

UAV 自律飛行技術を活用した臨時点検の効率的な飛行計画立案方法の検討

国土交通省 関東地方整備局 利根川水系砂防事務所
大坂 剛, 須藤 利夫, 小林 幸夫
アジア航測株式会社
○若松 海, 梶原 あずさ, 高橋 秀明, 西村 直記,
滝川 正則, 佐々木 寿, 篠原 光礎

1. はじめに

利根川水系砂防事務所（以下、利根砂防）では、豪雨や地震等の発生後に砂防施設の機能・性能に影響する異常を確認するため、臨時点検を実施している。臨時点検では施設や周辺の状況を迅速に把握することが重要となる。

このため、地上からの調査よりも俯瞰的に概況を把握可能な無人航空機（以下、UAV）の活用が期待されており、砂防関係施設点検要領（案）（令和4年3月、国土交通省砂防部）にも臨時点検へのUAV活用が明記されている。さらに、UAV自律飛行を用いることで、経験が少ない操縦者でも熟練者と同等な撮影成果の質を確保できる。

本稿では、自律飛行を基本としたUAV臨時点検計画を立案することを目的として実施した試行点検及びその成果について報告する。

2. UAV 自律飛行点検における課題

UAV 自律飛行を用いた臨時点検を計画するうえでの課題は以下のとおりである。

①臨時点検は業務委託を受けた点検業者が実施することが想定されるため、点検業者が保有する機体でも対応可能な計画とする必要がある。

②自律飛行を用いた撮影（外業）～とりまとめ・評価（内業）の一連作業を円滑に実施する必要がある。

③UAV 自律飛行は航空法による事前手続き等の準備も複雑となるため、実務担当者は緊急時の中においても適時適切な判断が求められる。

3. UAV 機体の選定

使用する UAV 機体は自律飛行が可能なことに加え、汎用性が高いという点に着目した。また、事前に立てた計画を緊急時に活用するため、多くの業者が所有しており、飛行実績の多い機体を選定する必要がある。以上をもとに、本検討では DJI 社の Matrice 300 RTK（中型機）と Mavic 3 Enterprise（小型機）を選定した（表 1）。

4. UAV 点検対象施設の選定

UAV は航空法等の制約により飛行・点検できない箇所があるため、事前の点検可否の確認が必要である。本検討では視認性や電波障害等を UAV 活用時の制約条件と考え、既往施設点検の情報等に基づき、制約条件を整理した。

整理した制約条件を踏まえ、利根砂防管内の点検対象 295 施設から、施設の状況や法規制等をもとに点検可否と適用性を評価し、221 施設（158 フライト）を抽出した。また、抽出した施設に対して、臨時点検で UAV を使

表 1 試行点検に使用した UAV

機体	Matrice 300 RTK	Mavic 3 Enterprise
写真		
サイズ(mm)	810×670×430	347.5×283×107.7
重量	6.3 kg	0.895 kg
最大ズーム	約 20 倍	約 7 倍
特徴	・高性能カメラ ・GNSS2 機搭載 ・RTK 測位対応	・機動性が高い ・持ち運びが容易 ・RTK 測位対応

用する施設を決定するため、点検の効率性などの観点から優先度を評価した。

5. 飛行コース、撮影アングルの決定

自律飛行を行うためには事前の飛行ルートと撮影アングルを設定したミッションデータが必要となる。適切なミッションデータを作成することで、臨時点検時は砂防分野に精通していない操縦者でも点検が可能となる。

本検討では臨時点検への活用を想定し、概況撮影を基本として、施設への影響が大きい変状が撮影できる精度を確保可能な飛行ルートや飛行高度、撮影アングルを設定することとし、点検時間の効率化を図った（図 1）。

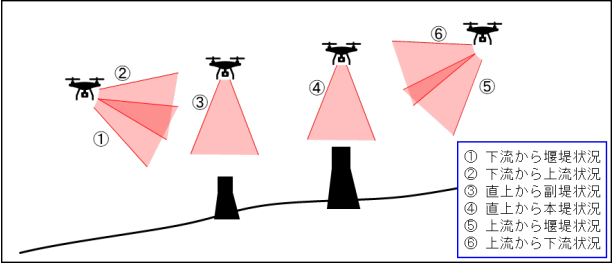


図 1 堰堤工における遠景撮影のアングル例

試行点検の結果、自律飛行におけるミッションデータの再現性は測位方法に大きく依存することが明らかとなった。GNSS 単独測位を使用する場合は、撮影時の衛星捕捉状況により機体位置に生じるブレが大きく、特に高倍率ズームを使用した場合に撮影アングルを完全に再現することは難しい結果となった。そのため本検討における撮影計画は、ズーム倍率が異なる複数パターンを設定し、画角のブレにも対応できる計画とした（図 2）。



