

Honda Aircraft Company は、先進システム用統合テスト施設 (ASITF) の完全自動化を実現し、記録的な早さで新しいビジネスジェットの量産を可能にしました。



First Flight in Real Time



Honda Aircraft Company は 2008 年に、HondaJet の開発用として、ノースカロライナ州グリーンズボローにある同社の研究開発施設内に世界レベルのシミュレーションおよびテスト施設を設立しました。同社にとって、この先進システム用統合テスト施設 (ASITF) は、エンジニアリングシステムの開発、妥当性確認、および検証のための中核施設です。Honda Aircraft Company では、Hardware-in-the-loop (HIL) システムを採用するにあたり、さまざまな HIL ベンダーを徹底的に調査し、リアルタイムでのシミュレーションを実現可能な dSPACE HIL システムを選定しました。dSPACE では、選定後の数カ月間で、Honda Aircraft Company がアビオニクス用インターフェースや全自動デジタルエンジン制御装置 (FADEC) のテストを閉ループシミュレーションでもポイントツーポイントでのブレイクアウト解析でも完全に行うことができる新しい HIL 相互接続アーキテクチャを開発しました。HondaJet チームが、HondaJet ASITF 1 号機の初飛行に成功したのは、2009 年 10 月 9 日でした。これは、HondaJet が米国連邦航空局 (FAA) の基準に適合した機体として初飛行を果たす約 14 カ月前のことであり、プログラムにとっての大きな節目であったと同時に成功への重要な一歩となりました。

研究段階

Honda 社は、1980 年代後半に航空機の研究を開始しており、同社のエンジニアはこれまでの 20 年以上の経験に基づいて先進的な航空宇宙技術の研究や開発を行っています。HondaJet の初期設計は、1997 年に Honda Aircraft Company の現社長兼 CEO である藤野道格氏によって示されました。そのわずか 1 年後には、HondaJet の設計に関する研究が開始され、HondaJet の特徴であるエンジンマウントデザイン「Over-The-Wing Engine Mount」(OTWEM) 構成が誕生しました。その後も多くの画期的な出来事が続きました。 >>



アイアンバード (左) と 3 台の dSPACE HIL シミュレータを含むテストラボ (中央)

- 2003年：HondaJet コンセプト実証機の初飛行
- 2005年：EAA エアベンチャー (オシュコシュ) での HondaJet の世界デビュー
- 2010年：FAA の基準に適合した HondaJet の初飛行
- 2012年：HondaJet の量産開始
- 2013年：FAA から HondaJet の型式検査承認を取得し、FAA パイロットによる搭乗テストを開始
- 2014年：HondaJet 量産 1 号機の初飛行

HondaJet には、航空機設計における革新的な技術が多数採用されています。たとえば、特徴的な OTWEM 構成により、空力抵抗の低減が可能になっており、航空機の性能と燃費が劇的に向上しています。また、独特な機体設計により、飛行時の騒音も減少し、機内のスペースと貨物積

載能力も拡大しています。HondaJet は、2 基の低燃費 GE Honda HF120 ターボファンジェットエンジンによって推進力を得ています。

先進システム用統合テスト施設 (ASITF)

HondaJet ASITF は、主に航空機テスト設備とリアルタイムテストおよびシミュレーションシステム (RTSS) という 2 つの設備で構成されています。この施設の開発は、システム統合部門のシニアマネージャである Masa Hirvonen 氏の指揮下で行われました。HondaJet ASITF では、実際の航空機システムのハードウェアとソフトウェアが空間的な配慮に基づいて配置されており、実際の航空機の電気系統に接続されています。RTSS では、アピオニクスシステム、環境、および空気力学のシミュレーションを行います。RTSS には dSPACE のリアルタイムハードウェアおよび I/O が使用されてお

り、Honda Aircraft Company が開発した高精度な 6 自由度の空気力学モデルおよびリアルタイム Simulink エンジンモデルを実行します。また、GPS および超短波全方向無線設備 / 計器着陸システム (VOR/ILS) 信号などのナビゲーション用無線周波数 (RF) データのリアルタイムシミュレーションも行えるよう、その他のシミュレーション機能も組み込まれています。HondaJet ASITF には、主要な航空制御システム (PFCS) を完全に再現できる統合型の電子制御負荷システム (EXLS) も装備されています。HondaJet のアピオニクス構成には、2 つのタッチスクリーンコントローラを備えた Garmin G3000™ Avionics Suite が使用されており、フラップ作動システム (FAS)、燃料油量計システム (FQS)、自動飛行制御システム (AFCS)、前輪ステアリングシステム (NWSS)、電動パワーステアリングシステム (EPS) などの実部品も統合システ



