



土木・建設現場における物流ドローン活用から空飛ぶクルマへ SkyDrive が描く未来

佐藤 剛裕・根本 拓弥

近年、ドローンの産業利用が進んでいる。土木・建設分野においては、小型ドローンを利用した現場撮影による施工管理や、3D レーザースキャナを用いた測量等での活用が行われ、人の眼の代わりとしての役割を補っている。

(株)SkyDrive は空飛ぶクルマの開発で培った大型ドローンの開発技術を活用し、人の手足を補うことを目的に、土木・建設現場で資機材を運搬する物流ドローンを開発している。

本稿ではその取り組みおよび、その先に描く物流ドローンおよび空飛ぶクルマの未来に向けた取り組みを紹介する。

キーワード：物流ドローン、カーゴドローン、空飛ぶクルマ、自動化、生産性向上、安全性向上

1. はじめに

土木・建設分野は少子高齢化に伴う、技術労働者の高齢化および減少を背景に、深刻な人手不足が課題となっており、国土交通省が推進する生産性向上を目指す「i-Construction」に代表されるように、調査・測量、設計、施工、検査等のあらゆる建設生産プロセスにおいて ICT を全面的に活用する取り組みが推し進められている¹⁾。

ドローンの活用もその一つであり、もともと趣味の撮影用として普及したドローンの技術を応用して、現場を撮影することによる施工管理や、3D レーザースキャナを用いた測量を目的とした産業用ドローンが開発され、既に土木・建設現場で利用され始めている。ドローン活用への期待は大きく、土木・建設現場における資機材輸送へのドローンの活用も期待されている。しかし、現在主に用いられている産業用ドローンは小型ドローン（最大離陸重量として 25 kg 未満のもの）がほとんどであり、ドローンをより大型化し、可搬重量（ペイロード）を向上させなければ、生産性向上に寄与するドローンの資機材輸送は行うことが出来ない。

2. 大型ドローンの開発の難しさ

ドローンはプロペラを回転させることで生じる揚力で飛行し、隣り合うプロペラを逆回転させることで反

力を打ち消し合い、プロペラの回転数を制御することで姿勢を制御して安定した飛行を実現している。一般に、機体が大型化すると機体及びプロペラ等の慣性や、大型化に伴う振動が大きくなるため制御が複雑になる。また、墜落や障害物に衝突した際のリスクが非常に大きくなるため、安全性・信頼性向上のための設計が非常に重要となってくる。

また、ドローンの飛行に関する許可等については、国土交通省が制定する「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」に基づいて行われる。大型ドローンに該当する「最大離陸重量 25 kg 以上の無人航空機」については、小型ドローンで求められる機能及び性能に加えて満たすべき基準が設けられている(図-1)²⁾。この基準を満足する必要がある点も、大型ドローンの開発が小型ドローンに比して難しい要因の一つである。

3. 空飛ぶクルマの開発技術を転用した物流ドローン

SkyDrive では、空飛ぶクルマを開発する過程において、開発の効率性の観点から、はじめから実寸大の機体で試験をするのではなく、最大離陸重量 25 kg を超える大型ドローンに該当するサイズの試験機を用いて、構造や制御に関する技術検証を重ねてきた。そのため、一般的には難しいとされる大型ドローンを安定して飛行させる設計・制御技術を強みとしている。

- (1) 想定される全ての運用に耐え得る堅牢性を有すること。
- (2) 機体を整備することにより100時間以上の飛行に耐え得る耐久性を有すること。
- (3) 機体と操縦装置との間の通信は、他の機器に悪影響を与えないこと。
- (4) 発動機、モーター又はプロペラが故障した後、これらの破損した部品が飛散するおそれができる限り少ない構造であること。
- (5) 事故発生時にその原因調査をするための飛行諸元を記録できる機能を有すること。
- (6) 次表の想定される不具合モードに対し、適切なフェールセーフ機能を有すること。

想定される不具合モード		
通信系統	・電波状況の悪化による通信不通	
	・操縦装置の故障	
	・他の操縦装置との混信	
	・送受信機の故障	
推進系統	発動機の場合	・発動機の出力の低下または停止
		・不時回転数上昇
	電動の場合	・モーターの回転数の減少又は停止
		・モーターの回転数上昇
電源系統		・機体の主電源消失
		・操縦装置の主電源消失
自動制御系統		・制御計算機の故障

