

## 高速道路周辺の重点監視箇所抽出のための時系列衛星 SAR 画像を用いた地盤変動推定

京都大学	正会員	○須崎	純一
京都大学	学生会員	楠瀬	智也
京都大学	正会員	木村	優介
京都大学	正会員	宇野	伸宏
西日本高速道路株式会社	正会員	藤原	優
西日本高速道路株式会社	正会員	久田	裕史

### 1. はじめに

近年、数十年に一度の規模の短時間降水量の発生が珍しくなくなり、それに伴い国内で土砂災害が多発するようになってきた。例えば長崎自動車道武雄ジャンクション (JCT) では2019年8月に土砂災害が発生し、復旧作業に約1年を要した<sup>1)</sup>。西日本高速道路株式会社管内の高速道路周辺だけでも小規模なものも含めると、年に数件程度の土砂災害が発生しており、高速道路の運用に支障を来す事例も含まれている。高速道路の円滑な運用を実現するためには、周辺で発生しうる災害、特に土砂災害の早期検知やその対策の早期実行が求められている。本研究では、時系列 Synthetic Aperture Radar (SAR) 解析技術に着目し、高速道路周辺で発生する土砂災害の可能性を抽出し、被害を軽減するための措置を早期に実施するための方策を提示する。特に高速道路事業者にとって現業で利用する際に生じると予想される問題点に言及しながら、時系列 SAR 解析技術の可能性を整理していく。

### 2. 対象地域と使用データ

本研究では長崎自動車道で土砂災害が発生した武雄 JCT～嬉野インターチェンジ (IC) を対象にした。武雄 JCT 周辺では2017年から2020年に至るまで毎年豪雨災害が発生している。特に2019年8月27日に発生した豪雨災害では約170 m×60 mの範囲の比較的緩やかな斜面で地滑りが発生し、武雄 JCT の道路面の法面の変状が引き起こされ路面異常が発生した。災害発生の原因としては、異常降雨により急激な地下水位の上昇及び地盤強度の低下が生じたためと推定されている。また、法面の本復旧には1年以上の期間を要した。

本研究では、宇宙航空研究開発機構 (Japan Aerospace eXploration Agency: JAXA) が開発、運用中の衛星 Advanced Land Observing Satellite 2 (ALOS2) に搭載された Phased Array Type L-band Synthetic Aperture Radar-2 (PALSAR2) が下降軌道を飛行中に観測した画像15枚を使用した。空間分解能は3 mの高分解能 (strip) モードで、観測方向は全て右側観測であった。

### 3. 方法

本研究での解析の手順を示す。

- (1) 時系列 SAR 解析の一つである PSInSAR を時系列 SAR 画像に適用し、Permanent Scatter (PS) の変動速度を求める。ここで得られる速度は、画像中の特定の点に対する相対変動速度である。
- (2) 対象地域に含まれる電子基準点の実際の変動データと、電子基準点に最も近い PS の変動速度の差を補正することで、上記(1)の相対変動速度を絶対変動速度に変換する。
- (3) 衛星画像の取得日間の時間を絶対変動速度にかけて、変動量に換算する。また入射角度の余弦で割って、鉛直方向の変動量に変換する。
- (4) 高速道路沿いにグリッドを設け、グリッド内に含まれる PS の変動量の平均値を算出する。

本研究では PSInSAR の解析にあたり、JAXA の ANATIS という時系列 SAR 解析ソフトウェアを基に開発さ

---

キーワード 地盤変動, 高速道路, 土砂災害, 衛星 SAR, 時系列 SAR 解析

連絡先 〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂 京都大学大学院工学研究科 TEL 075-383-3300

れたソフトウェア「Dr.NNK InSAR03」<sup>2)</sup>を使用した。差分干渉を計算する際の基軸となるマスター画像は、垂直基線長及び時間基線長を考慮して算出した。武雄 JCT 周辺の解析では電子基準点の山内が含まれるように、解析対象地域を設定した。2017年1月1日の電子基準点の変動量を0と設定して、衛星画像上の各点の変動量を推定した。ASC 画像、DES 画像各々から推定される変動量は視線方向の変動量であり、入射角の余弦で割ることで鉛直方向の変動量に変換した。変動量はそのままではノイズの影響を受けているために、空間的に100m×100mの平滑化フィルターを適用した。グリッドの設定の際には、高速道路に沿って約50mごとに区切り、高速道路を横断する方向に50m幅で近い方からグリッドA、Bと設定した。

