

dSPACE

3/2009

MAGAZINE

Hyundai 社 – 可変バルブ制御の
先進テストベンチ

三菱自動車工業株式会社 –
電気自動車「i-MiEV」の開発

Liebherr 社 – 燃料電池に基づく
航空機用緊急電源の開発





社長 Dr. Herbert Hanselmann

自動車業界においても、グリーンテクノロジー（環境保全工学）への投資の必要性は十分認識されています。これは必ずしも物理学的に説得力のある理由があるとか、費用対効果が高いからというわけではなく、世論の関心や政界での継続した議論も影響していると考えています。見逃されがちなのは、自動車の燃費削減は最もコストのかかる地球温暖化防止対策の1つであるという事実です。自動車からのCO₂の排出量を1トン削減するには、電力業界に比べて1桁大きい莫大なコストがかかると言われています。経済的観点から見ると、自動車以外の排出量削減も考えなくてははいけません。

「CO₂の増大が地球を破滅させる」という終末論的な温室効果理論に異を唱える科学者や、石油時代の終焉はそれほど早く来ないと考える専門家もいます。これらの専門家は、過去の悲観的な未来学者による予測が科学的根拠に乏しいことを数多く指摘しています。これまで定説だった石油の有機起源説に対して、地球のマントルには無機起源（非生物由来）の石油が存在し、現在も生成を続けているという説もあります。最近、理論的には地球のマ

ントルにおいて無機的な反応により炭化水素の合成が存在する可能性があることが研究者によって検証されました（科学雑誌『nature geoscience』に掲載）。

こうした議論はともかくとして、特にエネルギーが浪費されている場合や、比較的低コストで節約が可能であれば、省エネはいつでも歓迎すべきことです。しかしながら、コストの問題を無視するわけにはいきません。まず削減すべきなのは、最も効果の高い分野からです。自動車はコスト的に効果の高い分野ではないということが、十分に議論されているとは言えません。たとえば、ヨーロッパにおける自動車のCO₂排出量が全体に占める割合はわずか12%であり、気候変動に効果を与えるまでのこの数字を変化させるためには長期的な努力が必要となります。インドと中国の地下石炭層の火災からは、それぞれ5,000万台の自動車に相当するCO₂が排出されていると見積もられています。これらの数字は全体的な観点から見る必要があります。

観点の話は別にして、dSPACEではすでに積極的にグリーンテクノロジーに関与しています。dSPACEのプロトタイプングシ

ステムとコード生成ツールは、この数年、環境工学の分野で使用されてきました。（詳細は、発売10周年を迎えたコード生成ツールTargetLink MAGAZINEの特別版をご覧ください。）

また、dSPACEは、グリーンカー向けにHILシミュレーションの専用ソリューションを提供しています。ハイブリッドカーおよび電気自動車の多数のコンセプトが、これまでdSPACEシステムでテストされ、現在もテストが続けられています。dSPACEがElectric Driveの開発支援を始めたのは20年も前のことです。私たちは現在も、自動車や航空機システムを電動化するため、実際のモーターやモーターのシミュレーションモデルを使用するテストベンチを開発しています。バッテリーシミュレーションも重視している分野の1つです。dSPACEは電気工学用シミュレーションモデルも提供しており、パワーエレクトロニクス分野の専門家も加えて、これらの分野を常に拡大しています。お手伝いが必要な場合は、お気軽にdSPACEにお問い合わせください。

社長 Dr. Herbert Hanselmann

Embedded Success

dSPACE

HYUNDAI MOTOR EUROPE TECHNICAL CENTER 社 | PAGE

6



三菱自動車工業株式会社 | PAGE

14



EMH ソリューション | PAGE

48

dSPACE MAGAZINE は、下記により定期的に発行されています。

dSPACE GmbH · Rathenaustraße 26
33102 Paderborn · Germany
Tel.: +49 52 51 16 38-0
Fax: +49 52 51 16198-0
dspace-magazine@dspace.com
www.dspace.com

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

テクニカルライター：Ralf Lieberwirth、
Sonja Lillwitz、Julia Reinbach、Nina Riedel、
Dr. Gerhard Reiß
協力：Dr. Ulrich Eisemann、Jürgen Klahold、
Dr. Klaus Lamberg、増原 久子、
Markus Plöger、Tino Schulze

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



LIEBHERR-AEROSPACE
LINDENBERG 社 | PAGE

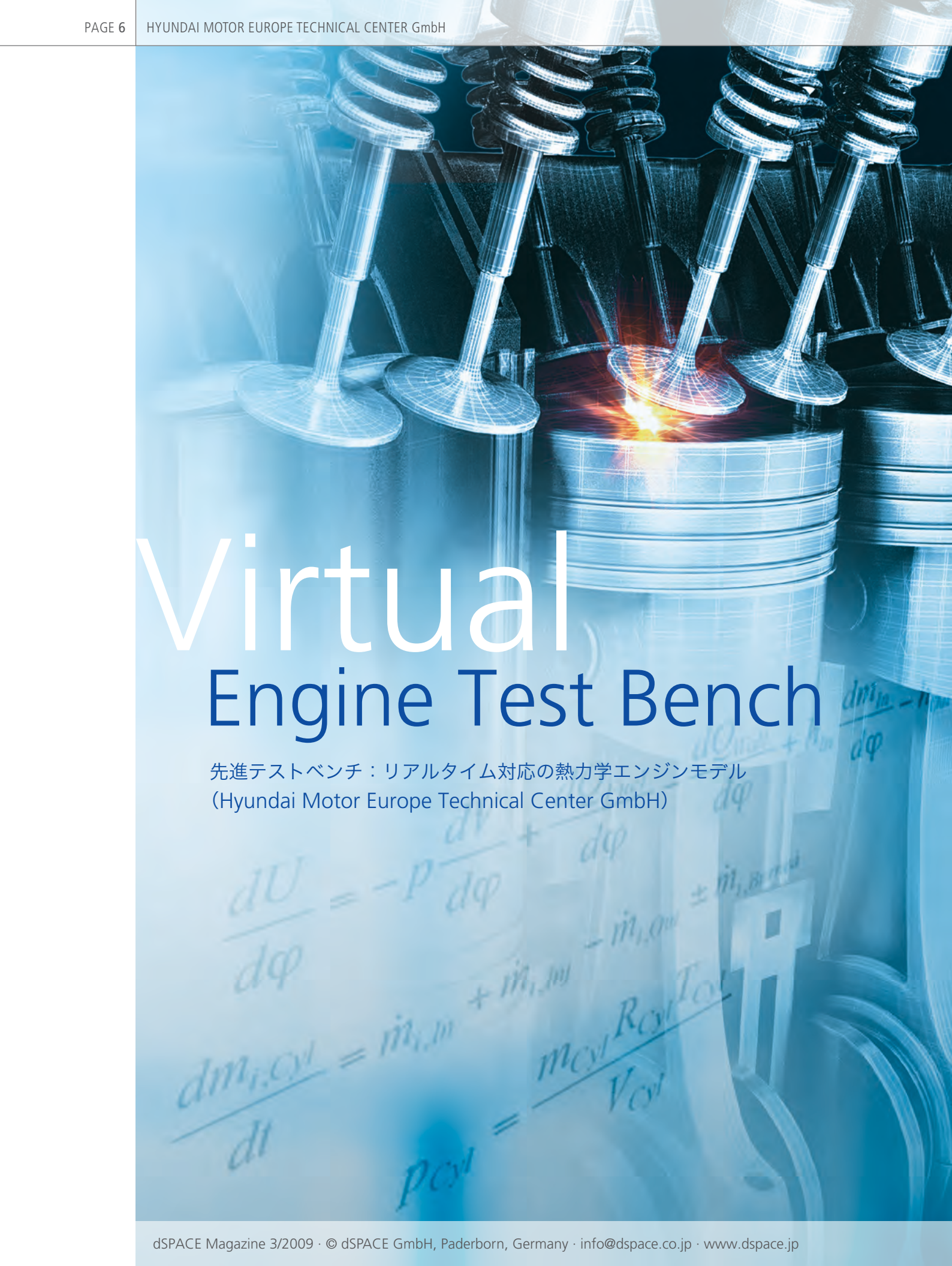
24



EBERSPÄCHER 社 | PAGE

28

- 3 社長挨拶
Dr. Herbert Hanselmann
- お客様の事例
- 6 HYUNDAI MOTOR EUROPE TECHNICAL CENTER GmbH
Virtual Engine Test Bench
先進テストベンチ:リアルタイム対応の熱力学エンジンモデル
- 14 三菱自動車工業株式会社
Driving with No Emissions
HILsを使用した新世代電気自動車「i-MiEV」の開発
- 18 VOLVO TECHNOLOGY 社
Climate Under Control
TargetLink によるクライメートコントロール用ソフトウェア開発
- 24 LIEBHERR-AEROSPACE LINDENBERG 社
Never Without Power
燃料電池に基づく航空機用緊急電源システムの開発
- 28 EBERSPÄCHER 社
Silence is golden
自動車排気系アクティブ消音器
- 34 DELPHI DIESEL SYSTEMS 社
Plug & Play
多様化する ECU の自動化シーケンスによるテスト
- 製品
- 40 DS5203 FPGA BOARD
Speed and Flexibility
短いレイテンシとサイクルタイムが不可欠なアプリケーションへの対応
- 44 HIL API
Platform Independence
Thanks to New Standard
標準化された HIL API によるプラットフォームに依存しない HIL テストの実現
- 46 RTI AUTOSAR PACKAGE 1.0
AUTOSAR Now Boosts Rapid Prototyping and HIL
AUTOSAR コンポーネントの dSPACE リアルタイムハードウェア上での実行
- 48 EMH ソリューション
All Under One Roof
EMH ソリューション - モーターの新しい統合化 HIL シミュレーション
- 52 RAPIDPRO パワーステージモジュール
Full Power
モーター向け汎用 RapidPro パワーステージモジュール
- ビジネス
- 54 dSPACE のテストオートメーション - インタビュー
Getting Better and Better
テストオートメーションの過去、現在、未来
- 56 JAPAN USER CONFERENCE 2009
Japan Meets the Challenges
2009年 dSPACE Japan 主催 User Conference レポート
- 60 ニュース



Virtual Engine Test Bench

先進テストベンチ：リアルタイム対応の熱力学エンジンモデル
(Hyundai Motor Europe Technical Center GmbH)



可変バルブシステムは最新のガソリンエンジンの効率を改善します。可変バルブシステム用に設計されたエンジン制御ユニットのテストには、高い物理量分解能を持つ斬新で詳細なシミュレーションモデルが必要です。精密なシミュレーション環境でラピッドプロトタイピングシステムを使用することによって、制御ユニットがまだ存在しない極めて早期の開発段階で、エンジン制御機能のテストが可能になります。これは仮想テストベンチへの新たな一歩です。

ディーゼルエンジンの燃費は、シリンダ内への燃料直接噴射によって改善されました。そしてガソリンエンジンに対しても、新たな制御コンセプトにより、同様の効果が見込まれます。中でも注目されるのが、均質予混合圧縮着火 (HCCI)、可変バルブタイミング (VVT)、連続可変バルブリフト (CVVL) です。これらの技術は、古典的なスロットル式給気量制御に代わって、ガス交換損失を低減し、大きく燃費を改善します (11 ページの「Technology Background」参照)。しかし、バルブの開閉タイミングとリフト (CVVL) を制御するための新たな自由度は、エンジン制御機能の開発と適合の

作業量を増加させます。これに加えて、仮想エンジンテストベンチ上の HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションの要求も生じさせます。今日まで、平均値モデルが使用されてきましたが、エンジンプロセスにおける新たな制御要素の影響を表現するには、平均値モデルの拡張が必要です。良い面としては、新しい詳細エンジンモデルによって、従来の適合タスクを実機エンジンのテストベンチから HIL テストベンチへ移行できます。このため、物理的で、リアルタイム対応のエンジンモデルによって、モデルベース開発プロセスが合理化され、開発効率が全体的に大きく改善されます。

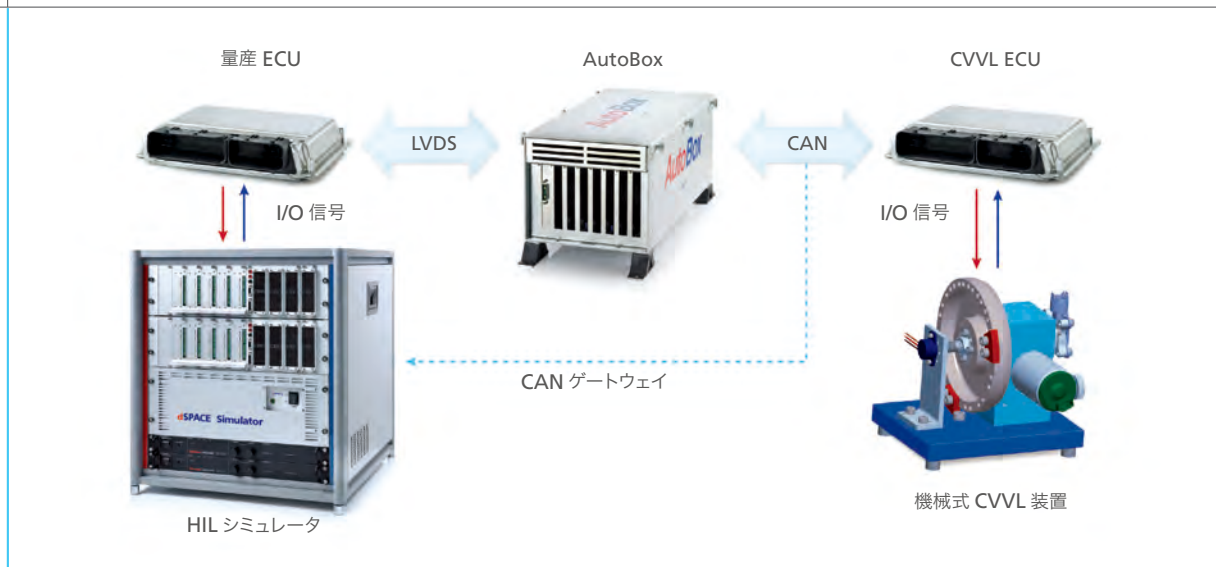


図 1：量産 ECU、新機能 CVVL 用ラビッドプロトタイプリングシステム、実バルブトレイン値を決定するための実負荷を含む HIL システムの構成

連続可変バルブリフトの開発

ドイツのリュッセルスハイムに所在する Hyundai Motor Europe Technical Center 社 (HMETC) では、先進開発プロジェクトの中で、連続可変バルブリフトを装備したガソリンエンジン用制御機能の解析が進められています。そこでは、プロトタイプリングシステムとして dSPACE AutoBox がバイパス手法で使用され、既存ガソリンエンジンの電子制御ユニット (ECU) が、可変バルブリフト用 ECU 機能によって拡張されました (「Technology Background」参照)。筒内圧に基づく新しい ASM Gasoline Engine InCylinder モデルが、開発の早期段階で、HIL テストベンチ上の新機能のテストと適合用に使用されます。ASM Gasoline Engine InCylinder モデルは、dSPACE の自動車用シミュレーションモデル (ASM) の一部です。

Patrizio Agostinelli 氏

Hyundai Motor Europe Technical Center 社 (リュッセルスハイム、ドイツ) における先進ガソリンエンジン用新機能制御コンセプトの開発責任者



プロトタイプコントローラの構造

新機能エンジン制御の開発には、スロットル制御式ガソリンエンジン用の既存量産 ECU が、dSPACE AutoBox とともに使用されます。新機能部分は AutoBox によって実行され、量産 ECU のスロットル式給気量制御機能は既に無効化されています。これに置き換わる給気量制御機能として、プロトタイプリングシステム上の可変バルブリフト制御機能が、バイパス手法の ECU によって実行されます (「Technology Background」参照)。したがって、量産 ECU の既存構造の大部分は、変更されずにそのまま残されます。

HIL シミュレータの機能

HIL システムの役割は、量産 ECU 上の給気要求量、プロトタイプリングシステム上の給気量制御、モデルによって計算されるエンジン給気量の相互作用をリアルタイムにシミュレートすることです。ASM Gasoline Engine InCylinder モデル内の筒内圧に基づく新しいエンジンモデルは、エンジンプロセスに対する可変バルブリフトの影響を計算します。この新世代エンジンモデルは、シリンダ給気量を、吸気および排気バルブを通過する混合気の流量に応じて計算します。これによって、シミュレーションに可変バルブトレインの影響を容易に含めることができます。このプロジェクトにおいては、オープンモデルのモジュール型構造によって、吸気側のバルブリフト変化を容易に組み込むことができました。

技術的な構成

開発用 ECU を作成するために、量産エンジン用 ECU が DCI-GSI バイパスと適合モジュールによって拡張され、高速 LVDS (Low-Voltage Differential Signaling) 接続を介して、dSPACE AutoBox プロトタイプリングシステムへ接続されました (図 1)。要求給気量が量産 ECU 上で計算され、その結果が LVDS 接続を介して AutoBox 上で開発中の新制御機能へ転送されます。この新制御機能は、必要バルブリフト量を計算し、その結果を CAN バス経由で別のサテライト ECU (CVVL ドライバ：バルブリフト位置コントローラを内蔵) へ送信します。CVVL ドライバの位置センサに現実的なフィードバック信号を与えるために、バルブトレインのメカトロニクス部分が実負荷として構成され、これによって CVVL ドライバ ECU が閉制御ループで動作可能になります。これに加えて、実在の CVVL システムに置き換わる仮想モデルが HIL システム上にインストールされました。したがって、可変バルブリフトの HIL シミュレーションには、実負荷から測定されたリフトの代わりに、モデルでシミュレートされたリフトを使用することもできます。AutoBox と CVVL ドライバの間の必要な信号は、CAN ゲートウェイ経由で HIL シミュレータへ転送されます。したがって、この HIL システムは、実負荷と CVVL ドライバが存在しなくても動作可能です。これは保守性と柔軟性を高め、エラー原因の特定に役立ちます。

「HIL シミュレータと筒内圧に基づく新しいエンジンモデルを使用することにより、連続可変バルブリフト機構を備えたガソリンエンジンの給気制御の新しいアルゴリズムの開発と妥当性の確認を非常に短期間で効率良く行うことができました。さらに、これらの制御アルゴリズムは、プロトタイプ車両にも問題なく実装することができました」

Patrizio Agostinelli 氏, Hyundai Motor Europe Technical Center 社

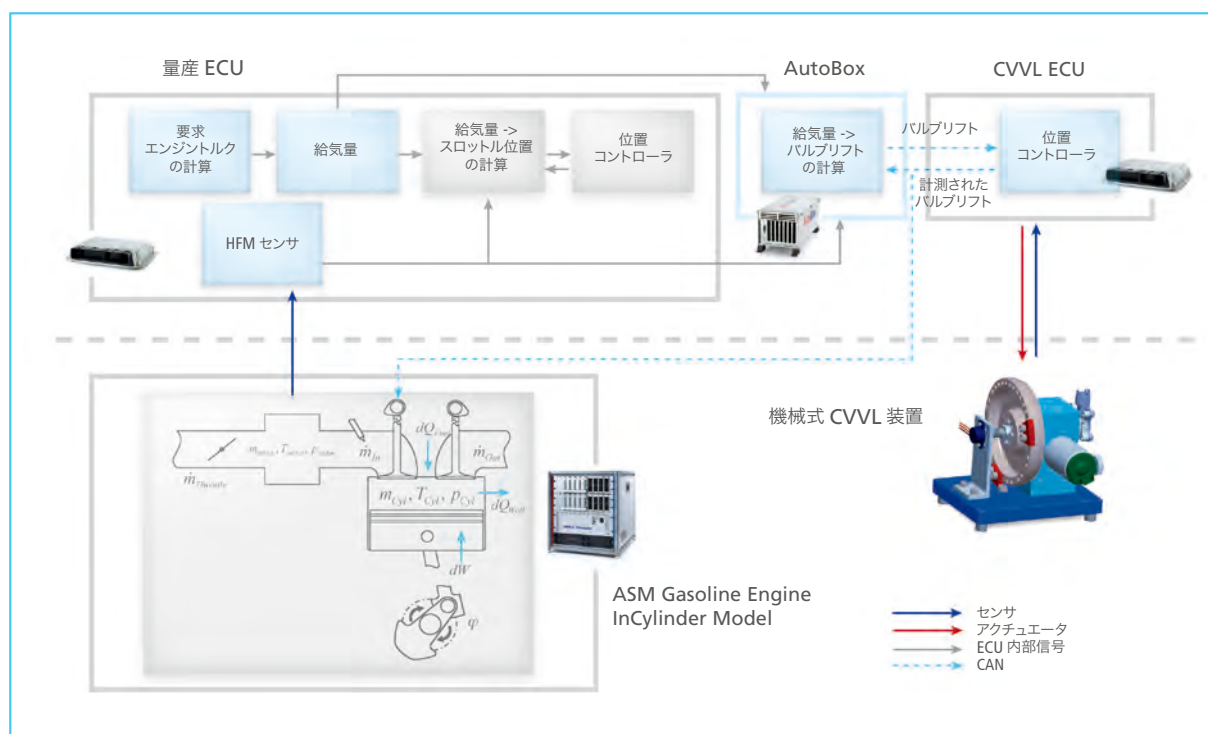
コントローラと被制御システムの機能的構造

量産 ECU は、現在のエンジン回転数とアクセルペダル位置に基づいて、ドライバーが求めているトルク (トルク要求) を計算し、次いで必要なリファレンス変数と給気量を決定します (図 2)。給気量制御の役割は、与えられた要求給気量に応じて、給気量に影響する「制御変数」を適切に計算することです。「制御変数」とは、バルブタイミングの効果をわきにおいて分かりやすく言えば、通常ガソリンエンジンシステムにおける「スロットル位置」に相当します。CVVL システムでは「吸気バルブの

リフト量」が制御変数になります。ある制御変数から別の制御変数への変換は、通常、モデルベースのフィードフォワード制御を介して、AutoBox 上で実行されます。この制御は、モデル誤差を相殺する適応アルゴリズムによってオーバーレイされます。計算された要求バルブリフト量は、CVVL ドライバへ転送されます。CVVL ドライバは要求リフト量に従ってバルブリフトを制御し、実際に得られたリフト量を返します。返された実リフト量と他の変数 (吸気の圧力/温度、エンジン回転数、バルブタイミングなど) から、実際の給気量が計算されます。制御の適応には、給気量の実測値

も必要です。この値を得るために、ECU は熱膜質量流量計 (HFM) を使用して、吸気システム内の質量流量を評価します。ラピッドプロトotypingを組み合わせた量産 ECU と、それに接続された HIL システムで構成されるこのセットアップでは、HIL シミュレータ上で実行されるプラントモデルから必要なすべての計測変数を得ることができます。たとえばエンジンモデルからは、吸気システム内の質量流量のシミュレート値が得られます。物理量ベースのシミュレーションは、質量流量を吸気バルブリフト (図 3) に応じてシミュレートすることを可能にします。

図 2 : 量産 ECU と AutoBox で構成される開発用 ECU に HIL シミュレータを接続



開発システムの評価

HIL シミュレータ、プロトタイピングのバイパスシステム、物理量エンジンモデルの組み合わせは、新型エンジン ECU 機能のリアルタイムシミュレーションを、極めて早期の開発段階で可能にします。エンジンモデルのパラメータ同定が、テストベンチの測定データに基づいて行われ、比較的短時間でモデル値と実測値の良好な一致が得られました。筒内圧モデルは、圧力と質量流量を十分な精度で計算し、ECU はエラーなく動作可能です。エンジンテストベンチでは計測されなかったエンジン運転条件（バルブタイミング/バルブリフトの組み合わせ）でも、十分にシミュレート可能です。

まとめ

新機能バルブ制御技術では、HIL テストに新たな手法とモデルが必要となります。物理量エンジンモデルによって、開発の極めて早期に HIL システム上で ECU プロジェクトのテストを実施することが可能になりました。新機能はバイパスシステム上に実装され、既存の量産 ECU との組み合わせで使用されました。筒内圧に基づくエンジンモデルによって、純粋な機能テストのみならず、新機能コントローラコンセプトの事前適合タスクも HIL テストベンチ上で実施可能になりました。これによって、従来必要とされた実機テストベンチ上の試行回数が削減されました。開発の早期段階で作成されたテストシナリオを、その後の段階でも再利用できることは大きな利点となります。新機能アルゴリズムは既にラピッドコントロールプロトタイピングシステムを接続した量産 ECU に実装済みであるため、今後の試作フェーズにはそれらを活用することができます。

