

# 首都直下地震時における 緊急点検へのドローン活用について

狩谷 祐樹<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 関東地方整備局 北首都国道事務所 (〒340-0044 埼玉県草加市花栗3丁目24番15号)

北首都国道事務所では、首都直下地震発生時の迅速な道路啓開を可能とするため、発災後直ちに行う啓開路線の緊急点検に、近年様々な分野で活用され、災害現場での活用の有効性も示されている「ドローン」の活用を検討している。

本稿ではドローンによる緊急点検における課題の抽出、点検方法等の整理、対応策の検討など、効果的活用に向けた取り組みの概要を紹介する。

キーワード ドローン, 首都直下地震, 緊急点検,

## 1. はじめに

北首都国道事務所は、「首都直下地震道路啓開計画（改訂版 平成28年6月）」において、首都直下地震が発生した際に各方面から都心に向けて優先ルートの道路啓開を行う「八方向作戦」の北方向責任啓開事務所に指定されており、地震発生後に直轄国道4号（日本橋～都県境）の緊急点検を直ちに行い、車両の滞留・道路施設の損傷状況などを把握し報告する任務を負っているが、被災状況等により現地へ到達できず早期情報収集が困難となる恐れがある。

そこで、被災状況の早期把握のため、ドローンを活用し上空からの緊急点検を実施することとした。

しかし、都市部（DID地区）でのドローン飛行は制約条件や課題が多く先進事例も無いことから、これらの解決に向けて実効性を高めていくことが重要となる。

## 2. ドローン活用のための災害協定の締結・ 検討会の発足

都市部（DID地区）でのドローン飛行の様々な課題解決を図るため、国道4号の点検区間をドローンの航行時間、目視飛行距離等から8区間に分割し、ドローンの飛行実績やノウハウを有する民間会社8社の協力を得て「災害協定」を締結し、事務所、協定会社による「無人航空機（UAV）による緊急点検検討会（以下「検討会」と言う。）」を発足させた。

令和3年4月現在、民間会社8社（7社1法人）と再締結し、点検区間は8区間と定め、各社それぞれに点検区間を割り当てている。

## 3. 国道4号の現状の把握

首都直下地震発生時の緊急点検区間および延長は、国道4号線の中央区日本橋（起点）から都県境（草加高架橋）までの約1.4kmが設定されている。

この区間の沿道には高層建築物が立ち並び、起点～上野は首都高速道路と併走し、JR、東武鉄道との鉄道交差や近接する高圧線など上空の制約が多い都市部ならではの特性から、まずはドローン飛行の経験ある各社から実情に即した課題抽出を目的に、協定会社と合同で現地踏査を実施した。

## 4. 緊急点検の実施方法の検討

緊急点検の方法は、都市部でのドローン飛行に関する法律や規制、合同現地踏査を踏まえた現地の状況、操縦環境を勘案して決定した（表1）。

表1 緊急点検の方法

点検体制は操縦者と補助者の2名1班体制
飛行は目視飛行とし、目視可能とされる範囲を半径250m程度と設定して範囲設定
点検の時間的制約から国道4号に被災が認められる箇所を優先的に飛行および情報取得
上記後に担当区間全線を俯瞰的に情報取得

また、表1の点検方法に則り、各区間分割してドローンを飛行させる場合の離着陸場所も国道4号の沿道状況を勘案して候補箇所を選定した。

点検実施時には、避難者や車の流れなどの現地状況を的確に判断して臨機応変に飛行場所を決定し、調査エリアをカバーする。

## 5. 緊急点検時の課題整理と対応策の検討

### (1) 緊急点検のための関係機関調整

緊急点検は、地震発生後3時間以内に道路状況を把握し、優先啓開ルート指定が可能か否かの判断を行うための情報を迅速に取得し事務所に報告することを目的としている。しかし、都市部のドローン飛行には、航空法第132条による制約条件があることから航空局に確認・調整を行うとともに、国道上空や首都高速道路上空からの道路状況撮影については、交通管理者や高速道路会社とも事前調整を行った。(写真2)



