

ドローン自律飛行システムの震災時被災状況 把握手段としての活用の可能性について

小島 昂大

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

関東地方整備局では、首都直下地震の発生に備え、「八方向作戦」を行う。本作戦は、都心23区内で震度6弱以上の地震が発生した場合に、全国各方向から都心へアクセスが可能となるよう、発災後48時間以内に道路を啓開するものである。北首都国道事務所は東北道方面からのアクセスである北方向を担当しており、災害対策本部において優先啓開ルートを決定するために、国道4号の被災状況を迅速に把握しなければならない。

迅速に被災状況把握するための一手段として、北首都国道事務所と民間企業8社にて無人航空機（ドローン）による災害応急対策活動協定を締結している。協定各社と共に「無人航空機による都市災害時の道路点検マニュアル（案）」の整備を進めているが、ドローンの活用においては課題が多い。

課題解決の一案として、将来的にドローン自律飛行システムが確立可能であるか独自調査により検証したものである。

キーワード 首都直下地震、無人航空機（ドローン）、協定、自律飛行システム

1. 背景

関東地方整備局では、首都直下地震の発生に備え、「八方向作戦」（図-1）を行う。これは都心23区内で震度6弱以上の地震が発生した場合に、全国各方向から都心へアクセスが可能となるよう、発災後48時間以内に道路を啓開するものである。高速道路、国道、都道の各道路管理者と連携・協力のもと、被害が少ない道路区間を優先啓開ルートに決定し、都心への1車線及び都心から郊外へ向かう1車線（合計2車線）を確保するものである。

北首都国道事務所は、東北道方面からのアクセスである北方向を担当しており、災害対策本部において優先啓開ルートを決定するために必要不可欠な被災状況を、国道4号（埼玉県草加市新善町交差点～東京都中央区日本橋）にて把握し、発災後3時間以内に災害対策本部へ迅速に報告を行わなければならない。



図-1 首都直下地震に備えた“八方向作戦”による道路啓開

2. ドローン災害応急対策活動協定

この背景のもと、北首都国道事務所では迅速に被災状況把握するための一手段として、無人航空機（ドローン）の活用を検討している。ドローンを所有・操作が行える民間企業8社と「災害応急対策活動に関する協定」を締結しており（写真-1）、都心23区内で震度6弱以上の地震が発生した場合に、協定各社は自動的に行動を始めるものとしている。

東京都足立区（都県境・草加高架橋）～東京都中央区日本橋までを8つの区間に分割し、自動参集及び点検の担当区間としている（図-2）。協定各社は、道路構造の異常（路面の陥没・亀裂・段差等）や沿道建築物の倒壊、火災発生等の被災状況をドローンの空撮により点検し、北首都国道事務所災害対策支部に報告を行う。より迅速な被災状況把握・情報共有を図るため、協定各社と共にドローンを活用した道路点検方法の検討を進めている。



写真-1 災害応急対策活動に関する協定締結調印式



図-2 ドローン災害協定の点検担当区間（8区間に分割）

3. ドローンによる被災状況把握の課題

初動時（発災後3時間以内）の被災状況把握手段として、ドローンの活用においては課題が多い。

北首都国道事務所防災担当及び協定各社にて災害応急対策活動に関する意見交換を行うなかでも、下記のような課題が挙げられている。

(1) ドローン離発着の安全性について

ドローンを活用する上で、北首都国道事務所では「無人航空機による都市災害時の道路点検マニュアル（案）」の整備を進めている。災害応急対策活動の行動原則（図-3）も定めており通行人及び点検担当者の安全を最優先するものとしている。担当区間は都市部（人口集中地区）であり、平常時は航空法に基づき、安全面の措置をした上で、航空局の許可を受けて飛行することが必要な場所である。

事故・災害に際し、特例として都道府県警察、国・地方公共団体又はこれらから依頼を受けた者（協定各社）が、捜索・救助のために無人航空機（ドローン）を飛行させる場合には、航空局の許可は不要とされているが、安全確保の責務が解除されるものではない。首都直下地震発生時には道路上に一時避難者や、帰宅困難者、車道では車両の滞留が発生することが想定され、歩道及び車道上からの離発着は、安全性の確保に対し困難な事態にあると想定される。

行動原則	
①	点検担当者の身辺安全が最優先
②	通行人の安全を優先
③	非常時であっても、肖像権・著作権は意識する

図-3 無人航空機による災害応急対策活動の行動原則

(2) 協定各社担当区間への到着時間について

被災直後の道路状況（図-4）では、車両の移動は困難であることを想定し、協定各社は担当区間への移動手段を徒歩もしくは自転車としている。平常時であれば各社拠点から担当区間まで20～30分程度で到着可能だが、発災後は道路構造の異常や沿道建築物の倒壊、火災発生及び帰宅困難者（写真-2）により到着が遅れる可能性を危惧している。

また「無人航空機による都市災害時の道路点検マニュアル（案）」では、航空法等遵守することを踏まえ、ドローンは目視飛行として複数名の点検担当者（操縦者及び補助員）で飛行するものとしている。しかしながら休日は各社の拠点に点検担当者が常駐していないため、点検担当者全員が現地に到着するまでの時間差が生じてしまう可能性があり、ドローン離発着が遅れることも想定される。

