雲仙普賢岳の平成噴火による地殻変動と熊本地震による崩落
－航空写真を用いた 3D 解析と細密 LP データの活用－

朝日航洋株式会社　○櫻井由起子，安海高明，藤本拓史，江藤稚佳子，松井宗廣，阿部美沙
国土交通省九州地方整備局雲仙復興事務所　植野利康，光武久修，下窪和洋※1，田中宏和
※1（現）国土交通省九州地方整備局川辺川ダム砂防事務所

1. はじめに

雲仙普賢岳は，平成噴火（平成2年11月～平成8年5月）により大量の火山噴出物を生産するとともに，地殻変動に伴い山頂付近には不安定な形状で溶岩ドームを形成した（写真１）。雲仙復興事務所では崩落の危険性が高まりつつある溶岩ドームの監視･観測や対策の検討を継続的に実施してきている。これらの検討には溶岩ドーム形成前の地山の面的な再現が有効と考えられる。

そこで本稿では，雲仙普賢岳の溶岩ドーム形成前の三次元地形モデルを当時の航空写真から再現し，今日計測によって得られる航空レーザーデータとの標高差分解析により溶岩ドーム形成による地形変化量を検討した結果を報告する。

2. 溶岩ドーム形成前三次元地形モデルの再現

2.1　解析方法および使用データ

噴火前の三次元地形モデリングは，写真測量技術を応用した SfM（Structure from Motion）／MVS（Multi View Stereo）解析により噴火前の航空写真を用いて実施した。SfM／MVS 解析とは，ステレオ撮影された複数の画像から自動で対応点を取得し，高密度な点群地形モデルを構築する手法である。

SfM／MVS 解析には，Pix4D 社の Pix4D Mapper を使用した。解析に使用した航空写真は，国土地理院によって噴火以前の昭和 62 年(1987 年) 9 月に撮影されたものを使用した（表 1)。

2.2　調整点設定による標高値の付与

自動作成した地形モデルには，噴火前後で不動と考えられる地上基準点の標高値を平成 21 年レーザー計測データから付与し，三次元地形モデルの標高を調整した。

地上基準点の設定は，昭和 62 年航空写真と平成 21 年レーザー計測時の同時撮影オルソ画像を比較し，地形的に経年変化のないと考えられる火口から遠く離れた道路部を抽出した（図１)。ここで平成 21 年レーザー計測データを使用したのは，データが最も広範囲に存在し，不動点を抽出しやすいためである。

2.3　三次元地形モデルの再現結果

作成した噴火前（昭和 62 年当時）の三次元地形モデルの鳥瞰表示を図 2 に示す。溶岩ドーム形成前に存在していた谷地形が表現されている。なお，昭和 62 年の地形モデルは植生を含んだ DSM である。

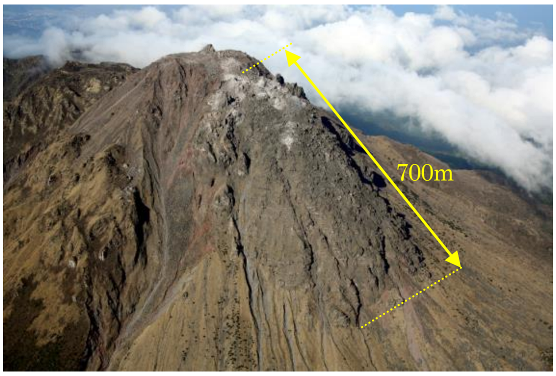

写真１　南東側からの溶岩ドーム

表１　使用した空中写真の諸元

撮影計画機関	国土地理院
撮影年月日	昭和62年（1987年）9月19日
整理番号	KU873X
コース番号	C18、C19、C27
撮影高度	3400m
撮影縮尺	1:20,000
カメラ	RC10
焦点距離	153.440mm
写真枚数	計14枚

