

富士山大沢川における土砂動態観測状況と画像解析による土砂変動の把握手法

国土交通省 中部地方整備局 富士砂防事務所 村松 弘一, 田中 僚, 上野 諒平*
 アジア航測株式会社 ○西村 直記, 江口 友章, 勝又 善明, 中村 圭裕
 服部 聡子, 新名 恭仁, 于 忠策, 白杵 伸浩
 (*現 国土交通省 中部地方整備局 天竜川上流河川事務所)

1. はじめに

「大沢崩れ」は、富士山の上部西側斜面に位置する長さ約 2,000m, 最大幅約 500m, 最大深 150m に及ぶ国内最大規模の大崩壊地である。富士砂防事務所では、昭和 45 年の開所以来、大沢川における土砂動態を把握するため、航空写真測量や現地踏査等を行ってきた。近年では、航空測量技術の発展に伴い、航空レーザ (LP) 測量や高解像度デジタル航空カメラ (DMC) を用いた計測など、様々な観測手法を用いて土砂動態モニタリングを実施している。

本稿では、土砂動態モニタリングにより把握された大沢川の地形変動・土砂動態について考察したものである。

2. 航空レーザ測量データを用いた土砂動態の把握

富士砂防事務所では、昭和 45 年から平成 18 年までの航空写真測量、平成 19 年からは航空レーザ測量により大沢川における土砂変動量の調査・データ蓄積が行われている。大沢崩れでは、標高 3,000m 以上の斜面が主な土砂生産域となっており、過去 50 年間で年平均 12.5 万 m³ の斜面崩壊が発生している。斜面から生産された土砂は溪床部に堆積し、土石流やスラッシュ雪崩 (土砂と雪が一体となって流下する現象) 等により、年平均 13.8 万 m³ が大沢崩れから流出している。令和 2 年度の LP 解析期間には顕著な出水がなく、溪床部に堆砂が進行している状況にある (図 1, 図 2)。溪床堆積土砂量が 20 万 m³ 以上で大規模な土石流が発生する傾向にあるが、溪床堆積土砂量が約 8 万 m³ であった令和 3 年 3 月 21 日には土石流が発生し、大沢川扇状地において 40 万 m³ 以上の土砂を捕捉した。本出水の土砂生産源等について詳細調査を行い、融雪期を含む土砂流出現象の発生メカニズム等の解明が必要である。

(図 1, 図 2)。溪床堆積土砂量が 20 万 m³ 以上で大規模な土石流が発生する傾向にあるが、溪床堆積土砂量が約 8 万 m³ であった令和 3 年 3 月 21 日には土石流が発生し、大沢川扇状地において 40 万 m³ 以上の土砂を捕捉した。本出水の土砂生産源等について詳細調査を行い、融雪期を含む土砂流出現象の発生メカニズム等の解明が必要である。

3. 急崖部の高精度地形データの取得

大沢崩れでは、溶岩と火山噴出物 (スコリア) の互層が存在し、スコリアの流出が発生することで溶岩がオーバーハングし、崩壊することが土砂生産の一因であることがわかっている。LP 計測では崩壊後の地形を取得することはできるが、ほぼ垂直方向に計測するため、オーバーハング部の地形を取得することは困難である。そこで、UAV による写真計測を行い、垂直写真と斜め写真から SfM (Structure from Motion) 技術により 3 次元データを作成した。LP 計測データとの比較を行ったところ、LP 計測では表現されていないオーバーハング部の地形を取得することが確認された (図 3)。今後のデータ蓄積により、スコリア層の侵食速度を推定し、大沢崩れの崩壊発生メカニズムの解析につながることを期待される。

