

第 133 回 火山噴火予知連絡会資料

(その 5 の 3)

草津白根山、浅間山、
御嶽山、西之島

平成 27 年 10 月 21 日

火山噴火予知連絡会資料（その5の3）

目次

草津白根山	3
気象庁 3-21（地磁気 18-21）、	
東工大 22-28	
防災科研 29-33、	
地理院 34-41	
浅間山	42
気象庁 42-62、	
東大震研 63-80、	
防災科研 81-85、	
地理院 86-89	
御嶽山	90
気象庁 90-108	
名大 109-111	
地理院 112-115	
西之島	116
気象研 116-131、	
産総研 132-137、	
地理院 138-144、	
海保 145-162	

草 津 白 根 山 (2015 年 10 月 13 日現在)

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 20 日以降概ねやや少ない状態で経過している。地殻変動観測によると、湯釜付近の膨張を示す変動が認められていたが、2015 年 4 月頃より停滞している。

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あたる斜面で熱活動の活発な状態が継続している。また、北側噴気地帯のガス成分に活動活発化を示す変化がみられている。

草津白根山では火山活動が活発化しており、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 6 月～2015 年 10 月 13 日）

・地震活動（第 2－1～2 図、第 3－1 図①～③、第 3－2 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 20 日以降は概ねやや少ない状態で経過している。

6 月 28 日 19 時 10 分頃に振幅の小さな火山性微動（継続時間：2 分 15 秒）が発生した。火山性微動が発生したのは 2013 年 1 月 1 日（継続時間：2 分 12 秒）以来である。火山性微動の発生前後で地震活動やその他のデータに特段の変化はなかった。

・地殻変動（第 3－1 図④、第 4～第 8 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 月頃より停滞している。湯釜周辺の GNSS 繰り返し観測でも、前回（2015 年 5 月）までみられていた伸びの傾向が鈍化している。

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 9～11 図）

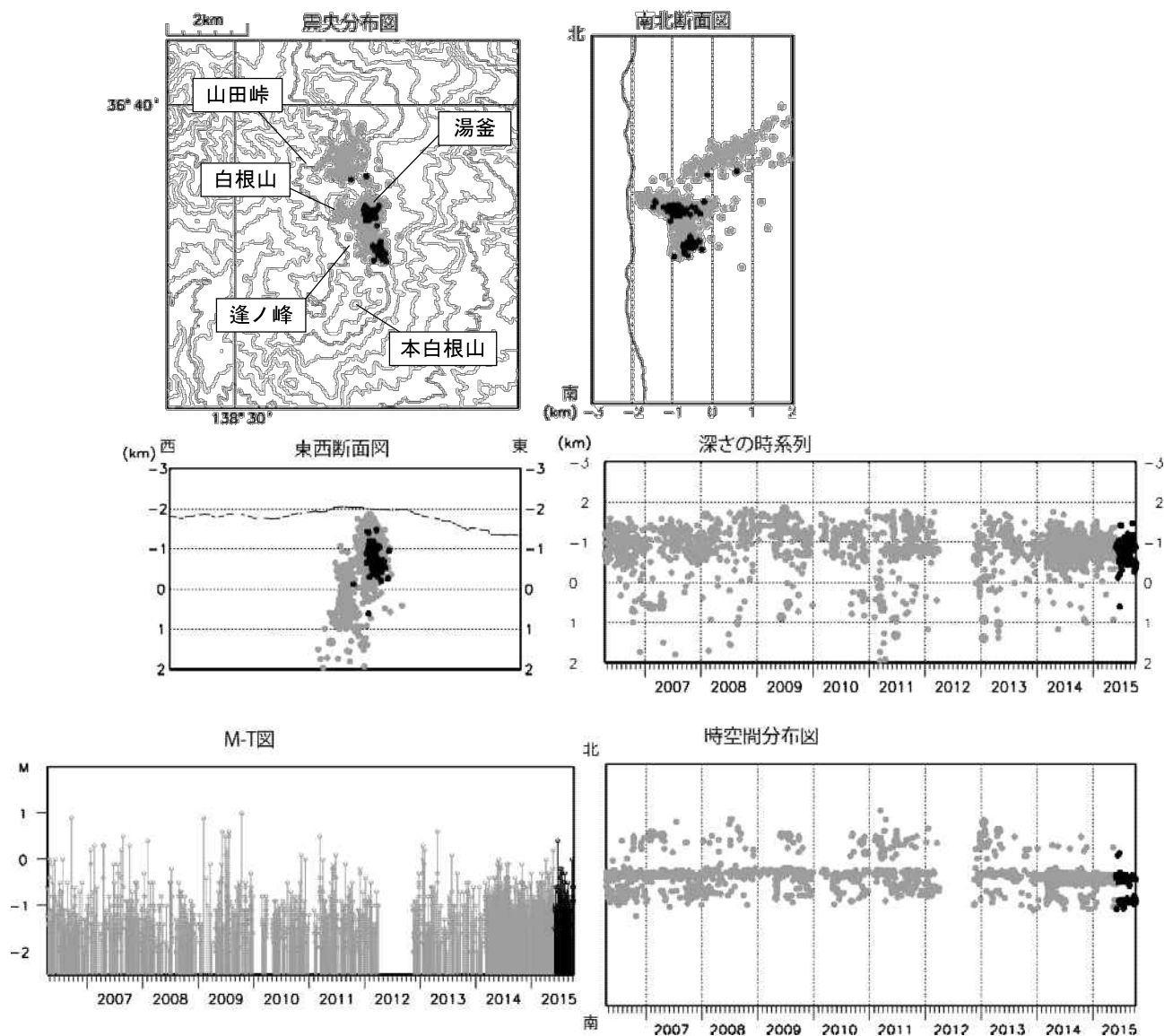
奥山田（湯釜の北約 1.5 km）に設置してある気象庁の遠望カメラによる観測では、引き続き湯釜北側噴気地帯の噴気孔からごく弱い噴気が時々認められた。逢ノ峰山頂（湯釜の南約 1 km）に設置してある気象庁の遠望カメラによる観測では、引き続き湯釜火口縁を越える噴気は認められなかった。

9 月 29 日から 10 月 2 日にかけて実施した現地調査及び 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は、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。



第 1 図 草津白根山 湯釜付近の状況

- ・ 上左図：奥山田の遠望カメラ（9 月 22 日撮影）
- ・ 上右図：逢ノ峰山頂の遠望カメラ（9 月 22 日撮影）
- ・ 下左図：東工大の火口カメラ（9 月 22 日撮影）



第 2-1 図 草津白根山 震源分布図 (2006 年 4 月 15 日～2015 年 10 月 7 日)

● : 2006 年 4 月 15 日～2015 年 5 月 31 日 ● : 2015 年 6 月 1 日～2015 年 10 月 7 日

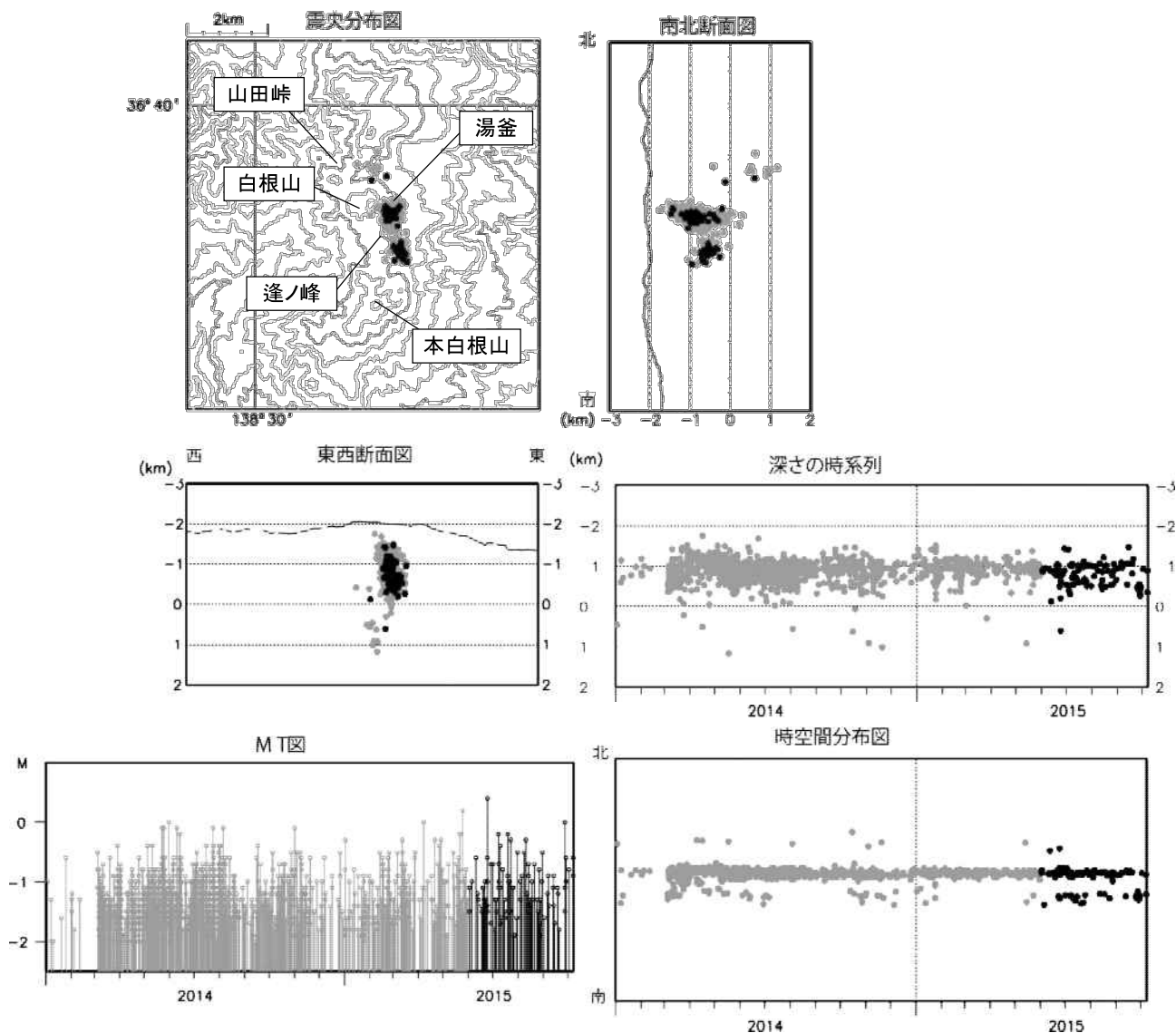
条件 : 緯度経度計算誤差 0.2 分以内、震源時計算誤差 0.2 秒以内、半無限均質速度構造 ($V_p=2.5\text{km/s}$ 、 $V_p/V_s=1.73$)

気象庁及び東工大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 2－2 図 草津白根山 震源分布図（2014 年 1 月 1 日～2015 年 10 月 7 日）

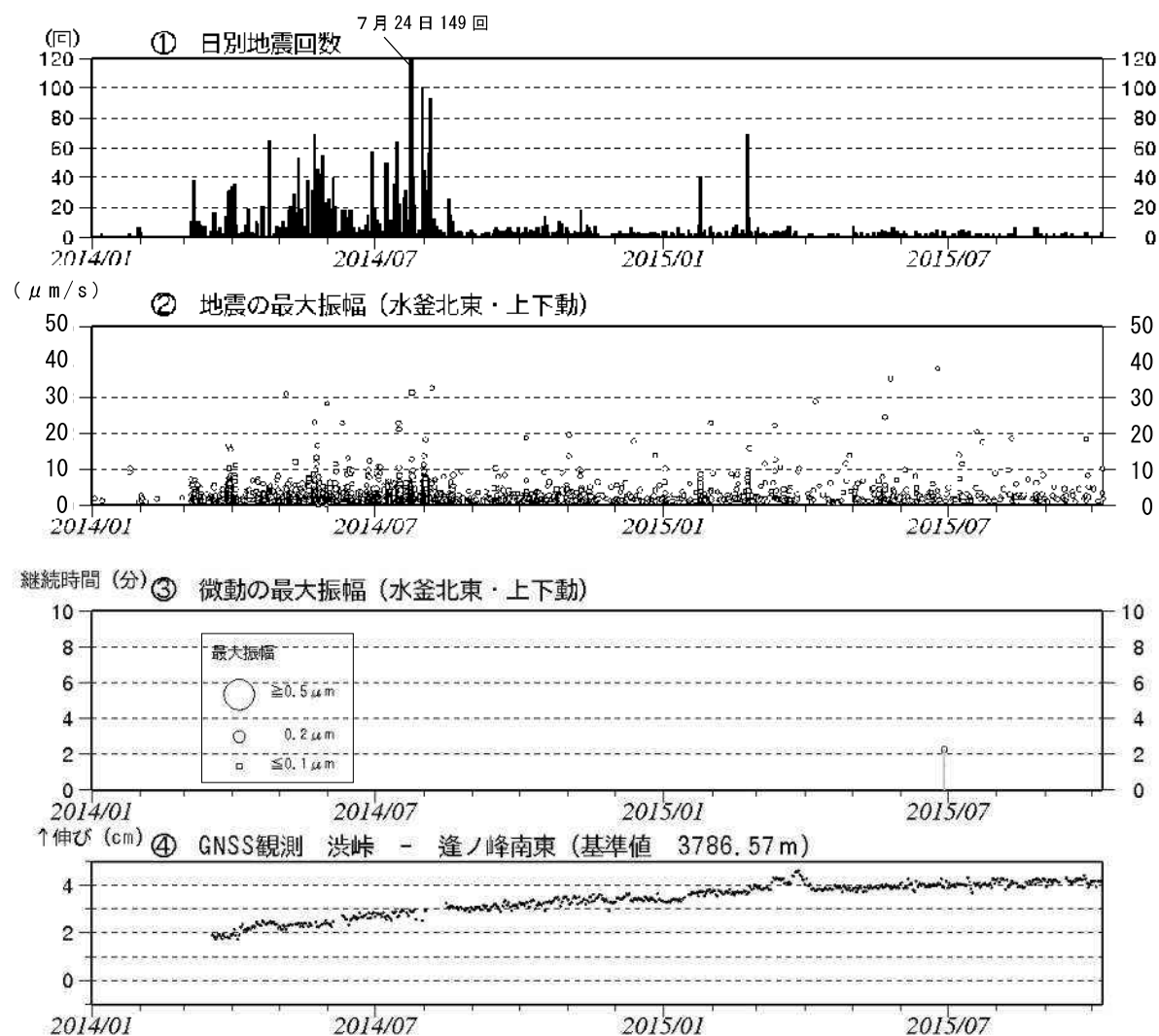
●：2014 年 1 月 1 日～2015 年 5 月 31 日 ●：2015 年 6 月 1 日～10 月 7 日

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 ($V_p=2.5\text{km/s}$ 、 $V_p/V_s=1.73$)

気象庁及び東工大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で経過していたが、2014 年 8 月 20 日以降は概ねやや少ない状態で経過している。

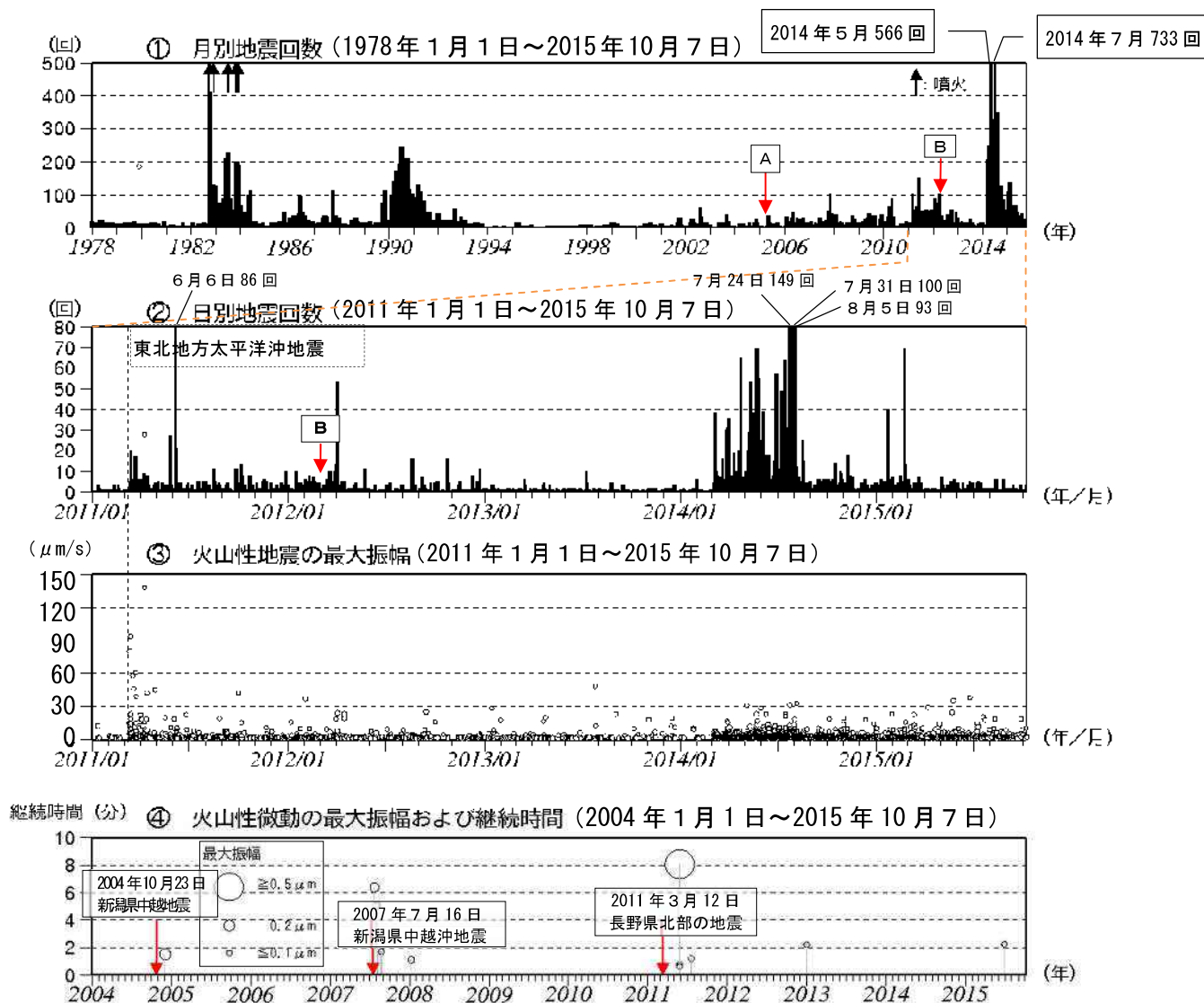
この地図の作成には、国土地理院発行の『2 万 5 千分 1 地形図』および『数値地図 50m メッシュ（標高）』を使用した。



第 3-1 図 草津白根山 最近の活動経過図 (2014 年 1 月 1 日～2015 年 10 月 7 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で経過していたが、2014 年 8 月 20 日以降は概ねやや少ない状態で経過している。2015 年 1 月と 2 月には一時的な火山性地震の増加がみられた。
- ・ 6 月 28 日に振幅の小さな火山性微動が発生した。
- ・ 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 月頃より停滞している。



第 3-2 図 草津白根山 火山活動経過図

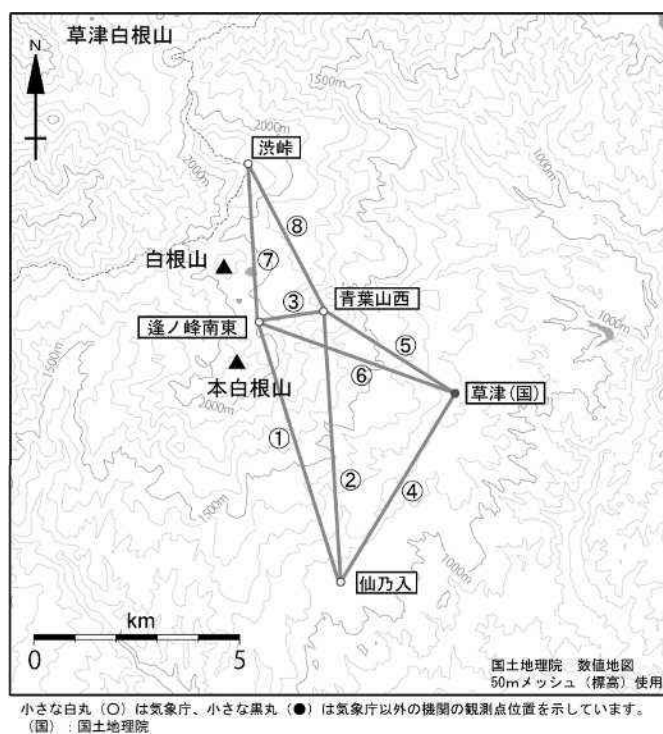
計数基準 (A まで) : 水釜北東振幅 $0.05 \mu\text{m}$ 以上、S-P 時間 2 秒以内 2005 年 1 月 21 日まで

(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)。

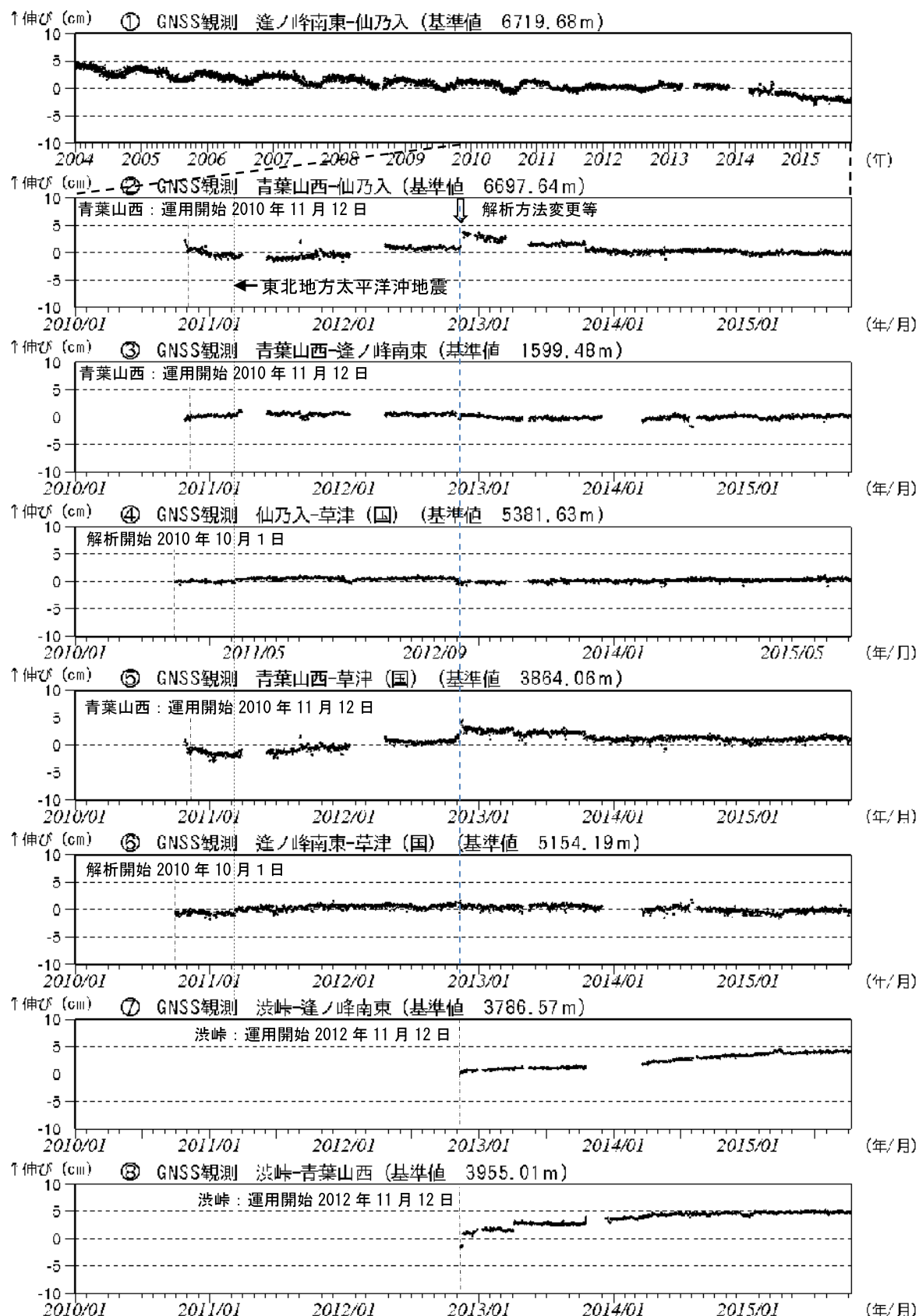
- ・ 2014 年 3 月上旬から湯釜から湯釜南付近を震源とする火山性地震が増加した。その後、消長を繰り返しながら多い状態で経過していたが、2014 年 8 月 20 日以降は概ねやや少ない状態で経過している。
- ・ 6 月 28 日に振幅の小さな火山性微動が発生した。火山性微動が発生したのは 2013 年 1 月 1 日以来である。



第 4 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 5 図の①～⑧に対応する。

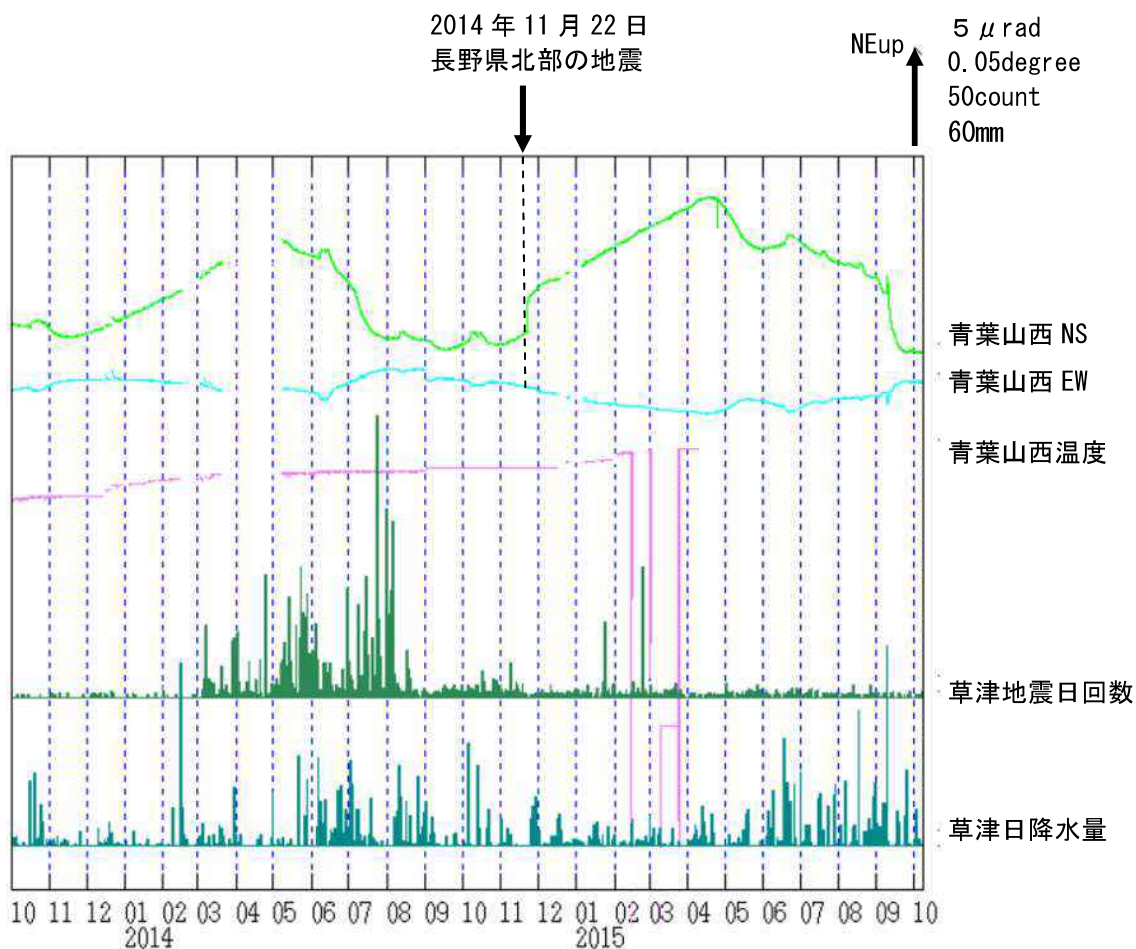
この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 25000 (行政界・海岸線)』及び『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。



第 5 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～2015 年 10 月 7 日) (国): 国土地理院

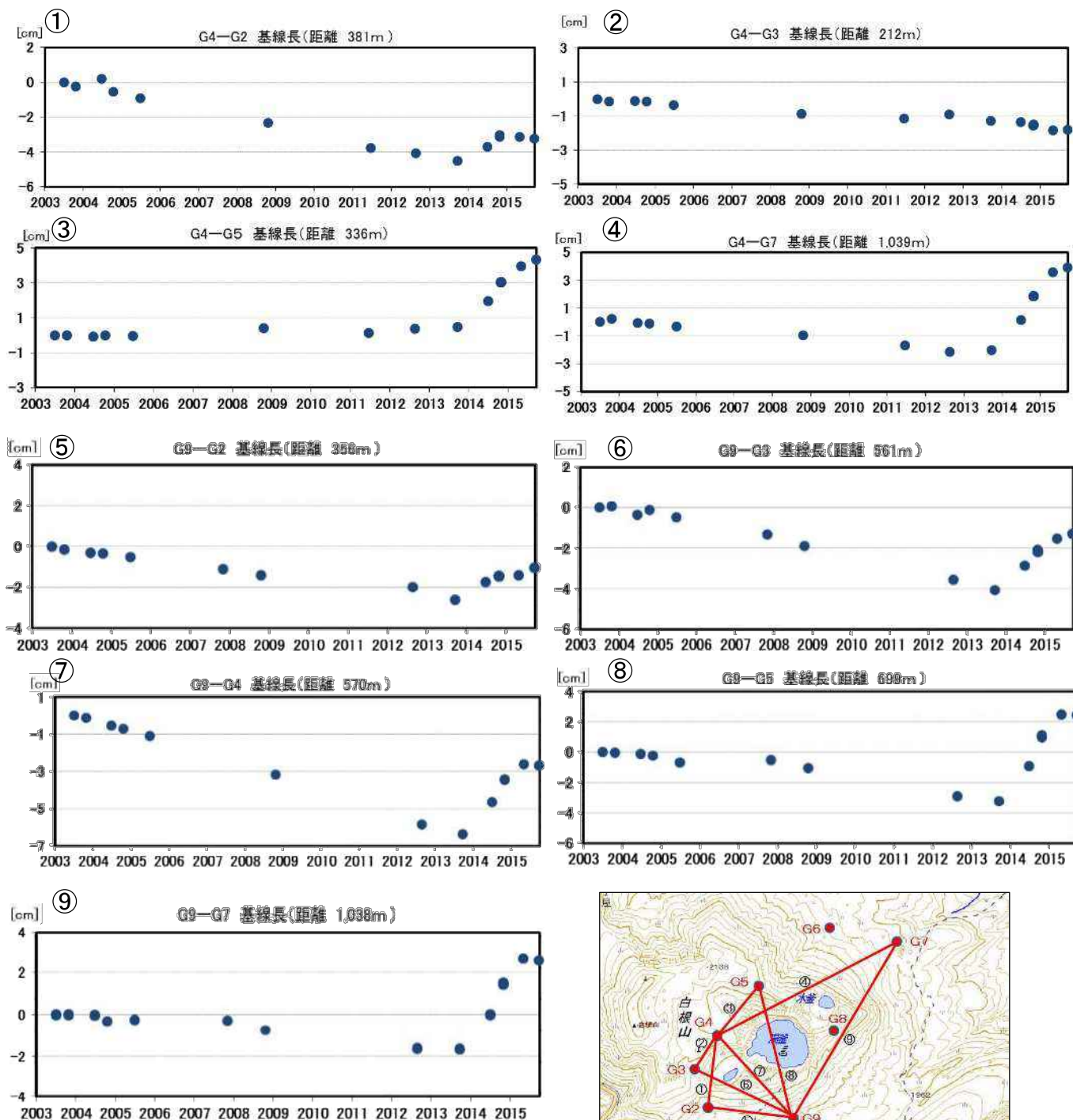
- ・ 2010 年 10 月以降のデータについては解析方法を改良し、対流圏補正と電離層補正を行っている。
- ・ ①の基線長変化にみられる冬季の伸びと夏季の縮みの傾向は季節変動による変化である。
- ・ 東北地方太平洋沖地震 (2011 年 3 月 11 日) に伴うステップ状の変化がみられる。
- ・ 湯釜を挟む基線⑦⑧で 2014 年 4 月頃からわずかな伸びの変化がみられていたが、2015 年 4 月頃より停滞している。
- ・ ①～⑧は第 4 図の①～⑧に対応する。グラフの空白部分は欠測を示す。
- ・ 青い破線で示したデータの乱れは解析方法の変更や観測機器の更新によるものである。

草津白根山



第 6 図 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
（2013 年 10 月 1 日～2015 年 10 月 7 日、時間値、潮汐補正済み）

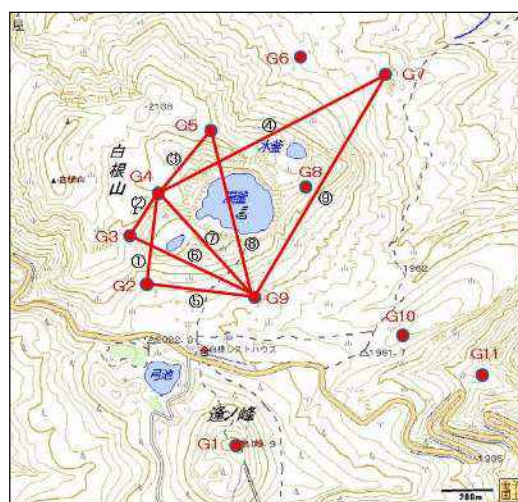
- ・火山活動によるとみられる地殻変動は認められない。
- ・空白期間は欠測を示す。



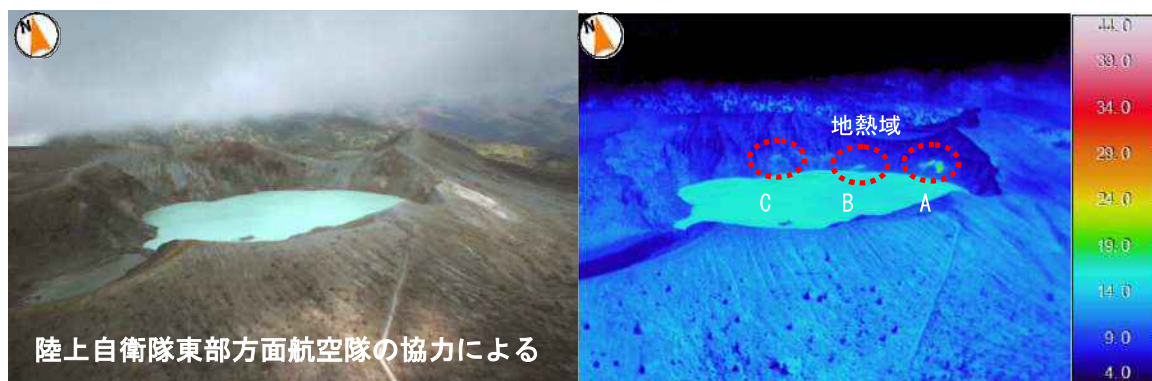
第 7 図 草津白根山 GNSS 繰り返し観測の基線解析結果

①～⑨は第 8 図の基線配置に対応

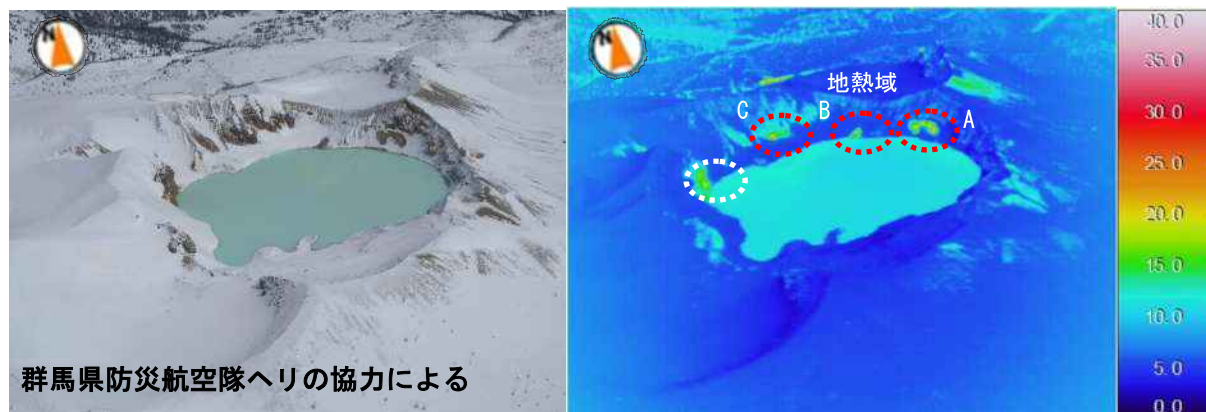
- ・湯釜を挟む基線の伸びの傾向は、いずれの基線においても、前回（2015 年 5 月）までと比較して鈍化している。



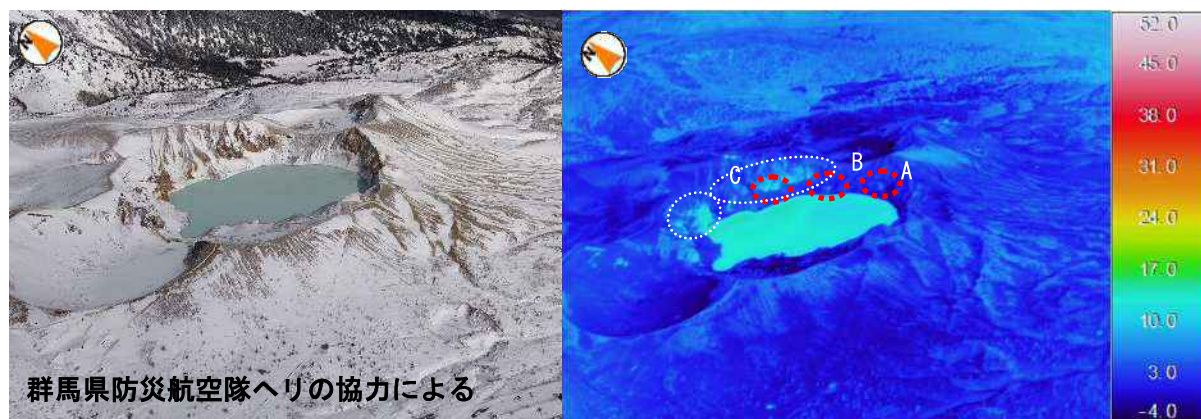
第 8 図 草津白根山 GNSS 繰り返し観測の基線配置



左：可視画像 右：赤外画像 2015 年 10 月 13 日 10 時 28 分 湯釜火口の南西上空海拔約 2,100m から撮影



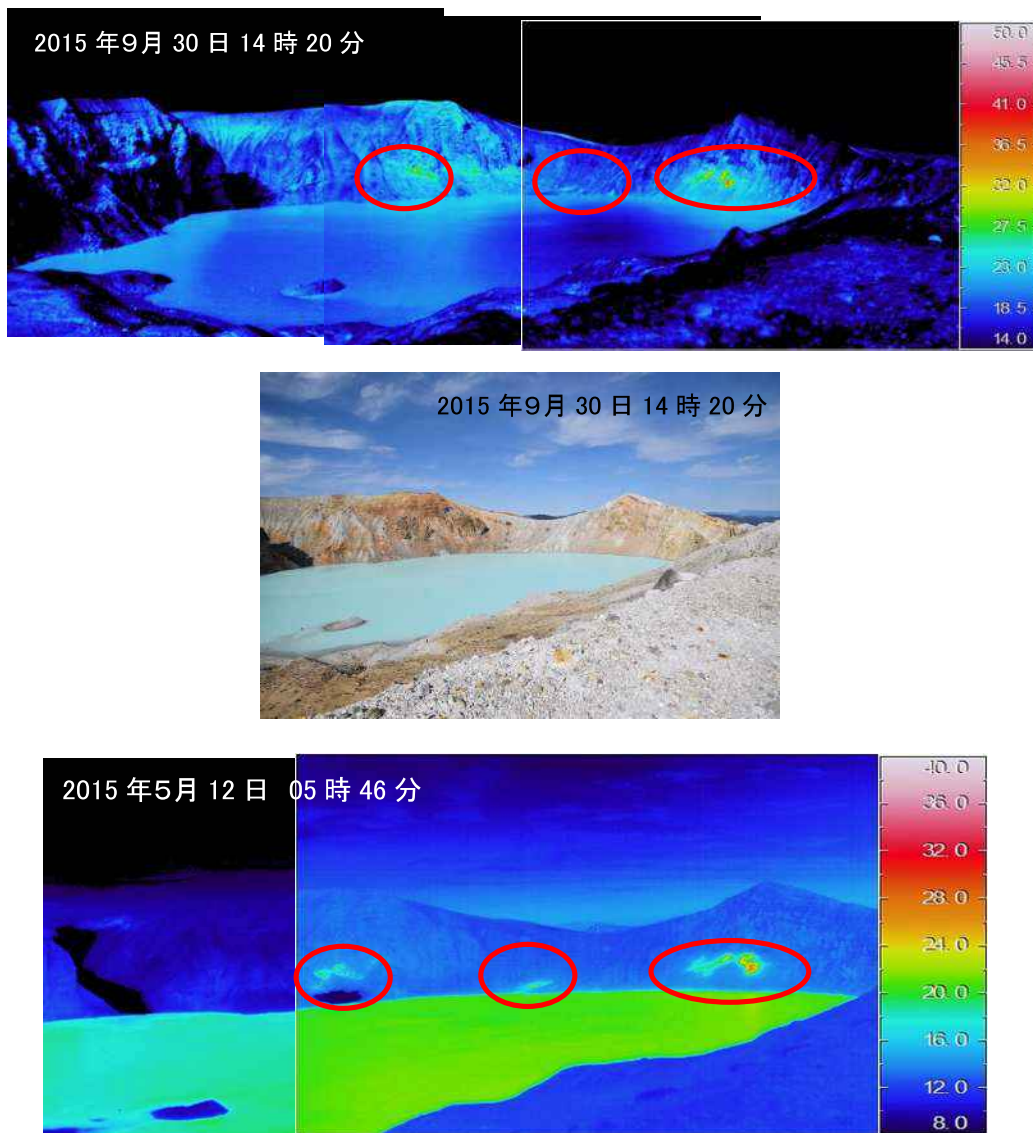
左：可視画像 右：赤外画像 2015 年 3 月 16 日 10 時 39 分 湯釜火口の南西上空海拔約 2,400m から撮影



左：可視画像 右：赤外画像 2014 年 12 月 10 日 10 時 43 分 湯釜火口の南西上空海拔約 2,500m から撮影

第 9 図 草津白根山 湯釜火口周辺の状況及び地表面温度分布

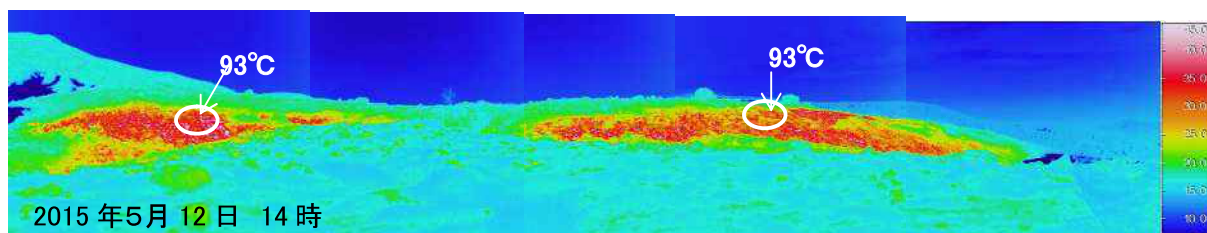
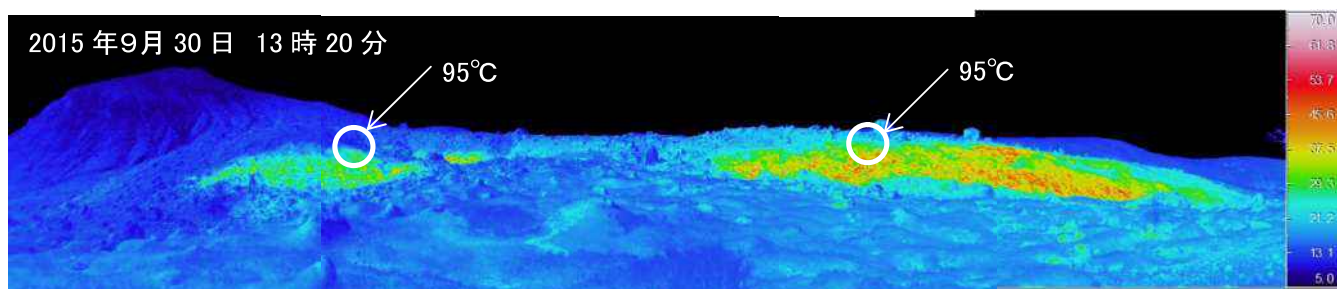
- ・湯釜火口の北側壁面に引き続き地熱域が認められた。
- ・赤線内 (A～C) は地熱域に対応し、白線内は日射の影響も含まれる。



第 10—1 図 草津白根山 湯釜火口内の状況

上: 今回(9月 30 日)の熱赤外観測及び可視画像、下: 前回(5月 12 日)の熱赤外観測

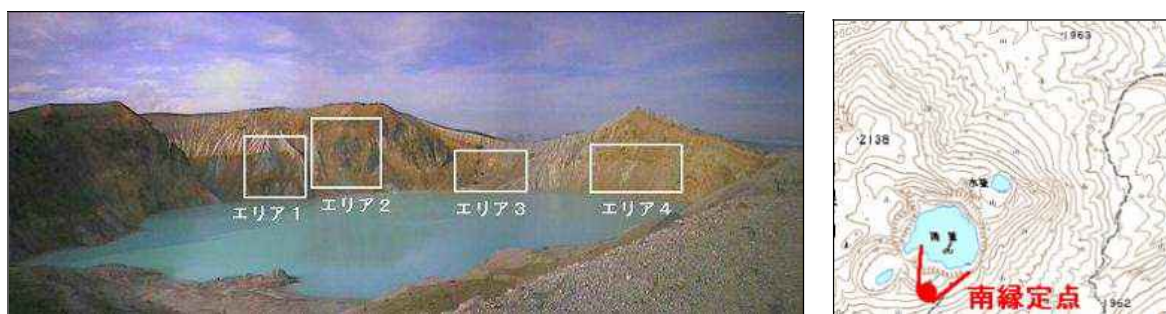
- ・湯釜火口南西定点から撮影。日射の影響あり。
- ・湯釜周辺の地熱域(赤円)に大きな変化は認められなかった。



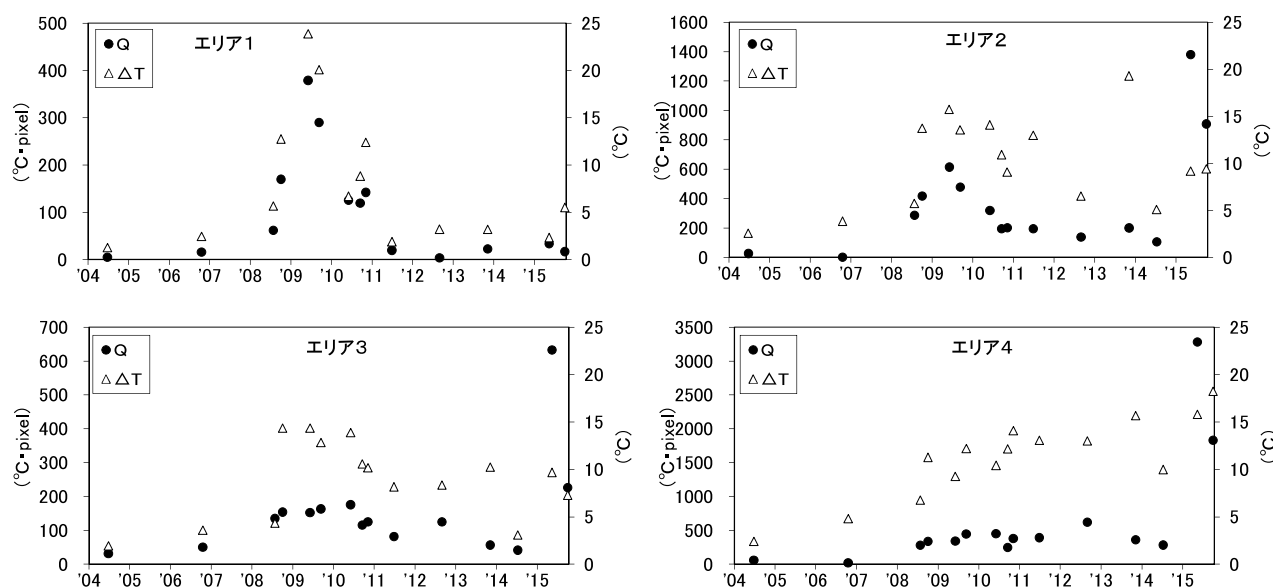
第 10－2 図 草津白根山 水釜火口北東部の地表温度分布

上: 今回(9月 30 日)、下: 前回(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 11-1 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 11-2 図 草津白根山 赤外熱映像解析結果（2004 年～2015 年 10 月 10 日）

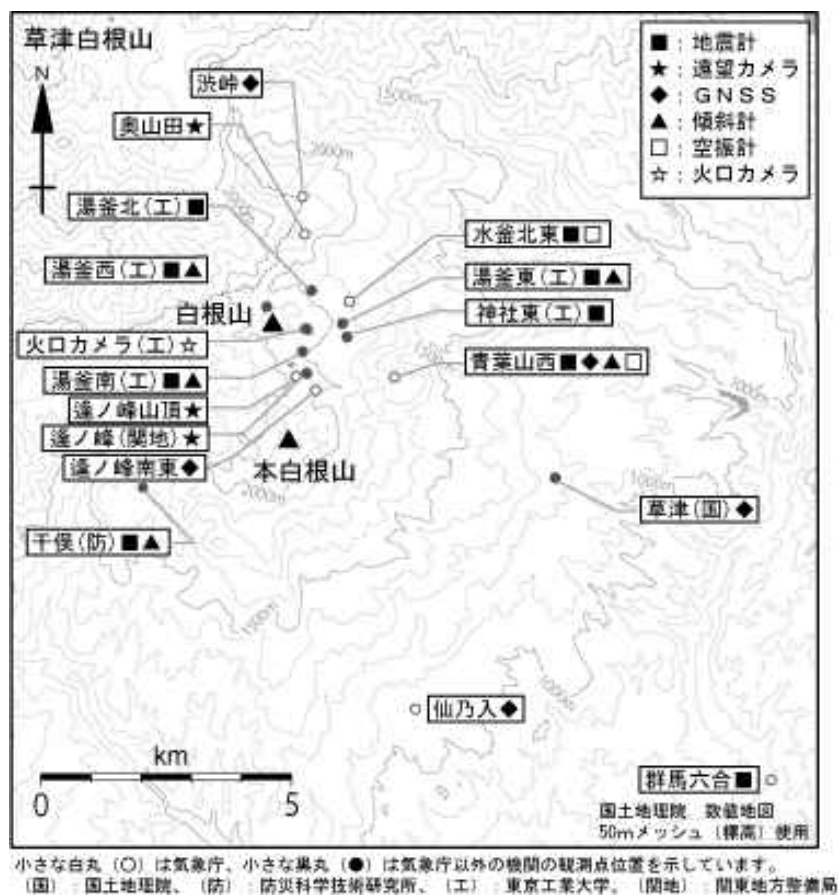
エリアごとに、各 pixel の温度 $T(^{\circ}\text{C})$ を用いて、

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

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

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前回（2015 年 5 月）に比べると低下している。



第 12 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。

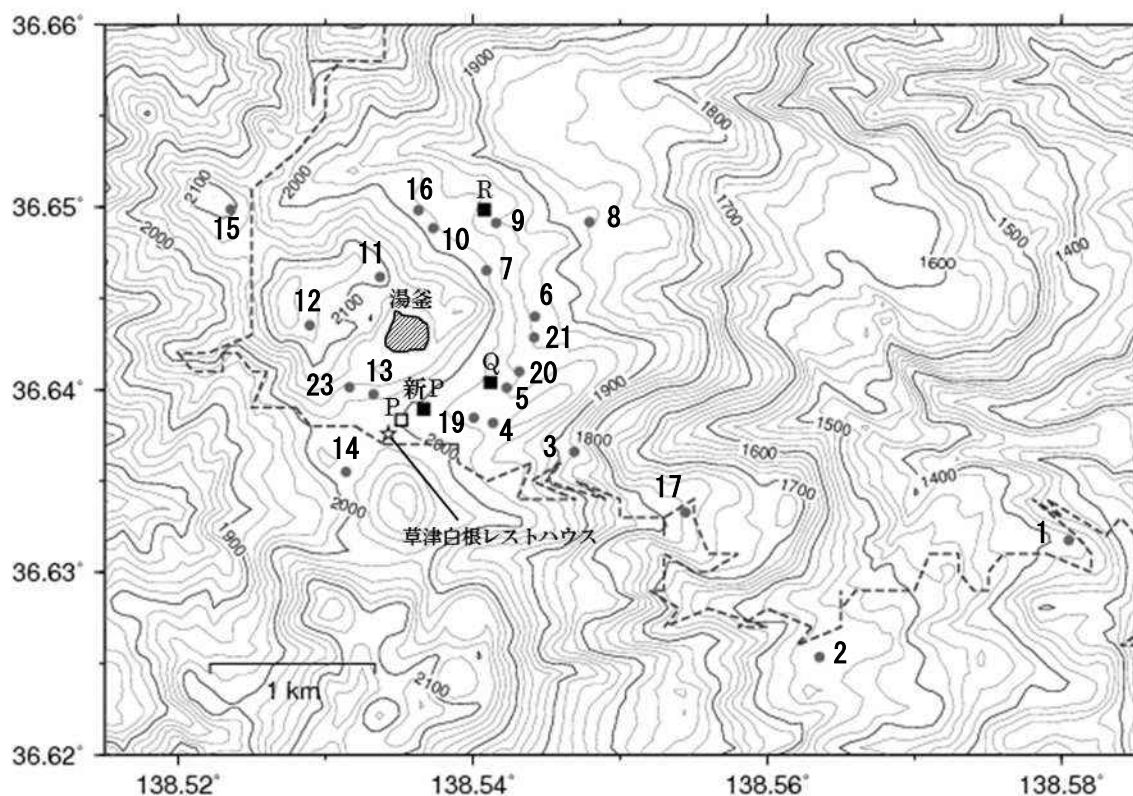
草津白根山における地磁気全磁力変化

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 点と全磁力繰り返し観測点（観測点番号 1 から 23）の配置図を示す。

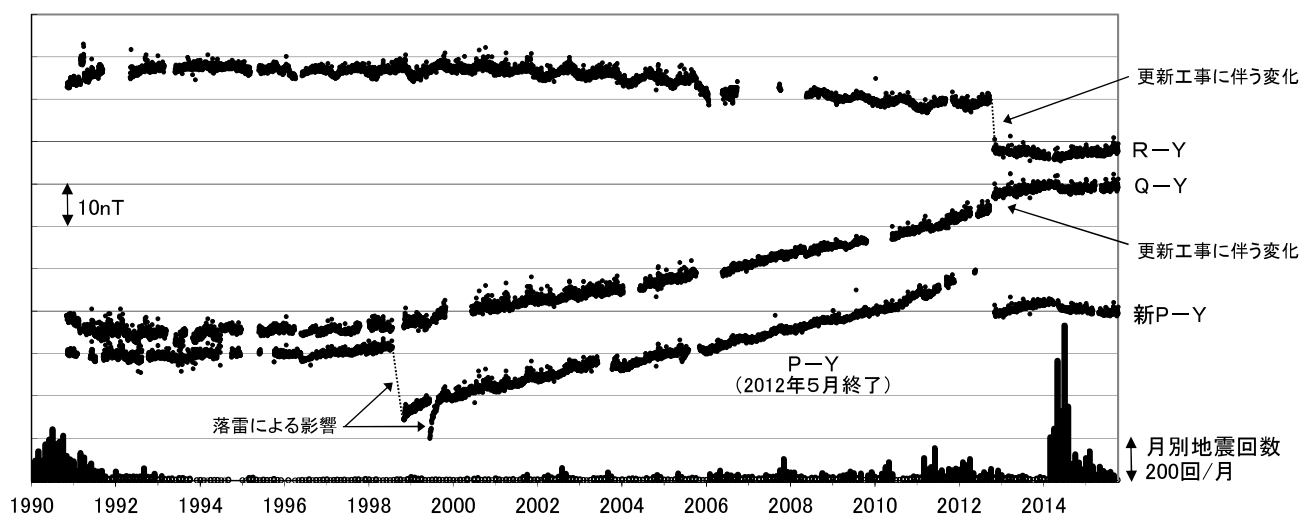
第 2 図～第 5 図に、八ヶ岳地球電磁気観測所(東京大学地震研究所、草津白根山から南方約 62 km)で観測された全磁力値を基準とした全磁力連続観測点および繰り返し観測点の全磁力変化を示す。1996 年以降、湯釜近傍地下の岩石の再帯磁（冷却）によると考えられる全磁力変化（湯釜の南側の観測点で増加、北側で減少）が継続していたが、2014 年 5 月頃から小規模な熱消磁によるとみられる変化に転じ、2014 年 7 月頃からは停滞している。また、全磁力繰り返し観測によれば、2014 年以降、再帯磁は停止している。



第 1 図 草津白根山の全磁力観測点配置図

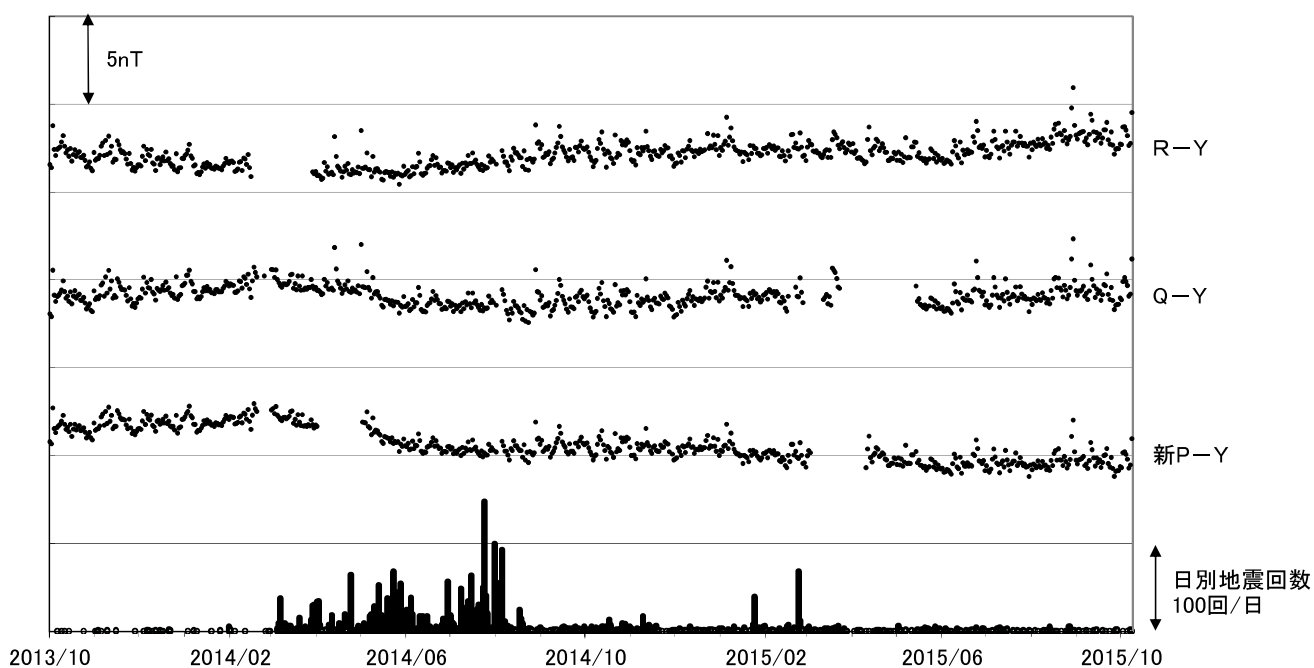
■：連続観測点（観測中） □：連続観測点（2012 年 5 月観測終了） ●：繰り返し観測点

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。



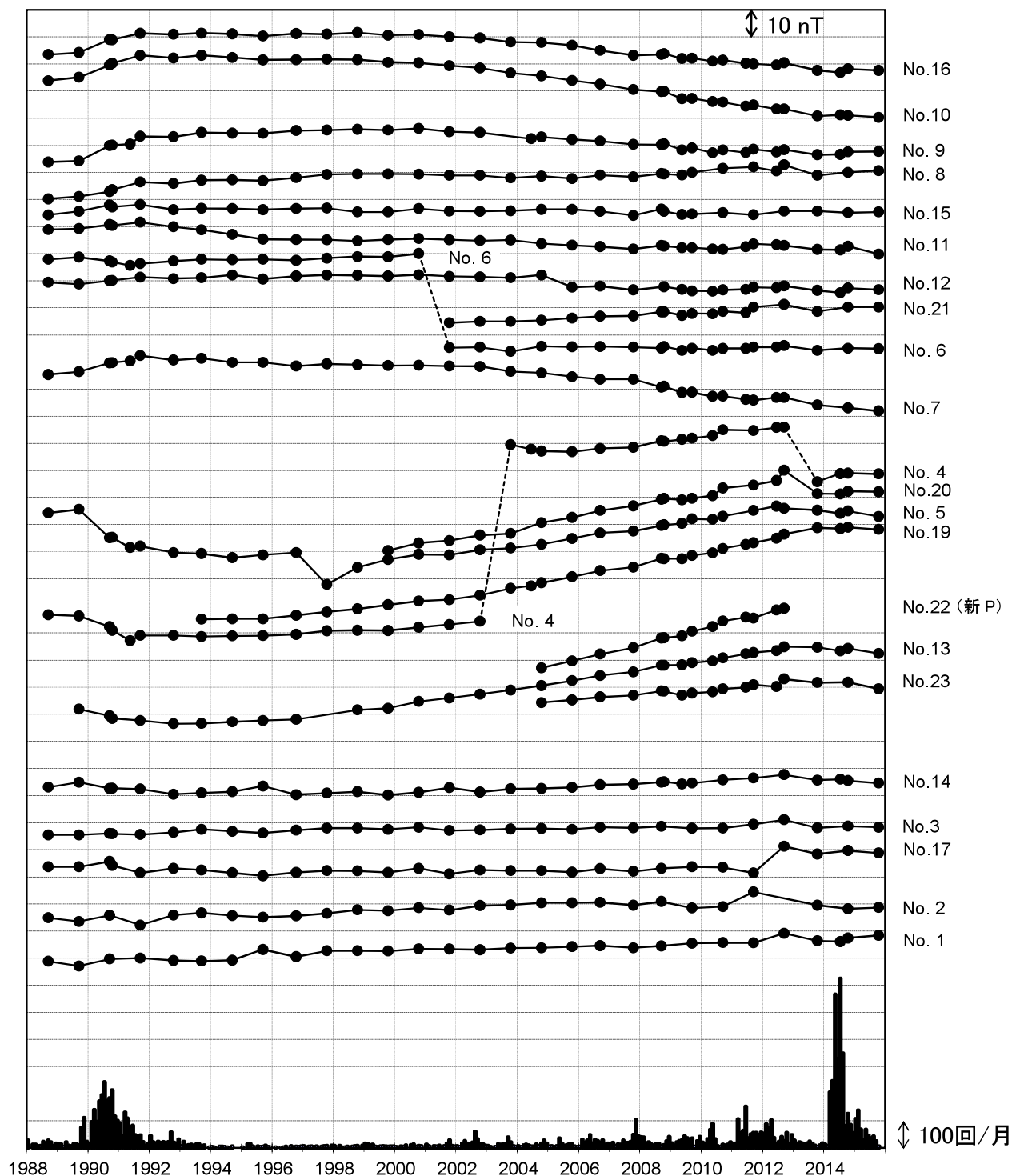
第 2 図 全磁力連続観測による全磁力値の変化及び月別地震回数（1990 年～2015 年 10 月 8 日）

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。



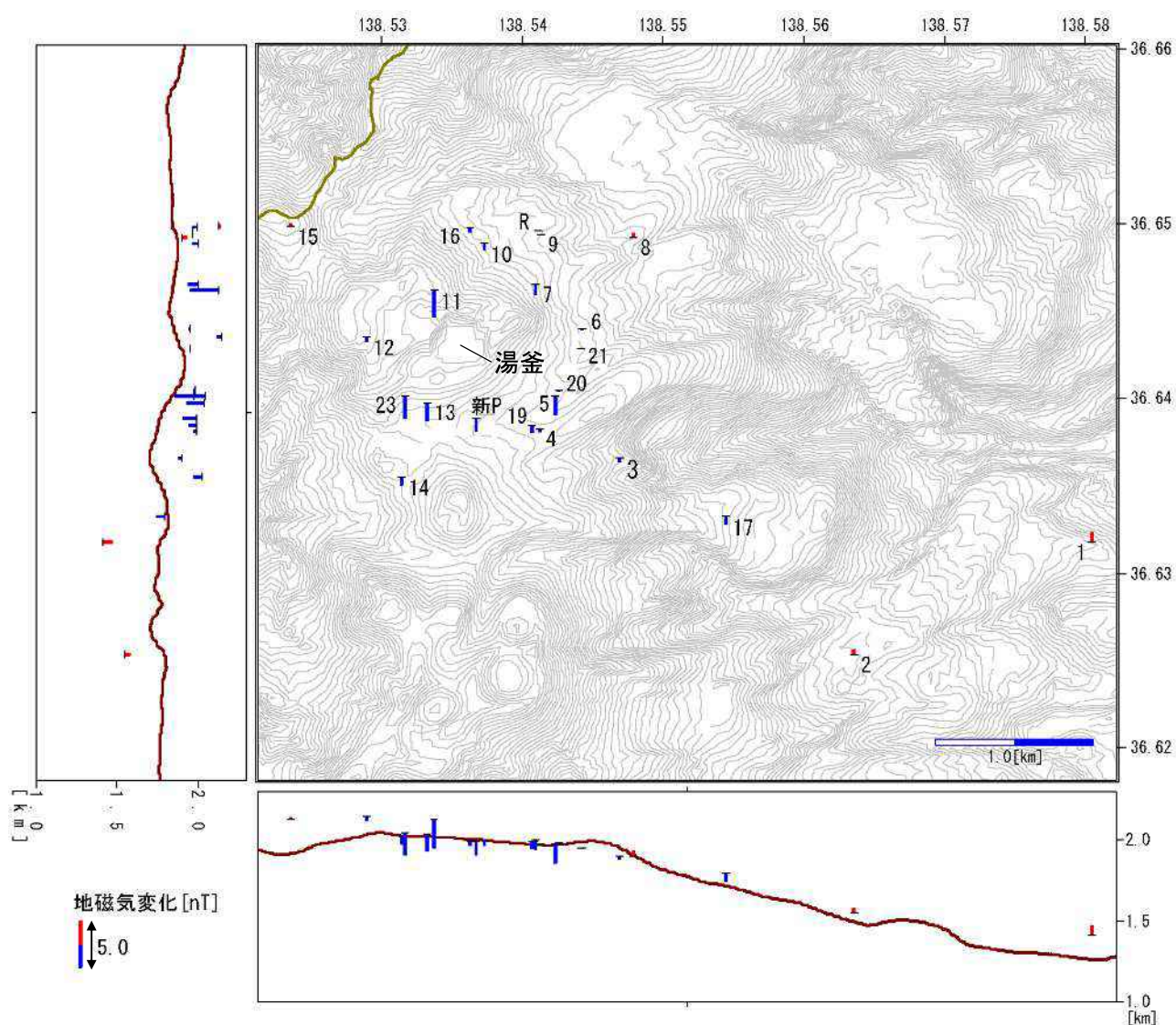
第 3 図 全磁力連続観測による全磁力値の変化及び日別地震回数（2013 年 10 月～2015 年 10 月 8 日）

