

2. 研究の詳細

プロジェクト名	防災支援のための空中写真 3D 化とオルソ化評価試験		
プロジェクト期間	平成 28 年度		
申請代表者 (所属講座等)	黒木貴一 (社会科教育講座)	共同研究者 (所属講座等)	なし
<p>①研究の目的</p> <p>火山活動では、それに伴う火砕流、火山灰、火山礫などによる直接被害に加え、その後の斜面崩壊や土石流などの二次移動による被害が注目された。このような二次移動の範囲と終息は、空中写真による判読及び現地測量から判断される。しかし噴火停止後は人々の関心が低下し、観測や測量間隔が長くなるため、実際には二次移動の終息は、判断に必要な時期の客観的データが乏しく難しい。また今日まで二次移動の場と様式の検討は土木工学的な課題となることが多く、地理学的な斜面のレジリエンス(安定化過程)として研究課題に挙げられることがなかった。本研究では、新燃岳噴火の停止後の火山斜面を例に、衛星データ等により土層や植生の環境条件と変化を解析し、二次移動に関して斜面に対する現地調査を行う。さらに地形の簡易計測結果を衛星データ解析結果と対照して情報を統合化し、二次移動の終息判断に活用できる斜面レジリエンスの基礎的な研究を行う。</p> <p>②研究の内容</p> <p>雲仙普賢岳の東麓を対象として、1990 年から 1995 年の雲仙普賢岳噴火の火砕流堆積物の土石流や掃流による二次移動の発生と停止、その地形安定化過程を SfM(Structure from Motion)と GIS により写真評価した。水無川上流に扇形を示す火山麓扇状地内に試験範囲を設定した。縮尺は 1 万分の 1 程度のカラー空中写真と自ら撮影した高解像度の空中写真を使用した。各時期の写真から 3D モデルを計算し、オルソ画像と陰影図を作成し、現地調査の結果を踏まえて、火山麓扇状地の標高変化と微地形との対応を明らかにした。その結果、試験範囲における SfM による空中写真の 3D 化とオルソ化では、地形及び標高変化を視覚化し、現地の微地形分布を加味すれば、火山麓扇状地の地形発達過程を推定できることが分かり、火山山麓の土砂災害の履歴を復元することに対して、十分な資料を提示できることが示された。</p> <p>③研究の方法・進め方</p> <p>雲仙東麓で進められている砂防事業の及ばない被災当時の地形の残る領域のうち、火山麓扇状地を囲む試験範囲 M と S を設定した。範囲 M では地形、表層地質、植生の現地調査を行った。また大縮尺のカラー空中写真(国土地理院撮影の 1975 年 1-2 月と 2015 年 5 月、国際航業撮影の 1993 年 7 月、9 月、1998 年 9 月、雲仙復興事務所撮影の 2004 年 2-3 月)による地形解析を実施した。両者から地形発達過程を推定した。範囲 S では UAV(Unmanned Aerial Vehicle)を利用し空中写真撮影を行い、詳細な地形情報の取得を試みた。GCP(Ground Control Point)は、基盤地図情報の「建築物の外周線」と「道路縁」と「数値標高モデル(5m メッシュ)」から、1975 年から 2015 年を通じて変化のない道路交点 12 点を定めた。SfM でオルソ写真と DEM(解像度約 0.5~1m)を作成した。DEM から陰影図、等高線、標高変化量を計算した。各解析でオルソ写真と DEM を作成し、地形発達過程を示唆する微地形の抽出を試みた。</p> <p>④実施体制</p> <p>研究代表者を中心に実施した。現場適用試験では、本学大学院生の支援を得た。また研究年度以前に西南学院大学の磯教授との共同研究の中で現地調査に協力いただいている。また事前に自然地理学関連実習・演習内で現場を想定した地形計測練習も実施した。</p> <p>⑤平成 28 年度実施による研究成果</p> <p>1)研究対象地域</p> <p>島原半島の雲仙で生じた 1990 年代の噴火活動では、山頂部に溶岩による平成新山(1483m)が形成され、開析谷を通じて東山麓には多くの火砕流が達した。図 1 は水無川流域の研究対象地域を示す。図東部では多数の導</p>			

流堤が設置され地形改変が進む。貯砂ダム内にはガリ(小さな谷)が多数認められ、現在も土砂移動が活発である。図西部では赤松谷に砂防堰堤が多数設置された。そこで改変が及ばない山麓に範囲 M と範囲 S を設定した。



