

ドローンが担う “空の産業革命”

—空飛ぶロボットへの進化とセキュリティなドローン社会の実現—

“Industrial revolution in the sky” undertaken by drones

澤田 雅之

SAWADA Masayuki

Society5.0における“空の産業革命”の担い手として、ドローンは、“無線による操り人形”から“自律型の“空飛ぶロボット”に進化していく。その先には、都市の上空（つまり、第三者の頭上）を、進化したドローンが飛び交う時代が到来する。その大前提として、ドローンによる事故が発生しないよう、また、発生した場合でも人身の安全を確保できるよう、そして、ルールに従わないドローンの発見や取り締まりが効果的にできるよう、セキュリティを幅広く確保しなければならない。これには、AI・5G・MR（複合現実）・準天頂衛星システム「みちびき」等の最先端技術を活用したイノベーションが不可欠である。

Drones will evolve from “wireless puppets” to “autonomous flying robots” as means of “Industrial Revolution in the sky” in Society 5.0. Beyond that, the time will come when the drones that have evolved fly over the city. The main premise is to secure a wide range of security so that accidents caused by drones do not occur, even if they occur, personal safety can be secured, and drones that do not comply with the rules can be found and controlled effectively. This requires innovation using cutting-edge technologies such as AI, 5G, MR (mixed reality), and QZSS “Michibiki”.

キーワード：ドローン、空の産業革命、5G、準天頂衛星システム「みちびき」

1 空の産業革命のロードマップ

2015年4月の「首相官邸ドローン落下事件」を受けて改正された航空法では、ドローンの目視外飛行を禁止している。このため、操縦者の目視外となる長距離飛行を行う場合には、飛行ルートに沿って補助者を配置しなければならなかった。しかし、離島や山間部への長距離飛行ルートに沿って補助者を配置することは困難であり、これからの“空の産業革命”に向けたドローンの利活用を進める上での課題となっていたところである。

そこで、内閣官房が議長を務める「小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会」では、「空の産業革命に向けたロードマップ」を作成して、2017年から毎年5～6月に公表している。これらのロードマップでは、ドローンの利活用を表1に示す4段階に整理している。

2017年公表のロードマップでレベル3の実現時期を2018年頃～とされたことを受けて、2018年9月に「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」が改正され、レベル3の飛

行について、定められた条件を満たせば国土交通大臣の承認が得られることとなった。これを受けて、福岡市や横須賀市等では、レベル3の試験的運用が行われているところである。

表1 ドローンの利活用の4段階

レベル1：操縦による目視内飛行
レベル2：自動・自律による目視内飛行
レベル3：無人地帯（山、海水域、河川、森林等）での目視外飛行（補助者なし）← 離島や山間部への荷物配送等が主目的
レベル4：有人地帯（第三者上空）での目視外飛行（補助者なし）← 都市の物流、警備等が主目的

レベル4の実現時期については、ロードマップの2017年公表版では2020年代頃～とされたが、2018年公表版では2020年代前半～とされ、2019年公表版では2022年度～とされるなど、前倒しの動きが見られる。

2 最先端のドローンの機能と性能

ドローンは、これまでの産業用無線操縦ヘリコプターとは異次元ともいえる機能と性能を有する。このため、レベル1やレベル2として、既に多方面にわたってドローンの利活用が進められている。

問題は、今日の最先端のドローンが有する機能と性能が、これからのレベル3やレベル4においても、このままで十分に通用するのか否かということである（結論をいえば、3章に記載のとおり通用しないので、ここにイノベーションが欠かせなくなるのである）。

今日では中国企業のドローンが、我が国を含め世界の業務用市場やコンシューマー用市場を席卷しているが、それは主に2つの技術的な優位性による。1つは、他の追従を全く許さないほどにドローン無線技術が卓越していることであり、2つ目は、他に類を見ない障害物探知・回避機能がドローンに実装されていることである。そこで、最先端のドローンの機能と性能として、これら2つの点について以下に具体的に記載する。

