

地上設置型合成開口レーダー(GBSAR)を用いた火山における地表面変動の観測例

日本工営株式会社 正会員 ○倉岡 千郎
 日本工営株式会社 正会員 中島 祐一
 神奈川県温泉地学研究所 非会員 道家涼介
 神奈川県温泉地学研究所 非会員 原田昌武

1. はじめに

地すべりや火山の地表面の動きを安全な距離から監視する観測方法の一つとして、合成開口レーダーが考えられる。合成開口レーダーには衛星型や航空機搭載型があるが、ここでは地上設置型合成開口レーダー(GBSAR)を用いて、2015年箱根火山活動に伴う大涌谷の地表面変動を観測した事例について述べる。

2. GBSARの特徴と装置の概要

GBSARは、照射された領域を面的に分解した数万～数10万点のピクセル毎に位相差の変化を測定し、動きの大きい領域を検出すると伴にその速度を測定することを目的としている。例えば、雲仙普賢岳では溶岩ドームの安定性を評価するためにGBSARが適用されている¹⁾。

本事例で用いたGBSARはイタリアのIDS社が製作している装置(IBIS-L)²⁾である。本装置は電波の送受信部を2mのレール上を送受信しながら移動させることで、アジムス方向の分解能をもたせている。位相変化を捉える時間間隔は、観測距離や対象物の変動レート等に応じてユーザーが設定するが、早い設定で5分～8分の範囲、遅い設定で数日間のオーダーである。電波の中心周波数は17.175 GHzであり波長は17.5 mmである。衛星型の合成開口レーダーで用いている波長(Lバンドの場合数10cm)に比べて波長は短く植生を透過しない。そのため、植生が覆った面の変位を捉えることはできない。また、レーダーの電波は湿度などの気象の影響を受けるので、衛星SARで用いられるPS(Persistent Scatterer)法の考え方に基づいて気象の影響を補正している²⁾。本補正方法は、観測対象として検出された全ピクセルのなかから、不動と推定された領域の位相特性を用いて、変動域の位相変化に含まれる気象変化に起因した位相成分を差し引く方法である。以下、変位は推定不動域に対する相対変位量と呼ぶ。相対変位量はピクセル毎に求められ、ピクセルの大きさは、レンジ方向の長さ(ΔR)とアジムス方向の長さ(ΔCR)で定義される。 ΔR 及び ΔCR は、距離、周波数帯幅、レール長によって計算される。

3. 2015年箱根火山活動に伴う大涌谷の地表面の観測例

2015年4月下旬に発生した箱根山の一連の火山活動では、ALOS-2/PALSAR-2データの干渉解析結果により、大涌谷における局所的な変動が観測された³⁾。この地表面の変動を7分間程度の時間間隔で捉えることを狙いとして、GBSAR(IBIS-L)による観測を実施した。観測期間は2015年6月25日10:20～7月3日9:26で、1回の観測時間は約7分35秒である。

観測期間中に照射域の一部でレーダーに近づく相対変位(最大約70mm)が検出され、その北及び南側の斜面ではレーダーから遠ざかる相対変位が検出されている(図1)。図中の色の濃い部分はレーダーに近づく相対変位量を示し、隆起の傾向を示唆する。レーダーから遠ざかる傾向は沈下または滑りを伴う沈下を示唆する。なお本観測条件に基づくピクセルの大きさは約1m×1mであるが、DEM上(数値標高モデル)で見る相対変位は本DEMのメッシュ(5m×5m)に含まれるピクセルの相対変位の平均値である。

照射域においてレーダーに近づく傾向のある小域(図2中のArea2及び3)の時間変化をみると、観測を開始した6月25日10:20から6月29日の7時26分頃を中心とするシーンまでは数mm程度の相対変位である。

キーワード 地上設置型合成開口レーダー、火山、溶岩ドーム、地すべり、大涌谷、箱根山

連絡先 〒300-1259 茨城県つくば市2304 稲荷原 日本工営株式会社 倉岡千郎 TEL029-721-2092 a4982@n-koei.co.jp

しかし、その直後のシーン (7:32) より 16 時 18 分までの約 9 時間で急激に約 40 mm 変化したことが分かる。この顕著な変化の発生した時間帯は大涌谷周辺の地震の発生傾向との相関性が認められる(図 2)。また、衛星 SAR(ALOS-2/PALSAR-2) によって解析された小噴火前後の変動範囲と概ね整合する³⁾。

