

ー寄稿ー ドローンを使用したスクリーニング点検について

1. はじめに

無人航空機（以下、ドローン）は「空の産業革命」とも言われ、空撮、農薬散布、測量、インフラ点検など幅広い分野で利用されている。

ドローンのはじまりは、第二次世界大戦にさかのぼり、当初は軍事利用を目的とした研究・開発が行われていた。民間利用としては、1980年代に農薬散布を目的とした産業用無人ヘリコプターが登場し、それ以降、産業分野での活用が始まった。一般的にドローンが広く普及し始めたのは2010年代であり、ホビー用ドローンの発売がその契機となった。

ドローンの定義としては、以下の3点が挙げられる。

- ・航空の用に供することができる構造上人が乗ることができないもの
- ・遠隔操作又は自動操縦（プログラムにより自動的に操縦を行うことをいう）により飛行させることができるもの
- ・本体及びバッテリー重量が100g以上のもの

また、ドローンの種類には、回転翼航空機（マルチローター）、回転翼航空機（ヘリコプター）、および飛行機の3つの種類があるが、本稿で取り上げるドローンは、回転翼航空機（マルチローター）である。

本稿では、ドローンを飛行させる際のルールとともに、ドローンを用いたスクリーニング点検の事例を紹介する。

2. 特定飛行について

ドローンを飛行させる際には、飛行させる空域（図1）や飛行方法（図2）に応じて、国土交通大臣の許可・承認が必要となる（以下、特定飛行）。飛行申請には、都度申請と包括申請の2種類があり、特定飛行の組み合わせによってどちらの申請方法が適用されるかが異なる。

2.1 特定飛行に該当する空域

特定飛行に該当する空域は、下記の通りである。

- ・人口集中地区（DID）
5年毎に行われる国勢調査の結果により設定される。
- ・空港等の周辺
空港等の周辺は、進入表面、転移表面などの飛行場周辺の航空機の離陸及び着陸の安全を確保するために必要な



図1 特定飛行に該当する空域
(出典：国土交通省ウェブサイト)

空域である。

- ・150m以上の上空
150m以上の上空は、海拔高度ではなくドローン直下の地表又は水面からの高度となる。
- ・緊急用務空域
緊急用務空域は、警察や消防活動などの航空機が飛行することが想定される場合に、ドローンの飛行が原則禁止される空域である。記憶に新しい例では、2024年1月1日に発生した能登半島地震の際に指定された。

2.2 特定飛行に該当する飛行方法

特定飛行に該当する飛行方法は、以下の通りである。

- ・夜間での飛行
日の入りから日の出までの時間帯が該当する。
- ・目視外での飛行
ドローン操縦者がドローンを直視できない場合が該当する。
- ・人又は物件との距離を確保できない飛行
人又は物件との距離を確保できない飛行は、30m未満の距離とされているが、関係者の物件や樹木等の自然物は対象外である。
- ・催し場所上空での飛行
縁日、祭り、スポーツ大会、展示会など、第三者が集まる場所であり、信号待ちなどの自然発生的に人が集まる状態は対象外である。
- ・危険物の輸送
危険物の輸送は、火薬類、高圧ガス、毒物類などが該当するが、機体バッテリーやパラシュートなどの安全装置に使用される火薬や高圧ガスは含まれない。



図2 特定飛行に該当する飛行方法
(出典：国土交通省ウェブサイト)

・物件の投下

物件の投下には、水を含む液体の散布も該当するが、物件の設置（置く行為）は対象外である。

2.3 特定飛行の飛行申請

飛行申請には、都度申請と包括申請の2種類がある。都度申請は、特定の日時や場所を設定して行う申請である。これに対して、包括申請は日時や場所を特定せず、同一の申請者が一定期間内（最長1年）の飛行申請を行うものである。ただし、包括申請が可能な特定飛行であっても、その組み合わせによっては都度申請が必要となる場合があるので、注意を要する。

