

# ドローンの安全を診る

## ～個人保護具～

東京大学 特任研究員

**五十嵐 広希** Hiroki Igarashi

労働安全衛生総合研究所 主任研究員

**岡部 康平** Kohei Okabe

### 1. はじめに

ドローン（無人航空機）は、農薬散布や土木分野における測量などではすでに活用されており、橋梁やプラントなどのインフラ点検や、物流分野などでも普及の場を広げつつある。普及が進むにつれ、事故も増加傾向にあるが、ドローンの事故の防止策（リスク低減方策）に関する議論は多くない。本稿ではドローンの普及に伴う事故を事前に予防する観点で、ドローンの事故の歴史や傾向の他、ドローンの運用（運航）に従事する作業者が必要とする個人保護具の例について解説する。なお、本稿では、事業用の無人航空機の他に、最近では家電量販店でも販売されている複数のプロペラを有するマルチコプター型の無人航空機や、競技用などのホビー用ラジコン（Radio Control）のヘリコプター（シングルローター型）や、固定翼型の無人航空機なども総称し「ドローン」とする。

### 2. ドローンの事故の発生状況

前号<sup>1)</sup>では国土交通省に報告された「事故の報告」件数について紹介した。現在、ドローンに関連する事故が発生した場合には、国土交通省に報告が求められているが「義務」ではなく、報告の「お願い」となっている。こ

のため実際の事故の件数とは一致しない可能性が推察された。そこで、公になっている事故と、国土交通省への報告との差分を調査した<sup>2)</sup>。調査は産業用のドローンの他に、農薬散布やホビー・競技用などのラジコンにおける、人身事故の発生件数をカウントした。人身事故の発生の調査法は、インターネットや主要な新聞各社の全文検索サービスにて「ドローン、ラジコン、無人航空機、農薬散布、事故」などのキーワード検索の他や、医学系の症例論文の調査などを実施し、ドローン関連の人身事故事案を抽出した。

国内におけるドローンの事故状況を調査した結果、古くは1970年から確認された。これまでに確認された国内の人身事故の集計結果を表1に示す。表1は事故の程度を死亡・重症・軽症に分類し、さらに用途・機種別に分けた。調査の結果、これまで31件の人身事故が確認され、死亡事故は11件、重症が10件確認された。報道や論文になった事故であることから、死亡や重症件数は比較的に精度が高いと推察されるが、軽症以下については調査件数よりも、かなりの数の人身事故件数があると考えられる。分母が少ないために分析は難しいが、ホビーや農薬散布では死亡や重症が多い傾向があり、マルチコプター型のドローンによる国内での死亡事故は確認されていないなどの特徴があった。

年代と用途の内訳で分類したグラフ 図1

表1 確認された無人航空機の事故件数（1970～2022年）

死傷件数		用途別		機種別	
死亡	11	ホビー	8	固定翼	5
		農薬散布	3	シングル	6
		他	0	マルチ	0
重症	9	ホビー	5	固定翼	5
		農薬散布	2	シングル	1
		他	2	マルチ	3
軽症	10	ホビー	1	固定翼	1
		農薬散布	2	シングル	0
		他	7	マルチ	9
人身事故合計		30			

と、年代と機種別の内訳を図2に示す。国内において1990年以前までの普及期には、ホビー用の固定翼による事故が多かったことが分かる。1970年代は以下に示すようなセン

セシヨナルな人身事故が多かった。

- ・ 1970年に大阪で、飛行中のラジコン（固定翼機、全長1.05 m、翼長1.4 m、重量約1.8 kg）が駐車中の乗用車のフロントガラスを割って飛びこみ、車内（助手席）にいた4歳の幼女の頭部に当たり死亡
- ・ 1975年に埼玉で、Uコン機（有線式の固定翼型ラジコン）が高圧線に接触し、1名が感電死、2名が全治2か月の火傷
- ・ 1978年に奈良で、空地でラジコン愛好者2人が集まって飛行練習中に、速度約40 km/hで飛ばせていたラジコン（固定翼機、全長85 cm、翼長110 cm、重量1.3 kg）の操縦を誤り、次の飛行準備をしていた者に激突させ死亡させた

