第 148 回 火山噴火予知連絡会資料

(その2の7)

有珠山

令和3年6月30日

火山噴火予知連絡会資料(その2の7)

目次

気象庁	3-8
北大	9-11
防災科研	12-19
地理院	20-23

気象庁

有珠山

(2020年12月~2021年5月31日)

3月9日から10日にかけて、山頂火口原のやや深い領域を震源とする地 震が一時的に増加した。そのほかの火山活動には特段の変化はなく、静穏 に経過しており、噴火の兆候は認められない。



この資料は気象庁のほか、国土地理院、北海道大学、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。

資料中の地図の作成に当たっては、国土地理院発行の『地理院タイル(標高タイル)』及び『色別標高図』を加 工して作成した。





- ・9日17時頃:昭和新山南麓、泉の沢(防)で変動が始まる(それぞれ南上がり)。
- ・9日18時頃:大平通、壮瞥(防)で変動が始まる(それぞれ北東上がり、北西上がり)。
- ・9日22時頃:昭和新山で変動が停止、泉の沢(防)は東上がりの変動へと変わる。
- ・10日4時頃:壮瞥(防)で変動が南西上がりへと変わる。



図5 有珠山 山頂火口原のやや深い領域での地震活動の推移

- ・2000 年噴火終息後の 2001 年 10 月 1 日以降、一時的な増加が 3 回あったほか、回数は少ない ながらも定常的に発生していたと考えられる。
- ・1977 年噴火以前では、1973 年 10 月~1975 年 11 月にそれ以前と比較して増加する傾向がみ られる。2000 年噴火以前では、1998 年 6 月頃から地震回数が増加する傾向がみられる。



図6 有珠山 GNSS 連続観測による基線長変化 (1997年3月26日~2021年5月8日) 国土地理院の解析結果(F3 解及びF5 解)を使用した。 主な基線長変化の経過は以下の通り。

- 2000 年噴火前まで②以外の基線で伸長が続く
- ・2000年噴火前後で④以外の基線に急激な短縮が見られる
- ・2003年9月以降、③以外の基線がわずかな伸長に転じる



ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた

有珠山における 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。

1. はじめに

ALOS-2/PALSAR-2 で撮像された有珠山周辺のデータについて干渉処理を行ったので報告する。

2. 解析データ

解析に使用したデータを第1表に示す。

Path-Frame	Orbit	Looking	Inc. angle	Earliest Scene	Latest Scene	Figure No.
123-840(SM1_U2-6)	北行	右	32. 4°	2020. 05. 07	2021.05.06	第1図 - A
124-840(SM1_U2-9)	北行	右	42. 9°	2020. 03. 17	2021. 03. 16	第1図 - B

第1表 干渉解析に使用したデータ

3. 解析結果

北行軌道の長期ペアについて解析を行った。ノイズレベルを超えるような位相変化は認 められない。

なお、各干渉解析結果について、電離圏遅延補正を行っていないため、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、宇宙航空研究開発機構(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、 地形の描画には数値地図 25000(行政界・海岸線)のデータを使用した。ここに記して御礼 申し上げます。



第1図 有珠山の干渉解析結果

パス 123 (SM1_U2-6) (A) 及びパス 124 (SM1_U2-9) (B) による有珠山及び周辺の干渉解析結果 図中の白三角印は山頂位置を示す。丸印は GNSS 観測点、四角印は傾斜観測点を示す。 ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。

〇火山性地震活動

2021年3月9日から10日に、山頂火口原内のやや深い領域(海面下3-4km付近)で群発地震活動が発生した. 地震活動の極大は9日夜と10日夕方の2回で、最大地震は9日22:39に発生した M2.4(一元化ではM1.4)である. この深い領域の地震活動は10日24時にはほぼ終息した. 類似のやや深い群発地震活動は2015年4月にも発生しており、2015年の活動に比べると2021年の活動は発生領域が若干浅いようである.

通常の浅い地震活動域では、3月13日正午前にやや規模の大きなM2.0の地震(一元化では M1.5)が発生したものの、群発地震活動の前後で地震活動度に特段の変化は認められなかった.この他、昭和新山近傍の浅い部分を震源とする地震も確認された.



