UAV レーザ「TOKI」による崩壊発生斜面のモニタリング事例

中日本航空株式会社　○皆木美宣，　鈴木浩二，高橋弘，水野洋平
（一財）砂防・地すべり技術センター　杤木敏仁，小林拓也

1　はじめに

斜面崩壊や土砂移動現象を把握するのに,航空レーザデータの有効性は広く認識されており,活用されているところだが,航空機を用いたレーザ計測では,機材の分解能の限界により詳細な地形データが取得できない課題がある. また,費用面の観点から年度単位の計測となり複数のイベント結果が混在しているデータしか取得できない. そのため,1降雨を対象とした詳細な土砂移動現象の把握は出来ていないのが現状である. 本報告では,機動性が高く,高精度・高密度で詳細なデータの取得が可能な UAV レーザ計測システム「TOKI」を用いて,1 イベントで発生した崩壊発生斜面のモニタリング結果を報告する.

2　モニタリング概要

(1) モニタリング実施箇所

モニタリングは,奈良県五條市に位置する赤谷地区で実施した. 赤谷地区は,平成 23 年(2011 年)台風 12 号に伴う豪雨により深層崩壊が発生し,その後の台風や豪雨により深層崩壊地の再崩壊や河道閉塞部の侵食等が継続的に発生しており土砂移動が活発な場所である.

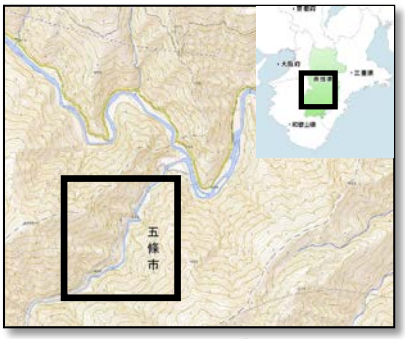

図-1　モニタリング実施箇所

(2) モニタリング実施内容

斜面崩壊のモニタリングは,2016 年 9 月 17 日と 2016 年 9 月 22 日に UAV レーザ計測を実施し,その間に発生した降雨での土砂移動を対象とした.

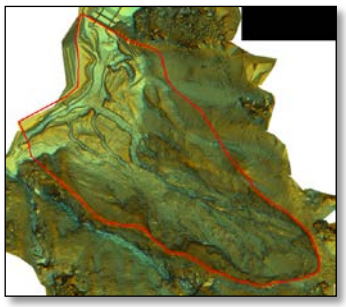

図-2　計測データ（地形起伏図）

■モニタリングに使用した計測データ

モニタリングは,UAV レーザ計測の高精度・高密度な計測データから作成した 0.1mメッシュデータを使用した.なお,計測データの点密度は,300点/㎡で点間隔は5㎝に1点取得できており,詳細な地形データの再現が可能である.

表-1　UAV 計測諸元

計測年月日	計測諸元
2016年9月17日	飛行高度：150m　発射回数：55万発/秒
2016年9月22日	飛行高度：150m　発射回数：55万発/秒

■モニタリングの対象とした降雨

1 回目の計測日から 2 回目の計測日のうち,4日間(2016 年 9 月 17 日～9 月 20 日)で,降雨が観測され累計 140.5mm の雨を観測している(紀伊山地砂防事務所「赤谷天然ダム」の公開データ参照). その中でも,9 月 20 日は日雨量 98mm を記録しており,集中的な降雨が確認された. モニタリングの対象降雨は,4日間の 140.5mm の累計雨量とした.