図-1 最大離陸重量25kg以上の無人航空機の機能及び性能について追加で求められる審査基準

また、大型ドローンで求められる不具合モードに対する適切なフェールセーフ機能の実現についても、人を乗せる空飛ぶクルマでも採用しているモーターやバッテリーなど推進系統に関わる部品の冗長設計を行うことで、ドローンに高い安全性を持たせることが出来る場所も強みとしている。

これらの強みを活かし、SkyDriveでは重量物を運搬可能な可搬重量30kgの物流ドローンを開発している(写真-1、図-2)。

この物流ドローンのサイズはバンや2tトラックで輸送することができるサイズとなっており、2人でも運ぶことのできる重量となっているため、様々な現場で活用する際の取り回しに適している。また、ユーザーの扱いやすさを重視したシンプルで分かりやすい表記、危険が予想される場合の警告機能を充実させた地上局(Ground Control Station)を自社開発しており、安全に自律飛行を行うことが出来る。

荷物の運搬に関しては、基本的にはモッコを袋状としたバッグを利用することで、様々な形状の資機材でも重心位置を中心に寄せて、安全に運搬することが出来る(写真-2)。しかし、土木・建設現場ではドローンの着陸が困難な場所への資機材運搬が求められるこ



写真-1 SkyDrive社製 物流ドローン

サイズ	全長2.1m 全幅2.4m 全高1.0m
機体重量	35kg
推奨ペイロード	30kg
飛行速度	36km/h
飛行時間	15分

図-2 想定仕様



写真-2 荷物運搬用のオリジナルバッグ

とが多く、それに対応するため、非着陸で荷物を地面に降ろすことのできるホイスト機構も自社開発している。ホイスト機構の先には、地面に設置することで開いて荷物を離すフックを搭載している(特許出願中)。

4. 土木・建設現場での活用に向けた実証実験

2019年12月、(株)大林組と共同で、上記物流ドローンの試験機を用いて、土木現場で用いられる資材の運搬の試験を実施した³⁾。

土木・建設現場では、前述の技術労働者の高齢化および減少が課題であり、単純作業を軽減し、スキルや経験が必要とされる作業に集中できるような対応が求められている。また、土木現場には山間部や急傾斜地で行われることも多く、人による重量物の運搬においては、事故災害が発生するリスクもある。



写真-3 飛行時の様子



写真-4 運搬試験した資材

実証実験では、上記の課題に対する対応策として物流ドローンが有効かどうかを検証するため、土嚢、単管パイプ、木杭等の現場で用いられる資材を自動飛行で運搬する検証を行い、30 kg 程度の各種資材を安定して運搬できることを確認した（写真-3, 4）。

この結果も踏まえて、現在は実際の建設現場での実証実験を重ねつつ、その結果をフィードバックした機体の開発や効果的な活用方法の検討に取り組んでいる。

5. 物流ドローンにおける今後の展開

重量物運搬が可能な物流ドローンは2021年春の納品を予定しており、電力、土木・建設現場を中心に活用が開始される予定である。本ドローンはサブスクリプションサービスとしての提供を予定している。ドローンの技術進化は目覚ましく、より性能のよい部品への交換や、ソフトウェアの機能改善が利用者の便益をもたらすため、機体ではなく利用権を購入して頂くモデルを採用した。まずは国内での活用を開始し、電力、土木・建設だけではなく、災害時や農林業での利活用へと展開していく予定である。また、同様の課題を持つ海外におけるシーンでの活用へも展開をしてい