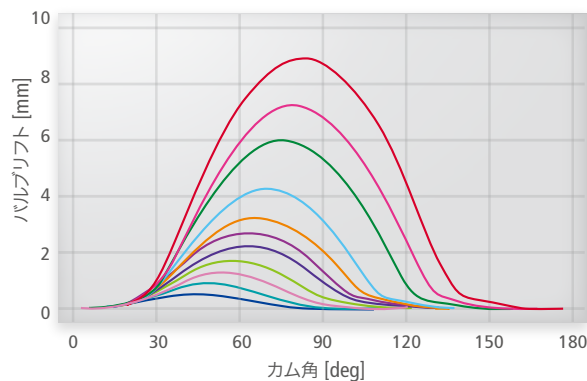


図3：ASM Gasoline Engine In-Cylinder モデルへ組み込まれた CVVL の可変バルブリフト曲線

オープンモデルは、シミュレーションモデルの拡張を容易にします。必要なパラメータと計測変数を容易に見つけ出して、リアルタイム適合中に表示することができます。

利点：シミュレータによる事前適合

シミュレータは純粋な機能テスト以外にも有効に活用できます。HIL システムを使用すれば、コントローラのパラメータを早期の開発段階で事前適合することもできます。これによって、ラピッドコントロールプロトタイピングシステムをエンジンテストベンチへ導入する以前に、コントローラのパラメータを適切に設定することができます。これはつまり、必要な実験業務の一部を、高価なエンジンテストベンチから比較的経済的な HIL シミュレータへ移行できることを意味します。コントローラ開発における HIL とラピッドコントロールプロトタイピングの組み合わせは、コントローラの適合と構築により高い柔軟性をもたらします。さらに、プラント自体のパラメータとサブモデルを変更することによって、さまざまな変数を容易に検討することができます。このような業務をテストベンチ上で行うと、時間と経費がかさむ適応作業が必要になります。

利点：RCP と HIL のリンクによるフロントローディング

さらなる利点は、拡張機能をラピッドプロトタイピング ECU から量産 ECU へ移植した後でも、HIL テストベンチから得られたモデル、レイアウト、自動化テストを再利用できることです。この新機能 ECU は徹底的にテストする必要があります。このようなテストには、それより前の開発段階で得られた既存のモデルと実験環境を活用することができます。言い換えれば、このような物理量モデルは、コントローラ開発フェーズとそれに続く機能テストの両期間を通して、HIL システム上と実機テストベンチ上の開発プロセス間の統合化を促進します。■

Patrizio Agostinelli
Hyundai Motor Europe Technical Center
GmbH, ドイツ



Hyundai Motor Europe Technical Center 社 (HMETC)、リュッセルスハイム、ドイツ

Technology Background

CVVL エンジンテストベンチで使用された技術と開発手法

先進ガソリンエンジンコンセプト

内燃機関は燃料と空気の混合気を燃焼させて作動します。エンジン設計者は、混合気の状態を表現するために2つの特性値を使用します。第1の特性値は、噴射された燃料を過不足なく完全に燃焼させるために必要な空気/燃料比（空燃比）です。これは量論比と呼ばれます。ガソリンエンジンでは、燃料によりますが、この値は14.6になります。これはつまり、1 kg の燃料を完全に燃焼させるには14.6 kg の空気が必要であることを意味します。第2の特性値はラムダ値です。この値は、混合気の実際空燃比が上記の量論比（ラムダ = 1）からどの程度隔たっているのかを示します。ガソリンエンジンの性能は、吸入される混合気量によって制御されます。吸入される新気量に対して、適正量の燃料がシリンダの上流で噴射されて、空気と混合されます。ほとんどの場合、この混合比は量論比に保たれます。すなわち、噴射された燃料を完全に燃焼させるのにちょうど必要な量の空気が常に確保されます。ラムダが常に1に保たれる通常のガソリンエンジンでは、燃料噴射量によって直接エンジン出力を制御することはできません。特定量の燃料を噴射するには、吸入される新気

の量を常にそれに見合った量に制御する必要があります。

このような古典的な給気量制御にはスロットルが使用されます。スロットルは、エンジン吸気システムの断面積を絞ることによって、吸気バルブ上流の圧力を制御します。吸入される空気量に見合った量の燃料が、吸気バルブの上流で噴射されて、燃料/空気混合気が形成されます。吸気バルブが開くと、混合気がシリンダ内へ吸引されます。このとき、スロットルによって調整される吸気バルブ上流の圧力が低ければ低いほど、吸気バルブが閉じた後のシリンダ内の混合気量（質量）が減少します。混合気の体積はほぼ一定となります。これはすなわち、燃料の質量も減少することを意味します。なぜならば、燃料の質量は空気質量に対して常に一定の比率に保たれるからです。したがって、吸気マニホールド圧力を調整することによって、給気量を制御することができます。この方法の短所は、吸気バルブ上流の圧力を下げると、混合気の吸引に費やされる仕事量が増加してしまう点にあります。これはガス交換仕事と呼ばれます。その仕事量はピストンに課せられるため、クランクシャフトから取り出され

る出力がその分減少します。可変バルブトレイン（可変バルブタイミングおよび/または可変バルブリフト）は、負荷/エンジン回転数マップの全域にわたって、スロットルを使用せずにガソリンエンジンの給気量を制御することができます。この場合、負荷/エンジン回転数の全域にわたって、混合気が大気圧レベルで吸引されるため、ガス交換仕事量（ひいては燃料消費量）が減少します（図4）。

加えて、吸気バルブと排気バルブの開角幅を変化させることによって、内部EGR量とシリンダ内の残留ガス量を制御することもできます。スロットルを除去し、空気/燃料の混合を改善することによって、ガソリンエンジンの効率と燃費が向上します。

HIL テスト

HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレータと仮想エンジンを使用することによって、電子制御ユニットの再現可能かつ自動実行可能な機能テストが可能になります。ECU アクチュエータ信号がI/Oボードによって読み取られて、リアルタイムエンジンモデルへ転送されます。エンジンモデルは、得られた各種の情報からエンジンの挙動を計算

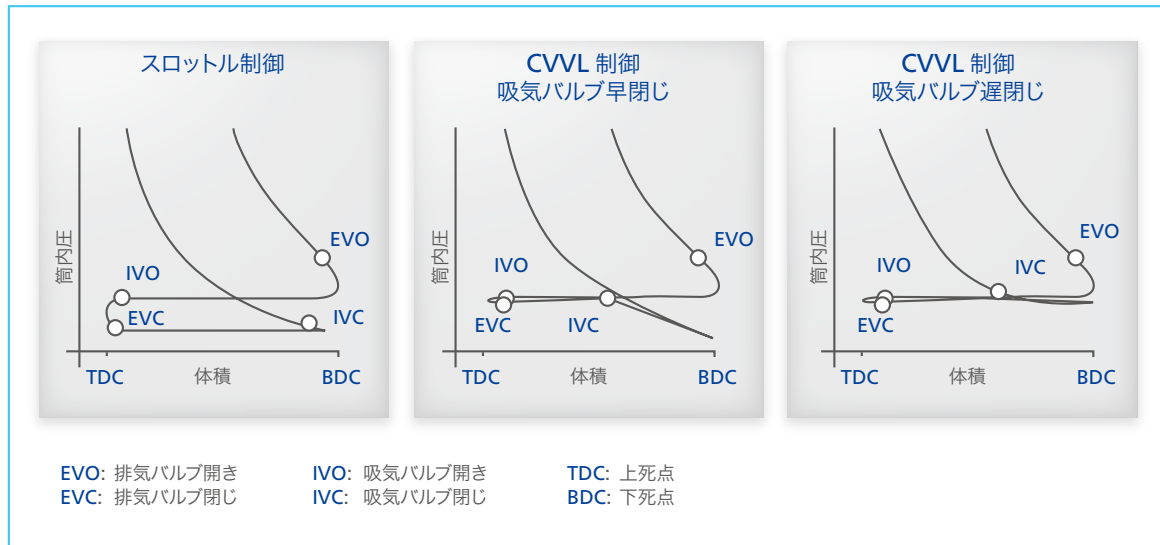


図 4: スロットル (左側) と可変バルブリフト (中央および右側) によるガソリンエンジンのガス交換仕事

して妥当なセンサ信号を生成し、これを電気信号として ECU へ返します。これによって、仮想エンジンによる閉制御ループでのテスト実施が可能になります。

エンジンシミュレーションモデル

リアルタイムエンジンシミュレーションには、従来、いわゆる平均値モデルが使用されてきました。このようなモデルでは、シミュレートされるエンジン動作データが、すべてエンジンの 1 サイクル (クランクシャフト 2 回転) で平均化されます。この種のモデルは、HIL テストベンチの大部分にとって十分なクオリティを提供することができ、シミュレーション精度、計算時間、パラメータ設定量のバランスという観点から、実用的なソリューションであると言えます。しかし、先進エンジンのコンセプトは、リアルタイム対応シミュレーションモデルに対してより高度な要求を課します。筒内圧計測を備えたディーゼルエンジ

ンや、可変バルブタイミング/リフトを備えたガソリンエンジンは、従来の平均値モデルに比べて、より精密にエンジンプロセスを記述するリアルタイム対応モデルを必要とします。これらの筒内圧モデルは、たとえば、吸気バルブと排気バルブを通過する流量をシミュレートすることによって、シリンダ給気量を計算することができます。この計算にはルックアップテーブルは使用されません。そのかわりに、吸気/排気システムとシリンダの間の質量流量が、バルブの開閉タイミングと瞬時のバルブリフトに対応して計算され、シリンダ内の混合気量がシミュレーションによって自動的に提供されます。これは、シミュレーションがバルブのリフトとタイミングの変化を考慮可能であることを意味します。

図 5 に、熱力学第 1 法則、新気/燃料/排気ガスの質量保存則、理想気体の法則に基づく基本的なシミュレ

ーションアプローチを示します。シリンダ内の状態は、燃焼、ピストン仕事、壁面熱損失、吸排気バルブを通過するエンタルピ流れの関数として計算されます。これは、温度、圧力、質量などの値の時間依存挙動 (現状 100 μ s のステップ幅) としての表現を可能にします。

ラピッドプロトタイプング

ラピッドプロトタイプングは、実プラント上で新機能制御アルゴリズムを実装およびテストするための実績のある方法です。Simulink で開発された制御アルゴリズムは、自動コード生成を介して、強力なプロトタイプングハードウェアへ直接ダウンロード可能です。このアルゴリズムは、Simulink モデル内で定義済みの I/O インターフェースを介してプラントへ接続可能です。ECU 開発プロセスでは、フルバス手法とバイパス手法が区別されます。フルバス手法では、エン

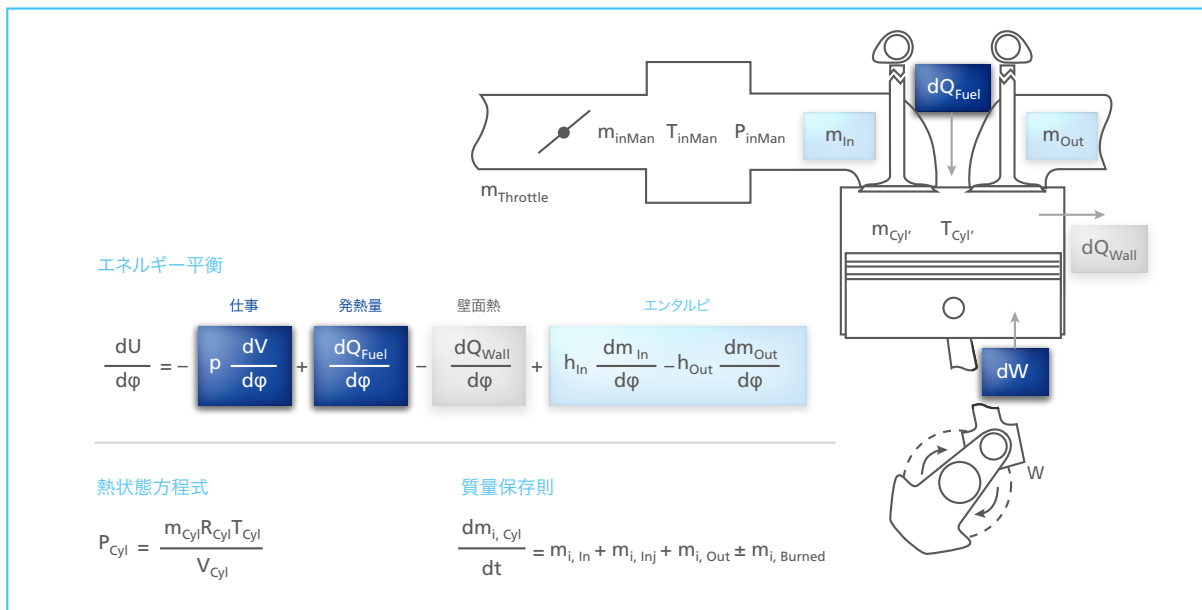


図5：筒内圧モデルの計算式

ジン等を制御する ECU の全体がプロトタイプハードウェアによって置き換えられます。バイパス手法では、プロトタイプハードウェア上の追加機能によって、既存のエンジン ECU の機能が拡張さ

れます (図 6)。たとえば後者の場合、給気量はスロットルによって制御されるのではなく、要求給気量がリファレンス値として、プロトタイプ ECU 上の新機能制御アルゴリズムへ転送されます。

次いで、そのリファレンス値に対応する必要バルブリフト量が、このアルゴリズムによって計算されます。このようなセットアップでは、既存 ECU をそのまま使用することができます。

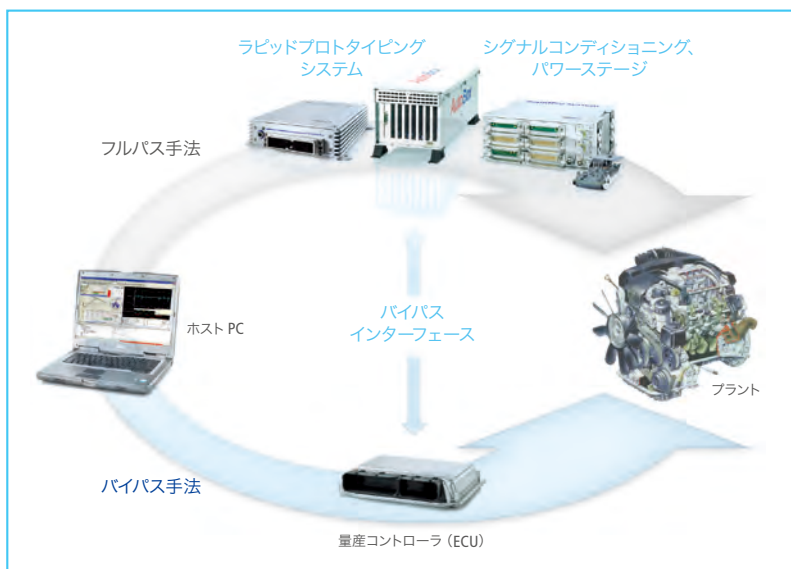


図6：フルバス手法およびバイパス手法によるラピッドプロトタイプング

用語解説

CVVL – 連続可変バルブリフトでは、吸気および排気バルブのリフト量、開角幅、タイミングのいずれかをエンジン運転中に変更することができる。

DCI GSI – dSPACE プロトタイプングシステムを Host PC へ接続するための低レイテンシバイパスインターフェース。

HCCI – 均質予混合圧縮着火。十分に混合された燃料と空気が圧縮されて、燃焼室内の混合気全体が自着火点に達する燃焼の形態。

LVDS – 低電圧差動信号。高速データ転送用のインターフェース規格。



Driving with no emissions

HILS を使用した新世代電気自動車「i-MiEV」の開発（三菱自動車工業株式会社）



三菱自動車工業株式会社
開発本部 副本部長
(MiEV 開発担当)
早船一弥 氏

三菱自動車工業株式会社
開発本部 電子技術部
電子試験グループ
エキスパート 金田匡弘 氏

三菱自動車の新世代電気自動車「i-MiEV」の開発は、複雑な電子制御技術によって実現しました。三菱自動車ではソフトウェアの品質を保証するため厳密なテストを実施し、同時に、製品化までの時間を短縮することにも成功しました。

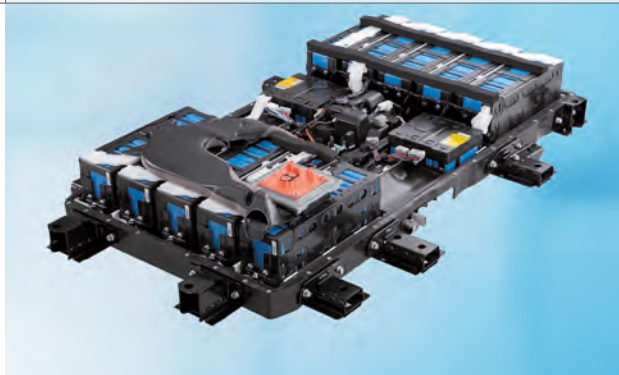


図1：走行時にCO₂を全く排出しないi-MiEVのバッテリーパックとモーター

開発概要

次世代電気自動車 i-MiEV (Mitsubishi innovative Electric Vehicle) は文字通り電気・電子部品の集合体です。さまざまな機能が車載ネットワークを用いた分散制御により実現されているため、ECU 単体のソフトウェア品質に加え車両全体のシステム品質を確保することが重要となります。また、量産開発段階においては複雑なシステム品質を限られた量産開発期間で確保する必要があります。今回、限られた期間で品質確保するための手段として、dSPACE 製 HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレータを用いたソフトウェア信頼性試験を実施しました。

「dSPACE シミュレータは、設計内容次第で、ほとんどの車両、ECU に適用できる、非常に高い汎用性を持ったツールであると感じます」

三菱自動車工業株式会社、早船 氏

ECU の構成とシステム仕様

i-MiEV の電子プラットフォームは、5 つの専用 ECU を使用した分散制御方式を特徴としています。従来の車両における基本要件である走る、曲がる、止まるに加え、家庭用コンセントおよび急速充電器で充電ができる、またモーターにより走行ができることが電気自動車特有の基本要件となります。

これらを実現するため、車両制御する各 ECU は、確実な手段をもって車両制御情報の伝達を実施し制御する必要があります。

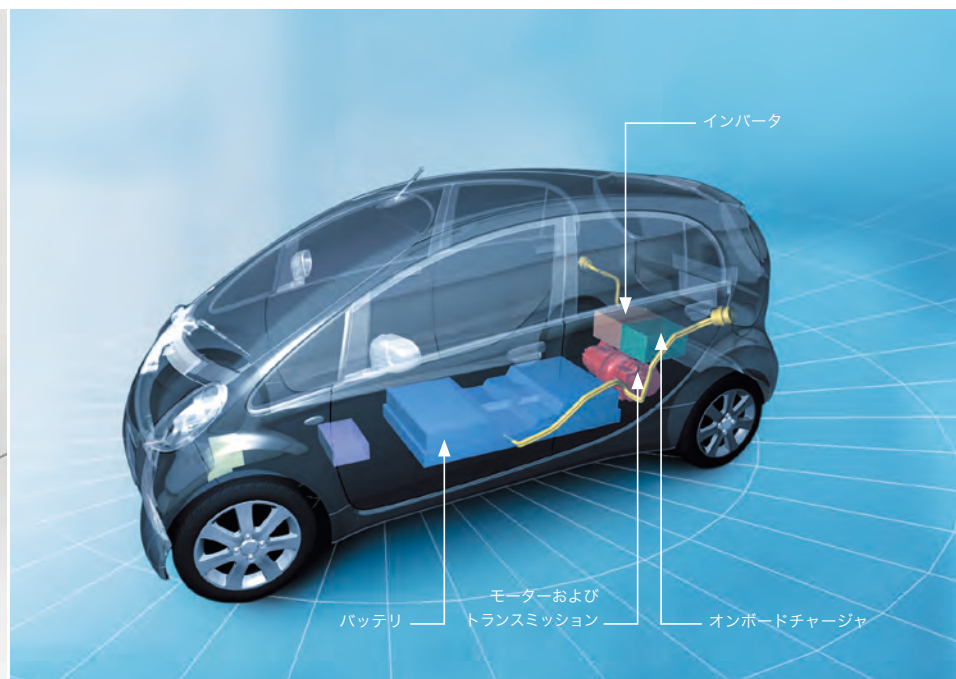
システム設計概要

各 ECU は基幹バスである CAN (Controller Area Network) を通じて接続されます。また基幹バス故障時のバックアップとして複数の通信線を備えています。

図2：バッテリーの充電



図3：パワートレインの概略図



2009 年式日本モデルの仕様

最高出力	64PS/47kW
最大トルク	180 Nm
最高速度	130 km/h
バッテリー	リチウムイオン
総電圧	330 V
総電力量	16 kWh
一充電走行距離	160 km (10.15モード)
車両重量	1100 kg
充電時間	約7時間 (AC 200V/15A)
急速充電	約30 分 (80%充電)



図 4：電子技術部 i-MiEV 開発チームメンバー

課題とそれに対する要件、解決策

- 課題 1：三菱初となる電気自動車専用 ECU のソフトウェア品質の確保
- 課題 2：電気自動車の車両全体システムのソフトウェア品質の確保
- 課題 3：上記の課題 2 を限られた開発期間内に実施
- 要件： いかなるお客様操作においても不具合が発生しないこと

解決策

- 課題 1 および 2：要求仕様書をベースとして、ソフトウェア処理、また車両システム全体の分岐条件、状態の遷移に着目しました。具体的には、ECU および車両システムへの全入力を対象としたソフトウェア試験を設計しました。
- 課題 3：全入力を対象とするため、試験パターン数は膨大となります。これを合理的に間引くための手段として、直交配列表を活用しました。また、試験自動実行による試験工数自体の削減のため HILS を活用しました。

「dSPACE 製品は、AutomationDesk 等、視覚的に理解しやすい構成となっており、試験を作りこむ担当者にとって非常に使いやすいツールとなっています」

三菱自動車工業株式会社、金田 氏

課題に対する dSPACE シミュレータの役割、期待した内容

試験設計の内容を忠実に、かつ迅速に試験パターンへ変換し試験実行することが必要となります。また、解析のためソフトウェアバグ発見時の再現性が高くなければなりません。

このため、お客様操作およびそれに伴う ECU への入力を設計通りのタイミングで模擬操作する手段として、dSPACE Mid-Size シミュレータを活用しました。HILS の負荷は実車両を使用しました。また、試験パターンを迅速に作成する手段として AutomationDesk を活用しました。

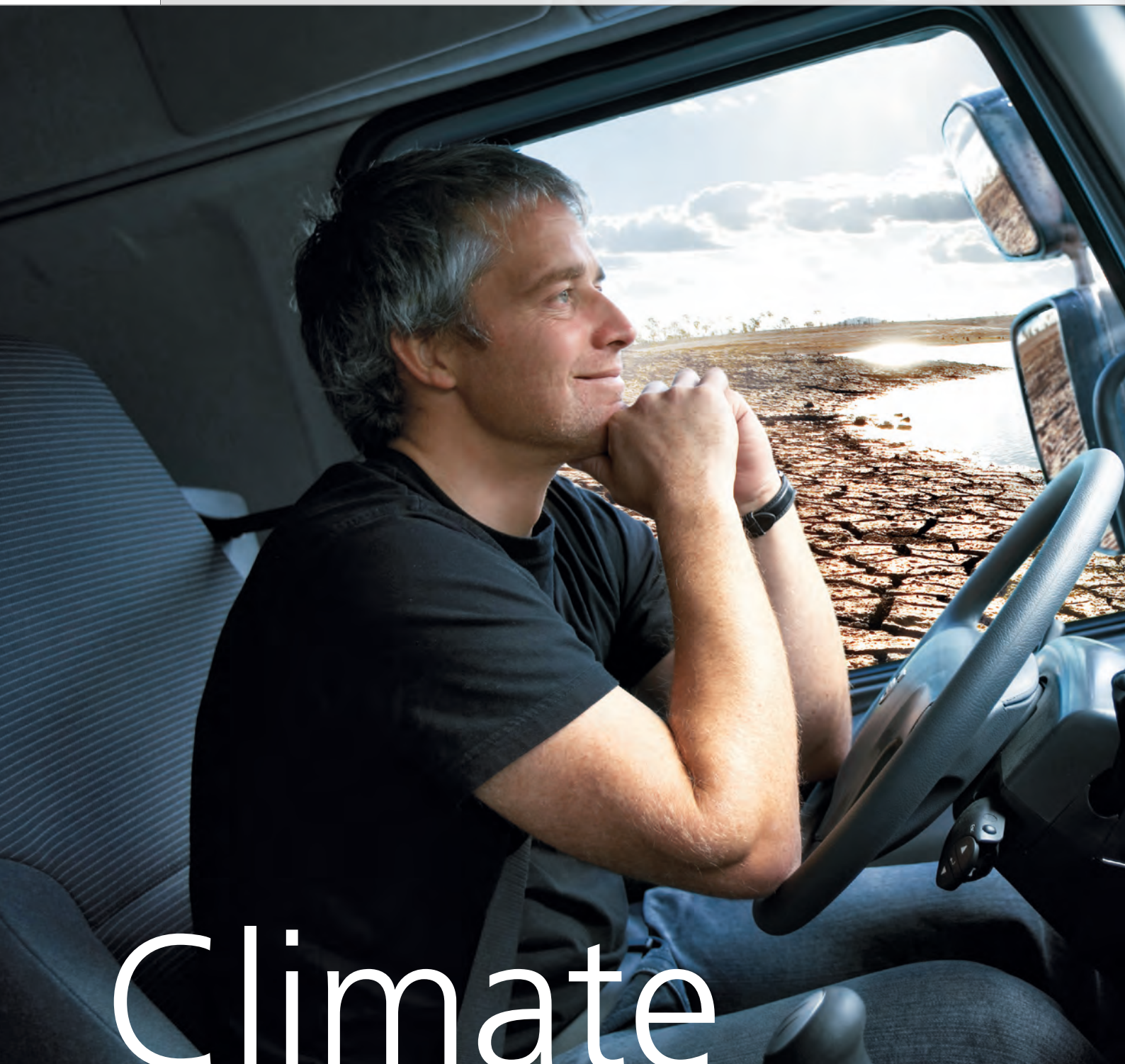
開発後の dSPACE シミュレータに対する評価

「期間内における i-MiEV のソフトウェア品質確保」において、dSPACE シミュレータは非常に有用でした。今回使用した dSPACE 製品無しでは、期間内のソフトウェア品質確保が困難であったと思われる。