2.1 卓越したドローン無線技術

ISMバンド（2 400～2 483.5 MHz）^{*1}における無線局免許や無線従事者資格を要しない低出力（10 mW/MHz）でありながら、コントロール・テレメトリ^{*2}・HDライブ映像のいずれの信号についても、干渉がない見通し状態であれば、120～130 msの低遅延で4～5 kmの長距離伝送が可能である。このため、コントロール・テレメトリ・HDライブ映像が届く範囲内であれば、「FPV^{*3}による無線操縦」を行うことができる。しかし、都市部ではWi-Fi等と干渉するため、見通し状態であっても届く距離は1 kmに満たなくなる。

* 1：ISMバンド（Industrial, Scientific and Medical Band）とは、高周波電磁エネルギーを無線通信以外の産業・科学・医療の目的に使用するために、国際電気通信連合によって取り決められた周波数帯であり、Wi-FiやBluetooth等にも利用されている。

* 2：テレメトリとは、ドローンの現在位置・飛行方向・飛行速度、バッテリーの残量、コントロール用電波・GPS測位信号用電波の受信強度など、ドローンの飛行状態に関する情報である。ドローンは、「直視による無線操縦」の他に、「FPVによる無線操縦」と「GPSによる自律航行」の2つの方法により、操縦者の目の届かない遠方まで飛行できる。そこで、ドローンは、テレメトリを操縦者の無線操縦装置に送信しつつ飛行するのが一般的である。

2.2 他に類を見ない障害物探知・回避機能

ドローンの前後・左右・上下に、ステレオビデオカメラ・赤外線・超音波等のセンサーを備え、フライトコントローラーで一元的にデータ処理して各ローターの回転数を調整することにより、障害物等の探知・回避機能を実現している。このため、例えば、発進地点に向けて自動帰還中であれば、進行方向前方にある高木や建物等の障害物を数十m手前で探知して急停止し、障害物の高さを超えるまで上昇した後に自動帰還を再開することができる。また、着陸しようとする場所が着陸に適するか否かを、フライトコントローラーがセンサーデータに基づき判断して、適する場合には自動的に着陸する。しかし、適さない場合にはホバリング状態^{*4}となり、操縦者の判断を待つことができる。

3 最先端のドローンでも“空の産業革命”には不十分

3.1 レベル3に向けて

レベル3では、山、海水域、河川、森林等の無人地帯をドローンが補助者なしで飛行して、離島や山間部に荷物配送等を日常的に行うことが目標である。

「FPVによる無線操縦」による飛行の場合には、ドローンと操縦者との間で、コントロール・

* 3：FPVとは、First Person Viewの略であり、一人称視点と訳される。ドローンにおけるFPVとは、ドローンに搭載したビデオカメラが撮影したライブ映像を指す。このため、FPVによる無線操縦とは、操縦者が、ドローンから無線伝送されるライブ映像を見ながら、つまり、ドローンに搭乗しているかのようなパイロットの視点で、無線操縦装置を用いてドローンを遠隔操作することである。

* 4：ホバリング状態とは、風に流されることなく空中の一点に留まる状態である。これまでの産業用無線操縦ヘリコプターでホバリング状態を維持するには、風に流されないように無線操縦し続ける必要があった。しかし、ドローンでは、下方監視用ステレオビデオカメラ映像、GPS測位信号、気圧・地磁気・加速度・ジャイロ等の各種センサーデータに基づき、フライトコントローラーが機体の姿勢や空間位置を調整することにより、安定したホバリング状態を自動的に維持することができる。

テレメトリ・ライブ映像の無線伝送機能が常に働いていなければならない。また、「GPSによる自律航行」による飛行の場合でも、自律航行中のドローンに不具合が発生した際に、操縦者はコントロール介入してドローンを安全に着陸させなければならない。これには、自律航行中のドローンと操縦者との間で、コントロール・テレメトリの無線伝送機能が常に働いている必要がある。

