



# ドローンセキュリティハンドブック

～安全なドローン利活用の勘どころ～

2021年6月

独立行政法人 情報処理推進機構

産業サイバーセキュリティセンター

中核人材育成プログラム 第4期受講者

ドローンセキュリティプロジェクト



## 目次

はじめに .....	1
1. ドローンとは .....	2
1.1. ドローンの歴史 .....	3
1.2. ドローンの世の中での使われ方 .....	4
1.3. ドローンの定義 .....	4
1.4. ドローンの仕様 .....	5
1.5. 機能 .....	7
1.6. アプリ .....	8
1.7. 操作方法 .....	8
2. ドローンに関する法規制 .....	10
2.1. 法律(国内) .....	11
2.2. 法律(国際) .....	15
2.3. 申請手続き・ドローン操縦資格 .....	23
2.4. 法規制等の最新動向と今後の課題 .....	28
3. ドローンの利活用 .....	30
3.1. ドローンの利活用シーン .....	31
3.2. 企業導入事例 .....	33
4. ドローンによる事故・攻撃とその防御事例 .....	44
4.1. 事故・攻撃事例 .....	46
4.2. 防御製品、事例、方法 .....	60
5. ドローンに対するサイバー攻撃と対策 .....	64
5.1. サイバー攻撃の経路 .....	65
5.2. 模擬攻撃による脆弱性の検証 .....	67
5.3. サイバー攻撃への対策検討 .....	68
6. 安全に利活用するために .....	70
6.1. リスクの洗い出しと分析 .....	71
6.2. 機器選定時の仕様確認 .....	72
6.3. 利用者と開発者の観点 .....	73

## はじめに

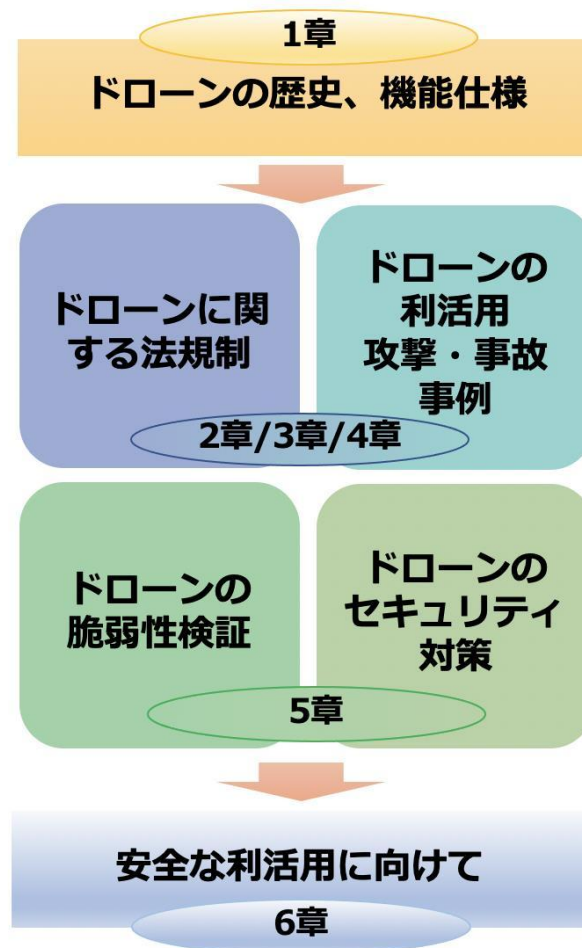
近年、ドローンの普及により、警備、無人配達、報道など様々なシーンでドローンの活用が加速的に進んでおり、日本国内においては2019年度で1409億円(前年比51%増)、2025年度には6427億円規模の市場へ成長することが見込まれている。<sup>1</sup>

重要インフラ産業においても、日常点検や災害時の迅速な点検、プラントの保守力向上や人材不足等への対応、業務改善・効率化を実現するため、ドローンの活用をより一層推進する方針が示されている。

利活用が進んでいく反面、海外ではドローンを利用したテロが発生しており、また、ドローンの不具合や電波障害による墜落事故などが発生している。このような状況を受けて、SafetyとSecurityで脆弱性への懸念があるのでは無いかという問題認識が持たれるようにもなっており、2020年9月には内閣官房より「ドローンに関するセキュリティリスクへの対応について」という資料が発表された。<sup>2</sup>

本書は、ドローンの歴史や基礎的な機能・仕様、法規制、利活用シーン、ドローンの事故攻撃と防御事例の紹介を踏まえて、ドローンに対するサイバー攻撃(脆弱性)とその対策を検証し、安全に利活用するための勘どころについて取りまとめた。

本書が、ドローンのSafetyとSecurityの重要性を認識するきっかけとなれば幸いである。



<sup>1</sup>インプレス総合研究所「ドローンビジネス調査報告書 2021」

<<https://research.impress.co.jp/topics/list/drone/623>>2021年6月14日アクセス

<sup>2</sup>内閣官房「ドローンに関するセキュリティリスクへの対応について」

<<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/dai10/siryou1.pdf>>2021年6月14日アクセス

# 第1章

## ドローンとは

# 1. ドローンとは

本章ではドローンとは何か、その歴史と本書での定義、基本的な機能や操作方法について説明する。

## 1.1. ドローンの歴史

近年、趣味やビジネスなどで利用が増えているドローンであるが、その起源は第二次世界大戦前にまで遡る。1930年代のイギリスにて、有人の複葉練習機を無人機に改造し、軍事演習の標的となる無人航空機を開発した。この無人航空機は「Queen Bee(女王蜂)」と名付けられた。



図 1-1 Queen Bee<sup>3</sup>

「Queen Bee」を見学したアメリカの政府高官が、自国での開発を指示し、アメリカでも無人航空機の開発が進められた。1940年代に開発された Radioplane の無人航空機が、ターゲットドローンと命名された。イギリスの「Queen Bee」に敬意を表して、雄蜂を意味する「ドローン」と名付けられたと言われている。

その後は軍事目的でドローンが各国で製造・使用されていた。

2010年頃から知名度が上がってきたドローンであるが、一般向けに最初に発売されたドローンは、1989年に日本のキーエンスが発売した「KEYENCE GyroSaucer」とされている。現在のように広く普及するきっかけとなったのは、2010年にフランスの Parrot が「AR Drone」を発売開始してからである。AR Drone はスマートフォンやタブレットにアプリをダウンロードして操作することができ、搭載カメラの映像を手元に映し出すことができた。操作性がよく、価格が 299 ドル(発売当時)と安価であり、飛行制御性が優れていたため、注目を集めた。

その後、中国の DJI の「PHANTOM」シリーズが発売され、世界中で人気を博した。PHANTOM シリーズは専用アプリを使うことにより、撮影した映像や動画を SNS で簡単に共有することができる。

始まりは主に軍事目的で利用されていたが、価格やサイズ、性能等一般消費者が求めやすい水準になったこと、SNS の発達に合わせる形での機能進化により、ドローンは世界中で幅広く利用されるようになった。

<sup>3</sup> IMPERIAL WAR MUSEUM「WINSTON CHURCHILL DURING THE SECOND WORLD WAR」  
< <https://www.iwm.org.uk/collections/item/object/205195356>>2021年3月10日アクセス

## 1.2. ドローンの世の中での使われ方

前節で見てきたように、ドローンは飛行するものを起源としているが、現在は陸上を走行するもの、水中を航行するものに対しても使われるようになってきた。特に水中を航行するものに関しては、「AUV(自立型無人潜水機)」もしくは「UUV(Unmanned Undersea Vehicle)」、「ROV(遠隔操作型無人潜水機)」という言葉が存在するが、わかりやすく「水中ドローン」と表現されることが増えてきている。無人・自律で動作することと、メディアや SNS で散見される自在に空を飛ぶドローンのイメージとの親和性が高いため、このような状況になったと考えられる。

表 1-1 陸上、水中、空のドローン例

陸上 YAPE	水中 PowerRay	空 ANA VTOL
 <p>“株式会社Drone Future Aviation” &lt;<a href="https://dronefutureaviation.com/">https://dronefutureaviation.com/</a>&gt; 2021年3月12日アクセス</p>	 <p>“パワービジョンジャパン” &lt;<a href="https://www.powervision.me/jp/product/powerray">https://www.powervision.me/jp/product/powerray</a>&gt; 2021年3月12日アクセス</p>	 <p>「固定翼型垂直離着陸 (VTOL) ドローンを用いて医薬品配送を実施」 &lt;<a href="https://www.anahd.co.jp/group/pr/202103/20210310.html">https://www.anahd.co.jp/group/pr/202103/20210310.html</a>&gt; 2021年3月12日アクセス</p>

メディアで見かけない日はないほどに広く普及したドローンであるが、企業においても様々なシーンで利用されるようになってきた。これらドローンの活用事例については、3章で詳しく述べる。

## 1.3. ドローンの定義

利用シーンについて触れてきたが、改めて本書におけるドローンの定義について説明する。ドローンの定義について、Web や書籍など様々なメディアで紹介されているが、その中で共通しているのが「無人航空機」であることと「高い自律性を有する」という点である。

航空法を解説している国土交通省のウェブサイト<sup>4</sup>によると無人航空機とは「飛行機、回転翼航空機、滑空機、飛行船であって構造上人が乗ることができないもののうち、遠隔操作又は自動操縦により飛行させることができるもの(200 g 未満の重量(機体本体の重量とバッテリーの重量の合計)のものを除く)」と定義されており、いわゆるラジコン機やドローンが該当する。

<sup>4</sup> 国土交通省「飛行ルールの対象となる機体」<[https://www.mlit.go.jp/koku/koku\\_fr10\\_000040.html](https://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10_000040.html)> 2021年3月13日アクセス

一方で、ドローンとラジコン機との違いとしてジャイロセンサや気圧センサ、GPS などの各種センサ類を搭載し、これらの装置で自らを制御することで容易に安定した飛行を可能としている。この安定性がビジネス・趣味を問わず世界中で幅広く利用されるようになった一因と考える。

これらのことから、本書ではドローンとは「無人航空機のうち、高い自律性を有するもの」と定義する。また、国内では航空法で定めている 200g という重量の基準<sup>5</sup>により、規制の違いや製品の価格帯が大きく変わることや、大まかな用途の違いから種別ごとの定義を下記表 1-2 のとおり定める。

表 1-2 ドローンの種別と定義

種別	定義
トイドローン	重量 200g 未満、主に趣味利用を用途とするドローン
汎用ドローン	重量 200g 以上、趣味～ビジネス利用まで幅広いシーンで利用されるドローン
産業用ドローン	農薬散布、無人貨物輸送等の特定産業用途に特化したドローン
軍事用ドローン	軍事利用に特化したドローン

## 1.4. ドローンの仕様

本項ではドローンを購入する際の比較項目として抑えておきたいドローンの仕様を紹介する。

### 1.4.1. 形状

ドローンには飛行原理が異なる 2 つの形状がある。国内で販売されているトイドローンや汎用ドローンでは、回転翼機のマルチコプター型が一般的である。

- 回転翼機

翼を回転させることによって揚力や推力を得て飛行する。1 つの大きなプロペラを持つシングルローター型と複数の小さなプロペラを持つマルチコプター型がある。

- 固定翼機

機体に固定された主翼から揚力を得て飛行する。プロペラを搭載することで垂直離着陸を可能としている型もある。

<sup>5</sup> 2021 年現在、基準重量を 100g に引き下げる動きがある

VIVA DRONE「ドローン規制は何が変わる？ 2021 年最新の動向と規制を解説」< <https://viva-drone.com/drone-2021-2022-regulation/> >2021 年 4 月 2 日アクセス



## 1.4.2. 重量

トイドローンでは約 20g のものもあれば、軍用ドローンでは 10t 以上のものも存在する。日本では 200g 以上は航空法の対象となる(2021 年 6 月現在、航空法に関する詳細は後述)。

## 1.4.3. 動力源

ドローンの動力源は主に、バッテリーとガソリンエンジンの 2 種類である。バッテリーは小型ではあるが長時間の飛行には不向きな傾向がある。その反面、ガソリンエンジンは大型ではあるが長時間飛行可能である。両者とも用いるハイブリット型のドローンもある。

## 1.4.4. 通信方式

「Wi-Fi」と「プロポ(送信機)」を用いた通信の 2 つの方式がある。Wi-Fi 接続の場合は最大飛行距離が 100m 前後となるが、プロポを使用した場合は数百 m～数 km まで飛ばすことができるものもある。

プロポを使用する場合は周波数帯によって電波法の扱いが異なる。2.4GHz の場合は免許不要である<sup>6</sup>が、それ以外の場合は免許が必要となる。(2021 年 6 月現在、電波法に関する詳細は後述)

電波法の技術基準を満たしている製品であることの証明として「技術基準適合証明マーク(技適マーク)」がある。

## 1.4.5. ペイロード

本書において、ペイロードとはドローンの積載物または最大積載量のことを表す。積載する物の例として、撮影用カメラ、測量/測定機器、物資(輸送、救援等)、爆発物(軍用)、人間(人命救助)がある。積載できるものはドローンの用途と密接な関係にあるが、ペイロードは使用目的により異なり、必ずしも産業用・軍用のペイロードが大きい傾向にあるわけではない。

## 1.4.6. センサ

ドローンが安定して飛行できるのは、センサにより検出した情報を用いて制御しているためである。ドローンで使用されるセンサには、表 1-3 のものがある。

---

<sup>6</sup> 2.4GHz 帯でも送信出力が最大 1 W のものは免許が必要である。(2020 年 6 月現在)

表 1-3 各種センサとその役割

センサ名	役割
ジャイロセンサ	回転角度の変化量(角速度)を検出し、機体が傾いた際の角度の変化の制御に用いる。
加速度センサ	速度の変化量(加速度)を検出し、機体の傾きや動きの制御に用いる。
気圧センサ	高度が高くなると気圧が低くなることを利用して、機体の高度制御に用いる。
超音波センサ	超音波の跳ね返りを利用して、機体の高度の制御に用いる。 気圧センサは地上付近では正確な高度を検出できないため、上空では気圧センサ、地上付近では超音波センサを用いる。
磁気方位センサ	いわゆるコンパスと呼ばれるもので、磁場(磁界)の向きを利用して方位を検知する。磁気の影響を受けるため、離陸前にドローンの方角を把握させる「コンパスキャリブレーション」を行う必要がある。
GNSS (Global Navigation Satellite System)	全地球測位衛星システムであり、GPS は GNSS の一つである。衛星から発信する電波を受信し、機体の位置・緯度・経度・高度を割り出す。

## 1.5. 機能

ドローンは安全に飛行させることが重要であるため、安全面を考慮した機能が搭載されている。また、初心者でも容易に飛行させるために便利な機能が搭載されていることが多い。ただし、ドローン毎の仕様やセンサ有無に影響するため、すべての機能が搭載されているわけではない。代表的な機能を表 1-4 に示す。

表 1-4 代表的な機能一覧

機能	概要
高度維持	高度を維持し、空中で安定した飛行が可能となる機能
自動帰還 (RTH: Return To Home)	プロポと本体との通信が途絶えたり、本体のバッテリー残量が不足した際に、ボタン一つでホームポイント(事前に設定した場所、あるいはドローンを起動させた場所)に戻ることができる機能
衝突回避	数メートル先の障害物を検知し、自動回避する機能
自動飛行	あらかじめ飛行ルートプログラミングし、その飛行ルートに沿って、ドローンが自動飛行する機能
自動追尾	ターゲットを指定することで、プロポの操作無しでドローンがターゲットを自動追尾してくれる機能
ジェスチャコントロール	手のジェスチャでドローンの離着陸や操縦、撮影等を行える機能

## 1.6. アプリ

ドローンの操縦は、プロポだけでなくスマートフォンやタブレットを送信機として使用することもできる。その場合、スマートフォンやタブレットにアプリをインストールして操縦する。

### 【アプリから利用可能な主要機能】

- ドローン本体の操作
- 写真、動画の撮影とデータの取り込み
- ドローンの状態確認(センサやバッテリーの状態、SD カードの容量など)
- 飛行範囲の制限(最大高度、最大水平距離)
- 初心者モード設定
- RTH(Return To Home)の設定
- 障害物検知・回避設定
- 機体と送信機間の通信チャンネルの設定
- ノイズレベル(周囲の電波状況)の表示
- ライブ配信(ストリーミング中継)
- 飛行経路の地図表示

## 1.7. 操作方法

### 1.7.1. 各操作の名称

ドローンの操作用語を図 1-2 に示す。特有の用語ではなく、航空機と同様の操作用語を用いる。

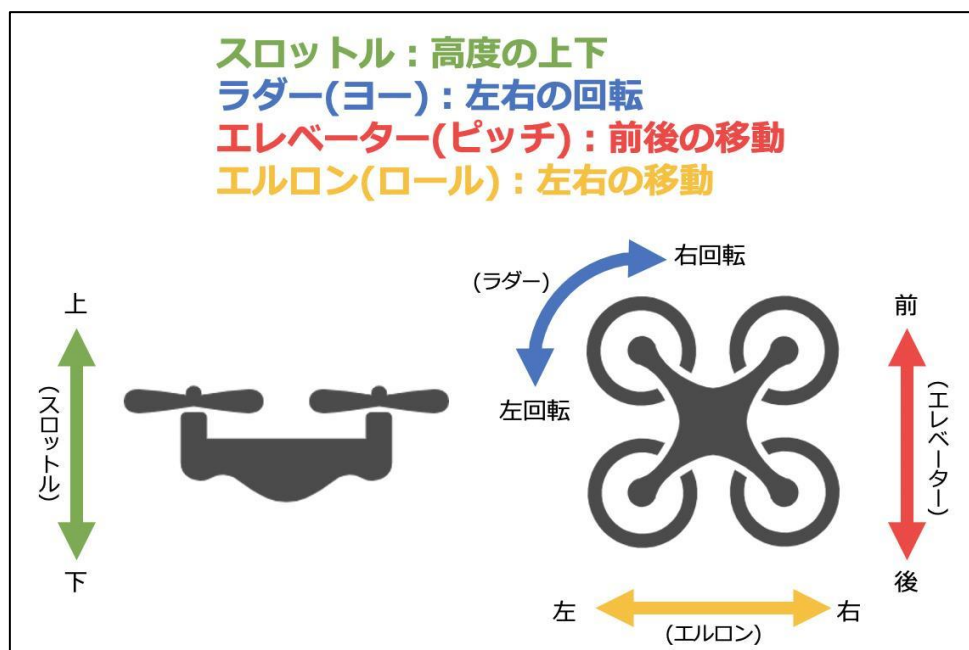


図 1-2 ドローンの操作用語

## 1.7.2. 操作モード

プロポの操作は2本のスティックで同時に行われ、「モード」と呼ばれる操作方法がある。4種類のモードがあるが、一般的には「モード1」「モード2」が使われることが多い。

「モード1」は日本独自のモードで、「モード2」は世界標準のモードである。「モード3」「モード4」はそれぞれ「モード1」「モード2」の左右が逆になった操作方法であり、左利き用として設けられている。

