

港湾構造物点検診断における 国産UAVの有用性に関する現場実証

氷見 和也¹・廣木 智秀¹・田中 純壺²・磯部 賢¹

¹港湾空港部 港湾事業企画課 (〒950-8801 住所 新潟県新潟市中央区美咲町1-1-1)

²前港湾空港部 港湾事業企画課 (〒950-8801 住所 新潟県新潟市中央区美咲町1-1-1)

災害時の速やかな被災状況把握を目的として、各地方整備局（港湾）に配備された国産UAVを平常時にも有効活用するため、港湾施設点検診断への活用可能性を検討した。情報漏洩を防止するため導入した国産UAVは、一般に流通していないことから、防波堤や岸壁等の点検に要する性能面からの検証が不十分であった。そこで、現場実証を行い有用性を検証するとともに、国産UAVの改善内容について報告する。

キーワード UAV, 港湾施設, 点検診断, 現場実証

1. 背景

港湾施設は、大規模災害時に緊急支援物資の受け入れやサプライチェーン維持の観点でも、被災状況を速やかに把握し、施設の迅速な利用可否判断や応急復旧が必要である。しかし、港湾施設が海上に点在するなど、被災下・警報下において被災状況を把握することは極めて困難である。国土交通省港湾局は施設の迅速な利用可否判断や応急復旧を実現するため、2021年度に各地方整備局の港湾空港部へ国産UAV(自律制御型ドローン)を配備した。今後は、施設点検や人的確認が困難な被災現場等において、UAVによる被害状況把握が効率的に実施されることとなる。

北陸地方整備局港湾空港部では、配備された国産UAVを有効活用するため、平常時における港湾施設の一般定期点検診断（以下、点検診断）等への活用を検討した。しかし、導入した国産UAVは一般に流通していないことから、防波堤や岸壁等の点検に要する性能面から十分な検証が必要となった。また、維持管理計画書に基づく精度でのUAVを用いた点検方法及び診断方法は確立されておらず、環境条件の厳しい場所における機体性能検証やUAVの離着陸可否の検証なども必要となっている。

そこで、当局へ配備された国産UAVを用いて施設点検の現場実証を行い有用性を検証し配備された国産UAVの改善内容を検討した。

2. 港湾施設における UAV の利用実態

(1) 港湾施設における課題

港湾施設においてUAVは、沿岸部における被災状況の把握等で使用されてきた(図-1)。しかし、市販で普及しているUAVは沿岸部での利用を想定した耐候性能、対塩性能、船上での利用性能等が十分とは言えず、沿岸部で用いるUAVの性能規定や性能補強、実証的検証について対応していく必要があった。

福島県沖を震源とする地震への対応(R4.3)

- 相馬港において、東北地方整備局職員によるドローン調査を実施。
- 港湾施設の上空からの被災状況把握により、地震後の速やかな応急復旧工事の実施、インフラ整備の推進に貢献。



重要港湾 相馬港位置図



岸壁等の被災状況確認調査



ドローン調査実施箇所



工所用資材荷役の様子

図-1 UAVを活用した被災状況把握

(2) UAVを用いた港湾施設の維持管理に関する課題
 港湾施設の多くは高度経済成長期に整備され、老朽化した施設が急増していることが問題になっている。しかし、港湾施設は岸壁・護岸などの陸域施設のみならず、防波堤・離岸堤など海域に存在し施設延長が数kmに及ぶ施設もあるなど、維持管理には大きな労力が必要となる。また、建設業就業者が減少してきている昨今では、従来の目視点検のみでの点検では限界がある。

港湾の施設の点検診断ガイドラインでは、「点検診断においては、新技術の活用を積極的に検討することが望ましい。特にUAV等は、目視点検の測量調査技術として目覚ましい発展を見せており、積極的に活用することが望まれる。」と記述があるが、UAVを用いた点検方法及び診断方法は確立されていないことが課題となっている。

4. 国産UAV (KALI-FF070) の諸元

2020年に日本政府は無人航空機の調達に関して「調達にはセキュリティが担保されたドローンに限定」し、「既存導入されているドローンについても速やかな置き換え」を実施する方針を公表した。これを受けて国土交通省港湾局が導入したのが、高セキュリティ対応の産業用ドローン「KALI-FF070」である。その特徴を下記に示す。

