

UAV 点検と目視点検を組み合わせた砂防施設の点検計画の検討

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、西ヶ谷友美
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、本田浩貴※1、上原玲音
※1 現所属：国土交通省 北海道開発局 旭川開発建設部 治水課

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¹⁾²⁾。砂防関係施設点検要領（案）¹⁾（以降、点検要領と記載）によれば、砂防施設の点検は定期点検、臨時点検、詳細点検に区分される。このうち、砂防施設の機能の低下や性能の劣化等は定期点検により把握され、定期点検の方法は、目視点検または UAV 点検が基本とされている¹⁾。

樽前山直轄火山砂防事業区域では、既存砂防施設（以降、直轄砂防施設）を対象に、平成 27 年度から継続的に目視調査による定期点検を実施し、点検結果に基づいて変状レベルや健全度を評価してきた。さらに、令和 4 年度からは定期点検の省力化や高度化といった生産性向上を図るため、目視点検の代替または補助手段として UAV 点検を試行してきた。

本検討では、直轄砂防施設 14 基を対象とした UAV 点検結果を総括するとともに、UAV 点検と目視点検を組合せた定期点検計画の検討結果について報告する。

2. 検討対象砂防施設の概要

本検討において対象とした直轄砂防施設は、表 1 に示す 14 基である。直轄砂防施設の主な構造型式は、14 基中 13 基を占める鋼製砂防堰堤であり、残り 1 基は土堰堤である。鋼製砂防堰堤の種類としては、鋼製セル型砂防堰堤、鋼製 DW（ダブルウォール）砂防堰堤、鋼製流木捕捉工が整備されている。

表 1 直轄砂防施設一覧表

施設名（構造型式）	堰堤長	堰堤高	竣工年度
覚生川3号遊砂地（鋼製セル+鋼製DW）	480.1m	14.5m	H14
錦多峰川2号遊砂地（鋼製セル+鋼製DW）	570.5m	14.5m	H17
有珠川砂防堰堤（鋼製セル+DW）	187.5m	6.5m	H19
小糸魚川遊砂地（鋼製セル+鋼製DW）	176.6m	6.0m	H21
小糸魚川砂防堰堤（鋼製DW）	45.9m	4.5m	H21
小泉の沢川遊砂地（鋼製セル+鋼製DW）	95.1m	5.0m	H22
小泉の沢川1号砂防堰堤（鋼製DW）	76.5m	4.5m	H22
覚生川1号砂防堰堤（鋼製セル）	342.6m	14.5m	H27
苫小牧川遊砂地（土堰堤）	1074.0m	3.0m	H28
覚生川2号砂防堰堤（鋼製セル）	234.0m	14.5m	H29
小泉の沢川左支川流木捕捉工（鋼製流木捕捉工）	42.5m	3.5m	R1
小糸魚川流木捕捉工（鋼製流木捕捉工）	110.0m	8.5m	R4
熊の沢川2号砂防堰堤（鋼製セル）	244.2m	14.5m	R4
覚生川3号砂防堰堤（鋼製セル）	235.4m	14.5m	R4

3. UAV を用いた定期点検概要

UAV を用いた砂防施設の定期点検方法は、次に示す①～③の順のとおりである。

- ①：UAV 自律飛行により砂防施設の周囲を空撮
- ②：UAV 空撮画像を SfM 解析※として 3 次元モデルを作成
- ※SfM 解析：カメラで撮影した複数の画像から撮影位

置を推定し、同一地点に対するそれぞれの画像の視差から対象物全体の 3 次元モデルを生成する技術

- ③：3 次元モデルから変状が生じている箇所の画像を切り出して変状レベルを評価

過年度³⁾⁴⁾までに直轄砂防施設 9 基に対して、UAV 点検が実施されており、令和 6 年度でも直轄砂防施設 5 基（覚生川 3 号遊砂地、錦多峰川 2 号遊砂地、有珠川砂防堰堤、苫小牧川遊砂地、覚生川 3 号砂防堰堤）を対象に UAV 点検を実施した。UAV 点検時の撮影方法は、図 1 に示すとおりである。なお、植生の影響を考慮するため、調査時期を着葉期と落葉期の 2 時期とした。

