(その4の2)浅間山、御嶽山

平成 28 年 6 月 14 日

# 火山噴火予知連絡会資料(その4の2)

# 目次

浅間山 3 気象庁 3-15 東大震研 16-25 防災科研 26-30 地理院 31-34 御嶽山 35 気象庁 35-59 (気象研 54-59) 名大 60-66 地理院 67-70

# 浅間山 (2016年5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。

概況(2016年1月~2016年5月31日)

・噴煙など表面現象の状況(図2~4、図5~7- 、図8- )

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 火映を時々観測していたが、2016 年 1 月 4 日以降は観測されていない。

5月23日に実施した群馬県の協力による上空からの観測、及び5月31日に実施した陸上自衛隊の協力による上空からの観測では、これまでの観測に引き続き、山頂火口から白色噴煙と二酸化硫黄の噴出を観測した。また、これまでの観測と比較して、火口内の地形に大きな変化はないが、火口底中央部の火孔付近の高温領域が縮小しているのが認められた。

・火山ガス(図5~7-)

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。

・地震活動(図5~7-~、図8-、図9~11)

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、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、震源の浅部へ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5~7-、図12~15)

光波測距観測では、山頂部のごく浅いところの膨張によると考えられる 2015 年 6 月 頃から山頂と追分の間でみられていた縮みの傾向は、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東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()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(4月15日) 右・追分遠望カメラ(4月15日)による) ・白色の噴煙が火口縁上概ね400m以下で経過した。



2016年5月31日10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)



2016年5月23日15時14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)



2015年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)

図3 浅間山山頂火口内の状況及び地表面温度分布

・5月23日に群馬県防災航空隊の協力により、31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、前回(2015年10月14日)までの調査と比較して、火口内の地形に大きな変化はみられていないが、火口底中央部の火孔の高温領域が縮小しているのが認められた。 浅間山



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5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。



図の説明は次ページに掲載。



図5~7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。 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。 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。 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。



・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。





・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、やや多い状態で経過している。



浅間山 地震回数 30 日移動平均の推移(2015 年 5 月~2016 年 5 月 31 日) 図 9 ・2015 年 11 月以降は、30 日移動平均で 30~50 回の間で推移している。



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。



半無限均質速度構造(Vp = 2.5km/s, Vp/Vs = 1.73) 2005年2月以降は東京大学地震研究所の観測点も使用 :2002年3月1日~2015年12月31日 :2016年1月1日~5月31日

図 11 浅間山 火山性地震(BH型)の震源分布

今期間、震源の求まったBH型地震はなかった。

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。



図 12 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 ~ 2016 年 5 月 31 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。

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



GNSS 基線 は図 5 ~ 7 の に、光波測距測線 は 図 5 ~ 7 の にそれぞれ対応する。また、基線 ~ は図 11 の ~ 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 14 浅間山 傾斜観測データ(2015年1月1日~2016年5月20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東上がりの変化がみられている。
 \*防):防災科学研究所
 \*データは時間平均値、潮汐補正済み

浅間山

<sup>・</sup>点線四角で囲った期間は図 14 の変動ベクトルの時期を示す。



図 15 浅間山 傾斜計の変動ベクトル・ ・期間 :傾斜変動は鈍化しながらも継続している。

### 浅間山

② 2004年1月1日~2016年5月24日の浅間山地震活動

2004年1月1日から2016年5月24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9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抜付近の地震がこれまでよりも多く発生し ている. 図2に, 2016年5月24日までの時系列を示している. この期間では, 2016年6月23日 から10月9日まで、山頂域の観測点が欠測している.



2004/01/01~2016/05/24 (2016/02/01~2016/05/24)

浅間山



図 2



### 浅間山地震観測網で観測された地震回数の時間変化

図2 2011年6月1日以降5年間の日別回数

浅間山

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)

**長期**: 2011年以降活動度の低い状態が続いていたが2015年4月頃から増加傾向を示し、2015年6月16日に微 噴火が発生した。その後、2016年2月頃まで地震数の多い状態が続いていたが、ゆっくりと低下傾向にある。

短期: 2016年2月~2016年5月の期間は、比較的小ぶりな火山性地震が日に数個から30個程度の数で推移し ている。特に目立った地震活動は無いが、5月に入ってやや低周波の脈動が目立つ。 A型は時々発生していて、N型はなかった。

### 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2015年後半に収束した.また、山頂付近の観測点が2015年夏から10月 まで欠測していたが、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.





