# 樽前山の地殻変動及び地震活動\*

## Ground deformation and Seismic Activity of Tarumaesan Volcano

## 札幌管区気象台火山監視・情報センター Volcanic Observations and Information Center, Sapporo District Meteorological Observatory, JMA

### 1. 概要

2013年6月下旬から7月上旬にかけて、傾斜計及びひずみ計で山体北西側の深さ数 km での膨張を 示す変化を観測した。その後、7月上旬から山体西側の深さ3~5 km を震源とする地震活動が始まり、 7月中旬から8月にかけて活発な状態が継続した。1967年の観測開始以来、山体周辺を震源とする構 造性地震活動としては、今回が最も活発な活動であったと考えられる。

### 2. 地殼変動(第1~5図)

2013年6月下旬から7月上旬にかけて、気象庁や北海道大学が樽前山に設置している傾斜計及びひ ずみ計(第1図)でこれまでに見られなかった変化が捉えられた。2013年4~9月の傾斜及びひずみ 変化を第2図に示す。気象庁の傾斜データは地球潮汐の影響を補正して除去しているが、気圧や降水 等による変化が含まれている。6月下旬~7月上旬の変化は全ての観測点で同期しており、傾斜変化 に影響するような気象擾乱もなかったことから、火山性の地殻変動であると判断した。この地殻変動 は6月19日頃に始まり、6月27日以降変化が大きくなり、7月4日頃にかけて続いた。

4観測点の傾斜データから、茂木モデル(Mogi、1958)を仮定してグリッドサーチにより変動源の 位置及び体積変化量を推定した。グリッドサーチの空間間隔は水平方向及び深さ方向ともに 100m とし、 体積変化量は 10<sup>4</sup>m<sup>3</sup> ずつ変化させた。変動源の推定は、傾斜変化の傾向が異なる期間に分けて行い、 変化が緩やかな 6 月 19 日から 26 日まで(期間①)、変化が急になった 6 月 27 日から 7 月 4 日まで(期 間②)及び期間①と期間②を合わせた期間全体の 3 通りについて行った。結果を第 3 図に示す。変動 源の位置は期間①、②ともに山頂溶岩ドームの北西約 1.5km に位置する北山付近の深さ 3 ~ 4 km 付近 で、体積変化量は約 10<sup>5</sup>m<sup>3</sup>程度の膨張と推定された。解析結果の妥当性を確認するため、変動源の水 平位置をグリッドサーチにより求めた北山付近に固定し、北海道大学の坑道観測点の傾斜変化量と面 ひずみの比から Ishihara(1990)の方法を用いて変動源の深さと体積変化量を求めた。その結果、グ リッドサーチにより求めたものとほぼ同じ結果が得られた。

GPS 連続観測の結果を第4図に示す。茂木モデルの解析結果から期待される GPS の基線変化量は数 mm で、観測精度以内の小さな変化である。傾斜変化が観測された時期に顕著な変化は認められない。 ただし、それよりやや長い期間の 2013 年夏頃に山体の膨張を示すわずかな基線長の伸びの変化が見られている可能性がある。

気象研究所(2013)が取りまとめた日本の様々な活火山で観測された地殻変動量から見積もられた 膨張源の深さと膨張率及び膨張量の関係によると(第5図)、今回の地殻変動は「深部のゆっくりとし た膨張」のグループに分類される。

#### 3. 地震活動(第6~10図)

地殻変動が落ち着いた 2013 年 7 月上旬から、山体西側の深さ 3 ~ 5 km を震源とする地震活動が始 まった(第6、7図)。震源は、当初、主に山頂溶岩ドームの西約 3 km、深さ約 5 km 付近に集中して いたが、時間の経過とともに広がっていった(第8、9図)。一連の活動で最大の地震は、9月 23 日 02 時 34 分に発生したM3.0 の地震で、伊達市大滝区本町で震度 1 を観測した。樽前山 7 合目ヒュッテ の管理人への聞き取り調査によると、この地震で震度 2 相当の揺れを感じていた。また、ヒュッテで は活動期間中に何度も揺れを感じており、M0.7 で揺れを感じる地震もあった。山体西側の地震は 7 月中旬から 8 月にかけて活発な状態が続いたが、9 月以降地震回数は減少した。