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。



第 4 図 全磁力繰返し観測による全磁力値の変化（1988 年 9 月～2015 年 10 月）

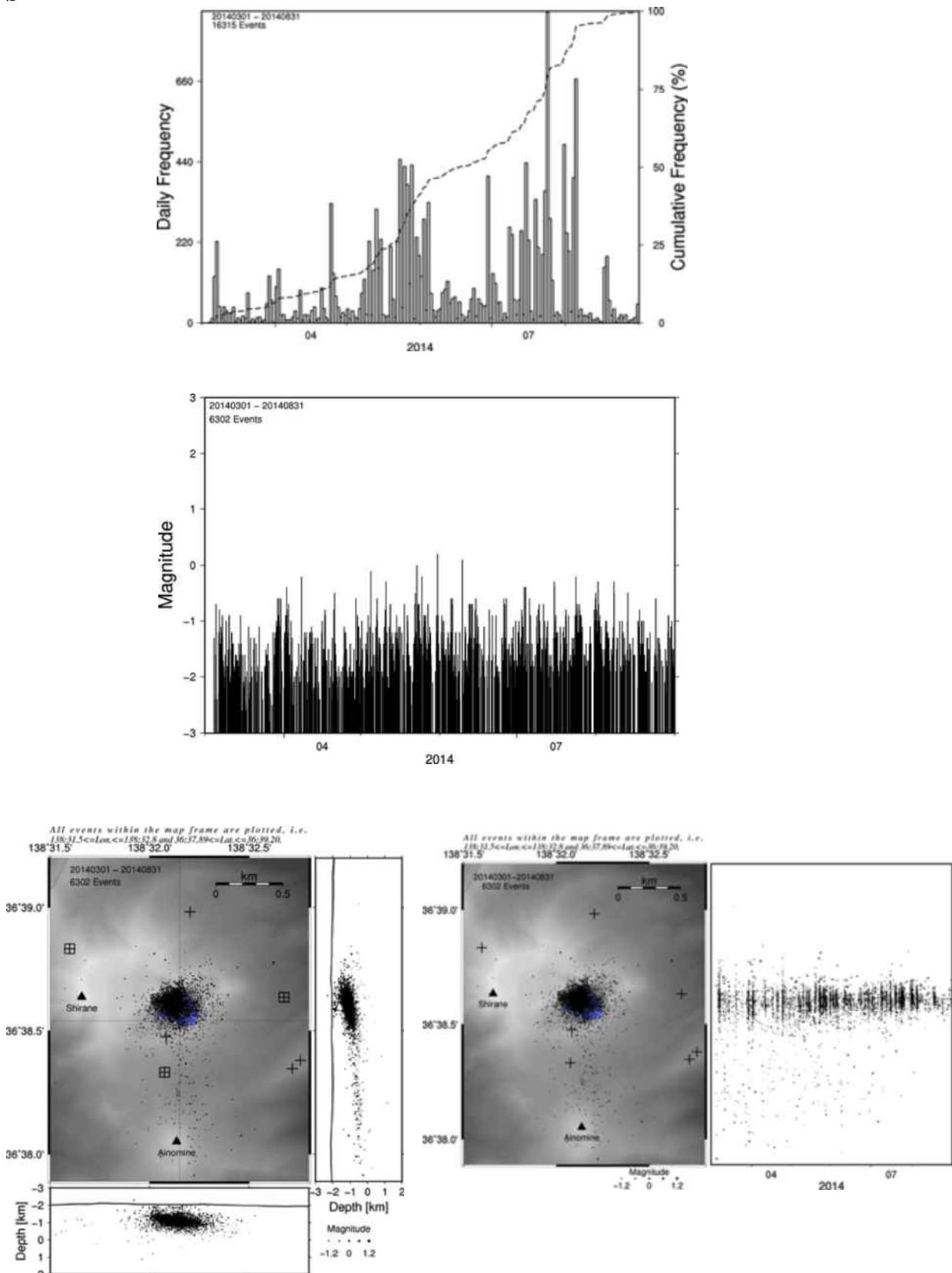
八ヶ岳地球電磁気観測所（東京大学地震研究所）で観測された全磁力値を基準としており、草津白根山と八ヶ岳の地域的短周期変動の差は連続観測点 Q を介して除去している。最下段に草津白根山で観測された月別地震回数を示す。



第 5 図 全磁力繰返し観測による全磁力値の変化（2014 年 10 月～2015 年 10 月）

八ヶ岳地球電磁気観測所(東京大学地震研究所)で観測された全磁力値を基準としており、草津白根山と八ヶ岳の地域的短周期変動の差は連続観測点 Q を介して除去している。

地震活動



草津白根山

第 133 回火山噴火予知連絡会
東京工業大学火山流体研究センター

噴気活動の変化



2014.10.25 撮影



2014.12.10 撮影



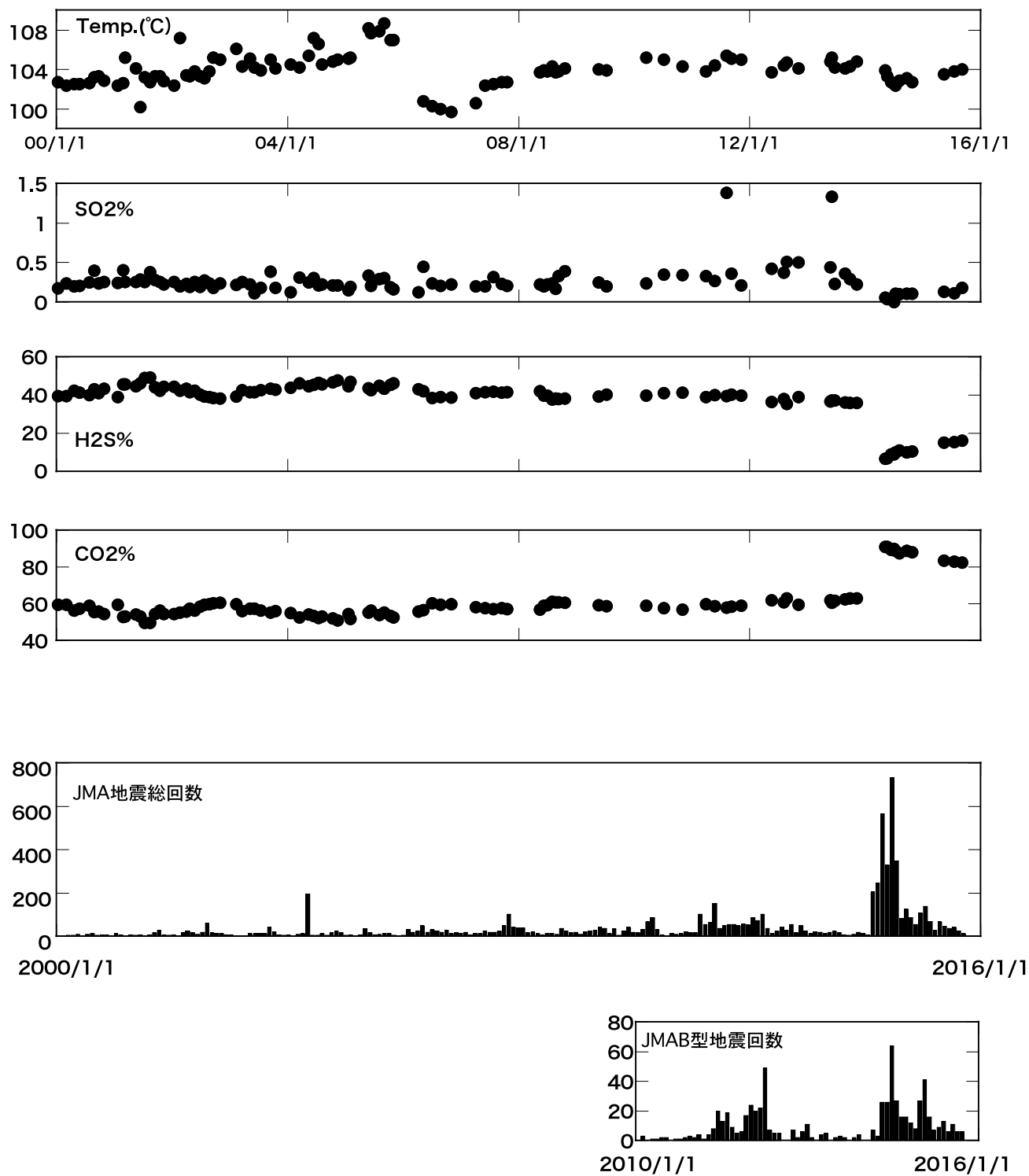
2015.9.5 撮影



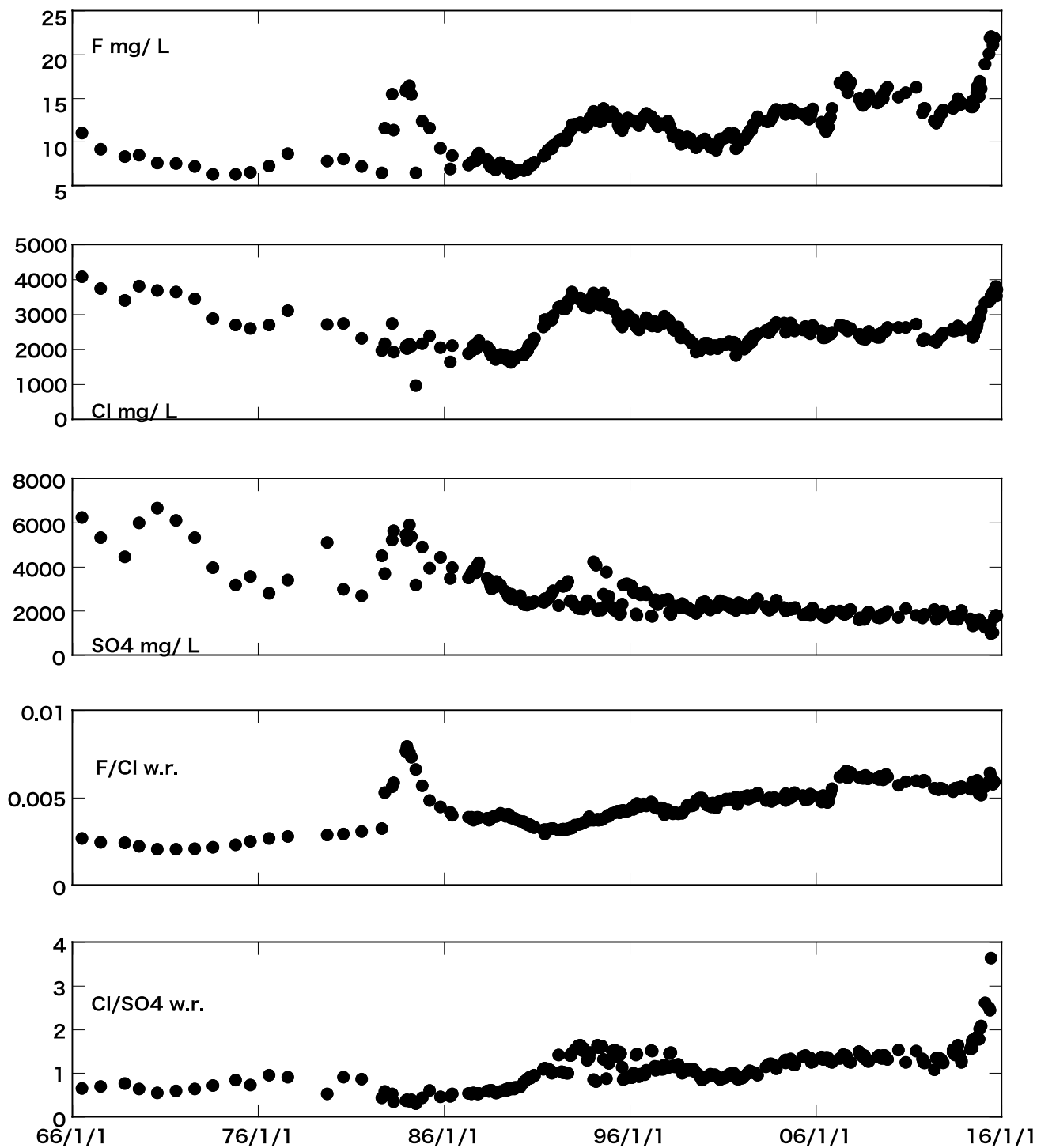
2015.9.23 撮影



2015.9.28 撮影



湯釜組成変化



草津白根火山の地殻変動と熱活動

2014年3月6日から2015年10月13日までの体積膨張量は11万 m^3 である。日平均膨張率は、ピークだった2014年5月前後の400 m^3/day （2014年5月頃）から徐々に低下しており、2015年6月以降は100 m^3/day 以下となっている。湯釜火口湖の水温は、平年よりも明らかに高い状態が2014年5月頃から現在も続いていたが、2015年8月以降は平年に近い値で推移している。湯釜北側斜面の噴気地の面積に大きな変化はないが、最近、ごく微弱な噴気地が形成された。

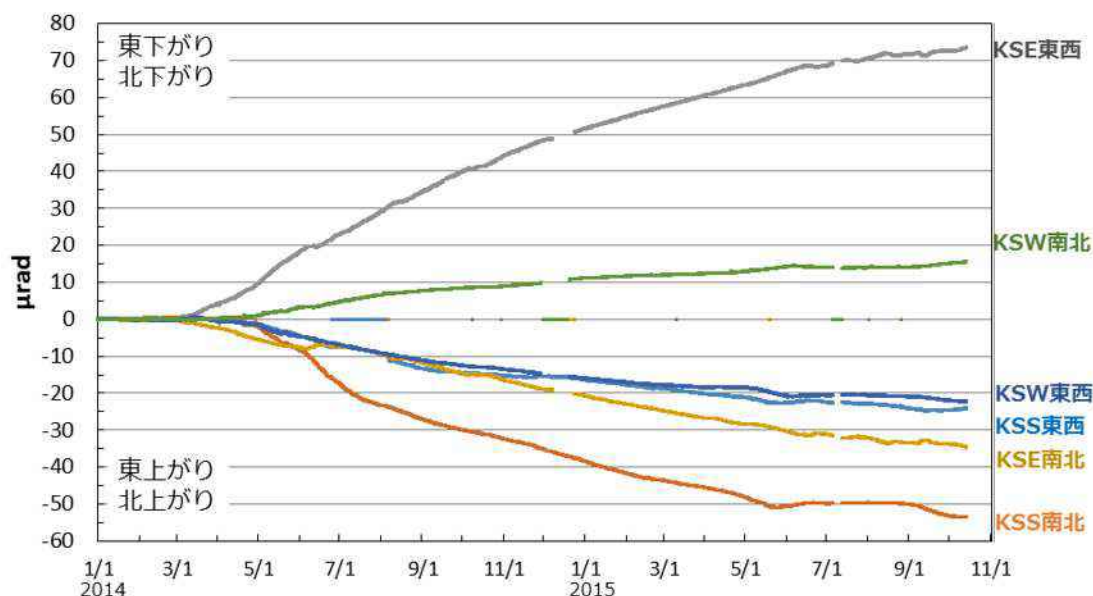


図1. 東工大のボアホール型傾斜計3点の変動（長期トレンド・気圧応答・長野県北部地震時ステップ・潮汐を補正したもの）。2014年1月1日～2015年10月13日。変動量は減少しつつも同様のパターンが継続している。

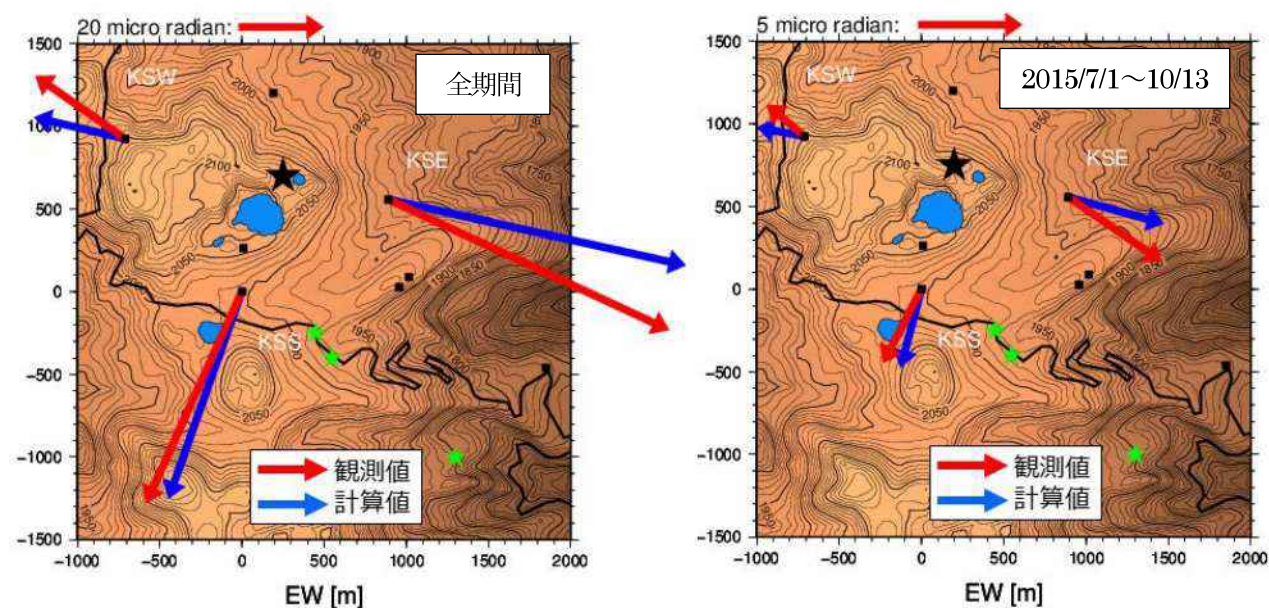


図2. (左) 図1のデータに基づき、2014年3月6日を規準に描画した傾斜ベクトル（赤矢印）と、茂木モデルを仮定して求めた力源の位置（★），および計算された傾斜ベクトル（青矢印）。3つの緑星は、2011年の膨張・収縮源（寺田・他，2011）の位置を示す。(右) 直近の2015年7月1日～同10月13日までの変動。

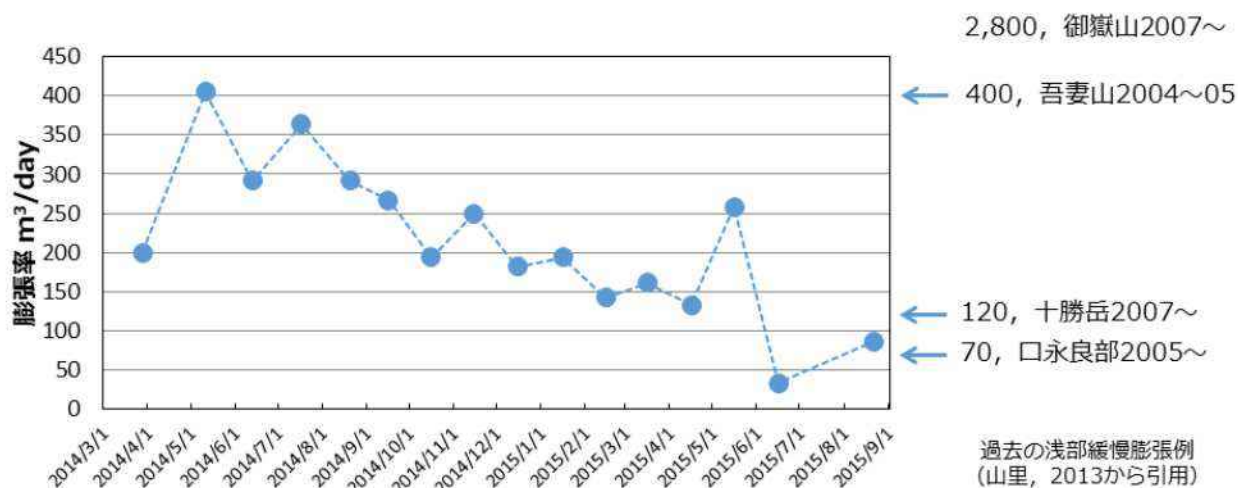


図3. 月別の日膨張率の推移 (m^3/day で表示). 力現の深さを地表から深さ 500m に固定して, 茂木モデルを用いて膨張率の時間変化を見積もった. いずれの期間も, 力現の水平位置は湯釜火口付近に求められる. ただし 2015 年 7 月以降は変動が小さく, 降水による一時的な擾乱の影響が大きいことから, 2015 年 7 月 1 日~10 月 13 日までを一期間として解析して, 日数でわることで日平均膨張率を算出した.

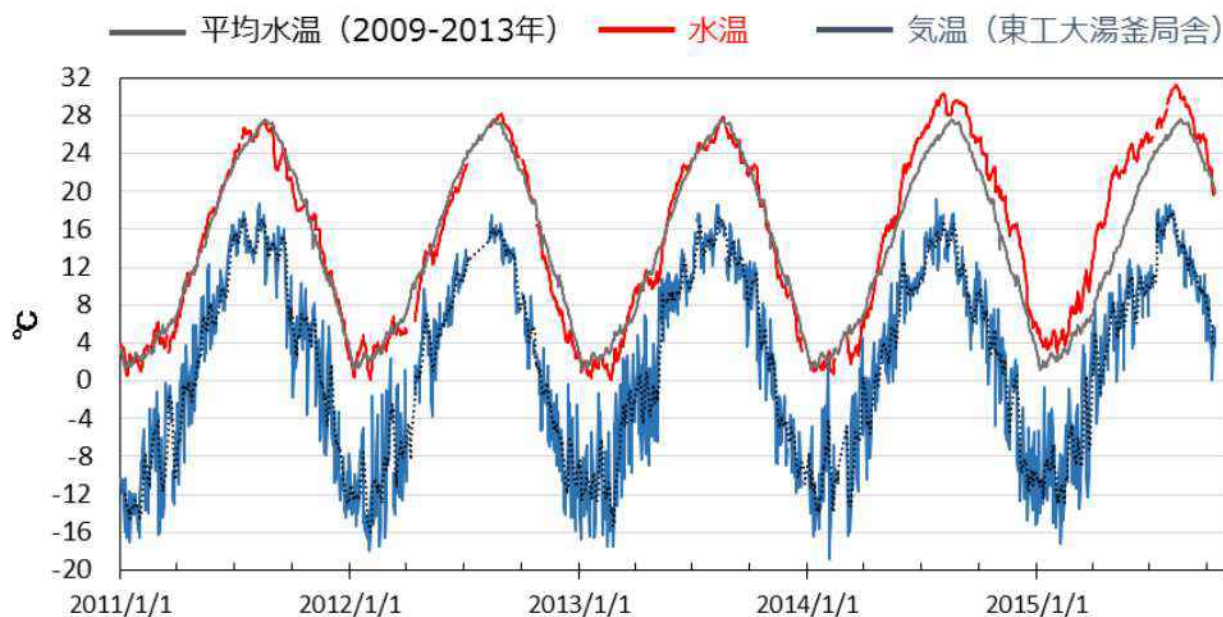


図4. 湯釜火口湖の水温. 赤線: 実際に観測された水温, 灰色線: 2009~13 年に測定された毎年同一日の水温を平均し, その日付に対して示したもの, 青色: 湯釜局舎で測定された気温. 2014 年 5-6 月以降, 湯釜水温は平年よりも数°C 高い状態であったが, 2015 年 8 月以降は平均水温に近い状態で推移している.

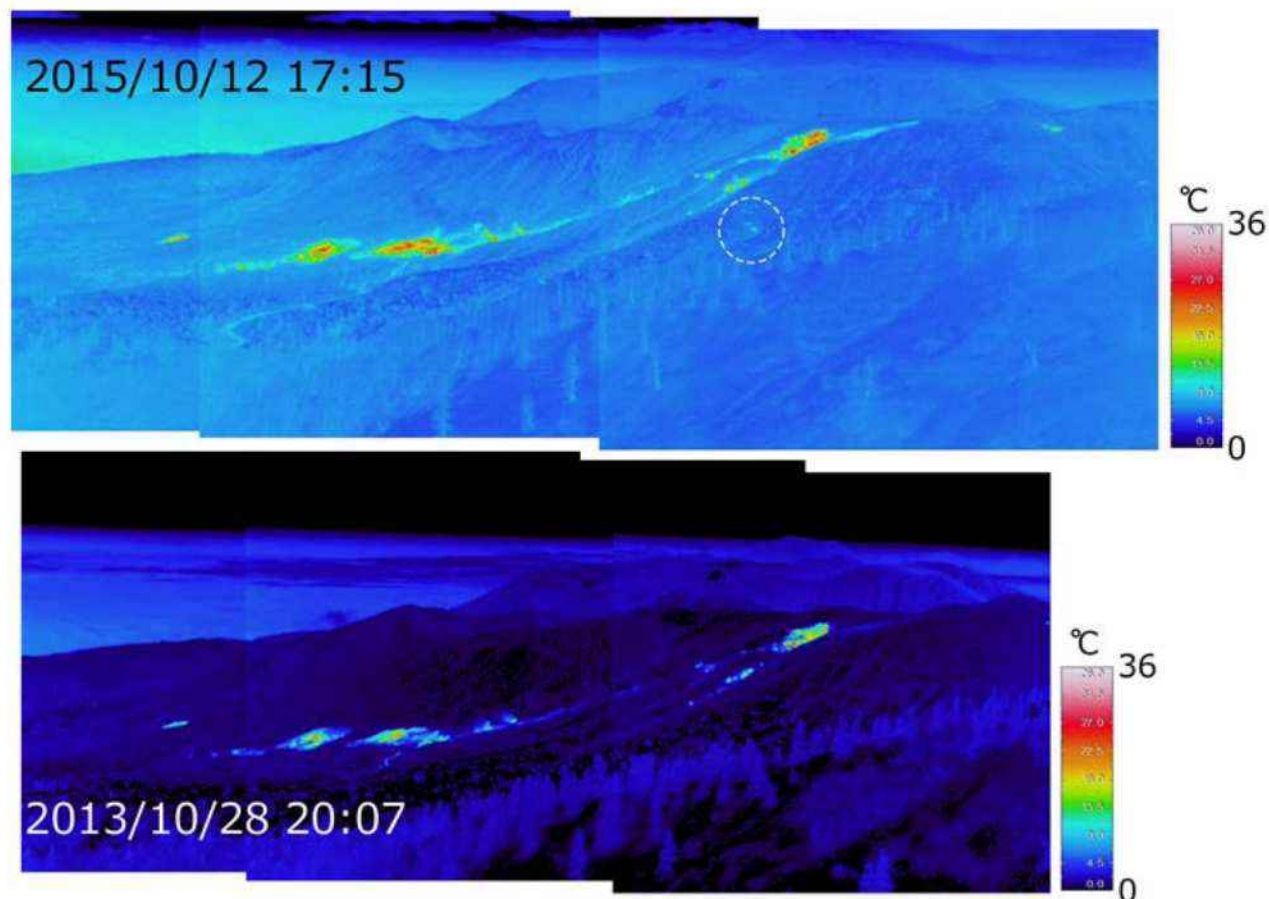


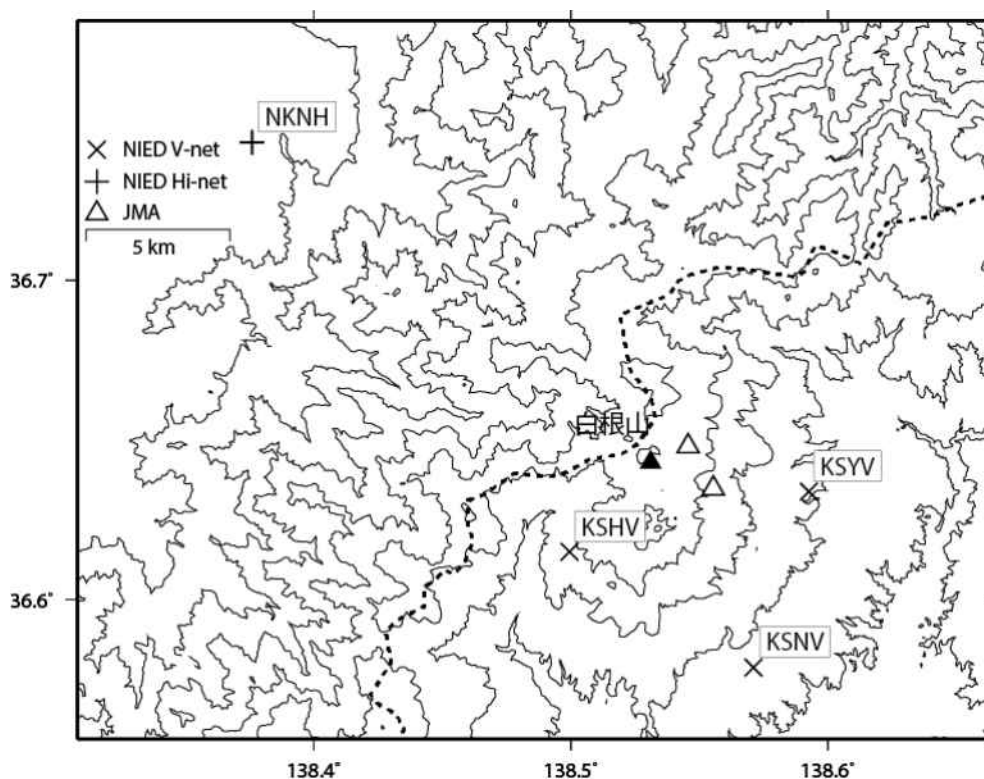
図5. 夜間赤外観測に基づく湯釜北側斜面の噴気列。渋峠（湯釜火口湖から北へ1.7km）から実施。前回（2013年10月）と比較して顕著な変化は認められない。なお、白丸で示した範囲に、ごく微弱であるが新しい噴気地が形成された。2015年10月15日の現地観測によれば、深さ30cmにおいて最高37.6℃（周辺の同深度では6-7℃）であった。



図6. 前図で示した白丸に対応する新噴気の現地写真（2015年10月15日）。噴気地内には枯死した植生が横たわる。噴気孔や、硫黄昇華物は認められないが、弱い硫化水素臭を感じる。

中日本航空(株)の空中赤外観測によれば、2015年7月には当該箇所でも高温域が検出されている。気象庁および東工大の過去の結果と比較すると、当該噴気地は2014年12月～2015年7月のあいだに形成されたことが分かる。

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、KSHV-長野栄と KSHV-草津では基線長の伸びが、KSHV-嬬恋では基線長の短縮が 2014 年 2 月以降から 2015 年 9 月現在も継続している。また、KSHV-KSYV 基線では、2015 年 6 月以降に伸びが確認できた。傾斜計観測からは、上述の 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 ~ 2015/09/30)

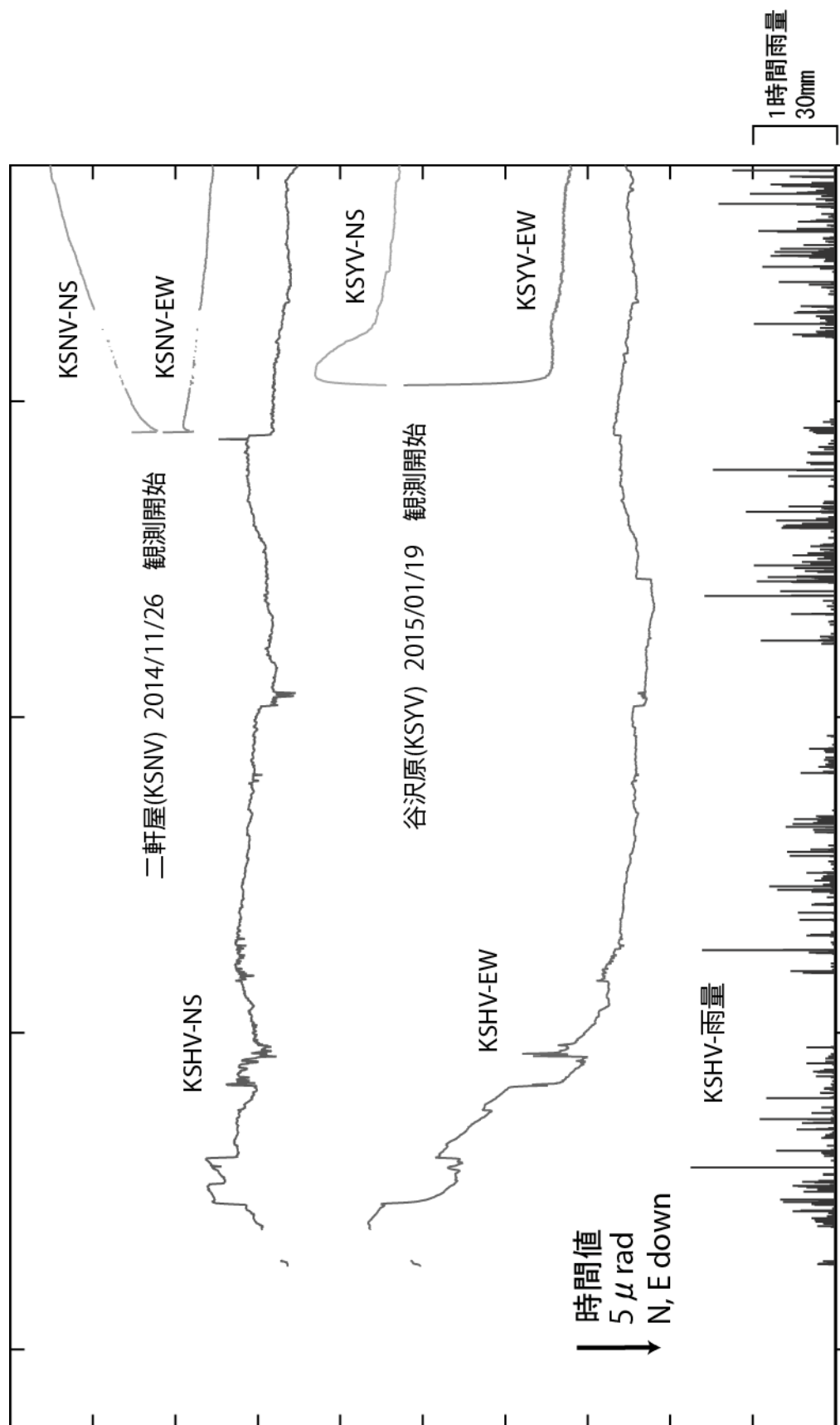


図 1 草津白根山の傾斜変動

草津白根山

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 5 月 1 日－2015 年 9 月 30 日の地殻変動【長野栄（0982）固定】

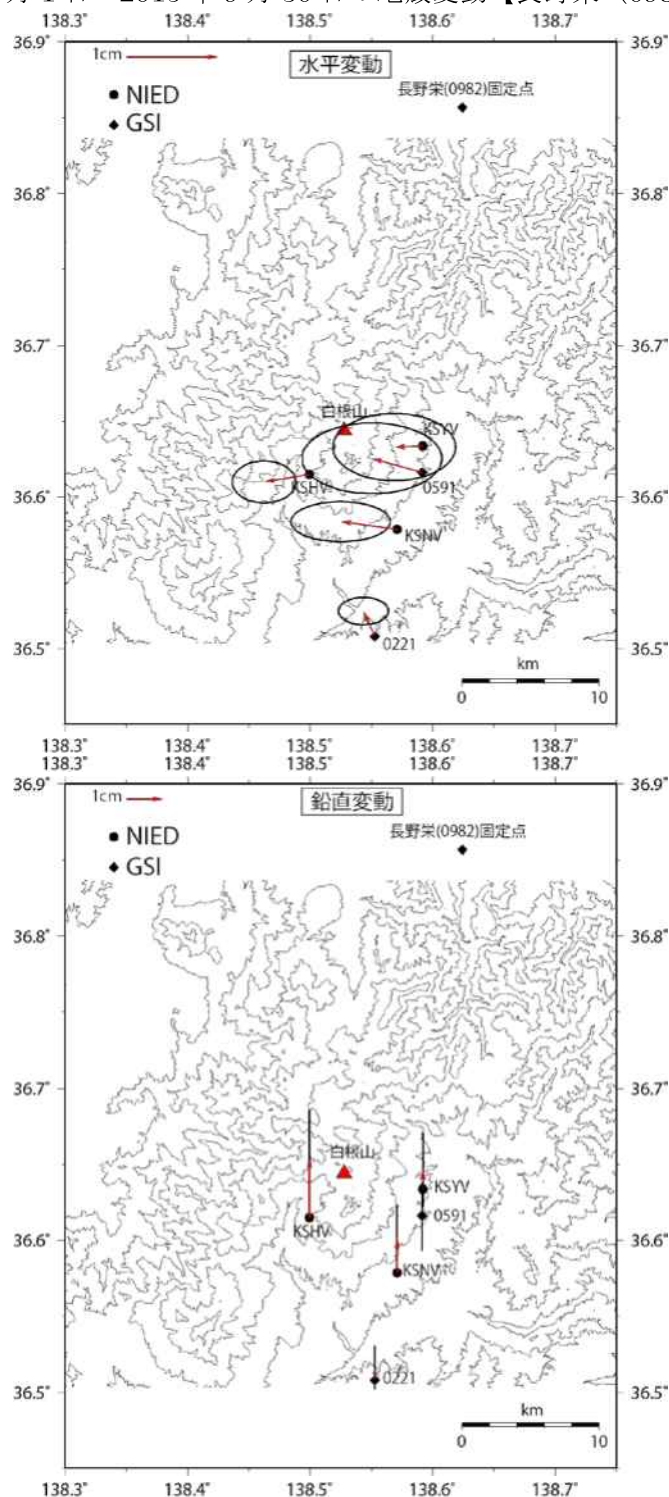


図 2、草津白根山の GNSS 解析結果ベクトル図、36.5° 以南、36.83° 以北の等高線データは省略。

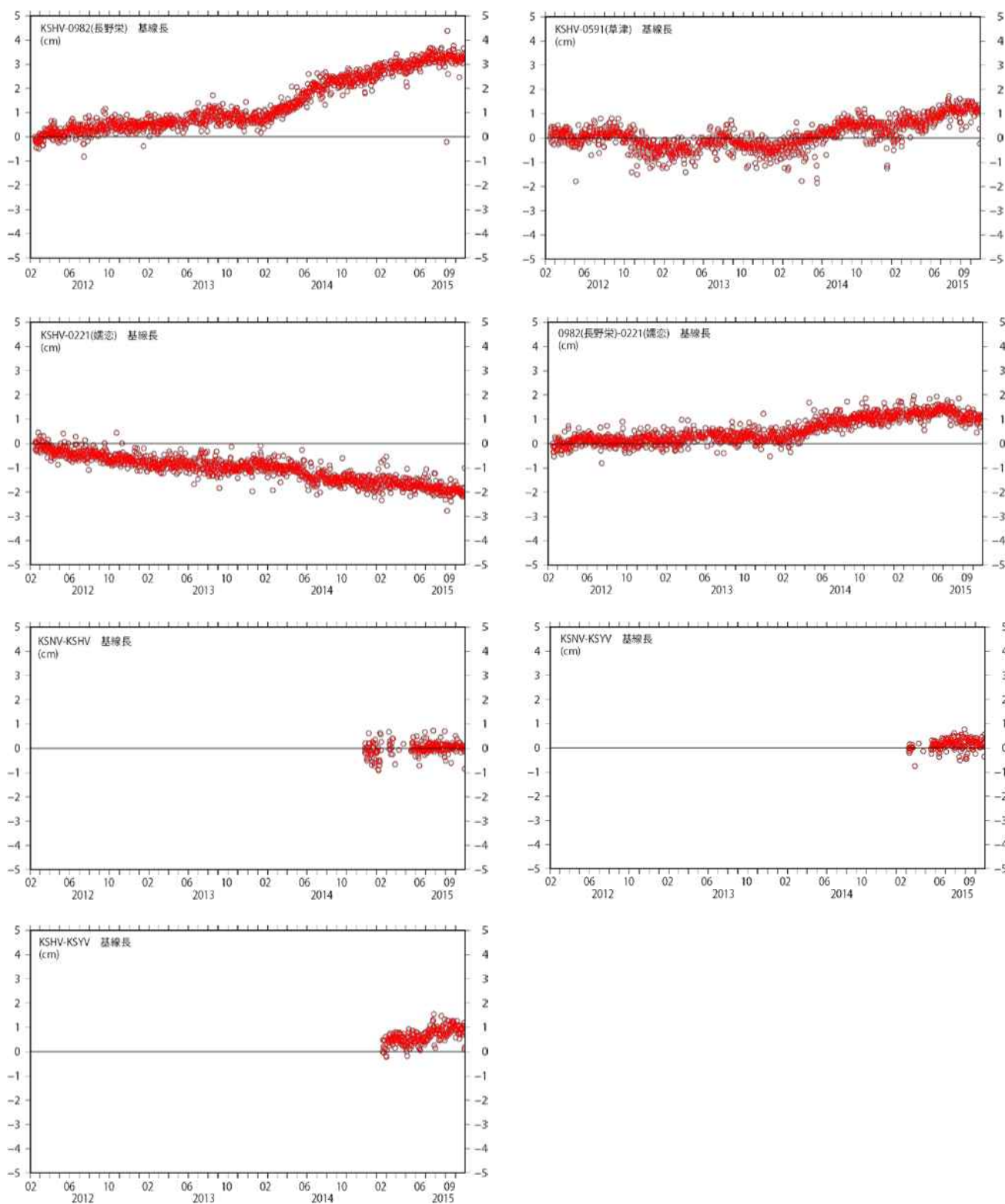


図 3. 防災科研・干俣観測点(KSHV)-GEONET3 観測点と、GEONET 長野栄観測点(0982)-GEONET 嬭恋観測点(0221)の基線長変化。2014 年 2 月以降、KSHV-長野栄、0982-0221 には伸びが、KSHV-嬭恋には短縮の基線長変化がそれぞれみられる。また、2015 年 6 月以降、KSHV-KSYV にも伸びがみられる。

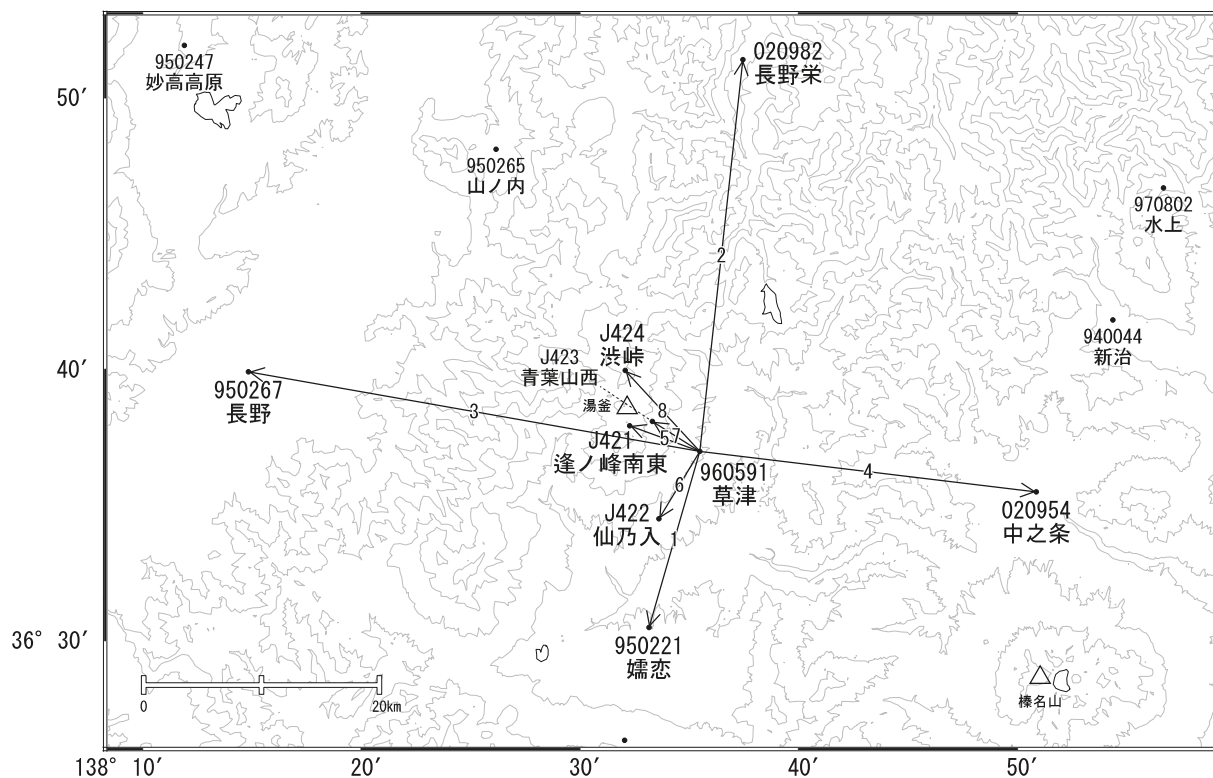
表1 GNSS観測履歴

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

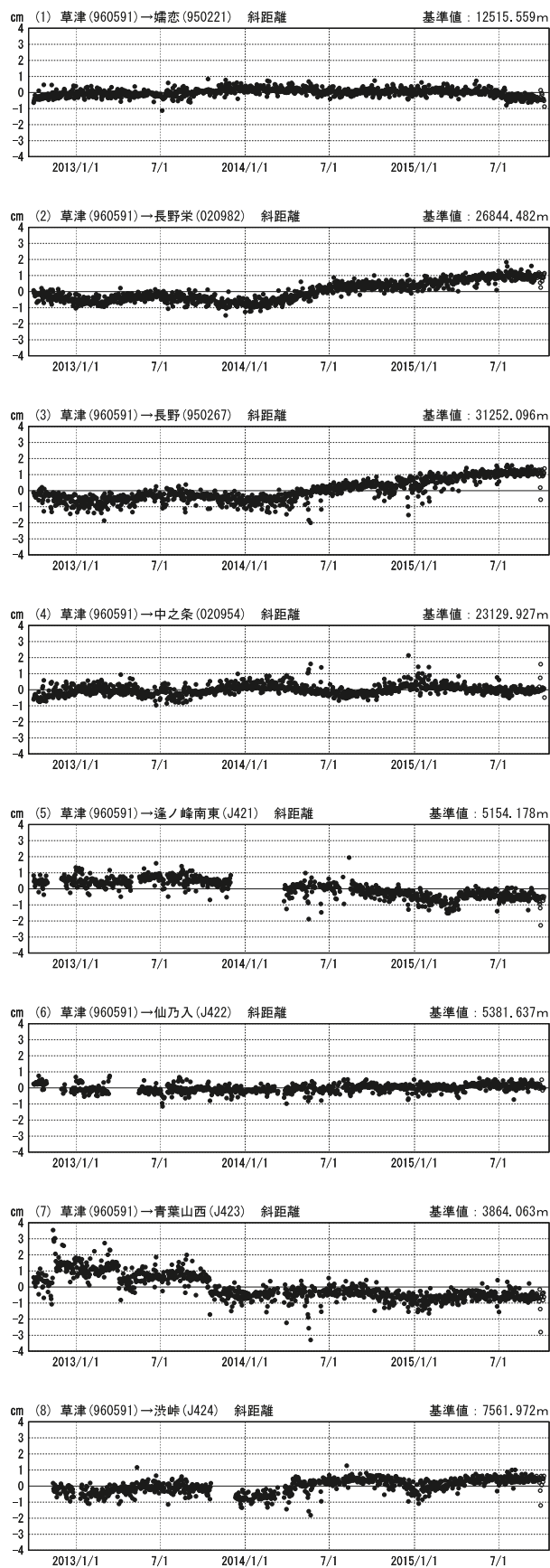


草津白根山周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
950221	嬬恋	20120912	アンテナ・受信機交換
		20130613	受信機交換
950267	長野	20101222	レドーム開閉・受信機交換
		20121112	アンテナ交換
960591	草津	20100110	受信機交換
		20100210	レドーム取り外し・再取り付け
		20120912	アンテナ交換
		20150617	受信機交換
020954	中之条	20121112	アンテナ・受信機交換
020982	長野栄	20121112	アンテナ・受信機交換
		20131213	受信機交換
		20150201	アンテナ交換

基線変化グラフ

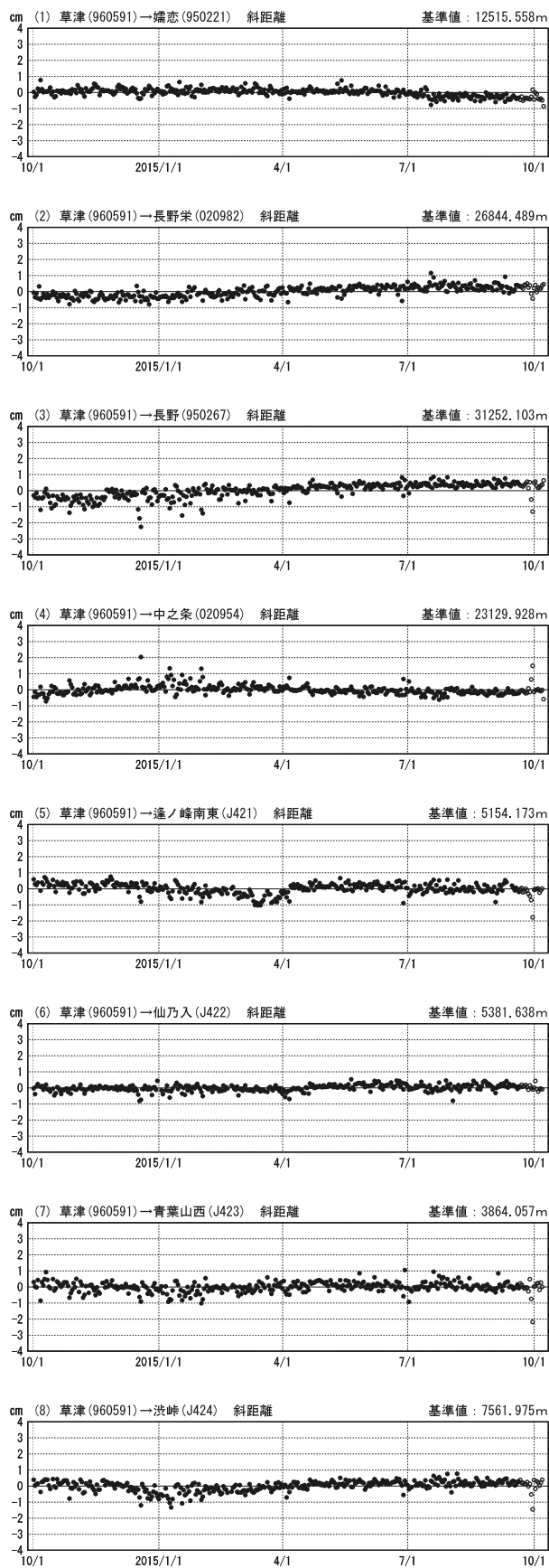
期間：2012/10/01～2015/10/07 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

基線変化グラフ

期間：2014/10/01～2015/10/07 JST

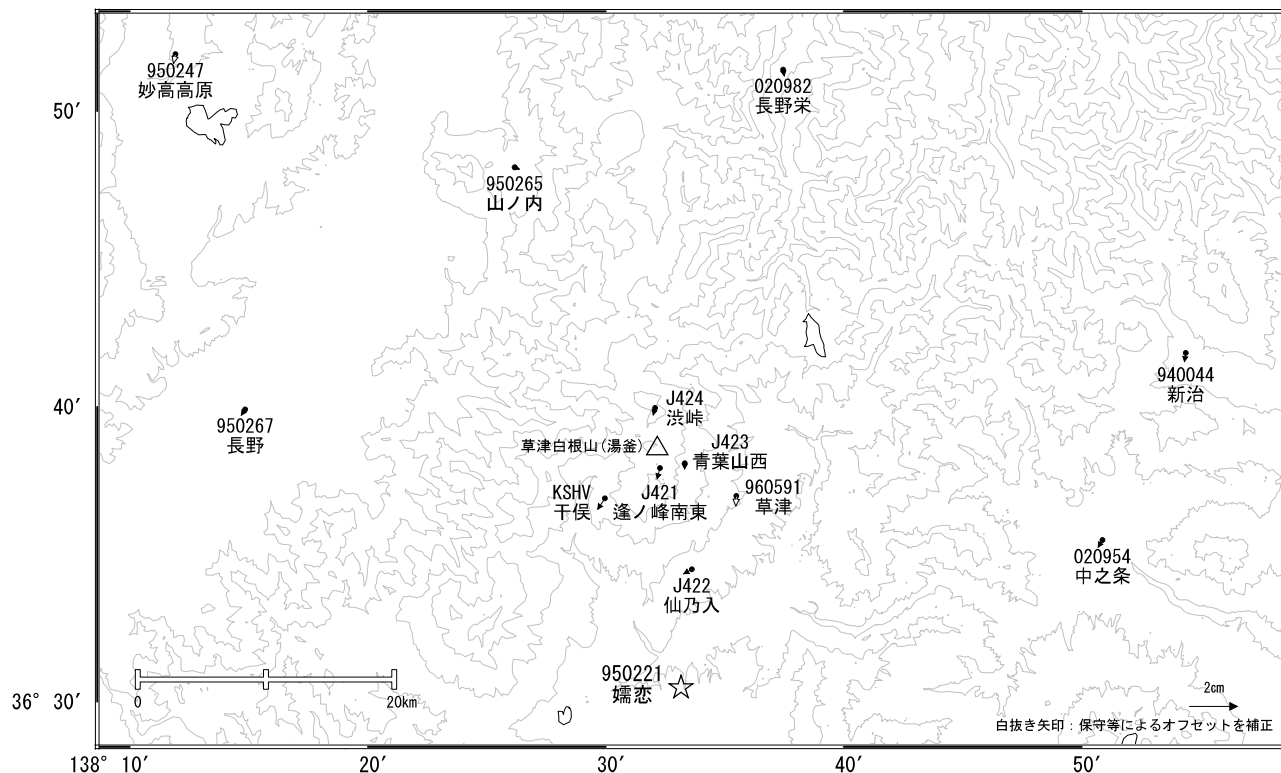


※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

草津白根山

草津白根山周辺の地殻変動(水平:3ヶ月)

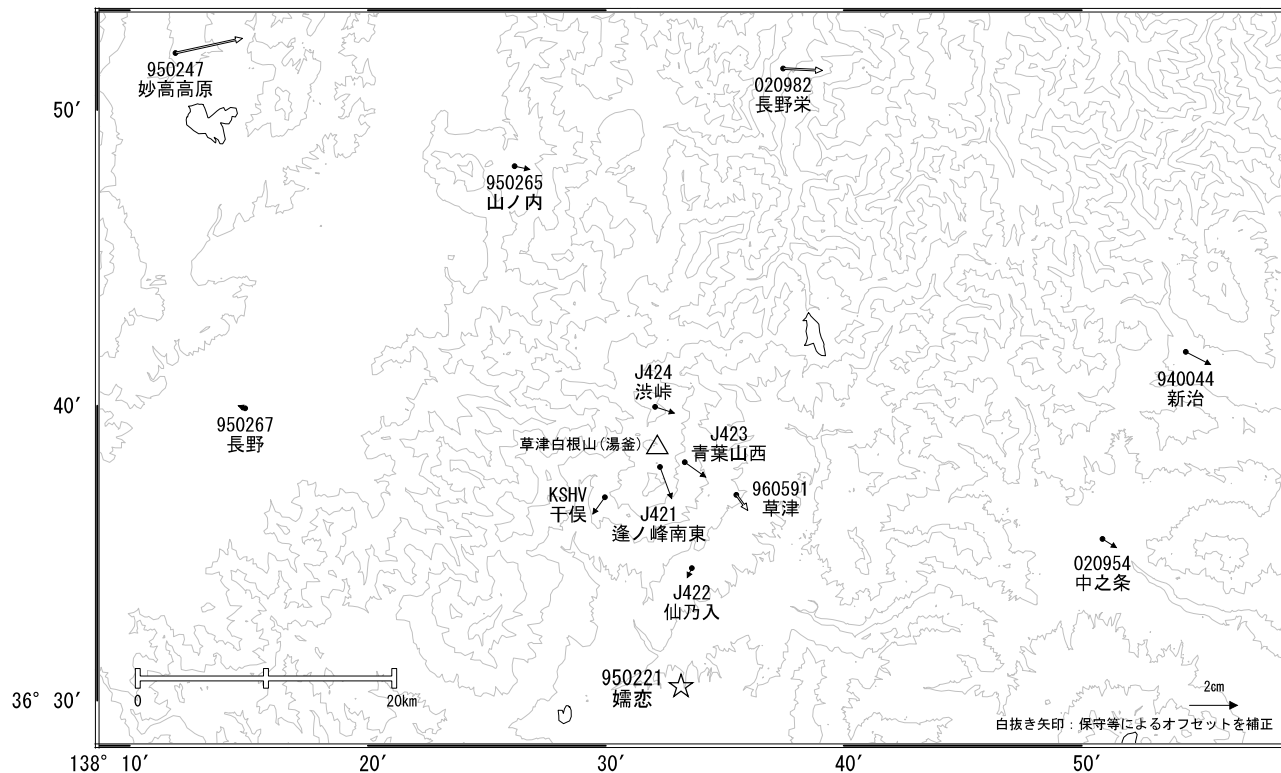
基準期間: 2015/06/04~2015/06/13 [F3: 最終解]
比較期間: 2015/09/04~2015/09/13 [F3: 最終解]



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

平成27年度 変動地形調査 水平変動図

(精密暦)

草津白根地区

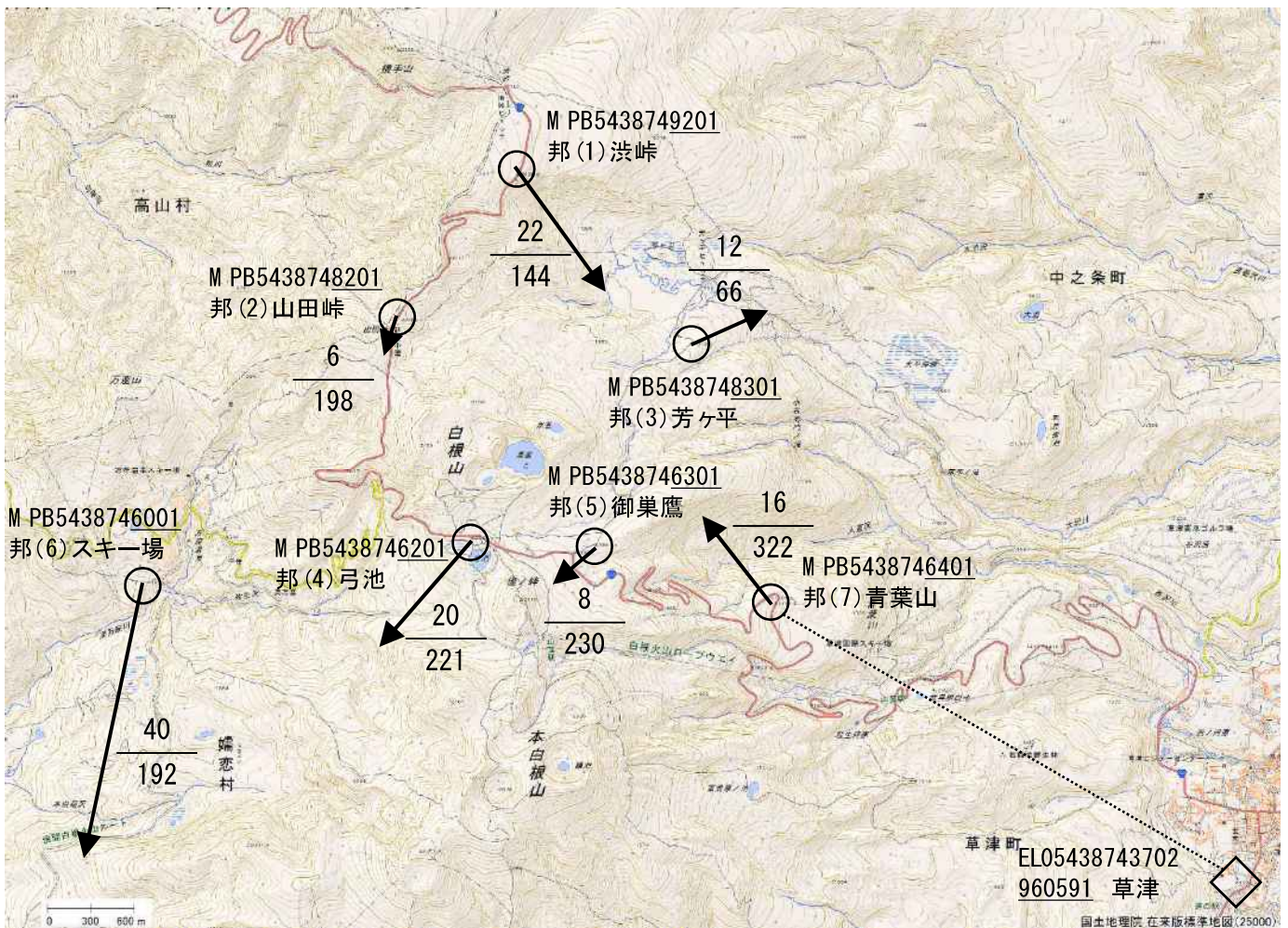


前回観測 平成21年8月
今回観測 平成27年7月

縮尺1/50,000

ベクトル縮尺1/1

単位 : $\frac{\text{mm}}{\text{角度}}$



960591草津を固定してGAM II/GL0BKを実施

※8201山田峠、6401青葉山は、平成27年7月に傾斜改埋を実施。
9201渋峠、6001スキー場は、地滑りの影響の可能性が高い。

1km

草津白根山

平成27年度 変動地形調査 楯円体高・標高変動図

(精密暦)

草津白根地区



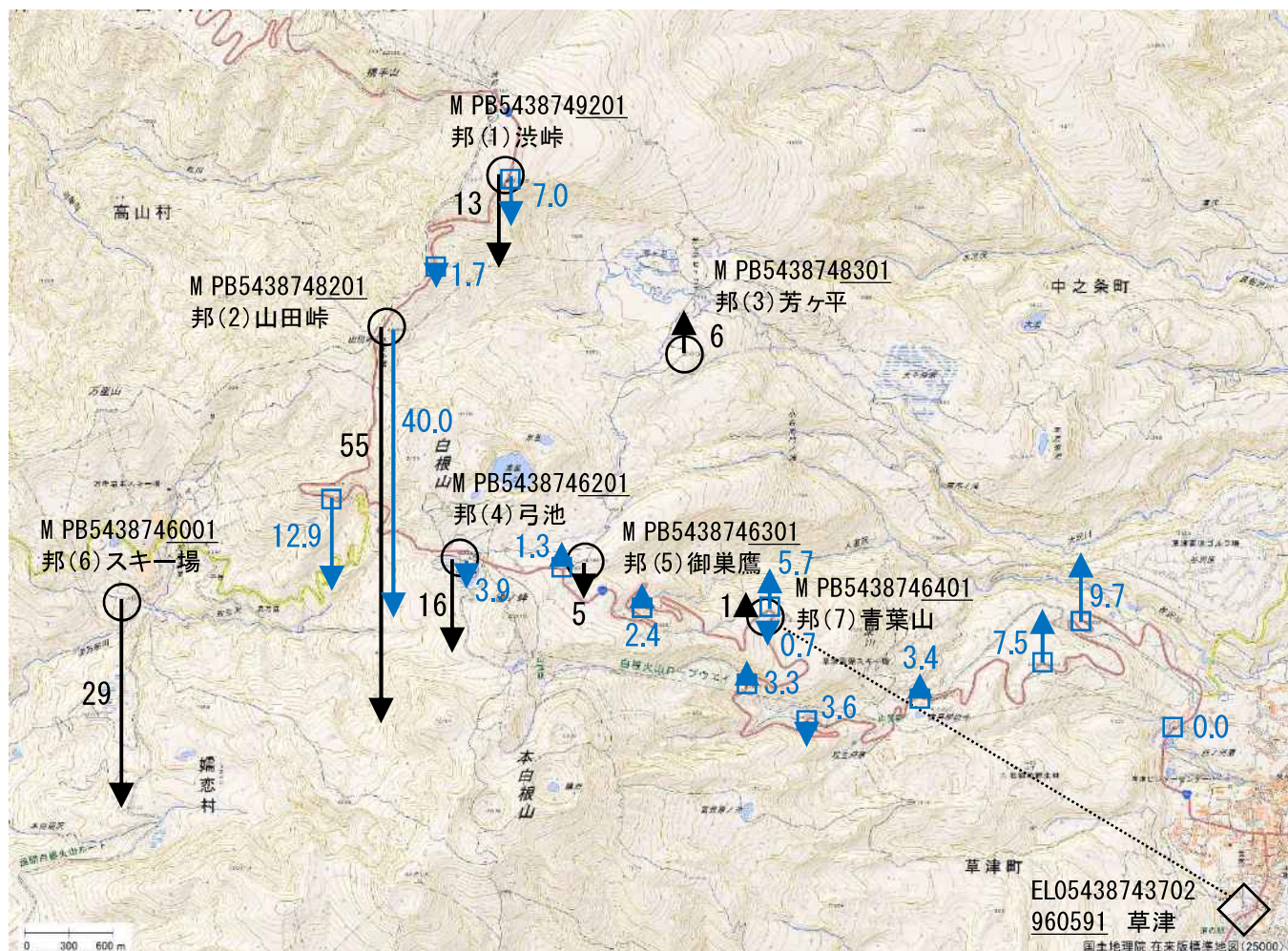
前回観測 平成21年8月

今回観測 平成27年7月

縮尺1/50,000

ベクトル縮尺1/1

単位 : mm

GNSS
測量水準
測量

960591草津を固定してGAM II / GLOBKを実施

※8201山田峠、6401青葉山は、平成27年7月に傾斜改埋を実施。
9201渋峠、6001スキー場は、地滑りの影響の可能性が高い。

1km

草津白根山

平成27年度 変動地形調査 基線変動図

(精密暦)

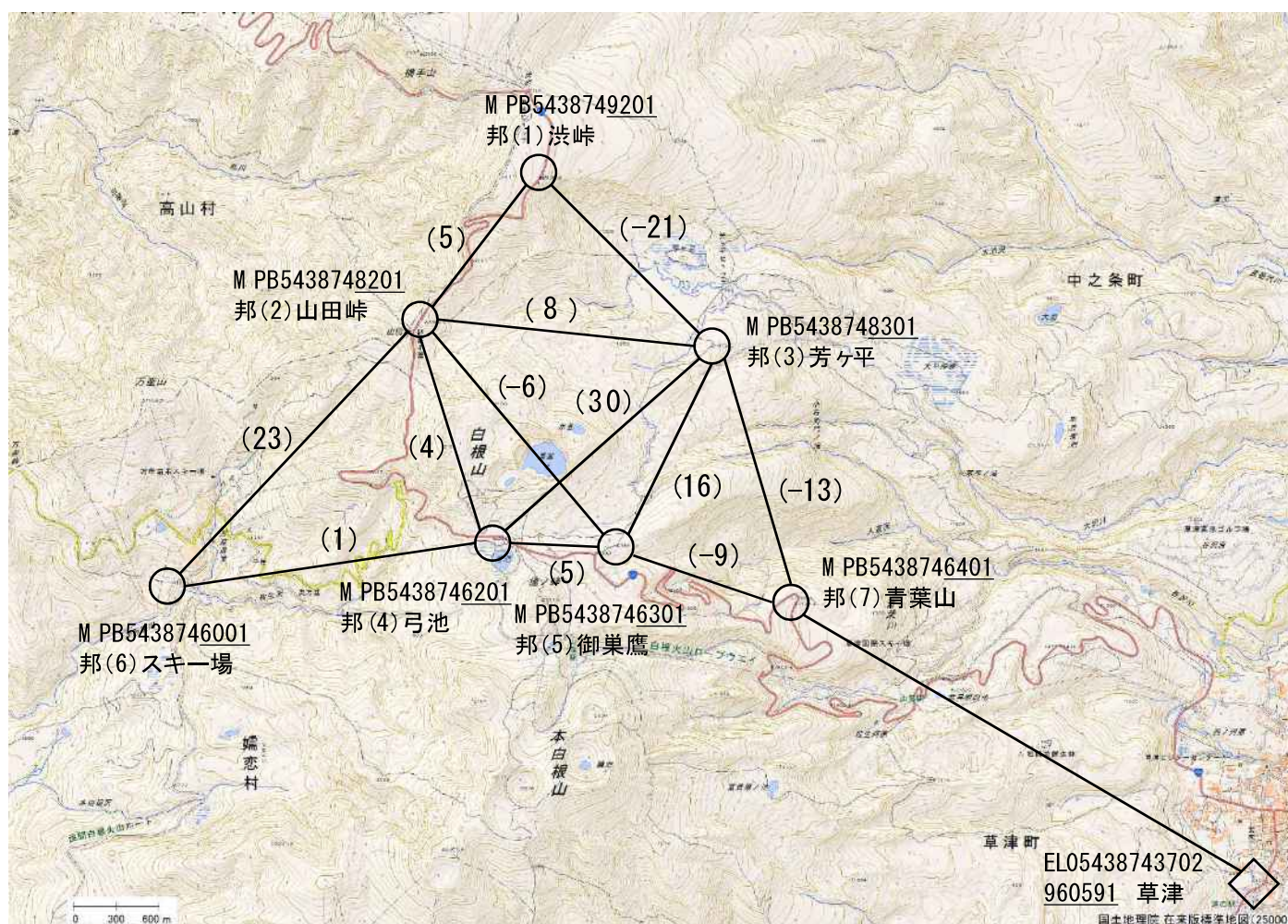
草津白根地区

前回観測 平成21年8月

今回観測 平成27年7月

縮尺1/50,000

(今回-前回)単位: mm



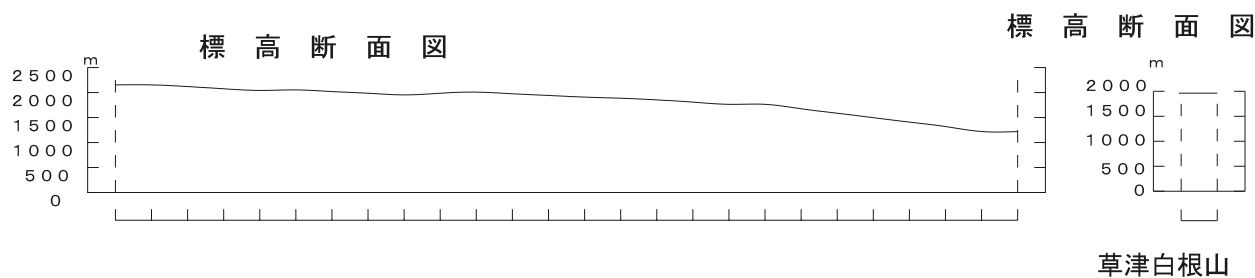
960591草津を固定してGAM II/GL0BKを実施

※8201山田峠、6401青葉山は、平成27年7月に傾斜改埋を実施。
9201渋峠、6001スキー場は、地滑りの影響の可能性が高い。

1km

草津白根山

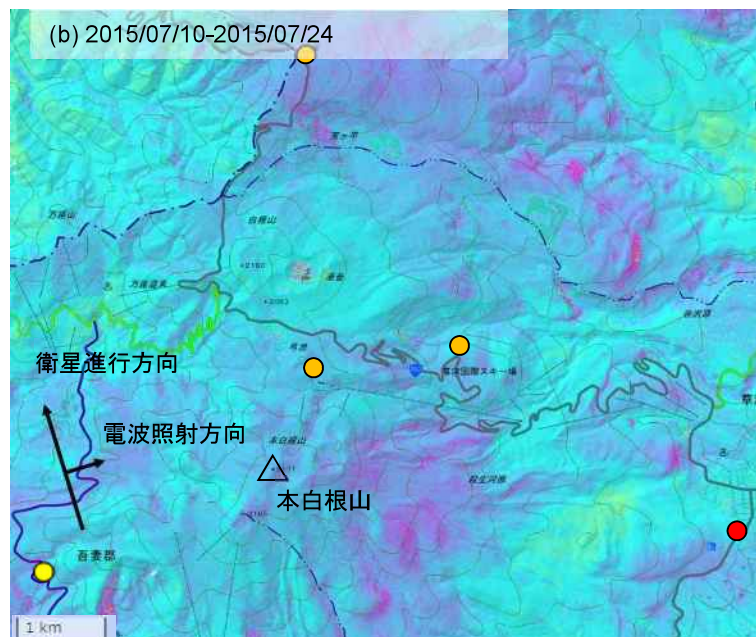
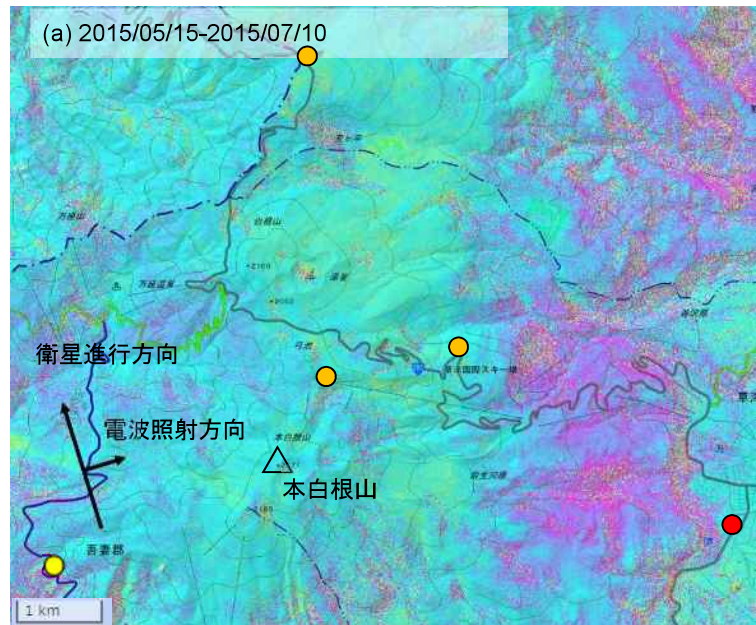
特段の変化は見られない.



