

長野県砂防施設点検効率化に向けた取り組み 【その2: UAV・AI・その他手法を総合した点検業務全体としての活用】

長野県建設部砂防課 山田晃、小林星哉、丸山秀司
株式会社建設技術研究所 ○家田泰弘、中西宏彰、清水万莉子
井内拓馬、日名純也、西尾潤太、近藤圭悟、古山 剛

1. はじめに

長野県の砂防事業は明治時代から開始され、県かの荒廃溪流において対策工事が実施されてきた。県が管理する砂防設備は令和5年度時点で1万9千基以上に及ぶ。特に長野県の砂防施設は幅広い年代の多様な施設が急峻な山間地に整備されており、それらを適切に点検、管理するためには多大な時間とコストが必要となることが課題となっている。そこで、既往の点検業務の課題を整理し、それらに対してUAVやAI等の先進技術を総合的に取り入れて点検業務を効率化することを目指す。

2. 長野県の砂防施設における点検業務の課題

長野県における砂防施設点検業務の効率化に向けて、既往点検成果の整理や点検業者等へのアンケート、ヒアリング調査を行い、作業段階毎の現状と課題の整理を行った(表1)。その結果、対象施設数が多いことから現地での点検データの取得や健全度の評価に時間を要し、かつ多くの点検者が関わるため各段階の点検結果の判断、評価に時間を要するあるいはブレが生じること等が課題として抽出された。そこで、①点検画像の評価を画像解析技術等により自動化することで、作業を効率化し、かつ点検精度や評価の統一化を図るとともに、②UAV等を活用して従来手法点検が困難な条件下での現地作業を効率化する手法を開発している。なお、①AI画像解析は別途中西らによる「その1: AI画像解析による変状自動抽出の活用」に詳述している。ここでは②のUAV等を活用した取り組みの現状を紹介するとともに、AI変状自動抽出も含む総合的な点検業務の効率化に向けた取り組みを紹介する。

点検の各段階	課題
計画準備	点検施設詳細位置の把握 前回点検時の情報収集
現地作業(外業)	点検箇所へのアクセス 管理用道路等アクセス路損傷 点検施設までの地形条件 春～夏期調査時の植生繁茂 冬季～早春季調査の積雪
	施設位置の把握 位置情報不明 土砂埋没 春～夏期調査時の植生繁茂 冬季～早春季調査の積雪
	変状箇所の把握
	評価ランクの設定・健全度の評価 前回点検結果との整合 点検項目毎の評価ランクの設定 一部変状の全体評価への反映 各部位の評価の全体評価への反映
現地作業(内業)	評価のばらつき 点検箇所の様式 過年度成果の引き継ぎ 砂防関係施設管理システムの利活用

3. 長野県における砂防施設点検効率化の仕組み

砂防施設点検業務の一連の流れを右図に示す。計画準備から現地調査外業、内業と各段階の個々の作業のうち、特に効率化効果が高いのは現地調査外業であることから、対象施設の確認から写真撮影までをUAV等を活用することを想定し、損傷箇所の記録から調査シートの

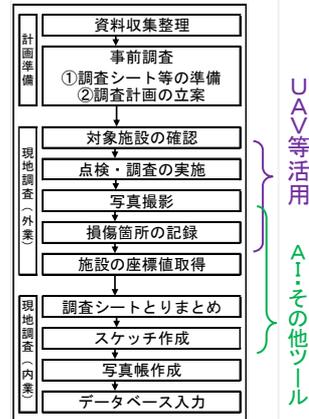


図1 砂防施設点検の流れ

とりまとめにAIを活用することを想定し、開発を進めている。その他、計画準備やデータベース入力作業についても別途砂防施設管理システムによる対応が検討されている。

4. 長野県の砂防施設点検におけるUAVの活用

長野県においてはこれまでもアクセスが困難な砂防施設の点検でUAVを活用してきた。しかしながら、適用可能なUAV点検技術やUAV点検が適した施設の抽出等を体系的に明らかにはなっていない状況にあった。そこで、UAV点検技術の公募実験を行い、適用可能な技術を確認するとともに、長野県内の砂防施設の条件を整理してUAV点検が有効な施設を抽出し、UAV点検の効率化効果を確認した。