さらに、1974年には乗員乗客114名の旅客機と、ラジコン（固定翼型、推定全長1 m）との新大阪駅の上空約300 mでのニアミスや、1975年には愛知県下の新幹線の線路に固定翼型のラジコン機が墜落し、墜落したラジコンの機体を列車がはねるなどの事故もあり、社会問題化していた。このような状況を改善するために、1984年には専用無線周波数帯域の確保や、1985年には財団法人日本ラジコン模型安全協会の設立など、安全面の啓発の結果、事故件数が減少したと思われる。

農薬散布用のドローンは、1980年代に開

図1 年代と用途別の内訳件数 年代と用途別の内訳件数

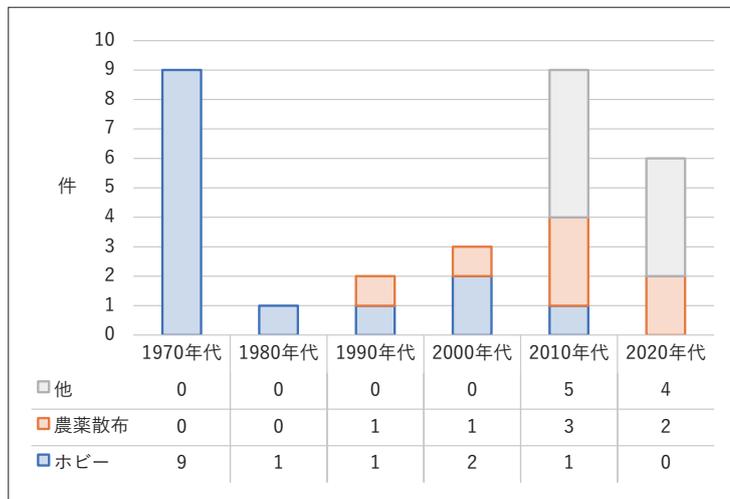


図2 年代と機種別の内訳件数

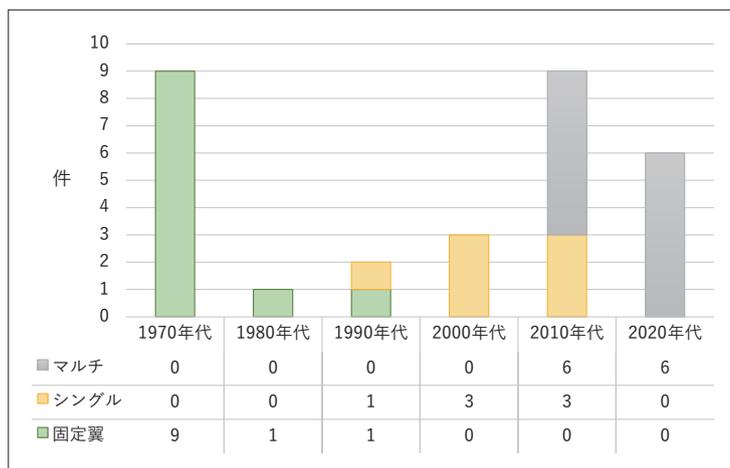


表2 国交省に報告された人身事故と調査で確認された事故の件数

年度	人身事故件数 (国交省)	人身事故件数 (今回の調査)	被害
2015年度	0	0	
2016年度	1	2	死亡
2017年度	1	2	眼球破裂
2019年度	1	1	
2020年度	0	2	指切断
2021年度	4	4	
	8件	12件	

発され1990年代からの普及に伴い事故が増加した。2010年代に入ると、それまでのヘリコプター型の金額が1,000万円を超える機体から、200万円前後のマルチコプター型が登場し、より普及が進んだようである。これに伴い事故も増えていると推察される。また、同じくマルチコプター型のドローンの普及により、競技用のラジコンや農薬散布以外のドローンによる事故も増えており、2020年代は2022年までの約3年で2010年代と同等となっており、増加傾向にあると考えられる。

