第 136 回 火山噴火予知連絡会資料

新潟焼山、吾妻山、草津白根山

(その2の1)

平成 28 年 10 月 4 日

火山噴火予知連絡会資料(その2の1)

目次

新潟烤	乱 し ・・・・・		3	
	気象庁	3-19(気象研 17-19)		
	地理院	20-22		
吾妻山	••••••		23	
	気象庁	23-46(気象研 42-46)		
	産総研	47		
	地理院	48-51		
草津白根山······ 52				
	気象庁	52-69(気象研 63-67、地磁気 68-69)		
	東工大	70-75		
	防災科研	T 76-80		
	地理院	81-84		

気象庁

5月6日及び7月21日に、ごく小規模な噴火に伴うものとみられる降 灰を確認した。5月1日に小さな火山性地震がやや増加し、低周波地震 も時々発生したが、その後、火山性地震は次第に減少し、少ない状態で 経過している。昨年(2015年)夏頃からの噴煙がやや高く上がる傾向は 継続している。

想定火口内(山頂から半径1km以内)に影響を及ぼすような噴火が発生するおそれがある。今後も火山活動の推移に注意が必要である。 噴火予報(噴火警戒レベル1)チャルであることに図章)の予報専項

噴火予報(噴火警戒レベル1、活火山であることに留意)の予報事項 に変更はない。

○ 概況(2016年5月~9月20日)

・噴気など表面現象の状況(図1~5、図6-①、図7~8)

5月6日に新潟県警察の協力により実施した上空からの観測で、山頂東側斜面の噴 気孔周辺に南北約400m、東西約200mにわたり、ごく小規模な噴火に伴うものとみ られる降灰を確認した。また、妙高火山研究所によると、7月19日に東斜面で噴気 孔から流れ出たと考えられる泥水が確認され、7月21日には山頂から南南東およそ 1.5km 付近で微量の火山灰が見つかった。

新潟県土木部砂防課が焼山温泉(山頂の北北西約8km)に設置している監視カメラ と、気象庁が宇棚(山頂の南南東約7km)に設置した遠望カメラ(2016年7月8日 運用開始)による観測では、2015年夏頃からみられる、山頂部東側斜面の噴煙がや や高く上がる傾向は継続しており、高い時で火口縁上1,200m程度まで上がっている。 また、2015年12月下旬からの噴煙量の多い状態も継続している。

・地震活動(図6-2)、図9~11)

5月1日以降、振幅の小さな火山性地震がやや増加し、5月4日以降は低周波地震 も時々発生したが、その後、火山性地震は次第に減少し、少ない状態で経過している。 ただし、2015年以降の地震回数は、2014年以前と比べてやや多い状態が続いている。 火山性微動は発生していない。

・地殻変動(図6-3~6)、図12~15)

山頂の北約4kmに設置しているカラサワ観測点の傾斜計では、5月1日からの火 山性地震の増加に先行して、4月30日頃から5月1日頃にかけて、山頂方向上がり (南上がり)の変化がみられた。

GNSS による地殻変動観測では、2016 年1月頃から新潟焼山を南北に挟む基線で伸びがみられている。

3

この資料は気象庁のほか、国土地理院、東京大学、京都大学、国立研究開発法人防災科学技術研究所及び新潟県のデータを利用して作成した。



図1 新潟焼山 山頂付近の降灰の状況(2016年5月6日撮影)

・5月6日に新潟県警察の協力により実施した上空からの観測で、山頂東側の噴気孔周辺の南北約400m、東西約200mにわたり、降灰と考えられる噴出物が認められた。



図2 新潟焼山 降灰の分布状況

※図1から読み取った降灰の範囲を示す。

この図の作成には、国土地理院発行の2万5千分の1地形図を使用した。



2016 年 7 月 19 日撮影 (妙高火山研究所提供)



2016年7月12日撮影 (火打山より)



2013年10月7日撮影 (新潟県消防防災航空隊 の協力による)

図3 新潟焼山 山頂付近の状況

- ・2016 年7月12日に実施した現地調査では、山頂部の噴気孔付近から泥水が流れ出したとみられる跡(流下した水平距離約400m、標高差約300m)が東斜面に認められた(中図の赤矢印)。
- ・2016年7月19日に撮影された写真(妙高火山研究所提供)では、7月12日の観測の際には認められな かった泥水の流下がみられる(上図の赤矢印)。
- ・2013 年 10 月7日に新潟県消防防災航空隊の協力により実施した上空からの観測の際には、そのような 跡はみられない(下図の赤点線矢印)。



2016年8月10日撮影(新潟県消防防災航空隊の協力による)



2016年5月6日撮影(新潟県警察の協力による)

図4 新潟焼山 山頂付近の状況と地熱域の分布(左:可視画像 右:熱赤外画像) ・2016年8月10日の観測では、前回(5月6日)と同様に、山頂周辺の地熱域(赤矢印) を確認した。

