第 136 回 火山噴火予知連絡会資料

(その2の2)浅間山、御嶽山、西之島

平成 28 年 10 月 4 日

火山噴火予知連絡会資料(その2の2)

目次

浅間山 (2016年8月31日現在)

火山性地震はやや多い状態が続いており、引き続き火山活動はやや活発な 状態で経過している。

山頂火口から概ね2km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。

平成27年6月11日に噴火警戒レベルを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。その後、警報事項に変更はない。

〇概況(2016年6月~2016年8月31日)

・噴煙など表面現象の状況(図2~4、図5~6-2)④、図8~9-2)④、図10-2)

噴火は 2015 年 6 月 19 日を最後に発生していない。火口からの噴煙は白色で、火口 縁上概ね 400m以下で推移している。

2015 年 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 火映が、2016 年 1 月 3 日まで時々観測され、その後観測されていなかったが、 6 月 6 日以降再び、時々観測されている。

・火山ガス (図4、図5~6-3)、図8~9-3)

山頂火口からの二酸化硫黄放出量は、2015年7月以降、概ね1日あたり1,000~2,000 トンと多い状態で経過していたが、12月以降減少し、2016年2月以降は300トン以下と やや少ない状態で経過した。6月24日に700トンとやや多い状態となり、その後は500 トン以下で経過している。

・地震活動(図5~6-5~8、図7、図8~9-5~8、図10-34、図11~13)

山頂火口直下のごく浅い所を震源とする火山性地震は、2015 年4月下旬頃から増加 し、6月以降多い状態で経過した。12 月頃からは次第に減少し、概ねやや多い状態で 経過している。発生した地震の多くは BL 型地震である。A型地震の震源分布に特段の 変化はみられない。また、震源の移動等の変化もみられない。

火山性微動は、2015年9月以降は少ない状態で経過していたが、2016年1月以降や や増加している。

この資料は気象庁のほか、関東地方整備局、東京大学、国立研究開発法人防災科学技術研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所、長野県のデータを利用して作成した。

·地殻変動(図5~6-910、図8~9-1112、図14~16)

光波測距観測では、2015 年6月頃からみられていた山頂周辺のごく浅いところの膨 張によると考えられる、山頂と追分の間の縮みの傾向は、10月頃から停滞している。 また、傾斜計による地殻変動観測では、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と考えられる緩やかな変化が、12月頃にかけてみられていた。 その後は、塩野山の観測点でわずかな北上がりの変化がみられている。山体周辺のGNSS 連続観測では、山頂の西側の一部の基線で2015 年5月頃からわずかな伸びがみられて いたが、10月頃から停滞している。



図1 浅間山 観測点配置図

小さな白丸(〇)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。



図2 浅間山 山頂部の噴煙の状況 (左・鬼押遠望カメラ(8月31日)、右・追分遠望カメラ(8月9日)による) ・白色の噴煙が火口縁上概ね 500m以下で経過した。



図3 浅間山 火映の状況 黒斑山遠望カメラ

長野県が黒斑山に設置している監視カメラ(8月7日01時26分)

・6月6日以降、夜間に高感度カメラで確認できる程度の微弱な火映を時々観測している(白丸内)。



図4 浅間山 火山ガス(二酸化硫黄)放出量(2002年7月4日~2016年8月31日) ・火山ガス(二酸化硫黄)の放出量は、2015年12月以降減少し、2016年2月以降は300トン以下とやや 少ない状態で経過したが、6月24日に700トンとやや多い状態となり、その後は500トン以下で経過し ている。 浅間山





※図の説明は次ページに掲載。

図5~6、8~9の説明

- 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-鬼押観測点間の水平距離。 2012年8月1日以降 防災科学技術研究所の高峰-鬼押出観測点間の水平距離。 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 光波測量観測の測定は、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。

① 光波測重観測の測定は、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)。 山頂周辺のごく浅いところの膨張による可能性がある。



図7 浅間山 地震振幅時系列図(2012年1月1日~2016年8月31日) 石尊観測点南北成分変位振幅(0.1µm以上、S-P時間3秒以内)

図中の↑はごく小規模な噴火を示す。

・2014 年から 2015 年にかけて、振幅の大きな火山性地震がみられたが、2016 年に入ってからは振幅の 大きな火山性地震は観測されていない。

8



・2008年9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。2005年以降も、しばらくの間火山ガス放出量がやや多く、火映現象の出現、微動やBL型地震がやや多い状態が継続した。



型地震が多い状態が継続した。

[・]⑨2010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。





・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。

・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た。6月以降多い状態で経 過していたが、12月頃からは次第に減少し、概ねやや多い状態で経過している。



気象庁

^{・2015} 年 11 月以降は、30 日移動平均で 30~60 回の間で推移している。



●: 2002 年 3 月 1 日~2016 年 5 月 31 日

●:2016年6月1日~8月31日



今期間の震源分布に特段の変化はみられない。震源は、山頂直下の深さ1km付近に分布した。 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。



2016年以降、震源の求まる BH 型地震は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『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。





・ 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。
- ・①~⑦はそれぞれ図 13の①~⑦に対応している。
- ・①~③、⑤~⑦の空白部分は欠測を示す。

・③ 2002年1月1日~2012年7月31日 気象庁の高峰一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一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。



図 15 浅間山 GNSS 連続観測点配置図 小さな白丸(O)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は図5~6、8~9の⑨に、光波測距 測線④は図5~6、8~9の⑩にそれぞれ対応する。 また、基線①~⑦は図14の①~⑦にそれぞれ対応し ている。

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



図 16 浅間山 傾斜観測データ(2015年1月1日~2016年8月31日)

·各観測点においてトレンドを補正している。 ・空白部分は欠測を示す。

・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と考えられる緩やかな変化が、12月頃にかけてみられていた。その後は、塩野山の観測点でわずかな北上がりの変化がみられている。

- *防):防災科学技術研究所
- * データは時間平均値、潮汐補正済み

浅間山 (2016年9月20日現在)

〇最近の活動概況

6月6日以降、夜間に高感度カメラで確認できる程度の弱い火映を観測している。9月に入ってから も、8~9日にかけて火映を観測した。

火山ガス(二酸化硫黄)の放出量は、2016年2月以降は300トン以下とやや少ない状態で経過していたが、6月24日に700トンとなり、その後は500トン以下で経過している。



浅間山

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

ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。

<u>1.使用データ</u>

表1 干渉解析に使用したデータ

Path	軌道	照射	データ1	データ 2	図番号
Frame	方向	方向			
125-720	北行	右	2015. 06. 07	2016.06.05	図 1
19-2880	南行	右	2015. 09. 15	2016. 08. 16	図 2

2. 解析結果

北行軌道及び南行軌道の約1年間のペアについて解析を行ったが、ノイズレベルを超えるような位相変化は検出されなかった。干渉画像については、気象庁の GNSS 連続観測点「追分」を無変動と仮定した位相変化を図1、2に示す。

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

謝辞

本解析で用いた PALSAR-2 データは、火山噴火予知連絡会が中心となって進めている防災 利用実証実験(衛星解析グループ)に基づいて、宇宙航空開発機構(JAXA)にて観測・提 供されたものである。また、一部のデータは、PIXEL で共有しているものであり、JAXA と 東京大学地震研究所の共同研究契約により JAXA から提供されたものである。PALSAR-2 に 関する原初データの所有権は JAXA にある。PALSAR-2 の解析ソフトウェアは、防災科学技 術研究所の小澤拓氏により開発された *RINC*を使用した。また、処理の過程や結果の描画に おいては、国土地理院の数値地図 10m メッシュ(標高)を元にした DEHM を使用した。ここ に記して御礼申し上げます。



図中の丸印は GNSS 連続観測点(橙:気象庁,赤:国土地理院,青:防災科学技術研究所,黄:東 京大学地震研究所)を示す。ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。



凡例は図1に同じ。ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。



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(つづき)

日別回数(過去1年、2015年10月1日---2016年9月20日)



図3 2015年10月1日以降、1年間の日別地震回数.