次に、国土交通省への事故報告制度が始まったのは2015年度からのため、2015～2021年度までをまとめた結果を表2に示す。国土交通省から公表された事故報告の件数は8件であったのに対して、独自の調査結果で確認されたドローンに関連する人身事故の件数は12件であった。このことから、国土交通省が公表する事故報告には4件の人身事故が、未報告または非掲載であることが確認された。この調査結果より、「お願い」レベルでは正しい事故情報の収集が困難であると推察される。国土交通省から公表された事故報告に、掲載がされていなかった事故の一部を以下に紹介する。

- 2016年には、沖縄でプロペラの直径が1.2 mのラジコンヘリコプターを操縦していた男性が、自分の顔にラジコンヘリ

コプターを衝突させ死亡<sup>3)</sup>

- 2018年には滋賀で農薬散布用ドローン（全長2.2 m、機体重量10.3 kg、プロペラ直径30インチ（76.2 cm）、マルチコプター）で作業していたところ、離陸の際に操作を誤り左眼部周囲にドローンが衝突し、眼球破裂<sup>4)</sup>（幸運にも手術により回復）
- 2020年には、秋田で農薬散布用ドローン（機体重量16.5 kg、プロペラ直径30インチ、マルチコプター）を整備・操縦中に、バランスを崩したドローンのプロペラが操縦者の左手に当たり小指を切断<sup>5)</sup>

何れも、軽微な事故とは言えず、事故分析と再発防止において重要な事案と考えられる。これらの事例のように軽微とは言えない事故が報告されていないことから、軽微な事故の多くが報告されていないと推察される。2018年に滋賀で発生した農薬散布用ドローンによる眼球破裂<sup>4)</sup>のように、報道では確認されず症例論文で表面化する事象もあることから、潜在的にさらに事故があると推察される。

### 3. ドローンの運用に必要な保護具

国内でのマルチコプターによる死亡事故は

図3 耐切創手袋によるリスク低減効果の事例（プロペラ：15インチ）



(左) 保護具無しによる指の切断事例 (右) 耐切創手袋による指が残った事例

確認出来ておらず、死亡事故は何れも固定翼機やヘリコプター型になっている。また、傾向として固定翼では全身に被害があり、ヘリコプター型では頭や足、マルチコプターでは顔や手などに被害があるようである。このような傾向があったことから、筆者らは労働安全の観点から、2015年よりドローンのリスク調査や運用に必要な個人保護具等に関する研究を実施している。個人保護具の対象には、手袋や、保護メガネ、フェイスシールド、ヘルメットその他、シェルターやネット（網）などを対象にしている。これらの個人保護具に対して、ドローンの離発着時に運航作業者に衝突したという想定の下で、最高回転数で回転するプロペラを、速度約2 m/s で衝突させて保護具の効果を確認した。

これまでの実験の結果、手袋ではプロペラのサイズが15インチを超えると、保護具（手袋）がない場合には指が切断するリスクが高いことが分かってきた（図3）。手袋は耐切創手袋（EN388：2016 Protective gloves against mechanical risks）によりリスク低減効果が高いことを確認しているが、耐切創手袋を装着時においても20インチを超えると、指が切断するリスクが高いことが分かってきた。ただし、手袋を装着することで仮に指が切断しても手袋内に“指が残る”可能性が高

い。切断された“指の紛失リスク”などが低下することから、手術による指の回復する確率が上がると考えられる。前記で紹介した、2020年に秋田で発生した農薬散布用ドローンによる指の切断事故などは、耐切創手袋を装着することにより防げた可能性が高い。なお、耐切創手袋の規格 EN388には切れにくさによる5つのレベルがあるが、製品によってはレベルが一番低い手袋（レベル1）でも、保護効果が高い製品も確認されており、現在も評価法を検討中である。

