

dSPACE

3/2015

MAGAZINE

An aerial photograph of a CLAAS combine harvester, primarily green and white with a prominent red header, moving through a golden-brown cornfield. The harvester is oriented vertically, with its header at the top of the frame. The rows of corn are clearly visible, and the harvester's path is a straight line through the field.

CLAAS社

支援システムによる
収穫の最適化 | page 6

ZF TRW社 – シミュレータとテストベンチに
よるステアリングシステムの妥当性確認 | page 12

Rimac Automobili社 – Concept_One:
完全電動スーパーカー | page 18




ユーザの声



「Jaguar Land Rover 社のパワートレイン部門では、dSPACE シミュレータを HIL (Hardware-in-the-Loop) テストラボで長年使用しています。私自身は、dSPACE テクノロジーの使用経験が7年以上になります。dSPACE シミュレータは非常に柔軟性が高く、設定が容易で、稼働時のロバスト性に優れています。私のチームは、dSPACE ソフトウェアである dSPACE ControlDesk と AutomationDesk を広範囲で使用しています。また、私たちはあらゆる面で優れたプレセール、およびポストセールのサポートを受けています。パワートレイン向けテストラボでは、Jaguar Land Rover 社が規定するエンジンマネージメント、トランスミッション、ドライブトレインの各プログラムに対応する必要があるため、このようなサポート体制は非常に重要です。当社がシミュレーションテクノロジーを活用してゆくうえで、dSPACE が果たす役割は重要です」

Dr. Nancy Liu, EMS、トランスミッション、およびドライブトレイン向け HIL チームリーダー、Jaguar Land Rover 社

写真クレジット © Jaguar Land Rover 社



「ASM の導入により、これまでにない汎用性を実現することができました」

dSPACE では、常にさまざまな専門分野を組み合わせたソリューションを提供することで、制御エンジニアが異なる分野にまたがった視点から研究や開発を行えるようにしてきました。当社の成功の大きな要因は、ここにあると考えています。今からちょうど 10 年前、当社が開発した数学的モデルである Automotive Simulation Models (ASM) をリリースしたとき、業界には驚きをもって迎えられたはずでした。それ以前より、当社ではサードパーティ製モデルを HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレータに統合することには成功していました。しかし、モデリングという作業は動的な要因に左右されるものであるため、HIL テストベンチを機能させるには、モデルの内部的な動作にもアクセスして作業を効率的に行う必要がありました。

当社では、まず最初にビークルダイナミクスとドライブトレイン向けのモデルの開発に着手しました。私たちが目指したのは、お客様自身が拡張でき、かつ統合度が高くリアルタイム対応のモデルであると同時に、実車で使用されている ECU との違いを識別できないほどの精度を持ったモデルであることでした。見た目のデザインや寸法については、過剰な精密さは追求しませんでした。私たちの夢は、ビークルダイナミクスやドライブトレインなどの専門ベンダーが提供する業界最高の

モデルに追いつき、さらにそれを追い越すことでした。私たちはこの目標を達成できたと確信しています。特に、汎用性については、業界随一のモデルを提供していると自負しています。dSPACE が提供するモデルは、もはやビークルダイナミクスやドライブトレインに限りません。私たちは現在、モーターや電気コンポーネント、さらには複雑な交通環境をシミュレートできるモデルも提供しています。モデルの用途も HIL シミュレーションだけではありません。たとえば、ASM は、PC ベースのシミュレーションプラットフォームである dSPACE VEOS と共にオフラインでも使用することができます。

dSPACE では近年、電気自動車や運転支援システム、Car2Car 通信の分野にも積極的に取り組んでいます。有名な動画ポータルサイトの検索フィールドに、「dSPACE」と「ASM」の 2 つの単語を入力するだけで、ASM を用いて実現できるさまざまな用途を紹介する数多くの動画を見つけることができます。リリースから 10 年を経て、非常に複雑で要求度の高いアプリケーション向けとして、他社の製品ではなく弊社の ASM が多くのお客様に使用されているという事実をうれしく思います。ASM の進化はこれからも続きます。

社長 Dr. Herbert Hanselmann

ASM の 10 年間の歩み :
www.dspace.jp/go/dMag_20153_ASMJ

RIMAC AUTOMOBILI社 | PAGE

18



ZF TRW社 | PAGE

12



BERGSTROM社 | PAGE

30

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
Ziegert, Thomas Pöhlmann, Julia Reinbach,
Dr. Gerhard Reiß

協力: Dr. Ulrich Eisemann, Gregor Hordys,
Doreen Krob, Carsten Rustemeier, Thomas
Sander, Tino Schulze

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 © CLAAS 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



3 社長挨拶

お客様の事例

6 CLAAS社
Controlled Harvesting
アシスト機能の自動化により、収穫時の効率を向上

12 ZF TRW社
Testing Steering Systems
ZF TRW社がステアリング開発時にリアルタイムベースのテストを導入

18 Rimac Automobili社
Concept_One
完全電動スーパーカーのドライブコンセプトの紹介

24 Bergstrom社
The Joined Wing
結合翼型SensorCraft機の風洞テスト

30 NASA
Ambitious Climate Goals
Bergstrom社は制御ソフトウェアの85%を仮想環境で開発する目標を設定

34 オハイオ州立大学
Model-Based Winning
EcoCAR 2でオハイオ州立大学がハイブリッドカーで首位の座を獲得

dSPACE 製品

40 RTI BYPASS BLOCKSET
Taking Function Development to the Next Level
仮想バイパス処理により、早期の段階でテスト結果を確認

44 AutomationDesk
Automated Intuitive ECU Testing
紙上でスケッチしているかのように容易にテスト記述を作成

48 V2X ソリューション
Everything on Screen
V2Xアプリケーションのモデルベース開発

52 AUTOSAR
Change with Ease
AUTOSAR 3.xからAUTOSAR 4.xへの移行

56 ASM KNC
Action and Analysis
ホイールサスペンションの設計およびテスト効率の向上

58 MODEL COMPARE
Models Side-by-Side
透明性の向上により、複雑な機能およびプラントモデルの比較が容易に

ビジネス

62 HIL シミュレーション
Quo Vadis, Test?
シングルソースのテストソリューション

66 テストベンチ
Mechanical Testing
メカニカルテストベンチにより、dSPACEのテストシステムポートフォリオの完成度が向上

ニュース

69 電気および熱に関するバッテリーシミュレーション

69 dSPACEがCAN FDをサポート

70 TargetLink 4.1でAUTOSAR拡張やFMI、その他多くの新機能をサポート

dSPACE on Board

71 DESERVE:環境の認知

BMW社: 高速道路での自律走行

Audi社: 時速160 kmの自律走行



アシスト機能の自動化により、収穫時の効率を向上

Controlled Harvesting

新しい支援システムを搭載した CLAAS 社のコンバイン収穫機では、常に収穫プロセスを監視することが可能なため、オペレータが行うよりも迅速かつ正確に、機械の設定を現在の状況に合わせて自動で最適化することができます。このように自動的に最適化を行うプロセスには、分散制御システムが使用されています。dSPACE の量産コード生成ツールである TargetLink を活用することで、この複雑なプロジェクトの開発は行われました。



収

穫期は、1年のうちの非常に短い期間です。

小麦、ライ麦、大麦、とうもろこしといった穀物は、成熟度を見極め、最適な時点で収穫する必要があります。いったんその時期が来れば、コンバインを使用して昼夜を問わず畑で収穫を行う必要が生じます。しかし、コンバインの運転は、非常に複雑な作業です。コンバインには、リールからチョッパーまで最大 50 個のパラメータが搭載されており、これらの調整が収穫高に影響を与えます。オペレータは、これらのうち、10 個余りのパラメータを継続的に監視し、評価しなければなりません。常にすべてに目を配り、機械の全性能を引き出すことができるオペレータはほとんどいません。

収穫作業の複雑さを軽減

必要なパラメータや設定が非常に多いのは、気候や土壌などの環境要因が多岐に渡るためです。さらには、収穫量、燃費、脱穀品質に関する基本的な条件も加わります。このため、収穫プロセスの最適化は極めて複雑になります。オペレータは、設定の選択と表示値のチェックを何度も行

わなければならないため、作業は煩雑になり、作業の習熟にも手間がかかります。ただし、いくつかの機能を部分的に自動化できれば、このような負担を軽減して、最も重要な設定の入力だけで済むようにすることが可能です。CLAAS 社では、新しい支援システムである CEMOS AUTOMATIC (CLAAS 電子機械最適化システム) により、収穫高を最適化するという難題に取り組んでいます。CEMOS を使用すると、収穫条件に合わせて、継続的に収穫プロセスの監視、プロセスパラメータの制御、および機械設定の調節を行うことができます。支援システムは、機械と環境モデルを常に計算し、パラメータを分析して、最適なパラメータセットを決定したうえで、その情報を機械に送信します。これは、オンラインモデリングにより実現しました。

収穫の自動化

オペレータはコンバインを稼働させる前に、グラフィカルなダイアログボックスで表示されるユーザインターフェースを使用して、収穫目標を入力します。CEMOS AUTOMATIC は、これに応じて目標値、センサデータ、および機械の設定を

分析し、パラメータの最適な組み合わせを瞬時に決定します。収穫条件は 1 日の中でも変化するため、システムは、どのような設定が最適かを繰り返し確認し、継続的に調節します。つまり、CEMOS AUTOMATIC では常に設定の再調節が行われることになります。これはオペレータ 1 人では実現不可能な作業です。このようなパラメータの自動調節により、オペレータは、最高の穀粒品質と穀粒清浄度を保ちながら最大の収穫量を達成できるだけでなく、燃費の大幅な低減も実現することができます。運転速度を制御する CRUISE PILOT や、コンバインのハンドル操作を行う LASER PILOT などの他の支援システムを組み合わせると、コンバインを完全に自動化することが可能です。

収穫の最適化を可能にする ECU システム

収穫を最適化するには、コンバインのすべてのシステムを適切に連携させる必要があります。そのため、個々のシステムの ECU の上層で機能するメカニズム、つまり ECU ネットワークの自動化が必要です。ECU ネットワークは、基礎的な制御を行う制御ユニットと上位の ECU で構成されています。CLAAS 社では、収穫プロセスに直接関与するシステムである ECU を自社で開発しており、フル装備の LEXION 780 コンバイン収穫機には、CAN バスを介して接続された 35 台の ECU が搭載されています。燃焼エンジンなどのシステムを購入する場合は、CLAAS 社のサプライヤが提供する ECU を搭載します。ECU には、個別のタスクに応じて、固定小数点数演算または浮動小数点数演算ベースのプロセッサが実装されます。CEMOS AUTOMATIC の ECU は、32 ビット PowerPC 用に設計されています。

モデルベースの ECU ソフトウェア開発

CLAAS 社では、ECU ソフトウェアの開発をモデルベースで行っており、大型の制御ユニットを開発する場合はすべて、MATLAB®/Simulink® および dSPACE TargetLink® を使用しています。機械の各機能は、分散自動化を実現するように記述された 1 つの全体的なモデルを使用して設計されます。この複雑なモデルのサイズは 50 メガバイトもあります。システム機能間のタスク制御と通信は、OSEK (車載電

>>

CEMOS AUTOMATIC とサブシステム、AUTO SEPARATION、AUTO CLEANING、および CRUISE PILOT。



■ CEMOS AUTO SEPARATION
 ■ CEMOS AUTO CLEANING
 ■ CRUISE PILOT

TargetLink で開発された支援機能

DYNAMIC COOLING:

必要な冷却力に応じて、コンバイン(ディーゼルモーターおよび油圧システム)の冷却システムを自動設定

CEMOS AUTO SEPARATION:

残留穀粒の分離を自動的に調節

CLAAS LASER PILOT:

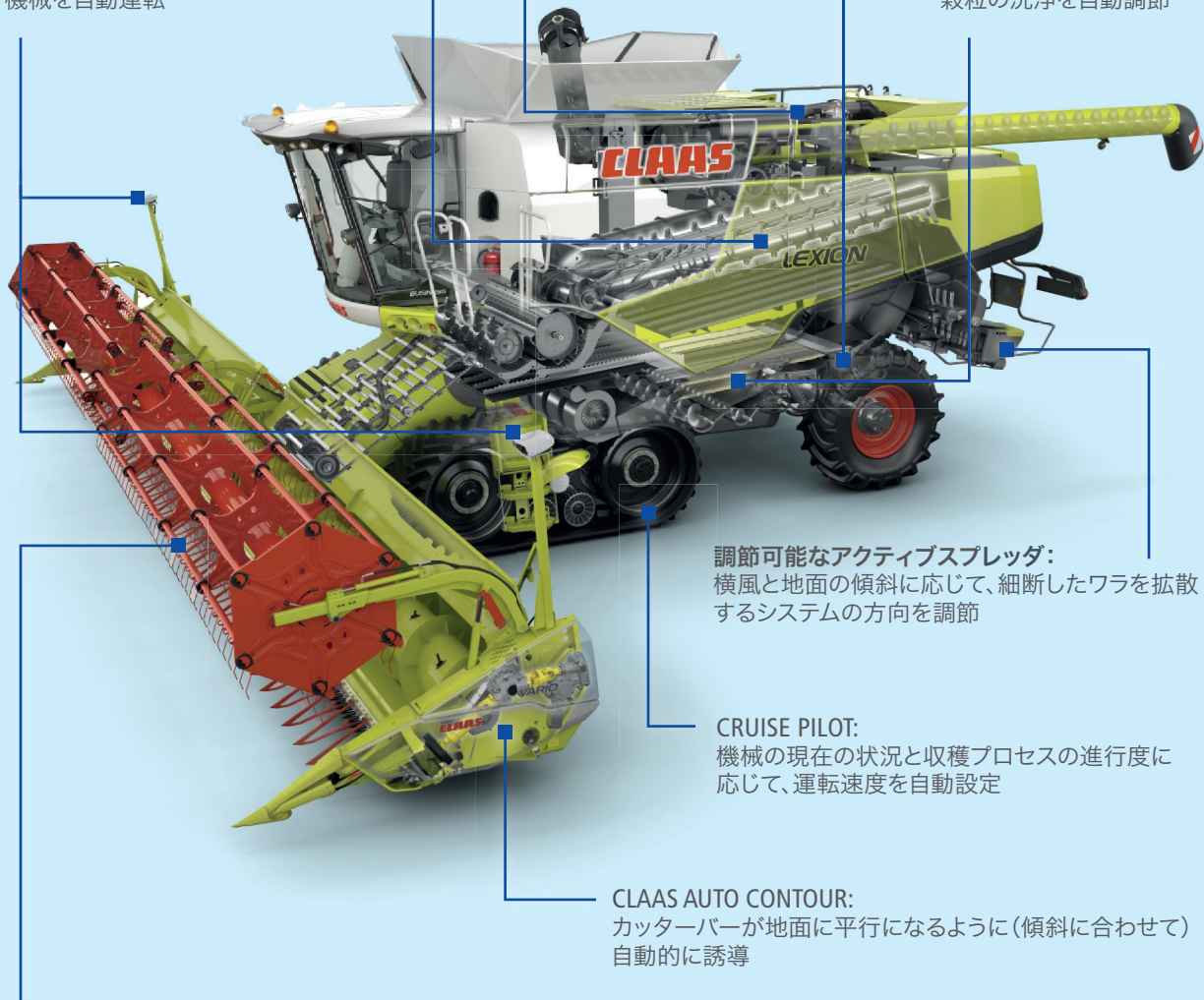
レーザースキャナを使用して、作物と刈り株の境界に沿って機械を自動運転

MONTANA:

急勾配の地面での作業時に、ポータルアクスルをスイングさせて左右への傾きを最大 17%、前後への傾きを最大 6% 補正する自動シャーシ

CEMOS AUTO CLEANING:

穀粒の洗浄を自動調節



調節可能なアクティブスプレッド:

横風と地面の傾斜に応じて、細断したワラを拡散するシステムの方向を調節

CRUISE PILOT:

機械の現在の状況と収穫プロセスの進行度に応じて、運転速度を自動設定

CLAAS AUTO CONTOUR:

カッターバーが地面に平行になるように(傾斜に合わせて)自動的に誘導

リール速度自動制御:

リールの円周速度を機械の運転速度と同調(2001年、TargetLinkのパイロットプロジェクトを活用し、使用可能な油圧機器コンポーネントの開発から最初のプロトタイプ機能のECUへの組み込みまでをわずか5日間で達成)

基本機能:

- さまざまな速度設定
- さまざまな位置設定



グラフィカルなユーザインターフェースにより、目標値を容易に入力できます。

>> 子機器用の公開システムおよび対応インターフェース)に基づいて行われ、インターフェースとタスクの定義には、TargetLink用のOSEKモジュールを使用しています。そのため、開発された支援機能は既存の環境に接続するだけで使用できます。

コード生成とオフラインテスト

新機能をモデルベースで開発した後は、コードをインクリメンタルに生成するか、または全体的に生成してコントローラに適用します。個々の機能用にコードを生成すること(インクリメンタルコード生成)も、コントローラ機能全体用にコードを生成すること(完全コード生成)も可能です。TargetLinkはさまざまなシミュレーションモードをサポートしているため、可能な限り早期の段階で新機能のテストを行うことができます。収穫期が始まる前の段階で機能の妥当性確認を行えることは非常に重要です。収穫期に入ると、畑での作業中に開発チームが実装エラーを探している

時間はないため、収穫期が始まる前にソフトウェアを十分にテストしておく必要があります。妥当性確認の段階では、組み込みテストの他に、複雑なプラントモデルを使用した集中的な機能の検証も行われます。オフラインテストシナリオでは、実際の収穫作業で収集される大量のデータを使用しながら、収穫時のさまざまな状況に応じたテストを行います。

バーチャル ECU

CLAAS オンラインシミュレータを使用すると、実際の収穫作業の前に、さまざまな条件下でコンバインの動作テストを行うことができます。PCベースのシミュレーションシナリオを使用すれば、オペレータはコンバインの操作に慣れたり、操作技術を磨いたりすることも可能です。オンラインシミュレータを使用すると、さまざまな機械コンポーネントや、長年の収穫経験から得たデータを含むプロセスモデルを仮想的に再現することができます。シミュレー

タでは、実際の ECU に相当するソフトウェアとともに、リアルタイム対応の仮想 ECU がバックグラウンドで動作します。このようなシミュレーションを実際の収穫前に実行することで、収穫中の機械の損傷や操作ミスリスクを最小限に抑えることができます。

高い評価を得た TargetLink

CLAAS 社は、長年にわたり、TargetLinkを使用して基本的な機能を開発してきました。TargetLinkを使用した初のパイロットプロジェクトであるリール速度の自動制御もその1つです。その場合でさえ、使用可能な油圧機器コンポーネントの開発から最初のプロトタイプ機能の ECU への組み込みまでわずか5日間という、驚異的に短い期間での開発が可能でした(「TargetLink Goes to the Fields」、dSPACE NEWS、2001/2号)。

また、ますます複雑化してゆくコンバインの ECU システムの開発においては、操作性の向上や習熟期間の短縮だけでなく、CEMOS AUTOMATIC の各機能をモデルや複雑な ECU ネットワークに組み込みやすくするといった点にも重点が置かれていますが、やはり TargetLink 自体の計器を使用してラボ内でソフトウェアをテストできるということは、早期の段階での各機能の妥当性確認という面で重要です。TargetLink では、マルチレートタスクやバックグラウンドタスクなどの特殊な機能の定義でさえ正確に記述および実装することができます。TargetLink と OSEK モジュールを組み合わせて使用することにより、CLAAS 社の開発者は本来の開発業務に集中できるのです。TargetLink では、モデルの複雑度にかかわらず、個々の機能(インクリメンタルコード生成)と ECU ネットワーク全体の両方に対応したコードを効率的かつ迅速に生成できます。

CEMOS AUTOMATIC 支援システム

CEMOS AUTOMATIC 支援システムは、

「新しい支援機能により、コンバインでの収穫作業を大幅に効率化できました。コンバインの開発には、dSPACE の量産コード生成ツールである TargetLink を活用しています。」

Andreas Wilken 氏、CLAAS 社



環境要因に即した収穫プロセス、運転操作、および機械パラメータ。

商用車にとってソフトウェアがいかに重要かを示す明らかな例です。このシステムは、LEXION 740-780 シリーズのコンバイン収穫機のオプション機能として最初に量産されました。このシステムを通じて新しい機能をモデルベースで開発し、量産コードを生成することにより、機能の実装とテストを容易に行えるようになりました。生成されたコードの信頼性は高く、エラーもないため、開発者は、畑でマシンを操作

して行う最終機能テストをごく短い期間で完了しなければならない場合でも、最も重要なタスクに集中できます。 ■

Andreas Wilken 氏、CLAAS 社

まとめと今後の展望

現代のコンバイン収穫機では、燃料消費の効率化と低減に対する需要がますます増加しています。CEMOS AUTOMATIC (CLAAS 電子機械最適化システム) などの支援システムは、実証済みのソリューションであり、その重要性はますます増大しています。また、量産コード生成ツールである TargetLink は、このような支援システムの開発プロセスの一部として、確立された地位を築いています。TargetLink の機能は操作しやすいため、複雑な制御システムの開発も容易であり、信頼性の高い量産コードの生成が可能です。

TargetLink モデルは、学習用として PC 上の仮想 ECU で使用することもできるため、オペレータは実際の収穫の前にコンバインの操作に習熟することができます。TargetLink のようなツールは、技術革新を可能にする理想的なソフトウェアです。将来的には、AUTOSAR などの新しい規格を通じて、分散型コントローラや容易に再利用可能なソフトウェアの開発が促進されることが期待されています。

Andreas Wilken 氏
機能システム分野の予備開発担当者、CLAAS Selbstfahrende Erntemaschinen GmbH (ドイツ、ハルセヴィンケル)

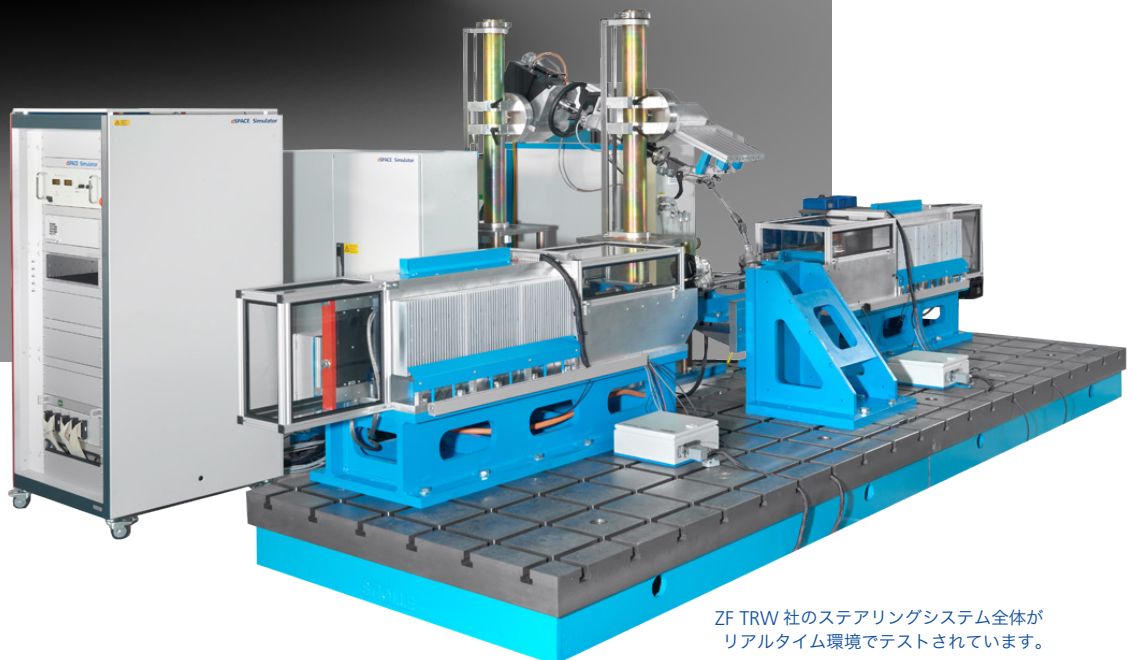




Testing Steering Systems

ZF TRW 社がステアリング開発時に
リアルタイムベースのテストを導入

パワーステアリングなどのセーフティクリティカルなメカトロニクスシステムの開発および妥当性確認には、安定したテスト環境が必要です。デュッセルドルフにあるZF TRW 社の技術センターでは、ハードウェア拡張によるテストインスタンスを使用しています。



ZF TRW 社のステアリングシステム全体がリアルタイム環境でテストされています。

ステアリングの可用性に対する要件がより厳しくなっている現在、特に自律走行時における車両のステアリングに対する機能的性能と安全性の要求水準はますます高くなっています。ステアリングの機能的性能と安全性の開発はいずれも、ISO 26262 に準拠した妥当性確認プロセスを通して検証する必要があります。さらに、総合的な妥当性確認を実際に行う際には、車両プラットフォームのバリエーション数が非常に多いという側面も考慮しなければなりません。また、検査を実施するには、完成度の高い確認手順を用いて、可能な限り迅速かつ低コストで作業を行う必要があります。

仮想化によるソリューション

これらの課題を解決するため、デュッセルドルフにある ZF TRW 社の技術センターでは、ステアリングの開発作業に、仮想化テクノロジーを組み込んだ HiL (Hardware-in-the-Loop) シミュレータを採用しています。ここでは、実際のコンポーネントであるハードウェアが、仮想コンポーネントで閉じられた制御ループ内で使用されています。これらの仮想コンポーネントでは、ステアリングセンサやステアリングギヤ、車両通信、さらにはドライバーの腕といっ

たモデルが正確に再現されています。これらの細分化されたサブモデルは、dSPACE Automotive Simulation Models (ASM) ライブラリのコンポーネントと容易に組み合わせることができるため、ピークダイナミクスのリアルタイムかつ現実的なシミュレーションが可能になります。ASM のリアルタイム機能を使用すると、バーチャルピークル環境内で ECU ハードウェアを容易にテストすることができます。これにより、実際のシステムまたはコン

を構築しました。この 3 つの略語はそれぞれ、Electronic-Control-Unit-in-the-Loop、Electric-Power-Pack-in-the-Loop、および Electrically-Powered-Steering-in-the-Loop を表しています。EPP とは、ECU とモーターを一体化した機能ユニットのことです。EPS とは、ECU、モーター、ステアリングセンサ、およびマニュアルトランスミッションの要素を組み合わせて 1 つのステアリングシステムを構成したものです。テストに使用する

ハードウェアの数はテストベンチごとに増加する一方で、モデル化されたコンポーネント

「dSPACE のオープンな開発環境により、独自モデルを実装したり自社開発のテストベンチコンポーネントを使用したりする際にも、決定的な優位性を保つことができました。」

Dr. Michael Moczala, ZF TRW 社

ポーネントをまだ入手できない段階でも、モデルベースでテストを実行することが可能です。そのため、危険や製品の損傷を伴わずにエラーや欠陥のシミュレーションを実行し、容易にテストを自動化して効率化を図ることができます。天候条件に左右されず、テストを簡単に再現できることも、もう 1 つの利点です。車載テストにおいて、この点は重要です。

3 つのテストインスタンス

ZF TRW 社では、システム統合戦略に基づき、ハードウェアおよびモデル間のさまざまな比率を再現した HiL テストインスタンスとして ECUiL、EPPiL および EPSiL

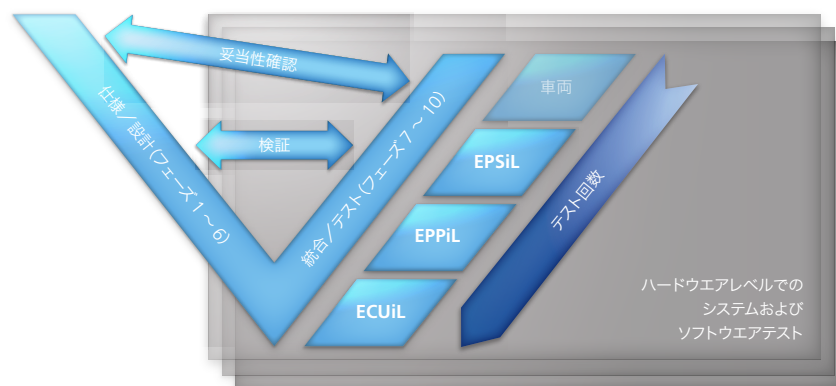
の量は減少します。これらのテストベンチは、ISO 26262 で規定されたテストフェーズ (図 1) に従って連続的に使用されます。これは、初期の妥当性確認フェーズにおいて、複数の ECUiL シミュレータ上で広範囲のテストを効率良く実行できるということを意味します。テストベンチの統合レベルが高くなるほど、取得コストや作業コストも高くなりますが、一方で、統合度が高くなるほど、テストの回数は少なくて済みます。