長期: 2011年以降2015年4月ごろまでは活動度の低い状態が続いていたが、2016年6月の微噴火後、やや地 震活動が活発な状態が継続している。

短期: 比較的小ぶりな地震が日に数個から多い時で70個程度の頻度で推移している。2016年5月からやや低 周波で継続時間の短い脈動が目立っていたが、8月下旬からは減少傾向にある。A型地震は日に1~3回程度 の頻度で時々発生するが、N型は2015年10月19日を最後に観測されていない。

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2015年後半に収束した.また、2015年6月の噴火に関連して山頂直下 ごく浅部の膨張を起源とすると思われる膨張も観測されたが、この膨張も現在では収縮に 転じている.



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10月ごろまでの伸びとその後の縮みがみられる. また, 山頂付近で も2015年6月噴火に関連して膨張がみられたが, 現在では収縮に転じている.



図4:2000年以降の950221-950268 および KVCO-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. そ の後の縮みの傾向は KVCO-TASH 基線では見られるが、950221-950268 基線ではあまり見ら れない.

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 昨年 8 月頃から再び増加傾向に転じ、2013 年以前の状況に戻っていることが認められる。 増加傾向は 1 年以上経過した現在も継続している。麓の KUR を基準とした場合のここ最 近のトレンド成分は北側の KAN でおよそ-1nT/年、南側の KMS でおよそ+5nT/年となっ ており、帯磁傾向が継続していることが認められる。現時点では火山活動活発化の兆候は 認められない。



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。

第136回火山噴火予知連絡会



図中緑の■は KMS-KUR から年周変化を差し引いたもの。2013 年中旬から微減の傾向が続いていたが、2015 年 8 月下旬より再び元の増加(帯磁)傾向に戻っている。



麓の KUR を基準とした KAN のトレンド成分は-1nT と帯磁傾向を示している。

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

○ 地殼変動

火山活動に伴うような明瞭な地殻変動は観測されなかった。



図1 浅間山の傾斜変動







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				
	注明山古修		2010/5/22	2周波観測開始				
			2015/7/22	通信断発生、復帰後補完実施も7/22~				
			~2015/8/27	ー部のデータの補完できず				
	浅間山小浅間		2014/10/2	0月沖钥測問始				
	(AMKV)		2014/10/2					

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ていましたが、 10月頃から鈍化し、2016年1月頃から停滞しています。



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	20121212	アンテナ・受信機交換					
950269	軽井沢	20121214	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					
		20160625	伐採					
		20160903	伐採					
059070	M浅間砂塚A	20150820	受信機交換					
159089	M浅間鎌原2	20150722	新設					

基線変化グラフ



基線変化グラフ

第136回火山噴火予知連絡会

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

基準値:6662.614m

M浅間鎌原2(REGMOS)に関する基線(短期のみ)

基線変化グラフ

2016/1

2016/1

斜距離

4/1

4/

7/1

7/1

基線変化グラフ



cm (10) 嬬恋(950221)→M浅間鎌原2(159089) 斜距離

10/1

10/1

cm



10/1



2016/1

4/1

7/1

国土地理院

●----[F3:最終解] O----[R3:速報解]

(注1)「M浅間鎌原2」について

・関連する基線は、設置日(2015年7月22日)以降のプロットが表示されています。

- ・2015年12月下旬から2016年1月27日まで凍上(土壌の凍結による地面の隆起)によって装置が傾斜した ため、プロットを表示していません。
- ・2016年1月27日に装置の再設置を行った際の変化を補正しました。
- (注2) 「M浅間砂塚A」について

・「基線変化グラフ」で2016年2月14日から2月25日の間は、欠測に伴いプロットの表示がありません。

浅間山周辺の地殻変動(水平:1年)



☆ 固定局:東部(950268)

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

第136回火山噴火予知連絡会

国土地理院

浅間山の SAR 干渉解析結果について

判読)ノイズレベルを超える変動は見られない。


御嶽山 (2016年8月31日現在)

火山活動は長期的な低下傾向にあるが、火口列からの噴煙活動や地震活動が続いており、 今後も小規模な噴火が発生する可能性がある。

火口から概ね1kmの範囲では、噴火に伴う弾道を描いて飛散する大きな噴石に警戒が必要である。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。

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

〇 概況(2016年5月~8月31日)

・噴煙及び火口付近の状況(図1-①、図2-①、図3-①②、図8、図16)

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。噴煙高度は 2016 年3月下旬頃よりやや高い傾向となり、 800m以上になることも時折見られていたが、7月頃からは概ね 500m以下となってい る。2015 年のほぼ同時期も高くなる傾向がみられることから、季節変動の可能性があ る。

・火山ガスの状況

5月24~25日、および6月10日に実施した現地調査では、火山ガス(二酸化硫黄) は検出¹⁾されなかった。

・地震活動(図1-23、図2-2~5、図3-34、図4~7、図17)

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

5月19日以降、火山性微動は観測していない。低周波地震(BL型地震)は今期間も ときどき観測されている。

・地殻変動(図1-5、図2-6、図9~14)

今期間、傾斜計で火山活動の高まりを示す変化は観測されていない。

GNSS連続観測の一部の基線でみられる、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は継続している。

1)携帯型火山ガス検知器による測定

この資料は気象庁のほか、中部地方整備局、国土地理院、東京大学、京都大学、名古屋大学、国立研究開発法人防災科学技術研究所、長野県及び岐阜県のデータも利用して作成した。



図1 御嶽山 最近の火山活動経過図(2014年9月1日~2016年8月31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 田の原観測点(剣ヶ峰南東約2km)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 1.5µm/s 以上、S-P1秒以内。

⑤GNSS 観測 図 14 の基線②に対応。点線で囲んだ変化は、火山活動との関係はないと考えられる。

・今期間、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、縮みの傾向がみられている。



図2 御嶽山 火山活動経過図(2006年1月1日~2016年8月31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2km)の上下動の変位振幅。火山性微動の発生した 2015年7月20日、2016年5月19日を含む灰色部分は機器障害のため振幅値欠測。
⑥図14の GNSS 基線②に対応し、空白期間は欠測を示す。



図3 御嶽山 長期の火山活動経過図(1979年10月~2016年8月31日)