4.1 UAV施設点検技術の公募実験

UAV点検の適用検討に先立ち、砂防施設の定期点検や地震・豪雨後の臨時点検を対象にUAVを活用した調査技術について、一般に広く公募し現地実験を行うことで、長野県において適用可能な技術を収集、把握した。定期点検公募実験は2024年6月17～21日に長野県内外のUAV点検技術を保有する16社が参加し、超高解像度カメラや高倍率ズーム撮影、グリッド撮影による遠隔変状把握、ビジュアルスラム機能による樹林内飛行等、長野県内の定期点検において活用可能なUAV点検技術を把握した。実験結果をとりまとめ、「砂防施設UAV点検支援技術性能カタログ」として整理した。臨時点検公募実験は、2024年9月10日に大規模災害時の広域被害調査を想定し、往復10km程度の範囲の疑似被害調査実験を行った。実験には広域的なUAV点検に有用な技術を保有する2社が参加した。遠隔地からのUAV運用システムや広域飛行対応VTOL機を活用しながら、疑似変状を発見できることを検証し、広域被害調査技術の有効性を確認した。



図2 UAV砂防施設点検公募実験の状況

4.2 UAV施設点検対象施設の抽出

UAVを砂防施設点検に活用するにあたって、地上点検と比較してUAV点検する効果が大きい条件(優位性)、UAV点検がしやすい条件(適用性)を整理し、UAV点検が有効な施設を抽出するとともに、実際にUAV点検と地上点検を実施し、効率化効果の確認を行った。具体的には、姫川砂防事務所管内に位置する砂防施設を対象に、優位性、適用性に関わる評価項目ごとに得点付けを行った(表2)。机上選定した結果を現地確認し、評価基準の見直し等を行いながら、全1171施設について得点付けを行った結果、全体の約6割に当たる663施設についてUAVによる点検が適用可能であると想定された。ただし、

現地状況に応じて前述の技術カタログ等を活用して現地条件に応じた適切な技術を選択し、必要に応じて地上点検と併用していくものとする。

表 2 UAV 点検の優位性・適用性の評価基準の例

特性	評価項目	得点				
		-2	-1	0	+1	+2
適用性: 適用のしやすさ	自然公園地域		○ (該当)			
	砂防指定地					○ (該当)
	重要インフラ(送電線や鉄塔等)	○ (該当)				(非該当)
	重要インフラ(道路)			一般国道、県道		
	重要インフラ(鉄道)	○ (該当)				(非該当)
	保全対象(建物)	0m	0~50m	50m 以上		
	植生の被覆状況	× (大)		△ (中)		○ (小)
優位性: UAVの効果大	通信回線	× (非該当)				○ (該当)
	地上からのアクセス性					△ (アクセス困難)
	施設規模(堤高)					5m 以上
	過去の変状の評価			C (対策不要)	B (経過観察)	A (要対策)
	堆砂状況					○ (変状あり)

4.3 UAV 施設点検の試行と効率化効果の確認

施設の特性に基づき整理した UAV 点検の優位性、適用性の評価結果をもとに、UAV 点検が有効と想定される 5 施設、地上点検が有効と想定される 2 施設、併用することが有効な 1 施設を対象に、UAV点検と地上点検を実施し、効率化効果の検証を行った。検証にあたっては、現地条件に応じて公募実験で把握したズーム撮影やグリッド撮影技術を活用し、従来のカルテに記載されている点検写真と同程度の写真を撮影することを目標に作業時間の比較を行った。その結果、UAV 点検の点検時間は平均 4.8 分に対して、地上点検の点検時間は平均 30.6 分であった。UAV を活用することで、地上点検と比較して 16%の効率化効果が見込まれることが分かった。

表 3 UAV 砂防施設点検効率化検証結果(抜粋)

点検施設	机上検討	結果(点検時間,単位:分)	
		UAV点検	地上点検
173 (25)堰堤工	地上点検が優位 アクセス容易・上空架線	2.5	10.0
174 (20-1)深原砂防ダム	UAV点検が優位 アクセス困難・植生小	9.0	35.5
平均		4.8	30.6
効率化効果		16%	

5. その他効率化手法の活用

UAV 点検で効率化が期待できる条件とは急峻な地形等により現地へのアクセスが困難な場合の点検データ取得についてである。一方で、既往点検課題としてはこれ以外に、砂防施設の水面下における洗堀状況の把握が困難であること及び、大量の点検データの整理に課題があることが指摘されていた。

