

河川上空での長距離飛行可能なドローンの技術開発

The Development of a Drone Capable of Long-distance Flight Over Rivers



くまだ たかゆき
熊田貴之*1
KUMADA Takayuki



こみね しろう
小峰史郎*2
KOMINE Shiro



せんだ やすひろ
千田泰弘*3
SENDA Yasuhiro

法、航空法での留意点を紹介する。

1. はじめに

近年、我が国では、民間でのドローン利活用が進んできており、農業、建築土木、人命救助、気象予報、流通、観光と言った様々な分野で、実用化が進んでいる。特に、他国に比べて、無人ガソリンヘリコプターによる農業散布の活用は早くから進んでいる。河川分野でも、河川巡視、砂防施設点検などでドローン活用が進んできており、今後、河川上空を活用したドローン物流の可能性なども期待されている。

2022年12月より、有人地帯における目視外飛行を可能とする「レベル4」の実現に向けて、機体認証等の新制度等が開始され、河川分野でも、河川巡視、ドローン物流など、更なる高度な利活用が期待されることから、本稿では長距離飛行可能なドローンの技術開発について、河川上空での飛行関連の法規制、ドローン導入に向けての人材育成等の観点に触れながら、紹介する。

2. 河川上空での飛行関連の法規制とリスク分析

2.1 河川上空での飛行関連の法規制

河川上空を飛行するにあたり、DID（人口集中）区域、電車の通る鉄橋や人と車が通る橋の横断、船舶の往来時など、法律上留意すべき事項があり、違反すれば罰金刑、実刑の可能性もあるため十分な注意が必要であり、以下に民

①民有地（民法）¹⁾

民法（土地所有権の範囲）によれば土地の所有権は、法令の制限内において、その土地の上下に及び、河川区域内にも民有地が多数存在するため、土地の立入については、河川管理者も土地所有者の承諾が必要となる。

②DID地区（航空法）²⁾

航空法（飛行の禁止空域）に掲げる空域以外の空域であって、国土交通省令で定める人または家屋の密集している地域の上空とし、一部の河川では、水面も含めてDID地区となっているため、十分な注意が必要である。

③イベント開催情報（航空法）²⁾

航空法（飛行の方法）では祭礼、縁日、展示会その他の多数の者の集合する催しが行われている場所の上空以外の空域において、飛行させることとされる。河川管理者は、河川で行われる催し物の全てを把握することは難しく、イベント開催情報の周知の依頼を徹底する必要がある。

④輸送物件（航空法）²⁾

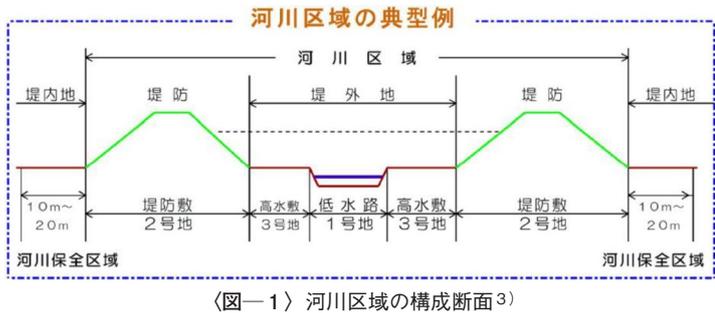
航空法（飛行の方法）では当該無人航空機により爆発性又は易燃性を有する物件その他人に危害を与え、または他の物件を損傷する恐れがある物件で、国土交通省令で定めるものを輸送しないこととされている。河川は水源として利用されており、河川上空を縦断的に飛行するなど、利用形態によっては、航空法で輸送が禁止されている火薬類等以外に、水質への影響が顕著なものについての議論が必要である。水質事故を起こした場合、流出箇所の処理、土壌

*1 ブルーイノベーション株式会社 代表取締役社長
President and Chief Executive Officer, Blue innovation Co., Ltd.

*2 ブルーイノベーション株式会社 技術顧問
Engineering Advisor, Blue innovation Co., Ltd.