- ① :月最大噴煙高度(遠望カメラ名に付いた番号は図16の遠望観測地点の変遷参照)赤矢印は 噴火を示す。
- ② : 王滝頂上噴気地帯の温度変化(サーミスタ温度計による)
- ③ :月別地震回数グラフ 計数基準:田の原上振幅 1.5µm/s 以上、S-P1秒以内。
- ④ :火山性微動振幅グラフ 計数基準:田の原上振幅 1.5µm/s 以上。



図 4 御嶽山 タイプ別最大振幅の時系列グラフ(上図:BL型、中図:BH型、下図:A型) (田の原観測点速度上下成分:2014年9月1日~2016年8月31日) 計数基準:田の原上振幅 1.5μm/s 以上、S-P1秒以内。



図5 御嶽山 山体周辺の観測点による震源分布図(2006年12月1日~2016年8月31日) 半無限均質速度構造(Vp = 4.0km/s, Vp/Vs = 1.73)

●:2006年12月1日~2016年4月30日

●:2016年5月1日~2016年8月31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。



図 6 御嶽山 山体周辺の観測点による震源分布図(2014年9月1日~2016年8月31日) 半無限均質速度構造(Vp = 4.0km/s, Vp/Vs = 1.73) ●: 2014年9月1日~2016年4月30日 ●: 2016年5月1日~2016年8月31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) 0~2km 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。
- ※ 開田観測点の欠測により震源のばらつきが大きくなっていると推定される。

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





図 7-2 御嶽山 田の原観測点と田の原上観測点の P 差の時間推移(2014 年 9 月 1 日 ~ 2016 年 8 月 31 日) ・田の原 P 時刻-田の原上 P 時刻を時系列で表示。正の値は田の原の P 相が遅いことを示す。 赤線は 0.0 秒(両観測点の P 差がない)を示す。



2014年10月17日15時00分



2015年2月25日 15時40分



2015年6月28日 14時46分



2016年7月11日 13時51分



2014年12月24日08時58分



2015年5月14日 12時10分



2016年2月24日 15時50分



図8 御嶽山 噴煙の状況 (剣ヶ峰の南南西約6kmの中部地方整備局設置の滝越カメラによる)



(2014年8月1日~2016年8月31日、時間値、潮汐補正済み)



図 10 御嶽山 田の原(剣ヶ峰の南東約3km)の傾斜計の年周変動(過去3年)との比較 (2012 年9月1日~2016 年9月6日、時間値、潮汐補正済み、 上:NS 成分、中央: EW 成分、下: 御嶽山アメダス降水量)

[・]噴火発生後(赤矢印)から山側下がりの変化がみられている。

[・]点線円は火山活動とは関係ない変化。



図11 御嶽山 田の原(剣ヶ峰の南東約3km)の傾斜変動の年毎のベクトル時間変化比較図

9月から翌年9月の1年毎にベクトルの時間変化を重ね合わせた。

・噴火後は北北西下がりの変化がみられている。2015年4月頃から西側下がりの傾向に変わっていたが、 2015年9月頃からは再び北下がりと2014年と同様の変化が継続している。



図 12 御嶽山 GNSS 連続観測による基線長変化(2013 年 1 月 1 日~2016 年 8 月 31 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は図14のGNSS基線①~⑥に対応し、空白期間は欠測を示す。

· ②の基線で 2014 年 10 月頃以降、縮みの変化が続いている。

東北地方太平洋沖地震



図 13 御嶽山 GNSS 連続観測による基線長の長期変化(2001年1月1日~2016年8月31日) (国):国土地理院

図中①~⑥は図14のGNSS基線①~⑥に対応し、空白期間は欠測を示す。

②の基線で2014年10月頃以降、縮みの変化が続いている。

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 14 御嶽山 GNSS 連続観測点配置図 小さな白丸(〇)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、図 1-5、図 2-6に対応し、図中 の GNSS 基線①~⑥は図 15、図 16 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。



図 15 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(〇)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



図16 御嶽山 遠望観測地点の変遷 番号は図 3-①の観測地点番号に対応。



図 17-1 御嶽山 田の原観測点の上下動最大振幅による期間ごとの頻度分布

・2011 年から 2013 年は地震発生数が少なく3年まとめて記載。

・2014年は噴火微動と10月10日を境に区分して記載。以降3ヶ月ごとに頻度分布を作成。



図 17-2 御嶽山 田の原観測点の上下動最大振幅によるm値(頻度分布の傾き)の時系列変化 図 17-1 のうち、0.2 µm/s 以上の各期間での頻度についてその傾き(m値)を算出して並べた。 噴火発生直後に大きくなったが、その後概ね一定の値で経過している。

追加資料1 御嶽山 現地調査(速報)

2016年9月16日に御嶽山において現地調査を実施した。今回奥の院から地獄谷を撮影した写真及び赤外熱映像と2015年6月10に御嶽山の合同調査隊に気象庁が参加した際の写真及び赤外熱映像を示す(図1)。地獄谷では、前回(2015年6月)から約1年3ヶ月経過して噴気が弱まった噴気孔はあるものの、全体としては活発な噴気活動が継続している。参考までに図3に2014年の噴火前の状況を示す。

また、2014 年の噴火で形成された剣ヶ峰西側の火口で噴気が引き続き上がっていること を確認した(図6)。



図1 御嶽山 噴気の状況及び地表面温度分布 奥の院から地獄谷を撮影 図上・中:今回(2016年9月16日)、図下:前回(2015年6月10日) ・図中の赤枠が図右下の領域に相当。引き続き活発な噴気と高温領域が認められる。

・図左下の赤点線の噴気は、今回弱まっていた。



図2 御嶽山 図1の観測ポイントと撮影方向





図3 御嶽山 2014年の噴火前の噴気の状況(上図)及び地表面温度分布(下図) 2011年9月27日06時05分 奥の院から地獄谷を撮影 気温3.5℃ 湿度52.9% 気圧719.0hPa 風速2.0m/s

第136回火山噴火予知連絡会

気象庁・気象研究所



- 図4 御嶽山 観測ポイントと撮影方向
- 図5 御嶽山 2014 年噴火の火口列



図 6 御嶽山 剣ヶ峰西側噴気の状況(左図)及び地表面温度分布(右図) 2016 年 9 月 15 日 11 時 05 分 ーノ池西側の稜線から西南西斜面を撮影 気温 13.1℃ 湿度 27.0% 気圧 711.2hPa 風速 0.3m/s



図7 御嶽山 剣ヶ峰西側噴気の状況(左図)及び地表面温度分布(右図)
2015年1月16日14時15分 御嶽山南西側上空へりから撮影
高度約3490m 気温-8.4°C 湿度11%
図4の青丸、図6の白丸、図7の黄丸が同じ噴気の領域を示す。

・2014年噴火により生成された火口列の北西端にあたる剣ヶ峰西側の噴気の状況を確認した。

・以前実施した上空からの観測で認められた噴気及び地熱域を引き続き確認した。

追加資料2 御嶽山 9月27日に発生した火山性微動について

2016 年 9 月 27 日に、継続時間約 3 分 30 秒の振幅の小さな火山性微動が発生した(2016 年 5 月 19 日以来)。この火山性微動に伴って、傾斜計にわずかな変化が見られた。