表 1-5 操作モード

	モード1	モード2	モード3	モード4
左スティック上下	エレベータ(前後)	スロットル(上下)	エレベータ(前後)	スロットル(上下)
左スティック左右	ラダー(回転)	ラダー(回転)	エルロン(左右)	エルロン(左右)
右スティック上下	スロットル(上下)	エレベータ(前後)	スロットル(上下)	エレベータ(前後)
右スティック左右	エルロン(左右)	エルロン(左右)	ラダー(回転)	ラダー(回転)

## 第 2 章

### ドローンに関する法規制

## 2. ドローンに関する法規制

ドローンによる攻撃や事故を抑制するソフト的な対策の一つとして、法律や条例による規制がある。

国内では、長らく法律が整備されていない状態が続いていたが、2015年の首相官邸へのドローン落下事件を契機に同年12月より改正航空法が施行された。

本章では、その航空法と小型無人機等飛行禁止法を中心に、国内の関連法規や各自治体の条例を紹介し、それらに沿って、実際にドローンを飛行させる際にどのような手続きが必要となるのかを説明する。また、EU圏やアメリカ、中国などのドローン先進国ではどのように規制されているのかも紹介する。

本章の最後には、2022年度を目途に「有人地帯における補助者なし目視外飛行」を実現するために、国土交通省が進めている新制度の導入(機体認証、操縦ライセンス、など)や規制対象重量の引き下げ(200g→100g)について説明する。

### 2.1. 法律(国内)

ドローンの利活用は産業創出の機会の増加や、生活の質の向上につながる一方で、利用者の急増により人や建物などに被害を及ぼす可能性も増えている。ドローンの利用に関して遵守すべき様々な法令があるので、ポイントを紹介する。

なお、法律の内容は、本書執筆時点(2021年6月)での情報である。

#### 2.1.1. 航空法

「航空法の一部を改正する法律」(平成27年法律第67号)、「航空法及び運輸安全委員会設置法の一部を改正する法律」(令和元年法律第38号)により、無人航空機の飛行に関する基本的なルールが定義された。

航空法が適用されるドローンは重量が200g以上のもののみである。

航空法により、以下の図2-1(A)～(C)のように、航空機の航行の安全に影響を及ぼすおそれのある空域や、落下した場合に地上の人などに危害を及ぼすおそれがある空域では、ドローンの飛行は禁止されている。飛行させる場合には、あらかじめ国土交通大臣の許可を受ける必要がある。

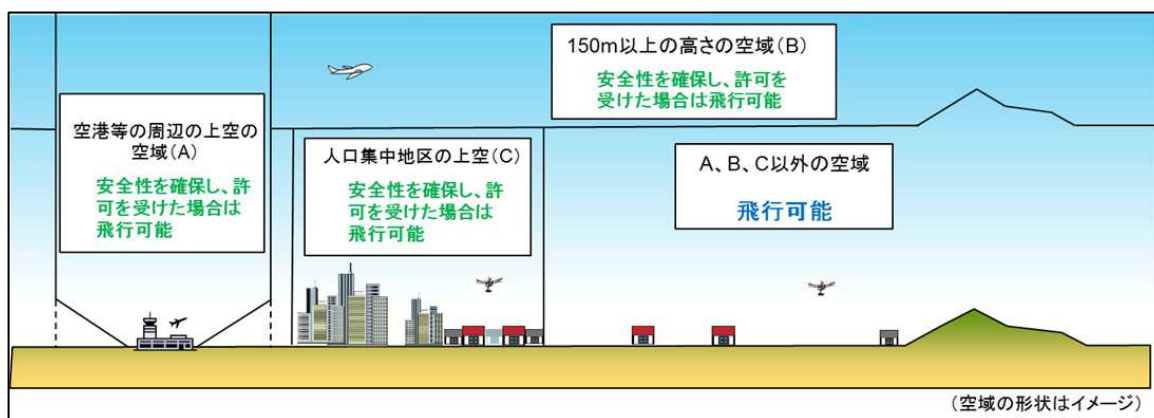


図 2-1 無人航空機の飛行許可が必要となる空域<sup>7</sup>

ドローンの飛行禁止空域に指定されていない空域であっても、以下のルールを守る必要がある。

- アルコール又は薬物などの影響下で飛行させないこと
- 飛行に支障がないことや飛行に必要な準備が整っていることを事前に確認すること
- 他の航空機との衝突を予防するよう飛行させること
- 他人に迷惑を及ぼすような方法で飛行させないこと
- 日中(日出から日没まで)に飛行させること
- 目視(直接肉眼による)範囲内で無人航空機とその周囲を常時監視して飛行させること
- 人(第三者)又は物件(第三者の建物、自動車など)との間に 30m 以上の距離を保って飛行させること
- 祭礼、縁日など多数の人が集まる催しの上空で飛行させないこと
- 爆発物などの危険物を輸送しないこと
- 無人航空機から物を投下しないこと

ルール外の飛行をする必要がある場合は、必ず事前に申請が必要となる。申請方法については、2.3 節にて述べる。

## 2.1.2. 小型無人機等飛行禁止法

ドローンを飛行させる際に遵守すべき法律として、航空法以外に小型無人機等飛行禁止法がある<sup>8</sup>。正式には、「重要施設の周辺地域の上空における小型無人機等の飛行の禁止に関する法律」(平成 28 年法律第 9 号)という。航空法と異なり、200g 未満のドローンも対象となるので注意が必要である。

本法律により、以下の重要施設及びその周囲おおむね 300m の周辺地域の上空における小型無人機等の飛行は原則禁止となる。

- 国の重要な施設(国会議事堂、首相官邸、皇居・御所など)
- 外国公館
- 防衛関係施設(自衛隊施設、在日米軍施設)

<sup>7</sup> 国土交通省「無人航空機(ドローン・ラジコン機等)の飛行ルール」

< [https://www.mlit.go.jp/koku/koku\\_tk10\\_000003.html](https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html) >2021 年 4 月 19 日アクセス

<sup>8</sup> 警察庁「小型無人機等飛行禁止法関係」

< <https://www.npa.go.jp/bureau/security/kogatamujinki/index.html> >2021 年 4 月 19 日アクセス

- 空港
- 原子力事業所

なお、以下の場合には飛行禁止の例外となり、対象施設及びその周囲おおむね 300m の周辺地域の上空で飛行させる場合、都道府県公安委員会等への通報が必要となる。また、防衛関係施設及び空港の敷地又は区域の上空においては、対象施設の管理者の同意が必要となる。

- 対象施設の管理者またはその同意を得た者による飛行
- 土地の所有者等が当該土地の上空において行う飛行
- 土地の所有者の同意を得た者が、同意を得た土地の上空において行う飛行
- 国又は地方公共団体の業務を実施するために行う飛行

### 2.1.3. その他法律

航空法と小型無人機等飛行禁止法以外の法律においても、ドローンの飛行が規制対象になる場合がある。2.1.3.1～3 項にて代表的な法律を説明する。2.1.3.1～3 項以外にも、飛行場所や状況により、次の法律が適用される場合がある。

- 個人情報保護法
- 河川法
- 海岸法
- 港則法
- 重要文化財保護法

#### 2.1.3.1. 民法

ドローンの飛行において、土地の所有権に関して注意する必要がある。「土地の所有権」は、民法第 207 条に規定されており、「土地の所有権は、法令の制限内において、その土地の上下に及ぶ」とされている<sup>9</sup>。そのため、ドローンを他人の土地の上空で飛行させる場合は、その土地の所有者の承諾を得る必要がある。

具体的に何メートルまで所有権があるか明確な記載はないが、多くの法律専門家が、最も高い障害物(建物等)の上端から 300m までの高度が所有権にあたと解釈している。

#### 2.1.3.2. 道路交通法

ドローンを道路上で飛行させる場合、道路使用許可が必要になる場合がある<sup>10</sup>。

「道路の使用の許可」は道路交通法第 77 条に規定されているが、道路の上空をドローンが飛行することだけであれば、現行制度上では道路使用許可を要しないとされている。

<sup>9</sup> 総務省「「ドローン」による撮影映像等のインターネット上での取扱いに係るガイドライン」

< [https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000487746.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000487746.pdf) >2021 年 4 月 19 日アクセス

<sup>10</sup> 内閣官房、国土交通省「ドローンを活用した荷物等配送に関するガイドライン」

< <https://www.mlit.go.jp/common/001396667.pdf> >2021 年 4 月 19 日アクセス



一方、道路における危険を生じさせ、円滑な交通を阻害するおそれがある工事や作業をする場合、道路に人が集まり一般交通に著しい影響を及ぼすような撮影等を行う場合には、ドローンを利用するか否かにかかわらず、道路交通法の道路使用許可を要する。

### 2.1.3.3. 電波法

ドローンの操縦や画像伝送には電波を発射する無線設備が使われている。これらの無線設備を日本国内で使用する場合は、電波法に基づき、無線局の免許を受ける必要がある<sup>11</sup>。ただし、他の無線通信に妨害を与えないように、周波数や一定の無線設備の技術基準に適合する小電力の無線局等は免許を受ける必要はない。代わりに技術基準適合証明(通称：技適)のマークがついていることが必要となる。海外から輸入したドローンは、日本で許可されていない電波の種類や空中線出力が送信される可能性があり、そのまま飛行させると電波法違反となる可能性があるので注意が必要である。



図 2-2 技適マーク<sup>12</sup>

### 2.1.4. 条例

ドローンを飛行させる場合は、飛行させる地域の条例も確認する必要がある<sup>13</sup>。ここでは、一例として東京都、大阪府貝塚市、徳島県那賀郡那賀町の事例を取り上げる。

#### 2.1.4.1. 東京都

東京都は大多数のエリアが人口集中地区となるため、飛行が禁止されている空域がほとんどである。また、飛行場所により、以下のように条例を適用している。

- 都立公園

東京都立公園条例(第 16 条第 10 号)により、公園利用者の安全等に配慮する必要があることから原則として飛行を禁止している。

- 港湾施設および港湾区域(水域)

---

<sup>11</sup> 総務省「ドローン等に用いられる無線設備について」

< <https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/others/drone/> >2021 年 4 月 19 日アクセス

<sup>12</sup> 総務省「技適マーク、無線機の購入・使用に関すること」

< [https://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/monitoring/summary/qa/giteki\\_mark/](https://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/monitoring/summary/qa/giteki_mark/) >2021 年 4 月 19 日アクセス

<sup>13</sup> 国土交通省「無人航空機の飛行を制限する条例等」

< <https://www.mlit.go.jp/common/001370402.pdf> >2021 年 4 月 19 日アクセス

東京都港湾管理条例(第 23 条第 3 号及び第 4 号)により、飛行の安全性や港湾施設の機能などに支障を及ぼすおそれがないことについて、東京都港湾局の承認又は確認が必要となっている。

- 海上公園

東京都海上公園条例(第 17 条 9 項)により、海上公園内において、公園の水域も含めて、知事の許可を得た場合を除き、ドローンの飛行は原則禁止している。

## 2.1.4.2. 大阪府貝塚市

一般に、ドローンに関する条例は、法律に付け加えた規制という意味合いで制定している自治体が多い。それとは異なり、ドローンによる飛行を推進する条例を制定している自治体もある。

大阪府貝塚市では、貝塚市立ドローン・クリケットフィールド条例を制定している<sup>14</sup>。第 1 条に、「ドローンその他の無人航空機の技術開発、操作技術訓練、競技会、イベント等の用に供する場を提供し、ドローンを通じた産業の振興を図ること」とあり、ドローンを通じた産業の振興を目的としていることを示している。

## 2.1.4.3. 徳島県那賀郡那賀町

徳島県那賀郡那賀町は、宮城県仙台市、秋田県仙北市、千葉県千葉市と並んでドローン特区に指定されており、「とくしま NAKA ドローンの日条例」を制定している<sup>15</sup>。第 1 条に、「町が無人航空機「ドローン」の住民生活レベルでの普及を目指すに当たり、様々な見地から調査研究を重ね、ドローンを利用した住民生活の飛躍的向上に寄与することを目的とし、自他ともに認める先進的地位を確立していくため、とくしま NAKA ドローンの日を定めるものとする。」とあり、10 月 6 日を「ドローンの日」と制定するなど、町が積極的にドローンの飛行を推進している。

## 2.2. 法律(国際)

ドローンの利活用は世界各国でも広がっており、各国においても法規制の整備が進められている。本節ではドローンの利用に関して代表的ないくつかの国の法規制についてそのポイントを紹介する。

なお、法律の内容は、本書執筆時点(2021 年 6 月)での情報である。

### 2.2.1. 欧州

欧州連合航空安全機関(以下、EASA)が欧州全体で施行するドローン規制の整備を進めている。無人航空機システムの安全な運用のためのフレームワークとして Commission Implementing

---

<sup>14</sup> 大阪府貝塚市「貝塚市立ドローン・クリケットフィールド条例」

< [https://www1.g-reiki.net/city.kaizuka/reiki\\_honbun/k210RG00000698.html](https://www1.g-reiki.net/city.kaizuka/reiki_honbun/k210RG00000698.html) >2021 年 4 月 19 日アクセス

<sup>15</sup> 徳島県那賀町「とくしま NAKA ドローンの日条例」

< [https://www.town.tokushima-naka.lg.jp/gyosei/reiki/reiki\\_honbun/r093RG00000806.html](https://www.town.tokushima-naka.lg.jp/gyosei/reiki/reiki_honbun/r093RG00000806.html) >2021 年 4 月 19 日アクセス

Regulation(EU) 2019/947と Commission Delegated Regulation(EU)2019/945 を設定しており、<sup>16</sup>2020年12月31日及び2021年1月7日より適用されている<sup>17</sup>。

リスクベースでカテゴリを規定しており、趣味や商用利用など利用用途による区別をしていないのが特徴的である。

カテゴリは下記3つに分かれている。

- Open category

ドローン操縦者が操作に関する要求事項を遵守することで安全性が確保される、リスクの低いカテゴリの操作を対象としており、A1～A3のサブカテゴリに分かれている。

- 所轄官庁による事前承認や、操縦者による事前の申請は不要である
- ほとんどのレジャードローン活動とリスクの低い商業活動が該当する
- パイロットは、安全かつ合法的に飛行させる方法を知っている必要がある

- Specific category

Open category よりもリスクの高い運用を対象にしており、運用開始前に所轄官庁による承認が必要である。

- 操縦者は証明書が必要となる
- 操縦者は、運用が標準シナリオ(STS)でカバーされていない場合、航空局からの操作許可が必要

- Certified category

安全に対するリスクが非常に高い運用を対象にしている(例えば、将来的に実現を目指しているエアタクシーなどの乗客が搭乗するドローンなど)。安全を確保するために操縦者、機体ともに認証が必要であり、かつリモートパイロットのライセンスも必要となる。

### 2.2.1.1. 飛行エリア

飛行エリアに関するルールは下記のとおりである。高度について細かな違いはあるが、概ね日本と同等の規則が定められている。

- 人々が集まっている上空を飛ばすことはできない
- 地上120m以上の高さでの飛行は禁止とする
- 飛行許可地域と禁止地域を把握する
- 他の航空機との距離を十分に保つ

### 2.2.1.2. 操作方法とパイロード

現時点(2021年6月)では、目視外飛行は認められていない。最大離陸重量は日本に比べ規制が緩和されている。

- 飛行中は常に直接目視できること。ドローンが目視できなくなった場合は、タイムリーに回避行動をとる

---

<sup>16</sup> EASA「Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems published」<<https://www.easa.europa.eu/newsroom-and-events/news/easy-access-rules-unmanned-aircraft-systems-published>>2021年5月27日アクセス

<sup>17</sup> EASA「Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems」<<https://www.easa.europa.eu/document-library/easy-access-rules/online-publications/easy-access-rules-unmanned-aircraft-systems?page=2>>2021年5月27日アクセス

- ドローンでの危険物の運搬や、材料を投下することは禁止する
- Open category のドローンの最大離陸重量は 25kg 未満<sup>18</sup>とする

### 2.2.1.3. 登録・免許制

ドローンの所有者が各国の該当組織に登録することが義務付けられている。ただし、250g 未満でカメラやセンサーがないドローンの登録は不要とされている。<sup>19</sup>登録に加えて、下記が義務付けられている。

- 所有者登録番号がドローンに表示されている
- 適切に保険が掛けられている
- オンライントレーニングを受け、テストに合格する必要がある

### 2.2.1.4. その他

その他、セキュリティやプライバシーに関して、下記のルールが定められている。

- データ保護とプライバシー法を遵守する
- 本人の許可なく故意に録画・撮影することや、写真・動画・音声を公開することは禁止する
- ドローンを改造しないこと。ドローンメーカーが推奨するソフトウェアのアップロードのみとし、ドローンメーカーが推奨するソフトウェア以外は使用しない

## 2.2.2. フランス

フランスでは EASA によって施行されたドローン規制の準拠に加えて、フランス固有の法規制も存在する。

### 2.2.2.1. 飛行エリア

飛行禁止エリアは、geoportail というサイトで公開されている。<sup>20</sup>

- ドローンは、人の上を飛ぶことはできない。また、指定された区域ごとにフライト制限されている
- ドローンは、火事や事故地帯、救急隊の周りを飛行することはできない
- 地上から 150 メートルを超える高さの飛行や、高さが 100 メートル以上の建造物などから 50 メートル以上の高度で飛行することはできない

### 2.2.2.2. 操作方法とペイロード

最大離陸重量は、EASA の規制と同様のルールを適用している。その他のルールも下記のとおり、日本や EASA 同等のルールである

<sup>18</sup> EASA「Open Category - Civil Drones」<<https://www.easa.europa.eu/domains/civil-drones-rpas/open-category-civil-drones>>2021 年 5 月 27 日アクセス

<sup>19</sup> EASA「FAQ n.116454」<<https://www.easa.europa.eu/faq/116454>>2021 年 5 月 27 日アクセス

<sup>20</sup> geoportail< <https://www.geoportail.gouv.fr/donnees/restrictions-uas-categorie-ouverte-et-aeromodelisme>>2021 年 6 月 14 日アクセス

- ・目視外飛行は禁止とする
- ・夜間飛行は禁止とする(知事からの特別な許可があれば可)

### 2.2.2.3. 登録・免許制

重量が 800g 以上のすべてのドローンは、AlphaTngo<sup>21</sup>(リモートパイロット航空機ユーザのためのポータルサイト)に登録する必要がある。また、操縦者は DGAC(Direction générale de l'aviation civile フランス民間航空総局)が提供するトレーニングまたは、DGAC が同等と認めたトレーニングを受ける必要がある。なお、登録者の最低年齢は 14 歳とされている。<sup>22</sup>

また、商用利用でドローンを操縦する場合は、学科試験に合格する必要がある。操縦者は、試験合格の証明書をドローン飛行中に一緒に所持しなければならない。

### 2.2.2.4. その他

上記で説明した規則は、フランス領ポリネシアの海外領土にも適用されるので、注意が必要である。

## 2.2.3. スイス

スイスでは 2021 年 6 月現在、EASA のスイス法への統合は延期され、国内法にて運用されている。該当する規則は、DETEC Ordinance on Special Category Aircraft 748.941 であり、模型飛行機と同じ法律の対象となる。また、Federal Act on Data Protection に則ってプライバシー保護を行い、Verordnung über die eidgenössischen Jagdbanngebiete(狩猟保護区に関する条例)にて定められた特別な自然保護地域での飛行制限を遵守する必要がある。<sup>23</sup>