次の展開

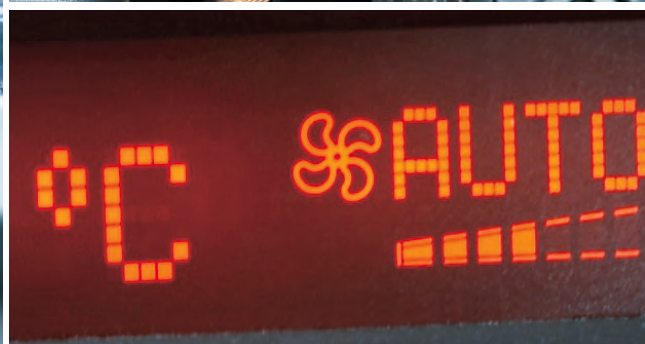
HILS 検証は自動車開発における V サイクルの右側で使用されますが、より上流工程 (V サイクルの左側) でソフトウェア品質を確保する手段について研究し適用していく予定です。■

三菱自動車工業株式会社
早船一弥 氏、金田匡弘 氏

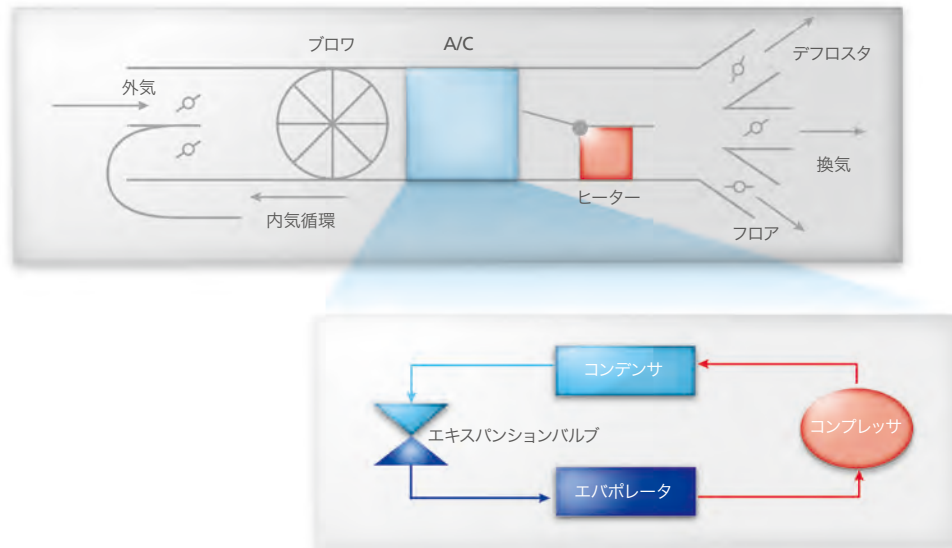


Climate Under Control

TargetLink によるクライメートコントロール用ソフトウェア開発
(Volvo Technology 社)



Volvo グループの技術革新と研究開発を担う Volvo Technology 社は、すでに量産実績のある CCM (Climate Control Module) を継続的に改善、拡張しています。同社の CCM ソフトウェアは、乗用車、トラックおよび建設機器の世界的なメーカーで採用されています。Volvo Technology 社はコントローラ開発、自動コード生成およびチューニングの各段階で TargetLink を集中的に使用しています。



クライメートユニットの概略図 (HVAC : Heat, Ventilation and Air Condition)

CCM による車内環境の改善

Volvo Technology 社のクライメートコントロール開発における主な役割は、近年室内環境に求められる条件を満たし、ウィンドウの曇り除去や、臭気および騒音の制御およびエネルギー効率といった課題を解決するソフトウェアを提供することにあります。現在の開発では、新世代の車両に合わせた効率の向上と、新機能の搭載および新たな要件への対応に重点が置かれています。同社の開発サイクルは、主としてテスト主導型で行われ、プロトタイプおよび量産先行モデルを使ったテストおよびチューニングが一般的な手法となっています。Volvo Technology 社の機能設計、自動コード生成、チューニングおよびテストといった開発プロセスでは、dSPACE の量産コード生成ツールである TargetLink が活躍しています。

優れたクライメートコントロールの条件

クライメートコントロールに求められる条件は、ドライバーが好みの設定を選ぶことができ、期待通りの快適性が得られることです。つまり、車内の気温があらかじめ設定された範囲となること、ドラフト現象がないこと、ファンの静粛性、日没時に気温低下がないこと、フロントウィンドウが曇らないことなどです。これらすべてを実現するため、クライメートコントロールでは次のような制御目標があります。

■ 温度制御

ヒーター、クーラー、ブロワおよびエア配分を制御し、速やかに気温の上昇/低下を達成するとともに、走行条件が変化しても室内の温度が安定するよう制御すること。また、外気温の高低、日射量および車速などの外乱にも対応する必要があります。

■ ウィンドウの曇りの制御

フロントウィンドウの凍結および曇りがないう制御すること。この制御では、ブロワ、デフロスタおよび A/C (エアコン) の冷却/再加熱機能、およびヒーターシステムを使用します。

■ 臭気制御

臭気制御は一般的に AQS (Air Quality System) として知られ、外気導入/内気循環フラップを経由して外界からの不快な臭気が室内に侵入するのを防ぎます。

■ 駐車中の車内環境

乗用車および商用車のいずれでも、駐車中の車内環境を制御する機能があります。トラックでは、ドライバーが駐車中のキャビンで休息や睡眠を取るため、特に車内環境が重視され、快適な気温および騒音に対する厳しい要件が設けられています。

クライメートコントロールの一般的なハードウェア

クライメートコントロールでは、制御ソフトウェアの設計意図を実現するため、数々のハードウェアが必要となります。そのひとつがクライメートユニットで、これは HVAC (Heat, Ventilation and Air Condition) とも呼ばれます。クライメートユニットの内気循環は主に、外気温が高い環境下ですでに冷却/除湿された空気を再循環させ、冷房性能を高めるために使用されます。また、外界の臭気および汚染物質が車内に侵入するのを防ぐためにも内気循環を使用します。HVAC の中で冷房機能を果たするのが A/C (エアコン) で、これはコンプレッサ、コンデンサ、エクスパンションバルブおよびエバポレータで構成されています。クライメートコントロールでは、数々のセンサも重要な役割を果たします。内気温センサやエバポレータ温度センサなどのセンサは、ECC (Electronic Climate Controller) 専用のものです。車速センサや外気温センサなどのように、基本的には他の車載システムのために存在しながら、ECC でも重要な役割を果たすセンサもあります。



CCM の構成

CCM (Climate Control Module) は、車載エレクトロニクスシステムの一部で、CAN および LIN で他のサブシステムに接続されています。また、CCM にハードワイヤ接続されるセンサやアクチュエータもあります。クライメートコントロールは、それ自体で上記のすべての機能、つまり、温度制御、曇り制御、臭気制御、および駐車中の室内環境の制御といった機能を果たします。CCM は、機能別にモジュール化されています。まず、コントローラ入力

既存機能の微調整および拡張が必要になります。

大まかに見ると、プロセスには次の 4 種類の作業があります。

- ソフトウェア要件の定義
- 制御設計および実装
- コントローラのチューニング
- テストおよび妥当性確認

で見落とされた動作を補うために、制御設計を繰り返し変更、更新する必要があります。

ソフトウェア要件の定義

お客様からの要件は、システムレベルで提示されます。これらはエンドユーザの使用場面、たとえば「頭部位置の温度が $X^{\circ}\text{C}$ と $Y^{\circ}\text{C}$ の間」といった形で表現されます。要件定義の最初の反復段階で、システム要件を細かく分解して行き、意味のあるソフトウェア要件を定義します。以前のプロジェクトから再利用されるソフトウェア要件もあります。その後の反復で、実車テストおよびチューニングの結果、調整が必要なソフトウェア要件も出てきます。

「TargetLink を使ってクライメートコントロールモジュール (CCM) のほとんど 100% のアプリケーションレイヤを自動的にコード生成しています」

Dr. Mats Andersson, Volvo Technology 社

信号が処理されます。これには、制御アルゴリズムに必要なデータのセンサフュージョンおよびモデリングだけでなく、基本的なフィルタリングおよびエラー処理が含まれます。ここでのコントローラ構造は、アクチュエータ指向ではなく、機能指向となっています。つまり、温度制御、曇り制御および臭気制御のモジュールすべてがアクチュエータの動作を要求します。コントローラの動作の優先順位付けが完了すると、ドライバーの操作による手動制御への対応が行われ、最後にアクチュエータ動作の信号が送信されます。

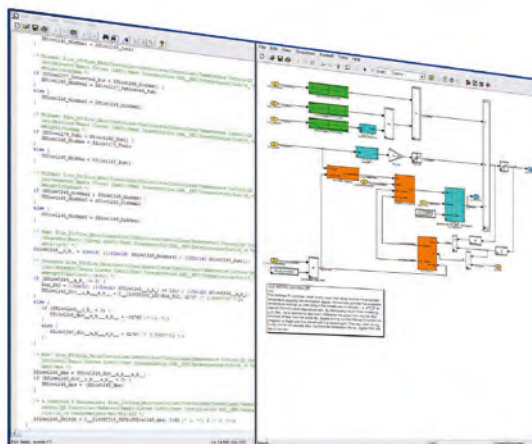
開発プロセスは、テストおよび実験主導型で、反復が多いものとなっています。これは、乗員が快適と感じるかどうかは主観的でモデル化が困難であるため、CCM のテストおよび微調整の多くは実車内で行う必要があるためです。そのため、ソフトウェア要件定義および制御設計の初期段階

コントローラの実装

CCM の中核となる機能は、TargetLink モデルの形で存在し、このモデルから各種量産プロジェクトのためにコードが生成されます。実際の制御設計は、TargetLink Stand-Alone Blockset を使用して、すべての設計を Volvo Technology 社が行います。開発プロセスの最初の反

開発プロセスの概要

CCM は量産実績のある製品であり、TargetLink を使った開発プロセスも確立されています。一般的に、新しい開発プロジェクトでは、ソフトウェア要件、TargetLink モデルおよびテストケースなど、以前のプロジェクトから既存のリソースを再利用し、新規要件に対応するため、CCM の



コントローラモデルおよびコード : TargetLink を使用して CCM のほぼすべてのアプリケーションレイヤを自動的にコード生成します。



Dr. Mats Andersson (左)

制御およびシミュレーショングループ
マネージャー、Volvo Technology 社、
スウェーデン

Björn Fridholm 氏、M.Sc. (中央)

制御開発担当、Volvo Technology 社、
スウェーデン

Henrik Weiefors 氏、M.Sc. (右)

制御開発担当、Volvo Technology 社、
スウェーデン

復で、制御設計で最も大きな部分の作業が完了し、既存の TargetLink モデルは、新しいソフトウェア要件を満たすように調整されます。以後の反復では、プロジェクトの進行中で必要となるソフトウェア要件の変更を反映するために制御設計の修正を行います。

TargetLink による制御設計と実装は、ほぼ並行して行われます。CCM のアプリケーションレイヤの 100% 近くが TargetLink によって効率的な固定小数点コードの形で自動的にコード生成されます。さらに、TargetLink の柔軟性により、後に CCM のソフトウェアアーキテクチャに統合するのに非常に適したインターフェースの生成が可能です。

開ループおよび閉ループのシミュレーションを使用して、コントローラおよび生

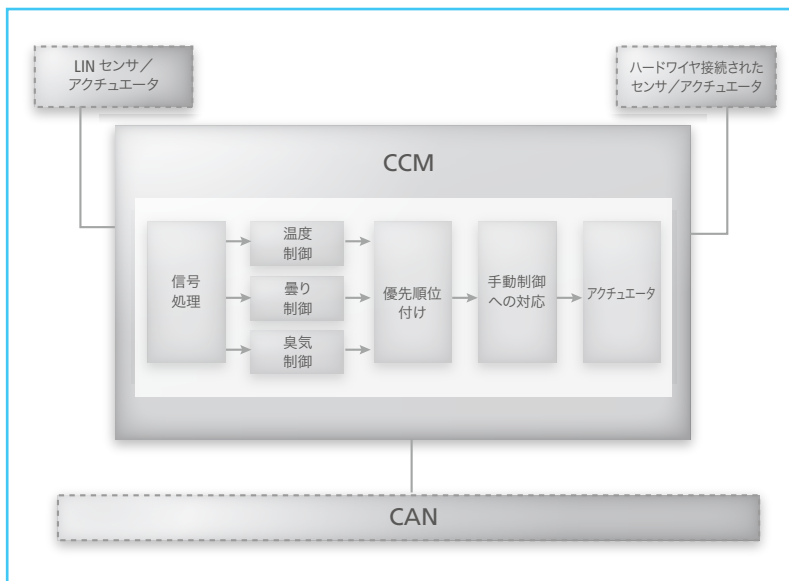
成されたコードの動作を試験します。シミュレーションには実車で取得した stimulus 信号、および単純化されたプラントモデルが使用されます。コントローラの全体的なシステム動作は MIL (Model-in-the-Loop) シミュレーションで浮動小数点演算を使って検証されます。コントローラ用に生成したコードの動作の検証には、SIL (Software-in-the-Loop) シミュレーションを使用します。TargetLink の統合シミュレーションコンセプトを使って MIL と SIL シミュレーションを比較し、実装モデルのスケールリングに問題がないかを検出します。制御設計および実装段階の結果として、適切にスケールリングされた TargetLink モデルとそのモデルから生成されたコードが得られます。

コントローラのチューニング

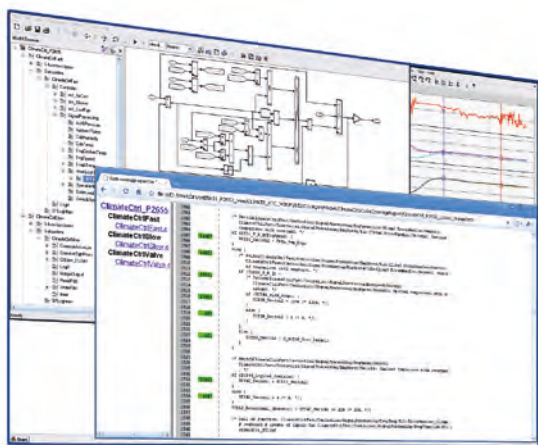
クライメートコントロールは、基本的には車室内への空気の流れを制御することを意味します。制御設計および実装段階で使用されるプラントモデルは、快適性および騒音の主観的な側面のすべてをカバーできません。その結果、コントローラの最終調整は実車で行う必要があります。その際、既存の車両のハードウェアの一部を交換したプロトタイプ車両から始めるケースが多くなっています。チューニングを行うため、実装モデル用に生成された TargetLink コードがアプリケーションのリアルタイムフレームに統合され、コンパイル後に車両のクライメート ECU にフラッシュされます。さらに、TargetLink が生成した ASAP2 ファイルを使って適合パラメータを調整し、CCM を効率的に調整し、その機能の検証が行われます。初期のチューニング試験およびテストは、気候風洞などの制御された環境下で行われます。プロジェクト後半では、道路での実車テストを行うのが一般的です。コントローラの微調整は、プロジェクト全体の進捗に応じて段階的に進められます。

テストおよび妥当性確認

ソフトウェアを車両生産に回す前に、徹底的なテストが行われます。主として、TargetLink で MIL (Model-in-the-Loop) および SIL (Software-in-the-Loop) テストを実行し、モジュールをテストします。



CCM (Climate Control Module) および機能別にモジュール化された CCM コントローラの物理インターフェース



TargetLinkによるコードカバレッジ分析

これには、構造テストだけでなく機能テストも含まれます。TargetLinkのコードカバレッジ機能を十分に活用し、生成されたコードをテストパターンが十分に網羅しているかを確認します。また、全般的なテストを行い、その結果を以前のシミュレーションと比較し、チューニングと並行して評価を行います。これは、テストが全般にわたり、高い技術をもったクライメートコントロール技術者が評価する必要があるため、しばしば手作業で行われます。システ

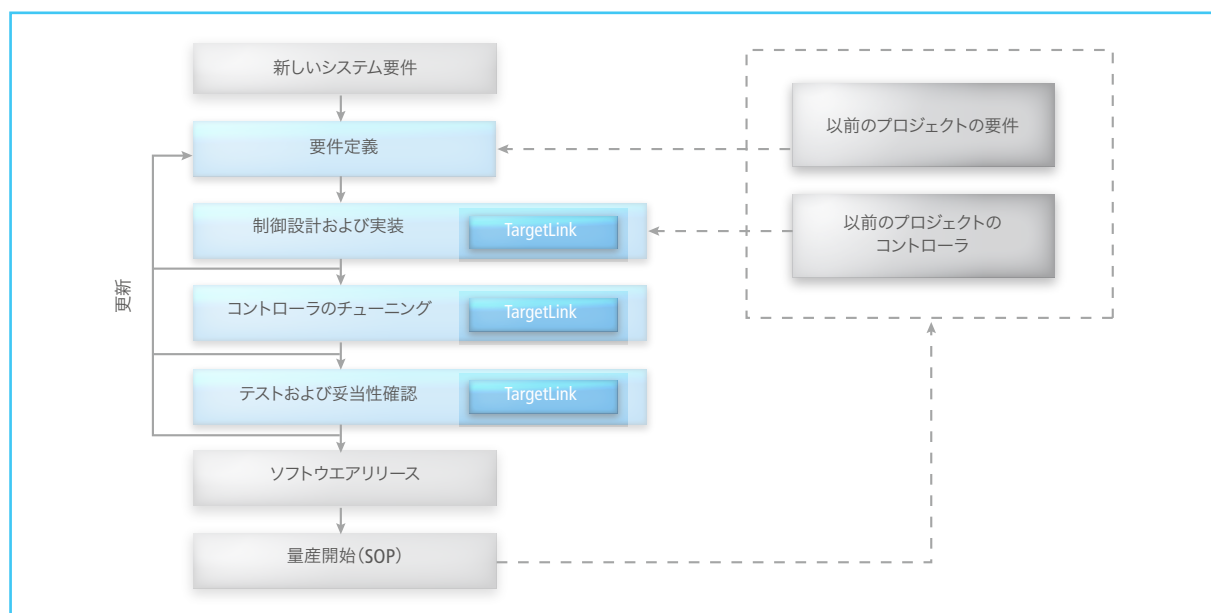
ムとソフトウェアの統合テストは、dSPACEのHIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレータを使用して実際のECU上で行われます。一般的に、テストプロセスの効率化を図るため、多くのテストケースが異なる開発段階を通してMIL、SILおよびHILモードで再利用されます。■

Dr. Mats Andersson,
Björn Fridholm 氏、
Henrik Weiefors 氏、
Volvo Technology、スウェーデン



まとめ

- Volvo Technology 社の CCM (Climate Control Module) は長年にわたり改良を続け拡張されてきました。
- コントローラ開発、自動コード生成およびチューニングにおいて TargetLink が成果を挙げています。
- CCM のほとんどすべてのアプリケーションレイヤが TargetLink で自動的にコード生成されています。
- CCM は乗用車、トラックおよび建設機器の世界的なメーカーで採用されています。



CCM (Climate Control Module) の反復開発プロセス

航空機に鳥の群れが衝突すると、エンジンが停止して電源が供給されなくなる可能性があります。このような事故が起きた場合は、直ちに緊急電源システムから重要な機内システムに電力を供給する必要があります。

燃料電池に基づく航空機用緊急電源システムの開発
(Liebherr-Aerospace Lindenberg 社)

Never Without Power

航空機が飛行中に必要とする電気は、通常はエンジンを使って発電されます。エンジンがまったく動かなくなった場合でも、航空機の制御系や機内の重要機能に常に十分な電流を供給できるようにするために、最新型の航空機には、ラムエアタービン (Ram-Air Turbine : RAT) が装備されています。これは、空気流を使って発電する格納式のタービンです。しかし、RAT には欠点が 1 つあります。出力が飛行条件に左右されるのです。Liebherr-Aerospace Lindenberg 社では、dSPACE のハードウェアとソフトウェアを使用して、どのような状況であっても電気を供給できる、燃料電池をベースにした代替用の緊急電源システムを開発しています。



「ハドソン川の奇跡」

RAT が活躍した好例として、2009 年 1 月にニューヨークのハドソン川で発生したエアバス A320 の不時着水事故が挙げられます。この事故では、何羽もの鳥が機体にぶつかったために、A320 の左右すべてのエンジンに深刻なダメージが加わり、通常の電源供給レベルが大幅に低下しました。このとき、RAT が直ちに展開し、機内の重要なシステムに電力を補給することで、航空機の搭乗員は緊急の不時着水に無事対処することができました。

しかし RAT で命が救えるのは、十分な速度の気流がある場合に限られます。難しい角度で滑空する場合など、飛行条件によっては、気流が弱すぎるために、電力が急激に低下することがあります。これに対処するために、Liebherr-Aerospace Lindenberg 社では、気象や大気的な要因に関係なくどのような状況であっても電源を供給できる、燃料電池をベースにしたバックアップ電源システムの開発に取り組んでいます。

FCEPS バックアップシステム

燃料電池緊急電源システム (FCEPS : Fuel Cell Emergency Power System) は、1 基の燃料電池と、この燃料電池に減圧弁を介して接続された 2 基のタンク (水素用と酸素用) で構成されます。燃料電池内の水素と酸素が化学反応を起こすと、電流が発生します。この電流は、大気 conditions に影響されず、緊急時でも使用することが可能です。したがって、航空機の重要なシステム (電子飛行制御装置や重要なコックピット機器) を確実に機能させ、パイロットは機体の操縦をそのまま続けることができます。燃料電池自体から熱も発生しますが、この熱は、液体冷却回路を介して熱交換器に伝達され、適切なヒートシンクに吸収されます。排出ガスと一緒に生成された水は、分離器で分離され、プロセス内で再利用されます。

図 1 : 緊急時には、ラムエアタービンを気流中に展開して (右図の機体の右翼下部)、機内の重要なシステム用に電力を生成できます。RAT の欠点は、供給される電力が気流の速度に左右されることです。このため、Liebherr-Aerospace Lindenberg 社では dSPACE システムを利用して、代替システムの開発に取り組んでいます。





Dirk Metzler 氏

航空宇宙システムエンジニア、
Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH、
ドイツ

dSPACE 装置を使用したテストベンチ

dSPACE システムは、各種 I/O ボードを装着した PX 拡張ボックス、RapidPro SC Unit (シグナルコンディショニングユニット)、および RapidPro Power Unit から構成されます。テストおよび試験用ソフトウェアである ControlDesk には、入力、信号記録、および全プロセスの監視を行うためのグラフィカルユーザインターフェイスが備わっています。このシステムを使用して、70 ~ 100 種類の信号が 100Hz の周波数で FCEPS テストベンチ上で調査されました。これらの信号は、広範囲のパラメータ (水素/酸素の供給と

冷却など)、および燃料電池とパワーエレクトロニクスに関する電氣的パラメータ - 全電圧、燃料電池の個々のセル電圧 (最小値、最大値、平均値)、電流、電力など - をカバーしています。

さまざまなシナリオでの総合的なテスト

dSPACE システムを使用すると、さまざまな動作状況や現実的なシナリオをシミュレートすることで、FCEPS を総合的にテストすることができます。制御モデルは、MATLAB®/Simulink® を用いて設計されました。テストは主に、システムのクイックスタート機能および冷却回路に対する制御の最適化に焦点が当てられています。FCEPS を変更または拡張した場合でも (たとえば、バックアップ電源以外のタスクを追加した場合など)、dSPACE システムにはまだ多くの余裕が残されており、またモジュラー型の設計を用いているおかげで、変更されたタスクに素早く適応させることができます。

Liebherr-Aerospace Lindenberg 社では、このシステムを利用して機上搭載環境下でテストを実施することを計画しています。このような用途にも適切な拡張ボックス (dSPACE Auto-Box) を備えた既存の dSPACE プラットフォームは最適です。

