

## UAV 自律飛行を用いた砂防施設点検と目視による点検の比較・検証

八千代エンジニアリング株式会社 本屋敷涼、横尾公博、長谷川怜思、石丸元久  
国土交通省 北海道開発局 室蘭開発建設部 苫小牧砂防海岸事務所 岩田清徳、本間雄介、宮崎亮直

### 1. はじめに

砂防施設は出水や地震等の外的要因による損傷や経年劣化が生じることから、点検により施設状況を把握し、求められる機能・性能を長期に維持する必要がある<sup>1)2)</sup>。砂防関係施設点検要領(案)<sup>1)</sup>(以降、点検要領と記載)によれば、砂防施設の点検の種類は定期点検、臨時点検、詳細点検に区分されている。このうち、砂防施設の機能の低下や性能の劣化等の状況を把握することを目的とした点検として定期点検があげられ、定期点検方法として目視点検または UAV 点検が基本とされている<sup>1)</sup>。近年、UAV 点検等の新技術による効率化、高度化及び安全性の向上が求められているが、目視点検との比較検証した事例<sup>3)</sup>が少ないため、UAV 自律飛行を用いた砂防施設の点検について、適用性の検証が必要といえる。

本研究では、樽前山直轄火山砂防事業区域の鋼製砂防構造物を対象に、UAV 自律飛行を用いた定期点検を実施し、目視点検の結果と比較することで、UAV 自律飛行で得られる情報や精度を把握した。また、UAV 自律飛行による施設点検の課題を整理し、対応策を示すことで、今後 UAV を用いた定期点検の効率化・高度化に資することを目的とした。

### 2. 目視点検概要・結果

樽前山直轄火山砂防事業区域内で現在整備されている 14 基の砂防施設に対して、点検要領に準じた目視点検を実施した。各部位の変状レベルの評価基準は、既往検討結果や点検要領を参考に、変状レベル a~c の 3 段階評価で設定し、変状レベルの評価結果を基に、各砂防施設の構造特性や材料特性、周辺状況を踏まえて砂防施設の健全度を A：対策不要、B：経過観察、C：要対策の 3 段階で評価した(表 1)。

目視点検の健全度評価結果は、対策が不要な施設が 6 基、経過観察が必要な施設が 7 基、対策を要する必要がある施設が 1 基であった。

表 1 目視点検結果

健全度評価	A	B	C
施設数	6 基	7 基	1 基

### 3. UAV を用いた定期点検

#### 3.1 UAV 自律飛行点検対象施設の抽出

目視点検で実施した 14 基の砂防施設のうち、堤頂長及び堤高が比較的小さい施設である 6 施設(表 2)を抽出し、UAV 自律飛行を用いた定期点検を実施した。6 施設の目視点検結果は、対策不要：4 基、経過観察：2 基であった。

表 2 UAV 自律飛行点検対象砂防堰堤

施設名	堰堤長	堰堤高	竣工年度	健全度評価
小糸魚川遊砂地	176.6m	6.0m	H21	A
小糸魚川砂防堰堤	45.9m	4.5m	H21	B
小糸魚川流木捕捉工	110.0m	8.5m	R3	A
小泉の沢川遊砂地	95.1m	5.0m	H22	B
小泉の沢川 1 号砂防堰堤	76.5m	4.5m	H22	A
小泉の沢川左支川流木捕捉工	42.5m	3.5m	R1	A

#### 3.2 UAV 自律飛行ルートの設定

離発着地点は、現地にて上空の視界が良好であること、調査車両が安全に停車できる等、UAV の離発着に問題ないことを確認した上で図 1 に示す地点を選定した。小糸魚川流域の飛行ルートは約 2.5km、小泉の沢川流域の飛行ルートは約 2.3km となる。

