

金山沢源頭部における土砂移動の把握手法について

国際航業株式会社 ○久保毅、佐藤匠、福場俊和、前田知行、青戸一峰
国土交通省松本砂防事務所 小口貴雄、瀧別光*、石島正暉

*：現：北陸地方整備局 河川部

1. はじめに

姫川水系浦川流域の金山沢源頭部では、明治44年の稗田山大崩壊をはじめ、近年まで様々な土砂移動が繰り返し発生している。

今後も大規模な土砂移動が懸念される中で、斜面変動状況を継続的に把握・監視することが求められるが、移動速度・移動量・移動形態が異なる様々な現象が頻発するため、これらを一定の精度で高頻度かつ安全に把握するためには、様々な手法を組み合わせることが必要である。

本報告は、今後の土砂移動把握のための基礎資料として、金山沢源頭部において複数の手法を組み合わせ土砂移動を把握した事例について、現状を整理し、報告したものである。

2. 対象地域の近年の土砂移動状況

金山沢源頭部では、平成18年より毎年のように航空レーザ計測が行われており、そこで把握された斜面移動の状況は下記の通りである。

【C・D・Eブロック】

H19～25に10m/年以上移動が確認され、大規模崩壊が懸念されたが、H26～27には小ブロックの移動のみとなり、概ね安定したものと思われた。しかしH28にDブロックが再移動しH29豪雨で大きく崩壊、その後Cブロック他で5m/年以上の移動が確認され、R6時点でも継続して移動している。

【上部ブロック(A・Bブロック)】

上部ブロックは平均10～30cm/年で移動が継続。R3に移動速度が上昇したが、R4に再び速度が低下し、その後10～20cm/年の移動が続いている。

A・Bブロックは1m/年程度の移動が継続しており、H30等に一部で5m以上の移動がみられた。

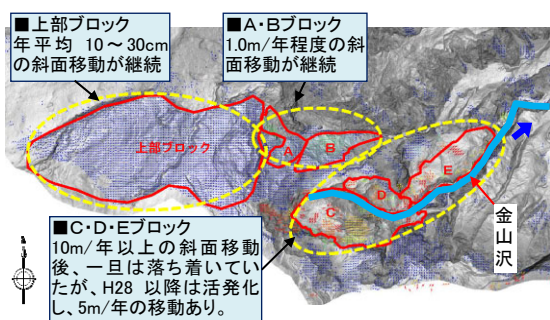


図1 金山沢源頭部の移動ブロック

また、平成21年以降に設置していた振動センサやインターバルカメラによると、金山沢源頭部で土石流が発生した日数は、概ね年間10日以上、多い年では20日以上であった。

3. 被害シナリオと監視目的

金山沢源頭部における土砂移動により下流に被害が生じたのは、明治44年の稗田山崩壊の事例である。この事例では、金谷沢源頭部の大規模崩壊を起因として大規模土石流（岩屑なだれ）が浦川を流下し、

姫川本川の合流部に高さ60～70mの河道閉塞が形成され、湛水による上流被害および決壊による下流被害が発生した。この事例を踏まえ、姫川本川における河道閉塞の形成・決壊による被害を防止・軽減することを、本監視の目的と考えた。

4. 監視対象となる土砂移動と監視手法

金山沢源頭部では、近年の土砂移動状況と監視目的を踏まえ、①移動ブロックとその周辺で、大規模崩壊やその前兆現象の発生の有無を監視し、②金谷沢下流～浦川上流で、大規模土石流の流下を検知することを基本方針として、各種手法を組み合わせながら土砂移動状況を把握している。

この時、監視対象となる土砂移動現象ごとに移動速度や移動量が異なるため、各現象の監視に適した監視頻度や監視手法を選定している。表1の縦方向に、監視対象となる土砂移動現象（その移動速度と求められる監視の頻度）を整理し、横方向には土砂移動を監視する代表的な手法を列挙した上で、各現象に適した監視手法を整理した。また表2には、これまで実施してきた監視・観測の経験を踏まえ、各手法の特徴を整理した（主な手法を抜粋して整理）。

河道閉塞の形成状況は、形成前後の標高差を把握することで確認することになる。金山沢源頭部や浦川流域を対象とした限定した範囲の調査であれば、精度の高い航空レーザ計測が望ましい。周辺流域を含めた広域を対象とするならば、SAR強度画像比較が適しているが、精度に課題があることから、ヘリ調査や航空レーザ計測などとの併用が望まれる。

上部ブロックの動きは、小さな動きを捉えることのできる干渉SAR解析も利用可能だが、主に確実性の高い航空レーザ計測を利用している。移動速度が上昇傾向になった場合には、斜面にGNSSを設置して移動状況を精度良く常時監視することが望ましい。

C～Eブロックの動きは、移動速度が比較的大きいため干渉SARでの把握は難しく、航空レーザ計測を利用した高精度の移動量把握と、インターバルカメラ・CCTVで取得した画像による高頻度の移動状況把握を併用している。取得画像を自動的に解析し、アラートを発信するプログラムを作成し試行しているが、現段階では様々なエラーの回避に課題があり、実用に向けた改良が必要な状況である。

上記のように、河道閉塞の形成状況やブロックの移動状況を把握する手法により、大規模崩壊やその前兆現象の有無を把握しているが、衛星SARや航空レーザ計測には実施頻度に制限があったり、CCTV画像等の解析は夜間や濃霧時の対応が難しいなどの課題がある。そのため、大規模な斜面崩壊や大規模土石流の流下をリアルタイムに把握することを目指し、振動センサ・音センサ・2Dスキャナなどを試行し、実用化に向け検討を進めている。

