


dSPACE

2/2008

# MAGAZINE

A close-up, high-angle photograph of a car's front end, focusing on the headlight and grille. The headlight is illuminated, showing its internal components and a bright yellow LED strip. The grille below it has a dark, textured mesh pattern. The car's body is a dark, metallic color, possibly black or dark blue, with sharp lines and curves. The lighting is dramatic, highlighting the textures and shapes of the car's components.

Magneti Marelli 社 – SystemDesk に  
よる AUTOSAR 対応エンジン  
制御開発

Automotive Lighting 社 – 光軸自動  
補正ヘッドライトのテストベンチ

Continental 社 – トランスミッション  
開発の手法とプロセスの効率化

# The more efficient Path

組込みシステム向けソフトウェアの業界では、ますます激しさを増す開発競争に勝ち抜くために、手法やプロセス、ツールの効率性を常に改善することが求められています。そして、多くの企業では、モデルベースの開発手法や量産コードの自動生成を採用した結果、決定的な優位性を手にしています。

本号では Continental 社の開発部門による適用事例において、新しい手法がどのように使用されているかを説明いたします。この新しい手法を採用するに当たって、Continental 社の固有の要件に合わせてツールチェーンとプロセスを調整した後、量産プロジェクトで初めて使用され、その成功を受けて、革新的なデュアルクラッチトランスミッション用のソフトウェア開発で使用されています。

dSPACE の量産コード生成ツール TargetLink は、Continental 社の既存の開発プロセスに容易に統合できるため、初期の設計アイデアから生成されたコードの電子制御ユニットへの実装に至るまで、シームレスなプロセスが保証されます。実行可能な仕様は、各種モデルとして用意されています。紙ベースの仕様書に比べ、モデルは容易に把握できるため、関係するすべてのチームが共有でき、開発の最初からシミュレーションによってチェックできます。

ターゲットプロセッサの最終的な量産コードは、ボタンをクリックするだけで生成できるにもかかわらず、実行時間、メモリ使用量、およびソフトウェア品質に関する最も高い要件を満たしています。エラーが発生しがちな手作業によるコーディングが不要となるため、要求されるソフトウェア品質が保証されます。結果は言うまでもありません。従来の手法と比較すると、開発期間は大幅に短縮され、品質も確実に向上します。詳細については、12 ページをご覧ください。



社長 Dr. Herbert Hanselmann

dSPACE は、ハードウェア専門の会社と考えられていた時期がありました。私自身、現在も、具体的に理解しやすいハードウェアは当社のイメージを形成する主要な要素であるという認識はあります。もちろん、色付きの画像が表示された画面の前に座ると、10 インチラックの HIL シミュレータの前に立つのでは、まったく違います。さらに、信頼できるハードウェアは、単純にソフトウェアよりも多くの注目を浴びるということもあります。

しかし、当社の開発投資は、ソフトウェアへの投資額が最も大きくなっています。この状況は、会社設立時から長年にわたって変わっていません。4 人の設立メンバーの中で、純粋にハードウェアのバックグラウンドを持っているのは 1 人だけでした。

過去そして現在も続けられているソフトウェア分野への膨大な投資は、当社にとって不可欠なものです。専門家のお客様は、ハードウェア単体だけを必要としているのではなく、タスクと問題に対するソリューションを必要とされているからです。

このソリューションは、ボードと装置を効果的に動作させる高性能で使いやすいアプリケーションソフトウェアがなければ、存在することができません。

多くの方がご存じのように、現在当社では、dSPACE ハードウェアを必要としないソフトウェアツールも提供しています。その理由は、実質的に、これらのツールが当社製品のポートフォリオの拡張に役立つからです。これは、1999 年の TagretLink に始まり、2007 年の SystemDesk へと続いています。TargetLink の技術および実際に使用されているお客様のサクセスストーリーを、私たちは SystemDesk についても同じように期待しています。

その他、dSPACE ハードウェアに依存しない製品としては、Automotive Simulation Models (ASM) があります。これまで ASM は主に dSPACE シミュレータとともに使用されてきましたが、現在は単独でも利用できます。また、ASM は純粋なオフラインシミュレーションでも使用されており、その後、HIL シミュレーションにおいて簡単に再利用することができます。

これによって、統合開発プロセスという別の大きな利点もたらされます。各種報道によると、ASM は、品質とユーザビリティに関して市場最高のモデルと同等またはそれよりも優れていると言われていました。つまり、さらにもう 1 つの dSPACE ソフトウェア製品のサクセスストーリーが始まったと見ることができます。ほぼ 40 社近くのお客様が ASM エンジンモデルの使用を既に選択され、また 30 社以上のお客様に生産用途でピークルダイナミクスモデルをご使用いただいています。現在当社ではハードウェアに依存しないソフトウェアツールを開発していますが、当社がハードウェア会社であるという事実が変わりはなく、この分野でも一歩先を行くことを目指しています。性能、遅延時間、信頼性、車載適合性、パッケージング、柔軟な I/O 機能などで、当社が開発した製品はどの分野でも高い評価を得ています。今後ソフトウェアの比率は高くなると思われませんが、これからもハードウェアは dSPACE のトレードマークとも言うべき特徴の 1 つであり続けます。

社長 Dr. Herbert Hanselmann

RTI CAN MULTIMESSAGE BLOCKSET | PAGE

58

TARGETLINK 3.0 | PAGE

54

AUTOMOTIVE LIGHTING 社 | PAGE

46

dSPACE MAGAZINE は、下記により定期的に発行されています。

dSPACE GmbH · Technologiepark 25  
33100 Paderborn · Germany  
Tel.: +49 52 51 16 38-0  
Fax: +49 52 51 6 65 29  
dspace-magazine@dspace.com  
www.dspace.com

編集長およびライター：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  
協力：Dr. Ulrich Eisemann、Björn Müller、  
Karsten Theissen

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

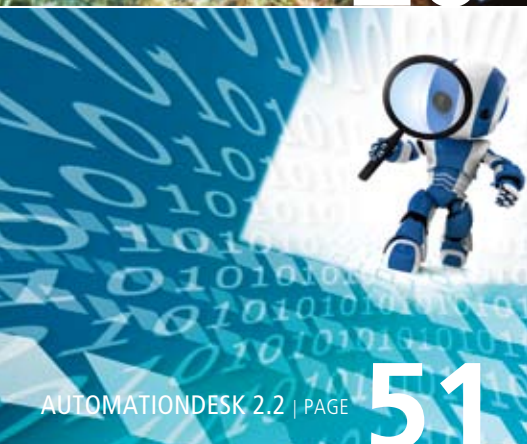
デザイン：Krall & Partner、Düsseldorf  
メディアデザイン（レイアウト）dSPACE：  
Tanja Raeisi

印刷・翻訳協力：株式会社 シュタール ジャパン

© Copyright 2008  
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。

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



- 2** ハイライト  
The More Efficient Path
- 3** 社長挨拶  
Dr. Herbert Hanselmann

## お客様の事例

- 6** Engine Management the AUTOSAR Way  
AUTOSAR 対応のエンジンマネージメントシステムの開発 (Magneti Marelli 社)
- 12** Shift Gears Quickly  
モデルベース開発における TargetLink を使用したトランスミッション制御ソフトウェア開発 (Continental 社)
- 20** Hunting Waves in Space  
dSPACE システムを使用した重力波の研究 LIGO (レーザー干渉計重力波観測装置)
- 26** Diesel Meets Electric  
ディーゼルエンジンと電気モーターを組み合わせた建設機械用ハイブリッドドライブの開発 (Deutz 社)
- 32** ACC in the Loop  
dSPACE シミュレータによる効率的な ACC 開発 (株式会社 日立製作所)
- 36** Personal Rapid Transit  
dSPACE MicroAutoBox を活用した新パーソナル輸送システムの開発 (ATS 社)

- 40** Smoothing the Tension

dSPACE プロトタイピングシステムによるウェブテンションの最適制御 (ミュンヘン工科大学 / PTS 社)

- 46** Turning Night into Day

キセノンおよび LED 自動車用ライトの自動調節 (Automotive Lighting 社)

## 製品

- 51** AutomationDesk 2.2  
Completely Error-Free  
新しい機能 <デバッグ>
- 54** TargetLink 3.0  
A Successful Combination  
再設計されたブロックセットとモデルリファレンス機能
- 58** RTI CAN MULTIMESSAGE Blockset  
Communication Under Control  
RTI CAN MultiMessage Blockset での大規模な CAN ネットワークのテスト
- 64** MES Model Examiner  
Automatic Compliance Checks  
TargetLink モデル向け自動ガイドラインチェッカ
- 66** ニュース
- 67** お知らせ

# Engine Management AUTOSAR Way



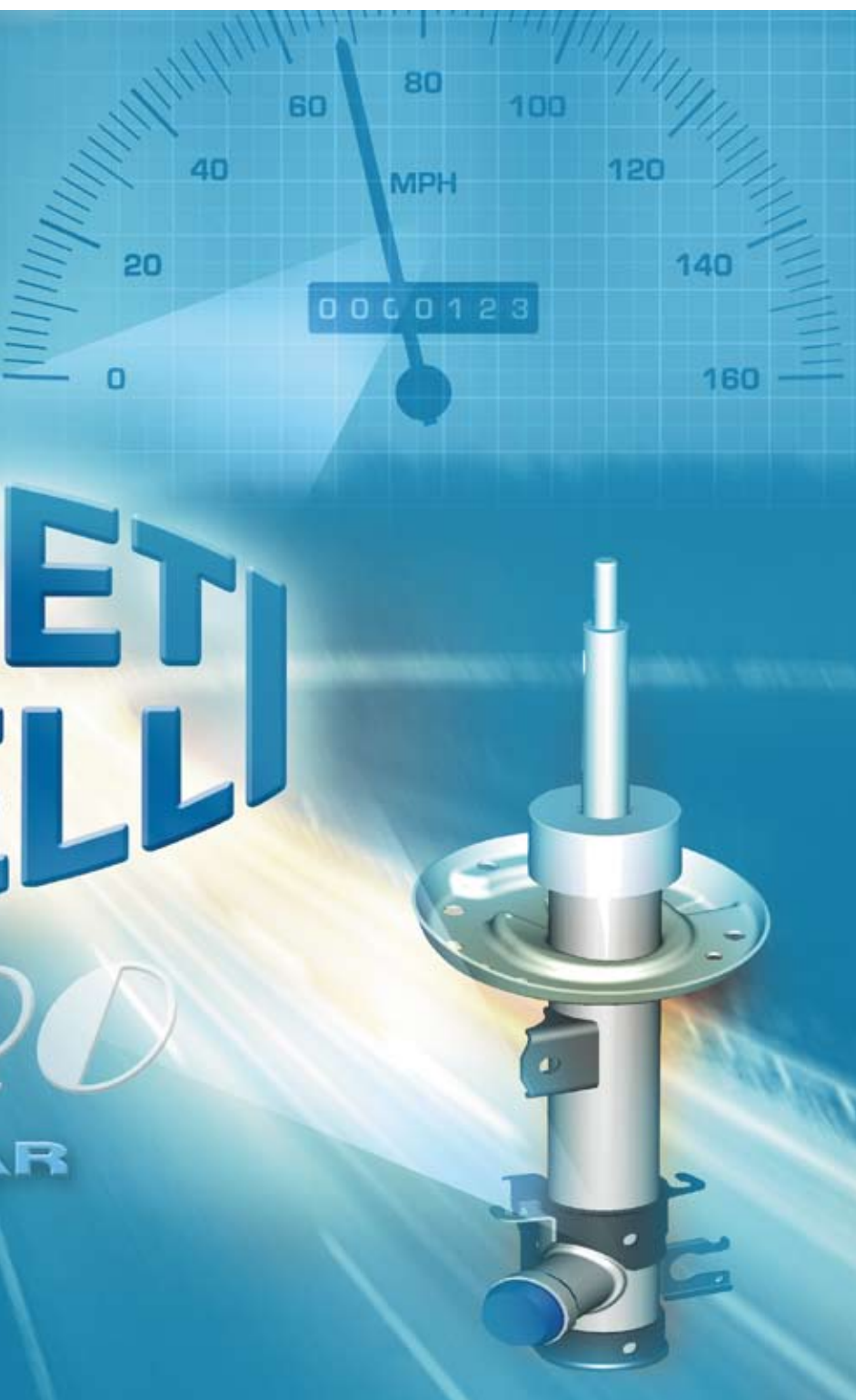
# MAGN MARE



# X-PP AUTOSAR

# the

AUTOSAR 対応のエンジンマネジメントシステムの  
開発 (Magneti Marelli 社)



AUTOSARは、自動車サプライヤと自動車メーカーの開発部門でクリティカルな話題となっています。この規格では、複雑なシステムを実装する際のオーバーヘッドが過大になるという話をよく耳にします。Magneti Marelli社は、AUTOSAR対応のエンジンECUプロジェクトを通じて、この内容が間違っていることを証明しました。

「Magnetis Marelli AUTOSAR Cross-Project X-PRO」は特別なプロジェクトで、当社ではAUTOSAR準拠のソフトウェアアーキテクチャの実現可能性を検証する専用のデモンストレータ（デモシステム）を開発しています。このソフトウェアアーキテクチャには、複雑なエンジン管理システムも含まれています。具体的な作業手順としては、既存のエンジンECUのソフトウェア全体をAUTOSARに移行してから、同じECUに再実装します。通常、エンジン制御ソフトウェアはサイズが非常に大きいので、各モジュールの再利用ができることはきわめて重要です。この点だけでも、AUTOSARによるソフトウェア開発は私たちに利益をもたらします。

dSPACEと共同で作業を行うため、私たちは、システム設計ソフトウェアであるSystemDeskの新しい自動化機能が主要な役割を果たすアプローチを選択しました。このデモンストレータプロジェクトは、実現可能性を検証すること、パフォーマンスおよびリソース消費の情報を収集することが目的であるため、まったく新しいアーキテクチャを設計することはせずに、大部分は既存のECUソフトウェア設計をそのまま利用しました。そのために、ソフトウェアアーキテクチャとスケジューリングの再構成に必要なすべての情報を既存のECUデータから抽出し、スクリプト（図1）を使用してSystemDeskに転送しました。この手順では、AUTOSAR準拠のアーキテ

クチャがほぼ自動的に生成されるので、SystemDesk側に必要な手作業による調整はごくわずかです。

#### データおよび情報の準備

AUTOSARが登場するまでは、すべての実装情報の記述に利用できる規格がなく、個別のソフトウェアモジュールを体系的に再利用することはできませんでした。したがって、私たちの最初の作業は、さまざまなデータソースからECUの構成、パラメータ設定、および実装のデータを収集し、それを後続の処理のために一つに集約することでした。たとえば、スクリプトを使用して、既存のTargetLink制御モデルからアーキテクチャの情報を抽出しました。また、ASAP2ファイルなどの記述

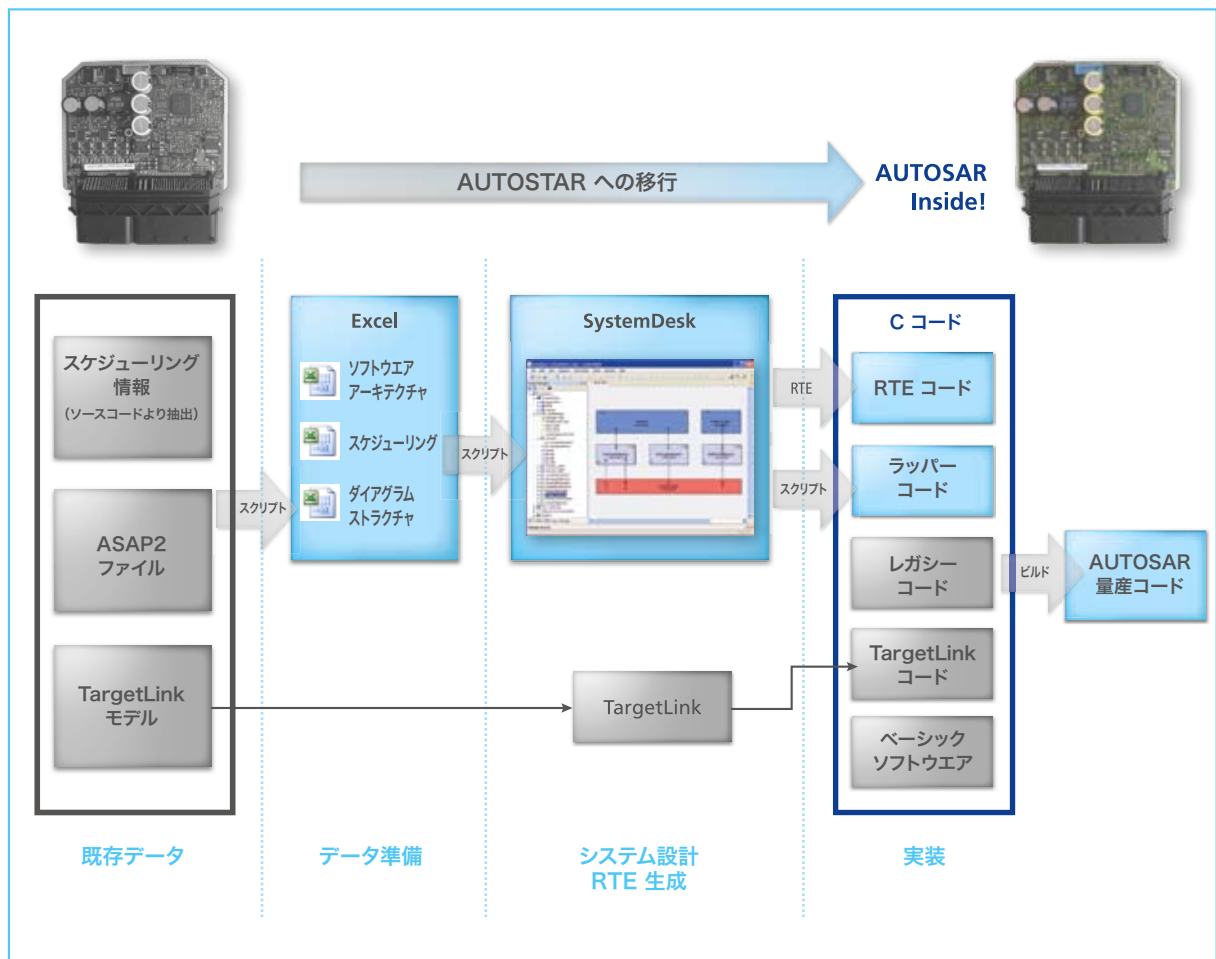


図1：AUTOSAR 移行のための全体のワークフロー



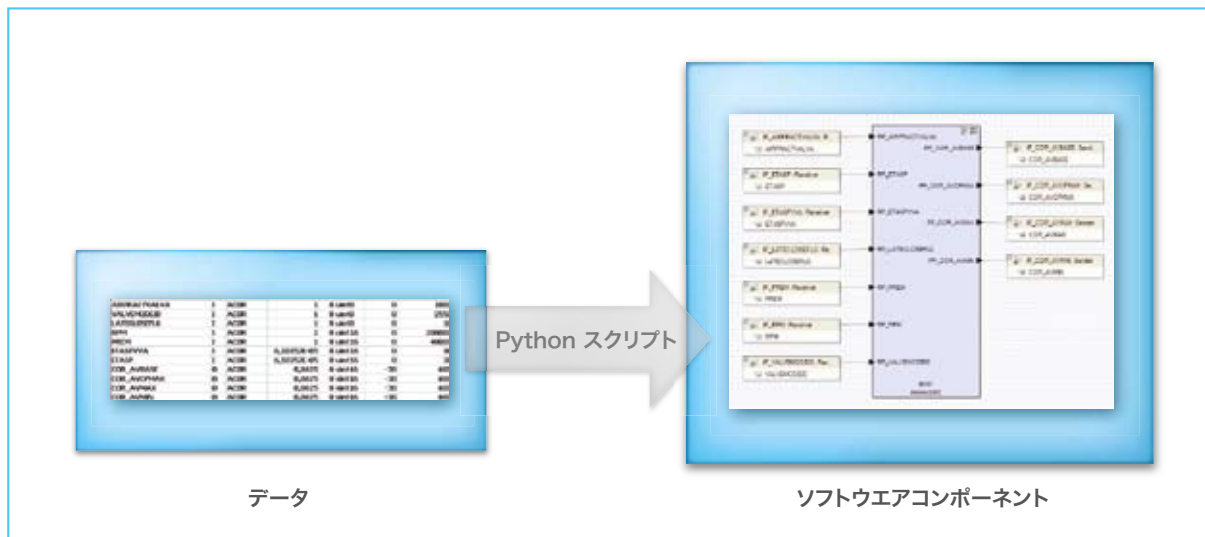


図 2 : Excel に収集されたソフトウェアコンポーネント (SWC) のすべての変数 (左) と、SystemDesk 内の対応する SWC (右)

ファイルを使用して、実装されている変数のデータ型、最小/最大値、およびスケールリングを取得しました。さらに、古い ECU のオペレーティングシステムの設定も再利用する必要があったため、スクリプトを使用して関数のスケジュール全体を古いソースファイルから抽出して、Excel に転送しました。

AUTOSAR のような規格により、将来的に既存のソフトウェアモジュールと実装データの再利用が非常に簡単になるのは明らかです。

### ソフトウェアアーキテクチャの構築

次に Excel シートからのデータを実際のシステムに移行して、AUTOSAR 準拠のシステムアーキテクチャを作成する必要がありました。SystemDesk の自動化インターフェース経由で Python スクリプトを使用して、必要なソフトウェアコンポーネントのすべてを完全に自動的に作成しました。これには、センダ/レシーバインターフェースおよびデータ要素 (図 2) が含まれます。インポートする要素の数が 20,000 個を超えるような状況では、偶発的なエラーを完全に回避することはできません。しかし、SystemDesk では、入力データ内に存在

するすべての不整合を検出して表示できます。たとえば、データ型と指定されたスケールリング情報および最小/最大値が一致していない場合は、ソフトウェアアーキテクチャの作成中であってもこのエラーが表示されます。

変数をインポートするために、私たちは、

とめることができます。それぞれのダイアグラムは、ソフトウェアアーキテクチャのさまざまなビューを提供します。つまり、大規模なプロジェクトでも各担当者が何をしているか明確に把握できます。また複数のチームに関わる情報について議論することができます。

## 「SystemDesk で生成した RTE 経由での変数アクセスのパフォーマンスは、旧来の実装と変わりません」

Luigi Romagnoli, Magneti Marelli 社

ソフトウェアアーキテクチャ内のすべての接続を自動的に構築できる命名方式を使用しました。170 以上のソフトウェアコンポーネントおよび数千もの入力と出力信号がある場合、この命名方式を使用すると非常に多くの時間が節約できます。このようにデータ量が非常に多い状況では、一つのダイアグラム上にアーキテクチャ全体を表してもほとんど意味はありません。したがって、SystemDesk では、サブ機能をコンポジションダイアグラムでま

