

# システムモデリングとシミュレーションで水素エンジン航空を開拓



Universal Hydrogen社は、Modelon Impactを使用して、独自の液体水素供給システムを設計、検証、シミュレーションしています。

カリフォルニア州ロサンゼルスとフランスのトゥールーズにあるエンジニアリングセンターから、Universal Hydrogen社は真のゼロ・カーボン燃料を商業化することで、飛行の未来を築いています。また、水素を燃料とする商業飛行を近い将来に実現することで、航空業界をパリ協定の排出目標達成に向けた軌道に乗せるという大きな使命を担っています。水素燃料サービスの国際的なパイオニアとして、Universal Hydrogen社は水素を燃料とする航空に斬新なアプローチをとっています。

同社は、水素を燃料とする航空機を一から製造するのではなく、モジュール式の液体水素コンバージョンキットを製造しています。コンバージョンキットには、水素を貯蔵するための新しいモジュール式水素カプセルが組み込まれています。コンバージョンキットは、2023年までの試験飛行で使用されたようなリージョナル・ターボプロップ機に搭載されています。水素モジュールは燃料電池を使った電気パワートレインに接続され、水だけを排出する空の旅を提供します。

## 課題

液体水素設計エンジニアであるThéophile Coutant氏は、民間航空機に搭載するUniversal Hydrogen社の液体水素カプセルの設計、検証、試験プロセスの中核を担っています。このモジュールは、飛行機の胴体を模したユニークな形状をしており、既存の荷役機器を使って航空機に積み込むことができます。Universal Hydrogen社は、各カプセル内の液体燃料を最大化すると同時に、充填、貯蔵、運転中の温度と圧力を制御し、安全性を確保しなければなりません。

「モジュラー・アプローチは、競合他社とは一線を画しています。できるだけ早く脱炭素化するために、私たちの業界には、コストのかかるインフラを新たに構築する時間はありません。すでに液体水素が充填されたカプセルを環境に配慮した生産拠点から世界中の空港に輸送することで、私たちは付加価値を高め、競合他社よりもはるかに早く水素を利用した飛行を可能にする可能性を持っています。」とThéophile Coutant氏は語っています。



Universal Hydrogen

## 課題

民間航空機に搭載する液体水素カプセルの部品サイズ、制御ループの設計、設計の検証

## 解決策

- Modelon Impact
- 蒸気サイクルライブラリ、液体冷却ライブラリ、熱交換器ライブラリ

## 結果

- 液体水素航空機供給システムの最初のモデルが完成
- タンクの安全かつ継続的な機能を管理する制御ループの構築
- 実際のテストデータを使ってモデルを検証し、新たな物理的プロトタイプの実験を追求



Modelon Impact

Modelon

液体水素の充填、輸送、気化を効率的に行うことは、Universal Hydrogen社のビジネスモデルにとって非常に重要です。極低温(-250°C)に保たれた液体水素は、高いエネルギー密度を有します。カプセル内の条件が正確に維持されなければ、液体水素は熱の侵入によって沸騰し、高度に加圧されたシステムが適切に設計されていないと、安全性に重大な懸念が生じます。

民間航空機のさまざまな運転条件を考慮すると、Universal Hydrogen社はどのようにすればシステムが意図したとおりに機能することを保証できるのでしょうか？どのようなシステム設計が、液体水素の適切な貯蔵、加熱、および電動パワートレインへの液体水素の流れを提供するのでしょうか？

Universal Hydrogen社は、水素コンバージョンキットの迅速な商業化とシステムのテストの成功を確実にするため、システムシミュレーションとモデリングに注目しました。同社のチームは、以下のようなシステムシミュレーションツールを必要としていました。

1. 液体水素の充填、貯蔵、抽出、流通時の挙動を正確に表現する
2. シミュレーションデータから得られる知見を活用して、重要な設計上の意思決定を共同で行うことができる
3. 物理的なプロトタイプデータを用いてモデルの性能を検証する

