

dSPACE

2/2010

# MAGAZINE



NASA – ラジコン機による  
テスト飛行

Volkswagen 社 – Touareg  
Hybrid 向け HIL テスト

BMW – 予測型温度管理  
システム





社長 Dr. Herbert Hanselmann

かつて私は、車載電子制御システムなど何も装備されていない60馬力(PS)のフィアット124に乗っており、レーシングドライバーの気分を味わうために、田舎道のカーブをドリフト走行で駆け抜けていました。その頃は、特に運転支援システムが必要だとは思っていませんでした。7年前に、アメリカで開発中のプロトタイプ車両に試乗したときのことで、MicroAutoBoxを2台搭載したその車両は、自動ブレーキを含む、停止標識認識システムのデモンストレーションを行うためのものでした。このプロジェクトは、クリエイティブなエンジニアにとって魅力のあるものであるとは思いましたが、このような運転支援テクノロジーが実際に導入され使用されるようになるとの確信はありませんでした。

しかし、私の考えは変わりました。私が年をとったからだけではなく、今日の運転状況は以前よりはるかに複雑になっています。交通量が増加し、信号機や標識が無数に設置され、幹線道路を多くのトラックが走行し、道路は複雑に入り組んでいます。

今でも、私自身は、運転支援システムの多くを使用することはありませんが、アダブ

ティブクルーズコントロール(ACC)のレーダーは手放せないものとなっています。

ドイツでは、アメリカのような直線距離の長い幹線道路がほとんどないため、制限速度を無視した無謀な運転の防止にACCが役立つとは考えられませんが、道路交通の安全性の向上には貢献しています。渋滞している道路を何時間も運転して疲労が蓄積した後でも、前の車両の急停止に適切な対応ができると言い切れる人が何人いるでしょうか。ACCを使用すれば、必ずブレーキが適切なタイミングで作動します。研究によれば、運転者の反応時間は0.6~2.2秒であり、これは50km/hでの走行時でさえ、停止するまでに30m以上も走行してしまうことを意味します。完全なACCの実現には、もう少し時間が必要です。障害物検知機能がまた十分でないため、必要でないときでも急ブレーキがかかることがあるのを何度も経験しています。たとえば、トラックはレーダー反射が大きいので、実際には隣のレーンを走行しているにも関わらず、誤認識することがあります。また、だれかが割り込んできた場合でも、それが加速するためであることが明らかになります。また、ACCは、このような状況を

正しく評価することができません。しかし、これも、まもなく解決されるでしょう。

ACCシステムは、特に、度重なる交通違反で免許を取り消される可能性がある運転者には、現状でも十分役に立ちます。制限速度100km/hのときは、ACCを100+'x'km/hに設定します。交通違反の点数に応じて'x'を選択すれば、重大なスピード違反を起こす心配がなく、安心して運転できます。また、制限速度を自動的に守る機能が実現すれば、だれでも模範ドライバーのように制限速度を常に厳守して運転できるようになります。これに対応するための1つのステップとして、交通標識検知システムが既に実用化されています。また、マップベースのソリューションも可能性があります。つい最近、dSPACEは、大量の追加情報が含まれている高精度マップデータを使用するための開発プラットフォームを提供できるようになりました。この種の運転支援システムは、次世代の車には必要不可欠な要素の1つになると思います。

社長 Dr. Herbert Hanselmann

航空宇宙産業用バス | PAGE

46



VOLKSWAGEN 社 | PAGE

6



BMW MOTORRAD | 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

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

テクニカルライター：Ralf Lieberwirth, Sonja Lillwitz, Julia Reinbach, Dr. Gerhard Reiß, Nina Riedel

協力：Andreas Filgerdamm, Rainer Franke, Carsten Grascher, Dr. Andreas Himmler, 増原 久子, Björn Müller, Carsten Rimkus, Marie Rövekamp, Andre Rolfmeier, Dr. Thomas Schulte, Christian Wächter, Dr. Peter Wältermann

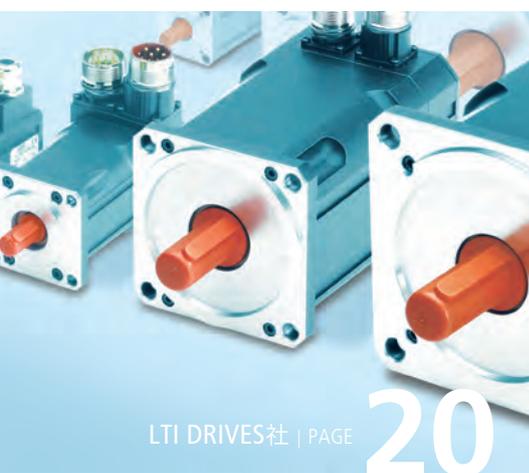
編集および翻訳：Robert Bevington, Stefanie Bock, Dr. Michelle Kloppenburg, Christine Smith, dSPACE Japan 株式会社

デザイン：Krall & Partner, Düsseldorf, ドイツ  
翻訳・印刷協力：株式会社 シュタール ジャパン、株式会社アートフリーク  
レイアウト：Sabine Stephan

© Copyright 2010  
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。

本出版物と内容は、予告なく変更されることがあります。ブランド名または製品名はそれぞれの会社または組織の商標または登録商標です。

# 目次



LTI DRIVES社 | PAGE

20



DSPACE CHINA | PAGE

58

- 3 社長挨拶  
Dr. Herbert Hanselmann

## お客様の事例

- 6 VOLKSWAGEN社  
Touareg Hybrid – Electrified  
and Electrifying

ハイブリッド式パワートレインの機能統合テスト：  
チームワークの重要性

- 14 BMWグループ  
Looking Forward

予測型温度管理による燃料効率とダイナミクスの  
最適化。

- 20 LTI DRIVES社  
Electric Drives Efficiently  
Virtualized

HILシミュレータでのソフトウェアの自動テスト

- 24 NASA AIRSTAR  
NASA's Top Model

過酷な条件下でのサブスケールUAV機の  
テスト飛行

- 28 AVL SÖDERTÄLJE社  
AVL Raptor: Hungry for  
Engines

内燃エンジン用ラピッドプロトタイプング  
コントローラ

- 32 東京大学  
Home Run in Lab

「ボールを投げて打つ」最適な動作を高速に再現  
する野球ロボットシステム

- 36 BMW MOTORRAD  
Superbike Success from  
the Electronics Lab

BMW社のモーターサイクル・モータースポーツ部  
門であるBMW Motorrad Motorsportの公式パート  
ナーとして、dSPACEは、スーパーバイク世界選手権  
のサーキットをラボで再現しました。

- 42 FORMULA STUDENT  
Behind the Scenes

UPBracingチームは、Formula Student 2010に向け  
てレーシングカーの新しいコンポーネントの微調  
整を行っています。

## 製品

- 46 航空宇宙産業用バス  
Avionics for High Flyers

新しいインタフェースボードを使用したdSPACE  
システムによるアビオニクス開発

- 50 マップベースADAS  
Developments on the  
Electronic Horizon

マップベースの運転支援システム向け統合開発環境

## ビジネス

- 58 DSPACE CHINA  
In the Middle of the Action

dSPACE China ゼネラルマネージャ Dr. Henry Feng  
インタビュー

- 60 DSPACE GMBH  
An eXcellent New Building

新本社屋のご紹介

- 62 ニュース

# Touareg Hybrid – electrified and electrifying

ハイブリッド式パワートレインの機能統合テスト：  
チームワークの重要性 (Volkswagen 社)





Volkswagen Touareg に、新たにハイブリッドバージョンが加わりました。駆動用モーター、パワーエレクトロニクス、動力用バッテリーでは、電気システムの連係動作の重要さが高まります。Volkswagen 社では、機能開発から電子制御ユニット (ECU) のリリーステストまで、機能の検証と品質保証のために HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションを体系的に使用しています。



#### 新型 Volkswagen Touareg

Volkswagen Touareg は、発表されるとすぐに、アダプティブクルーズコントロール (ACC)、サイドアシスト (レーン離脱警告)、リアアシスト (パーキングカメラ) などの革新的な車両機能によって、快適性と安全性における新たな基準を打ち立てました。

Touareg の新しいバージョンも、カスタマーフレンドリーな先進技術を量産レベルに高め、すべてのクラスの車両でその成果を使用するという企業ポリシーを受け継いでいます。Touareg Hybrid には、ハイブリッドパワートレイン (図 1) と、レーダーおよびビデオセンサからのデータ評価による衝突防止システムなどの先進運転支援システムが用意されています。

フルハイブリッド方式のパワートレインは、機能および ECU ネットワークに対して過酷な要求を課しています。そのため、自動車メーカーはシステム統合を最適化するこ

とが不可欠です。自動車メーカーは、完成車に対する最終的な責任があり、さまざまなサプライヤからのシステムを含め、すべてのシステムが車両での使用に際して、エラーがなく堅牢であることを保証する必要があります。

#### HIL テストベンチを使用する理由

次の 2 つの主要な要件に基づいて、ネットワーク化された HIL (Hardware-in-the-Loop) テスト環境の構築が決定されました。

- ネットワーク化された ECU の機能、特にハイブリッド機能の統合テストを短時間で動的にセットアップできること。
- 開発の初期の段階では使用できるプロトタイプの数に限りがあるため、サプライヤおよび各専門部門が機能開発および開発時に特有なテストに使用できるテストステーションがあること。



### HIL テストベンチの選択

Volkswagen 社が、ハイブリッドパワートレインのテストにネットワーク化された HIL シミュレータを使用したのは今回が初めてであり、Touareg Hybrid がその最初のケースとなりました。このプロジェクトを成功させるためには、Electric Drive コンポーネントのシミュレーション分野で総合的な経験を有する強力なパートナーが必要であり、Volkswagen 社は dSPACE をパートナーに選びました。特に、開発プロセスの初期の段階では、まだ ECU が完全には機能せず、診断機能もまだ不十分であるため、シミュレータ上で動作させることが困難です。このようなときに、HIL 開発パートナーとしての dSPACE の経験が役立ちます。FlexRay などの最新の革新的なバスシステムに関する能力が、テストングのパートナーとして dSPACE を選んだ決定的な要因となりました。

### Volkswagen 社の統合テストおよびテストケース作成プロセス

車両全体に分散された運転支援機能の複雑性に対処するために、Volkswagen 社では、実際の車両およびテストベンチ上でのテストだけでなく、HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションを体系的に使用しています。多段階のテストプロセスにおける製品創造プロセス (PCP) 内の所定の時点で、車両の総合ステータスが、統合 HIL テストベンチ上で詳細に調べられます。これらのテストは、総合的な統合テストの一部を構成しています。これにより、各システムと、その機能による外部的な効果の相互関係を、開発の初期段階に、高い網羅率でテストし、検証することができます。

システム統合に関する車両の現在の成熟度を調べるために、総合的な統合テストにおいて、それぞれのテスト作業に基づいて、プロトタイプ車両やテストベンチなど、異なる試験設備が使用されます。これらでテストの結果がまとめられ整理されて、車両の総合的な統合ステータスの詳細なモニタリングが行われます。所定のテストを行う場所は、適切性と使用可能性に基づいて、使用可能なエレクトロニクステスト設備 (図 2) から選択されます。

HIL テストベンチ上で実行される ECU テストでは、選択されたテスト項目 (表 1) に関するテストが行われます。また、HIL テストでは、テストドライブで発生した異常の体系的な解析もサポートされます。このように、HIL テストシステムは、大きな技術的

付加価値を生み出し、開発およびリリースプロセスで効果的に使用されています。

### テストシステムの要件

テスト環境の基本的な要件は、ネットワーク化された ECU のすべての機能を再現する HIL テストステーションの能力です。たとえば、車両内の ECU がセンサおよびアクチュエータからのデータを受信したとき、エラーを発生させることなく応答する必要があります。Touareg Hybrid 用のネットワーク化された HIL シミュレータは非常に複雑であり、29 個の ECU が接続されています。この複雑さに対応するため、テストベンチサプライヤは、テストベンチの試運転および運用時に多くの要件を満たす必要があります。

図 1 : バッテリモジュールが含まれている Touareg のハイブリッドパワートレイン

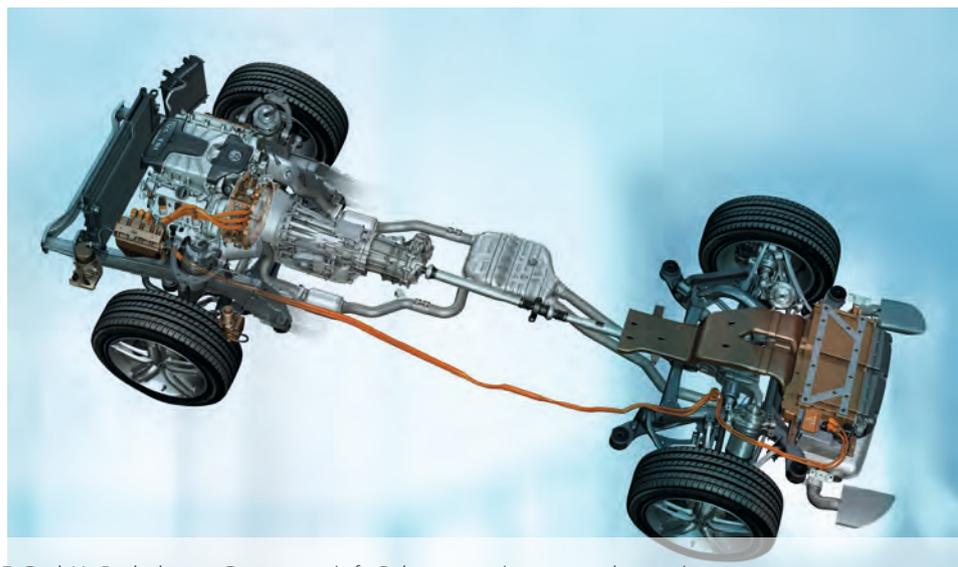




図2：エレクトロニクステスト設備の構成

### モジュール方式

まず、テストステーションは、Volkswagen Touareg の3種類の駆動方式およびオートマチックトランスミッションに対応するように設計する必要があり、ディーゼル(3.0 | TDI)、ガソリン(3.6 | FSI)、ハイブリッド(3.0 | KFSI)をすばやく切り替えられる必要があります。

### 柔軟性

Volkswagen社は、生産開始(SOP)の2年前に最初のプロトタイプの実機テストを開始します。この時点では、まだECUは開発中であり、センサの調整やコネクタのピン配列の変更など、システムの修正が必要になります。このような修正を、通常はECUに必要な診断機能が揃わないうちに、HILシミュレータ上で直ちに円滑に行う必要があります。

### 効率的なソフトウェア構造およびシステムの安定性

Volkswagen社で使用されているネットワークシミュレータが、機能テストおよびソフトウェアバージョンのリリースに大きな貢献をしています。このために使用するシステムは、特に自動化されたテストでは、安定して機能する必要があります。各駆動方式に対して頻繁に加えられる変更によって、困難度がさらに増大します。

「ECU 開発者との良好な連携なしには、このテストベンチを運用することはできなかつたでしょう」

René Schüler 氏、Volkswagen AG

表1：HIL テストのテスト項目

テスト項目	説明
ハイブリッド準備完了ステータス	ハイブリッドがレディ状態となる条件およびレディ状態が解除される条件
運転状態の連携	内燃エンジンの始動/停止、モーターによる運転、制動/回生、プースト機能、(発電機による充電)、遷移状態など、個別の運転状態に関する条件
ハイブリッドに関するドライバー情報および運転操作	メータ類およびディスプレイ、エネルギーフローディスプレイ、車載コンピュータ、回生ディスプレイ、警告信号、およびエラーメッセージを通じて運転者に与えられるハイブリッドに関する情報
エラーに対する応答および代替手段	欠陥が発生したときに ECU が設計したとおりの挙動を示すかテストすること



後部に搭載されているニッケル水素 (NiMH) バッテリ

「ECU の機能および開発ステータスに関する質問には、電話 1 本で回答が得られました。必要な知識を備えた開発担当者がすぐに対応してくれました」

Christian Claus 氏、IAV GmbH

#### ユーザフレンドリ

テストベンチのユーザのすべてが HIL エキスパートになるためのトレーニングを受けているわけではありません。特定のテストオブジェクトを担当するエンジニアおよび各専門部門/サプライヤが HIL シミュレータを使用するのは、テスト作業を効率的に行うためです。効率化のためには、シミュレータに関する深い知識を必要とせずに、ECU の機能に集中する必要があります。

#### ネットワークシミュレータの構成

Touareg Hybrid 用のシミュレータは、パーソナルビークルとして設計され、すべての車両領域をカバーしています。パワートレインは次のシステムで構成されています。

- 内燃エンジン
- モーター
- トランスミッション
- 高電圧バッテリー

これらのシステムは、シミュレーションモデルと、スロットルやインジェクションバルブなどのさまざまな実部品、バッテリー電圧をエミュレートする高電圧エレクトロニクスによって、実際にシミュレートされます。この HIL システムは 3 種類の駆動方式と、ギア比およびコンバータの異なるオートマチックトランスミッション用として構成することができます。駆動方式およびトランスミッションの選択された組み合わせは、ECU 固有のマッピングコネクタを使用して識別されます。最後に、対応するモデルパラメータがロードされます。これによって、必要なモジュール化と柔軟性が達成されています。

通常は、テストに供される ECU は、Volkswagen 社のテストセットアップサービスから提供されたテストベンチセットアップ上に存在します (図 4)。

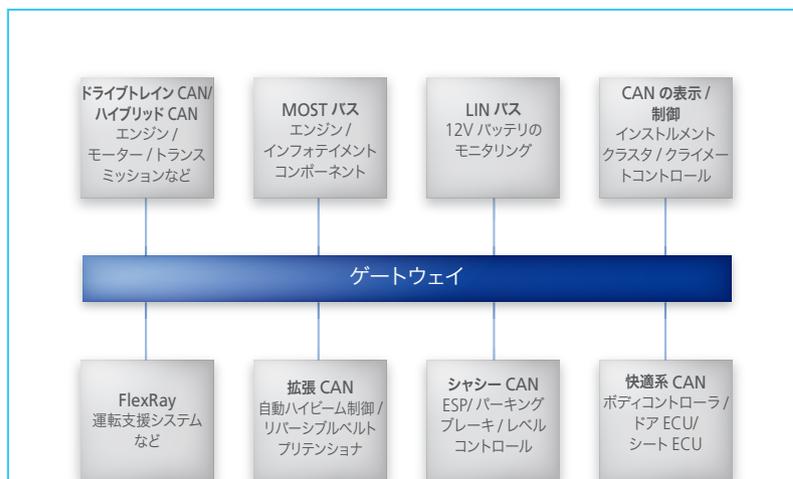
#### バスシステム

パワートレイン領域には、さまざまな CAN バスと LIN バス、および 1 つの FlexRay バスが接続されています (図 3)。すべてのバスに対して、レストバスシミュレーションがセットアップされました。CAN バスには、メインバスおよびローカルバス切り替え用のゲートウェイを置きます。これにより、各 ECU をバスから切り離し、別のバス上に分離し、1 つのバス上で受信したメッセージは他のバス上に複製することができます。このスイッチング方式により、特定の CAN メッセージを意図的に編集したり、信号レベルで遅延させ、ECU の不具合をシミュレートすることもできます。

#### シミュレーションモデル

内燃エンジン用の VW 社独自のシミュレーションモデルと、dSPACE の自動車用シミュレーションモデル (ASM) が使用さ

図 3 : Touareg Hybrid のネットワークアーキテクチャ



「dSPACE との共同作業で、HIL シミュレータ上でのネットワーク化されたハイブリッド機能の検証には、どのようなことが必要であり、また、どのようなことを解決しなければならないかを学ぶことができました。この知識を今後のプロジェクトにも活かしていきたいと思います」

René Schüler 氏、Volkswagen AG

れています。ハイブリッドパワートレインおよびピークダイナミクスは、ASM DriveTrain、ASM Electric Components、ASM Vehicle Dynamics を使用してシミュレートされます。これらの ASM はオープンな構造であるため、VW 社のモデルと簡単に組み合わせることができ、ハイブリッドパワートレイン用のモデル全体を作成することができました。このドライブトレインモデルに実装されたスピンドルアクチュエータを使用して、モーターだけの動作をシミュレートするために内燃エンジンが切り離されます。ASM Electric Components のバッテリーモデルは、ニッケル水素バッテリー (NiMH) の特性に合わせてパラメータ設定され、高電圧バッテリーとして使用されています。これらのモデルは非常に堅牢であり、モーターのみでの駆動、ハイブリッド駆動、内燃エンジンでの駆動、回生、惰行など、すべての従来方式およびハイブリッド方式での運転のシミュレーションが可能であることが証明されました。オープンなモデルは、効率的なソフトウェア構造に必要な要件を満たしています。

性など、信頼性の高い表現を実現することができます。高電圧を絶縁し、作業人員を保護するために、高電圧エレクトロニクスはシールドシステムとしてシミュレータ内に設置されています。

#### モーターのシミュレーション

Touareg に使用されている出力 38 kW のモーターは、ASM Electric Components の 3 相モーターモデルによってシミュレートされています。モーター ECU のテストは、信号レベルの評価で十分です。そのため、信号とパワーデバイス間のインターフェースで接続を切りました。このモーターモデルでは、パワーエレクトロニクス (IGBT) を制御するパルス幅変調 (PWM) 信号が、PWM 計測ソリューションを使用して計測および処理されています。このモデルの演算結果は、インターフェースボード (DS5202 PSS、

DS2102) を介して ECU に位置と電流信号として出力されます。この環境を利用して、ECU を制御の閉ループ内でテストすることができます。

#### 運用および経験

車両が複雑になるにつれて、テスト技術者、テストベンチ担当者、そして最も重要な開発者間のより密接な連携が不可欠であることが、シミュレータの運用に向けたプロセスの中で改めて浮き彫りになりました。このようなプロジェクトは、各専門部門の ECU 開発者のノウハウと、立ち上げに関するサポートなしでは達成できるものではありません。この後に続くテストベンチの運用でも、同じことが言えます。これが、ECU ソフトウェアおよびハードウェアに対する修正を行い、ひいてはテストベンチ要件の変更を迅速かつ効率的に行うための唯一の方法だからです。

図 4 : 試験施設でのシミュレータおよびテストベンチのセットアップ

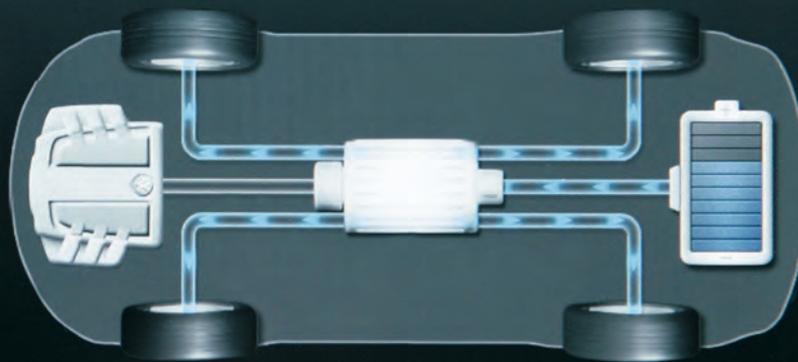


#### バッテリーのシミュレーションおよびエミュレーション

バッテリーマネージメントシステム (BMS) のテストを行うために、高電圧バッテリーの端子電圧と各バッテリーセルクラスターの電圧をエミュレートする必要があります。そのために、制御可能な 400 V 電源およびガルバニック絶縁された DC アンプを使用することができます。セルおよびバッテリーの挙動のシミュレーションには、ASM Electric Components のバッテリーモデルが使用され、これによって、電源およびアンプの制御が行われています。このシステムによって、NiMH エネルギー貯蔵システムのオン/オフ電流や充電および放電特