インスタンス 1 : Electronic-Control-Unit-in-the-Loop

ステアリングシステムに使用される ECU

>>

図 1 : 3 つのテストベンチを使用して、ISO-26262 に準拠した形式で、ステアリングアルゴリズムに対するハードウェアレベルでの機能的妥当性確認を行います。ここでは、双方向のトレーサビリティに基づいた検証作業が行われます。妥当性確認ステップでは、上位の仕様フェーズからの追加情報が必要になります。



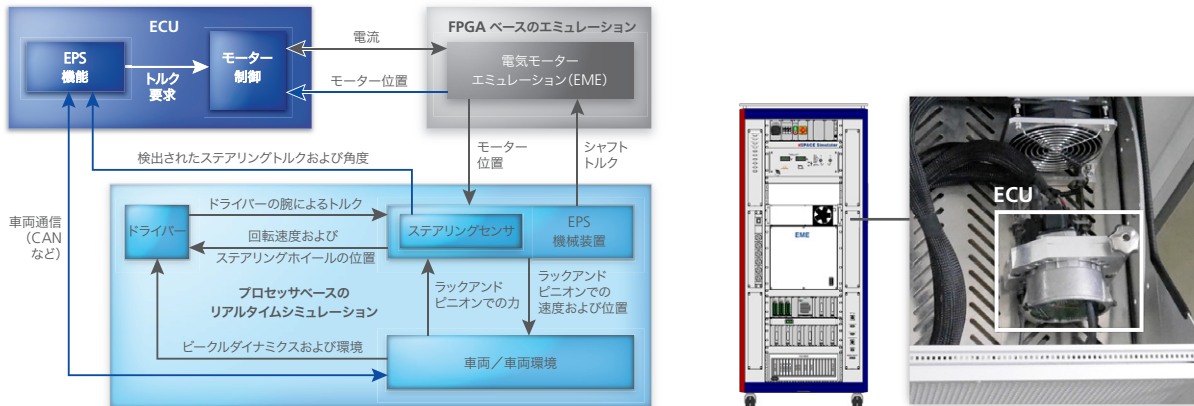


図 2：仮想コンポーネントの数は、ECUiL システムが最大となります。テスト対象の ECU は、シミュレーション環境に電氣的に接続されています。

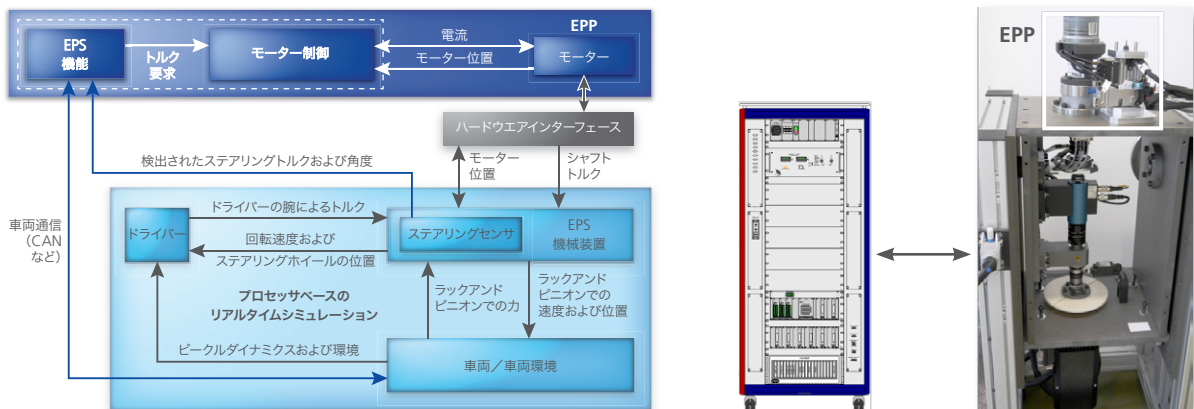


図 3：EPPiL システムには、ハードウェアとして ECU とステアリングモーターが含まれています。アクチュエータとセンサは、モーターをシミュレーション環境に統合するために使用します。

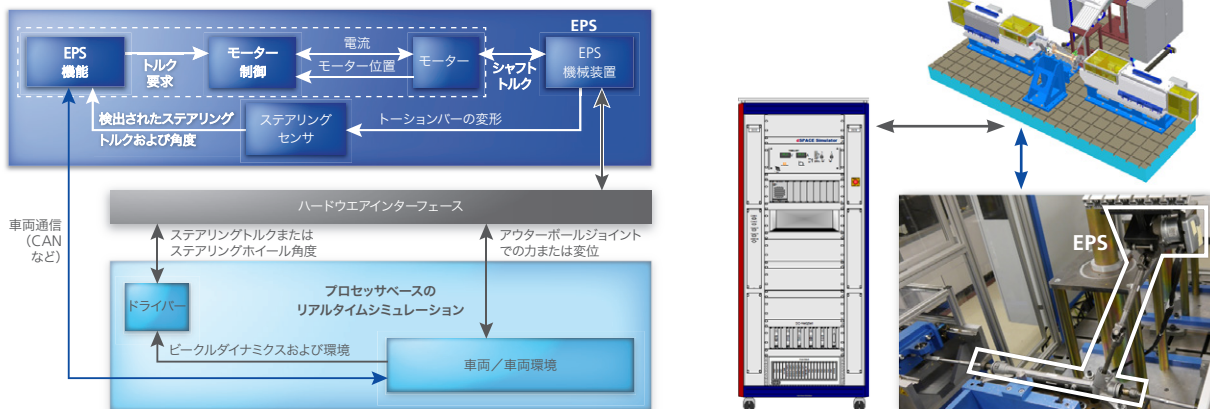


図 4：EPSiL シミュレータは、ステアリングシステム全体をテストします。そのため、モデルと間の機械的なインターフェースは複雑になります。

「dSPACE のリアルタイムシステムの柔軟性は非常に印象的です。これにより、当社では複数のアプリケーション開発や予備開発において、既存の HIL インフラストラクチャを使用することができます。」

Dr. Michael Moczala, ZF TRW 社

には、ステアリング機能の数値アルゴリズムとモーターの実際のコントローラが含まれています(図2)。モーターは、走行状況とドライバーの要求に合わせて調整されたトルクを発生させます。この相互作用を ECUiL テスト環境でシミュレートするには、モーターを高精度で電氣的にエミュレートする必要があります。dSPACE リアルタイムシステムに組み込まれた電気モーターエミュレータ (EME) を使用すれば、それが可能になります。このソリューションでは、開発者やテスト担当者もモーター特性の調整を行うことができます。さらに、統合的な dSPACE ソフトウェアを使用すれば、モーターのパラメータ、計測信号、および制御モデルのその他すべてのデータにアクセスすることも可能です。

インスタンス 2 : Electric-Power-Pack-in-the-Loop

EPiL テストを行う場合、ECU は実際の

ステアリングモーターに接続されます(図3)。モーターは、シミュレートされた負荷に応じて、ロータリーアクチュエータと相互に作用します。ハードウェアインターフェースの一部であるマッチングセンサは現在の状態を送信し、アクチュエータ側のインバータは制御モデルで生成された目標値を受信します。この時、HiL ループは、ECUiL システムと同様に仮想コンポーネントにより閉じられます。

インスタンス 3 : Electrically-Powered-Steering-in-the-Loop

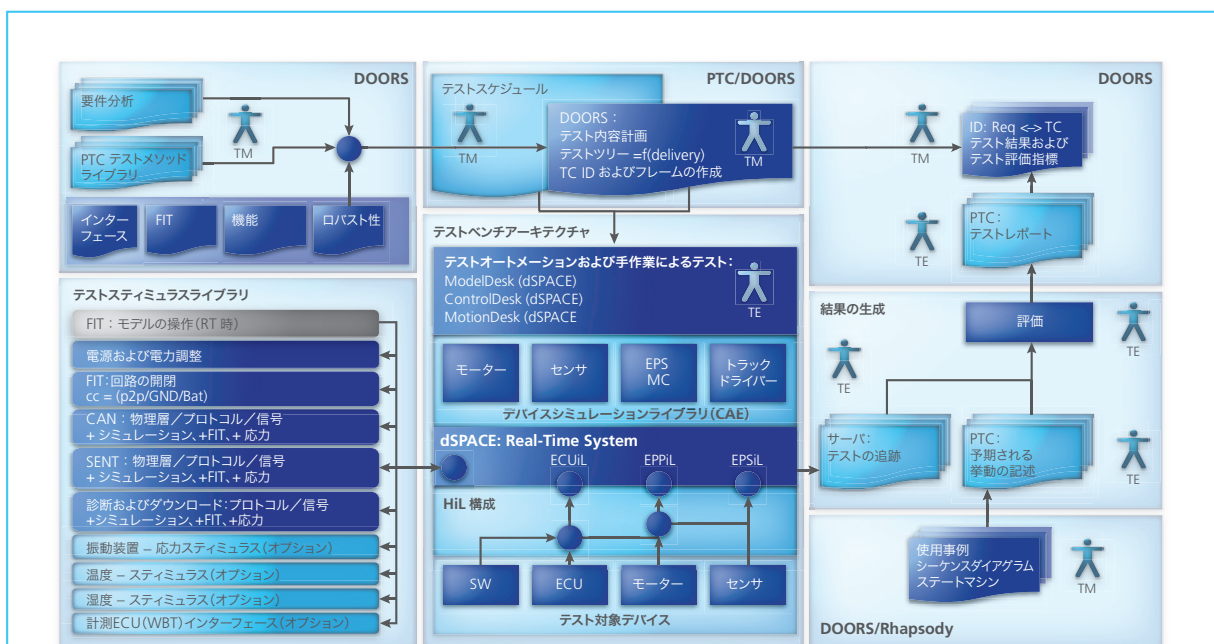
EPiL シミュレータは、仮想コンポーネントの数が最も少ないインスタンスです(図4)。ただし、モデルに対して提供されるステアリングシステム全体の機械的インターフェースには、多数のアクティブなエレメントと計測デバイスが必要となります。たとえば、ドライバーのトルクやステアリングホイールの回転角度の制御には、直結さ

れたロータリーアクチュエータが使用されます。2本のタイロッドに接続されたリアアクチュエータは、直結モーターとしても使用されます。テスト対象のステアリングハードウェアに対して、制御変数を高精度かつ動的に転送するためには、リアルタイムハードウェアとドライブコントローラ間を TWINsync プロトコルを介して緊密に接続することが必要です。ここでは、複数の力、トルク、位置および加速度センサから取得された計測値を使用して、ステアリングの状態をリアルタイムモデルにフィードバックし、制御ループを閉じます。EPiL シミュレータは、このような用途向けに dSPACE が提供しているワンストップソリューションです。

柔軟なテスト環境

3つのすべての HiL テストベンチは、仮想環境におけるドライバー、車両、および道路間の複雑な相互作用だけでなく、関連

図 5 : EPS HiL ツールアーキテクチャで dSPACE ツールを使用することにより、テスト成果物の編集と管理のための完全なソリューションが提供されます。



TM: test manager, TE: test engineer

「リアルタイムハードウェアツールやソフトウェアツールを含むオープンな dSPACE アーキテクチャを使用することにより、私たちの統合ストラテジに即した HiL インフラストラクチャを導入することができました。」

Thomas Maur 氏、ZF TRW 社

するハードウェアインターフェースにおける単純な力や軌道の仕様についてもシミュレートするよう設計されています。記録された計測データや合成されたスティムラス信号は、ハードウェアインターフェースを介してテスト対象ユニットに供給することも可能です。このようなモジュール型のリアルタイムシステムを活用すれば、既存のテストベンチとリアルタイムシステムの接続を容易に行えるようになるなど、柔軟な環境構成が可能になります。

まとめと評価

ZF TRW 社では、電動パワーステアリング (EPS) システムの妥当性確認を行うために、ECU テスト (ECU-in-the-Loop) からテストベンチ上でのステアリングシステム全体のテスト (EPS-in-the-Loop) まで、複数の HiL インスタンスを使用しています。デュッセルドルフにある技術センターでは、HiL シミュレータハードウェア

を活用することにより、すべての HiL テストベンチからデータおよびソフトウェアのインフラストラクチャ全体にアクセス可能な環境を構築しました。ここでは、全体のシステムを念頭に置いて、モデル、ユーザレイアウト、およびテストオートメーション用のスクリプトが開発されています。また、dSPACE 製品のシームレスな特性と柔軟性により、多数の利点が見られています。たとえば、dSPACE ハードウェアに ControlDesk® Next Generation や AutomationDesk、ASM、ModelDesk などのツールを組み込めば、開発者は柔軟性に優れた環境を実現できます。また、リアルタイムアプリケーションは MATLAB®/Simulink® によりオープンな形式で記述されているため、細分化されたサブモデルにも容易に拡張できます。このように詳細なモデルを使用することで、開発者は EPS システムの開発やテストにおける困難な課題を克服することが可能で

す。データ管理システムである SYNECT® は、PTC® Integrity でのテスト管理や DOORS® での要求管理に必要なインターフェースを提供するシステムであり、ソフトウェアインフラストラクチャの完成度を高めます (図 5)。この HiL インフラストラクチャにより、車両の機能安全を規定した ISO 規格に準拠しながら、EPS システムを効率的かつ確実に開発およびテストすることが可能になります。テストインスタンス (ECUiL、EPPiL、および EPSiL) には、ISO 26262 規格で定義されている統合ストラテジが反映されています。 ■

Dr. Michael Moczala、
Thomas Maur 氏、ZF TRW 社

「既存の dSPACE ベースの HiL インフラに SYNECT を組み合わせることで、要件管理システムとテストシステムの間を補完することができました。「DOORS 間のテスト」は我が社の新しいモットーです。」

Thomas Maur 氏、ZF TRW 社

Dr. Michael Moczala

Dr.-Ing. CAE スペシャリスト、アクティブおよびパッシブセーフティテクノロジー部門、ZF TRW 社 (ドイツ、デュッセルドルフ)



Thomas Maur


Dipl.-Ing. (FH) システム統合およびテスト部門チーフ、アクティブおよびパッシブセーフティテクノロジー部門、ZF TRW 社 (ドイツ、デュッセルドルフ)



Concept_One

完全電動スーパーカーのドライブコンセプトの紹介



A blue Rimac Concept_One electric supercar is shown from a low-angle, front-quarter perspective on the left side of the frame. The car is positioned on a paved road that curves through a rugged, mountainous landscape. In the background, a large blue lake is visible, surrounded by rocky terrain and distant mountains under a clear sky. The overall scene conveys a sense of speed and adventure in a natural setting.

Rimac Automobili 社の Concept_One は、ゼロから設計された完全な電動スーパーカーという、これまで類をみないものでした。1088hp の馬力を持つ 4 つの独立モーターの実力を想像してください。この馬力はすべて、MicroAutoBox でチェックされています。

Concept_One の開発に関するエピソードは非常にユニークです。Concept_One の発案者は、クロアチアの若きエンジニアであり、発明家でもある Mate Rimac 氏です。現在 27 才の Rimac 氏は、社員数 80 人を擁するクロアチアの企業である Rimac Automobili 社の社長です。同社は、高性能電気自動車および関連テクノロジーを設計、開発、構築し、世界中に販売しています。Concept_One は、2011 年にフランクフルトで発表された世界初の電動スーパーカーであり、その性能は驚くべきものです。

パワートレインの設計とコンセプト

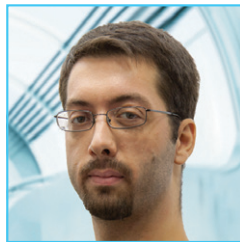
Concept_One が特別な理由は、そのドライブトレインにあります。Rimac Automobili 社では、ゼロから各コンポーネントを細かく検討し、有用な車載コンポーネントと重量を増やすだけの不要なコンポーネントの候補を選別しました。Concept_One では、タイヤグリップ全体を活用できる唯一の方法である四輪駆動が採用されています。モーターは、それぞれの車輪に 1 台ずつ搭載されています。1 台の大型モーターよりも複数の強力な

モーターのほうが出力が大きく、重量は軽くなるためです。「したがって、従来のクラッチと差動装置も不要になりますが、ギアボックスは残す必要があると判断しました。そのため、Concept_One では、電気自動車として初めて各後輪に 2 段変速のギアボックスを搭載しました。Concept_One が鋭い加速を実現しながら時速

フロントは単一速度、リアは 2 段変速デュアルクラッチです。フロントモーターの最高出力は 400 kW、リアモーターの最高出力は 600 kW で、合計バッテリー出力はメガワット単位となります」と、Hrvatinić 氏は述べています。バッテリーパックは 650 V で動作する数百個のリチウムイオンバッテリーセルで構成されており、最高出力時のモーター電流は 1600 A 近くになります。ただし、レンジ重視の消費電力設定で駆動する場合、バッテ

リパックのエネルギー 82 kWh で可能な連続走行距離は約 330 km と予想されます。セルの電圧と温度の管理は、Rimac Active Battery Management System で行われます。このシステムは Rimac Automobili 社がすべて自社開発したもので、制御は中央の車両制御ユニットから CAN バス通信で行います。

電動化の理由
個別に制御可能な 4 台のモーターを備えたドライブトレインを持つ最大の長所は、自由度です。ガソリン車は差動装置を使用して中央の動力源（エンジン）から各車輪にトルクを供給します。これは、必要な場所に出力を機械的に伝えることを意味しま



「現実に即したテスト条件が必要な状況で dSPACE の ControlDesk を使用することにより、計り知れない成果を上げることができました。」

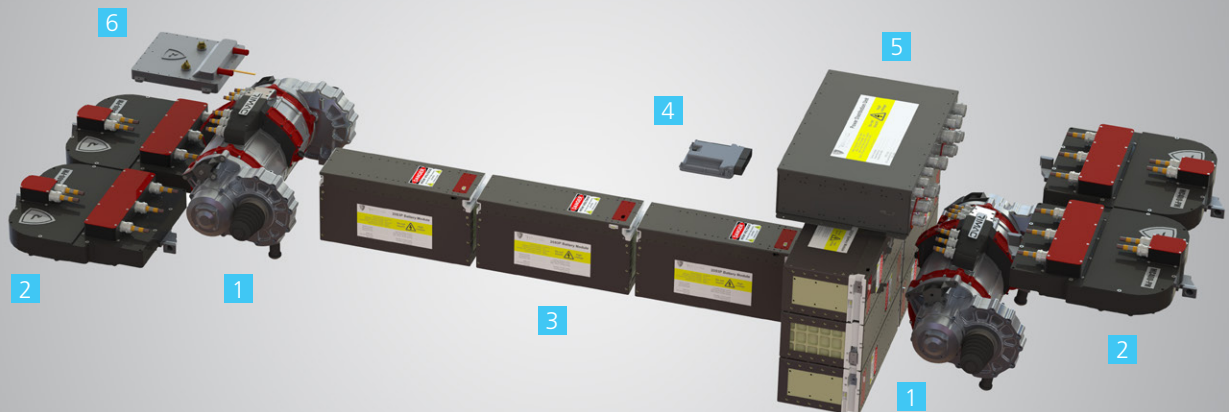
Kruno Hrvatinić 氏、ピークルダイナミクスエンジニア、Rimac Automobili 社

325 km という最高速度を達成できるのはこのためです」と、Rimac Automobili 社ピークルダイナミクスチームの Kruno Hrvatinić 氏は述べています。

同期モーターと高電圧バッテリーを含む性能パッケージ

「Concept_One では、各フロントモーターの最高トルクが 330 Nm、各リアモーターの最高トルクが 440 Nm の永久磁石同期モーターを 2 組採用しました。合計トルクは 1,540 Nm になります。各ハウジングには、スペースと重量を節約するために冷却システムを共有する、自社開発のモーターを 2 台搭載しました。各モーターにはそれぞれ固有のギアボックスがあり、

「ドライブトレイン」は、トランスミッション (1)、インバータ (2)、およびバッテリーパック (3) を持つ 2 台のモーターユニットで構成されています。さらに、中央コントローラ (4)、配電ユニット (5)、熱制御 (6) などのコンポーネントがあります。



す。しかし、この方法では機械的なロスが発生するだけでなく、しばしば差動装置の物理的限界の制約も受けます。さらに、従来の自動車では油圧ブレーキを使用するしかないので、エネルギーの浪費につながり、ブレーキディスクは摩耗します。この手法の最も大きな悪影響は、自動車が必要以上に減速することです。「モーターではこの問題は発生しません。モーターが4台あるため、各車輪に合わせて1秒間に100回の単位でトルクを調整することが可能であり、コマンドを送信したのとほぼ同時にモーターを反応させることができます。モーターでは、出力の変換も不要なため、正のトルクも負のトルクも同じ位容易に与えることができます。これは回生ブレーキと呼ばれ、自動車の加速に使用される出力の一部を再利用して熱だけではなく電気エネルギーも生み出します。また、ガソリンエンジンのエネルギー効率が35%なのに対して、モーターの効率は95%です。そのため、強力、効率的、柔軟で、かつ制御が容易なドライブトレインを実現できるのです」と、Hrvatinić氏は説明します。

トルクベクタリング

次に必要なのは、このドライブトレインの出力性能と柔軟性を最大限に活用できる制御アルゴリズムの設計でした。「ここでも白紙の状態から車両の物理モデルを作成し、受動的動作の分析と能動的制御システムで達成すべき目標の定義を行いました。さらに、テスト用のモデルを構築するために、基礎となるフィジカルディメンションからサスペンションの形状やタイヤの特性まで、使用可能なすべてのデータを計測し、車両の物理シミュレーション用ソフトウェアスイートに転送したうえで、妥当性確認を行いました。このようにして、ダイナミクスピークル制御アルゴリズム「Rimac All Wheel Torque Vectoring (R-AWTV)」の開発がスタートしました」と、ピークルダイナミクスチームのTomislav Šimunić部長は述べています。

車両の挙動を電子制御

「R-AWTVを使用すると、縦方向と横方向の制御を同時に行うことができるだけでなく、各車輪にかかる力を監視および調整し、ドライバーの特性や状況に応じたドライブコンセプトを作り出すことができます。これが可能なのは、各モーター間で受け



Concept_Oneは完全な電動車であり、性能だけではなく使用されているテクノロジーに関しても完全電動化を実現した世界初のハイパーカーです。



車の後部を開いて配電ユニットを見せる Concept_Oneの発明者、Mate Rimac氏。

渡されるトルクを制御することで、車両の受動ダイナミクスを改善することができるからです。当社では、加速度計、ジャイロスコープ、車輪速度センサ、およびステアリングホイール角度センサなどの精度の高い物理センサを使用して、車両の挙動を監視する推定アルゴリズムにデータを

送信し、車両の物理的な状態を明確に把握しています。これにより、各車輪のグリップ量、つまり、使用可能な合力を推定することができます。このデータは最大けん引力を保証するための制限値として使用するか、または車両を横滑りさせる必要がある場合の超過値として使用します」。 >>



ドライバーに応じた横方向のダイナミクス
Rimac Automobili 社では、平均的なドライバーが急カーブの場合や高速走行時でも安全かつ安定的に運転できると同時に、習熟したドライバーをも満足させるシステムを開発する必要がありました。つまり、より設定の自由度が高く、大半の量産車にある標準的なオン/オフスイッチ以上の機能を提供できるシステムが必要でした。そのため、Concept_One のアルミニウムの中央コンソールは、ノブを回すだけでドライバーが動作モード（安定運転動作または動的運転動作）を容易に切り替えられるように設計されています。ドライバーは、革新的な HMI ソリューションを使用して、車両を純粋な前輪駆動または後輪駆動、もしくはその中間として動作するようにトルク分布を微調整できます。

MicroAutoBox の役割

「ドライブトレインの高い出力性能と柔軟性を活用するには、当然、これらを処理できる十分な信頼性と速度を持つプラットフォーム上に高性能な制御ソリューションを実装する必要がありました。私たちが、

Concept_One の中央コントローラを開発するためのプロトタイピングシステムとして MicroAutoBox を選んだのはこのためです。中央コントローラには、2 次制御ユニットの分散ネットワークを調整し、過熱防止やデバイスエラー検出などのセーフティクリティカルな機能を提供する能力だけでなく、ドライバー入力の処理にも対応し、当然ですが、Rimac All Wheel Torque Vectoring システムを実装できる環境も必要でした」と、Hrvatinić 氏は述べています。Concept_One では、MicroAutoBox の 4 つ の CAN バスチャンネルを最大限に活用して、Rimac Active Battery Management System、配電ユニット、充電器、4 台のインバータ、および各種シャシー制御ユニットと通信を行います。これらの通信には、バス上の各種デバイスで送受信される 200 件近くの CAN メッセージの追跡と管理を容易に行える dSPACE RTI CAN Blockset が使用されています。標準的なシリアル通信チャンネルとアナログおよびデジタル入力の大部分はこのブロックセットを通じて行われています。「制御エンジニアは、物理シ

ミュレーションソフトウェアと互換性のある Simulink モデルを使用して、制御アルゴリズムを MicroAutoBox で実行可能なプログラムへシンプルかつ直感的に変換できるため、実装されている C コードについて考えることなく自分の業務を遂行できます」と、Šimunić 氏は述べています。

ControlDesk による正確な信号解析

Hrvatinić 氏は、「現実に即したテスト条件が必要な状況で dSPACE の ControlDesk を使用することにより、計り知れない成果を上げることができました。また、各信号の値をリアルタイムで確認して記録できるため、デバッグを大幅に簡素化できました。この機能は、動的制御システムの性能評価でも非常に役立っています。テストデータにはテスト完了直後でもアクセスでき、すぐに見直せるので、1 日の作業時間を最大限に活用することができます」と述べています。ControlDesk は、アルゴリズムパラメータの微調整をその場で手作業で行う際にも非常に役立ちます。パラメータの値も簡単に変更できるため、コントローラの設定を変えてテス

最新のテクノロジーが満載：Rimac Automobili 社では、dSPACE MicroAutoBox を使用して開発した中央制御ユニットにより、Concept_One の各種システムを接続しています。





「MicroAutoBox を使用することでシンプルかつ直感的な操作が可能になるため、制御エンジニアは、コードを意識することなくコントローラの開発に集中することができます。」

Tomislav Šimunić 氏、ビークルダイナミクスチーム部長、Rimac Automobili 社

トを実行する際にも時間を短縮できます。また、コントローラモデルの構造を変更しなくても、複数の実験サブシステムを切り替えることが可能です。

今後の展望

Concept_One World Edition スーパーカーの初回生産予定は 8 台ですが、設計および制御アルゴリズムの向上は継続的に行われています。インフォテインメントシステム、パワートレイン、バッテリーシステムをはじめ、Concept_One のために社内開発および生産されたノウハウやコ

ンポーネントは、さまざまな B2B プロジェクトにおいて活用されています。Rimac Automobili 社はこれからも、世界で最も強力かつ洗練された電気自動車を設計および構築し、さまざまな分野や業界に最先端のテクノロジーを新たな手法で提供するため、活動し続けていきます。 ■

Rimac Automobili 社のご厚意により寄稿

エンジン動作中に出力値を示し、正確な設定を提供するタッチスクリーン。



The Joined Wing

AFRL、ボーイング、および NASA – 結合翼型
SensorCraft 機の風洞テストに成功



写真クレジット：NASA

Air Force Research Laboratory (AFRL) では、無人での連続航行が可能な高高度監視飛行プラットフォーム用として将来的に転用できるテクノロジーの開発を目指し、SensorCraft 機プロジェクトを立ち上げました。この研究プロジェクトでは、大型でありながら柔軟な飛行が可能な航空機に関するテクノロジーの開発に向けて、AEI (空気力学的効率改善) プログラムを作成しました。AEI プログラムの目標は、フラッタ抑制、GLA (突風荷重軽減)、静的マージンの減少などを実証することにより、SensorCraft 機の構造重量を減少させ、機体の耐久性、飛行範囲、および積載量を増加させるテクノロジーを開発することでした。AEI プログラムでは、NASA Transonic Dynamics Tunnel (TDT) を使用して、SensorCraft 機の2つの設計に対するさまざまな風洞テストを行いました。テスト対象は、参考文献 1 と 2 にそれぞれ説明されている全翼および結合翼 (図 1) の設定でした。これらの設定では、剛体に自由度を与えるモデルをサポートする必要があったため、風洞でモデルを「飛ばす」必要がありましたが、それはプロジェクトの複雑性が著しく高まり、リスクが増加することを意味していました。しかし、AFRL、ボーイング社、および NASA Langley Research Center が参加した実際のテストでは、飛行制御則向けのデジタルコントローラシステムと、サーボ制御ループ、ウォッチドッグシステム、および緊急制御則向けのデジタルコントローラシステムの 2 つを使用することにより、テストを安全に行うことができました。この記事では、結合翼のテストに焦点を当てながら、制御に用いられたアーキテクチャとそれらに実装された dSPACE システムについて説明します。

