

ドローン技術と制度およびドローンサービスの 動向と将来展望

鈴木真二

今日はこのような機会を設けていただきまして、ありがとうございます。ドローンは今、いろいろ話題になっているところもございますので、技術、制度、市場の動向等についてお話しさせていただきますだけばと思います。

一、ドローンの概要

無人航空機の歴史は、一九三〇年代から検討が始まり、第二次世界大戦中には、アメリカやイギリス、また日本でもターゲット・ドローンという

ものが作られました。地上から飛行機を撃ち落とす訓練をする際、無人機を標的にしたほうが効率がよいということで、当時、趣味で使われ始めていたラジコン機が練習用のターゲット・ドローンとして用いられたのです。アメリカでは、第二次世界大戦中に八〇〇〇〜九〇〇〇機ほど製造され、一つの産業にもなっていました。ちなみに、あのマリリン・モンローはドローン工場で工員として働いていました。工場の取材に来た陸軍の広報カメラマンが撮影し、その写真がきっかけで、その後彼女はモデルとしてデビューし、女優に

なっていくのですが、ドローンとマリリン・モンローがつながっているのは興味深い点だと思えます。

ドローンの定義はいろいろある中で、いわゆる無人航空機として捉ええると、軍事的な目的で使われているというのが大きな流れです。ターゲット・ドローンは今でも使われていますが、一九九〇年代になると、偵察機としてかなり大型のドローンが飛ぶようになります。GPSの信号を受信し、ドローン自体が自分の位置を知ることができるので、あらかじめ指定された偵察地域に自動で飛んでいき、カメラで撮影します。その撮影したデータは、当時既に実用化されていた衛星通信を使って遠く離れた司令地でもモニタリングでき、偵察機として非常に優れていることから、ドローンは偵察機を意味するようにもなりました。そして、昨今のウクライナの状況等からお分か

りのように、攻撃用のドローンも出てきています。

こうした軍事目的での利用はもちろんのこと、民生利用という意味では、日本が世界に先駆けて無人航空機を普及させた歴史があります。それは、農薬散布ヘリです。有人のヘリコプターで農薬を散布するのは日本では農地が狭いですから危険が伴います。ラジコンヘリを使ってはどうかという研究が国家プロジェクトとして始まり、一九九〇年代に入ると一般に使われるようになりました。現在では、空中からの農薬散布のほとんどが無人機で行われており、海外へも輸出されています。以前はヘリコプタータイプが多かったのですが、最近では「マルチコプター」と呼ばれる機種に変わってきています。

このマルチコプターは量販店でも販売されているので、皆さんも御覧になったことがあるかと思

います。四つのプロペラがあり、モーターをバッテリーで駆動させ、遠隔操作するものです。二〇一〇年、フランスのパロットが本格的に発売し始めたのを機に、世界的に広まってきました。それに目をつけたのが、世界最大の製造事業者である中国のDJIです。高性能なカメラを搭載した「ファントム」という機体を二〇一二年に発売すると、上空から撮影した動画や画像をSNSで拡散させるというインターネット文化と相まって、世界中に広く普及しました。このように、主にホビー用として使われていたドローンはその後、様々な産業に利用されていきます。

ちなみに、電動のマルチコプターは、日本のキーエンスが一九八〇年代後半に発売したのが最初だと言われています。しかし当時は、半導体センサやリチウムイオンバッテリーなど、ドローンに使用されている様々な要素部品がまだ普及し

ていませんでした。同社は非常に高い技術を持っていましたが、当時のセンサやバッテリーでは長時間飛ばすことができず、また操縦も難しいところがあり、普及には至りませんでした。非常によい商品を作りながらも、時代が早過ぎて成功しなかったのです。

ドローンは、大きくすれば人を乗せて飛ぶことができるのではないか、これは誰もが思うことかもしれません。実際に二〇一一年、ドイツのスタートアップ企業であるボロコプターが、世界初の電動垂直離着陸機の有人飛行に成功しました。これはその後、来年の大阪・関西万博での飛行が話題になっていく空飛ぶクルマの開発につながっていきます。

このように無人航空機の歴史は長く、軍用から始まって民間利用、そして、ホビー用途のものから産業用途へという流れがあり、それを支えてい

るのが様々な先端技術です。

代表的なものとして、例えばGPSは、今ではスマホにも搭載され、道を調べることができま
す。また、半導体センサーもスマホに組み込まれ
ています。さらに、無人航空機は軽くなければ空
を飛ばませんが、日本が高い技術を持ち、二〇〇
〇年代から携帯電話等に使われ始めた軽量のリチ
ウムイオンバッテリーも、電動の無人航空機が出
てくる大きなきっかけとなりました。加えて、遠
隔操作をするには通信技術も非常に重要です。昔
は、ある人が周波数を決めて飛ばすと、ほかの人
はその周波数で飛ばしてはいけないということ
で、ラジオン愛好家の方たちは、決まった場所で
無線の周波数を割り当てながら楽しむという文化
がありました。しかし、デジタル技術が発達し
Wi-FiやBluetoothが普及したことで、周波数の
干渉をあまり気にすることなく、同時に複数の人

