

全方向衝突回避センサーを有する小型ドローン技術の災害時運用における実証試験

株式会社ドーコン

○正 会 員 大山高輝

室蘭工業大学大学院

非 会 員 花島直彦

釧路工業高等専門学校

非 会 員 林 裕樹

国立研究開発法人土木研究所

正 会 員 西 弘明

室蘭工業大学大学院

名誉会員 岸 徳光

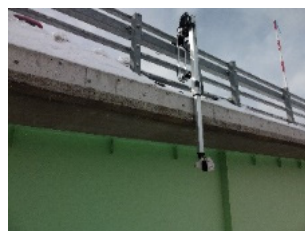
1. 目的

橋梁点検の効率化や高度化を図ることができる UAV(Unmanned Aerial Vehicle)やロボットなどの技術は、点検支援技術性能カタログ(案)¹⁾として公表され、点検に活用され始めている。

一方、筆者らが暮らす北海道では、2018年9月の北海道胆振東部地震などの大規模自然災害が発生している。著者らは、このような災害が積雪を伴う厳冬期に発生した場合を想定して、橋梁の健全性を即時に判断し、通行可否を決定する手段としての橋梁点検支援技術に着目し、積雪・極寒冷の条件下での適用性、災害時緊急点検での適用性・使用性を主眼に図-1に示す4技術について実証試験^{2,3)}を実施し、「全方向衝突回避センサーを有する小型ドローン技術」(以下、小型ドローンと示す)の優位性が高いと判断した。本論文では、小型ドローンの災害現場での運用に向けた実証試験について報告する。



アーム型点検ロボット(※)
BR010018-V0120



ロボットカメラ
BR010019-V0120



二輪型マルチコプタ
BR010021-V0020



小型ドローン
BR010009-V0020

注記：記号は点検支援技術性能カタログ(案)の技術番号を示す。
※は、記載技術のアーム先端部のみを使用した技術を採用した。

図-1 実橋での実証試験を行った点検支援技術

2. 小型ドローンの災害時運用に向けた確認事項

小型ドローンの機体写真を図-2に示す。特徴は、機体上下に設置された合計6つの魚眼レンズにより、飛行時に周囲の障害物を自動で検知して衝突を回避する機能を有することである。そのため、魚眼レンズで周囲を確認することができる明るさが必要であり、夜間飛行はできない。これに対して、災害時の緊急点検が夜間に実施されることも想定されるため、追加照明などでどの程度まで飛行や撮影が可能か実証試験を行った。

また、豪雨災害時には、図-3に示されるように、河川の氾濫により橋台背面土が崩壊した場合、地形条件によってはオペレーターが小型ドローン本体を目視で確認可能な場所へ進入できないことが想定される。そのような場合には、ドローン本体を目視せず、ドローンに搭載されたカメラ映像をタブレットなどで確認しながら操縦する「目視外飛行」を行う必要がある。なお、目視外飛行を行う際は通信距離が大きくなることも想定される。これに対して、実橋で目視外飛行を行い、操作が可能な最大距離を確認する実証試験を行った。

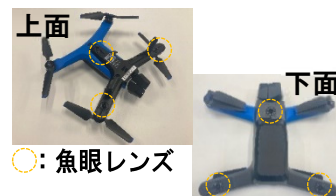


図-2 小型ドローン機体概要 図-3 橋台背面土流出事例



3. 実証試験の概要

3. 1 対象橋梁の概要

対象橋梁は、上部工形式 4 径間連続非合成鋼桁の国道橋である。試験対象の P-2 橋脚は、下部工付検査路を有する壁式橋脚であり、桁下高は 20m である。

3. 2 夜間実証試験の概要

照度による離陸可否を確認するため、事前に室内試験を実施した。調光可能な室内灯（LED ライト：4300 ルーメン）の直下に小型ドローンと照度計を置き、照度を徐々に落としながら、機体制御システム上で離陸可否を確認したところ、21 ルクス以上で飛行可能と判断された。

