

砂防施設定期点検への UAV の適用性とコスト削減効果

国土交通省 関東地方整備局 富士川砂防事務所 藤平 大※, 松若 昭雄, 長沢 政和
 ※現: 国立研究開発法人土木研究所土砂管理研究グループ
 株式会社パスコ ○板野 友和, 花田 大輝, 笹栗 裕己, 本多 泰章, 坂本 良祐

1 はじめに

砂防関係施設点検要領(案)の令和2年の改訂により UAV が砂防施設点検に導入され, 令和4年の改訂で具体的な撮影方法等が示された。これを機に全国の砂防施設で UAV による定期点検が試行され, 効率化や安全性向上に関する多くの事例が報告されている。一方, 直轄砂防事務所が管理する全施設に対する適用可能施設数や適用の程度, コスト削減効果等を定量的に評価した事例は少ない。

富士川砂防事務所では, 令和5年度に UAV 点検手法を整理し, 令和6年度にモデル流域における試行結果を踏まえ, 管内施設への UAV 定期点検の適用性と具体的なコスト削減効果について試算した。本発表では, 富士川砂防管内における UAV 点検の適用性とコスト削減効果の試算結果を示す。

2 富士川砂防管内に適した UAV 点検手法の概要

富士川砂防事務所では, 南アルプスを水源とする釜無川, 早川流域に多くの施設を整備している。両流域は地形起伏が大きく土砂生産が活発なため, 規模の大きな施設が中・上流域に多く整備されており, UAV 点検時の施設間移動は車両移動が主となる。また, 携帯電話サービスエリア外が多く, 機体操縦は無線となる。このような条件から表1に示す手法により UAV 点検を実施することを基本としている。

表1 富士川砂防管内における UAV 点検手法

UAV 点検手法	内容・理由
無線通信による操縦	管内の多くが携帯電話サービスエリア外のためLTE 通信による操縦が適用できない。
自律飛行の活用	同じ画角での撮影や現地作業の効率化のため, 初回: 自律飛行計画検討・設定の時間必要 2回目以降: 設定済の場合短時間で実施可
比較的小型の汎用機を想定	一部徒歩移動が必要のため, 1人で持ち運び可能。かつ, 複数班へ配備可能な機体とした。
撮影距離(離隔) 20M~40M	汎用機で軽微な変状等を撮影可能な距離。解像度と安全性に配慮した離隔として設定。
人力による補足調査の実施	植生の死角等で確認困難な部位・変状に対し補足調査を実施し, 人力点検と同等の精度確保。
1班2名以上	人力点検よりコスト増とならないように人力点検と同等の人員による班体制とした。

3 UAV 点検実装によるコスト削減効果

3.1 砂防施設への UAV 点検の適用性による分類

UAV 点検では, 空撮による部位・変状の確認が基本となるため, 施設上空から視認可能な施設への適用性が高く, 植生による死角等が多い施設への適用性は低い。適用度の高い施設ほど人力による補足調査が少なくなるため, 現地作業の効率化(コスト削減)が可能となる。そこで, 最新のオルソフォトを用いて管内全施設の UAV 点検の適用性を

次の4区分の適用度に分類し, “人力点検をどの程度 UAV 点検に置き換え可能か”を表す目安とした。

適用度 a: 主要構造物の全部位・変状の撮影が可能
 適用度 b: 概ね全部位の撮影が可能
 適用度 c: 一部の部位の撮影が可能
 適用度 d: 施設に近接した飛行・撮影が困難 (UAV 点検不可)

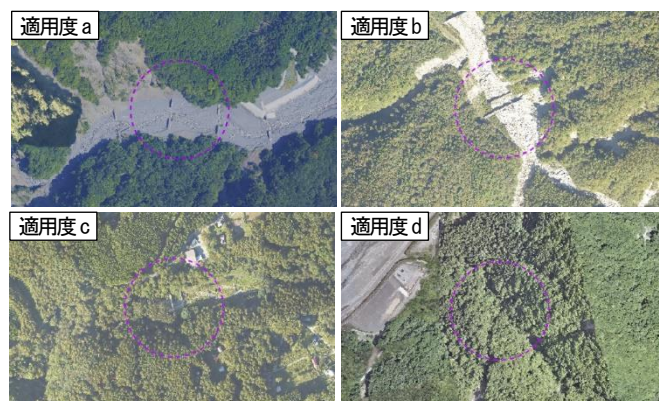


図1 適用度区分のイメージ(令和元~4年オルソフォト)



