

SAR 衛星を活用した鉄道沿線の災害検知手法の基礎検討

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○舟橋 秀麿 正会員 小島 瑛太郎 正会員 今井 賢一

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。また近年では、鉄道沿線の民有地斜面の斜面崩壊や鉄道から数キロ離れた溪流上部の崩壊が原因である土石流が発生し、鉄道に被害を与えることがあるが、鉄道から遠く離れた斜面・溪流等については、十分な管理がし難いのが現状である。

そこで本検討では、大規模自然災害発生時に広域かつ迅速な被災状況把握の手段として活用されている、宇宙航空研究開発機構(JAXA)が打上げた陸域観測技術衛星の合成開口レーダ(以下、SAR)データを活用して、鉄道沿線の斜面崩壊、土石流の原因となる溪流の溪床堆積物、地すべりの状態変化を検知する手法の基礎的な検討を行った。

2. 使用したデータ

本検討では、陸域観測技術衛星だいち(ALOS)で取得したSARデータ(高分解能モード:分解能10m 観測幅:70km)、及びだいち2号(ALOS-2)で取得したSARデータ(高分解能モード:分解能3m 観測幅:50km)を使用した。SARデータは、衛星から地上に向けてマイクロ波を発射し、地上対象物からの散乱強度と位相を受信、数値化し画像に応用するもので、光源が不要なため全天候型かつ昼夜観測が可能である。

3. 検討内容

斜面・溪流管理上の調査・監視対象としている、①斜面崩壊、②溪床堆積物、③地すべりについて、SARデータの時系列解析等を活用して検知の可否や検知精度の検証を行った。

3. 1 斜面崩壊

在来線沿線の斜面を対象に、2006～2011年までにだいちにより取得されたSARデータを活用して、斜面崩壊あるいはそれに類する変化の検出可否を検証した。検証にあたっては、降雨が多い5月～9月に取得されたデータを活用して、後方散乱係数データを画像化した後方散乱画像の合成により、時系列変化抽出画像を作成、斜面崩壊箇所の判読を実施した。なお、後方散乱係数とは、SARから得られる物理量の一つで、衛星から発したマイクロ波が地上で反射した時の強度をデシベル変換したものである。画像判読の結果、沿線1箇所に変化を検出することができた。また、変化は2008年9月～2009年8月の間に発生したことが明らかとなった(図-1)。

次に、検出された変化箇所が崩壊地であるかを確認するため、だいちの光学データおよび航空写真で時系列変化を確認した。その結果、当該箇所は植林地と考えられる地表面状態であり、変化の前後で植生が伐採された形跡を確認した。崩壊地ではなかったが、本手法で斜面の変化を検知できることが分かった。

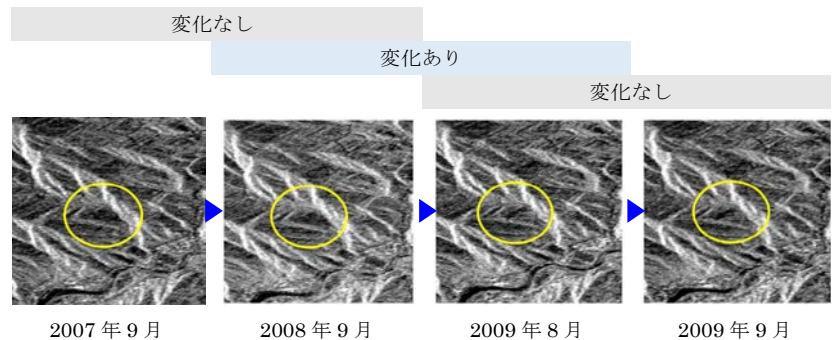


図-1 後方散乱画像の時系列変化

3. 2 溪床堆積物

在来線沿線の溪流を対象に、土石流災害の要因となる溪床堆積物の状態変化を把握する手法について検討を行った。対象とした溪流では、2014年7月に大規模な土石流災害が発生しており、当社の鉄道設備も甚大な被害を被っている。また、災害発生後には、堆積物の浚渫や砂防堰堤の建設等の対策が進められている。本検討には、だいち及びだいち2号により取得された複数時期のSARデータを活用し、溪床堆積物の状態変化を把握する手法として、