「システムの開発および統合において、効率性や再現性に優れ、完全にトレース可能なテストを実現するためには、テストの実行からシステム要件へと遡ってすべてのプロセスを追跡できるトレーサビリティおよびテストオートメーションが不可欠です。これらを実現できたことで、当社は他のさまざまな航空機プログラムに対して優位性を確保することができました」

Masa Hirvonen 氏、システム統合シニアマネージャ、Honda Aircraft Company



「dSPACE 製のハードウェアとソフトウェアを使用することで、HondaJet プログラムに必要な先進的なシミュレーション機能およびテスト機能を迅速に実装することができました。また、オープンで拡張可能なアーキテクチャにより、当社の拡大するニーズに合わせてテスト施設を開発し拡張することもできました。dSPACE により提供された素晴らしいツールやサービス、サポートがなければ、当社の開発チームだけで目標を達成することはできなかったでしょう」

Benjamin Hager 氏、リアルタイム制御設計・シミュレーションエンジニア、
Honda Aircraft Company

ムに含まれています。つまり、HondaJet ASITF には、エンジニアリングシミュレータ、組み込みテスト施設、および「アイアンバード」(航空機型テストベンチ)の長所が最適な形で 1 つにまとめられています。

テストシステムのセットアップ

dSPACE は、先進的なテストインターフェースやテストオートメーション、高精度のシミュレーション機能を実現する RTSS を提供しています。RTSS は、基本的に 3 台のフルサイズ HIL ラック (アビオニクスインターフェース (RTSS1 および RTSS2) 用のラック 2 台と航空機エンジン (FADEC インターフェース用エンジン HIL) 用のラック 1 台) で構成されています。RTSS システムでは、5 個の拡張ボックスに搭載された 6 個の DS1006 プロセッサボードを使用しており、次の I/O および通信をサポートします。

- 820 チャンネルのディスプレイ I/O
- 180 チャンネルの ARINC429 (90 TX, 90 RX)
- 240 チャンネルのアナログ I/O
- 複数のシリアルデータバスインターフェース
- Ethernet インターフェース (UDP および TCP/IP)

RTSS では、専用の信号ブレイクアウトインターフェースシステムが使用されており、システムのテストおよびシミュレーションを次の 4 つの動作モードで行うことができます。

1. 手作業によるテスト (従来のシステムブレイクアウト)
2. コンピュータ支援テスト (ControlDesk® を使用)
3. 自動化テスト (AutomationDesk を使用)
4. Pilot-in-the-Loop テスト (アイアンバード機能を含む)

RTSS では、ハーネス相互接続およびブレイクアウトボックスシステムを使用してい

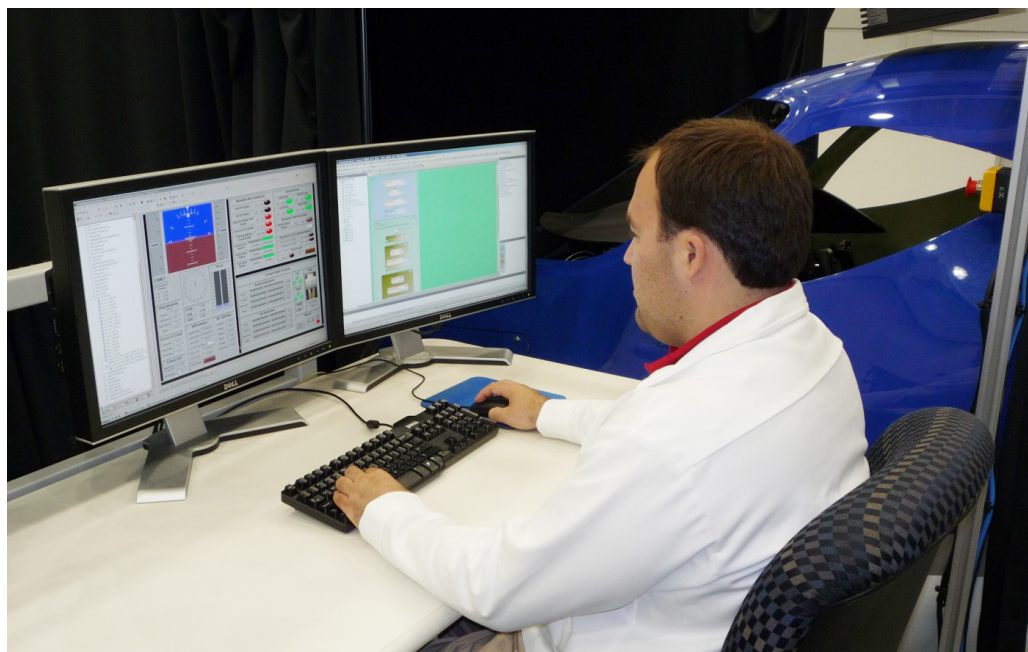
ます。これにより、信号をそのまま送信する、ブレイクアウトして解析する、バイパスしてシミュレーションする、またはアイアンバードテストベンチに直接接続することができます。

