

ドローンの環境分野への適用可能性に関する基礎検討

(一財)九州環境管理協会調査分析部分析技術課 元村 充希
石岡 記由

要 旨

ドローンの環境分野への適用可能性を探ることを目的として、その技術レベルやコスト、飛行に際して遵守すべき法令及び各分野での適用事例等を情報収集して検討を加えた。空撮機能の利用では、画像の高精度化や解析ソフトとの組合せによる三次元化が進展していること、また機能限定の廉価版が普及していることが分かった。法的には航空法改正により飛行空域と方法が制限されるだけでなく自主規制の動向もあった。空撮機能を利用した橋梁点検、セキュリティ対策及び文化財点検、また運搬機能を利用した農薬散布など適用範囲は幅広く、それらを環境分野に応用すれば高所測定や植生分布調査等に生かされる可能性があることが分かった。

1. はじめに

近年、無人航空機いわゆるドローンが注目されている。平成27年9月に一部改正された航空法によれば、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〔200g未満の重量（機体本体の重量とバッテリーの重量合計）のものを除く〕」となっている¹⁾。

ドローンは、撮影や農薬散布、インフラの点検等に利用が広がっており、今後さまざまな分野で活用されることで、新たな産業・サービスの創出や国民生活の利便や質の向上に資することが期待されている。本邦の2015年度のドローンビジネスの市場規模は104億円程度で、2016年度には199億円に拡大し、2020年度には1138億円に達するとの予測もある²⁾。ただ、その一方で、落下事故が多数発生し安全面が不安視されるなど解決すべき課題も少なくはない。

これらの現状をふまえ、ドローンの環境分野への適用可能性を探ることを目的として、最新の情報を収集して取りまとめ検討を加えた。

2. ドローンメーカーの比較

世界のドローン市場において8割以上のシェアを独占しているメーカーは、DJI（中国）³⁾、Parrot（フランス）⁴⁾及び3D Robotics（米国）⁵⁾の3社である。その中でもDJIは最もシェアが大きく、PhantomシリーズやInspireは世界的にも知名度が高く、価格も安価である⁶⁾。

Parrotはドローンだけではなく、先進的な無線技術を活用した機種も多数扱っており、他社に先駆けてスマートフォンでドローン进行操作できるAR Droneを商品化している。

3D Roboticsは2012年設立され、その代表機種であるSoloはユーザビリティの良さから商業用ドローンとしての評価は高い。

その他の海外メーカーとしてはAeryon Lab（カナダ）⁷⁾の知名度が高い。Aeryon Scoutは軍事利用、警察の捜査、自然災害時における被災状況の把握といった分野で利用されている。

一方、本邦では、自律制御システム研究所⁸⁾や、マルチコプターラボ⁹⁾などがドローンの開発を行っている。自律制御システム研究所は、完全自律型ドローン（自ら考えて飛行する小型飛行ロボット）に強みがあり、非GPS環境でドローンが正確に自律飛行する技術を研究開発し、様々

なフィールドで自律飛行を行うことに成功している⁸⁾。マルチコプターラボでは、ユーザーの要望に沿った機体製作も可能である。また、10kg 程度の荷物を運搬可能な機体や、解析ソフトとの組合せによる画像の三次元化も行っている⁹⁾。

3. ドローン性能比較

3. 1 業務用

業務用ドローンの性能は、用途によって大きく異なるが、現在販売されている主なドローンは空撮用のものがほと

んどである。代表として DJI 製の機種で性能を比較した³⁾。

S1000 は DJI の最上位機種であり、プロペラを 8 基搭載しているため、飛行安定性が高く、ブレ等がなくクリアな映像を撮影することが可能である。カメラは標準装備でないが、一眼レフカメラも搭載可能である。

Inspire 1 は中位機種であり、4k ビデオが撮影可能なカメラを付属しており、360 度の空撮が可能である。カメラの操作盤が別売されており、ドローンの操縦とカメラの操作を 2 人で別々に行うことが可能である。