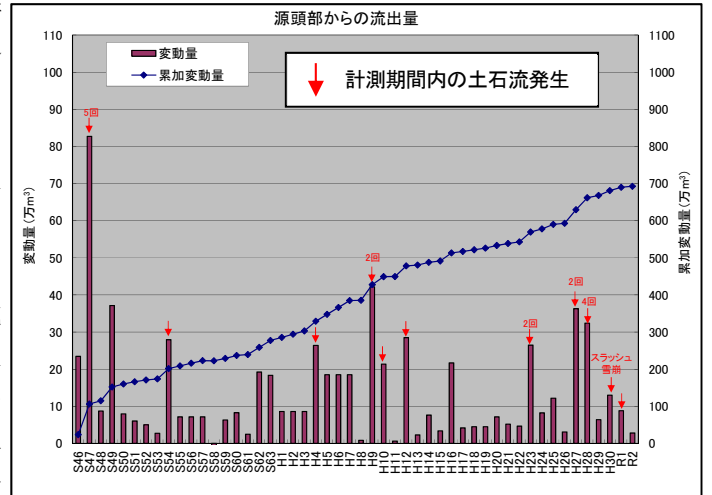


図 1 過去 50 年間の大沢崩れからの流出土砂量

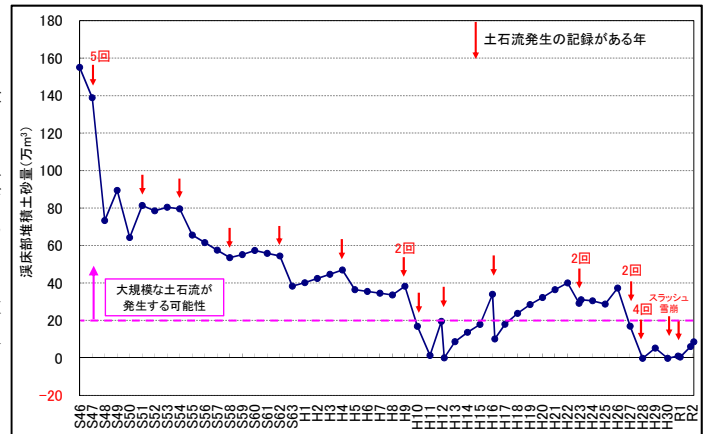


図 2 源頭部溪床堆積土砂量の経年変化 (H12 基準)

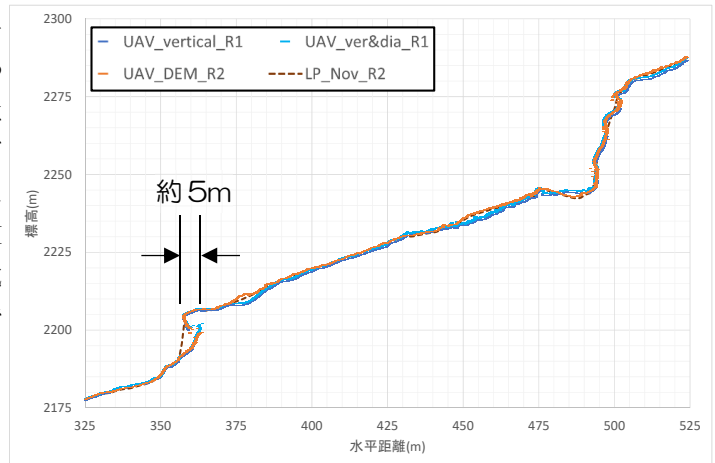


図 3 UAV によるオーバーハング地形の取得

4. インターバルカメラ画像解析による土砂動態モニタリングの実施

大沢崩れにおける1年間の土砂移動状況はLP計測により把握されているが、出水ごとの崩壊や土石流の状況を確認する手段が限られていた。そこで、冬季も含めた崩壊や土石流等の土砂移動状況を把握するため、大沢崩れの標高2,200m付近に複数台のインターバルカメラを設置し、静止画を連続的に取得した。撮影は5分に1枚の間隔で行っている。インターバルカメラ画像より、降雨や地震がない状況で崩壊が発生している状況(図4)や、冬季の雪崩の発生状況(図5)を確認することができた。これらの現象は、LP計測による年間の土砂変動解析では確認できなかった現象であり、これらの現象が発生した場所の詳細な地形解析を行うことで土砂移動メカニズムの解明につながることを期待される。

