



ドローンが 拓く未来

野波健蔵氏に聞く

首相官邸への落下事件など何かと騒がしいドローン。しかし、先端技術の粋であるドローンの活用は、私たちの生活を劇的に変え、新たな産業を生み出す可能性をもつ。日本におけるドローンの第一人者に、ドローンが生まれた経緯から現状の課題、そしてドローンが拓く未来について伺った。

構成／大山直美

軍事目的から 一般利用へ

「ドローン (drone)」という言葉が生まれたのは第二次世界大戦が始まる前、1935年頃のことです。戦争の形が陸上戦から空中戦へと変わりつつあった当時、イギリスの海軍がつくったのが「クイーンビー (女王蜂)」という無人機でした。パイロットが射撃訓練をする際の標的機として開発されたものです。そのデモ飛行の場に招待されたアメリカ海軍の人が、ちょうどこちらも同じようなものを開発中だか

ら、こちらはドローン (雄バチ) と名付けましょう、と言ったのが名前の由来とされています。ドローンとは蜂の羽音を指す言葉でもあり、今の小さなドローンもそばで飛んでいるとブーンという音がしますが、当時のプロペラ機が高さ1000mぐらいを飛んでいるのを地上で聞いても、蜂の羽音のように聞こえたこともあるでしょう。こうした背景からおわかりのとおり、ドローンはずっと軍事目的でつくられていました。転機となったのは、2010年です。フランスのパロット社がスマートフォンでコントローラで

きる室内用の大人向け玩具「ARドローン」を発売しました。空中で静止したまま飛行するホバリングができたり、壁に近づくと手前で止まるしくみを備えており、飛ぶように売れました。軍事用ではなくホビー用、つまり民生用のドローンが初めて誕生したわけです。2年後の2012年には、中国のDJIという会社から「ファントム」が発売されます。これもホビー用ドローンで、首相官邸に落ちたのと同じ機種ですが、大変な人気となり、第2弾、第3弾が続々発売され、世界市場の7割を占める大ヒット商品になりました。

販売台数は3シリーズ累計で約100万台、うち約5万台が日本に入っていると推定されています。

リモコンで人が操作する無線操縦と違い、ドローンはコンピュータ制御によって飛行するため、うまく飛ばすことが目的ではありません。ではなぜこんなにヒットしたかというと、搭載された高性能なカメラによって、今までわれわれが見たこ

ともない映像が届けられたことが大きいでしょう。

というのも、これまででは航空法によって、有人飛行でカメラマンを乗せた飛行機やヘリコプターが飛べる高さは最低300m以上と規定されていた。一方、ビルの屋上などから写真や映像が撮れるのはせいぜい地上から20mぐらいです。つまり、この高さ280mの間には、これまでカメラが入ったことがなかったんですよ。すぐそばなのに、近いようで遠い空間でした。ドローンを通じて、いわば鳥の目線から、われわれの生活空間を捉えた写真や映像がインターネット上で公開され、新たな発見がどんどん生ま

野波氏が量産機として開発したドローンMS-06LA。6kgの荷物を積載できる。

drone



「空の産業革命」 ドローン

パロット社とDJI社のドローンのヒットを第1次、第2次ブームとすると、今年がホビー用から産業用ドローンへと転換する第3次ブームの元年と

れたんですね。

いわれています。そのキックオフをしたのが、ネット通販大手のアマゾンです。

2013年12月、アマゾンは、最寄りの都市までは飛行機やトラックで運び、最後の個別配達をドローンで行うことで、注文した品を最短30分以内に届けるという新しいサービスの構想を

