

## 2. 研究の詳細

プロジェクト名	衛星リモートセンシングによる斜面レジリエンスの基礎的研究		
プロジェクト期間	平成 27 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>高千穂峰の山頂部を研究対象とした。2011 年新燃岳噴火では当該地域は 10 数 cm の降下テフラに覆われた。国土地理院(1976 年 10 月 22 日撮影)と林野庁(2011 年 9 月 23 日撮影)のカラー空中写真、QuickBird2 データ(解像度約 0.66m)(2011 年 2 月 1 日取得)を利用し、植物と土層分布を示し、各々の変化を判読した。その分布の変化場所を中心に降下テフラの二次移動の過程と植物の対応を現場確認した。次にテストサイトに基準点を設置し簡易レーザー測量を行って座標を計算した。各基準点を取り込む写真をデジタルカメラで撮影し 3D モデルを作成した。このモデルから土砂移動過程を中心とする現場観察結果を検証し、リモートセンシングによる火山斜面のレジリエンス評価の妥当性を検討した。</p> <p>③研究の方法・進め方</p> <p>衛星データ等の解析には GIS ソフト ArcView10 を使用した。テストサイトの基準点設置には簡易レーザー距離計、写真撮影はインターバル撮影が可能なデジタルカメラ GoPro HERO3、3D 解析ソフトは SfM (Agisoft の PhotoScan)を使用した。SfM で各写真からオルソ画像と DEM を作成した。基準点は画像上で特定できる場所とし、基盤地図情報の DEM から Z 座標を、その道路情報や陰影図から XY 座標を求めた。</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志學館大学の宗先生と鹿児島大学の岩船先生に高千穂峰の景観調査に協力いただいている。また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 27 年度実施による研究成果</p> <p>1)研究対象地域</p> <p>高千穂峰(1574m)の山頂部は溶岩流地形、火口、放射状谷など火山特有の地形で構成されている。高千穂峰西翼には御鉢火口がある。登山口の高千穂河原からは御鉢の西斜面と火口縁を通過して高千穂峰頂上に至る。</p> <p>2)衛星画像と空中写真による景観判読</p> <p>1976 年の空中写真(図 1)では、森林の緑、溶岩の赤～茶色が広がる。しかし頂上部は地形凹凸を示す陰影以外の色調変化が乏しい灰色と黄緑色の場所になっている。灰色の場所は、平行状の谷とその上流での無数のガリが見られ、そこに溶岩の巨礫が散在する。谷底やガリに対する凸部が緑灰色で、ここにミヤマキリシマ、コイワカンスゲが多く分布する。黄緑色の場所は主にススキが分布する。</p> <p>2011 年 2 月の衛星画像(図 2)では、降下テフラに覆われた森林が灰茶色に、それ以外の場所は灰白色に転じた。</p>			

特に山頂部は、植生が乏しい崩壊地や谷底・ガリ等の急傾斜地とともに、ミヤマキリシマやススキ等の植生なども降下テフラが等しく被覆したため、地形も植生もその境界が不明瞭となった。同年2月6日の山麓では層厚約10cmの軽石(直径約1cm)層を厚さ約5mmの灰白色の細粒火山灰が被覆して雪景色状だった。

2011年9月の空中写真では、急傾斜の崩壊地は、元の地表に当る溶岩が露出し濃茶や赤茶を示す場所と灰色の降下テフラに覆われる場所に分かれた。そこにはガリが掘られており、河川流による土砂移動があったことを示す。同年8月6日の山麓では、2月に存在した細粒火山灰は流出した軽石層内へ侵入し、表面は灰色の軽石が露出していたが、山頂部も同様だったと考えられる。その開析谷の谷底は掃流による降下テフラを主体とする土砂で河床が数m上昇しており、活発な土砂移動が山体全体で開始された。

