

# 衛星 SAR データを活用した貯水池周辺斜面の変動領域の抽出に関する検討

国土交通省国土技術政策総合研究所 正会員 ○佐藤弘行、石川亮太郎、金銅将史

## 1. はじめに

社会資本の老朽化対策や防災の観点から戦略的な維持管理に関わる様々な取組みが進む中、その実現に必要な技術開発が求められている。ダム施設の安全管理等の目的で行われる変位等のモニタリングについても、予算や人員が限られる中、平常はより効率的、災害時はより迅速に実施できることが求められている。そこで、本報告では、ダム施設の一部として管理される貯水池周辺斜面の新たなモニタリング手法として筆者らが検討を進めている衛星 SAR (Synthetic Aperture Radar、合成開口レーダ) データの活用に向け、干渉 SAR 解析等 3 つの解析手法を用いて行った斜面の変位量分布の解析結果を報告する。また、現地調査結果との対比等を通じ、斜面の変動領域抽出における衛星 SAR データの活用可能性について考察する。

## 2. 検討対象と使用したデータ

本検討では、貯水池周辺斜面の一部で地上測量等による計測監視が行われている斜面を対象とした。

使用した衛星 SAR データは、JAXA が運用中のだいち 2 号により取得された 2014 年から 2017 年までの約 3 年間の観測データ (空間分解能 3m) である。表-1 に使用したデータの基本情報を示す。

表-1 使用したデータの基本情報

| 軌道        | 観測方向       | オフナディア角(°) | データ数       |
|-----------|------------|------------|------------|
| 北行        | 右側         | 32.4       | 5          |
| 観測日       |            |            |            |
| 2015/6/20 | 2015/11/21 | 2016/6/18  | 2016/11/19 |
|           |            |            | 2017/6/3   |

## 3. 各変位解析手法とその解析結果

地表面の変位量を精度良く計測するために必要な数値標高モデル (DEM) は、航空レーザスキャナで取得されたデータから作成し、各解析に使用した。

### (1) 干渉 SAR 解析

干渉 SAR 解析は、2 時期の衛星 SAR データを用いて、その位相差から地表の変位量を求める手法である。干渉 SAR 解析の概念図を図-1 に示す。

干渉 SAR 解析により約 2 年間での地表変位分布を求めた例を図-2 に示す。図-2 には地上での光波測量による変位の傾向もあわせて示している。SAR では斜面の高位標高部にあたる図の中央付近に数 cm 程度の衛星から遠ざかる方向 (沈下方向) の変位が捉えられており、光波測量による沈下傾向 (黄色) と一致している。

### (2) 時系列干渉 SAR 解析

干渉 SAR 解析により得られた複数の期間の変位量を用いて、時間方向に最小二乗法を適用し、各観測日における確からしい変位量を求める手法が時系列干渉 SAR 解析である。

時系列干渉 SAR 解析により求められた変位量を図-3 に示す。2015/11/21 時点までの変位量に比べ、時間が経つにつれて図中央付近で青色が濃くなり、沈下傾向が継続していることを示す結果となっている。