が同じエリアで無線を使えるようになってきてい
ます。こうした新しい技術が無人航空機にも応用
され、広がってきたのです。

ドローンの用途は、空撮、輸送、投下、中継、
サンプリングに分けられます。

空撮は、文字どおりドローンに搭載したカメラ
で撮影することです。昔はヘリコプターやクレ
ンで上空から撮影せざるを得なかったテレビ映像
も、最近ほとんどがドローンで非常に手軽に撮
影できるということ、空撮技術は最も早く普及
しました。また、上空から撮った写真を使って地
形の三次元モデルを作成するコンピューター技術
が発達したことにより測量でも使われているほ
か、ビルの外壁や屋根に設置したソーラーパネル
の点検、さらに、映像を使うという意味では、警
備や捜索といった分野でも活用され始めていま
す。

輸送は、ドローンがモノを運ぶことができる点に注目したものです。二〇一三年一二月、ドローンが工場からパッケージをつかみ、注文した人の玄関先に届けるというプロモーションビデオをアマゾンが世界中に発信し、本当にそんなことができるのかと言われました。しかし最近では、ラストワンマイルの人手不足を解消するためにドローン物流が世界的に検討されています。

また、平時の利用だけでなく、災害時の緊急物資の輸送においては既に活躍していますし、少し変わった使い方としてはケーブル敷設というものもあります。災害時には、光ファイバーケーブルが切れて携帯電話が使えなくなるトラブルが起きます。その場合はケーブルをつなぎ直す必要がありますが、例えば川の上を渡すといったときに、人力でそれを設置するのではなく、ドローンにひもをつけて川の向こうまで運び、そのひもを引っ

張って光ファイバーのケーブルを通すなど、地味な使い方ながらも非常に重宝されています。

投下は、先ほどの農薬散布のほか、種まきや消火剤散布などでも活躍が期待されています。

中継については、まだそれほど普及していませんが、電波の中継基地局としてドローンを活用しようとする様々な検討がなされています。例えば、大型の固定翼無人機の翼の上にソーラーパネルを貼り、太陽発電によって長時間、成層圏を飛行させ、それを電波の中継機に使うというもの、数カ月飛べると宣言している開発者もいます。残念ながら、こういった大型の無人機はほとんどが海外のもですが、日本のキャリアの中にも、ドローンを電波の中継機として活用しようというところで、連携して開発している方々がいらつしやいます。衛星を使うことは当然ありますが、それでは地上からの距離が非常に長くなったり、

大量のデータを送れなかつたりします。また、成層圏だけでなく、成層圏より低い高度でドローンで電波を中継させることも災害時等には既に行われています。

最後にサンプリングです。実際に空を飛びますから、空中計測ができます。例として、JAXA（宇宙航空研究開発機構）が福島県で大気中の放射線量を測定するために無人航空機を使用しました。ほかにも、気象観測のためにゾンデ（気球）を上空に上げて様々なデータを取得しています。が、それは使い捨てですので、無人機を使ってデータを計測することが試みられています。

二、災害時のドローン利活用

今年元日に発生した能登半島地震では、ドローンが多方面で活躍しました。

私が理事長を務めている日本UAS産業振興協議会（JUIDA）が中心となり、ドローン事業者の方々に声をかけ、現地でボランティアとしてドローンを使った様々な活動を行いました。JUIDAはスクール自体を運営しているわけではありませんが、ドローンの操縦方法を教える全国各地のスクールに共通のカリキュラムを提供し、教育のレベルを向上させるといった活動をしています。JUIDA認定スクールは全国で二七二校、海外でも、インドネシアを初め、アジア各地でスクールを展開する計画がございます。

二〇一五年、首相官邸の屋上で落下したドローンが発見されたことをきっかけに、ドローンの飛行に関して規制が設けられました。それまでは模型飛行機とみなされていたため規制はほぼなかったのですが、飛行機との衝突が懸念される空港周辺や一五〇メートル以上の高さの空域、人口集中

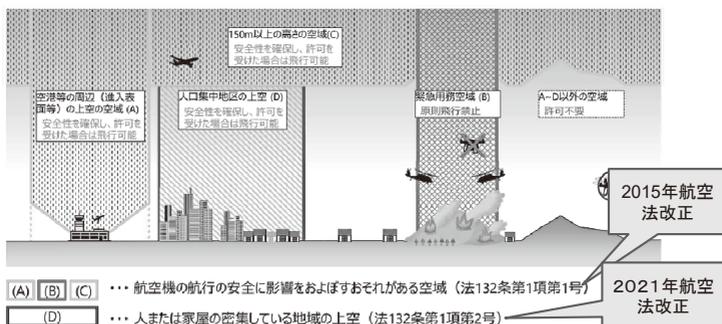
図表 1

Copyright©2024 Shinji SUZUKI

災害地が緊急用務空域に指定されるとドローンは飛行できません

無人航空機の飛行禁止空域

国土交通省



※空港等の周辺、150m以上の空域、人口集中地区(DID)上空の飛行許可(包括許可含む。)があっても、緊急用務空域を飛行させることはできません。無人航空機の飛行をする前には、飛行させる空域が緊急用務空域に設定されていないことを確認してください。(令和3年6月1日施行)