### OS スケジュールのインポート

古いオペレーティングシステムスケジュールも、AUTOSAR ECU で使用する必要がありました。最初に Excel のシートを使用して Runnable をソフトウェアコンポーネントに割り当て、後はオペレーティングシステムタスク内での実行シーケンスを指定するだけでした。その後、スケジュールは完全に自動で SystemDesk に転送されました。

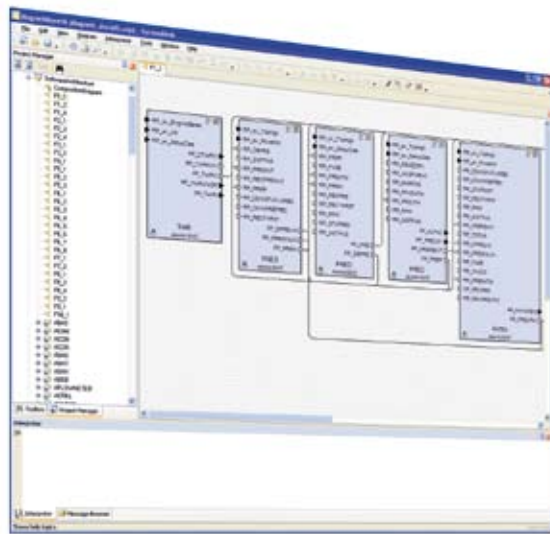


図3：個別のコンポジションダイアグラムに表示された全体モデルのサブセット

#### グラフィックによる複雑さの軽減

エンジン ECU は、車両に搭載されている ECU の中で最も複雑です。およそ 10,000 の変数、600 の Runnable、および 16 のタスクを定義して、最適に管理する必要があります。どのような方法にせよ複雑さを軽減できれば、エラーの防止および開発プロセスの短縮に役立ちます。既に説明したように、コンポジションダイアグラムではソフトウェアの個別の側面を表示することができますが、SystemDesk で複雑さを軽減する方法はこれだけではありません。他にも数多くの方法があります (図 3 も参照)。たとえば、3 回クリックするだけで、ソフトウェアコンポーネントの接続済みポートのすべてを非表示にすることや、ソフトウェアアーキテクチャ全体の未接続ポートのすべてを表示するダイアログを開くことができます。

SystemDesk のグラフィカルインターフェースの操作で特に優れているのは、複雑なシステムを簡素化された形式で表す機能です。これによってレビューを円滑に実行し、また新しいアイデアを画面上で素早く説明することができます。

#### RTE の生成

レガシーコードを AUTOSAR 規格に移行する場合、OS スケジュールを含むソフトウェアアーキテクチャ全体に対して RTE 生成を行うことが重要な中間点となります。ランタイム環境 (RTE) は、AUTOSAR ソフトウェアコンポーネント間の通信をソフトウェ

アで実現する簡素なミドルウェアです。状況によっては、この中間レイヤで、以前のソフトウェア実装よりも多くのリソースが必要になるかも知れません。したがって、SystemDesk によって生成される RTE コードのメモリと実行時間の要件を試算することが重要でした。試算に役立つ情報を得るために、その時点では、AUTOSAR に準拠したアプリケーションコードもベーシックソフトウェアも必要ありませんでした。

SystemDesk によって生成される RTE コードに関連するメモリ消費量を分析したところ、それは実質的に無視できるほどの量でした。変数へのアクセスはほぼ完全に define 文で実装されたので、旧来の実装と比較してパフォーマンスが犠牲になることはほとんどありませんでした。

#### アプリケーションコードの統合

RTE 生成で十分効率的なコードを実現できることは既実証されたので、現在私たちは、AUTOSAR アプリケーションレイヤの開発に取り組んでいます。このレイヤでは、手書きのレガシーコードを再利用するだけでなく、直接 TargetLink モデルから生成された過去の C コード全体も再利用します。コードを AUTOSAR 準拠にするために、私たちがプロジェクトのこの段階で採用しているアプローチでは、SystemDesk の自動化機能を使用して、レガシーコードと TargetLink コードの両方を AUTOSAR 準拠のラッパーに組込んでいます。この手法を選択したもう 1 つの理由は、レガシーコードと TargetLink コードの両方が同じインターフェースを持っているため、同じ種類のラッパーを使用できるからです。ただし、将来的には、TargetLink の AUTOSAR サポートを使用して、TargetLink モデルから AUTOSAR 準拠のコードとソフトウェアコンポーネント記述を直接生

「SystemDesk の自動化機能は、プロセスを短縮するだけでなく、データの整合性も確保します」

Alessandro Palma, Magneti Marelli 社

## 「グラフィカルに複雑さを軽減するオプションが多数用意されているので、大規模なシステムモデルにも簡単に素早く対応できます」

Luigi Romagnoli, Magneti Marelli 社

成することを計画しています。このことにより、AUTOSAR 準拠のラッパーを不要にしてリソースの消費を改善し、また SystemDesk との相互作用におけるワークフローを簡素化することで、開発プロセス全体の効率が上がることが私たちは期待しています。

### まとめと展望

私たちが実施した開発作業によって、既存のエンジン ECU の仕様および記述ファイルは、過度のオーバーヘッドもなく AUTOSAR に移行できることが明らかになりました。自動化可能なツールによる支援があれば、複雑なシステムや大量のデータにも確実に対応できます。初期パフォーマンスの測定では、開発ツールが最良の効率を発揮するように設計されていれば、AUTOSAR 規格を原因とする実行時間やメモリ消費の増加がないことが確認されました。AUTOSAR 準拠のアーキテク

チャおよびラッパーソフトウェアに関する作業は、既に完了しています。現在私たちは実装段階の作業を行っており、既存のアプリケーションコードとオペレーティングシステムの統合に取り組んでいます。今年の第 4 四半期中に、移行が完了した ECU を公開する予定です。■

Alessandro Palma  
Luigi Romagnoli  
Walter Nesci  
Manager AUTOSAR Cross-Project X-PRO  
walter.nesci@magnetimarelli.com  
Magneti Marelli 社  
イタリア

## 用語解説

**ASAP2** – ASAP2 記述ファイルには、パラメータ、マップ、ルックアップテーブルのような特性など、ECU 内の関連データオブジェクトに関するすべての情報が格納されています。

**Python** – 非常にシンプルで実用性・汎用性に優れたスクリプト言語です。

**Runnable** – AUTOSAR SWC 内の実行可能な要素で、関数に相当します。

**ランタイム環境 (RTE)** – AUTOSAR アーキテクチャの中でアプリケーションコード内のソフトウェアコンポーネントとベーシックソフトウェアを接続する中間レイヤです。

**スケジューリング** – プロセスおよびタスク実行のタイミングを定義します。

**センダ/レシーバインターフェース** – AUTOSAR SWC 用のデータインターフェースです。

**ソフトウェアコンポーネント (SWC)** – 再利用可能なソフトウェアモジュールを作成するために使用する AUTOSAR の構成要素です。

**タスク** – システム内で動作するプロセスです。

## 現在のモデルデータ

- ソフトウェアコンポーネント：172
- データ要素：2650
- データアクセス：約 5000
- タスク：16
- Runnable：624

## まとめ

- 既存の ECU を AUTOSAR へ円滑に移行
- 効率的な RTE コードを SystemDesk から直接生成
- エンジンマネージメントモデルの複雑さにも SystemDesk で対応可能



# Shift Gears Quickly

モデルベース開発における TargetLink を使用したトランスミッション  
制御ソフトウェア開発 (Continental 社)



プロジェクトの目標は、プロトタイプと最終製品の開発時間を大幅に短縮することです。この目標を達成するには、組み込みソフトウェアを開発するための革新的な手法が必要です。そのため数年前に、Continental社は、トランスミッション電子制御ユニット (ECU) の開発にモデルベース開発および量産コード生成を導入することを決定しました。この記事では、プロセスと手法の作成から、2つの量産プロジェクトにおけるコード生成ツール TargetLink の効果的な使用まで、その全体像を示します。



デュアルクラッチトランスミッションは、マニュアルトランスミッションのエネルギー効率とトルクコンバータトランスミッションの快適性を兼ね備えています。

この 10 年間で、組み込みソフトウェア開発の需要は大幅に増大しました。従来の手作業によるプログラミングおよびソフトウェアテストに加えて、現在は、安全基準と開発手法に関するより厳しい要求が課題となっています。ソフトウェア開発が複雑になるにつれて、これらの要求は、デュアルクラッチトランスミッション (DCT) と無段変速トランスミッション (CVT) を含む新世代トランスミッションでは一段と厳しくなっています。さらに、自動車業界のサプライヤは、市場の要求に応えるために、開発時間を短縮する新しい方法を常に模索しています。こうした状況を受け、Continental 社のトランスミッション事業部では数年前に調査を実施し、アプリケーションのモデルベース設計および量産コード生成について分析しました。この革新的なモデルベース手法による生産性の向上について、まず、その手法を社内プロジェクトで使用してみることで評価しました。同時に、コードの自動生成を含むモデルベース設計のプロセス、手法、ツールを決定し、トランスミッション事業部の固有のニーズに合わせて調整しました。最初の量

産プロジェクトでの使用が成功した後は、このツールチェーンを使用してデュアルクラッチトランスミッションのアプリケーションソフトウェア全体を開発しました。この記事では、個別の開発ステップを説明し、さらに初期テスト、最初の量産プロジェクト、コード全体を TargetLink で自動生成したデュアルクラッチトランスミッションから得た経験についても説明します。

#### プロセスと手法の設計

社内プロジェクトの一環として、モデルベース設計および量産コードの自動生成を開始するために、最初に必要なプロセスの手順を定義しました。制御ロジックとソフトウェア開発の V サイクル全体に対応するモデルベース設計では、自動車メーカー、トランスミッションサプライヤ、電子機器サプライヤ間のやり取りに関して、次のような要件をまとめました (図 1 参照)。

- ECU の物理的要件のモデル化
- 実際の ECU 動作のシミュレーション (タスク、実行順序、オペレーティングシステム)

- マルチユーザ環境の確立による分散開発のサポート
- モデル、コード、スクリプトを従来のプロセスに適合させることによる検証、妥当性確認、およびアーカイブ

最初に、モデルベース開発手法をデモ車両の機能に適用しました。そこで採用されたソリューションは、最新の技術に基づいて作成されたツールを使用することでした。そのため、機能設計には MATLAB®/Simulink® を選択しました。プロジェクトの成功は、デモ車両における新機能のデモンストレーションが非常に短期間で完了できるかどうかにかかっていた。コンセプトのシミュレーションと、それに続くテストおよび検証は、PC 上で MIL (Model-in-the-Loop) シミュレーションを使用して実施しました。検証は成功し、ラビッドコントロールプロトタイピング (RCP) 環境を備えたデモ車両とテストベンチで機能をテストする準備ができました。機能の妥当性確認と微調整には、Real-Time Workshop® と dSPACE AutoBox/MicroAutoBox を使用しま

## 「TargetLink を使用することで、製品化までの時間が一層短縮され、お客様にご満足頂くことができました」

Georg Grassl, Continental AG

した。初期テストによって、お客様が提示した要件をごく早い時期に評価できるようになりました。ラピッドプロトタイピングの段階におけるモデルベース開発が成功した後は、Vサイクルの段階を、手作業によるCプログラミングから量産コードの自動生成に切り替えました。このステップでは、コード生成ツールとしてdSPACE TargetLinkを選択しました。

16ビットマイクロコントローラ用に最適化されたコードの自動生成が実現可能であることを証明するために、トランスファーストランスミッションの位置制御アルゴリズムを使用しました。最初に、既存の制御ロジックをモデルベース設計に移行し、量産コード生成の実装情報を使用してそれを拡張しました。次に、自動生成されたコードを統合して、量産ECU上で妥当性を確認しました。生成されたコードの効率性を証明するために、そのリソース消費に

ついて、量産車で既に使用されている手作業でコーディングされたソフトウェアと比較しました。

最後に、これらの予備テストに基づいて、新しい開発手法で量産ソフトウェアを生成するために重要な工程要素を確認しました。次のセクションでは、いくつかの支援手法を含むこれらの工程要素について、より詳しく説明します。

### モデルベースの機能設計

浮動小数点モデルのシミュレーションによって、機能要件に適合できるかどうかを迅速に評価できるようになりました。このステップの後には、機能要件の妥当性をデモ車両で確認するためラピッドプロトタイピングが続きます。最初に、機能アーキテクチャと、それに関連して生成されるモデルライブラリを定義して、分割開発および構成要素の作成が可能な状態しておく必要があります。さらに、制御ロジックと

ソフトウェアのモデリングガイドラインも、互換性のあるモデルベース設計を実現するのに役立ちます。工業規格は社内ガイドラインとの整合性が評価され、必要であればプロジェクト固有またはアプリケーション固有の規則が追加されます。

### モデルベースのソフトウェア設計

最適化されたターゲットコードを生成するモデルベース設計のテンプレートを導入して、機能設計の段階からテンプレートに準拠する必要があります。このことは、MISRA (Motor Industry Software Reliability Association) とツールメーカーによって規定された規格 (MISRA AC TL ガイドラインなど) と密接に関連しています。ソフトウェアの設計では、スケーリング、ブロックプロパティの定義、コード生成ツールの設定調整を行って、コードの自動生成をサポートします。いわゆる実装モデルは、実装情報 (メモリ割り当てなど) が追加されるときに作成されます。

この時点で、ソフトウェアアーキテクチャと機能アーキテクチャを一緒に早期に定義する必要があります。この結果としてCモジュールとC関数への分割が行われ、テスト、構成 (アーカイブ)、および保守が可能になります。

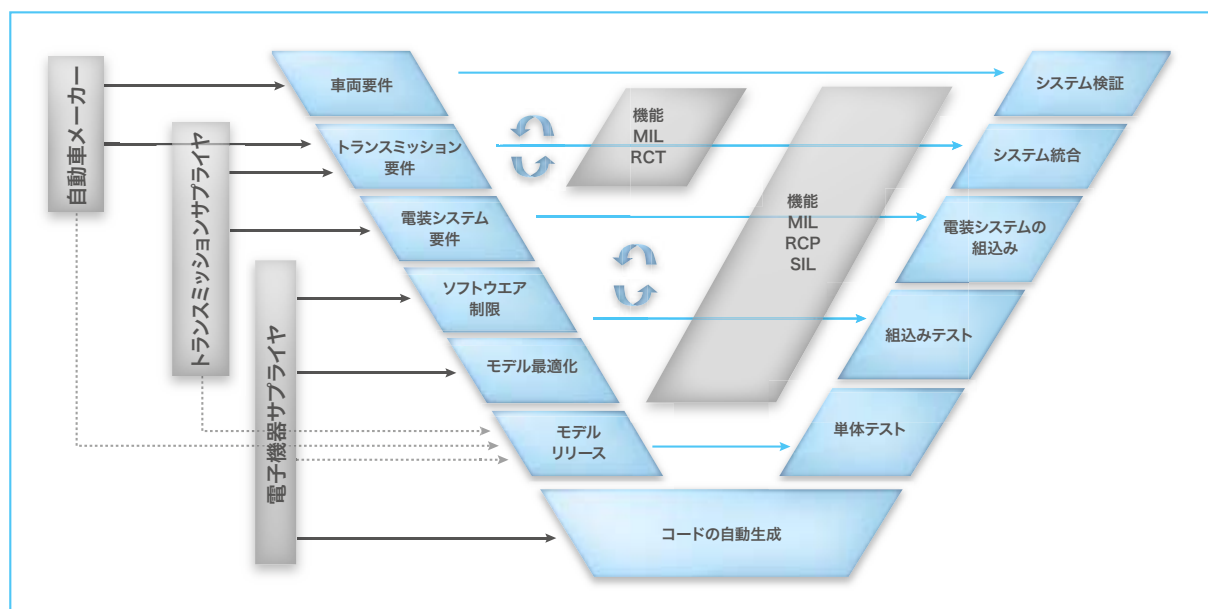


図1: トランスミッション事業部での開発サイクル

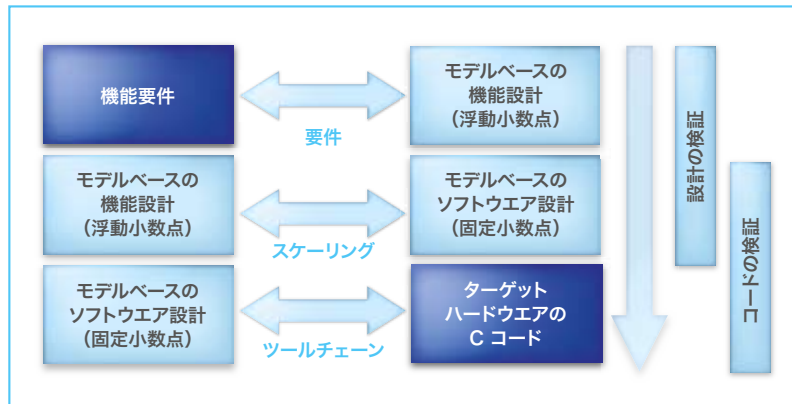


図2: モジュールベースのテスト - 設計とコードの検証

### モデルベースの連携

一貫性のある方法でモデル設計と交換を行うために、開発チーム全体がモデルレベルで密接に連携する必要があります。複雑な機能はより小さい単位に分割されて、モデルライブラリに格納されます。従来からある手書きのソフトウェア要件の仕様書は、モデルに基づいたドキュメントに置き換えられます。

### モデルベースのテスト

特に自動化によってプロセスを最適化する

### 新しいプロセスと手法による最初の量産アプリケーション

上記の予備調査の結果に基づいて、モデルベース設計とコードの自動生成に関するすべての分野のパートナーと緊密に連携した最初の大規模プロジェクトが開始されました。モデル化されたアルゴリズム(アプリケーションソフトウェアのサブ機能)は、6速オートマチックトランスミッション用のギアシフト方式(図3参照)で、16ビットプラットフォームで使用されます。予備調査が成功したことで、事前に開発されたプロ

コードに関する社内規則との互換性を保証するために、静的なコード分析を行いました。また、モデルレベルでは、構造カバレッジテストがテストベクトル生成のツールによって実施およびサポートされました。この結果、固定小数点コードの100%カバレッジ(テストの最高カバレッジレベル: 変更された条件/決定カバレッジ, MC/DC)を実現するという品質目標を達成しました。これらのモジュールテストは、マイクロコントローラプラットフォームをシミュレートできる標準ツールを使用して実施しました。これによって、完全なツールチェーン(コード生成ツール、コンパイラ、リンカ)を検証することに成功しました。

### 最初の量産プロジェクトの結果とその考察

私たちが選択した手法では、厳しい時間枠を設けることで、作業を要求された時間内で実施することができました。この結果、このプロジェクトにおける製品化までの時間が一層短縮され、お客様にご満足頂くことができました。さらに、開発したトランスミッションソフトウェアでは、次のようなリソース消費に関する厳しい制限も守る必要がありました。

- CPU 使用率は最大 15%
- ROM 割り当ては最大 100KB

TargetLink を使用した場合、値はこれらのレベルよりもはるかに低くなり、自動生成された制御ソフトウェアでは次のようになりました。

- 最大 10% の CPU 割り当て
- 60KB のコンパイル済みコード
- 50 個のモジュール
- アプリケーションソフトウェア全体の 20% の ROM 割り当て

「自動車メーカーが社内調査として検証を行ったところ、手書きのコードのエラーの少なさは TargetLink によって生成されたコードに及ばないという結果になりました」

Georg Grassl, Continental AG

場合は、モデルベースのテストとそれに対応する品質測定が不可欠です。そのため、一般的なソフトウェア品質測定を修正して使用します。これによって短時間の極小 V サイクルが可能になり、モデルを短期間で完成させることができます。モデルベースのテストは、段階的なアプローチを可能にします(図2参照)。

セスと手法に従って MATLAB/ Simulink および dSPACE TargetLink を使用しました。

制御ソフトウェアのテストは、標準的な品質保証手順に従って実施しました。この手順は、記述済みの C コードに対して既に定義されており、またコードの自動生成の条件に適合するように調整されていました。

遅くともソフトウェア品質測定とコード検証の開始までに、適用するコード生成ツールのバージョンを確定する必要があることが明らかとなりました。コード生成ツールに関するすべてのアップデートはソースコードの変更につながる可能性があり、変更が発生した場合はすべてのソフトウェアテストと品質測定を再実行する必要があります。自動車メーカーが社内調査として検証を



行ったところ、手書きコードのエラーの少なさは TargetLink によって生成されたコードに及ばないという結果になりました。モデルベース開発とコードの自動生成を使用したことで、私たちは非常に多くのソフトウェアをスケジュール通りに納品することができるようになりました。これは、この新しい手法の構造化されたプロセスのおかげです。この手法は別の場所にいるユーザに送られ、トランスミッションの開発プロジェクトで標準の手法として使用されました。

### デュアルクラッチトランスミッションの制御ソフトウェアの開発

2006 年に、新しい手法とプロセスを使用したときの貴重な経験のおかげで、デュアルクラッチトランスミッション ECU のハードウェアとソフトウェアの生産開発を開始することができました (図 4 参照)。この制御ソフトウェアの全ソースは、モデルベース開発と TargetLink によるコードの自動生成を使用して作成しました。作業の分担は次のようにしました。

- 自動車メーカーは機能要件を作成します。
- Continental 社は、ラビッドコントロールプロトタイピングを使用して妥当性が確認されたモデルベースの機能設計を利用できるようにします。



デュアルクラッチトランスミッションの電子制御ユニットは、Continental Automotive システムラボの認定試験に合格する必要があります。

- Continental 社はトランスミッション ECU のサプライヤとして、ハードウェアとソフトウェアを利用できるようにします (モデルベースのソフトウェア設計、コードの自動生成、モデルベーステスト、品質保証を含む)。
- 自動車メーカーと Continental 社は、HIL (Hardware-in-the-loop) シミュレーションによって、車両におけるシステム統合および機能の妥当性確認を実施します。
- 制御ロジックの再利用
- デバイス固有の適手法へのコード生成ツールの適応
- マルチユーザ環境での分割設計

ドの自動生成の取り扱いは、最初の量産プロジェクトでの取り扱いと同様でした。プロジェクトの実行中に、DCT の複雑な機能が原因で、さらに次のような課題が発生しました。