*3 一般社団法人日本UAS産業振興協議会 副理事長
Executive Vice President, General Incorporated Association Japan UAS Industrial Development Association

の処理、河川への流出防止等の処置は原因者が行うことが基本となるため、注意が必要である。



〈図一〉 河川区域の構成断面³⁾

2.2 リスク分析 (Concept of Operationsの考え方)

今後、長距離飛行、目視外飛行を計画する際には、オペレーションの全体 (Concept of Operations: 国際標準用語ではCONOPS) を規定し、リスク分析を行うことが「レベル4」の飛行に当たって重要となる。CONOPSとは、リスク分析の前提となる運用構想を示すものであり、EASA (欧州安全航空局) では、計画段階から運用の各段階、側面のCONOPSとして、①業務の種類と関連するリスク、②運用環境と地理的領域、③使用する技術的手段 (機体、運行技術)、④関係する人員の能力、義務、責任、⑤当該リスクの低減方法、⑥メンテナンスの分析、を挙げている。⁴⁾

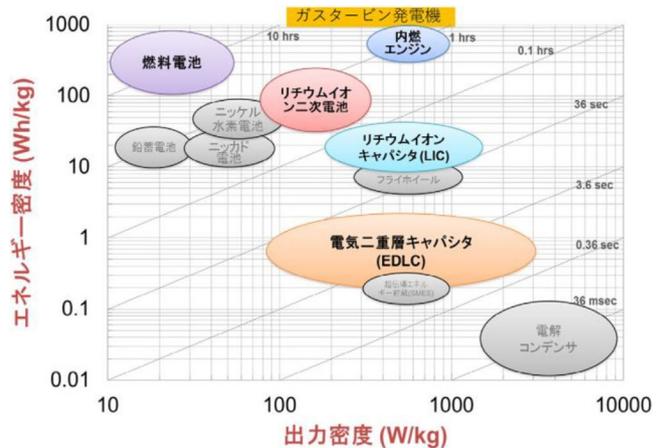
まだ、我が国のドローン業界ではこうした考え方は浸透していないが、リスク分析の重要な考え方として、今後整理が必要である。河川上空でのドローンの長距離飛行、目視外飛行においても、計画の初期段階でCONOPSを明確にして関係機関、周辺住民などと共有することが、今後必要不可欠になると推察される。

3. ドローンの長距離飛行を実現する技術開発

ドローンの飛行距離を延ばすために、技術的には、①動力の効率、②機体の効率、③通信距離の確保、④ドローン運航管理システムとドローンポートの整備、と同時に社会の受容性として、社会インフラとの調和、国民の理解を得るための⑤制度設計が欠かせないと考えられる。

3.1 動力の効率

現在ではリチウムイオンバッテリーによる電動マルチコプターが主流だが、バッテリーのエネルギー密度はガソリンエンジンなどの内燃機関に比べて「レベル4」で想定される目視外で長距離を飛行する物流や河川をはじめとする広域の調査などの産業用途では不十分な場合が想定される。こうした用途では、内燃エンジン、燃料電池などのエネルギー密度の高い動力源が期待されている。



〈図二〉 動力源のエネルギー密度⁵⁾

3.2 機体の効率

機体形状、機械構造の違いによるドローンの定性的な比較を〈表一〉に示す。それぞれの数値はPorsche Consultingの文献⁶⁾に示された定性的な比較点数を表にまとめたものであるが、値を総合評価として有利な属性と考えられる信頼性、安全性、飛行速度、飛行距離の積を不利な属性としての騒音、価格の点数で除して示した。その結果、VTOL型機体の優位性が高く今後の主流として注目される。VTOL (Vertical Take-Off and Landing Aircraft) は「垂直離着陸機」と訳され、マルチコプターと固定翼機の特徴を兼ね備えた方式である〈図三〉。

〈表一〉 機体形状、機械構造の違いによるドローンの定性的な比較

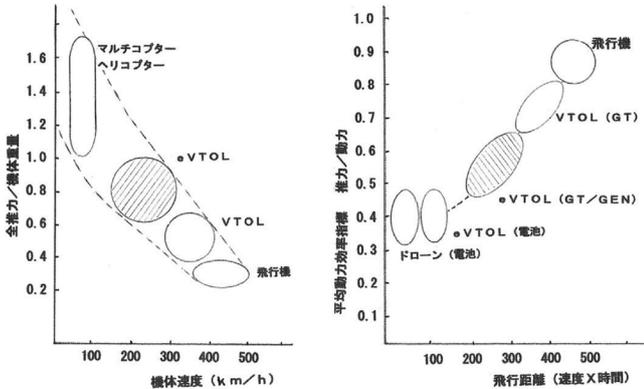
	ヘリコプター型	マルチコプター型	VTOL型 ⁷⁾
① 騒音	4	1	1
② 信頼性	1	15	15
③ 安全性	1	2	2
④ 価格	10	1	1
⑤ 飛行速度	1	1	2
⑥ 飛行距離	1	1	5
総合評価 (②③⑤⑥/ ①④)	0.025	30	300