530 km

E-Motor



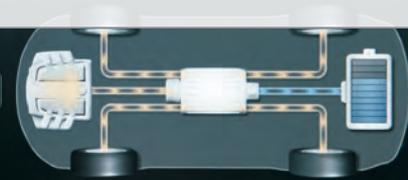
Hybrid

Assistenten

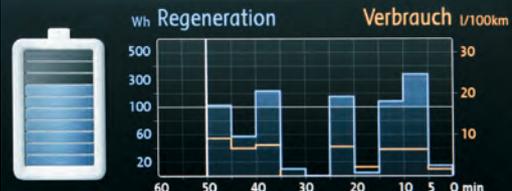
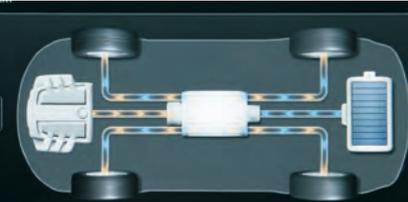
Einstellungen

Offroad

Motor



Boost



モーターのみでの走行、充電、ブースト、回生、燃料消費などのエネルギーフローインジケータ付きドライバー情報ディスプレイ

dSPACE のレジデントエンジニアは、開発者のサポートだけでなく、HIL シミュレータの変更や、新しい状況への対応を支援します。HIL エキスパートが常にオンサイトでサポートを提供するだけでなく、dSPACE の開発部門に直接相談することもできます。

テストセットアップの適応が高度に動的でありモジュール化されているため、上記の統合テスト段階で、常に最新の ECU バージョンを実行することができます。ACC、サイドアシスト、ESP などのネットワーク

「dSPACE の自動車用シミュレーションモデル (ASM) は、Touareg Hybrid の電気コンポーネントの堅固で信頼性の高いシミュレーションを保証してくれました」

René Schüler 氏、Volkswagen AG

化された機能のチェックに加え、このテストは、ハイブリッドの連携を目的としたものでした。これは主として、ハイブリッド

機能に関するドライバー情報や運転操作、故障および適切な運転状態の選択に対する正しい応答に関するものでした。

René Schüler 氏、Volkswagen AG  
同氏は、Volkswagen 社における Touareg Hybrid 用 HIL シミュレーションのプロジェクトマネージャーです。

Christian Claus 氏、IAV GmbH  
同氏は、Volkswagen 社での Touareg Hybrid の HIL テストに大きく貢献したプロジェクトエンジニアです。



### 今後の展望

Volkswagen 社では、将来の Touareg の駆動方法の拡張のために、HIL テストベンチの拡張を計画しています。これには、新しい内燃エンジンモデルの統合と、マッピングコネクタを通じた ECU の識別が含まれています。先進運転支援システム (ADAS) 用 ECU をシミュレーションに含めることができるように、仮想テストドライブ用高精度環境シミュレーションも、HIL テスト環境に追加されます。そのため

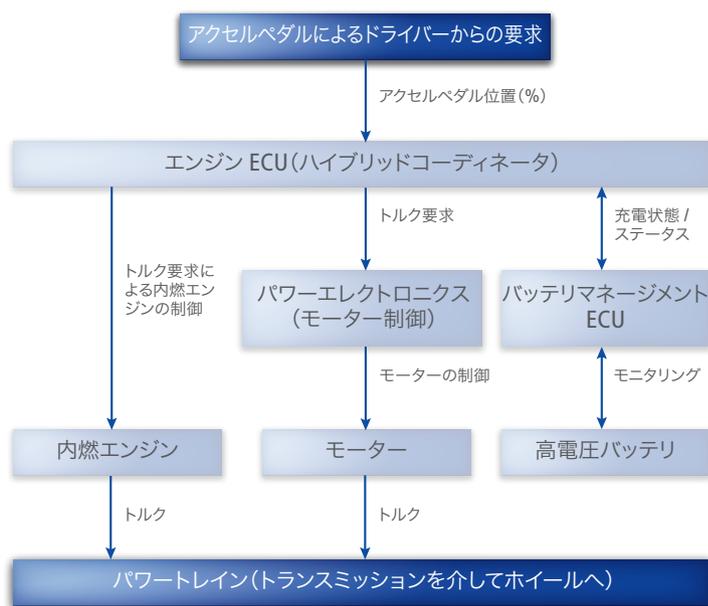
に、これらのシステムのセンサ (カメラ、レーダー) を適切にシミュレートする必要があります。■

René Schüler,  
Dr. Marcus Brand  
Volkswagen AG  
Christian Claus  
IAV GmbH  
ドイツ

### Touareg Hybrid のネットワーク化された機能の例

エンジン ECU は、内燃エンジンの制御だけでなく、ハイブリッドとの調整役も務めています。その役割は、パワートレイン内のトルクの調整と、バッテリー管理 ECU やパワーエレクトロニクス ECU などの車両に搭載された各 ECU を監視することです。

運転者がアクセルペダルを踏み込むと、エンジン ECU に、必要なトルク量が伝えられます。エンジン ECU は、このトルク量 (必要な加速/速度) と、システムの状態、温度、およびバッテリーの充電状態 (SOC) を使用して、モーターによる駆動、内燃エンジンによる駆動、または「ブースト」と呼ばれる 2 方式の組み合わせのいずれを使用するかを決定します。



### まとめ

dSPACE HIL シミュレータは、Volkswagen Touareg の開発において、機能の検証に大きな役割を果たしました。量産が開始されてからも、新しいバージョンおよび車両の機能拡張のためにテストステーションが使用されています。ごく短時間でセットアップできるため、統合テスト段階で、さまざまな駆動方式のテストを行うことができました。dSPACE との共同作業で、HIL シミュレータ上でのネットワーク化されたハイブリッド機能の検証には、どのようなことが必要であり、また、どのようなことを解決しなければならないかを学ぶことができました。この知識を今後のプロジェクトにも活かしていきたいと思います。

Volkswagen ファミリーは、機能の検証を行うために、自動車ブランド各社とのネットワーク化された HIL テストベンチの緊密な連携が重要であると考えます。Volkswagen Touareg に続き、Audi A8 や Porsche Cayenne は、モジュール式縦型プラットフォームテクノロジー (MLP、または MLB と呼ばれます) がベースになっています。これにより、標準化された HIL テストベンチ設備を使用するという目標が達成され、標準化された車両テクノロジーによる統一されたハードウェアおよびソフトウェア構造を実現することができました。MLP のテストに dSPACE を選択した理由の一つは、dSPACE と Audi 社 (主要 MLP 開発企業) との幅広い共同作業の積み重ねがあったことです。Audi、Volkswagen、Porsche の 3 社は、連携して、テストステーションの計画、実装、検証を行い、密接に関連した車両プロジェクトにおける相乗効果を活用しています。HIL テクノロジーに加え、テストケースの作成、テストケースの自動化 (社内ツール EXAM)、エラー追跡における連携も順調に進んでいます。



# Looking forward

予測型温度管理による燃料効率と  
ダイナミクスの最適化



#### 過渡期にあるモビリティ

今日私たちが利用している移動手段は、いつまでも現在と同じ姿であり続けることはできません。世界におけるエネルギー需要の増大、限りある化石燃料資源、政治的危機、不安定なエネルギー価格などの脅威の下で、移動手段は中期的な変化を強いられることになります。世界中の国々は、燃料消費の制限とCO<sub>2</sub>排出量の削減に向けた施策を法制化することによって、こうした状況に対応を始めています。既に世界市場の90%以上が、燃料消費の削減とCO<sub>2</sub>排出量の削減に関する規制を受けています。この法規制は、まだ決定的なものではなく、最終的な詰めはこれからですが、全体としての方向は明白です。今後10年間で、自動車メーカーは、燃料消費とCO<sub>2</sub>の排出量を現在の25～30%削減する必要があります。この目標を達成することができない場合、企業は莫大な罰金を課せられ、あるいは製品製造の承認を受けることができなくなります。

#### 内燃エンジンに対する新しいアプローチ

このような厳しい削減目標は、エンジン単体の従来手法による開発だけでは達成できません。そのためBMWグループでは、あらゆる物理的アクチュエータを詳細に解析し、エネルギーバランスに関する効

果の査定を開始しました。

内燃エンジンは、今後も車両の主要な動力装置として重要な役割りを果たしていくものと考えられるため、さらに集中的な開発が続けられています。決定的な要素の1つは、プレミアムブランドカーのダイナミクス性能を損なわずに、通常の運転時の燃料消費を削減することです。有望なアプローチの1つは、前方の路面の情報を、速度とカーブプロファイル、丘陵または勾配などとともに、従来の内燃エンジンの温度管理に統合する方法で、BMW EfficientDynamics ストラテジもこのアプローチを採用しています。BMWグループによって開発されたプロトタイプは、予測型温度管理のメリットを明らかにしています。

#### 最新の車両温度管理システム

最新の冷却システムの制御方法の1つに、燃料効率、ダイナミクス、快適性を一体化しながら、同時に温度管理の信頼性を保証する要件駆動型温度管理があります。冷却システムのアクチュエータを電動化し(図1)、車両の全体制御ストラテジと組み合わせることにより(その結果、制御対象システムの自由度が増大)、冷却の本来の目的をはるかに超える機能性を実現しています。

BMWの温度管理システムの中核となる

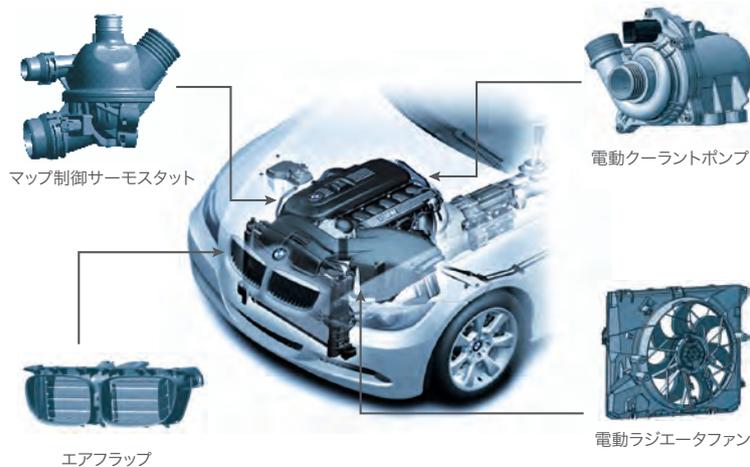


図 1：冷却システムの電動式アクチュエータ（出典：BMW, International Technical Training）

機能は、エンジン制御機能内での運転モードの選択です。たとえば、冷間始動後には暖機モードに移行し、エンジンを短時間で動作効率の良い温度域にします。このモードでは、電動クーラントポンプはエンジンの回転速度とは関係なくクーラントの流れを停止させるため、燃焼室の壁面からクーラントへの熱の移動が抑えられ、エンジンが早く暖まります。

#### 状況依存型制御ストラテジ

暖機モードが完了したら、エンジン制御システムは、運転状態に基づいてクーラントへの要求の計算を行います。従来の制御ストラテジでは、2つの競合する目的の調停が試行されます。エンジンとクーラントの温度を上げることによって内部摩擦を減らす必要がありますが、同時に温度的な信頼性基準を守る必要があります。エンジンの全性能レンジが、運転マップと所定のしきい値の組み合わせによって決定されます。これらはクーラントの温度と冷却温度に影響を与え、これによって、従来の温度管理システムでの冷却システムの動作モードが決定されます。冷却能力を大幅に抑えたクーラント温度の高い省エネ指向動作（ECO動作）から、高度にダイナミックな動作まで、冷却レベルが変化します。高度にダイナミックな動作モードでは、大幅に引き下げられたクーラント温度により、エンジンの高負荷時に最大の冷却能力を得ることができます。状況にもよりますが、量産車両で現在使用されている運転ストラテジでは、冷却能力の不要な調節が行われることがあります。これは、たとえば、市街地の交差点など、従来の温度管理システムが、急加速による温度上昇を補正するための予防手段をとる場合に特に顕著です。このケースでは、クーラント温度を下げるために使用されるエネルギーが無駄になります。温度的な

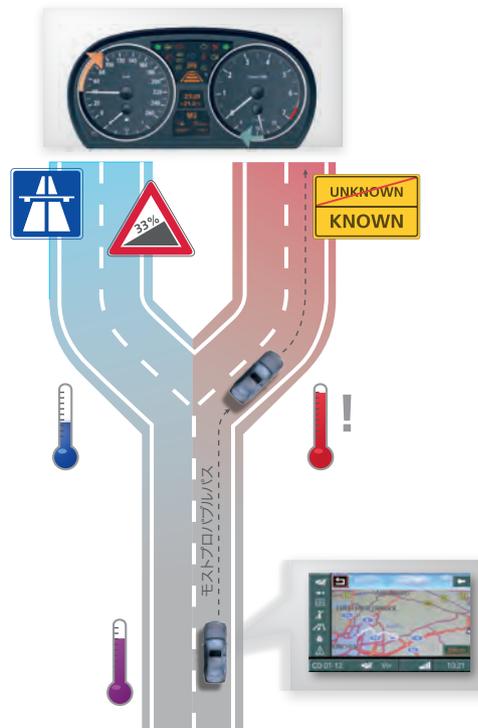
信頼性が制御ストラテジで常に最高の優先順位を与えられるため、現在の運転状況がまず第一に制御システムに入力されるためです。

#### 状況駆動型アプローチの限界

BMW グループは、冷却システムの挙動に関してテストドライブの評価を行い、予測制御の適用ケースを調査しました。代表的な適用ケースは、交差点での発進加速、

田舎道での短時間の加速、またはエンジンが停止しているときなどです。従来の反応型制御システムでは、現在の運転状況に直接的に反応するため、わずかにダイナミックな運転スタイルの操作を行っただけで、その影響によりECO動作から逸脱してしまいます。運転者が、たとえば市街地などでごく短時間アクセルペダルを踏み込んだとき、必要でないときでも冷却能力が上昇して冷却温度が下降します。

図 2：予測型温度管理システム概念およびアプローチ。エンジンおよび冷却システムが、モストプロバブルパスに基づいて体系的に事前調整されます。この例では低温での高速道路の登り坂走行と、高温での市街地走行を示しています。



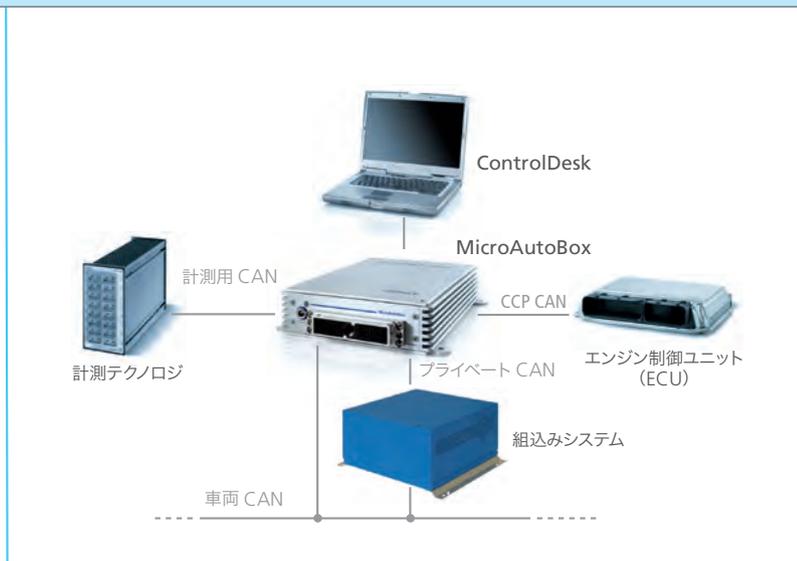


図3：実験車両のハードウェアおよび通信システムの構成

### 予測型運転ストラテジ

道路前方のデータ解析および評価は、エレクトロニックホライズン (electronic horizon) と呼ばれています。予測型温度管理システムでは、このエレクトロニックホライズンを使用して、現在の運転状況による直接的な影響をインテリジェントに抑えています。また、エレクトロニックホライズンを使用して、エンジンおよび冷却システムの事前調整を行うこともできます。運転状況は、堅実からスポーティまで、運転者のタイプを使用して差別化されています (図2)。

アクセルを踏む時間や、最大到達速度を判断するような予測情報によって、必要な冷却能力をよりよく推定、調整できるようになります。この場合、ECO 動作を維持することにより燃料消費が抑えられます。これは、電動クーラントポンプなどのアクチュエータに大きな負荷がかかるのを防止するのに役立ちます。短時間の加速動作では、その間に上昇した温度レベルを維持しても、冷却システムの限界を超えることはありません。

### 予測調整によるダイナミクスの向上

予測型温度管理システムにより冷却能力とエンジンの温度を事前に調節することができ、エンジン出力の増大を予測して、エンジンの状態を事前に調整することができます。これは、エンジン性能を最適に保つための冷却要求に大きな影響を与えます。予測介入の程度を、運転者タイプおよび運転状況の遷移タイプに基づいて選択することができます。温度管理によって実行される予測調整には、ノッキングやエンジン給気に対するプラスの効果があ

ります。また、たとえば、スポーティな運転スタイルで高速道路を走行するときなど、車両のダイナミクスを大幅に向上させることができます。

### プロトタイプ車両のセットアップ

コンセプト車両の実現可能性を検証するために、BMW グループ内の温度管理部門は、量産車の BMW 335i をベースにした上記の適用ケース用のプロトタイプ車両を製作しました。

このプロトタイプ車両のエレクトロニックホライズンは、BMW Forschung und Technik GmbH によって開発されました。Intelligent Learning Navigation (iLeNa) プロジェクトは、現在の既製ナビゲーションソリューションと比較して拡張された機能を提供しています。特別な機能の1つとして学習式のデータベースがあり、デジタルマップの法定速度だけでなく、たとえば、習慣的な速度パターンなど、実際に走行した道路プロファイルを保存することができます。運転者がナビゲーションシステムをオンにしていない場合でも、目的地およびルート検索システムが、保存されている運転パターンを使用して、モストプロバブルパスの計算を行います。iLeNa は、位置を特定し、マップマッチングを実行するために、車載機器通信用のバスを通じて車両の GPS アンテナにアクセスします。MS Windows オペレーティングシステムを使用した自動車用組み込みシステム (図3) が、このナビゲーションプラットフォームのハードウェア環境を構成しています。これは、マップベース運転支援システム用の NAVTEQ 社開発環境 (ADAS RP) をベースにしたものです。

## 用語解説

**ADASIS** – Advanced Driver Assistance Systems Interface Specification (先進運転支援システムインターフェース仕様)、ADASIS フォーラムの Web サイト : [www.ertico.com/en/activities/safemobility/adasis\\_forum.htm](http://www.ertico.com/en/activities/safemobility/adasis_forum.htm)

**ADAS RP** – Advanced Driver Assistance Systems Research Platform (先進運転支援システムリサーチプラットフォーム)。NAVTEQ 社のマップベース運転支援システム用開発プラットフォーム。

**BMW EfficientDynamics** – 燃料消費と CO<sub>2</sub> 排出を削減すると同時に、ピークダイナミクスおよびエンジン出力を増大することを実現するために、BMW グループによって使用されているストラテジ。以前はこの2つを同時に実現することは不可能と考えられていました。燃料に含まれるエネルギーを最大限に有効利用することを目的としています。

**GPS** – Global Positioning System (全地球測位システム)。人工衛星からの電波を使用して位置と時間を計測し、地球上の任意の位置を正確に測定するシステム。

**マップマッチング** – 特定した位置をデジタルマップ上の地理データと照合すること。

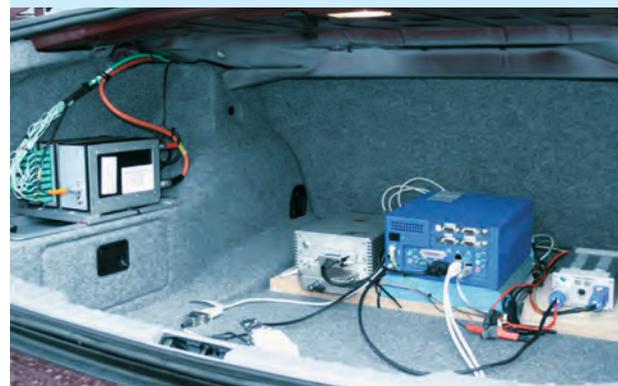


図4：実験車両のハードウェアセットアップー測定装置、MicroAutoBox、組み込みシステム、電源 (左から)

### コントローラの構成および機能ロジック

CAN Calibration Protocol (CCP) を使用した CAN インターフェースを介して、エンジン制御ユニット (DME) に搭載された BMW 温度管理システムと MicroAutoBox を接続しています。コントローラの構成と予測型温度管理システムの機能ロジックは、The MathWorks® 社の MATLAB®/Simulink®/Stateflow®



を使用して設計され、車両内に設置された dSPACE MicroAutoBox に実装されています (図 4)。

dSPACE RTI CAN Blockset を介して適切な DBC コンフィギュレーションファイルを読み取ることで、温度および電圧測定用の既存の計測テクノロジーを Simulink® モデルに簡単に統合して、MicroAutoBox に接続することができました。

**予測型温度管理システムの機能ブロック**

予測型温度管理システムは複数の論理的機能ブロックで構成されています (図 5)。リコンストラクタは iLeNa とのインターフェースで、CAN バスを通じて送信されたデータパケットの処理を行います。これに使用される通信プロトコルは、BMW 固有の要件に適合させた ADASIS プロトコルです。エレクトロニックホライズンは、バス上の負荷を減らすために周期的に送信されるため、バッファおよび温度管理固有の状況評価のためのインターフェースとして機能するメモリブロックが存在します。タイプ (デジタルマップから取得) および

予想される速度 (iLeNa 知識ベースから取得) に関するプロファイルが、上記の状況に関してフィルタリングされ、距離デー

システムの運転ストラテジや車両の省エネ効果とともに dSPACE ControlDesk に表示されます。

**「予測型運転ストラテジを使用してエンジンの事前調整を行うことで、ダイナミクスと燃料効率の向上を同時に図ることができます」**

Mathias Braun 氏、BMW グループ

タとともに実際の予測機能ロジックに転送されます。このロジックは、現在位置に関して状況視界 (situation horizon) の評価を行い、温度管理システムによる制御介入の程度とタイミングを計算します。最後に、プレビューの妥当性と現在の車両パラメータを使用して、機能介入の優先順位付けが行われ、あるいは、量産 ECU の挙動へのシステムの切り替えが行われます。現在および予測される環境に関する評価情報が、従来型および予測型の温度管理

**燃料消費削減に関する結果**

温度管理システムと車両ナビゲーションシステムをネットワークで結ぶことにより、車両の燃料効率とダイナミクスのインテリジェントで同時的な改善を図ることができます。上昇した温度レベルでのより均一なクーラント温度動作を、市街地での通常の運転のために実装することができます。要求される冷却能力における不必要なピークをなくすことによって、車両電装系の負荷を減らし、新たにコンポーネント

