

フォトニクスで飛躍する電動飛行

ヴァレリー・コフィ・ロズィヒ

「空飛ぶクルマ」、「eVTOL(電動垂直離着陸機)」、「巨大ドローン」など、さまざまな呼び方があるが、フォトニクスは、急成長する自律型の電動航空機の実用化において大きな役割を担っている。

空飛ぶクルマの登場は遠い先の話ではない。試算によると、全電動式及びハイブリッド電動式の空飛ぶクルマは、なんと700件も開発されており、その多くが実際に飛行している⁽¹⁾。市場調査会社の米マーケット&マーケット社(MarketsandMarkets)によると、eVTOL航空機の世界市場規模は2021年に85億米ドルで、2030年までにはCAGR(年平均成長率)15%で308億米ドルに達する見込みである。

その資金はどこから出ているのか。政府(主に政府機関のプログラム)や軍事・航空宇宙関連業者、航空宇宙企業、航空会社、自動車メーカー、法人企業、ベンチャーキャピタル、学術研究、個人による世界的な取り組みだ。NASA、米ボーイング社(Boeing)、トヨタ、米ウーバー社(Uber)、米インテル社(Intel)、マサチューセッツ工科大などが出資しているが、これは米国内だけでも全体のごく一部に過ぎない。合併、設計競争、生産契約などの活発な動きが見られたが、すでに収束の方向に向かっている。なぜなら、実用化されるのはほんの数十種類の設計モデルに限られるからだ。

娯楽用の全電動式の空飛ぶクルマが2022年に世界初の市販品として発売された。同年中頃には、スロバキアのエアロモビル社(Aeromobil)またはスウェーデンのジェットソン・エアロ社(Jetson Aero)(図1)から空飛ぶクルマを「予約注文」できる運びとなった。

インフラや規制が整備されているかどうかにかかわらず、すでに多数のプロトタイプが飛行しており、こういった空飛ぶクルマにはすべて、先進的なフォトニクス技術を数多く搭載している。有機EL(OLED)ディスプレイ、赤外線(IR)カメラ、可視光カメラ、レーザ高度計、ライダーセンサ、赤外線センサなどである(図2、3)。つまり、長年にわたりジェットソン社が、有人飛行に対し、直面する現実的な問題に取り組み、目指していたことが、実現しつつあると言える。

空飛ぶ電気自動車の開発への主な動機は、都市交通とそれに伴う混雑、騒音、燃料消費、汚染という世界的な問題である。次世代エアモビリティ(AAM)またはアーバンエアモビリティ(UAM)の目標は、航空路に沿って電動で自律飛行する都市のエアタクシーやエアシャトルのようなものだ。例えば、空港から駅まで、ビルの屋上から別の

ビルの屋上まで、便利で静かな、かつ時間の節約になる、持続可能でクリーンな交通手段を実現することである。

アーバンエアモビリティ産業で最も注目され、追求されている一般的な飛行体が、自律飛行型の「電動垂直離着陸機」(eVTOL)と呼ばれる航空機だ。この軽量でバッテリー駆動のエアタクシーは、大規模空港によくある自動運転モノレールのように、短距離飛行を繰り返すために使用されるため、通常、無人運転になるように設計されている。

オンデマンド型のライドシェアフライトのコストは、将来的には1旅客マイルあたり2ドル程度にまで下がり、現在の地上交通のUberXと同程度になる可能性がある、業界では試算されている。

1人から2人乗り用の娯楽用途のeVTOLは、世界初の市販品である。ジェットソン・エアロ社製の「ONE」は、ジョイスティックを搭載した人間



図1 1人乗り用eVTOL「Jetson ONE」は、残念ながら、2022年と2023年については、すでに完売している。しかし、92000ドルで、2024年に市販される同空飛ぶクルマの予約注文は可能だ。スウェーデンから配達された後、自分で組み立てる必要がある。Jetson ONEは、米国では超軽量航空機に分類され、操縦士免許は不要だが、郊外での飛行に限定されることになる(提供:ジェットソン社)

サイズのドローンであり、超軽量航空機に該当するため、操縦士免許は不要だ。米国をはじめ多くの国では、米国連邦航空局（FAA）Part 103の規制により、Jetson ONEの飛行は空港ゾーンから離れた郊外で日中のみ限定されている。

ONEは、充電1回あたり時速63マイル（時速102km）で20分間飛行でき、独自のライダアシストによる障害物・地形回避機能を搭載している。また、他の多くの設計モデルと同様に、推進システム、フライトコンピューター、パラシュートシステムに二重、三重の冗長性を確保するといった安全対策が施されている⁽²⁾。

米空軍は2022年6月、「AFWERX Agility Prime（アジリティプライム）」プログラムの一環として、スタートアップ企業の米リフトエアクラフト社（Lift Aircraft）からeVTOLモデル「Hexa」5機を調達する計画を発表した（図4）。同プログラムの目的は、従来のヘリコプターに代わる、より安価で燃費の良い航空機を導入することである。1人乗り用で18基のローターを持つHexaも、超軽量航空機に該当し、同じく操縦士免許は不要だ。胴体下部にフロートがあり、水陸両方でソフトランディングが可能である。

