

Project

brief 1

プロジェクト紹介

南木曾岳周辺溪流荒廃状況調査

筒井 胤雄

TSUTSUI Taneo

株式会社パスコ
中央事業部 / 技術センター
河川技術室室長
兼コンサルタント技術部副部長



はじめに

長野県木曾郡南木曾岳周辺地区では、古くから土砂災害を繰り返していることが記録に残っている。近年では平成26年7月9日、南木曾町読書地区の南木曾岳西側斜面に位置する梨子沢において土石流が発生（H26南木曾災害）し、下流集落において死者1名、負傷者3名、家屋の全半壊10棟という甚大な被害が発生した（図1）。梨子沢に隣接する大沢田川においても、昭和40年と41年に連続して土石流災害が発生している。

これら土砂流出の有無とそのサイクルは、溪流内の河道に徐々に蓄積された土砂の多寡に大きく影響を受けていることが指摘されてい

る。そのため、土石流の発生源となる河床に堆積した土砂の経年変化を調べることは、土石流の発生予測に寄与するのではないかと考えられる。また、同じ木曾川水系においても、地質が異なる岐阜県中津川市側の恵那山を源頭部とする本谷上流域では、平成25年に完成直後の堰堤が台風18号により土砂5,900m³を補足し、1日で満砂した事象が確認されており、H26南木曾災害が発生した読書地区とは異なる土砂流出である。

本業務ではこれら2地区（図2）での土砂流出特性を各種計測技術により把握し、土石流発生予測を行うためのモニタリング手法の一つとして、土砂流出の発生のしやすさに

ついて検討したものである。

検討した計測技術の概要

近年の計測技術の進展は著しく、宇宙には地球観測を目的とした人工衛星が次々と打ち上げられており、計測機器を搭載する航空機も従来のセスナやヘリに加え、近年ではドローンに高精度カメラやレーザー計測機の搭載で、使用する計測機器の選択肢が広がっている。人工衛星に搭載された光学センサーでは、地上分解能1m未満の高分解画像データの取得が可能となっている。また、SAR（Synthetic Aperture Radar：合成開口レーダー）は波長が長く、雲を透過するため、災害直後の天候回復前においても干渉SAR解析（位相を用いて対象の変動量を検出する技術）により地形変化の把握が可能となっている。そして、航空カメラは画像を取得するだけでは

なく、航空レーザースキャナーが開発されたことで地上の精密な3次元情報を直接計測することも可能になった。さらに、水中部も計測可能なグリーンレーザーや5方向からの同時撮影を可能としたオプリークカメラ、ドローンに搭載した4Kカメラやレーザースキャナーなどの計測手法が普及しつつあり、目的に応じた撮影機材の選定やデータ取得が可能となっている。

取得したデータは写真や点群データであるが、これら进行处理する技術についても進捗が目覚ましく、ノイズや草木等の点群を除去するフィルタリング技術の向上や、複視点の画像から3Dを再現するSfM（Structure from Motion：多視点画像からの3次元復元手法）ソフトを用いることにより、複数の単写真画像の合成から高精度な3次元モデルを作成することが容易になった。

衛星画像判読

衛星画像判読による崩壊地調査では、広範囲を同時期に確認できるメリットがある。常に地球を周回している過去のアーカイブ画像により、任意時点での崩壊地の比較が容易にできる点も有効である。画像は解像度30cm程度のWorldView等もあるが、今回はアーカイブが豊富にある解像度1.5mの光学衛星SPOTを使用した。

