

岩盤斜面やコンクリート構造物の変位観測を目的とした地上型合成開口レーダー

日本工営株式会社 正会員 ○倉岡 千郎

IDS Ingegneria Dei Sistemi 非会員 Paolo Farina

IDS Ingegneria Dei Sistemi 非会員 Lorenzo Mayer

IDS Ingegneria Dei Sistemi 非会員 Coppi Francesco

1. 目的

斜面や火山の溶岩ドーム等の動きを安全な距離から観測する機器の一つとして、合成開口レーダーが考えられる。一般に合成開口レーダーは衛星に搭載した観測機器であるが、ここでは、地上に設置するタイプの合成開口レーダー(地上型合成開口レーダー)について概要を述べる。

2. 原理と特徴

地上型合成開口レーダー(以下、GBSAR)は、対象物(岩盤、コンクリートなど)からの反射波の位相の変化を解析することにより、遠距離(1~4 km)から変位(気象の影響が無ければ0.1mmオーダーの精度)を面的に把握しようとするものである。一例を挙げてGBSARの狙いを次に述べる。雲仙普賢岳では溶岩ドームの安定性を評価するため光波測量を実施しており年間30mm~50mmの変位が発生している¹⁾。この変位は、溶岩ドームに設置された複数の反射プリズムの位置の変化を測定しているものであり、限られた数の点の観測である。それに対して、GBSARは、照射された領域を面的に分解した数万~数十万点ものピクセル毎(図1)に変位を測定するので、相対的に動きの大きい岩塊等を抽出しやすいと考えられる。また、アクセスが困難な個所に反射プリズム等を設置する作業が必要ないという利点がある。ここで、ピクセルの大きさ(ΔR , ΔCR)は、レンジ方向とアジマス方向で定義され、図1に示したように電波のバンド幅、波長、レーン長で算定される。

以下にイタリアのIDS社の製作している装置(IBIS-L)²⁾を例として電波の特性等と主な特徴を記載する。本装置の場合、電波の送受信部(図1中のセンサー)を2mのレーン上を送受信しながら移動させることで、アジマス方向の分解能をもたせている。電波の中心周波数は16~17GHzであり、Kuバンド(12GHz~18GHz)に分類される。この周波数及び空中線電力等は適用しようとする国や地域の電波法を勘案して決定する必要がある。中心周波数を17.1GHzとした場合の波長は約17mmであり、光波の波長(数百nmのオーダー)に比べると何万倍も大きいので、光波を用いた観測方法に比べて気象(雲や降雨等)の影響を受けにくい。ただし、衛星型の合成開口レーダーで用いている波長(Lバンドでは数10cm)に比べて波長は小さ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、変位の出力にあたって、PS(Persistent Scatterer)法等³⁾を適用して気象の影響を補正する必要がある。