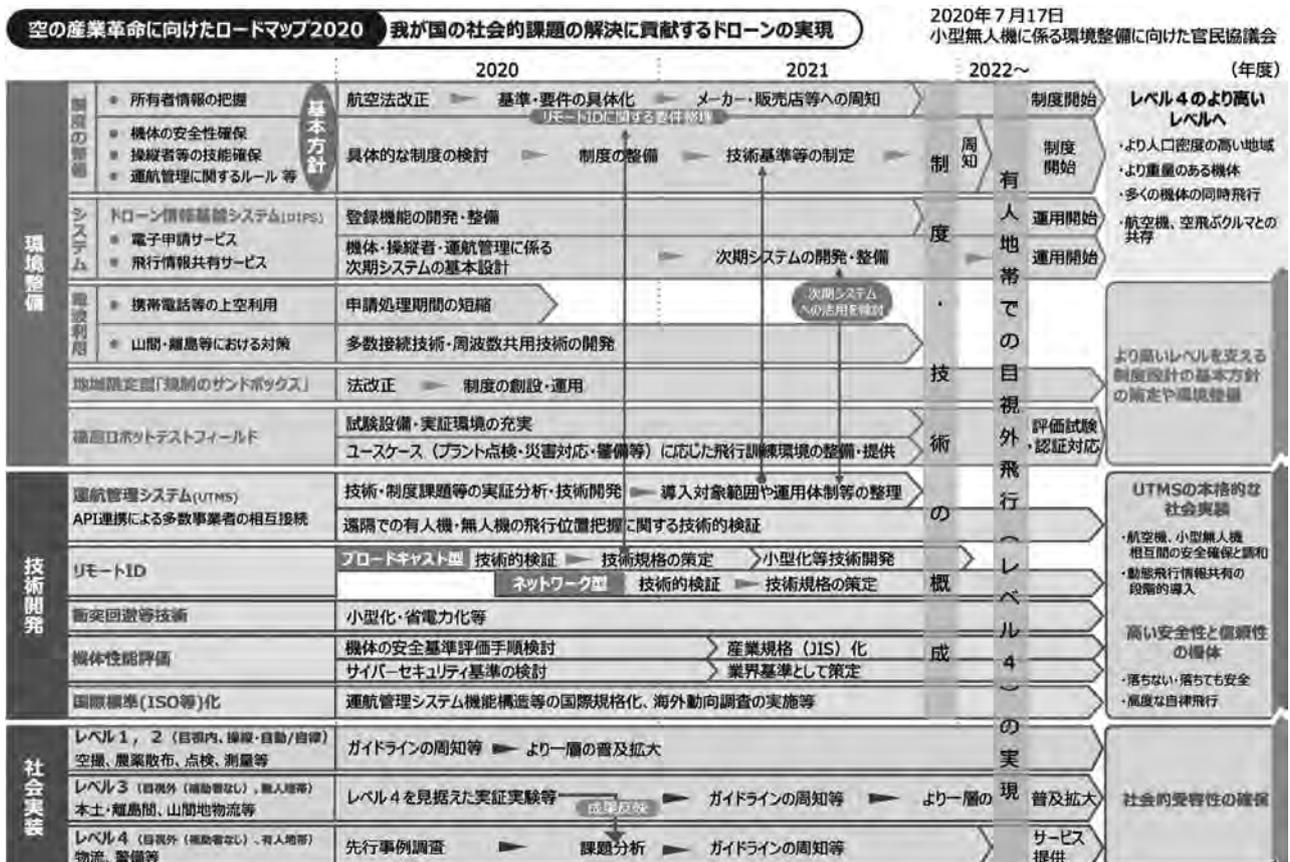


図-3 空の産業革命に向けたロードマップ2020

きたい。また、活用の実績をもとに、新技術情報提供システム「NETIS」への申請も予定している。

現在、ドローンを人の上で飛ばすこと（有人地帯上空で飛ばすこと）は、航空法上禁止されており、上記のドローンの活用は、人の上で飛ばさないこと（無人地帯上空で飛行すること）を前提としたドローンの利活用である。これまで認められていなかった有人地帯上空でのドローン飛行（レベル4）を可能にするため、国は機体の安全性を認証する仕組みや操縦者向けの免許制度を創設することを決定し、2022年度に法改正することを予定している（図-3）⁴⁾。有人地帯上空での飛行が可能になると、ネットショッピングの台頭も背景に、少子高齢化による労働力・人手不足や激務化・労働環境の悪化といった課題の対策として物流分野での活用が広がることが予想される。一方で、国が機体の安全性を認証する仕組みが出来ることで、より安全性が高い機体を開発し、それを証明できる機体メーカーの製品のみが、有人地帯上空を飛行させることが可能になる。

SkyDriveは安全性が高い機体を開発することを強みとしているため、有人地帯上空を飛行させる機体開発も視野に入れた取り組みを行っている。2020年8月、ドローンを活用した配送サービスの実用化に向けて、兵庫県神戸市協力のもと、セイノーホールディングス(株)、神戸阪急、(株)トルビズオン、成ワ薬品(株)と共同で実証実験を実施した⁵⁾。トラックでの配達が多いとされる神戸市灘区の六甲山地区において、複数人向けの荷物を同時に届ける「混載・高重量」配送を行った。当日は、第三者上空は飛行しない前提で、補助者あり目視外での自律飛行によるドローン配送を実施した。予め設定した飛行経路をGPS環境下で自律飛行し、必要に応じて操縦者が制御介入できる体制を整えた。本実証実験では、重量12.7kg（バッテリー込）、最



