

ドローンの安全を診る

～安全管理の動向～

労働安全衛生総合研究所 主任研究員

岡部 康平 *Kohei Okabe*

労働安全衛生総合研究所 上席研究員

堀 智仁 *Tomohito Hori*

1. はじめに

ドローン（Drone）と呼ばれる小型無人航空機を用いた新規産業の開拓が着実に進んでいる。今やドローンは農業から救助まで幅広い分野での活用が検討されており、ドローン導入の効果として、高所点検などの危険作業の代替による産業安全への貢献も期待されている。その一方で普及に伴いドローンの事故も増加傾向にある。本解説ではドローンの利活用に求められる安全管理とその実態を概説する。

2. ドローン事故の発生状況

国土交通省に報告された無人航空機の事故情報を参照すると、2020年度では70件発生している¹⁾。詳細をみると、ラジコンヘリコプターを除いた54件がドローンの事故である。人身事故の報告は1件で、突風で墜落しそうな機体で操縦者が手を負傷している。事故発生の主な要因（重複を含む）を列挙すると下記のとおりとなる。

- 障害物などとの接触：14件
- 電波障害・通信途絶：12件
- 突風：11件
- 操縦不能：9件
- 誤操作・誤設定：6件
- バッテリー低下：5件

ドローンの事故では、風に煽られたり電波が届かなくなったりして、電線や木などにドローンが接触して墜落する事例が多い。ドローン技術の発展は目覚ましいが、安全確保は使用者の管理面に大きく依存している。回転翼やバッテリーの状態確認、周囲の監視、とっさの回避操作など、操縦者らが現場で担う安全配慮は多い。

3. 最近の主な運用管理制度

航空法のドローンに関する運用規定は度重なる改正で大きく変更されている。2021年の改正で、現行では飛行を認めていない「有人地帯における補助者なし目視外飛行」（レベル4）について、第三者上空を飛行するための要件が示され、これに伴い下記の制度が新設された。

- 機体の登録制度（リモート ID）²⁾
- 機体の認証制度（型式認証）³⁾
- 操縦者の技能認証制度³⁾

これらの制度により、自動車と同様の運用管理がドローンでもなされる。

ドローンを飛行させる際には、飛行リスクの高い方からⅢ、Ⅱ、Ⅰと区分された下記のカテゴリに応じて手続きすることになる。

(1) カテゴリ（飛行区分）

- カテゴリⅢ：第三者上空飛行（レベル4

- の飛行) するためリスクが高い飛行
- カテゴリⅡ：目視外など比較的风险の高い飛行を行うが、飛行経路下に人が立ち入ることがないように措置を講じることにより第三者上空を飛行しない飛行
 - カテゴリⅠ：航空法において許可・承認を必要としないリスクが低い飛行
- カテゴリⅢの飛行では、カテゴリⅢのための機体の認証と操縦者の技能認証が必須条件となる。運航管理体制の確認のため、飛行毎に許可・承認を受けなければならない。カテゴリⅡの飛行では、機体認証と操縦者技能認証の保有により、特定の飛行形態においては飛行毎の許可・承認の手続きが省略可能となった。物流事業などの新規産業の創出が期待されている。

(2) 機体登録

2022年6月以降は機体質量が100 g以上の全てのドローンが登録義務の対象となる。登録のない100 g以上のドローンは飛行が禁止される。ドローンを個別に識別するため登録番号を機体に明示し、さらに、電波で識別情報を遠隔発信するリモート ID 機能を備える必要がある。機体登録時には所有者の本人確認が求められる。

(3) 機体認証

機体の認証では、ドローンの強度、構造、性能が安全基準に適合するか、設計段階から製造後の現状まで検査される。認証はカテゴリⅢの飛行を行う第一種とカテゴリⅡの飛行を行う第二種に区分されている。

設計・製造業者の申請により機体の型式で認証されたドローンは、個々の機体認証の検査手続きが簡略化される。一般の利用者は型式認定されたドローンを登録することになるが、一般の利用者においても、機体認証を受けた後は安全基準に適合するように機体を整

備しなければならない。

(4) 技能認証

2022年12月からは、国家資格として操縦者の技能が認証される。この技能認証はカテゴリⅢの飛行に対応する一等とカテゴリⅡの飛行に対応する二等に区分されている。当面はドローンの機種と飛行方法が限定されるようである。

技能認証を取得するためには国が定める学科と実技の両試験に合格する必要がある。自動操縦のシステムに関する知識や緊急時の対応能力が試される。視力や運動能力などの身体状態も検査される。この制度では、既に民間機関で運用されている資格認定制度、いわゆる、ドローンスクールが活用される。