焼山温泉監視カメラ (新潟県土木部砂防課提供)



2016年9月12日08時40分



2016年8月12日10時29分



2016年7月19日06時59分



2016年6月3日11時00分

宇棚カメラ (2016 年 7 月 8 日運用開始)



2016年9月12日07時49分



2016年8月3日18時49分



2016年7月21日00時01分

- 図5 新潟焼山 遠望カメラによる噴煙の 状況(2016年6月~9月)
- ・昨年(2015年)夏頃からの噴煙がやや高く上がる 傾向は現在も継続している。2016年8月3日には これまでの最大高度となる 1,200mの噴煙が観測 された。
- ・宇棚カメラ(2016年7月8日運用開始)の位置は
 図 15(観測点配置図)を参照。





図 7 新潟焼山 噴煙高度と噴煙の長さの推移

(それぞれ日最高値及び日最大値、2014年1月1日~2016年9月20日)

- ・山頂部東側斜面の噴気孔からの噴煙は、2015年夏頃からやや高く上がる傾向が認められ、 2016年1月以降は日によって大きく変動しているものの、時折高く上がることがある。
- ・噴煙高度は強い風の影響を受ける場合があるため、風の影響を受けにくい噴煙の長さ(図 8参照)のグラフも示している。2015 年 12 月下旬から増加傾向がみられる。
- ・2016年7月8日に宇棚カメラ(山頂の南南東約7km、図13参照)の運用を開始した。それ
 以前は噴煙がフレームアウトしている例がある(2016年3月28日、噴煙高度>400m、噴煙の長さ>500m)。





図 9 新潟焼山 日別地震回数(2014年1月1日~2016年9月20日)

・2016年5月1日以降、振幅の小さな火山性地震がやや増加し、5月4日以降は低周波地震も 時々発生した。その後、火山性地震は次第に減少しているが、2014年以前と比べてやや多い 状態が続いている。



図 10 新潟焼山 高周波地震と低周波地震の波形例とスペクトル 左:高周波地震の波形例とスペクトル 右:低周波地震の波形例とスペクトル 低周波地震のスペクトルは1~2Hz付近にピークを持つ。



- 図 11 新潟焼山 一元化震源による山体周辺の地震活動(2005 年 1 月 1 日~2016 年 9 月 20 日)
 - ●:2005年1月1日~2016年4月30日 ●:2016年5月1日~9月20日 ×:深部低周波地震

- ・広域地震観測網による観測では、5月上旬(5月1日~8日)に火山活動に関連すると思われる地 震の震源が新潟焼山山体の西側に決定された。
- 広域地震観測網による震源決定では、深さは全て海面以下として決定している。
- ・表示している震源には、震源決定時の計算誤差の大きなものが表示されることがある。
- ・震源分布図の円はカラサワ観測点を中心とした半径8kmの範囲を示している。

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)』を使用した。



- 図 12 新潟焼山 GNSS 連続観測結果(2016年2月1日~6月18日)からの圧力源の推定 上: Mogi モデル 下: Okada モデル
- ・Mogi モデルと Okada モデルで、推定された圧力源の水平位置には若干の違いがあるが、深さや 体積変化量はほぼ同じとなった。





- 図 13 新潟焼山 GNSS 連続観測結果 (2012 年 1 月 1 日~2016 年 9 月 20 日) 上:宇棚-丸山尻の基線長 下:基線長の1年間の変化速度(mm/年)
- ・この GNSS 基線は図 15(観測点配置図)の③に対応している。
- ・下のグラフは基線長の1年前との差分を取ることで季節変動を除去している。
- ・季節変動を除去した基線長では、2016年1月頃からみられていた基線の伸びが、5月から7月 頃にかけて一時停滞したが、その後は再び緩やかな伸びがみられる。



図 14 新潟焼山 カラサワ観測点における傾斜変動 (2014 年 1 月 1 日~2016 年 9 月 20 日、時間値、潮汐補正済み)

 カラサワ観測点(山頂の北約4km)の傾斜計で、2016年5月1日からの地震の増加に先行して、4月 30日頃から5月2日頃にかけて山頂方向上がり(南上がり)の変化がみられた。(赤点線楕円部分)。
 2016年5月2日以降の変動は、毎年この時期に現れる融雪の影響によるとみられる変動。



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、(防):防災科学技術研究所、(震):東京大学地震研究所、(新):新潟県

図 15 新潟焼山 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。 (国):国土地理院、(防):防災科学技術研究所、(震):東京大学地震研究所、(新):新潟県 GNSS 基線③~⑥は図6の③~⑥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 50m メッシュ (標高)』を使用した。



※第135回火山噴火予知連絡会 気象研究所資料より

図 16 新潟焼山 噴煙による放熱量の時間的推移 (図上:2016年7月1日~9月5日、図下:2016年1月1日~6月3日)