### 2.2.3.1. 飛行エリア

他国と同等のレベルで飛行禁止エリアが設定されているが、具体的な地域は自治体ごとに規定されているのが特徴である。また、時期的な要素を考慮して、大規模イベントについても言及されている。

以下に、代表的な規則を示す。

- 飛行場やヘリポートから 5 km 以内で 500g 以上のドローンを操作する場合は事前許可が必要
- 飛行場等周辺に制定されている制御ゾーンでは、500g 以上のドローンを地上 150m以上の高度で許可なく飛行させることは禁止
- 人々の集団(数十人のグループ)から半径 100m 以内でドローンを操作することは許可なく禁止
- 私有地や人々が集まる公共の場所の上は飛行禁止

---

<sup>21</sup>Ministère de la Transition écologique「AlphaTngo」<<https://www.ecologie.gouv.fr/alphatango>>2021 年 5 月 27 日

<sup>22</sup>Ministère de la Transition écologique「Associations d'aéromodélisme」<<https://www.ecologie.gouv.fr/associations-daeromodelisme>>2021 年 5 月 27 日

<sup>23</sup>FOCA「Regulations and general questions relating to drones」<<https://www.bazl.admin.ch/bazl/en/home/good-to-know/drones-and-aircraft-models/allgemeine-fragen-zu-drohnen.html>>2021 年 5 月 27 日

- 具体的な飛行制限地域は、地方自治体にて規定されている。飛行制限は、国際会議などの主要イベントの際も適用される
- 航空機から適切な距離を保つこと
- 緊急サービスが機能している場所(事故現場、火災現場等)にてドローンの飛行は禁止

### 2.2.3.2. 操作方法とペイロード

ペイロードは、EASA の基準(25kg)よりも、緩やかな重量制限が設けられている。

- 原則、目視外飛行は禁止されている。目視外飛行時は、許可が必要となる
- 飛行中の重量が 30kg を超える場合は、許可のない飛行は禁止されている

### 2.2.3.3. 登録・免許制

原則登録が義務付けられており、重量別のカテゴリごとにオンライントレーニングが準備されている。

- 重量 250g 未満かつカメラ、センサー、または個人データを記録できるその他のデバイスが装備されていないドローン以外は、全て登録が必要
- 重量別のカテゴリ(250g 以下、900g 以下、4kg 以下、25kg 以下)に沿って、各種オンライントレーニングの受講が義務付けられている(250g 以下のみトレーニング不要)

### 2.2.3.4. その他

その他の規則には、以下のようなものがある。

- 動物は低空飛行によってパニックを起こす可能性があり、ドローン飛行時は、動物への考慮が必要
- 500 g を超える重量のドローンを運用する場合は、少なくとも 100 万スイスフランの保険に加入する義務がある

### 2.2.4. アメリカ

アメリカでは連邦航空局(Federal Aviation Administration、以下 FAA) <sup>24</sup>でドローンの法整備が行われている。商用利用と個人利用で大きく分けられている。ドローンを運用するための規則は Operation and Certification of Small Unmanned Aircraft Systems(Title14 CFR part 107) <sup>25</sup>(以下 CFR part 107)で定義されている。

---

<sup>24</sup> Federal Aviation Administration「Unmanned Aircraft Systems (UAS)」<<https://www.faa.gov/uas/>>2021 年 5 月 27 日アクセス

<sup>25</sup> Federal Aviation Administration「FAA News」<[https://www.faa.gov/uas/media/Part\\_107\\_Summary.pdf](https://www.faa.gov/uas/media/Part_107_Summary.pdf)>2021 年 5 月 27 日アクセス

### 2.2.4.1. 飛行エリア

商用利用、個人利用ともに原則として、地上 400 フィート(約 120m)以下の空域で飛行させなければならない。商用利用では、CFR part 107 に基づき、空港の近くでも航空管制の許可があれば飛行が可能である。個人利用では、下記のエリアに空域制限がある。

- スタジアムとスポーツイベント(イベント開催の 1 時間前から 1 時間後まで)
- 空港、軍事施設、ランドマーク(自由の女神など)周辺
- 原子力発電所などの重要インフラ
- 山火事、ハリケーン、化学薬品の流出などの一時的な危険な状態
- 国連総会などの安全保障関連のイベント
- ワシントン D.C.

### 2.2.4.2. 操作方法とペイロード

商用利用では、CFR part 107 にて、下記の制限が設けられている。ただし、事前に申請することで安全に運航できることを証明すれば免除されるものもある。

- 重量 55 ポンド(約 25kg)以下である(輸送の場合、貨物などの総重量含む)
- 目視内飛行のみ。目視外の場合は監視者が必要となる
- 飛行は日中のみとする
- 有人航空機の進路の妨害をしてはならない
- 移動中の車両や航空機からの操作はできない
- 危険物を運搬してはならない
- 外部積載物は確実に取り付けられ、飛行性能や操縦性に影響を及ぼさない
- 輸送のための飛行は州をまたいではいけない

### 2.2.4.3. 登録・免許制

重量 0.55 ポンド(約 250g)以上のドローンは、FAA に登録する必要がある。登録は商用利用、個人利用共通で登録料は 5 ドルで 3 年間有効である。登録後は機体にラベルを明記する必要がある。FAA Drone Zone というサイトからオンラインで登録、更新ができる<sup>26</sup>。登録には、以下の条件を満たす必要がある。

- 13 歳以上であること
- アメリカ国民またはアメリカ永住者であること

---

<sup>26</sup> FAADroneZone「FAADroneZone」< <https://faadronezone.faa.gov/> >2021 年 5 月 27 日アクセス

## 2.2.4.4. その他

ドローンに関する運用規則は 2016 年から始まっているが、操縦できる年齢が徐々に引き下げられているなど、継続的に法整備が進められている。

## 2.2.5. 中国

中国では中国民用航空局(Civil Aviation Administration of China、以下 CAAC)が管理しており、法律などとしては下記のようなものが挙げられる<sup>27</sup>。

- 軽小無人機运行规定(2015 年)<sup>28</sup>：小型・軽量無人航空機の運用に関する規則
- 民用無人機驾驶员管理规定(2018 年)<sup>29</sup>：民間のドローン操縦者に対する規制
- 民用無人駕駛航空器实名制登記管理規定(2017 年)<sup>30</sup>：民間無人航空機の実名登録管理に関する規則
- 特定類無人機試运行管理規程(2019 年)<sup>31</sup>：特定の種類のドローンの試験運用に関する規制

ドローンに関する法改正についての議論は継続的に進められており、様々なパブリック・コメントが出されているが、現時点では未施行のものも多い<sup>32</sup>。

民間業者によりクラウドによるシステムが整備されている。クラウドシステムでは、操縦者に対してナビゲーションや気象データなどの情報提供を行い、運用データの監視やアラームの機能を持っている。

### 2.2.5.1. 飛行エリア

軍事拠点、原子力発電所、国家安全保障に関わる地域とその周辺や、政府が一時的に指定した空域では、電子フェンスが設けられており、物理的に侵入をブロックしている。許可されない空域への侵入に対

---

<sup>27</sup> 中国民用航空局「中国民用航空局」< <http://pilot.caac.gov.cn/jsp/portals/newsList.jsp?type=UAV> >2021 年 5 月 27 日アクセス

<sup>28</sup> 中国民用航空局「軽小無人機运行规定(试行)」< <http://pilot.caac.gov.cn/jsp/airmanNews/airmanNewsDetail.jsp?uuid=8f256584-4a50-4fa9-a194-2c13f1e22f89&code=UAV> >2021 年 5 月 27 日アクセス

<sup>29</sup> 中国民用航空局「民用無人機驾驶员管理规定」< <http://pilot.caac.gov.cn/jsp/airmanNews/airmanNewsDetail.jsp?uuid=35428863-6e34-4412-83c5-b2a01efe7a1c&code=UAV> >2021 年 5 月 27 日アクセス

<sup>30</sup> 中国民用航空局「民用無人駕駛航空器实名制登記管理規定」< <http://pilot.caac.gov.cn/jsp/airmanNews/airmanNewsDetail.jsp?uuid=182f8716-a3d5-49b9-a503-85858a1390c2&code=UAV> >2021 年 5 月 27 日アクセス

<sup>31</sup> 中国民用航空局「特定類無人機試运行管理規程」< <http://pilot.caac.gov.cn/jsp/airmanNews/airmanNewsDetail.jsp?uuid=32113247-2606-4526-8152-c17a85a6dee2&code=UAV> >2021 年 5 月 27 日アクセス

<sup>32</sup> NEDO 北京事務所「中国におけるドローンの制度整備と利用の現状」< <https://www.nedo.go.jp/content/100917611.pdf> >2021 年 5 月 27 日アクセス



しては、クラウドシステムを利用する場合はアラームなどにより防げるが、利用しない場合は制限される空域について関係当局に確認する必要がある。

## 2.2.5.2. 操作方法とパイロード

小型・軽量無人航空機の運用に関する規則において、下記のように定められている。目視内飛行だけでなく、目視外飛行も認められているが、その際は、操縦者は常に確実にドローンを制御できることが条件となる。

- 不注意、無謀な操作の禁止
- アルコールや薬物の影響下での操作の禁止
- 飛行は日中のみとする
- 他の航空機などを優先させる

ドローンは、重量(機体重量、離陸時重量)や使用用途に基づき、下記のように分類されており、分類ごとに遵守する内容が定められている。

表 2-1 ドローンの区分

分類	機体重量(kg)	離陸時重量(kg)
I	$0 < W \leq 1.5$	
II	$1.5 < W \leq 4$	$1.5 < W \leq 7$
III	$4 < W \leq 15$	$7 < W \leq 25$
IV	$15 < W \leq 116$	$25 < W \leq 150$
V	農業用ドローン	
VI	無人飛行船	
VII	目視範囲を超えて動作する I、II 類	
XI	$116 < W \leq 5,700$	$150 < W \leq 5,700$
XII	$W \leq 5,700$	

## 2.2.5.3. 登録・免許制

250g 以上のドローンを管理するために、専用システムへの所有者の登録が義務付けられている。システムへの登録は「実名」で入力することが明記されている。登録後は登録マークを機体に貼付しなければならない。

操縦については、屋内での飛行、I 類・II 類のドローン、人口密集地以外の開けた場所での試験飛行では免許は必要ないが、それ以外の場合は操縦者免許を取得する必要がある。免許の有効期間は 2 年間である。

## 2.2.5.4. その他

CAAC では SORA(Specific Operational Risk Assessment)と呼ばれるリスク管理手法を用いることで、法規制を段階的に確立するために部分的な試験運用を承認している。IV類、リスクの高いと判断されるⅢ類、リスクが低いと判断されるXI類・Ⅻ類が対象となる。

## 2.3. 申請手続き・ドローン操縦資格

本節ではドローンを飛行させる場合に、法令に則り実施しなければならない申請手続き、ドローンを操縦する上で取得しなければならない資格について述べる。

なお、以降の内容は、本書執筆時点(2021年6月)での情報であることを留意していただきたい。

### 2.3.1. 申請手続き

ドローンを飛行させる場合には、法令に則って安全に飛行させる必要がある。航空法や小型無人機等飛行禁止法、都道府県等の条例等によって禁止されているエリアで飛行させる場合は、所定の申請を行う必要がある。

飛行させる際に申請が必要かどうかは、まずは航空法、次に小型無人機等飛行禁止法、つづいて都道府県等の条例、各種法令の順に確認するとよい。法令によりドローンの定義が異なっており、航空法では申請が不要でも小型無人機等飛行禁止法では申請が必要、または条例に基づいてのみ申請が必要など様々なパターンが考えられる。

次に、先に述べた順に法令により申請が必要な場合を見ていく。

航空法では申請が必要な飛行場所として、同法第132条(飛行の禁止空域)に定められている以下の3点が挙げられる。

- 空港周辺地域
- 人口密集地域
- 150m以上の高度

空港周辺地域、人口密集地域に該当するかどうかは、国土地理院「電子国土 Web<sup>33</sup>」にて確認することができる。

また、場所ではなく飛行させる方法として、同法第132条の2(飛行の方法)に定められているルールによらず、以下のような方法で飛行させる場合に申請が必要である。

- 夜間飛行
- 目視外飛行
- 人や物件から30m未満の飛行
- 多数の人が集まる催しの上空飛行

---

<sup>33</sup> 国土地理院「電子国土 Web」

<<https://maps.gsi.go.jp/#8/35.561926/140.337103/&base=std&ls=std%7Cdid2015%7Ckokuarea&blend=0&disp=111&lcd=kokuarea&vs=c1j0l0u0t0z0r0f0&d=I>>2021年4月22日アクセス

- 危険物輸送
- ドローンから物を投下させる場合

小型無人機等飛行禁止法においては、2.1 節でも述べたように、国の重要施設や外国公館、防衛施設等の敷地・上空での飛行が禁止されている。

また、航空法や小型無人機等飛行禁止法の禁止空域ではなくても、都道府県等の条例によって独自に禁止されている場合がある。国土交通省の Web サイト<sup>34</sup>に都道府県等の条例一覧がまとめられているので、飛行させる前に確認するとよい。

次からは、法令に基づく具体的な手続きについてみていく。

### 2.3.1.1. 航空法に基づく申請手続き

航空法に基づく申請の場合、飛行開始予定日の少なくとも 10 開庁日前までに申請書類を提出する必要がある。ただし、申請書類に不備があった場合、修正の上、再度提出する必要があるため、申請には 10 開庁日前よりも相当程度余裕を持って申請する必要がある。

申請方法は、郵送、持参、オンラインの 3 種類がある。郵送・持参の場合は、国土交通省の Web サイト<sup>35</sup>から word 形式の申請書をダウンロードし、必要事項を記入する。同 Web サイトの「申請書の作成要領及びチェックリスト」には、申請の記入サンプルや記入するにあたっての注意事項が書かれているので、申請書作成の際に役立ててほしい。

オンライン申請の場合は、「ドローン情報基盤システム(<https://www.dips.mlit.go.jp/>)」を利用する。オンライン申請では、

- ① 申請者情報の登録
- ② 機体(無人航空機)情報・操縦者情報の登録
- ③ 申請書の作成・提出

の順に行う。記入する項目は、オンラインと郵送・持参で差異はない。

オンライン申請のメリットとしては、申請の内容が自動チェックされ、記入漏れなどがチェックされるので、郵送・持参での申請に比べ、提出後に記入漏れ等で申請が差し戻されるリスクが低減される。また、申請状況をシステム上で確認することができる。

郵送・持参・オンラインのどの申請方法でも、事前に整理・準備しておく必要のある項目を一覧表にすると表 2-2 のとおりである。

<sup>34</sup> 国土交通省「無人航空機の飛行を制限する条例等」<<https://www.mlit.go.jp/common/001370402.pdf>> 2021 年 4 月 22 日アクセス

<sup>35</sup> 国土交通省「3. 許可・承認手続きについて 申請書様式、作成要領等について」<[https://www.mlit.go.jp/koku/koku\\_fr10\\_000042.html](https://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10_000042.html)>2021 年 4 月 22 日アクセス

表 2-2 申請に際し事前準備が必要な項目

申請項目	内容
申請事由	航空法第 132 条、第 132 条の 2 に関する事由。
飛行日時	下記の場合は、飛行日時を特定する必要がある。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 人又は家屋の密集地域の上空で夜間における目視外飛行</li> <li>・ 催し場所の上空における飛行</li> </ul>
飛行経路	複数の飛行場所を予定している場合は、全ての場所を記載する。 下記以外の場合で、飛行場所が特定できない場合は飛行が想定される範囲を記載する(都道府縣市町村名等)。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 進入表面等の上空の空域又は航空機の離陸及び着陸の安全を確保するために必要なものとして国土交通大臣が告示で定める空域における飛行</li> <li>・ 地表もしくは水面から 150m以上の高さの空域における飛行</li> <li>・ 人または家屋の密集している地域の上空における夜間飛行</li> <li>・ 夜間における目視外飛行</li> <li>・ 補助者を配置しない目視外飛行</li> <li>・ 催し場所の上空の飛行</li> <li>・ 趣味目的での飛行</li> <li>・ 研究開発目的での飛行</li> </ul>
無人航空機の仕様・性能	以下の URL 記載の無人航空機は、申請書類の一部を省略できる。 <a href="https://www.dips.mlit.go.jp/contents/download/application/drone_list.pdf">https://www.dips.mlit.go.jp/contents/download/application/drone_list.pdf</a>
無人航空機飛行経歴、知識、能力	10 時間以上の飛行経歴を有すること。 航空局が所要の要件を満たすことを確認した講習団体による講習会等を受講し、技能認証を受けた場合は、その技能認証の写し。
安全確保に必要な体制	航空局標準マニュアル以外の場合は、マニュアルを作成し、添付する必要がある。
有効な許可等の情報	※変更、更新申請の場合 許可承認番号、許可承認日 許可証の写しを添付する
第三者賠償責任保険への加入状況	保険会社名、商品名、補償金額（対人、対物）
管理者等との調整結果	航空法第 132 条第 1 項第 1 号の飛行の場合は管理者等、催し場所上空の飛行の場合は主催者等との事前調整結果

## 2.3.1.2. 小型無人機等飛行禁止法に基づく申請手続き

小型無人機等飛行禁止法の適用の例外については、2.1.2 項で述べたとおりである。ここでは、同法に基づき申請が必要な場合についてのみ述べる。

同法に基づく申請の場合、防衛省管轄の施設では、自衛隊が管理者の場合は 10 営業日前、在日米軍が管理者の場合は 30 営業日前までに同意の申請を行う必要がある。防衛省では同法に関する情報をまとめた Web サイト<sup>36</sup>を作成している。Web サイトにも記載があるとおり、航空局への申請と同様、余裕を持って同意の申請をする必要がある。他の施設では特段日数は定められていないが、飛行に際し事前に同意を得る必要がある。