ドローンの活用とリスク

「空の産業革命」といわれ、多くの分野での活用が期待されるドローン。だが、法的整備が整わず、技術も発展段階にある現在、さまざまなリスクをも抱えている。

活用が期待できる分野

- **インフラ点検**
 - 橋梁、ダム、トンネル、大型プラント、送電線等の点検
 - 高温地、寒冷地、有毒物質の影響を受ける場所等での点検
- **災害対応**
 - 自然災害や大規模事故、テロなどが発生した際の被害状況把握・生存者確認
- **警備・捜索**
 - 大規模施設などの警備および不審者の撮影
 - 山岳地・樹海等での行方不明者捜索
- **空撮による測量**
 - 空撮画像を用いた、2D・3D地図作成
- **農業**
 - 農薬・肥料散布
 - 農作物の生育観測
- **輸送**
 - 離島、山岳地等への物資・医薬品等の緊急輸送
- **エンターテインメント**
 - カメラマンが行くことが困難な場所からの撮影による写真・映像制作

ドローンが抱えるリスク

- **落下・接触による被害**

トラブルや万一の事故に備え、パラシュートやエアバッグの搭載、警告音を発する等、技術的な対策が進められている。
- **プライバシー侵害／テロ利用の危険性**

ドローン利用者のモラルに委ねられるため、航空圏の制定、免許制度、罰則規定を設けるなどの対策が急務。

発表しました。今は各ターミナルまで
はすぐ届いても、同じ地域に届ける荷
物が複数たまってから配送するので、
そこで半日くらいかかってしまう。そ
の最後の10マイル、約16kmをドロー
ンで運ぶことで時間を短縮するわけだ。
ところが、この構想に対し、アメリ
カ連邦航空局（FAA）は安全性やプ
ライバシーの面から待ったをかけた。
フェイスブックやグーグルも同様にド
ローンを使ったサービスを始めようと
していますが、部分的に認められた例
はあるものの、全体としてはアメリ
カではまだほとんど許可されていま
せん。しかし、物流の舞台が地上から空
中に変わり、ドローン型輸送になると、
小包1個を運ぶのに10ドルかかっていた
のが1ドルで搬送できるという試算も
出ており、「空の産業革命」ともいわ
れています。この波はもはや止められ
ないでしょう。

物流以外にも、目下さまざまな分野
でドローンをいかに活用するかが検討
されていて、農業散布などの農業用は
もちろん、森林調査、漁場探査、災害
時の現地調査や救助活動、建設現場や
報道のための空撮など、多方面にお
ける可能性に期待が集まっています。

日本政府が今後ドローンを活用しよ
うとしているのは、インフラ点検、防災
、工場や施設などの警備、空撮による測
量の4つで、特に力を入れているのが
インフラの点検です（Chart 1）。

事故や災害が起こったら、今度こそ日
本のロボットやドローンが行くぞ、と
いうことです。

ドローン開発に関しても、日本は世
界各国に比べて後れをとっています。が、
唯一、農業用無人機だけは世界の最先
端を行っています。農業散布用に開発
されたヤマハ発動機株の「RMAX」と
いう無人ヘリは、もう10年以上前か
ら日本の農業を支えているのです。現
在国内で2700機登録されており、
これからは産業用ドローンの導入も期
待される分野といえます。

現在、アメリカ本土では1日当たり、
有人飛行機が約7万機飛んでいるそう
ですが、アメリカ
のシンクタンクは、
10年後の2025
年にはドローンが
毎日約3万機飛び、
20年後の2035
年には有人機の7万機を超えると試算
しています。日本はその10分の1程度
の規模でしょうが、それでも10年後に
は1日3000機ぐらいのドローンが
飛んでいるのではないでしょう。

ドローンをめぐる 課題と規制

ただし、今のドローンの技術はまだ
小学生レベルだと私は思っています。
一人前の大人になるには、あと8〜10

日本の高速道路は多くが高度経済成
長期に建設されたため、すでに50年近
くたって、だいぶ老朽化が進んでいま
す。実はアメリカの高速道路は日本よ
りさらに30年ほど遡った時期につく
られており、車ごと道路が落ちるなど大
事故が多発しています。日本も二の舞
を踏まないための対策が急務なのです。