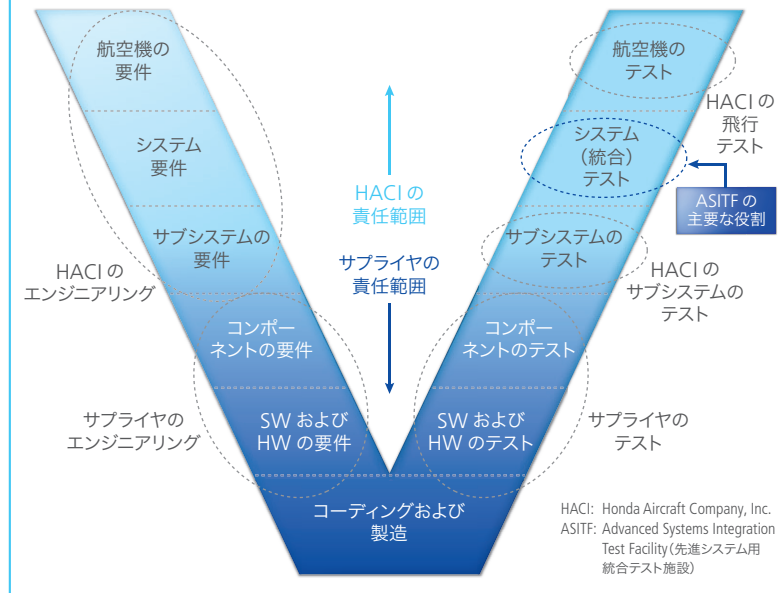
システムシミュレーションの制御およびインターフェース

RTSS システムの中核には、エンジンシミュレーションモデルやさまざまな航空機システムのテストインターフェースを統合した

>>

アビオニクス計器 (Primary Flight Display) を備えた dSPACE ControlDesk と dSPACE AutomationDesk を使用したテストシステムを操作する Benjamin Hager 氏 (リアルタイム制御設計・シミュレーションエンジニア、Honda Aircraft Company)





V サイクルに沿った HondaJet プログラムの開発プロセス。dSPACE シミュレータは、主にシステム統合フェーズで使用されます。

高精度の 6 自由度航空機シミュレーションモデルが使用されています。このモデルはマルチプロセッサシステムに分散して処理されるため、全帯域幅でのモデル制御や、ARINC メッセージおよび I/O スループットの並列処理が可能です。RTSS で閉ループシミュレーションを実行すると、ASITF「航空機」をリアルタイムで飛行させることができます。リアルタイムエンジンモデル (RTEM) シミュレーションでは、HF120 ターボファンエンジンを実際の FADEC ハードウェアに接続して閉ループでシミュレートすることができます。GPS および VOR/ILS のリアルタイムシミュレーション (RF 信号) では、有人飛行中のナビゲーションデータをシミュレートします。Pilot-in-the-Loop モードでは、視界表示システムのインターフェースおよびアニメーション機能を使用して、フライトシミュレーションの相互作用を直接確認できます。この視界表示システムは、Pilot-in-the-Loop テストでは不可欠です。Honda Aircraft Company のエンジニアは、ユーザーインターフェースを ControlDesk でプログラムし、最も重要な航空機サブシステムへ迅速にアクセスするインターフェースを作成することができます。テストを容易に行うことができます。また、関連する API を使用して ControlDesk を拡張することで、適合トリムを適用したり、リ