また、48 時間前までに施設の所在地を管轄する警察署、海上保安本部等(対象施設周辺地域に海域が含まれる場合)に所定の様式で通報する必要がある。

## 2.3.1.3. 申請タイムフロー

航空法と小型無人機等飛行禁止法の申請のタイムフローを整理すると図 2-3 のとおりである。

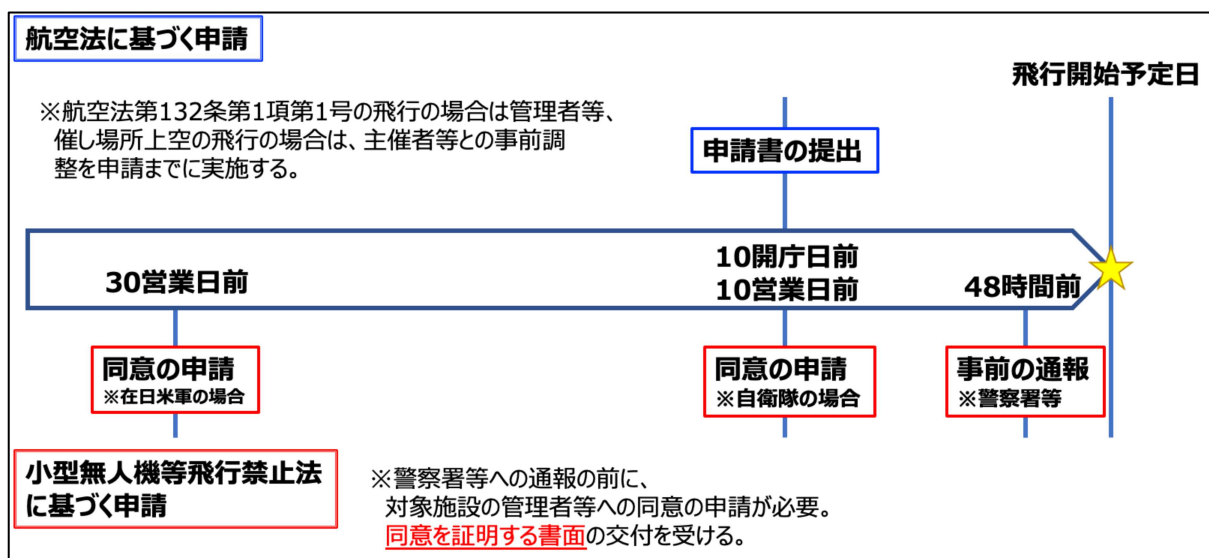


図 2-3 航空法、小型無人機等飛行禁止法タイムフロー

<sup>36</sup> 防衛省「小型無人機等飛行禁止法について」< <https://www.mod.go.jp/j/presiding/law/drone/>>2021 年 4 月 22 日アクセス

### 2.3.1.4. 条例に基づく申請手続き

ここでも大阪府貝塚市の条例に基づく申請を見ていく。

「貝塚市立ドローン・クリケットフィールド条例施行規則<sup>37)</sup>」ならびに貝塚市の Web サイト<sup>38)</sup>から整理すると、以下の手続きになる。

- ① 使用予定の 90 日前以内(市外居住者・団体の場合は 60 日前以内)に使用許可申請書を送付(メール、ファクス可)
- ② 提出後、納入通知書が発行されるので、指定金融機関にて使用料を納付する
- ③ 納付時の領収書を使用当日までに貝塚市政策推進課まで持参し、使用許可証を受け取る
- ④ 当日に、使用許可証を施設の管理人に提示する

なお、許可証については、必要に応じて提示できるよう所持しておかなければならない。

また、条例施行規則第 8 条に該当する場合、使用料が減額または免除されるため確認しておくといよい。

### 2.3.2. ドローン操縦資格

2021 年 6 月現在において、ドローンを操縦させる上で取得しなければならない国家資格は法律に定められていない。今後の動向に関しては、次節で詳述する。

インターネット等でドローンの操縦資格について検索すると、ドローンメーカーによる自社製品の操縦に関する資格、一般社団法人ドローン協会(JDA)の操縦士技能証明、一般社団法人日本 UAS 産業振興協議会(JUIDA)が認定する資格など様々なものが出てくる。前項でもふれたが、申請に必要な技能証明になる資格もあるため、取得の際は国土交通省の Web サイト<sup>39)</sup>を参考にしていきたい。

直接の操縦資格とは異なるが、FPV(First Person View)のドローンを 5GHz 帯の電波を利用して飛行させる場合は、アマチュア無線技士の資格及びアマチュア無線局免許が必要となるので注意が必要である。運用する際の注意事項を総務省が Web サイト<sup>40)</sup>にまとめているので、FPV のドローンを飛行させる前に確認していきたい。要点を抜粋すると以下のとおりである。

- 国内の技術基準に合致した無線設備の使用
- 呼出符号(コールサイン)の定期送信
- 免許を受けた周波数の使用
- 混線の回避

なお、5GHz 帯の電波を利用する際は、高速道路の ETC や駐車場管理等でも利用されている周波数帯であるため、付近での使用は避けるなど飛行の際は注意が必要である。

<sup>37)</sup> 貝塚市「貝塚市立ドローン・クリケットフィールド条例施行規則」< [https://www1.g-reiki.net/city.kaizuka/reiki\\_honbun/k210RG00000701.html](https://www1.g-reiki.net/city.kaizuka/reiki_honbun/k210RG00000701.html) > 2021 年 4 月 22 日アクセス

<sup>38)</sup> 貝塚市「貝塚市立ドローン・クリケットフィールドについて」< [https://www.city.kaizuka.lg.jp/kakuka/toshiseisaku/seisaku/topics/dorone\\_riyou.html](https://www.city.kaizuka.lg.jp/kakuka/toshiseisaku/seisaku/topics/dorone_riyou.html) > 2021 年 4 月 22 日アクセス

<sup>39)</sup> 国土交通省「3. 許可・承認手続きについて ● 飛行許可を受ける際の申請書類の一部を省略することができる講習団体等」< [https://www.mlit.go.jp/koku/koku\\_fr10\\_000042.html](https://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10_000042.html) > 2021 年 4 月 22 日アクセス

<sup>40)</sup> 総務省「アマチュア無線による FPV ドローン利用時の注意事項」< <https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/others/drone/notes/> > 2021 年 4 月 22 日アクセス

## 2.4. 法規制等の最新動向と今後の課題

ドローンに関連する法規制は、段階的に整備が進められている<sup>41</sup>。本節では、2021年6月時点での法規制の最新動向について述べる。

現在、「有人地帯における補助者なし目視外飛行」(レベル4)での飛行は認められていない。しかし、ドローンに関する技術の向上、物流などの利活用へのニーズが高まっていることから、レベル4での飛行の実現に向け、航空法の一部改正による制度整備が2022年度を目処に検討されている。実現に向け、ドローンによる飛行の安全性を確保するため、機体の安全性に関する認証制度(機体認証)、操縦者の技能に関する証明制度(操縦ライセンス)が創設される。また、ドローンに係る事故の防止および状況把握のため、運航管理のルールなどが明確化される。レベル4での飛行が実現した場合、有人地帯の上空を飛行する荷物輸送などのサービスを行うことができるようになる。

なお、航空法の一部改正に合わせて、登録・許可の対象となるドローンは200g以上から100g以上に引き下げられる予定である。

このように、飛行型のドローンについての法整備は、日本も含めて各国が進められているが、世界的に共通の枠組みはまだ存在しないので、国境沿いなどでドローンを飛行させる場合などは、関連国の法規制を全て事前に確認するなどの注意が必要である。

また、飛行型に比べて、水中や水上型のドローンに対する法規制は、まだまだ整備されている状態とは言えない。海洋国家である日本は今後特に力を入れて整備を進めていく必要があると考える。

---

<sup>41</sup> 国土交通省航空局「無人航空機のレベル4の実現のための新たな制度の方向性について」

< [https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/kanminkyougi\\_dai15/siryou1.pdf](https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/kanminkyougi_dai15/siryou1.pdf) >2021年4月19日アクセス





## 第 3 章

### ドローンの利活用

### 3. ドローンの利活用

「空の産業革命」とも言われているドローンの利活用について紹介する。ドローンの利活用というと空撮を想像する人も多いと思うが、近年では輸送や警備、農業、点検など幅広い分野で利活用が進んでいる。国内の市場規模はインプレス総合研究所の「ドローンビジネス調査報告書 2020」によると 2019 年度に 1,409 億円であったが、2025 年度には 6,500 億円に達する見込みであり、5 年で 4.6 倍の成長が見込まれている。<sup>42</sup>

本章では、これら広がりを見せていく利活用推進への各分野・企業での取り組みについて紹介する。

#### 3.1. ドローンの利活用シーン

本節では現在、どのような目的や場所でドローンが利活用されているか紹介する。なお、本項では 1.3 節にて定義した「ドローン」のほか、水中のドローンについても取り上げる。



図 3-1 ドローンの利活用シーン

<sup>42</sup> KOKUYO「ドローン市場 2025 年度には 6500 億円規模!？」2021 年 2 月 8 日<<https://www.kokuyo-furniture.co.jp/solution/manabiz/2021/02/20256500.php>>2021 年 4 月 15 日アクセス

- 水中  
 空中に限らず水中でもドローンの活用が進んでいる。養殖場や水質の調査やダムや船底の点検といった、今までは人が潜水することでしか調査・点検できなかったことを水中ドローンが行えるようになっており、省人化や効率化に繋がっている。海底資源の調査や採掘などの用途でも注目されている。
- 輸送  
 空中を飛行するドローンは渋滞や災害時にも安定した物資の輸送ができる。医薬品や血液のような医療分野だけでなく、飲食物や鮮魚のような食料品の輸送も行われている。他の輸送手段よりコストや時間を抑えることができるケースもあり、輸送にドローンが使用されるケースは増えていくと考えられる。空飛ぶクルマのような人を乗せるドローンの開発も進んでいる。
- 警備  
 巡回するドローンを警備業務に導入することで省人化を実現できる。また不審者の顔や車のナンバープレートなどを記録できる利点もある。従来の固定型の監視カメラと比較すると、死角が少なく広範囲をカバーできる上、屋外でも柔軟に運用することができる。中にはスタンガンやレーザー銃を装備したドローンもあり、不審者の無力化ができるものもある。
- 点検  
 高所かつ作業床の設置が困難な場所での点検作業は、ドローンを使うことで安全に行うことができる。送電線や原油タンクなど人が近づくには危険な場所、煙突や下水管など人が入りにくい場所でも活用することができ、事故リスクの低減に寄与している。また高精度カメラや赤外線センサを搭載することで、人による目視よりも高品質な点検を行うことができる。
- 農業  
 農業分野では、農薬や花粉の散布、果樹の収穫などの用途でドローンが活用されている。ドローンを用いることで省人化やコスト削減を実現できる。加えて害獣の生態調査や追い払いなどにドローンを活用することで、食害による金銭的被害を抑えることができる。今後は自動航行・複数編隊による作業の効率化や作物の運搬による省力化などの活用にも期待されている。
- その他  
 上記に挙げた事例以外にも様々な用途でドローンが活用されている。図書館では蔵書の点検業務があり、膨大な数の書物をデータと照合する必要がある。その作業負担を低減するために自動巡回し背表紙を撮影するドローンが使われている。他にも、ドローンにテニスボールをトスさせてサーブの練習をしたり、魚群をドローンで見つけて砂浜からマグロを釣り上げたりと多様な場面でドローンが活用されている。またドローンそのものを競わせるドローンレースがあり、国内にはドローンレースのプロスポーツ化、オリンピック種目化を目指す団体も存在する。

## 3.2. 企業導入事例

本節では、具体的な企業の導入事例、自治体の取り組みを見ていく。企業では、電力業界、プラント、物流の他、特色のある事業を営んでいる企業について取り上げる。電力業界では、コスト削減・省力化、安全対策の観点でドローンが導入されており、物流では新サービスとしてドローンを用いるなど、利活用といっても業界ごとに特色が見られる。また、自治体では、国家戦略や地域の特色に合わせた取り組みを実施している。

### 3.2.1. 電力業界

電力業界では、送電線や発電所の設備点検において様々なドローンが利用されている。背景として、設備点検の際には高所作業における作業員の安全確保が重要であったり、点検内容によっては点検箇所の停電が必要となったりする場合もあり、多くの労力と時間がかかっていた。また、災害発生時(台風、土砂崩れ、大雪等)に人の立ち入りが困難な地域においても迅速かつ正確な情報収集が求められている。このため、安全性の向上と効率化を目的にドローンの導入が積極的に行われてきている。

ここでは、電力会社 4 社で利用されているドローンについて、事例を挙げて紹介していく。

#### 3.2.1.1. 北海道電力

北海道電力株式会社(以下、北海道電力)では、水力発電所の調圧水槽の点検を行うためにドローンを導入している。水槽内は GPS の電波が届かず、また、暗所ということもあり通常のドローンを用いての飛行は困難であったため、水槽内で自律飛行のできるドローンを開発・実用化した<sup>43</sup>。ドローンを導入以前は、命綱を装着した作業員が目視で点検しており、安全面や作業効率の面で課題があったが、ドローン導入によりこれらの課題が解決した。

ドローンは、国産の産業用ドローン開発メーカーである株式会社自律制御システム研究所(以下、ACSL)が開発している。当該ドローンは GPS を利用せずに水槽内の構造物を目印として、自機の位置関係を計算しながら飛行する。

---

<sup>43</sup> 北海道電力「水力発電所の調圧水槽点検用「非 GPS 対応自律飛行ドローン」の開発について」  
<[https://www.hepco.co.jp/info/2020/1251171\\_1844.html](https://www.hepco.co.jp/info/2020/1251171_1844.html)>2021 年 5 月 12 日アクセス

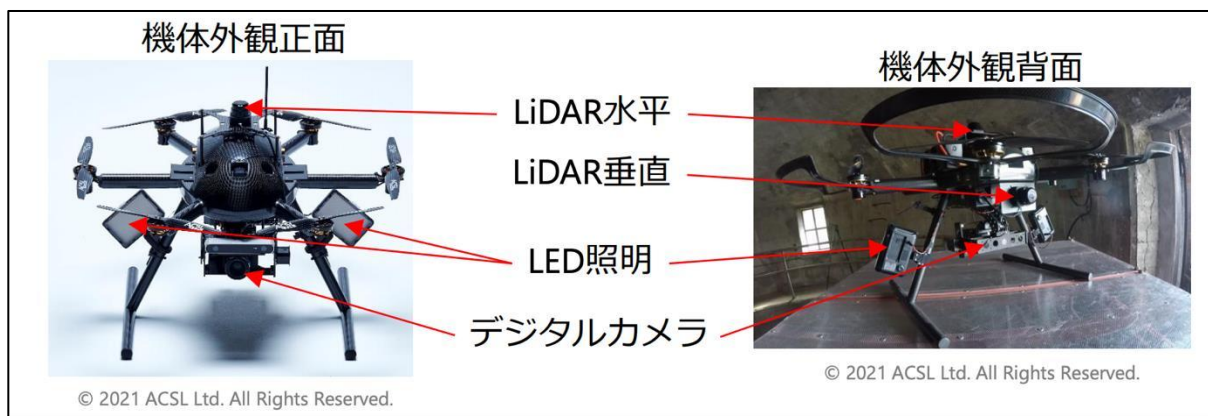


図 3-2 北海道電力が開発したドローン外観<sup>44</sup>

### 3.2.1.2. 東北電力

東北電力株式会社(以下、東北電力)は、2018 年度に廃止となった火力発電所の建屋内で、ドローンを用いた設備パトロールのフィールド検証を行った<sup>45</sup>。2023 年度の実運用に向け取組みを進めている。

また、送電設備の保守点検業務にドローンを活用している。より先進的な活用の一環として、日本電気株式会社(以下、NEC)が開発した「ドローン用送電線自動追尾撮影ソフトウェア」を活用し、送電線をドローンで自動追尾点検する方法を試行導入している<sup>46</sup>。



図 3-3 ドローンによる「送電線自動追尾点検」の実証実験の様子<sup>47</sup>

<sup>44</sup> 北海道電力「水力発電所の調圧水槽点検用「非 GPS 対応自律飛行ドローン」の開発について」

<[https://www.hepco.co.jp/hepcowwwsite/info/2020/\\_icsFiles/afieldfile/2021/03/04/210304.pdf](https://www.hepco.co.jp/hepcowwwsite/info/2020/_icsFiles/afieldfile/2021/03/04/210304.pdf)>2021 年 5 月 12 日アクセス

<sup>45</sup> 東北電力「火力発電所における設備パトロールの自動化」に向けた取組みについて～ロボットや A I (人工知能)技術を活用したシステム開発を本格化～」<[https://www.tohoku-epco.co.jp/pastnews/normal/1201327\\_1049.html](https://www.tohoku-epco.co.jp/pastnews/normal/1201327_1049.html)>2021 年 5 月 12 日アクセス

<sup>46</sup> 東北電力「送電設備の保守点検業務の安全性向上や効率化に向けたドローンによる「送電線自動追尾点検」の試行導入について」<[https://www.tohoku-epco.co.jp/pastnews/normal/1203533\\_1049.html](https://www.tohoku-epco.co.jp/pastnews/normal/1203533_1049.html)>2021 年 5 月 12 日アクセス

<sup>47</sup> 東北電力「ドローンによる「送電線自動追尾点検」の実証実験の様子」< [https://www.tohoku-epco.co.jp/pastnews/normal/\\_icsFiles/afieldfile/2019/10/25/bessi\\_3.pdf](https://www.tohoku-epco.co.jp/pastnews/normal/_icsFiles/afieldfile/2019/10/25/bessi_3.pdf)>2021 年 5 月 12 日アクセス

### 3.2.1.3. 中部電力

中部電力株式会社(以下、中部電力)は、配電設備巡視や点検業務の効率化にドローンを活用している。同社では、AIの物体検出技術などを活用し、自社内で比較的安価なドローンを自律飛行させるアプリケーションを開発している<sup>48</sup>。開発したアプリケーションは「電柱外観撮影アプリ」と「柱上設備撮影アプリ」の2種類がある。

「電柱外観撮影アプリ」では、電柱番号を指定するだけで、飛行経路を作成し、実行ボタンを押すとドローンが自動的に離陸し、指定した電柱の撮影を行い、着陸地点へと帰還する。

「柱上設備撮影アプリ」は、対象の電柱の足元付近にドローンを設置すると自動離陸し、対象設備をAIが認識すると、設備に接近し写真撮影を行う。撮影が終了すると、着陸パッドに向けて自動着陸を行う。



図 3-4 飛行の様子<sup>48</sup>

また、同社ではドローンを用いた Wi-Fi 中継に関する研究を行っている<sup>49</sup>。これは大規模災害発生時に、地上の通信インフラに障害が発生しても情報収集ができるよう、ドローンに Wi-Fi 設備を搭載し、中継システムとして活用できるか検討が進められている。

<sup>48</sup> 中部電力「ドローン×AIによる電力設備巡視・点検業務の効率化」

<[https://www.chuden.co.jp/resource/seicho\\_kaihatsu/kaihatsu/kai\\_library/news/news\\_161\\_06.pdf](https://www.chuden.co.jp/resource/seicho_kaihatsu/kaihatsu/kai_library/news/news_161_06.pdf)>2021年5月12日アクセス

<sup>49</sup> 中部電力「ドローンを用いた Wi-Fi 中継通信システムの考案」<

[https://www.chuden.co.jp/resource/seicho\\_kaihatsu/kaihatsu/techno/techno\\_webtenzikai2020/techno\\_webtenzikai2020\\_32.pdf](https://www.chuden.co.jp/resource/seicho_kaihatsu/kaihatsu/techno/techno_webtenzikai2020/techno_webtenzikai2020_32.pdf)>2021年5月12日アクセス

