

第 133 回 火山噴火予知連絡会資料

(その 5 の 2)

蔵王山、吾妻山

平成 27 年 10 月 21 日

火山噴火予知連絡会資料（その5の2）

目次

蔵王山.....	3
気象庁 3-16	
東北大 17-22	
地理院 23-25	
吾妻山.....	26
気象庁 26-47（気象研 43-47）	
東北大 48-52	
地理院 53-58	

蔵 王 山

(2015 年 9 月 30 日現在)

2015 年 4 月以降増加していた御釜付近が震源と推定される火山性地震は、5 月下旬から 6 月中旬までは少ない状態で経過した。6 月 17 日から 7 月 3 日にかけて多い状態となったが、7 月 4 日以降は少ない状態で経過した。

2013 年以降、火山性地震の増加や火山性微動の発生が観測されており、2014 年 10 月頃から 2015 年 7 月頃にかけてわずかな膨張を示す地殻変動が観測されるなど、長期的にみると火山活動はやや高まった状態にあるので、今後の火山活動の推移に注意が必要。

火山性地震は 5 月下旬から 6 月中旬までは少ない状態で経過し、火山性微動も 5 月 17 日を最後に観測されていない。また、これまでに行った現地調査や上空からの観測等では、御釜周辺と丸山沢噴気地熱地帯をはじめ想定火口域（馬の背カルデラ）内に特段の変化は確認されていないことから 6 月 16 日に噴火予報を発表し、火口周辺警報（火口周辺危険）から噴火予報（活火山であることに留意）に引下げた。その後予報事項に変更はない。

○概況（2015 年 6 月～9 月 30 日）

・噴気等の表面現象の状況（第 1～6 図）

遠刈田温泉遠望カメラ及び上山金谷遠望カメラ、刈田岳火口カメラによる観測では、御釜の状況に特段の変化は認められなかった。

7 月 7 日及び 9 月 30 日に実施した現地調査では、御釜とその周辺に噴気及び地熱域¹⁾はみられなかった。また、丸山沢の地熱や噴気の状況は、前回（2014 年 10 月 9 日）と比較して特段の変化はみられなかった。振子沢では以前（1965 年頃）見られた温泉湧出箇所から 28℃以上の湧水を確認した。

・地震活動（第 7～11 図）

4 月 7 日以降増加していた御釜付近が震源と推定される規模の小さな火山性地震は、5 月下旬から 6 月中旬まで少ない状態で経過した。6 月中旬から 7 月上旬にかけて火山性地震は比較的多い状態となったが、その後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。

2015 年 6 月以降発生した火山性地震の長周期成分のエネルギーは小さなものであった。

2013 年以降、山体浅部の火山性地震と御釜の東から南東数 km、深さ 20～40km 付近を震源とする深部低周波地震がやや多い状態で経過している。

1) 赤外熱映像装置による。

・ **地殻変動（第 12～14 図、第 16 図、第 17 図）**

坊平観測点の傾斜計では、長期的に南東上がりの変化がみられている。

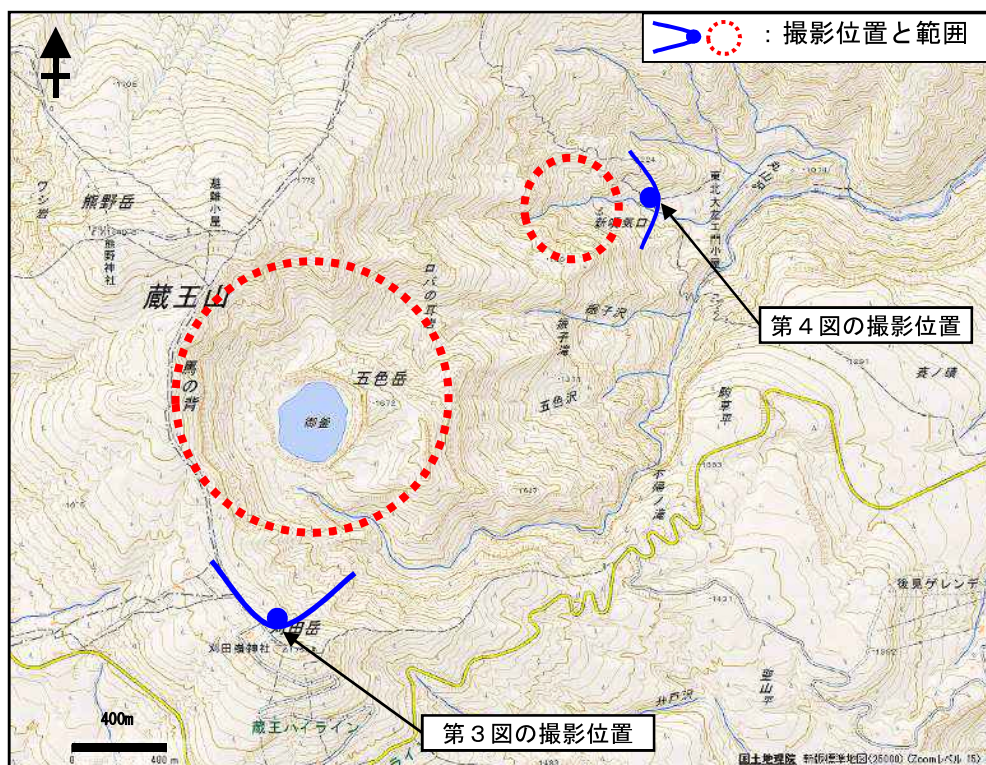
7 月 7 日から 9 日にかけて実施した GNSS 繰り返し観測では、2014 年と比較して御釜周辺の基線で伸びの変化がみられた。また、GNSS 連続観測では、一部の基線で 2014 年 10 月以降わずかな膨張を示す変化がみられていたが、2015 年 7 月頃から停滞している。

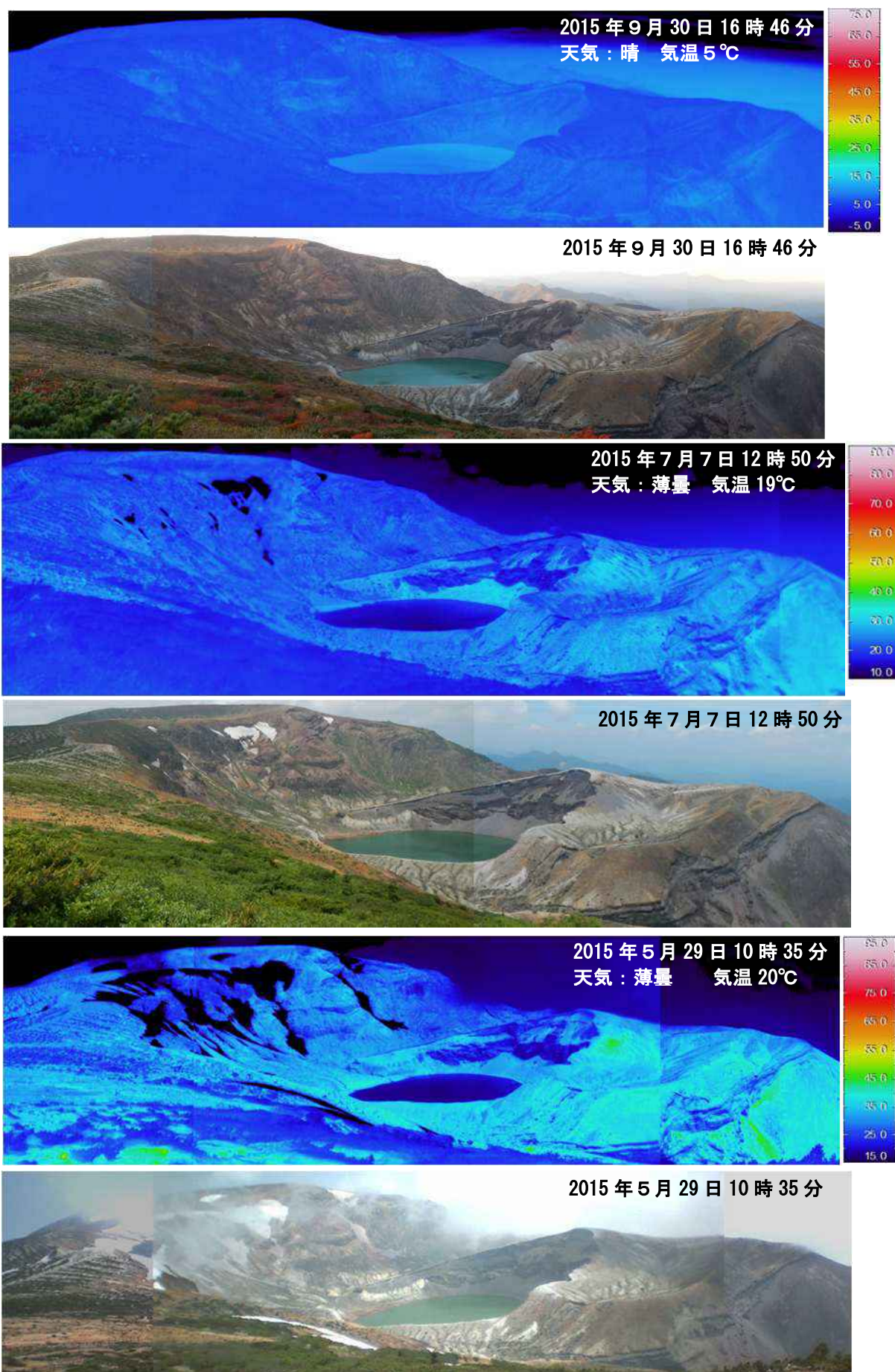


第 1 図 蔵王山 山頂部の状況 (9 月 21 日)

- ・左上図：遠刈田温泉遠望カメラ (山頂の東約 13km) による。
- ・右上図：上山会谷遠望カメラ (山頂の西約 13km) による。
- ・左下図：刈田岳火口カメラ (山頂の南約 1 km) による。

注) 御釜から噴気が噴出した場合、共に高さ 200m 以上のときに観測される。

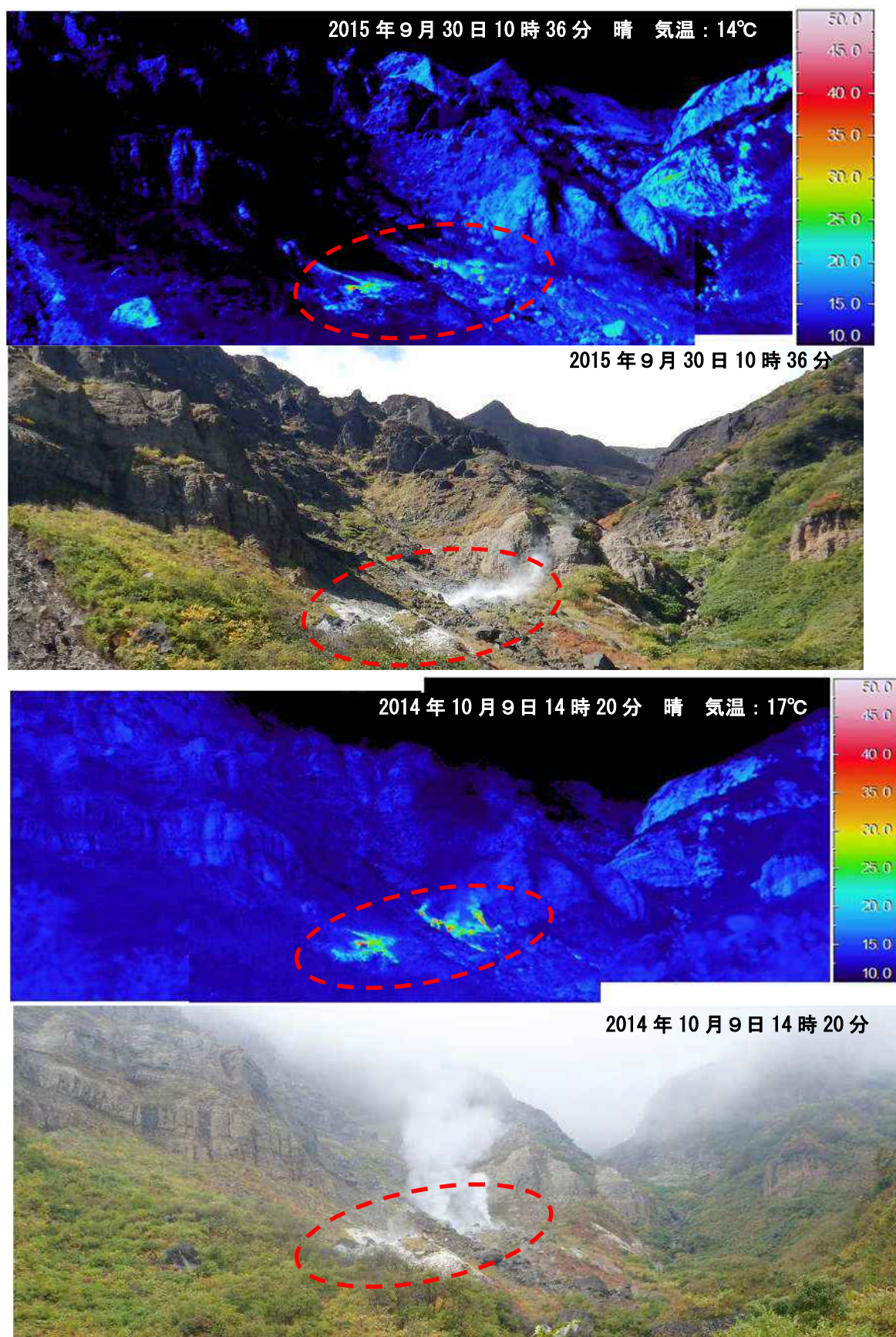
第 2 図 蔵王山 御釜周辺の写真と地表面温度分布¹⁾ 撮影位置及び範囲



第 3 図 蔵王山 南方向から撮影した御釜周辺の状況と地表面温度分布

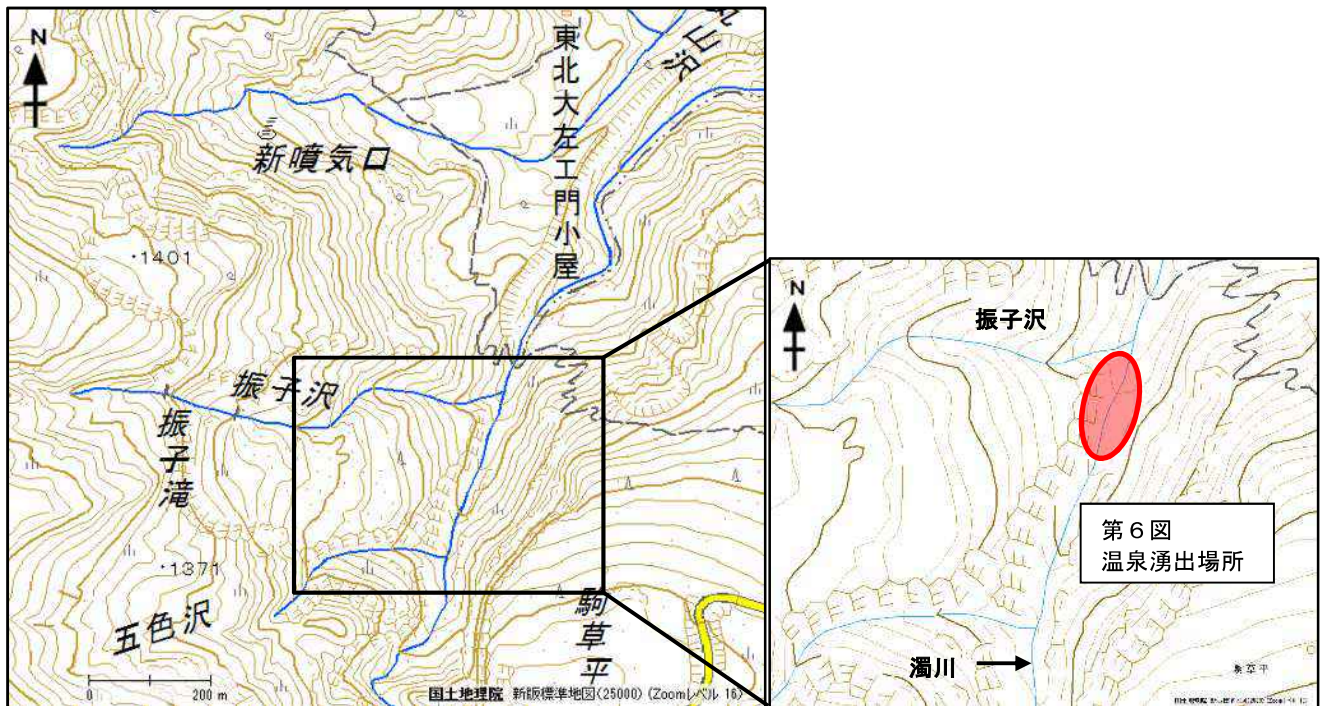
・御釜周辺に、特段の変化は認められなかった。

(※周囲より温度の高い部分は、岩等が日射により温められたことによるものと推定される。)



第 4 図 蔵王山 東方向から撮影した丸山沢の状況と地表面温度分布

- ・地熱域（赤破線内）や噴気の状況に特段の変化は認められなかった。
- ・前回の噴気量が多くみえるが、気温や湿度等の気象要因によるものと推定される。
（※地熱域以外で周囲より温度の高い部分は、岩等が日射により温められたことによるものと推定される。）

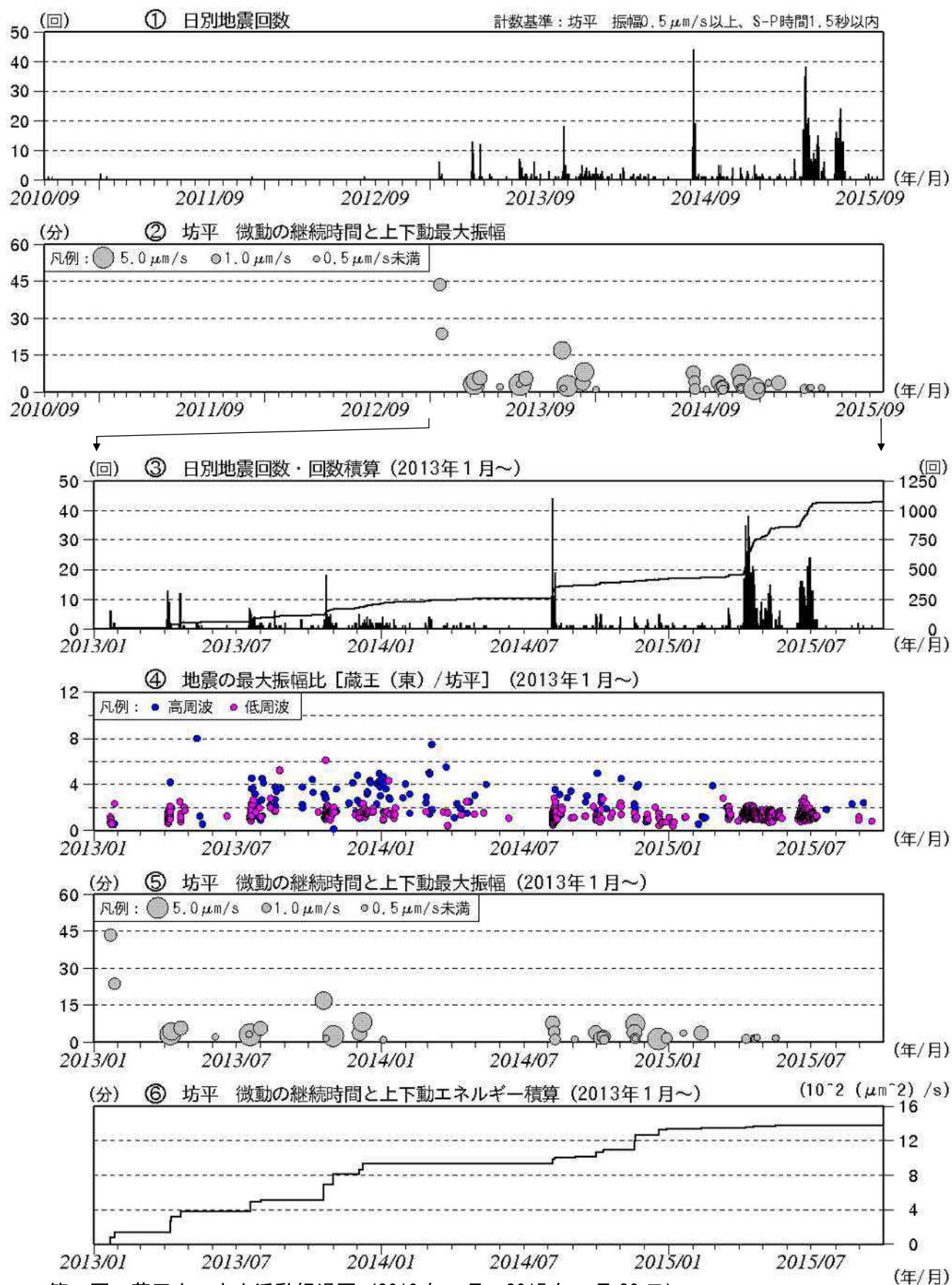


第 5 図 振子沢付近の温泉湧出箇所



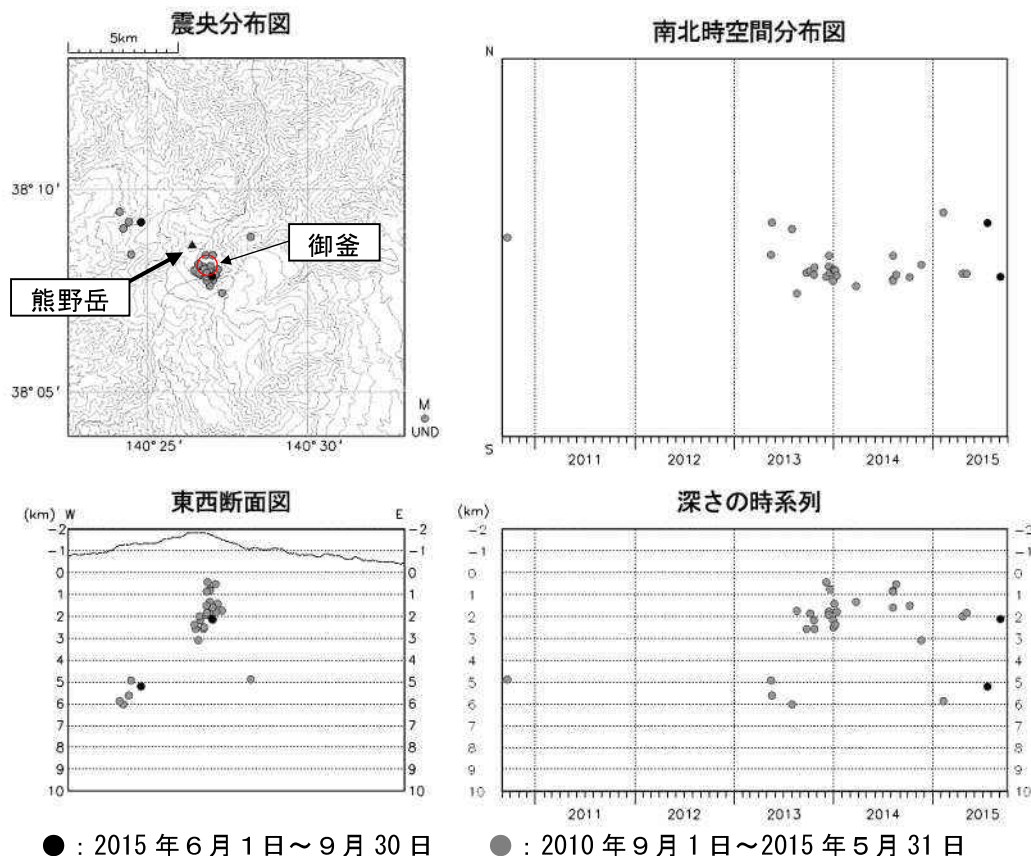
第 6 図 蔵王山 東から撮影した振子沢付近の温泉湧出箇所及び水温

・水温に異常は認められない。



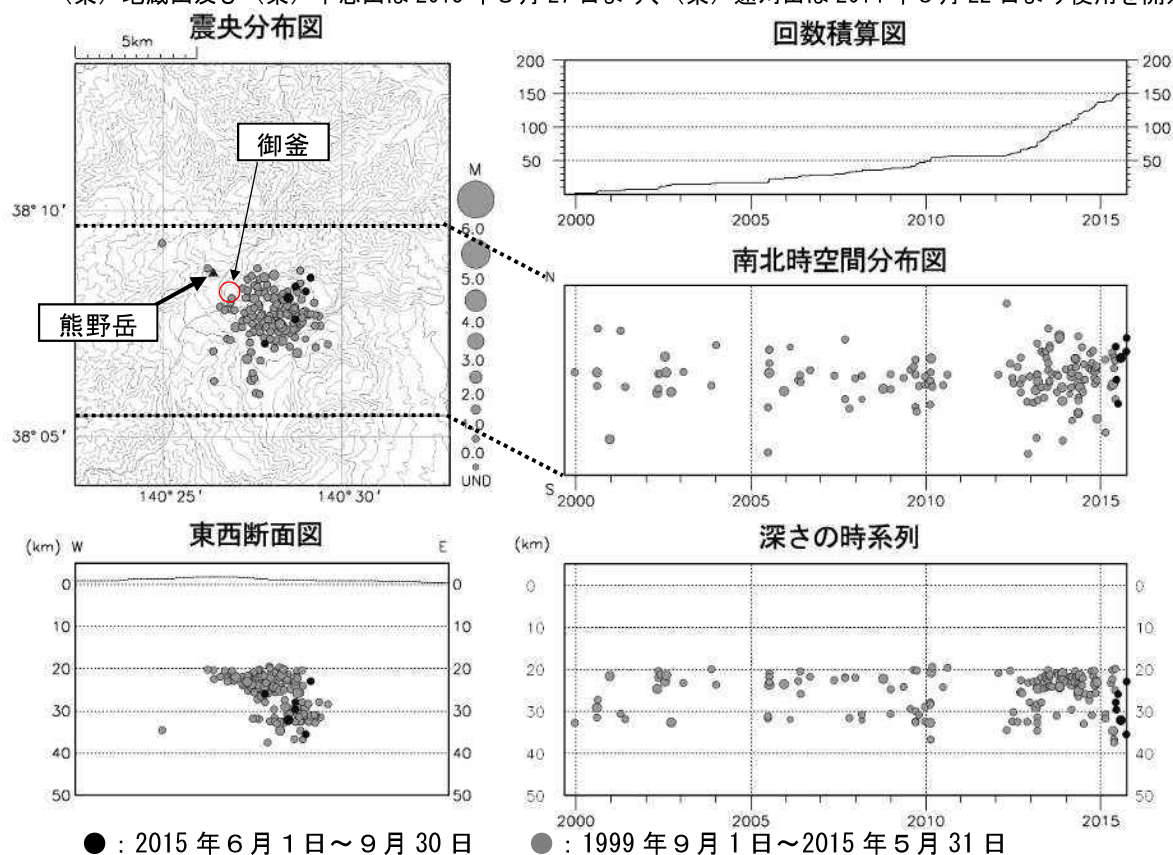
第7図 蔵王山 火山活動経過図 (2010年9月～2015年9月30日)

