

回転翼航空レーザ計測による高密度点群データを用いた浦川大規模崩壊地の地形変化解析

一般財団法人砂防フロンティア整備推進機構
中日本航空株式会社

○深澤 浩 亀江幸二 今井一之
木場隆生 新名将士 妻藤希実子 磯谷和也

1. 研究目的

姫川水系支川の浦川(長野県北安曇郡小谷村, 面積約22.0km²)は, 明治44年に発生した稗田山大崩壊以降も, 流域内の土石流発生や姫川本川の河道閉塞など大規模な土砂移動が頻発する土砂生産の活発な流域である。

令和7年度の砂防学会研究発表会では, 浦川全流域について微地形判読に基づく荒廃特性や土砂移動特性の解析結果を報告した¹⁾。浦川の大きな特徴として, 上流域での土砂移動が活発であり, その中でも最も荒廃が進行している区域が支溪の金山沢源頭部であることが既往災害やそれに関わる地形事象から把握できた。

そこで本研究では, 浦川流域の大規模崩壊地である金山沢源頭部を対象に, 回転翼航空レーザ計測による高密度点群データを用いて各種微地形の特徴・変化について, その精度を上げて解析することを目的とした。

2. 地形解析に用いた航空レーザデータおよび主題図

2.1 航空レーザ計測

姫川水系浦川流域の広域範囲における微地形判読に基づき, 土砂移動特性を検討するため, 航空レーザ測量を実施した。

砂防系業務における航空レーザ測量は, 従来4~16点/m²以上の点密度を仕様要件とされることが一般的である。しかし本計測では, より詳細な地形状況を把握するため, 航空レーザ計測機器を回転翼機(図1)に搭載し, 固定翼機に比べて低高度かつ低速度での計測を行った。

1コースあたりの点密度を高密度化するため, 1m²あたり29点となるよう計測諸元を設定した(表1)。さらに, コース間の重複率を50%以上とし, 2方向から照射を行うことで, 最終的に1m²あたり58点以上の計測点(点群密度)を確保できる設計とした(図2)。

なお, 本計測は中日本航空株式会社により, 令和7年(2025年)10月22日に独自に実施されたものである。



図1 使用した回転翼機 (AS350B)

表1 航空レーザプロファイラ(2025年10月22日実施)

項目	パラメータ設定値等	備考
使用機材	回転翼機(AS350B)	VQ-580 II-S
対地高度	500m	コンターフライト
対地速度	約120km/h	
FOV	75°	
コース数	16本	
計測点密度	29点/m ² 〔重複率50%で58点〕	単コース 〔双方照射〕

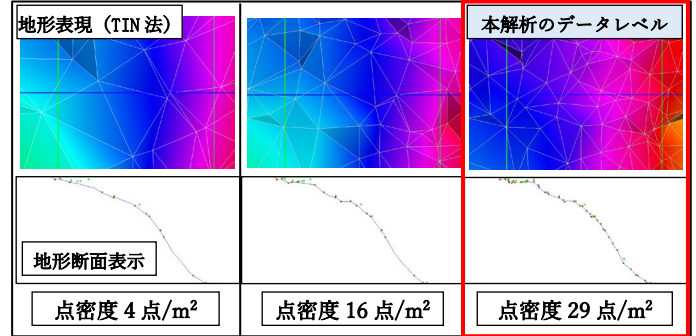


図2 点密度の違いによる地形表現比較

2.2 主題図(地形起伏図・鳥瞰図)

計測データの取得後は, 基線解析等の各処理工程を実施して3次元点群データを生成し, 地面点(グランドデータ)とそれ以外に分類した。その後, 微地形判読に必要な主題図を作成するため, 0.5mグリッドを生成し, 「地形起伏図(特許第5587677号)」を作成した。

この地形起伏図は, 標高に応じた基本色(低標高は緑, 高標高は茶色)に対し, 地形の起伏を二次色(凹地形は寒色, 凸地形は暖色)として加え, さらに斜面勾配に応じた陰影を付与した主題図である。

本図は, 以下の特徴を有している。

- ①〔起伏の視認性向上〕: 標高と凹凸の表現を両立により, 大・小起伏が判断しやすく, 微小地形の判読・抽出が精度高くなる
- ②〔親しみやすい配色〕: 水部を含めた色つけの工夫により, 地図帳に似た馴染みやすい色調
- ③〔多角的な解析〕: 色情報が3次元座標を保持しており, 様々な角度からの鳥瞰的な閲覧が可能