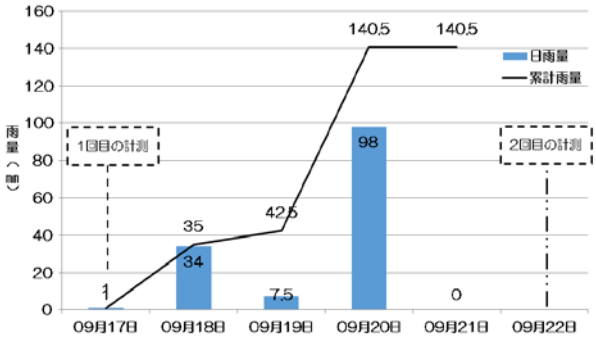

図-3　降雨量推移と計測日との関係

3　崩壊発生斜面のモニタリング結果

(1) 1降雨(イベント)の土砂移動結果

4日間の降雨で発生した土砂移動量を二次期の計測データから作成したメッシュデータ(1.0m,0.1m)を用いて,土砂移動がみられた範囲の差分解析により算出を行った. その結果, 合計で 1 万㎥以上変動がみられたことから, 小規模な降雨でも数千㎥単位の侵食と堆積を繰り返していると考えられる. 地形変化箇所の平均侵食深は,1.0mメッシュでは 40.18㎝,0.1mメッシュでは,40.0 ㎝となり,メッシュサイズの大きな違いは確認できなかった. 理由としては,メッシュサイズよりも高密度な点群データから TIN 法を用いてメッシュデータを作成しているためと考えられる. なお, 堆積と侵食の差異については, 本川上流からの移動量が含まれているものと思われる.

表-2　土砂移動量結果

メッシュサイズ	堆砂量(㎥)	侵食量(㎥)
0.1	13,214	11,823
1.0	13,227	11,820

図-4　0.1mメッシュデータを用いた差分解析図

（2）二次期の DSM による土砂移動の把握

土砂移動現象を主題図表現する場合,堆積・侵食の量に応じたカラーレンジを設定し表現することが一般的である. 従来の計測データではノイズ等による影響を受けやすく細かなカラーレンジ(段彩幅)設定による表現が難しかった. 本計測のUAVレーザ計測データは,高精度・高密度な地形データを保持しているため,細かい段彩幅を設定する事が可能となった. 1.0mの段彩幅では確認できなかった,微細な土砂移動現象も 0.1mの細かい段彩幅設定では把握可能となった. UAVレーザ計測は,計測から2時間程度でcm単位の精度を確保した地形データが作成できるため,降雨当日に地形変化を確認する事が可能といえる.

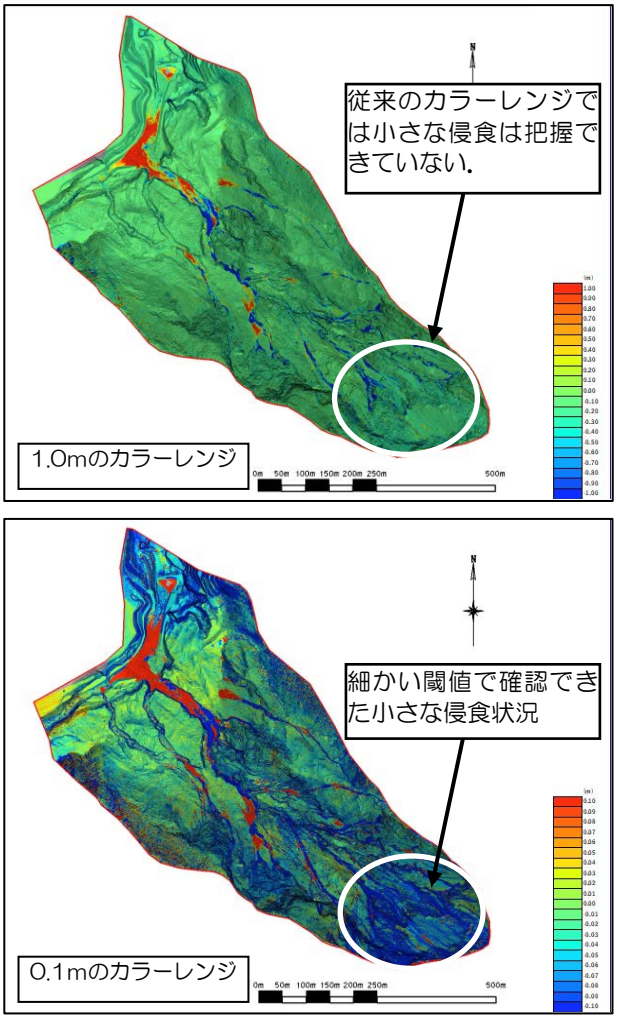

図-6　各閾値による差分図

（3）断面図による土砂移動状況の把握

二時期の計測データから, 断面図を作成し, 地形変動を確認した. 崩壊斜面上部は表面流による 0.1m以下の小さな侵食が確認された. 斜面中間部では集水された流水の表面流と河道内流下による小規模な侵食と堆積を繰り返す区間と, 4m程度の大きな侵食と堆積を繰り返す区間が混在することを確認した. 下流部では 1m程度の堆積が確認され, 流入する本川河道内では、2m程度の堆積を確認した.