図-1に各グリッドにおける平均累積変動量を示す。図-1(a)からは、地滑り発生箇所周辺において、2018年7月豪雨発生直後、山側のグリッドBで約50mm程度の地盤隆起が確認された。同様に図-1(b)からも、2019年8月の土砂災害直前まで地滑り発生箇所周辺で大きな地盤隆起が発生していることが分かる。

#### 4. 結論

本論文では、高速道路会社が高速道路周辺の山地で発生する土砂災害の可能性を早期に抽出し、対象地点を絞り込んで重点的に対策を講ずるために、時系列衛星 SAR 画像を用いた解析手法を提案した。時系列 SAR 解析で得られた累積変動量を高速道路に沿って、高速道路から一定の幅を想定したグリッド内での平均累積変動量を算出するものである。土砂災害が発生した武雄 JCT 周辺の山地に於いて、土砂災害発生前から地盤変動が進行しつつあったことが確認できた。衛星 SAR 画像自体は入手できる時間間隔が数か月に及ぶこともあり迅速性に欠けるものの、現地では確認が困難な広域に亘る高速道路周辺の山地の変動を長期間に亘りモニタリングするには適切な手法であると結論付ける。

#### 参考文献

1. NEXCO 西日本：第1回 長崎自動車道 武雄 JCT のり面災害に関する技術検討委員会の開催結果について、<https://corp.w-nexco.co.jp/corporate/release/kyushu/r1/0903a/> (2022年1月31日アクセス)。
2. JAXA: 衛星によるインフラ変位監視ツール「ANATIS」商用利用事業者との契約開始について、[https://www.jaxa.jp/press/2019/12/20191218a\\_j.html](https://www.jaxa.jp/press/2019/12/20191218a_j.html) (2022年1月31日アクセス)。

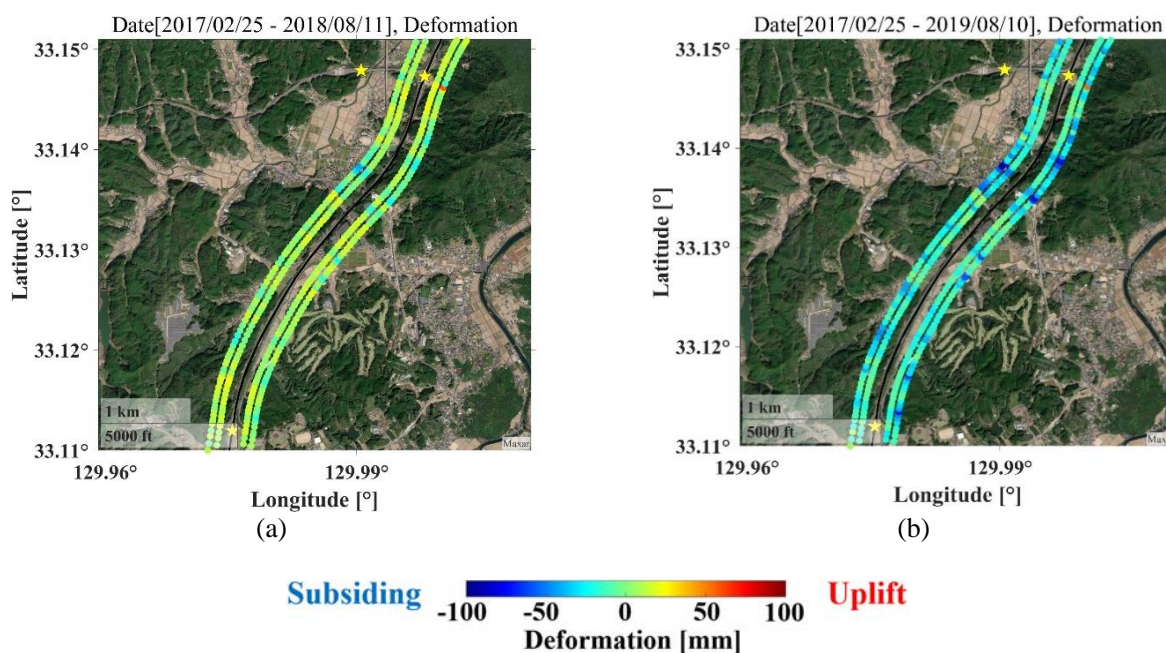


図-1 武雄 JCT を含む高速道から 0～50 m の幅 (グリッド A), 50～100 m の幅 (B) のグリッドにおける平均累積変動量. (a) 2018 年豪雨発生直後, (b) 2019 年豪雨直前までの画像を用いて解析した結果.