

写真解像度等に応じた AI・画像解析による降灰厚測定の精度検証

国土交通省 九州地方整備局 九州技術事務所 矢野敦久, 井上遥
日本工営(株) ○新蔵千沙都, 田方智, 古木宏和

1. はじめに

火山噴火時の緊急調査を行う指標として、降灰範囲、降灰厚の情報が必要とされる。噴火発生時には噴火警戒レベルによる立入禁止区域が設定され、また離島火山においては、立入禁止規制により島内に立ち入ることができない可能性も考えられるため、遠隔での降灰監視が求められる。火山灰堆積厚さを測定できる降灰マーカーは平板の上に 1cm・2cm・3cm ごと等に色と形状を変えたマーカーを設置し、火山灰が堆積した際におおよその堆積厚を把握するものである¹⁾。降灰マーカーの監視は固定カメラや UAV 等によりマーカーを写真撮影し、監視を行うことが想定されているが、人が常時固定カメラを監視することや、多点の監視を行うことは労力がかかる。また、必ずしも近辺に固定カメラを設置できるとは限らないため、解像度の高い画像を取得することが困難な場合もある。

本稿では、AI および画像解析技術を活用した降灰監視手法の検討として、解像度が異なる撮影画像に対し、AI・画像解析による降灰厚の測定精度の検証を行った。

2. 降灰厚の測定の精度検証

2.1 検証概要

本検証は、有村 3 号堰堤の左岸側袖部に設置している降灰マーカーを対象に実施した。撮影条件が異なる簡易監視カメラ画像と UAV カメラ画像を用いて AI・画像解析を行った。簡易監視カメラは Hyke カメラ(LT4G クラウド)、UAV は Mavic 3 PRO (DJI) にて撮影を行った。簡易監視カメラの撮影条件を表-1 に示す。降灰の有無による検討を行うため、人為的に降灰をさせた。撮影距離は 1m と 5m とした。撮影方向は正面方向と斜め方向とし、計 12 ケースについて検証を行った。UAV カメラ画像の条件は、降灰無および降灰 1cm、光学ズームなしと 7 倍、撮影高度は 20m、30m、50m、撮影方向は正面方向と斜め方向の計 24 ケースとした。

表-1 簡易監視カメラ検証ケース

No.	①降灰の有無	③撮影距離	④撮影方向
1	降灰無し	1m	正面
2		5m	
3		1m	斜め
4		5m	
5	降灰有り (0.5cm)	1m	正面
6		5m	
7		1m	斜め
8		5m	
9	降灰有り (1cm)	1m	正面
10		5m	
11		1m	斜め
12		5m	

2.2 解析手法

降灰マーカー画像の取得から降灰厚測定までの流れを図-1 に示す。古木ら²⁾はマーカー画像に対し、バーチャルメジャーを設定し、メジャー上のピクセル数から降灰厚を自動計測する仕組みを検討した。一方、本検証では、降灰堆積により側面の塗色が見えている面積比より降灰厚を推測する仕組みである。まず AI により、降灰マーカーの土台、丸マーカー、三角マーカー、四角マーカーを検出し、検出した部分の画像を切り出す。次に、切り出した画像に対して、画像解析により、見えている塗色部分のみ抽出する(マスク処理)。測定は、マスク処理で抽出した塗色部分のピクセルの割合から、降灰厚を推測した。ここでの留意点は、AI は物体検出までであり、画像の切り出しや塗色部分の抽出は画像解析による処理である。降灰厚 0cm の推測例を図-2 に示す。

2.3 物体検知の精度

監視カメラ画像および UAV カメラ画像において、AI により丸、三角、四角の 3 分類の物体検知を行い、正解率を算出した。物体検知の結果、監視カメラ画像の撮影距離 1m では 99.6%、撮影距離 5m では 48% の検出率であった。

また UAV カメラ画像では、ズームなしの場合、降灰マーカー自体ぼやけて見えるため、マーカーの検出が難しかった。一方、ズーム 7 倍では、概ね検出が可能であった。

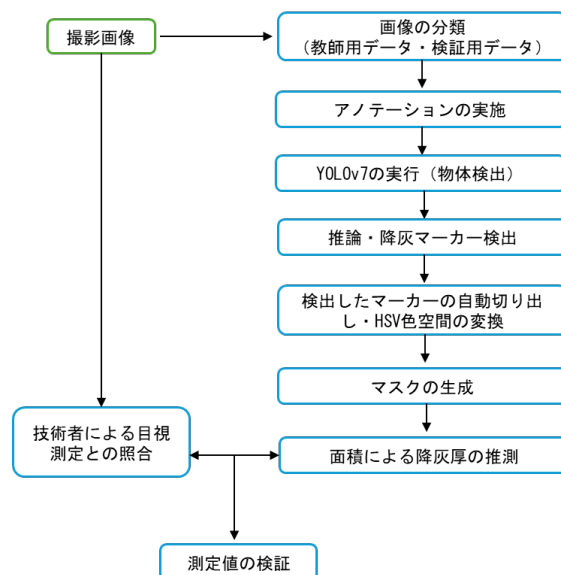


図-1 降灰厚測定手法のフロー



図-2 降灰厚 0cm 判定の結果例

2.4 推論結果

画像解析によって抽出した塗色部分のピクセル数から降灰厚の測定したときの再現率および適合率を算出した。再現率は、目視測定を正としたもののうち、どれだけ画像解析の結果が正と予測できたかを表す。適合率は、画像解析による判定が実際に正と一致している割合を表す。

