

dSPACE

2/2015

MAGAZINE



Porsche社 – バーチャルな走行テスト page 18

HondaJet – 飛行シミュレータによる航空機開発 | page 6

Continental 社 – HIL によるモーター ECU の試験 | page 24



お客様の声

レーストラックでの自動運転

Audi RS 7 自動運転コンセプトは、車両の自律走行をレースサーキットでレーシングカー並みのスピードで行えることを実証した、革新的な先進技術プラットフォームです。

「MicroAutoBox は、RS 7 自動運転コンセプトのアクチュエータをリアルタイムで制御するための信号処理を実行しています」

Peter Bergmiller 氏、運転支援システム開発、AUDI AG



この動画では、Audi RS 7 自動運転コンセプトの実証のために、ホッケンハイムリンクレースサーキットで実際に自動運転で車両を走行させている様子をご覧ください。
(www.dspace.com/go/dMag_20152_RS7)

「機能開発から量産コード生成やコントロールの妥当性確認まで、幅広い範囲に対応するツールチェーンにより、当社は航空宇宙開発プロジェクトでも重要な役割を果たしています」



dSPACE という社名は「宇宙」を連想させるかもしれませんが、当社の業務では自動車産業関連が多くの割合を占めています。もちろん、これは自動車業界から多大な需要があるおかげですが、dSPACE が多くの分野で常に最先端の技術を提供し続けている成果でもあります。とはいえ、当社はそれ以外の分野のアプリケーションにも常に熱意を持って取り組んでいます。航空宇宙産業は、以前から当社にとって重要な分野の1つであり、専用のインターフェースやパスサポートの提供を続けてきました。

今回の dSPACE Magazine では、合計 3 つの記事が航空宇宙アプリケーションに関するものです。もちろん、Porsche のピークルダイナミクスアプリケーションに関する記事のことではありません。ご存じの通り、Porsche は空を飛ぶための乗り物ではありません。

Airbus Defence and Space 社では、安定した離陸と着陸が可能な宇宙船の開発を行っています。しかも、同社は従来の手法では開発に 15 年かかるところを、ラピッドコントロールプロトタイプング手法により 4 年という短期間で目標を達成しました。船体に搭載された複数の MicroAutoBox のモデルで

制御されるジェット推進式ロケットの動画を見ると感慨深いものがあります。この開発成果は、dSPACE のハードウェアとソフトウェアが無ければ実現しなかったと言える素晴らしいものですが、今のところ MicroAutoBox を MicroSpaceBox に改名しようとは考えていません。

一方、HondaJet の開発には長い期間がかかりました。dSPACE が HondaJet のシステム統合テスト用シミュレータの実用化に向けたサポートを開始したのは 2008 年でした。2009 年に、Honda Aircraft International 社は HondaJet の初飛行に成功しましたが、それにはシミュレータが大きく貢献したと発表されています。私が数年前に同社のテスト施設を訪問した際には、アビオニクス機器の性能やテスト結果はすでに安定していましたが、膨大な数の信号の処理や非常に広範囲のテストの自動化が必要であり、まだ多くの課題が山積していました。2015 年、HondaJet の販売が開始されますが、HondaJet チームの成功を心より祝福いたします。継続は力なり。このことを dSPACE もよく知っています。

社長 Dr. Herbert Hanselmann

HONDA AIRCRAFT社 | PAGE

6



BMW社 | PAGE

12



上海交通大学 | PAGE

36



dSPACE MAGAZINE は、下記により定期的に発行されています。

dSPACE GmbH · Rathenaustraße 26
33102 Paderborn · Germany
Tel.: +49 5251 1638-0
Fax: +49 5251 16198-0
dSPACE-magazine@dSPACE.com
www.dSPACE.com

広告条例管理責任者: Bernd Schäfers-Maiwald
編集長: André Klein

テクニカルライター: Thorsten Bödeker,
Michael Lagemann, Ralf Lieberwirth, Sonja
Lillwitz, Thomas Pöhlmann, Julia Reinbach,
Dr. Gerhard Reiß

協力: Jace Allen, Dr. Ulrich Eisemann,
Doreen Krob, Dr. Klaus Lamberg, Thomas
Sander

編集および翻訳: Robert Bevington, Stefanie
Bock, Anna-Lena Huthmacher, Dr. Michelle
Kloppenburger, dSPACE Japan 株式会社

デザインおよびレイアウト: Jens Rackow,
Sabine Stephan

翻訳: 株式会社シュタール ジャパン

表紙写真 © Porsche 社

© 2015 dSPACE GmbH

著作権所有。書面による許可なしに、本出版物の全部または一部を複製することを禁じます。複製する場合は、出典を明記する必要があります。dSPACE では常に製品の品質向上に努めており、本出版物に記載された内容については予告なく変更になる可能性があります。

dSPACE は、米国やその他の国における dSPACE GmbH の登録商標です。その他の登録商標については、www.dSPACE.jp/goto.cfm/terms を参照してください。その他のブランド名または製品名は、その企業または組織の商標または登録商標です。

目次



AIRBUS DEFENCE AND SPACE社 | PAGE

32



RAPID AUTOSAR | PAGE

44

3 社長挨拶

お客様の事例

6 HONDA AIRCRAFT社
First Flight in Real Time
 dSPACEシミュレータにより、アビオニクス
 のテストを自動化

12 BMW社
Always the Right Model
 FMIベースでサブモデルを交換するための
 HILパイロットプロジェクトの紹介

18 Porsche社
Dynamic Models
 シミュレーションモデルにより、
 ピークルダイナミクスを仮想的に開発

24 CONTINENTAL社
Synchronously Asynchronous
 コストパフォーマンスの高いマイルドハイブリッド
 を実現する新たな手法

28 AUTOMOTIVE SAFETY TECHNOLOGIES社
Developing Intelligent Assistants
 運転支援機能の一貫したモデルベース開発により、
 さまざまなプラットフォームに対応

32 AIRBUS DEFENCE AND SPACE社
HOMER Take-off:A Review
 未来の宇宙船のための多機能プロトタイプ

36 上海交通大学
Smooth and e-efficient
 スムーズなシフト操作を実現する電子クラッチ

dSPACE 製品

40 AUTOMATIONDESK
Certiably Safe
 ISO 26262およびIEC 61508規格に準拠した
 TÜV SÜD認定のAutomationDesk

44 AUTOSARツールチェーン
Rapid AUTOSAR
 強力なAUTOSARプロトタイピングおよび
 開発プラットフォームを提供するMicroAutoBox II

48 TARGETLINK
Safe Code According to DO-178C
 航空宇宙産業向けアプリケーションに最適な
 コード生成ツールTargetLink

ニュース

52 SCALEXIO Ethernetソリューション
 DS1007 PPC Processor Boardを使用した
 マルチプロセスシステム

53 Formula Studentレーシングカー開発者の
 トレーニング
 AutomationDesk 5.0:テストオートメーション
 およびテスト開発の最適化

54 ECU Interface Manager 1.6:マルチコアECUの
 サポート
 ControlDesk 5.4:ハードウェアの更なるサポートと
 操作性の向上

dSPACE on Board

55 AdasWorks社:自動車の目
 ZF社:アプリによる運転操作
 BMW社:コンピュータによるドリフト走行



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クリット 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

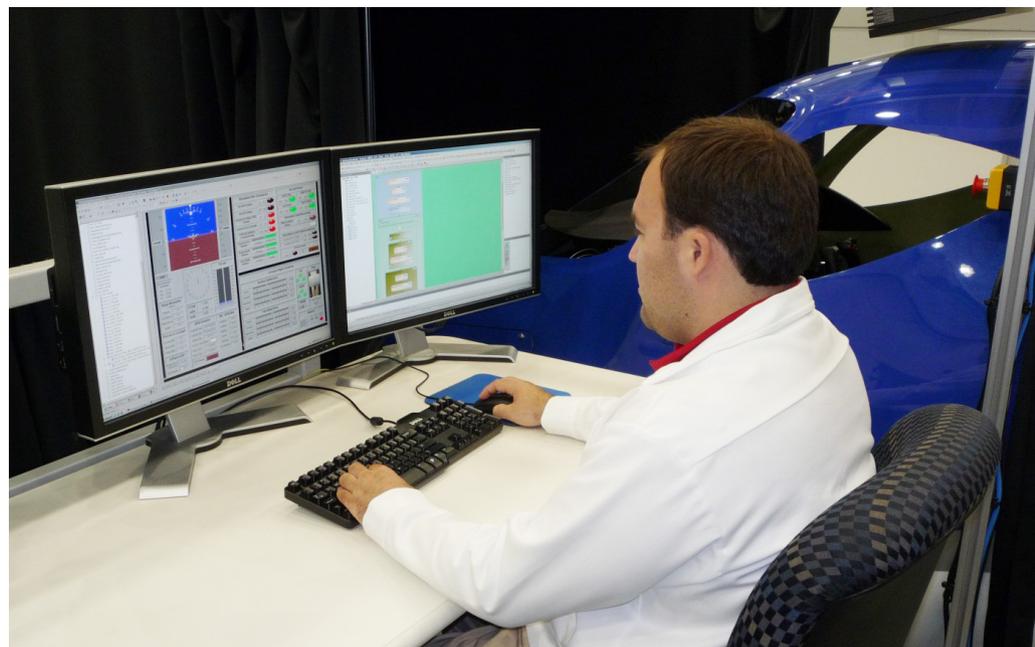
ます。これにより、信号をそのまま送信する、ブレイクアウトして解析する、バイパスしてシミュレーションする、またはアイアンバードテストベンチに直接接続することができます。

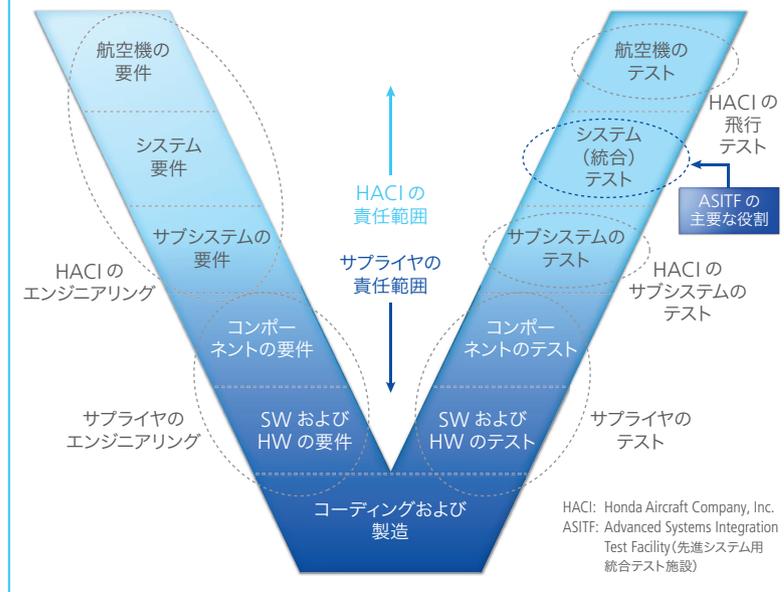
システムシミュレーションの制御およびインターフェース

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)





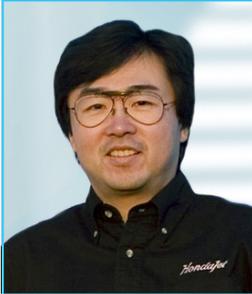
Vサイクルに沿った HondaJet プログラムの開発プロセス。dSPACE シミュレータは、主にシステム統合フェーズで使用されます。

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)

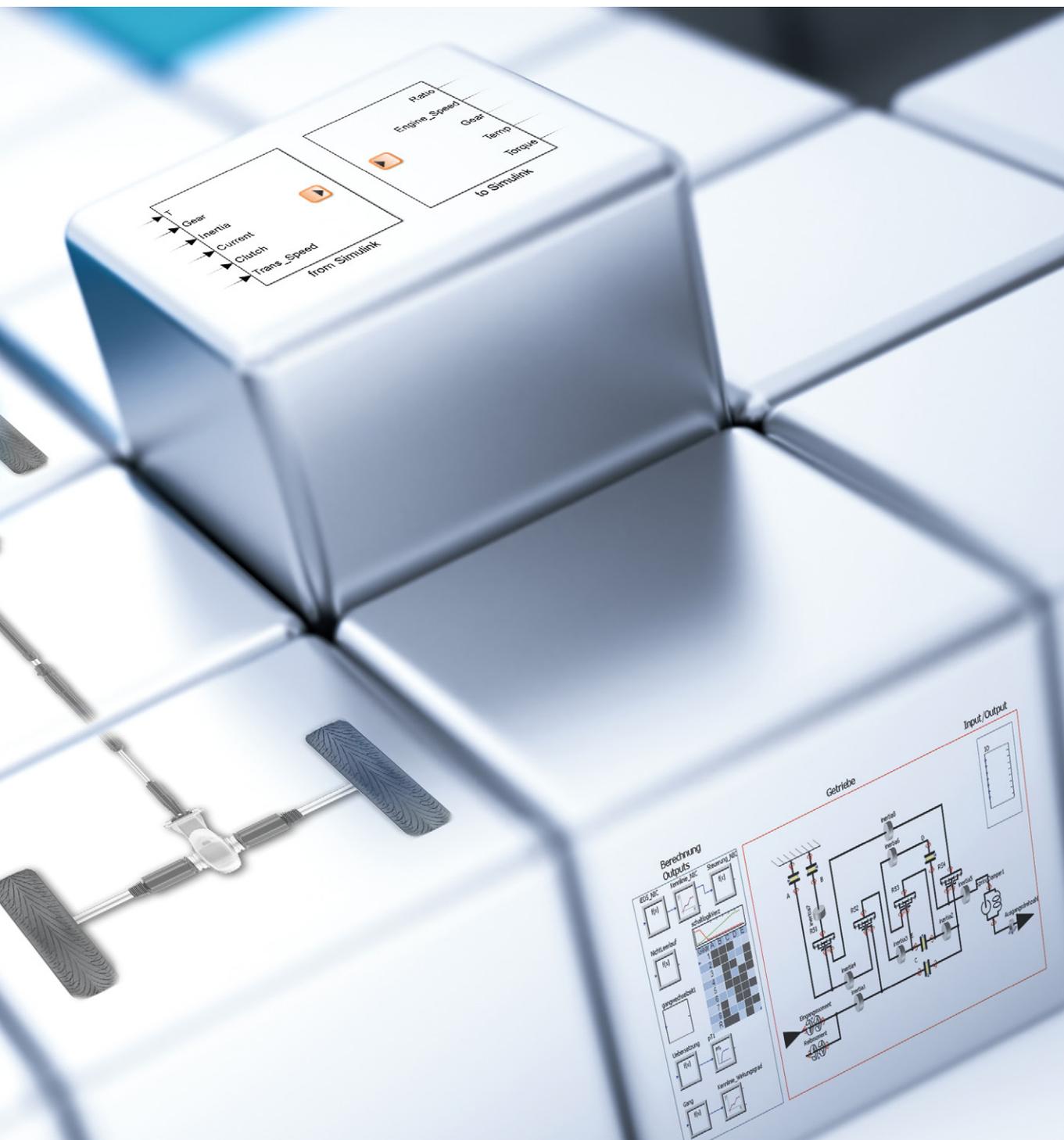


FMI ベースでサブモデルを交換するための
HIL パイロットプロジェクトの紹介

Always the

Right
Model

HIL (Hardware-in-the-Loop) テストを現実に即して行うには、要求されるシステム挙動を適切な精度でシミュレートできるリアルタイムモデルが必要です。BMW 社、ITI 社、および dSPACE は、ツールに依存しないオープンなインターフェースを使用して、リアルタイムモデルの各パーツを交換して使用するため、共同でテストしています。



B MW社、dSPACE、およびITI社は共同プロジェクトの中で、Functional Mock-up Interface規格 (FMI 2.0) がリアルタイムのHIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションでの使用に適しているかどうかをオートマチックトランスミッションのモデルを使用して分析しました。また各社は、既存のシミュレーションモデルをFMIベースのサブモデルに置き換えるためのプロセスプロトタイプのテストを行いました。

テストシステムの構成

ECUをHILシミュレータでテストする際にフォールトメモリへの入力が発生しないようにしながら現実に近いシミュレーションを行うためには、HILシミュレータとECUのインターフェース間の適切な相互作用と現実的なシミュレーションモデルの2つが必要です。これらは、ECUの挙動を現実的に即してテストするためには

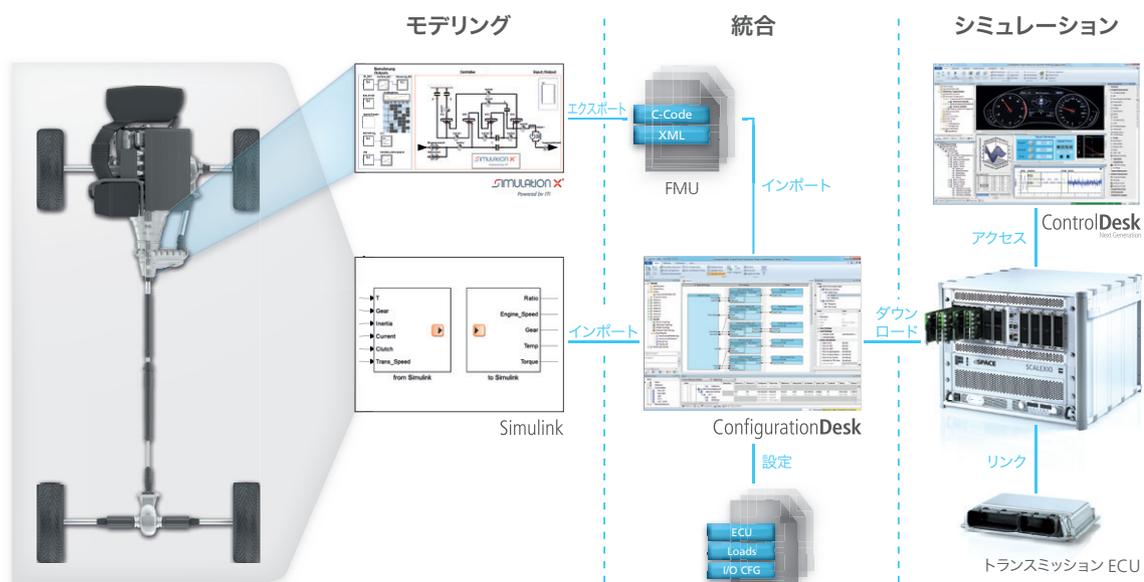
不可欠です。このプロジェクトでは、8速オートマチックトランスミッションECU向けの既存のHIL構成で使用されている電氣的インターフェースと環境シミュレーションモデルをdSPACEのHILシミュレータSCALEXIO®での使用に応じて調整し、現実的な使用事例に即したテストを行いました。このプロジェクトでは、MATLAB®/Simulink®に加えて、モデリングにITI社のSimulationX®、SCALEXIOのシステム設定用にdSPACEのConfigurationDesk®、HILシミュレーション制御用にdSPACE ControlDesk® Next Generationを使用しました(図1)。

FMIの背景にある目的

Functional Mock-up Interface (FMI)の基本的なコンセプトは、作業の重複を避けることです。提供元のサプライヤ、開発フェーズや開発部署により、異なるシミュレーションモデルを再利用できるよう

にすることが目的です。これを実現するには、各プロバイダから提供されたツールによって開発されたさまざまな環境モデルを容易に変換、統合できる規格が必要になります。FMIは、このような目的で使用される、ツールに依存しないオープンな規格です。FMIを使用することで、エンジニアは各サブモデルを1つのプロジェクトに容易に統合できるようになり、より完全なモデリングに近づきます。サブモデルは、Functional Mock-up Unit (FMU)を介して変換されます。FMUは、モデル機能や必要なインターフェース記述をANSI-C互換のAPIやXMLファイル形式で格納する圧縮フォルダ構造です。FMUには、モデルで必要となるドキュメントやその他のデータを追加することもできます。FMI 2.0規格には、シミュレーションの実行中にパラメータの値を調整する機能やリアルタイムモデルに最適化されたソルバのステップサイズを直接定義する機能など、