恵那山周辺における平成25年の出水前後のSPOT衛星画像を、図3赤枠に示す対象流域の図郭内で雲量10%以下、撮影角度15度以下の条件で出水前後の撮影画像を検索



図3 採用した衛星画像（本谷上流域）

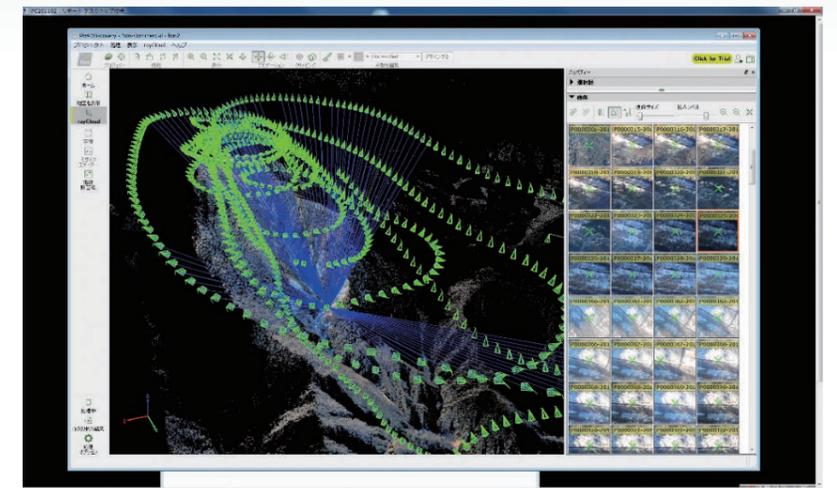


図4 回転翼機の飛行軌跡と撮影位置

した結果、平成25年5月13日と平成28年10月18日に調査範囲内の良好な画像が抽出できた。採用した衛星画像の撮影範囲を図3に示す。この2つの画像を入手し、調査範囲の拡大写真を基に、本谷上流域の平成25年に本谷10号堰堤を満砂させた土砂流出前後の崩壊地判読を行った。

航空機斜め写真撮影を活用した調査

航空機による撮影では、回転翼

機を利用して撮影箇所の連続斜め写真撮影を実施した。斜め写真撮影は、弊社で開発した登録商標PALS（Portable Aerial photography and Locator System：携帯型斜め写真撮影システム）を使用し、連続シャッターによるオーバーラップ写真を撮影した。

画像データはSfMを用いて3Dモデルを作成した（図6）。本手法は撮影した写真画像から特徴点を抽出し、その特徴点から対応点の画像マッチングを行い、撮影時のカメラ



図1 H26南木曾災害時の読書地区（H26.7.11撮影）



図2 対象流域の位置図



図5 PALS撮影状況

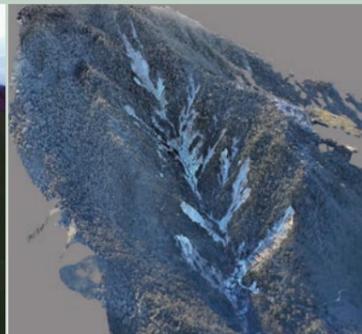


図6 作成した3Dモデル



図7 UAV飛行状況

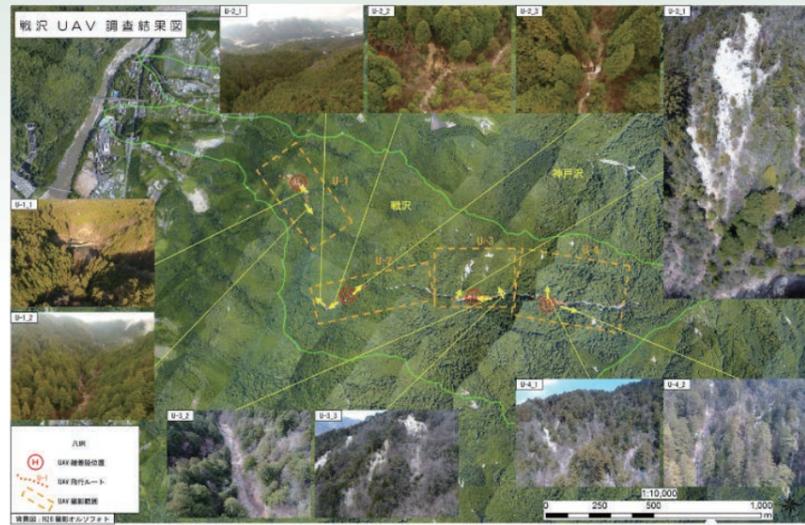


図8 UAV調査結果

位置や傾きを推定した画像から、3次元形状の高密度点群を生成し、テクスチャー合成することで3Dモデルを作成するものである。この3Dモデルを用いて崩壊地等の判読を行った。

