

# 無人航空機進化の変遷

—ホビードローン市場の確立まで—

## Evolution Changes in Drone

—Road to Hobby Drone—

楊 正 光（経営学研究科博士後期課程1年）

樋 口 徹（経営学部）

Yang Zhengguang（Graduate School of Management）

Higuchi Toru（Faculty of Business and Public Administration）

### 目 次

1. はじめに	156
2. 無人航空機の黎明期	157
2-1. 無人航空機の登場	157
2-2. 無人航空機制御の始まり	157
2-3. 軍事目的での開発	159
3. 無人航空機の萌芽期	159
3-1. 自動操縦原理の活用	159
3-2. 映像転送による遠隔操縦	160
4. 無人航空機の実践期	160
4-1. ミッションの多様化	160
4-2. 航続の長距離化	161
4-3. 高高度滞空型の登場	161
5. 無人航空機の民間転用段階	162
5-1. 小型化への動き	162
5-2. インターネットとの連携	163
5-3. ホビードローンの普及	163
6. おわりに	164
7. 参考文献	165

## 要 約

無人航空機の歴史は100年以上遡ることができ、有人航空機の歴史よりも長い。人々が周知している複数のプロペラから構成されるドローンの歴史は僅か20数年程度である。無人航空機が現在のマルチコプタータイプのドローンまでにどのように進化してきたのかを整理する。どのような技術革新を経て現在のドローンの礎が構築されたのかを明らかにするのが本稿の目的である。本稿では、最初の無人航空機の「始まり」からホビードローン市場の確立までを対象期間としている。

**キーワード：**無人航空機、ドローン、UAV、マルチコプター、民間転用

## 1. はじめに

世界の産業史からみると、産業革命ごとに代表的な新しい技術や物などがあった。例えば、第一次産業革命の蒸気機関と第二次産業革命の内燃機関が有名である。近年では、1970年代のコンピューターと1990年代のインターネットの普及によって生活や産業が大きく変化している。無人航空機あるいはドローンと呼ばれる小型の航空ロボットが民間で発展し始めてから僅か20数年しか経っていないが、現在は全世界のドローン市場が急速に伸びており、ドローンが次世代の代表的なものになるとの期待がある。無人航空機はパイロットが搭乗していない航空機であり、その中には人が遠隔操作するものとプログラミングに基づき飛行するものが含まれる。

現在は、マルチコプターと呼ばれる複数のプロペラを有する無人航空機がドローンとみなされることが多くなっている。実は無人航空機というものは軍事用の固定翼の大型機から民間用の小型機まで全てを含む幅広いものである。その中の UAV (Unmanned Aerial Vehicle) は軍事用の固定翼無人航空機であり、マルチコプターではないので、ドローンと呼べるか議論の余地がある。日本の国土交通省は無人航空機を「人が乗ることができない飛行機、回転翼航空機、滑空機、飛行船であって、遠隔操作又は自動操縦により飛行させることができるもの」と定義しており、いわゆるドローン (マルチコプター)、ラジコン機、農薬散布用ヘリコプター等が該当するとしている<sup>1</sup>。本稿では、無人航空機という用語を広義のドローンとして扱い、マルチコプタータイプの無人航空機を狭義のドローンとして扱う。

無人航空機は軍事目的で発展してきた。軍事用に開発されてきた無人航空機の技術が、商業 (産業用や民間個人) 利用の無人航空機の発展に大きく寄与するようになっている。近年、産業や民間利用が注目されるようになったが、全体の歴史からみると産業や民間利

---

<sup>1</sup> 国土交通省交通局 (2016)「無人航空機 (ドローン、ラジコン機等) の安全な飛行のためのガイドライン」<[www.mlit.go.jp/common/001202589.pdf](http://www.mlit.go.jp/common/001202589.pdf)> (2021年 5月22日アクセス)。