2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 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。 増加傾向はおよそ 1 年経過した現在も継続している。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 を新設してから 1 年が経過した。この点での全 磁力は年周変化がおよそ 3nT と極めて小さい良質のデータが取得できている。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-1~2nT/年、南側の KMS でおよそ+4~5nT/年となっており、帯磁傾向が認められる。したがって、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。

### 東京大学地震研究所



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-1~2nT 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

2015 年 6 月 19 日小規模な噴火後、傾斜計や GNSS 観測には明瞭な変動は観測されていない。



浅間山の傾斜変動 図 1

浅間山



138.5°E





防災科学技術研究所



### 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
	注問山宮峰		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~
	(/ (WIT V)		<b>~</b> 2015/8/27	一部のデータの補完できず
	浅間山小浅間		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。



<u>点番号</u> 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 20121212 アンテナ・受信機交換 950268 東部 軽井沢 20121214 アンテナ・受信機交換 950269 アンテナ・受信機交換 S浅間山1 03S046 20120308 059070 M浅間砂塚A 20150820 受信機交換 159089 M浅間鎌原2 20150722 新設

### 浅間山周辺の各観測局情報

### 国土地理院

基線変化グラフ



国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

### M浅間鎌原2(REGMOS)に関する基線(短期のみ)

基線変化グラフ

基線変化グラフ

期間: 2015/01/01~2016/05/29 JST



cm	(10) 嬬恋(	950221)→M	浅間鎌原 2 (15	59089) 斜距離	基準値	: 9525. 398m
4	2015/07/22	M浅間鎌原2	観測開始			
2						
1		•				
ò		ليرمند 📃	مصحفحة همتا	- carina	the second	
-1		<i>C</i> •			· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	•
-2						
-3						
-4						
		7/1	10/1	201	6/1 4,	/1

期間: 2015/01/01~2016/05/29 JST

		3070/ 1072011119年135	2(159089) 料距離	基準値:6662.	616m
4 2015/0 3	07/22 M浅間鎌原 2	観測開始			
2	·····				
•	~~~	. <del>Manual an</del>	with the	a communia	<b>New</b>
2				•	
3					
•	7/1	10/1	2016/1	4/1	
n (12)	軽井沢(950269)-	→M浅間鎌原2(1590	089) 斜距離	基準値:15453.	512m
2015/0	07/22 M浅間鎌原 2	観測開始			
2	·····				
0	مانتج:	-invites	nyski n	minim	<b>1</b>
1		÷			
2		·····			
2					
2	7/1	10/1	2016/1	4/1	
n (13)	7/1 S浅間山 1 (03S0 07/22 M浅間鎌原 2	10/1 46)→M浅間鎌原 2 報測開始	2016/1 (159089) 斜距離	<b>4</b> /1 基準值:6235.	327 m
2 3 4 (13) 4 2015/0	7/1 S浅間山 1 (03S0 07/22 M浅間鎌原 2	10/1 46)→M浅間鎌原 2 親測開始	2016/1 (159089) 斜距離	<b>4</b> /1 基準值:6235.	327m
n (13) 4 2015/0 2 1	7/1 S浅間山 1 (0380 07/22 M浅間鎌原 2	10/1 46)→M浅間鎌原 2 観測開始	2016/1 (159089) 斜距離	4/1 基準值:6235.	327m
2 (13) 4 (13) 3 2015/C 1 0 1	7/1 S浅間山 1 (03S0 07/22.M浅間鎌原 2	10/1 46) → M 浅間鎌原 2 観測開始	2016/1 (159089) 斜距離	4/1 基準值:6235.	327m
2 3 4 (13) 4 2015/0 2 1 0 1 2 2 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	7/1 S浅間山 1 (0350 07/22 M浅間鎌原 2	10/1 46) → M 浅間鎌原 2 観測開始	2016/1 (159089) 斜距離	4/1 基準值:6235.	327m
n (13) 2 3 4 n (13) 2 2015/C 1 0 1 2 3 4	7/1 S浅間山 1 (0350 07/22 M浅間鍵原 2	10/1 46) → M 浅間鎌原 2 観測開始	2016/1 (159089) 斜距離	4/1 基準値:6235.	327m