2012年に中央自動車道の笹子ト
ンネルで天井板が落下する事故があり
ましたが、崩落後に火災が発生し、高
温の煙が充満したためになかなか消火
や救助活動ができませんでした。あの
ときドローンがあったら、現場の状況
がわかり、生存者の確認もできたし、
消火剤を撒くこともできたのにと悔や
まれますが、それはともかく、あの事
故が契機となって法律が変わり、高
速道路や一般国道などの主要な道路に
ある約1万のトンネル、約70万の橋を5
年に1回点検することが義務づけられ
ました。しかし、少子高齢化が進む日
本で一体どうやって行うのか。そこで
国が考えたのが、「ロボット革命」です。

そもそも日本はロボット大国だとい
われていますが、それは産業用ロボッ
トの話です。東日本大震災のときには、
海外のロボットがいち早く到着して活
躍しましたが、日本のロボットは大し
て役に立たなかった。われわれ研究者
はそれを教訓に「3・11を忘れない」
というキャッチフレーズを掲げていま
す。次に海外で3・11のような悲惨な

年にかかるでしょう。

リスクとして考えられるのは、まず
墜落による二次的な事故です。重さは
業務用で約10kgありますから、もし高
度250mで故障して落ちたらすごい
衝撃です。高速道路、新幹線、着陸・
離陸態勢に入っている飛行機に直撃す
れば、大惨事になります。

また、プライバシーの侵害も問題で
す。別に悪意がなくても、空撮すれば
予期せぬものも写りますし、パパラッ
チやストーカーに悪用される危険もあ
りえます。

さらに、この前アメリカで騒がれた
ように、拳銃を載せてピンポイントで
殺戮する道具になったり、テロに使わ
れる危険もある。9・11のようなハイ
ジャックはもはや過去のものとなり、
無人機が直接テロを起こす時代になる
という可能性すらあります。

そこで、まずは、安全な運用ルール
をきちんとつくることが大切です。現
在、世界におけるドローン先進国はカ
ナダとフランスですが、この二つの国
がなぜドローン大国になったかとい
うと、世界に先駆けてルールづくりを進
め、しっかりした体系があるからなん

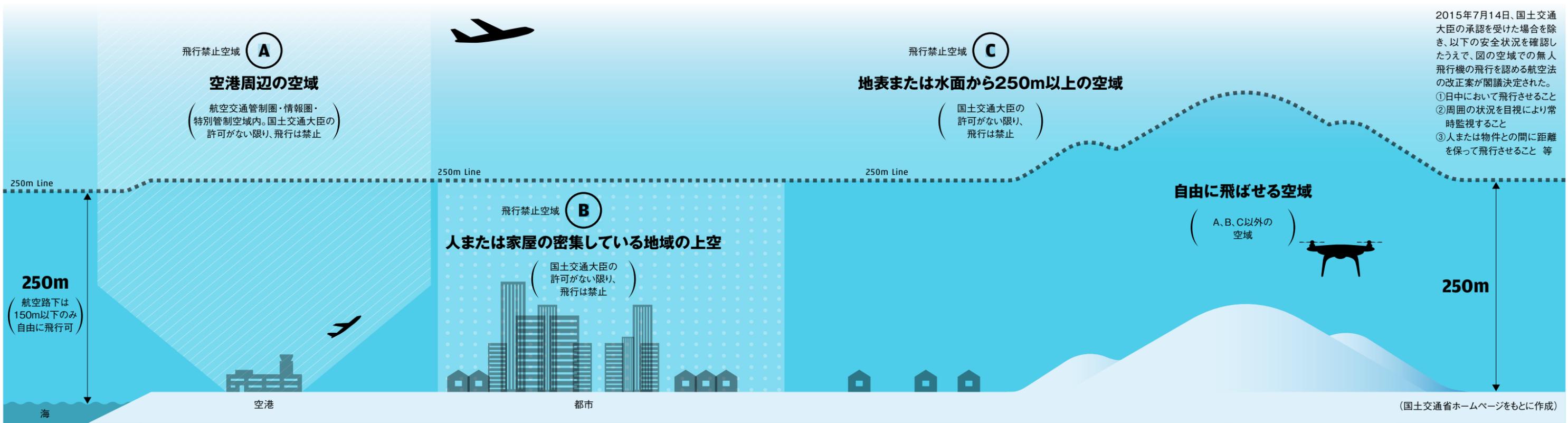
安全な運用ルールを
きちんとつくることで、
産業用ドローンが
社会にしっかり根づく。