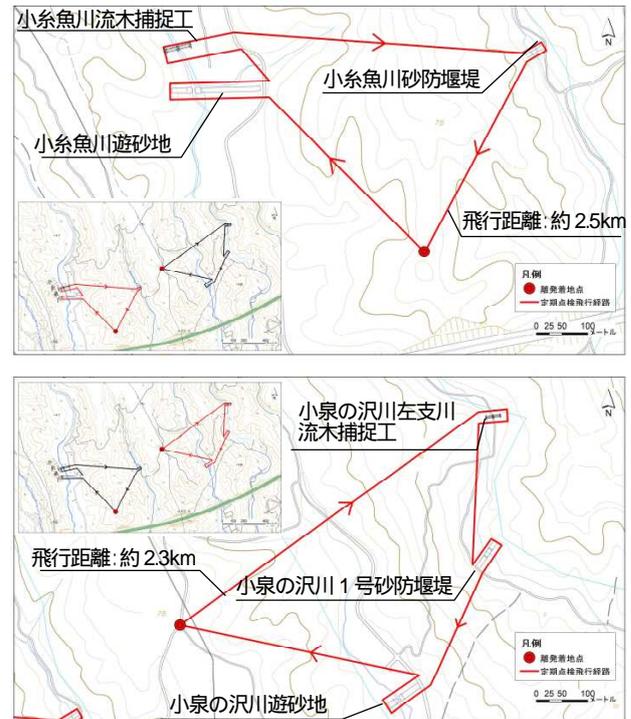


図 1 飛行ルート

(上図：小糸魚川流域、下図：小泉の沢川流域)

#### 3.3 UAV 自律飛行による点検

抽出した砂防施設 6 基を対象に、UAV 自律飛行を実施した。調査時期は、植生による点検精度への影響を評価するため、着葉期(7月)と落葉期(11月)の 2 度実施した。撮影した画像は、目視による定期点検との比較及び課題抽出のため、SfM 解析(重複した画像を用いた 3 次元モデル化技術)による 3 次元モデル化を行い、点検要領に基づいて砂防施設点検個票を作成した。

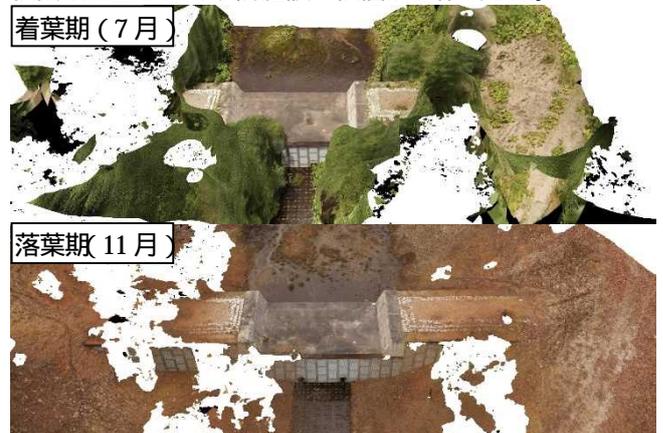


図 2 3 次元モデル化(例：小糸魚川砂防堰堤)

#### 4. 点検項目毎の目視点検結果との比較

##### 4.1 比較項目の抽出

砂防施設の健全度は、部位毎の変状レベルに応じて評価される。例えば、壁面材は中詰め材の流出を伴う変状が認められた場合、機能や性能が低下していると判断される。このため、壁面材の点検項目のうち、「中詰め材の流出」に直結すると考えらえる変状を点検項目として抽出した。他部位についても同様に点検項目を抽出し、目視点検との比較を行った。

##### 4.2 比較結果

今回の UAV 点検結果から作成した 3 次元モデルより従前の目視点検による点検調査票と同アングルの画像データを抽出し、各点検項目について比較・検証した。表 3 は目視点検による確認箇所数を基準とし、UAV による確認可能箇所数を整理したものである。すなわち、表 3 の値が目視点検数に近いほど UAV が目視点検と同等の精度を得られたといえる。また、精度が低下した項目については、色別に原因を整理した。

##### 1) 比較結果（壁面材）

着葉期と落葉期の 3次元モデルを比較すると、可視範囲に差が認められ、落葉期では視認性は改善されたが、目視点検の全項目を網羅するには至らなかった。UAV を用いた施設点検には、壁面材周辺の植生を伐採する必要がある。

##### 2) 比較結果（水通し天端）

鋼製セル+DW型砂防堰堤については、一部で植生の影響が認められるものの、目視点検の大部分の項目を網羅することができた。鋼製DW型砂防堰堤については、植生の影響による精度の低下が認められたものの、落葉期では改善する砂防施設も認められた。また、小泉の沢川1号砂防堰堤は落葉期において植生の影響が少ない砂防施設であったが、天端コンクリートと壁面材の接合部