### 3) 山頂部の地形と植生

2011年9月の空中写真にSfMで計算した2m間隔の等高線を重ねた(図3)。大規模な崩壊地、傾斜方向に平行に谷が発達する場所(地形型1)、等高線方向に灰色と緑茶色が繰り返す階段状構造の場所(地形型2)を識別できる。地形型1は、図2以後に凹部の谷は灰色で、植生のある凸部は緑茶色に転じ、両者による縞模様が鮮明化し識別された。灰色部では、緩やかな凹凸を示す陰影の違いが少し認められるが鮮明なガリは識別できないため、降下テフラの布状流による土砂移動が生じていると考えられる。地形型2は降下テフラによる灰色部の緩傾斜地と、植生による緑茶色部の急傾斜地が繰り返す。降下テフラの移動が植生で妨げられていると思われる。その延長は直下にある崩壊地谷頭(崩壊深約20m)の走向と平行なため、表層が深度20m程度の不連続線上でクリープしつつブロック化し、また溶岩等障害物により土砂移動が停滞して階段状地形を形成している可能性が挙げられる。

### 4) 現場観察した地形と植生

登山道周囲にはミヤマキリシマ群落が多く見られる。ミヤマキリシマ群落は斜面に島状に分布し、また溶岩の巨礫には瘤状に付着する。噴火前のミヤマキリシマ群落は、根系で確保されない土層が侵食されオーバーハングする凸地形を形成するものが多く、枝同士、地表と枝間には空隙が存在した。しかし噴火後は、降下テフラでミヤマキリシマ群落は頂部を残して埋没し、枝同士の空隙は降下テフラで充填された。そして2015年現在、ミヤマキリシマ群落の斜面下側で降下テフラが除去されて地表に現れ、枝が成長し始めた(図4)。登山道の斜面では溶岩片を混在させる降下テフラが、溶岩間のガリ状の鞍部を通じて移動し、下位の緩傾斜部で崖錐を形成する。このため、降下テフラがミヤマキリシマ群落を埋没する緩斜面と、ミヤマキリシマ