テストの設定

結合翼型 SensorCraft 機 (JWS) のテストは NASA TDT で実施されました。TDT は、空力弾性と空力サーボ弾性問題の把握や解析、解決を専門に行う唯一の国立施設であり、面取りされた 16 フィート平方のテスト空間を備えた閉回路型の連続流変圧風洞を提供しています。この風洞

>>

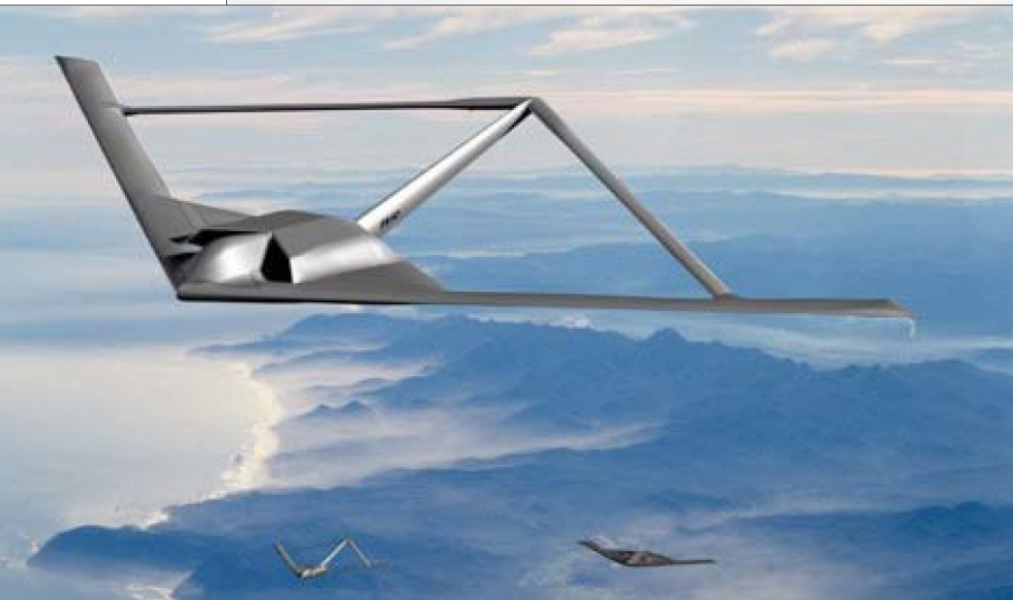
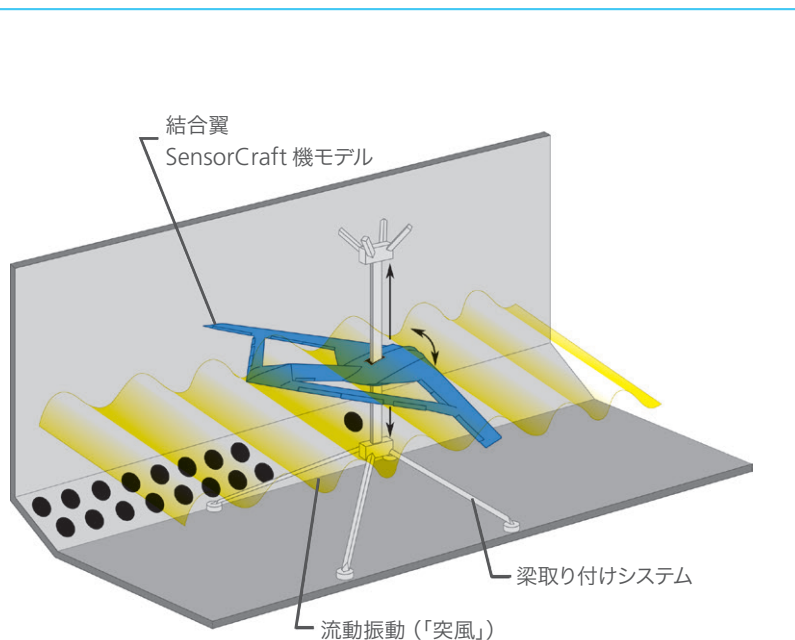


図1：結合翼型 SensorCraft 機の設定。

は、マッハゼロ近くから 1.2 までの速度で空気または重い気体を流動させることができるテスト媒体として機能します。TDT はフラッタテスト用として特別に構成されているため、モデルを制御室から確実に視認できます。モデルの安全性を確保するため、風洞は急速停止させることも可能です。TDT には気流振動システムも装備されており、さまざまな風洞テストで使用した突風を再現してシミュレートすることもできます。図 2 は、JWS とサポートシステムをイラストで示しており、上昇と下降の自由度が 2 つの矢印で示されています。

図 3 は、TDT 内に設置された JWS モデルの写真です。サポートシステムは梁と台で構成されており、安全上、台には剛体運動をリモートでロックするための下降ブレーキと上昇変位リミッタが装備されています。また、このモデルには加速度計、歪みゲージ、レートジャイロ、電位差計、およびそれぞれに RVDT (回転式可変差動変圧器) 位置センサを備えた合計 13 個の油圧駆動高帯域幅操縦翼面を使用した大規模な計器スイートも搭載されています。操縦翼面は、前進翼と後部尾翼にそれぞれ 6 面、方向舵に 1 面という形で翼

図2：NASA Langley TDT にある 2 つの自由度をサポートするシステム上で AEI プログラムを実践する結合翼型 SensorCraft 機モデル。



の後縁に配置されています。テストを行う際、JWS 風洞モデルの外部には、2 つの dSPACE デジタル制御システム、市販のシグナルコンディショニングシステム、RVDT 用カスタムシグナルコンディショナ、Moog サーボバルブ、各種電源、カスタム緩衝器制御システムなど、さまざまなコンポーネントを統合する必要があります。図 4 に、風洞モデルと各種システム間の接続を示す回路図を示します。dSPACE ユニットの外部の信号は、すべてアナログ信号です。1,000 Hz のフレームレートで動作するデジタル制御システム (dSPACE 1) にのみ送られるアンチエイリアスフィルタは、RVDT に対して 400 Hz に設定され、その他のすべての信号は、200 Hz のフレームレートで動作するもう一方のデジタル制御システム (dSPACE 2) との互換性を維持するため、100 Hz でフィルタリングされました。データの取得は、TDT Data Acquisition System (DAS) により、500 Hz のサンプリングレートを使用して行われました。

制御システム

JWS の風洞テストは、2 つの dSPACE システムを使用して制御されました。RVDT、サーボバルブ、およびウォッチドッグシステムを採用した操縦翼面の位置決めには複数のサーボ制御ループが使用されましたが、それらはいずれも dSPACE 1 に実装されました。また、飛行制御 (機体バランスと GLA) 向けには dSPACE 2 が使用されました。緩衝器制御システムはこの風洞テストのための特別設計で、ラッチ回路、各種スイッチ、および電源装置を搭載していました。剛体運動をロックアウトする場合は、緩衝器制御システムにモデルのソレノイドバルブと油圧アクチュエータを搭載して使用しました。このシステムは手作業で遮断することも可能でしたが、dSPACE 1 で動作する自動ウォッチドッグシステムの「Snub!」コマンドが確実に動作してモデルの安全性が維持されたため、手作業での遮断は発生しませんでした。図 5 に、2 つの dSPACE システムと緩衝器制御システムにおける主要機能を示します。これらのシステムにおいてユーザーが入力する箇所は、ダークグレーで示されています。GLA および機体バランス制御に関する法則は、dSPACE 2 の飛行制御ブロック内に実装されました。この飛行制御ブロックには、GUI インターフェースが

採用されました。また、システムのリセットや離陸シーケンスの開始などの特定のイベントを制御または開始するためのプログラミングロジックも搭載されました。パラメータの識別テストを行う際は、操縦翼面に関するさまざまなコマンドの組み合わせに対し、励磁信号を追加することができました。これらのコマンドは、アナログ信号として dSPACE 1 に出力されます。dSPACE 1 には、アクチュエータの過度な動作を防止するための出力飽和ブロックを備えた独立型の PID 制御ループであるサーボ制御ループに加え、ウォッチドッグシステムが実装されました。ウォッチドッグシステムはモデル信号を監視し、欠陥が検出された場合は、「Snub!」コマンドを発行して、図 5 のスイッチ経由で緊急制御側に制御を転送します。結合翼のテストでは、緊急コントローラは 0° 操縦翼面コマンドだけで構成されていましたが、参考文献 1 に記載されているテストでは閉ループコントローラが使用されました。図 5 の通り、各システム間では、緩衝器制御システムから dSPACE 1 に送信されるステータス信号、dSPACE 2 から dSPACE 1 に送信される FlightMode 信号、および dSPACE 1 から緩衝器制御システムに送信される Snub! 信号により、相互に通信が行われました。テストでは、これらの通

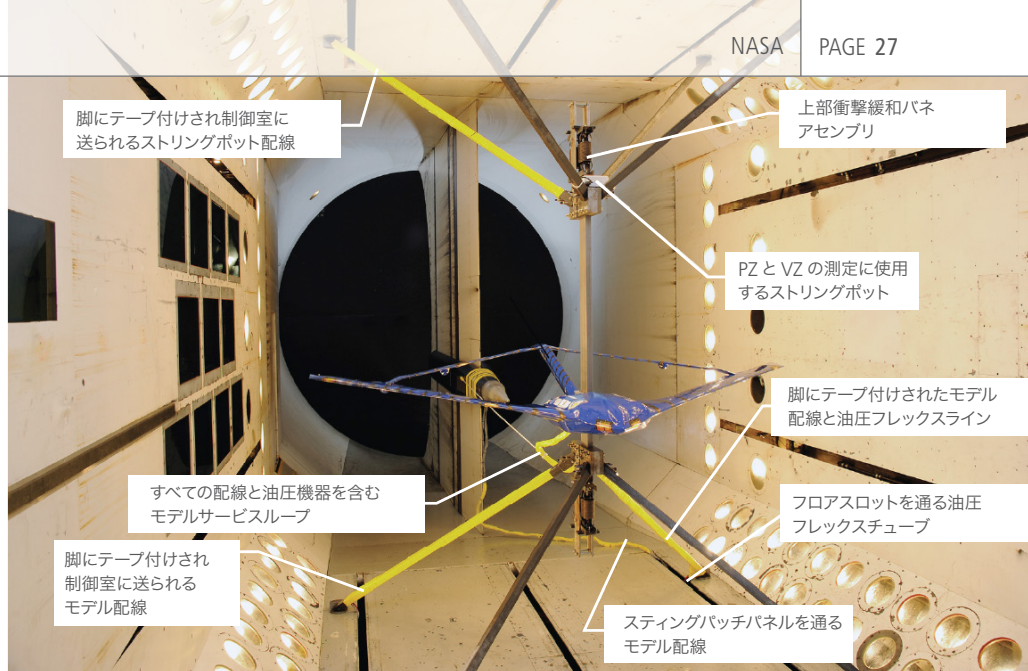


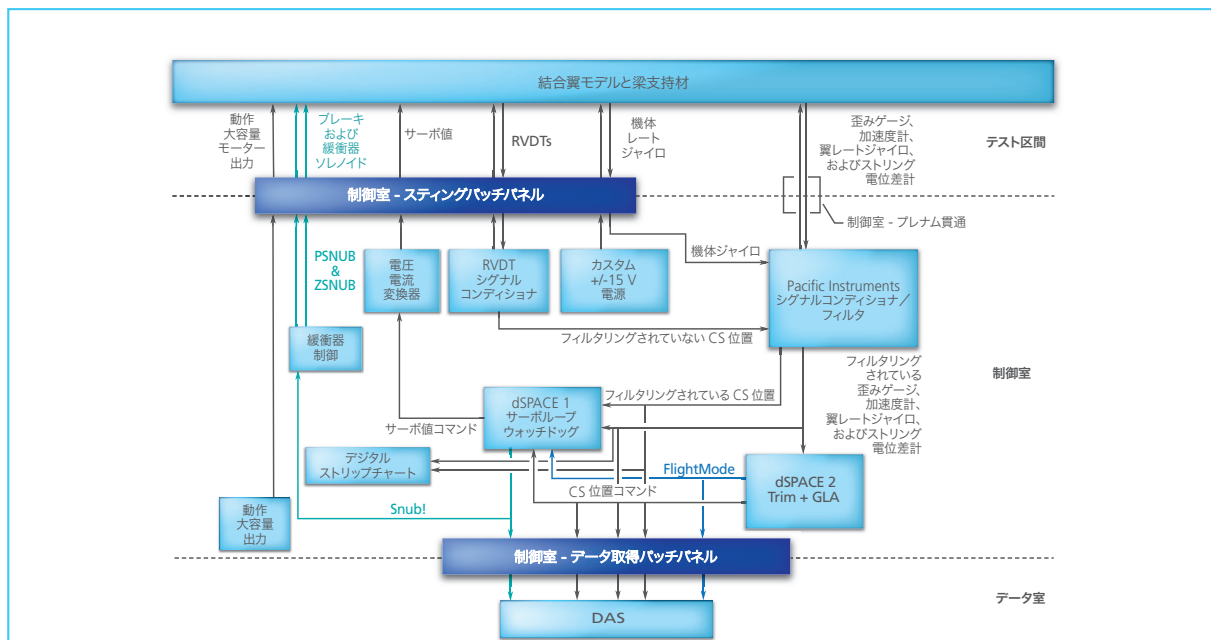
図 3 : NASA Langley Transonic Dynamics Tunnel でテストされる結合翼型 SensorCraft 機。

信手段を取りながら、適切なユーザー入力を行うことにより、下降ブレーキと上昇リミッタをかけた状態の垂直移動範囲の下限から、垂直移動範囲の中央で自由に飛行する状態までモデルを移行させることに成功しました。これにより、結合翼風洞テストの重要な課題の 1 つを解決することができました。使用された手順は参考文献 2 に詳述されているため、この記事では省略します。図 6 に、dSPACE 2 飛行制御ブロックの主な機能を示します。このブロックの主要コンポーネントは、機体バランスブロック、GLA ブロック、

FlightMode ロジックブロック、および欠陥検出ブロックであり、モデル信号、緩衝器関連信号、オペレータ入力、および関連モデル信号が示されています。機体バランスコントローラには、シートホールドと高度 (Z) ホールドの 2 つの動作モードがあり、正確な動作モードはユーザー入力とモデルの垂直位置によって決まります。機体バランス制御ブロックには、垂直位置の設定点を下限の停止位置から風洞の中央線まで傾斜させるためのロジックも含まれています。GLA 制御ブロックの動作は、ユーザーが入力する GLAMode に応じて制御

>>

図 4 : 結合翼のテストで使用される信号ルーティング。



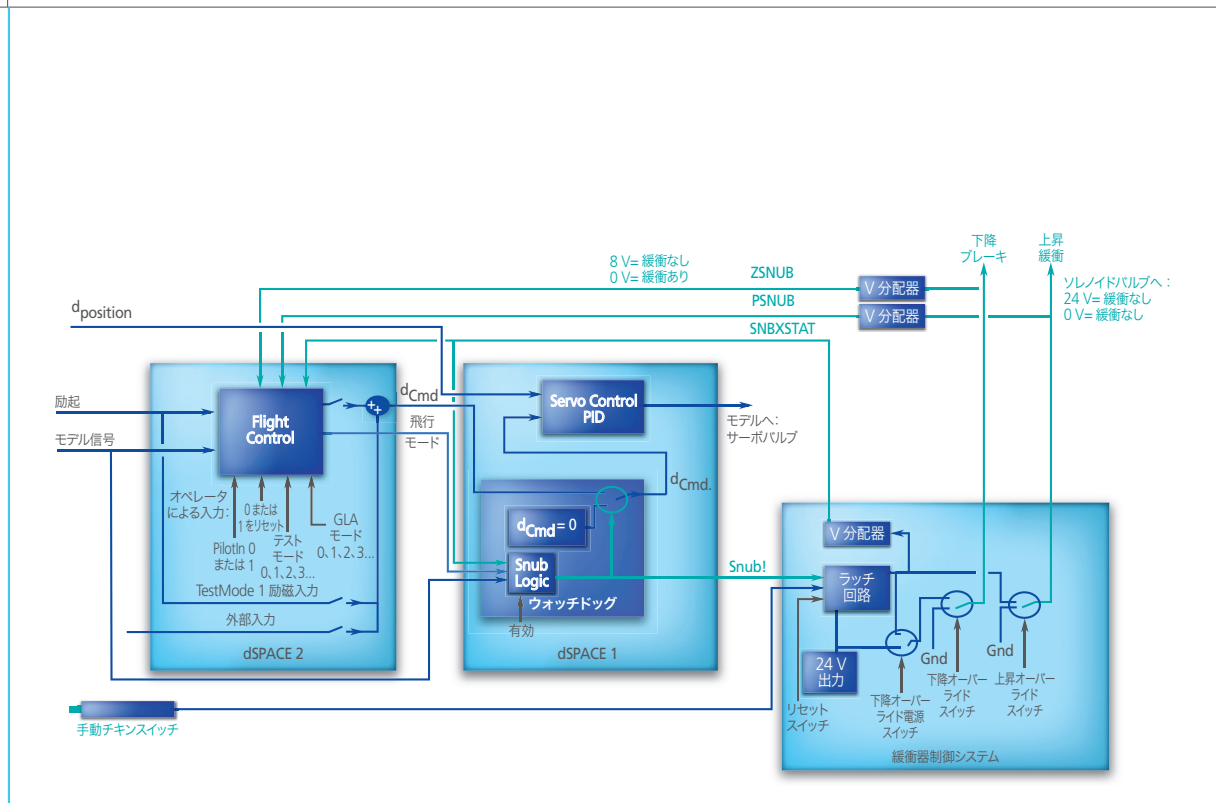


図5：dSPACEシステムと緩衝器の制御用ブロック図。

されます。GLAModeが0に設定されている場合、GLA制御ブロックは操縦翼面コマンドを通過します。このパラメータが0より大きい場合は、歪みゲージのフィードバックによりGLA操縦翼面コマンドが生成され、機体バランスコントローラに追加されます。機体バランスコントローラは、風洞でモデルを離陸、飛行、および着陸させるのに使用されるだけでなく、

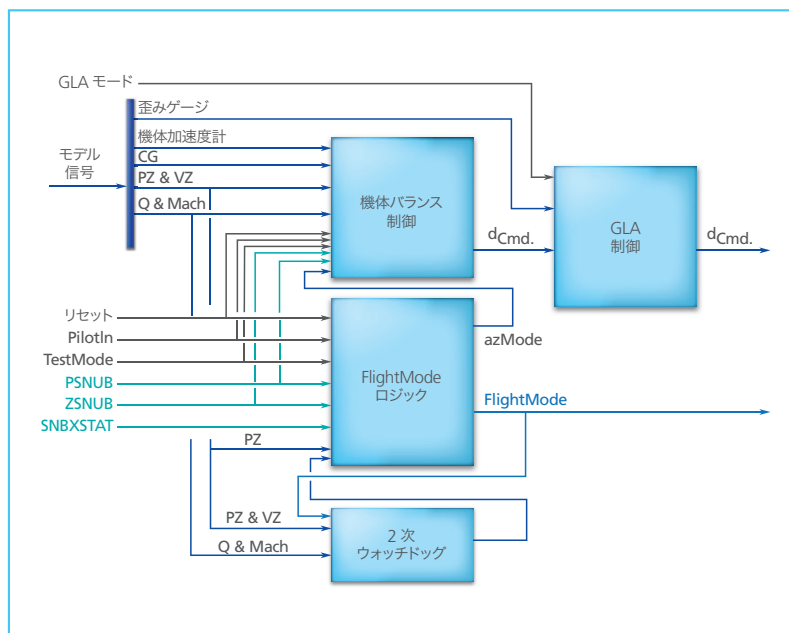
GLAの減少の基準となるようにも設計されています。機体バランスコントローラは垂直(Z)ループと上昇(θ)ループの2つの主要要素で構成されており、垂直ループは加速コマンドの生成に使用する単純なPIDコントローラで構成されています。上昇ループは、加速コマンドから昇降舵面コマンドを生成するPIDコントローラと加速フィードフォワードコントローラを組み

合わせて構成されています。これらの2つのループでは、モデルの重心に基づいてゲインが調整され、使用されます。周波数が高い場合は、1つの操縦翼面コマンドが3次ローパスフィルタを通過するように設定し、応答性を緩和します。

dSPACE システム

dSPACE Digital Control System (DCS) はそれぞれ、ホストコンピュータ、ターゲットシステム、キーボード、モニタ、入出力用BNCパッチパネル、無停電電源装置を格納したラックで構成されています。DCSの中心部は、3枚のdSPACE DS2002 Multi-Channel A/D Boardと1枚のdSPACE DS2103 Multi-Channel D/A Boardを接続した2.6 GHz AMD Opteron™ プロセッサ搭載のdSPACE DS1006 制御プロセッサボードで構成されています。A/Dボードには、それぞれ ± 10 Vの入力レンジで16ビット量子化を使用するチャンネルが32個含まれています。D/Aボードには、 ± 10 Vと10 μ 秒の整定時間を設定した14量子化ビットを使用するチャンネルが32個含まれています。コントローラソフトウェアはMATLAB®/Simulink®環境で開発されており、dSPACEおよびMATLAB Real-Time Interfaceを使用してコンパイルされ、ターゲットプロセッサにダウンロードされます。ControlDesk® アプリケー

図6：飛行制御システムのブロック図。



ションは、dSPACE ツールに不可欠なコンポーネントです。ControlDesk を使用すると、GUI を開発および実装する際にターゲットプロセッサにユーザーインターフェースを提供することができます。ホストコンピュータで GUI を実行することにより、プロセッサ間のすべての通信を制御できるようになります。 ■

David A. Coulson 氏および Robert C. Scott 氏、NASA

参考文献

[1] Scott, R., Vetter, T., Penning, K., Coulson, D., and Heeg, J. 著、「Aeroservoelastic Testing of Free Flying Wind-Tunnel Models Part 1:A Sidewall Supported Semispan Model Tested for Gust Load Alleviation and Flutter Suppression」、NASA/TP-2013-218051、2013 年 10 月

[2] Scott, R., Castelluccio, M., Coulson, D., and Heeg, J. 著、「Aeroservoelastic Testing of Free Flying Wind-Tunnel Models Part 2:A Centerline Supported Fullspan Model Test for Gust Load Alleviation」、NASA/TP-2014-218170、2014 年 2 月

結果

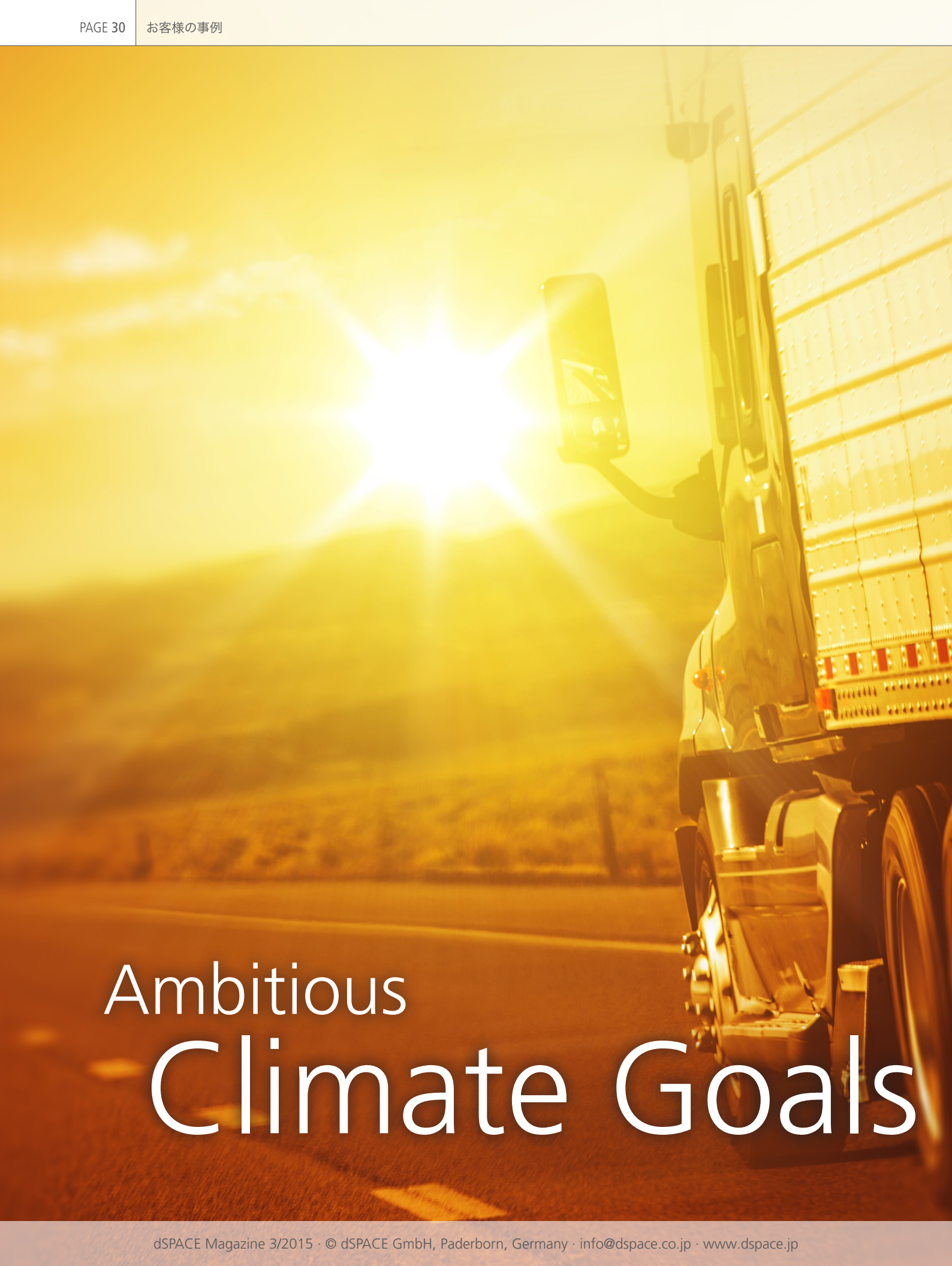
閉ループの風洞テストは約 6 週間実施されました。テスト期間中、機体バランスと GLA コントローラ的设计、実装、テスト、および評価が何度も繰り返し行われ、機体バランスコントローラと GLA 制御則の両方の改良が続けられました。テストの進行につれ、テスト手順は改善されてゆき、最終的にはパラメータ識別データセットを高精度化することができました。これらのデータセットは、解析モデルのさらなる改良に使用され、機体バランスと GLA コントローラ設計の完成度は向上しました。最終的に、-10% の静的マージンと少なくとも 50% の構造応答の短縮を実現した機体バランスが実現し、飛行の実演にも成功しました。この風洞テストが成功したのは、dSPACE システムをカスタマイズおよび再設定することで、業界標準の MATLAB コンピューティング環境との互換性を維持することができたためです。TDT が東海岸にあるにもかかわらず、制御則の開発作業を西海岸のチームメンバーが行うことができたという事実が何よりの証拠です。dSPACE システムにより、制御システムが更新されるたびに、それをほんの数分で Simulink モデルとして TDT に送信することができたため、モデルを既存のフレームワークに容易に落とし込み、コンパイルしたうえで、実行可能な状態にすることができました。このため、多数の制御設計を何度も繰り返しテストすることができ、輝かしい成果につなげることができました。

David A. Coulson 氏
NASA TDT で能動制御を担当した
シニアリサーチエンジニア、Analytical
Services & Materials 社 (米国、バージニア州ハンプトン)