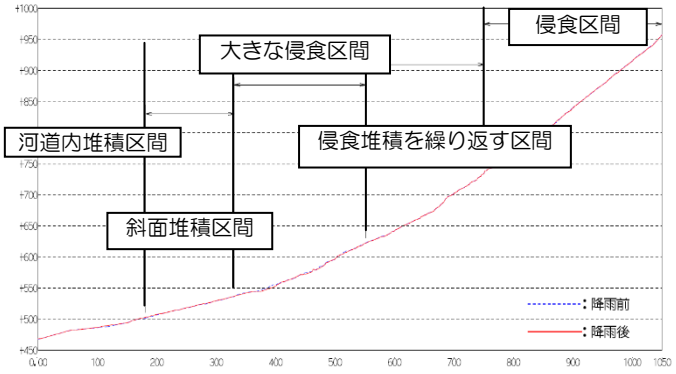

図-7　縦断図

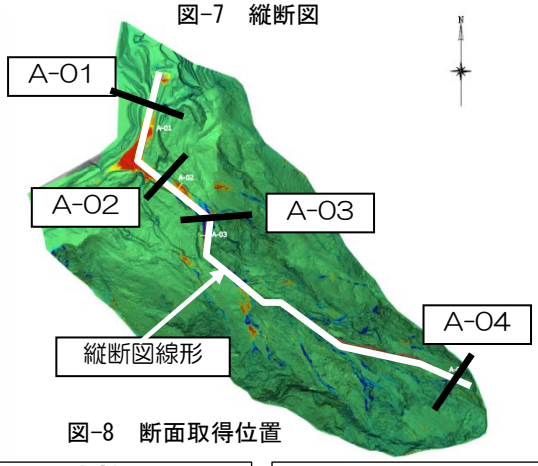

図-8　断面取得位置

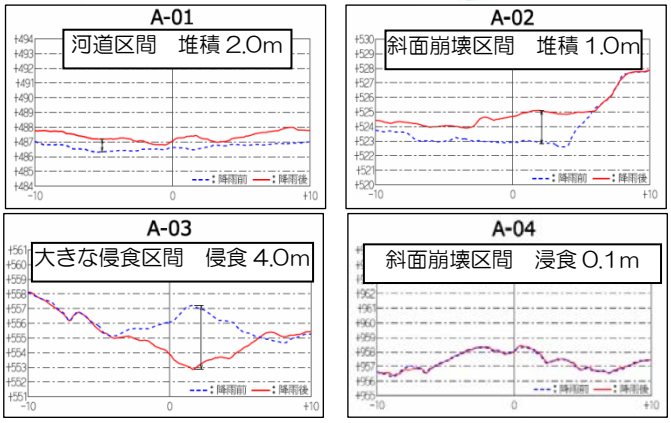

図-9　二次期の比較断面図

4　おわりに

高密度・高精度な UAV レーザ計測データを用いることで,1降雨に対する詳細な土砂移動が把握でき, 赤谷地区のように継続的な土砂生産を起こしている斜面等でのモニタリング手法としての有効性を確認した. 今後,機動性が高い UAV レーザシステムを用いたモニタリングを継続していく事により,地形的な要因のみならず,降雨イベントとの関連性をより詳細に確認することができるとともに,降雨後の即時(即応性)報告に貢献できるものと考える.

本報告は,(一財)砂防・地すべり技術センターとの共同研究のデータを利用させて頂きました. また調査地は国土交通省　近畿地方整備局　紀伊山地砂防事務所にご提供頂きました. ここに記して謝意を表します.