drone

Chart 2

日本におけるドローン規制



です。

たとえば、カナダは2008年からすでにルールづくりを始めています。カナダは広大な国で、人が住む地域は南部に集中していますが、人がいない北方にパイプラインや送電線などのインフラが多数あり、それを全部ドローンが点検しているんです。ドローンを飛ばすには運輸省が発行するSFOC (Special Flight Operations Certificate) 特殊航空業務証明書) という証明書を取得することが義務づけられており、現在のこの証明書を持つドローンを運用する会社が約1800社あります。

フランスも同様の証明書を発行しており、運用している企業は約800社です。フランスにはさらに厳しいルールがあり、万一故障して落下した場合でも、衝突による衝撃が69J(ジュール)以下に下げられるよう、パラシュートやエアバッグを備える必要があります。69Jとは、野球でいうと、ホームランを打ったボールがスタンドに落ちるぐらいのエネルギーです。

ですから、規制がドローンの発展を妨げるといふ人もいますが、私はむしろ日本でも早くルールをつくるべきだと言っています。早く法律を整備した方が、それだけ産業用ドローンが社会にしっかりと根づくと思うからです。

改正航空法により、1km当たり400人以上の人口密集地はドローンの

私がドローンの研究を始めたのは、1998年のことです。90年代半ばにカンボジアに行く機会があり、人が地雷探知をしている風景を見たのがきっかけで、地雷探知ロボットをつくり始めましたが、地上より空中から探知する方が効率がいいのではと考えて、地上すれすれをゆっくりホバリングしながら飛ぶ無人ヘリを探したところ、世界のどこにもなかった。それで自分でつくり始めたのです。

最初はガンリン式で、通常のヘリコプターのようにプロペラが1枚のシングルローターでしたが、改良を重ね、今は複数のプロペラを回転させる電動マルチローター型です。

いちばんむずかしかったのは、自律制御ですね。コンピュータで制御して姿勢を安定させるといふ技術は、非常にむずかしい。車なら故障してもエンストするだけで済みますが、空を飛ぶ機体は確実に落ちますから、何機墜落したかは覚えていないほどです(笑)。

自律制御とは一般人にはわかりにくい言葉ですが、要はコンピュータが勝手に判断してくれるということです。たとえば、人間の場合、心臓は完全に自律していて、人間が頭から指令を出さなくても、走ったり、こわい思いをしたりすると拍動数を増やし、就寝中は減らすといった具合に、脳というコンピュータがちゃんと制御しています。ではドローンの自律制御とは何か。

飛行禁止区域に設定されました。たとえば東京23区は全域禁止です。また、第2弾として、免許制や登録制が整備されることも聞いています。自動車の免許や車検と同様に、ドローンを操縦する人には資格が必要になり、機体はきちんと登録されたものでなければなりません。要するに、今はまだ技術が未熟なので、まずは人がいない場所であり、あえず使って、技術の進歩に応じてだんだん規制をゆるめていくということです(Chart 2)。

ドローンは自分の重量の2倍ぐらいのものを運べるので、荷物だけでなく人を運ぶことも可能です。将来はドローン救急車やドローンタクシーも登場し、お金持ちは家用ドローンを持ち始めるでしょう。