〈図三〉 VTOL機の優位性⁷⁾

機体形状、機械構造の違いによるドローンの飛行距離と飛行速度を定量的に比較した例を、〈図四〉 (左側) に示す。各方式の順位は先の点数の比較と同様である。同図

(右側)には、動力源を電動(バッテリー)からガスタービン(GT)などの内燃機関とすることにより、飛行距離が飛躍的に伸びることが示されている。



(図-4) 機体形状、機械構造の違いによるドローンの飛行距離と飛行速度⁵⁾

3.3 通信距離の確保

日本の電波法⁸⁾では、ドローンの制御に使える電波は、73、169、920MHz帯や2.4GHz帯などであり、いずれも出力の上限が規制されているため、障害物のない状態でも数キロメートルが限界である。目視内飛行であれば十分でも「レベル4」で想定される目視外で長距離を飛行する物流や河川をはじめとする広域の調査などの産業用途では、不十分な場合が想定される。

こうした用途では、公共の通信インフラに頼らざるを得ず、信号の遅延が課題となるが、ドローンの自律(自動)飛行の割合を高めることで、この通信遅延の影響を減らす方向で開発が進んでいる。ドローンが緊急時も含めて自律飛行できれば、地上施設との通信はモニタリングと起動、緊急指令のみで、機体制御の遅延は問題にならない。一方、インターネットや携帯電話などの公共通信ではハッキング、妨害(VPN接続に対するランサムウェア攻撃、乗っ取り等)に万全な対策が求められる。

3.4 ドローン運航管理システムとドローンポートの整備

今までは河川の現場に行き、目視内で手動または自動でドローンを操縦する「レベル1、2」から、今後の目視外で自律(自動)飛行する「レベル3、4」へと河川巡視等のドローンの運用方法は大きく変わる。その運用方法の技術に、目視外で複数のドローンが飛び交う運航状況を管理する「ドローン運航管理システム(UTM:UAS Traffic Management)」と、ドローンが自動で離発着する飛行場「ドローンポート(海外では

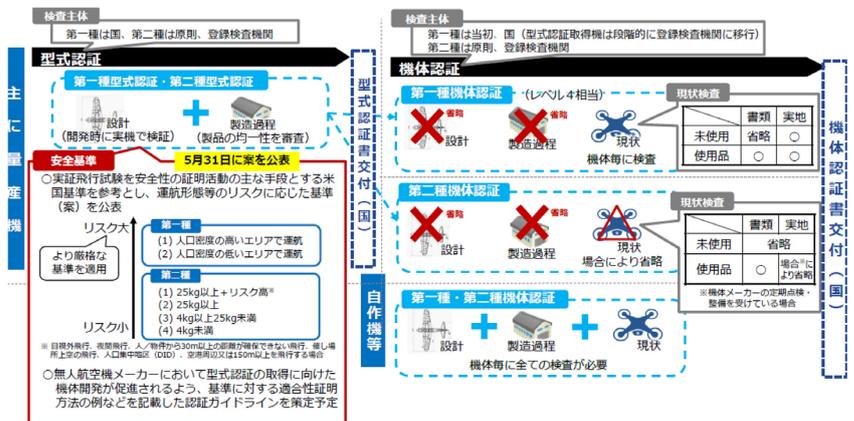
vertiportと言う)」がある。ドローンポートは、用途に応じて、河川巡視の場合は充電機能、物流の場合は荷物の着荷、格納機能などが求められ、今後の「レベル4」に向けた全自動化の技術開発が必要となる。



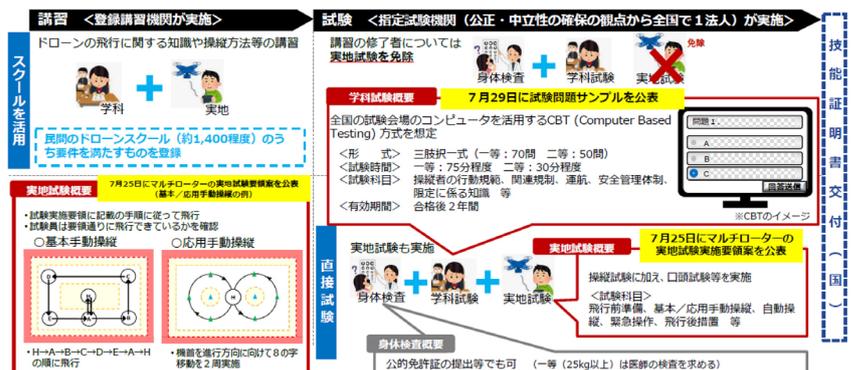
(図-5) ドローンポート・システム⁹⁾

3.5 「レベル4」に向けた制度設計

改正航空法の施行により「レベル4」飛行が2022年12月に解禁となるが、機体の信頼性を確保するために、「機体認証制度」が導入される(図-6)。「レベル4」飛行に使用する機体は第一種型式認証された量産機か個別の検査に合格した第一種機体認証を取得した機体でなければならない。また、パイロットの操縦技能についても「免許制度」が導入され、「レベル4」を実施するパイロットは一等免許を取得しなければならない(図-7)。一等免許では、機体性能の計算と、リスク管理の知識が求められる。ま