写真-5 ドローンで運んだ荷物を開封する様子

大積載量10kgの特別に用意した機体を使用した。運搬物は、寿司や洋菓子などの飲食物や、医薬品、日用品などで、複数顧客向けの複数商品を一度にドローンで配送した（写真-5）。

今後は、法改正の動向を注視しながら有人地帯上空を飛行させることが可能なドローンも開発し、ドローン物流の社会実装を推し進めていく。

6. そして空飛ぶクルマへ

空飛ぶクルマは、正式名称を「電動垂直離着陸型無操縦者航空機」と言い、電動化、完全自律の自動操縦、垂直離着陸が大きな特徴であり、その利点から空の移動をより身近にするモビリティとして注目されている（図-4）。モビリティ分野の新たな動きとして、世界各国で空飛ぶクルマの開発が進んでおり、日本においても都市部でのタクシーサービス、離島や山間部の新たな移動手段、災害時の救急搬送などにつながるものとして期待されている。

SkyDriveでは、2018年12月に無人形態での屋外飛行試験を開始し、以降、数々の技術検証を実施して



空の大衆化～日常の移動に空を利用する～



図-4 空飛ぶクルマの特徴と利点をもたらす空の大衆化



写真—6 「有人試験機 SD-03」モデルを使った有人飛行試験の様子(2020年8月初旬に撮影)

きた。2019年12月から開始した有人飛行試験では、試験機における操縦性、飛行安定性を確認し、その過程を安全に終了した。2020年8月25日、SkyDriveの開発拠点である「豊田テストフィールド」において「有人試験機 SD-03」モデルを使用した公開有人飛行試験を実施し、成功を収めることが出来た(写真—6)。飛行時間は約4分間であり、機体は1人乗りでパイロットが操縦するが、コンピュータ制御のアシストにより飛行を安定させた。また、バックヤードでは飛行状態をモニタリングし、安全を常時確認した。SD-03の駆動方式は電動モータでロータを駆動する方式を採用した。ロータは、4か所に配置されており、1か所あたり2つのロータが回転し駆動力を生み出し、合計で8個のモータを採用することにより、電動モータ・ロータ系の一部に異常が発生してもバックアップの役割を果たすため、安全に飛行を続けることが可能である。この点は、先の物流ドローンでも採用した設計思想である。

今後は、人が操縦する事で明らかになった改善すべき特性を設計にフィードバックし、2023年の空飛ぶクルマ販売開始に向けて機体開発を進めていく。

7. おわりに

SkyDriveは「誰もが空を飛べる時代をつくる」をミッションに、空を活用して社会課題を解決することに取り組んでいる。空の活用にはまだまだ可能性があり、その取り組みはまだ始まったばかりと言える。今後の物流ドローンおよび空飛ぶクルマの実現に向けた我々の取り組みを応援頂くとともに、空を活用してよりよい社会を構築する活動にご参画頂ければ幸甚である。

JICMA

《参考文献》

- 1) 国土交通省 「i-Construction」
(<https://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/index.html>)
- 2) 国土交通省 「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」
(<https://www.mlit.go.jp/common/001220061.pdf>)
- 3) プレスリリース 「SkyDrive (スカイドライブ)、大林組 重量物運搬ドローン『カーゴドローン』の建設現場における実証実験を開始」
2020年2月13日
- 4) 内閣官房 「小型無人機に関する関係府省庁連絡会議」
- 5) プレスリリース 「SkyDrive (スカイドライブ)、神戸市にてセイノーHD、神戸阪急、トルビズオン等とドローンを活用した配送サービス実用化に向けた実証実験を実施！」2020年8月6日
- 6) ㈱ SkyDrive ウェブページ (<https://skydrive2020.com/>)

【筆者紹介】



佐藤 剛裕 (さとう たけひろ)
㈱ SkyDrive カーゴドローン部
部長補佐



根本 拓弥 (ねもと たくや)
㈱ SkyDrive カーゴドローン部
チーフエンジニア