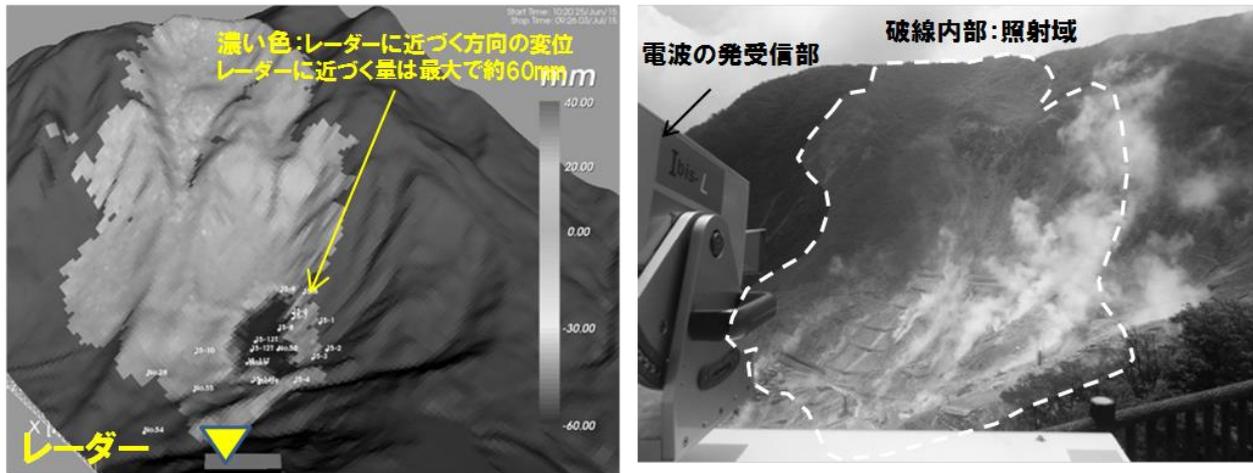


図 1GBSAR によるレーダー視線方向の相対変位量(期間 : 6 月 25 日 10:20 - 7 月 3 日 9:26)

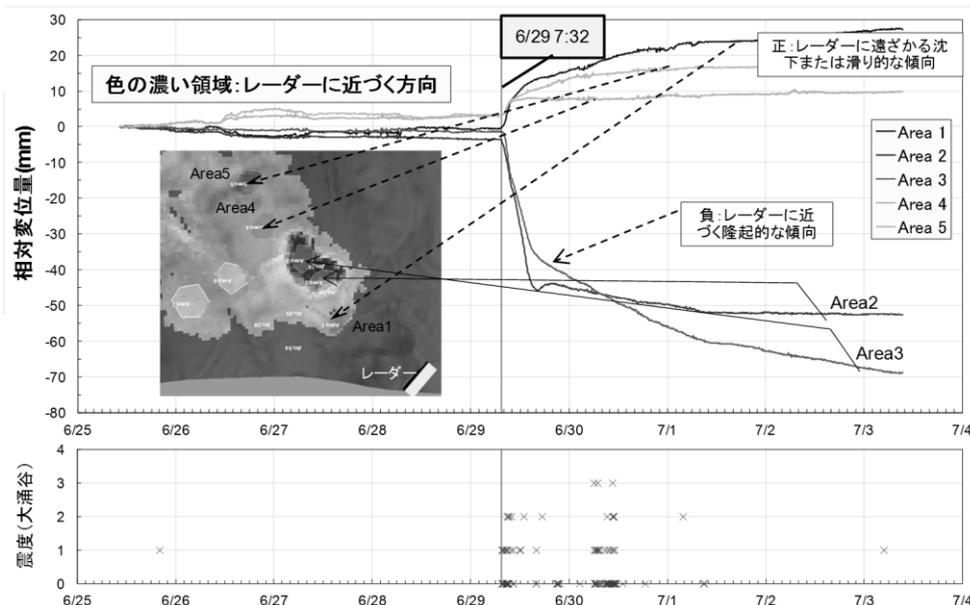


図 2 変動の大きい周辺で選定した小域(Area 1~5)の相対変位量 (mm) 及び震度の時系列表示

4. おわりに

GBSAR により、相対変位の大きい領域を検出できる可能性が確認され、安全な位置から地表面の変動を捉える実用的な一つの手法と考えられる。ただし、植生を透過することができない点で汎用性に課題がある。そこで、反射板を植生のある斜面に配置することで植生域のある地盤における観測方法の研究が行われている⁴⁾。

参考文献

- 1) Ysuyuki Satou et al. : Deformation Characteristics of Unzen Lava Dome based on Long Range Displacement Monitoring、INTERPREAVENT, Nara Japan, (2014).
- 2) Francesca Bozzano et al. : A Radar Platform for Continuous Monitoring of a Landslide Interacting With a Under-Construction Infrastructure, Italian Journal of Engineering Geology and Environment, 2 (2008)
- 3) 道家涼介ら : 2015 年箱根山火山活動に伴う大涌谷の地表面変動, 日本火山学会 2015 年度秋季大会, A3-13.
- 4) 中島ら: 反射板を用いた地上設置型合成開口レーダーの基礎試験, 日本地すべり学会第 54 回研究発表会 (2015)