

# dSPACE MAGAZINE

2/2009

EvoBus 社、MBtech 社 –  
バス E/E アーキテクチャの完成度の検証

ヤマハ発動機株式会社 –  
自律型無人艇の開発

Johnson Controls-Saft 社 –  
Mercedes-Benz S 400 HYBRID の  
リチウムイオンバッテリーマネージメント







社長 Dr. Herbert Hanselmann

今はまさに未知の時代です。自動車産業の輝かしい歴史を刻んだ自動車メーカーは経営不振や倒産の危機に直面しています。政府は自動車メーカーに対して、事実上の国有化とも言えるべき経営介入を行っています。自動車労働組合は、自動車メーカーの筆頭株主となったため、これまでのようにストライキを行うことさえできません。

私はこの対応は得策ではなかったと思います。自動車業界の過剰な生産能力は確かに原因の1つですが、それは以前から明らかだったことです。そのため非常に長い時間をかけて、過剰設備を徐々に減らす措置が取られてきました。競合するブランドの統合。生産能力の段階的削減。これで十分だったはずですが。

1つの避けられない原因が金融危機であることは、疑う余地がありません。そして、それは驚異的な速さで広がりました。実際の製品や技術革新に関係する分野に携わる者として、いわゆる金融エンジニアが「本当のエンジニアリング」の一分野を脇に追いやってしまうのを見るのは、ショッキングで理不尽なことと考えています。

本当の改革の代わりに行われたのは、曖昧な金融面での改革でした。私たちはみな、このような改革をしなくても立ち直ることができるかも知れません。

さらに追い討ちをかけるように、CO<sub>2</sub>排出量への懸念も事態に拍車をかけています。この話題については、dSPACE Magazineの前号で書きました。これらの懸念事項と、即効性のある政策への世論の期待の高まりを合わせて考えると、自動車市場の景気悪化の状況がよく分かります。一方で、自動車メーカーやサプライヤの最高経営者による自由な発言が増え、よりリアリティのある議論がなされるようになったことは歓迎しています。しかし、たとえば自動車メーカーのトップが、電気自動車の市場形成と相関する投資計画について変化は予想できないと発言したとします。すると、またもや政界や一般世論からは自動車業界への非難が集中することになりかねません。

特に気がかりなのは、自動車業界が非常に大きな圧力を受けており、この分野における研究開発への投資までもが減少して

いることです。今日の技術革新を推進する立場からは、自動車業界がこれらの分野への取り組みを強化すると考えていました。しかし、資産流動性に関する懸念と損失を最小にする計画は、技術革新にさえも打撃を与えています。研究開発に対する予算の削減、目標の変更、開発の打ち切りは、自動車業界に限ったことではありません。ただし、それが最も顕著なのが自動車業界です。ツールプロバイダである当社としては、エレクトロニクスとソフトウェアの自動車への統合が以前のような速さで進むかどうか予断は許されません。仮に進むとしても、車種の数と同じということではなく、開発数自体は減少するだろうと予想されます。

景気回復にはしばらくかかり、またその進み方は遅いと考えられているので、当社ではそれに対応するための準備をしています。以前のような投資レベルと成長は、すぐには戻って来ません。経済危機を踏まえて、将来に向けての課題に着実に取り組んでいくことを計画しています。

社長 Dr. Herbert Hanselmann

JOHNSON CONTROLS-SAFT 社 | PAGE

6



EVOBUS 社 / MBTECH 社 | PAGE

12



ヤマハ発動機株式会社 | PAGE

20

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：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、Nina Riedel、  
Dr. Gerhard Reiß  
協力：Alicia Alvin、増原 久子、  
Joachim Stroop

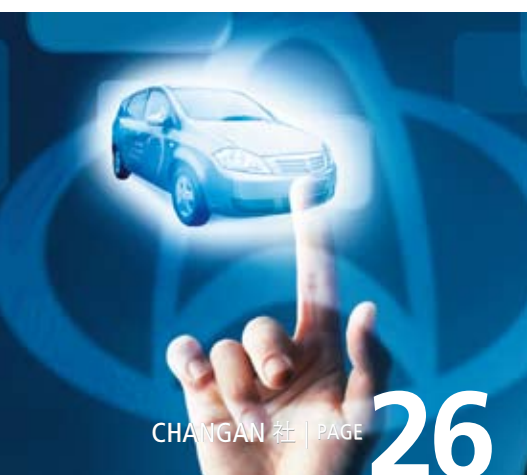
編集および翻訳：Robert Bevington、  
Stefanie Bock、Dr. Michelle Kloppenburg、  
Christine Smith、dSPACE Japan 株式会社  
デザイン：Krall & Partner、Düsseldorf

レイアウト：Sabine Stephan  
翻訳・印刷協力：株式会社 シュタール ジャパン、  
株式会社 SE デザイン

© Copyright 2009  
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



- 3 社長挨拶  
Dr. Herbert Hanselmann

## お客様の事例

- 6 JOHNSON CONTROL-SAFT 社  
25 Kilograms of Pure Energy

Mercedes-Benz S 400 HYBRID における高効率  
バッテリーマネジメントシステムの開発

- 12 EVOBUS 社 / MBTECH グループ  
Virtual Bus

HIL 統合テストによるバス用新型 E/E  
アーキテクチャの完成度の検証

- 20 ヤマハ発動機株式会社  
MicroAutoBox Ahoy!

MicroAutoBox を搭載した自律型無人艇  
の開発

- 26 CHANGAN 社  
Jiexun – A Hybrid Hero

Jiexun (杰勋) 新型マイルドハイブリッド車の  
ハイブリッド制御機能開発

- 30 シュトゥットガルト 大学 / IVECO MAGIRUS 社  
Higher, Faster, Further

回転梯子用アクティブ減衰制御

## 製品

- 36 AUTOMATIONDESK 2.3  
Taking the Tedium  
out of Testing

拡張されたテスト処理とレポート生成

- 38 電気モーター / ハイブリッド  
Hybrids under Control

ハイブリッドドライブおよび電気モーター向け  
ECU の開発およびテスト

## ビジネス

- 42 エコカー  
EcoCAR: The NeXt Challenge  
Goes Green

次世代自動車エンジニアによる持続可能な  
モビリティ技術の開発

- 48 TARGETLINK  
10 Years of TargetLink

現在に至るまでのロードマップ

- 52 インタビュー: ソフトウェアの品質  
Five Stars for dSPACE

メカトロニクスに要求されるトップクラスの  
ソフトウェア品質

- 54 AUTOSAR の導入シナリオ  
Up and Running with the  
Right Standard

AUTOSAR の導入シナリオ: 業界の事例

- 58 ニュース



# 25 Kilograms of Pure Energy

Mercedes-Benz S 400 HYBRID における高効率バッテリーマネージメント  
システムの開発 (Johnson Controls-SAFT 社)



25 kg : これが 2009 年に発売予定の Mercedes-Benz S-Class S 400 HYBRID に搭載されるハイブリッドバッテリーの重量です。このバッテリーは円筒形をした 35 個の再充電可能リチウムイオン電池で構成され、15 kW (20 HP) のピーク出力を発生可能です。バッテリー ECU は、その最重要タスクのひとつとして、この小さなエネルギーパッケージの電気的および熱的な保護を担います。この ECU のアルゴリズムは Johnson Controls 社と SAFT 社とのジョイントベンチャーによって開発されました。そこでは ECU ソフトウェアのコード生成に dSPACE 社の TargetLink が使用されています。

#### Mercedes-Benz S 400 HYBRID

マイルドハイブリッド方式を採用した S 400 HYBRID では、エンジン始動、スタート/ストップ機能、ブースト (エンジンのパワーアシスト)、エネルギー回生の目的でモーターを使用します。スペースを節約するために、トルクコンバータのケーシングに内蔵したコンパクトなディスク状モーターを、エンジンと 7G-TRONIC 7 速オートマチックトランスミッションとの間に搭載しています。モーターは最大出力 15 kW (20 HP)、起動トルク 160 Nm (動作電圧 120 V 時) を持つアウターロータ型の三相永久磁石モーターです。ハイブリッドバッテリーをエンジンルーム内の従来のバッテリーと同じ位置に搭載することによってスペースが大幅に節約できるため、客室とランクルームのスペースを変更する必要は

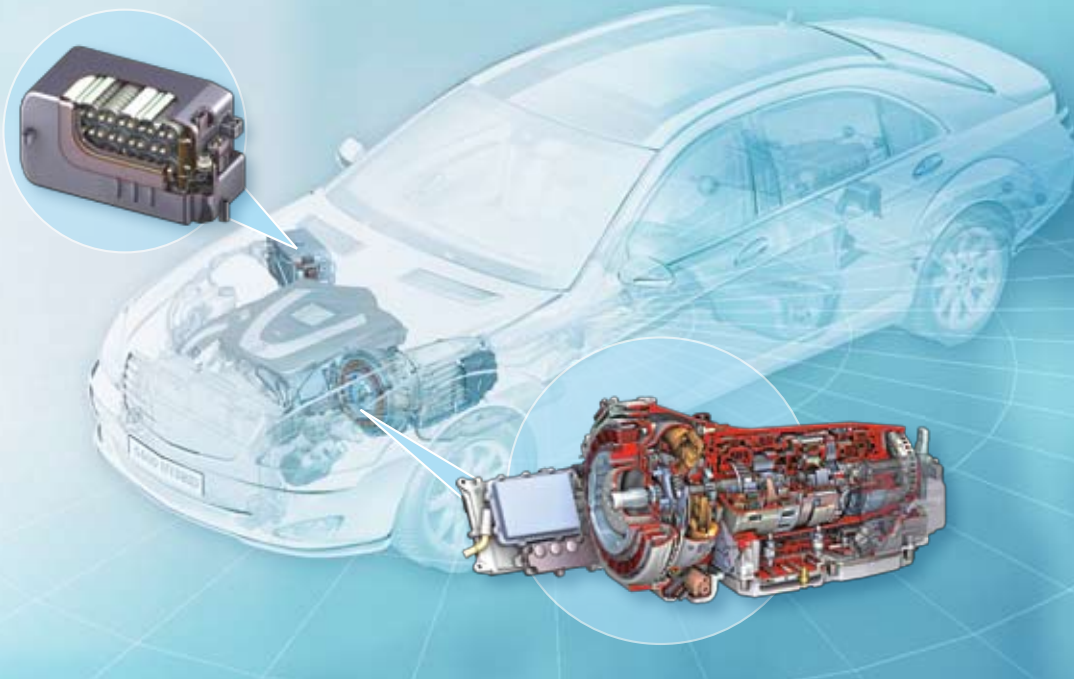


図 1 : S 400 HYBRID はマイルドハイブリッドドライブを採用しています。高電圧リチウムイオンバッテリーはエンジンルーム内に搭載されます。

ありません (図 1)。このリチウムイオンバッテリーは、ハイブリッドモーターのみならずヘッドライトや快適機能などの一般的な 12 V 電装システムにも、電圧コンバータを介して電力を供給します。エンジンの始動は車両バッテリーにとって最大の負荷となります。バッテリーの能力が自己放電や低外気温などによって低下した場合に、まず問題となるのがエンジンの始動です。このため充電量がある程度低下すると、ハイブリッドシステムはジャンプスタートをサポートします。12 V の鉛バッテリーはトランク内に搭載され、一般的な電装品と高電圧コンポーネントの監視システムへ電力を供給します。この鉛バッテリーはリチウムイオンバッテリーからのサポートを受けるため、大幅な小型軽量化が可能です。

エンジンはマイルドハイブリッド用に専用設計されました。このエンジンには、エンジン熱効率の向上 (燃料消費率の改善) と有害エミッションの削減が同時に得られるアトキンソンサイクルの利点を取り入れています。一方その欠点として低回転数領域のトルクがやや劣りますが、モーターがこの欠点を補います。

包括的なエネルギー管理が、ハイブリッドパワートレイン内の各コンポーネント (バッテリー、モーター、電圧コンバー

タ) を車両からの要求に合わせて最適に制御します。たとえばモーターは、加速運転中にエンジンをサポートする一方で、ブレーキ操作中にはジェネレータとして機能してエネルギー回生を行います。またエンジン始動時は、ハイブリッドバッテリーが電圧コンバータを介して車両の電装システ

ムを供給します。さらにモーターの動作点を適切にシフトすることによって、たとえば郊外や市街地といったさまざまに異なる運転状況においても、エンジンの動作点を常に最適効率領域内に維持します。

#### ハイブリッドバッテリーの構造と冷却

この極めて高効率でコンパクトなモジュラー式ハイブリッドドライブの中心となるのが、自動車専用に設計された新型のリ

チウムイオンバッテリーです (図 2)。このバッテリーは、従来のニッケル水素ハイブリッドバッテリーに比べてより高いエネルギー密度と電気効率を持ち、より小型軽量であることを主な長所とします。このハイブリッドバッテリーは放電と充電の両方向で、最大電流 200 A において 128 V の

Torben Materna 氏、Johnson Controls-SAFT 社

端子電圧を供給します。バッテリー全体は 35 個のリチウムイオンセルで構成され、容量 7 Ah の各セルが公称 3.6 V の電圧を発生します (図 3)。冷却を行うために、バッテリーは車両のエアコンディショニングシステムへ接続されます。バッテリーの冷却はドライバーによるエアコンの設定に関係なく常に優先されます。したがって、たとえエアコンのスイッチが切られていても、必要時には最大パワーでバッテリーの冷却が行われます。

「量産コード生成ツール TargetLink のおかげで、ハイブリッドバッテリーのマネージメントシステム用に新開発したコントローラモデルから、短時間で量産レベルのコードが得られました」





図2：重量 25 kg の高電圧リチウムイオンバッテリー。  
冷却機能を内蔵した高強度バッテリーケース



図3：高電圧バッテリーには 35 個のリチウム  
イオンセルを使用

### バッテリーマネージメントシステム

バッテリーマネージメントシステム (BMS) は、バッテリー内の電氣的、熱的 (物理的)、化学的なプロセスのすべてを集中的に制御します。BMS は独立した ECU (電子制御ユニット) としてバッテリーに内蔵され、下記の機能を担います。

- 安全機能 (電圧カットアウトなど)
- 充電状態の表示 (インストルメントクラスタに表示、図 4 参照)
- 電流、電圧、電力リミットの計算
- 温度管理
- バッテリー劣化の監視
- 充電バランス (セル間の充電ばらつきの一均化)

この ECU は上記の制御以外にブラックボックスとしても機能し、診断機能からの読み取りが可能なバッテリー関連パラメータの保存を行います。高電圧/高電流に対する作業安全性を保証するために、バッテリー作動中以外はバッテリーの高電圧端子への通電を遮断する多重の安全機能が備えられています。これによりバッテリーの搭載、移動、保管作業が安全に行えます。

### バッテリーマネージメントシステムのネットワーク化

バッテリーマネージメントシステムを正しく機能させるために、BMS がバッテリーと他のシステムとの間に介在し、他のコンポーネントから状態評価用のデータを取得します。このため BMS は下記ハイブリッドプランチ内のすべての ECU へ接続されます。

- エネルギーマネージメント (エンジン ECU)
- パワーエレクトロニクス (モーター)
- 電圧コンバータ (DC-DC)

エラーに即応するために、バッテリーとエアコンディショニングシステムはダイレクトにメッセージ (バッテリーからの冷却要求や冷却ステータスなど) を交換します。

### バッテリーの制御

バッテリーセルの寿命を延ばしながら電力を最大限に利用するために、冷却制御機能がバッテリーを約 30 °C に維持します。極端な負荷がかかった場合は、電流/電圧リミットが過熱を防ぎます。これらの機能によって、セルの長期的なダメージと容量の低下が防がれます。温度制御機能は、極端な状況にならない限りバッテリー温度を 50 °C 以下に維持するように設計されています (図 5)。

特に車両を使用していない時などに温度が極端に低下すると、バッテリーがダメージを受ける可能性があります。このため運転を開始するとバッテリーは電流によって即座に加熱されます。-20 °C 以下の温度で過大な電流負荷がかかるとリチウム沈殿が発生し、急激にバッテリーの容量が低下する可能性があります。

車両がアイドリング運転状態になると、その期間を有効に利用してシステムの再校正、安全性チェック、セルバランシング (セルの充電ばらつきの一均化) がシステムチェックに行われます。バッテリーの寿命はセルの充電状態の均一性に大きく影響を受けるため、セルバランシングは特に重要です。

すべてのセルの充電状態を均一にするために、充電状態を解析して特定のセルだけに充電を行います。これにより一部のセルを過充電にすることなく、バッテリー本来の容量を完全に利用することができます。

### モデルベース開発プロセス

このプロジェクトにおける最重要課題のひとつは、バッテリー専門家が持つノウハウと自動車技術者の要求を結集させて、バッテリーセルを保護しながら車両として高い可用性を確保できるシステムを開発することにあります。このため、実験室状態で得られた理論的なバッテリーモデルとセルデータを、十分な精度を維持しながら実用的レベルで実行可能なソフトウェア

## 用語解説

**アトキンソンサイクル** – 圧縮比よりも膨張比を大きくした内燃機関の理論サイクルです。4 ストロークエンジンでは、圧縮行程初期における吸気バルブの閉じタイミングを遅らせて、実効圧縮比を下げることによって実現できます。その結果として熱効率 (燃料消費率) の改善が得られます。

**ブースト** – ピーク的な動力発生時に電気モーターを動作させてエンジンをサポートします。

**マイルドハイブリッド** – モーターはエンジンのサポートだけを行います。モーター単独で車両を駆動することはありません。

**エネルギー回生** – ブレーキ操作による減速時などにおいて、余剰エネルギーをバッテリーに貯蔵します。



図 4a：走行速度を 60 km/h 以下へ減速中の状態です。モーターがジェネレータとして作動し、車両の運動エネルギーを電気エネルギーへ変換してハイブリッドバッテリーへ充電します（エネルギー回生）。インストルメントクラスタには、バッテリーへ向かうエネルギーの流れが緑の矢印で示されます。現在のバッテリー充電状態は 50 % で、充電が続行中です。

図 4b：走行速度を 50 km/h 以上へ加速中の状態です。モーターはバッテリーからの電力を消費してエンジンによる加速をサポートします。インストルメントクラスタには、ホイールへ向かうエネルギーの流れが赤の矢印で示されます。先ほどのエネルギー回生のおかげで、バッテリーの充電状態は 51 % に増加しています。

図 4c：停車するためにブレーキをかけました。速度 0 km/h ではエンジンとモーターはともに停止します。今回の減速によるエネルギー回生によって、バッテリーの充電状態は 52 % まで増加しました。

にまとめ上げる必要がありました。モデルベース開発と dSPACE 社の量産コード生成ツール TargetLink により、既存の Simulink バッテリアルゴリズムとバッテリー特性をコントローラモデルへ簡単に統合することができ、既存の Simulink バッテリーモデルを使用して妥当性確認が行えました。リチウムイオンテクノロジーの制御システムの設計は、このプロジェクトが初めてであったため、以前のプロジェクトの成果を利用することはできず、したがってコントローラソフトウェアは完全な

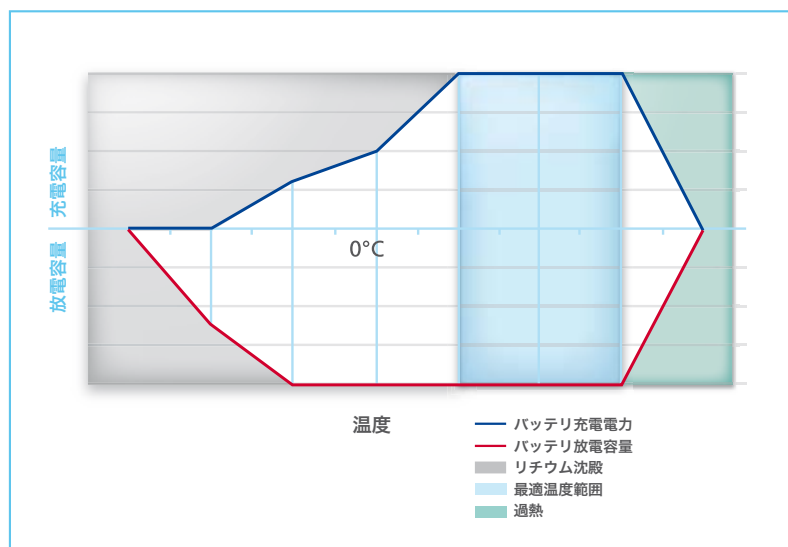
白紙状態から開発する必要がありました。効率的な量産コードの実装に向けて最適なモデルを作成する上で、dSPACE 社から発行されたモデリングガイドラインにもとづいて策定した社内ガイドラインが助けとなりました。

