

衛星 SAR の軌道別による切土のり面の PS 点出現割合の考察

中日本ハウエイ・エンジニアリング 東京(株) 土木技術部 正会員 〇笹本 直之 石橋 円正
 国土防災技術(株) 技術本部 正会員 龍見 栄臣 正会員 竹村 文 佐藤 威臣

1. はじめに

衛星 SAR (Synthetic Aperture Radar : 合成開口レーダ) データ (以下、SAR データ) の活用検討は、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、研究開発に取り組みされており、将来的な注目技術となっている。本技術は、変位モニタリング技術であるが、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のが特徴である。

JAXA が 2014 年に打ち上げた ALOS-2 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であること、植生を透過して地表に届くため高速道路の切土のり面の挙動把握にも適用可能と考えた。

一方、SAR データは、図-1 に示すように衛星の進行方向から右斜め下に向けてマイクロ波を照射する特性上、のり面などの地表傾斜部とレーダ照射角の関係で、マイクロ波が届かない箇所(レーダーシャドウ)や急勾配の地形による画像圧縮(フォアショートニング)、反射波の受信順序逆転により画像判読等の解釈ができない(レイオーバー)などが生じる箇所があり、データ欠落があることが適用上の留意事項となる。

筆者らは、近年、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ている。ここでは、SAR データによる時系列干渉 SAR 解析 (以下、Ps-InSAR) にて出現する PS 点 (PS 点 : Persistent Scatterer と呼ばれ、高い位相精度を長期間維持する画素を、統計的な処理を通して抽出する) を、北行軌道と南行軌道別および重ね合わせで出現量を分析し、PS 点が出にくいとされる切土のり面での活用検討の内容を報告する。PS 点からは、Ps-InSAR により導かれた同点の時系列の衛星からの距離変化の情報が得られる。

2. 対象切土のり面

対象とする切土のり面は、新東名高速道路 (以下、「新東名」) の静岡県区間に位置する 33 のり面とした。

静岡県区間の新東名の切土のり面の特徴として、切土高さが 30m 以上または 5 段以上に該当するのは 150 のり面と多いことが挙げられる。点検は、5 年に 1 回行う詳細点検を主として行っている。徒歩による詳細点検では、個別の変状を把握することはできるが、のり面全体の挙動を把握することが難しい。また、経年による植生の繁茂により、個別変状を的確に見つけ出すことも難しくなっていくと想像される。Ps-InSAR の PS 点の面的に出現することで、2つの課題解決に貢献できると考えた。

3. PS 点出現量の集計方法と結果

図-1 に PS 点の出現割合の算出方法を示す。のり面の平面積を 1 とし、PS 点が出ている、または出現していない箇所を枠で囲み、割合を算出する。割合が高いほど、Ps-InSAR によるのり面全体の挙動把握が可能なのり面と言える。

図-2 に PS 点出現割合のヒストグラムを、表-1 に PS 点出現割合を一定範囲で集計し、のり面数とその割合を示す。北行軌道と南行軌道だけでは、PS 点出現割合が 0.7 を超えるのは、それぞれ 27%と 36%だが、2つのデータを重ね合わせて、南行軌道と北行軌道のどちらか一方で PS 点が出ているのり面は全 33 のり面の内、52%に上昇する。PS 点出現割合が 0.9 となるのは、北行軌道では 4 のり面、南行軌道では 5 のり面だったのに対し、重ね合わせると 14 のり面となる。

キーワード : 合成開口レーダ、干渉 SAR 時系列解析、Ps-InSAR、切土のり面

連絡先 : 〒160-0023 東京都新宿区西新宿 1-23-7 中日本ハウエイ・エンジニアリング 東京(株) TEL:03-5339-1721

4. 考察

PS 点出現量は 0.3 以下となるのり面数が北行軌道で 15、南行軌道で 12 と最頻値であった一方、重ね合わせると 0.7 以上が最頻値となった。これは、のり面の向きが関係していると考えられる。図-1 のように、北行軌道では、本線に近い段で PS 点が出現している。