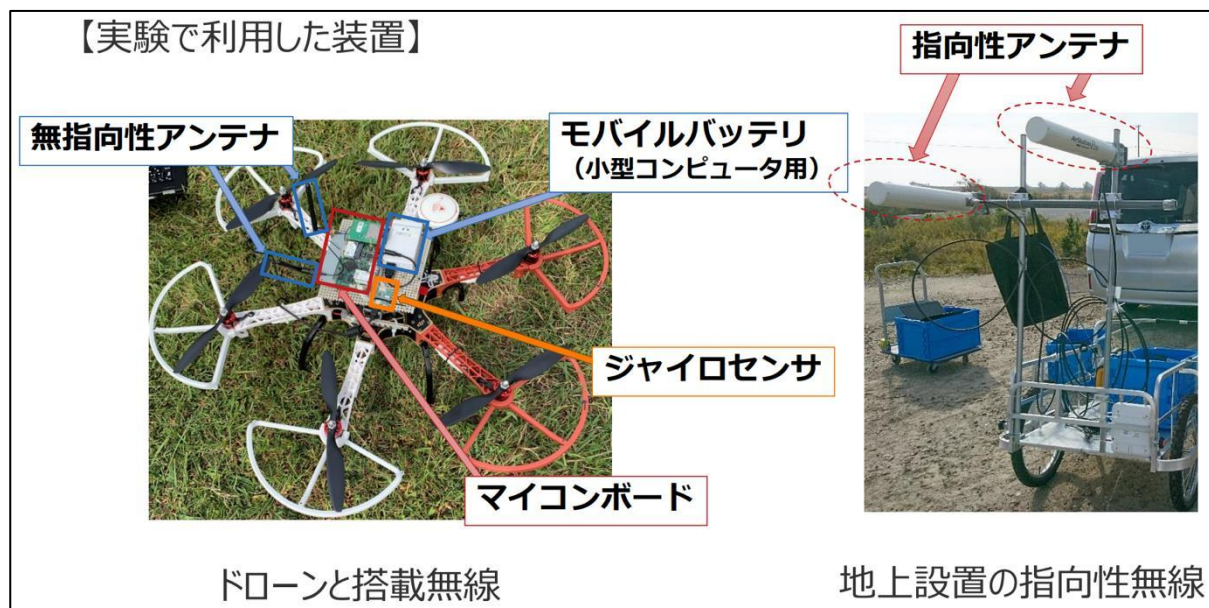


図 3-5 実験で利用した装置<sup>49</sup>

### 3.2.1.4. 関西電力

関西電力株式会社(以下、関西電力)は、これまで水力発電所や火力発電所の設備点検にドローンを開発し、運用してきた。

水力発電所では、鉄管内部の点検には既存のドローンを鉄管内で安定した飛行をさせるように改良し、活用している<sup>50</sup>。導水路の点検では、これまでは発電を停止して水をすべて抜き、作業員が目視点検を行っていたが、浮体式の水面ドローンを開発し、発電を継続したまま導水路を点検できるようになった<sup>51</sup>。これらのドローンの導入により、安全性向上、工期短縮、コスト削減が同時に達成された。



図 3-6 浮体式水面ドローン<sup>51</sup>

<sup>50</sup> 関西電力「ドローンを活用した水力発電所鉄管の点検に関する業務提携について」<  
[https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2019/0524\\_3j.html](https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2019/0524_3j.html)>2021年5月12日アクセス

<sup>51</sup> 関西電力「水力発電所導水路の内部点検に活用する水面ドローンの開発について」<  
[https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2020/0611\\_1j.html](https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2020/0611_1j.html)>2021年5月12日アクセス

火力発電所では、煙突の内部の点検を、安全かつ効率的に実施するため、日本初となる非 GPS の自律飛行ドローンを開発した<sup>52</sup>。北海道電力と同じく ACSL のドローンを活用している。このドローンを用いることで、1 回あたりにかかる点検期間を約 90%短縮できるとともに、点検にかかる人員を大幅に削減できることから、50%以上の収支改善効果があると同社では見込んでいる。

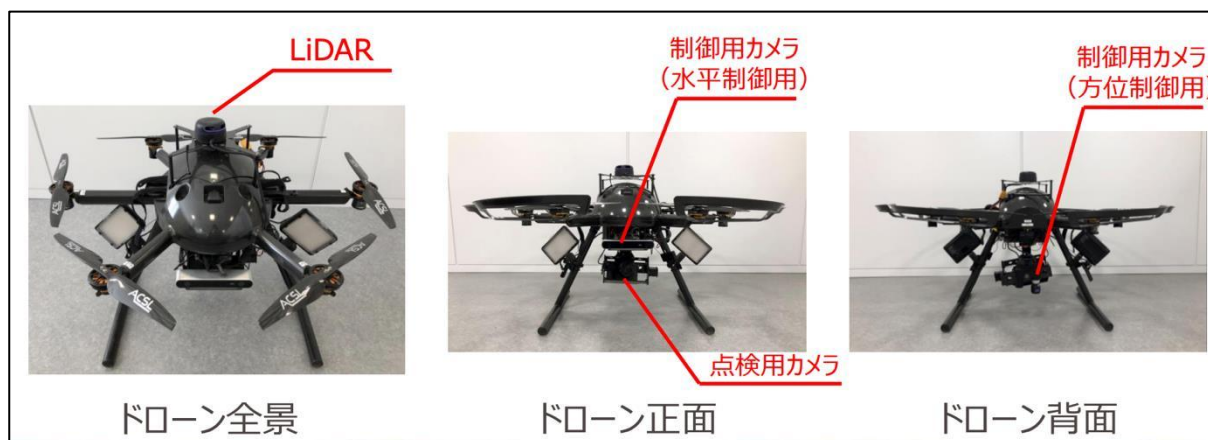


図 3-7 火力発電所点検用に開発したドローン<sup>52</sup>

### 3.2.2. プラント

プラント分野におけるドローンの利活用は、消防庁、厚生労働省、経済産業省(以下、経産省)が連携し、2019年3月に「プラントにおけるドローンの安全な運用方法に関するガイドライン<sup>53</sup>」を整備し、公表している。これにより、事業者によるドローンの試行利用が増えた。

また、経産省は毎年プラントにおけるドローンの活用事例集<sup>54</sup>を取りまとめて公開しており、各社での取組状況が網羅的にまとめられている。

活用事例集を見ると、各社建屋の外観点検や機器内部の人員が入りにくい箇所の点検等、主に設備の点検に用いられるケースが多い。

### 3.2.3. 物流

物流業界においては、小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会が2019年に発表した「空の産業革命に向けたロードマップ2019<sup>55</sup>」にて、2022年度を目処に荷物配送の実現を目指す目標を掲げており、現在は各社様々な実証実験を行っている段階である。

<sup>52</sup> 関西電力「火力発電所の煙突内部点検で活用する非GPS環境下における自律飛行ドローンの開発について」<

[https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2020/0806\\_1j.html](https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2020/0806_1j.html)>2021年5月12日アクセス

<sup>53</sup> 経済産業省「プラントにおけるドローンの安全な運用方法に関するガイドライン Ver2.0」

<<https://www.meti.go.jp/press/2019/03/20200327009/20200327009-2.pdf>>2021年5月12日アクセス

<sup>54</sup> 経済産業省「プラントにおけるドローン活用事例集 Ver3.0 2020年度事例抜粋版」<

<https://www.meti.go.jp/press/2021/04/20210414002/20210414002-1.pdf>>2021年5月12日アクセス

<sup>55</sup> 経済産業省「空の産業革命に向けたロードマップ2019」<

[https://www.meti.go.jp/policy/mono\\_info\\_service/mono/robot/downloadfiles/roadmap2019.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/robot/downloadfiles/roadmap2019.pdf)>2021年5月12日アクセス



ここでは、ANA ホールディングス株式会社(以下、ANA)「ANA Drone Project」と楽天株式会社(以下、楽天)「楽天道ローン」の取組みについて取り上げる。

### 3.2.3.1. ANA Drone Project

2016 年からドローン配送サービスの事業化に向けた検証を継続して取組んでいる。

最新の事例は、2021 年 3 月 22 日から 26 日の 5 日間、長崎県五島市の福江港と同市久賀島の久賀診療所間を垂直離着陸型固定翼ドローンにより、日用品・医薬品等を配送する実証を行った。往復 32km を超える距離を片道約 10 分で配送することに成功した<sup>56</sup>。

なお、当該実証実験は、国土交通省・環境省連携事業「社会変革と物流脱炭素化を同時実現する先進技術導入促進事業(過疎地域等における無人航空機を活用した物流実用化事業)」に採択されている。



図 3-8 実証実験で利用したドローンと飛行経路全体図<sup>57</sup>

### 3.2.3.2. 楽天道ローン

楽天は ACSL とマルチコプター型ドローン「天空」を共同開発した。天空は完全自律飛行ができるドローンとなっており、アプリのボタン一つでドローン进行操作できるようになっている。

楽天は三重県志摩市の離島である間崎島において、自動飛行ドローンによる配送サービスを 2021 年 1 月 6 日(水)から 1 月 22 日(金)までの期間限定で提供した<sup>58</sup>。本サービスでは、同市内のスーパーマーケット「マックスバリュ鶴方店」から、本土より約 4km 離れた間崎島にある「間崎島開発総合センター」まで、往復約 11km 間を自動制御により目視外飛行(レベル 3 飛行)し、商品を配送した。このプロジェクトは、日本初の離島住民向けのドローンによる有料配送サービスであり、コロナ禍における非接触型物流が実現した。

<sup>56</sup> ANA「固定翼型垂直離着陸(VTOL)ドローンを用いて医薬品配送を実施」<  
<https://www.anahd.co.jp/group/pr/202103/20210310.html>>2021 年 5 月 12 日アクセス

<sup>57</sup> ANA Drone Project「固定翼型垂直離着陸(VTOL)ドローンを用いて医薬品配送を実施」< <https://www.ana-drone.com/information>>2021 年 5 月 12 日アクセス

<sup>58</sup> 楽天「楽天、自動飛行ドローンによる配送サービスを離島で提供」<  
[https://corp.rakuten.co.jp/news/update/2021/0106\\_01.html](https://corp.rakuten.co.jp/news/update/2021/0106_01.html)>2021 年 5 月 12 日アクセス

なお、当該事業は、三重県の「クリエイティブ実証サポート事業<sup>59</sup>」の認定を受け、三重県の支援のもと実施していた。



図 3-9 三重県志摩市での間崎島住民への配送サービス<sup>60</sup>

### 3.2.4. その他業界

これまで取り上げてきた事例は、主にドローン自体を利活用する企業であったが、次に紹介するのは、ドローンに必要な「空」をサービスとして提供するユニークな取り組みをしている株式会社トルビズオン<sup>61</sup>である。

2.1 節でも述べたとおり、日本では土地の所有権が上空にまで及んでいる。同社はこれに着目し、地上空の利用権の賃貸借を行うプラットフォーム「sora:share<sup>62</sup>」を開発し、提供している。これは、土地を所有している人、ドローンを飛行させた人を sora:share 上でマッチングさせるサービスになっている。土地を所有している人は sora:share に登録することで収益をあげることが可能となっている。

sora:share で登録されている「空」を探すと、住所、当該地点が人口密集地域かどうか、空撮・練習・実験などのおすすめ用途、損害保険の要否、ライセンスの要否など、ドローンを飛行させる上で必要な情報が記載されており、便利に利用できる。



図 3-10 sora:share MARKET<sup>63</sup>

<sup>59</sup> 三重県「クリエイティブ実証サポート事業」< <https://cre-mie-tive.jp/>>2021 年 5 月 12 日アクセス

<sup>60</sup> 楽天「楽天ドローン」プロジェクトアーカイブ<<https://drone.rakuten.co.jp/project/>>2021 年 5 月 12 日アクセス

<sup>61</sup> トルビズオン< <https://www.truebizon.com/>>2021 年 5 月 12 日アクセス

<sup>62</sup> トルビズオン「sora:share」< <https://www.sorashare.com/>>2021 年 5 月 12 日アクセス

<sup>63</sup> トルビズオン「sora:share MARKET」< <https://www.sorashare.com/ja/market>>2021 年 5 月 12 日アクセス

### 3.2.5. 自治体

ここまでは民間企業の取組について述べてきたが、本項では自治体の取組について、北海道、千葉県千葉市、岡山県真庭市の事例について見ていく。

#### 3.2.5.1. 北海道

北海道庁では、政策開発推進事業<sup>64</sup>において2019年度に「全庁横断型ドローン有効活用プロジェクト」を実施しており、その最終報告書が公開されている<sup>65</sup>。同プロジェクトは北海道庁の様々な部局のメンバーで構成されており、利用状況の把握や他都府県の活用事例を収集し、北海道庁として有効活用に向けた方策を検討していた。

具体的な取組としては、ヒグマ対策や農作物の生育状況の把握、工事の進捗、災害発生時の現場確認など様々な分野で活用されている。いずれも目視確認等人員で行っていた作業がドローンを導入することにより、効率的に、また、迅速に状況を把握できるようになった。

同プロジェクトを通して得られた情報を一元的に管理するデータベースを構築し、北海道庁全体でのドローンの活用を検討している。また、市町村とも連携を図り、北海道全域でのドローンを活用した地域振興・産業振興の取組も検討している。

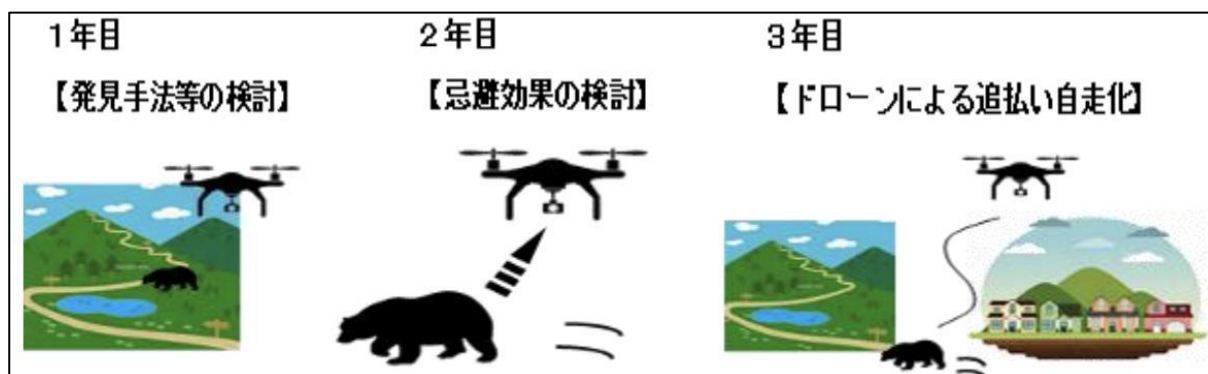


図 3-11 市街地周辺ヒグマ出没対策検証事業<sup>65</sup>

#### 3.2.5.2. 千葉県千葉市

千葉市においては、2016年4月に関東圏国家戦略特別区域会議の下に、都市部におけるドローン宅配を実現するための新たな規制・制度改革を検討するために、「千葉市 ドローン宅配等分科会」が設置され、ドローンによる宅配の実証実験を進めている。千葉市は、ドローン宅配を皮切りに、ドローン産業の

<sup>64</sup> 北海道「政策開発推進事業」<<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ss/ssa/puropo.htm>>2021年5月12日アクセス

<sup>65</sup> 北海道「全庁横断型ドローン有効活用プロジェクト<最終報告書>」

<[http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ss/ssa/R01\\_1.pdf](http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ss/ssa/R01_1.pdf)><[http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ss/ssa/R01\\_2.pdf](http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ss/ssa/R01_2.pdf)>2021年5月12日アクセス

一大集積地を目指すべく<sup>66</sup>、ドローン活用に関する事業を推進している<sup>67</sup>。また、ドローンに関する実証実験に必要な手続き、関係機関との調整等を支援する「ちばドローン実証ワンストップセンター」を国と共同で設置している<sup>68</sup>。このワンストップセンターが支援した事業では、学校施設の老朽化調査、農業用ドローンの利活用検証などがある。

ドローンによる宅配では、分科会におけるデモンストレーションや分科会の下に設置されている技術検討会において実証実験が行われている。最新の事例では、2021年2月5日と9日に花見川河川上の道路・鉄道橋横断を成功させている<sup>69</sup>。これは2016年から実施されている「市川市などの東京湾臨海部の物流倉庫から幕張新都心までの約10kmの東京湾上空飛行を行い、海上から花見川を遡上し、若葉住宅地区のマンションへ宅配を行う構想」の一部である。



図 3-12 花見川上空飛行の経路<sup>69</sup>

<sup>66</sup> 内閣府国家戦略特区「第1回 千葉市ドローン宅配等分科会 配布資料 資料4 千葉市提出資料」<<https://www.chisou.go.jp/tiiki/kokusentoc/tokyoken/chibashi/dai1/shiryoku4.pdf>>2021年5月12日アクセス

<sup>67</sup> 千葉市「ドローン活用推進事業(ドローンを活用した業務発注)」<[https://www.city.chiba.jp/sogoseisaku/miraitoshi/tokku/drone\\_gyoumu.html](https://www.city.chiba.jp/sogoseisaku/miraitoshi/tokku/drone_gyoumu.html)>2021年5月12日アクセス

<sup>68</sup> 千葉市「ちばドローン実証ワンストップセンター」<[https://www.city.chiba.jp/sogoseisaku/miraitoshi/tokku/drone\\_onestop.html](https://www.city.chiba.jp/sogoseisaku/miraitoshi/tokku/drone_onestop.html)>2021年5月12日アクセス

<sup>69</sup> 千葉市「ドローン宅配構想の実現に向けた実証実験を実施しました！～花見川河川上の道路・鉄道橋横断に成功！～」<<https://www.city.chiba.jp/sogoseisaku/miraitoshi/tokku/documents/kisyahappyou-drone-jikkenn.pdf>>2021年5月12日アクセス

### 3.2.5.3. 岡山県真庭市

岡山県真庭市では、林業の生産性向上を目的に、森林林業クラウドとドローンを活用した森林資源の情報共有に取り組んでいる。これは、総務省の「ICT 地域活性化事例 100 選<sup>70</sup>」にも選ばれている事業である。ドローンにより、上空から樹木の位置や種類を柔軟に把握する体制を構築し、森林資源の迅速な把握が可能となった。



図 3-13 森林林業クラウドとロボットセンサー<sup>71</sup>

<sup>70</sup> 総務省 ICT 地域活性化ポータル「クラウドとロボットセンサーを活用した森林資源の効率的な把握」(真庭の森林を生かす ICT 地域づくりプロジェクト) <[https://www.soumu.go.jp/main\\_sosiki/joho\\_tsusin/top/local\\_support/ict/jirei/2017\\_035.html](https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/top/local_support/ict/jirei/2017_035.html)>2021 年 5 月 12 日アクセス

<sup>71</sup> 総務省 ICT 地域活性化ポータル「クラウドとロボットセンサーを活用した森林資源の情報共有等」 <[https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000643840.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000643840.pdf)>2021 年 5 月 12 日アクセス



## 第4章

### ドローンによる事故・攻撃とその防御事例

## 4. ドローンによる事故・攻撃とその防御事例

第3章では、利活用というドローンのプラスの側面を見てきたが、ここではドローンによる事故・攻撃といったマイナスの面について見ていく。

直接的に航空法の改正に繋がった首相官邸への墜落事故が起きた2015年以降に発生した主要な事故・攻撃事例を見ても、図4-1のとおり世界中で約50件程度の事例が発生している。特に中東や中南米では、ドローンが安価であること・攻撃者の人命が危険に晒されないこと・低速低空飛行で通常のミサイルのレーダーに発見されにくいことから、テロや軍事行為に多く利用されている。また、世界全体で見ると空港や旅客機への衝突や接近により、空港が閉鎖される事案が散見される。