用の開発は始まったばかりである。将来は産業や民間利用の発展によって、技術研究開発が進み、無人航空機は社会における多様な場所で貢献すると期待されている。

無人航空機、いわゆるドローンの歴史は今から170年以上前の1849年に遡る。ドローンの進化は各時期の歴史的な背景の下で軍事目的に沿って発展してきた。この論文では、ドローンの無人飛行の試行錯誤を繰り返した時期を黎明段階（1849年～1918年）、明確な軍事目的で開発が進んだ時期を萌芽段階（1925年～1955年）、冷戦時代の偵察機として軍事で量産された時期を実践段階（1960年代～1980年代）、軍事用途から民間市場への民間転用段階（1980年代～2010年代）、ホビードローンが市場で成功し始めた時期を成長段階（2010年代～）とし、5期に区分けし、無人航空機の変遷を整理する。

## 2. 無人航空機の黎明期

### 2-1. 無人航空機の登場

1849年に、オーストリア帝国が気球を用いた「風船爆弾」でベネツィアを攻撃した。このオーストリア帝国による攻撃が史上初の無人攻撃機による爆撃とされており、黎明期の始まりとする。その後、1871年にはパリコミュンに対してフランス政府が気球から伝單を投下して降伏を迫るのに活用したこともある。これらは遠隔操作できないが、「無人航空機」の「源」として認識され、今日に至っている。

サミュエル・ラングレイ（Samuel Langley）は1894年5月6日から始まる一連の失敗の後に無人の蒸気駆動のモデル Aerodrome 5を完成させ、時速25マイルで90秒、距離は約0.5マイル、高度80～100フィートの飛行に成功した。1896年11月に、モデル Aerodrome 6は5,000フィート以上飛行した。これらのモデルは「無人飛行制御」を実行できなかったが、現代の固定翼無人航空機の原型となっている。その離陸方法は、今日の固定翼無人航空機の主要な離陸方法の1つに現在でもなっている。外観上、Aerodrome 6は Aerodrome 5とよく似ていたが、翼端が丸い点が異なっていた<sup>2</sup>。

### 2-2. 無人航空機制御の始まり

1892年に、ニコラ・テスラ（Nikola Tesla）は無線機の基本的なデザインを考案した。1898年11月8日、彼はラジコン・ロボット・ボートの特許を取得した。テスラは、1898年にマディソンスクエアガーデンで開催された電気展示会に電波によって制御されたこのボートを出展した。このラジコン・ロボット・ボートは無人航空機に向けた新たなインスピレーションをもたらした。

<sup>2</sup> Smithsonian National and Space Museum「Langley Quarter-Scale Aerodrome」<[https://airandspace.si.edu/collection-objects/langley-quarter-scale-aerodrome/nasm\\_A19050003000](https://airandspace.si.edu/collection-objects/langley-quarter-scale-aerodrome/nasm_A19050003000)>（2021年5月27日アクセス）。

1903年に、ウィルバー・ライト (Wilbur Wright) とオーヴィル・ライト (Orville Wright) のライト兄弟 (Wright Brothers) が有人航空に成功した。1907年、フランスにおいて Charles Richet 指導の下で、the Breguet Brothers は人が搭乗できる最初のヘリコプターを開発した<sup>3</sup>。そして、ローレンス・スペリー (Lawrence Sperry) は、1914年 6月18日にフランスの飛行機展示会に Curtiss C-2を出展し、最初に自動操縦を成功させた。ローレンス・スペリーの機はジャイロスコプ・スタビライザーを装備した画期的な航空機であった。ローレンス・スペリーはパイロットとして50,000フランを獲得した。ジャイロスコピック・オートパイロットは、主に20世紀初頭の航空用途に使われるオートパイロットシステムの先駆けであった。それ以降、この自動操縦の原理は、軍用と民間用の両方の多くの異なる航空機制御システムの基礎となっている。オートパイロットの導入により、自動操縦装置とリモート無線制御技術など航空機の発展に寄与した技術が本格化した。現在の無人航空機の技術的なコアを構成してきている。