北行軌道の場合、のり面背後からマイクロ波が照射される。その時、反射強度の高い構造物が PS 点として認識されていることが理由として挙げられる。なお、現地確認の結果、こののり面の反射

～PS 点出現割合の求め方（いずれも平面積）～

□PS 点出現範囲／□のり面面積または、
 (□のり面面積 - □PS 点未出現範囲) ／ □のり面面積

北行軌道 (PS 点出現割合 0.4)

南行軌道 (PS 点出現割合 0.8)

～凡例～ □のり面範囲 □PS 点出現範囲 □PS 点未出現範囲

図-1 PS 点出現割合の算出方法

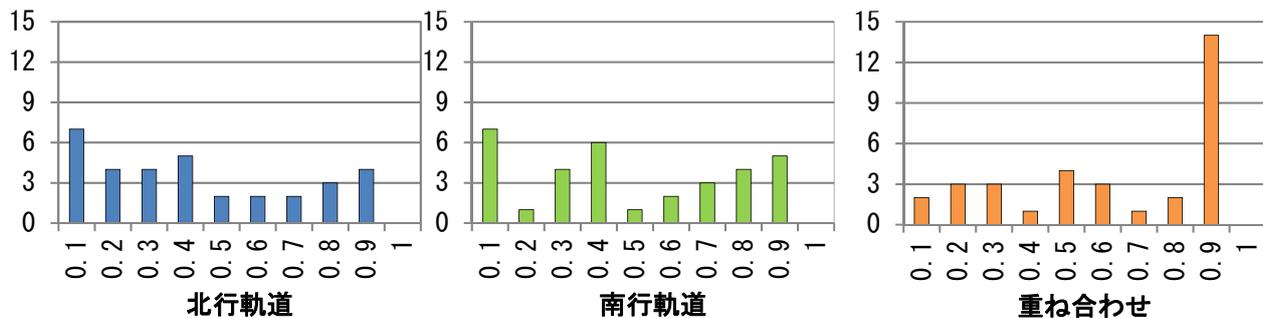


図-2 PS 点出現割合別ののり面数

強度の高い構造物はグラウンドアンカーであった。

南行軌道では、のり面上部で PS 点が出現している。こののり面は、本線に近い段が急な 1 割勾配であるのに対し、上部

はそれより緩い勾配で、ロックボルトが施工されている。こののり面の場合、ほぼ正面からマイクロ波が照査されているため、本線に近い段はレイオーバーしていて、反射強度の高いグラウンドアンカーがあるにも関わらず PS 点が出現していないと考えられる。上段部分は南行軌道に正対したのり面であるため、やや反射強度が低いと考えられるロックボルトでも PS 点が出現したと考えられる。

以上から、南行軌道と北行軌道の結果を比較することで、PS 点が出現するまたは、しない理由を推察することができた。また、北行軌道と南行軌道の 2 つの結果を重ねることで、PS 点の出現割合を高めることが可能であることを把握できた。

表-1 PS 点出現割合とのり面数

	北行軌道		南行軌道		重ね合わせ	
	のり面数	のり面割合	のり面数	のり面割合	のり面数	のり面割合
0.3以下	15	45%	12	36%	8	24%
0.4~0.6	9	27%	9	27%	8	24%
0.7以上	9	27%	12	36%	17	52%

5. おわりに

適用が難しいと考えられていたのり面に対して、南行軌道と北行軌道の SAR データを用いることで、挙動把握ができる可能性があるのり面を大幅に増やせることを確認できた。新東名ののり面は、グラウンドアンカーやロックボルト、立入防止柵などの PS 点が出現しやすい構造物が多いため、本技術の活用可能性が高いと考えている。Ps-InSAR の結果を評価する技術も一定程度蓄えることができていることから、結果をどう見せていくのかに焦点をあて、実運用に繋げていきたい。引続き、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いきたいと考える。