<https://www.mlit.go.jp/common/001406479.pdf>

地区の上空はドローンを飛ばしてはいけないというところが航空法の中に規定されました。東京はほとんどが人口集中地区のため、奥多摩のほうに行かない限り、ドローンを自由に飛ばすことはできません。

また、災害地では消防防災ヘリが低高度を飛行します、そのときドローンが飛んでいると危険です。したがって、大規模な災害が起きた場合、航空局が緊急用務空域を指定し、ここではドローンを飛ばしてはいけないという規定が、二〇二一年六月、航空法の改正で追加されました(図表1)。これは、同年二月に足利市で山火事が起きた際、YouTuberが飛ばしていたと思われるドローンによって消防ヘリの消火活動が一時中断したことを受けたものです。

ただし、同時に適用除外も設けられました。人命の捜索や救助のためであれば、緊急用務空域で

もドローンを飛行させることができません。しかし、その場合は国や自治体から要請がなければなりません。

そのためJUIDAは従来から、災害等が起きたときに支援するという連携協定を陸上自衛隊と結んでいます。例えば山梨県で女兒が行方不明になった事件の際には、自衛隊からの要請を受けて川の上にドローンを飛ばし、搜索協力を行いました。残念ながら見つかることはできませんでしたが、ヘリでは難しいところにドローンが活用できるということが認識できました。また、二〇二一年七月に熱海市で発生した土砂災害においても自衛隊の要請を受け、ボランティアとして災害状況の把握を支援しました。

今回の能登半島地震でも現地で協力活動を行うようになったのですが、連携協定を結んでいるのは関東エリアの自衛隊のため、まだ協定を結んでいな

い中部エリアには直接行くことができません。そこで、石川県や大きな被害のあった輪島市に連絡をし、輪島市から協力要請をいただいたことを受け、一月四日に現地へ入り、ドローンの飛行を順次開始しました。その中で、孤立集落の避難所にドローンで医薬品を届けるという活動も行いました。これまで訓練はしていましたが、今回初めて実際に災害現場で医薬品を届けることができたのです。そして一月一〇日に、この地域を管轄している陸上自衛隊第一〇師団と協力協定を結び、輪島市だけでなく、珠州市などほかのエリアでも活動を始めることができました。なお、JUIDA自身がドローンを飛ばすことはありません。輪島市や珠州市の要請を受けると、会員企業や関係企業に声をかけ、皆様のドローンを現地で飛ばせるよう調整をし、石川県や陸上自衛隊第一〇師団と連携しながら様々な活動を行いま

した。

現地での活動で最初の大きな懸案事項は、倒壊した家屋の中に人が閉じ込められているのではないかとしたことでした。そこで、ドローンは建物の中も遠隔操作で飛ばすことができますので、ドローンを使って要救助者の捜索に協力しました。

実際には見つかりませんでした。被害状況の把握という点では役に立ったと聞いています。こうした閉空間を飛ぶ小さなドローンは、工場内の点検や倉庫の管理などに使われ始めています。

今回の地震の大きな特徴は、道路が寸断されて孤立集落が多発したことです。まずは道路の損壊状況を調べるために自衛隊のヘリ等が空から撮影してデータを収集するのですが、細かいところはドローンのほうが鮮明な映像が得られるというところで活躍しました。

また、先ほど御紹介した医薬品の配送も、ド

ローンを使って実際に行われました。ドローンで

モノを運ぶときには遠くまで飛ぶ必要がありません。しかし、操縦者から電波を直接送ると届かなくなってしまう可能性があるため、最近では、携帯電話の回線を使って遠隔操作し、遠くの見えない地点まで運ぶということが行われるようになってきています。ただ、災害によって光ファイバーのケーブルが寸断され、携帯電話自体が使えなくなるという状況が発生します。したがって、すぐには携帯電話の回線を使ってドローンを飛ばすことはできませんが、携帯電話網が復旧し、電波が届くことを確認したエリアであれば、モノを届けることができるようになります。実際に3km、8kmという長距離の配送を行いました。

今回の地震では、海岸が隆起して船が近づけなかったことも大きな課題として挙げられています。半島ですから、道路が寸断されても船で物資

を運ぶことができたはずですが、港が使えなくなったため、船による物資輸送も非常に困難でした。そこで、海岸の隆起状況をドローンで計測し、撮影したデータをコンピューターの中でオルソ処理（ひずみの修正）して三次元化することで状況の把握を行いました。

ほかにも、地震の後も雪や雨がひどく、河川が氾濫する危険がありました。地震の際に土砂で自然のダムができてしまい、それが決壊すると下流の集落が大きな被害を受けるため、ドローンで土砂ダムの監視を行いました。自動で離着陸できる「ドローンポート」を現地に設置し、ドローンが定期的に巡回して集めたデータを利用するという無人の運用も初めて行われました。その他、通常時と同様に、橋の下にもくぐって被害状況の点検も行いました。

さらに、我々民間だけでなく、国土交通省のT

EC-FOURCE（緊急災害対策派遣隊）もドローンで様々な活動を行いました。能登半島の各エリアで、道路や河川や港湾など、ドローンによる調査が実施されたことが公表されています。