図1：システム全体の構成。SimulinkモデルとITI社のFMUが、ConfigurationDeskで1つの全体的なモデルに統合されています。次に全体的なモデルが設定され、SCALEXIOにロードされて、HILシミュレーションが実行されます。シミュレーションは、ControlDesk Next Generationで制御されます。



HIL プロジェクトに役立つ新機能が追加されています。そのため、このプロジェクトでは、FMI 2.0 for Co-Simulation が使用されました。FMI for Co-Simulation バリエーションでは、リアルタイムモデルに最適化されたソルバが FMU にあらかじめ含まれています。

新しいモデルの利点

プロジェクトの目的は、上記の FMI の利点を使用して、非因果的で動的な新しい Modelica ベースのトランスミッションモデルを Simulink ベースの全体的なドライブトレインモデルに統合することであり、全体的な挙動のシミュレーションにおいて、トランスミッションの弾性的な挙動をより現実的に再現することに重点が置かれました。そこで、ITI 社は SimulationX を使用して、関連するイナーシャ、弾性、入力、出力および摩擦トルクを含む、可変ギア比を持つ 4 組のプラネタリギアをモ

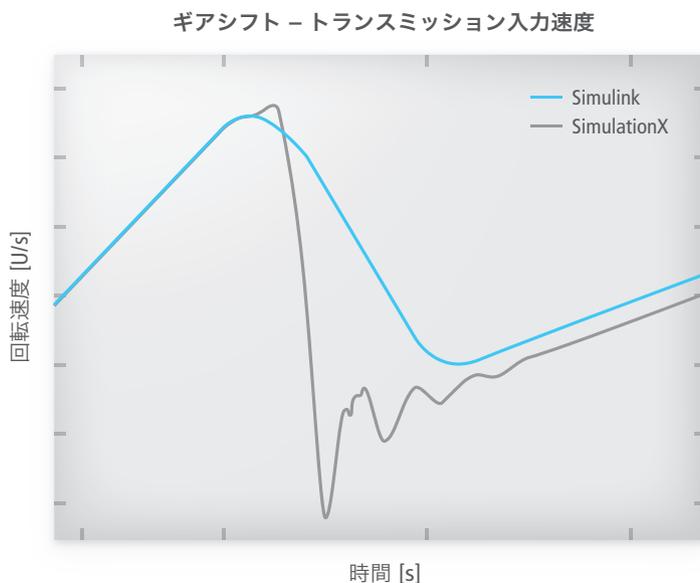
デル化しました。切替式クラッチは、ロックおよび非ロック状態の交互切替を含む、適切な物理的摩擦動作を行う摩擦面としてモデル化されました。このクラッチは、速度およびトルクに依存するギアシフト線図を備えたギアシフトロジックにより制御されます。図 2 では、シンプルな Simulink モデルを使用してシミュレーションを行った場合、また SimulationX モデルを使用してシミュレーションを行った場合とで動的なトランスミッションの挙動に関するシミュレーション精度が両者でどれほど異なるかを示しています。ドライブトレインの環境モデルは、1 ms のシミュレーションステップでリアルタイムに計算されます。SimulationX でモデル化され、FMU としてエクスポートされた新しいトランスミッションのサブモデルは、これらのリアルタイム要件を満たしています。 >>

FMI について

FMI 規格は、2011 年の MODELISAR プロジェクトで初めて定義され、現在、Modelica Association の FMI プロジェクトによってさらなる開発が進められています。この規格は、微分、代数、および離散方程式などによって定義されたモデルを動的なシステムで交換することに重点を置いています。現在のバージョン 2.0 には、HIL シミュレーションでプラスになる新しい機能が含まれています。大きな利点の 1 つは、リアルタイムモデルに最適化されたソルバのステップサイズを定義したり、あらかじめシミュレーション実行時にパラメータ値を変更できる可変パラメータを定義したりできる点です。このような機能は、制御ループに実際のハードウェアを含んでいるために簡単に再起動ができない対話型試験や HIL シミュレーションで必要となります。

www.dspace.jp/go/fmi

図 2: 青の曲線 (Simulink) は、信号フローに適応した既存のトランスミッションモデルにおけるギアシフト期間中の理想的な回転挙動を示しています。グレーの曲線 (SimulationX) は、振動を考慮に入れ、より現実的に近い非因果的モデルでのトランスミッションの挙動を示しています。



ProSTEP について

ProSTEP iViP Association は、製品データの管理や仮想製品の作成に関する問題を解決し、最新の規格を策定するための革新的アプローチを開発している国際的な団体です。

www.prostep.org

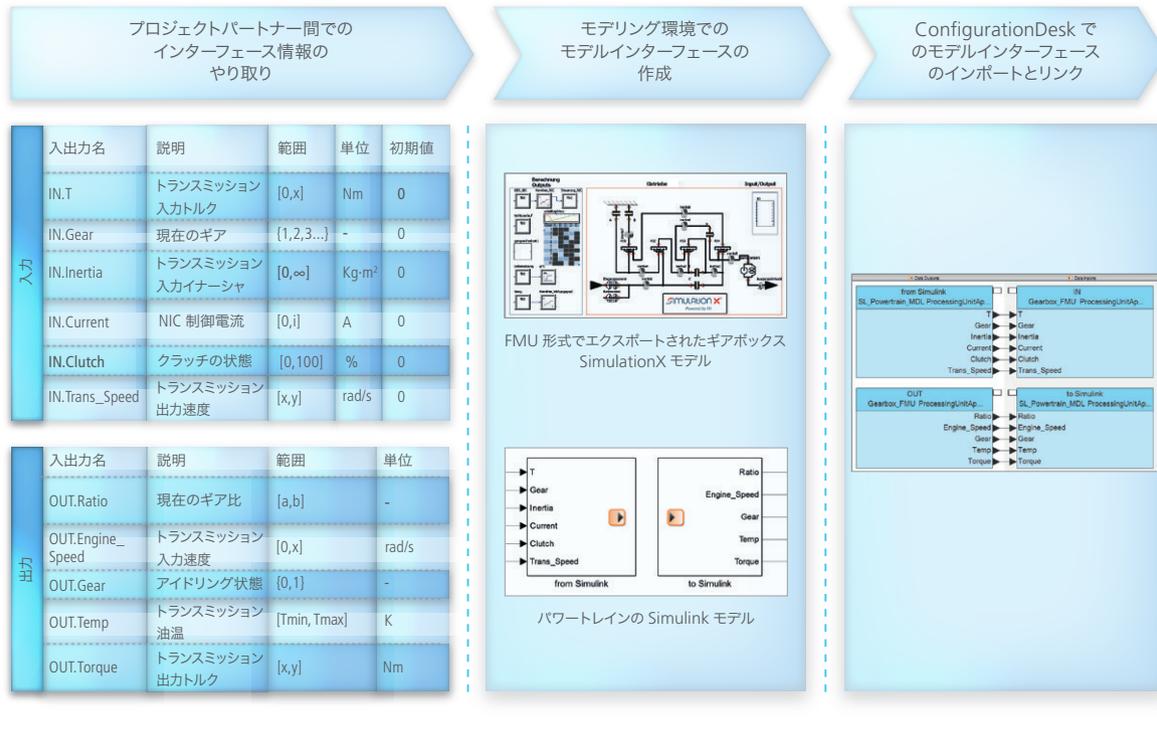


図3：各作業ステップで、あらかじめ定義されたモデリングインターフェースが考慮されて実装されます。

新しいモデルの統合

プロジェクト開始時にトランスミッションモデルを統合するためのモデルインターフェースが定義され、プロジェクト全体を通じてすべてのプロジェクトパートナーによって使用されました(図3)。新しいトランスミッションモデルを既存のSimulinkベースのドライブトレイン環境モデルに統合するために、次のステップを実行しました。

1. Simulink モデルから既存の単純なトランスミッションモデルを切り取る。
2. dSPACE Model Port ブロックを介して Simulink モデルに必要なモデルインターフェースを追加する。
3. 新しいトランスミッションモデルの作成に必要なデータを ITI 社に受け渡す。このデータには、以下の要素が含まれています。
 - a. インターフェース記述ファイル
 - b. 必要なモデル機能
 - c. 技術的なフレームワーク (C コンパイラ、リアルタイム要件など)

4. このデータに基づき、ITI 社は物理的な SimulationX モデルを開発し、FMU と Simulink ベースの S-function をテストベンチマークとして提供する。

5. 最初に、S-function をモデルに組み込み、SimulationX トランスミッションモデルの機能が正確であるかどうかをテストする(バリエーション 1)。次に、FMU を統合し、インターフェースの機能をテストする(バリエーション 2)。

テストおよび結果

プロジェクトパートナー各社は、ControlDesk Next Generation を使用して、dSPACE の HIL シミュレータである SCALEXIO 上で 2 つのバリエーションのクローズドループテストを実行しました。2 つのバリエーションとは、Simulink を使用した S-function による統合(バリエーション 1)と、ConfigurationDesk を使用した FMU による統合(バリエーション 2)のことで、テスト対象モデルの計算時間は両者ともほとんど同一で、テスト結果も、ほとん

ど同一でした。その結果、1 ms のステップ幅で、リアルタイムの数値安定性、且つ、最大 40 Hz の振動現象を考慮に入れながら、新しいトランスミッションモデルバリエーションを計算することができました。つまり、FMI 2.0 for Co-Simulation は、ツールに依存しないリアルタイムモデルの標準化に適しており、FMI 規格が容易に部署間での環境モデルの交換を実現するために有効であることが示されました。

ツールチェーンの統合

ただし、モデルパーツの交換は最初のステップに過ぎません。交換される要素が既存のツールチェーンでどのように使用できるかをテストすることも重要となります。可能な限りリソースを節約しながら短期間で適応過程の構築を行うには、設定および試験ツールへの大幅な変更は避ける必要があります。Simulink と FMI の両方を環境モデルのインポート形式としてサポートしている ConfigurationDesk では、モデルインターフェースを使用すること

で、モデルパーツの交換を素早く簡単に行うことができます。ConfigurationDesk は新しいモデルインターフェースを認識するため、このインターフェースを使用したモデル信号の受け渡しが可能でした。ControlDesk Next Generation では、Simulink ベースのモデルの場合と同じ方法でモデルのパラメータと FMU の変数を利用することができるため、トランスミッション HIL システム用の既存のテストおよび試験レイアウトを簡単に調整して再利用することができます。この新しい FMI ベースのトランスミッションモデルをプロジェクト全体に統合すれば、既存のワークフローや関連する HIL テストをほとんど変更せずにプロジェクト内で再利用することができます。

今後の展望

ProSTEP は、このパイロットプロジェクトで得た経験を Smart Systems Engineering プロジェクトで活用し、FMI ベースのモデル交換におけるさまざまなパートナーの共同作業について記述したワークフロー

を開発しました。今後も、この記事で紹介したプロジェクトを継続し、知的財産権が保護された FMU の HIL テストでの交換に関するワークフローを分析していく予定です。 ■

BMW AG 社のご厚意により寄稿

まとめ

BMW 社、dSPACE、および ITI 社はパイロットプロジェクトの中で、Functional Mock-up Interface (FMI) 規格がリアルタイムの HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションでの使用に適しているかどうかをオートマチックトランスミッションのモデルを使用して分析しました。その結果、新しい FMI ベースのトランスミッションモデルのバリエーションを SimulationX でモデル化し、1 ms のステップサイズの数値をリアルタイムで安定させることに成功しました。そのため、リアルタイムモデルの交換には FMI 2.0 for Co-Simulation が適していると考えられます。dSPACE ツールチェーンに統合された FMI ベースのモデルでは、既存のテストや試験レイアウトをほとんど変更せずに再利用することができました。SCALEXIO HIL システムでは、フォールトメモリへの入力が発生しないようにしながらオートマチックトランスミッション ECU を実行できるため、トランスミッションの動的な影響を考慮した詳細なテストをリアルタイムで実行することが可能です。

将来的には、FMI 規格を使用して、製造元に関係なく最適なモデル要素のみを組み合わせることが可能になります。



Dynamic Models

ビークルダイナミクス性能は、自動車メーカーにとって特に重要な機能です。Porsche 社では、効率的でシームレスな車両開発プロセスにより、優れたビークルダイナミクスのコンセプトを最初の開発ステップから最終的な製品まで伝達しています。





図1：駆動系およびシャシーアプリケーションの妥当性確認を行うHILテストベンチ。ECUの取り付けや実部品（スロットルバルブ、インジェクタ、トランスミッションバルブ、電子制御パーキングブレーキ用アクチュエータ、ラジエータシャッタなど）の統合を行うためのセットアップは、写真中央後方にあります。

Porsche社の車は、ピークルダイナミクス性能の面で非常に優れています。高性能なピークルダイナミクスを実現するためには、すべての車両コンポーネント、特にボディやシャシー、ホイールの相互作用を高精度で微調整する必要があります。Porsche社が抱くピークルダイナミクス性能への野心的な目標を達成するうえで、アクティブシャシーコンポーネントがますます重要になっています。これらのアクティブコンポーネントには、車両安定化プログラム（ESP）や、アクティブ減衰制御、Porsche Dynamic

Chassis Control (PDCC)が含まれます。PDCCは、コーナリング中の車体のロールを限りなくゼロまで低減させ、俊敏な走りや快適性を向上させる機能です。車両バリエーションの数が増え続ける一方で、開発サイクルがますます短くなってきている状況において、開発プロセスに車両の仮

想シミュレーションを導入する必要性が高まっています。

HILテストベンチによる機能およびECUのテスト

Porsche社では、開発プロセスにおいて電子制御ユニット（ECU）のテストを自動化しており、その中でHIL（Hardware-in-the-Loop）シミュレーションは重要な地位を占めています。HILシミュレーションはすでに、新製品を開発するうえで重

要な要素になっています。HILテストベンチはネットワーク化されており、駆動系やシャシーだけでなく、ボディやインフォテインメントも含めたアプリケーションの統合や妥当性確認に使用されています。これらのテストベンチには、該当するアプリケーションのすべてのECUが接続されています

（図1）。ボディやインフォテインメントアプリケーションでは比較的単純なシミュレーションモデルで十分であるのに対し、駆動系やシャシーアプリケーションでは内燃エンジンやトランスミッションなどのより複雑なモデルが必要となるため、モデリングの作業負荷は大幅に高くなります。これらのモデルでは、センサ信号やバス信号などのすべてのシステム変数がシミュレートされており、これによりHILシミュレータを介したECUテストを行うことができます。

ただし、電動パワーステアリングシステムなど、ECUをアクチュエータから分離

できないシステムでは、この方法でシミュレーションを行うことはできません。このような場合は、メカトロニクスシステム全体を、ECUやモーター、ステアリングコラムを含むセットアップに統合します。ここでは、サーボモーターが運転者の役割となり、操舵トルクを生成します（図2）。シャ

「当社では、ピークルダイナミクス用ECUの妥当性確認に、dSPACEのASM Vehicle DynamicsをHIL上で使用しています」

Dr. Günter Hetzel, Porsche AG

シー ECU の機能は非常に複雑なため、HIL テストベンチで使用する車両モデルへの要求も高くなります。特に ECU ネットワークのピークルダイナミクス機能のテストや妥当性確認には、可能な限り正確に実際の車両動作をエミュレートできる検証済みのモデルが必要となります。駆動系やシャシーのテストベンチで使用するシミュレーションモデルは、トランスミッションモデルなどの Porsche 社独自のモデルと dSPACE の Automotive Simulation Model (ASM) との組み合わせで構成されています。ピークルダイナミクスのシミュレーションには、ASM Vehicle Dynamics が使用されます。



- 1 運転者の操舵トルク模擬用モーター
- 2 ステアリングアングルセンサ用アングルギア (テストリグ取付のみ)
- 3 アングルギア (テストリグ取付のみ)
- 4 ステアリングコラム
- 5 ステアリングボックス
- 6 ステアリングサポート用サーボモーター
- 7 ラックアンドピニオン
- 8 解析用計測デバイス

図 2: 電動パワーステアリングシステムのテスト用セットアップ

開発プロセスでのピークルダイナミクスのシミュレーション

シミュレーションモデルを使用すると、プロジェクトの初期段階でもピークルダイナミクスを客観的に評価することができます。これにより、すべての関連する基準について、効率的で総合的な妥当性確認を組織的かつ自動的に行うことができます。Porsche AG のヴァイザッハ研究開発センターでは、タスクごとに以下の異なるモデルクラスを使用してシャシーおよびピークルダイナミクスのテストを行っています。

- 基準モデル：シャシーおよび車両コンポーネントの高精度なシミュレーションが可能。計算時間は長い。
- ファンクションモデル：単純化されたパーツの表現を用いており、リアルタイムまたはそれ以上に高速なシミュレーションが可能。

- プロパティモデル：コンポーネントの要約された記述を含む。複雑さはファンクションモデルと同程度で、計算時間は非常に短い。
- コンポーネントモデル：テストベンチモデルのように、個々のコンポーネントを確認できる車両全体のモデルを含まない。

Porsche 社では、これらのモデルクラスに追加の作業を行うことなく、関連するタスクで等しく使用できるようにするため、シームレスなパラメータ設定と統一的な妥当性確認が可能なプロセスを導入しました (図 3)。このアプローチにより、個々の上位クラスからモデルを作成し、同じ運転操作に基づいて妥当性を確認すること

が可能。この場合、操舵や速度に関するプロファイルの指定など、開ループの運転操作のみが可能。そのため、実際のテストドライブとシミュレーションの両方で車両プロパティを客観的に取得できます。この際、車両の静的および動的な挙動も考慮されます。

HIL テストベンチの長所を融合

Porsche 社では、統一されたモデル作成プロセスの利点を活用しながら、成熟したテストオートメーションプロセスや堅牢な dSPACE ASM 環境も使用するために、ファンクションモデルのパラメータを変換する機能を作成しました。この機能を使用すると、HIL テストベンチ向けに、基準モデルとほとんど同等のピークルダイナミク

>>

| タイプ | リアルタイム機能 | パラメータ設定作業 | コンポーネントモデル |
|------------|----------|-------------------------------------|------------------|
| 基準モデル | なし | 高 | 高精度のシミュレーション |
| ファンクションモデル | あり | 基準モデルからの半自動パラメータ設定 | 単純化 |
| プロパティモデル | あり | 基準モデル、ファンクションモデルまたは計測値からの半自動パラメータ設定 | 単純化、コンポーネント記述の要約 |
| コンポーネントモデル | モデル依存 | モデル依存 | モデル依存 |

表 1: ピークルダイナミクスモデルのクラス

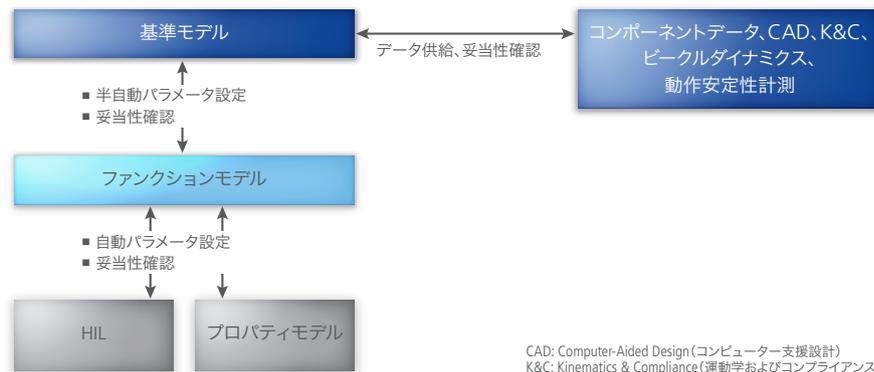


図3：シームレスなモデルのパラメータ設定

ス特性を持つ完全に自動化されたモデルデータセットを作成することができます。開発者は、効果的なビークルダイナミクスモデルを使用することで、ECUコードの機能的な側面を必要な精度で総合的にテストすることができます。

二重の成果

上記のプロセスにより、HIL テストベンチに必要な完全にパラメータ化されたシャシーモデルを、確立したモデル作成プロセスで使用できるようになりました。そのため、開発の早期の段階から、検証済みのシャシーモデルを使用して ECU の開発と

