

## 衛星 SAR データを用いた切土のり面管理手法への活用検討

中日本ハイウェイ・エンジニアリング 東京(株) 土木技術部 正会員 大窪 克己 正会員 西田 直也 正会員 〇笹本 直之  
国土防災技術(株) 技術本部 正会員 龍見 栄臣 正会員 竹村 文 関東支社 正会員 東 康治

### 1. はじめに

衛星 SAR (Synthetic Aperture Radar : 合成開口レーダ) のデータ活用検討は、政府が進める戦略的イノベーション創造プログラム SIP のインフラ維持管理・更新マネジメント技術の一環として、研究開発に取り組まれており、将来的な注目技術となっている。本技術の特長は、変位モニタリング技術として、地上観測設備が不要であり、かつ広域的な地表面変位情報または構造物変位情報が経済的に容易に得られることである。衛星 SAR の 1 データは、約 50km 四方の広範囲な地表面データであり、広域的で線状施設の集合体である高速道路への変位モニタリング手段として効果的なものになる可能性があると考えた。

筆者らは、近年、全国の各所で自然災害が生じている状況を踏まえ、高速道路でのゲリラ豪雨や地震などという厳しい自然条件に対する被災懸念箇所を事前に把握し、日常点検や緊急点検、および被災予防的な点検での合理化に役立てるべく、本技術に着目して実用化に向けた検討を行った。

ここでは、衛星 SAR データを実際に使用して、高速道路の切土のり面を対象に、その活用について検討した内容を報告する。

### 2. 衛星 SAR データの概要

衛星 SAR データは、図-1 に示すように、地球観測衛星だいち 2 号(ALOS-2)から地球に、L バンドと呼ばれる携帯電話と同様の 1~2GHz 帯のマイクロ波を送信波として斜めに放射し、その観測対象点からの反射波を衛星で受信することで、衛星と観測対象点の 2 点間距離を計測してデータ化したものである。この取得データから作成する画像(本画像を SAR 画像と呼ぶ)は、図-2 に示すように、約 50km 四方の広範囲な地表データ群となっていることから、地表変動は、計測時期が異なる SAR データを使用して、その差分化(2 点距離の時間差分)により得られる。なお、地表変位は、マイクロ波放射方向の入射角  $\theta$  と方位角  $\alpha$  を用いて、GPS 変位と同様な 3 次元変位に変換できる。

本技術の特長は、マイクロ波が長波長のため、太陽光などの発光源に依存せず昼夜を問わず観測可能なこと、雲や雨などを透過する全天候型の計測手法であること、植生を透過して地表に届くので切土のり面の植生影響を受けないことが挙げられる。

一方、SAR データは、地上に向けて斜め上からマイクロ波を放射する特性上、山地などの地表傾斜部とレーダー放射角の関係でマイクロ波が届かない箇所(レーダーシャドウ)や地形倒れ込みによる画像圧縮(フォアショートニング)などが生じる箇所があり、そのような切土のり面では局所的なデータ欠落となるので実際の適用上で留意が必要となる。

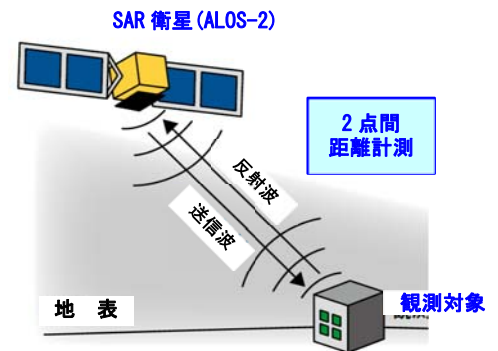


図-1 SAR の観測概念

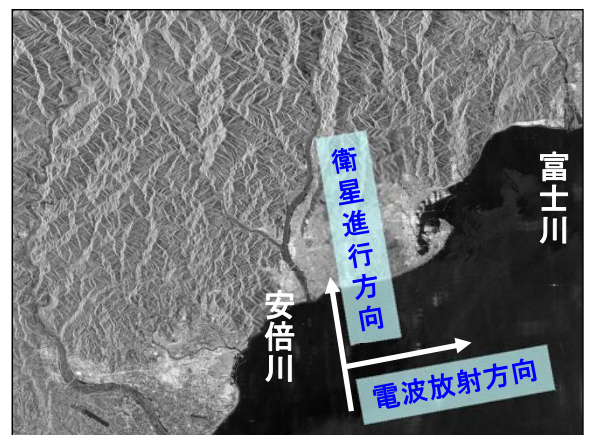


図-2 使用した SAR 画像の事例

### 3. 解析対象の切土のり面の選定

ALOS-2 は、回帰日数 14 日で観測が行われているが、本解析に使用する SAR データは、ALOS-2 の北行軌道(南→北進行、東側にマイクロ波放射)を採用し、パス番号・フレーム番号・観測方向・入射角・偏波が同じ