・解析誤差が大きく傾向は判断できないが、放熱量の多い状態は継続しているものとみられる。

[・]天候や風向、噴煙の上昇の状況など計測の条件の良いものを解析

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

山頂付近において、衛星視線方向短縮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
126-730	北行	右	2015.06.26	2016.06.24	図 1
19-2880	南行	右	2015. 09. 29	2016. 06. 21	図 2

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「丸山尻」を無変動と仮定した干渉画像を図 1,2 に示す。その結果,山頂付近において衛星視線方向短縮の位相変化が検出された。

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。



図中の丸印は GNSS 連続観測点(橙:気象庁)を示す。気象庁の丸山尻 GNSS 観測点を無変動と仮定 した場合,山頂付近で最大約 7cm の衛星視線方向短縮の位相変化が認められる。



凡例は図1に同じ。気象庁の丸山尻 GNSS 観測点を無変動と仮定した場合,山頂付近で最大約5cm の衛星視線方向短縮の位相変化が認められる。

新潟焼山

2月頃から、新潟焼山をはさむ基線で、伸びが見られます。

960569 ¹ 新井 950245 糸魚川 1 J451/ 丸山尻 37° 960570 糸魚川2 6 △新潟焼山 Λ 950247 妙高高原 J450 宇棚 _____ 10km 50' 0 50' 138° 10'

新潟焼山周辺GEONET (電子基準点等) による連続観測基線図

新潟焼山周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
950247	妙高高原	20121121	アンテナ交換
		20150617	受信機交換
960569	新井	20121121	アンテナ交換
		20150806	受信機交換
960570	糸魚川2	20121120	アンテナ交換
		20150806	受信機交換



※[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

新潟焼山



新潟焼山周辺の地殻変動(水平:3ヶ月)



☆ 固定局:大潟(950241)

新潟焼山

※[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

国土地理院

第136回火山噴火予知連絡会

-12

0 3

衛星一地表視線方向の変位量 [cm]

新潟焼山の SAR 干渉解析結果について

判読)(a)、(c)では、新潟焼山の山頂付近で衛星に近づく変動が見られる。 (b)では、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

新潟焼山

吾妻山

(2016年9月10日現在)

大穴火口のやや活発な噴気活動及び大穴火口付近の浅部の熱活動が継続している。5月及び7月に実施した現地調査では、2015年10月に新たな噴気が確認された大穴火口北西で、複数の弱い噴気を確認した。

大穴火口周辺では小規模な噴火が発生する可能性があると考えられるため、火口から概ね500mの範囲では、弾道を描いて飛散する大きな噴石に警戒が必要である。危険な地域には立入らないよう地元自治体等の指示に従うことが必要である。また、大穴火口の風下側では降灰及び風の影響を受ける小さな噴石、火山ガスに注意が必要である。

平成26年12月12日に火口周辺警報を発表し、噴火警戒レベルを2(火口 周辺規制)に引き上げた。その後、警報事項に変更はない。

〇概況(2016年5月~9月10日)

・噴気など表面現象の状況(図1、図2、図4~6、図8-①④)

上野寺遠望カメラ(大穴火口の東北東約 14km)及び東北地方整備局が設置している たまうどだいら 浄土平火口カメラ(大穴火口の東南東約 500m)による観測では、大穴火口(一切経山 南側山腹)からの噴気の高さは概ね 100m以下で経過した。長期的には、2010~2011 年 をピークとして低下傾向が続いている。

5月19日に実施した現地調査では、2015年10月に新たな噴気が確認された大穴火口 北西で、その噴気の南側に新たな複数の弱い噴気が長さ約100mにわたって噴出している のを確認し、7月20日に実施した現地調査でも引き続き確認した。また、7月20日の 現地調査では、噴気が出ていない場所でも地熱の高い領域を確認した。

大穴火口の噴気に変化はみられず、大穴火口周辺の地熱域に拡大等の変化は認められなかった。

・火山ガスの状況(図8-8)

9月9日に実施した現地調査では、二酸化硫黄の放出量¹⁾は1日あたり20トン(前回 2014年7月2日に実施した観測では検出限界未満)と少ない状態であった。

・大穴火口周辺の全磁力の状況(図7)

大穴火口周辺で実施している全磁力繰り返し観測によると、2014年10月以降観測され ていた大穴火口周辺の地下での熱活動の活発化を示す全磁力値の変化は2015年秋以降鈍 化傾向にあると考えられる。

この資料は気象庁のほか、国土交通省東北地方整備局、東北大学、国立研究開発法人防災科学技術研究所のデータを利用して作成した。

·地殻変動(図12~16)

浄土平観測点(大穴火口の東南東約1km)に設置している傾斜計では、2015年6月頃 まで西南西側(火口方向側)上がりの変動で推移し、2015年7月頃から停滞していたが、 2015年9月頃から西側下がりの傾向となっている。

