

衛星画像を活用した鉄道沿線の災害検知手法の検討

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○林 宏樹 正会員 舟橋 秀磨

1. はじめに

当社在来線では、未然に災害要因箇所を抽出・点検し、防災管理の一助とすることを目的に、2年に1回、専門技術者による斜面・溪流調査を実施している。しかしながら、広範囲を人が目視中心で調査する手法には、労力やコスト、技術者の確保等で課題がある。また、鉄道沿線の民有地斜面の斜面崩壊や地すべり等により、鉄道に被害を及ぼすことがあるが、鉄道から離れた斜面については十分な管理が難しいのが現状である。

そこで本検討では、光学衛星および陸域観測技術衛星の合成開口レーダ（以下、SAR）により取得されたデータを用いて、鉄道沿線での斜面崩壊や地すべり等の災害を抽出する手法の検討を行った。

2. 検討内容

2.1 光学衛星データを用いた斜面崩壊箇所抽出

(1) 評価手法

本検討では、米国の地球観測衛星ランドサット（Landsat-8）で観測されたデータの可視～近赤外域の反射率(分解能30m)を用いて斜面崩壊抽出手法の検討を行った。手法の検討にあたり、崩壊の発生前後で植生の有無に違いがあると考え、赤色バンドと近赤外バンドの比として定義される正規化植生指数(NDVI)に着目した。NDVIは、画素内で植生が多いほど値が高く、裸地に近ければ値が低い。そのため、災害前後でNDVIが急激に減少した箇所では斜面崩壊が起こっていた可能性が高い。そこで、本手法ではNDVIの変化から土砂移動の有無、崩壊箇所の同定を行った。

図-1は土砂移動の発生判定基準の概略図である。発災半年前までの長期光学衛星データを用いてピクセルごとにNDVI平均値と標準偏差を計算し、発災後のNDVI値を用いて、土砂移動指標を式(1)に定義する。

$$\text{土砂移動指標} = (\text{NDVI}_{\text{平均値}} - \lambda \text{NDVI}_{\text{標準偏差}}) - \text{NDVI} \quad \text{式(1)}$$

この土砂移動指標が大きいほど顕著な変化があったことを示し、0以上の値の箇所を土砂移動があった箇所とみなした。なお、λは調整パラメータであり、本検討ではノイズの影響等をふまえ、λ=2を採用した。

斜面崩壊発生の判定にあたっては、図-2のように光学衛星の観測データを3区分し、観測開始から発災半年前までの観測データ(期間I)からNDVI平均値及び標準偏差を、発災半年前から発生日までの観測データ(期間II)及び発生日から2ヶ月後までの観測データ(期間III)からはそれぞれ発災直前および発災後のNDVI値を求めた後、式(1)を用いて、直前災害(指標1)と災害後(指標2)の二つの土砂移動指標を計算する。その後、表-1のように二つの土砂移動指標の正負の関係を基に、斜面崩壊発生の判定を行った。

(2) 評価結果

当社のA線区沿線で発生した斜面崩壊に対して、本手法を適用した結果、赤丸で囲んだ斜面崩壊箇所(幅40m長さ60m)が赤く表示されており、斜面崩壊箇所を抽出できている(図-3)。本手法を用いることで、衛星の分解能と同程度のスケールの斜面崩壊を抽出可能であることが分かった。

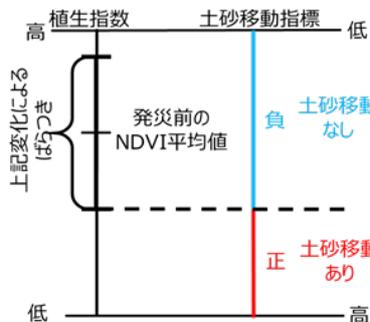


図-1 土砂移動判定基準

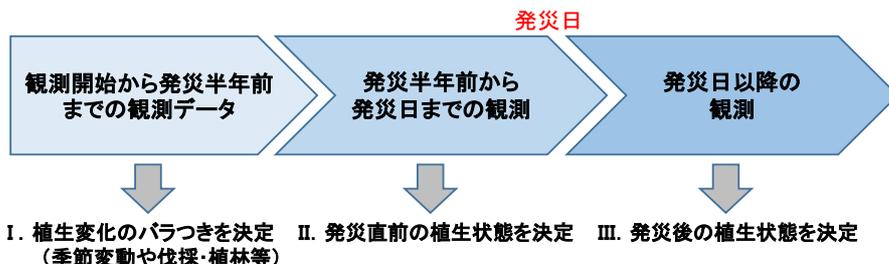


図-2 光学衛星データの観測時期の区分と使用内容

キーワード
連絡先

地球観測衛星, 合成開口レーダ, 災害検知, 斜面, 鉄道
〒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