以上のように、災害時にはドローンが非常に役立つということがよく御理解いただけたのではないかと思います。

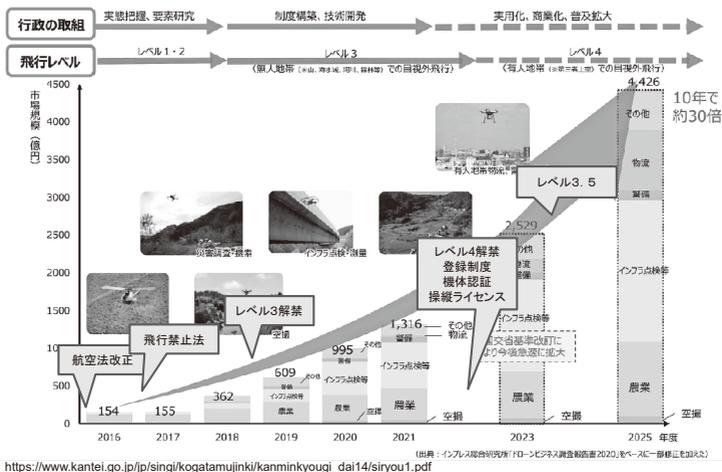
三、ドローン産業の展望

産業用ドローンは、二〇一五年に航空法が改正されたことで広く使われるようになりました。それまでは何の法律もありませんでしたので、橋の点検をするためにドローンを持って歩いていたり、警察官に呼び止められ、「何をするんだ」と尋問を受けることもありました。しかし、法律ができたことで規制がかかるようになった一方で、

図表 2

Copyright©2024 Shinji SUZUKI

ドローンサービス市場の現状と今後の見通し



きちんと許可を得てドローンを飛ばすことができようになるようになりましたので、一定のルールを作ることは、新しいものを使って業務を広げるといった意味においては必要な面もあります。

この図は、インプレス総合研究所の「ドローンビジネス調査報告書二〇二〇」をベースに、ドローンがどういう目的で、どの程度の市場規模で使われているかを示したものです（図表2）。御覧のとおり、ドローンの利用は飛躍的に広がってきています。日本では当初、農業散布が非常に大きな市場を持っていましたが、インフラ点検等の市場規模が徐々に大きくなり、今では農業散布を上回っています。警備や物流の比率はまだそれほど大きくありませんが、物流に関しては新しい制度ができつつあり、これから広がっていくのではないかと見られています。

ドローンと車の自動運転は、それぞれ「レベ

ル」という言葉が使われます。車の場合、人が運転するのを支援するのがレベル1と2で、本格的な自動運転はレベル3以降になります。今、最も新しい車はレベル3で、高速道路等を手放して運転できるタイプも出てきています。レベル4になると、人が介在しなくても限定領域（専用レーンなど）で自動運転ができ、その限定領域をなくした完全な自動運転がレベル5です。当初は町なかを完全に自動運転する自家用車を目指し、アメリカでは大々的な実験が行われてきましたが、やはり大きな事故が起きる可能性があるということ、自家用車についてはレベル3程度までというのが現状です。今後も自家用車の自動運転のレベルはそれほど上がらないのではないかと、そんな認識が広がってきているように思います。ただ、専用レーンで物流や移動サービスを実用化するという点においては、さらにレベルを上げた実証実験

のみならず、実際の利用も広がっています。

一方、ドローンは使い方でレベル分けをしています。レベル1は目視内飛行（操縦飛行）、レベル2は目視内飛行（自動・自律飛行）です。先ほど述べたようにドローンはGPSを搭載していますので、監視しながら決められたルートを自動で飛ばすこともできます。レベル3は、無人地帯（山間部や河川・海水域等）における目視外飛行です。目視内は数百メートルが限度ですから、モノを運んだりするときは目視外まで飛ばす必要があります。しかし、ドローンが見えなくても電波が届けば飛行させることができるため、下に人がいない状況を作り出して目視外飛行させようということなのです。今、過疎地等でドローンによる配送が行われていますが、それがこのレベル3です。そして、最も難易度が高いのがレベル4の有人地帯（都市を含む地域）における目視外飛行です。

レベル4については、二〇二二年一二月に改正航空法が施行され、国家資格である第一種機体認証と一等操縦ライセンスを取得することで、有人地帯においてもドローンを飛ばせるようになりました。これに基づき、二〇二三年三月、ドローンメーカーのACSLが第一種型式認証を取得し、この機体を使って、日本郵便が東京都奥多摩町で、その後、ANAが沖縄県久米島町で、KDDIのチームが東京都檜原村で実証実験を実施しました。ただし、レベル4に関しては都市部において完全に人がいない状態を徹底するのは大変だということや、レベル4の認証が得られている機体は今ご紹介した一機種しかないということもあり、二〇二三年一二月、ドローンに搭載しているカメラで地上を監視しながらであれば有人地帯でも飛ばすことができるという制度が導入されました。これを「レベル3.5」と呼んでいます。これを

受けて、NEXT DELIVERYと日本郵便が最初にレベル3.5飛行による配送を行い、現在、各地で実証実験が実施されています。

このように、まずは人がいないエリアでドローンを飛ばす必要がありますが、過疎化で人口が減り、行政サービスの提供が難しくなっている自治体にとってはドローンによる配送が利用できるということ、国の交付金等を使いながら全国で実証実験が行われています。買い物難民と言われる方々に対して既に配送サービスを提供している自治体もあり、長崎県五島市の離島や山梨県小菅村、北海道上士幌町のほか、長野県伊那市では、自宅でケーブルテレビを見ている方が画面上で注文すると、その商品をドローンが届けてくれるというサービスが二〇二〇年八月から始まっています。

