

UAV自律飛行による砂防施設の点検について

片岡 圭介¹・高橋 功司¹・高村 清和¹・真安 智大¹

¹神通川水系砂防事務所 調査課 (〒506-1121 岐阜県飛騨市神岡町殿1020-4)

UAV自律飛行（目視外飛行）により、今後の砂防施設点検に活かすための検討を実施した。本論文では、UAVによる砂防施設の無人化点検手法を確立させるために実施した、取り組み結果について報告する。

キーワード UAV, 自律飛行, 施設点検

1. はじめに

神通川はその源を川上（カオレ）岳に発し、岐阜県、富山県の両県にまたがる流域面積2,720km²、幹線流路長120kmの1級河川である。神通川水系砂防事務所では、神通川流域の中でも、新猪谷ダムより上流の761km²で砂防事業を実施している（図-1）。管内には、奥飛騨温泉郷、北アルプスなどの観光地が存在し、長年にわたる砂防事業により、土石流などの土砂災害から地域を守り、地域住民の生活を支えている。本稿では、神通川水系砂防事務所の事業の中でも、平湯川流域白谷で実施した、緊急砂防点検に関する取り組みについて報告する。

2. 白谷におけるUAV活用手法検討の概要

平湯川支川溪流である白谷（図-2）では、毎年のように土石流が発生しており、土砂移動が顕著な特性を有する。白谷砂防堰堤群下流には国道471号線があり、広域物流の機能確保や土砂移動特性の把握や砂防堰堤の土砂堆積状況の把握が必要であり、緊急時には白谷上流側へ車両の進入が困難となる可能性が高い。従って、土石流発生直後に迅速に土砂移動を把握し、土砂移動特性や施設効果を評価する手段として、遠隔調査設備である、ドローンポートを活用した、緊急砂防点検の手法の検討を行った。



図-1 位置図



図-2 白谷の全景

3. ドローンポートの選定

検討で使用する現地格納装置及びUAV機体の選定を行った(図-3)。市場に流通している、ドローンポートの比較検討結果を示す。

遠隔飛行時にLTE通信が可能である点、機体・ドローンポートともに防水・防塵性能が高い点、機体のサイズが小さい点(1m×1mよりも小規模)、価格が情報公開されている点、実証実績等を踏まえてDJI DOCK2×Matrice 3D/3TDを選定した。

4. ドローンポート設置場所の選定

ドローンポートの設置における代表的な条件である、本体から20°の影響角より上空に電波を遮断する支障物がない、設置推奨面積を確保することが可能である、電源及びインターネットの通信環境を確保することが可能である等の条件から、候補地を3つに絞ることができた(図4)。

3候補地のうち、立地条件、施工性、経済性、維持管理性に最も優れた、白谷2号堰堤上流左岸付近をドローンポートの設置場所に選定した。

表-1 ドローンポート設置位置選定理由

	第1案 地上設置(2号堰堤上流左岸)	第2案 地上設置(1号堰堤上流左岸)	第3案 堰堤設置(3号堰堤左岸大隅)
機体区			
設置概要	・地上設置として選出。 ・地形変化が少々必要となる。	・地上設置として選出。 ・地形変化は若干が必要となる。	・堰堤堤脚天端利用案として選出。 ・地形変化の必要なし。
立地条件 視界 遮蔽状況 支障物 等	・管理用道路幅の空き地を利用。 ・勾配(70%)があるため、切り盛りにより整形する。 ・視通は困難ない。 ・支障物は皆にない。 ・RTK受信状況は問題ない。 ・左岸側斜面とは約2mの距離がある。	・管理用道路幅に地上を確保し、スペースを確保する。 ・視通は困難ない。 ・支障物は皆にない。 ・RTK受信状況は問題ない。 ・左岸側斜面の崩壊箇所からの土砂や転石が影響する可能性あり。	・3号堰堤堤脚天端への設置。 ・視通は皆にない。上流左岸側の樹木が多少影響する。 ・現在、警備施設が設置されており、設置時に支障となる。 ・設置箇所直下ではないが、河川敷が存在する。 ・RTK受信状況は問題ない。 ・左岸側斜面の勾配は3案のうち最も急である。
施工性	・空き地(約250㎡)を利用することから、目当度が高い。 ・資機材の搬入は管理用道路より行う。 ・管理用道路幅に排水路があり、その対策(壁上げ)が必要。 ・ケーブル敷設は土路で実施でき、施工が容易。 ・付帯で露出したケーブルからの分岐で電源及び通信を確保。 ・根拠及び警備システム設置スペースも十分である。	・若干により設置スペースを確保することから、施工が容易。 ・(堰堤高上げにより施工実施の可能性あり)。 ・資機材の搬入は管理用道路より行う。 ・貯留3mまたは新設引込柱から電力及び通信ケーブルを設置。 ・ケーブル敷設延長が必要がある。 ・ケーブル敷設延長が長くなる。(約100m) ・根拠及び警備システム設置スペースも十分である。	・堰堤堤脚への設置のため、DOCK本体の施工は容易。 ・堰堤幅が3.0mのため、転落防止の安全対策が必要。 ・資機材の搬入は管理用道路より行う。 ・左岸側大隅中央に設置すると、根拠幅長さが1m超となる。 ・警備システムは左岸側の上下流いずれかの斜面に設置。 ・(注)に敷設されたケーブルからの分岐で電源及び通信を確保。 ・(但し、管理用道路を遮断するための工事が必要。)

