



ロジスティクスにおけるドローン(無人航空機)の可能性とリスク

2015年4月22日午前、首相官邸の屋上で墜落したドローンが発見された。最近、ドローンに関するニュースが頻繁に流れ、インターネット上ではドローンによる空撮映像が多く公開されている。

このドローンとはどういったものなのだろうか？そしてどのような可能性やリスクがあるのだろうか？本稿では、民間用途のドローンについて概観するとともに、活用が期待される分野の1つである“ロジスティクス”における可能性とリスクについて解説する。

1. ドローンとは

ドローンとは、無人航空機(Unmanned Aerial Vehicle)とも言われ、遠隔操作で操縦したり、プログラミングで一定程度自律飛行したりする無人の航空機である。国際連合の専門機関の1つである国際民間航空機関(International Civil Aviation Organization: ICAO)では、無人航空機を「操縦士が搭乗しないで操作することを目的とした航空機」と定義¹している。

ドローンには、大型のものから手のひら程度の小型のもの、回転翼や固定翼を備えたもの等、多様な形態の機種が存在する。従来は主に軍事用途等に使われてきたが、近年は技術の進歩により民間用途の機種が数多くみられるようになっており、次頁記載のような分野でのさらなる活用が期待されている。また、カメラを搭載した機種が数多く市販されており、操作が比較的容易で空撮映像が気軽に楽しめるといった理由から、個人の間でも普及しつつある。

■写真1 回転翼型(左)および固定翼型(右)ドローン



出典： Shutterstock

¹ 「Circular 328-AN/190」、ICAO (http://www.icao.int/Meetings/UAS/Documents/Circular%20328_es.pdf)

<ドローンのさらなる活用が期待される分野>

- ✓ 農業(例:農作物の生育状況のモニタリング)
- ✓ エネルギーインフラ(例:太陽光発電施設のモニタリング)
- ✓ セキュリティ(例:施設の防犯、監視)
- ✓ 環境(例:環境調査・モニタリング)
- ✓ メディア・エンターテインメント(例:スポーツイベントの撮影、映画の撮影)
- ✓ 調査・研究(例:気象観測、野生動物保護・調査、密猟監視)
- ✓ 災害対策・防災(例:災害現場の調査・モニタリング)
- ✓ ロジスティクス(例:倉庫内輸送、緊急時の物資輸送)

2. 普及に向けた全体的な課題

ドローンが急速に普及し、さらなる活用が期待される一方で、さまざまな課題が生じている。

(1)航空関連の法規制

ドローンの普及に対して、ドローンに関する法規制が追いついていない。たとえば、飛行する物体の 1 つである一般的なラジコンは航空法上では「模型航空機」に該当し、飛行に関する制限がある²。一方で、表 1 に示すように、ドローンは現在の航空法上の分類で規制するには限界がある。そのため、普及が進むドローンに対して、各種の制限を含めた法規制の整備が急がれている。

■表 1 航空法上で定める航空機分類とドローンとの比較

分類		操縦者が乗って飛ぶ	乗客を乗せて飛ぶ	操縦者の 目視範囲内の飛行
航空法上 で定める 航空機	航空機	○	○	○
	無操縦者航空機	×	○	○
	模型航空機	×	×	○
ドローン		×:該当なし (無人で飛行する)	△:該当しない場合あり (小型のドローンは 乗客を想定した 大きさではない)	△:該当しない場合あり (自動制御により目視 範囲外飛行があり得る)

※考え方を整理したものであり、法律上の正確性を担保したものではない。

² 航空法により模型飛行機については、許認可なく飛行させられる空域について、航空路内の地表または水面から 150m 未満の高さの空域（航空路外については、地表または水面から 250m 未満の高さの空域）との制限がある。

各国・地域での法規制の整備状況を表 2 にまとめた。

■表 2 各国・地域のドローンに関する法規制の整備状況

国・地域	主なポイント
米国 ³	ビジネス利用のドローンに関する法規制案を提示しており、ポイントは以下の通り。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 日中の飛行に限定 ・ 目視できる範囲での飛行 ・ 高度 500 フィート以内での飛行 ・ 特定域での飛行は禁止（空港付近等） ・ 操縦者は連邦航空局 (Federal Aviation Administration) の試験に合格したものとす
欧州連合 ⁴	ドローン運用のコンセプトとして、3 つのカテゴリーが提示されている ⁵ 。運用にあたり事前の許認可が不要とされる“Open カテゴリー”で示されているポイントは以下の通り。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 目視できる範囲での飛行（500m） ・ 高度 150m 以内での飛行 ・ 特定域での飛行は禁止（空港や環境保護区等）
日本 ⁶	今後、法規制の整備が進む可能性がある。

