

# 炭酸谷と極楽谷におけるガリー拡幅現象と粒度分布外の 溶岩ドームブロックが土砂移動に与える影響

Oversize Volcanic Clasts and Debris-flow Triggering Gully Wall Collapse at Unzen Volcano

ゴメス クリストファー\*\*

大海 陸人\*

堀田 紀文\*

篠原 慶規\*

\*\*christophergomez@bear.kobe-u.ac.jp

## 1. はじめに

雲仙火山は九州、長崎県の島原半島の中心にある。十九世紀に発表された論文によって、西洋人は雲仙が火山ではないと信じていた(Guppy, 1879)。だが、1990年から雲仙普賢岳の火山活動が始まり、水蒸気爆発の後にマグマが地表面上昇し、重力と溶岩ドームの成長(中田, 1993; 斉藤・須藤, 2002)によって火砕流が数多く発生した。火砕流とともに土石流が火山の地形を大きく変えた(石川ら, 1996)。

噴火の終了後(1995年)、土石流の数と流量が減少し、1998年と2000年の間に記録された総流出量が10万m<sup>3</sup>を超えなかった(寺本ら, 2002)。この現象がさらに続いて、土砂移動も少なくなった(Tsunetaka et al., 2021, Park et al., 2024)。しかし、雲仙火山が現在でも土石流を起こしている。雲仙の平成噴火後30年が経っても、ガリーの縦断勾配が摩擦度より低いのに、火山灰微粒子の分量が減っているのに、何故雲仙火山の「炭酸谷」と「極楽谷」ガリーの中で土石流が現在も発生し流下しているのか?

## 2. 仮説と目的

溶岩ドームのブロックと土砂が壁から河床に崩れて、ガリーの階段地形を作る。次に、崩れた溶岩ブロックの上流側に土砂と微粒子が溜まる。さらに雨の影響でたまった土砂の間隙水圧が高まって、天然ダムのように階段地形が崩壊して土石流を発生させるというのが本研究の仮説である。加えて十年のフィールド調査データによって土石流が起きた後に階段地形が消える現象も確認された。平滑なガリー河床が形成される。

本研究ではガリーの壁の状態とガリー河床の階段地形に必要な巨大溶岩ブロックを測量する。さらに、空中から監視しにくいガリーの壁に入っているブロックの様々なパラメータを記録する。加えて、測定された壁面から河床の階段現象を論じる。

## 3. 方法

本研究のためにガリーの谷底と壁を含めて測量する必要

があった。だが、空中測量機器(無人機、飛行機)に載せるセンサーが壁面情報を十分に取得できないため(Gomez, 2022)、今回MLS(モバイル・レーザ・スキャン)を利用して、谷底を歩きながらライダと写真から壁の三次元点群データを記録した。使用した装置はMLS-SLAMを搭載したLiGrip02である。このSLAM方法は(シミュルタネウス・ロケーション・アンド・マッピング: 同時位置特定とマッピング) SfM-MVS写真測量と同じ様に、センサー周りの三次元環境を測りながら、装置の位置を計算する。CloudCompareとPythonのOpen3DとPyvistaを利用して点群データ処理と計算が行われた。

## 4. 結果

SLAMによる計測により、空中からでは取得困難なデータを得ることができた。植生と壁から出っ張っている溶岩ブロックの下のデータも記録出来た(図1)。このため、空中データと比較してガリー幅の測定精度が向上する。

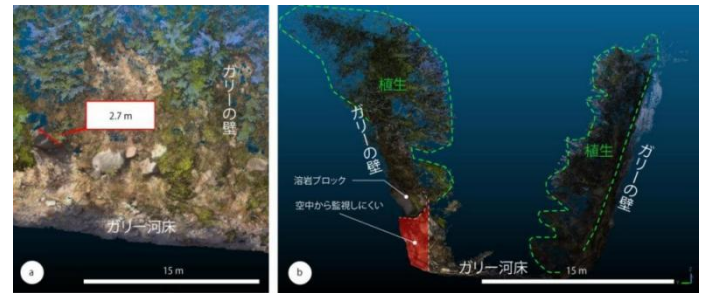


図1 極楽谷のガリー(a)左岸側の壁にある溶岩ブロック;(b)ガリーの壁から伸びている植生と出っ張っている溶岩ブロック

崩落するブロックの高さに応じて、雲仙火山において崩落ブロックがガリー底に到達する最大距離は、ブロックの高さと土砂の摩擦角(図2φ)の関数として表される(図2)。ブロックの崩落後、土砂がブロック上を流動し、コーンの様な崖錐も出来る。崖錐の最大高さは崩落したブロックの下に相当する(図2心)。侵食によって谷壁からの供給高度が低下する可能性がある(図2ウとエ)ので(心)が最大高度。一時的な閉塞ダムを形成するためには、谷壁の高さと谷幅との間に単純な幾何学的関係が