エンジン ECU 内に実装されたエネルギー管理システム (EMM) の機能開発者も TargetLink を使用していたため、彼らとの共同作業が円滑に進み、異なる会社に属する EMM 開発者と BMS 開発者との間の調整も極めて容易でした。

### バッテリーコントローラの実装

バッテリー ECU には Infineon 社の TriCore マイクロコントローラを使用しました。この ECU にコントローラソフトウェアモデルを実装するには、そのモデルから量産対応の固定小数点コードを生成する必要があります。このためまず最初に、適合変数などのプロジェクト内でグローバルに関与するすべてのデータを dSPACE データディクショナリ内で定義しました。変数のスケールリングは、TargetLink が提供するスケールリングサポートの支援のもとにモデル内で行いました。固定小数点コードの妥当性は、MIL (Model-in-the-Loop) および SIL (Software-in-the-Loop) シミュレーションの比較によって確認しました。使用予定のプロセッサにおけるこのコードのランタイム挙動とリソース消費量は、評価用ボード TriBoard TC1796 による PIL (Processor-in-the-Loop) シミュレーションによってテストしました (図 7)。このコードは極めて初期の PIL テストから、特に計算負荷の高いプログラム部分において、非常に良好なランタイム挙動を示しました。150 MHz のクロックレートを持つプロセッサは、ソフトウェアからのリアルタイム要求を開発全体を通して常に満たしました。TargetLink はコントローラモデル用に約 25,000 行のコードを生成しました。この量産コード生成ツールは取り扱いが容易であるため、短時間で量産レベルの結果が得られました。

図 5：ハイブリッドバッテリーの充放電プロセスにおける電気容量とバッテリー温度の関係



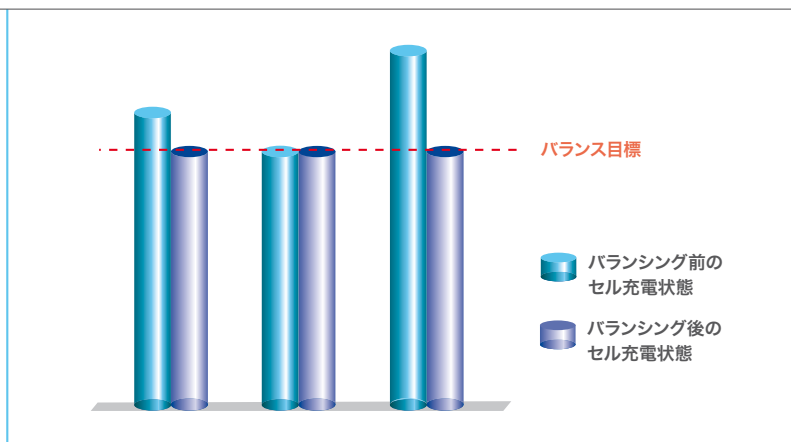


図6：バッテリーマネジメントシステムは、車両のアイドル運転中にバックグラウンド処理でセルごとの充電量を均一化します。これによってすべてのバッテリーセルが常に理想的な充電状態に保たれます。



**Torben Materna 氏, Johnson Controls-SAFT Advanced Power Solutions GmbH**  
Torben Materna氏は、Johnson Controls-SAFT Advanced Power Solutions社（ハノーバー、ドイツ）においてリチウムイオンバッテリーマネジメントシステムの開発を担当したソフトウェア開発プロジェクトマネージャです。

### コミショニングおよび展望

テストベンチでは最初にバッテリー ECU のテストが行われました。ここでは安全機能と温度制御機能の有効性の検証に特に重点が置かれました。次に一般公道におけるシステムの安定性を評価するために、夏期と冬期にテストドライブが実施されました。結果として、このハイブリッドバッテリーと ECU は、十分な量の電気エネルギー

を連続的に供給可能な堅牢なシステムであることが証明されました。

現在は、このシステムを異なる車両モデルへ適用して評価を行っています。ソフトウェアがモジュラー構造であるため、今回のプロジェクトで開発/確認したバッテリーアルゴリズムは他のプロジェクトでも再利用可能です。■

**Torben Materna**  
Johnson Controls-SAFT  
Advanced Power Solutions GmbH  
ドイツ

図7：バッテリーマネジメントシステム (BMS) のモデルベース開発における主要フェーズと、各フェーズでの開発タスク





# Virtual Bus

HIL 統合テストによるバス用新型 E/E アーキテクチャの  
完成度の検証 (EvoBus 社 / MBtech グループ)



連結式やダブルデッカー、車高ダウン、最大4基の両開きドアなどの広範囲の快適／安全システム、市街バスや観光バスなどバスの種類や搭載されている機能はさまざまです。この多様性はHILテストベンチの設計にも例外なくさまざまなバリエーションに対応可能で、すばやく切り換えができることが求められます。EvoBus社、MBtechグループ、dSPACEの3社は共同で、この要件を満たす試験システムをECUの妥当性確認のために構築しました。

バスおよびコーチ（長距離バス）のトップメーカーである EvoBus 社は、常にお客様が求める製品の提供を目指し、最高の品質を絶対条件としています。市場においてはバス車両には最大限の稼働率と長期の耐用年数が求められます。短期間の開発で革新的な製品を十分に実証されたシステムとしてマーケットへ投入するには、仕様決定から発売までを含む統合的開発プロセスと、徹底的なテストを構成するテストチェーンが不可欠です。乗用バスに搭載される機械的、流体的（空圧／油圧）、電気的システムは、制御のために電気／電子（E/E）セントラルアーキテクチャを介して接続されます。そしてこれら多様なシステムの車両全体ネットワークへの統合においては、その妥当性を確認する必要があるため、HIL テストが開発プロセスの主要部となります。これに加えてテストの自動化が開発効率をさらに大きく改善します。最新のバス／コーチのアーキテクチャには、広範囲の要求をひとつにまとめ上げ

る能力が求められます。たとえば市街バスの高度な連結制御システムは、ブレーキやエンジンをはじめとして、いわゆる「ニーリング」用の車高調整装置や各種の補助システム／装置と相互に作用する必要があります。また観光バスにおいては、乗客が娯楽や広範な観光情報を自由に選択して楽しめるようなマルチメディアシステムがこれに含まれます。これらの極めて多様な機能と情報ソースは、複数のシステムにわたって作用するため、それらを 1 つのネットワーク内で円滑に機能させる必要があります。開発者は、システムが車両に搭載される以前の極めて早い開発段階でこれを確かめねばならず、これはテスト環境とテスト戦略に対して困難な要求を突きつけます。

#### テスト環境とテストの焦点

コンポーネントレベルおよびネットワークレベルで制御ロジックと診断機能のテストを行うために、HIL（Hardware-in-the-Loop）シミュレータが構築されました。

HIL シミュレーションでは、バス固有システムのテストと、各種コンポーネント間の相互作用のテストが特に重視されます。製造グループの他のセクションから入手可能なコンポーネントが、可能な限りシミュレーションに再利用されます。さらに HIL テスト用シミュレーションモデルなどのソフトウェアパーツにも、他のテストベンチからのコピーが流用されます。全般的なテストケースライブラリとテスト仕様は EvoBus 社からの要求に従って調整されました。

#### 多様性への対応

多様なシステムと機能の統合はバス／コーチ開発における困難な課題のひとつです。さらにお客様から要求されるさまざまな特注機能がこれに加わります。これらへ対処するために、ソフトウェアモジュール開発期間の短縮が求められます。初期仕様決定からお客様の車両へ装着するまでの開発とテストに与えられた期間は、たったの数週間しかありませんでした。



図 1：EvoBus 社の標準開発プロセスに組み込まれた HIL シミュレーション



しかも EvoBus 社の E/E アーキテクチャは、欧州向けのすべてのバス/コーチへ統一的に適用される「コンストラクションキット」であるため、装備の少ないバスをはじめハイエンドのダブルデッカー観光バスや、全長 20 m におよぶ連結式の市街バスを含むすべての車両アーキテクチャの作成に使用されます。このような多様性は ECU のパラメータ設定量とバリエーション数を増加させ、さらにトランスミッションのタイプが異なる場合などには、時によってまったく別の ECU を必要とします。

このような状況においては、HIL テストベ

ンチに、ネットワーク化と診断機能の能力を検証するために社内コンポーネントテストを追加実施します。それらの試験の詳細は、システムの完成度とテスト対象となるソフトウェアセクションによって異なります。統合テストは複数のシステムにわたって作用する制御ロジックの検証を主な目的とします。

#### テストシステムとテスト運営に対する要件

テストを円滑に運営するには、信頼できるハードウェアと問題発生時の迅速なサポートが基本的な前提条件となります。

## 「HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションを開発プロセスの早期で使用するにより、ECU の高い完成度とその確証が早い段階で得られます」

Ian Suckow 氏, EvoBus GmbH

ンチ上でさまざまな車両バリエーションをすばやく切り換えられるようにする必要があるので、モデル、ECU ネットワーク、パラメータ設定に高い柔軟性が求められます。

#### HIL 統合テストの目的

高い品質を達成するために、EvoBus 社は自社の電気/電子システムと診断機能の開発プロセスを、CMMI プロセスモデルに基づいて構築しました。これはすなわち、最適化された標準プロセスに従ってプロジェクトを実行するとともに、継続的にそのプロセスを改善することを意味します。その改善策のひとつが、V 字開発サイクルの右側の分岐に位置する統合テストチェーンです (図 1)。このプロセスでは、ECU と ECU ソフトウェアのテストは可能な限りサブライヤによって実施され、EvoBus 社はサブライヤマネージメントシステムによってそれらを調整/管理します。同社は、総合的統合テストベンチ上で統合テストを開始

する前に、ネットワーク化と診断機能の能力を検証するために社内コンポーネントテストを追加実施します。それらの試験の詳細は、システムの完成度とテスト対象となるソフトウェアセクションによって異なります。統合テストは複数のシステムにわたって作用する制御ロジックの検証を主な目的とします。

テストシステムには追加の要求や新たなシステムへ対応するための柔軟な拡張性が求められます。EvoBus 社はテストベンチのセットアップから、保守、モデリング、テストの構築と実施までを含むすべてのテスト業務を、主幹のオペレータ/パートナーへ委託することを決断しました。このパートナーは HIL システムの正常な動作に対して責任を持ちます。EvoBus 社はテスト仕様を提示し、テスト結果の評価は HIL テスト実施者と機能開発者が共同で行います。dSPACE がコンポーネントの仕様作成と HIL テストシステムのセットアップを担当し、MBtech 社が実際のテスト運営とモデル作成を担当しました。このような複数拠点にまたがる開発プロセスでは、状況に応じた適任開発者が現場にいないという事態がたびたび発生してさらなる困難をまねかねないため、手順の標準化、プロセスの明確な定義、シームレスな文書化、担当者間の密接なコミュニケーションが必要です。

#### HIL テストシステムの技術的構成

8 台の HIL シミュレータラックを使用することによって、機能および ECU をテストするための全システムの完全なネットワークが再現されました (図 2)。このシステムはパワートレイン、インテリア、シャシー領域を包括します。この総合的統合テストベンチは、EvoBus 社のすべての欧州統一バスをシミュレート可能です。このセットアップは 2 基のマルチプロセッサシステムーパワートレイン用の 4 台の dSPACE フルサイズシミュレータラック (5 基のプロセッサボードを搭載、環境モデルを計算) とインテリア用の 4 台のフルサイズシミュレータラック (4 基のプロセッサボードを搭載) ーで構成されます。シャシー ECU のテストもこの 8 台のラックへ統合されました。これらのシミュレータは Gigalink 接続を介して通信します。計算負荷を複数のプロセッサで分担するために、環境モデルは分割可能とされ、各プロセッサノードへ割り当られます。全部で 2800 本のピンを持つ約 45 台の ECU が接続可能です。

現在は、車両インテリアのシミュレータにさらに 2 台のフルサイズラックを追加して、追加システムのシミュレーションが行えるようにシステムを拡張中です。この拡張が完了すると、市街バスや観光バスのモデル計算に最大で 10 基のプロセッサカーネルが使用できるようになります。

このシミュレータでは、バスのコンポーネントが実負荷としてシミュレーションへ組み込まれます。これらのコンポーネントはコンポーネントアセンブリを介してシミュレータへ接続されます。実負荷にはブレーキの空圧システム、照明システム、トランスミッションの部品、スロットル、エンジンのバルブなどが含まれます。HIL システムを円滑に運用するために、dSPACE は MBtech 社に対して HIL オペレータを派遣するとともに、包括的なハードウェアマニュアルを提供しました。

#### 実負荷によるブレーキのシミュレーション

ブレーキシステムは、バス車両の 3 本の車軸に対応するためにセントラルモジュールとアスクルモジュールからなります。

各 ECU は 4 つの CAN バスを介して相互に接続されるとともに、車両安定化プログラム (ESP) へ接続されます。レストバスシミュレーションを行うために、すべての CAN 接続はスイッチマトリクスと dSPACE DS4302 CAN Interface Board を介して個別に切断可能とされます。リアルタイムでブレーキをシミュレートするために、実負荷アセンブリ (実際のバルブとセンサを備えたブレーキ空圧系統) がシミュレータへ接続され、結果としてブレーキシステム内の 32 個の圧力センサと 20 個のバルブのすべてがリアルタイムシミュレーションへ組込まれました。空圧システム全体を実際にシミュレートしようとすると、大幅にコストが増加してしまいます。

#### パワートレインのシミュレート

EvoBus 社は自社のバス / コーチ用に 3 タイプのトランスミッション (トルクコン

バータ式オートマチック、セミオートマチック、マニュアル) を提供しています。これらのトランスミッションの ECU はコード化されたケーブルハーネスを介してシミュレータへ接続されます。これは、各 ECU をそれぞれの実負荷で動作させるにあたって、シミュレータ上には I/O リソースが 1 セットだけあれば十分であることを意味します。テストシステムにおけるトランスミッションタイプの変更は、2~3 の簡単な操作とシミュレーションモデルの交換だけで済みます。

#### インテリアとシャシーのコンポーネント

車両のインテリア機能用の ECU をテストするために、下記を含むすべてのバス固有コンポーネントがリアルタイムシミュレーションへ提供されました。

- 冷暖房システム (サブステーションの数は可変)

- ドア制御 (空圧式または電動式、数は可変)
- 電子制御式サスペンションのスプリングとダンパー
- 第 3 軸用の電子制御式油圧ステアリング機構
- 連結式バス用の連結角度制御
- 入出力が自由に設定可能な 6 つの MUX モジュール - アナログまたはデジタル信号 (連続信号またはパルス幅変調 (PWM))

合計で 1300 本の ECU ピンが車両インテリアシミュレータへ接続されました。そのうちの 672 本のピン上でセンサとアクチュエータのシミュレーションと、それらの電気的欠陥シミュレーションが可能で、これらのピンでは、電源およびその他のピンへの断線と短絡 (短絡抵抗は可変) が切り換えられます。

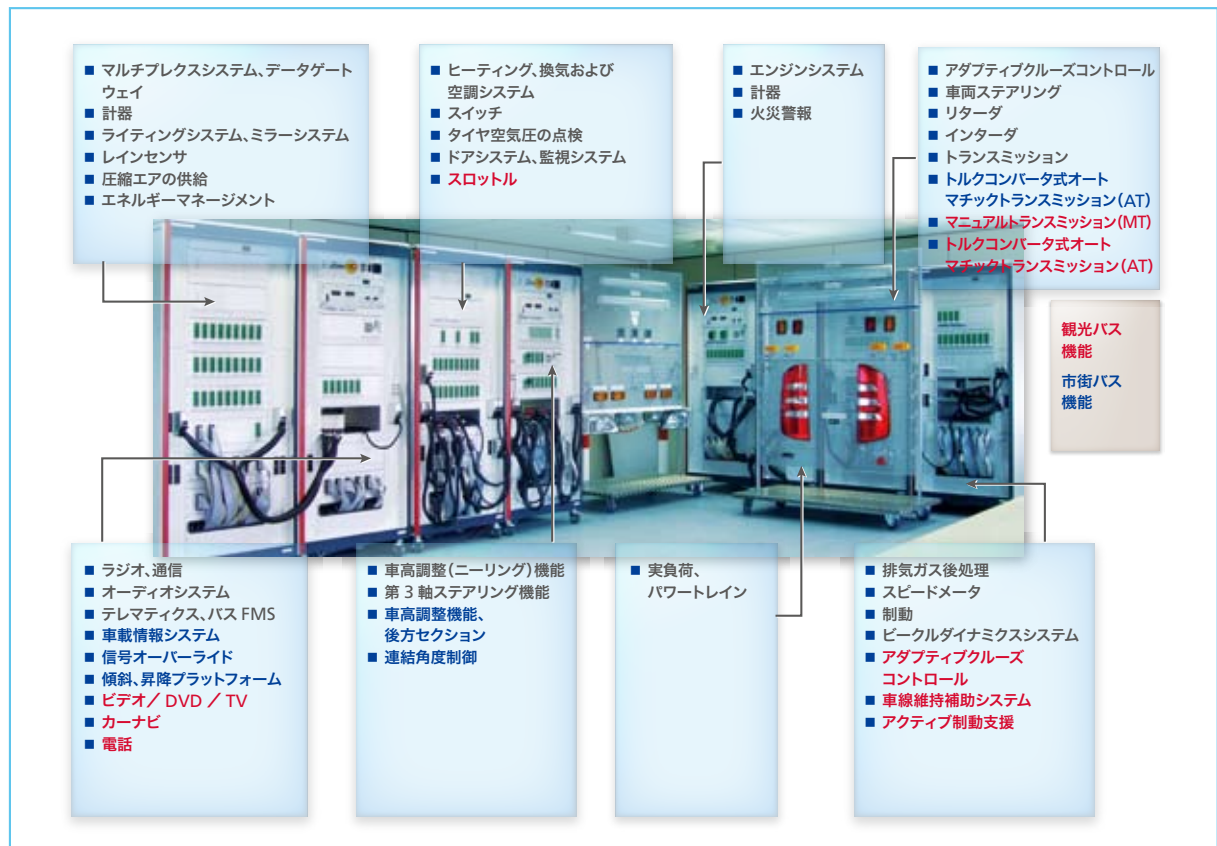


図 2 : HIL テストスタンドの全容 (8 台のフルサイズラックで構成されるシミュレータと、照明およびブレーキシステムのコンポーネントアセンブリ)



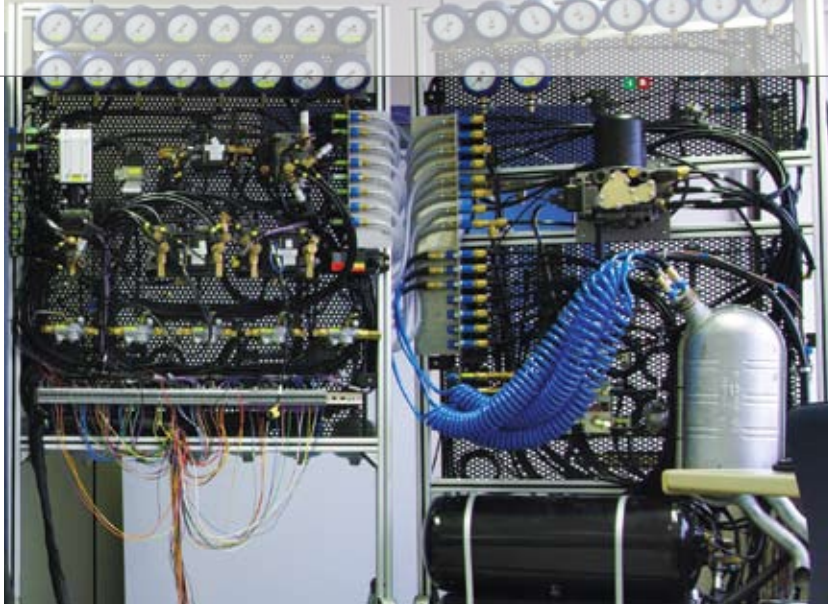


図 3：ブレーキ空圧システムを実機のパルプを使用して再現

「サプライヤによるテスト、社内のコンポーネントテスト、車両テストなどの各種テストと HIL テストを組み合わせることによって、徹底したテストが可能となり、プロトタイプテストに高いシステム完成度もたらされます」