- ・2010年9月1日から観測開始。
- ・2015年6月17日から7月3日にかけて火山性地震が多い状態となった。
- ・火山性微動は観測されなかった。



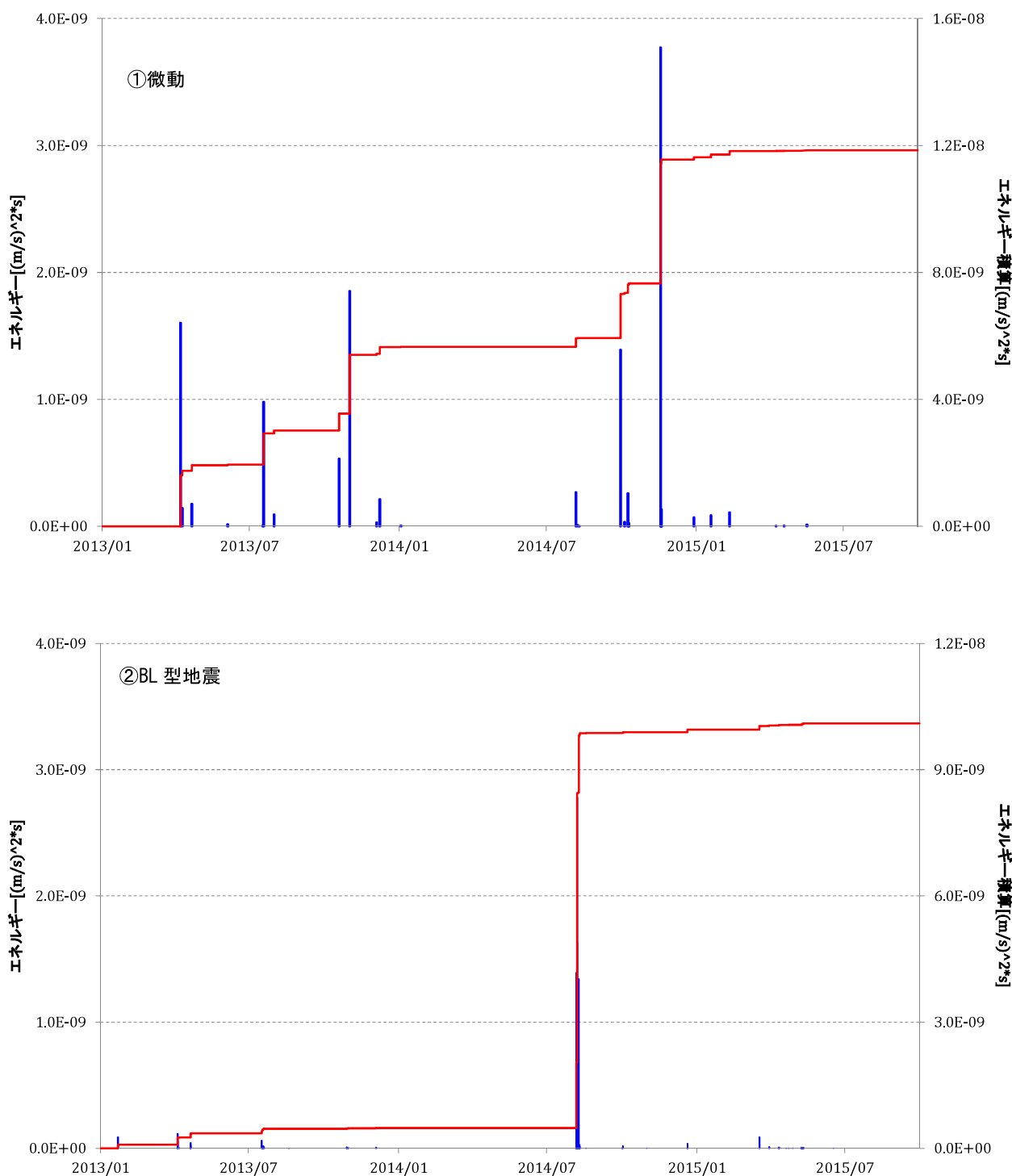
第 8 図 蔵王山 地震活動 (2010 年 9 月 ~ 2015 年 9 月 30 日)

- ・表示条件：相数 7 数以上、深さフリーで決まった地震
- ・速度構造：成層構造を使用
- ・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。
- ・(東) 地蔵山及び (東) 不忘山は 2013 年 8 月 27 日より、(東) 遠刈田は 2014 年 9 月 22 日より使用を開始した。



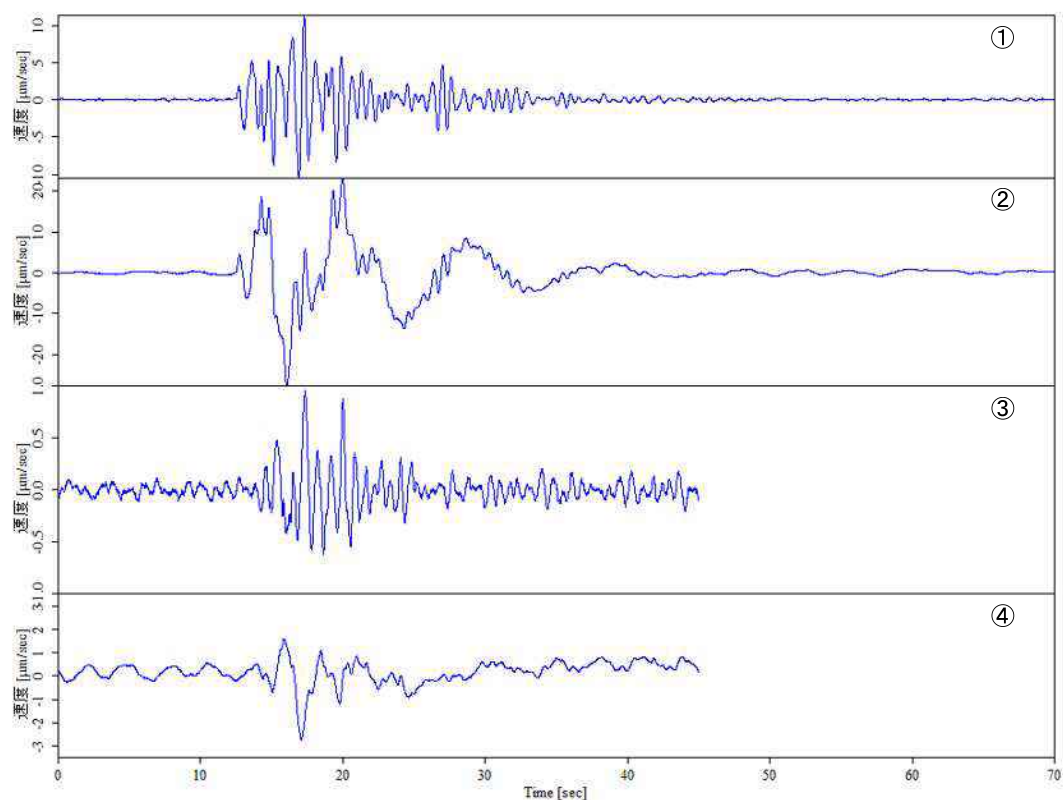
第 9 図 蔵王山 一元化震源による深部低周波地震活動 (1999 年 9 月 ~ 2015 年 9 月 30 日)

- 注) 2001 年 10 月以降、検知能力が向上している。
- ・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。
 - ・2013 年頃から、深さ 20~40km 付近の深部低周波地震がやや増加している。



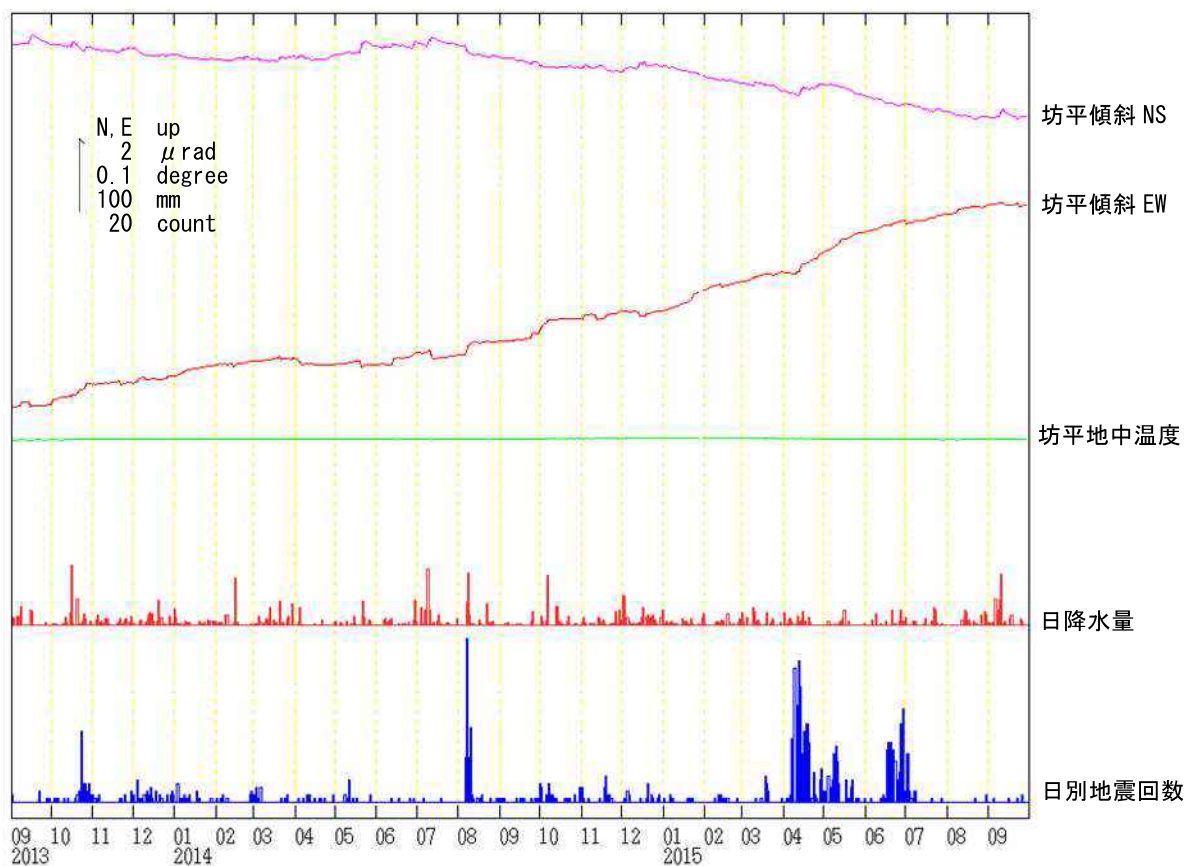
第 10 図 蔵王山 坊平観測点（上下成分）における火山性地震（BL 型）及び火山性微動のエネルギーとその積算（2013 年 1 月～2015 年 9 月 30 日）

- ・坊平短周期地震計を 30 秒計相当の地震計に変換した後、BPF0.05-0.50Hz をかけ、振幅二乗積算値を計算した。2015 年 1 月 19 日の微動のみ坊平観測点の広帯域地震計を使用した。
- ・波形の立ち上がり前 50 秒間のタイムウィンドウでノイズレベルを計算しノイズ分除去した。負の値となった場合、エネルギーは 0 とした。また、正の値となった場合でも、BL 波形部分に長周期波形を描いていない場合のエネルギーも 0 とした。
- ・青棒が地震、微動ごとのエネルギー（左軸）、赤線が積算エネルギー（右軸）を示す。
- ・2014 年 8 月頃の微動には長周期成分のエネルギーは小さいが、BL 型地震の長周期成分のエネルギーは大きいことが分かる（2014 年 8 月頃の BL 型地震の長周期成分のエネルギーだけで全微動の長周期成分のエネルギーの 7～8 割程）。
- ・2015 年以降、長周期成分のエネルギーは小さいことが分かる。



第 11 図 蔵王山 坊平観測点における長周期振動波形例

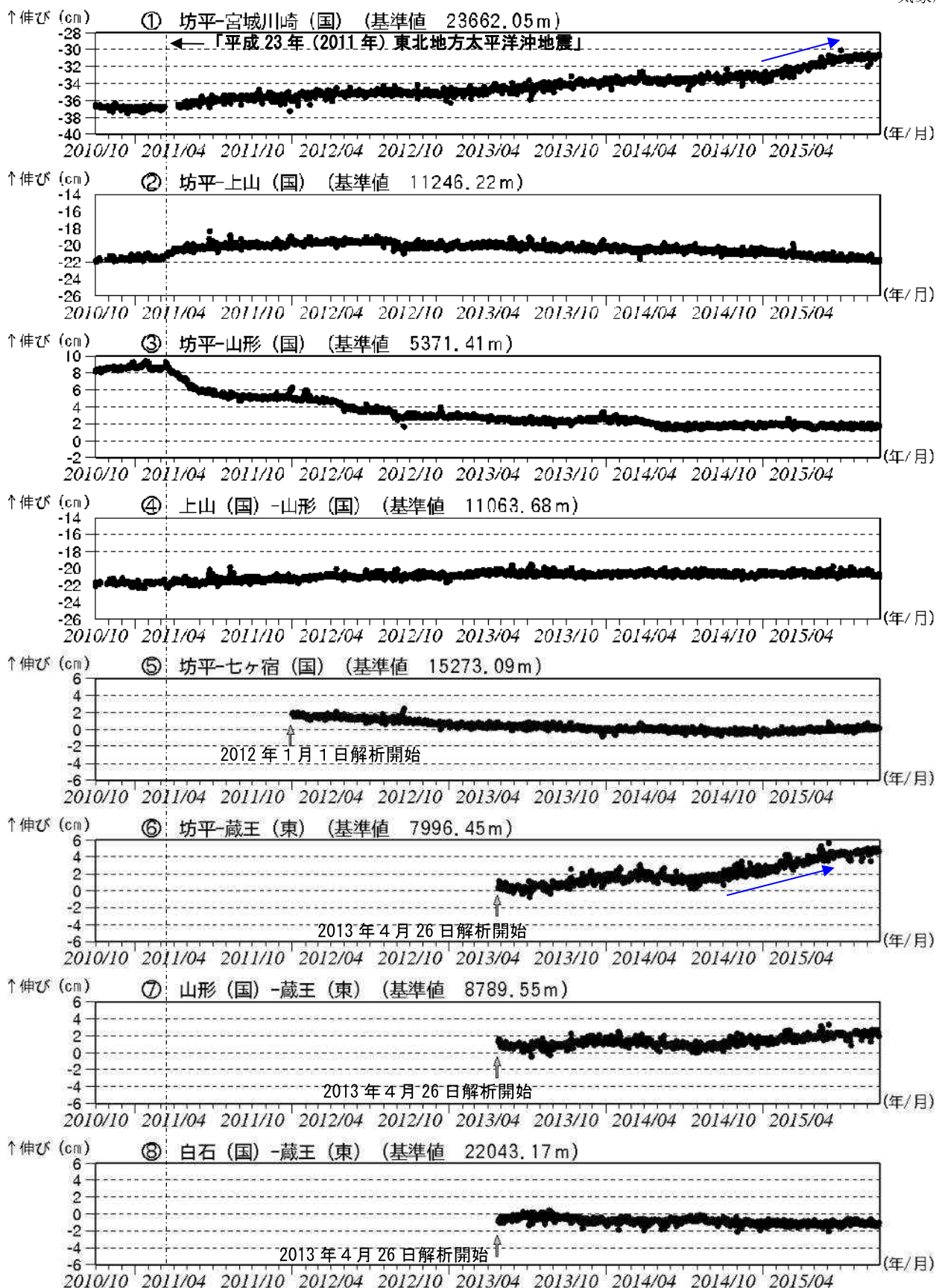
(①② : 2014 年 8 月 6 日 23 時 00 分頃の BL 型地震、③④ : 2015 年 5 月 10 日 22 時 45 分頃の BL 型地震)
 ・ ①③は短周期地震計速度波形、②④は短周期地震計を 30 秒計相当の地震計に変換した速度波形を示す。



第 12 図 蔵王山 坊平観測点における傾斜変動

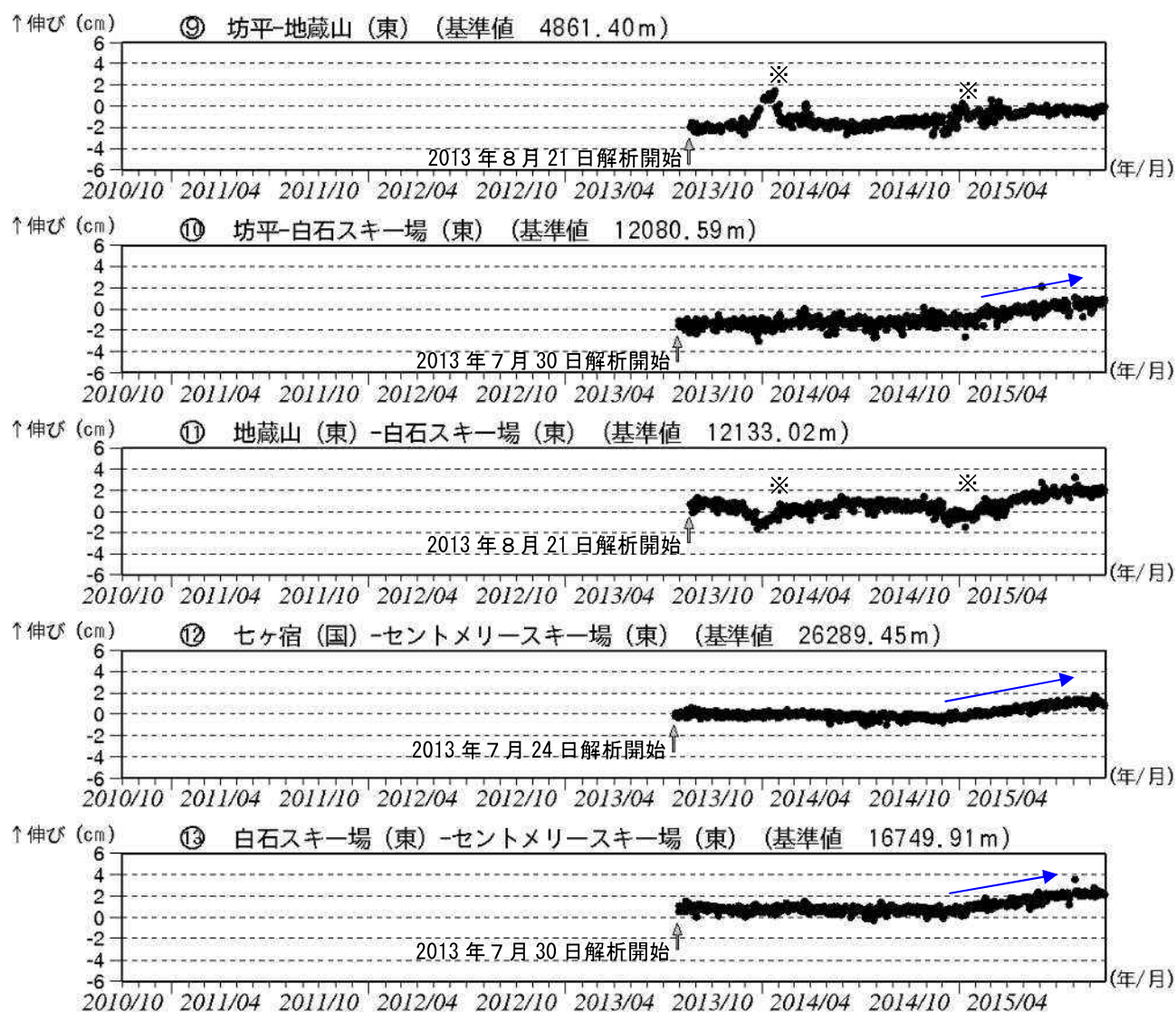
(2013 年 9 月 1 日～2015 年 9 月 30 日、時間値、潮汐補正済み)

- ・ 2011 年以降の長期的な南東上がりの傾斜変動が継続している。
- ・ 日別降水量は山形地方気象台の値を示す。



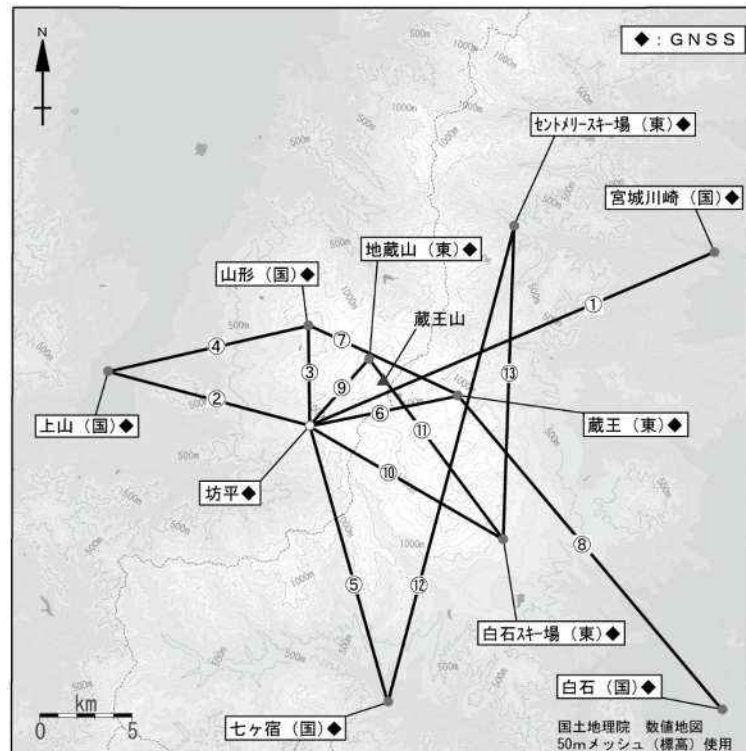
第 13-1 図 蔵王山 GNSS 基線長変化図 (2010 年 10 月～2015 年 9 月 30 日)

- ・2011 年 3 月 11 日以降の変動は、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。
- ・東北地方太平洋沖地震に伴うステップを補正している。
- ・解析に際しては対流圏補正と電離層補正を行っている。
- ・①～⑧は第 14 図の GNSS 基線①～⑧に対応。(国)：国土地理院、(東)：東北大学
- ・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。
- ・一部の基線で 2014 年 10 月以降わずかな膨張を示す変化がみられていたが (青矢印)、2015 年 7 月頃から停滞している。



第 13-2 図 蔵王山 GNSS 基線長変化図 (2010 年 10 月～2015 年 9 月 30 日)

- ・解析に際しては対流圏補正と電離層補正を行っている。
 - ・⑨～⑬は第 14 図の GNSS 基線⑨～⑬に対応。(国)：国土地理院、(東)：東北大学
 - ・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。
 - ・一部の基線で 2014 年 10 月以降わずかな膨張を示す変化がみられていたが (青矢印)、2015 年 7 月頃から停滞している。
- ※は、アンテナへの着雪による変化と考えられる。

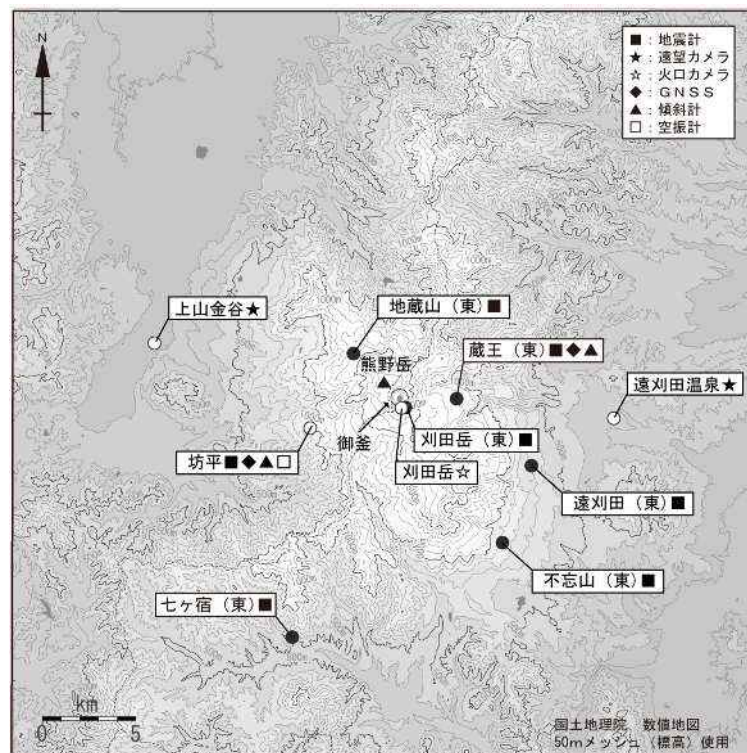


第 14 図 蔵王山 GNSS 観測点配置図

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。

GNSS 基線①～⑬は第 13 図の①～⑬に対応。

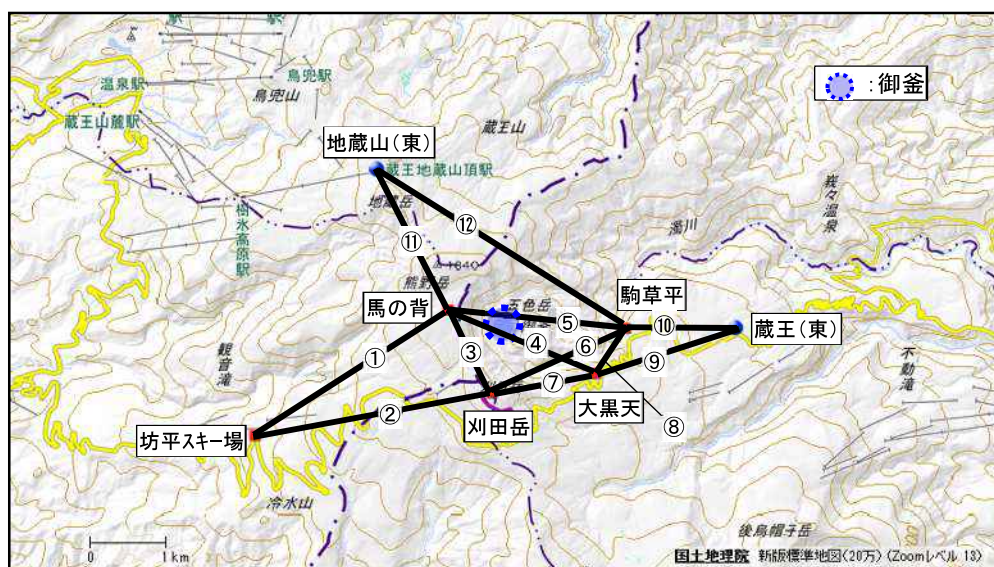
(国): 国土地理院 (東): 東北大学



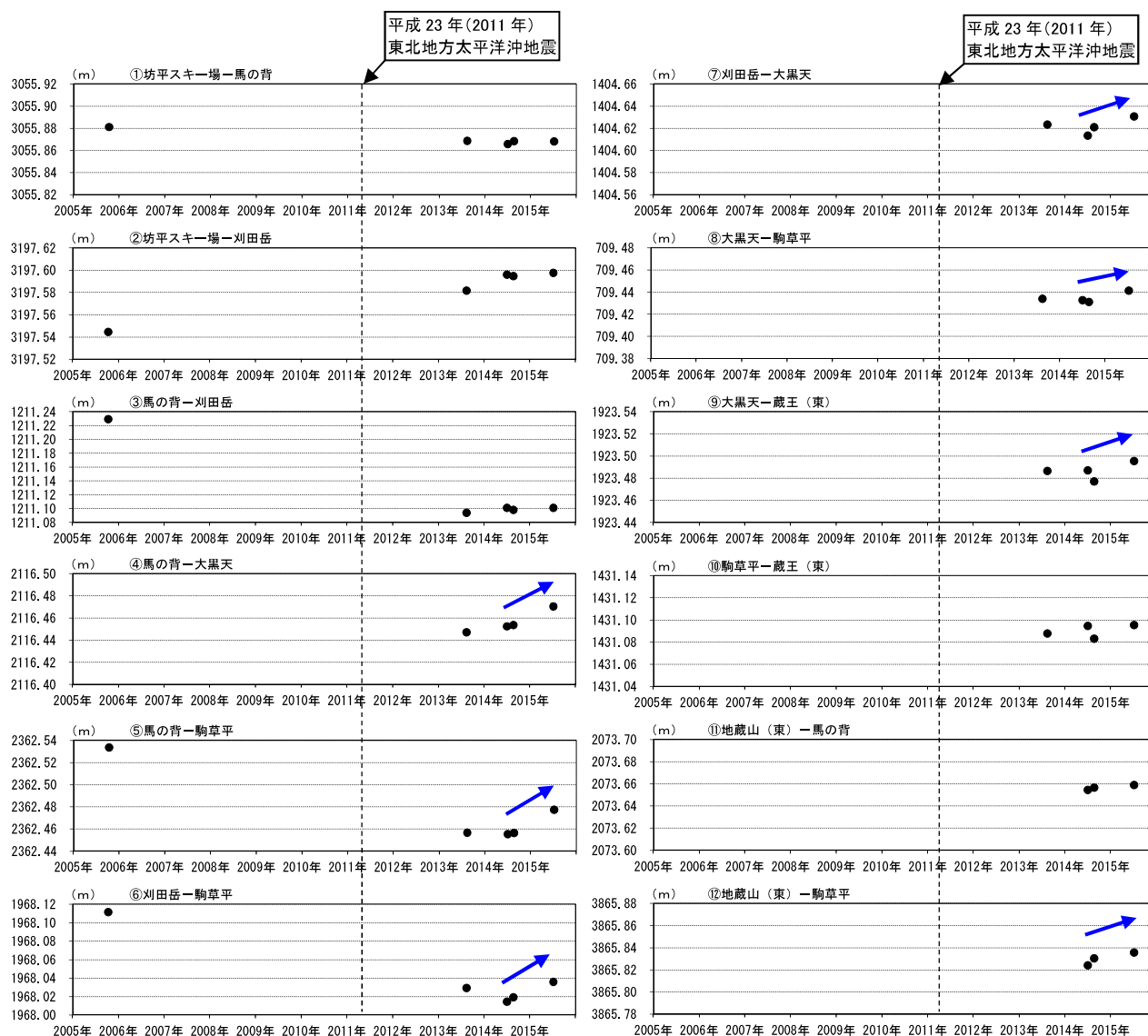
第 15 図 蔵王山 観測点配置図

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。

(東): 東北大学



第 16 図 蔵王山 GNSS 観測点配置図 (繰り返し観測による狭域の観測)