写真2 国道4号状況写真

### (2) 緊急点検において取得する情報

優先啓開ルートの指定判断を行うには、緊急用車両の通行ができる状態か否かを把握しなくてはならないことから、ドローンで取得すべき情報について整理した(表2)(写真3)。

表2 緊急点検で取得する主な情報

車の流れ	交通の流れ(交差する主要幹線道路)、 事故発生状況
	路上車両(立ち往生車両、放置車両など)
	高速上及びIC(ランプ)付近の状況
人の流れ	道路上及び沿道の避難者の滞留状況等 負傷者の状況(救助活動)
	道路構造の異常(路面の陥没・亀裂・段差 など)
道路 構造物	橋梁接続部等による路面段差 (千住新橋、千住大橋、草加高架橋:想定 段差30~40cm)(写真3)
	液状化による地下埋設物の人孔等の突出
沿道	隣接建築物の倒壊
	火災の発生状況
占用物件	占用物件(電柱、信号柱等)の倒壊 (三ノ輪橋駅周辺)



写真3 路面段差(阪神淡路大震災の例)

特に網掛けの情報は、優先計画ルート判断に大きく影響するため優先的に取得する。

### (3) 点検実施時の課題整理

協定会社との合同現地踏査や沿道状況を踏まえ、ドローン飛行経験の多い協定会社からの具体的な課題が出された(表3)。

表3 緊急点検における主な課題

フェーズ	課題
参集	隣接区間が参集不可の際の対応
点検	安全に道路状況を撮影する方法
伝達	取得情報の確実な伝達方法

### (4) 課題に対する対応策の検討

早急に対応する必要があるものから優先し、協定会社、特に操縦者の意見を取り入れることで、実現性のある対応策を「検討会」にて検討した。

なお、検討に当たっては、ドローン機体や情報伝達等の技術進歩を考慮し、令和2年現在の技術水準を前提とした。

#### a) フェーズ「参集」

各区間の担当協定会社毎に出発地点及び参集地点が異なるため、被災状況により発災後直ちに現地に参集できるとは限らないことから、確実に全区間点検を完了させるべく、先に現地参集した会社が隣接する区間の点検状況を道路施設に添付する目印等(写真4)で確認・把握し、状況に応じて担当区間外の点検を実施するバックアップ体制を構築した。



写真4 現地目印イメージ

#### b) フェーズ「点検」

ドローンの飛行は、目視内飛行を前提とするため、見通しが確保できる区間毎にドローンの離着陸場所を確保して区間全体を点検する。

ドローンの離着陸のスペースはドローンパッド等を活用し一般の人に対して注意喚起を行う。

また、ドローン操縦者が国土交通省認可者である事が一般人から容易に判別可能なように、ユニフォーム(ビブス)の着用をする。

### c) フェーズ「伝達」

ドローンでの撮影は「動画」を基本とした。

迅速性の確保から携帯電話通信網を用いて現地から事務所への伝送としたいが、災害時は混雑した通信状態が想定される。そのため、動画のファイル分割や解像度を調整しファイルサイズを小さくするなど早急に伝送出来るように試算を行ったが、一般的なドローンで撮影（高度100mから地上の対象物）した5分間の動画（約3.7Gbyte）を通常の携帯電話通信網で伝送するには、約20分必要となることがわかった。

## 6. 道路点検マニュアルの作成及び訓練・検証計画の立案

発災後の都市部（D I D地区）における高層建築物・鉄道などの上空障害物等を考慮し、安全・確実な飛行を可能とするため『道路点検マニュアル』を作成した。マニュアルには、事前準備、飛行・撮影計画、行動判断基準、伝達方法などの行動を記した。

しかし、机上検討であることから飛行方法、取得情報の判別・評価、伝達速度など、同様な状況下での検証を考慮し、点検に係る訓練・検証計画（主な事項）も併せてとりまとめた。