5. おわりに

本報告では、金山沢源頭部において生じている

様々な土砂移動現象を把握してきた事例を踏まえ、各種土砂移動現象の把握に適した手法の整理を試みた。今後、土砂移動把握に関する各種計測機器の開発や AI 利用による監視手法の高度化等が期待される。金山沢源頭部においても、最新の情報を踏まえつつ、随時手法の見直し・高度化を行いながら、被害の防止・軽減に向けて適切な土砂移動監視が行われることが望まれる。

また本報告が、少しでも他地域における土砂移動把握の参考になれば幸いである。

【参考文献】

- 1) 佐藤ら（2018）定点カメラによる斜面変状モニタリング手法, 平成 30 年砂防学会研究発表会概要集
- 2) 佐藤ら（2019）金山沢源頭部の土砂移動とその面的なモニタリングについて, 令和元年砂防学会研究発表会概要集
- 3) 本田ら（2022）多時期・多軌道の衛星 SAR による大規模地すべりのモニタリング, 日本リモートセンシング学会誌, 2022 年 42 巻 3 号

表 1 金山沢源頭部で監視対象となる土砂移動の種別と各監視手法の選定

土砂移動現象の種類	移動速度	監視の頻度	監視手法							備考
			ヘリ調査 UAV調査	干渉 SAR 解析	SAR 強度画像 比較	航空 レーザ 計測	インターバル カメラ・ CCTV	振動センサ 音センサ 2Dスキャナ	GNSS	
河道閉塞 の形成状況	—	年1回以上 (融雪後など) 豪雨・地震後	△	—	○	◎	△	—	—	広域を対象とする場合は SAR強度画像比較が良い UAVは広域計測が困難
上部ブロック の動き	数cm～ 数10cm /年	年1回程度	—	○	—	◎	—	—	—	確実性の高い航空レーザ 計測を主な手法としている
	30cm /年 以上	1日以下 に1回	—	△	—	—	△	—	◎	移動速度の上昇傾向が続 く状況になった場合に実施
C～Eブロック の動き	1m～ 数10m /年	年2回程度	—	—	△	◎	—	—	—	SAR強度画像比較は、有 事の際の悪天候時に有効
		1日以下 に1回	—	—	—	—	○	△	—	インターバルカメラ・CCTVは夜 間・濃霧時が不可。また設 置作業に危険が伴うため GNSSは不採用
斜面の 大規模崩壊	～30 m/s	1秒以下 に一回	—	—	—	—	○	○	—	リアルタイムで把握するた めに、各種手法を試行して いる。振動センサや音による 土石流流下の把握の実績あ り。引き続き、実用化に向 けた検討を実施予定
大規模 土石流 の流下	～30 m/s	1秒以下 に一回	—	—	—	—	○	○	—	

◎：本手法のみで監視可能、○：適しているが他手法との併用が望ましい、△：補助的な利用

表 2 各監視手法の特徴（主な手法を抜粋して整理）

項 目	干渉SAR解析	SAR 強度画像比較	航空レーザ計測	インターバルカメラ CCTV(画像解析)	GNSS
把握可能 な土砂移 動	3～12cm 程度の変位 これ以上の移動は定量的 把握が難しい	10m 程度以上の標高変 化	10cm 以上の変位 かなり大きな土砂移動 も定量的に把握可能	1m 程度以上(ただし、画 像解像度・監視対象ま での距離に依存)	数 mm 以上
天候 の影響	雲の下でも把握可能	同左	雲の下は把握が困難	夜間・濃霧時には把握 が困難	夜間・濃霧時にも把握 可能
計測頻度	ALOS2: 1～4回/年 ALOS4: 2 回/月	同左	任意	数秒～1日程度	1時間程度
利点	・定期的にデータが取得 される ・悪天候時の計測可能 ・小さな斜面移動が把握 可能 ・比較的安価	・定期的にデータが取得 される ・悪天候時の計測可能 ・比較的安価	・3次元変位量を面的かつ 高分解能、高精度 に解析可能 ・植生の影響を受けにくい ・地形・変位方向によらず 解析安定性に優れる	・面的変位量を連続的に 把握可能 ・変動斜面内に立ち入ら ずに、ある程度離れた場 所から安全に監視可能 ・画像で変状把握が可能 なので確実性あり	・測定点と基準点の距離 が 1km 以内であれば高 精度(数 mm 精度)に計測 できる ・小さな変位だけでなく 大きな変位も把握可能 ・天候に左右されない
欠点 ・課題	・取得変位量の方向が限 定的 ・十数 cm を超える規模 の変位は評価困難 ・環境ノイズが乗りやす い ・急峻な地形は解析不 能	・解析可能な方向が限 定的 ・数 m～10m 以下の変 位は評価困難 ・環境ノイズが乗りやす い ・急峻な地形は解析不 能	・計測に時間がかかる (曇天時の計測不可) ・高コスト	・夜間・濃霧時は解析不 能 ・画像内変位量を実変 位量へ換算が必要 ・遠方では精度が低下 する ・自動アラートのため には画像解析の自動化 が必要。現段階ではエ ラーが多く、実用化に 向け改良が必要	・移動斜面内での設置 作業が必要で、場合に よって危険が伴う。 ・上空視界の確保が必 要 ・豪雪地では、積雪対策 として強固な設備が必 要。インシットコスト大 ・リアルタイム解析のた めにランニングコストが 発生する