ドローンの機体には様々なタイプがあります

図表3

Copyright©2024 Shinji SUZUKI

ドローン:機体形式

機体タイプ	代表的機体	特徴	主な用途
マルチロータ		<ul style="list-style-type: none"> ・電動 ・4つ以上のロータ ・垂直離着陸 ・空中停止可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・空撮 ・物資輸送 ・測量、点検
ヘリコプター		<ul style="list-style-type: none"> ・電動(小型)、エンジン ・シングルローター ・垂直離着陸 	<ul style="list-style-type: none"> ・農業散布 ・物資輸送
固定翼機		<ul style="list-style-type: none"> ・電動、エンジン(大型) ・長距離飛行 ・滑走離着陸 	<ul style="list-style-type: none"> ・空撮
VTOL		<ul style="list-style-type: none"> ・電動 ・マルチロータ+固定翼 ・垂直離着陸 	<ul style="list-style-type: none"> ・物資輸送

(図表3)。最近よく見かけるのはマルチロータータイプです。電動で、四つ以上のローターがあるのが特徴で、空撮のほか、物資輸送もできます。農業散布でよく使われるのは、遠隔操作のヘリコプタータイプです。小型のものは電動ですが、大型になると内燃機関のエンジンを搭載しています。ただ、この二つは回転翼ですので、どうしても長距離を飛ぶことができないという欠点があります。そのため、広いエリアを空撮する場合には固定翼機タイプが使われます。そして、ハイブリッドタイプ、つまり、マルチローターで垂直離着陸ができ、固定翼で長距離を巡航できるのがVTOLで、物資を遠くまで運ぶときに使われます。このように様々なタイプがありますが、一般的には全て「ドローン」と呼ばれています。

国内のドローンメーカーは、ラジコンヘリなどを作っていた企業からスタートしていると

多く、関東や中部のほか、秋田にもあります。また、福島ロボットテストフィールドの周辺に拠点を設ける企業が増加しています。

一方、世界を見ると、中国のDJIが七割以上のシェアを占めています。二〇〇六年に創業した当初は、ラジコンヘリやジンバル（カメラの傾きや揺れを補正する装置）など、非常に高性能な機器を販売していましたが、二〇一二年からドローンの製造を始め、今では世界的なシェアを持っています。同社は世界中から優秀な人材を集めて活動を展開しており、中国のメーカーというよりも、グローバルな企業として非常に大きな力を持っています。日本のメーカーも高性能な製品を作る技術は持っているものの、DJIに比べると価格が高いため、競争力の点ではまだまだ課題があります。

このように世界的なシェアを持つDJIのド

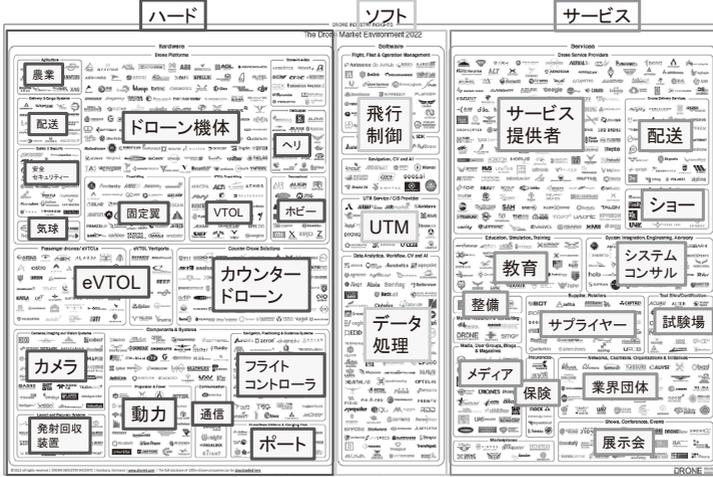
ローンですが、アメリカでは、セキュリティの關係で、中国製のドローンを使用することに対して非常に大きな圧力がかかっています。今年六月、議会上院で中国ドローン対策法が可決されました。具体的には、中国製のドローンをネットワークに接続しないよう求めるものです。接続することもできるのですが、様々な申請が必要となり非常に大変なため、それによって中国製のドローンの市場を抑えようといった意図もあるのではないかとされています。また上院で法案は可決されておらず、実際に運用されているものではありませんが、携帯電話などでは、不審な挙動をするという事で中国製のチップを排除しており、こういった動きがドローンにおいても出てきているのは注目すべき点です。

先ほど、第一種機体認証を取得すると有人地帯でも飛ばせるようになると述べましたが、実際に

図表4

Copyright©2024 Shinji SUZUKI

世界のドローン産業分布



<https://dronei.com/>

第一種機体認証を取得したのは日本のACSLのみです。イームズロボティクス、プロドローン、ドイツのウィングコプターも申請はしているものの、型式認証はまだ取得できていません。