- セキュリティ対策を施し、通信・撮影データの暗号化を実現している。
- カメラに光学 10 倍ズーム機能があるため、デジタルズームより鮮明な画像を取得することが可能。
- カメラのジンバル性能が高く、光学 10 倍ズームでも映像のブレが非常に少ない。またカメラ画質がフル HD (1920×1080) であるためデータ容量が抑えられ、迅速なデータ移動が可能。
- 国内産の UAV であり、改良の柔軟性が高い。
- 機体のサイズが市販されている UAV(DJI の Mavic シリーズや Phantom シリーズ等)と比較し大きい。

配備された国産UAV及びカメラの主な性能は表-1のとおりである。

表-1 機材及びカメラの主な性能

●ドローン機体性能	
メーカー	BlueBee
型番	KALI-FF070
ドローン寸法(軸間距離)	550×550mm
ドローン全長(プロペラ展開時)	1000mm
ドローン重量(カメラ・バッテリー有り)	5690g
バッテリー	Li-Po 1600mAh 25C
耐風性能	13m/s
防水性能	IPX3
飛行時間	29分 (RTH)
航続距離	9.6km
最大無線伝送距離(操作)	5km
最大無線伝送距離(映像)	2km
●カメラ性能	
寸法	155×132×131mm
重量	900g
制止画像保存形式	JPG1920×1080もしくは1280×720
動画保存形式	MP420P25/30fps もしくは1080P25/30fps
動作環境	-20~60℃
ズーム倍率	光学ズーム ×10 デジタルズーム ×32
シャッタースピード	1/30~1/30,000秒
その他	赤外線カメラ付き



図-2 KALI-FF070

5. 国産UAVを用いた現場実証方法

現場実証には岸壁、橋梁、防波堤が近くにある伏木富山港(新湊地区)を選定し、点検する施設は海王岸壁、新湊大橋(橋脚部)、西防波堤とした。また、海上に点在する施設を点検する際にはUAV飛行を目視内で行うことを想定し、船舶からの離着陸について検証を行う。(図-3)



図-3 現場検証箇所及び飛行範囲

国産UAVにおける画像の見え方を検証するため各施設ごとに撮影条件を変えて比較を行った。

(1) 岸壁の撮影条件

岸壁の撮影方法は、維持管理計画書に基づくエプロン及び岸壁前面の点検診断が可能な画像を取得できるか検証する。エプロンは真上から高度を上げて画像が取得できる限界高度を検証した。飛行高度の設定については、岸壁点検診断における最大の障害物であるコンテナクレーンを超える高さを想定し70mまでとした。岸壁前面は岸壁法線から30m離して、高度を変えて斜め方向からの岸壁本体及び防舷材等の付属物の見え方を確認した(図-4)。

(2) 防波堤の撮影条件

防波堤の撮影方法は、維持管理計画書に基づく防波堤上部工、防波堤側面及び消波ブロックの点検診断が可能な画像が取得できるかを検証する。防波堤上部工は真上から撮影、消波ブロックは海側から斜め方向に撮影し、手動飛行と自動飛行で画像が取得できるかを検証した。なお、飛行高度については、防波堤周辺には障害物が存在しないため、防波堤上部工は高度30m、防波堤側面及び消波ブロックは高度10mで検証した(図-5)。

(3) 橋梁(橋脚部)の撮影方法

橋梁(橋脚部)の撮影方法は、橋脚部とUAVの間隔を70m、60m、50m、40m、30m離しカメラは標準、デジタルズーム、光学ズームで撮影を行い、維持管理計画書に基づく点検診断が可能な画像が取得できるかを検証する(図-6)。