妥当性確認を行うことができます。また、ECU ネットワークで実行されたシミュレーションを SIL (Software-in-the-Loop) 環境の妥当性確認にも使用できます。SIL 環境では、同じ車両データセットを使用して ECU のソフトウェアモデルをテストすることができます。Porsche 社では、車両開発のすべての段階で使用できる強力かつ堅牢なツールチェーンを実現しました。

今後の展望

Porsche 社では、将来的にすべての車両プロジェクトで使用可能なシームレスなモデルレンジの設定を目指しています。今後

は、パラメータ作成と妥当性確認の自動化、および HIL/SIL シミュレーション結果の比較を実現する予定です。これにより、仮想検証の作業プロセスをさらに効率化することができます。■

Dr. Günter Hetzel, Florian Strecker,
Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG

Dr. Günter Hetzel

テストツールおよびメソッドエキスパート、
Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG (ドイツ、ヴァイザッハ)

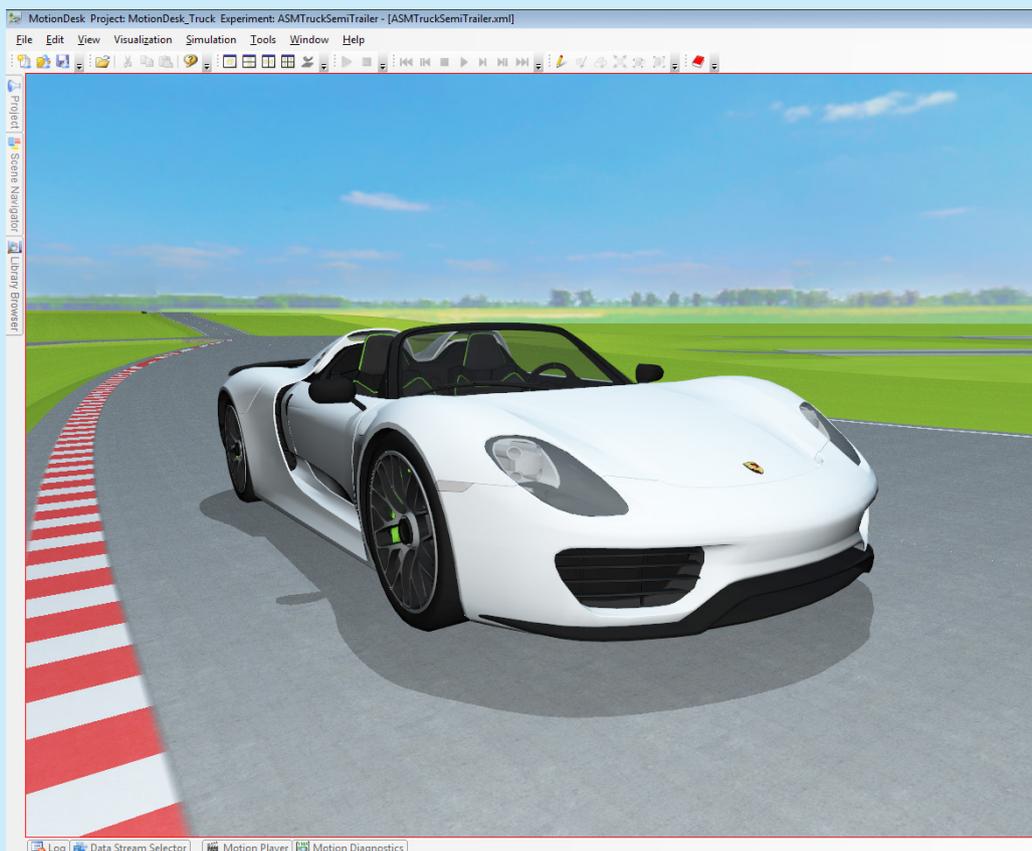


Florian Strecker 氏

ビークルダイナミクス計算およびシステム
ダイナミクスエキスパート、Dr. Ing. h.c. F.
Porsche AG (ドイツ、ヴァイザッハ)



百聞は一見に如かず：
アニメーションソフトウェア MotionDesk は、
運転操作のシミュレーションを
ビジュアル表示するのに最適なツールです。



ASM Vehicle Dynamics

ASM Vehicle Dynamics は、車両の動的な挙動をリアルタイムで現実的にシミュレートするためのシミュレーションモデルです。車両の物理的特性は、26 自由度を持ったマルチボディシステムによって表現されます。ASM Vehicle Dynamics には、弾性シャフトを備えた設定可能なドライブトレイン、ブレーキ回路およびモーターモデル、さまざまなホイールモデル、シャシーの非線形運動学的特性と弾性運動学的特性、空気力学の 3 次元記述、および複数の自由度を備えた複雑なステアリングモデルが含まれています。また、道路、運転操作、および開ループ/閉ループ型ドライバーから成る環境モデルも含ま

れています。すべてのパラメータ値は、シミュレーションを中断することなく変更できます。ASM モジュール型コンポーネン

トを追加で接続してバーチャルピークルを構成することにより、HIL 環境で ECU ネットワークをテストすることなどもできます。



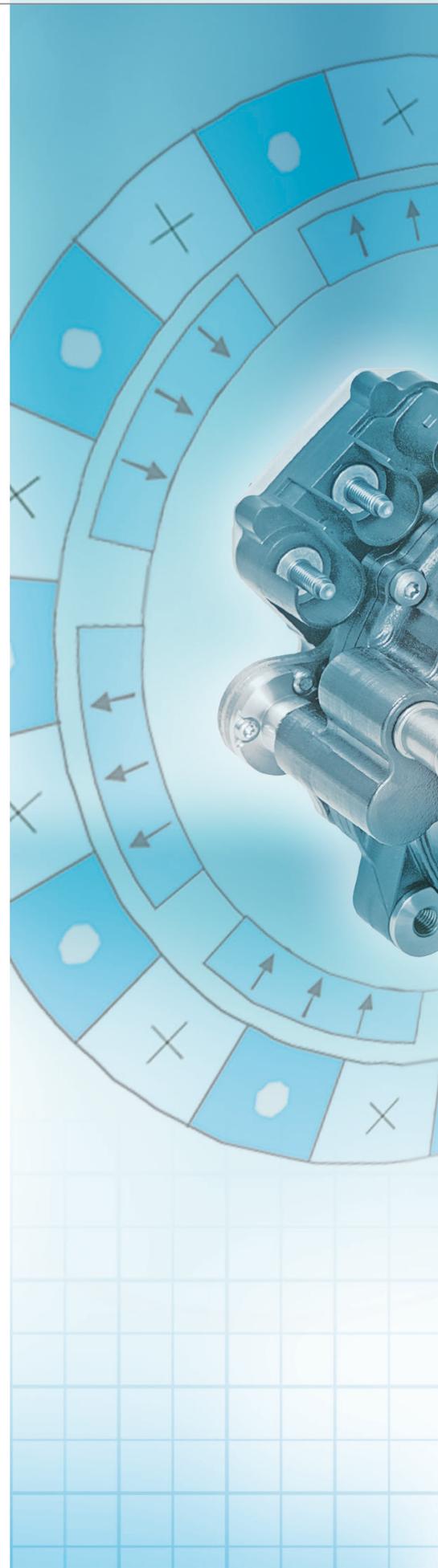
Continental 社の新しいベルト駆動スタータジェネレータは、48 V 車両電気システムというだけでなく、モーター/ジェネレータとして革新的に非同期モーターを使用しています。Continental 社では、dSPACE の柔軟な HIL テストシステムを使用して、マイルドハイブリッド ECU の開発を行っています。

古 代ギリシア語の「synchronos」という単語は、「時間を共にする」ことを意味します。モーターとジェネレータの分野では、「同期機 (synchronous machine)」という用語は、しばしば永久磁石同期モーター (PMSM) や摺動接点付きの他励同期モーター (SSM) を示すために使用されます。これらのモーターでは、ローターはステータの回転磁界とまったく同じ速度で、つまり「同期的に」回転します。しかし、非同期機 (誘導モーター) では動作は異なります。ジェネレータでは、ローターはステータの回転磁界より速く回転します。モータリングでは、ローターはステータの回転磁界より遅く回転します。非同期機は、PMSM ほど出力密度は高くありませんが、コストのかかる永久磁石を使用しないため、手頃な価格で入手することができます。さらに、非同期機ではローターを直接接続する必要がないため、摺動接点なしに動作します。また、非同期機は機構が単純なため、非常に堅牢です。産業部門で何十年間にもわたって非同期機が使用され、内燃エンジンの過酷な環境においても主流の技術としてシステムの安定性に貢献してきたのは、まさにこのためです。Continental 社は、48 V ベルト駆動スタータジェネレータ (BSG) に誘導モーターを使用した最初の自動車部品メーカーです。同社では、これにより低コストなユニットの量産を実現しており、手頃な

価格のマイルドハイブリッド車の普及を通して CO₂ 排出削減を目指しています。

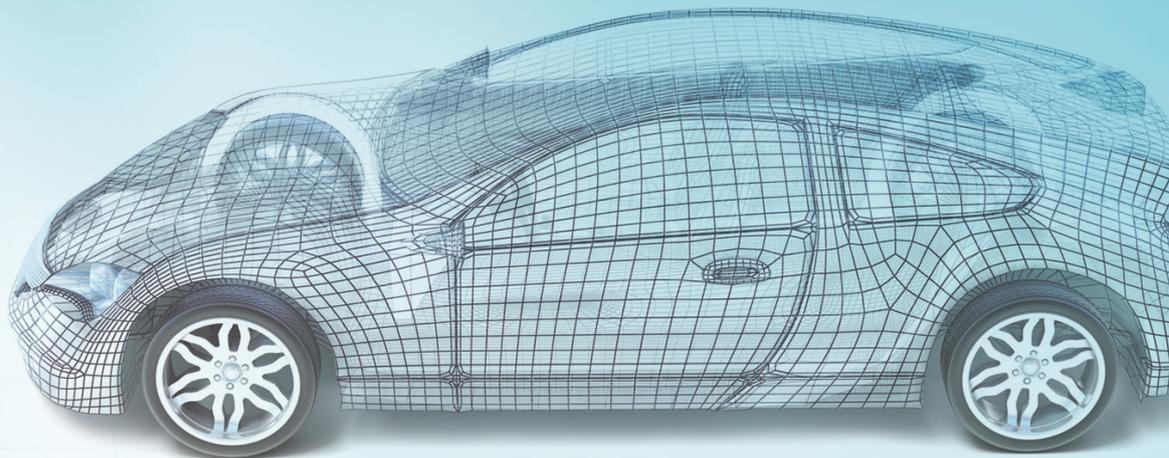
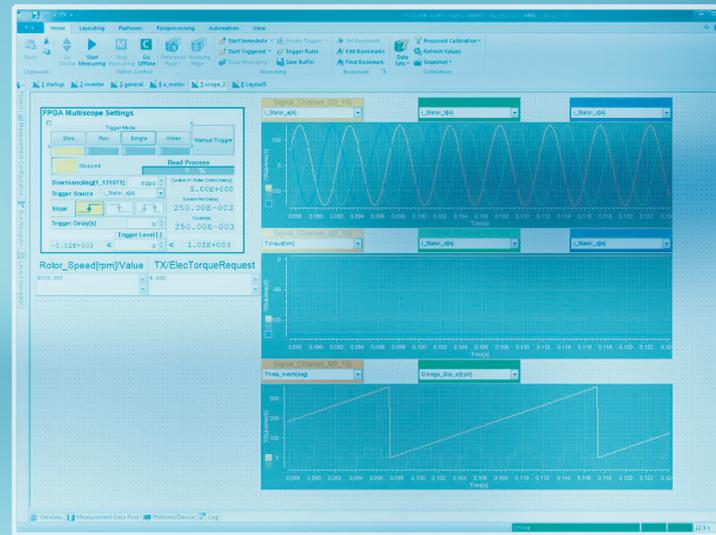
実績のあるテストプラットフォーム

48 V 車両電気システムの構成には、駆動ベルト付きモーターと内蔵インバータに加えて、リチウムイオンバッテリー、12 V DC/DC コンバータ、および関連制御ソフトウェアも組み込まれています。Continental 社の開発者は、これらを制御する機能の設計、実装、および妥当性確認や、機能安全に関するソフトウェアの開発を行っています。同社では、高電圧パワーエレクトロニクス開発における長年の経験に基づき、十分にテストされたコンセプトやプラットフォーム、ツールのみを使用して 48 V BSG の開発を行っているため、大幅な開発時間の短縮やロバスト性の向上、開発コストの削減が可能です。Continental 社では開発段階において、高い柔軟性と現実に即した機能を備えた dSPACE HIL (Hardware-in-the-Loop) テストシステムを利用しており、制御機能の妥当性確認に長年活用してきました。このテストシステムを使用すると純粋な PC ベースのシミュレーションを、コストと時間のかかる実際のモーターを含んだテストリグに紐付けることができます。これにより、開発者は、モーターパラメータの計測値や MATLAB® モデルで開発された制御アルゴリズムに基づいてシミュレーションを行い、モーターを最適化することができます。 >>



Synchronously Asynchronous

コストパフォーマンスの高いマイルド
ハイブリッドを実現する新たな手法



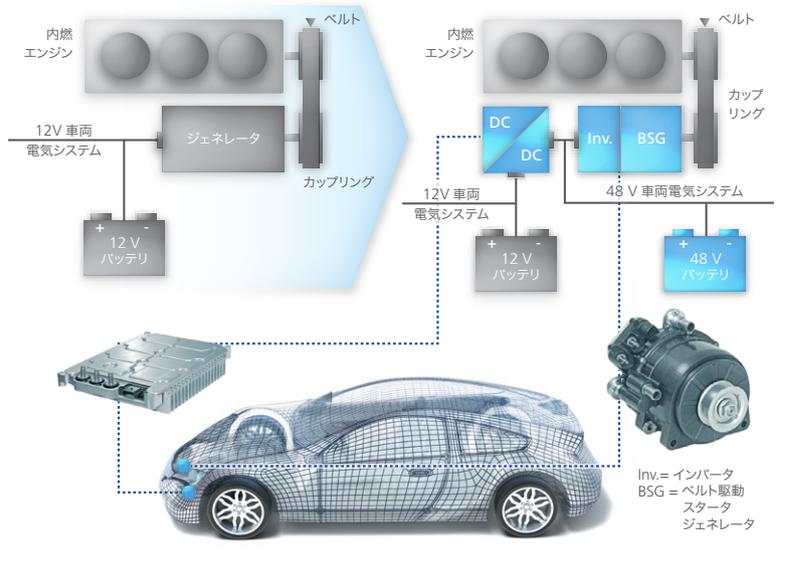


図1：Continental社では、48V Eco Driveのマイルドハイブリッドコンポーネント（水色）用に、従来の12Vシステムに加えて48V車両電気システムを使用しています。

早期の段階での最適化とテスト

HILシミュレータ上でモーターをエミュレートすることにより、非常に早い段階で新しい機能のテストと解析をインバータハードウェアで行うことができます。このアプローチにより、開発者は、制御ソフトウェアを組み込んだ48V BSGをテストベンチに統合する前でも、ハードウェアと機能の相互作用における潜在的なエラーを早期の段階で検出し、エラーの原因を取り除いて、これらの要素の最適化を開始することができます。また、HILシミュレータでテストを自動化することにより、初期の段階から、迅速かつ包括的に広範囲のテストを行い、顧客の要件に照らしてソフトウェアの妥当性を確認することができます。要件とテストの基準は、IBM® Rational® DOORS® を使用して指定します。Continental社では、自動作成されたテストカバレッジ指標を用いて、生成された自動帰帰テストをHILシミュレータ上

で実行し、その結果を解析して、レポートを作成したうえで、ソフトウェアを顧客に納品しています。

パートナーとの形式主義を排した長期的な協力関係

Continental社では、48V BSGを開発するにあたり、高度に動的なdSPACE DS5203 FPGA Boardとインバータ、機械装置、およびモーター向けの準連続モデルを含むXilinx® System Generator (XSG) Libraryを使用しました。48V BSGの開発では、モーターを正確にシミュレートするために、まず非同期モーターをXSG Electric Components Libraryに統合する必要がありました。当時、dSPACE Releaseでのこのライブラリの提供はまだ先の予定でしたが、dSPACEは最新のXSGライブラリのベータバージョンにContinental社がアクセスできるようにしました。これにより、(後に通常

のdSPACE Releaseとして公開された)新しいモデルを使用して実際のテストを共同で行うことができました。

誘導モーターの正確なシミュレーション

Continental社は、わずか数日で、インバータECUとの相互作用が可能な最初のFPGAベース非同期モーターを構築することに成功し、dSPACEのサポートのもと、その試運転をレーグンスブルクにあるHIL用ラボで実施しました。この際、シミュレーション結果を可能な限り現実的なものにするため、電流や温度に依存する影響要因だけでなく、周波数に依存する影響要因も考慮しました。FPGAモデルの拡張が必要になった場合も、同じくFPGAベースであるdSPACE XSG Utils Libraryを使用することで、それらを迅速かつ容易に実装することができました。Continental社では、この新しいモデルアプローチを採り入れたことで、関連する多くの影響要因を考慮することができ、テストリグで記録された2DルックアップテーブルをHILシミュレータにそのまま使用することが可能になりました。これにより、モーター挙動の可能な限り正確なシミュレーションが実現しました。

高い柔軟性とシミュレーション品質

高い柔軟性を持ったdSPACEのモデリングインターフェースを使用すると、新しいFPGAバージョンを作成することなく、記録されたルックアップテーブルをシミュレートすることができます。ルックアップテーブルは、MATLAB®/Simulink®で作成されます。また、dSPACE ControlDesk® Next Generationで実行中にルックアップテーブルの調整を行うことも可能です。これにより、将来的に新しいモーターバリエーションの妥当性確認を行うといった場合についても柔軟性が確保されます。Continental社では、ControlDesk上にXSG Utils Libraryのマルチスコープ計器を統合することにより、FPGAの内部変数（電流、電

「当社では、48Vベルト駆動スタータジェネレータの開発で非常に良い成果を出すことができたため、最初のフォローアッププロジェクトから、FPGAおよびマシンモデルベースのHILシミュレーションを採用しています」

Anja Poppe氏、Continental社

圧、誘導率、または磁気飽和など)をFPGAレートに従ってビジュアル表示することができるため、制御方式の最適化や制御品質の継続的な改善を行うことができます。dSPACEは、非同期モーターを最適化するソリューションや、テスト段階で発見された問題に対する解決策を迅速にContinental社に提供することで、同社の48V BSGの開発を後押ししました。

量産品質への道のり

Continental社では、48V BSGの開発で良い成果を出すことができたため、最初のフォローアッププロジェクトから、十分にテストされたFPGAおよびマシンモデルベースのHILシミュレーションを採用しています。スタータジェネレータを使用すれば、エネルギー回生も含めて、コンパクトカーの燃料消費を最大20%削減することができます。古代ギリシア語の「Asynchronous」の定義が真実であるのは、エネルギー回生、すなわち非同期モーターがジェネレータモードで動作するわけではありません。ステータの回転磁界より早く回転するローターのように、量産開始する2016年よりも数歩先を進んでいる48Vベルト駆動スタータジェネレータそのものが当てはまるのです。