第10図に樽前山で地震観測を開始した1967年7月以降のA型地震の地震活動の推移を示す。ルー チン処理で地震波形の分類を行っているのは最近10数年であり、それ以前については、P相、S相の 読み取りがあるものをA型地震とみなした。1970年代後半から1980年代前半の小噴火期には、S-P 時間(A点)0.5秒前後の地震がややまとまって発生していたが、これらは主として山体浅部の地震 であった可能性がある。今回の地震のS-P時間(北山腹観測点)は1秒前後で、同様の地震が今回ほ ど集中して観測されたことはなかった。1967年の観測開始以来、山体周辺を震源とする構造性地震活 動としては、今回が最も活発な活動であったと考えられる。

一方、2012 年以降少ない状態が続いていた山頂溶岩ドーム直下の地震は、地殻変動が認められた 2013 年6月下旬~7月上旬及び西側でM2~3の地震がまとまって発生した9月中~下旬に一時的 に増加したものの、その後は顕著な活動は見られていない(第6図)。

#### 4. 表面活動(第11~14図)

表面活動の変化を確認するため、2013年10月7日、14日に現地調査を実施した。A火ロ・H亀裂 及びB噴気孔群の噴気の状況や地表面温度分布に、前回(2013年5月)と比べて特段の変化は認めら れなかった(第11~14図)。

#### 5. まとめ

山体北西側の深さ数kmを膨張源とする地殻変動を観測し、その後、山体西側を震源とする活発な地 震活動が発生した。膨張源の深さと西側の地震活動の深さは概ね同じであり、膨張性の地殻変動が構 造性の地震活動を誘引した可能性がある。一方、ドーム直下の地震活動には顕著な増加はなく、火山 性微動も発生していない。また、表面活動(噴気量・温度分布)にも変化は認められていない。気象 研究所(2013)を参考に評価すると、今回観測された地殻変動は「深部のゆっくりとした膨張」であ り、「直接噴火に結びつくことはないが、中長期的には噴火の先駆現象と考えることができる」に分類 される。なお、樽前山のマグマ供給系は解明されておらず、今回の地殻変動の原因がマグマ貫入であ るか否かは定かでない。現在のところ火山体浅部の活動に顕著な活動の変化は見られていないが、今 後、深部の火山活動が浅部へどのような影響を与えるのか、活動の推移に注意が必要である。

#### 6. 謝辞

北海道大学には、傾斜計、ひずみ計及び地震計のデータを使用させていただきました。苫小牧市な らびに樽前山7合目ヒュッテ管理人の太田氏には、ヒュッテにおける揺れの情報を提供していただき ました。ここに記して感謝いたします。

## 7. 参考文献

Mogi, K. (1958) : Relations between the Eruption of Various Volcanoes and the Deformations of the Ground Surfaces around them. Bull. Earthq. Res. Inst., 36, 99-134.

Ishihara, K. (1990) : Pressure sources and induced ground deformation associated with explosive eruptions at an andesitic volcano: Sakurajima volcano, Japan. , John Wily & Sons, 335-356.

気象研究所地震火山研究部(2013):火山監視の視点から見たマグマ上昇シナリオの構築に向けて,気象研究所技術報告第69号「マグマ活動の定量的把握技術の開発とそれに基づく火山活動度判定の高度化に関する研究」,123-145.



第1図 樽前山 傾斜計及びひずみ計の配置図

Fig.1 Distribution of tilt-meter and strain-meter stations at Tarumaesan Volcano by JMA and Hokkaido University.



第2図 樽前山 傾斜計及びひずみ計の記録及び変化量の読み取り(2013年4月1日~9月30日) Fig.2 Data of tilt-meters and strain-meters. (April 1 - September 30, 2013)



第3図 樽前山 グリッドサーチによる傾斜データ解析結果と、北大坑道におけるデータ解析結果 Fig.3 Observed and calculated horizontal displacements and evaluated pressure source.