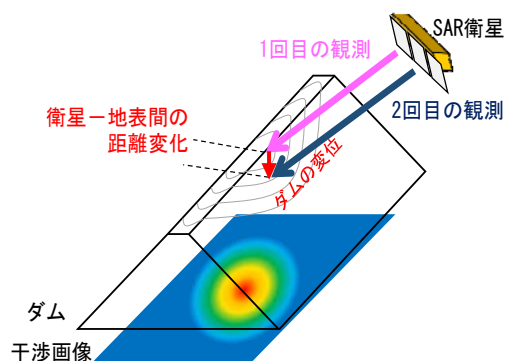


図-1 干渉 SAR 解析の概念図

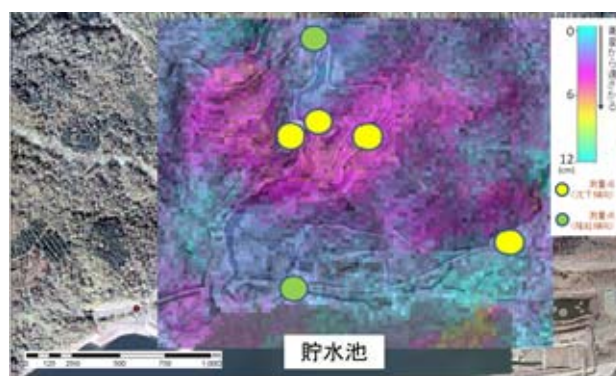


図-2 干渉 SAR 解析による約 2 年間の変位量<sup>1)</sup>  
(2015/6/20 と 2017/6/3 のデータを使用)

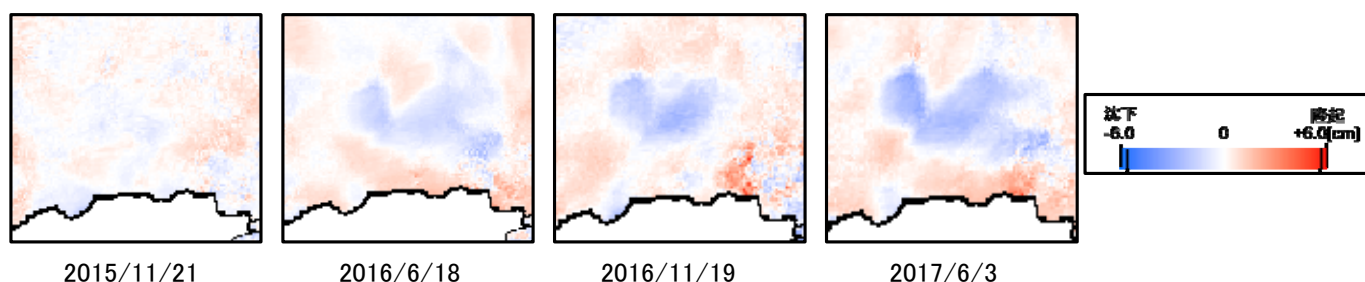


図-3 時系列干渉 SAR 解析による変位量 (2015/6/20 の変位量をゼロとしている)

キーワード: 貯水池周辺斜面、衛星 SAR、干渉 SAR 解析、時系列干渉 SAR 解析、スタッキング解析

### (3) スタッキング解析

スタッキング解析は、複数の干渉 SAR 解析の結果を足し合わせる手法である。スタッキング解析により、有意な変動についてはその平均値（年平均変位量）が算出されるとともに、ランダムなノイズは平均化されてゼロになることが期待される。表-1 に示したように本論文で使用したデータ数は 5 と多くはないが、5 データから 2 データを選定する組合せは 10 となるため、10 個の干渉 SAR 解析結果が得られる。このように、スタッキング解析に用いることが可能なデータ数（本論文では 10）は観測データ数（本論文では 5）よりも多くなり、衛星 SAR の観測データ数が少ない場合でもスタッキング解析によりノイズの低減を効果的に行うことが可能となると考えられる。

図-4 にスタッキング解析の結果を示すが、本解析例では図-2 や図-3 と顕著な相違は見られない結果となった。これは、使用しただけ 2 号は基線長が短いなど、干渉 SAR 解析のノイズとなる要因が少ないことが一因と考えられる。

### 4. 現地調査結果との比較

各手法での解析結果の妥当性を確認するため、比較的大きな変位量が計測された斜面を対象に現地調査を行った。図-2 の干渉 SAR 解析結果に現地調査結果を重ね合わせたものを図-5 に示す。図-5 には、現地調査結果のうち干渉 SAR 解析等の結果から変動領域の境界と推定される箇所付近の写真を示しているが、干渉 SAR 解析等の結果から推定された変動領域の境界付近

には段差等の斜面変動の痕跡と思われる変状が確認された。このことから、衛星 SAR データを用いた干渉 SAR 解析等により、比較的大変位量の大きい変動領域を抽出することが可能と考えられる。