### ① 参集における課題の把握

発災後の迅速な点検着手のため、各区間の担当協定会社による参集訓練を行い、参集時における課題の把握

### ② 取得した画像情報の評価及び映像のリアルタイム配信の可能性検証

地上に置いた対象物を飛行高度や角度を変えて複数撮影し、路面の段差や施設倒壊状況を把握、また既存のサービスを活用した映像のリアルタイム配信の実証実験を実施

### ③ 通信混雑状況下における情報伝達の可能性検証

ドローン複数機を同時飛行させ疑似的な通信混雑状態で、携帯電話通信網を使って伝送状況を検証

## 7. 訓練・検証計画に基づく訓練と考察

発災後のドローンによる緊急点検の実効性を高めるべく協定会社と協力のもと、令和元年度に上述した①と③に関連する訓練を、令和2年度に②に関連する訓練を実施し、新たな課題と方向性、検討事項を抽出した。

### (1) 非常参集訓練の実施

協定会社による担当区間の参集ポイントまで、予定される経路を確認し、徒歩、自転車などの実際に利用される移動手段で参集訓練を行った。

この訓練は、参集ポイントまでの経路上の課題や到着までの時間を把握するために実施したものである。

結果は、各協定会社の到達時間はバラバラで、到着に1時間以上費やす協定会社もあり、その後の点検、情報伝達の時間的工程を考えると到着までの時間を短くする工夫が必要であることがわかった。

その他、訓練後に各協定会社からの意見を聴取し、主な問題点としてまとめた（表4）。

表4 非常参集訓練の結果

主な問題点
参集経路上での被災（橋梁、鉄道、家屋等の損傷や倒壊）による現地到着の遅延
点検機材を抱えたままの徒歩移動による疲労と到着までの長時間化
現地の状況（人の密集、歩行障害等）による現地到着の遅延

フェーズ「参集」に関しては、参集時間を短くするべく、移動手段、経路、また経路上の課題箇所も含めて協定会社と引き続き検討を進めると共に、適宜訓練を実施する。

### (2) 周辺の電波環境調査の実施

国道4号の沿線には、高圧線や変電所、携帯電話基地局など電波を発する施設が多数ある。これら施設から発せられる電波により操縦への電波障害を引き起こし操縦不能となることも懸念される。

電波環境検証では、一般的なドローンの飛行操作に使用する2.4GHzの電波の混信を考慮して、強力な電波が発せられていると想定できる代表的な施設を選定した。

検証の方法は、無指向性アンテナにて100KHz～7.1GHzの帯域を測定し、一般にドローン飛行に際して要注意とされる電波強度である-50dBmを閾値として測定した。上回った周波数成分の詳細確認のため、個別に指向性アンテナを用いて方向別にも測定した。

検証の結果、各地点ともに比較的強い電波が時折観測されている。これらの電波がドローン飛行に影響をおよぼすことも想定され、緊急点検時には、強い電波が発せられているか事前に確認するための電波測定を実施した上での飛行が必要となる。

### (3) 2.4GHz帯域内の複数電波による混信リスクの検証

ドローンの飛行操作に使用されている2.4GHz帯は、電子レンジや無線LANでも使用しているため混信となる可能性がある。

緊急点検時にドローンを飛行させた場合、混信

によりドローンが操縦不能の状態になる可能性を確認するため、室内にて電波が輻射する環境を作り検証を行った。

検証方法は、事務所内の狭い会議室で無線LAN機器を複数用いて、電波が輻射している状態を作りだした。輻射状態であるかは、スペクトラムアナライザで確認した。

この状態でドローンを飛行させ電波の障害を受けているか否かの判断は、床に等間隔で張ったロープ上（図2赤破線）を手動飛行させ軌道通りの飛行ができるかにより行った（図2）。