Phantom 3 は下位機種であり、カメラは 2.7K ビデオが撮影可能なものが付属されている。機体はコンパクトにて



図1 業務用ドローン（左）とホビー用ドローン（右）

表1 ドローンの性能比較

区分	業務用			ホビー用		
型番	S1000	Inspire1 V2.0	Phantom3 Advanced	Galaxy Visitor6	クアトロックス eye	X5SW
メーカー	DJI			Nine Eagles	京商（株）	Syma
カメラ	—	1,240 万画素	1,240 万画素	100 万画素	200 万画素	200 万画素
動画画質	—	4K ビデオ	2.7K ビデオ	HD	100 万画素	HD
ネットワーク範囲	—	2,000m	2,000m	100m	約 25m	約 25m
稼働時間	約 15 分	約 18 分	約 25 分	約 18 分	約 6 分	8 分
重量	4.4kg	2,935g	1,280g	122g	約 100g	107g
通信	無線通信	無線通信	無線通信	—	—	—
アプリケーション	—	iOS/ Android	iOS 8.0/ Android	iOS/ Android	—	iOS/ Android
機能	飛行撮影 /GPS	飛行撮影 /GPS	飛行撮影 /GPS	飛行撮影	飛行撮影	飛行撮影
価格	—	約 40 万円	約 14 万円	約 3 万円	約 1 万円	約 1 万円

きており、Inspire 1 と重量を比較すると半分以下である。価格は約 14 万円で業務用としては比較的安価である（図 1、表 1）。

3. 2 ホビー用

ホビー用ドローンの特徴は重量が 200g 未満で、航空法が適用されないことである。カメラの性能は、業務用のものに比べると大きく劣り、ネットワーク範囲も狭く、GPS も内蔵していないため、三次元の画像作成等は難しい。しかし、価格は 5000 円から 3 万円程度で、気軽に空撮を行うことが可能である。また、ネットワーク範囲は狭いながらも、スマートフォンを利用して FPV（操作中に映像を確認できる）空撮が可能なものもある（図 1、表 1）。

代表として Nine Eagles 製の Galaxy Visitor 6¹⁰⁾、京商(株)製のクアトロックス eye¹¹⁾、Syma 製の X5SW¹²⁾で性能を比較した。性能に大きな差はみられないが、Galaxy Visitor 6 と X5SW は FPV 空撮が可能である。

4. ドローン関連法

4. 1 一部改正された航空法

平成 27 年 9 月に航空法の一部が改正され、同年 12 月 10 日からドローンやラジコン機等の無人航空機の飛行ルールが新たに導入された¹⁾。概略は以下の通りである。

a. 無人航空機の飛行の許可が必要となる空域

図 2 の (A) ～ (C) の空域のように、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高い空域において、無人航空機を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。

b. 無人航空機の飛行の方法

無人航空機を飛行させる際は、国土交通大臣の承認を受けた場合を除いて以下の方法により飛行させなければならないことになっている。

- ・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。

ただし、上記の飛行ルールについては、事故や災害時に、国や地方公共団体、また、これらの者の依頼を受けた者が捜索又は救助を行うために無人航空機を飛行させる場合については、適用されない。