5月27日から30日にかけて実施した大穴火口付近のGNSS繰り返し観測では、前回 (2015年6月22日~25日)の観測結果以降、大穴火口を挟む基線で収縮を示す変化が みられた。また、GNSS連続観測では、2014年秋以降に一切経山付近の膨張を示す緩やか な変化がみられていたが、2015年7月頃から停滞または収縮の傾向となっている。

1) 二酸化硫黄の放出量の観測は、二酸化硫黄が紫外線を吸収する性質を利用し、噴煙を透過した紫外線の吸収量 を測定することにより二酸化硫黄の放出量を求めている。



- 図1 吾妻山 大穴火口からの噴気の状況(2016年6月10日)
 - ・右:浄土平火ロカメラ(東北地方整備局、大穴火口から東南東約500m)による。
 - ・左:福島市上野寺遠望カメラ(大穴火口から東北東約14km)による。
 - ・実線赤丸で囲んだ部分が大穴火口からの噴気で、この時観測された噴気の高さは200m。



図2 吾妻山 噴気や地熱域の分布図及び写真と地表面温度分布²⁾撮影位置 2)赤外熱映像装置による。



図3 吾妻山 現在の登山道の規制状況(福島市ホームページより) ・×は登山道の規制地点、赤矢印は噴火発生時の避難の方向を示す。



図4 吾妻山 大穴火口の状況と地表面温度分布 ・2015 年 10 月 15 日と比較して、噴気及び地熱域の状況に特段の変化は認められなかった。 ※2016 年 5 月 19 日の地表面温度分布については、日射の影響を強く受けていると考えられる。

26



図5 吾妻山 大穴火口の状況と地表面温度分布

・2015年10月15日と比較して、噴気及び地熱域の状況に特段の変化は認められなかった。 ※2016年5月19日の地表面温度分布については、日射の影響を強く受けていると考えられる。





- 図6 吾妻山 大穴火口北西の状況と地表面温度分布
 - ・昨年(2015 年) 10 月に新たに確認された噴気が引き続き確認された(橙破線)。また、その周辺 で弱い噴気が引き続き確認された。
 - ・噴気が出ていない場所でも地熱の高い領域が確認された(白破線)。





図7 吾妻山 全磁力繰り返し観測点の全磁力値変化と日別地震回数 (2003年1月~2016年5月)

- ・5月19日に実施した全磁力繰り返し観測によると、2014年10月以降観測されていた大穴火口周辺の 地下での熱活動の活発化を示す全磁力値の変化は、2015年秋以降鈍化傾向にあると考えられる。
- ・2014 年 10 月以降の観測点(12)の全磁力値の変化は、観測点近傍で 2015 年 10 月以降新たな噴気(大 穴火口北西の噴気)が確認されていることから、局所的な地温の上昇を反映している可能性が考えられ る。
- ・2011 年9月から 2012 年 10 月及び 2014 年 10 月から 2015 年8月にかけて大穴火口内の観測点(7)の 全磁力値が大きく変動しているが、地熱地帯で噴気が盛んな場所であること、また傾斜勾配が急な場所 のため風雨によって近傍の岩石が移動し、磁場傾度が大きく変動して全磁力値に影響を与えた可能性が 考えられる。



30



図9 吾妻山 火山性地震タイプ別・日別回数(2008年1月~2016年9月10日)

・2011 年 1 月~6月、2011 年 9 月~2012 年 2 月、2014 年 12 月~2015 年 9 月にかけて単色地震(BP 型) 及び T 型地震(BT 型)が増加した。

・今期間、BT 型地震が時々発生した。



●:2016 年 5 月 1 日~ 9 月 10 日 ●:2003 年 8 月 1 日~2016 年 4 月 30 日

図 10 吾妻山 地震活動(2003 年 8 月~2016 年 9 月 10 日)

・表示条件:相数7相以上、深さフリーで決まった地震

・速度構造:図17の地震観測網内の地震には半無限構造 Vp=3.1km/sを使用。観測網外の地震には成層構造を使用。

・2010 年 2 月 24 日~6月 29 日の震源は、吾妻小富士東の地震計のテレメータ装置の時刻校正に不具合があったため、 機器の内部温度で時刻補正値を求め吾妻小富士東の検測値を補正した。

・2012年12月1日以降、観測点の移設更新の影響により、震源がやや南側に分布する傾向がみられる。

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



図 11 吾妻山 一元化震源による深部低周波地震活動(2003 年 8 月~2016 年 9 月 10 日) ・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。

32

・表示している震源には、震源決定時の計算誤差の大きなものが表示されることがある。



- あり、火山活動によるものではないと考えられる。
- ・2011年3月11日の「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」に伴うステップを補正している。
- ①~②は図12のGNSS基線①~②に対応している。
- ・グラフの空白部分は欠測を表す。
- 各基線の基準値は補正等により変更する場合がある。
- ・青矢印は基線長の変化傾向を示す。2015年7月頃まで一切経山付近の膨張を示す緩やかな変化がみられていたが、 その後停滞または収縮の傾向となっている。
 - *1:幕川温泉観測点の機器更新。 *2:板谷観測点と一切経山南山腹観測点の機器更新。