また、第二種機体認証を取得している場合、二等の操縦免許とセットで、特定飛行（許可・承認が必要となる空域及び方法での飛行）の多くが許可・承認なく可能となる制度が二〇二二年一二月に始まりました。やや大型の機体が多いのですが、既に複数のメーカーが第二種機体認証を取得しています。ここにはまだDJIが参入していませんので、日本のメーカーがさらに型式認証を取得し、今後、物流用途等で利用が広がるのが期待されています。

この図は、世界のドローン産業の分布を示したものです（図表4）。ハード、ソフト、サービスに分けて世界中のドローン関連企業をマッピング

しています。

まずハードでは、ドローン機体やeVTOL（空飛ぶクルマ）、不審なドローンを阻止するカウンタードローンのほか、カメラ、フライトコントローラー、モーターなどの部品を作るメーカーもあり、こういった形で産業ができて上がっています。ソフトについては、コンピュータによる飛行制御や、UTM（複数のドローンがどこを飛んでいるか監視し、コントロールするシステム）のほか、ドローンでとったデータを処理するためのソフトを開発しているメーカーもあります。そして、これらハードとソフトを使ったサービスとして、配送、教育、整備、また最近話題になっているドローンショーなど、様々なものが展開されていることがわかります。

この中には日本のドローン関連企業・団体もマップングされています。世界的なドローンの市

場調査会社であるドイツのDrone Industry Insightsがまとめたもので、日本の企業はあまり認識されていないところもあるのですが、機体メーカーはかなり存在していることがわかります。一方、要素部品等では、ドローン用のパラシュートを作っている日本火薬しかありません。海外から調達した部品を組み立てて製品にしているドローンメーカーが多いというのが、その理由です。また、空飛ぶクルマについては、スカイドライブが開発しています。ソフトに関しては、残念ながら日本メーカーは入っていませんが、サービスでは、楽天ドローン、テラドローン、ドローン・ジャパンなど、日本の企業も多数存在します。先ほど御紹介したJUIDAも載っています。

ドローンはテロに使われると非常に危険でしたが、それを防ぐことが大きな課題となり

ます。まずは不審なドローンが飛んでいるかどうかを検知し、攻撃された場合には対処しなければいけないということで、そのための技術が開発・商品化されています。検知の方法は、周波数を分析したり、音やカメラやレーダーで検出するなど様々です。つまりこれは、一つの方法に頼ることができず、複数の技術を駆使しなければならないことを意味しています。

不審なドローンを検知したら、次は対処です。まずは妨害電波の照射。また、GPSで自動的に飛んできたりしますので、GPSの信号をだます。さらには、直接ドローンを攻撃するというところで、ハイパワーマイクロ波、ネットガン、高エネルギーレーザーといった軍事目的で作られているものを民生用にも使おうとしています。興味深いのは、訓練した鳥を使ってドローンを攻撃するという方法で、実際に欧州で試みられたそうです。

す。

今述べたとおり、こうした対処技術は主に軍事目的で使われていますが、空港で不審なドローンが飛んでいると、飛行機が離着陸できない事態が発生します。二〇一八年、ロンドン近郊の空港で不審なドローンが滑走路に侵入し、三日間、空港が閉鎖されて大きな問題になったのは有名な話です。日本でも、関西国際空港などでドローンらしきものが発見され、数時間、離着陸が停止された事例がありました。こうしたことから、日本の主要な空港ではドローン対処技術を既に導入しています。

四、ドローンの産業政策及び

制度・新技術

ドローンは様々な目的でサービスを提供できる

点が注目され、国の技術支援策が非常に大きく打ち出されています。昨今話題となっているのは、経済安全保障重要技術育成プログラム（K-Program）です。研究開発ビジョン（第一次）に基づく研究開発構想一九件のうち、四件が無人航空機に關係したものとなっています。

その四件の細かい中身については後ほど御覧いただければと思いますが、研究開発を受託した企業が既に出てきております。予算規模も大きく、数十億円という単位で技術開発支援が行われており、研究開発ビジョン（第二次）においても、無人航空機の利活用の拡大ということで支援策が打ち出されています。

また、アメリカのSBIIR（Small Business Innovation Research）制度を参考に、日本でも、公共事業においてスタートアップ企業を支援するSBIIR事業というものが導入されています。現

在フェーズ3まで来ており、経済産業省と国土交通省から、公共目的に使用するドローンの研究開発を行うスタートアップ企業に対し、五年にわたる数十億円規模の研究開発支援が行われています。

さらには、岸田内閣においてデジタルライフライン全国総合整備計画が策定され、ドローン航路、自動運転車用レーン、インフラ管理のDXの実装に向けた支援策が打ち出されています。

ドローン航路については、今年度、アーリーハーベストプロジェクトとして、静岡県浜松市の天竜川水系上空と埼玉県秩父地域の送電網上空が指定され、現在整備が進んでいます。一級河川や送電線網の上空をドローンが飛行できる専用の航路として整備し、点検や物流のために使おうというもので、政府は今後これを全国に広げていく計画です。

このように、ドローン産業が広がっていくことに伴い、制度もきちんと定めなければいけないということ、ドローンに関する制度も順次整備されつつあります。

新しい技術 (Technology) は当然必要ですが、それを使う人材の育成 (Training) とルール (Regulation) も必要です。私はこれを「TTR」と呼んでおり、こういったものがそろわないと新しい技術を社会実装していくことはできません。