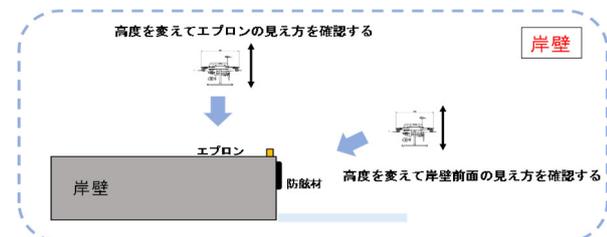


図-4 岸壁の点検イメージ

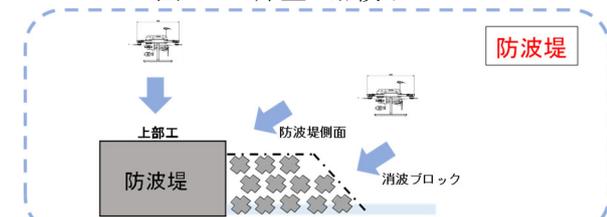


図-5 防波堤の点検イメージ

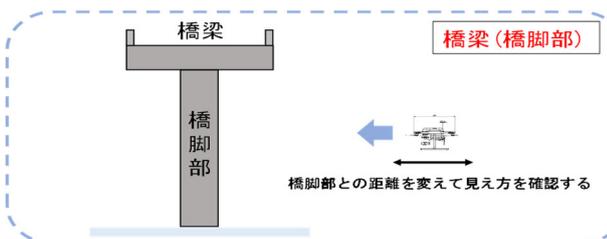


図-6 橋梁(橋脚部)の点検イメージ

(4) 船舶からの離着陸の確認

船舶からのUAV離着陸について検証を行うため、動揺があるなかで機体のセンサー類が正常に機能し、キャリアレーションが正常に行えるかを検証する。始めに地上でUAVを手手に保持した状態で飛行が可能か試した後、当局所有の港湾業務艇を用いて、船舶からの離着陸を行い操作方法の検証を行う。

6. 各施設の現場実証の結果

(1) 岸壁

岸壁エプロン部は、高度70mから撮影した場合は、光学10倍ズームを使用することで点検診断の劣化度判定が可能な画像を取得できることが確認された。

岸壁前面は、点検診断の劣化度判定が可能な画像を取得できたが、逆光により画像が暗くなり判定可能な画像を取得するのは、構造物にUAVを近接させることや点検時間を考慮する等の工夫が必要である。(図-7)

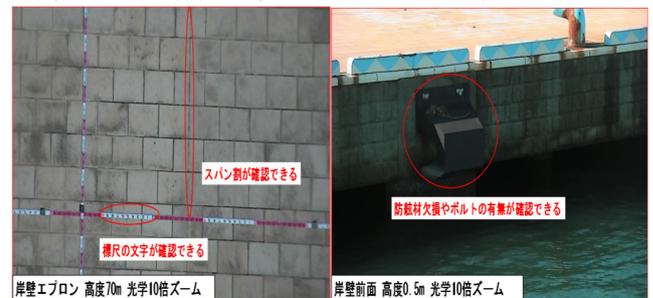


図-7 岸壁の撮影結果

(2) 防波堤

防波堤上部工及び消波ブロックは、点検診断の劣化度判定が可能な画像を取得できることが確認された。しかし、岸壁の検証結果と同様に側面を撮影する際は逆光により画像が暗くなり判定を行うための画像を取得するのは、構造物にUAVを近接させることや点検時間を考慮する等の工夫が必要である。(図-8)



図-8 防波堤の撮影結果

(3) 橋梁(橋脚部)

橋梁(橋脚部)の検証の結果、距離70mからの撮影した場合は、光学10倍ズームを使用することで点検診断の劣化度判定が可能な画像を取得できることが確認された。しかし、影になる部分は判定ができる画像が取得できない。また、小さなクラックは見逃す可能性があるため注意が必要である。(図-9)



図-9 橋梁（橋脚部）の撮影結果

(4) 船舶からの離着陸

地上でUAVを手で保持した状態で飛行可能か検証した結果、エラーが発生し飛行不能であった。

製造元へ確認した結果、KALI-FF070に搭載されているフライトコントローラーは、市販のUAVに比べて空中での安定性を高めるための姿勢制御装置のシステム設定が厳密であるため、少しの揺れや傾きでも飛行開始できないとのことであった。この結果から現時点のシステム設定では船舶からの離着陸は困難である。