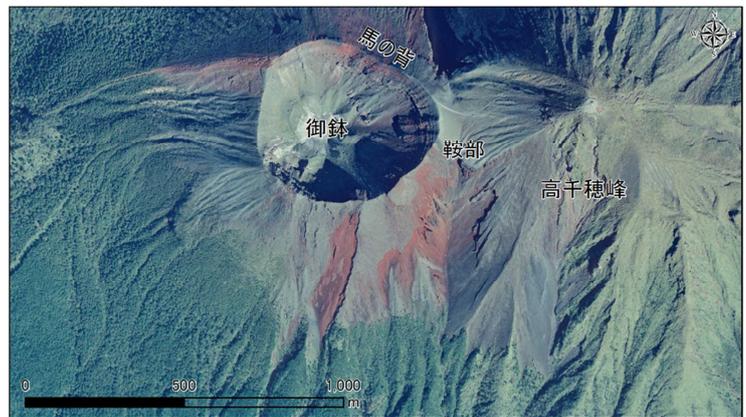


図1 1976年10月の山頂部



図2 2011年2月の山頂部

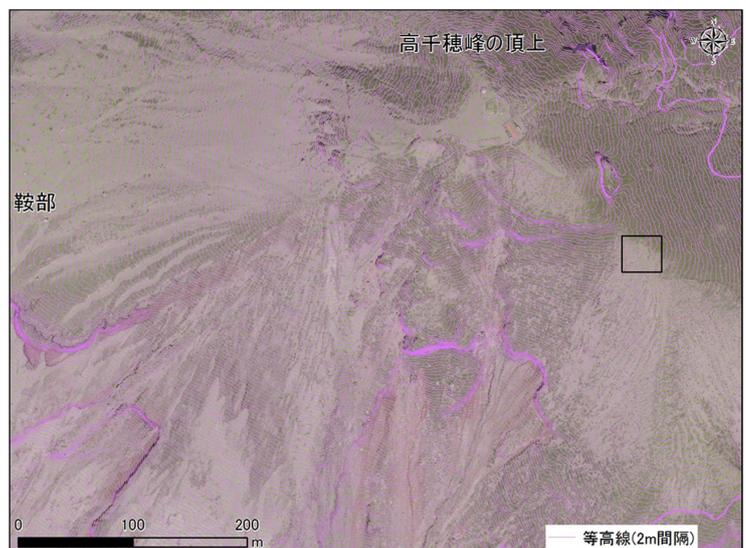


図3 2011年9月の山頂部

群落は露出する急斜面とで階段状地形が鮮明となる(図5)。ミヤマキリシマ群落内と登山道の斜面での降下テフラ移動は主に布状流だが、群落(溶岩)間のガリ状の鞍部では元の地表が露出することがあり、降雨時に浸透水が湧出したガリ侵食も部分的に進行していることが分かった。

### 5) 山頂部の地形計測

図3の東部に約20m四方のテストサイトを設けた。窓ふきの3段伸縮5m柄間にロープを張り、それより吊り下げたカメラで約5mの高さから5秒インターバルの撮影を実施した。カメラはレンズ部を切り抜いたチャック袋に封入した。基準点は地表に露出する溶岩とし、そこに対空標識を置いて撮影した。図6は作成した陰影図に等高線と水系を重ねた。水系の位置に明瞭なガリはなく降下テフラが見られる場合と、元の地表が露出する場合があり、これは降下テフラ移動が布状流と河水流両者によることを示唆している。等高線の形状より凸部の上側が緩傾斜で下側が急傾斜となっているため階段状構造が降下テフラ移動で強調されつつあることが示された。

### 6) まとめ

新燃岳噴火停止後の高千穂峰山頂部で地形変化を様々なスケールで観察した結果を整理し統合する。

a. 山頂部には、降下テフラの移動が開始された結果、崩壊地の他に、傾斜方向に平行に谷と尾根が繰り返す地形型1、等高線方向に緩急の傾斜地が繰り返す階段状構造の地形型2を識別できた。

b. 地形型1は火山地形特有の放射状谷によるものであり、降下テフラはミヤマキリシマ群落維持される凸部から凹部へ、凹部ではさらに下流へと移動する。地形型2は、表層クリープや溶岩等障害物による土砂移動の緩急を反映した階段状構造であり、降下テフラはミヤマキリシマ群落維持される崖では急速に除去され、ステップでは停滞する。両者とも主に布状流による土砂の運搬形式が推定されるが、一部湧水によるガリ侵食も確認した。

c. 山頂部の地形計測の結果、布状流と河水流による降下テフラの移動を示唆する微地形、降下テフラ移動により階段状地形が強調されつつある現況を読み取れた。

d. 山頂部の景観変化は、衛星画像と空中写真の観察に、現地調査やSfMによる標高分析を加え、山麓の観察結果も対照すると地形プロセスとの関連付けが容易になる。これより噴火後の火山斜面のレジリエンスはリモートセンシングによる画像判読結果から地形と植生の具体的変化をも示せるため、薄れていく災害に関わる景観要素であっても実質的な災害記憶の継承に有効活用できると思われる。

### 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)

衛星等リモートセンシング判読に現地の景観変化を対応付けられたため、景観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。

国立公園内の可能な調査方法確認に時間を要し、日程・経費上高千穂峰登頂による地形計測は1回に止まった。同現場で再計測が実施できれば火山灰二次移動を定量的に評価でき地形的なレジリエンス推定の確実度を向上できると思われる。