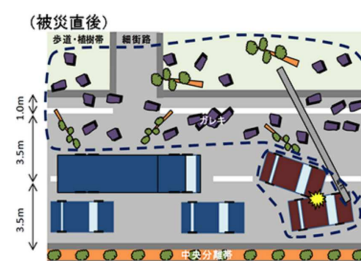


図-4 被災直後の道路状況イメージ



写真-2 帰宅困難者

(3) 点検担当者から災害対策支部への報告手段について

一般的なドローンには遠方への映像リアルタイム伝送システムの導入が無い。このためドローン映像を伝送するためにドローンコントローラとモバイルノートパソコンをHDMIケーブルで接続し、モバイル回線等を経由してMicrosoft Teams等のWeb会議で共有する方法について検討を進めている。

代替方法として点検担当者がドローン空撮映像で確認した被災状況を一般電話回線を利用して口頭での報告を行うこととしている。しかしながら、一般電話回線の輻輳により災害対策支部まで電話が繋がらない可能性があり、報告手段の確立にも課題があげられる。この場合には担当区間から最寄りの関東地方整備局拠点（亀有出張所等）に行き、国交省光ファイバネットワーク経由でデータ伝送する等の手段が考えられるが、この方法においては、移動等で時間を要するものと思われドローンの活用目的である迅速な報告に対し逆行した行動となることが危惧される。

引き続き協定各社と意見交換を行い、ドローン活用に対し検討を進めることとしている。

4. ドローン自律飛行システムの構想と技術動向

一般的なドローンでの被災状況把握の検討と並行して、将来的にドローン自律飛行システムを確立することが可能であるかについても独自調査で検証を進めている。法

律及び技術的な観点で、現時点では難しいと思われるが、ドローン自律飛行システムの将来的な導入イメージを図-5, 6に示す。

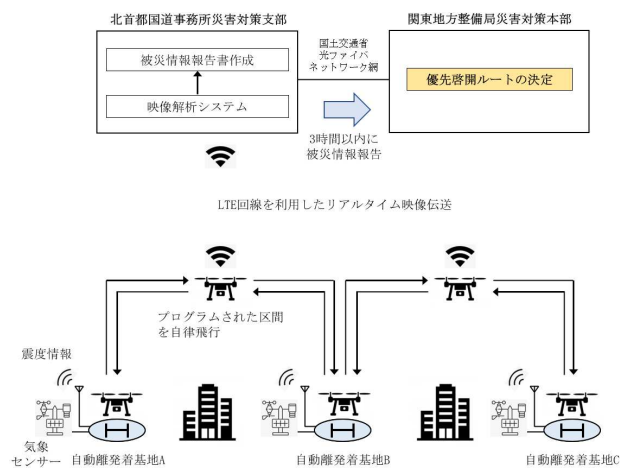


図-5 ドローン自律飛行システム 導入イメージ1



図-6 ドローン自律飛行システム 導入イメージ2

震災発生後、震度情報を各自動離着基地で受信し、気象センサー情報により安全に離着できるか判断した後、一斉自動離陸により事前にプログラムされた国道4号上のルートを飛行させ、空撮映像を北首都国道事務所災害対策支部にリアルタイム伝送させる。

ドローン飛行可能時間が本格的な産業用ドローンでも概ね30～40分程度であることを考慮して、北首都国道事務所が担当する国道4号約20kmの区間（埼玉県草加市新善町交差点～東京都中央区日本橋）に自動離着基地を複数設置するものとする。

さらに単純に映像データを受信するだけでなく、映像データの人為的な確認を必要としない画像解析技術等を

用いた被災状況自動解析システムの導入が望ましいと想定している。

危機管理産業展2022の参加時にドローン自律飛行システムの技術動向を確認したところ、都市部における震災後被災状況把握の用途ではないものの、複数社においてドローン自律飛行システムが開発されていると情報を得ている。

大分県では、大規模災害が起きた際にドローンを活用して迅速な被災者の救助や状況把握につなげる検討を進めている。ここでは「自動離着陸」「自動充電」「LTEネットワークを経由した撮影データ自動転送」を実現した完全自動運用型ドローンシステム「SENSYN Drone Hub」を活用する実証実験が行われている。

5. ドローン自律飛行システム導入のための課題

図-5, 6に示したドローン自律飛行システムを国道4号（埼玉県草加市新善町交差点～東京都中央区日本橋）において震災時に被災状況把握手段として活用する場合、現状では大きく下記の課題があると考えられる。

(1) 法律から見る課題

現在図-7に分類される4つのレベル飛行が設定されており、令和4年12月5日から、無人航空機の新制度が開始され、機体認証、技能証明を得て、運航ルールを遵守し、国土交通大臣の許可・承認を得ればレベル4（目視外＋有人地帯（補助者なし））での飛行は可能となったが、自律飛行は許されていない。