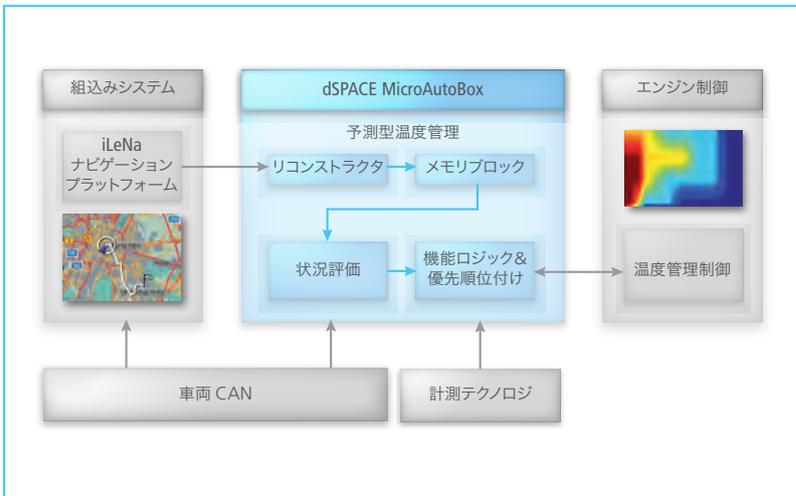


図 5 : 予測型管理システムのソフトウェアおよび制御の構成

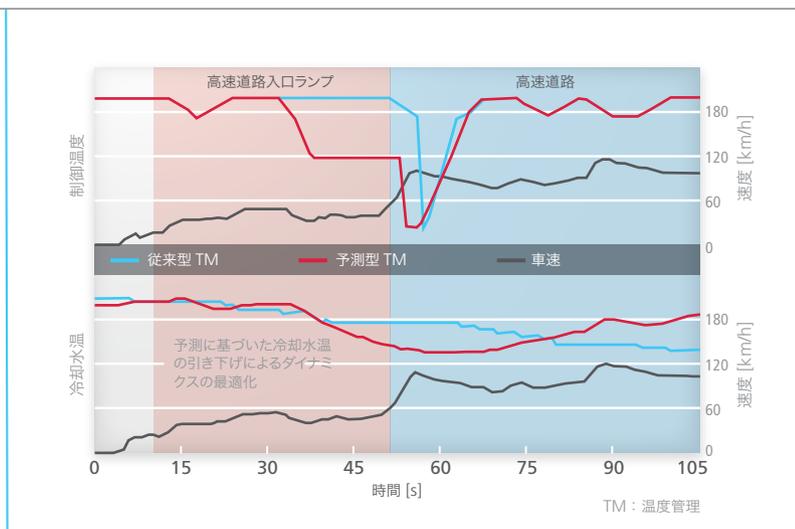


図6：従来の温度管理と予測型温度管理による制御の比較

を追加することなく、運転ストラテジを調整するだけで、燃料消費を最大1%も削減することができます。これは、BMW EfficientDynamics パッケージ全体の他の多くのストラテジの中でも将来的に重要となるストラテジの1つです。

#### ダイナミクスの向上

ここで説明する2番目の適用ケースでは、予測型温度管理システムを使用して、低負荷時のエンジンの温度レベルを上昇させ、かつ高負荷ポイントへの移行時に限度を超える危険性を回避することができます。また、予測に基づいて温度レベルを下げてエンジンの事前調整を行うことにより、ダイナミクスが向上することが分かりました(図6)。この効果は、加速フェーズ、特に自然吸気式エンジンの一般的な中速域での加速時(たとえば、60~120 km/h への加速時)に測定することができ、無過給のBMW 直列6気筒工

ンジンでは、その範囲は3~5%になります。

ターボチャージャーによる過給エンジンの場合は、それほど目立った予測型温度管理システムのプラスの効果は見られません。これは、シリンダへの給気量が、ターボチャージャーの作動プロセスに依存するためです。

ただし、エンジン全負荷時には、予測による温度の引き下げによって、より適切な点火角度を選択してシリンダ内の燃焼を最適化することで、ターボ過給エンジンの効率の向上を図ることができます。■

Mathias Braun,  
Dr. Matthias Linde,  
Dr. Andreas Eder,  
BMW Group  
Dr. (RUS) Evgeny Kozlov,  
ALTRAN Technologies

## まとめと展望

パワートレインの従来の温度管理システムに予測コンポーネントを追加することによって、インテリジェントな温度管理システムを実現することができました。BMW 3シリーズをベースにしたプロトタイプに、最初の制御ストラテジが実装され、その機能性と潜在能力の検証が行われました。車両内に既に存在する情報を使用するために、さまざまなECUをネットワークで結ぶことで、予測型温度管理システムの例に見られるように、燃料効率とダイナミクスの向上を同時に図ることができました。

ナビゲーション領域をネットワークで結ぶことにより、アダプティブクルーズコントロールや制限速度ディスプレイなどの運転支援システムに対するメリットが生まれました。デジタルマップに含まれる情報の質と量に関する進歩が(ナビゲーションをオンにしていない場合でも)、エネルギーおよび車両内の熱の流れの最適な制御のための予測機能の実現に道を開きます。

予測型温度管理システムだけでなく、モーターのみで駆動する電気自動車の航続距離をもっと正確に計算するなど、他の可能性も存在します。これらの追加機能が実現すれば、BMWグループが開発したBMW EfficientDynamicsストラテジの適用分野はますます拡大していくことでしょう。

物理学専攻  
Mathias Braun 氏  
BMW グループ

温度管理  
博士課程  
「予測型温度管理」

理学博士  
Matthias Linde 氏  
BMW グループ

温度管理  
プロジェクトマネージャ  
「予測型温度管理」

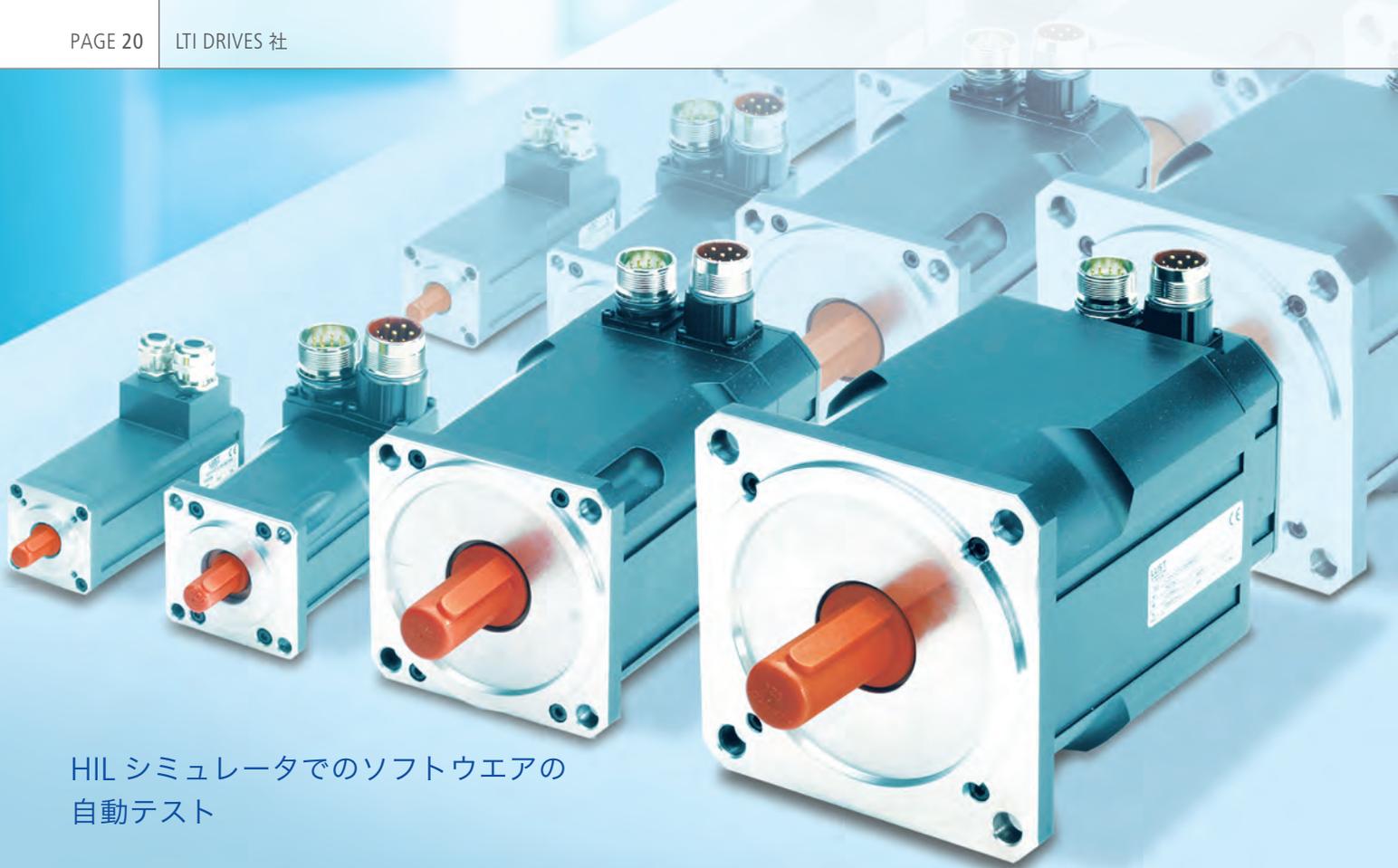
工学博士  
Andreas Eder 氏  
BMW グループ

温度管理  
部長、先端開発および  
シミュレーション

博士(ロシア)  
Evgeny Kozlov 氏  
ALTRAN Technologies 社

経営コンサルタント  
ラビッドコントロール  
プロトタイプング





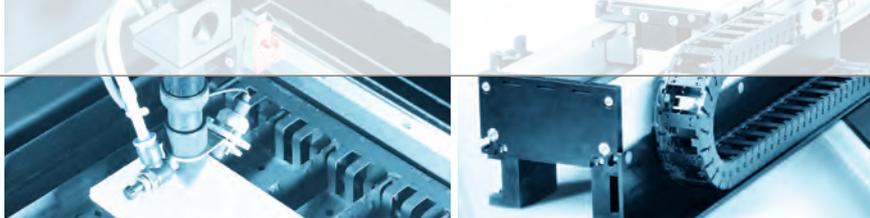
HIL シミュレータでのソフトウェアの  
自動テスト

## Electric Drives

# Efficiently Virtualized

Electric Drive の制御が、多くのエンジニアリングアプリケーションのキーテクノロジーとなっています。多くの用途に対応するには、高度の柔軟性が必要であり、特に産業オートメーションにおけるサーボコントローラの場合は高度の柔軟性が不可欠です。サーボコントローラ用のソフトウェアは、可能なすべての構成オプションだけでなく、多数のバリエーションが存在するため、テストには大量の作業負荷を伴います。HIL シミュレータ上の自動化テストにより、これらのテストが単純化され、極めて短時間でテストを行うことができます。

ドイツの LTI DRIVES GmbH は、数百ワットから 250 kW の性能レンジの Electric Drive 用サーボコントローラの開発、製造、販売を行っています。LTI 社のドライブ製品は、従来のオートメーションテクノロジー分野だけでなく、医療技術、風力発電、高速ドライブの分野にも広がっています。また、LTI 社は、10 年以上も前から産業用のディーゼル/電気式ハイブリッドトラックへのカスタム開発のインバータの搭載を開始しています。どの分野においても、Electric Drive のソフトウェアのレベルはますます高くなり、革新サイクルはますます短くなっています。したがって、サーボコントローラ用のソフトウェアテストを



効率的に実行することが極めて重要になっています。

#### 単一のサーボコントローラですべてに対応

サーボコントローラの主な機能は、直流モーター、同期／非同期モーターなどのさまざまなタイプのモーターの電流、回転速度、位置を制御することです。LTi 社の ServoOne サーボコントローラは、ユーザがさまざまなアプリケーション用に構成することのできる多数の付加機能を備えています。図 1 にサーボコントローラ用として一般的なソフトウェア機能モジュールを示します。これらの機能のすべてにおいて、さまざまなテストが必要です。多数のバリエーションが存在し、多岐にわたる機能のため、テストに膨大な作業を要することは言うまでもありません。このような背景に

貴重なテストベンチを占有してしまうことにもなります。

ソフトウェアテストで実物の部品を使用するためのテスト条件の多くは安全性に関するものであるため、さらなる課題を生み出します。このような条件は、過電流、過電圧、過速度（過回転）、過熱など、重大なエラーのテスト時に適用されます。

#### ソリューション：HIL シミュレーション

広範なソフトウェア機能とハードウェア構成をテストするためのソリューションが、HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションです。制御対象システムと実際の部品がシミュレーションモデルに置き換えられ、テスト中のセットアップ作業の大部分が不要になります。HIL シミュレーションは、自動制御で実行できるため 24

時間体制でテストを行うことができます。テストの自動化は、CANopen、SERCOS、CAN J1939 などの標準化されたフィールドバスプロファイルへの適合を検証するルーチンテストに特に役立ちます。技術的な安全性を承認する手順においても、エラーシミュレーションを伴うテストシーケンスを何度も反復することが必要となります。ここでもまた、テストオートメーションによって大幅な単純化を図ることができます。

#### シミュレーションハードウェアのセットアップ

シミュレータのすべてのコンポーネントは、1つの移動式キャビネット内に統合されています（図 2）。dSPACE システムが、リアルタイムシミュレーション用プラットフォームとして使用されています。このシステムは、プロセッサボード (DS1005) × 1、Electric Drive シミュレーション用 I/O ボード (Electric Motor HIL Solution) × 2、CAN インターフェースボード (DS4302) × 1 で構成されています。dSPACE システムとテストオブジェクト間の接続テクノロジーおよびシグナルコンディショニングは、LTi 社によって計画され実

「dSPACE の HIL シミュレーションテクノロジーは、LTi 社での品質保証および開発にかかるコストの削減に重要な役割りを果たしています」

Dr. Harald Wertz, LTi DRIVES GmbH

対し、ソフトウェア修正時の自動化復帰テストが大いに役立ちます。

#### 課題：実物部品

ソフトウェアのテストは単独で行うだけでなく、多数のハードウェア構成との相互作用のテストも行う必要があります。さまざまなパワーステージ、タイプの異なるモーターおよびエンコーダ、各種フィールドバスおよびテクノロジオプションボードのすべてを、さまざまに組み合わせてテストする必要があります。テストベンチでのテストに実際のハードウェアを使用する場合、インバータおよびモーターの電気的および機械的な組込みなど、さまざまなセットアップ作業が必要です。これは、ソフトウェアのリリースプロセスを長引かせるだけでなく、

図 1：サーボコントローラの一般的なソフトウェアコンポーネント



装されました。また、このキャビネットには産業用 PC を内蔵し、フィールドバスマスターとして機能すると同時に、テストオートメーションソフトウェアのホストとしての役割も果たします。シミュレータにできるだけ高い汎用性を持たせるために、さまざまなドライブ製品で使用されている制御部品用ボードをテストオブジェクトとしてキャビネット内に統合することができます。そのために、引き出し式トレイと、ピン数の多い（ハイピンカウント）堅牢なコネクタを備えた標準化されたアダプタが用意されています。

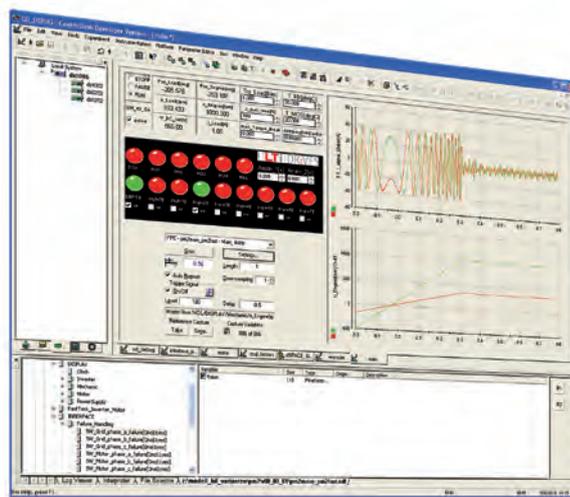


図 3 : ControlDesk のユーザインターフェース



図 2 : HIL シミュレータの外観

### シミュレーションモデル

制御対象システム用のシミュレーションモデルは、Simulink® を使用して作成されました。このモデルは、同期および非同期モーターおよびパワーコンバータなど、dSPACE の ASM Electric Components ライブラリのモデルをベースにしています。これらのモデルはオープンな構造であるため、LTI 社の要件にも容易に適合させることができました。リアルタイムでの三相ネットワークのシミュレーションなどには、The MathWorks® 社の SimPowerSystems Toolbox のコンポーネントも使用されています。

### ドライブの周辺装置

実際のプラントは高度に動的であるため、パワーエレクトロニクスおよび Electric Drive のリアルタイムシミュレーションでは、シミュレーションシステムに非常に厳しい要求が課されます。dSPACE が Electric Drive のために特別に開発した EMH ボードには、一連のインテリジェントな I/O チャンネルが用意されています。FPGA (field-programmable gate array) によって、I/O の高い時間分解能での処理が実行されます。この処理には、パワーステージのために制御エレクトロニクスによって生成される PWM 制御信号の解析と、ポジションエンコーダのシミュレーション中に発生するデジタル信号およびアナログ信号の生成が含まれます。EMH ボードは、通常のアナログリゾルバ

およびエンコーダシステムのシミュレーションだけでなく、シリアル転送プロトコルの SSI、EnDat2.1®、Hiperface® などの TTL インクリメンタルエンコーダのシミュレーションにも使用することができます。このシリアルエンコーダシステムのプロトコルは、柔軟にパラメータ設定することができ、一般的なすべてのエンコーダタイプを表現することができます。

### テストオートメーション

HIL シミュレータとの作業には dSPACE ControlDesk を使用します (図 3)。自動テストの実装には Python スクリプトが使用されています。ホストコンピュータからシミュレータおよびテストオブジェクトへのアクセスは、dSPACE および LTI 社で作成した Python ライブラリを使用して実装され、簡単にアクセスすることができます。

### シミュレーションと実際との比較

リアルタイムモデルの品質を評価するために、まず、11 kW の同期モーターのパラメータを、このドライブの自動調整機能の助けを借りて、実際のテストセットアップ上で決定しました。この自動コントローラ的设计に従って、電流とモーター速度制御のステップ応答を測定しました。次に、HIL モーターモデルは、実際のハードウェア上で識別されたモーターデータを使用してパラメータ化され、ステップ応答は、HIL シミュレータ上のテストオブジェクト

用の同一のコントローラパラメータ設定を使用して記録しました。こうすることにより、それぞれのプロセス間の良好な整合性が得られました (図 4)。

#### 今後の展望

強力な dSPACE ハードウェアおよび専用のシミュレーションアルゴリズムを使用して、リアルタイムでの Electric Drive の HIL シミュレーションを高度の品質レベルで実行することができます。リアルタイムモデルの精度が高いため、どれほど要求の厳しい制御であっても詳細に調べることができます。LTi 社では、サーボコントローラ用ソフトウェアのテストの自動実行以外にも、次のような HIL シミュレーションの用途が有望であると考えています。

- カスタマーアプリケーション用制御パラメータの最適化によるオンサイトでのコミショニングの準備および時間の短縮
- 制御機能に関するハードウェア関連のテストを実行するための、ソフトウェアプロトタイプ of 早期テスト
- ハイブリッドおよび電気自動車用モーターの制御テクノロジーに関する設計データの早期評価 ■

Dipl.-Ing. (FH) Thomas Küsterarent,  
Dipl.-Ing. Jens Schirmer,  
Dr.-Ing. Harald Wertz,  
Dipl.-Ing. Ulrich Schumacher  
LTi DRIVES GmbH, Unna  
ドイツ

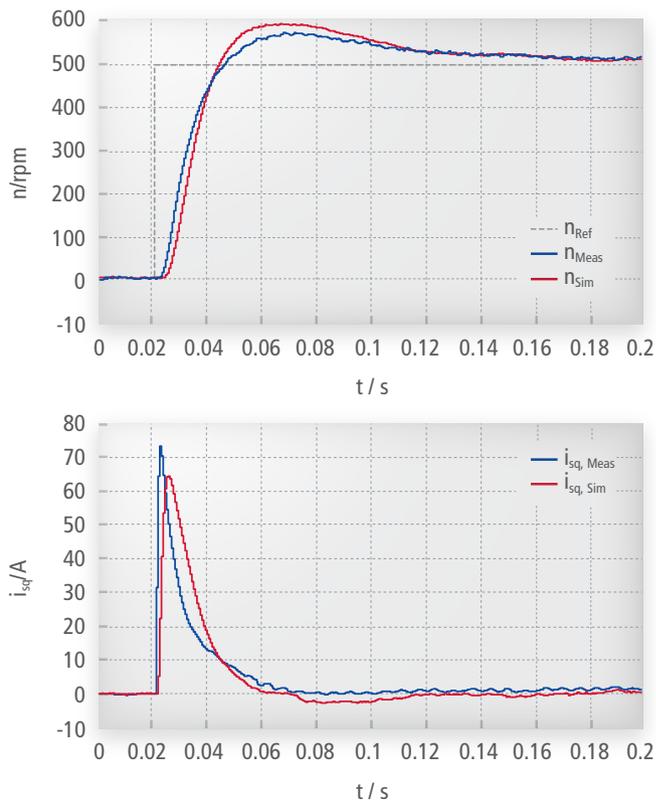


図 4 : HIL シミュレーション (赤色) と実際のテストセットアップ (青色) でのモーター速度制御の比較 (いずれの場合もサンプリングレートは 125  $\mu\text{s}$  に設定)



左から :

工学修士 (FH) Thomas Küsterarent 氏  
テストオートメーション用ソフトウェア  
フレームワークの開発

工学修士 Jens Schirmer 氏  
リアルタイムモデルの開発

工学博士 Harald Wertz 氏  
ソフトウェア開発リーダー

工学修士 Ulrich Schumacher 氏  
HIL ソフトウェアテストプロジェクトの  
プロジェクトマネージャ



# NASA's Top Model

過酷な条件下でのサブスケール UAV 機のテスト飛行

航空機の限界に挑戦するアクロバット飛行の実演は、見ている観客にスリルと感動を呼び起こします。現在、NASA では無人機 (UAV) を用いた、より過酷な飛行条件での研究を行っています。

NASA の空中サブスケール輸送機研究施設 (Airborne Subscale Transport Aircraft Research facility : AirSTAR) では、実機を使うと危険性とコストが著しく高くなってしまふような飛行条件を研究するために、無人機 (UAV) を使用しています。この研究で、飛行制御コンピュータの役割を果たしているのが、無線通信を用いた dSPACE システムです。

#### スケーリング効果： より小さく、より強く、より速く

航空分野における安全性向上のために、NASA の技術陣は、通常ではあり得ない異常な条件下での飛行力学を解明し、制御された安全な飛行を維持する自動化システムを設計しようと日夜研究に取り組んでいます。構造的な損傷、油圧システムの故障、または着氷などの異常事態が発生して、機体の性能が大きく変化すると、制御不能に陥る場合があります。その結果、従来の自動操縦装置は効かなくなり、パイロットは、さまざまな制御が複雑に連動し、操作特性が周期的に変動あるいは分散した状況に直面します。このような飛行条件を研究するために、サブスケール UAV 機が設計され、パイロット操縦テストに向けて高度に自動化された地上局と

統合されました。UAV 機はフルスケールの輸送機の 1/18 の大きさに縮小されているため、このテストモデルではパイロットの入力に対する応答がフルスケール機よりもはるかに早くなっています。しかし、機体の配置形状に合わせて質量分布と密度を縮小する綿密な構造設計により、このサブスケール機では、フルスケールシステムの動的な結合特性および応答特性が保持されています。この機体を用いた飛行テストの結果を時間的に (倍率の平方根で) スケールアップすることで、フルスケールの動的挙動を予測することができます。これにより、商用輸送機の目的用途との関連性が保持されますが、危険性が高い実験や、構造的な負荷がフルスケール機で実行可能な限度を大幅に上回るような実験を実行することが可能になります。