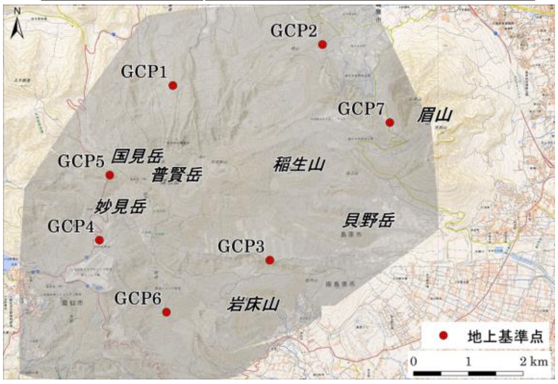

図１　昭和 62 年オルソ作成範囲と地上基準点位置図
（背景図には国土地理院の標準地図を使用）

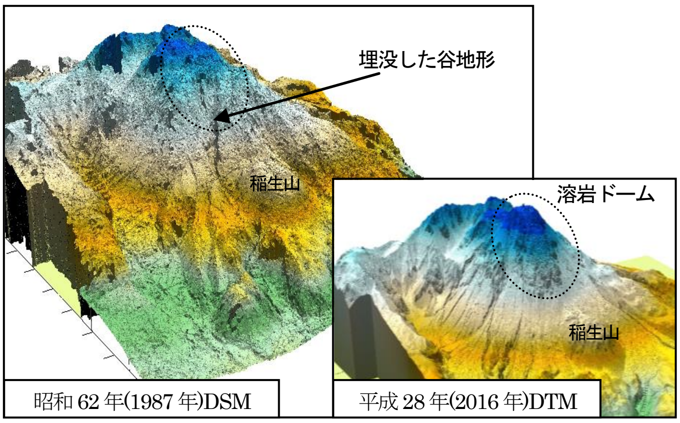

図２　雲仙普賢岳の地形モデル鳥瞰図
左：昭和 62 年（溶岩ドーム形成前），右：平成 28 年（溶岩ドーム形成後）

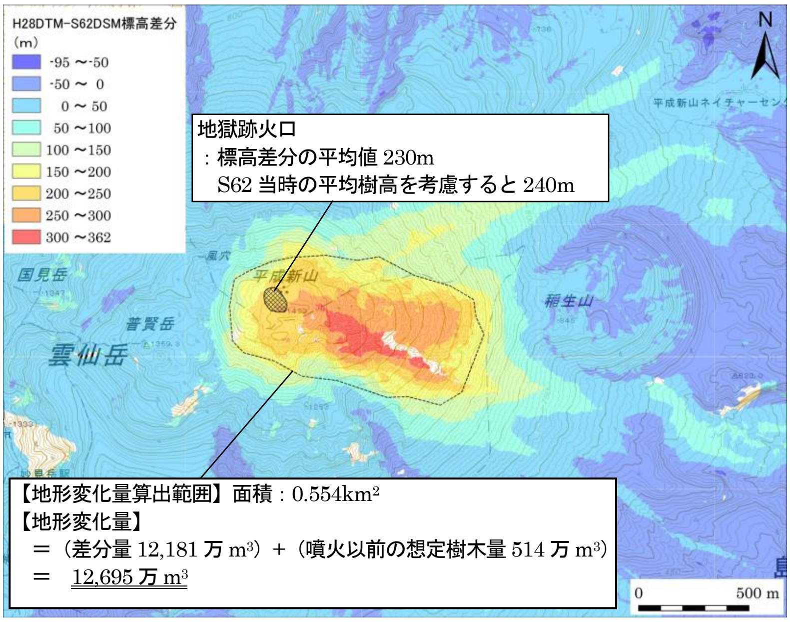

図 3　平成 28 年 DTM－昭和 62 年 DSM 標高差分図
（背景図には国土地理院の標準地図を使用）

表 2　平均的な樹木量の算出

No	面積(km^2)	樹木量(m^3)	単位面積あたり樹木量(m^3/km^2)
1	0.266	3,007,999	11,326,320
2	0.296	2,300,807	7,774,703
3	0.315	2,163,448	6,872,999
4	0.129	976,359	7,594,045
5	0.048	615,165	12,828,223
単位面積あたり平均樹木量			9,279,258