図 2 変状のズーム倍率設定例

6. 試行点検による効率性と汎用性の検証

4章で選定した施設のうち、1フライトで複数施設の点検が可能で UAV 点検の適用性が特に高いと考えられるフライトを抽出し、流域の異なる 10 箇所で行行点検を実施した。UAV 自律飛行による施設点検の効率性を確認するために、移動時間を含めた従来点検と UAV 点検における所要時間を比較した。1フライトにおける点検基数別の平均所要時間の比較結果を図 3 に示す。図より、複数施設を 1フライトで点検する場合、従来点検に比べ大きな効率化が図れることが確認された。また、1フライトにおける点検基数が増えると、移動時間や準備時間を削減できるため、時間効率が上昇する傾向がみられた。

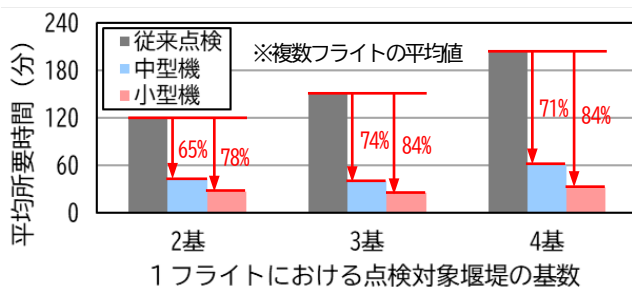


図 3 従来点検と UAV 点検における所要時間の比較

さらに、計画の汎用性の確認を行うために、計画時と異なる業者が UAV 自律飛行による臨時点検を行うことを想定し、試行点検で作成したミッションデータを同機種の別機材に引き継ぎ、植生繁茂状況の異なる時期に当初とは別の運航者による自律飛行を行った。この結果、点検時期や機材、運航者が異なる場合も計画通りの撮影を行うことができ、本検討における計画の汎用性やデータの互換性を確認できた。

7. 点検成果とりまとめ手法の検討

本検討では、外業時間の短縮だけでなく内業時間も短縮するために、点検とりまとめ票の自動作成ツールを作成した。撮影写真の Exif 情報から位置情報を取得することで、過去に同じ地点から撮影した写真と紐づけ、エクセルのマクロ機能を使用して整理することで、経年変化の把握しやすい、とりまとめ票が作成できる。このツールを使用することで、とりまとめを 1フライトあたり数分程度で完了することができ、撮影結果を速やかに関係機関へ共有することができる。

また、内業時間の短縮のため、AI を活用した変状検出の適用性を検証した。利根砂防管内施設の変状を精度よく検出するために、教師データは利根砂防管内の点検業務により撮影された写真を使用した。本検証では、「亀裂」

「欠損」、および「玉石欠損」を対象とし、画像認識手法は物体検出とした。その結果、「亀裂」と「玉石欠損」は精度よく検出ができた (表 2)。「欠損」は正解率 36%と低かったことから、今後の教師データ数の蓄積やクラス分けの細分化などにより精度向上を図る必要がある。

表 2 変状ごとの AI による抽出精度結果
(学習回数: 300 回, データ拡張: なし)

変状	正解	不正解
変状なし	83 %	17 %
亀裂	89 %	11 %
欠損	36 %	64 %
玉石欠損	100 %	0 %

8. 手順書の作成

UAV を用いた臨時点検では UAV を操縦する運航者だけでなく、点検を指示する管理者側にも UAV 点検を安全に行うための判断が求められる。UAV 点検を行うためには、関係機関への申請や調整が必要となることがあり、臨時点検実施を決定したのち、点検実施までに速やかに手続きを進める必要がある。

そこで、UAV 点検の準備からとりまとめまでを円滑に行えるよう、【運航者編】と【管理者編】に分けた手順書を作成した。手順書は両編が相互に対応しており、時系列に沿って必要なやり取りやそれぞれが実行する項目をチェックリスト形式で整理している (図 4)。これらを順番に確認して進めていくことで、運航者・管理者ともに、経験量を問わず臨時点検を完了できる。

また、運航者については、現地の知識が浅くてもスムーズに点検が実施できるように、飛行計画図を作成した。事前調査での現地写真に加え、離発着地点などの UAV 飛行に関する情報や周辺の留意事項を記載した。さらに、本検討で試行点検を実施していない箇所についても、今後の試行点検結果を踏まえた更新を見据えて、机上設定段階での飛行計画を作成した。

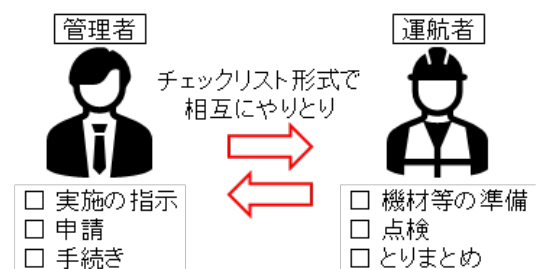


図 4 手順書使用のイメージ

9. まとめ、展望

本検討では、臨時点検を想定して迅速に UAV 点検を実施することを目的とし、現状の UAV の性能や関係法規等による制約を考慮した実用的な UAV 自律飛行による臨時点検計画 (案) を立案した。本検討では限られた施設において試行点検を実施したことから、今後、本計画に則った実証試験等を行い、課題を抽出することで、飛行計画のさらなる改善を図り、実効性の高い点検計画立案を目指していく予定である。