・都度申請でしか申請できない特定飛行について

150m以上の空域、空港等の周辺、催し場所上空での飛行は、都度申請のみで、包括申請はできない。

・包括申請が可能な特定飛行について

人口集中地区、夜間での飛行、目視外での飛行、人又は物件との距離を確保できない飛行、危険物の輸送、物件の投下については、包括申請が可能である。

・都度申請が必要な特定飛行の組み合わせとして

以下の4つのパターンは、個々に包括申請を取得していても、都度申請が必要となるため注意が必要である。

- ① 人口集中地区＋夜間での飛行
 - ② 人口集中地区＋目視外での飛行
 - ③ 夜間での飛行＋目視外での飛行
 - ④ 人口集中地区＋夜間での飛行＋目視外での飛行
- 特に「②人口集中地区＋目視外での飛行」は、意図せず該当してしまい、航空法違反となる可能性が高いため、事前の打ち合わせや現場確認が必要である。航空法違反の罰則は、最大100万円の罰金と2年以下の懲役であり、事前に法令をよく確認して、適正な飛行を心がける必要



図3 Matrice 300 RTK
(出典：DJI社 無人飛行機（ドローン）機種仕様)

がある。

3. 当社所有のドローンについて

3.1 Matrice 300 RTK

Matrice 300 RTK（DJI社製、図3）は、デュアルビジョンセンサーとToF（Time of Flight）センサーが6側面に搭載されており、障害物を検知してホバリングや回避飛行することが可能な機体である。最大飛行時間が55分と長く、高い安全性と長時間飛行が可能な機体である。

以下は、Matrice 300 RTKのスペックである。

- ・サイズ(展開状態、プロペラは除く)：810×670×430 mm (長さ×幅×高さ)
- ・重量：約6.3 kg (TB60バッテリー2個搭載時)
- ・最大ペイロード：2.7 kg
- ・動作周波数：2.4000～2.4835 GHz
- ・最大風圧抵抗：15 m/s
- ・最大飛行時間：55分
- ・動作環境温度：-20℃～50℃
- ・ビジョンシステム（障害物検知範囲）：前方／後方／左／右：0.7～40m, 上方／下方：0.6～30m
- ・赤外線検知システム（障害物検知範囲）：0.1～8m

3.2 Matrice 300 RTKの事例

Matrice 300 RTKの実績として、これまで煙突、フレアスタックやその架構、装置内への進入及び昇降禁止エリアのステージ、タンク、塔槽類、配管などの点検を行った。

事例として、稼働中の煙突の点検事例を紹介する。Matrice 300 RTKに搭載されたカメラは、広角、ズーム、サーモの3種類の画像データを同時に撮影でき、これを用いて点検を実施した。図4は、ラダー取付部と筒身の点検を行ったもので、ズーム画像では、筒身部のコンクリート継ぎ目部分に剥離（図4のA部）が確認されている。図5のサーモカメラ画像では、健全部と剥離部に温度差が認められた。このように、画像とサーモの同時撮影が可能である

ため、画像とサーモ画像を比較することで見落としを防止することができる。

また、図5のB部は、表面状態はほぼ均一に見えるが、サーモ画像では温度差が確認できる。これは、コンクリート内部に空隙層が存在し、表面から内部への熱移動が妨げられているためと考えられる。

図6には煙突頭頂部の広角画像、図7には避雷針取付部の拡大画像、図8には煙突頭頂部のサーモ画像を示す。

広角画像では確認できない避雷針取付部も、ズーム機能（最大200倍のデジタルズーム）を使用することでボルトの緩みや脱落などの不具合点検が可能である。また、煙突頭頂部の広角画像では、矢印部分に変色が見られるが、ズーム機能を使用することで当板が施工されていることが確認でき、さらにサーモ画像において、当板部およびその下部

