

新潟大学災害・復興科学研究所
共同研究報告書

融雪型火山泥流リアルタイムハザードマップのための
山地積雪水量推定方法の研究(4)

研究代表者氏名 荒川 逸人¹⁾

研究分担者氏名 安達 聖¹⁾ 富樫 数馬¹⁾ 保科紳一郎²⁾ 的場 澄人³⁾ 森 章一³⁾
佐藤 陽亮³⁾ 諸本 大輝⁴⁾ 松元 高峰⁵⁾ 河島 克久⁵⁾

1) 防災科学技術研究所雪氷防災研究センター 2) 鶴岡工業高等専門学校

3) 北海道大学低温科学研究所 4) 新潟大学大学院自然科学研究科 5) 新潟大学災害・復興科学研究所

研究要旨

積雪期の火山噴火に伴う融雪型火山泥流の影響範囲や到達速度をリアルタイムに推定するため、既存の気象、画像データ等を用いた機械学習による山地積雪水量推定手法の開発を目指し、蔵王山の蔵王川源頭部で積雪調査を実施した。インターバルカメラ2台を設置し、1号機は結露の影響で不鮮明画像が部分的に見られた。2号機はLTE圏外となり、画像のリアルタイム取得ができていない。UAV空撮2回と積雪水量調査から、積雪密度は谷地形 502 kg/m^3 、ハイマツ群落 393 kg/m^3 、礫地 275 kg/m^3 であった。2026年3月14日の積雪深は平均0.8m、最大10.7m、積雪水量は平均405mm、最大5354mm。これらは高度増加に伴い大きくなり、1300~1400mで最大となるが、さらに高度が上がると減少傾向を示し、強風や疎林化の影響が示唆された。

A. 研究目的

積雪期の火山噴火時の融雪型火山泥流について、その影響範囲や到達速度などについてリアルタイムに推定し、火山活動の状況変化に応じた適切な避難行動をとるための情報提供が必要なことから、噴火時の当該斜面流域における積雪水量の空間分布とその時間変化を精度よく推定できていることが求められている。

そこで本研究では、既存の気象観測施設や火山監視施設等で得られる気象・画像データを用いて、機械学習によって山地積雪水量を推定する手法の開発にむけて、現地積雪水量調査、融雪想定エリアのインターバル撮影、既存気象・画像データの収集を実施した。本報告では、今冬期における現地積雪水量調査、融雪想定エリアのインターバル撮影について報告をする。

年5月)(蔵王山火山噴火緊急減災対策砂防計画検討委員会, 2015)(以下, 蔵王火山砂防計画)の想定融雪範囲のうち, UAV空撮のためアプローチのしやすさ, カメラ設置が可能な場所を検討し, 蔵王山山形側の蔵王川源頭部を対象流域とした(図1)。



図1 調査位置図(国土地理院地図を利用)

B. 研究対象流域

蔵王山火山噴火緊急減災対策砂防計画(平成27

C. 研究方法

C-1 インターバルカメラ設置

単管にカメラモジュールを埋め込んだカメラ（以下、単管カメラ）を2箇所に設置し、ひとつは流域全体を撮影し、もうひとつは谷地形を対象に撮影した。カメラの名称はそれぞれ1号機、2号機とした。1号機は、2025/11/4に設置した。システム構成は昨年度と同じで、電源部は200Wソーラーパネルと12V120Ahバッテリーから構成され、PCによってカメラを制御した。PCはタイマーによって6時から18時に1時間毎に合計13回、起動・撮影・終了が制御された。2号機は、2025/12/20に設置した。太陽光パネルを設置せずバッテリーのみで稼働する設計とし、Raspberry Pi Zeroでカメラを制御し、1日の撮影回数を3回とした。どちらもLTE回線を利用し、画像の転送ができるようにした。