図1 広帯域地震計で観測された 2016 年 9 月 27 日の火山性微動の生およびフィルター波形 ・山頂付近の観測点(二ノ池東)には、周期数十秒の変動がみられる。





図2 2016年9月27日の火山性微動の震動波形と傾斜計(秒値) 田の原傾斜計の*は、A型地震に伴う局所的な変化と思われる 観測点配置は図1中の観測点配置図を参照

・二ノ池北傾斜計には、南西方向上がりのわずかな傾斜変動がみられる。





・A型地震が重なってややわかりづらいが、今回(9月27日)の火山性微動の波形は2015年7月の波形と似ているように見える。ただ、2015年7月や今年5月に見られる1Hz付近から10Hz付近にかけての複数のピークはあまり顕著ではない。



○ (2014年9月1日)
○ (2014年9月1日)
○ (2014年9月1日)
○ (2016年9月27日)
○ (2014年9月27日)
○ (2014年9月27日)
○ (2014年9月27日)
○ (2014年9月27日)
○ (2014年9月21日)
○ (2014年9月21日)</l

③日別地震回数 計数基準:田の原上振幅 1.5μm/s 以上、S-P1秒以内。 ⑤GNSS 観測 図 14の基線②に対応。点線で囲んだ変化は、火山活動との関係はないと考えられる。

・今期間、山麓での二酸化硫黄のガス観測は実施していない。

^{・2016}年9月27日に発生した火山性微動の最大振幅は、2016年5月19日と同程度の規模であった。



2010年10月以降のGNSSデータは、解析方法を改良して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2km)の上下動の変位振幅。火山性微動の発生し2015年7月20日、2016年5月19日を含む灰色部分は機器障害のため振幅値欠測。
赤丸は、2016年9月27日に発生した火山性微動
⑥図14のGNSS基線②に対応し、空白期間は欠測を示す。

御嶽山の地殻変動

繰返し GNSS 観測により,2014 年噴火後,地獄谷火口を中心に山体が収縮している地殻変 動を確認した.圧力源の深さはご〈浅〈,体積変化量は約40万m³と見積もられた.

御嶽山の山頂周辺の GNSS 繰返し観測を 2015 年 10 月および 2016 年 9 月に実施した. 2014 年噴火前に実施した観測と比較すると,2011 年 9 月 ~ 2016 年 9 月の間に地獄谷火口 列付近が収縮する地殻変動が認められ,最大 30cm の変位があった.この山体変動は,地獄 谷のご〈浅いところで 0.38 × 10⁶ m³ 収縮する球状圧力源(茂木モデル)で説明できる(図1).な お,この期間の変動には東北地方太平洋沖地震に伴う余効を含んでいる可能性がある.

また,観測点は少ないが2015年10月にも観測を実施しており,位置を上記に固定して球状 圧力源(茂木モデル)の体積変化量を求めたところ,2015年10月~2016年9月の約1年間で 0.10×10⁶ m³ 収縮することで説明できた(図2).

圧力源の位置は 2007 年微噴火を挟む, 2005 年 8 月~2007 年 9 月の変動から推定された 圧力源の位置とほぼ同じである(Takagi and Onizawa, 2016)が, この時は収縮ではなく膨張で あった(図3).



図1 GNSS 繰返し観測 2011.9~2016.9

2011/9~2016/9 の GNSS 繰返し観測による山体変動と,球状圧力源(茂木モデル)を仮定して 推定された圧力源(水平変位).地獄谷のごく浅いところで 0.38×10⁶ m³ 収縮で説明できる. なお,この期間の変動には東北地方太平洋沖地震に伴う余効を含んでいる可能性がある.



2015/10~2016/9 の GNSS 繰返し観測による山体変動. 圧力源の位置を図1の位置に固定して, 球状圧力源(茂木モデル)の体積変化量を求めると, 0.1×10⁶ m³ 収縮で説明できる.



図3 圧力源の位置関係

2014 年噴火後の山体収縮をもたらした圧力源の位置は,2007 年微噴火を挟む 2005 年 8 月~2007 年 9 月の変動から推定された圧力源の位置とほぼ同じである(Takagi and Onizawa (2016)に加筆).ただし,2007 年微噴火を挟む期間は収縮ではなく膨張であった.

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

山頂付近において、衛星視線方向伸張の位相変化が認められる。

<u>1. 使用データ</u>

表1 干渉解析に使用したデータ

	Path	軌道	照射	ゴ _ね 1	ゴーカッ	最大位相	网来旦
	Frame	方向	方向)—91)—92	変化量	凶笛方
	126-710	北行	右	2015. 06. 12	2015. 11. 13	約 12cm	図 1
				2015. 11. 13	2016.06.10	約 7cm	
	19-2890	南行	右	2015. 10. 13	2016. 07. 05	約 4cm	図 2
				2016.07.05	2016. 09. 13	-	
	20-2890	南行	右	2014. 10. 05	2015. 09. 06	約 18cm 以上	図 3
				2015. 09. 06	2016.08.07	約 13cm	

2. 解析結果

北行軌道及び南行軌道について解析を行った。気象庁の GNSS 連続観測点「田の原」を無変動と仮定した干渉画像を図 1~4 に示す。その結果,山頂付近において衛星視線方向伸張の位相変化が検出されたが,その変化量及び範囲は徐々に小さくなっていることが分かった。

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

謝辞

本解析で用いた PALSAR-2 データは、火山噴火予知連絡会が中心となって進めている防災 利用実証実験(衛星解析グループ)に基づいて、宇宙航空開発機構(JAXA)にて観測・提 供されたものである。また、一部のデータは、PIXEL で共有しているものであり、JAXA と 東京大学地震研究所の共同研究契約により JAXA から提供されたものである。PALSAR-2 に 関する原初データの所有権は JAXA にある。PALSAR-2 の解析ソフトウェアは、防災科学技 術研究所の小澤拓氏により開発された *RINC*を使用した。また、処理の過程や結果の描画に おいては、国土地理院の数値地図 10m メッシュ(標高)を元にした DEHM を使用した。ここ に記して御礼申し上げます。

第136回火山噴火予知連絡会



図1 パス126-710の干渉解析結果

図中の丸印は GNSS 連続観測点(橙:気象庁)を示す。気象庁の田の原 GNSS 観測点を無変動と仮定 した場合,山頂付近で最大約 12cm(左図)及び 7cm(右図)の衛星視線方向伸張の位相変化が認め られる。



図2 パス 19-2890 の干渉解析結果

凡例は図1に同じ。気象庁の田の原 GNSS 観測点を無変動と仮定した場合,山頂付近で最大約4cm (左図)の衛星視線方向伸張の位相変化が認められる。

第136回火山噴火予知連絡会



凡例は図1に同じ。気象庁の田の原 GNSS 観測点を無変動と仮定した場合,山頂付近で最大約18cm 以上(左図)及び13cm(右図)の衛星視線方向伸張の位相変化が認められる。

御嶽山の火山性地震のメカニズム解(2016年1月~6月)

名古屋大学では、2016年1月~6月までに御嶽山直下で発生した237個の火山性地震の 震源決定を行い、これらの地震のP波の初動極性とS/P振幅比のデータから66個のメカ ニズム解を推定した.火山性地震は、2014年噴火口から南~南東方向1km以内に集中して いる.メカニズム解の特徴としては、火口のごく近傍で東西方向にT軸を持つ正断層型や 横ずれ断層型のイベントが多く発生していることが挙げられる.



