解 説

我が国の無人航空機の歴史と今後の展望

The History and Prospects of Unmanned Aircraft in Japan

細 田 慶 信* *富士重工業株式会社航空宇宙カンパニー
Yoshinobu Hosoda* *Fuji Heavy Industries LTD.

1. は じ め に

近年、いわゆるドローンと呼ばれるマルチロータヘリコプタが手軽な空撮機材として急速に普及して以来、無人航空機に対して、社会の関心が高まってきている。無人航空機の活用は、「空の産業革命」と言われて、ロボット革命の一翼を担うことが期待されている。無人航空機の積極的な活用を目指す動きとしては、2013年末にAmazon社がマルチロータヘリコプタを活用した宅配サービス計画を発表したり、Google社が通信インフラとして年単位の滞空時間を有する滞空型無人機を活用することを目論んで、研究開発を行っているTitan Aerospace社を買収したことなどが挙げられる。一方、スポーツイベントにおいて、空撮していたマルチロータヘリコプタが墜落して、参加者が負傷するなどの安全面での問題も報道されるようになり、表と裏の両面あることが認識されてきている。

安全面についての動きとしては、2015年4月に首相官邸で墜落したドローンが発見されたことを端緒に、国土交通省航空局が、安全を確保するための第一弾として、緊急的なルール作りを急ピッチで進め、無人航空機に関する規定を追加した改正航空法が2015年9月に成立し、12月から施行されるまでになった。今後、第二弾として、「空の産業革命」の実現を目標とした、無人航空機の利活用促進と安全運航を両立させるための制度設計の方向性が官民で協議され、今年（2016年）の夏ごろを目途に取りまとめられることが公表されている。

このように、無人航空機にかかわる動きは、非常にダイナミックになっているとともに、「空の産業革命」への期待が大きくなっており、ある意味、期待が先行している感がある。無人航空機に対するこの潮流を一時的な流行に終わらせることなく、産業として着実に発展させるためには、冷静に現状を再確認することと、将来を展望することは意味があると考えられる。そこで、本稿では、現在に至るまでの無

人航空機の歴史、今後の市場予測および産業発展のための取り組みを紹介する。

2. 無人航空機の歴史

無人航空機には、二つのとらえ方がある。それは、「航空機の無人化」というとらえ方と、「空飛ぶロボット」というとらえ方である。時代とともにとらえ方が変わっていく可能性はないわけではないが、無人航空機を扱う法律が「航空法」である事実から、「航空機の無人化」であると考えてのが妥当である。これは、ライト兄弟が人類で初めての動力飛行を成し遂げたのが1903年であるのに対して、カレル・チャペックがロボットという言葉をはじめて使ったのが1920年であったこと、つまり、歴史の古い方が優先されたとと言えるのではないだろうか。同じように、陸上ロボットは「車両の無人化」であり、水上ロボットは「船舶の無人化」と言う具合に、この考え方は、フィールドロボットに関して一般的に当てはまる。さて、ここで、無人航空機の歴史を簡単に振り返ってみる。

世界初の無人航空機は、カーチス N-9 複葉機を改造した“Sperry Aerial Torpedo”と呼ばれる航空魚雷（図1参照）と言われており、初飛行は第一次世界大戦中の1918年であった。1930年代には標的機、攻撃機も開発され、第二次世界大戦では、わずかではあるが実戦投入された。その後、無人航空機は主に軍用として発展し、1960年代には写真

図1 Sperry Aerial Torpedo [1]

原稿受付 2015年11月27日

キーワード: Unmanned, Aircraft, UAV

*〒320-8564 宇都宮市陽南 1-1-11

*Utsunomiya-shi, Tochigi

偵察機材を搭載したジェット推進の無人偵察機がベトナム戦争において、危険度の高い偵察任務に投入された。1980年代にはデータ通信技術の発達により、リアルタイムで画像情報を取得できるようになったため、無人航空機は、偵察・監視任務におけるキーエレメントとなった。現在、軍用の無人航空機において、最も進歩しているのが米国である。米国には、プレデターのようにパイロットは米国本土に居ながらにして、中東で無人航空機を飛行させて、作戦を遂行できるまでになっている。我が国においても、軍用の無人航空機が開発、装備化されているが、本稿では産業用無人航空機の歴史に焦点を当てる。

