

ドローンを活用した長大橋の自動点検に向けた実証実験

岡田 舜啓¹・池田 博久

¹首都高速道路株式会社 保全・交通部 点検・補修推進室 点検・補修推進課

(〒100-8930 東京都千代田区霞が関1-4-1)

大規模地震発生が発生した際、首都高速道路では、迅速な被害状況の把握が極めて重要となる。しかし、構造物の損傷や滞留車両等により、交通パトロールカー（以下、交通PC）等による高速上点検は難しい場合が想定される。特に、長大橋は高架下からの遠方目視点検では十分に被害状況を把握できない。そこで、被災の影響を受けずに長大橋の迅速な状況把握が可能な点検手法として、無人航空機（以下、ドローン）とドローンポート（以下、ポート）を用いた遠隔点検手法を検証を2023年度に実施した。本稿では、その結果について報告する。

キーワード ドローン、長大橋、自律飛行、防災、遠隔点検、リアルタイム

1. はじめに

大規模地震が発生した際、首都高速道路では、交通PCによる高速上点検、徒歩による高架下点検などにより被害状況を把握する。しかし、伸縮継手部の段差発生や滞留車両等により交通PCが移動できなくなった際は、高速上点検による状況把握が困難になる可能性がある。特に長大橋においては、高速上から接近できず、高架下点検だけとなった場合、遠方目視点検となるため十分に被害状況を把握できない懸念がある。そこで、被災の影響を受けずに、遠隔操作による自動離発着・自律飛行が実施できるドローンおよびポートに着目した。

本稿では、災害時における長大橋の迅速な状況把握を目的に、ポートからの自動離発着および自律飛行による遠隔点検手法の有用性を検証した実証実験（以下、本実証）の結果について報告する。

2. 本実証の概要

災害時におけるポートを使用した自動離発着および自律飛行による遠隔点検手法の有用性の検証を目的とし、主に自動離発着による飛行の安定性、映像の視認性、通信品質の3つの観点から検証した。

(1) 対象橋梁と飛行経路

図-1に飛行経路図を示す。本実証は以下の3橋梁を対象とし、片側にポートを1台設置し、橋梁から30m以上離隔をとった状態で往復飛行することで高速上の撮影を行う飛行経路とした。

- ① 小松川斜張橋（小松川線）
- ② 五色桜大橋（中央環状線）
- ③ レインボーブリッジ（台場線）



図-1 各長大橋における飛行経路

(2) 対象橋梁と飛行経路

表-1に本実証で使用した機材の諸元を示す。本実証では、1橋梁につき1機種のドローンおよびポートを使用した。ドローンおよびポートはATLAS社製のAtlasPROとAtlasNEST、Skydio社製のSkydioX2とSkydio Dock、DJI社製のMatrice30TとDJI Dockを用いた。

AtlasNESTはポート内でバッテリーの自動交換を行い、計4つのバッテリーを自動交換・充電することで24時間連続運用が可能である。SkydioDockはコンパクトかつ軽量であり、機体の特徴と合わせて高架下などの非GPS環境下でも運用することが可能である。DJI Dockはポート内にエアコンが装備されており、夏場の屋外などの高温環境下などにおいても正常に機能することが期待できる。

以上のように、各メーカーで機能や特徴が異なるため、これらの特徴と本実証の結果をもとに今後の導入について検討を進めることができるよう、1橋梁につき1機種を採用した。

(3) 実施体制

表-2の実施体制で本実証を行った。本実証は㈱JDRONE、NTTコミュニケーションズ㈱、KDDI㈱の3社がそれぞれの場所を担当し、首都高速道路㈱と首都高技術㈱が全体のマネジメント等を行った。

(4) 事前飛行による性能確認

機体の性能確認のため、DID地区に該当しない地方にて事前飛行を行った。確認結果は表-3のとおり、SkydioX2は現地の両岸に通信機器を設置する構成のため伝送距離は検証項目から除外した。

(5) 運航管理方法と飛行計画

運航管理は、各ドローンメーカーの運航管理システムをそれぞれ用いた。首都高速道路本社の災害対策室（以下、災対室）から遠隔操作により離陸指示を行い、現地に設置したポートから自動でドローンが離陸し、事前で作成したフライトプランに基づき自律飛行・自動帰還する飛行計画とした。撮影した映像は運航管理システムを通じて、災対室でリアルタイムに映像を確認する計画とした。

(6) 通信方法

本実証では、ドローンとポートは無線（2.4GHz帯）により通信を行った。ポートからクラウド経由で現地と災対室と繋ぐ通信は、モバイルWi-Fi（LTE）または低軌道

表-2 実施体制

会社名	役割	使用機体	実施場所
首都高速道路	全体総括	—	—
首都高技術	安全管理	—	—
JDRONE	実施者	AtlasPRO	小松川斜張橋
NTT コミュニケーションズ	実施者	SkydioX2	五色桜大橋
KDDI	実施者	Matrice30T	レインボーブリッジ

表-3 事前飛行による性能確認結果

検証項目	AtlasPRO	SkydioX2	Matrice30T
飛行安定性	○	○	○
リアルタイムの映像品質	○	◎	◎
伝送距離	※HD 相当 2.3km	※FHD 相当 —	※FHD 相当 3.4km

表-1 使用した機材の諸元表

機体名 / ポート名	AtlasPRO / AtlasNEST	SkydioX2 / SkydioDock	Matrice30T / DJI Dock
イメージ図（機体）			
寸法	445mm×558mm×18.6mm	633mm×569mm×211mm	365mm×215mm×195mm
重量	1.5 kg	1.3 kg	3.7 kg
航続時間	32 分	35 分	41 分
最大伝送距離	10 km	1 km	7 km
イメージ図（ポート）			
寸法	1,600mm×960mm×420mm	639mm×688mm×882mm	1,675mm×885mm×735mm
重量	90 kg	46 kg	105 kg