図2 管内砂防施設の適用度別基数と割合(全705基)

3.2 定期点検に要する時間の整理・比較

下記①~③により, 人力点検と UAV 点検の点検時間を整理・比較した。

①定期点検の試行による適用度別点検時間の把握

適用度 a, b, c からモデル施設を選定し(砂防堰堤 30 基, その他施設 10 基), 定期点検を試行した。試行では, 人力のみによる点検, UAV 点検(人力による補足調査あり)を実施し, それぞれの作業に要した時間を記録し, 適用度別に集計した。なお, ここでの作業時間は, 施設近傍の駐車場所に到着してから点検終了後に再度駐車場所に戻って来るまでの時間とした。

②施設間移動を考慮した点検時間の算定

施設間移動は車両移動となるが, 同一の駐車場所利用の場合は所要時間 0 分, 流域を跨ぐ移動には 30 分程度となり点検順によっても異なる。ここでは, 平均的な時間として移動時間を一律 10 分とし, ①に施設間移動を考慮した 1 基あたりの平均時間として整理した(表2 上段参照)。

③人力点検に対する時間の比でコスト削減効果を評価

従来手法である人力点検からの時間削減効果を表現するため, 施設間施設移動を考慮した人力点検による現地作業時間(適用度区分別)を 1 とした時の UAV 点検時間を対人力点検時間の比で表現した(表2 下段参照)。

表2 適用度区分別の点検時間の平均と人力点検比

項目		UAV点検適用可否区分別の平均値				備考
		適用度a	適用度b	適用度c	全体	
移動時間 含む所要 時間平均	人力点検	1:10	1:58	1:41	1:46	UAV点検 は人力補 足調査時 間も含む
	UAV点検(初回)	0:28	1:40	1:52	1:25	
	UAV点検(2回目以降)	0:17	1:16	1:35	1:05	
人力点検 比	人力点検	1.00	1.00	1.00	1.00	人力点検 時間が基 準 (1.0)
	UAV点検(初回)	0.46	0.85	1.12	0.81	
	UAV点検(2回目以降)	0.29	0.60	0.95	0.61	

所要時間

最小 中間 最大

対人力点検比

0.0 1.0 1.5

3.3 現地作業・業務におけるコスト削減効果の試算

表2から、UAVの適用度とコスト削減効果（人力点検との所要時間の比）には以下の関係があることが確認できる。

- ・適用度 a：コスト削減効果大きい。自律飛行の設定が不要な2回目以降の点検では約7割コスト削減。
 - ・適用度 b：明確なコスト削減効果が確認できる。2回目以降の点検では約4割のコスト削減。
 - ・適用度 c：コスト削減効果はあまり無い。植生等の死角が多く人力による補足調査箇所が多いことに加え、初回点検では自律飛行の設定時間が加わるため、初回点検時は人力点検よりも時間を要する（コスト増）。
 - ・全体の平均から、UAV点検2回目以降は約4割のコスト削減効果あり（UAV点検不可の適用度dは含まない）。
- 上記結果を踏まえ、UAV点検を実装した際の業務へのコスト削減効果を試算した。以下に手法と結果を示す。