第 17 図 蔵王山 GNSS 繰り返し観測による基線長変化図 (2005 年 10 月～2015 年 7 月)

- ・ 基線番号①～⑫は第 16 図の GNSS 基線①～⑫に対応している。
- ・ 大黒天は、2013 年より観測を開始した。
- ・ 蔵王(東)は2013年より、地蔵山(東)は2014年より解析を開始した。
- ・ 2013 年より、観測機器を変更している。
- ・ 2014 年と比較して、御釜周辺の基線で伸びの変化(青矢印)がみられた。

蔵王山の地震活動

【概要】

- ・ 蔵王山では、低周波の卓越したB型地震が今期間も断続的に発生した。
- ・ B型地震には超長周期成分を含むものも多く、浅部熱水系の活動が継続していることを示唆する。

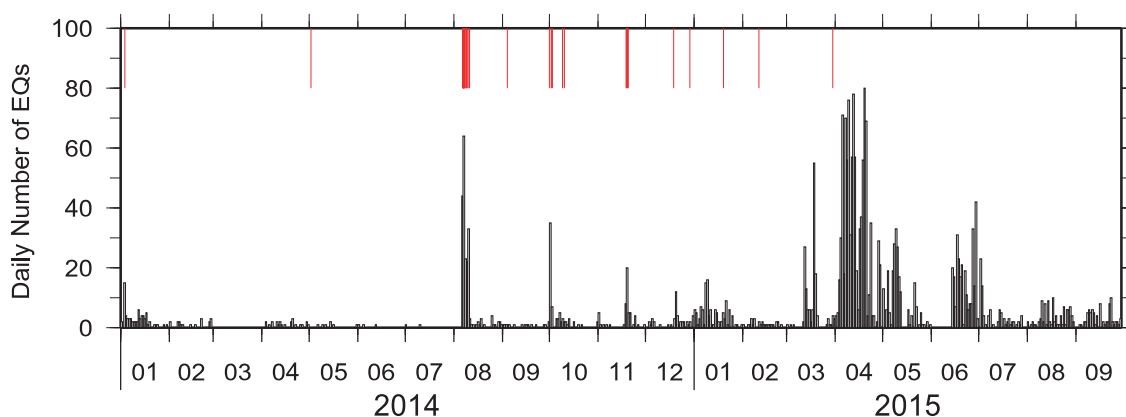


図 1. 蔵王山における火山性地震の日別発生数の推移. 蔵王観測点 (TU.ZAS) において頂点間振幅が $0.8\mu\text{m/s}$ 以上のものを計数. 縦赤線は、規模の大きな長周期地震の発生時.

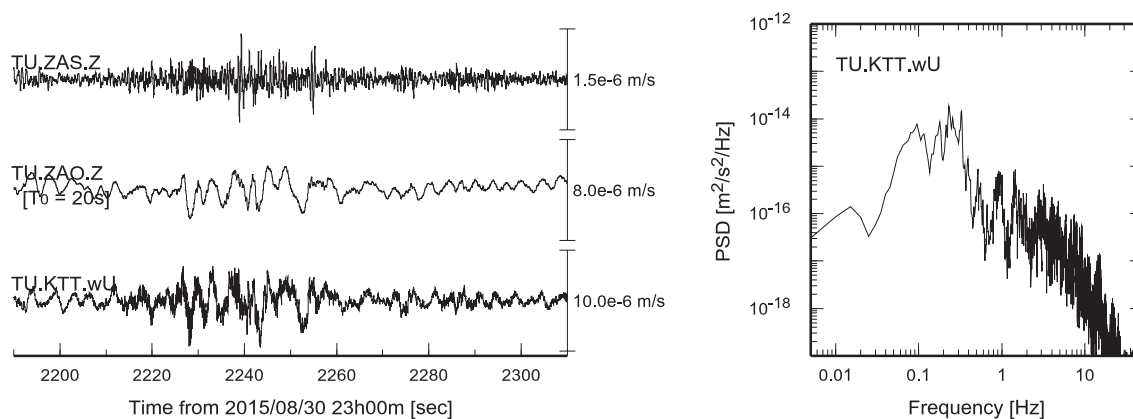


図 2. B型地震の波形と速度スペクトル密度の例 (2015 年 8 月 30 日 23 時 36 分).

蔵王観測点 (TU.ZAS および TU.ZAO:ボアホール短周期計) および刈田岳観測点(TU.KTT:広帯域地震計) の上下動記録. TU.ZAO の記録は、固有周期 20 秒相当に機器特性を補正している.

B型地震として区分している微小な火山性地震にも超長周期成分が認められることも多く、これらのB型地震が長周期地震とほぼ同じ震源位置(御釜近傍やや東側)で発生していることを示唆する.

蔵王山周辺の地殻変動

【概要】

GNSS稠密観測網による2015年6月から9月までの地殻変動において、前期間(2015年1月から5月まで)に見られた山体膨張の傾向は観測されていない。

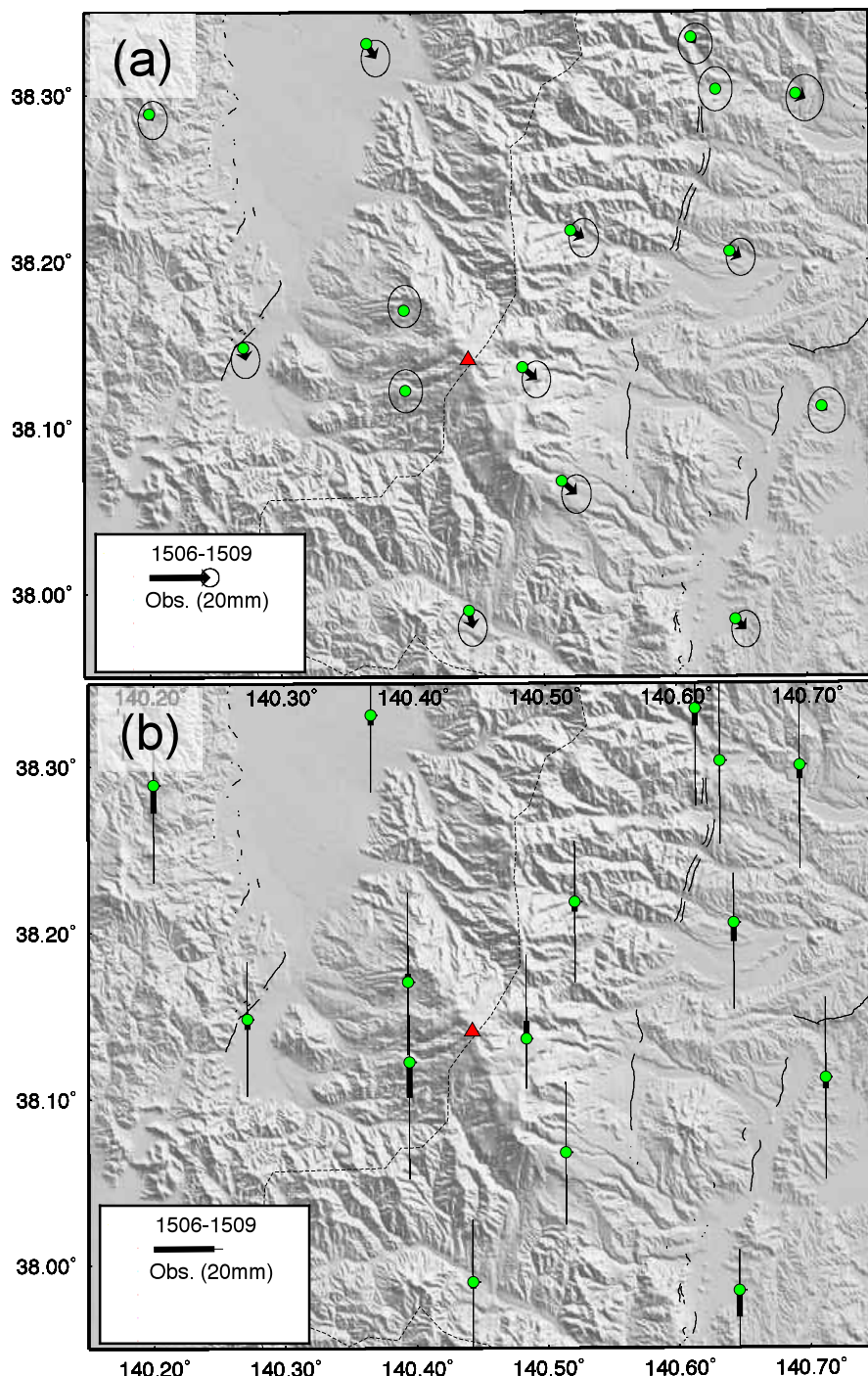
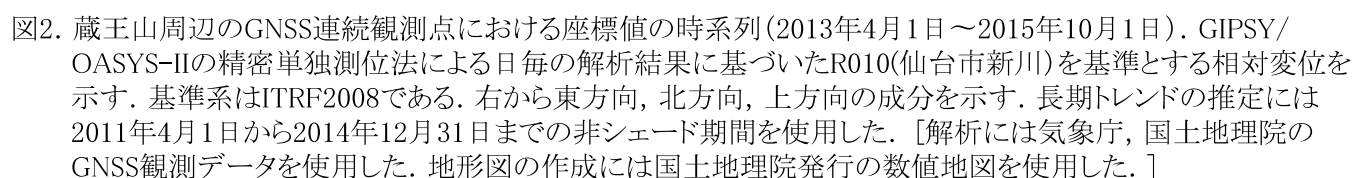
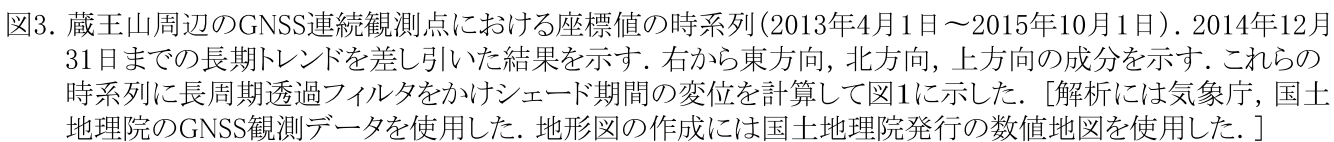


図1. 蔵王山周辺のGNSS連続観測点における2015年6月～9月までの4ヶ月間の変位分布. R010(仙台市新川)を基準とする各観測点の相対座標時系列から、2011年4月1日から2014年12月31日の期間の長期トレンドを対数、1次及び年周・半年周の各関数の和で表される関数で近似して残差を求め、2015年6月1日～9月30日までの変位を求めた. (a) は水平成分, (b) は上下成分で、黒の矢印及び縦棒が観測値を示す. 山頂周辺に設置された観測点(図2中のZSRH, ZIZO)では冬期間の着雪の影響を受けているため解析に使用していない. [解析には気象庁、国土地理院のGNSS観測データを使用した. 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.]





蔵王山の全磁力連続観測

【概要】

- ・御釜近傍の東北大の全磁力観測点では、今期間、地下の熱活動の変化を示唆する顕著な全磁力変化は見られなかった。

【データ処理】

- ・各観測点の全磁力 10 分サンプリングデータの夜間値 (21:00-3:00 JST) を平均して夜間平均値とする。
- ・観測点間で夜間平均値を差し引いて差分値を計算する。差分値データは基準日 (2014 年 11 月 1 日) を 0 として表示した。

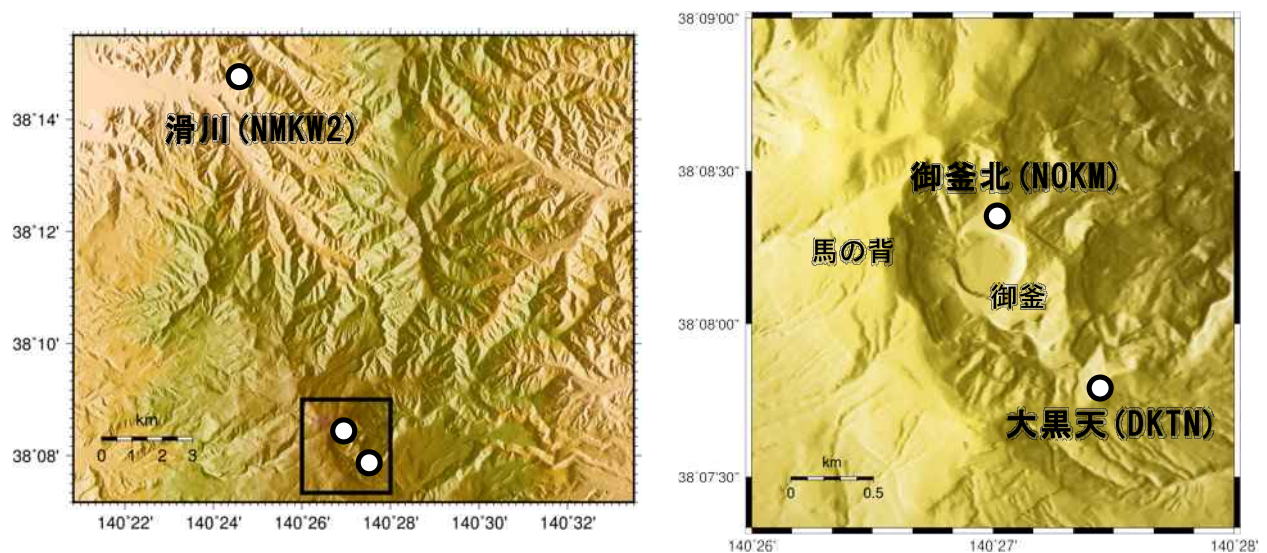


図 1. 観測点配置図. 白丸が東北大の全磁力連続観測点. 【左図】 広域観測点配置図. 参照点の滑川(NMKW2)は御釜から北北西へ約 10 km 離れている. 黒枠は右図の位置. 【右図】 蔵王山近傍の観測点配置図.

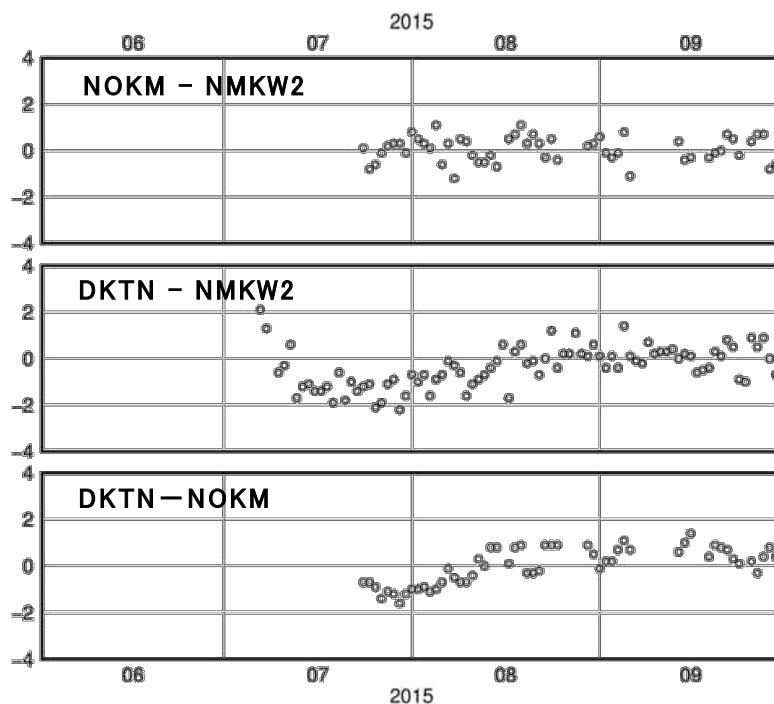


図 2. 2015 年 6 月から 9 月の蔵王山の夜間平均値. [上段] NOKM と NMKW2 の差分値. 縦軸の単位は nT. [中段] 同じく DKTN と NMKW2 の差分値. [下段] 同じく DKTN と NOKM の差分値.

※それぞれの 2014 年 11 月 1 日の差分値を基準とした.

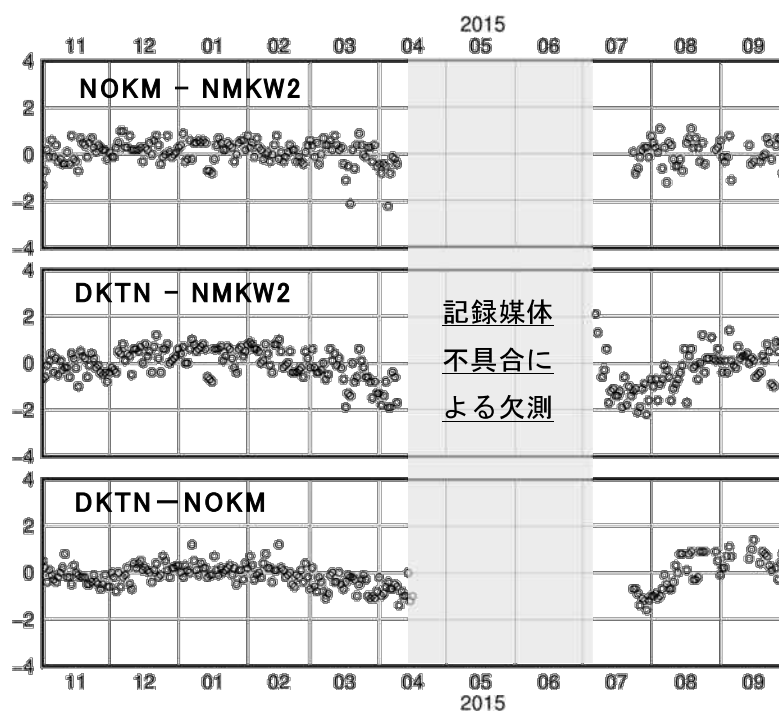
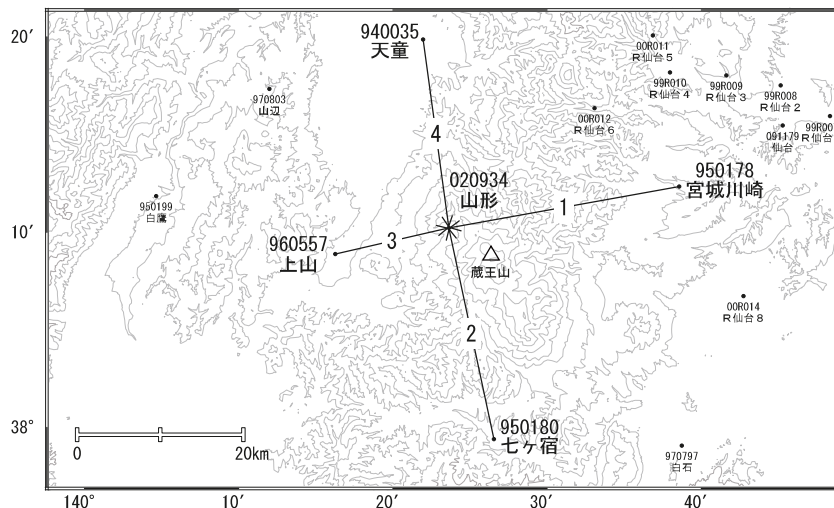


図 3. 2014 年 11 月から 2015 年 9 月の蔵王山の全磁力変動. [上段] [中段] [下段]の説明は図 2 に同じ.

蔵王山

蔵王山周辺の基線で、2014年10月頃から小さな膨張性の地殻変動が見られていましたが、2015年6月頃から停滞しています。

蔵王山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図



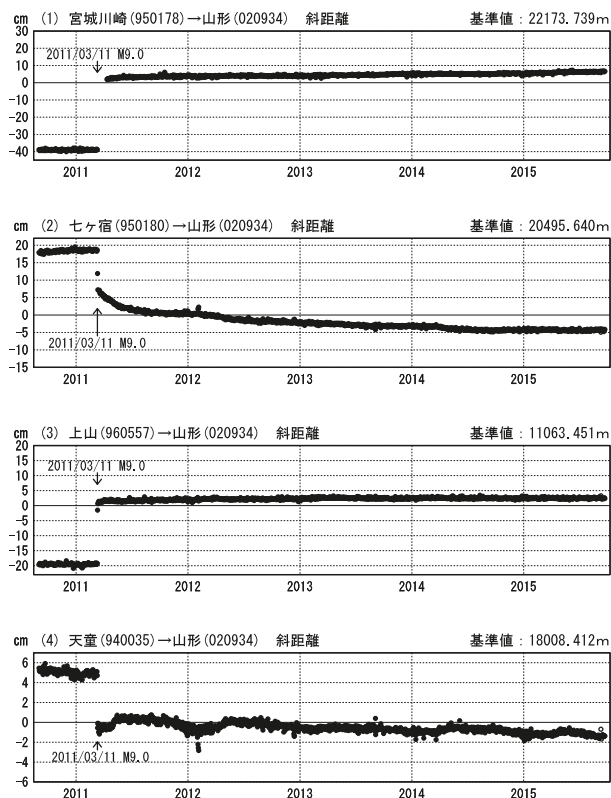
蔵王山周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
940035	天童	20100210	受信機交換
		20110211	周辺伐採
		20120812	アンテナ交換
		20150722	受信機交換
950178	宮城川崎	20101210	レドーム開閉・受信機交換
		20120112	アンテナ交換

点番号	点名	日付	保守内容
950180	七ヶ宿	20100110	レドーム開閉・受信機交換
		20111211	アンテナ交換
		20150722	受信機交換
960557	上山	20100110	レドーム開閉
		20120812	アンテナ交換
		20150722	受信機交換
020934	山形	20100110	レドーム開閉・受信機交換
		20120812	アンテナ交換
		20150616	受信機交換

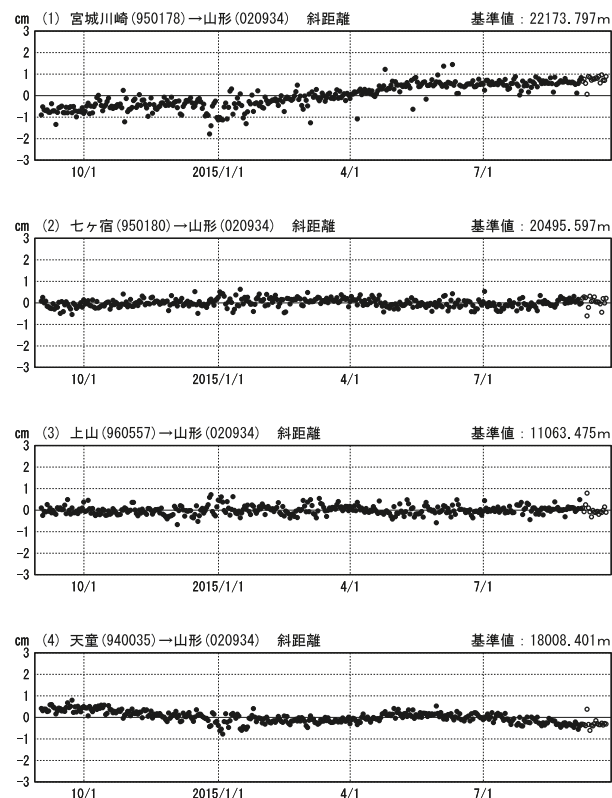
基線変化グラフ

期間: 2010/09/01~2015/09/22 JST



基線変化グラフ

期間: 2014/09/01~2015/09/22 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

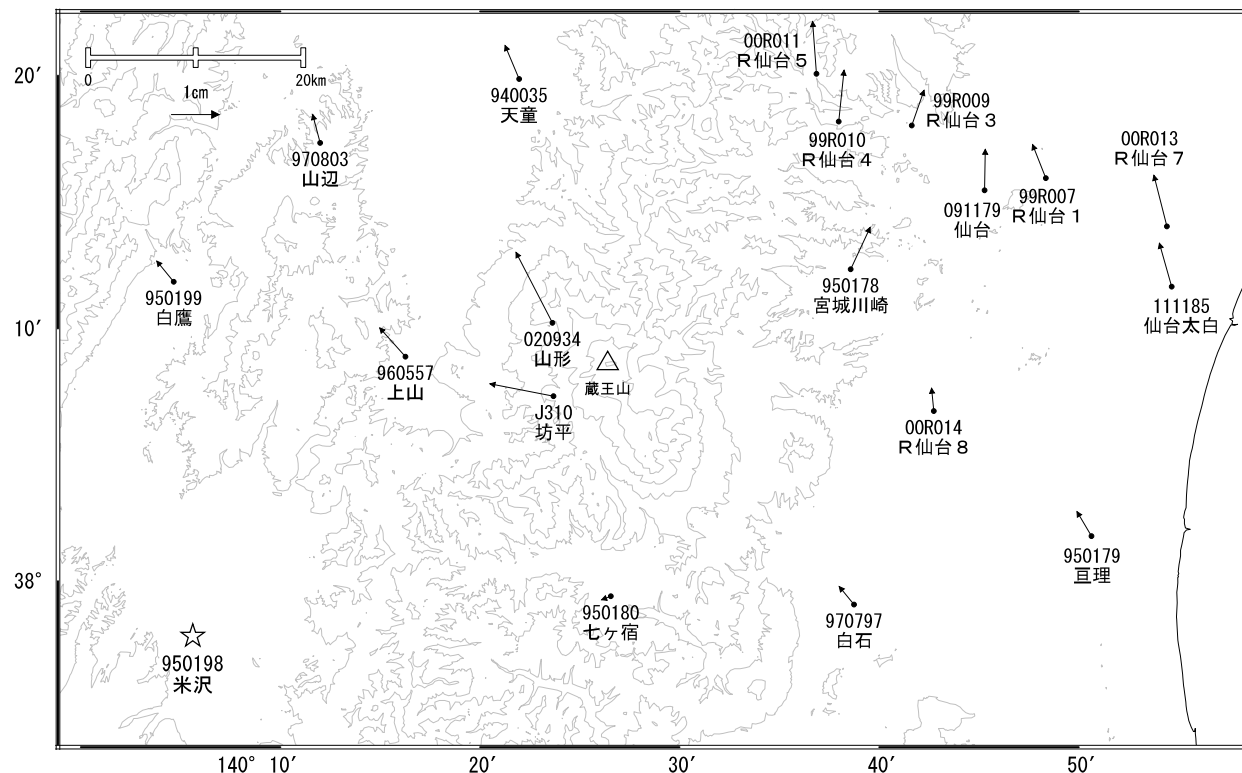
※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

