

地上型合成開口レーダーによる監視観測の試み

(財) 砂防・地すべり技術センター ○溝口裕也, 松井宗広
 国土交通省雲仙復興事務所 田村圭司, 前田昭浩
 (独) 土木研究所 土砂管理研究グループ 石塚忠範, 山越隆雄
 日本工営 (株) 倉岡千郎
 IDS (INGEGNRIA DEI SISTEMI) Lorenzo Mayer

1. はじめに

雲仙復興事務所では、平成9年から雲仙普賢岳の平成噴火により形成された溶岩ドーム上に光波プリズムを設置し、その挙動について監視・観測を続けてきている（図1参照）。平成23年1月までの計測結果によれば、最大の変位を計測した光波プリズムで、14年間で約100cm程度、年間6cm程度で継続的に変位していることが確認されている（図2参照）。

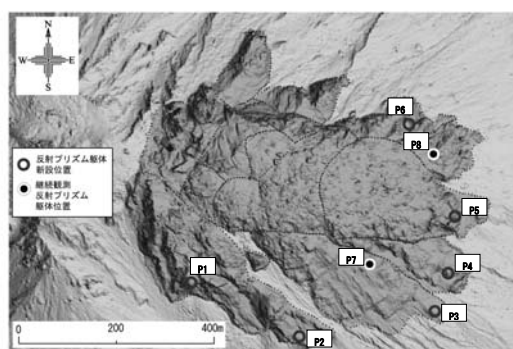


図1. 光波プリズム観測位置

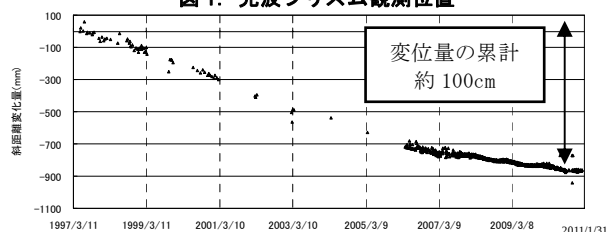


図2. 光波プリズム P8 の変位 (H9～H23)

将来的には地震時等における溶岩ドームの崩壊が懸念されることから、光波プリズムによる点的な計測のみならず、面的な変位を計測することにより、監視・観測体制を強化していく必要がある。

そのため面的な変位を計測することができる地上型合成開口レーダーによる性能試験を実施した。

本発表では、その試験結果および現地での適用性について報告するものである。

2. 地上型合成開口レーダー

今回の試験には、イタリアのIDS社によって製作された地上型合成開口レーダー（IBIS-L）を用いた。基本原理は衛星を用いた合成開口レーダーと同じであり、送信した電波と受信した電波の位相差から変位を求め

ようとするものである。使用する電波はマイクロ波であり、可視光に比べて波長が長いので、光波測距儀に比べて雲などの影響を受けにくい。

しかし、分解能（測定の詳細さの限界）は波長に比例するため、アンテナの直径を極めて大きくしないと光学レンズ並みの分解能は得られない。そこで考え出されたのが、軌道移動中に幾度も対象物に送信を行い、異なる位置から受信した電波を合成することによって、見かけ上、大きな開口面を有するアンテナの性能を持たせることであり、今回はアンテナを2mの軌道上を移動させることで、分解能を上げている（図3参照）。

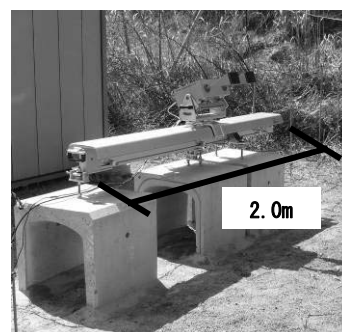


図3. 地上型合成開口レーダー

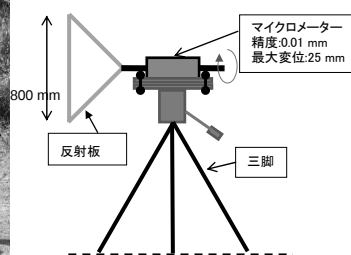


図4. 反射板概念図

3. 試験目的

地上型合成開口レーダーは、数kmの遠距離で岩盤斜面等のように電波をよく反射する対象物の動きを測定できるとされている。しかし、本溶岩ドームのように観測距離が数 kmを越え、且つ比高の大きいケースでは、気象による測定精度に与える影響が無視できない。

今回用いるレーダーは、気象の影響を補正する解析手法を適用することで、気象の影響を面的にモデル化して補正できるとされている。この補正方法は、PS法 (Permanent Scatterers) と呼ばれ、衛星型の合成開口レーダーのために開発された手法を地上型の装置に応用可能なように改良されたものである。

本試験の目的は、溶岩ドームのような遠距離で比高の大きな対象物を観測する場合の、地上型合成開口レーダー（以下、レーダーという）の適用性を評価することにある。

4 試験概要および結果

4. 1 試験概要

試験期間は平成23年3月7～18日の12日間で、最初の2日間で試験1、残りの10日間で試験2の2通りの試験を行った。なお試験期間中は、3月14日の雨天以外は全て晴天であり、気象条件は比較的良好であった。