5.1 水面下の洗堀状況の把握

水面下の洗堀状況把握手法として既往研究において洗堀深に応じた落水音の変化に着目した調査手法が検討されている。具体的には洗堀が進行して落水部の水深が深くなると、落水音の低周波域が増加する特性が、既往の研究成果(日名ら(2023))に示されており、長野県の洗堀箇所においても適用性の検証を行った。その結果、既往研究と同様の傾向がみられ(図 4)、適用できる可能性を確認した。しかしながら、洗堀深が 0.5m に満たないような軽微な洗堀においては有意な落水音の変化が確認できないことから、当手法の適用限界があることが把握できた。

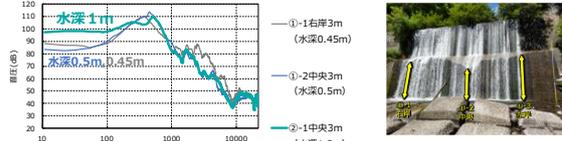


図 4 長野県内の砂防堰堤における落水音解析結果の例

5.2 点検画像データの整理効率化

点検作業において大量に撮影された画像の整理に時間がかかるとの課題に対して、AI 画像分類や EXIF 情報により、撮影目的や場所に応じて画像を自動分類する手法を試行検討した。点検時の撮影画像を 5 クラスに分類する AI 画像分類モデルを構築、試行した結果、全体の 6 割程度は正解のクラスに分類することができた。EXIF 情報についても試作したマクロツールにより GPS 搭載カメラで撮影したデータを撮影位置毎にフォルダ分けできることを確認した。これらを組み合わせる(図 5)ことで、点検結果整理作業を効率化できると考えられる。



図 5 点検結果自動整理イメージ

6. まとめ

各種砂防施設点検課題の解決方法について開発、試行状況を下表に整理した。緑着色部分については本発表の通り開発進行中であり、それ以外についても既往技術や他機関事例等を活用していける可能性がある。長野県の砂防施設点検では、引き続き最新の技術を取り入れながら、砂防施設管理システムの改良や長寿命化計画の策定と連携しながら、総合的に効率化を進めていく方針である。

なお、本研究を進めるにあたって、国土交通省関東地方整備局から既往点検データ等の提供をいただきました。ここに感謝の意を表します。

表 4 砂防施設点検効率化に向けた総合的な取り組みの現状

段階	課題	解決方法	現状
計画準備	・点検施設詳細位置の把握 ・事前情報の整理	■砂防関係施設管理システムの改修及び検証 ■施設台帳、点検カルテへの位置情報、アクセスルートの情報取得、データベース格納、閲覧方法の改良	既存システムの運用と並行して改良作業中
	点検箇所へのアクセス	■長野県としての UAV 施設点検計画 ■UAV 運用に向けた体制構築(マニュアル・講習・訓練) ■施設位置・現地アクセスルートの記録、現地表示手法の開発 ■UAV 撮影スケール設置手法開発	本発表の通り開発進行中 (UAV 点検対象施設の選定及び、UAV 点検技術を検討) 他機関で開発事例の活用等 本発表の通り開発進行中 (試作品による現地テストを実施)
現地調査(外業)	草本類繁茂対策	■植生下変状把握手法の開発(レーザー scanner、植生活性度等からの間接的把握等)	既往技術活用
	施設位置の把握 変状箇所の把握	■施設位置・現地アクセスルートの記録、現地表示手法の開発 ■変状発見支援ツール(新規変状の現地リアルタイム AI 抽出)	他機関で開発事例の活用等 本発表の通り開発進行中 (独自学習モデル構築、現地試行検証実施)
	点検評価ランクのばらつき	■点検評価ランクの客観的判定手法の開発(現地・机上) ■変状種別に応じた自動検出、計測手法の開発(古い堰堤、遠望写真、水面下、植生下の状況把握等)	本発表の通り開発進行中 (独自学習モデル構築、既往データによる試行検証実施)
現地調査(内業)	健全度評価ランクの設定・健全度の評価	■健全度評価ランクの客観的判定手法の開発	長寿命化計画において策定
	点検個票の様式 点検個票の記載内容のばらつき	■データ入力から閲覧までシームレスに活用できるシステム開発 ■点検画像の自動分類整理システム開発	既存システムの運用と並行して改良作業中 本発表の通り開発進行中 (AI 画像分類及び EXIF 情報に基づく画像整理を試行実施)