

ドローンの運用について

—無人航空機活用事例報告と運用上の課題等について—

札幌開発建設部 千歳道路事務所 ○田中 智章
札幌開発建設部 千歳道路事務所 佐藤 定正
札幌開発建設部 千歳道路事務所 坂 憲浩

空撮映像は、現場区域の全体像を把握する上で非常に有用な情報であるが、従来は有人航空機や産業用ラジコン航空機を用いなければ撮影ができない高額なものであった。近年、安価な民生用無人航空機が市場に登場したことで、個人でも高品質な空撮を行うことが可能となったが、一方で機体が落下するなどの社会的現象も見られる。本稿は、当事務所におけるドローン活用の事例報告と、運用上の課題等を整理するものである。

キーワード：事故防止、設計・施工、ドローン

1. まえがき

千歳道路事務所においては、平成26年9月11日に発生した局所的豪雨による国道453号の土石流災害を契機に、札幌開発建設部防災課の協力を得て、試験的にドローンを配備し約一年間運用してきた。

本稿では、当事務所におけるドローン活用の事例と、運用にあたっての課題、及びドローンを取りまく情勢について整理、報告する。

2. 用語の定義

無人航空機を指す用語としては、マルチコプター(翼数に応じてクワッドコプターなどとも)、UAV(Unmanned Aerial Vehicle)、UAS(Unmanned Aircraft Systems)など多くがあるが、メディア、報道により広く一般に認知がなされているため、本稿においては「人が搭乗することができない構造であり、遠隔操縦もしくは自律航行可能な無人航空機」をドローン(写真-1)と統一して定義・呼称する。

なお、北海道開発局でも保有している産業用無人ヘリコプターについては定義上、ドローンの一種ではあるが、明示的に記述する場合がある。

3. 急速な普及に伴う社会的現象

近年、機体の揺れを映像に伝えない、カメラジンバル装置を搭載する安価なドローンが市場に登場したことで、個人でも高品質な空撮を行うことが可能となった。

機体操作そのものも、センサ技術を用いたローター制御によって、従来のラジコン航空機と比べ非常に容易で

あるため、急速に普及していった。しかし、免許不要で操縦可能であることに加え、運用ルールが整備されていなかったため、機体が墜落する事故が多く発生している。

以下に、本年(平成27年)の主だった国内報道を時系列でまとめる。

4/22 首相官邸屋上で墜落したドローンが発見される

4/22 テレビ局が撮影のために飛行させたドローンが英国大使館の敷地に落下

4/25 首相官邸にドローンを落下させたとして、出頭した男を逮捕

5/ 9 善光寺(長野市)の法要行列にドローンが落下

5/21 警察の警告を無視し、三社祭(浅草)でドローンを飛行させると予告した少年を逮捕

7/14 航空法改正案を閣議決定

9/ 4 改正航空法が可決

9/19 世界文化遺産である姫路城にドローンが衝突

12/10 改正航空法施行



写真-1 4ローター式ドローン



写真-2 産業用無人ヘリコプター(北海道開発局保有)

表-1 航空法改正前後での飛行制限(無申請の場合)

	従来航空法	改正航空法
制限表面より上空	飛行禁止	飛行禁止
空港周辺及び航空路下	高度150mまで	高度150mまで
人口集中地区	—	飛行禁止
人が集まるイベント等	—	飛行禁止
上記以外の場所	高度250mまで	高度150mまで
人や建物等との離隔	—	30m以上
日没後飛行	—	禁止 [※]
目視外飛行	—	禁止 [※]
危険物の輸送	—	禁止
機体から物の投下	—	禁止

※人命救助を目的とする場合の特例あり

4. 航空法改正と運用基準整備

無規制なまま、一般への普及が先行したドローンであるが、首相官邸ドローン墜落事件以降、関連法と運用基準の整備が一挙に進むこととなった。これらの概要について以下にまとめる。

また、日本国内では古くから農業分野等においてエンジン駆動の産業用無人ヘリコプター(写真-2)を活用してきた歴史があり、業界団体による運用基準やオペレータ研修制度がすでに整備されているところである。

近年普及した、バッテリー駆動・マルチローター式の小型ドローンとは機体寸法や求められる操縦技術に違いはあるが、無人航空機による公衆災害防止という目的において同一なため、参考として併せて紹介する。

(1) 従来航空法と改正航空法

航空法は、あくまでも有人航空機の安全な運行を確保するための法律であるため、ドローンを含めた模型機や気球など、航空機の運行に影響を与える恐れのあるものに対しては、制限表面(航空機が安全に滑走路へ進入または離脱するため周辺空間に設定される面)以上での飛行禁止、空港周辺(航空交通管制圏もしくは情報圏内)及び航空路下での高度制限を設ける規制しかなかった。