まず、試験1では約2.1km離れた位置に金属の反射板（図4参照）を設置し、反射板を表1に示す4ケースについて微小に5回変位（段階的に0.1～1 mm間隔）させ、レーダーがその変位に対してどの程度の精度で追従できるのかを検証した。

試験2では、溶岩ドームを10日間程度連続観測し、気象による影響がPS法により補正されることを確認し、光波測量との精度の違いについて検証した。

4. 2 試験1の結果

ここでは、各ケースにおけるレーダーから得られた変位と人為的な変位との差分の平均値および標準偏差を表1に、最も条件の厳しいCASE4の計測結果を図5に示す。

表1. 各ケースのレーダーから得られた変位と人為的な変位の差分

【単位:mm】				
	変位間隔	合計変位	差分の平均値	差分の標準偏差
CASE1	1.0	5.0	0.02	0.06
CASE2	0.5	2.5	0.08	0.05
CASE3	0.2	1.0	-0.05	0.06
CASE4	0.1	0.5	-0.07	0.07

※差分とは、合成開口レーダーから得られた変位と人為的な変位との差分を指す

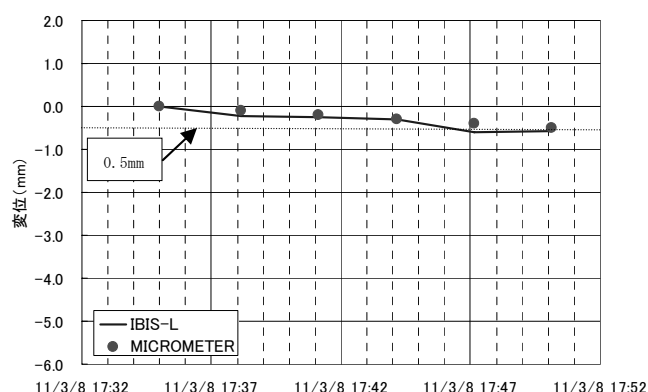


図5. 人為的な変位に対するレーダーの検知精度

4. 3 試験2の結果

レーダーで照射した反射強度と位相の安定性から面的な解析領域を設定した結果、変位の分布は図6のとおりとなり、ほとんどが±2.5mm以内、一部で5mm程度の変位が確認された。また、図1に示したプリズム位置を

含むピクセルの変位を計測し、光波測量との比較を行った。ここでは、光波プリズムP4近傍のレーダー観測における変位と、光波測量におけるP4の変位を図7に示す。

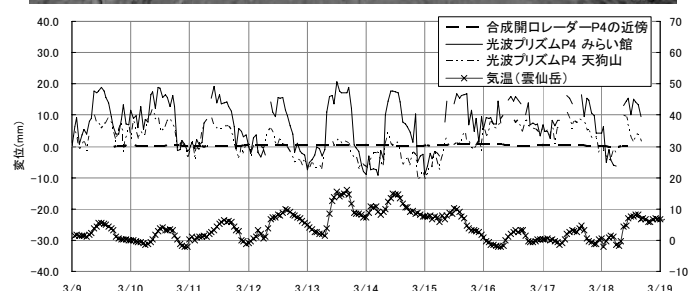
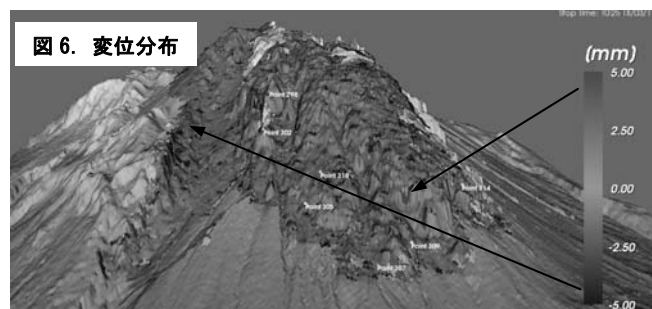


図7. 光波プリズム P4 近傍のレーダー観測結果と光波測量結果

5. 考察

レーダーの性能検証では、大凡0.1～0.2mm程度の精度が得られ、観測距離が遠距離（2.1km）で比高が150m あっても、十分な精度が得られることが確認できた。

またPS法の性能検証については、光波測量が観測期間中の気象の影響を受け、20.0mmの変位の変動幅を示すのに対して、レーダーで得られた変位の変動幅は1.0mmと小さい。

以上の結果から、溶岩ドーム観測のように遠距離で比高が大きい条件下においても、レーダーでは気象の影響を補正できることが示唆され、今後の面的な観測に対して期待できるものと考ええる。

6. おわりに

今回は試験目的がレーダーの性能、現地での適合性であり、10日程度の短期間での試験であったため、本来の目的である溶岩ドームの挙動については検証されていない。今後は長期間観測し、例えば図6で示す変位の大きい箇所が、長期間観測しても大きくなるのか、その原因がクリンカーなど地質的な要素に依存されるものなのか、また光波プリズム付近以外のピクセルでも補正できるのかなど、検証していく必要があると考ええる。また、近年では地上型レーザープロファイラの技術が進み長距離観測も可能となっている。今後運用していく上では、経済性も含めこれら観測機器との比較検証も必要と考ええる。