4. 2 自主規制

各自治体等では、ドローンを飛行させることで問題が起りうる可能性のある事項について、独自の条例等で規制を行っている。以下はその一例である。

- ・大阪府は市内 981 箇所の公園すべてのドローンの飛行を禁止。新たに条例を設置せずに今の公園条例で禁止している「他人に危害を及ぼすおそれのある行為」とい

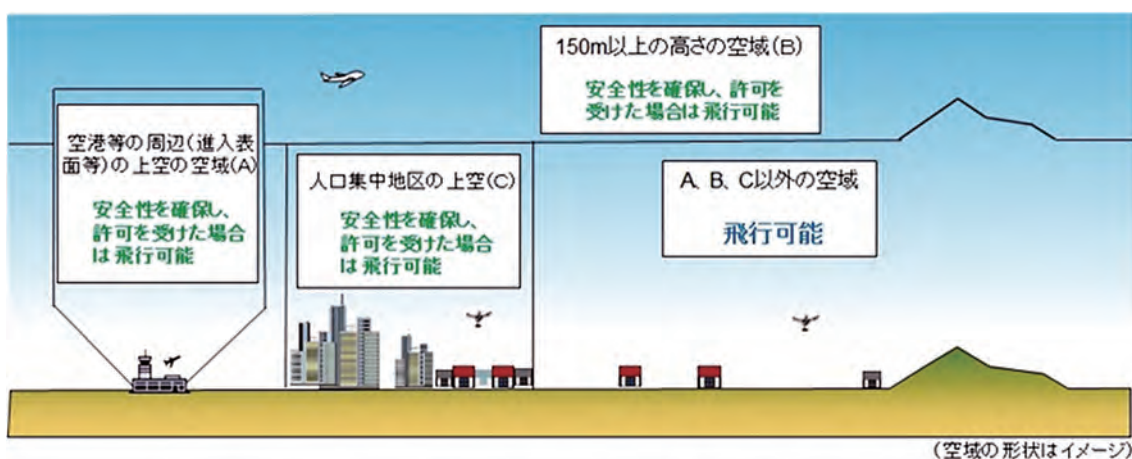


図 2 無人航空機の飛行許可が必要となる空域¹⁾

う条項にドローンを適応させる予定¹³⁾。

- ・京都市北区の上賀茂神社では、境内撮影、また撮影に関わらず境内上空でドローンを飛行させる場合、事前に許可が必要とすることを決めた。安全と祭儀の厳修の観点から賀茂祭(葵祭)も含めた、全ての祭典、並びに、祭典以外の時間帯にも適用¹⁴⁾。
- ・三重県は伊勢志摩サミットの開催支援として、首脳会議等の行事を安全に行うため、ドローン等の飛行を三重県条例で規制。期間はサミットが行われる前後の平成 28 年 3 月 27 日から平成 28 年 5 月 28 日まで、規制場所は志摩市賢島内の円山公園内の四等三角点を中心として、1500mの半径を有する円内の地域(海域を含む)及び知事の指定する対象施設、当該対象施設の敷地又は区域及びその周囲 300mの地域¹⁵⁾。

5. ドローンの適用事例

ドローンの空撮機能や運搬機能を利用して、様々な分野での導入が進んでいる。以下にその一例を示す。

5. 1 橋梁点検

橋梁点検に際しては、車線を規制し専用の橋梁点検車を使用して作業員が目視で確認を行っているのが現状であった。小型で完全自立飛行を行えるドローンの橋梁点検への導入により、点検作業の効率化や精度の向上が期待されている。また、上向きカメラを搭載可能で GPS 精度を高めた機体の開発も進んでいる¹⁶⁾。

5. 2 セキュリティー対策(早期検知)

これは悪玉ドローン対策である。音響センサー、画像センサー等、警戒対象に応じたセンサーを組み合わせ、警戒領域へのドローンの侵入を早期に検知・識別するシステムの構築により事故の発生リスクの低減化が期待されている¹⁷⁾。

5. 3 識別・管理

ドローンにより果樹の周辺を撮影した画像データをもとに、果実を 1 個ずつ識別・管理できるシステムを構築。果実の写真で色づきを判断し非破壊の糖度計で糖度の推移が測定可能とされている¹⁸⁾。

5. 4 農薬散布

農薬の散布にはこれまで産業用無人ヘリコプターが使用されていた。導入費が安く作業の効率化が見込まれるドローンの活用に関心が高まっている。これは専業農家の減少や農業の高齢化も背景にある。また、農林水産省により農業向けドローンの運用基準の策定も検討されている¹⁹⁾。

5. 5 文化財の点検

神社仏閣では建物の屋根などの点検を行う場合、主に双眼鏡等による目視確認を行っていた。そのため高所など目の届き難い箇所があった。ドローンによる点検作業の導入で、そのような箇所を確認することが可能になり、作業の効率化も図られている²⁰⁾。

5. 6 測定・調査

有害物質計測用センサーをドローンに搭載して、人の立入りが出来ない場所における有害物質の挙動調査や予測シミュレーションへの利用が期待されている。また、これに合わせて効果的な環境汚染物質のばく露防止対策の立案・実施・評価の実施が期待されている²¹⁾。

6. 環境調査への適用可能性

ドローンを用いると、高所等、直接視認することが難しい場所などでは、搭載したカメラで撮影することにより、間接的に目視できる。さらに、GPS を内蔵している機種であれば、あらかじめ設定した飛行ルートを通ることができ、その位置を特定することも容易である。ドローンは、画像データを撮影するだけでなく、カメラの代わりに各種センサーを取り付けることにより、測定対象も多様である。また、軽量の荷物の運搬、短時間の飛行では飛行機やヘリコプターより小回りが利き、飛行コストを低く抑えることができる。そこで、これらの特徴の環境調査分野へのマッチングを考察してみた。

