

# UAV 及び衛星リモートセンシングによる 令和2年7月豪雨による長野県天龍村足瀬における斜面崩壊の把握

株式会社パスコ  
国土交通省中部地方整備局天竜川上流河川事務所  
国土技術政策総合研究所  
株式会社嶺水

○柴山 卓史, 守谷 陽一, 村井 渉  
伊藤 誠記, 澤田 宗也, 阿部 真大  
中谷 洋明, 鈴木 大和  
小山 忠孝, 百本 法光

## 1. はじめに

令和2年7月は、梅雨前線の停滞等によりもたらされた降雨により、九州地方をはじめとして、中部地方、関東地方および東北地方に及ぶ広域で土砂災害が多発した。国土交通省中部地方整備局天竜川上流河川事務所管内においても複数の土砂移動現象の発生が確認された。本報告では、中央構造線の周辺に位置する長野県天龍村足瀬地区における斜面崩壊に着目し、衛星 SAR データを用いた差分干渉 SAR 解析（以下、「干渉 SAR 解析」という）による当該斜面の変動履歴に関する調査結果、並びに同地区を対象として実施されたドローン搭載型レーザプロファイラ（以下、「UAV-LP」または単に「LP」という）計測に基づく崩壊土砂量の推定について報告する。また、当該斜面崩壊のような局地的な土砂移動現象の把握における UAV や衛星リモートセンシング技術の適用性とその留意事項について考察する。

## 2. 対象地（長野県天龍村足瀬地区）

長野県天龍村足瀬地区において、令和2年（2020年）7月12日に斜面崩壊が確認された。

### 2.1 長野県天龍村足瀬地区

早木戸川流域、同右支川芝沢流域の位置図を図-1に示す。当該流域は中央構造線近傍に位置し、流域内でも複数の断層が確認されている。早木戸川流域の流域面積は約 36.7 km<sup>2</sup>、うち芝沢流域の面積は約 3.2 km<sup>2</sup>である。芝沢流域の平均河床勾配は約 10 度（1/6）である。本報告で対象とする斜面崩壊（以下、「足瀬地区崩壊」という）は早木戸川合流点上流の右岸側斜面で発生した。

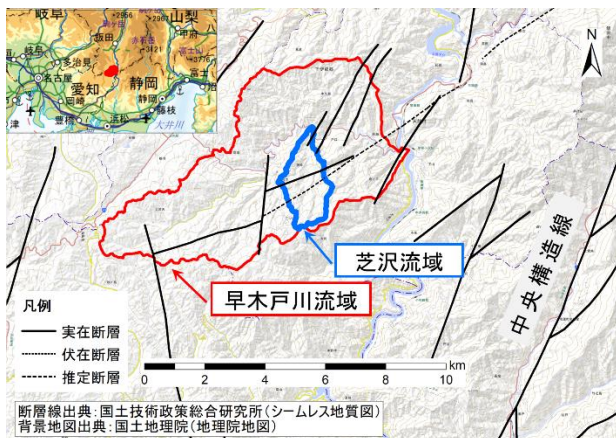


図-1 早木戸川流域

## 2.2 足瀬地区崩壊斜面の諸元

崩壊斜面の平面図を図-2に示す。崩壊面積は約 160,000m<sup>2</sup>、平成24年に実施された航空機 LP 計測成果から算出した崩壊前の斜面勾配は約 33 度（1/1.5）であった。