表-2 ドローンポート設置位置の写真

第1案	第2案	第3案

5. 通信設備の検討

緊急時遠隔操作ドローンポートを使用するにあたっての操作時のイメージを図-3に示す。緊急時遠隔操作ドローンポートには、通信環境が必要となることから、LTE通信利用と光ケーブル網利用、スターリンク利用により、比較検討を行った。

実証試験の段階では、光ケーブルの施工が未実施であったこととLTE通信については能登地震の際に使用できない例が存在するため、発災時に安定的に使用可能なスターリンクにより、実証試験を行った。

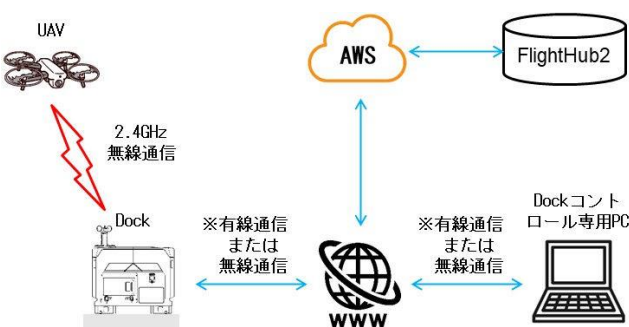


図-3 ドローンポートの遠隔操作イメージ

6. ドローンポートの実証実験飛行

(1) 仮想空間上のシミュレーションによる計画立案

ドローンポート設置後の運用を踏まえて、机上で設定した飛行ルート安全性及び課題抽出のための実証実験飛行を実施した。実証実験については、平湯川支流白谷の仮想空間を作成し、飛行シミュレーションを実施した。飛行ルートについては、ウェイポイント飛行について2案、マッピング飛行について2案の計4案について、検証を行った。結果については、表-3の通りである。

表-3 シミュレーション結果

飛行種別	飛行範囲	シミュレーション結果
ウェイポイント飛行 (周辺状況、上流域撮影：高度や画角に変化を持たずことが可能な飛行方法)	全体(1号～6号間)	高圧電線から30m 離隔を確保し、安全な飛行が可能であるが、ドローンポート設置予定地より下流側飛行中にRTHが作動した場合は150m 以上の空域飛行に該当する。
	ドローンポート設置位置より下流と上流分割(2フライト)	高圧電線から30m 離隔を確保し、安全な飛行が可能である。
マッピング飛行 (オルソ撮影：一定相対高度、画角による連続平面撮影)	全体(1号～6号間)	高圧電線から30m 離隔を確保し、安全な飛行が可能であるが、ドローンポート設置予定地より下流側撮影時及び下流側でRTHが作動した場合に150m 以上の空域飛行に該当する。
	ドローンポート設置位置より下流と上流分割(2フライト)	高圧電線から30m 離隔を確保し、安全な飛行が可能である。

(2) 実機による実証実験飛行の結果

シミュレーション結果を踏まえて、実機によるウェイポイント飛行とマッピング飛行の実証実験を行った。仮想空間上のシミュレーションの結果により設定したウェイポイントを使用した上で、UAVのカメラ方向を調整することで、上流域の状況を取得することが可能であることを確認した。また、本運用に近い形で実証実験を行うためにマッピング飛行により撮影した単写真から、3次元点群データを作成し、標高差分解析を実施した。差分解析では、基面データとして別業務により取得した2024年7月26日にUAVにより撮影したデータを、比較データとして、2024年10月8日に実証実験で取得した写真から作成した3次元データを使用した。差分解析の結果、白谷の土砂の変動傾向は上流に位置する白谷第4号砂防堰堤～第6号砂防堰堤の間は堆積傾向であり、下流区間である、白谷第1号砂防堰堤～第4号砂防堰堤では侵食傾向であることが分かった。

(3) ドローンポートを用いた飛行所用時間について

実証試験におけるドローンポートの準備及び飛行時間を整理した。飛行準備から調査完了までの所用時間は、141分と準備時間と解析時間は、人が現地に入った場合と大差がないことが分かった。しかし現地に人を派遣してUAV撮影を実施する場合、神通川水系砂防事務所から白谷流域まで片道約40分かかるため、移動を含めると221分程度の時間がかかることが想定される。そのため、ドローンポートを用いたUAV撮影では、現地に人を派遣してデータを取得する場合と比較して、短時間になることを確認することが出来た。

7. 今後について

これまでに述べた通り、神通川水系砂防事務所ではドローンポートを使用した緊急時遠隔飛行点検の実用に向けた検討を行った。今後は本稿で行った検討結果を基に、試験フライトを行い、飛行可能な飛行条件を把握しドローンポート本格運用に向けて、より精度の高いデータを取得していく予定である。

謝辞：本論文の作成にあたり、ご協力いただきました方々には、心より感謝申し上げます。