### 4. まとめ

従来、地上での計測や巡視によるモニタリングが行われている貯水池周辺斜面を対象に、衛星 SAR データを用いた干渉 SAR 解析、時系列干渉 SAR 解析及びスタッキング解析により変位量分布を求めた。その結果得られた比較的大変位量が大きい領域は、現地調査から変状が確認された領域と整合した。これより、貯水池周辺斜面のモニタリングでは、今後衛星 SAR データも積極的に活用していくことが有効と考えられる。

### 謝辞

本研究は、内閣府の SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）のインフラモニタリング分野の個別課題「衛星 SAR による地盤および構造物の変状を広域かつ早期に検知する変位モニタリング手法の開発」（H26～H30 年度）により実施したものである。

### 参考文献

- 1) 佐藤弘行、石川亮太郎、金銅将史: 衛星 SAR によるダムの変位モニタリング手法に関する研究、平成 30 年度ダム工学会研究発表会、pp.1-5、2018.11.

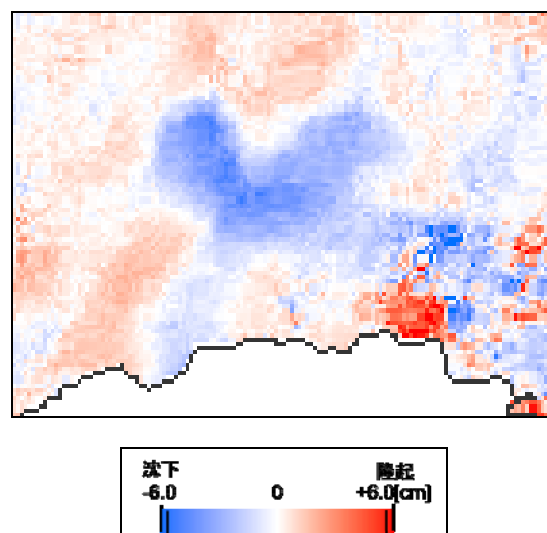


図-4 スタッキング解析による年平均変位量

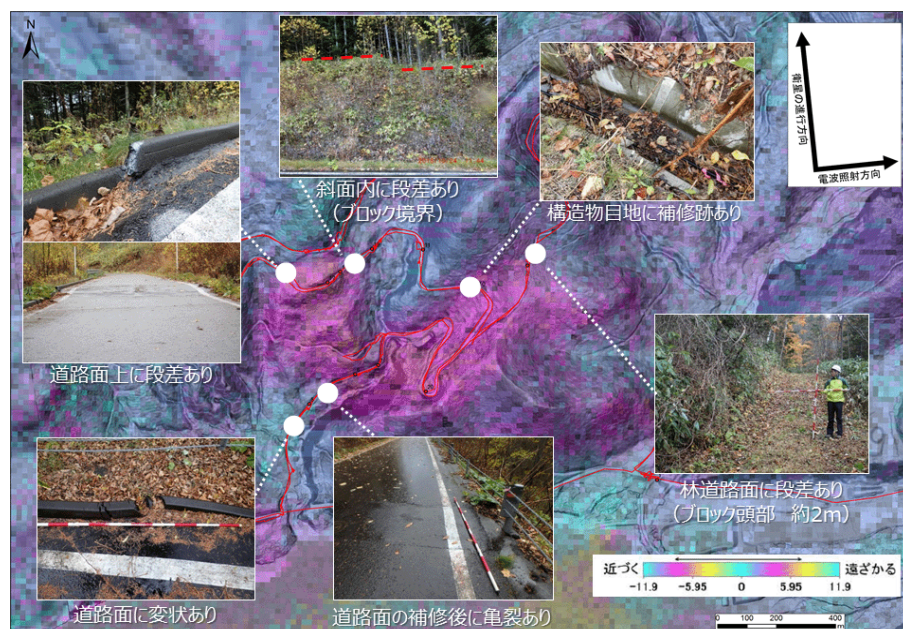


図-5 現地調査結果(図-2 の干渉 SAR 解析結果に重ね合わせている)