名古屋大学



●は 2014 年噴火口(国土地理院による)

御嶽山

御嶽山周辺における GNSS 観測と重力観測

名古屋大学環境学研究科・東濃地震科学研究所

2014年の御嶽山水蒸気噴火以降に名古屋大学では GNSS 観測点を新設してき た。2014年の水蒸気噴火以降、iimr 観測点(飯森高原駅)では 9~12mm のほ ぼ西向きの地殻変動が観測されているが、他の GNSS 観測点では際立った地殻 変動は観測されていない。なお、8 月中旬から下旬にかけて気象庁によって設 置されている 9 箇所の GNSS 観測の基点にてキャンペーン GNSS 観測を実施し た(左下図の灰色)。また、御嶽山山頂付近の 4 箇所の GNSS 観測の基点にて 相対重力観測、田の原山荘にて絶対重力観測を実施した。



左上図:オンラインの GNSS 観測点マップ。緑色:名大、黄色:東濃地震科学 研究所、青色:GEONET、赤三角:御嶽山山頂 左下図:御嶽周辺の拡大図。 灰色:キャンペーン GNSS 観測点(気象庁)。 右図:各観測点での地殻変動 時系列(上から南北、東西、上下成分)を示している。基準点は上松(950274) 観測点。

日大・名大・京大・九大・ 東濃地震研・気象庁

2016年9月28日

精密水準測量による御嶽山における上下変動(2015年4月-2016年9月)(速報)

日本大学文理学部・名古屋大学・九州大学・京都大学・ 東濃地震科学研究所・気象庁

御嶽山東山麓の水準測量を 2016 年 9 月 19 日 ~ 22 日に実施した。前回、2015 年 4 月 21 日 ~ 24 日の測量と比較すると、約 1 年半の期間で、上松(BM34)の不動点に対して、御岳ロープウエイ・中の湯路線の BM505 で約 6mm の隆起・屋敷野路線の BM214 で約 3 mmの沈降の上下変動が検出された(図 1)。



測量担当者(2016年9月) 村瀬雅之、森済、大渕一樹、南部光賢(日大)前田裕太、堀川信一郎、奥田隆(名大)松島健、内 田和也、手操佳子、光岡郁穂(九大)山本圭吾、吉川慎、井上寛之(京大)木股文昭(東濃)柳澤 宏彰、今井良彰、木村一洋(気象庁)



観測毎の上下変動(2006~2016)

図3. 2006年4月~2016年9月の観測毎の上下変動。黒丸は桟路線~ 屋敷野路線の変動、白丸は木曽温泉~御岳ロープウエイ・中の湯路線の 変動を示す。変動はBM34(上松)を不動点とした。

御嶽山

顕著な地殻変動は観測されていません。



御嶽山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図

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

御嶽山周辺の各観測局情報

国土地理院

基線変化グラフ



御嶽山周辺の地殻変動(水平:1年)





☆ 固定局:白鳥(950282)

国土地理院・気象庁
御嶽山の SAR 干渉解析結果について

判読)(a)、(b)、(c)では、山頂付近で衛星から遠ざかる変動が見られる。 (d)では、ノイズレベルを超える変動は見られない。



	(a)	(b)	(c)	(d)	
衛星名	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	
	2015/06/12	2015/11/13	2015/09/06	2016/05/29	
ᇷᆱᇊᆂ	2016/06/10	2016/06/10	2016/08/07	2016/08/07	
観測口时	23:44 頃	23:44 頃	11:56 頃	11:56 頃	
	(364 日間)	(210 日間)	(336日間)	(70 日間)	
衛星進行方向	北行	北行	南行	南行	
電波照射方向	右	右	右	右	
観測モード*	U-U	U-U	U-U	U-U	
入射角(中心)	36.4°	36.4°	32.7°	32.7°	
偏波	HH	HH	НН	HH	
垂直基線長	+ 137 m	+ 17 m	- 65 m	- 206 m	

*U: 高分解能(3m)モード

西之島(2016年9月13日現在)

気象衛星(ひまわり8号)による観測では、2015年11月下旬以降、西之島付近の 輝度温度は周囲と同じ程度で経過している。



- 図1 西之島 Himawari-8 観測による西之島付近の輝度温度の変化
- ・観測期間: 2015 年 8 月 11 日~2016 年 9 月 13 日の 1 時間ごとの輝度温度をプロット
- ・使用波長:3.9um(HIMAWARI-8/AHI)
- ・アルゴリズム:西之島(27.247°N, 140.874°E)を中心に 0.28 度 x 0.28 度の範囲(15x15=225 格子 点)を抽出。225 格子点の輝度温度について最大値と平均値を算出。平均値はバックグランドとみなす。

西之島における二酸化硫黄放出量観測

2016 年 6 月 5 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が、二酸化硫黄は検知されなかった。

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

2016年6月5日14時04分~16時05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12時時点で6であった。風向と風速は下表の通りである。

	12:00	15:00	18:00	
啓風丸船上観測値	205° 3.6m/s	210° 6.5m/s	194° 6.3m/s	
GPV 空間内挿值※	203° 5.9m/s	221° 6.8m/s	212° 7.1m/s	

※気象庁メソ解析の格子点値(GPV)を西之島火口位置で空間内挿した値

5) 噴煙と火山ガスの状況

白~灰色の噴煙が第7火口から上昇しながら、ほぼ北東へ流れていた。青みがかった噴煙は 火口縁南側から放出され、一部は火口内に滞留しつつ、火口丘北東側斜面に沿って流下してい るように見えた(図1)。4回(2往復)の測定(図2)の間、二酸化硫黄の臭気は全く感じな かった。

2. 観測結果

直達の太陽光がセンサーに入射するのを避けるため、14 時から観測を開始した。太陽高度が下が る時間帯であったため、時間の経過とともにベースラインの上昇がみられたが、西之島の二酸化硫黄 を捉えた濃度の高まりは全くみられず、今回の測線では二酸化硫黄を検知できなかった(図 3)。ベ ースラインの標準偏差は5 ppmm 程度であった。今回の観測における二酸化硫黄のシグナルがベース ラインの幅の中に埋もれていると仮定し、また、風速が昨年10月観測時と同程度であったことから、 二酸化硫黄の拡散範囲も同様であると仮定すると、今回の観測で捉えられた二酸化硫黄放出量は、昨 年10月の100分の1程度、つまり数 ton/day と推測される。ただし、二酸化硫黄が海水による吸収 を受けている可能性があるため、この値は過小見積もりかもしれない。