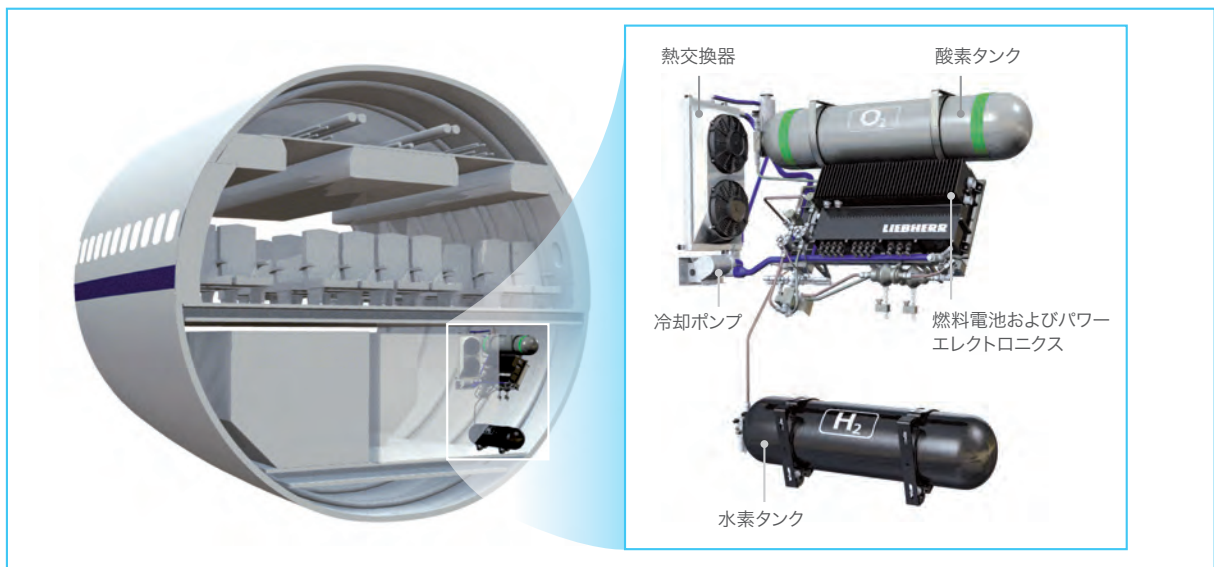
今後の展開：緊急用電源以外への応用

燃料電池チームの次の大きな課題は、FCEPS の始動時間と重量を最適化することです。Airbus 社や Boeing 社などの航空機メーカーは、FCEPS に興味を示しています。FCEPS は、単なるバックアップ電源システム以上のものであり、航空機における燃料電池の先進的なアプリケーションとなる可能性を秘めています。航空機に必要なすべての電気を発電するために、現在のようにエンジンを使うのではなく、

「dSPACE 装置のおかげで、燃料電池システムの実装と総合的なテストを、迅速かつタイミングよく実行することができました」

Dirk Metzler 氏、Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH

図 2：RAT は気流中に展開する必要があるため設置する場所は限られますが、Liebherr-Aerospace Lindenberg 社の FCEPS バックアップシステムは、機内のどこにでも設置できます。



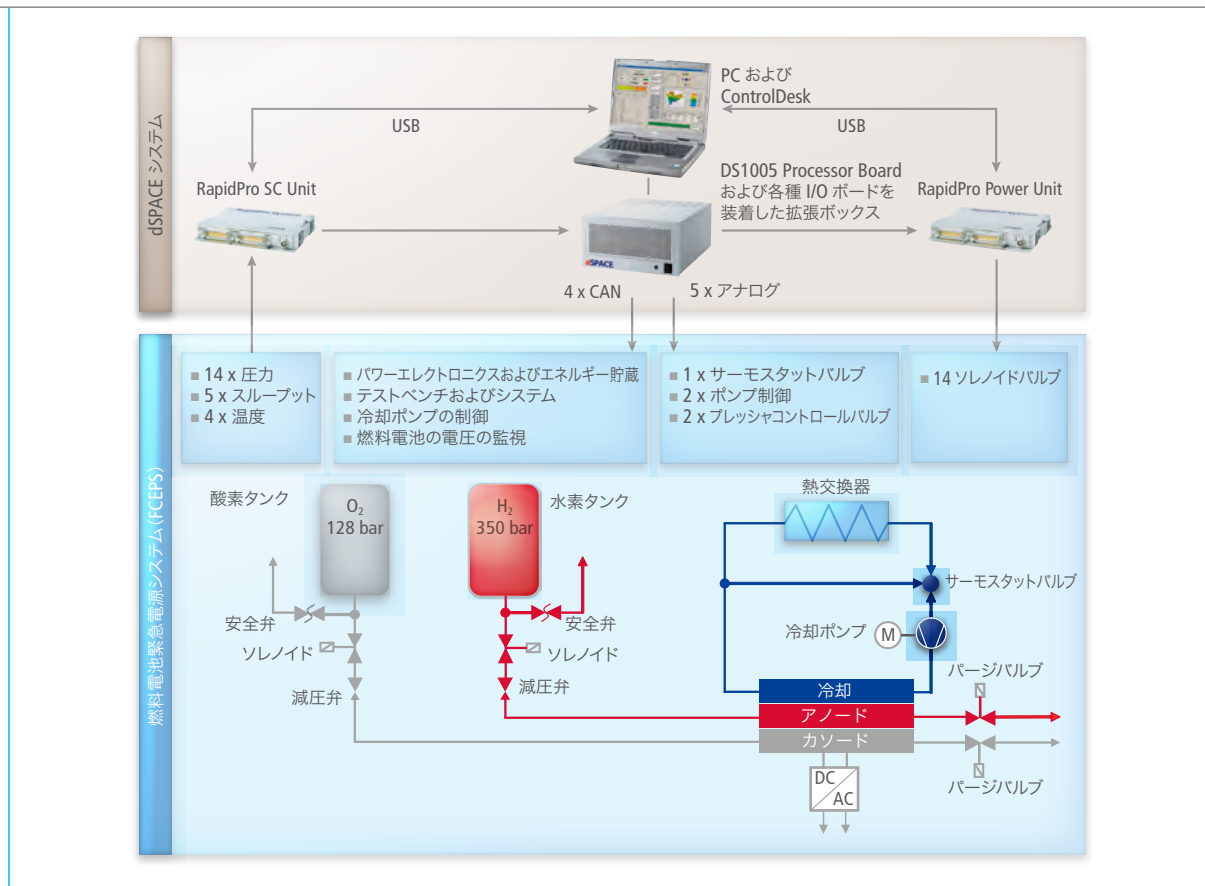


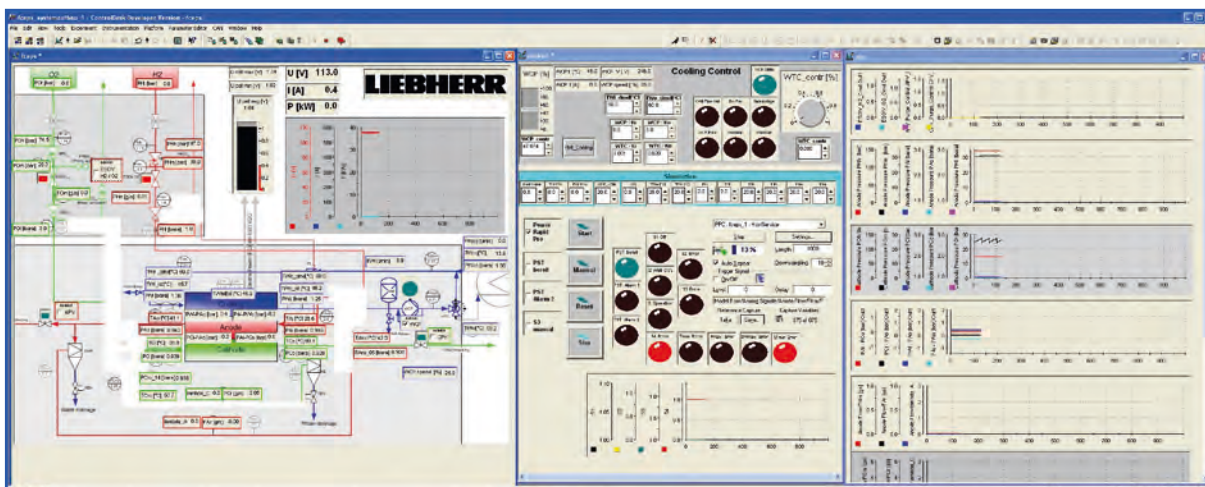
図 3 : テストベンチにおける FCEPS と dSPACE システムの概略図。dSPACE ControlDesk を用いて、最大 100 個の信号を記録、監視、および制御します。このシステムにより、さまざまなシナリオを全面的かつ総合的にテストすることができます。

燃料電池システムをノンストップで稼働させる計画もあります。燃料電池システムから排出された余分な空気を、燃料タンクを不活性化する（つまり、混合気が爆発する

のを防ぐ）のに使用したり、排出された水を機内でリサイクルしたり、これにより機内に持ち込む水の量を減らして重量を節約することもできます。■

Dirk Metzler
Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH
ドイツ

図 4 : ControlDesk ユーザーインターフェイスには FCEPS の構造が表示されます (図 3 参照)。左側のウィンドウ：左上部に酸素タンクと水素タンク、中央部に燃料電池、右下部に熱交換器と排気ガスシステムが配置されています。中央のウィンドウ：コックピットは、システム用のコマンドスイッチ、冷却制御用のエリア、およびステータスとエラー表示用の LED で構成されます。冷却回路用に 2 つの制御ループが実装されています。1 つは燃料電池の入口温度用、もう 1 つは出口温度用です。さまざまな動作状況のシミュレーションが可能です。





Silence is golden

自動車排気系アクティブ消音器 (Eberspächer 社)



騒音公害は、他の公害と同様に生活の質を低下させますが、騒音は必ずしも避けられるとは限りません。すでに 1930 年代には、多くの研究者が騒音防止策を探し始めていました。アクティブな排気マフラーのアルゴリズムはすでに分かっており、その利点も明らかであるにもかかわらず、理想的な条件を除いて、今まで車両用の電子消音器を実現することは不可能でした。このような消音器を試験施設外の実際の路上で稼働させることが、課題となっています。



アクティブ騒音制御の利点

- 主要なエンジン次数が効率的に低減され、消音器を小型化できる
- 排気背圧が下がることで、エンジンパフォーマンスが向上し、場合によっては燃料消費量を低減できる
- 車両音をカスタマイズできる
- 多用途に使える消音器設計を採用することで、部品の再利用がしやすくなる
- 開発プロセスが簡素化され、開発期間が短縮される

排気システムの目的は、燃焼排気ガスを車外に安全に排出させることだけでなく、騒音放射を低減させる、つまり燃焼プロセスで発生する音を抑制することにもあります。

Eberspächer 社の ActiveSilence® システムはさらに進んで、以前よりも効率的に

騒音を抑制するだけでなく、車両の音響プロフィール全体の変更も行うことができます。

基本的な原理

相殺的干渉の原理を利用して、騒音と同じ振幅と周波数を持つ音を生成します。位相を正確に 180 度ずらした 2 つの音を重ね合わせると、互いに相殺して消音されます。この原理は、排気システム用のアクティブ騒音制御 (ANC) でも重要な役割を果たします。試験施設の理想的な条件下では、ANC は完全に機能しますが、実際の路上で稼働させることには大きな困難が伴います。スピーカなどの ANC システムのコンポーネントは非常に環境の影響を受けやすいため、排気システムのさまざまな環境条件が、最適システムの実現を困難にしています。スピーカとマイクは、寒冷下の -30°C からピークパフォーマンス時の $+700^{\circ}\text{C}$ まで変化する排気温度に加えて、湿気、衝撃、さらに振動にも耐えなければなりません。また ANC では、エンジン速度や音圧レベルなどのパラ

メータの急速な変化を処理することも必要になります。

制御設計

エンジンの排気システムにおける音の主な成分は、点火周波数の倍音です。これは、燃焼エンジンを狭帯域音源として分類できることを意味します。私たちの研究から、この場合のアクティブ騒音制御に対する最も実地的なアプローチは、狭帯域フィードフォワード適応制御であることが分かっています。燃焼エンジンの状態 (速度、負荷) に関する情報を含む目標信号は、エンジン ECU から CAN バス経由で得られます (図 2)。ANC コントローラではこの情報を使用して、スピーカを制御して位相を 180 度ずらし (フィードフォワード部分)、2 次騒音を発生させ、エンジン騒音を消音します。残留騒音はマイクで検知して、ANC で最小化します。

制御の要件は、次のように厳しいものとなっています。

- 広範な騒音スペクトルを抑制するために、最大限の周波数帯域にわたって最大の効率を実現する
- このシステムをさまざまなメーカーの多様なエンジン型式に使用できるように、設置の柔軟性を確保する
- 温度、振動、衝撃など、さまざまな物理パラメータに対する高い適応性
- システムの全要素における高い堅牢性と信頼性
- 単純な制御電子回路

ANC コントローラは、2 次音響経路を経由して 2 次騒音を発生させます。コントローラ出力 (制御信号) とそのエラー信号入力 (エラーマイク信号) 間の伝達関数は、2 次音響経路の伝達関数と呼ばれます (図 3)。

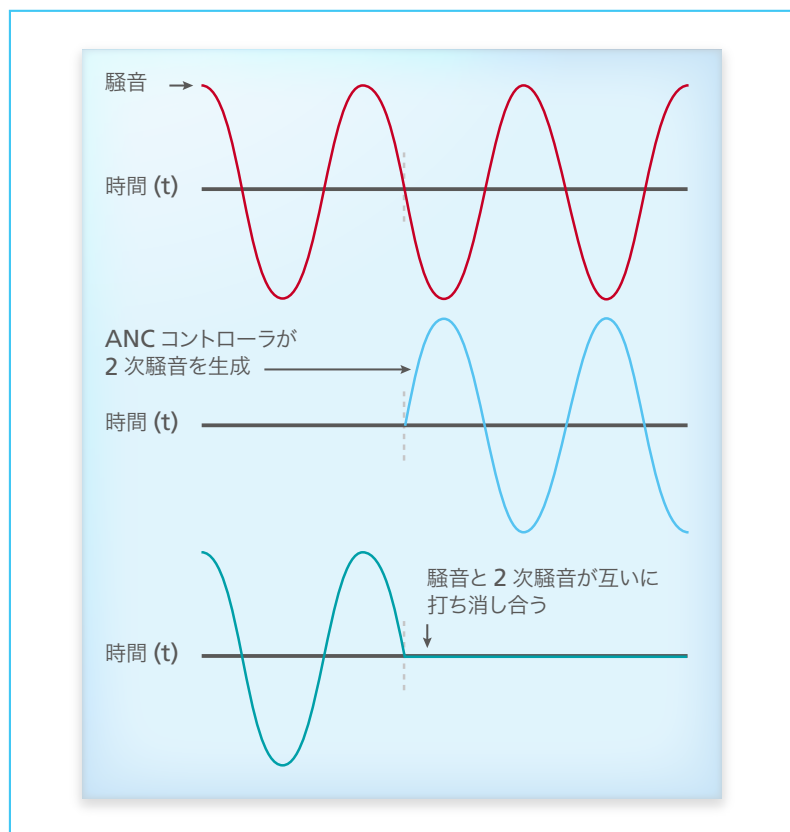


図 1: 騒音防止機能によるアクティブ消音

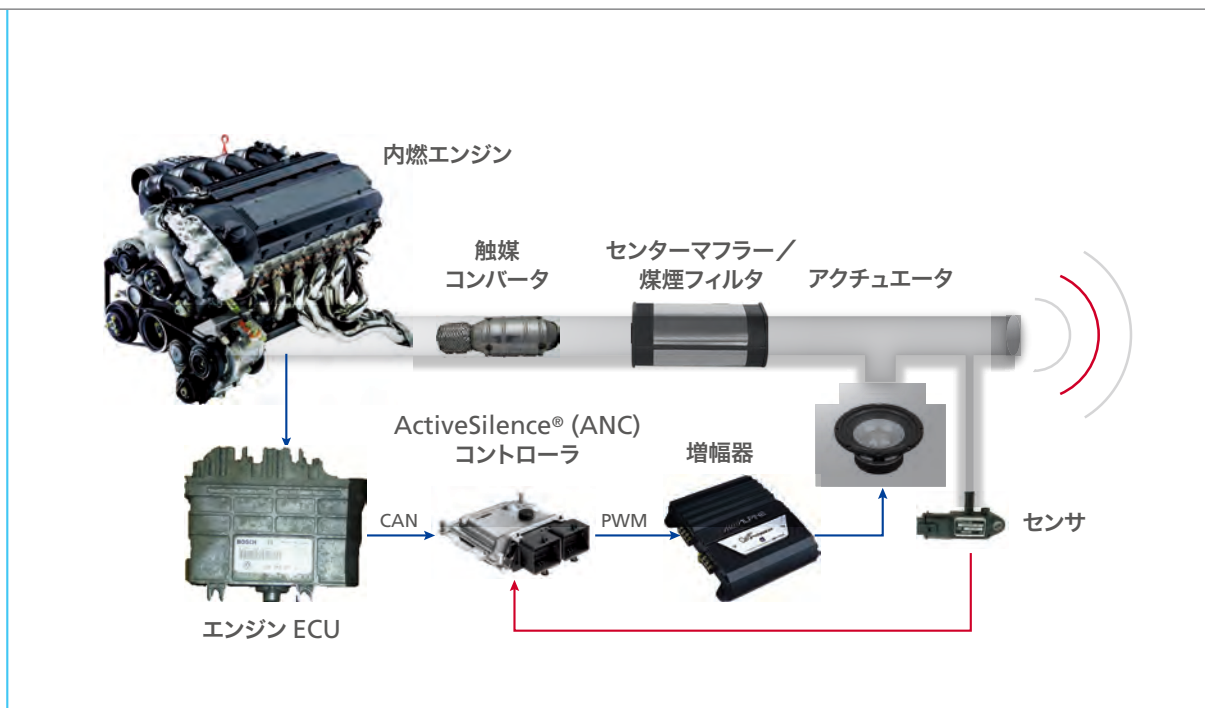


図 2：制御設計

「MicroAutoBox を使用すると、コスト効率の高い、統合されたソリューションを開発して、システム全体のさらなる最適化を図ることができます」

Dr.-Ing. Jan Krüger, Eberspächer 社

ANCコントローラ

- 35～400 Hzの周波数帯域で、主要なエンジン次数を低減
- 周波数を選択的に増大させて、目標音を実現
- エンジン騒音も使用して、2次音響経路の伝達関数を特定

モデルベース開発プロセス

モデルベース開発プロセスの各種のシミュレーションで、ANCが正しい結果を返すことが示されました。

実際の適用に向けた最初のステップは、プロトタイプシステムとして使用される dSPACE MicroAutoBox に ANC アルゴリズムを実装することです。このために、試験施設でスピーカを通して記録された排気騒音を再生することで、エンジン騒音をシミュレートします。これにより、MicroAutoBox でコントローラが正しく機能しているかどうかを確認できます。dSPACE ControlDesk を使用すると、組

込まれたコントローラの必要なフィルタ長などのパラメータを調整して最適化することができます。この時点で、MicroAutoBox をデモ車両で使用する準備が整います。ANC コントローラには、さらにエンジン速度、エンジン負荷、車両速度などの目標データが、車両パワートレイン CAN 経由で提供されます。私たちは過去の分析結果を使用して、システム全体の特性を調べ、全体的なパフォーマンスを最適化して

います。システムの動的変化は、特に伝達関数の基準に影響を与えるため、詳細に調べられます。MicroAutoBox を使用すれば、安価で統合されたソリューションの開発と改良が可能になります。

テスト車のセットアップ

私たちは、4気筒ガソリンエンジン用の排気システムに、ANCシステムを設置しました。直接噴射システムは、デュアル排気システムを基準にして調整し、従来のリア排気消音器の代わりに、2つのアクティブ消音器を使用しました。アクティブ消音器には、高温に耐え、高出力パフォーマンスを発揮できるように特別に開発された、1つのマイクと複数のスピーカが内蔵されています。触媒など、排気システムの他の要素はすべて、そのまま残されました。

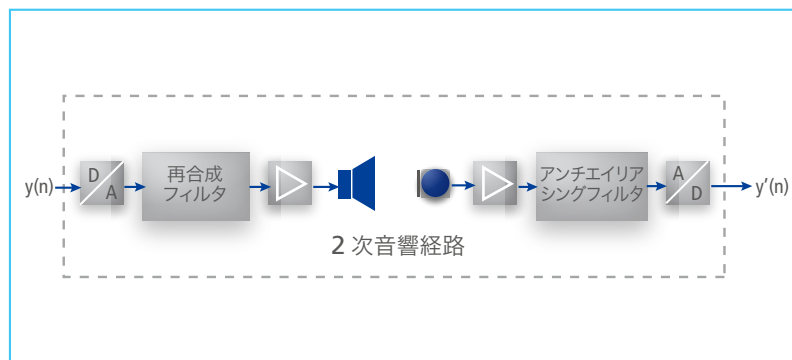


図 3：コントローラ出力とエラー信号入力間の伝達関数

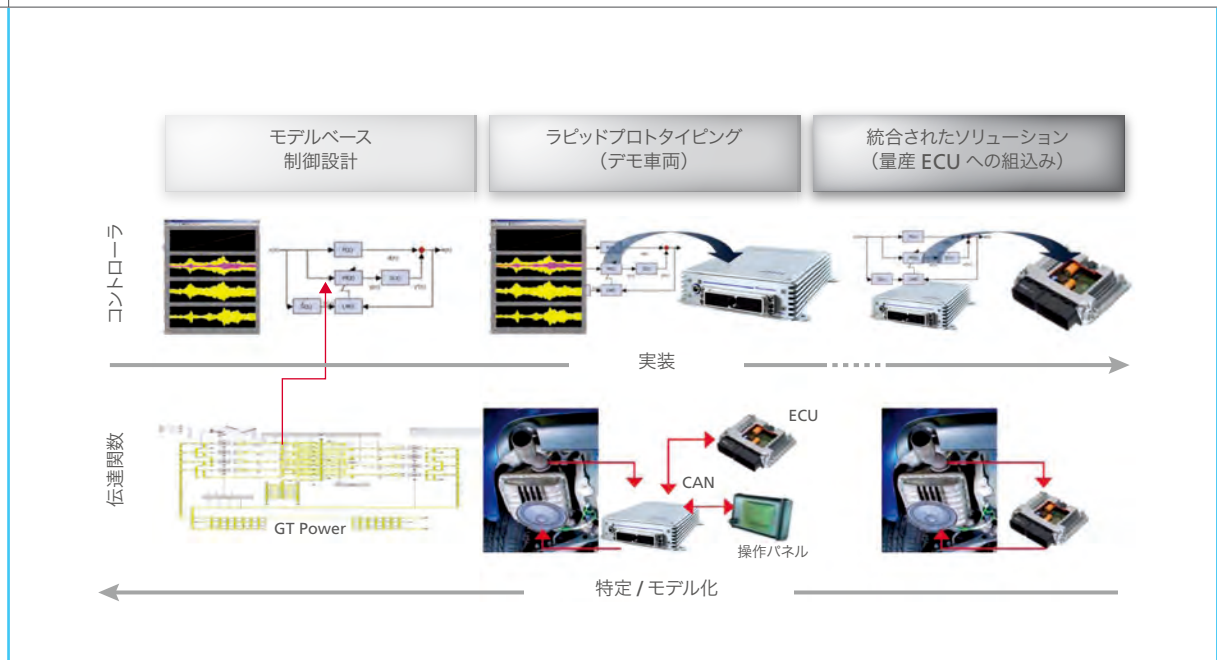


図4：開発プロセス – モデルベース開発から統合可能な制御へ

この排気システムは、従来の消音器システム以外に、電子部品を必要とします。私たちは、このプロジェクトで次の電子部品を使用しました。

- リアルタイムアルゴリズム処理用の dSPACE MicroAutoBox
- 最大出力約40 W の「消音用」騒音対策スピーカを制御するための増幅器
- 所定の音響プロファイルの設定とシステム状態の監視を行うための運転室操作盤
- 残留騒音をコントローラに返すためのマイク増幅器

結果

18ヶ月以内に50,000 km以上走行することで、さまざまな車両にANCシステムを設置してテストすることができました。すべてのケースで、排気騒音を大幅に低減できることが分かりました。さらに、騒音を低減できるだけでなく、音質を向上させることもできます。これは、ANCシステムを車両、運転状況、そしてドライバーの希望に適應できることを意味します。ANCシステムの音響パフォーマンスのテストは、シャシーロールテストベンチで、条件をフル加速、スロットルバルブ全開(WOT: wide-open throttle)、サードギア(3速)に設定して実施されました。

コントローラは、主要なエンジン次数(2、4、および6)が低減されるように調整されました。排気騒音の測定は、0.5 m離れた場所で、排気管に対して45度の角度で行われました。

ANCシステムをオフにすると、騒音レベルは、標準の量産システムを使用した場合よりも約5 dB(A)高くなります。これは、元々設置されていたパッシブ消音器がなくなっているためです。しかし、ANCシステムをオンにすると、量産システムに比べて、2~8 dB(A)の有意な低減が測定されました。したがって、エンジン速度範囲のほぼ全体にわたって騒音レベルの改善が

Dr.-Ing. Jan Krüger : ActiveSilence®
テクノロジー開発担当プログラママネージャ

1999年にアクティブ消音器に関する博士論文を完成させ、2000年以降、Eberspächer社において排気システム音響学の開発を担当しています。



Eberspächer 社について

創立	1865年
本社	Esslingen am Neckar
従業員	5,575名
売上高	€ 2,239.9 m (2008年度)
製品	排気テクノロジー：触媒コンバータ、煤煙フィルタ、消音器 自動車、輸送車、トラック、バス、建設機械、および船舶用の補助暖房システム