●----[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

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。



背景:地理院地図 標準地図

6

### 解析:国土地理院 原初データ所有:JAXA

浅間山

### 国土地理院

(b)

ALOS-2

2015/07/24

2016/04/01

23:44 頃

(252日間)

北行

右

บ-บ

ΗH

+ 219 m

遠ざかる (沈降、西向)

遠ざかる (沈降、東向)

9

12

12

6

43.0°

## 御嶽山 (2016年5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1月~2016年5月31日)

・噴煙及び火口付近の状況(図1-①、図2-①、図3-①、図11)

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、2015 年 11 月から 2016 年 2 月にかけて火口 縁上 400m以下で経過していたが、2016 年 3 月下旬頃より 600m以上になることも時折 見られている。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<sup>1)</sup>の状況(図1-④)

5月24~25日の山頂の現地調査では、火山ガス(二酸化硫黄)は検出<sup>1)</sup>されなかった。

### ·地震活動(図1-23、図2-2~5、図3-34、図4~10)

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日に火山性微動が発生した。傾斜計には特段の変化はみられなかった。この 火山性微動の発生以降、低周波地震(BL型地震)がときどき観測されている。火山性 微動が観測されたのは、2015年7月20日以来である。

### ・地殻変動(図1-5、図2-6、図12~17)

今期間、傾斜計で火山活動の高まりを示す変化は観測されていない。 GNSS連続観測の一部の基線では、2014年10月頃以降山体付近の収縮によると考えられる縮みの傾向がみられる。この変動は、北大(2016)が合成開口レーダーのデータを 解析し、求めた山頂直下約450mにおける900m<sup>3</sup>/dayの収縮で説明できる。

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5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 18 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。

5月19日に火山性微動を観測した(赤丸)。

・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。



図2 御嶽山 火山活動経過図(2006年1月1日~2016年5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 18 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5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20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 広帯域地震計で観測された 2016 年 5 月 19 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(ニノ池東)では、周期数十秒の変動もみられる 0



Time(min) 2015 年7月20日(左)と2016 年5月19日(右)の火山性微動波形とランニングスペクトル 図 5 (田の原上下動)

5

・2015 年及び 2016 年の火山性微動の波形は似ており、1 Hz 付近から 10Hz 付近にかけて複数のピ ークがみられる

0



図 6 Ogiso et al. (2012)による各観測点の振幅比を用いた震源算出方法で求めた 2015 年 7 月 20 日 (左) と 2016 年 5 月 19 日(右)の火山性微動波形の震動源.(星印は一番残差がよい地点、マは算出に 用いた観測点)

・精度も考慮すると、2015年及び2016年の火山性微動、いずれも山頂付近の海抜Om以上に震動源があ ると推定される.

5

Time(min)



計数基準:田の原上振幅 1.5µm/s 以上、S-P1秒以内。



図8 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5月20日) 半無限均質速度構造(Vp = 4.0km/s, Vp/Vs = 1.73)

- ●: 2006年12月1日~2015年9月30日
- ●:2016年1月1日~2016年5月20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 9 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5月20日) 半無限均質速度構造(Vp = 4.0km/s, Vp/Vs = 1.73) ●:2014年9月1日~2015年12月31日

●:2016年1月1日~2016年5月20日

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

- ・火山性地震の震源は、主に剣ヶ峰山頂付近の深さ(海面下) 0~2km 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。
- ・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。
- ※ 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。





