

新しい道路防災点検の取り組み

～「奈良県版 防災点検の手引き（案）」について～

奈良県 県土マネジメント部 道路マネジメント課

1. はじめに

奈良県内の中山間部の県管理道路においては、毎年土砂災害が発生し、通行止を余儀なくされている。また、令和5年12月23日国道169号下北山村上池原で2名の方が死傷される斜面災害があり、当該区間は約半年間にわたり通行止となり地元の生活や経済に大きな影響を及ぼした。これを契機として、災害の兆候を捉え、効率的・効果的に斜面を点検する新しい手法が必要であると考えた。そこで、令和6年10月に有識者による奈良県道路斜面防災点検検討委員会を立ち上げ、奈良県の現状と課題に対応した新たな斜面の点検方法等を検討し、「奈良県版 道路防災点検の手引き（案）」を作成したので内容を紹介する。



写真：国道169号下北山村上池原（R5.12.24）

2. 現状と課題

道路のり面斜面等は「経時的に劣化・不安定化していく存在」であり、経時的な点検でなければ不安定化の兆候を見逃しかねない¹⁾。しかし、本県では対象箇所が膨大であることや、経済的制約などから、定期的な防災点検が十分に実施されていない路線も多いのが現状である。

また、奈良県管理道路において、点検で対策が必要であると判断した箇所について順次対策工事を行っているが、対象となる箇所が広範囲かつ多数にのぼるため、対策工事には相当な時間と費用を要している。さらに、点検で対策不要と判断された箇所や過去に吹付工や落石防護網などの対策が講じられた箇所であっても、長年の地震や降雨等の影響により再び不安定化し、災害リスクが高まるケースもある。したがって、経済的な制約の中でも、広範囲を効率的・経時的に点検を行うことができる新たな方法が必要である。

こうした課題を踏まえ、「奈良県版 道路防災点検の手引き（案）」では、経済的制約の中でも広範囲を効率的・継続的に点検できる新しい仕組みとして、次の3つの手法を導入した。

- ・人工衛星（SAR^{※1}）データの活用
- ・赤外線調査による吹付背面の変状把握
- ・データ蓄積による点検の高精度化・情報共有

3. SAR のデータを活用した防災点検

1) これまでの方法と課題

一般的に道路防災点検は、対象範囲が広いことから、いくつかの段階で実施される。第1段階は机上で災害履歴や日々のパトロールの記録、空中写真、地形図等を用いて災害要因の判読や道路への影響を検討して、「リスク箇所」の候補を抽出する。第2段階として現地で判読した災害要因の状況を確認した上で、リスク箇所を確定する。第1段階から第2段階の一連の作業をスクリーニングという。第3段階として点検の専門技術者が構造物上や自然斜面の現地踏査を行い、点検要領に従って総合評価を行う。その後、要対策箇所とカルテ対応と判断された箇所については、防災カルテを作成し、定期的に現地点検が行われる。しかし、次のような課題があった。

- ① 斜面对策後からの定量的、経時的な変化が分からない。
- ② 目視点検に依存しており、変状の進行度を定量的に把握することが困難。
- ③ 急峻で現地踏査が困難な箇所では、変状および変状の影響範囲を見つけにくい
- ④ 広域的な変状の進行速度、変状範囲が分からず対策工事の優先順位がつけ難い。

2) SAR を利用したこれからの防災点検について

近年、昼夜や天候によらず陸域の観測が可能な SAR を搭載した衛星のデータが活用されている。複数時期の SAR データを干渉させて位相差をとること（干渉 SAR 解析）で、この期間に生じた衛星から地面のわずかな距離差が分かり、地面の変動を計測することができる。2 時期のデータを用いる差分干渉 SAR 解析と、複数時期のデータを用いる干渉 SAR 時系列解析がある。差分干渉 SAR 解析は2回の SAR データのみで斜面変動量を解析できるメリットがあるが、地表面変動以外の衛星と地表面の経路上に存在する電離層や水蒸気の不均一に伴う位相情報がノイズとなるデメリットがある。ノイズは気象データからの補正などで低減できるが、ゼロにはできない。干渉 SAR 時系列解析は、多数の SAR データを統計処理し、ノイズを低減させるので、二時期差分干渉 SAR 解析と比較して、より高精度に地表面変動を計測でき、地表面を数メートルの単位で分割した格子の平均変位量を mm 単位で把握することが可能である。SAR データを活用することで、

- ① 過去に遡って斜面の経時的な変化を把握できる。
- ② 変位速度や変位量を定量的に評価できる。
- ③ 地盤の変状の可能性のある箇所、範囲を把握できる。
- ④ 広域的に変状速度、変状範囲が把握できるので、対策工事の優先順位がつけやすい。