Regulation については、航空法の中で様々な規則が作られています。例えば、レベル4の実現等に向けた制度として、先ほど述べたように、有人地帯でドローンを飛ばすには機体認証と操縦ライセンスが必要です。また、町なか、夜間、目視外の飛行は許可・承認が必要ですが、機体認証と操縦ライセンスがあれば一部のは許可・承認なく使える、こういった法律が定められています。

Training については、操縦ライセンス制度を定めました。これまで民間のスクールはありましたが、二〇二二年から国家ライセンスがスタートしました。ただし、自動車と同じように教習は民間のスクールが担い、試験は国が指定した機関が行います。登録講習機関として認定された民間ドローンのスクールで講習を修了した者は、国家ライセンスの実技試験が免除されますが、ペーパー試験は受けなければいけません。

Technology については、AIやXRを活用し、デジタルツイン、すなわち仮想空間上にモデルを作って様々なデータを蓄積していくというNEDO (新エネルギー・産業技術総合開発機構) の研究開発プロジェクトが行われており、私もこれに関係しています。複数のドローンを一人のオペレーターが操作しながら、災害現場、警備、インフラ点検等で得たデータを5Gを使ってクラウド

ド上に保存し、活用していくというものです。A I、クラウド技術、高速通信がドローンの利用をさらに促進するということで、産業技術総合研究所、東京大学、イームズロボティクス、NTTドコモが共同で取り組んでいます。

そのビデオがありますので、御覧ください。これは、ビル火災が起きたとき、手を振っている人を認識するA Iを搭載したドローンで自動的に要救助者を検出しようという実験です。こういった研究開発を国の支援をいただきながら進めています。

欧米の動向としては、グローバルに統一された制度はまだなく、各国の状況を反映させながら様々な制度を構築しています。欧州では、欧州航空安全機構（EASA）が二〇一九年にEU規則を定め、二〇二四年一月から施行されています。

欧州はどちらかというと、最初にルールを作り、

それを順次実施していくのに対し、アメリカは、現行法を改良し、適合させながら新しいものを取り入れていくという文化があり、米国防空局（FAA）は今年、有人地帯での目視外飛行に関する新しいルールを作ろうとしています。

アメリカでは、ウォルマートやアマゾンといった大企業がドローンを使った物流事業を積極的に展開しています。また、アフリカで医療品配送事業を手がけるジップラインは、アメリカでも物流事業に参入しようとしています。ただ、アメリカにおいても、物流にドローンを使うのはまだ実証実験の段階で、数都市で実施されているにすぎません。アマゾンやヨーロッパでも物流事業を本格的に展開しようと計画を進めています。やはりまだ実証実験の段階です。

日本では、一人で複数のドローンを同時にオペレーションしようという実証実験が三カ所で行わ

れています。今年六月には、埼玉県秩父市において、KDDIとJALが遠隔操縦者一名でドローン三機を同時運航することに成功したという報道がありました。

五、ドローンのロードマップ

ドローンをこれからどのように使っていくかということ、関係する官庁と民間企業・団体が集まりロードマップを作っています。今後、ドローンの社会実装、すなわちドローンの活用をいかに広げていくか、目標を定め、議論をしながら計画を立てているところです。

ドローンは非常に大きな注目を集めています。期待が大き過ぎると反動も大きくなります。それを示しているのが、アメリカのガートナーが発表しているハイプ・サイクルです。ハイプは

「誇大広告」のことです。あまりにも宣伝が行き過ぎると過剰な期待が起こり、それが達成できないと幻滅期が現れる。その後、定常的に使われるようになるわけですが、幻滅期をいかに乗り越えられるかが重要です。

そのためには、大きな事故を起こさないようにすることが鍵となります。昨年、大分県で農薬散布の訓練飛行中にドローンの操縦者が怪我をし、福島県では走行中の列車にドローンが衝突する事故が起きました。幸い大事には至りませんでした。他者を巻き込むような人身事故になると、ドローンに対する社会の目は厳しくなりますので、社会実装を進める上では安全管理の徹底が非常に重要です。

私が所長を務めている福島ロボットテストフィールドでは、「安全確保措置検討のための無人航空機の運航リスク評価ガイドライン」を作成

し、二〇二二年一二月に公表しています。航空局からは、レベル4飛行をするためには、こういったガイドラインに沿ってきちんとリスク評価を行うよう案内していただいています。ドローンを使う人たちにとって、リスク評価は非常に重要な課題です。DSPA（ドローンサービス推進協議会）でも、リスクアセスメント講習会を定期的に開いています。

また、事業者にとっては、自分たちが安全に運用できることを証明する認証制度があると、安全に対する姿勢をアピールできますし、逆に、ドローンサービスを発注する人たちにとっては、ドローン事業者が安全管理をきちんと行っているかを測る指標があるとういことと、今年八月、「ドローンサービスJIS Y1011」というものが新しく制定されました。ISO 9000などを参考にしてドローン事業者のサービス品質を認証する

制度です。こういうものが普及することによって、ドローンサービスがより効果的に展開されていくのではないかと期待しております。

福島ロボットテストフィールドは、福島原発事故の事後処理においてロボットがあまり使えなかったという反省のもと、津波の被害を受けた福島県の海岸地域に整備された、陸・海・空のフィールドロボットに関する研究開発試験拠点です。福島県が管理している国の施設ですが、その広大な敷地においてドローンの社会実装に向けた様々な実験をしたり、ドローン利用に関するガイドラインの策定を行ったりしています。