Anja Poppe氏、Josef Laumer氏、Continental社



図2：Continental社（レーゲンスブルク）でのHILテスト装置の1つ

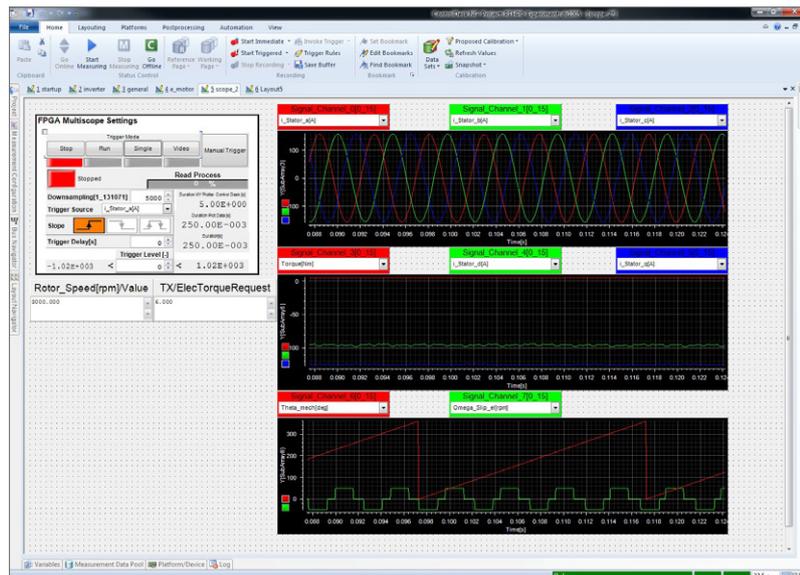


図3：ControlDesk Next Generationのマルチスコープ計器

Anja Poppe氏

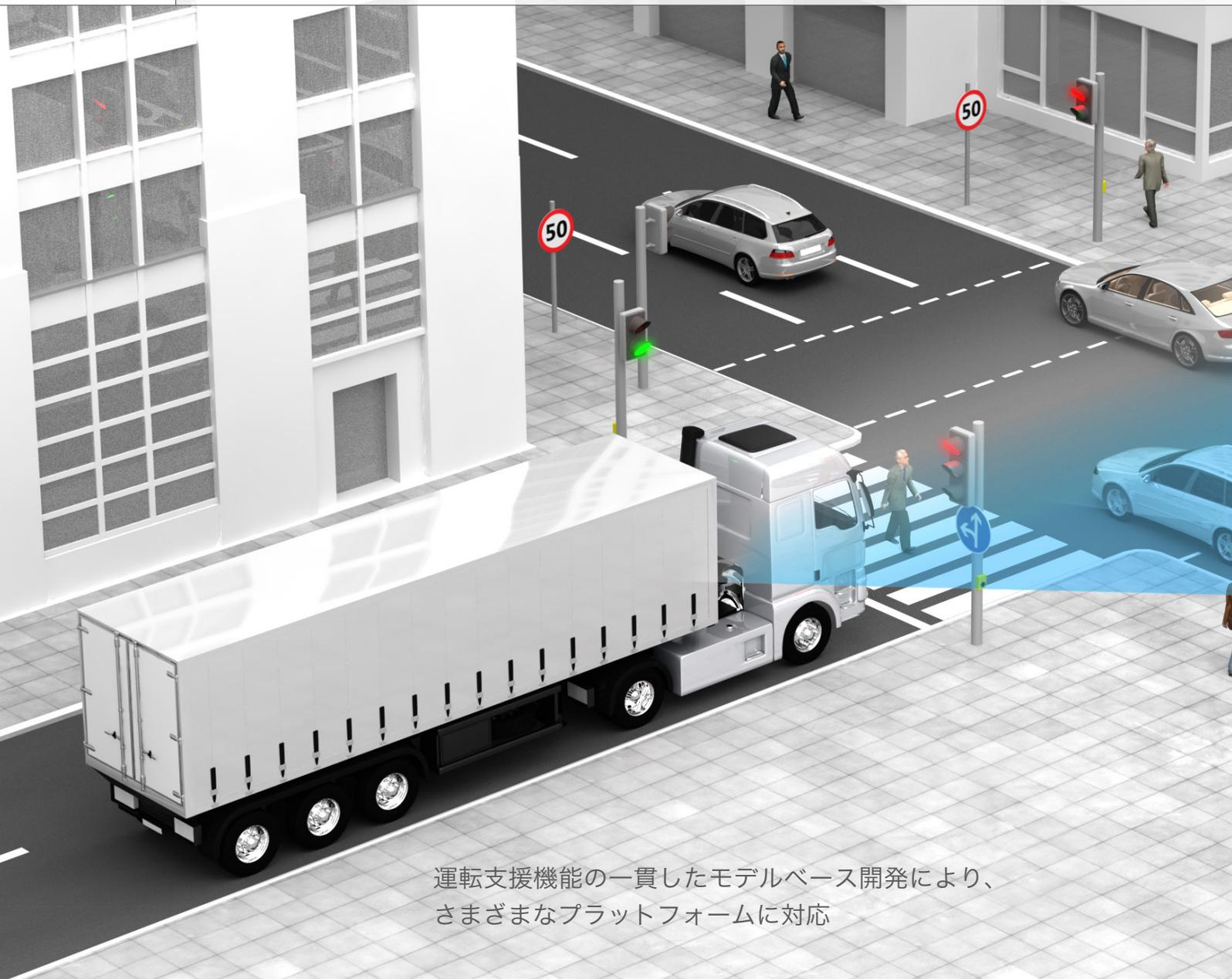
Continental社、ハイブリッド車および電気自動車のソフトウェア/システムエンジニアリングでテスト戦略およびテスト装置を担当するソフトウェアテストマネージャ（ドイツ、レーゲンスブルク）



Josef Laumer氏

Continental社、ハイブリッド車および電気自動車のソフトウェア/システムエンジニアリングでモーター制御を担当する機能開発者（ドイツ、レーゲンスブルク）

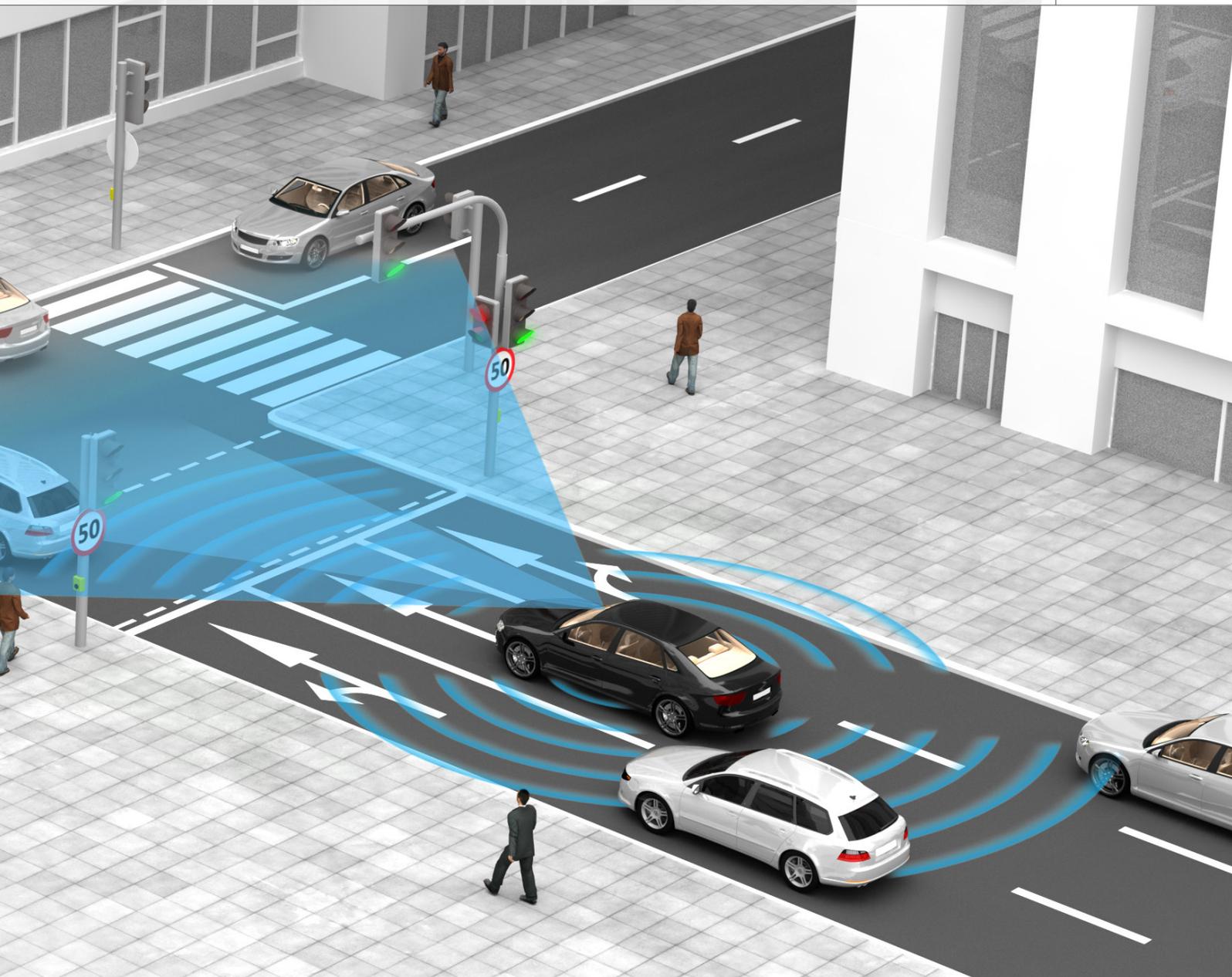




運転支援機能の一貫したモデルベース開発により、
さまざまなプラットフォームに対応

Developing Intelligent Assistants

Automotive Safety Technologies GmbH では、センサベースの運転支援システムを開発するプロジェクトにおいて、複雑なデータを確実に処理し分析することを目標にしています。量産コード生成ツール TargetLink を使用すれば、シームレスで効率的なワークフローを実現することができます。



センサベースの運転支援システムでは、さまざまなセンサから提供される多数のデータが融合することにより、データ量が膨大になるだけでなく、アルゴリズムやデータ構造が複雑化します。横断歩道や交差点に対応した運転支援システムの開発プロジェクトで必須となるのは、次のようなデータ処理を実現することです。

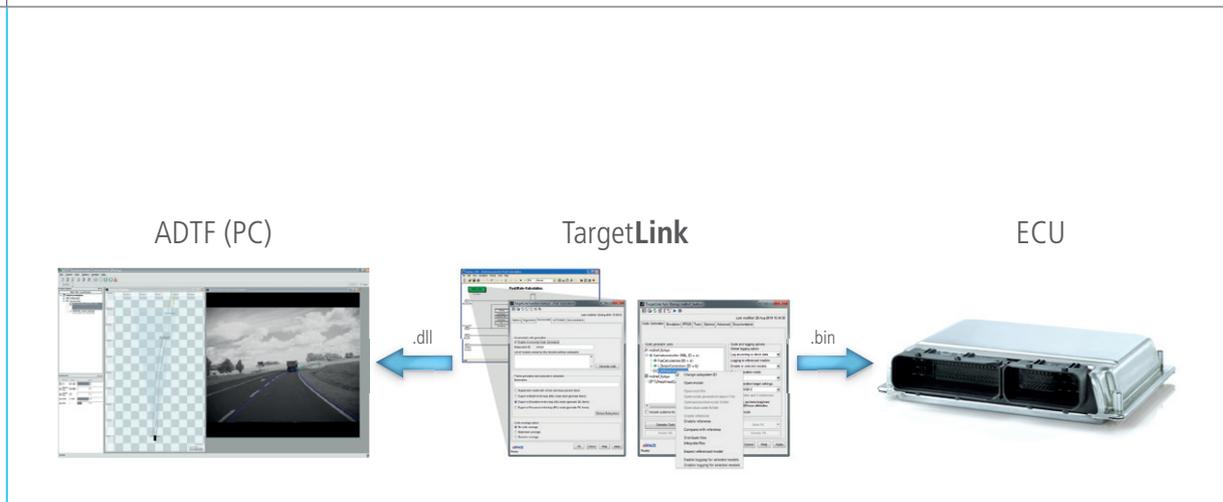
- カメラ、レーダー、レーザーといった多数の異なるセンサからのデータの融合
- 生のレーザーデータに基づくオブジェクトのビルド

- 車両や歩行者といったオブジェクトに対するカメラベースのマルチハイポセシスなトラッキング

複雑な機能の診断をモデルベースの開発環境で実行するには、大量の機能内情報（直接アクセスできない情報）を妥当性確認やテストの段階で利用できるようにする必要があります。これらの詳細な情報を処理するには、さらに多くのメモリと実行時間が必要となります。ただし、必要な機能の開発が完了すると、この機能内情報は不要になり、今度はメモリ要件の最小化や実行時間の最適化が重要になっていく

ことを考えると、問題は開発フェーズで解決しておく以外ありません。そのため、非機能範囲についてもスケラブルに作成できるソフトウェアコンポーネント（SWC）が必要になります。また、このSWCは特定のアプリケーションに合わせて柔軟にコンパイルできる必要もあります。開発フェーズでは、多くの場合、適切なターゲットプラットフォームをまだ入手できません。そのため、特に先行開発プロジェクトでは、特定のプラットフォームに依存することなくプロトタイプ機能を迅速に実装することが重要になります。開発環境であるADTF（Automotive Data and

>>



制御モデルから生成されたソフトウェアコンポーネント (SWC) の統合を示す概略図：SWC は、ECU ではバイナリファイル (.bin) として組み込まれるのに対し、ADTF では実行可能なライブラリ形式 (Windows の場合、.dll) で含まれています。

Time-Triggered Framework) は、この目的に適したツールであり、PC 上で機能を実行したり、機能を他のコンポーネントに接続することができます。

センサデータに対応した開発環境

ADTF は、車両のセンサデータをオンラインで同期的に記録し、関連する機能を提供するための開発環境です。ADTF では、記録データをオフラインで再生し、記録時間に関係なく機能を実行することもできます。また、コンポーネントを自動的にプログラミングしたり、既存のコンポーネントを ECU 上で制御することも可能です。ただし、Windows®/Linux ライブラリを作成する場合に、原則として ECU コードを生成するためのモデルと同じものを使用します。また、前述の通り、関連する大量の

機能内情報に開発段階でアクセスすることが必要になります。これは、特に機能が正しく動作しない場合に、機能を解析し、理解するためにも重要です。この場合、アクセスのしやすさを確保するために、この内部データを事前にモデルとして提供する必要があります。データをモデルとして提供すれば、開発環境内でコンパイルされたモデルをコンポーネントから呼び出す際に、内部データを解析してビジュアル表示したり、他のコンポーネントに転送することができます。

実装の技術的要件

実行可能な ECU ソフトウェアの機能を実装するには、dSPACE の量産コード生成ツールである TargetLink® が役立ちます。TargetLink を使用すると、SWC 用のコー

ドを制御モデルから生成し、コントローラと開発環境の両方に統合することができます。実行した SWC の動作は、この 2 つのプラットフォーム上でトレースし、解析結果をビジュアル表示できることが必要です。このような状況は、ECU と開発環境の両ランタイム環境で発生しますが、メカニズムはそれぞれ異なります。ECU では、SWC は計測および適合プロトコル (XCP) を使用して、あらかじめ定義されたランタイム変数に外部ツールからアクセスできるようにします。一方、開発環境では、あらゆる SWC 変数は他のプログラムに転送され、必要に応じてビジュアル表示されます。

ECU とは異なり、PC ベースの環境では SWC からメモリを供給する必要がないため、SWC はデバッグ変数を何個でも追加して拡張し、デバッグ機能を十分に活用することができます。ここでの課題は、ECU コードをほとんど変更しないでおきながら、SWC を統合するための要件も考慮に入れなければならない (デバッグのためにできるだけ多くの変数を作成して使用可能にするなど) という点にあります。また、各ターゲットプラットフォーム (Linux または Windows) で統合を行うための自動化レベルを高くし、ワークフローにおける手作業での介入レベルを低く抑えることも必要です。これを解決するには、SWC モデルや SWC データベース、関連するスクリプトに変更を施すことが必要となります。

TargetLink による自動実装

AST 社では、この自動化を実現し、開発プロセスにおける TargetLink の統合をサポートするために、TargetLink のコールバックメカニズムを採用しました。

デバッグ変数に対応したコード生成により、目的に応じて柔軟に対応できる TargetLink Data Dictionary の仕様。

| プロパティ | 値 |
|-----------------------|---------------------------------|
| Description | "Variable class" |
| Storage | default |
| Scope | global |
| ArgClass | <> |
| Volatile | off |
| Const | off |
| Macro | off |
| Alias | off |
| InitAtDefinition | off |
| RestartFunctionName | "InitPredictionVariables" 初期化関数 |
| SectionName | " |
| TypePrefix | "UAS_API" コンパイルスイッチ |
| DeclarationStatements | {} |
| UseName | on |

「当社では、TargetLink を利用して、生成コードを開発プラットフォーム向け・ターゲットプロセッサ向け双方に切り替え可能なシームレスな自動実行ワークフローを構築しています。これにより、高性能な運転支援機能を効率的に開発できるようになりました」

Matthias Issbruecker 氏、Automotive Safety Technologies GmbH

TargetLink 固有のフック機能を使用すると、コンパイルプロセスでのユーザ固有の変更をサポートすることができます。フック機能が呼び出されると、ユーザ定義の命令が自動的に実行されます。そのため、追加の手作業による調整は必要ありません。

AST 社では、TargetLink を使用することで、追加のデバッグ変数を配列として実装することができました。この配列は、コンパイラスイッチにより、作成するか（開発環境の場合）、省略するか（ECU の場合）をコンパイルプロセスにおいて選択できます。コンパイルバリエーションを使用すれば、異なる開発プラットフォーム向けに同一のコードを開発し、コンパイルプロセスの時点でコードを目的に合った形式に変換することができます。これらのデバッグ変数配列は、さまざまな幅とデータタイプを持つことができます。AST 社では、再利用可能な汎用的なソリューションを作成し、ライブラリ形式で実装することができました。さらに、プリプロセス命令およびプレフィックスの自動挿入を使用することにより、同一の C コードを生成しながら、コンパイラスイッチによって ECU または Windows/Linux 向けの異なるランタイム環境に対応することができました。 ■

Matthias Issbruecker 氏、Mohinder Pandey 氏、Automotive Safety Technologies GmbH

まとめ

Automotive Safety Technologies 社では、量産コード生成ツール TargetLink を使用して、開発プラットフォームとターゲットプロセッサの両方に対応したコードを生成できるようにすることで、効率的な開発環境を実現しています。同社では、コンパイラスイッチを使用して、制御モデルから自動的にプラットフォーム固有のコードを生成できます。コードは、デバッグ変数を追加して拡張することも、ECU 上で実行することも可能です。このアプローチの利点は、完全に同一な制御モデルから開発環境 ADF が供給されるため、容易に運転支援機能を開発し、ECU 向けのコードを生成し、実際のランタイム条件でコードをテストすることができる点です。

Matthias Issbruecker 氏

交差点アシスタント機能の開発担当、Automotive Safety Technologies GmbH (ドイツ、ガイマースハイム)