1916年、ローレンス・スペリーの父であるエルマー・アムボロス・スペリー (Elmer Ambrose Sperry) はピーター・ヒューイット (Peter Cooper Hewitt) と共に、最初に成功した UAV であるヒューイット - スペリー自動飛行機を開発した。

表 1. 無人航空機の黎明期年表

西暦	出来事	備考
1849年	風船爆弾は1849年に初めてオーストリア部隊によってイタリアでの反乱鎮圧のために実戦投入された。オーストリア人が「風船爆弾」でベネツィアを攻撃した	この「風船爆弾」は遠隔操作ができないが、「ドローン」の「源」として認識されている。
1896年	ラングレーの無人の蒸気駆動のモデルの飛行に成功した。	Aerodrome5は「無人飛行制御」を実行できないが、現代の固定翼無人航空機の原型となり、Aerodrome5の離陸方法は、今日の固定翼 UAV (unmanned aerial vehicle) の主要な離陸方法の1つになっている。
1898年	1892年に、ニコラテスラ (Nikola Tesla) はラジオ制御の基本的なデザインを作成した。1898年11月8日、彼はラジコンロボットボートの特許を取得した。彼は、1898年にマディソンスクエアガーデンで開催された電気展示会で電波によって制御されたこのボートを使用した。	
1914年	ローレンススペリー (Lawrence Sperry) の自動操縦は、1914年 6月18日にフランスで最初に実証された。スペリーの航空機である Curtiss C-2は、ジャイロスコプ・スタビライザーを装備した唯一の航空機であった。	ジャイロスコピック・オートパイロットは、開発されたオートパイロットシステムの一つであった。20世紀初頭の航空分野で使われている。
1916年	スペリー (Elmer Ambrose Sperry) はピーターヒューイットに加わり、UAV の最初の成功した前駆体の1つであるヒューイット-スペリー自動飛行機を開発した。	
1917年	スペリー (Elmer Ambrose Sperry) は、ジャイロターン・インジケーターを発明した。方向性ジャイロとジャイロを使用後にホライズンが追加され、スペリーはすべての航空機の標準装備となる飛行計器のコアを作成した。	1917年、いくつかの N-9がスペリージャイロスコプカンパニーに提供され、ヒューイット-スペリー自動飛行機構成に変換された。
1918年	第一次世界大戦 (1914年 7月28日から1918年11月11日) の間、スペリー (Elmer Ambrose Sperry) の会社はジャイロスコプの軍事需要から利益を得た。	第一次世界大戦中、Elmer Ambrose Sperry は「飛行爆弾」の作成に取り組み、ラジコンを使用して航空魚雷を0.5マイル以上誘導した。

出所) 各種資料より筆者作成

<sup>3</sup> All the World Rotor Craft 「Breguet-Richet Gyroplane No.1」 <[https://www.aviastar.org/helicopters\\_eng/breguet\\_gyro.php](https://www.aviastar.org/helicopters_eng/breguet_gyro.php)> (2021年 5月27日アクセス)。

### 2-3. 軍事目的での開発

第一次世界大戦（1914年7月28日から1918年11月11日）中の1917年、エルマー・アムボロス・スペリーは航空機が旋回している時に発生する磁気コンパスが反対の位置を示す問題を解決し、ジャイロターン・インジケータを発明した。このターンインジケータは後に、現在のターンアンドスリップ・インジケータとして知られているものに改良された。エルマー・アムボロス・スペリーは方向性ジャイロに水平維持機能を追加し、すべての航空機の標準装備となる飛行計器のコアを作成した。同年、いくつかの Curtiss N-9（Curtiss N-9は、第一次世界大戦中に米国海軍によって使用されたカーチス JN-4「Jenny」軍用練習機のフロート水上機の変形）がスペリージャイロスコープカンパニーに提供され、ヒューイト・スペリー自動飛行機に変換され、パイロットレスの「航空魚雷」で使用することを目的とした新しい自動操縦コンポーネントの飛行試験が行われた<sup>4</sup>。