4. 安全管理の現状と課題

ドローンを安全に飛行させるために、安全管理の基本として現在求められている保護方策（安全対策）とその実施状況について簡単に紹介する。

(1) ドローンの危険性

ドローンの利用者により対処が必要な危険性として主に下記が挙げられる。

- 機体との衝突
- 回転翼との接触
- 部品（破片）の飛散

空中を飛行しているドローンであっても衝突すると危害は大きい。機体質量が10 kg程度で回転翼寸法が30インチ（762 mm）程度の中型ドローンにおいて、安定飛行する速度域（定格速度）で衝突した際に生ずる衝撃力は、自動二輪車（バイクやスクーター）と同程度になることが実験で確認されている⁴⁾。仮にドローンが暴走して最大速度で人体に衝突すれば重篤な事故となる。壁などの障害物

への衝突では、回転翼が大破して破片が広範囲に飛散する。高速衝突実験では30 m離れた地点にまで飛散している。破片が目に入れば失明する恐れがある。

回転翼と接触して手指を損傷する危険性はハンドキャッチ^{※1}で一般に認知されているが、被害の重篤さについてはよく理解されていない。撮影などに使われる小型ドローンでも、15インチ（381 mm）程度の回転翼は手指を切断する能力を有する（図1）。30インチ大の回転翼となれば、手首が切断され、頭蓋骨は骨折する危険性が実験で確認されている。

（2）使用者の安全対策

使用者は上記の危険性に対策を講じて飛行させなければならない。簡単に言えば、今のドローンは人と空間を共有できる機械ではない。よって、安全対策は防護柵の設置による隔離が基本となり、保護具の着用による補填が欠かせない。防護柵は専用に開発された樹脂製網（ドローンネット）が市販されている。

建設現場などで使用されている建築工事中シート（JIS A 8952適合品）でも代用できそうである⁵⁾。ドローンを釣糸などで紐付けして飛行区域を制限するのも良い。

保護具は図2に示すように、ヘルメット（保護帽）、保護メガネ、保護手袋、保護靴の着用に加えて、蛍光ビブスや反射タスキの利用も推奨される。市販の保護具はドローンの危険性に特化した防護性能を有してはいないものの、一定の被害低減には有効である。保護手袋は耐切創性を有する種別から、滑り止めのための耐滑性やタッチパネル操作のための導電性を備えた、使い勝手にも配慮されたものを選定すると良い（図3）。

切創リスクの対策として、プロペラケージの装備や折り畳み式回転翼の利用も有効である⁴⁾。プロペラケージは回転翼の損壊防止を目的とする囲い（覆い）である。プロペラガードとも呼ばれるが、ガード（産業規格 JIS B 9700参照）と称するには、手指などの切創リスクに対する保護性能が不十分な製品が殆ど

図1 15インチ（381 mm）回転翼による模擬手指の切断



図2 保護具着用での準備風景



※1
ハンドキャッチ
飛行状態で空中に静止（ホバリング）しているドローンを手で掴む行為。本来は誤った使用方法である。山岳部などの撮影時にドローンを着陸させる場所がない場合には、止むを得ずにハンドキャッチしてドローンを回収する使用事例がある。