AFWERX Agility Primeプログラムの予算には、試験及び評価用のeVTOL航空機計24機を2023年度の新興企業から調達する360万ドルが組み込まれている。該当企業としては、リフト社、米国のフェニックスソリューションズ社（Phenix Solutions）、ジョビー・アビエーション社（Joby Aviation）、エルロイエア社（Elroy Air）、ムーグ社（Moog）、ベータ・テクノロジー社（Beta Technologies）などが挙げられる。



図2 エアロモービル社の「Flying Car 4.0」の内部には、超薄型でエネルギー効率の高い有機ELが最適な多数のディスプレイが見られる（提供：エアロモービル社）



図3 米エアロGアビエーション社（AeroG Aviation）の10人乗り用ハイブリッド式の空飛ぶクルマ「AG4」の室内キャビンの図では、天井全体が有機ELディスプレイで覆われ、景色などが外部カメラからディスプレイに映し出されることが示されている（提供：エアロG社）



図4 米空軍のAFWERXプログラムでは、2022年5月3日、フロリダ州ハールバートフィールドで、リフトエアクラフト社の「Hexa」を使用して同軍初の有人eVTOL飛行を行った（提供：米空軍 軍人サージェント・テイラー・クルル氏）

障壁

規制やインフラの機能不全は依然として障壁となっているが、アーバンエアモビリティ市場向けに設計されたeVTOLの多くは、各国の認証審査を1件ずつ通過する必要がある。日本のスタートアップ企業のスカイドライブ社は、空飛ぶクルマを開発する有志団体カーティベーター（CARTIVATOR）からスピニアウトし、2022年9月にアーバンエアモビリティ市場の最新型

eVTOL「SD-05」を発表した。第5世代の空飛ぶクルマである同機は、ドローン型で、12枚のプロペラを持つ超軽量の娯楽・通勤市場向けである。同機は2人乗り用（1人は操縦士）に設計され、1100ポンド（500kg）の荷物を運搬可能で、時速62マイル（100km）で31マイル（50km）の航続が実現できる（図5～7）。日本国土交通省航空局（JCAB）は2022年3月、スカイドライブ社の「型式証明」申請を受理し、耐



図5 スカイドライブ社は、eVTOL「SD-03」の試験飛行が成功したことで、日本での型式証明取得と将来のモデル商用化への道が開かれた(提供:スカイドライブ社)



図6 スカイドライブ社製「SD-05」の図に見られるように、ペリポートやターミナルはまだ建設されていない(提供:スカイドライブ社)



図7 スカイドライブ社は、2025年に大阪で開催される国際博覧会にて、有人eVTOLの飛行する環状ルートを構想している(提供:スカイドライブ社)

空性と安全基準の審査、そして最終的には製造証明の審査へとつながる道を歩んでいる。米国では、FAAが同様の手続きを行っている。

スカイドライブ社は認証を待つ一方で、2025年に大阪で開催される国際博覧会で、エアタクシーの実機サービスを公表し、環状ルートで拠点から拠点へ乗客を運ぶ予定だ。さらに、同社は、2022年9月にシリーズCラウンドの資金調達で96億円を調達し、米国に事務所を開設したと発表し、空港と共通目的地間の「ラストマイル」の空の移動手段を提供する計画を推進している。

「スカイドライブ社の排出ガスを出

さない空飛ぶクルマは、駐車場やビル屋上のヘリポートなどの小さなスペースで離着陸できるように設計されており、空飛ぶクルマを日常の移動手段として現実的な選択肢にできる」と、同社CEOの福澤知宏氏は述べている。

2022年7月下旬、米サムソン・スカイ社製(Samson Sky)の有人電動ハイブリッド式の路上走行可能な飛行機「Switchblade」が飛行試験のためのFAA認可を受け、米国市場初の入手可能な空飛ぶクルマとして発売された(図8)。

3輪2人乗り用のSwitchbladeは、翼を折りたたむと小型飛行機から走行可能な自動車に切り替わる。17万ドル

で、購入者は約1週間かけて熟練技術者とともにSwitchbladeの51%以上を自分で組み立て、実験機としてFAAに認定される必要がある。離陸に1100フィート(335m)の滑走路を、着陸にはより短い700フィート(213m)の滑走路を必要とするガスエンジンのハイブリッド電気自動車として、SwitchbladeはVTOLでもなく、(まだ)全電動式でもないが、多数のeVTOL企業と同様に、サムソン社の初期設計は空を飛ぶことに注力しており、将来的には、無操縦者電動式モデルの設計に移行する計画がある。