Robert C. Scott 氏
NASA Langley Research Center の
空力弾性部門シニア航空宇宙エンジニア
(米国、バージニア州ハンプトン)





Ambitious Climate Goals

運転室の温度を正確に制御することは、車両の空調システム開発における究極の目標です。Bergstrom 社では、これまで長い期間が必要だったシステム適合にかかる時間を 80% 削減することを目指しています。そのため、開発者はさまざまな dSPACE ツールを使用してモデルベースでのシステム開発に取り組んでいます。

商 用車や特殊車両は、過酷な気候条件でも常に厳しいタスクを確実に実行しなければなりません。ドライバーが冷静さを保ち、作業に集中するためには、運転室は常に最適な作業環境である必要があります。Bergstrom 社は、これらの車両における信頼性の高い空調システムの実現に大きく貢献しています。

意欲的な目標

Bergstrom 社は、運転室の空調システムの分野において、2つの製品を販売しています。1つは従来のエンジン駆動式空調システム、もう1つは駐車時にアイドリング不要で空調を行うための NITE (No-Idle Thermal Environment) と呼ばれるバッテリー駆動式空調システムです。自動で温度

>>

Bergstrom 社は制御ソフトウェアの 85% を仮想環境で開発する目標を設定



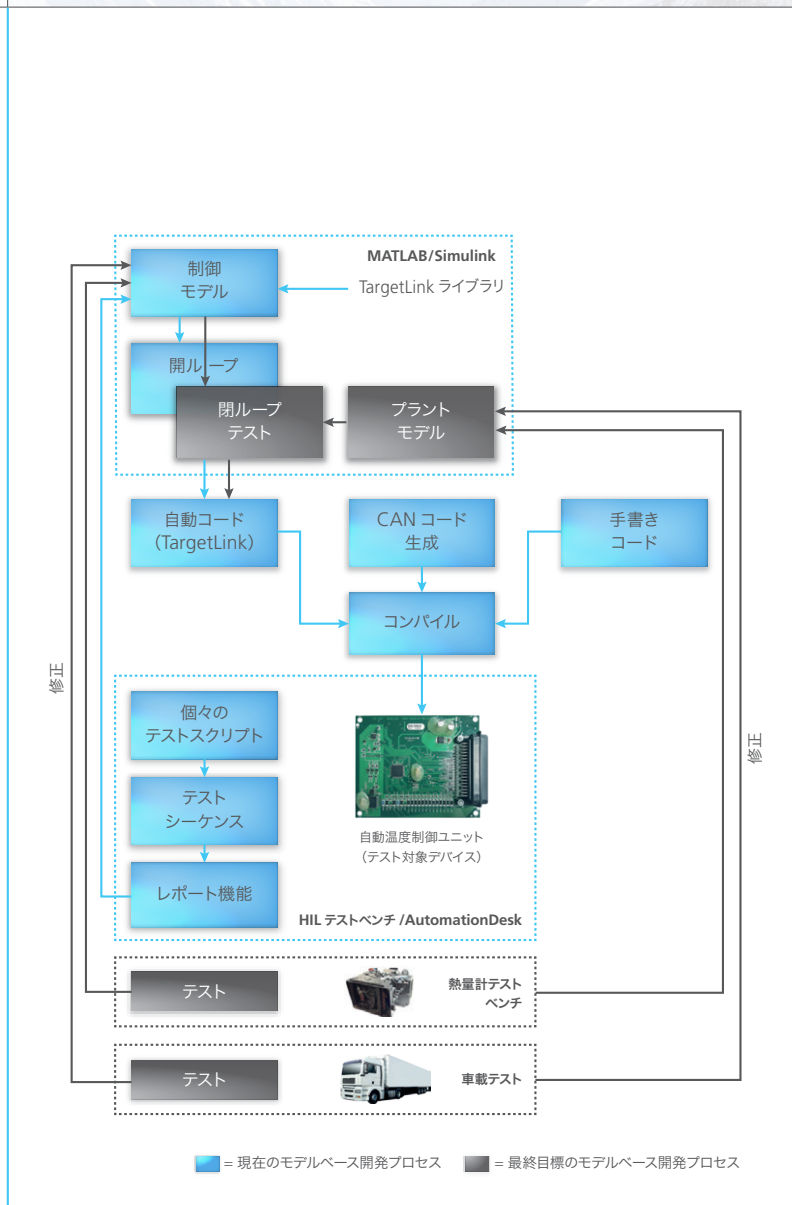


図1：Bergstrom社のモデルベース開発プロセスにおける現状（青）と最終目標（グレー）

を制御する電子制御ユニット（ECU）は、Bergstrom社のすべてのシステムの中核となるコンポーネントであり、ECUのテストとシステム適合には長期にわたる反復的な作業が必要となります。そのため、Bergstrom社では、長期的な視点から、ECUの開発を新しいモデルベースの手法で行い、より多くの適合ステップをオフラインで実行できるようにするという取り組みを行っています。同社は、当初からこの

取り組みに非常に意欲的でした。近い将来、Bergstrom社は制御ソフトウェアの85%を仮想環境で開発し、適合にかかる時間を80%削減することを目指しています。

強力なツールチェーンが必要

Bergstrom社では、モデルベース開発の導入プランを立てた後、それに適したツールを使用できる環境を構築する必要があ

りました。この環境では、効率的なプロセスと実績のある強力なツールチェーンを利用できる必要があったため、同社は、以下を含む最先端の開発ツールを採用しました。

- すべてのデータ（モデル、ドキュメント、仕様、ソフトウェア、数値、テストなど）を整理して保管し、更新することが可能で、世界中の開発チームが中央となる1つの場所からそれらにアクセスできるデータ管理システム
- 製品のライフサイクル全体のトレーサビリティを提供するソフトウェアバージョン管理システム
- 要件に関するドキュメント作成、分析、トレース、および優先順位付けが可能な要求管理システム
- モデルベースでのソフトウェア開発を行うためのモデリング環境（MATLAB®/Simulink®）
- モデルから量産向けコードを効率的かつ自動的に生成するための量産コード生成ツール（dSPACE TargetLink®）
- dSPACE HILシミュレーションシステムと組み合わせてソフトウェアのテストを自動化するためのテストオートメーションソフトウェア（dSPACE AutomationDesk）

開発プロセスのための新しい構造

Bergstrom社がモデルベースの開発プロセス（図1の青い部分）にこれらのツールを初めて導入した際にまず行ったのが、既存製品の要件をリバースエンジニアリングを用いて把握し、文書化することでした。同社では、こうして得られた設計情報に基づいて、MATLAB/Simulinkでの制御アルゴリズムのモデリングを開始しました。開発者は、これまでと同じプラットフォームを使用して制御ユニットのモデル化と開ループでの機能テストを迅速に行うことができたため、設計フェーズでのECUアルゴリズムの実際の挙動を一目で確認できるようになりました。開発者は、テストが完了すると、TargetLinkを使用して制御モデルを量産コードに変換しました。次

「当社では、マーケットリーダーとして最先端の製品を提供するため、dSPACE ツールを使用したモデルベースの開発環境を導入しました。」

Bjorn Hansson 氏、Bergstrom 社

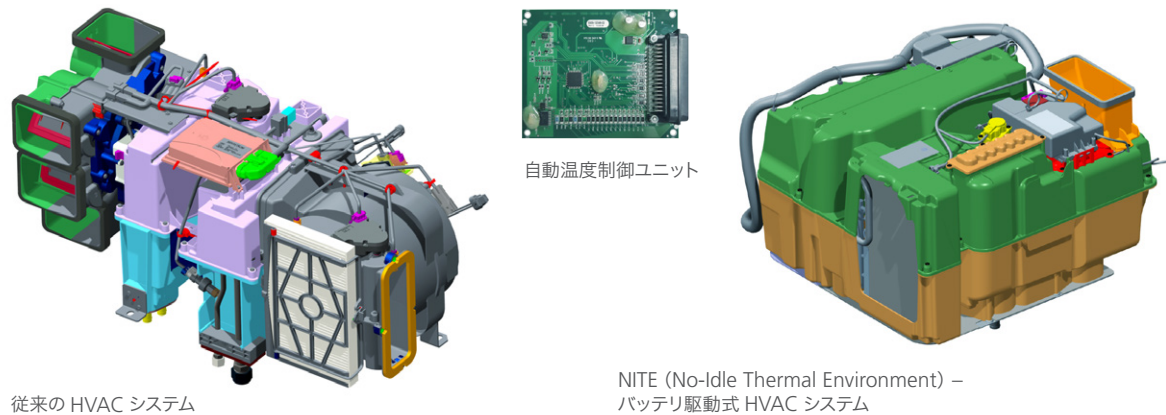


図2：自動温度制御ユニット（中央）は、Bergstrom 社の従来の HVAC（ヒーター、換気、エアコン）システム（左側）と NITE バッテリー駆動式 HVAC システム（右側）の両方において中核となるコンポーネントの 1 つです。

に、この量産コードをコンパイルし、通信インターフェース（CAN コード）、適合プロトコル（XCP）、および手書きコードを追加して ECU に実装しました。さらに、HIL シミュレータ上で ECU テストを徹底的に実行しました。Bergstrom 社では、AutomationDesk を使用して一連のテストケースを自動化することにより、これらのテストを容易に行えるようにしました。これにより、開発者は、テストレポートを活用して制御モデルの修正と調整を行うことができました。

最初の車載テスト

Bergstrom 社では、HIL シミュレータによるプロトタイプテストが完了した後、実際のトラックの運転室にプロトタイプを実装しました。ECU には、TargetLink で量産コードに変換されたコントローラとインターフェースのモデルが組み込まれました。開発者は、適合システムを使用して、XCP プロトコル経由で車載 ECU の微調整を行いました。この結果、プロトタイプ全体を車両で適切に機能させることに成功し、統合テストは完了しました。

有望な中間結果

車載テストの成功は、事前に策定された要件をソフトウェアコントローラが既に満たしていたことを示しています。しかし、機能モデルについては、まだ最初の一步に過ぎません。機能モデルを適合させ、正常に機能させるためには、さらなる開発作業が必要となります。Bergstrom 社のエンジ

ニアは現在、車載環境で得られた改善点をモデルに反映する作業を行っています。

究極の開発プロセスへの道のり

Bergstrom 社では今後、確立されたモデルベースのワークフローを微調整しながら、その他のテスト手順を追加していく予定です（図 1 のグレーの部分）。たとえば、モデルのさらなる改善を行うための修正ループにおいて、熱量計テストベンチや車載テストのテスト結果も考慮できるようにする予定です。将来的には、実際の熱量計や車両も MATLAB/Simulink でモデル化し、コントローラ上で閉ループテストを実行することを目指しています。これにより、モデルの機能の妥当性確認をより早い段階で、より広範囲に実行することができます。長期的には、これらの方法により、制御ソフトウェアの 85% を仮想環境で開発し、妥当性確認を行ったうえで車載テストを行うことで、機械レベルでの適合にかかる時間を 80% 削減することが目標です。これにより、Bergstrom 社では時間とコストの大幅な削減が可能になると予想しています。モデルベース開発手法の活用は、最終的には商用車のドライバーの利益になるだけでなく、Bergstrom 社の財務管理にとっても重要になります。■

Bjorn Hansson 氏、
Bergstrom 社

Bjorn Hansson 氏

チーフメカトロニクスエンジニア、Bergstrom 社
(米国イリノイ州ロックフォード)



EcoCAR 2 でオハイオ州立大学が
ハイブリッドカーで首位の座を獲得

Model-Based Winning



オハイオ州立大学では、EcoCAR 2 先進車両テクノロジーコンペティションにて、従来のプラグインハイブリッドカーの設計を再構築したことにより、最終選考ですべての審査員に賞賛され、栄えある首位を獲得しました。3年間のプロジェクトで学生たちは、業界最先端のツールを使用して2013年式シボレー・マリブの設計を練り直し、車両エネルギーストレージ、モーター駆動、およびエタノール（E85）燃料エンジンに関するテクノロジーを実装することができました。



写真：Myles Regan/CC BY-ND 2.0

<https://www.flickr.com/photos/doeavt/14338888602/in/album-72157644984645925>

「独自のコンセプトにより、量産車の性能を完全に保ちながら、燃料消費と排気ガスをこれほど削減したことは、驚くべき成果と言えます。さらに言及すべきなのは、これを学生たちが研究の一部として成し遂げたということです」と、dSPACE のテクノロジーダイレクターである Santhosh Jogi は述べています。「EcoCAR 2 コンペティションの総合成績で首位を獲得したことは、素晴らしい栄誉です。私たちは、dSPACE 製のツールが開発プロセスにおいてこれほど重要な役割を果たしたことを誇りに思います」。さらに、と Jogi は続けました。「私たちは、彼らが製品開発に込められたコンセプトを十分に理解し、モデルベースの開発プロセスやツールを効果的に組み合わせて使用した功績に敬意を表し、dSPACE Embedded Success Award の最優秀賞を授与しました」。

将来の創造者たちが集うコンペティション

「総合首位を獲得できたのは、素晴らしいことでした。また、米国エネルギー省 (DOE)、General Motors (GM)、およびその他のいくつかの団体や企業の後援のもと、北米の大学の 15 チームが参加し、

3 年間に及んだ EcoCAR 2 コンペティションを通じて、私たち学生は自動車業界の現在と将来の課題を身近に感じることができました」と、EcoCAR 3 共同チームリーダー兼 EcoCAR 2 HIL 開発リーダーの M. J. Yatsko 氏は述べています。

EcoCAR 2 コンペティションの主な目標の 1 つは、既に確立されている量産車である 2013 年式シボレー・マリブのエネルギー効率と環境適合性をさらに最適化する創造的な方法をチームで考案することでした。性能や安全性に優れ、消費者が受け入れやすい車両設計を計画、開発、実装するという目標のもと、各チームに与えられた期間は 3 年間でした。コンペティションの全期間にわたり、各チームの車両は、GM が量産車で採用するのと同じレベルの業界標準テストを受けなければなりませんでした。

オハイオ州立大学 (OSU) チームは、プラグインハイブリッドカーの設計部門で、315 ワット時/マイル (196 ワット時/km) の電力消費で、ガソリン燃費換算すると 50 マイル/ガロン (4.7 ℓ/100 km) という素晴らしい記録を達成しました。しかも、車両の排ガスレベルも大幅に削減することができました。

EcoCAR 2 の核心

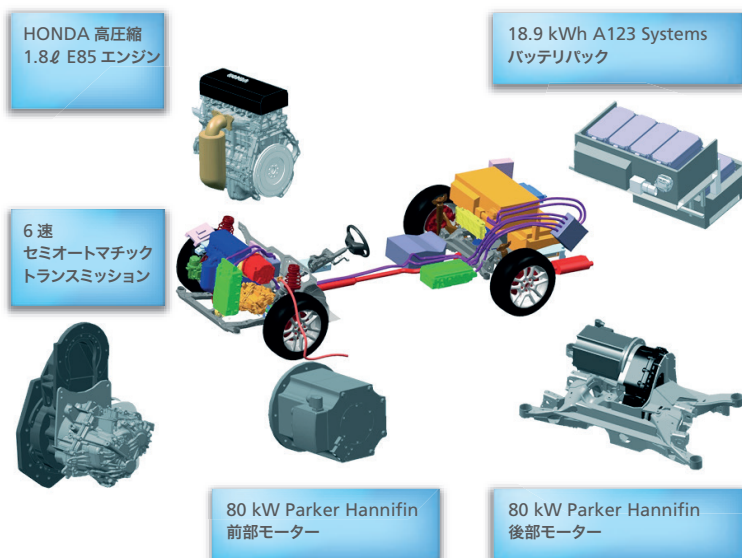
「車両アーキテクチャには、プラグインハイブリッドコンセプトを選択しました」と、OSU チームのプロジェクトマネージャである Jason Ward 氏は説明しました。「私たちは、多数の動力源を用意しました。フロントアクスルの動力源としては、HONDA 1.8 ℓ エタノール燃料エンジンと 6 速セミオートマチックトランスミッションを搭載しました。追加トルクの供給には、80 kW のモーターをベルト駆動でトランスミッションと組み合わせて使用します。リアアクスルは、追加の 80 kW の Electric Drive で駆動します」。さまざまな駆動コンポーネントを柔軟に組み合わせることにより、燃焼エンジン、ハイブリッド駆動、および純粋なモーター駆動など、多様な運転モードを設定できました。また、運転モードに応じて、バッテリーパックを再充電したり、エネルギー回生で電力を維持したりでき、運転中に放電することも可能です」と、電気チームリーダーである Andrew Huster 氏は主な利点を説明しました。OSU チームは、各モード間をスムーズに移行できるよう、大規模なテストを実施しました。

プラグインハイブリッドコントローラは、階層構造となっており、その中心には dSPACE MicroAutoBox® II が配置され、管理制御システムとして機能しています。管理レベルの下には、エンジン、バッテリー、ブレーキ、トランスミッション、モーターなどのための下位レベルのコントローラがあり、CAN バスインターフェースで接続されています。このようなフォールトトレラントなアーキテクチャを使用することにより、容易に拡張したり、さまざまなコントローラバリエーションを簡単に試したりすることが可能でした。

dSPACE シミュレータによる HIL テスト

コンペティションの最初の 1 年間、OSU の学生たちは、車両アーキテクチャと車両サブシステムの開発に集中していました。SIL テスト (最初は自分たちが開発した SIL シミュレータを使用) を実施するだけでなく、dSPACE のソフトウェアとハードウェアを活用した集中的な HIL テストも実行しました。2 年目には、プロトタイプ車両を実際に完成させ、各コンポーネントを統合しました。3 年目には、チームの Vehicle Technical Specification (車両技術仕様) で定義した燃費、排気ガス、

図 1: 車両アーキテクチャ - 2 つのアクスルで柔軟なパワーを実現。





「私たちがチームとして EcoCAR 2 で求められるマイルストーンや目標仕様を満たすうえで、dSPACE ツールは非常に有効でした。dSPACE ツールを使用することで、私たちは、機械 / 電子サブシステムの設計と作成を同時に行いながら、制御コードを容易にテストすることができました」

Matthew Yard 氏、オハイオ州立大、元 EcoCAR 2 チームリーダー

性能、および操縦性の目標を達成するため、構成されたツールチェーンを使用して多数の路上テストを実施し、さらなる車両の最適化を図りました。

さらに、HIL テストの段階では、サブシステムおよびシステム間を連携させる機能の開発と妥当性確認を行うために、dSPACE Mid-Size シミュレータを使用し、4つの異なる HIL 設定を適用しました。この際、チームで開発したコントローラについても、それぞれ徹底的にチェックを行いました。OSU チームは、異なる HIL 設定を適用した閉ループの動的プラントモデルを用いて、機能の動作、フェールの検出と軽減、コントローラ間の通信についてさまざまなテストを行い、その他の多くのコンポーネントレベルの機能や車両レベルの機能についても検証を行いました。4種類の HIL 設定を次に示します。

- **ケース 1** : dSPACE MicroAutoBox II に実装したメインコントローラの妥当性確認。さまざまなメーカーのシミュレーションモデルを使用しました。
- **ケース 2** : チームで開発した ECU を使用し、シミュレーションモデルとして dSPACE Automotive Simulation Models (ASM) を使用した燃焼エンジンの制御に関する妥当性確認。
- **ケース 3** : シミュレーションモデルとして dSPACE ASM、コントローラとして 128 ピン Woodward MotoTron を使用したトランスミッションの制御に関する妥当性確認。
- **ケース 4** : OSU チームが開発したコントローラネットワーク全体の CAN 通信の妥当性確認。 >>

図 3 : 開発した車両を米国エネルギー省の Michael Knotek 氏に見せる OSU チームの Katherine Bovee 氏。

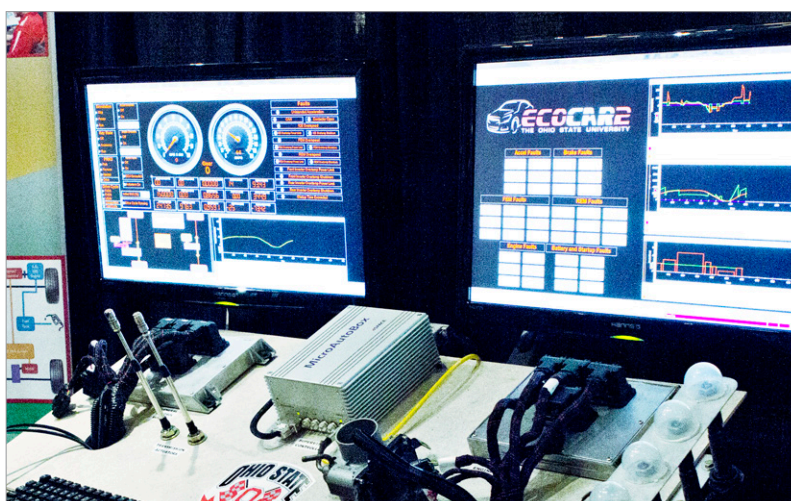


図 2 : dSPACE シミュレータによる HIL テストの実行や dSPACE MicroAutoBox II のコントローラアプリケーションの制御には、ControlDesk® Next Generation が使用されました。



Myles Regan 氏のオリジナル写真 / CC BY-ND 2.0 より抜粋
<https://www.flickr.com/photos/doesavt/14221296830/in/album-72157644984645925/>

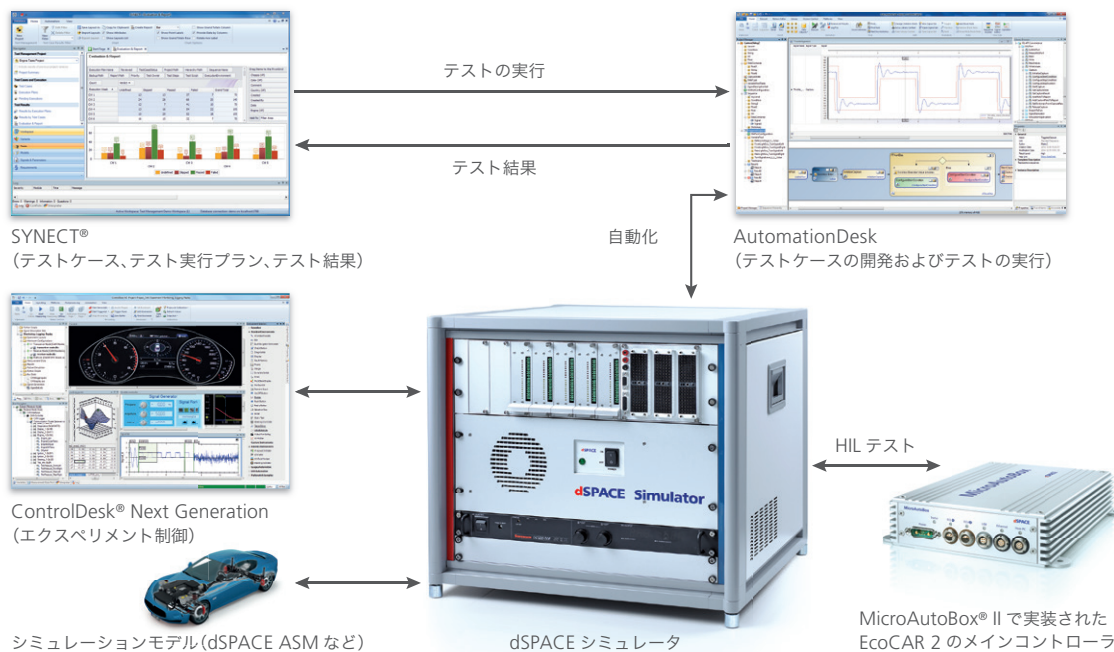


図4：SYNECTを含む総合的な dSPACE ツールチェーンが中央データ管理用のソフトウェアとして機能。

「私たちは、最初は手動でテストを実行していましたが、制御コードの安全性を実現するには更なる改良が必要であることがすぐに明らかになりました」と、OSU EcoCAR 2 故障診断チームの元リーダーである Amanda Hyde 氏は述べています。「コントローラの機能全体を考えると、コードの新しいバリエーションごとに、大規模な自動帰帰テストを行う必要がありました。この問題は、dSPACE SYNECT®、dSPACE AutomationDesk、および dSPACE シミュレータを組み合わせた強力なツールチェーンを構築することで解決できました。この自動化により、チームは車載テストにかかる時間を大幅に削減することがで

きたのです。すべてを合わせると、私たちが行う HIL テストの合計 74% が自動化されました。」

AutomationDesk – テストの作成と自動化

テストケースとスクリプトは、AutomationDesk のグラフィカルなプログラミング環境を介して実装されました。AutomationDesk では、テストをステップごとに確認できるようにするブレイクポイント挿入機能や組込みデバグが搭載されているため、迅速かつ確実にエラーを検出することができ、テストシーケンスの信頼性が向上しました。全体として、チー

ムはテストを手際よくグループ化およびパラメータ化することができたため、76 回の自動化テストを 16 個のテストスクリプトだけで実行することができました。

SYNECT – 優れたデータ管理によるテストの自動化

OSU チームは、dSPACE のデータ管理ソフトウェアである SYNECT を使用することにより、多くのテストを自動化することができました。まず、学生たちは「制御および妥当性確認に関する要件仕様書」にある要件リストを SYNECT に読み込み、パラメータ化されたテストシーケンスを AutomationDesk からインポートしてテ



「3 年目の挑戦にあたり導入した dSPACE SYNECT は、帰帰テストを行う際に非常に有益なツールでした。dSPACE SYNECT は開発データとテスト走行を管理する中央ツールとして機能したため、私たちは車載テストおよび車両の全体的な最適化により集中することができました。」

Amanda Hyde 氏、オハイオ州立大、元 EcoCAR 2 故障診断チームリーダー

ストを定義しました。最適なトレーサビリティを得るために、定義されたテストケースは要件リストにリンクされ、テストの実行プランに即してステップごとにスムーズにSYNECTで処理されました。また、開発期間中のテストの進捗を簡単に追跡できるようにするため、カスタマイズされたテストレポートも作成しました。SYNECTでは、数回のクリックだけで、いつでも要件や関連するテストケースを変更したり、AutomationDeskの自動スクリプトを更新したりすることができました。■

オハイオ州立大学 EcoCAR 2 チームのご厚意により寄稿

Name and Description	Version	Status	Links
5.6 Pedals	(1)	Draft	
5.6.1 Accelerator Pedal Signal Range	(1)	Draft	
If any accelerator pedal signal is out of range, the vehicle shuts down	(1)	Draft	Incoming: 2 Accel Pedal - Low STG (TC2REQ) Accel Pedal - High STG (TC2REQ)
5.6.2 Accelerator Pedal Scaling	(1)	Draft	
Accelerator pedal fault is signaled if the accelerator pedal signals show incorrect scaling while both signals are still in range	(1)	Draft	Incoming: 1 Accel Pedal - Low STB (TC2REQ)

図 5：テストケースとリンクされた SYNECT の要件リスト。

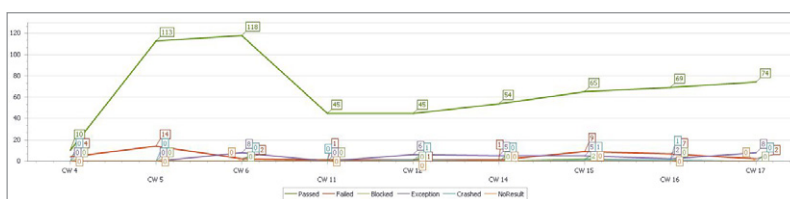


図 6：SYNECTにより、テストの進捗を容易に追跡。

まとめと今後の展望

「OSU チームでは、かなり複雑なコンセプトを持つプラグインハイブリッドカーに対し、最初から高い目標を掲げていました。そのため、チームを成功に導くには、極めて効率的な開発プロセスとプロフェッショナル向けのツールが必要でした」と、元 OSU EcoCAR 2 チームリーダーである Matthew Yard 氏は語りました。OSU チームは、最適な方法を駆使して時間とリソースを管理し、その目標を見事に達成しました。学生たちは、短期間で開発プロセスやツールに慣れ、dSPACE シミュレータ、MicroAutoBox II、SYNECT、AutomationDesk、および ControlDesk Next Generation といった dSPACE ツールチェーンを自信を持って操作できるようになりました。EcoCAR 2 コンペティションが終了した現在、OSU チームは、次の先進車両テクノロジーコンペティションである EcoCAR 3 に全力で取り組んでいます。