有珠山

2020

2016

2018

2014

〇地震の発震機構

2021年3月9日から10日の群発地震活動では2回の増大期があり、10日には震源深さが若干浅 くなる(1km程度)傾向が認められた(図1). 仮定する速度構造の違いのため、気象庁の推定深度 に比べて絶対深度が深めに推定されている.



図1.3月9日-10日の震源深さ時 系列.10日の地震活動は、1kmほ ど浅方へ移動した.

M1程度より大きいイベントについて, Hardbeck & Shearer (2003)の方法で初動極性から発震機 構解を推定した.9日22:39の最大地震については,東北東-西南西方向に伸張軸を持つ横ずれ 断層型と考えられ,そのおよそ45分後に発生した2番目の規模の地震もほぼ同じ発震機構を示 す.しかしながら,地震波形や初動極性は活動期間を通じて揃っているわけではなく,図2に示し た最大地震の10分ほど前に起こった地震では極性が大きく入れ替わっている(図3).

一方で、やや浅くなった10日午後の地震群については、横ずれ断層型が卓越した9日の地震群 とは異なり、極性分布を説明できないイベントが多かった(図4).横ずれ断層型では説明できない 極性分布であるため、発震機構解が震源深さに敏感になることも原因の一つであろう.

GNSS観測から推定されている有珠山周辺の広域ひずみ場は東西圧縮と言われており、最大地震の発震機構解は広域ひずみの方向とは一致しない.



図2. 最大地震(3/9 22:39)の 初動極性メカニズム. 東北東-西南西方向に伸張軸を持つ横 ずれ成分が卓越する.



図3. 最大地震とは大きく初動 極性が異なる地震(3/9 22:27) のメカニズム.同じく横ずれ断 層型だが,東西圧縮の解が求 められる.



図4.3月10日午後の地震(3/10 19:49)の推定例.極性を説明 できる発震機構解を求められな い.

○山頂火口原の土壌拡散 CO₂フラックス

2020年10月から11月にかけて、山頂火口原内の一部で土壌拡散CO2フラックスのマッ ピングを実施した.地形的にアクセスが困難な箇所以外は、できるだけ等間隔(約50m) に測点を配置した.銀沼火口の周縁部とI火口や小有珠の一部でやや高い放出率が見られ たが、1998~2000年に測定されHernández et al. (2001)が報告した放出率の範囲と比 較すると、最大値が顕著に低く、現時点でマグマから活発な脱ガスが起こっているとは考 えにくい(図1・表1).さらに、2021年3月の群発地震後約2ヶ月となる2021年5 月に同一の測点で再測定を行ったが、群発地震を挟んで有意な差は認められなかった.



図1. 2020年10~11月にかけてチャンバー法で測定した土壌拡散 CO2フラックスの分布(単位は Log (g/m²/day)).本図は、アジア航測株式会社の赤色立体地 図作成手法(特許 3670274,特許 4272146)を使用し、 北海道大学が作成した.



表1. 先行研究 (Hernández et al., 2001) の報告値(※) との比較. 単位は g/m²/day. 2020-2021 年の測定は,先行研究よりも測 定領域が狭いことには注意が必要.

1998/9※	$0.7 \sim 8210$
1999/9※	$0.14 \sim 18861$
2000/6※	$0.1 \sim 9090$
2020/10, 11	$0.1 \sim 375$
2021/5	$0.4 \sim 90$

図2.2020年10-11月(横軸)と2021年5 月(縦軸)の測定値の比較.単位はg/m²/day の対数値.ばらつきは季節変動や測定日の気象 条件等の影響の可能性がある.

謝辞:2020年及び2021年の観測は,文部科 学省の次世代火山研究推進事業の支援を受けま した. 観測機材は東京大学地震研究所及び東京 大学理学系研究科より借用しました.