達成されました。同じ測定が、2 次のエンジン次数でも行われました。この場合も ANC システムの明白な効果が認められました。低減は 1,200 回転 / 分 (40 Hz) のエンジン速度で始まり、騒音は広範囲にわたって 10 ~ 20 dB 低減されました。騒音レベルは、他のエンジン次数でも大幅に低減されました。したがって、排気騒音は、車室内の騒音レベルに実質的に付加的影響を与えませんでした。私たちは、デモ車両でさえも、高級車でしかあり得なかった一定の音響的快適さを実現できることを実証しました。■

Dr.-Ing. Jan Krüger
J. Eberspächer GmbH & Co. KG
エスリンゲン
ドイツ

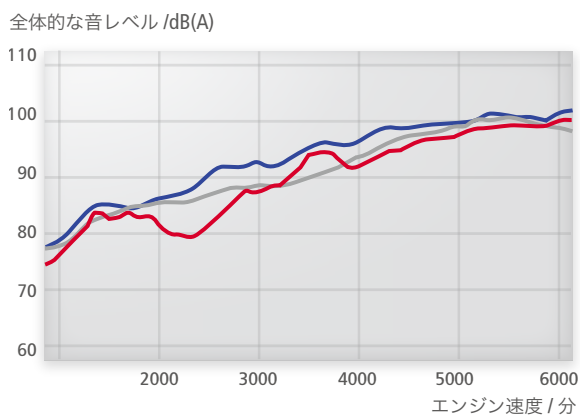


図 5 : 4 気筒ガソリンエンジンに対する全体的な音レベル (グレー = 標準量産システム、青 = ANC システムがオフの場合、赤 = ANC システムがオンの場合)

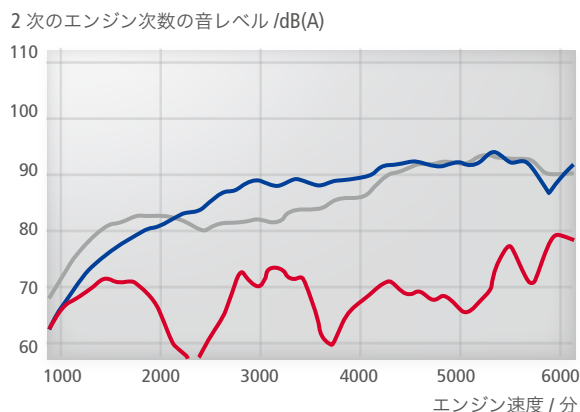


図 6 : 4 気筒ガソリンエンジンに対する 2 次のエンジン次数の音レベル (グレー = 標準量産システム、青 = ANC システムがオフの場合、赤 = ANC システムがオンの場合)

まとめ

ANC システムを試験施設から外に出して、実際の路上で ActiveSilence® システムとして稼働させることに成功しました。悪条件下でも、予想以上の成果をあげました。私たちは、騒音、消音器の大きさ、排気背圧の低減などの機能的効果をすべて検証しました。次のステップは、システムのコストを下げることです。スピーカやコントローラのハードウェア / ソフトウェアにかかる追加コストを、より優れた機能または他の何らかの顧客向けの付加価値を提供することで埋め合わせることができた場合にのみ、このシステムを量産車に搭載することができます。

用語解説

音 - 時間的に変化する基本周波数とその倍音で構成される、気圧の変動。倍音によって、音の特徴的な音響的印象が決まります。

エンジン次数 - エンジン次数とは、エンジン速度の倍数である、エンジンの周波数帯域内の周波数 (倍音) のことを言います。たとえば、2 次のエンジン次数は、2 倍のエンジン速度に相当する倍音です。



Plug & Play

多様化する ECU の自動化シーケンスによるテスト
(Delphi Diesel Systems 社)



Delphi Diesel Systems 社は、ディーゼルエンジンマネジメントシステム向けの多様な ECU に適応可能な自動化された統合テストと機能テストを開発しました。技術的課題は、異なる ECU バージョンに対してテストシステムを可能な限り円滑に適応させることでした。この課題解決のため、幅広い dSPACE ソフトウェアとハードウェアが、シームレスなツール環境を提供しました。



技術的課題

自動車用組込みコントローラの複雑化に伴い、HIL (Hardware-in-the-Loop) ベンチテストと妥当性確認の必要性が急激に高まっています。リリースされる ECU (電子制御ユニット) のソフトウェアは、自動車メーカーからの際限なく多様化する高度な要求を満たす必要があります。このような理由から、Delphi Diesel Systems 社 (以下 DDS) は、dSPACE Ltd. (イギリス) のサポートを受けて、ディーゼルエンジンマネジメントシステム用の異なる ECU で使用可能な一連の HIL ベースの自動化テストを開発しました。

HIL ベースの自動化テスト

今日、手動での ECU テストは、ごく一部の妥当性確認作業を除いて、現実的な選択肢ではありません。このためツールベンダー各社は、自動化テストの開発と実行を支援するリアルタイムプラットフォームの製品化に精力的に取り組んできました。dSPACE は AutomationDesk を開発して、この取り組みに成果を上げて来ました。2008 年の初めから多くの DDS 開発業務において、AutomationDesk は重要な役割を果たしてきました。このツールは、

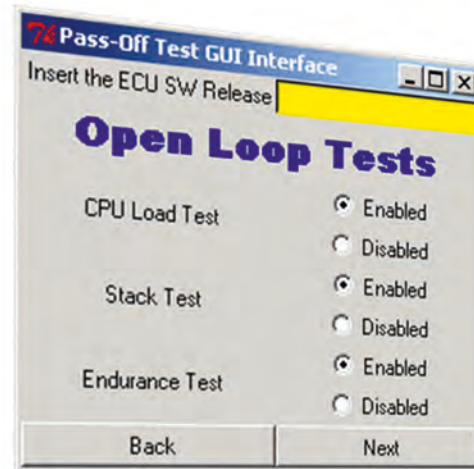


図 1: Python の Tkinter モジュールを使用して作成された GUI: これらのグラフィカルインターフェースは AutomationDesk プロジェクトの設定にも使用可能です。

にグラフィカルインターフェースの一例を示します。これに加えて DDS は、新しい自動化シーケンスの開発プロセスにおいて、標準化/コードコンポーネントの再利用/バージョン管理を強化するために、独自の Python ライブラリを開発しました。

結果として、DDS が開発したすべての HIL ベース自動化テストは、図 2 に示すコンポーネントを使用して実施されます。

ハードウェアのセットアップ

最大限の投資効率を得るために、DDS は dSPACE Mid-Size シミュレータのダブル構成を採用しました (図 3)。このプラットフォームは既製品であるため、性能的に大きな制限を受けずに初期費用を抑えることができます。

DS1005 プロセッサボードと DS2211/DS2202 をペアにした HIL I/O ボードを実装したダブル Mid-Size システムのオープンなアーキテクチャによって、次のような結果が得られました。

「各種の dSPACE ツール間の連携が非常に効率的であったため、大幅に時間を節約することができました」

Giuseppe Raffa 氏, Delphi Diesel Systems 社

フローチャート的な手法によりテストの設計とシーケンスのデバッグを著しく簡略化するだけでなく、以下の 2 つの基本的な長所を備えています。

- AutomationDesk では、プログラミング言語として Python を使用します。そのため、標準的な Python モジュールで開発された各種のカスタムスクリプトやライブラリを、自動化タスクに容易に統合することができます。DDS は、ControlDesk マクロやサードパーティー製 Python モジュール (Pylab や Matplotlib) および Tkinter ベースの GUI を組込んだ AutomationDesk プロジェクトをすでに導入済みです。図 1

- AutomationDesk は COM インターフェースを備えているため、ユーザは dSPACE ControlDesk (試験用ソフトウェア) や、MATLAB®、CalDesk (dSPACE の計測/適合ソフトウェア) を呼び出すことができます。これらのツールは標準の AutomationDesk ライブラリブロックから呼び出せるため、コードを追加する必要は一切ありません。dSPACE の適合環境である CalDesk との連携 (特に CAN 上の CCP を介する場合) は、他のツールを必要とせずにシーケンス実行中の ECU ソフトウェアの監視/再適合が可能となるため、極めて効果的であることが分かりました。

- 異なる ECU コンフィギュレーションの管理とサポートが容易に得られました。シミュレータは各 ECU 専用のテスト用ハーネスを介して接続され、標準化された構造を持っています。このため、HIL シミュレータを異なるプロジェクトで使用するには、適当な接続用ハーネスが必要になります。しかし、その取り付け作業には数分しか要さないため、このプラットフォームを採用することによってベンチ稼働時間が大幅に増加します。

- ECU ピンの大部分は常に DS2211 のチャンネルへ割り当てられます。DS2211 と DS2202 の 2 枚の HIL I/O ボードうち、この DS2211 にだけ回転角度処理ユニット (APU) が装備されています。このような構成の結果として生じる DS2202 上の多数の空きチャンネルは、現在のところ、メイン ECU との接続を必要とする追加のボードやコントローラの動作用に有効に利用されています。

この HIL シミュレータを将来のプロジェクトに適応させることは比較的容易です。ハーネスを新たに設計する必要がありますが、その際に特定の ECU 機能が常に同一のシミュレータチャンネルへ割り当てられるように設計することが重要です。この点さえ配慮すれば、プラットフォームの設定を確実に簡略化できます。

CPU 負荷の評価

上記のようなアーキテクチャを採用することによって、DDS は統合テストと機能テストの両方に対応する自動化テストシーケンスを実現しました。とりわけ、CPU 負荷テストは最も注目すべき項目の 1 つです。

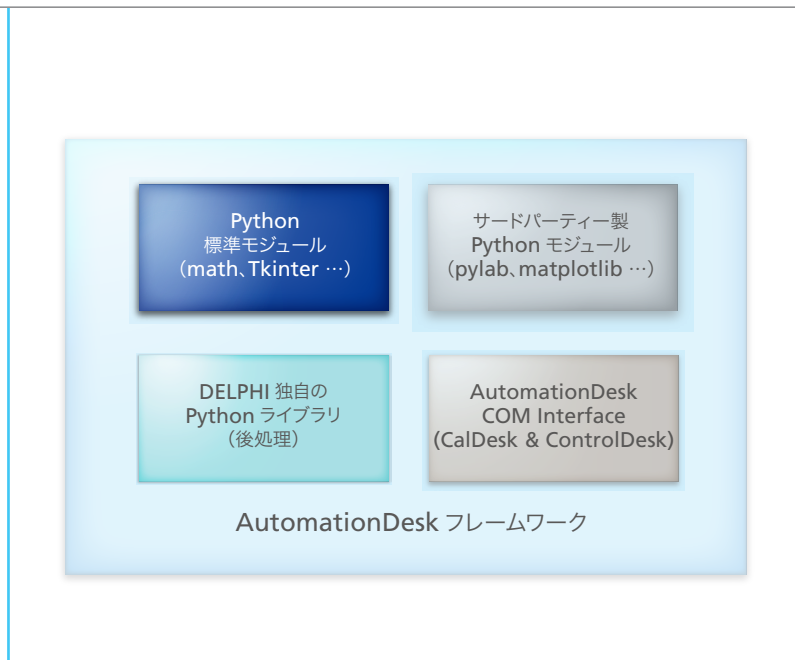


図 2: HIL ベーステストの実施のために DDS が使用したコンポーネント：これらは AutomationDesk シーケンスに統合可能です。

コントローラがさまざまな stimulus 信号を受ける状態で CPU 使用率を定量化することは、「与えられたハードウェア/ソフトウェア統合が初期の要件を実際に満たしているかどうか」および「さらなる開発に向けてどの程度の余裕が残されているのか」を評価する上での鍵となります。図 4 に示すように、AutomationDesk を使用することによって、所定のワースト

ケースシナリオに基づいて組込みコントローラに stimulus 信号を入力する自動化シーケンスが実現しました。ECU ソフトウェアは、要求されたタスクに費やされるメインサイクル時間のパーセンテージとして CPU 負荷を計測する機能を内蔵しています。その結果を一連の計測パラメータを介して適合ツールへ取得することによって、各テスト条件における CPU 平均



図 3: dSPACE Mid-Size シミュレータのダブル構成

用語解説

Tkinter – Python でオブジェクト指向の GUI を作成するために使用される標準モジュール (詳細は M. Lutz 著『Programming Python』第 3 版、O’Reilly 社刊を参照)

Matplotlib – Python の二次元グラフ作成用ライブラリ (詳細は www.matplotlib.sourceforge.net 参照)

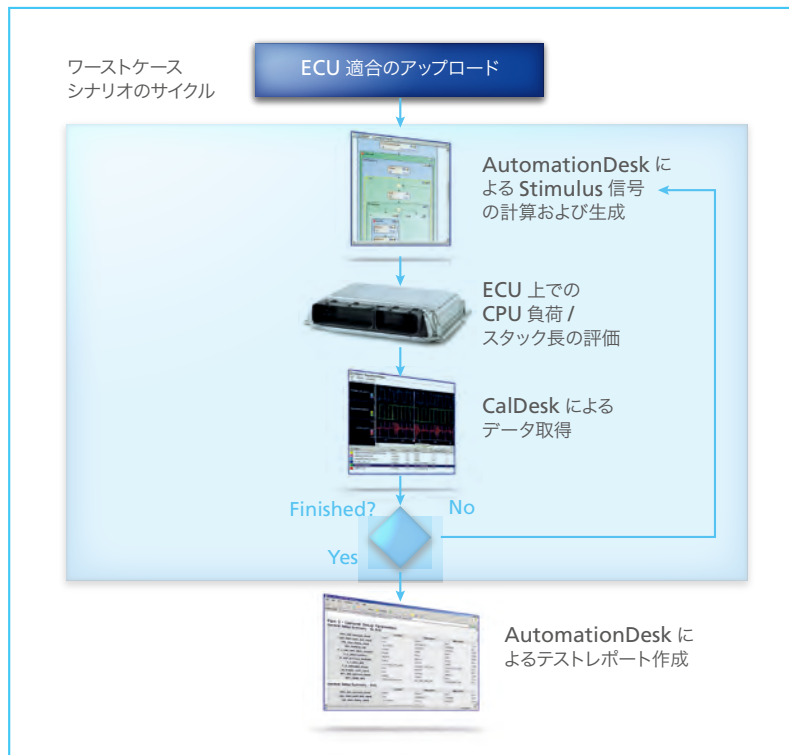


図 4 : DDS が開発した CPU 負荷テスト

負荷の評価が可能になります。テストレポートを作成するために、これらのパラメータは後処理が行われ、最終的に与えられた stimulus 信号の関数として表示されます。

耐久テストの実施

DDS は常に安全性と信頼性を重視してきました。その結果として、発生し得る耐久性上の問題への対処を目的とする各種の自動化シーケンスが開発されました。この種のテストでは、基本的に、ECU の物理的なインターフェースに対して異常な条件が与えられ、ソフトウェアとハードウェアの両観点からコントローラのロバスト性が評価されます。

このようなテストの一例の概要を図 5 に示します。この例では、コントローラ動作中にバッテリー電圧が繰り返し遮断され、ECU の不揮発性メモリの挙動が効果的にテストされます。このシーケンスは、シミュレータに組み込まれた電源を、定義されたサイクルに

「dSPACE HIL アーキテクチャのおかげで、将来のプロジェクトでも比較的容易にテストシステムを適応させることができます」

Riccardo Carrozzo 氏, Delphi Diesel Systems 社

従って動作させることによって簡単に実現でき、終夜を通しての実施が可能です。

将来に向けての開発

現在、DDS では、AutomationDesk に関連する複数のプロジェクトが進行中です。現状の HIL ベースシーケンスは、より広範なパラメータ設定の組み込みと、それらの実行を容易にするための改良を必要としています。さらに、ECU の新機能に伴う潜在的問題への対処と、コードの自動生成に対応するために、より包括的な統合テストも作成される予定です。

以下、その具体的な内容を説明します。

■ 他のソフトウェアのパフォーマンス指標も今後考慮する必要があります。たとえば、スタックサイズの計測が組み込まれた CPU 負荷テストシーケンスのバリエーションが新たに利用可能となっています。

■ ユーザフレンドリなテストプロセス管理環境を構築するには、AutomationDesk プロジェクトに GUI を統合することが最優先事項となります。これが実現すれば、AutomationDesk の開発者レベルの知識がなくても、必要な一連のテストシーケンスを設定して実行できるようになります。

■ 燃料噴射マネージメントとレール圧の制御性能を評価する複合的シーケンスを現在研究中です。最終的な目標は、実車上で妥当性確認が開始する以前に、自動化テストシーケンスの完全セットを作成し、標準的 HIL ベンチ上で妥当性確認として実行することです。

まとめ

AutomationDesk を使用することによって、異なる ECU プロジェクト間で共有可能な多様な自動化テストを開発することができました。dSPACE ツールと豊富な内蔵ブロックライブラリのセットによって、CalDesk などの適合ツールやリアルタイム HIL シミュレータとのシームレスな接続が実現しました。さらに、Python の標準またはカスタイズモジュールあるいはサードパーティ製モジュールを組み合わせることによって、最終的なデータ処理が大幅に容易になりました。これによってクオリティの高いテストレポートが保証されます。



Riccardo Carrozzo 氏 (左) –
HIL チームマネージャ。モデリングと HIL 妥当性
確認を中心とする業務を統合

Giuseppe Raffa 氏 (中央) –
主席システムエンジニア。
HIL/ECU インターフェース用ハーネスの設計と組み
コントローラ用自動化テストの開発を担当

Darren Walker 氏 (右) –
コアソフトウェアマネージャ。
コアソフトウェアエンジニアリング責任者、
ECU プラットフォームソフトウェアと
関連ツールおよびプロセスを包括

dSPACE Mid-Size HIL シミュレータの採用によって得られたオープンなハードウェアプラットフォームによって、自動化シーケンスの再利用性がさらに改善されました。適当なインターフェースハーネスを取り付けるだけで、ベンチを異なるコントローラへ切り替えることができます。

HIL ベース自動化シーケンスの 2 つの実例が本文の後半で紹介されました。これらの事例は、AutomationDesk と CalDesk の統合の効果を示すのみならず、組み込みコントローラの品質と信頼性の改善に対する DDS の取り組み姿勢も示しています。■

Riccardo Carrozzo, Giuseppe Raffa,
Darren Walker
Delphi Diesel Systems
イギリス

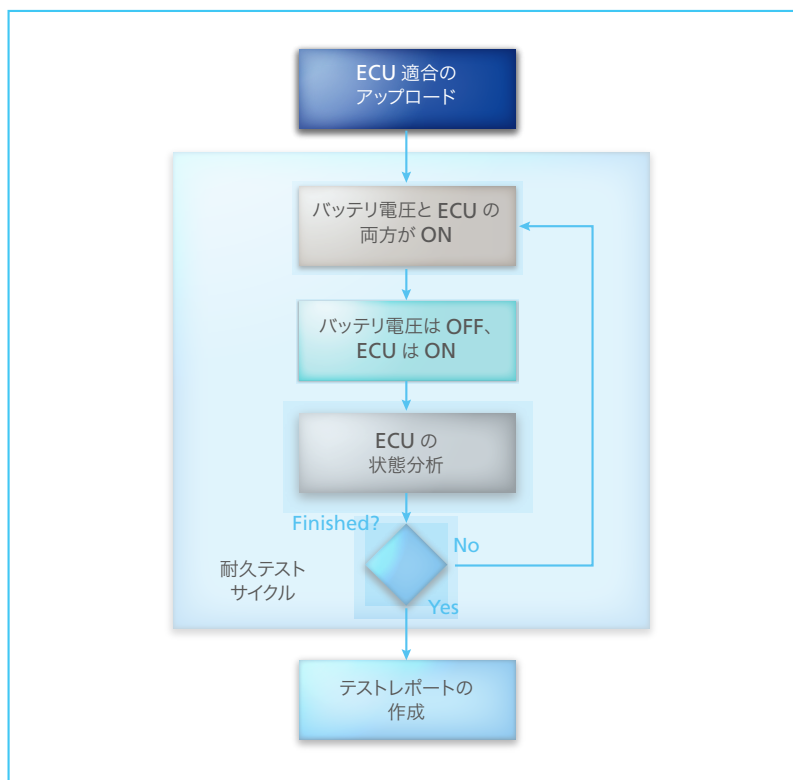
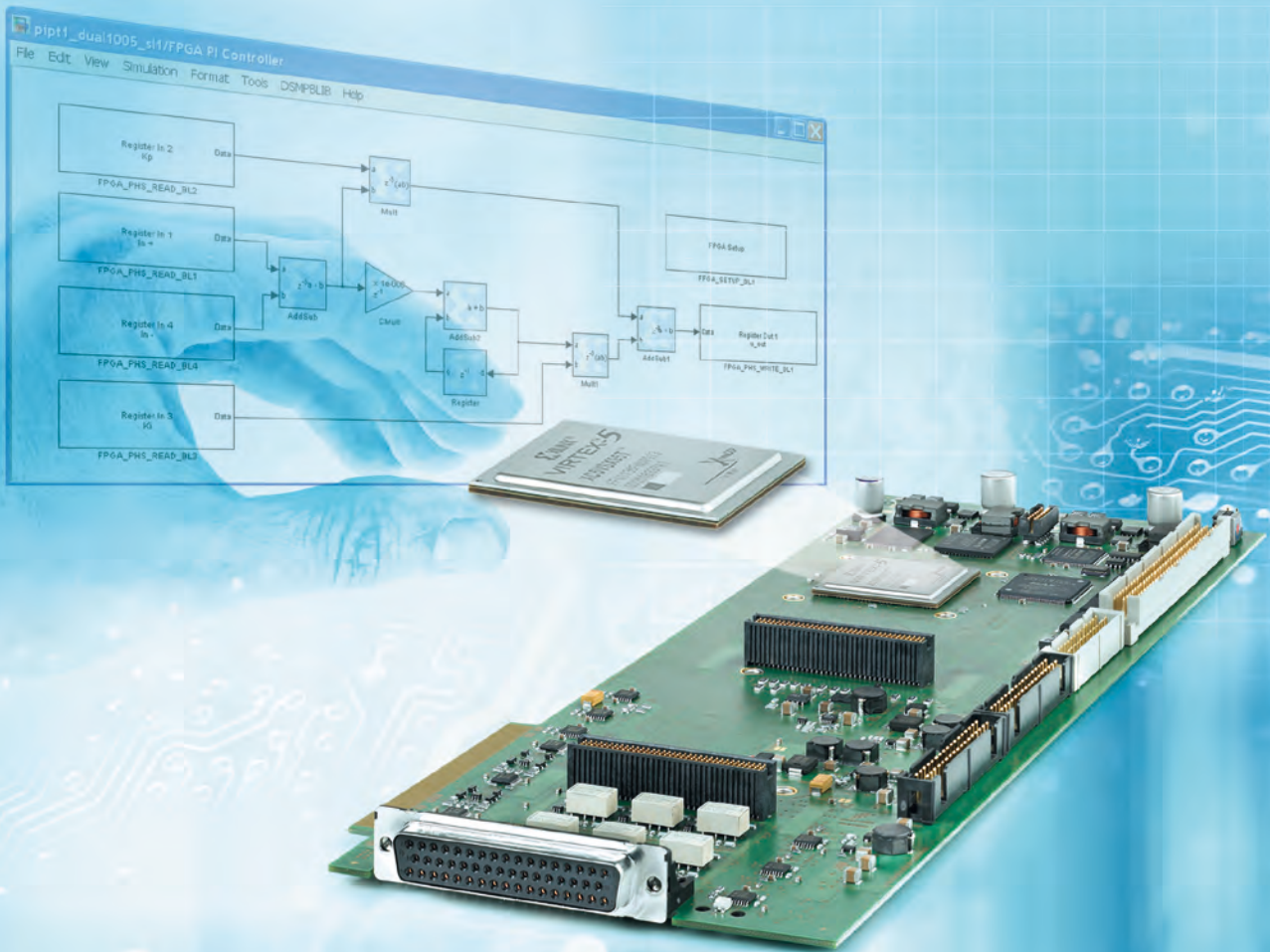


図 5 : DDS が開発した耐久テスト



Speed and Flexibility

FPGA

短いレイテンシとサイクルタイムが
不可欠なアプリケーションへの対応

排出ガスおよび燃費に関する法律の厳格化の結果、最先端のセンサシステムを搭載した新たなドライブコンセプトが不可欠となりました。この変化は、RCP（ラピッドコントロールプロトタイピング）およびHIL（Hardware-in-the-Loop）シミュレーションにも影響を及ぼしています。厳しさを増す条件に対応するため、dSPACE は新製品 DS5203 FPGA Board を開発しました。このボードは直接、I/O インターフェースに装着され、プログラミングによりどのような要件にも対応します。DS5203 FPGA Board は、シグナルコンディショニングをはじめ、高度なダイナミクスが求められるモデルを処理する上で、非常に便利な機能を提供します。

汎用性の高い FPGA

FPGA (Field Programmable Gate Arrays) はプログラミング可能なロジック回路です。基本的に、FPGA のプログラミングはロジック素子とメモリエルをさまざまな方法で組み合わせることで行います。それぞれのロジック素子は、4～6 個の入力、1 個の出力および 1 個のフリップフロップ (1 ビットのレジスタ) を備えたプログラム可能な真理値表 (ルックアップテーブル、LUT) で構成され、これによって単純な論理演算 (AND、OR など) を表します。FFT などの複雑なデジタル信号処理アルゴリズムや組み込みマイクロコントローラのコア全体を実装するためには、複数のロジック素子を組み合わせます。FPGA アーキテクチャは完全な並列処理をサポートしています。これはハードウェアブロックを複数個挿入することによって実現しています。ハードウェア制御ロジックと FPGA のロジックセルを介した相互接続は、VHDL などのハードウェア記述言語で記述されます。このため、FPGA のストラクチャが不明でもテキスト形式でその動作を記述することができます。FPGA メーカーは FPGA の実際の設定を生成する論理合成ツールと呼ばれるソフトウェアを提供しています。