エルマー・アムボロス・スペリーの会社は第一次世界大戦中にジャイロスコープの軍事需要によって莫大な利益を得た。大戦中、彼は「航空魚雷」の作成に取り組み、1918年3月6日、ラジコンを使用して航空魚雷を0.5マイル以上誘導するのに成功した。その後、彼の技術は魚雷、船、飛行機、宇宙船でも使用された。スペリーは、彼が生み出した技術を爆撃照準器、火器管制レーダー、自動離着陸などの関連デバイスに応用し続けた。

## 3. 無人航空機の萌芽期

### 3-1. 自動操縦原理の活用

1925年に、英国においてパイロットレス航空機であったアーチボルド・ロウ（Archibald Low）教授が Royal Aircraft Establishment Larynx を開発した。この機は対艦兵器として使用されたが、同年9月からは自動操縦装置によって誘導可能な巡航ミサイルへと応用された。この機はドイツで開発されたツェッペリン（Zeppelin）爆撃機に対して使用することを目的としたラジコン複葉機であるラストンプロクター AT（Ruston Proctor AT）で使用されていた自動操縦原理を使用していた。

1932年、イギリス海軍は、対空訓練のための現実的な対空砲術目標の必要性を認識した。これには、離陸し、砲手の前を前後に飛行し、破壊されない場合は回収して再利用できるものが求められた。当時、飛行中のターゲットは通常、操縦された航空機によって牽引され、牽引航空機にぶつからないように射撃しなければいけなかった。パイロットレス航空機が実現

<sup>4</sup> VINTAGE Aircraft Association (2016). 「June 2016 Mystery Airplane-The Curtiss Model"N" Military Tractor」 < <http://eaavintage.org/june-2016-mystery-airplane-the-curtiss-model-n-military-tractor/> > (2021年5月27日アクセス)。

したのはタイガース (Tiger Moth) を改造したクイーンビー (DH.82B Queen Bee) であった<sup>5</sup>。

### 3-2. 映像転送による遠隔操縦

1940年、映像転送によって爆弾を敵戦艦に誘導するための取り組みがドイツで始まった。ヘンシェル航空会社のヘルベルト・ワーグナー (Herbert Wagner) がその指揮を執った。進行中の Hs293 (滑空爆弾) プロジェクトを達成するために、動力を遠隔操作しようとする取り組みであった。Hs 293は、爆弾の尾部のフレアを照準器で目視し、無線コマンドセットを用いて、遠方から滑空を微調整し、ターゲットに合わせるというシステム (MCLOS 誘導装置) として設計された<sup>6</sup>。

1942年に米国海軍が TDR-1 (第二次世界大戦中にインターステート・アンド・エンジニアリング・コーポレーションによりアメリカ海軍のため開発された初期の無人航空機) を開発した。この機では搭載カメラの映像伝送による遠隔操縦 (Television Guidance Systems) が可能となっていた。1955年に、米国陸軍が写真機や映像伝送装置を搭載した SD-1を開発した。これは、遠隔操縦による30分のフライトの後に帰還し、パラシュート回収されるという仕組みであった<sup>7</sup>。

表 2. 無人航空機の萌芽期年表

西暦	出来事	備考
1925年	9月に開始され、自動操縦装置によって誘導される初期の巡航ミサイルを開発した。	これは、アーチボルド・ロウ (Archibald Low) 教授によって開発され、ドイツのツェッペリン (Zeppelin) 爆撃機に対して使用されることを目的としたラジコン複葉機である。
1932年	イギリス海軍は、対空訓練のための現実的な対空砲術目標の必要性を認識し標的機を製造し始めた。	1934年から1943年まで英国は「タイガース」複葉機トレーナーを購入し、DH 82B「クイーンビー」に改造した。
1942年	米国海軍が TDR-1を開発した。	搭載カメラの映像伝送による遠隔操縦 (Television Guidance Systems) が可能となった。
1955年	米軍陸軍が写真機や映像伝送装置を搭載した SD-1を開発した。	遠隔操縦による30分のフライトの後に帰還し、パラシュート回収される仕組みであった。

出所) 各種資料より筆者作成

## 4. 無人航空機の実践期

### 4-1. ミッションの多様化

1962年に、Fire Fly という名前の米国空軍プロジェクトが Ryan Model 147 Lightning Bugを導入した。これは無人航空機で偵察 RPV (Remotely Piloted Vehicle) として開発された

<sup>5</sup> Vintage Wings of Canada「The Mother of All Drones」<vintagewings.ca> (2021年 5 月27日アクセス)。

<sup>6</sup> Abramson A. (2003). *The History of Television*, 1942 to 2000. McFarland p.6.