次の 3 つのセクションでは、これらの課題にどのように対処したかを簡単に説明します。

この DCT プロジェクトでの工程要素、モデルベース開発の対応する手法、およびコー

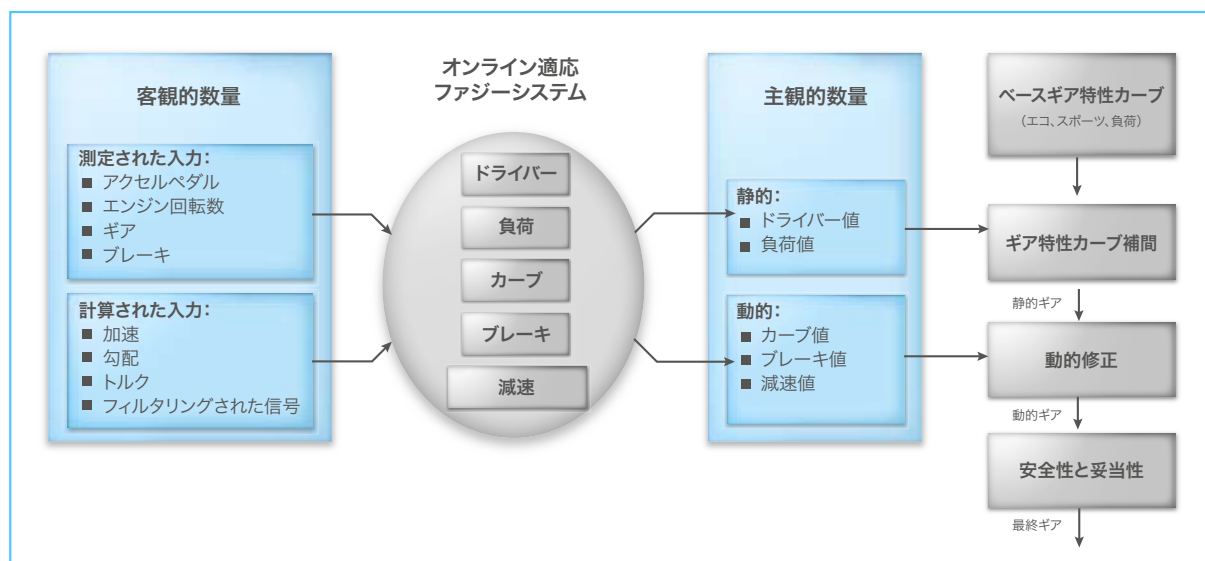


図 3 : ギアシフト方式 - 構造と信号フロー

### 制御ロジックの再利用

DCTシステムを調べてみると、2つのクラッチと4つのギア装置で制御ロジックの再利用が必要なことは明らかです（図4参照）。さらに、限られたハードウェアリソースが再利用の必要性をより大きくしています。2つのクラッチ、2つのシャフト、および4つのギアアクチュエータのアクチュエータ制御ロジックには、共通のアルゴリズムを使用する必要があります。

また、このプロジェクトでは下位の制御ロジック（つまり、フィルタルーチン）にも Simulink ライブラリを使用しているため、「ネストされた再利用」が行われます。リソース消費の削減を可能にした TargetLink の制御ロジック再利用機能によって、この要件は満たされます。開発者は制御ロジックが再利用できることを知っているため、モデルアーキテクチャを設計する際にそのことを考慮に入れることができます。

### デバイス固有の適合手法へのコード生成ツールの適応

このプロジェクトでは開発コストを削減するために、電子制御ユニットに固有の適合手法を、適合デバイスやメモリ拡張を使用せずに実装しました。この結果、一連の適合ツール用データは構造体として編成され、実行時におけるこのデータへのアクセスは、構造体へのポインタをROMからRAMへ再ルーティングすることで行われるようになりました。必要なコード

「モデルベース開発とコードの自動生成を使用したことで、非常に多くのソフトウェアをスケジュール通りに納品できるようになりました」

Georg Grassl, Continental AG

パターンを実装するために、一方では、バリエーションコーディングやテンプレートなどの TargetLink 機能を使用しました（図5参照）。その一方で、私たちは dSPACE との共同作業で、コード生成ツールに変更を加えました。DCT モデル全体をこれらの固有の適合手法に変換する作業は、1週間以内で完了しました。これは、コード生成ツールによって提供されるオープンプログラムインターフェースが本当の意味で高性能であることを証明するものです。

### マルチユーザ環境での分割設計

このプロジェクトにおける機能設計は、Continental 社だけではなく、関係する自動車メーカーでも実施されました。以前に使用していたシングルユーザ手法では関係する多数の開発者に対処することが困難であったため、開発したプロセスをマルチユーザに対応できるように拡張する必要があります。具体的には、大規模な機能をより小さなモデルフラグメントに分割して、Simulink モデルライブラリで管理

しました。環境内でデータの一貫性を保つために、dSPACE データディクショナリのインクルードファイルによって提供されるマルチユーザサポートを使用しました。トランスミッションチームは、モデル、データ記述、テストベクトル（機能および構造に関する）、テスト分野、およびファインチューニングのガイドラインを、設定管理のパッケージとして保持することを決定しました。これによって、他のプロジェクトでの再利用、および一貫性のある開発を円滑に行うことができるようになりました。

### 結果および重要な結論

事前に開発したプロセスと手法のおかげで、DCT プロジェクトの制御ソフトウェアの 100% をモデルに基づいて開発し、TargetLink でコードを自動生成することができました。この大規模プロジェクトで作成された制御ソフトウェアを量的に示す数字は、次のようになりました。

- 250KB のコンパイル済みコード
- 120 個のモデルライブラリ

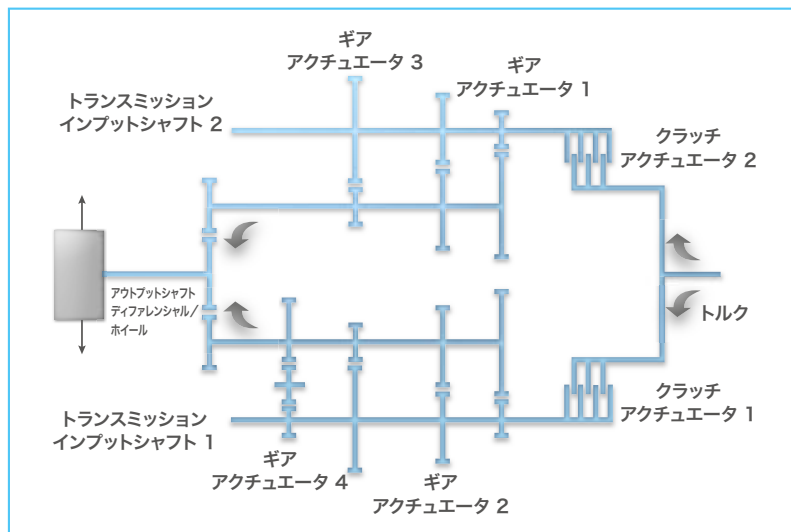


図4：DCTの概略図

上記の課題とそれに対応するソリューションについては、コード生成ツールの提供元と信頼できる協力関係を築けたことが大きかったと思います。これは特に、メモリ割り当て、データバリエーション、およびコード生成ツールがどれだけ堅牢であるかについて、プロジェクトチームが特定のサポートを依頼した場合に言えることでした。またコードの自動生成を含むモデルベースの開発で、コード生成ツールのアップデートとバッチをプロジェクトのソフトウェアのタスクと同期させる上でも非常に重要なことでした。



図5：変数テンプレートを使用してデータバリエーションへのポインタを定義し、バリエーションをパラメータに割り当てます。

### 今後の展望

モデルベース設計およびコードの自動生成にプロジェクト固有のアプローチを使用して得たノウハウによって、現在トランスミッションチームではこの手法を下位ソフトウェア（アクチュエータ制御）にいつでも使用できるようになっています。さらに、迅速な手法を引き続き整備する一方で、プロジェクト固有のアプローチからプラットフォーム単位のアプローチへ移行する作業も進めています。これによって、私たちは一貫性を維持しながら、この開発手法の導入を全世界規模でサポートすることができるようになります。■

Georg Grassl  
Business Unit Transmission  
Gerd Winkler  
Business Unit Engine Systems  
Continental AG  
ドイツ

## まとめ

トランスミッション事業部では、モデルベース開発とコードの自動生成のために、シームレスな手法を実装しました。開発フェーズの各段階は、実行可能な仕様（モデル）によって密接に関連づけられています。また一方で、モデルベース設計とコードの自動生成を使用して、DCTの制御ソフトウェア全体を実装しました。自動車メーカーとの共同作業によって、トランスミッション事業部は制御ソフトウェア開発の効率的なプロセスを確立できました。

この手法に使用したツールチェーンは、既に大規模プロジェクトでその価値を実証済みでした。プロセスは、通常の開発手法を使用するプロジェクトからの信頼できる要素に基づいており、モデルベースの開発およびコードの自動生成に関する要件に適合するように調整されました。これによって、新しい手法を効率的に導入できるようになりました。

プロセスは段階的に実行されます。最初に、社内プロジェクトで新しい手法を実装します。次に、初期量産プロジェクトで、アプリケーションソフトウェアの20%のコードを自動生成します。最後に、非常に複雑なデュアルクラッチトランスミッションのアプリケーションコードの100%を自動生成します。

この新しい手法を使用したことで、ただちに品質が向上しました。同様の複雑なプロジェクトと比較した場合、従来の開発手法を使用するプロジェクトと、モデルベース開発手法（ラビッドコントロールプロトタイピング、量産コードの自動生成、モデルベーステストなどのオプションを含む）を使用するプロジェクトでは、モデルベース開発の方が従来の手法よりも明らかに優れています。

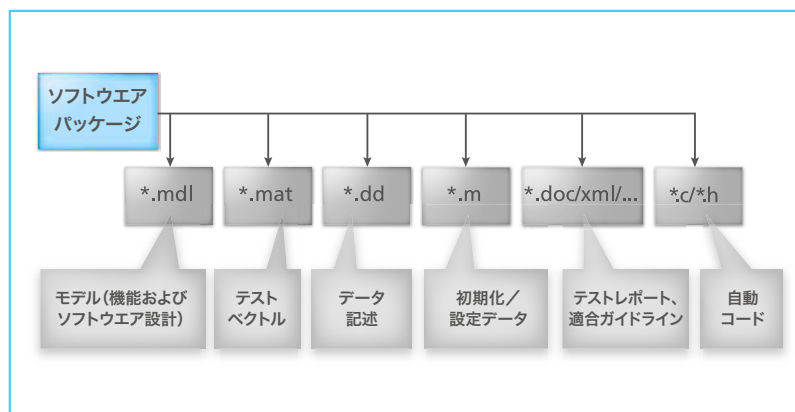


図6：マルチユーザ環境のソフトウェアパッケージ

# Hunting Waves in Space

dSPACE システムを使用した

重力波の研究

LIGO (レーザー干渉計重力波観測装置)



おろし座のかに星雲は、約900年前に発生した超新星の残骸であり、代表的な重力波の源です。

重力波を検出することは、物理学における未解決の研究課題の1つです。アルバート・アインシュタインは、1915年に重力波の存在を予測しましたが、重力波検出の可能性については疑問視していました。しかし、最新の観測技術により、その実現の可能性が高くなってきました。米国のLIGO（レーザー干渉計重力波観測装置）の研究者は、dSPACEシステムを用いて、重力波検出専用の観測所を設置しました。



順調に行けば、LIGO のレーザー干渉計によって重力波が検出される初めてのケースとなります（ここに示されているのは、ワシントン州のハンフォードに設置されているものです）。レーザー干渉計の2本のアームの長さはそれぞれ、4 km です。画像は LIGO プロジェクトのご厚意によるものです。

### 宇宙のさざ波

重力波は、適切な非対称系をなす加速された質量群から放出され、光速で伝播します。重力波が通過すると、瞬間的に空間とその空間内のすべての物体が歪められます。ただし、この歪みが生ずるのはほんの一瞬のことです。銀河系内の星が爆発し、超新星が出現しても、その結果発生する重力波による歪みは、太陽から地球まで

### 重力波の検出方法

重力波は、その経路内にあるすべてのものを瞬間的に歪めるので、それを確実に検出するための方法が1つだけあります。一定の確定されている距離の長さを、非常に高い精度で観測するという方法です。長さの突発的な変化が観測された場合、これは、重力波が通過した痕跡である可能性があるからです。この距離はできるだ

重力波は、どのような物質でも突き抜けることができ、地球でさえも障害物とならないからです。したがって、観測所を設置する位置や方向による違いが生じないため、従来の観測所と比べて大きなメリットとなっています。

### LIGO：重力波観測装置

LIGO (Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory : レーザー干渉計重力波観測装置) では、半透明なミラーでレーザービームを分割しています。この際、2つのハーフビームが、4 km の2本のビーム管に沿って互いに直角に伝わります。各ハーフビームは、干渉計アーム内にある一対のミラーの間を約50回往復するので、4 km のアームが、200 km の長さの場合と同等の感度を持つこととなります。2つのハーフビームは、最終的に光検出器で再結合され、正確に相殺されます（相殺的干渉）。この場合、光検出器の画像は黒いまです。重力波が到達すると、2つのアームの長さが反対方向に歪められるので、2つのハーフビームにずれが生じ、完全には相殺されなくなり、その結果、検出器に痕跡が残ります。重力波を検出するために、LIGO では、4 km の干渉計アームの長さの中で、原子直径のわずか10億分の1の変化を測定する必要があります。LIGO は非常に感度が高いため、たとえば、数キロメートル

「dSPACE システムのおかげで、さまざまな要件が実現され、割り当てられた時間と予算内で作業が問題なく完了できるようになりました」

Dr. Mark Barton、カリフォルニア工科大学

の距離（1億5千万 km）に対して水素原子の直径分に相当するものであり、わずか千分の1秒の間の現象に過ぎません。重力波が地震のように私たちに揺らすというのは、全くSF的な発想です。このため、重力波の検出は極めて困難なものとなっています。しかし、重力波は非常に微弱であるという事実にもかかわらず、宇宙に関する貴重な情報をもたらしてくれるのです。このことが、研究者の興味を引く理由となっています。

け長いことが必要です。距離が長いほど、歪みも大きくなるからです。

レーザー干渉計を使用することで、この重力波を観測するという発想が現実のものとなりました。レーザー干渉計は、光の波動特性を利用して長さを正確に測定するものであり、光学的な「精密定規」として、既に数多くの分野で役に立つことが証明されています。

従来の観測所とは異なり、重力波観測所は、澄み切った星空を必要としません。



離れた海岸で生じる波や、遠く離れた田畑で稼働しているトラクターなど、重力波以外の混同の元となるさまざまな振動も記録します。したがって、主な課題は、このバックグラウンドノイズから装置全体を分離することになります。重力波に反応するのは、対となっているアームミラー間の距離であるので、これらの「試験質量」光学装置用のサスペンションの設計において、特に注意が必要となります。このために私たちは、dSPACE プロトタイピング

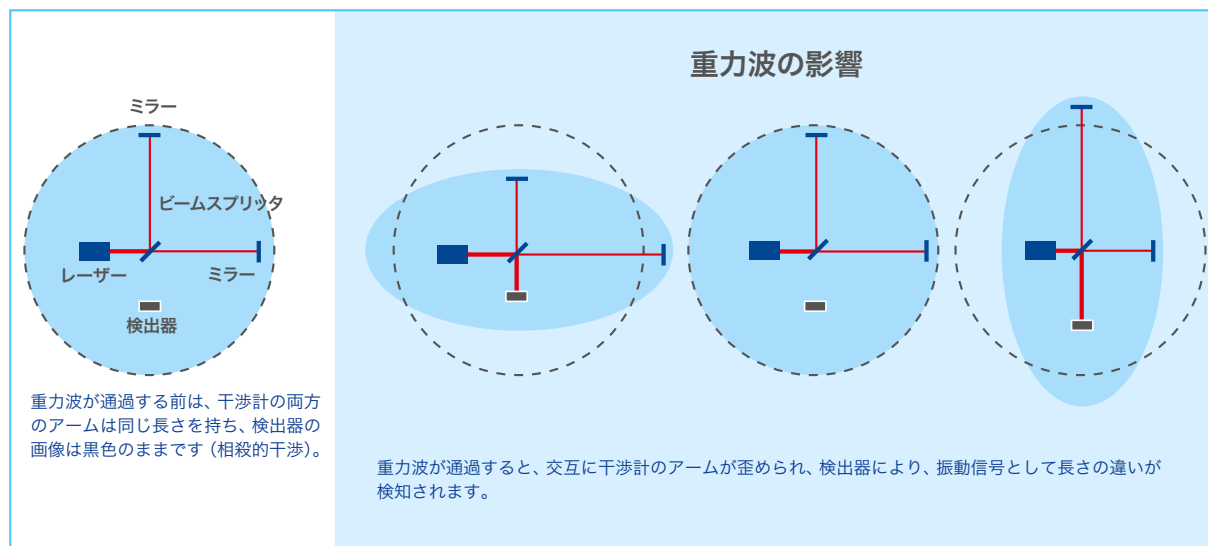
システムを利用した、アクティブダンピング装置を導入しました。

#### dSPACE システムによる地震ノイズの除去

LIGO の主要なミラーはすべて、一連の振り子として細いワイヤーで懸架されています。これにより、何の介入も加えることなく、単独で、振り子の固有振動数を上回る振動が抑制されます。初期の LIGO では、懸架されているすべての質量が、単純な一段のワイヤーループによって支持され

ていましたが、今後予定されている LIGO の最新型へのアップグレードの際には、非常に大掛かりな一連のサスペンションからなる装置を計画しています。この中で最も精巧に作られるのは一対の 4 段式振り子であり、それぞれ 1 つのガラス製補助質量と 2 つの金属製補助質量で構成されています。このような複雑なシステムのモデル化、制御、およびダンピングが可能であることを証明するために、プロトタイプでは、できるだけ迅速に衝撃を吸収するためのサスペンションシステムの周りに 20 個のセンサとアクチュエータを取り付けました。各センサは、LED と、2 つの間の光ビームがフラグによって割り込まれたときにミラーの偏向を記録する光ダイオードの組み合わせです。アクチュエータは複数のボイスコイルで構成され、センサ信号を使用して、マグネットに作用することによってミラーの静止状態を保持します。dSPACE DS2003 Multi-Channel A/D Board を通じてセンサ信号が記録された後、dSPACE DS1005 PPC Board によって適切な出力値が計算され、複数の DS2102 High-Resolution D/A Board 経由でアクチュエータに送信されます。私たちは、MATLAB®/Simulink® を用いて制御用のモデルを開発しました。実験全体は、dSPACE ControlDesk によってモニタリングされます。このような MATLAB/Simulink および dSPACE の

重力波によって発生する影響の図（説明のため多少拡張されています）



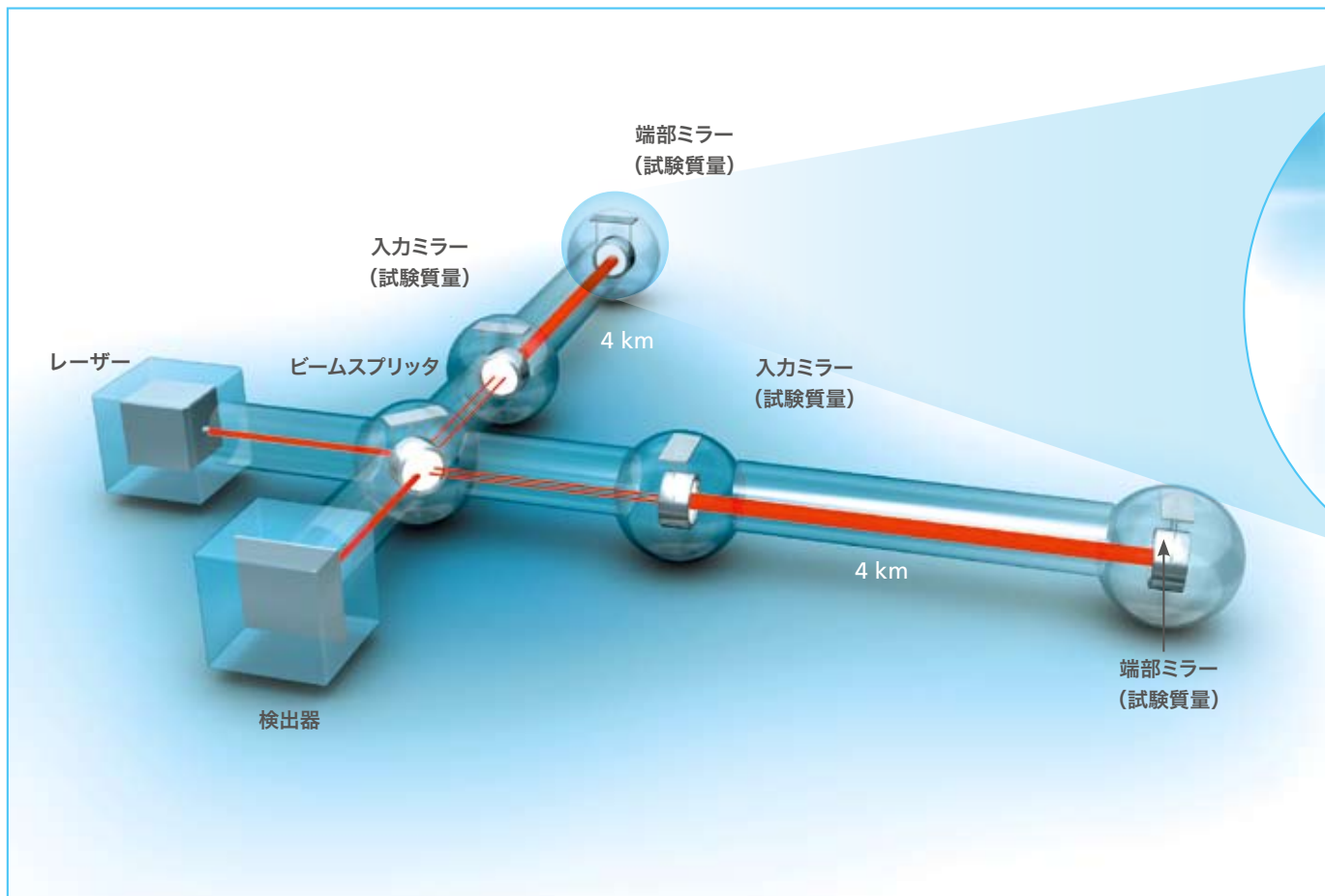
ハードウェアとソフトウェアの使いやすい組み合わせによって、実際の実験に完全に集中することができ、簡単に計画通りに進めることが可能になりました。人工的に生成された外乱信号を用いた試運転が何度か実施され、制御システムが適切に実行されていることが検証されました。

#### 確認専用の第2の観測所

LIGOは、米国の異なる場所（ワシントン州のハンフォードとルイジアナ州のリビングストン）に設置された2つの全く同じ観測所から構成されています。重力波と推定されたものが、本当に単なる局所的な振動ではないことを確認するために、2つの観測所が必要になります。本物の重力波であれば、両方の場所で同じ信号

が観測されますが、局所的な振動の場合は、いずれか一方でしか観測されません。さらに、重力波と推定されるものが発生した場合、（ヨーロッパや日本などにある）他の観測所とも必ず比較が行われます。いずれの場所でも同じ信号が検出されて初めて、重力波が発生したという証拠となるのです。

LIGO 重力波観測装置の単純化したレイアウト。今後予定されている LIGO の最新型へのアップグレードの際には、端部ミラーのサスペンションが、ガラス製の質量と金属製の上部質量の組み合わせを持つ 4 段の振り子に、制御力をかける際の静穏の基準としての役割を果たす同様の設計の反応連鎖を加えたものとなります。dSPACE システムにより、プロトタイプ向けの制御システムの円滑な設計および導入が可能になりました。サスペンション図提供：グラスゴー大学