図1 研究対象地域

2) 範囲 M の地形観察結果

地形モデルを用いて地点 1-9 で確認した微地形に関し説明する(図 2)。最下流の地点 1 と 2 では、洪水時に河道を溢流した土砂が数 m 規模のローブ状地形を形成し、

それぞれ重なり合いうろこ状を呈する。砂礫層断面には僅かに成層構造が見え、含有礫の長軸は水平に近いため、それぞれ掃流堆積物と考えられる。地点 3 では、溶岩塊が地表に現れる尾根状の地形に囲まれた場所に、10m 四方に広がる扇形のローブ状地形が見られる(写真 1)。前者は火砕流の一次堆積面の原面だが、表面は淘汰の良いソフトな掃流堆積物(径約 1cm 位の小礫)に覆われる場所が多い。後者は、溶岩の形成する狭窄部で河道を溢流し堆積したクレバススプレイと考えられる。地点 4 は谷底を砂礫が埋積しており河道の掘り込みはなく、原面は谷底に接している。地点 5 では原面間の谷幅が広がるが、谷底より数 m 高い緩斜面が形成されている。地形配置と形状より谷中に到来した土石流堆積物が残された段丘状地形と考えられる。緩斜面の谷側はローブ状地形が見られ、原面側は支流性のガリ侵食が進んでいる(写真 2)。地点 6, 7, 8 では、原面の側壁に明瞭な遷急線が形成され、それより谷側は植生が少なく砂礫が露出し、稀に小規模の開析谷が形成されている。最上流の地点 9 では開析前線を越える開析谷が形成され、そこに新しい開析前線が形成されている(写真 3)。

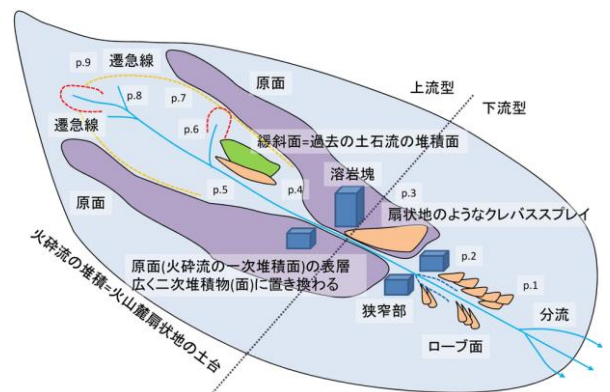


図2 範囲 M の地形モデル



写真1 地点3の景観



写真2 地点5の景観



写真3 地点9の景観

以上の地形特性から、現在の火山麓扇状地は、原面と谷底の比高が小さく、扇面に大小のクレバススプレイが重なり合い、標高の上昇する下流域、そして原面と谷底の比高が大きく、原面には遷急線や開析谷が、谷底には段丘状地形が残され、標高の低下する上流域に区分できた。

3) 範囲 M の標高変化からみた地形形成過程

空中写真の解析結果から撮影時期間の標高変化と地形変化を整理する。

1 期(1975 年 1-2 月～1993 年 7 月)

は、火砕流で最大 50m 以上標高が上昇した。2 期(1993 年 7 月～1993 年 9 月)は、上流部では標高上昇部内に最大傾斜方向に延長する低下部があり、土石流堆積物で全体が上昇した後にガリ侵食が進んだことを示す。下流部ではガリ末端から掃流堆積物による標高上昇が見られる(図 3)。3 期(1993 年 9 月～1998 年 9 月)は、扇面の標高変化は大変小さい。上流部では全体的に僅かな標高低下で面的な削剥が進む。扇面南縁の約 20m 幅を持つ線的な著しい標高低下で箱型のガリが形成された。ガリは下流ほど低下量が減少し、その末端から掃流堆積物による標高上昇が見られる。4 期(1998 年 9 月～2004 年 2 月)は、全体が標高上昇した。扇面南縁の幅広いガリは標高上昇し埋積され、ガリが断片化した。この過程で流下した土砂は、扇端付近で線的な標高上昇域を形成した。扇頂から東に最大幅約 100m で延長数 100m の標高上昇域があるが、埋積されたガリで流下を阻まれた土石流が、扇頂部で溢流し拡散したことを示す。これが範囲 M のガリ内への砂礫流入となり、そこに段丘状地形を残した可能性がある(図 4)。5 期(2004 年 2 月～2015 年 5 月)は、上流