図 1 : UAV 機 (移動地上局の前から撮影) によるテスト飛行は、旅客機の飛行制御コンピュータ用の機能を最適化するのに役立ちます。





- ① ナビゲーションディスプレイ：位置、機首方位、および範囲限界のトップダウンビュー
- ② 航空機構成情報ディスプレイ：地表面投影位置、エンジン設定、テストパターン詳細およびシステムステータスの各種インジケータ
- ③ プライマリヘッドアップディスプレイ：対気速度、高度、g 荷重、飛行経路情報、および警告の各種インジケータの表示を航空機の視界（OTW）に重ねて映し出す総合的な情報投影装置
- ④ セカンダリナビゲーションディスプレイ（安全のための予備）
- ⑤ セカンダリヘッドアップディスプレイ（安全のための予備）
- ⑥ アナログ地上追尾カメラビュー
- ⑦ アナログ機首カメラビュー
- ⑧ 個別モード選択スイッチ（欠陥エミュレーションアルゴリズムおよび制御アルゴリズムを起動）

図2：テストパイロットステーション。dSPACE システムが、UAV 機と無線通信をしながら、継続的にリアルタイムの計算タスクを実行することにより、テストパイロットが望む操作をすべて地上から実現できるようになっています。

### dSPACE システムによる飛行制御

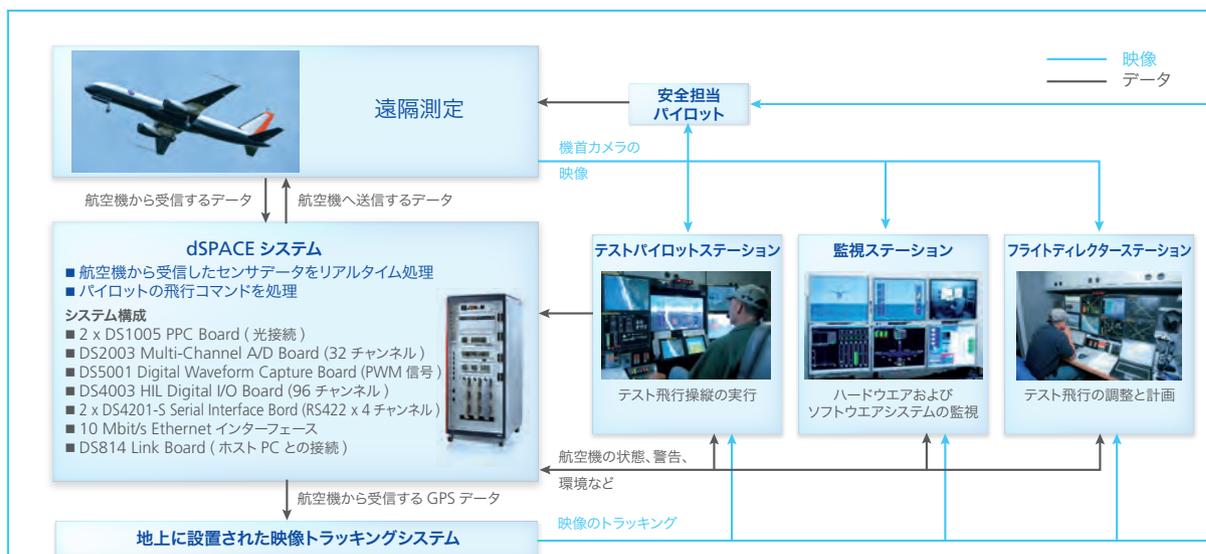
機体は小さくても、NASA がテスト対象としているアルゴリズムは非常に大きなものになる可能性があります。制御理論やリアルタイムシステムの同定は、通常は、MATLAB®/Simulink® などのモデルベースのシミュレーションツールで実装されたアルゴリズムのプロトタイプを使用して、研究者の机上で進められます。AirSTAR プログラムの目的の 1 つは、このアルゴリズムを、飛行テスト用のリアルタイムシステムに合わせて再調整するために必要な時間を削減し、研究者コードを処理するのに十分な計算能力を実現することにあります。この再調整プロセスを迅速に行う

ことで、技術開発の初期段階で実世界でのテスト結果を提供することが可能になり、現在進行中の研究に対して必要な情報と方向性を示すことができます。この機能を実現するために、dSPACE システムが採用されました。dSPACE システムは地上に設置され、高帯域幅の遠隔測定リンクを介して機体と通信します。

AirSTAR 試験施設には、UAV 機自体だけでなく、その機体の操縦と監視を行うための移動地上局が設けられています。地上局のコンピュータシステムは、複数の CPU が搭載された dSPACE ユニットと、互いに接続された数台のワークステーションから構成され、ディスプレイ表示内

容の生成とデータのログへの記録を行います。dSPACE システムの CPU の 1 つは「運航処理システム」を備えており、パイロットの入力の処理（離散、アナログおよび PWM 入出力）、機体との間の遠隔測定ストリームの管理（RS422 シリアルインターフェース）、およびリアルタイムディスプレイに表示するデータの適合と処理（UDP インターフェース）を実行します。dSPACE システムに搭載された 2 つ目の CPU は、飛行中に起動されるさまざまな制御アルゴリズムを研究するためのものであり、機体を設計通りに構成した場合と欠陥を持たせた場合について調査が行われます。これらの制御アルゴリズムは、飛

図3：移動式 AirSTAR 試験施設の概略図。dSPACE システム上に構築された飛行制御システムが、UAV 機から遠隔計測データを受信し、パイロットのコマンドおよびその他のパラメータを UAV 機に送信します。3 つの制御局の 1 つ（テストパイロットステーション）の詳細については、図2を参照してください。



## AirSTAR における標準的なテスト飛行

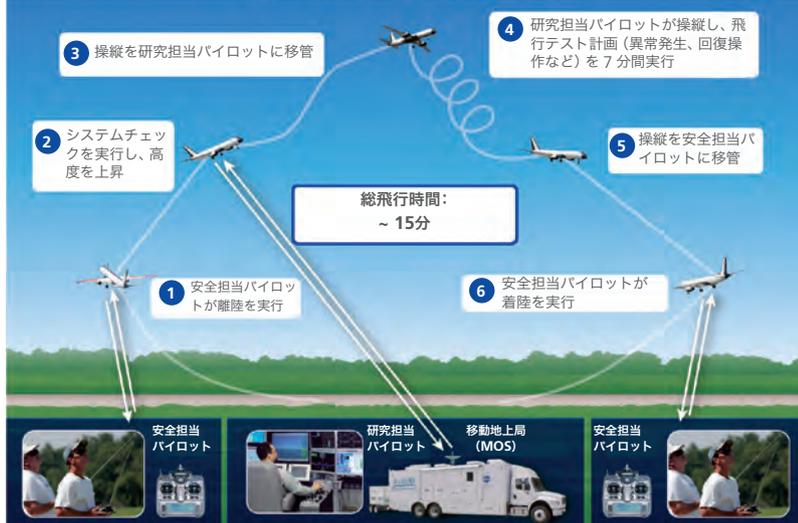


図4：標準的なテスト飛行手順。制御不能シナリオおよび適切な回復操作手順について重点的に研究調査されます。

行実験ごとに規定通りに交換され、機体のシミュレーションモデルを使用して Simulink で開発およびプロトタイプ設計が行われたコードを実装します。この2つ目のコード専用のCPUを使用することで、高レベルの計算能力を発揮できるようになるだけでなく、マスターCPUでソフトウェアの動作を監視し、何らかの欠陥（コー

## 標準的なテスト飛行手順

UAV機は、約15分間の継続飛行が可能です。機体の視認を行う2人目のパイロット（安全担当パイロット）が離陸フェーズと着陸フェーズを実行し、所定の高度に達したら、UAV機をテストパイロットに移管します。飛行プログラムの残り時間はすべてテストパイロットが操作を行い、移動地

「dSPACEシステムを使用することにより、UAV機を用いたテスト飛行中の複雑なリアルタイム計算に要求される性能を実現することができました」

Tommy Jordan 氏、NASA ラングレイ研究センター

ドのロックアップ、セグメンテーション障害、制御の効かない異常動作など）が生じた場合にはそれを分離して、自動的に運航処理システム用コントローラに制御を返すことができるようになります。遠隔測定ストリームは200 Hzで70チャンネル以上の生データを提供しますが、リアルタイムの適当処理、修正処理、さらに派生変数の計算により、このデータセットの量は著しく増大します。500個以上の変数を200 Hzでディスクにストリーム送信する際には、dSPACEのホストPC光リンクを経由して接続されます。これらの変数には、飛行中の制御アルゴリズムを研究するための内部変数の記録用に指定された75個の変数が含まれます。このデータセットは、着陸してから数分以内にMATLABファイルとして利用可能になります。これにより、研究者はテスト結果を把握し、必要に応じて、飛行テスト実施時にテスト計画を変更することができます。

上局内でシミュレータに似たディスプレイから機体を操縦します。NASA航空安全プログラムの一環として実施されているこのテスト飛行の公表されている目標は、特に、いわゆる制御不能シナリオ（搭載システムの欠陥を伴った過酷な飛行状況）を分析し、適切な回復操作手順を評価することにあります。テストパイロットは、飛行制御システムの支援がある場合とない場合の飛行を選択することができます。また、自由に設定した欠陥シナリオを適用して、操縦翼面をロックアップしたり機体の動的応答を不安定にすることもできます。UAV機の構造的強度を上回らないようにするために、負荷保護アルゴリズムで、推進力と操縦翼面の設定を監視し、緊急時に入力を制限することができます。さらに安全担当パイロットは常に、テスト飛行に対する最優先の制御権、つまり、いつでも介入し、テストパイロットからUAV機の制御を引き継ぐことができる権限を持っています。

## まとめと展望

NASAでは、AirSTAR試験施設を使用して、UAV機を用いたテスト飛行を実施し、商用航空における致命的事故のかなりの比率を占める制御不能事故を含む、異常な飛行状況を研究調査しています。地上に設置された飛行制御システムは、dSPACEシステムとして実装され、UAV機が収集した計測値およびテストパイロットの飛行コマンドをリアルタイムで処理し、航空用ディスプレイのデータの生成をサポートして、飛行後の分析用テストデータを記録します。このシステムの今後の計画としては、テスト条件の拡張、アルゴリズムの複雑化、および本システムを別の機体へ導入することが挙げられます。本システムは非常に柔軟な設計になっているため、地上処理システムは、そのアーキテクチャとソフトウェアにほとんど変更を加えることなく、これらの変更に対応することができます。

Tommy Jordan  
NASA Langley Research Center  
USA

Tommy Jordan氏は、米国、NASA ラングレイ研究センターのAirSTARプロジェクト担当マネージャーです。





# AVL Raptor: Hungry for Engines

内燃エンジン用ラピッドプロトタイピングコントローラ

AVL Raptor を使用することにより、AVL グループのすべてのユーザは、複雑なエンジン構成の制御システムを高速かつ柔軟な方法で作成およびテストし、実証と適合を行うことができます。このソリューションは、AVL 社が dSPACE のプロトタイピングハードウェアを使用して開発したモデルがベースになっています。また、ユーザおよびサプライヤが作成したモデルも使用することができます。

## 複雑なエンジン制御に対応可能な ラピッドプロトタイピング

エンジン制御によって、次のような広範囲にわたるエンジン要件にも対応することができます。すなわち、現在および将来の排出ガス規制に適合すること。燃料消費をさらに削減すること。すべての運転状況および運転スタイルを適切にサポートすること。そして、こうしたすべての要件をできるだけ低コストで実現することです。可変バルブトレイン、可変ジオメトリターボ、多段噴射方式のダイレクトインジェクションなどのテクノロジーによってエンジン設計の自由度は大きくなり、これらの要件によってエンジン制御は高度に複雑化しています。エンジン制御は数千のパラメータおよびサブモデルで構成されており、これらの適合には莫大な時間が必要であることが、分析を行った結果、明らかになりました。テストベンチでのコントローラの適合作業だけでも優に12カ月に及ぶことがあり、さらに、夏と冬の実車での適合や、ダイナモメータでの適合を実施する時間も必要となります。大量生産エンジンや商用エンジンの制御では、このような包括的な手順が必要であると同時に効率的でもあります。ただし、実証目的およびエンジンECUソフトウェアのテストの目的でラピッドプロトタイピングを実行するには、より

高速で柔軟なソリューションが必要です。コスト効率性の点から、量産コントローラは過不足なくターゲットアプリケーションに合わせて設計されますが、テスト目的のプロトタイピングシステムには、柔軟なI/O、高い処理能力、複雑性に対処するためのサポート（サブシステムのテストを行うことや、使用する入力変数を少なくすることにより実現）、オフラインシミュレーションが実行できること、プロトタイピングハードウェアを使用してテスト用コードを短時間で生成できることなどが必要となります。

## エンジン制御システムを短時間で 開発するためのプラットフォーム

AVL社は、自動車メーカーおよび一次部品メーカー向けの量産エンジン制御システム開発における長い歴史を持っています。この幅広い経験から、AVL Raptorツールセットは生まれました。このプラットフォームは、ラピッドプロトタイピングだけでなく、通常のアプローチにも使用することができます。MIL (Model-in-the-Loop) 環境を使用してオフラインで機能のテストを行ったり、ラピッドプロトタイピングコントローラを使用してオンラインで機能をテストする環境を開発者に提供します。このプラットフォームはオフラインで

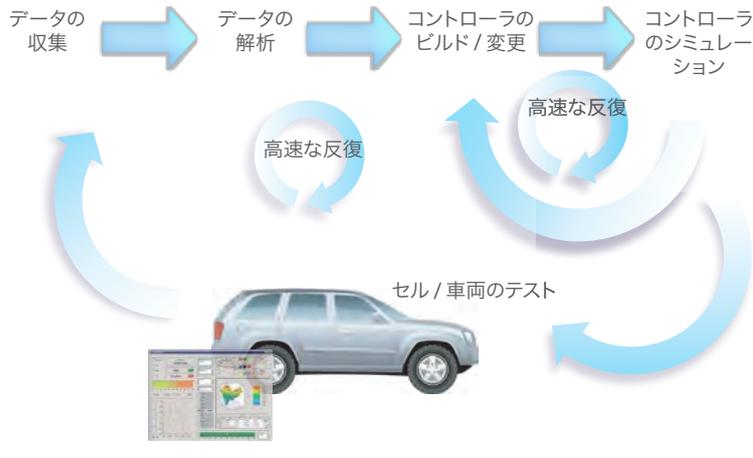
もオンラインでも簡単に使用でき、合成信号を使用して単一機能だけのテストを行うのではなく、すべての相互作用を含むシステム全体のテストを行うことができるため、開発ペースが大幅に促進されます。

## AVL Raptor : プロトタイピングの時間を短縮

AVL Raptorを使用することにより、AVL社の世界中のユーザは、dSPACE RapidProハードウェアやdSPACE MicroAutoBox、AVL社のモデル、ユーザおよびサプライヤから提供されたモデルをベースにした、エンジンECUソフトウェアテスト用のラピッドプロトタイピングコントローラを開発に使用することができます。量産コントローラの使用およびアクセスが可能である場合でも、複雑すぎたり、I/Oに制限があることが多いため、AVL Raptorのようなラピッドプロトタイピングコントローラが理想的なソリューションとなります。AVL Raptorは、一式が揃ったエンジンコントローラ環境です。開発済みのトルク構成と基本的なオペレーティングシステムが含まれ、ソフトウェアはモジュールベースの構成で、すべてのモジュールがライブラリに含まれています。ビルドに必要なモジュールを選択するユーザインターフェースが追加され、新しいアクチュエータなどのコンポーネントの追加や、ガソリンからディーゼルへのコントローラの完全な切り替えを簡単に行うことができます。このコントローラは閉ループフィードバック制御に筒内圧を使用しているため、テストベンチおよび実車での使用に適しています。変更が非常に簡単に行えるため、どのようなエンジンタイプにも使用できます。AVL Raptorを使用する



AVL Raptorを使用することにより、dSPACE RapidProハードウェアやdSPACE MicroAutoBox、AVL社のモデル、ユーザおよびサプライヤから提供されたモデルをベースにした、エンジンECUソフトウェアテスト用のラピッドプロトタイピングコントローラを開発に使用することができます。



AVL Raptor : オフラインシミュレーション、テストベンチ、車両テスト用ラピッドプロトタイピングコントローラ

## 「dSPACE RapidPro システムの柔軟性と AVL Raptor 環境の組み合わせにより、お客様の非常に複雑な開発作業が大幅に加速されました」

Richard Backman 氏、AVL Södertälje Powertrain Engineering AB

### AVL Raptor のハードウェアおよび構成

- MicroAutoBox
- RapidPro ハードウェア
- 一般的なセンサ/アクチュエータの接続 (ユーザ固有)
  - ハーフブリッジ
  - 高圧燃料ポンプ
  - 高圧インジェクタアクチュエータ (多段噴射)
  - インジェクションアクチュエータ (多段噴射)
  - 角度ベース制御を追加することにより最大 12 気筒をサポート
  - さまざまなクランク角度デコーダ
  - カムシャフトフェーズのサポート
  - ラムダセンサ
  - 温度センサ
  - DBC ファイルを使用する CAN 通信
- 車両インターフェース一式
- 筒内圧インターフェース

ことにより、AVL 社とそのユーザは、通常の適合作業に要する時間のわずか 10 % で、必要とされる最終的な状態の 90 % を達成することができます。これは、新しいテクノロジーを採用するときなど、実証目的の使用には理想的です。

### AVL Raptor : モデルの統合およびシミュレーション

AVL 社は、NEDC (新ヨーロッパ走行サイクル) 全体をオフラインで実行するための、一式揃った MIL (Model-in-the-Loop) 環境を提供しています。この環境は、エンジンモデル、燃焼モデル、トランスミッションモデル、ドライバーモデル、センサおよびアクチュエータモデルで構成されています。ユーザは、AVL 社によって開発されたモデルだけでなく、他社のモデルを使用することもできます。モデルおよびコントローラのシミュレーション時間はリアルタイムよりも高速ですが、モデルに対してデータを生成することのできるエンジンがまだ存在していない場合は、AVL 社の提供する高度のシミュレーションツールを使用して、まだ存在しないエンジンのコントローラストラテジのシミュレーションおよび実装を行うことが可能になります。たとえば、このようなアプリケーションには、AVL Boost を使用することができます。開発チームは、dSPACE RapidPro を使用して入力データの収集と解析を行い、コントローラを作成してオフラインでテストを行い、コンパイルを行って最終的にリアルタイムハードウェア (dSPACE MicroAutoBox) にロードします。また、プロトタイピングハードウェア上で、ラッ

#### Richard Backman 氏

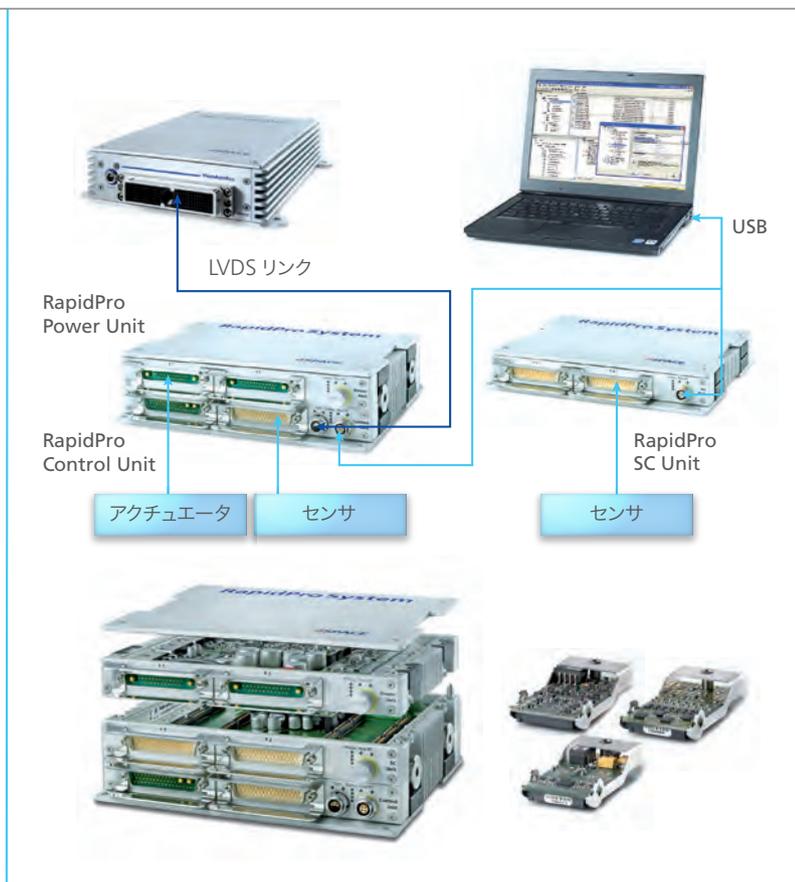
エキスパート、先端エンジニアリング制御/ソフトウェア、AVL Södertälje Powertrain Engineering AB、スウェーデン



#### Jonas Cornelsen 氏

開発エンジニア、先端エンジニアリング制御/ソフトウェア、AVL Södertälje Powertrain Engineering AB、スウェーデン





AVL Raptor に使用されている dSPACE ハードウェア

パコードを使用して、量産コードの妥当性の確認および検証を行うこともできます。AVL 社では、自動テストのために Python スクリプトとともに試験用ソフトウェア dSPACE ControlDesk を使用しています。AVL 社では、AVL Raptor をオフラインシミュレーション、テストベンチ、および実車テストで使用しています。これにより新しいコントローラのバグ全体の約 99% をシミュレーションだけで発見することができます。

#### 現在の使用状況

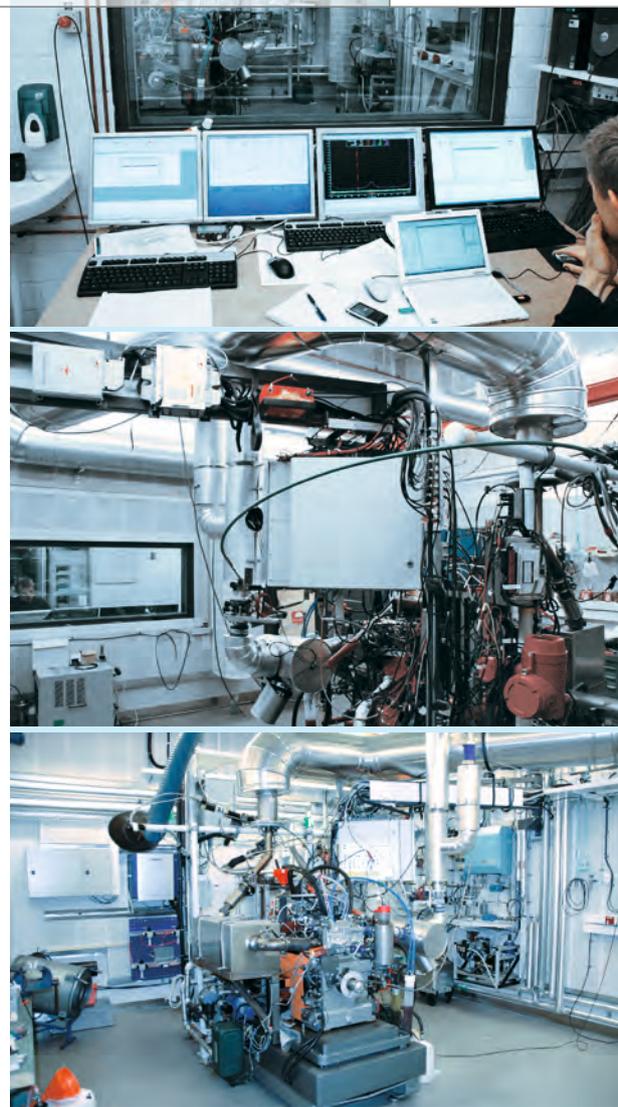
AVL Raptor は、さまざまなプロジェクトで既に使用されています。AVL Södertälje 社では、非常に柔軟なバルブシステムを備えたガソリンエンジン用の単気筒テストベンチの制御に dSPACE システムが使用されています。これと同様のディーゼルエンジン用のテストベンチがストックホルムの KTH Institute of Technology (Kungliga Tekniska Högskolan) で運用され、Linköping 大学および Lund 大学ではガソリンエンジ