Ian Suckow 氏、EvoBus GmbH

多様な機能を持たされる MUX モジュールの取り扱いには特に困難です。MUX モジュールはバス／コーチ用の特殊な ECU であり、多数の電装品を制御します（ルーフベンチレーション、電気システムマネージメント、ドア制御と車高調整（ニーリング）システムのサブファンクション、コーヒーマーカー、給湯ボイラーなど）。各モジュールは最大で 10 A の電流駆動能力を持ち、入力におけるトライステートまたはアナログレベルを評価します。欠陥シミュレーションでは、最大 50 A の欠陥電流をスイッチ可能な欠陥生成ユニット（FIU）が、シミュレータ上の MUX モジュールのピンへ接続されます。ECU トポロジは車両ごとに異なるため、MUX モジュールはスイッチマトリクスを介して異なる車両の CAN バスへ自動的に接続可能となっています。

#### バス環境モデルの特徴

包括的な機能テストと統合テストを適切なシミュレーション環境で行うには、環

境と被制御システムの現実的なモデル化が不可欠です。シミュレーションには車両サブシステムのすべて（パワートレイン、シャシー、インテリア）を含める必要があります。環境モデルの作成と保守は MBtech 社が担当し、テスト運営の途上で新たな制御ロジックが追加されました。市街バスの基本モデルは、車両の前方セクションと後方セクションに対応する 2 つの同一基本モデルで構成され、両セクションはジョイントで結合されます。このシャシーモデルでは連結角度制御、第 3 軸ステアリング機能、ニーリング（車高調整）機能などの制御ロジックが重要となります。これに対し観光バスのモデルは、単一セクションで構成される点で前者とは大きく異なります。

エンジンモデルは、走行抵抗、ステアリング、ブレーキ、エンジン発生トルクの特性をシミュレートする個別のモデルで構成され、これらを合計することによって総合的な駆動トルクが求められます。ブレーキシステムは実負荷と実物の圧力回路で再現さ

## 用語解説

**アクスルモジュレータ** – 必要なブレーキ作動圧を車軸へ供給するために使用します。

**CMMI (能力成熟度モデル統合)** – 企業のソフトウェア開発能力（プロセスと改善活動）を体系的に評価する指標です。成熟レベル 3 は、プロジェクトが標準プロセスに沿って実行され、継続的で組織的なプロセス改善が行われていることを意味します。

**MUX モジュール** – 柔軟にプログラミング可能な ECU

**トライステート** – 「0」と「1」の 2 つの状態以外に、第 3 の状態として高インピーダンス状態を持つデジタルスイッチング素子

れるため、結果として得られる制動トルクと、環境モデル内のパワートレインモデルへの接続部だけが計算に必要となります。バス／コーチのドアは極めて多様なバリエーションを持ちます（空圧式、電動式など）。公共交通に用いるバスでは、ドア機能の可用性が特に重要となります。シミュレーションモデルには、冷暖房システム、各種スイッチ、降雨センサ、照度センサなども含まれます。

#### テストプロセス

テストの構築はリファレンスプロセス（PROVEtech:TP5）に基づきます。このプロセスは下記の 5 つのステップで構成されます。

- **テスト戦略の立案**：このステップの主な目的は、すべての詳細項目からシステム全体像を抽出して、システム内の各種機能に優先順位を付けることです。どのテスト段階でどのテスト項目を重視するのかが決定します。



- **テスト計画の作成**：統合テストの各種テスト項目を、そのテスト内容に従って複数のテストチーム（ECU サプライヤおよび後のテストドライブ）へ割り当てます。

- **テスト仕様の決定**：このステップはテストシステムのセットアップ以前に開始します。テスト仕様書がHIL 運用チームに対して詳細なテストケースを指示します。複数の拠点を持つ開発プロジェクトでは、開発者とテスト実施者との間のコミュニケーションが特に重要となります。

- **テストの構築**：自動化テストをテスト仕様書に基づいて作成します。

- **テストの評価**：テスト中に見つかったエラーをセントラルリストで管理します。このリストは関連する要件、テスト仕様書、テスト結果へダイレクトにリンクされます。関係するサプライヤへエラーが通達され、エラー対応の期限と方策が合議されます。

テストとエラー対応のステータスはすべて定期的にレポートに集約され、プロジェクト進行状況とシステム完成度に関する情報がすべての組織階層で常に共有されます。

#### テストの自動化

MBtech 社テスト運営チームの統合テストベンチにおける主要タスクは、自動化 ECU テストの構築と実施です。これには

## 「テストシステムとテストケースの高い再利用性により、複雑なネットワークシミュレータの導入が新規プロジェクトでも容易に行えます」

Stefan Abendroth 氏、MBTech グループ

継続的に更新される ECU ロジックの実装、HIL ハードウェアの拡張と保守、環境モデルの適合とさらなる開発、テストシステムのサポート業務（測定または他チームとの連携テストを実施する場合など）が含まれます。テストオートメーションにおいては、ECU ネットワークの初期テストが最大の難関となります。初期テストではテストシステム全体への完全なアクセスが必要なため、テストケースや ECU ロジックの複雑さによっては長時間を要します。このような状況においては、HIL システムのモジュラー構造が効果を発揮します（インテリア/シャシー/パワートレインの各サブシステムが独立して平行に動作可能なため）。自動化テストの初期のプログラミング（図 4）はテストシステムから独立して行えるため、テストケースの開発やその他のシステムサポート業務が並行して同時に行えます。

#### テストの再利用

市街バスから観光バスへのモデル変更や、異なる車両バリエーションへのモデル変更においては、作成済みまたはテスト済みのテストケースを可能な限り再利用

することが重要です。このためテストオートメーションは、Daimler グループの「実証済み」（Tried-and-Tested）ライブラリコンセプトに基づきます。これにより、テスト内のセントラルポイントで基本車両データを置換することによって、同一テストが複数の車両バリエーションで使用できるようになります。このような対応は長期的な観点でテスト構築の効率を改善し、テスト結果の比較を容易にします。

#### 1 年間の実績

運営開始から 1 年の間に、統合テストベンチ上で新 E/E プラットフォームのさまざまな ECU がネットワーク化され、それらが初めて相互に作用しあいながら作動しました。このテストベンチは、初の完全なネットワーク統合と、初のテストシステム使用という 2 つの難関に同時に直面しました。しかし非常に早い段階で、テスト対象の問題を検出して解析することができました。この 1 年間で、2 つの極端に高度なサブシステム（パワートレインとシャシー）と複雑な環境モデルを含むすべてのシステムが閉ループで正常に作動しました。仮想テストドライブはこのようにして実験室状



左：Ian Suckow 氏、Daimler Buses – EvoBus GmbH、ドイツ

Ian Suckow 氏は、EvoBus 社（マンハイムおよびノイ・ウルム、ドイツ）における統合/システムテストのプロジェクトリーダーです。

中央：Stefan Abendroth 氏、MBtech グループ、ドイツ

Stefan Abendroth 氏は、MBtech グループ（ジンデルフィンゲン、ドイツ）における商用車テストのリーダーです。

右：Martin Müller、dSPACE GmbH、ドイツ

Martin Müller は、dSPACE のプロジェクトセンター（シュトゥットガルト、ドイツ）において、お客様専用カスタマイズされた HIL シミュレータの計画と設計を担当しています。

態で実現可能であり、そこには ABS によるブレーキ制御への介入や複雑な運転操作を含めることすら可能です。このテストベンチは作成済みのテストケースを自動的に実行することができます。自動化された回帰テストを ECU の新しいサンプルバージョンに対して実施すれば、バグフィックスも行えます。徹底的なテストで得られたシミュレータからのテスト結果によって、ネットワーク全体の制御ロジックの妥当性が早期に確認できます。統合開発プロセスによってシステムネットワークの完成度が向上し、これはプロトタイプ車両のテス

ト工数を削減するとともに、高い量産品質を約束します。工数のかかるテストにオペレータモデルを適用すれば、ECU 開発者を複雑なテストシステム操作から開放することができます。以上のようにして、HIL 統合テストはバス E/E 開発における不動の役割を獲得しました。

現在この統合テストベンチは、観光バスの追加システムをテストするために拡張中です。EvoBus 社は追加の安全システムとハイブリッドや燃料電池などの将来的代替パワートレインへ HIL テストを適用するための準備を進めています。■

Ian Suckow, Daimler Buses – EvoBus GmbH  
Stefan Abendroth, MBtech Group  
Martin Müller, dSPACE GmbH

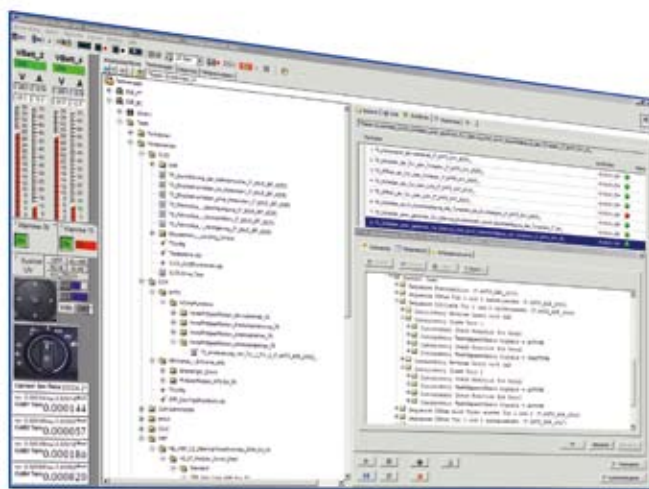


図 4：PROVech：MBtech 社のテストオートメーションソフトウェア

## まとめ

- HIL シミュレーションがバス E/E アーキテクチャの ECU 開発と並行して使用されました。
- 環境モデルとシミュレータハードウェアとの間の円滑な相互作用によって、早期の仮想テストドライブが実現しました。
- テストプロセスにおけるエラー検出のフロントローディング（早期化）は開発/テスト時間を短縮します。

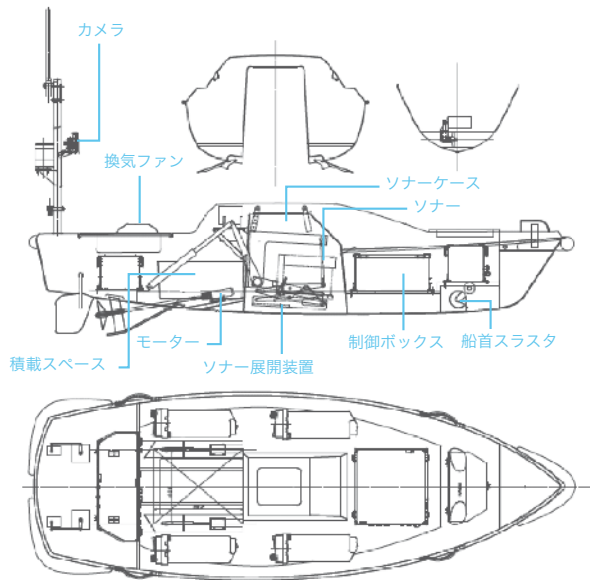
MicroAutoBox を搭載した自律型無人艇の開発  
(ヤマハ発動機株式会社)

# MicroAutoBox Ahoy!





ヤマハ発動機株式会社は、さまざまな計測調査や観測に使用可能な無人観測船を開発しています。船体に搭載された dSPACE MicroAutoBox が航法と操舵に必要なタスクを実行します。



#### 主要寸法

全長 (防舷材を除く)	2.85 m
幅	0.98 m
メインモーター	RE40 150 W x 2
減速比	3.5
排水量	170 kg
バッテリー	リチウムイオン バッテリー 24Ah x 4
航続時間	3 hrs
最高速度	4 kt
巡航速度	3 kt

船体には各種の観測装置と電源を搭載するために十分なスペースが確保されています。



#### 無人観測船開発の目的

ヤマハ発動機株式会社は2003年に、無人陸上車とともに、ジェットボートを改造した自律型無人艇 (Unmanned Marine Vehicle 以下、UMV) の開発に着手、さらに、現行の小形電動ボートタイプのUMV開発を、2005年から継続しています。

その目的は、GPSと姿勢角データを使用して自律的に航行可能で、各種の観測および計測行動が可能な船体を開発することです。この種の船は危険を伴う作業の改善に有効であり、厳しい天候下での計測作業や地道な作業が多く含まれる計測作業などの実施にも最適です。また、観測、計測調査の作業効率化や精度の向上にも有効です。

#### ソナーと水中カメラ

UMVは水中の状況を音響的 (ソナー) もしくは視覚的 (水中カメラ) に観測することができます。たとえば、SOUND METRIC社製のDIDSON前方監視ソナーは、船底

「MicroAutoBoxは制御アルゴリズムのスムーズな実装とリアルタイム実行を可能にし、モデルベース開発を推進しているヤマハ発動機社内でも高い評価を得ています」

ヤマハ発動機株式会社、神谷氏

中央部のハッチから水中へ降ろすことができます。その主な用途としては、遺失物の探査、水中構造物の検査、港湾の警備などが挙げられます。他にも、NMB (ナローマルチビーム) ソナーを搭載すれば、湖底/川底/海底の地形測定/ダム湖の堆砂測量などが可能です。

ソナーに加えて水中カメラも使用できます。映像データはリアルタイムで無線送信され、同時にGPSからの正確な位置情報

も得られるため、水中探査、魚礁の観察、遺失物捜査などに使用できます。

#### dSPACEシステムへの変更

現在のUMVは、MicorAutoBoxを採用する以前の開発機から大きく改良されています。新しいUMVには、障害物を検知して回避ルートを計算し、そのルートに沿って航行するための制御アルゴリズムを新たに実装する必要がありま



## UMV の適用例： 北海道における水質調査

ヤマハ発動機と国立大学法人室蘭工業大学の環境科学防災研究センターは共同で、新しい水質計測システムの開発／研究のために、北海道のウトナイ湖および美々川で UMV による実験を行いました。藻がからまるなどの課題はあるものの、UMV は自動的に目標地点へ向かって計測プログラムを実行することができました。このシステムは人がカヌーに乗って計測を行う従来の方法に比べて全域を計測する時間が短く、また安全に計測が行えることが期待されました。この実験から右記の結果が得られました。

- 計測システムを研究するための基礎的データが得られた
- 実用条件で通信システムの評価が行え、郊外の開けた場所では約 2 km まで通信可能だった
- 川に沿った自律航行実験では、プログラムされたルートに対して 2 m 以内の追従精度が得られた

した。この複雑なアルゴリズムを統合するには、従来のシステムリソースでは困難を伴うため、システム全体の改良が必要となりました。この課題を解決するため、モデルベース開発による制御開発プロセスの効率化のために、dSPACE 社のプロ

トタイピングシステム MicorAutoBox を新たに採用しました。新しいシステムでは、障害物検出データを PC が受け取って回避ルートを計算し、MicroAutoBox は、正確にそのルートに沿って、船の姿勢制御、運動制御の計算を行います。

### dSPACE システムを採用した理由

新システムの候補としては、他に PC を使用した制御システムも考えられました。しかしリアルタイム能力とモデルベース開発が決定的要件であるという考えから、安定したテスト環境が構築できる

船底中央部のハッチから各種の装置を水中に降ろすことが可能 (写真はソナー装置)





全長わずか 2.85 m のボートは小型のバンに積載可能で、水面への揚げ降ろしも容易



dSPACE システムを最終的に使用することになりました。dSPACE 製品はすでに社内の他部署でも多数使用されており、評価も高く信頼できる製品として認識されていたため、dSPACE 社以外のシステムを検討する必要はありませんでした。新システムの開発課題として、制御システムの開発環境をさらに強化する必要があり、MicroAutoBox は開発効率を向上させる上で大きな役割を果たしました。

#### MicroAutoBox による船の操縦

dSPACE プロトタイピングシステムは、PC へ接続された GPS システムから位置

「ControlDesk は GUI 画面で非常に分かりやすく直感的に操作でき、2 週間程度で使い慣れることができました」

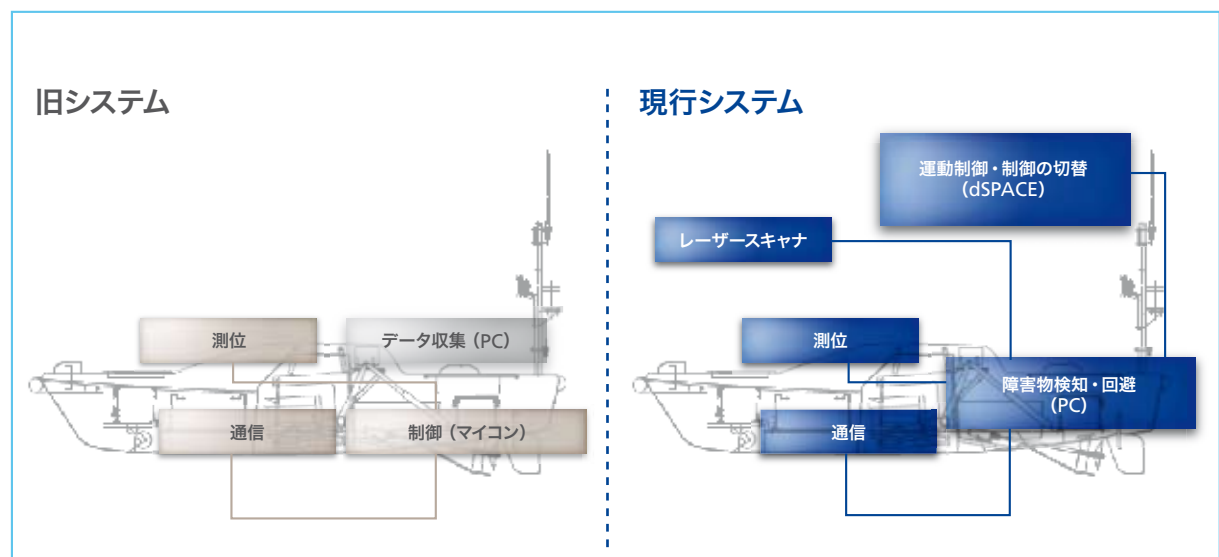
ヤマハ発動機株式会社、青木 氏

データを受け取ります。MicroAutoBox はこのデータを使用して船の姿勢制御、運動制御の計算を行い、ヤマハ発動機が独自に開発したモータードライバを介してモーター（主機モーター、ハウスラスタモーター、ラダーサーボモーターなど）を