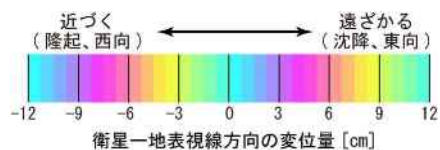
草津白根山の SAR 干渉解析結果について

	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2015/05/15 2015/07/10 23:44 頃 (56 日間)	2015/07/10 2015/07/24 23:44 頃 (14 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)	42.6°	42.6°
偏波	HH	HH
垂直基線長	+ 68 m	- 151 m
使用 DEM	GSI10m DEHMJapan (飛田, 2009)	GSI10m 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
- 防災科研 GNSS 観測点



背景: 地理院地図 標準地図

判読)

ノイズレベルを超えるような顕著な変動は見られない

解析: 国土地理院 原初データ所有: JAXA

本成果は、火山噴火予知連絡会衛星解析グループの活動による

草津白根山

浅間山

(2015 年 10 月 15 日現在)

山頂火口直下のごく浅い所を震源とする火山性地震が 4 月下旬頃から多い状態が続いている。また、二酸化硫黄の放出量が 6 月 11 日の観測で 1 日あたり 1,700 トンと急増した。これらのことから、浅間山では火山活動が高まっていると考えられ、火口周辺に影響を及ぼす小規模な噴火が発生する可能性があることから、6 月 11 日に火口周辺警報を発表し、噴火警戒レベルを 1（活火山であることに留意）から 2（火口周辺規制）に引き上げた。

6 月 16 日及び 19 日に山頂火口でごく小規模な噴火が発生した。それ以降噴火は発生していないが、火山性地震は多い状態が続いており、二酸化硫黄の放出量も多い状態で経過するなど、引き続き火山活動はやや高まった状態で経過している。

山頂火口から概ね 2 km 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。登山者等は危険な地域には立ち入らないよう地元自治体等の指示に従うことが必要である。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である。

○概況（2015 年 6 月～2015 年 10 月 15 日）

- ・ 6 月 16 日及び 6 月 19 日に発生した噴火の状況（第 1～8 図、第 15 図-①、第 16 図-①、第 18 図-①）

6 月 16 日及び 19 日に山頂火口でごく小規模な噴火が発生した。浅間山で噴火が発生したのは、2009 年 5 月 27 日以来である。6 月 19 日の噴火以降、噴火は発生していない。

6 月 16 日 02 時頃から 05 時頃まで傾斜計データに北西上がりの変化がみられ、08 時 12 分から 19 時 12 分まで火山性微動が発生した。噴火が発生した時刻は、東京大学地震研究所の空振計の観測データにより 8 時 50 分頃とみられる。

6 月 19 日 16 時 26 分から断続的に火山性微動が発生した。噴火の発生時刻は、長野県の監視カメラの画像に火山灰と見られる粒子が付着した時刻及び東京大学地震研究所の空振計の観測データにより 17 時 00 分頃とみられる。

気象庁の遠望カメラでは両噴火とも視界不良のため確認できなかった。また、気象庁の空振計では、両噴火とも噴火に伴う振動は観測されなかった。

6 月 16 日の噴火の後に実施した降灰調査では、浅間山の北から北東にかけて噴火による微量（1 m²あたり 0～2 g）の降灰を確認した。6 月 16 日、関東地方整備局の協力により実施した上空からの観測では、火口付近北側の降灰の状況が確認できた。火口内の形状に特段の変化は認められなかった。6 月 19 日の噴火では、山麓での降灰は確認されていない。

・火山ガス（第 9 図、第 15 図-③、第 16 図-③、第 17 図-②）

山頂火口からの二酸化硫黄放出量は、6 月 1 日の観測で 1 日あたり 200 トン、同月 8 日の観測で 500 トンだったが、11 日の観測で 1,700 トンと急増した。その後、6 月 25 日の観測で 5,600 トン（2002 年 7 月 4 日の観測開始以降の最高値）とさらに増加した。7 月以降も 600～2,200 トンと引き続き多い状態で経過している。

・噴煙など表面現象の状況（第 10～11 図、第 13～14 図、第 15 図-②④、第 16 図-②④、第 17 図-①、第 18 図-②）

6 月 16 日及び 19 日の噴火時を除き、火口からの噴煙は白色で、火口縁上概ね 1,200 m 以下で推移している。噴煙の高さが 1,000 m を超えたのは、2009 年 2 月 10 日（1,400 m）以来である。噴煙量は 6 月以降、増加傾向がみられる。

6 月 16 日以降、山頂火口で、夜間に高感度カメラで確認できる程度の微弱な火映を観測している。

6 月 16 日に関東地方整備局の協力により実施した上空からの観測では、山頂火口からの白色噴煙と二酸化硫黄の噴出を観測した。6 月 24 日に群馬県防災航空隊、10 月 14 日に陸上自衛隊の協力によりそれぞれ実施した上空からの観測では、山頂火口から引き続き白色噴煙と二酸化硫黄の噴出を観測した。いずれも 5 月 23 日の観測と比べて、山頂火口から活発に噴煙が上がっており、噴煙の量は多くなっていた。また、火口底の温度も全体的に上昇し、高温領域の分布も広がっていた。

・地震活動（第 15 図-⑤～⑧、第 16 図-⑤～⑧、第 17 図-③④、第 18 図-③④、第 19～22 図）

山頂火口直下のごく浅い所を震源とする火山性地震及び火山性微動は、2014 年頃から長期的に増加傾向がみられる。そのうち火山性地震は 4 月下旬頃からさらに増加し、6 月 20 日には日回数 206 回となった。日回数が 200 回を超えたのは 2009 年 4 月 13 日（204 回）以来である。8 月以降、やや回数は減少しているものの、引き続き多い状態で経過している。8 月下旬頃から振幅の大きい火山性地震が時々発生している。発生した地震の多くは BL 型地震であるが、7 月から 8 月にかけて BH 型地震が増加した。A 型地震の震源分布に特段の変化はみられない。また、震源の浅部への移動等の変化もみられない。

火山性微動は、6 月に 47 回と増加したが、7 月以降は少ない状態で経過している。8 月 19 日から 9 月 2 日にかけて、一時的にやや増加がみられた。

・地殻変動（第 15 図-⑨⑩、第 16 図-⑨⑩、第 17 図-⑤⑥、第 23～28 図）

山体周辺の GNSS 連続観測では、2009 年秋頃から縮みの傾向がみられていたが、山頂の西側の一部の基線で 5 月頃からわずかな伸びがみられる。また、傾斜計による地殻変動観測では、6 月上旬頃から緩やかな変化がみられており、7 月下旬頃からは鈍化しながらも継続している。これらは浅間山の西側のやや深い所を膨張源とする変化によるものと考えられる。

光波測距観測では、2015 年 6 月頃から山頂と追分の間で縮みの傾向がみられており、山頂部のごく浅いところの膨張によるものと考えられる。



第 1 図 浅間山 6 月 16 日 08 時 51 分の山頂部の噴煙の状況

(左・鬼押、右・追分遠望カメラによる)

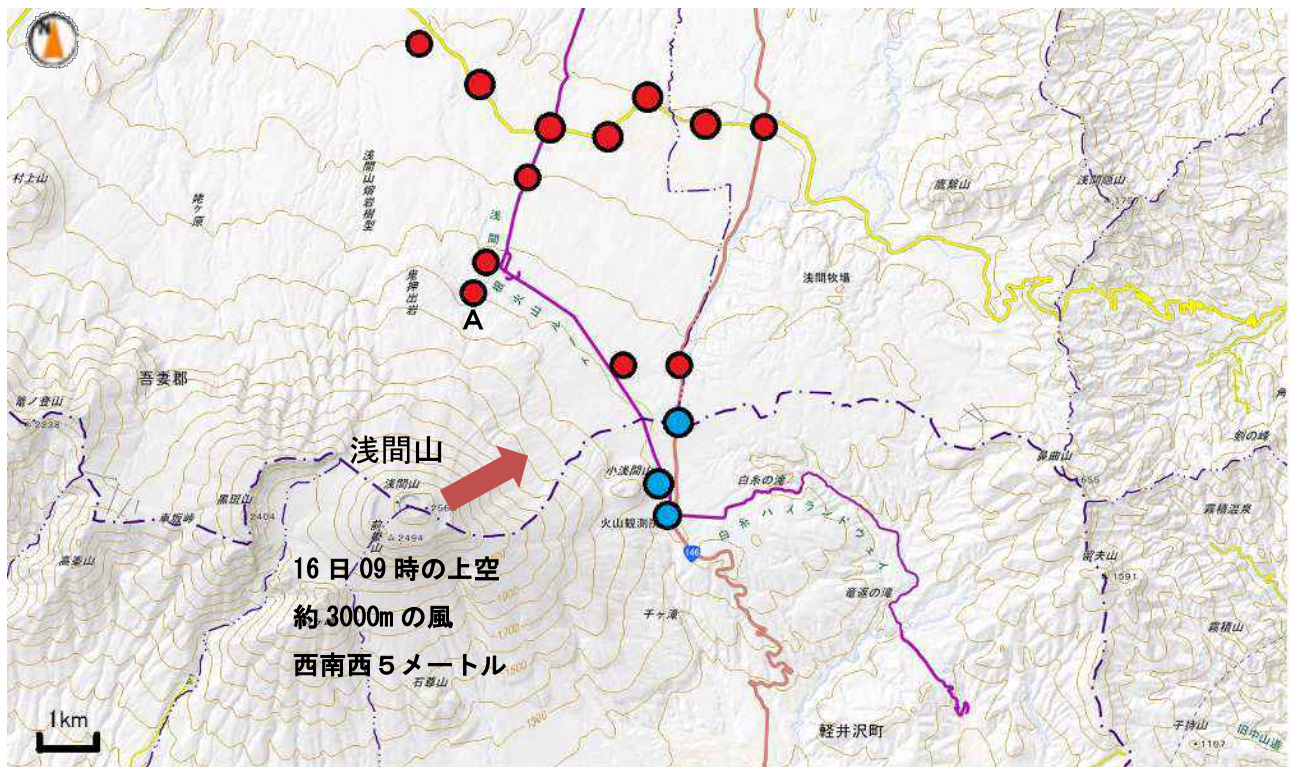
- ・ 視界不良のため噴煙は確認できなかった。



第 2 図 浅間山 6 月 16 日の山頂周辺の降灰の状況

(関東地方整備局の協力による上空からの観測。13 時 19 分撮影)

- ・ 山頂火口北側に向かって灰白色の降灰域を確認した (赤点線内)。
- ・ 山頂火口からの白色の噴煙と青白色の火山ガス (二酸化硫黄) の噴出を観測した。
- ・ 火口内の地形に変化はみられなかった。



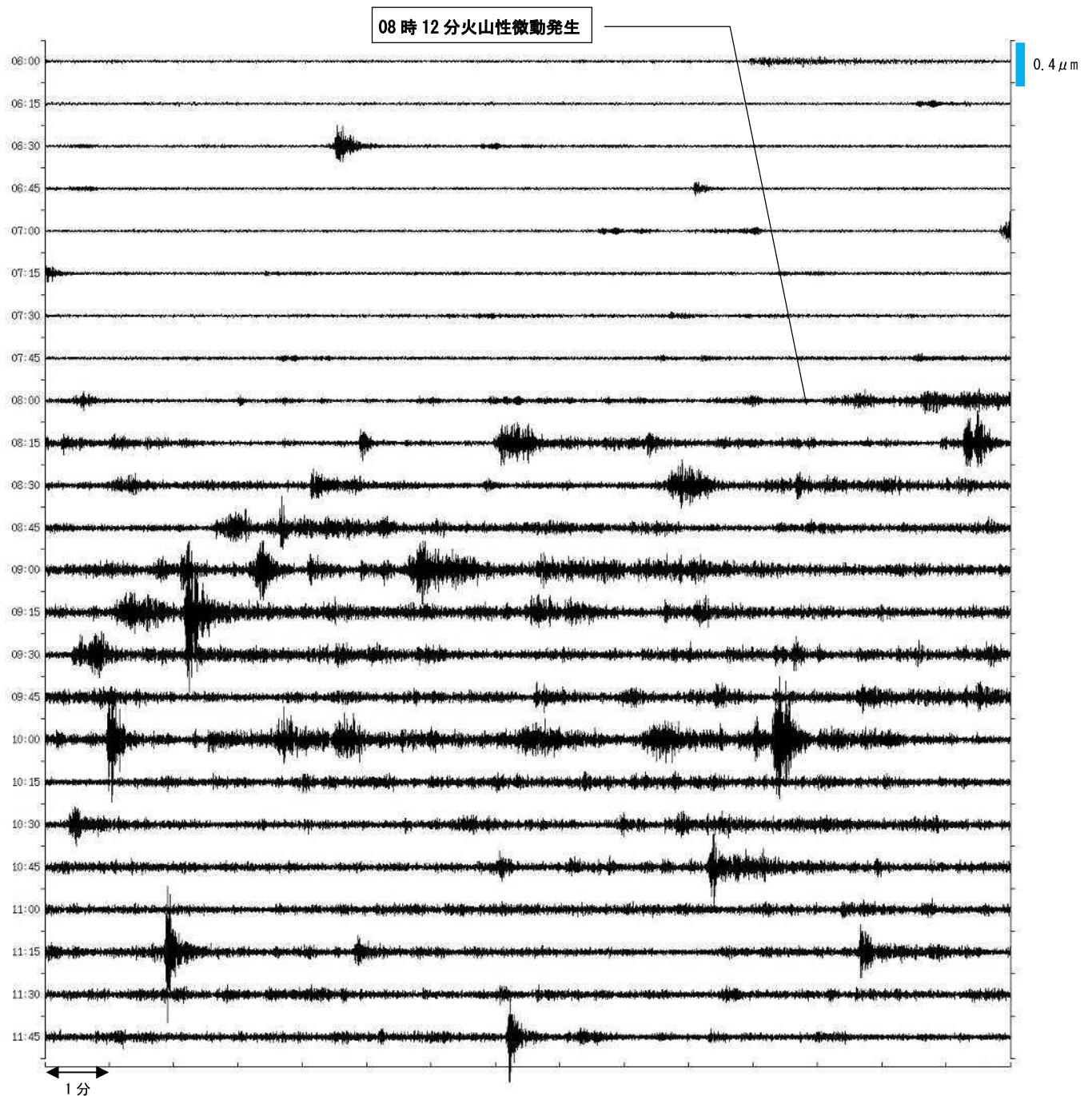
第3図 浅間山 6月16日の噴火による降灰調査の状況（●降灰あり、●降灰なし）



第4図 浅間山 6月16日の噴火に伴う降灰の状況（第3図中 地点Aで確認）

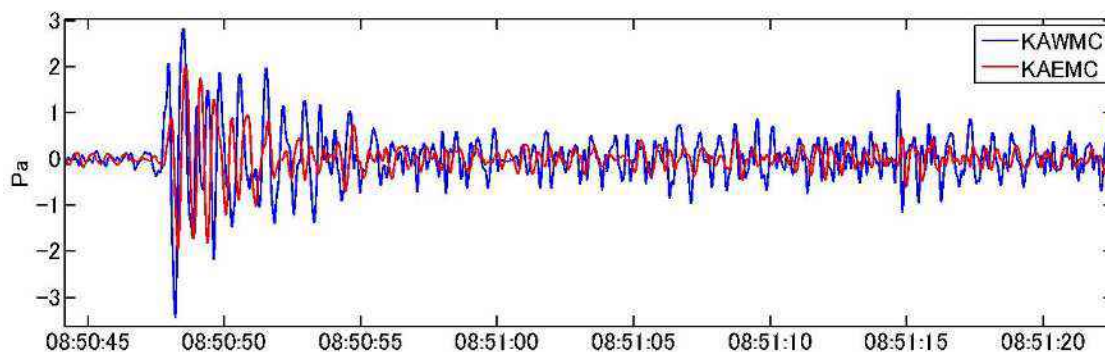


第5図 浅間山 6月19日の黒斑山監視カメラの画像（左・17時頃、右・17時30分頃）
17時頃に火山灰が付着しはじめる（左図赤矢印）。その後、画像全体に付着（右図）



第 6 図 浅間山 浅間石尊観測点における噴火発生前後の地震波形（6 月 16 日 06 時 00 分～12 時 00 分）

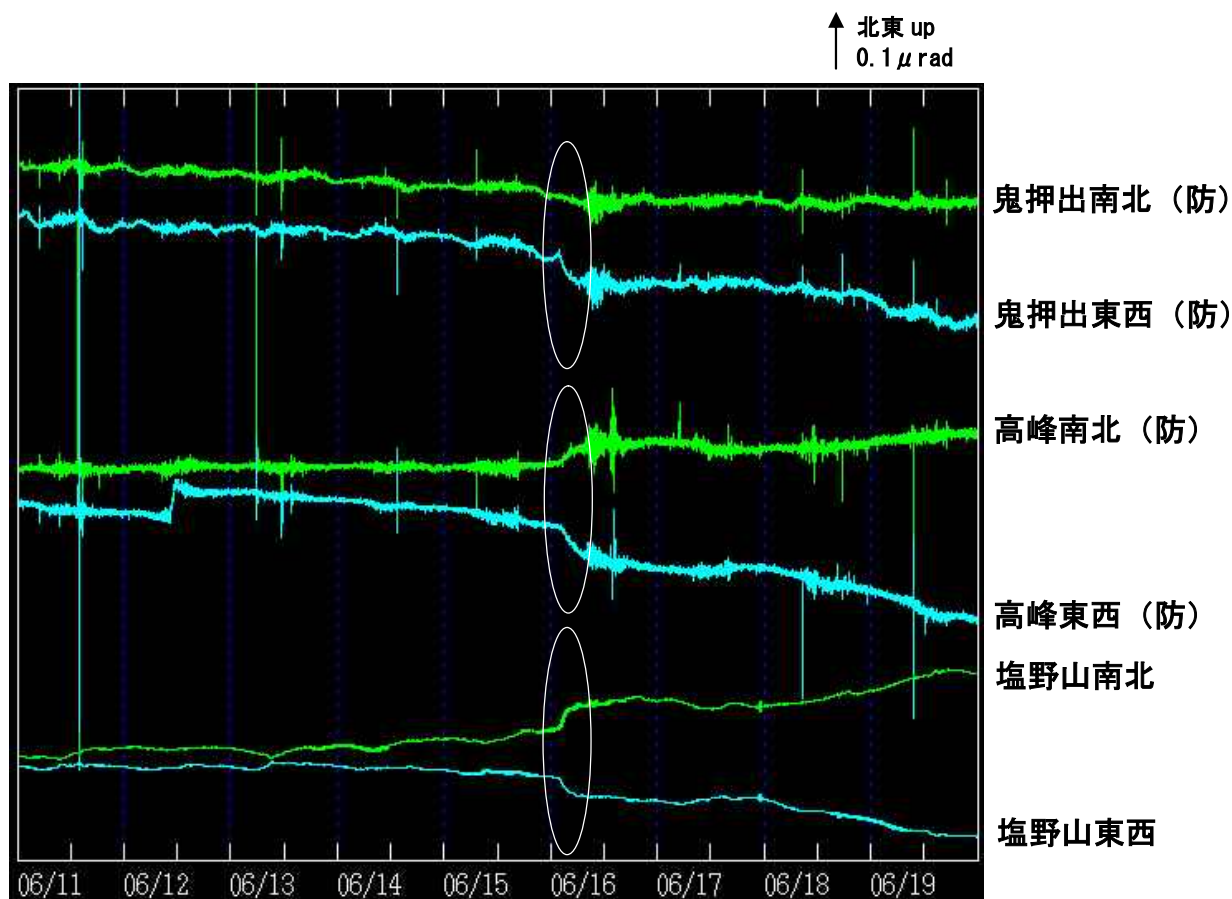
- ・浅間山石尊観測点における短周期変位・上下成分の波形。
- ・6 月 16 日 08 時 12 分から 19 時 28 分まで連続的に火山性微動が発生した。



第 7 図 浅間山 東京大学地震研究所提供による火口付近の観測点による空振データ（6 月 16 日）

・ 6 月 16 日 08 時 50 分、噴火に伴うとみられる空振を観測した。

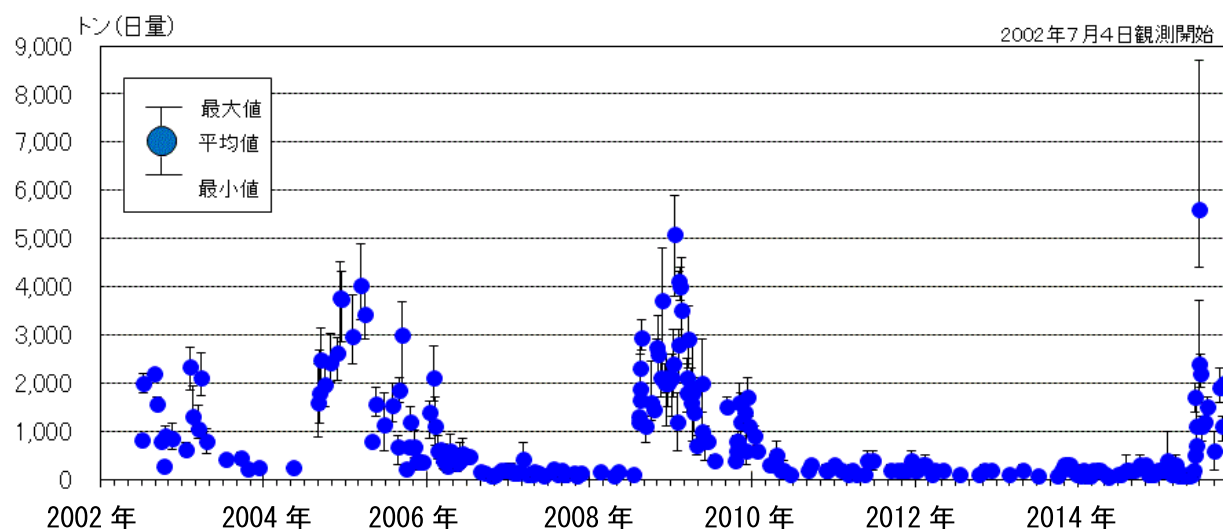
赤線は火口東側、青線は火口西側の空振データ。



第 8 図 浅間山 傾斜計データ（6 月 11 日 00 時～6 月 20 日 00 時）

- ・ 塩野山傾斜観測点及び防災科研傾斜観測点（高峰、鬼押出）の変動を記載。
- ・ 6 月 16 日 02 時頃から 05 時頃まで浅間山の西側のやや深い所を膨張源とする変化がみられた（白丸内）。長期的にも 6 月上旬頃から同様の緩やかな変化がみられており、7 月下旬頃からは鈍化しながらも継続している。

防災科研のデータには気象庁側の処理上のノイズが乗っている。



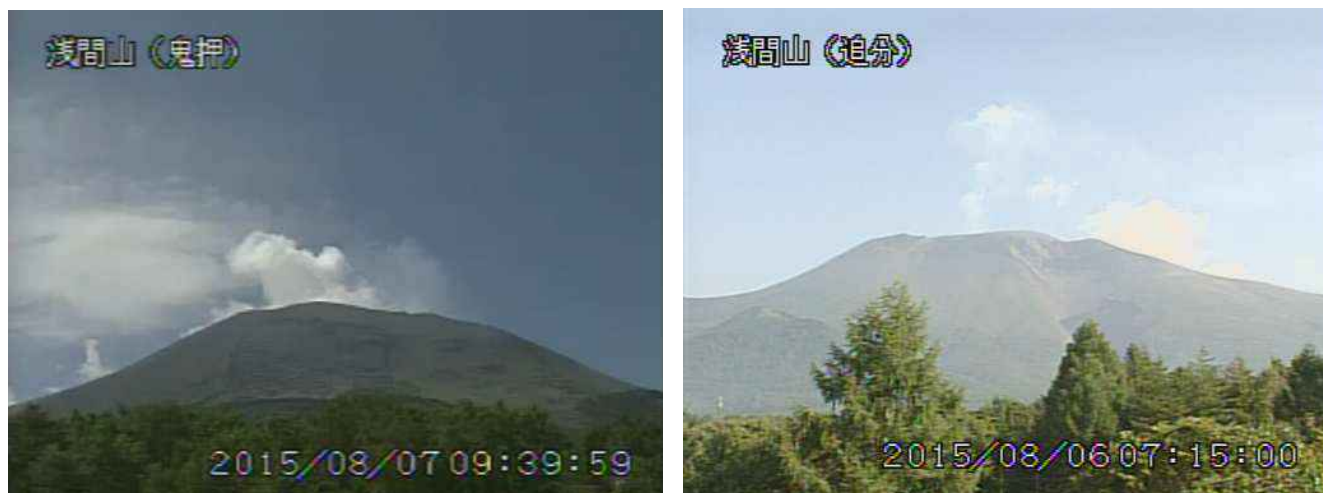
第9図 浅間山 二酸化硫黄放出量（2002年7月4日～2015年10月15日）

- ・二酸化硫黄の放出量は、6月1日の観測で1日あたり200トン、6月8日の観測で500トンだったが、6月11日に1,700トンに急増した。それ以降も多い状態で継続し、25日には5,600トン（2002年7月4日の観測開始以降、最高値）とさらに増加した。二酸化硫黄の放出量が1日あたり5,000トンを超えたのは2009年1月15日（5,100トン）以来である。7月以降も引き続き多い状態で経過している。



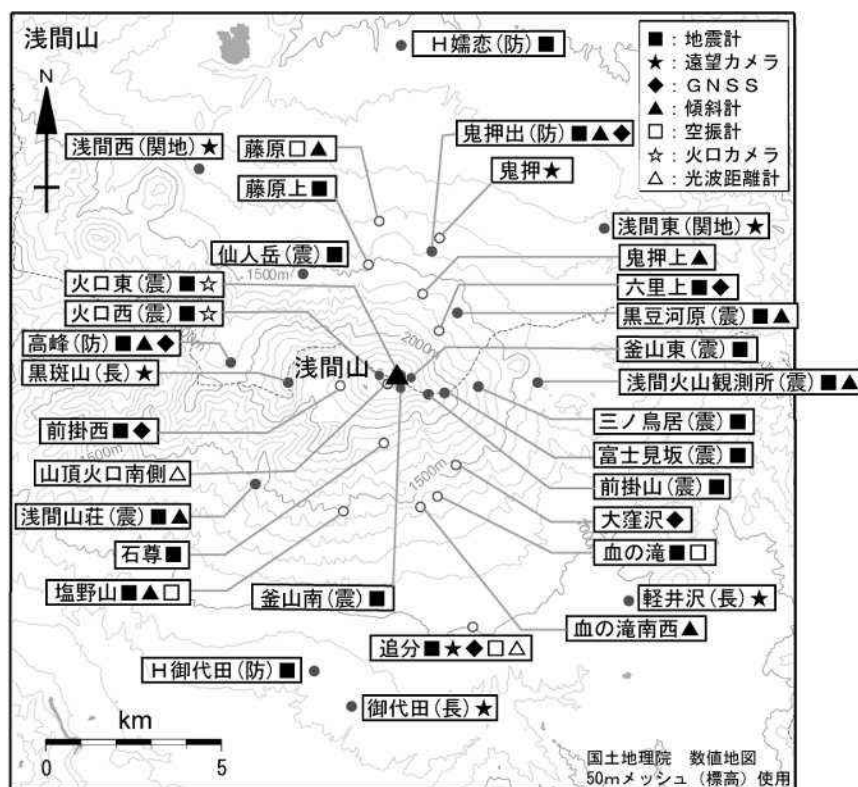
第10図 浅間山 火映の状況

- （左・鬼押（6月17日00時14分）、右・追分（6月17日01時06分）遠望カメラによる）
- ・6月16日夜以降、高感度カメラで確認できる程度の微弱な火映を観測している（白丸内）。



第 11 図 浅間山 山頂部の噴煙の状況

(左・鬼押遠望カメラ (8月7日)、右・追分遠望カメラ (8月6日) による)
 ・2015 年 6 月以降、噴煙量に増加傾向がみられる。



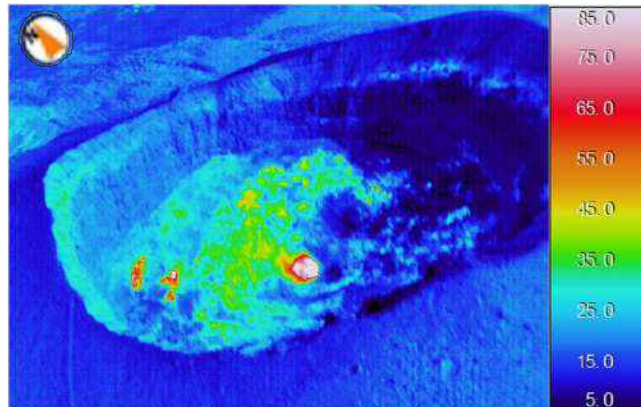
第 12 図 浅間山 観測点配置図

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。

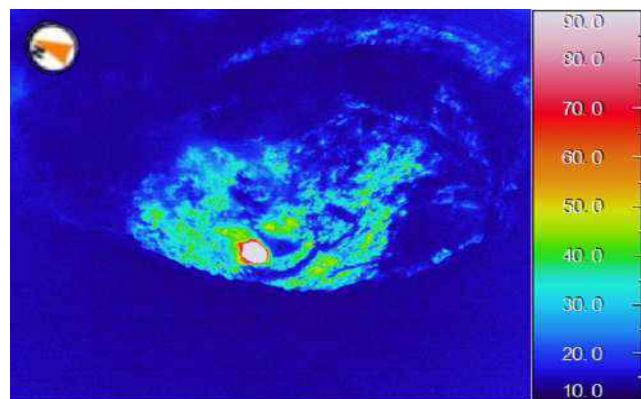
(防) : 国立研究開発法人防災科学技術研究所、(震) : 東京大学地震研究所、

(関地) : 関東地方整備局、(長) : 長野県

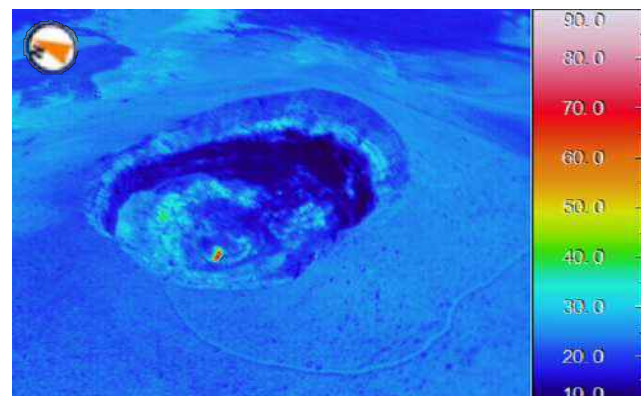
この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 25000 (行政界・海岸線)』および『数値地図 50m メッシュ (標高)』を使用した。



10 月 14 日 09 時 54 分 山頂火口の南西側上空から撮影(陸上自衛隊東部方面航空隊の協力による)



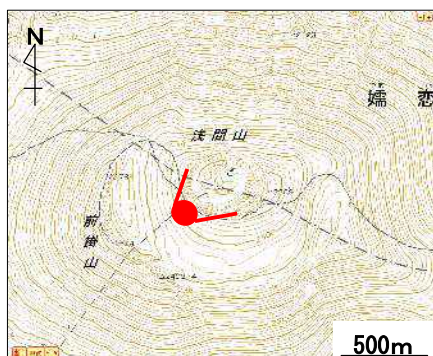
6 月 24 日 10 時 28 分 山頂火口の南西側上空から撮影 (群馬県防災航空隊の協力による)



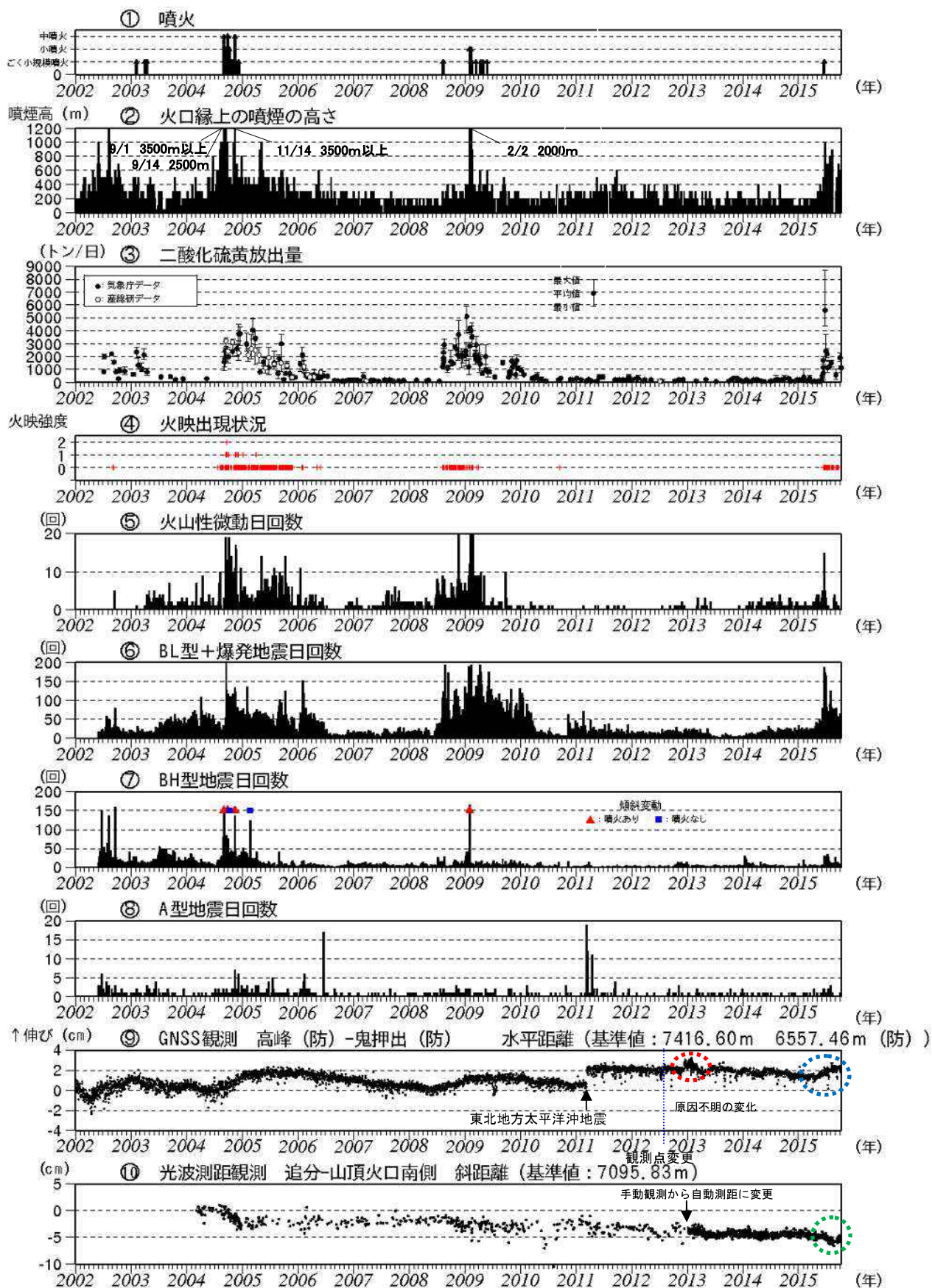
5 月 23 日 10 時 35 分 山頂火口の南西側上空から撮影 (群馬県防災航空隊の協力による)

第 13 図 浅間山 山頂火口内の状況及び地表面温度分布

- ・ 6 月 24 日の観測では、山頂火口から活発に噴煙が上がっており、5 月 23 日と比較すると噴煙の量が多くなっていた。また、火口底の温度が全体的に上昇し、高温領域の分布も広がっていた。火口底の火孔周辺に白っぽい昇華物が広範囲に付着しているのを確認した。
- ・ 10 月 14 日の観測では、6 月 24 日の観測と比較して、温度や高温領域の分布に特段の変化は見られず、山頂火口内の火口底中央部及びその周辺に引き続き高温領域が認められた。火口底の昇華物も確認した。
- ・ 火口周辺に新たな噴出物や変色等は確認されず、火口内の地形に変化はみられなかった。



第 14 図 浅間山  : 第 13 図のおおよその撮影場所と撮影方向

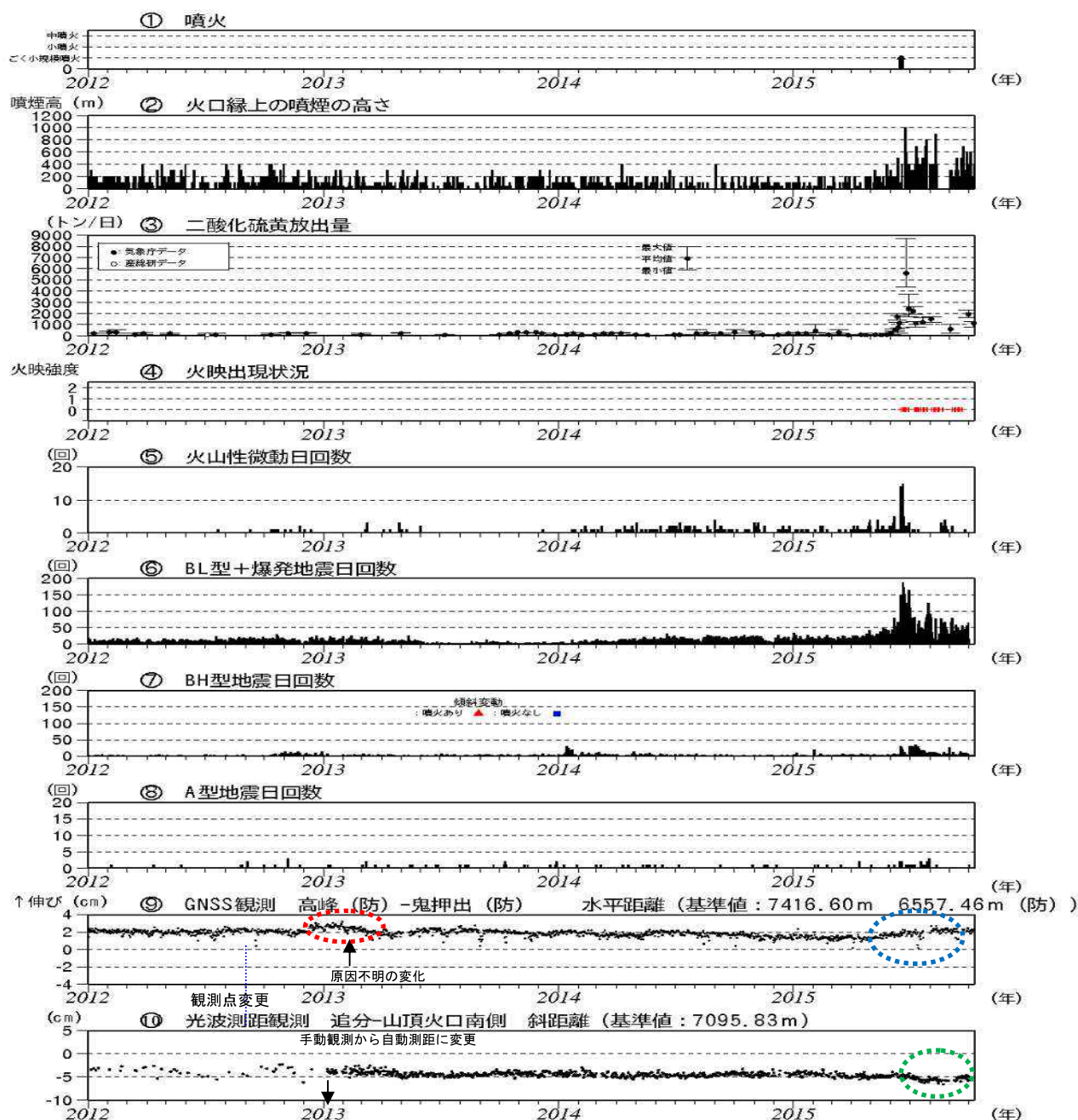


第15図 浅間山 火山活動経過図(2002年1月1日~2015年10月9日)

※図の説明は次ページに掲載。

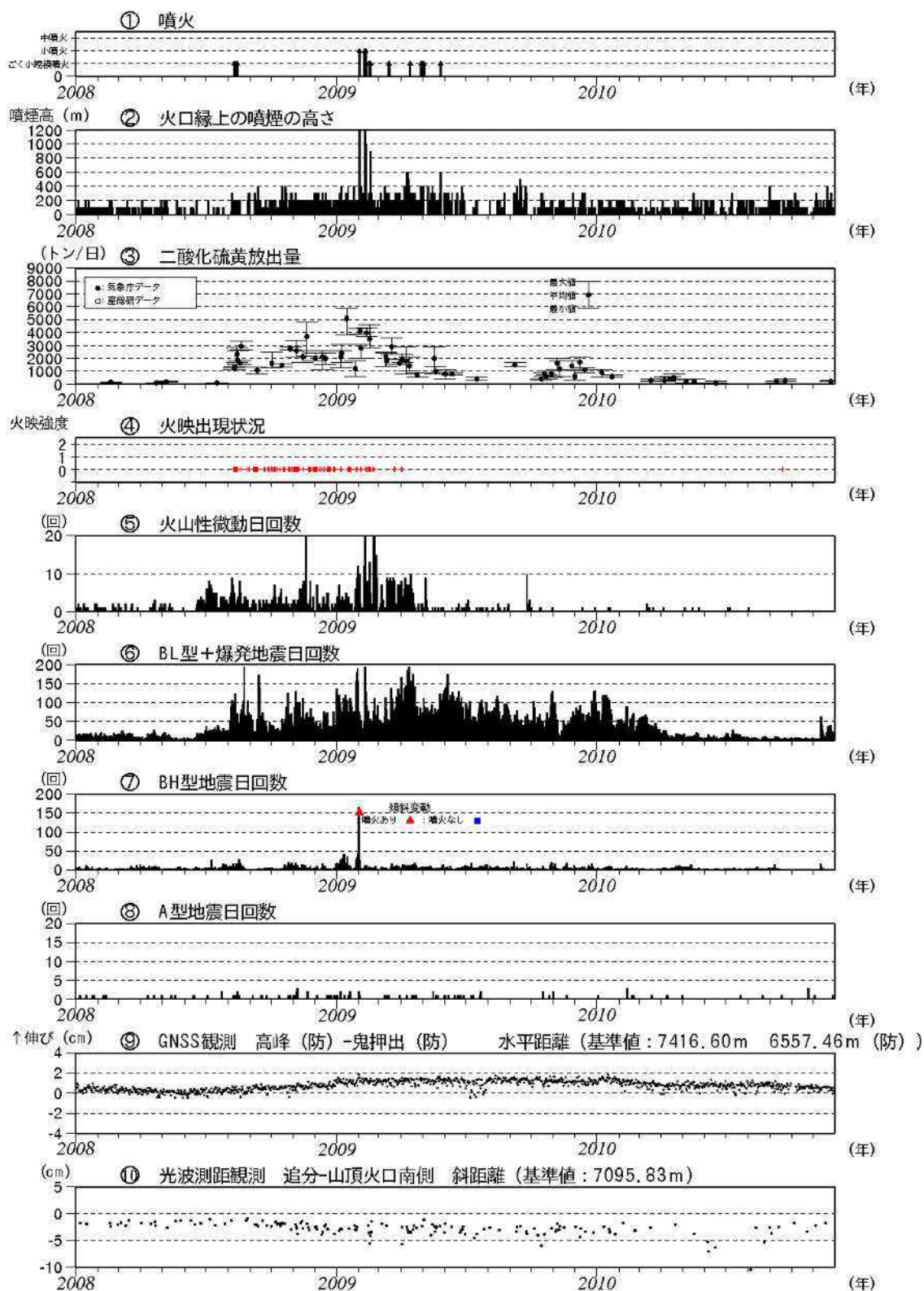
第15図の説明

- ③ 国立研究開発法人産業技術総合研究所及び東京大学のデータも含む。
- ⑨ 2002年1月1日～2012年7月31日 気象庁の高峰－鬼押出観測点間の基線長。
2012年8月1日以降 防災科学技術研究所の高峰－鬼押出観測点間の基線長。
2010年10月以降のデータについては、電離層の影響を補正する等、解析方法を改良した。
(防)は国立研究開発法人防災科学技術研究所の観測機器を示す。
- 赤丸で示す変化は、原因不明であるが、火山活動に起因するものでないと考えられる。
2015年5月頃からわずかな伸びがみられる(青丸で示す変化)。
グラフの空白部分は欠測を示す。
- ⑩ 光波測距観測の測定は、2013年1月より手動観測から自動測距による観測に変更した。
気象補正処理は高木・他(2010)による。
2015年6月頃から山頂と追分の間で縮みの傾向がみられている(緑丸で示す変化)。
山頂部のごく浅いところの膨張によるものである可能性がある。



第16図 浅間山 最近の火山活動経過図 (2012年1月1日～2015年10月9日)

※図の掲載内容は第16図に同じ

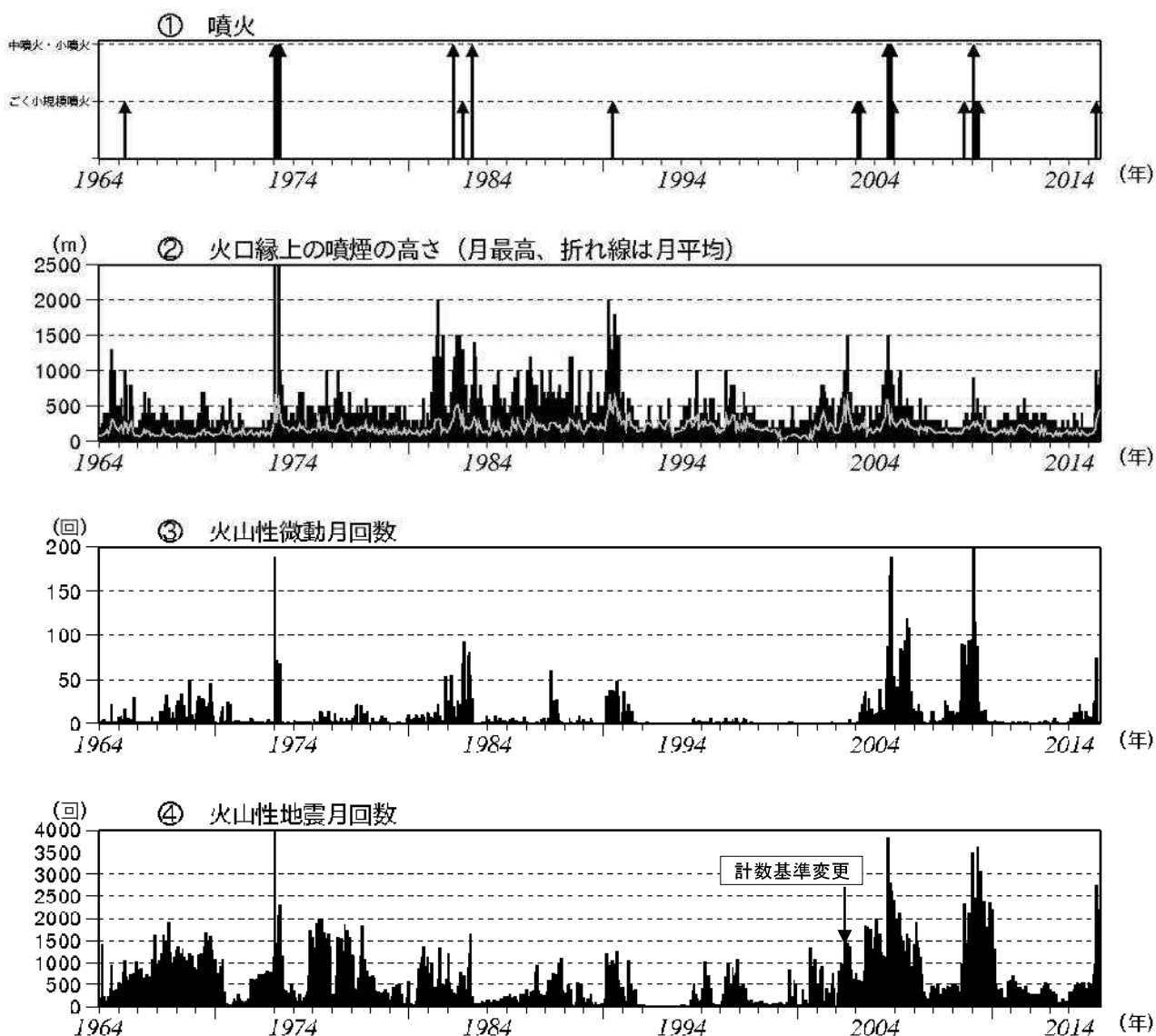


第17図 浅間山 2008～2009年の活動活発期を含む火山活動経過図
(2008年1月1日～2010年11月30日)

- ・2008年8月以降の活動活発時には、火山性地震や火山性微動の増加、火山ガス放出量の増加などの現象がみられた。GNSS連続観測での伸び、光波測距観測での山頂と追分の間で縮みの傾向など今回の活動でみられているものと同様な変化もみられている。

* 気象庁の高峰－鬼押観測点間の基線長。

2010年10月以降のデータについては、電離層の影響を補正する等、解析方法を改良した。
(防)は国立研究開発法人防災科学技術研究所の観測機器を示す。

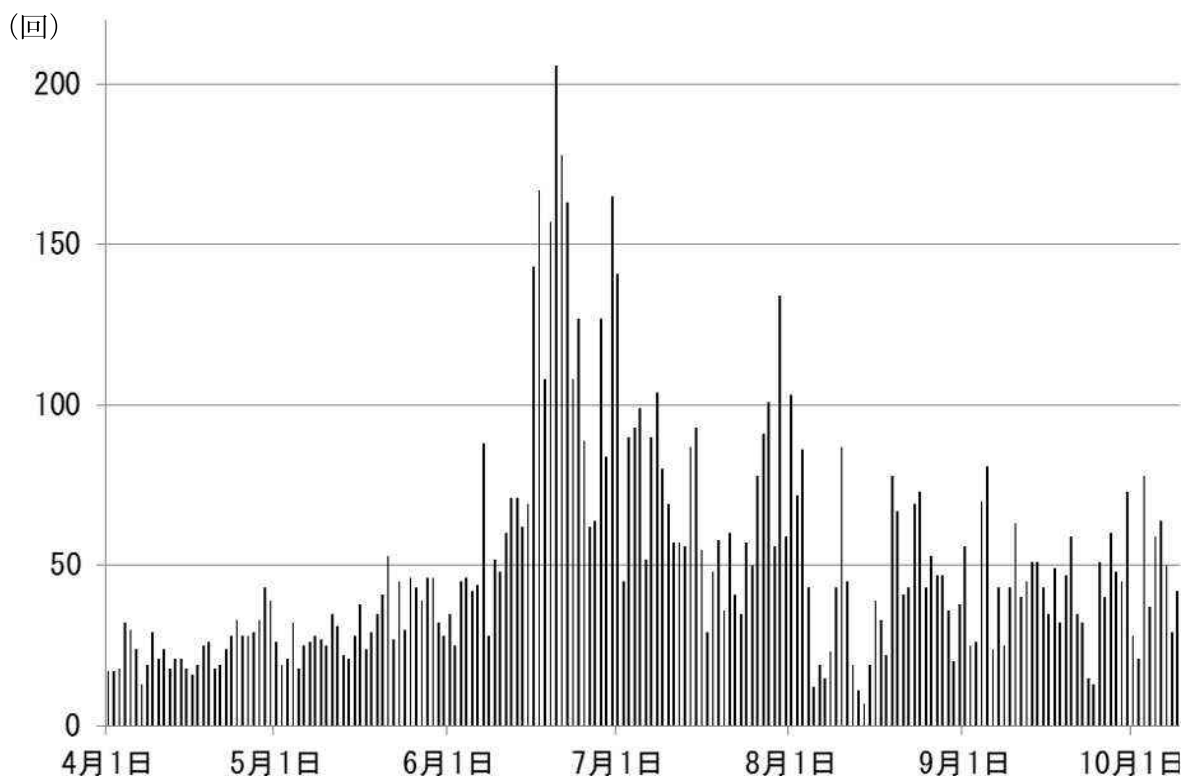


第 18 図 浅間山 長期の火山活動経過図 (1964 年 1 月～2015 年 8 月 31 日)

計数基準：2002 年 2 月 28 日まで石尊最大振幅 $0.1 \mu\text{m}$ 以上、S-P 時間 5 秒以内

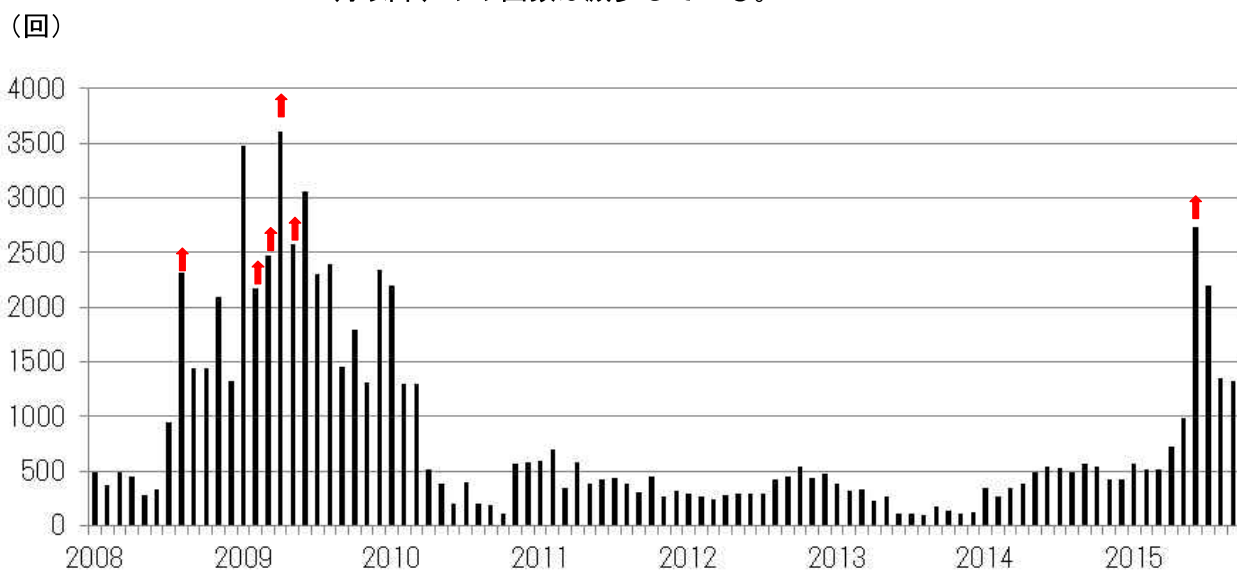
2002 年 3 月 1 日から石尊最大振幅 $0.1 \mu\text{m}$ 以上、S-P 時間 3 秒以内

- ・噴火発生前後の期間には地震回数や微動回数の増加がみられる。
- ・2009 年 5 月 27 日の最後の噴火発生後、地震回数の多い状態となり、2010 年 4 月以降はやや少ない状態で推移していたが、2014 年頃から長期的に増加傾向がみられ、2015 年 4 月下旬頃からさらに増加している。



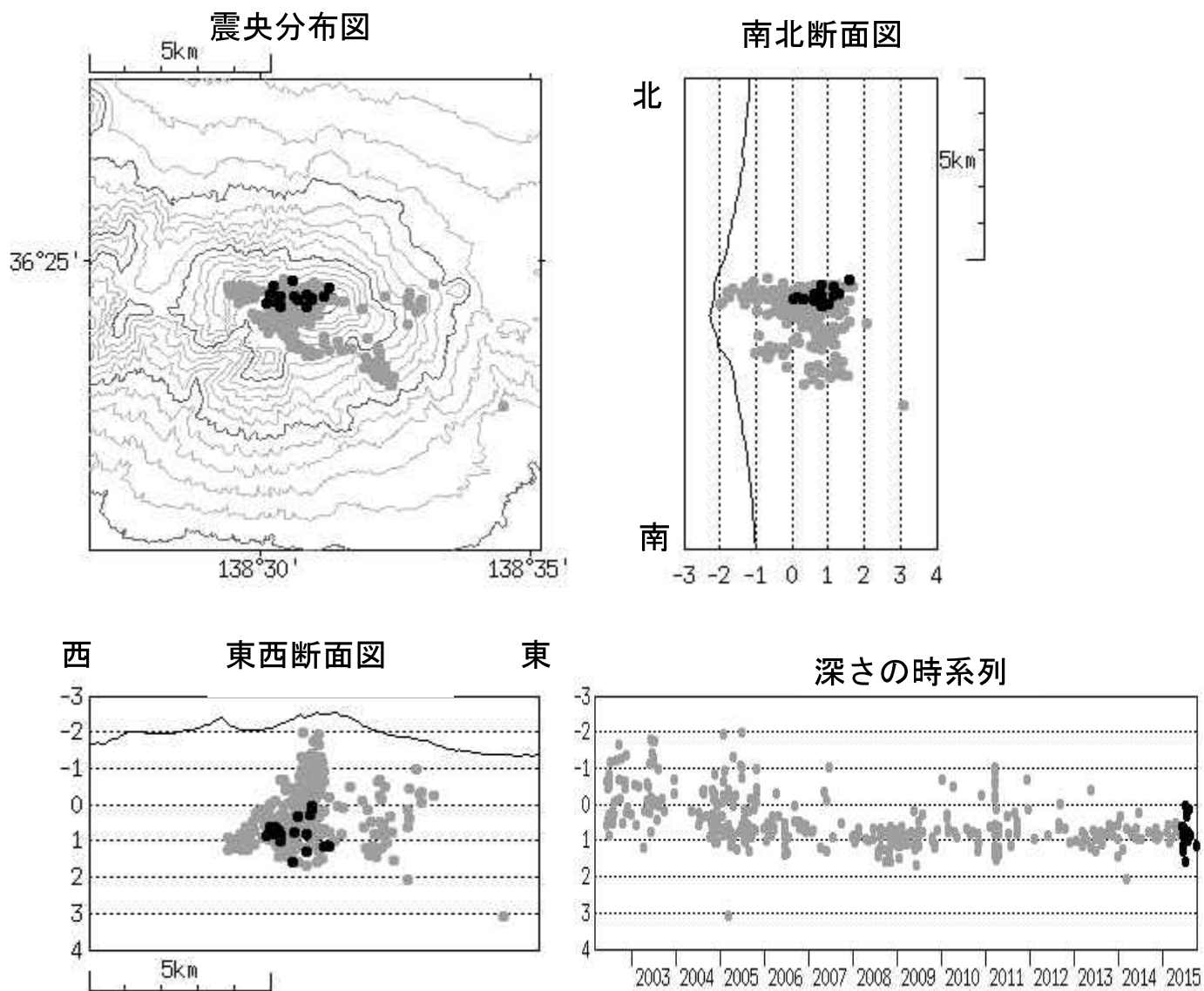
第 19 図 浅間山 火山性地震の日別回数（2015 年 4 月 1 日～10 月 9 日）

4 月下旬頃から増加している。日回数の最多は 6 月 20 日の 204 回。
日回数 200 回を超えたのは 2009 年 4 月 13 日（204 回）以来。
8 月以降、やや回数は減少している。



第 20 図 浅間山 火山性地震の月別回数（2008 年 1 月～2015 年 9 月）

- ・ 6 月の月回数は 2,734 回で、月回数が 2,700 回を超えたのは 2009 年 6 月（3,063 回）以来
- ・ 7 月の月回数は 2,201 回。8 月の月回数は 1,353 回とやや減少している。
- ・ 赤矢印は噴火のあった月を示している。



期間：2002年3月1日～2015年10月9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

観測点数6点以上

半無限均質速度構造 ($V_p = 2.5\text{km/s}$, $V_p/V_s = 1.73$)

2005年2月以降は東大震研観測点も使用

A型地震

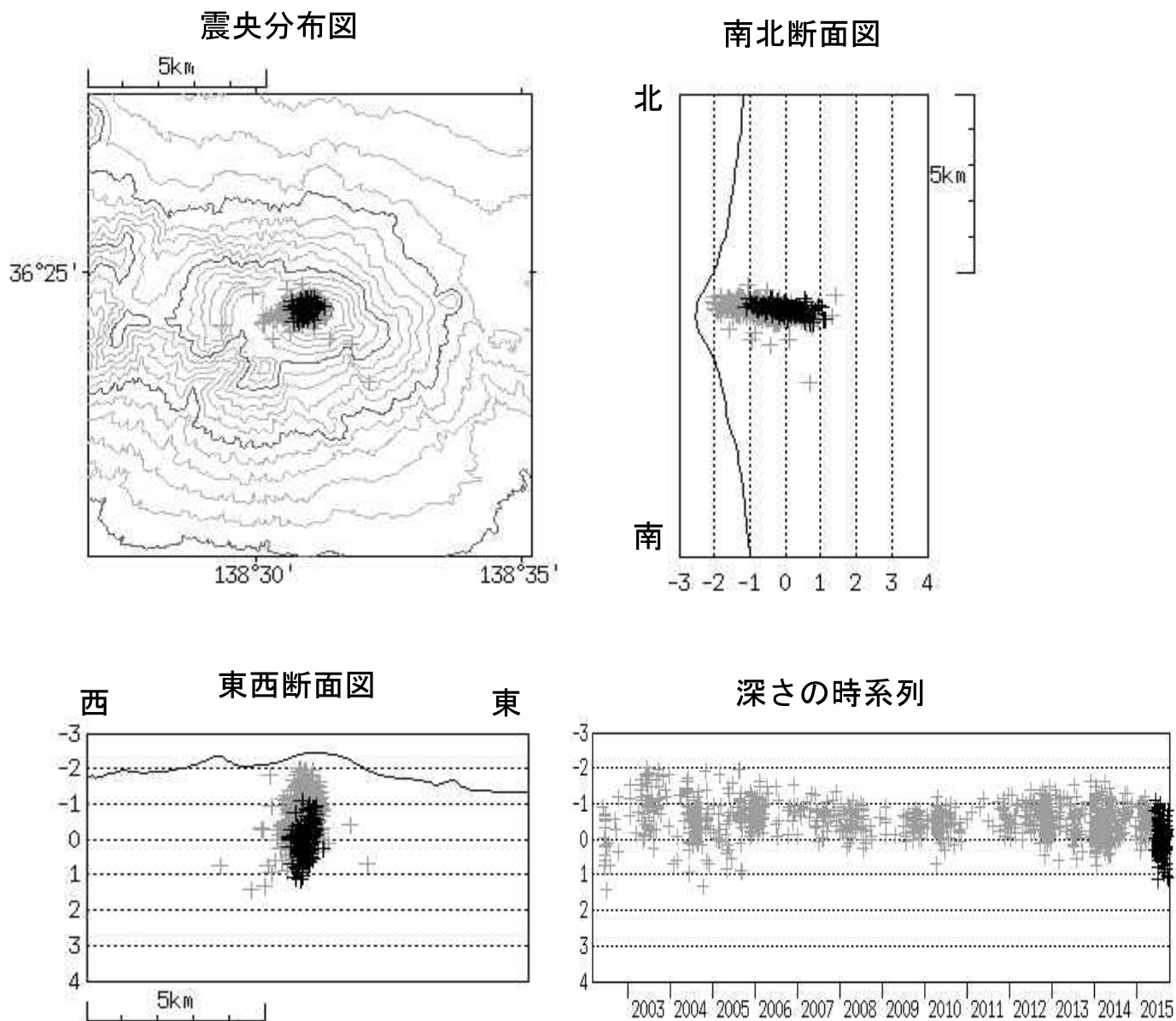
●：2002年3月1日～2015年5月31日

●：2015年6月1日～2015年10月9日

第21図 浅間山 火山性地震（A型）の震源分布

今期間の震源分布に特段の変化はみられない。

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



期間：2002年3月1日～2015年10月9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

観測点数6点以上

半無限均質速度構造 ($V_p = 2.5\text{km/s}$, $V_p/V_s = 1.73$)

2005年2月以降は東大震研観測点も使用

BH型地震

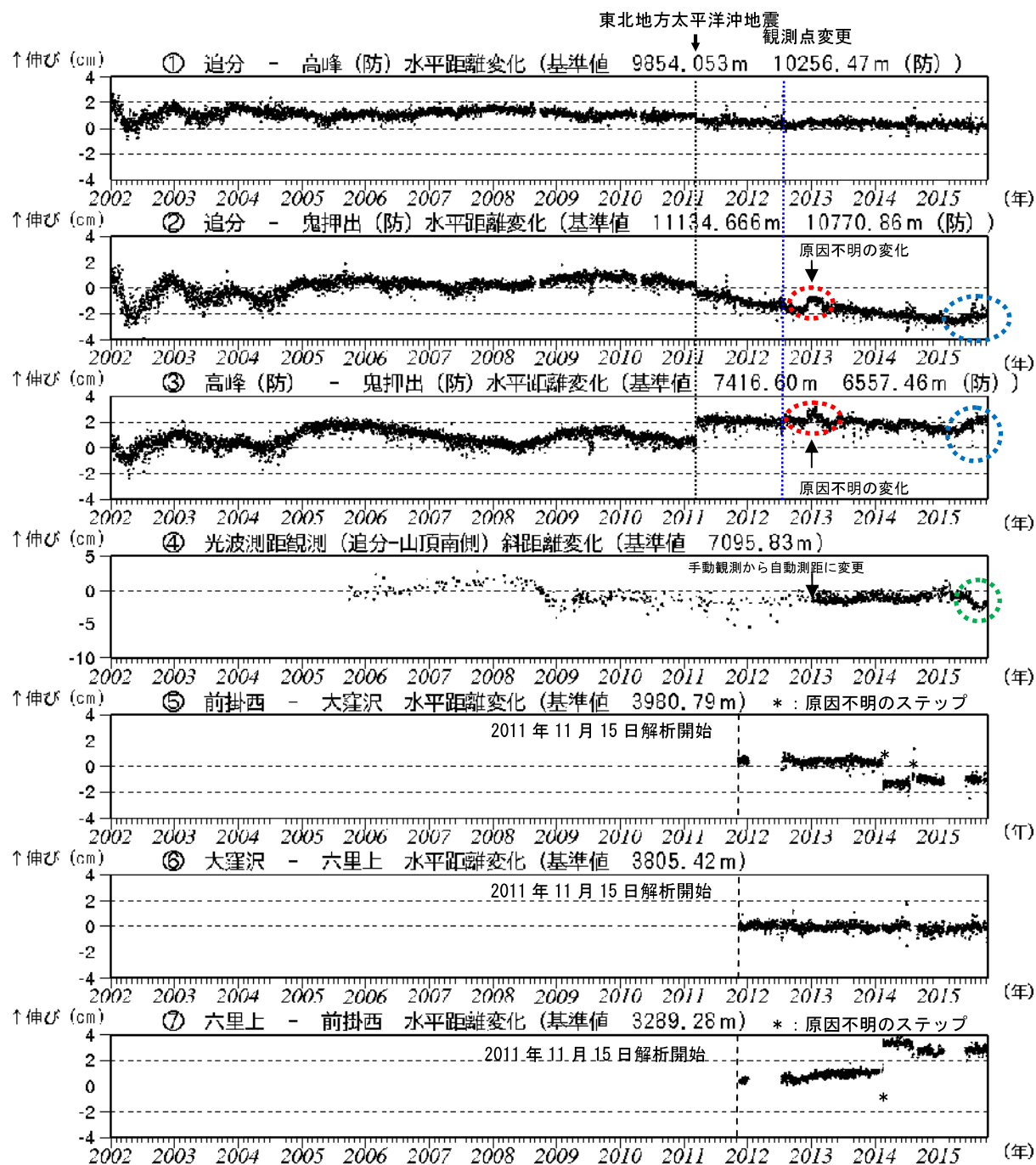
+: 2002年3月1日～2015年5月31日

+: 2015年6月1日～2015年10月9日

第22図 浅間山 火山性地震（BH型）の震源分布

今期間の震源分布に特段の変化はみられない。

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



第 23 図 浅間山 GNSS 連続観測及び光波測距観測の結果(2002 年 1 月 1 日～2015 年 10 月 9 日)

GNSS の 2010 年 10 月以降のデータについては、電離層の影響を補正する等、解析方法を改良した。(防)は国立研究開発法人防災科学技術研究所の観測機器を示す。