33



図 14 吾妻山 GNSS 基線長変化図(2012 年 12 月~2016 年 9 月 10 日)

・①~⑩は図 12 の GNSS 基線①~⑪に対応している。 ・各基線の基準値は補正等により変更する場合がある。

・青矢印は基線長の変化傾向を示す。一部の観測点で、2015 年7月頃まで一切経山付近の膨張を示す緩やかな変化が みられていたが、その後停滞または収縮の傾向となっている。

※冬期には、原因不明の局地的な変動がみられることがあり、凍上やアンテナへの着雪等の可能性が考えられる。

気象庁

34

[・]グラフの空白部分は欠測を示す。



- ・日別地震回数は深部低周波地震を含む。
- ※は降水による変動である。



る。2015 年7月頃からはNS、EWともにほぼ停滞している。

・グラフの空白部分は欠測を示す。


図 17 吾妻山 観測点配置図

小さな白丸(〇)は気象庁観測点位置、小さな黒丸(●)は気象庁以外の機関の 観測点位置を示す。(東地):東北地方整備局 (東):東北大学

吾妻山

(2016年9月27日現在)

・9月27日に実施した現地調査の状況

9月27日に実施した現地調査では、前回(7月7日及び20日)と比較して2015年10 月に新たな噴気が確認された大穴火口北西の状況に特段の変化は認められなかった。 また、大穴火口の噴気や大穴火口周辺の地熱域の状況に特段の変化は認められなかった。



図1 吾妻山 噴気や地熱域の分布図及び写真と地表面温度分布²⁾撮影位置 2)赤外熱映像装置による。



図2 吾妻山 大穴火口の状況と地表面温度分布 ・前回(2016年7月20日)と比較して、噴気及び地熱域の状況に特段の変化は認められなかった。









図3 吾妻山 大穴火口の状況と地表面温度分布

・前回(2016年7月7日)と比較して、噴気及び地熱域の状況に特段の変化は認められなかった。



図4 吾妻山 大穴火口北西の状況と地表面温度分布

・昨年(2015年)10月に新たに確認された噴気が引き続き確認された(橙破線)。また、その周辺 で弱い噴気が引き続き確認された。

・地熱域(白破線)の拡がりに変化は認められなかった。

※今回の地表面温度分布については、日射の影響を受けていると考えられる。

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

大穴火口付近の局所的な場所で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
124-750	北行	右	2015. 06. 02	2016. 05. 31	図 1
125-740			2015. 07. 19	2016. 07. 17	図 2, 図 4
18-2860	南行	右	2015. 09. 10	2016.09.08	図 3, 図 4

2. 解析結果

北行軌道及び南行軌道のペアにおいて、大穴火口近傍において衛星視線方向伸張の局所 的な位相変化(最大約 6cm)が検出された。また、北行軌道のペアで山体東側に検出され た衛星視線方向短縮の位相変化は、火山活動によるものか不明である。

パス 125-740 と 18-2860 を用いて,気象庁の GNSS 連続観測点「幕川温泉」を無変動と仮 定し,2.5 次元解析を行った(図 4)。その結果,大穴火口近傍を中心に北北西-南南東方向 に準西向き及び準下向きの地殻変動が計算された。

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。





図中の丸印は GNSS 連続観測点(橙:気象庁)を示す。大穴火口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。





凡例は図1に同じ。大穴火口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。



凡例は図1に同じ。大穴火口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。



図4 パス125-740(図2)とパス18-2860(図3)による2.5次元解析結果

吾妻山噴気ガス組成変化

大穴の主要噴気(W-6、W-6b)の温度、見かけの平衡温度は低下傾向にあるが、周辺の低温 噴気(W-3、大穴北西)の活動は昨年来、高温化・拡大の傾向があり、全体としては低下傾向に あるとは言い難い。

1)W-6,W-6b

2008 年に形成された新噴気群は、2011 年には見かけの平衡温度、噴気温度ともに最高 500°C程度あり(図1)、水の同位体組成からは、マグマから放出された火山ガスそのものが起源 であると推定される(図2)。その後、噴気温度は急激に低下し、見かけの平衡温度も低下傾向に あるが、依然 400°C程度ある。水の同位体組成からは天水の混入の増加が示されており、噴気 温度の低下は地表付近での天水の混入が原因と推定される(図2)。

2)W-3

2008 年以前から存在する周囲の低温噴気は、温度は沸点付近でほぼ一定であるが、2015 年から見かけの平衡温度がやや上昇しており(図1)、地下での温度上昇が示唆される。

3) 大穴火口北西の噴気

2015 年に発見された大穴火口北西の噴気は最高温度 93.5℃と沸点に近く、H₂S (34ppm), SO₂ (9ppm)も含まれており、今後顕著な噴気活動に発達する可能性がある。