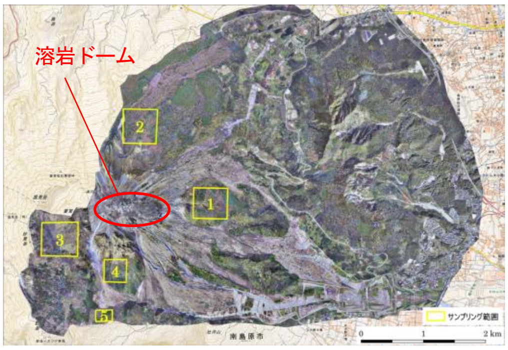

図 4　樹木量算出サンプリング範囲
（背景図には国土地理院の標準地図及び平成 28 年撮影オルソを使用）

3. 溶岩ドーム形成前後での標高差分解析

3.1　溶岩ドーム形成前の樹木量の推定

溶岩ドーム部の地形変化量を算出するため，最新の平成 28 年航空レーザー計測データを用いて，昭和 62 年地形モデルとの標高差分解析（1m メッシュ）を実施した（図 3）。昭和 62 年地形モデルは植生の高さを含んだ DSM であるため，樹木の高さによって過剰に見積もられた体積（以下，樹木量）を標高差分結果より控除する必要がある。

そこで，昭和 62 年当時の想定される樹木量は，平成 28 年航空レーザー計測データの DSM－DTM 差分を行い，雲仙普賢岳周辺における単位面積あたりの平均的な樹木量を算出することから求めた（表 2）。樹木量を算出したサンプリング範囲は，昭和 62 年当時の植生が現存すると判断される箇所を中心として 5 箇所抽出した（図 4）。

溶岩ドームが形成された範囲は，オルソ平成 2 年噴火以前は一面森林に覆われていた。そのため，昭和 62 年当時の想定樹木量は，溶岩ドーム部の地形変化量の算出範囲面積 0.554km² に求めた単位面積あたりの平均樹木量約 928 万 m³／km² を乗じることで，514 万 m³ と算出された。

3.2　標高差分解析結果

溶岩ドーム形成前後での地形変化量は，平成 28 年－昭和 62 年の標高差分結果から想定樹木量を控除すると約 1.27 億 m³ と推定された（図 3）。また，地獄跡火口付近での平均標高は，推定した樹木量から割り戻した平均樹高 9.3m を差し引くと平均 240m 上昇したと推定される。

3.3　既往の火山噴出物量との比較

石川ほか（1996）※1) では，溶岩ドーム形成直前の平成 3 年から噴火活動が終息した平成 8 年の 13 時期の航空写真を図化した地形図から 50m メッシュの DTM を作成し，溶岩ドーム体積量及び火砕流堆積土砂量を算出した。その結果，雲仙普賢岳全流域の噴出土砂量（＝溶岩ドーム体積＋火砕流堆積物量）は 2 億 1,280 万 m³ であったとしている。また，雲仙復興事務所では，溶岩ドームが形成したことで火口は 240m 高くなり，雲仙普賢岳山頂部には約 1 億 m³ の火山噴出物が依然堆積していると公表されている。

今回推定した溶岩ドーム形成前後での地形変化量 1.27 億 m³ は，既往の推定値とも整合的な結果である。今後は，今回と同様の手法にて噴火活動の終息した平成 8 年当時の三次元地形モデルデータを構築して，近年の航空レーザー計測データと比較することで，溶岩ドームの中期的な変動傾向の把握に活用できるものと考えられる。

4. 熊本地震による崩落

平成 28 年 4 月に発生した熊本地震により，雲仙普賢岳周辺では 14 日に震度 4 を，16 日には震度 5 弱～5 強を観測している。

熊本地震発生前後の 2 時期（平成 27 年 11 月，平成 28 年 11 月）に実施された航空レーザー計測データを用いて標高差分解析を実施した結果，熊本地震によって崩落した可能性の高い岩塔及び巨礫が把握できた。この結果についても，ポスター発表にて報告する。

＜参考文献＞
1）石川芳治ほか（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量，砂防学会誌，Vol.49，No.1，pp.38－44