無人航空機は電動で垂直離着陸するというのが特徴ですが、空の産業革命をひらくと期待されています。最近是有人のものも出てきており、いわゆる空飛ぶクルマとして注目されています。ANAホールディングスとアメリカのジョビー・アビ

図表5

Copyright©2024 Shinji SUZUKI

空飛ぶクルマの主なユースケース

利用形態	ユースケース	特長
人の輸送	・都市内でのタクシー利用	・都市部の交通渋滞の回避、移動中のCO2排出無し
	・空港から都市部への移動	・航空機とのシームレスな利用
	・都市間の輸送	・公共交通機関の不便な地域での移動
	・観光利用	・ヘリコプターの利用より安価になる
	・災害利用、救急利用	・災害時の移動手段。被災者、病人などの緊急輸送
物の輸送	・都市内での配送	・ラストワンマイル配送
	・都市間の輸送	・生鮮食料、医薬品など高速輸送
	・災害、救急利用	・緊急物資、臓器輸送など

エーシヨン、JAL、丸紅、スカイドライブの四グループが大阪・関西万博で飛行させるべく準備を進めているところです。

空飛ぶクルマの主なユースケースはここに示したとおりです（図表5）。安全性だけでなく、騒音、プライバシー、経済性、大気汚染など、様々な社会リスクをいかにコントロールしていくかが大きな課題です。

最後に、一枚の絵を御紹介します。一九〇〇年頃にフランスで、一〇〇年後をイメージしたイラスト集が出されました。ライト兄弟が飛行機を飛ばした頃ですけれども、二〇〇〇年の世界では、飛行機に乗った郵便配達人がベランダから手を伸ばした人に手紙を届けるようになる、そんな様子が描かれています。残念ながらまだまだ実現していませんが、技術的にはドローンでこれに近いことができるところまで来ていますので、今後の課題

は、いかに制度化していくかということではないかと思えます。

私の話は以上です。(拍手)

○森本理事長 ドローンの発展と可能性について大変わかりやすくご説明くださり、ありがとうございます。

もう時間が参っておりますが、御質問をお受けたいと思えます。いかがでしょうか。

では、私から一問だけ。ドローンがたくさん飛ぶと、ドローン同士、またはほかの飛行体と自動でぶつからないようにすることが必要だと思うのですが、共通のプロトコルと申しますか、アルゴリズムというのは確立しているのでしょうか。

○鈴木 非常に重要な御指摘です。先ほど「UTM」という言葉を使いましたが、UはUnmanned(無人)、TとMはTraffic Managementです。複

数のドローンが同じ空域を飛行したときに最も懸念されるのは、空中で衝突することです。したがって、まずは時間と空域をあらかじめ設定し、複数のドローンが同時に同じ空域を飛ばないようにきちんと計画を立てるところからやっています。

そして次のステップとして、ドローンは無線で地上とつながっているため、ドローン同士がぶつかる可能性があるかどうか、地上である程度自動的に判定し、それに対して警告を出すことはできるのですが、航空管制のように指示を出すところまではできていないのが現状です。将来的には、AIを使い、「右に行きなさい」「左に行きなさい」という指示を自動的に出せるようなシステムを開発しようということで、研究開発が進んでいます。

UTMによる複数のドローンの監視は、既に実用化が始まっています。アメリカでは、有人航空

機とのニアミスを避けるため、空港周辺でドローンを飛ばすときは必ずUTMに情報を出すことになっていきますし、ヨーロッパにおいては、指定された空域、すなわち多くのドローンが飛ぶ空域では、監視システムに必ず接続しなければいけないということが既に法制化されています。日本でも、五年後ぐらいをめどに、指定された空域ではUTMへの接続を義務づけることを目指して検討しているところです。

○森本理事長 ほかによろしいでしょうか。——時間も過ぎておりますので、以上で本日の「資本市場を考える会」を終わりたいと思います。

鈴木様、どうもありがとうございました。(拍手)

(すずき しんじ・東京大学未来ビジョン研究センター
特任教授・東京大学 名誉教授)

(本稿は、令和六年一〇月九日に開催した講演会での要旨を整理したものであり、文責は当研究所にある。)

鈴木真二氏

御 略 歴

1979年 東京大学工学系研究科航空宇宙工学専攻修士課程修了

1979年 (株)豊田中央研究所研究員

1986年 東京大学工学博士、工学部助教授(航空学科)

1996年 東京大学大学院教授(航空宇宙工学専攻)

2019年 東京大学未来ビジョン研究センター特任教授、名誉教授

その他、(一社)日本UAS産業振興協議会 JUIDA 理事長、(一財)総合研究奨励会-日本無人機運行管理コンソシアム JUTM 代表、航空イノベーション推進協議会 AIDA 代表理事、福島ロボットテストフィールド所長、一般社団法人ドローンサービス推進協議会 (DSPA) 代表理事、日本航空宇宙学会会長(第43期)、International Council of Aeronautical Sciences(ICAS) 会長(2019-20)等を歴任