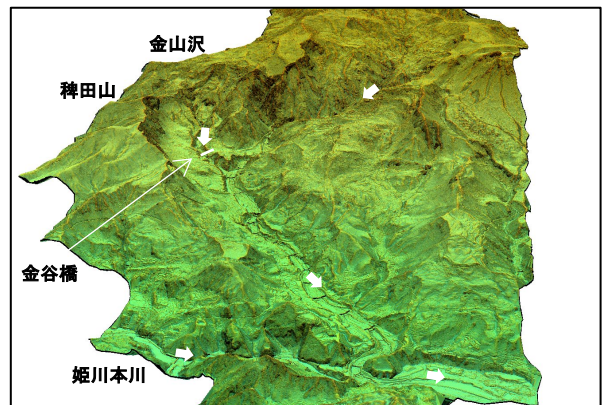


図3 浦川流域全景(三次元地形起伏図)

3. 金山沢源頭部の地形変化解析結果

3.1 金山沢源頭部の流域概況

金山沢は稗田山大崩壊時の埋積面を樋状に開析した河道である。荒廃が進行した源頭部(図4)の流域概況は, 以下の通りである。

- ・ 広くU字型に窪んだ馬蹄形を呈する形状
- ・ 基盤地質は稗田山と同じ溶岩互層と基部に泥岩
- ・ 船底状の底部には土塊ブロック(崩積土)が堆積
- ・ 土塊ブロックの堆積厚は約20m前後²⁾

地形解析は地形起伏図を3次元立体地図に変換し地形構成が特に視認しやすくして判読を行った(図5)。

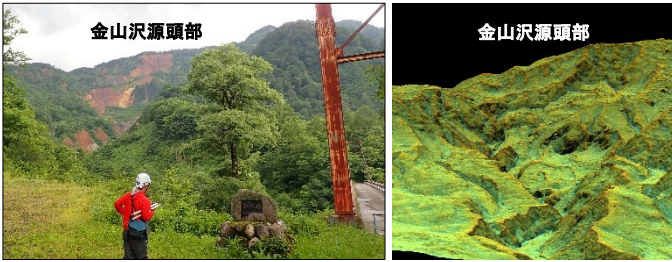


図4 金谷橋(稗田山・金山沢の眺望地点)からの仰望

3.2 金山沢源頭部の地形分布状況

(1) 源頭部底部

馬蹄形底部には、外縁斜面から供給された未固結な玉石交じりの砂礫からなる崩積土で構成された土塊ブロック群(本稿で呼称)が広く分布する(図5)。ブロック群は、下方に向かっての緩慢な変動により舌状の形態を常に変化させている。滑動に伴い土塊表面には亀裂、段差、凹凸、滑落崖など多くの微小地形が判読でき、そこから流下方向や相対的の活動度などが推測された。

(2) 源頭部外縁の急傾斜面

源頭部最奥部の溶岩互層が露出する急傾斜面では、透水層に沿って規則的に配列するパイピング穴が抽出できた。昭和56年に発生し姫川合流まで流下した大規模地すべり性崩壊は、当時の現地写真にパイピング穴が確認され融雪出水に伴う突発的事象と推察される。同様な事象が現在亀裂・段差拡大が最も活発に進行している底部面を確認され、そこにパイピング穴らしき凹部も存在するため基盤岩に透水層が推定される(図5)。

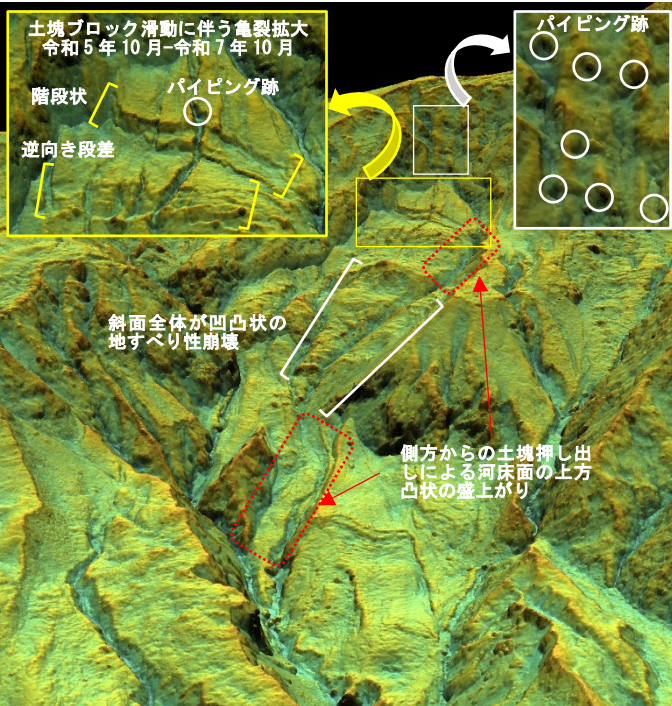


図5 金山沢源頭部(土塊ブロック移動活発域)の鳥瞰図

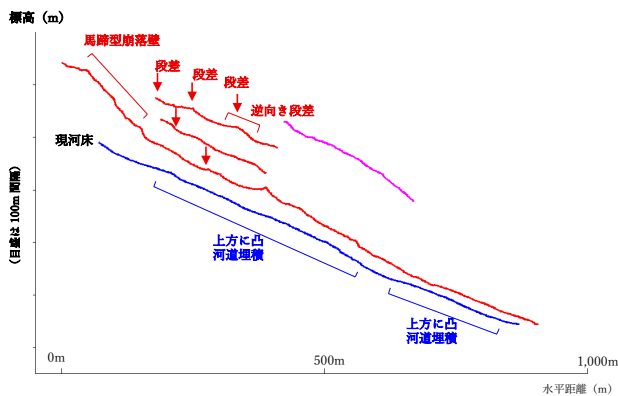


図6 金山沢源頭部の地形投影断面(図5の区間)