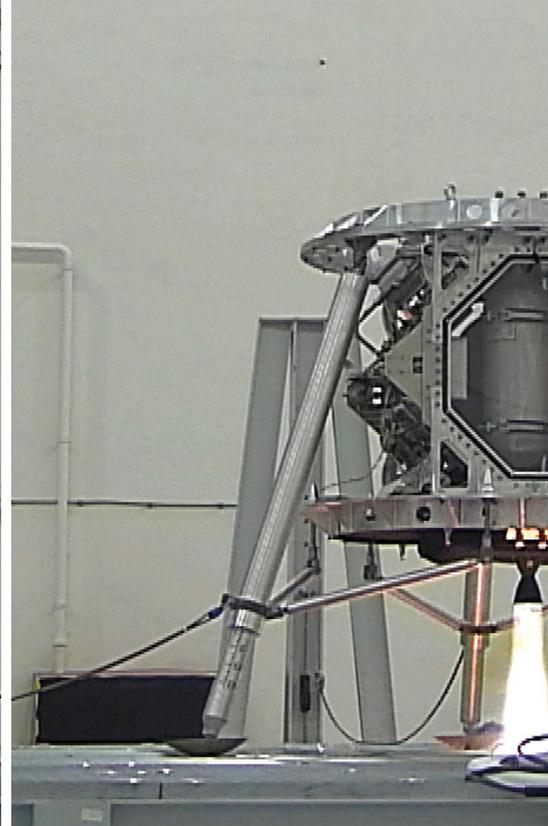
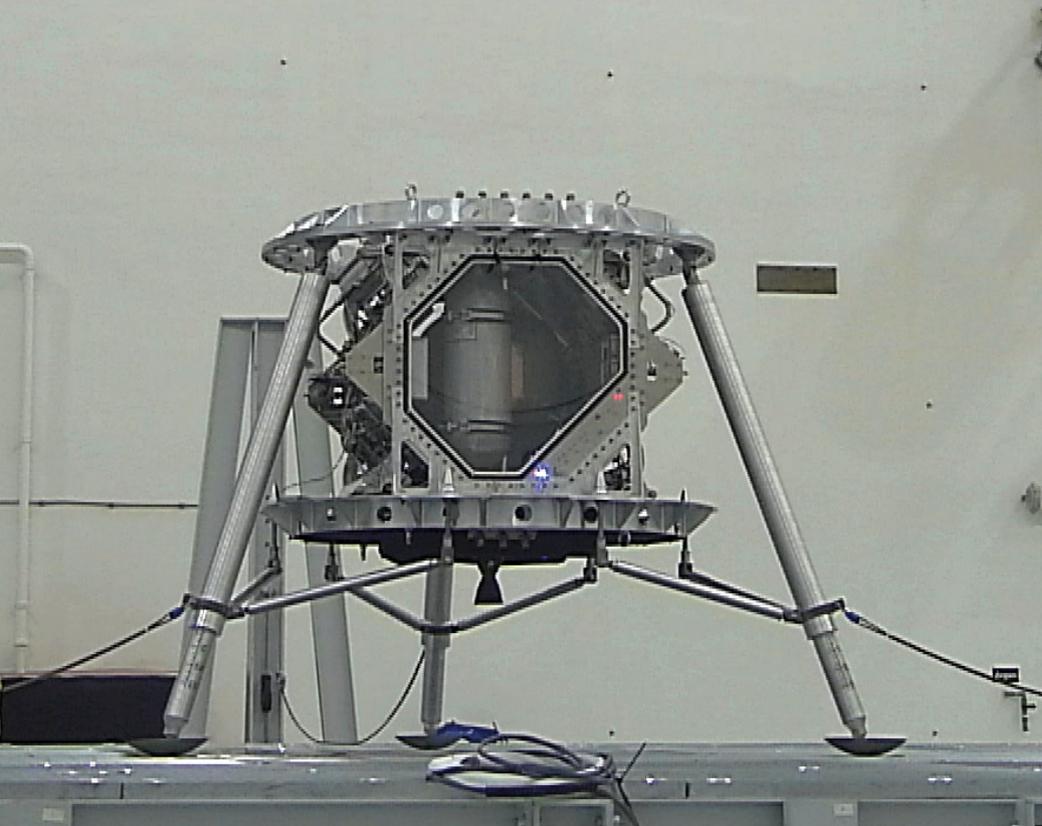


Mohinder Pandey 氏

交差点アシスタント機能の先行開発担当、Automotive Safety Technologies GmbH (ドイツ、ガイマースハイム)



飛行テストで、ホバリング状態、ロール飛行、ソフトランディングを成功させる HOMER。



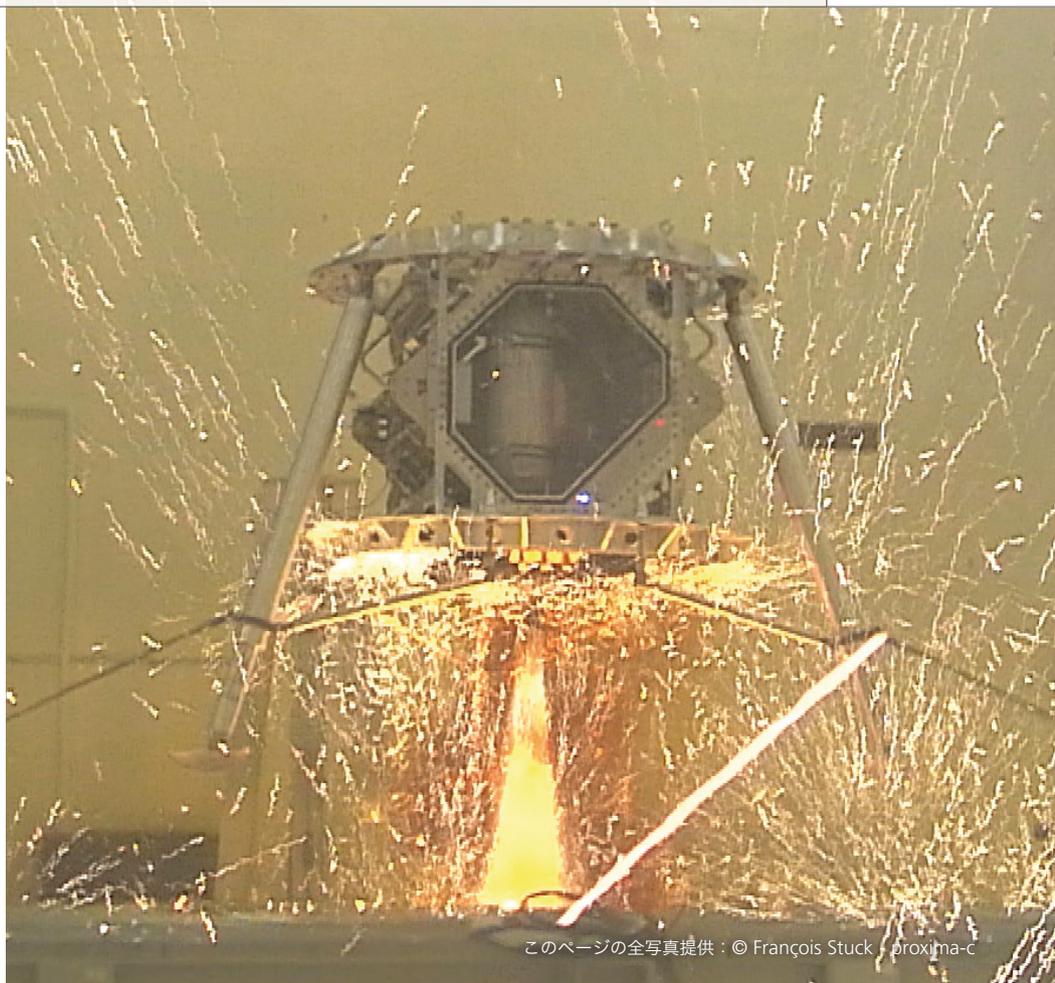
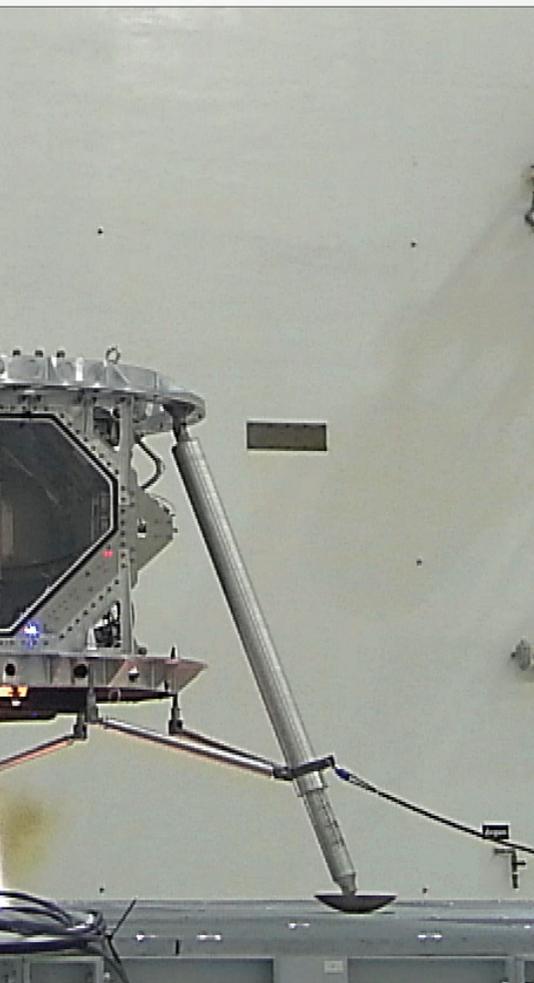
HOMER Take-off: A Review

Airbus Defence and Space 社は、未来の宇宙船開発に向けた HOMER (HOVer ManoEuvRe) プロジェクトを通じて、着陸とホバリング飛行の両方を巧みにこなす革新的なプロトタイプを開発しました。このプロトタイプには、2 個の dSPACE MicroAutoBox が搭載され、テスト飛行の制御に活用されました。

HOMER は、Airbus Defence and Space 社が誇る 5 大プロジェクトの 1 つです。同社では、そのような複雑な開発業務である HOMER プロジェクトにおいて、商用オフザシェルフ (COTS) 製品を使用するとい

う、全く初めての試みを行いました。HOMER プロジェクトは、新しいテクノロジーの開発を支援するための、いわばインキュベータであり、その目標は、新しいテクノロジーとそれに関連するノウハウの成熟度を評価し、新たな基幹業務を開拓すること

でした。通常の他のプロジェクトでは、20 トン以上もある大型の宇宙船を開発している Airbus Defence and Space 社にとって、HOMER の要件である、1 m³ の体積に対して最大 300 kg という重量と体積に関する制限は、大きな難題の 1 つでした。



このページの全写真提供：© François Stuck / proxima-c



「当社では、HOMER プロジェクトに dSPACE 製品を活用することで当初の目標を十分に達成できたため、今後の研究開発プロジェクトにおいても自信を持って dSPACE ソリューションを使用できます」

Stéphane Heynen 氏、地上制御システム担当、Airbus Defence and Space 社

宇宙船の2つのバージョン

HOMER は、着陸飛行に最適化されたバージョンと、ホバリング飛行に最適化されたバージョンという2つの適用ケースに分けて構成されました(図2)。HOMER の着陸船バージョン(ODYSSEY ミッションでの着陸船に相当)には、緩衝式着陸脚と垂直運動用のエンジン1基が搭載されています。ホバリング飛行バージョン(ILIAD ミッションでの衝突機に相当)には、着陸システムは搭載されず、水平運動用のエンジン2基が追加されています。最初のテストでは、着陸船バージョンに重点が置かれました。

国境を越えた学際的開発

HOMER プロジェクトでは、Airbus Defence and Space 社の6つの研究所(フランス2カ所、ドイツ4カ所)が関与しました。そのため、新しい組織構造をゼロから構築し、シームレスな協力体制を保證する必要がありました。Airbus Defence and Space 社内のシミュレーション部門と飛行制御部門を統合した協力チームが編成されたのはそのためです。このプロジェクトチームは、約25名の従業員で構成され、フランス人とドイツ人のエンジニアが複数のグループに割り振られました。各グループでは、姿勢制御システムやメイン

推進システムなどのように、それぞれ1つのサブタスクを担当しました。

dSPACE ツールによるラピッドコントロールプロトタイピング

HOMER のハードウェアおよびソフトウェアの開発に際して使用する COTS システムは、I/O 機能、重量、および設定の柔軟性に関する厳しい要件を満たす必要がありました。コストパフォーマンスの高い洗練された開発システムであっても、安全性を犠牲にすることは許されないためです。Airbus Defence and Space 社では最終的に、従来のプロジェクトで既に試行さ

>>

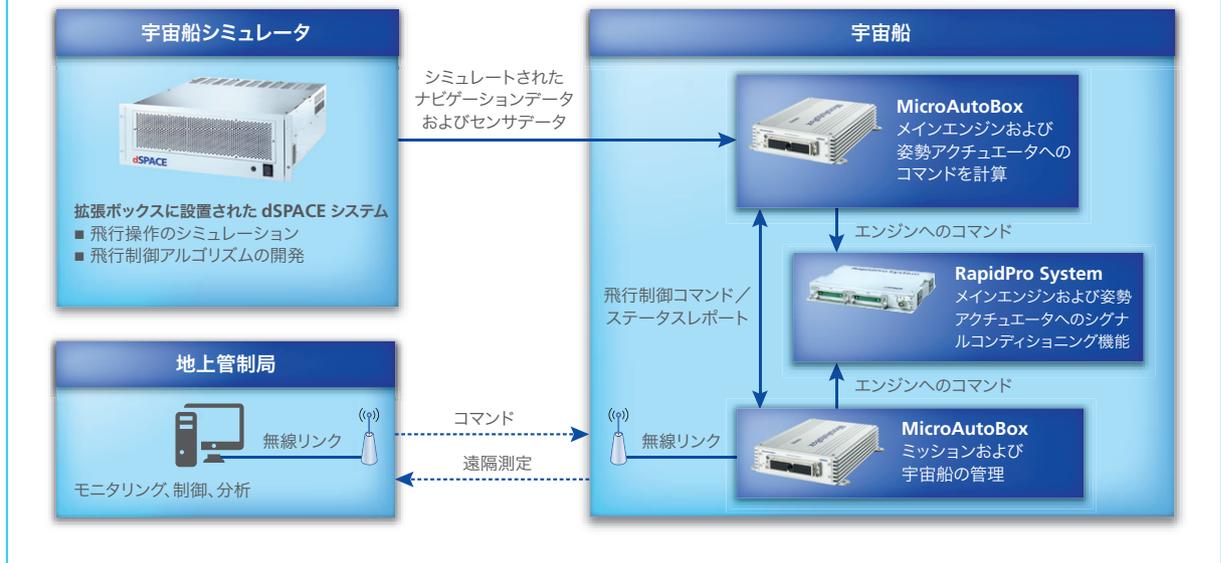


図 1：飛行制御アルゴリズムの開発は、dSPACE 拡張ボックス内のモジュール型 dSPACE システムに HOMER を接続して行われています。これにより、実際のテスト飛行を行う前に、飛行操作と関連するセンサデータをシミュレートすることができます。

れ十分に検証されていた dSPACE ツールを使用することを選択しました。慣性ナビゲーションシステム、カメラ、レーダー高度計、各種センサ、およびアクチュエータを含む既存のハードウェアの接続には、柔軟な I/O を備えた dSPACE MicroAutoBox を使用しました。これにより、容易に接続を行うことができました。機能の設計に際しては、MATLAB®/Simulink® を使用したモデル設計や、Real-Time Interface (RTI) を介した dSPACE ハードウェア (図 1) への自動コード実装といった、モデルベースのアプローチを採用しました。「dSPACE ツールの最大の利点は、ブロック線図から直接、簡単に設定を行うことができ、試験ソフトウェア ControlDesk によって多くの計測機能やリアルタイム機能を利用できることです」と、HOMER プロジェクトで電気サブシステムの開発を担当した Thierry Poirrier 氏は述べています。

開発プロセスでは、関連する実装および試験ソフトウェアを含む、合計 5 個の MicroAutoBox 構成および RapidPro パワーステージ構成が使用されました。

2 個の MicroAutoBox によるテスト飛行

HOMER プロトタイプは、ブレーメンにある Airbus Defence and Space 社の施設で組み立てられ、フランスのアキテーヌにある試験センターに輸送されました。2012 年 10 月 23 日、HOMER は、ホバリング状態、ロール飛行、地上 1 m からのソフトランディングに関する妥当性確認テストに合格しました (動画を参照)。「HOMER は、システムレベルで承認されたのです」と、地上制御システムを担当した Stéphane Heynen 氏は述べています。HOMER には、ミッションおよびオンボードシステム管理用、および詳細な飛行制御

用の 2 個の dSPACE MicroAutoBox が搭載されていますが、構成担当者は、MicroAutoBox 内に緩衝フォームを追加することを推奨しています。特に HOMER の離陸および着陸時に発生する強い振動から MicroAutoBox を保護し、テスト飛行中の正常な動作を保証する必要があるためです。

開発期間を 9 年短縮

「このプロトタイプでは、最初の作業段階から着陸船バージョンを完成させるまでに、わずか 4 年しかかかっていません。宇宙飛行プロジェクトで任務に使用する宇宙船を開発する場合、通常ここまで 15 年ほどかかります」と、シミュレーションおよび飛行制御ソフトウェアを開発する Clément Gu 氏は述べています。Airbus Defence and Space 社は、このようなテスト飛行までの期間短縮を実現した欧州



「当社では、開発および妥当性確認の全プロセスを通じて、dSPACE 製品を使用しました。また、すべてのテストシステムでコストパフォーマンスの高い dSPACE ツールを使用したことにより、偏りの無い正確なテスト結果を保証することができました」

Thierry Poirrier 氏、電気サブシステム担当、Airbus Defence and Space 社



「信頼性が高く、高速かつ堅牢な dSPACE のリアルタイムプロトタイプングツールのおかげで、私たちは本来の業務に集中することができます」

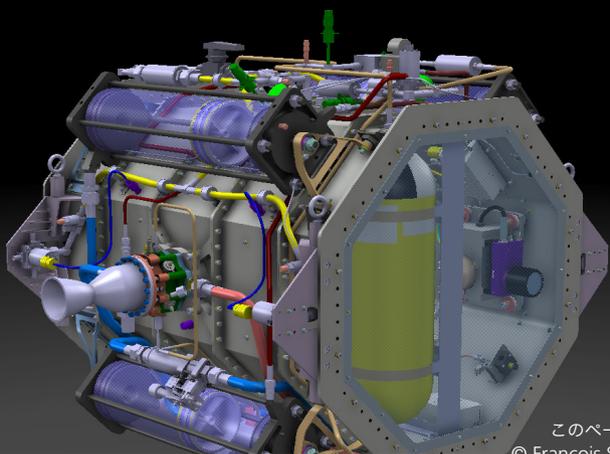
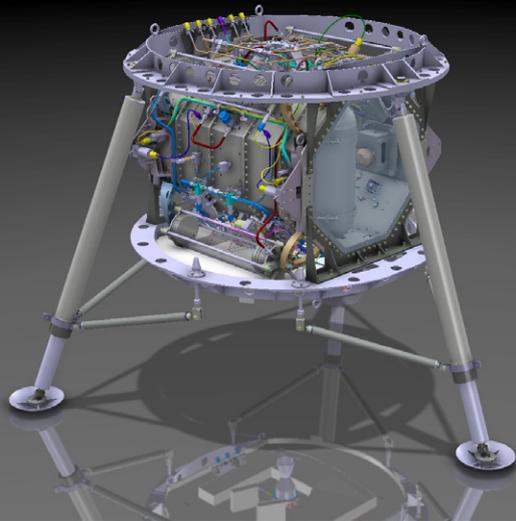
Clément Gu 氏、シミュレーションおよび飛行制御ソフトウェア担当、Airbus Defence and Space 社

初の航空宇宙企業となりました。Airbus Defence and Space 社では、今後の宇宙開発プロジェクトでも、有効性が証明されたこの新しいテクノロジーおよび手法を使用し続けていく予定です。宇宙廃棄物回収用の宇宙船など、推進システムや制御

技術、ドッキング能力に高い精度が要求される宇宙船の開発にも、このようなプロジェクトが活用されていくでしょう。 ■

Airbus Defence and Space 社のご厚意により寄稿

図 2：上図：着陸船バージョン（垂直用エンジン 1 基、着陸脚 3 本）。下図：衝突機バージョン（垂直用エンジン 1 基、水平用エンジン 2 基、着陸脚なし）。



このページの全写真提供：
© François Stuck - proxima-c

まとめ

Airbus Defence and Space 社は、未来の宇宙船開発に向けた HOMER (HOver ManoEuvRe) プロジェクトを通じて、着陸とホバリング飛行の両方を巧みにこなす革新的なプロトタイプを開発しました。HOMER プロトタイプのテスト飛行では、オンボード飛行制御用に MicroAutoBox が 2 個搭載されるなど、さまざまな dSPACE 製品が使用されています。このような宇宙飛行開発プロジェクトでは、通常 15 年ほどの開発期間が必要ですが、HOMER の開発にはわずか 4 年ほどしかかかっていません。HOMER プロジェクトは既に当初の目標を達成して完了しています。

HOMER の
初テスト飛行の動画：
[www.dspace.com/
go/20152_HOMER](http://www.dspace.com/go/20152_HOMER)