グラフィカルなプログラミング :

Simulink® モデルから直接 FPGA へ

FPGA の最も簡単な設定方法は、Xilinx FPGA 設定用の Simulink® ブロックセットである XSG (Xilinx® System Generator) などのグラフィカルモデリングを使用する方法です。XSG にはシンプルなロジック素子とフーリエ変換および FIR フィルタなどの複雑なブロックが含まれます。dSPACE は XSG モデルを FPGA のインターフェースに接続するためのハードウェア (DS5203 FPGA Board) とソフトウェア (RTI FPGA Programming Blockset) の両方を提供します。

DS5203 FPGA Board にはプログラミング可能な Virtex® 5 Xilinx FPGA および設定済みの I/O ドライバコンポーネントが含まれます。RTI FPGA Programming Blockset により、I/O ボードの I/O ドライバコンポーネントの接続や、プロセッサボードに接続するモデリング作業を容易に行うことができるため、プロセッサボード (複雑なモデルの演算にセントラルボードとして使用する dSPACE の DS1006 など) をすばやく簡単に FPGA に接続することができます。これにより、dSPACE のプロトタイピングシステムや HIL (Hardware-in-the-Loop) システムの作業でユーザが

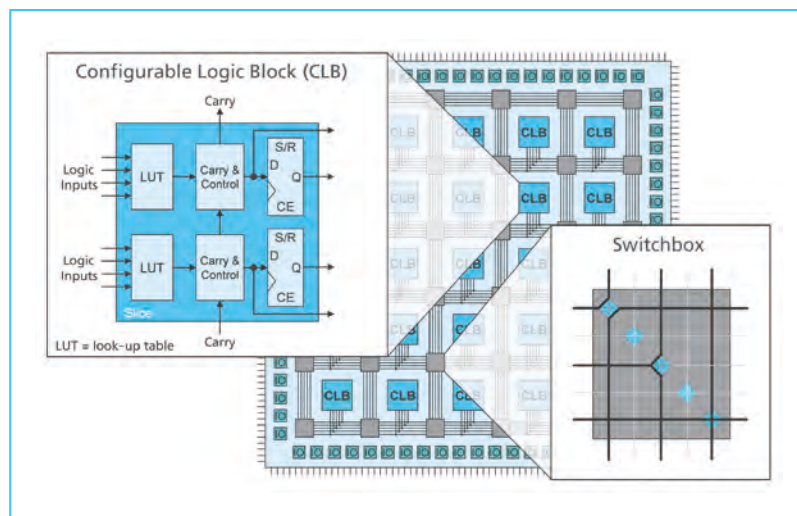
すでに習熟している Simulink 環境に、FPGA プログラミングがシームレスに統合されます。FPGA ボードを使用する場合、FPGA またはプロセッサの論理合成、ビルド、およびプログラミングを Simulink から直接実行できるため、非常に便利です。

プログラミングに対する将来的な要件

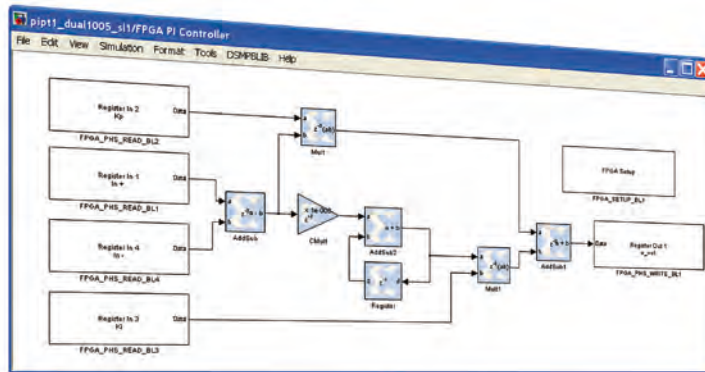
論理合成プロセスでは、それぞれの制御ロジックやモデルブロックは専用のハードウェアに個別にマッピングされ、FPGA 上のスペースを必要とします。浮動小数点データタイプは膨大なリソースを消費するため、現行の FPGA では実用レベルで実行できるのは固定小数点データタイプの演算のみとなっています。

妥当なレベルで精度と必要なスペースの折り合いをつけるため、それぞれの制御ロジックのビット幅を定義する際に、FPGA 分野の専門技術者がモデル開発者をサポートすると良い結果が得られます。FPGA 専門技術者は、信号実行時間および切り替えのタイミングなど、FPGA 固有のプロパティの最適化にも貢献します。モデルのオフラインシミュレーションまたは Simulink と VHDL コードのジョイントシミュレーションは、実際の FPGA にモデルを実装する前に問題を特定するのに役立ちます。

これらの要件のため、FPGA に制御ロジックを実装する必要がある場合、FPGA 専門技術者がモデリングの責任者であるソフトウェア開発者のサポートとして力を発揮すると考えられます。両者が並行して作業し、それぞれの間接結果のジョイントシミュレーションを実行するか、FPGA 専門技術者が FPGA 関連のタスクを先に解決し、その結果をソフトウェア開発者に渡す作業方法も可能です。その結果、将来のタスクに流用することができる数々のソリューションを蓄積することができます。



FPGA (Field-Programmable Gate Array) は柔軟に相互接続することが可能な多数のロジック素子で構成されています。このため、FPGA はきわめて幅広いアプリケーションに対応することができます。



DS5203 FPGA Board に対応する XSG ブロックを使用した Simulink モデル：PI コントローラの例。

実際の FPGA の使用法

dSPACE システムの中核はプロセッサボードです。プロセッサボードがモデルの計算を要求されるサイクルタイム内に完了できない場合、モデルの一部を FPGA に移行する必要があります。

FPGA のクロック周波数 (DS5203 は 100 MHz) はプロセッサ (DS1006 プロセッサボードは 3 GHz) に比べるとかなり低速ですが、数々のタスクを高速化することができます。これは、ロジック素子が並列で動作するため、クロック周波数の遅さを補う以上の効果をもたらす場合が多いからです。さらに、DS5203 上の FPGA が直接入出力に接続されるため、コンバータの全体的な帯域幅を最小限のレイテンシで使用できるとともに、きわめて高速の制御ループを実装できます。こうした特長は、排出ガス削減および燃費の改善のため、高度な応答性を備えた、高速で複雑な制御回路への要求が増大し続ける自動車用 ECU の開発では、大きな課題となってきました。たとえば、筒内圧に基づくエンジン制御とノッキング解析は、強力なシグナルコンディショニングが要求される適用分野です。FPGA のもつ特長は、これらの分野にとって理想的です。

電動パワートレインでの大きな利点

燃費向上のため、パワートレインの電動化の動きが加速しています。機械的に連結された従来の補機類 (油圧機器および冷却水ポンプなど) は、必要な場合のみ作動して非作動時にはエネルギーを消費しない電動タイプのものへと置き換えが進んでいます。このような Electric Drive 用コントローラの開発には、さまざまなインターフェースの柔軟な対応が必要です。これには、リゾルバおよびエンコーダなどのポジションセンサのインターフェースや、矩形波および正弦波整流用パワーステージに対応するインターフェースなどが含まれます。

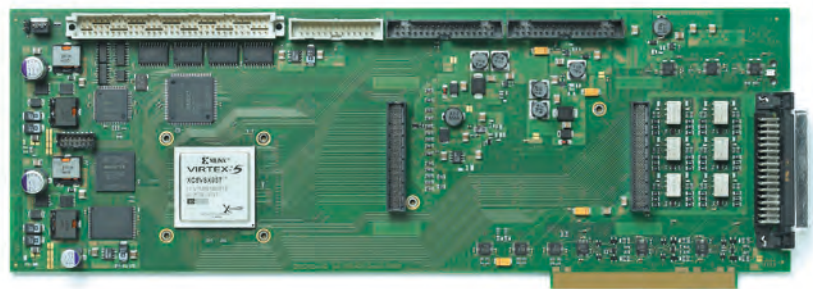
HIL シミュレータで ECU テストを実行す

る場合、Electric Drive モデルの一部を FPGA に実装する必要があります。これを行わない場合、高度なダイナミクスの要求を満たすことができません。Electric Drive では、たとえば 20 kHz で ECU がパワーローを直接制御します。各パワーステージでの高度にダイナミックな影響を十分な精度でモデル化するためには、1 マイクロ秒 (100 万分の 1 秒) を大幅に下回るサイクルタイムが必要となります。このサイクルタイムは、FPGA を使用しなければ実現不可能で、最低でも 1 枚の FPGA ボードでモーター電流の演算処理を実行する必要があります。

DS5203 の技術詳細

特定のアプリケーション専用で作成された I/O 設定を提供する DS5202 FPGA Base Board とは異なり、新製品の DS5203 では、自由なプログラミングが可能で、さまざまなシナリオに柔軟に対応できます。

DS5203 は、きわめて強力な FPGA である Xilinx Virtex-5 SX95 FPGA を搭載し、94,298 個ものロジックセルと 640 個の専用 DSP ブロックを備えています。DSP ブロックでは、2 つの信号の乗算がリソースを消費せずに高速に実行されます。外部センサとアクチュエータの接続のため、DS5203 には ADC が 6 個、DAC が 6 個 (14 ビット、10 MSPS) およびデジタル I/O チャンネルが 16 個用意されています。



新製品 DS5203 FPGA Board

DS5203 の仕様

タイプ :	FPGA ボード、Simulink ブロックセットにより自由にプログラミング可能
FPGA :	Xilinx Virtex-5 SX95、100 MHz
I/O :	ADC × 6、DAC (14 ビット、10 MSPC) × 6、デジタルチャンネル × 16 (増設可)
バス :	dSPACE PHS++

必要に応じて、プラグオンモジュールで I/O チャンネルを増設することができます。プロセッサボードへの接続は、通常の PHS バス経由で行われます。

FPGA の 100 MHz というクロック周波数により、短いサイクルタイムで要求の厳しいタスクを実装することができます。■

まとめ

RTI FPGA Programming Blockset と Xilinx System Generator を使って、DS5203 FPGA Board をプログラミングすることにより、Simulink モデルを使ったプロセッサアプリケーションと FPGA アプリケーションの一貫性のある並行開発が可能となります。これら 2 つのアプリケーションの相互作用は、リアルタイムシステムにロードする前にオフラインシミュレーションでテストすることができます。したがって、シグナルコンディショニング、新しいインターフェースの使用、モデルの高速な実行など、より厳しい要求にも柔軟かつ迅速に対応することができます。

ヨーロッパおよびアジア以外での入手については、dSPACE にお問い合わせください。

インタビュー

Jürgen Klahold,
HIL シミュレータ担当製品エンジニア
(dSPACE GmbH)



dSPACE の新製品、DS5203 FPGA Board の代表的なアプリケーションについて。

パワートレインの電動化が進み、自動車ではきわめてダイナミックな Electric Drive が採用されるケースが増えてきました。そのために必要となる ECU の開発では、特にプロトタイプングと HIL テストが大きな課題となります。その課題に対する最適なソリューションが DS5203 なのです。また、この製品は最新のノッキング制御で求められる拡張された信号分析などにも新たな可能性を開くものです。

DS5203 は、アプリケーションのテストで、どのような役割を果たしますか？

Electric Drive の高度なダイナミクスに対応するためには、きわめて短いサイクルタイムのシミュレーションが必要です。パワーステージの影響も考慮に入れた場合、100 万分の 1 秒を大幅に下回るサイクルタイムを実現する必要があります。これは、コイルモデルなど制御対象モデルの少なくとも一部を FPGA に移行しない限り達成することはできません。

このボードの長所と利点は？

DS5203 FPGA Board は、Simulink® から直接プログラミングすることができるので、慣れ親しんだツールチェーンにシームレスに統合することができます。このボードは、パワフルな FPGA と豊富な I/O インターフェースを実際のボード上に備えています。それでも不十分な場合、プラグオンモジュールを使ってインターフェースを増設することができます。

このボードを使った場合、ユーザにはどのようなメリットがありますか？

ゼロに近いレイテンシでボード I/O に直接アクセスするアプリケーションを作成できるため、ユーザはこの信号コンバータの全帯域をフルに利用することができます。そのため、きわめて短いサイクルタイムで制御ループを閉じることができ、また、新しいインターフェースを実装することもできます。

ありがとうございました。



Platform Independence Thanks to New Standard

標準化された HIL API によるプラットフォームに依存しない HIL テストの実現

これまで HIL シミュレータで既存のテストを利用するには多くの作業が必要でした。新しい ASAM 規格である HIL API を使用することにより、テストの再利用が非常に容易になります。HIL API は、あらゆる種類の HIL システムに AutomationDesk などのテストオートメーションツールを接続するための標準化されたインターフェースです。そのため、テストオートメーションソフトウェアに対する高いレベルの投資対効果が期待されます。

HIL API の意味

API は、Application Programming Interface (アプリケーションプログラミングインターフェース) の略語です。HIL API は、ユーザが標準化された方法に従って HIL シミュレータにアクセスするための標準化されたインターフェースです。そのため、HIL API を使用すると、あらゆる種類の HIL シミュレータに dSPACE AutomationDesk などのテストオートメーションツールを容易に接続できます。

この規格の目的

最近、dSPACE には、多数の自動車メーカーおよびサプライヤの試験部門から、異なるサプライヤの HIL シミュレータに対応できる 1 つのテストオートメーションツールはないかという問い合わせが届いていました。目的は明白です。テストエンジニアは 1 つのソフトウェアツールしか購入する必要がなく、1 つのツールのトレーニングしか受けずに済み、また、1 つのツールのライブラリしか開発およびメンテナ

スしなくて済むのです。さらに、ソフトウェアが HIL シミュレータから独立していることで、ソフトウェアに対する高いレベルの投資対効果が期待できます。

このため、dSPACE では、HIL シミュレータへのアクセスを標準化する目的で、作業部会を設置しました。さまざまな自動車メーカー、サプライヤ、およびツールメーカーが広報担当リーダーの Dr. Jobst Richert (dSPACE GmbH) とともにワーキンググループに参加し、この規格を制定

しました。HIL APIと名づけられたこの規格は、2009年7月、ASAM (Association for Standardisation of Automation and Measuring Systems) に正式に採用されました。

標準化された内容

HIL シミュレータへのアクセス以外に、電子制御ユニット (ECU) へのアクセスも標準化されています。HIL API は以下の領域に分けられています。

- HIL シミュレータへのアクセス
- 計測および適合中の ECU へのアクセス

HIL API を使用すると、プラットフォームに依存しないテスト開発をはるかに簡単に行えます。HIL API ベースのテストは HIL API インターフェースが他の HIL シミュレータに実装されていれば、別の HIL システムでも問題なく実行できます。

ユーザがすでに異なるメーカーの HIL シミュレータを複数使用している場合や、特定のメーカーに決められない場合でも問題になりません。テストオートメーションツールがすでに HIL API をサポートしている場合は、テストソフトウェアの高い投資対効果を実現できます。

HIL API を使用すると、ボタンをクリックするだけでテストシーケンスを別のシミュレーションハードウェアで使用できます。

- ダイアグへのアクセス
- 電氣的欠陥シミュレーション

ユーザにとっての利点

HIL システムから独立して ECU テストを開発するには、テストエンジニアは、テスト開発の際に事前に抽象レイヤの定義と使用について調整する必要がありました。この調整をしなかった場合は、別のサプライヤの HIL シミュレータでテストを使用する際に、多くの調整を行う必要がありました。

dSPACE は HIL シミュレータ用の HIL API を実装し、テストオートメーションソフトウェア AutomationDesk を HIL API の規格に従って段階的に対応する予定です。規格の一部は、AutomationDesk の次のバージョン (2009 年末リリース予定) で実装します。このため、AutomationDesk のユーザは、新しい規格の利点を最初から利用できます。AutomationDesk 3.0 のリリース日の詳細については、dSPACE の Web サイトをご覧ください。

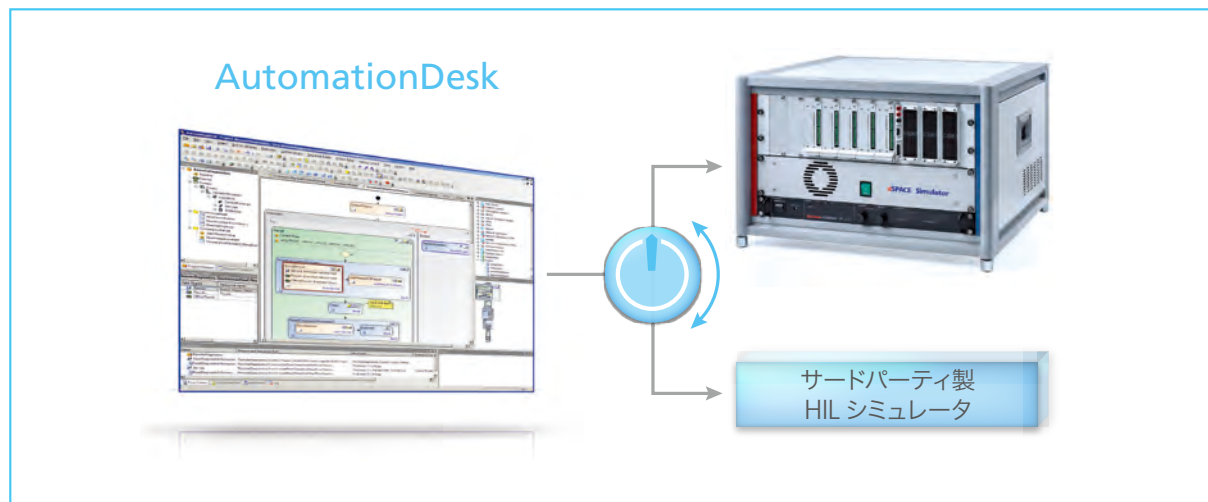
ハードウェアの変更作業

テストシーケンスを別のシミュレーションハードウェア上で再利用するには、ユーザはその HIL API ライブラリを交換するだけですみます。HIL API 規格をサポートするシミュレーションハードウェアのすべてのメーカーは、必要なライブラリをハードウェアとともに提供しています。ユーザの作業は AutomationDesk でボタンをクリックし、使用する HIL API ライブラリを指定するだけです。この時、テストを実行するシミュレーションハードウェアも決定されます。

展望

HIL API は、将来的には、Version 2.0 に拡張される予定です。たとえば、バスシステムへのアクセスが標準化される予定です。さらに、現在、別の作業グループが、テストをやり取りする形式の標準化に取り組んでいます。これにより、ユーザは AutomationDesk で作成したテストを他のテストツールとやり取りすることや、別のツールで作成したテストを AutomationDesk で使用することができるようになります。■

HIL API の使用により、ハードウェアに依存しないテストオートメーションを実現します。





AUTOSAR

AUTOSAR

RTI AUTOSAR Package 1.0

Now Boosts Rapid Prototyping and HIL

AUTOSAR 規格は、量産コンポーネントの開発だけではなく、初期のプロトタイピングやテスト段階でも適用されるケースが増えています。dSPACE の新しい RTI AUTOSAR Package は、AUTOSAR ソフトウェアのコンポーネントおよびコンポジションを MATLAB®/Simulink® 環境に容易に統合し、dSPACE リアルタイムハードウェア上で実行できます。

強力なパッケージ

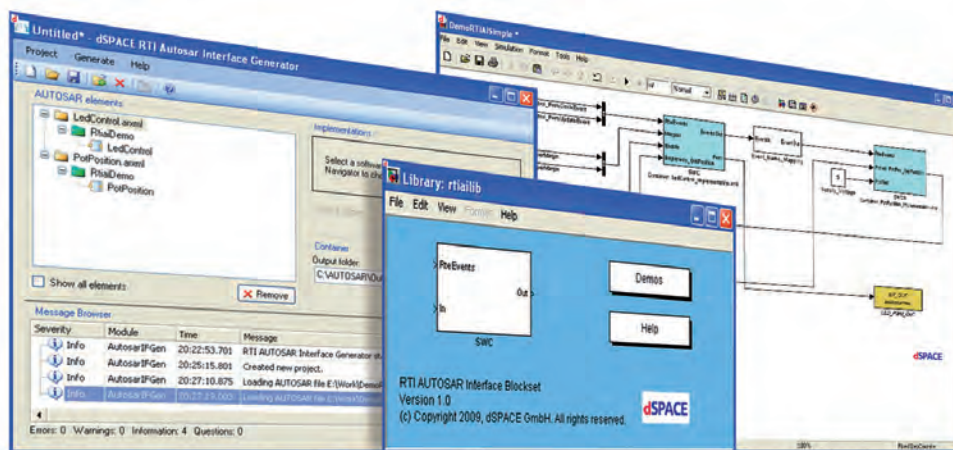
新しい RTI AUTOSAR Package は、複数のソース (SystemDesk、TargetLink、手書きコード) から MATLAB®/Simulink® 環境に AUTOSAR コンポーネントを統合し、他の Simulink ブロックと組み合わせ、PC でシミュレートする、高速で便利な方法を組み込みソフトウェア開発者に提供します。コンポーネントは、Real-Time Interface (RTI) を使用して通常と同じ方法で dSPACE リアルタイムハードウェア上で実

行できます。これにより、さまざまな可能性が広がります。たとえば、MATLAB/Simulink で新しい制御ロジックを開発している場合は、これを既存の AUTOSAR コンポーネントにリンクして、一緒にテストできます。さらに、RTI AUTOSAR Package を使用して、新しい AUTOSAR コンポーネントを dSPACE プロトタイピングハードウェアにすばやく読み込み、実車テストを実行できます。HIL (Hardware-in-the-Loop) テストシナリオでは、dSPACE HIL

シミュレータで AUTOSAR 準拠のソフトウェアコンポーネントをソフト ECU としてアプリケーションレベルで実装できます。

背景

RTI AUTOSAR Package に含まれる RTI AUTOSAR Interface Generator は、ユーザが AUTOSAR ソフトウェアコンポーネントやそれに関連する C ソースファイルで作業を行う際に「最初に使用する」機能です。数回クリックするだけで、

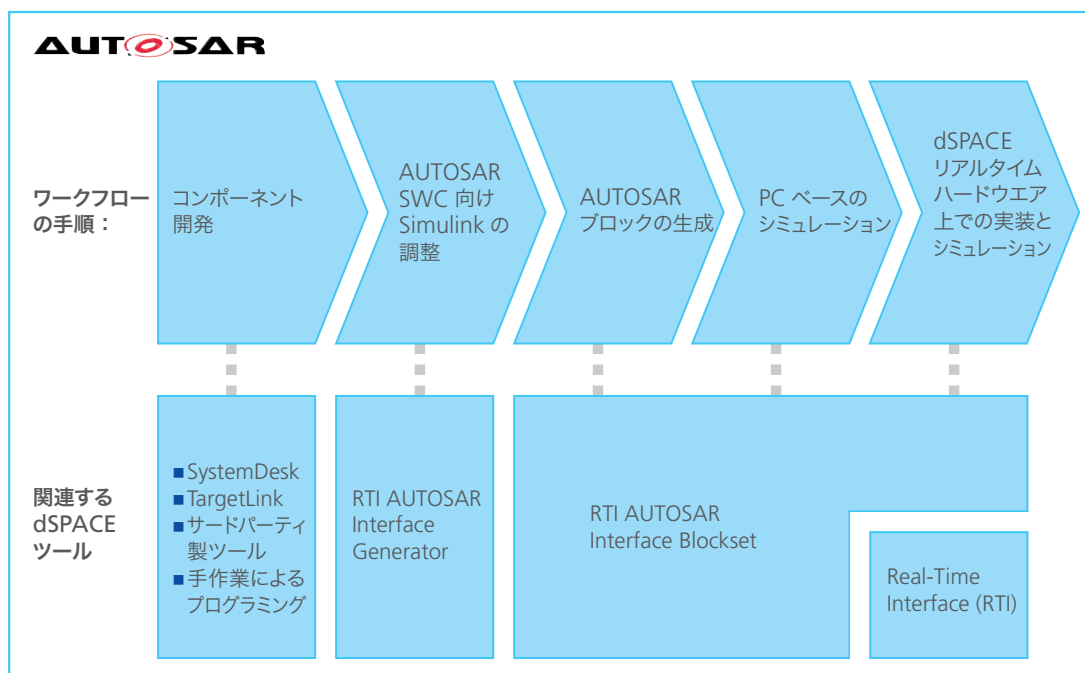


慣れ親しんだ MATLAB/Simulink 環境での作業：AUTOSAR ソフトウェアコンポーネントをインポートし、Simulink および RTI ブロックと組み合わせます。

Simulink 用のインポートされたコンポーネントを含む RTI SWC コンテナを生成できます。この操作は、コマンドラインを使って自動化することも可能です。RTI SWC コンテナは、RTI AUTOSAR Interface

Blockset 経由で MATLAB/Simulink にロードできます。生成されるブロックは、元の AUTOSAR ソフトウェアコンポーネントの特定の動作やインターフェースを表します。RTI AUTOSAR Package には、

初めて使用する際に役立つように、説明が付いた、簡単に拡張できるデモサンプルが含まれています。このサンプルは、その後のプロジェクトの基礎としても使用できます。■



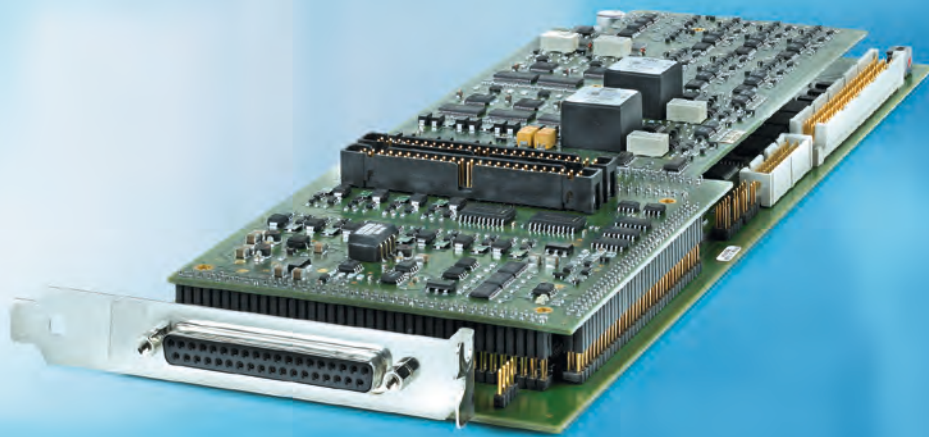
ワークフロー：RTI AUTOSAR Package を使用することにより、AUTOSAR ファイルのインポートから Simulink への統合、PC でのシミュレーション、dSPACE リアルタイムプラットフォームにおける実装やシミュレーションまで、短い簡単な操作で実行できます。

All

EMH ソリューション – モーターの新しい統合化
HIL シミュレーション

Under One Roof

The image features a hand holding a green printed circuit board (PCB) with various electronic components. The background is a light blue wireframe dome structure, symbolizing a unified or 'under one roof' concept. The overall aesthetic is clean and technical.