成立する (式1) :

$$H_{\text{eff}} = \frac{\text{高}}{\text{幅} \cdot \tan \varphi} \dots\dots\dots 1$$

ガリー壁におけるブロックの空間分布が一様であると仮定した場合、谷が拡幅するにつれて一時的な閉塞ダムが形成される確率は低下する。SLAM データによると、溶岩ブロックの下に土砂が入っている場合もあり、流出の影響で浸食された場合もある。ブロックの下の堆積物がある場合はブロックの移動距離が長くなる可能性もある。ブロックの上の土砂がたまっている場合は、河床変化は

(式2) と  $H_{\text{eff}}$  が  $H_{\text{effア}}$  となる (式3)

$$\Delta h = \frac{\text{出} \cdot (\text{高} - \text{心})}{\text{幅}} \dots\dots\dots 2$$

$$H_{\text{effア}} = \frac{\text{高} - \Delta h}{\text{幅} \cdot \tan \varphi} \dots\dots\dots 3$$

同じ様に、ブロックの下に土砂が浸食された場合は溶岩ブロックが遠く移動しにくいと考えられる。ピボットの動き以外には真つすぐに落ちるでしょう。

### 5. まとめ

地上型 LiDAR は、壁面の詳細な三次元形状を計測するうえで重要な手法である。特にガリーの中に長く移動させる SLAM センサーの重要性が高まるでしょう。さらに溶岩ブロックの数、大きさ、場所と張り出し量と周りの土砂の堆積状態も重要なパラメータであることが考えられる。

### 文献

Gomez, C. 2022. Pointcloud Technologies for Geomorphologists - From Data Acquisition to Processing. Springer.

Guppy, (1879) Is Mount unzen a Volcano? Nature letters 21, 153-154.

石川 芳治, 山田 孝, 千葉 達朗 (1996) 雲仙普賢岳噴火に伴う溶岩流出及び火砕流による土砂量と地形変化、砂防学会誌 49 巻、1 号 38-44

中田 節也(1993)雲仙普賢岳 1991~1993 年噴火における溶岩ドーム成長、火山 38 巻 1 号 39-43

Park, J.H., Shinohara, Y., Gomez, C., Hotta, N. 2024. Factors controlling volcanic debris flows two decades after the 1990-1995 eruption at Mount Unzen in Japan. Geomorphology 453, 109119.

斎藤 英二、須藤 茂(2002) 空中写真解析による雲仙普賢岳 1991~1995 年溶岩の成長過程、火山 47 巻 1 号 17-26

寺本 行芳, 地頭菌 隆, 下川 悦郎, 古賀 省三(2002)雲仙普賢岳における土石流発生降雨条件と流出特性の経年変化、砂防学会誌 54 巻、5 号 50-54

Tsunetaka, H., Shinohara, Y., Hotta, N., Gomez, C., Sakai, Y. 2021. Multi-decadal changes in the relationships between rainfall characteristic and debris-flow occurrences in response to gully evolution after the 1990-1995 Mount Unzen eruptions. Earth Surface Processes and Landforms 46-11, 2141-2162.

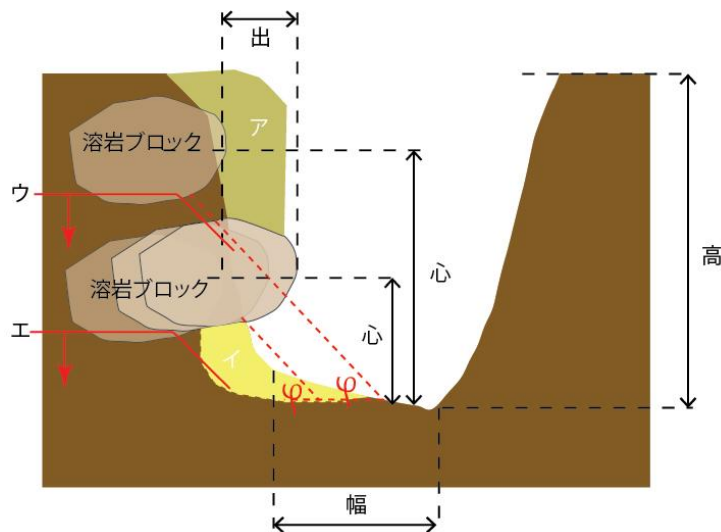


図2ガリーの断面図：(高) 壁の高さ；(心) 河床からのブロックの高さ；(出) 出っ張ってる分；(ア) ブロックの上に盛ってる土砂；(イ) ブロックの下に浸食か盛ってる土砂；(ウとエ) ブロックが崩れた後の崖錐浸食；(φ) 土砂の摩擦度