2013 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。

西之島

76



図1: 噴煙の状況(左:2016年6月5日15時53分、右:同日15時37分、いずれも東北東から撮影) 白~灰色の噴煙は上昇していたが(左)、青みがかった噴煙は斜面に沿って流下していた(右)。



図2:二酸化硫黄放出量観測ルート(赤線)

青矢印は15時00分時点での風向を表す(実線:啓風丸船上観測値、点線:GPV空間内挿値)。



図3:トラバース観測時の上空二酸化硫黄カラム量の変化 4箇所のピークは、トラバースにおける折り返し時に行った検定のシグナルを表す。 西之島の二酸化硫黄を捉えた濃度の高まりは全くみられなかった。



図4: 西之島における二酸化硫黄放出量の時系列グラフ

ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた 西之島における SAR 干渉解析結果

2016年4月中旬から5月下旬の間に、山頂付近の局所的な場所で衛星視線方向伸張の 位相変化が検出された。

1. 使用データ

Path	軌道	照射	<u>デ タ 1</u>	データッ	网来旦	
Frame	方向	方向		7-92	凶留亏	
			2016. 01. 22	2016. 02. 05	図 2-A	
			2016. 02. 05	2016. 02. 19	図 2-B	
14 2001			2016. 02. 19	2016. 07. 08	図 2-C, 図 9	
14-3001 (SDT)	南行	右	2016. 07. 08	2016. 07. 22	図 2-D	
(361)			2016. 07. 22	2016. 08. 05	図 2-E	
			2016. 08. 05	2016. 09. 02	図 2-F	
			2016. 09. 02	2016. 09. 16	図 2-G	
10.0070	南行	右	2016. 01. 04	2016. 04. 11	図 3-A	
10-3070 (SM1 112 0)			2016. 04. 11	2016. 07. 04	図 3-B	
(301_02-9)			2016. 07. 04	2016. 09. 12	図 3-0	
17-3070	南行	右	2015. 11. 14	2016. 02. 20	図 4-A	
			2016. 02. 20	2016. 05. 28	図 4-B, 図 8	
(301_02-0)			2016. 05. 28	2016. 08. 06	図 4-0	
125–530	그는 소드	+	2015. 11. 08	2016. 02. 14	図 5-A	
(SM1_U2-6)	月61 丁	1	2016. 02. 14	2016. 06. 05	図 5-B, 図 8	
125-530	-» 1L	+	2015. 11. 22	2016. 02. 28	図 6-A	
(SM1_U2-7)	761T	石	2016. 02. 28	2016. 06. 19	図 6-B, 図 9	
125-530	-» 1r	+	0015 00 10	0010 00 11	SVI 7	
(SM1_FP6-5)	孔竹	石	2015.09.13	2016.09.11		

表1 干渉解析に使用したデータ



2014 **図1 西之島周辺における ALOS-2/PALSAR-2 の撮像日とパスの時系列** 矢印の期間は火砕丘の南東側の局所的な変動が検出されたペアを示す。

2. 解析結果

2016年以降に撮像されたペアを含む干渉画像及び相関画像の結果をパス毎に示す(図2から図7)。その結果、2016年2月から2016年7月のペアにおいて、火砕丘南東側を中心とした局所的な位相変化が検出された(表1の赤字のペア)。相関画像から当該場所においてコヒーレンス低下は見られないことから、干渉性が保たれていると考えられるため、地下における圧力変化により地殻変動が生じたと考えられる。スポットライトモードにおける最大位相変化量は約80cm程度で、他の観測モードにおいても、同じ場所で同程度の衛星視線方向伸張の位相変化が検出された。ただし、フルポラリメトリの観測ペア(図7)では、ペアの期間が長く相関が低いため、当該場所に干渉編は検出できなかった。なお、明瞭な干渉編が検出された直後のペアでは、同様な干渉編は検出されていないことから、局所的な変動は2016年4月中旬から5月下旬の間に発生したと推測される。

北行軌道と南行軌道からの観測結果が得られたため、できる限り期間の近いペアを組み 合わせ、2.5次元解析を行った(図8及び9)。これによれば、中央火砕丘南東側を中心に 上下方向成分に顕著な地殻変動が生じていることが分かった。MaGCAP-Vを用いた圧力源(収 縮源)を計算したところ、ダイクを仮定した場合は、海抜下45m程度に10⁴m³程度の収縮源 を仮定することで、局所的な干渉縞を説明できることが分かった。シミュレーションの結 果を図10及び表2に示す。

謝辞

本解析で用いた PALSAR-2 データは、火山噴火予知連絡会が中心となって進めている防災 利用実証実験(衛星解析グループ)に基づいて、宇宙航空開発機構(JAXA)にて観測・提 供されたものである。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、処理の過程において、国土地理院技術資料 C1-No. 453 を使用した。関係者の皆様に は、ここに記して御礼申し上げます。

気象研究所



図2 パス14-3081の干渉解析結果(上段:干渉画像,下段:相関画像)



図4 パス17-3070(U2-7)の干渉解析結果(上段:干渉画像,下段:相関画像)

気象研究所

気象研究所





上下)



上下)



図 10 MaGCAP-V を用いて推定された干渉縞モデル(A:ダイクモデル, B:点圧力源, 1:インバー ジョン結果, 2:残差)

表2 推定された断層モ	デル
-------------	----

モデル	体積 ×10 ⁴ m ³	開口量 (m)	深さ (m)	長さ (m)	幅 (m)	走向 (度)	傾斜 (度)	残差二乗和
A:ダイク	-1.76	-1.4	45.7	235.6	51.9	40.9	79.8	6. 21
B:点圧力源	-6.18	-	142.5	_	-	_	_	8. 10

無人へリによる西之島の観測

地震研究所と気象研究所は共同で2016年6月5日~8日の日程で西之島の観測を行った.西之島は火口より1.5 km 以内が噴火の危険性があり,立ち入り禁止となっている(2016年7月現在).このため気象庁の 啓風丸に無人へりを搭載して西之島近傍まで向かい,岩石試料の採取および4K画像の撮影を行った.

◆ 無人へリによる艦上からの観測

地震研究所はこれまで2005年より無人ヘリによる観測と技術開発に取り組み,噴火中の火山での画像 撮影,空中磁気観測,地震計設置等を行ってきた.今回,これまでに蓄積した技術とヤマハの開発した艦 上離発着システムを利用して西之島の観測を行った(図1).今回,船の揺れを除去するために,除振装 置をデッキ上に設置し,これを利用して発艦・着艦を行った.

◆ 岩石試料の採取と分析結果

無人へりにウインチシステムを搭載し,目標地点上空約50mで無人へりをホバリングさせ,ウインチにより岩石採取装置を地表まで降下させて岩石試料を絡めとる方法を採った.岩石採取装置は3.5kgの重りに粘着テープを取り付けたもの使用した(図2).無人へりを安全に着艦させるため,着艦に際して試料と岩石採取装置をデッキ上に拡げたネットの上に切り離し落下させた.

得られた試料(スコリア)の全岩化学組成はきわめて均質で,SiO2=59.7-59.9wt%の狭い範囲に集中した.斉藤・他(2014)で報告されている今回の活動初期(2014年6月)に採取された試料と比較すると,SiO2で約1wt%程度高くなっており,噴火の継続に伴って徐々にマグマの組成が変化した可能性が考えられる.