モーターのHILシミュレーションでは、制御変数とセンサ信号のために多くの入出力が必要になります。dSPACEでは現在、重要なI/O機能をすべて1つのボードに組み込んだ、統合されたFPGAベースのソリューションを提供しています。

現在、HIL (Hardware-in-the-Loop) システムをモーター ECU に接続するために使用できる多数の制御システムインターフェースが用意されています。電動ステアリング用のような低パフォーマンスのモーターでは、多くの場合、ECUの電気的パワーレベルまたは機械的レベルが、HILシステムへのインターフェースとして適しています。これに対して、ハイブリッド車や電気自動車の駆動モーターでは、信号レベルが望ましい選択となります。特に、ECUソフトウェアのテストが重要視される場合や、パワーステージの操作が不要な場合には、信号レベルが適しています。

信号レベルにおける3相モーターのシミュレーションとサービスコール

信号レベルでシミュレーションを行う場合、パワーエレクトロニクスは取り外され、ECUの信号処理部分のみがシミュレータに接続されます。インバータステージのパワースイッチの制御信号は、シミュレータで読み取られ、パワーエレクトロニクスとモーターのリアルタイムシミュレーションのサービスコールのベースとなります。HILシミュレーションで閉じたループを作

るためには、シミュレータで、ローター位置とモーター電圧用のセンサ信号を計算する必要があります。dSPACEでは、PWM (パルス幅変調) 信号および PSS (位置センサシミュレーション) 信号の生成および計測用に、信号レベルで接続するための特殊なボードを早い段階から製品ラインアップに加えています。

新たに統合されたI/Oソリューション

dSPACE DS5202 FPGA Boardをベースにした新しいモーター HIL (EMH) ソリューションにより、初めて、「1枚のボードで」最大2個のモーターをシミュレートするために必要な複数のI/Oチャンネルが提供されました。これによりユーザは、モーターのHILシミュレーションの作業を開始するためのコンパクトでコスト効率の高い方法を利用できます。

高精度のPWM信号計測

B6インバータステージをシミュレートするには、たとえば、ECUの6ゲート制御信号の計測(図2)を高精度で行う必要があります。EMHソリューションを使用する場合、計測は25 nsの時間分解能で行われます。

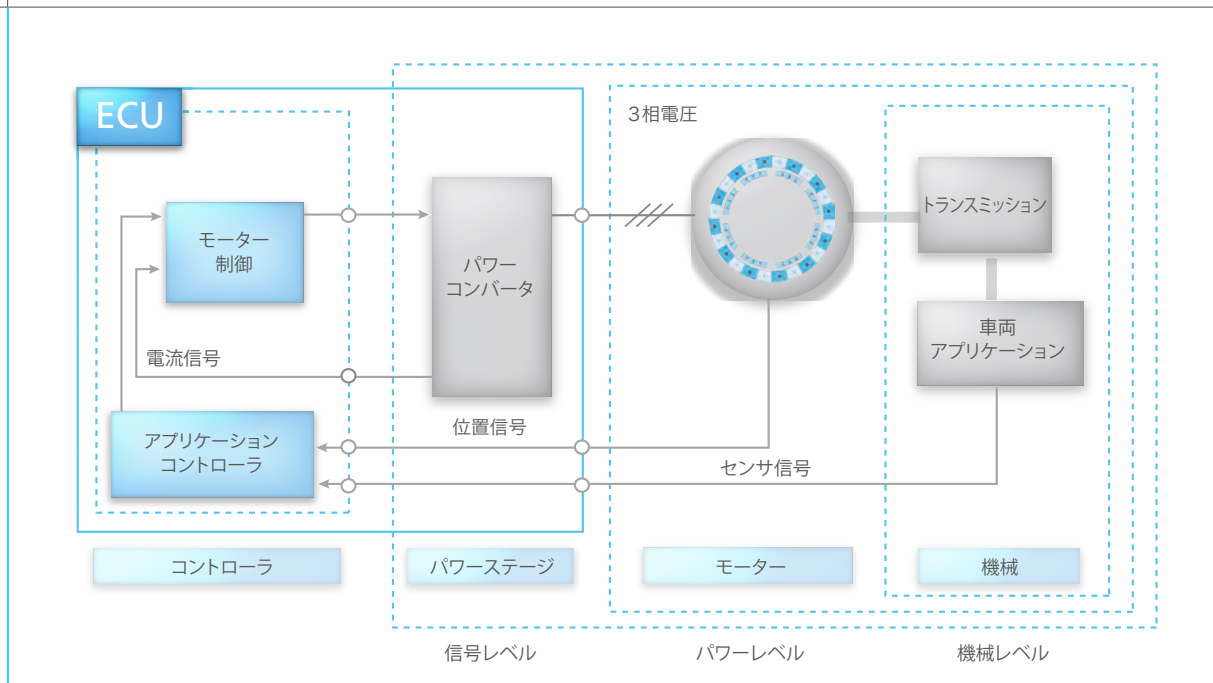


図1：モーターシミュレーション用のインターフェース

定義されたサンプリングタイムで、デューティ比、周期、および個々の信号のパワーアップ時間、さらに組となる信号のデッドタイムが、ブリッジアーム内で決定され、HIL シミュレータ (DS1006 Processor Board) のプロセッサ上でリアルタイムモデルに使用できるようになります。EMH ソリューションでは通常、動作モードに応じて、PWM 周期の中央で割り込みをかけることでプロセッサのサンプリングタイムが個別に決定されるため、モーターのパワーエレクトロニクスモデルが、PWM 周波数に同期して計算されます。これにより、脈動が避けられます。この間、オーバーサンプリングとダウンサンプリングを変更できます。PWM 周波数に応じて、サンプリングタイムは約 30 ~ 60 μ s の間の値になります。EMH ボードの 16 チャンネルを

EMH ソリューションにより、モーターシミュレーションに必要なすべての I/O 機能が統合され、小型化、高パフォーマンス、高いコスト効率を実現します。

使用すれば、2 個の 3 相 PWM モーターに対するすべてのゲート信号を読み取ることができます。

位置センサ信号のシミュレーション

モーターの制御は、電圧の制御と速度の計算を実行するためにローターの正確な角度が必要になるため、これを HIL システムによって高分解能でシミュレートする必要があります。EMH ソリューションによって提供される位置センサシミュレーションは、実績のある回転角度処理ユニット (APU) の原理に基づいています。これは、すでに DS2211 HIL I/O Board で信頼性をもって使用されています。EMH ボードには、4 基の独立した APU が搭載されており (図 3)、ユーザはこれらの APU をそれぞれ異なるセンサシミュレーションチャンネルに割り当てることができます。この柔軟性があるため、たとえば、独立した 2 個のモーターつまり独立した 2 軸のシミュレーションが可能になります。EMH ソリューションでは、次の機能が提供されます。

- リゾルバ、サインエンコーダ、またはアナログのユーザ定義信号をシミュレートする、3つのアナログ出力を持つアナログセンサシミュレーショングループ
- インクリメンタルエンコーダ、ホールセンサ、またはデジタルのユーザ定義信号をシミュレートする、3つのデジタル出力を持つデジタルセンサシミュレーショングループ
- 独立して使用可能な3つのデジタル補助出力

アナログ信号はすべて 100 ns で更新され、デジタル信号はすべて 25 ns で更新されます。ボードには広範囲のシグナルコンディショニングが格納されているので、モーター ECU を信号レベルで直接接続できます。

汎用の RS485 UART インターフェースを使用すれば、多種多様なプロトコルを実装することができます。LTi による TwinSync プロトコルに加えて、SSI (同期シリアルインターフェース)、HiPerface、EnDat などのインクリメンタルエンコーダに対応したプロトコルも間もなく利用可能になります。

用語解説

B6 インバータ – 3 相交流電流用の 6 つのスイッチ素子から成るスイッチブリッジを持つインバータ。

SSI (同期シリアルインターフェース) – プロトコルベースのインクリメンタルエンコーダ用の規格。他に、HiPerface や EnDat などがあります。

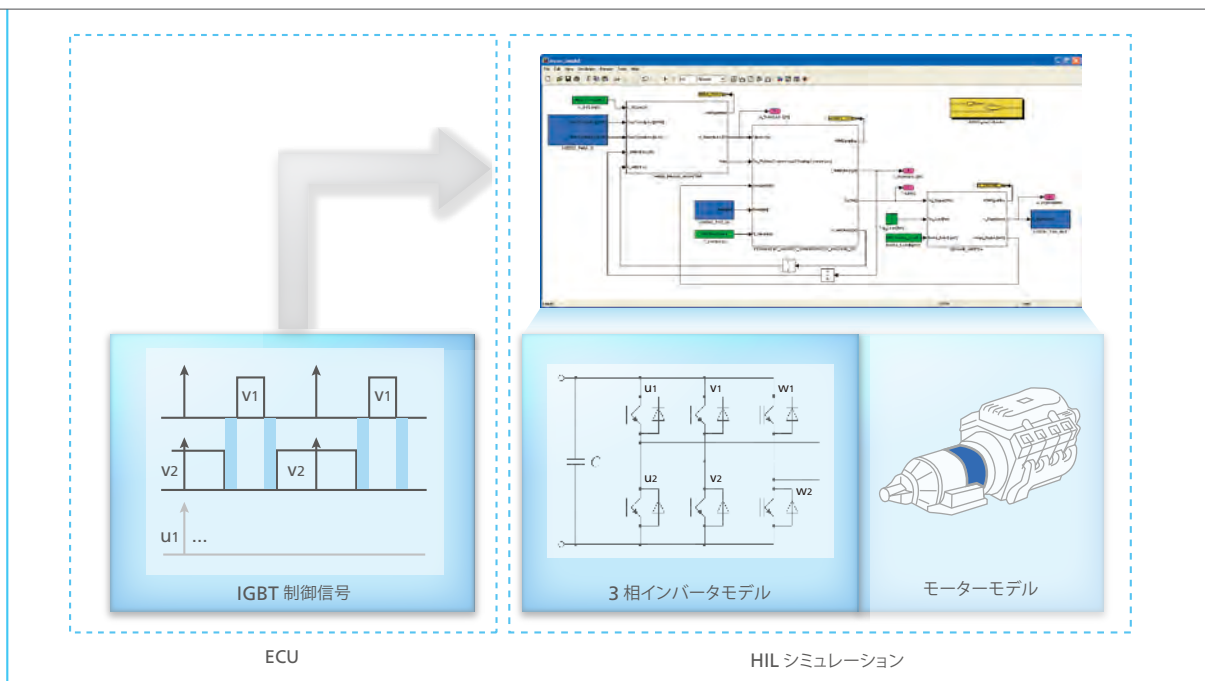


図2：高精度のPWM計測は、モーターHILソリューションの多くの機能の1つです。

その他のI/Oソリューション

EMHソリューションでは、PWMセンサ信号や位置センサ信号以外に、モーターのシミュレーションに通常必要となるその他の信号も提供されます。

たとえば、高速バイポーラDAC（デジタルアナログコンバータ）の6チャンネルを使用して、エンジン電圧をシミュレートすることができます。分解能は12ビット

で、出力ドライバは $\pm 10\text{ V}$ の電圧範囲をカバーしています。追加のユニポーラDACチャンネルで、外部のバッテリーシミュレーション電源ユニットが制御されるため、HILシステムでモーターの純粋なシミュレーションを実行する場合でも、追加のI/Oボードは必要ありません。4つのバイポーラアナログ入力をすべて一緒に使用することもでき、たとえば、電

源ユニットの電流を計測するのに使用可能です。

この他に、汎用処理用（リレーボックスを制御する場合など）の13のデジタル出力があります。このうち3つのデジタル出力が多機能になっています。PWM出力機能やデジタル出力機能以外に、角度同期信号生成を実行する方法も提供されます。■

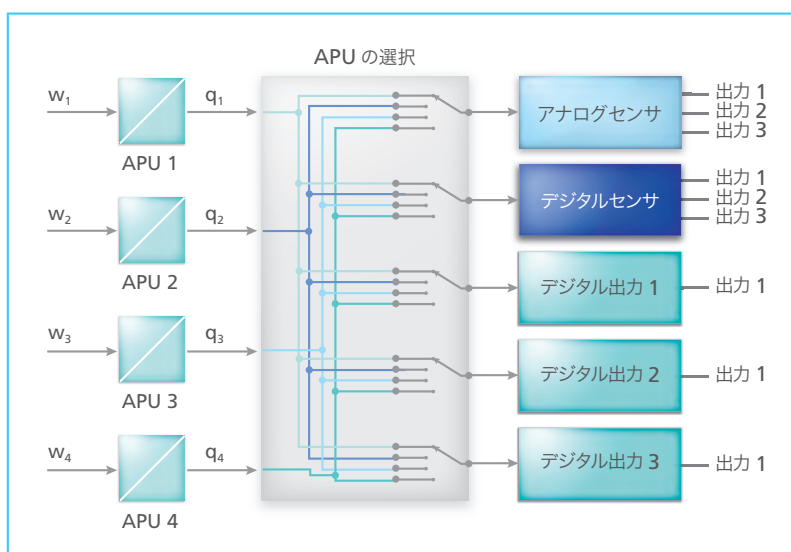


図3：独立した4基のAPUを使用して、時間に関して極めて精度の高い位置センサ信号のシミュレーションが可能になります。

まとめ

新しいモーターHILソリューションは、信号レベルにおけるモーターのHILシミュレーションに対応した、コスト効率の高い、高パフォーマンスのソリューションです。このソリューションは、dSPACE Mid-SizeシミュレータおよびdSPACE Full-Sizeシミュレータで、個別のECUテストや、ハイブリッド車や電気・機械式駆動装置をシミュレートする複数のdSPACEシミュレータを含むネットワークシミュレータで統合テストを行う際に使用できます。

また、ユーザが産業用サーボコンバータのテストなどの産業用途のために、小型のシステムをセットアップすることも可能になります。



Full Power

モーター向け汎用 RapidPro パワーステージモジュール

さまざまな適用分野

モーターは、自動車から商用車、鉄道車両、風力発電施設、工作機械まで、さまざまな分野で利用されています。モーター向けの電子制御ユニット (ECU) の機能を開発およびテストするために、プロトタイプシステムを使ってパワーステージ経由で直接モーターを制御する必要があります。汎用 RapidPro パワーステージモジュール PS-HCFBD 1/2 (DS1767) および PS-HCHBD 2/2 (DS1768) が最適なソリューションを提

供します。これらのモジュールは、異なるタイプのモーター (DC モーター、ステッピングモーター、BLDC モーターや同期モーターなどのブラシレスモーター、12 V および 24 V のアプリケーション) をすばやく、きわめて柔軟に dSPACE プロトタイプ環境に統合します。既製品のモジュール構成であるため、お客様のアプリケーションの仕様に合わせて RapidPro システムをセットアップすることができます。自社で莫大な費用と時間をかけてシステム開発を行ったのは過去

RapidPro パワーステージモジュールの新製品では、dSPACE は 12 V および 24 V モーターのアプリケーションに汎用的なソリューションを提供します。このモジュールはソフトウェアで設定することができ、BLDC モーターおよび同期モーターなどのブラシレスモーターをはじめ、DC モーターおよびステッピングモーターの制御もサポートします。最大 60 A のピーク電流、連続 42 A を供給可能です。

の話です。たとえば、車両の ECU 開発でも、RapidPro モジュールの汎用性が威力を発揮します。快適性関連のエレクトロニクスでも、オイルポンプやウォータポンプなどの補機類の場合でも、DS1767 または DS1768 を使用して、対応するコンポーネントをすばやくプロトタイプ環境に統合できます。

ソフトウェアによる設定

開発プロセスにおける柔軟性を最大限利用するため、RapidPro パワーステージ

モジュール DS1767 および DS1768 は、設定ソフトウェア ConfigurationDesk によりすべての設定を行うことができます。最大出力電流、入力信号の極性、電流計測用のデジタルローパスフィルタなどのパラメータを設定できます。

診断

DS1767 および DS1768 は診断の分野でも幅広く活躍します。ConfigurationDesk を介し、過剰な電流値および温度値に対して警告を発するように設定したり、電流計測エラーや出力信号バスの障害発生時にエラーメッセージを表示するように設定することが可能です。

高精度電流計測および動的制御ループ

DS1767 および DS1768 の新開発のデジタル電流計測機能により、パワートランジスタの高速なスイッチングによる強力な

新しい RapidPro モジュール DS1767 および DS1768 は、商用車などで採用されている 24 V システムのコンポーネントの開発に最適です。

妨害信号が存在する環境でも、高い制御品質をもつ動的制御ループを実装することができます。このため、最高の精度およびレイテンシフリーの電流計測という開発目標を達成することができます。

AC モーターの制御ソリューション

FPGA が追加された AC モーター制御ソリューションでは、RapidPro ハードウェアと DS1768 を組み合わせて使用でき、dSPACE はさまざまなモーターの制御に柔軟性の高いソリューションを提供します。このソリューションは DS5202 FPGA Base Board および MATLAB®/Simulink® 用の専用 RTI ブロックセットに基づくものです。このソリューションは、電流/電圧の高速計測、多様な位置エンコーダの接続、および非同期モーターなどの AC モーター、ブラシレス DC モーター (BLDC) および永久磁石同期モーター (PMSM) の制御向けに設計されています。AC モーターのラピッドプロトタイピングに必要な高速 I/O は、DS5202 FPGA Base Board とビジーバックモジュール、DS1005 または DS1006 プロセッサボードの効率的な連携によって実現します。■

モジュールの概要



PS-HCFBD 1/2 (DS1767)

- ソフトウェアで設定可能、大電流、フルブリッジモジュール
- 12 V および 24 V アプリケーション
- DC モーターおよびステッピングモーターをサポート
- ピーク電流: 60 A、連続: 42 A_{RMS} (温度による)
- 絶縁された相電流および相電圧の高精度の計測
- 過熱、過電流、過電圧など各種保護機能

PS-HCHBD 2/2 (DS1768)

- ソフトウェアで設定可能、大電流、ハーフブリッジモジュール
- 12 V および 24 V アプリケーション
- BLDC モーターおよび同期モーター制御
- ピーク電流: 60 A、連続: 42 A_{RMS} (温度による)
- 絶縁された相電流および相電圧の高精度の計測
- 過熱、過電流、過電圧など各種保護機能
- バルブなどのアクチュエータ制御用ローサイドまたはハイサイドドライバモード



テストオートメーションの過去、
現在、未来

Getting Better and Better

AutomationDesk (dSPACE のテスト用ソフトウェア) およびテスト分野の今後の開発について、テストおよび試験用ソフトウェア担当の製品マネージャである Dr. Klaus Lamberg とのインタビューをレポートします。

dSPACE はテストオートメーション分野で長い歴史を持っています。この分野での dSPACE の歩みと現在の位置について話していただけますか？

1990 年代半ばからテストオートメーションはますます重要な分野となってきました。これは HIL シミュレーションが電子制御ユニット (ECU) のテスト分野全体でますます頻繁に使用されるようになってきたためです。1990 年代から、dSPACE はお客様と共にあらゆるテストオートメーションプロジェクトに関わってきました。お客様と協

力して特定のテスト環境を構築し、実装しました。1990 年代を通じてこれらのプロジェクトから得た知識が、2003 年にリリースされた AutomationDesk の開発に活かされました。この後も、さまざまな点で改良を行いました。特筆すべきは、テスト開発を改善する多くの機能を提供した Version 2.0 (2007 年にリリース) です。お客様からも高い評価を受けました。この後のバージョンでは、デバugga や評価ライブラリなどが追加されました。結果として、現在では、自動化 ECU テストを開発お

び実行するための非常に成熟した製品を提供できるようになりました。

このようなサクセスストーリーだけでも十分注目に値するものですが、dSPACE はプロセス統合とオープン性の向上に向けてさらに前進しています。

dSPACE はプロセス統合とオープン性をどのようにサポートしているのですか？
プロセス統合の改善には、DOORS Connect & Sync Module を提供してい



ます。これは、AutomationDesk と要件管理ツール DOORS® 間のインターフェースです。このモジュールを使用すると、DOORS® のテスト仕様と AutomationDesk の対応するテストプロジェクトを同期化された状態に保つことができます。オープン性を実現する方法の 1 つは、AutomationDesk を他の HIL システムに接続することです。これについては、各種外部システムですでに成功を収めています。

トで得た経験に基づいて、お客様が最初からチーム作業や既存テストの再利用に向けたプロセスやテストプロジェクトの運用ができるようにお手伝いすることができます。

テスト用ソフトウェアだけでは成功できないということでしょうか？

その通りです。テストは、開発プロセスの中でも複雑で、コストのかかる、責任の重いタスクです。片手間に行くことはできません。

現在、dSPACE が大きな役割を果たしたもう 1 つの規格が、ASAM 委員会によって実行に移されようとしています。これは、XML を使用して異なるテストツール間でテストをやり取りするためのテキスト交換形式で、これによりテストの再利用が可能になります。

dSPACE では、製品開発のさらなる仮想化もテスト分野に新しい可能性をもたらすと見ています。ECU レベルおよびシステムレベルのモデルの重要性が高まれば、テストは初期の開発段階にまで移動することが可能です。dSPACE ではこれを「仮想 HIL テスト」と呼んでいます。仮想 HIL テストは、従来の HIL テストを補完するものです。この目的は、初期の開発段階における開発の成熟度を高めることです。dSPACE は、この分野で重要な役割を果たすことになると思います。

ありがとうございました。

「テストは、プロセス全体の重要な一部です。片手間に行くことはできません」

さらに、現在と将来のテストに関するお客様の課題がどこにあるかを見極めなければなりません。現在の問題には、体系化されたテストプロセス、テストの再利用、テストタスクの整理と構造化、チーム作業、プロセス全体へのテストタスクの統合などがあります。

dSPACE はこれらの問題にどのように対応しているのですか？

AutomationDesk の次のバージョン (2009 年末リリース予定) では、ASAM 委員会によって最近制定された新しい HIL API というテストオートメーションツールとテストシステム間のインターフェース (44 ページを参照) を追加します。このインターフェースにより、他のサプライヤの異なるテストシステムも AutomationDesk と組み合わせ使用できるため、テストの再利用も実現できます。この結果、テスト用ソフトウェアへの投資だけではなく、ユーザのトレーニングやテスト開発への投資も保護できます。さらに、AutomationDesk では XML のインポートおよびエクスポートもサポートされており、AutomationDesk に依存しないテストプロジェクトの保管や他のツールとのやりとりも実現されます。

ただし、技術的な機能だけではなく、作業手法や、特に経験を重視することが非常に重要です。ここで登場するのがサービスの問題です。dSPACE は、多数のプロジェクト

dSPACE の経験によると、アプローチが体系化され、十分に考慮されているほど、最終的なテスト環境の効率が高まり、他のテストシステムおよびテストプロジェクトにおいて、より高い確率でテストを再利用できます。この意味で、dSPACE はお客様がテストを開始するときこそ最高のサポートを提供できると考えています。

将来はどのような開発が予想されますか？

全体的には、より多くのお客様が独自開発ソフトウェアから市販製品に乗り換えています。保守、サービス、および継続開発で非常に多くの作業が必要となることが理解されたためです。したがって、テストソフトウェアの制作はツールメーカーに委ねられます。