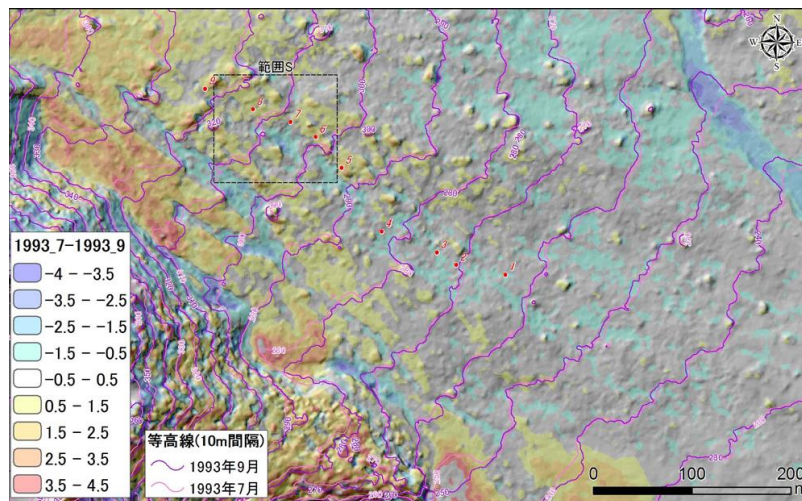


図 3 2 期の標高変化

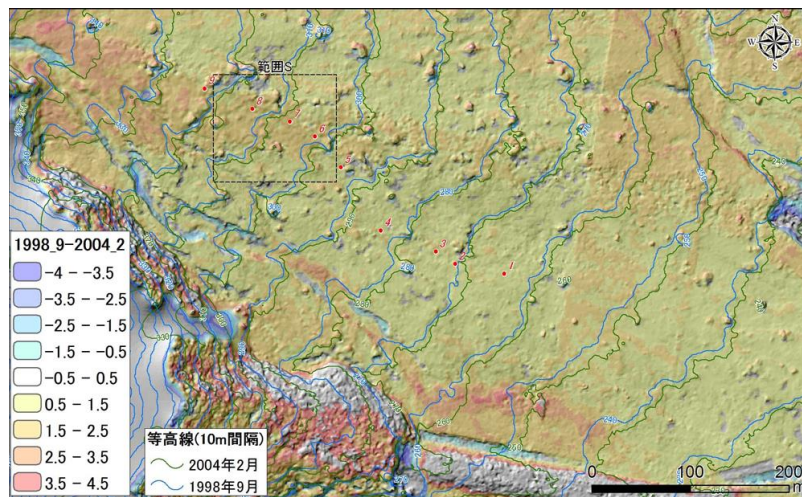


図 4 4 期の標高変化

側が全体的に僅かな標高低下で下流側は僅かな上昇である。扇面南縁の幅広いガリでは標高上昇が続き、ガリの形状が不明瞭となった。最上流部のみ攻撃斜面側の標高低下が認められる。この期、範囲 S は標高の上昇と低下の双方があり境界域となっている。この傾向は図 2 のモデルと良く一致する。

写真による解析に現地調査の結果を加味すると、数十年間の地形発達史が次のようにまとめられる。1 期の火砕流堆積直後に、2 期では土石流で扇状地形ができたもののその後の侵食があった。3 期は南縁のガリ形成が活発でその末端で土砂の堆積が進んだ。4 期は上流での土石流堆積、ガリの埋積、ガリ末端の土砂の堆積継続があった。5 期は上流が侵食で下流が堆積傾向になった。

4) 範囲 S の地形詳細

UAV による空中写真から作成された範囲 S のオルソ画像(図 5)と陰影図(図 6)を示す。図 5 中の 1-8 は溶岩巨礫に設置した GCP を示す。強風下で撮影できなかった範囲が西側に少し残る。図 5 では、種子の空中散布後に発芽した黄緑色の草本が広がる中に、緑色の木本が点在する分布が容易に読み取れる。草本の無い土砂が露出する場所は、樹枝状に広がっているため、土砂移動があつて着生しにくいガリが形成されていることを示す。図 6 は空中写真で作成した DEM を陰影図化し、計算した谷筋を重ねた。これより、本範囲には侵食が卓越し、その開析前線(遷急線)が 3 本識別できることが分かった。この存在意味に関しては、調査範囲を広げ、時間を置いた比較検討が必要となる。