キーワード : 合成開口レーダー、SAR、切土のり面、変位計測、活用検討

連絡先 : 〒160-0023 東京都新宿区西新宿 1-23-7 中日本ハイウェイエンジニアリング 東京(株) TEL:03-5339-1721

であること、かつ、垂直基線長( $B_{\text{perp}}$ )が 500m 以下であることを条件として、2014 年 9 月 19 日～2017 年 6 月 9 日の 9 時期を選定した。

解析対象とする切土のり面は、新東名高速道路の新富士 IC～島田金谷 IC 間の上下線や連続するものをまとめた 34 箇所切土のり面とし、この中からレーダーシャドウなどのデータ欠落のないものを、図-3 に示す解析可能なり面と定義して、21 箇所切土のり面を抽出した。衛星 SAR の解析可能なり面と解析不能のり面には、場所や方角的な関係性などにおいて、SAR 画像を用いた実適用上からの分類が必要と考えられる。

なお、ここでは、SAR データを基にのり面変位検討を行うにあたり、21 箇所切土のり面からさらに、2014 年～2017 年の点検や動態観測などで比較的のり面変状挙動が見られる 2 箇所切土のり面 A、B を選定した。

#### 4. 衛星 SAR データを用いた切土のり面変位検討

切土のり面変位検討は、SAR データ 9 時期を基に時系列干渉 SAR 解析を用いて行う。時系列干渉 SAR 解析は、SAR データが同一種類で複数時期のものすべてを利用して干渉 SAR 解析(観測距離の時間差分処理)を行うものであり、時系列で「衛星」と「観測対象間」の「距離変化量」が把握できるとともに、それらの差分を取ることで高精度に変位量を推定する解析技術である。本解析は、2 時期データのみを使用する通常の干渉 SAR 解析に比べて高精度であり、複数時期の SAR データを利用して、かつ、その中で反射強度が強くデータ品質が良い恒久的散乱点(PS 点)を選択し、この PS 点を変位挙動把握に利用するのが特徴である。

図-4、図-5 は、切土のり面 A と B を対象に時系列干渉 SAR 解析を実施した結果の PS 点の地表変動量(3 軸合成値)の平面的な年間速度を示す。同図の○印は PS 点であり、色相変化は年間速度のレベルを表している。年間速度は、SAR データ 9 時期の地表変動量をもとに相関勾配を用いて算出したものである。

#### 5. おわりに

高速道路を安全・安心にご利用いただくためには、点検業務が重要なポイントであるが、将来的な労働人口の減少を考えると、より合理的な点検手法の開発が望まれる。筆者らは、その手段の一つとして、衛星 SAR データを用いて時系列干渉 SAR 解析を行うことにより、被災懸念箇所を事前に把握できるのではないかと考え、切土のり面の管理手法への活用検討を実施したものであり、衛星 SAR 解析の結果は、のり面挙動を比較的捉えている可能性がある。ただし、本手法の活用にあたっては、衛星とのり面の位置関係や、変位として現されるのは衛星とのり面の一つの点との距離変位であることに留意が必要である。今後は、高速道路の維持管理に対して適正な技術で取組み、より優れた安全性向上策を講じて行きたいと考える。



図-3 解析可能なり面と解析不能のり面の位置

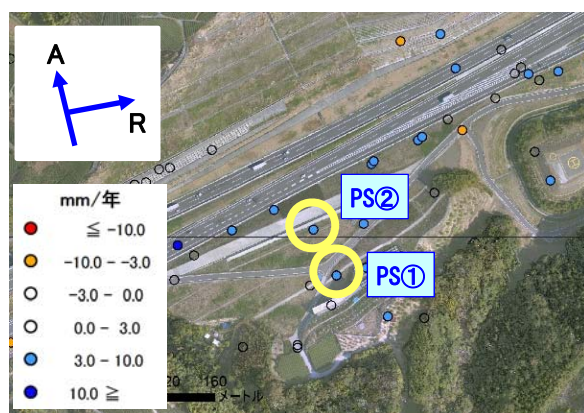


図-4 切土のり面 A の PS 点と地表変動量

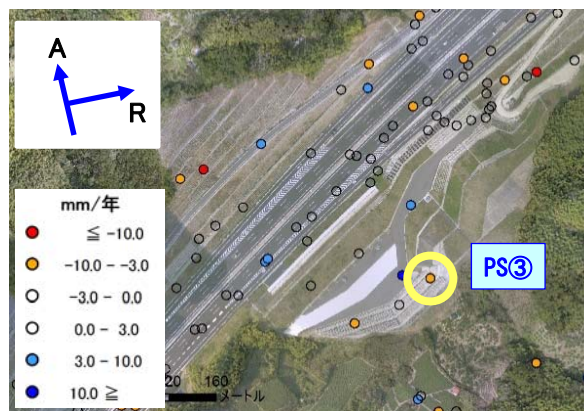


図-5 切土のり面 B の PS 点と地表変動量