ン用の多気筒テストベンチの計画が進んでいます。AVL Raptor を路上テストで使用するためのデモ車両が準備され、まもなく使用できるようになります。

#### 適用分野の拡大

AVL Raptor を使用することにより、AVL 社とそのユーザは、考えられるかぎりの複雑なエンジン構成の作成、閉ループシミュレーションでの開発、および車両での実証を行うことができます。これには、予混合圧縮着火 (HCCI) およびハイブリッドドライブなどのテクノロジーも含まれます。ラピッドプロトタイプングコントローラによって、量産コントローラがまだ存在しない開発段階でも、標準機能の適合やエンジンの耐久テストを実行することもできます。AVL Raptor は、内燃エンジン分野での研究および教育に特に適しています。■

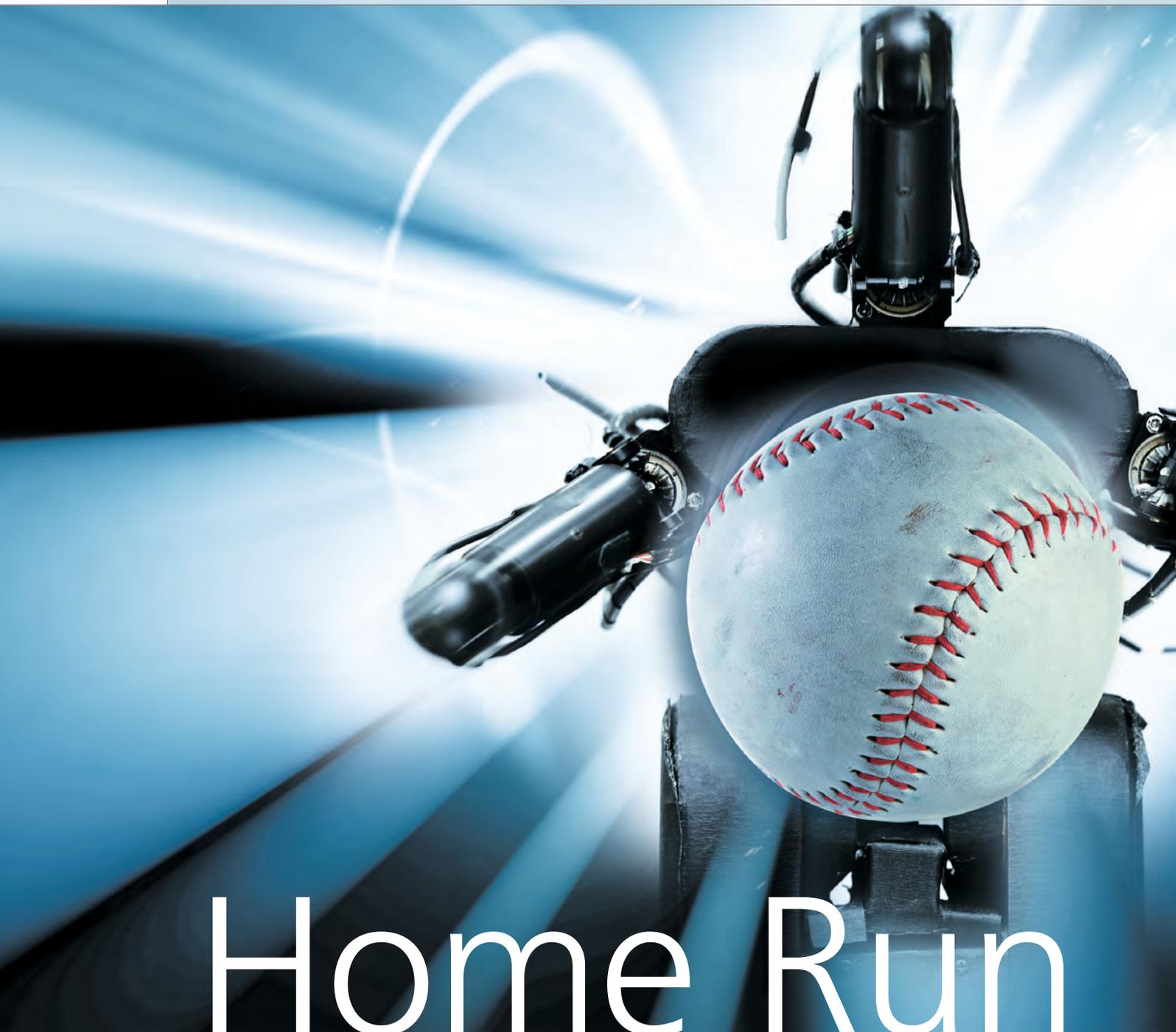
Richard Backman  
Jonas Cornelsen  
Advanced Engineering  
Controls & Software  
AVL Södertälje Powertrain Engineering AB  
スウェーデン



dSPACE システムを使用した AVL Raptor により、たとえば非常に柔軟なバルブシステムを備えたガソリンエンジン用の単気筒テストベンチを制御することができます。

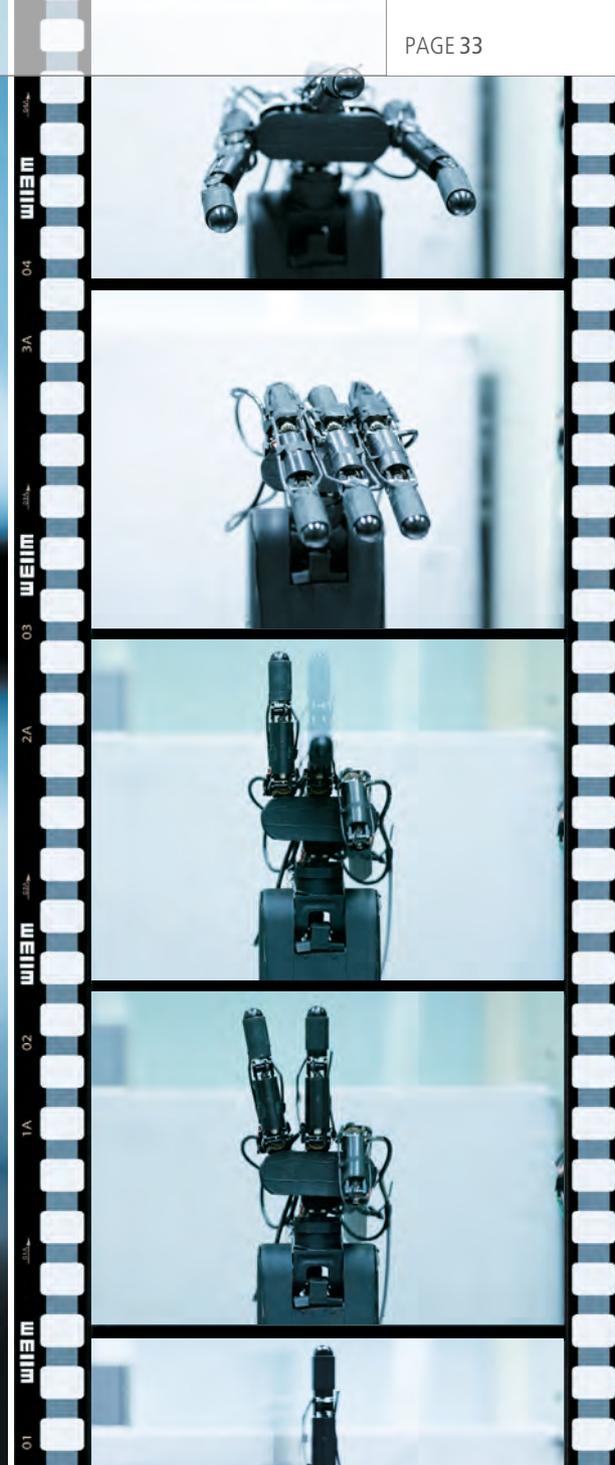
#### まとめ

- AVL Raptor : エンジン ECU ソフトウェア用の強力なラピッドプロトタイプングシステムとして dSPACE RapidPro および dSPACE MicroAutoBox を使用
- 柔軟なモデルの統合、柔軟なエンジンの構成が可能
- 実証およびテストのための適合作業の大幅な削減
- 量産コードアルゴリズム検証のためのプロトタイプングプラットフォーム

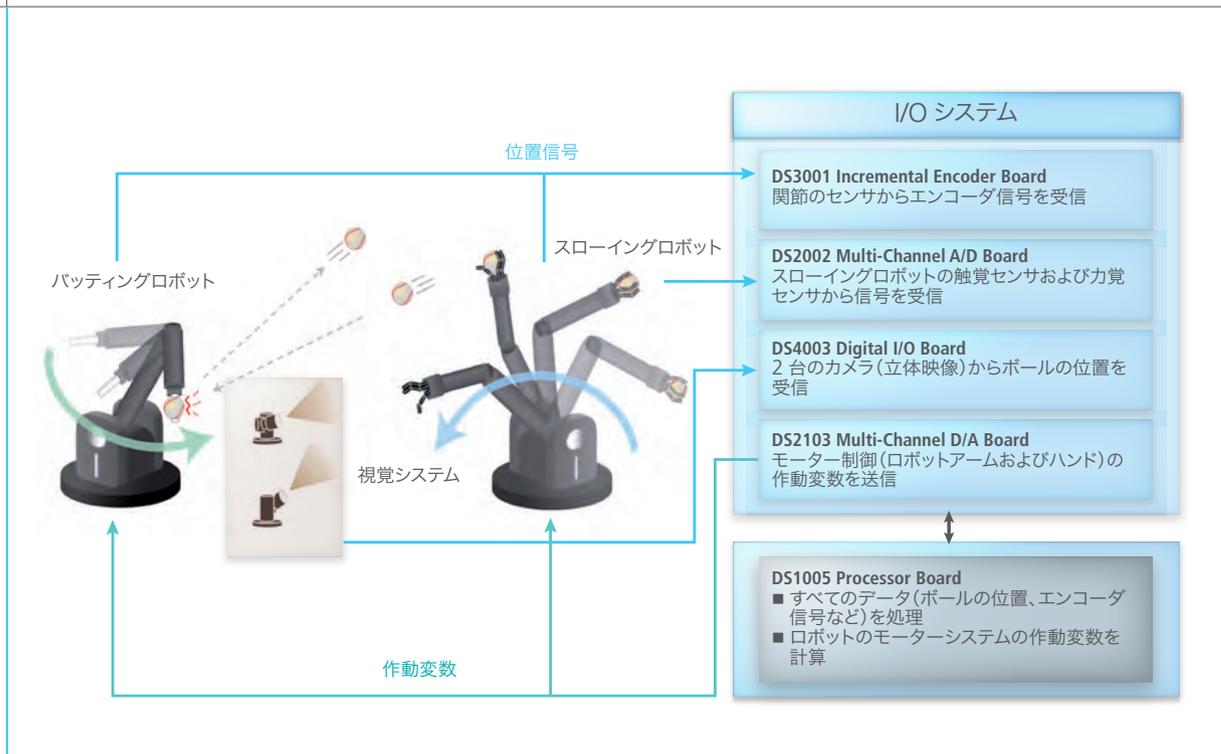


# Home Run in Lab

「ボールを投げて打つ」  
最適な動作を高速に再現する  
野球ロボットシステム



新しい用途を切り開く超高速ロボットへの期待が高まりつつあります。人間の処理能力を超えて、機械システムの限界に挑む、並外れた運動性能や認識機能を追求することでさまざまな応用が期待できるからです。ここでは、東京大学で2台の野球ロボットを用いて行われている研究プロジェクトの概要を紹介します。



スローイングロボットとバッティングロボットを用いて、本物の野球選手の動きを再現するシステムが構築されました。ロボットに搭載されたセンサと立体映像カメラから複数のインターフェースボードを介して得られた信号を評価し、モーターの制御値を計算するために、dSPACE システムが使用されました。

### 人間の認識および運動能力

人間の脳は、従来から開発されてきたコンピュータとは異なり高い順応性を持っています。これは脳が神経系からなる閉じた系ではなく、非常に多くの感覚器を通して外界からの情報を得て、多数の運動制御機能を用いて外界に働きかける開放系であり、外界との情報のやりとりを通じて適応能力や学習能力を高めていくことができるためです。

このような調和のとれた柔軟性・信頼性の高い認識・行動機能を実現した例として、ピアニストやサーカスの曲芸師の高度な演奏や演技が挙げられます。

### 超高速ロボット

東京大学の研究プロジェクトの目的は、人間や従来ロボットの性能をはるかに超える超高速ロボットシステムを構築することにあります。

速度性能を達成するために、システム仕様要件として次の構成要素が用いられました。

- 画像の撮像と転送および計算まで含めて 1kHz で処理が可能な画像処理システム
- トルク対重量比の高い小型モーターを搭載し、安定な操りに最小限必要な 3 本指を備えた軽量のロボットハンド

### システム設計

本研究プロジェクトで構築したシステムは、ロボットアーム、ロボットハンド、視覚システム、各種センサ、および dSPACE ハードウェアをベースにしたリアルタイム制御系から構成されています。

ハンドの指先外周にフィルム状の触覚センサ、指関節に力覚センサを装備して、物体の接触情報を 1kHz で取得します。高速ハンドは、株式会社ハーモニック・ドラ

します。dSPACE システムにダウンロードする制御ソフトウェアは、MATLAB®/Simulink® を使用して開発しました。

### 野球の動作の実験

実験では、一方のロボットがピッチャー、もう一方のロボットがバッターの役割を果たします。スローイングでは肩から手先へ順々と速度ピークの時間を移行することで、エネルギーの伝播効率が向上して高

「dSPACE モジュール型ハードウェアを用いることで、高速ロボットの要となる堅牢で高性能なリアルタイムシステムの構築が容易にできました」

東京大学、博士、妹尾 拓 氏

イブ・システムズと共同で開発し、0.1 秒で 180 度の開閉が可能です。視覚システム (視覚センサ+プロセッサ) は、浜松ホトニクス株式会社と共同で開発されました。カメラヘッドをパンおよびチルトの 2 自由度メカニズムに搭載したアクティブビジョンシステムとすることで、人間の眼球運動と同様に物体を視野の中心で捉えるようにトラッキング制御しています。2 台のアクティブビジョンシステムを用いてステレオ視することで、3 次元形状を再構成

速かつ滑らかな腕の振りを実現しました。バッティングではバットを高速に振り切る動作とボールに追従する動作を分散制御することで、高速にスイングしながら変化球にも対応して打つことが可能となりました。

### スコア

結果として、スローイングロボットが投げたボールを 3.9 m 離れたバッティングロボットがスイング時間 0.2 秒で打ち返



システムとなっています。スローイングロボットは、人間と同様に指を使って、瞬間的にリリースのタイミングと方向を精密にコントロールすることでストライクゾーンへの投球を実現しています。任意に設定した目標地点へ投球することも可能です。バッティングロボットは、アクティブビジョンで計算した3次元位置情報に合わせてバットの軌道も1kHzごとに調整しているため、たとえば変化球や人間がランダムに投げた場合でも打ち返すことが可能です。今回の実験では2台のロボット間の距離が短いため（実験室が狭いため）、バッティングのスウィング時間に合わせて投球速度を制限していますが、実際のピッチャーマウンドとホームベースの距離（18.4 m）に換算すると、理論上は時速300 kmのボールを打つことも可能です。

#### dSPACE システムの役割

dSPACE システムの役割は、センサ情報の受信、スローイングロボットとバッティングロボットの運動軌道の計算、モータードライバへの指令送信です。dSPACE システムには、拡張ボックスを用いたモジュラー方式のアプローチが採用されており、大規模なシステムを構築するのに非常に便利です。■

東京大学

博士（情報理工学）妹尾 拓

## 今後の展望

今後は超高速ロボットシステムを用いてさまざまな技能の蓄積や体系化を行っていきます。既に私たちの研究室ではペン回し、ドリブル、微小物体キャッチなど、非接触状態や不安定状態を積極的に利用した器用な高速操り動作を実現しています。こうした基礎的な技能を統合していくことで、物体との接触状態を常に維持しながら準静的に作業を行う従来型のロボット作業ではなく、ダイナミックな運動を導入した新たなロボット作業形態を創出していく予定です。

デモビデオは以下の Web サイトで  
ご覧になれます。

[www.dspace.com/goto?cv](http://www.dspace.com/goto?cv)

博士（情報理工学）妹尾 拓 氏

東京大学大学院情報理工学系研究科  
創造情報学専攻 石川・小室研究室 特任研究員





# Superbike Success from the Electronics Lab

dSPACE は、BMW 社のモーターサイクルモータースポーツ部門である BMW Motorrad Motorsport の公式パートナーとして、Superbike World Championship (スーパーバイク世界選手権) のサーキットを試験施設内に再現しました。



BMW モーターサイクルモータースポーツチームは快進撃を続けています。BMW Motorrad はスーパーバイク世界選手権に 2009 年より参戦、好成績を収めています。レースでは、安全性の次に信頼性が最優先されます。特に、レーシングマシンのエンジンコントローラの信頼性が最も重要です。BMW Motorrad では、完全に独自開発した電子制御ユニットの品質検証に dSPACE を採用しています。

#### モータースポーツの最先端研究拠点

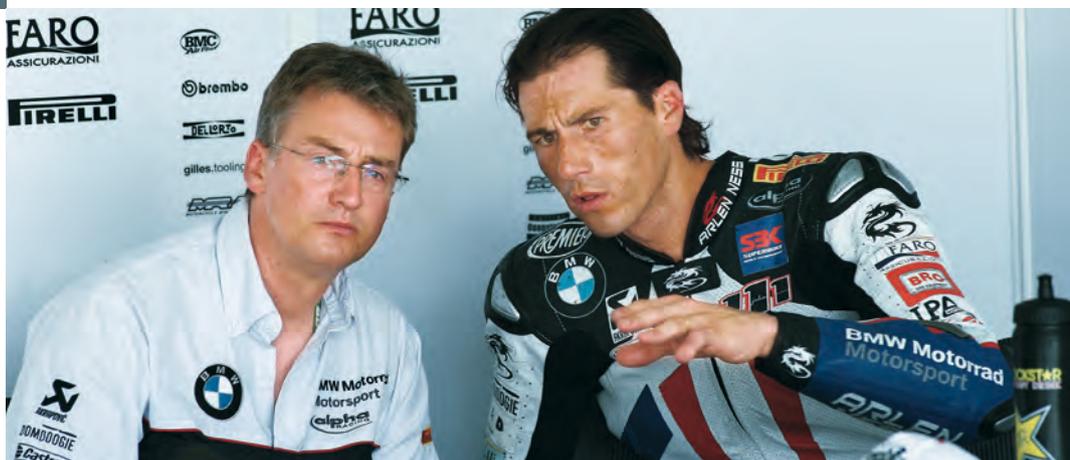
BMW Motorrad にはレースの世界で 87 年の伝統がありますが、スーパーバイク世界選手権では最近参加したチームの 1 つです。BMW チームが S 1000 RR レーシングマシンを携えて、初めてスーパーバイク世界選手権のスタートラインについたのは 2009 年のことでした。BMW 社とアルファレーシングが共同で、ドイツ、オーバーバイエルンのローゼンハイム近郊にあるシュテファンスキルヒェンに、レーシングバイクの開発を行うための最先端モータースポーツセンターを開設しました。BMW 社の開発エンジニアが、ワールドスーパーバイククラスで S 1000 RR が好成績を収めるための開発を担当しています。

#### BMW Motorrad での電子制御装置の開発

電子制御装置の開発は、BMW 社のモータースポーツ分野における中核となるコンピテンスの 1 つです。独自開発のエンジン制御ユニット RSM5 (Racing Sport Engine Control, 5th Generation) が、スーパーバイクプロジェクトで大きな役割を果たしています。プロセッサおよびコンポーネントの選択から、回路基板の設計、低レベルおよび高レベルな機能のプログラミングまで、すべての作業が BMW Motorrad で行われました。これにより、チームはテストトラックおよびレーストラックからのフィードバックに迅速かつ柔軟に対応することが可能になります。たとえば、2009 年シーズンに世界各国で 14 日

>> 39 ページに続く

ポルトガルのポルチマンでのレース直前に、集中した表情を見せる BMW ライダー Ruben Xaus とレーシングエンジニア Wolfgang Martens





# Milestones

## in BMW Motorrad's 87 Years of History

BMW 社の最初のモーターサイクルである R 32 は、チーフデザイナー Max Friz によって **1923 年**に開発されました。

ウェールズで開催された **1933 年**のヨーロッパオフロード選手権 (European Offroad Championship) で、Ernst Henne の BMW チームが、33 馬力 (HP) のボクサー (水平対向) エンジンを搭載した R16 型マシンで、このタイトルを獲得して凱旋しました。オフロードレースは、革新的テクノロジーのテストを行う場でもありました。テレスコピックフォークと最初の BMW リアホイールサスペンションの両方が、この 6 日間の過酷なテストに合格し、量産モデルに初めて採用されることになりました。

Ernst Henne は、**1937 年**に 216.75 km/h の世界スピード記録を樹立しました。この記録は 14 年間も破られることなく、BMW 社はモーターバイクメーカーとして世界中の名声を博しました。

BMW 社のレース用マシンは、**1963 年**に技術的大躍進を達成しました。その新しいシャシーは、米国ハイウェイでの走行安定性における新たな標準を確立しました。このテクノロジーは、**1969 年**には、BMW 5 シリーズに採用されました。

BMW 社の最初のスーパーバイクでの勝利は、**1976 年**、アメリカのデイトナで開催されたレースでした。アメリカ人ライダー Steve McLaughlin が AMA のスーパーバイクイベントで勝利を収めました。写真は同じチームの選手を背後にしたフィニッシュの瞬間です。

BMW 社が **1984 年**に発表した R 100 RS は、世界で初めてフルフェアリングを採用したモーターサイクルです。空力特性と、風雨からライダーを保護することに重点を置いて開発作業が進められました。

ナビゲーションの才能に優れていることから、「アフリカ人」というニックネームで呼ばれていたフランス人の Hubert Auriol は、世界で最も過酷なバリエーダカールラリーに BMW 社のマシンで出場し、**1981 年**と **1983 年**に優勝しました。

**1988 年**、BMW 社は、モーターサイクル用の電子制御油圧式アンチロックブレーキシステム (ABS) を市場に投入した世界初のメーカーになりました。

BMW 社は、INTERMOT **2004** で、最初の横置き 4 気筒エンジンを搭載した K 1200 S を発表しました。その 167 HP (123 kW) の出力で、BMW Motorrad は新しいパワーの世界に入りました。

BMW チームが初めてスーパーバイク世界選手権に参加したのは、**2009 年**、オーストラリアのフィリップアイランドで開催された第 1 戦でした。BMW S 1000 RR 量産マシンは、2.5 kg の軽量レーシング ABS や、傾斜角によってスリップを許すトラクション制御など、革新的な機能を備えています。

**2010 年**、BMW チームのライダー Troy Corser と Ruben Xaus は、ポルチマンでのスーパーバイクイベントの上位 10 位内に入りました。Troy Corser はバレンシアのレースで 4 位に入賞し、これが BMW Motorrad のワールドスーパーバイククラスでの過去最高の成績となっています。ニュルブルクリンクなどの伝説的レーストラックやイモラのサーキットでのますますエキサイティングなレースが続きます。



>> 37 ページからの続き

間にわたり行われた 28 のスーパーバイクレースのために 14 以上のソフトウェアバージョンが作成され、使用されました。

### トッププライオリティは信頼性

電気および電子機器は、バイクの高速化だけでなく、その信頼性の向上にも大きく貢献します。「トップでゴールするためには、まずゴールしなければならない (To finish first, first you have to finish.)」BMW のレーシングバイクチームは、この名言をモットーとして掲げ、ECU のテストに使用する HIL (Hardware-in-the-Loop) システムとして、dSPACE Full-Size シミュレータを選択しました。これには、dSPACE AutomationDesk を使用して、自動化されたテストを実行することも含まれています (図 1)。シミュレータは、主として次の 3 種類のタスクを実行します。