LIGO 内でのミラーの調節作業。資料提供：LIGO プロジェクト



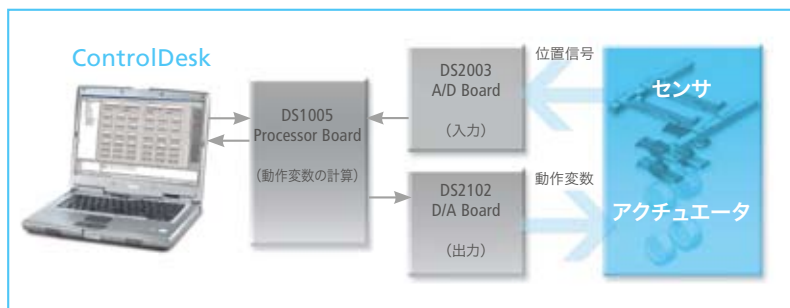
### 宇宙への新しい窓

天文学者は、これまで、光学望遠鏡や電波望遠鏡を使用して宇宙を観測してきましたが、LIGO を用いた重力波天文学によって、宇宙への新しい窓がもたらされました。宇宙の大部分は、可視領域や電波領域にある波では突き抜けられない、暗黒の雲の背後に隠されています。一方、重力波はこのような暗黒の雲を妨げられることなく突き抜けることが可能であり、宇宙の未知の領域に関する新たな情報を私たちにもたらしてくれます。さらに、重力波天文学に

よって、光波や電波による天文学を補完する情報が提供され、ブラックホール、中性子星、衝突銀河などの現象に関する多くの未解決の問題に対する答えが得られるようになることが期待されています。■

Dr. Mark Barton  
LIGO Project  
Caltech  
米国

dSPACE のハードウェアとソフトウェアの組み合わせを使用して、ミラーのアクティブダンピングが行われます。





ここ数年間、ハイブリッドドライブは乗用車の世界に浸透してきました。発進と停止を繰り返す建設機械も、ハイブリッドドライブにとって理想的な適用分野です。エンジン専門メーカーのDeutz社および建設機械メーカーのAtlas Weyhausen社は、dSPACEツールを使用してハイブリッドドライブのホイールローダーを開発しました。このハイブリッドドライブは、従来のディーゼルエンジンよりも多くの点で優れています。



# Diesel Meets Electric

ディーゼルエンジンと電気モーターを組み合わせた建設機械用  
ハイブリッドドライブの開発 (Deutz 社)



### ハイブリッドの特徴

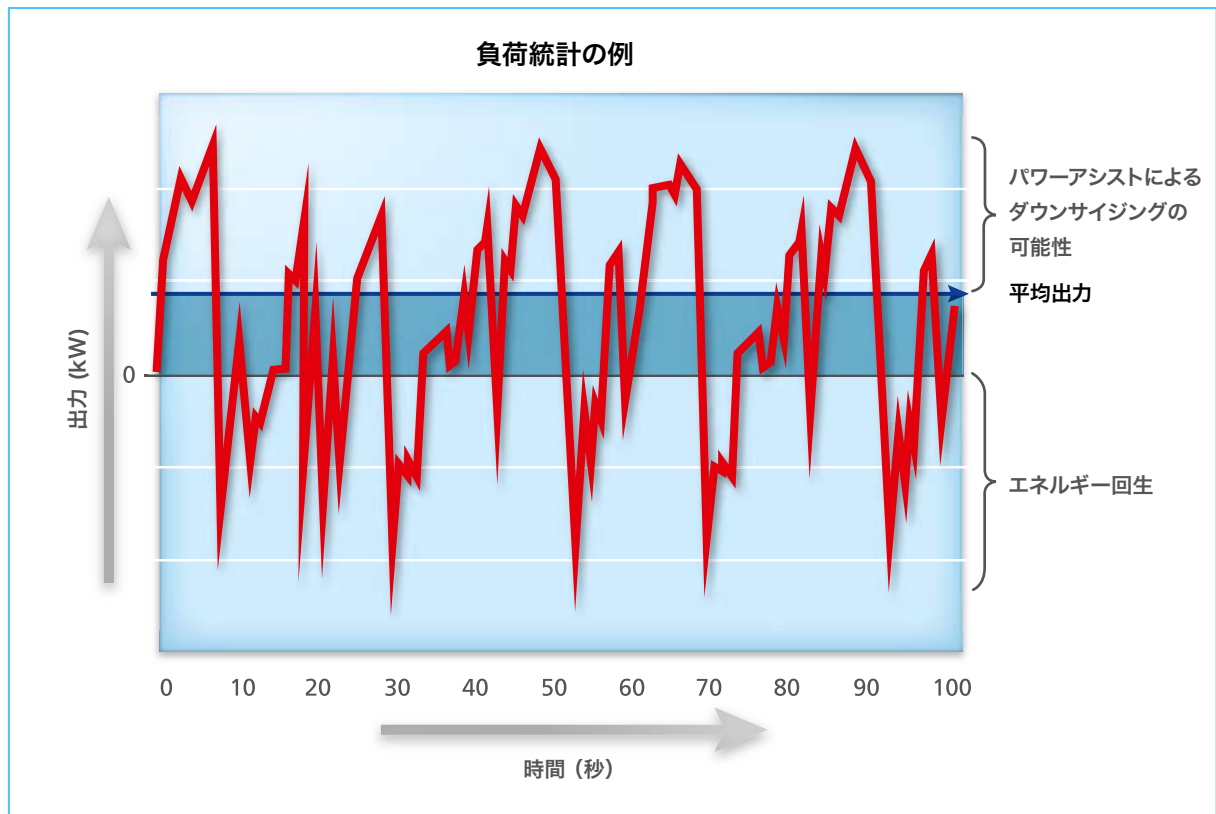
今日のハイブリッドドライブは、エンジンと電気モーターを組み合わせています。電気モーターには2つの役割があります。そのひとつが発電機としての役割で、従来は制動時に熱として放出されていたエネルギーを蓄積します。もうひとつの役割は、発進時や低回転時などエンジンの運転効率が低下する領域でエンジンのパワーをアシストすることです。内燃エンジンとは異なり、電気モーターはこうした条件において高いトルクを発生します。以上の利点を備えるハイブリッドドライブは、適切な場面で使用することによってシステムの効率を大幅に高め、結果的にCO<sub>2</sub>排出量と燃料消費量を低減します。それゆえ、燃料価格の高騰と排出ガス規制の厳格化が進む中で、ハイブリッドドライブへの関心がますます高まっています。

### 不整地用車両での利点

ハイブリッドドライブは、制動時に発生する膨大なエネルギーを回生するため、加速と制動を頻繁に繰り返す車両において特に効果を発揮します。オンロード車に限らず、掘削機、ローダー、フォークリフトなど、あらゆる車両にこの利点を適用することが可能です。こうした不整地用車両は、いずれも極めて短い走行距離の中で制動と加速を頻繁に繰り返し、負荷のピークが高いという特徴があるため、ハイブリッドドライブを導入するには理想的な条件です。さらに、アイドリング時にエンジンのオン、オフを自動的に切り替えることで、燃料消費量をさらに節約することができます。

### ハイブリッドドライブ付きホイールローダー

私たちは、ホイールローダーを得意とするAtlas Weyhausen社との共同プロジェクトにおいて、AR-65スーパーホイールローダー用の「マイルド」ハイブリッドシステムを開発するためにdSPACEツールを使用しました。「マイルド」とは、電気モーターをディーゼルエンジンに結合し、頻繁な制動と加速時にパワーアシストを行うという意味です。マイルドハイブリッドはこの点において、スタート/ストップ機能しか有しないマイクロハイブリッド、あるいはモーターだけで走行可能なフルハイブリッドとは異なります。ハイブリッドシステムは、以下の手段で燃料消費量を大幅に低減します。



建設機械の負荷曲線。制動、加速、アイドリングが頻繁に繰り返され、ハイブリッドドライブの適用には理想的



実装したハイブリッド機能により燃料費用をトータルで 20% 削減し、CO<sub>2</sub> 排出量も削減

## 実装したハイブリッド機能の概要

- **パワーアシスト**  
出力がピークに達すると電気モーターを自動的に作動
- **負荷点の引き上げと移動**  
ディーゼルエンジンの動作点がより効率の高い領域に移動
- **スタート/ストップ機能**  
アイドリング時にエンジンを自動的に作動/停止
- **エネルギー回生**  
余分なエネルギーをリチウムイオンバッテリーに蓄積

## 「RTI CAN MultiMessage Blockset のおかげで、CAN 通信システム全体をすばやく簡単に設定することができました」

Marco Brun, Deutz AG

- ディーゼルエンジンのダウンサイジング（電気モーターによるパワーアシストが加わるため、低出力のディーゼルエンジンで十分）
- 負荷点の上昇と移動（ディーゼルエンジンを最適な効率の領域で運転）
- エネルギー回生（制動エネルギーをバッテリーに蓄積）
- スタート/ストップ機能（アイドリング時にエンジンを自動的に停止）

### システム設計

まずホイールローダーのパワートレインには、DEUTZ 社製 3 気筒ディーゼルエンジン（最高出力 36.9 kW/2100 rpm）を採用しました。そしてディーゼルエンジンのフライホイールバルハウジング内部には、定

格出力 15 kW、最高出力 30 kW の永久磁石同期モーターが装着されています。ローターはクランクシャフトに直結されています。電気ユニットは大きな場所を必要としないため、このようなシステム構成であればハイブリッドドライブを機械的に問題なく統合することができます。

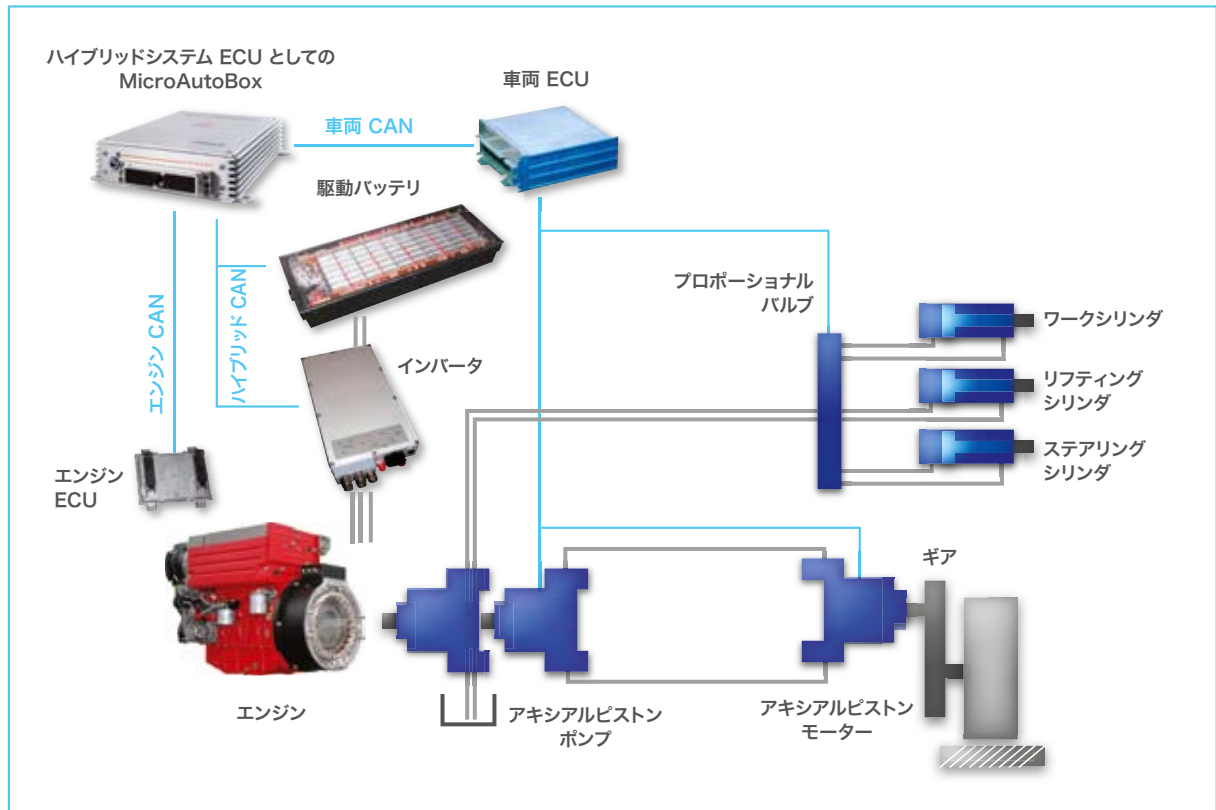
ハイブリッドシステムの駆動バッテリーは定格電圧 400 V のリチウムイオンバッテリーで、インバータ経由でモーターと接続します。インバータは同期モーターを整流し、運転状況に応じてトルクを自動的に制御します。ハイブリッドドライブは、2 つの油圧ポンプであるトラクションポンプおよびワークポンプに接続しています。油圧式のトラクションモーターと同様に、トラクションポンプはアキシアルピストンポンプの構造を

しており、トラクションモーターの作動油圧を発生します。機械式のギアボックスを介さないことから、この機構は静圧トラクションドライブと呼ばれます。ワークポンプはプロポーションバルブを通じて、バケットの昇降とホイールローダーの操舵を行う油圧シリンダに油圧オイルを供給します。

### 開発に dSPACE のハードウェアとソフトウェアを使用

私たちはハイブリッドシステム ECU のソフトウェア機能を開発するために、以下の dSPACE ツールを使用しました。

- MicroAutoBox（ハイブリッドシステム ECU の役割）
- Real-Time Interface（MicroAutoBox 用入出力インターフェースの設定）
- RTI CAN MultiMessage Blockset（CAN 通信の設定）
- ControlDesk および CalDesk（ハイブリッド機能の適合）



ホイールローダーにおけるマイルドハイブリッドシステムの概観図。MicroAutoBox を上位のハイブリッドシステム ECU として使用

RTI および RTI CAN MultiMessage Blockset を使用することで、完全な機能システムソフトウェアを MicroAutoBox 上にわずか 3 ヶ月間で実装することができました。RTI CAN MultiMessage Blockset はとても使いやすいツールであり、CAN 設定ファイル (DBC ファイル) のリンクをサポートしているおかげで、CAN 通信を極めて短期間に設定することが可能です。

ホイールローダーには 3 つの CAN チャンネル (エンジン CAN、ハイブリッド CAN、車両 CAN) を設定しました。システムソフトウェアを Simulink で直接プログラミングしたおかげで、エンジン、電気機器、インバータ、バッテリー、ワーク油圧機器、トラクション油圧機器コンポーネントを含むソフトウェア機能をプラントモデル (MIL) 上で試行することができました。

すなわち、最初のプロトタイプコンポーネントが利用可能になるよりも前にソフトウェア機能のテストができるようになったのです。プロジェクトに与えられた開発期間が非常に短いという条件の中で、これは絶対に欠かせない要件でした。

私たちは、あらかじめテストしたソフトウェア機能と、RTI によって設定した入出力 (デジタル、アナログ、PWM、CAN) を使用することにより、MicroAutoBox 上で作動するソフトウェアバージョンを生成し、テストベンチ上で検証を行いました。スタート/ストップ機能などのテストと適合には ControlDesk と CalDesk を使用しました。

最後に、MicroAutoBox を上位のハイブリッドシステム ECU として使用することでホイールローダーを操作し、パワーアシストおよび負荷点の引き上げと移動に必要な機能を実装しました。

#### エミッションと費用の削減

ハイブリッドドライブは燃料消費量を抑制することで、CO<sub>2</sub> 排出量だけではなく、費用も大幅に削減することができます。試算してみればその効果は明らかです。従来の車両の燃料消費量が毎時 6.5 ℓ、軽油価格がリッターあたり 1.30 € の場合、燃料消費量を 20 % 削減することで毎時 1.70 € の燃料代が節約でき、通常の稼働日で計算すると年間 1500 € の軽減になります。車両の全使用期間を通じて削減可能な費用の総額は、ハイブリッドドライブの追加による価格上昇分を相殺して余りあるものです。

## 2010年の量産化を目指して

エミッションと費用の削減においてこうした明確な利点を備えるハイブリッドドライブは、建設機械の分野で大きな可能性を秘めています。私たちは次の段階として、さらに多くのホイールローダーや建設機械に dSPACE MicroAutoBox を搭載し、さまざまなお客様に現場で使用していただくことにより経験を積み重ねて参ります。2010年の半ばまでにハイブリッドシステムを量産化することが私たちの目標です。■

Marco Brun  
Deutz AG  
ドイツ



外観上、標準的なホイールローダーと異なる部分は、ルーフに搭載されたリチウムイオンバッテリーのみです。

### ソフトウェア機能を MIL (Model-in-the-Loop) で開発

- ディーゼルエンジン、ECU、インバータ、電気モーター、BMS (バッテリー管理システム) のモデル化
- MIL テストに続きハイブリッドソフトウェア機能をセットアップ  
I/O および CAN インターフェースのセットアップ
- ECU ネットワークの通信テスト



### テストベンチ上でハイブリッドシステムのコミッショニング

- ディーゼルエンジン、電気モーター、インバータ、リチウムイオンバッテリー、ハイブリッド ECU のセットアップ
- 安全機能の実装
- ECU ネットワークの実装
- ハイブリッド機能のテストおよび事前調整



### ホイールローダーの機能の実装および適合

- ステアリングホイール/アクセルペダル/インテックペダル/レバーを操作したときの発進/停止動作の適合
- パワーアシスト機能、負荷点の移動およびエネルギー回生の適合



ハイブリッドソフトウェア機能の開発用ワークフロー。機能システムソフトウェア全体を、ホイールローダーに搭載した dSPACE MicroAutoBox 上にわずか3ヶ月間で実装



# ACC

# in the Loop

dSPACE シミュレータによる効率的な ACC 開発 (株式会社 日立製作所)





日立製作所オートモーティブシステムグループでは、dSPACE Hardware-in-the-loop Simulatorを用いて、効率的なACC (Adaptive Cruise Control: 先行車との車間距離を制御するシステム)の開発を行っています。ACCシステムの機能検証テストにおいて、dSPACE HILSを用いたテスト環境を構築することにより、従来に比べ大幅な開発期間の短縮とそれにかかる工数の削減を実現しています。

日立製作所オートモーティブシステムグループ 高木 氏



### 日立製作所の安全に対する取り組み

日立製作所では「安全」を重視し、様々な安全走行支援システムの実現に取り組んでいます。

人間の目に代わる画像処理カメラや、レーザレーダやミリ波レーダを用い、先行車との車間距離を制御する ACC をはじめとして、車線維持走行を維持する LKS (Lane Keep Support) やプリクラッシュブレーキシステムなどを実用化しています。

### ACC 開発における HILS の役割

従来の ACC テスト環境は、スイッチボックスとそれを制御するプログラムをすべて内製で行っていたため、環境を整備するた

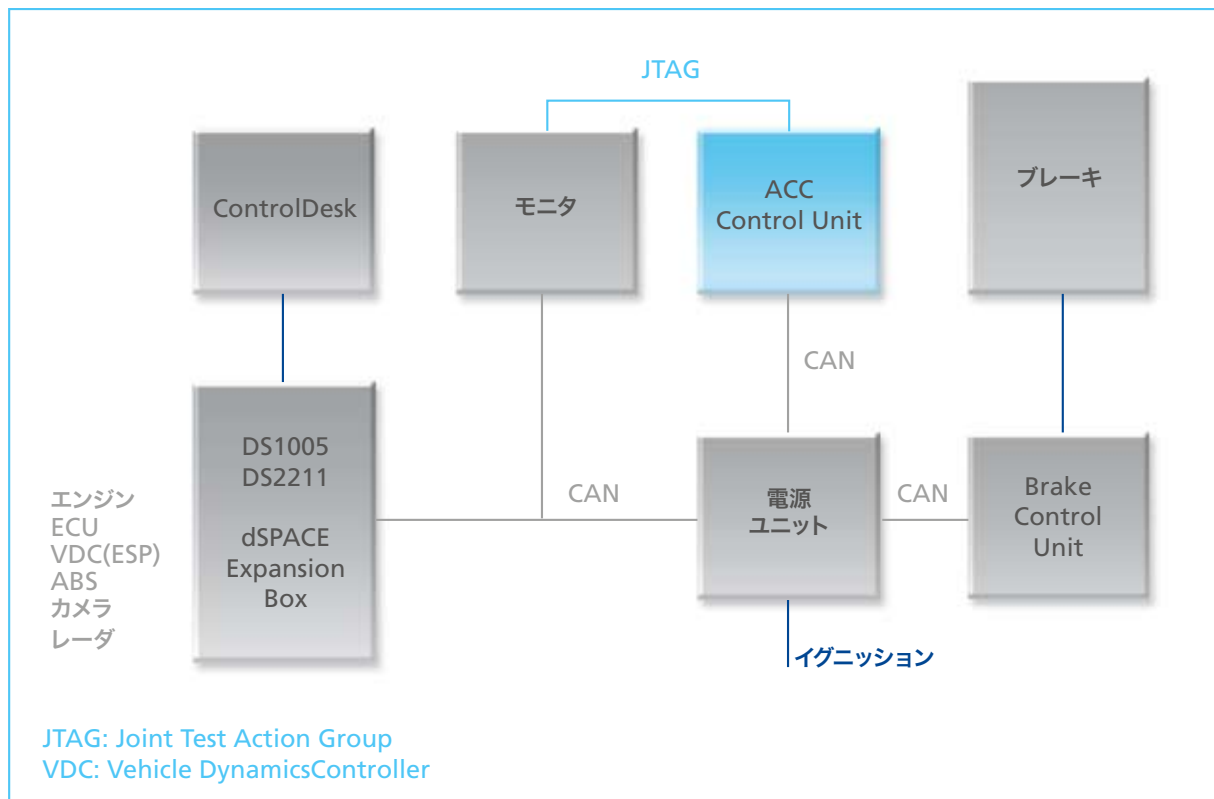
めに多大な時間がかかり、また ACC の仕様に変更がある度に環境の更新に多大な労力を要していました。HILS を用いたテスト環境では、カメラやレーダの出力及び車両や外部環境を全てソフトウェア上でシミュレートすることにより、テスト環境の変更に柔軟に対応することが可能となりました。従来の環境を用いた第一世代 ACC の開発期間は約 12 ヶ月でしたが、HILS を用いた第二世代 ACC の開発期間は約 6 ヶ月と大幅に短縮されました。更に、第二世代の HILS 環境のノウハウを継承した第三世代 ACC の開発期間は約 3 ヶ月に短縮され、さらなる業務の効率化が図られています。