衛星通信（Starlink Business）を用いて通信を行った。現地の通信環境状況を加味して、各地の通信方式を表-4に示すとおりとした。

図-2～図-4に各地の機材構成図を示す。AtlasPROとSkydioX2は、ポートの近くに置いた通信機から無線で機体本体と通信を行う仕様である。一方、DJIはポートと機体が直接通信を行う仕様のため、通信機器を別途設置する必要はない。また、Skydioは伝送距離が比較的に短いため、両岸にアクセスポイントを設置し、飛行エリアにWi-Fiの通信環境（Wi-Fiマルチホップ）を構築した。

(7) 安全対策

本実証は検証を目的とした飛行のため、現行の航空法に則り、目視による監視を行った。本実証で実施した主な安全対策の内容を以下に示す。

- ① 離発着地点の第三者立入禁止措置
- ② 監視員配置によるドローンの常時目視監視
- ③ 船舶配置による落下時対応の体制
- ④ 現地パイロットによる緊急時の手動操作体制

3. 本実証における当日の様子と実証結果

(1) ポートの設置状況

当日は図-5の通りポートを設置した。本実証では仮設だが、実運用ではフェンス等の設置による防護や電源・通信の整備などが必要となる。

(2) 自動離発着および自律飛行の安定性

遠隔指示によるポートからの自動離陸、フライトプランに基づく自律飛行およびポートへの自動着陸の一連の飛行において、不安定な挙動や飛行制御ロスなどは生じることなく、安定した飛行を行えた。

(3) 映像の視認性

図-6～図-9に本実証にて撮影したリアルタイムの映像を示す。各機種の違いにより取得できる映像の品質に差はあるものの、全箇所において高速上の概況把握は可能であった。また、ホバリングしてズームすることで伸縮継手部などの状態も確認することができたため、段差の発生状況なども把握できる。本実証においては、特にDJI社製のMatrice30Tで撮影した映像の品質が優れており、映像の乱れも少なく、解像度の高い映像を取得できた。

(4) 通信品質

リアルタイム映像の通信品質の観点においては、各機種で映像のカクツキや一時的な途絶などが見られた。特に、AtlasPROとSkydioX2においては映像のカクツキが比較的多い結果となった。

映像伝送距離の観点では、AtlasPROとMatrice30Tは対岸側に接近すると映像の途絶が確認された。事前飛行結果と比較すると、本実証では伝送距離が極めて低下していた（表-5）。これは都心部の電波干渉が大きな要因と推察される。なお、SkydioX2は両岸にアクセスポイントを設置しているため、本実証では伝送距離の問題は生じなかった。以上より、都心部では電波干渉により通信品

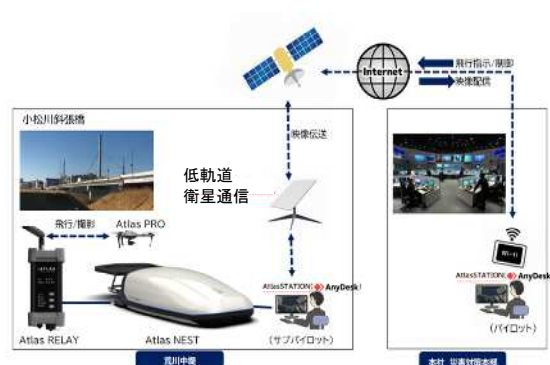


図-2 AtlasNEST の機材構成図（小松川斜張橋）



図-3 SkydioDock の機材構成（五色桜大橋）



図-4 DJI DOCK の機材構成図（レインボーブリッジ）



a) AtlasNESTの設置状況 b) SkydioDockの設置状況



c) DJI Dockの設置状況

図-5 当日のポート設置状況

表-4 各場所における通信方式

	小松川斜張橋 (JDRONE)	五色桜大橋 (NTT コミュニケーションズ)	レインボーブリッジ (KDDI)
ドローンとポートの通信	無線 (2.4GHz 帯)	無線 (2.4GHz 帯) (マルチホップ)	無線 (2.4GHz 帯)
ポートと災対室 (メイン)	低軌道衛星通信	モバイル Wi-Fi (LTE)	低軌道衛星通信
ポートと災対室 (バックアップ)	モバイル Wi-Fi (LTE)	低軌道衛星通信	モバイル Wi-Fi (LTE)

表-5 伝送距離の比較

最大伝送距離	AtlasPRO	SkydioX2	Matrice30T
カタログ値※1	10km	1km	7km
事前飛行時※2	2.3km	—	3.4km
本実証結果	0.3km	ロスなし	1.2km

※1 障害物や電波干渉がない場合

※2 地方の電波干渉が少ない地域での確認結果

質が大きく低下することがわかった。そのためポートの実運用では、現地に安定した通信環境を構築することが重要である。



図-7 SkydioX2 によるリアルタイム映像

4. おわりに

災害時における長大橋の迅速な被害状況把握を目的とした今回の実証実験では、ドローンによる遠隔点検手法は十分に有用性があることが確認できた。また、2024年度には、夜間の災害発生を考慮し、夜間での飛行と映像視認性の実証やドローンポートを複数使用し、ポート間を往復する中距離飛行の実証をレインボーブリッジにて実施した。これらの実証も踏まえ、機体性能や運用方法、通信環境などの課題の確認と検討を継続的に実施していく。さらに、ドローンポートを長大橋に配備するための課題等も含め検討を実施し、ドローン活用の実運用に向けて活動していく所存である。



図-8 Matrice30T によるリアルタイム映像



図-6 AtlasPRO によるリアルタイム映像



図-9 Matrice30T によるズーム(97倍)映像