<sup>7</sup> 久保大輔 (2017)「無人航空機システム (ドローン) の歴史と技術発展」『計測と制御』第56巻 第1号。



ものであった。Ryan Model 147 Lightning Bug は、ジェット動力の無人航空機であり、以前の Ryan Fire bee 標的機シリーズが Ryan Aeronautical 社によって改造されたものであった<sup>8</sup>。

この Ryan Model 147 Lightning Bug は国立偵察局からの秘密資金の支援を受け、東南アジアで運用展開された。東南アジアで偵察任務を行う中で、センサーやペイロードなど複数の新しいシステムが使用、変更、改善された。この機によって実行されたミッションには、高高度および低高度の写真および電子空中偵察、監視、おとり、電子戦、信号インテリジェンス、および心理戦などが含まれていた。

#### 4-2. 航続の長距離化

1972年に、長距離電波航法技術の LORAN-C (Long Range Navigation) の派生型が Ryan Model 147SDL に組み込まれた。LORAN-C は主に船舶用として位置を把握するために利用されていたものであった。これにより、Ryan Model 147SDL の最大飛行距離は1720km となった。

1970～80年代に、米国において滞空型無人航空機の原型となる大型の実験機 (Condor, Compass Cope, Amber) が開発されたが、米軍には採用されなかった<sup>9</sup>。その理由は、米空軍がステルス戦闘機を実装し、危険な任務への無人航空機需要が低下したことがあり、無人航空技術の重要性も相対的に低下していたためである<sup>10</sup>。

#### 4-3. 高高度滞空型の登場

1998年10月1日に、グローバルホークの全プログラムをライトパターソン空軍基地の偵察システム計画局の航空システム・センターが統括することになった。RQ-4 グローバルホーク (RQ-4 Global Hawk) は、ライアン・エアロノーティカル社によって開発された無人航空機である。現在は同社を買収したノースロップ・グラマン社の製品になっている。RQ-4 グローバルホークはアメリカ空軍などによって使用されており、イラク戦争で実戦に投入されている。ほぼ完全な自動オペレーションが可能な高高度滞空型 (HALE: High Altitude Long Endurance) UAS (Unmanned Aircraft System) である。巡航高度は一般の航空機が飛行しない高高度 (最大19.8km) であり、他の航空機が飛行しない制限空域内運用において、滑走路へのタキシングから離陸、上昇、ウェイポイント飛行、降下、着陸、駐機場への移動まで、すべて自動で実行可能である<sup>11</sup>。

<sup>8</sup> Ehrhard T. (2010). *Air Force UAVs The Secret History*, A Mitchell Institute Study, pp.23-26.

<sup>9</sup> 前掲書 Abramson, A. (2003).

<sup>10</sup> 前掲書 Ehrhard T. (2010).

<sup>11</sup> United States General Accounting Office 「Unmanned Aerial Vehicles Progress of the Global Hawk Advanced Concept Technology」 <<https://www.gao.gov/assets/nsiad-00-78.pdf>> (2021年5月27日アクセス)。