出典：各国機関の公開情報をもとに弊社作成

米国や欧州連合では一定の条件下でドローンの利用を許可する方向にあるものの、米国の規制方針をみる限り、ビジネスでの利用を前提にした自由度の高いドローンの運用は難しい。日本においては、政府がドローンをロボット産業の 1 つとしてとらえ、「ロボット革命実現会議」においてその活用の検討を進めており、今後欧米の法規制の動向を踏まえて、国土交通省等の関係省庁で法規制が検討されていくと考えられる。また、前述の首相官邸へのドローン墜落を受け、早急な法規制の具体化が進む可能性がある。

(2) その他の課題

ドローンについて、航空関連の法規制以外にもさまざまな課題が考えられ、リスクという観点を踏まえると次のようなものが挙げられる。

<ドローンの主なリスク>	
✓	特定施設へのテロリスク(例:原子力発電所や政府関係施設等の重要施設に対する空域からのテロ攻撃)
✓	事故リスク(例:墜落や、航空機、電線、地上の人や車両等との接触)
✓	プライバシー侵害のリスク(例:空撮による個人のプライバシー侵害)
✓	輸出入上のリスク(例:武器輸出に関する規制による輸出禁止)

³ 「Small UAS Notice of Proposed Rulemaking」、Federal Aviation Administration、2015 年 2 月。米国では、ドローンのビジネスへの利用に関する制限が大きいため、利用申請に対して個別に使用を認める審査が行われている。

⁴ 「Concept of Operations for Drones」、European Aviation Safety Agency、2015 年 3 月

⁵ その他、“Open カテゴリー”の範囲を超えた空域で運用する場合にリスクアセスメントを行い条件付きで運用を許可する“Specific Operation カテゴリー”及び、有人機同様の航空リスクを想定したより厳密な運用を求める“Certified カテゴリー”が示されている。

⁶ 「Summary of Japan’s Robot Strategy」、日本政府、2015 年 3 月

主なリスクの中でも特に事故リスクについては、ドローンが墜落して人にも直接的な被害が発生しており、顕在化したリスクとなっている。また、前述の首相官邸へのドローンの墜落は、テロリスクを示唆する事象とも考えられる。

ドローンを安全・安心に運用するためには、各種の規制の動向に留意しながら、さまざまなリスクに備えることが不可欠である。

3. ロジスティクスにおける可能性とリスク

ロジスティクスにおいて、ドローンはどのような可能性があるのだろうか。現在、輸配送の手段としては、主にトラック、鉄道、船舶、航空機が用いられている。また、近距離配送の現場では、二輪車や自転車等も活用されており、輸配送の手段は多岐にわたる。本章では、輸配送手段としてのドローンの可能性とリスクについて考えてみたい。

(1) 活用に向けた企業の取組み事例

一部の企業では、ビジネスでの活用に向けた実証実験が進められている。現在、Google 社はオーストラリアにおいて災害時の医薬品・食糧等の輸送を念頭に置いた実験を行っている。DHL 社は、ドイツ本土とユイスト島間の約 12km の距離を、ドローンで医薬品等を輸送する実証実験を進めている。また Amazon.com 社は、インターネットで注文を受けた商品を個人宅へ配送する⁷ことを念頭に、米国やカナダでの実証実験に取り組もうとしている。表 3 に具体的な事例をまとめた。

■表 3 企業におけるドローン実用化に向けた動き

企業名	プロジェクト名称	概要
Google 社	Project Wing ⁸	災害時の輸送を想定し、オーストラリアでドローンによる実証実験を実施。固定翼型のドローンを使用。
DHL 社	Paketkopter ⁹	ドイツ北海沿岸のユイスト島と本土との約 12km を結び、緊急性の高い医薬品等の輸送実験を実施。回転翼型のドローンを使用。
Amazon.com 社	Prime Air ¹⁰	個人宅への配送を念頭に、米国やカナダで実証実験を実施。回転翼型のドローンを使用。