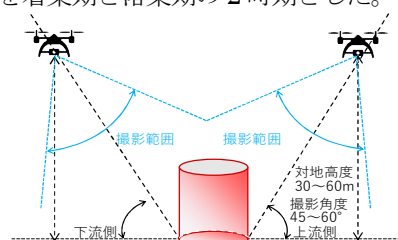


図 1 UAV 点検時の撮影方法

4. 点検項目毎の目視点検結果との比較

4.1 重要点検箇所の抽出

鋼製砂防堰堤は、壁面材、中詰め材、天端コンクリート等、多数の部位から構成されており、また、土堰堤である苫小牧川遊砂地は、堤頂長 1,074m の長大施設であることから、点検すべき箇所は多岐に渡る。本検討では、定期点検の合理化を図るため、施設毎に重要点検箇所を抽出することとした。重要点検箇所とは、部位別の変状の進行過程と健全度評価の関係より、砂防施設の機能及び性能の低下に直結すると考えられる点検項目を指す⁵⁾。

鋼製砂防堰堤及び土堰堤の重要点検箇所は、表 2 に示す。また、左記項目の他に、目視点検により変状レベル c（当該部位の性能上の安定性や強度が懸念される状態）と評価された変状についても重要点検箇所とした。

4.2 重要点検箇所に着目した比較結果

UAV を用いた点検計画を立案するため、UAV 点検によって目視点検と同等程度の精度を得られる重要点検箇所を把握する必要がある。このため、重要点検箇所を対象に、従前の目視点検による点検調査票で整理された写真と同じ画角で、3 次元モデルから画像データを抽出し、各点検項目について比較及び検証を実施した。目視点検の評価箇所数を基準として、UAV 点検の評価可能箇所数を整理した結果を表 2 に示す。UAV 点検の評価可能箇所数が目視点検の評価箇所数に近いほど、UAV 点検の適用性が得られたといえる。また、UAV 点検により評価不可となった点検項目に対して、原因を色別に整理した。

例えば、錦多峰川 2 号遊砂地では、壁面材の「摩耗・腐食」について、目視点検で 15 箇所の変状レベルを評

価しており、その内 UAV 点検では調査時期に関わらず 14 箇所が植生により評価不可となった。これは、壁面材近傍に植生が繁茂しており、落葉期であっても残存する枝葉等により、3 次元モデルでの視認性が低下したことが原因として考えられる。