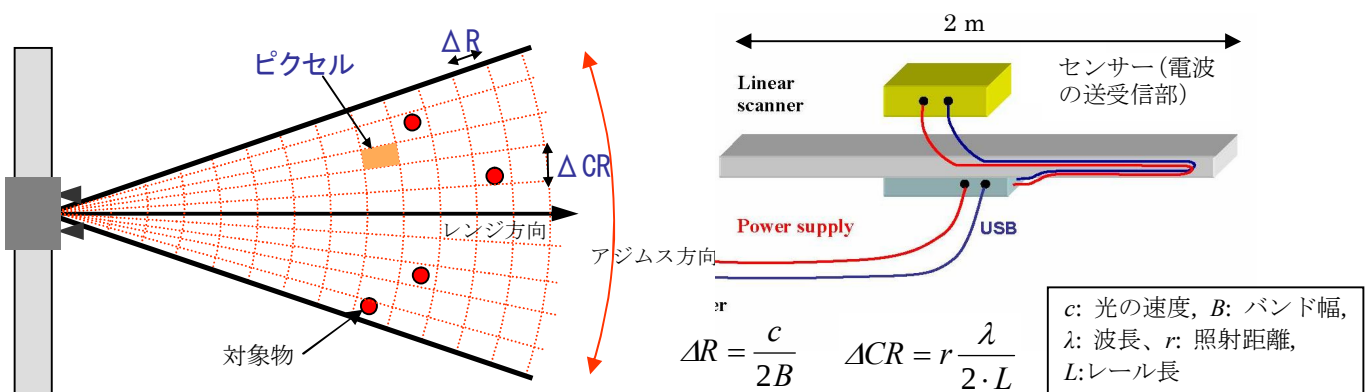


図1 地上型合成開口レーダーの装置のイメージとレンジ及びアジマス方向の分解能

キーワード 合成開口レーダー, 地上型合成開口レーダー, 地すべり, 岩盤斜面、溶岩ドーム、PS法

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

2. 適用例と観測手順

IDS 社の製作している装置 (IBIS-L) を適用した例を挙げて、観測とデータ処理の手順を簡単に述べる。手順は、①観測の準備・実施と②取得された生データの処理に分けられる。写真 1 に示すように装置は、対象とする斜面などが良く見通せる位置に固定し、斜面と装置の位置関係を座標 (世界測地系) と方位で明確にしておく。次に照射距離及びサンプリング頻度等を設定し所定の期間の間、連続的にデータを取得する。得られた反射波の情報は、反射強度 (SN 比) 及びコヒーレンス (位相と振幅の安定性) 等に基づいて、フィルタリングされ反射体として良好な領域が抽出される。一般に良好な領域とは、植生が無く表面に岩盤やコンクリートが見えている領域である。最終的に選択された領域のピクセルについて変位の変化量を求め、図 2 に示すように地形の DEM に投影する。その結果、図 3 のような変位分布が示される。また、その変位分布図から任意のピクセルを選定して時系列表示することができる。



写真 1 IBIS-L の電波の送受信部と対象斜面

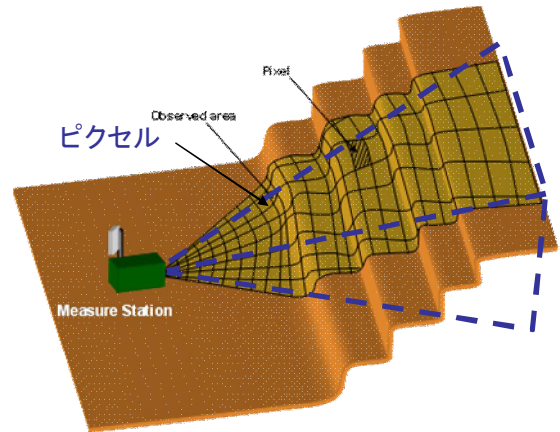


図 2 ピクセル毎の変位を DEM に投影するイメージ

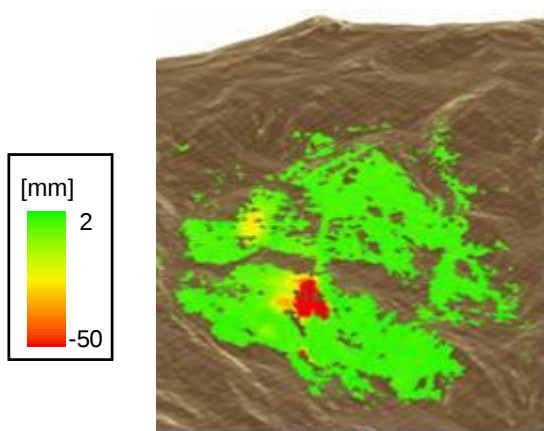


図 3 対象斜面の DEM に変位分布を投影した例

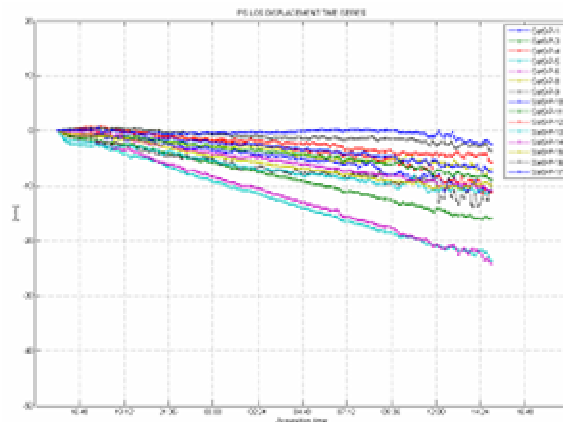


図 4 任意のピクセルの変位の時系列表示

4. おわりに

ここで挙げた地上型合成開口レーダーは、岩盤斜面や溶岩ドームだけでなく、コンクリート構造物の維持管理にも応用できる可能性がある。例えば、アーチダムや土木遺産に位置づけられる砂防えん堤等の変形を面的に測定する方法として考えられる。また、気象の影響を補正する手法は、気象条件、照射距離、観測期間の異なる現場について実施して、限界や処理性能を評価する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 前田ら：雲仙普賢岳溶岩ドームキレツ等の調査について、砂防学会研究発表概要集，第 59，2010，p115
- 2) Francesca Bozzanoら：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) Paolo Farinaら：Permanent Scatterers for landslide investigations, Engineering Geology 88 (2006) 200~217