(1)監視カメラ画像

丸マーカー(1cm)では、表-3 の通り正面方向の撮影距離 1m の場合、再現率が 78~100%であり、概ね判読ができていたが、撮影距離 5m になるとマーカーの検出ができておらず、表-4 に示すように再現率が 0%であり、判読が難しい。これは斜め方向の場合も同様な結果となった。また、マーカー別に再現率を比較すると、表-3 および表-5、表-6 に示す通り、降灰 0cm においては、三角マーカー(2cm)を除き判読ができていたことが示された。三角マーカーについては、台座上の 3 つの三角マーカーのうち 2 つのマーカーが側面の青色が薄くなっている。色が濃い 1 つのマーカーのみ検出できているため、再現率が低下した結果となった。一方、側面の青色が濃ければ 0cm の測定は可能なことが示された。また降灰 0.5cm, 1cm の場合、丸マーカーの再現率が 78~100%が最も高くなり、三角マーカーになると再現率が 27~60%および四角マーカー(3cm)になると 51~58%と低下した。これらについては、画像解析では降灰が無い場合とマーカーが全て埋まった状態では高い精度で判読ができていた。一方、降灰 1cm の場合において、三角マーカーでは、抽出する側面部分の割合が 0 の場合は、誤判定としているエラー枚数を合計枚数から除くと、再現率は約 92%となり、丸マーカーの次に再現率が高くなる。一方、四角マーカーのような全体の 1/3 のみ埋まっている状態の測定厚を判定することは目視でも難しいため、画像解析でも精度が低下することが示された。

表-3 降灰厚推論結果(丸マーカー, 正面 1m)

正面1m, 丸マーカー			推論			
			0cm	0.5cm	1cm	再現率
実際	0cm	合計: 66	66	0	0	100%
	0.5cm	合計: 60	13	47	0	78%
	1cm	合計: 56	0	0	56	100%
	適合率		84%	100%	100%	

表-4 降灰厚推論結果(丸マーカー, 正面 5m)

正面5m, 丸マーカー			推論			
			0cm	0.5cm	1cm	再現率
実際	0cm	合計: 4	0	0	4	0%
	0.5cm	合計: 23	0	0	23	0%
	1cm	合計: 0	0	0	0	—
	適合率		—	—	0%	

表-5 降灰厚推論結果(三角マーカー, 正面 1m)

正面1m, 三角マーカー			推論				
			0cm	0.5cm	1cm	エラー	再現率
実際	0cm	合計: 66	27	3	34	2	41%
	0.5cm	合計: 60	9	16	18	17	27%
	1cm	合計: 57	1	2	34	20	60%
	適合率		73%	76%	40%		

表-6 降灰厚推論結果(四角マーカー, 正面 1m)

正面1m, 四角マーカー			推論				
			0cm	0.5cm	1cm	エラー	再現率
実際	0cm	合計: 66	59	6	1	0	89%
	0.5cm	合計: 60	8	35	16	1	58%
	1cm	合計: 57	0	28	29	0	51%
	適合率		88%	51%	63%		

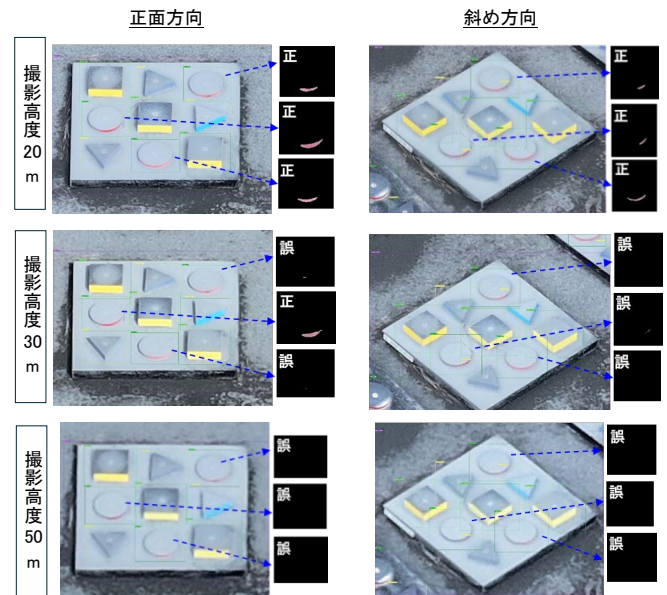


図-3 UAV カメラ画像判定結果(丸マーカー・降灰無)

(2)UAV カメラ画像

丸マーカー(1cm)では図-3 の通り、正面方向および斜め方向ともに、撮影高度 20m まで判読が可能であり、撮影高度 30m 以上になると、判読が難しい。また三角マーカー(2cm)は、正面方向および斜め方向ともに、撮影 20~50m の判読が可能であった。四角マーカー(3cm)では、正面方向の場合、撮影高度 20~50m の判読が可能であったが、斜め方向では、撮影高度が 50m になると、判読が困難であった。

3. おわりに

降灰マーカーの側面の着色部分の面積比から降灰厚を推測し、撮影方向や撮影距離が異なる画像を用いて精度検証を行った。

検討結果より、1cm の丸マーカー、2cm の三角マーカー、3cm の四角マーカーでもある程度、面積比で降灰厚を測定することが可能だが、マーカー部が全て埋まった状態を判別する精度と比べると低下することが示された。一方、「マーカーの埋まった状態を検知する=降灰厚が測定できる」と考えれば、AI および画像解析で判別することは可能であることが示唆された。今後は、撮影角度の条件やマーカーの塗色に着目した検討を進めていきたい。

【参考文献】

- 1) 降灰マーカー(凸型・凹型)の適用性検証, 令和 6 年度砂防学会研究発表会概要集, p340-341, 2023.
- 2) 降灰マーカーおよび画像解析の組み合わせ等による火山灰堆積厚把握の試行, 令和 6 年度砂防学会研究発表会概要集, p379-380, 2024.