

UAV を活用した緊急点検における遠距離飛行と AI による変状抽出の検証

国土交通省 北陸地方整備局 松本砂防事務所 : 長坂 正敏, 沢別 光^{※1}, 後藤 晃宏^{※2}
 アジア航測株式会社 : 〇田中 利昌, 西村 直記, 山口 悠, 井元 成治, 廣谷 志穂, 川原 彬人, 若松 海
 (現所属: ※1 国土交通省 北陸地方整備局 河川部, ※2 松本市)

1. はじめに

松本砂防事務所では、豪雨や地震発生後に迅速かつ安全に流域状況を確認することを目的とし、緊急点検への UAV 活用を推進している。また近年、遠距離飛行が可能な UAV 機体の開発や、UAV 技術の向上が進んでいる。

本研究では、信濃川上流域および姫川流域の緊急点検箇所を対象に、出水等により施設への近接が困難な状況を想定し、UAV による遠距離飛行の有効性と課題を検証した。また、定期点検での撮影画像を用いて、AI 画像解析技術による変状抽出を試行し、精度および課題を整理した。これら成果に基づき、災害時における UAV 点検の運用上の実効性と今後の展望を報告する。

2. 緊急点検における UAV 遠距離飛行の有効性検証

2.1. 実証試験の概要

実証試験は、鹿島川(高瀬川流域)、上堀沢・中堀沢(上高地)で、LTE 通信を活用した VTOL 機や回転翼機によるカテゴリー II A(レベル3)の遠距離飛行を実施した(飛行諸元は表 1 参照)。

鹿島川では、VTOL 機(エアロボウイング, エアロセンス(株))を使用し、河川および砂防堰堤の概況把握を行い、片道約 7 km の飛行を計画した。

上堀沢・中堀沢では、回転翼機(ANAFI Ai, Parrot)を使用し、定期点検が困難な砂防堰堤を一括で点検する計画とした。

表 1 実証試験の基本諸元

	VTOL 機	回転翼機
実施日	2023 年 10 月 18 日	2024 年 10 月 9 日
実施場所	鹿島川(高瀬川流域)	上堀沢, 中堀沢(上高地)
飛行距離	約 14 km(往復)	約 5 km
飛行高度(対地)	約 50 ~ 150 m	約 100 m
通信方法	LTE	LTE
撮影方法	動画	静止画, 動画

2.2. UAV 遠距離飛行の実証試験結果

実証試験での試験飛行ルートおよび撮影成果を図 1(鹿島川)、図 2(上堀沢・中堀沢)に示す。

鹿島川では、大冷川第 2 号砂防堰堤までを計画したが、LTE 通信が不通となったため、手前の大冷砂防堰堤までの飛行となった。飛行時間は約 14 分であった。撮影成果は、植生等の影響がない上空から施設全体が視認可能であれば、変状を定性的に確認できた。ただし、VTOL 機はホバリング機能がないため、事前に設定した飛行コース外の砂防施設の近接撮影や現場での微調整は難しかった。

上堀沢・中堀沢では、両溪流を一括して飛行し上流域の上堀沢第 6~第 9 号砂防堰堤や中堀沢上流の斜面崩壊を確認することができた。飛行時間は、約 13 分であった。撮影成果は、砂防施設の変状を定性的に評価できる計測精度があった。さらに回転翼機はホバリングや高度変更が容易であり、現場