キーワード
連絡先

衛星, 合成開口レーダ, 災害検知, 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)47-5380

画素単位での変化を可視化可能な Multi Temporal Coherence mapping (以下、MTC) 手法を採用した。MTC 手法では、後方散乱係数とコヒーレンス(位相の相関)を用いることで、大小の変化を可視化することができる。2 時期の後方散乱画像と位相相関画像を図-2 に示す方法でカラー合成して可視化するため、変化を色で判定することができる。



図-2 MTC に利用する情報と色合成

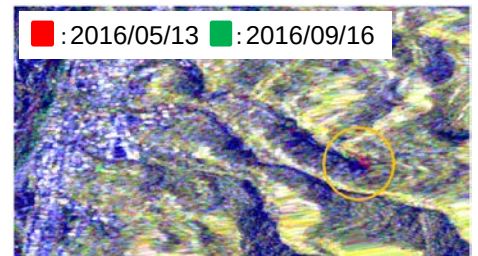


図-3 MTC による状態変化の可視化

3. 3 地すべり

在来線のA駅付近の地すべり地形を対象に、地すべり及びその変位量を検出する手法について検討を行った。A駅東側には2つの河川の合流部があり河川攻撃地形となっているため、一般に地すべりの原因とされる降雨や地下水位だけでなく、河川水位も地すべりに影響を与えており、過去にはA駅において地すべりに起因する変状が発生している。本検討には、だいち及びだいち2号により取得された複数時期のSARデータを活用し、地すべりを検出する手法には、SARの差分干渉法(以下、DInSAR)を適用した。DInSARは、2回分の観測データの位相差から地表面変位を抽出する方法で、だいち及びだいち2号の場合は、 $\pm 1\text{cm} \sim 2\text{cm}$ の変位検出精度を有する。なお、DInSARで得られる地表面変位は衛星視線ベクトルの変位量である。

2007年5月と2010年2月でのDInSARによる解析結果を図-4に示す。図は相対的な地表面変位量を面的に示している。図中の黒線は地すべり箇所を示しているが、A駅のすぐ南側には負の位相変化が、河川攻撃地形部分には正の位相変化が確認できる。負の位相変化は地表面が衛星から離れていることを、正の位相変化は地表面が衛星に近づいていることを示しており、地表面がA駅から河川に向かって移動したことを検出したと考えられる。なお、2時期の相対的な地表面変位量は約46.8mmで、年間約17mmの移動量に相当する。一方、A駅周辺の地すべり挙動を常時監視するために設置している伸縮計の計測結果では、2009年2月～2010年8月において10.2mm、年間約6.8mmの移動量を観測している。比較した計測期間が異なることや、伸縮計と衛星では変位計測方向が異なることから、今回の検証結果のみでは変位量についての直接的な評価は困難であるが、DInSARによって地すべりの有無を検出できることが明らかとなった。

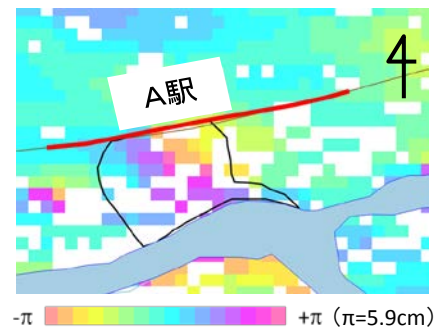


図-4 相対変位量図

4. まとめ

SARデータを活用した時系列解析やMTC手法により、斜面崩壊や比較的大きな溪流内の溪床堆積物の状態変化を検出できる可能性があることが分かった。ただし、光学データのように直感的に地表面状態を判読できないため、光学データや降雨データ等を複合的に利用するとともに、変化の一次抽出に用いるのが望ましいと言える。

一方、地すべりにおいても、変位量の計測精度には課題が残るが、地すべりの有無を検出できることを確認できた。今後は、引き続き計測精度の向上に努めるとともに、地表面条件や気象条件によってノイズレベルが高くなると、面的な計測ができない場合が想定されるため、そうした諸課題への対策を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) JAXA (宇宙航空研究開発機構) HP <<http://www.jaxa.jp/>> (アクセス日：2017/3/14)
- 2) 一般財団法人リモート・センシング技術センターHP <<https://www.restec.or.jp/>> (アクセス日：2017/3/14)