(3) 現河道

源頭部頭頂部から続く現主流路(源頭部区間の平均勾配23.9°)は、河道の上昇、片岸のみの側方侵食の卓越、河道幅の極端な変化、河道の消失など河道地形の変化が著しい。原因としては、側方からの土塊ブロックによる河道を狭窄あるいは閉塞させることに起因することが経時変化や微地形の分布より確認できた(図6)。

(4) 今後の土砂移動予測

底部において多方向に流動する土塊群は、今後も引き続き変形・分化・連動を繰り返しながら下方に張り出していく。土塊末端・側部が現河道を覆う区間では、河道閉塞や河床の盛り上がりや平衡化するため(図6)、一時的に侵食・流出土砂が増大し、一部は土石流化する。表流水が集まる流路についても、自由蛇行を規制され、河岸に接触する未固結土塊の侵食を進行させていく。

外縁の急傾斜面は、溶岩互層の全面的な大規模崩落の予測は上端クラックの存在との関係性が不明なため難しい。しかし、土塊ブロック底部に覆われた潜在的な箇所からパイピングにより地下水が土塊を突発的に押し出して、土石流化する恐れがある。土塊ブロック上面の水抜き穴などの微小地形を注視する必要がある。

4. 地形解析結果と活用・今後の課題

4.1 金山沢源頭部の地形解析結果

金山沢源頭部域について高密度点群データを用いた地形解析により多くの微地形要素を詳細に抽出することができ、地形変化やそれに伴う土砂移動との関係性について具体的な考察をすることができた。

金山沢の土砂流出は、降雨等の外的要因に拘わらず大規模な土石流と中小規模なものでは、土石流発生に関わる地形条件に明瞭な相違のあることがわかった(表2)。

表2 到達範囲でみた金山沢源頭部の土石流発生分類

流下土砂到達範囲	土砂量の規模 ¹⁾	金山沢源頭部の主な発生源	土石流の発生・流下現象
[大規模] 姫川本川まで到達	1×10 ⁶ m ³ クラス	・馬蹄形外縁斜面 ・馬蹄形底部の土塊部	・馬蹄形縁辺壁の連続的崩壊と直下土塊ブロックの巻き込み ・融雪出水(パイピング痕が顕著)による土塊ブロック突発的破壊
[中小規模] 浦川合流点付近から直下あたり	1×10 ⁵ m ³ クラス	現河道の土砂埋積区間の下方侵食と溪岸侵食	・多方向から押し出される移動土塊による現河道の埋積 ・多雨期の表流水増加による河道阻害土砂の流下

1) 既往土砂災害状況から発生土砂量を推定

4.2 地形解析における3次元データの活用と課題

山地域の地形変化は、土砂崩壊に起因する 경우가多く、それらが持つ反復性や規則性を把握することで、今後の移動予測につなげていくことができる。レーザデータが複数時期で取得されているならば差分解析などから考察を展開できる。しかし、金山沢などレーザデータが汎用していなかった平成10年代以前の土砂移動イベントなどの“過去災害の復元”を本研究のように高精細な地形図に投影して、その実態を明らかにする試みは、比較判読、同定検証、図化復元などの緻密な作業工程を必要とし汎用的ではないという課題のある半面、土砂移動予測など防災(監視観測など)、砂防対策(優先度検討など)・維持管理に直結する非常に重要な技術である。

課題解決に必要な検討分野としては、図化技術(プロジェクションマッピングなど物理的手法)、判読技術(アナログ方式や判読手法の平易化など)、過去災害のデジタルアーカイブ化(以下の3項目)が考えられる。

- ・空中写真(実体視用の垂直写真, 斜め写真)
- ・地形図(旧版図, 地理院以外の実測測量図)
- ・現地調査取得データ(現地写真, 計測データ等)

【参考文献】

- 1) 石尾浩市・小口貴雄・深澤浩・亀江幸二・今井一之(2025): 姫川水系浦川流域の微地形判読からみた土砂移動特性, 令和7年度砂防学会研究発表会概要集, p.315-316
- 2) 国土交通省松本砂防事務所(2011): 平成23年度金山沢不安定土塊対策計画検討業務報告書