### dSPACE 製品に対する評価

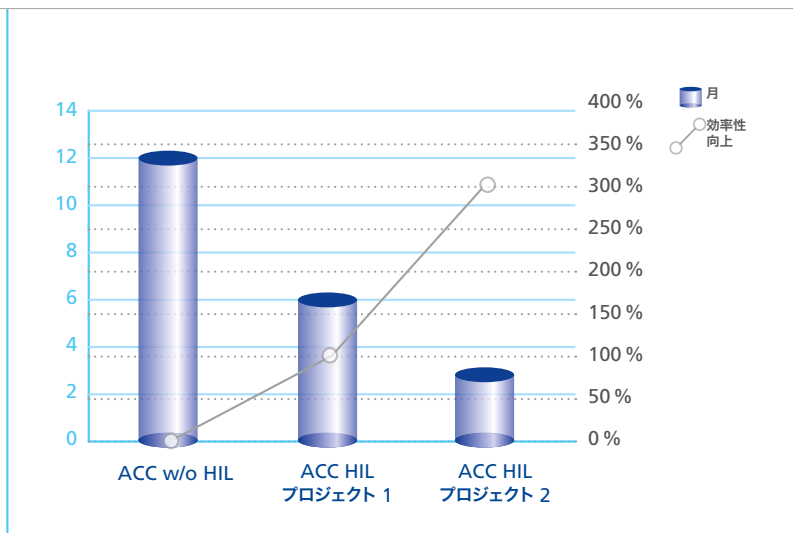
日立製作所オートモーティブシステムグループでは 7 年以上にわたり dSPACE 製品を使用していますが、トラブルフリーで製品の信頼性と耐久性を高く評価しています。また、ソフトウェアの操作性が良く、取得したテストパラメータ（車間距離、車速）によりテスト時の車両の動きを容易に把握することが可能になりました。

「dSPACE 製品の使用開始から 7 年、トラブルフリーなテスト環境に満足しています」

日立製作所オートモーティブシステムグループ 高木 氏



試験システムの概要：本試験システムでは、dSPACE HILS と ACC Control Unit および Brake Control Unit を自動車の標準バスの一つである CAN ネットワークで結び、相互にデータの送受信を行っています。



「HIL を用いたテスト環境により、開発期間を大幅に短縮することができ、効率的な開発を行うことができました」

日立製作所オートモーティブシステムグループ川上氏

HIL テストを使用することにより開発期間が 12 ヶ月から 3 ヶ月へと大幅に短縮

### ACC 開発の今後

以前は一部の高級車だけに ACC が搭載されていましたが、搭載される車種は現在拡大しており、仕向地や搭載 H/W によるバリエーションを含めると、数百の ACC バリエーションについてテストを行う必要があります。HILS はこのような多岐にわたるバリエーションのテストに対し、ソフトウェアモデルの変更により柔軟に対応可能です。日立製作所で開発している ACC は、複数の自動車メーカーに採用されており、自動車交通システムにおける「安全」の向上に貢献しております。■



ControlDesk で ACC 信号を制御するグラフィカルインターフェース

日立製作所オートモーティブシステムグループ  
高木真司氏、川上智紀氏



# Personal Transit

dSPACE MicroAutoBox を活用した  
新パーソナル輸送システムの開発 (ATS 社)

# Rapid



2009年よりロンドンのヒースロー空港を利用する乗客は、ULTra Personal Rapid Transit (PRT) システムで移動できるようになります。この近代的で環境に優しいパーソナル輸送システムは、ATS社が開発しています。現在の試験段階において、空港運営者は18台の車両を使用しています。各車両は個々に搭載するdSPACE MicroAutoBoxによって自律制御され、3.8 kmの軌道ネットワーク上を走行します。



乗客は目的地を選択し、それぞれの ULTra PRT に乗車します。車両は同期制御システムによって割り当てられたスロット内を、目的地まで途中停車することなく移動します。

### 世界初の PRT システム

プリストル（イギリス）の ATS 社が開発した ULTra PRT は、同種のシステムの中では世界最初のもので、ULTra の同期制御システムは、航空管制で使用されるスロット方式に基づいて運行します。出発点から目的地までの空きスロットが確保できると、車両はそのスロット内でただちに発車します。遅延や渋滞は発生しません。各車両は予約されたスロット内を目的地まで途中停車することなく最短時間で移動します。車両はタイヤ式で、コンクリートとスチール製の専用軌道上を走行します。乗車定員は最大 4 人、全長およそ 3.5 m でバリアフリー仕様になっており、最大積載量は 500 kg です。各車両はバッテリー駆動の電気モーターによって自律走行し、個々に搭載された dSPACE MicroAutoBox によって制御されます。乗客は出発駅において目的地を選択します。また、自動車での移動と同様に同乗者を乗せることもできます。バッテリー駆動の ULTra PRT は環境にも優しく、乗員 1 人 1 km あたりの走行で消費するエネルギーは自動車と比べてわずか 3 分の 1 に抑えられています。当然ながら、

システム全体での 1 人 1km あたりの CO<sub>2</sub> 排出量も大幅に低減されます。

### 徹底的な試験

ヒースロー空港での運行が予定される ULTra PRT システムは、すでに 5 年以上にわたって開発が続けられています。試作および先行量産型のプロトタイプ車両は、カーディフ（ウェールズ）にある ATS 社のテスト軌道において徹底的にテストされて

を確保するため、軌道側には Automatic Vehicle Protection (AVP：自動車両保護) システムが使用され、常に安全な車間距離を維持します。このシステムにおいても MicroAutoBox は重要な役割を果たし、AVP システムからの指令に応じて緊急ブレーキを作動させます。PRT システムは、HMRI（鉄道監督局、Her Majesty's Rail Inspectorate）の規則に従う必要があります。安全証明を滞りなく取得で

「ULTra PRT 用の車載制御ユニットを選択する際にもっとも重視した点は信頼性と柔軟性でした。MicroAutoBox は、この 2 つの要件をどちらも満たしているからです」

Dr. Torquil Ross-Martin, ATS 社

います。乗客を乗せて行うテストにおいては、身体障害者を含むさまざまなユーザを想定しています。バッテリー本体ならびにバッテリーに随時充電を行う方式を含めた車両の信頼性は、これまでのテストプログラムを通じて証明されています。動力源に車載バッテリーを使用することは、システムを設計する上での重要な要素です。この構成のおかげでインフラ整備費用を抑制し、軌道から電気を供給するシステムにありがちな単一障害点を排除することができます。

### 制御ユニット：PRT システムの心臓部

ATS 社はこの開発プロジェクトを通じて dSPACE MicroAutoBox を ULTra PRT の車載制御ユニットとして採用し、試験用車両にも同製品を搭載しています。MicroAutoBox は、主要な車両監視制御機能、航法機能、自律運転を実行します（操舵、走行、制動機能用の高機能なアクチュエータと通信）。さらに MicroAutoBox は、HVAC（ヒーター、換気、エアコン）、照明、バッテリー充電といった付属システムの制御も担当し、故障検出と健康監視機能を実行します。安全性

きるように、ATS 社は開発期間を通じて HMRI との交渉を続けています。

### 今後の展望

ULTra Personal Rapid Transit system は、ロンドンのヒースロー空港に設けた全長 3.8 km の軌道ネットワーク上で 2009 年より試験運行を開始します。最初の段階では、5 番ターミナルと業務用駐車場を接続します。試験運行が無事に完了すると、続いて ULTra PRT は空港のさまざまな場所へ延長され、他のターミナル、ホテル、レンタカー施設、立体駐車場などが結ばれることとなります。ATS 社とそのビジネスパートナーは、ヨーロッパ、中東、米国においてすでに新たなプロジェクトを計画しています。ATS 社は、今後も車両の機能を追加していく計画で、そうした開発においても、dSPACE のシステムを引き続き利用したいと考えています。■

## インタビュー

Dr. Torquil Ross-Martin, Head of Research and Development, ATS Ltd.



ULTra PRT システムの各車両には dSPACE MicroAutoBox が搭載されていますが、この製品を選択した理由は何ですか？

ULTra PRT 用の車載制御ユニットを選択する際にもっとも重視した点は信頼性と柔軟性でした。MicroAutoBox は、この2つの要件をどちらも満たしているからです。強力なプロセッサ、および大容量のメモリと多数の入出力など、特にプロトタイプの実用において必要となる余裕が備わっています。これによ

て、お客様からの新たな要望や拡張の必要性にも柔軟に応えることができます。将来的にも対応できるリソースの余裕が十分に備わっていることが確認できたため、早期に量産の決断を下すことができました。MicroAutoBox は効果的なツールチェーンを備えた実績ある製品で、私たちの期待に対して完璧に応えてくれました。

ULTra PRT の制御システムの開発において、もっとも難しかった点は何ですか？

実際に運用できるようにするには、故障とエラーに対するシステムの堅牢性を高め、さらに適切な診断機能と較正機能を開発する必要がありました。これには大変苦労しましたが、最終的には HMRI (鉄道監督局、Her Majesty's Rail Inspectorate) から承認を得ることができました。

バスや鉄道と比べて PRT システムが圧倒的に優れている点は何ですか？

バスや鉄道は、あらかじめ決められた時刻表に従って運行されているため、乗客が降りる必要がない停留所や駅に何度も途中停車します。そのために所要時間が不必要に長くなります。これに対して ATS 社の ULTra PRT は、個々の乗客にとって最適な運行を実現します。個人客または数人のグループに対して、個別の車両が割り当てられ、目的地まで途中停車することなくスムーズに移動できます。すなわち、時間を無駄に費やすことも、知らない乗客と同席することもなくなります。

ULTra PRT の将来をどのようにお考えですか？

私たちのシステムは、最初に空港やビジネスキャンパスに導入されますが、本来はそれに限らず、都市部における交通手段を提供するために設計されています。従来の公共交通機関に対しては快適性と利便性の面で、また自動車に対しては安全性、エミッション、信頼性の面で格段に優れています。また、ULTra PRT は補完的なシステムとして設計されているため、既存の道路網や鉄道網を混乱させることなく都市部に導入することが可能です。このシステムの前途は非常に有望で、今後 10 年の間に各地の都市に導入されていくと思います。

インタビューにご協力頂き、ありがとうございました。

ULTra PRT システムの各車両は、車載制御ユニットとして MicroAutoBox を搭載

## まとめ

- ULTra PRT – ATS 社が開発した新しいモジュラー型パーソナル高速輸送システム
- 制御機能の開発とテストには dSPACE のプロトタイプを使用
- 車載制御ユニットとして dSPACE の MicroAutoBox を採用

# Smoothing the Tension

dSPACE プロトタイピングシステムに  
ウェブテンションの最適制御 (ミュン





による  
 ン工科大学 / PTS 社)



図 1 : VESTRA ペーパーコーティングシステム - パイロットコーティングシステム  
 (PTS 社、ミュンヘン)

紙は、コーティングシステムで仕上げるときに、その表面を光沢かマットに仕上げることが出来ます。コーティングを施された加工紙は、最高の印刷品質基準を満たします。しかし、コーティング紙は製造中にウェブ切れを起こしやすく、生産性を低下させます。ウェブテンションを安定させる高性能のウェブ制御システムはウェブ切れのリスクを最小化します。

現在のコーティングシステムは、ペーパーウェブがさまざまな製造セクションで連続して処理される製造プラントです。紙は複数の処理ステップを通して、弾性変形や塑性変形に耐えなければなりません。個々のサブシステムは、それを通過するペーパーウェブ自体によって互いに連結されています。これは、コーティングシステム全体にわたって、ウェブの安定性にかかなりの影響を与え、そのためにウェブ切れ、遊休時間、操業停止が発生する場合があります。ウェブテンションの変動は、コーティング中のペーパーウェブの物理パラメータまたは工場内の操業速度の変化、故障、またはブレードの接触/離脱によりシステム全体にわたって発生し、その影響が重なり合って、ウェブによりコーティングシステム全体に伝わることになります。従来のテンションコントローラは、これらの変動に十分には対応できません。ウェブテンションがある程度

の範囲内に収まらない場合（特にコーティングシステムの起動時と停止時）は、十分な製造品質が得られないことや、出荷できない品質に劣化することさえあります。したがって、私たちの目的は、生産設備とウェブの電気的および機械的な動作を考慮し、安定したウェブテンションで動作する、より高性能のウェブ制御システムの開発でした。

#### パイロットコーティングシステムのシステムモデル

最適なコントローラを設計し、それをパイロットコーティングシステムに実装するために、ウェブの最適な動作に関し、システム全体の物理的および技術的特性を徹底的に理解する必要があります。私たちは、収集したプラントデータと、既知の非線形物理システムの記述（流体力学と弾性理論）を使用して、システム全体のモデル化、シミュレーション、および分析を行

うことができました。そして、ペーパーウェブにより連結されている次のサブシステムを、システムの最重要コンポーネントとして特定しました。

- 駆動システム（モーター、ギア、シャフト、クラッチ）
- ニップセクション（ウェブのガイドローラー）
- ペーパーウェブ（テキスタイルウェブ）

これらのコンポーネントでは、紙とウェブテンションの動作が、駆動ユニット（モーターとガイドローラー）および、コーティング装置での摩擦やコーティングナイフの作動により発生する負荷の関数として説明されます。このシステムモデルを使用すると、コーティングシステムの処理をオフラインで観察して、新しい制御方式を簡単にテストし、分析することができます。

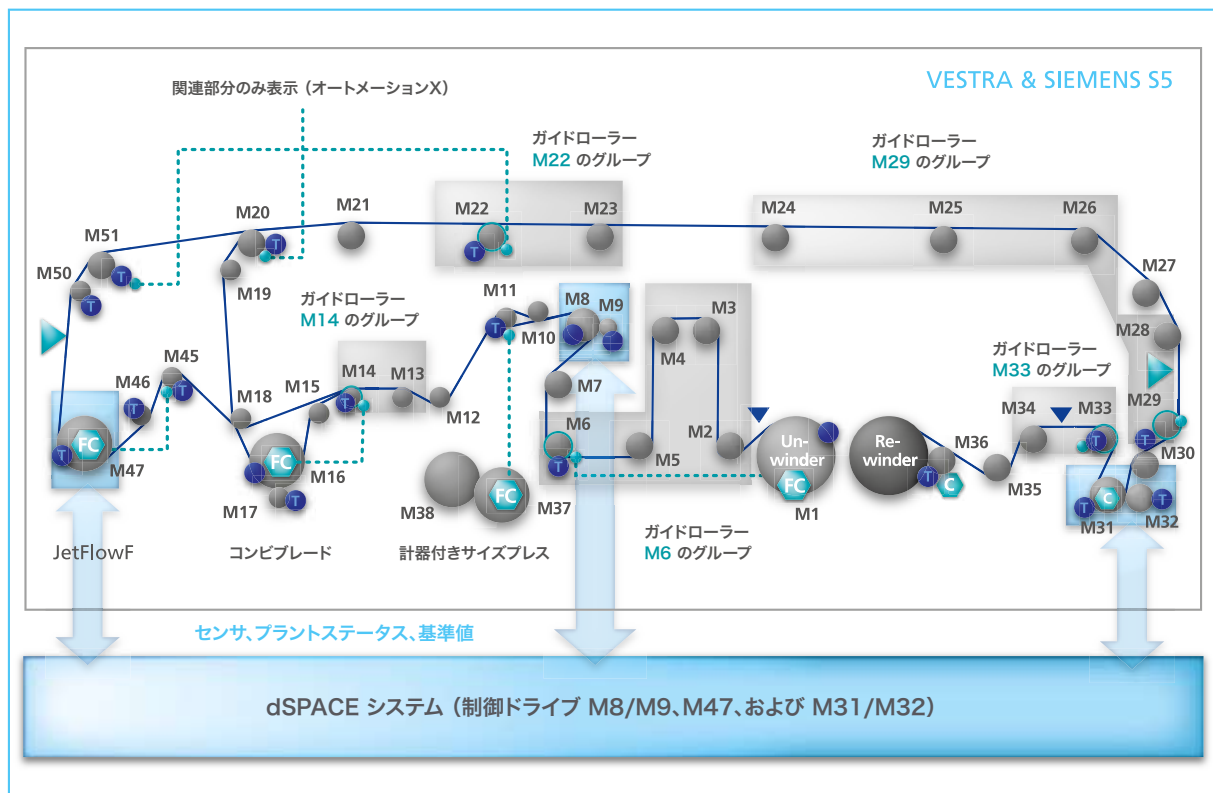


図2：新しい制御構造のテストおよび検証を行うために dSPACE システムへのインターフェースを備えた VESTRA コーティングシステム

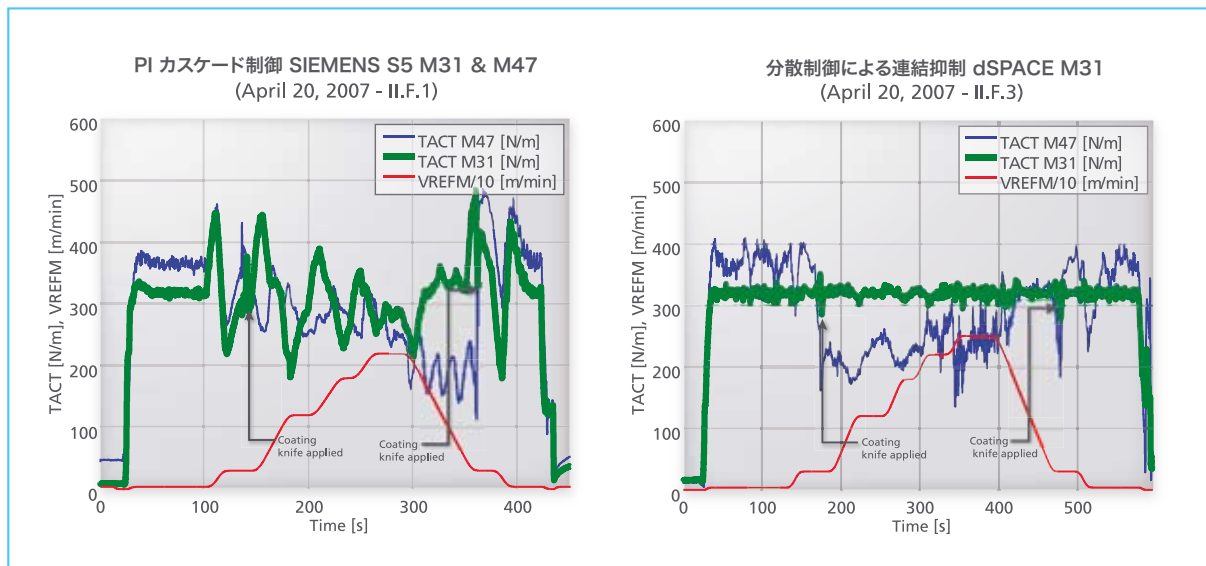


図3：ニッププレス M31/M32 での異なる速度における、従来の PI カスケード制御 (SIMATIC S5) と「分散制御による連結抑制」(dSPACE) の比較

#### 強化された制御構造の特性

ペーパーウェブが多くの子システム内を搬送される連続的な製造プロセス全体において、ペーパーウェブに関わるプラントの動作は複雑です。個々の処理セクションやニップセクション（ニッププレスまたはローラー）は、ペーパーウェブを介して互いに連結されています。ウェブテンションに望ましくない変動が発生すると、まず、発生元のサブシステムが影響を受け、次に、その前後のサブシステムに影響が及びます。したがって、制御構造には次の特性が必要です。

- 良好な追従性（遷移時間が短く、オーバーシュートが小さい）および制御ループの外乱耐性
- ロバスト性（パラメータの不確実性と変動に対応）
- サブシステムの分離性（連結による影響の最適な抑制）

VESTRA コーティングシステムに新しい制御構造を実装するために、私たちは dSPACE システムでラピッドコントロールプロトタイピングを使用することにしました。dSPACE システムを、特別に開発された電子インターフェース（図 2 を参照）

経由で VESTRA に接続し、M8/M9（ニッププレス 1）、M47（アプリケーション装置 JetFlow-F）、および M31/M32（ニッププレス 2）の各駆動ユニットを直接制御できるようにしました。

#### 分散制御による連結抑制

ウェブの動作を安定させるために私たちがとった最初のアプローチは、「分散制御による連結抑制」でした。シミュレーションにより、従来の PI カスケード制御 (SIMATIC S5 の制御構造) と「分散制御による連結抑制」を、制御性能、ロバスト性、および分離特性に関して効率的に観察し、比較することができました。ProfiBus による低速なサイクル時間と通信の遅延を考慮すれば、PI カスケード制御でシミュレートされたプラントの動作は、実際のプラントの質的、そしてほとんど量的な動作を反映していました。最初に、標準的な PI カスケード制御が Siemens SIMATIC S5 と dSPACE システムを使ってテストされました。両システムのコントローラの構造と設計は同じものを使用しました。しかし、dSPACE システムでは、高速なサイクル時間（マイクロプロセッサがプログラム実行に要する時間）と通信遅延がほとんどないこと

(SIMATIC S5 とは異なり、dSPACE システムはインバータに直接接続) により、制御性能が明らかに向上していました。また他方では、ペーパーウェブによる連結の影響は両システムでほぼ同じでした。dSPACE システムに実装されたニッププレス M31/M32 での「分散制御による連結抑制」は、コーティングブレードの接触/離脱や基準機械速度 (VREFM) の変化によるテンション変動の伝播などのイベントに対して、反応速度の向上は顕著で、より効果的に反応します。ニッププレス M31/M32 でのウェブテンションを示す TACT M31 は、非常に均一です（図 3 を参照）。

従来の PI カスケード制御に比べ、「分散制御による連結抑制」は「非常に高い」制御性能レベルを実現します。つまり、さまざまな製造条件での良好な追従性、外乱耐性、および優れたロバスト性を備えています。

#### アプリケーションローラーのフィードフォワードトルク制御

紙のコーティング処理で発生する最も重要な状況の 1 つは、コーティングナイフ（ブレード）で余分なカラーコーティン

グ剤を拭き取るときです。ブレードにより、コーティング装置の圧力ローラーに負荷がかけられ、ブレード接触時にパルス状に負荷トルク  $M_{Li}^*$  が生成されます。カラーコーティング剤を加えると、紙の特性（ヤング率  $\Delta E_{i-1,i}$ ）と、ブレードと紙の間にある一定量の「潤滑油」の役割を果たすコーティング剤の量が変化します。このために、ほぼ一定の値を保つ有効なトルクが減少します。望ましい速度および張力（ウェブテンション）を維持するには、コーティング動作中に圧力ローラー駆動ユニットが、この値を継続的に補正する必要があります。アプリケーションローラーのフィードフォワードトルク制御を使用しない場合は、圧力ローラーへのこの動的な負荷トルクにより、速度が著しく低下するため、ウェブテンションがニップセクションでは減少し、それ以降のサブシステムでは増加します。TACT M47 では、このような張力の大規模な変動により、望ましくない危険なウェブ切れを引き起こす場合があります。したがって、私たちの 2 番目のアプローチは、特定のアプリケーションローラーにモ

ジュールとして実装でき、コーティング装置が使用する設定済み制御アルゴリズムにはまったく影響しないフィードフォワードトルク制御です。ブレードの接触/離脱の各時点（つまり、コーティングの開始と終了）が分かっている場合は、私たちが開発したフィードフォワードトルク制御により負荷トルクがほぼ完全に補正されます。これは、フィードフォワードトルク MFFC\_Blade を使用して行われます。その特性は、経験主義的に決定でき、ルックアップテーブルに保存できます。アプリケーションローラーのフィードフォワードトルク制御が実装され、その実用性は、VESTRA でのシミュレーションと実験により検証されました。得られた補正結果はほぼ完全でした（図 4 を参照）。