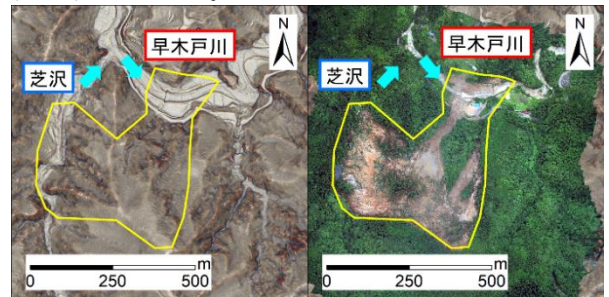


図-2 足瀬地区崩壊斜面

（左：微地形表現図（発災前）、右：空中写真（発災後））

## 3. 干渉 SAR 解析による当該斜面の変動履歴

衛星 SAR（ALOS-2）データを用いて、2014年以降の当該斜面における地盤の変動状況を確認した。

### 3.1 干渉 SAR 解析の概要

#### (1) 「だいち2号」(ALOS-2/PALSAR-2) の特徴

干渉 SAR 解析には、JAXA（宇宙航空研究開発機構）が運用する「だいち2号」(ALOS-2) の観測データを用いることとした。同衛星は2014年5月に打上げられ、同年から現在に至るまで JAXA が計画する基本観測シナリオに基づく定期的な観測と災害時等における緊急観測が行われている。また、ALOS-2 に搭載されている合成開口レーダ (PALSAR-2) は L バンドと呼ばれる比較的長い波長（約 23 cm）のマイクロ波を用いて観測を行うため、植生に覆われた土地であっても、その地表面の変動状況を捉えることに適している。

#### (2) 使用した SAR データの諸元

干渉 SAR 解析に使用した SAR データの諸元を表-1に示す。解析時点での最新の観測データ（2020年5月、6月）を基準として、おおむね1年間隔で軌道ごとに6時期分の SAR データを収集した。

表-1 SAR データの諸元

軌道方向	観測日	ビーム No. / オフナディア角(°)	対象斜面に対する局所入射角(°)
北行軌道 (Des)	2014/10/3, 2015/6/12, 2016/6/10, 2018/3/16, 2019/5/24, 2020/5/22	U2-7 / 32.4	30±20
南行軌道 (Asc)	2015/9/29, 2016/6/21, 2017/6/20, 2018/8/28, 2019/3/12, 2020/6/16	U2-8 / 35.4	65±20

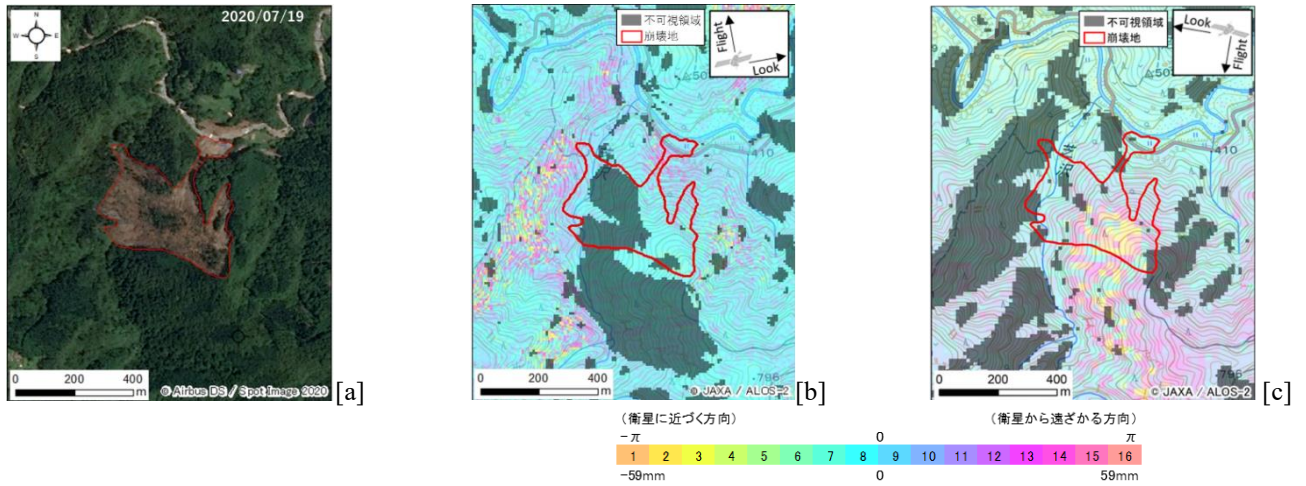


図-3 干渉 SAR 解析結果 ([a]:災害後の光学衛星画像, [b]:北行軌道の解析結果, [c]:南行軌道の解析結果)

### 3.2 干渉 SAR 解析結果に基づく斜面変動履歴

収集した各軌道 6 時期の SAR データを用いて、軌道ごとに 15 ペアの差分干渉 SAR 解析を実施した。解析結果の一例を図-3 に示す。この解析結果 (図-3 [b]) は、北行軌道で観測されたデータを用いて、崩壊発生前の約 1 年間 (2019/08/27-2020/06/16) における地表面の変動状況を示したものである。崩壊斜辺周辺では、変位量がゼロに近いと考えられるステップ 8~9 の着色となっており、当該期間においては顕著な変動がなかったことを示している。