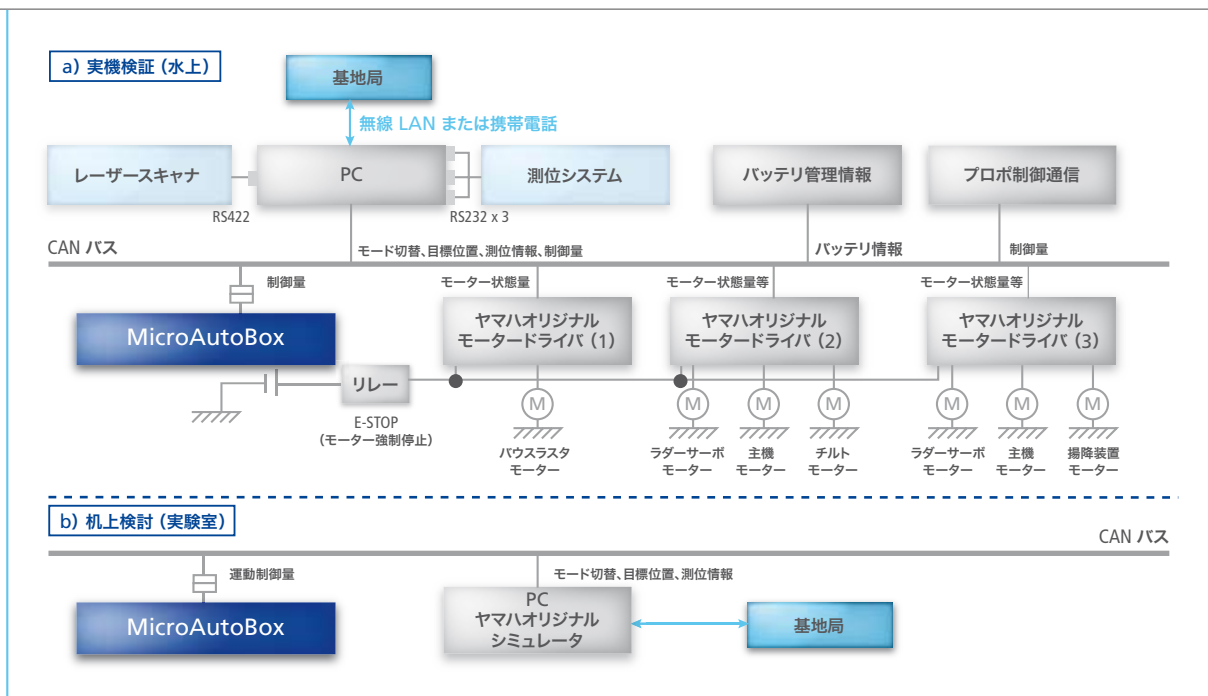
制御します。PC、MicroAutoBox、モータードライバは CAN バス経由で通信を行います。また、新しい制御ロジックを開発する際には、ヤマハ発動機独自のシミュレータに MicroAutoBox を接続することで机上検討ができます。

現行型（右）と従来型 UMV（左）：

現行型 UMV には新たに障害物検知／回避機能を組み込み、システムリソースを強化







- a) UMV 制御システムの概要 : MicroAutoBox は GPS データとデッキ上のレーザーキャナ (水上の障害物を検知) からのデータを使用してボートを制御。すべてのコンポーネントは CAN バス経由で通信
- b) 制御アルゴリズムの開発には UMV システムをシミュレートするヤマハ発動機独自のシミュレータを使用

#### 開発プロセスの改善

無人ボート開発当初は、技術的な課題や商品性に関する目標が多く含まれましたが、現在の開発チームはさらなる技術開

発と研究に集中できる状態にあります。今後も信頼性の高い dSPACE プロトタイプピングシステムを活用し、より高度な UMV 制御の開発を推進していきます。■

ヤマハ発動機株式会社、神谷剛志氏、青木啓高氏

#### 制御システムの開発/実装プロセス:

水上と実験室 (ヤマハ発動機製シミュレータを使用) でテストを繰り返してモデルベース制御アルゴリズムを最適化



# Jiexun – A Hybrid Hero



Jiexun (杰勋) 新型マイルドハイブリッド車のハイブリッド制御機能開発  
(ChangAn 社)



向上した低エミッション/低燃費：  
Jiexun マイルドハイブリッド

ChangAn Automotive 社にお  
ける HIL (Hardware-in-the-Loop)  
テスト



ChangAn 社（長安汽車）は新型マイルドハイブリッドモデル Jiexun（杰勋）を 2008 年 12 月に量産ラインから出荷を開始しました。この Jiexun が搭載するハイブリッドコントローラの開発には多くの dSPACE ツールが活用されています。2008 年の北京オリンピック開催中に、ChangAn 社は発売に先駆けて Jiexun をタクシーおよびブレス用にフリートとして提供しましたが、そのハイブリッドコントローラ制御コードの約 80 % が dSPACE TargetLink によって生成されました。また、ChangAn 社はコントローラの開発とテストに dSPACE MicroAutoBox と dSPACE シミュレータも使用しました。

#### エミッションと燃費の低減

中国市場の低エミッション/低燃費乗用車へのニーズに応えるために、ChangAn 社は Jiexun（杰勋：英雄+輝かしい偉業；発音：jié xūn [dʒiɛ ɕyn]）ハイブリッドプロジェクトを、数社のパートナーとの密接な協力のもとに、2005 年後半に開始しました。マイルドハイブリッド方式を採用する Jiexun は、モーターによるパーキング運転（ガソリンエンジンはアイドル状態）、パワーアシスト、回生ブレーキなどの機能を備えます。フルハイブリッド車とは異なり、現在の Jiexun ハイブリッドはモーター単独による運転はできません。しかし単独運転能力を備えたモーターとガソリンエンジンの組み合わせによるフルハイブリッドバージョンが現在開発中であり、まもなく中国市場へ投入される予定です。現在のマイルドハイブリッド式 Jiexun は、平均燃費として 6.8 l/100 km または

34.6 mile/gallon（市街値と高速道路の複合）を達成し、Euro IV エミッション規制に適合します。中華人民共和国は自国のエミッション規制として Euro IV に準じた規制の適用を進めています。2008 年の北京オリンピック開催中に、Jiexun は「グリーン・オリンピック、ハイテク・オリンピック」という理念の実現に貢献しました。この期間中、ChangAn 社は発売に先駆けて約 25 台のマイルドハイブリッド Jiexun をタクシーおよびブレス用車両として提供しました。ChangAn 社は

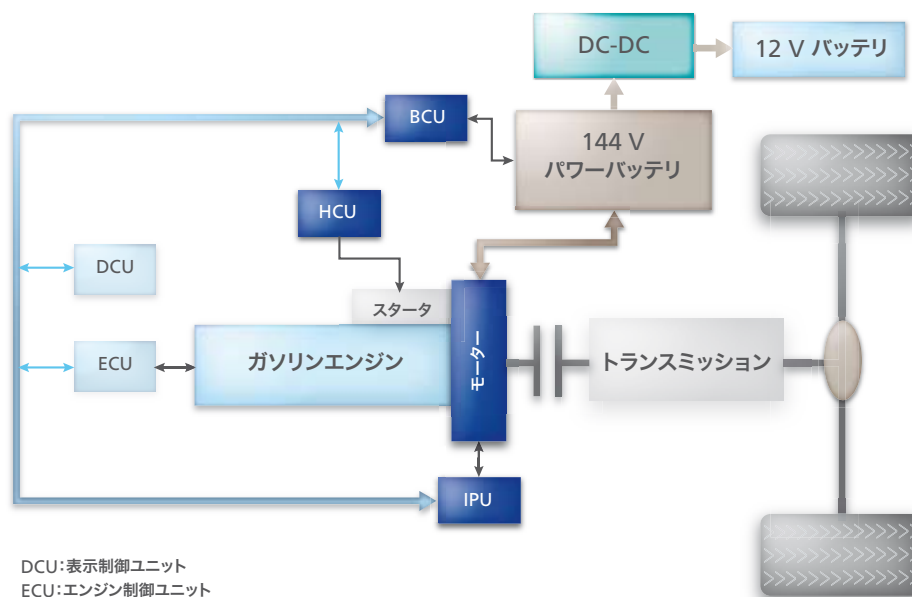
さらに 1,000 台のマイルドハイブリッド Jiexun を重慶市に提供しました。これは政府の呼びかける「10 都市 1000 台の新エネルギー車普及計画」に応じたもので、重慶市は全国に先駆けてこれに応えたこととなります。

#### 制御ユニットの新開発

ChangAn 社の Jiexun 開発プロジェクトは 3 つの主要開発フェーズで構成され、各フェーズからは A、B、C の 3 つのサンプル車両（機能的サンプル車、性能的サ

「Jiexun マイルドハイブリッドの制御アルゴリズムの開発には TargetLink を使用しました。80 % のコードは Targetlink によって自動的に生成されたものです」

Dr. Ling Su, ChangAn Automotive 社



ChangAn 社製ハイブリッド車のパワートレインシステムに搭載される3つの新開発制御ユニット：ハイブリッド制御ユニット（HCU）、バッテリー制御ユニット（BCU）、インテリジェントパワーユニット（IPU）

ンプル車、最終製品サンプル車）が作製されました。このプロジェクトでは特にエネルギー管理システム、バッテリーシステム技術、モーター技術に重点が置かれました。ChangAn 社は上位コントローラとなるハイブリッド制御ユニット（HCU）と、バッテリー制御ユニット（BCU）およびインテリジェントパワーユニット

アプリケーションに特化した高効率ツールチェーンが不可欠となります。ChangAn 社は開発プロセス全体を通して dSPACE ツールチェーンを使用し、将来の高度な技術を要するプロジェクトにも dSPACE ツールを継続して使用する予定です。

バックはモーターへ接続されるとともに、DC-DC コンバータを介して 12 V バッテリーを含む車両の 12 V 電気システムへも接続されます。両バッテリーに対するバッテリー管理は BCU によって行われます。HCU はそれらに対する上位のコントローラとして機能します。

## 「ChangAn 社は、他のコードジェネレータに比べて TargetLink がコードの品質と効率に優れていることを確認しました」

Dr. Ling Su, ChangAn Automotive 社

(IPU) を開発しました。

Jiexun は中国初のハイブリッド車です。したがってそのハイブリッドコンポーネントもすべて新たに開発する必要がありました。ChangAn 社はハイブリッド車に必要な新型制御ユニットの開発において、サプライヤからユニットを購入するのではなく、その大部分をエンジニアリングパートナーとの協力のもとに自社で開発しました。これは、同社が中国自動車産業の将来を見据えて、ハイブリッド車の独自開発／生産が可能な技術力の確立と新技術の獲得を大きな目標としているためです。このようなタスクに対しては、

### Jiexun のハイブリッド電気システム

ChangAn 社はガソリンエンジンとモーターの組み合わせによるマイルドハイブリッド方式を採用しました。モーターは IPU によって制御されます。この IPU は状況に応じたトルク配分の制御など、モーターとガソリンエンジンを連動させるための制御も行います。モーターへの電力供給には専用のバッテリーパックが使用されます。ChangAn 社はニッケル水素バッテリーパックを採用し、最大電圧 200 V / 最大電流 ±200 A の電力供給を可能としました。このバッテリーパックの動作出力電圧は 144 V です。バッテリー

### 開発プロセスと開発ツールチェーン

コントローラソフトウェアと制御ユニットの開発において、ChangAn 社はプロジェクト全体を通してモデルベース設計プロセスに従いました。車両コントローラのソフトウェアは、ロジック設計、ラピッドプロトタイプリング、ECU の自動コード生成、HIL (Hardware-in-the-Loop)、ECU 適合などの典型的な開発ステップに従って、スクラッチ開発されました。制御ロジックは MATLAB®/Simulink®内で設計されました。車載テストにおける制御ロジックの開発／テストと、プラットフォームの信頼性テストにおけるテスト信号の生成には、dSPACE MicroAutoBox とセンサ／アクチュエータ接続用周辺回路との組み合わせが集中的に使用されました。制御ロジックの検証と CAN 通信のテストには dSPACE シミュレータと、dSPACE ControlDesk が試験用ソフトウェアとして使用されました。シミュレーションモデルに関しては、ChangAn 社がその一部を自社で開発し、残りはエンジニアリングパートナーからの提供を受けました。



「新型 Jiexun ハイブリッドのコントローラ開発では、開発プロセスの全体を通して dSPACE ツールチェーンが信頼に応えてくれました。将来の技術的に高度なプロジェクトでも dSPACE ツールを使用し続ける予定です」

Dr. Ling Su, ChangAn Automotive 社

テストオートメーションはエンジニアリングパートナーによって行われ、そこでは dSPACE AutomationDesk が使用されました。ChangAn 社は、計測および適合タスクに dSPACE CalDesk とその他の計算ツールを使用しました。このようにシームレスなツールチェーンの使用によって、日程内で開発目標を達成することができました。

#### 制御ロジックの設計から ECU ソフトウェアまで

性能サンプル車のソフトウェア開発では、TargetLink が中心的な開発ツールとしての役割を果たし、Simulink ブロックからの C コードの自動生成に使用されました。コントローラモデルのサブモジュールのテストには、MIL (Model-in-the-Loop) テストが集中的に使用されました。MIL テストは「フロントローディング」の一環として、ChangAn 社に貴重な品質改善と以降のプロセスの時間短縮をもたらしました。同社は SIL (Software-in-the-Loop) テストを行い、生成されたコードの挙動を MIL テストの結果と比較しました。最後に ChangAn 社は、PIL (Processor-in-the-Loop) シミュレーションの支援のもと、S12XDP512 マイクロコントローラ用のコードを作成しました。以上のように TargetLink の包括的なシミュレーション技術がプロジェクトを効果的に加速しました。

#### 包括的な HIL テスト

HCU、ECU、IPU、BCU を同時にかつ自動的にテストするために、ChangAn 社はここでも dSPACE シミュレータを使用して、多数のテストケースを実行しました。たとえば同社は、急激な電圧変化に対するネットワーク全体の挙動をシミュレートし、CAN 通信ネットワーク内のエラーイベントをシミュレートしました。ここでもテストオートメーションはエンジニアリングパートナーによって行われ、同様に dSPACE AutomationDesk が使用されました。最終的な適合には CalDesk とその他の適合ツールが使用されました。 ■

Dr. Ling Su  
ChangAn Automotive  
中華人民共和国

## まとめと 今後の展望

ChangAn 社は、ハイブリッドドライブ分野の核心技術/独自開発能力の獲得と、ハイブリッド車の完全な開発/生産プロセスの確立を目標としています。最新のハイブリッドテクノロジーと、それらの車両への統合は困難な技術課題でした。中国ではそれまでハイブリッド車開発の前例がなかったため、多数のソフトウェア/ハードウェア要素をスクラッチ開発する必要がありました。そのような中、dSPACE ツールは ChangAn 社がハイブリッド車開発分野で大きく前進するための支援を提供してくれました。ChangAn 社はプロフェッショナルな研究/開発チームを結成し、中国および海外のリソースを統合してそれぞれの長所をフル活用することによって、技術的難題に果敢に取り組みました。ChangAn 社は、電子制御ユニット、ハイブリッド車、電気自動車、燃料電池、太陽エネルギーなどの技術開発に dSPACE 社製品をさらに活用する予定です。

# Higher, Faster, Further

回転梯子用アクティブ減衰制御  
(シュトゥットガルト 大学 /  
IVECO MAGIRUS 社)





現在、回転梯子には、より高く、より速く、より遠くまで届くこと、そしてより安全であることが求められています。これらの目標を実現するには、軽量の構造が重要になります。新型の軽量梯子が課題とする曲げ振動の発生に対し、ドイツのシュトゥットガルト大学システムダイナミクス研究所では、dSPACE ツールを使用して、IVECO MAGIRUS Brandschutztechnik 社向けのアクティブ減衰制御システムを開発しました。

回転梯子は、火災現場の救助や消火活動に使用される最も特徴的な装置であり、作業高さが最大 55m に達することもあります。梯子のベースがいったん設置されたら、最短時間で救助高さに梯子が達することが要求されます。最新型の車両の場合、所用時間はドイツで一般的に使用されている 30m の梯子に適用される 180 秒という基準時間よりずっと短時間で済みます。この梯子は伸張可能で、油圧式の回転台上に設置され、2 つの油圧シリンダによって上昇と傾斜を行うことができます。30m の伸縮自在な梯子の到達距離は水平方向で 17m を超え、最大 300kg の積載量をカゴで移送することができます。回転梯子は、軽量の構造と十分な長さが必要となるので、その曲げ剛性の制限を受けます。このため梯子の移動時に、曲げ振動が誘発されます。救助カゴ内の作業者に起因する荷重の変化や風などの外力も、振動を引き起こす原因となります。この影響を抑える通常の方法は、

移動速度を大幅に減速することですが、この方法は緊急救助における要求とはかけ離れてしまいます。さらに、ゆっくりとたわむ動きにより、梯子の安全性と快適性が損われます。

#### システムダイナミクス研究所と IVECO MAGIRUS 社による 共同研究プロジェクト

このような状況を受けて、この曲げ振動をアクティブに減衰することが研究プロジェクトの主な焦点となっています。このプロジェクトは 1998 年以來、システムダイナミクス研究所と IVECO MAGIRUS 社の間で密接に協力しながら、継続的に行われてきました。アクティブ減衰制御は、2001 年以來、新しい CS 梯子シリーズ (CS = computer-stabilized、コンピュータによる安定化) の標準機能の 1 つとなっており、メモリ機能と組み合わせることで、CS モデルが非常に成功した主な理由の 1 つとなっています。アクティブ減衰制御



は、IVECO MAGIRUS 社製の CS 梯子の優れたセールスポイントになっています。現在世界中で、その名称に CS の付いた車両が 700 台以上稼動しています。そして、システムダイナミクス研究所は、IVECO MAGIRUS 社と協力を続けながら、より効果的な制御を実現するために研究開発に取り組んでいます。現在、第三世代が生産レベルに達したばかりであり、振動の基本周波数だけでなく、調和振動数もアクティブに減衰するようになっています。

#### 梯子の動作

梯子の動作は、オペレータが車両またはカゴに設置されている操作盤から制御します。曲げモーメントは、2 つの別個のセンサシステムにより取得されます。センサシステムの一方は、その取り付け位置からあまり離れていない梯子上に設置された複数の歪みゲージで構成されています。これらのセンサシステムが、梯子の曲げによって発

「ControlDesk ソフトウェアには、さまざまな試験、セットアップ、および計測信号をドラッグ&ドロップを行うだけで編集、管理できる多数のオプションが用意されています」

Nico Zimmert、シュトゥットガルト大学システムダイナミクス研究所

生する部材の歪みを検出し、縦方向と横方向の伸びを出力します。もう一方のシステムは、梯子の先端に設置された複数のジャイロスコープで構成されています。これらのジャイロスコープが、梯子の位置（正確には、3次元の各方向の角速度）の変化を測定します。梯子の垂直方向と水平方向のたわみとねじりも、これらの 2 つの測定システムから、モデルベースの分析に基づき取得されます。仰角と回転角の測定には、各回転軸上のインクリメンタルエンコーダが使用されます。また、梯子の現在の長さも、イ

ンクリメンタルエンコーダにより確かめられます。プロセッサは、これらのセンサから回転梯子のすべての状態を直ちに取得し、取り込んだデータを要約および評価して、モデルベースのコントローラモジュールを介して、油圧駆動に適した制御信号に変換します。これらの処理はすべて瞬時に行われます。梯子の動作は、基本的にはオペレータの入力に従いますが、同時に、梯子の曲げ振動も、オペレータがほとんど認知できない緩やかな対抗制御を用いて、油圧駆動によってアクティブに抑制されます。



昇降機と救助カゴの装備点検が完了した  
IVECO MAGIRUS DLK 55 CS

### アクティブ減衰制御の利点

アクティブ減衰制御ソフトウェアを使用すると、システム全体の剛性が向上し、救助位置へのより迅速かつ安全な到達が可能になります。曲げと重量の低減により動的荷重も減るので、動作速度を速くすることができます。さらに、体系的な軽量設計により、車両の総重量が低下します。これは、同じベースからの到達距離をより長くできることを意味します。

救助カゴには3～4人しか搭乗できないため、同じ救助ポイントから複数の人を救助するために、メモリ機能が開発されました。オペレータは、ティーチン操作中に地上と救助ポイント間の軌跡を指定します。この軌跡は、プリセットされた許容範囲内を最大速度で繰り返すことができます。オペレータは、軌跡を最大速度で繰り返すかそれより遅い速度で繰り返すかを、いつでも指定できます。オペレー

タは、梯子を任意の場所で停止させ、その軌跡の方向を逆向きにすることもできます。これにより、救助場所における作業の柔軟性が向上します。

### モデルベース開発

アクティブ減衰制御は、モデルベース設計により開発されました。制御法則はすべて分析形式で利用可能です。これは、梯子の長さや最大積載量などのパラメータを変更した場合でも、アルゴリズムは常に適用できることを意味します。制御の自由度は2です。つまり、フィードフォワード制御とフィードバック制御を別個に設計できます。フィードフォワード制御は、梯子の曲げと振動を最小限に抑えるように設計されます。フィードバック制御では、外乱などが原因でフィードフォワード制御にかかわらず発生する曲げ振動をセンサデータを使用して相殺します。新世代のアク