これらの事例から代表的なものについて詳細を説明し、さらにそれらの事故・攻撃に対する防御策についても最後に紹介する。

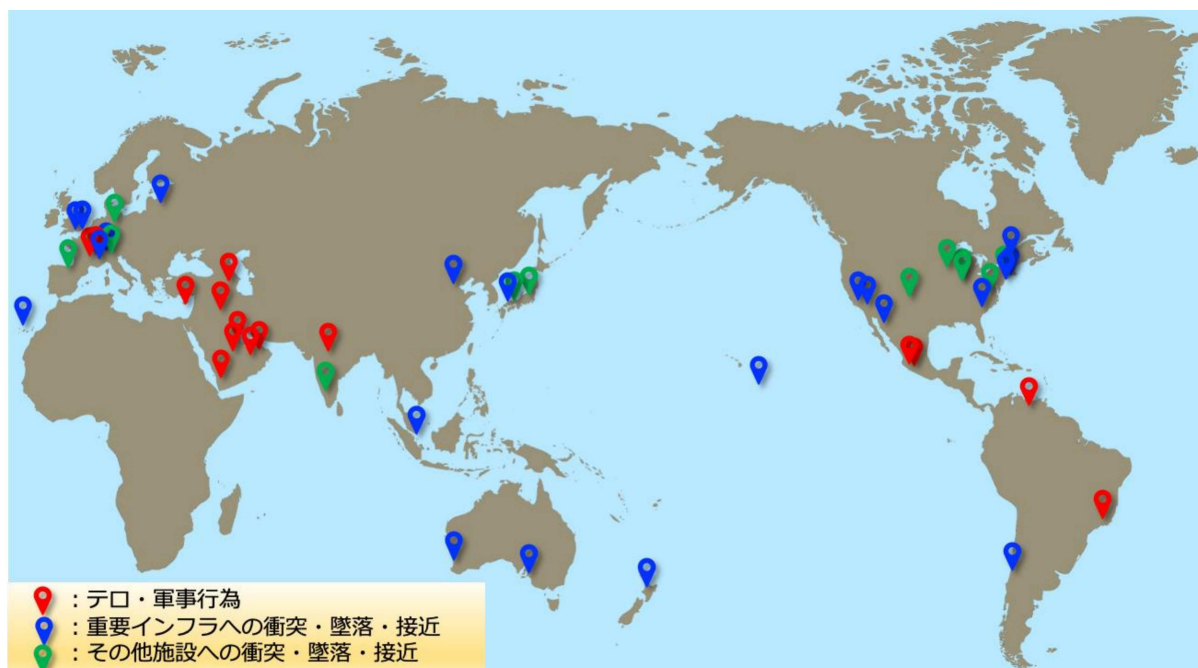


図 4-1 攻撃・事故タイプ別マッピング



## 4.1. 事故・攻撃事例

本節では、下記表 4-1 にあるとおり、代表的な事故・攻撃事例 13 例を紹介する。

表 4-1 事故・攻撃一覧

No.	発生時期	発生国	タイトル
1	2015 年 4 月	日本	首相官邸へのドローン落下
2	2015 年 9 月	日本	姫路城へのドローン衝突
3	2019 年 11 月	日本	ドローンの侵入による関西国際空港の一時閉鎖
4	2015 年 1 月	アメリカ	ホワイトハウスの敷地内にドローンが墜落
5	2015 年 7 月	アメリカ	消火ヘリコプターの飛行妨害
6	2015 年 9 月	アメリカ	全米オープンテニスのスタンドにドローンが墜落
7	2018 年 7 月	フランス	フランスの原発にドローンが衝突
8	2018 年 8 月	ベネズエラ	ドローンによるベネズエラ大統領襲撃
9	2018 年 12 月	イギリス	ドローン侵入によるガトウィック空港の滑走路閉鎖
10	2019 年 5 月	スイス	半年間で 2 度の墜落による配送サービス停止
11	2020 年 12 月	ドイツ	ベルリンの記念教会の鐘楼にドローンが墜落
12	2021 年 2 月	サウジアラビア	駐機中の旅客機がドローン攻撃により炎上
13	2021 年 3 月	サウジアラビア	石油産業拠点へのドローンによる攻撃

#### 4.1.1. 首相官邸へのドローン落下

業種・業界	政府関係
発生時期	2015年4月22日
発生場所	日本 東京
攻撃/被害対象	首相官邸
攻撃手法	直視による無線操縦
被害状況	威力業務妨害
ドローンタイプ	汎用ドローン
攻撃者	愉快犯
攻撃理由/背景	政治的主張
対策	法令による制限(航空法改正)、ドローンの検知・無力化システムの導入
概要	<p>2015年4月22日午前10時20分頃、首相官邸の職員が官邸屋上のヘリポート付近で落下しているドローンを発見した。</p> <p>官邸関係者によるドローンの侵入や墜落などの目撃情報はなく、けが人や建造物の破損は確認されてなかった。</p> <p>4月24日に犯人が警察に自主的に出頭し、逮捕された。反原発を訴えるためにドローンを飛行させたと供述している。</p> <p>回収されたドローンにはプラスチック製の容器が取り付けられており、容器にはセシウム134とセシウム137の放射性物質を含む土が入っていた。</p> <p>犯人は反原発の主張や事件の詳細を記したブログを公開していた。犯人のブログによると4月9日にドローンを飛行させており、官邸職員によるドローンの発見まで、2週間を要している。</p> <p>2016年2月16日には、威力業務妨害罪で懲役2年、執行猶予4年と、ドローンの没収が言い渡された。</p> <p>事件の発生時点では、ドローンの飛行に関する規制がなく、ドローンに関する法規制の必要性が議論されるきっかけとなる事件であった。</p> <p>2015年12月、航空法が改正され、200g以上のドローンが無人航空機として規定され、飛行ルールが定められた。</p>
参考	<p>ウィキペディア「首相官邸無人機落下事件」&lt;  <a href="https://ja.wikipedia.org/wiki/首相官邸無人機落下事件">https://ja.wikipedia.org/wiki/首相官邸無人機落下事件</a> &gt; 2021年3月30日アクセス</p>

#### 4.1.2. 姫路城へのドローン衝突

業種・業界	世界遺産
発生時期	2015年9月19日
発生場所	日本 兵庫
攻撃/被害対象	姫路城
攻撃手法	直視による無線操縦
被害状況	建造物への数センチ～10センチ程度のごすり傷 3カ所
ドローンタイプ	汎用ドローン
攻撃者	旅行者
攻撃理由/背景	撮影目的
対策	法令による制限
概要	<p>2015年9月19日午前6時15分頃、巡回警備員が姫路城周辺を飛行しているドローンを発見したところ、その直後に天守に衝突、落下を確認した。姫路城の屋根に落下したためけが人はなかったが、城には数センチ～10センチ程度のごすり傷が3カ所に確認された。</p> <p>翌20日には男性が警察に自主的に出頭した。男性は、インターネットのニュースで姫路城に衝突していたことを初めて知り、京都市内の警察署に名乗り出た。男性は、以前から雑誌掲載用に国内の世界遺産をドローンで撮影していたが、管理者の姫路市には申請を出していなかった。</p> <p>最終的に不起訴となったが、文化財保護法違反容疑により書類送検された。また、姫路城では、本件以外にも2015年～2017年の間に3件の衝突・墜落事故が発生しており、その対策として2019年から姫路市は、文化財の調査やその他の目的のため教育委員会が許可した場合を除き、ドローンの飛行を禁止する条例を制定している。</p>
参考	<p>日本経済新聞「姫路城にドローン衝突、大天守の窓枠に傷 操縦者は不明」 &lt; <a href="https://www.nikkei.com/article/DGXLASDG19H4V_Z10C15A9CC1000/">https://www.nikkei.com/article/DGXLASDG19H4V_Z10C15A9CC1000/</a> &gt; 2021年4月5日アクセス</p> <p>日本経済新聞「姫路城のドローン衝突、会社役員が名乗り出る」 &lt; <a href="https://www.nikkei.com/article/DGXLASDG20H51_Q5A920C1CC1000/">https://www.nikkei.com/article/DGXLASDG20H51_Q5A920C1CC1000/</a> &gt; 2021年4月5日アクセス</p> <p>DroneAgent「[2017年度版]ドローン関連事件・違反の19事例まとめ、その原因は？」&lt;<a href="https://droneagent.jp/flights/2017dronenews">https://droneagent.jp/flights/2017dronenews</a>&gt; 2021年4月5日アクセス</p> <p>姫路市「無人航空機(ドローン)の飛行禁止について」 &lt;<a href="https://www.city.himeji.lg.jp/kanko/0000007638.html">https://www.city.himeji.lg.jp/kanko/0000007638.html</a>&gt; 2021年4月5日アクセス</p>

### 4.1.3. ドローンの侵入による関西国際空港の一時閉鎖

業種・業界	航空
発生時期	2019年11月9日
発生場所	日本 大阪
攻撃/被害対象	関西国際空港
攻撃手法	直視による無線操縦
被害状況	到着便の目的地変更、出発便の遅延と欠航
ドローンタイプ	不明
攻撃者	不明
攻撃理由/背景	不明
対策	ドローンの検知・無力化システムの導入
概要	<p>午前8時頃、滑走路付近にて作業員がドローンのような飛行物を確認した。国土交通省大阪航空局によって安全確認のため滑走路が一時閉鎖された。到着便19便が目的地を変更、出発便25便が遅延または欠航し、計44便が影響を受けた。通報を受けた大阪府警が捜索したが、ドローンは発見されなかった。</p> <p>同空港では同年10月19日と11月7日にもドローンのような飛行物体が確認され、滑走路が一時閉鎖されており、いずれもドローンを発見できていない。</p> <p>このように、空港では実際に攻撃を受けなくとも、周辺でドローンのような飛行物体が確認されたという情報だけでも大きな影響を受け、ドローンの検知・無力化するシステムの開発・導入が重要になってくる。</p>
参考	<p>日本経済新聞電子版「ドローンで関空運航停止 2便欠航、44便にも影響」 2019年11月9日&lt; <a href="https://www.nikkei.com/article/DGXMZO51986080Z01C19A1AC1000/">https://www.nikkei.com/article/DGXMZO51986080Z01C19A1AC1000/</a>&gt;2021年3月29日アクセス</p> <p>乗りものニュース「関空閉鎖 深刻な空港ドローン被害 対策遅れる日本 防空システム ドローンドーム効果は」2019年12月31日&lt; <a href="https://trafficnews.jp/post/92153">https://trafficnews.jp/post/92153</a>&gt; 2021年3月29日アクセス</p>


#### 4.1.4. ホワイトハウスの敷地内にドローンが墜落

業種・業界	政府関係
発生時期	2015年1月26日
発生場所	アメリカ ワシントン D.C.
攻撃/被害対象	ホワイトハウス
攻撃手法	直視による無線操縦
被害状況	なし(ホワイトハウス庭に墜落)
ドローンタイプ	汎用ドローン
攻撃者	近隣住民
攻撃理由/背景	ドローンの操作ミス
対策	ドローンの検知・無力化システムの導入
概要	<p>2015年1月26日、ワシントン D.C.のホワイトハウスから数ブロックのところにあるアパートの住人がドローン进行操作していたところ、ドローンのコントロールを失った。そのコントロールを失ったドローンがホワイトハウスの庭に墜落した。</p> <p>ホワイトハウスには、従来から飛行機やミサイルなどの脅威を警告する仕組みが導入されていたが、墜落したドローンはこれらを回避していた。</p> <p>飛行機やミサイルに比べて、低速・低高度のドローンは、従来のレーダでは検知しにくい特徴があるので、従来型の検知システムに加えて、ドローンに特化した検知システムの導入が必要である。</p> <p>また当時、本事件を受けて墜落したドローンメーカーは、ワシントン D.C.で飛行できないファームウェアをリリースすることを発表している。ワシントン D.C.は飛行禁止地区となっていたが、ドローンが飛行できないようなシステムはハードウェア自身には搭載されていなかった。</p>
参考	<p>The New York Times「White House Drone Crash Described as a U.S. Worker's Drunken Lark」2015年1月27日  <a href="https://www.nytimes.com/2015/01/28/us/white-house-drone.html">https://www.nytimes.com/2015/01/28/us/white-house-drone.html</a> &gt; 2021年3月31日アクセス</p> <p>DJI、ホワイトハウスのドローン墜落事件で限定地域飛行禁止の措置  <a href="https://www.drone.jp/news/20150129173052105.html">https://www.drone.jp/news/20150129173052105.html</a>          &gt;2021年6月13日アクセス</p>

#### 4.1.5. 消火ヘリコプターの飛行妨害

業種・業界	消防
発生時期	2015 年 7 月
発生場所	アメリカ カリフォルニア
攻撃/被害対象	サンベルナディーノ消防署 ヘリコプター
攻撃手法	不明
被害状況	ヘリコプターの 90 分間の飛行停止
ドローンタイプ	トイドローン/汎用ドローン
攻撃者	不明
攻撃理由/背景	山火事のビデオ撮影
対策	災害時の飛行禁止ルールの整備、移動型のドローン検知・無効化システム
概要	<p>2015 年 7 月、山火事の消火のために飛行を予定していたヘリコプターが、火の上を飛行しているドローンを確認し、飛行を中止した。ドローンは、所有者がビデオ撮影していたと考えられている。少なくとも 4 回の妨害で最大 90 分間飛行を停止することとなった。</p> <p>なお、同様の案件は日本でも発生しており、2021 年 2 月栃木県足利市の山林火災でも飛行していたドローンの影響で消火活動が一時中断した。それを受けて、足利市は公式の Twitter でドローンの飛行禁止を呼びかける事態に発展している。</p>
参考	<p>BBC Services「Drones hamper US firefighting efforts」 2015 年 7 月 20 日&lt;<a href="https://www.bbc.com/news/technology-33593981">https://www.bbc.com/news/technology-33593981</a>&gt;</p> <p>2021 年 4 月 26 日アクセス</p> <p>産経新聞「消防空域はドローン禁止 国交省、山林火災の消火中断受け」&lt;<a href="https://www.sankei.com/article/20210315-XD7BFQLHCZPV5GUAO7WBO45RHM/">https://www.sankei.com/article/20210315-XD7BFQLHCZPV5GUAO7WBO45RHM/</a>&gt; 2021 年 6 月 13 日アクセス</p>

#### 4.1.6. 全米オープンテニスのスタンドにドローンが墜落


業種・業界	スポーツ
発生時期	2015年9月
発生場所	アメリカ ニューヨーク
攻撃/被害対象	全米オープンテニス 観客スタンド
攻撃手法	直視による無線操縦
被害状況	試合の一時中断(負傷者なし)
ドローンタイプ	トイドローン/汎用ドローン
攻撃者	ニューヨークの教師
攻撃理由/背景	不明
対策	防護用ネット
概要	<p>2015年9月、全米オープンテニスの試合中に、観客スタンドにドローンが墜落した。警察と消防による緊急調査のために、試合は中断となった。スタンドは満席ではなかったため、観客や大会関係者に負傷者はいなかったが、決勝戦などスタンドが満席の状態であれば、観客に怪我人が発生した可能性があった。ニューヨークの教師が会場近く公園でドローンを操作した罪で起訴されている。</p> <p>屋外のプロスポーツでは、本案件以外にも練習や撮影用に使ったドローンが落下する事例も度々発生している。</p> 
参考	<p>BBC「US Open: New York teacher arrested after drone crashes into stands」2015年9月4日&lt;  <a href="https://www.bbc.com/news/world-us-canada-34155773">https://www.bbc.com/news/world-us-canada-34155773</a>&gt;            2021年4月14日アクセス</p>

#### 4.1.7. フランスの原発にドローンが衝突

業種・業界	原子力発電所
発生時期	2018年7月3日
発生場所	フランス リヨン
攻撃/被害対象	ビュジェ原子力発電所
攻撃手法	直視による無線操縦
被害状況	不明
ドローンタイプ	トイドローンまたは汎用ドローン
攻撃者	グリーンピース(環境保護団体)
攻撃理由/背景	政治的主張(原子力発電所がテロ攻撃に弱いことを証明するため)
対策	ドローンの検知・無力化システムの導入
概要	<p>2018年7月3日朝ごろ、2機のドローンがビュジェ原発に侵入した。1機はスーパーマンを模したドローンで、使用済み核燃料貯蔵プールの建屋に衝突し、もう1機のドローンでその様子を撮影していた。原子力発電所がテロ攻撃に弱いことを証明するために実行したとみられる。</p> <p>フランス電力は、使用済み核燃料貯蔵プールの建屋は衝撃に耐えられるように設計されているため問題ないとし、ドローン1機を警察が押収したと発表した。</p> <p>なお、グリーンピース EU の公式 Twitter アカウントにて、建屋に衝突する様子を撮影した動画を公開している。</p> <p>2019年には、同団体がラ・アギュ核施設にも同様の攻撃をしており、施設の安全性が改めて懸念される事態となっている。</p> <div data-bbox="539 1227 1257 1451" data-label="Image"> </div>
参考	<p>ビバ！ドローン「原発に人型ドローンが侵入、核燃料貯蔵プール建屋に衝突」 2018年7月4日 &lt; <a href="https://viva-drone.com/drone-crashes-into-french-nuclear-plant/">https://viva-drone.com/drone-crashes-into-french-nuclear-plant/</a> &gt; 2021年4月5日アクセス</p> <p>AFPBB News「仏原発にスーパーマンを模したドローンぶつける、グリーンピース」 2018年7月4日 &lt; <a href="https://www.afpbb.com/articles/-/3181119">https://www.afpbb.com/articles/-/3181119</a> &gt; 2021年4月6日アクセス</p> <p>Le Monde「Greenpeace envoie deux drones sur le site nucléaire de la Hague」2019年1月25日 &lt; <a href="https://www.lemonde.fr/energies/article/2019/01/25/greenpeace-envoie-deux-drones-sur-le-site-nucleaire-de-la-hague_5414531_1653054.html">https://www.lemonde.fr/energies/article/2019/01/25/greenpeace-envoie-deux-drones-sur-le-site-nucleaire-de-la-hague_5414531_1653054.html</a> &gt; 2021年4月15日アクセス</p>



#### 4.1.8. ドローンによるベネズエラ大統領襲撃

業種・業界	政府関係
発生時期	2018年8月4日
発生場所	ベネズエラ カラカス
攻撃/被害対象	軍事パレード式典会場
攻撃手法	不明
被害状況	式典会場付近の建物一部延焼
ドローンタイプ	軍事用ドローン
攻撃者	ベネズエラの右翼勢力の可能性
攻撃理由/背景	政治的主張
対策	ドローンの検知・無力化システムの導入
概要	<p>2018年8月4日、南米ベネズエラで行われた政府主催の国家警備隊の創立記念式典においてニコラス・マドゥロ大統領の演説中、会場の近郊でドローン6機が爆発した。これらのドローンは、爆発物を搭載していた可能性がある。</p> <p>兵士7人が負傷し、内務相は政権に反対するベネズエラの右翼勢力が攻撃を実行したと非難した。5日には、大統領暗殺未遂に関与の疑いがあるグループの一部だとして容疑者6人が逮捕された。</p> <p>一方で、大統領は爆発についてコロンビア政府を非難したが、証拠を示さなかった。コロンビア政府は自国に向けられた非難を「事実無根」と発言した。</p> <p>各国がカウンタードローン技術について議論されるきっかけとなる事件であった。</p> <p>爆発現場の様子</p> 
参考	<p>BBC NEWS JAPAN「[ドローン攻撃]大統領暗殺未遂かベネズエラで6人逮捕」2018年8月6日</p> <p>&lt;<a href="https://www.bbc.com/japanese/45079899">https://www.bbc.com/japanese/45079899</a>&gt; 2021年3月21日アクセス</p>