C-2 積雪水量調査

蔵王川源頭部（標高1700m付近）は、深く開析された溪谷状の谷地形と、緩傾斜の平坦面上にハイマツ群落と礫地がモザイク状に分布する地形で構成されている。景観から積雪状態の差異は推察されたものの、定量的な違いがわかっていなかった。そこで、谷地形、ハイマツ群落、礫地での積雪水量調査を行った。調査日は谷地形が2026/3/12、ハイマツ群落と礫地は2026/3/13であった。谷地形の調査では2026/2/22のUAV調査から積雪深が5~6mになる地点を選定し、積雪の採取にはハンドオーガーを使用した。

また、2026/3/13には標高1000mから1700mまで標高100m毎に標高別積雪水量調査をおこなった。

C-3 UAV撮影

今冬期は、融雪想定エリア付近においてRTK-UAV(Phantom4 RTK)を用いた空撮を2回実施した。1回目は2026/2/22で、2回目は2026/3/14であった。両日ともに風が強く飛行に難航した。特に2回目は雲の中に入ってしまったため、想定した撮影範囲をすべて撮影することができなかった。

D. 結果と考察

D-1 インターバル撮影

単管カメラ1号機については、昨冬期と同様に晴天日での撮影は成功しているが、結露によりクリアな写真が取れなかった日があった。

単管カメラ2号機については、設置前情報ではLTE回線のエリア内ということであったが、実際にはエリア外となってしまうため、現時点では画像の取得ができていない。

D-2 融雪想定エリアでの積雪深・積雪水量

2026/3/14に撮影した空撮画像をPPK処理によって位置補正をした後、SfMソフトにより雪面DSM作成した。楕円体高に変換した地理院標高DEMとの差分を計算し、20cmメッシュの積雪深分布を作成した（図2左）。

一方、積雪水量調査より、谷地形、ハイマツ群落、礫地における積雪密度は、それぞれ502 kg/m³、393 kg/m³、275 kg/m³と求められた。今回はハイマツ群落と礫地の面的な区分ができていない。ハイマツ群落、礫地における積雪深の測定値はそれぞれ28cm、12cmであったことに加え、景観から緩傾斜の平坦面では積雪が0.5mに満たない程度であったので、ここでは便宜的に、積雪深が0.5m未満の場合は積雪密度350 kg/m³、積雪深が0.5m以上の場合は500 kg/m³と仮定して積雪水量分布を求めた（図2右）。2026/3/14の空撮では、対象としている流域のうち、流域1と2は撮影ができなかった部分が多く、今回は流域3~5について計算対象とした。流域5についても撮影できなかった領域はあるが、ここは尾根上で積雪深が少ないため、今回は計算対象に含めた。積雪深および積雪水量の分布から、平均積雪深は0.8mで最大積雪深は10.7mであった。平均積雪水量は405mmで、最大値は5354mmと推定された。地盤のデータとしては国土地理院のDEMを使用しているため、ハイマツ群落の起伏を考慮できていないことから、夏季のUAV測量を実施しハイマツ群落の高さを考慮する必要があると考えられる。

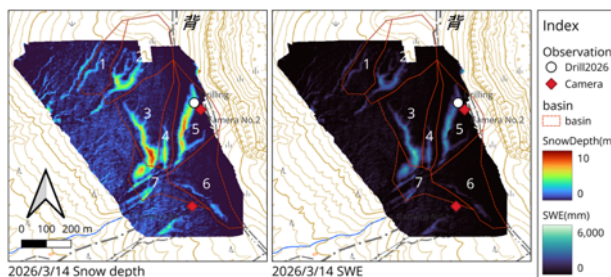


図2 2026/3/14のUAV測量結果。左は積雪深分布図で、右は積雪水量分布図（国土地理院地図を利用）

D-3 標高別の積雪深・積雪水量

2026/3/13 に実施した標高別の積雪水量調査と UAV 測量による測定結果を図 3 と図 4 に整理した。

図 3 は標高別積雪深変化図を示す。積雪深は標高 1000 m から標高 1300~1400 m にかけて増加し、そこから高度が上がるにつれて積雪深は減少する傾向が見られた。UAV 測量による平均積雪深が積雪深の減少の延長に来るような結果であった。ただし、より正確に求めるためにはハイマツ群落の高さや分布の情報が必要である。一方で、沢地形での積雪深がはるかに大きいため、その影響がどの程度かについて検討が必要である。