- 自動化された ECU ハードウェアの品質保証
- 自動化された個々の ECU の適合
- 車両モデル全体の使用による高レベルなソフトウェアの開発

## 「BMW Motorrad の開発哲学は、テストトラックやレーストラックに持ち出す前に問題を発見することです」

Ralf Schmidt 氏、BMW Motorrad 社

### 自動化された品質保証

確実に信頼性の高い RSM5 エンジンコントローラをトラックに送り出し、同時に、容易に小規模生産に移せるようにするため、ECU の品質は自動テストによって検証を行う必要があります。レーストラックまたはテストトラック上での故障発生の可能性を排除する必要があるため、電子機器の故障は許されません。

ハードウェアおよびソフトウェアを変更するたびに、ECU には dSPACE HIL テストベンチ上でのほぼ 2 時間に及ぶテストプログラムが課せられます。このテストの入力はシミュレータ上でシミュレートされ、イグニッション信号やインジェクション信号などの出力は、シミュレータを通じて読み取られます。これらの信号は、ASAM MCD-3 インターフェースを介してシミュレータから ECU に送られた ECU の計算



レース前に行うスーパーバイクの最終点検。BMW チームのライダー Troy Corser もやや緊張気味。

値と比較されます。許容偏差の評価が行われ、文書化されて 100 ページ以上のテストログに記録されます。所定の許容範囲を超えるチャンネルがある場合は、ECU 全体を徹底的に調べて厳密なテストを行い、原因を究明して問題を修正します。このアプローチが、ハードウェアの品質とソフトウェアの信頼性を確保し、非常に完成度の高いシステムを実現する唯一の方法です。

のコンポーネントの誤差を補正します。その結果、BMW Motorrad に所属するプロライダー Troy Corser と Ruben Xaus の二人も品質の大幅な向上を認め、製造上の誤差が極めて少ない ECU に非常に高い評価を与えています (図 2)。

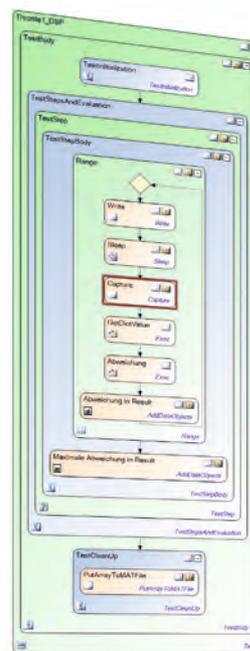


図 1 : AutomationDesk は、テストプロジェクトおよびテストシーケンスを作成および変更するためのグラフィカルユーザインターフェースを備えています。

### 自動化された個々の ECU の適合

ECU の製造個数が非常に少ないため、アナログ入力チャンネルのゲインやオフセットなど、製造上の許容誤差が発生することがあります。この誤差を除去するために、シミュレータによる各 ECU の自動計測が行われます。これには AutomationDesk が使用され、ECU 上の個別の入力チャンネルごとに所定の信号電圧を印加するためのテストプロトコルが実装されています。それぞれの電圧値が ASAM MCD-3 インターフェースを介して ECU からシミュレータに転送され、その偏差がログに記録されます。次に、MATLAB® を使用して、自動的に個別のバイナリ適合ファイルが作成され、ECU のフラッシュメモリに書き込まれます。ECU ソフトウェア内の各機能は、この適合データを使用して、それぞれの ECU 内

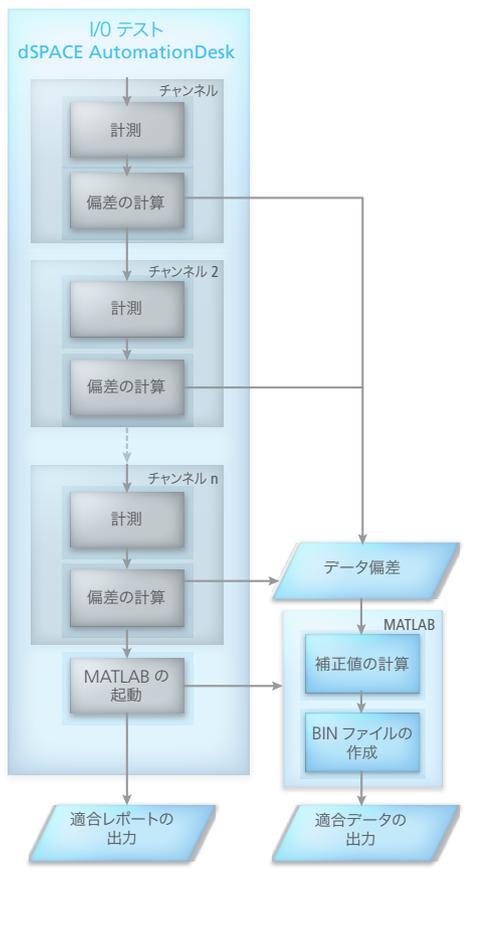


図 2：計測、適合、診断用のフレキシブルなハードウェアとスケラブルなソフトウェアで構成される ECU 適合システムを使用した補正値の決定

### 車両モデル全体の開発

BMW S 1000 RR のレーシングバージョン専用のピークルダイナミクスモデルの開発作業が、2009 年末に開始されました。このモデルの開発には、MATLAB/Simulink® が使用され、車両の直進方向のダイナミクスに重点が置かれています。その目的は、トラクション制御、発進制御、ウィーリー制御などの複雑な制御機能を、試験施設内でできるだけ実際に近くシミュレートするための実車の表現を作成することにあります。シュテファンスキルヒェンの開発施設は、そのための理想的な環境をチームに提供します。この開発センターには、細部に至るまですべての面で正確に実車を表現するために必要な、エンジンおよびシャシー分野の専門家のノウハウと、アルファレーシングチームのノウ



dSPACE HIL テストベンチによる BMW Motorrad Motorsport の RSM5 エンジン ECU の試験施設内でのテスト

ハウがすべて揃っています。これによりレーストラックのレンタルや、スタッフ、設備などに関連した時間と費用が大幅に削減されています。

### 試験施設内のレーストラック

S 1000 RR によって繰り返し行われたテスト走行と、2009 年ワールドスーパーバイクシーズンにおける 28 回のレースで、RSM5 エンジン ECU に統合された強力なデータロガーによって大量のデータが記録されました。これらのデータは、この車両の新たに開発されるモデルに対して、次のような stimulus 信号として使用することができます。

- スロットルグリップ
- ステアリングアングルの設定
- 前後輪ブレーキの油圧
- ギアポジション
- ギアシフトレバー操作力
- 始動ボタン
- 緊急停止スイッチ

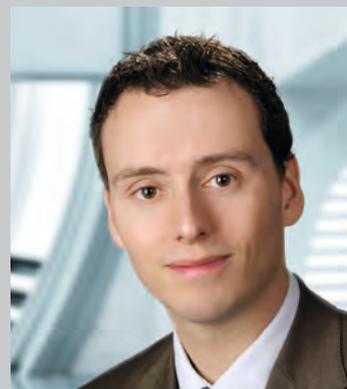
試験施設での最初の実験によって、直進方向のダイナミクスモデルの計算値が、実際のレースバイクの値とほとんど同じであることが分かりました。このシミュレーションは、ニルブルクリンク、モンツァ、バレンシアなどの伝説的なサーキットを網羅しています。これらはすべて、スーパーバイク世界選手権の開催地であり、したがって、dSPACE シミュレータでのシミュレーションに使用するデータコレクションとしても有効です。

### 横方向のダイナミクスの課題

横方向のダイナミクスは車両モデルの中で最も困難なブロックです。二輪走行の車

両のピークルダイナミクスは、バイクライダーの体重移動によってタイヤの接地力が絶えず変化するため非常に複雑です。車両の重心の正確なモデルのみが、これらのダイナミクスを表現することができます。たとえば、ライダーは体重を前に移動することにより、ウィーリーと呼ばれる加速時の前輪の浮き上がりを抑えようとします。タイトなコーナーでは、ステアリングアングルによって車両は最大 65 度も傾斜します。タイヤの接地力と、それによるエンジンの駆動力の伝達は、ライダーの体重移動に大きく依存します。したがって、これらの動作の現実的なモデルを作成することが目的であり、それによって BMW チームが引き続きワールドスーパーバイククラスで成功を収めることにあります。

Ralf Schmidt 氏  
BMW Motorrad Motorsport  
Electrics/Electronics Development  
ミュンヘン、ドイツ



## スーパーバイク S 1000 RR – 技術データ

エンジン排気量	999 cm <sup>3</sup> 、4 ストローク、4 気筒、水冷
トランスミッション	6 速
出力	> 200 HP (>14,000 min <sup>-1</sup> )
ボア x ストローク	80 x 49.7 mm
圧縮比	14:1
乾燥重量	162 kg
前輪サスペンション	Öhlins 倒立テレスコピックフォーク ø 43 mm
後輪サスペンション	Öhlins TTX

「完全な信頼性と ECU コントローラの製造誤差が極めて少ないこと。この2つの要素は不可欠であり、そのためには自動化された ECU 品質保証システムは BMW Motorrad にとって欠くことのできないものになっています」

Ralf Schmidt 氏、BMW Motorrad 社

### ワールドスーパーバイク 2010 の展望

BMW チームのライダー Ruben Xaus と Troy Corser は、2010 年のシーズンでも安定した成績を取めることを目指しています。チームの目標は、S 1000 RR の電気/電子コンポーネントとシミュレーションモデルを改善し、スーパーバイク世界選

手権での S 1000 RR の勝利に大きく寄与することです。■

Ralf Schmidt  
BMW Motorrad Motorsport  
Electrics/Electronics Development  
ミュンヘン、ドイツ

S 1000 RR のパフォーマンスに満足の表情を見せるスーパーバイクライダー Ruben Xaus とレーシングエンジニア Wolfgang Martens





Formula Student は、レースのスピードだけではなく、さらに重要となる、ノウハウを競う有名な国際大会です。2010年のシーズンが今まさに始まるようになっていますが、dSPACE はドイツのパダーボルン大学の UPBracing チームを訪ね、開発作業の進行状況を詳しく取材して来ました。このチームは、電気/電子コンポーネントの拡張に努め、電子クラッチの導入も行っています。





# Behind the Scenes

UPBracing チームは、Formula Student 2010 に向けてレーシングカーの新しいコンポーネントの微調整を行っています。





### Formula Student が扉を開く

ドイツでは、Formula Student チームの存在しない大学はほとんどありません。ドイツ技術者協会 (VDI) が、2006 年から Formula Student Germany を開始しました。その後、この競技は大きなプロジェクトに成長しています。大学や自動車産業は大きな関心を寄せ、暖かいまなざしで見守っています。参加している学生達は、この競技が将来への扉を開いてくれるものであることを理解しています。就職活動の対象である協賛企業は、Formula Student の経験のある学生を求めているからです。この数年来、Formula Student Germany の登録が開始されると、わずかに数分で登録枠が埋まってしまうことも不思議ではありません。

各チームは進歩を続け、ドイツ内での競技の水準も向上し続けています。既に、他の国々と比較して、最も公正で最もレベルの高い競技として高く評価されています。毎年、主催者は競技の難度を上げて、専門的な開発プロセスが途切れることなく続くように努めています。UPBracing チームは喜んでこれを受け入れています。dSPACE 製品を使用して、若きエンジニア達は、今年の夏にホッケンハイムリンクで、審査員や観客に大きな印象を与えるような素晴らしい革新を考え出しています。

### 電子制御による高速化および軽量化

パーダーボルンの未来のエンジニア達が、新しい車両コンポーネントを計画し、数週間の研究の後に、そのテスト、製作、測定を行う際の鍵となるのが創造力とチームワークです。UPBracing チームは、他

の 77 の登録チームに対抗して、今年は、独自に設計したレーシングカー PX210 の軽量化と、エンジン出力の向上のための 3 つの新しい取り組みに重点を置いています。

続部が事前に計画されるなど、新しいケーブルハーネスの設計作業は非常に複雑で詳細に渡っています。結果は大変良好で、わずかながら車両の軽量化にも役立ち、不具合を発見しやすく、信頼性も向上しています。

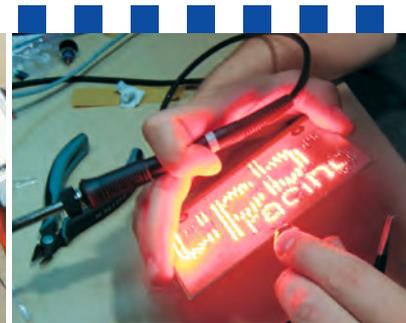
## 5 番目のインジェクタを追加することで、燃料の使用効率が向上し、5 HP の出力向上が見られました。

### 構造化ケーブルハーネス

これまでの PX208 では、各ケーブルはそれぞれ個別に組み込みおよびシールドされ、不具合が発生したときの修正が困難でした。新しい車両には、構造化ケーブルハーネスが採用され、簡単にアクセスできるようになりました。コンポーネントの位置を変更するたびに、ケーブルハーネス全体を作り直す必要がないように、すべての接

### 第 5 インジェクタの追加による 5 HP の出力向上

第 5 インジェクタの組み込みにより、出力および効率も向上しています。UPBracing チームは、気化熱の大きな E85 燃料を使用しています。この効果を利用し、シリンダ内の空気の冷却を早く開始することができるように、学生達はエアダクトの始点に 5 番目のインジェクタを取り付けまし





## カウントダウンの開始

UPBracing チームには、レースが始まる前にやらなければならないことが、まだ多く残されていますが、フォーミュラワンの気分を味わうことのできる夏の大会までの時間は、どんどん残り少なくなっています。今年は、8月4日～8日に開催されるホッケンハイムリンクでの競技だけでなく、Formula Student Austria のスタートラインにも並ぶ予定です。

して学ぶものです。学生達は計り知れない創造力と熱意を示しています。学生達は絶えず新しい問題を探究し、革新的な計画の立案に非常に意欲的であるため、週60時間も働くことが珍しくありません。いずれにしても、Formula Student の目的が「モータースポーツを楽しみ夢になる」ことには変わりはありません。■

た。エアダクトに燃料を噴射することにより、吸入した空気の温度を 30 °C から 5 °C に下げることができ、高速回転時のシリンダへの給気量が増大します。この第 5 インジェクタの噴射値をさまざまに調節する必要がありますが、これはエンジン ECU では調節できないため、学生達は dSPACE の RapidPro システムを使用しています。RapidPro はエンジン ECU と同じアルゴリズムを使用して同時に動作し、5 つの信号すべての並列処理と同期が保証されます。その結果、燃料の使用効率が向上し、5 HP の出力向上が見られました。

### ハンドクラッチ

通常のマニュアルトランスミッション車には、クラッチ、ブレーキ、アクセルの 3 つのペダルがあります。しかし、コンパクトな PX210 では内部空間が狭く、中央のペダルを足で操作するのに苦労します。そのため、今年の PX210 のブレーキは左側に、アクセルは右側にあり、ステアリングホイールのハンドレバーで電子制御クラッチを操作します。ステアリングホイールのクラッチレバーを操作すると、そのデータが CAN バスを経由して RapidPro システムに電子的に渡され、クラッチモーターを制御します。このシステムは公式のフォーミュラワンレーシングカーにも使用されています。当初、ドライバー達は非常に懐疑的でしたが、すぐに夢中になりました。発進がスムーズで、車両の操作性に優れ、運転感覚も良好です。

### チームワークと熱意

全般的に言えば、Formula Student は、学生達にとって単なる設計競技ではありません。参加者が製品プロトタイプ of 全構築プロセスを経験し、元のアイデアから最終的な製造につながる開発作業までの、重要な実際の作業の流れを知る機会を参加者に与えてくれます。「実際の会社にいるかのように働いています」と、UPBracing チームのメンバー Denis Wachsmann は語っています。チームワークと学際的なコミュニケーションが重要な役割を果たします。機械工学、IT、会計など、さまざまな作業グループが相互に常に協調して、相手の取り組んでいる作業に対する理解を深める必要があります。「重要なことは個人の勝利ではなく、チーム全体にとっての成功です」と、同じチームのメンバー Felix Langemeier は語っています。

レース会場でも、参加者と観客は、この競技では公正さとスポーツマンシップが重要視されていることにすぐに気がつきます。主催者側の目的は社交性の促進にも注意が払われており、Formula Student では、これらの資質に対する個別の賞も用意されています。どのチームも勝利を収めたいのが本心だとしても、他のチームが助けを求めているときは、追い討ちをかけるのではなく、援助の手を差し伸べるようにしています。工学系の学生が行う作業の 99.9 % は、実際に行動することを通



dSPACE は、航空機および人工衛星の開発およびテストに特有の厳しい要件に対応するため、新しいインターフェースボードを開発しました。ARINC 429 や MIL-STD-1553 といったアビオニクスバス向けのインターフェースボードのチャンネルや機能が拡張され、新しいブロックセットが追加されました。また、ARINC 717 バスに対応した新しいインターフェースボードも提供します。これらのソリューションは、モジュラー方式の dSPACE リアルタイムシステムを使用して航空宇宙産業向けの HIL (Hardware-in-the-Loop) テストやラピッドコントロールプロトタイピング (RCP) を行うために最適です。

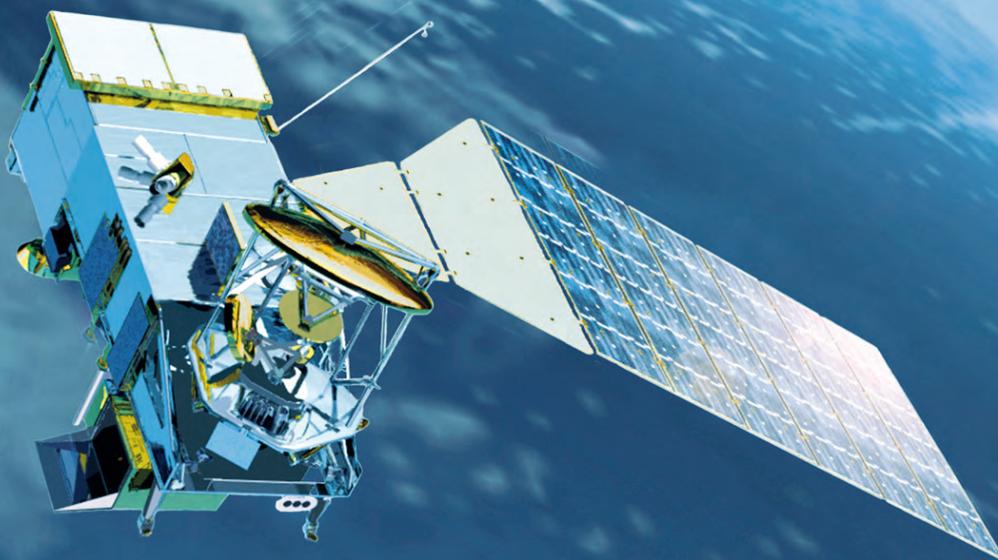
#### 航空宇宙産業用バスを柔軟かつ容易にテスト

航空宇宙産業用途で、HIL シミュレータを使用した複数の電子制御ユニット (ECU) の統合テストを実行する際には、1 つのインターフェースボード上に多数のバスチャンネルが必要になります。また、テスト用のバス通信の設定をできるだけ簡単に行い、テスト対象のバスの特性をすべてサポートすることが要求されます。1 台の HIL シミュレータ上で 1 つの ECU を使用して複数のコンポーネントテストを実行する際には、異なる要求が部分的に発生します。これは、テスト中に使用できないバスノードも、シミュレーションに追加することが必要に

なるためです。ここでもまた、バス通信を簡単に定義する方法が必要になります。また、MIL-STD-1553 では、特別なバス構造を考慮に入れる必要があります。これには、1 個のバスコントローラ、最大 32 個のリモート端末、および 1 個のバスモニターが含まれるためです。コンポーネントの HIL テストでは、バスコントローラをシミュレートする必要があります。統合テストの場合、これは主にリモート端末です。dSPACE の新しい航空宇宙産業用バスソリューションは、これらの要件をすべて満たしています。その理由は、これらのソリューションが、世界有数の航空宇宙産業用部品メーカーおよびシステムメー



米国極軌道運用環境衛星システム (NPOESS) は、地球の天候、大気、海洋、陸地、および宇宙に近い環境に関するデータの収集、伝達、および処理を行っています。サブシステムの開発と統合に、dSPACE の各種ツールが利用されています。



# Avionics for High Flyers

新しいインタフェースボードを使用した dSPACE システムによる  
アビオニクス開発



写真：Lockheed Martin 社



写真：Eurocopter 社



写真：Honda Aircraft 社



### 新しいハードウェアの概要

製品：	キャリアボード：	拡張モジュール：
MIL-STD-1553	DS4504 PMC	QPM-1553 (GE Intelligent Platforms 社製)
ARINC 429	DS4501 IP	IP-429HD-88P (GE Intelligent Platforms 社製)
ARINC 717	DS4501 IP	IP-717-HBP (GE Intelligent Platforms 社製)

カーとの密接な協力のもとに開発されたからです。この新しいインターフェースボードは、Joint Strike Fighter (F35) プログラム、NPOESS プログラム (米国環境衛星)、およびその他のプロジェクトで使用され、実績を収めています。

接続するために、dSPACE では専用のブロックセットを提供しています。このブロックセットは、リアルタイムモデル (HIL テスト用のプラントモデルや RCP アプリケーション用のコントローラモデル) へのインターフェースとなり、通信を直感的に

ユーザは、GUI 環境を備えたブロックセットを使用して、アビオニクスインタフェースボードの全機能に簡単にアクセスできます。

### 統合開発プロセス向けソリューション

MIL-STD-1553、ARINC 429 および ARINC 717 用の新しいソリューションは、PMC および IP フォームファクタにおいて業界で実績のある GE Intelligent Platforms 社製のモジュールをベースにしています。これらのモジュールは、高パフォーマンスのリアルタイム処理用に最適化された、dSPACE の PMC および IP キャリアボードを経由して dSPACE の PHS (Peripheral High-Speed) バスに統合されます。この構成により、開発者は、レイテンシが非常に短い dSPACE のモジュラー方式ハードウェアの利点と、業界で実績のある他社製のバスシステムボードの利点を組み合わせることで、シームレスでトレサブルな開発プロセスが確立され、モデルベースの開発から HIL シミュレータ上でのコントローラのリリーステストまで一気に進めることができます。これらのバスインタフェースを簡単に

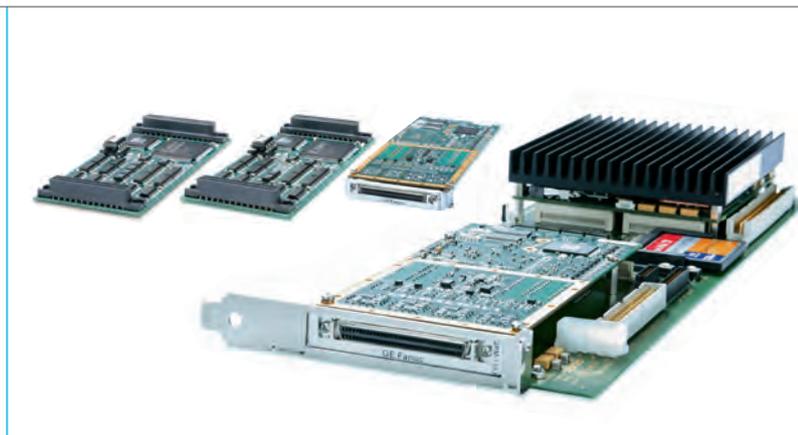
設定するための GUI 環境を提供します。下層プロトコルレベルでインターフェースボードをプログラムする必要はありません。dSPACE の適切な RTI (Real-Time Interface) ブロックセットを利用することで、これらの機能を個々のバスで簡単に使用することができます。特に便利な機能の 1 つとして、設定ファイルを使用してバス通信を設定することにより、Simulink® でモデルのパラメータ設定が簡単に変更できるということが挙げられます。

