

## 糸魚川市柵口地区で発生した雪崩事例に対する発生区の分析

榎直人<sup>1</sup>・高原晃宙<sup>2</sup>・渡辺伸一<sup>1</sup>・吉柳岳志<sup>1</sup>  
(1:土木研究所 2:旧:土木研究所 現:国土技術政策総合研究所)

### 1. はじめに

当センターでは、毎年多数の雪崩が発生している糸魚川市柵口地区において、複数台のカメラ、地震計、積雪深計・温湿度計等の気象観測装置を設置し、観測を実施している。それらの観測に加えて、2022年度からは UAV を用いた雪面地形の計測を行っている。本報告では、UAV により取得した雪崩発生区付近における雪崩発生前後の雪面地形の比較から雪崩発生区を抽出し、発生区の分析を行った結果を紹介する。

### 2. 方法

調査の対象地は、権現岳の東側斜面である(図 1)。当該斜面の標高 250~600m 付近は緩い勾配であり、標高 600m から山頂(標高 1104m)付近までは急斜面をなし雪崩が毎年発生している。1号誘導工が設置されている標高 520m 付近に観測機器を設置し、この地点から雪崩発生区・走路及び堆積区の画像(10分毎の静止画, 1秒間隔のコマ送り動画)をカメラで撮影した。また、地震計による雪崩震動記録及び積雪深・温湿度等の気象データを取得した。UAV 地形計測では、RTK-UAV(基準局と GNSS を用いて、cm オーダーの高精度な測位が可能な無人航空機)を用いて自動航行による連続写真撮影を行った。



図 1 権現岳の東側斜面の全景  
(2023年3月1日10時50分撮影)

2022-23 冬期の観測では、6 回の雪崩が確認されているが、そのうち 2 月 28 日から 3 月 1 日にかけて発生した雪崩について発生前後のデータが得られ、分析を行った。雪崩の諸元を表 1 に示す。

UAV による連続写真撮影日は、雪崩の発生前後である 2023 年 2 月 24 日及び 3 月 1 日である。連続写真から SfM ソフトウェア(二次元写真データから三次元形状を復元)を用いて三次元モデルを作成し、GIS 上で雪崩発生前後の 2 時期比較を行った。地震計データ及びカメラ撮影画像の情報から、雪崩発生状況及び雪崩発生区の境界を推定した。この雪崩発生区範囲についてオルソ画像及び元地形を用いた縦断面図から、雪崩発生区の特徴を抽出した。

### 3. 結果

GIS 上で雪崩発生前後の 2 時期比較を行った結果及び、カメラ撮影画像と地震計による観測結果から、図 2 に示す範囲で雪崩が発生していた。2 時期比較及びオルソ画像のみでは 1 回の雪崩によるものと考えられた現象が、2 回に分かれて発生していた(図 3)。雪崩発生区範囲とその付近の雪崩発生前オルソ画像から、雪崩発生区の上端付近では、明瞭なクラックがいくつも確認された(図 3)。さらに、雪崩発生区範囲の縦断面形状及び雪崩発生前のオルソ画像からは、1・2 回目雪崩境界付近及び 2 回目雪崩発生区の上端境界部では、元地形の勾配が急変していること(図 4)、2 回目雪崩発生区の上端境界部は、クラック発生位置と重なっていることが確認された。なお、対象とした雪崩は雪崩発生後のオルソ画像で岩盤の露出が確認されたことから、全層雪崩と判断した。

### 4. まとめ

柵口地区で発生した雪崩 1 事例を対象に、UAV-SfM を用いて雪崩発生区を抽出し、それらの範囲の分析を行った結果、雪崩発生前後の三次元モデルだけでなく、カメラ撮影画像、地震計データを活用することで、1 回の雪崩と考えられた現象が、複数回にわたって発生していたことが確認された。また、全層雪崩の前兆現象であるクラックの発生が、雪崩発生前オルソ画像から確認された。加えて、元地形の勾配が急変する箇所が、雪崩発生区の上端となっていることがわかった。

表1 対象とした雪崩の諸元

発生日時	2023年2月28日21時50分(1回目) 2023年3月1日10時45分(2回目)
発生標高	760m~830m(1回目) 830m~870m(2回目)
雪崩の分類	面発生全層雪崩
推定雪崩量	約3000m <sup>3</sup> (1回目) 約4000m <sup>3</sup> (2回目)

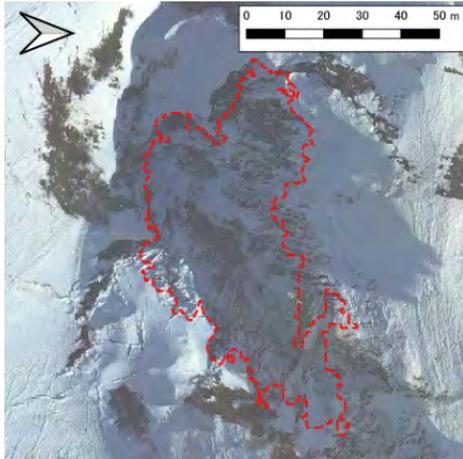


図2 雪崩発生区と雪崩発生後のオルソ画像  
(UAV撮影日:2023年3月1日)

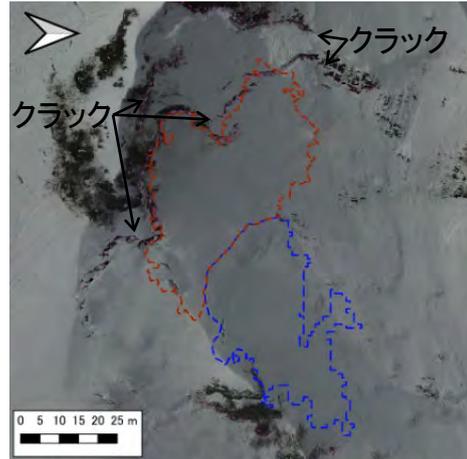


図3 1回目の雪崩発生区(青), 2回目の雪崩発生区  
(赤), クラック及び雪崩発生前のオルソ画像  
(UAV撮影日:2023年2月24日)

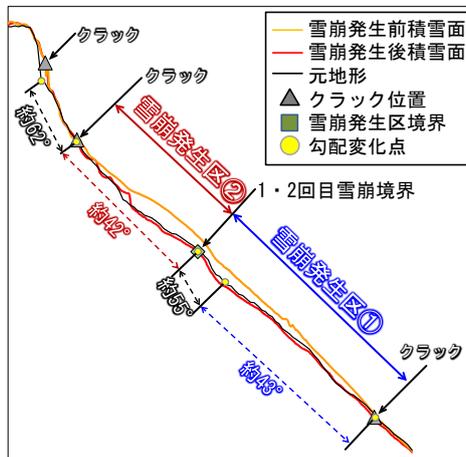


図4 雪崩発生区範囲の縦断図