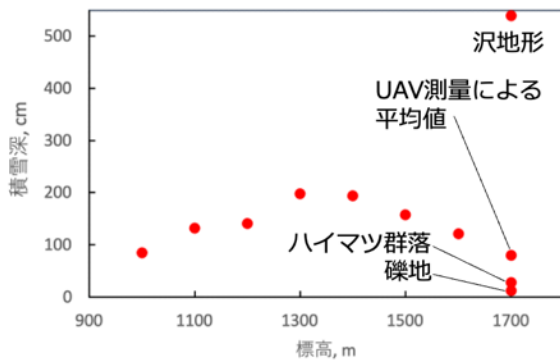


図 3 標高別の積雪深変化図

図 4 は標高別積雪水量変化図を示す。積雪水量もは標高 1000 m から標高 1300 m にかけて増加傾向を示すが、標高 1200 m では減少した。標高 1300 m から高度が上がるにつれて積雪水量は減少する傾向が見られた。UAV 測量による平均積雪水量は、標高 1500~1600 m 付近と同程度の値となった。蔵王川流域は冬期の風向は主に西よりで、流域を上昇するように強い風が吹く。標高 1500~1600 m 付近からは樹林は疎になっていき、特に風が強くなる傾向にある。そのため、積雪水量は標高 1400 m から減少が始まっていると考えられる。

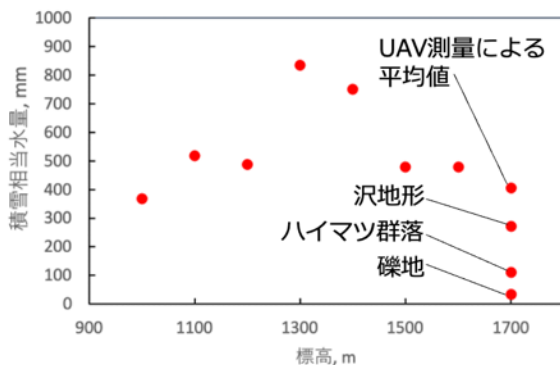


図 4 標高別の積雪相当水量変化図

なる傾向にある。そのため、積雪水量は標高 1400 m から減少が始まっていると考えられる。

D-4 蔵王川源頭部における雪の積もり方

図 5 は今冬期の 3 時期に蔵王川源頭部から下流方向を撮影したものである。谷地形では初冬期にあたる 12 月には沢地形の半分程度は埋まり、融雪期初期にはほぼ飽和状態となっていた。1 月のうちには谷地形では積雪は飽和となると想像された。一方で、緩傾斜の平坦面では積雪の増加はほとんど見込まれず、厳冬期はこの一帯では積雪深が定常状態を保つようになると考えられる。



図 5 蔵王川源頭部から下流をみた状況。左から 2025/9/15 (無積雪期), 2025/12/6 (初冬期), 2026/3/14 (融雪期初期) に撮影。

E. まとめ

火山噴火時の融雪泥流の対象となる斜面における積雪水量を推定するための現地調査を蔵王川源頭部において実施し、平均積雪深は 0.8 m, 最大値は 10.7 m, 平均積雪水量は 405 mm, 最大は 5354 mm という結果を得られた。

謝辞

蔵王ライザワールド株式会社および(一社)上山山岳会にはカメラの設置に関してご助言・ご協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

雪氷研究大会 (2023・郡山), 2023 年 9 月, 福島県郡山市

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

なし