

足洗谷における地表面差分観測に基づく地質別の斜面土砂生産・土砂移動量推定

○岩崎大和¹⁾，山野井一輝²⁾，呉映昕²⁾

1) 京都大学大学院工学研究科 2) 京都大学防災研究所

1. はじめに

山地における恒常的な土砂生産現象の一つに凍結融解がある。これは、裸地の露出した風化基岩中の間隙水が凍結・融解を繰り返し、亀裂の入った表層が剥離することによって生じる。こうした凍結融解による生産土砂量に関し、例えば澤田¹⁾は穂高砂防観測所近傍の裸地斜面に対して垂直に鉄棒を打ち込み、その露出長の変化を測定することで侵食量を観測し一冬での土砂生産量を調査した。また、泉山ら²⁾は地質によって異なる土砂の生産プロセスを室内実験に基づいて明らかにし、基岩温度の深度分布解析と組み合わせることで風化基岩の土砂生産モデルを提案した。

一方、凍結融解による土砂生産の応答は地質に応じて大きく異なることが想定されるが、地質毎の知見はまだ限定的である。また、これまでの多くの観測手法¹⁾等は点的な観測にとどまっており、同一斜面内における土砂生産・移動の空間分布は不明なところが多い。それに対して、近年手持ち LiDAR 測量機器が普及してきたことで、面的な地形の 3 次元測量が容易に行えるようになってきた。

そこで本研究では、神通川水系足洗谷流域内の複数の地質からなる裸地斜面を対象に、手持ち LiDAR 測量機器を用い、対象斜面を冬季前後で 3D モデル化し表面の差分を取ることで、凍結融解による土砂生産の斜面空間分布を明らかにする。また、地質の異なる斜面同士で分布を比較することで、凍結融解による土砂生産の地質毎の特性を検討する。

2. LiDAR 斜面測量と冬季前後の差分計算

本研究で対象とした裸地斜面は、京都大学穂高砂防観測所が管理する観測水路の上流川右岸と白水谷第 2 号砂防堰堤右岸との 2 か所である。対象斜面の場所と地質とを図 1 に示す。また、表 1 に斜面の諸量について整理した。2023 年 10 月下旬と 2024 年 5 月下旬とに各斜面の LiDAR 測量を行ったその際、20

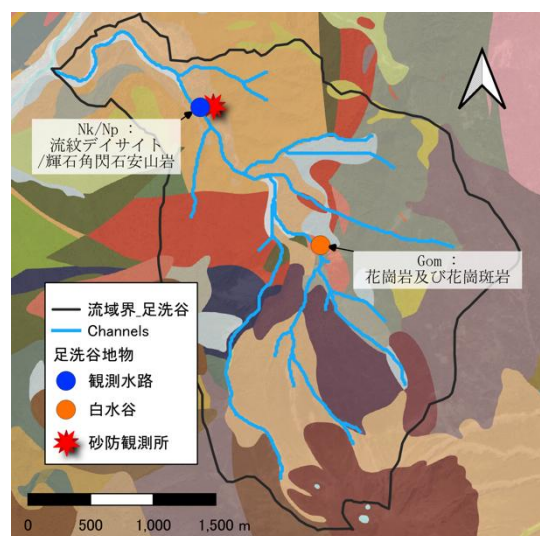


図 1 足洗谷流域内対象斜面の場所と地質図

表 1 対象斜面の諸量まとめ

対象斜面	観測水路右岸	白水谷堰堤右岸
地質	火砕流堆積物	花崗・花崗斑岩
標高	1170m 程	1420m 程
平均勾配	73°	45°
方位角	208°	233°
侵食域面積	1541.86 m ²	1062.95 m ²

23 年の測量には GreenValley 社の LiGrip H120 を、2024 年の測量には同社の GS-1 を用いた。両製品の LiDAR 距離計測精度はいずれも ±2.3 cm 程度と同等である。次に、こうして得た対象斜面の点群データを同社が提供する点群解析ソフト LiDAR360 にインプットし、GPS データと組み合わせた自己位置推定手法 (SLAM) 処理により、点群に絶対座標を付与した。

点群の重ね合わせと差分比較にはフリーソフトの CloudCompare を使用した。まず CSF フィルターツールを用いて対象斜面付近の植生を排除し、align ツールと ICP ツールを用いて橋や堰堤などの不動点を基準に点群同士を重ね合わせた。その後 2023 年の点群をメッシュ化し、C2M Distances ツールを用いて 2023 年メッシュを基準とした 2024 年点群の斜面法線方向差分を計算した。

3. 斜面測量結果の比較と考察

観測水路右岸と白水谷堰堤右岸の冬季前後比較結果をそれぞれ図 2,3 に示す。青色は土砂生産によって斜面が侵食されたことを、赤色は土砂が堆積したことを表す。赤く囲われた領域は風化基岩が露出した侵食域である。斜面下部には侵食域で生産された土砂のうち河道に到達しなかった一部が堆積している様子が見られるなど、土砂生産現象のこれまでの知見が視覚的に確認できることから、LiDAR による冬季前後の測量データを用いて、凍結融解による冬季の斜面侵食深を同一斜面内の空間分布として捉えることが可能になったと言える。