チップに搭載のライダー

自律型電動飛行の安全性を高める重要なフォトニクス技術の1つが、かつてないほど小型化したライダーセンサだ。ライダーセンサは、レーザ光のパルス(紫外線、可視光、近赤外線)を使って、物体や物体表面までの距離の変化を感知できる。自律型航空機用のライダーシステムは、1秒間に数百万点ものレーザビームを送信し、車両周囲のあらゆる物体の3D点群をリアルタイムに作成できる。ライダーは、20社以上の公表済みeVTOLの設計に導入されている。主な導入企業は、蘭エアバスSE社(Airbus SE)、米アーチャー・アヴィエーション社(Archer Aviation)、米ウィスク・アエロ社(Wisk Aero)、モビルアイ社(Mobileye:イスラエル・エルサレム)、ジェットソン社などである。

新規上場のライダースタートアップ企業のルミナー社(Luminar)は、同社の地上走行車用のチップ集積型の3Dライダーマッピング機能を、eVTOLやその他の将来の空中飛行技術に活用しようとしている。ルミナー社は現在、スウェーデンのボルボ社(Volvo)、独

アウディ社(Audi)、独ダイムラー・トラック社(Daimler Truck)の自律走行機能を支えている。同社は2021年、欧州航空宇宙企業の子会社であるスペインのエアバス・アップネクスト社(Airbus UpNext)との提携を発表し、開発中のさまざまな新型航空機に同社のライドマッピング技術を取り入れている。チップ集積型のライドは、超小型で信頼性が高く安価な光学センサを実現し、自律的に障害物を回避し、着陸点へ誘導できる。

エアバス・アップネクスト社は、チップ集積型のライドを使用した概念実証を成功させ、その実証をもとに自律飛行の安全性を高める設計を開発している。自律空中飛行分野におけるルミナー社の他の提携企業としては、インテル社傘下のモービルアイ社やトヨタ・リサーチ・インスティテュート社などが挙げられる。

別のライドスタートアップ企業である米ボヤント・フォトニクス社(Voyant Photonics)は、周波数変調連続波(FMCW)ソリッドステート式ライド技術の開発のために、2022年3月に1540万ドルの資金調達を受け取った。ボヤント社製ライドは、1550nmのアイセーフ領域を中心に、光フェーズドアレイやビームステアリング機能など数万個の光電子部品を1つのチップに搭載している。

同社の技術では、わずか1.8Wの消費電力で、数百メートルの範囲まで移動する物体の速度を測定できるため、小型で安価でありながら非常に感度の高いライドを必要とするeVTOL用途に有用だ。最近の数百万ドルの投資により、2022年後半には、同社初のテストキットを順番待ちリストに掲載の顧客に納品できる運びとなった。ボヤント社は、同社のソリッドステート式



図8 サムソン・スカイ社製の3輪と折りたたみ式の翼を備えた、有人の空飛ぶクルマ「Switchblade」は、数か月後に納品するキットの予約注文を受け付けている。滑走路が必要で、数点の組み立てを必要とする(提供:サムソン・スカイ社)

ライドを、2023年の第1四半期または第2四半期に商用発売できると見込んでいる。

旅客用途の空飛ぶ電気自動車の設計モデルは、その大半がまず有人操縦式になると見込まれており、無人操縦式航空機は貨物のみを扱うことになる。有人操縦式eVTOLの設計モデルは、半自動の有人アシスト機能を持ち、最終的には無人操縦式の完全な自律飛行型に移行する予定だ。

多くの企業と同様に、アーチャー社とジョビー社は、完全自律飛行型に移行する前に、有人操縦式で市場に参入する計画である。2022年12月には、ジョビー社のS4航空機が、FAAから耐空証明を取得した最初のeVTOL設計モデルとなった。アーチャー社とジョビー社の両社は、2024年のサービス開始に向けて、FAA認定を完全取得できる見込みだ。

タクシーサービスの飛行経路は、主に固定された専用航路を利用することになる。自動操縦技術は飛行機が発祥であるため、eVTOLについても理にかなっている。多くの企業は、人的要素を排除することは、航空事故の主な原因であるヒューマンエラーを排除することだと述べている。

地上走行車には、がれき、歩行者、縁石、他の車などの障害物があるが、指定された空路には障害物がほとんどないと見込まれている。バードストライク(鳥衝突)対策は、eVTOLの場合も飛行機と同様だ。当然ながら、大きな「鳥」は小さな鳥たちを、特に彩度の高い鮮明な色やマークを持つ鳥を撃退できる。それでもなお、eVTOLも小型飛行機と同じように、バードストライクに耐えられるような構造でなければならない。

「eVTOLの進化」の最終段階は、無人操縦式自律航空機であるが、すでに人間を排除した無人操縦式航空機に直接移行する企業も数社存在する。例えば、ウィスク社は2022年1月にボーイング社から4億5千万ドルの資金を受け取り、人間が地上から操作する自動操縦の電動エアタクシーの開発を進めている。同年10月には、4人乗り用の自律型電動エアタクシー「Gen 6」をFAAの型式証明取得に進む計画を発表している。運転手のいない自動車よりも先に、操縦士のいない空の旅が普通になる時代が来るかもしれない。

参考文献

- (1) See Evtol.news.
- (2) See <https://youtu.be/GAVwYIvmNEM>.