①～③及び⑤～⑦はそれぞれ第 24 図の①～③及び⑤～⑦に対応している。

①～③、⑤～⑦の空白部分は欠測を示す。

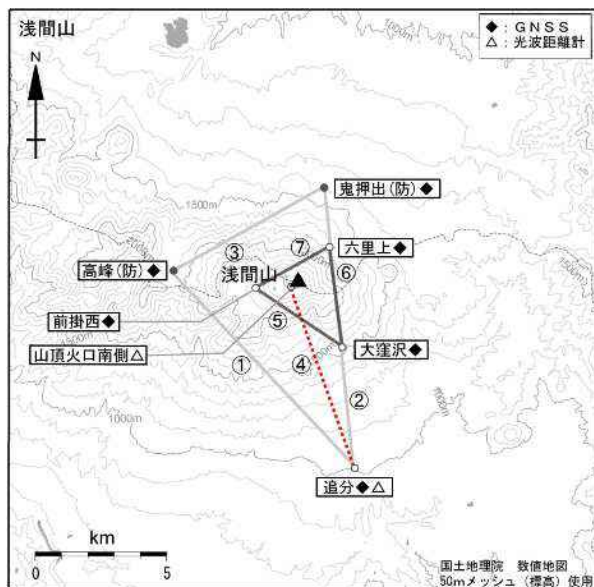
①～③ 2002 年 1 月 1 日～2012 年 7 月 31 日 気象庁の高峰－鬼押観測点間の基線長。

2012 年 8 月 1 日～ 防災科学技術研究所の高峰－鬼押出観測点間の基線長。

④ 光波測量観測は、2013 年 1 月より手動観測から自動測距による観測に変更した。気象補正処理は高木・他(2010)による。

今期間の水平距離、斜距離に特段の変化はみられない。

東北地方太平洋沖地震(2011 年 3 月 11 日)の影響により、データに飛びがみられる。



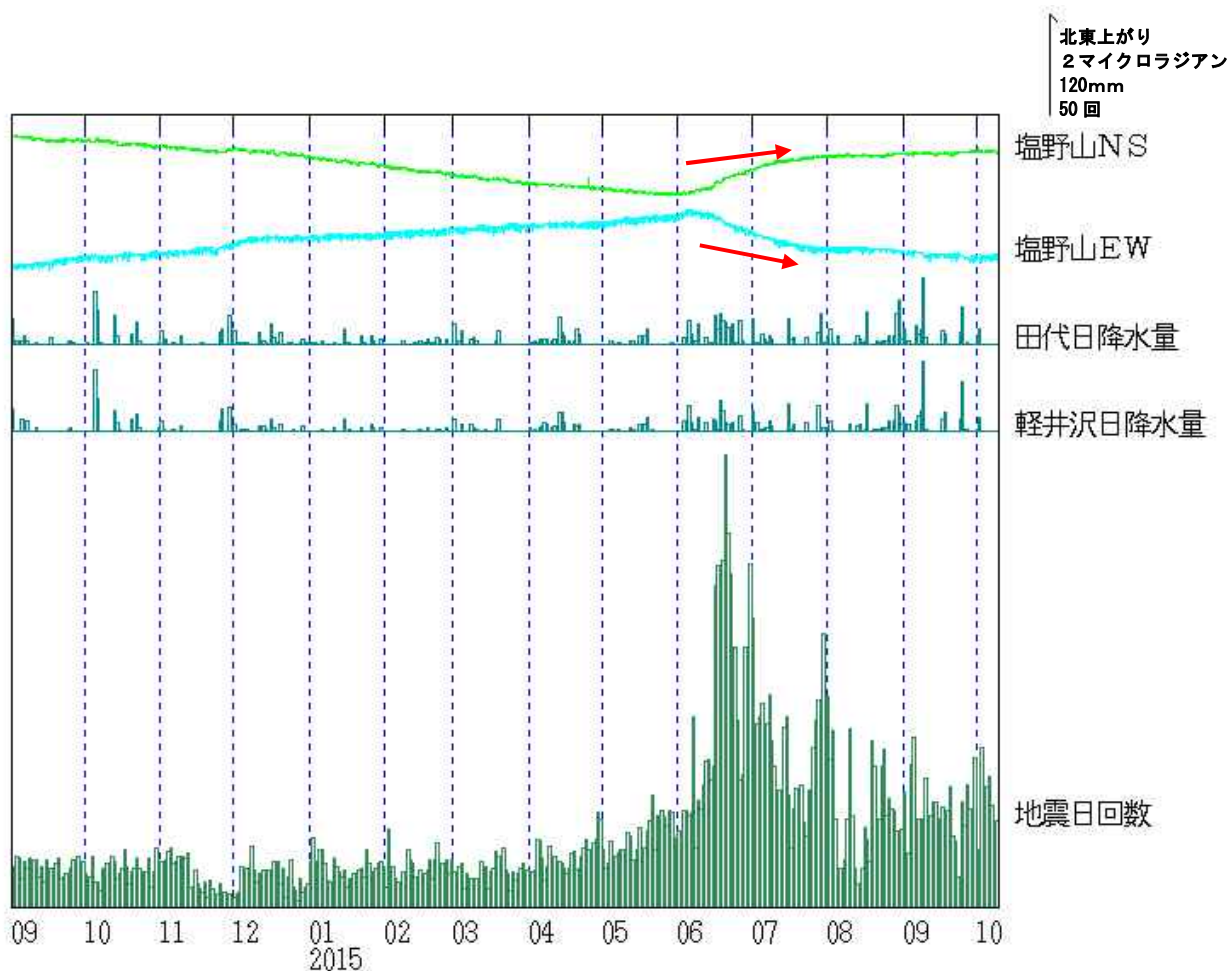
第24図 浅間山 GNSS 連続観測点配置図

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。

（防）：国立研究開発法人防災科学技術研究所

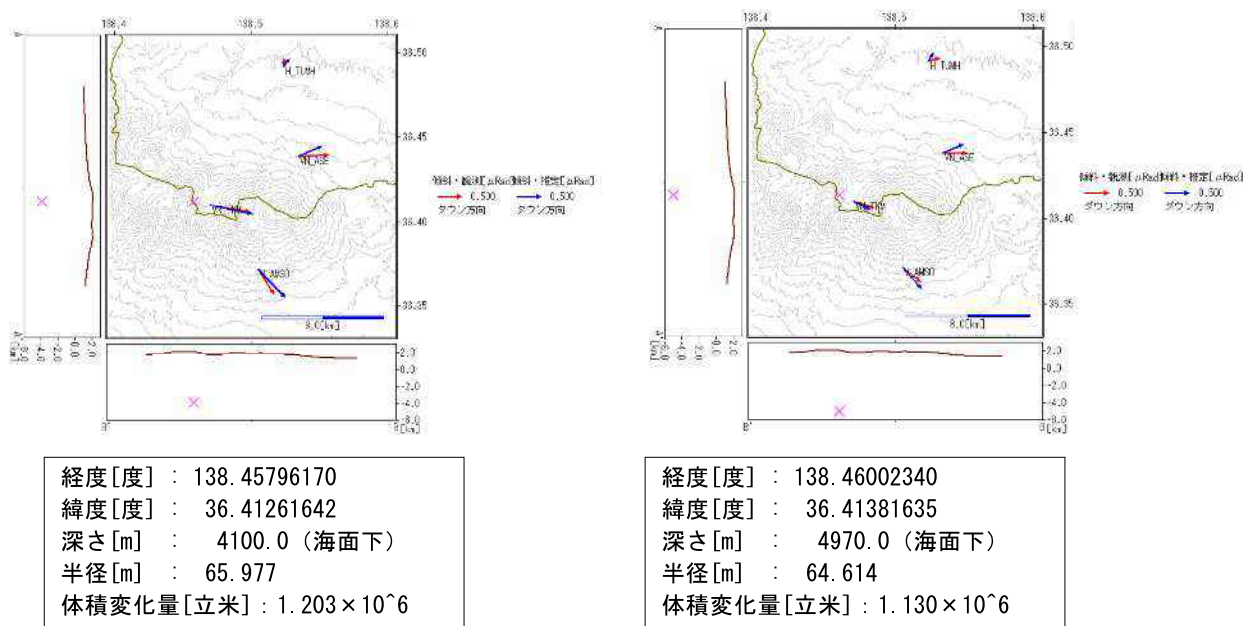
GNSS 基線③は第15図の⑨、第16図の⑨、第17図の⑨及び第23図の③に、光波測距測線④は第15図の⑩、第16図の⑩、第17図の⑩及び第23図の④にそれぞれ対応する。GNSS 基線①は第23図の①に、GNSS 基線②は第23図の②にそれぞれ対応する。

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25図 浅間山 塩野山観測点における傾斜データ（2014年9月1日～2015年10月9日）

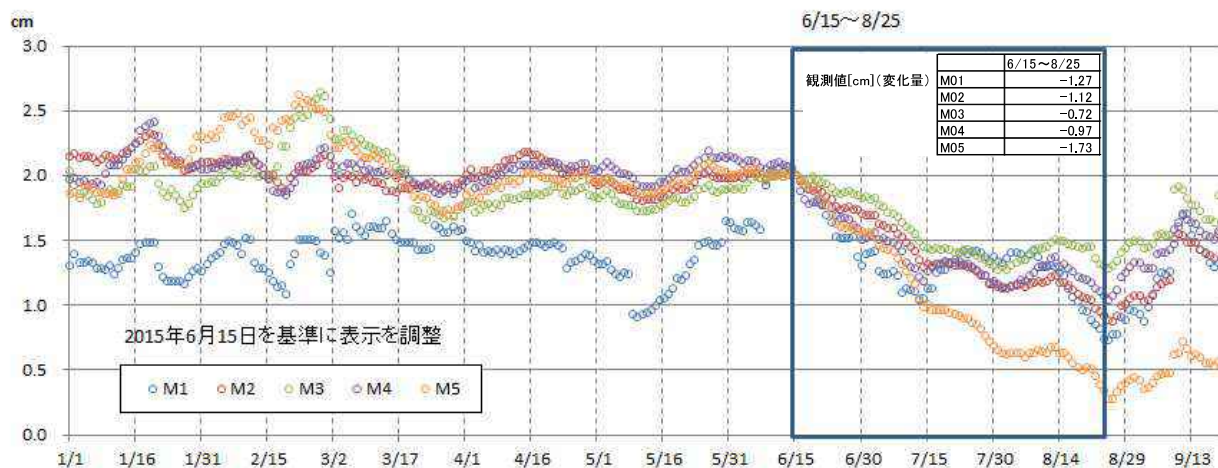
- ・ 2015年6月上旬頃から浅間山の西側のやや深いところを膨張源とする緩やかな変化がみられており、7月下旬からは鈍化しながらも継続している。
- * 赤矢印がこの火山活動に関連するとみられる変動を示している。
- * データは時間平均値、潮汐補正済み



第 26 図 浅間山 傾斜計の変動から推定した膨張源

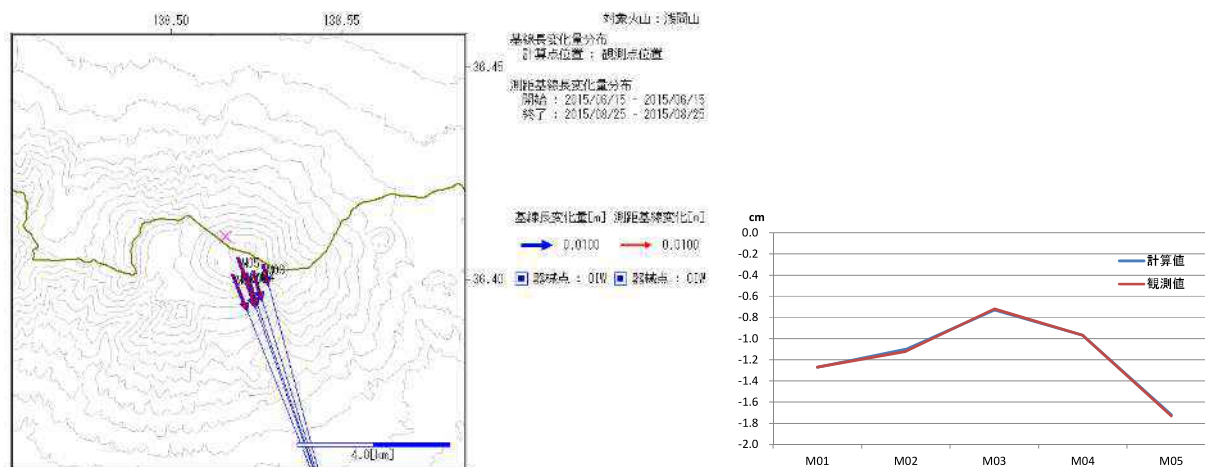
左図 : 2015 年 6 月 1 日～7 月 1 日、右図 : 2015 年 7 月 1 日～9 月 1 日

- ・ 赤矢印が観測値、青矢印が計算値。変動源を茂木モデルと仮定。
- ・ いずれの期間においても膨張源が山頂の西側の深さ 4 ～ 5 km 付近に求まった。



第27図 浅間山 光波測距の各観測点の距離変化（2015年1月1日～9月22日）

- ・30日間の移動平均値に年周補正をかけて表示（日付は中央値）。6月15日の値を2.0cmとして表示。プラスが伸び。
- ・6月中旬から7月中旬にかけて観測点が同じように縮み、7月下旬から9月半ばにかけてはM5（火口にもっとも近い点）で他より大きな縮みがみられる。



最適値: 36.411° N, 138.515° E, 海拔 2.0km、体積変化量 9.5×10^4 立米

第28図 浅間山 光波測距の変化から推定した膨張源と、観測値(赤)と計算値(青)の比較

- ・6月15日から8月25日の変化量から推定した変動源
- ・観測点間の相対変化の誤差も最小とするような位置をグリッドサーチにより計算。
- ・変動源は山頂火口付近直下のごく浅い所とみられる。

浅間山

◎ 2004 年 1 月 1 日～2015 年 9 月 30 日の浅間山地震活動

2004 年 1 月 1 日から 2015 年 9 月 30 日までの間に浅間山で発生した地震を、地震研究所及び気象庁の観測網の読み取りデータを用いて DD 法により再決定した (図 1)。2007 年 11 月以降の活動は星印で示している。また、比較のため 2004 年 1 月から前回までに報告した 2015 年 4 月までの活動を灰色の丸印で示している。この期間は前掛山西麓の海拔付近の地震がこれまでよりも多く発生している。図 2 に、2015 年 5 月 27 日までの時系列を示している。また、9 月 1 日から 7 日までの間に、浅間山の西方約 10km 付近の、速度構造から上部内のマグマ溜まりが位置する場所の直上ではほぼ海拔の深さで発生している (図 3)。やや震央が南にずれている地震は震源が 4km と深く、観測網の端に位置しているので他のものよりも精度が悪く考えられる。観測網が上手く震源分布を囲むようになっていないため、この震源はルーチンで決められたものをそのまま表示している。この付近に発生する地震は、数は少ないものの 2014 年 2 月～4 月、7 月、10 月、2015 年 3 月にも発生しており、今後、この付近の活動に注目していく必要がある。

2004/01/01~2015/09/30 (2015/05/01~2015/09/30)

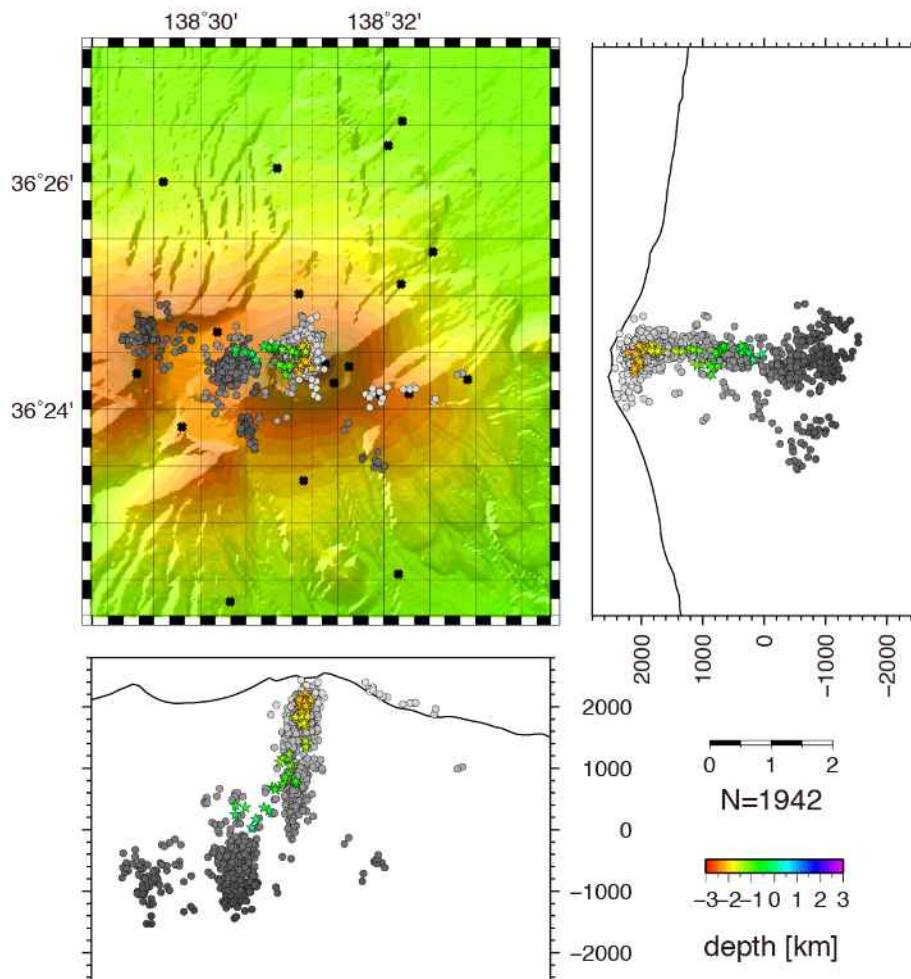


図 1

2004/01/01~2015/09/30

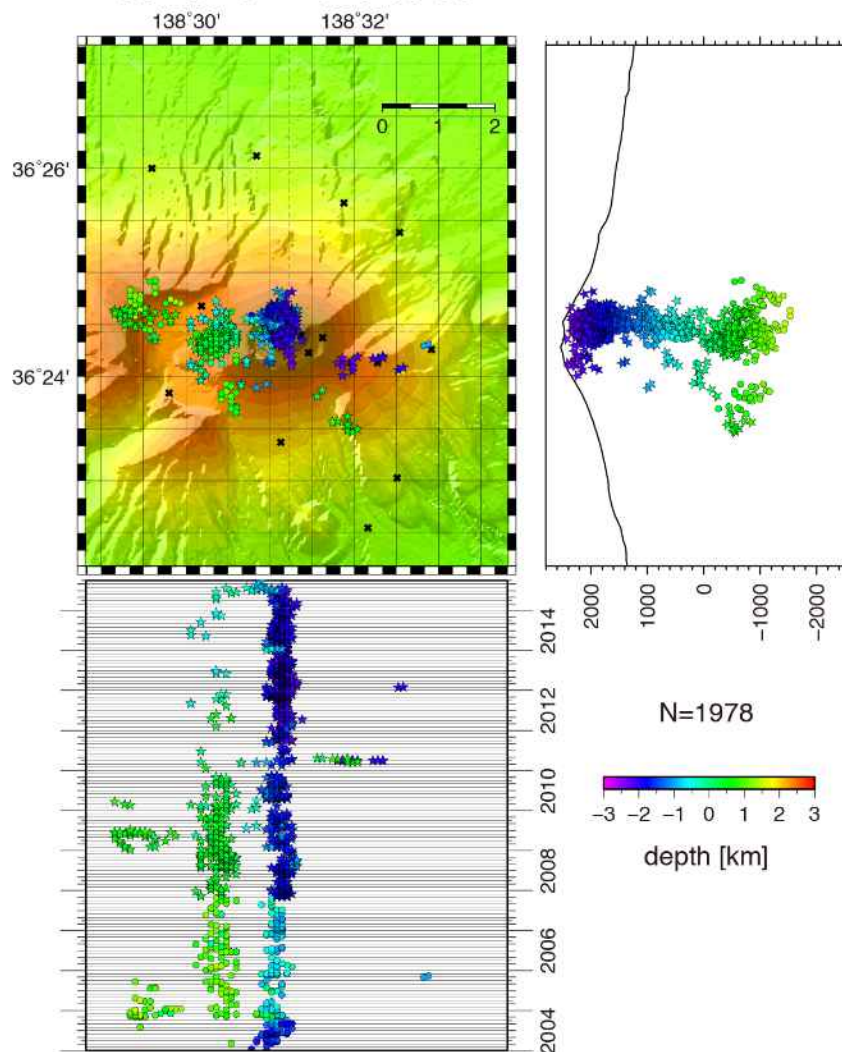


図 2

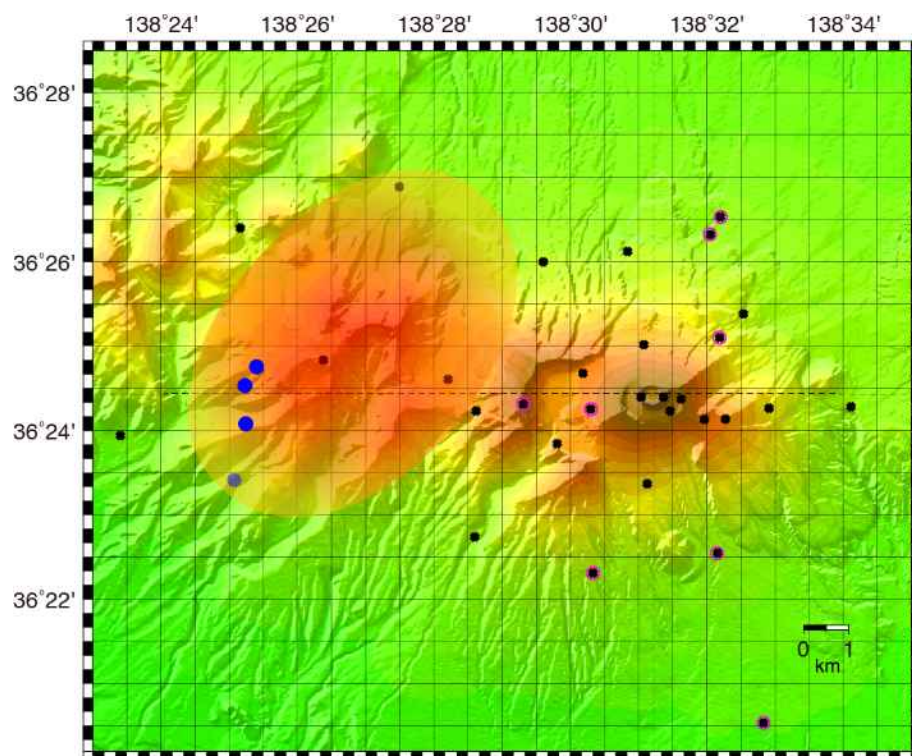


図 3

浅間山

浅間山地震観測網で観測された地震回数の時間変化

月別回数(1995年1月—2015年9月)

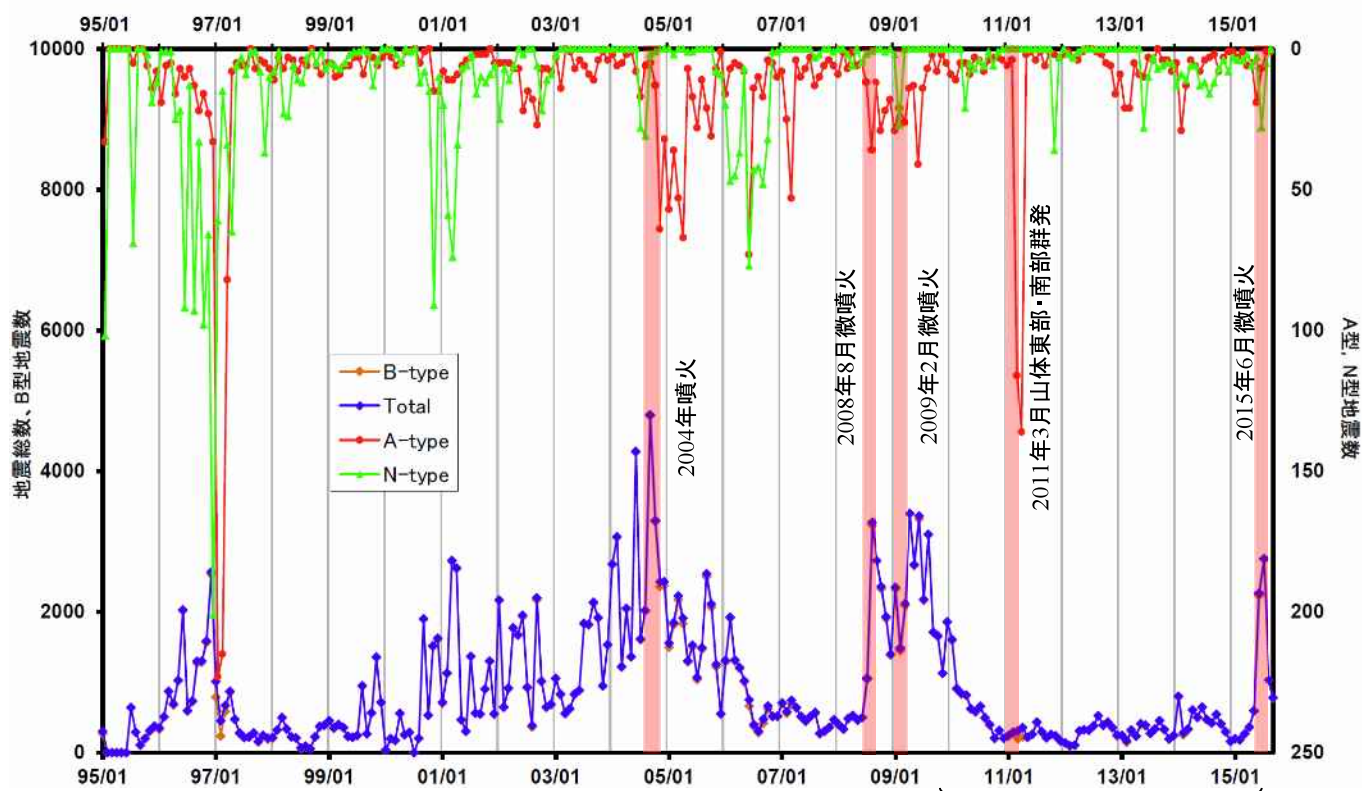


図1 1995年1月以降の月別回数

図2の範囲

日別回数(過去5年間 2010年10月1日—2015年9月30日)

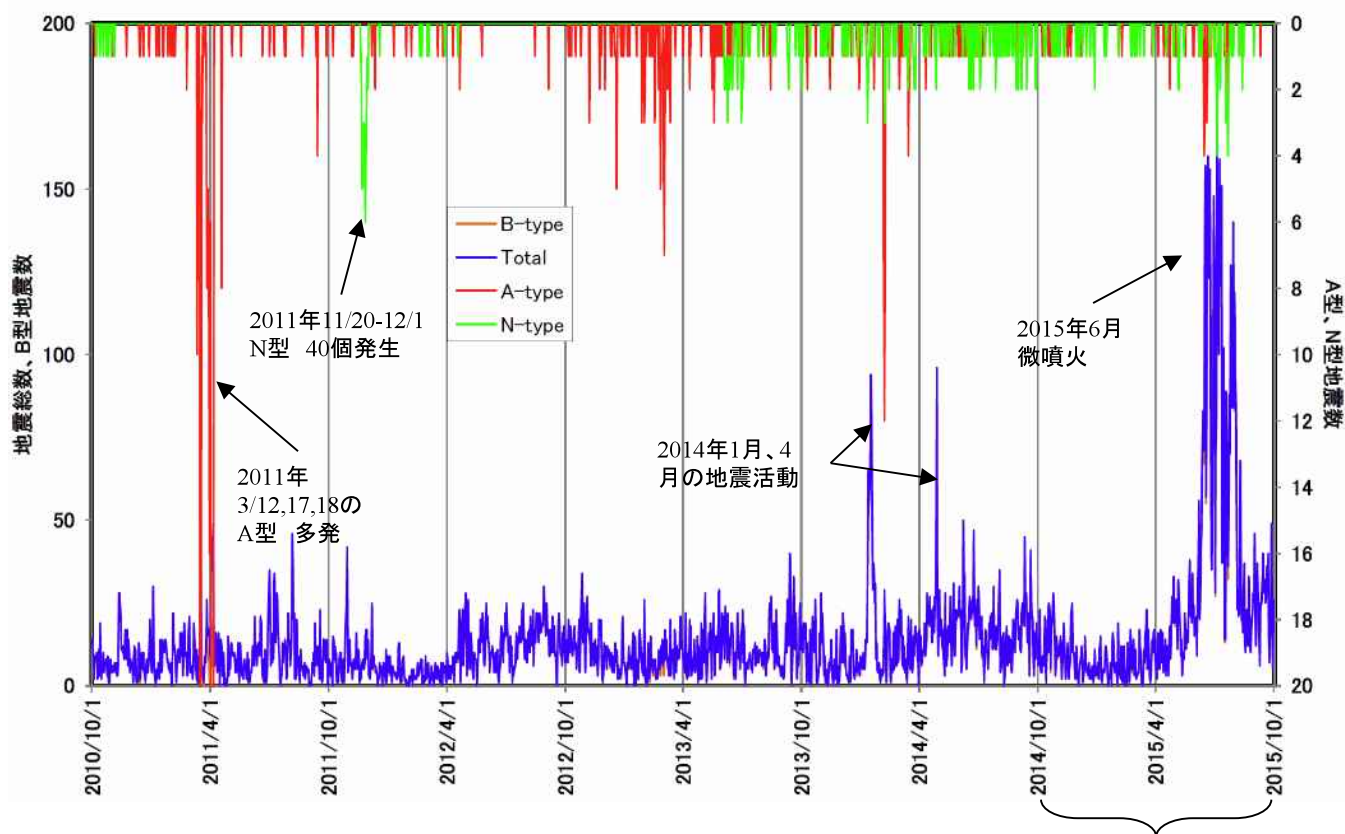


図2 2010年10月1日以降5年間の日別回数

図3の範囲

浅間山地震観測網で観測された地震回数の時間変化(つづき)

日別回数(過去1年、2014年10月1日—2015年9月30日)

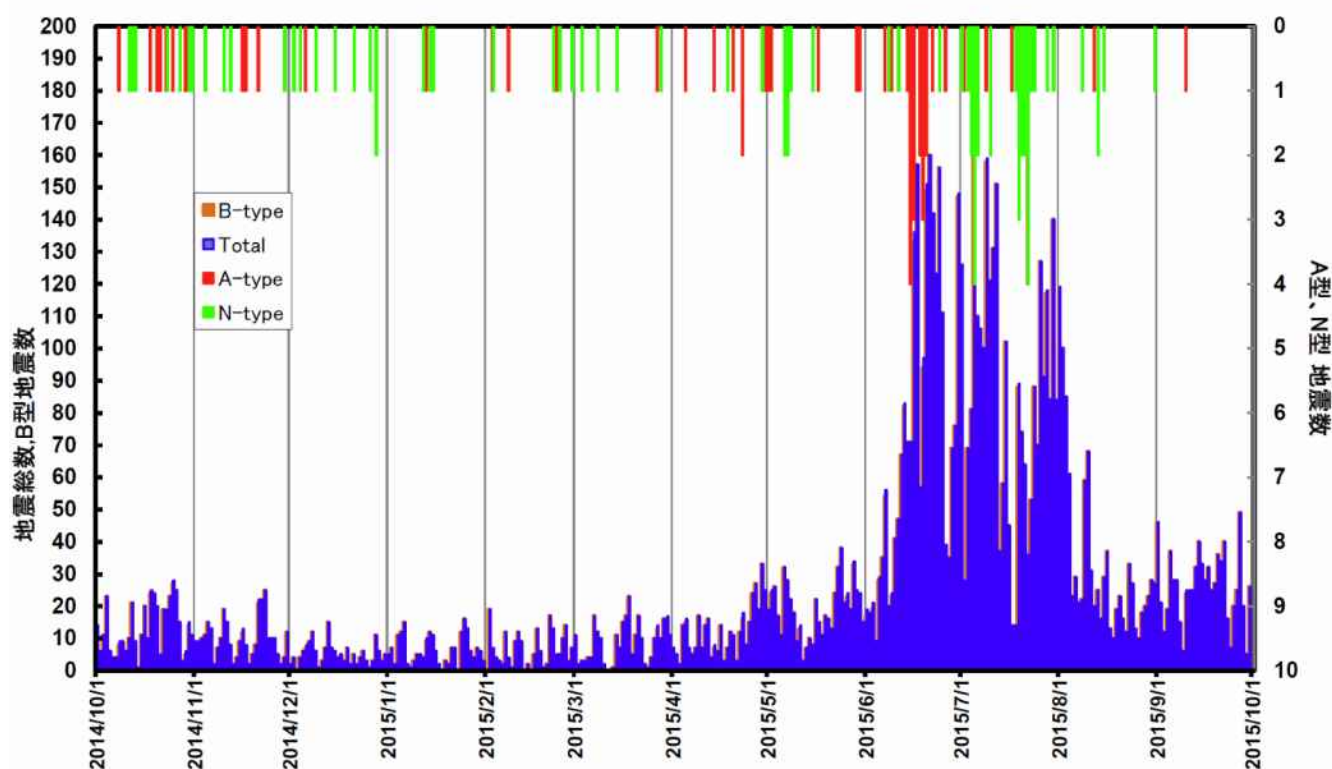


図3 2014年10月1日以降、1年間の日別地震回数.

長期: 2011年以降活動度の低い状態が続いていたが2015年4月頃から増加傾向に転じ、2015年6月16日に微噴火が発生した。しかし、この噴火に伴う地震活動は、2004年噴火や2008年、2009年の噴火時に地震活動時に比較して規模が小さい。

短期: 4月中旬からやや増加していた火山性地震は6月になると急増して16日と19日には小規模噴火があった。その後も消長を繰り返して7月末まで多い時は100個以上の発生数を維持した。8月になると減少し始め9月末まで50個以下で消長を繰り返している。この間、時折振幅の大きい火山性地震が発生した。

A型、N型は時々発生しており、継続時間の短い脈動も発生している。9月1日～7日の間に浅間山火口から西方8km付近を震央とする地震が数個発生した。

浅間山の地殻変動

浅間山においては、2015 年 6 月の噴火に先立ち山頂西側の主に南北への膨張が始まった。これはこれまでの噴火と同じく、山頂西側への東西走向のダイク貫入によるものと考えられる。この膨張は現在でもおさまったとはいえない。なお、山頂付近の観測点が 2015 年夏から 10 月まで欠測していたために、山頂直下にもあると思われる圧力源の挙動は不明である。

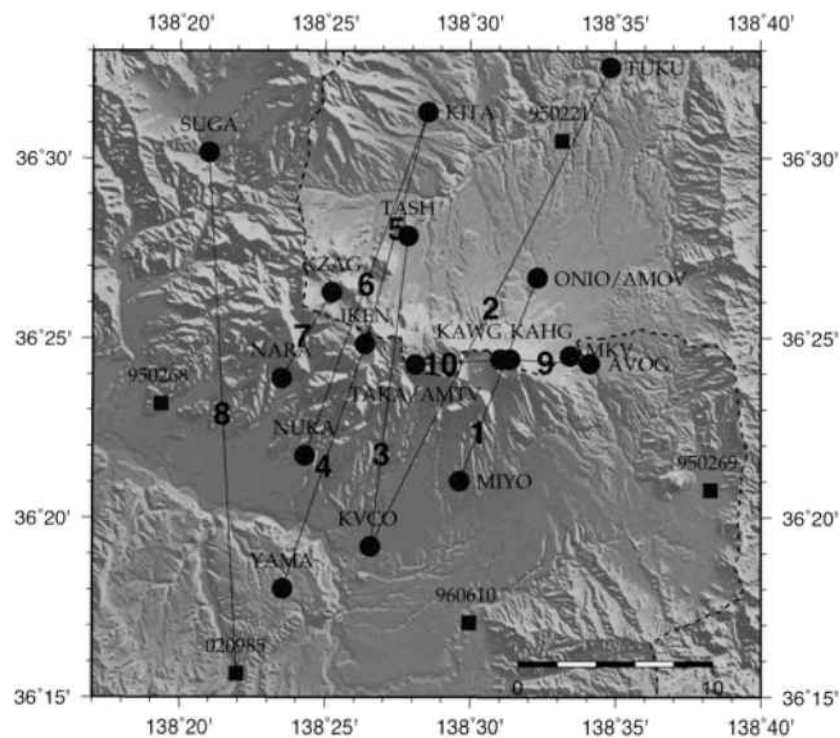
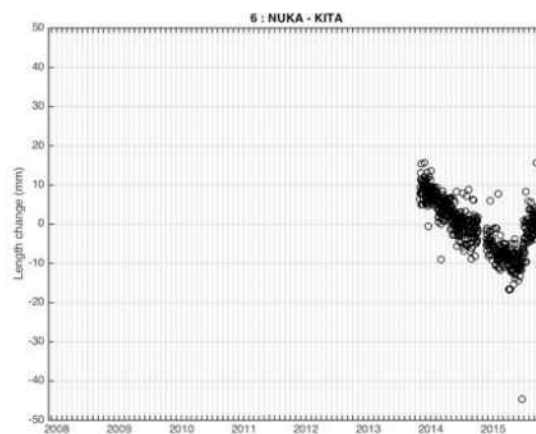
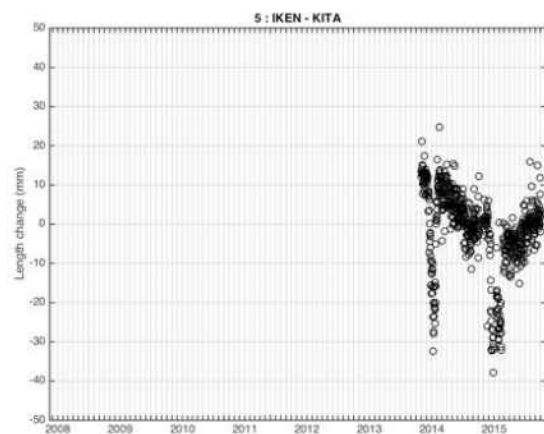
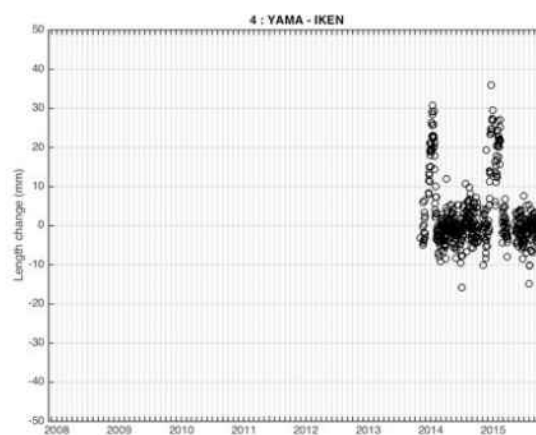
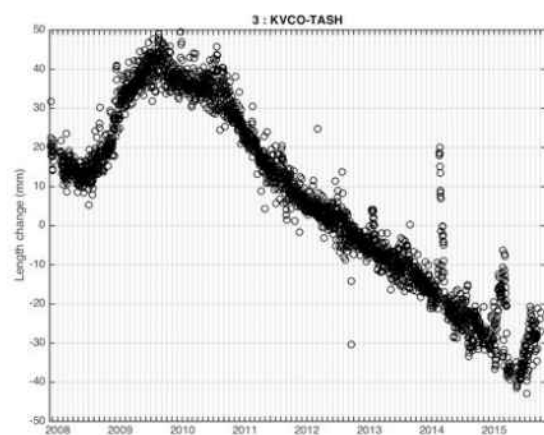
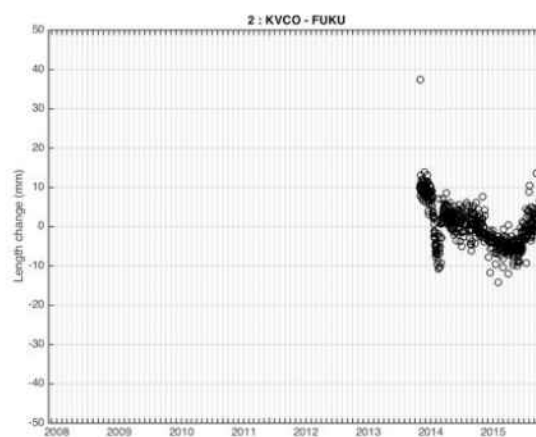
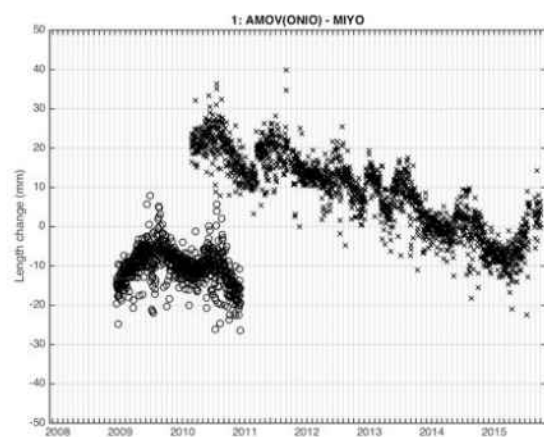


図 1 : GPS 連続観測点の配置。●は地震研究所の観測点，■は国土地理院の連続観測点を示す。数字は，図 2 に示す基線と対応している。また、KAHG と KAWG の基線長変化は図 2 の基線番号 11 に記す。



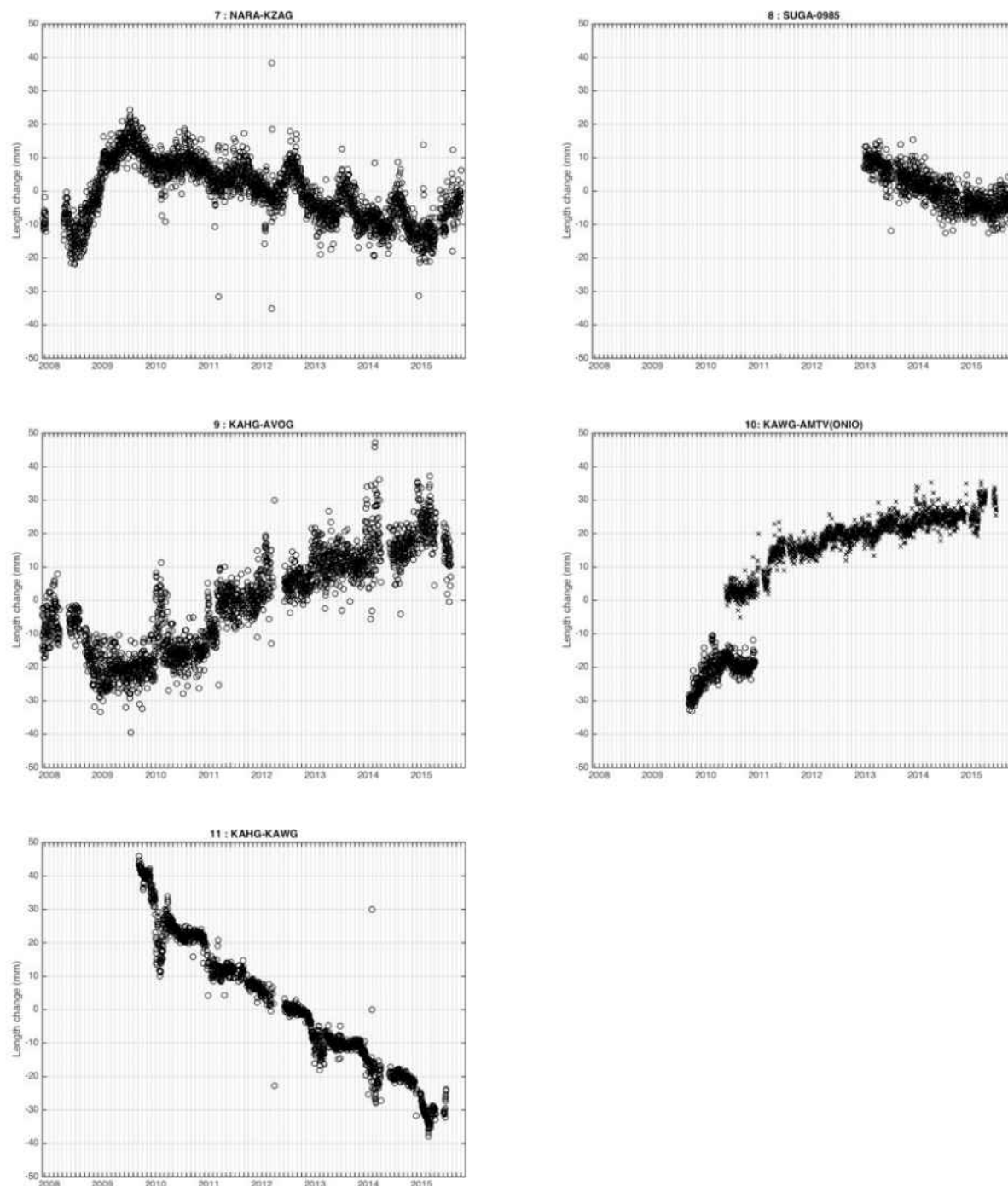


図 2：主な観測点間の基線長変化．AMOV および AMTV 観測点を含む基線長は，ONIO および TAKA を含む基線長の時系列（丸印）と並べて×印で示している．山頂西側を通る測線に，2015 年 6 月ごろからの伸びに転じている．これは山頂西側への東西走行のダイクの貫入によるものと考えられる．山頂付近の観測点は 2015 年夏から 10 月まで欠測していたため，山頂直下の浅部にあると思われる圧力源の挙動は不明である．

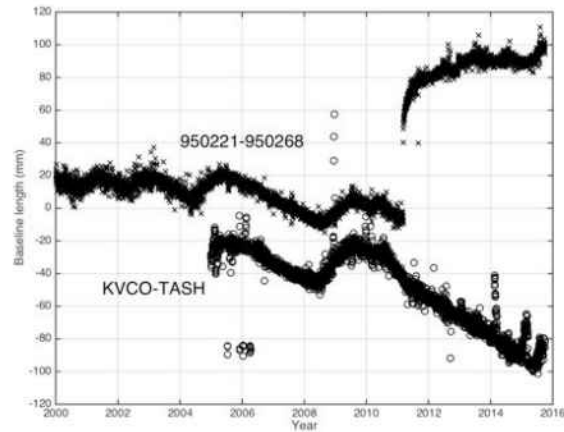
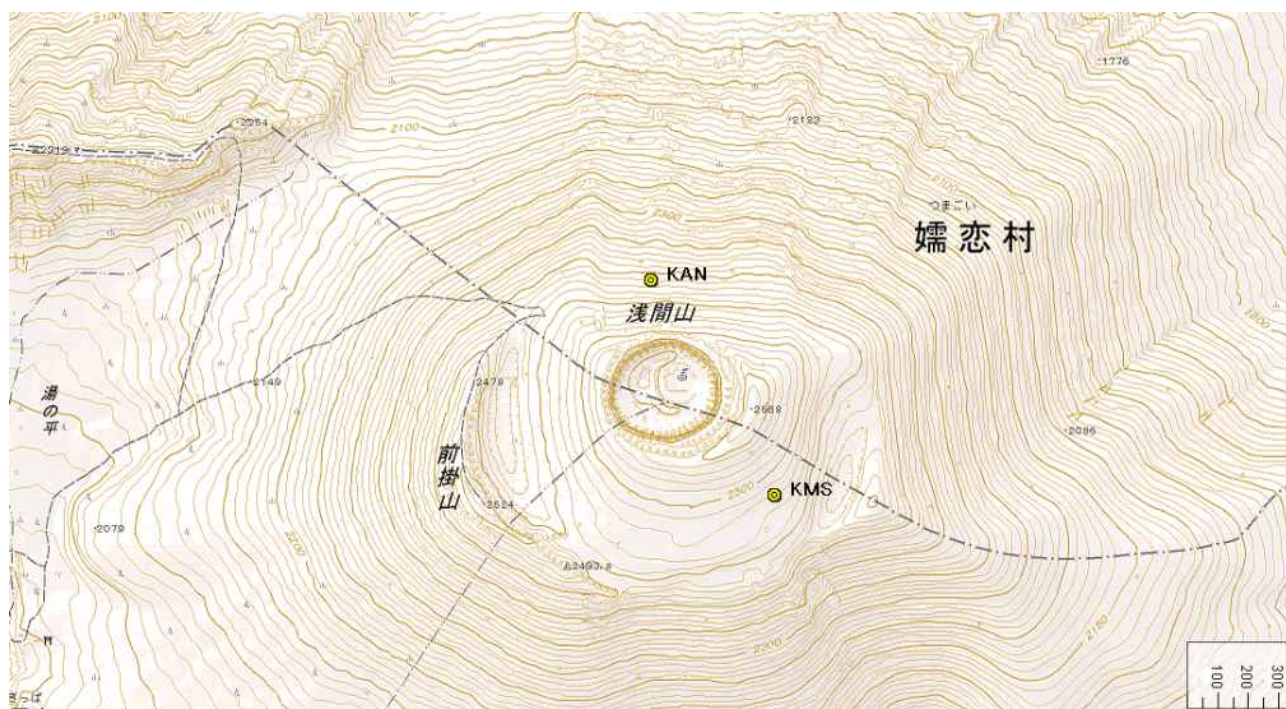


図 4：2000 年以降の 950221-950268 および KVC0-TASH 基線の距離変化．東北太平洋沖地震までは両基線とも類似したトレンドを示していたが，950221-950268 基線の距離変化に地震時および余効変動を含んでいるため，地震後は異なるトレンドを示している．ただ，余効変動の影響はおさまりつつあり，2015 年 6 月以降の伸びの傾向は両基線で見られる．

浅間山全磁力

火口南東およそ 450m に位置する KMS では、最近 2 年間ほど微減傾向は継続していたが今年 8 月頃から再び増加傾向に転じていることが認められる。また、2015 年 6 月 4 日に火口の北およそ 300m の地点にプロトン磁力計 KAN を新設した。KMS と KAN の差を見ると、やはり 8 月下旬頃から増加傾向に転じているように見え、単純な解釈では帯磁傾向を示している。KAN はまだ設置して日が浅いこともあり年周変化の影響を見ているだけの可能性も否めないため、今後長期にわたって火口の南北両点の全磁力データの推移を注視していくようにする。



浅間山釜山周辺の地図、図中黄丸が釜山南全磁力観測点 (KMS) および火口北全磁力観測点 (KAN)。なお、黒豆河原全磁力観測点(KUR)は火口から 4km ほど離れた磁場参照点。

※ 地図は国土地理院発行数値地図をもとにカシミール 3D で作成しました。

浅間山



図中緑の■は KMS-KUR から年周変化を差し引いたもの。2013 年中旬から微減している傾向が続いていたが、数か月前より再び増加に転じている。



KMS-KAN は 8 月下旬から増加傾向にある。

浅間山

浅間山2015年6月16日噴火に関する各種観測データの比較

東京大学地震研究所は浅間山で、各種地球物理観測を行っている。2015年6月16日噴火に関する様々な観測データのうち、火口近傍で得られたものを比較した。

内容

1. 西側火口縁に設置した赤外カメラ観測による火口内の温度変化
2. 火口近傍に設置した、広帯域地震計の記録から見た地震活動
3. 画像、地震記録、空振記録の比較による、噴火開始時刻の推定
4. 広帯域地震記録と可視画像の比較による、地震動発生と噴煙放出の関係
5. 傾斜記録による、変動源の位置の推定と、噴火開始のタイミング

観測点の位置

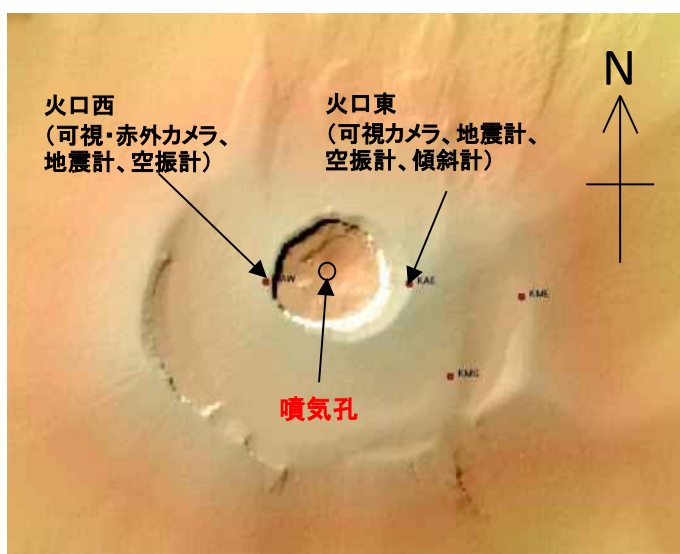


図1(a) 浅間山 山頂火口付近の観測点配置。火口東西の観測点には、可視カメラ・赤外カメラ・地震計・空振計・GPS等が設置されている。各観測点のデータは、無線LANや光ファイバーを通じてリアルタイムで東京に送られる。



図1(b) 北東から撮影した浅間山山頂火口。

赤外カメラが捉えた火口内温度変化

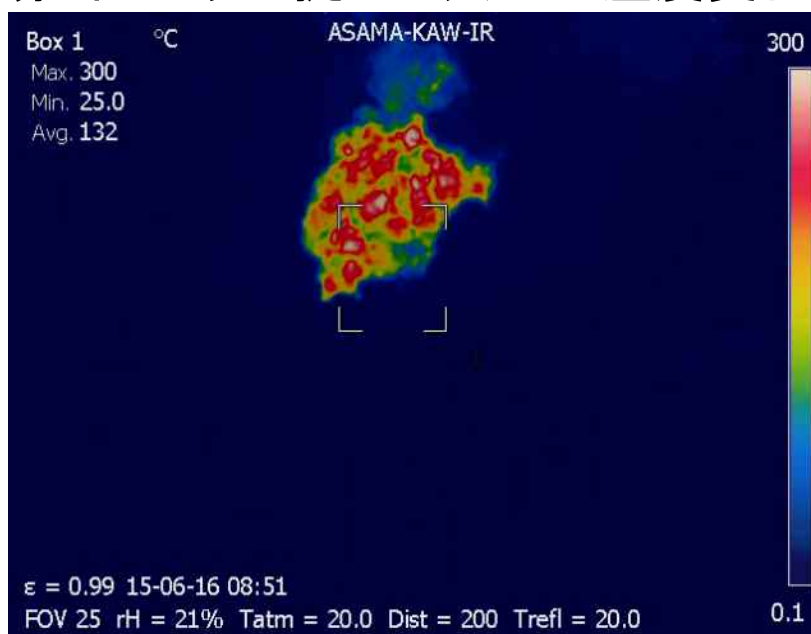


図2(a) 赤外カメラ画像の例。時刻は、6月16日 8:51。図の中央付近の白い印で囲われた領域内の最高温度、平均温度、最低温度が左上に数字で示されている。

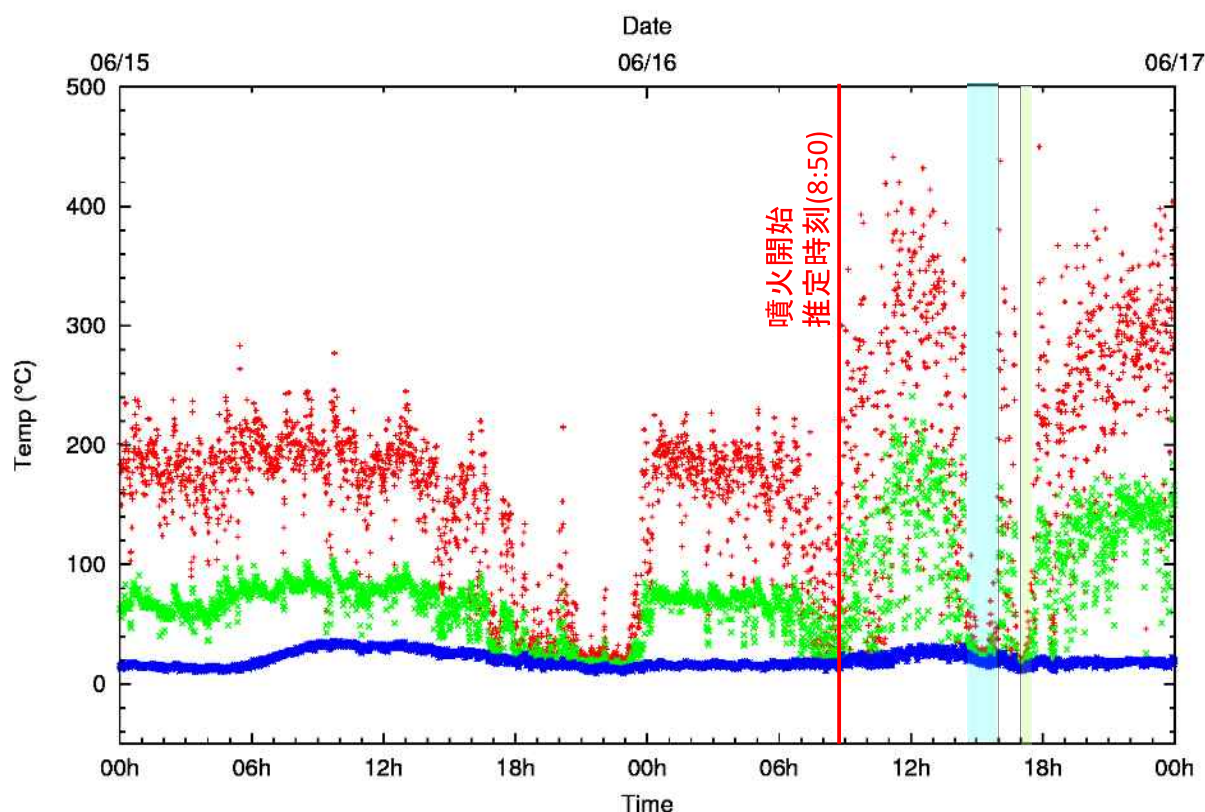


図2(b) 浅間山 火口西の赤外カメラによる温度変化。1分おきに得られる赤外画像(図2(a))から、噴気孔周辺の最高温度(赤)・平均温度(緑)・最低温度(青)を抽出したもの。

最低温度は、外気温度や東側の火口内壁の表面温度に対応しており、その変化は火山活動に対応しない。また、最高温度が下がっている時間帯は、火口内に雲がかかったために高温部が見えないだけであって、必ずしも温度が低下しているとは限らない。

噴火推定時刻(8:50)以降に温度が上昇し、14:30頃まで高温状態が続く。14:30～16:00頃の温度低下(薄青)は、雲によりマスクされているためと考えられるが、その時間帯に振幅の大きな長周期地震が起きていないことから実際に温度が下がっている可能性もある。17:00～17:30(薄緑)には長周期地震が発生しているので、この時間帯の温度低下は雲によるマスクと考えられる。

広帯域地震計が捉えた噴火前後の地震活動

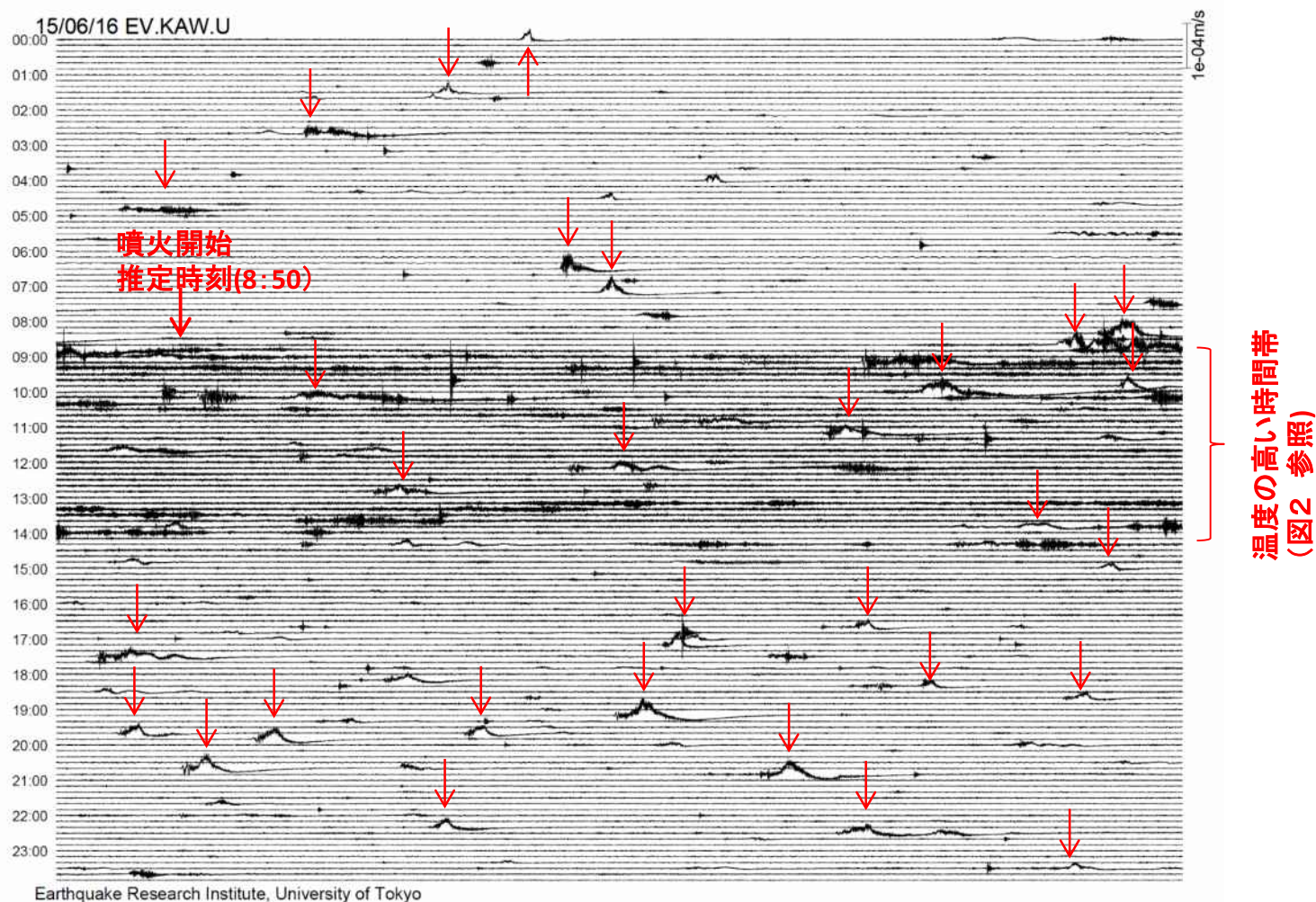


図3 火口西観測点に置ける、6/16 1日分の地震波形(上下動)。1トレースが10分間に相当する。

噴気放出に前駆する地震動のうち、振幅や継続時間が比較的大きなものを赤矢印で示す。

噴火開始推定時刻(8:50)以降14:30頃まで、比較的高周波の微動振幅が大きい状態が続く。その後しばらくの間、地震活動がやや低下するが、16:00頃から再び、噴気放出に伴う地震が活発に起きるようになる。

この地震活動の変化は、赤外カメラによる火口内の温度変化(図2)や空振の活動と対応している。

画像、地震記録、空振記録の比較による、噴火開始時刻の推定

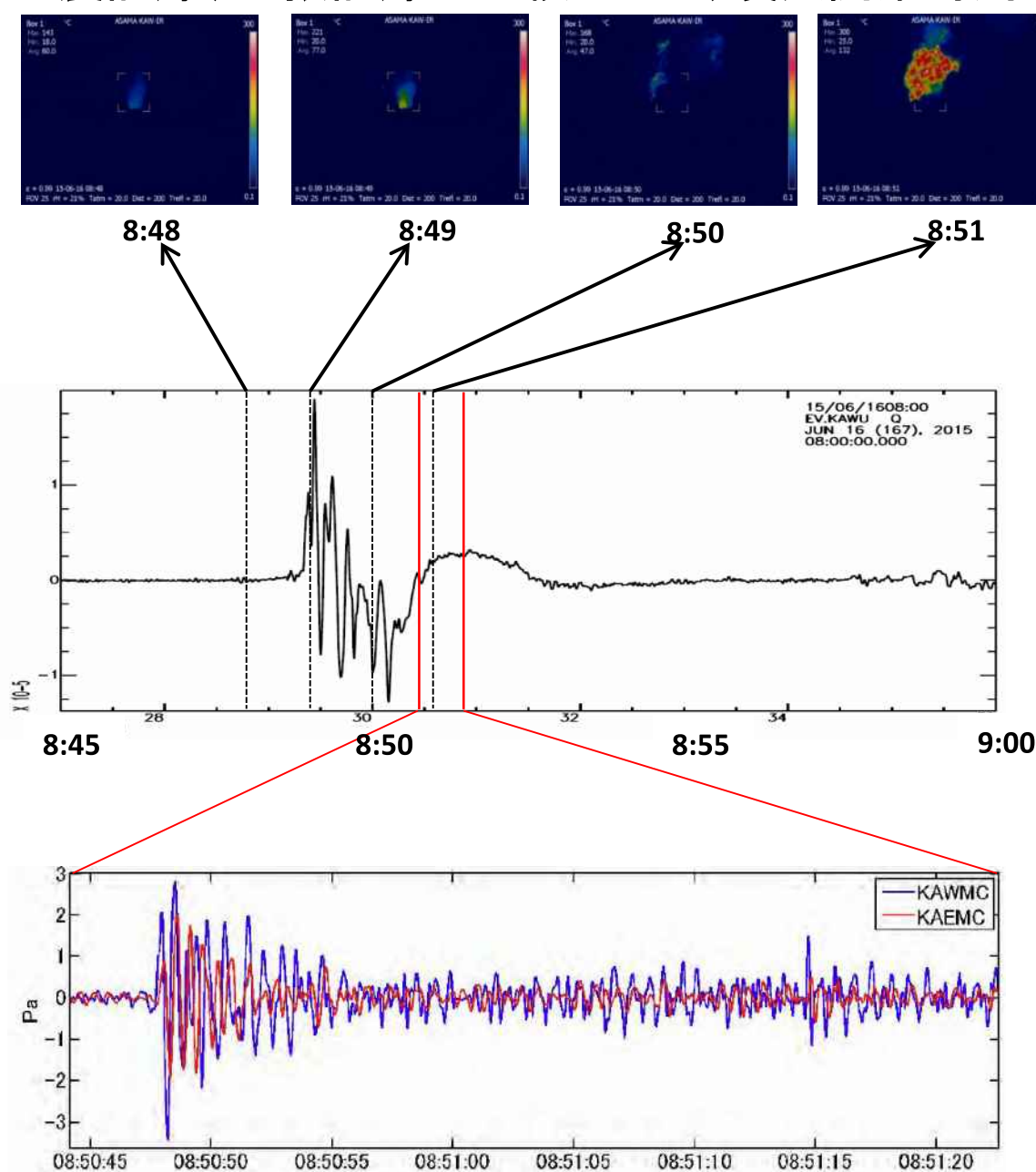


図4 地震波形と、画像・空振データの比較。

上段：赤外カメラ画像（8:48, 8:49, 8:50, 8:51）

中断：火口西観測点の上下動地震波形。5秒から250秒のバンドパスを適用。

4本の黒線は、上段の赤外画像の時刻に対応。

2本の赤線は、下段の空振記録の始まりと終わりに対応。

下段：火口東西の空振波形（青 火口西、赤 火口東） 1-7Hzのバンドパスを適用。

8:49までの赤外画像では目立った変化はないが、8:50の画像では高温部が広がり、8:51の画像で300°Cを超える高温域が現れる。この2つの画像間で噴火が起きたと考えられる。

8:50:47秒に火口東西で振幅数Paの空振が記録されている。火口底から観測点までの空振伝播時間は1秒程度であるから、ほぼこの時刻が噴火開始時刻と考えられる。

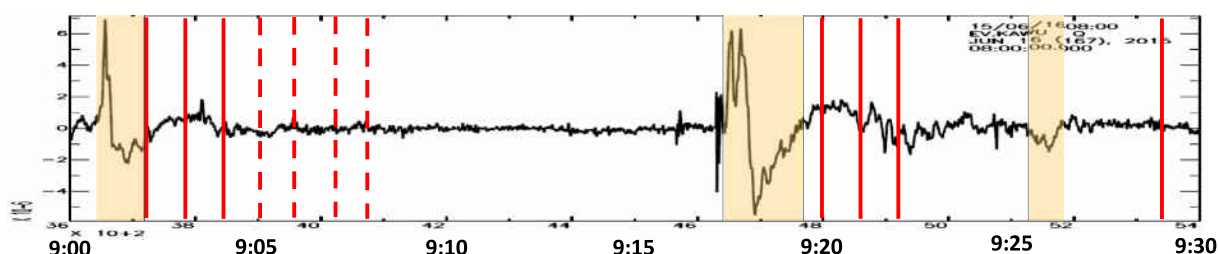


図5 火口西カメラによる、可視画像の1分間隔のスナップショット。有色噴煙がはっきり見える画像を赤枠で囲った。下段は、6/16 9:00~9:40の火口西地震計の上下動成分。赤線は、赤枠をつけた画像の時刻に対応する。赤破線は噴煙の色がやや有色の見た時刻。

パルス状の長周期地動(オレンジ)発生から3-4分遅れて火口底の噴気孔から有色噴煙が放出されることがわかる。各画面左寄りの白い噴煙は火口底北寄りのき裂から定常的に放出されている噴気で、地震動との対応は特にない。