蔵王山

蔵王山周辺の地殻変動(水平:1年) 一次トレンド除去

基準期間:2014/09/04~2014/09/13[F3:最終解]
比較期間:2015/09/04~2015/09/13[F3:最終解]

計算期間:2013/09/01~2014/09/01



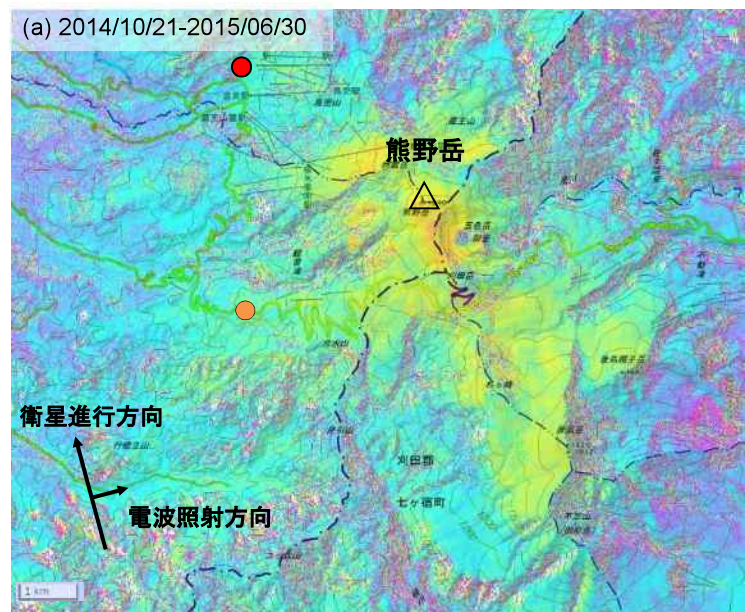
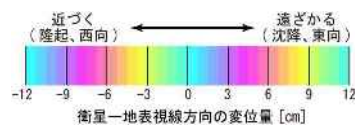
☆ 固定局:米沢(950198)

※[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

蔵王山の SAR 干渉解析結果について

	(a)
衛星名	ALOS-2
観測日時	2014/10/21 2015/06/30 23:31 頃 (252 日間)
衛星進行方向	北行
電波照射方向	右
観測モード*	U-U
入射角(中心)	36.2°
偏波	HH
垂直基線長	- 244 m
使用 DEM	GS10m DEHMJapan (飛田, 2009)

*U: 高分解能(3m)モード



- 国土地理院 GNSS 観測点
- 気象庁 GNSS 観測点

背景：地理院地図 標準地図

判読)

- ・ 蔵王山山体の広い範囲では衛星に近づく地殻変動が見られる。

解析：国土地理院 原初データ所有：JAXA

蔵王山

吾 妻 山

(2015年 9 月30日現在)

吾妻山では、2015 年 6 月は火山性地震が多い状態で経過したが、7 月以降は増減を繰り返しながらやや多い状態で経過した。

傾斜計の観測では 2014 年 7 月下旬からみられていた西南西（大穴火口のやや南）上がりの変化は 2015 年 7 月頃から停滞している。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。

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があると考えられる変化がみられている。

大穴火口の噴気活動はやや活発な状態が続いている。

大穴火口付近では小規模な噴火が発生する可能性があり、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。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）に上げた。その後、警報事項に変更はない。

○概況（2015年 6 月～9 月30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概ね 70m 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 年～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）

8 月 11 日及び 12 日に実施した現地調査では、大穴火口内で地熱域¹⁾の拡大とその領域の一部からの弱い噴気を確認した。また、2013 年以降拡大がみられている地熱域を引き続き確認した。

長期的には、2008 年以降大穴火口内で地熱域の緩やかな拡大傾向が続いている。

1) 赤外熱映像装置による。

この資料は気象庁のほか、国土交通省東北地方整備局及び東北大学のデータを利用して作成した。

・地震活動（第 5 図-②③⑤～⑧、第 7～12 図）

火山性地震は 6 月に月回数 255 回と多い状態で経過したが、7 月以降は増減を繰り返しながらやや多い状態で経過した。

震源は概ね大穴火口南側のやや浅い所で発生していると推定される。今期間、BL 型（相が不明瞭で低周波の地震）や BP 型（単色地震）の観測される比率が増加した。

火山性微動は観測されなかった。

・地殻変動（第 13～15 図、第 17～20 図）

6 月 22 日から 25 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（2014 年 10 月 31 日～11 月 3 日）の観測結果以降、大穴火口を挟む基線で伸び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。

浄土平観測点（大穴火口の東南東約 1 km）の傾斜計では、2014 年 7 月下旬から西南西（大穴火口のやや南）上がりの緩やかな変化が継続し、同年 11 月以降はその変化が次第に大きくなっていたが、2015 年 7 月頃から停滞している。

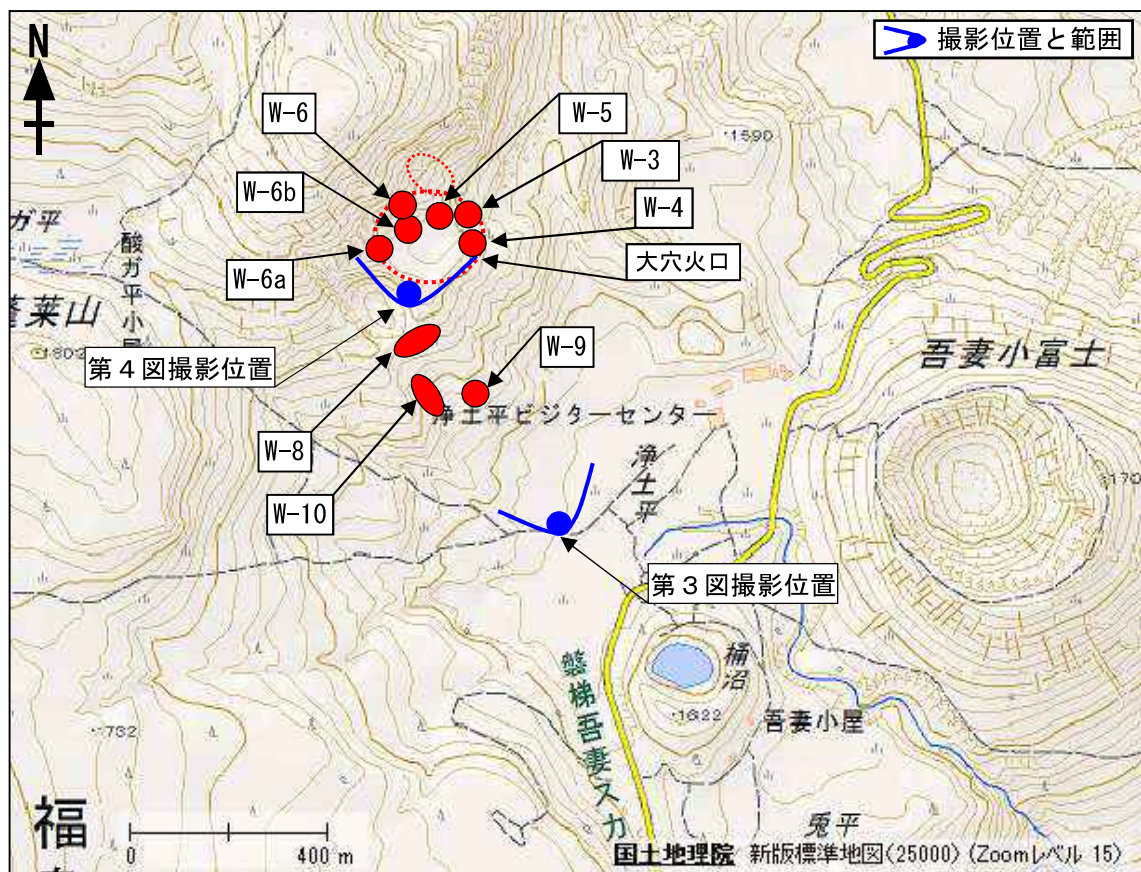
・大穴火口周辺の全磁力の状況（第 21 図）

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、2014 年 10 月から 2015 年 8 月にかけて大穴火口内の観測点の全磁力値は減少、大穴火口北側の観測点の全磁力値は増加しており、大穴火口周辺の地下では熱活動が活発化している可能性が考えられる。

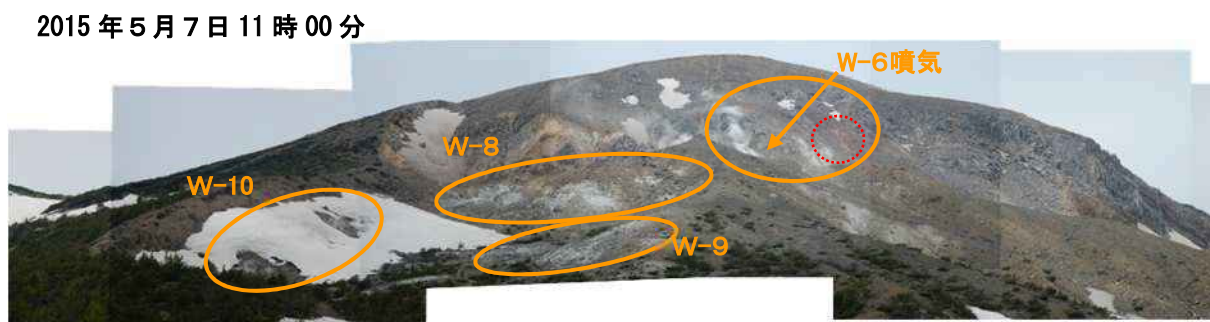
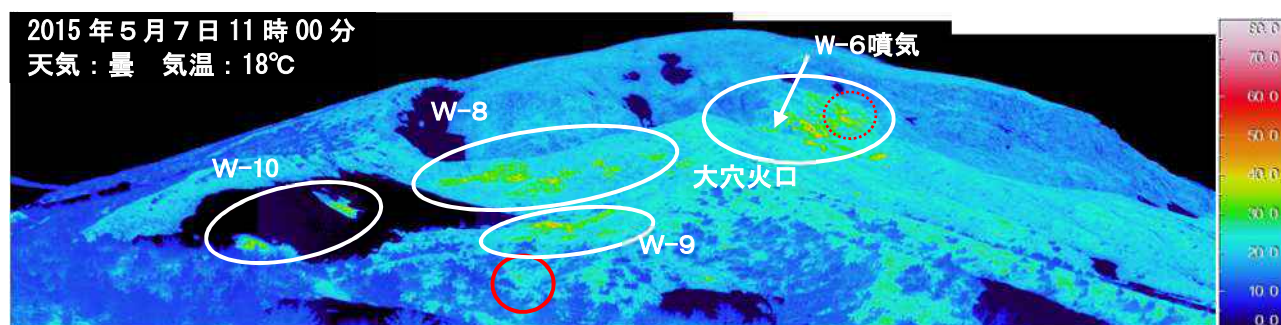
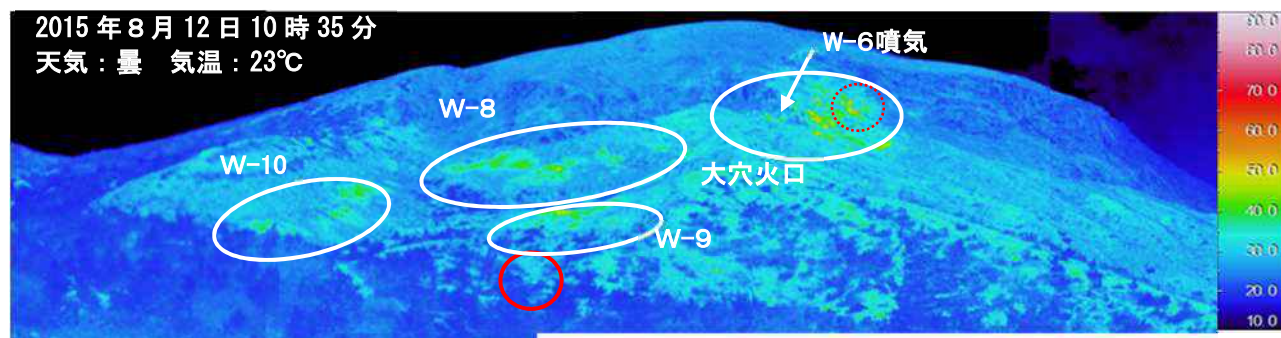


第 1 図 吾妻山 大穴火口からの噴気の状況（7 月 21 日）

- ・ 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。
- ・ 実線赤丸で囲んだのが、大穴火口からの噴気で高さは 70m。

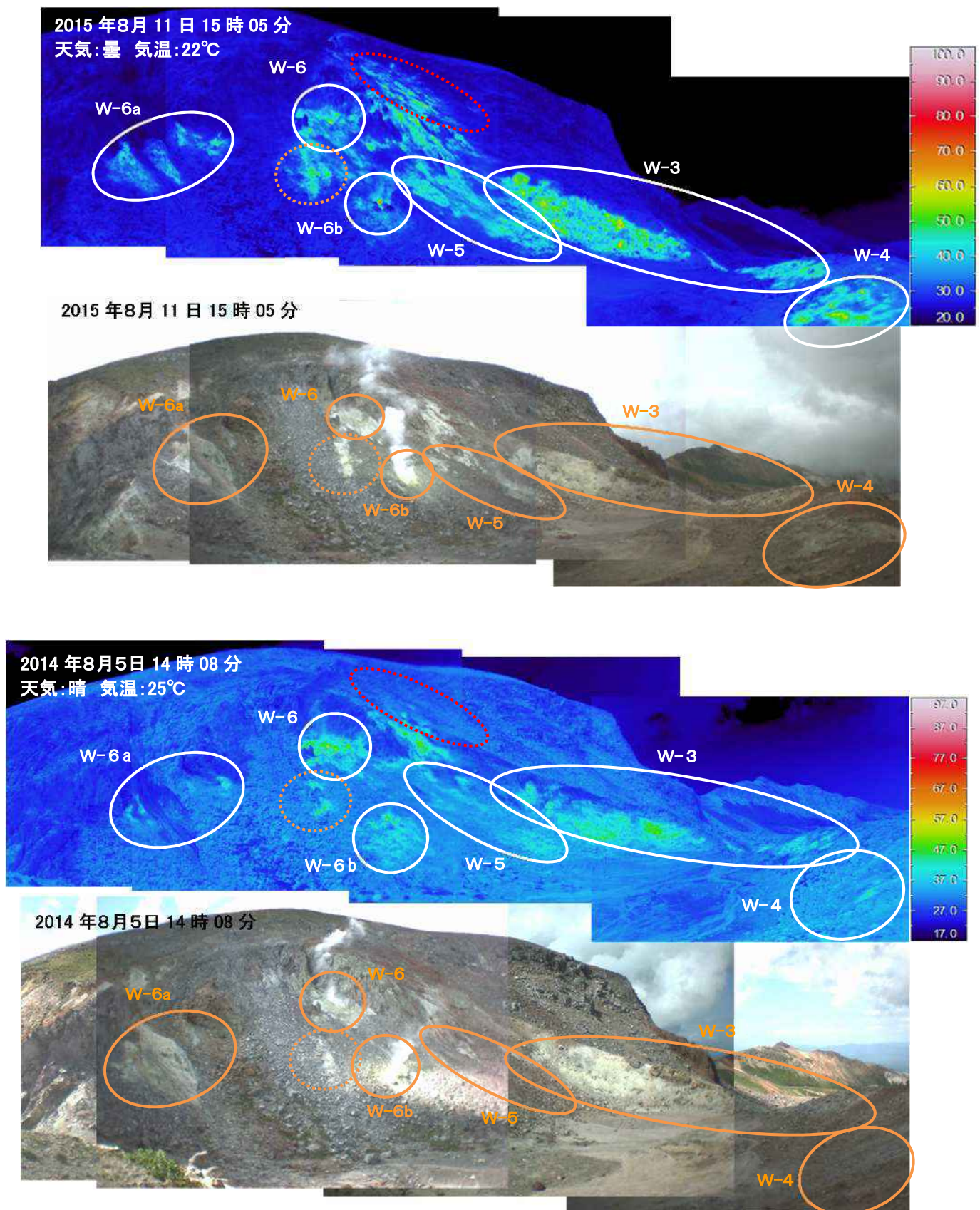


第 2 図 吾妻山 大穴火口付近の噴気地熱域の分布及び写真と地表面温度分布¹⁾ 撮影位置及び範囲



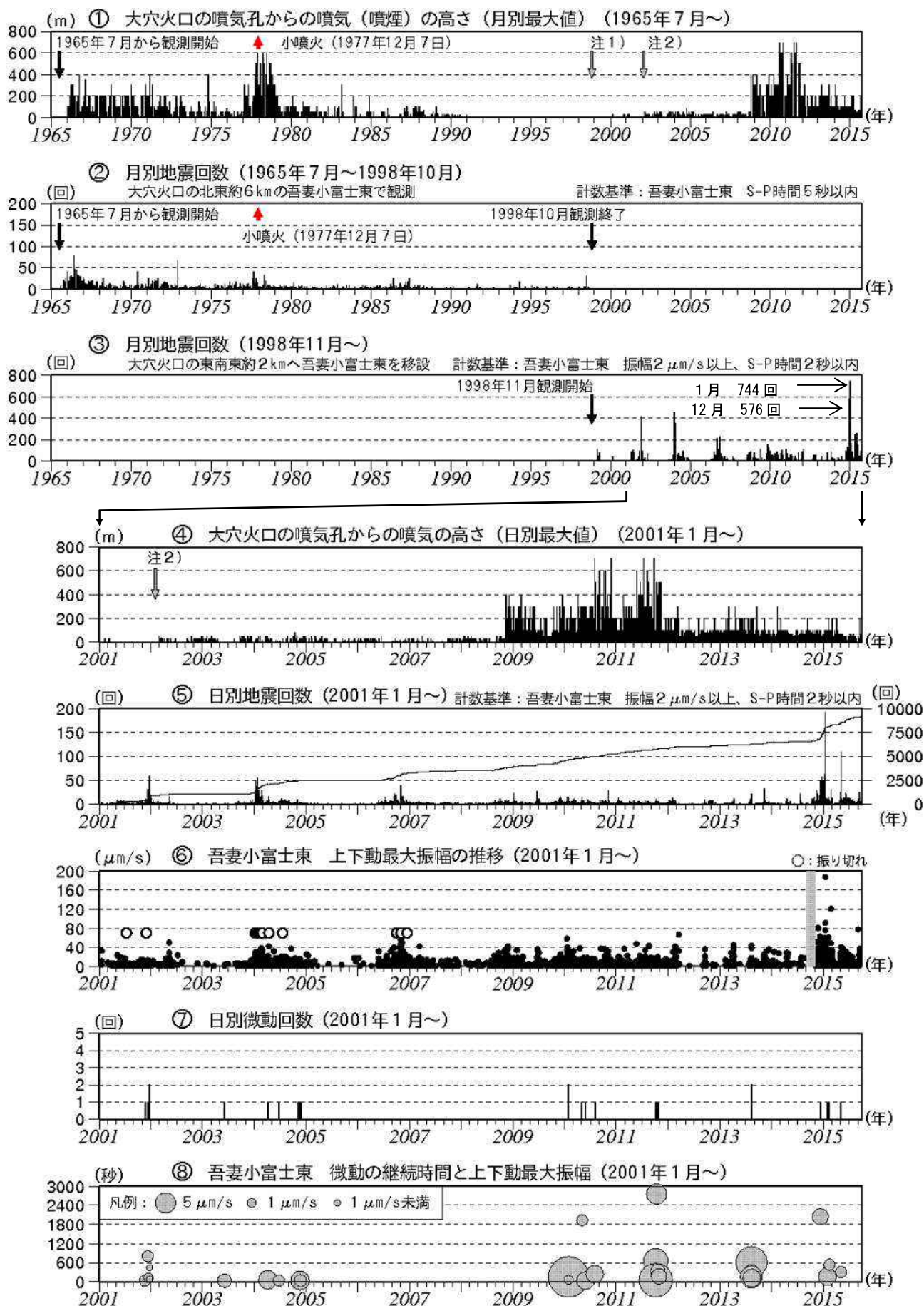
第 3 図 吾妻山 大穴火口・八幡焼付近の可視画像と地表面温度分布

- ・ 2013 年以降拡大がみられている地熱域（赤破線）が、引き続き確認された。
- ・ 赤実線領域は、時折温泉湧出及びそれに伴う高温域¹⁾が認められる場所である。



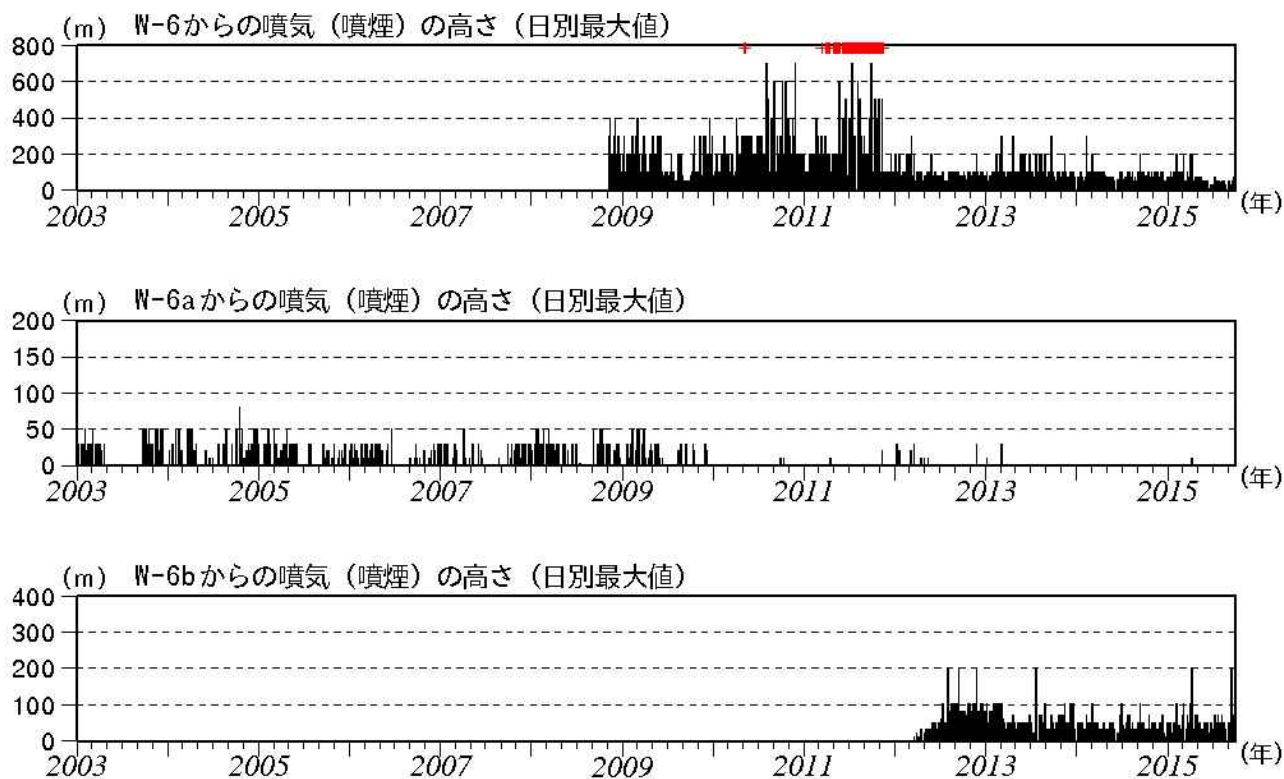
第 4 図 吾妻山 大穴火口の可視画像と地表面温度分布

- ・ 2013 年以降拡大がみられている地熱域（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確認した。



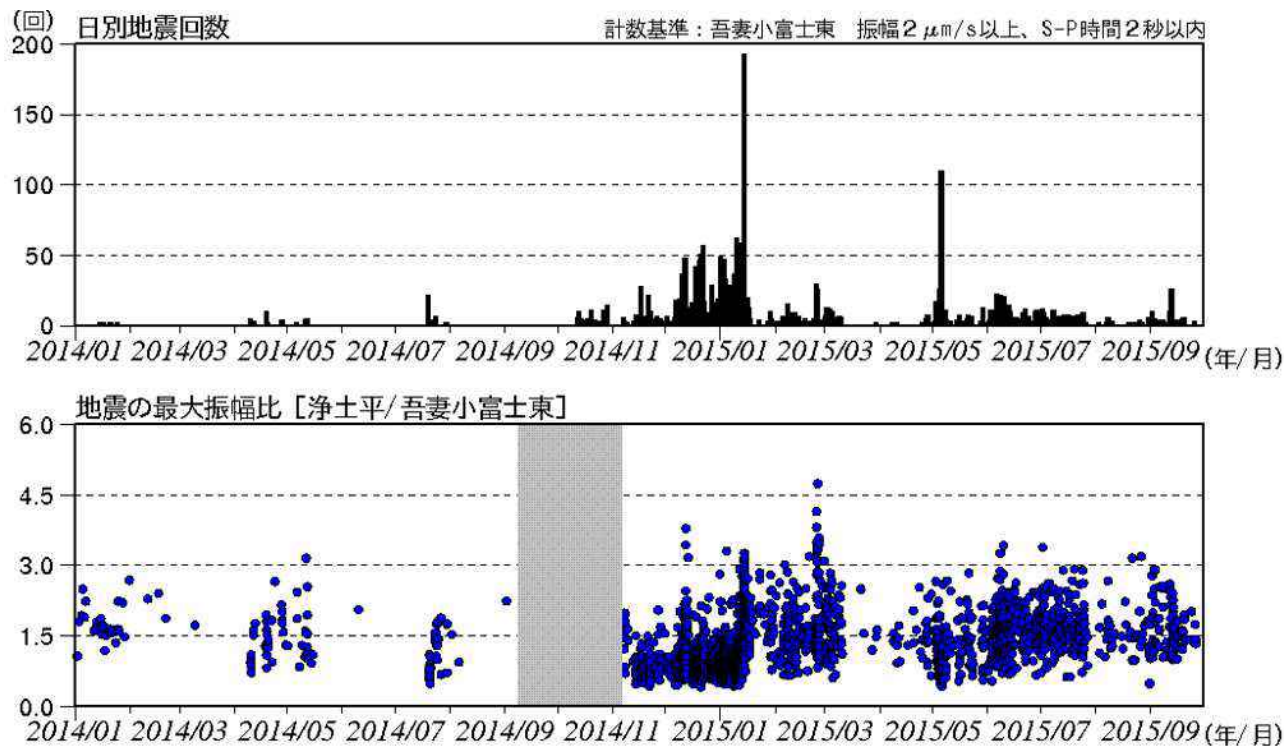
第5図 吾妻山 火山活動経過図（1965年7月～2015年9月30日）

- 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。
- 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。