これに対し、南行軌道で観測されたデータを用いて、2018 年から 2019 年の約 1 年間 (2018/08/28-2019/08/27) の変動状況を示したものが図-3[c]である。この解析結果では、崩壊発生箇所において衛星から遠ざかる方向の着色 (ステップ 14→1→3) が確認された。このような着色が確認されたのは、南行軌道の 2018 年 8 月 28 日の観測データを用いた解析ペアであった。

対象斜面に対する局所入射角は北行軌道で 30° 前後、南行軌道では 65° 前後であった (表-1)。わずかではあるが変動を検出した南行軌道のほうが想定される斜面の変動方向 (西向き下方) に対する感度が高かったことから、当該斜面が今回以前から滑動していた可能性は否定できない。

## 4. UAV-LP 計測に基づく崩壊土砂量の推定

足瀬地区崩壊斜面周辺を対象として、UAV-LP による計測を実施した。

### 4.1 LP 差分解析による土砂量の推定

UAV-LP 計測成果と平成 24 年 (2012 年) に実施された航空機 LP 計測結果との差分解析結果を図-4 に示す。また、代表断面での比較 (図-5) より、崩壊地上部では鉛直方向に約 30 m の侵食、斜面下部では約 45 m の堆積傾向が確認できる。

## 5. まとめと今後の課題

**UAV-LP**: 局所的な土砂移動の把握に関しては、迅速性および簡便性の観点から有用である。ただし、土砂量の算出においては、災害前の航空機 LP 等での計測結果が存在することが前提となる。

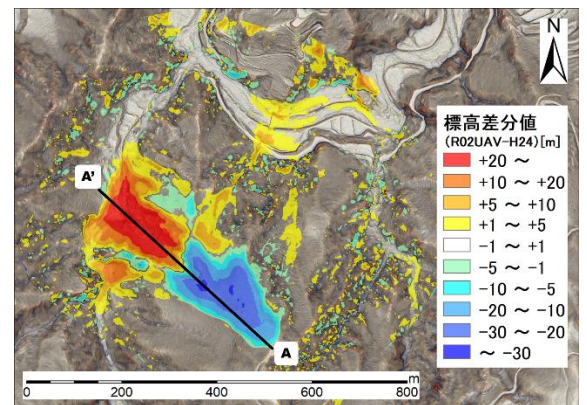


図-4 LP 計測差分結果 (H24: 航空機 LP, R02: UAV-LP)

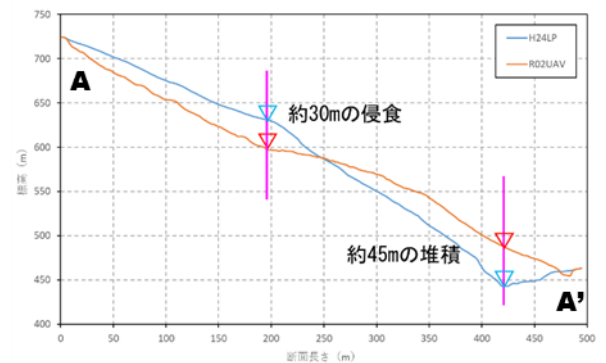


図-5 LP 計測差分結果 (H24: 航空機 LP, R02: UAV-LP)

**衛星 SAR**: 全天候で観測が可能であり、過去の観測データの蓄積を活用し発災から過去に遡ってその変動履歴を干渉解析により検出することができた。国土地理院による GNSS 観測<sup>1)</sup>によると、対象地域周辺の地殻変動は直近 10 年間に約 6 cm の隆起傾向と確認されていたことから、地域全体と逆方向の滑動であった可能性がある。広域判読のための強度特性の分析<sup>2)</sup>と合わせ、今後複合的な検討を行う必要がある。

#### 【参考文献】

- 1) 国土地理院: 日本列島の地殻変動, <https://www.gsi.go.jp/kan-shi/index.html>, 参照 2021-04-02
- 2) 国土技術政策総合研究所 (2020): 国総研資料第 1110 号 合成開口レーダ (SAR) 画像による土砂災害判読の手引き