UAVを活用した調査

UAV (Unmanned Aerial Vehicles: ドローン) はこの数年で技術が飛躍的に進展し、安全かつ簡易に空中からの高画質撮影等が行えるようになった。一方、航空安全上有視界飛行が原則のため、電波状態の良好な下流域から山頂部まで飛行させることは困難であることや、V字谷の山間部では捉えられる衛星数が少なく、安定飛行が困難なこと

ど、流域の下流から上流まで撮影するにあたっては留意すべき点がある。

本調査では調査対象流域が急峻な山間地であり、UAV機体はできるだけ目的物に接近して飛行する必要があるため、携行可能な小型かつ高性能カメラが搭載できるPhantom4 Pro (DJI社) を用いた。

UAVは人が歩くより効率的に調査が可能であるが、目視飛行範囲が500m程度であるため、延長が長い溪流では、屈曲部や500m間隔で人が歩いて離着陸位置まで移動して調査を行うことになる。人が目視確認できない山腹の崩壊地を含め連続画像が取得できるため、現地踏査に比べると効率が良い。

現地踏査

従来から行われている通常の現地踏査は徒歩による調査となるため、崖や滝、堰堤等があると踏査日数が多くなり、急崖等を登るため滑落等の危険を伴う。冬季となった今回は沢が凍結している箇所も多く、山頂部までの踏査は危険と判断し、主に中流部までの現地確認のための踏査とした。

各調査手法のまとめ

各種調査手法にはそれぞれ特徴があり、これらを組み合わせて活用することで、目的に見合った精度で効率的な調査が可能となる。本業務ではこれら各種手法から得られたデータを効率的に活用し、積雪前の短期間で調査した結果を土砂流出のしやすさの評価に活用した。

梨子沢の土砂流出形態

H26南木曾災害における梨子沢での土砂生産源(河道侵食区間)は主に中～上流に分布し、その溪床勾配は一般的に土石流が発生する勾配である15度以上であることが分かった(図9)。

梨子沢源頭部は、南木曾岳山頂部付近が若干緩勾配となっているため山頂部では侵食が見られず、概ね上流からの勾配が25度を超える付近から下流側で発生していること

が明らかとなった。

監視すべき土砂堆積区間の評価

梨子沢での土砂流出形態に基づき「上流側から25度を超える地点～溪床勾配15度以上の区間」の河道堆積土砂の分布が土砂流出のしやすさへ影響を与えていると考え、該当する土砂を評価対象土砂として5溪流(大梨子沢と小梨子沢は下流域で合流するが別溪流として評価)で比較した(図10)。

その結果、評価対象土砂量は神戸沢が最も多くなった。評価対象土砂の分布図からは、流出しやすい土砂が流域のどのあたりに分布しているか把握した。これより今後監視すべき土砂の分布位置を明らかにした。

また、本谷上流においても同手法により評価対象土砂の分布区間を示したが、これは梨子沢での土砂流出特性に基づくものであることから、より精度の高い評価を行うためには、本谷での土砂流出特性に基づく評価を今後行っていく必要がある。

おわりに

本業務では各種計測技術を活用して、これまで現地踏査に依存してきた溪流調査の効率化及び精度向上を図った。同時に、各種計測技術の特徴を生かした定量的な調査を行うことで、土石流の発生を監視すべき土砂の分布を把握し、梨子沢災害の事例を基に周辺溪流の評価を行った。