これまで、ウェッジクラッチをオートマチックトランスミッションに搭載しようとする試みの多くは、乗り心地を大きく損なう変速ショックの発生により失敗に終わっていました。上海交通大学の研究者は、高い精度で制御可能なモーターを使用することによりこの問題を解決する研究を行っています。この研究では、妥当性確認用として dSPACE のハードウェアとソフトウェアが使用されています。

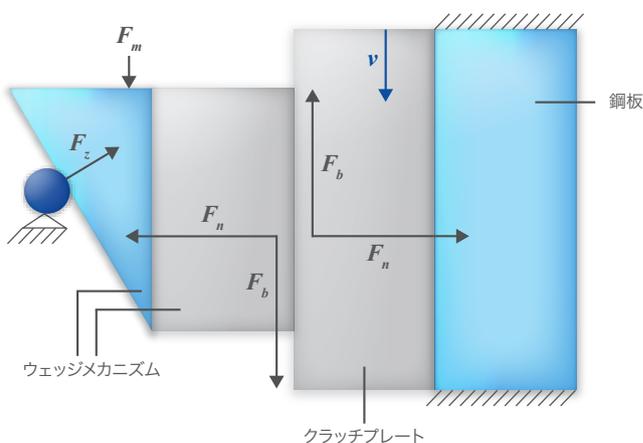
白 自動車業界の最新のトレンドであるドライブトレインの電動化の波は、トランスミッションシステムにも及んでいます。たとえば、オートマチックトランスミッションの分野では、従来の油圧クラッチに代わって、電動アクチュエータが将来使用される可能性があります。電動アクチュエータは通常、油圧アクチュエータに比べてよりコンパクトで軽量であることや、駆動力を維持するために内燃エンジンを常時作動させておく必要がないことがその理由です。また、燃料の大幅な節約も可能になります。そのため、上海交通大学 (SJTU) の研究者は現在、電動ウェッジクラッチの評価を行っています。

遷移が課題に

ウェッジ機構は、回転するクラッチプレー

トと固定されたカウンタベアリングの間に組み込まれます (図1)。モーターがウェッジを深く押し込むほど、クラッチプレートは向こう側の鋼板に強く押し付けられます。ただし、ウェッジの角度が一定であれば、最終的に電動サーボモーターの駆動力とクラッチプレートの摩擦力との間の比率が非常に大きくなる臨界点に到達します。これは、たとえ小さな作動力であっても、非常に大きな法線力を急激にクラッチプレートに発生させることが可能だということです。トランスミッション出力トルクでは、「滑っている状態」から「完全に噛み合っている状態」への突然の遷移が発生すると、明らかな加速度の変化を引き起こし、車の乗り心地を大きく損なうことになるため、ウェッジクラッチの量産化はこれまで実現されてきませんでした。 >>

図1：ウェッジクラッチメカニズムの力解析を示す簡略図。小さな作動力 F_m でもクラッチプレートに非常に大きな法線力 F_n が発生し、明らかな加速度の変化となるため、車の乗り心地が大きく損なわれます。



Smooth_{and} e-efficient

スムーズなシフト操作を実現する電子クラッチ

D
-
M
-
N
-
Z
-
R
-
P

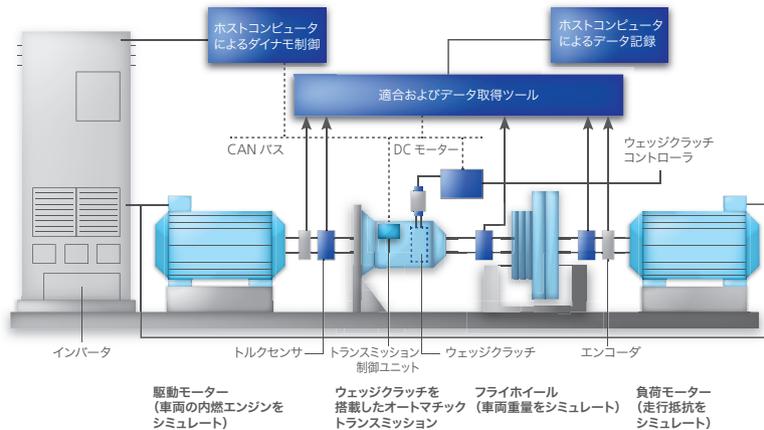
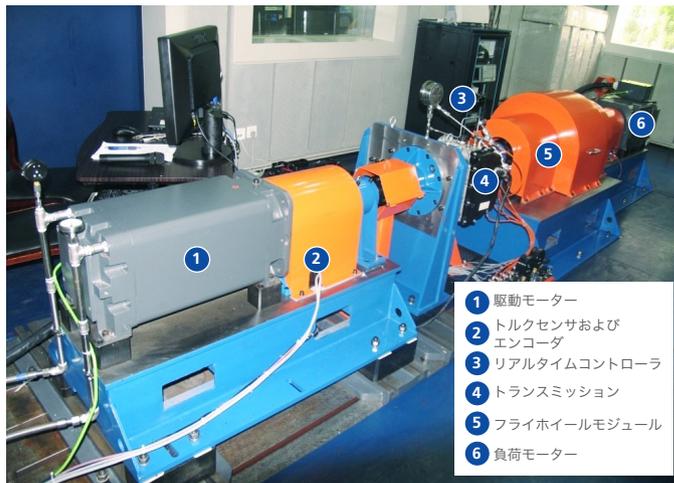


図2：ダイナモメータテスト装置でミドルクラス乗用車のエミュレーションを行うことにより、効果的にウェッジクラッチシステムの妥当性を確認します。

テストベンチでの妥当性確認

SJTUの研究者は、電動アクチュエータを最適に制御することにより、この問題を確実に回避し、より低トルクかつ少ないパワーロスでウェッジクラッチの締結と解除をスムーズに行うための研究を行っています。このような制御の実用可能性を迅速かつ正確に検証するため、SJTUでは、PID（比例 / 積分 / 微分）コントローラを搭載

した dSPACE MicroAutoBox II を使用して、ウェッジクラッチをダイナモメータテストベンチでテストしました。PID コントローラの役割は、クラッチプレートに作用する法線力の変動を数ミリ秒単位で制御し、切り替え動作を最適化することです。

ミドルクラスカーのシミュレーション

PID コントローラでは、あらかじめ決定さ

れた目標値とクラッチプレートに作用する実際の法線力との間の偏差を入力値として使用します。この偏差に基づき、DC 電源で作動するサーボモーターの電圧を出力変数として制御します。電圧と回転角度は、ウェッジクラッチの対応する負荷トルクとして実装されます。ウェッジクラッチは、SJTU のダイナモメータテストベンチの中央に設置されたトランスミッションベルハウジングに組み込まれます（図 2）。ドライブ側では、車両の内燃エンジン（最大排気量は 1.6 リッター、約 6500 rpm 時の最大トルクは 297 Nm）を高速応答モーターでエミュレートします。出力側のフライホイールでは、ミドルクラスカーの慣性質量がシミュレートされ、負荷モーターによってさまざまな走行抵抗が再現されます。

適応 PID コントローラの動作

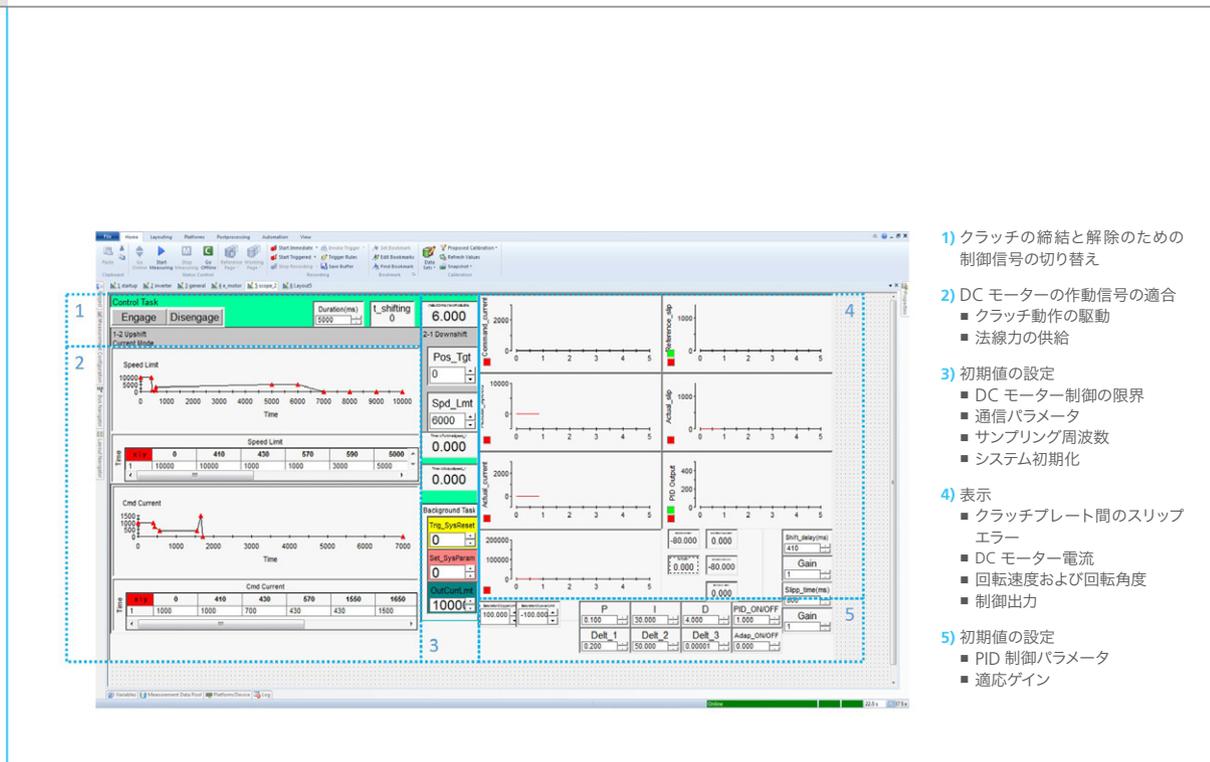
PID コントローラを閉ループで使用することにより、ドライブ側と出力側のクラッチプレート間のスリップ量の差を即座に最小化することができ、ギアのスムーズな切り替えが可能になります。従来の PID コントローラでは、複雑な走行条件下でシステムパラメータが変動すると、結果が不安定になっていました。そのため、SJTU の研究者は、テストベンチ上の実際のサーボモーターの制御に、動作点に応じてパラメータを制御する適応 PID コントローラを使用しました。

実際の走行条件を再現するテスト

研究者は、MATLAB®/Simulink® で制御コンセプトを開発し、それをテスト時に dSPACE MicroAutoBox II 上でコンパイルして実行しました。その結果、PID コントローラは安定した動作を示し、システムパラメータと走行条件を変更した場合でもすべての基準特性に適合しました。これにより、トランスミッションを実際の走行条件下にあるのと同じように制御することが可能になりました。SJTU テストベンチには、多数の I/O インターフェースを容易

「上海交通大学の研究者は、シームレスに統合された dSPACE ツールチェーンに深い感銘を受けました。dSPACE ツールを使用することで、制御アルゴリズムの開発に完全に集中することができました」

Jian Yao 氏、上海交通大学



- 1) クラッチの締結と解除のための制御信号の切り替え
- 2) DC モーターの作動信号の適合
 - クラッチ動作の駆動
 - 法線力の供給
- 3) 初期値の設定
 - DC モーター制御の限界
 - 通信パラメータ
 - サンプリング周波数
 - システム初期化
- 4) 表示
 - クラッチプレート間のスリップエラー
 - DC モーター電流
 - 回転速度および回転角度
 - 制御出力
- 5) 初期値の設定
 - PID 制御パラメータ
 - 適応ゲイン

図3：SJTUの研究者は、ControlDesk Next Generationを使用することで、テスト環境の信号を監視および管理するための強力なユーザインターフェースを作成することができました。

に統合できる MicroAutoBox に加え、dSPACE の試験およびビジュアル表示ソフトウェアである ControlDesk® Next Generation も接続されました。

総合的なテスト計器

SJTU の研究者は、ControlDesk に搭載された多数の計器を使用することで、テスト環境の信号を監視したり管理したりするための強力なユーザインターフェースを作成することができました (図 3)。これにより、たとえば DC モーターの制御信号を適合させたり、PID コントローラの重要な初期値およびパラメータをコンピュータ画面上で設定したりするなど、さまざまな作業を実行することができます。さらに、クラッチプレート間のスリップエラー、DC モーターの電流、速度および角度、各種の制御出力など、すべての重要な信号を詳細に再現することができます。

将来のテストに向けて開かれた道

SJTU の研究者は、特に dSPACE ツールおよび MATLAB/Simulink 間のシームレスな連携に深く感銘を受けました。また、小型で堅牢なハードウェアシステムの信頼性も保証されていたため、研究者は制御アルゴリズムの開発に集中することができました。今回の大きな成果を受けて、SJTU では、開発した制御アルゴリズムを更なるテストにより完成させ、前途有望な

ウェッジクラッチ用の実際のコントローラの開発につなげていく予定です。同校の今後の開発プランでは、量産コード生成ツール TargetLink® や HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレータなど、さらに多くの dSPACE ツールが導入される予定です。 ■

Jian Yao 氏、
上海交通大学

Jian Yao 氏

同氏は、上海交通大学 (SJTU) の博士課程でオートマチックトランスミッションの制御を専攻し、アクチュエータおよびトランスミッションシステムの電動化を専門的に研究しています。



自 動車向け機能安全規格である ISO 26262 (『道路用車両 - 機能安全』) は、2011 年 11 月に正式発行されました。この規格では、安全関連の車載電気/電子システムの開発および生産における機能安全を保証するためのプロセスおよび方法が規定されています。この規格は、技術の実態に関する規定であるため、自動車メーカーはその遵守を義務付けられています。ところで、自動車メーカーはこの一般的な要件を具体的な開発手順にどのように反映させれば良いのでしょうか。アプローチの 1 つとして、TÜV SÜD 社などの認証機関によって認証されたリファレンスワークフローとツールを使用することが挙げられます。このようなアプローチを採用することで、結果的に製造物責任に関するリスクを低減することもできます。

ソフトウェアツールの使用に関する ISO 26262 の要件

ISO 26262 では、安全関連プロジェクトで使用するソフトウェアを最初に特定の適用分野に分類するよう規定しています。この分類には、ツールが機能安全要件を満たしている場合と満たしていない場合の影響を分析することも含まれています。分類結果は、ツール信頼レベル (TCL) と呼ばれます。次に、TCL に基づいてツールの認証を受ける必要があります (42 ページの情報ボックスを参照)。通常、認証を行う際は、適切な認証方法を組み合わせる必要があります。どの方法を組み合わせるかは、そのソフトウェアツールで開発およびテストされるシステムの自動車安全度水準 (ASIL) によって異なります。これには、ツールの開発に関連するプロセスや手法に対する十分な知識が必要となるため、これらの認証方法を実装することは非常に困難で手間がかかります。つまり、認証方法の実装には、ツールの開発環境が ISO 26262 に準拠しているかを査定するための専門的知識が要求されます。

TÜV SÜD 社の認定

TÜV SÜD 社では、パーダーボルンにある

>>



安全関連システムのテストで使用する dSPACE のテストオートメーションソフトウェア AutomationDesk は、ISO 26262 および IEC 61508 規格への準拠について、2014年に TÜV SÜD 社の認定を取得しました。市販の HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーション用テストオートメーションソフトウェアとしてこの認定を受けるのは、AutomationDesk が初めてです。これはユーザにとって一体どのような意味があるのでしょうか。

Certifiably Safe

AutomationDesk が TÜV SÜD 社の認定を取得したことにより、開発プロセスを ISO 26262 および IEC 61508 規格に準拠した形で非常に容易に分類、認証、および妥当性確認できるようになります。

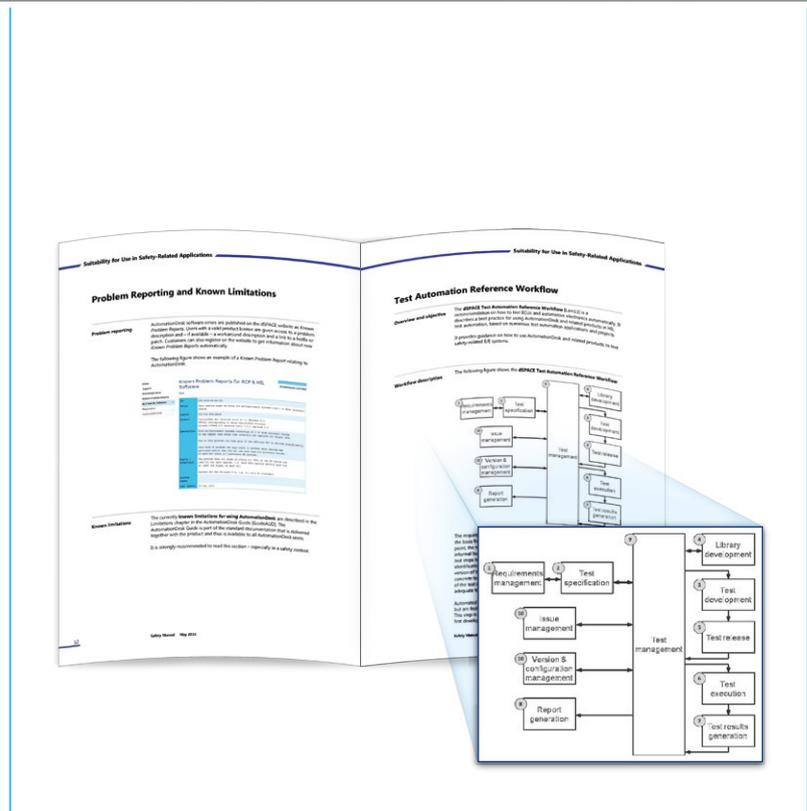
Qualification

ISO 26262 および IEC 61508 で規定される内容

IEC 61508 は、国際的に認知された、安全関連の電子システム開発の汎用規格です。自動車業界では、2011 年末に乗用車の機能安全規格として、それまでの IEC 61508 に代わって ISO 26262 が正式発行されました。ISO 26262 は、IEC 61508 を修正した規格であり、自動車業界の特定の状況に対応できるよう調整されています。これらの規格を実装すると、電気/電子コンポーネントを搭載した車両システムの機能安全が保証されます。これらの規格を遵守するためには、電気/電子コンポーネントの開発に使用するツールの分類、認証、および妥当性確認が必要になります。

ISO 26262 では、ツールの認証のために 4 つの方法を規定しています。それぞれの ASIL に応じて、ユーザは以下の方法を適切に組み合わせて選択することができます。

- a. 使用による信頼性の強化 (ISO 26262-8, 11.4.7 ~ 11.4.10)
- b. ツール開発プロセスの評価 (ISO 26262-8, 11.4.8)
- c. ソフトウェアツールの妥当性確認 (ISO 26262-8, 11.4.9)
- d. 安全規格に基づいた開発 (ISO 26262-8, 11.4.10)



AutomationDesk 安全マニュアルとテストオートメーションリファレンスワークフロー

dSPACE GmbH との密接な協力のもと、AutomationDesk の品質や開発環境を監査するため、dSPACE 組織内のプロセスやドキュメンテーションを詳細に分析しました (43 ページの情報ボックスを参照)。また、新しい AutomationDesk 安全マニュアルについても査定し、お客様とのコミュニケーションプロセスやバグレポートも調査しました。その結果、TÜV SÜD 社は、AutomationDesk が “Software Tool for Safety-Related Development” (「安全関連開発用ソフトウェアツール」) であることを認定しました。これにより、AutomationDesk が自動車、商用車、航空機、およびその他の多くの産業分野における安全関連システムのテストに適していることが明確に示されました。これは、AutomationDesk を使用して安全関連システムのテストを行えば、ASIL A ~ ASIL D、および SIL1 ~ SIL3 までのすべての自動車安全度水準 (ASIL) に関して、そのプロセスは ISO 26262 および IEC 61508 規格に準拠している、つまり「用途に適合する」ことを公式に確認したものであります。