のモデル化精度が低くなった。

##### 3) 比較結果（前庭部）

着葉期、落葉期ともに前庭部の点検項目について確認可能であった。

##### 4) 比較結果（その他点検項目）

周辺の法面については、比較的新しい小泉の沢川左支川流木捕捉工を除き植生の影響による精度低下が認められた。また、水面やスリット等の狭窄部の3次元モデル化が困難であることによる精度低下も明らかとなった。

##### 5) 比較結果（流木捕捉工）

流木捕捉工については、中空構造を有する構造の3次元モデル化が困難であったため、UAV点検が難しい結果となった。撮影方法を鉛直や水平からの撮影を試行したが、良好な結果は得られなかった。鋼管については、空撮画像による評価や目視点検との組合せが望ましいといえる。

#### 5. おわりに

本研究では、UAV 自律飛行における施設点検と目視点検の比較を実施し、UAV 自律飛行で取得可能な情報と課題を挙げ、解決案を提示した。UAV 自律飛行を実施することで、効率的かつ安全な施設点検の実施が可能であるが、植生が繁茂した砂防施設や中空構造を有する流木捕捉工では、精度が低下する課題が見つかった。

今後、構造形式に合わせた施設点検の手法を確立させた上で、目視点検と併せて UAV 自律飛行による点検を実施することで、点検の効率化と高精度化を図ることが必要である。

##### 参考文献

- 1) 国土交通省砂防部保全課（2022.3月）、砂防関係施設点検要領（案）
- 2) 国土交通省砂防部保全課（2022.3月）、砂防関係施設の長寿命化計画策定ガイドライン（案）
- 3) 石丸他、鋼製砂防施設点検における UAV(可視光・レーザ)計測結果の活用方法、2023 年度砂防学会研究発表会概要集、P.323~324 R3.5.

表 3 点検項目の比較結果一覧

施設名（構造型式）	調査日	撮影方法	点検項目																					
			壁面材					水通し天端			前庭部			その他点検項目				流木捕捉工						
			摩耗・腐食	破損	変形	継手の開き	漏水	吸出し防止材の変状	沈下	摩耗	ひび割れ	目地の開き	流出	沈下	摩耗	ひび割れ	周辺の法面変状	護岸変状	河道洗堀	河道土砂堆積	安全対策施設腐食・損傷	鋼管摩耗・腐食	鋼管変形・欠損	床版コンクリート
小糸魚川遊砂地 （鋼製セル+DW型砂防堰堤）	目視点検数		10	10	10	4	6	6	19	16	16	16				6	4	6	6	1				
	R5.7月 自律飛行		4	4	4	1	3	3	18	16	16	16				1	2	1	1	0				
	R5.11月 自律飛行		4	4	4	1	3	3	18	16	16	16				1	3	2	2	0				
小糸魚川砂防堰堤 （鋼製DW型砂防堰堤）	目視点検数		8	8	8	4	4	4	11	11	11	11	1	1	1	7		5	5					
	R5.7月 自律飛行		0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	1	1	1	1		3	3					
	R5.11月 自律飛行		2	2	2	2	0	0	7	7	7	7	1	1	1	1		4	4					
小糸魚川流木捕捉工 （鋼製流木捕捉工）	目視点検数															12	6	6			1	1	13	13
	R5.7月 自律飛行															11	3	3			0	0	13	13
	R5.11月 自律飛行															11	4	4			0	0	13	13
小泉の沢川遊砂地 （鋼製セル+DW型砂防堰堤）	目視点検数		15	15	15	6	9	9	16	14	14	14				7	2	4	4					
	R5.7月 自律飛行		7	7	7	2	5	5	15	13	13	13				4	1	4	4					
	R5.11月 自律飛行		11	11	11	4	7	7	15	13	13	13				6	2	4	4					
小泉の沢川1号砂防堰堤 （鋼製DW型砂防堰堤）	目視点検数		6	6	6	4	2	2	24	24	24	24				6		4	4	2				
	R5.7月 自律飛行		3	3	3	2	1	1	18	18	18	18				0		2	2	0				
	R5.11月 自律飛行		6	6	6	4	2	2	21	21	21	21				4		4	4	0				
小泉の沢川左支川流木捕捉工 （鋼製流木捕捉工）	目視点検数															6	8	8			1	1	4	4
	R5.7月 自律飛行															6	8	8			0	0	4	4
	R5.11月 自律飛行															6	8	8			0	0	4	4