図 7：優勝者たちの微笑み - オハイオ州立大学の EcoCAR 2 チームは、プラグインハイブリッドカー部門で栄えある首位を獲得しました。

このコンペティションでは、学生たちは 4 年間で 2016 年式シボレー・カムロを最適化しなければなりません。また、コストと革新性に関する基準が追加されたため、満たすべき要件はさらに高くなっています。新しいチームメンバーを擁する OSU チームは、素晴らしい成果を挙げ続けてお

り、EcoCAR 3 の 1 年目で既に優勝しています。dSPACE では、オハイオ州立大学チームの目覚ましい功績を称賛するとともに、今後の活躍を期待しています。

Simulink で開発された新しい制御機能は、その後、既存の ECU ソフトウェアと組み合わせて、なるべく簡潔かつ時間のかからない方法でテストする必要があります。dSPACE の仮想バイパス処理ツールチェーンでは、このための非常に効率的なソリューションを提供しています。

MATLAB®/Simulink® による制御アルゴリズムの開発は、現在、世界中で広く行われるようになってきました。この方法では、最初の制御設計が完了した後で、他のソフトウェアコンポーネントや電子制御ユニット (ECU) ソフトウェア全体との相互作用を現実に即してテストする必要があります。これまで、機能開発者は量産 ECU のプロトタイプを入手できるようになるまでテスト

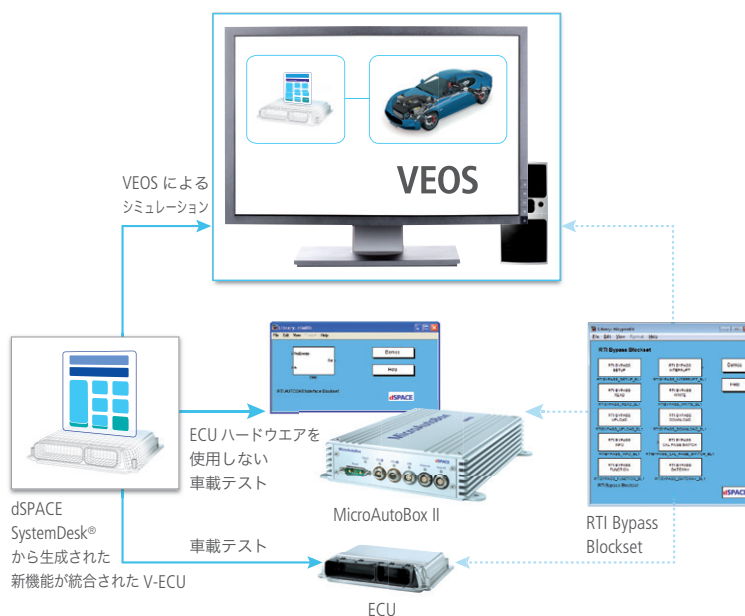
を待つ必要がありました。しかし、必要な数のプロトタイプは、開発プロセスの後期になるまで入手できません。

しかし、テストの開始が遅くなるほど、開発者が統合やエラー検出、修正、最適化を行うための時間は少なくなります。通常、新しい量産 ECU の開発スケジュールは非常に過密になっているだけでなく、企業の経営陣や顧客は開発に大きな期待を寄せているため、時間的制約はさらに大きくなります。

仮想バイパス処理によるテストのフロントローディング

これを解決するための手法が仮想バイパス処理です。この手法を使用して、既存の ECU ソフトウェアまたはバーチャル ECU (V-ECU) に新しい機能を統合し、開発者の PC 上でシミュレーションを行えば、機能テストを大幅に早期に実施することができます。開発者は、ECU ハードウェアや物理的な制御対象システムにアクセスすることなく、自分が行った変更が意図通りに動作するかを初期段階でテストすることが可能です。仮想バイパス処理では、選択するだけで新しい機能を使用できるだけでなく、ECU のソースコードを変更する必要がないため、既存の ECU ソフトウェアへの新しい機能の統合が容易です。ですので ECU ソフトウェアを再コンパイルする必要もなく、開発者はビルドに要する多くの時間を節約し、開発の反復サイクルを回すことに当てることができます。

図 1 : RTI Bypass Blockset を使用すると、新しい ECU 機能を VEOS、MicroAutoBox II、ECU プロトタイプなどの異なるプラットフォームで使用できます。



仮想バイパス処理のツールチェーン

仮想バイパス処理では、外部バイパス手法やオンターゲットプロトタイピングに使用される dSPACE RTI Bypass Blockset と同じブロックセット、および PC ベースシミュレーションプラットフォームである dSPACE VEOS® を使用します。VEOS を使用すると、開発者はバーチャル ECU (V-ECU) 全体を dSPACE Automotive Simulation Models (ASM) などの複雑なプラントモデルと共に PC 上でシミュレートすることができます。V-ECU は、ソフトウェア統合担当者から提供してもら

>>



仮想バイパス処理により、
早期の段階でテスト結果を確認

Taking Function

Development
to the Next Level

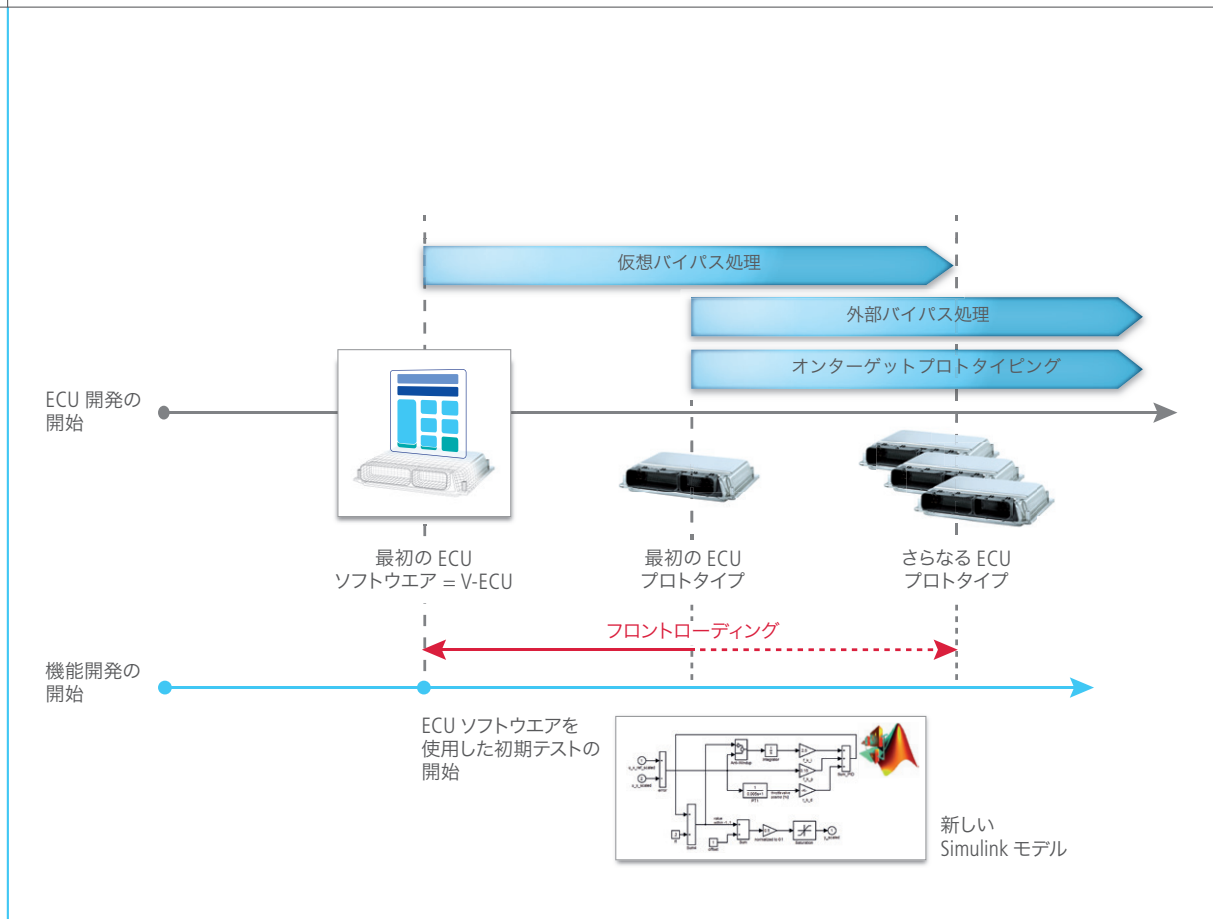


図 2：バーチャル ECU を使用することにより、機能テストを初期段階で開始し、ソフトウェアの品質を短期間で向上させることができます。

い、機能開発者は、RTI Bypass Blockset を使用して Simulink で構築した機能を ECU ソフトウェアのファンクションに接続するだけです。特別なソフトウェアスキルや統合のノウハウは必要ありません。そのため、開発する機能の実装や最適化に注力し、機能を他のソフトウェアと組み合わせ合わせてテストすることに機能開発者たちは完全に集中できます。また、複数の開発者がまったく別のコントローラコンポーネントに対して同じ V-ECU を使用している場合でも、V-ECU を生成し直す必要はありません (図 2)。このように、仮想バイパス処理では作業の重複が排除されます。

妥当性確認を反復的かつ迅速に実行

RTI Bypass Blockset を使用すると、開発者はソフトウェアの新しいビルドを作成だけでなく、シミュレーションの実行中にコントローラモデルを交換することもできます。そのため、シミュレーションを最初からやり直さなくても、コントローラのさまざまなバリエーションをテストし比較することができるため、遅延が発生しません。このアプローチは、リアルタイムのシミュ

レーション以上に高速なシミュレーションが可能な VEOS を使用すると、一層効率的になります。仮想バイパス処理のもう 1 つの利点は、ハードウェアプロトタイプが利用可能になる前にテストを実行できる点です。これにより早い段階でのテストが可能になります。このような作業のフロントローディングにより、開発者は機能の開発とテストにより多くの時間を当てられるようになります。また、これはプロジェクトに対するリスクの軽減にもつながります。

オフラインとオンライン

実際の ECU が利用可能になると、ラボや実車で物理的な制御対象システムを使用して、実際の ECU 上でリアルタイムテストを実行できるようになるため、ユーザは、バイパス手法を仮想バイパス処理から外部または内部バイパス処理に切り替えることができます。これを行うためには、新しい制御機能を実際の ECU 上で最終的な ECU ソフトウェアに統合する必要があります。dSPACE RTI Bypass Blockset では、この移行はシームレスに実行されるため、ユーザは新しいソフトウェアを習得する必要がありません。ブロックセット内で、

別の実行プラットフォームを選択するだけで、V-ECU を実際の ECU に置き換えることができます (図 1)。ControlDesk® Next Generation を使用すると、すべてのプラットフォームで計測値や適合データ、エクスペリメントレイアウトを使用することができます。

ECU を使用せずにリアルタイムテストを実行

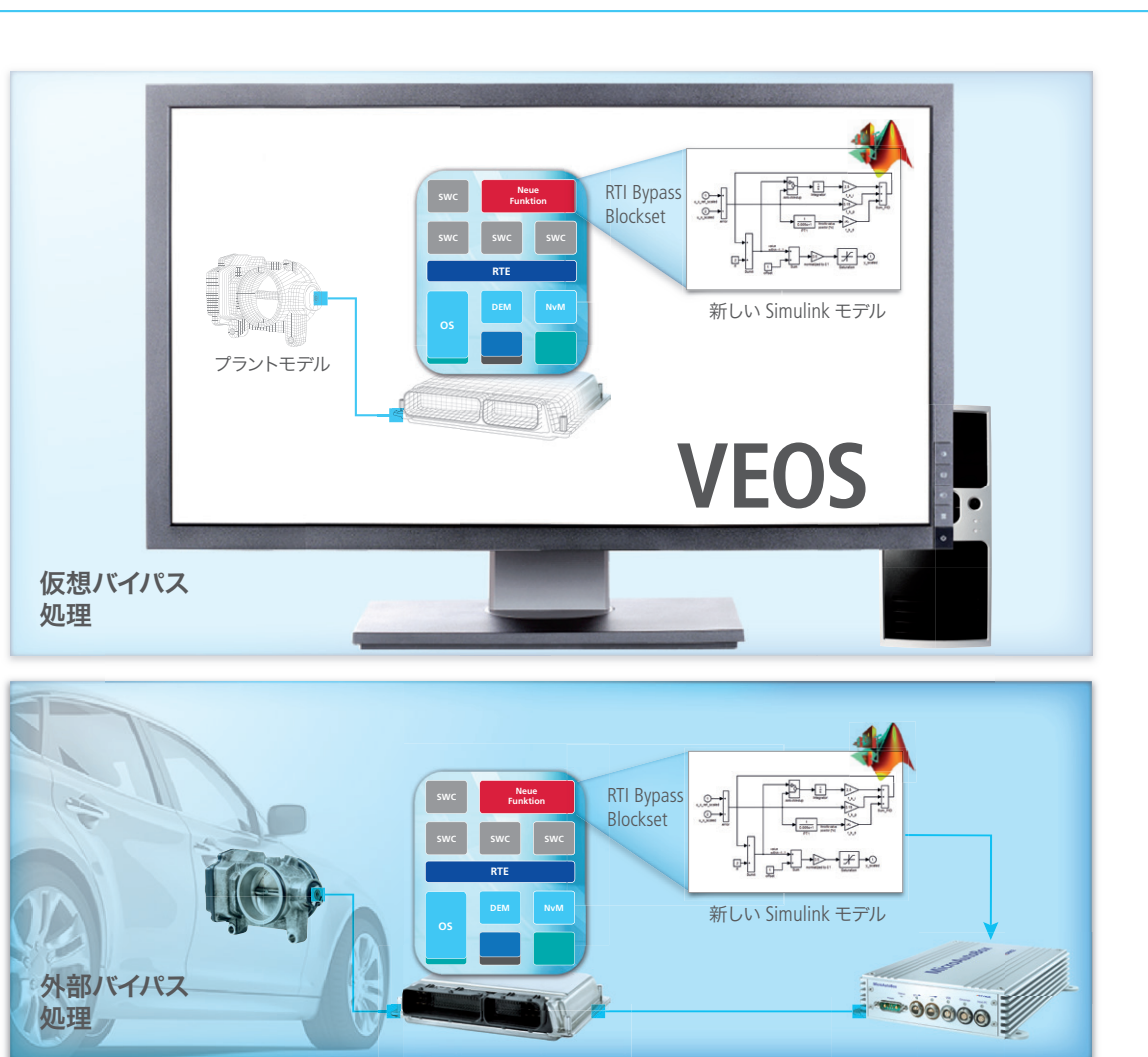
ECU プロトタイプがまだ入手できない段階でリアルタイムテストを行う必要がある場合は、ECU の代わりに dSPACE の MicroAutoBox II プロトタイピングシステムを使用することができます。V-ECU は、RTI AUTOSAR Blockset により MicroAutoBox に移され、車両で使用されます。ここでも、仮想バイパス処理は V-ECU の機能を拡張するために使用できます。また、バイパスブロックを含む新しい機能の Simulink モデルは、まったく変更しないでおくことができるため、VEOS からシームレスに移行することが可能です。■

まとめ

仮想バイパス処理を使用すると、機能テストを dSPACE VEOS を使用した PC ベースのシミュレーションとして実行できるようになるため、開発の初期段階へのテストのフロントローディングが可能になります。このアプローチにより、開発の反復的な作業をより多くかつ迅速に行うことができます。

なり、実際の ECU や物理的な制御対象システムは不要です。RTI Bypass Blockset を使用すると、異なる dSPACE 開発プラットフォーム間のシームレスな移行が可能になり、ごく簡単なトレーニングだけで連続的かつ効率性の高い開発プロセスを利用できるようになります。

図 3 : dSPACE RTI Bypass Blockset を使用すると、VEOS を使用した仮想バイパス処理から MicroAutoBox II と量産 ECU を使用した外部バイパス処理まで、シームレスな移行が可能になります。



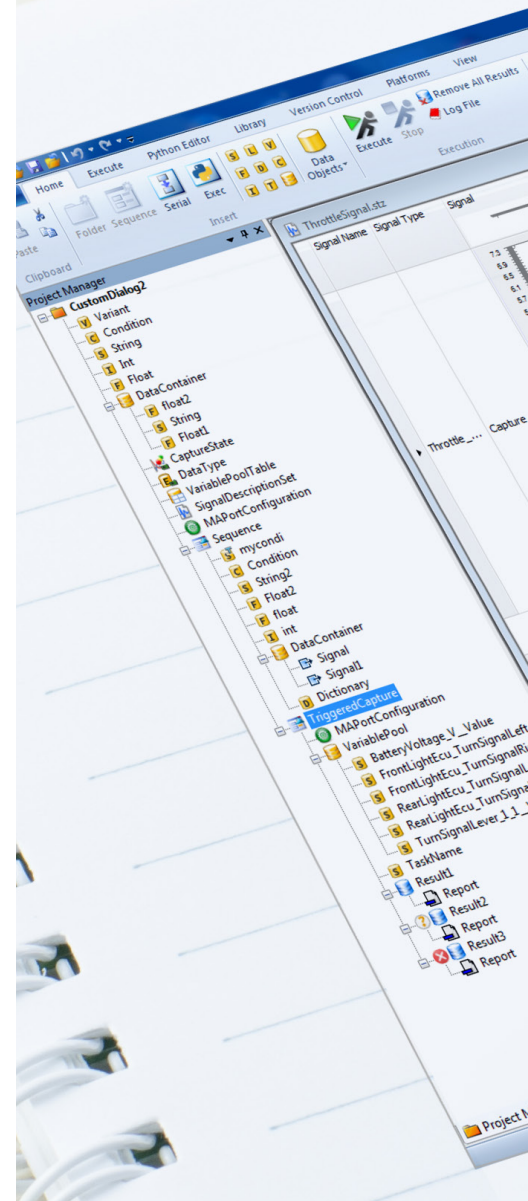
AutomationDesk は、電子制御ユニット (ECU) のテストのための強力なテストオーサリングおよび自動化ツールであり、テストシーケンスをグラフィカルに定義することができます。今回、AutomationDesk がさらにパワーアップしました。新しい独自の信号ベースのテスト記述により、テストをリアルタイムで迅速かつ容易に作成し実行できます。

AutomationDesk は、長年わたって実績のあるブロックベースのテスト機能 (グラフィカルな機能ブロックの組み合わせからなるテスト機能) を提供し、何千ものプロジェクトで使用され成功を取ってきました。しかし、一部のテストシナリオでは信号の動作でテストを記述したほうが良いことがあります。このようなシナリオには、以下のようなケースが含まれます。

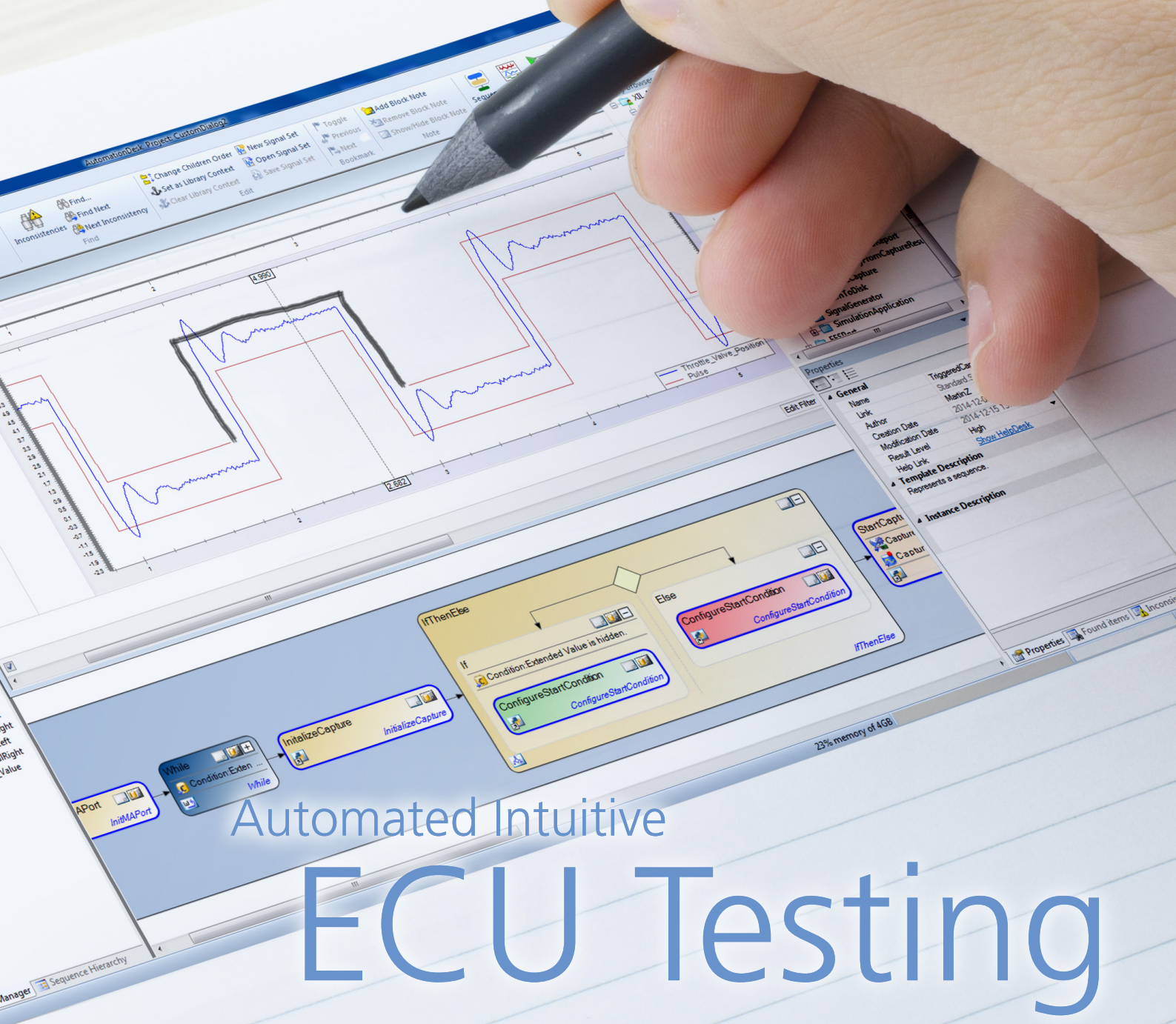
- 信号の動作が計測変数を評価するための基準として使用されるテスト記述
- リアルタイムにスティミュラス信号を追加する必要があるテストや、要件をリアルタイムに評価する必要のあるテスト

このような場合に、信号ベースのテストが

役に立ちます。新しい種類のテスト記述である信号ベースのテストでは、紙の上で作業を行っているかのように容易に作業を行えるだけでなく、シミュレーション変数向けのスティミュラス信号と基準信号をプロットのようなエディタで直感的に記述することができます。実行したテストは、プロットおよびパラメータ情報が明確に示されたレポートとして文書化することができます。この新しい方法の主要な利点として、透過性の向上があります。ユーザは、テスト仕様をエディタを使って作成し、レポートをテスト仕様と似たレイアウトで表示することができます。ここでは、基準信号と信号動作が正確に表示されるため、テスト基準と結果が一目でわかります。信号ベースのテストで非常に直感的に作業を行えるのはこのためです。 >>



紙上でスケッチしているかのように容易に
テスト記述を作成 – AutomationDesk が
可能にします。

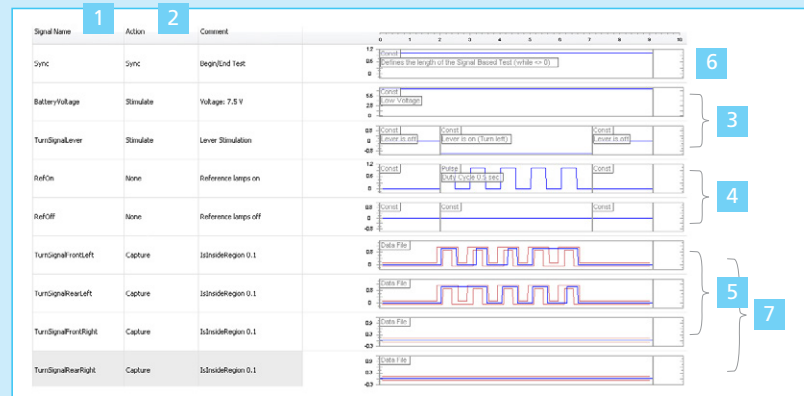


Automated Intuitive
ECU Testing



図1 (左) : 信号ベースのテストの動作概要を示しています。この例では、低い車両電圧 (7.5 V) でウィンカースイッチをオンにした場合のウィンカーの動作をテストしています。

図2 (下) : シミュレーション変数向けのスティミュラス信号と基準信号は、プロットのようなエディタで直感的に記述することができます。シミュレーション結果は、テスト記述に直接グラフィカルに表示されます。



>> 信号ベースのテストの作成

AutomationDeskを使用した信号ベースのテストは通常、次の7つのステップで構成されています。

- 1 変数の割り当て :**
シミュレーションモデルの変数をテストの信号動作に割り当てます。
- 2 操作の指定 :**
スティミュラス信号、計測信号、または基準信号として使用する信号を指定します。
- 3 スティミュラス信号の定義 :**
スティミュラス信号を構成するセグメント (ステップ、ランプ、サインなど) を定義します。
- 4 基準信号の定義 :**
基準信号を構成するセグメント (ステップ、ランプ、サインなど) を定義します。スティミュラス信号と基準信号では、同じ記述セグメントが使用されます。
- 5 基準信号の評価方法の定義 :**
テストに合格するために必要な計測値の範囲 (許容値) を定義します。
- 6 テスト期間の定義 :**
テストの最長実行時間を定義します。
- 7 テストの実行と評価 :**
信号動作が指定された許容範囲内にあるかを評価します。

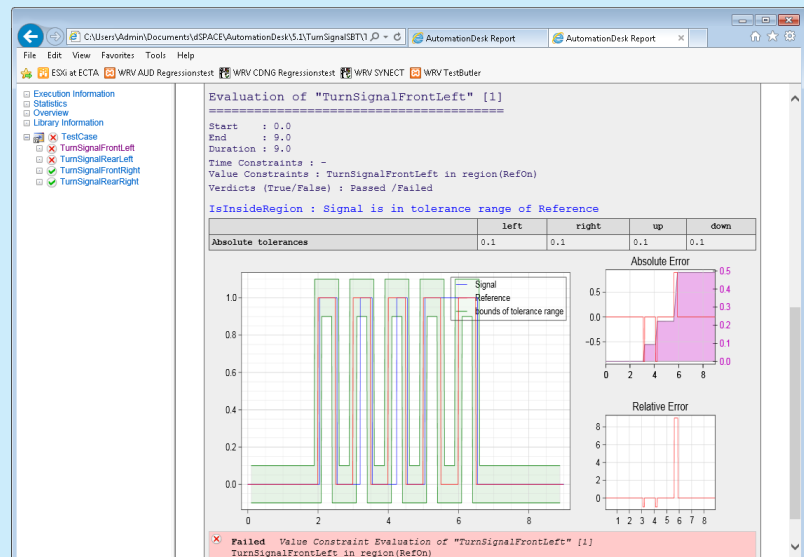


図3 : 予想通り車両電圧が低い場合は、ウィンカーの信号は要件を満たすことができず、テスト結果は「不合格」になります。エラー曲線とともに許容範囲と結果動作が組み合わせて表示されるため、高い透過性が保証されます。

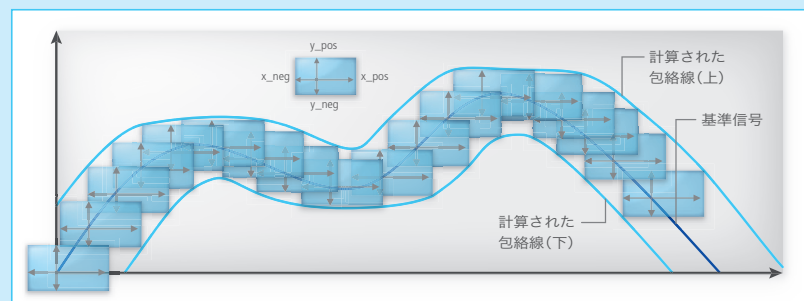


図4 : 許容値の定義では、基準信号の各ポイントの周囲に、パラメータ化が可能な長方形の有効領域が定義されます。計測信号は、この領域内に存在する必要があります。有効なすべての長方形の角を接続すると、使用できる信号動作の上限と下限を示した包絡線を作成することができます。