表 2 重要点検箇所の比較結果一覧

評価例		重要点検箇所									
		鋼製砂防堰堤					土堰堤				
		壁面材	吸込口	前庭部	鋼管	鋼管	天端	法面			
評価項目		摩耗・腐食	破損	継手の開き	のり出し防止材	流出	沈下	変形・欠損	変形・欠損	陥没・侵食	陥没・侵食
評価基準		0: 良好	1: 劣化	2: 劣化	3: 劣化	0: 良好	1: 劣化	2: 劣化	3: 劣化	0: 良好	1: 劣化
評価結果		0	1	2	3	0	1	2	3	0	1
評価方法		目視	目視	目視	目視	目視	目視	目視	目視	目視	目視
調査時期		調査時期	調査時期	調査時期	調査時期	調査時期	調査時期	調査時期	調査時期	調査時期	調査時期
点検方法		点検方法	点検方法	点検方法	点検方法	点検方法	点検方法	点検方法	点検方法	点検方法	点検方法
苫小牧川遊砂地 (土堰堤)	目視								2	30	27
	着業期 UAV								0	30	26
	落葉期 UAV								0	30	26
有珠川砂防堰堤 (鋼製セル+鋼製DW)	目視	8	8	8	2						
	着業期 UAV	0	0	0	0						
	落葉期 UAV	0	0	0	0						
錦多峰川2号遊砂地 (鋼製セル+鋼製DW)	目視	15	15	15		0	0				
	着業期 UAV	1	1	1		0	0				
	落葉期 UAV	1	1	1		0	0				
覚生川3号遊砂地 (鋼製セル+鋼製DW)	目視	10	10	10		0	0				
	着業期 UAV	0	0	0		0	0				
	落葉期 UAV	2	2	2		0	0				
覚生川3号砂防堰堤 (鋼製セル)	目視	10	8	8		2	2				
	着業期 UAV	6	6	6		0	0				
	落葉期 UAV	6	6	6		2	2				
小糸魚川遊砂地 (鋼製セル+鋼製DW)	目視	10	10	10	5						
	着業期 UAV	4	4	4	3						
	落葉期 UAV	4	4	4	3						
小糸魚川砂防堰堤 (鋼製DW)	目視	6	5	5	4	1	1				
	着業期 UAV	0	0	0	0	1	1				
	落葉期 UAV	2	1	1	0	1	1				
小糸魚川流木捕捉工 (鋼製流木捕捉工)	目視							1			
	着業期 UAV							0			
	落葉期 UAV							0			
小糸の沢川遊砂地 (鋼製セル+鋼製DW)	目視	15	13	13	6	1	1				
	着業期 UAV	7	6	6	3	1	1				
	落葉期 UAV	11	10	10	4	1	1				
小糸の沢川1号砂防堰堤 (鋼製DW)	目視	5	3	3	2						
	着業期 UAV	3	2	2	1						
	落葉期 UAV	5	3	3	2						
小糸の沢川左支川流木捕捉工 (鋼製流木捕捉工)	目視							1			
	着業期 UAV							0			
	落葉期 UAV							0			
覚生川1号砂防堰堤 (鋼製セル)	目視	7	6	6		1	1				
	着業期 UAV	0	0	0		0	0				
	落葉期 UAV	0	0	0		0	0				
覚生川2号砂防堰堤 (鋼製セル)	目視	9	5	5		1	1				
	着業期 UAV	6	3	3		1	1				
	落葉期 UAV	6	3	3		1	1				
熊の沢川2号砂防堰堤 (鋼製セル)	目視	11	9	9		2	2				
	着業期 UAV	0	0	0		2	2				
	落葉期 UAV	0	0	0		2	2				

5. 目視点検と UAV 点検を併用した点検計画の立案

UAV 点検のみで定期点検を行うことは、表 2 に示すとおり植生の影響が大きく困難であった。一方で、UAV 点検では、「目視点検では、立入困難な高所でも安全に作業が可能」「定期目視点検時に異常が認められていない箇所でも、3 次元モデルで管理することで定期的に記録として残すことが可能」などの利点も多く認められた。したがって、UAV 点検の有用性を最大限に発揮できるよう、目視点検と UAV 点検を併用した点検計画を立案した。点検計画を立案するにあたって、UAV 点検の適用性が高い砂防施設を抽出するため、各砂防施設における UAV

点検率（重要点検箇所数に対する UAV 点検の評価可能箇所数の割合）及び「目視点検のみ」と「目視点検と UAV 点検を併用」の現地作業時間の整理した（表 3）。

苫小牧川遊砂地に着目すると、重要点検箇所 59 箇所に対して 56 箇所が UAV 点検で変状レベルを評価することが可能であった。そのため、目視点検と UAV 点検を併用することで、目視点検のみより現地作業時間を大幅に短縮可能であることから、UAV を用いることで定期点検の合理化が図れる施設といえる。

一方、錦多峰川 2 号遊砂地では、重要点検箇所 15 箇所に対して、植生による影響により、UAV 点検による変状レベルの評価が可能な箇所が 1 箇所のみであった。そのため、目視点検と UAV 点検を併用した現地作業時間と目視点検のみの現地作業時間が変わらない結果となった。以上を踏まえて、砂防施設別に定期点検方法を表 3 に示すとおりに設定した。