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



2015年8月19日 08時47分



2014年12月24日08時58分



2015年5月14日 12時10分



2015年7月26日 10時39分



2015年9月14日 08時40分

図 11-1 御嶽山 噴煙の状況 (剣ヶ峰の南南西約6kmの中部地方整備局設置の滝越カメラによる)



2015年10月29日 10時20分



2015年12月20日 15時40分



2016年2月24日 15時50分





2015年11月4日 14時00分



2016年1月27日 11時30分



2016年3月17日 12時02分



図 11-2 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)



図 12 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~2016 年 5 月 20 日、時間値、潮汐補正済み)



### 図 13 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5月20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)

・点線円は火山活動とは関係ない変化。

<sup>・</sup>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。



図14 御嶽山 傾斜変動の年毎のベクトル時間変化比較図

9月から翌年9月の1年毎にベクトルの時間変化を重ね合わせた。

・噴火後は北北西下がりの変化がみられている。2015年4月頃から西側下がり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 15 御嶽山 GNSS 連続観測による基線長変化(2013年1月1日~2016年5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18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。

50

気象庁





図 16 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 5 月 31 日) (国):国土地理院

図中①~⑥は図18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。

<sup>2010</sup> 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 17 御嶽山 GNSS 連続観測によるベクトル(青)と北大(2016)のソースによる理論ベクトル(赤) (2014 年 10 月 1 日~2015 年 11 月 1 日) (国):国土地理院

- ・北大 (2016)は、2014 年 10 月と 2015 年 11 月の合成開口レーダーのデータを解析し、山頂直下約 450m における 3.5×10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>の収縮源を求めた。
- ・GNSS 連続観測でも一部の基線で縮みが観測されている(図 15,16)。この縮みの変動と北大(2016)の 収縮源による理論変動を比較したところ、概ね調和的であった。このことから、GNSS 連続観測の一部 の基線で観測されている縮みの変動も、山頂直下約 450m 付近の収縮によると考えられる。

北海道大学(2016):第134回火山噴火予知連絡会資料



図 18 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19 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(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しています。 (国):国土地理際、(中地):中市地方整備局、(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20 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。

### 第135回火山噴火予知連絡会 気象研究所・新潟大学災害・復興科学研究所・京都大学大学院工学研究科・信州大学理学部・気象庁

融雪の影響を考慮し降水補正を行った田の原の傾斜計 EW 成分の変化

御嶽山田の原の傾斜計の東西成分では、2014 年 9 月の噴火以降、山下がりの変化が継 続している。

気象庁が御嶽山の田の原に設置している傾斜計の東西成分については降水や融雪に よる影響が見られる。そのうち降水については、2011年から2013年の6月から10月の 計15カ月間で降水補正パラメータを推定した。その結果、6月から10月にかけては良 好な降水補正データとなり、2014年9月の噴火に先立って9月10日頃から発生した山 頂直下の地震と同期した山上がり(西上がり)の変化を確認したほか、似たような変化 も過去に複数回あったことも確認した。

残る融雪については、田の原の傾斜計のごく近隣において 2014 年 11 月から 2015 年 5 月までと 2015 年 11 月から 2016 年 4 月まで熱収支法による融雪量の観測を行った。こ の融雪量データを降水補正に用いて試行錯誤し、積雪期間と融雪量を考慮した降水補正 を行った。その結果、特に 3 月から 5 月までの融雪の影響をほとんど取り除くことがで き、2014 年 9 月の噴火以降、傾斜計 EW 成分は山下がり(東上がり)の傾向が継続して いることが確認できた。

なお、本研究は、新潟大学災害・復興科学研究所共同研究費(2016-05)の助成によって行われた。



田の原傾斜計 EW 成分の時系列グラフ(2011年4月~2016年5月)

設置後からの緩和的な変化を指数関数及び一次トレンド直線で除去した。

# 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 Frame	軌道 方向	照射 方向	データ 1	データ 2	図番号
126_710	北行	+	2014. 10. 03	2015. 11. 13	図 1
120-710			2015. 06. 12	2015. 11. 13	図 2
20, 2000	古仁	+	2014. 10. 05	2016. 05. 29	図 3
20-2890	11] 1丁		2015. 11. 15	2016. 05. 29	図 4