改正航空法(平成27年12月10日施行)では、機体総重量が200g以上の無人航空機を対象に、従前の制限区域に加え、人口集中地区やイベント等で人が多く集まっている場所における、無申請での飛行を禁止している。

また、日没後の飛行や目視外の計器飛行及び自律航行についても禁止されるが、国や自治体が人命救助を目的とした捜索のために行う場合を例外とする特例がある。

表-1に、改正前後の飛行制限をまとめた。

(2) 日本写真測量学会「安全に運航するための手引き」

日本写真測量学会は業界向けに「測量調査に供する小型無人航空機を安全に運航するための手引き」を策定し平成27年5月25日に公開した。

早期に策定されたものではあるが、関連法規の解説や技術的基準のほか、安全理念、事業者の社会的責任までを盛り込んだ、広汎で詳細な内容となっている。

飛行にあたっては作業班長(兼務可)、整備者(兼務可)、操縦者、モニター監視者のほか、機体監視者及び保安員を飛行範囲に応じた人数、配置することとしている。

また飛行の可否を判断する指針も、機体落下のリスクを折り込んだ内容で多岐にわたっており、参考となるものである。

(3) 小型無人機に関する関係府省庁連絡会議「ルールの骨子」

首相官邸ドローン墜落事件を受けて、政府は小型無人機に関する関係府省庁連絡会議を設置し、今後の運用ルール具体化のための指針として「小型無人機に関する安全・安心な運行の確保等に向けたルールの骨子」を平成27年6月2日にとりまとめた。

内容は制度や環境整備のあり方、進め方について大枠を示すものであるが、技術開発の振興やドローンを利用する新規事業の発展を阻害することなく、国民の安全を確保することを求めている。

(4) ミニサーベイヤーコンソーシアム「マルチローターヘリコプター安全ガイドライン」

「ミニサーベイヤー」は千葉大学野波研究室が開発した国産ドローンである。その実用化を目指し設立されたミニサーベイヤーコンソーシアムは、当該機種向け安全ガイドラインを平成27年9月30日に改訂し、マルチローター式ドローン全般へ適用拡大した。

設計・製造から、販売、運用・整備、そして廃棄までのライフサイクルを通じた指針を定めており、機体の登録制度、操縦者資格制度を提言している。

(5) 北海道開発局「マルチコプター運用方針(暫定版)」

北海道開発局が保有する小型ドローンを、職員自らが操縦する際の運用指針として平成27年12月7日、改正航

空法の内容を盛り込んで策定された。専門技能を持たない者が操縦に携わることを前提としているため、運行判断のための飛行前KYミーティングの実施と、詳細なチェックリストを定めている。

ドローン操縦者は、事前の講習受講や飛行訓練等を義務付けられており、氏名登録を行わなければならない。

(6) 農林水産航空協会「運用要領」

「産業用無人ヘリコプター運用要領」は、農薬散布に用いられる産業用無人ヘリコプターの安全・効率的な利用促進のため、農林水産省の「無人ヘリコプター利用技術指導指針」に基づき平成2年5月15日に制定されて以来、改正を重ねている。

協会への機体登録や、認定整備事業所での機体整備を義務付けており、オペレータに関しても指定教習施設による養成と技能認定を行っている。

(7) 日本産業用無人航空機協会「安全基準」

日本産業用無人航空機協会(JUAV)は、農業分野以外での無人航空機利活用の振興のため、メーカー各社が中心となって発足した業界団体である。

平成17年1月28日に制定され、その後も改訂が続けられる「産業用無人航空機安全基準」では、同協会の性能認定を受けるための設計基準を設けている。

また、メーカーが知識と技量を保証する認定整備士による定期点検義務や、教習カリキュラムに沿った操縦士の育成と認定制度があり、飛行にあたっては高度に応じて機体と人との離隔距離を定めている。

なお、北海道開発局保有の産業用無人ヘリコプターは、本基準に準じて運用されているものである。

5. 現場での活用事例と工夫

千歳道路事務所における、ドローンの活用事例を報告する。

なお、北海道開発局では、平成27年6月10日付事務連絡にて一部メーカー製ドローンの飛行を制限する通達が出されているが、職員自らが実施した(1)～(3)の事例は通達以前に実施したものであることを付す。

(1) 災害復旧調査

一般国道453号の斜面において、崩落や雪崩が発生した際に規模の把握が空撮にて可能か、飛行試験を兼ねて現地調査を行った。鮮明な画像が得られ、被災状況の把握に利用可能との結論を得た。