ところが、2.1項に記載のとおり、最先端のドローンでも5 km超の無線伝送能力は備えておらず、また、山影等でドローンが操縦者から見通せなくなった途端に無線伝送は途絶する。これでは、レベル3を広く日常的に展開するのは極めて困難である。そこで、「5Gによる“コネクテッド・ドローン”の実現」(4章に記載)が、レベル3では欠かせなくなるのである。

3.2 レベル4に向けて

レベル3では、無人地帯が前提であるため、ドローンの墜落事故が発生した場合でも、第三者に危害を及ぼす恐れはほとんどないといえる。ところが、レベル4では、有人地帯(つまり、第三者の上空)をドローンが補助者なしで飛行して、都市における物流や警備を日常的に行うことが目標であるため、ドローンの墜落事故は、第三者への危害に直結しかねない。このように、レベル3とレベル4では、ドローンの飛行の安全性に関する次元が全く異なっている。

そこで、レベル4では、ドローン自体が周囲のリスク要因(例えば、近傍を飛び交って衝突の恐れがある他のドローン等)をリアルタイムに掌握し、危険が迫った場合には自律的に回避するなど高度な能力が、ドローンには必要不可欠となる。

これに対して、2.2項に記載した「最先端のドローンが備える障害物探知・回避機能」では、全く不十分である。それゆえ、レベル4を広く日常的に展開していくには、自動運転車と同様に、3次元センサーによる「高度な目」とAIによる「高度な頭脳」を併せ持った“空飛ぶロボット”(5章に記載)に、ドローンを進化させていく必要がある。

4 5Gによる“コネクテッド・ドローン”の実現

4.1 5Gのメリット

5Gは、2020年に本格運用が開始の予定である。4Gと比べて桁違いとなる高速大容量・低遅延・多接続が期待される5Gは、ドローンと操縦者との間におけるコントロール・テレメトリ・ライブ映像の伝送手段として最適である。伝送品質のみならず、これまでの「ドローン無線技術」では克服できなかった「無線伝送距離が限られる問題」と「山影やビル影で無線伝送が途絶する問題」が、5Gではいずれも解決できる。また、6章に記載するドローン・飛行管理センター・操縦者等の間でのリアルタイムな情報共有も、5Gであればできる。いわば、“空の産業革命”を支える“コネクテッド・ドローン”が、5Gで実現するのである。

4.2 携帯電話の上空利用について

陸上移動局である携帯電話をドローンが上空利用する場合には、ドローンからの送信波が、同じ周波数を繰り返し使用している他の地上基地局に干渉する(つまり、地上の携帯電話に影響を及ぼす)懸念があった。そこで、2016年7月から、他の地上基地局への干渉を避けるため飛行台数等を制限した上で、NTTドコモとKDDIが実用化試験局免許を受け、4G携帯をドローンに搭載して伝送実験を実施している。2018年6月には、携帯電話の国際標準化機関である「3GPP」で、携帯電話の上空利用に向けた「送信電力制限機能」等に関する国際標準が成立している。5Gでは、地上基地局のフェーズドアレイアンテナを用いたMassive MIMO^{*5}(位置が判明している受信側に対し、ピンポイントで電波を送信できる高密度な空間多重技術)の技術で、ビームフォーミングとビームトラッキングをドローンに対して行うことにより、他の地上基地局への干渉の問題を抜本的に解消することが期待される。