ドローンカーの時代になると、都市のあり方も変わる可能性があります。高層ビルの上階から上階へ移動するなら、いちいち地上に下りて道路を走ってまた上るより、地上200mをビューッと真横に突っ切った方が早いので、空中都市の方が便利かもしれません。となると、闇雲にどこでも飛ぶと危険ですから、空域を指定しなければなりません。はみ出した人には警報を出さないと、なすべきことは山とあるんですね(笑)。

障害物があればよけ、どちらによけるかも判断するといったことで、われわれが目指す究極のレベルは生物型制御すなわちGPSなどは使わず、鳥のように飛ぶことです。レーザーを搭載すると機体が重くなるので、最終的には鳥のように目で見ただけで判断する、つまり画像処理がもっともっと速くならなければ実現は不可能です。

また、今後は人工知能も実装されるでしょう。そうすると、この前はあそこでぶつかったから、次はぶつからないなど、過去の失敗の経験を教訓にして学習し、成長していきます。進化が進めば、機体の調子を自己判断して、今日は調子が悪いから、あるいは猛暑でこのまま運用するとモーターが過熱して危険だからと、飛んでくれと頼んでも「私は飛びません」と動かないかもしれない(笑)。そこまで信頼性が高まれば、安心して都会の空も飛ばせられるということです。

われわれはこれから、ミニサーベイヤーだけでなく、オートパイロットのみも販売する予定で、頭脳部分をすべて日本製にして、オールジャパンで海外進出していくと提案し、「ミニサーベイヤーコンソーシアム」という組織を設立しました。現在、国内メーカー約160社が参加しています。

今後の課題は先に述べたとおり、できるだけ早く法律をつくり、その法律に基づき、運用システムをメーカーや

ドローンが拓く未来に向けて

日本の産業用ドローンが今後発展していくうえでの課題は、現状では国内メーカーが組み立てたドローンであっても、機体を動かす心臓部である「オートパイロット」部分には外国製品を使っている点です。産業にするなら、最も大事な頭脳が外国製というのはありえない。現在のオートパイロットを国内で製造できるのは、われわれが2年前につくった千葉大発のベンチャー企業「㈱自律制御システム研究所」



drone

日本の産業用ドローンが
発展していくうえでの課題は、
機体を動かす心臓部を
国内で製造すること。

しかありません。ちなみに、われわれが開発したドローン「ミニサーベイヤー」は、オートパイロットも自社製であるだけでなく、非GPS環境でもレーザーを使って自分で三次元地図をつくり、自己位置を推定しながら飛ぶことができます。この技術は福島の第一原発の建屋内を飛行するという資源エネルギー庁のプロジェクトに関わることでかなり進化しました。トンネルや橋の下などGPSが使えない場所でも飛行できますから、インフラ点検にはうってつけです。

ユーザーがつくることです。たとえば、免許制ができて、教習所がなければ免許が取れませんから、全国にドローン学校が必要になります。そういうことをひとつひとつクリアしていかなければなりません。そのためには、ドローンを中心にいろいろな産業が生まれ、雇用が生まれ、産業構造がガラッと変わるといふことです。メーカーはそんなにたくさん必要ないので、むしろサービシ業がしっかりと人づくりをするこ

とが大切になるでしょう。ドローンは空気がえあれば飛べるので、何兆円もかけて道路をつくる必要もないし、生態系を破壊しないエコロジーな点も魅力です。発展途上国こそドローンが役立つともいえます。アフリカの大自然の中をハイテクのドローンが飛んでいる風景を想像すると、ちょっと奇異な感じがしますが(笑)、そんなドローンのある未来を想像するのは楽しいですね。

野波 健蔵

Nonami Kenzo

のなみけんぞう／千葉大学大学院工学研究科工学部特別教授。NASA、千葉大学を経て現職。主にロボットやメカトロニクスにおける先端的制御、自律制御の研究に携わり、2013年に大学発ベンチャーとして㈱自律制御システム研究所を設立。著書に「システム動力学と振動制御」、編著に「制御の事典」などがある。