紙の上で行うかのような容易な作業

信号ベースのテストでは、すべての信号動作は直感的なエディタでグラフィカルに作成および編集されます。テスト自体はこれまで通り、ブロックベースのテストにも使用可能な実証済みのメカニズムを通じてAutomationDeskで実行されます。とりわけ実用的なのは、基準信号と許容値を使って信号の振幅と時間の評価境界を定義できることです。そのため、評価基準は包絡線の形式になり、計測信号はこの曲線内に存在することが必要になります。ただし、許容値は変数値との相関で指定することもできます。その場合、包絡線は信号動作に応じて拡大または縮小することができます。

XIL API 規格への準拠

AutomationDeskを使用した信号ベースのテストでは、XIL API 規格に準拠したテスト記述が使用されているため、標準的な方法でシミュレーションプラットフォームにアクセスできます。そのため、任意のXIL API 準拠ハードウェア上でテストを実行することができます。このように、テスト記述はプラットフォームに依存しないため、他のシミュレーション環境でも使用することが可能です。

信号ベースのテストの記述要素（セグメント、信号、条件など）も、ASAM XILに基づいています。そのため、AutomationDeskユーザはASAM XILに関する貴重なノウハウの蓄積や、基準信号を定義する際に必要なスティミュラスの定義用ワークフローを引き続き使用することができます。

セグメントベースのテスト

信号ベースのテストは、4つの異なるセグメントに分割することができます。セグメントを使用することで、ユーザはテスト基準

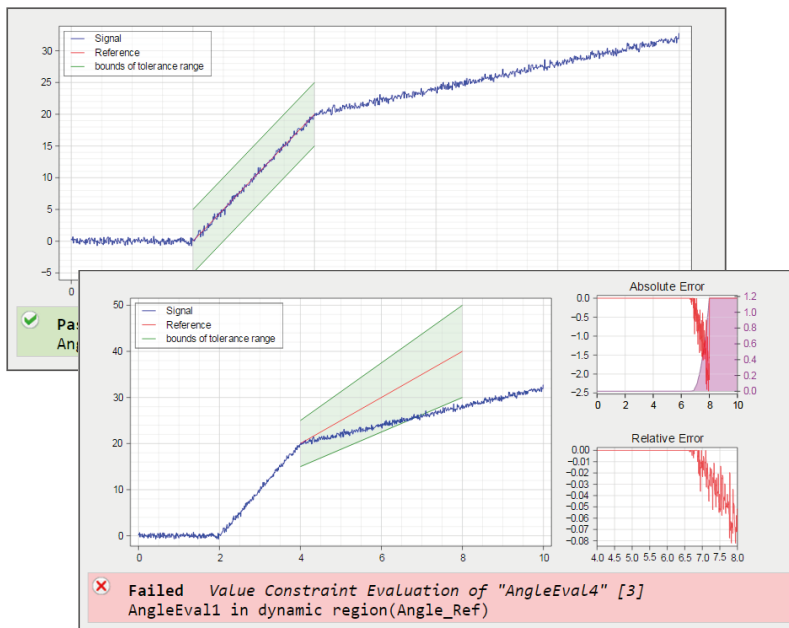


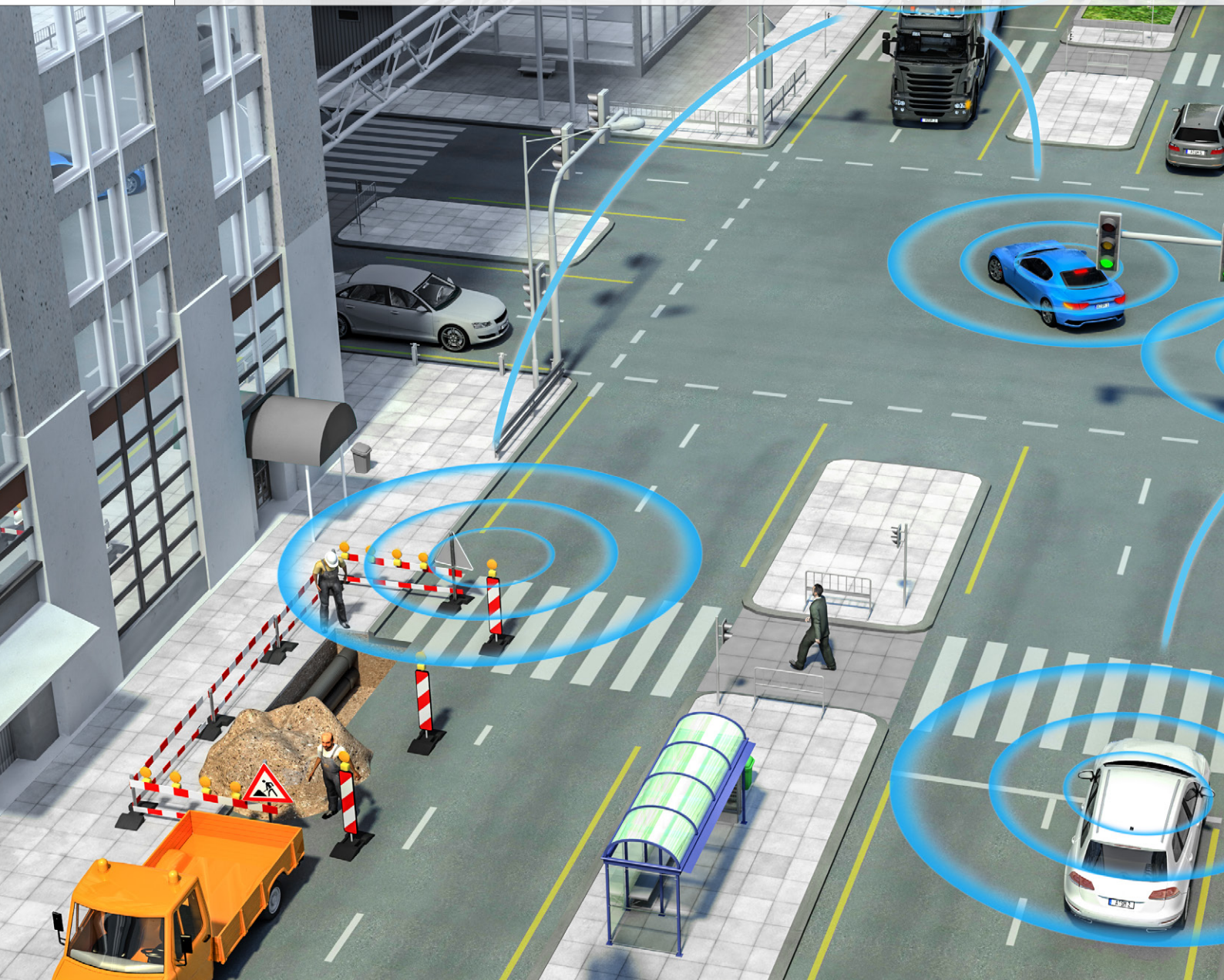
図5：個々のセグメントに異なる評価ルールを適用することができます。この例では、2～4秒の絶対許容値と、計算に基づく4～8秒の相対許容値が示されています。

をさらに正確に適用することが可能です。そのため、開発者は、信号全体の記述を迅速かつ容易に評価できるだけでなく、たとえば評価から信号の開始（スタートアップ）と終了（シャットダウン）を除外するなど、品質機能に関する個々のセグメントを記述することもできます。■



「AutomationDeskのSignal-Based Testingライブラリを使用すると、テストケースを容易かつ正確に定義し、有意義なテストレポートを作成することができます。Signal-Based Testingライブラリでは、計測信号に基づいて、スティミュラス信号が10ミリ秒以内に送信されます。この手法により、できる限り多くの信号を同時に確認するという大きな目標を達成できました」

Dr. Yoon Kwon Hwang, 首席研究エンジニア、高度テスト開発チーム、現代モータース社、韓国



V2X アプリケーションのモデルベース開発

Everything on Screen

V2X テクノロジーの導入は、走行に要する時間や燃費を削減しながら、走行中の安全性と快適性を高める可能性を無限に秘めています。dSPACE では、関連するアプリケーションを効率的に開発およびテストするためのさまざまなソリューションを提供しています。



日の運転支援システムは、レーザーやカメラなどの環境センサを使用して車両周辺の環境を常時スキャンしています。しかし、見通しの悪い交差点で他の車両や大きな建物などによってセンサが遮られてしまった場合、必要な環境情報が部分的に不足してしまいます(図1)。V2Xテクノロジーを導入すると、これらの制約からの脱却が可能になります。「X」は、車両の周辺環境にある他の物体を意味しており、周辺車両だけでなく、信号機や道路標識などのインフラストラクチャの一部も含まれます。V2Xテクノロジーは、C2XまたはCar2Xと呼ばれることも多く、ITS-G5(IEEE 802.11p)というWLANベースのアドホックネットワーク規格を介して、これらの物体の間の情報交換を行います。交換されるデータパッケージには、位置、速度、走行方向に関する情報や、交通渋滞、工事現場、滑りやすい路面などの突如の事象に関する情報が含まれています。V2Xテクノロジーが普及すると、交通の安全性と運転の快適性を高めながら、交通の流れを最適化することができます。つまり、このテクノロジーは自律走行車の実現に向けたステップとも言えます。

市場導入に向けたクロスボーダー戦略の重要性

V2Xテクノロジーの導入は、自動車メーカーにとって大きな課題となっています。交通の最適化という目標を達成するには、市場で販売されている車両の10%にV2X通信が搭載される必要があるためです。そのため、自動車メーカーやサプライヤ、およびdSPACEなどのツールプロバイダは、CAR 2 CAR Communication Consortium(車車間通信コンソーシアム)を

通じて連携し、V2X導入の共同戦略の策定や欧州規格の定義を行いました。これは、標準化団体であるETSIとCEN、およびEU、米国、日本の専門グループの緊密な協力により実行されました。コンソーシアムでは、無線通信だけでなく、サポートされるアプリケーションの定義、交通渋滞や霧、滑りやすい路面の検出基準の標準化、必要なデータプロトコルの定義、および総合的なデータセキュリティのコンセプトなどの側面にも焦点が当てられました。米国の各企業もV2Xの導入に注力しています。米国の規格は、多くの分野で欧州の規格と類似していますが、法的に拘束力のある規制が検討されている点が欧州とは異なります。V2Xは、この10年のうちに、欧州と米国の市場に導入される予定です。

V2Xアプリケーションの開発

V2Xアプリケーションの機能は通常、MATLAB®/Simulink®などによりモデルベースで開発されます。エンジニアは、モデルの特定のプロトコルや規格ではなく、実際のアプリケーションの実装やテストに集中して作業を行うため、dSPACEでは、短期間での機能開発(ラピッドコントロールプロトタイピング)から全アプリケーションのテストまで、V2X規格に即したアクセスを容易に行えるよう、Simulink向けのdSPACE V2X Blocksetを新たに提供しました(図2)。このブロックセットは、V2Xメッセージ(CAMまたはDENM)の作成、エンコード、転送、デコード、および管理を行うための専用ブロックを提供します。各メッセージの内容は、Simulinkの信号ベクトルとして提供されます。ユーザは、フィルタを設定することにより、アプリケーションに必要なメッセージのみをモデルに表示することができるため、全体像

>>

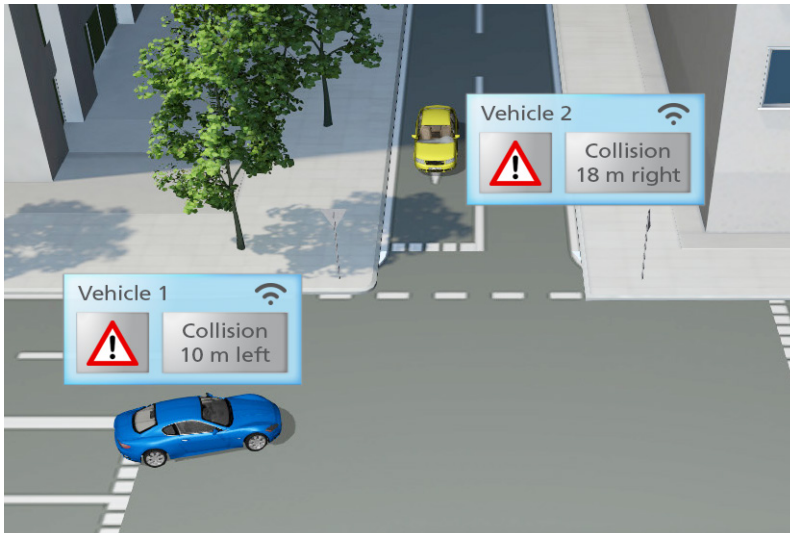


図1：各車両はモーションデータを交換し、進むべき経路を計算します。この交差点アシスタントの例では、衝突の危険が存在するため、各ドライバーに回避するよう警告しています。

を明確に把握できます。エンコードブロックとデコードブロックは、ETSI によって標準化されている ASN.1 記述を通じて自動生成されるため、新しいバージョンの記述ファイルに合わせて V2X ブロックセットを容易に調整することが可能です。dSPACE V2X Blockset は、Cohda Wireless 製 MK5-OBU などの V2X ハードウェアアダ

プタを使用した無線チャンネルを通じて開発プラットフォームやテストプラットフォームに接続されます。このアダプタは Ethernet UDP/IP を使用して接続され、標準の Basic Transport Protocol (基本転送プロトコル) でメッセージを送信します。位置データは、MK5-OBU の GPS レシーバで取得します。専用ブロックセット

を使用すれば、NMEA-0183 規格に従って GPS データを評価することもできます。

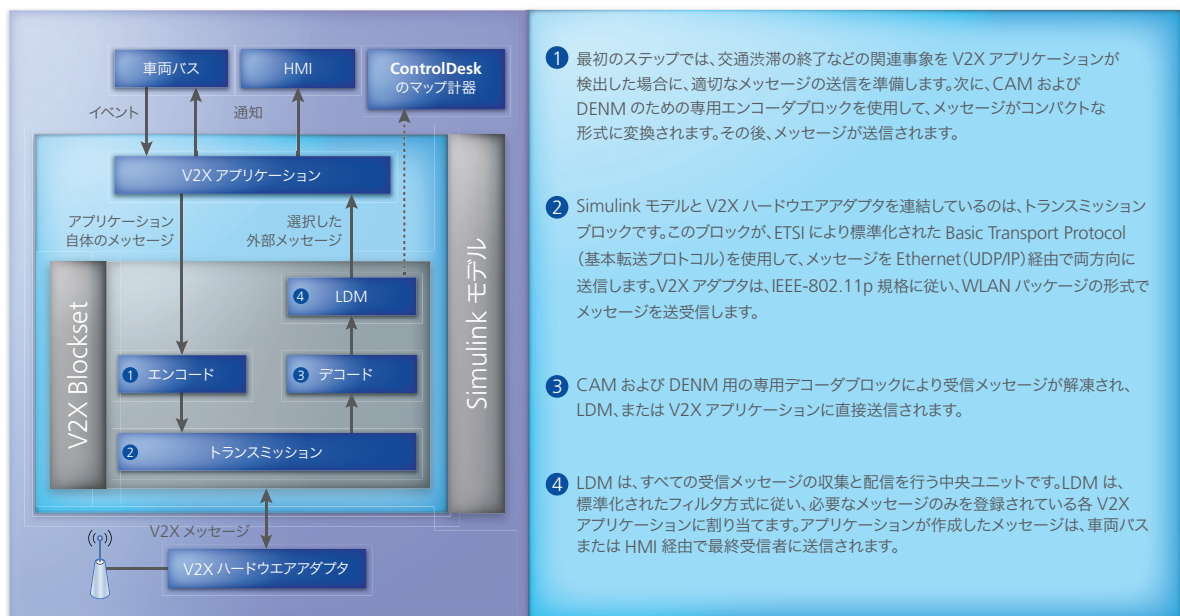
LDM による効率的なメッセージ管理

Local Dynamic Map (ローカルダイナミックマップ) は、V2X メッセージを受信するための重要な要素です。このマップは、地域の交通状況 (車両の位置、速度、信号機の状態、天候情報、路面の滑りやすさなど) に関するすべての情報の保管、管理、および配信を行っており、継続的に更新されます。V2X アプリケーションはまず、LDM への登録を行って、故障車に対する警告を含むすべての DENM など、特定のメッセージ内容を受信します。次に、LDM によって関連情報がアプリケーションに自動的に割り当てられます。メッセージが既に古い場合や、あまりにも遠くの物体に関するものである場合は自動的に破棄されます。

特別開発された ControlDesk のマップ計器

V2X ソリューションでは、使い慣れた ControlDesk 機能に特別開発のマップ計器が追加されているため、アプリケーションエンジニアやテストエンジニアはメッセージ内容の操作やデータの記録などを容易に行うことができます。LDM は、マッ

図2：dSPACE V2X Blockset を使用した V2X アプリケーションの開発およびテスト。



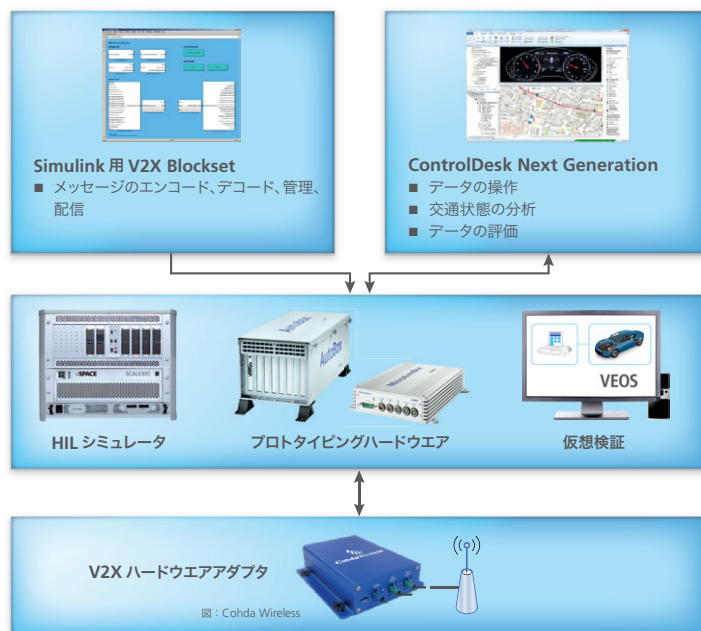


図 3 : V2X アプリケーションの開発環境とテスト環境。

まとめと展望

dSPACE では、V2X テクノロジーの進化に応じて必要となる新しい要件に開発システムやテストシステムが対応できるようにするため、新しい V2X ソリューションを提供しています。このソリューションは、既存のツールチェーンにシームレスに統合でき、V2X アプリケーションの実装からテストまで、総合的なサポートを提供します (図 3)。dSPACE では、車車間通信コンソーシアムで策定されたテストを網羅したテストカタログのリリースも予定しています。

ブ計器に情報を供給し、V2X ネットワーク内の現在の交通状況とその動きをマップ上に表示します。この計器には、V2X アプリケーションが認識している物体が非常

に明確に表示されます。また、マップ計器は直感的に操作できるため、データの分析は非常に容易です。 ■

用語解説

アドホックネットワーク	自律的に確立され、個別に設定される無線通信ネットワーク。
ASN.1	Abstract Syntax Notation One (抽象構文記法1)。データ構造を記述するための記述言語。
BTP	Basic Transport Protocol (基本転送プロトコル)。インテリジェント交通システムで使用するためのデータ転送プロトコル。
C2C-CC	CAR 2 CAR Communication Consortium (車車間通信コンソーシアム)。V2Xに基づく共同インテリジェントシステムを使用して道路交通の安全性と効率性を向上させることを目的とする、自動車メーカー、サプライヤ、ツールサプライヤ、および調査機関の連合体。
C2X (Car2X)	交通システムのアドホック通信を表す、Car-to-Xの同意語。「X」は、周辺車両や、インフラストラクチャの各部 (信号機や道路標識など) を表す (V2Xを参照)。
CAM	Cooperative Awareness Message (協調認識メッセージ)。V2Xネットワーク上の物体が継続的に送信する、位置、速度、タイプ指定、状態などに関するメッセージ。
CEN	Comité Européen de Normalisation (欧州標準化委員会)。電気工学と電気通信を除く、すべての技術分野での標準化を行う欧州委員会 (ETSIを参照)。
DENM	Decentralized Environmental Notification Message (分散型環境通報メッセージ)。事故や危険地域などの特定の事象を知らせるメッセージ。
ETSI	European Telecommunication Standards Institute (欧州電気通信標準化機構)。電気通信規格の欧州機構。
HMI	Human-Machine Interface (ヒューマンマシンインターフェース)。機械と、それを操作する人間との間のインターフェース。
IEEE 802.11p	車両アドホックネットワークにおいてWLANテクノロジーを確立するための規格。欧州では、ITS-G5として知られる。
LDM	Local Dynamic Map (ローカルダイナミックマップ)。車両内で現在の交通状態を保管するためのデータベース。
NMEA 0183	National Marine Electronics Association (米国海洋電子機器協会) が定義する通信規格。GPSレシーバとPCまたはモバイル機器との間の通信にも使用される。
OBU	車載装置。
V2X	Vehicle-to-X (C2XまたはCar2Xを参照)。

AUTOSAR Central



AUTOSAR 3.x から AUTOSAR 4.x への移行

Change with Ease



AUTOSAR 規格は安全性およびソフトウェアコンポーネントの交換と再利用を目的にしています。dSPACE は、AUTOSAR 3 から AUTOSAR 4 に移行するための包括的なサポートを提供します。

AUTOSAR 4 では、機能安全、マルチコアアプリケーション、タイミング要件の記述などの面で AUTOSAR 3 よりも多くの機能を利用することができます。多くの自動車メーカーでは、新機能を使用するために、AUTOSAR 4 への移行を進めています。そのため、多くのサプライヤもそれに合わせて新しい AUTOSAR 4 を使用する必要が生じています。

変更から再利用へ

AUTOSAR 規格の主な目的は、実証済みのコンポーネントの再利用を可能にし、後続のプロジェクトでの開発作業の負荷を軽減することにあります。バージョン 3 から 4 への移行も、同様の主旨に沿って

>>

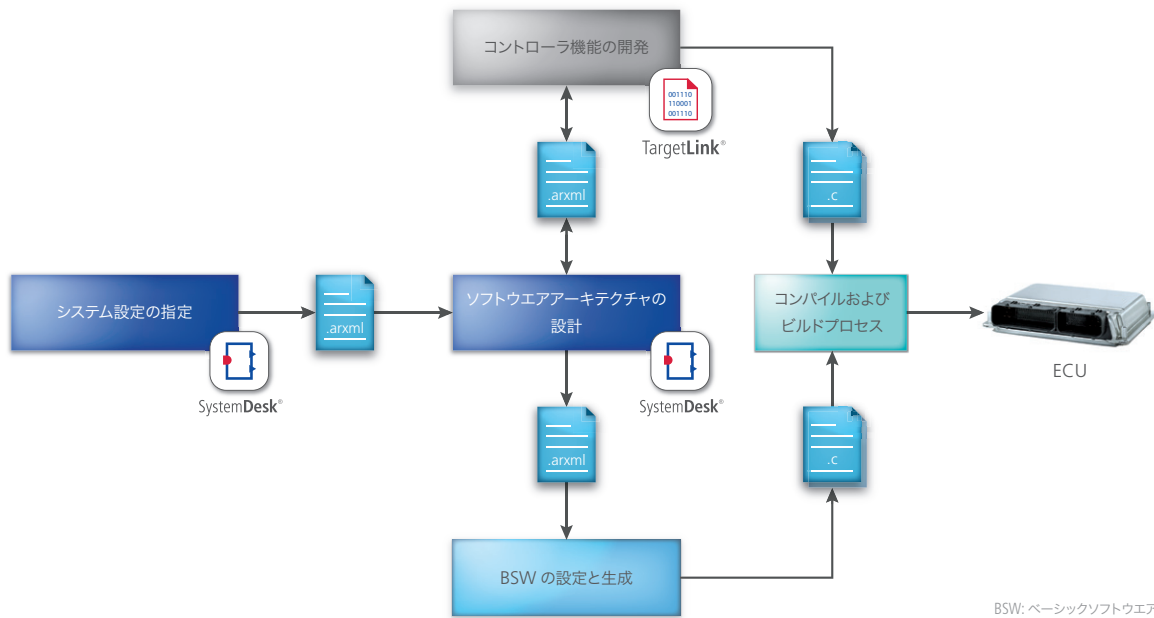


図 1：移行時に考慮する必要がある潜在的な AUTOSAR ツールチェーンのエLEMENT。

まず、理想としては、AUTOSAR 3 に準拠して開発された既存のモデルは、自動的に AUTOSAR 4 へと移行されなければなりません。それが実現してこそ、AUTOSAR 4 の新しい特長や機能を今後の開発に活かすことができます。ただし、完全な移行には多くの作業手順が必要であるため、

dSPACE では必要に応じたシームレスなサポートを提供しています。

コンポーネントコードの移行

個別のソフトウェアコンポーネントの移行には、dSPACE の量産コード生成ツール TargetLink[®] が最適です。TargetLink で

は、個別の機能から量産コードを生成する際に、コードのベースとなる AUTOSAR バージョンを定義できます。開ループおよび閉ループ制御を実現するアルゴリズムは AUTOSAR バージョンに依存しないため、これらはバージョン固有のデータに結合するだけで済みます。つま

表 1：dSPACE では、AUTOSAR 移行のための包括的なサポートとコンサルティングを提供しています。

サービス(例)	内容(抜粋)
開発プロセスへの AUTOSAR ツールの統合	<ul style="list-style-type: none"> ■ ベーシックソフトウェア設定ツールとの統合 ■ TargetLink や他のビヘイビアモデリングツールとの統合 ■ プロジェクト固有のデータ管理ソリューションとの調整(1D および 3D モーションプラットフォーム、ステアリングテストベンチ、FPGA Base Board 用ビギンバックモジュール)
既存のアーキテクチャからの移行	<ul style="list-style-type: none"> ■ 非 AUTOSAR のフォーマットからの既存のシステムおよびソフトウェア情報のインポートのサポート ■ 非 AUTOSAR のコードの統合のサポート
AUTOSAR サポート	<ul style="list-style-type: none"> ■ AUTOSAR に準拠したソフトウェアアーキテクチャ開発の導入のサポート
モデルの分析と助言	<ul style="list-style-type: none"> ■ 効率性、安全性、および再利用に関して、モデルやモデリングタイプを分析するためのサポート ■ 固有のガイドラインの作成や最適化および業界で認められた規格の適用のためのサポート
自動化	<ul style="list-style-type: none"> ■ プロジェクト固有のスクリプトの開発のサポート(例：命名規則に基づくアーキテクチャエレメントのマッピング、お客様のルールに基づくソフトウェアコンポーネントの接続)

り、AUTOSAR 4 に調整する必要があり、この結合されたデータのみです。TargetLink ではデータをバージョンに依存しない Data Dictionary 内に保存するため、AUTOSAR 4 に準拠したコードはグローバルプロパティを 1 つ変更するだけで生成できます。

アーキテクチャの移行

AUTOSAR の 2 つのバージョン間には複雑で大きな違いがあるため、システムアーキテクチャ全体の場合や、さらに大規模な AUTOSAR システムの抽出データの場合には、ボタン 1 つのクリックでは移行できません。スクリプトによって自動化できるプロセスもありますが、こうしたスクリプトは個別の事例ごとに調整する必要があります。変換ツールを使用すると、AUTOSAR ソフトウェアコンポーネントのテンプレートの一部である AUTOSAR 3 のあらゆるエレメントを自動的に変換することができます。これにより、情報を失う心配は不要になります。ただし、変換ツールでは AUTOSAR 4 で追加された新たなエレメントは作成されません。dSPACE は、AUTOSAR 4 でのアーキテクチャをどのようにすべきかを探るため、お客様との連携を取っています。dSPACE エンジニアリングサービスでは、この情報に基づいて、希望のアーキテクチャを SystemDesk の自動化インターフェース経由で生成できるよう、スクリプトのカスタマイズを行っています。スクリプトの変換は dSPACE またはお客様のいずれかでを行います。dSPACE は、移行に向けたさまざまなエンジニアリングサービスを提供しています (表 1)。