従来の点検で課題となっていた「見落とし」や「主観的評価」を補完し、広域的に効率的な点検が可能となる。

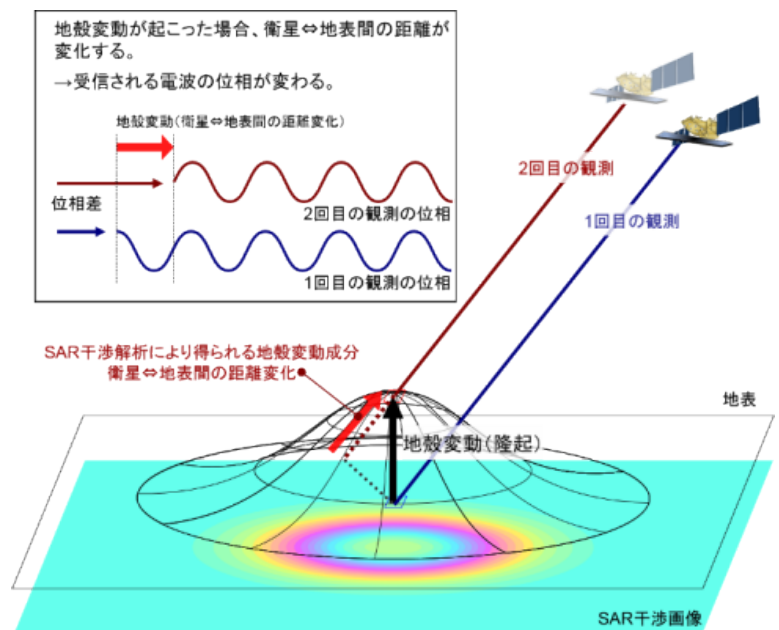


図 1：干渉 SAR 解析のイメージ図²⁾

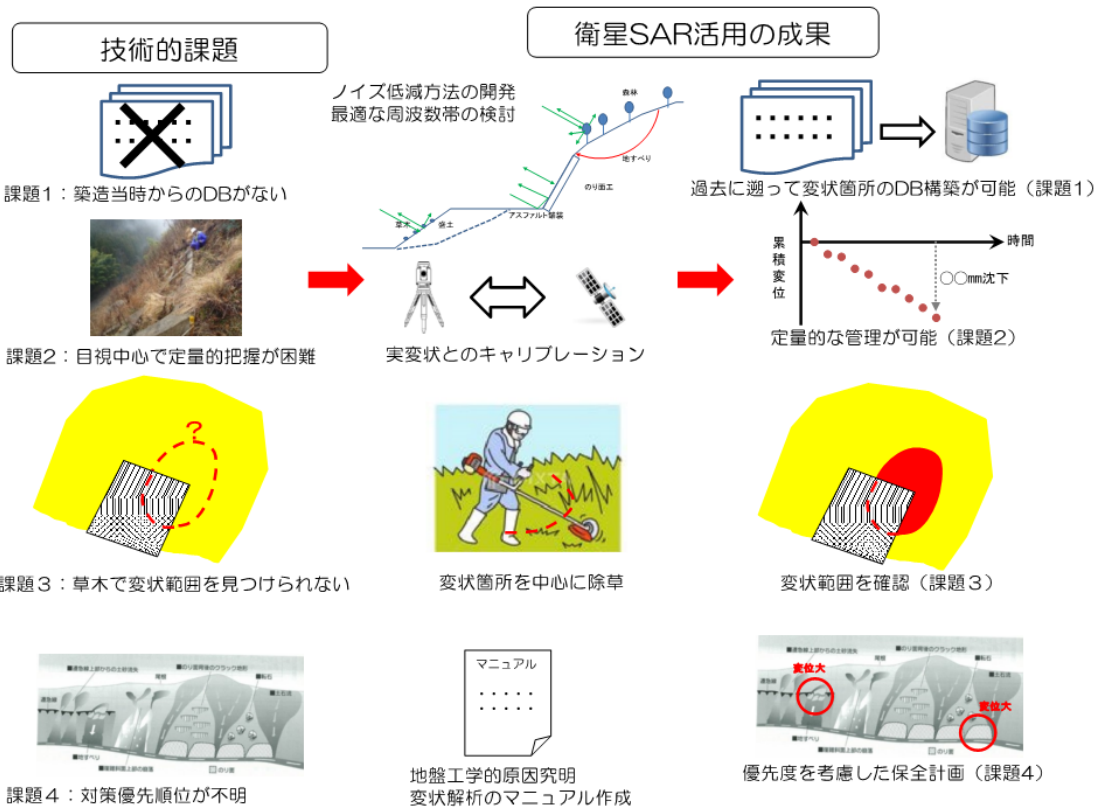


図2：広域の道路土構造物の点検、維持管理の技術的課題と衛星 SAR 活用の成果 3)