第133回火山噴火予知連絡会 東京大学地震研究所
傾斜記録による、変動源の位置の推定と噴火開始のタイミング

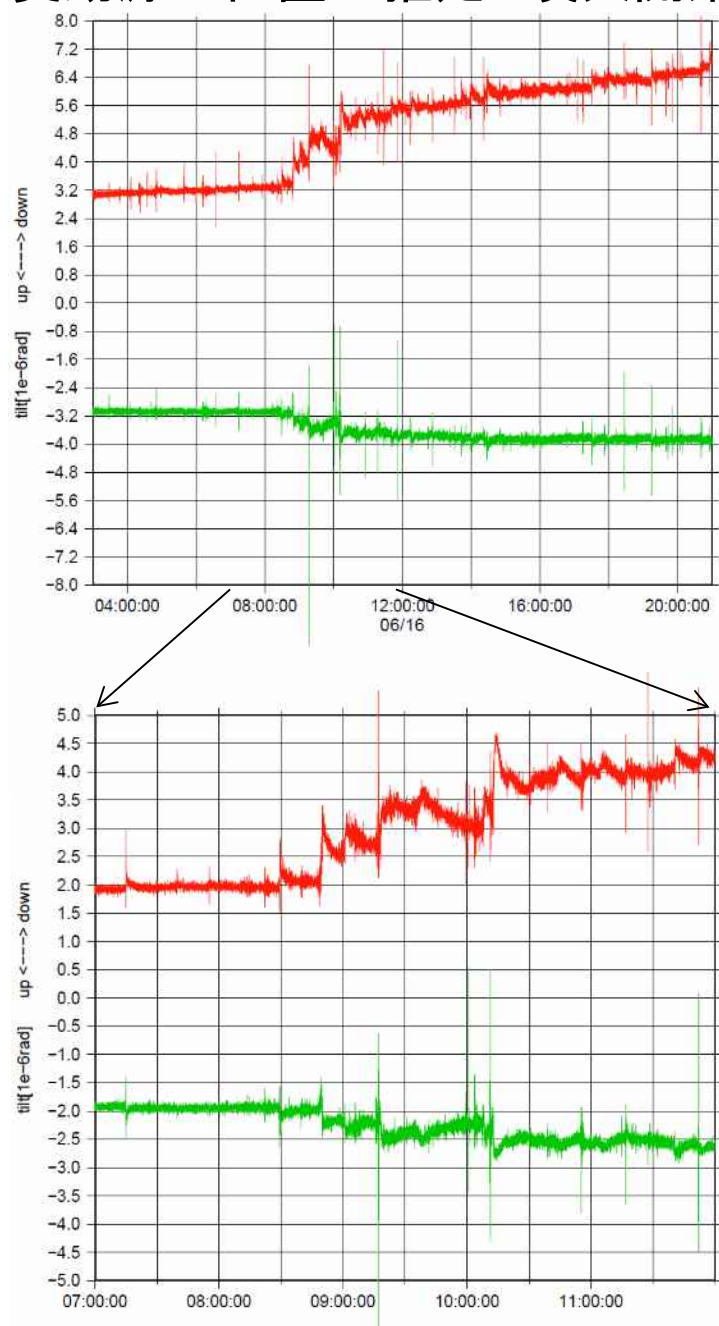


図6 火口東観測点の傾斜記録。上段:6/16 3:00~21:00まで18時間分の記録。下段:7:00~12:00を拡大したもの。赤い線は東西成分で上向きの動きは東下がりを示す。緑の線は南北成分で下向きの動きは南下がりを示す。2成分の振幅比から傾きの方向は観測点から見て東南東であることがわかる。これは、火口内の北側付近が上がることに対応する。

パルス状の変化は、長周期地震の発生に対応しており、地震発生とともに火口内が急速に収縮しゆっくり戻る動きを繰り返していることが分かる。このような階段状の変化を繰り返しながら、火口方向の膨張が続いている。

拡大図を見ると、8:30分のパルス状の傾斜変化は8:50頃までにほぼ回復しているが、8:50に起きたパルス状変化の後には回復していない。このことから、8:30には山上がりの傾斜が始まっていたものの、動きが加速したのは8:50からであり、空振などから見た噴火開始時と調和的である。

火口東傾斜計の動き

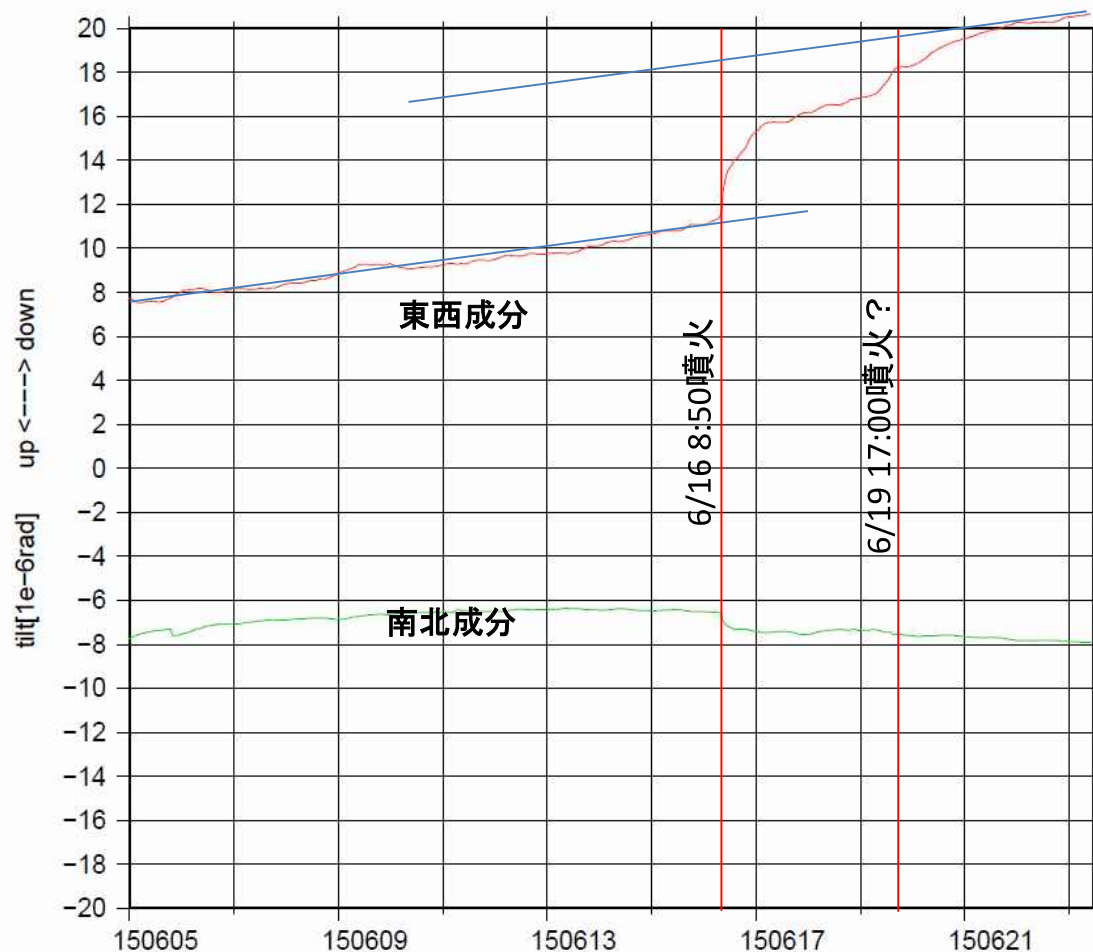


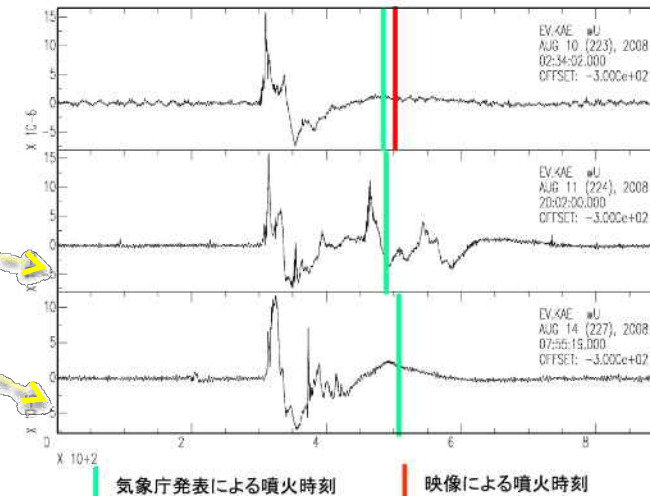
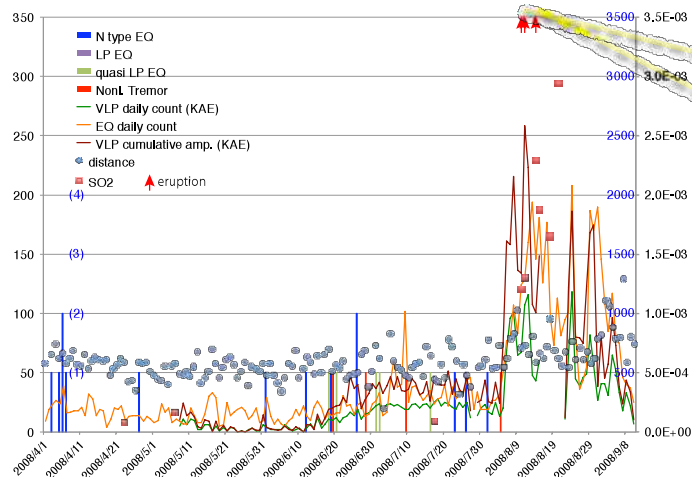
図1 6/5 ～ 6/23 11:00 までの火口東傾斜計の動き。赤が東西成分で正が東下がり。緑が南北成分で正が北下がり。赤の縦線は6/16と6/19の噴火推定時。6/16 8:30から変化が大きくなる。東西成分に重ねた青線は噴火前のトレンドライン。上の青線は、噴火後の傾斜と比較するためにトレンドラインを平行移動させたもの。噴火後、トレンドより傾きが大きい状態が継続しており、山側の膨張が続いていたが、6/22ごろからはほぼトレンドに沿った動きになり、膨張はおさまった模様である。

◎ 2015 年 4 月 1 日～2015 年 6 月 12 日のガス噴出イベント (VLP) の変化

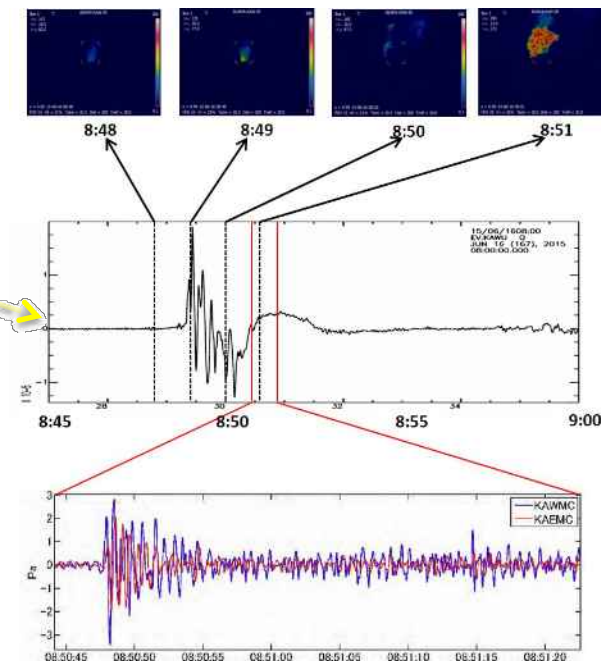
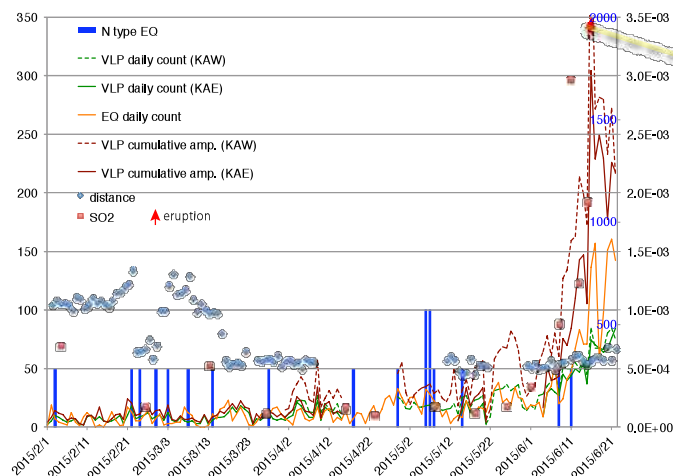
2008 年 8 月の 3 つの微噴火と 2015 年 6 月の噴火と比較すると、大規模なガス噴出イベントと考えられる。

3回の微噴火と先行する長周期地震の比較

長周期地震は噴火に3-4分先行

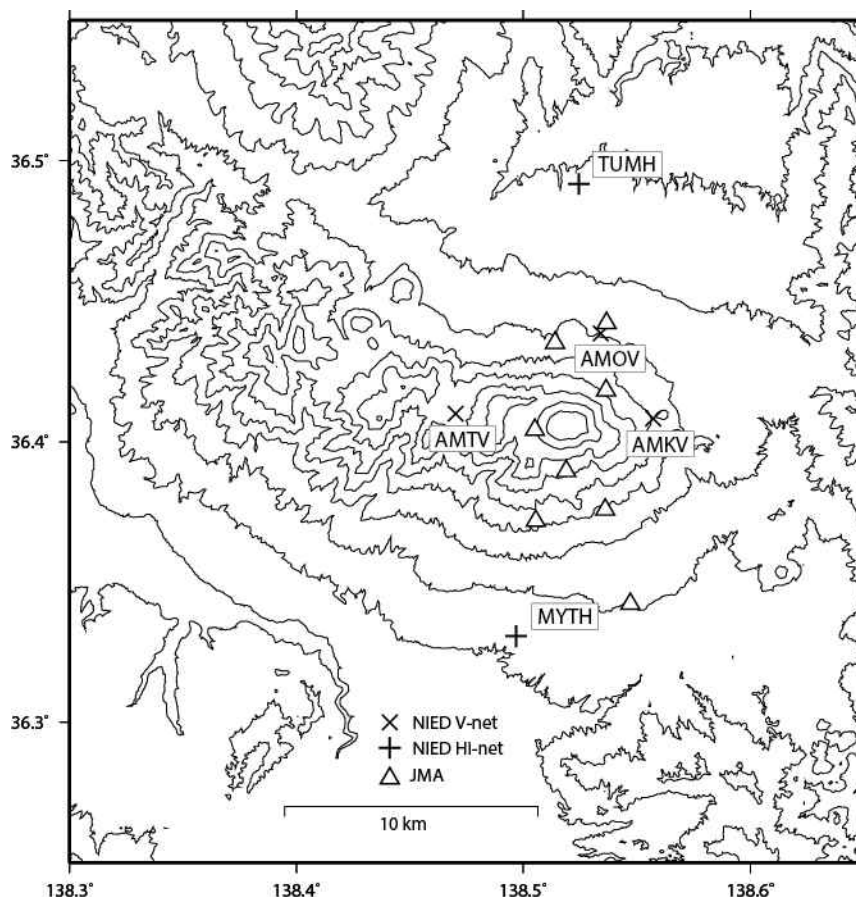


気象庁発表による噴火時刻 (green line) 映像による噴火時刻 (red line)



浅間山

浅間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。

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

2015 年 6 月 19 日に小規模な噴火があった。傾斜計 AMOV と AMTV の東西成分では 6 月初め頃から、東下がりの変動が確認され、9 月現在もその傾向が続いている（図 1）。GNSS 観測からは噴火前後に顕著な地殻変動は検出されなかった。

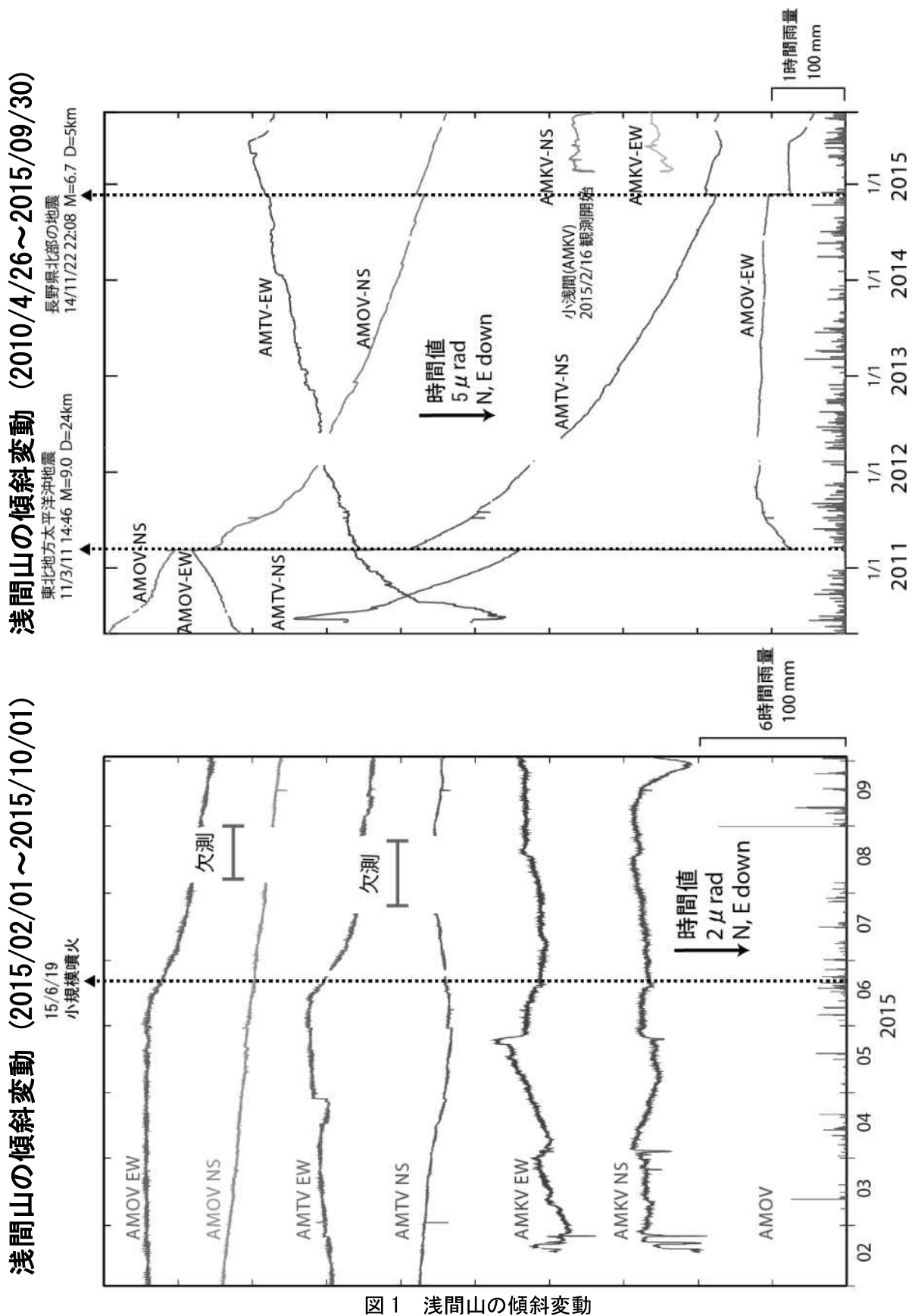


図 1 浅間山の傾斜変動

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 5 月 31 日-2015 年 9 月 27 日の地殻変動【嬬恋 (0221) 固定】

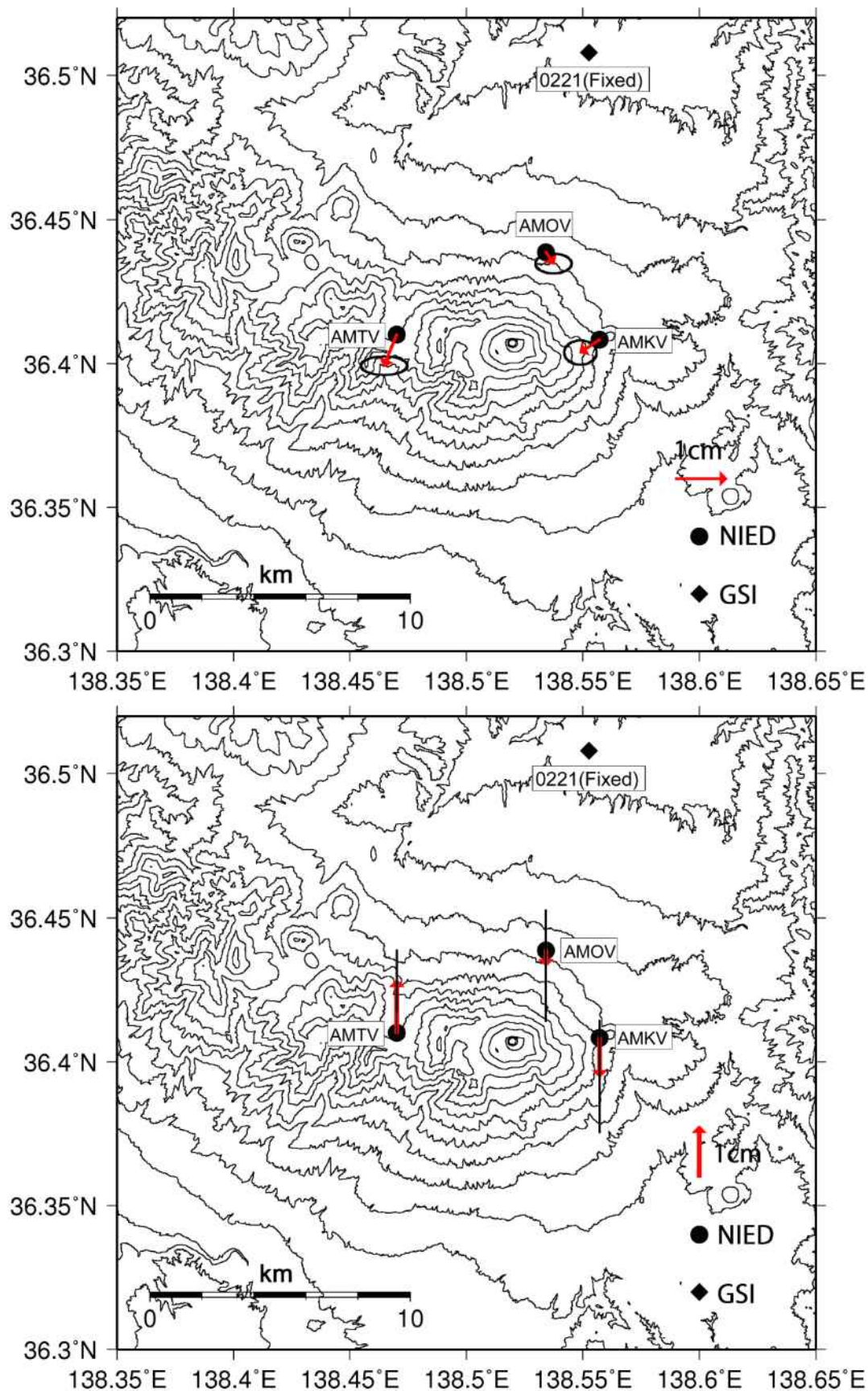


図 2. 浅間山周辺の GNSS 解析結果.

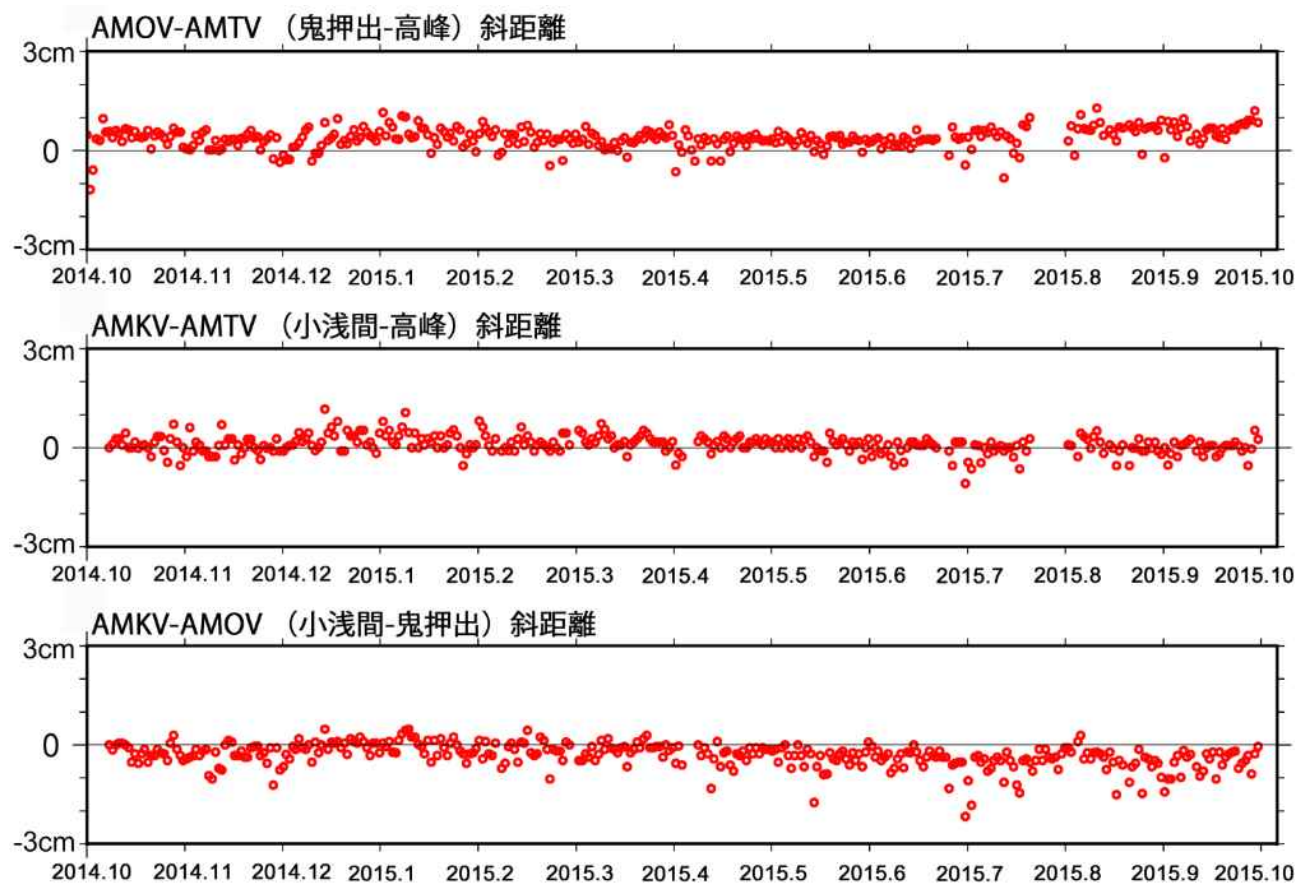


図 3. 防災科研観測点 3 点 (鬼押出, 高峰, 小浅間) 間の基線長変化.

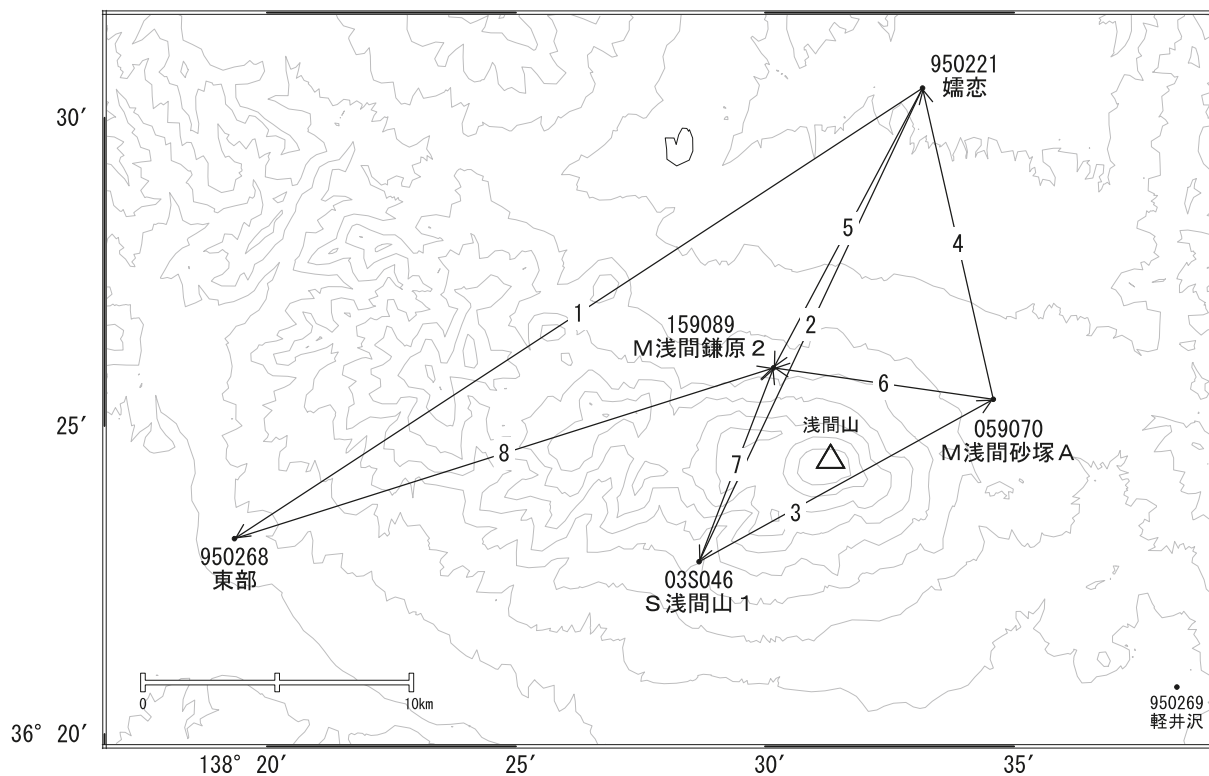
表1 GNSS観測履歴

観測点番号	観測点名	図中記号	日付	保守内容
	浅間山鬼押出 (AMOV)		2010/2/23	2周波観測開始
	浅間山高峰 (AMTV)		2010/5/22	2周波観測開始
			2015/7/22 ～2015/8/27	通信断発生、復帰後補完実施も7/22～ 一部のデータの補完できず
	浅間山小浅間 (AMKV)		2014/10/2	2周波観測開始

浅間山

2015年6月頃から浅間山を挟む基線で小さな伸びが見られます。

浅間山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図

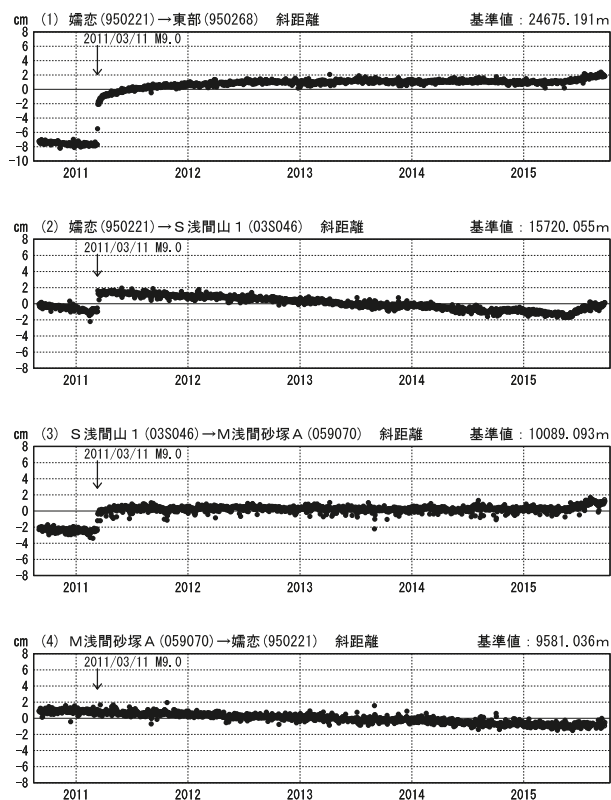


浅間山周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
950221	嬬恋	20120912	アンテナ・受信機交換
		20130613	受信機交換
950268	東部	20100310	受信機交換
		20121212	アンテナ・受信機交換
03S046	S浅間山1	20120308	アンテナ・受信機交換
059070	M浅間砂塚A	20070823	受信機交換
		20150820	受信機交換
159089	M浅間鎌原2	20150722	新設

基線変化グラフ

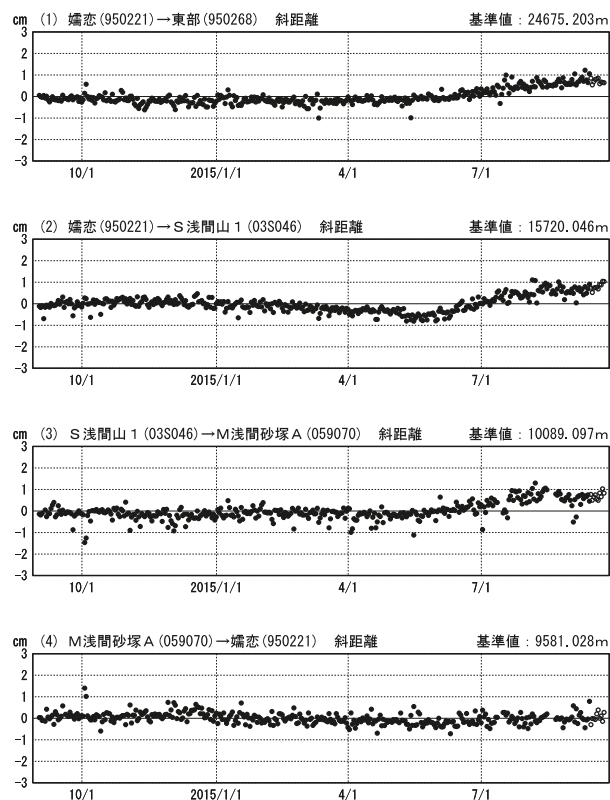
期間：2010/09/01～2015/09/22 JST



●—[F3: 最終解] ○—[R3: 速報解]

基線変化グラフ

期間：2014/09/01～2015/09/22 JST



M 浅間鎌原 2 (REGMOS) に関する基線（短期のみ）

基線変化グラフ

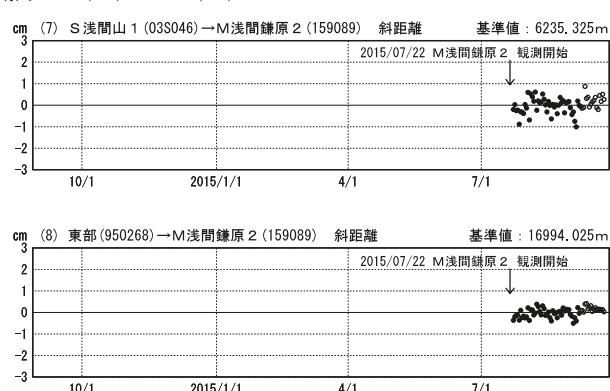
期間：2014/09/01～2015/09/22 JST



●—[F3: 最終解] ○—[R3: 速報解]

基線変化グラフ

期間：2014/09/01～2015/09/22 JST

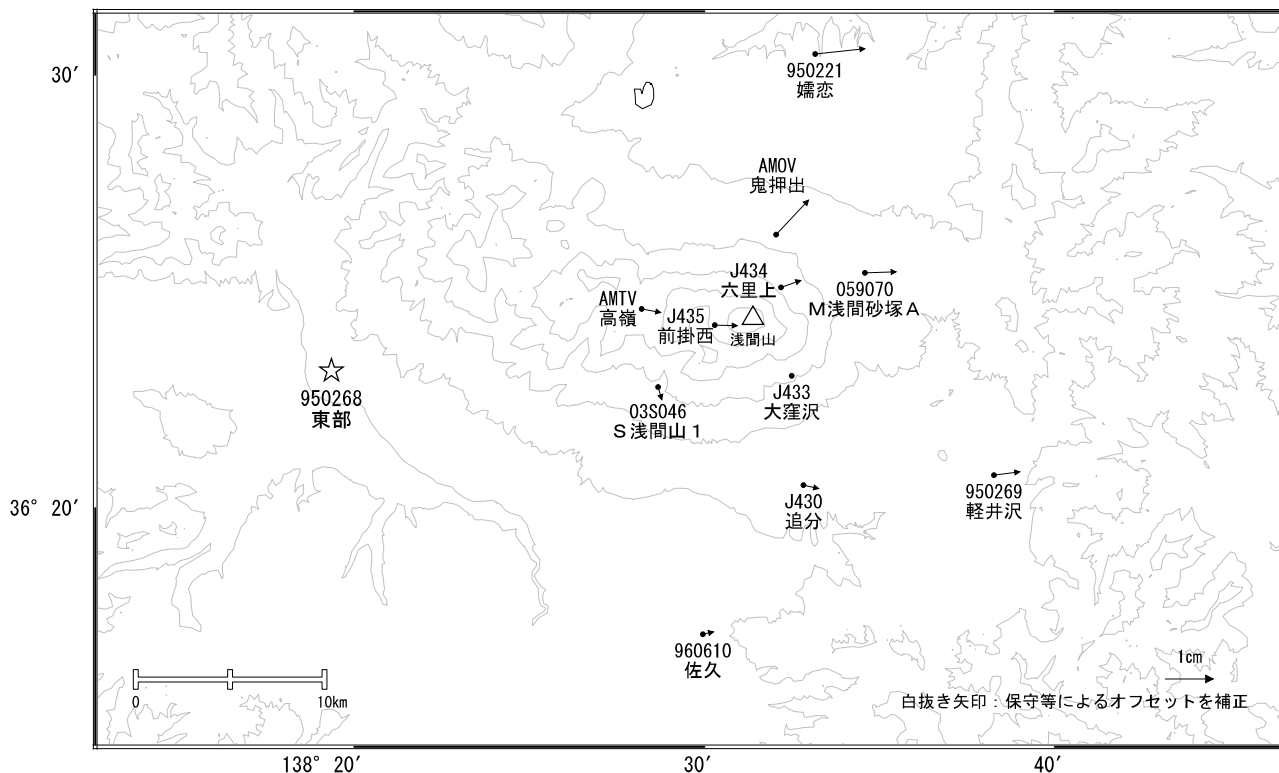


※[R3: 速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

浅間山

浅間山周辺の地殻変動(水平:1年)

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]



☆ 固定局: 東部 (950268)

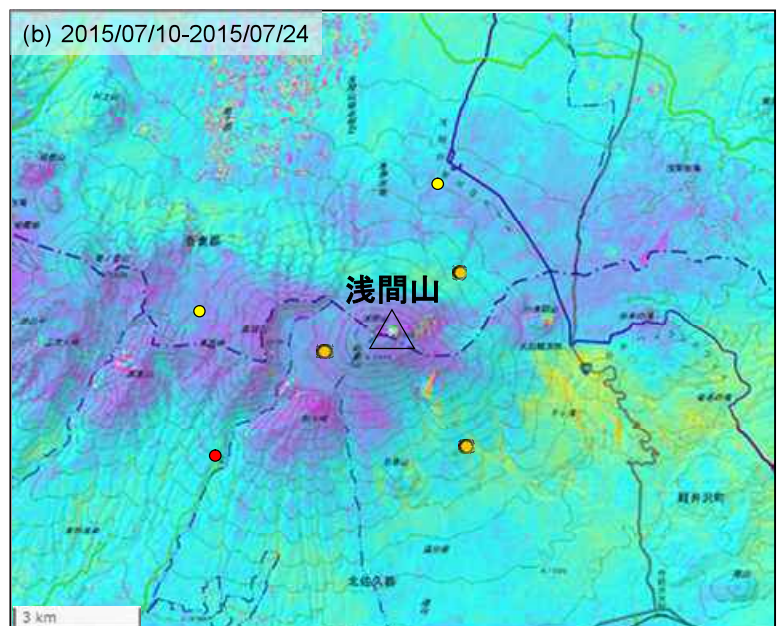
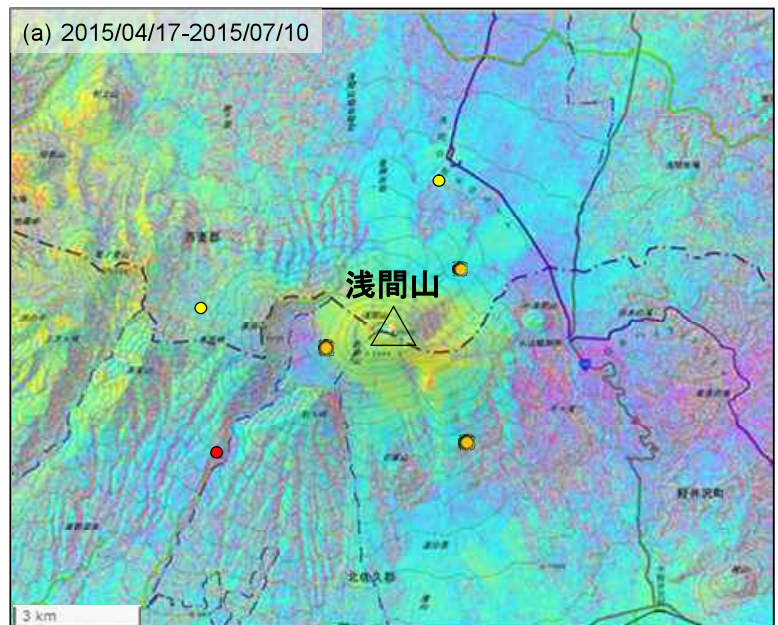
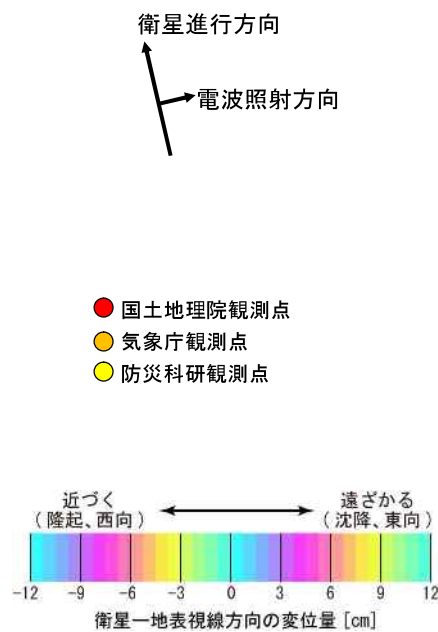
※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

浅間山

浅間山の SAR 干渉解析結果について

	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2015/04/17 2015/07/10 23:44 頃 (84 日間)	2015/07/10 2015/07/24 23:44 頃 (14 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)	42.6°	42.6°
偏波	HH	HH
垂直基線長	-94 m	-151 m
使用 DEM	GSI10m DEHMJapan (飛田, 2009)	GSI10m DEHMJapan (飛田, 2009)

*U:高分解能(3m)モード



背景：地理院地図 標準地図

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

本成果は、火山噴火予知連絡会衛星解析グループの活動による

浅間山

御 嶽 山

(2015 年 9 月 30 日現在)

御嶽山の火山活動は低下した状態が続き、昨年（2014 年）10 月以降噴火が発生していないことから、昨年 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、弱いながらも噴煙活動や地震活動が続いていることから、昨年 9 月 27 日より規模の小さな噴火が今後も突発的に発生する可能性は否定できない。

これらのことから、平成 27 年 6 月 26 日 17 時 00 分に火口周辺警報を発表し、噴火警戒レベルをレベル 3（入山規制）からレベル 2（火口周辺規制）に引き下げた。

火口から概ね 1 km の範囲で噴火に伴う弾道を描いて飛散する大きな噴石に警戒。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。

○ 概況（2015 年 6 月～9 月 30 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 5 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。高さは火口縁上 100～1000m であるが、上空の風の弱いときには一時的に 1000m を超えることがある。

・ 山頂及び火山ガス¹⁾の状況（第 1 図④、第 4 図）

6 月 10 日に長野県と合同で現地調査を実施した。山頂では硫化水素が最高で 6 ppm 検出されたが、二酸化硫黄は検出されなかった。9 月 14～16 日の現地調査でも二酸化硫黄は検出されなかった。

地獄谷内には主な噴気孔が 5～6 箇所あり、いずれもやや活発な噴気活動を確認した。赤外熱映像装置による観測では噴気孔の温度は最高で 108℃（測定距離約 300m）であった。

・ 地震活動（第 1 図②③、第 2 図②～⑤、第 3 図③④、第 6 図～第 10 図）

7 月 20 日 04 時 54 分から継続時間約 3 分の火山性微動が発生した。火山性微動が観測されたのは 2014 年 11 月 23 日以来である。この火山性微動の発生に伴い、傾斜計にわずかな山側（北西）上がりの変化が観測された。火山性微動の発生時の遠望カメラによる噴煙の状況は、視界不良のため確認できなかった。空振計の観測データに特段の変化はみられていない。

この火山性微動の発生直後を含め、7 月 19 日から 20 日にかけて、火山性地震が 38 回（19 日 12 回、20 日 26 回）と一時的に増加した。それ以外の期間は少ない状態で経過している。火山性地震の日回数が、20 回を超えたのは 2015 年 2 月 14 日（22 回）以来である。また、7 月 31 日 04 時 58 分には規模の大きな火山性地震（一元化 M1.3）が発生した。この地震を含め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。

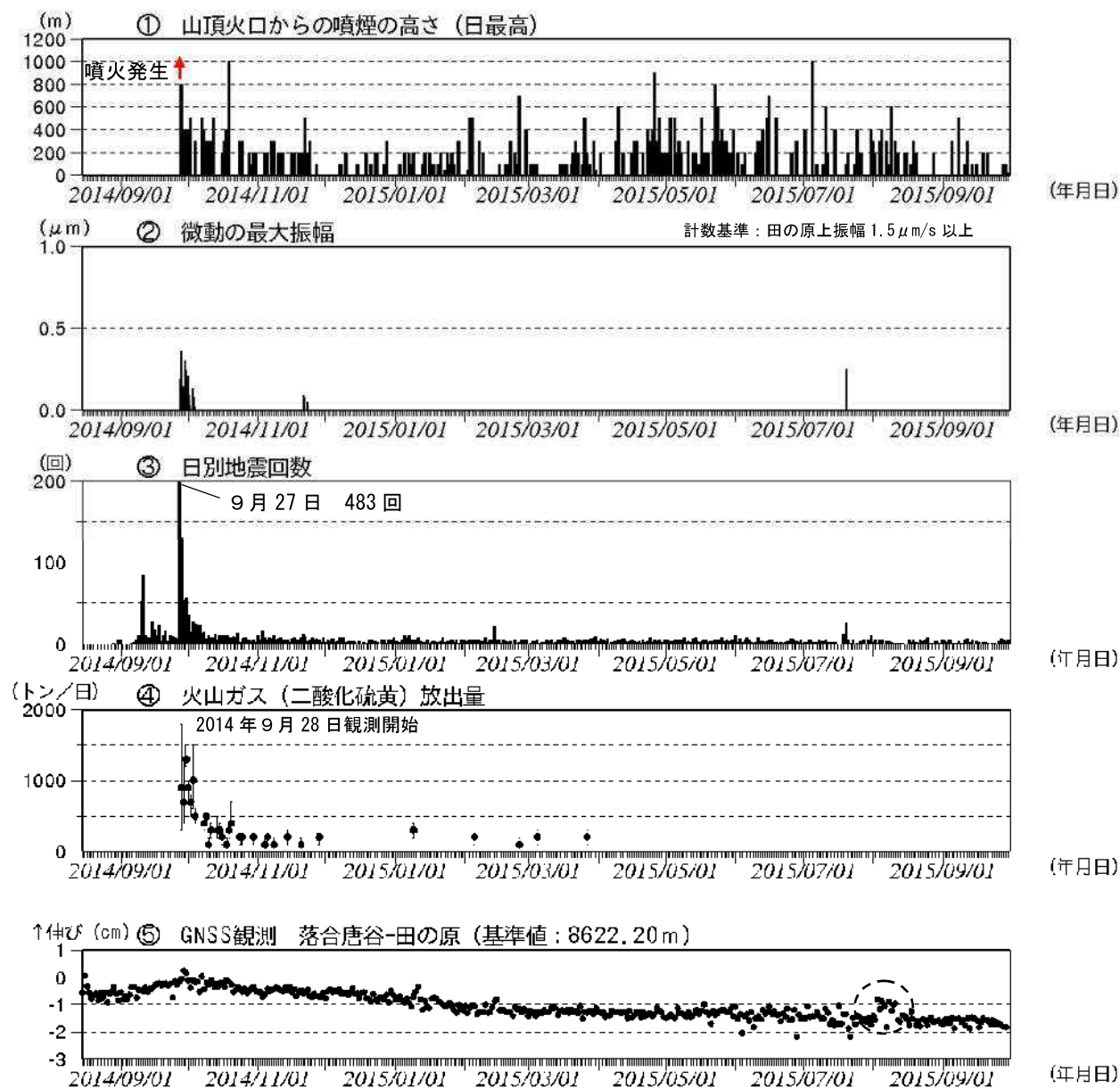
このほか、低周波地震を 6 月に 5 回、7 月に 2 回、8 月に 1 回観測している。これらの地震の発生時及びその前後で、噴煙や地殻変動の観測データに火山活動の高まりを示す変化はみられていない。

1) 携帯型火山ガス検知器による測定

・地殻変動（第 1 図⑤、第 2 図⑥、第 9 図、第 11 図～第 15 図）

7 月 20 日の火山性微動の発生に伴い、傾斜計にわずかな山側（北西）上がりの変化が観測された。それ以外、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。

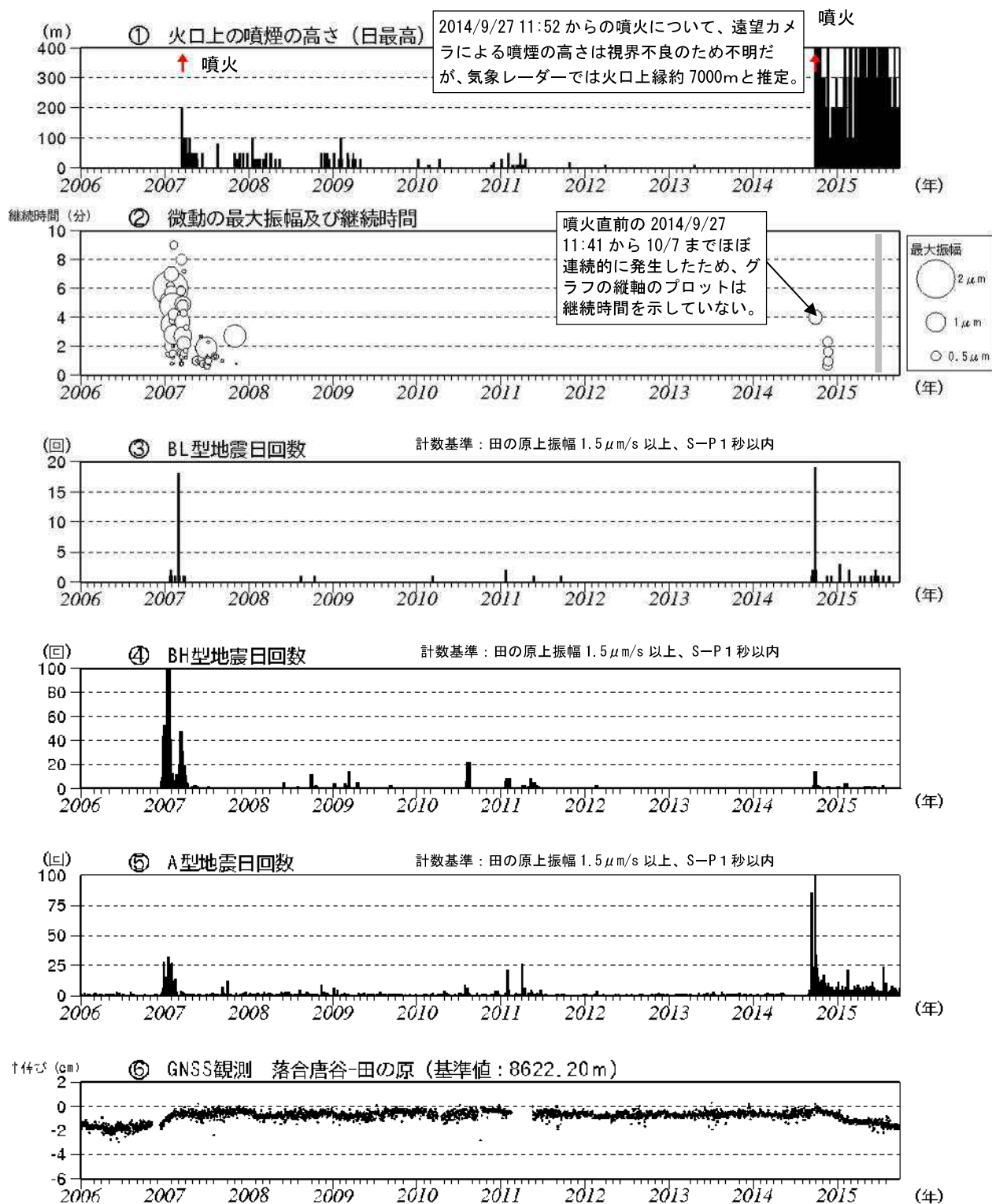
気象庁による GNSS データの解析では、2014 年 10 月頃以降山体付近の収縮によると考えられる縮みの傾向がみられる。



第 1 図 御嶽山 最近の火山活動経過図 (2014 年 8 月 15 日～2015 年 9 月 30 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 15 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。

- ・ 7 月 20 日に継続時間約 3 分間の火山性微動が発生した。火山性微動が観測されたのは 2014 年 11 月 23 日以来。
- ・ 7 月 19 日から 20 日にかけて、火山性地震が 38 回と一時的に増加した。
- ・ 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。

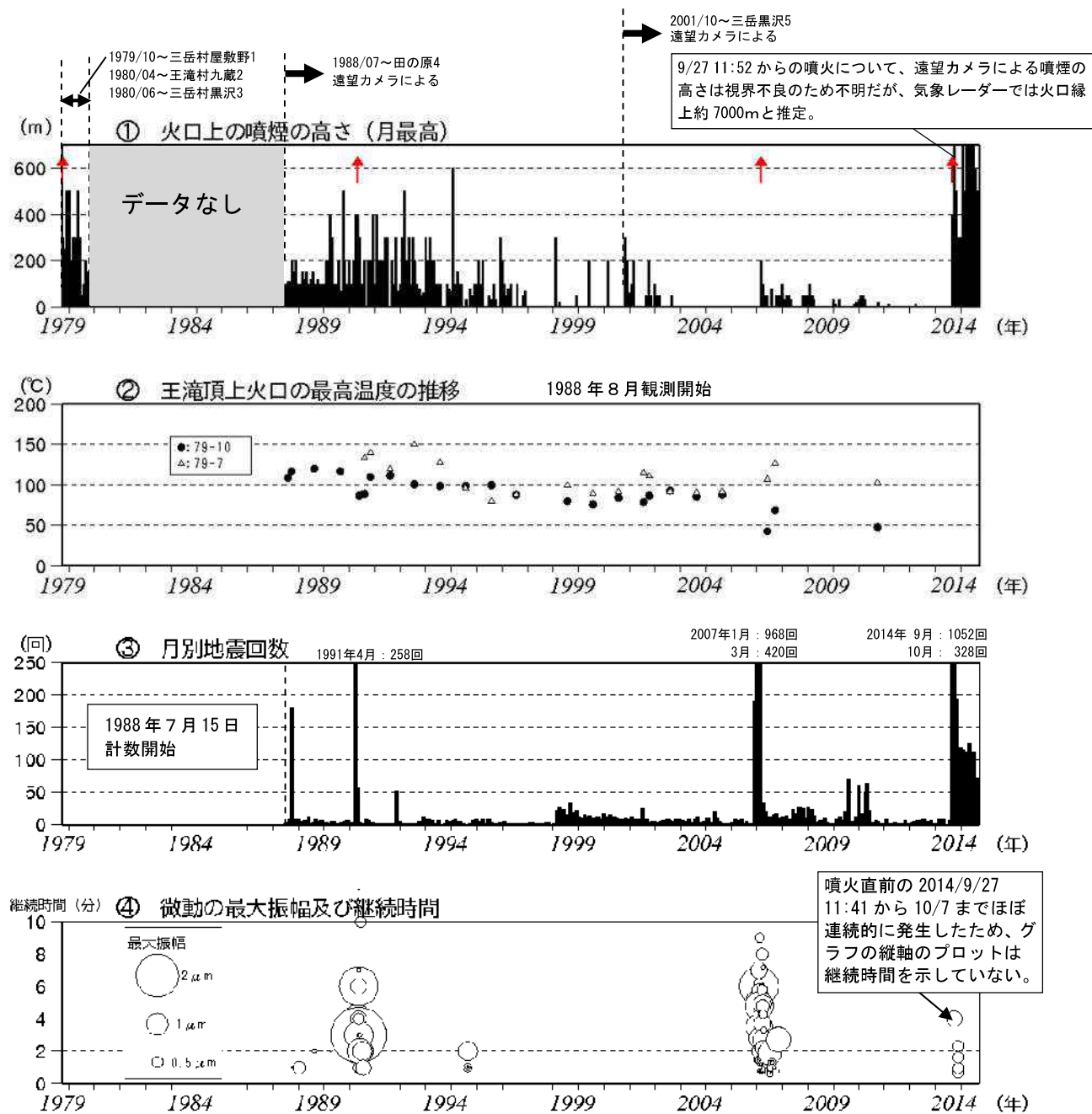


第 2 図 御嶽山 火山活動経過図 (2006 年 1 月 1 日～2015 年 9 月 30 日)

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。

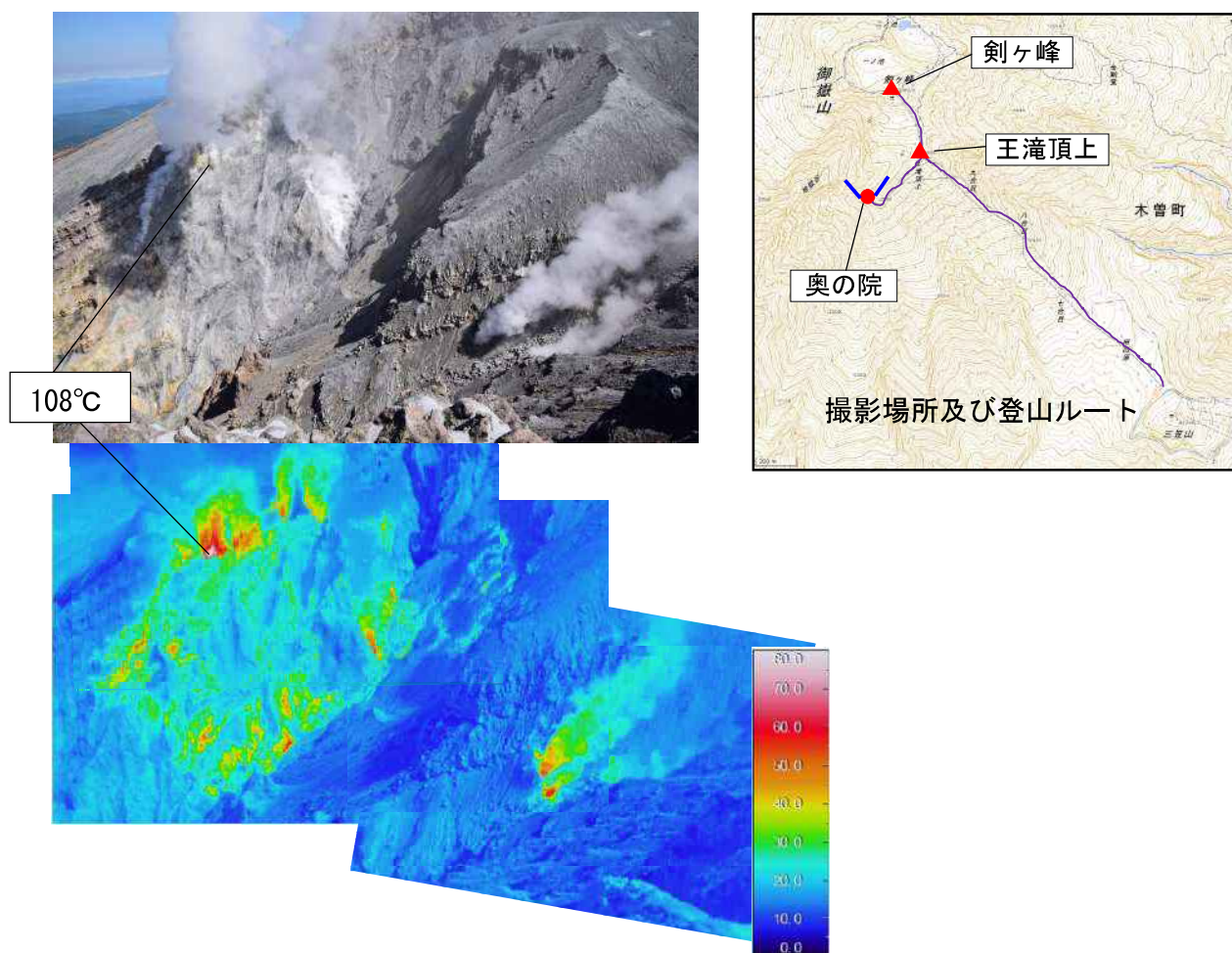
②微動の最大振幅 田の原上観測点 (剣ヶ峰南東約 2 km) の上下動の変位振幅。火山性微動の発生した 7 月 20 日を含む灰色部分 (6 月 23 日～7 月 22 日) は機器障害のため振幅値欠測。

⑥第 15 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～2015 年 9 月 30 日)

- ① : 月最大噴煙高度 (遠望カメラ名に付いた番号は第 22 図の配置図参照) 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。



第 4 図 御嶽山 山頂付近の状況及び地表面温度分布
 (2015 年 6 月 10 日 10 時 50 分奥の院から撮影)
 上図：可視画像、下図：温度分布

- ・ 6 月 10 日に長野県と合同で現地調査を実施した。地獄谷内には主な噴気孔が 5～6 箇所あり、いずれもやや活発な白色噴煙の活動を確認した。赤外熱映像装置による観測では噴気孔の温度は最高で 108℃（測定距離約 300m）であることを確認した。



2014 年 10 月 17 日 15 時 00 分



2014 年 10 月 30 日 08 時 42 分



2014 年 11 月 27 日 14 時 47 分



2014 年 12 月 24 日 08 時 58 分



2015 年 1 月 5 日 15 時 00 分



2015 年 2 月 25 日 15 時 40 分



2015 年 4 月 12 日 08 時 30 分



2015 年 5 月 14 日 12 時 10 分

第 5 - 1 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による)



2015 年 6 月 28 日 14 時 46 分



2015 年 6 月 28 日 15 時 37 分



2015 年 7 月 26 日 10 時 39 分



2015 年 7 月 26 日 10 時 38 分



2015 年 8 月 19 日 08 時 47 分



2015 年 8 月 7 日 14 時 00 分



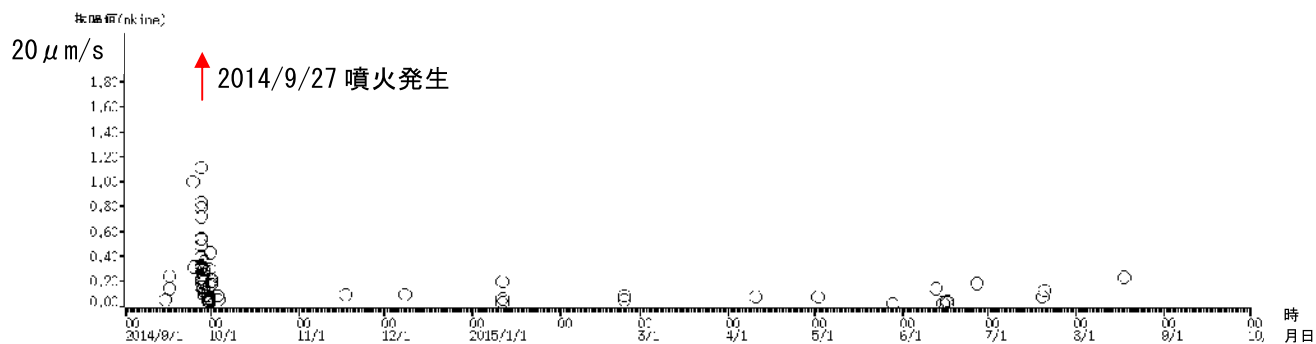
2015 年 9 月 14 日 08 時 40 分



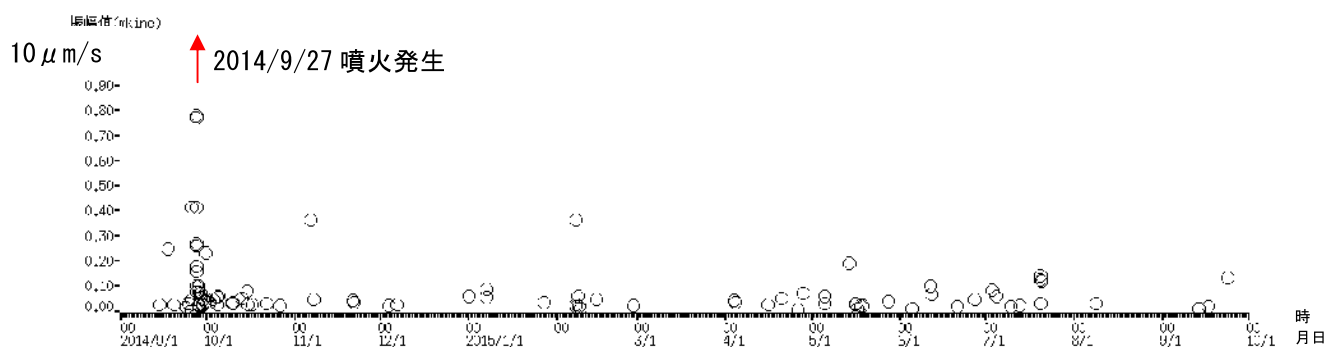
2015 年 9 月 19 日 09 時 22 分

第 5 - 2 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（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）

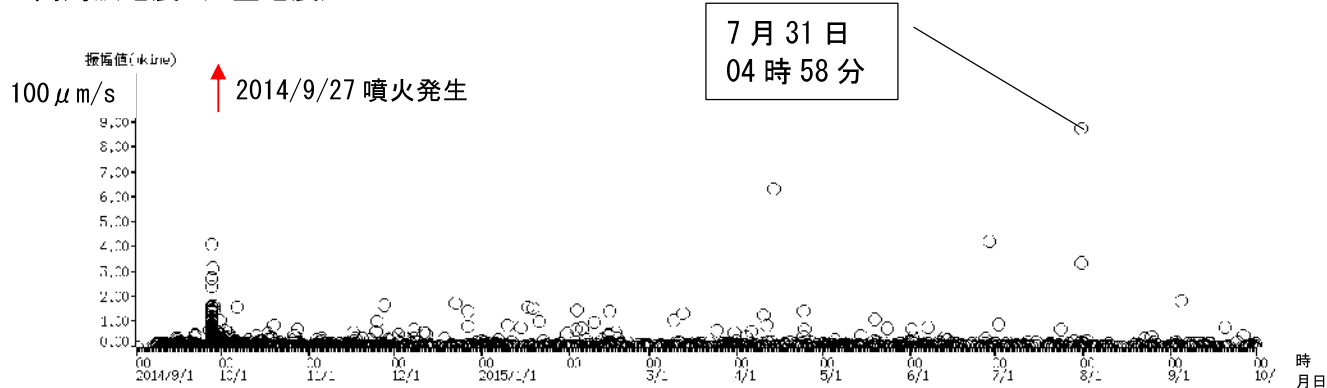
低周波地震 (BL 型地震)



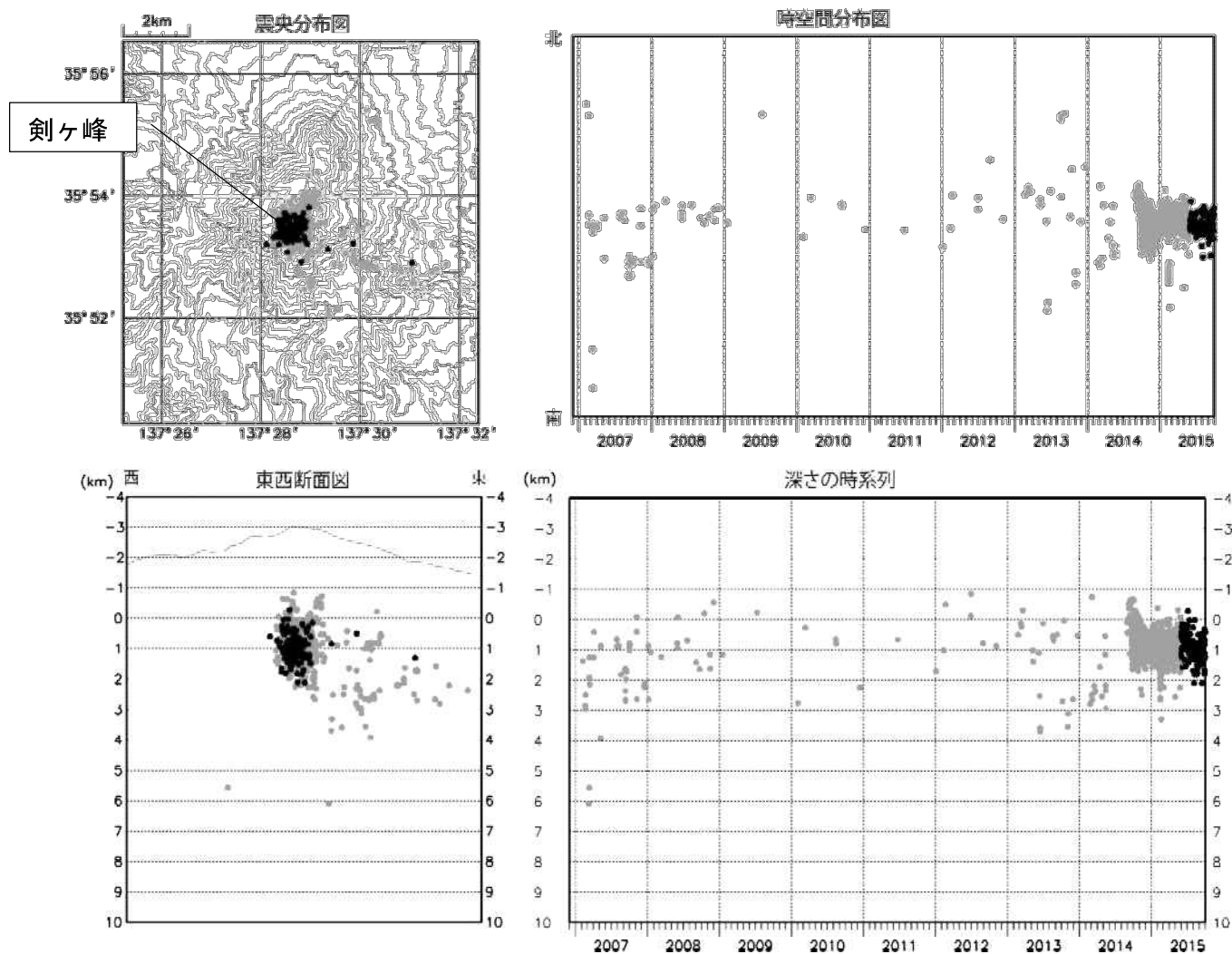
やや低周波地震 (BH 型地震)