第4図 樽前山 GPS 連続観測による基線長変化(2001 年 12 月~2013 年 10 月 15 日)および GPS 連続観測点 配置図

- ・グラフの空白部分は欠測 GPS 基線①~⑥は左図の①~⑥に対応
- ・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。
- ・×:6月下旬~7月上旬に観測された傾斜変化からグリッドサーチで求めた膨張源の位置(第3図)
- \*緑点線円内の変動は、機器更新による。
- (国) 国土地理院

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。

Fig.4 (Left) Station map of the GPS observation network around Tarumaesan Volcano.

(Right) The data of GPS observation around Tarumaesan Volcano. (December 1, 2001 - October 15, 2013)





- (a) 深部のゆっくりした膨張
- (b) マグマ貫入による地殻変動
- (c) 浅部のゆっくりとした膨張
- (d) 高感度の機器だけで観測される微小な地殻変動
- Fig.5 Relation between the depths and the volume changes, and relation between the depths and the inflation rates, at various active volcanoes in Japan.



Fig.6 Daily numbers of earthquakes and cumulative amplitude beneath the summit and west region, and data of tilt-meters.



第7図 樽前山 震源分布図(2002年11月~2013年10月15日) +は地震観測点を示す

- ●: 2002 年 11 月 1 日~2013 年 4 月 30 日の震源
- ●: 2013 年 5 月 1 日~2013 年 10 月 15 日の震源

×:6月下旬~7月上旬に観測された傾斜変化からグリッドサーチで求めた膨張源の位置(第3図)

- 表示期間中灰色で示した期間は、一部観測点欠測のため震源決定数が減少し精度が低下している。
- 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。
- 速度構造: 2011年12月まで半無限構造(Vp=3.5km/s, Vp/Vs=1.73)、

2012 年 1 月以降 震源の位置によって半無限構造(観測点補正値を使用)と成層構造を使い分け。 Fig.7 Hypocenter distribution around Tarumaesan volcano (November 1, 2002-October 15, 2013).



第8図 樽前山 震源分布図(2013年6月~10月15日)

+は地震観測点

×:6月下旬~7月上旬に観測された傾斜変化からグリッドサーチで求めた膨張源の位置(第3図) 速度構造:震源の位置によって半無限構造(Vp=2.5km/s,Vp/Vs=1.73、観測点補正値を使用) と成層構造を使い分け

表示期間中、灰色で示した期間は、一部観測点欠測のため震源決定数が減少し精度が低下している。 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。

Fig.8 Hypocenter distribution around Tarumaesan volcano (June 1-October 15, 2013).



第9図 樽前山 期間別の震央分布図(2013年6月~10月15日)

震源の広がりから期間を分割して表示。

○:今回の活動初期(①6月1日~7月23日)の地震の主な発生域

×:6月下旬~7月上旬に観測された傾斜変化からグリッドサーチで求めた膨張源の位置(第3図) Fig.9 Epicenter distribution around Tarumaesan volcano (June 1-October 15, 2013).



今回のようにA型地震が集中して発生したのは、1967年の観測開始以来はじめてと考えられる。 Fig.10 Daily numbers of earthquakes observed at Tarumaesan volcano. (July 1, 1967-September 15, 2013)



第11図 樽前山 南側から見た山頂部の状況(8月28日、別々川遠望カメラによる) Fig.11 Photograph of the summit area of Tarumaesan volcano.



- 第12図 樽前山 周辺図と赤外熱映像及び写真の撮影方向(矢印) この地図の作成には国土地理院発行の「数値地図 25000(地図画像)」と「数値地図 50m メッシュ(標高)」を使用した
- Fig.12 Position and direction where visible and thermal infrared images were taken.



第13図 樽前山 赤外熱映像装置によるA火口、H亀裂及び周辺の地表面温度分布(第12図-①から撮影) Fig.13 Visible(left) and thermal infrared(right) images of A-crater and H-crack



第14図 樽前山 赤外熱映像装置によるB噴気孔群の地表面温度分布(第12図-2から撮影) Fig.14 Visible(left) and thermal infrared(right) images of B fumaroles