保護メガネでは、保護メガネが無いとプロペラが10インチ以下でも失明リスク事故が報告されている。一方で、実験により保護メガネを着用することで20インチ程度までであれば、失明リスクの低下が確認されている。ただし、保護メガネの規格を示す日本の規格（JIS T8147：2016）と米国の規格（ANSI Z87.1：2015）では保護能力が違い、JIS規格品では15インチでも保護能力が低いことを確認している。また、保護メガネの種類によっては同じ規格品でもリスクが高いタイプがあるなどが分かってきている<sup>6)</sup>。ANSI規格のフェイスシールド（ヘルメットと合わせ使用する「防災面」）では、30インチ前後までの保護能力を確認している。2節の最後で紹介した、2018年に滋賀で発生した農薬散

布用ドローンによる眼球破裂などの事故ではフェイスシールドを着用することで防げた可能性が高い。

ドローンが離発着時のプロペラの先端速度は500 km/hを超えることがある。ドローンのプロペラは衝突した衝撃で粉々になる傾向があり、500 km/hを超える速度で飛散する。プロペラのサイズにもよるが、衝突実験では最大で20~30 m程度の飛散が確認されている。以上より、例えば物流用のドローン（プロペラが30インチの離発着時に、急な横風でドローンがバランスを崩して転倒し、プロペラが地面に接触した結果、プロペラの破片が飛散し、ドローンから約5 mの距離で待機していたドローンの整備士の目に重さ100 gのプロペラの破片が刺さり失明というような危険事象については、価格が200~300円程度で販売されている保護メガネでも十分にリスク低減されることが、実験から分かっている。

## 4. まとめ

ドローンの普及に伴う事故を事前に予防する観点で、ドローンの事故の傾向の他、ドローンの運用（運航）に従事する作業者の個人保護具について解説した。お願いレベルだった、ドローンの事故の国土交通省への報告は、2021年の航空法の改正により、2022年中に義務化される予定である。報告が無い場合への罰則規定もあるため、2023年からは軽微な事故も含めて、報告件数の増加が予想され、より詳細な事故分析が出来ると考えられる。

国内のドローン業界では、他の産業と同様に「ヘルメットのみが安全対策」という傾向が強い。適切にリスクアセスメントを実施していれば、各個人保護具の必要性も事前に認知されるはずであるが、実態としては十分なリスクアセスメントが実施されてないと考え

られる。このため今後も、リスクアセスメントで利用可能なデータを集めつつ、まずはリスクアセスメント実施の普及にも努めていきたい。

### 参考文献

- 1) 岡部康平, 堀智仁: ドローンの安全を診る~安全管理の動向~, セイフティエンジニアリング, 49 (3), 27-31, 2022.
- 2) 五十嵐広希: 国内における無人航空機の重大事故事例報告, 第51回信頼性・保全性・安全性シンポジウム, 2022.
- 3) 無線ヘリ衝突, 操縦者が死亡, 沖縄・うりま: 日本経済新聞沖縄朝刊, 2016年11月7日
- 4) 竹田一徳, 福岡秀記, 塚本倫子, 外園千恵: 産業用ドローンの回転翼により眼球破裂および上下涙小管断裂を同時に生じた1例, 日眼会誌, 123 (4), 413-417, 2019.
- 5) 操縦中のドローン衝突, 小指切断 大仙の会社敷地内: 秋田さきがけ朝刊, 2020年7月4日
- 6) Hiroki Igarashi, et al.: Evaluation of the Effectiveness of Protective Glasses for Small UAV Propellers: a Report on preliminary experiments, 2021 IEEE International Conference on Intelligence and Safety for Robotics (ISR), 122-124, 2021.

### いからし ● みるき

日本電気株式会社、長岡技術科学大学、産業技術総合研究所等を経て、2022年より東京大学大学院工学系研究科、現在に至る。災害対応ロボットやサービスロボット、無人航空機の標準化や安全管理の研究開発等に従事。工学博士。

### おかべ ● こうへい

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。