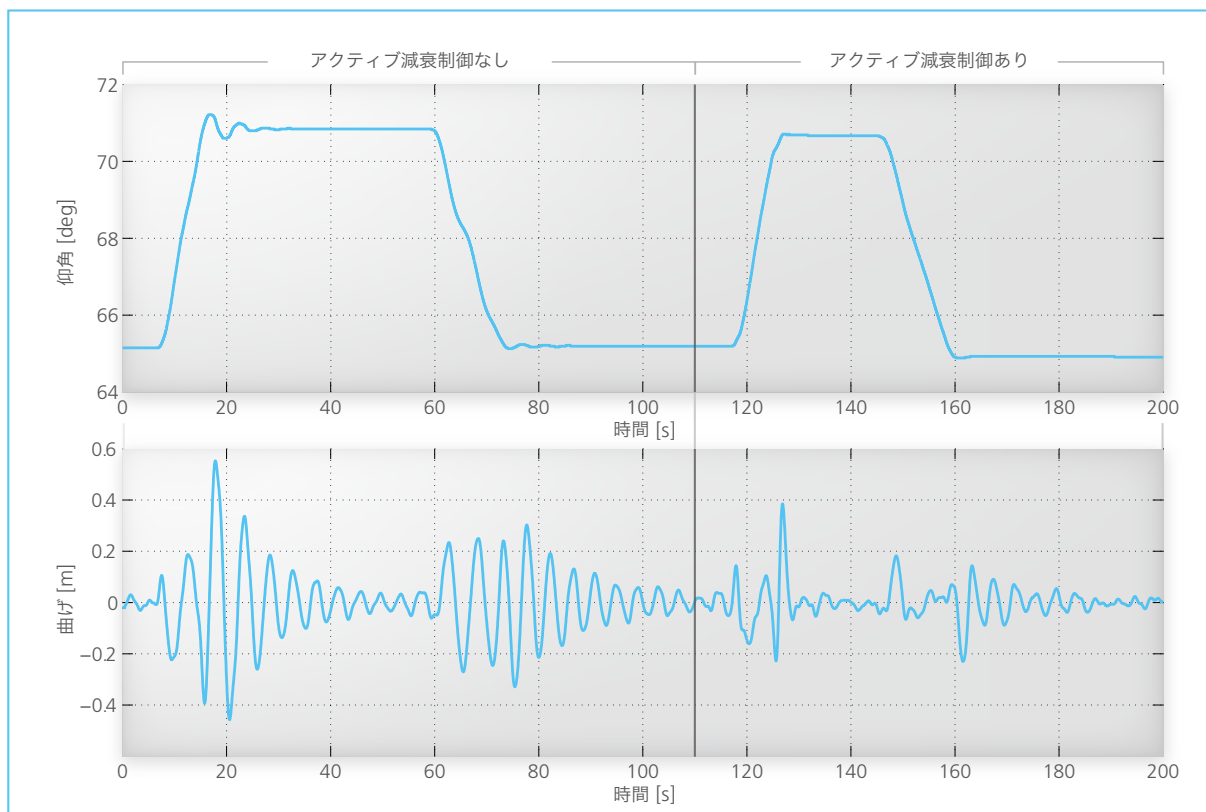
### アクティブ減衰制御の利点：

- 曲げ振動などの各種振動の低減による、人と機械にとっての安全性向上
- 梯子動作の高速化（特にメモリ機能を使用した場合）
- 位置決めの高精度化
- 軽量化による到達距離の延長と安定性の向上
- 快適性の向上

ティブ減衰制御では、梯子の比較的高い固有振動数もアクティブに減衰されます。

### テストシステムのセットアップ

私たちは、アクティブ減衰制御の設計フェーズで、DS1103 PPC Controller Board をベースにした dSPACE プロトタ



アクティブ減衰制御を使用した場合と使用しない場合の比較 (DLK 55 CS の梯子の長さを約 50 m まで上昇させたときの梯子先端でのたわみと仰角)

昇降機と救助カゴの装備点検が完了した  
IVECO MAGIRUS DLK 55 CS

イーピングシステムを使用しています。このボードは、CAN バスを介して車両の ECU と通信し、必要なすべての計測データを読み出します。dSPACE RTI CAN Blockset を使用すれば、CAN 通信のセットアップを迅速かつ簡単に行うことができます。

dSPACE の ControlDesk ソフトウェアには、さまざまな試験、セットアップ、および計測信号をドラッグ&ドロップを行うだけで編集、管理できる多数のオプションが用意されています。これらのオプションを使用して、静的変数と動変数を取得する試験を実行し、モデルベースの制御設計用パラメータを特定することができます。その後、MATLAB®/Simulink® 環境で制御アルゴリズムを開発し、種々のシミュレーションを通して、その機能と初期設計を検討します。

次のステップでは、DS1103 を使用して、実際の車両でアルゴリズムをテストします。操作盤からのハンドレバー信号が読み取られ、適切に処理され、CAN バス経由で ECU に送信されます。この手順を使用すると、集中的なテストの実行、制御の微調整、新しいコントローラコンセプトの実装を迅速かつハードウェアの調整をほとん



## 使用した dSPACE 製品:

- DS1103 PPC Controller Board : 開発時における車両制御のコントローラモジュールとして使用
- Real-Time Interface : バスと追加の計測デバイスを識別時に統合するために使用
- RTI CAN Blockset : 車両 CAN との通信に使用
- ControlDesk : アクティブ減衰制御を用いた試験に使用
- TargetLink : 制御アルゴリズムを自動コード生成してマイクロコントローラハードウェアに移植するために使用
- 自動スケーリングツール : 固定小数点計算の自動的なスケーリングに使用

「dSPACE プロトタイピングシステムを使えば、アクティブ減衰制御を迅速に開発してテストすることができます」

Nico Zimmert、シュトゥットガルト大学システムダイナミクス研究所

ど行わずに実行することができます。車両の ECU にアルゴリズムを実装するには、TargetLink 量産コード生成ツールを使用します。ECU 内のマイクロコントローラは固定小数点演算を採用しているため、TargetLink は自動的に ANSI-C の固定小数点ソースコードを生成します。自動スケーリングツールは、MIL (Model-in-the-Loop) シミュレーションによる浮動

小数点演算と SIL (Software-in-the-Loop) シミュレーションによる固定小数点演算の両方でアルゴリズムをシミュレーションする機能と連携し、設計フェーズの初期段階でアルゴリズムを検証することができます。また、拡張されたシミュレーションの機能を用いて、複雑な数学的計算のスケーリングが簡単に行えます。dSPACE の統合されたツールチェーンに

より、MATLAB/Simulink 環境から ECU への高速で一貫性のあるアルゴリズムの移植が保証されます。

#### まとめ

この研究プロジェクトは、大学の研究機関と企業間における協力の成功例となっています。システムダイナミクス研究所は、技術開発における役割を果たすだけでなく、プロトタイプや量産前の車両から量産車両に至るまで、プロジェクト全体を通じたサポートも提供しています。このように両方の側で、量産に関連するイノベーションを迅速に、効率よく、成功裏に設計することができます。

Nico Zimmert, Oliver Sawodny 教授  
(シュトゥットガルト大学システムダイナミクス研究所)  
Reinhard Keck, Christoph Lauterjung  
(IVECO MAGIRUS Brandschutztechnik GmbH、ウルム、ドイツ)

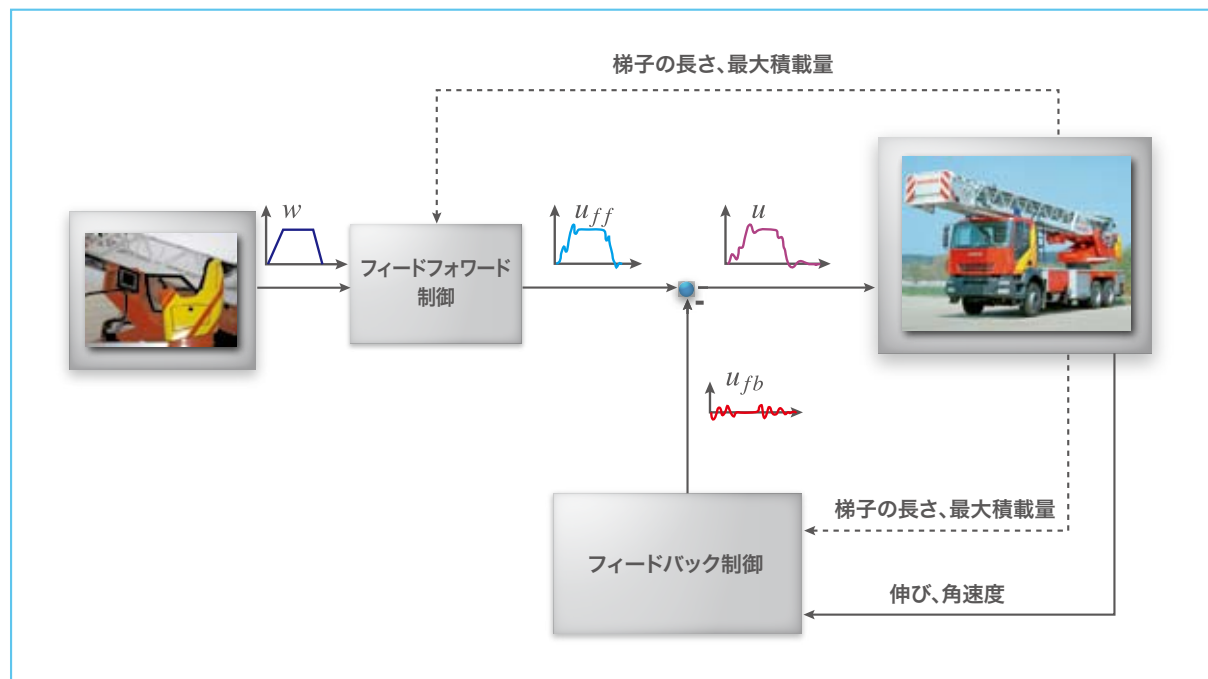
#### システムダイナミクス研究所

シュトゥットガルト大学の同研究所では、主に、システムダイナミクスの分析に取り組んでいます。研究者は、システム理論、モデル化、シミュレーション、制御エンジニアリング、および最適化をもとにした種々の手法を使用しており、こうした方法のさらなる開発を進めています。また、メカトロニクス、プロセスエンジニアリング、交通法規、生物学など、さまざまな分野のシステムも研究しています。そのため、あらゆる分野の科学を統合する学際的な研究として成果を上げています。開発手法の基礎的な研究を実施するだけでなく、自動化エンジニアリングのさまざまな実装手法を詳しく調査することもこの研究所の特徴です。

#### IVECO MAGIRUS

##### Brandschutztechnik 社

IVECO MAGIRUS 社は、ヨーロッパに 6 箇所の拠点を持ち、防火および災害対策用の各種車両および装置を製造しています。同社は、年間 1,300 台以上の車両ユニットを販売しており、同セクタにおける世界最大のメーカーの 1 つとなっています。MAGIRUS ブランドは、回転梯子車のグローバルマーケットリーダーです。



2-DOF (2 自由度) 制御の動作のしくみ：梯子の長さ最大積載量は時間と共に変化し、制御を調整するのに使用されるパラメータです。



AutomationDesk Version 2.3 :  
拡張されたテスト処理とレポート生成

# Taking the Tedium out of Testing

テストの作成、実行、評価は単調な定型業務です。試験担当者の仕事ができるだけ容易になるように、テストと自動化のソフトウェアであるAutomationDeskが拡張されています。ユーザインターフェースと操作のさまざまな面が見直され改良されています。

## 単純化されたテスト開発

新しいAutomationDeskでは、テストシーケンスの検証が非常に簡単になり、開発中のテストでも簡単に検証することができます。1つのテストステップまたはシーケンスをスキップするには、ユーザは単にコメントアウトするだけでよく、それを元に戻すのも同じように簡単に行うことができます。このようにして特定のセクションをス

キップできることは、テストの開発時に非常に便利で、簡単にエラーを見つけることができます。

## 包括的なテストレポート

テストの実行が完了すると、AutomationDeskによって、正常に実行されたテストシーケンスと、そうでないものを示すレポートが生成されます。各レポートの最初



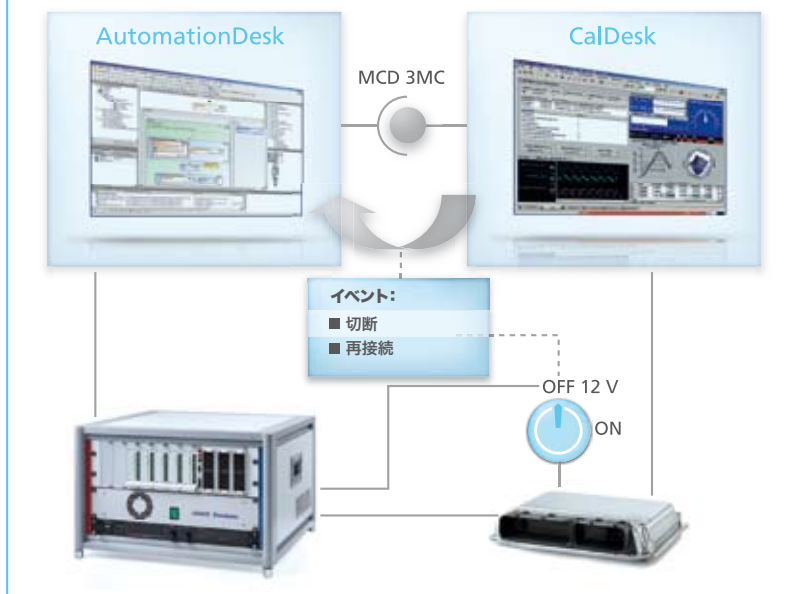
テスト結果の統計情報から、ソフトウェアの品質の現在の状態に関する情報をすぐに取得することができます。

の部分には、すべてのテスト結果を集計した統計情報があります。ユーザは、統計情報を含め、さらに詳細なレポートを出力することも、統計情報だけを出力することもできます。レポートには、重要なすべての結果が簡潔に表示され、テストを行った電子制御ユニット (ECU) のソフトウェア品質の評価および判定を簡単に行うことができます。

### 強化されたプロセス統合

dSPACE の個別のソフトウェア製品同士がスムーズに連携できることが重要です。そのため、AutomationDesk と、dSPACE の計測適合ソフトウェアである CalDesk 間の連携が強化されています。たとえば、HIL テストの際に ECU との接続が切断された場合、MCD 3MC インターフェースを通じて、CalDesk から AutomationDesk に通知されます。ECU は手でオフにして故意に切断することも、エラーによって切断されることもあります。故意に切断する目的は、1つの ECU が故障したときに、システムがどのように動作するかを調べることです。ECU の切断に対してテストを応答させることができ、必要に応じて、再接続に対しても応答させることができます。この発生時点は、テストレポートにグラフィカルに表示されます。

CalDesk と AutomationDesk がテストプロセス内で密接に連携しています。

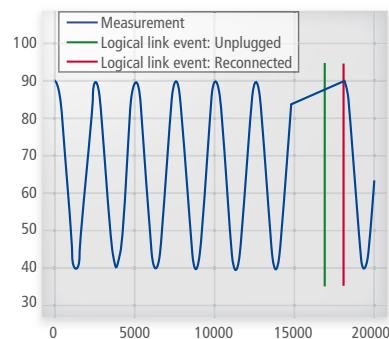


## AutomationDesk は、すべてのユーザの新しい要件を満たすために常に拡張されています。

また、COM-API が拡張され、外部から AutomationDesk に簡単にアクセスすることができます。ユーザは、使用可能なすべてのデータオブジェクトを作成、読み取り、パラメータ設定することができます。テストシーケンスも実行することができます。これは、さまざまなパラメータ設定を使用して、テストを自動化および実行できることを意味します。

### リアルタイムテストの管理

AutomationDesk にはさまざまなライブラリが付属し、広範なアプリケーションをサポートする定義済みのテストステップが含まれています。AutomationDesk のテストシーケンスでのリアルタイムテストの管理を容易にするための特別なライブラリが追加されています。自動化されたテスト内から特別なテストステップを通じて、

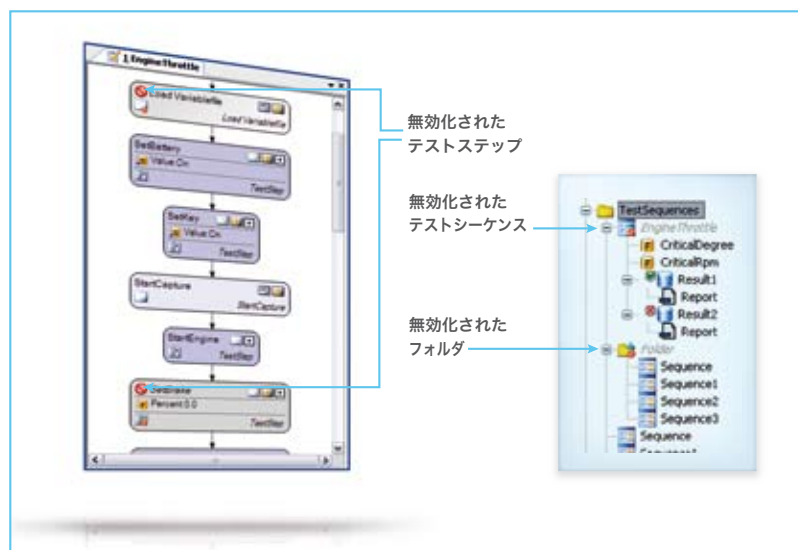


テストレポートには ECU の切断および再接続が記録されます。

これらのテストを HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレータにロード、および実行することができます。ユーザは、いつでもテストの状態を表示することができます。

### リアルタイムでのテストの実行

また、新しい RS232 リアルタイムライブラリを使用して、DS1005 PPC Board および DS1006 Processor Board のオンボード RS232 インターフェースに直接アクセスすることができます。そのため、シミュレータの RS232 インターフェースにアクセスする必要がある場合でも、PC 上のモデルまたはスクリプト内にリアルタイムインターフェース (RTI) ブロックを記述する必要がなくなりました。これは、RS232 によるデータ交換をリアルタイムテスト内から完全に構成して、リアルタイム条件で制御できることを意味します。■



コメントアウトされたテストステップおよびテストシーケンスは無効化されます。無効化された部分はテストシーケンスのグラフィカル表示およびライブラリ構造でハイライト表示され、テストの実行時には無視されます。



# Hybrids under Control

ハイブリッドドライブおよび電気モーター向け ECU の開発およびテスト

自動車開発者の現在の目標は、高水準のドライバビリティを維持しつつCO<sub>2</sub>の排出を削減することです。多くの自動車メーカーは、そのソリューションの1つとしてハイブリッドドライブを選択しています。どのような課題を解決する必要があるのでしょうか？どのような製品が、その開発に役立つのでしょうか？dSPACEが、その答えを提供します。

自動車の内燃エンジンをモーターでアシストするとき、既存の電子制御ユニット(ECU)に機能を追加するか、まったく新しいECUを用意する必要があります。モーター用ECUは、モーターの特徴である極度にダイナミックな挙動に対応する必要があります。これは信号キャプチャにおけるサンプリング時間と制御ループが短いことを意味します。制御ロジックの開発とテストには、この点を考慮する必要があります。dSPACEは、そのための包括的なハードウェアおよびソフトウェアを用意しています。

#### 制御ロジックの開発

効率的な制御ロジックの開発とは、ターゲットプラットフォームへの実装方法を思案することなく、新しいアルゴリズムを柔軟に試して試験できることを意味します。dSPACE プロトタイピングシステムは、開発中のECUの各部だけでなく、ECU全

体さえも表現することができます。たとえば、最上位のセントラルハイブリッドコントローラを表現することも、ガソリンポンプやウォータポンプなどのハイブリッドドライブに必要な補助ユニットを直接制御することもできます。

#### dSPACEを使用したプロトタイピング

制御ロジックの開発にdSPACEプロトタイピングシステムを使用すると、実際のECUの制約に縛られることなく、高い計算能力と広大なメモリ空間を利用して開発作業を行うことができます。新たに開発した制御ロジックを、MATLAB®/Simulink®モデルからプロトタイピングシステムに、dSPACE Real-Time Interface (RTI) のボタンを押すだけで簡単に転送することができます。これにより、短時間で反復して試行することができます。