高周波地震 (A 型地震)



第 6 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 ~ 2015 年 9 月 30 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。



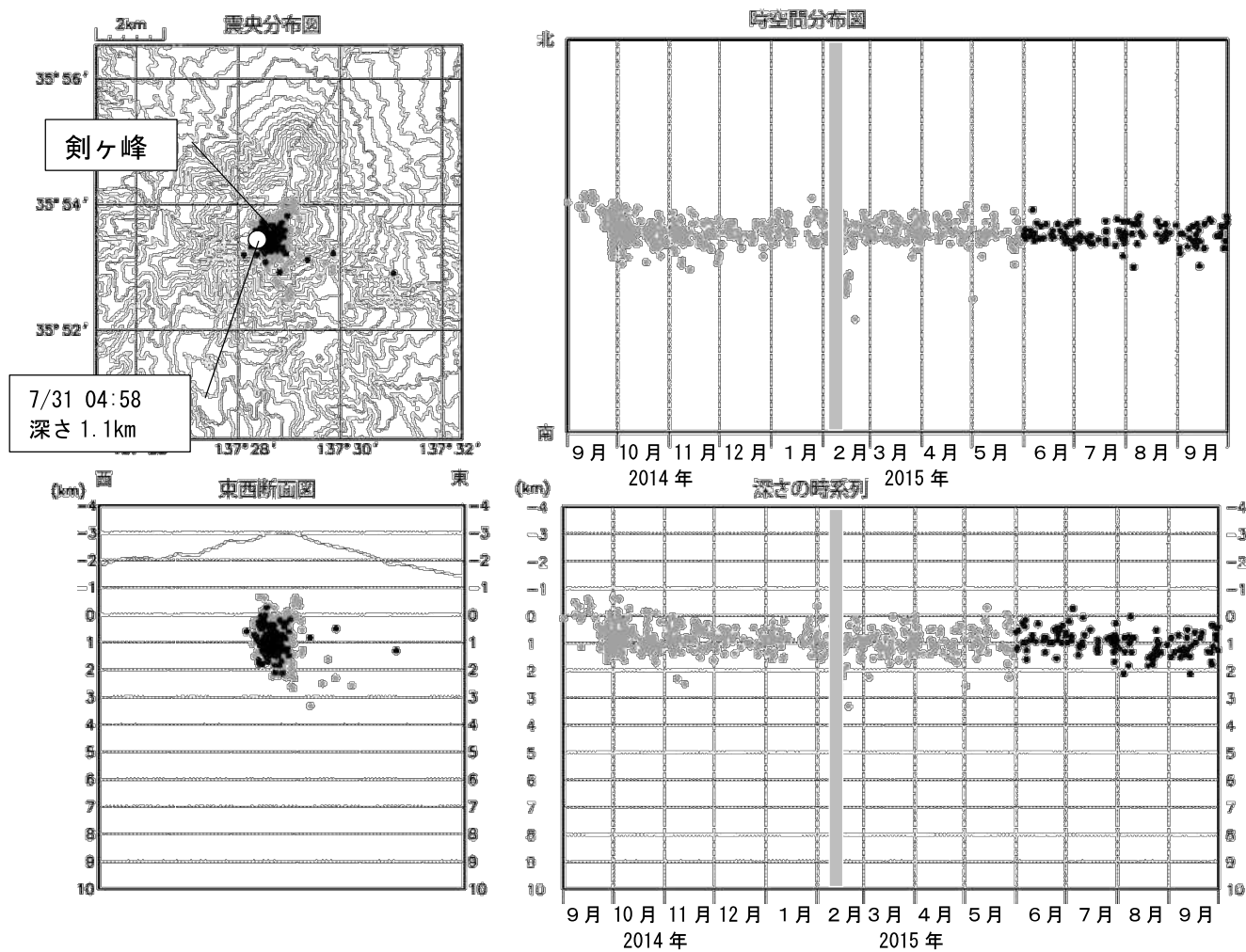
第 7 - 1 図 御嶽山 山体周辺の観測点による震源分布図 (2006 年 12 月 1 日～2015 年 9 月 30 日)

● : 2006 年 12 月 1 日～2015 年 5 月 31 日

● : 2015 年 6 月 1 日～2015 年 9 月 30 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。

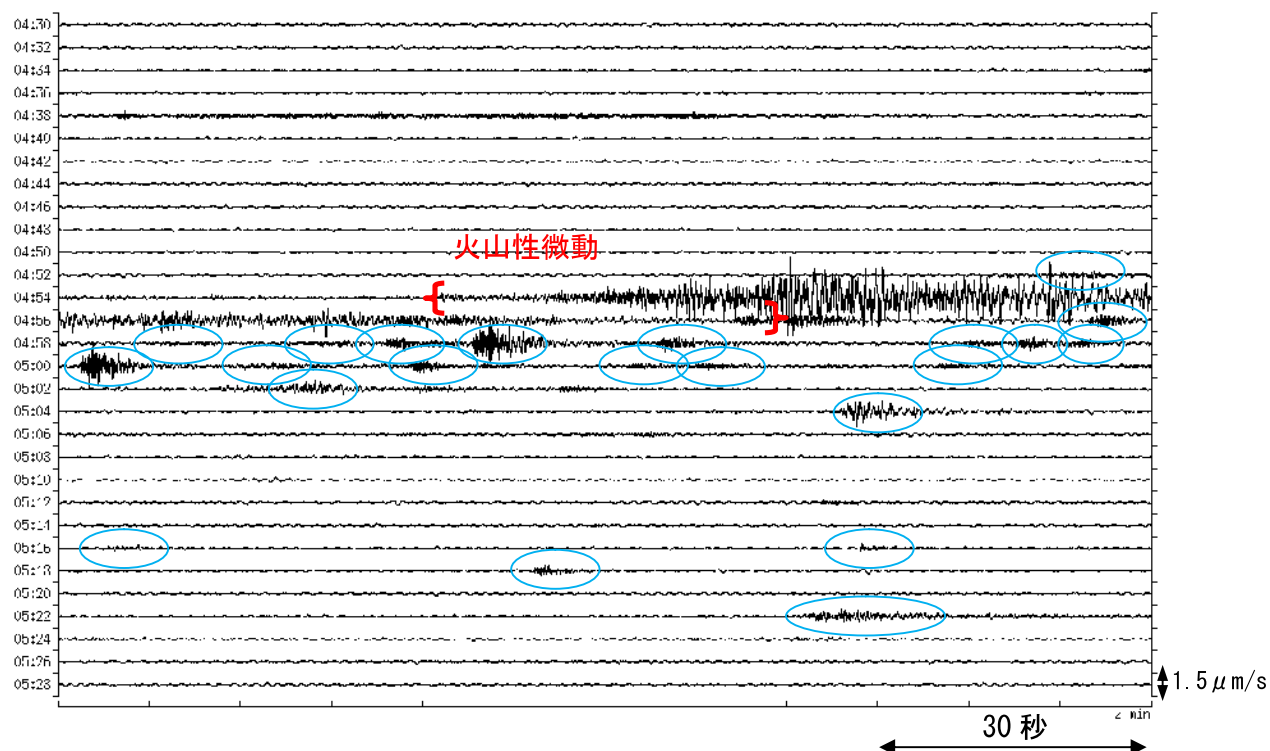
この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図25000 (行政界・海岸線)』及び『数値地図50mメッシュ (標高)』を使用した。



第 7 - 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～2015 年 9 月 30 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 5 月 31 日
- : 2015 年 6 月 1 日～2015 年 9 月 30 日

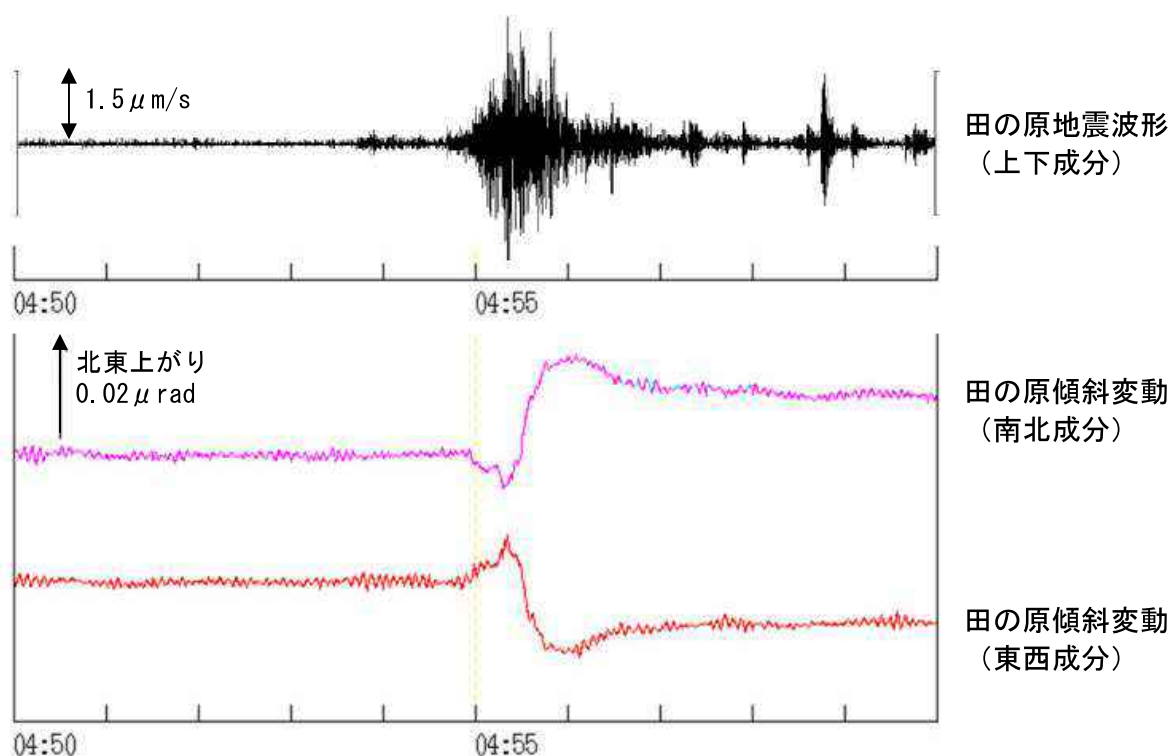
- ・火山性地震の震源は、主に剣ヶ峰山頂付近の深さ（海面下）0～2 km に分布しており、ほとんどが噴火発生直後に多発した震源分布の範囲内で発生している。
- ・図の灰色の期間は欠測の観測点が多く震源が決定できていない。



第 8 図 御嶽山 火山性微動発生前後の地震の発生状況（青丸は地震）

（2015 年 7 月 20 日 04 時 30 分～05 時 30 分 田の原観測点上下成分）

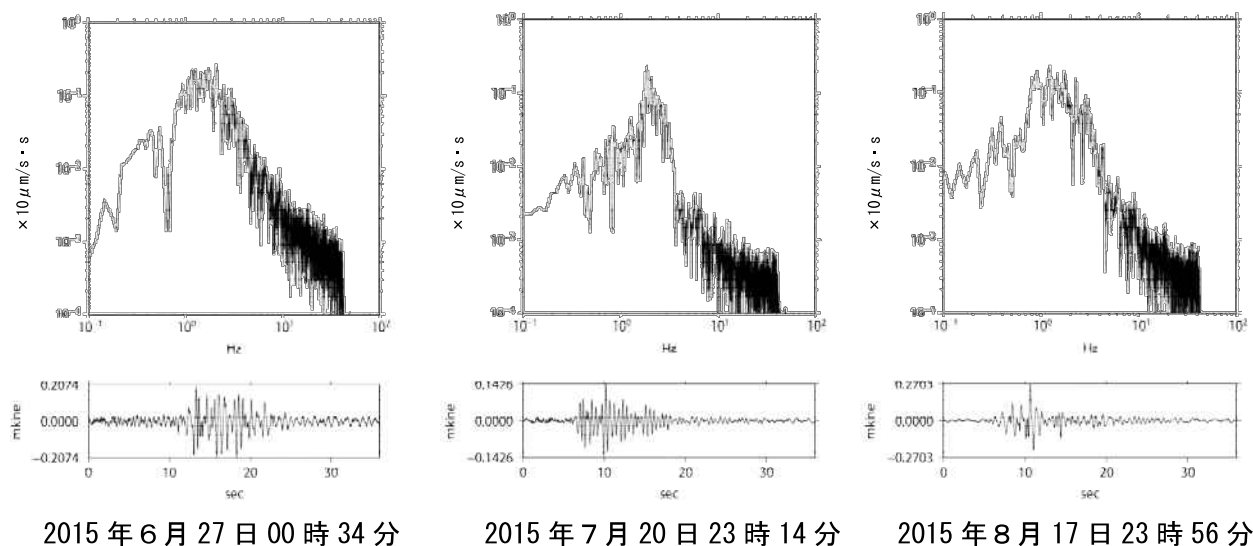
- ・ 7 月 20 日 04 時 54 分から約 3 分の火山性微動が発生した。その後一時的に地震が増加した。



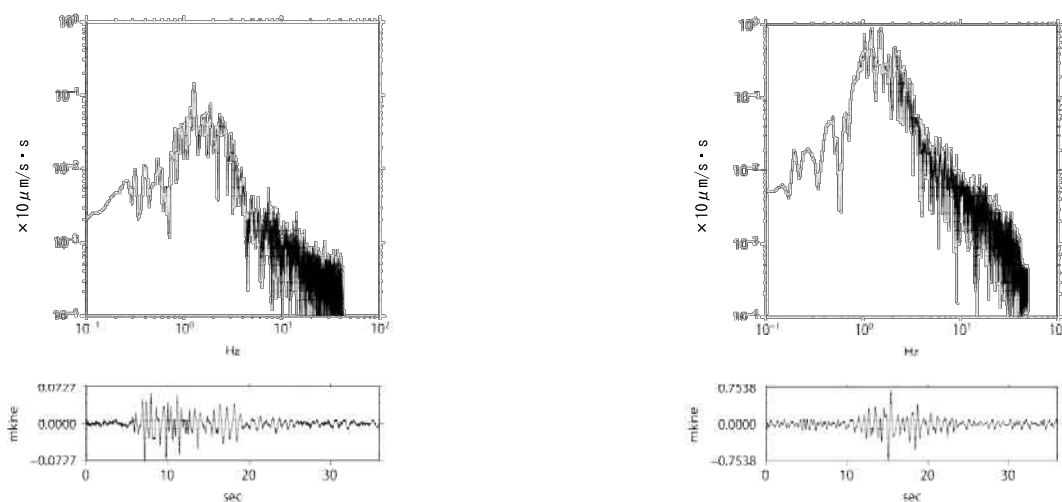
第 9 図 御嶽山 火山性微動発生時の震動データ及び傾斜データ（秒値）の状況

（2015 年 7 月 20 日 04 時 50 分～05 時 00 分）

- ・ 火山性微動の発生に伴い、わずかに山側（北西）上がりの変動がみられた。



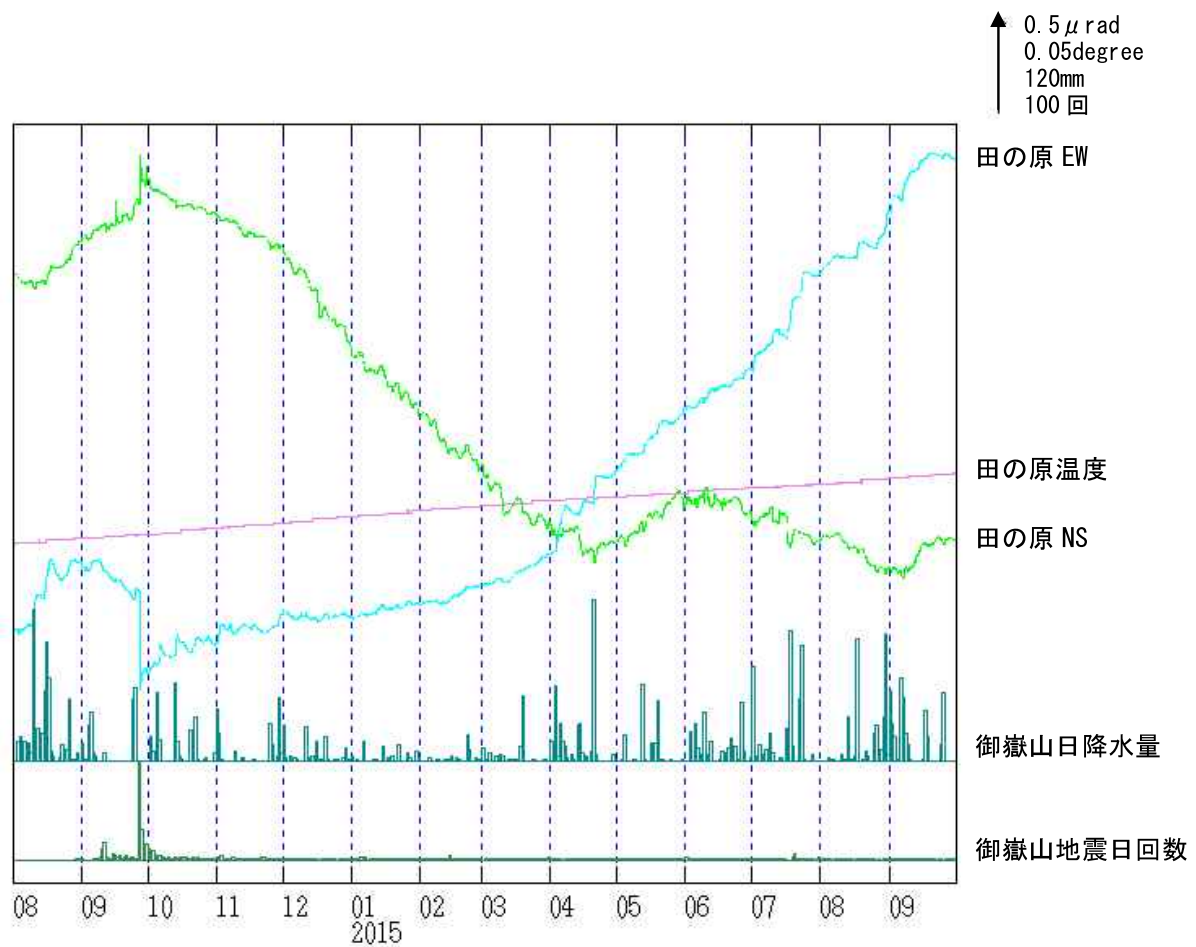
第 10－1 図 御嶽山 噴火後の低周波地震の周波数解析（田の原観測点速度上下成分）
・ 1 ～ 2 Hz ないし 2 ～ 3 Hz の周波数が卓越している。



2014 年 9 月 14 日 19 時 41 分（噴火前）

2014 年 9 月 27 日 13 時 04 分（噴火時）

第 10－2 図 御嶽山 噴火前、噴火時の低周波地震のランニングスペクトル解析
（田の原観測点速度上下成分）
第 10－1 図との比較のために掲載。

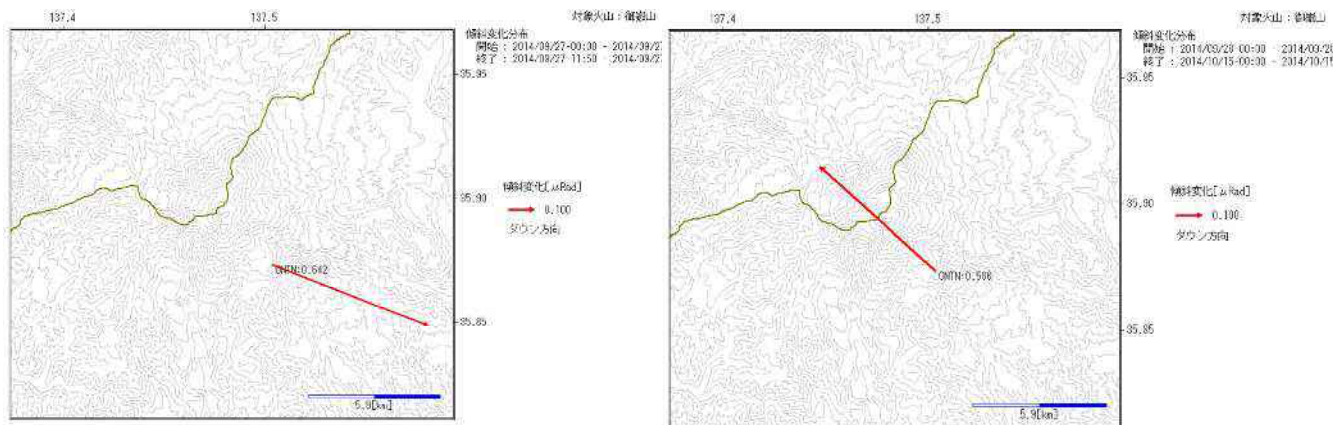


第 11－1 図 御嶽山 田の原（剣ヶ峰の南東約 3km）の傾斜計変動
（2014 年 8 月 1 日～2015 年 9 月 30 日、時間値、潮汐補正済み）



第 11-2 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
 （2014 年 9 月 1 日～2015 年 8 月 31 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継続している。
- ・ 点線円は火山活動とは関係ない変化。



①噴火直前（2014 年 9 月 27 日 00 時～11 時 50 分）

②噴火発生後（2014 年 9 月 28 日～10 月 15 日）



③噴火後（2014 年 11 月～12 月）

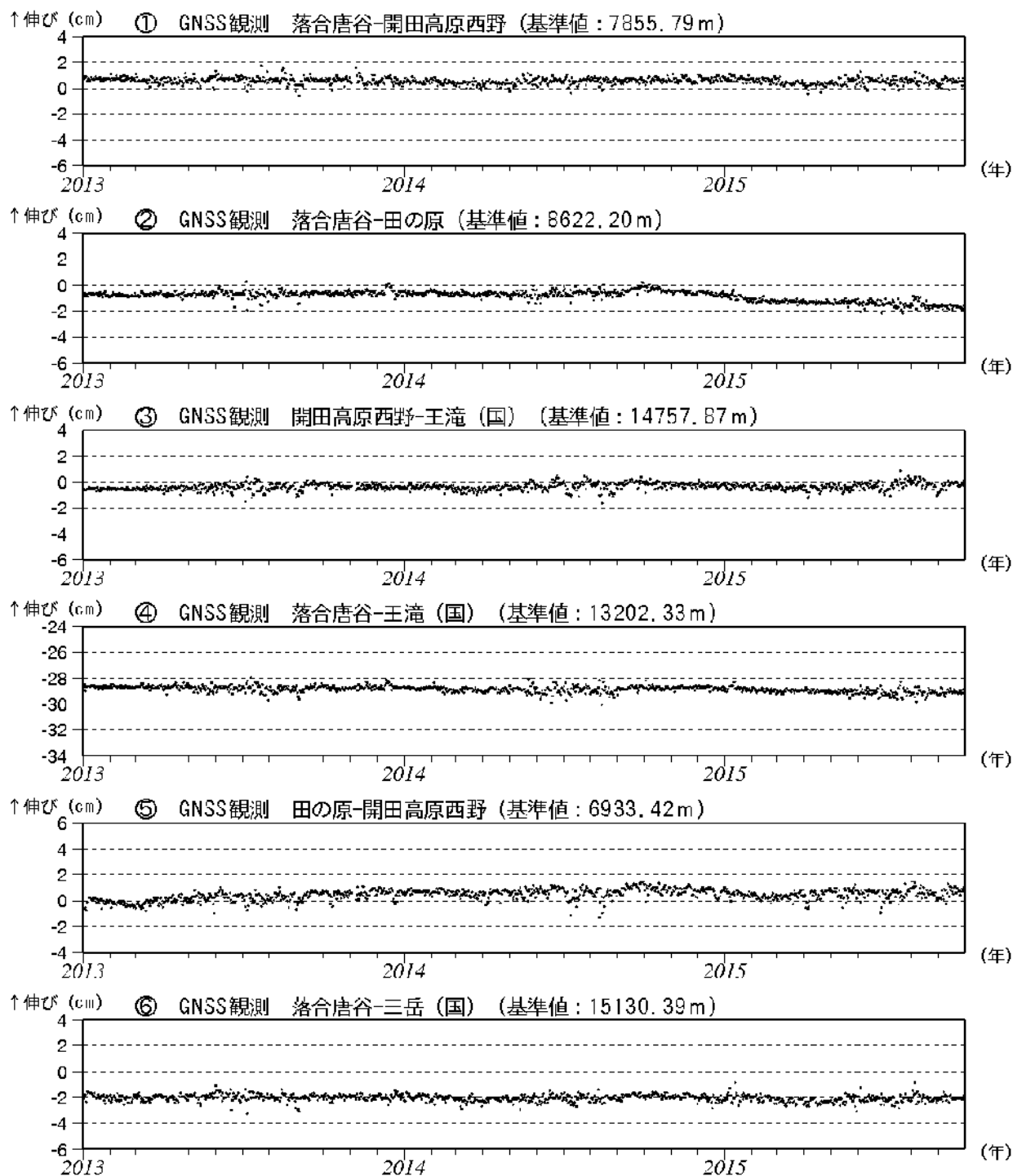
④微動発生時（2015 年 7 月 20 日 04 時～05 時）

減圧源を剣ヶ峰山頂直下、標高 500m（青×印）
 とすると体積変化量は約 40 万立米となる。
 青矢印は想定変動源による GNSS 観測点での変化量

膨張源を剣ヶ峰山頂直下、標高 500m（赤×印）
 とすると、体積変化量は約 4 千立米となる。

第12図 御嶽山 傾斜変動のベクトル比較図

・噴火後は山側（北西）下がりの変化がみられている。



第 13 図 御嶽山 GNSS 連続観測による基線長変化 (2013 年 1 月 1 日～2015 年 9 月 30 日)

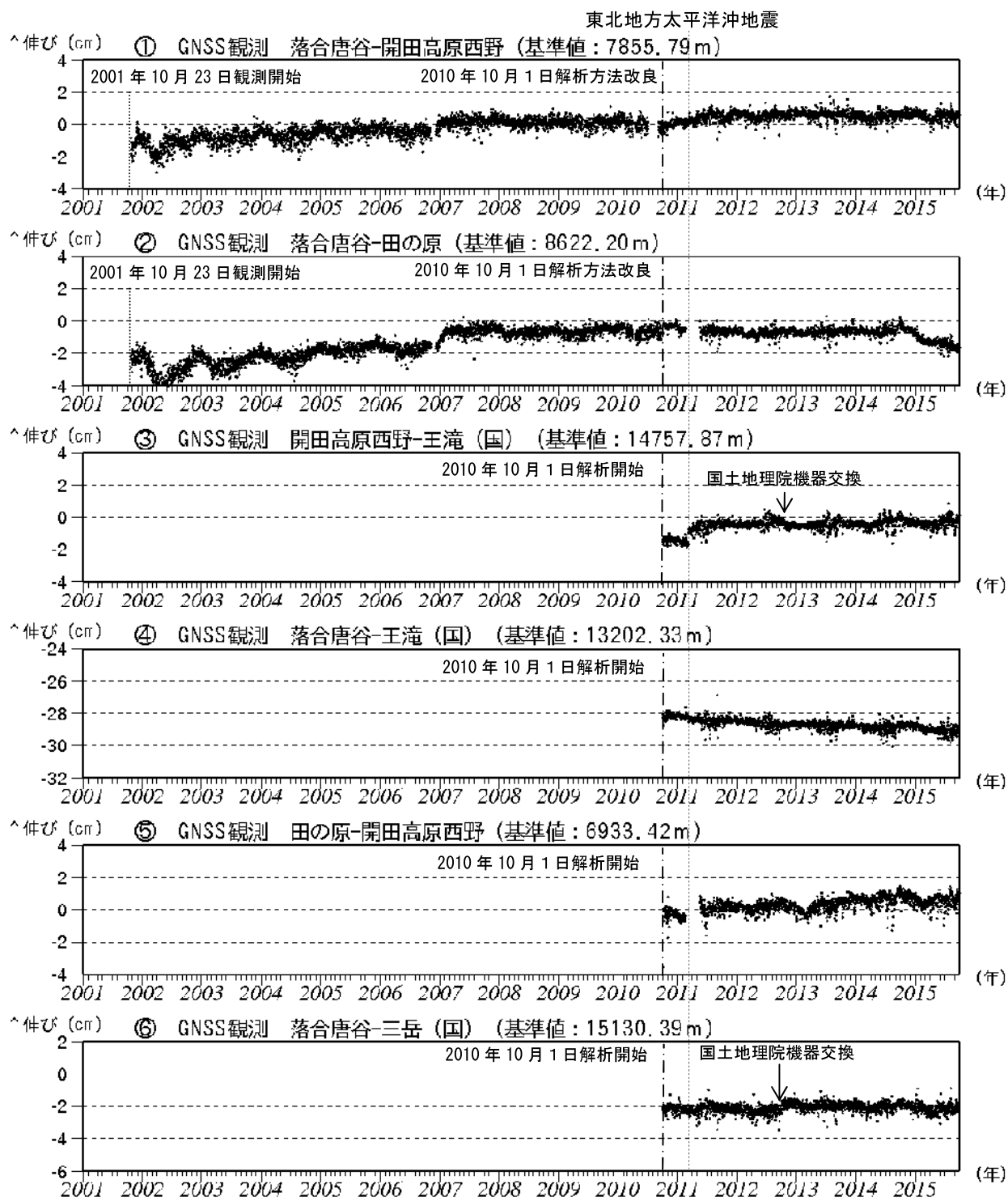
(国): 国土地理院

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15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、わずかな縮みの傾向がみられる。



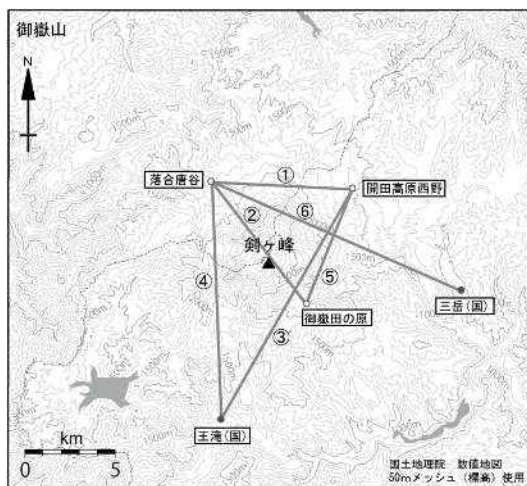
第 14 図 御嶽山 GNSS 連続観測による基線長の長期変化 (2001 年 1 月 1 日～2015 年 9 月 30 日)

(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15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、わずかな縮みの傾向がみられる。

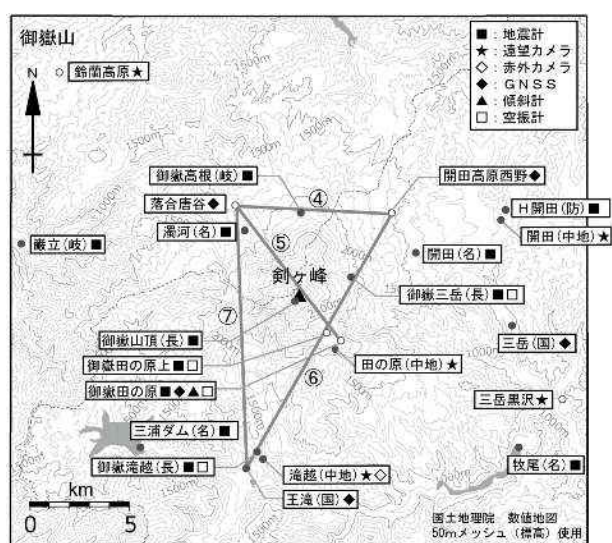


第 15 図 御嶽山 GNSS 連続観測点配置図

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 13、14 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 16 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 17 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。

2014 年 8 月以降の御嶽山における震源分布

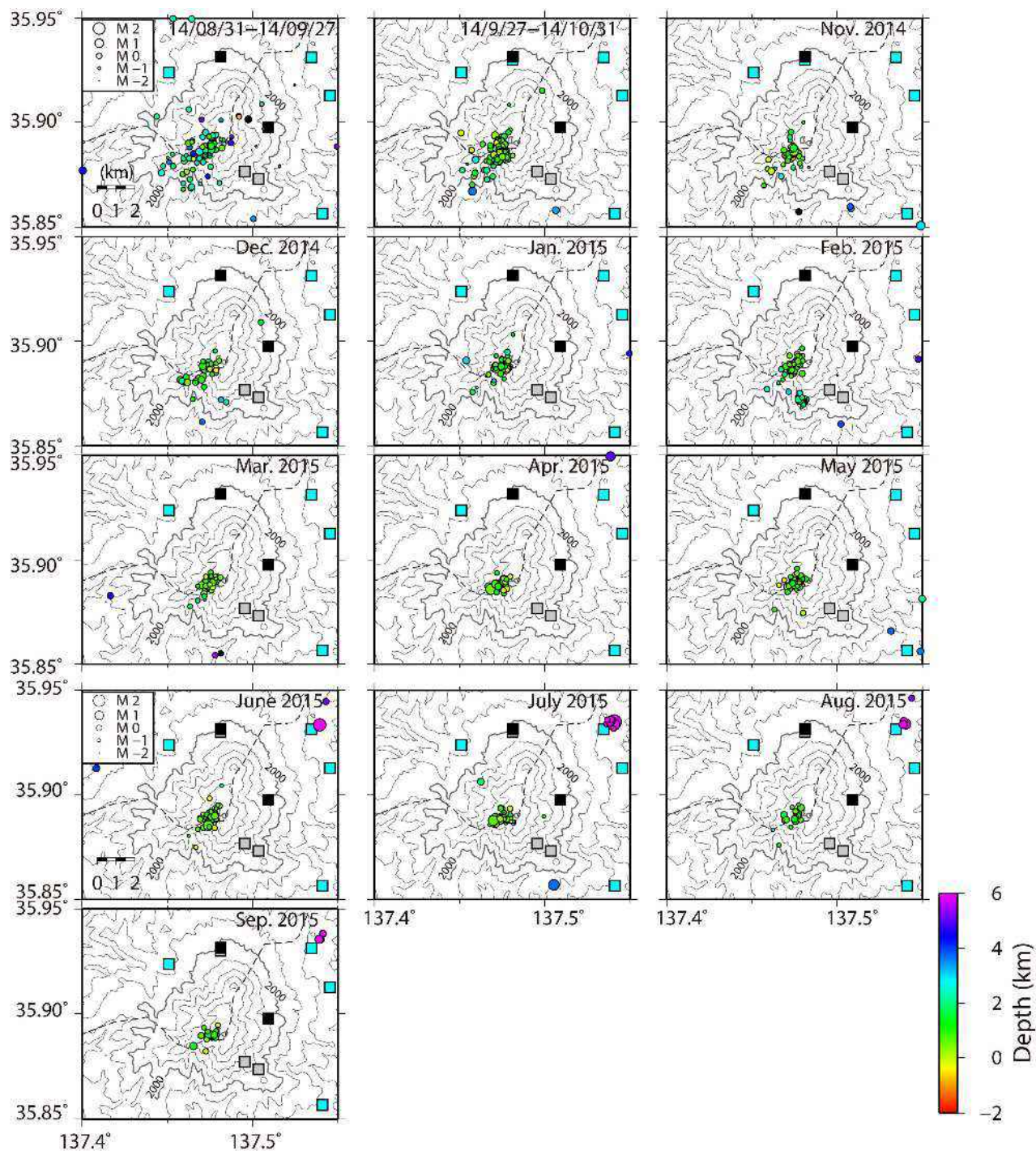


図 1 : 御嶽山頂とその周辺の地震の震源 (期間 : 2014 年 9 月 1 日 ~ 2015 年 9 月 30 日)

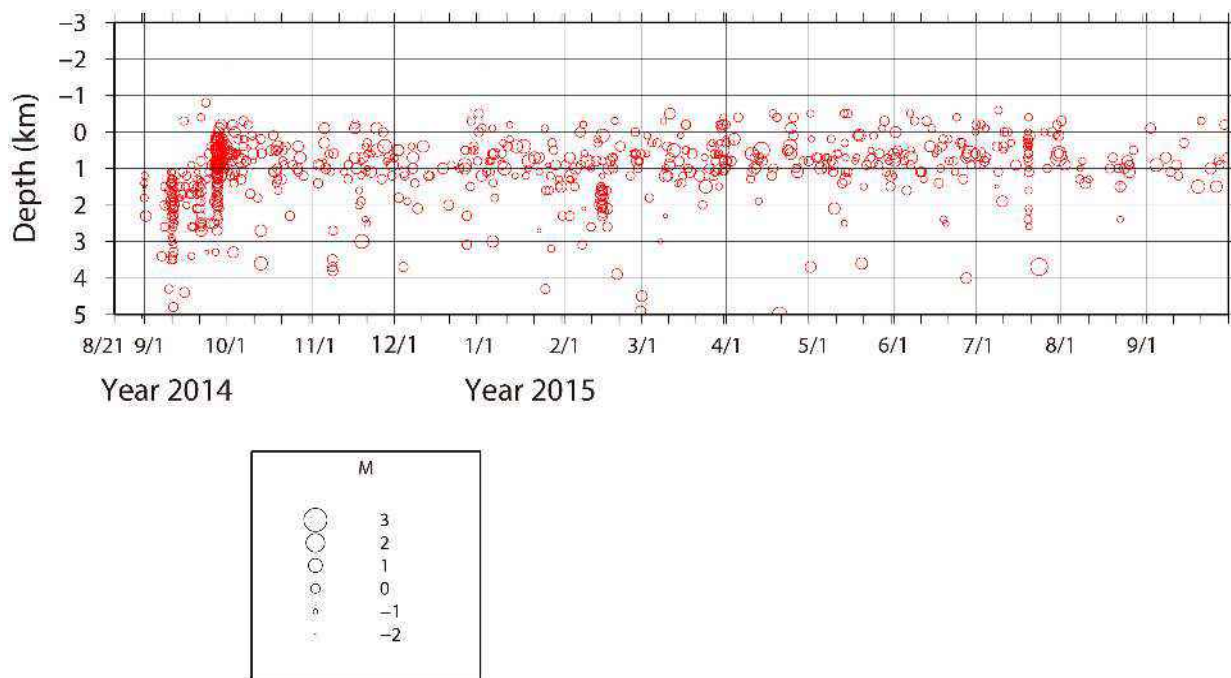


図 2：御嶽山直下の地震の深さの時間変化（期間：2014 年 9 月 1 日～2015 年 9 月 30 日）

2014 年御嶽山噴火後の GNSS 解析

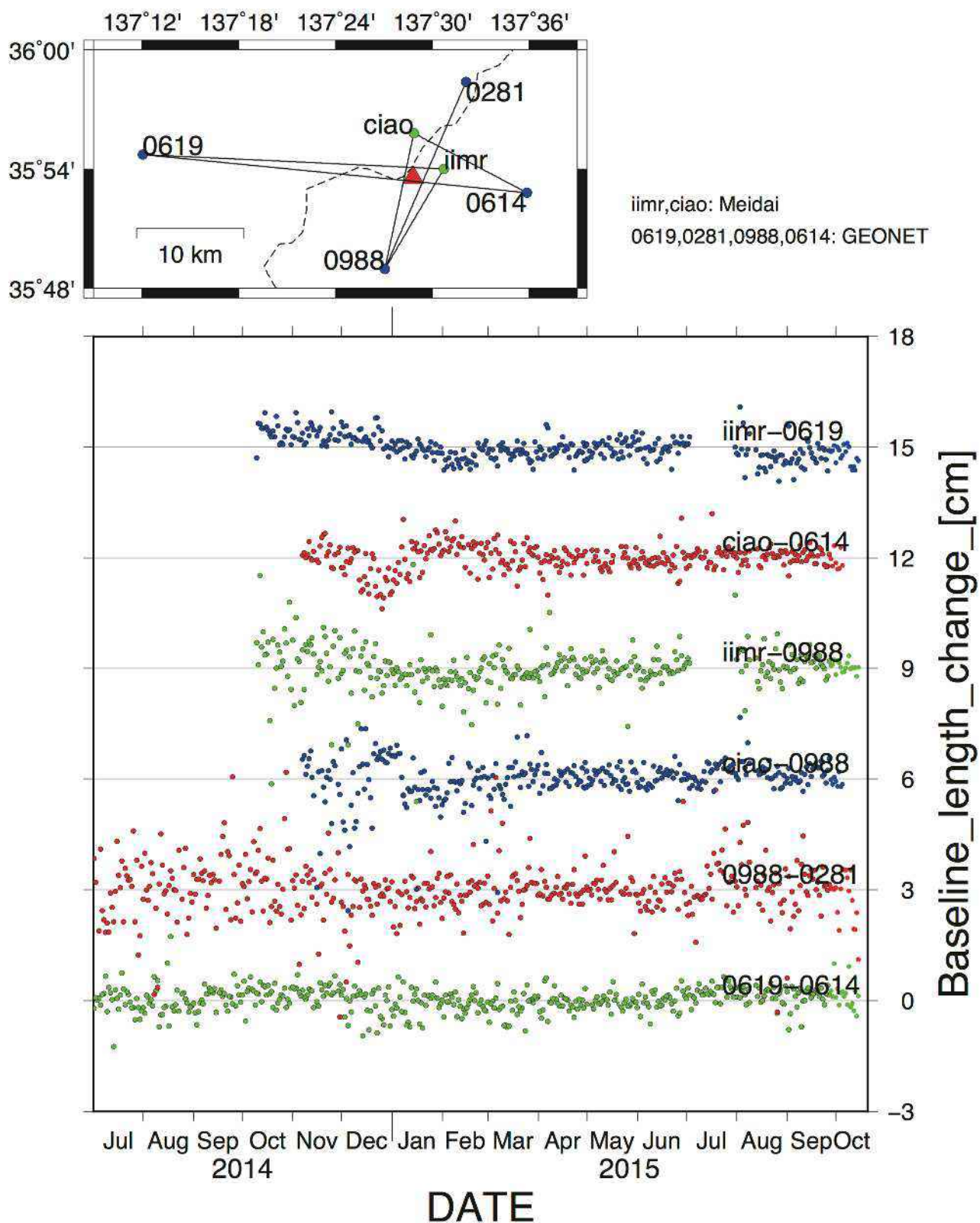
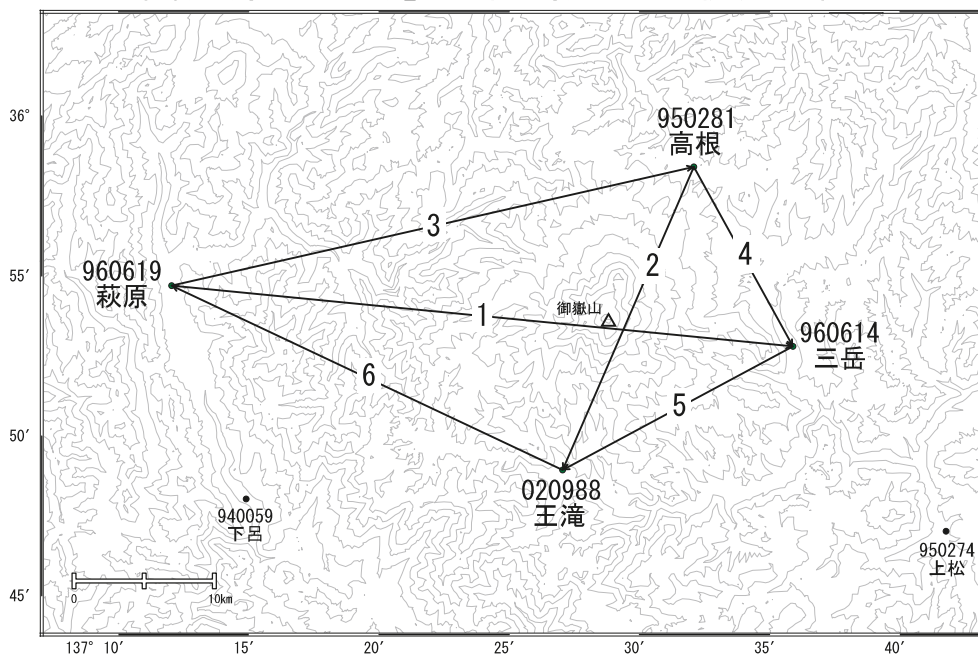


図 3 : 御嶽山周辺の GNSS 観測点間の基線長変化

御嶽山

御嶽山を挟む基線で、2014年9月上旬頃からごくわずかな伸びと9月下旬頃からごくわずかな縮みの傾向が見られ、12月までに9月上旬頃の基線長に戻っています。

御嶽山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図

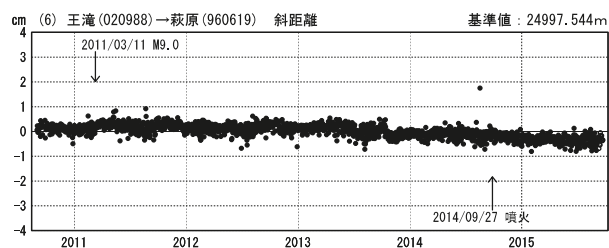
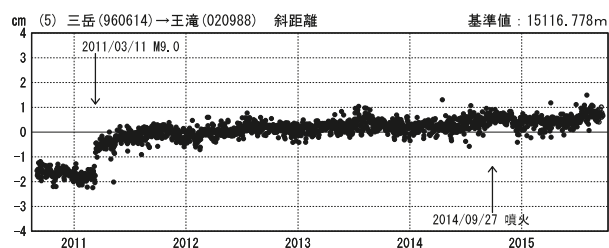
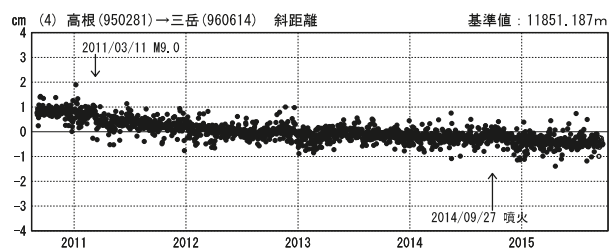
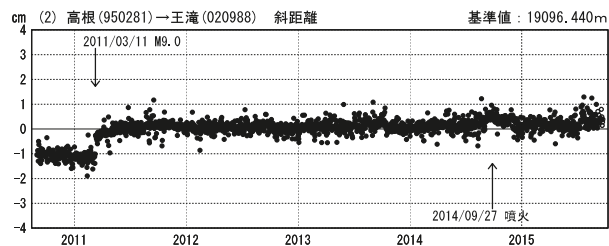
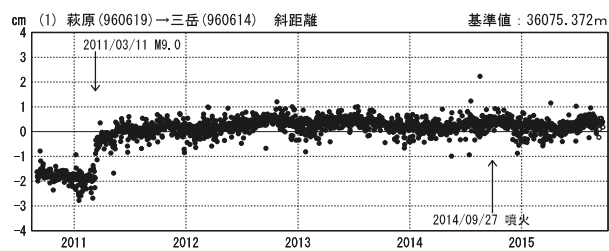


御嶽山周辺の各観測局情報

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	20100110	レドーム開閉・受信機交換
		20121012	アンテナ交換
		20150618	受信機交換
960619	萩原	20100110	レドーム開閉・受信機交換
		20100210	受信機交換
		20100310	レドーム開閉・受信機交換
		20120812	アンテナ交換
		20150807	受信機交換

基線変化グラフ

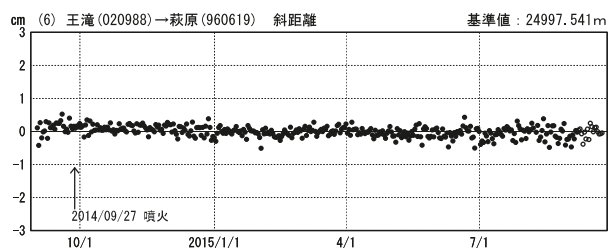
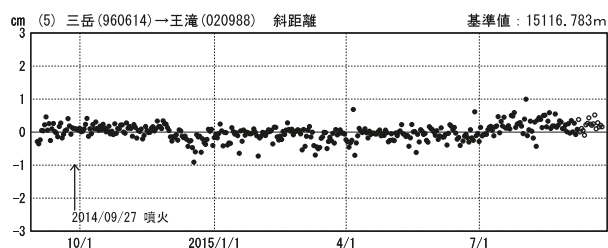
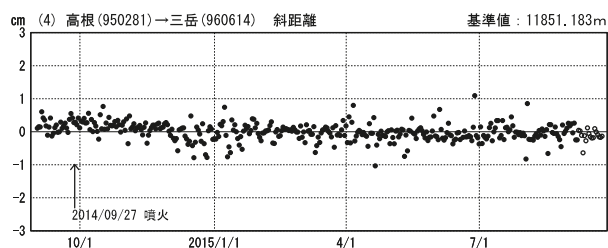
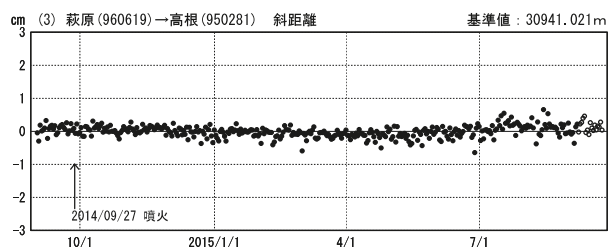
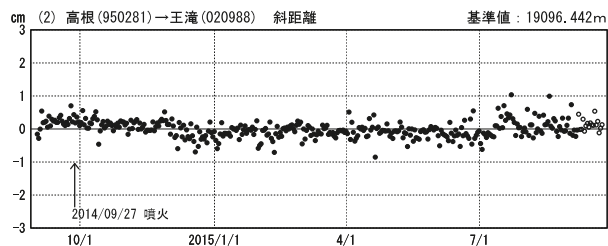
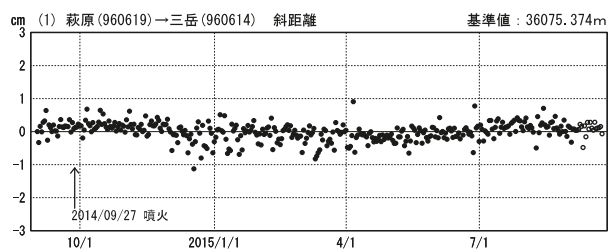
期間：2010/09/01～2015/09/22 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

基線変化グラフ

期間：2014/09/01～2015/09/22 JST

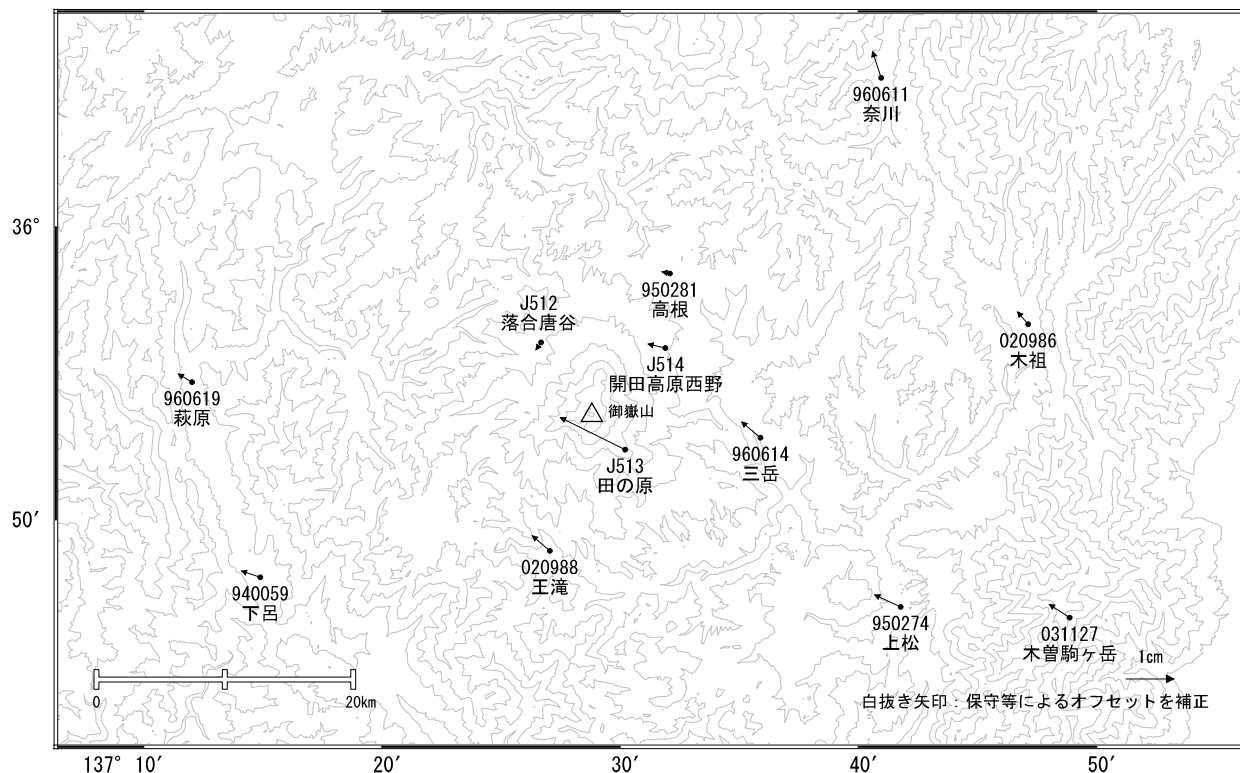


※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

御嶽山

御嶽山周辺の地殻変動(水平:1年)

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]

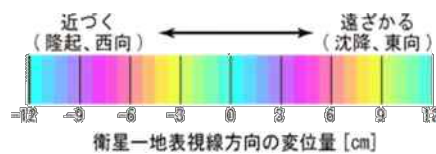


☆ 固定局: 白鳥 (950282)

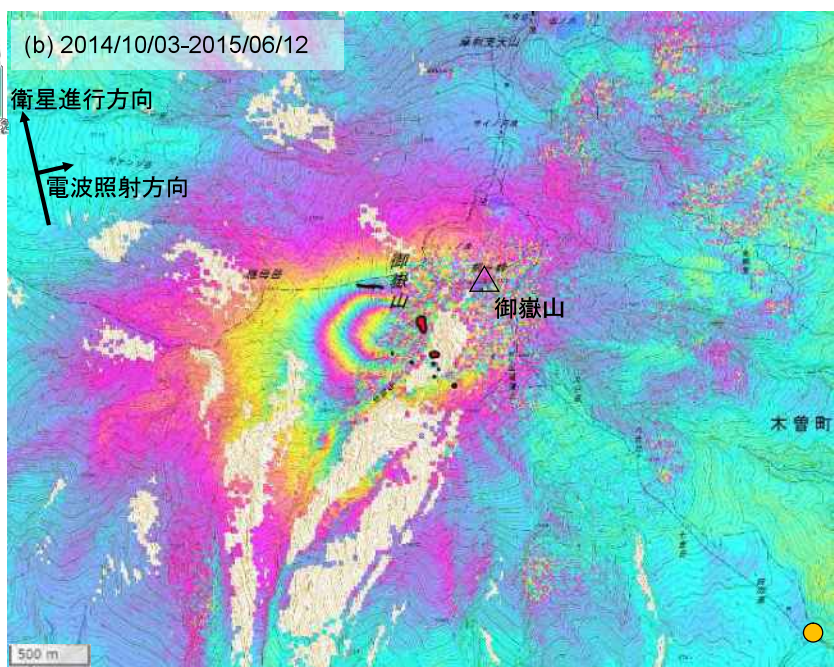
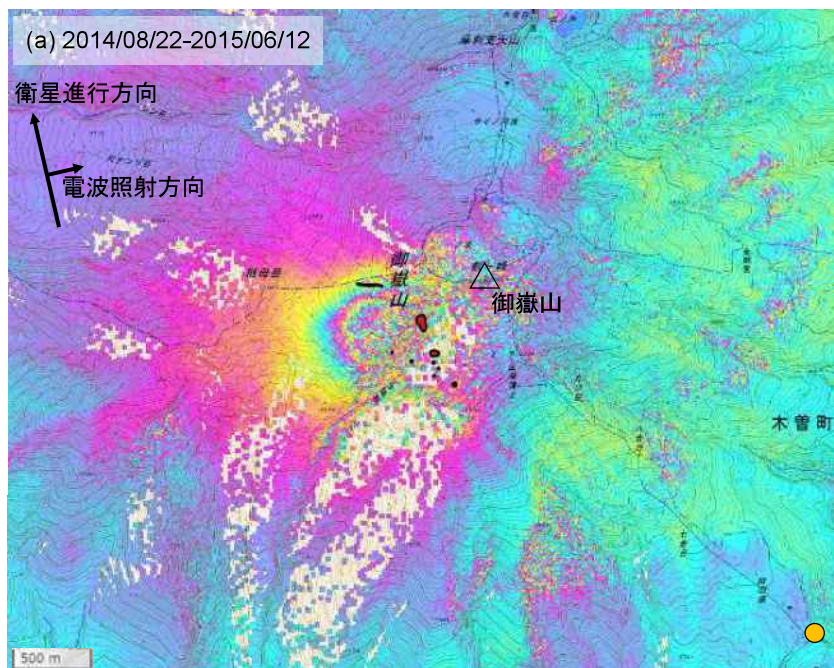
御嶽山の SAR 干渉解析結果について

	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2014/08/22 2015/06/12 23:44 頃 (294 日間)	2014/10/03 2015/06/12 23:44 頃 (252 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)	36.4°	36.4°
偏波	HH	HH
垂直基線長	+ 36 m	+ 43 m
使用 DEM	GS10m DEHMJapan (飛田, 2009)	GS10m DEHMJapan (飛田, 2009)

*U: 高分解能(3m)モード



- 気象庁 GNSS 観測点
- 判読による 2014 年 9 月 27 日 噴火口 (推定を含む)



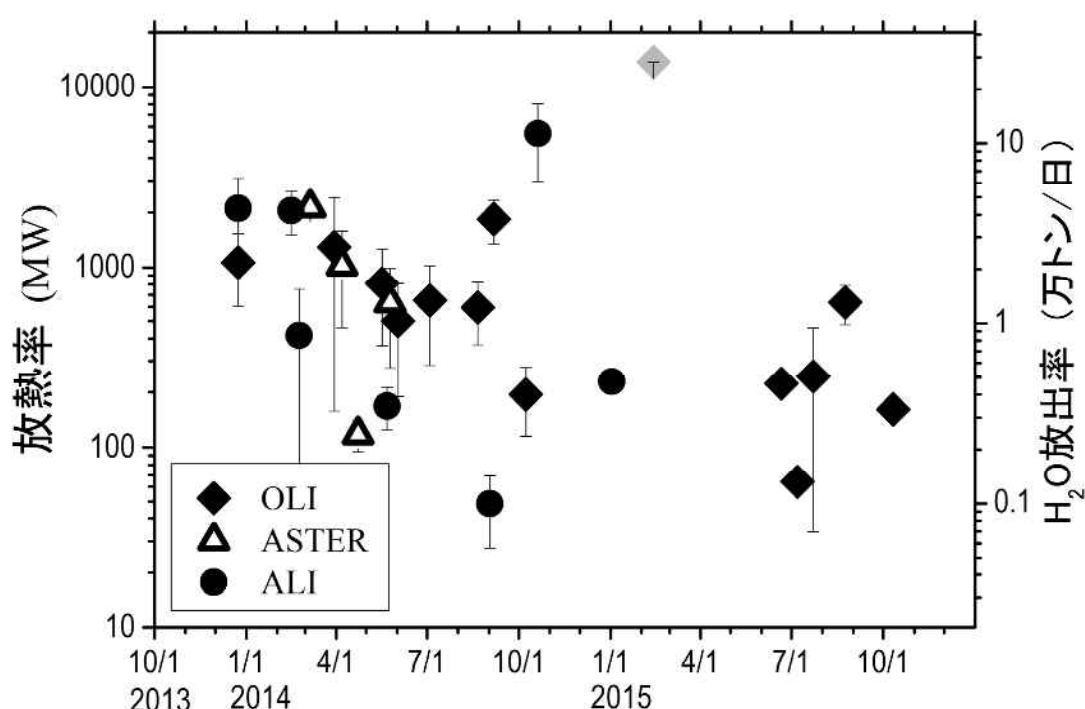
背景: 地理院地図 標準地図

判読)

- ・ (a)は 2014 年 9 月 27 日の噴火前後の干渉ペア、(b)は噴火後同士の干渉ペアである。
- ・ (a)(b)ともに山頂付近では衛星から遠ざかる変動が見られる。

西之島の噴煙活動

人工衛星搭載光学センサ (LANDSAT-8/OLI, EO-1/ALI, Terra/ASTER) の画像を使用し、西之島から噴煙として放出されている熱エネルギーを Plume rise 法(*)で評価した。風速は気象庁メソ解析値を時空間内挿して求めた。変化傾向は明瞭ではないが、本年 6 月以降、活動開始当初と比較し小さくなっている可能性もある。単純平均して求めた平均放熱率は約 950MW となる。噴煙には火山灰が含まれていると思われるが、水蒸気のみで構成されているとした場合、 H_2O 放出率は 230 kg/s (約 1.9 万トン/日)、この期間 (2013 年 12 月 24 日～2015 年 10 月 11 日、640 日間) の H_2O 放出量は約 1,200 万トンと推定される。



第1図 衛星画像から求めた西之島からの噴煙による放熱率時間推移

(2013 年 12 月 24 日～2015 年 10 月 11 日)。

2015 年 2 月の大きな値は風が弱く参考値。右軸は H_2O のエンタルピーを 4.2MJ/kg として、 H_2O 放出率に換算した値。

(*) 風速 u [m/s]の時における噴煙の上昇形態から放熱率 Q [W]を推定する方法。火口からの水平距離 x [m]における噴煙の高さを h [m]とすると、 $Q = 2.8 \times 10^4 h^3 u^3 / x^2$ 。

(謝辞) EO-1/ALI データは USGS の EarthExplorer (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) から、LANDSAT-8 データは産業技術総合研究所の LANDSAT-8 直接受信・即時公開サービス

(<http://landsat8.geogrid.org/>) もしくは EarthExplorer から、ASTER データは JPL の ASTER Volcano Archive (<http://ava.jpl.nasa.gov/>) から入手した。

西之島における二酸化硫黄放出量観測

2015 年 10 月 4 日、西之島において二酸化硫黄放出量観測を実施した。気象庁海洋気象観測船 啓風丸を利用してトラバース観測を行った。二酸化硫黄放出量の平均は約 400 ton/day、（最小量 300 ton/day、最大量 500 ton/day）だった。

気象研究所では、西之島の火山活動を把握するために、気象庁の海洋気象観測船「啓風丸」による二酸化硫黄放出量観測を行った。観測状況、結果を以下に報告する。

1. 観測状況

1) 観測日時

2015 年 10 月 4 日 11 時 25 分～14 時 20 分

2) 観測方法

船によるトラバース観測

3) 使用機器

二酸化硫黄遠隔測定装置（COMPUSS）

分光器（Ocean Optics 製）

4) 気象条件

天気は晴れ。雲量は、09 時 2、12 時 5、15 時 3 だった。噴煙は北～北北東よりの風を受け、ほぼ南に流れていることが視認できた。

5) 噴煙と火山ガスの状況

灰色の噴煙が第 7 火口からほぼ南へ流れていた。噴煙高度の中心は海拔約 1200 m だった。5 回（2.5 往復）の測定（図 1）の間、二酸化硫黄の臭気は全く感じなかった。

2. 観測結果

キャリブレーションを行った時刻（08 時 30 分頃）と実際のトラバース観測時間（11 時 47 分～）に差があったためベースラインが下方にシフトし、その後、太陽高度が下がるにつれて上方にシフトしたため（図 2）、オフセットの調整を行った。風速は、気象庁メソ解析の格子点値を用いた。二酸化硫黄放出量算出結果を表 1 に示す。5 回の測定の平均は約 400 ton/day、（最小量 300 ton/day、最大量 500 ton/day）だった。

今年 6 月 4 日に啓風丸により観測を行った結果は平均 900 ton/day であったので、二酸化硫黄放出活動は 4 か月前に比べ低下したと言える。2013 年 25 年 11 月 20 日に噴火が確認されて以降、気象庁および気象研究所で実施した観測による二酸化硫黄放出量の時系列グラフを図 4 に示す。

表 1：2015 年 10 月 4 日西之島の二酸化硫黄放出量

	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目	平均
開始時刻	11:47	12:22	12:56	13:30	14:08	—
終了時刻	11:56	12:30	13:04	13:38	14:15	—
上空風速 (m/s)	5.7	5.7	5.6	5.6	5.6	—
放出量 (ton/day)	500 (515)	500 (507)	300 (326)	300 (290)	400 (370)	400 (401.6±92.9)



図 1：二酸化硫黄放出量観測ルート（赤線）二酸化硫黄ガス検知範囲
 紫色の線は国土地理院による 2015 年 7 月 28 日時点の海岸線。

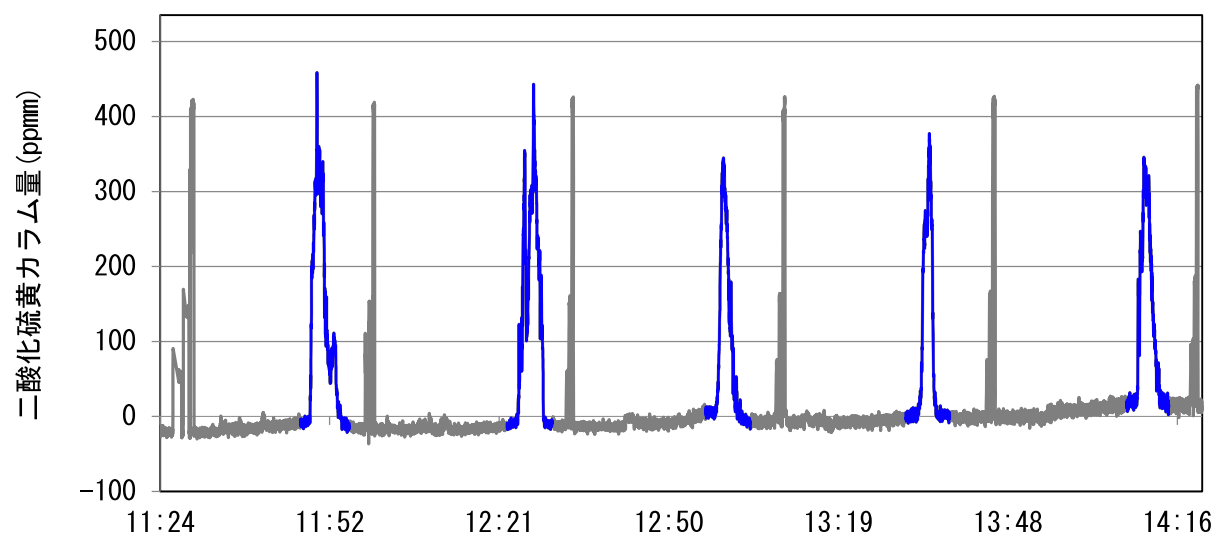


図 2：トラバース観測時の上空二酸化硫黄カラム量の変化
青色部分は二酸化硫黄検知範囲を示す。



図 3：西之島の噴煙と上空の雲の状況
2015 年 10 月 4 日 09 時 43 分、西から撮影。

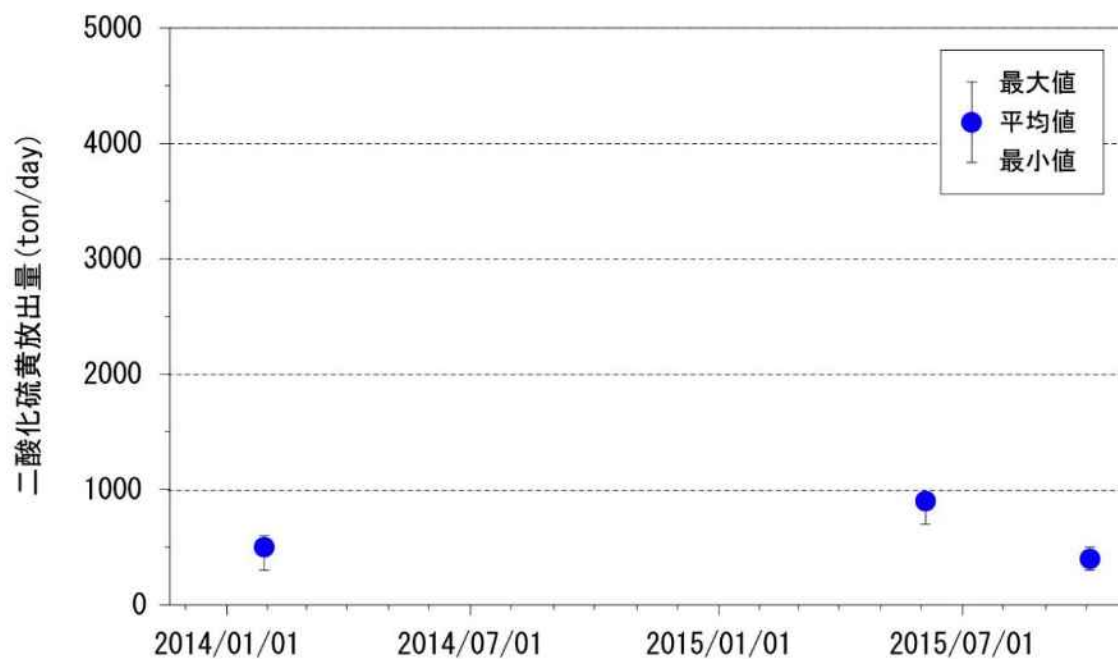


図 4：西之島における二酸化硫黄放出量の時系列グラフ

西之島火山周辺の海底地震計による合同観測(速報)

合同観測について

海上保安庁、東京大学地震研究所および気象研究所は、西之島火山周辺において合同で海底地震観測を着手したので報告する。西之島は活発な噴火活動が継続しており、周辺の浅い海域において警戒を要する航行警報(2014/6/11～島の中心から半径 6km 以内, 2015/2/24～島の中心から半径 4km 以内)が発表されている。この範囲の外側に、3 機関の自己浮上式海底地震計を 5 台ずつ、のべ 15 地点に設置した(図1)。海上保安庁の地震計は 2015 年 7 月 6 日に終了し、気象研究所は 2015 年 10 月 4 日に観測を終了したところである(表1)。既にデータ回収した海上保安庁の地震計の記録(2015 年 6 月 25 日～7 月 5 日)について概観したので報告する。

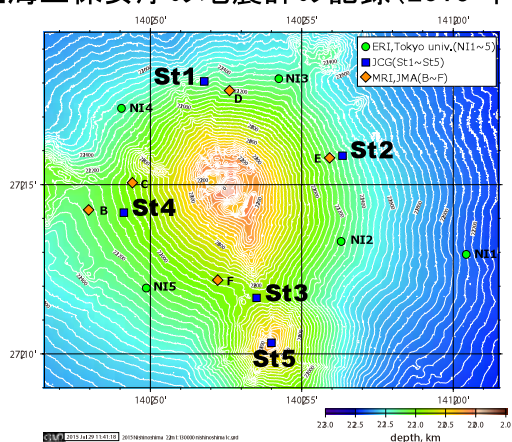


図 1 西之島周辺の海底地震計配置図。丸は地震研究所、四角は海上保安庁、菱形は気象研究所。今回は海上保安庁の記録(St1～5)について報告。

Agency	CODE	Latitude (deg.) (min.)	Longitude (deg.) (min.)	Depth (m)	Start	Close
地震研究所 ERI, Tokyo Univ.	NI1	27 12.94	141 0.42	2176.6	2015/2/27	2016~
	NI2	27 13.31	140 56.27	1258.1	2015/2/28	2016~
	NI3	27 18.17	140 54.22	1335.4	2015/2/28	2016~
	NI4	27 17.26	140 49.05	1389.3	2015/2/28	2016~
	NI5	27 11.93	140 49.89	1237.6	2015/2/28	2016~
気象研究所 MRI, JMA	B	27 14.25	140 47.99	1284	2015/6/21	2015/10/4
	C	27 15.05	140 49.41	957	2015/6/21	2015/10/4
	D	27 17.76	140 52.63	1100	2015/6/21	2015/10/4
	E	27 15.80	140 55.93	1029	2015/6/21	2015/10/4
	F	27 12.20	140 52.21	900	2015/6/21	2015/10/4
海上保安庁 Japan Coast Guard	St.1	27 18.05	140 51.78	1307	2015/6/25	2015/7/6
	St.2	27 15.85	140 56.35	1310	2015/6/25	2015/7/6
	St.3	27 11.66	140 53.53	890	2015/6/25	2015/7/6
	St.4	27 14.14	140 49.15	1051	2015/6/25	2015/7/6
	St.5	27 10.33	140 53.99	213	2015/6/25	2015/7/6

表 1 海底地震観測の期間と観測点の位置。

震動記録

微小地震の活動はきわめて活発で、St1～5 のいずれの地震計にも火山活動に伴うと考えられる紡錘状の震動が 1 分間に一回程度記録されていることがわかった(図2A)。また、西之島から南方に最も離れた観測点 St5(西之島南海丘付近)では、他の 4 点では見られない別の活発な地震活動(震動継続時間が短い)が見られた(図2B)。

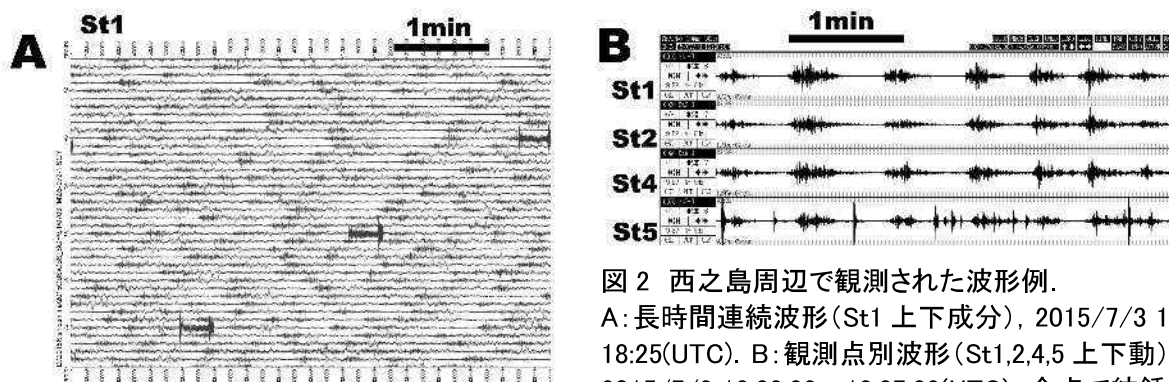


図 2 西之島周辺で観測された波形例。

A: 長時間連続波形(St1 上下成分), 2015/7/3 15:05～18:25(UTC)。B: 観測点別波形(St1,2,4,5 上下動), 2015/7/3 18:33:32～18:37:32(UTC)。全点で紡錘型の微動的な震動が記録されている。St5 にのみ、パルス的な震動が記録されている。

このふたつのタイプの地震について基礎的な調査を行った。全観測点で紡錘状に記録された微動的な震動は、1時間あたり 100 回程度の割合で定常的に発生している(図3A)。7月3日の St1 観測点の記録を抜き出し検出した結果、震動の振幅は $0.3 \times 10^{-5} \text{m/s}$ 程度と規模が揃っており(図3B, D)、また震動継続時間も 30 秒程度で間欠的に発生している(図3C)。一方、St5 にのみ記録される継続時間の短い震動の発生は群発的である(図4A)。同様に7月3日の St5 観測点の記録を抜き出し検出した結果は、振幅は $10^{-3} \sim 10^{-5} \text{m/s}$ と広い範囲の規模で発生しており、b 値は 1.3 であった(図4B, D)。震動継続時間は短く、5 秒以下が 90%以上をしめる(図4C)。

この震動継続時間が短い震動は、1) 約 20Hz 程度の高周波の地震(B 型)、2) 約 10Hz の単色地震(X 型)、3) B 型に X 型が伴う地震(BX 型)の3つに分類ができた(図 5)。X 型と BX 型は減衰が小さく、T 型、N 型あるいは screw driver 地震と呼ばれるものである。それぞれの割合は、12%、52%、36%であった(図5D)。また、それぞれの b 値は、1.0、1.8、2.7 であった(図 6)。

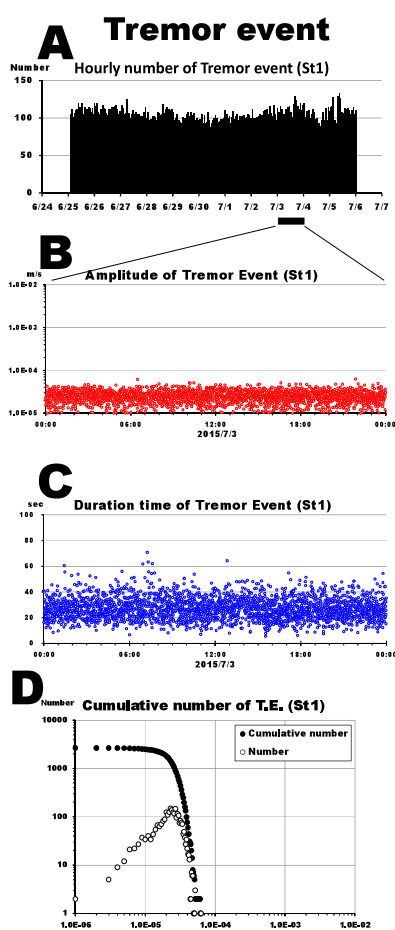


図3 微動的震動の活動(St1)
A: 時別回数, 2015/6/25 ~ 7/5(UTC). B: 振幅の時系列. 2015/7/3 (UTC). 横軸は対数.
C: 継続時間の時系列. D: 振幅の度数分布と積算曲線.