### MIL-STD-1553

この新しいインターフェースボードは、現行の MIL-STD-1553 A/B Notice II に準拠した、4 つの二重冗長チャンネルを備えています。これらの 4 つのチャンネルはそれぞれ、規格に明記された端末デバイス (バスコントローラ、リモート端末、バスモニター) の 1 つとして、互いに独立してユーザ設定することができます。したがって、この新しいインターフェースボードを有効に活

dSPACE のツールとインタフェースボードを使用して開発された航空機と宇宙船の例：Lockheed Martin F35、Eurocopter EC145、Honda Jet、ESA METOP (上から下へ)。

用することで、高度な機能を備えたコンポーネントを開発したり複雑なネットワークをテストすることが可能になります。最も重要なコンポーネントの1つは、RTIブロックセットです。dSPACEが新たに開発したこのブロックセットには、リモート端末用の送受信ブロックを備えたライブラリが含まれています。ユーザは、ライブラリ内の各種ブロックを使用することで、各チャンネルの機能的動作、それらの物理的レベル、送信されたメッセージ、およびステータス情報への完全なアクセスが可能になります。リアルタイムモデルにおいては、受信ブロックの出力で、メッセージ内容に加えて、タイムスタンプ、コマンド、ステータスメッセージおよびメッセージ数も参照可能です。これらのブロックを使用すると、MIL-STD-1553バス上で最大32個のリモート端末をシミュレートすることができ、ユーザはリモート端末ごとにサブアドレス、ワードカウント、モードコードおよびブロードキャストメッセージを設定することが可能になります。エラーテストを実行する際には、物理バスレベルと送信動作の両方を操作することができます。物理テストでは、バス出力電圧を事前に定義したり、外部から供給することができます。送信動作のテストでは、応答がない場合や遅い場合のタイムアウト時間を設定することができます。特別な機能として、特定のチャンネルをバスモニターとして設定した場合、監視対象のメッセージをリアルタイ



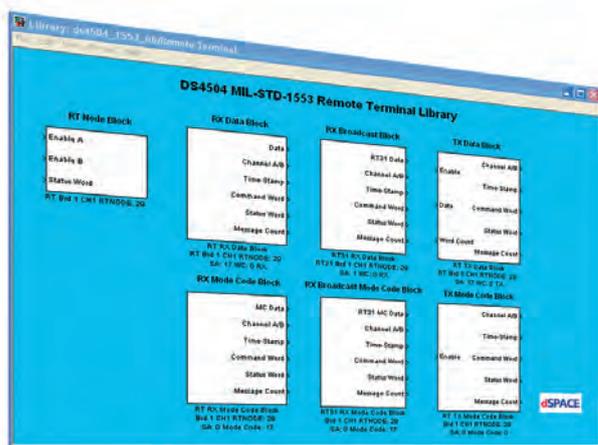
GE Intelligent Platforms社製QPM-1553モジュールが取り付けられたDS4504 PMCキャリアボード。その隣に並ぶのが、QPM-1553、IP-429HD-88P、IP-717-HBP (右から左へ) の各モジュール。

ムで参照できるだけでなく、Ethernet 経由で PC に送信することもできます。

### ARINC 429 および ARINC 717

dSPACEが新たに開発したARINC 429用インターフェースボードは、非常に多くのバスノード間の通信など、アピオニクスネットワーク全体のテストに最適なものとなっています。チャンネル数が旧バージョンの2倍に増やされ、最大32個の送信チャンネルと32個の受信チャンネルを設定することができます。特筆すべき特徴の1つは、初めから開発し直したブロックセットです。これにより、バスチャンネルの設定が大幅に容易になります。使用する設定ファイルでは、ARINCラベルのすべての特性(データフォーマット、開始ビット、データ長、倍率およびSDIフィルタ)を定義します。これにより、ラベルの変更が非常に簡単になります。設定ファイルのデータを使用して、Encodeブロックと

DecodeブロックによりARINCメッセージがリアルタイムモデルで自動的に生成されます。また、受信したARINCメッセージからペイロードデータを抽出することもできます。バス通信エラーに関する重要なすべてのテストを実行するために、ビットカウント、メッセージ間ギャップおよびパリティのエラーを挿入することができます。ARINC 717バスは、ARINC 429バスとともにネットワークテストでよく使用されるもう1つのコンポーネントであり、DFDAU (Digital Flight Data Acquisition Unit) と DFDR (Digital Flight Data Recorder) の間のデータ送信をテストすることができます。ARINC 717バス用のdSPACEインターフェースボードも用意されており、ARINC 429インターフェースボードと同じ利点を利用することができます。■



dSPACEのReal-Time Interfaceの例：新しいDS4504 MIL-STD-1553インターフェースボード用のリモート端末ブロックのライブラリ

## まとめ

MIL-STD-1553、ARINC 429、およびARINC 717用の新しいインターフェースボードは、グラフィカルユーザインターフェース (GUI) を備え、データベースを操作し、通信設定を直感的かつ簡単に行うことができます。これらのインターフェースボードは、dSPACEの高速なモジュラー方式のリアルタイムシステムと連携して使用することで、航空宇宙用途の部品やシステムを開発およびテストするために最適なものとなっています。その理由は、これらのソリューションが、世界有数の航空宇宙産業用部品メーカーおよびシステムメーカーとの密接な協力のもとに開発されたからです。



# Developments on the Electronic Horizon

マップベースの運転支援システム向け統合開発環境



新しいマップベースの運転支援システムは、明日の道路交通の課題を解決する一つの方法です。これらのシステムの効率的な開発には、地図データへのアクセスをフレキシブルに設定可能な、全開発プロセスを通じて使用することのできるツールチェーンが必要です。関連するタスクの課題を解決するために、NAVTEQ 社と dSPACE は協力して開発ツールの連係を進めています。





### 明日の道路交通

将来、自動車産業は大きな課題に直面することになります。高い交通密度、運転者のストレス、情報の過多により、走行中に交通状況の概要を常に把握しておくことが困難になります。この上、人口構成の変化による高齢の道路使用者の増加があります。こうしたことが、さまざまな問題のうち、CO<sub>2</sub>の削減と並んで、道路の安全が大きく取り上げられる理由となっています。

### 運転支援システム導入の背景

これらの課題を解決する1つの方法が新しい運転支援システムです。運転者が交通の流れに沿ってスムーズ走行することを支援し、安全性の向上とエネルギー消費の削減に大きく貢献することができます。今日の運転支援システムの多くは、信頼性の高い車両環境の検出を必要とします。レーダー、ビデオ、または超音波セン

サからの情報が、アダプティブクルーズコントロール、レーン逸脱警告システム、パーキングアシスタントなどのさまざまなアプリケーションの基礎になっています。将来は、先進運転支援システム(ADAS)が、運転プロセスにより強力に自動介入するようになり、たとえば、ブレーキやステアリング操作に介入することにより、走行時における運転者への支援が強化されます。

### マップベース運転支援システム

先進運転支援システムの基本概念の一つは、車両環境からの短いレンジの情報だけでなく、高品質のデジタルマップと車両の現在位置に基づいて、前方の道路についての長いレンジのデータを取得することです。坂道、カーブ、制限速度など、前方の道路に関する詳細なデータが、走行安全性を高め、CO<sub>2</sub>の排出削減に貢献す

る、新しい数々のアプリケーションを生み出す可能性を秘めています。予測型クルーズコントロール、追い越しおよびカーブ速度警告アシスタント、インテリジェントなエネルギーおよび温度管理コンセプト(「Looking forward」、BMWグループ、14ページ参照)などは一例に過ぎません。これらのシステムを総称して、マップベース先進運転支援システム(マップベースADAS)と呼びます。

### 基本原理：エレクトロニックホライズンとモストプロバブルパス

運転支援システムで使用する前方の道路情報を得るために、走行中リアルタイムに評価可能なエレクトロニックホライズンが必要となります。エレクトロニックホライズンとは、一種の仮想センサで、デジタル道路マップの地図データ、車両の現在位置、車両の進行方向を使用して、前方の

マップベース運転支援システムは、前方の道路の地図属性(モストプロバブルパスなど)を利用して、さまざまな車両機能を予測制御します。



デジタルマップ

エレクトロニックホライズン

- 坂道
- カーブ
- 制限速度
- 車線

車両



環境、安全性、交通、人口構成の4大要因によって、将来の移動手段がどのように進化していくかが決まります。

道路についての属性を提示する機能です。これには、坂道やカーブなどの地形的データと、交通信号や走行レーンの数などの交通インフラに関する情報が含まれます。エレクトロニックホライズンは、所定の車両通信ネットワークを通じて、道路データプロバイダから周期的に発信されます。そのため、道路データプロバイダは、車両が走行する予測ルートを絶えず計算する必要があります。このルートをもストロパブルパス (MPP) と呼びます。衛星 (GPS) ナビゲーションシステムでルートを選択した場合は、そのルートが MPP として使用されます。ナビゲーションを使用しない場合は、MPP の決定に、さまざまなヒューリスティクス (経験則) が使用されます。これらのアルゴリズムでは、静的な地図属性だけでなく、走行速度や方向指示器のステータスなど、動的な車両の状況も使用されます。この方法は、衛星ナビゲーションシステムではなく、ユーザーインターフェースを備えていない特にコスト重視の電子制御ユニット (ECU) が使用されている場合にも適用されます。運転支援機能はエレクトロニックホライズンから属性を受け取り、評価を行います。

## dSPACE ツールチェーンは、マップベース運転支援システムのシームレスな開発をサポートします。

す。たとえば、予測型エネルギー管理システムでは坂道や速度制限に関するデータが使用され、アダプティブヘッドライトシステムやカーブ速度警告アシスタントでは道路の曲率の評価が行われます。

### NAVTEQ 社と dSPACE のツールの連携

新しいコンセプトの短期間での実装や、実車テスト、量産ソフトウェアのテストを行うには、適切なツールが必要です。NAVTEQ 社と dSPACE は共同して、マップベース運転支援システムの開発およびテストのための統合環境を開発しました。

### NAVTEQ ADAS RP 開発環境

NAVTEQ 社の ADAS Research Platform (ADAS RP) は、Windows® PC 上で動作する、マップベース運転支援システム向けの開発環境です。ADAS RP

は、デジタルマップを使用して地図の表示、ルートの選択、車両位置の表示などを行う基本的な機能を備えています。また、ADAS RP は道路データプロバイダとしても使用され、MPP およびすべての選択された属性をネットワークサービスなどを通じて送信します。ADAS RP 開発環境は、プラグインを使用して、専用プロトコルを通じて MPP を送信するなど、アプリケーション固有の要件に適合させることができます。

### マップベース運転支援システムに対応した dSPACE ツールチェーン

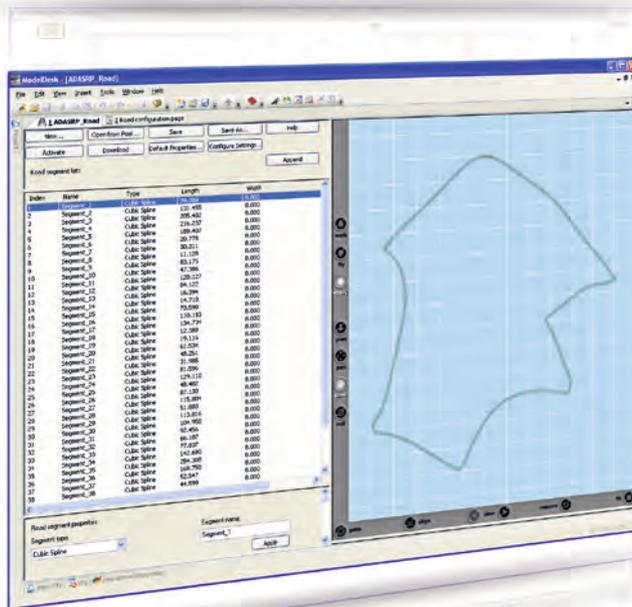
dSPACE ツールチェーンは、モデルベースソフトウェア開発における、マップベース運転支援システムの主要な開発フェーズをサポートします。専用で作成された Simulink® ブロックセットを使用して ADAS RP とのデータ交換を行い、PC シ

シミュレーション用としても、リアルタイムアプリケーション用としても使用することができます。サポートされる開発フェーズを次に示します。

- 自動車用シミュレーションモデル (ASM) およびパラメータ設定ソフトウェア ModelDesk を使用した機能開発および PC 上でのオフラインシミュレーション
- MicroAutoBox または AutoBox を使用した車載ラピッドコントロールプロトタイプング (RCP)
- dSPACE シミュレータと ASM を使用した HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションによる ECU テスト

#### 開発ツールの連携

dSPACE ツールは、ファイルエクスポートおよび User Datagram Protocol/Internet Protocol (UDP/IP) によって、ADAS RP に接続されます。たとえば、ナビゲーションルート、走行シミュレーション用の道路としてエクスポートすることができます。シミュレーション (PC/HIL) またはラピッドコントロールプロトタイプング時には、UDP/IP を通じて双方向のデータ交換が行われます。dSPACE の ADAS RP ブロックセットの受信ブロックにより、ADAS RP によって受信されたエレクトロニックホライズンが Simulink モデルに渡されます。また、送信ブロックに



#### Sinisa Durekovic 氏、NAVTEQ 社

この記事の作成にあたってご協力頂いた、NAVTEQ 社の Sinisa Durekovic 氏に感謝いたします。同氏は、ドイツ、ズルツバッハ (タウヌ) の NAVTEQ 社における ADAS RP の特定アプリケーション向け開発の責任者です。



NAVTEQ ADAS RP (上図) から dSPACE ModelDesk (下図) にルートがエクスポートされます。

より、ASM によってシミュレートされた車両の位置が GSP 座標として ADAS RP に転送されます。RCP アプリケーションでは、車両のセンサによって受信された車両の位置情報を送信ブロックが取得して、ADAS RP への転送を行います。■

# 適用例

## マップベースアプリケーション用統合開発プロセス

### 機能開発と PC シミュレーション

#### タスク

モデルベースの機能開発では、早期の段階で、ECUの新しい機能のテストを仮想環境で行う必要があります。マップベース運転支援システムの開発には、仮想車両と道路および必要に応じて他の道路利用者で構成される仮想環境が必要となります。

#### 開発環境

ASM VehicleDynamics はオープンな MATLAB/Simulink モデルです。パラメータ設定ソフトウェア ModelDesk を使用して、車両、道路、運転操作の定義および構成を行います。ADAS RP 開発

環境はエレクトロニックホライズンの生成に使用します。この2つのツールをネットワークサービスで接続し、1台の Windows PC 上で同時に実行することができます。

#### 役割りと信号

ADAS RP 内で定義されたルートは ASM VehicleDynamics にエクスポートされ、シミュレーション内での道路として使用されます。

走行シミュレーションでは、運転操作によって決定されるさまざまな速度で、この道路上を車両が走行します。車両の位置は、GPS 座標の形式で周期的に ADAS

RP に送られます。ADAS RP は、これらの座標に対応するエレクトロニックホライズンを計算して、シミュレーションモデルに送ります。その属性を利用して、ADAS アルゴリズムによる評価が行われます。

#### 利用効果

- 開発の初期段階での地図データの利用
- 現実的な道路での走行シミュレーション



# 適用例

## ラピッドコントロールプロトタイピング (RCP) : 車両での機能開発およびテスト

### タスク

車両でのマップベース ADAS 用ソフトウェアの開発、テスト、最適化。ADAS プロトタイプが実際の ECU のように車両に統合され、車両のバスシステム (車両 CAN など) と通信する必要があります。また、エレクトロニックホライズンをフレキシブルに構成できる必要があります。

### 開発環境

MicroAutoBox と AutoBox は、コンパクトなプロトタイピングソリューションで、演算負荷の高い組み込みソフトウェアの実行、および車両電装系への統合に適しています。マップベース運転支援システムに必要なすべてのインターフェースとともに構成を行うことができます。通常は、車両

のセンサから GPS 座標が取得されます。必要に応じて、位置検出用の高品質センサ (GPS アンテナ、ジャイロスコプ) を備えたセンサボックスも使用することができます。この位置データは ADAS RP によって評価され、実際の車両位置に対するエレクトロニックホライズンの計算が行われます。

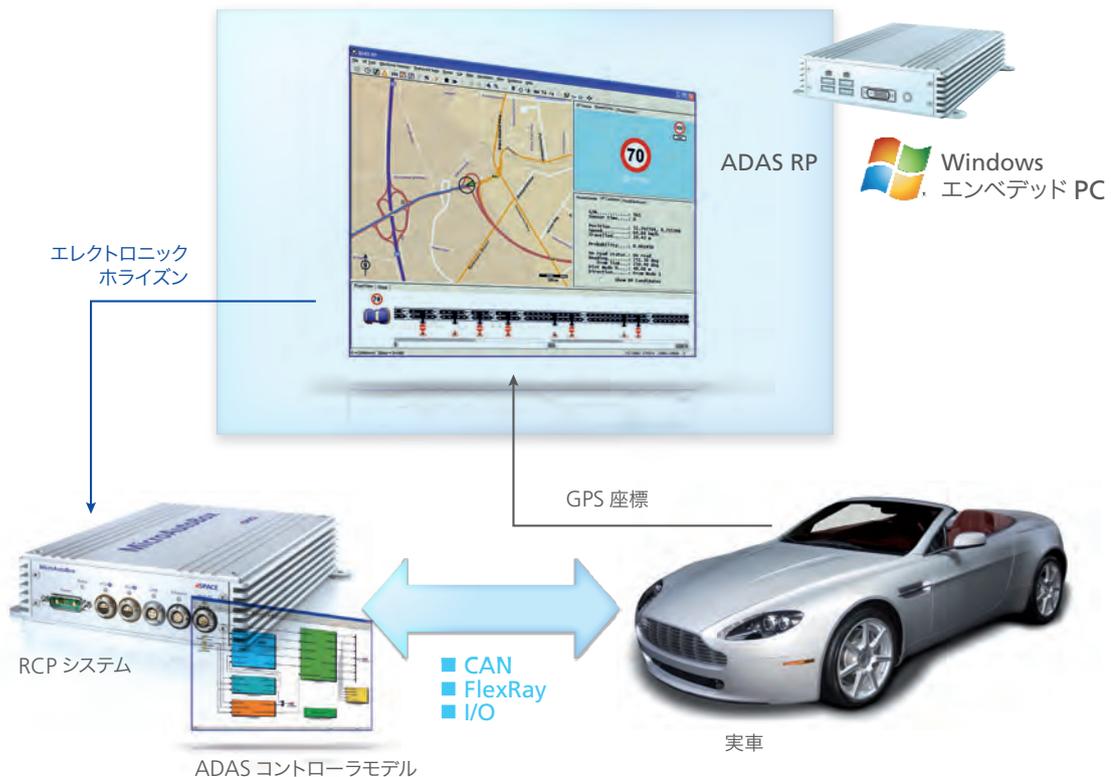
### 役割りと信号

車載センサまたは専用センサ (NAVTEQ 社製センサなど) から取得された位置データが、ADAS RP に転送されます。これによって、車両の位置とデジタルマップとのマッチングが行われ、エレクトロニックホライズン (モストプロバブルパスと道路属性) が 1 秒間に 1 回の周期で同報

通信されます。このデータは、イーサネットで接続されている dSPACE システムによって受信され、ADAS RP ブロックセットを使用してデコードされます。これにより、MicroAutoBox または AutoBox 上でテスト中のアルゴリズムでエレクトロニックホライズンを使用できるようになります。

### 利用効果

- 開発の初期段階で、マップベース運転支援システムのテストおよび最適化に実際の走行条件を使用
- 車両の電気/電子システム内での通信テスト



## HIL シミュレーションによる ECU テスト

### タスク

開発プロセスの一環として、マップベース ADAS ECU の新しいソフトウェアバージョンの制御および診断アルゴリズムを、HIL シミュレータ上でテストする必要があります。量産リリースでは、車両の ECU を使用してネットワークテストも実行する必要があります。

### 開発環境

dSPACE HIL シミュレータは ASM VehicleDynamics モデルとともに、量産対応 ADAS ECU 用の仮想的な制御対象システムを構築することができます。また、車両全体とその環境をリアルタイムでシミュレートするのに必要な、すべてのインターフェースとシミュレーションモデル

を用意することもできます。Windows PC 上の ADAS RP によってエレクトロニックホライズンの計算が行われます。ModelDesk は、車両モデルのパラメータ設定と、テストケース用の道路と運転操作の作成に使用します。