図1 各噴気孔の噴気温度(Meas)および組成から 計算された見かけの平衡温度(AET)。W-3 の噴気 温度は時期によらず 95℃前後で一定。



図2 噴気ガス中水蒸気の同位体比組成。 W-6 噴気は 2010 年に最も重い同位体比組成 を示し、その後天水の混合比率が増大する組 成変化を示している(矢印)。

吾妻山

2015年10月頃から一部の基線で山体の収縮を示す地殻変動が見られていましたが、 2016年1月頃から停滞に転じています。



吾妻山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図

点番号	点名	日付	保守内容
940040	山都	20120112	アンテナ・受信機交換
		20150214	アンテナ交換
950198	米沢	20120812	アンテナ交換
950200	福島	20111211	アンテナ交換
960559	猪苗代2	20111211	アンテナ交換
		20150813	受信機交換
020936	福島2	20111211	アンテナ交換
07S067	S吾妻小富士	20141014	伐採
		20150609	受信機交換
		20151016	受信機交換

吾妻山周辺の各観測局情報

国土地理院・気象庁

基線変化グラフ



吾妻山周辺の地殻変動(水平:3ヶ月) 一次トレンド除去

基準期間:2016/04/28~2016/05/07[F3:最終解] 比較期間:2016/07/28~2016/08/06[F3:最終解]



国土地理院・気象庁

国土地理院・気象庁 吾妻山

吾妻山周辺の地殻変動(水平:1年) ー次トレンド除去

☆ 固定局:福島(950200)

☆ 固定局:福島(950200)



国土地理院







吾妻山

草津白根山 (2016年8月31日現在)

湯釜火口の北から北東内壁及び水釜火口の北から北東側にかけての斜面で 熱活動の活発な状態が継続している。

草津白根山では火山活動の活発化を示す変化が観測され、その状態が継続 しており、今後、小規模な噴火が発生する可能性がある。湯釜火口から概ね 1kmの範囲では大きな噴石に警戒が必要である。

平成26年6月3日に噴火警戒レベルを2(火口周辺規制)に引上げた。その後、警報事項に変更はない。

○ 概況(2016年5月~8月31日)

・噴気など表面現象の状況(図1、図3~4、図6-1①、図6-2④)

2016年5月16~19日に実施した現地調査では、水釜火口北側斜面の一部の地点で前回(2015年9月)と比較して温度の上昇が認められた。

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

・地震活動(図5-1、5-2、図6-1234、図6-21235)

2014 年3月上旬から湯釜付近及びその南側を震源とする火山性地震が増加していたが、2014 年8月下旬以降は概ね少ない状態で経過した。

火山性微動は観測されなかった。

・地殻変動(図6-15、図7~11)

GNSS 連続観測では、湯釜を挟む基線で2014年4月頃からみられていたわずかな伸びの変化は、2015年11月頃より停滞している。

2016 年 5 月 16~19 日に実施した GNSS 繰り返し観測では、湯釜近傍の収縮傾向がみられた。

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。



図1 草津白根山 湯釜付近の状況

- ・上左図:逢ノ峰山頂の遠望カメラ(8月6日撮影)・上右図:東京工業大学の火ロカメラ(8月7日撮影)
- ・下左図:奥山田の遠望カメラ(8月7日撮影)





図3 草津白根山 湯釜周辺図 :撮影方向(図4のおおよその撮影方向)



図4 草津白根山 水釜火口北側斜面の地表温度分布(上:2016年5月19日、下:2015年9月30日) ・水釜火口北側斜面の地熱地帯では、これまで沸点程度だったところで106℃*が観測された。 ※定点(地中30cm)においてサーミスタ温度計により計測。



図 5 - 1 草津白根山 震源分布図(2006 年 4 月 15 日~2016 年 8 月 31 日)

●: 2006 年 4 月 15 日 ~ 2016 年 4 月 30 日 ●: 2016 年 5 月 1 日 ~ 2016 年 8 月 31 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 (Vp=2.5km/s、 Vp/Vs=1.73)

気象庁及び東京工業大学のデータを使用して計算 注) 一部の観測点が欠測のため、震源決定できなかった期間

(2009年12月18日~2010年2月22日、2010年3月29日~5月5日、2011年1月6日~26日及び 2012年3月31日~11月12日)

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



図 5 - 2 草津白根山 震源分布図(2014 年 1 月 1 日~2016 年 8 月 31 日) ●:2014 年 1 月 1 日~2016 年 4 月 30 日 ●:2016 年 5 月 1 日~2016 年 8 月 31 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(Vp=2.5km/s、 Vp/Vs=1.73)

気象庁及び東京工業大学のデータを使用して計算

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。





^{・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た。その後、消長を繰り返しながら多い状態が継続していたが、2014年8月下旬以降は概ね少ない状態で経過し、今期間は少ない状態であった。また、振幅の大きな火山性地震も観測されていない。