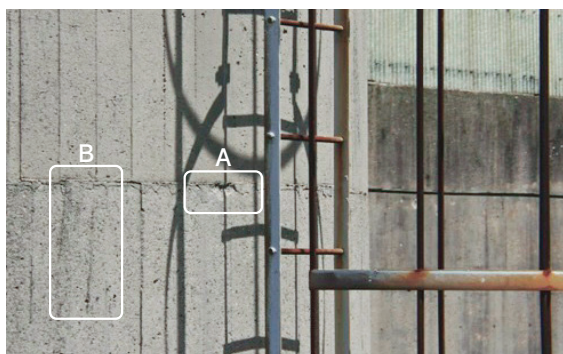


図4 煙突筒身部

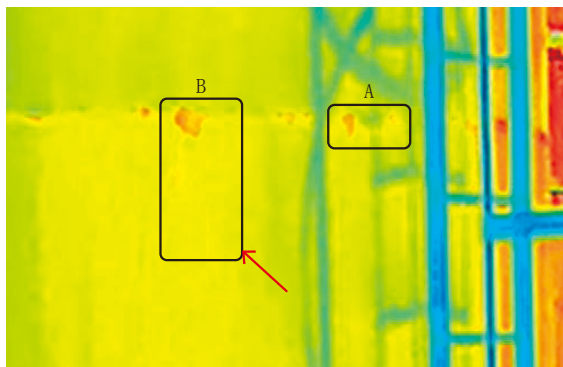


図5 煙突筒身部のサーモ画像



図6 煙突頭頂部の広角画像



図7 避雷針取付部の拡大画像

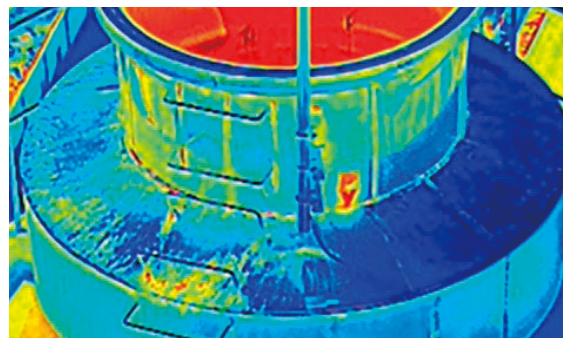


図8 煙突頭頂部のサーモ画像

が高温であることが分かった。

今回の稼働中の煙突（高さ30m、直径3m）の点検に掛かった時間は30分程度である。ドローンを活用することで、足場を設置せず筒身や付属品の点検が可能となり、点検コストの大幅な削減を図ることができた。また、高所に検査員が上らずに点検できるため、検査員の安全面でのリスクや作業負担を軽減することができた。

3.3 ELIOS2

ELIOS2（Flyability社製、図9）は、機体全体が球体ガードで覆われており、屋内飛行に特化したドローンである。非GPS環境下でも飛行可能で、安定化センサーにより自動制御が行われる。10,000ルーメンのLEDライトを搭載しており、暗所での点検が可能である。また、片側照射が可能で、凹凸の発見が容易になる仕様である。

以下は、ELIOS2のスペックである。

- ・サイズ：φ400mm（長さ×幅×高さ）
- ・重量：1.45kg

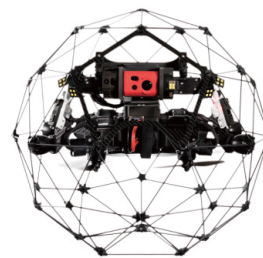


図9 ELIOS2 Photo(s) courtesy of Flyability

- ・最大ペイロード：なし
- ・動作周波数：2.404～2.483 GHz
- ・最大風圧抵抗：3m/s
- ・最大飛行時間：10分以内
- ・動作環境温度：0℃～40℃
- ・ビジョンシステム：7つの視覚距離センサー

3.4 ELIOS2の事例

ELIOS2は、主に人が入槽する際のリスクが高い場所や、入槽が困難な場所での点検に適用されることが多く、煙突、ダクト、タンク、機器、配管などでの点検実績がある。

事例として、煙道およびバンカーでの事例を紹介する。

図10は、煙道内部を点検した際の画像である。この煙道は建設後、一度も内部点検が行われておらず、踏み抜きの危険性が高いと判断されたため、ELIOS2による内部点検を実施した。点検の結果、紙片状のスケール付着や配管底部に300mm幅程度の白色スケールの堆積が認められた。今回の煙道（長さ30m 径1.5m）の点検に掛かった時間は20分程度である。また、安全面に関しても酸欠や踏み抜きといったリスク無しで、煙道内部の点検を実施することができた。

図11は、バンカー内部のコンベア部分を撮影した画像である。バンカー内部へは人の入槽が困難で、また、内容物が黒色であるため、マンホールからの目視確認が難しい状況だった。そのため、ELIOS2を使用して点検を実施し