(2) 事業計画

事業計画立案のための空中写真を、これまでは業務発注して撮影していたが、千歳市泉郷地区において道央圏連絡道路の延伸予定地の空撮をドローンで行った。

(3) 道路維持管理

道路敷地内の立木にカラスが営巣を行い、住民からの撤去要望があった。産卵後の抱卵期でなければ、撤去しても別の場所に巣を作るため、通常はリースの高所作業車を用いて産卵状況の確認を行うところ、ドローンを使用して営巣確認を行った。

(4) 土木工事

千歳道路事務所が発注した工事において、以下の工事現場でドローン活用があったため紹介する。

5工事4社の実績があり、各社とも工事進捗管理の参考資料として、自社保有のドローンで撮影した空中写真を利用した(写真-3, 4)。

なお、a)の工事においてはドローンによる写真測量を行い、3次元モデルを作成して設計・施工にデータ活用も行っている。

- a) 道央圏連絡道路 千歳市 泉郷函渠外一連工事/北土建設㈱
- b) 一般国道453号 千歳市 幌美内防災工事/北土建設㈱
- c) 道央圏連絡道路 千歳市 泉郷ランプ改良工事/草野作工㈱
- d) 道央圏連絡道路 千歳市 トブシナイ改良工事/㈱玉川組
- e) 一般国道453号 恵庭市 盤尻災害復旧外一連工事/㈱北英建設



写真-3 土木工事での活用例(北土建設㈱提供)



写真-4 ドローンオペレータ(㈱北英建設提供)

(5) 現場での工夫

土木工事の現場では、実際の出来形がどのようになっているのかいち早く確認し、工程管理を厳密にすることで、効率よく施工管理を行うことが求められる。そうしたなかドローンを活用し、空撮を容易に行うことで、視覚的にも工程管理しやすくなることから、各現場において積極的な活用がなされているところである。

ここでは、一つの事例として、前節の工事事例の中から、c)の道央圏連絡道路 千歳市 泉郷ランプ改良工事(草野作工(株))で行ったドローン活用について紹介する。

当現場は、BOXカルバート工など構造物に係る作業をしている。ドローンで空撮することにより、上空からの視点で工程管理を行いつつ、日々変わる工種ごとに入職する、各専門職工に対する新規入場者教育等にも活用している。新規入場者教育に空撮による写真等を利用することにより、視覚的に工程を理解することができ、安全性の向上に寄与していると現場代理人は話している。

図-1は、平成27年8月に草野作工(株)が独自に策定した「ドローン飛行基準」である。

草野作工(株)では、改正航空法が施行される以前から、上記の飛行基準を策定し運用していた。飛行範囲や飛行時間を明確に決める等の他に、風速3m以内での飛行など、気象条件における基準も定めたものであった。写真-5、6は、現場でのハンディ風速計による観測の様子である。

なお、草野作工(株)では、改正航空法施行や「北海道開発局マルチコプター運用方針(暫定版)」策定等を踏まえ、現在、飛行基準の見直しを進めている。

6. 運用上の課題

これまでドローンの運用に関して、様々な基準等が整備されてきたところであるが、現場で使用するには、改めて以下のような課題が考えられる。

(1) 供用中の道路周辺での飛行

改正航空法で規定される、人や車両との離隔距離を遵守し周辺の安全を確保するため、供用中道路と交差する改築工事(例として立体交差事業)などでは、ドローンでの空撮作業により一般交通車両や歩行者の通行止めを行わなければならない場面が想定される。

(2) 条例で飛行が禁止される区域

災害などの突発事象に対し、ドローンによる空撮を行いたい場合等については、自治体の条例でドローンの飛行が禁止されている地域に該当することもあり得るため、事務所管内市町村の条例策定状況について、事前のとりまとめ及び情報共有が必要であると考えられる。

ドローン飛行基準	
至今年月日:2015.08.01 草野作工株式会社 安全衛生委員会	
下記飛行基準(当社基準)に準じてドローンを使用すること	
飛行禁止基準	
1. 空港周辺、航空機の安全航行に影響を及ぼすおそれがある空域は飛行禁止	
2. 人、家屋の密集している地域上空の飛行禁止	
飛行基準(当社基準)	
1. 飛行場、ヘリポート施設から3km以上離れた場所での飛行	
2. 人、車両(道路)、家屋、電線から30m以上離れた場所での飛行	
3. 高度30m以内での飛行(操縦員及び確認員にて相互確認)	
4. 風速3m以内での飛行(風速をHP、風速計等で確認し所長の承諾を得る)	
5. 飛行範囲は30m以内(操縦員から)	
6. 飛行時間は15分以内(PHANTOM3:満充電で飛行時間20分)	
7. 降雨、降雪時は飛行禁止(降水確率30%以内で飛行計画をたてる)	
8. 日中のみの飛行(夜明けの1時間後～日没の1時間前)	
9. 周囲の常時状況確認及び監視(1人:操作、1人:目視確認 計2人以上)	
草野施工株式会社	