5) まとめ

雲仙の東麓の火山麓扇状地の地形発達過程を、現地調査と空中写真を用いた SfM と GIS による地形解析から

検討した。1)火山麓扇状地は現在、標高の上昇する下流域と低下する上流域に区分できる。前者は、原面と谷底の比高が小さく、扇面に大小のクレバススプレイが重なり合う。後者は、原面と谷底の比高が大きく、原面には遷急線や開析谷が、谷底には段丘状地形が残されている。

2)市販の空中写真からの地形解析で、地形及び標高変化を視覚化でき、結果には1)の微地形分布を対応付けられた。これより扇状地内の侵食域と堆積域の地域区分、土石流、掃流の土砂の堆積域、ガリの形成やその埋積状況などで構成される火山麓扇状地の地形発達過程を実証的に推定できた。また UAV による空中写真を用いた地形解析では、1)以上に詳細なスケールで微地形を表現し解析できることが分かった。

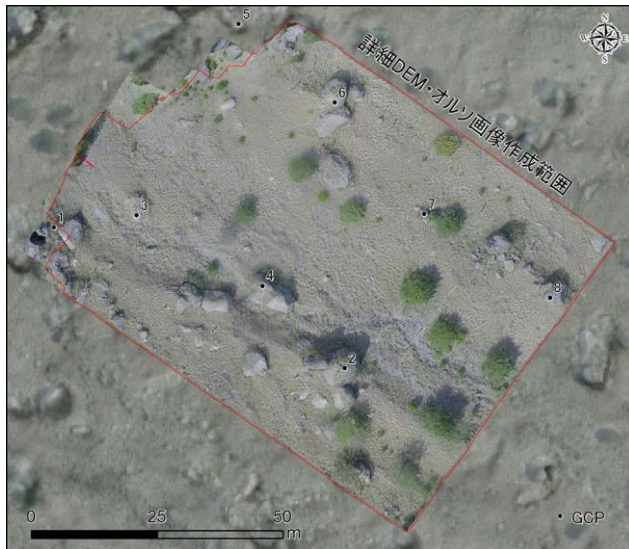


図5 UAVによる空中写真からのオルソ写真

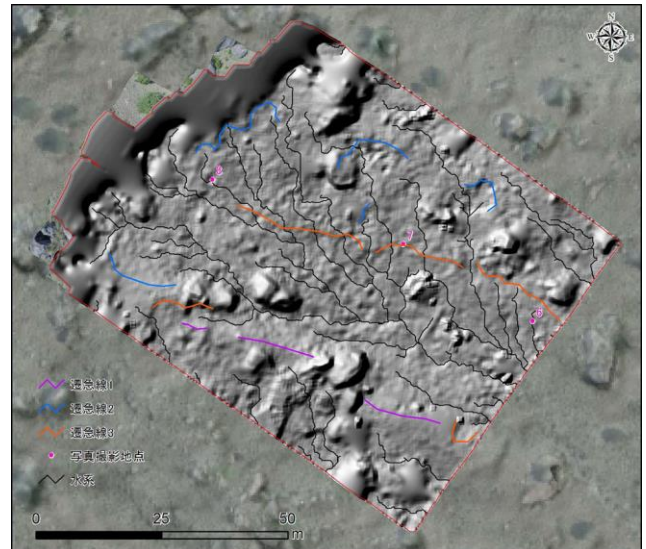


図6 UAVによる空中写真からの陰影図と解釈

⑥今後の予想される成果（学問的効果、社会的効果及び改善点・改善効果）

大縮尺のカラー空中写真は、災害につながる地形変化を効率的に面的に定量的に捉えられる確認がなされたため、アクセスが困難な又は視認が難しい場所に潜在する災害記録を適確に説明できる。これは記憶継承が鍵となる自然災害教育での現場説明や利用する映像データの信頼度を高められる。

SfMによる計算方法の試行錯誤に時間を要した警戒区域で可能な調査日時・経費の制約から現地調査は1回に止まった。同現場で将来再び調査でき、また別火山で同様の調査が実現すれば土砂二次移動量をより高精度に評価できると思われる。

⑦研究の今後の展望

本学紀要への投稿、日本第四紀学会での発表を計画している。研究成果は、大学での火山形成や景観を題材とする自然環境教育、火山災害を課題とする防災教育、教員免許状更新講習等に活用予定である。

⑧主な学会発表及び論文等

黒木一・出口(2017)：雲仙東麓の火山麓扇状地における1993年以降の標高変化。国際火山噴火史情報研究集会講演要旨集2016-2, 39-42.