ツールチェーンの調整

移行を成功させるには、開発者は AUTOSAR のファイルだけでなく、その根底にあるツールチェーン全体も意識する必要があります。AUTOSAR 3 から AUTOSAR 4 にファイルを移行する際は、AUTOSAR 4 の新しいファイルを後で編集できるようにするため、ご使用の AUTOSAR ツールチェーンの更新が必要な場合もあります (図 1)。ここで、dSPACE は成熟したツールチェーンを提供するだけでなく、個別のアドバイスやサポートも行っているため、ユーザは長期的な視点に基づいて dSPACE のプロジェクトを利用できるという利点があります。

dSPACE は、お客様と緊密に連携して、移行の必要があるデータ、既存データの種類を確認し、移行の必要があるのは単一ソフトウェアコンポーネントなのか、あるいはソフトウェアアーキテクチャ全体なのかを把握します。次に移行のためのソリューションを、個々のプロジェクトの要件に合わせて調整します。dSPACE では、お客様が新しいバージョンの変更点を習得できるように、AUTOSAR 4 に関するトレーニングも提供しています。

SystemDesk による妥当性確認

移行後は、dSPACE SystemDesk® を使用して、妥当性確認を広範囲に行うことができます。SystemDesk にシステムアーキテクチャ全体をインポートするか、または個々のソフトウェアコンポーネントを ECU ソフトウェアにインポートして、接続および統合を行います。SystemDesk のバージョン 4 は、AUTOSAR 4 のデータモデル全体に対応しており、マルチユーザをサポートします。また、妥当性確認プロセスも統合されているため、ユーザはプロジェクトの一貫性と完全性をチェックすることができます。SystemDesk では、ECU ソフトウェアからバーチャル ECU (V-ECU) を生成することもできます。シミュレーションプラットフォームである dSPACE VEOS を使用すれば、ハードウェアを追加することなく V-ECU を開発者の PC 上でシミュレートすることも可能です。 ■

AUTOSAR 3 と 4 の相違

AUTOSAR 3 の機能の一部は、AUTOSAR 4 の機能に自動的にマッピングすることができません。移行にはある程度の手作業が必要になります。たとえば、AUTOSAR 4 では、単位や限界値、スケーリングなどの物理的情報にはアプリケーションデータタイプ (ADT) が使用されており、整数などのデータタイプの定義にはインプリメンテーションデータタイプ (IDT) が使用されています。データタイプマッピングセットでは、インプリメンテーションデータタイプがソフトウェアコンポーネントのそれぞれのアプリケーションデータタイプに割り当てられます。AUTOSAR 3 では、データタイプ (DT) のみが使用され、これに両方の情報タイプが含まれています。AUTOSAR 3 のデータタイプから、AUTOSAR 4 の ADT、IDT、データタイプマッピングセットを生成するにはさまざまな方法があるため、マッピングを自動化することはできず、プロジェクトごとに定義する必要が生じます。



Action and Analysis

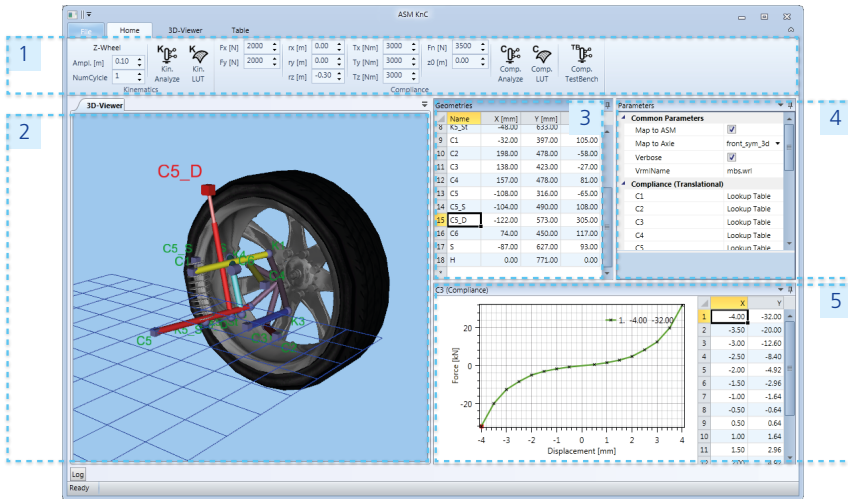
ホイールサスペンションの設計および
テスト効率の向上

仮想テスト装置を使用することで、機械的に複雑なアクスルの設計や、その検査の大部分をテストコースではなく、開発者のPC上で行うことが可能となります。モデル化したサスペンションを使用し、仮想テストドライブで性能の検証を行います。

Automotive Simulation Models (ASM) は、ピークルダイナミクス分野などにおける自動車用途のリアルタイムシミュレーションを行うための一連のツールです。ASM KnC (Kinematics and Compliance) は、シミュレーション車両のホイールサスペンションをピークルダイナミクスシミュレーションで、より綿密に検査する必要がある場合に使用する専用ツールであり、仮想アクスルテスト装置としてホイールサスペンションの設計と解析をサポートします。ASM KnCを使用することで、多くのバリエーションを持つホイールサスペンションに対する仮想テストの実行が可能となります。また、サスペンションの最適化やHIL (Hardware-in-the-Loop) テストにおいてその設定の再利用も可能になります。

直感的でグラフィカルな操作

最新バージョンであるASM KnC 7.0には、完全にリニューアルしたユーザーインターフェースと改良したユーザナビゲーションを搭載しております。ユーザは付属のテンプレートから、サスペンションタイプを選択することが可能です。テンプレートには、マクファーソン、ダブルウィッシュボーン、3リンク、4リンク、マルチリンクサスペンションなどの一般的なサスペンションタイプが含まれております。正確なジオメトリやピボットポイント、ブッシュの剛性は、



ASM KnCのグラフィカルユーザーインターフェース：

- 1) テスト装置の制御、2) 3Dプレビューウィンドウ、3) アクスルジオメトリの定義、4) 設定の管理、5) プッシュの剛性の定義

適用例

モデルのパラメータ設定 -

ビークルダイナミクスモデル用にキネマティクスとコンプライアンスのルックアップテーブルを生成します。

ホイールサスペンションの解析 -

分かりやすいビジュアル表示によりアクスルの変更を確認します。

ビークルダイナミクスの解析 -

ビークルダイナミクスモデル全体でアクスルの変更による影響 (キネマティクスおよびブッシュコンプライアンス) を確認します。これは、実際の環境よりも大幅に時間を短縮できます。

仮想最適化 -

ホイールサスペンションの最適化を自動的にを行います。ビークルダイナミクスの挙動を初期段階で改善することが目的です。

グラフィカルな操作、もしくは数値を使用して直感的に定義できます。また、CADデータやサプライヤのデータシートの情報などを参照することも可能です。アクスルの設計では、アニメーション表示をしながら励振を与えることで、PC上の空間で360° 視覚的に検査することが可能です。

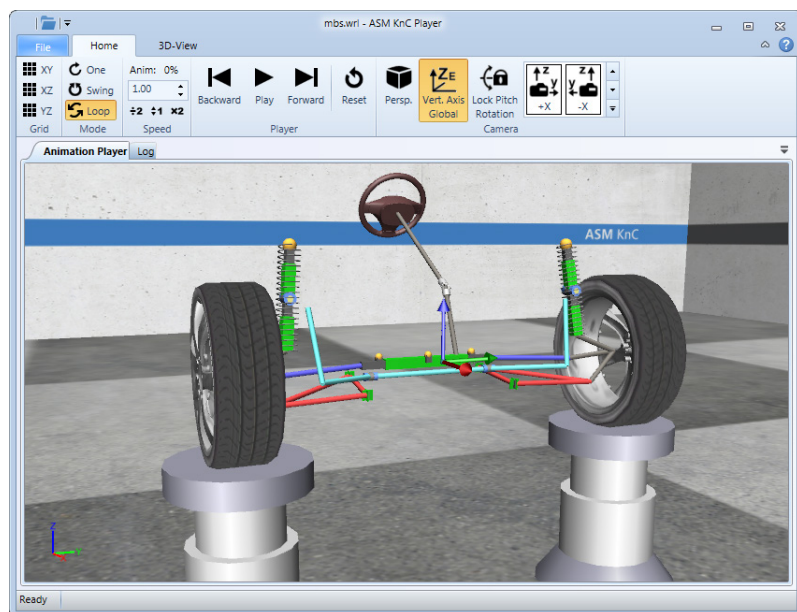
使用すると、テストのフロントローディングや車両開発のスピードアップが可能になります。

ASM KnCを使用したワークフローを動画で紹介しております。
www.dspace.jp/go/dMag_20153_KnC



ワークフローと利点

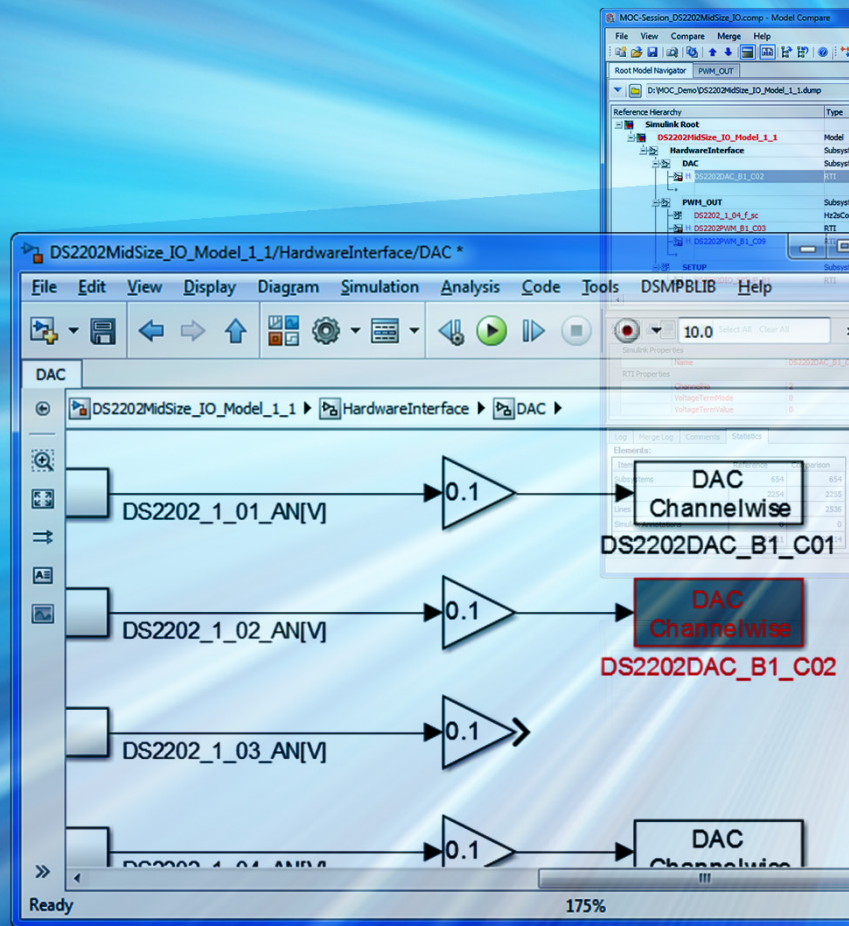
ASM KnC テスト装置では、偏向とステアリングロッドの動作/変位の影響を受けるホイールの回転運動や変位、および力とトルクの影響を受ける弾性運動の依存関係をシミュレートし検査することができます。定義したデザインは、ルックアップテーブルとしてASM Vehicle Dynamicsシミュレーションモデルに加えたうえで、リアルタイム対応のビークルダイナミクスシミュレーション上で使用することができます。また、ASM KnCは完全に自動化できるため、ユーザは手作業による調整を行うことなく、パラメータスタディを繰り返し実行することができます。たとえば、スクリプトを使用して連結点を自動的に変更したり、ビークルダイナミクスシミュレーションへの影響を分析したりすることができます。これにより、定義した運転操作に対する最適なアクスル設計を容易に決定できるようになり、テスト車両と実際のテスト装置を使用してテストを行う際の負荷が軽減されます。そのため、ASM KnCを



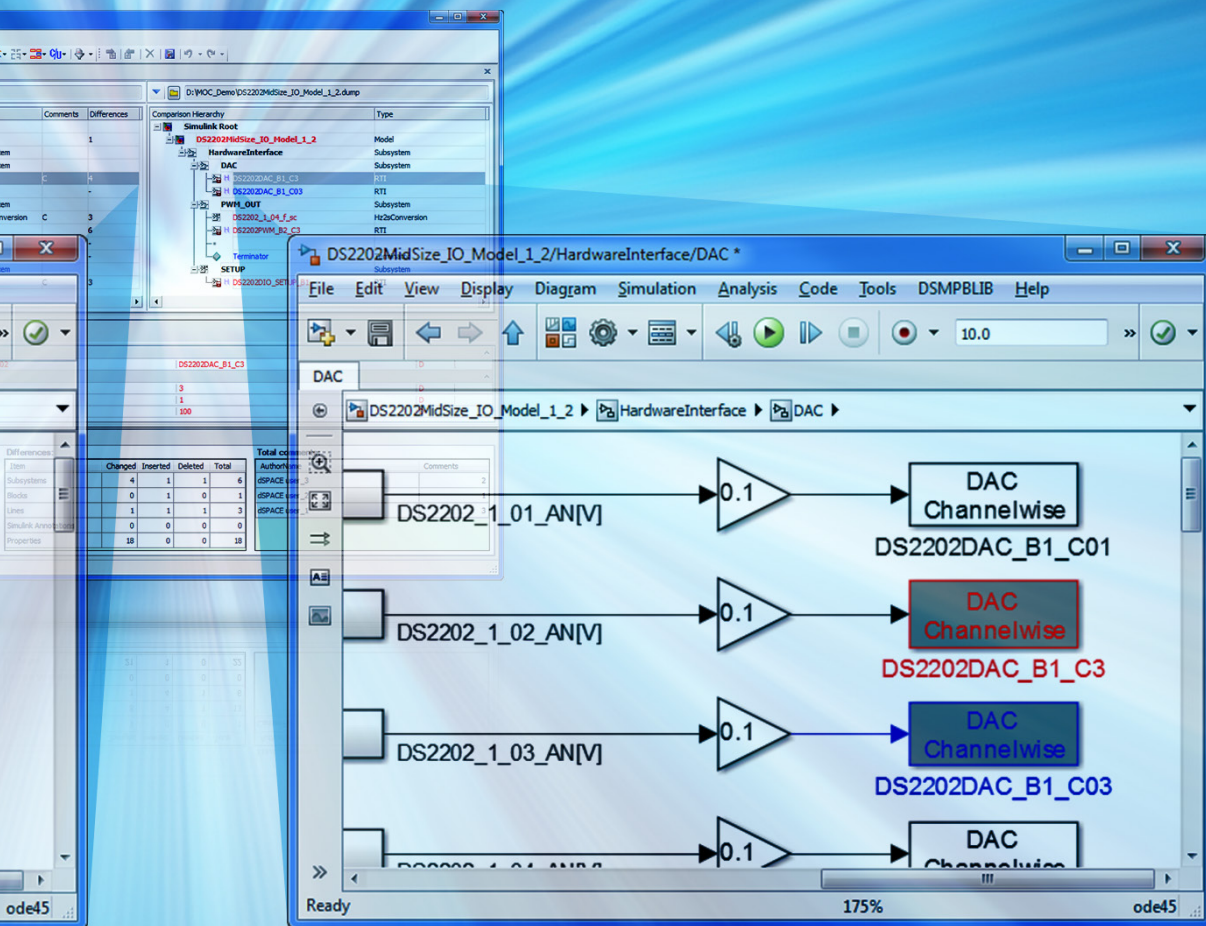
フロントホイールのサスペンションとステアリングのアニメーション

評 価の高い dSPACE ツールである Model Compare を使用すると、2 つのモデルバージョン間のすべての差分を迅速かつ容易に検出し、構造化することが可能です。大規模なモデルでも即座に視覚的に表示し、差分を比較できます。このような作業は、ツールを使用しなければ不可能です。Model Compare では、非常に強力な比較アルゴリズムを使用することにより、位置や個々のプロパティ、さらには名前が変更されている場合でも、それらのすべての差分を検出することができるため、個々のブロックの一致度を識別することができます。また、Model Compare は TargetLink をサポートしているため、dSPACE の量産コード生成ツールを使用しているユーザーに関連のあるモデルについて、それらの差分を正確に一覧表示することも可能です。ここでは、ブロックマスクがかけられたデータなど、冗長で実装固有のデータはデフォルトで非表示になるため、モデルの比較を効果的かつ効率的に行うことができます。

新しいメカニズムを搭載した Model Compare 2.6 では、互換性に優れたリストをその他の Simulink ベースのモデルライブラリにも適用することができるため、読みやすいリストをそのまま使用できます。そのため、ラピッドコントロールプロトタイピング (RCP) や HIL シミュレーションなどを行う他分野の開発者も、Model Compare の便利な機能をこれまで以上に効率的に利用することが可能です。 >>



透明性の向上により、複雑な機能および
 プラントモデルの比較が容易に



Models Side-by-Side

モデルベース開発では、多くの場合、1つのモデルに対して異なるバリエーションが発生しますが、多くの場合、それを適切に管理することは困難です。そのため、バージョン間の差分を正確に把握することが重要です。HILモデルやその他のさまざまなモデルにも対応した、新しい Model Compare 2.6 を使用すると、モデル間の差分を明確に表示することができます。

The screenshot displays the Model Compare tool interface for comparing two Simulink models. The main window is titled "MOC-Session_DS2202MidSize_IO.comp - Model Compare".

Reference Hierarchy (Left):

Item	Type	Comments	Differences
Simulink Root	Model		1
HardwareInterface	Subsystem		
DAC	Subsystem		
DS2202DAC_B1_C02	RTI	C	H
PWM_OUT	Subsystem		
DS2202_1_04_f_sc	Hz2sConversion	C	3
DS2202PWM_B1_C03	RTI	C	6
DS2202PWM_B1_C09	RTI	C	-
SETUP	Subsystem		
DS2202DIO_SETUP_B1	RTI	C	3

Comparison Hierarchy (Right):

Item	Type
Simulink Root	Model
HardwareInterface	Subsystem
DAC	Subsystem
DS2202DAC_B1_C3	RTI
PWM_OUT	Subsystem
DS2202_1_04_f_sc	Hz2sConversion
DS2202PWM_B2_C3	RTI
Terminator	Terminator
SETUP	Subsystem
DS2202DIO_SETUP_B1	RTI

RTI Properties:

Property	Reference Value	Comparison Value
ChannelNo	2	3
VoltageTermMode	0	1
VoltageTermValue	0	100

Statistics Table:

Item	Reference	Comparison
Subsystems	655	654
Blocks	2254	2255
Lines	2537	2536
Simulink Annotations	0	0
Properties	297028	297112

Differences Table:

Item	Changed	Inserted	Deleted	Total
Subsystems	4	0	1	5
Blocks	0	1	0	1
Lines	1	0	1	2
Simulink Annotations	0	0	0	0
Properties	18	0	0	18

Total comments:

AuthorName	Comments
dSPACE user_3	2
dSPACE user_2	1
dSPACE user_1	3

This screenshot shows the "DS2202DAC Channel-wise D/A Conversion" dialog box for Model 1. The "Channel" parameter is set to 2. Under "Termination output", the "Range" is set to 0%.

This screenshot shows the "DS2202DAC Channel-wise D/A Conversion" dialog box for Model 2. The "Channel" parameter is set to 3. Under "Termination output", the "Range" is set to 100% and the "set to" checkbox is checked.

- 1 Model Compare のユーザインターフェース上で同期された階層ツリーは、モデルのすべての差分を表示します。RTI ブロックの比較。
- 2 Model Compare は、設定ダイアログで行った設定 3 を検出し、Property Inspector 4 に分かりやすく表示します。
- 3 ツールウィンドウの Statistics Viewer には、検出されたすべての差分とモデルの概要が表示されます。
- 4 Model Compare は、レビューコメントおよび複数のレビュアーが参加する複雑なレビューセッションにも対応しています。

複雑なモデルでもわずかな時間で比較できます。このような作業は、ツールを使用しなければ不可能です。

すべての差分を一覧表示

Model Compare では、使いやすい GUI が搭載されており、適切に構成され色分けされた同期化階層ツリー (60 ページ、No. 1) に比較結果が表示されます。同じグループに属するモデルエレメントや、変更、追加、または削除されたエレメントはこのツリーに直ちに表示されます。モデルの初期化ルーチンや環境、ツールチェーンも考慮に入れることができます。特定の差分を分かりやすく表示する場合は、Simulink®/TargetLink® モデル上に異なる色で直接強調表示することも可能です (60 ページ、No. 2)。これにより、それぞれのモデルコンテキストに応じてグラフィカルにモデルを調べることが容易になります。モデルと階層ツリーの表示は相互に紐付けされているため、クリック 1 つで双方向に差分を追跡することもできます。

総合的なフィルタオプション

Model Compare では、作業を可能な限り効率化できるよう、多数のフィルタオプションが用意されています。さまざまな表示フィルタを使用して、中央の表示領域に表示されるモデルエレメントを指定することができます。たとえば、変更されたブロックや信号ラインのみを指定したり、追加または削除されたブロックや信号ラインを指定したりことができ、これらのパターンの組み合わせを指定することも可能です (60 ページ、No. 1)。Model Compare では、特定の種類の差分に焦点を当てることができるよう、あらかじめ定義された複数のフィルタも用意されています。たとえば TargetLink モデルの比較では、すべての機能変更または実装固有の変更のみを表示することができます。また、独自のフィルタを定義して、1 つまたは複数のエレメントプロパティ、あるいはモデルエレメント全体を比較対象から除外することもできます。定義されたフィルタ設定を「お気に入り」として保存すれば、それを他のプロジェクトで再利用することも可能です。

レビューおよびマージのサポート

開発者は、Model Compare でモデルのレビューを行う際に、ブロックまたはプロパティレベルの差分に対してレビューコメントを追加することができます。この際、タイムスタンプや作成者の情報が自動的に追加されるため、複数のレビューアーが参加する複雑なレビューの場合でも業務を容易に行うことができます (60 ページ、No. 6)。並行開発ブランチのマージやモデルバリエーション間の変更の転送は、「Copy to Right (右へコピー)」や「Copy to Left (左へコピー)」などの使いやすいコマンドを使用して、比較ビューから直接実行できます。マージは、エレメントまたはプロパティレベルで実行でき、個々のプロパティ、モデルエレメント、またはサブシステム全体をマージすることもできます。マージプロセス中にライン処理オプションを使用すると、特定の接続がコピーまたは削除されるように指定することも可能です。マージ操作のすべてのログは、Model Compare のツールウィンドウの一部である Merge Log Viewer に記録されます (60 ページ、No. 5)。

比較結果の文書化とツールオートメーション

比較結果は、PDF や HTML、XML 形式のレポートとして保存できるため、同僚に渡したり記録として保管しておくことができます。モデルのレビューコメントやフィルタ設定、スクリーンショットをレポートに貼り付け、モデルレビューの際に使用することもできます。強力なアプリケーションプログラミングインターフェース (API) を活用すれば、モデルの比較を自動的に開始したり、比較レポートを作成することも可能です。また、この API により、Model Compare を既存のツールチェーンに容易に統合することもできます。

新しいアドオンメカニズム

Model Compare は、純粋な Simulink、Stateflow、および TargetLink モデルだ

まとめ

新しいアドオンメカニズムを搭載した Model Compare 2.6 では、Simulink ベースのブロックライブラリを含むモデルの比較を効果的かつ効率的に行えるようになりました。これにより、ラピッドコントロールプロトタイピング (RCP) や HIL シミュレーションなどを行う他分野の開発者も、Model Compare の便利な機能を活用して、プラントモデルや I/O モデルの比較を行うことができます。

ヨーロッパおよびアジア以外の地域ではご使用になれない場合があります。詳細については、dSPACE にお問い合わせください。

けでなく、Simulink ベースのブロックライブラリを含むモデルを比較することもできます。Model Compare 2.6 の新しいアドオンメカニズムを使用すると、フックスク립トによりブロック固有の情報を任意の数の比較モデルに統合することができます。そのため、マスク変数やブロックダイアログパラメータのモデル差分もすぐに表示することが可能です (60 ページ、No. 4)。さらには、RCP モデルまたは HIL モデルについても、Model Compare で正確かつ効率的なモデル比較を行うことができます。これには当然、dSPACE の Real-Time Interface (RTI) ブロックセットも含まれます。 ■

複雑にネットワーク化された機能から車両全体まで、すべてにおいて、できるだけ早期かつ柔軟にテストしたり、テストの成果物をテストプロセス間で再利用してコストを削減したりするには、どうしたらよいのでしょうか。dSPACE のテストシステムは、このような現在と将来のすべての課題をサポートします。

将来的に車両がどのように発展してゆくかを正確に予測できる人はいませんが、ここ数年の技術革新がその全体的な方向性を示しているとしたら、車両はますます複雑な E/E (Electrics/Electronics) 機能を搭載してゆくことになると言えるでしょう。今日の車両開発では、至るところで ECU ネットワーク全体ですでに 1 億行ものコードが実装されています。また、運転支援システムの搭載などの要因により、複雑さは増大し続けています。そのため、この複雑な機能を検証するための妥当性確認システムやテストシステムの課題も増え続けています。

膨大な課題

将来のテストプロセスやテストシステムに影響を与える要因はいくつもあります。

■ 機能のネットワーク化

新しい運転支援機能では、センサやアクチュエータをネットワーク化して、周辺環境や他の道路使用者に関する情報を伝達することが必要になります。これを実現させるには、車両、センサ、および周辺環境の詳細なシミュレーションモデルが要求されます。また多数の電子制御ユニット (ECU) が緊密に相互に連携する必要があり、従来の車両バ

スシステムの他に、CAN FD やイーサネットなどの新しい通信ネットワークも使用されています。これらの挙動の妥当性は、テストによって確認する必要があります。

■ 車両とモデルのバリエーション

機能と ECU 間のネットワークレベルの増加は、バリエーションやモデルの大幅な増加も引き起こします。さらに、電気自動車やハイブリッドカーなどの新しいドライビングコンセプトも登場しています。ECU は複数の車両バリエーションにわたって多岐に使用されるため、妥当性確認を行う必要がある ECU と組み込みソフトウェアの組み合わせも多様化します。そのため、インテリジェントなデータ管理がテストシステムを選択する決め手になります。

■ 内燃エンジンとモーターの特殊な要件

新しいテクノロジーがバッテリーマネジメントやモーターの分野にも浸透してきたことにより、従来と比較してはるかに大きい電流や高速の制御アルゴリズムが必要となり、妥当性確認のプロセスも変わりつつあります。内燃エンジンでは、新しい排出ガス規制法により、排気ガス処理システムや、より正確なインジェクションシステムの使用が増加しているため、テストプロセスもそれらに対応する妥当性確認テストも必要になります。

■ 規格と規定

ISO 26262 の E/E システムの機能安全など、遵守すべき規格や規定がテストシステムに及ぼす影響は、ますます増大しております。

シームレスなテストシステム

この複雑な課題をクリアするために、dSPACE は、シングルソースでシームレスなテストシステムを提案しております。この

>>

図 1: dSPACE ツールチェーンは、複数のテストフェーズにわたってシームレスに使用されています。





Quo Vadis, Test?