#### 結果

私たちは、個々のニップセクション（駆動ユニット、ローラー、ペーパーウェブ）および VESTRA 全体のための複数のモジュールで構成されるシミュレーションツールボックスを開発しました。このツールボックスにより、「分散制御による連結抑制」と

フィードフォワードトルク制御という新しい制御構造の両方に対する効率的なテストとオフライン検証が容易になりました。この新しい制御方式は、dSPACE システムと VESTRA 間の拡張電子インターフェースを介して、実際のプラントに実装されました。

「分散制御による連結抑制」は、連続的な製造プロセスにおける連結されたサブシステムの制御設計に適した、シンプルで効率的な自動化ツールを提供します。非常に高い制御性能レベルを実現しており、多様な製造条件においても、良好な追従性、外乱耐性、および優れたロバスト性を提供します。ウェブをより円滑に動作させるには、「分散制御による連結抑制」を、定義された各ニップセクションに実装する必要があります。

アプリケーションローラーのフィードフォワードトルク制御により、ウェブ切れのリスクが大幅に低下します。コーティングナイフ（ブレード）が接触および離脱した影響は、ほぼ完全に補正できます。制御コンセプトとシミュレーションツールボックスはいずれも、連続的な製造プロセス

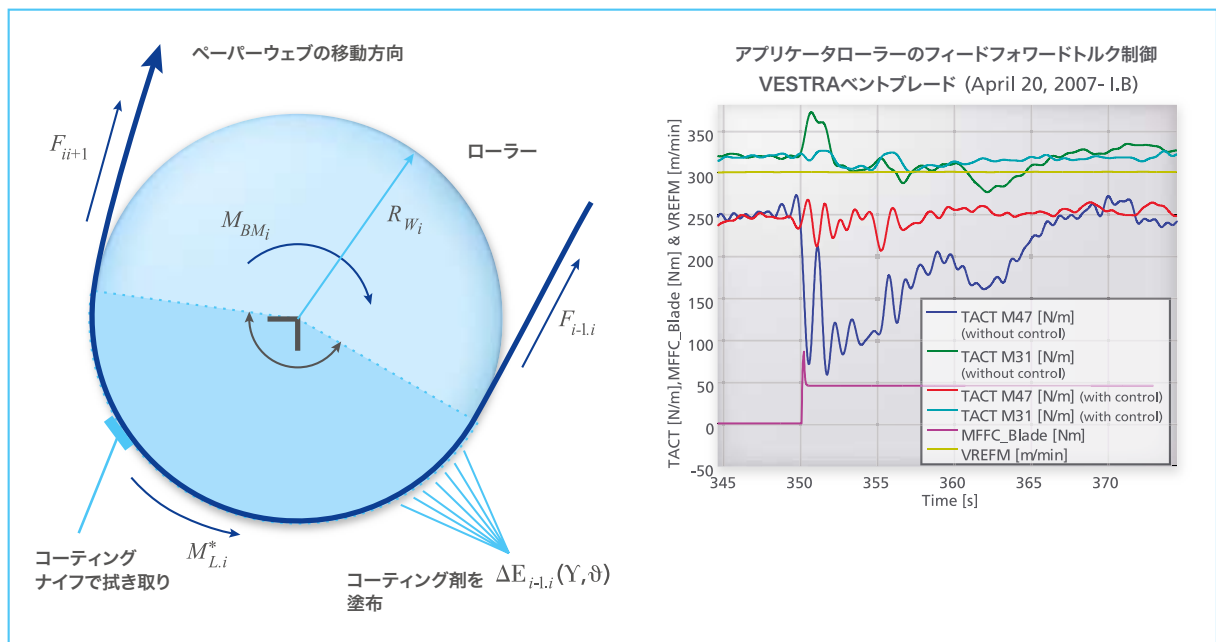


図 4 : コーティングナイフ（ここではベントブレード）を備えたコーティング装置 M47 (JetFlow F) – アプリケーションローラーのフィードフォワードトルク制御を使用した場合と、使用しない場合の比較



## 用語解説

### カスケード制御 –

ネストされた制御ループ。制御設計を単純化し、それぞれを実装するために、プラント全体がより小さい制御対象システムに分割されます。

### 分散制御による連結抑制 –

特別に設計された状態空間制御で、特定のサブシステムが連結によってシステムの残りの部分に及ぼす影響を最小化します。

### ニップセクション –

モデルでは理想的な状態として、各サブシステムで、ウェブが動作中に滑ってずれることなく、横オフセットは必要がないものと仮定しています。

「サイクル時間が高速な dSPACE システムを使用することで、制御パフォーマンスを著しく改善することができました」

Christoph Hackl、ミュンヘン工科大学

ス（製紙およびフォイル製造業など）での使用に適しています。このテストの結果は、安定したウェブテンションによる非常に円滑なウェブ動作を示しているため、従来の制御方式の不利な点が克服され、ウェブ切れのリスクとそれに関連する遊休時間が最小限になります。■

Christoph M. Hackl  
Lehrstuhl für Elektrische Antriebssysteme (EAT)  
(電気駆動システム研究所)  
ミュンヘン工科大学  
ドイツ

Beatrix Mair  
Papiertechnische Stiftung  
(ペーパーテクノロジスペシャリスト、PTS 社)  
ミュンヘン  
ドイツ



# Turning Night into Day

キセノンおよび LED 自動車用ライトの自動調節  
(Automotive Lighting 社)

提供元：Automotive Lighting Reutlingen GmbH



初期の自動車のガスランプから今日のキセノンとLEDのヘッドライトになるまでには、長い道のりがありました。しかし、目標は今でも変わりません。空ではなく道路をできるだけ明るく照らし、対向車にとって決してまぶしくならないことです。

提供元：Automotive Lighting Reutlingen GmbH





1. インターアクスルセンサ
2. ECU
3. 車速信号
4. フロントアクスルセンサ
5. モーター
6. ヘッドライト

#### 垂直光軸を動的に自動補正するための部品

#### 対向車ではなく道路を照らす

重い車両荷重、突然の加速、急ブレーキをかける運転操作は、車体が縦方向に傾く原因となります。道路で最大限の光量を維持するには、ヘッドライトの角度を変更し、ボディの動作を補う必要があります。この機能が自動ヘッドライト調節機能です。

#### 垂直光軸自動補正

Automotive Lighting 社では、垂直光軸自動補正システム (AVA) とハロゲンお

上のオプションセンサを使用する場合があります。これらのセンサは車体の角度を捉え、自動車メーカーが定義するゼロ位置と比較します。2つの値が異なる場合、センサは、修正処理を行うためのデータをヘッドライト調節 ECU に送信します。ECU は、ステッピングモーターがヘッドライトレベルを適切に調節できるように、受信したデータを使用して新しい基準値を計算します。垂直光軸自動補正は、静的な場合と動的な場合があります。

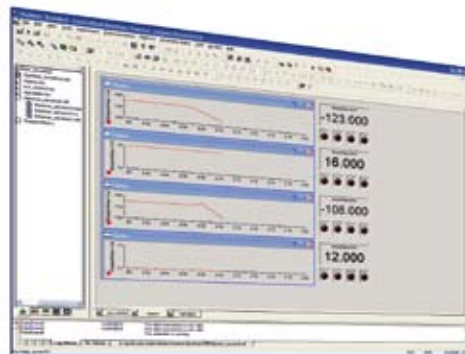
■ 静的な AVA では、出発前に、車両負荷が原因で生じた車両角度を計測し、調節を行います。車が動いている間に急激な加速やブレーキなどによって変化が生じても、無視されます。

■ 動的な AVA では、ブレーキやアクセル操作が原因で生じる車両角度も補正します。たとえば、緊急ブレーキをかけると、車両が前方向に最大 1.5°傾き、光円錐の範囲が 100 m から 40 m に狭まる場合があります。このような場合は、ステッピングモーターを使用して、ヘッドライトを動的に制御します。

「dSPACE の DS1006 Processor Board は、リアルタイムで複雑なモデルをシミュレートするための十分な処理能力を備えています」

Mathias Bako, Automotive Lighting Reutlingen GmbH

よびキセノンヘッドライト用のアドバンスドフロントライトシステム (AFS) を開発しています。ハロゲンヘッドライトは、ハンドホイールを使用して手作業で調節できますが、キセノン (高輝度放電) および LED ヘッドライトについては、法規制により自動調節が義務付けられています。自動調節が必須とされるのは、これら電球の輝度が高いためです。つまり、正しく調節しないと、まぶしすぎて対向車の運転の妨げとなる可能性があるからです。自動 AVA 制御では、リアアクスルに取り付けられたアクスルセンサだけを使用する場合と、これに加えてフロントアクスル



計測結果の評価は ControlDesk で行います。



## 「dSPACE のハードウェアは当社の要件を網羅しており、非常にスムーズにテスト環境に統合できました。」

Mathias Bako, Automotive Lighting Reutlingen GmbH

### アドバンスフロントライト

特にカーブの多い道路では、視界を改善することで、より高い安全性、快適さ、および車を運転する楽しさを提供します。Automotive Lighting 社が、光軸方向を動的に調整できる新しい種類のアドバンスフロントライトシステムを開発しようと考えたのは、このような理由からです。電子制御ユニットは、ステアリング角、車速、ヨーレートなどの各種ビークルダイナミクスパラメータを継続的に評価します。アドバンスフロントシステムは評価結果を使用し、道路の各カーブの半径に応じてロービームヘッドライトを水平に動かし、最適な形で道路を照らし出します。この手法によって、現在のヘッドライトシステムと比較して、視界を最高 70% 改善できます。

### AVA および AFS のテストベンチ

当社では、AVA および AFS 制御ロジックの ECU とステッピングモーターが正しく機能しているかどうかをテストするために、テストベンチ上で HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションを使用しています。ECU は、dSPACE 拡張ボックスに接続しています。内部のハードウェアはセンサシステムをシミュレートし、リアルタイムにステッピングモーターのステップを確認します。センサをシミュレートするために、DS1006 Processor Board で動作する MATLAB®/Simulink® モデルを作成しました。シミュレーションの結果生じるセンサ電圧は、車両の傾斜角度を示し、DS2201 Multi-I/O Board 経由で ECU に転送されます。ECU は、転送

された電圧を使用してアクチュエータを制御する新しい基準変数を計算し、ステッピングモーターに渡します。

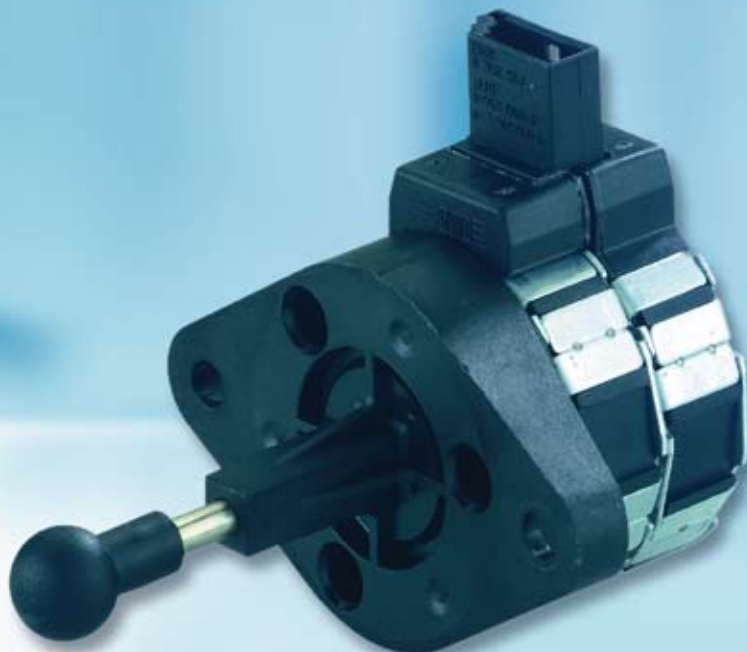
急ブレーキなどのクリティカルな運転状況では、高度に動的なヘッドライト制御が非常に重要になります。したがって、当社では、モーターのテスト精度に関して厳格な要件を課しています。DS5001 Digital Waveform Capture Board を使用すると、リアルタイムにステッピングモーターの個々のステップをテストできます。

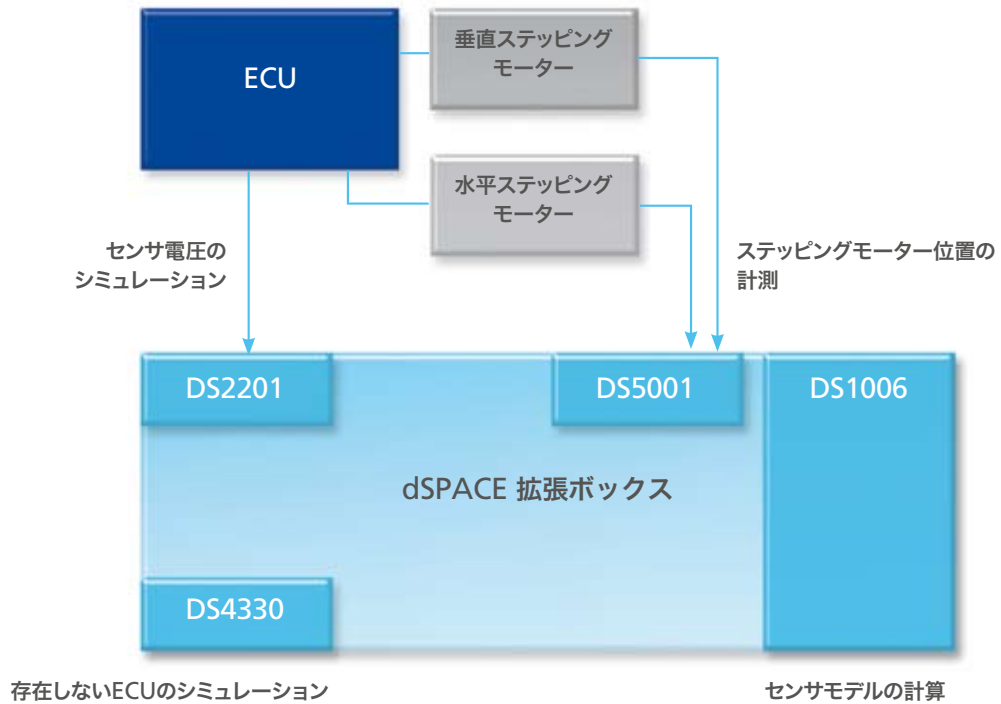
LIN バスシステムは、垂直光軸自動補正に関する ECU 間の通信およびアクチュエータによるヘッドライト制御に使用されます。テスト深度を深めるために、別のテスト段階で、DS4330 LIN Interface Board を搭載した LIN ノードとして (V サイクルに従って) 1 つ以上の ECU をシミュレートします。シミュレートされた LIN ノードは、実際のバスノードとまったく同じように動作します。

計測結果の評価は、dSPACE ControlDesk を使用して管理、制御しました。プロジェクト固有の手順を自動化し、要件を厳密に満たすように調節するためには、Python スク

ヘッドライトの位置は、ステッピングモーターおよび ECU AL ボックスによって調節します。

提供元：Automotive Lighting Reutlingen GmbH





dSPACE のシミュレーションおよびテスト用ハードウェアは、拡張ボックス内にすべて収納されています。



提供元: Automotive Lighting Reutlingen GmbH

リプトを使用しました。このスクリプトには、ControlDesk の起動、DS1006 へのアプリケーションのロード、シミュレーションの実行、計測値の読み出しなどの処理が含まれています。■

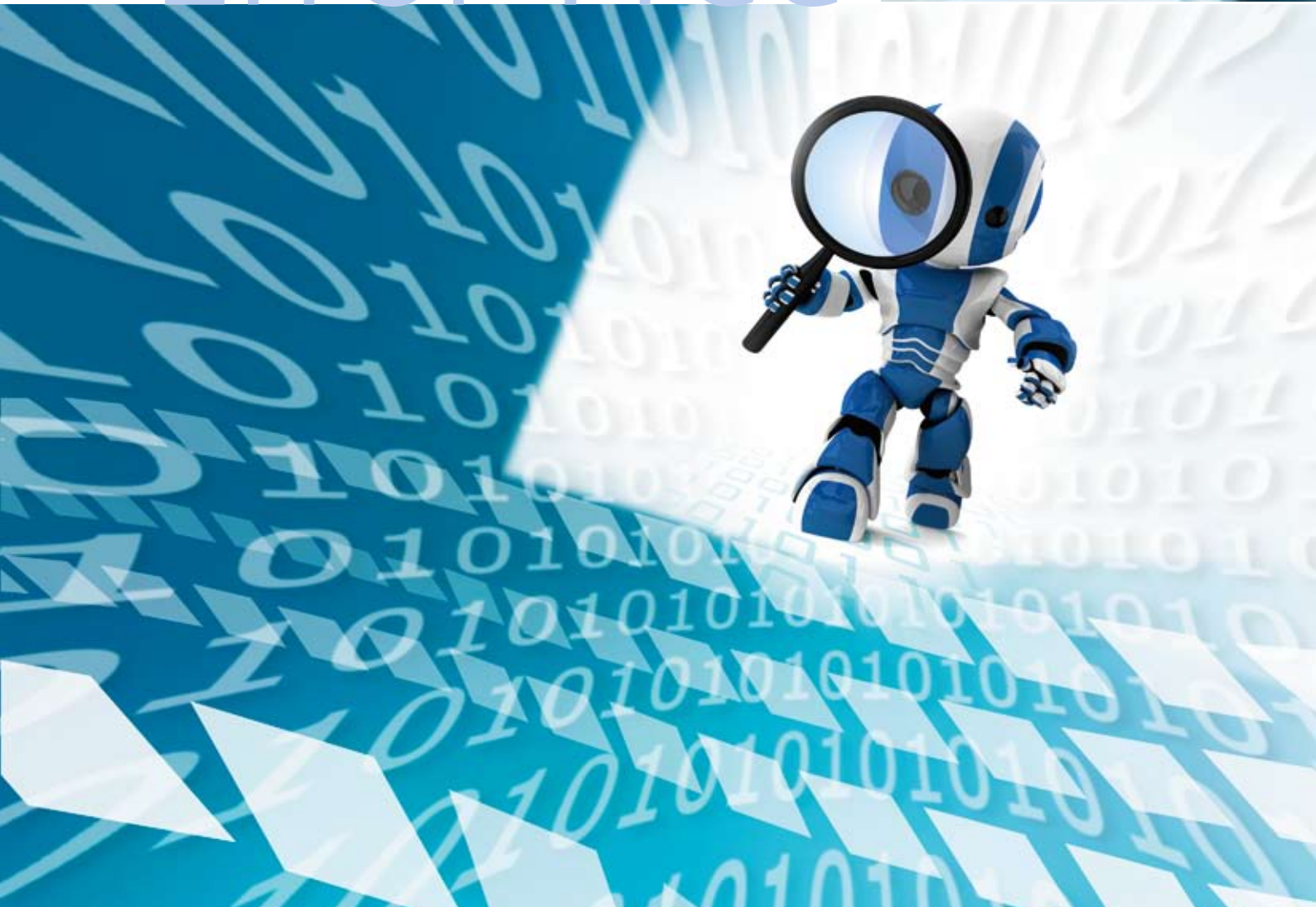
Mathias Bako  
Automotive Lighting Reutlingen GmbH  
ドイツ

## 今後の展望

テストベンチには、まだ処理能力と拡張性に余裕があるので、今後も技術革新を続けていくことを計画しています。たとえば、FlexRay や LIN、CAN 経由の通信を行うことができます。光フィードバック経由で輝度をテストする構成も考えられます。

AutomationDesk 2.2 : 新しい機能 <デバugga>

# Completely Error-Free



複雑なテストケースでエラーを検出するのは、干し草の山の中で針を見つけるようなものです。AutomationDesk 2.2には、この難しく入り組んだ作業を簡単にする新しい機能、デバuggaが装備されています。この機能を使用すると、ユーザはテストシーケンスを段階的に実行およびチェックし、エラーの原因を特定して解消できます。

テストオートメーションは、HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションの標準的な部分になっています。ECU 機能が複雑化するにつれ、テストケースも複雑化します。

dSPACEのテストオートメーションソフトウェア、AutomationDesk Version 2.2を使用すると、大量のテストケースを簡単にチェックできます。Find Inconsistencies関数は、テストの実行開始前に静的な分析を実行します。また、新しいデバッグを使用すると、テストシーケンスを実装中に段階的にチェックし、修正できます。

### テストのテスト

AutomationDeskでは、テストシーケンスをグラフィカルに記述します。テストシーケンスは、ブロックと呼ばれる多数のテストステップで構成されています。ユーザは、テストを実行する前でも、Find Inconsistencies関数を実行し、エラーを検出して修正できます。この関数は、未解決の参照や構文エラーなどの問題を自動的に検出するために、テスト構造や、定義されているすべてのデータオブジェクト、参照、およびコードを分析します。

デバッグを使用すると、トラブルシューティングを高速かつ効率的に実行でき、エラーの潜在的な原因にターゲットを絞って観察できます。

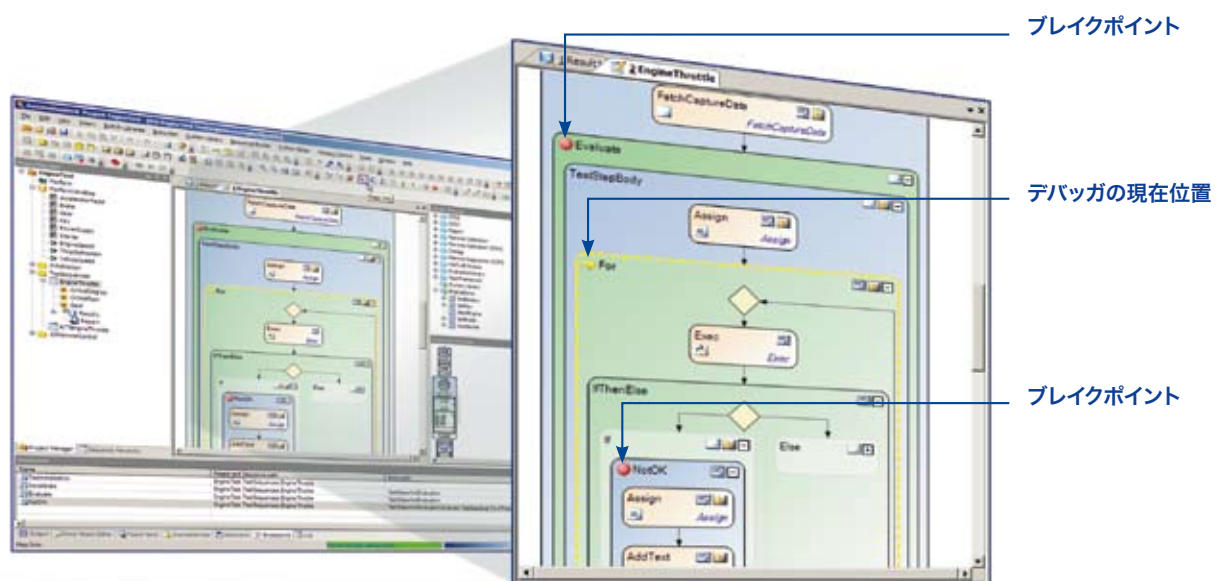
次の手順では、テストをオフラインモードで実行し、テストシーケンス内のエラーを検出します。HILシミュレータや適合ツールなどのテスト環境全体を使用可能な状態にする必要はありません。これは、使用できないハードウェアやソフトウェアにアクセスした場合に返されるデフォルト値を定義することによって実行されます。この手順では、ループに含まれるIf-Else分岐の誤った条件やエラー、間違ったパラメータ設定、ランタイムエラーなどのシーケンスまたは制御構造内のエラーを検出します。検出したすべてのエラーを修正した後、HILシミュレータでテストを実行します。オフラインモードは、テスト開発中、その他のテストを実行するためにHILシミュレータを使用できるモードです。