#### 4.1.9. ドローン侵入によるガトウィック空港の滑走路閉鎖

業種・業界	航空
発生時期	2018年12月19日
発生場所	イギリス ロンドン
攻撃/被害対象	ガトウィック空港
攻撃手法	滑走路へのドローン侵入
被害状況	空港の閉鎖(約30時間)
ドローンタイプ	不明
攻撃者	不明
攻撃理由/背景	不明
対策	ドローンの検知・無力化システムの導入
概要	<p>2018年12月19日21時(現地時間、以下同)、2機のドローンが滑走路に侵入したとして、ガトウィック空港当局が滑走路を閉鎖した。</p> <p>翌20日3時に安全を確認し、滑走路の使用を再開したが、わずか45分後にはドローンの目撃情報があったとして、再度滑走路を閉鎖する決定を行った。その後完全に再開する21日6時30分までの間に、100件以上のドローンの目撃情報があった。</p> <p>ガトウィック空港はイギリスで2番目に大きな空港であり、また、発生時期がクリスマス直前だったこともあり影響が大きく、約1,000便が欠航し、14万人以上に影響が出た。これは、2010年のアイスランドの火山噴火時の火山灰の影響で空港を閉鎖して以来の大きな混乱であった。</p> <p>本件の対応は、ガトウィック空港の所在地を管轄する警察が行っていたが、ドローンの無効化対策として、イギリス軍が保有するドローン無効化装置が利用された。この装置は空港の完全再開後も約10日間設置されていた。</p> <p>その後、ガトウィック空港は、自前でドローン無効化装置を導入した。</p> <p>目撃証言は多々あったが、ドローン本体もしくはドローン操縦者を発見することはできず、実際にドローンが存在したのかが問題になっている。</p> <p>この事件と時を同じくして、イギリスにおける空港周辺でのドローン規制が厳しくなっていた。</p>
参考	<p>一般社団法人先端技術安全保障研究所(2019)「英国ガトウィック空港へのドローン侵入事件について 牧田純平(2019.3.18)」  <a href="https://www.giest.or.jp/contents_20190318.htm">https://www.giest.or.jp/contents_20190318.htm</a>&gt;2021年3月30日アクセス</p> <p>TheGuardian(2020)「The mystery of the Gatwick drone」  <a href="https://www.theguardian.com/uk-news/2020/dec/01/the-mystery-of-the-gatwick-drone">https://www.theguardian.com/uk-news/2020/dec/01/the-mystery-of-the-gatwick-drone</a>&gt;2021年3月30日アクセス</p>


#### 4.1.10. 半年間で2度の墜落による配送サービス停止

業種・業界	流通
発生時期	2019年5月
発生場所	スイス チューリッヒ大学地区の森林地帯
攻撃/被害対象	なし
攻撃手法	故障
被害状況	森林地帯への墜落
ドローンタイプ	産業用ドローン
攻撃者	なし
攻撃理由/背景	故障
対策	安全計装の強化
概要	<p>2019年5月 スイスポストの配達用ドローンが離陸2分後に制御を失い、チューリッヒ大学地区森林地帯へ墜落した。同局は1月にもチューリッヒ湖へ墜落していた。</p> <p>非常時は、モーター停止・パラシュート展開・非常灯の点滅・周囲への警告音の4つが動作する仕組みになっていたが、2回目の墜落である本事例では、安全計装システムであるパラシュートが展開せず、森林地区を散策していた幼稚園児から約50メートルしか離れていない地点に落下した。これにより同局は、約1年間提供してきたドローンでの配達を無期限停止とした。</p> <p>スイスポストによるドローン配達サービスは、カリフォルニアのスタートアップ企業Matternetと提携し、病院間の医療物資を運ぶサービスであり、2018年1月時点で約3,000件のフライトを成功させていた。</p> 
参考	<p>IEEE Spectrum「Swiss Post Suspends Drone Delivery Service After Second Crash」2019年7月29日&lt;  <a href="https://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/drones/swiss-post-suspends-drone-delivery-service-after-second-crash">https://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/drones/swiss-post-suspends-drone-delivery-service-after-second-crash</a>&gt;  2021年4月15日アクセス</p> <p>YouTube「Transportation of laboratory samples by drone」  &lt; <a href="https://www.youtube.com/watch?v=gGsIgNASHUU&amp;t=38s">https://www.youtube.com/watch?v=gGsIgNASHUU&amp;t=38s</a> &gt;2021年6月13日アクセス</p>

#### 4.1.11. ベルリンの記念教会の鐘楼にドローンが墜落

業種・業界	文化財
発生時期	2020年12月20日
発生場所	ドイツ ベルリン
攻撃/被害対象	カイザー・ヴィルヘルム記念教会
攻撃手法	不明
被害状況	なし(消防、警察の出動)
ドローンタイプ	トイドローン
攻撃者	不明
攻撃理由/背景	不明
対策	防護用のネット、法規制による飛行制限
概要	<p>2020年12月20日深夜1時頃 ベルリンのブライトシャイドプラッツ周辺で飛行させていたドローンがカイザー・ヴィルヘルム記念教会の鐘楼の上に墜落し、消防・警察が出動する事態となった。</p> <p>ドローンが墜落した鐘楼は37メートルの高さがあり、50メートルまで届くはしご車が出動し、回収までに何度もトライする必要があったため、ドローンを取り除くために道路を一時完全に封鎖する事態となった。</p> <p>パイロットがドローンを飛ばした理由は不明であるが、数時間前に同広場では2016年12月19日のテロ攻撃の犠牲者の追悼式が行われており、それを撮影するために飛行させていた可能性がある。</p> <div style="text-align: center;"> <p>ドローン回収中の様子</p>  </div>
参考	<p>Rbb24「Drohne stürzt in Glockenturm der Berliner Gedächtniskirche」2020年12月20日&lt;  <a href="https://www.rbb24.de/panorama/beitrag/2020/12/kameradrohne-absturz-berlin-gedaechtniskirche-feuerwehrtautentzienstrasse.html">https://www.rbb24.de/panorama/beitrag/2020/12/kameradrohne-absturz-berlin-gedaechtniskirche-feuerwehrtautentzienstrasse.html</a>&gt; 2021年4月15日アクセス</p>

#### 4.1.12. 駐機中の旅客機がドローン攻撃により炎上

業種・業界	航空
発生時期	2021年2月10日
発生場所	サウジアラビア アブハー
攻撃/被害対象	アブハー国際空港
攻撃手法	爆弾を積んだドローンによる突撃
被害状況	旅客機の炎上
ドローンタイプ	軍事用ドローン
攻撃者	フーシ派
攻撃理由/背景	政治的主張
対策	ドローンの検知・無力化システムの導入、迎撃訓練
概要	<p>2021年2月10日(現地時間、以下同)、爆弾を4つ搭載したドローンが空港に駐機中の旅客機に突撃し、機体に穴を開けて炎上させた。</p> <p>空港のあるアブハーはイエメン国境付近に位置し、そのためたびたびイエメンの反政府武装組織であるフーシ派の標的にされてきた。空港だけで2019年6～7月にかけて弾道ミサイルによるフーシ派の攻撃を3回受けており、負傷者が発生しているが、今回のように民間の旅客機を狙った攻撃は初めての事例であった。</p> <p>サウジアラビアではこのようなドローン攻撃による被害がここ数年多発している。</p>
	 <p>攻撃された旅客機</p> <p>利用されたドローン</p>
参考	<p>MailOnline「Passenger plane is engulfed in flames at Saudi international airport after 'drone attack' claimed by Yemen's Houthi rebels」</p> <p>&lt;<a href="https://www.dailymail.co.uk/news/article-9245129/Civilian-plane-fire-Saudi-Arabia-international-airport-attacked-Houthi-rebels.html">https://www.dailymail.co.uk/news/article-9245129/Civilian-plane-fire-Saudi-Arabia-international-airport-attacked-Houthi-rebels.html</a>&gt;2021年4月7日アクセス</p> <p>Wikipedia「アブハー」</p> <p>&lt;<a href="https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%A2%E3%83%96%E3%83%8F%E3%83%BC">https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%A2%E3%83%96%E3%83%8F%E3%83%BC</a>&gt;2021年4月7日アクセス</p>

#### 4.1.13. 石油産業拠点へのドローンによる攻撃

業種・業界	石油
発生時期	2021年3月7日
発生場所	サウジアラビア ラスタヌラ
攻撃/被害対象	石油会社サウジアラムコ 輸出施設
攻撃手法	不明
被害状況	なし
ドローンタイプ	軍事用ドローン
攻撃者	フーシ派
攻撃理由/背景	政治的主張
対策	ドローンの検知・無力化システムの導入
概要	<p>2021年3月7日、イエメンのフーシ派が、国営石油会社サウジアラムコの主要輸出施設など、同国の石油産業の中心地に向けてドローン14機などを発射した。</p> <p>サウジアラビアエネルギー省によると、製油所等があるラスタヌラで、石油貯蔵施設が海上から飛来したドローン1機の攻撃を受けた。このドローンは設備に衝突する前に迎撃に成功し、幸いにも被害は発生しなかった。</p> <p>サウジアラビア軍の報道官は国営メディアへの声明で「このような破壊行為はサウジアラビアだけでなく、世界に対するエネルギー供給の安全保障と安定、ひいては世界経済を標的にした攻撃だ」と非難した。</p> <p>今回攻撃を受けた施設からわずか数キロの場所では、2019年に石油施設がミサイルやドローンの攻撃を受け、サウジアラビアが原油生産の半分以上の一時停止を強いられた結果、原油価格の急上昇につながった。</p>
参考	<p>REUTERS「イエメンのフーシ派、サウジ石油産業拠点にミサイル・無人機攻撃」 2021年3月8日 &lt;<a href="https://jp.reuters.com/article/yemen-security-saudi-idJPKBN2AZ0QY">https://jp.reuters.com/article/yemen-security-saudi-idJPKBN2AZ0QY</a>&gt; 2021年3月28日アクセス</p>

## 4.2. 防御製品、事例、方法

前節では、攻撃や事故事例を取り上げた。事故は操作ミス等によって発生し、操作者の習熟度があがればある程度防ぐことができる。しかし、攻撃はいつ発生するか予測がつかない上、発生した場合の被害が大きくなる傾向にある。したがって、攻撃を防ぐことが被害を最小化する上で一番重要な要素である。そこで、本節ではドローンからの攻撃を防御する製品・方法について取り上げていく。

### 4.2.1. 防御製品・方法

防御製品には、ドローンを検知・無力化するもの、ドローンを無力化するもの、ドローンを物理的に捕獲するものがある。

まず、検知・無力化する製品として、イスラエルのラファエル社が開発した「DRONE DOME<sup>72</sup>」がある。同製品は、ドローンを物理的に攻撃する機能も有しており、軍隊や空港での導入実績がある。製品の特徴は以下のとおりである。

- 一つのシステムで、検知・追跡・識別・無力化が可能
- 3.5km 先のドローンも検知可能
- ドローンの通信、GPS の通信を妨害可能
- すべての気象条件で動作可能
- 可搬運用、常設運用のどちらも対応



図 4-2 DRONE DOME<sup>72</sup>

次に、無力化の製品は、アメリカのスカイセーフ社の「Skysafe MM2<sup>73</sup>」がある。同製品は、不審なドローンを検知し、電波によって無力化する。また、可搬性が高く、運用しやすい作りになっている。

<sup>72</sup> ラファエル「DRONE DOME」<<https://www.rafael.co.il/worlds/air-missile-defense/c-uas-counter-unmanned-aircraft-systems/>>2021年5月12日アクセス

<sup>73</sup> スカイセーフ「Skysafe MM2」<<https://www.skysafe.io/product>>2021年5月12日アクセス



図 4-3 Skysafe MM2<sup>73</sup>

三つ目にドローンを捕獲する製品として、イギリスのオープンワークスエンジニアリング社の「SKYWALL<sup>74</sup>」がある。同製品はロケットランチャー型の装置から網を射出し、飛行中のドローンを捕獲する。電波や GPS は使用しないので、空港などでも利用することが可能である。また、網で捕獲するだけなのでドローン本体を破壊することがなく、内部のデータ解析による犯人の特定や犯罪の証拠として利用することができる。



図 4-4 SKYWALL 100<sup>74</sup>

その他、ドローンを迎撃するユニークな取組みとして、フランスやオランダ、ベルギーでは鷲や鷹を訓練しドローンを撃退する試みを行っている。実際、野生の鷲や鷹がドローンを撃墜する事例もあり、対策としては有効な手段の一つだと考えられる。なお、オランダでは倫理面の問題や、訓練した環境以外で想定どおりの行動を取れるか疑問視され、鷲の配備計画は中止となった<sup>75</sup>。

<sup>74</sup> オープンワークスエンジニアリング「SKYWALL PATROL」<<https://openworksenineering.com/skywall-patrol/>>2021年5月12日アクセス

<sup>75</sup> DutchNews.nl「Dutch police pension off drone eagles and sniffer rats」<<https://www.dutchnews.nl/news/2017/12/dutch-police-pension-off-drone-eagles-and-sniffer-rats/>>2021年5月12日アクセス



## 4.2.2. アメリカでの取組み

アメリカにおいても、ドローンの普及に伴い、空港等の重要施設上空にドローンが侵入する事案が年々増加している。連邦航空局(FAA)と航空宇宙局(NASA)が低空飛行するドローンを対象とした共同の国家航空管制システムを開発しており<sup>76</sup>、国土安全保障省(DHS)ではドローンの検知技術を開発している<sup>77</sup>。このようにアメリカでは公共の安全や安全保障の観点から、ドローンの検知・防御に国をあげた取組みを進めている。

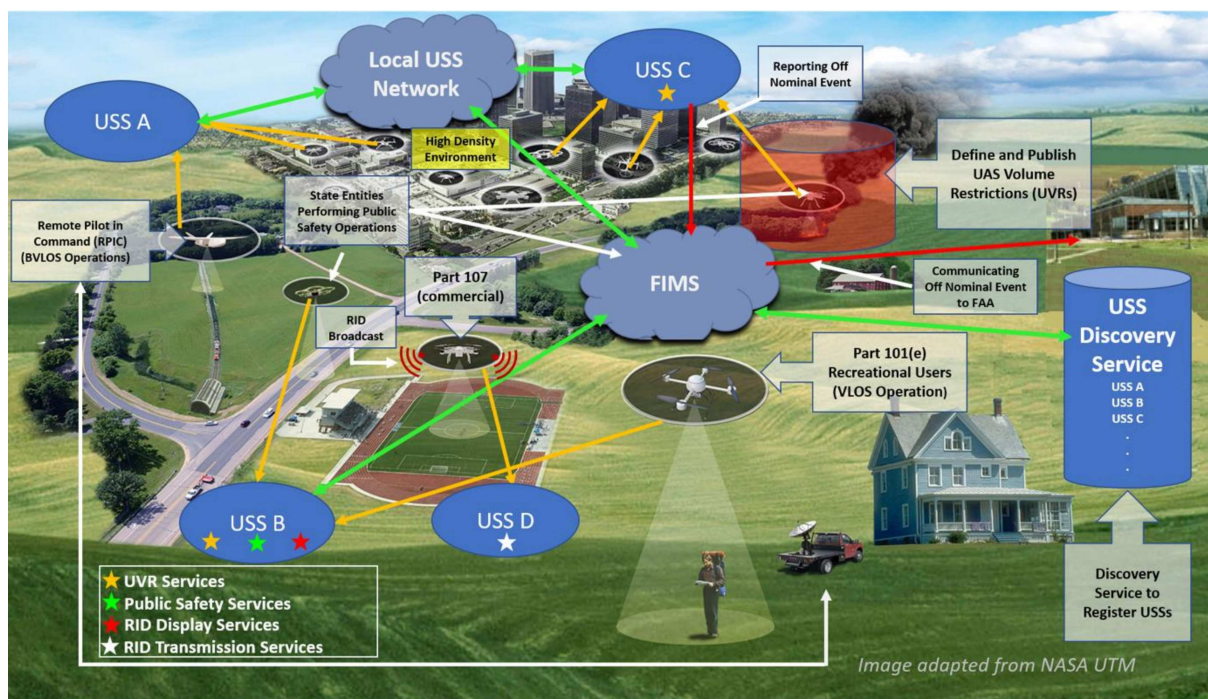


図 4-5 航空管制システム コンセプト図<sup>78</sup>

<sup>76</sup> アメリカ連邦航空局「FAA and NASA Complete Drone Demonstrations」  
<<https://www.faa.gov/news/updates/?newsId=96099>>2021年5月12日アクセス

<sup>77</sup> アメリカ国土安全保障省「Countering Unmanned Aircraft Systems」<  
<https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/Counter%20UAS%20Factsheet.pdf>>2021年5月12日アクセス

<sup>78</sup> アメリカ連邦航空局「UTM Pilot Program (UPP)」  
<[https://www.faa.gov/uas/research\\_development/traffic\\_management/utm\\_pilot\\_program/](https://www.faa.gov/uas/research_development/traffic_management/utm_pilot_program/)>2021年5月12日アクセス

### 4.2.3. 日本国内の取組み

日本国内においては、2015年に警視庁に「無人航空機対処部隊(Interceptor Drones Team、IDT)」が発足した<sup>79</sup>。IDTでは、図4-6にあるようにドローンに大きな網をぶら下げた迎撃ドローンを使用して、不審なドローンを捕獲する。ただし、この迎撃ドローンで捕獲できるドローンは一般的な市販の小型ドローンまでである。また、ドローン捕獲用ネット発射弾(ネットランチャー)の導入も進んでいる。今上天皇陛下の即位礼正殿の儀等の挙行に際しては、ドローンの早期発見と、発見した場合に危害を排除できるようにジャミング装置、迎撃ドローン、ネットランチャーの機材を配備し、対策を実施していた<sup>80</sup>。



図 4-6 小型無人機を捕獲する「迎撃ドローン」<sup>79</sup>

### 4.2.4. 防御における課題

これまでに見てきたようにドローンは広く普及してきており、誰でも簡単に安価に手に入るようになってきている。また、ドローン自体の性能も向上し、遠距離から操作が可能な製品も手に入るようになってきている。ガトウイック空港のようにドローンの侵入によって発生する被害が大きい事件も各地で起こっており、ドローンの侵入や攻撃を防ぐことは急務になっているが、悪意をもったドローンと趣味や業務で利用されるドローンの区別が難しい。ドローンは比較的安価に手に入り、飛行させることも容易であるが、検知や防御にかかる費用はそれに比べて多額になり、非対称性が課題である。

上記に加え、日本国内では、妨害電波を発信する装置を導入する場合は、電波法を所管する総務省の許可が必要であり、安易に導入・運用することができないなど課題も挙げられる。