なお、点検要領で経過観察や要対策と判定された砂防施設は、定期点検間隔を原則 5 年以下としていること、また、竣工後間もない砂防施設が多く整備されていることから、重要点検箇所について当面 1 回/1 年で実施する定期点検計画とした。

6. おわりに

過年度から今年度にかけて実施した UAV を用いた施設点検の試行結果を総括して、UAV 点検と目視点検を組合せた定期点検計画を立案した。UAV 点検を併用することで、大幅に現地作業時間を短縮可能な砂防施設も認められる一方、全ての砂防施設で効率化が図れる結果とはならなかった。今後は、本検討の定期点検計画を具体的に運用し、PDCA サイクルによって、より合理的かつ高度な点検計画を立案し、砂防施設の防災機能の維持に資する検討を実施したいと考える。

参考文献

- 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）
- 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）
- 篠原他, 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,2023 年度砂防学会研究発表会概要集, P.321~322 R3.5.
- 本屋敷他, 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,2024 年度砂防学会研究発表会概要集, P.319~320 R4.5.
- 上原他, 鋼製砂防堰堤を対象とした UAV を活用した点検計画の立案について—UAV 点検と目視点検を組合せた点検方法の最適化—,第68 回(2024 年度)北海道開発技術研究発表会論文, R7.2.

表 3 砂防施設別の定期点検方法

定期点検方法	砂防施設	構造型式	備考	UAV 点検可能数/重要点検箇所数 (UAV 点検率)	目視点検のみ 現地作業時間※1※3	目視点検と UAV 点検併用 現地作業時間※1※2※3
目視点検と UAV 点検	苫小牧川遊砂地	土堰堤	1フライトで1基点検	56箇所/59箇所 (95%)	24時間35分	1時間34分
	小糸魚川遊砂地	鋼製セル+DW	1フライトで4基点検	4箇所/10箇所 (40%)	2時間30分	1時間41分
	小糸魚川砂防堰堤	DW		3箇所/9箇所 (33%)	2時間30分	1時間52分
	小糸の沢川遊砂地	鋼製セル+DW		12箇所/16箇所 (75%)	4時間28分	1時間20分
	小糸の沢川1号砂防堰堤	DW		5箇所/5箇所 (100%)	0時間57分	0時間13分
	覚生川1号砂防堰堤	鋼製セル	1フライトで4基点検	5箇所/14箇所 (36%)	4時間49分	3時間19分
	覚生川2号砂防堰堤	鋼製セル		7箇所/10箇所 (70%)	3時間50分	1時間22分
	覚生川3号砂防堰堤	鋼製セル		8箇所/12箇所 (67%)	5時間52分	2時間11分
	熊の沢川2号砂防堰堤	鋼製セル		2箇所/13箇所 (15%)	4時間16分	3時間50分
目視点検のみ	覚生川3号遊砂地	鋼製セル+DW	樹木影響により UAV 点検困難	3箇所/12箇所 (25%)	5時間42分	5時間42分
	錦多峰川2号遊砂地	鋼製セル+DW	樹木影響により UAV 点検困難	1箇所/15箇所 (7%)	8時間06分	8時間06分
	有珠川砂防堰堤	鋼製セル+DW	樹木影響により UAV 点検困難	0箇所/8箇所 (0%)	2時間09分	2時間09分
	小糸の沢川左支川流木捕捉工	鋼製流木捕捉工	鋼製部材の UAV 点検困難	0箇所/1箇所 (0%)	0時間21分	0時間21分
	小糸魚川流木捕捉工	鋼製流木捕捉工	鋼製部材の UAV 点検困難	0箇所/1箇所 (0%)	0時間16分	0時間16分

※1 現地作業のみとし、目視点検は作業員4名、UAV 点検は作業員を1名としている。

※2 UAV 点検は実際の作業時間とおりにした

※3 目視点検は点検総数と重点点検箇所との割合と実際の作業時間を乗じた