

SfM-MVS を用いた堆積物密度推定と

温度との関連性に関する研究

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

火山地帯における土石流は、火山活動によって生成される堆積物が多いため、非常に危険である。例えば、雲仙普賢岳のように噴火の後、数十年にわたって土石流が発生することがある。このような火山地域での土石流の研究では、しばしば発生場所の地形や降雨量に焦点が当てられる(Tsunetaka et al.,2021)。しかし本質的な理解を得るためには、発生地域の堆積物構造を正確に理解する必要がある。現場の堆積物密度を検討する場合、その堆積物の体積を正確に測定することが必要である。しかし、堆積物の採取時に試料の体積が変化するため、多くの場合で正確な測定が困難である。さらに、火山地域は危険が多く、将来的には Remote Sensing 技術で堆積物の構造を詳しく調べたいというニーズがある。そこで、本研究では、雲仙普賢岳の炭酸谷を対象に、SfM-MVS (Structure from Motion Multi-View Stereo) を使用して、写真から堆積物の密度を正確に推定する。また、将来的にリモートセンシングを行うために、付近の表面温度と堆積物の体積、密度、含水率との関係を検討する。

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にある炭酸谷を対象としている。ここでは噴火以降も何度も土石流が発生している。

2.2 手法

まず対象地点を決め、曲尺を組み合わせた長方形の枠を設置した。次に、枠の周囲から SfM-MVS 用の写真を撮影し、枠内の堆積物の一部をスコップで掘り出して穴を開けた。採取した堆積物は直ぐにジップロックに保管し水分が抜けないようにした。堆積物を採取後、掘削痕の温度を測定し、最後に掘削した

状態で周囲から対象を撮影した。これらの作業を 8 地点でそれぞれ午前午後、計 16 地点で行いました。SfM-MVS では「Agisoft Metashape Professional edition」を使用し堆積物の採集前後の写真から点群データを構築し、その点群データから点群ソフト「Cloudcompare」で体積を推定した。SfM-MVS は主に地形の 3D 再構築や地盤変動の解析などに使用されてきたが本研究では、土石流の発生場所である斜面上において、ミリメートルスケールでの体積推定を行った。SfM-MVS はこれにより正確な密度の推定を可能とした。また、含水率の測定については、採取した試料を加熱する前後の重量差を利用した。

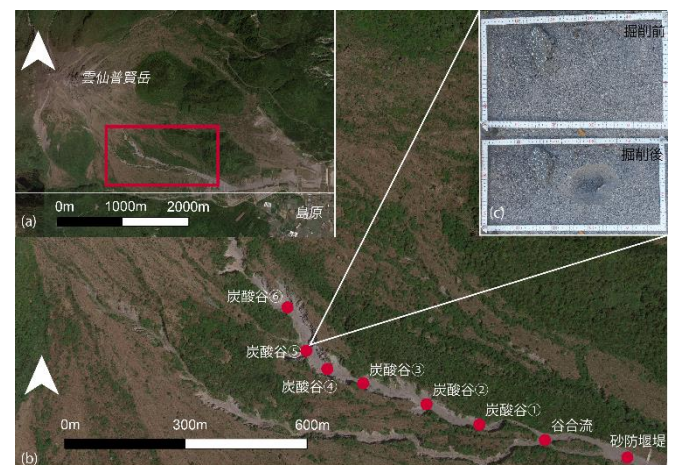


図1 (a)雲仙普賢岳における炭酸谷の位置 (b)炭酸谷内での各地点の位置と名称 (c)SfM-MVS で使用した堆積物採集前後の対象

3. 結果

3.1 SfM-MVS での密度推定と RMSE

SfM-MVS を用いて三次元地形モデルを作成し、そのモデルから堆積物の密度を推定することができた。作成したモデルは、RMSE が高いほど密度を過小評価する傾向があった。特に RMSE が 0.8cm 以上になった場合、密度も極端に小さい値を示し、精度に問題があると考えられる。RMSE が 0.8cm より小さいときの

各地点の密度は $1.2 \sim 1.6 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ の間に多くが分布し、この値域が正確な密度であると考えられる。これはさまざまな岩石の密度から考えると、比較的小さい値をとっている。