◆ <u>画像の撮影</u>

無人ヘリに3軸フルデジタル高性能カメラジンバル(MoVI M5)を取り付け,これに4Kカメラをマウントし,撮影を行った(図3).撮影に際しては,基地局でモニター画面を確認しつつ必要な場所を選択し,画角(拡大・縮小を含む)の調整を行った.



図1 無人ヘリと除振装置(下.船の揺れを除去する)



図3 斜面の途中に見られる溶岩のあふれだし部



図2 得られた試料と採取装置

西之島火山近傍で生じた海中音響波

2016年9月8日午前11:30(JST)ごろ,日本各地の海底ならびに陸上地震計で,海中音響波(T-phase) とみられる波群が観測された.震源決定の結果,波源は西之島とその北側に位置する土曜海山との中 間地点に同定された.この波群には固体地球を伝播する顕著な地震波が付随しないため,海底地すべ りや海中噴火等の,海中音響波のみを効率的に放射するイベントが発生したことを示唆している.

1. 観測記録

各地で観測された波形記録の一部を図1に示す 継続時間100秒程度の紡錘形状をした波群が, 小笠原諸島の防災科学技術研究所と気象庁の地上観測点,DONET や海洋研究開発機構の室戸沖 海底地震総合観測システムの海底地震計,また西南日本の陸上 Hi-net 観測点のうち太平洋沿岸 の観測点で広く観測された.同様のパケットは南西諸島や関東南岸付近では観測されないかある いは弱振幅であった.一方,東京大学地震研究所の釜石沖海底ケーブルや海洋研究開発機構の釧 路十勝沖海底地震総合観測システムの海底地震計では,同じ波源によると見られる信号がはっき りと捉えられていた.



図1 観測記録の例.周波数帯 2-4 Hz の上下動速度(陸上地震計)もしくは加速度(海底地震計)の記録で、振幅は観測点ごとの最大値で規格化されている赤縦線は読み取った着信時刻を示す.

西之島



図 2. 防災科学技術研究所 F-net 小笠原観測点における上下動速度波形記録のダイナミックスペクトル.

図2のダイナミックスペクトル表示に見られるように,観測された信号はおおむね1-8 Hz 程度に 卓越している.卓越周波数と波形形状,ならびにDONET 観測網の複数観測点で得られた着信の 見かけ速度が海中音速の約1.5 km/s と見積もられることなどから,この観測された信号は海中 音響波(T-phase)であると考えられる.類似した記録は2016年6月27日にも観測されている (京都大学防災研究所の山下裕亮助教からの情報提供による).しかし,西之島が活発に噴火し ていた期間には,このようなT-phaseの記録は確認されていない.

2. T-phase とその波源推定

T-phase は海中を伝播する音波(P波)が海中の低速度層である SOFAR チャネルにトラップされて伝播するもので,日本周辺では海域の地震に伴って海底ならびに海岸付近の陸上地震計でしばしば観測される.しかし,今回観測された T-phase には付随するべき地震波相が確認できず,地震によって生成されたものとは考えられない.したがって,海中火山の噴火や地すべりなど,海中音波だけを効率的に生成するイベントが生じたことが示唆される.

そこで,図1の各観測点における T-phase の着信時刻を目視で読み取り,それらが速度1.5 km/s で発生源から放射された T-phase であるとの前提のもとで,波源の震央位置ならびに発生時刻の 推定を行った(図3).

88



図3.解析に利用した観測点配置(逆三角)ならびに推定された震央位置(星印).図中白枠内の拡 大図を左下に示す.拡大図中の丸印は西之島の位置を表す.

発震時は 11:19:30 (JST), 震央位置は西之島よりもやや北側の, 西之島と土曜海山の間の谷間に推定された.推定発震時をもとに, あらためて父島と母島の陸上観測点の記録を調べてみたが, 関連する地震波の信号を見出すことはできなかった.

推定された震央は西之島本体ではなく,それよりも北にずれている.近傍の父島(N.OSWF)および母島(HAHAJ2)の観測記録では,T-phaseの着信時刻差が約20秒ある.この大きな走時差は,西 之島自体を発生源であるとすると説明できず,震央推定の結果と整合的である.また,T-phaseが遠 方まで伝播するには,水深1500-3000 mのSOFAR チャネルにトラップされる必要がある.土曜 海山と西之島との間は最大水深が約3000 m深い谷であり,その条件を満たしやすいと考えられ る.西之島本体の噴火時に遠方でT-phaseが観測されなかったことからも,今回の現象は,水深 の深い海底火山間で,海底地すべりもしくは小規模海底噴火が起こったことによるものであるこ とが示唆される.

西之島の次期調査計画

東京大学大気海洋研究所が公募する「新青丸」共同利用KS-16-16次研究航海 により、2016年10月16日~26日の日程で観測調査を予定している。

◆ 岩石試料・火山噴出物の採取と地質調査

西之島に上陸して2年以上に渉る火山活動の異なる時期に噴出した火砕物・岩石試料を採取し、 これらの試料中の斑晶、斑晶ガラス包有物、マイクロライトの解析を行います。これによりマグ マ組成や粘性・上昇速度変化の推移を物質科学の側面から明らかにし、西之島の形成過程・成長 プロセスを解明します。また、溶岩流形態や構造の調査も行い、西之島溶岩の流動・定置・冷却 の過程を明らかにします。

◆ 西之島島内への地震・空振観測点の設置

西之島の今後の活動状況をリアルタイムで把握し、活動推移に応じた観測・防災体制の整備に資 するため、西之島に上陸して地震計・空振計を装備した観測装置を設置します。装置の電力は太 陽光発電で供給し、観測データは衛星通信で地震研究所に送信されます。

◆ 西之島周辺の海底地震観測

長期間に渉る西之島の火山活動推移を明らかにするため、2015年2月から設置されているチタン球長期観測型海底地震計(OBS)5台を回収し、長期観測型OBS3台の設置を行います。

◆ 西之島周辺の海底電位磁力計観測

西之島のマグマ溜りを把握するために、火山体内部の電磁気的構造を明らかにします。そのため に、西之島周辺に海底電位磁力計を設置し、半年間程度の観測を実施します。

♦ Wave Gliderを用いた離島火山モニタリングシステムの構築

離島における噴火活動のモニタリングシステムを構築するため、震動観測、空振観測、波浪観測 のための各測定装置を備えたWave Gliderを西之島周辺海域に投入し、長期にわたるモニタリング を実施します。観測データは衛星通信で地震研究所に送信されます。

◆ 西之島周辺のベクトル津波計の設置

西之島は水深4000 mの海底から立ち上がる巨大な成層火山であり、この山体崩壊により生じる 津波が父島に与える被害を予測するため、西之島と父島の間の水深4000mの海底にベクトル津波 計(VTM)を設置します。