インターバルカメラは冬季を含めて撮影をし続けていることから、1台あたりの取得画像は年間2万枚程度に及ぶ。大量に取得される画像から土砂変動が生じた箇所を目視確認するには限界があることから、画像解析による土砂移動領域の抽出技術を開発した。画像解析では、航空レーザ計測では把握が困難な数10cm程度の土砂移動イベントを把握することを目的とした(図6)。

まず、全画像の中から画郭ずれや天候・夜間により解析不能な画像を「解析対象外画像」として判定し、残りの画像から各日で解析に適した画像を自動検索し、ペア画像(比較画像)を設定した。次に、ペア画像ごとの輝度相関を算出し、輝度相関係数による変化を算出することで、画像内の変化領域を抽出した(図7)。さらに、抽出したペア画像の比較が容易にできるよう、比較画像と比較した画像のリストを自動生成することとした。自動抽出された範囲を目視確認したところ、土砂移動領域を概ね抽出できており、土砂移動の発生タイミングと土砂移動範囲の確認作業を大幅に省力化や人為的なミスを削減することが可能となった。今後、薄い霧や影の影響を考慮した改良を行うことで、より抽出精度が高まるものと期待される。



図4 インターバルカメラで確認した崩壊の発生状況



図5 インターバルカメラで確認した雪崩の発生状況
(左:雪崩発生直後, 右:融雪後)

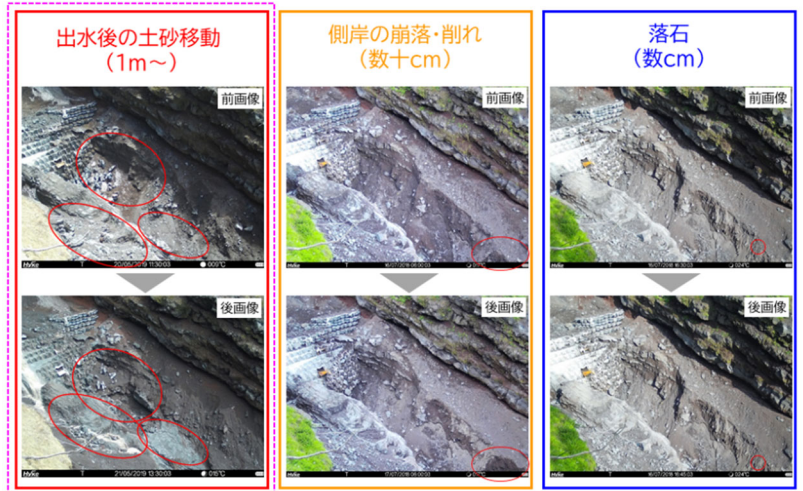


図6 画像解析対象現象イメージ

5. おわりに

大沢崩れでは、LP計測データの解析により年間10万m³以上の土砂が下流に流出していることが明らかとなっており、今後も活発な土砂生産が発生すると予想される。現在の技術では標高3,000m以上の大沢崩れ斜面からの土砂生産を直接抑制する対策を行うことは困難であるため、渓床部における対策工事(横工)や下流域の扇状地における除石工事等の対策により、保全対象への

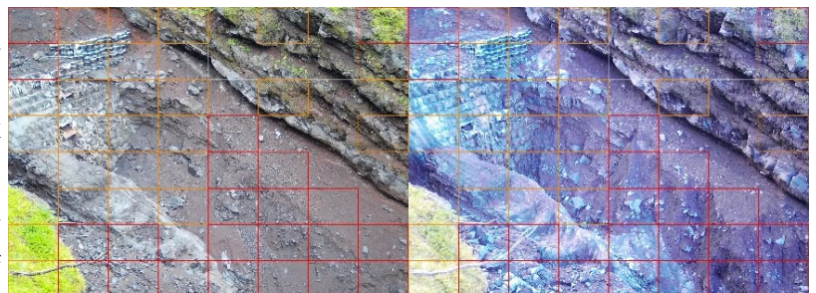


図7 画像解析による土砂移動領域の抽出

被害防止を図る必要がある。土石流やスラッシュ雪崩が生じる条件を解明するため、今後も土砂動態モニタリングを継続し、新たな知見を得ることで、大沢川全体の砂防計画や土砂災害防止に向けた対策検討に活用することを目指す。