

衛星画像を用いた斜面・溪流調査手法の効率化・高度化

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○水谷 真基

正会員 大木 基裕

1. はじめに

当社管内在来線では、例えば「令和2年7月豪雨」により発生した高山本線および飯田線災害のように土砂流入による災害が頻繁に発生している。これら鉄道沿線から線路への土砂流入に対して、斜面や溪流における環境変化を広域的に調査や監視することは、鉄道の安全安定輸送の確保により一層必要である。そのため、在来線ではヘリコプターを用いて、上空から目視を中心とした広域的な斜面調査を定期的に行っている（以下、従来調査、図-1）。しかし、広範囲を目視にて調査するには労力やヘリコプターを運用するコスト、そして技術者の確保など、様々な課題がある。そこで、衛星画像を用いた効率的かつ高度な広域調査手法について検討をしたので、その内容について報告する。

2. 衛星画像を用いた斜面調査手法

衛星画像を用いた斜面調査にあたりテンプレートマッチング手法を活用した。テンプレートマッチングとは、特定のパターンを持つテンプレート画像（図-2）を用意し、取得した衛星画像と照らし合わせることで、テンプレート画像とパターンが合致する箇所を自動で抽出する手法である。斜面に発生する崩壊地は方向性や大きさなど多様な形態があるが、崩壊地の源頭部の多くは馬蹄形を形成する。そこで、馬蹄形の斜面崩壊画像をテンプレートとして用意し、衛星画像上で形を照会することで崩壊地を抽出した¹⁾。

3. 精度検証

(1) 検証方法

抽出精度は、在来線2線区（線区A、B）の沿線斜面・溪流域内において、従来調査にて抽出した変状に対する新たな調査手法での変状抽出率（捕捉率）により評価した。検証するテンプレートマッチング手法は、主に斜面崩壊地を自動で抽出するものである。そのため、抽出対象は崩壊地のみとし、各線区2年度分（計4年度分）のデータを用いた。検証は、テンプレートマッチングによる変状の自動抽出後に、当該箇所を含めた画像全体を目視にて判読し、従来調査に対する捕捉率を算出した。なお、抽出すべき対象は崩壊の程度によって1箇所の崩壊地に対して複数箇所を自動抽出することもあるが



図-1 ヘリコプターによる斜面調査



図-2 テンプレート画像

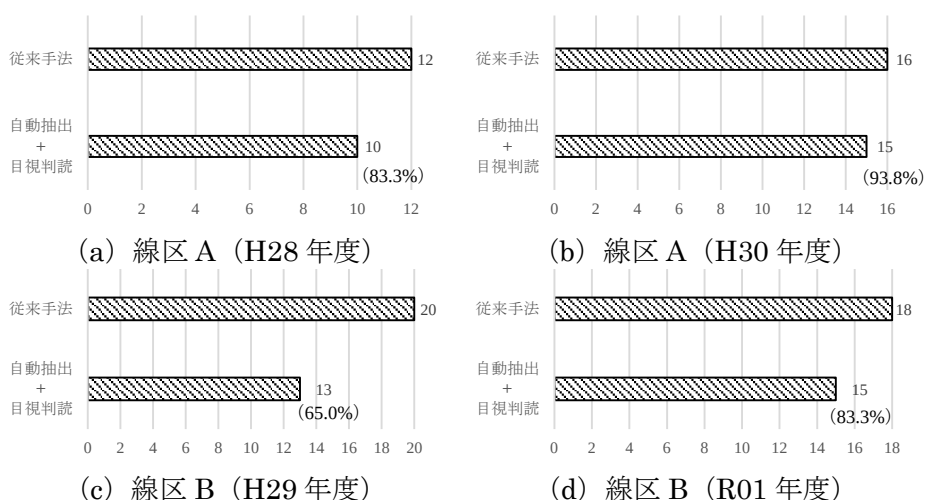


図-3 検証結果（横軸：箇所数）

キーワード 斜面・溪流，維持管理，衛星画像，テンプレートマッチング

連絡先 〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545-33 総合技術本部技術開発部 TEL 0568-47-5375

