野尻川における土石流イベントのDAS観測事例にかかる考察

国土交通省国土技術政策総合研究所　○海老原友基，赤澤史顕，鈴木啓介

1 はじめに

土石流は，斜面崩壊や表層侵食による土砂供給，渓流内に堆積した土砂の再移動，あるいは河道閉塞の形成とその決壊などを契機として発生し，人命や社会基盤に甚大な被害を及ぼすおそれがある。被害の軽減のため対策工事を行う際の工事の施工安全確保や避難対策において土石流の早期検知が重要となる場合がある。

土石流発生の検知には一般的にワイヤーセンサが用いられるほか，振動センサーや画像解析による手法が検討されている。しかし，ワイヤーセンサは一度切断すると復旧までの期間に発生する土石流を観測することができない。画像解析では夜間や荒天時における判読性の低下が問題とされる。振動計による土石流検知の試みも行われているが，地震動等との区別のために閾値を各観測地点で検討・設定する必要があることが課題となっている。これらの観測には適切な設置位置の確保に加えて，電源供給や通信インフラの制約，厳しい自然環境下における保守の継続といった課題を抱えている。

近年，光ファイバーを活用した線的な振動観測技術であるDistributed Acoustic Sensing (DAS)の報告がなされており，野尻川で発生した土石流にともなう振動観測への適用の報告もされている。[1) 2) 3)]

DASを用いた土石流監視への活用を考慮した場合，見逃しや空振りを抑制しつつ，災害に対して有効なアラートを発出することが重要である。土石流に伴う地盤振動を振動計により観測する場合，観測地点と流路との距離が観測精度に影響するため，受感部は土石流の流心から概ね30 m以内に設置することが望ましいとされている[4)]。DASにおいて，既に敷設されている光ファイバー線を活用して振動観測を行う場合，観測地点と流路の距離は一様でないため，観測される振動データの精度が観測地点により異なると考えられる。

そこで本研究では，土石流振動をDASにより線的に観測を行い，各観測地点の振動の強弱と周辺地形，および観測地点近傍を流下する土石流様子について整理し，今後の活用に向けた基礎資料を得ることを目的とする。

2 DASの振動観測

DASは光ファイバーケーブルに外力が作用してひずみが生じた際に，レイリー散乱光が変化する現象を利用して振動を計測する技術である。光ファイバーの一端にDAS計測システムを接続することにより観測可能であり，既設の普段使用していない光ファイバー線（ダークファイバ）があれば大がかりな工事をせず線的な振動観測ができるものである。

Lazoc社製のDAS計測システムを用いてひずみ速度を測定した。光ファイバー線の敷設区間は桜島砂防出張所から野尻川8号堰堤までの約4400 m，測定間隔約2.0 m，ゲージ長10 m，サンプリング周波数2000 Hz，総観測点数2500点の観測条件で実施した。

3 検討手法

野尻川で2024年9月22日10時～14時，23日4時～5時に発生した土石流を検討対象とした。第1波の土石流ピーク時に，野尻川7号堰堤に設置されたワイヤーセンサのうち，高さ60 cmに設置された1段目が切断されている。CCTV映像による判読では，期間中に少なくとも22日に3回，23日に1回土石流のピークが確認され，流量はいずれも約20 m^3/s程度以下の規模であると推定された。これら発生順に第1波から第4波とし，各ピークでの振動観測データの特徴を考察する。

各観測地点で，観測されるひずみ速度について，一秒毎に蓄積される2000個のデータから二乗平均平方根(RMS値)を算出した。第1波から第4波についてそれぞれ土石流発生時間帯を含む1時間分の3600個のRMS値データを対象として，RMS値の上位95%値(p95値)を指標として，空間分布と地理的特徴について考察した。

3. 1 区間Aの検討結果

区間Aは野尻橋から1号堰堤下までの区間であり，DASは河道に並行に沿って埋設されている（図1）。各地点のp95値を図2（a）に示す。

480 m地点付近のp95値が大きく，当該地点は河道の屈曲部の外岸に位置している。CCTV映像判読からも土石流の流れが外岸側に集中している様子が確認された。（図3）

一方で，0 m～200 m区間はp95値が相対的に小さかった。CCTV映像判読からこの区間では流れが集中せず，流路が薄く広く分散していることが確認され，観測される土石流振動が小さくなったことが要因と考えられる。

600 mの地点付近では第4波のみ特徴的にp95値が大きい。CCTV映像（図4）によると第4波土石流通過前後で河道中央に土砂堆積が生じ，DAS敷設箇所である左岸側に流路形成が確認された。河床変動による流れの変化が要因として，土石流振動がより大きく観測された可能性が考えられる。

3. 2 区間Bの検討結果

区間Bは1号堰堤から3号堰堤の導流堤までの区間であり，堰堤や床固工が連続して設置されている。各地点のp95値を図2（b）に示す。DASは管理用道路に埋設されており，河道までの距離が大きい（図1）ため、観測されるひずみ速度は区間Aと比較して全区間で小さかった。