表 3. 無人航空機の実践期の年表

西暦	出来事	備考
1962年	1962年以降、モデル147は、Fire Fly という名前の米国空軍プロジェクトの偵察 RPV(Remotely Piloted Vehicle) として導入された。	これから10年間、偵察 RPV によって実行されたミッションには、高高度および低高度の写真および電子空中偵察、監視、おとり、電子戦、信号インテリジェンス、および心理戦が含まれていた。
1972年	長距離電波航法技術の LORAN-C(Long RAnge Navigation) が一部の派生型に用いられた。	Ryan Model 147 Lightning Bug は、ジェット動力のドローン、以前の RyanFirebee 標的機シリーズから RyanAeronautical によって改造された
1970～80年代	米国において滞空型無人航空機の原型となる大型の実験機 (Condor, Compass Cope, Amber) を開発した。	開発はされたが、実際には米軍に採用されなかった。
1998年	RQ-4 グローバルホーク (RQ-4 Global Hawk) は、ライアン・エアロノティカル社によって開発された無人航空機であった。	ほぼ完全な自動オペレーションが可能な高高度滞空型 (HALE:High Altitude Long Endurance)UAS(Unmanned Aircraft System) である。

出所) 各種資料より筆者作成

## 5. 無人航空機の民間転用段階

### 5-1. 小型化への動き

ホビー用の無線操縦型ラジコンヘリコプターがベルヒラー式スワッシュプレート搭載型で、1968年頃に西ドイツのディータル・シュルター (Dieter Schlüter) 社で誕生した。これはホビー用ラジコンとしては世界初であった<sup>12</sup>。当時飛行時間は約10分で、現在の模型用ラジコンヘリコプターレベルに達していた<sup>13</sup>。

1989年に、キーエンス社 (現: アキュヴァンス社) からマルチコプター形式のラジコン模型、ジャイロソーサー E-170が市販された。これは世界で初めて市販され、本格的に普及するようになったマルチコプターである。

2001年に、AeroVironment 社が開発した Raven1 (全備重量2kg 程度の小さな固定翼機) が初飛行した。GPS 航法による自律飛行能力とリアルタイム映像伝送能力を有し、米国陸軍等に採用され、2万機近い機数が量産された。

1990年代～2000年代に、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems: 機械要素部品、センサー、アクチュエータ、電子回路を一つのシリコン基板、ガラス基板、有機材料などの上に微細加工技術によって集積化したデバイスを指す) 技術によるジャイロおよび加速度センサーの劇的な小型化と低価格化が進み、現在ではスマートフォンやゲームコントローラ等、身近な電気製品に組み込まれるようになった。1990年代には二次電池技術においても重要なブレイクスルーがあった。リチウム系二次電池の実用化である。2000年には、GPS 測位精度を意図的に落とす規制 (SA: Selective Availability) が緩和されたことにより、高精度

<sup>12</sup> VRHC Vintage RC Helicopter 「RC Helicopter History - 1970」 <<http://www.vrhc.co.uk/Heli%20History/1970/1970%20-%20Heli%20History.htm>> (2021年 5月27日アクセス)。

<sup>13</sup> 波野健蔵 (2018) 『ドローン産業応用のすべて』オーム社、第一版、p.17。



な位置測位が民間でも容易に利用できるようになった。これらの技術をベースとする GPS/INS 複合航法技術も発展し、小型軽量の装置でも高い航法精度が得られるようになった。

## 5-2. インターネットとの連携

2010年に、軍用は別にして一般的なコンシューマー向けドローンとして認知が広がったのは、2010年に発売されたフランスのパロット社の AR.Drone であった。これが世界的なヒット商品となり、人気を博したことが切掛けになった。それまでは軍用・産業用の無人航空機ばかりで、一般消費者向けの空撮ドローン業界は存在していなかったのも、非常に革新的な製品であった。iPhone/iPad/iPod Touch などに専用アプリをダウンロードすることで、それをコントローラとして使用できる画期的なクワッドコプターとして登場した。

また、スマホと Wi-Fi によりつながることで、機首と腹部に搭載されたカメラの映像をスマホの画面で見ながら飛行させることができるようになった。FPV (First Person View) 飛行が可能となった。6 軸ジャイロ搭載、超音波センサーによる高度計測など GPS は搭載されていないが、今のドローンとも遜色ないくらいの性能があった。