表-1 二つの土砂移動指標を用いた斜面崩壊判定基準

斜面崩壊	指標 1	指標 2	判定
有	負	正	斜面崩壊
無	正	正	発災前に裸地化
	正	負	人工改変
	負	負	状態変化なし



図-3 A線区沿線災害の発災前後写真と本手法の適用結果

2. 2 SAR 衛星データを用いた地すべり箇所抽出・変位計測

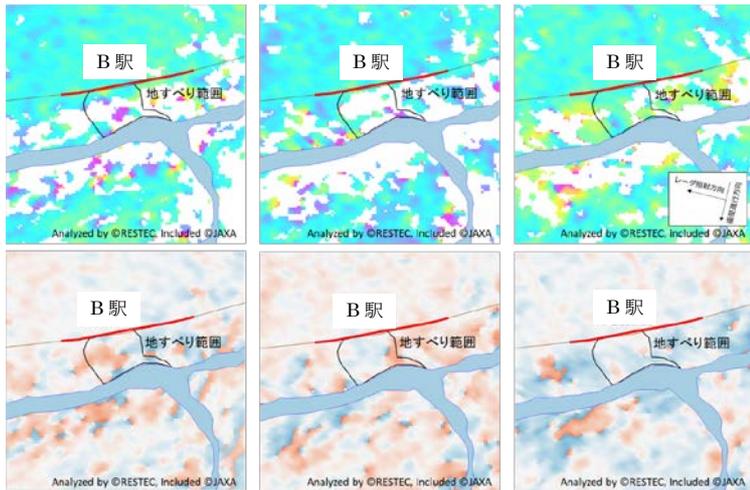
(1) 評価手法

SAR 衛星データによる地表面変位解析手法として、差分干渉解析手法がある。差分干渉解析手法は、SAR 衛星により取得された 2 時期以上のデータから観測日間の地表面の相対変位を解析する手法である。本検討では差分干渉解析手法と Chen et al. (2014) による手法とを組み合わせた解析により、地すべり箇所の抽出と変位計測の評価を実施した。解析に用いた SAR データは ALOS-2/PALSAR-2 により取得されたデータである。

(2) 評価結果

図-4 は B 駅付近の地すべり地形を対象にした解析結果で、上段が地表面変位、下段が変位方向図である。地すべり地内に衛星から地上までの距離が伸長する変位がみられ、地すべりにより変位が生じていることが分かる。また、地すべり地内南西の末端部に局所的な変位が確認でき、変位方向図でも変位は明瞭である。次に計測精度評価として、現地に設置されている伸縮計の計測結果と

解析結果とを比較した。図-5 は比較結果で、黒丸が差分干渉解析 (バイアス補正) の結果である。伸縮計の変位量 (実線) と比較すると、解析値と良く一致していることが分かる。



(a) 起点日と 9 か月目の比較 (b) 9 月目と 23 か月目の比較 (c) 23 か月目と 26 か月目の比較

上段：地表面変位図、下段：移動方向図

-59mm +59mm 西向き 東向き

図-4 B 駅付近の解析結果

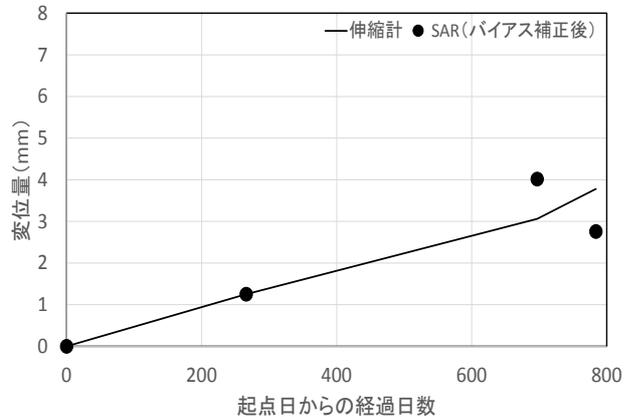


図-5 伸縮計の変位量と解析結果との比較

3. まとめ

光学衛星や SAR 衛星のデータを活用することにより、鉄道沿線で発生する斜面崩壊や地すべり等の災害箇所を抽出し、地盤変動を把握できる可能性があることが分かった。今後は、各種衛星の特徴や課題を踏まえつつ、斜面管理への適用性について検討していく予定である。

謝辞：本検討にあたり一般財団法人リモート・センシング技術センター古田竜一氏にご協力頂きました。紙面にて謝意を示します。

参考文献

- 1) 舟橋秀麿他：SAR 衛星を活用した鉄道沿線の災害検知手法の基礎検討，第 72 回土木学会年次学術講演会 2017. 9
- 2) Chen et al : Slope Superficial Displacement Monitoring by Small Baseline SAR Interferometry Using Data from L-band ALOS PALSAR and X-band TerraSAR: A Case Study of Hong Kong, China, Remote Sens. 2014