我が国において、産業用無人航空機として最も成功しているのが、産業用無人ヘリコプタである。我が国では、1960年前後から、有人ヘリコプタを使用して、農薬散布を行っていた。農薬散布においては、農薬の不必要な飛散防止のために、極力低高度から散布するのが望ましいが、飛行安全の観点から、有人ヘリコプタではおおむね対地 10[m] の高さから散布していた。しかし、不必要な飛散防止への要望が高まってきたため、より低高度から散布することが必要となった。そこで、人命に危険が及ぶことが少ない無人航空機を使用して、超低高度から農薬を散布することが考えられた。このため、農薬散布を行う産業用無人ヘリコプタが 1980 年代に開発が始められ、1988 年に最初の機種在市販が開始された。1991 年（平成 3 年）には、農林水産省「無人ヘリコプター利用技術指導指針」が制定され、この指針に基づく型式認定、機体登録、操縦者登録など、安全確保のための着実な取り組みがなされ、現在 2,500 機以上が稼働している。平成 26 年時点で、水稻への農薬散布は、有人ヘリコプタおよび無人ヘリコプタ合わせて約 97 万 [ha] 実施されているが、そのうちの 96% は無人ヘリコプタで実施されており [2]、無人航空機の商業活用の点で、世界で最も成功している事例と言える。

一方、近年ドローンと呼ばれる電動マルチロータヘリコプタが爆発的に普及している。マルチロータヘリコプタは 1989 年に日本のメーカーから発売されたが、当時は今日のような普及には至らなかった。今日の普及は、この 20 年間で MEMS (Micro Electro Mechanical System) 技術により姿勢センサ、飛行制御装置、GPS 機器等の小型化、高性能化により比較的容易に飛ばせるようになったことや、デジタル映像機器の高画質化、小型化により、美しい画像を手軽に撮影することができるようになり、空飛ぶデジタルカメラという位置づけで多くの個人ユーザに受け入れられたのが要因と考えられる。また、事業用としての活用も進みつつあり、空撮や測量に利用され、物流への活用も検討されている。

図 2 米国での無人航空機販売数予測

3. 無人航空機の民間市場予測

無人航空機関連産業は成長産業として注目を浴びており、国内外で様々な民間市場予測がされている。本稿では、米国と日本の民間市場予測例を紹介する。

3.1 米国の民間市場予測例

米国の無人航空機は軍用を中心に発達してきたが、軍事費における無人航空機の予算拡大が一段落したことから、民間無人機市場開拓に目が向けられている。このような背景の下、2013 年 3 月に米国無人機学会 (AUVSI: Association for Unmanned Vehicle Systems International) が米国の民間市場予測に関するレポートを公表した。これによると 2015 年から 10 年間で 820 億ドル=約 10 兆円 (120 円/ドルで換算) の経済的効果があるとされている。また、無人航空機の販売数は 2015 年に 4 万ユニット弱であったものが、2025 年には 16 万ユニットになると予想している (図 2 参照)。

このレポートは、無人航空機産業に関連する多くの専門家に、どのようなマーケットがあるか等のヒアリングを行った結果と日本における農業用途の無人航空機の成長経緯を参考に将来予測したものであるが、無人航空機の用途のほとんどが農業用途、次に多いのが治安であるとの結果であった [3]。この予測は、過去の実績を重視した、ある意味コンサバティブな予測であり、無人航空機の利用分野については、農業以外の用途開発は途上にあるということを意味する。しかし、これは同時に今後の用途開発への取り組み次第では、より大きなマーケットが期待できるものとも言えるかもしれない。

3.2 日本の民間市場予測例

近年、日本においても様々な民間市場予測が行われているが、ここに一例を紹介する。図 3 に国内の産業用無人航空機の用途別市場予測例を示す。この調査によると、国内民間市場規模は 2015 年の 16 億円から 2020 年には 186 億円へと急激に発展する。また、用途についても 2015 年時点では約 70% が農薬散布用途だが、2015 年以降は、農薬

図3 日本の産業用無人航空機の市場予測例

図4 UTMの概念図

散布の市場は微増だが、整備・先遣、測量などの市場が大きく拡大する[4]というものである。

AUVSIの米国民間市場予測では、農業用途が大部分を占めているのに対して、この日本民間市場予測では農業用途以外が、ほとんどを占めており、非常に対照的である。日本では農業用途の無人航空機が普及しており、発展のためには、農業用途以外への活用に大きな期待が寄せられているものと言えよう。