### PC上でのデバッグ

PCでのオフラインテスト、またはHILシミュレータでのオンラインテストを実行中に、予想外のテスト結果またはエラーが発生した場合は、デバッグによる各手順のステップ実行が原因の特定に役立ちます。

また、開発者は、デバッグを使用し、テストシーケンスの任意の位置にブレイクポイントを設定できます。デバッグモードでシーケンスを実行すると、実行はブレイクポイントで自動的に止まります。デバッグのツールバーには以下のオプションが用意されています。

- 次のブレイクポイントまでテストシーケンスの実行を続ける。
- テストシーケンスをステップ実行する。



デバッグは、ブレイクポイントごとにテストの実行を停止します。



デバッガのツールバーを使用すると、テストシーケンスを段階的にチェックできます。

■ 複雑で階層的なテスト手順の場合は、階層レベルを 1 段階下げてデバッグを実行するか、現在の階層レベルのまま実行する。

変数の現在値は、デバッグプロセスを通して確認できます。基準値から外れている場合は、変数値を変更し、正しい値でシーケンステストを続けることができます。このようにして、ユーザは、テストを実行しながら手順ごとにチェックし、必要に応じて修正できます。

#### 効率の高いプロセス

デバッグが終了したら、通常の実行モードに戻り、テストシーケンスを再開します。段階的な実行では、特定の潜在的なエラー原因の調査が可能で、迅速で効率的なエラー検出がサポートされています。オフラインモードとデバッガでは、Find Inconsistencies 関数によって、テスト開発期間を短縮し、テストの品質を向上させ、テストプロセス全体を改善できます。■



# A Successful Combination

TargetLink 3.0 : 再設計されたブロックセットとモデルリファレンス機能

TargetLink 3.0 の再設計されたブロックセットは、TargetLink の信頼できる機能に加え、MATLAB®/Simulink® とのさらに緊密な統合も実現します。TargetLink モデルに対しては、幅広いサードパーティ製 Simulink ツールを使用できます。TargetLink 3.0 は、モジュラー方式の分散開発プロセスを容易にするモデルリファレンス機能もサポートしています。



## インタビュー

Dr. Ulrich Eisemann,  
Product Manager TargetLink  
(dSPACE)



TargetLink Version 3.0 はどのような技術革新を提供していますか？

まず、私たちは TargetLink ブロックセットを再設計しました。次に、モデルリファレンス機能のサポートを追加しました。最も重要な技術革新はこの2つです。

この2つは、どのような点でユーザーのためになるのですか？

ブロックセットの主な変更点は実装方法です。この変更により、ツールの統合を大幅に改善し、プロセス統合も強化できます。TargetLink の外見は以前と同じで、もちろん慣れ親しんだプロセスも TargetLink 3.0 を使用して

実行できます。大きなチームで大規模なモデル設計を開発している場合には、常にモデルリファレンス機能が重要な役割を果たします。モデルリファレンス機能により、大きな作業グループでのモジュラー方式の分散作業を本質的に改善できるのです。

TargetLink 3.0 では、既存の TargetLink モデルも使用できますか？  
できます。新しいバージョンの開発では、旧バージョンの TargetLink のモデルとライブラリの自動アップグレードが重要な目標でした。お客様は大きなモデルコレクションをお持ちで、TargetLink 3.0 でも引き続きそのコレクションを使用したいと考えるのは当然です。ですから、旧モデルを移行するための自動アップグレードを用意しました。TargetLink API に対するすべての変更は、必要最低限に抑えられているので、お客様は、より簡単にツールチェーンを移行できます。

インタビューへのご協力ありがとうございました。

### MATLAB/Simulink とのより緊密な統合

TargetLink 3.0 の新しいブロックセットでは、以前の TargetLink ブロックと Simulink ブロックの実績のある機能が共存しています (図 1)。このため、TargetLink のユーザはそれぞれの長所を利用することができます。つまり、一方で、使いやすいブロックダイアログや、すべてのシミュレーションモード (MIL、SIL、PIL) での信号のログ機能やプロット機能の統合、オーバーフローの警告など高く評

価されている強力な TargetLink 機能が利点となり、また多数の Simulink サードパーティ製ツールを TargetLink モデルと組み合わせて使用することができます。新しい設計の TargetLink ブロックは、技術的観点からは普通の Simulink ブロックですが、TargetLink データを格納するためのマスクと実績のある TargetLink ダイアログを備えています。新しい TargetLink 3.0 ブロックセットの利用効果は、以下のとおりです。

- Simulink ツールボックスやその他のベンダーのツールとの互換性が大幅に向上しました。たとえば、Reactis® などのツールによるテストベクトル生成や、モデルカバレッジを TargetLink モデルに直接適用できます。
- RTI と ControlDesk を使用した TargetLink モデルのプロトタイピングがより簡単になりました。
- 効率性の向上：モデルのロード時間と初期化時間が短縮され、MIL (Model-in-the-Loop) シミュレーションがより高速になりました。

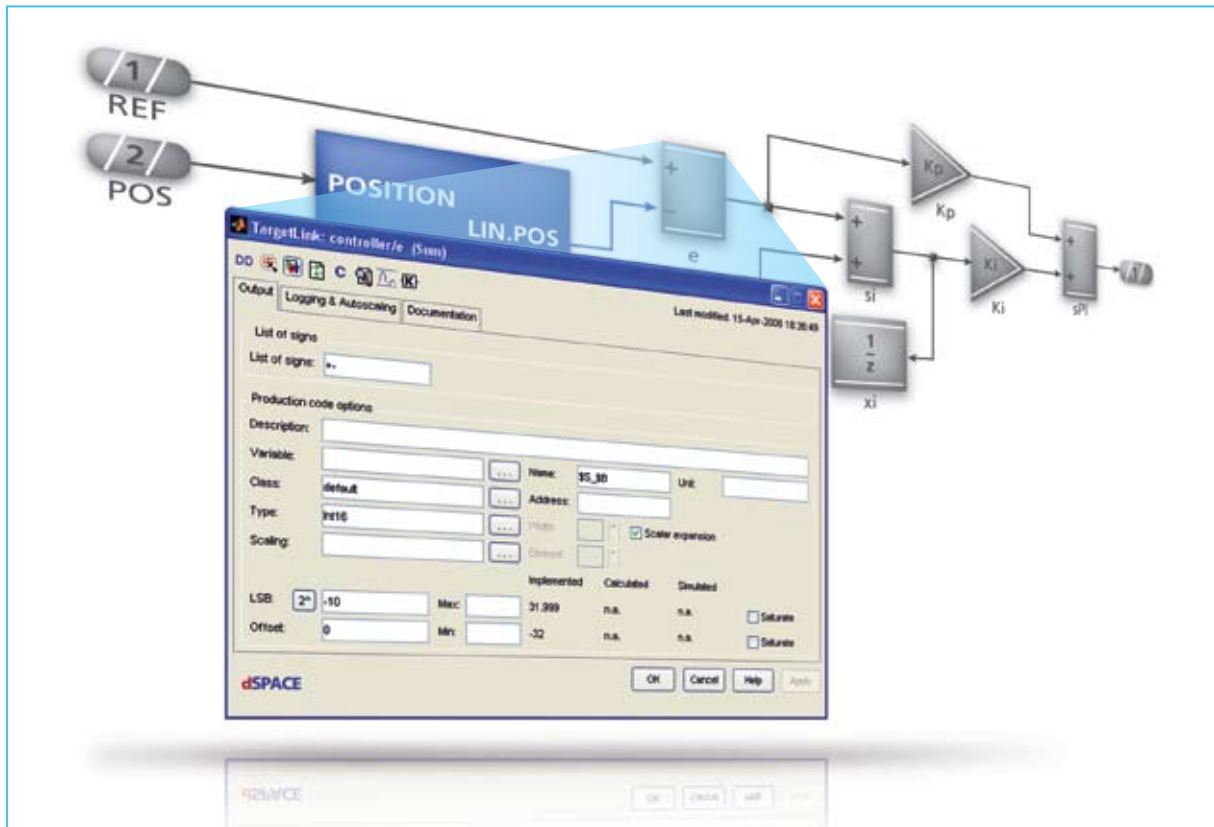


図 1 : TargetLink と Simulink のポートはマージされていますが、再設計されたブロックセット内の TargetLink ブロックの見た目は変わらず、以前と同じ方法で操作できます。

- 新しいモデル準備機能によって、Simulink から TargetLink への移行がよりシンプルになりました。
- Simulink と TargetLink の MIL シミュレーション動作が同一になりました。

#### 分散開発 :

##### モデルリファレンス機能

TargetLink 3.0 はモデルリファレンス機能をサポートしています。モデルリファレンス機能は、モデルベース設計のモジュラー方式の開発をよりシンプルにする MATLAB/Simulink の機能です (図 3)。大規模なチームによる分散型の開発が容易になり、個別に、バージョンを管理し、シミュレートできるサブモデルに分割できます。個々のリファレンスモデル向けにインクリメンタルコードを生成することもできます。

量産コード生成ツール TargetLink 3.0 の再設計されたブロックセットは、実績のある TargetLink の機能に加え、MATLAB/Simulink とのさらに緊密な統合を実現します。

個別に開発したモジュールは、1 つの統合モデルにまとめることができます。モデルリファレンス機能の利用効果は次のとおりです。

- 大規模モデルの取り扱いの改善
- モジュラー方式のサブ機能開発
- 大きなプロジェクトチーム内での分散型の開発 : 明確に定義したサブ機能を各開発者に割り当てることができます。

TargetLink Model Referencing Control Center は、個々のモデルを開発するまたは個々のモデルを大きな 1 つのモデルに統合する際にユーザをサポートする新しく使いやすいユーザインターフェースです。ユーザが、モデルへのリファレンスを一時的に解除し、後で復元するための機能はサブ機能の開発でより高い利便性を提供します。



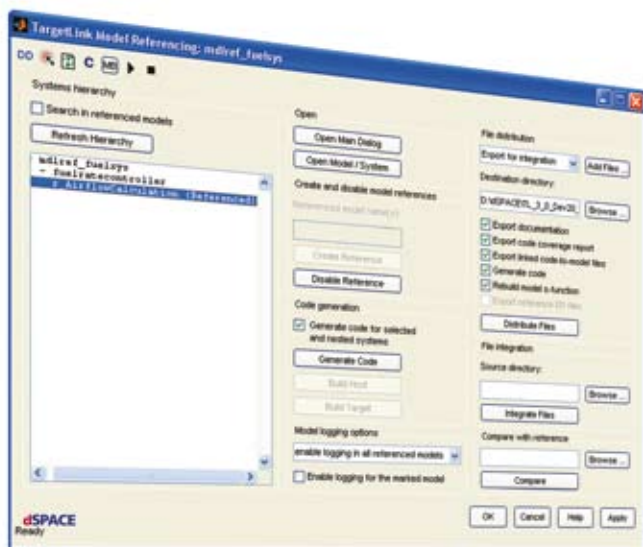


図 2 : TargetLink 3.0 は、リファレンスモデルでの分散作業のために特別なグラフィカルインターフェースを提供します。



### MATLAB のバージョンサポートとその他の機能

TargetLink 3.0 では、MATLAB R2006a+、R2006b、R2007a+、R2007b+、R2008a までの 5 つの異なる MATLAB リリースをサポートしています。このため、ユーザは上記リリースの中から

自由に選択して使用できます。この最新バージョンの TargetLink は、ベクトル幅を継承する機能や、Simulink-Stateflow インターフェースでの柔軟なコード生成などのその他の新機能により更に強化されています。■

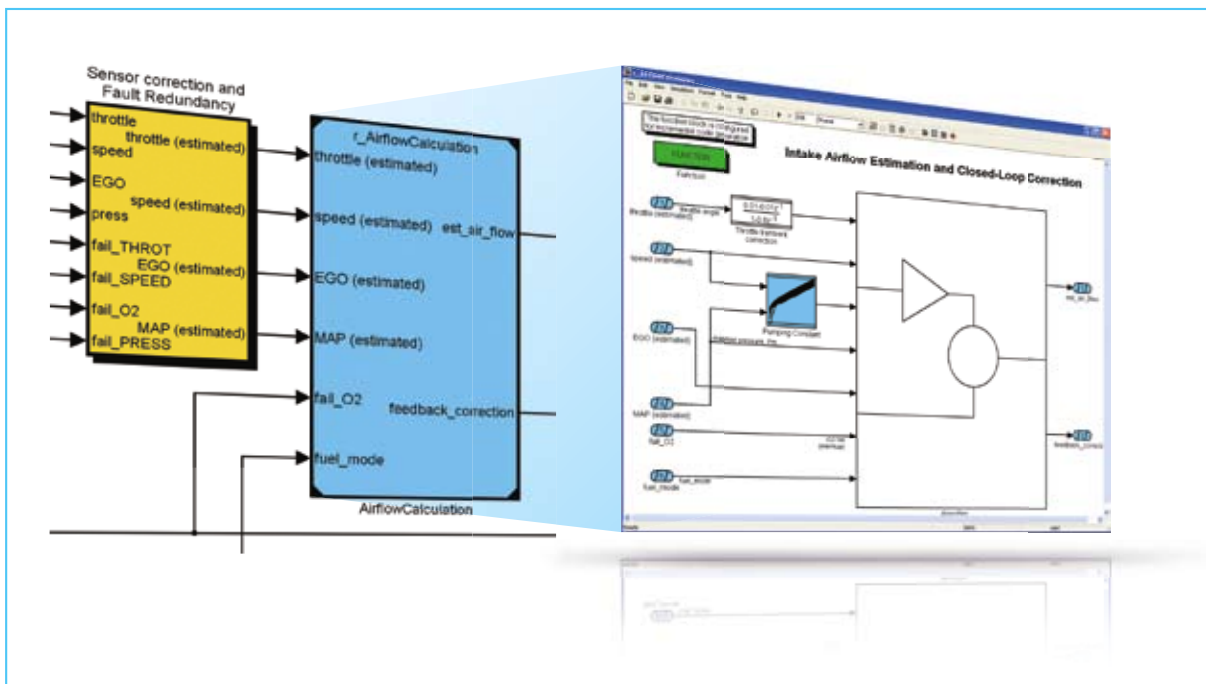


図 3 : モデルリファレンス機能を使用したモジュラー方式の TargetLink モデル設計

# Communication under Control

RTI CAN MultiMessage Blockset での大規模な  
CAN ネットワークのテスト



前号では、dSPACE ツールチェーン内の CAN バスの複数ツールのワークフローを取り上げました。今回は、大規模な CAN ネットワークテストを RTI CAN MultiMessage Blockset によりどのようにサポートされているのかをご説明します。このブロックセットは、使いやすいグラフィカルインターフェースと幅広い設定オプションで、実用性をさらに向上させています。

RTI CAN MultiMessage Blockset の典型的な使用事例は、単純なレスタバスシミュレーションの設定から CAN ネットワーク通信の大規模なテストまで多岐にわたります。開発者は、リアルタイムモデルの Simulink ブロックを使用して、大量の CAN メッセージをすばやく設定、および編集できます。これらの設定は、作成後、たとえば試験ツールや自動化ツールと共に下流プロセスで再利用できます。

### 通信マトリクスから開始

通信マトリクス (通常は DBC ファイル) は、RTI CAN MultiMessage Blockset を使用して通信テストを設定するための基礎となります。レスタバスシミュレーションを設定する際、マトリクスに含まれるサイクルタイム、メッセージと ECU 間の割り当て、信号しきい値、デフォルトなどを直接使用することができます。プロジェクトの過程で DBC ファイルをアップデートする場合は、追加または変更された部分のみ必要となります。これは、車両開発中にデータベースまたは統合作業の段階が頻繁に変更される場合に特に便利です。

もう 1 つの便利な機能は、同じ 1 つの CAN バスで複数のレスタバス設定を使用する機能です。このブロックセットを使用すると、最高 20 個のテストパターンを 1 つの CAN コントローラに割り当てることができます。データベースや設定の複数のバージョンは、割り当てたモデル変数や自動化可能なトレース変数によって、ランタイム中に変更できます。

### 単純なレスタバスシミュレーション

データをインポートしている場合は、選択した特定の ECU に対して Rx (受信) および Tx (送信) メッセージを選択するだけで、基本的なレスタバスシミュレーションを作成できます。

このシミュレーションでは、まだプラントモデルとのデータのやりとりは行われておりませんが、代わりにデフォルトを使用できます。実 ECU を接続し、信号チェックを行う場合、ある固定値でテストを行っても十分と言えます。

より包括的なシミュレーションが必要な場合は、幅広いテスト機能が提供されて

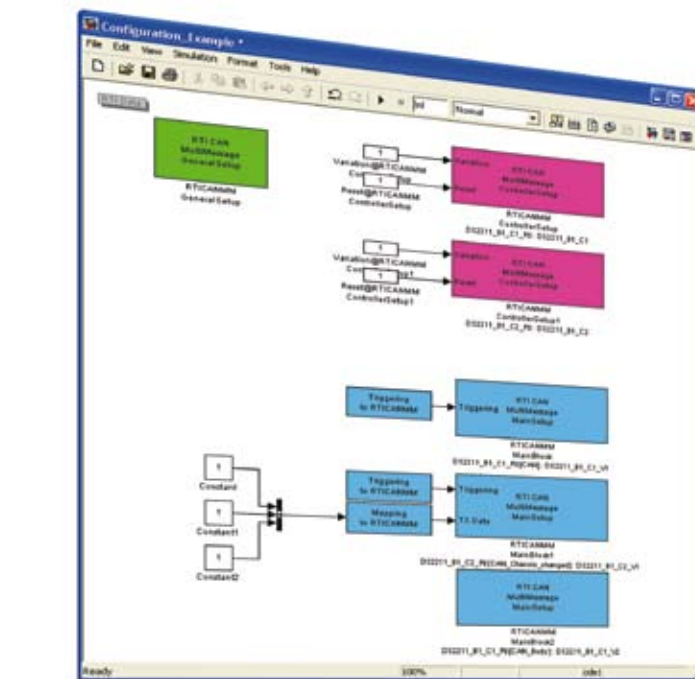


図 1: RTI CAN MM Blockset を使用して行ったバス設定

います。多数の設定項目により、CAN 通信のエラーのないシミュレーションだけではなく、意図的にエラー信号を送信することもできます。このブロックセットは、使いやすいようにメッセージレベルと信号レベルの機能に分割されています。

### メッセージレベルのテスト

メッセージレベルのテスト機能は、メッセージの送信のみならず、特定のエラーメッセージまたはすべての ECU を考慮したテストを行うことができます。メッセージの送信操作の一例は、サイクルタイムを変更する機能です。

送信するメッセージのサイクルタイムと遅延時間は、「Message cycle time

defaults」機能で設定することができます。ユーザは、データベース内に含まれている情報を使用するか、グラフィカル表示で設定項目を定義することができます。テストを行う前のデータ設定では、メッセージのサイクルタイムや、遅延時間も指定することができます。また、これらの値はテスト実行中にモデル変数またはトレース変数によって変更することが可能です。

送信自体の設定以外にも、メッセージにおける ID、フレーム長、内容等も設定することができます。よく使用される機能として、メッセージのチェックサムがあります。データの誤り検出を行うためメッセージや信号に対するチェックサムを設定することができます。このオプションは、

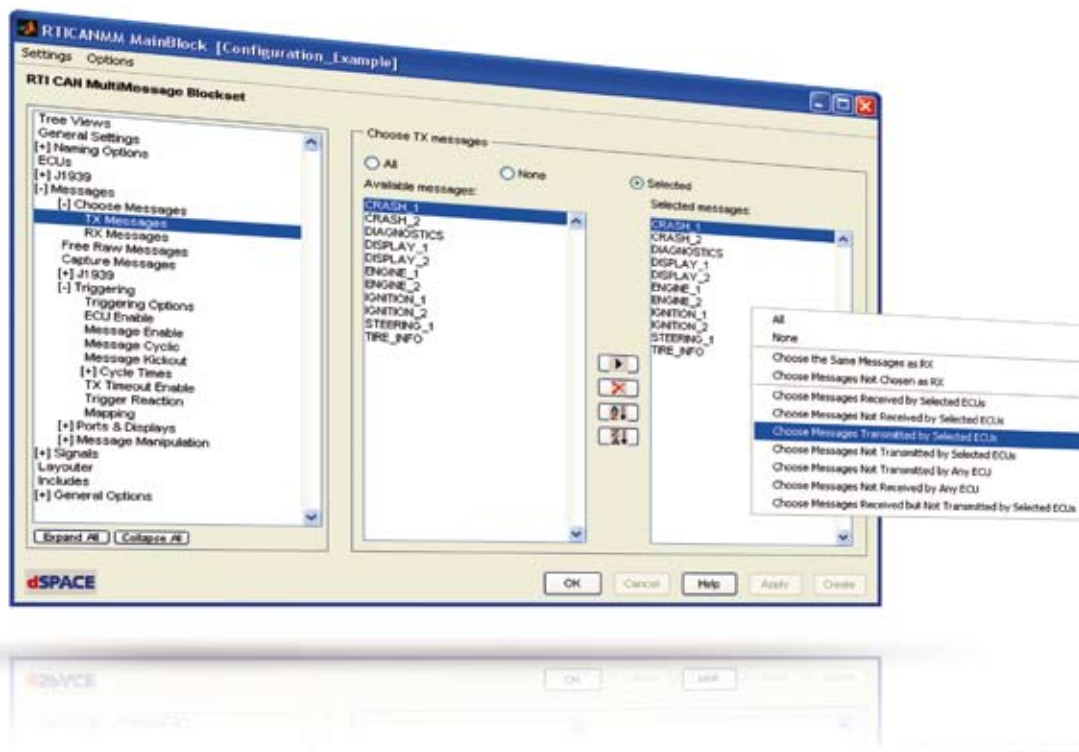


図 2 : レストバスシミュレーションの Rx (受信) および Tx (送信) メッセージ

2つの手順で実行します。最初の手順では、複数のチェックサムアルゴリズムを必要とするメッセージのクラスを定義します。たとえば、トランスミッション ECU へエンジン ECU のメッセージを包含するため定義します。一方 2 番目のクラスには、ESP ECU が受信したメッセージを含めることができます。ブロックセットは、これらのクラスに対してそれぞれのチェックサムアルゴリズムが統合されたフレームワークとして、ヘッダファイルを生成します。次の手順では、定義したクラスにメッセージまたは個々の信号を割り当てます。チェックサムの結果を基にしたフィルタを使用することで、より簡単にこれらの作業を実行することができます。