環境調査においては、空間的な分布やその時間変化を知りたい場合が多い。現状では、たとえば騒音測定における高さ方向の騒音分布を知るために、測定位置を増やし、その測定を繰り返すことによって、空間や時間データを補完しているが、測定時間やコストの制約から補完による精度にも限界がある。同様に、植生分布調査では、実際の山に

調査員が入り、踏査と目視によって調べている。したがって、険しい山などであれば、人が入り込めない場所もあり、十分に調査することができない場合も多い。

このような調査に、ドローンの飛行能や撮影能、GPSによる位置識別能を活用すれば、空間的、面的、時間的に連続測定でき、環境調査におけるデータの精度向上が望める。一方で、ドローンを用いるが故の課題も存在する。例えば、騒音の3次元鉛直分布を測定する場合には、ドローンの飛行音（モーター駆動音とプロペラによる風切り音）が測定妨害となる。測定結果を周波数特性で分解して解析するなどの工夫が必要である。また、調査地が市街地であれば、航空法が適用され、飛行許可が必要となる。植生調査のように人が入り込めない場所でドローンを利用することは非常に有効な手段であるが、機体が墜落した場合は、機体のみならず測定データを回収できないというリスクもある。また、植物の識別に必要な映像の解像度など、カメラ性能や飛行技術などの熟練も必要となる。

環境調査では、環境の現状を特徴づける現象をいかに適切に把握するかが重要であり、観測データの代表性を確保することは、その後の解析や評価に対して大きく結論を左右させることになる。しかし、実際には、人が観測できる範囲や場所から測定できるデータのみで頼ることしかできず、その精度維持の大部は経験に依るところである。ドローン技術の最大の特徴は、これまで見えなかったところの撮影や測定に適しているという点であり、この特徴を最大限に活かし、安全性と操作性の一層の向上が実現されれば、環境調査結果の科学的信頼性が一気に向上・改善されると考えられる。

7. まとめ

ドローン市場では、中国のシェアが大きい、各国特色を持ったドローンが製作されている。価格的には産業用の数十万円のものから、ホビー用の一万円前後の安価なものまでさまざまである。ドローンの特性を適用事例から分析すると、人が目視観察できない場所での作業、GPSを利用した自動飛行、短時間の軽量の荷物の運搬に適していることがわかった。

環境調査分野への適用を検討すると、空間的、時間的な

観測データの補完に有効で、現地調査結果に基づく解析や評価に対する精度向上に貢献できる可能性が考えられた。その一方で、環境調査ごとには、リスクも存在し、それを同時に解決する技術開発も今後必要と考えられた。さらに、ドローンの性能は年々向上しており、導入コストも下がる傾向にあるので、今後はドローンが適用できる範囲も広がっていくものと考えられる。

参考 URL

- 1) 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
http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html
- 2) インプレス総合研究所, <https://r.impressrd.jp>
- 3) DJI JAPAN 株式会社, <http://www.dji.com/jp>
- 4) パロット社, <http://www.parrot.com/jp>
- 5) 3D Robotics 社, <https://3dr.com/>
- 6) ドローン Trends, <http://drone-trends.com>
- 7) Aeryon Labs Inc, <https://www.aeryon.com/>
- 8) 株式会社自律制御システム研究所,
<http://www.acsl.co.jp/>
- 9) 株式会社マルチコプターラボ,
<http://multicopterlabo.com/>
- 10) Nine Eagles, <http://www.nineeagle.com>
- 11) 京商(株), <http://www.kyosho.com/jpn/>
- 12) Syma, <http://www.symatoys.com>
- 13) 「NHK NEWS WEB」, <http://www3.nhk.or.jp/news/html/20150428/k10010064281000.html>
- 14) 京都市上賀茂神社の HP, <http://www.kamigamojinja.jp/>
- 15) 三重県の HP, <http://www.pref.mie.lg.jp/SUMMITK/HP/m0148400008.htm>
- 16) Car watch の HP
<http://car.watch.impress.co.jp/docs/news/624338.html>
- 17) ALSOK, <http://www.alsok.co.jp/>
- 18) 東京農工大（水内准教授）
<http://www.nikkan.co.jp/news/nkx0720150428eaal.html>
- 19) 有限会社エム・エイ・シー, <http://mac-factory.com/>
- 20) 橋本商会, <http://sorarec.com/>
- 21) 株式会社日本環境調査研究所, <http://jer.co.jp/>