米国および日本の民間市場予測例を比較すると、用途に限っただけでも異なる見解があり、産業自体が発展途上かつ未知数が多い分野であるということを示しているとも考えられる。しかし、共通点もある。それは、米国および日本の民間市場予測例のいずれにおいても、「厳しすぎる規制」、「官民が連携した適切なルール作り」、「継続的な技術の進歩」が無人航空機産業の発展の前提条件として挙げられている。主に、これらにかかわる、無人航空機産業発展のための取り組み例のいくつかを以下に紹介する。

4. 無人航空機産業発展のための取り組み例

無人航空機産業発展のためには、安全が確保されていることが前提となる。無人航空機の安全を考える場合、人が搭乗していないので搭乗員の安全確保ではなく、「地上にいる第三者あるいは第三者の財産の保護」および「飛行している他の航空機等との衝突防止」が主眼となる。無人航空機は、有人航空機と比較した場合、マルチロータヘリコプタ等の小型の機体を念頭に置くと、安価で手軽であることが最大のメリットである。旅客機のように多額の経費をかけて、安全性を追求することは、経済的合理性を欠くことになる。したがって、無人航空機の特性を考慮した、安全確保のためのルールが必要となり、各国で無人航空機産業を発展させるためのルール作りのための検討が行われている。

無人航空機には、小さくて、地上付近を飛行するマルチロータヘリコプタから、旅客機並みの大きさで、高空を飛行するグローバルホークまで様々な機体がある。これらの無人航空機を一括りにして、まったく同じルールを適用す

るのは非合理的であることは容易に想像がつくだろう。現在、各国で進められている無人航空機のルールは、大まかにいうと、飛行する空域により二つに大別される。それは、「旅客機などの有人航空機が飛行する高高度や空港周辺の空域」と「有人航空機が飛行しない低高度の空域」である。

前者は、既存の航空交通管制システムが確立しており、旅客機が国内外に飛び交っている空域である。この空域でのルールは、国際民間航空条約（通称シカゴ条約）で規定されており、各国で多少の違いはあるものの、ほぼ万国共通である。この空域で飛行する無人航空機についても、既存の航空交通管制システムに適合することが望まれている。国際民間航空を所管している国際民間航空機関（ICAO: International Civil Aviation Organization）は、2020年代には、有人航空機と無人航空機をこの空域において、混在させて運航することを目指している。これについては、ICAOのホームページなどを参照されたい。

一方、後者の空域、つまり有人航空機が飛行しない低高度空域の管理については、各国に任されている。この空域を有効活用し、無人航空機産業を発展させるための取り組みが米国航空宇宙局（NASA: National Aeronautics and Space Administration）や、米国連邦航空局（FAA: Federal Aviation Administration）などで進められており、以下に紹介する。

4.1 NASA UTM (Unmanned Aerial System Traffic Management) [5]

NASAは、低高度の空域を活用するために、UTM (Unmanned Aerial System Traffic Management) と称する運航管理システムの構築を開始した。その概念図を図4に示す。UTM Systemとしては、大別すると2種類の運用場面が想定される。一つめは、精密農業や災害現場などの支援業務を行うことを目的とし、一時的で、時と場合によって移動する空域を対象にするもの（NASAは、“Portable UTM System”と称している）である。もう一つは、永続的に常設する運行管理システム（NASAは、“Persistent UTM System”と称している）である。

図5 UTM 整備計画 [6]

図6 Amazon 社提案の飛行高度帯案 [7]

2015 年 7 月 28 日から 30 日の期間、NASA Ames Research Center において、「UTM Convention 2015」が開催され、NASA は UTM 開発計画を発表した。これによると、UTM は 500 [ft] (約 150 [m]) 以下の低高度を対象として、飛行空域制限、気象情報サポート、交通量統制、機体飛行間隔統制などを行うものであり、NASA は、4 期に分けて、開発する計画である (図 5 参照)。第 1 期 (Build1) は、限定された空域かつ操縦者の目視範囲内で運航、第 2 期 (Build2) は、操縦者の目視範囲外、第 3 期 (Build3) は、インターネットでトラッキングできるようにし、第 4 期 (Build4) では市街地環境での運航を対象にしたもので、第 4 期の達成時期は 2019 年 3 月とされている。

「UTM Convention 2015」には、Amazon 社や、Google 社などの無人航空機に積極的な企業も参加し、運航に関する提案を行った。Amazon 社は、500 [ft] 以下の低高度空域の中に高速飛行ができる高度帯と低速飛行の高度帯を分けて管理する案 (図 6 参照) を、Google 社は、有人航空機で採用されている ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast) に似た動態管理システムを無人航空機に導入し、衝突防止などに利用することを提案 (図 7 参照) している。

4.2 FAA Pathfinders Project

FAA は、2015 年 2 月に “Small UAS Notice of Proposed Rulemaking” と呼ばれる、質量 55 [lbs] (約 25 [kg]) の小型無人航空機についての運航ルール案を公表した。これによると、対地高度 500 [ft] 以下、日中、目視範囲内の飛

The connected, cooperative UAS airspace ecosystem.