各斜面のキャプションに併記した侵食量は侵食域に絞って算出した値である。澤田¹⁾が行った火山性地質の裸地斜面における侵食量の調査によると、凍結融解による一冬の斜面侵食深は 2-10cm 程度のため、本観測結果は澤田の研究結果と矛盾しない。

また、侵食深の点群を 0.5 m メッシュでリサンプルし斜面勾配と侵食深を比較した結果を図 4 に示す。各グラフからは、勾配が大きくなるほど侵食深の最大値も大きくなるような弱い正の相関関係にあることが見てとれる。これは、一般的に勾配が大きいと土砂化した風化基岩が剥離しやすいこと、基岩表面に積雪しにくく気温変化の影響が基岩内に伝わりやすいため凍結融解が活発に起きることが考えられる。

4. 結論と今後

本研究では LiDAR 測量機器を用いて裸地斜面の 3 次元測量を行った。冬季前後の測量データ差分を取ることで、冬季の土砂生産によって生じた斜面内の侵食堆積が空間的に把握できることを確認した。また、本観測で得られた侵食深は既往の研究結果に矛盾しない。地質毎の土砂生産特性を検討するには、継続して複数年度の差分データを蓄積していく必要がある。

今後は気象観測データを元にした風化基岩内の凍結融解モデル³⁾を用いて、差分観測によって得た斜面侵食量の検証計算を行うと共に、地質毎の一般的な土砂生産特性について検討する。

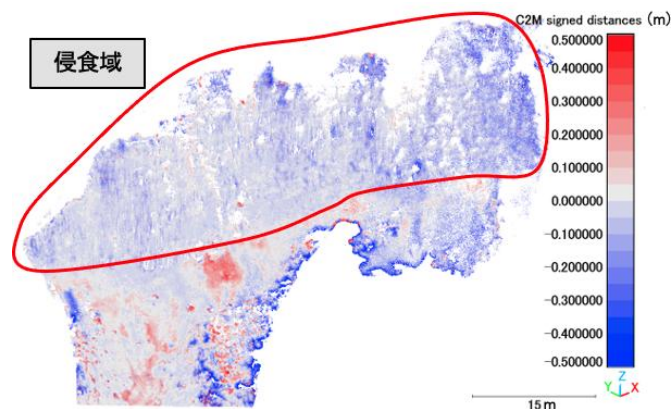


図 2 観測水路右岸 中央値-5.3cm (侵食)

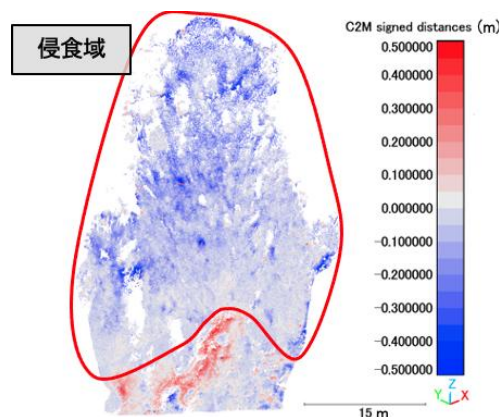


図 3 白水谷堰堤右岸 中央値-7.8cm (侵食)

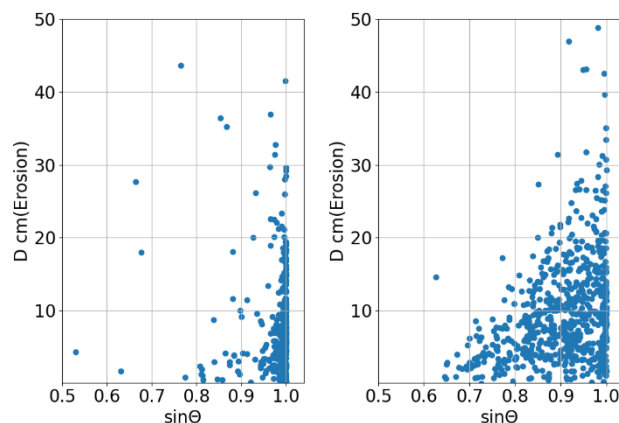


図 4 斜面内 0.5 m メッシュの勾配と侵食深のグラフ

左図は観測水路右岸 右図は白水谷堰堤右岸

参考文献

- 1) 澤田豊明 (1985) : 山地流域の土砂生産に関する研究, 京都大学学位論文
- 2) 泉山寛明, 堤大三, 藤田正治 (2016) : 地質を考慮した風化基岩における凍結融解による土砂生産量の推定手法, 砂防学会誌, Vol 68, No. 5, p. 10-20
- 3) 泉山寛明, 堤大三, 手島宏之, 藤田正治 (2009) : 地表面熱収支を考慮した裸地斜面における凍結融解シミュレーション, 水工学論文集, No. 53, p. 643-648