### 2. 解析結果

山頂付近において衛星視線方向伸張の位相変化が認められる。

謝辞

本解析で用いた PALSAR-2 データは、火山噴火予知連絡会が中心となって進めている防災 利用実証実験(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 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,山頂付近を中心とした最大4サイクル(約48cm)の衛星視線方向伸張の位相変化が認められる。



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8cmの衛星視線方向伸張の位相変化が認められる。



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,山頂付近を中心とした 最大2サイクル(約24cm)の衛星視線方向伸張の位相変化が認められる。



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8cmの衛星視線方向伸張の位相変化が認められる。



2014年8月以降の御嶽山における震源分布

図1:御獄山頂とその周辺の地震の震源(期間:2014年9月1日~2016年3月31日)

名古屋大学



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

### 2014 年御嶽山噴火後の GNSS 解析

2014年9月の水蒸気噴火以降、名古屋大学ではGNSS観測点を強化してきた。現在オンラ インのGNSS観測点(名大:緑色,東濃:黄色)はチャオスキー場(ciao)、飯森高原駅(iimr)、東大 木曽天文台(ksao)、御嶽休暇村(ontk)である。iimr 観測点では2014年の開始以降、7~10mm のほぼ西向きの変動が観測されているが、他の観測点では際立った地殻変動時系列の変化は 見られない。



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

### 応力場の時間変化に基づく御嶽火山モニタリング法

火山直下の局所的な応力場(以下,局所応力場)は、プレート運動による広域応力場と火山活動によって作り出される応力変動場との重ね合わせで表現できる.プレート運動による応力蓄積はゆっくりと進むため、数週間から数年といった中短期的時間スケールでは、広域応力場の時間変化は無視できるほど小さい.従って、もし局所応力場が中短期的時間スケールで時間変化すれば、それは火山活動と直接結びつく.名古屋大学では、御嶽山直下で発生した火山性地震のメカニズム解(2014年8月~2015年3月)と御嶽山周辺域の広域応力場を推定し、局所応力場の時間変化を広域応力場からの"ずれ"として定量的に検出する試みで、御嶽火山をモニターする手法について検討した(Terakawa et al., 2016).

まず、御嶽山周辺域の定常地震観測(図 1a)で得られた地震波形データを分析し、2014 年8月~2015年3月に御獄山直下で発生した火山性地震(図 1b・c)を捉え、このうち94個 の火山性地震のメカニズム解を推定した.地震のメカニズム解のタイプは噴火前後で顕著に 変化し(図 2a)、噴火前は東西伸長の正断層型(図 2b)、噴火後は東西圧縮の逆断層型(図 2c)が支配的であることがわかった.このように噴火前後で火山性地震のメカニズム解がほ ぼ正反対に変化したことは、山頂直下の局所応力場が大きく変化したことを示している.

一方, 広域応力場は, 御嶽山周辺域で発生する平常時の地震のメカニズム解(2012 年 5 月~2014 年 7 月)から, CMT データインバージョン法(Terakawa & Matsu'ura, 2008)を用いて推定した. 山頂付近の広域応力場は, 北西一南東方向に最大圧縮軸を持つ横ずれ断層型で特徴づけられることがわかった.

次に、火山性地震のメカニズム解と広域応力場の関係を分析し、局所応力場の広域応力場 からのずれを検出することを試みた.具体的には、「地震は既存弱面を利用して、断層面上に 働く力の方向にすべる」という考えに基づき、メカニズム解の節面を断層面として固定し、 観測されたすべりベクトルと広域応力場から期待される理論的なすべりベクトルとの角度差 をミスフィット角と定義し、局所応力場のずれを測る指標とした.もし、火山性地震が広域 応力場に支配されて発生すれば、ミスフィット角は広域応力場及びメカニズム解の推定誤差 の範囲内(65度以内)に収まることが期待される.しかし、ミスフィット角が閾値を超えて 大きくなると、火山活動の活発化により局所応力場が広域応力場からずれていることを意味 する.