今後は、さらに特性の異なる溪流における調査や検討を蓄積し、監視すべき土砂堆積の場所を特定することにより、災害の抑止への活用につなげていきたい。

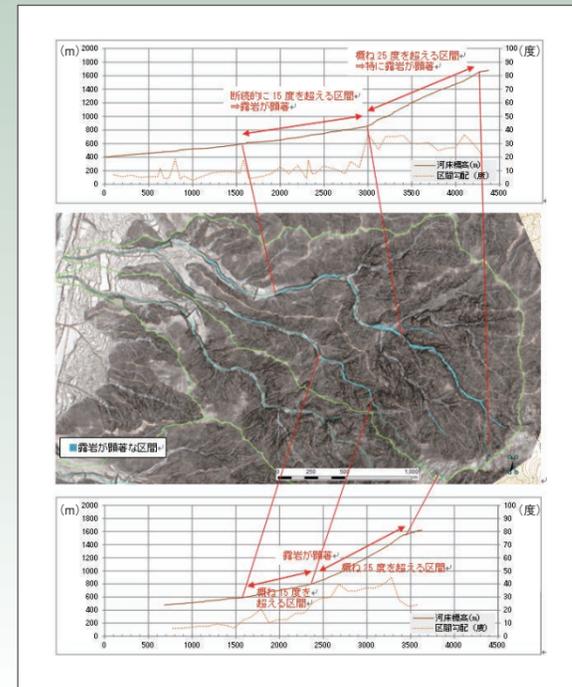


図9 H26南木曾災害で流出した土砂の分布特性

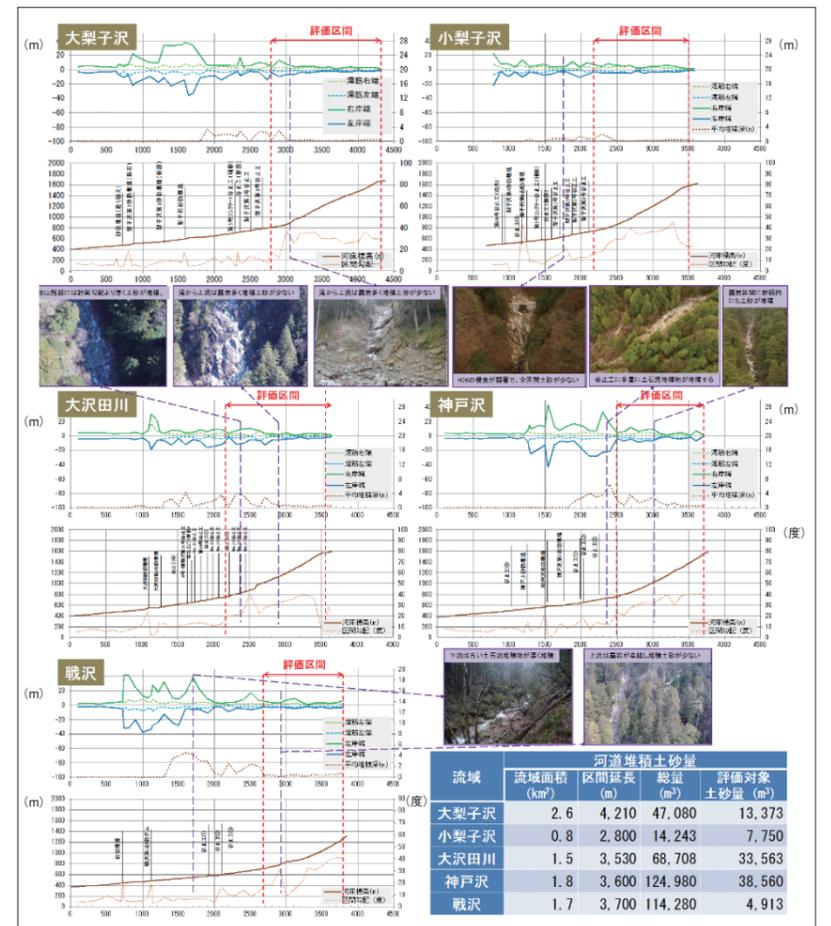


図10 読書地区の流出土砂評価結果