「AutomationDesk の便利な機能と dSPACE の豊富なプロジェクト経験を組み合わせることによって、お客様の生産性を非常に短期間で向上させるお手伝いをいたします」

さらに、標準化に向けて多くの活動が行われています。なお、HIL API などの標準化作業は、最初に dSPACE が提唱したものです。当然のことですが、標準化の前提条件としてツールシステムサプライヤとテストシステムサプライヤも規格をサポートしていることが必要です。dSPACE は間違いなくこの条件を満たしています。



Japan

Meets the Challenges

2009年 dSPACE Japan 主催 User Conference レポート

「環境問題を解決するための最適設計」。このテーマは特定の業種に関わらず制御システムの開発に対するより膨大な工数およびコストが課題となっています。さらに最適設計の成功は、開発プロセスや製品への最先端のエレクトロニクス技術の結集が不可欠となります。この課題を解決するため、開発プロセスの効率化とソフトウェアの品質、安全性の向上に貢献するモデルベース開発の導入実例が増えてきており、モデルベース開発の効果が具体的に見えてきました。2009年6月19日に開催いたしました本カンファレンスでは、安全、環境、快適へ向けて適用が拡大するモデルベース開発をお客様の dSPACE 製品を用いたモデルベース開発の適用事例および dSPACE 最新製品情報についてご紹介いたしました。

さまざまな分野で品質と効率を向上する モデルベース開発

冒頭の dSPACE GmbH の Dr. Herbert Hanselmann の挨拶ではさまざまな分野でのモデルベース開発の拡がりと共に dSPACE の適用事例も増えてきたと述べました。dSPACE 設立以来、医療技術やメカトロニクス分野での実績はありまし

たが、最近では鉄道、航空機、建設機械などの開発に HIL シミュレータを中心とした開発ツールの適用が拡大しており、モデルベース開発のメリットが浸透してきている実感があるとのこと。さらにお客様の事例セッションでは、モデルベース開発の優位性に多くの意見を頂戴しました。

図 1：スマートグリッドの適用事例について講演する dSPACE Japan 社長、有馬仁志

図 2：展示エリア：最先端の dSPACE 製品に関する活発な情報交換

図 3：ASM Electric Components モデルと Electric Drive シミュレータのデモンストレーション



dSPACE Japan
Conference 2009





自動フォーメーション飛行の研究

航空業界からの発表では、三菱重工業株式会社の藤井秀登氏が自動フォーメーション飛行の研究で MicroAutoBox がどのように使用されているかを説明しました。モデルベース開発の導入により、制御システムの開発者が実装段階まで携わることができるようになり、その結果、ソフトウェア開発者は機体ダイナミクスシミュレーションの開発と機能の拡張に集中することができるようになりました。また、特に仕様書やコーディングに関する手作業の

始めさまざまな分野で使用される磁気浮上システムを制御する技術の研究でプロトタイピングの適用事例を報告しました。

バイパス手法による開発の効率化

トヨタ自動車株式会社の高松秀樹氏は、dSPACE のバイパスシステムが現在どのように自動車開発で使用されているかを紹介しました。

高松氏は開発現場への要求は、新しい価値の創造と早い時期での市場投入が主であり、システムの複雑化、車両制御デバイ

成、モデルベース開発支援ツールとの連携による新たな開発プロセスの構築に貢献したとお話されました。自動車業界からのもう一つのお客様事例セッションでは、デンソークリエイトの小林展英様より AUTOSAR を適用した車両システム開発環境の構築事例をシステム構築の段階毎に詳しくお話を頂いております。

Green Success : dSPACE の環境性能を開発するための取り組み

dSPACE が注力している製品群の一つにハイブリッドや高出力モーター制御開発向けのハイエンドなエレクトロニクス技術を統合できる試験環境があります。昨年に引き続き、電気自動車「i-MiEV」の開発における HIL シミュレータの適用事例をお話頂きました三菱自動車の金田様は、電気自動車の開発について、様々な機能が車載ネットワークを用いた分散制御により実現されているため、ECU 単体のソフトウェア品質に加え車両全体のシステム品質を確保することが重要となっているとお話されました（本開発事例の詳細は 14 ページをご参照ください）。

Green Success における最大の課題は、環境に対するインパクトを最小にしながらシステム効率機能を改善するユニークで革新的な製品を短期間で効率良く開発することです。今回の dSPACE からの最新製品紹介では、自動車専用モデル「Automotive Simulation Models (ASM)」から Electric Component モデルを中心に dSPACE GmbH の Lead Engineer Applications、Hagen Haupt が紹介、

「モデルベース開発を導入することで、ヒューマンリソースを有効活用し、開発時間を大幅に短縮できました」

三菱重工業株式会社、藤井秀登氏

必要がないため、ヒューマンリソースを有効に活用し、開発時間を大幅に短縮しました。藤井氏は、dSPACE のプロトタイピングシステムを高く評価し、ControlDesk の強力な監視およびオンライン調整機能についても言及しました。

磁気浮上研究におけるプロトタイピングの利用

大学研究でもプロトタイピングシステムは幅広く利用されています。日本工業大学の張曉友准教授は、リニアモーターカーを

用搭載 ECU の増加、ソフトウェアおよびハードウェアの規模拡大に対し従来の開発手法の見直しが課題となっていたと述べました。この課題に対し今回実例としてご紹介いただいたバイパスシステムを初めとしたプロトタイピングの適用により、10%から 30%の開発工数を削減、さらに従来のドキュメント作成工数、および車両テスト時の課題発見の手戻り工数の削減が可能になったと評価されました。さらに早い段階で車両性能を示す機会ができ、先行開発での開発効率向上の達

「バイパスシステムを含むプロトタイピングは、従来の開発手法を見直す手段であり、開発工数を 10% ~ 30% 削減できます」

トヨタ自動車株式会社、高松秀樹氏

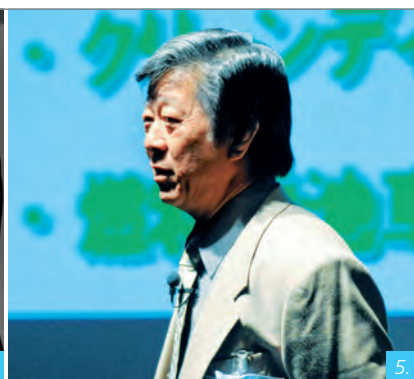


図 1：ラビッドプロトタイピング適用事例：横浜国立大学藤本博志研究室の原子間力顕微鏡の超高速ナノスケールサーボ制御

図 2：dSPACE 社長、Dr. Herbert Hanselmann

図 3：三菱重工業株式会社、藤井秀登 氏

図 4：トヨタ自動車株式会社、高松秀樹 氏

図 5：キーノートスピーチで登壇頂いた日産自動車 NISSAN GT-R 車両開発主管兼チーフ・プロダクトスペシャリスト 水野和敏 氏「高性能とサービスエンジニアリングは同じ比率で進化すべき。そうでなければお客様に満足いただける製品を届けることができない」と強調。

dSPACE Japan の技術部 宮野からは Electric Drive の開発ツールを説明しました。この開発ツールは、従来の dSPACE 製品の柔軟性、高効率化などの優位性を踏襲したモーター開発ができ、既存の HIL システムにシームレスにハイブリッド機能またはモーターを使ったアプリケーションを統合できることを紹介し、来場者の皆様には会場内の Electric Drive に関する展示コーナーにも多くの関心を頂きました。

スマートグリッドによるエネルギー供給

注目を集めたもう一つの話題は、「スマートグリッド」への適用です。この分野では発電システムおよびインフラの多様化によるさまざまなアプリケーションへの適用要件の拡大が予想されています。この背景にはソフトウェアで制御が必要となる機器が増えてきた現実があります。代表取締役社長 有馬仁志は講演の中で、すでに dSPACE 製品が発電機や送電インフラのシミュレーションとして電力機器メーカー、またはそれに関する機器、訓練用のシミュレータ、欠陥状態を生成するシミュレータに使用されている実績を紹介しました。この分野においても安心、安全を確保

するソフトウェア品質が社会的に大きな影響を及ぼす可能性があります。ソフトウェア品質の向上に貢献できる HIL シミュレータを中心としたモデルベース開発の適用拡大に向け、dSPACE は今後も、環境性能を向上するためのテスト環境の提供とエンジニアリングサービスを充実させていきます。

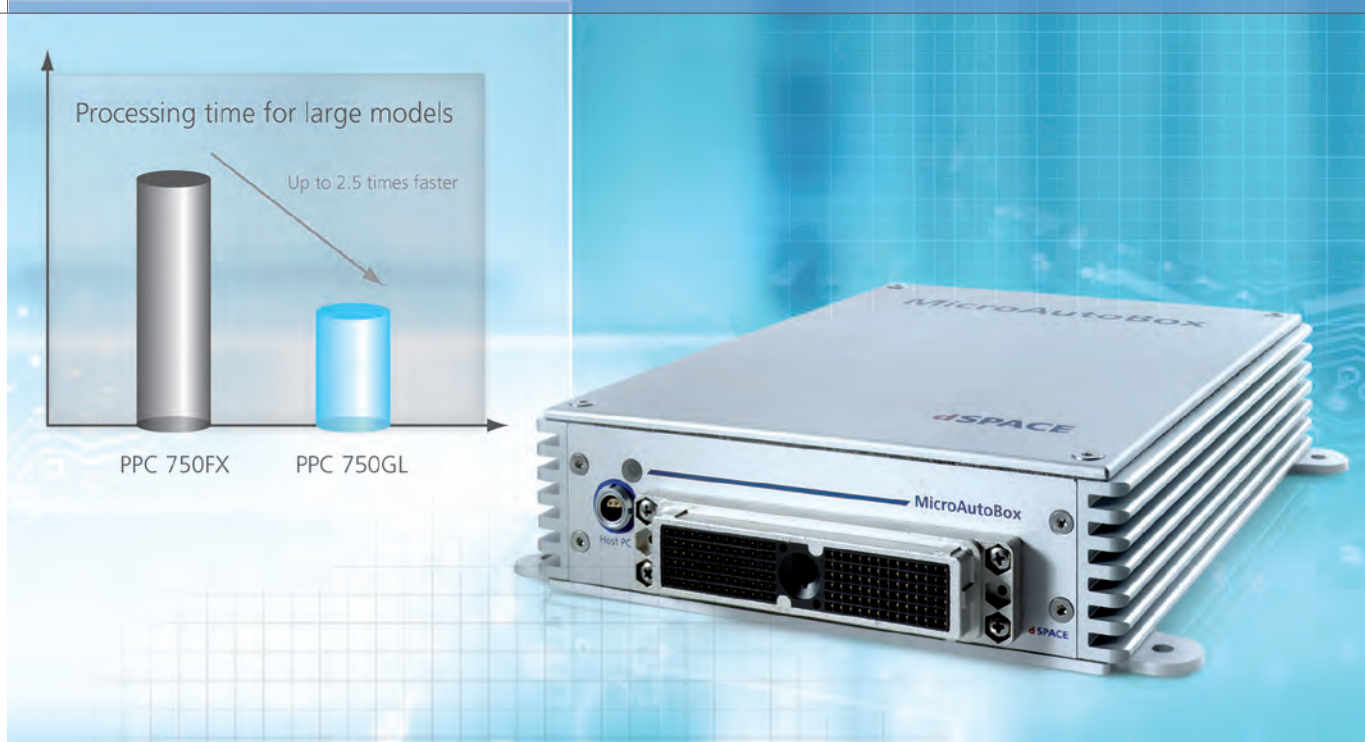
参加者の皆様へのお礼

本カンファレンスでは、お客様講演者およびパートナー様に積極的なご支援を頂きました。皆様のご協力に際し、深く感謝いたします。また、この機会にご来場者の皆様が有益な情報を得られ、制御システム開発に多くのヒントをお持ちいただければ幸いです。■



dSPACE Japan 主催 User Conference 2009 の主要なトピックの 1 つは、環境にやさしいエンジニアリングソリューションでした。この新しい分野でも、お客様は連携の良くとれた dSPACE の開発ツールとサービスに信頼を寄せています。





MicroAutoBox : 大規模モデル計算の高速化

MicroAutoBox のすべてのバージョンで、特に大規模リアルタイムモデルについて性能が改善されています。この性能改善は IBM PPC 750GL プロセッサによって実現しました。PPC 750GL は L2 キャッシュが 2 倍 (1 MB) になったため、以前のプロセッサと比べ格段に高速

なサイクルタイムでモデル計算が可能になります。実際のアプリケーション、モデルのサイズ、およびモデルの構造によっては、計算速度を 1.6 ~ 2.5 倍に高速化できます。さらに、Release 6.4 では、MicroAutoBox のすべてのバージョンの SRAM メモリが 8 MB から 16 MB

に倍増しており、より大きなモデルをロードできるようになりました。

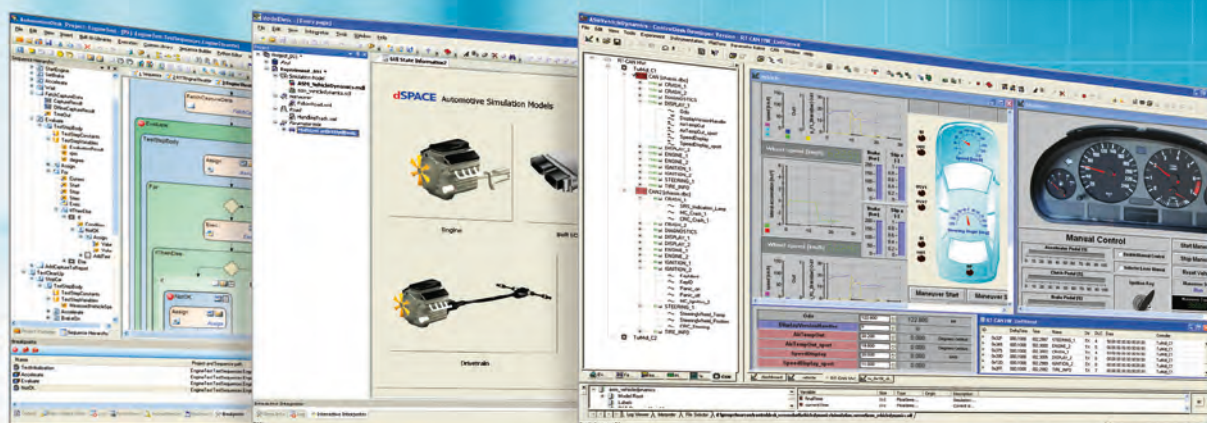
モデル、ソース、およびオブジェクトコードの互換性により、既存のモデルを直接再利用することや、既存の実行可能ファイルを直接ロードして実行することができます。■



dSPACE FlexRay システム : PDU (Protocol Data Unit) のサポート

dSPACE ハードウェアを FlexRay ネットワークに統合するための dSPACE FlexRay Configuration Package の最新バージョンでは、PDU (Protocol Data Unit) の送受信もできるようになりました。PDU の適

用分野の 1 つは、AUTOSAR (AUTomotive Open System Architecture) 関連です。PDU には各種信号が含まれ、それらの信号は PDU ごとに Simulink ブロックを 1 つだけ使用して、Simulink® モデル内で高速にアクセスできます。dSPACE FlexRay Configuration Package のデータソースは、インポートされた FIBEX ファイルで構成されており、パッケージによって一貫性が自動的にチェックされます。dSPACE FlexRay Configuration Package を使用することにより、FlexRay の設定がはるかに容易になり、その後の Simulink への統合も容易になります。このため、ユーザは FlexRay 特有の複雑さからほぼ完全に解放されます。■



dSPACE Release 6.4 が Vista 64 をサポート

dSPACE Release 6.4 では、Microsoft® Windows Vista® の 64-bit 版環境において、ほぼすべての dSPACE 製品が実行可能となりました。これは、リアルタイム開発システムの分野で dSPACE が他に先がけて実現するものです。Windows Vista 64-bit 版のサポートにより、従来の 32-bit オペレーテ

ィングシステムにおける 4-GB までのメモリの制約は今や過去のものとなりました。WOW64 モードでは各アプリケーションはそれぞれ 4-GB のメモリ領域を仮想空間に予約されているため、アプリケーションとオペレーティングシステムで 4-GB のメモリを共有する必要がなく、またこのメリットは日

常の開発業務ではっきりと実感することができます。時間がかかるハードディスクへのアクセス頻度が大幅に減少するため、他のアプリケーションプログラムを複数同時に開いた状態でも、非常にサイズの大きな Simulink® および TargetLink モデルを編集およびコンパイルできるようになりました。■

RapidPro : Bosch 社製ラムダプローブ LSU ADV に対応

RapidPro DS1634 モジュール (SC-EGOS 2/1) の最新バージョンでは、Bosch 社製ラムダプローブ LSU 4.2 および LSU 4.9 に加え、Bosch 社製の新しいラムダプローブ LSU ADV を dSPACE プロトタイピングシステムに接続する機能が追加されました。DS1634 は、2 個の Bosch 社製ラムダプローブ用の入力チャンネルと、ラムダ計測範囲および診断機能のソフトウェア設定機能を提供します。■





オハイオ州立大学の EcoCAR チームメンバー Adalbert Wolany (左) および John Kruckenberg (右) に dSPACE Embedded Success 最優秀賞を授与する dSPACE Inc. 社長 Kevin Kott (中央)

dSPACE Embedded Success Award : 受賞者

北米の大学の工学部の学生たちは、「EcoCAR: The NeXt Challenge」(17の学生チームが参加する3年間の大学対抗競技大会)の一環として次世代のグリーンカーの設計をしています。

1年目の活動の総括として、今年6月、EcoCARのプラチナスポンサーであるdSPACEは、独自の「Embedded Success Award」を発表しました。この賞は、dSPACE HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレータを最も効果的に使用して車両アーキテクチャをシミュレートし、制御方式を開発した3つのチームに授与されました。

dSPACE Embedded Success Award の最優秀賞を受賞したのはオハイオ州立大学です。このチームは、制御開発のすべての段階でdSPACE HILシステムを使用する総合的なアプローチを発表し、非常に高度なHILベンチを構築してこれを実証しました。第2位となったのはワートルロー大学で、ピクトリア大学が3位となりました。

業績を称え、各チームにはdSPACE Automotive Simulation Model (ASM) ソフトウェアパッケージが贈られました。

オハイオ州立大学は、排気量1.8Lの高効率エタノール(E85)エンジンを独自設計のツインクラッチトランスミッション機構により、67kWのフロント電気モーターと組み合わせた航続距離延長型電気自動車(E-REV)アーキテクチャを開発し、EcoCARの1年目の大会決勝でも1位となりました。このトランスミッションでは、直列または並列ハイブリッドモードで車両を駆動することが可能で、フロントアスクルに搭載された再生ブレーキにより運転効率を高めることができます。「EcoCAR: The NeXt Challenge」に参加する学生は、2009 Saturn VUEをリエンジニアリング(再設計)することにより、車両性能と消費者アピールを維持しながら、燃費を向上させ、排出量を削減するという課題を課せられます。各チームは3年の期間(1年ごとに各段階が設定)を与えられ、「環境にやさしい」プロトタイプ車両を設計および製作します。第1段階が終了した今、次の第2段階では、EcoCAR各チームはそれぞれの設計を基に、実際に機能する車両プロトタイプを試作する必要があります。この車両プロトタイプは2年目の大会で審査されます。■

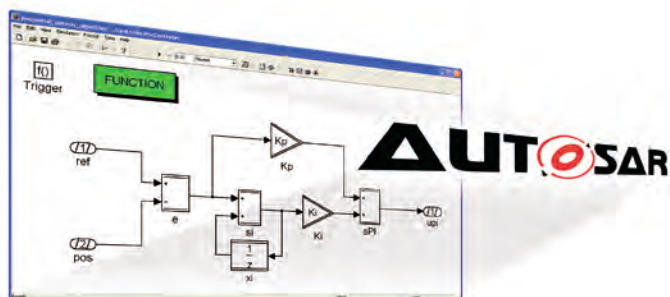
dSPACE TargetLink による AUTOSAR への移行が容易に

TargetLink AUTOSAR Migration Tool (無料) を使用することで、従来の非 AUTOSAR TargetLink モデルを AUTOSAR モデルに容易に変換できます。さらに変換された各

モデルから、AUTOSAR に準拠したコードやコンポーネント記述を生成し、それらを dSPACE SystemDesk などのアーキテクチャツールにインポートすることがで

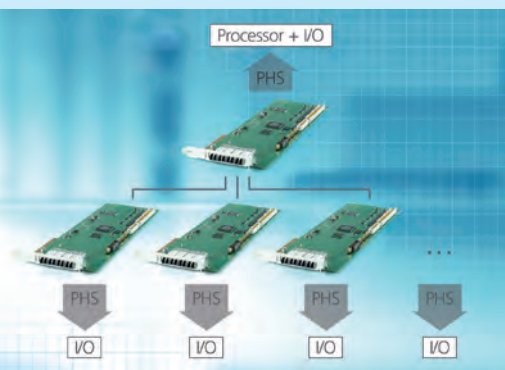
きます。ツール自体も柔軟に設定でき、異なるタイプの AUTOSAR 通信や要件をソフトウェアアーキテクチャに実装することができます。

TargetLink AUTOSAR Migration Tool は、既存の TargetLink モデルを AUTOSAR に容易に移行するための理想的なアシスタントです。このツールは TargetLink バージョン 2.3.1 および 3.0.1 をサポートしています。■



モジュール型 HIL システムの さらなる進化

dSPACE の新しい DS802 PHS リンクボードは、PHS バス経由で構成できるモジュール方式の柔軟なリアルタイムシステム向け拡張オプションです。従来は、拡張ボックスごとにプロセッサボードを搭載する必要がありましたが、このリンクボードによりプロセッサボードを搭載していない拡張ボックスでも、他の拡張ボックスのプロセッサボードを利用して、I/O ボードの使用が可能になります。



DS802 PHS リンクボードにより、すべての I/O ボードが 1 つの大きなマスター/スレーブシステムとして扱われるため、マスターシステムに dSPACE プロセッサボードが 1 つしか要求されません。DS802 PHS リンクボードは、光リンク経由でマスター/スレーブシステム間の通信を処理します。

この構成は、拡張ボックスごとにプロセッサボードの演算処理能力が要求されない、すべてのアプリケーションにとって最適です。マルチプロセッサシステム（複数のプロセッサボードで構成されるシステム）は、高い演算処理能力または I/O アクセスにおける非常に短いレイテンシが不可欠な場合にのみ必要となります。



ビジネスプレゼンテーション賞を受賞して歓声を上げる：BA Engineering チームと Padua チーム

プレゼンテーションで 1 位

エンジンの轟音、タイヤの軋み、ファンの大歓声：8月5-9日、ホッケンハイムリンクで Formula Student が開催され、学生チームが熱き戦いを繰り広げました。Formula Student は、世界中から参加する学生チームが競技用レーシングカーの立案から製作までの技術と設計力を競う大会です。ただし、速いフォーミュラレーシングカーを製作することだけがこの大会の目標ではありません。設計、財政プラン、プレゼンテーションなどの側面もまた、専門家の審査によって採点されチーム成績に寄与します。

今年、ビジネスプランプレゼンテーション部門で審査員の最高点を獲得したチームは、50名のメンバーを有するシュトゥットガルトの BA Engineering チーム (dSPACE

が後援) でした。BA Engineering チームは、マーケティング戦略に関するプレゼンテーションで、イタリアの Padua 大学と共に 1 位となり、最優秀賞に輝きました。レーストラックで最初に行われた動的種目の競技では、Duale Hochschule Stuttgart DHBW のチームが製作したマシン“Sleek”が優勝チームとも互角に戦えることを示しました。

このチームはオートクロス競技で、1 回のタイムでは 59.9 秒の記録を出しながら、合計タイムでは中ほどの順位に終わりました。今年の Formula Student Germany で総合優勝したチームは、隣のシュトゥットガルト大学のチームでした。このチームは現在、イタリアで開催されるレースに向けて準備中です。



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 をご覧ください。

dSPACE 製品のリリース情報は、下記をご覧ください。
http://www.dSPACE.jp/goto.cfm/ja_productsrelease



www.dspace.jp

System Architecture

Rapid Prototyping

ECU Autocoding

HIL Testing

ECU Calibration

Hybrids Ahead



dSPACEのハイブリッドカー、電気自動車向け統合開発ツール

現在のクルマ社会では、ハイブリッドカーや電気自動車へのシフトが始まり、それに向けた電子制御ユニット (ECU) の開発が急ピッチで進められています。この開発には、2つの駆動方式の組み合わせによる制御システムに最新技術を統合できる環境が必須であり、高速な電気駆動システムの運動制御の開発には、高機能な開発ツールが必要となります。

dSPACEのElectric Drive開発ソリューションでは、ラピッドプロトタイプングにて単一の機能からハイブリッドドライブトレイン全体の複雑な相互作用までを素早く実現。さらにdSPACE HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレータを用いてモーターやインバータ、バッテリーなどの電気、電子コンポーネントを含むシステムに対して機能テスト、システムテスト、およびネットワークテストを短時間で効率よく実行、ソフトウェアの品質を向上させます。

dSPACEは、統合開発環境ツールのリーディングカンパニーとして、お客様の環境性能向上に向けてトータルにサポートします。



Embedded Success

dSPACE