#### 信号レベルのテスト

ブロックセットとそのテスト機能は、信号レベルのテストもサポートしています。通常の静的な値を送信するためのオプションに加え、リアルタイムモデルから信号を送信するためのオプションもあります。また非常に便利な機能として、データベースからの信号名とリアルタイムモデルからの信号名を相互に割り当てることが可能です。

すべての機能に対してカウンタ、エラー値、パリティ信号の設定や、操作を行うことが可能です。このような機能の中に、「動的な信号値」があります。これは所定の信号値に対し、送信数が固定されているものになります。これらの送信が完了すると、以前の信号源または操作が再度実行されることとなります。

#### 追加オプション

RTI CAN MultiMessage Blockset は、データベースで定義されているメッセージや信号だけでなく、データベースの外部でメッセージを作成することもできます。これらのメッセージはランタイム時に変更できるので、診断テスト、ECU の検査を行う際に試験メッセージを送信することが可能となります。

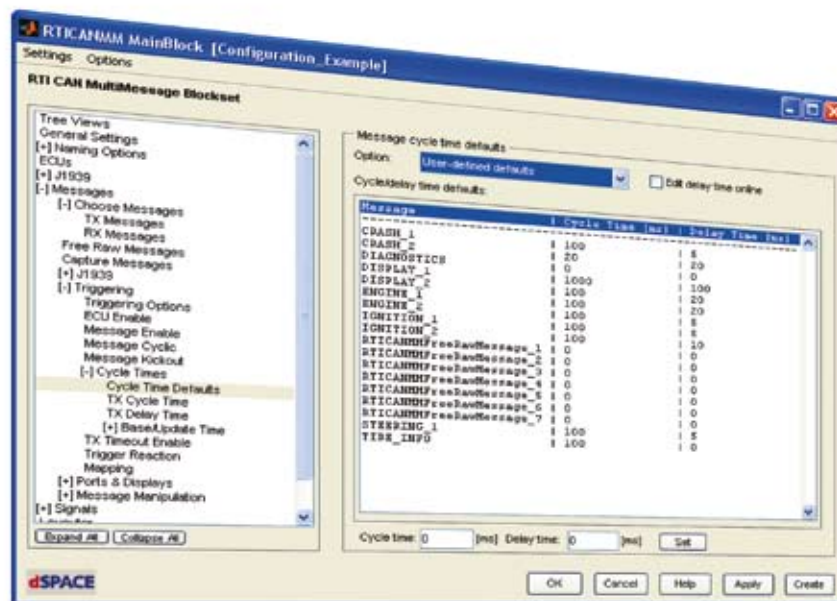


図 3 : メッセージのサイクルタイムと送信遅延の定義

## 用語解説

**DBCファイル** – DBC (データベースコンテナ) ファイル。CAN 通信ネットワークを記述するためのファイル形式です。

**レストバスシミュレーション** – ネットワーク内で実際のデバイスとして存在しない ECU からのメッセージを生成します。

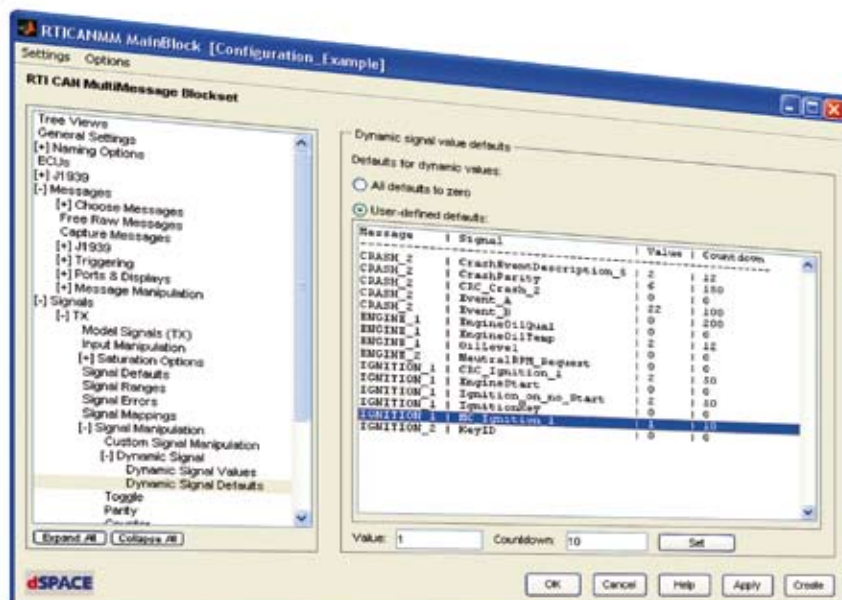
**通信マトリクス** – 通信ネットワークにおいてデータ交換に関係しているすべてのノード (ECU) を記述します。

**トレース変数** – 試験や自動化に使用できるモデル変数への参照。

## 複数のバスのサポート

さまざまな機能がある RTI CAN MultiMessage Blockset を使用することで、複雑な CAN 設定も簡単に処理およびテストできます。システムは、いったん設定されると、ControlDesk や AutomationDesk での統合的な試験に利用可能で、また新しいデータバージョンに容易に適応させることができます。■

開発プロジェクトにおける RTI CAN MultiMessage Blockset の使用についての詳細は、26 ~ 31 ページを参照してください。



送信制御と信号操作は、テスト実行中でも変更できます。



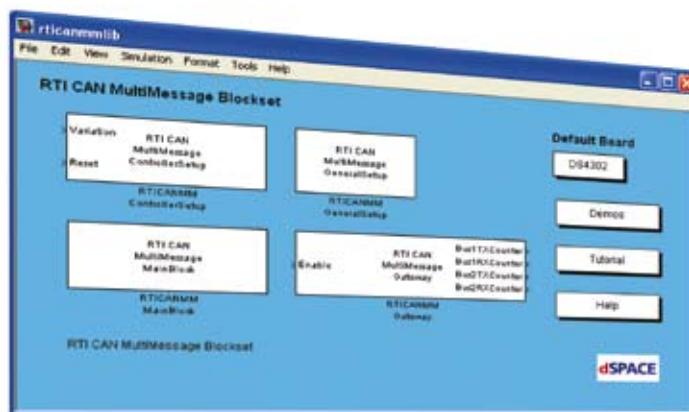
図4：動的な送信信号を指定するためのグラフィカルページ

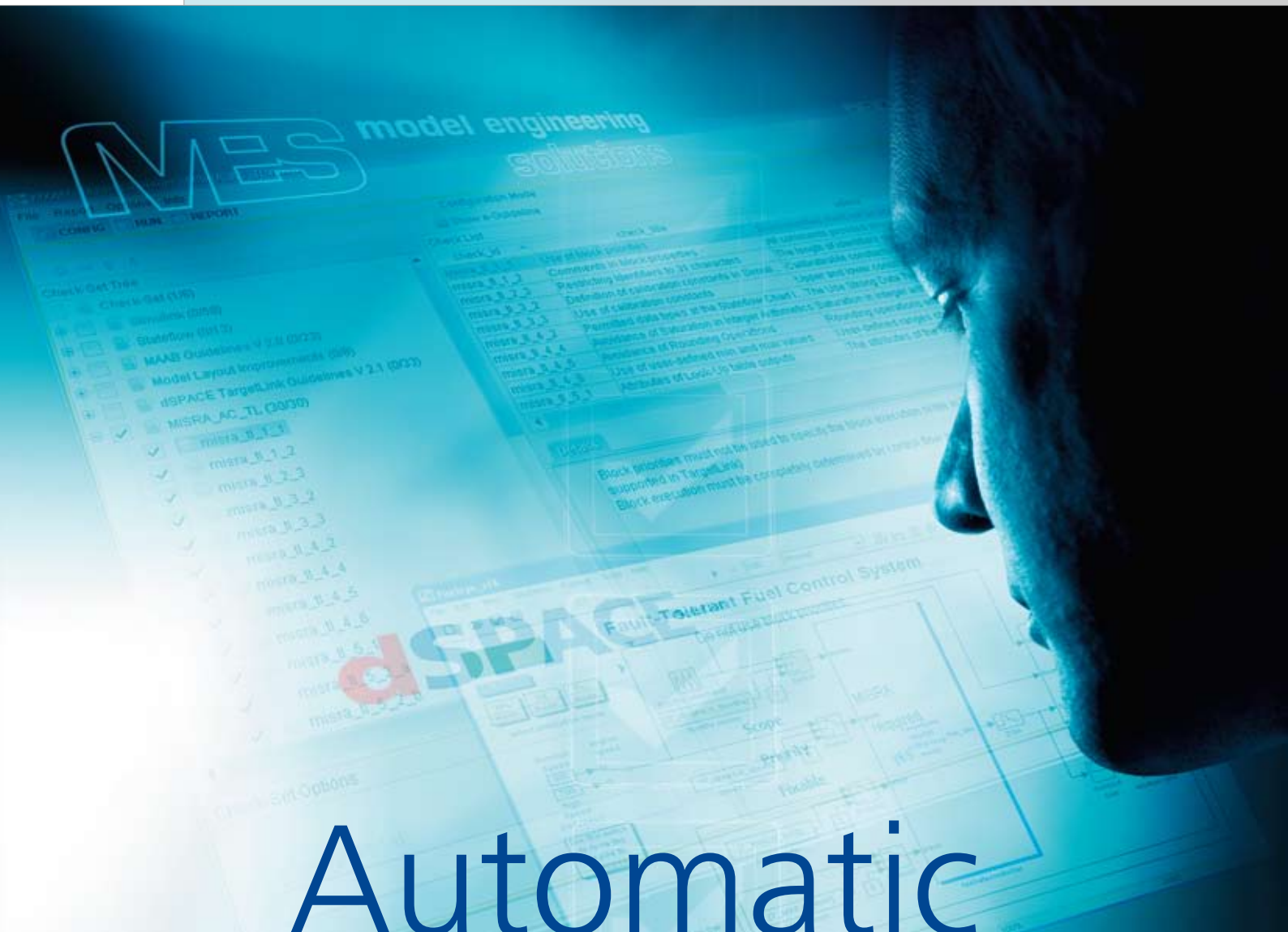
## RTI CAN MultiMessage Blockset :

RTI CAN MultiMessage Blockset は、dSPACE システムの CAN 通信ネットワークを設定するために使用されます。RTI CAN MultiMessage Blockset は、dSPACE の実装ソフトウェア Real-Time Interface (RTI) の拡張機能です。このブロックセットは、ラビッドコントロールプロトタイピングアプリケーションや、HIL (Hardware-in-the-Loop) アプリケーションでも使用できます。このブロックを使用することにより、CAN 通信に対し広範囲な設定項目を備えたユーザインターフェイスを作成することができます。RTI CAN MultiMessage Blockset を使用すると、1 つの Simulink ブロックで大量の CAN メッセージを制御できるので、複雑な CAN 設定でも簡単に処理できます。これによりモデルサイ

ズが削減され、またコード生成およびビルドのプロセスにかかる時間が短縮されます。また、このブロックセットは、DBC、

MAT、および FIBEX ファイルをインポートすることができます。



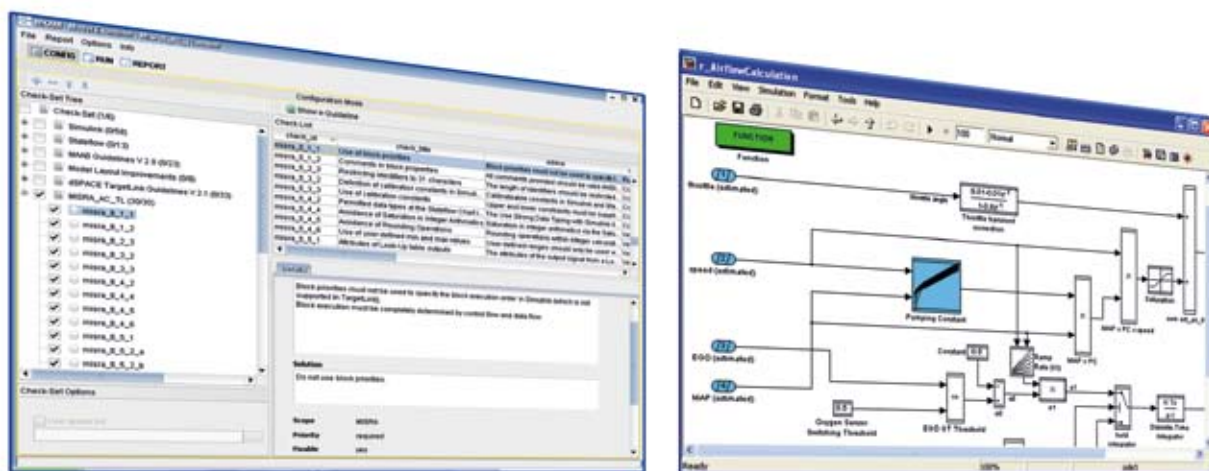


# Automatic Compliance Checks

TargetLink モデル向け  
自動ガイドラインチェッカ

モデルベース設計では、設計品質の保証にモデリングガイドラインが重要な役割を果たします。Model Engineering Solutions (MES) 社の Model Examiner は、TargetLink/Simulink® モデルのモデリングガイドラインに対する適合性を自動的にチェックします。最新バージョンでは MISRA TargetLink ガイドライン (MISRA-AC-TL) 用の自動モデルチェック機能も追加されています。





Model Examiner (左) は、TargetLink MISRA ガイドラインと照らし合わせてモデルを自動的にチェックします。

### モデルの機能安全

効率的なモデルベース開発では、モデリングガイドラインが極めて重要です。モデリングガイドラインは、透過性、機能安全、プロセス統合、およびコードの効率性に関するすべての要件をモデルが満たしていることを保証するために使用されます。モデリングガイドラインの準拠は、信頼できる言語サブセットに対する制限との関係で、特に IEC 61508 や将来の ISO 26262 に従ってセーフティクリティカルな機能を開発する場合に必要な不可欠です。これに対する答えが、機能安全に関するモデリング要件を定義する MISRA TargetLink ガイドライン (MISRA-AC-TL) です (『dSPACE Magazine 1/2008』を参照)。dSPACE および dSPACE のお客様の多くは、TargetLink に対する会社固有のガイドラインも持っています。今日のモデル全体の大きさや大量のガイドラインを考慮すると、ツールサポートなしに準拠を保証するのは非常に困難な場合があります。さらに、すべての制御ロジックまたはソフトウェアの開発者がモデルベース設計の専門家であるとは限りません。これも、ツールを不可欠とする大きな理由です。

### MES Model Examiner 1.2

MES の Model Examiner を使用すると、TargetLink ユーザが MAAB ガイドライン (The MathWorks Automotive Advisory Board) の準拠をチェックできるだけでなく、専用の TargetLink サポートも提供されます。Model Examiner の新し

いバージョン 1.2 には、dSPACE TargetLink ガイドラインと MISRA (Motor Industry Software Reliability Association) によって発行された公式な TargetLink ガイドラインが組み込まれています。Model Examiner は、モデルがガイドラインに準拠しているかどうかをチェックし、ルール違反が発生している場

合は警告を發します。Model Examiner は、自動的に修正を行い、文書も生成することもできます。また、プロジェクト固有のルールを定義し、TargetLink/Simulink モデルに適用することもできます。開発者は、Model Examiner の独自のユーザーインターフェースから、またはスクリプトを呼び出すことによってモデル分析を実行できます。したがって、既存のツールチェーンに Model Examiner を簡単に統合できます。Model Examiner に付属しているチェックデータは、Model Advisor にロードすることもできます。Model Examiner の API を使用すると、企業固有のインフラストラクチャを統合できます。Model Examiner がまだ特定のガイドラインをサポートしていない場合、ユーザは、追加スクリプトの形でツールチェーン固有の拡張機能を追加できます。Model Examiner

は、Model Engineering Solutions 社から提供されています。

### 今後の展望

dSPACE と Model Engineering Solutions 社は、引き続き Model Examiner の開発において、TargetLink ユーザに最適なサポートを提供するために

Model Examiner は、モデルがガイドラインに準拠しているかどうかをチェックし、ルール違反が発生している場合は警告を發します。

協力しています。今後も、使用可能なルールをできるだけ多くサポートし、常に TargetLink の新しいバージョンに Model Examiner を対応させることです。■

[www.model-engineers.com](http://www.model-engineers.com)  
[info@model-engineers.com](mailto:info@model-engineers.com)



専門家パネルが、整定時間、チャタリング効果、およびオーバーシュートについて、プロジェクトを採点しました。学部生部門では、アクロン大学、カリフォルニア大学パークレイ校、ヒューストン大学、プレーリービュー A&M 大学、ライス大学、およびワシントン大学の学生が上位3位となりました。

## 振動制御学生競技会 – 難易度の高い課題と審査



ヒューストン大学の Smart Materials and Structures Laboratory は、2008 年 3 月 3 日～5 日、米国カリフォルニア州のロングビーチで開催された Earth & Space 2008 の一環として、学部生と大学院生をそれぞれ対象とした 2 つの振動制御競技会を同時開催しました。競技会の目標は、柔軟ビームの振幅を緩和するコントローラを設計することでした。参加者には、圧電セラミックセンサとアクチュエータによる柔軟ビーム (National Science Foundation 賞により提供。DUE 0442991) に加え、TREK 社の増幅器、MATLAB®/Simulink® がインストールされた PC、および dSPACE のシステムも提供されました。これらのデバイスと開発

ツールを使用すれば、モデルを土台としてアルゴリズムを作成し、dSPACE のシステム上でリアルタイムに実行できます。実装したアルゴリズムの制御信号は、ビームの振動を相殺するために、TREK 社の増幅器経由で圧電セラミックアクチュエータに送信されます。この競技会は全体で 3 日間続きました。初日には、各チームに 1 時間が与えられ、制御の設計を目的としてセンサデータを記録しました。2 日目には、1 時間以内の規定時間で、制御のテストを行いました。3 日目には、制御の最終的な最適化に 30 分が与えられました。博士号候補者を対象とした競技会は、センサのノイズ、外部の励起、および質量の不安定さも関係し、より難しいものでした。

大学院生部門の上位 3 位は、ライス大学とヒューストン大学のチームでした。dSPACE Inc. および TREK Inc. は、1 位 500 ドル、2 位 200 ドル、3 位 100 ドルの学生賞を授与しました。

<http://egr.uh.edu/smsl/conference.html>

## 回転方向を検出するクランクシャフトセンサ

DS2211 HIL I/O Board には、回転方向を検出するクランクシャフトセンサをシミュレートするための新しい機能が備わっています。このための設定は、MATLAB®/Simulink®/Stateflow® モデルを dSPACE ハードウェアで実装す

るためのソフトウェアである Real-Time Interface で行います。

SAE 規格 J2716 (SENT) も、近々サポートされる予定です。これは、高分解能センサデータを ECU に送信するための LIN に代わるものです。

DS2211 HIL I/O Board は、HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションの中核となる I/O ボードです。特にエンジンおよびピークルダイナミクス分野で自動車信号のシミュレーションおよび計測向けに開発されており、HIL シミュレーションで標準的に使用されるさまざまな入出力信号の処理を 1 枚のボードに統合しています。

## 訂正

1/2008 号の「Safe Modeling」という記事には、Motor Industry Software Reliability Association (MISRA) のロゴが使用されています。このロゴは、dSPACE が提供する製品およびサービス全体を MISRA が推奨するという意図を込めたものではありません。誤解を招く表現に対し、お詫びを申し上げます。  
編集者一同



## dSPACE 便り



dSPACE 製品のリリース情報、当社のイベントやその他の活動に関する最新の情報をメールにてお届けします。  
以下の web サイトよりご登録いただけます。  
[www.dspace.jp/goto.cfm/dspace\\_direct](http://www.dspace.jp/goto.cfm/dspace_direct)

## お問い合わせ先



皆様からの貴重なご意見をお待ちしております。

### dSPACE Japan 株式会社

(本社)

〒140-0001

東京都品川区北品川 4-7-35

御殿山トラストタワー 10 階

Tel.: 03-5798-5460

Fax: 03-5798-5464

ホームページ: [www.dspace.jp](http://www.dspace.jp)

代表: [Info@dspace.jp](mailto:Info@dspace.jp)

営業部門: [Sales@dspace.jp](mailto:Sales@dspace.jp)

技術部門: [Support@dspace.jp](mailto:Support@dspace.jp)

(中部支店)

〒460-0003

名古屋市中区錦 1-6-5

名古屋錦シティビル 7 階

Tel.: 052-220-5155

Fax: 052-220-5156

## 採用情報



dSPACE で一緒に働きませんか?

経験を積んだプロフェッショナルとして新しい挑戦の場を求めていますか?ぜひ当社の一員としてご活躍ください(ドイツ: パーダーボルン、ミュンヘン、シュトゥットガルト。フランス: パリ。イギリス: ケンブリッジ。日本: 東京、名古屋。アメリカ: ミシガン州デトロイト)。

当社では、業務拡大のため、経験の有無を問わず、技術力のあるスタッフを世界各国にあるオフィスで募集しています。

- ソフトウェア開発
- ハードウェア開発
- アプリケーションエンジニア
- セールスエンジニア
- 製品管理

現在の日本での採用情報については下記をご覧ください。  
[www.dspace.com/jobs](http://www.dspace.com/jobs)





System Architecture

Rapid Prototyping

ECU Autocoding

HIL Testing

ECU Calibration

## その走りはHILSで進化した。

三菱自動車のランサーエボリューションX(テン)は、  
車載ECUの品質と安全性を  
dSPACEのHILシミュレータで評価しました。



数十個におよぶECUが稼働する車載ネットワークを車一台分丸ごと仮想化し、徹底的なシミュレーションテストを実現するHILS (Hardware-in-the-Loop Simulation)。次世代の話ではありません。三菱自動車が「ランサーエボリューションX」の市場投入にあたって選んだソリューションです。そして、そのパートナーが私たちdSPACE。「バーチャルビークルシミュレータ」と呼ばれるdSPACEのHILSは、ターンキーシステムにより導入直後からすぐに稼働、すべてのECUを仮想上で評価し、台上/実車テストでは再現できない状況も短期間で実現します。世界屈指の自動車メーカーが信頼を寄せるdSPACEの先進テクノロジーと実績は、究極の安全性と効率を目指す国内自動車メーカーにおいても本格始動しています。

Embedded Success **dSPACE**