AutomationDesk 安全マニュアル

この認定を取得できた重要な要素の 1 つに、AutomationDesk 安全マニュアルが

あります。これは、AutomationDesk を安全関連プロジェクトで使用するための補足的ユーザドキュメントです。このマニュアルでは特に、下記について説明しています。

- AutomationDesk の概要、およびすべての使用可能な製品とユーザドキュメント
- AutomationDesk の使用や運用のための推奨事項およびベストプラクティス (AutomationDesk テストオートメーションリファレンスワークフローを含む)
- ISO 26262 で規定されたテストプロセスにおけるテストオートメーションリファレンスワークフローの例
- AutomationDesk に関するツール分類
- AutomationDesk が ISO 26262 および IEC 61508 に基づいて「用途に適合する」ことを認定する証明書

安全関連システムの開発を有益にサポート

独立した認証機関である TÜV SÜD 社は、AutomationDesk の開発プロセスおよび総合的な品質保証を認定しています。そのため、常に AutomationDesk 安全マニュアルの説明に従って AutomationDesk を使用すれば、ユーザは規格のために自社の



AutomationDesk : HIL テストオートメーション用の市販ソフトウェアとして初めて認定を取得しました。

ツールをわざわざ分類する必要がありません。また、AutomationDesk の認証も非常に簡単になります。AutomationDesk は、認証方法「ツール開発プロセスの評価」および「ソフトウェアツールの妥当性確認」の該当する基準、および「使用による信頼の強化」の基準のほとんどを満たすソフトウェアであることが証明されているためです。

AutomationDesk は、テストオートメーションを HIL (Hardware-in-the-Loop) 環境で行う市販ソフトウェアとしてこの認定を受けた最初の製品となりました。AutomationDesk 安全マニュアルを使用すると、ISO 26262 および IEC 61508 に準拠した安全関連システムを AutomationDesk で開発およびテストする際に必要な有益な情報を得ることができます。AutomationDesk が TÜV SÜD 社の認定を取得したことにより、規格に準拠した開発プロセスの分類、認証、および妥当性確認が非常に容易になります。

今後の展望

認定を受けた AutomationDesk のソフトウェアバージョンは 4.1 です。2015 年の夏にリリース予定の新しい AutomationDesk バージョン 5.0 に対する認定も間近に迫っています。今後のバージョンについても、

必要に応じて認定を受ける予定です。TÜV SÜD 社による AutomationDesk の認定に関する詳細は、dSPACE 販売代理店にお問い合わせください。■

TÜV SÜD 社の 監査基準

TÜV SÜD 社は、AutomationDesk の認定にあたり、dSPACE の AutomationDesk 担当部門を監査しました。TÜV SÜD 社は以下の各項について検査を行いました。

- 要件管理、変更管理、リリース管理などの AutomationDesk の開発プロセス
- 要件に基づくテスト結果のトレーサビリティといった AutomationDesk の妥当性確認
- お客様とのコミュニケーションプロセス
- AutomationDesk 安全マニュアル

上記の各項に関する査定は、仕様書、詳細な機能およびコンポーネント指向の仕様、設計ドキュメント、テストカタログ、テスト結果、プロセスドキュメンテーション、全社的開発規定、プロジェクト固有の修正など、AutomationDesk に関連するすべての開発ドキュメントに基づき現地で行われました。短期間で認定を取得するには、他部門との協力関係が鍵となりました。TÜV SÜD 社の査定では、AutomationDesk の開発プロセスは既に非常に高いレベルで基準を満たしていました。dSPACE は、監査で受けたいくつかの改善提案を直ちに実施し、その結果、認定を取得することができました。



km/h

Rapid

AUTOSAR

強力な AUTOSAR 対応プロトタイピング
および開発プラットフォームを提供する
MicroAutoBox II



dSPACE の新しい RTI AUTOSAR Blockset 2.0 を MicroAutoBox II で使用すると、ECU アプリケーション全体を実行できるようになります。これにより、ECU ベースの開発プロセスと比較して開発の幅が拡大し、生産性が向上します。

量産指向の開発プロジェクトを成功させるには、効率的なプロセスが不可欠です。そのためには、ラピッドコントロールプロトタイピング (RCP) および AUTOSAR ベースの量産ソフトウェア開発という 2 つの環境でシームレスに連携して作業を行えることが必要です。たとえば、開発者は、MATLAB®/ Simulink® で新しいコントローラを設計したり、ECU ソフトウェアの新しい制御アルゴリズムをテストしたり、または可能な限り早期の段階で ECU のアプリケーションソフトウェア全体の妥当性を確認したりするために、既存のソフトウェアコンポーネント (SWC) を再利用したいと考えています。そのためには、開発の初期の段階から AUTOSAR 規格をサポートしていることが重要です。しかし、技術的に複雑な AUTOSAR 規格を機能開発者が使用するのは困難です。一般的な AUTOSAR ツールはソフトウェアの専門家向けに設計されています。このような場合、dSPACE のコンパクトなラピッドコントロールプロトタイピングシステムである MicroAutoBox II で RTI AUTOSAR Blockset 2.0 を使用すれば、モデルベースの制御設計と AUTOSAR 量産ソフトウェアとの間をブリッジングできるため、機能開発者側でも複雑な問題を容易に克服できるようになります。

容易なソフトウェアの再利用

多くの場合、新しい制御アルゴリズムは既存の機能の上に構築します。これまで

は、既存の機能が Simulink または TargetLink® モデルとして存在せず、量産レベルの C コードでしか利用できない場合、既存の機能をモデルベース開発で再利用することは非常に困難でした。後からモデルを開発しようとするれば時間がかかり、C コードを Simulink に合わせて調整しようとするればコストのかかるユーザ固有のソリューションが必要となるためです。RTI AUTOSAR Blockset 2.0 を使用すると、AUTOSAR 規格に基づいて開発されたソフトウェアコンポーネントを追加作業なしで Simulink にインポートすることができます。また、ソフトウェアコンポーネントを新しいコントローラモデルに統合することもできます。

早期の段階でのプロトタイピングおよびテストの開始

新しい制御方式を ECU ソフトウェアと共にテストすることや、コントローラの動作を実際のプラントモデルと組み合わせてテストおよび評価することは、開発プロセスの重要な要素であり、実際の車両ではしばしば行われています。ただし、新しい ECU の最初のプロトタイプが入手できるのは、開発の開始から何カ月も後であることが多く、最初は入手できる数量も限られています。さらに、たとえば、新しいセンサやアクチュエータ用の I/O ドライバなど、すべてのベーシックソフトウェア (BSW) モジュールが最初から完全に実装され、テストされているわけではありません。こうした要因により、新しい制御方式のテストが

>>

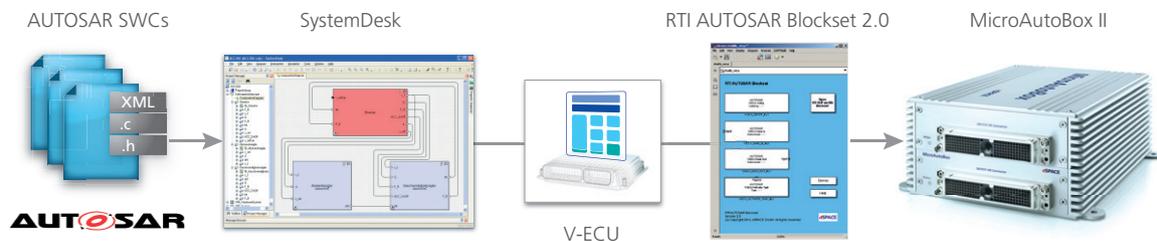


図1：ラピッドコントロールプロトタイピングに対応した AUTOSAR ベースのワークフロー。

MicroAutoBox II および AUTOSAR

MicroAutoBox II は、量産 ECU に匹敵する低レイテンシ I/O を備えた総合的な AUTOSAR リアルタイムオペレーティングシステムを提供します。MicroAutoBox II は、AUTOSAR バージョン 3.x および 4.x をサポートし、AUTOSAR OS Scalability Class 1 に適合しているため、AUTOSAR 規格との高い互換性レベルが保証されています。さらに、ECU ステートマネージャ (Ecum)、NVRAM マネージャ (NvM)、および AUTOSAR CAN スタックなどの最も重要なベシクソフトウェアサービスもサポートしています。そのため、量産 ECU の最初のプロトタイプが入手可能になるかなり前の段階から、AUTOSAR ソフトウェアコンポーネントを使用したラピッドコントロールプロトタイピング、ベンチマーキング、およびテストを現実的な AUTOSAR 環境で実行することが可能です。

大幅に遅れる場合があります。RTI AUTOSAR Blockset 2.0 を使用すると、開発者は MicroAutoBox II を AUTOSAR ベースの汎用的な開発 ECU として使用し、量産 ECU の最初のプロトタイプが入手可能になるかなり前の段階でプロトタイピングやテストを行うことができます。

柔軟性の高い AUTOSAR 開発プラットフォーム

AUTOSAR 規格の主な目標の 1 つは、異なるサプライヤから提供されたソフトウェアコンポーネントを 1 つの ECU ソフトウェアに容易に統合できるようにすることです。サプライヤが通常直面する課題は、サプライヤ側の機能の拡張にユーザ固有の機能を使用し、この機能のテストをユーザ固有の動作条件で行わなければならないという点です。MicroAutoBox II を AUTOSAR 対応の開発システムとして使用すれば、サプライヤはソフトウェアコンポーネントを非常に早期に修正し、効率的にテストすることができます。また、量産 ECU のプロトタイプの入手を待つ必要も、プロジェクト固有の開発環境の知識を持つ必要もありません。多くのパラメータは複雑な相互依存関係を持っているため、従来の量産ツールで BSW の設定を行うと、作業が煩雑になり、エラーが発生しやすくなります。これに対して、モデルベースのアプローチでは、オペレーティングシステムや I/O を MicroAutoBox II で直感的に設定し、ユーザ固有のアクチュエータやセンサを素早く柔軟に接続することができるため、ユーザ固有のテスト環

境を最小限の作業でセットアップすることができます。これにより、サプライヤは顧客のツールに依存することなく、顧客向けのプロトタイプソリューションを開発することができます。

シームレスなツールチェーン

dSPACE では、MicroAutoBox II に RTI AUTOSAR Blockset 2.0 を搭載すること以外にも、TargetLink、SystemDesk®、および VEOS® という強力なツールを提供しており、ソフトウェアの開発や統合、およびオフラインでの妥当性確認をモデルベースで行うことができます。これらのツールを組み合わせれば、新しい制御機能の設計からソフトウェアアーキテクチャの構築やソフトウェアの統合に至るまで、機能およびソフトウェア開発のすべての段階に対応し、PC ベースのシミュレーション、ラピッドコントロールプロトタイピング、および車載テストを行うことができるシームレスな開発プロセスを実現できます (図 1 および 2)。ControlDesk® Next Generation は、このツールチェーンを完成させる試験ソフトウェアです。このソフトウェアを使用することにより、開発者は、量産 ECU の完成に至るまでのすべてのプラットフォーム上で同じ計測および適合データおよび試験レイアウトを使用することができるため、調整作業の多くが不要になります。dSPACE SystemDesk を使用すると、ソフトウェア開発とそれ以降のプロトタイピングやテスト作業との間を補完することができます。SystemDesk では、開発者は AUTOSAR 規格に準拠した SWC をインポートし、これらを接続してアプリケーション

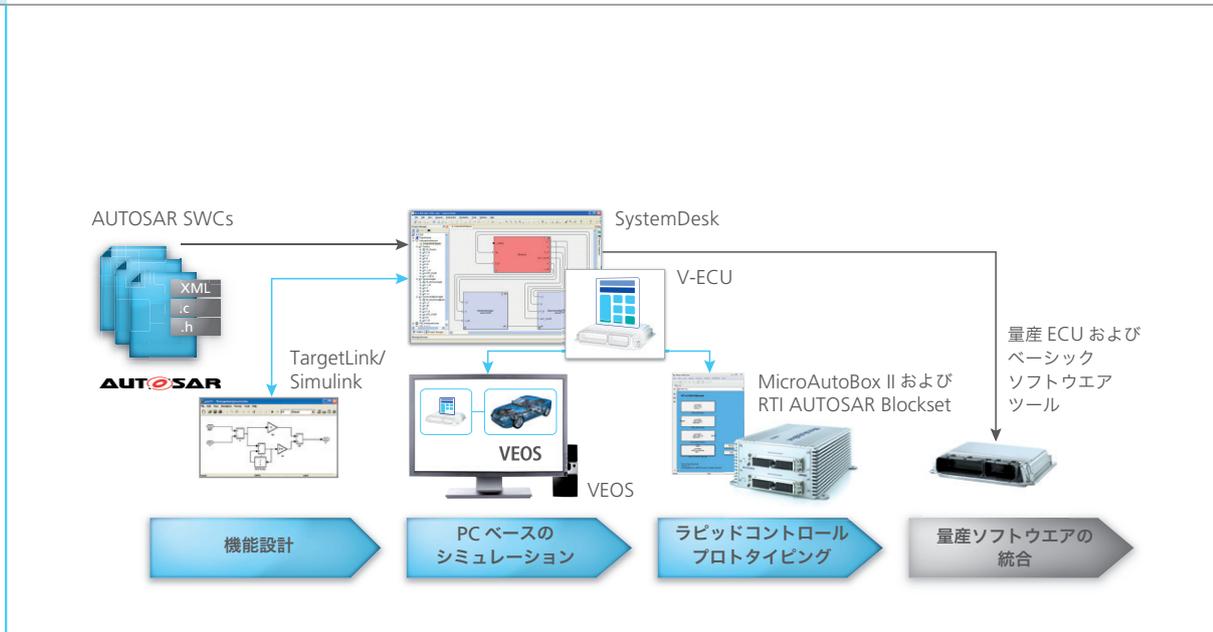


図 2：機能設計、ラビッドコントロールプロトタイピング、およびテストのためのシームレスな dSPACE ツールチェーン。

dSPACE のシームレスな AUTOSAR ツールチェーンにより、開発プロセスの生産性が向上します。

ソフトウェアを構築することができます。SWC は、量産コード生成ツールである TargetLink またはその他の AUTOSAR ツールで作成することができます。SystemDesk では、AUTOSAR オペレーティングシステム、ベーシックソフトウェア、およびターゲットシステムのランタイム環境 (RTE) を設定したり、他の AUTOSAR ツールから既存の設定を使用したりすることも可能です。さらに、この情報に基づき、SystemDesk V-ECU Generation Module によってバーチャル ECU (V-ECU) ソフトウェアが生成されます。V-ECU ソフトウェアは、オフラインでの妥当性確認を行う場合に PC ベースのシミュレーションプラットフォーム VEOS 上で使用したり、ラビッドコントロールプロトタイピングを行う場合に RTI AUTOSAR Blockset 2.0 と共に使用したりできます。どちらの場合でも、V-ECU は、Simulink モデルベースの追加機能を使用して拡張することができます。

テストカバレッジの向上

V-ECU の機能特性の妥当性は、VEOS によるオフラインシミュレーションで効率的に確認することができます。また、同じ V-ECU を、RTI AUTOSAR Blockset 2.0 を使用して物理プラントと共に

MicroAutoBox II 上で実行することもできます。開発者は、このようにしてソフトウェア動作のリアルタイム固有の部分の妥当性を確認することで、車載も含む、現実的な動作条件で V-ECU を評価し、テストすることができます。そのため、機能特性および非機能特性の徹底的な検証が可能になり、高いテストカバレッジが達成されます。

まとめ

新しい RTI AUTOSAR Blockset 2.0 を MicroAutoBox II で使用すると、リアルタイム対応の汎用的な AUTOSAR 開発システムを提供することができるため、量産指向のモデルベース開発環境およびテスト環境で活用することができます。これにより、ECU ベースの開発プロセスと比較して開発の幅が拡大し、生産性が向上します。■

AUTOSAR ベースでない場合

お客様の ECU ソフトウェアが AUTOSAR ベースでない場合でも、シームレスなツールチェーンをセットアップすることが可能です。詳細については、dSPACE の担当者にメールでお問い合わせください (メールアドレス: rcp@dSPACE.de)。



MicroAutoBox II は、汎用的なリアルタイム対応の開発システムです。Embedded PC (中央) およびシグナルコンディショニングを提供する RapidPro SC Unit (右側) による拡張も可能です。

2011年末に発表された DO-178C 規格とその前身である DO-178B との主な相違点は、新しいソフトウェア開発手法の適用範囲を拡大した補遺部分にあります。最も重要な補遺は、モデルベース設計およびモデルベース検証の方法に関するもので、補遺 DO-331 に記載されています。これらの主要なソフトウェア設計技術は、航空宇宙産業において効率的にソフトウェアを開発し、関連する要件を保持しながら、ソフトウェアの品質と安全性を更に向上させるうえで、大きな可能性を秘めています。この記事では、DO-178C および DO-331 に則した TargetLink の使用方法および考慮すべき側面について説明します。

モデル：革新的手法への出発点

ソフトウェア開発を効率的かつ品質指向に基づいて行う場合、要件を DO-331 に準拠したモデルで表現することができれば決定的に優位です。単なるテキストベースの要件から、モデルとして表現された形式的要求へと移行することで、自動解析やソースコード生成、検証を行うための新しい多様な選択肢が広がります。DO-178B/C および DO-331 に準拠したソフトウェア要件には、2つの異なるタイプがあります。

■ 高レベル要件 (HLR)

ソフトウェアが実行すべき動作を記述しますが、実行方法は問いません（つまり、ソフトウェアはブラックボックスとして扱われます）。HLR は、ARP4754（航空宇宙推奨プラクティス）などに基づくシステムプロセスで定義された実際のシステムに関する要件から導出されます。

>>

```

        description: number of axis#1 points */
        6 /* Ny:
description: number of axis#2 points */
        (const uint16 *) &(Ramp_Rate__Ki__x_tabl
        (const uint16 *) &(Ramp_Rate__Ki__y_tabl
        (const uint16 *) &(Ramp_Rate__Ki__z_tabl
        ;
        * SLStaticLocalInit: Default storage class
        *
        static sint32 X_Sc4_Discrete_Time_Integrato
        , 1.99993896484375 */;
        * BusInport: TL_FuelsysController/Run_Airf
        te_Read_RpCorrectedSensors_Sensors(&Sensor
        * # combined # TargetLink outport: TL_Fuel
        * # combined # Discrete Integrator: TL_Fue
        egrator */
        te_IrvIWrite_Run_AirflowCorrection_Airflow
        ((sint32) 300));
        * Discrete Integrator: integration
        * # combined # Product: TL_FuelsysControll
        * # combined # 2D-TableLookup: TL_FuelsysC
        * # combined # Sum: TL_FuelsysController/R
        * # combined # Relational: TL_FuelsysContr
        _Sc4_Discrete_Time_Integrator += ((sint32)
        Tab2DS17I2T4169(&Sc4_Ramp_Rate__Ki__map, S
        ((sint16) (((uint16) (Sensors.Ego <= 3199

```



航空宇宙産業向けアプリケーションに
最適なコード生成ツール TargetLink

Safe Code

According to

DO-178C

dSPACE の量産コード生成ツール TargetLink は、自動車向けの量産プロジェクトだけでなく、民間機や軍用機のプロジェクトにも適しています。dSPACE では、特に DO-178 に準拠した航空宇宙開発プロジェクトでの TargetLink の使用に関する総合的なワークフローの記述を提供しています。このワークフローでは、TargetLink ベースのツールチェーンを使用してソフトウェアの認証を容易に行う方法について説明しています。