出典：各種報道、企業公開情報をもとに弊社作成

⁷ 特に個人宅に届ける最後の工程は、一般的にラストマイルと呼ばれる。通販市場の拡大とともに配送量が増える中、個人宅への配送は最も人的コストがかかる工程の 1 つとして、効率化が難しいと考えられている。同社の実証実験は、同工程をドローン運用で対応し、輸配送の効率化・迅速化を探る取組みと考えられる。

⁸ Google 公式 YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=cRTNvWex9Oo>)

⁹ DHL ホームページ (<http://www.dhl.de/paketkopter>)

¹⁰ Amazon.com ホームページ (<http://www.amazon.com/b?ie=UTF8&node=8037720011>)

(2) 輸配送手段としてのドローンの特徴と実用化の可能性

現在市販されているドローンは、一般的にバッテリー駆動で、回転翼型の航続時間は 10～20 分程度、平均的な飛行速度は速くても時速 20～40km/h 程度である¹¹。これを踏まえると、数 km～十数 km での航続が限界であり、自転車等と同様に近距離での活用に適していると言える。また、重くても数 kg 程度、つまり人が持てる程度の積載物を運ぶ仕様になっており、重量物を運ぶ用途には向いていない。

一方で、操縦士やドライバーの要否の点では、ドローンは操縦士が遠隔操作し無人で飛行することができるうえ、自動制御とプログラミングにより、目視範囲外での飛行ができる可能性がある。また、操縦士が複数のドローンを同時に操作できる可能性もある。移動経路に着目すると、空中を上下左右、自由に飛行できるので、障害物等を避けて移動できる。

さらに、道路、線路、滑走路等が不要なため、交通インフラへの依存度が低く、交通インフラが未発達な地域へもアクセスできる。そして、大きな固定設備を要せず、また、プログラミングでルート変更ができるため、需給の変動への対応がしやすいと考えられる。輸配送手段としてのドローンの特徴を表 4 にまとめた。

■表 4 輸配送手段としてのドローンの特徴

視点	ドローン	自転車	トラック	鉄道・船舶・航空機
移動距離・積載量	<ul style="list-style-type: none"> 近距離(～十数 km) 軽量(数百 g～数 kg 程度) 人が移動できる範囲内で、人が運べる程度のサイズ・重さの荷物を移動できる可能性 	<ul style="list-style-type: none"> 近距離(～数 km) 人が運べる程度のサイズ・重さの荷物 	<ul style="list-style-type: none"> 近～長距離 さまざまなサイズ・重量の荷物(トラックの規格に依存) 	<ul style="list-style-type: none"> 長距離 さまざまなサイズ・重量の荷物(コンテナ等の規格に依存)
操縦士、ドライバーの要否	<ul style="list-style-type: none"> 操縦士が遠隔操作して無人で飛行 自動制御とプログラミングにより、目視範囲外の飛行が可能 複数台の同時操作が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 人が乗車して運転 	<ul style="list-style-type: none"> 高度に訓練を受けた職業ドライバーが乗車して運転 	<ul style="list-style-type: none"> 高度に訓練を受けた職業操縦士、ドライバーが乗車して運転
移動経路	<ul style="list-style-type: none"> 空を移動 障害物の上空を迂回して飛行が可能 水平に加え垂直の移動が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 陸を移動 	<ul style="list-style-type: none"> 陸を移動 	<ul style="list-style-type: none"> 陸・海・空を移動
ルート設定の自由度	<ul style="list-style-type: none"> 交通インフラへの依存度が低い(道路、線路、滑走路等が不要) 交通インフラが未整備の地域であってもアクセス可能 	<ul style="list-style-type: none"> 一定の道路が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 道路が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 線路・ターミナル施設、港、滑走路等が必要
需給変動への対応のしやすさ	<ul style="list-style-type: none"> 大きな固定設備が不要 プログラミングでルート変更が可能 需給の変動へ対応が容易 	<ul style="list-style-type: none"> 比較的容易 	<ul style="list-style-type: none"> 比較的容易 	<ul style="list-style-type: none"> 比較的困難