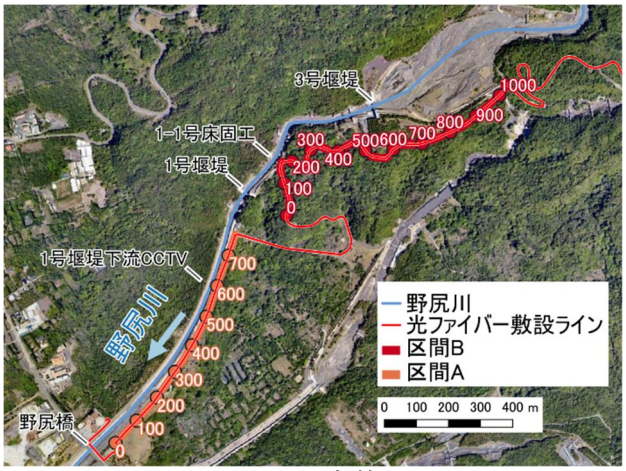


図 1　対象範囲

160 m 地点付近は１－１号床固工近辺に位置し，河道からの斜め距離は 30 m 以内の距離であるが，p95 値は周辺の観測点と比較して大きくなかった。この区間は堰堤や床固工が連続して設置されており，土石流が減勢されたことが観測される振動低下の要因と推察される。

600 m 地点付近は，３号堰堤の近傍に位置しており，p95 値が周辺の観測点と比較して大きかった。これは、３号堰堤の落差が大きく，落水による衝撃が観測点へ伝播したものと推察される。

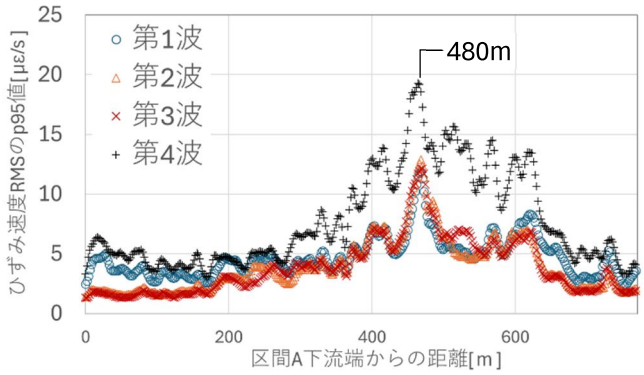
4 まとめ

本研究では，2024 年９月 22 日から 23 日に発生した土石流を対象として，DAS により取得された線的な振動観測データを解析し，観測区間の特徴について検討を行った。検討した４ケースの土石流において振動が大きく観測された地点の特徴は，河道の屈曲部外岸側の背面箇所，および落差の大きい堰堤近辺であり，これらは土石流が集中的に衝突し，観測地点が振動源の近傍となる条件を有していた。しかしながら，土石流振動の観測値の大小は土石流事例によって異なり，土石流の流量や土砂濃度による違いのほか，流路幅による影響や河道における土石流の偏向といったことも振動観測の増減要素と考えられる。

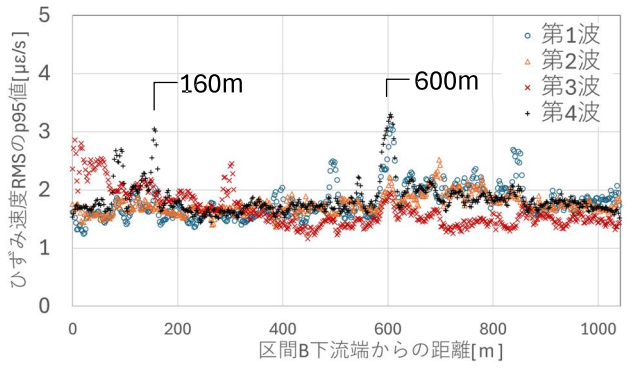
今後は，異なる土石流条件における観測事例や異なる河道条件，堰堤配置を有する河川においても観測事例を蓄積し，DAS による線的観測から土石流等の土砂動態を把握するための知見の蓄積が求められる。

謝辞

野尻川の観測において便宜を図っていただきサイトを提供いただいた大隅河川国道事務所，桜島砂防出張所のみなさまには厚く御礼申し上げます。



(a) 区間 A



(b) 区間 B

図 2 ひずみ速度 RMS の p95 値

参考文献

１）田口貴美子，西村太志，中原恒，廣瀬郁，中道治久，江本賢太郎，濱中悟:DAS システムにより観測された 2022 年 11 月 29 日桜島野尻川沿い土石流に伴う地盤振動波形の解析，日本火山学会講演予稿集，2023 巻，pp. 93，2023

２）八木笙太，海老原友基，赤澤史顕，鈴木啓介：桜島での光ファイバセンシング(DAS)を用いた土石流モニタリング手法，令和７年度砂防学会研究発表会概要集，pp. 179-pp. 189，2025

３）海老原友基，赤澤史顕，鈴木啓介:野尻川の DAS 観測による土石流計測の試み，令和７年度砂防学会研究発表会概要集，pp. 491-pp. 492，2025

４）独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム：振動検知式土石流センサー設置マニュアル（案），2005

図 3 第２波到達時の１号堰堤下流 CCTV。赤丸が 480m 地点付近。

(a)

(b)

図 4 第４波到達時の１号堰堤下流 CCTV
(a) ９月 23 日４時 10 分（流量増大時）
(b) ９月 23 日４時 37 分（土砂堆積後）