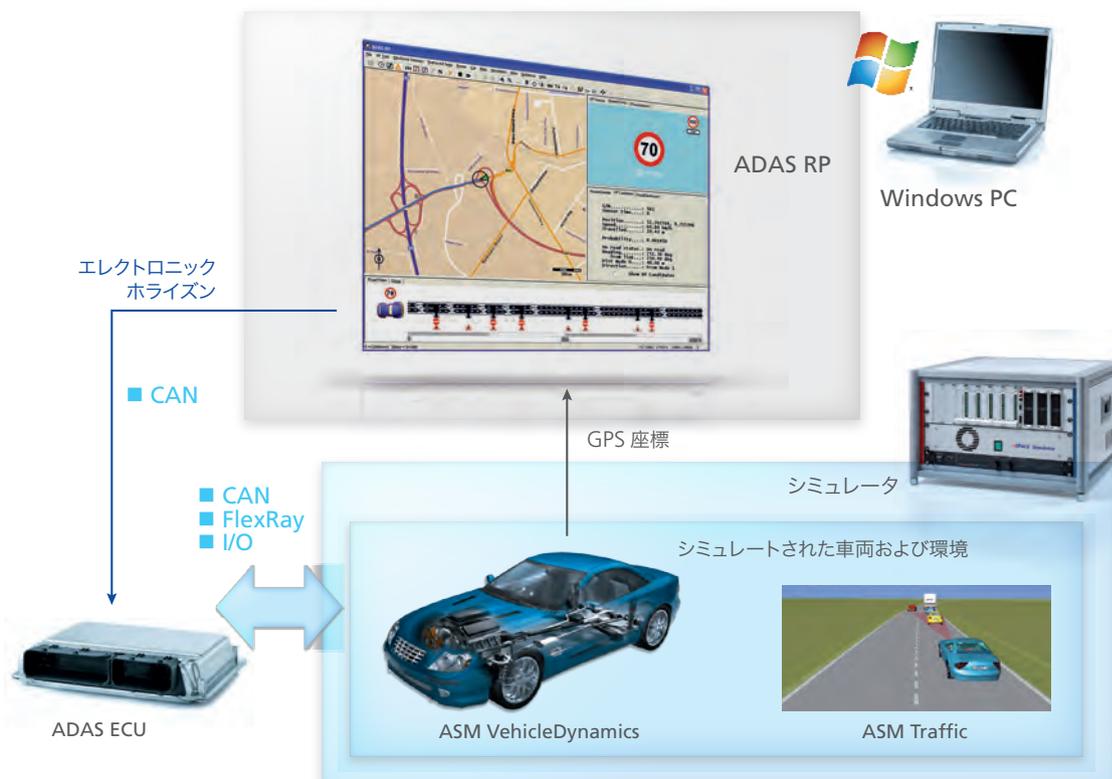
### 役割りと信号

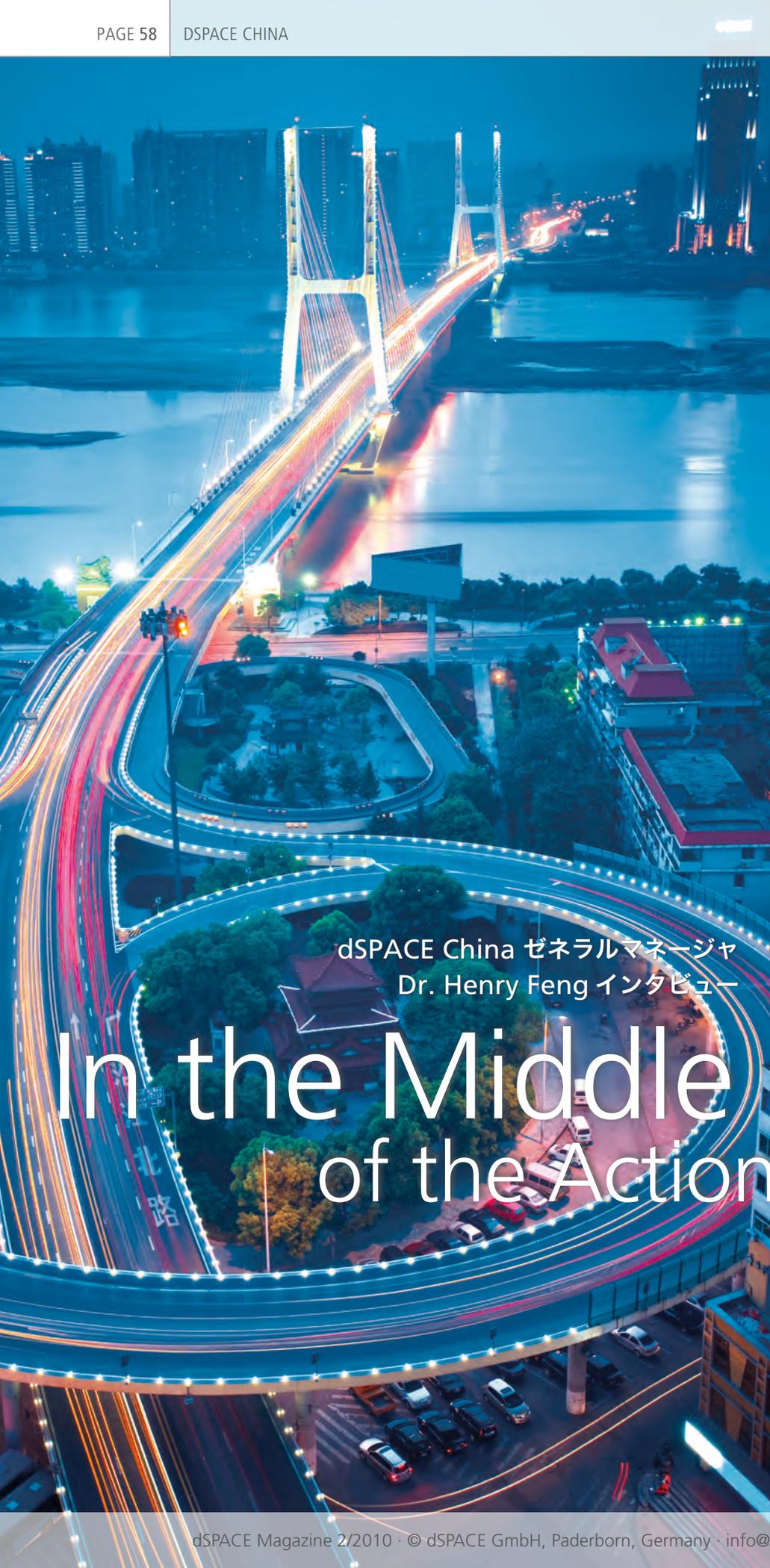
ADAS RP からエクスポートした道路を dSPACE シミュレータ上で使用することができます。車両の位置 (GPS 座標)、速度、および進行方向がシミュレーションモデル内で計算され、イーサネットを通じて ADAS RP に渡されます。ADAS RP は、車両位置に対応する MPP を計算し、エレクトロニックホライズンの属性とともに、マップベース運転支援 ECU に (CAN

経由などで) 送信します。このようにして、閉制御ループ内で、マップベース ADAS ECU のテストを行うことができます。また、自動的に再現可能な ECU テストを通常どおりに実行することもできます。

### 利用効果

- 自動化された、正確に再現可能なテストケース
- コンポーネントおよびネットワークレベルでの機能テストおよび診断テスト





2009年度の自動車販売台数が1,380万台に達した中国は、今や世界一の自動車市場になりました。それでも中国では、自動車の所有者は70人に一人の割合に過ぎません。13億の人口を有する中国には、まだ大きな潜在購買力が存在しています。このダイナミックなマーケットに子会社を設立したdSPACEは、まさに活動の真っただ中にいます。

dSPACE China ゼネラルマネージャ  
Dr. Henry Feng インタビュー

# In the Middle of the Action

お客様にとって、dSPACE China はどのようなメリットがありますか？

dSPACE は、代理店を通じて、中国市場で 10 年以上も前から業務を続けてきました。大規模化した今日のシステムを詳細に記述し、その開発をスタートさせ、開発プロセスに統合するために、お客様はツールベンダと絶えず直接コミュニケーションを図る必要があります。そのため、2010 年 2 月から、中国国内のお客様へのサポートは上海の新しいオフィスで直接行うことになりました。これにより、中国のお客様は、経験を積んだ dSPACE の現地担当者から直接エンジニアリングサービスを受けることができ、コミュニケーションも容易になりました。

dSPACE China には、どのような担当者が在籍していますか？

包括的で質の高いサービスを提供するコンサルティング、エンジニアリング、サポートのグループとファイナンスの担当者が在籍しています。初期段階の計画からプロジェクトの実装まで、直接お客様をサポートする、フィールドアプリケーションエンジニアおよびコンサルタントも配置しています。担当エンジニアは、ドイツの dSPACE 本社のエンジニアリング部門および開発部門で経験を積んだ dSPACE エキスパートです。私たちは、dSPACE プロジェクトの広範な経験を持った自動車の専門家によるチームの拡充を常に心がけています。

Dr. Feng さんは中国で生まれ、スウェーデンに長くお住まいだったそうですが、どのような経緯で dSPACE で働くようになったのですか？

1995 年に私は、二人の組込み制御エキスパートとともにスウェーデンで代理店 Fengco を設立しました。ですから、私は 15 年以上も前から、dSPACE の事業内容を非常によく理解しています。今、dSPACE China と中国のお客様のために私のノウハウを役立てることができることを非常に嬉しく思います。

中国市場の特徴と、dSPACE China がそれにどのように対応しようとしているのかをお聞かせください。

自動車の製造に必要な政府の認可を受けている中国企業数は 100 社以上にのぼります。そのうちの 50 社が実際に自動車を製造し、そのうちの 5 社は、製造する車

両と電子機器の開発も独自に行っています。中国市場は流動的です。合併企業も数多く存在し、さまざまな変化が起っています。現時点で、10 社の主要 OEM が、中国で販売される自動車の 90 % を製造しています。市場の変化を敏感に感じ取れ

サポートしています。私はこうした活動の中心にいて、すべての調整役を引き受けています。透明性が非常に高く、カスタマーフレンドリなソリューションを保証するために、エンジニアリング、セールス、ロジスティクス、ファイナンスの各部門の調和の

## 自動車の製造に必要な政府の認可を受けている中国企業数は 100 社以上にのぼります。

るセンスを養うには、現場に身をおく必要があります。dSPACE はまさに変化の激しい市場に対応すべく活動中です。私たちはお客様の要求に迅速に応え、スピーディに意見を交換することが重要です。

中国の自動車産業における現在の動向はどのようなものでしょうか？

ハイブリッドカーと電気自動車に大きな関心が寄せられています。中国政府は、代替駆動システムの開発に約 60 億ユーロを投資する計画です。燃料消費と CO<sub>2</sub> 排出の削減が求められる燃料効率の問題は、中国のエンジニアの大きな関心を集めています。dSPACE のツールを使用することで、アイデアを短時間で実現でき、複雑な電子システムをエラーから確実に保護することができます。

あなたの一日の仕事はどのようなものですか？

お客様の満足が私たちの最優先事項です。お客様のプロジェクトの立ち上げからターンキーソリューションまで、総合的に

取れた連携が重要になります。それには、有能なチームと業界との信頼関係のネットワークが必要です。

dSPACE China の第一目標は何ですか？成長すること、dSPACE の市場を開拓すること、お客様に最高のサービスを提供することです。

dSPACE の仕事を家庭にまで持ち込んでいるわけではありませんか？

確かに (笑)、時には 15 時間も働く日があり、気持ちを切り替えてリラックスすることはなかなかできません。それでも、プロフェッショナルなチームを率いて中国のお客様のお役に立てることは大きな喜びです。

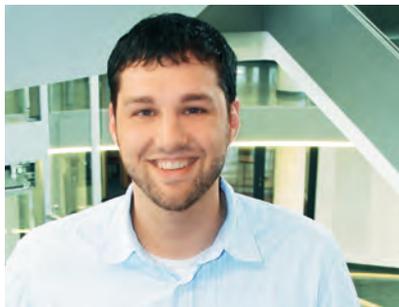
インタビューにご協力いただき、ありがとうございました。





新本社屋のご紹介

# An eXcellent New Building



**Christian Saalbach, ハードウェア開発 :**

「新しい社屋のおかげで、コミュニケーションが非常に良くなりました。コミュニケーションの経路が短くなれば、それだけ早く重要な情報に接することができます、より密接に開発プロセスに携わることができます」



**Britta Dorn, 人事 :**

「特に人事部では、長時間のミーティングではなく、手短な話し合いで済むことがよくあります。新しい社屋に移ってから、電話や電子メールを通じてではなく、直接本人と打ち合わせができるようになりました。手間をかけずに済みます」



**Michael Strugholz, ダイレクトセールス :**

「Xビルに引っ越して嬉しかったのは、製品管理や製品開発部門の人と知り合える機会が増えたことです。新しい社屋のデザインのおかげで、廊下やエレベータで会ったり、昼食を一緒にとるなどに親しくなることができます」



2010年の初め、dSPACEは、Technologieparkにあった社屋から、同じくパーダーボルンに建設したX形の新しい本社屋に、5,650個の家具と12,000個のダンボールとともに引っ越しました。Futuristic、spacious、communicative（斬新で快適な空間とコミュニケーション環境）—この3つのコンセプトが新しい社屋を完璧に表現しています。dSPACEのオフィスがパーダーボルン市の3か所、10棟の建物に分散していた時代は終わりました。全従業員が1つのオフィスに勤務するようになりました。

#### H + X = dSPACE HQ

このdSPACEの社屋は、敷地面積33,000 m<sup>2</sup>、鉄道の中央駅からわずか数分のパーダーボルンの中心地にあり、H形の建物とX形の新しい建物で構成されています。エンジニアリング、ロジスティクス、電子機器製造、購買、テクニカルセールスの各部門は、2006年に床面積5,400 m<sup>2</sup>のH棟に引っ越して来ました。新しい本社屋のX棟の建設は2008年冬に着工し、急ピッチで作業が進められ、2010年1月に完成しました。会社の経営部門に加え、管理、販売、マーケティングコミュニケーション、製品管理、開発の各部門が新しいオフィスに統合しました。

#### モダンで豊かな採光性

すべての社員がすぐ近くで働いています。電子メールを書いたり電話をかけるよりも、お互いに対面して話し合うことができます。それに越したことはありません。会議室が各階の各ウイングに設けられているため、いつでも会議を開くことができます。透明性とオープン性がdSPACEアー

キテクチャの基本概念です。どの部屋も外に面する窓は透明に、廊下側の窓は不透明になっています。この配光が自然で快適な作業環境を生み出し、階段の吹き抜けとガラス張りのエレベータを配置した明るく広い中央ロビーは、この建物の新しさと美しさを強調しています。

#### 省エネルギー

dSPACEは、エネルギー効率における新たな標準を確立しつつあります。適切な温度の水を配管を通じてすべての天井に常時供給する、自然な空調システムが採用されています。この機能はコンクリートコア活性化と呼ばれ、冬には暖房システムを支援し、夏には室温を冷却します。

#### 従業員および訪問客の快適性

dSPACEの社屋は、530台を収容できる6層の新しい立体駐車場も備えています。800人の従業員と訪問客を収容できる、床面積1,600 m<sup>2</sup>の無支柱自立型の食堂が設けられ、大きなイベントの会場としても使用することができます。■

## アインシュタインの微小な効果



スタンフォード大学の研究者グループは、最近、慣性系の引きずり効果 (frame-dragging effect) を測定することによって、これまでで最も精密なアインシュタインの一般相対性理論の検証を行いました。慣性系の引きずり (frame-dragging) とは、惑星のような回転する質量の周囲に発生する、時空間における極度に微小なゆがみのことです。このゆがみを測定するために、2004年に球状のジャイロスコープを4基搭載した人工衛星が、地球軌道に打ち上げられました。ジャイロスコープのサスペンションの電子制御については、打ち上げに先立って包括的なテストが実施されました。このテストには、DS1005 Processor Board、種々のI/Oボード、および試験用ソフトウェア ControlDesk から構成されるテストセットアップも含まれています (dSPACE NEWS 1/2002 に掲載)。アインシュタインの理論によると、各ジャイロスコープのスピン軸は、最初は基準星に対して揃っていても、軌道で1年経過すると微小なずれが現れます。このずれはさまざまな相対論的效果によって発生し、これには、1度の約4000万分の1の差異を生じさせる慣性系の引きずり効果も含まれます。1度の4000万分の1という大きさを想像するには、たとえて言うなら、それは1000 km離れた位置から見たピンの頭の角度と同じくらい大きさです。この研究者グループは、数年間にわたるデータの評価作業を経て、2009年末、ついにこのジャイロスコープの角度における微小な変化を検出することに成功しました。慣性系の引きずり効果の存在を証明したのです。■



## 排気システムのシミュレーション

国際的な規格によって規定されるディーゼルエンジンの排気ガスに含まれる窒素酸化物の制限は、厳しさを増す一方です。こうした厳しい排出規制を順守することは、電子制御された触媒コンバータを使用しなければ不可能です。とりわけ尿素水噴射 (AdBlue または DEF (Diesel Exhaust Fluid) と呼ばれる) を使用する選択触媒還元触媒 (SCR) システムは効果的なソリューションです。これらのシステムの開発では制御アルゴリズムのシミュレーションが決定的な役割を果たします。dSPACE **ASM Diesel Exhaust Model** は、仮定の完全なディーゼル排気後処理システムを提供します。尿素水噴射 (SCR システム) サブモデルに加え、ディーゼル用酸化触媒 (DOC) とディーゼルパティ

キュレートフィルタ (DPF) のサブモデルも含んでいます。このシミュレーションモデルは、Simulink®での制御設計から dSPACE シミュレータでの ECU テストまで、開発プロセス全体を通じて使用可能です。

このモデルの特長は、すべての Simulink ブロックにユーザが自由にアクセスできる点です。モデル化された機能を閲覧することにより利便性が向上し、ユーザはそれらの機能を特定の要件に適應させることができます。排気ガスモデルの個別のコンポーネント (DOC、DPF、SCR) は、さまざまな方法で組み合わせることが可能です。テスト中の後処理システムに対して最適な設定を行うことができます。■

## MicroAutoBox II : 新しいプロセッサボードによる パフォーマンス向上

新世代の MicroAutoBox は、900 MHz のクロック周波数を持つ、完全に再設計されたプロセッサボードを搭載し、ラピッドプロトタイピングアプリケーションでの大幅な処理能力の向上と起動時間の高速化を実現します。その他の新機能として、計測システムや PC などの外部デバイスを接続するための強力な Ethernet ホストインターフェースおよびリアルタイム対応の Ethernet バスインターフェースがあります。コンパクトな設計やパッシブ冷却などの従来の製品でもよく知られた特長はそのまま残し、システムの機械的な堅牢性はさらに向上しています。以前の MicroAutoBox アプリケーションの各種モデルやケーブルハーネスは、引き続き使

用できます。この新しい MicroAutoBox を操作するには、最新の dSPACE ソフトウェアリリースが必要となります。MicroAutoBox II では、2010 年末に向け、さらなる I/O バージョンの追加が予定されています。■



## エコカー競技 – 第2年度



EcoCAR Challenge の第2年度は、工学系学生による設計成果によって競われました。2010年5月末に、北米16大学のチームが機能プロトタイプ車両を発表しました。

参加した全チームの中から、次の5チームが上位入賞を果たしました。この5チームはすべて航続距離延長型電気自動車 (EREV) を設計しました。

1. ミシシッピ州立大学
2. ヴァージニア工科大学
3. ペンシルベニア州立大学

4. ヴィクトリア大学
5. オハイオ州立大学

上位5チームのうち4チームが車両アーキテクチャのシミュレーションと制御方式のテストに dSPACE システムを使用していました。

EcoCAR Year Two の閉会式で、dSPACE は「Embedded Success」賞を3チームに授与しました。同賞は、dSPACE HIL システムの最も効果的な使用事例を発表した EcoCAR Challenge チームを表彰するものです。優勝したのはオハイオ州立大学でした。

2位および3位入賞は、ミシシッピ州立大学とヴィクトリア大学でした。

dSPACE は、今後もエコカー競技のスポンサー活動を続けていく予定です。EcoCAR Challenge の最終年度は、2011年春にクライマックスを迎え、各参加大学のチームは、準量産プロトタイプ車両の開発で優勝を争います。dSPACE は、EcoCAR Challenge に参加したすべてのチームが達成した素晴らしい成果に対し、心から祝福したいと思います。■

## 商用車向けに最適化： 新しい J1939 のサポート

dSPACE は開発ツール RTI CAN MultiMessage Blockset および ControlDesk を、商用車およびオフハイウェイ車両向けに拡張しました。RTI CAN MultiMessage Blockset のバージョン 2.5.1 を使用すると、幅広いレストバスシミュレーションを、商用車で良く使用されている J1939 ネットワークプロトコル用に設定することができます。このブロックセットは、Broadcast Announce Messages (BAM) および Request to Send/Clear to Send (RTS/CTS) Messages トランスポートプロトコルをサポートしているため、各種の機能に加え、大量の制御情報と診断データの転送が可能です。J1939 ネットワーク管理機能 (アドレス要求) を利用すると、実行時に、アドレスの競合の解決や、ECU のアドレスの変更などを行うことができます。

ControlDesk 3.6 では、統合された Bus Navigator で J1939 ネットワークプロトコルがサポートされています。専用の新しいレイアウトには、メッセージの優先度、パラメータグループ番号 (PGN)、送信側

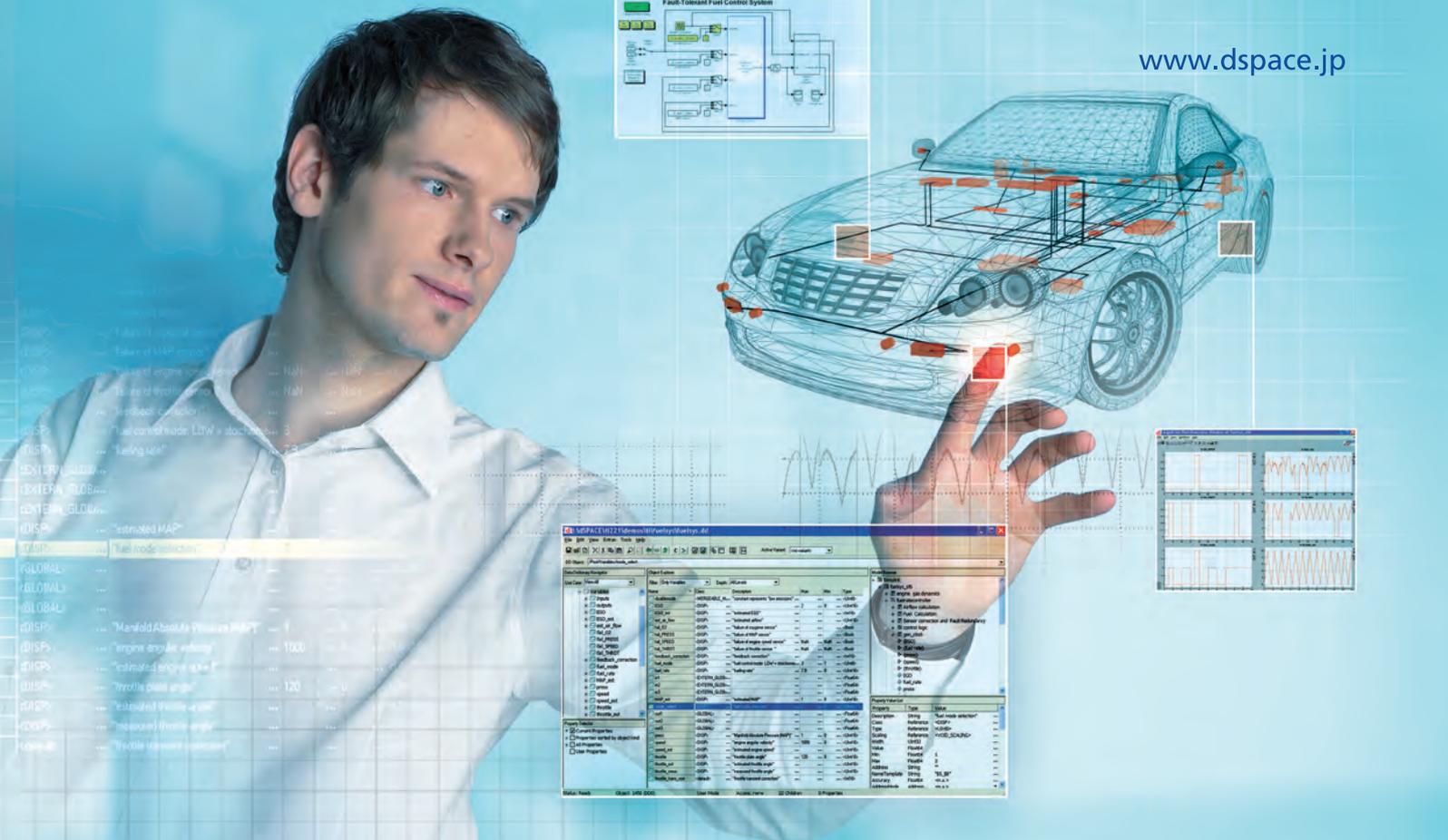
と受信側のアドレスなどの J1939 固有の情報が表示されます。また、J1939 向けに開発されたゲートウェイレイアウトも使用できます。

Bus Navigator でのレイアウトの操作がすべてのバスシステムに対して改善され、以前作成したバスレイアウトを非常に迅速

に開くことができるようになりました。ControlDesk 3.6 では、数 MB の大きな CAN ログファイルも再生できるように最適化されています。

新しい RTI CAN MultiMessage Blockset 2.5.1 および ControlDesk 3.6 は、dSPACE Release 6.6 で提供されます。■





System Architecture

Rapid Prototyping

ECU Autocoding

HIL Testing

ECU Calibration



## TargetLink 100 % Efficiency, 200 % Speed

1999年のリリース以来、dSPACEの量産自動コード生成ツールTargetLinkは、真のサクセスストーリーを生み出してきました。TargetLinkは世界中の制御ソフトウェア開発現場で使用されており、お客様には自動車、航空宇宙を含む産業界の主要な企業が名を連ねています。TargetLinkがこれほど成功した理由は、グラフィカルな開発環境であるMATLAB®/Simulink®/Stateflow®から直接高品質な量産コードを効率性高く生成し、大幅に開発時間を短縮するためです。最新のTargetLinkは、AUTOSARをサポートし、ドイツの認証機関TÜVから安全規格に対する認証を受けるなど標準化、機能安全の対応にも準備万全です。

制御ソフトウェア開発の最短コース、dSPACEのTargetLinkが提供します。

Embedded Success

**dSPACE**