図-1 ドローン飛行基準(草野作工(株)提供)



写真-5 飛行前の風速測定(草野作工(株)提供)



写真-6 測定した風速データ(草野作工(株)提供)

(3) 災害現場での使用

災害発生時の情報収集用途で使用するには、現地の風や降雨、気温及び視界の状況を把握しておく必要がある。

バッテリー駆動の小型ドローンは軽量化のため防水構造となっておらず、モーターなど水に弱いパーツが露出しており降雨の影響を受けるのはもちろんだが、極端な低温の場合はバッテリーが本来の性能を発揮できない可能性もある。

(4) 生物への影響

飛行するドローンの周囲をカラスが飛び回ることがあった。縄張り意識の高い鳥類の興味を惹きやすく、最悪の場合は攻撃を受け墜落する恐れがある。

また、モーター音や風切り音等の影響から鳥類希少種の生息域では運用を制限する必要もあり得る。

(5) 購入仕様の見直し

現在は試験的な導入ということもあり、北海道開発局では安価な4ローター式のドローンを主として購入している。しかし、4枚翼では冗長性がないため、一つでもローターが故障・停止した場合、即座に飛行能力を失い墜落してしまう。安全性の観点から、6ローター以上の仕様の方が望ましいと考える。

7. オペレータ育成と技能維持訓練

法令や基準が整備され、安全な運用指針が示されても、それを履行できるだけの技量が操縦者になれば無意味となる。人事異動に伴い、操縦に熟練した者がまったくの不在となることも考えられるため、定期的な新規オペレータ育成は不可欠である。また、継続した飛行経験を積まなければ、その操縦技術は徐々に低下していく。

以下に、オペレータ育成や、操縦者の技能を維持していくうえで有効と思われる方策を提案する。

(1) 職員研修の実施

ドローンが配備されている課所担当者や、各部局の防災担当者を対象に職員研修を実施することは、オペレー



写真-7 当事務所で実施した操作講習会(平成27年4月)

タやドローン運用を監督指揮する人材を効率的に育成するうえで有効である(写真-7)。

また当事務所では、ドローンを着陸させる際に機体が転倒しプロペラを破損する事象が何度か発生したため、メーカー純正のプロペラガードを装着したり、空中でホバリングさせた機体を補助者が掴みとるといった対策を行った。こうした小さな気づきや工夫を共有するうえでも、広く、ドローン運用に携わる者を集めて研修を実施することは有効であると考ええる。

(2) メーカー等公式研修制度の活用

平成27年12月9日、ドローン最大手メーカーのDJIが、自社製品を正しく安全に使用できる人材を育成する企業・団体向けプログラム「DJI CAMP」と、公認インストラクター資格などの「DJI CAMP 技能資格証明」の提供を開始すると発表した。

これまでは体系立った教育プログラムが存在しなかったが、今後はこうしたメーカーや販社主催の研修制度が整備されていくと思われるため、活用すべきと考える。

(3) シミュレータによるトレーニング

フライトシミュレータと呼ばれるソフトウェアには、ラジコン航空機の操縦訓練に特化したものがある。実際のラジコン用送信機(プロポ)と同じ構造のコントローラーを使用して擬似的な訓練を行うことができ、最近ではドローンをシミュレートしたソフトウェアも多く発売されている。実機の訓練飛行には常に、墜落の危険が伴うが、こうした模擬訓練であれば失敗を恐れることなく技能を維持、向上することができる。

8. あとがき

現状ではバッテリー技術がボトルネックとなり、航行時間と積載可能重量が不十分という課題があるが、将来の技術革新の後にはあらゆる分野においてドローンの活躍が期待される。特に、情報化施工やCIMを推進する土木建設の場では「不可欠な機材」の一つにまで一般化していくことが予想される。しかし、そのためには安全面での問題解決が必要である。

社会から許容される安全性の確保には、技術的な改善や法律・制度の整備だけでは不足である。利用する人間一人ひとりが、事故を起こさないという強い意志を持ち、正しい理解と適正な取り扱いを行う必要があると考える。本稿が、そうした安全意識と正しい理解の一助となれば幸いである。

謝辞：本論文の作成にあたり貴重なご意見と写真のご提供をいただきました、草野作工株式会社、株式会社玉川組、株式会社北英建設、北土建設株式会社の皆様に感謝を申し上げます。