また、dSPACEプロトタイピングシステムを実車内で使用し、開発室の中だけでな



く、実際の走行条件での制御ロジックの検証を行うこともできます。

#### 一般的な使用例

##### 1) ハイブリッドコントローラの開発

最上位のセントラルハイブリッドコントローラ (図 1) の開発には dSPACE MicroAutoBox を使用、必要なバスインターフェース (CAN, LIN, FlexRay など) および追加の I/O も用意されています。ECU ネットワーク内で実際の ECU としてそのまま動作するため、シームレスな統合が容易です。また、小型でコンパクトなデザインのため、車両内のどんな場所にも搭載することができます。

##### 2) さまざまな補助ユニットへの電源供給

さまざまな補助ユニットに電源を供給するには、既存の ECU に新しい機能または ECU ソフトウェアを組み込むためのモジュラー方式のスケラブルなシステムとして dSPACE AutoBox を使用します (図 2)。dSPACE RapidPro システムのシグナルコンディショニングモジュールおよびパワーステージモジュールと併用することにより、非常に柔軟性の高いソリューションが実現します。ユーザは、ブロック/正弦整流用制御信号、ホールセンサ用 I/O インター

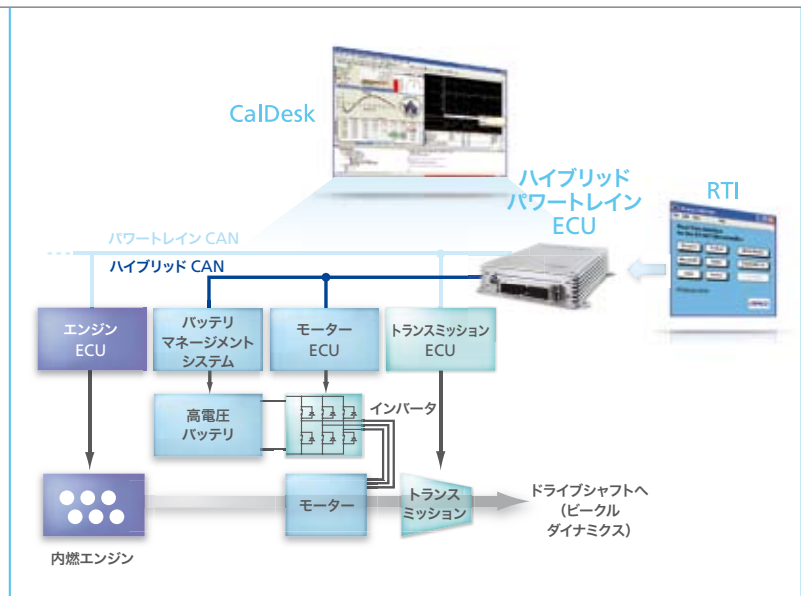


図 1 : dSPACE MicroAutoBox を、開発時のセントラルハイブリッド ECU として使用します。

フェース、エンコーダを使用することができます。パワートレインの電圧とモーター電流を正確に計測することにより、センサレスの処理が可能となります。dSPACE CalDesk を使用して、実行時に計測およびパラメータを変更することができます。この計測および適合ソフトウェアは、ノート PC での車載用途に最適化されています。

#### ハイブリッドドライブ用 ECU の試験

新しい ECU 機能をテストするには、その ECU を、ハイブリッドドライブトレインの残りの部分のシミュレーションを行う HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレータ

に接続します。dSPACE シミュレータハードウェアはモジュール式のため、下記のようなさまざまなハイブリッドタイプをセットアップすることができます。

- 直列構成および並列構成のハイブリッドドライブ
- スタータとジェネレータによるマイクロハイブリッド
- マイルドおよびフルハイブリッドドライブ

#### dSPACE シミュレータを使用した HIL テスト

一般的なハイブリッドドライブのシミュレータのセットアップでは、トランスミッション、エンジン、およびバッテリーのシミュレーションを、それぞれのシミュレータに実装します。これには、ドライブ CAN とハイブリッド CAN の、2 つの並列 CAN ネットワークが含まれます。ドライブ CAN には、エンジンやトランスミッションなどの標準 ECU が接続されます。ハイブリッド専用 ECU は、ハイブリッド CAN を通じて通信を行います (図 3)。車両全体のシミュレーションが行えるように、まだ使用できない ECU は、これらのネットワーク内ではレストバスシミュレーションによって表現されます。

モーターに必要な短いサンプル時間を達成するために、信号の処理を行う必要があります。dSPACE は、このために使用する PWM (パルス幅変調) ソリューションと PSS (位置センサシミュレーション) ソリューションを用意しています。これらはプロセッサと密接に連携して、モーターモデルの計算を実行します。

試験する ECU が正確な電流動作を必要

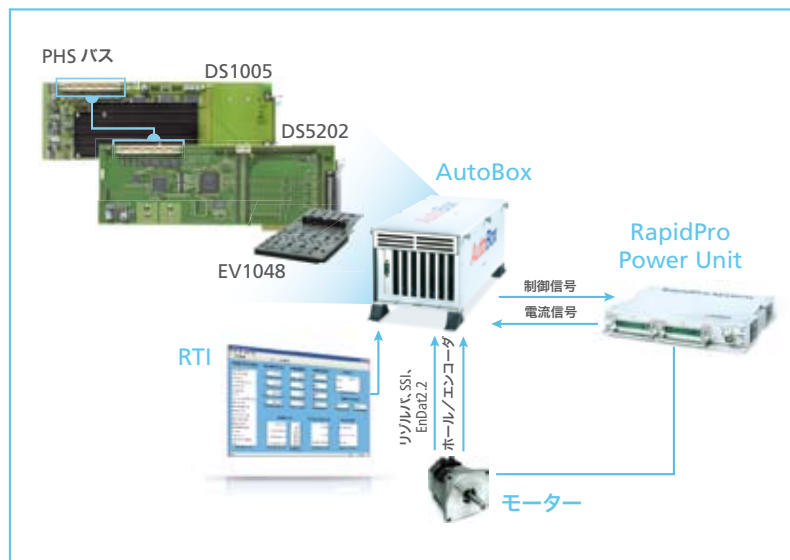
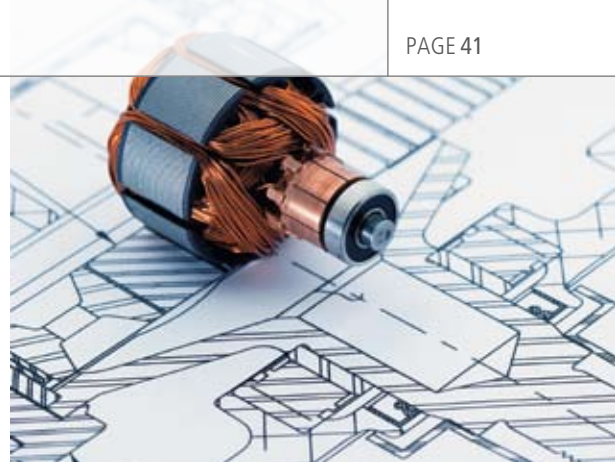


図 2 : dSPACE AutoBox は、さまざまなモーターの要件に柔軟に対応することができます。





dSPACE の成熟した製品は、ハイブリッドドライブ用 ECU 開発の初期設計から最終テストまでをサポートします。

とする場合は、dSPACE Electronic Load Module を使用します。このモジュールは、実際の電流を ECU に供給します。このモジュールを制御するには、モーターモデルの一部を dSPACE FPGA Board に移動して、そこで計算を行うようにします。

#### シミュレーションモデル

HIL テストにはリアルタイムシミュレー

ションモデルが不可欠です。dSPACE の Automotive Simulation Models には、モーター専用の Electric Component Library が含まれています。このライブラリのモデルコンポーネントを既存のモデルに組み合わせることができます。バッテリー動作のシミュレーションとハイブリッド車へのモーターの組み込みは、このライブラリの一般的なアプリケーションのほんの数例に過ぎません。■

#### 今後の開発

dSPACE は常に製品の範囲を拡大し、製品のモジュール化を推進しています。その一環として、ブラシレスモーター制御用の新しい RapidPro モジュールがまもなく発売になります。

dSPACE の目標は、これからも初期の機能設計から最終的な統合テストまで開発者を支援することにあります。お客様の理想的な開発パートナーとして、dSPACE は革新的な製品の開発に取り組んでいます。

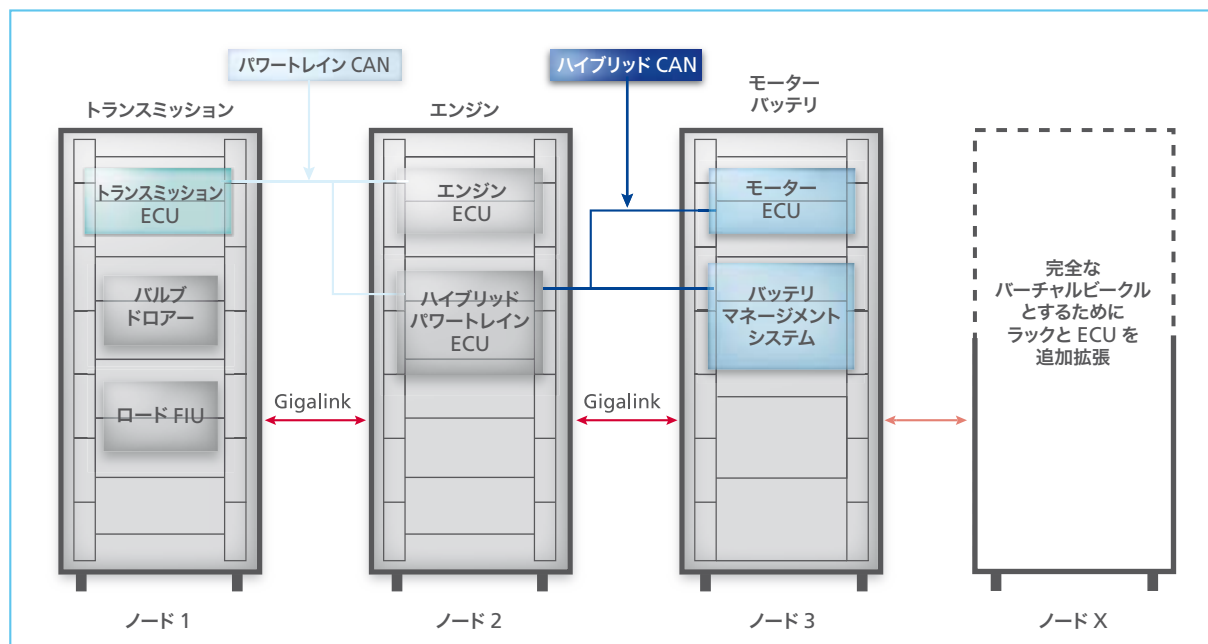


図 3：ハイブリッドドライブ用 HIL テストシステムの構成例

# EcoCAR: The NeXt Challenge Goes Green

次世代自動車エンジニアによる持続可能なモビリティ技術  
の開発



dSPACE ツールが、学生たちの「グリーンな」車両アーキテクチャを実証する量産用プロトタイプの開発を支援します。



このエコカー開発プログラム EcoCAR Challenge のために、米国エネルギー省は、さまざまな大学に在籍する 200 名の学生たちに 3 年間のパイロットプロジェクトを委嘱しました。各開発チームは、量産用プロトタイプ車両を開発し、彼らの車両アーキテクチャの実装が「グリーン」であることを実証する必要があります。



GM 社が Saturn 2009 VUE を提供し、学生たちがこれをベースにして省エネ車両に改造します。

世界で最もオリジナルな発明のなかに、大学のキャンパスや学問の世界の調査研究所から生まれたものもあります。学生や教職員が自由に交流しアイデアを交換できるこの環境こそ、草の根レベルの技術革新が生まれる場所なのです。

#### 持続可能な車両ソリューションの研究と開発

エネルギー省は、1987年から北米45大学先進車両テクノロジー競技を後援してきました。

この競技は、エネルギー省の研究開発機関であるアルゴンヌ国立研究所 (Argonne National Laboratory) によって組織され、大きな成功を収めました。過去のイベントは、燃費の改善、石油消費量の削減、温室効果ガス (GHG) の排出量の削減、NO<sub>x</sub>の排出量の削減などの、学生が開発したテクノロジーに結実しています。これらテクノロジーはすべて、持続可能なモビリティの実現を主導するエネルギー省にとっての基本的な目的です。

#### グリーンパワーのパフォーマンスの向上

2008年5月に、エネルギー省は、後援企業の General Motors (GM) 社とともに、新しい競技「EcoCAR: The NeXt Challenge」を開始すると公表しました。北米地域の17の大学から約200名の

「学生の制御システムの開発が円滑に進むように、dSPACE が Mid-Size シミュレータやその他のツールを提供してエコカーチームを支援してくれるので嬉しくてたまりません。HIL シミュレーションによって貴重な時間が節約でき、非常に多くの頭痛の種が解消されます」

ウォータールー大学大学院生、エコカーチームキャプテン、Alex Koch

学生が選抜され、3年間に渡る競技に参加することになりました。競技期間は2008年8月から2011年6月までです。

各参加チームは、2009 Saturn VUE コンパクトクロスオーバー SUV (GM 社からの寄贈) をベースにして、下記の目標を達成する課題に挑戦しています。

- 総合的な燃料サイクルの油井からホイールまで (well-to-wheel, WTW) 分析に基づいて、石油エネルギーの消費を削減する
- 車両のエネルギー効率を改善する
- 基準排出ガスおよび WTW 排出ガスを削減する
- 性能、実用性、安全性における消費者受容性を確保する

エコカーの「環境に優しい」のテーマを踏まえて、米国カリフォルニア州大気資源局 (CARB) のゼロ排出ガス車 (ZEV) 仕様に適合する車両の設計を競い合うことに

なります。各チームには、軽量な材料の使用、空力特性の改善、エタノール、バイオディーゼル、水素などの代替燃料の使用が奨励されています。

#### 現実の世界のエンジニアリングを体験する

EcoCAR Challenge は、資金、ハードウェア、ソフトウェア、トレーニング、サポートを提供する30のスポンサーのネットワークによって支援されています。学生たちは、最先端のツールや装置が使用できるだけでなく、スポンサー企業と直接接して、実際の技術支援や業界の見識に触れることができます。EcoCAR Challenge は、テクノロジーの交換を促し、このプログラムのスポンサーとの産学協同を通じて革新を推進します。

また、学生たちに実際の世界を体験させるため、チームはその車両設計を GM

Global Vehicle Development Process (GMグローバル開発工程) に合わせて行う必要があります。これには、エンジニアリング方式、リソースの割り当て、成果物に関する規定が含まれています。

EcoCAR Challenge プログラムには、学生たちに職業としてのエンジニアリングについての教育を行う目的もあります。各チームは、あらゆるレベル—小学校、中学校、高校、大学—の学生生徒たちに、エンジニアリングの分野と、革新的なものの開発に果たすその重要な役割りを啓発するために、年間を通じて、公共に役立つイベントを計画することが奨励されています。これには、一般市民にエコカーおよび持続可能なモビリティ技術について啓発する目的もあります。

政治家たちにも、この競技の存在が知られるようになってきました。カリフォルニア州のアーノルド・シュワルツネッガー知事は、EcoCAR Challenge プログラムの詳細を知るために、SAE World Congress

での GM 社の展示ブースに突然姿を現しました。同知事は、GM 社のエコカー用パワートレイン担当重役で、パワートレインソフトウェアエンジニアリング担当取締役 Kent Helfrich 氏の講演に耳を傾け、エコカープログラムについて懇談しました。

#### 学問に専念

ウォータールー大学の大学院生 Alex Koch は、EcoCAR Challenge プログラムに没頭していると言います。昨年学部を卒業すると、魅力的な職場から好条件の勧誘があったにもかかわらず、大学院課程に進んで、チームのキャプテンとしてエコカープログラムに参加しています。

「このチャレンジプログラムでは、正真正銘の高度な車両開発に携わることができ、徹夜することもあるけれども、何か大きなこと、何か価値のあるもの、何か世の中を変えるものに貢献していると考え、まったく苦になりません」と Koch は述べています。ミシシッピ州立大学のコンピュータエンジニアリング専攻の大学院

## Green Success

### dSPACE 製品によるグリーンなエンジニアリング

dSPACE は、20 年以上にわたり自動車業界の積極的なパートナーであり、新しい駆動テクノロジーの研究開発を支援してきました。dSPACE 製品は、ダウンサイズエンジンの最適化、電気自動車およびハイブリッドドライブ (マイクロ、マイルド、およびフルハイブリッド) の開発、水素燃料電池自動車の設計など、さまざまな革新テクノロジーの開発に重要な役割りを果たしてきました。

詳細は、  
[www.dspace.jp/goto.cfm/electric\\_drives](http://www.dspace.jp/goto.cfm/electric_drives)  
をご覧ください。

SAE World Congress の GM 社の展示ブースの前で EcoCAR Challenge について質問するアーノルド・シュワルツネッガー知事



「ほとんどのエンジニアが利用するチャンスを与えられないような、極めて高いレベルのツール、テクノロジー、トレーニングの多くが大学院生には門戸が開かれています」

ミシシッピ州立大学コンピュータエンジニアリング専攻大学院生、John Robbins

生の John Robbins は、エコカー競技は学生にとって非常に価値があると考えています。

「エコカープロジェクトに費やす時間が楽しくてしかたがありません。ほとんどのエンジニアが利用するチャンスを与えられないような、極めて高いレベルのツール、テクノロジー、トレーニングの多くが大学院生には門戸が開かれています」と Robbins は言います。

#### 環境に優しい車両を実現する

dSPACE は、最上級のスポンサーとして、学生たちが高度な制御方式、シミュレーション、車両への統合、および試験の開発および展開ができるように、一連のツールを提供しています。また dSPACE では、アプリケーションプロジェクトで dSPACE の装置を使用するエコカーチームのために、専門技術アドバイザーとしてサポートするエンジニアチームを結成しています。dSPACE が提供するツールには以下のものが含まれます。

- MicroAutoBox (ラピッドプロトタイプリングシステム) と ControlDesk (グラフィカルな試験管理用ソフトウェア)。監視用コントローラとして使用します。
- dSPACE Mid-Size HIL シミュレータ (新しい制御アルゴリズムの HIL テストに使用)
- CalDesk ソフトウェア (dSPACE および非 dSPACE コントローラの計測および適合)
- SystemDesk (複雑なシステムアーキテクチャおよび分散ソフトウェアシステムの計画、実装、統合)
- TargetLink (量産コードの自動生成)

#### dSPACE MicroAutoBox による通信および制御

「学生の制御システムの開発が円滑に進むように、dSPACE が Mid-Size シミュレータやその他のツールを提供してエコカーチームを支援してくれるので嬉しくてたまりません。dSPACE シミュレータは、このシミュレータがなければ実車での試験段階まで分からないような、さまざまな問題の識別に役立ちます。HIL シミュレーションによって貴重な時間が節約でき、非常に多くの頭痛の種が解消されます」と Koch は述べています。

Koch は、ウォータールー大学チームではプラットフォーム車両のプライマリコントローラとして MicroAutoBox を使用していると説明してくれました。

「来年にかけて実装する予定の新しいハイブリッドパワートレインコンポーネントのすべての通信および制御を MicroAutoBox

が行います。MicroAutoBox と共に使用する ControlDesk ソフトウェアにより、トラブルシューティングと適合のプロセスが合理化されます。取り扱いも非常に簡単です」と Koch は語っています。

Robbins は、dSPACE HIL シミュレータと MicroAutoBox を使用することにより、車両の制御およびシミュレーションに、さまざまなアプローチを自由に試してみることができると説明します。

「dSPACE のツールを使用して、アイデアを実地に試して見ることができます。これこそ、まさに必要としていたものでした。また、dSPACE のトレーニングは最高で、業界で最もツールのドキュメントが整備されています」と Robbins は述べています。

#### グリーンな車両アーキテクチャの開発

EcoCAR Challenge プログラムの 3 年間で、各チームは量産用プロトタイプ車両を完全に設計および開発し、選択した車両アーキテクチャの実装が「グリーン」であることを実証する必要があります。

2009 年 2 月にワシントン D.C. で開催された Washington Auto Show の記者会見で、各チームは選択したアーキテクチャを公開しました。航続距離延長型電気自動車 (EREV)、プラグインハイブリッド電気自動車 (PHEV)、全機能電気自動車 (FFEV)、燃料電池プラグインハイブリッド電気自動車 (FCPHV) などが開発されています。