- ・火山性微動は2015年6月28日に発生して以降観測されていない。
- ・GNSS 連続観測では、湯釜を挟む基線で2014年4月頃からみられていたわずかな伸びの変化は、2015年4 月頃より鈍化し、2015年11月頃から停滞傾向が認められる。



- 図 6-2 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 μm 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 μm/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 μm/s 以上、S-P 時間 1.5 秒以内 2012 年 3 月 1 日から グラフ番号④は 9 時・15 時の最高値を示す。
- 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計数基準を調整)。
- ・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た。その後、消長を繰り返しなが ら多い状態が継続していたが、2014 年8月下旬以降は概ね少ない状態で経過した。
- ・火山性微動は2015年6月28日に発生して以降観測されていない。



図7 草津白根山 GNSS 連続観測点配置図

図中の GNSS 基線①~⑧は図 8 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。



叉 8 草津白根山 GNSS 連続観測による基線長変化(2010年1月1日~2016年8月31日)(国):国土地理院

・2010年10月以降のデータについては解析方法を改良し、対流圏補正と電離層補正を行っている。

①の基線長変化にみられる冬季の伸びと夏季の縮みの傾向は季節変動による変化である。

・東北地方太平洋沖地震(2011年3月11日)に伴うステップ状の変化がみられる。

- 湯釜を挟む基線⑦で2014年4月頃からわずかな伸び、延長上の①ではわずかな縮みの変化がみられていたが、 いずれも 2015 年4月頃より停滞している。
- ①~⑧は図7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。

気象庁



図9 草津白根山 青葉山西観測点(湯釜の南東約2km)における傾斜変動 (2014年9月1日~2016年8月31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。

2

0

-2

-4

[cm] - 5

3

1

-1

-3

2015 2016

2012 2013 2014

2011

[cm]

② G4-G3 基線長(距離212m)

④ G4-G7 基線長(距離1,039m)

2006

2007

2008 2009 2010



- 図 10 草津白根山 GNSS 繰り返し観測の基線解析結果 ① ~ ⑨は図 11 の基線配置に対応している
- ・青色は測定値、赤色は 2013 年までの変化が小さくなる様に トレンドを補正した値。
- ・5月16~19日に実施した繰り返し観測では、前回(2015年9月)と比較して収縮または停滞を示しており、湯釜付 近での収縮を示すと考えられる。

62



図 11 草津白根山 GNSS 繰り返し観測の 基線配置

草津白根山の地殻変動

光波測距の繰返し観測によると、2014年から草津白根山湯釜火口付近の膨張が観測されて いたが、2015年7月頃から収縮に転じた、2016年9月の観測でも収縮は継続していた。

2014年10月から東京工業大学と共同で,草津白根山湯釜火口の周辺で繰返し光波測距観 測を実施している(図1).2014年からすべての測線で湯釜火口が膨張する傾向の斜距離変化 が継続していたが,2015年7月頃から収縮し,2016年9月の観測でも引き続き収縮していた (図2).

2016 年 5 月 ~ 9 月 の 6 測線の斜距離変化量から,球状圧力源(茂木モデル)を仮定して推定した.湯釜北東部の浅部で 32,000 m³の体積収縮があれば観測値を説明できる(図 3). 2015 年 7 月 ~ 2016 年 5 月 の観測結果でもほぼ同じ場所での圧力源の体積収縮が見られていた(図 4,第 135 回火山噴火予知連絡会資料).



図1 草津白根山の光波測距観測点配置図 測線に付した番号は図2に対応.



図2 草津白根山の斜距離時系列図(2014.10-2016.9) (1)~(4)湯釜火口が膨張する変化を示していたが,2015 年7月以後鈍化し,2016年9月まで収縮が継続している. 対流圏補正は高木・他(2010)による.



図4 圧力源の推定 2016.5~2016.9 (前回~今回) 2016/5/18~2016/9/27-28 の6測線の斜距離変化量から,球状圧力源(茂木モデル)を仮定して推定した.湯釜北部の湖面下約 300m で 32,000 m³の体積周瑜区があれば観測値を説明できる. 注:矢印は各測線の斜距離変化量を視線方向に投影したもの.



図4 圧力源の推定 2015.7~2016.5 (前々回~前回)

2015/7/22~2016/5/18 の6測線の斜距離変化量から,球状圧力源(茂木モデル)を仮定して推定した. 湯釜北部の湖面下約200mで16,000 m³の体積収縮があれば観測値を説明できる(解析は MaGCAP-V による).

