

雲仙・普賢岳の水無川(炭酸谷)における堆積物の密度・粒径の変化

神戸大学大学院海事科学研究科 ○大海陸人, Christopher Gomez

東京大学大学院農学生命科学研究科 堀田紀文

宮崎大学農学部森林緑地環境科学科 篠原慶規

1. はじめに

最近の測量技術, 特に SfM-MVS (Structure from Motion and Multiple-View Photogrammetry) と LiDAR (Light Detection and Ranging) の進展により, 侵食や堆積の測定における地形表面の比較が増加している. これらの分析は, 海岸や土砂崩れ地域の地形変化, 火山地域などで行われる. これらの変化の分析は表面の変化に基づいており, 堆積密度の変動を含まないため, 侵食や堆積の正確な測定と計算は非常に難しい. そのため, 堆積物の密度や粒形が一定であるか, またその密度・粒形に関連するパラメータが変化するかどうかを特定する必要がある. 特に地形変化が活発な地域では, 蓄積された堆積物が, 火山の土石流やラハールの源になる可能性があるため, この調査は重要である. そこで, 本研究では, 雲仙普賢岳の炭酸谷を対象に, SfM-MVS 技術を使用することで, 堆積物の密度・粒形を分析し, 流域内での密度・粒形の空間変化を明らかにする.

2. 調査地域と手法

2.1 調査地域

本研究は, 長崎県島原市雲仙普賢岳の水無川炭酸谷を対象としている. この地形は降雨により噴火以降も何度も土石流が発生している(Tsunetaka et al., 2021) (図 1 A) .

2.2 調査手法

まず, 研究地点を選定し, 曲尺を用いて長方形の枠を設置した (図 1 C) . この枠は, SfM-MVS 技術 (Gomez et al., 2022) による測定の基準となる. 次に, 枠の周囲から多角的に写真を撮影し, その後で枠内の堆積物を部分的に掘削し, 穴を開けた (図 1 D) . 採取した堆積物は直ちにジップロックバッグに封じて, 水分が蒸発しないようにした. 堆積物を採取後, 掘削した状態で周囲から対象を再び撮影した. これらの作業を, 中流上部, 下部, そして谷の合流点の 3 箇所各 3 回ずつ, 合計 9 地点で行った (図 1 D) .

SfM-MVS のデータ処理には「Agisoft Metashape Professional edition」を使用し, 写真から得られた点群データを基に, 点群解析ソフト「Cloudcompare」を用いて堆積物の体積を推定した. この技術により, ミリメートル単位での精密な体積測定が可能となり, 土石流発生地の表層の正確な密度推定に寄与した. また, 採集した堆積物は粒径ごとに 8 段階に分類し, 粒形の分析も行った.

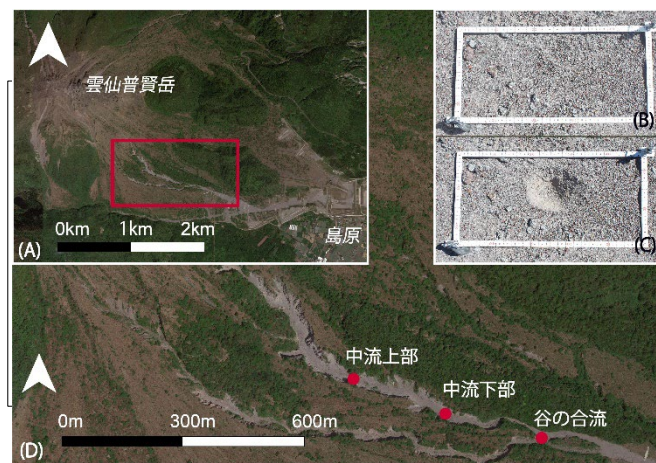


図 1 (A)雲仙普賢岳における炭酸谷の位置 (B)炭酸谷内での各地点の位置と名称 (C),(D)SfM-MVS で使用した堆積物採集前後の対象

3. 結果

3.1 SfM-MVS での密度推定と体積誤差率

SfM-MVS を用いて三次元点群モデルを作成し, そのモデルから堆積物の密度を推定することができた. 各地点の密度に関して, 谷の合流地点が最も密度が小さい値を示した (平均: 1.36 g/cm^3). また, 中流上部と下部は密度がそれぞれ平均で $1.59, 1.62 \text{ g/cm}^3$ となりほとんど違いが見られない結果となった. また, モデルの作成における誤差に依存する体積誤差率は谷の合流地点のみ高い値を示した (7.6%) が, その他 8 地平均で 1.5%を示し, 携帯型の密度試験としては高い精度を保っている.