図3は、本研究で得られたミスフィット角の時間変化(地震10個毎の移動平均)である. 噴火前の約2週間はミスフィット角が閾値を大きく超える傾向にあったが、噴火後急速に減 少したことがわかった.メカニズム解のタイプ(図2b)を考慮すると、噴火前には火山活動 の活発化により東西引張の応力変動が引き起こされていたことが示唆される. 広域応力場の パターンや他の研究で得られた知見も合わせると、御獄火山が地殻内に発達した構造を利用 して東西方向に膨張を引き起こしたと考えられる.一方、噴火後は火山活動による応力変動 が小さくなり、基本的に広域応力場に支配されて地殻が収縮したと考えられる(図2c).ま た、2014年11月、2015年1月末から2月中旬にかけて、ミスフィット角の一時的な高ま

御嶽山

名古屋大学

りがあったこともわかった.このことは、2014年9月27日の噴火の後も山体内部において 何らかの膨張・減圧過程が繰り返し起きていた可能性があることを示している.本研究によ り、局所応力場の時間変化と火山活動を関連づける結果が得られた.応力場の時間変化を調べること は、火山活動の監視に役立つ可能性があると考えられる.



### 図 1. 御嶽山周辺域の地震活動

- (a) 地震の震源分布と観測点分布.赤い△は御嶽山山頂,○は震源(色は震源深さ),□は観測点(水
  色:名古屋大学,灰色:気象庁・防災科学技術研究所,黒色:岐阜県・長野県)を表す.赤い☆は, 1984年長野県西部地震の震源を表す.
- (b) 山頂直下の震源分布.
- (c) 山頂領域での日別地震数.名古屋大学の連続地震波形データの分析によるデータを示す.



<sup>(</sup>図2:キャプションは次のページ)

### 図2. 地震のメカニズム解の時間変化

- (a) 地震のメカニズム解の分類. 断層運動のタイプを4つのグループ(正断層・横ずれ断層・逆断層・ 混合型) に分類したもの.
- (b) 噴火前の地震のメカニズム解(2014年8月31日 2014年9月27日11:50).□は震源を表す. メカニズム解は下半球投影の震源球で表現する.震源球の色は、ミスフィット角を示す.ミスフィット角が 90 度以上の地震の震源を赤い□で、90 度未満のものを青い□で表す.緑の△は御嶽山の 山頂を、桃色の点状の領域は国土地理院の調査による 2014年の噴火火口を表す.
- (c) 噴火後の地震のメカニズム解(2014年9月27日11:50-2014年10月31日). 詳細は(b)と同様.



### 図 3. 火山性地震のメカニズム解のミスフィット角の時間変化

平均ミスフィット角(■) は地震 10 個毎の移動平均として計算した, 黒い横線は平均を取った期間 を, 黒い縦線は平均ミスフィット角の標準誤差を表す. 太い赤線は, 局所応力場の広域応力場からの ずれを検出するための閾値(65 度) で, これより大きなミスフィット角は局所応力場のずれが有意 であることを示す. 細い赤線は, 局所応力場のずれが顕著であることを示す目安である. 青い太点線 は御嶽山の噴火, 桃色及び灰色の点線は, 気象庁の分析による BL 型及び BH 型地震が観測されたこ とを表す.

- Terakawa, T., A. Kato, Y. Yamanaka, Y. Maeda, S. Horikawa, K. Matsuhiro, and T. Okuda, Monitoring eruption activity using temporal stress changes at Mount Ontake volcano, Nature Communications, Vol. 7, 10797, doi:10.1038/ncomms10797, 2016.
- 2. Terakawa, T. and M. Matsu'ura, CMT data inversion using a Bayesian information criterion to estimate seismogenic stress fields, Geophy. J. Int., Vol. 172, 674-685, 2008.

# 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)

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



☆ 固定局: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)ノイズレベルを超える変動は見られない。

(a) 2016/01/05-2016/04/12



解析:国土地理院 原初データ所有:JAXA

御嶽山