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

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 Frame	軌道 方向	照射 方向	データ1	データ 2	図番号
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「渋峠」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 京工業大学)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。

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点の配置図を示す。

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



第1図 草津白根山の全磁力観測点配置図

:連続観測点(観測中) :連続観測点(2012 年 5 月観測終了) 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 26 情使、第 578 号)、道路(破線)の記載には、「国土数値情報(道路データ)国土交通省」を 使用した。



第2図 全磁力連続観測による全磁力値の変化及び月別地震回数(1990年~2016年8月28日) 連続観測点 P、Q、R および新 P における八ヶ岳地球電磁気観測所(東京大学地震研究所)(Y)との全 磁力の夜間日平均値差。最下段に草津白根山で観測された月別地震回数を示す。



第3図 全磁力連続観測による全磁力値の変化及び日別地震回数(2014年1月~2016年8月28日) 連続観測点 P、Q、R および新 P における八ヶ岳地球電磁気観測所(東京大学地震研究所)(Y)との全 磁力の夜間日平均値差。最下段に草津白根山で観測された日別地震回数を示す。

草津白根火山の地震・地殻変動・熱活動

湯釜周辺の地震発生頻度は、2015 年 10 月以降は週に数個程度と少ない状態で推移している(図1).2014 年 3 月から継続していた単調な膨張を示す傾斜変動は、2015 年 10 月以降は収縮と解釈可能な変動を示している (図2,3).GNSS 観測によれば、2014 年に認められた湯釜周辺の隆起は、2015 年 11 月頃から停滞、もしく は沈降に転じている(図4).湯釜火口湖の水温は、平年よりも数℃高い状態が2014 年 5 月頃から現在も続いて いるが、2016 年 8・9 月は平年に近い水温で推移した(図5).



図1. 東工大の6つの定常観測点で得られた波形記録を用いて、手動検測に基づき決定した(上)震源分布、および(下) 日回数. 日回数ヒストグラムの灰色は全回数を示し、赤色は逢ノ峰付近で発生した内数を示す. すなわち、2016年5月 下旬や、9月の地震活動の大半は逢ノ峰付近の活動に対応する.



図2. 東工大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~2016年9月1日. 膨張変動は2015年11月(赤破線)まで継続した.



図3.(右)水平シルを仮定した膨張期(2014年3月から2015年10月)の解析¹.開口体積は12万m³.(右)収縮期 (2015年10月以降)の解析.非等方的な変動は、前日のシル南西端付近の収縮を仮定すると説明することは可能であ る(2.9万m³)².ただし、変動が非等方的であること、変動量が小さく季節変動補正に結果が依存すること等から、最 近の変動については、解析の任意性が高い.

¹ シルを仮定して、中央の深さ、走向、開口量、サイズを未知とした. 最適値は、それぞれ標高 1230m (地表面下の約 700m)、走向 N47E、開口量 1.0 m、およびサイズ 480 × 240 m (膨張体積 1.2 × 10⁵ m³). ここで、水平位置は水釜、縦横比は 1:2 を仮定.

² 深さ, 走向, 傾斜角, 開口量, サイズを未知とした. 最適値は, 標高 980 m, 走向 N40W, 水平からの傾斜角+50 度, 収縮量 -1.8 m, サイズ 180 × 90 m (収縮体積: 0.29 × 10⁵ m³). ここで, 水平位置は前述のシル南端に固定し, 縦横比は 1:2 を仮定した.



図 4. 国土地理院電子基準点・草津小学校(0591)を基準とした GNSS 上下変動(協力・京都大学火山研). 2014 年の1年間は全点が隆起し,最大値は KSYG の約4 cm であった.一方で最近1年間の上下変動は,停滞もしくは沈降を示す.



図 5. 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℃高い状態で推移している. なお,2016年 8-9 月は平年値付近で推移した.


側観測点で減少傾 向、南側観測点で若 干の増加傾向が見 られる。山体が帯磁 する傾向へ戻った可 能性がある。

OKSE

草津白根山

北側噴気孔









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

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。

1時間雨量 30 mm 1 機器点検 KSNV-EW **KSYV-EW KSYV-NS** KSNV-NS 谷沢原(KSYV) 2015/01/19 観測開始 二軒屋(KSNV) 2014/11/26 観測開始| KSHV-雨量 **KSHV-EW KSHV-NS** 時間値 5 μ rad N, E down

図1 草津白根山の傾斜変動

草津白根山

草津白根山の傾斜変動(2012/4/1~2016/08/21)

第136回火山噴火予知連絡会

1/1 2016

1/1 2015

1/1 2014

1/1 2013





表1 GNSS観測履歴

AT anoo Bix/i kite						
観測点番号	観測点名	図中記号	日付	保守内容		
	草津白根山干俣 (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			
	早洋口板山一軒座 (KSNV)		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。



草津白根山周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
950221	嬬恋	20130613	受信機交換
960591	草津	20150617	受信機交換
020982	長野栄	20131213	受信機交換
		20150201	アンテナ交換

第136回火山噴火予知連絡会

国土地理院・気象庁



●----[F3:最終解]

※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み





草津白根山周辺の地殻変動(水平:1年)

☆ 固定局:嬬恋(950221)

☆ 固定局:嬬恋(950221)

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

草津白根山



83



草津白根山の SAR 干渉解析結果について