これらのアーキテクチャは、それぞれが異なるテクノロジーソリューションを表していますが、どの車両設計も下記の条件を満たしている必要があります。

- プラグイン機能を備えている
- より多くの電気エネルギーが保存できる最先端のリチウムイオン電池テクノロジーを使用している
- 低エネルギー消費
- 石油消費に代わる再生可能なエネルギー源を使用し、これにより自動車のテールパイプから排出される温室効果ガスの量を大幅に削減する

1月のワークショップ期間中、HIL シミュレータや dSPACE ツールに関するトレーニングを受ける学生





dSPACE Inc. を訪れた各チームのメンバー

- 各チームのアーキテクチャが、消費者が要求する量産車の実世界でのパフォーマンス特性と安全性を維持している

#### 重要項目

制御アルゴリズムの開発には実際的な方法論とツールの使用が特に重要になります。学生たちは、モデルベース開発、ラピッドコントロールプロトタイピング (RCP)、SIL (Software-in-the-Loop) シミュレーション、HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションを使用することになります。この環境を使用して、学生たちは複雑な制御設計を短時間で実装することができ、実際の車両に導入する前に、リアルタイムシミュレーションによって早期の段階で試験することができます。

先進車両テクノロジー競技委員長である、アルゴンヌ国立研究所交通研究センターの Kristen De La Rosa 氏は次のように述べています。「過去 20 年間、自動車技術の洗練度と複雑性は大きく進歩しました。こうした業界の動向に対応するには、競技プログラムも先端テクノロジーと最新のエンジニアリング方式を活用して劇的に革新す

る必要があります。たとえば、dSPACE のツールを使用することにより、各チームは車両の HIL シミュレーションを開発して、実際の車両設計を組み立てる前に、高度な車載ハイブリッドシステムコントローラの試験と妥当性の確認を行うことができます」と Kristen De La Rosa 氏は語っています。

1 月に開催された EcoCAR Winter Workshop で、学生たちは、パフォーマンスモデリング、制御システム設計、シミュレーション技術の向上を図るためのツールや装置を受け取り、トレーニングを受けました。

#### 環境に優しい交通手段を使用可能にする

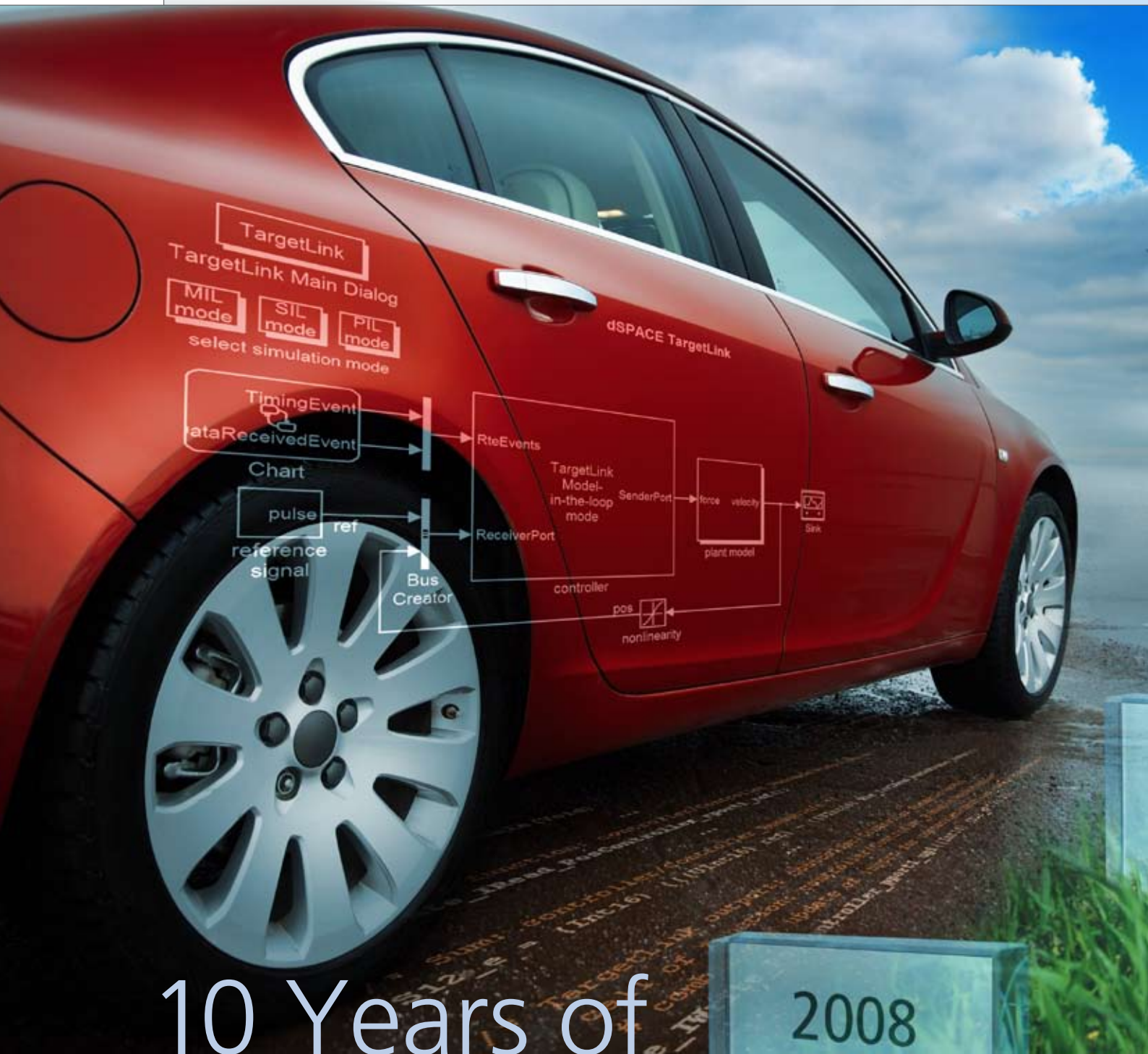
1 年目の活動を締めくくる EcoCAR Competition Finals が、2009 年 6 月 7 ~ 13 日にカナダのトロントで開催されました。審査員団が、コンポーネントをプロトタイプ車両と電気、機械、ソフトウェアの各システムの機能に適切に適合させるためのモデルベース設計ツールの使用に関して各チームの評価を行いました。各チームは、どれだけ効果的に SIL および

HIL シミュレーションを制御システムおよびサブシステムの開発に使用しているかや、公的な啓発イベントについても評価が行われます。

総合優勝はオハイオ州立大学で、2 位と 3 位にピクトリア大学とミシシッピ州立大学が続きました。入賞した 3 チームすべてが、dSPACE の HIL (Hardware-in-the-Loop) ツールとラピッドプロトタイピングツールを使用していました。最優秀設計賞、最優秀技術レポート賞、最優秀プレゼンテーション賞なども決定しました。dSPACE から、dSPACE の装置を使用して車両の設計を行った 3 チームに Embedded Success 賞を贈りました。

EcoCAR Challenge プログラムの 2 年目と 3 年目で、各チームはプロトタイプ車両からのビルドを通じて車両設計を実装して行くことになります。

エコカーの詳細については、[www.ecocarchallenge.org](http://www.ecocarchallenge.org) をご覧ください。■



10 Years of

# TargetLink

現在に至るまでの  
ロードマップ



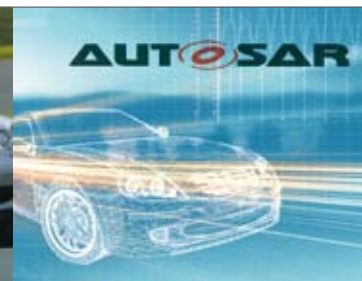


量産コードの自動生成は、電子制御ユニットと組み込みソフトウェアの開発を決定づける重要なプロセスの1つです。1999年のリリース以来、dSPACEの量産コード自動生成ツールであるTargetLinkは、多くのサクセスストーリーを生み出してきました。自動車業界では、TargetLinkはコード生成ツールの先駆者として評価をされています。適用分野としては、パワートレイン、シャーシ、運転支援、快適機能、アクティブおよびパッシブセーフティシステムなど、車両のあらゆる領域をカバーしています。またここ数年、TargetLinkはセーフティクリティカルな航空宇宙システムの開発にも使用されるようになってきました。お陰様で2009年秋にTargetLinkは発売から10年の節目を迎えます。1999年から現在までの10年間、TargetLinkの軌跡をお客様の成功事例と共にご紹介いたします。

究極の安全性が求められる航空機：  
エアバス A380 用客室与圧制御

ダイムラー社のエンジン ECU 開発  
部門が TargetLink を使用

TargetLink は AUTOSAR ソフト  
ウェアコンポーネントをサポート



## 1999

革命：Simulink® モデルから

ECU コードを直接生成することに成功

1999 年秋の TargetLink 導入により ECU 開発の歴史が変わりました。ボタンひとつでコントローラモデルから量産コードを生成し、これをダイレクトに ECU に組込むことができるようになりました。ハンドコーディング作業が不要となったのです。最初の量産プロジェクトは、すでに 1999 年末に開始されました。ダイムラー社がハイブリッドトラックの研究プロジェクトに TargetLink を採用し、3 ヶ月という短い期間でこのプロジェクトを完了したのです。

## 2001

業界随一のベンチマーク結果

TargetLink のすばらしいベンチマーク結果を機に、国内・海外を問わず自動車産業界のメーカーやサプライヤーの脚光を浴びることになりました。さらに TargetLink は制御モデルと ECU の間の「ミッシングリンク」としてのメリットも備えています。この量産コードジェネレータが、開発プロセス間に存在していたギャップを埋めることになり、シームレスな統合を実現したのです。TargetLink はオフハイウェイ車両の分野でも評価されています。農業機械の国際的なメーカーの 1 つは、TargetLink を使用して、トラクターのトランスミッションや、その他の制御コンポーネントを開発しています。

## 2003

大規模プロジェクトにも使用される

TargetLink

大規模なプロジェクトチームに適したツールとして TargetLink はその実力を証明し、開発プロセスにシームレスに統合されていきました。新たな「プログラマー」としての TargetLink の位置付けが定着していった例は、ダイムラー社でもみられました。ダイムラー社では、エンジン ECU 開発部門全体で、TargetLink による量産コードの自動生成に移行しました。

```
static void FuelRateCalculation(Void)
```

```
/* SLLocal: Default storage class for local variables | Width: 16 Y
```

```
Int16 Sa3 F A 1999
```

```
Description: F/A
```

```
LSB: 20-17 OFF: 0 MIN/MAX: -0 25 0 24999233706055 1/:
```

## 2000

成功へ向かって：TargetLink コードの  
量産車への搭載

自動車産業分野での TargetLink への注目は一気に高まりました。世界中の自動車メーカーやサプライヤーが量産を目的とした評価プロジェクトやパイロットプロジェクトを開始しました。

日産自動車では 2000 年型セントラ向けのエンジン制御コンポーネントの開発に初めて TargetLink を導入し、セントラの販売にいたりました。このプロジェクトを機にさらに数々のプロジェクトが実施され、どれもすばらしい成果が挙げられています。

## 2002

航空宇宙産業初、セーフティクリティカル  
用途に対応

安全に対する要求が特に高い航空産業界。Nord-Micro 社の客室与圧調整システムなどの例にあげられるように、TargetLink は航空電子工学の分野でもその実力を発揮しました。

■ 航空業界で最高レベルの安全要求 DO178B レベル A に準拠したコード認証

■ 開発期間の 50% 短縮

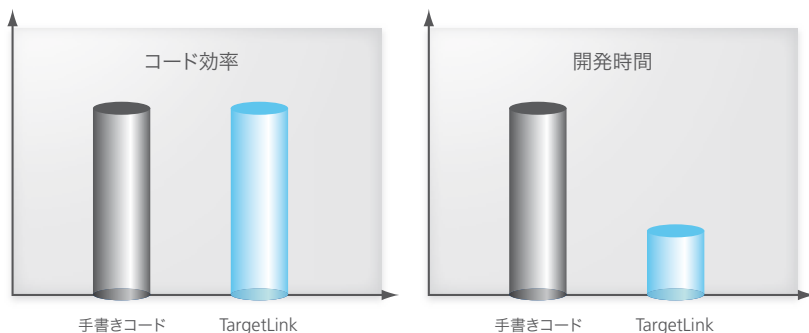
この新しい客室与圧調整システムは、エアバス A380 を含む多くの旅客機で使用されています。

## 2004

コード生成ツールの域を超えた  
TargetLink の新機能

以下の強力な新機能の追加により、TargetLink は新しい標準となっています。

- dSPACE Data Dictionary により ECU アプリケーション全体のデータセットを管理
- OSEK およびマルチレートモデリングの量産レベルの実装
- コードカバレッジ分析およびインクリメンタルコード生成



最高のベンチマークの成績が  
業界の支持を集めました。

## 2005

### 最高の評価

モデルベースによる開発へ需要が高まる中、自動コード生成が急速に普及しつつあります。TargetLink は新規ユーザーだけでなく新たなアプリケーション領域においても非常に高い信頼性を得ています。BMW 社の他にも有名自動車メーカーが市販量産コードジェネレータとして TargetLink の評価に乗り出しました。

## 2007

### MISRA TargetLink 向けモデリングガイドライン

Motor Industry Software Reliability Association (MISRA) から、TargetLink の公式モデリングガイドラインが刊行されました。TargetLink は、MISRA から発行されたガイドラインを持つ初めてのコードジェネレータであり、自動車業界における最も標準的な量産コード生成ツールとしての地位を不動のものにしました。このガイドラインには機能安全に関する TargetLink を使ったモデリングの要件が明記されており、特にセーフティクリティカルなプロジェクトに関する標準となります。

## 2009

### 業界随一のコード品質

この 10 年、TargetLink は世界中のあらゆる分野で使用されてきました。自動車業界では、確立されたコード生成ツールとして評価されています。さらに、TargetLink には、究極の安全性が求められる航空宇宙システムの開発でも成功の実績があります（詳細については、dSPACE Magazine 1/2009 に掲載のお客様の事例「Maximum Safety」(Nord-Micro 社)を参照してください)。



## 2006

### TargetLink が AUTOSAR をサポート

TargetLink は、自動コード生成ツールとしては初めて、モデルベース設計と製品レベルの AUTOSAR 準拠 ECU ソフトウェアの間のギャップを埋めました。TargetLink は、AUTOSAR ソフトウェアコンポーネント開発におけるモデリング、シミュレーション、コード生成のための充実したサポートを提供いたします。

## 2008

### TargetLink 3.0 : 便利な新機能の組み合わせ

TargetLink 3.0 は、再設計されたブロックセットと TargetLink の実証済みの機能を組み合わせることで、MATLAB®/ Simulink® とのより一層緊密な統合を実現し、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。また、TargetLink 3.0 はモデルリファレンス機能をサポートしており、これによってモジュラー方式による分散型開発プロセスが非常に容易になります。

TargetLink は、農業機械、建設機械などのオフハイウェイ車両の分野でも評価されています。



# Five Stars for dSPACE

メカトロニクスに要求されるトップ  
クラスのソフトウェア品質



今日の組み込みソフトウェアに対する要求が高度なものである以上、開発および試験ツールに対する要求もまた厳しいものとならざるを得ません。このことは、dSPACE 製品にとって何を意味しているのでしょうか？ dSPACE の製品開発部門代表の Dr. Hans Joachim Rabe がお答えします。



組み込みソフトウェア開発ツールが、このように並外れて高い要件を満たさなければならないのは、なぜですか？

組み込みソフトウェアの場合、特にセーフティクリティカルな用途では、絶対に異常を起こしてはなりません。たとえば、ESP コントローラの場合、運転者に、「コントローラを再起動しますからしばらくお待ちください。ブレーキはその後に作動を再開します」と言うことはできません。組み込みソフトウェアとそのハードウェアは、常に完全に機能しなければならないのです。これらの厳しい要件は、開発および試験に使用するツールも満たす必要があります。dSPACE 製品においても、非常に高い要件を満たしていなければならないことを意味しています。自動車業界以外でのアプリケーションも非常に複雑で、極めて高いツールの品質が求められています。一言で言えば、いかなる状況にも対応できなければならないということです。

dSPACE でのソフトウェアの品質とは何を意味していますか？

dSPACE ではソフトウェアの品質は、単にエラーが非常に少ないとか、要件を満たしているとか認定試験に合格することだけを意味しているわけではありません。お客様の高度な要求に応えるため、品質についてはもっと幅の広い見方をしています。製品を開発する最初の一步から、dSPACE 製品の設計および関連のサービスに包括的な品質ガイドラインを適用しています。

dSPACE の品質ガイドラインとは、具体的にはどのようなものですか？

基準一覧には、ソフトウェア開発に関する経験だけに頼らず、ソフトウェアの使い勝手やカスタマーサポート、業界標準対応へのアドバイス、マニュアル、ユーザーのトレーニングが含まれています。弊社の品質ガイドラインは、お客様のニーズに合致した弊社製品がオープンなツールチェーンを実現し、dSPACE 製品をサードパーティ製品と組み合わせて使用できるようにするのに役立っています。弊社



## 「誤りを早く発見すれば、最小の費用で修正できることが多いのです」

のツールの自動化についても、開発作業の最初からの主な目標です。

### 今日の開発工程で、自動化の果たす役割は何ですか？

多くの分野で、開発サイクルの短縮と欠陥ゼロ方針により、ユーザは、非常に短い時間で数え切れないくらいの試験を行う必要に迫られています。そのため、ツールチェーンの各コンポーネントは、直接相互に通信を行い、自動化された操作が可能でなければなりません。中間での手動による操作は、多くの時間と作業量が必要となり、多くのテスト領域で不可能になります。

### dSPACE ツールでは自動化はどのように実現されていますか？

ユーザは、必要な自動化オプションとインターフェースが dSPACE 製品に搭載されていることを期待していますし、実際にそうした要求に対応できるように開発を行っています。TargetLink Automation API、CalDesk Automation Module、ControlDesk の自動化機能は、ほんの一例に過ぎません。それに、AutomationDesk という強力な自動化ツールが存在します。また、お客様の希望に応じて、工程の自動化および開発および試験を行う熟練したエンジニアをエンジニアリングサービスとして派遣することもできます。

### dSPACE ソフトウェア製品の試験は、どのようにして行われていますか？

弊社のすべてのプロジェクト業務の 1/3 以上が、製品の試験に費やされています。ユニットの試験、定期的なビルドの実行、組込み試験、ユーザビリティの試験など、dSPACE の製品は数多くの厳しい試験をくぐり抜けたものばかりです。また、製品をユーザの手元に届ける前に、さまざまな条件およびバリエーションの試験を行うことがで

きるように、私たち自身も dSPACE の製品の広範な自動化機能を活用しています。非常に高度な自動化を使用しなければ、このように莫大な数の試験を実行することはできません。

### 今日、一般的に試験はどれくらい重要視されているのですか？

コンピュータ技術者の就職の面接で、大学では、ソフトウェアの開発、アルゴリズム

ム、アーキテクチャなどについては多くのことを教えているのに、ソフトウェアの試験については、ほとんど何も教えていないことに、いつも驚きを感じます。実際には、誤りを早く発見すれば、最小の費用で修正できることが多いのです。同じ誤りを後の段階で発見した場合、そのプロジェクト全体が危機に陥ることもあります。私の見るところ、教育機関ではソフトウェアの試験をトピックとして取り上げず、実際のプログラム開発こそ本質的な活動と考えているのではないかという印象を持つことが多いのです。しかし実際には、試験の開発と試験の実行の 2 つの分野こそ、熟練の技と専門的な知識が必要となるのです。そのため、dSPACE のすべてのテスト技術者は ISTQB（国際ソフトウェアテスト資格認定委員会）認定資格を持っています。

### 最も費用がかかるのは、ソフトウェア開発プロセスのどの部分ですか？

実際のソフトウェア開発に加え、最も多くの作業を必要とする領域が 3 つあります。

それは、要件の収集と整理、必要な（しばしば革新的な）コンセプトとアーキテクチャの開発、包括的なソフトウェアの試験です。

### dSPACE の高品質基準は、エンジニアの資格認定と作業方法に、どのように反映されていますか？

dSPACE では、ユーザが必要としている品質の高い製品およびサービスを確実に提供するために、社員に対し、高度の専門的知識とソフトウェア技術を求めています。また、dSPACE は、社員が自己に高い基準を設定しているかを定期的に確認しています。開発者、特に熟練した開発