検証の結果は、ドローンに明確な操縦不能な状態が起きていることは確認できなかった。

ドローンを同時に2機飛行させても同様の結果であった。

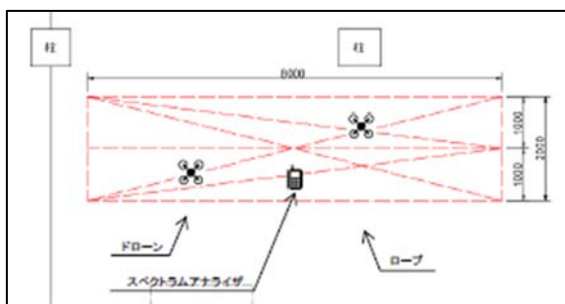


図2 電波混信状態での検証方法

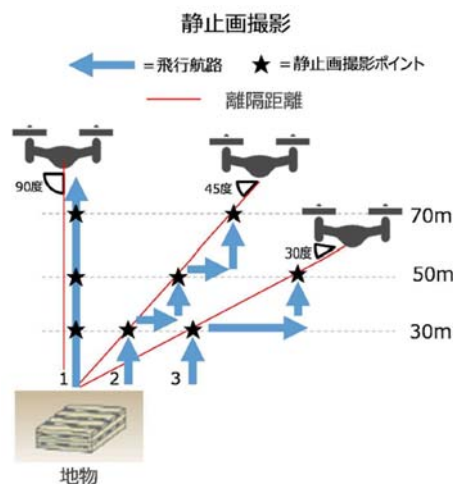
結論としては、室内の検証では操縦不能等の不具合が発生する事はなかったが、災害時の飛行区域における電波状況が不確実なことから、協定会社がドローン飛行前に現地にて風速測定と併せてスペクトラムアナライザによる電波状態を確認し、操縦者が安全な飛行の可否を判断することとした。

なお、コントローラーからの電波が高層建築物に反射しドローンに到達することで、直接と反射した電波をドローンが受信し、ズレが生じた電波による操作不能を引き起こす可能性も指摘されているため、混信リスクと併せて引き続き検証していく。

#### (4) 被災状況の適切な撮影手法の検証

ドローンに搭載されている高性能カメラでの撮影に際し、撮影手法をマニュアルに詳細に示すことで、撮影時間、伝送データ容量、そして点検全体の時間の短縮に効果があると考え、目的物に対して上空からの高さ、角度など、どのポジションからの撮影が適切かを検証(図3)するため、実際に疑似地物(表5)を設置した上空にドローンを飛行させ撮影した。

また、撮影に際し通信事業者の協力の下、撮影した映像を、現場、北首都国道事務所、対策本部及び自治体にてリアルタイム配信で確認するサー



ビスについて実験検証を行った。

図3 撮影ポジションの検証ポイント

名称	地物種類	備考
地物1	20cm 程度の模擬段差	パレットを使用して構築
地物2	50cm 程度の模擬段差	ブロックを使用して構築
地物3	模擬的な電柱倒壊	塩ビ管(φ250)を使用して構築

表5 疑似地物一覧

検証の結果、被災箇所(疑似地物)の状況把握については、カメラ角度は45°程度、撮影高度は5~10m程度からの撮影が妥当と判断された、また、高度10m以上の撮影映像でも保存画像を拡大することである程度の状況把握は可能であることも確認された。

リアルタイム配信については、関係機関が同時に確認出来ることで非常に早いタイミングでの情報共有が可能になる事が確認されたが、前出のフェーズ「伝達」の課題や、同時閲覧可能数など、まだ課題が散見されるため、今後の技術発展を踏まえ、引き続き検証していく。

## 8. 今後の課題

都市部における災害時の初期点検手法としてドローンを活用した情報収集は有効ではあるが、まだまだ制約条件等も多く、画像データの取得方法や情報集約の課題が確認できた。首都直下地震はいつ発生してもおかしく無い状況であることから、引き続きドローン実機を使用した検証、訓練を行うことで、より具体的な対応方法や課題改善策についての検討と検証を進め、実際に発災した際に少しでも迅速かつ確実に役立てられるよう引き続き検討していく予定である。

併せて、本検証結果や協定会社からの意見をふまえ、道路点検マニュアルの更新を図り、ドローンを活用した道路緊急点検の実効性の向上に繋げていきたい。