## 5-3. ホビードローンの普及

今後、ドローンを見る視点としてインターネットとの関係が重要となる。その視点から今後のドローンは大きく二つに分けられるであろう。一つは多くの人が空撮などに使っているインターネットの延長線上にないドローンである。そして、もう一つは「インターネットの延長線上にあるドローン」である<sup>14</sup>。

このインターネットの延長線上にないドローンは2010年代から人々のホビーとして普及しつつある。ホビードローンの代表的な企業は中国の DJI 社 (SZ Dà-Jiāng Innovations Science and Technology Co. Ltd.) である。DJI 社のプロシューマー向けファントム・シリーズは、高い飛行性能と低価格を武器に、空撮などの分野で市場の約 6 割を押さえていると推定されている。同社はより小型で高性能な空撮ドローンの開発に力を入れており、「空飛ぶカメラ・メーカー」とも呼ばれている<sup>15</sup>。

2012年に、今も主力商品として発売されている DJI「PHANTOM」シリーズが売り始めた。さまざまなメーカーからのデバイスを組み合わせた DJI「PHANTOM」はドローンとして飛行するのに必要な要素をすべて揃ったオールインワンパッケージのドローンとして注目を集めた。モーターやリポバッテリーだけでなく、飛行に必要な送信機、そしてフライトコントローラーまでを機体に詰め込んでいた。さらに、簡単な操作で安定した飛行が可能

<sup>14</sup> 高城剛 (2016)『空飛ぶロボットは黒猫の夢を見るか?』集英社、p.50。

<sup>15</sup> 小池良次 (2018)『ドローンビジネスレポート』内外出版社、p.14。

で、発売後大ヒットを著した。カメラやジンバルは別に用意する必要があるが、「ドローンでの空撮」という新しいマーケットが登場した。

「インターネットの延長線上にあるドローン」の誕生は、2014年に発売された「PHANTOM2 Vision+」にあると言えるであろう。具体的には、まず DJI がオリジナルでカメラを機体に搭載した。GoPro などサードパーティのアクションカメラと決別したとも言える。そして、そのカメラからの映像を、スマートフォンにインストールしたアプリのアルバムで見ることができるようになったのもこの機種からである。この機種は世界中で大ヒットし、DJI 社の躍進を大きく支えることになった<sup>16</sup>。今後、ドローンはインターネットを介し、社会の中で様々な用途での産業活用が本格化すると期待されている。

表 4. 無人航空機の民間転用段階年表

西暦	出来事	備考
1989年	キーエンス社(現:アキュヴァンス社)からマルチコプタ形式のラジコン模型、ジャイロソーサー E-170が市販された。	これは世界で初めて市販されたマルチコプタと言われている。
1990年～2000年	MENS 技術によるジャイロおよび加速度センサの劇的な小型化と低価格化が進み、近な電気製品に組み込まれるようになった。	1990年代には二次電池技術においても重要なブレークスルーがあった。2000年には、GPS を使い、高精度な位置測位が民間でも容易に利用できるようになった。これら技術をベースとする GPS/INS 複合航法技術も発展し、小型軽量の装置で高い航法精度が得られるようになった。
2001年	AeroVironment 社が開発した Raven1(全備重量2kg 程度の小さな固定翼機)が初飛行した。	GPS 航法による自律飛行能力とリアルタイム映像伝送能力を有し、米国防軍等に採用され、2 万機近い機数が量産された。
2010年	発売されたフランスのパロット社の AR.Drone が世界的なヒット商品となった。一般消費者向けの空撮ドローン業界は存在していなかったため、非常に革新的な製品であった。	iPhone/iPad/iPad Touch などに専用アプリをダウンロードすることで、それをコントローラとして使用できる画期的なクワッドコプターとして登場した。
2012年	現在も主力商品として発売されている DJI 「PHANTOM」シリーズが発売された。	「ドローンを使った空撮」という新しいマーケットが登場した瞬間でもあった。
2014年	「PHANTOM2 Vision+」という機体の登場が、大ヒット商品になった。	この機体は世界中で大ヒットし、DJI 社の躍進を大きく支えることになった。