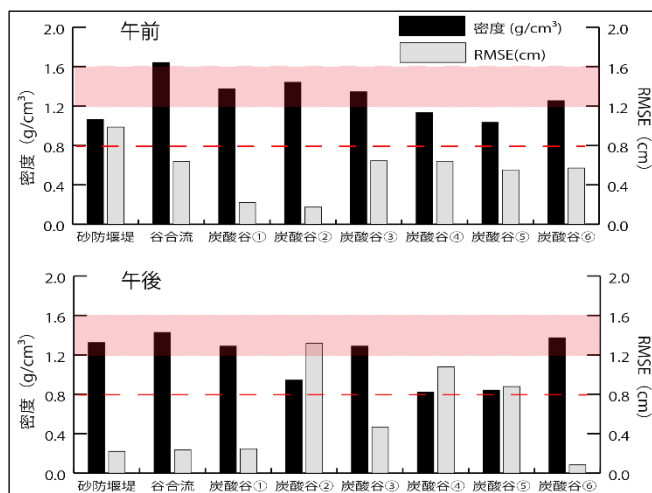


図2 SfM-MVSでの推定密度とRMSE

3.2 間隙・含水率と温度との関係

密度と採集した堆積物の水分量から間隙率・含水率を計算し、採集時の表面温度との関係を調べた。午前中の結果では一部で温度と間隙・含水率は同様のパターンで変化する傾向が見られた(図3,破線)が、一部では温度と含水率のみが同様の変化パターンを示した(図3,一点鎖線)。午後でも14時34分に計測した炭酸谷②地点以降は温度と間隙率に同様の変化パターンが見られた(図3,二点鎖線)。

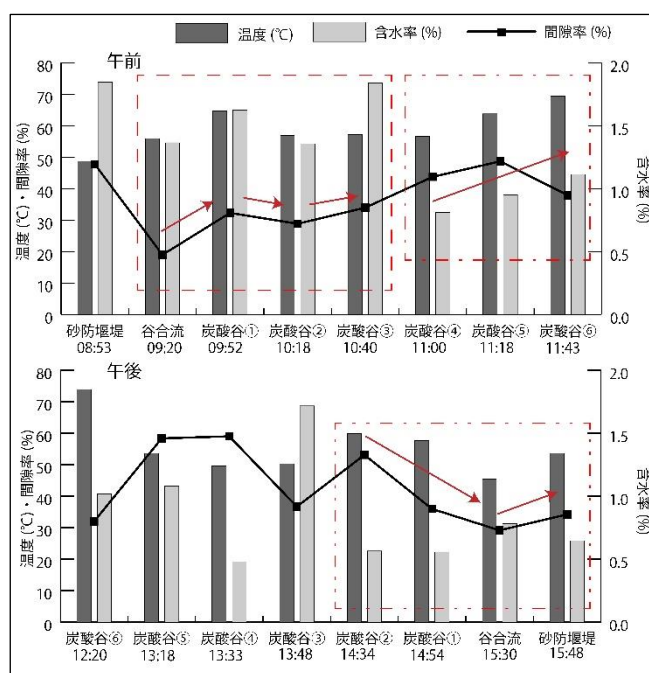


図3 温度と間隙・含水率の推移

4. 考察

各地点の密度が礫や砂利の密度よりも小さくなったことは、採集した火山性堆積物の大きさに一因があると考えられる。採集した堆積物にはある程度の大きさが見られたので粒形が大きいことで間隙率が上昇し密度の低下を招いたものと考えられる。またこの間隙は水を浸透させやすくなるので、土石流を発生させる可能性を低下させていると考えられる。実際に雲仙普賢岳のガリーでは谷から直接供給される堆積物の減少による土石流頻度の減少が報告されている

(Tsunetaka et al., 2021) がこの地表の間隙率の高さも土石流の減少要因の一つとして考える。また温度と間隙・含水率に相関が見られたが、一部分だけであった。この原因としては時間と共に対象地点を変更していったからだと考える。

5. まとめと今後の展望

本研究ではSfM-MVSを使用することで砂置換法よりも比較的簡単に密度を推定することが出来た。しかし、RMSEが太陽光による影などで大きく変動する可能性もあるのでSfM-MVSの使用には十分な注意が必要である。また含水率と表面温度の関係は複雑であり、単純な相関関係で表現できるものではないが、粒形や間隙と含水率の相関を考慮することで、より温度と堆積物内部の構造の関連を明確にできる可能性がある。したがって、今後の研究では、表面温度との相関についてさらに詳しく調査するために外気温や日射量などについても検討していく。また温度と間隙・含水率の関係をより詳細にするために同一地点で異なる時間を対象に複数のモデルを作成する予定である。

6. 参考文献

Tsunetaka et al., Multi-Decadal Changes in the Relationships between Rainfall Characteristics and Debris-Flow Occurrences in Response to Gully Evolution after the 1990–1995 Mount Unzen Eruptions. *Earth Surface Processes and Landforms* 2021, 46 (11), 2141–2162. <https://doi.org/10.1002/esp.5148>