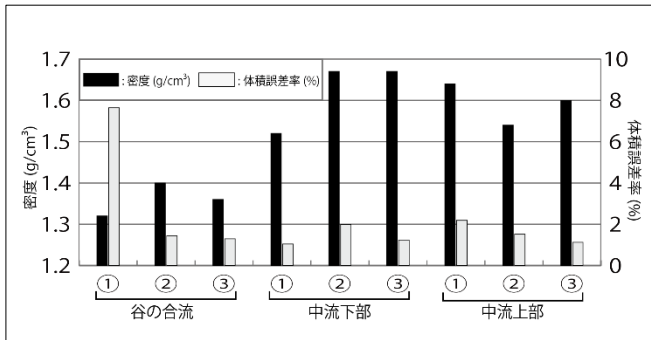


図2 SfM-MVS での推定密度と体積誤差率

3.2 粒形分析

採集した堆積物を粒形の大きさ別に分類した。この結果、谷の合流地点では $500\ \mu\text{m}$ 以下の割合(平均 10.9%)が中流上部・下部(平均 25.2%)に比べると明らかに低い。また中流上部・下部は堆積物密度にほとんど変化はなかったものの、中流下部は中流上部に比べて 4mm 以上の礫の割合が低く (13.6%), 逆に中流上部は 4mm 以下の粒子の割合が高い (65.8%)。さらに中流上部③について、この粒子の構成は中流下部の粒形構成に非常に近い。

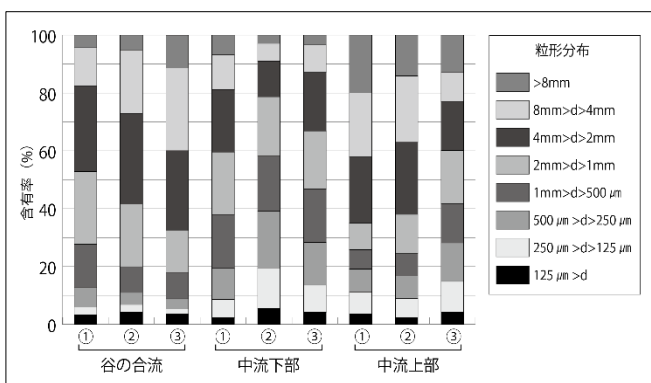


図3 9地点の採取堆積物の粒度分布

4. 考察

4.1 密度推定の精度

体積誤差の結果から本研究における SfM-MVS を用いた密度推定の精度は高いと考えられる。これは、GCP の間隔を 10cm としたことで GCP 密度が高くなったこと、また、GCP の位置をピクセルごとに手動で調整したことによるものと考えられる。この方法は堆積物が崩れやすい火山地帯での密度推定には有効であるが、GCP の位置調整の自動化が課題である。

4.2 土砂密度・粒形の空間的变化と解釈

本研究で得られた密度と粒度分布の結果は、この流域における堆積物の移動プロセスを示唆するものである (図4)。このプロセスは以下の3つの要素からなる。(1) 上流やガリ側壁の風化・侵食によって供給された堆積物が、降雨によって下流に流出する。(2) 中流下部と谷の合流部との間に狭窄 (図4, 黄色) があるため、細粒土砂はガリ合流部まで流出せず、中流下部に堆積する (図4, 赤色)。(3) 中流下部には大量の細粒土砂が堆積する。この細粒土砂は少量の降雨でも容易に運ばれ、浮遊土砂や掃流土砂に発展して土石流を誘発する可能性が考えられる。

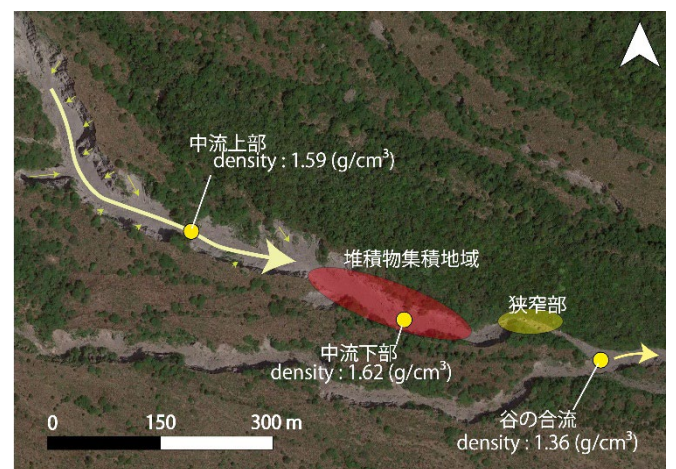


図4 流域における堆積物の空間的变化と解釈

5. まとめ

本研究では、水無川の異なる場所での局所的な密度と粒形の明確な違いが明らかになった。特に、狭い谷と広い谷での堆積過程が異なることを示唆するものである。堆積物が少しずつ流出する上で狭窄部は主に輸送の場として機能し、中央の広い部分は堆積地帯としての役割を果たしていると考えられる。このような流路の小さな変化が、土石流などの大きな流路変更を予測する上で重要な要因であると考えられる。

6. 参考文献

- ・ Tsunetaka et al., Earth Surface Processes and Landforms 2021, 46 (11), 2141–2162
- ・ Gomez et al., Journal of the Japan Society of Erosion Control Engineering, 75, (4), 25–29, 2022