<sup>79</sup> 警察庁「平成28年版警察白書 特集 第1部 第2節 第1項 コラム警視庁における「無人航空機対処部隊」の編成」 <<https://www.npa.go.jp/hakusyo/h28/honbun/index.html>>2021年5月12日アクセス

<sup>80</sup> 警察庁(2020)「警備情勢を顧みて 令和元年版回顧と展望」 pp.7<<https://www.npa.go.jp/bureau/security/publications/syouten/290/290.pdf>>2021年5月12日アクセス

## 第 5 章

# ドローンに対するサイバー攻撃と対策

## 5. ドローンに対するサイバー攻撃と対策

本章ではドローンに対するサイバー攻撃とその対策についての検討結果を取りまとめる。ドローンへのサイバー攻撃による影響としては、データ漏えいと不正操作の大きく分けて2つのリスクが考えられる。実際にドローンに対して模擬攻撃プログラムを実行することで脆弱性を検証し、その結果からセキュリティ対策を検討する。



図 5-1 ドローンに対するサイバー攻撃の影響例

### 5.1. サイバー攻撃の経路

ドローンはプロポやセンサ等、様々な構成要素を持っている。したがって、図 5-2 のように様々な角度からのサイバー攻撃が考えられ、攻撃されるリスクを高める一つの要因となっている。

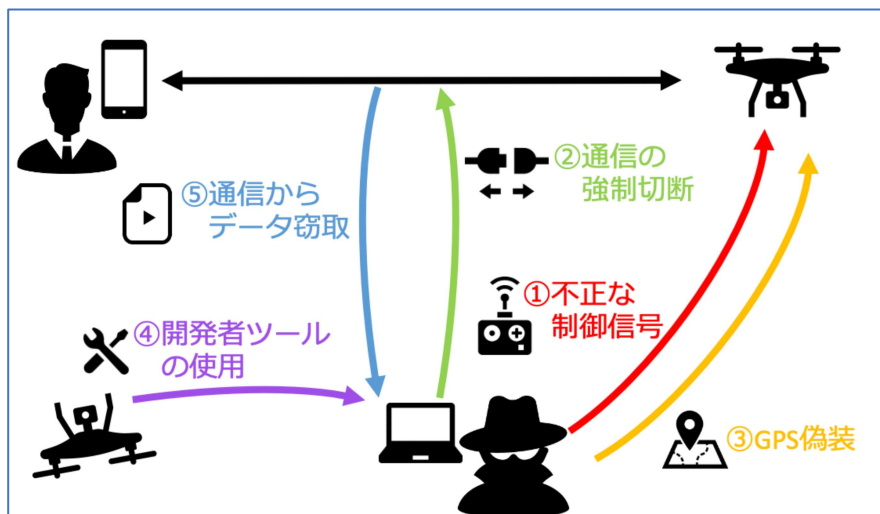


図 5-2 ドローンに対する主なサイバー攻撃の経路例

図 5-2 の主なサイバー攻撃の経路について説明する。

- ① ドローンへの不正な制御信号の送信  
上昇・下降などの操作信号や、緊急着陸の信号などを不正に送信し、ドローンに所有者の意図しない動作をさせる。
- ② ドローンと Wi-Fi 操作端末(スマートフォンなど)との接続断  
ドローンと Wi-Fi との通信を強制的に切断させることで、操作不能な状態にする。
- ③ 不正な GPS 信号の送信  
ドローンに不正な GPS 信号を送信することで、現在のドローンの位置情報を誤認識させる。
- ④ 開発者ツールの使用  
ドローンの開発者向けに提供されたツールを目的外の用途で使用することで、任意の操作が可能となる。
- ⑤ 通信盗聴による撮影映像/画像の窃取  
ドローンと操作端末(スマートフォンなど)間の通信を盗聴し、映像や画像の通信データを窃取する。

## 5.2. 模擬攻撃による脆弱性の検証

攻撃経路の検討をもとに模擬攻撃プログラムにより、表 5-1 の通り脆弱性の検証をした。

表 5-1 模擬攻撃による脆弱性の検証

		ドローンA	ドローンB	ドローンC	
ドローン仕様	種類	トイドローン	汎用ドローン	産業用ドローン	
	離陸重量	約130g	約320g	約1,400g	
	スマートフォンからの操作	○ Wi-Fi Password:無	○ Wi-Fi Password:有 (SSID固定/PW変更可)	--	
	プロポ(2.4GHz無線)	○	○	○	
	GPS搭載	--	○	○	
模擬攻撃プログラム	不正操作	不正な制御信号	✓ 緊急停止	✗	✗
		通信の強制切断	✓ 不時着	✓ ホバリング維持	--
		GPSの偽装	--	✗	✓ 位置情報の偽装
		開発者ツールの使用	✓ 緊急停止	✓ 緊急停止	✗
	データ漏えい	通信からデータ窃取	✓ パケットキャプチャ復元	✓ リアルタイム	--

【凡例】 ○：装備あり ✓：模擬攻撃成功 ✗：模擬攻撃失敗 --：装備なし/未実施

### ① ドローンへの不正な制御信号の送信

各機種において、無線（2.4GHz）に対して実施したが、結果としては1機種のみ成功となった。成功した機種については、通信の傍受や、制御信号の特定や送信が比較的容易であった。しかし、失敗した機種においては、複数チャンネルを短周期で遷移しているために、通信の傍受等が難しく、失敗という結果となった。

不正操作された場合、ドローンを攻撃者に持ち去られたり、周囲の施設へ衝突したりするなど様々な被害につながる可能性がある。

### ② ドローンと Wi-Fi 操作端末(スマートフォンなど)との接続断

通信の強制切断は2機種で成功となった。切断時の挙動は2機種で異なり、機種の仕様によって異なる。

操作不能となったドローンは、機体によってはホバリングで飛行を継続したり、そのまま緊急着陸したりする挙動となった。

### ③ 不正な GPS 信号の送信

GPS の送信は1機種のみ成功となった。原因として考えられるのは、機種によって GPS の測位システムの違いが挙げられる。成功した機種は電波強度の強いものを使用して測位しており、失敗したものは複数の測位システムを利用して総合的に判断していると考えられる。

GPS 機能を持つドローンは、自律飛行や自動ホバリングに正確な位置情報を必要とするため、誤っ

た GPS 信号を受信してしまった場合これらの機能が正常に利用できなくなる。その他にも、「飛行禁止エリアと誤認識させ、ドローンの自動着陸機能を作動させる」、「配送サービスで誤配送させる」など、より直接的な攻撃に利用されることも考えられる。

#### ④ 開発者ツールの使用

開発者用に提供されたデバッグ用ポートや、専用ツールを使用して、任意の操作を成功させることが出来た。ドローンとプロポが接続されている状態だと成功しない場合もあり、通信の切断などと組み合わせることで成功確率を高めることが可能である。

①の攻撃など、ドローンを不正に操作する攻撃によりドローン本体を攻撃者に奪取された上で、この攻撃が実施されることが想定される。機密情報が窃取された場合、事業に与える影響も大きくなる。

#### ⑤ 通信盗聴による撮影映像/画像の窃取

2 機種でドローンの映像データを復元することに成功した。失敗した 1 機種は Wi-Fi を使用していないために、映像を無線(2.4GHz)から復元する必要があり、難易度が高かった。残り 2 機種については Wi-Fi 経由でデータを窃取し、1 機種はパケットから再現、もう 1 機種についてはリアルタイムでの復元に成功した。各機種で映像の転送方式が異なっているため、事前知識として映像転送技術についての理解も必要であった。

攻撃者は画像や映像を復元する前提として通信データを窃取する必要があり、難易度も高いが、一方でドローンの操作者は通信データが窃取されたことには気づきにくいという危険性がある。

### 5.3. サイバー攻撃への対策検討

第 4 章ではドローンによる攻撃とその防御事例を紹介したが、本節ではドローンに対するサイバー攻撃とその対策を検討する。特にネットワークへの侵入は重大な脅威であり、重点的に対策が必要である。

- 不要なネットワークポートの閉塞  
開発用のネットワークポートから侵入される可能性がある。ネットワークポートを開放することで保守性等が上がる反面、ドローン进行操作する上で不可欠なネットワークポート以外は悪用されるリスクが高い。特に必要な場合を除き、基本的には閉塞することが推奨される。
- 通信の暗号化  
通信データが万が一盗聴された場合でも、情報漏えいの可能性を低減させるために、SSL や TLS を用いて通信を暗号化する。暗号化することで通信内容を秘匿し、万が一通信内容が漏えいした場合の影響を軽減させることができる。
- 安全な Wi-Fi の使用  
ドローンに対する攻撃において Wi-Fi ネットワークへの侵入は攻撃入口とも言える。したがって、Wi-

Fiをセキュア化することで、攻撃の可能性を減少させることが出来る。例えばパスワード付きの Wi-Fiを使用することや、初期パスワードを変更する運用等が挙げられる。また Wi-Fi のステルス機能を使用することも検討する。

- Wi-Fi ネットワークの監視

Wi-Fi を侵入口としたサイバー攻撃は同一ネットワークへの参加が必要となる場合が多い。有線接続と異なり、Wi-Fi の場合は攻撃者の端末がネットワークに接続されていることが目視では分かりにくい。そのため、Wi-Fi テスター等の機器を使用して Wi-Fi ネットワーク内を監視することで、不審端末の接続を検出しサイバー攻撃の予兆に気づくことが重要である。

- Wi-Fi 以外の無線通信傍受への対策

ドローンの操作には Wi-Fi 接続だけではなく、Wi-Fi 以外の無線通信も使用されている。Wi-Fi 以外の無線通信は Wi-Fi と比べるとサイバー攻撃の難易度は上がるが、通信の傍受に限ると、無線に関する基礎的な知識を持ち合わせていれば Wi-Fi より容易である。そのため、短周期で複数のチャンネルを使用する通信方式に変更するなど、無線通信の傍受を困難にする対策を検討する。

- 位置情報の改ざん対策

ドローンの飛行においては位置情報を元に飛行エリアの判定を行う機種や、位置情報が取得できない場合は離陸できない機種などがあり、位置情報の改ざんが与える影響は非常に大きい。GPS の受信衛星数と受信感度を組み合わせて判断することや、別の測位衛星（GLONASS 等）の信号と併せて位置情報を判断することで、改ざん耐性の向上が見込まれる。

- 機体と開発者ツールの登録

ドローンの発展のために開発者による開発者ツールの使用は必要不可欠である。一方で、攻撃者に悪用される可能性もあるため、利用制限について検討する必要がある。ライセンスなどを使用して、機体と開発者ツールを紐付けることで、ツールのアクセス対象となる機体を制限し、悪用のリスクの軽減を図る。



## 第6章

### 安全に利活用するために

## 6. 安全に利活用するために

前章までに紹介したセキュリティ対策の多くは開発者である製品ベンダーの協力が必要であり、利用者のみでセキュリティ対策を講じるハードルは高い。一方で、運用の工夫やリスクに応じた利用シーンを検討することで安全にドローンを利活用することができる。本章では飛行するドローンだけではなく、陸上、水中や水上といった全てのドローンを安全に利活用するためのプロセスや取り組みについて紹介する。

### 6.1. リスクの洗い出しと分析

サイバー攻撃への対策を検討するにあたり、リスク分析を実施することは一般的であるが、そのような通常のリスク分析に加えてドローン特有のリスク分析も実施する必要がある。ドローン特有のリスクには例えば下記表 6-1 のようなものがある。

表 6-1 リスクの種類

項番	リスクの種類	キーワード
①	ドローンの種類によるリスク	飛行型、水中型、水上型、陸上型
②	ペイロードによるリスク	重量、危険物、農薬、人混み、建造物
③	利用用途によるリスク	設備点検、情報漏えい
④	環境や天候によるリスク	風速、風向、天候、飛行禁止区域
⑤	操縦者の習熟度によるリスク	操縦技術、状況判断、機体整備

#### ① ドローンの種類によるリスク

使用するドローンの種類が、飛行型か、陸上型か、水中型か、水上型かによりリスクと影響は異なる。例えば機器故障による操作不能の場合を考えると、陸上型は単にその場で停止するのみで済むが、空中型では墜落、水中・水上型では沈没の可能性がある。機体やデータの回収を考慮した場合、機器故障による操作不能のリスクは陸上型の場合は許容できるが、飛行型や、水中型、水上型ではデータをクラウドに保存可能な機種を選定する、有線型の機種を使う(水中型、水上型)などの対策が重要である。

#### ② ペイロードによるリスク

ドローンに何を搭載しているかも考慮する必要がある。特に飛行型では、空撮や点検作業など何も搭載しない場合と、輸送や農業利用などで重量物や農薬、危険物を搭載している場合とで、対策が大きく異なる。空撮や点検作業では、通常墜落対策のみを検討すればよいが、重量物輸送の場合は、建造物や人混みの上空を通過しない飛行ルートの設定や、農薬散布の場合は民家付近の農場ではドローンによる散布をしない、散布前に風向きをチェックするなどの考慮が必要となる。

③ 利用用途によるリスク

利用用途に合わせたリスク分析も重要である。例えば、重要インフラの設備点検に使用している場合は、映像データが機密情報にあたるため、情報漏えい対策に加え、機器自体の紛失対策も通常以上に必要となる。一方で、周囲の環境調査や敷地境界のパトロール等に使用している場合は、機密情報にあたらないため、情報漏洩についてそこまで考慮する必要はないなど、利用用途に合わせて対策に強弱をつけることが有効である。

④ 環境や天候によるリスク

屋外での利用が多いドローンは、周辺環境や天候による影響を大きく受ける。特に風速や風向きは、飛行型のドローンにとって最も重要なファクターであり、山間部のように風向きが変わりやすかつ風速も早い地域では、比較的穏やかな気候の地域に比べて、最大速度が早いものや姿勢制御に優れた機種を使うなどの対策や、墜落のリスクへの対策をより厳重にすることが大切である。

⑤ 操縦者の習熟度によるリスク

操縦者の習熟度が足りないことで、事故を起こしてしまうケースも多い。4章で述べた事故事例でも、操縦者の習熟度不足が起因の事例が散見される。そのような事故を起こさないためにも、習熟度を上げることが必要である。

ここでの習熟とは単なる操縦技術の向上を指すものではない。マニュアルなどを活用した機能の把握、機器の状態把握、周辺環境や天候の把握など運用に関する全般的な習熟度の向上が重要である。

そのため、ドローンメーカーが設けている資格の取得推進や社内資格を設けるなどの取り組みも検討するとよい。

## 6.2. 機器選定時の仕様確認

機器選定の際にリスクになり得る項目について予め仕様を確認しておく。現時点で対策がなされていないものも多いが時代の変遷により対策が徐々に普及すると考えられるため、確認する観点は抑えておく必要がある。

- Wi-Fiの有無

Wi-Fiは便利な反面、汎用的であるために比較的容易に攻撃が可能である。プロポを絶対に使用したくない場合以外は避けるほうがリスクは少なくなる。

- SSIDとパスワードの変更可否

SSIDとパスワードが固定であったり、変更できなかつたりすると容易にWi-Fiネットワーク内に侵入される。こういったところは予め変更可能かどうか調べておき、変更できないものについてはなるべく使用を避ける。

- 不要なネットワークポートの開放  
不要なネットワークポートから侵入されるリスクは高いため、不要なネットワークポート(サービスポートやデバッグポートなど)が開いていないことを確認する。仕様書に記載がない場合は、ベンダーに確認する。
- 通信データが暗号化されているか  
通信が暗号化されていないことで、通信データから映像データなどの情報漏えいの可能性が高まる。通信が暗号化されているかどうかを確認し、暗号化されていないものについては、使用用途を限定するなどの運用面での工夫を検討する。

### 6.3. 利用者と開発者の観点

ドローンを安全に利活用するためには、情報システムや制御システムと同じ視点でセキュリティ向上に取り組んでいく必要があるが、ドローンにおけるセキュリティ対策の多くは開発者である製品ベンダーの協力が必要であり、利用者のみでセキュリティ対策を講じるハードルは高い。

まず利用者が出来ることとしては、前述の通りドローンの種類や利用シーンに合わせたリスクの洗い出しと分析を行い、リスクの低いシーンから利活用の実績を作り上げることでノウハウや習熟度が高まる。

また、ドローンを利活用していく中で発見した脆弱性については、レスポンシブルディスクロージャー(利用者と開発者が脆弱性を共有)の枠組みを利用することでセキュリティ対策が進んでいく。

利用者と開発者の視点を融合し、セキュリティバイ・デザインを意識したセキュアドローン開発の取り組みから始めることも視野に入れることで、リスクの高いシーンにおいてもドローンを安全に利活用することが可能になる。

この様な取り組みがひとつひとつ積み重なることで、安全なドローンの製品が市場に供給され、また利用者が安全にドローンを利活用するためのノウハウが広く共有されるようになる。その結果として、社会全体としてドローンのセキュリティが成熟していくことが望まれる。

以上

#### 【著作権、知的所有、財産権】

「ドローンセキュリティハンドブック」(以下「本資料」といいます)に関する著作権及びその他すべての知的所有権、財産権は、「独立行政法人情報処理推進機構 産業サイバーセキュリティセンター 中核人材育成プログラム 第4期受講者 ドローンセキュリティプロジェクト(以下、「本プロジェクト」)」及び本資料中に利用した下記イラスト制作者、各引用元等に帰属します。

- ・いらすとや(<https://www.irasutoya.com/>)
- ・イラストAC(<https://www.ac-illustr.com/>)
- ・ICOON MONO(<https://icoon-mono.com/>)

利用者は、下記免責事項、注意事項のすべての内容に同意する場合に限り、本資料を、自己利用または、自身の所属組織での内部利用のため必要な範囲で複製し、閲覧等に供することができます。

これらの範囲を超える利用は、本プロジェクトの同意がない限り禁止されています。

#### 【免責事項】

本資料の利用に起因または関連して利用者に生じたトラブルや損失、損害等に対して、本プロジェクトは一切の責任を負いません。

#### 【注意事項】

記載内容は本プロジェクトの見解に基づいております。独立行政法人情報処理推進機構産業サイバーセキュリティセンター及び作成者の所属企業の見解を反映するものではありません。

**【作成者】**

独立行政法人情報処理推進機構 産業サイバーセキュリティセンター

中核人材育成プログラム 第4期受講者 ドローンセキュリティプロジェクトメンバー

秋間 和兵

江村 勇紀

川崎 嗣人

酒井 宏尚

清水 慶太

上甲 優介

寺本 翼

中村 俊將

根本 剛

姫野 陽一

松本 隆

八木 晴信

吉川 裕之

**【監修】**

独立行政法人情報処理推進機構 産業サイバーセキュリティセンター

中核人材育成プログラム 講師

小林 和真 慶応義塾大学大学院 特任教授

門林 雄基 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 教授

目黒 有輝 制御システムセキュリティセンター | 東北インフォメーション・システムズ株式会社

**【版管理】**

第一版 2021年6月





# ドローンセキュリティハンドブック

～安全なドローン利活用の勘どころ～

初版発行 2021年6月

---

独立行政法人情報処理推進機構  
産業サイバーセキュリティセンター(ICSCoE)  
第4期受講者 ドローンセキュリティプロジェクト