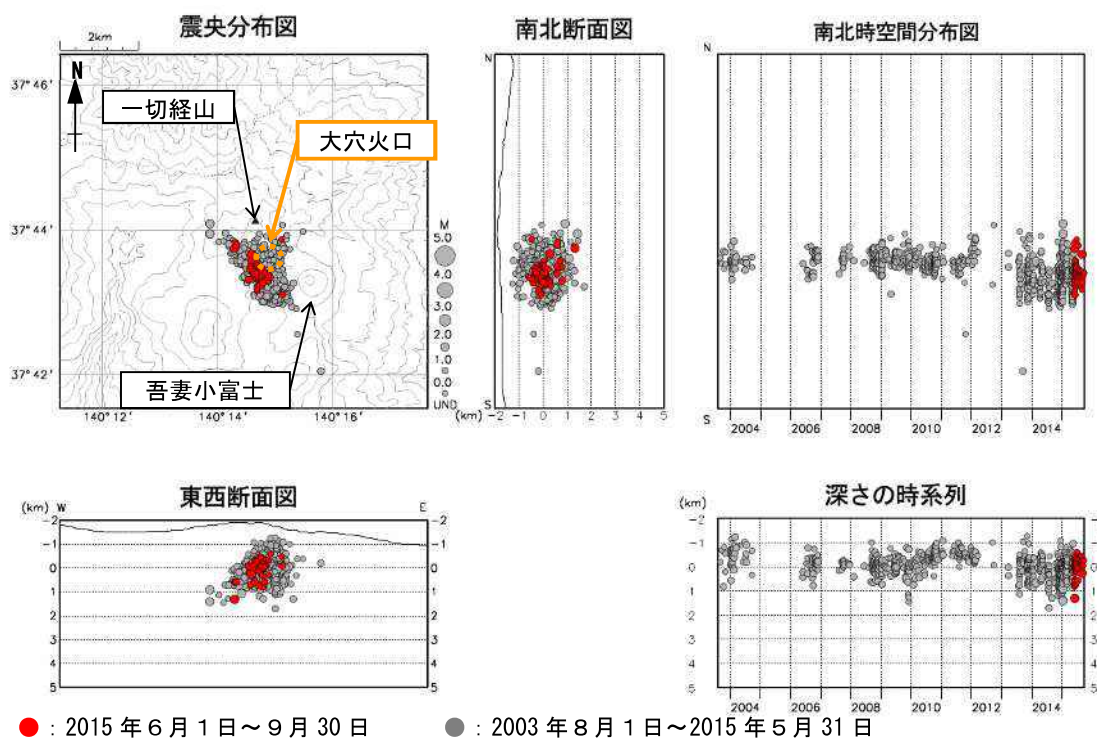
第 6 図 吾妻山 噴気孔別の噴気の高さ（日最大値）（2003 年 1 月～2015 年 9 月 30 日）

- ・+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と比較してW-6bの噴気の高さが高くなる日が多い状況となった。



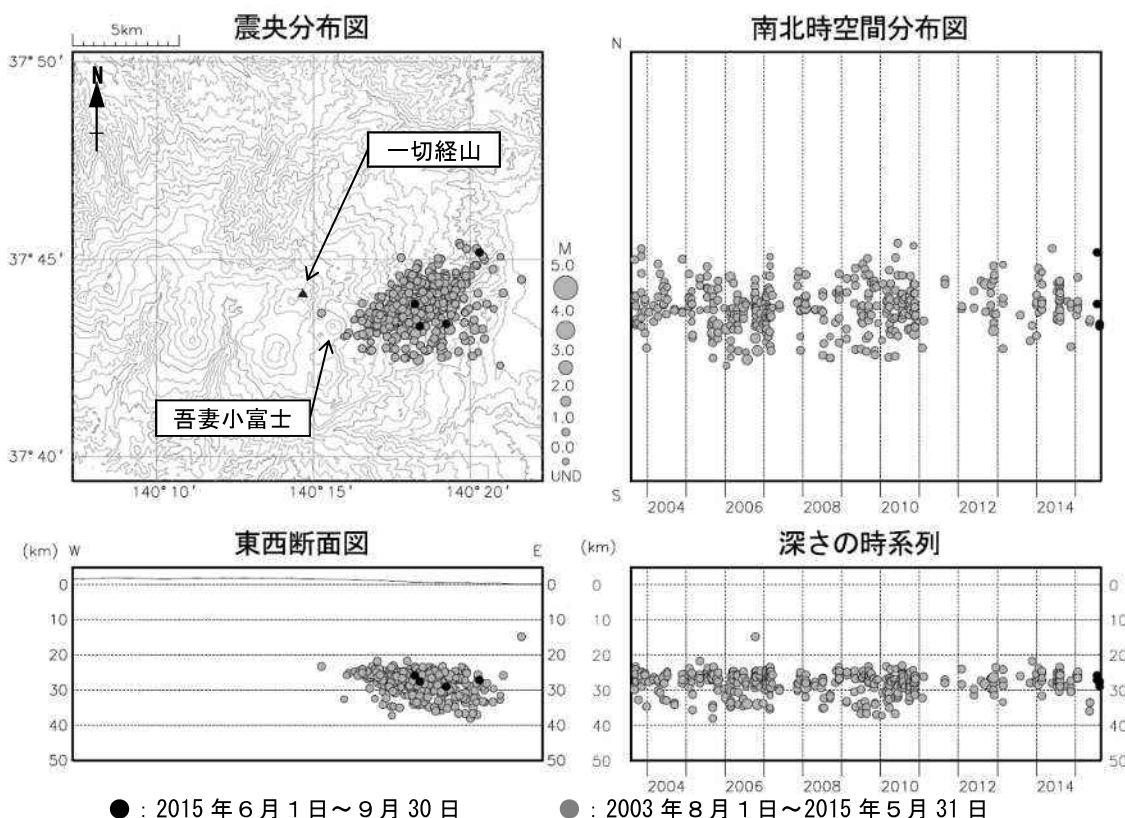
第 7 図 吾妻山 火山性地震日別回数・最大振幅比（2014 年 1 月～2015 年 9 月 30 日）

- ・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。
- ・2015 年 1 月 15 日以前の最大振幅比は 1 月 16 日以降の最大振幅比と比べると小さい傾向にある。



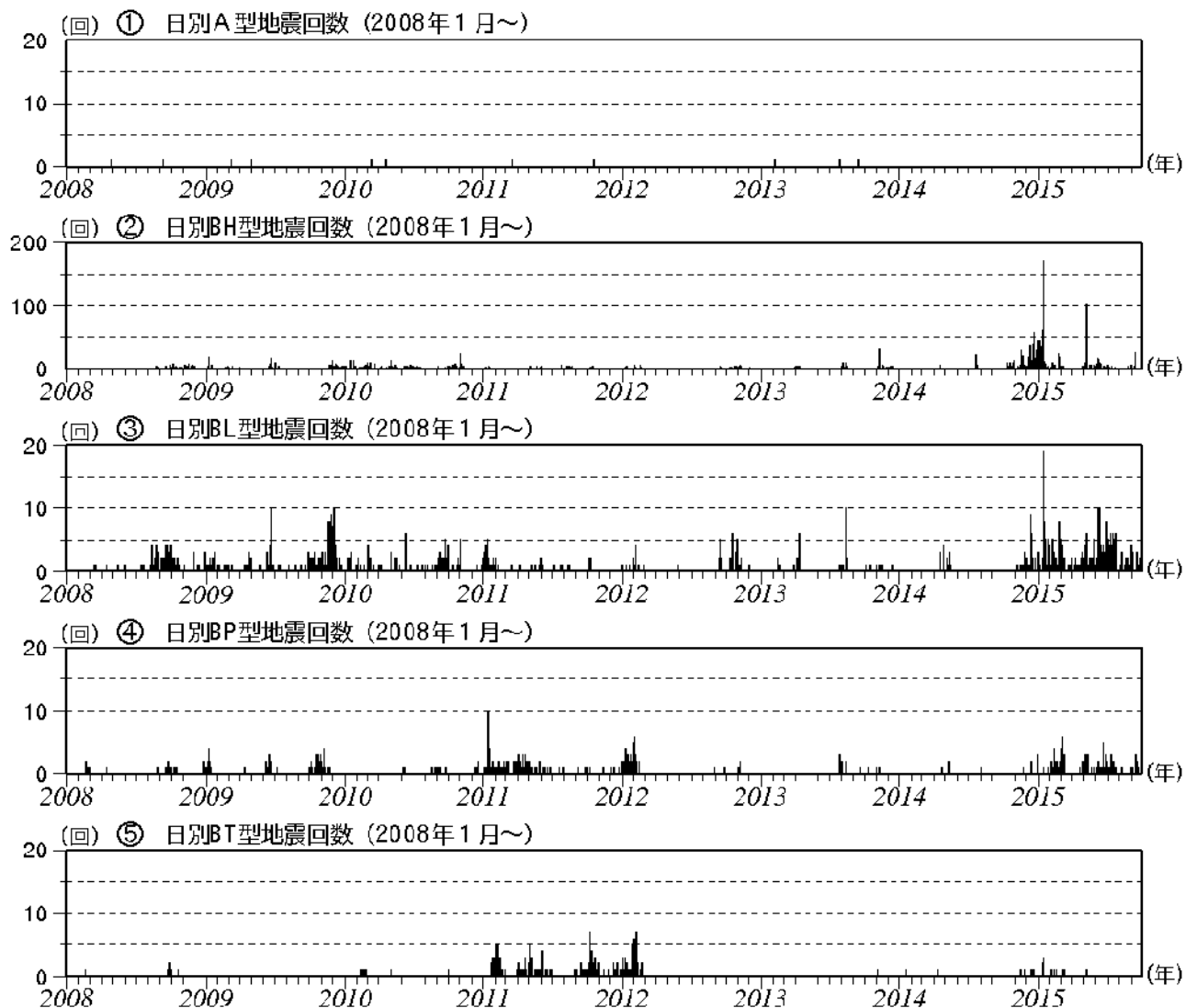
第 8 図 吾妻山 地震活動 (2003 年 8 月～2015 年 9 月 30 日)

- ・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 11 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值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。
- ・今期間の活動では、大穴火口南側で発生する地震が多くなっている。



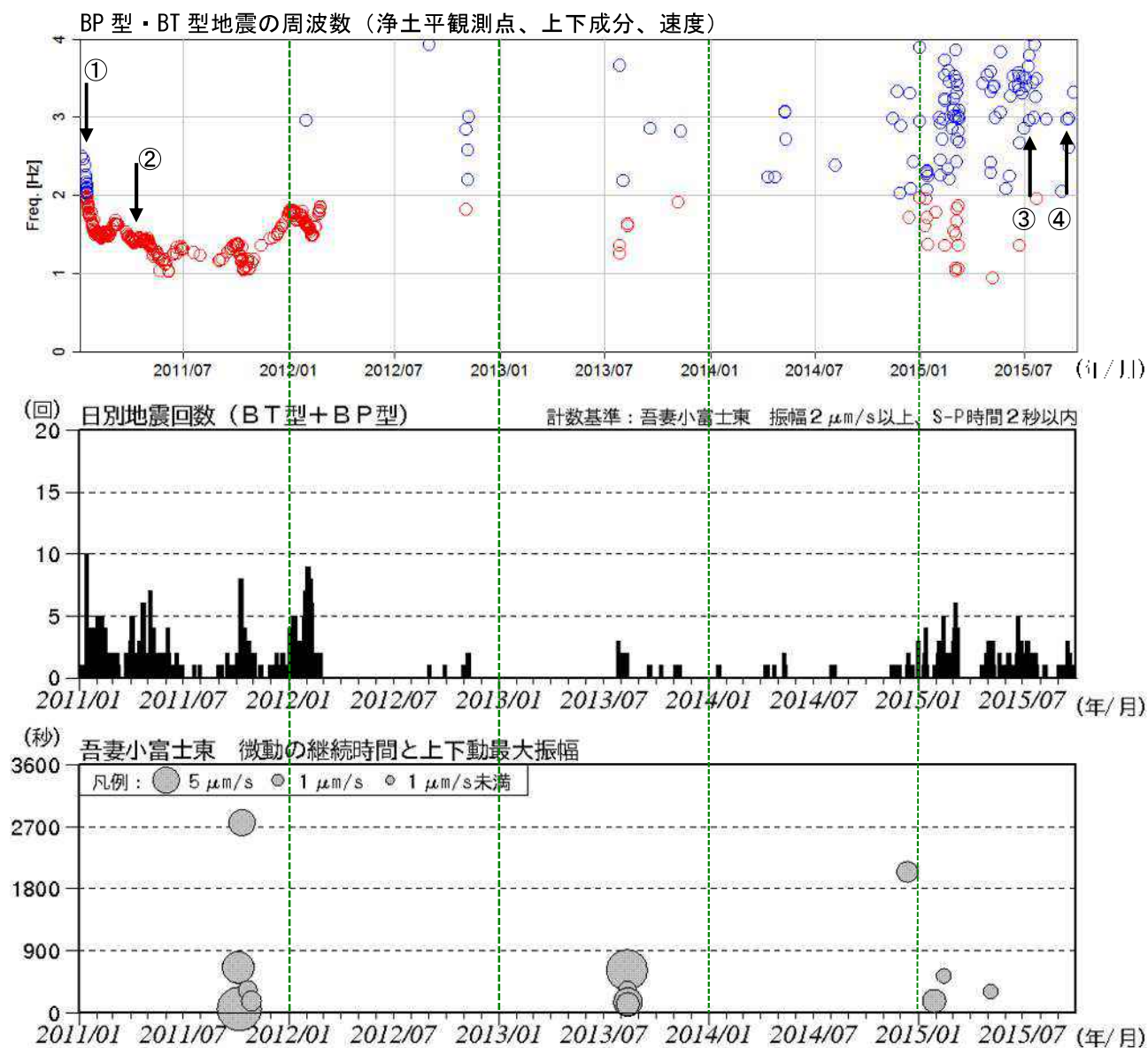
第 9 図 吾妻山 一元化震源による深部低周波地震活動 (2003 年 8 月～2015 年 9 月 30 日)

- ・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。



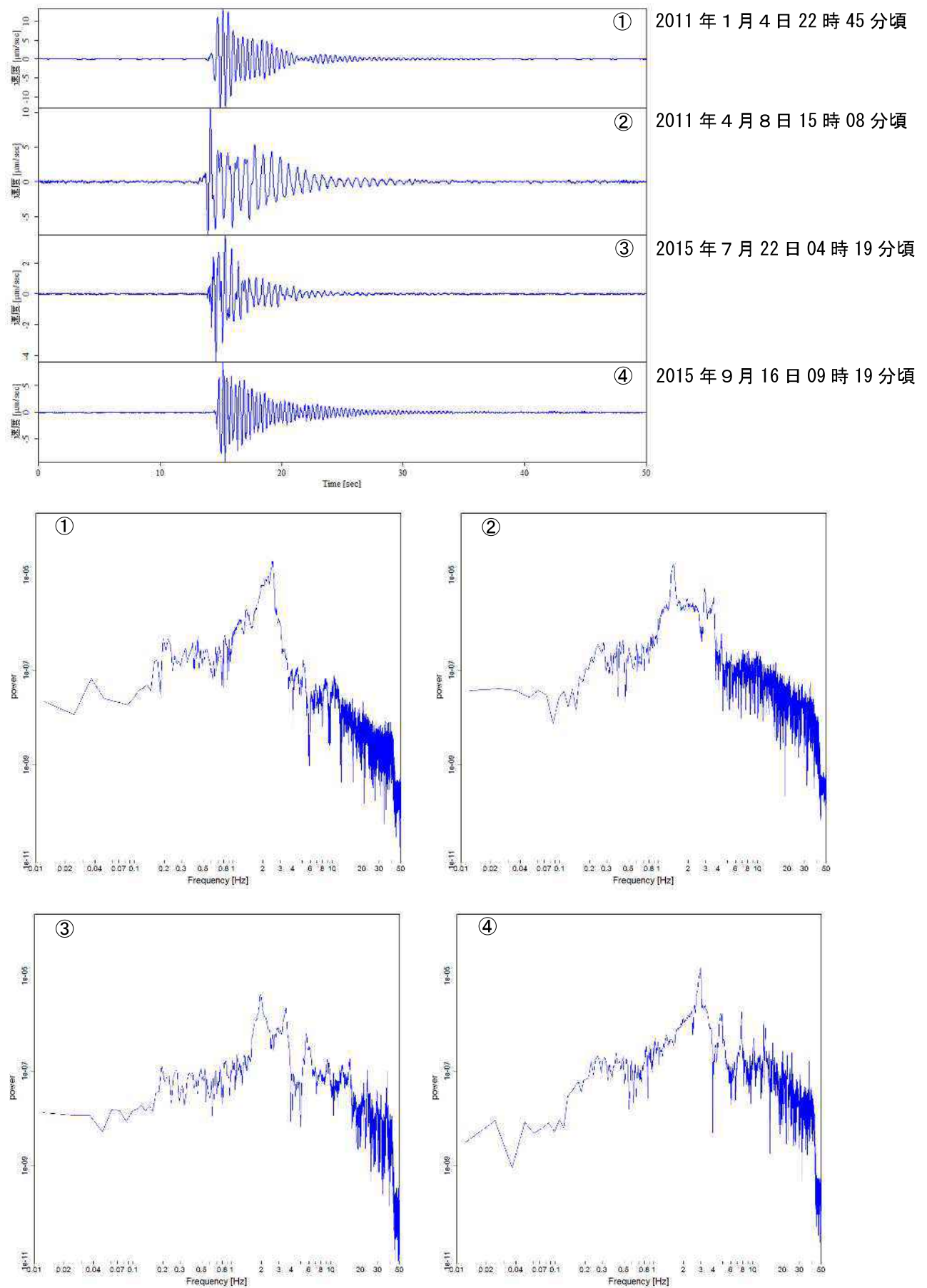
第 10 図 吾妻山 火山性地震タイプ別・日別回数 (2008 年 1 月～2015 年 9 月 30 日)

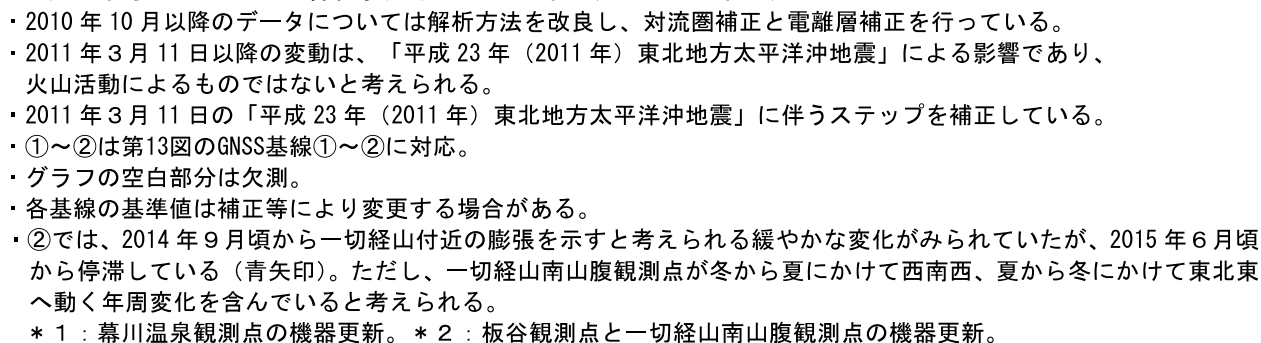
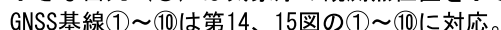
- ・ 2011 年 1 月～6 月、また 2011 年 9 月から 2012 年 2 月にかけて単色地震 (BP 型) 及び T 型地震 (BT 型) が増加した。
- ・ 今期間、2015 年 6 月 6 日から 11 日にかけて BH 型、BL 型、BP 型地震の増加がみられた。
- ・ 今期間、BL 型、BP 型地震の比率の増加がみられた。

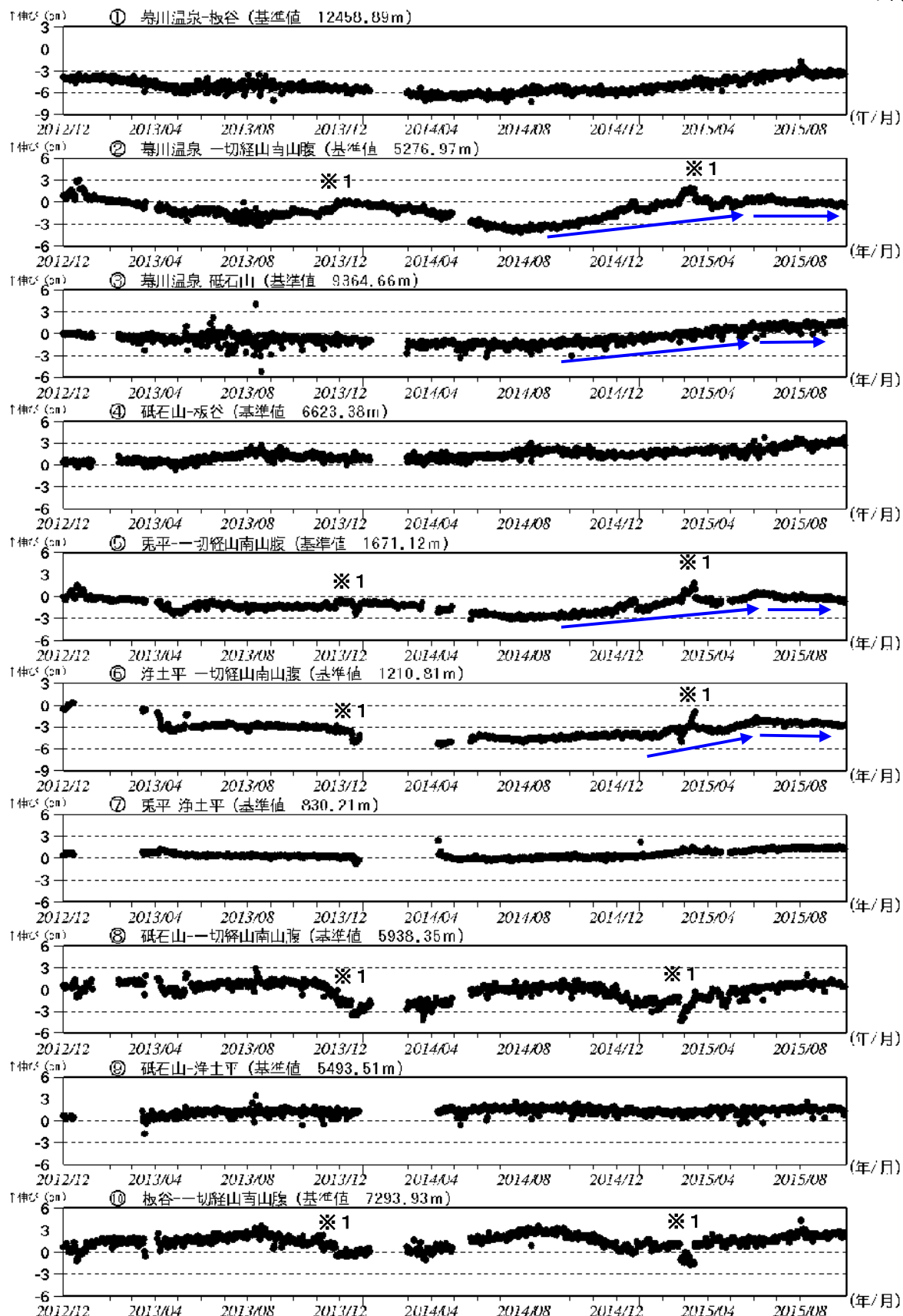


第 11-1 図 吾妻山 BP 型及び BT 型地震の周波数と地震活動比較（2011 年 1 月～2015 年 9 月 30 日）

- ・高速フーリエ変換後、振幅が $1 \mu\text{m/s}$ を超えた周波数のうち最小の値をプロット。
- ・2 Hz 未満を○、2 Hz 以上を●で表示。
- ・2011 年から 2012 年 2 月には系統的な周波数変化がみられた。2015 年頃からはこの傾向はみられない。
- ・図中の①～④は、第 11-2 図の番号に対応している。