現地試験は令和3年12月24日に実施した。まず、飛行可能な照度を確認するため、日の入時刻16時に飛行を開始し、徐々に暗転する状況で、機体制御システム上に警告が出た際の照度を計測した。8ルクスで照度低下（GettingDark）の警告が発生し、5ルクスで照度不足（TooDark）の警告とともに、機体が強制着陸した。次に、暗転した16時30分以降、人力で搬入可能な照明設備を配置し、ドローンの周囲の照度を上げ、飛行の可否を確認した。試験概況を図-4に示す。

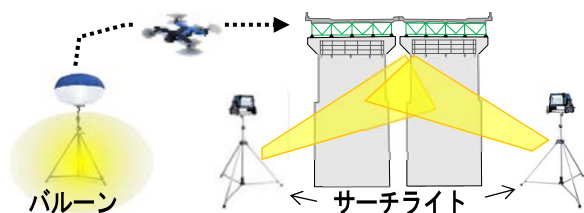


図-4 照明施設を配置した夜間飛行試験概況

地上に設置したバルーンの照射範囲から小型ドローンを飛行させ、サーチライトにより周辺の照度を確保した状態で橋脚まで到達させた。橋脚に到達した後は、サーチライトの光が届く範囲まで上昇させ、計測可能な高さを確認した。なお、サーチライトとして10m先の照射物に対し70ルクスの照度を確保可能な高輝度LEDライトを2機使用した。試験の結果、照明の効果により、地上から17mの高さまで飛行することができた。試験状況を図-5に示す。

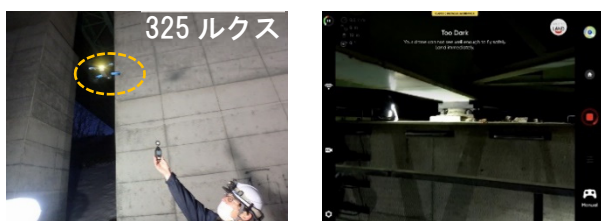


図-5 照明施設を配置した夜間飛行試験状況

3. 3 目視外飛行実証試験

小型ドローンを目視できない状態で操作し、桁下や橋脚周辺へ移動させて撮影を行う試験を実施した。オペレーターは、P-2 橋脚上の路面から小型ドローンを離陸させ、撮影画像をタブレットで確認しながら機体を桁下へ移動させることができた。また、小型ドローンに搭載されている衝突回避機能の効果もあり、機体を沓座周辺の狭隘部へ侵入させることに成功した。なお、操作可能な最大距離を確認するため、起点側橋台から終点側橋台まで約200mを飛行させた。伝送映像に乱れが生じることなく、操作できることを確認した。試験状況を図-6に示す。



図-6 目視外飛行等の試験状況

4. まとめ

既往の検討^{2),3)}で、積雪寒冷地における緊急点検の適用性が最も高いと判断された小型ドローンについて、災害現場での運用に向け、暗所での飛行や、目視外飛行の実証試験を行った。本検討結果から得られた事項を整理すると、以下の通りである。すなわち、

- ・離陸に必要な照度は21ルクス以上、飛行可能な照度は8ルクス程度であった。
- ・暗所でもサーチライトなどの照明設備を利用することで飛行が可能であり、今回使用した機器の仕様では、地上から17m程度の高さまで飛行できた。
- ・目視外飛行では、衝突回避機能の効果により狭隘な箇所でも操作が可能であった。また、操作可能な距離として、200m程度までは伝送映像が乱れることなく、操作が可能であった。

参考文献 1)国土交通省:点検支援技術性能カタログ(案)2020.06 2)大山高輝,花島直彦,林裕樹,西弘明,佐藤誠,岸徳光:積雪寒冷地における各種橋梁点検支援技術の適用性検討,土木学会北海道支部令和2年度論文報告集第77号 F-07,2020 3)大山高輝,花島直彦,林裕樹,西弘明,佐藤誠,岸徳光:積雪寒冷地における各種橋梁点検支援技術の冬季実証試験について,土木学会北海道支部令和3年度論文報告集第78号 F-07,2021