た。図11は、コンベアで運ばれる内容物がケーシングに接触して摩耗により生じた開口部である。このような暗所環境の点検についても、10,000ルーメンのLEDライトを搭載していることから、高詳細の画像で内部状況を観察することができ、劣化状況などの判断を正確に行うことができた。

4. 水中ドローンについて

当社（東亜非破壊検査㈱）では、2023年に水中ドローン（ROV:Remotely operated vehicle）を導入した。水中ドローンは、テザーケーブルで機体と操縦機を接続し、遠隔で操縦することができる。これにより、埋設配管の内部点検や水中構造物の調査などに使用されている。

図12は、埋設された28Bの冷却水配管について、バルブの開度を確認した画像である。目測ではあるが、バルブが約60%開いていることが確認できた。また、併せて20m範囲の配管内部の点検を実施している。点検の結果、配管内部のコーティングなどの劣化は認められなかった。この点検に掛かった時間は約1時間である。これまで点検が不可能であった場所も水中ドローンを活用することで安全で効率的な点検を行うことが可能となった。

図13は、貯水池に施工された構造物の画像である。この構造物は通常、貯水量を減少させなければ目視点検がで



図10 煙道内部の画像

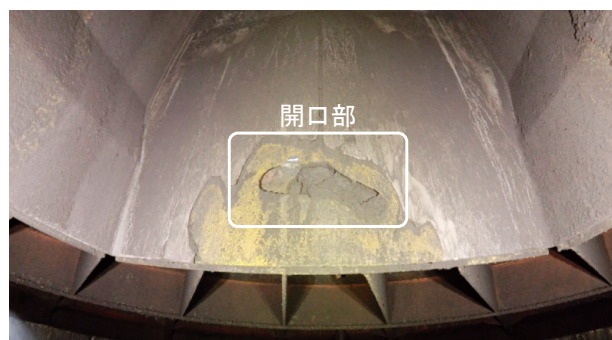


図11 バンカー内部のコンベア画像



図12 バルブの開度確認



図13 水中構造物の確認

きないが、水中ドローンを使用することで簡単に点検ができた事例の一つである。

5. おわりに

設備の点検にドローンを活用することで、点検作業時間の大幅な短縮や、高所や暗所などの危険を伴う作業の事故予防など、多くの効果が確認されており、ドローンの有用性が高く評価されている。

当社では2022年4月より、ドローンプロジェクトチームを設立し、プラント設備などにおいてドローンを活用した点検業務を展開している。現在はMatrice 300 RTK, ELIOS2, 水中ドローン (FIFISH V6 PLUS QYSEA社製) を所有し、屋外設備や機器内部の点検を実施している。また、ドローンオペレーターも当社に在籍しており、緊急時の点検などにもスピーディーに対応できる体制を取っている。そして、プラント設備における非破壊検査に長年従事してきた、経験豊富な当社検査員がドローンでの点検を実施することで、単に画像データを提供するだけではなく、設備の劣化状況などを正確に評価して報告することができる。

ドローン技術は日々進化しており、今後ますますプラントにおけるドローン点検の需要が増加することが予想される。こうした状況を受け、厚生労働省、経済産業省、消防庁が連携し、プラントでの安全なドローン運用方法に関するガイドラインや、化学設備等の定期自主検査におけるドローン導入マニュアルの改訂などのルール作りが行われている。

今後、保安分野全般でのドローン活用がさらに促進され、設備の保安力向上に少しでも繋がるよう当社も貢献していきたいと思う。

沢井 厚志 (東亜非破壊検査㈱ 3D・ドローンPJリーダー)

参考文献

- 1) 無人航空機の飛行の安全に関する教則, 国土交通省
- 2) 化学設備等の定期自主検査におけるドローン導入マニュアル, 厚生労働省
- 3) 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 Ver3.0, 総務省消防庁, 厚生労働省, 経済産業省
- 4) 国土交通省ウェブサイト
「無人航空機の飛行禁止空域と飛行の方法」
https://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10_000041.html#kkuuiki
- 5) 無人飛行機 (ドローン) 機種仕様, DJI社
- 6) ELIOS2製品パンフレット, Flyability社