アルタイムモデル向けのインターフェースを提供したりできます。また、テスト用のセットアップを簡単に準備することも可能です。Appl Tools Solution で提供される dSPACE テストオートメーションブロックを使用すれば、複雑な I/O の使用状況やインターフェース接続を管理することもできます。さらに、ARINC ラベルからレイアウトおよびモデルを自動的に作成することにより、システム内の大量のメッセージを容易に使用することができます。信号の定義はモデルから取得されます。また、Python スクリプトを使用すると、各種信号を XML 形式で HondaJet のカスタム計器設定に自動的にマッピングできます。インターフェース制御定義 (ICD) を使用すると、モデルおよび RTSS システム内の信号を処理しているすべてのシステムインターフェース信号を管理することができます。RTSS で使用されるすべてのソフトウェアの管理および制御は、IBM® Rational® ClearCase® で行われており、ソフトウェア内部の問題の解決や変更の追跡には、IBM Rational ClearQuest® が使用されています。

V サイクルに沿った開発

Honda Aircraft Company では、システムの開発時に確立された V サイクルを使用しています。また、サブシステムやシステ



「当社の先進システム用統合テスト施設 (ASITF) は、HondaJet の開発および認証プログラムを常にサポートする強力なツールです。ASITF を使用すれば、システム全体の統合深度を評価することができます。これにより、航空機の安全性が向上し、最終的に当社のお客様の期待を上回る先進的な小型ジェット機を開発することができるため、お客様に長期的に満足していただけます」

藤野道格氏、Honda Aircraft Company 社長兼 CEO

ムの開発手法に応じて、顧客およびサプライヤの責任範囲を定義しています。図示の通り、ASITF の中心的な業務は、システムの統合および妥当性確認です。ASITF の役割は、以下のタスクと責任範囲で定義されています。

- アイアンバードの機能を含む HIL テスト施設
- 航空機サブシステムの統合テスト
- 航空機システムの機能テスト
- Pilot-in-the-loop (PIL) テスト
- 飛行テスト、量産およびフリートサポート

テストの自動実行

HondaJet ASITF チームは、dSPACE AutomationDesk によって記述された自動化テストスクリプトを使用することで、「無人テスト」を実施することができました。これはチームにとって、夜間や週末も

含めて 24 時間 365 日ほぼ監視を行わずに飛行制御およびアビオニクスシステムのテストを行えることを意味します。「これにより、Honda Aircraft Company の開発チームは、さらに詳細かつ綿密なテストを ASITF で行えるだけでなく、要件トレーサビリティも把握できるようになります」と、dSPACE の技術スペシャリストリーダ、Jace Allen は述べています。Honda Aircraft Company では、要件仕様とテストプランの記述に IBM Rational DOORS® を使用しています。特定の要件は DOORS 内でテストケースにリンクされ、HondaJet のテストケースは dSPACE Connect&Sync により AutomationDesk のテストおよびプロジェクトにリンクされます。AutomationDesk でテストケースを実行した後で、テスト結果を DOORS ドキュメントに再インポートすることもできます。これにより、Honda Aircraft Company

では、テストプロセスにおけるトレーサビリティを保証し、要件を現在のテスト結果に直接接続することができました。Honda Aircraft Company では、このトレーサビリティを応用して、dSPACE SYNECT® Test Management ベースの統合型テスト管理機能を拡張することも検討しています。 ■

Honda Aircraft Company のご厚意により寄稿

HondaJet 量産 1 号機
の初飛行の動画：
www.dspace.com/go/dMag_20152_HJET



HondaJet プロジェクトの概要

Honda Aircraft Company は、HondaJet の開発に向けて、世界レベルのシミュレーションおよびテスト施設を設立しました。この先進システム用統合テスト施設 (ASITF) は、エンジニアリングシステムの開発、妥当性確認および検証のための中核施設です。Honda Aircraft Company では、dSPACE シミュレータやテストオートメーションソフトウェア dSPACE AutomationDesk などのツ

ルを使用することにより、飛行制御システムやアビオニクスシステムのすべてをテストすることができます。Honda Aircraft Company のエンジニアは、信頼性と効率性に優れたアビオニクスの検証と妥当性確認を実現するには、dSPACE 製のハードウェアおよびソフトウェアツールが重要だと考えています。開発者は、dSPACE ツールにより次の手法を使用することができます。

- 手作業によるテスト
- dSPACE ControlDesk を使用したコンピュータ支援テスト
- dSPACE AutomationDesk を使用した自動化テスト
- Pilot-in-the-Loop テスト (アイアンバードの機能を含む)