航空用のシミュレーションソフトウェアツールは何十年も前から存在していますが、多くの従来のツールには制限があり、最新のチームのニーズを満たすことはできません。例えば、従来のツールはローカルにしかインストールできないため、チーム間でのコラボレーションが困難な場合があります。さらに、これらのツールは、さまざまな関係者が提供されたモデルを活用できるようにするためのFunctional Mockup Unit (FMU)のエクスポート機能を欠いていることが多いです。Universal Hydrogen社は、アジャイルなエンジニアリングとコラボレーションを行うことを重視しました。

## 解決策

Universal Hydrogen社は、システムシミュレーションソリューションとしてModelon Impactを採用しました。液体水素コンバージョンキットと関連する熱管理システムのモデルを構築する際、Universal Hydrogen社は、水素タンク、パイプ、バルブ、熱交換器を使用しました。蒸気サイクルライブラリ、液体冷却ライブラリ、および熱交換器ライブラリの既存のコンテンツを利用することで、モデル構築にかかる時間を大幅に短縮することができました。他のシステムシミュレーションソリューションを使用した場合、必要なコンポーネントモデルを構築するのに数週間から数カ月を要したでしょう。その代わりに、Modelon Impactには多くの必須コンポーネントモデルが既に存在しており、初日から利用することができました。

Universal Hydrogen社は、モデロンの航空宇宙分野の専門家に、彼らのモデルを反復して開発するよう依頼しました。モデロンチームのモデルベース設計の高度な知識と航空宇宙の経験は、Universal Hydrogen社のチームのモデル構築を支援しました。

## 結果

液体水素は極低温であるため、Universal Hydrogen社は液体水素カプセルの可動部品数を制限したいと考えていました。フランスのツールズで行われた共同作業セッションでUniversal Hydrogen社とモデロンの専門家は、液体水素航空機分配システムの最初のモデルを構築するために協力しました。このモデルは、システム全体の圧力と温度の明確な予測を提供し、Universal Hydrogen社がコンポーネントの最適な位置と追加コンポーネント(アキュムレーターなど)の潜在的な必要性を研究することを可能にしました。



Universal Hydrogen社のパワートレインのプロトタイプが、屋外に設置された実物大のアイアンボードでテストされ、設計を検証するための運転データが収集されます。

Universal Hydrogen社の後付けシステムの物理的なプロトタイプが屋外でテストされ、システムモデルを検証するための追加的な動作データが収集されました。

Universal Hydrogen社の最終設計は、液体水素タンク内の温度と圧力の変化、および電動パワートレインへの液体水素の流量を制御



Universal Hydrogen社は、航空機への実物大水素カプセルの搭載を実証。

できるものでした。タンクの安全かつ継続的な機能を管理するために、一連のバルブとパイプを介した制御ループが作られました。

過渡状態と定常状態の両方のシミュレーションを行った後、Universal Hydrogen社は、モデルの結果を物理的なプロトタイプデータと比較しました。これらの比較によって新しいモデルが検証され、Universal Hydrogen社は液体水素カプセルの設計に自信を持つことができました。

「異なるモデルで結果を見たり、比較したりすることがいかに簡単であるかは、非常に印象的でした。モデロンと一緒に、より直感的です。シミュレーションを使用して答えを得るまでの時間は、カスタムコードのモデリングや他のシミュレーションツールと比較して、2~3分の1に短縮されました。」とThéophile Coutant氏は述べます。

Universal Hydrogen社は、完全なモデルを短期間で完成させ、開発コストを削減し、液体水素コンバージョンキットの商品化までの時間を短縮しました。

「コラボレーションは私たちにとって重要です。私たちは1つのモデルで作業しているので、全員の作業が標準化され、アクセスしやすくなっています。Modelon Impactを使うことによって我々の仕事を容易に外部に提供し、他のチームと共有することができます。」と、液体水素設計エンジニアのTheophile Coutant氏は続けて述べました。

Modelon Impactと当社の航空宇宙分野の専門家は、Universal Hydrogen社のモデリングとシミュレーションに対する初期要件を満

たし、重要な開発に対する納期を短縮しました。Modelon Impactのようなクラウドベースのプラットフォームと私たちのチームの知識を組み合わせることで、Universal Hydrogen社がより持続可能な航空産業を構築する際の戦略的な意思決定を可能にします。

Universal Hydrogen社は、Modelon Impactで液体水素システムの構築とテストを続けています。