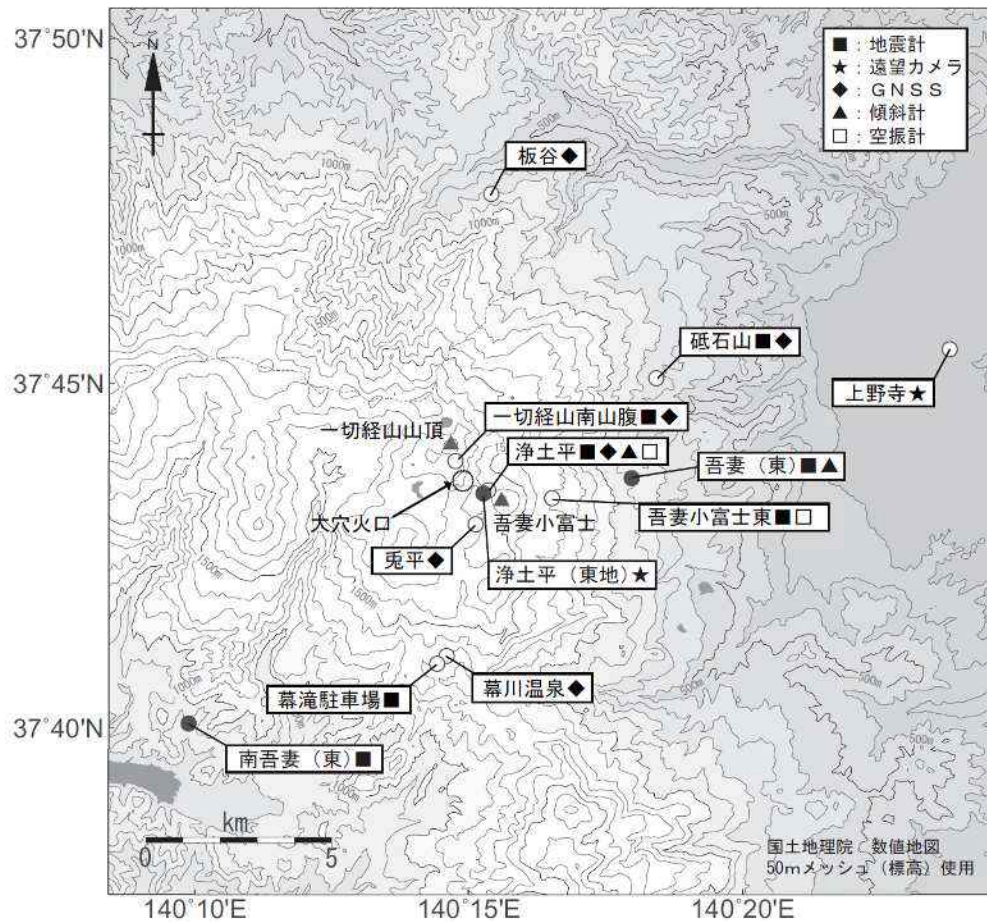






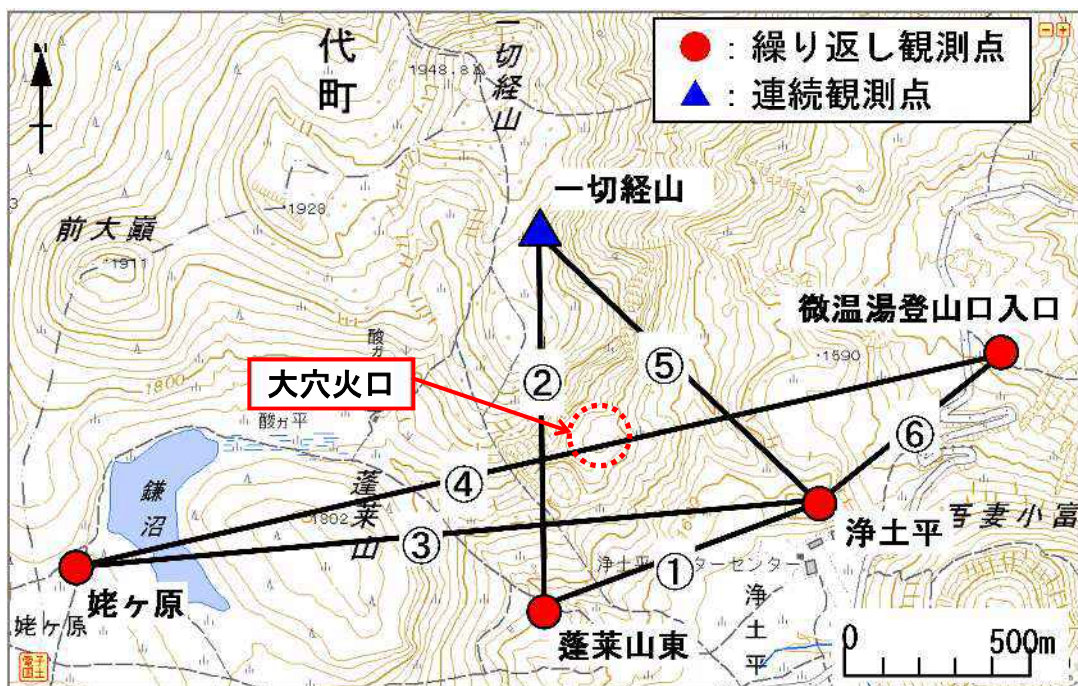
第 15 図 吾妻山 GNSS 基線長変化図 (2012 年 12 月～2015 年 9 月 30 日)

- ・①～⑩は第 13 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、積雪期に局地的な変動がみられている。



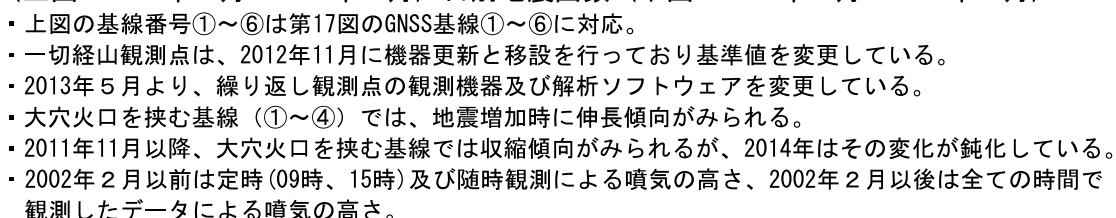
第 16 図 吾妻山 観測点配置図

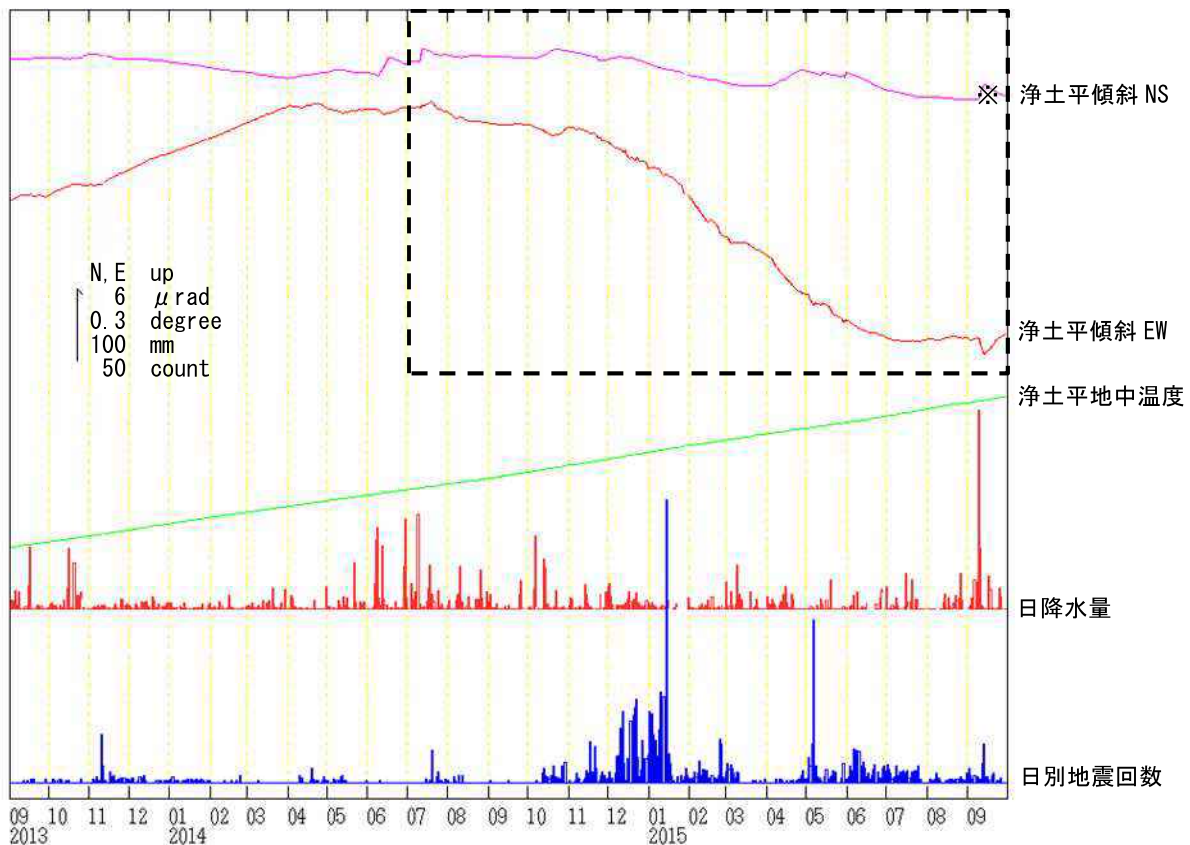
小さな白丸（○）は気象庁観測点位置、小さな黒丸（●）は気象庁以外の機関の観測点位置を示す。（東地）：東北地方整備局 （東）：東北大学



第17図 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は第18図の①～⑥に対応。





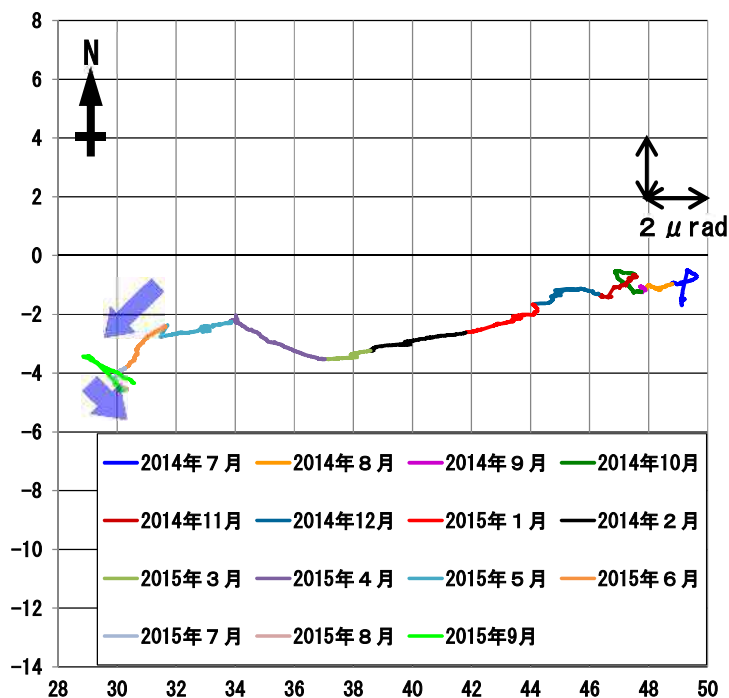
第 19 図 吾妻山 浄土平観測点における傾斜変動

(2013 年 9 月 1 日～2015 年 9 月 30 日、時間値、潮汐補正済み)

- ・ 2014 年 11 月から西南西（火口のやや南）上がりの変動が次第に大きくなっているが、2015 年 7 月以降停滞している。

- ・ 黒破線領域は第 20 図の表示期間を示す。

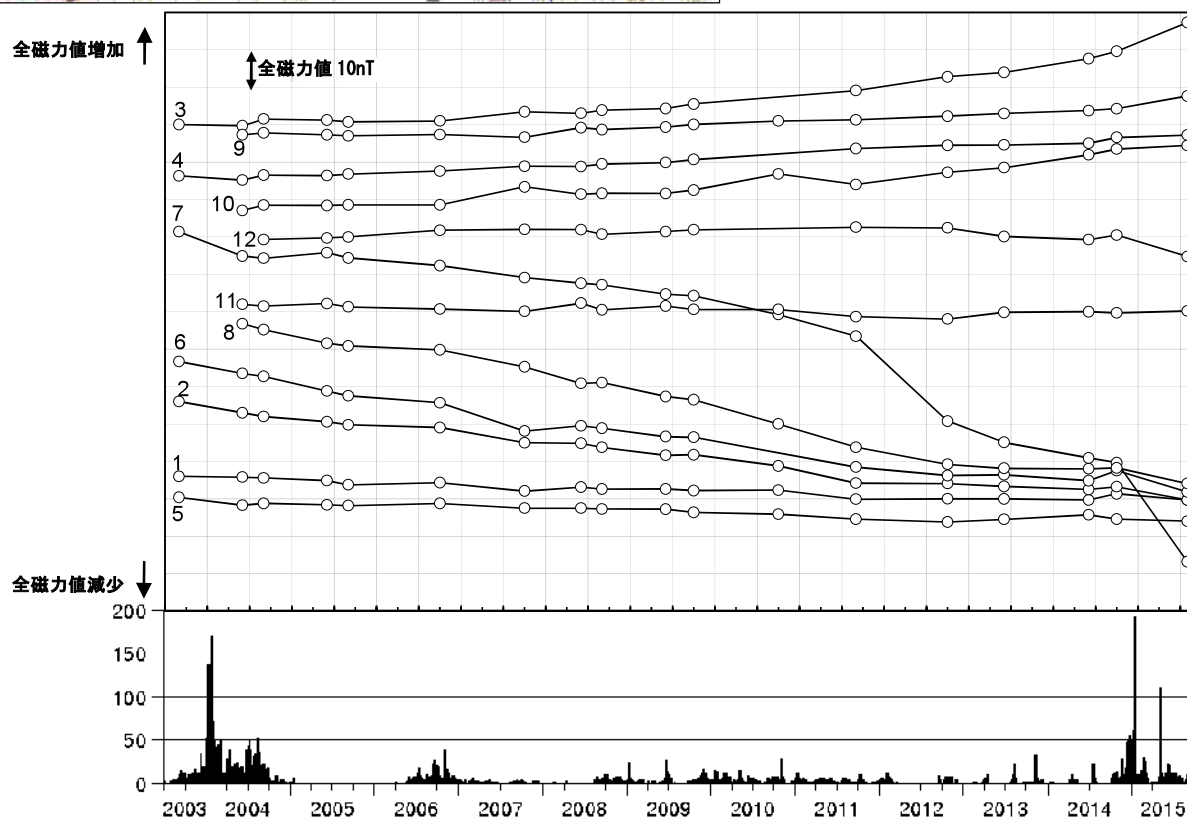
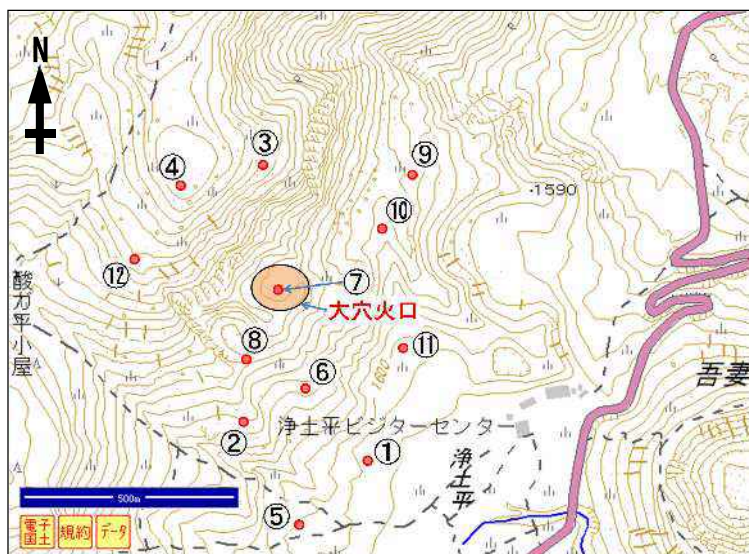
※平成 27 年 9 月関東・東北豪雨による変動。



第 20 図 吾妻山 浄土平観測点における傾斜変動ベクトル

(2014 年 7 月 1 日～2015 年 9 月 30 日、up 方向、時間値、潮汐補正済み)

- ・ 図中の青矢印は変動 (up) 方向を示す。
- ・ 2014 年 7 月下旬から西南西（大穴火口のやや南）上がりとなり、11 月から 2015 年 3 月にかけてその変化率が大きくなっている。
- ・ 2015 年 5 月には西南西上がり、6 月には南西上がりとなり、8 月以降は南東上がりへ転じている。



第 21 図 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 7 月～2015 年 9 月)

- ・ 2014 年 10 月から 2015 年 8 月にかけて大穴火口南側の観測点（1、2、5、6、7、8）の全磁力値は減少、大穴火口北側の観測点（3、9）の全磁力値は増加しており、熱活動が活発化している可能性が考えられる。また、大穴火口西側の観測点（12）で全磁力値の減少がみられる。
- ・ 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る。

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

大穴火口周辺において、長期間の干渉ペアで衛星視線方向短縮の位相変化が認められる。また、一部の干渉ペアでは、山体の西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

干渉処理に使用したデータは表 1 のとおり。

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	大穴火口付近の LOS 方向変動量(カッコ内は山体西側の変動量)	図番号
124-750	北行	右	2014. 09. 09	2015. 06. 02	約 9cm 短縮 (約 4cm 短縮)	図 1
119-780	北行	左	2014. 08. 29	2015. 07. 31	約 10cm 短縮 (変化なし)	図 2
124-750	北行	右	2014. 09. 09	2015. 08. 11	約 10cm 短縮(約 4cm 短縮)	図 3
124-750	北行	右	2015. 06. 02	2015. 08. 11	変化なし	図 4
24-2820	南行	左	2014. 11. 08	2015. 08. 15	約 9cm 短縮 (不明)	図 5
18-2860	南行	右	2015. 07. 30	2015. 09. 10	変化なし	図 6
54-2860	南行	右	2006. 07. 06	2008. 07. 11	約 11cm (変化なし)	参考図

2. 解析結果

吾妻山大穴火口周辺において、衛星視線方向短縮の位相変化が複数の長期間干渉ペアで検出された。位相変化が認められた場所は、ALOS/PALSAR で 2006 年 7 月から 2008 年 7 月に検出された範囲(参考図)と概ね一致する。また、図 2 及び図 5 については、ノイズと考えられる偽位相変化が重畳しており、詳細は不明であるが、吾妻山の西側山体を中心に衛星視線方向短縮の位相変化が認められ深部の膨張による地殻変動を捉えている可能性がある。一方、2015 年 6 月以降の短期間干渉ペア(図 4 及び図 6)では、特段変化は見られない。

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。

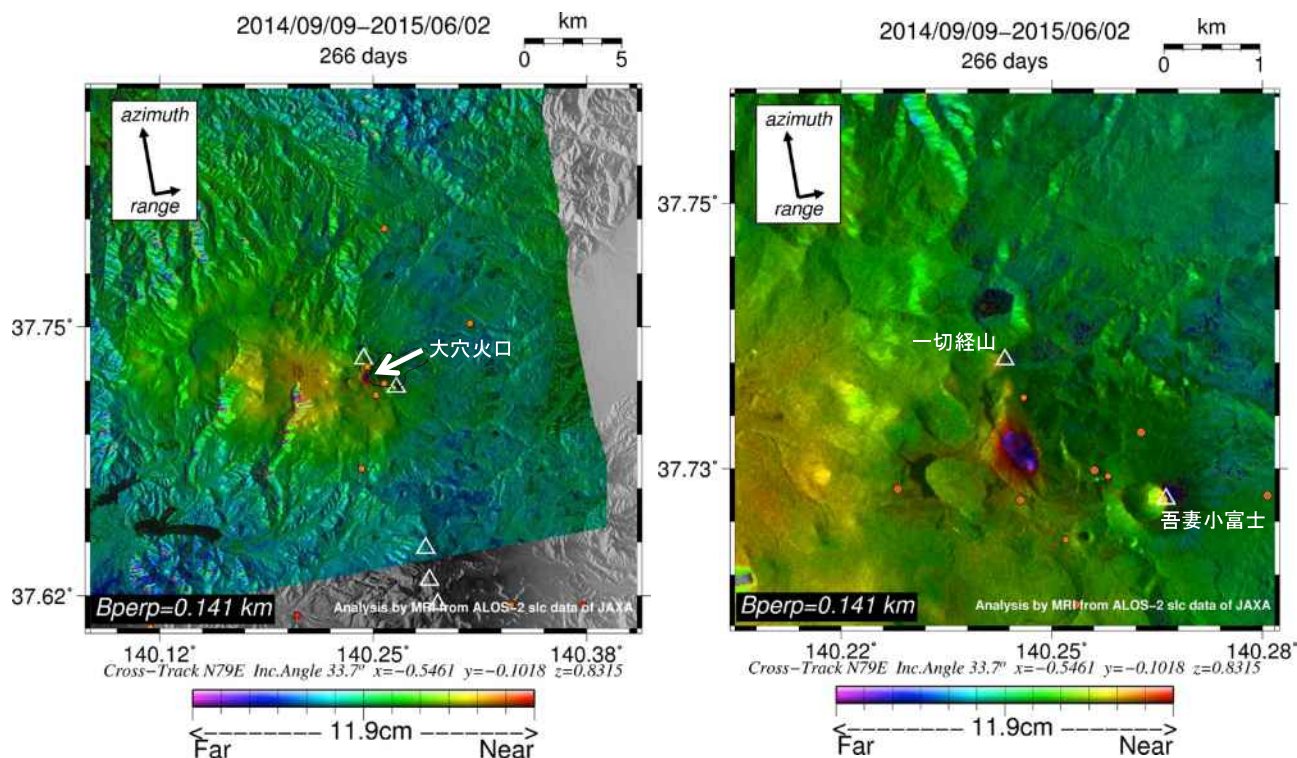


図 1 path124-750 の干渉解析結果（気象ノイズ未補正，右図は大穴火口周辺の拡大図）

白矢印は大穴火口付近を示す。図中の○は GNSS 観測点（繰り返し観測点含む）を示す（橙：気象庁）。大穴火口付近と山体の西側で衛星視線方向短縮の位相変化が認められる。

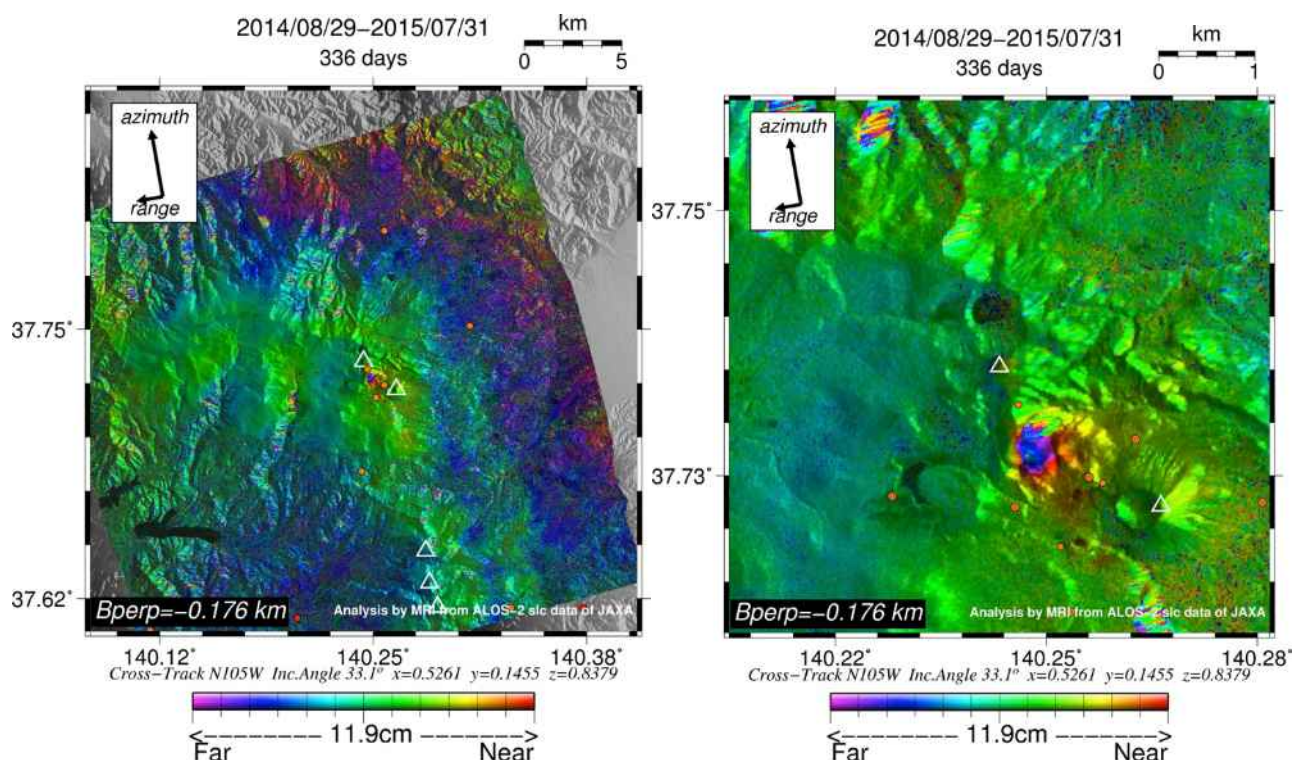


図 2 path119-780 の干渉解析結果（気象ノイズ未補正，右図は大穴火口周辺の拡大図）

凡例は図 1 に同じ。大穴火口周辺で衛星視線方向短縮の位相変化が認められる。ALOS/PALSAR の結果山体の西側については、ノイズが重畳しており詳細は不明であるが、特段の位相変化は認められない。

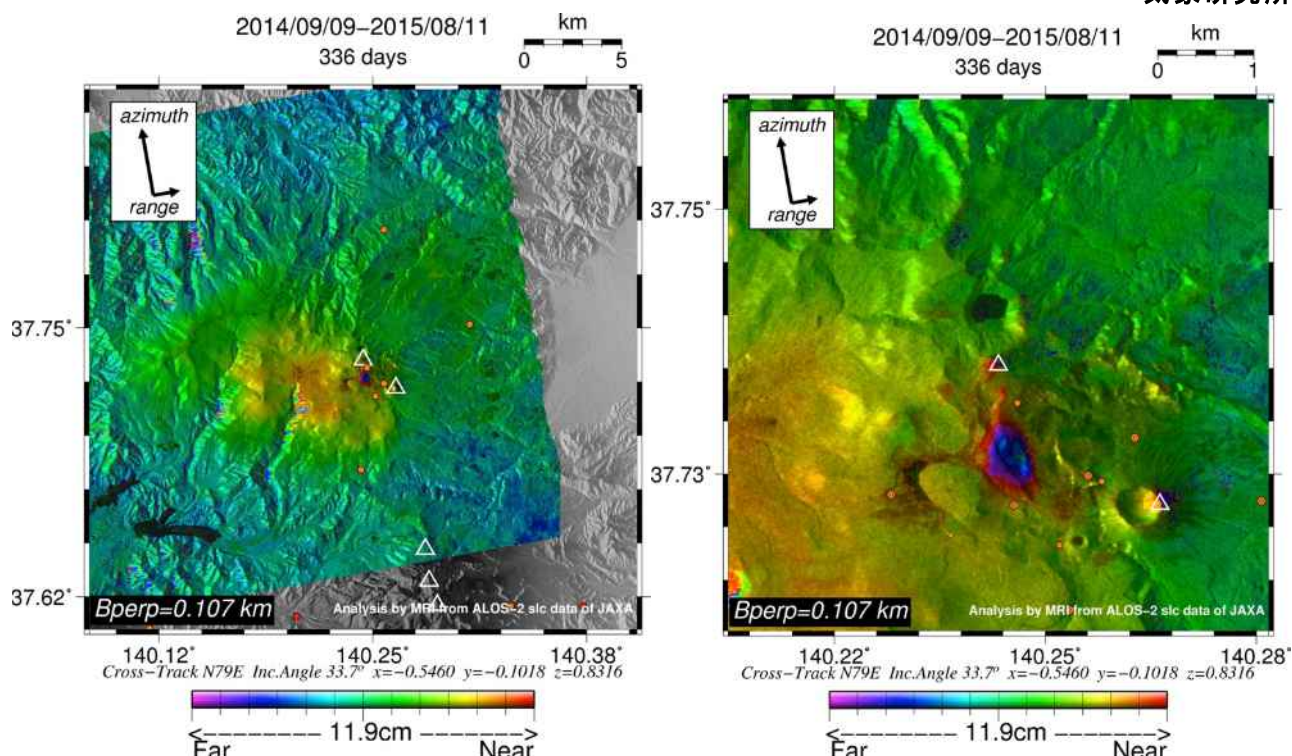


図 3 path124-750 の干渉解析結果（気象ノイズ未補正，右図は大穴火口周辺の拡大図）
凡例は図 1 に同じ。大穴火口付近と山体の西側で衛星視線方向短縮の位相変化が認められる。