シングルソースのテストソリューション

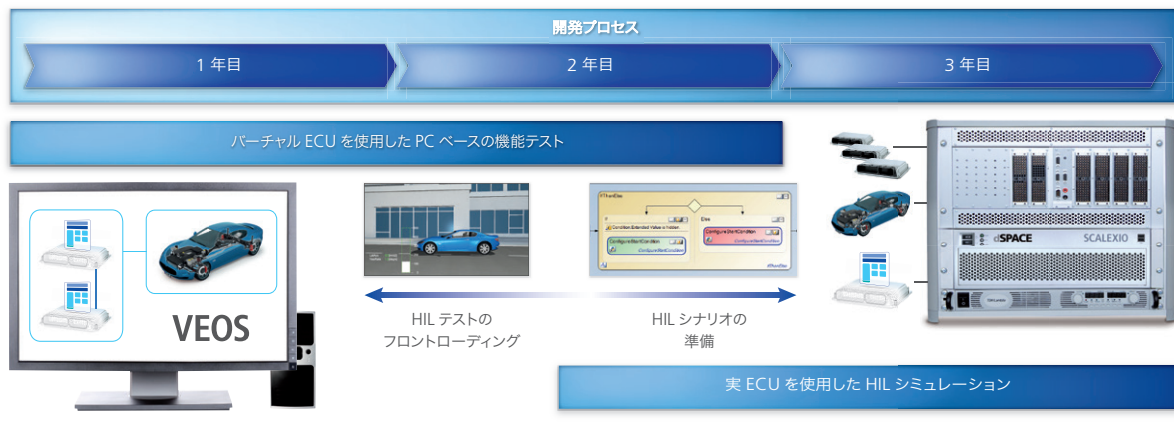


図2：PCベースのシミュレーションとHILテストを組み合わせることにより、開発プロセス全体を通じて、機能の妥当性確認を早期に実行し、初期段階からテストシナリオを準備できるようになります。

ソリューションでは、バーチャル ECU を使用したピュアなソフトウェアシミュレーションによる HIL (Hardware-in-the-loop) テストとドライビングテストが重要な役割を担っております (図 1)。

PC による早期の妥当性確認

モデルバリエーションの増加や多様な機能、開発サイクルの短縮により、プロトタイプ車両を使ってすべてのテストを実行することはより困難になっており、ほとんど不可能と言えます。HIL シミュレーションのほかにも PC 上で妥当性確認を行えば、機能テストを開発の初期段階にフロントローディングできるため、早期にテスト実施が可能となります。この目的のため、dSPACE では、PC ベースのシミュレーションプラットフォームである VEOS® を提供しております。VEOS を使用することで、機能開発者は独自のテスト環境をバーチャル ECU を使用してテストできるため、開発ステップのどの段階も検証することができます。また、それにより、コスト効率も良くなります。

HIL シミュレータ上での信頼性の高いリアルタイムテスト

これらの PC ベースのシミュレーションの後工程として、HIL シミュレータ SCALEXIO® を使用すると、HIL テストを実行することができます。HIL シミュレーションは、のちに車両に組み込まれる ECU の検証自動化を行う効率的な段階プロセスとして確立しております。た

例えば、CAN/CAN FD、LIN、および Ethernet SOME/IP を介したバス通信は、dSPACE HIL システムを使用してシミュレートされた車両環境において、その信頼性と再現性の妥当性確認テストを行うことができます。dSPACE は、特別な要件に対応した専用ハードウェアも提案しています。たとえば、短い制御サイクルと大電流が必要なモーターをテストする場合には、dSPACE Automotive Simulation Models (ASM) と FPGA ベースのハードウェアが有用です。また、運転支援アプリケーション向けには、車両環境や各種センサ向けのシミュレーション環境を提供しています。これにより、HIL シミュレータを通じて、仮想環境上で多様なトラフィックシナリオを使用したテストを実行できます。

テストベンチでのメカトロニクステスト

一部の HIL のテストケースでは、電気的なインターフェースだけでは ECU にアクセスできない場合があります。そのため、エレクトリックドライブの機械的な負荷の設定や、メカトロニクス ECU の内蔵センサまたはヒューマンマシンインターフェースのスティミュラス信号などでは、機械的なアクセスが不可欠となります。dSPACE では、メカトロニクスコンポーネントとシステムをリアルタイムシミュレーションで接続した場合にも対応する極めて動的なテストベンチを提供しております。詳細については、66 ページのインタビューをご覧ください。

信頼性の高いプロセスを実現するツールチェーン

テストシステムにとって、規格や規定の重要性は高まりつつあります。たとえば、ISO 26262 規格では、妥当性確認手順として明確に HIL テストを挙げております。dSPACE では、信頼性の高いプロセスを実現するテスト環境を構築するため、適切なテストシステムだけでなく、規格に適合するソフトウェアも提供しています。テストオートメーションソフトウェアである AutomationDesk は、機能安全規格 ISO 26262 および IEC 61508 に準拠した安全関連システムのテストツールとして TÜV SÜD により認定されました。この認定では、自動車産業、商用車、航空宇宙産業、およびその他の多くの分野における安全関連システムの開発およびテストについて、AutomationDesk が適合していることが認められております。AutomationDesk は、HIL シミュレーション分野でこのような認定を受けた初のテストオートメーションソフトウェアです。

各種規格のサポートによるオープン環境

テストシステムは、多くの場合、既存のソフトウェア環境に統合する必要があります。dSPACE の製品は、AUTOSAR、Functional Mockup Interface (FMI)、ASAM XIL API などの複数の規格をサポートしています。また、dSPACE テストシステムに標準化されたインターフェースにより、OEM やサプライヤなどの間でシ

ミュレーションモデルを容易に交換することが可能です (図 3)。

容易なデータマネジメントを実現する SYNECT

複雑なテスト要件とテストシステムは、膨大な量のデータを生成します。テストプロセスをできる限り効率化するには、テストシナリオ、テストバリエーション、モデル、およびテスト結果を簡単に検索できるよう、バージョン管理をしたうえで、それらを取得しやすい場所に保管し、管理する必要があります。dSPACE SYNECT® は、まさにこのために設計されたデータマネジメントソフトウェアツールです。SYNECT は、モデルベースの開発と ECU テストにフォーカスしており、開発プロセス全体にわたるデータ (モデル、信号、パラメータ、テスト、テスト結果など) とそれらのデータの依存関係、バリエーションとバージョンを管理するだけでなく、基盤となる要件へのリンクを含めて管理します。 ■

すべてのソリューションをシングルソースで提供

dSPACE では、PC ベースソリューションから HIL テストシステム、メカトロニクステストベンチに至るまで、連携度の高いハードウェアおよびソフトウェアツールチェーンを提供しています。長年にわたって数千ものアプリケーションを含むシステムの立ち上げを行ってきた経験を通じて、dSPACE は、効率的なテストプロセスの設計を必要とするお客様を現在および将来にわたってサポートします。

詳細については、dSPACE の Web サイトをご覧ください。

www.dspace.jp/go/dMag_20153_HILE



図 3: シームレスなツールチェーンとさまざまな規格のサポートにより、テストシナリオ、モデル、および設定の相互交換を早期の段階で行うことができます。





Mechanical Testing

メカニカルテストベンチにより、dSPACE の
テストシステムポートフォリオの完成度が向上

複雑な制御システムに対して完全な妥当性確認を行うには、多くの場合、機械コンポーネントもテスト対象に含める必要があります。dSPACE のメカニカルテストベンチのセットアップ責任者である Matthias Deter が、メカトロニクスシステムのテストにおいて dSPACE テストベンチが果たす重要な役割について説明します。



横滑り防止装置 (ESC) のテスト用
3D プラットフォーム



dSPACE は、ECU 開発のためのラピッドコントロールプロトタイピング (RCP) システムや HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレータのプロバイダとして有名です。dSPACE がテストベンチも供給している理由についてお聞かせください。

電子制御ユニット (ECU) の妥当性確認をラボで完全に行うためには、テストシステムを使用して実際の ECU 環境を完全にシミュレートする必要があります。ECU の使用が増大している現在、ECU をテスト環境に完全に統合するためには、機械的インターフェースやセンサへ送信するステイムラス信号の生成が必要です。たとえば、ヨーレートセンサが内蔵された ESC 用 ECU などはその一例です。dSPACE の目標は、お客様に常にターンキー方式の HIL テストシステムを供給することであり、当社の観点からすれば、お客様にテストベンチも供給することで、お客様のニーズに最適な完成したシステムを提供することは当然なことです。こうしたテストベンチをセットアップするうえで、ラピッドコントロールプロトタイピング (RCP) 分野での当社の経験やこれまでの製品は非常に役立ちます。RCP システムを使用すると、必要な負荷装置を駆動することができます。

テストベンチの供給は dSPACE の新しいビジネス分野です。

dSPACE は、既にこの分野で多くの経験を持っています。過去 7 年間に、50 を超えるテストベンチをセットアップし、ターンキーシステムとしてお客様に納入しています。テストベンチは、当社の成長著しい分野の 1 つです。

一般的な用途を教えてください。

最も一般的な用途は、電動パワーステアリングシステムであり、その他にも、ブレーキブースタや、ピークルダイナミクス制御システム向けの 3D モーションプラットフォーム、実際のポンプモーター向けの機械的負荷装置などがあります。また、当社では、シート制御、ファン、ベルトテンション、電動タンクキャップなどの比較的小さな車両分野にも対応しており、どのような分野にも積極的に関わっています。

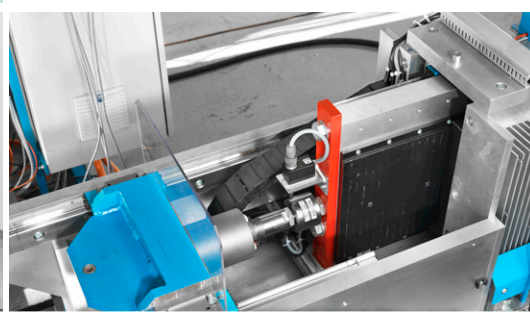
dSPACE がテストベンチ市場で競合他社の優位に立つための戦略があれば教えてください。

まず第一に、dSPACE では、お客様がすべてのコンポーネントをシングルソースで入手できるようにすることに力を入れて

メカトロニクスシステム向けのターンキーシミュレータをシングルソースで提供。



ステアリングシステム用テストベンチ
(片側式リニアモーター)



機械的負荷発生用リニアモーター



ステアリングホイール用テストベンチ



います。他社では、通常そのようにはなっていません。dSPACE では、リアルタイムハードウェアや HIL アプリケーション向けシミュレーションモデルの包括的なポートフォリオを提供しており、テストベンチの設計、構築の委託に関するカスタマイズドエンジニアリングサービスも提供しているのが強みです。もう 1 つの強みは、当社では機械コンポーネントの設計を自ら行い、個別の専門企業に製造を委託しているため、お客様が連絡を取るのには常に当社だけで済むという点です。さらに、当社のテストベンチが特に優れている点は、その動特性にあります。多くのお客様からは、競合他社と比較して、dSPACE のテストベンチは制御ダイナミクスとその精度において予想をはるかに上回っていると評価していただいております。当社のリアルタイムハードウェアは、LTI 社のオープンな TWINsync プロトコルを採用しており、8 kHz での低遅延制御を実現し、駆動モーターのパルス幅変調等において決定的な優位性を誇ります。また、その他のプロトコルや産業用バスについても、当社は豊富な経験を持っています。

dSPACE がテストベンチで Electric Drive を重視する理由は何ですか。

Electric Drive は、ダイナミクスとエネルギー効率のバランスが最適であると同時に、扱いやすく、設備がシンプルで制御も容易であるからです。リニアモーターの出

力域は、最大で 2 桁のキロニュートンレンジに到達することさえ可能です。これは、石畳のこぼこした路面を高速で走行する時にタイロッドに作用するダイナミクスに相当します。

dSPACE では、テストベンチがお客様のニーズを満たしているかどうかをどのような方法で確認していますか。

テストベンチはお客様のプロジェクトに組み込まれています。そのため、私たちはお客様と密接に協力して作業を進めることにより、お客様固有の要件を満たし、細部に至るまで理解することができます。お客様の要件はテストベンチのコンセプトに直ちに反映されるため、カスタマイズされた最適なソリューションを常に提供することができます。一方で、新たな課題が見つかることは、当社のハードウェアとソフトウェアのイノベーションにもつながります。つまり、dSPACE では常に革新的な製品とユーザ固有のエンジニアリングの最適な組み合わせを実現できるよう努めています。

最適なプロジェクトを実現し、管理するために、dSPACE ではどのような対策を講じていますか。

当社では、安全で効率的な操作が可能なテストベンチをお客様に提供するため、これまでの高度な経験を活用しています。たとえば、社内では蓄積された専門知識やツ

ル、プロセスは、セットアップ機械の開発にも活用されており、量産リリース、安全要件、および品質保証に関するプロセスも確立されています。また、3D 構造データを扱うことは、新たな需要の創出に繋がっています。一流メーカーのお客様から、「外部との提携で、このように複雑なプロジェクトをスケジュール通りに納入でき、正確に実施できたのは初めてでした」というお言葉もいただいております。多くのお客様が当社の取り組みを評価してくださっていることをうれしく思います。

インタビューにご協力頂き、ありがとうございました。

Matthias Deter は、dSPACE (ドイツ、パーダーボルン) でエンジニアリング部門のグループマネージャを務めており、メカニカルテストベンチを使用するお客様のプロジェクトを担当する統括責任者です。

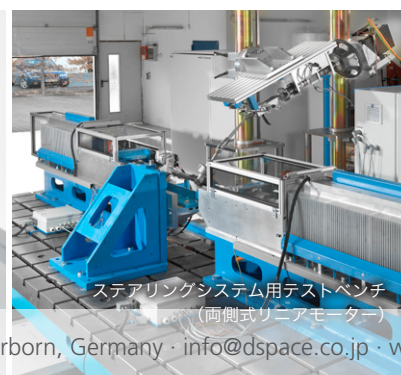
■ ダイナミクスは、dSPACE テストベンチの最も重要な特性です。



ドライビングシミュレーター
コックピット



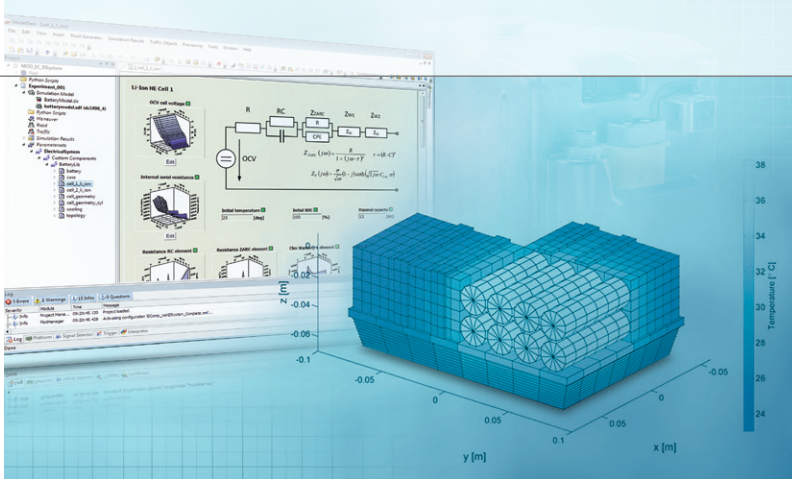
電気機械式ブレーキ用テストベンチ



ステアリングシステム用テストベンチ
(両側式リニアモーター)



負荷装置



電気および熱に関するバッテリーシミュレーション

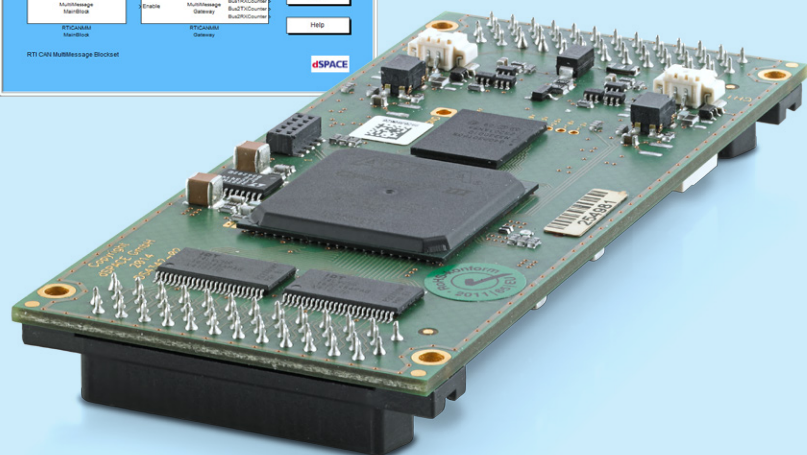
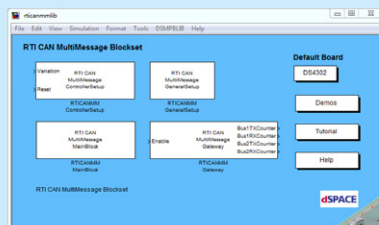
dSPACE およびアーヘン工科大学の Institute for Power Electronics and Electrical Drives (ISEA) は、バッテリーの物理的特性を極めて広範にサポートする電気エネルギー貯蔵システムのためのシミュレーション環境である「Toolbox Speichersysteme」(Energy Storage Toolbox) を共同開発しました。Toolbox Speichersysteme は、さまざまなバッテリーやスーパーキャパシタ、およびその他の電気エネルギー貯蔵システムの熱的、電氣的挙動を設計や冷却システムに合わせ

て現実的かつ容易にシミュレートできるように設計されています。このシミュレーション環境では、バッテリーテクノロジー、バッテリーの幾何学的形状、蓄電セルの数および配置、周辺冷却システムなどを含む、さまざまな設定を利用することができます。これにより、開発者は冷却手法を解析し、バッテリー稼働中に発生し得る潜在的なホットスポットを特定できるようになります。EU やドイツのノルトラインヴェストファーレン州から資金提供を受けて開発された Toolbox Speichersysteme は、

dSPACE ツールチェーンに統合されているため、モデルベース開発プロセスにシームレスに実装することが可能です。 ■

dSPACE が CAN FD をサポート

dSPACE Release 2015-B から、dSPACE は「non-ISO CAN FD」だけでなく、その改訂版である「ISO CAN FD」のサポートも開始します。CAN FD (flexible data rate) バスプロトコルでは、従来の CAN に比べ大幅に高いデータ転送レートと長いペイロードデータ長が実現されており、dSPACE ラピッドコントロールプロトタイプングシステムや HIL (Hardware-in-the-Loop) システムで使用することができます。dSPACE DS4342 CAN FD Interface Module は、従来の CAN に加え、ISO CAN FD と non-ISO CAN FD の両方のプロトコルバージョンをサポートしているため、移行のための新しいハードウェアは必要ありません。既存のシステムは、ソフトウェアを使用して容易にアップデートできます。また、どのような使用ケースでも、RTI CAN MultiMessage Blockset が実装ソフトウェアとして使用されるため、新たなソフトウェアに習熟するための追加コストも発生しません。 ■



TargetLink 4.1 で AUTOSAR 拡張や FMI、その他多くの新機能をサポート

dSPACE の量産コード生成ツールの新バージョンである TargetLink 4.1 を使用すると、AUTOSAR 規格に準拠した開発環境の大幅な拡張が可能になります。TargetLink 4.1 では、AUTOSAR バージョン 4.2 のサポートに加え、NvData インターフェースを介した NVRAM (不揮発性 RAM) への効率的な読み書きアクセスも可能です。また、AUTOSAR トランスフォーマもサポートされています。AUTOSAR トランスフォーマは、安全関連アプリケーションのためのエンドツーエンド通信保護と SOME/IP (scalable service-oriented middleware over IP) を使用した車載 Ethernet 通信を可能にします。さらに、Simulink®/Stateflow® でのモデリングも可能になりました。TargetLink 4.1 では、分かりやすい初期化セマンティクスにより、Simulink の初期化モードも容易に行えるようになっています。また、Bus Assignment ブロック経由のバス、Simulink/Stateflow インターフェース上のバス、Stateflow Action

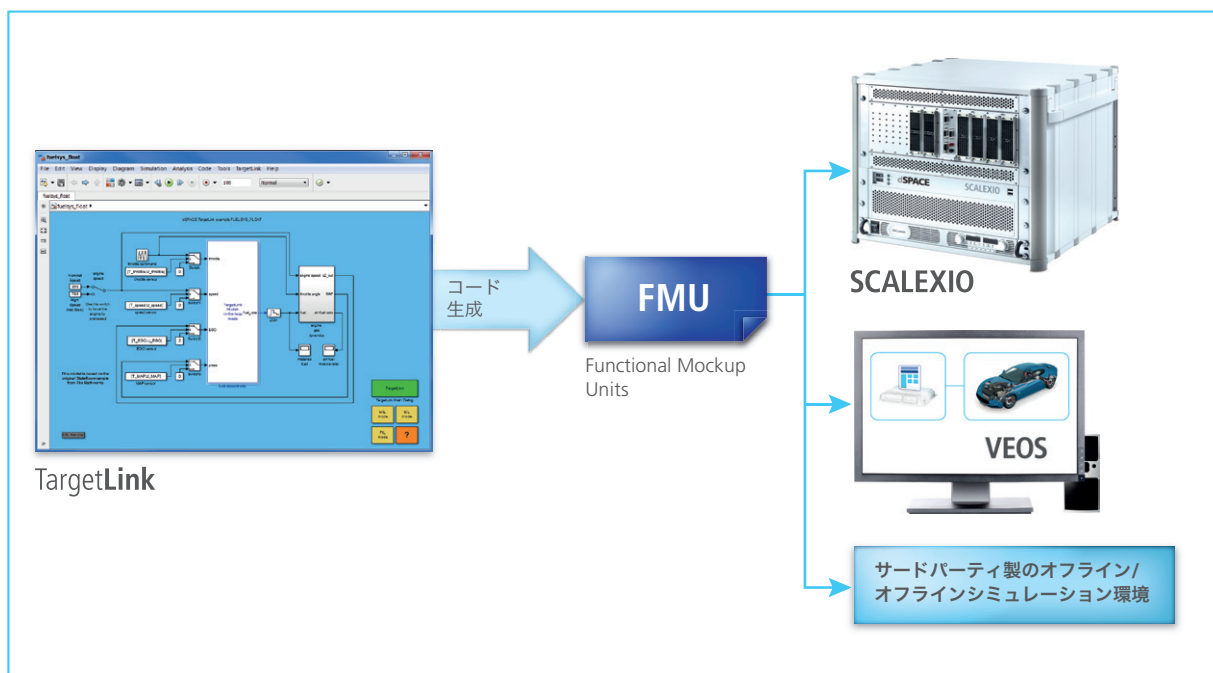
Language の構造体、Signal Conversion ブロックなどを使用した簡易なモデリングも可能です。さらに、Code Generator 機能向けの重要な機能拡張も提供されています。

TargetLink 4.1 は MISRA-C:2004/MISRA-C:2012 の準拠とコード生成の効率が改善されています。また、強力な機能再利用メカニズムにより、プロジェクト間で容易に機能を再利用できるため、パフォーマンスを犠牲にすることなくインクリメンタルコードを生成することができます。この再利用機能は、パラメータ化されたリファレンスモデルやインクリメンタルに生成されたサブシステムで使用することができます。

TargetLink 4.1 では、Functional Mockup Interface (FMI) 2.0 ベースの Functional Mockup Unit (FMU) を取り込んで、TargetLink モデルからエクスポートすることができます。FMI 規格を使用すると、モデリング環境が異なるモデルでも、統合およびシミュレートすることができます。

FMI 2.0 for Co-Simulation 規格を使用すれば、TargetLink で生成したコードを dSPACE VEOS®や dSPACE SCALEXIO®、およびサードパーティ製のオフラインシミュレータやリアルタイムシミュレータで実行することができます。■

FMI/FMU の詳細は、www.dspace.jp/go/dMag_20153_fm1 を参照してください。



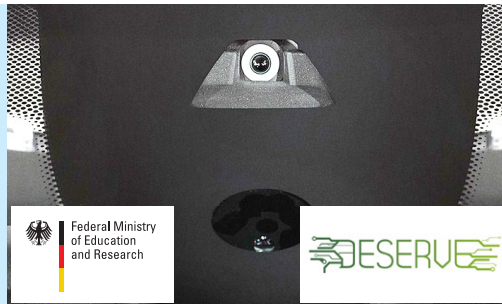
FMI 対応のシミュレーション環境に FMU を TargetLink からエクスポート

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。

環境の認知

DESERVE (安全かつ効率的な走行のための開発プラットフォーム) プロジェクトでは、カメラデータの処理も可能な運転支援システムに対応した開発プラットフォームを設計しています。dSPACE では、ADAS アルゴリズムのプロトタイプング用として、MicroAutoBox[®] プラットフォームを提供しています。また、このプラットフォームを拡張できるよう、画像処理やデータフュージョン用のアルゴリズムの処理が可能な強力な Embedded PC と高速な Kintex[®]-7 FPGA ボードを用意しています。



カメラベースの運転支援システムは、車両の周辺を確認して、車両の動作に関連する物体を検出します。



画像処理およびデータ融合向けのアルゴリズムは、dSPACE の専用プロトタイプングプラットフォームを使用して開発されました。

高速道路での自律走行

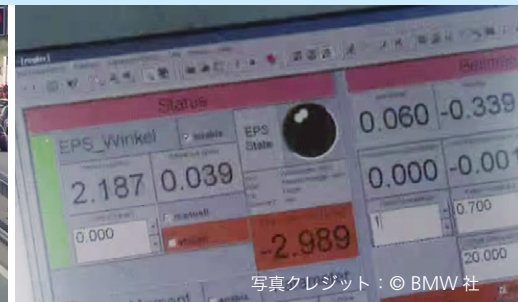
BMW 社の技術研究プロジェクトでは、実際の高速道路上で車両の高度な自動走行を実現しています。デモ車両には、レーダー、カメラ、レーザーセンサー、超音波センサーなどの各種センサー、さらには dSPACE ソフトウェアおよびハードウェアが装備されており、交通法規を遵守しながら新しい交通状況にも対処できるよう車両を制御しています。



写真クレジット：© BMW 社

高度な自動走行では、さまざまな交通状況にも問題なく対処する必要があります。

www.dspace.jp/go/dMag_20153_BMW



写真クレジット：© BMW 社

ControlDesk は、自律走行装置の一部としてプロトタイプ車両に搭載されています。

時速 160 km の自律走行

AUDI AG では、Audi RS7 を使用して、車両の自律走行に関するあらゆる側面を調査しています。テストコースにおいて、車両は緊急ブレーキや障害物回避など、高速走行時のさまざまな運転操作を既にマスターしています。dSPACE MicroAutoBox は、運転操作コマンドの計算処理を行う重要な装置として機能しています。



写真クレジット：© ARD-aktuell 社

テストコースでコーナーを高速走行する Audi RS7。

www.dspace.jp/go/dMag_20153_ARD



写真クレジット：© ARD-aktuell 社

dSPACE MicroAutoBox は、車両制御における中心的なコンポーネントです。



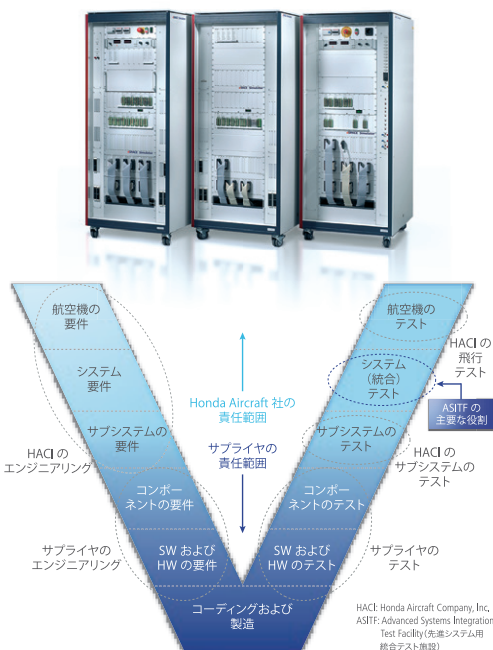
これらの事例の詳細については、下記のサイトで動画や画像、レポート記事を参照してください。
www.dspace.jp/go/dMag_20153_REF_J



Photo credits: Honda Aircraft Company © 2015
Source: dSPACE Magazine 2/2015

ホンダ エアクラフト カンパニーの選択： 革新的なアビオニクスシステムのテスト環境

HondaJetは、ビジネスジェットの次世代標準をめざし、斬新なデザインによる空気抵抗の低減、トップクラスの飛行速度と優れた燃費、野心的な航続距離を実現した革新的な航空機です。その開発を行っているホンダ エアクラフトカンパニーは、世界レベルのシミュレーションおよびテストのための中核施設として、先進システム用統合テスト施設ASITF (Advanced Systems Integration Test Facility) を設立。記録的な早さでビジネスジェットの量産を可能にしました。HondaJet ASITFでは、実機による飛行テスト前に、dSPACEシミュレータが提供する仮想テスト環境を利用し、アビオニクスシステム、環境、および空気力学のシミュレーションを実施。システム全体の統合深度を評価しています。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ソフトウェア、単体および統合テストに対応したHIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレータを最適な環境で提供。HondaJetの開発者が要求するシステムの統合や、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の実現を可能にしました。dSPACEのツールは航空機分野でもテクノロジーの革新をサポートしています。



お陰様でdSPACE Japanは
設立10周年を迎えました

Embedded Success

dSPACE