出所) 各種資料より筆者作成

## 6. おわりに

本稿では、無人航空機の誕生からホビー機の普及までの変遷を整理した。無人航空機の歴史にとってホビードローン市場の発展した段階で民間転用段階にたどり着いたと言える。現在、狭義のドローン(複数のプロペラを持つマルチコプター)の産業利用の歴史は始まったばかりである。今後は商業用の小型ドローンが主流となるであろう。このようなドローン市場規模は年々拡大し、2025年に428億ドルに達し2020年の2倍になると予想されている。これからもドローンを巡り、色々な周辺産業やサービスの本格化が期待できるであろう。今後の課題として商業用のドローンの進化と成長の要件を考察していく。

<sup>16</sup> DJI 「Phantom 2 Vision」<<https://www.dji.com/jp/phantom-2-vision-plus>> (2021年5月27日アクセス)。

## 7. 参考文献

- Abramson A. (2003). *The History of Television, 1942 to 2000*. McFarland.
- All the World Rotor Craft 「Breguet-Richet Gyroplane No.1」 <[https://www.aviastar.org/helicopters\\_eng/breguet\\_gyro.php](https://www.aviastar.org/helicopters_eng/breguet_gyro.php)> (2021年 5 月27日アクセス)。
- Ehrhard T. (2010). *Air Force UAVs The Secret History*, Mitchell Institute Study.
- DJI 「Phantom 2 Vision」 <<https://www.dji.com/jp/phantom-2-vision-plus>> (2021年 5 月27日アクセス)。
- Drone explore the future 「ドローン市場2020~2025年。成否を知る 5 つのポイント」 <<https://www.drone.jp/news/2020062415254336597.html>> (2021年 5 月27日アクセス)。
- Smithsonian National and Space Museum 「Langley Quarter-Scale Aerodrome」 <[https://airandspace.si.edu/collection-objects/langley-quarter-scale-aerodrome/nasm\\_A19050003000](https://airandspace.si.edu/collection-objects/langley-quarter-scale-aerodrome/nasm_A19050003000)> (2021 年 5 月 27 日 ア ク セ ス)。
- United States General Accounting Office 「Unmanned Aerial Vehicles Progress of the Global Hawk Advanced Concept Technology」 <<https://www.gao.gov/assets/nsiad-00-78.pdf>> (2021年 5 月27日アクセス)。
- VINTAGE Aircraft Association (2016). 「June 2016 Mystery Airplane-The Curtiss Model"N" Military Tractor」 <<http://eaavintage.org/june-2016-mystery-airplane-the-curtiss-model-n-military-tractor/>> (2021年 5 月 27 日アクセス)。
- Vintage Wings of Canada 「The Mother of All Drones」 <<http://www.vintagewings.ca/VintageNews/Stories/tabid/116/articleType/ArticleView/articleId/484/The-Mother-of-All-Drones.aspx>> (2021年 5 月27日アクセス)。
- VRHC Vintage RC Helicopter 「RC Helicopter History - 1970」 <<http://www.vrhc.co.uk/Heli%20History/1970/1970%20-%20Heli%20History.htm>> (2021年 5 月27日アクセス)。
- 久保大輔 (2017) 「無人航空機システム (ドローン) の歴史と技術発展」『計測と制御』第56巻 第 1 号。
- 小池良次 (2018) 『ドローンビジネスレポート』, 内外出版社。
- 国土交通省交通局 (2016) 「無人航空機 (ドローン, ラジコン機等) の 安全な飛行のためのガイドライン」 <[www.mlit.go.jp/common/001202589.pdf](http://www.mlit.go.jp/common/001202589.pdf)> (2021年 5 月27日アクセス)。
- 高城剛 (2016) 『空飛ぶロボットは黒猫の夢を見るか』 集英社。
- 波野健蔵 (2018) 『ドローン産業応用のすべて』 オーム社, 第一版。