有珠山の火山活動について

USSV=地震計(短周期・広帯域)、傾斜計、気圧計、温度計、雨量計、GNSS USOV=地震計(短周期・広帯域)、傾斜計、気圧計、温度計、雨量計、GNSS USIV=地震計(短周期・広帯域)、傾斜計、気圧計、温度計、雨量計、GNSS

数値地図 50mメッシュ(標高)を使用した。

資料概要

○ 地殻変動

USIV-USOV の GNSS 基線長変化は(図3上段)は、観測を開始した 2014 年から、2mm/year 程度 の長期的な短縮が続いていたが、2021 年頃から停滞している。

2021 年 3 月 9 日から 10 日にかけて地震活動が活発化し、傾斜計と GNSS に微弱な地殻変動が 観測された。地殻変動は、山頂直下深さ約 1.5km の変動源の膨張でおおむね説明できる。



防災科学技術研究所



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 2020 年 5 月 1 日-2021 年 4 月 30 日の地殻変動【大滝(0135) 固定】

図 2 有珠山周辺の GNSS 解析結果 (上段:水平成分、下段:上下成分)



図3 防災科研観測点3点(壮瞥,大平,泉の沢)間の基線長変化. 2014/11/1~2021/5/31

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
			2010/3/26	2周波観測開始
	有珠山壮瞥		2010/11/9	受信機回収
	(USSV)		2010/12/17	受信機再設置
			2020/10/22	GNSS観測装置更新
	有珠山大平		2014/10/25	2周波観測開始
	(USOV)	K-1	2016/8/30~10/16	台風10号被害で欠測
	有珠山泉の沢		2014/10/21	2 田 注 苗 当 酉 志
	(USIV)		2014/10/21	亿元次10月9日 日本 日



2021 年 3 月 9-10 日に有珠山で発生した地震活動を伴う地殻変動 有珠山の傾斜変動と地震活動

図 4 防災科研観測点の傾斜変動(2021/3/5~3/15)と有珠山の1時間当たりの地震数。 3月9日から10日にかけて、地震活動を伴う傾斜変動が観測された。

第148回火山噴火予知連絡会



GNSS 観測点間の基線長変化



図6 3月9日-11日に観測された地殻変動とその変動源モデル。赤い星印は地殻変動を 説明する茂木モデル(球状の圧力源)。青矢印は、茂木モデルで計算した理論値。本解析に は、国土地理院と気象庁の GNSS データも使用した。



図7 3月9日-11日に観測された地殻変動とその変動源モデル。赤い直線は地殻変動を 説明するダイクモデルの上端。青矢印は、ダイクモデルで計算した理論値。本解析には、 国土地理院と気象庁の GNSS データも使用した。

有珠山周辺の地殻変動

Crustal Deformations around Usuzan Volcano

第1図は、有珠山周辺のGNSS観測結果である。

第1図上段に基線の配置を示した。第1図下段は、第1図上段に示した基線の基線長変化グラフで あり、左列は最近約5年間(2016年5月~2021年5月)の時系列、右列は最近約1年間(2020年5月 ~2021年5月)の時系列である。

GNSS観測からは、顕著な地殻変動は観測されていない。

第2図は、「だいち2号」のSAR干渉解析結果である。(b)では、有珠山の小有珠及び昭和新山の山 頂付近で収縮とみられる衛星から遠ざかる変動が見られる。

第3図は、「だいち2号」の干渉SAR時系列解析結果である。第3図上段は、2015年10月~2020年11 月の変位速度である。第3図下段は、各地点における変動の時系列データである。<u>大有珠の地点A及び</u>昭和新山の地点Bでは、衛星から遠ざかる変動が見られる。

謝辞

ここで使用した「だいち2号」の原初データの所有権は、JAXAにあります。これらのデータは、 「だいち2号」に関する国土地理院とJAXAの間の協定に基づき提供されました。

GNSS連続観測結果では、顕著な地殻変動は観測されていません。



基線変化グラフ(長期)



●----[F5:最終解] O----[R5:速報解]

※[R5: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

第1図 有珠山周辺のGNSS連続観測基線図(上段)と基線変化グラフ(下段) (左列: 2016年5月~2021年5月、右列: 2020年5月~2021年5月)

国土地理院

第148回火山噴火予知連絡会

国土地理院

有珠山のSAR干渉解析結果について

(b)では、有珠山の小有珠及び昭和新山の山頂付近で収縮とみられる衛星から遠ざかる変動が見られます。



背景:地理院地図標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

第2図 「だいち2号」PALSAR-2による有珠山周辺地域の解析結果



大有珠の地点A及び昭和新山の地点Bでは、衛星から遠ざかる変動が見られます。



背景:地理院地図標準地図・陰影起伏図・傾斜量図 ※参照点は電子基準点「伊達」付近 干渉SAR時系列解析手法:SBAS法