他にも「緊急用務空域」（図-8）に指定されているか確認する必要がある。現在の法律では飛行を開始する前に消防、救助、警察業務のその他の緊急用務を行うための航空機の飛行の安全を確保する必要がある義務づけられており、緊急的に都市部の有人地帯を自律飛行する本システムへの適用はできないと思われる。



図-7 無人航空機のレベル1～4飛行

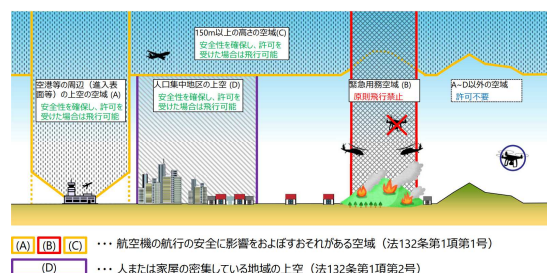


図-8 飛行禁止空域、緊急用務空域の図解

(2) 技術から見る課題

現状、レベル4の飛行ではドローンの第一種型式認証（衝突時の衝撃を緩和する装備が必要になる等）が義務付けられており、一等無人航空機操縦士または二等無人航空機操縦士の技能証明を得た者が操作することが必要であることから、人の操作を要しないドローン自律飛行システムに要求される安全性能は更に高くなる可能性がある。

ドローンの仕様や気象センサー等による自動離発着の判断基準等を十分に検討し、より安全性に配慮しなければならない。

(3) 道路構造から見る課題

帰宅困難者が道路を利用している場合でも安全に離着陸ができる自動離発着基地の設置場所の確保が必要になる。候補として歩道の植栽帯や中央分離帯等が考えられるが、歩道幅員確保等の観点上、省スペースでの設置が求められる。中央分離帯においては、電源・通信ケーブル配線施工が難しい場合が考えられる。

また、北首都国道事務所の担当区間には首都高速道路との並行区間(写真-3)があり、道路構造上、自動離発着基地の設置スペース確保は更に困難である。



写真-3 国道4号状況写真(首都高速道路並行区間)

(4) 維持管理から見る課題

仮に自律飛行システムの導入が可能になった場合、維持管理上の課題もあると考える。システムの安全性を確保するためには定期的なメンテナンスが必要であり、点検時期、方法を十分に検討する必要がある。点検及び老朽化に伴うシステム更新の維持管理コストを考慮し、必要最小限の設備構成としなければならない。

6. 将来への展望

先述の課題を踏まえると、現時点において自律飛行システムの導入は時期尚早であるが、一部紹介したように前向きな検討が進められているため、将来において導入の可能性は大いにあると考える。

令和4年12月5日から開始された無人航空機の新制度によるレベル4飛行の実現は、より便利で快適な社会を実現し、新たな未来を切り拓くものである。また、官民協

議会でドローンに関する政府の取り組みを工程表として取りまとめた「空の産業革命に向けたロードマップ2022」によれば、航空機、空飛ぶクルマも含め一体的な“空”モビリティ施策への発展・強化が掲げられており、さらなる法制度等の整備が期待される。

産学官連携の取り組みで行っている意見交換でも、東京電機大学教授から大地震時の情報収集技術に関して、「北千住付近は、液状化の可能性が高い地域であるため、北千住が一望できる東京電機大学の校舎や、国道4号沿いにあるマンションや区施設等の高層建物に高所カメラを設置することで、被害が発生しやすい道路状況の収集に役立てることができるのではないか」という意見を頂戴している。このような協力体制を継続し、国道4号沿道の高層建物に自動離発着基地を設置させていただくことも考えられる。

ドローン自律飛行システムを導入するにあたり、機体の安全性はもちろんのこと、LTE回線を利用した映像伝送を行うため、セキュリティ対策の要件も重要である。ドローン開発に携わる技術者の方々とお話しする機会をいただいた際に、レベル4飛行実現に向け、第一種型式認証を取得するための国産ドローンの技術開発が進められていると伺った。将来的にさらなる安全性・セキュリティの確保も期待される。

さらなる技術開発が、業務の効率化・高度化を進め、人手不足の解消や作業者の安全確保に貢献することは災害対応において重要な観点であり、都市部における被災状況把握にドローン自律飛行システムが導入されることが望まれる。

ドローン自律飛行システム導入による被災状況把握手段の課題改善は長期的な方法であるが、北首都国道事務所では、首都直下地震時の対応の改善検討を毎年度行っている。被災状況把握手段では、国道4号上に設置された道路監視用CCTVカメラやウェアラブルカメラを利用した職員の道路緊急点検、国土交通省デジタル陸上移動無線通信システムによる連絡系統等の既存設備を用いた改善策を検討する等、日々災害対応の改善に努めている。

7. おわりに

ドローン開発に携わる技術者の方々に本論文のシステム構想を簡単に伝えたところ、把握している限りでは都市部における被災状況把握を目的としたドローン自律飛行システムは開発されていないと伺った。将来的なシステム導入に向け検討を進めていくにあたり、本論文が技術者の方々の目に留まり、当該システムの技術開発を一考していただければ幸いである。

参考文献

- 1) 日刊工業新聞：大分県が実施した実証実験で災害発生直後の状況把握に『SENSYN Drone Hub』を活用。(2022/5/19)