【コスト削減効果の試算方法】

- ・管内施設は700基以上あり、一部への実装や段階的な実装における効果を把握するため、実装施設を「計画①：適用度a」、「計画②：適用度a、b」、「計画③：適用度a、b、c（1年に1出張所として段階的に適用）」、「計画④：適用度a、b、c（管内一斉）」の4ケース設定。
- ・UAV点検では自律飛行計画の検討が不要となる2回（年）目点検以降のコスト削減効果が大きいことを反映（2回目以降は、表2の2回目以降の値を使用）。
- ・適用度区分=i、適用度区分別基数=基数_i、適用度区分別人力点検比=r_iとし、人力点検による施設1基の作業量を1とした時の現地作業の総量を次式で表し、作業量の変化をコスト削減効果と考える。

$$\text{人力点検による現地作業総量} = \sum_{i=a}^d (1 \times \text{基数}_i)$$

$$\text{UAV点検による現地作業総量} = \sum_{i=a}^d (r_i \times \text{基数}_i)$$

ここで、適用度区分dはUAV点検不可のためr_d=1

堰堤工以外は作業量を堰堤工の1/4とする

なお、点検の試行では、内業（結果整理、変状評価）の時間を記録したが、両者に顕著な違いは無かった。よって、上記コスト削減効果は、点検業務の現地作業にのみ発現するとした。点検業務全体に占める現地作業の割合は、令和6年度の積算資料の直接人件費の割合から41%とした。

上記手法により算出したケース別の現地作業・業務におけるコスト削減効果を表3、図3に示す。

表3 ケース別コスト削減効果の試算結果

計画	作業区分	堰堤1基の現地作業（人力）を1としたときのコスト比						
		人力	初年度	2年目	3年目	4年目	以降	
計画① 対象705基 適用29基	①現地作業	コスト比計	375.00	365.08	361.83	361.83	361.83	361.83
		効率化%	—	3%	4%	4%	4%	4%
	①業務	コスト比計	914.63	904.71	901.46	901.46	901.46	901.46
計画② 対象705基 適用273基	②現地作業	コスト比計	375.00	342.12	301.43	301.43	301.43	301.43
		効率化%	—	9%	20%	20%	20%	20%
	②業務	コスト比計	914.63	881.75	841.06	841.06	841.06	841.06
計画③ 対象705基 適用513基	③現地作業	コスト比計	375.00	371.54	356.92	323.38	295.55	295.55
		効率化%	—	1%	5%	14%	21%	21%
	③業務	コスト比計	914.63	911.17	896.55	863.01	835.18	835.18
計画④ 対象705基 適用513基	④現地作業	コスト比計	375.00	357.15	295.55	295.55	295.55	295.55
		効率化%	—	5%	21%	21%	21%	21%
	④業務	コスト比計	914.63	896.78	835.18	835.18	835.18	835.18

図3 ケース別コスト削減効果の試算結果

3.4 現地作業・業務に対するコスト削減効果の整理

3.3の結果から、適用度aだけでなく、適用度b（及びc）まで含めた計画とすることで、現地作業コストを最大約2割、業務コストを約1割削減可能であることが確認できる。機体の導入や操縦者確保のため管内一斉適用が困難な場合は、出張所単位の段階的な対応も有効である。

【適用度区分と効果の関係】

- ・適用度a：1基あたりのコスト削減効果大きい基数が少ないため、業務全体へのコスト削減効果は小さい。
- ・適用度b：コスト削減効果があり、基数も多いため、明らかなコスト削減効果を得ることができる。
- ・適用度c：効果が小さく、コストは低減されない。

4 おわりに

本発表では、施設点検へのUAV適用によるコスト削減効果の評価方法を考案し、定量的な評価を実施することができた。その結果、適用性の高い施設（適用度a、b）に対して現地作業量を概ね1/2に低減できることを確認した。これは国土交通省が「流域治水ケタ違いDXプロジェクト」で掲げる点検の生産性向上目標1日→0.5日を概ね満たす。一方、管内全施設に対して削減可能な現地作業コストは約2割、点検業務全体では1割に留まる。これは令和5年度に整理したUAV点検手法による効率化の上限を表しており、さらなる効率化には、業務の半分を占める内業の効率化が必要となることを示唆している。UAV点検はこれから実務レベルでの実装が開始する。現地作業では人力による補足調査が作業時間に大きく影響するため、必要精度と効率性に関する知見の蓄積や現地状況に応じた手法のアップデートが重要となる。本発表では、コスト削減効果に着目した評価を実施したが、UAV適用による安全性や点検精度のメリットもあるため、適用性が低いとした施設（適用度c）への適用もコスト以外の効果があることを補足する。