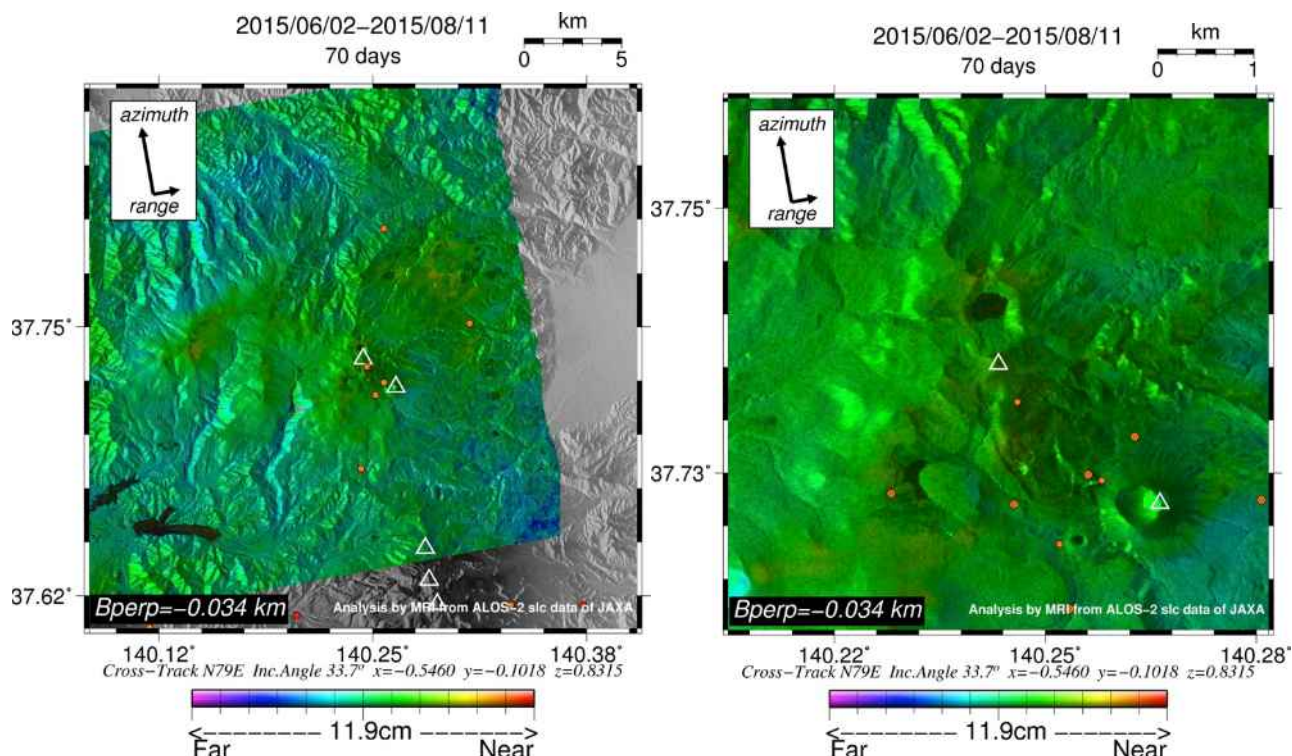


図 4 path124-750 の干渉解析結果（気象ノイズ未補正，右図は大穴火口周辺の拡大図）
凡例は図 1 に同じ。特段の変化は認められない。

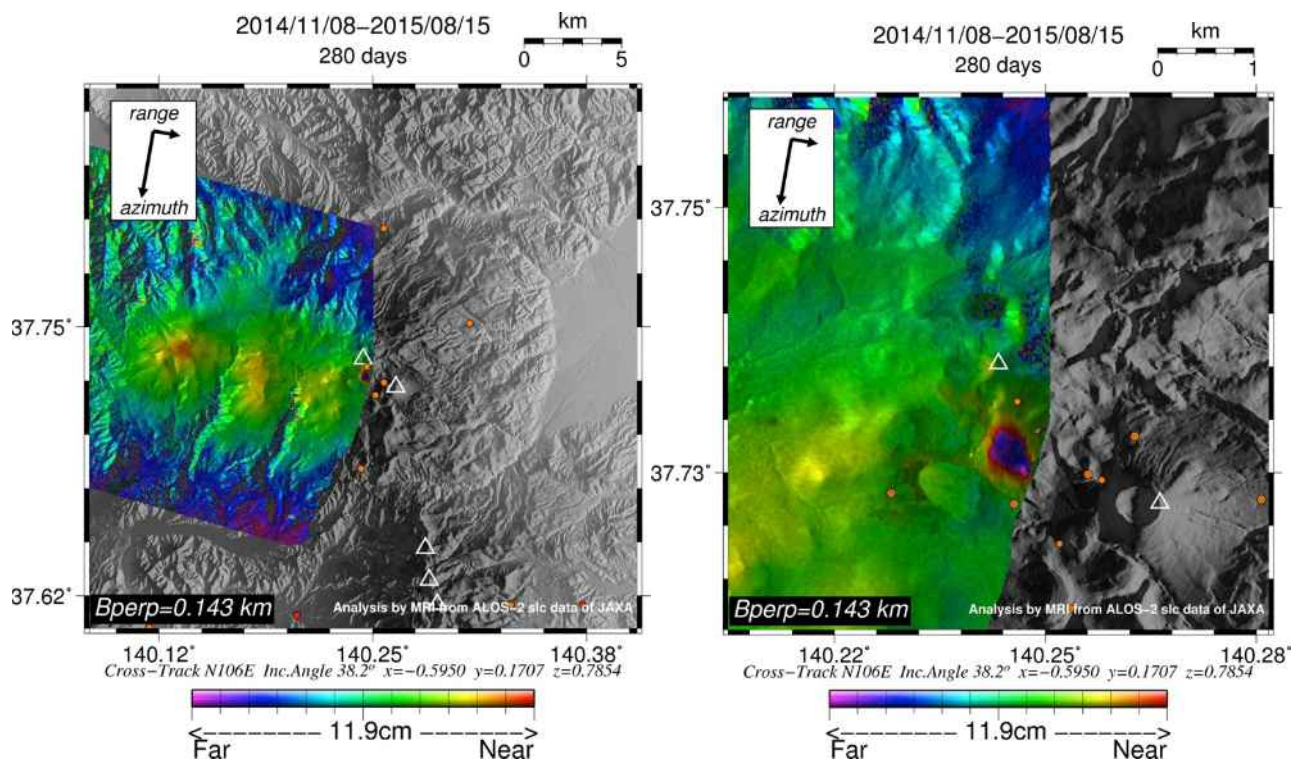


図5 path24-2820 の干渉解析結果（気象ノイズ未補正，右図は大穴火口周辺の拡大図）

凡例は図1に同じ。大穴火口周辺で衛星視線方向短縮の位相変化が認められる。山体西側の位相変化については，ノイズの可能性はある。

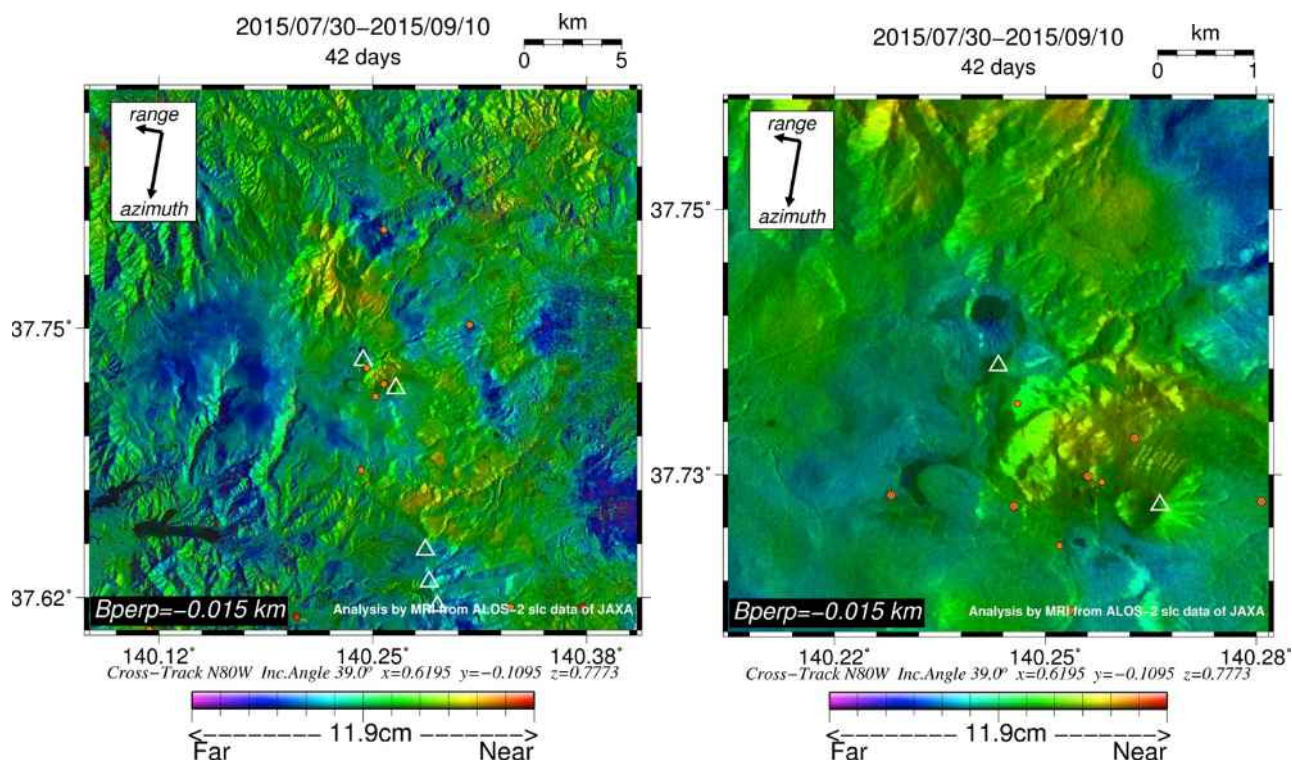
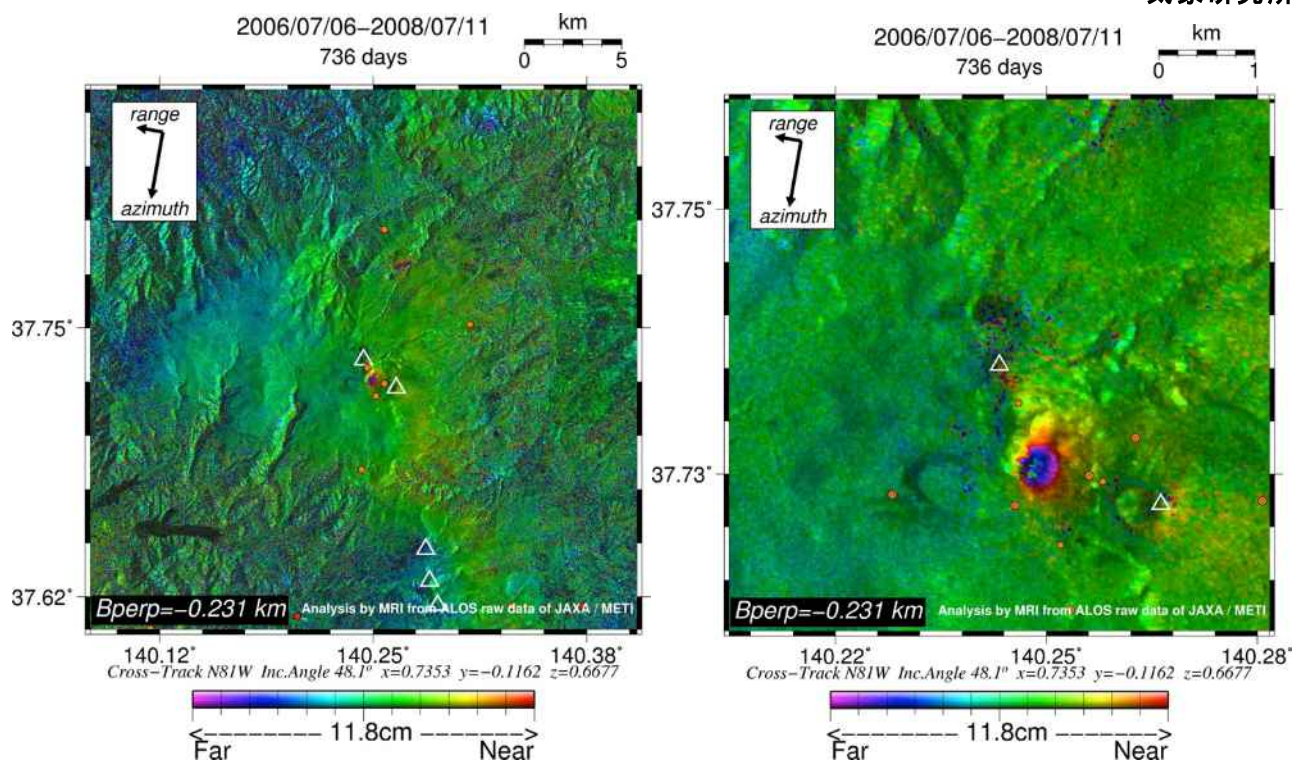


図6 path18-2860 の干渉解析結果（気象ノイズ未補正，右図は大穴火口周辺の拡大図）

凡例は図1に同じ。特段の変化は認められない。



参考図 ALOS/PALSAR (path54-2860) の干渉解析結果（気象ノイズ未補正，右図は大穴火口周辺の拡大図）

凡例は図 1 に同じ。大穴火口付近において，衛星視線方向短縮の位相変化が認められる。局所的な位相変化の位置は，同じく東側上空から撮像された干渉結果（図 2）とよく一致する。このため，大穴火口周辺に地殻変動をもたらしている圧力源の位置は，ほとんど移動していないと考えられる。なお，2006 年から 2008 年の干渉ペアでは，山体の西側では特段の変化は認められない。

吾妻山周辺の地殻変動

【概要】

GNSS稠密観測網による2015年6月から9月までの地殻変動において、前期間(2014年10月から2015年5月まで)に見られた山体膨張の傾向は観測されていない。

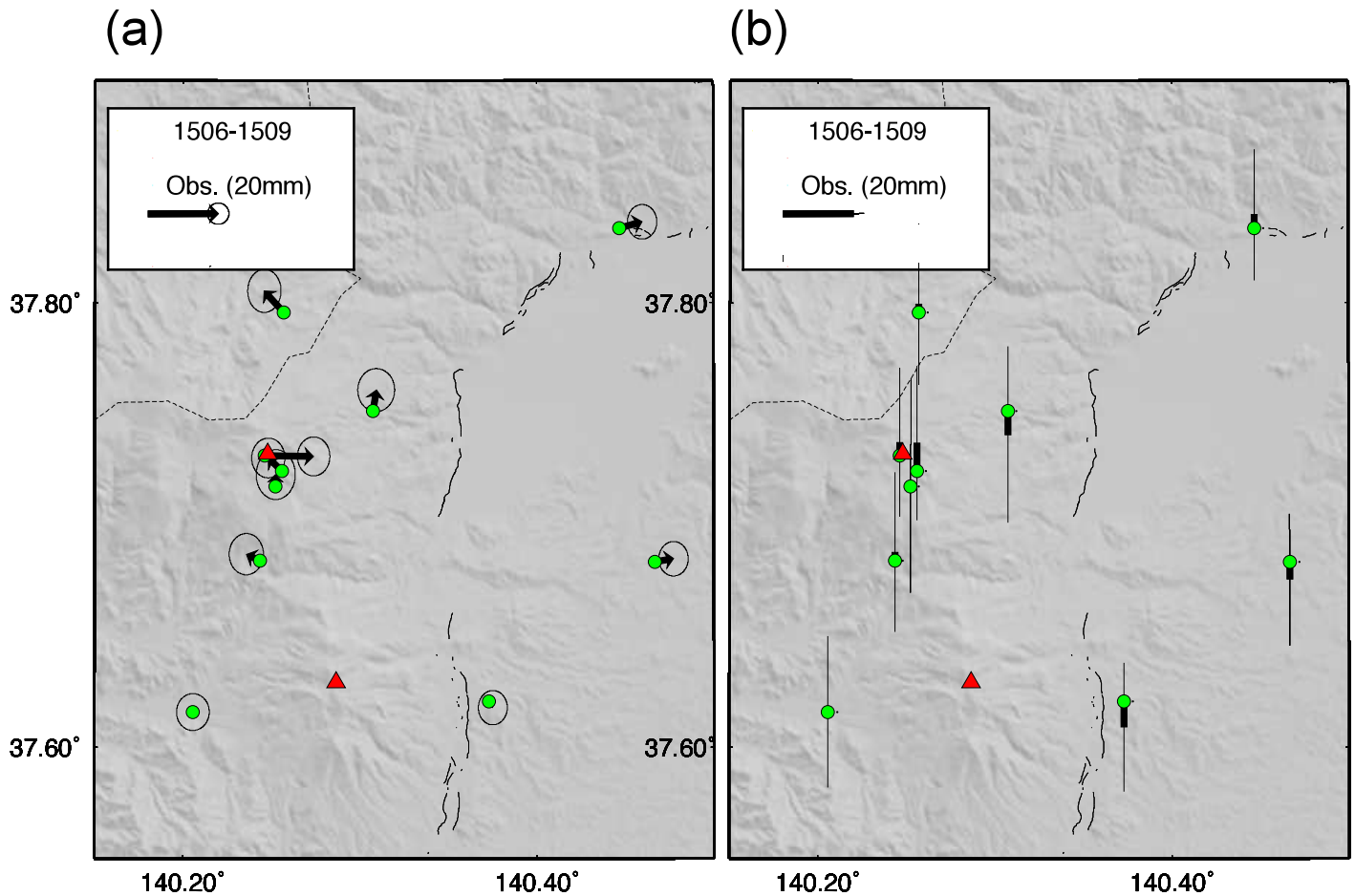
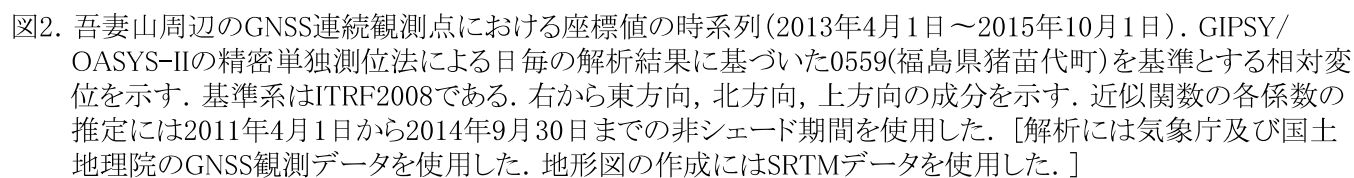
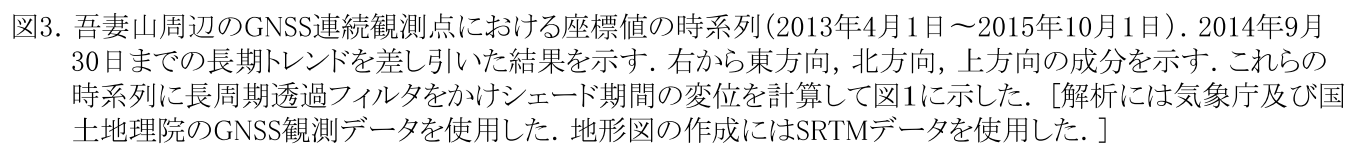


図1. 吾妻山周辺のGNSS連続観測点における2015年6月～9月までの4ヶ月間の変位分布. 0559(福島県猪苗代町)を基準とする各観測点の相対座標時系列から、2011年4月1日から2014年9月30日の期間の長期トレンドを対数、1次及び年周・半年周の各関数の和で表される関数で近似して残差を求め、2015年6月1日～2015年9月30日までの変位を求めた. (a) は水平成分, (b) は上下成分で、黒の矢印及び縦棒が観測値を示す. [解析には気象庁及び国土地理院のGNSS観測データを使用した. 地形図の作成には国土地理院発行の数値地図を使用した.]





吾妻山の全磁力連続観測

【概要】

- ・大穴火口から南南東約 300 m の地点における吾妻 02 全磁力観測点では, 今期間は参照点(滑川観測点)との差分値に地下の熱活動の変化を示唆する全磁力変化は観測されていない。

【データ処理】

- ・東北大吾妻 02 観測点における全磁力 10 分サンプリングの夜間値(21:00-03:00 JST)を平均して夜間平均値とする。同機種・同サンプリング周期観測による東北大の滑川観測点(山形市)のデータを参照データとした。
- ・吾妻 02 観測点の日値データから滑川観測点のデータを差し引いて差分値を求めた。差分値データは基準日(2014 年 11 月 1 日)を 0 として表示した。

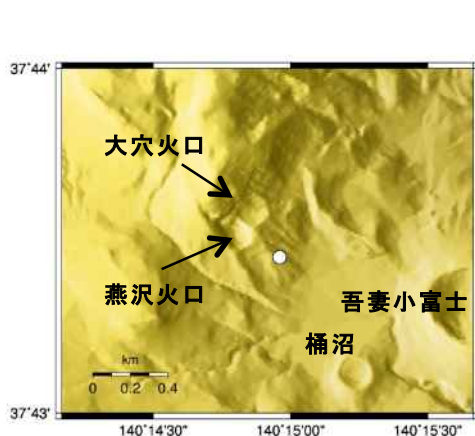


図 1. 白丸が東北大吾妻 02 観測点。大穴火口から南南東約 300 m 地点にある。滑川観測点は吾妻 02 観測点から北北東約 60 km 離れた山形市内にある。

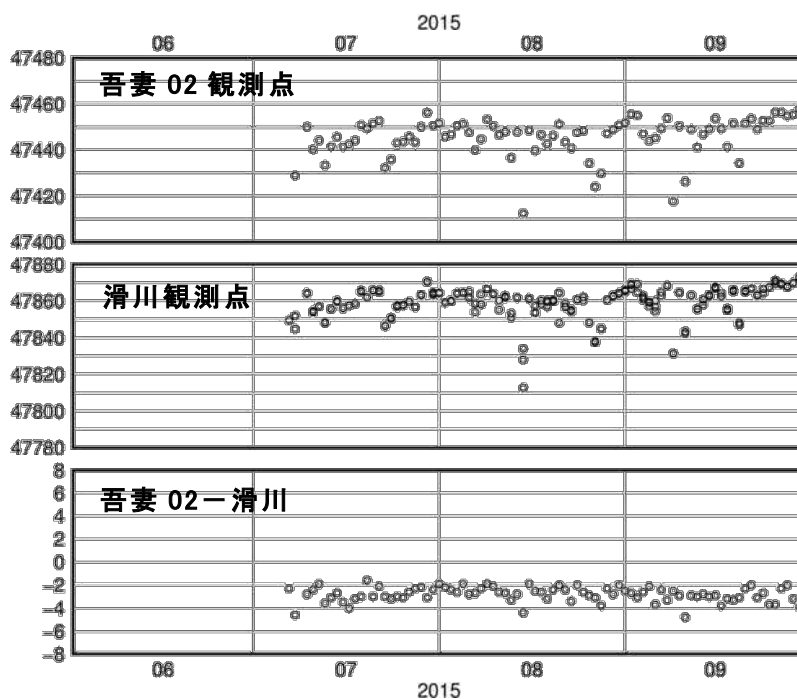


図 2. 2015 年 6 月から 9 月の全磁力変動。[上段] 吾妻 02 観測点での夜間平均値。縦軸の単位は nT。[中段] 滑川観測点(参照点)の 1 日毎の夜間平均値。[下段] 吾妻 02 観測点と滑川観測点の差分値。2014 年 11 月 1 日の差分値を基準とした(図 3 参照)。

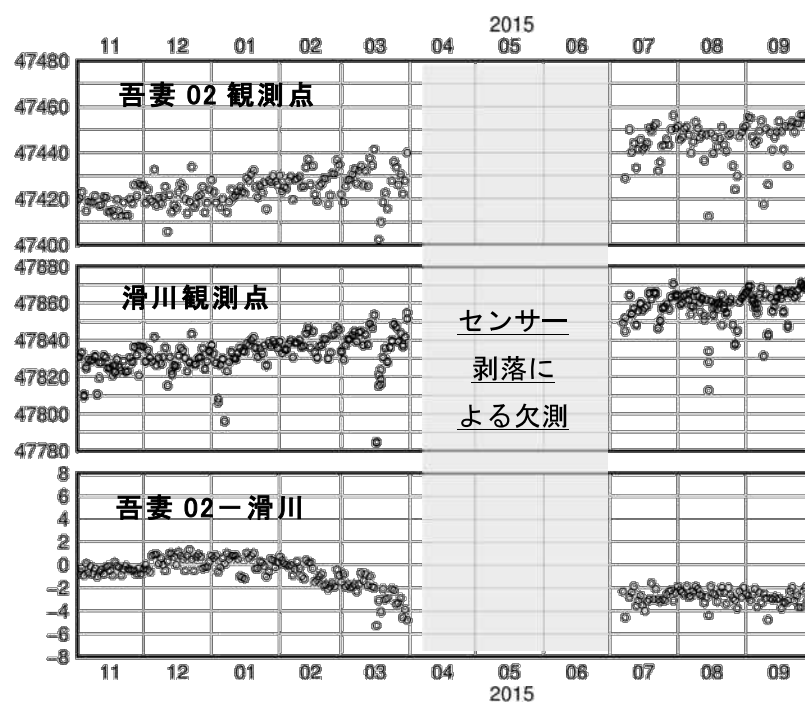
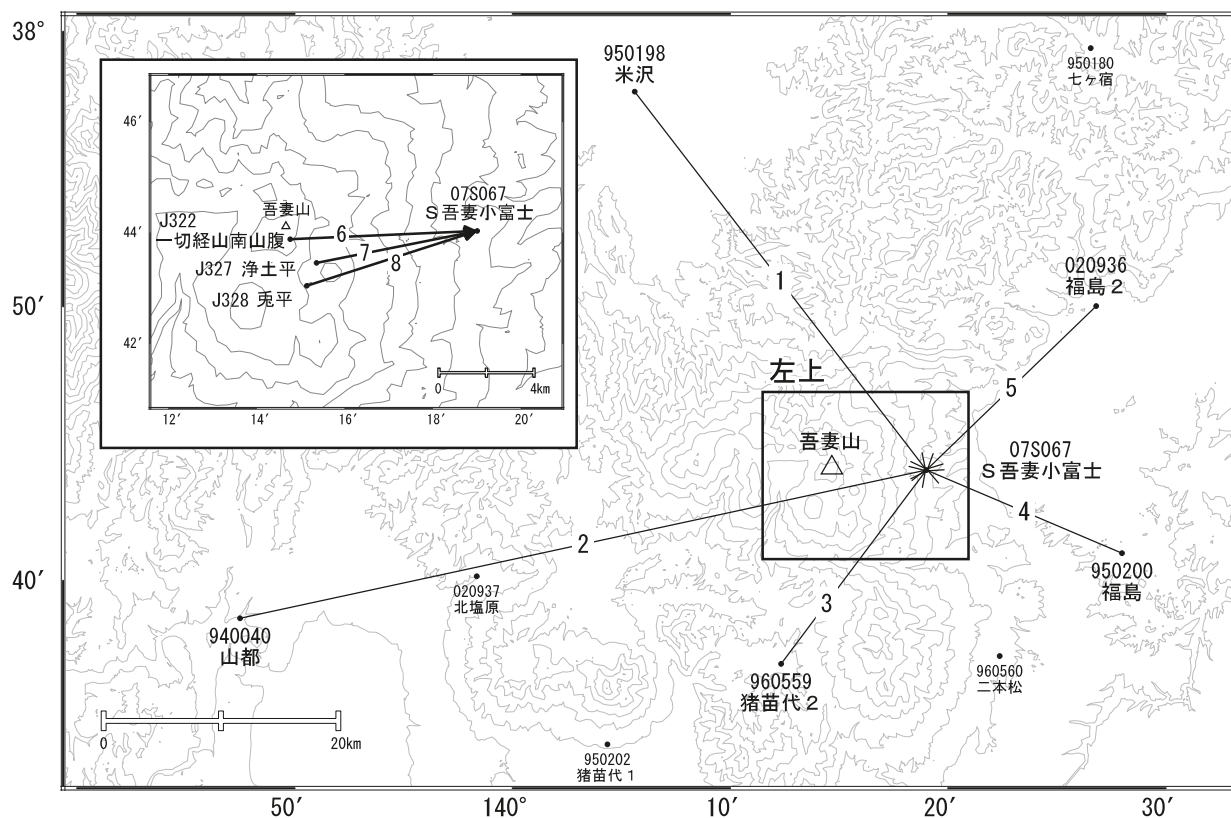


図 3. 2014 年 11 月から 2015 年 9 月の全磁力変動. [上段] [中段] [下段]の説明は図 2 に同じ.