(5) その他

現場実証にてUAVを自動飛行設定で飛行させたところ、設定されているUAVの移動速度が速く目視点検及び画像撮影が追いつかないことが判明した。施設点検で自動飛行設定を使用する場合には、速度調整機能を追加するなどの対応が必要になる。

また、セキュリティの関係上、取得した画像情報にカメラ情報及びGNSS情報が記録されないため、撮影日時等の情報や撮影位置を後日確認できない。

(6) 現場実証結果のまとめ

国産 UAV を用いた、岸壁、防波堤、橋梁（橋脚部）の現場実証でカメラ性能、操作性について検証したところ、点検診断について、適用可能であることを確認した。（表-2）市場で普及している UAV と比べて優れている点は、光学ズーム等を使用すれば比較的離れた位置からの点検診断も可能になるため施設への機体衝突を回避できるため利便性・安全性に優れている。

しかしながら、以下のような課題が判明した。

- カメラ撮影時のしぼりが手動調整できないため、逆光での撮影が困難である。
- 自動飛行の速度設定が製造元でしか調整できないため、施設ごとの調査に適した速度で飛行できない。
- 機体のフライトコントローラーが揺れや傾きに敏感であるため、揺れが伴う船舶からの離着陸ができない。
- カメラ情報及びGNSS情報が記録されないため、取得した画像情報の整理等が困難である。

表-2 結果のまとめ

項目	評価	その他留意事項	
岸壁	エブロン	高度70mでの適用可能	
	前面	適用可能	逆光により画像が見えにくくなる場合があるため撮影方法を工夫するなど対応が必要
防波堤	上部工	高度30mで適用可能	
	側面	高度10mで適用可能	逆光により画像が見えにくくなる場合があるため撮影方法を工夫するなど対応が必要
	消波ブロック	適用可能	
橋梁（橋脚部）		距離70mでの適用可能	影の部分は暗くて見えにくい。また小さなクラックは見逃す可能性がある。
船舶からの離着陸		適用不可	現時点のシステム設定では船舶からの離着陸は困難であるため対応が必要
その他	自動飛行設定	課題あり	自動飛行の速度が速くカメラ操作が追いつかないため、調整機能の追加が必要
	GNSS情報等の記録	課題あり	カメラ情報やGNSS情報が記録されないため対応が必要

7. まとめ

国産 UAV（KALI-FF070）を用いて岸壁、防波堤、橋梁（橋脚部）を点検すると共に、船舶からの離着陸、UAVの操作性及びカメラ性能について検証した。

その結果、国産 UAV である「KALI-FF070」の港湾施設点検診断への活用が可能であり、その有用性が確認できた。また、本実証を通して国産 UAV の適用範囲を広げるためには、カメラの明るさ調整、自動飛行の速度調整機能、船舶からの離着陸に関する対策が必要であることが判明した。

このことから、より効率的に港湾施設点検に UAV を活用するために以下の機能を有することが望ましいと考える。

- 構造物との距離が 70m 以上離れていても撮影可能なカメラを搭載している機体。
- 揺れが伴う船舶からでも離着陸ができるフライトコントローラーを備えた機体。
- 構造物に適した速度で撮影するため、自動飛行速度を 5m/s～1m/s で調整できる機体。
- 画像情報にカメラ情報や撮影位置を記録できる機体。

今後の展望として、まず、2023 年度に船舶からの離着陸を行えるよう全国に配備された国産 UAV の改良を行う予定である。

UAVを用いた点検診断は、目視点検と比較して労力を要しないため施設状況を素早く把握かつより多くのデータを蓄積することが可能となり、施設の変状に気づきやすくなる。このことからUAVを用いた点検診断は有効な手段であると考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通省（2021）：港湾の施設の点検診断ガイドライン（令和3年3月一部変更）
- 2) 第4回行政ニーズに対応した汎用性の高いドローンの利活用等に係る技術検討会。国土交通省のドローン活用事例。国土交通省HP。 <https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/gijyutu/content/001510876.pdf>（参照2023-07-19）