1 つの変状に対して 1 箇所でも自動で抽出すれば捕捉したと判定した。

(2) 検証結果

精度検証結果を図-3 に示す。線区 A は、従来調査にて抽出した崩壊地に対して 83.3～93.8%を補足しており、高い捕捉率となった。線区 B の崩壊地に対しては、65.0～83.3%と線区 A と比較して捕捉率がやや低くなる結果となった。これは、線区 B において岩盤面表層の植生が薄く削り落とされた「肌落ち」を従来調査にて崩壊地と判定していること、ならびに崩壊地の植生が回復傾向にあることが要因と考えられる。また、肌落ちは斜面崩壊の特徴である馬蹄形が形成されない。そのため、真上から見下ろす衛星画像では、テンプレート画像と合致しないため、崩壊地として認識できなかったと考えられる (図-4)。

(3) 衛星画像でのみ確認できた崩壊地について

従来調査ではヘリコプター飛行の都合上、上空での 1 箇所あたりの調査時間に限りがある。一方で、衛星画像を用いることにより調査時間の制約が小さくなり、より広範囲を効率的に調査が可能となる。そのため、テンプレートマッチング手法による自動抽出および目視判読により、従来調査にて抽出した以外の崩壊地を抽出できた。衛星画像でのみ抽出できた崩壊地は、従来調査と比較し線区 A で 1.7～1.8 倍、線区 B で 1.2～1.6 倍であった。また、衛星画像により崩壊地を抽出した 4 箇所について現地を調査したところ、4 箇所全てについて斜面崩壊後の対策として谷留め工が新設、もしくは建設中であることを確認した (図-5)。これらの結果からも、衛星画像を用いることで、これまでの調査と比較し広範囲を漏らすことなく調査可能となる。

(4) 2 時期の画像比較

2 時期の衛星画像を比較して、新規の崩壊箇所を的確に抽出が可能であるかを検証した。図-6 に示すように、2017 年度以降に発生した崩壊地を 2019 年度に赤枠で自動抽出しており、取りこぼすことなく抽出ができている。また、2017 年度に抽出されていた崩壊地 (青枠) は、2019 年度には抽出されていないことがわかる。これは、前回調査から植生が回復し、崩壊地と植生箇所に明確な色調差がなくなったことにより、テンプレート画像との類似性が低下したことが要因として考えられる。

4. まとめ

衛星画像を用いた新たな広域調査手法により、従来調査と同程度の精度で斜面や溪流の調査が可能となった。また、調査に対する時間的制約が小さくなることから、これまで以上に広範囲を効率的に調査することが可能となる。撮影された衛星画像は定期的に更新され、アーカイブに保存される。そのため、崩壊地における複数時期の進行性や変状の新規性についても高頻度かつ容易に把握が可能である。今後は、これまでの検査記録を新しい調査方法へ滞りなく引き継ぐとともに、複数時期の調査データの蓄積により、新規変状や進行性を確実に把握することで、さらなる調査の効率化、ならび評価手法の確立を図っていく。

参考文献

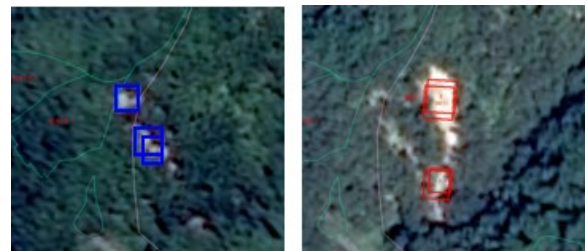
- 1) 水谷真基ら：衛星画像を用いた斜面調査手法に関する検討，土木学会第 75 回年次学術講演会，VI-335，2019.9



図-4 肌落ちの例



図-5 衛星画像にて判読した箇所



(a) 2017 年度 (b) 2019 年度

図-6 2 時期画像の比較