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

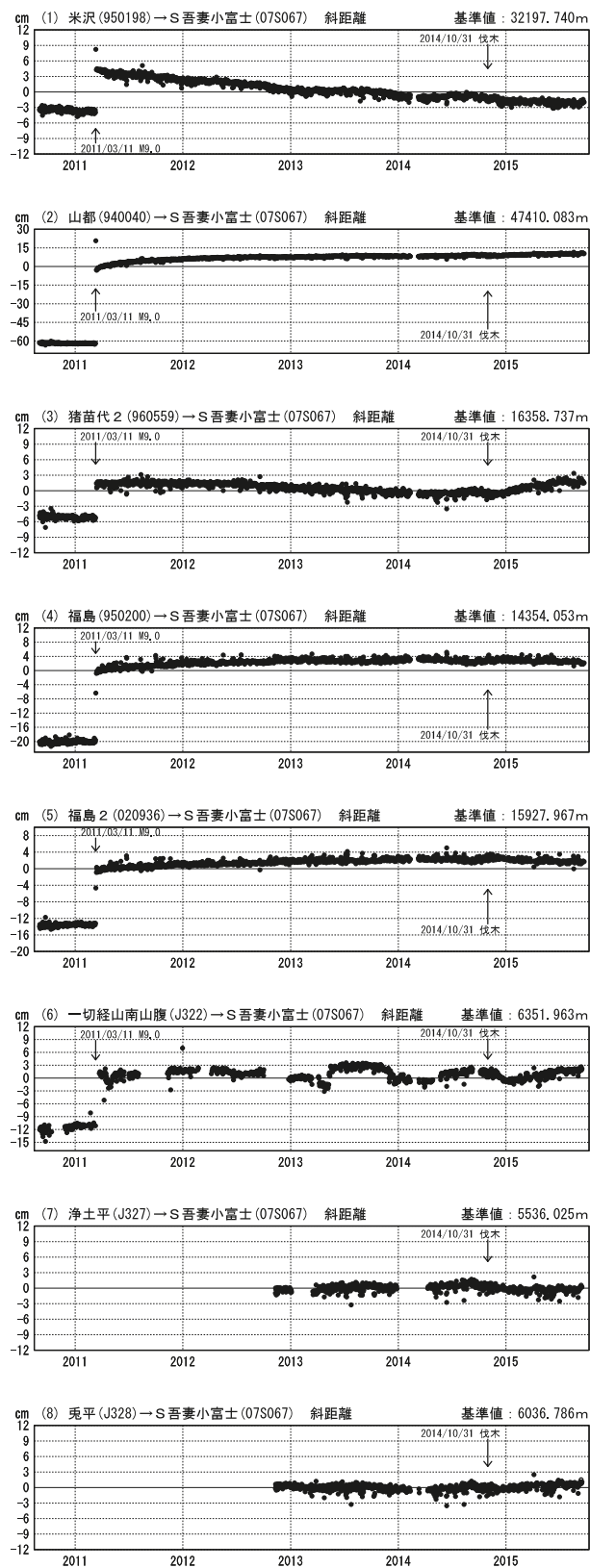


吾妻山周辺の各観測局情報

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	20101210	レドーム開閉・受信機交換
		20110211	周辺伐採
		20120812	アンテナ交換
950200	福島	20100110	レドーム開閉・受信機交換
		20111211	アンテナ交換
960559	猪苗代2	20100210	受信機交換
		20111211	アンテナ交換
		20150813	受信機交換
020936	福島2	20100110	レドーム開閉・受信機交換
		20111211	アンテナ交換
07S067	S吾妻小富士	20141014	周辺伐採
		20150609	受信機交換

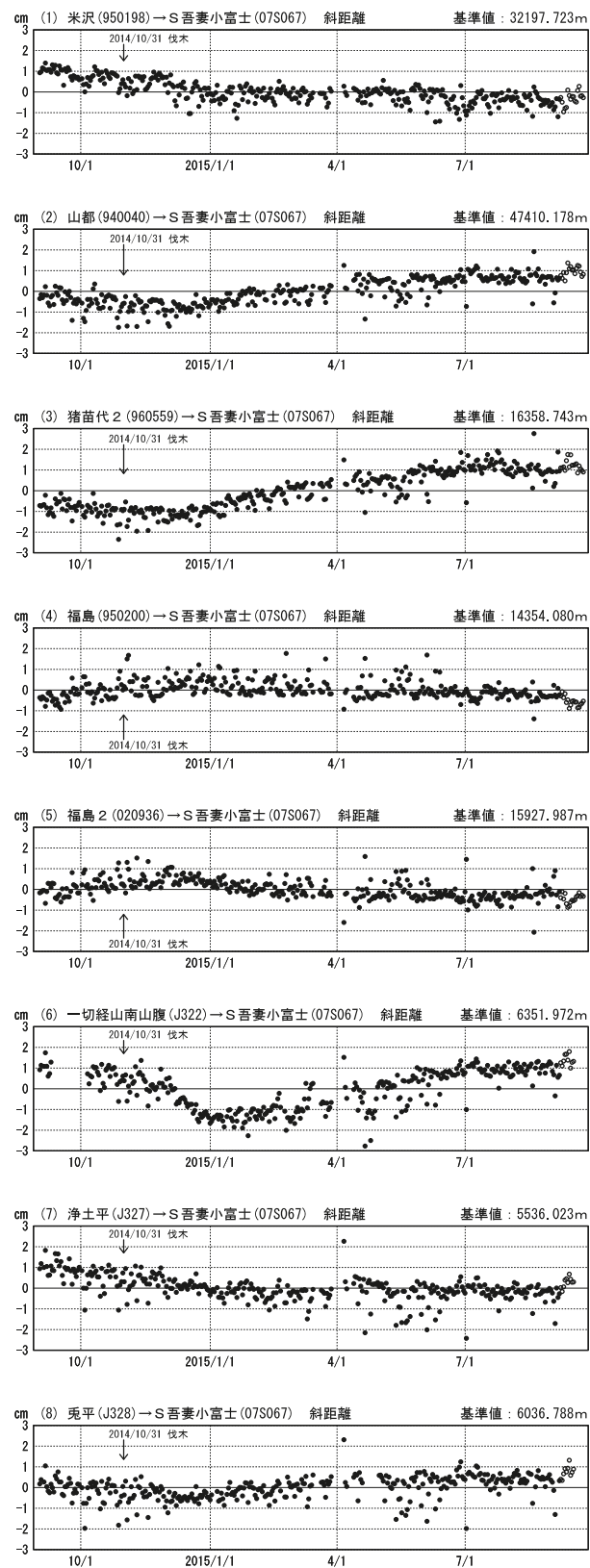
基線変化グラフ

期間：2010/09/01～2015/09/22 JST



基線変化グラフ

期間：2014/09/01～2015/09/22 JST



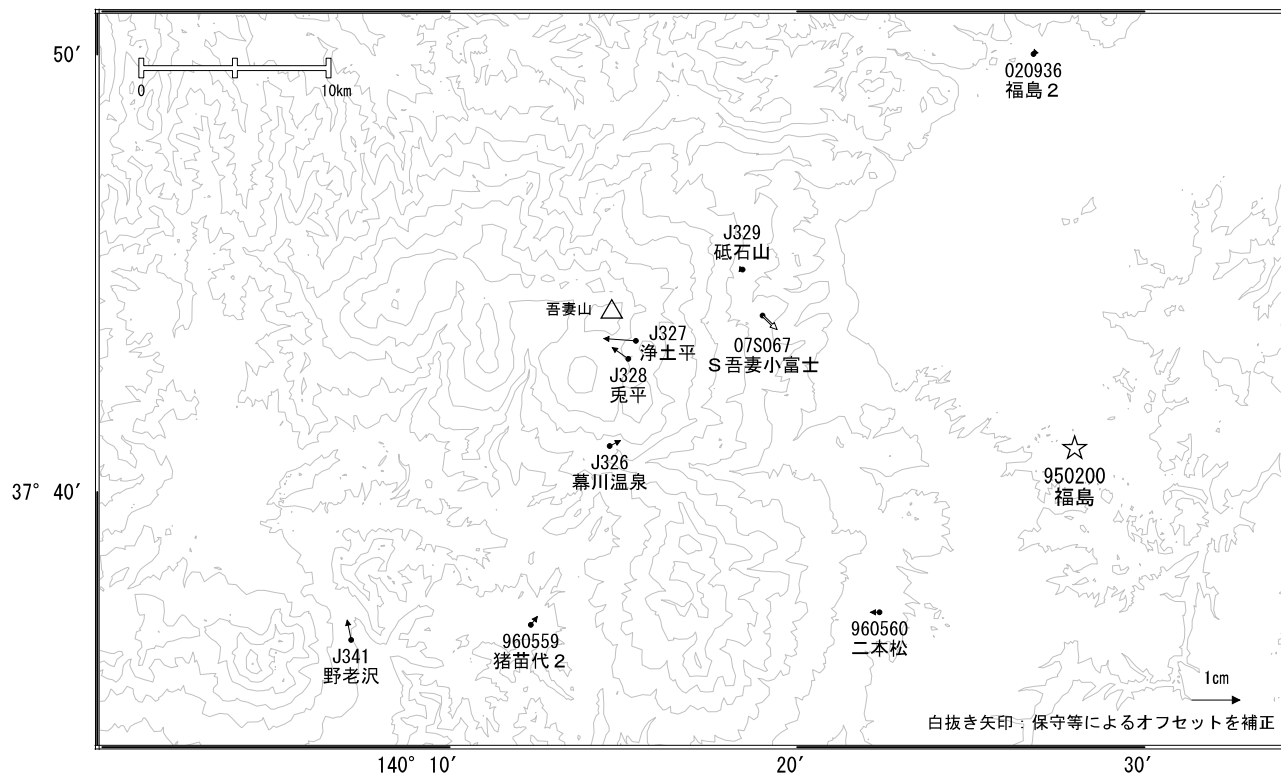
※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

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: 2015/06/04~2015/06/13 [F3: 最終解]
比較期間: 2015/09/04~2015/09/13 [F3: 最終解]

計算期間: 2014/09/01~2015/09/01

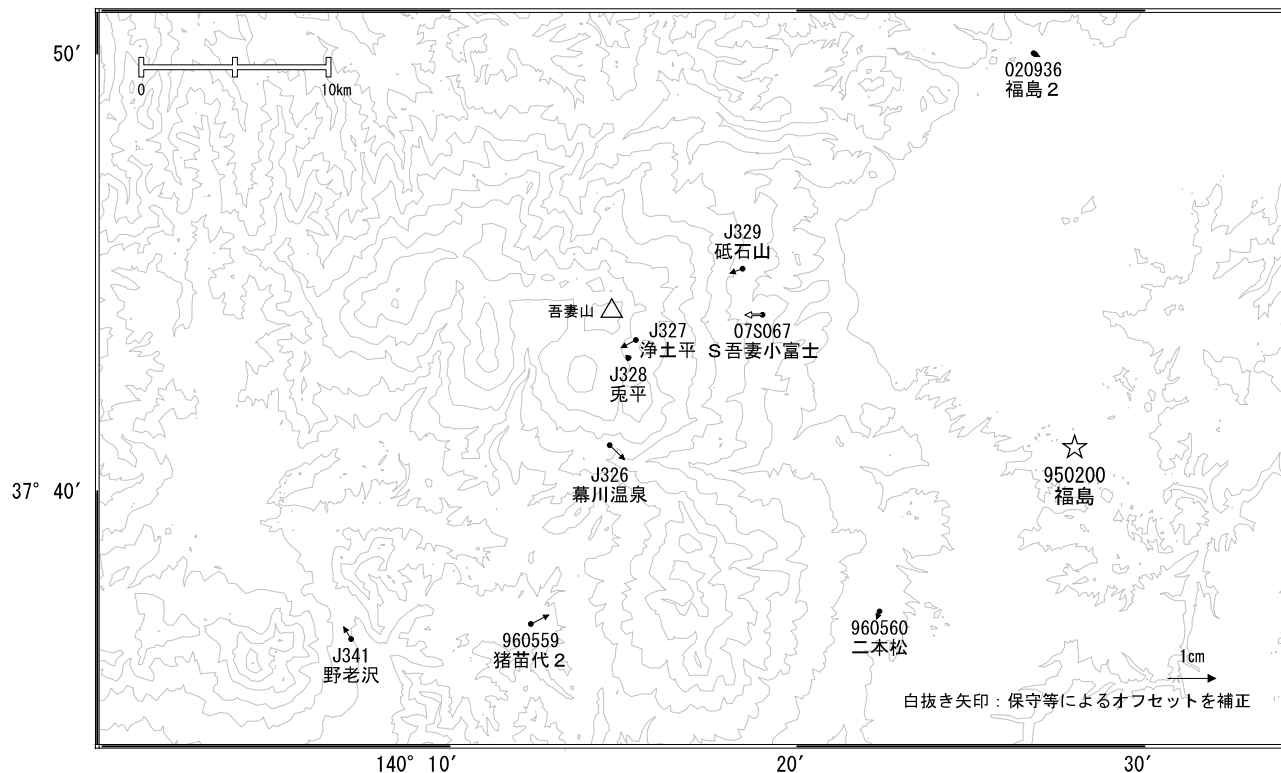


☆ 固定局: 福島 (950200)

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: 2014/09/04~2014/09/13 [F3: 最終解]
比較期間: 2015/09/04~2015/09/13 [F3: 最終解]

計算期間: 2014/09/01~2015/09/01



☆ 固定局: 福島 (950200)

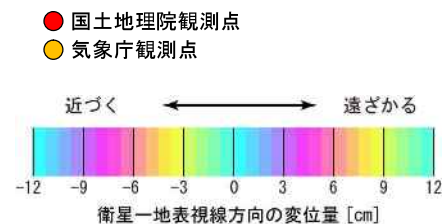
※ [R3: 速報解] は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

吾妻山

吾妻山の SAR 干渉解析結果について

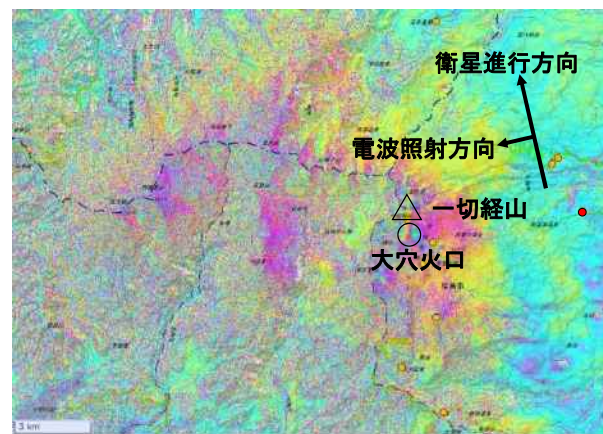
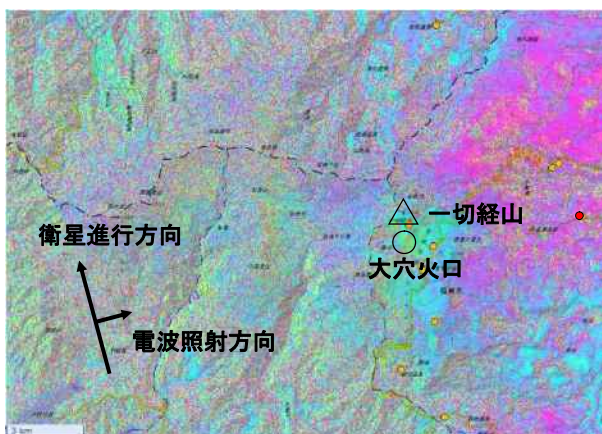
衛星名	(a)	(b)	(c)	(d)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2015/04/26 2015/07/19 23:37 頃 (84 日間)	2014/11/21 2015/07/31 22:56 頃 (252 日間)	2014/09/09 2015/08/11 23:31 頃 (336 日間)	2014/11/08 2015/08/15 12:23 頃 (280 日間)
衛星進行方向	北行	北行	北行	南行
電波照射方向	右	左	右	左
観測モード*	U-U	U-U	U-U	U-U
入射角(中心)	42.9°	32.6°	32.5°	36.7°
偏波	HH	HH	HH	HH
垂直基線長	- 51 m	-88 m	- 107 m	- 143 m
使用 DEM	GSI10m DEHMJapan (飛田, 2009)	GSI10m DEHMJapan (飛田, 2009)	GSI10m DEHMJapan (飛田, 2009)	GSI10m DEHMJapan (飛田, 2009)

*U: 高分解能(3m)モード



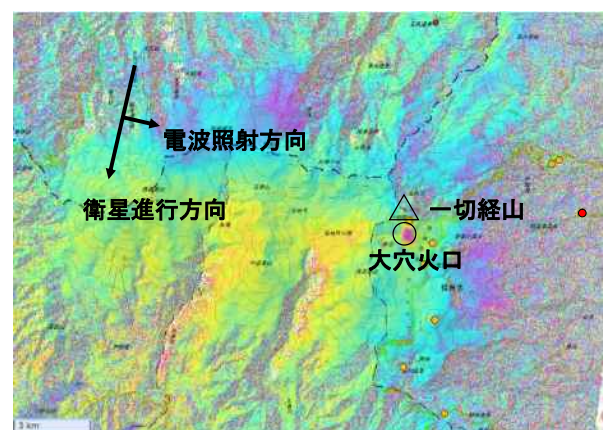
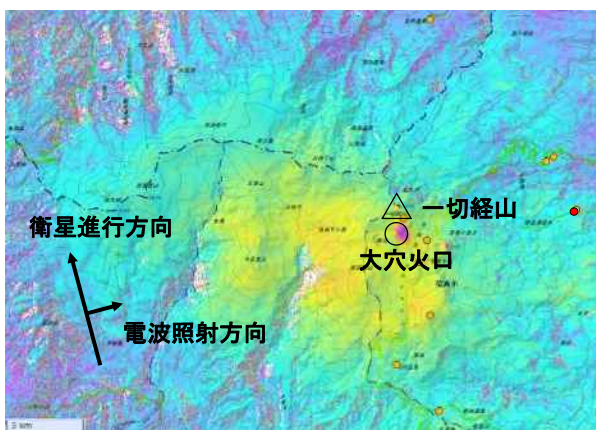
(a) 2015/04/26-2015/07/19

(b) 2014/11/21-2015/07/31



(c) 2014/09/09-2015/08/11

(d) 2014/11/08-2015/08/15



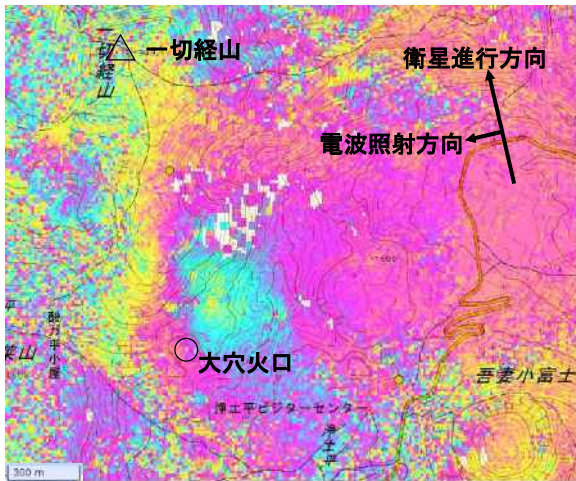
背景：地理院地図 標準地図

解析：国土地理院 原初データ所有：JAXA

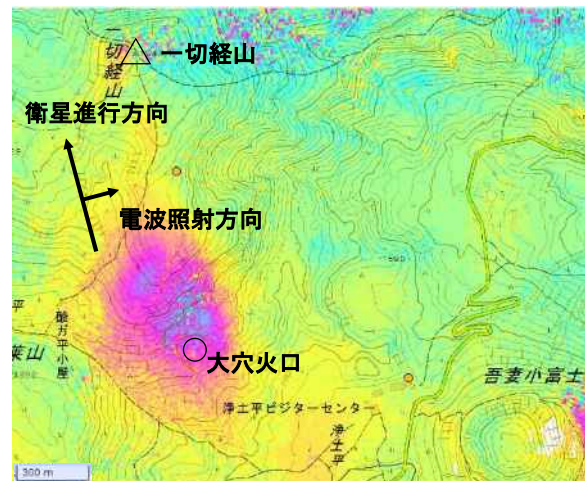
吾妻山

【拡大図】

(b) 2014/11/21-2015/07/31

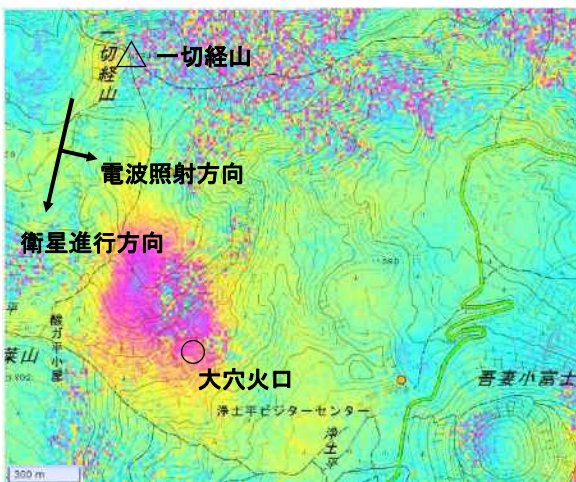


(c) 2014/09/09-2015/08/11



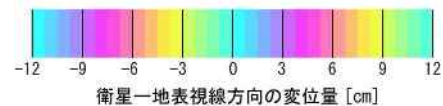
背景：地理院地図 標準地図

(d) 2014/11/08-2015/08/15



● 気象庁 GNSS 観測

近づく ← → 遠ざかる



判読)

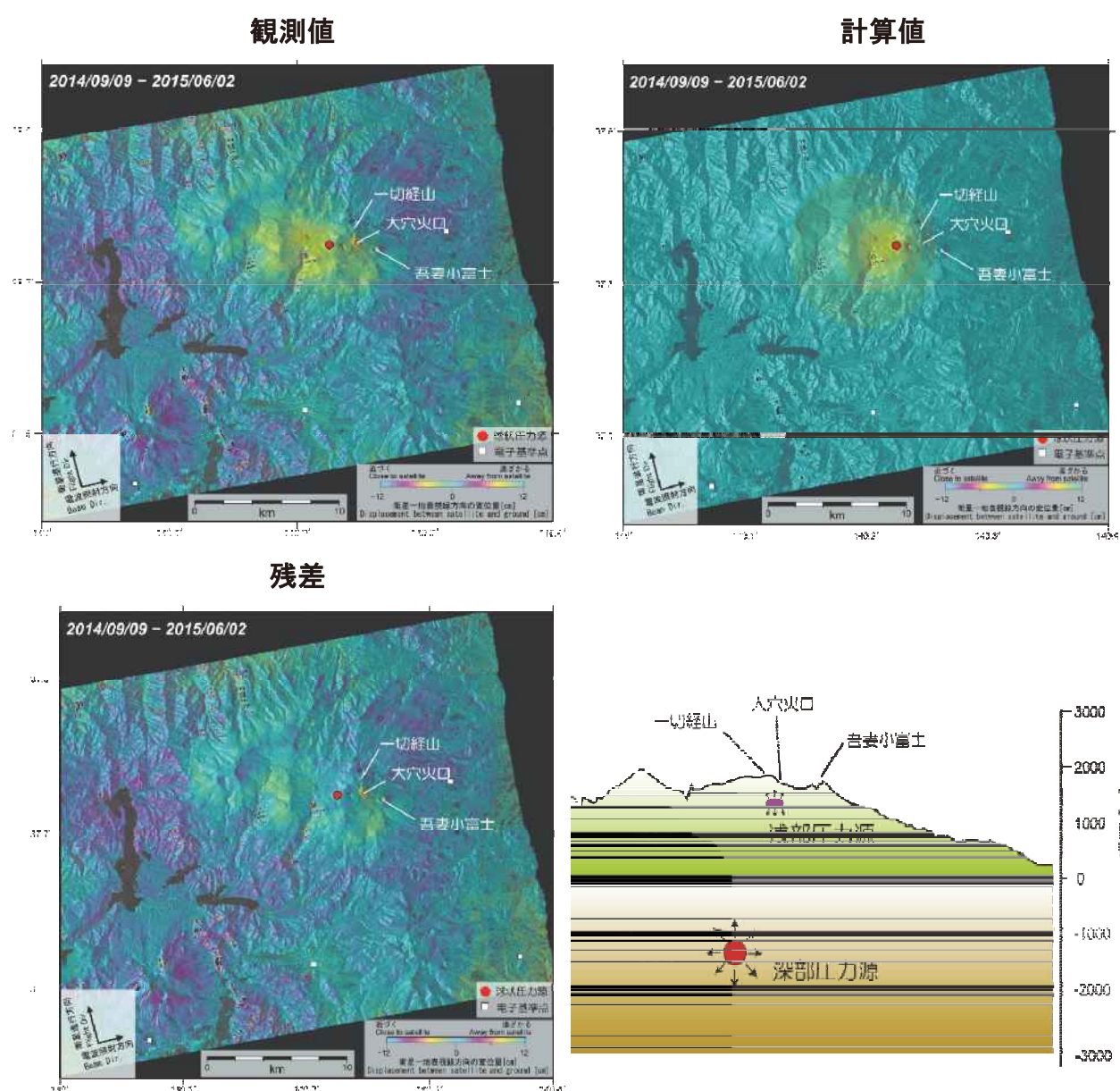
- ・ (a)では、ノイズレベルを超える変動は見られない。
- ・ (b) (c)及び(d)では、吾妻山山体の広い範囲で衛星に近づく地殻変動が見られる。
- ・ 大穴火口付近でも衛星に近づく地殻変動が見られる。

「だいち2号」による地殻変動量を基にした球状圧力源モデル（暫定）

だいち2号による干渉解析結果に基づき、変動源の推定を行った。変動源のモデルとして、球状圧力源を仮定し、位置（水平・深さ）、体積変化量を推定した。なお、標高を簡易的に考慮した解析を行っている。観測値と計算値、残差を図4（干渉画像）に、推定されたパラメータを表1に示す。圧力源は、吾妻山（一切経山、吾妻小富士）の西側、深さ約1.3km（地表から概ね3km）の位置に求まった。

表1 推定された球状圧力源のパラメータ（深さの基準は標高0m）

緯度 (°)	経度 (°)	深さ (km)	体積変化量 (m ³)
37.7252	140.2248	1.3	1.3×10^6



（左上）干渉画像（2014年9月9日－2015年6月2日）、（右上）計算値、
（左下）残差、（右下）変動源の概念図