## 「開発者、特に熟練した開発者が、お客様の立場に立って、厳しく自己の作業結果を吟味しているかが重要です」

者が、お客様の立場に立って、厳しい目で自己の作業結果を吟味しているかが重要です。このような姿勢は、特にカスタマーサポートで非常に重要です。顧客満足度調査で、弊社のサポートサービスが何年もの間トップにランクされているのは偶然ではありません。

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。

# Up and Running with the Right Standard

AUTOSAR の導入シナリオ：業界の事例



電子制御ユニット (ECU) の開発を開始するにあたって、ほとんどのケースで似たような状況が想定されます。すなわち開発手法が決定され、それに応じたツールチェーンとプロセスが選択され実装されます。多少の調整はありますが、大きな枠組みの変更はできる限り避けなければなりません。最終的な目的は、生産性の高いツールとプロセスを使用して、新製品をできるだけ早く市場に投入することであり、インフラの変更に多くの時間を使うことではありません。インフラの変更は新しい標準を必要とし、さまざまな開発領域に影響があるだけでなく、必ずしもそれによって便利になるとは限りません。

ソフトウェアアーキテクチャの複雑性を克服するために、開発者が以前から求めていたソリューションの原則が、現在、AUTOSAR 規格として具体化しています。しかし、この規格が実際に採用されるためには、次のような多くの疑問に答えることが必要となります。

自社製の安定した機能ソフトウェアとモデルを使い続けることができるのだろうか？ 独自に開発した ECU ネットワーク通信が利用できるだろうか？ 通常の開発業務と平行して AUTOSAR プロジェクトを実行する開発チームが必要なのではないか？ どのような新しいツールが必要になるのか、また、使用してきた既存のツールが役に立たなくなるのではないか？ ソフトウェア開発における最善の戦略とは？ 可能な限り白紙に戻して開発をやり直すのか、それともできるだけ多くを再利用するのか？ 疑問が果てなく続きます。

#### 導入のシナリオ

AUTOSAR の導入に際して実行可能なアプローチを選択するために、実際に有効であることを証明したいいくつかのシナリオをこれから紹介します。ただし、企業またはプロジェクトにより規約が異なるため、開始状況が完全に同じであることはありません。ここに挙げるシナリオは、特定の要件を満たす方法を例示するものに過ぎませんが、基本的に優先すべきことが明らかになるはずです。ここに示すアプローチは、さまざまな企業で実際に行われたプロジェクトに基づいています。それ

ぞれのアプローチが異なっているという事実が、それぞれの状況で正しいアプローチを選択することがいかに重要であるかを物語っています。

#### AUTOSAR の特徴

AUTOSAR は以下の要素からなる多層構造の規格です。

- システムおよびアーキテクチャ設計用記述要素の特定
- 上記要素の記述用データ交換フォーマットの定義
- インターフェース規約を持った ECU ソフトウェアアーキテクチャのレイヤーコンセプトの導入
- AUTOSAR に準拠した包括的なソフトウェア開発手法の説明

その結果、あらゆるプロジェクトのさまざまな部分に影響を与えます。この規格の範囲が広大であるため、導入は段階的に行うのが实际的です。

ただし、他の問題に取り組む前に最初に答えを見つけておかななくてはならない問いが 1 つあります。それは、「AUTOSAR 準拠の記述を作成するにはどうすれば良いか」という問いです。

#### シナリオ 1：ボトムアップアプローチ

AUTOSAR 記述をスムーズに生成するための必須条件が 2 つあります。1 つは ECU ソフトウェア開発が企業またはプロジェクトの仕様に適合し、適切なガイド

# AUTOSAR

ラインおよび構造化アプローチが存在していること。2 つめは信号リストモジュールおよびパラメータが、Microsoft® Excel® スプレッドシート、A2L ファイルなどのフォーマットで保存されていることです。既存のアプリケーションソフトウェアから AUTOSAR プロジェクトに移行するために、既存のデータカタログを AUTOSAR フォーマットに変換することができます。このステップが必要なのは 1 回だけです。データカタログがよく構造化され、整合性

できます。既存のモデル、C コード、データカタログは、関連のツールチェーンとともに保持します。既存の記述に「介入点」を挿入して、AUTOSAR 実装の記述と、従来の実装の記述の切り替えのための介入点とします。この介入点は、たとえばコードレベルでは関数にアクセスするためのマクロ形式で挿入したり、モデルレベルでは dSPACE TargetLink AUTOSAR Blockset を下流生成代替物とともに使用することによって挿入することができます。

AUTOSAR 規格をベースにして、このインターフェースが定義されました。基本ソフトウェアと標準ソフトウェアアーキテクチャも、確立された標準コアがベースになり、選択された AUTOSAR ソフトウェアサービスによって補完されました。この最初の手順により、この ECU が従来の方で開発された ECU とネットワーク互換であることが保証されました。このように、AUTOSAR テクノロジを段階的に導入することができます。<sup>2</sup>

## AUTOSAR では、白紙に戻して開発をやり直す必要はありません。言語が異なるだけです。

が維持されていれば、このステップは困難なものではなく、専用で作成したスクリプトから自動的に実行することができます。

### 事例：エンジン制御

これは、自動車部品サプライヤである Magneti Marelli S.p.A. によって実行されたプロジェクトです。具体的には、この作業は既存のエンジン ECU のソフトウェア全体を AUTOSAR に移行してから、その ECU への実装をやり直します。そのために、Magneti Marelli 社は、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築に必要なすべての情報を既存の ECU データから抽出し、スクリプトを使用して dSPACE SystemDesk 上のソフトウェアアーキテクチャに転送しました。Magneti Marelli 社の開発者は dSPACE と協力して移行作業を行い、この作業には約半年かかりました。<sup>1</sup>

### シナリオ 2：介入点での切り換え

AUTOSAR と従来の開発の両方を実行できるように、シナリオ 1 を修正することが

### シナリオ 3：トップダウンアプローチ

開始点としてアーキテクチャレベルを使用するアプローチもあります。まず、システムのパランニングを行い、各機能のために動作モデリングを行います。ソフトウェア開発プロセスでは、AUTOSAR 記述フォーマットを体系的に使用します。開発者は、ソフトウェアコンポーネントのモデリングに、SystemDesk のようなオーサリングツールを使用するか、すべてのプロジェクトデータを管理する一元的データベースを使用します。シナリオ 1 と 2 を統合したものがこのシナリオ 3 で、シナリオ 3 を使ってシナリオ 1 と 2 を表現することができますが、このシナリオの顕著な特徴は、その全体論的な戦略にあります。

### 事例：ボディ ECU

この規格を導入するために、自動車メーカーの Daimler AG は、ソフトウェアアーキテクチャをアプリケーション部分とベシックソフトウェア部分に体系的に区分し、両者が規定のインターフェースを通じて相互に通信するようにしました。

### AUTOSAR の利用効果

作成が終わった AUTOSAR 準拠記述は、これまでにない革新的な方法でプロセス、ツールチェーン、メソッドで使用することができます。

### データ交換

AUTOSAR の長所の 1 つは、OEM メーカーとサプライヤ間のデータ交換にあります。プロジェクトの規約は、単一の規格をベースにすることができますが、Daimler AG は最初の AUTOSAR 量産プロジェクトで以下のように指摘しています。

「モデルベース開発を広範囲にかつプロセスセーフに行なうためには、サプライヤに依存しない、統一されたソフトウェアアーキテクチャと、標準化されたメタデータの記述が前提条件となります」<sup>2</sup>

AUTOSAR 規格はこの要件を満たし、国際的に分業体制をとるサプライヤなどでは、同一企業内でもメリットを生み出します。AUTOSAR のような規格に基づいて統一された方法で作成されたソフトウェアモジュールを、中央のレポジトリから引き出して、すべての地域や国々で、まったく同じ方法で繰り返し使用することができます。

### ツールの組み合わせ

AUTOSAR は、ツールの組み合わせも容易にします。SystemDesk のようなオーサリングツールにおけるソフトウェアコン



従来のプロセスとメソッドの構造の定義が優れているほど、AUTOSAR への移行が容易になります。

ポーネントと、MATLAB®/Simulink® や TargetLink などのツールにおける機能記述とを簡単にリンクさせることができます。オーサリングツールとベーシックソフトウェアコンフィギュレーションツールとの組み合わせについても同じです。「さまざまなツールの連携は、AUTOSAR 理念の実現を成功させるための重要な要素です。dSPACE は、そのための卓越した基盤を、TargetLink および SystemDesk として、規定のファイルフォーマットとオープンなインターフェースと合わせて提供しています」<sup>3</sup>

#### オフラインおよびオンラインの試験プロセス

AUTOSAR の導入により新しい選択肢が増えるのは、設計プロセスだけでなく、試験プロセスでも同じです。AUTOSAR に準拠したアプリケーションソフトウェアの記述が使用できるようになると、初期の段階で、システム設計ツールを使用して、そのソフトウェアモジュールのシミュレ-

ションを行うことができます。Audi Electronics Venture GmbH は、SystemDesk を使用して、ネットワーク化された制御システムのバーチャルな統合を実行しました。テストオートメーションを使用して、システムの組織的なシミュレーションと解析が PC 上で行われました。将来的には、オフラインシミュレーションの一部が、シミュレータ上での ECU テストに再利用できるようになります。<sup>4</sup> 試験プロセスを、アプリケーションソフトウェアだけでなく、診断サービスなど、プラットフォームソフトウェアのサービスにも付加することができます。これは、Daimler AG における開発の初期段階での診断機能の検証を行うプロジェクトによって実証されました。従来の診断試験のテストベクタが、SystemDesk でのオフラインシミュレーションに適用されました。シミュレーションの後で、バーチャルな故障メモリが評価され、エラーエントリの妥当性のチェックが行われました。<sup>5</sup>

## まとめ

モジュール式分散制御システムの開発には、インターフェース、言語、プロトコルの一義的な定義が必要です。AUTOSAR 規格は、これらを効率的に開発するためのソリューションの原則を提供します。ここで紹介されたシナリオから、AUTOSAR を導入するための主なアプローチを知ることができます。事例研究から、これらのアプローチを開発プロジェクトに適用する方法と、そのメリットを知ることができます。AUTOSAR 導入プロジェクトは、大規模なプロジェクトでも、シームレスなツールサポートがあれば管理可能であることが証明されています。

お客様のプロジェクトでの AUTOSAR の用途とメリットに関する詳細な情報については、dSPACE (info@dSPACE.com) にお問い合わせください。



## AUTOSAR に関する参考文献

- <sup>1</sup> Alessandro Palma, Luigi Romagnoli, Walter Nesci, Magneti Marelli: 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)  
出典：dSPACE Magazine 2/2008
- <sup>2</sup> Christian Dziobek, Dr. Florian Wohlgemuth, Dr. Thomas Ringler, Daimler AG: AUTOSAR in the Development Process – 開発プロセスへの AUTOSAR 適用事例モデルベースによる AUTOSAR 準拠の制御ロジック開発を量産プロジェクトに導入する手順 (Daimler 社)  
出典：dSPACE Magazine 1/2008
- <sup>3</sup> Dr. Karsten Schmidt, Frank Gesele, Audi Electronics Venture GmbH: AUTOSAR への体系的な移行 (Audi 社)  
出典：dSPACE NEWS 1/2008
- <sup>4</sup> Dr. Karsten Schmidt, Dipl.-Inf. Stephan Reichelt, Dipl. Ing. Marko Maleuda, Audi Electronics Venture, Dr. Dirk Stichling, Dr. Oliver Niggemann, dSPACE GmbH: Seamless System Tests: From Virtual Integration to Network Tests.  
出典：ATZelextronik 06/2008
- <sup>5</sup> Matthias Kohlweyer, Valentin Adam, Daimler AG, Heinrich Balzer, University of Paderborn, Oliver Niggemann, Dirk Fleischer, dSPACE GmbH: Using Simulation to Verify Diagnosis Algorithms of Electronic Systems. SAE Paper No. 2009-01-1043, Detroit, USA



## Honda Aircraft Company、 dSPACE シミュレータを導入

Honda Aircraft Company, Inc. は、HondaJet の統合テスト施設 (ITF) で使用する HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーター式 (ターンキーシステム) を dSPACE Inc. に発注しました。HondaJet は、本田技研工業の子会社、Honda Aircraft Company が開発する初めての航空機です。

Honda Aircraft Company は、航空機の電気系統およびアビオニクスサブシステムの自動統合テストのために、dSPACE シミュレータを使用する予定です。ネットワーク化された dSPACE HIL プラットフォームで実行する高精度フライトダイナミクスモデル、エンジンモデル、およびエンジニアリングプロトタイプを使用して、量産航空機サブシステムと列線交換ユニット (LRU) をテストします。

dSPACE の HIL シミュレータは、システムエンジニアに、ネットワーク化された電子機器を統合するための総合的なテストフレームワークを提供しており、各種の航空機設定もサポートしています。また、包括的なツールが備わっているため、モデルベース設計、自動テスト、および自動欠陥生成が容易になります。この環境では、全面的にカスタマイズ可能なヒューマンインターフェース、要件への自動トレーサビリティ、レポートおよびドキュメントの自動作成機能が提供されます。

## MicroAutoBox 機能を限定し、コストパフォーマンスを優先したバスインターフェースバージョン



dSPACE では、新しい MicroAutoBox 1401/1507 の販売を開始しました。

MicroAutoBox 1401/1507 は、さまざまなゲートウェイおよびバイパス処理用途に対応した、実績のあるプロトタイプユニットの特別低価格バージョンです。この最新機種である MicroAutoBox 1401/1507 は、他の上位機種に搭載されている標準 I/O は搭載せず従来のハイエンドプロセッサおよび CAN、LIN、FlexRay バスインターフェースに機能を限定し、コストパフォーマンスを優先したバスインターフェースバージョンとなります。適用分野は、ECU 開発とラビッドプロトタイプングの分野におけるさまざまなゲートウェイおよびバイパス処理用途に対応、小型で車載可能なリアルタイムプラットフォームとして使用できます。また、RapidPro のインテリジェント I/O サブシステムとの組合せは、エンジン制御システムなどに最適な環境を提供します。

## 信号生成が容易に

DS2302 Direct Digital Synthesis Board は、電子制御ユニット (ECU) のテストに必要な複雑な信号の効率的な生成と計測に最適な装置です。このたび、高機能なホイール速度センサなど要件の厳しい用途に必要な信号形式を生成するための拡張オプションが追加されました。新機能の 1 つとして、ボード上の各チャンネルに APU スレーブインターフェース (APU = angular processing unit) が提供されます。また、Fast Analog Capturing Module は、燃

料噴射制御電圧をより正確に計測できるオプションの拡張機能です。これにより、パルプリフト量が可変的な場合でも、直噴式エンジンの燃料噴射量をより簡単に計算できるようになりました。

DS2302 ボードの大幅な性能向上は、メモリの増強と従来モデルの 2.5 倍高速になった新しい信号プロセッサ (TMS320VC33) によって実現されました。

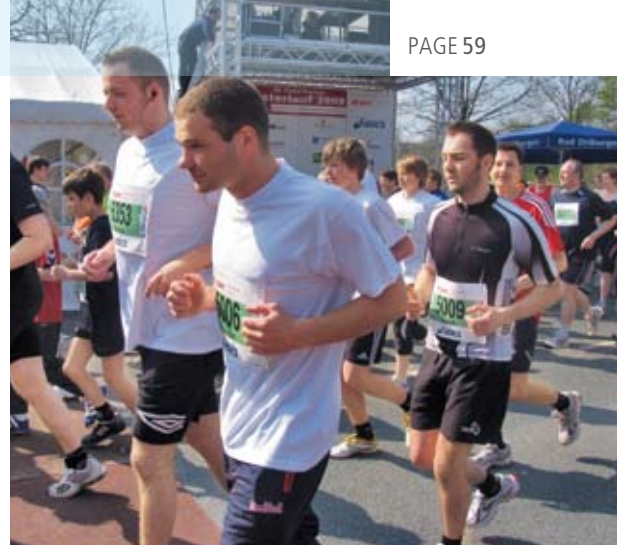


## 第 63 回パーダーボルン Easter Run – dSPACE もレースに参加

dSPACE はパーダーボルンで毎年開催されるドイツ最古のロードレース Easter Run に今年も参加しました。パーダーボルンは賑やかな雰囲気にあふれ、8,000 人を超えるランナーがスタートラインに集合するとレース会場の空気は最高潮に達しました。合計 62 名の dSPACE 社員がさまざまな種目でレースに参加し、企業部門

5 km レース (5 Km Company Cup) で 3 位に入賞しました。

継続して行っているイベントサポートでは、今回もハンドサイクル (手漕ぎ自転車) のレースを後援しました。ハンドサイクルの入賞者は、dSPACE の特設テントで賞を受け取り、好天に恵まれたイベントを満喫しました。



## 「グリーン」が SAE 2009 World Congress の基調色に



「Racing to Green Mobility」をテーマに自動車技術に関する世界最大のイベント SAE World Congress が今年も 4 月 20 日より、Detroit Cobo Center にて開催されました。開催中に各プログラムを通じて行われた情報交換、知識の共有や最新の開発事例紹介は、環境問題への対応が話題の中心となりました。SAE 年次総会の本年度のホスト企業である本田技研工業は、自動車業界全体の課題解決としてエコ・フレンドリーな自動車技術への注力を宣言しました。

dSPACE も「Green Success」をテーマに出展しました。展示会場を訪れた来場

者は、AUTOSAR 準拠の開発ツールやハイブリッドカー用 HIL (Hardware-in-the-Loop) テクノロジーなど、dSPACE 開発環境の最新トレンドを直接体験することができました。

今年 は、4 日間の SAE 2009 World Congress 開催期間中に、49 カ国から約 16,000 名の来場者が訪れました。

## dSPACE SARL オフィス移転の お知らせ

dSPACE のフランス支社が新しいオフィス施設に移転しました。新しい製品のサポート、トレーニングサービスや HIL シミュレータのコミッションング、ECU テストなど、エンジニアリングサービスへのさらなるご要望にお応えするための引越しとなります。

新しいオフィスは、お客様にもご満足いただける環境になると確信しております。

新住所は下記のとおりです。

dSPACE Sarl  
7 Parc Burospace  
Route de Gisy  
91573 Bièvres Cedex  
France



dSPACE Japan 編集部宛 e-Mail (events@dSPACE.jp) に dSPACE Magazine に関するご意見をお寄せください。その他の情報をお問い合わせいただく場合にも本メールアドレスをご利用いただけます。ご意見をお待ちしています。



dSPACE Magazine に関するご意見はオンラインでも返信できます。詳細は、[www.dSPACE.jp/goto.cfm/magazine](http://www.dSPACE.jp/goto.cfm/magazine) をご覧ください。



System Architecture

Rapid Prototyping

ECU Autocoding

HIL Testing

ECU Calibration

## 次世代の環境性能を実現する、 次世代の開発環境がある。



三菱自動車の新世代電気自動車「i-MiEV」(アイ・ミーブ)。  
いち早い環境性能の実現を支援したのは、  
dSPACEの次世代開発環境です。



100%電気で走る新世代の自動車として、他社に先がけて量産を開始したi-MiEV。この迅速な開発を推進したのは、三菱自動車がこれまで豊富に蓄積してきた次世代の環境技術、そして、dSPACEが同社に提供してきたHILS (Hardware-in-the-Loop Simulation) をはじめとする次世代の開発環境です。電気・電子部品の集合体であるi-MiEVでは、ECU単体のソフトウェアから全体のシステムまで、膨大な数の信頼性試験が不可欠。それらをいかに確実に、しかも短期間で実行するかという課題に対し、HILによる各種シミュレーションや、テスト自動化ツール「AutomationDesk」が威力を発揮。市場が求める環境性能をいち早く生産に結びつける原動力となりました。もはや一刻の猶予も許されない、次世代自動車開発。この分野でも、dSPACEの次世代の開発環境は大きく貢献しています。

Embedded Success