



# デジタル・トランスフォーメーション時代のeVTOL機

現在、航空宇宙 / 防衛業界にはイノベーションの大きな波が押し寄せています。新しい推進技術の導入、超音速飛行、アーバン・エア・モビリティやeVTOL機の市場の急成長といった動きを私たちは目にしています。こうした中で、イノベーションと複雑性に対処するためのデジタル・ソリューションの知識こそが、成功と迅速な市場参入の鍵となります。

この記事では、性能と効率を左右するeVTOL機の空気力学的設計とその関連要素を取り上げます。eVTOL機がいま最も魅力的な航空機のかたちの1つであることは疑う余地がありません。ティルト・ローターとティルト・ウィングのどちらを採用すべきか、あるいは両者を組み合わせるべきなのか、eVTOL機の空気力学的設計で要求さ

れる意思決定は無数にあります。この記事では、そのいくつかの例を考えてみます。

**eVTOL機の空気力学的設計と最大の特徴**  
eVTOL機はとても魅力的な姿をしています。空気力学的設計上、決定的な要素としてティルト・ローター、ティルト・ウィングがあります。空気力学的設計は難しいテーマですが、流体力学や熱伝達などさまざまな工学原理を考慮しなくてはなりません。eVTOL機の空気力学的設計は性能、効率、航続距離にも影響するためきわめて重要な課題です。

空気力学的設計そのものが独自のものですが、ヘリコプターも含め従来の航空機は、時代が変わっても見かけも雰囲気も同じように設計されていました。しかし今日の新しいドローンやすべてのUAM車ではか

なり変化しています。ティルト・ローターは約20年前に作られたV-22から始まったと思われることが多いのですが、実際は1902年に、フランス系スイス人の兄弟、アンリ・デュフォーとアーマン・デュフォーが考案しているのです。彼らは1904年2月に特許を取得し1905年にその成果を公表しました。つまりティルト・ローター概念自体は古いのですが、表舞台に出たのは最近のことと言えます。アーバン・エア・モビリティの場合、企業にとって構成上の目の付け所はたくさんあります。ティルト・ローター、ティルト・ウィング、ローターは4個、6個、8個など、サイズや形がさまざま、推進型プロペラが付いたものもあり、空気力学的設計には検討の余地が多くあります。そしてeVTOL機の「e」、つまり電気系も重要です。バッテリー容量をうまく利用するためには重量、

性能、速度、効率を慎重に調整しなければならず、そこには空気力学の問題が大きく関わることになります。ローターの動力学特性、ホバリングやクルージングといった異なる飛行フェーズへの対応など、どれくらいの高度を飛行するかによっても変わり、地表近くを飛ぶ場合には風や乱気流に対処できるような飛行方式が必要です。したがって、eVTOL機の設計には多数の可動部品が必要です。

### 企業はさまざまな要因にどう対処しているのでしょうか

従来の方法に新しい手法を組み合わせています。たとえば数値流体力学を用いてCFD解析と風洞試験を組み合わせる方法や、地上試験や飛行試験の方法などは、過去に行ってきたものから変化しています。さらにこれらすべてを統合して1台の航空機を製作するのに必要な領域横断的な設計、分析、最適化の新たな手法も生まれています。この最適化の手法を通して、企業はシミュレーションを早期に実施し新しい設計を短い時間で見いだしています。

数値流体力学とはどういうもので、なぜeVTOL機の空気力学的設計において重要なのでしょうか。企業はこれまでエンジニアリングについての理解を深め、さまざまな疑問を明らかにする目的でマルチフィジックスCFDを活用してきましたが、最近の使われ方を見ると基本的に単純化された形状について、外面的な空気力学を検討するための手段とされてきました。しかし、そのような時代は終わり、有効な使い方として乗り物の真の性能、実地における性能を詳しく調べることができる、忠実度の高い流体力学解析や熱伝達解析を自動化して行えるようになりました。これは空気力学的設計において航空機の航続距離を延ばし、安定性を高めるために大変役に立っています。

過去15～20年の間に実施されたプログラムでは、必ず何らかの機能のシミュレーションが行われていました。組織がCFDの利用を検討する際に、考えなければならない

ことはいくつかありますが、まず実証済みの使える手法やベストプラクティスは存在するか、結果の妥当性確認をどのように行うかなど、過去に比較できるものがないeVTOL機の設計では特に重要です。たとえば「最初期のシコルスキーそっくりの外観にしよう」というわけにはいかないため、データの妥当性を確認する必要があり、風洞や飛行試験のデータが必要になります。数値計算法の妥当性確認も必要です。認証取得プロセスにおいてシミュレーションを活用するには、数値計算法のメカニズムとその適用方法が適切であるかどうかを見極めなくてはなりません。そのために、このような重要なケースは可能な限り飛行試験で検証します。