### ⑦ 研究の今後の展望

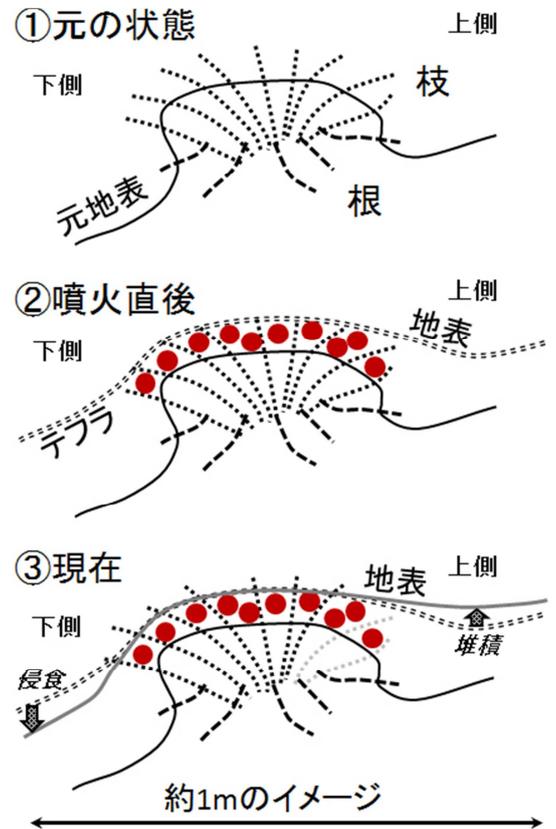


図4 ミヤマキリシマ群落の変化

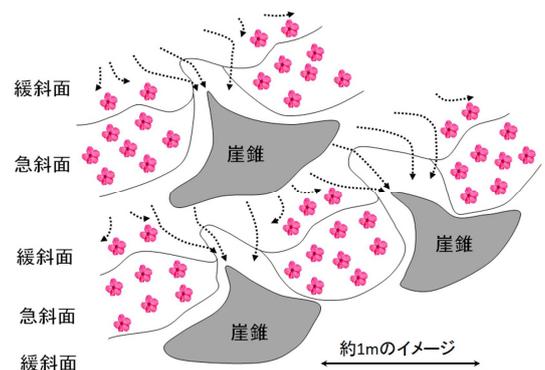


図5 階段状地形の降下テフラ移動

本学紀要への投稿, 日本地理学会へ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に活用予定である。

⑧主な学会発表及び論文等

黒木・黒田(2015): 狭範囲に対する写真撮影と SEM 利用方法の検討. 九州応用地質学会, 平成 27 年度(第 31 回)研究発表会論文集, 7-10.

黒木ほか(2016): 高千穂峰山頂部の微地形と降下テフラ. 自然災害研究協議会西部地区部会報・論文集, 第 40 号, 33-36.

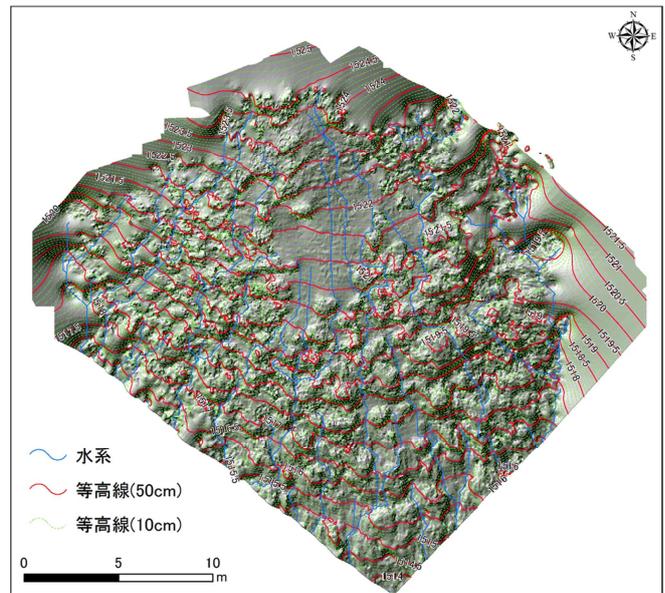


図 6 テストサイトの地形解析結果