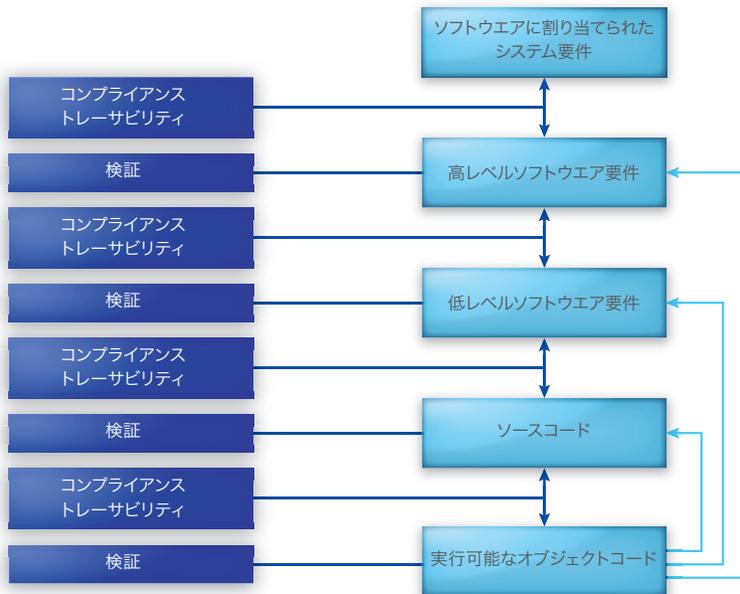


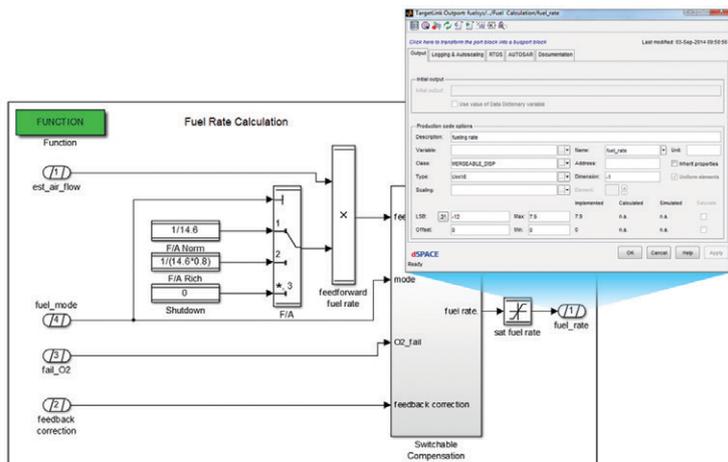
図1：必要な検証手順を含む、DO-178Cに基づいた重要な開発フェーズ。

■ 低レベル要件 (LLR)

ソフトウェアの内部動作を記述します (ホワイトボックスとみなされます)。つまり、実行すべき動作と実行方法を記述します。LLRは、当然ながらHLRから導出されます。実際のソースコードは、LLRから直接生成できる必要があります。

モデルを使用すると、これらの2つのレベルにおける要件を表現することができます (図1)。LLRを表現するためには、多くの場合、Simulink®/TargetLink®モデルが使用されます。実際のソースコードは、自動コード生成によってLLRから生成されます。DO-331では、LLRを表現するこの

図2：Simulink/TargetLink設計モデルを使用すると、TargetLinkでソースコードを直接かつ自動的に生成することができます。



ようなモデルを設計モデルと呼びます。このモデルには、実際の機能の記述に加えて、内部データ構造や制御フロー情報、可能な固定小数点表現など、ソフトウェアに関する必要なすべての詳細情報が含まれています (図2)。

クリック1つで設計モデルからソースコードを生成

DO-331に基づいて要件を表現する設計モデルでは、ソフトウェアのソースコードの作成は、手作業によるプログラミングではなく、コードの自動生成によって行うことができます。TargetLinkを使用すると、ボタンをクリックするだけで確実にソースコードを生成することができ、その品質と信頼性は手作業でのプログラミングを遙かに凌駕しています。

- TargetLinkで生成されたソースコードは、非常に可読性が高く、レビューに適しています。これは、ソースコードへの詳細なコメントや理解しやすいシンボル名、およびC言語のサブセットが使用されているためです。
- コードは、設計モデルにそのままトランスラシすることができ、ソースコードおよび生成に使用された関連モデル間のトレーサビリティを直接保証することができます。
- さらに、TargetLinkで生成したコードにさまざまな設定を行うことで、コーディングガイドラインの遵守を確認したり、TargetLinkで生成したコードと既存のレガシーコードを組み合わせたりすることも可能です。生成されたコードをソフトウェアアーキテクチャに最適な形で統合することもできます。

TargetLink生成コードが提供する優れた品質、設定の柔軟性、および効率性は、すべての適用分野で幅広く認められています。

モデルベース検証：

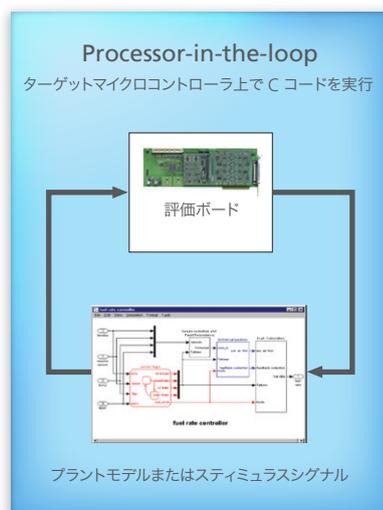
認証を容易に行うための重要な鍵

(HLRやLLRといった)要件の指定にモデルを使用することの優位性は、量産コードの自動生成だけでなく、検証手順などの他の領域でも明らかです。モデルやソースコード、オブジェクトコードといった生成物を個々の開発段階でテストするためには、これらの手順を開発プロセスと並行し

て実行する必要があります(図1)。モデルが必要な要件を満たしているか検証するには、モデルシミュレーション、カバレッジ分析、およびテストケースの生成を組み合わせて使用します(図1)。テストケースは、DO-178B/Cに基づいて要件ベースのみで作成する必要があります。要件自体がSimulink/TargetLinkなどのモデルとして表現されている場合、BTC EmbeddedTester[®]などの自動テストベクトル生成技術を使用することができます。実行可能なオブジェクトコードがHLRやLLRと一致しているか検証する標準的な方法は、そのコードをターゲットプラットフォームで実行することです(図1)。TargetLinkは、このための非常に強力なメカニズムをPIL (Processor-in-the-Loop) シミュレーションの形式で提供しています。TargetLink上では、自動生成されたコードがターゲットコンパイラによって直接変換され、ターゲットプロセッサを搭載した評価ボード上で実行されます(図3)。

TargetLinkに関する DO-178C/ DO-331 ワークロードドキュメント

dSPACEでは、DO-178C/DO-331に準拠したプロジェクトでのTargetLinkの使用に関するワークロードドキュメント『TargetLink – Model-Based Development and Verification of Airborne Software』を提供しています。



DO-178C/DO-331の個々の要件、すなわち「目的」を満たす方法については、ワークロードドキュメントに記載されています。このドキュメントでは、TargetLink自体に注目するだけでなく、サードパーティ製ツールを含む完全なモデルベースのツールチェーンで構成されるTargetLinkエコシステム全体にも焦点を当てています。これには、BTC Embedded Systems社、Model Engineering Solutions社、およびAbsInt社といったTargetLinkパートナーから提供されるツールも含まれています。このドキュメントを入手するには、TargetLink.Info@dSPACE.de宛てに電子メールでお問い合わせください。■

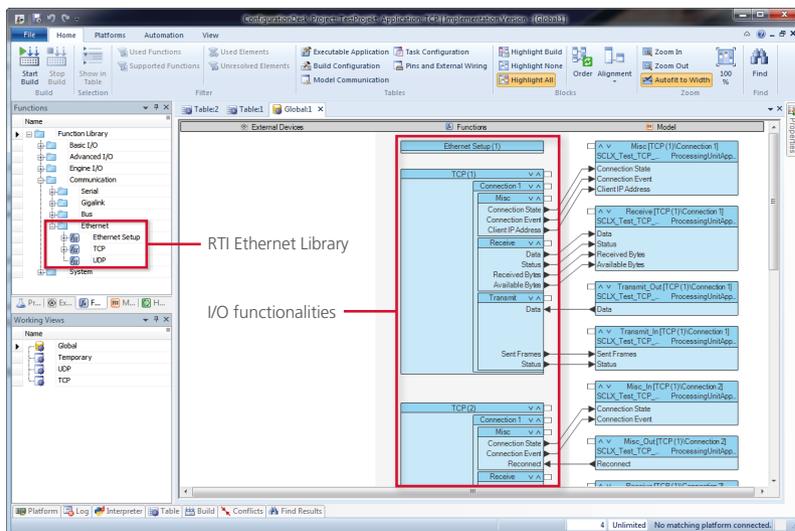


まとめ

TargetLinkは、DO-178Cに準拠した航空宇宙開発プロジェクトに最適であり、ボタンをクリックするだけで高品質なソースコードを生成することができます。レイアウトへのコメント機能やシンボル名により、TargetLinkで生成されたコードは再利用性が高く、要件をシームレスにトレースしたり、コーディングガイドラインへの遵守を確認したりすることも容易です。TargetLinkにサードパーティ製ツールを統合すれば、検証、シミュレーション、解析、およびテストを行うための理想的な環境が実現します。TargetLinkにより、開発プロジェクトの要件から最終的なソースコードまで、DO-178Cに準拠した形で管理することができます。

図3：PIL (Processor-in-the-Loop) シミュレーションで実行可能なオブジェクトコードを実行し、このオブジェクトコードが要件に適合するかを検証します。

SCALEXIO Ethernet ソリューション



dSPACE は、SCALEXIO® 向けに新たな SCALEXIO Ethernet ソリューションを提供します。このソリューションは、ConfigurationDesk® の configuration ソフトウェアおよび implementation ソフトウェアに Ethernet-I/O 機能を追加します。これにより、SCALEXIO で HIL (Hardware-in-the-Loop) テストを行っている間に TCP/IP および UDP/IP ベースのデータを送受信できるようになります。SCALEXIO Ethernet ソリューションのあらゆる設定は、ConfigurationDesk を使用して行うことができます。また、テストベンチや計測システムなどのサードパーティ製のシステムに接続したり、Co-Simulation アプリケーションと連携して 2 つのシミュレーションシステムを同時に実行することができます。■

DS1007 PPC Processor Board を使用した マルチプロセッサシステム



DS1007 PPC Processor Board は、dSPACE Release 2015-A からマルチプロセッサをサポートすることにより、モジュール型リアルタイムハードウェアに対応します。DS1007 ボードを複数接続して使用すれば、I/O 数だけでなく計算処理能力も拡張できるため、各アプリケーションの複雑性に対応することができます。また、特別設計されたピギーバック (Gigalink) モジュールを使用することで、複数のプロセッサボードを通常の手順で同期して連結することができます。ピギーバックモジュールは、遅延の少ない光ファイバケーブルによりボード間を接続します。Real-Time Interface for Multiprocessor Systems (RTI-MP) を使用すると、モデルの割り当てを容易に各プロセッサコアに分散することができます。■

Formula Student レーシング カー開発者のトレーニング

dSPACE は、今年の 2 月から 3 月にかけて、モーターレースやエンジニアリングの道に進む有望な学生達を再びバーダーポルンに招待しました。Formula Student に参加する総員 21 名の開発者達がチームスポンサーである dSPACE を訪れ、レーシングカーの開ループおよび閉ループ制御を行うための dSPACE 開発ツールについて、さまざまな技法を学びました。

2007 年以來、dSPACE は優秀な Formula Student チームに開発ツールと技術的ノウハウを提供してきました。2015 年には、22 団体の学生レーシングチームが、dSPACE の支援プログラムに参加し、幅広いトレーニングセッションを受講しました。dSPACE では、Formula Student

の後援を通して、未来の研究者達が専門に進む早い段階で参考となる方向性を示し、将来を見すえた技術者育成を模索しています。 ■



AutomationDesk 5.0 : テストオートメーションおよびテスト開発の 最適化

テストオートメーションソフトウェアである AutomationDesk のバージョン 5.0 では、ユーザビリティがさらに向上しています。最新機能としては、評価対象の各種信号をグラフィカルに表示して直感的に理解できるようにする信号ベースのテストが追加されました。これにより、紙の上で行うかのようにグラフィカルな環境でテストを開発することができます。AutomationDesk は ASAM XIL 2.0 規格にも準拠しており、さまざまなベンダー製のテストベンチとのインターフェースを提供します。この高品質な規格の実装により、ユーザは AutomationDesk から手軽にシミュレーション変数にアクセスし、ECU ピンに欠陥を生成することができます。

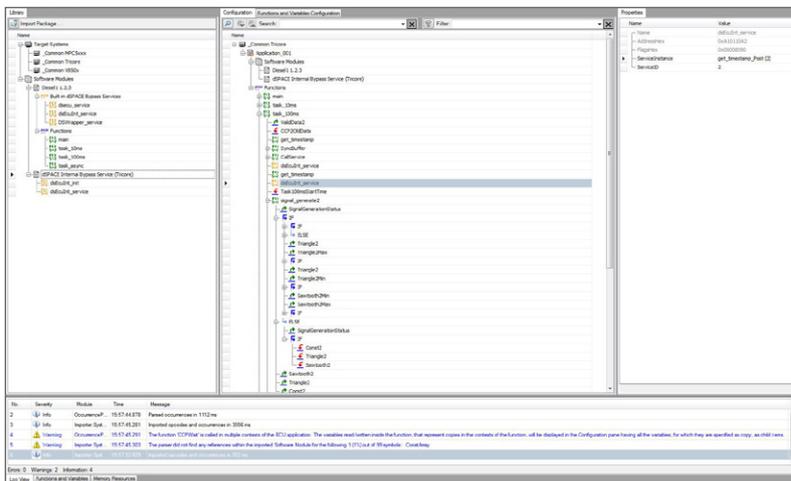
AutomationDesk にはライブラリも装備されており、dSPACE の ECU テスト用ビジュアル表示ソフトウェアである MotionDesk と直接接続することもでき

ます。これにより、カメラベースの運転支援システムの体系的なテストを実現する

ためのよりシームレスなツールチェーンが実現します。 ■



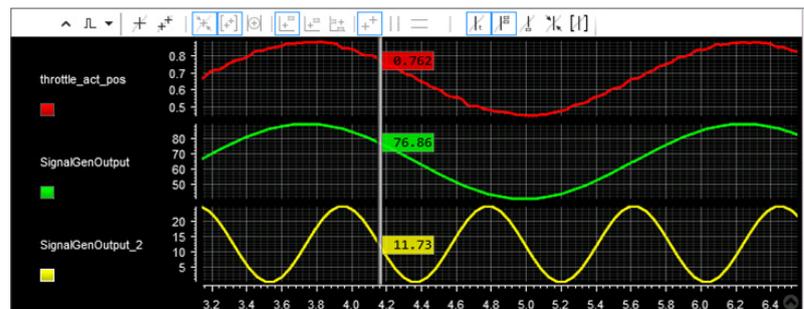
ECU Interface Manager 1.6 : マルチコア ECU のサポート



dSPACE ECU Interface Manager のバージョン 1.6 では、バイパス処理のための強力なマルチコア ECU 用のソフトウェアを作成でき、16 進コードに基づくバイパス統合のすべての利点も利用することができます。機能開発者は、ECU ソフトウェアのビルド環境やソースコードにアクセスすることなく、バイパスをすばやく、かつほぼ自動的に実装することが可能です。そのため、新機能のテストを量産 ECU 上で短い反復サイクルで行うことができます。ECU Interface Manager は、Infineon 社、Freescale 社、Renesas 社、ST Microelectronics 社の自動車アプリケーション用マイクロコントローラファミリをサポートしています。バイパス統合の段階では、ECU Interface Manager はコアの境界をも越えたデータの一貫性を自動的に確保し、マルチコアソフトウェアの複雑性を最小化します。■

ControlDesk 5.4 : ハードウェアサポートを追加し操作性を向上

dSPACE の試験およびビジュアル表示ソフトウェアの最新バージョンである ControlDesk Next Generation 5.4 では、新規プロジェクト向けの多くの高度な機能が提供されています。このソフトウェアでは、DS1007 PPC Processor Board や、CAN バス実装用の Vector 社の VN5610 インターフェースをベースとしたマルチプロセッサシステムもサポートされています。ControlDesk 5.4 では、さまざまな記録機能も提供されています。これにより、マップ、曲線、および共有軸を ASAM MDF 4.1 フォーマットで記録できるようになりました。Signal Editor では、ASAM AE XIL API 2.0.1 に準拠した信号記述やシグナルジェネレータのインポートおよびエクスポートが可能です。新しい Data File Segment では、開始時間や再生期間を選択することにより、記録した測定データをより柔軟に



再生することができます。また、ますます重要になりつつある分野である仮想検証環境において、ECU およびプラントモデルで構成されたシミュレーションシステムをより容易に利用できるようになっています。XIL API MAPort Platform Module を

使用すれば、ASAM XIL API 規格に準拠したサードパーティ製シミュレーションプラットフォームに ControlDesk を接続して、これらのプラットフォーム上でシミュレーション変数を読み書きおよび測定することができます。■

dSPACE on Board

dSPACE の開発ツールを使用することで実現した、革新的かつ興味深い事例をご紹介します。

自動車の目

AdasWorks は、運転支援システムや自律走行車両の開発用ソフトウェアツールです。AdasWorks を車両のフロントカメラと統合すると、カメラデータを使用して完全に自動的に自動車をナビゲートすることができます。ここでは、dSPACE MicroAutoBox が電気機械アクチュエータ用のデジタル出力信号を計算し、車両の操舵、減速および加速を巧みに制御しています。



写真クレジット: © AdasWorks社

AdasWorks 社とハンガリーの ThyssenKrupp Presta 社による、自律走行車両のデモ動画をご覧ください。
www.dspace.com/go/dMag_20152_ADASW



写真クレジット: © AdasWorks社

以下のメディアレポートでは、MicroAutoBox の適用事例と使用方法について説明します。
www.dspace.com/go/dMag_20152_VISYS

アプリによる運転操作

ZF 社の新しい車両連結および運転操作アシスタントアプリを使用すると、数台のトレーラーを連結したトラックを指先だけで自在に操ることができます。タブレットのアプリから、簡単な操作で正確にトラックを運転することができます。トラックに搭載された 2 個の dSPACE MicroAutoBox が、運転操作コマンドをエンジンやブレーキ、ステアリングの制御信号に変換しています。



写真クレジット: © ZF Friedrichshafen AG

指先でパネルをタッチするだけで、25 m のトラックを正確に運転します。
www.dspace.com/go/dMag_20152_ZF



写真クレジット: © ZF Friedrichshafen AG

ZF 社の革新的なトラックには、2 個の dSPACE MicroAutoBox が他のシステムと共に使用されています。

コンピュータによるドリフト走行

コンピュータは人間のドライバーを超えることができるのでしょうか。自動車雑誌のテストチームが、この答えを見つけるための試みをレースサーキットで行いました。人間と対戦するのは、必要なすべての電子コンポーネントを搭載した BMW M235i のプロトタイプ車両で、ドライバーの介入なしにドリフト走行を行うこともできます。コンピュータシステムの一部として、dSPACE AutoBox がトランクルームに設置されています。



写真クレジット: © AutoBild.tv

自律的に円を描いてドリフト走行を実演する BMW M235i。
www.dspace.com/go/dMag_20152_ABTV



写真クレジット: © AutoBild.tv

dSPACE AutoBox が、ドリフト走行の制御のために使用されています。



これらの事例の詳細については、下記のサイトで動画や画像、レポート記事を参照してください。
www.dspace.com/go/dMag_20152_REF_J



dSPACE MicroLabBox – 小型かつ高性能なラボ向けシステム



ラボでのあらゆる作業に対応できる小型で低価格な開発システムをお探しではありませんか。dSPACE MicroLabBoxは、Simulink®でのプログラミングも可能な高度な演算処理能力を持つリアルタイムプロセッサやFPGAを搭載し、100を超えるI/Oインターフェースに対応しているため、ドライブトレイン、ロボット工学、およびメディカルエンジニアリング分野を始めとする多くの領域のコントローラを容易に作成できます。しかも一体型システムのため、通常のラップトップPC程度のスペースしか必要ありません。dSPACE MicroLabBoxは、ラボにおける最適化やテストを行うための理想的なソリューションです。

MicroLabBox – 研究開発向けの新しい一体型システム



MicroLabBoxの動画を是非ご覧ください。
www.dspace.com/go/dMag_20152_MLBX_E

Embedded Success

dSPACE