### 顧客をどのように支援できるのでしょうか

カリフォルニア州サンタクルーズに本社のあるJoby Aviation社が一つの良い例です。いち早くeVTOL機に注目して、垂直飛行から前進飛行への移行に関する革新的戦略の開発につながる研究を始めた企業です。同社の課題はいわゆる「吹き出し翼」方式を採用することにあります。この方式では基本的に、1組の小さいプロペラ付き電動モーターを翼に取り付け、垂直飛行時にはそれを傾けることで上昇できます。通常の飛行をするにはナセルの角度を変えることで巡航態勢に入ります。巡航時には、それほど多くの推進エンジンは必要ありません。プロペラをナセルに格納すればエネルギー消費を抑えられます。Joby Aviation社が苦労したのは、「誰かがこんなことをやっている。これが使えるかどうか試してみよう」と言える前例がなかったことです。そこで彼らは開発の初期に空気力学と電動モーターが発する熱の冷却について研究しようと、シーメンスとパートナーシップを結んだのです。そこにはNASAも参加していて、NASAはやがてX57 Maxwellと呼ばれるものを開発しました。これはJoby Aviation社の技術を利用した吹き出し翼方式の固定翼機です。ここで最も重要なことは、まず空気力学であり、それから妥当性確認の方法です。同社が空気力学全般をめぐる戦略

を開発すること、手法が実際に使えるかどうかを検証することを目的としてNASAおよびシーメンスと協力したことは、政府機関と民間企業の素晴らしいパートナーシップの例であり、シーメンスは設計の進行に大きく貢献できました。彼らは今、次のアーバン・エア・モビリティ製品の開発の最終段階にあり、間もなくテストを始める予定です。短い間に多くの進歩があったのです。

### シーメンスのXceleratorポートフォリオ

要点の1つである認証は、どんなプログラムでも一番費用のかかるプロセスです。Joby Aviation社の製品のように前例のない乗り物の場合、FAA (米国連邦航空局) に耐空性の型式証明を要求した場合、当局は前例を検索して「これまでに類似の製品は出ていないね」と回答するでしょう。そのような場合にXceleratorが役に立ちます。要件からはじまりシミュレーションやテストを実施し、結果をコンプライアンスの手段として活用するまでのプロセス全体をデジタル・スレッドで結ぶというのが、Xceleratorの考え方です。デジタル・スレッドがなければ、認証段階でプログラムは本当にストップしてしまいかねません。これは認証だけでなく、製造をどう進めていくかを考える上でも重大なことです。実験機を1台製作するのは簡単ですが、アーバン・エア・モビリティの生産台数は数百にはなり、それらをいかにデジタル製造戦略に組み入れるかを考えなくてはなりません。また、柔軟性の問題においてJoby Aviation社の社内ではシーメンス以外のツールセットも使っていて、それらをデジタル・スレッドにリンクさせるオープンで簡単な方法がなければ、デジタル・スレッドの途中のどこかで正常に動作しなくなるおそれがあります。流体力学は、それらを総合してバーチャルまたはリアルなデジタル・エンジニアリング戦略をまとめ上げるために必要なものです。シーメンスはお客様が革新的なアイデアをもとに、認証済みの航空機を完成させるお手伝いをします。

Xceleratorには、プログラムのライフサイクル全体を通して使えるツールが揃っています。複雑性に対処するための包括的なデジタル・ツインは、企業に変革をもたらすもので、ライフサイクル全体に有効であり、接続性を保証します。デジタル・トランスフォーメーションによる生産性の向上は、スタッフの連携、タスクとワークフローの自動化、アプリケーション間でのシームレスなデータのやりとりなどにも、イノベーションの効果は見られます。CADからシミュレーションや製造環境への移行を助け、接続性を提供し、作業を自動化することによって、技術チームには難しい課題を解決したり、クリエイティブなソリューションを思いついたりするゆとりが生まれる。デジタル・トランスフォーメーションとはそういうものです。こうした新しいソリューションが企業のイノベーションを加速するのです。

シーメンスの航空宇宙 / 防衛ソリューションは一歩進んだイノベーションを実現し、明日のテクノロジーを現実的な、実績ある方法によってお客様に提供します。

この記事は「イノベーション」ポッドキャスト・シリーズ (Episode#2) の概要です。  
音声 (英語) でお聞きになりたい方は以下のページにアクセスしてお聞きください。  
Episode#2: eVTOL Aerodynamic Design through Digitalization