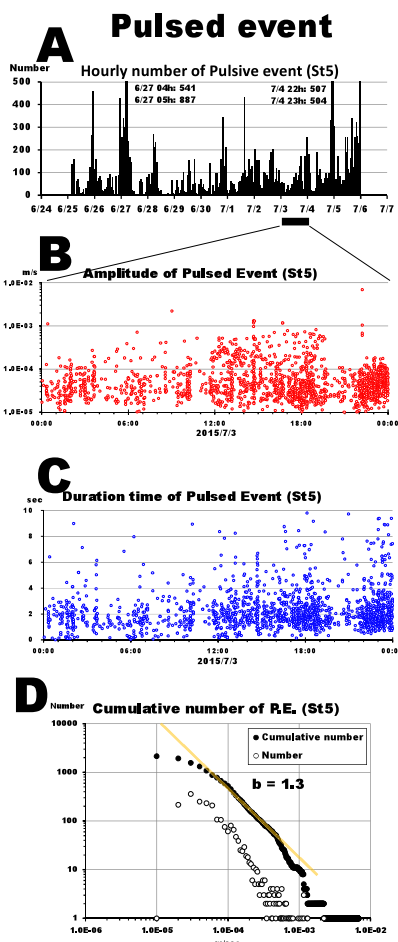


図4 パルス型震動の活動(St5)
A: 時別回数, 2015/6/25 ~ 7/5(UTC). B: 振幅の時系列. 2015/7/3 (UTC). 横軸は対数.
C: 継続時間の時系列. D: 振幅の度数分布と積算曲線.

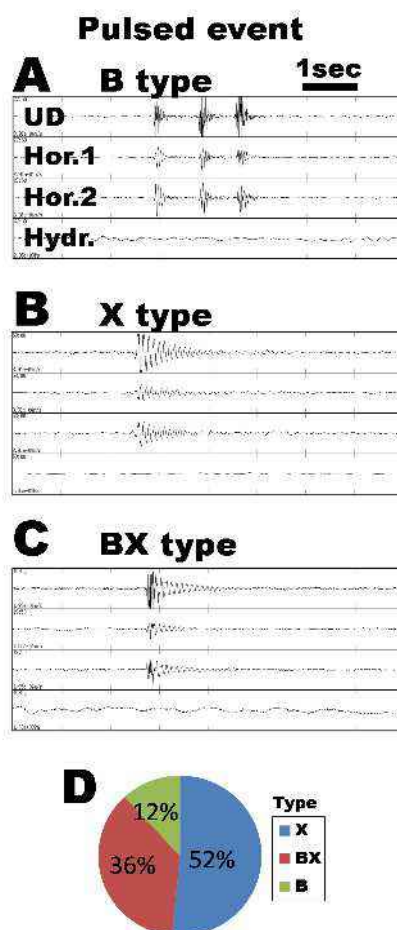


図5 パルス型震動の波形(St1)
A: 高周波型(B 型), B: 単色で減衰の小さい型(X 型), C: 先頭部に B 型を持つ X 型(BX 型), D: 3つの型別の割合.

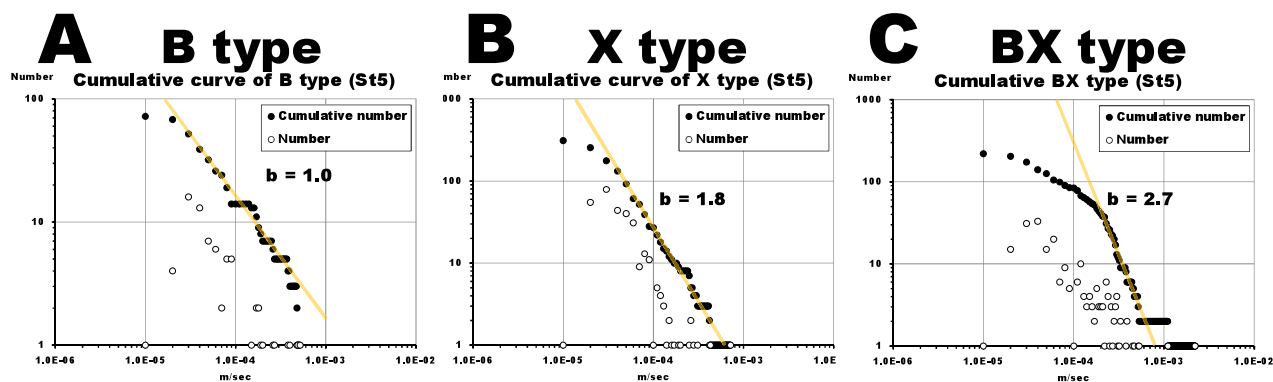


図 6 3つのパルス型震動の振幅の積算曲線

A:B 型, B:X 型, C:BX 型. b 値はそれぞれ, 1.0, 1.8 および 2.7.

考察

紡錘状の震動は初動を読み取れないため震源決定を行うには困難が予想されるが, すべての観測点で記録されているので噴火を継続している西之島本島の地震であると考えられる. その場合, 観測点距離が 4km と離れていることと, 海底地震観測に伴う観測地盤の軟弱さから, 西之島火山で発生した地震波形が記録上, 紡錘状に見えているという可能性もある. また, 船上からの観察では周期的に噴火活動が認められている(図7)ことから, この記録は噴火活動に伴う震動の可能性もある.

継続時間の短い震動は, St5 にのみ記録されている. St5 は西之島から南に 6km 離れているが, 地形的には西之島海底火山の南腹に位置する西之島南海丘の上にある. また, 海上保安庁により, これまで変色水や温度異常も確認されている.

このことから, 西之島本島とは別に, 西之島南海丘の独自の火山活動に伴う地震活動が存在する可能性を示している. ここで記録されている減衰の小さい単色地震は, 日本各地で活発に活動する火山で多く観測されるタイプである. 振幅時系列を見ると, X 型は BX 型と比べ振幅は小さいが群発的に発生し, BX 型は X 型より相対的に規模が大きく, 発生は X 型程群発的ではない. B 値も 1.8 と 2.7 と大きく異なることから, ふたつの種類の地震群の発生メカニズムが異なることを示唆する.



図 7 西之島火口からの間欠的な爆発に伴う噴煙 2015/6/4 09:32 北東側から.

謝辞

海底地震計の設置には, 国立研究開発法人海洋研究開発機構の深海調査研究船「かいいい」, 海上保安庁の測量船「昭洋」および気象庁の海洋気象観測船「啓風丸」を使用しました.

ALOS-2/PALSAR-2 データを使った 西之島における衛星解析結果

2014 年 8 月から 2015 年 9 月にかけて、陸域面積は約 2 倍に拡大したが、2015 年 7 月以降は、面積の拡大はほとんど変化していない。
SAR 干渉解析により、溶岩流出経路近傍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

使用したデータは表 1 のとおり。

表 1 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	陸域面積 変化率	強度画像	干渉ペア
14-3081 (SPT)	南行	右	2015. 03. 06	2015. 03. 20	98. 9%	図 2-ア	図 5-ア
			2015. 03. 20	2015. 04. 17	102. 7%	図 2-イ	図 5-イ
			2015. 04. 17	2015. 05. 15	102. 9%	図 2-ウ	図 5-ウ
			2015. 05. 15	2015. 06. 26	104. 7%	図 2-エ	
			2015. 06. 26	2015. 07. 10	97. 7%	図 2-オ	図 5-エ
			2015. 07. 10	2015. 07. 24	101. 0%	図 2-カ	図 5-オ
			2015. 07. 24	2015. 08. 07	100. 1%	図 2-キ	
			2015. 08. 07	2015. 08. 21	99. 3%	図 2-ク	図 5-カ
			2015. 08. 21	2015. 09. 04	101. 8%	図 2-ケ	
			2015. 09. 04	2015. 09. 18	98. 5%	図 2-コ	図 5-キ
			2015. 09. 18	2015. 10. 02	99. 7%	図 2-サ	
16-3070 (SM1)	南行	右	2014. 09. 29	2015. 08. 03	158. 1%	図 3-ア	
17-3070 (SM1)	南行	右	2014. 08. 09	2015. 09. 05	198. 4%	図 3-イ	
125-530 (SM1)	北行	右	2014. 08. 31	2014. 11. 09	143. 3%	図 4-ア	
			2014. 11. 09	2015. 03. 01	121. 9%	図 4-イ	
			2015. 03. 01	2015. 03. 15	99. 5%	図 4-ウ	
			2015. 03. 15	2015. 06. 07	106. 5%	図 4-エ	
			2015. 06. 07	2015. 06. 21	101. 2%	図 4-オ	

2. 強度画像解析結果

2014 年 8 月以降に撮像された ALOS-2/PALSAR-2 の強度画像データを使い、陸域面積を算出した（図 1）。その結果、旧西之島を含む陸域面積は 2014 年 8 月 9 日の約 1.4km² に対して、2015 年 3 月 1 日には約 2.6km² まで増加した。さらに、6 月 7 日には約 2.8km² まで増加し、以降はほぼ横ばいで推移している。

図 2 から図 4 に、各観測モードに分けて加色混合法による結果を示す。

2015 年 3 月 6 日以降、比較的高頻度で観測されているスポットライトモードの結果（図 2）では、6 月 26 日に顕著な陸域拡大が確認されてからは、ほとんど海岸線の変化はないが、中央火砕丘付近に注目するとそこから海岸に向け不規則な地表変化が確認できる。この結果は、継続して中央火砕丘付近から溶岩の流出が発生している証拠となる。また、約 1 年前後の長期間の比較によれば、1.5 から 2 倍陸域が拡大しており、南西方向を除く全方位に拡大していることが分かった（図 3）。さらに、北行軌道による解析結果（図 4）によれば、急速に陸域の拡大が行われた 2014 年 8 月から 2015 年 3 月の拡張方向は、北側が主体であるのに対し、それ以降 6 月末にかけては、主に南東側への拡大が顕著であることが分かった。

3. 相関及び干渉解析結果

2015 年 3 月以降、高頻度で観測されているスポットライトモード（分解能 3m）について、干渉解析を試みた。地殻変動による位相変化を抽出するためには、地形データが必要なため、国土地理院技術資料 C1-No. 453（撮像日：2015 年 7 月 28 日）を用いた。

相関画像における青色部分は、該当ペアにおいて相関度が低い部分を示しており、おそらく溶岩流出に伴う地形変化が原因と考えられる。同ペアにおける干渉画像と比較すると、溶岩流出部分に近接している場所において、衛星視線方向伸張の位相変化が確認できる。これは、溶岩の移動により、その流路に近接した地表面が沈降している結果を検出していると考えられる（図 5）。

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。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。

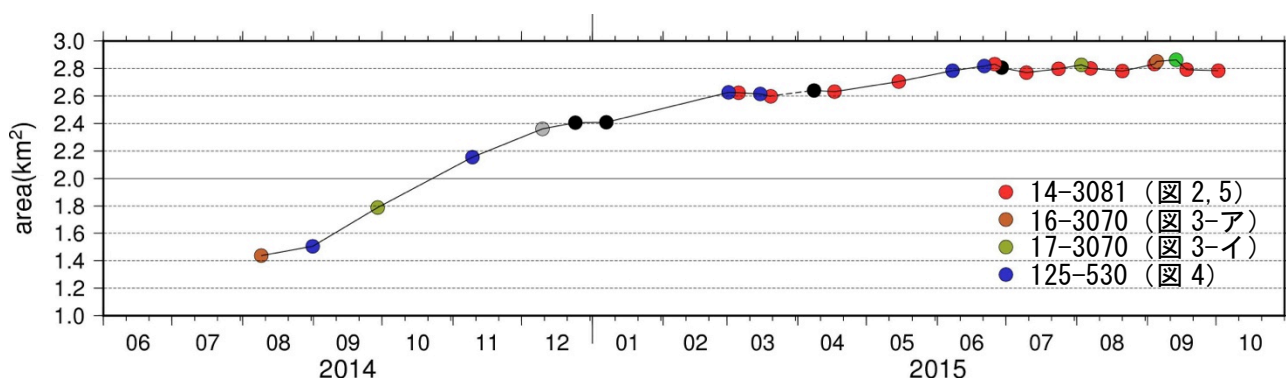


図 1 西之島における陸域面積の時系列変化

2014 年 8 月を基準とすると、2015 年 3 月初めには約 1.8 倍、2015 年 6 月初旬には、約 2 倍の面積拡大があったことが分かる。図中のカラーは撮像パスの違いによる。

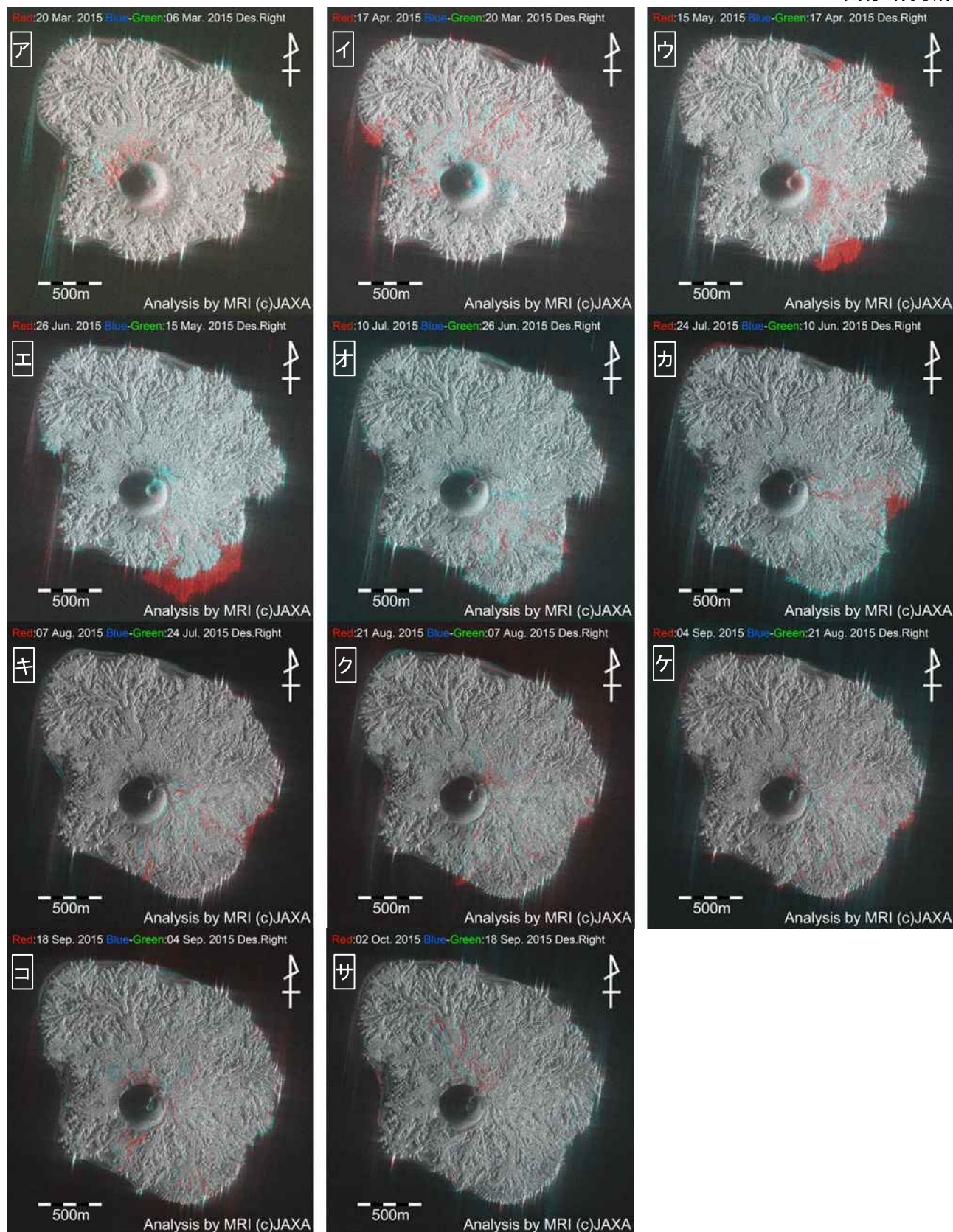


図2 path14-3081 の加色混合解析結果

新しいデータを赤に古いデータを青と緑に割当て合成することにより，陸域の拡大範囲が容易に分かる。2015 年 8 月（図キ）以降では，ほとんど陸域の拡大がないことが分かった。

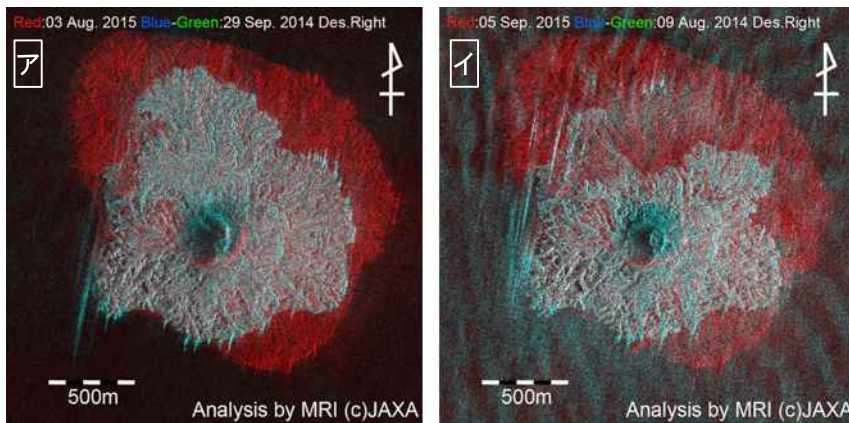


図 3 path16-3070 及び 17-3070 の加色混合解析結果

path16-3070 では約 1.5 倍，path17-3070 では約 2 倍の陸域拡大があったことが分かった。

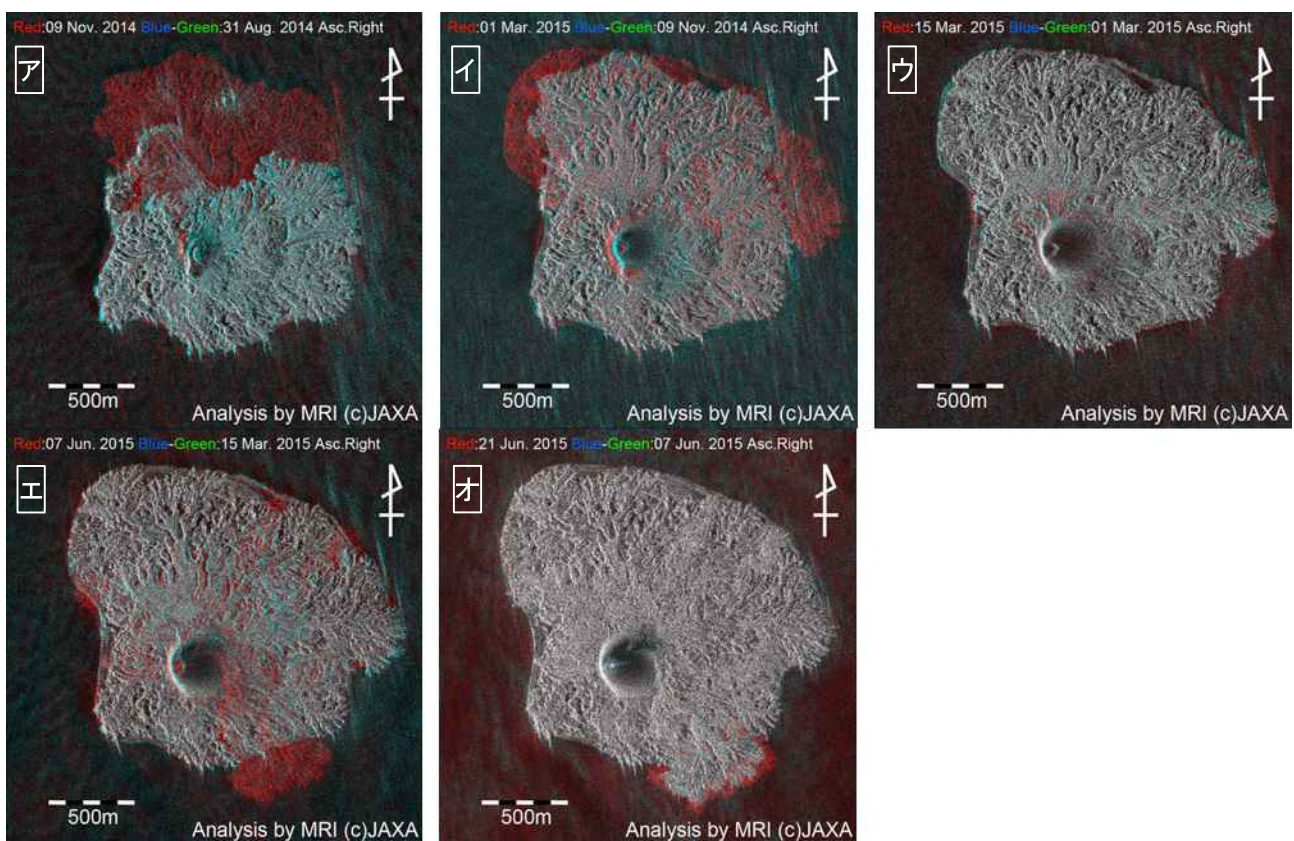


図 4 path125-530 の加色混合法解析結果

2015 年 3 月（図ウ）までは北側へ陸域を拡大していたが，それ以降（図エ）は主に南東側に拡大していることが分かった。

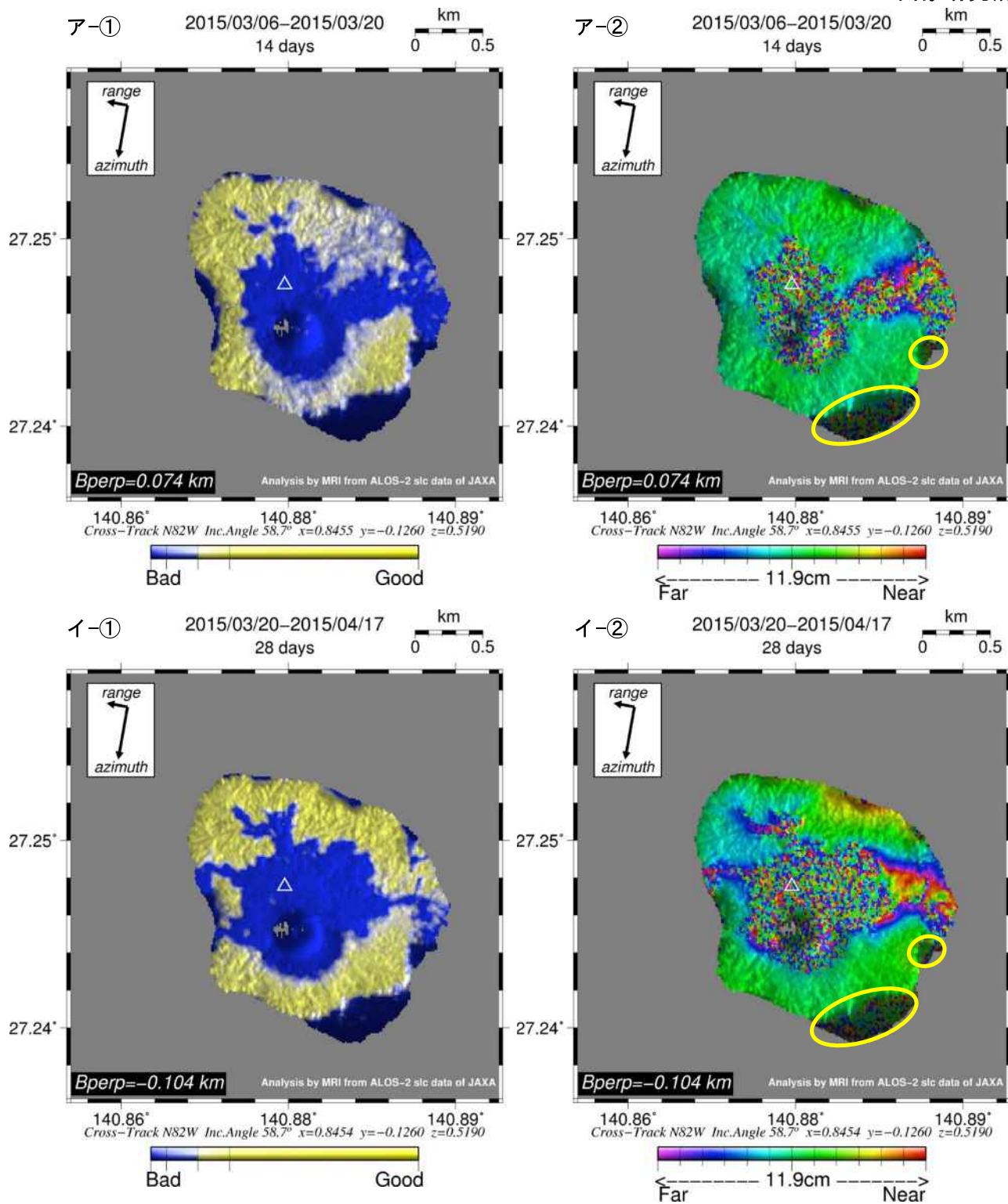


図 5 path14-3081 の干渉解析結果 (1) (①: 相関画像, ②: 干渉画像)

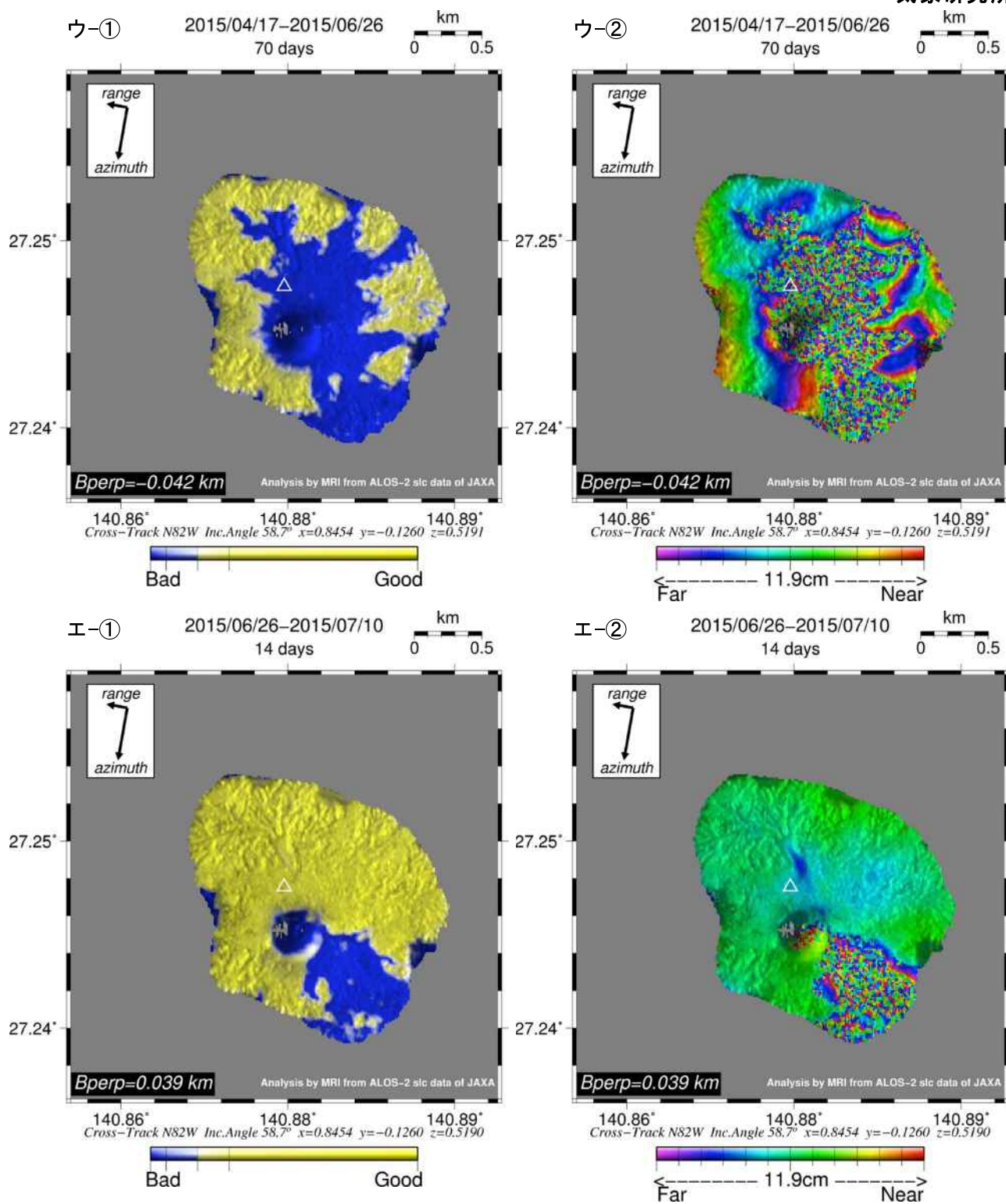


図 5 path14-3081 の干渉解析結果 (2) (① : 相関画像, ② : 干渉画像)

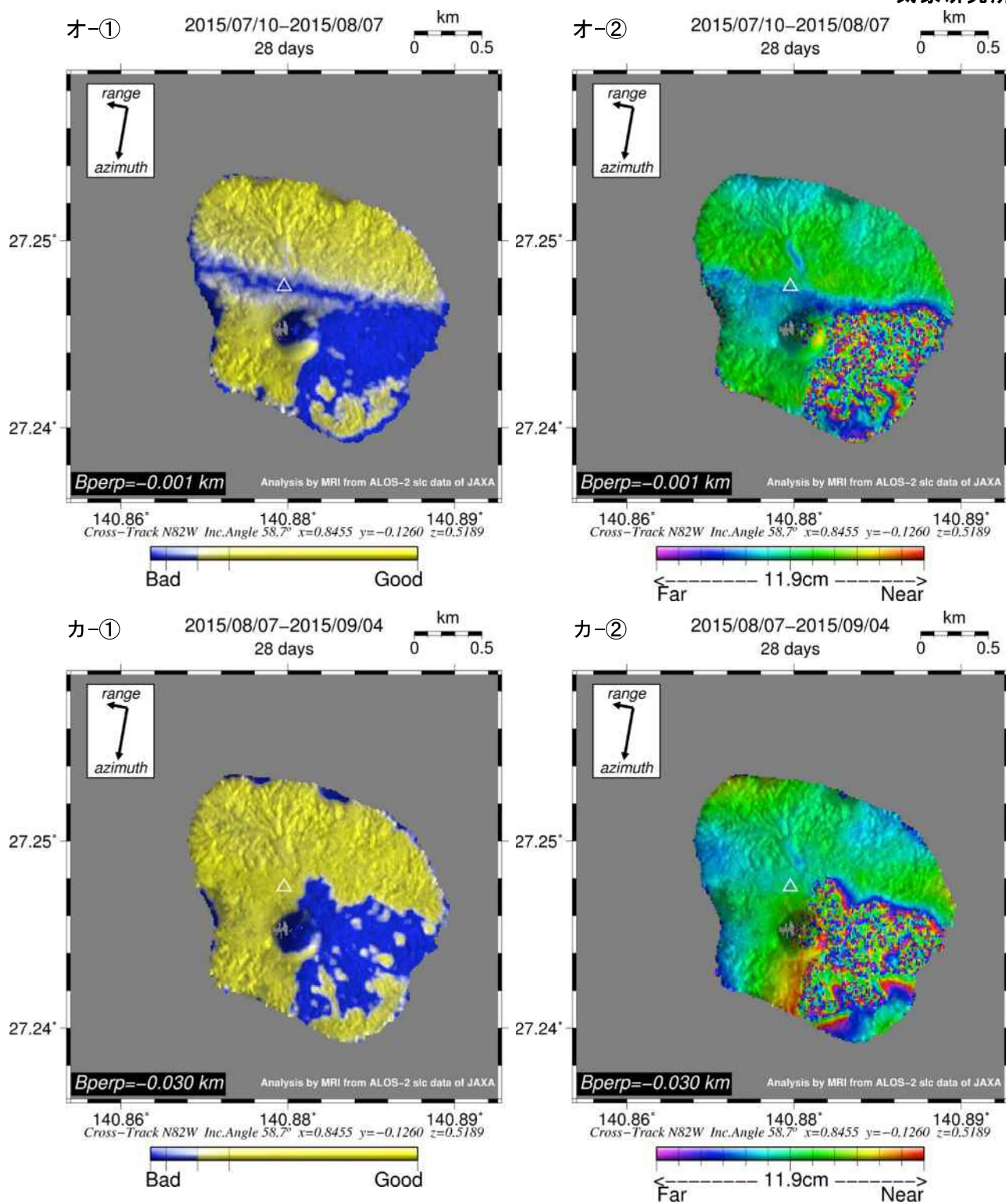


図 5 path14-3081 の干渉解析結果 (3) (①: 相関画像, ②: 干渉画像)

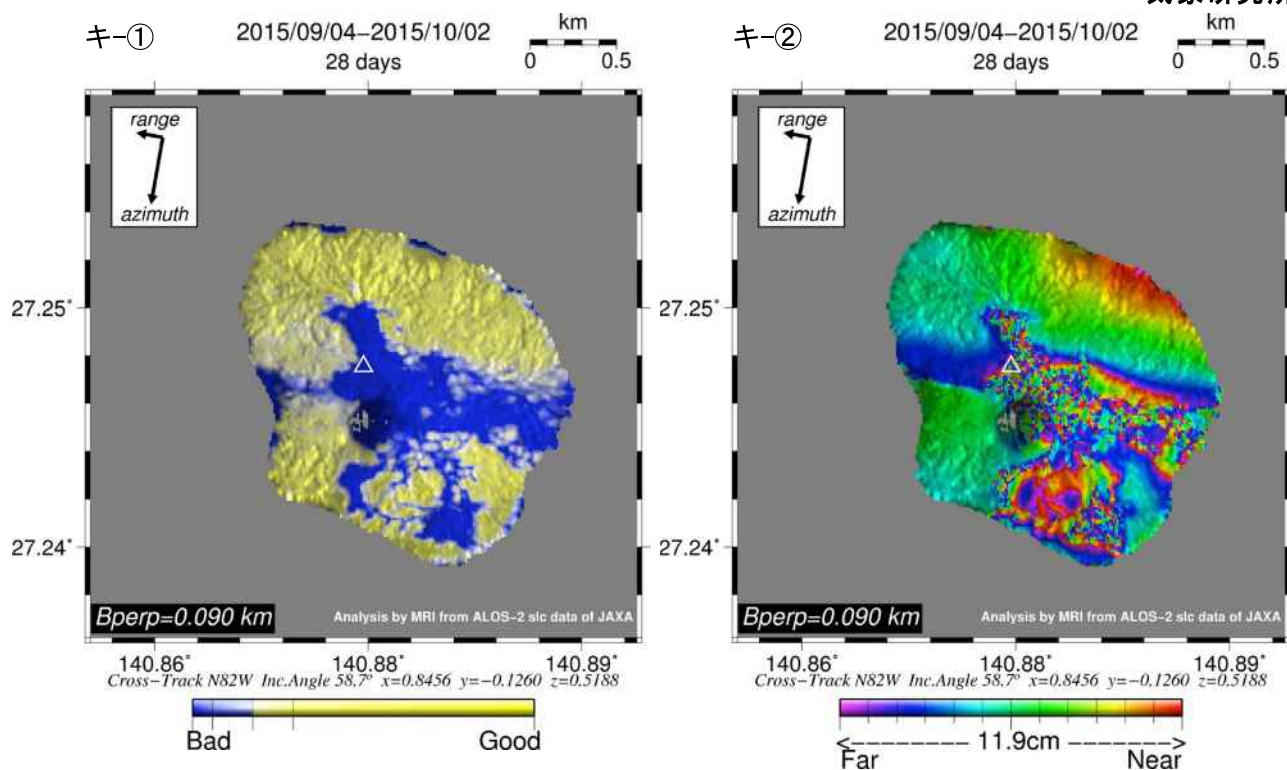


図 5 path14-3081 の干渉解析結果（４）（①：相関画像，②：干渉画像）

干渉処理の際に使用した地形データは、すべて国土地理院技術資料 C1-No. 453（撮像日：2015 年 7 月 28 日）を用いた。このため干渉ペアによっては、最初から位相情報が存在していない箇所がある（例えば、図中黄色丸印部分）。

相関画像の青色部分は、相関度が低い場所を示す。これは、当該ペアにおいて地表面が大きく変化したことを示しており、おそらく溶岩流経路に相当すると考えられる。また、同時期の干渉画像と比較すると、相関度が低い部分に近接した場所において、衛星視線方向伸張の位相変化が検出されており、溶岩の流路に近接している地表面が、溶岩の移動により沈降している結果と考えられる。

「第三開洋丸」による研究航海で採取した西之島火山礫，および海上保安庁測量船で6月26日-7月3日に採取した火山灰の岩石学的特徴

概要：

2015年6月25日-7月6日に実施された「第三開洋丸」による研究航海において採取した西之島火山礫，および，海上保安庁測量船の西之島観測において6月26日-7月3日に採取された火山灰粒子について，光学顕微鏡と走査電子顕微鏡(SEM)による観察，電子線マイクロアナライザー(EPMA)による内部組織観察と化学組成分析，XRFおよびICPMSによる全岩化学組成分析を実施した．火山礫・火山灰粒子の化学組成(全岩，石基バルク，石基内ガラス，斑晶および石基鉱物)は，2014年6月，2015年3月の噴出物と概ね一致し，2014年6月以降，噴火マグマの岩石学的特徴に変化は無い。

火山礫の岩石学的特徴：

2015年6月25日-7月6日の「第三開洋丸」による研究航海において，無人ヘリによって7月3日に西之島の南海岸から火山礫17個が採取された(図1)．このうち6個について，XRF および ICPMS による全岩化学組成分析，EPMA による内部組織観察と化学組成分析を実施した．結果は以下の通り．

- ・火山礫は2-3cm大の黒色でやや発泡しており，海岸の磯浜で波に洗われたため角が丸くなっている(図1)．
- ・火山礫6個の全岩主成分組成は，1973/74年溶岩や2014年6月の火山礫とほぼ同様である(図2)．
- ・火山礫3個の全岩微量成分組成は，7月6日に報告した2014年6月の火山礫や，2015年6月の「なつしま」航海で採取された火山灰ガラスの組成と一致する．一方で1973/74年噴出の溶岩とは，希土類元素間の比にわずかな違いが認められる(図3)．
- ・火山礫2個(試料番号D3S4-R02およびD3S4-R05)の内部は，石基(ガラスと微小鉱物)，0.5mm以下の斑晶(5-6%)，気泡(発泡度14%)，で構成される(図1)．斑晶は，斜長石，単斜輝石，斜方輝石，磁鉄鉱で構成されるが，斜長石が最も多い．石基鉱物(0.1mm以下)として，斜長石，単斜輝石，斜方輝石，ピジョナイト，磁鉄鉱があり，ガラスが石基に占める割合は58-65%である．
- ・石基バルクは安山岩組成($\text{SiO}_2=61-62\text{wt.}\%$)，石基内ガラスはデイサイト組成($\text{SiO}_2=66\text{wt.}\%$)を持つ(図4)．斜長石斑晶コアはAn52-76(図5a)，石基斜長石コアはAn42-72(図5b)，単斜輝石斑晶コアはWo38-40En34-42Fs18-28，斜方輝石斑晶コアはWo4-5En60-64Fs33-34の組成を持つ．石基バルク，石基内ガラス，斑晶および石基鉱

物の化学組成は、2014年6月3日噴火火山礫とほぼ一致する（図4および図5）。

・8個の単斜輝石-斜方輝石ペアについて地質温度計を適用した結果、マグマ温度 $1069 \pm 22^{\circ}\text{C}$ が得られた。この温度は、2014年6月3日噴火火山礫についての見積もり（ $1060\text{--}1070^{\circ}\text{C}$ ，斎藤他，2014）と一致する。

火山灰粒子（2015年6月26日-7月3日採取）の岩石学的特徴：

火山灰は海上保安庁測量船「昭洋」および無人調査艇「マンボウII」が西之島周辺で噴煙下を通過する際に、各船上に設置した回収容器で採取された（図6）。「マンボウII」での採取は、6月26日-7月3日の期間に西之島から0.2-1.2kmの海域において噴煙下を通過した際に実施され（16回通過）、採取量は0.71gだった（粒径は2mm以下）。また、「昭洋」での採取は、6月26-27日の期間に西之島から約4kmの海域において噴煙下を通過した際に実施され（多数通過）、採取量は0.26gだった（粒径は1mm以下）。さらに、「昭洋」の甲板に堆積した火山灰も採取した（採取量5.7g，粒径1mm以下）。試料は、水洗後、 90°C で一晩乾燥させ、篩い分けし、粒径1-0.5mm区間の粒子について、光学顕微鏡とSEMによる観察、EPMAによる内部組織観察と化学組成分析を実施した。結果は以下の通り。

・実体顕微鏡下の観察では、火山灰の構成粒子として、褐色および黒色で光沢のあるガラス質粒子（以下、「褐色ガラス質粒子」、「黒色ガラス質粒子」と呼ぶ）および同様の色を呈し緻密で光沢に乏しい粒子が主体となっている（図7）。これは、産総研・東大地震研・JAMSTECによる2015年6月24日および7月8日の報告と同様である。褐色および黒色ガラス質粒子は、滑らかな気泡壁を持ち、気泡壁の破断面は鋭利であることから、新鮮な本質物質と考えられる。

・褐色および黒色ガラス質粒子の内部は、石基（ガラスと微小鉱物）、0.5mm以下の斑晶、気泡で構成される（図6）。斑晶には、斜長石、単斜輝石、斜方輝石が、石基鉱物には、斜長石、単斜輝石、斜方輝石、ピジョナイト、磁鉄鉱があることが確認された。これらの鉱物組み合わせは、2015年6月採取の火山礫や2014年6月3日噴火噴出物と同様である。ガラスが石基に占める割合は50-70%で、黒色ガラス質粒子の方が褐色ガラス質粒子より、ガラスの割合がやや少ない（結晶度が高い）。

・褐色および黒色で光沢のある粒子はともに石基バルクは安山岩-デイサイト組成（ $\text{SiO}_2=62\text{--}64\text{wt.}\%$ ）、石基内ガラスはデイサイト組成（ $\text{SiO}_2=65\text{wt.}\%$ ）を持つ（図2）。斜長石斑晶コアはAn52-78（図3a）、石基斜長石コアはAn50-74（図3b）、単斜輝石斑晶コアはWo39En43Fs18、斜方輝石斑晶コアはWo4En65Fs31の組成を持つ。石基バルク、石基内ガラス、斑晶および石基鉱物の化学組成は褐色および黒色ガラス質粒子で大きな

違いは無い。また、2015年6月採取の火山礫および2014年6月3日噴火噴出物とほぼ一致する（図2および図3）。

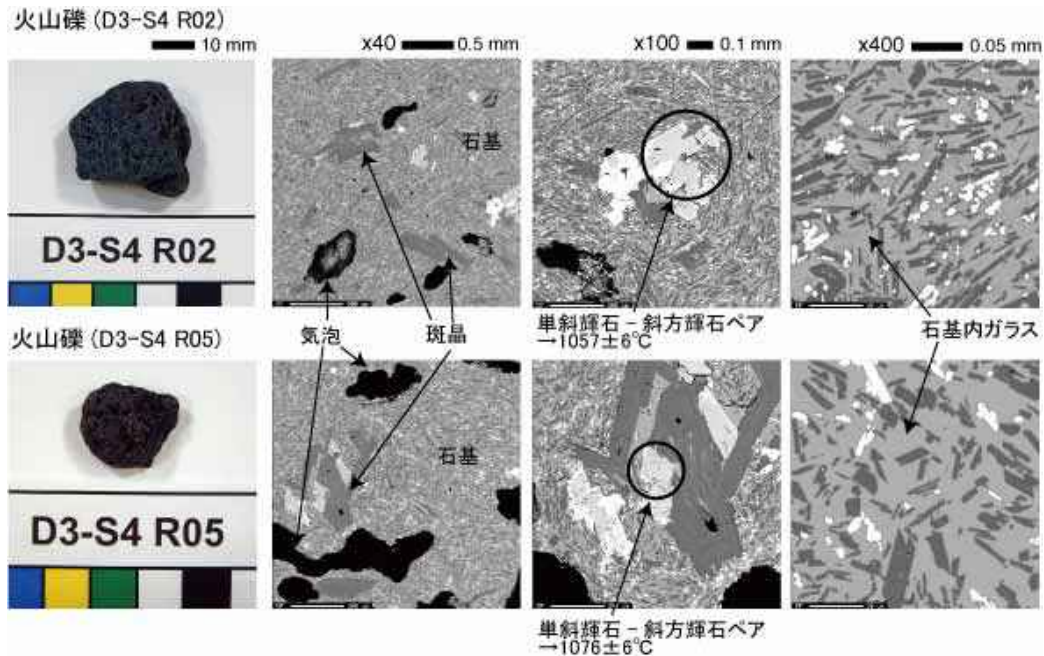


図1 EPMAによる火山礫2個（試料番号 D3-S4 R02 および D3-S4 R05）の内部の反射電子像。各火山礫内の単斜輝石-斜方輝石ペアの接触部分の化学組成に地質温度計を適用し、マグマ温度 $1057 \pm 6^\circ\text{C}$ および $1076 \pm 6^\circ\text{C}$ が得られた。

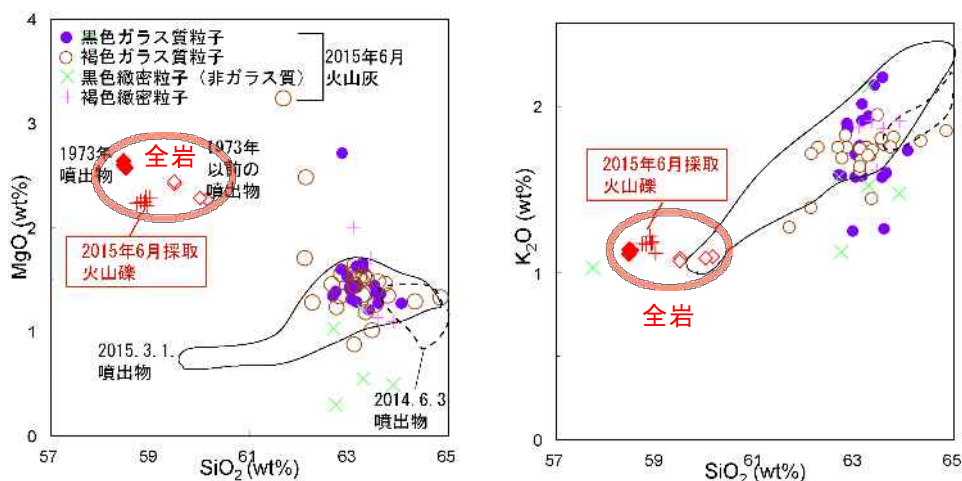


図2 火山礫の全岩主成分組成。2014年6月3日及び2015年3月1日のデータは斎藤他(2014)及び予知連資料による。2015年6月火山灰試料データは、産総研・東大地震研・JAMSTECによる2015年7月8日の報告による。西之島の1973/74年及びそれ以前の噴出物の全岩化学組成は海野・中野(2007)による。

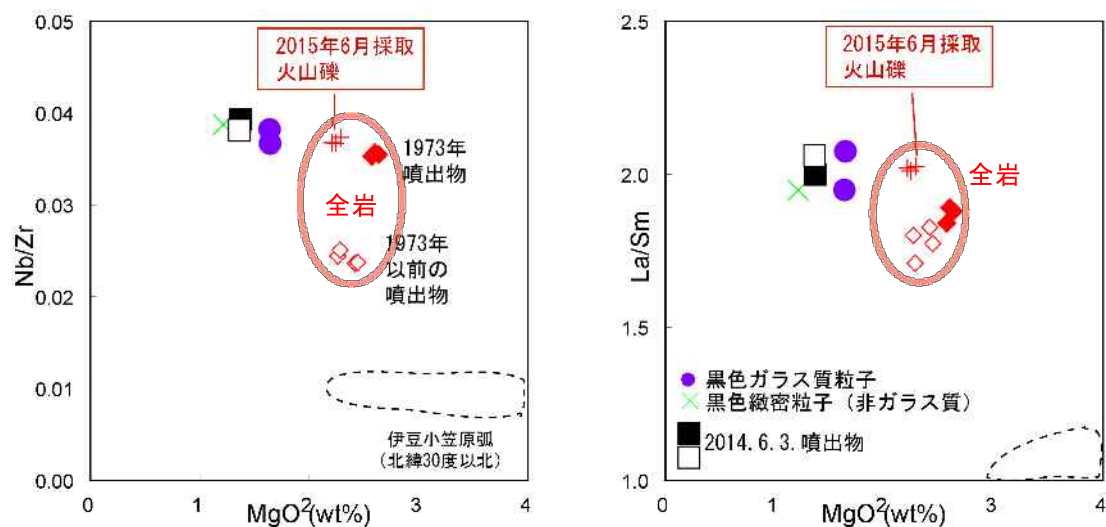


図3 火山礫の全岩微量元素組成. 西之島の1973/74年及びそれ以前の噴出物の全岩化学組成はIshizuka et al. (2007)による.

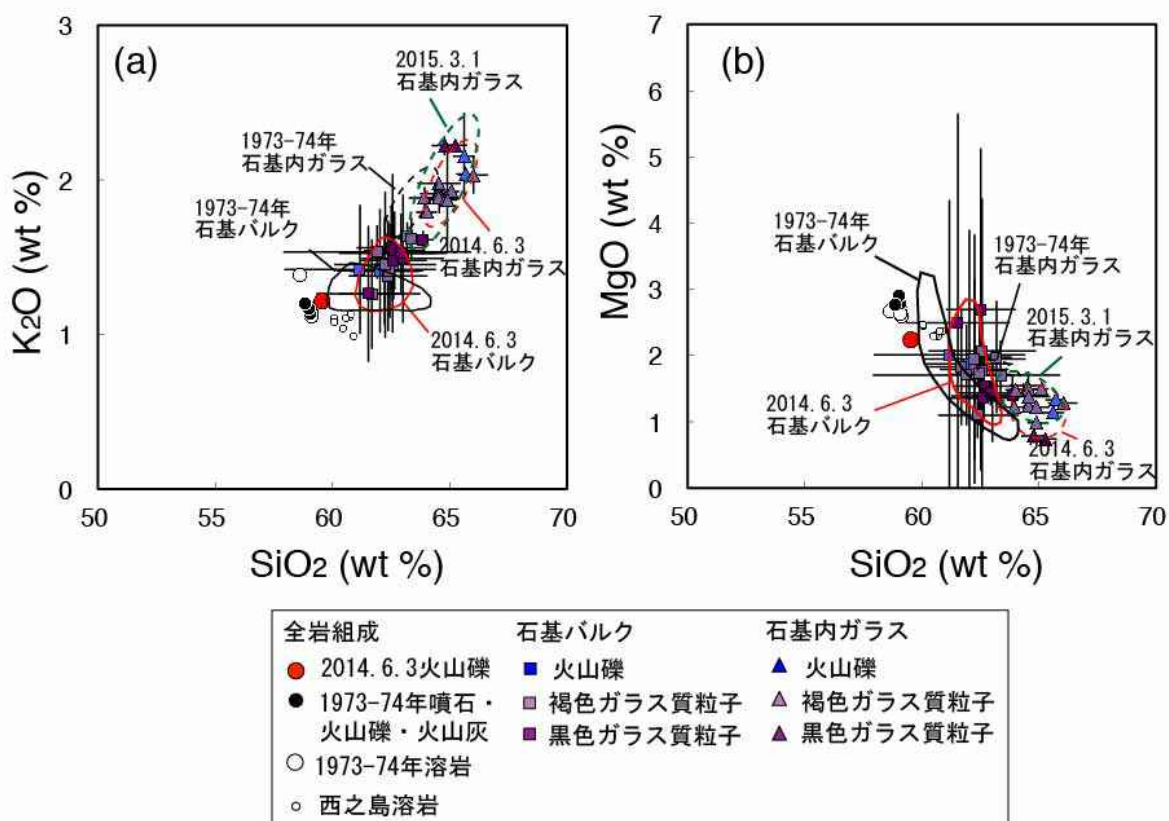


図4 EPMAによる火山礫および火山灰粒子の石基部分(石基バルクおよび石基内ガラス)の化学組成. 各濃度は主要10元素について規格化した値. 1974年以前の噴出物の全岩化学組成は, 海野・中野(2007)より引用. 各点は一つの粒子内の異なる5-60箇所での分析の平均値で, エラーバーはその標準偏差を示す.

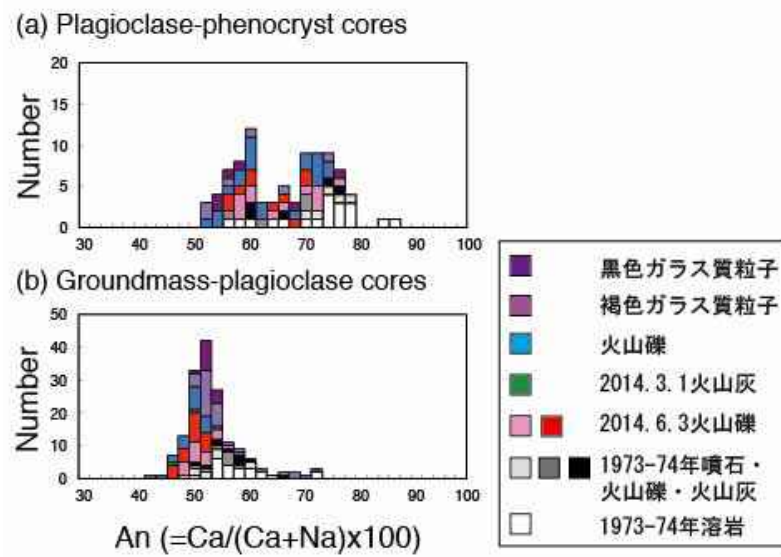


図5 EPMA による火山礫および火山灰粒子の(a)斜長石斑晶コア, (b)石基斜長石コアの化学組成. 2015 年 3 月 1 日, 2014 年 6 月 3 日および 1973/74 年噴出物の斜長石斑晶と石基斜長石のコア組成も示す.

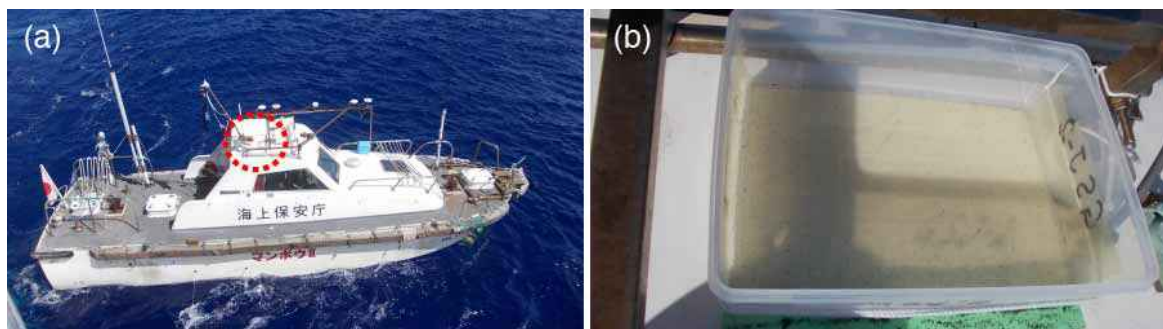


図6 海上保安庁無人調査艇「マンボウ II」による火山灰採取状況. (a)マンボウ II の天井部に火山灰回収容器を設置. (b)火山灰回収容器は 35x25x10cm, ポリプロピレン製で内部の底に両面テープを接着し火山灰を採取した.

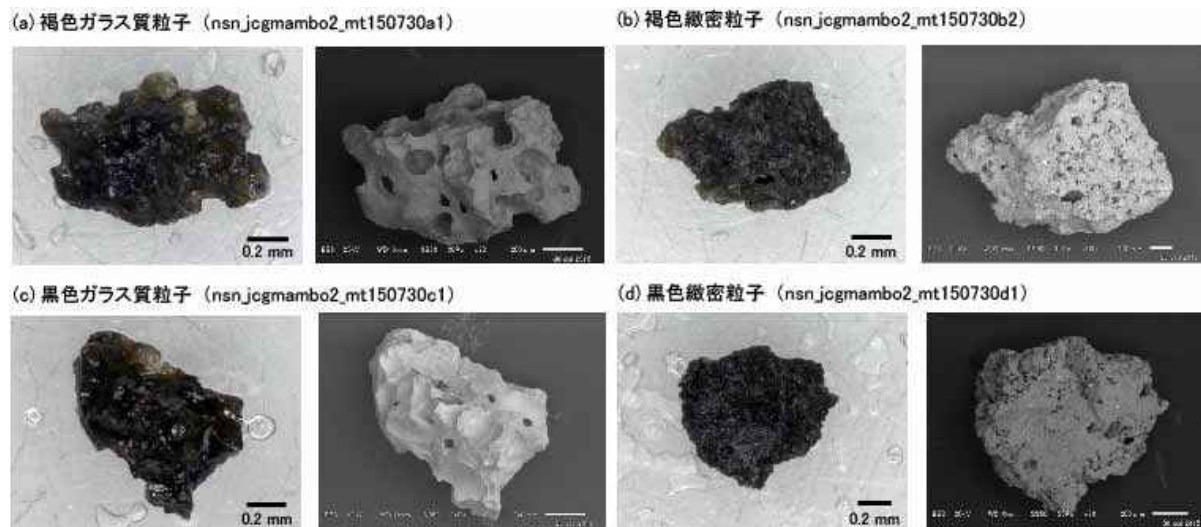


図7 火山灰粒子の実体顕微鏡写真(左)とSEMによる反射電子像(右). (a)褐色ガラス質粒子, (b)褐色緻密粒子, (c)黒色ガラス質粒子, (d)黒色緻密粒子.

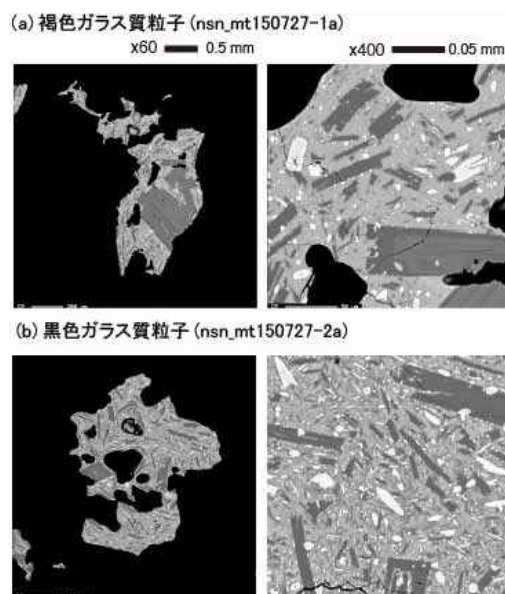
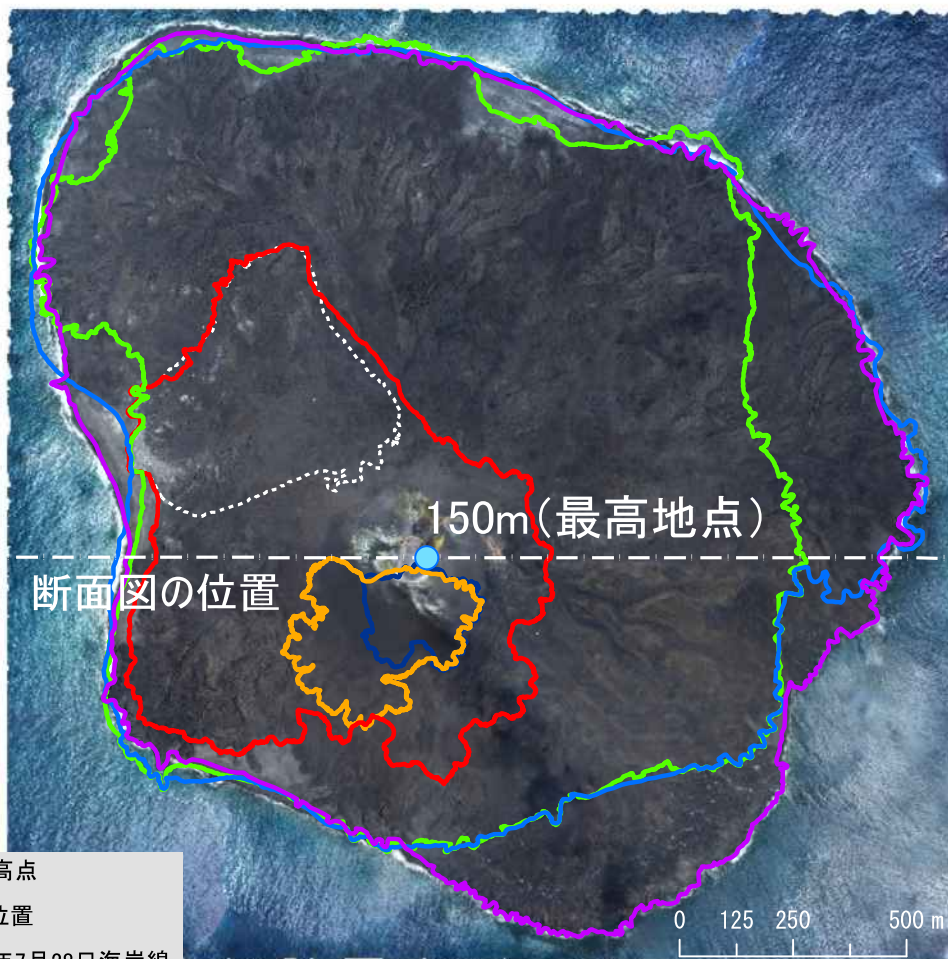


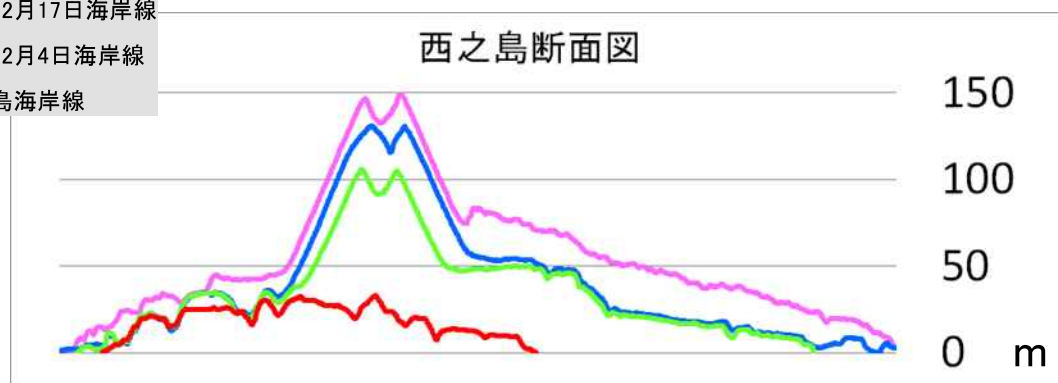
図8 EPMAによる火山灰粒子内部の反射電子像. (a)褐色ガラス質粒子, (b) 黒色ガラス質粒子.