※網羅性、正確性を担保するものではない。

¹¹ 3D Robotics 社 (<http://3drobotics.com/>) および DJI 社 (<http://dji.com/>) のドローンの仕様を参考にしている。

以上の特徴を踏まえると、ドローンはすでに実証実験されている交通インフラが未発達な地域における小口配送(たとえば災害時等に、緊急性が高い医薬品や自動体外式除細動器(AED)等を輸送する等)や、近距離の小口配送(たとえば店舗やインターネットで購入した商品を個人宅へ配送する等)の分野で実用化が進むと考えられる。また、それ以外にも、社内・事業所といった構内の輸配送(たとえば自社物流センター、倉庫、工場等の構内において、書類や工具、荷物等を配送する)等の活用も考えられ、他にもアイデアによってさまざまな活用の可能性が考えられる。

(3) 輸配送の品質に関するリスク

輸配送手段としての活用を考えた場合、墜落等の事故は輸配送の品質に直結する。前述のようにドローンが墜落する事例が多くみられ、2015年1月に米国ホワイトハウス敷地内にドローンが墜落したニュース等も記憶に新しい¹²。日本国内だけでも、個人を中心に1万機以上のドローンが普及しているとされる一方、この2年ほどで少なくとも100件以上の墜落事故が発生¹³しており、その中には人との接触事故もみられる。

輸送品質を脅かす事故が発生する背景には、操縦者の操作に対する知識や技能が不足しているケースや、ドローンそのものの誤作動により予期しない事故につながるといったケースが考えられる。表5に、ドローンの事故に関する要因例を4Mの視点¹⁴で整理した。

■表5 4Mの視点で整理した際に想定されるドローンの事故の要因例

視点	要因例
操縦者面 (Man)	<ul style="list-style-type: none"> ドローン操作に対する習熟度が低い(例:操作ミスによる墜落) 運用上のリスクに対する知識がない(例:知識不足によるプライバシー侵害) 操縦者の適性(例:犯罪歴がある)
環境面 (Media)	<ul style="list-style-type: none"> 気象条件(例:風による失速、墜落) 他の交通参加者(例:航空機、ドローン、人・車との接触) 周辺施設、工作物(例:電線との接触)
機械面 (Machine)	<ul style="list-style-type: none"> ドローンの予期しない動作(例:プログラム上のエラー、パーツ(設計上)のエラー、機器の耐久性超過による墜落) バッテリー切れ 外部からのハッキングによる乗っ取り
管理面 (Management)	<ul style="list-style-type: none"> 全体の運用ルールが不明確(例:法規制に対する認識不足による違法運用) 緊急時の対応ルールが不明確(例:誤作動が発生した場合の対応手順不備による地上の人への直接的な被害) 運用監視のエラーによる異常の不検知

¹² 「White House Drone Crash Described as a U.S. Worker's Drunken Lark」、New York Times、2015年1月28日

¹³ 「小型無人機ドローン墜落相次ぐ」、NHK総合大阪、2015年3月30日

¹⁴ 4Mとは、ヒューマンエラーによる事故の原因を、多面的に整理するためのフレームワーク

ドローンが急速に普及する中で、ロジスティクスにおいては、輸配送の品質に関するリスクマネジメントの視点が欠かせない。たとえば、次のような対応が求められる。

- ✓ 業務設計の際は、航続時間等の機器面の特徴や法規制等の環境面の要因を十分に検討する。
- ✓ 管理者及び操縦者に対して、技能・知識教育を行う。
- ✓ 顕在化した課題については、対策を検討し、運用ルールや教育内容に反映する。
- ✓ 対策を実施しても不測の事故が発生する可能性があるため、墜落時やクレーム発生時の対応を決め、マニュアル・規定類を整備する。

4. おわりに

自動制御による飛行が可能なドローンは、個人を中心に普及しつつあり、ロジスティクスの現場でも活用が模索されている。ロジスティクスにおいては、安定した輸配送品質を保ちつつ安全・安心なドローンの運用ができてこそ、活用する意味がある。本稿が、ドローンのビジネスへの活用におけるリスクマネジメントの一助となれば幸いである。

[2015年5月14日発行]