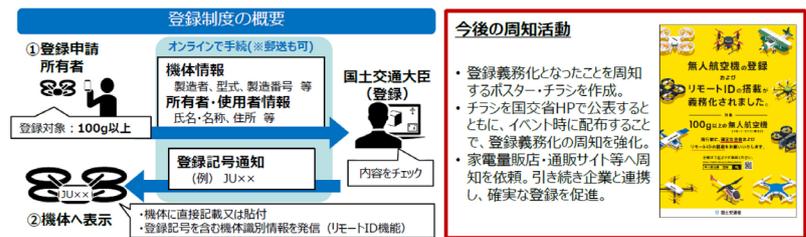


(図-6) 機体認証制度¹⁰⁾



(図-7) 免許制度¹⁰⁾

た、「機体登録制度」は2022年6月に施行され、リモートIDの搭載が義務付けられた。これより屋外で飛行する質量100g以上のドローンを電波で識別して登録者、登録会社を特定できるようになっているため、留意が必要である（図-8）。



4. 人材教育の重要性

河川分野におけるドローン運用事業者（社）に対する人材育成、教育では、ドローンの基礎技術、操縦内容の習得は基本とし、加えて①河川の利用制限、②河川にある施設の管理者との調整、③自然環境への影響³⁾を、十分理解した人材育成が重要である。

河川とその領域は、公共の利益や他人の活動を妨げない限りにおいて、自由に使用できることが原則ではあるが、河川管理の観点から制約を受ける可能性がある。また河川にある施設の管理者がドローンの飛行を制限する可能性もあり、丁寧な説明と調整が不可欠である。さらに、河川とその領域は、動植物の生息・成育繁殖の場であり、空中では鳥類への影響はもとより、飛行高度によっては、騒音等による地上の動物への影響に配慮する必要がある。

①河川の利用制限

公共の利益や他人の活動を妨げない限りにおいて、自由に使用できることが原則であるが、ドローン利用の増加や、利用形態が変化することにより、河川管理の観点から制約を設ける必要が生じる可能性がある。現在も地域のルールとして、河川敷の利用方法として、ドローン飛行を禁止としている河川が存在する。

②河川にある施設の管理者

河川の国有地は占用されており（例：グラウンド、サイクリングロード、樋門等構造物、橋梁）、占用者が占用目的に支障があると考えれば、ドローンの飛行を制限する可能性がある。

③自然環境への影響

河川は動物の生息・成育繁殖の場である。鳥類への影響はもちろん、飛行高度によっては、騒音等による地上の動物への影響を把握する必要がある。

5. おわりに

本稿では、長距離飛行可能なドローンの技術開発について、河川上空での飛行関連の法規制、ドローン導入に向けての人材育成等の観点に触れながら紹介してきた。今後、河川上空でのドローンの飛行知識を業界内でしっかり周



（図-8）機体登録制度¹⁰⁾

知、共有することにより、「レベル4」に向けたドローンによる河川巡視や、河川上空を活用したドローン物流等の多くの利活用が期待される。

参考文献

- 1) 民法第二百七条
- 2) 航空法第三百三十二条
- 3) 国土交通省 水管理・国土保全局、河川におけるドローン利用、2019年7月30日 (https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/kentoukai/drone/dai01kai/pdf/4_drone_riyou.pdf)
- 4) 鈴木真二、次世代エアモビリティの飛行安全策～その基本理念と今後の展望、東京大学未来ビジョン研究センター、2022年10月11日
- 5) Technical Journal of Advanced Mobility, Vol. 3, No. 8, 2022.
- 6) Porsche Consulting, The Future of Vertical Mobility, 2018. (<https://fedotov.co/wp-content/uploads/2018/03/Future-of-Vertical-Mobility.pdf>)
- 7) SkyLink、VTOL機「Wingcopter」を使ったレベル3飛行による実証実験の様子をご紹介、2022年 (<https://blog.skylinkjapan.com/wingcopter-poc/>)
- 8) 総務省HP、ドローンで使える無線通信システム、2022年 (<https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/others/drone/>)
- 9) Blue innovation、ドローンから自動運転モビリティへの荷物受け渡しを実現 (<https://www.blue-i.co.jp/solution/logistic/6063/>)
- 10) 国土交通省、レベル4の実現に向けた新たな制度整備等 (https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/kanminkyougi_dai18/siryoul.pdf)