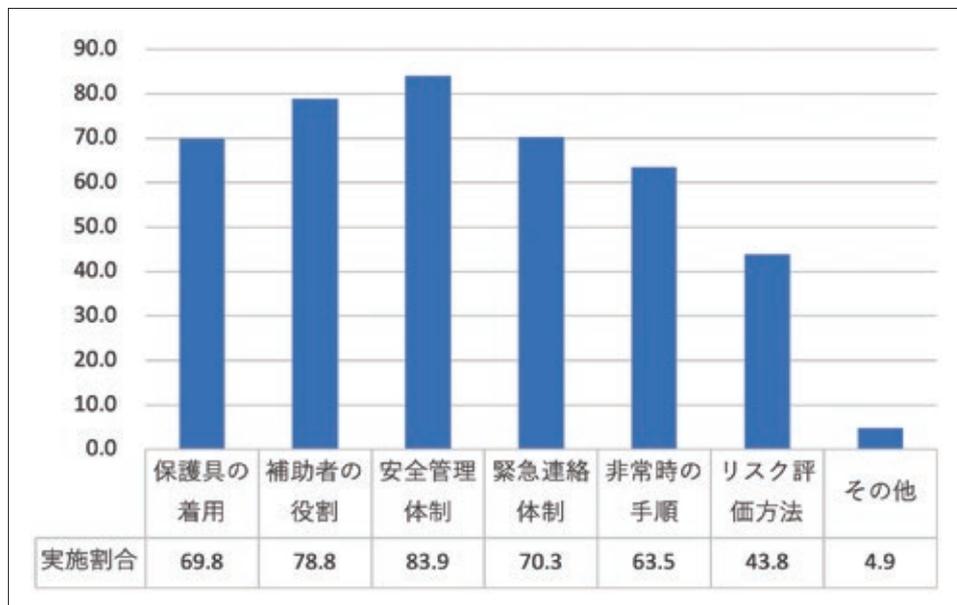
図3 ドローン操縦向けに開発した耐切削手袋



図4 ドローンケージの装着例



図5 アンケート結果（教育内容）



である。プロペラケージは障害物などに接触した際の墜落・落下の予防効果があるので⁵⁾、手指が入りにくい目の細かなケージを選定すると良い。農薬散布のように低空で低速飛行させる場合は、図4に示すようにドローン全体を囲いで覆うことも推奨される。

(3) 実態調査

安全管理の実態を把握する目的で、運用管理全般のアンケート調査を実施した。調査結果の一部を下記に示す。調査は一般社団法人日本UAS産業振興協議会の協力を得て、協議会の会員を対象に行った。

アンケートは2022年2月にオンラインで実施し411名の回答を得た。回答者の業種は重複を含めて、製造業者が全体の約1割、使用者が2割、サービスの導入・運用を進める運用者が8割であった。半数近くが設立3年以内の会社であった。利用分野は重複を含めて空撮が8割で、次に点検が4割近くであった。

社内の安全教育で実施している内容について、複数選択可能で質問した回答結果を図5に示す。保護具の着用については全体の7割程度に至る。

保護具の着用については、他の設問から下

記などが明らかとなった。

- 保護帽（ヘルメット）の利用は全体の8割近くある
- 保護メガネ、フェイスシールドの利用は全体の4割近くある
- 保護靴の利用は全体の4割近くある
- ビブスの利用は全体の3割近くある

図2の作業者が着けているベストでドローン担当者の証明

- 手袋（軍手など）の利用は全体の4割近くある
- 耐切削手袋を全体の1割近くは利用している
- 操縦中も手袋着用を必要としているのは全体の1割程度に止まる
- 機体回収時の保護具着用を必須にしているのは4割程度に止まる

リスク評価方法の教育は図に示すように半数に満たない。リスク評価は運航管理の基礎であり、運用者らにとって、より分かりやすくして簡便な手法が求められていると言える。他の設問でも、飛行前にリスク評価を実施しているとの回答が全体の7割に満たないことから、リスク評価の体制確立が安全管理の課題に挙げられる。

5. まとめ

ドローンの産業革命は黎明期から成長期への転換期にある。これまでの実用化は使用者らの団体などによる自助努力（自主規制）によって慎重に進められてきており、今のところ社会実装の好例と言える。しかし、揺籃期の多くの産業機械と同様に、ドローン技術は未熟であり人手に依る安全管理が頼みの綱である。

ドローン産業が順調に発展期を迎えられるか否かは、物流などの新規事業を担う事業者らの安全を診る目にかかっている。産業機械

の安全確保には2種類の原則と呼ばれるものがある。隔離の原則と停止の原則である。全盛期を迎えた産業機械には、この2種類の原則を徹底するための安全文化がそれぞれにある。ドローンの技術史には、これら原則を醸成する基盤がまだ形成されていない。

今の時代、首輪やリードを着けずに犬を散歩させる飼い主は批判にさらされる。そのような当たり前の感覚が、新規ドローン事業にも求められている。

参考文献

- 1) 国土交通省：無人航空機による事故等の情報提供，2021。
https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_ua_houkoku.html
- 2) 国土交通省：無人航空機登録ハンドブック，2021。
https://www.mlit.go.jp/koku/content/mlit_HB_web_0118.pdf
- 3) 首相官邸・小型無人機に関する関係府省庁連絡会議：「無人航空機の目視外及び第三者上空等での飛行に関する検討会」令和3年度とりまとめ，2022。
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/pdf/siryu24.pdf>
- 4) 岡部，堀，岩田，伊藤：産業用ドローンの安全管理，第12回横幹連合コンファレンス，B-5-3，2021。
https://www.jstage.jst.go.jp/article/oukan/2021/0/2021_B-5-3/_pdf/-char/ja
- 5) 岡部，堀，山口：墜落防止のためのドローン接触性能検証，第22回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会，2H405，2021。

おかげさうへ

2004年産業技術総合研究所、2006年東京大学 IRT 研究機構を経て、2010年から労働安全衛生総合研究所、現在に至る。次世代型産業機械の安全設計・安全管理の研究に従事。情報学博士。

ほりもとみ

2006年北見工業大学寒地地震防災推進センターを経て、2007年労働安全衛生総合研究所、現在に至る。大型建設機械の転倒防止に関する研究に従事。工学博士。