での柔軟性が高く、VTOL 機より詳細な点検が可能であった。

実証試験では VTOL 機、回転翼機のいずれも緊急点検での概況把握としては十分な計測精度を示したが、それぞれの特徴に違いがみられた。

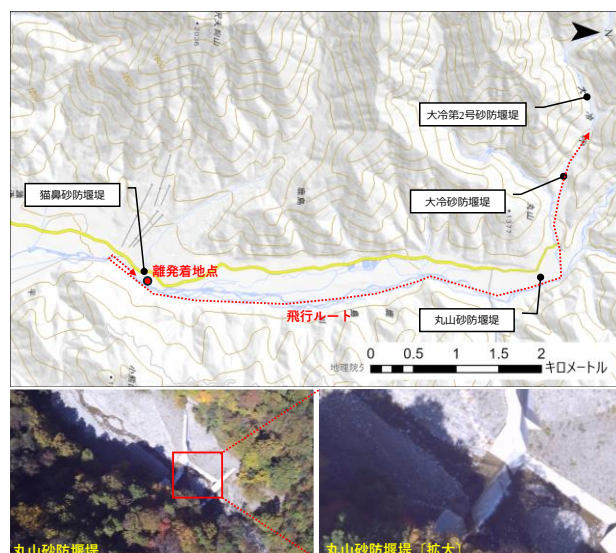


図 1 鹿島川での飛行ルート、撮影成果

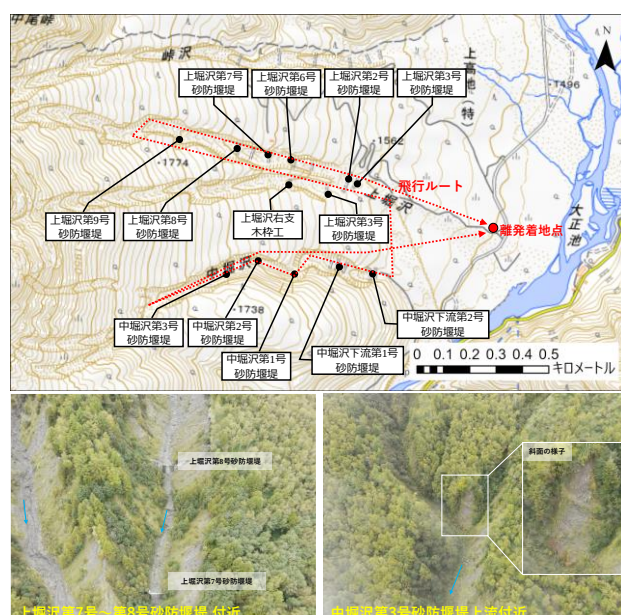


図 2 上堀沢、中堀沢での飛行ルート、撮影成果

3. AI 画像解析技術を活用した変状抽出の検討

3.1. 変状抽出検討の方法

3.1.1. 使用する AI モデルの選定

本研究では、巡視点検での顕著な変状の見落としを避けるための補助となる手法として、画像内のどの範囲に変状が存在するか判定する「物体検出」を対象とし、物体検出の代表的なアルゴリズムである「YOLO X」を採用した。

YOLO X は、物体の検出と識別を同時に行う手法であり、処理速度が速いという特徴がある。

3.1.2. 学習用データの設定

UAV を用いた砂防施設点検での活用を想定するため、UAV による撮影画像から判別でき、健全度評価に影響を与える規模の変状を AI モデルによる抽出対象とした。また、抽出精度を高めるためには学習用データを多く確保することが重要であることから、本検討では松本砂防事務所の砂防施設点検で点検対象としている変状のうち「摩耗」、「ひび割れ・亀裂」、「欠損・破損」を選定した。

松本砂防事務所管内の既往の巡視点検で撮影された変状を含む画像のうち、明らかに変状部位が確認できるものを抽出し、変状種別ごとにアノテーション（ラベル付け）を行い、学習用データを作成した。

表 2 抽出対象の変状種別

変状	再分類	アノテーション数	比率
摩耗	護床ブロックの摩耗	48	5.96%
	水通し部の摩耗	195	24.22%
ひび割れ・亀裂	ひび割れの拡大写真	32	3.98%
	ひび割れ	130	16.15%
	地面・植生内のひび割れ	29	3.60%
欠損	コンクリート欠損	52	6.46%
	積石・張石欠損	232	28.82%
破損	鋼製枠破損	37	4.60%
	蛇籠破損	38	4.72%
	コンクリート破損	12	1.49%