*5: Multiple-Input and Multiple-Output

5 “空飛ぶロボット”への進化

“空の産業革命”が進展した先には、都市の物流を担う「空の大動脈」が形成されることになる。この場合のドローンの飛行方法についてであるが、補助者なしの「無線操縦による目視外飛行」では、衝突と墜落の危険を払拭することが困難である。それゆえ、ドローンには、“無線による操り人形”から“自律型の空飛ぶロボット”への進化が求められる。つまり、準天頂衛星システム「みちびき」の高精度測位が産み出す仮想的な「空のハイウェイ」上を、「飛行管理センター」の指示を受けて、「法定速度」でドローンは自律航行するのである。併せて、航行中に生じた危険（他のドローンとの接触や衝突の恐れなど）を即座に察知して、自律的に回避できる高度な能力が、ドローンには必須となる。

これには、ステレオビデオカメラやLiDAR（ライダー）など、空間を3次元でリアルタイムに認識できるセンサーを、ドローンに搭載する必要がある。また、このようなセンサーで捉えた他のドローンや鳥などを判別してその行動を予測し、事故防止のための自律的な回避行動を適切にとれるよう、ニューラルネットワークを用いたディープラーニングによるAIを搭載する必要がある。つまり、都市の物流を担う「空の大動脈」として、第三者の上空を自律航行で飛行するためには、“空の移動革命”における“空飛ぶクルマ”と同等の空間認識能力と危険回避能力が、“空飛ぶロボット”としてのドローンにも必要不可欠となるのである。

6 セキュリティなドローン社会の実現

レベル4に移行する上での絶対条件は、セキュリティが確保されることである。ここでのセキュリティとは、ドローンによる事故を未然に防止することや、事故が発生した場合でも人身の安全を確保することに加えて、ルールに従わないドローンや不審なドローンを取り締まることを含む。

このような取り締まりに当たり、現場の要員には、都市の上空を飛び交うドローンの中から不審なドローンを瞬時に見分けられる、「インテリジェント化した目」が必要である。これには、例

えば、スマートグラスを通して、仮想的な「空のハイウェイ」上を飛行するドローンの機体IDやオペレータID等を識別できるよう、MR（複合現実）の技術が活用できる。具体的には、機体ID・オペレータIDや「空のハイウェイ」上の位置・飛行方向・飛行速度について、5Gによる“コネクテッド・ドローン”からのリアルタイムな情報が集まる「飛行管理センター」に対して、現場の要員が5Gを用いて情報共有することで実現できる。取り締まりには、“空飛ぶクルマ”ならぬ“空飛ぶパトカー”の出番も考えられるところである。

おわりに、ドローンのイノベーションなくして、“空の産業革命”はおぼつかない。視点を変えれば、5Gによる“コネクテッド・ドローン”の実現や、手足の代わりに羽根が生えた“空飛ぶロボット”の実現に向けて、世界に冠たるロボット大国である我が国が次世代基幹産業を育成し、世界市場に打って出ることは決して夢ではないのである。

<参考文献>

- 1) 澤田雅之：ドローンテロ対策の最前線～大規模警備の視点から、電気評論9月号, pp.31-36, 2019
- 2) 澤田雅之：ドローンでわかる電気自動車・自動運転車・空飛ぶ車, 月刊『技術士』2018年6月号, pp.12-15
- 3) 澤田雅之：テロ敢行手段としてのドローンの脅威と対処方策, 警察政策第20巻, pp.211-238, 2018
- 4) 政府広報オンライン：Society5.0, <https://www.gov-online.go.jp/cam/s5>
- 5) 小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会：空の産業革命に向けたロードマップ2019～小型無人機の安全な利活用のための技術開発と環境整備, 2019年6月21日
- 6) 総務省 総合通信基盤局 電波部 移動通信課：携帯電話の上空利用に向けた検討, http://www.soumu.go.jp/main_content/000624408.pdf
- 7) 内閣府 宇宙開発戦略推進事務局：みちびき（準天頂衛星システム）, <http://qzss.go.jp/index.html>

澤田 雅之（さわだ まさゆき）
技術士（電気電子部門）

澤田雅之技術士事務所 所長
e-mail : sawada-eng@amail.plala.or.jp

