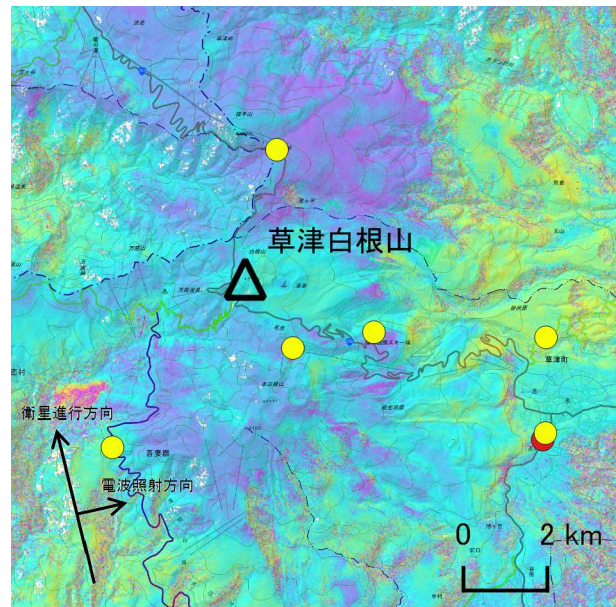
	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2014/10/28 2015/09/15 11:49 頃 (322 日間)	2015/06/07 2015/11/08 23:34 頃 (154 日間)
衛星進行方向	南行	北行
電波照射方向	右	右
観測モード*	U-U	U-U
入射角(中心)	36.4°	33.3°
偏波	HH	HH
垂直基線長	-100 m	+15 m
使用 DEM	GSI10m DEHMLJapan (飛田, 2009)	GSI10m DEHMLJapan (飛田, 2009)

*U: 高分解能(3m)モード

(a) 2014/10/28-2015/09/15



(b) 2015/06/07-2015/11/08



● 国土地理院 GNSS 観測点

背景：地理院地図 標準地図

● 国土地理院以外の GNSS 観測点

判読)

- ・ノイズレベルを超える変動は見られない。

解析：国土地理院 原初データ所有：JAXA

草津白根山