西之島正射画像(平成27年7月28日撮影) 海岸線の変遷(2013.12.4～2015.7.28)



- 最高標高点
- 断面の位置
- 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

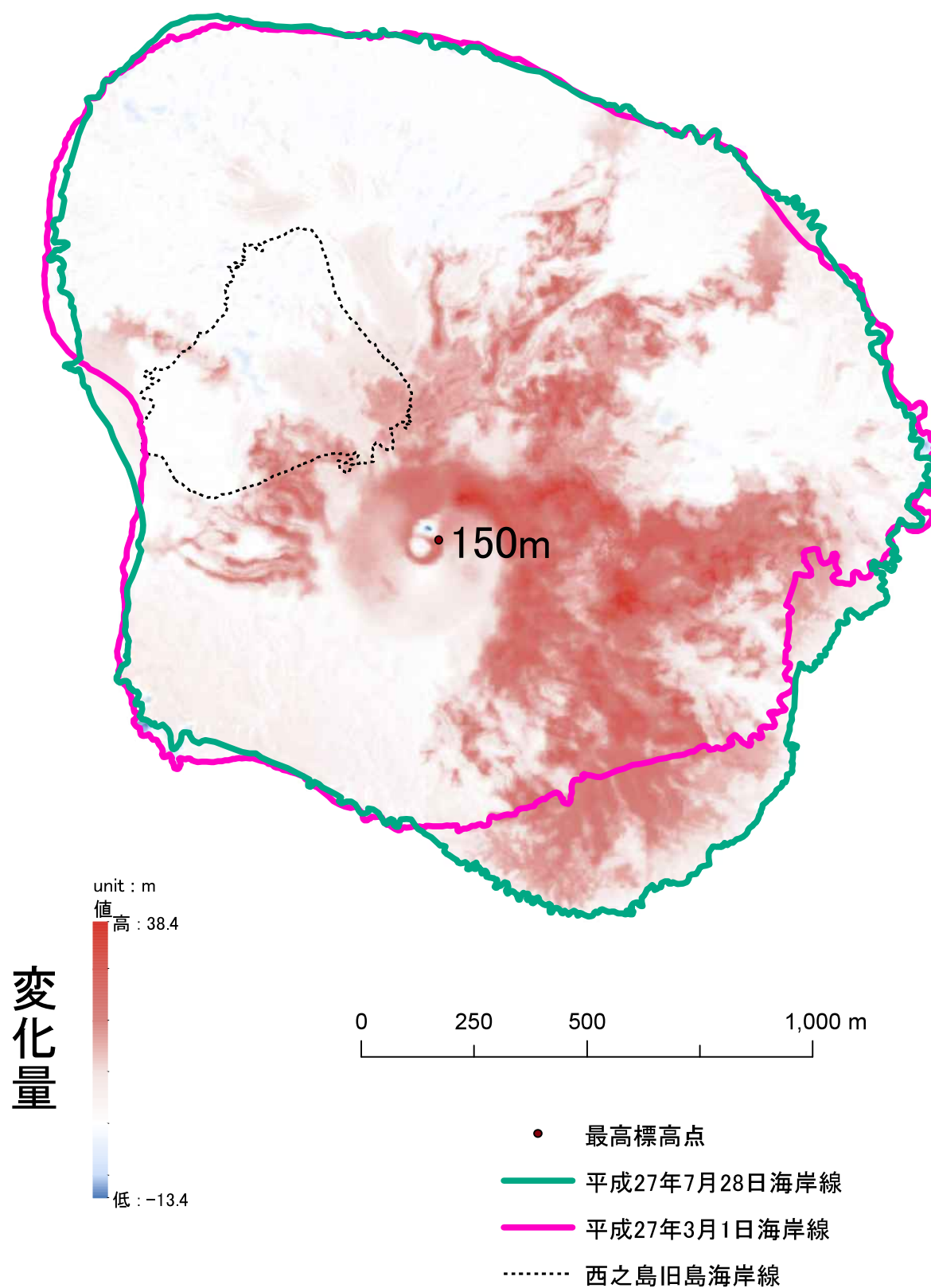
面積 約2.74km²(7月28日現在)



現火口付近最高点での断面図比較(2013.12.4～2015.7.28)

西之島

平成27年3月1日から平成27年7月28日までの高さの変化



西之島

空中写真に基づく西之島の地形変化に関する計測結果

撮影日	新たな 陸地の面積 (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	海面上への 溶岩の流出速度
平成25年12月17日 (「くにかぜⅢ」による撮影)	約0.097 km ²	約39 m	約80 万 m 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12 万 m ³
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
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10 万 m ³
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18 万 m ³
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17 万 m ³
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14 万 m ³

※「新たな陸地の面積」は、平成25年12月17日の撮影分以外は、旧島部分を含む。(これまでの西之島の面積：0.29km²)

※平成25年12月4日と平成26年12月10日に撮影した写真では、雲や噴煙が多く立体的に把握することが困難であり、一部のデータが算出不能であった。

これまで撮影した空中写真の比較



①平成25年12月4日



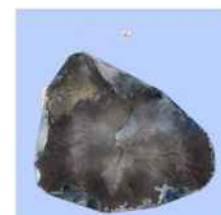
②平成25年12月17日



③平成26年2月16日



④平成26年3月22日



⑤平成26年7月4日



⑥平成26年12月4日



⑦平成26年12月10日



⑧平成27年3月1日



⑨平成27年7月28日(今回)

西之島

平成25年からの西之島沖噴火による新たな陸地の形成・拡大について (第八報)

平成25年11月20日に西之島の南東約500mの海上で新島の形成が確認され、その後も噴火は継続し、西之島と一体となり島の面積は拡大を続けている。

平成27年7月28日にUAVで撮影した空中写真を判読して地形判読図を作成した。地形判読により判明したことは以下のとおりである。

1. 溶岩流の噴出による島の拡大

主火砕丘(C1)北東から溶岩が噴出し、溶岩流は西方、北東方、南東方へ流下した。南東方に流下した溶岩の量が最も多く、南東方向に島が拡大した。

2. 小火砕丘の形成

主火砕丘(C1)北東の火口は、7月28日現在活動を停止しているが、溶岩流噴出後に小火砕丘(C2)を形成している。

3. 主火砕丘の成長の鈍化

主火砕丘(C1)は、平成27年3月1日時点と比較してあまり大きさが変わっていないが、山頂には複数の火口が形成されている。また、地表面に硫黄等が生成されて、黄色から白色の変色域が広がっている。

4. 溶岩流先端の侵食と砂州の形成による滑らかな海岸線の形成

溶岩流先端が波浪により侵食され、湾入部に溶岩片等が堆積して砂州(S)が形成されている。その結果、新たな溶岩流が海に流入している場所を除いて、滑らかな海岸線が形成されている。

西之島 地形判読図

凡例 (分類記号)

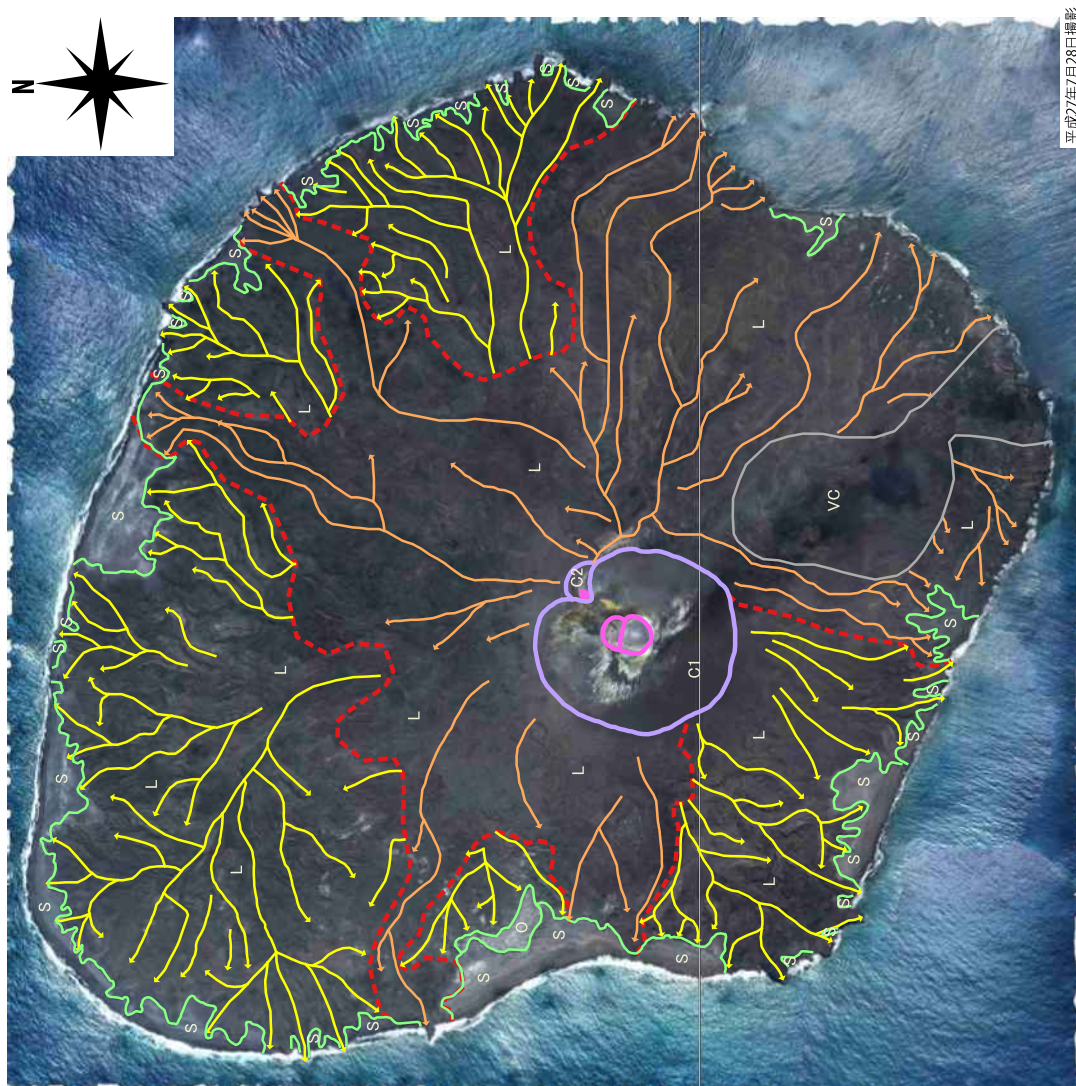
- C1 : 主火砕丘
- C2 : 小火砕丘
- L : 溶岩流
- O : 旧陸部
- S : 砂州
- VC : 噴煙 (判読不能域)

凡例 (ライン)

- 火口 (平成27年7月)
- 火砕丘 (平成27年7月)
- 新溶岩流 (平成27年3月～7月)
- 旧溶岩流 (平成27年3月以前)
- - 新旧溶岩流の境界線
- 地形界 (平成27年7月)



西之島



平成27年7月28日撮影

撮影した斜め写真（簡易動画として公開）

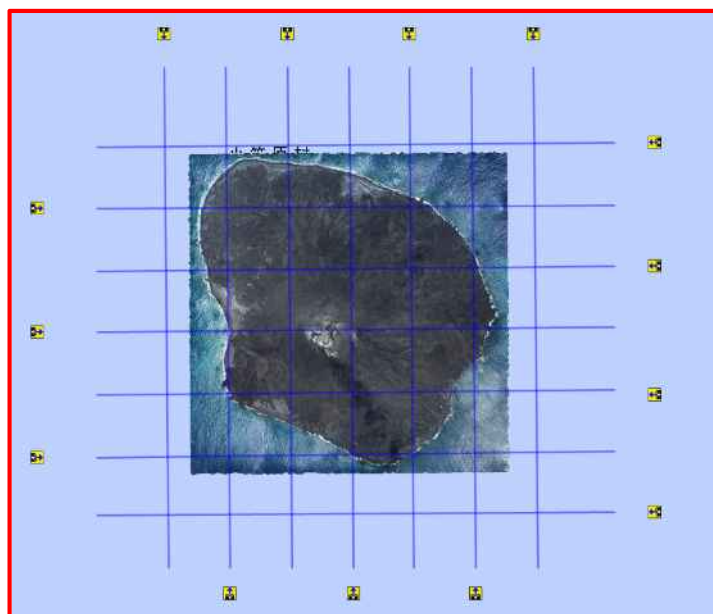


現在の西之島のすがた



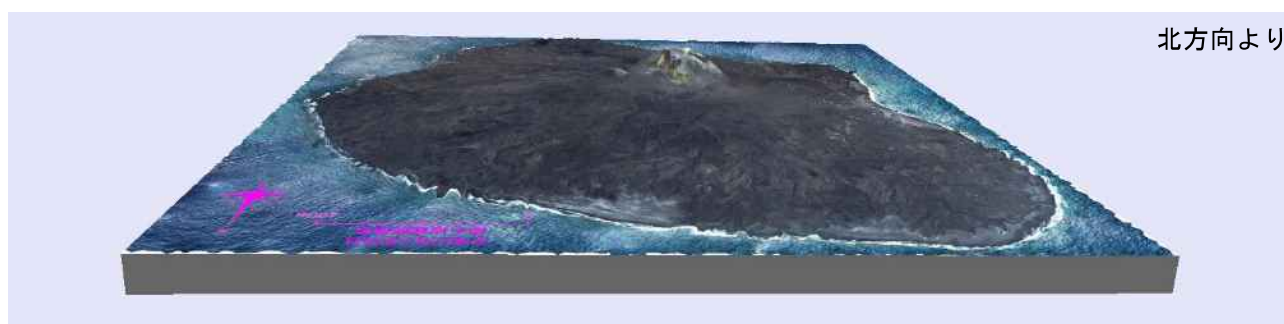
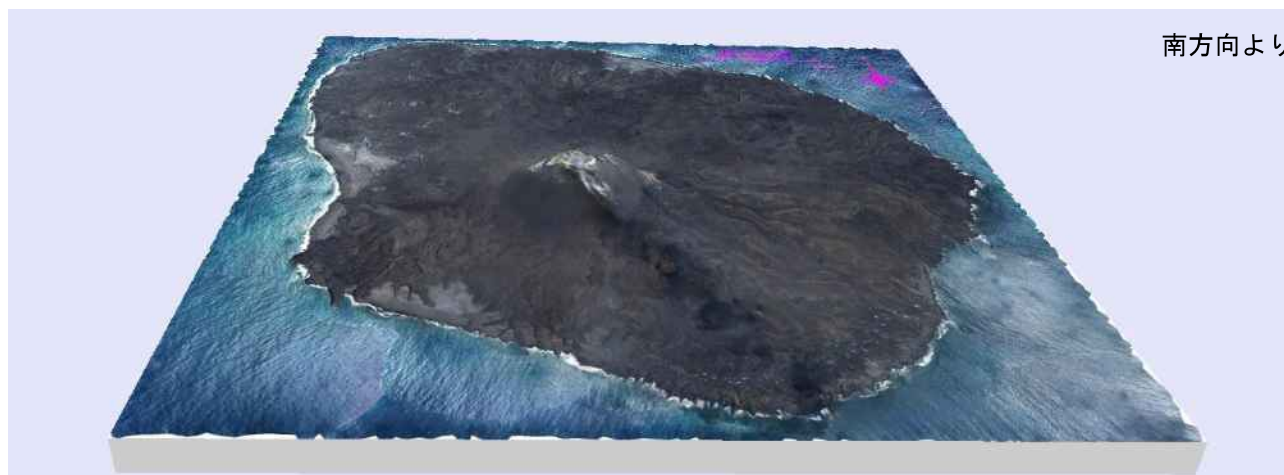
噴煙を上げる最高標高点付近

撮影した斜め写真のコース図
(地理院地図上では、各コース端のカメラ
アイコンをクリックすると、閲覧サイトの
URLが表示されます)



西之島

西之島周辺の立体図

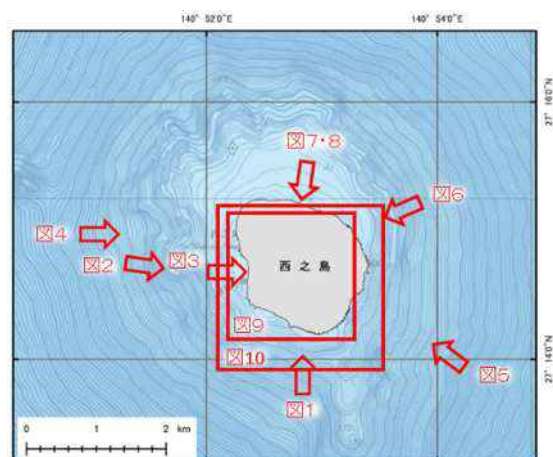


平成27年7月28日の西之島周辺の立体図（高さ強調度1倍）

「地理院地図」に西之島付近の噴火活動関連情報を掲載しています
<http://www.gsi.go.jp/gyoumu/gyoumu41000.html>

西之島

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
2015/6/7	第三管区 海上保安本部	第7火口で白色の噴煙が、常時放出されていた。 火砕丘北東斜面の溶岩流出口から溶岩が流出し、火砕丘東側を回り込んで扇型に拡がりながら南東方向へ流下していた。 南東方向へ流下した溶岩流は海上に延伸し、この先端で水蒸気が上がっていた。 変色水域は、西之島の南東岸から北西岸までの海岸線には沖に向かって幅約 200～400mの薄い黄緑色の変色水域が分布していた。 なお、西之島の北東から東側は、雲及び噴煙により確認できなかった。
2015/6/12	第三管区 海上保安本部	第7火口でやや茶色が混ざった白色の噴煙が、常時放出されていた。第7火口内に小火砕丘が形成され、その小火砕丘から噴煙が放出されていた(図1)。 火砕丘北東側にある溶岩流出口付近から連続的に白煙が放出されていた。 溶岩流は、南東海岸に向けて扇型に拡がりながら流下し、この先端で水蒸気が上がっていた。 変色水域は、西之島の海岸線に沖に向かって幅約 50～100mの薄い黄緑色の変色水域が分布していた。
2015/6/14	第三管区 海上保安本部	第7火口でやや茶色が混ざった白色の噴煙が、常時放出されていた。第7火口内に小火砕丘が形成され、その小火砕丘から噴煙が放出されていた。熱赤外画像によると、第7火口からは噴煙とともに溶岩片が放出されていた。 溶岩流は、西之島の南東部が雲に覆われていたため確認できなかった。 変色水域は、西之島の南岸、北西岸、北東から南東岸の3ヶ所のそれぞれに、沖に向かって幅約 50～100mのごく薄い黄緑色の変色水域が分布していた。 なお、西之島周辺海域には、変色水域は認められなかった。
2015/6/18	海上保安庁	第7火口で噴火間隔が約 10～20 秒、噴火継続時間 20～40 秒で噴煙及び溶岩片を放出する噴火を継続していた(図2)。噴煙は、高さ約 450mの明灰色で東北東方向へ流れていた。 5月20日の観測時にも認められた火砕丘北東斜面に形成されている溶岩流出口はホルニト状となっていて、青白色の火山性ガスを放出していた(図3)。 溶岩流は、南東海岸線付近に扇状に拡がっていたが、5月20日と比較して溶岩流の拡大に伴う海岸線付近の水蒸気の量は減少していた。 熱計測画像では、溶岩流出口から南東方向の溶岩流に高温域は認められなかったが、溶岩流先端付近は、高温となっていた。

年月日	調査機関等	活動状況
2015/6/18	海上保安庁	西之島の海岸付近にはごく薄い黄緑色の変色水域が、海岸線に沿って幅約 100～200m で分布していた（図 4）。 なお、西之島南海丘及び西之島南西約 10km 付近海域を含めて、西之島周辺海域には変色水域等の特異事象は認められなかった。 新たな陸地の大きさは、東西約 1,980m、南北約 2,090m となり、5 月 20 日調査時と比べて、東西方向は約 20m 減少し、南北方向は約 190m 増加した。 また、新たな陸地の面積は、5 月 20 日調査時の 2.57km² と比較すると約 0.13km² 拡大して 2.70km² となった（計測値は暫定値）。 なお、西之島及び新たな陸地には、津波を発生させる恐れのある、海岸線に平行して走る断層やクラックは認められなかった。また、旧西之島付近の地形変化は認められなかった。
2015/7/2	第三管区海上保安本部	第 7 火口から灰色の噴煙を放出していた。ホルニトからは白色噴気が間欠的に放出されていた。 変色水域は、西之島全域の海岸線から沖に向かって幅約 100～500 m の青白色の変色水域が分布していた（図 5）。
2015/7/21	第三管区海上保安本部	第 7 火口でやや灰色が混ざった白色の噴煙が常時放出され、噴火は 1 分間に数回の頻度で確認できた。第 7 火口は北側の火口縁が崩れ火口の形状が大きく変化していた。また、第 7 火口周辺及び火砕丘北側の広範囲に硫黄が析出したと思われる黄褐色の部分が認められた（図 6）。 ホルニト付近に顕著な変化は認められず、ホルニトからは白色の噴煙を放出していた。この噴煙の放出口付近はやや赤みがあることから溶岩がホルニトの近くまで上昇しているものと思われる。 溶岩流は、ホルニトの東側斜面の溶岩流出口から東方向に流出し、西之島の東海岸付近に達していた。溶岩流が達した海岸線では、水蒸気が認められた。 青白色の変色水域は、西之島全域の海岸線から沖に向かって幅約 100～1,000m で分布していた。なお、西之島沖の周辺海域には、変色水域は認められなかった。
2015/7/24	第三管区海上保安本部	第 7 火口からの噴煙の放出は続いているものの、これまでのような爆発を伴う噴火はほとんど認められず、噴煙の量も少ない。第 7 火口の北側の火口縁は崩れたままであるが、今月 21 日の時に比べ火口全体が噴石によって埋積されているように見える。 ホルニトからは依然として白色の噴煙が放出されており、噴煙の放出口付近はやや赤みを帯びていることからマグマの頂部がホルニトの近くまで上昇していることを示唆する。 溶岩流は、ホルニトの東斜面基部の溶岩流出口から東方向に流出し、東海岸に達していた。この海岸付近では活発な水蒸気の放出が認められた。 黄褐色の変色水域が、溶岩流が海に流入している前面に分布しているほかは、青白色の変色水域が、西之島全域の海岸線から沖に向かって幅約 100～1,000m で分布していた。
2015/7/31	海上保安庁	第 7 火口内の北側に新たな小火口が形成され、第 7 火口は拡大していた。第 7 火口周辺及び火砕丘の広範囲に硫黄の析出と思われる黄色く変色した噴気帯があり、この付近と火砕丘北東斜面に形成されているホルニトから青白色～白色の火山性ガスが放出されていた。 第 7 火口の 2 つの火口からは、灰白色の噴煙が爆発を伴わず連続的に放出されており、噴煙はほぼ垂直に上昇していた。 溶岩流は、ホルニトのやや東側に形成された溶岩流出口から東方向に流出し東海岸まで達していた。また、別の溶岩流は、溶岩流出口から南東～南方向に流下していた。東方向の溶岩流のやや北側には溶岩原を流出点として南東方向に流下し西之島東海岸に達した溶岩流があった。 西之島の東海岸の溶岩流と接している海岸付近に薄い褐色の変色

年月日	調査機関等	活動状況
2015/7/31	海上保安庁	水域が分布し、薄い黄緑色の変色水域が、西之島の海岸線に沿って幅約 100～200m で分布していた。 なお、西之島南海丘及び西之島南西約 10km 付近海域を含めて、西之島周辺海域には変色水域等の特異事象は認められなかった。 また、西之島及び新たな陸地には、津波を発生させる恐れのある、海岸線に平行して走る断層やクラックや、旧西之島付近の地形変化は認められなかった。
2015/8/19	海上保安庁	火砕丘にある 2ヶ所の噴火口を有している第 7 火口から、約 1 分～1 分 30 秒間隔で白色の噴煙を上げて噴火が継続していた。火口縁及び火砕丘の北東斜面にあるホルニト状の噴気孔からは、青白色～白色の火山ガスが連続的に放出されており、白～黄色の火山昇華物が周辺に広く分布していた（図 7）。 また、火砕丘北東側斜面の山頂からホルニト状噴気孔までの場所が陥没し、その陥没部分に 2015 年 7 月 6 日の側噴火跡と考えられる凹地が認められた。 溶岩は火砕丘北東斜面の麓にある流出口から北方向と東北東方向に地表を流下していた。また、溶岩は溶岩トンネル経由して東方向と南方向へも流れており、東岸及び南岸の一部では水蒸気が放出されていた。 なお、西之島及び新たな陸地には、津波を発生させる恐れのある、海岸線に平行に走る断層やクラックは認められなかった。 西之島の周囲には、褐色の変色水域が海岸線に沿って幅約 100～200m で分布していた。また、西之島南海丘を含めた西之島周辺海域には、変色水域等の特異事象は認められなかった。 新たな陸地の大きさは、東西約 1,980m、南北約 1,970m となり、6 月 18 日調査時と比べて東西方向は変化がなく、南北方向は約 120m 減少した。 これは、溶岩流により主に東南東方向には拡大していたが、全般に波浪による浸食と思われる海岸線の後退が認められ、特に南岸での海岸線の後退は顕著であった。 また、新たな陸地の面積は、6 月 18 日の 2.70km² と比較すると 0.01km² 増加して 2.71km² となった。
2015/8/23	第三管区 海上保安本部	約 5 分間の調査中、火砕丘にある第 7 火口の 2ヶ所の噴火口からの噴火は認められなかった。 火口縁、火砕丘西斜面、南東斜面の噴気帯及び北東斜面にあるホルニト状噴気孔からは、青白色～白色の火山ガスが連続的に放出されており、白～黄色の火山昇華物が周辺に広く分布していた。 西之島の周囲には、薄い褐色の変色水域が海岸線に沿って幅約 100～200m で分布していた。
2015/9/16	海上保安庁	第 7 火口の 2つの噴火口を分ける壁が崩落していた。また側噴火跡と考えられる凹地が V 字谷状の地形を形成して第 7 火口と接続していた。結果としてこれら全体で第 7 火口を形作っていた。さらに、第 7 火口内には小火砕丘が形成されていた（図 8）。 第 7 火口及び火口縁付近の広範囲の噴気帯からは青白色の火山性ガスが連続的に放出されていたが、第 7 火口からの噴煙は調査中認められなかった。また、噴気帯には硫黄と考えられる黄色の火山昇華物が広範囲に分布していた。 溶岩流は、火砕丘の北東にある溶岩流出口から、西、北東及び火砕丘の東側を回り込んだ南西の 3 方向に流出していた（図 9 及び図 10）。また、東海岸の 1ヶ所に小規模な溶岩流があり、この海岸線付近で時折水蒸気が認められた。 西之島の周囲には、薄い褐色の変色水域が海岸線付近に幅約 200～300m で分布していた。この変色水は西之島の西方に長さ約 2,000 m 以上で流れていた。 なお、西之島及び新たな陸地には、津波を発生させる恐れのある、海岸線に平行に走る断層やクラックは認められなかった。

年月日	調査機関等	活動状況
2015/9/16	海上保安庁	西之島南海丘を含めた西之島周辺海域には、変色水域等の特異事象は認められなかった。 新たな陸地の大きさは、東西約 1,940m、南北約 1,950m となり、8 月 19 日調査時と比べてほぼ変化がなかった。 また、新たな陸地の面積は、8 月 19 日の 2.71km ² と比較すると 0.04km ² 減少して 2.67km ² となった。
2015/9/20	第三管区海上保安本部	第 7 火口内の北側で小規模な噴火を確認したが、前回 9 月 16 日に確認された第 7 火口内の小火砕丘での噴火は確認されなかった。 第 7 火口内及び火砕丘東斜面の噴気帯から、青白色～白色の火山ガスが連続的に放出されており、火砕丘には白～黄色の火山昇華物が周辺に広く分布していたが、前回 9 月 16 日に比べてその範囲は縮小していた。 溶岩流は、北西方向、西方向及び火砕丘の東側を回り込んだ南方向の 3 方向に流出していた。この熱画像から 3 方向で北西方向がもっとも活発であると考察できる。 西之島の南海岸付近の 1 ヶ所から青白色の変色水が 1 条東方向へ長さ約 1,000m に分布していた。また西之島の周囲には、薄い褐色の変色水域が海岸線に沿って幅約 100～1,000m で分布し、さらに北北東方向へ長さ約 4,000m にわたって分布していた。



図 1 第 7 火口から放出される噴煙

2015/6/12 14:19 撮影



図 2 第 7 火口付近

2015/6/18 12:51 撮影



図 3 溶岩流出口

2015/6/18 12:39 撮影



図 4 西之島周辺の変色水域

2015/6/18 12:29 撮影



図 5 西之島
2015/7/2 13:17 撮影



図 6 第7火口
2015/7/21 12:35 撮影



図 7 2015/8/19 の第7火口付近
2015/8/19 14:20 撮影



図 8 2015/9/16 の第7火口付近
2015/9/16 14:21 撮影

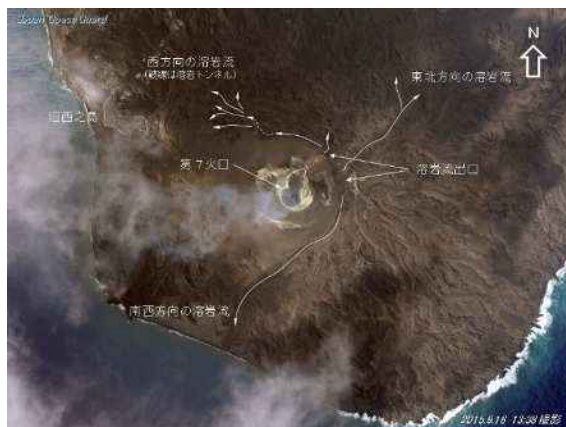


図 9 火砕丘と溶岩流
2015/9/16 13:38 撮影

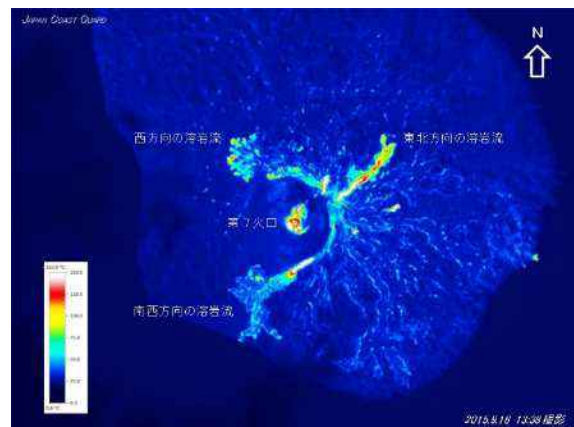


図 10 熱計測装置画像
2015/9/16 13:38 撮影

西之島周辺海域における噴火の概況（続報）

2013 年 11 月 20 日から活動している西之島周辺海域における噴火活動の前回(第 132 回連絡会)報告後の概況について報告する。

1 調査手法

調査日時：2015 年 6 月 7 日、12 日、14 日、18 日、7 月 2 日、21 日、24 日、31 日、8 月 19 日、23 日、9 月 16 日、20 日

使用航空機等：LAJ501(ジェット機)、MA722（プロペラ機）（海上保安庁）

調査手法：目視観測（スティルカメラ、ビデオカメラ）、赤外線観測

2 噴火活動

今期間の活動は、第 7 火口の噴火が継続し(図 1)、溶岩片を放出するストロンボリ式噴火を繰り返していた(図 2)が、7 月 24 日以降は爆発的な噴火の頻度は減少した。7 月 21 日には、第 7 火口は南北方向に大きく拡大していた(図 3)。これは、7 月 6 日に測量船で観測された第 7 火口の側噴火による影響であると考えられる。7 月 31 日には、第 7 火口は南北に並んだ 2 つの火孔を有していることが確認された(図 4)。9 月 16 日には、この 2 つの火孔のうち南側のものは火口内に小火砕丘を形成しているのが確認されたが、小火砕丘及び北側の火孔からの噴火活動は認められなかった(図 5)。9 月 20 日には、北側の火孔で小規模な噴火が発生していることが確認された。

6 月 7 日から 7 月 2 日までは、溶岩流が東～南東～南方向の海岸線へ流下し、西之島の面積を拡大してきた。しかし最近では、溶岩流の流出は継続しているものの、主として過去の溶岩流が形成する溶岩原内に重層的に堆積するのみで海岸線に達することが少なくなっている。この結果、新たな陸地の顕著な拡大はなく、溶岩原の高さを増加させている。

変色水域は、西之島の海岸線付近に常に薄い青白色から黄緑色の変色水域が分布し、溶岩流が海中に流入している付近の海面には茶褐色等の変色水域が認められた(図 6)。

9 月 16 日の時点で新たな陸地を含む西之島の大きさは、東西方向は約 1,980m、南北方向は約 1,950m、面積は約 2.67 km²となった(図 7、図 8 及び表 1)。西之島の面積は、6 月以降 9 月現在までほぼ停滞している(表 2)。これは溶岩流による面積の拡大が減少したことと、波蝕による面積減少がその原因であると推察される。

なお、この期間中、西之島の陸上には津波を発生させる恐れのある、海岸線に平行して走る断層やクラックは認められなかった。

表 1 西之島の新たな陸地の大きさ

調査日	東西の長さ	南北の長さ	高さ	面積	備考
2013 年 11 月 21 日	約 110m	約 130m	約 22m	約 0.01km ²	噴火開始翌日
2014 年 12 月 25 日	約 1,710m	約 1,830m	約 111m	約 2.30km ²	噴火開始約 1 年 1 ヶ月経過
2015 年 5 月 20 日	約 2,000m	約 1,900m	－	約 2.57km ²	噴火開始約 1 年 6 ヶ月経過
2015 年 6 月 18 日	約 1,980m	約 2,090m	－	約 2.70km ²	
2015 年 8 月 19 日	約 1,980m	約 1,970m	－	約 2.71km ²	
2015 年 9 月 16 日	約 1,980m	約 1,950m	－	約 2.67km ²	



図 1 第 7 火口の噴火活動
2015/ 6 /18 12:51 撮影



図 2 第 7 火口の熱赤外線画像
2015/ 6 /18 12:21 撮影



図 3 南北方向へ拡大した第7火口
2015/ 7 /21 12:35 撮影



図 4 2 つの火孔を有する第 7 火口
2015/ 7 /31 12:28 撮影



図 5 第 7 火口の小火砕丘
2015/ 9 /16 14:21 撮影



図 6 西之島周辺の変色水域
2015/ 7 /24 15:04 撮影

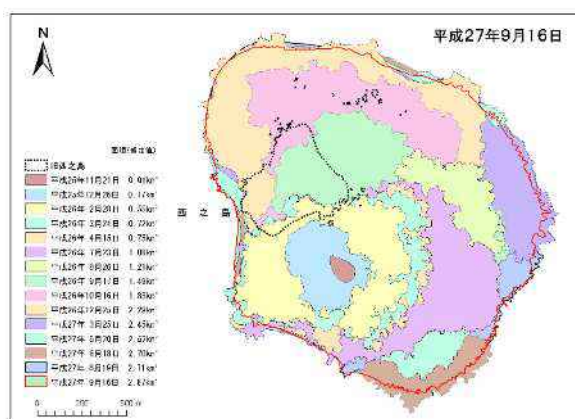


図7 西之島面積変化

表2 西之島の面積

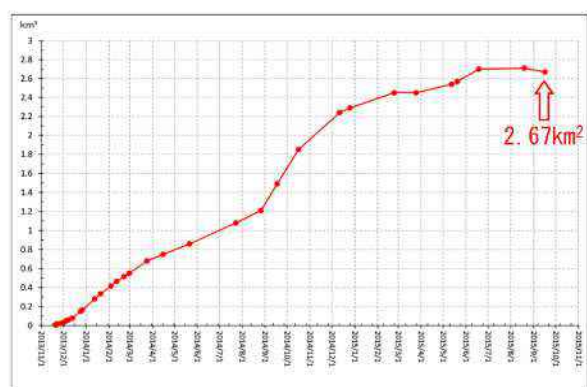


図8 西之島空中写真 2015.9.16 調査時点

西之島周辺海域における海洋調査結果

本年 6 月 22 日～7 月 9 日に当庁所属測量船「昭洋」により西之島周辺海域における海洋調査を実施した。噴火に警戒を要する範囲（西之島を中心とする半径 4km 内）における海底地形調査、火山活動状況調査、自然地震観測および人工地震探査（一部）の結果について報告する。

1 調査概要

調査期間：平成 27 年 6 月 22 日～7 月 9 日（現地：6 月 24 日～7 月 7 日）

使用船艇：測量船「昭洋」（3000t）、特殊搭載艇「マンボウⅡ」（5t）

調査項目：（1）海底地形調査^{*2}
（2）火山活動状況調査^{*1}
（3）採水^{*2}（東京工業大学と共同）
（4）自然地震観測および人工地震探査^{*1}（気象研，東大震研と共同観測）
（5）火山灰採取^{*1,2}（産業技術総合研究所の委託）
（6）火山ガス濃度分析^{*1,2}

*1：測量船「昭洋」による，*2：特殊搭載艇「マンボウⅡ」による

2 海底地形調査

（1）結果概要

特殊搭載艇「マンボウⅡ」のマルチビーム音響測深機（R2sonic2022，使用周波数 350kHz，ビーム数 256）を使用して噴火警戒範囲内の海底地形調査を実施した。座礁の危険があるため、海岸への接近は約 200m までとした。得られた海底地形を図 1 に示す。

概ね水深 200m までの海底を計測できた。計測した範囲内に海底における噴火につながる恐れのある異常等は確認されなかった。

（2）地形比較

今回得られた海底地形データを噴火前の地形データと比較した（図 2）。陸上の地形データには、国土地理院の公表データ（平成 27 年 7 月 28 日測量）^[1]を使用した。その結果、次のことが明らかになった。

- ・平坦かつ浅い地形が発達する島の北～西方は、距岸 200m 以遠ではほとんど水深の変化が認められない。
- ・急斜面の海底に対して陸地が拡大した島の東方～南方では、水深が数十 m 浅くなった（例えば O-D 断面）。
- ・東方の水深変化は水深 270m 付近にまで及ぶ。

以上から、次のことが示唆される。

- ・海に流入した溶岩流は急冷して流動性を失い海岸付近に堆積している。
- ・棚の外縁を越えて急斜面域に達した場合に（破砕物として）より深部にもたらされる。そこでは斜面がより大きな傾斜をもつこととなる。

（3）噴出量の見積もり

本年 7 月時点の陸・海の統合地形モデル（空間解像度 10m）を作成し、噴火前の地形モ

デルとの差分から噴火による体積変化を算出した。距岸約 200m 以内の未測域は陸部データと測量データを単純補完した。その結果、噴火開始から本年 7 月までの体積変化は約 1.6 億 m^3 と見積もられた。

海面下体積（含む干出域）	0.74 億 m^3
陸上部体積	0.85 億 m^3 国土地理院公表値 ^[1]
総体積	1.6 億 m^3

また、今回の噴火による体積変化が全て溶岩流によると仮定した場合、噴出量は約 4 億トンと推定される。前回 40 年前の噴火による体積変化（地形変化）及び噴出量は、それぞれ 0.17 億 DREm^3 、0.43 億トン^[2]であり、今回は前回の約 9 倍の噴出量となっている。

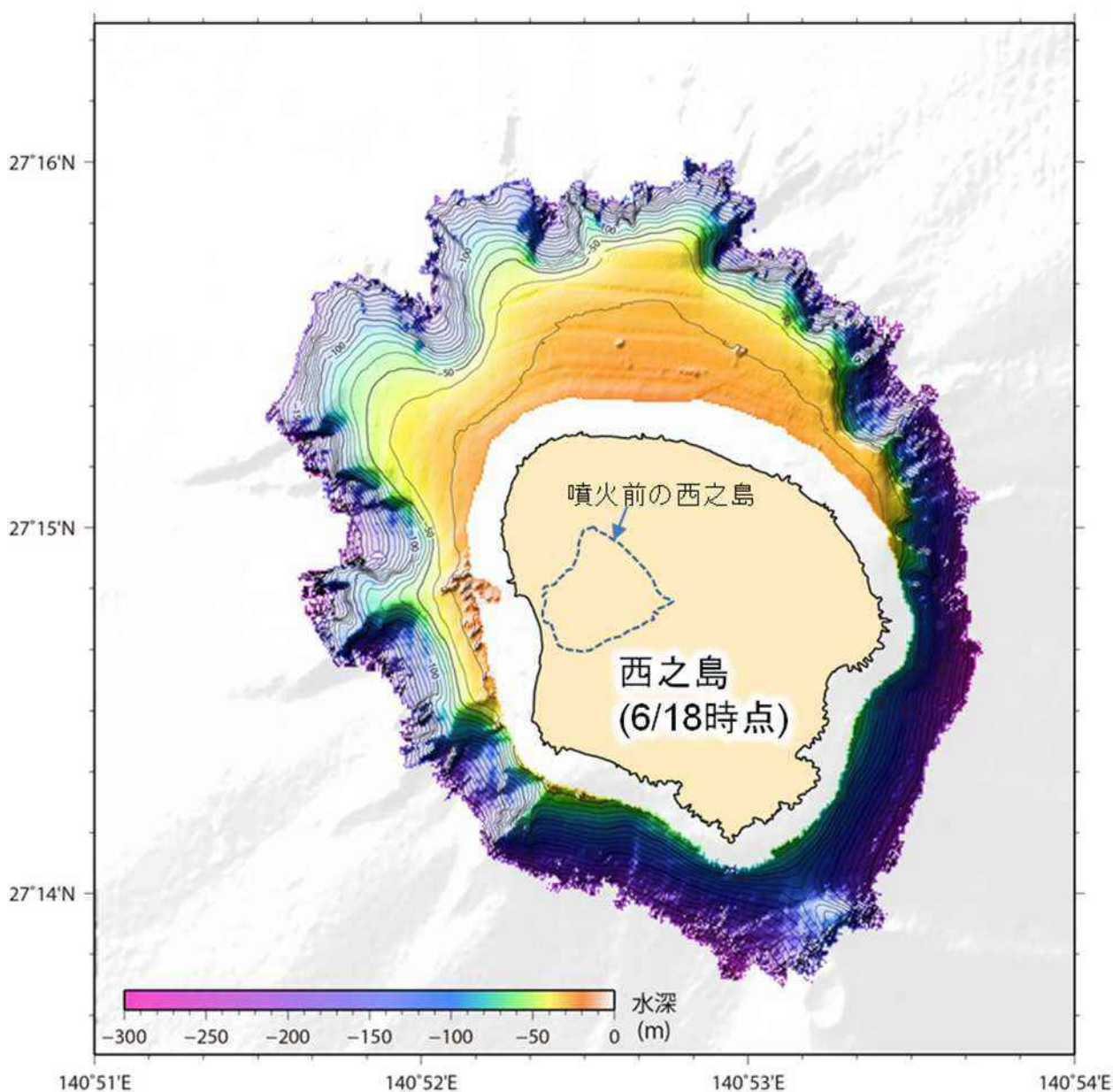


図 1 特殊搭載艇によって得られた海底地形

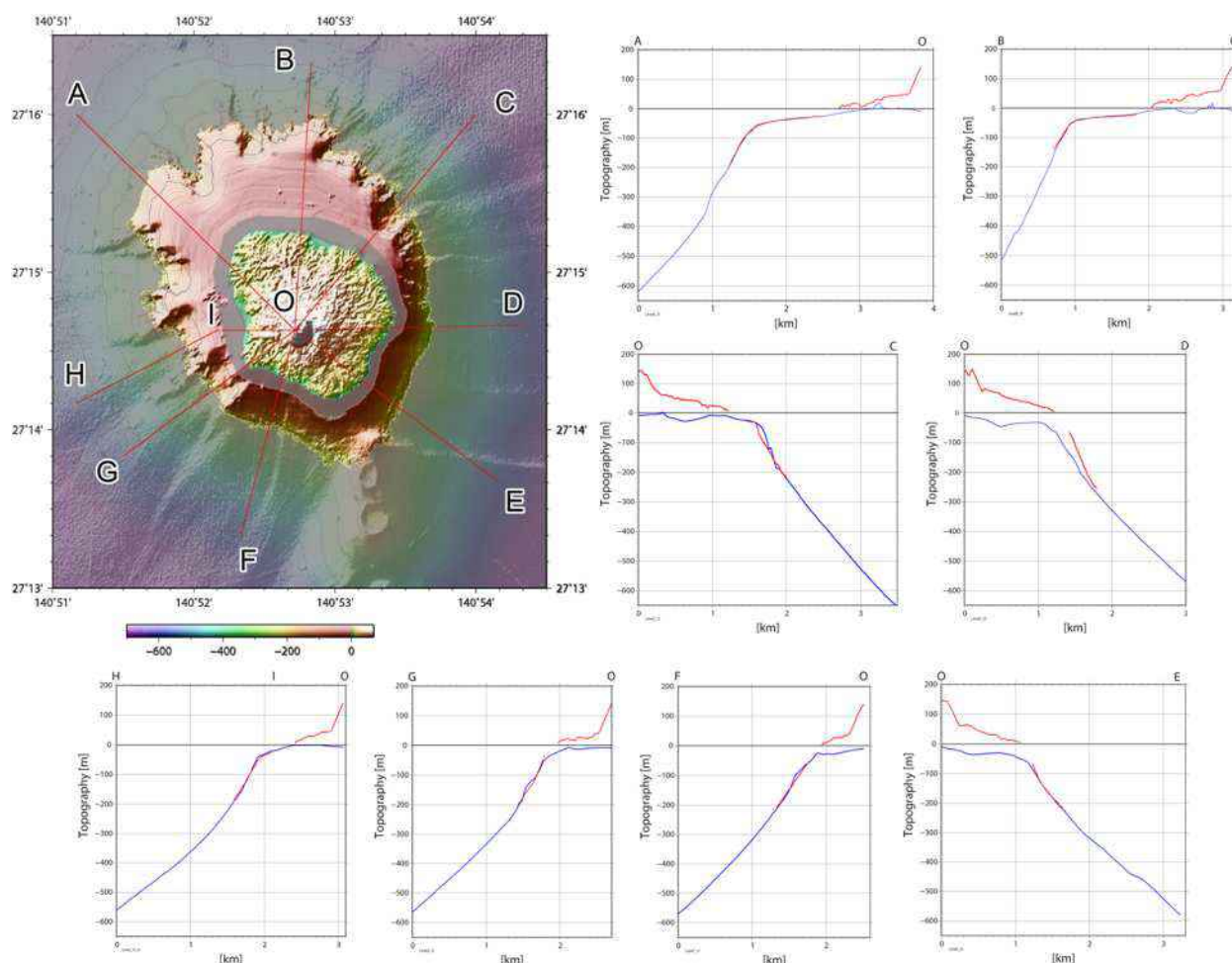


図2 噴火前と平成 27 年 7 月時点の地形の比較。地形断面図の青線は噴火前の地形、赤線は平成 27 年 7 月時点の地形を示す。地形断面の位置は左上の地図に示す。

3 火山活動状況調査

(1) 火山活動状況概要

現場での調査期間中（6/24～7/7、7/2を除く）、毎日明け方の 04:15～06:00 に測量船本船で西之島の噴火警戒範囲の外側を周回し、西之島火山の噴火活動の目視観察、熱画像撮影を実施した。

当該期間中の活動は、後述する 7/6 の側噴火の発生以外は、基本的に火砕丘にある第 7 火口におけるストロンボリ噴火と南～南東海岸への溶岩流の流下で特徴づけられる。

火口からは 1 分間に 1～2 回の頻度で、爆発を伴って灰色の噴煙を放出していた。火口縁及びホルニト状の噴気孔からは火山ガスが連続的に放出されていた（図 3）。明け方及び夜間には、第 7 火口、ホルニトにおいて火映現象が観察された。

溶岩流は、火砕丘北東斜面のホルニト状の噴気孔の麓から火砕丘の東側を通り南～南東方向に流下し、溶岩流が海岸に到達している付近では激しく水蒸気が噴き上げられていた（図 4）。

(2) 7/6 に発生した側噴火について

7 月 6 日午前 6 時 30 分頃、第 7 火口からの噴火が突如停止した。その後、ホルニトの上方の火砕丘北東斜面に噴気帯が形成され、大量の白煙が連続的に放出されるようになった。同日午前 10 時 50 分頃、ホルニト状の噴気孔の上方の噴気帯の一カ所から爆発を

伴って灰色噴煙の放出が始まり、新たに火口が形成された（図 5）。

その後側火口からの灰色の噴煙の放出は同日の午後 3 時頃には認められなくなった。翌 7 月 7 日の午前 4 時 40 分頃、第 7 火口からの噴煙の放出が再開された。火砕丘北東斜面に形成された噴気帯からは大量の白煙が放出されていた（図 6）。

この側噴火とこれに伴う現象は、その後（具体的には 7 月中旬以降）の第 7 火口の形状の変化、噴火頻度の低下、火砕丘における噴気帯の形成と昇華物の析出等の変化が起きていることを鑑みれば、噴火様式の変化の兆候と捉えることができる。



図 3 第 7 火口からの噴火の様子
2015/7/3 5:12 撮影



図 4 南東岸からの水蒸気の放出
2015/7/3 16:36 撮影



図 5 火砕丘北東山腹からの側噴火
2015/7/6 11:10 撮影



図 6 第 7 火口からの噴火の再開
2015/7/7 5:05 撮影

4 自然地震観測および人工地震探査

6 月 25 日に自己浮上型の海底地震計（OBS）を噴火警戒区域外で西之島を囲むように 4 点（St 1～4）、および南側の西之島南海丘上に 1 点（St 5）設置し、7 月 6 日に揚収した（図 7）。これにより自然地震の観測を行うとともに、7 月 4～5 日にエアガンを人工震源とする地震学的構造探査を実施した。

(1) 自然地震観測

観測期間中（6月25日～7月6日）にわたり、全ての地震計に共通して特徴的な震動が記録された（図8）。また、遠地地震を除いてはP波とS波を区別できるような近地の明らかな構造的な地震は検出されなかった。

全OBSに共通する振動は、振動継続時間が50秒程度で、その初期は高周波成分(5-10Hz)に富み、後半はより低周波(5Hz以下)に変化する特徴を持つ。いずれのOBSにおいてもほぼ同じ時刻で記録された。この振動の継続時間は、第7火口からの噴火（爆発を伴う噴煙の放出）の発生間隔とほぼ同じであり、また振動が噴火発生のタイミングの2、3秒先行して発生していることから、震動は噴火の発生に直結する火山性流体の移動を表していると推定される。（図9）

西之島南海丘に設置されたSt5においては、他の4つのOBSにはみられないN型地震あるいはT型地震と呼ばれる単色の震動がゆっくり減衰する小規模な地震が群発的に発生しているのが観測された（図8）。南海丘は、地形的には西之島火山斜面上にある別の火山体であり、今回の噴火活動開始以降しばしば変色水や温度異常が確認されていることから、これらの振動は南海丘独自の火山活動を反映している可能性が高い。

(2) 人工地震探査

各OBSを通る11本の測線でエアガン発震を実施した（図7）。1500 inch³（約25 liter）のエアガン2基（総容量49 liter）を40秒（約100m）間隔で発震させた。予備的な解析として、エアガン発震位置から西之島火山の山体下を伝播した波線が各OBSに達するまでにどのように減衰するかを調べた（図10）。速度構造が不明であるため定性的であるが、西之島火山体の直下に地震波を減衰させる領域が存在することが示唆された（図11）。

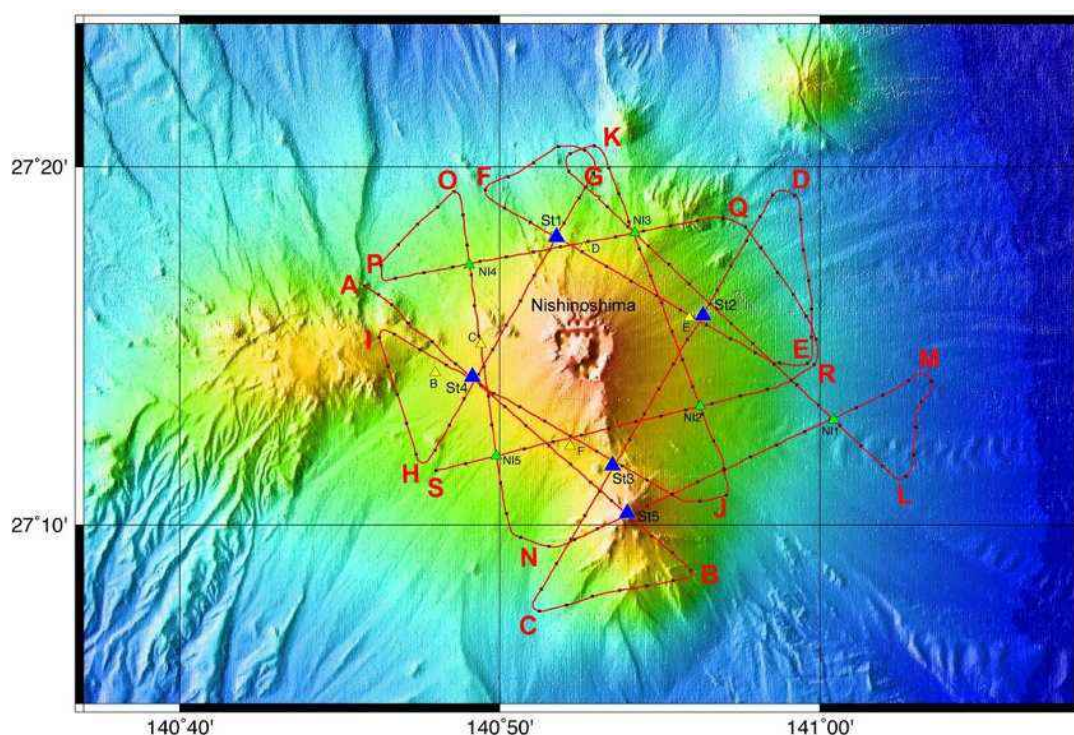


図7 海底地震計（三角）の配置及びエアガン測線（赤線）。 青：海上保安庁、黄：気象研究所、黄緑：東京大学地震研究所。

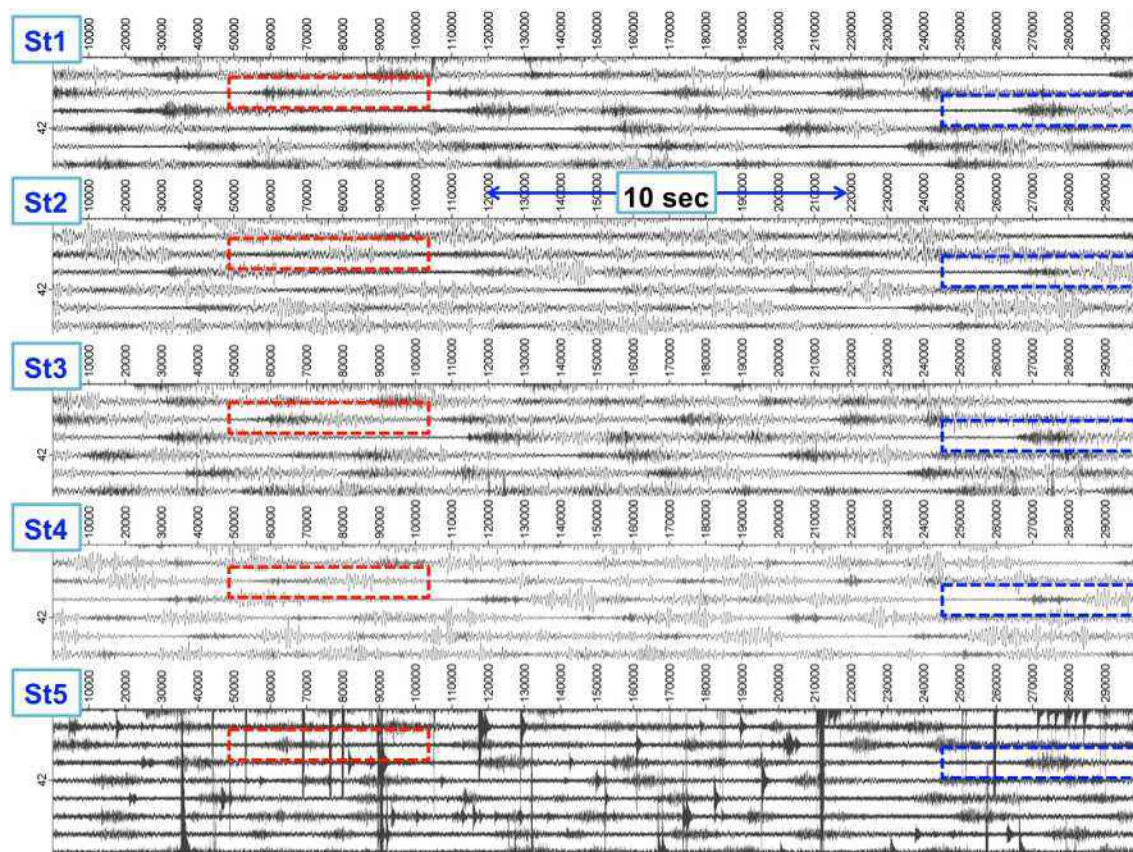


図 8 海底地震計による自然地震の記録例 (2015 年 7 月 3 日 15:10~15:50(UTC))。火山性微動が全ての地震計にほぼ同時刻に記録されている (例、赤囲み、青囲み)。St 5 には他のサイトには認められないパルス的な地震が特徴的にみられる。

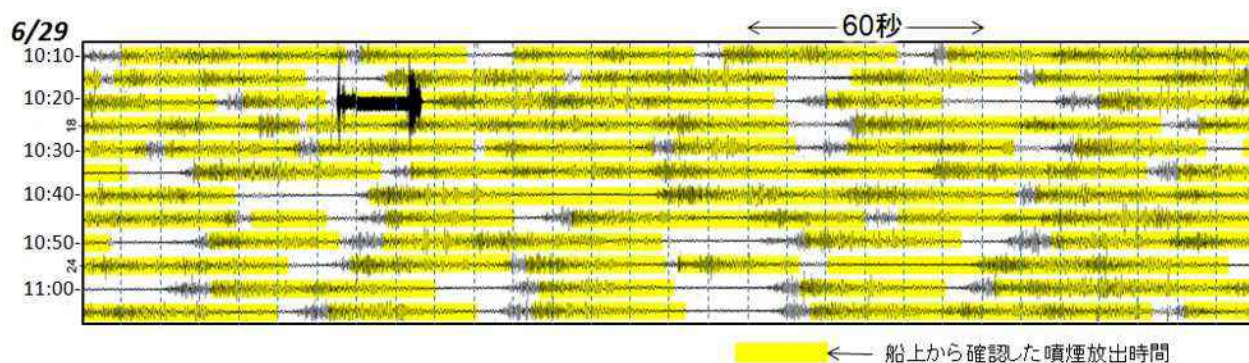


図 9 火山性微動の記録例 (St1; 6 月 29 日 10:10~11:10(JST)) と第 7 火口からの噴煙放出との対応。

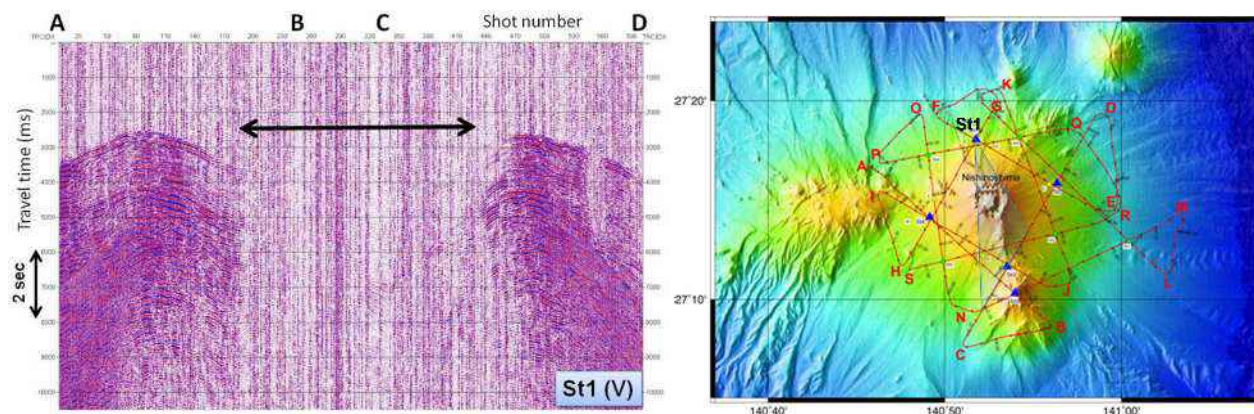


図 10 海底地震計(St 1)で得られたエアガン発震の記録(左)及び St 1 の記録から推定される地震波の減衰域(右図の青い影で示した領域)。エアガン発震の記録にある黒矢印の区間では、受振信号の振幅が小さくなっている。

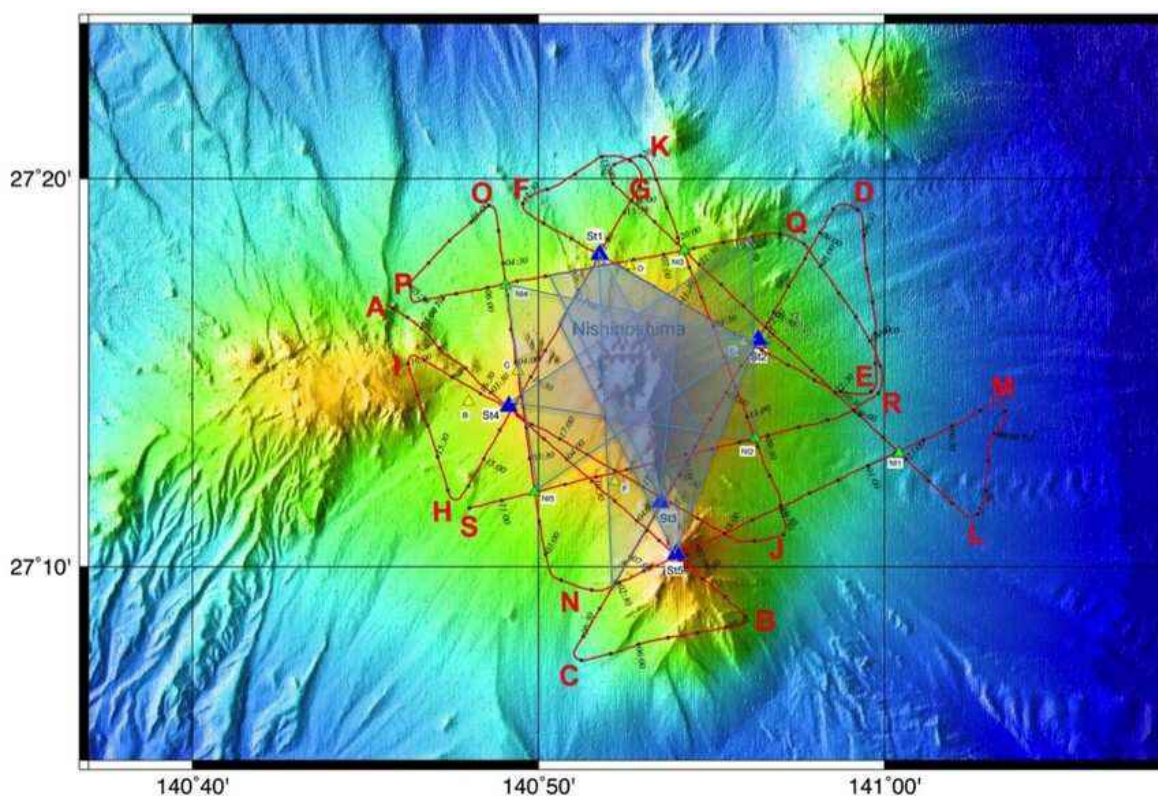


図 11 各地震計記録から推定された減衰域の重ね合わせ。

参考文献

- [1] 国土地理院 (2015) 技術資料 C1-No.453, URL <http://www.gsi.go.jp/kanri/kanri40006.html>,
- [2] 海上保安庁水路部・文部省総合研究班 (1976) 西之島火山の最近の状況. 火山噴火予知連絡会会報, 5, 10-23.

西之島周辺海域における噴火の概況（追加資料）

2015 年 10 月 13 日に調査した西之島周辺海域における噴火活動の概況について報告する。

1 調査手法

調査日時：2015 年 10 月 13 日

使用航空機等：MA722（プロペラ機）（海上保安庁）

調査手法：目視観測（スティルカメラ、ビデオカメラ）、赤外線観測

2 噴火活動

第 7 火口で小規模な噴火を 3～5 分毎に繰り返しているのを確認した（図 1）。噴煙は、灰色で噴煙高度は約 150m であった（図 2）。9 月 20 日の観測時に確認された第 7 火口内南側に形成されていた小火砕丘は消滅し（図 3）、ここから噴煙が放出されていた。

13:40～14:40 の間に確認できた 14 回の噴火のうち 5 回の噴火は噴煙と同時にスパッタを放出するストロンボリ式噴火であった（図 4）。

9 月 20 日の観測時に比べて、第 7 火口付近及び火砕丘の広範囲に分布していた硫黄と推察される黄色の火山性昇華物の分布及び火山性ガスによる噴気帯の範囲が明らかに減少していた（図 5 及び図 6）。

溶岩流出が続く火砕丘北東斜面下では、溶岩原の厚みが増しており、9 月 20 日には確認できたホルニトは溶岩流に埋没（一部は崩壊）し、明瞭な地形として存在しなくなっていた（図 7）。このホルニト跡付近に溶岩流出口が形成され、この溶岩流出口から溶岩流が北方向及び火砕丘に沿って西方向の 2 方向へ流下していた（図 8 及び図 9）。なお、海岸線に到達した溶岩流は認められず、西之島の海岸線に顕著な変化はなかった。

また、西之島の海岸には、幅約 200～500m の青白色の変色水域が分布していた（図 10）。

西之島及び新たな陸地には、津波を発生させる恐れのある、海岸線に平行に走る断層やクラックは認められなかった。

西之島南海丘を含めた西之島周辺海域には、変色水域等の特異事象は認められなかった。



図 1 第 7 火口の噴火
2015/10/13 13:57 撮影



図 2 第 7 火口の噴煙
2015/10/13 14:34 撮影



図 3 第 7 火口火砕丘
2015/10/13 14:29 撮影

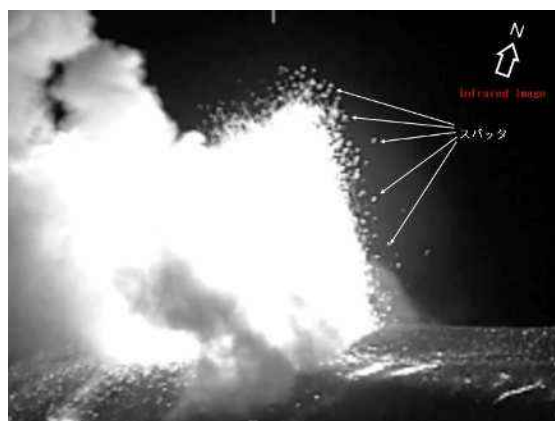


図 4 噴火に伴うスパッタの放出
2015/10/13 14:40 撮影



図 5 第 7 火口と溶岩流出口
2015/10/13 13:38 撮影



図 6 第 7 火口の昇華物と噴気帯
(参考資料)
2015/9/20 12:47 撮影



図 7 埋没（一部崩壊）したホルニト
2015/10/13 14:19 撮影



図 8 溶岩流の熱赤外面像
2015/10/13 14:25 撮影



図 9 溶岩流
2015/10/13 13:57 撮影



図 10 西之島周辺の変色水域
2015/10/13 14:29 撮影

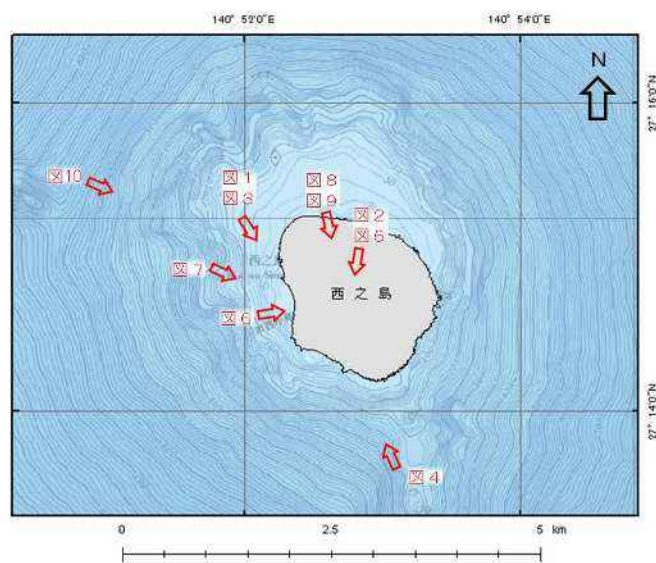


図 11 撮影位置図

海上保安庁 沿岸の海の基本図「西之島」抜粋に平成 27 年 9 月 16 日観測の地形を重畳した。

西之島