91

西之島の SAR 干渉解析結果について

判読)第7火口の数百m南東部を中心に衛星から遠ざかる変動(ほぼ沈降)が継続している。
(b)、(c)では、第7火口付近において地下収縮(地下にあった溶岩のドレインバックの可能性)と思われる衛星から遠ざかる変動が見られる。(a)、(d)では見られないことから、この変動は4月上旬から5月末までの間に発生した。





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

西之島

92

国土地理院

【第7火口周辺拡大図】



Ò





西之島

	(a)	(b)	(C)	(d)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2016/01/04 2016/04/11 11:31 頃 (98 日間)	2016/02/28 2016/06/19 23:35 頃 (112 日間)	2016/04/11 2016/07/04 11:31 頃 (84 日間)	2016/05/28 2016/08/06 11:33 頃 (70 日間)
衛星進行方向	南行	北行	南行	南行
電波照射方向	右	右	右	右
観測モード*	U-U	U-U	U-U	U-U
入射角(中心)	43.0°	34.4°	43.0°	32.5°
偏波	HH	HH	HH	HH
垂直基線長	+ 31m	+ 218 m	- 61 m	- 263 m
使用 DEM	国土地理院 技術資料 C1-462 (2016 年 3 月 3 日撮影)			

*U: 高分解能(3m)モード

西之島



西之島の概形は海上保安庁の2015/9/16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
		第7火口及びその周辺には噴気及び火山ガスの放出は視認されな
		かった(第1図)。前回調査の6月7日(以後6月観測時とする)と
		比較して噴気活動は縮退していると考えられる。
		火砕丘南側斜面上部のクラック及び地形変化は6月観測時と比較
		して顕著な変化は認められなかった(第1図)。
		熱計測画像からは、第7火口の火口縁及び火砕丘周辺の溶岩原に
		地表温度の高い領域が点在していたが、6月観測時の観測結果と比
		較して顕著な温度分布の変化や温度上昇等の特異事象は認められな
2016/7/10	海 上 保 安 庁	かった。
2010/ 7/19		西之島の南西海岸に薄い茶褐色の変色水域が分布していた(第2
		図)。また、海岸線全体に薄い青白色から黄緑色の変色水域が幅約
		100mで分布していた。なお、変色水域の範囲は6月観測時と比較し
		て縮退していた。
		西之島の総面積は2.68km ² で、6月観測時と変化がなかった。ま
		た、西之島の大きさは東西方向約 1,930m、南北方向 1,950mで、 6
		月観測時と比較するとほぼ変化がなかった。
		西之島南方の西之島南海丘及び付近海域において変色水域等の特
		異事象は認められなかった。
2016/9/10		第7火口及びその周辺には噴気及び火山ガスの放出は視認されな
2010/0/10	海 	かった。

年月日	調査機関等	活動状況
		熱計測画像からは、第7火口の火口縁及び火砕丘周辺の溶岩原に
		地表温度の高い領域が点在していたが、7月観測時の観測結果と比
		較して顕著な温度分布の変化や温度上昇等の特異事象は認められな
		かった(第3図)。
		西之島の西海岸を除く海岸線に薄い褐色の変色水域が分布してい
		た(第4図)。
		西之島の総面積は2.68km ² で、7月観測時と変化がなかった。ま
		た、西之島の大きさは東西方向約1,900m、南北方向約1,950mで、
		7 月観測時と比較するとほぼ変化がなかった。
		西之島南方の西之島南海丘及び付近海域において変色水域等の特
		異事象は認められなかった。
		第7火口及びその周辺には噴気及び火山ガスの放出は視認されな
	海 上 保 安 庁	かった(第5図)。
		熱計測画像からは、第7火口の火口縁及び火砕丘周辺の溶岩原に
		地表温度の高い領域が点在していたが、8月観測時の観測結果と比
2016/ 9 /15		較して顕著な温度分布の変化や温度上昇等の特異事象は認められな
		かった(第6図)。
		西之島の海岸線に幅約100m~1,000mの範囲に薄い褐色の変色水
		域が分布していた(第7図)。
		西之島南方の西之島南海丘及び付近海域において変色水域等の特
		異事象は認められなかった。



第 1 図 第 7 火口付近 2016 年 7 月 19 日 12:34 撮影



第2図 南西海岸の変色水域 2016年7月19日 13:18撮影



第3図 第7火口付近の熱計測画像 2016年8月18日 12:28頃撮影



第4図 南西海岸の変色水域 2016年8月18日 12:41 撮影



第 5 図 第 7 火口付近 2016 年 9 月 15 日 13:29 撮影



第6図 第7火口付近の熱計測画像 2016年9月15日 12:18~28撮影



第7図 南西海岸の変色水域 2016年9月15日 12:37撮影

西之島周辺海域における火山活動の概況(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火山活動の前回(第135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:2016 年 7 月 19 日、8 月 18 日、9 月 15 日 使用航空機等: MA722、MA725 (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) 熱計測装置、赤外線観測

2 火山活動

火口及びその付近からの噴気及び火山性ガスの放出は認められなかった(図1、図2及び図3)。 熱計測の結果は、火口及びその周辺の温度や分布状況に大きな変化は認められなかった(図4)。 変色水域は、西之島周辺の海岸線付近に常に薄い褐色から青白色の変色水域が分布しているのが認 められた(図5)。

2016年9月15日の時点で新たな陸地を含む西之島の大きさは、東西方向及び南北方向ともに約 1,930mで、総面積は約2.68km²で(図7及び表1)、浸蝕及び漂砂による堆積に起因する砂浜の発 達は認められるものの、大きな変化はなかった(図8)。

なお今期間は、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。

また、西之島南海丘及びその付近で変色水域等の特異事象についても確認されなかった。

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 0.01km²	噴火開始翌日		
2014年12月25日	約1,710m	約 1,830m	約 111m	約 2.30km²	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 2.57km²	噴火開始約1年6ヶ月経過		
2015年11月17日	約1,900m	約 1,950m	-	約 2.63km²	噴火開始約2年経過		
2016年5月20日	約1,920m	約 1,920m	-	約 2.65km²	噴火開始約2年6ヶ月経過		
2016年6月7日	約1,940m	約 1,940m	-	約 2.68km²	噴火開始約2年7ヶ月経過		
2016年7月19日	約1,930m	約 1,950m	-	約 2.68km²	噴火開始約2年8ヶ月経過		
2016年8月18日	約1,900m	約 1,950m	-	約 2.68km²	噴火開始約2年9ヶ月経過		
2016年9月15日	約1,930m	約1,930m	-	約 2.68km²	噴火開始約2年10ヶ月経過		

表1 西之島の新たな陸地の大きさ

海上保安庁



図1 第7火口 2016/7/19 12:34 撮影



図 2 第 7 火口 2016/8/18 13:32 撮影



図 3 第 7 火口 2016/ 9 /15 13 : 29 撮影



図4 西之島の熱計測画像 2016/9/15 12:18~28撮影

140* 55-0*6



図 5 南西海岸の変色水域 2016/9/15 12:37 撮影

変色水域

図 6 撮影位置図 海上保安庁 沿岸の海の基本図「西之島」抜粋 平成 28 年 9 月 15 日観測の地形を重畳した。



図7 西之島の面積変化