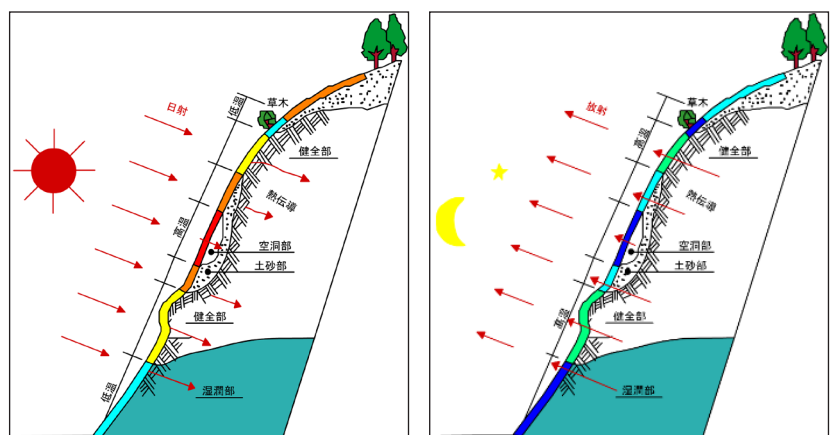
4. 赤外線調査による目視出来ない吹付背面の変状の把握

1) これまでの方法と課題

吹付法面の背面空洞など、目視できない変状を確認するため、従来はひび割れ観察や打音検査、削孔確認などを行っていた。しかし、これらは調査範囲が限定的であり、実際の劣化範囲と一致しないケースも多かった。実際に、国道169号下北山村上池原での災害も、過去に吹付工が施工されていた箇所で開催しており、長年の降雨や凍結融解等の自然環境の影響によって吹付背面が変状していたことが要因の一つと考えられる。

2) 熱赤外線を利用した吹付背面の変状の把握

熱赤外線カメラを用いて法面表面の温度分布を撮影し、昼夜の温度変化を解析することで、背面の空洞や土砂化部分を非破壊・非接触で特定する。健全な箇所と比べ、空洞部は昼間に温度が高く、夜間に低くなる傾向を示すため、温度変化の大きい箇所を抽出することで広範囲の変状把握が可能となる。この手法により、従来困難であった「見えない変状の可視化」が可能となり、対策工事に有益な情報が得られる。



吹付背面が空洞や土砂化している箇所は、健全な箇所に比べて昼間の温度は高く夜間の温度は低くなる。

図3：熱赤外線調査概念図⁴⁾

5. データ蓄積型点検による点検の高精度化

1) これまでの方法と課題

これまで、道路パトロール記録、防災点検結果、災害履歴、対策工履歴などが別々の紙媒体で保管されており、情報の検索や活用に時間を要していた。また、例えばどこで落石が多いのかなど職員が漠然と把握しているが、定量的なデータとして把握していない。事象に対する対策要不要の判断が、職員の経験知に依存している面があり、課題に感じていた。

2) これからの道路管理情報のデータベース化について

スマートフォンなどを用いて、道路パトロール、点検、災害履歴、対策履歴などの情報を一元的にデータベース化する。これをGISの地図上に重ね合わせることで、

- ・再点検や対策の必要箇所を精緻にスクリーニング
- ・過去データの迅速な検索と現地確認
- ・現地からのリアルタイム入力・閲覧による効率化

・経験知のデジタル継承と組織的共有といった効果が期待される。データの蓄積により、点検精度の向上とともに、客観的なデータに基づく道路防災対策の推進が図られる。また、どのような事象に対してどのような対策したかなどのノウハウも継承され、組織的に共有・活用できると期待している。



図4：スマートフォンを活用した道路パトロール（イメージ図）

6. 今後の予定

令和7年度には、県南部の国道169号および国道168号において、本手引きに基づく新たな斜面点検を先行実施する。点検結果と課題を令和7年度末に有識者委員会で報告・検証し、必要に応じて手引きを改訂する予定である。今後も新しい知見・技術があれば、手引きに反映していきたい。

（用語解説）

※1 SAR：合成開口レーダー。Synthetic Aperture Radarの略。SARは、人工衛星などに搭載したアンテナから電波を地表に向けて照射し、地表からの反射波を捉えることで、地表の形状や性質についての画像情報を取得する手法。

<参考文献>

- 1) 一般社団法人 全国地質調査業協会連合会：道路防災点検の手引き（豪雨・豪雪等）〔改訂版〕－DX時代に向けたチャレンジ、令和4年3月
- 2) 国土地理院ホームページ、干渉SARの基本、https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/sar_mechanism.html
- 3) 国立大学法人東京大学 基礎地盤コンサルタンツ株式会社：合成開口レーダー（SAR）の道路土構造物の維持管理への活用マニュアル（案）、令和3年7月
- 4) 建設省土木研究所：熱赤外線映像法による吹付法面老朽化マニュアル、1996年