3.2. 変状抽出検討の結果

3.2.1. 深層学習による変状抽出結果

構築した変状抽出モデルを用いて、深層学習による変状抽出を試行した。変状の抽出は検証データとしてランダムに抽出した 45 枚の画像について実施した。

変状抽出の結果としては、深層学習により変状を良好に抽出できたものはあったが、うまく抽出できていないケースも見られた（図 3）。変状種別に着目すると、「ひび割れ」「コンクリート欠損」「積石・張石欠損」「摩耗（水通し）」は、他の変状に比べて抽出精度が高かった。これは、4 種類以外の変状は学習データが少なく、それに伴い全体のモデル精度を低下させた可能性が考えられる。



図 3 良好・不良な変状抽出結果の例

3.2.2. 変状種別を限定した再学習後の変状抽出結果

モデル精度向上を目的として、学習データが比較的多い「ひび割れ」「コンクリート欠損」「積石・張石欠損」「摩耗（水通し）」の 4 種類の変状に限定して再学習を行い、検出

精度の変化を確認した。再学習を行うことにより、抽出できていなかった変状が検出されるなど、良好に抽出が行われ、抽出漏れが減少する傾向が確認された。

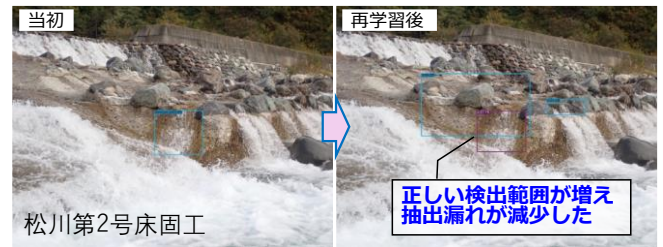


図 4 再学習による検出精度の変化の例

4. 考察

4.1. 遠距離飛行による巡視点検の有効性と課題

実証試験では、VTOL 機と回転翼機の緊急点検への有効性が確認された。実証試験から VTOL 機は広範囲での点検に有効であるが、砂防施設の点検精度では回転翼機に劣る。本結果より、緊急点検では VTOL 機と回転翼機の特長に合った使い分けが重要と考える。例えば、広域の河川区間や溪流全体の概況把握には VTOL 機、砂防施設の変状を概略的に把握したい場合は回転翼機といった使い分けが考えられる。

遠距離飛行での課題は、通信手段に依存する点である。鹿島川では LTE 通信が不通となり、飛行できない区間が生じた。信濃川上流域および姫川流域の山間部には上空 LTE の圏外区域が存在するため、LTE 通信を補完する手法の検討が必要である。

4.2. 今後の AI 画像解析技術の活用

既往点検における変状写真を用いて学習を行った結果、顕著な亀裂や摩耗、欠損については良好に抽出することが可能であることが確認された。また、変状種別を限定して実施することで、抽出精度を向上させることができた。

一方で、抽出が困難な変状種別があり、また変状の誤検出といった課題も明らかになった。現状では学習データ数が多くないことから、今後も学習データの蓄積と、追加学習による抽出精度向上を模索していく必要がある。AI 画像解析技術による変状抽出は、広域を動画や多数の写真撮影で調査をした際に、調査員の確認漏れを補完する役割、補助するツールとして用いられることが望まれる。

5. おわりに

本研究では以下の結論が得られた。

1) 実証試験で VTOL 機と回転翼機の有効性が確認された。広範囲の点検には VTOL 機、詳細な点検には回転翼機が適している。通信手段に課題があり、LTE 通信を補完する手法の検討が必要である。

2) AI 画像解析技術を用いたことで、顕著な亀裂や摩耗、欠損等の抽出に十分な有効性があることが確認された。さらなる追加学習を行うことで精度向上が期待される。

UAV による点検や AI 画像解析の技術は、近年著しく発展している分野である。今後も継続して検討し、UAV を用いた砂防施設点検の高度化・効率化の推進が望まれる。