図7 Google 社提案の運航管理イメージ [8]

行、人の上を飛ばしてはいけない等の条件を課すものであった [9]。このルールは、安全性を最優先したものと考えられるが、無人航空機を積極的に活用しようという立場からは、制約が大きいのも事実である。そこで、安全性を確保しつつ、無人航空機の運航領域、条件の拡大を目指す取り組みが開始された。それが「Pathfinder Project」であり、2015 年 5 月に公表された。このプロジェクトは、「市街地における目視内運航」、「郊外における拡大目視内運航 (Extend visual line-of-sight: 操縦者以外の監視者をつけることにより、飛行範囲を広げること)」、「郊外あるいは隔離された空域での目視外運航」の三つについて研究するものであり、それぞれ民間企業が分担することとなっている。「市街地での目視内運航」については、CNN 社が市街地における取材目的での利用を、「郊外における拡大目視内運航」については、Precision Hawk 社が精密農業での利用を、「郊外あるいは隔離された空域での目視外運航」については、BNSF Railway 社がレール等のインフラ点検への利用を念頭に研究することとなった。

5. ま と め

これまで述べたように、米国では官民が連携して、無人航空機産業の基盤となるルール作りを加速させているが、日本でも「小型無人機に関する関係府省庁連絡会議」において、無人航空機の安全な飛行の確保と「空の産業革命」の実現を両立させるための制度設計をはじめとする取り組みが議論されている [10]。制度設計については、今年 (2016 年) 夏に、方向性が固められるとされており、急速に環境整備がなされるであろう。しかし、制度の整備は「空の産業革命」のための環境整備に過ぎない。空撮をはじめとして、インフラ点検や物流など、無人航空機の活用に関して、様々な実証試験が行われ、技術的な研究が進んでいるが、産業として成立するためには、無人航空機でしかできない用途、あるいは、既存の手段より圧倒的に優れた利便性や経済性が必要となってくる。今後、このような観点からの更なる技術開発、用途開発が望まれるだろう。

参 考 文 献

- [1] http://www.cradleofaviation.org/history/permanent_exhibits/world_war_i/curtiss_sperry_aerial_torpedo.html
- [2] 農林水産省ホームページ, http://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/g_kouku_zigyo/pdf/4suii.pdf
- [3] AUVSI: THE ECONOMIC IMPACT OF UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS INTEGRATION IN THE UNITED STATES, MARCH 2013.
- [4] シードプランニング社ホームページ, <https://www.seedplanning.co.jp/press/2015/2015041501.html>
- [5] NASA ホームページ, <http://utm.arc.nasa.gov/index.shtml>
- [6] Parimal. H. Kopardekar: "Unmanned Aerial Systems Traffic Management(UTM) SAFELY ENABLING UAS OPERATIONS IN LOW-ALTITUDE AIRSPACE," UTM Convention, p.8, 2015.
- [7] NASA ホームページ, [http://utm.arc.nasa.gov/docs/Amazon_Revising%20the%20Airspace%20Model%20for%20the%20Safe%20Integration%20of%20sUAS\[6\].pdf](http://utm.arc.nasa.gov/docs/Amazon_Revising%20the%20Airspace%20Model%20for%20the%20Safe%20Integration%20of%20sUAS[6].pdf)
- [8] NASA ホームページ, [http://utm.arc.nasa.gov/docs/GoogleUASAirspaceSystemOverview5pager\[1\].pdf](http://utm.arc.nasa.gov/docs/GoogleUASAirspaceSystemOverview5pager[1].pdf)
- [9] FAA ホームページ, https://www.faa.gov/regulations_policies/rulemaking/media/021515_sUAS_Summary.pdf
- [10] 内閣府ホームページ, <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/dai5/siryoku4.pdf>

細田慶信 (Yoshinobu Hosoda)

1984 年東京大学工学部航空学科卒業。同年富士重工業株式会社に入社, 以来ヘリコプタ型や固定翼型など多数の無人機システムの研究開発に従事する。2009 年航空機設計部担当部長 (無人機技術), 2014 年システム設計部部長。2013 年から日本産業用無人航空機協会会長を務める。(一社) 日本航空宇宙学会フェロー。